

연구보고서

# 엘리베이터 설치와 유지보수 시 안전작업기준 및 전용발판 개발에 관한 연구

이기열·이경선·민승남·황재진·전두성

산업재해예방

안전보건공단

산업안전보건연구원





# 제 출 문

산업안전보건연구원장 귀하

본 보고서를 “엘리베이터 설치와 유지보수 시 안전작업기준 및 전용발판 개발에 관한 연구”의 최종 연구결과 보고서로 제출합니다.

2020년 11월

연구기관 : 전남대학교 산학협력단

연구기간 : 2020. 04. 09. ~ 2020. 11. 30.

연구책임자 : 이기열 (전남대학교 조경학과 교수)

공동연구원 : 이경선 (부산가톨릭대학교 산업보건학과 교수)

공동연구원 : 민승남 (신성대학교 드론산업안전과 교수)

공동연구원 : 황재진 (노던일리노이대학교 산업공학과 교수)

공동연구원 : 전두성 (은진산업 대표이사)

연구보조원 : 김정인 (전남대학교 조경학과 석사과정)

연구보조원 : 최은서 (전남대학교 조경학과 석사과정)

연구보조원 : 정선화 (부산가톨릭대학교 산업보건학과 학사과정)



## 요 약 문

### 연구기간

2020년 4월 ~ 2020년 11월

### 핵심 단어

엘리베이터, 안전작업기준, 시스템 비계, 사고재해

### 연구과제명

엘리베이터 설치와 유지보수 시 안전작업기준 및 전용발판 개발에 관한 연구

### 1. 연구배경

- 2019년 12월 31일 기준으로 국내에서 설치·운영중인 엘리베이터 대수가 718,795대이고, 신규 설치는 2018년을 기준으로 연간 49,807대로서 국내 엘리베이터 시장은 세계 3위 수준이다.
- 2000년 이전 설치된 엘리베이터는 127,889대로서 18.7% 수준이며, 엘리베이터 설치 대수가 빠르게 증가함에 따라 엘리베이터의 노후화에 따른 교체 및 유지보수 수요의 빠른 증가가 예상된다.
- 최근 5년간 엘리베이터 설치, 교체, 유지보수 작업과 관련한 사고재해자는 140명이 발생하였고, 그 중 사고사망자는 35명으로서 설치작업 중 12명, 교체작업 중 12명, 유지관리작업 중 11명이 발생하여 관련 작업의 사고 위험이 매우 높다.
- 그 중 고소작업에 따른 추락사고 위험이 높은 엘리베이터 설치 및 교체 작업의 경우 대부분의 설치 전문업체가 영세하고 엘리베이터 승강로 내 작업발판의 설치가 어려워 작업환경이 열악하고, 관련 법령 또한 엘리베이터의 제조·인증과 관련된 내용 위주로 구성되어 있어 설치, 해체 및 유지보수 작업 시 사고예방을 위한 안전기준은 미비한 실정이다.
- 엘리베이터 설치·유지보수 작업 중 추락사고 예방을 위한 안전작업기준 마련 및 현장 활용성이 높은 전용발판의 개발이 필요하다.

## 2. 주요 연구내용

### □ 연구결과

- 문헌고찰을 통해 국내·외 엘리베이터 작업 관련 산업재해 현황을 분석한 결과, 설치 및 유지보수 작업 중 발생한 사고사망자가 약 80% 이상을 차지하였으며, 이 중 64%가 건설업종에서 발생하였다. 그리고, 엘리베이터 작업 관련 사고 발생의 유형은 추락과 끼임이 대부분이었으며, 작업내용은 설치 및 교체작업이 48%, 점검 및 수리작업이 44%를 차지하였다.
- 엘리베이터 설치 중 작업자의 안전위험요소를 도출하고 분류하였으며, 설치공정 사고분석을 통한 위험성평가와 추락재해 예방 등 안전대책을 조사하였다.
- 엘리베이터 설치 및 유지보수 작업과 관련한 국내·외 법령, 안전작업지침 및 매뉴얼을 분석하고, 이 결과를 작업단계별 안전작업기준(안) 및 KOSHA GUIDE(안) 개발에 활용하였다.
- 엘리베이터 설치 및 유지보수 작업과 관련한 재해를 심층적으로 분석하기 위하여 설치공정 파악, 설치공정 위험분석, 사고사례분석 및 공정별 4M 분석을 실시하고, 이 결과를 작업단계별 안전작업기준(안) 및 KOSHA GUIDE(안) 개발에 활용하였다.
- 엘리베이터 설치 및 유지보수 작업과 관련한 실태조사를 위하여 제조사 및 작업자를 대상으로 일반사항, 안전작업기준, 전용발판 및 작업현장 안전실태 등 4가지 항목에 대한 설문조사를 실시하였고, 이와 함께 설치현장 및 제조사 본사 방문을 통한 관계자 면담 및 현장조사를 실시하였으며, 이 결과를 활용하여 작업단계별 안전작업기준(안) 및 KOSHA GUIDE(안) 개발과 전용 작업발판 및 전용 시스템 비계 개발에 활용하였다.
- 국내·외 문헌고찰, 관련 작업현장 실태조사 등의 연구결과를 기반

으로 하여 국내 엘리베이터 설치 및 유지보수 작업단계를 체계적으로 정리하였으며, 작업단계별 안전작업기준(안) 및 KOSHA GUIDE (안)을 개발하였다.

- 현장실태조사와 제조사 및 설치업체의 실무자 면담을 통하여 엘리베이터 설치 및 유지보수 작업자의 추락사고 근원적으로 예방할 수 있는 엘리베이터 작업 전용발판 및 엘리베이터 전용 시스템 비계를 개발하였으며, 개발한 시스템 비계에 대해서 구조해석, 실물 성능시험, 설치 및 유지보수 매뉴얼 개발 및 현장 시범설치 등을 통하여 안전성, 신뢰성 및 적용성을 검증하였다.

#### □ 시사점

- 국내 엘리베이터 설치 및 유지보수 작업 현장조건을 반영하는 관련 법령, 안전작업기준 및 매뉴얼 등이 미비하고 관련 산업재해에 대한 연구결과도 반영되지 못하고 있으므로, 이를 개선할 수 있는 안전작업기준의 개발이 필요하다.
- 엘리베이터 설치 및 유지보수 작업자의 추락사고를 근원적으로 예방하고 국내 현장조건에 적합한 조립이 간편하고 경량이며 승강로 내부에서 상부 작업대 설치를 위한 강관비계 등의 조립 작업이 필요없는 전용 시스템 비계의 적극적인 활용이 필요하다.
- 엘리베이터 설치 및 유지보수작업 시 추락 위험이 높음에도 불구하고 기존 강관비계 조립식 상부 작업대 설치 방식에 익숙해진 작업자들에게 새롭게 개발된 엘리베이터 전용 시스템 비계에 대한 인식 전환, 적용 범위의 확대 및 작업 숙련도 향상을 위한 교육이 필요하다.

### 3. 연구 활용방안

#### □ 제 언

- 본 연구를 통하여 개발된 안전작업기준(안)과 전용 시스템 비계는

가시적으로 엘리베이터 설치 및 유지보수 작업 중 발생하는 산업재해의 감소와 이를 통한 산재보상 비용의 감소를 예상할 수 있으므로, 빠른 시일내에 체계적인 교육시스템의 구축과 현장 보급을 제안한다.

- 본 연구를 통하여 개발된 전용 시스템 비계의 핵심기술은 다른 산업분야의 작업용 전용발판 개발에도 적용 및 벤치마킹이 가능할 것으로 예상되므로, 본 연구성과의 확장 및 발전을 위한 추가적인 연구개발 사업을 제안한다.

#### □ 개선방안

- 현장실태조사에서 엘리베이터 설치 및 유지보수용 전용발판 설치 시 승강로 출입구 맞은편 벽체에 기존의 강관비계 또는 전용 시스템 비계 거치용 홀을 생성하여 양단 지지구조가 되게 함으로써 구조적 안전성을 확실하게 담보할 수 있는 방법으로 확인되었으나, 현행 건축관련 법령이나 지침에는 해당 규정이 없는 관계로 적용이 어렵거나 불가능하므로 승강기 설치와 관련된 법령인 건축법 제7장 제64조(승강기) 또는 건축법 시행령 제7장 제89조(승용 승강기의 설치), 건축물의 설비기준 등에 관한 규칙 제5조(승용승강기의 설치기준), 승강기 안전관리법 내 조항의 신설 등이 필요하다.
- 본 연구에서 개발한 엘리베이터 전용 시스템 비계에 대한 현장 시범설치 및 설문조사를 통하여 구조적 안전성의 개선을 확인하였으므로, 전용 시스템 비계의 현장 적용성 확대를 유도할 수 있도록 상대적으로 영세한 설치업체에 대한 재정적 지원 또는 인센티브 강화, 설치 작업자 대상 전문 교육 프로그램의 개발 및 제공 등이 필요하다,
- 본 연구에서 개발한 엘리베이터 전용 시스템 비계의 현장 적용성 검증 중에 설치 작업자로부터 하부 지지대 설치와 관련한 불편함 및 개선에 대한 의견이 많이 제시되었으므로, 하부 지지대를 대체

하거나 개선할 수 있는 추가적인 연구가 필요하다.

#### □ 활 용

- 본 연구과제를 통하여 도출된 안전작업기준(안)은 향후 산업안전보건법 및 승강기안전법 등에 반영하여 법령, 규칙 및 기준을 개정 또는 제정할 때 중요한 기초자료로 활용할 수 있을 것으로 기대된다.
- 현장의 작업 특성 및 환경을 기반으로 도출된 안전작업기준(안)은 향후 엘리베이터 설치 및 유지보수 작업자의 교육 및 훈련을 위한 정책 수립에 반영할 수 있을 것으로 기대된다.
- 국내 현장의 작업 특성 및 환경을 반영하여 개발한 엘리베이터 설치 및 유지보수 작업용 전용 시스템 비계는 향후 소규모 사업장 지원사업 등에 도입할 수 있을 것으로 기대된다.
- 본 연구에서 개발한 전용 시스템 비계는 엘리베이터 설치 및 유지보수 작업용 전용발판의 안전인증제도 마련을 위한 정책의 중요한 기초자료로 활용할 수 있을 것으로 기대된다.

#### 4. 연락처

- 연구책임자 : 전남대학교 조경학과 교수 이기열
- 연구상대역 : 산업안전보건연구원 산업안전연구실 황종문 연구위원
  - Tel: 052-703-0845 (연구상대역 전화)
  - E-mail: bm0722@kosha.or.kr (연구상대역 이메일)

# 차례

<b>I. 서론</b> .....	<b>1</b>
1. 연구배경 및 목적 .....	1
2. 연구내용 및 방법 .....	6
<b>II. 선행연구 고찰</b> .....	<b>9</b>
1. 국내·외 선행연구 및 문헌분석 .....	9
2. 엘리베이터 설치 및 유지보수 작업 관련 재해 심층분석 .....	45
3. 법령, 안전작업지침 및 매뉴얼 분석 .....	60
4. 결과 및 요약 .....	91
<b>III. 실태조사</b> .....	<b>93</b>
1. 작업의 위험요인 및 문제점 파악을 위한 설문조사 .....	93
2. 국내·외 작업실태 비교분석 및 사고예방활동 사례 발굴 .....	104
3. 해외 전용발판 현황 및 국내 도입 가능성 검토 .....	133
4. 국회 및 정부차원의 예방 대책방안 요청사항 검토 .....	136
5. 결과 및 요약 .....	140

**IV. 안전작업기준 개발 ..... 143**

- 1. 안전작업기준 개발 절차 ..... 143
- 2. 작업단계별 안전작업기준(안) 개발 ..... 160
- 3. KOSHA GUIDE(안) 개발 ..... 174
- 4. 결과 및 요약 ..... 203

**V. 시스템 비계(전용발판) 개발 ..... 205**

- 1. 전용발판 설계 ..... 205
- 2. 구조안전성 검토 ..... 218
- 3. 4대 제조사 의견 검토 ..... 252
- 4. 성능시험 ..... 287
- 5. 현장 적용성 검증 ..... 348
- 6. 결과 및 요약 ..... 361

**VI. 시사점 및 제언 ..... 362**

**VII. 결론 및 활용방안 ..... 364**

<b>참고문헌</b> .....	<b>367</b>
<b>Abstract</b> .....	<b>370</b>
<b>부록</b> .....	<b>373</b>
부록 1 실태조사 설문지 .....	373
부록 2 시스템 비계 성능시험 성적서 .....	390
부록 3 시스템 비계 설치·해체 매뉴얼 .....	397
부록 4 시스템 비계 설치 교육 및 현장 적용성 검증 설문지 .....	418

## 표 차 례

<표 I-1> 엘리베이터 작업과 관련된 사고사망자 발생 현황 .....	2
<표 I-2> 엘리베이터 작업과 관련된 사고사망자 발생 현황 .....	5
<표 II-1> 엘리베이터 작업과 관련된 사고사망자 발생 현황 .....	10
<표 II-2> 엘리베이터 사고 원인별 목록 .....	12
<표 II-3> 엘리베이터 사고 원인별 목록 .....	12
<표 II-4> 엘리베이터 설치 작업자 안전위험요소 도출 .....	13
<표 II-4> 엘리베이터 설치 작업 안전위험요소의 분류 .....	13
<표 II-5> 엘리베이터 설치 중 발생한 재해의 기인물 .....	15
<표 II-6> 엘리베이터 설치 중 발생한 재해의 발생원인 .....	16
<표 II-7> 엘리베이터 설치 중 발생한 공종별 재해 발생원인 .....	16
<표 II-8> 엘리베이터 작업 관련 미국 산업안전보건청(OSHA)의 법령 · 26	
<표 II-9> 엘리베이터 작업 관련 미국 기계기술자협회(ASME)의 법령 · 27	
<표 II-10> 엘리베이터 작업 관련 안전작업지침 .....	28
<표 II-11> 공정별 불일치 개수 .....	46
<표 II-12> 공정별 설치안전작업 유무 .....	47
<표 II-13> 제조사 등 작업위험 분석 .....	48
<표 II-14> 위험형태별 분석 .....	55
<표 II-15> 국내 승강기 설치사고 발생현황 .....	56
<표 II-16> 유형별 재해 기인물 현황 .....	57
<표 II-17> 엘리베이터 사고 사례 종합 .....	57
<표 II-18> 엘리베이터 안전 Check list .....	85

<표 II-19> 작업절차에 따른 위험요인 및 대책 .....	90
<표 III-1> 엘리베이터 작업실태 관련 설문조사 - 일반사항 .....	94
<표 III-2> 엘리베이터 작업실태 관련 설문조사 - 안전작업기준 .....	96
<표 III-3> 엘리베이터 작업실태 관련 설문조사 - 작업발판 .....	98
<표 III-4> 엘리베이터 작업실태 관련 설문조사 - 작업현장 안전 .....	100
<표 III-5> 국내·외 작업실태 조사 흐름도 .....	104
<표 III-6> 국내·외 작업실태 조사 - 대공정 분류 .....	105
<표 III-7> 국내·외 작업실태 조사 - 기본 작업공정 분류 .....	106
<표 III-8> 국내·외 안전수칙 .....	111
<표 III-9> 국내·외 작업위험요인 .....	120
<표 III-10> 국내·외 재해 예방 사례 .....	126
<표 III-11> 엘리베이터 제조사 해외법인 전용발판 .....	134
<표 III-12> 해외 엘리베이터 전용발판 .....	135
<표 IV-1> 제조사 작업 매뉴얼 목록 .....	145
<표 IV-2> 해외 안전작업 매뉴얼 목록 .....	146
<표 IV-3> 전용발판 및 시스템 비계 개발 일정 .....	153
<표 IV-4> FGI를 통한 의사결정 및 위험포인트 도출 .....	155
<표 IV-5> 전문가 자문 .....	157
<표 V-1> 최근 3개년간 승객용 엘리베이터 공급 현황 .....	206
<표 V-2> 엘리베이터 전용발판 설계하중 비교 .....	214
<표 V-3> 전용발판 부재의 재료 특성 .....	215
<표 V-4> 시스템 비계의 구조해석에 따른 단면력 및 처짐 비교 - 단면 Case 1 적용 시 .....	244
<표 V-5> 시스템 비계의 구조해석에 따른 단면력 및 처짐 비교 - 단면 Case 2 적용 시 .....	246

<표 V-6> 시스템 비계의 구조해석에 따른 단면력 및 처짐 비교 - 단면 Case 3 적용 시 .....	248
<표 V-7> 시스템 비계의 구조해석에 따른 단면력 및 처짐 비교 - 단면 Case 2와 수직보강재 적용 시 .....	250
<표 V-8> 시스템 비계의 성능시험 변수 .....	288
<표 V-9> 시스템 비계의 성능시험 계측 센서 .....	288
<표 V-10> 시스템 비계의 수직변위 - 경작업 기준 .....	290
<표 V-11> 시스템 비계의 수직변위 - 경작업 기준 .....	293
<표 V-12> 시스템 비계의 수직변위 - 최대하중 기준 .....	296
<표 V-13> 시스템 비계의 수직재 응력 - 경작업 기준 .....	298
<표 V-14> 시스템 비계의 수직재 안전율 - 항복강도 기준 .....	299
<표 V-15> 시스템 비계의 수직재 안전율 - 인장강도 기준 .....	299
<표 V-16> 시스템 비계의 수직재 응력 - 중작업 기준 .....	304
<표 V-17> 시스템 비계의 수직재 안전율 - 항복강도 기준 .....	305
<표 V-18> 시스템 비계의 수직재 안전율 - 인장강도 기준 .....	305
<표 V-19> 시스템 비계의 수직재 응력 - 최대하중 기준 .....	310
<표 V-20> 시스템 비계의 경사재 응력 - 경작업 기준 .....	312
<표 V-21> 시스템 비계의 경사재 안전율 - 항복강도 기준 .....	313
<표 V-22> 시스템 비계의 경사재 안전율 - 인장강도 기준 .....	313
<표 V-23> 시스템 비계의 경사재 응력 - 중작업 기준 .....	318
<표 V-24> 시스템 비계의 경사재 응력 - 중작업 기준 .....	319
<표 V-25> 시스템 비계의 경사재 응력 - 중작업 기준 .....	319
<표 V-26> 시스템 비계의 경사재 응력 - 최대하중 기준 .....	324
<표 V-27> 시스템 비계의 수평재 응력 - 경작업 기준 .....	326
<표 V-28> 시스템 비계의 수평재 안전율 - 항복강도 기준 .....	327

---

<표 V-29> 시스템 비계의 수평재 안전율 - 인장강도 기준 .....	327
<표 V-30> 시스템 비계의 수평재 응력 - 중작업 기준 .....	332
<표 V-31> 시스템 비계의 수평재 안전율 - 항복강도 기준 .....	333
<표 V-32> 시스템 비계의 수평재 안전율 - 인장강도 기준 .....	333
<표 V-33> 시스템 비계의 수평재 응력 - 최대하중 기준 .....	338
<표 V-34> 시스템 비계의 하부 지지대 응력 - 경작업 기준 .....	340
<표 V-35> 시스템 비계의 하부 지지대 안전율 - 항복강도 기준 .....	341
<표 V-36> 시스템 비계의 하부 지지대 안전율 - 항복강도 기준 .....	341
<표 V-37> 시스템 비계의 수평재 응력 - 중작업 기준 .....	343
<표 V-38> 시스템 비계의 하부 지지대 안전율 - 항복강도 기준 .....	344
<표 V-39> 시스템 비계의 하부 지지대 안전율 - 항복강도 기준 .....	344
<표 V-40> 시스템 비계의 하부 지지대 응력 - 최대하중 기준 .....	346
<표 V-41> 시스템 비계의 현장 적용성 검증 시범설치 개요 .....	348
<표 V-42> 현장 적용성 검증 설문조사 - 일반사항 .....	356
<표 V-43> 현장 적용성 검증 설문조사 - 시스템 비계 성능 .....	357

## 그림 차례

[그림 I-1] 최근 4년간 업종별 엘리베이터 사고사망자 수 .....	3
[그림 I-2] 최근 4년간 엘리베이터 사고사망자의 발생형태 및 작업내용	4
[그림 I-3] 연구방법 .....	7
[그림 I-4] 연구추진체계 및 일정 .....	8
[그림 II-1] 최근 4년간 업종별 엘리베이터 사고사망자 수(16~19년) .....	10
[그림 II-2] 최근 4년간 엘리베이터 사고 사망자의 업종, 발생형태 및 작업내용(16~19년) .....	11
[그림 II-3] 엘리베이터 설치공사의 위험성분석 결과 .....	14
[그림 II-4] 엘리베이터 사고 관련 사망건수와 사망률의 추이 (2003-2016년)(Dong et al. 2018) .....	17
[그림 II-5] 엘리베이터 사망사고 관련 원인 분류 (2011-2016년) (Dong et al. 2018) .....	18
[그림 II-6] 엘리베이터 사망사고 관련 작업자의 연령별 분포 (2011-2016년)(Dong et al. 2018) .....	19
[그림 II-7] 엘리베이터 사망사고 관련 작업수행업체의 규모별 분포 (2011-2016년)(Dong et al. 2018) .....	20
[그림 II-8] 엘리베이터 사고 관련 부상건수와 부상률의 추이 (2003-2016년)(Dong et al. 2018) .....	21
[그림 II-9] 엘리베이터 부상사고 관련 원인 분류 (2011-2016년) (Dong et al. 2018) .....	22
[그림 II-10] 엘리베이터 부상사고 관련 작업자의 연령별 분포	

(2011-2016년)(Dong et al. 2018) .....	23
[그림 II-11] 엘리베이터 부상사고 관련 작업자의 경력별 분포 (2011-2016년) (Dong et al. 2018) .....	24
[그림 II-12] 엘리베이터 부상사고 관련 작업자의 회복일수 (2011-2016 년)(Dong et al. 2018) .....	25
[그림 II-13] 사망 및 상해사고 관련 미국 산업 안전보건청(OSHA)이 부 과한 평균 벌금(2003-2016년)(Dong et al. 2018) .....	26
[그림 II-14] 오버헤드 및 승강로 보호시설 설치 .....	35
[그림 II-15] 바리케이드 설치 시 추락 방지 시스템 .....	36
[그림 II-16] 아래층으로의 추락 사고 예시 .....	37
[그림 II-17] 추락방지 시스템 결속 예시 .....	38
[그림 II-18] 비계 결속 장치들의 예제 .....	39
[그림 II-19] 승강로 내에서의 비계 보호 및 고정 .....	40
[그림 II-20] 카에서 비계 및 추락방지 시스템 결속 .....	42
<그림 II-21> 크롤링을 통한 위험형태별 단어분석 .....	55
[그림 II-22] 엘리베이터 안전 장치 및 작업조건 예시 .....	74
[그림 II-23] 엘리베이터 피트에서의 추락사고 예시 .....	76
[그림 II-24] 추락위험의 예시 .....	78
[그림 II-25] 경고 표지판 설치 예시 .....	80
[그림 II-26] 케이지 낙하에 따른 사고사례 .....	82
[그림 II-27] 전원 시건 조치 예 .....	82
[그림 II-28] 승강기용 비계 예 .....	85
[그림 IV-1] 안전작업기준 개발 절차 .....	144
[그림 IV-2] 안전작업 매뉴얼 관련 해외 사례 - European Lift Association .....	147

[그림 IV-3] 안전작업 매뉴얼 관련 해외 사례 - Construction Safety Association of Ontario .....	148
[그림 IV-4] 안전작업 매뉴얼 관련 해외 사례 - Fuji Elevator .....	149
[그림 IV-5] 안전작업 매뉴얼 관련 해외 사례 - Eastern Elevator .....	149
[그림 IV-6] 안전작업 매뉴얼 관련 해외 사례 - Quality Elevator Company .....	150
[그림 IV-7] 안전작업 매뉴얼 관련 해외 사례 - Construction Industry Council .....	151
[그림 IV-8] 안전작업 매뉴얼 관련 해외 사례 - Thyssenkrupp .....	152
[그림 IV-9] 안전작업 매뉴얼 관련 해외 사례 - Transit Elevator .....	152
[그림 IV-10] 전용발판 및 시스템 비계(전용발판)의 구분 .....	154
[그림 V-1] 작업발판의 크기 결정 .....	207
[그림 V-2] 연구진 개발 전용발판과 기존 비계 조립식 상부작업대 .....	209
[그림 V-3] 연구진 개발 전용발판의 구조 .....	210
[그림 V-4] 연구진 개발 전용발판의 확장성 .....	211
[그림 V-5] 제조사 제안 시스템 비계의 구조 및 부재 단면 .....	212
[그림 V-6] 시스템 비계의 구조해석 모델링 .....	217
[그림 V-7] 전용발판 구조해석 모델링 .....	218
[그림 V-8] 전용발판 구조해석 결과 - 1단 중앙부 작업하중 재하 .....	219
[그림 V-9] 전용발판 구조해석 결과 - 1단 편측 작업하중 재하 .....	220
[그림 V-10] 전용발판 구조해석 결과 - 3단 중앙부 작업하중 재하 .....	221
[그림 V-11] 전용발판 구조해석 결과 - 3단 편측 작업하중 재하 .....	222
[그림 V-12] 전용발판 구조해석 결과 - 발판 전체에 작업하중 재하 .....	223
[그림 V-13] 시스템 비계(단면 1) 구조해석-티센크루프 작업하중 .....	225
[그림 V-14] 시스템 비계(단면 1) 구조해석-오티스 작업하중 .....	226

[그림 V-15] 시스템 비계(단면 1) 구조해석 - KDS 경작업 하중 .....	227
[그림 V-16] 시스템 비계(단면 1) 구조해석 - KDS 중작업 하중 .....	228
[그림 V-17] 시스템 비계(단면 2) 구조해석 - 티센크루프 작업하중 ...	230
[그림 V-18] 시스템 비계(단면 2) 구조해석 - 오티스 작업하중 .....	231
[그림 V-19] 시스템 비계(단면 2) 구조해석 - KDS 경작업하중 .....	232
[그림 V-20] 시스템 비계(단면 2) 구조해석 - KDS 중작업하중 .....	233
[그림 V-21] 시스템 비계(단면 3) 구조해석 - 티센크루프 작업하중 ...	235
[그림 V-22] 시스템 비계(단면 3) 구조해석 - 오티스 작업하중 .....	236
[그림 V-23] 시스템 비계(단면 3) 구조해석 - KDS 경작업하중 .....	237
[그림 V-24] 시스템 비계(단면 3) 구조해석 - KDS 중작업하중 .....	238
[그림 V-25] 시스템 비계(수직 보강) 구조해석 - 티센크루프 작업하중 .....	240
[그림 V-26] 시스템 비계(수직 보강) 구조해석-오티스 작업하중 .....	241
[그림 V-27] 시스템 비계(수직 보강) 구조해석-KDS 경작업하중 .....	242
[그림 V-28] 시스템 비계(수직 보강) 구조해석-KDS 중작업하중 .....	243
[그림 V-29] 제조사 의견 검토를 위한 구조해석 입력값 - 재료특성, 단 면특성, 하중재하 .....	254
[그림 V-30] 앵커볼트 미설치 시 구조해석 결과 - 롤러지점 적용 .....	255
[그림 V-31] 앵커볼트 설치 시 구조해석 결과 - 힌지지점 적용 .....	256
[그림 V-32] 앵커볼트 설치 시 구조해석 결과 - 고정단지점 적용 .....	257
[그림 V-33] 제조사 의견 검토를 위한 구조해석 입력값 - 재료특성, 단 면특성, 하중재하 .....	262
[그림 V-34] 하부 지지대 설치 구조해석 결과 - 하부 지지대 미설치 .....	263
[그림 V-35] 하부 지지대 설치 구조해석 결과 - 하부 지지대 설치 ...	266

[그림 V-36] 제조사 의견 검토를 위한 구조해석 입력값 - 재료특성, 단면특성, 하중재하 .....	271
[그림 V-37] 상부벽 지지대 조건에 따른 구조해석 - 사각파이프 적용 .....	272
[그림 V-38] 상부벽 지지대 조건에 따른 구조해석 - 강관비계 적용 ·	273
[그림 V-39] 제조사 의견 검토를 위한 구조해석 입력값 - 재료특성, 단면특성, 하중재하 .....	278
[그림 V-40] 와이어로프 사용에 따른 구조해석 - 와이어로프 미적용	279
[그림 V-41] 와이어로프 사용에 따른 구조해석 - 와이어로프 적용 ·	280
[그림 V-42] 제조사 의견 검토를 위한 구조해석 입력값 - 재료특성, 단면특성, 하중재하 .....	284
[그림 V-43] 밀림방지 브라켓 구조해석 - 지점부 반력 검토 .....	285
[그림 V-44] 시스템 비계 성능시험 전경 .....	289
[그림 V-45] 지지대 조건에 따른 하중-변위 관계 - 경작업 기준 .....	292
[그림 V-46] 지지대 조건에 따른 하중-변위 관계 - 중작업 기준 .....	295
[그림 V-47] 지지대 조건에 따른 하중-변위 관계 - 최대하중 기준 ·	297
[그림 V-48] 수직재 하중-응력 관계 - 경작업 기준 .....	303
[그림 V-49] 수직재 하중-응력 관계 - 중작업 기준 .....	309
[그림 V-50] 수직재 하중-응력 관계 - 최대하중 기준 .....	311
[그림 V-51] 경사재 하중-응력 관계 - 경작업 기준 .....	317
[그림 V-52] 경사재 하중-응력 관계 - 중작업 기준 .....	323
[그림 V-53] 경사재 하중-응력 관계 - 최대하중 기준 .....	325
[그림 V-54] 수평재 하중-응력 관계 - 경작업 기준 .....	331
[그림 V-55] 수평재 하중-응력 관계 - 중작업 기준 .....	337
[그림 V-56] 수평재 하중-응력 관계 - 최대하중 기준 .....	339

[그림 V-57] 하부 지지대 하중-응력 관계 - 경작업 기준 .....	342
[그림 V-58] 하부 지지대 하중-응력 관계 - 중작업 기준 .....	345
[그림 V-59] 하부 지지대 하중-응력 관계 - 최대하중 기준 .....	347
[그림 V-60] 시스템 비계 설치 교육 .....	350
[그림 V-61] 시스템 비계 설치 매뉴얼 .....	351
[그림 V-62] 시스템 비계 현장 적용성 검증 - 시범설치 .....	354

# I. 서론

## 1. 연구배경 및 목적

### 1) 연구배경 및 필요성

최근 도시 활성화 정책과 저층 공동주택 입주자들의 이동 편의성이 극대화되면서 엘리베이터 설치 대수가 급격하게 증가하고 있는 추세이다. 한국승강기안전공단 자료에 따르면 2019년 12월 31일을 기준으로 718,795대의 엘리베이터가 국내에서 설치되어 운행중이다. 국내 엘리베이터 설치 시장은 2001년을 기준으로 연간 17,612대 수준에서 매년 증가해 2018년에는 연간 49,807대로 확대되었으며, 연간 신규 설치 대수를 기준으로 국내 엘리베이터 시장은 중국, 인도 다음으로 세계 3위 수준이다.

한국승강기안전공단에 따르면 국내 설치된 승강기 683,641대 중 2000년 이전에 설치된 승강기는 127,889대로 약 18.7% 수준이다. 이와 관련하여 엘리베이터 업계에서는 승강기 설치 대수가 빠르게 증가하고 있을 뿐 아니라, 이미 설치된 엘리베이터 등이 노후화되면서 교체 및 유지보수 수요가 증가할 것으로 예측하고 있다.

2019년에 전면 개정된 엘리베이터 안전관리법이 시행되고 있는데, 개정된 승강기 안전관리법은 최근 엘리베이터 유지관리 부실에 따라 안전사고 발생 건수가 증가함에 따라 안전관리에 대한 기준을 대폭 강화하였다.

이번 법안 개정으로 엘리베이터 안전인증 업무 담당 업무는 산업통상자원부에서 행정안전부로 이관되었으며, 안전인증 대상 엘리베이터 부품도 기존 12종에서 20종으로 확대되었다. 또한, 일부 엘리베이터 유지보수 업체에서는 관련

자격증을 보유하고 있는 작업자 1명당 월 200대 이상의 엘리베이터를 관리하게 하는 일명 ‘문지마 계약’을 체결해왔는데, 1인당 월 200대를 관리하는 것은 물리적으로 어렵기 때문에 이와 같은 계약 행태를 부실관리의 중요한 원인으로 간주하고 이를 방지하기 위하여 1인당 관리하는 엘리베이터 대수를 100대 이하로 제한하였다. 그리고, 중대 사고나 고장이 발생한 엘리베이터 또는 설치검사를 받은 지 15년이 경과한 노후 엘리베이터는 3년마다 정기적으로 정밀안전검사를 받아야 하고, 노후 엘리베이터는 안전관리 인증을 받은 부품을 새로 구입해 쓰거나, 부품 설치가 불가능하면 엘리베이터를 교체해야 한다. 따라서, 엘리베이터 업계에서는 유지보수 수요뿐 아니라 노후 엘리베이터에 대한 부품이나 제품 교체 수요가 증가할 것으로 예측하고 있다.

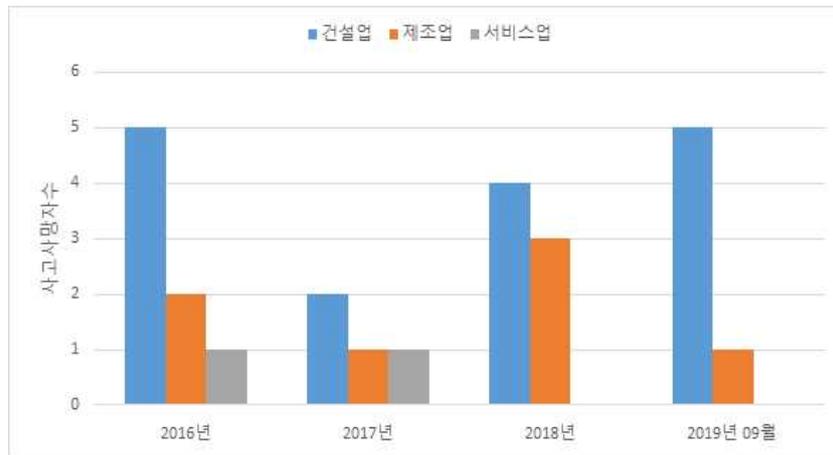
기존 노후화된 엘리베이터 교체, 도시형 생활주택 신규 설치 및 공동 주택 100만호 공급계획 확대로 엘리베이터 설치와 유지보수 공사물량의 증가와 더불어 엘리베이터 작업 중 사고사망자도 지속적으로 발생 및 증가하고 있는 실정이다. 엘리베이터 작업과 관련된 사고사망자 발생 현황을 정리한 <표 I-1>에

**<표 I-1> 엘리베이터 작업과 관련된 사고사망자 발생 현황**

구분	건수	유지/보수작업	설치작업	교체작업	철거/해체작업
2011년	3	2	2	0	0
2012년	6	5	2	0	0
2013년	3	1	1	0	0
2014년	4	3	4	0	0
2015년	10	5	1	1	0
2016년	8	4	2	2	1
2017년	4	2	1	0	0
2018년	7	3	1	1	1
2019년 09월	6	2	1	3	0
합계	55	29	16	7	3

의하면, 지난 9년간('10년~'19.09년) 엘리베이터 작업과 관련한 사고사망자의 수는 총 55명이었으며, 이중 유지보수작업 중 발생한 사고사망자는 약 52.7% (29명), 설치작업 약 29.1%(16명)로 전체 사고사망자의 80% 이상을 차지하고 있다. 더욱이, 지난 9년간 엘리베이터 작업과 관련한 사고사망자는 연평균 약 5.5명씩 꾸준히 발생하고 있는 추세이다.

2016년부터 2019년 9월까지 최근 4년간 엘리베이터 작업과 관련된 사고사망자 25명의 업종을 분석한 [그림 I-1]을 살펴보면, 건설업이 16명(64%), 제조업 7명(28%), 서비스업 2명(8%)으로 건설업이 가장 높은 수치를 나타낸다.

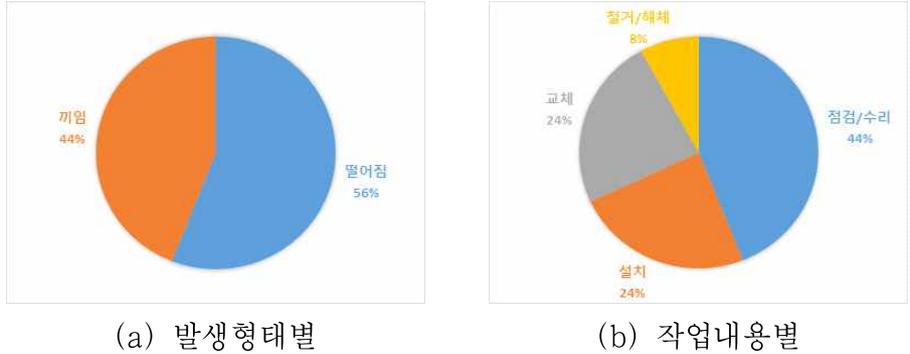


**[그림 I-1] 최근 4년간 업종별 엘리베이터 사고사망자 수**

또한, 사고 발생 형태를 정리한 [그림 I-2]를 살펴보면, 떨어짐이 14명으로 약 56%를 차지하였으며, 다음으로 끼임이 11명으로 44%를 차지하고 있다. 사고사망자의 작업내용을 살펴보면, 점검/수리 중 사망자가 11명으로 약 44%를 차지하였으며, 다음으로 설치작업과 교체작업 중 사망자가 각각 6명으로 총 48%, 철거/해체작업 중 2명인 8% 순으로 나타났다.

한국승강기안전공단의 2007년~2019년 사고 원인별 통계자료인 <표 1-2>에 따르면, 엘리베이터 사고 중 이용자 과실에 의한 것이 68.9%로 가장 높았으며,

다음으로 유지관리 업체의 부실이 10%를 나타냈으며, 다음으로 관리주체 부실, 작업자 과실이 사고 원인으로 분석되었다.



**[그림 1-2] 최근 4년간 엘리베이터 사고사망자의 발생형태 및 작업내용**

이상과 같이 국내 엘리베이터 시장은 신규 설치대수를 기준으로 세계 3위권으로 성장하였으나, 최근 5년간 엘리베이터 관련 작업 중 37명이 사망하는 등 현장 안전은 상대적으로 열악한 실정이다. 그리고, 엘리베이터 관련 작업 중 발생한 사망사고는 주로 설치와 유지보수 작업 중에 발생하였으며, 사고의 유형은 추락과 끼임이다. 특히, 엘리베이터 공사의 경우 다단계 하도급 구조로 이루어져 적정 수준의 공사비가 책정되지 않아 안전한 작업을 위한 인력의 배치와 장비 지급 등 체계적인 안전관리가 어렵다는 문제점이 있으며, 엘리베이터 설치 및 교체 작업의 경우 대부분의 설치업체가 영세하고 엘리베이터 피트 내 작업 발판의 설치가 어렵다는 점이 추락사고의 근본적인 원인이라고 있다. 또한, 현행 엘리베이터 관련 법령 또한 제조 및 인증과 관련된 내용 위주로 구성되어 있어 설치, 해체 및 유지보수 작업 시 사고 예방을 위한 안전기준은 미비한 실정이다.

**<표 1-2> 엘리베이터 작업과 관련된 사고사망자 발생 현황**

연도	계	이용자 과실	작업자 과실	관리주체 부실	유지관리업체 부실	제조업체 부실	기타
2007년	97	47	1	5	12	1	31
2008년	154	112	4	12	8	3	15
2009년	115	80	4	12	11	1	7
2010년	129	107	1	10	7	3	1
2011년	97	84	2	8	2	1	0
2012년	133	112	1	6	11	3	0
2013년	88	65	3	9	10	1	0
2014년	71	51	2	3	13	1	1
2015년	61	35	5	5	14	1	1
2016년	44	18	4	2	9	1	10
2017년	27	13	2	2	6	0	4
2018년	21	10	0	3	4	2	2
2019년.09월	72	30	9	3	3	1	26
합계	1,109	764	38	80	110	19	98

## 2) 연구목적

본 연구과제는 반복적으로 발생하고 있는 엘리베이터 설치와 유지보수 작업에 적합한 안전작업기준의 개발이 필요하고, 실질적인 사고의 근본적인 원인이 되고 있는 추락사고를 선제적으로 예방하기 위하여 국내 작업환경 특성을 고려한 전용발판(엘리베이터 작업 전용 시스템 비계)의 개발이 시급하다고 할 수 있다. 이에 본 연구에서는 국내 엘리베이터 설치 및 유지보수 작업에 대한 현장 실태조사, 국내·외 관련 규정의 비교 및 분석, 이해관계자들의 의견 수렴 등을 통하여 안전작업기준을 마련하고 국내 실정에 적합한 엘리베이터 설치와 유지보수 작업의 현장 활용성이 높고 작업자의 추락사고를 근원적으로 예방할 수 있는 전용발판을 개발하는 것을 목적으로 한다.

## 2. 연구내용 및 방법

### 1) 연구내용 및 범위

엘리베이터 설치와 유지보수 시 안전작업기준 및 전용발판 개발을 위하여 국내·외 문헌조사와 엘리베이터 설치 및 유지보수 작업현장 실태, 엘리베이터 설치와 유지보수 작업에 대한 안전작업기준(안), 전용 작업발판 및 시스템 비계 개발, 연구결과에 대한 적정성 검토를 연구내용으로 하며, 각 연구내용에 따른 범위는 다음과 같다.

- 국내·외 선행연구 및 문헌조사
  - 엘리베이터 작업과 관련된 국내·외 선행연구 고찰
  - 국내·외 안전작업지침, 법령
  - 엘리베이터 설치 및 유지보수 작업 관련 국내·외 재해분석
- 국내·외 엘리베이터 설치 및 유지보수 작업현장 실태조사
  - 엘리베이터 설치, 교체 및 유지보수 관련 작업의 위험요인 및 문제점
  - 엘리베이터 작업 실태 비교·분석 및 사고예방활동 사례
  - 국회 및 정부 차원의 예방대책 방안 요청사항
- 엘리베이터 설치 및 유지보수 작업에 대한 안전작업기준(안)
  - 엘리베이터 설치 및 유지보수 작업단계별 안전기준 개발
  - 엘리베이터 설치 및 유지보수 작업에 대한 KOSHA GUIDE 개발
- 엘리베이터 설치 및 유지보수 작업용 전용발판
  - 엘리베이터 설치 및 유지보수 작업 전용 작업발판 개발
  - 엘리베이터 설치 및 유지보수 전용 시스템 비계 개발
  - 엘리베이터 전용 시스템 비계 설치 및 유지보수 매뉴얼 개발
- 연구결과에 대한 적정성 검토 및 제언

- 전용 작업발판 및 시스템 비계의 구조해석을 통한 검증
- 전용 시스템 비계의 실물 성능실험을 통한 검증
- 현장 시범설치를 통한 검증
- 현장 시범설치 작업자 설문조사를 통한 평가

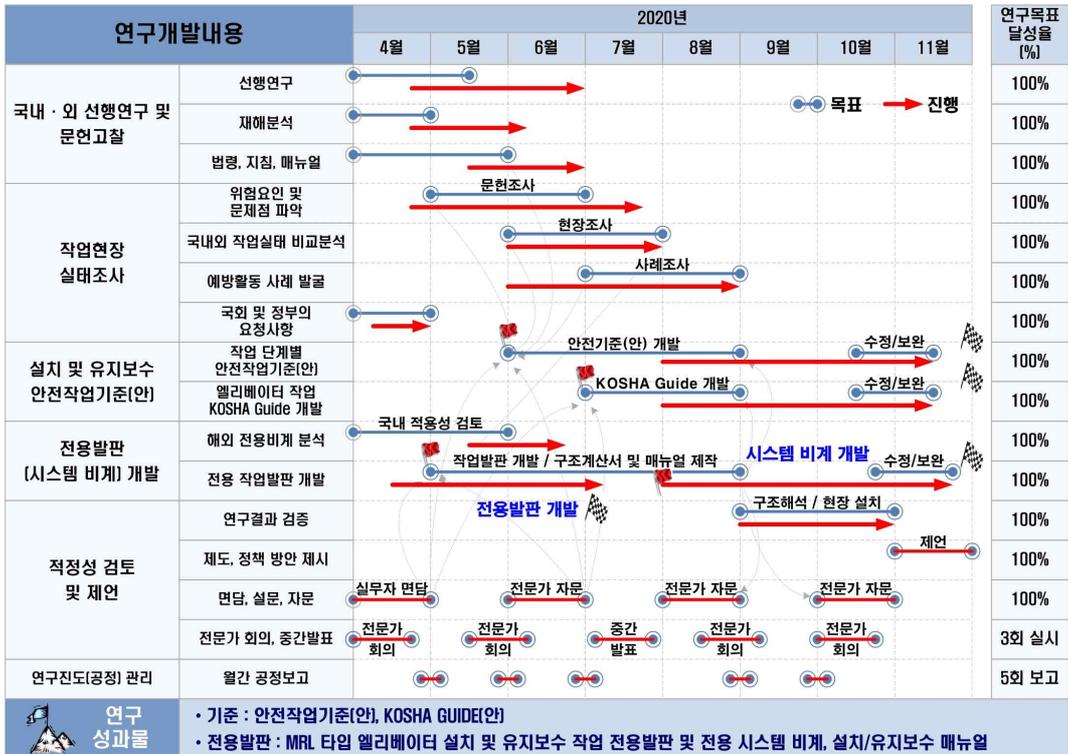
## 2) 연구방법 및 추진체계

국내 현장조건에 적합한 엘리베이터 설치와 유지보수 시 안전작업기준 및 전용발판 개발을 위한 본 연구과제의 세부 연구내용별 연구방법은 다음 [그림 I-3]과 같다.



[그림 I-3] 연구방법

본 연구과제의 목표를 성공적으로 달성하기 위한 상기의 연구내용 및 방법에 따른 구체적인 연구추진체계 및 일정과 그에 따른 목표 대비 달성율은 [그림 I - 4]와 같다.



[그림 I-4] 연구추진체계 및 일정과 목표 달성율

• 기준 : 안전작업기준(안), KOSHA GUIDE(안)  
 • 전용발판 : MRL 타입 엘리베이터 설치 및 유지보수 작업 전용발판 및 전용 시스템 비계, 설치/유지보수 매뉴얼

## II. 선형연구 고찰

### 1. 국내·외 선형연구 및 문헌분석

#### 1) 국내 엘리베이터 설치 및 유지보수 작업 관련 재해 분석

##### (1) 엘리베이터 작업 관련 산업재해 현황 분석

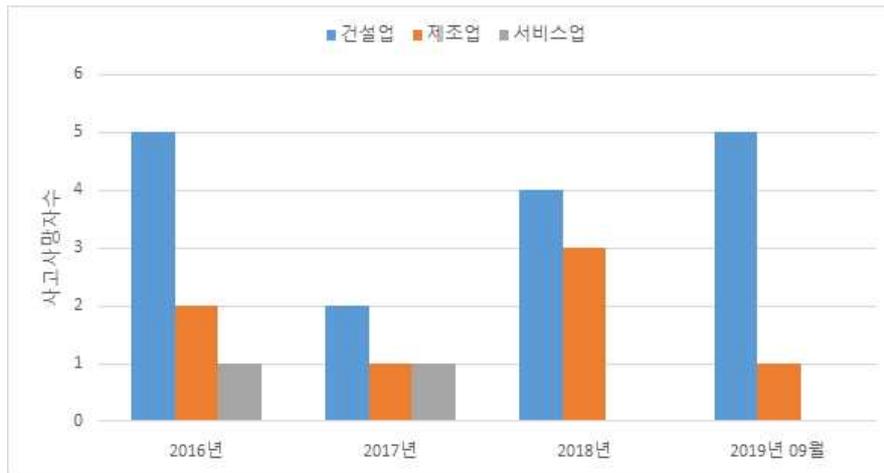
기존 노후화된 엘리베이터 교체, 도시형 생활주택 신규 설치 및 공동 주택 100만호 공급계획 확대로 엘리베이터 설치와 유지보수 공사물량이 증가하고 있으며, 그에 따라 엘리베이터 작업 중 사고사망자도 지속적으로 발생 및 증가하고 있는 추세이다.

지난 9년간(2010년~2019년) 엘리베이터 작업과 관련된 사망자 수는 총 55명이었으며, 유지보수작업 중 발생한 사고사망자 수는 29명이었으며, 설치작업 중 발생한 사고사망자 수는 16명으로 전체 사고사망자의 80% 이상을 차지하였다<표 II-1>. 지난 9년간 엘리베이터 작업과 관련한 사고사망자는 연평균 약 5.5명씩 꾸준히 발생하고 있는 추세이다.

최근 4년간(2016년~2019년 09월) 엘리베이터 작업과 관련된 사고사망자 25명의 업종을 살펴보면, 건설업이 16명(64%), 제조업 7명(28%), 서비스업 2명(8%)으로 건설업이 가장 높은 수치를 나타냈다[그림 II-1].

**<표 II-1> 엘리베이터 작업과 관련된 사고사망자 발생 현황**

구분	건수	유지/보수작업	설치작업	교체작업	철거/해체작업
2011년	3	2	2	0	0
2012년	6	5	2	0	0
2013년	3	1	1	0	0
2014년	4	3	4	0	0
2015년	10	5	1	1	0
2016년	8	4	2	2	1
2017년	4	2	1	0	0
2018년	7	3	1	1	1
2019년 09월	6	2	1	3	0
합계	55	29	16	7	3



**[그림 II-1] 최근 4년간 업종별 엘리베이터 사고사망자 수(16~19년)**

사고사망자의 사고발생형태를 살펴보면 떨어짐이 14명으로 약 56%를 차지하였으며, 다음으로 끼임이 11명으로 44%를 차지하였다. 사고사망자의 작업내

용을 살펴보면, 점검/수리 중 사망자가 11명으로 약 44%를 차지하였으며, 다음으로 설치 작업 중 6명(24%), 교체 작업 중 6명(24%), 철거/해체 작업 중 2명(8%) 순으로 나타났다. 건설업의 경우에는 엘리베이터 설치 및 교체 작업에서 많은 사고사망자가 발생하였으며, 제조업 및 서비스업에서는 점검이나 수리 작업에서 사고사망자가 집중적으로 발생하고 있다[그림 II-2].



**[그림 II-2] 최근 4년간 엘리베이터 사고 사망자의 업종, 발생형태 및 작업내용(16~19년)**

한국승강기안전공단의 2007년~2019년 사고 원인별 통계자료에 따르면, 엘리베이터 사고 중 이용자 과실에 의한 것이 68.9%로 가장 높았으며, 다음으로 유지관리 업체의 부실이 10%를 나타냈으며, 다음으로 관리주체 부실, 작업자 과실이 사고 원인으로 분석되었다<표 II-2>

**<표 II-2> 엘리베이터 사고 원인별 목록**

연도	계	이용자 과실	작업자 과실	관리주체 부실	유지관리 업체 부실	제조업체 부실	기타
2007년	97	47	1	5	12	1	31
2008년	154	112	4	12	8	3	15
2009년	115	80	4	12	11	1	7
2010년	129	107	1	10	7	3	1
2011년	97	84	2	8	2	1	0
2012년	133	112	1	6	11	3	0
2013년	88	65	3	9	10	1	0
2014년	71	51	2	3	13	1	1
2015년	61	35	5	5	14	1	1
2016년	44	18	4	2	9	1	10
2017년	27	13	2	2	6	0	4
2018년	21	10	0	3	4	2	2
2019년.09월	72	30	9	3	3	1	26
합계	1,109	764	38	80	110	19	98

\* 출처: 한국승강기안전공단 통계자료 (2007-2019)

(2) 엘리베이터 작업 관련 산업재해 예방 문헌분석

가) 건설 현장 내 승강기 설치 중 안전위험요소 도출 (김진우 외 3인, 2015)

- 엘리베이터 재해예방 관련 선행 연구

**<표 II-3> 엘리베이터 사고 원인별 목록**

저자(년도)	내용
김정환(2011)	승강기 설치공사 시 추락재해 예방을 위하여 설치과정 및 과거 재해 사례를 연계한 연구를 수행함
권순걸 외 2인(2012)	사용자 사고를 사고사례를 중심으로 위험도 분석 연구를 함

- 엘리베이터 설치 작업자 안전위험요소 도출

**<표 II-4> 엘리베이터 설치 작업자 안전위험요소 도출**

도출된 요소
낙하물에 영향, 작업공간 여유, 현장관리자의 역량, 안전교육, 안전관리 매뉴얼 부족, 방호장치의 결함(미설치), 작업자 심리상태(성격), 작업자 건강, 작업자 나이, 팀 내 소통, 작업자의 역량(지식수준, 숙련도), 근무 시간, 보호 장비 착용여부, 장비 결함, 장비 사용미숙, 중장비사용 시 신호체계, 중장비사용 시 규격미달, 안전 문화, 설계 오류, 시공 방법, Risk 관리, 제도적 규제 미흡, 최신기술부족, 날씨영향(온도, 습도), 가시거리, 소음, 토지상태, 풍속

- 엘리베이터 안전위험요소의 분류

**<표 II-4> 엘리베이터 설치 작업 안전위험요소의 분류**

위험요소	내용
작업장환경	정리정돈 상태, 분진, 소음, 고소 작업, 작업 공간
안전관리	현장관리자 역량, 안전교육, 안전관리 매뉴얼, 개인 보호구, 안전 시설물
작업자	작업자 심리상태(성격), 작업자 건강, 나이, 동료 간 신호 소통, 작업자의 역량(지식수준, 숙련도), 근로시간, 작업자 근무 태도
중장비(권상기 설치 시)	중장비 사용연수, 중장비사용 숙련도, 중장비사용 시 신호체계
자연연향	날씨영향(온도, 습도), 가시거리, 소음, 지반상태, 강풍
기타	안전 문화, 설계 오류, 시공 방법, Risk 관리, 제도적 규제, 최신기술도입현황

나) 엘리베이터 설치공사의 위험성과 추락재해 예방대책에 관한 연구(김정환, 2011)

엘리베이터 설치공사에 대한 설치 공정별 위험성평가를 수행하였으며, 작업을 수용하는 영역으로는 현장답사공정, 레일 매달기공정, 승강로기기 설치 및 작업대 해체공정, 고속 시운전 및 조정공정이고, 조건부 작업수용 영역으로는 착공공정, 기계실 부품인양공정, 형판 작업공정, 기계실 작업공정, 플랫폼 조립공정, 작업대 설치공정, 출입구 작업공정, 검사공정, 카 판넬 및 카 도어 조립공정이며, 작업 중지 영역으로는 로핑공정, 레일 및 레일 브라켓 설치공정, 저속 시운전 및 잠공정으로 나타났다.

공정명	3년 재해 합계		평균		빈도	강도	위험도
	재해 건수	근로 손실일수	재해 건수	건당근로 손실일수			
1. 현장답사	1	98	0.3	98	2	2	4
2. 착공	6	3,744	2.0	624	3	3	9
3. 기계실 부품인양	19	4,566	6.3	240	3	3	9
4. 형판 작업	5	7,856	1.7	1,571	3	4	12
5. 레일 매달기	4	412	1.3	103	2	3	6
6. 기계실 작업	11	9,457	3.7	860	3	3	9
7. 플랫폼 조립	26	25,308	8.7	973	3	4	12
<b>8. 로핑</b>	<b>2</b>	<b>7,694</b>	<b>0.7</b>	<b>3,847</b>	<b>5</b>	<b>4</b>	<b>20</b>
9. 작업대 설치	3	673	1.0	224	3	3	9
<b>10. 레일 및 레일 브라켓 설치</b>	<b>11</b>	<b>16,184</b>	<b>3.7</b>	<b>1,471</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>16</b>
11. 출입구 작업	12	9,403	4.0	784	3	3	9
12. 승강로기기 설치 및 작업대 해체	5	594	1.7	119	2	3	6
<b>13. 카 판넬 및 카 도어 조립</b>	<b>5</b>	<b>7,789</b>	<b>1.7</b>	<b>1,558</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>12</b>
<b>14. 저속 시운전 및 잠공사</b>	<b>19</b>	<b>32,238</b>	<b>6.3</b>	<b>1,697</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>16</b>
15. 고속 시운전 및 조정	0	0	0	0	1	1	1
16. 검사	2	746	0.7	373	3	3	9
합 계	131	126,762	43.7	968			

[그림 II-3] 엘리베이터 설치공사의 위험성분석 결과

다) 엘리베이터 설치공정 사고분석을 통한 안전대책에 관한 연구  
(서호준, 2018)

엘리베이터 설치 중 발생한 재해의 기인물을 분석한 결과, 가설통로, 개구부, 낙하물, 비산물, 수공구, 승강기, 중량물, 회전부로 분류되었다.

**<표 II-5> 엘리베이터 설치 중 발생한 재해의 기인물**

기인물	내용
가설통로	가설계단, 사다리, 계단 등 가설통로
개구부	승강로, 피트 등의 개구부
낙하물	부품, 수공구 등의 낙하물
비산물	용접불티, 칩 등의 비산물
수공구	망치, 스패너, 커터칼, 핸드그라인더 등의 수공구
승강기	승강기 카, 도어 등 승강기
중량물	모터, CWT, 레일 등 중량물 운반, 인양, 취급
회전부	와이어로프 드럼, 원치, 모터 등 회전부

엘리베이터 설치 재해의 발생 원인을 분석해 본 결과, 부적절한 통로, 낙하물 방지 미설치, 보호구 미착용, 불티 비산 방지 미실시, 엘리베이터 오작동, 인양물 운반, 중량물 운반, 전도방지 미실시, 조도불량, 추락방지 미실시, 휴먼에러 등이 주된 원인으로 나타났다.

**<표 II-6> 엘리베이터 설치 중 발생한 재해의 발생원인**

발생원인	내용
부적절한 통로	부적절한 가설계단, 사다리, 계단, 이물질 등
낙하물 방지 미실시	상하부 동시작업, 낙하물 방지조치 미실시 등
보호구 미착용	부적절한 보호구 착용, 보호구 미착용 등
불티 비산 방지 미설치	산소절단기, 용접 등 불티 비산 방지 미실시
엘리베이터 오작동	임시카, 엘리베이터, 카도어 등 오작동
인양물 운반	와이어로프, 체인, 인양물에 의한 사고 등
중량물 운반	모터, CWT, 레일 등 중량물 운반, 취급 사고 등
전도방지 미실시	자재, 구조물, 화물 등 전도방지 미실시
조도불량	조도 미확보에 의한 사고
추락방지 미실시	안전난간, 작업발판 등 개구부에 추락방지 미실시
휴먼에러	기기, 설비 오작동, 무리한 행동 등에 의한 사고

- 엘리베이터 주요공정별 사고 발생원인

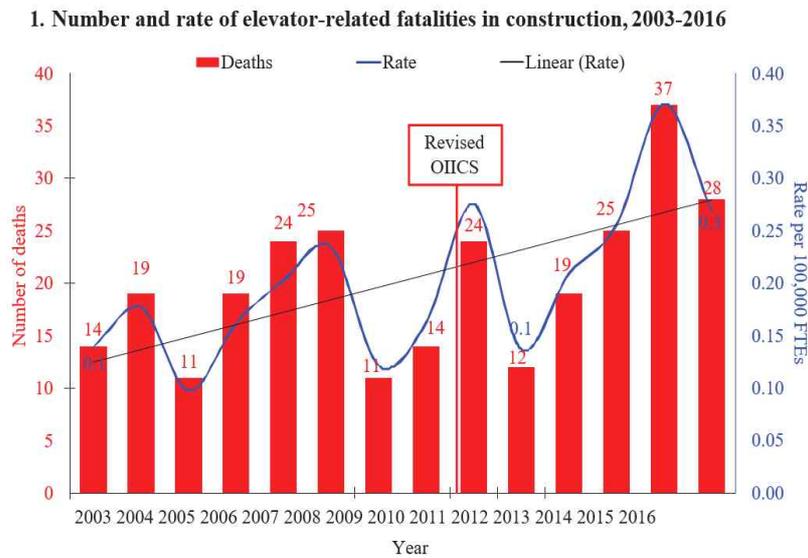
**<표 II-7> 엘리베이터 설치 중 발생한 공종별 재해 발생원인**

발생원인	내용
레일 매달기, CWT 및 카 체대 설치	추락방지 미실시
	인양물 운반
	낙하물 방지 미실시
	휴먼에러
자재반입/양중	인양물 운반
	전도방지
	중량물 운반
	추락방지 미실시
기계실 기기 설치	중량물 운반
	인양물 운반
	휴먼에러
	추락방지 미실시

3) 국외 엘리베이터 설치 및 유지보수 작업 관련 재해 분석

(1) 엘리베이터 관련 사고 사망자 분석(2003~2016년)

Dong et al.(2018)이 OSHA의 자료를 이용하여 분석한 미국의 엘리베이터 관련 사망 건수는 연도별로 차이는 있지만 시간에 따라 증가하는 추세를 보이고 있다. 이를 자세히 살펴보면 2003년에 14건의 사망자 수가 2016년에는 28건으로 두 배 증가하였으며, 특히 2015년에는 37건으로 최고점을 보였다. 또한, 엘리베이터 관련 작업자의 사망사망만인율(정규직 근로자 100,000명 기준)을 살펴보면 2003년 0.14에서 2016년에는 0.30으로 크게 증가하는 추세를 보이는 것을 알 수 있다[그림 II-4].

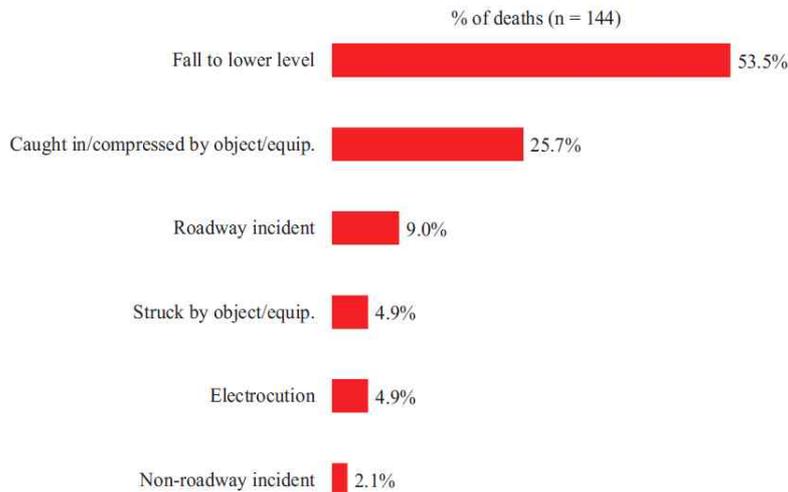


[그림 II-4] 엘리베이터 사고 관련 사망건수와 사망률의 추이 (2003~2016년)(Dong et al. 2018)

그리고, 2011년에서 2016년까지 145명의 작업자가 엘리베이터 관련 사고로 사망하였는데, 이는 전체 사고 사망자 중 절반 이상인 51%에 해당한다. 또한, 엘리베이터 관련 사고 사망자는 연평균 24명으로서 이는 제조업 관련 사망자 수보다 약 4배 정도 많은 수치이다.

작업자의 엘리베이터 관련 사망자 사고의 가장 큰 원인은 아래층으로의 추락이 53.5%를 차지하였으며, 절반 이상의 사고가 30피트 이상 높이에서의 추락과 연관이 있었다. 그 외로 물체나 장비에 걸리거나 압박을 당해 사망하는 경우가 두번째로 많은 사망 사고의 원인이었다(25.7%)[그림 II-5].

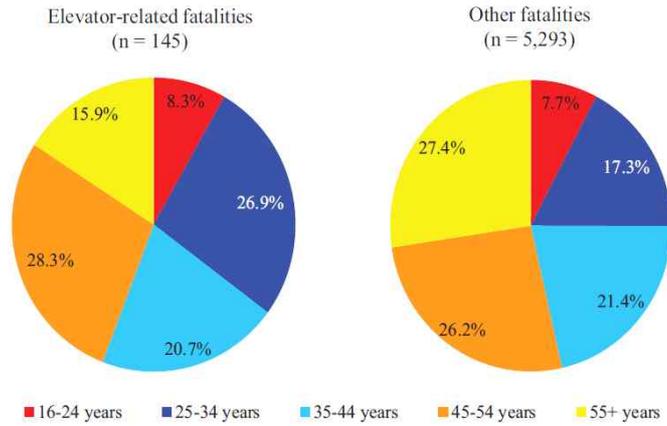
3. Elevator-related fatalities in construction, by event or exposure, sum of 2011-2016



**[그림 II-5] 엘리베이터 사망사고 관련 원인 분류 (2011~2016년)**  
(Dong et al. 2018)

엘리베이터 사고 관련 사망자들의 연령대 분포를 살펴보면, 젊은 작업자들의 사망자 비율이 높게 나타나는 것을 알 수 있다. 2011년에서 2016년 사이에 엘리베이터 관련 사망자의 1/3 이상인 35.2%가 35세 미만의 근로자에게서 발생하였다.

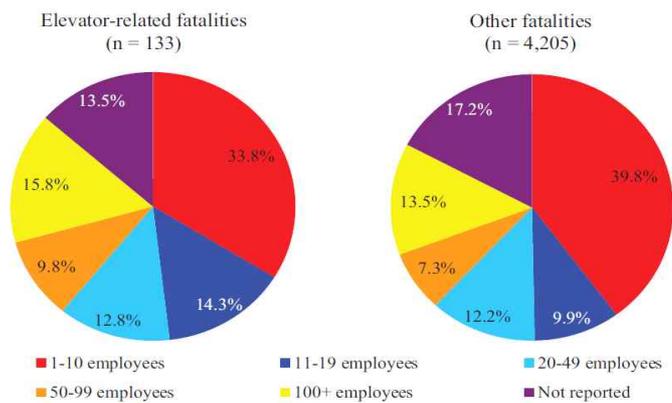
7. Fatalities by age group, elevator-related versus other fatalities, sum of 2011-2016



**[그림 II-6] 엘리베이터 사망사고 관련 작업자의 연령별 분포 (2011~2016년)(Dong et al. 2018)**

엘리베이터 사망사고 관련 작업 수행 업체를 규모별로 분류했을 때, 엘리베이터 관련 사망자의 1/3 이상인 33.8%가 직원이 10명 이하인 소규모 회사에서 발생하였다.

9. Fatalities by establishment size, elevator-related versus other fatalities, sum of 2011-2016 (Wage-and-salary workers)

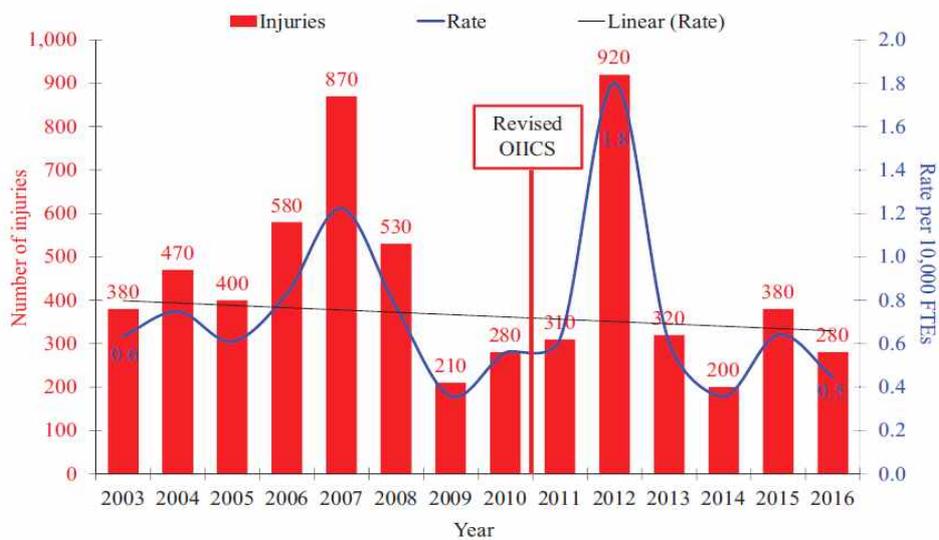


**[그림 II-7] 엘리베이터 사망사고 관련 업체의 규모별 분포 (2011~2016년)(Dong et al. 2018)**

(2) 엘리베이터 관련 사고 부상자 분석(2003~2016년)

앞서 언급한 사고 사망자의 분석과는 다르게 엘리베이터 관련 부상자는 2003년에서 2016년까지 감소하는 경향을 보였다. 이러한 부상자 수는 2012년에 920건으로 최고치를 보이고 2016년에는 280건으로 70% 감소함을 나타냈다. 또한 10,000명 당 부상율도 비슷한 경향을 보이고 있는데, 2012년 1.8명으로 급상승했다가 2016년에는 0.4명으로 75% 감소함을 보였다[그림 II-8].

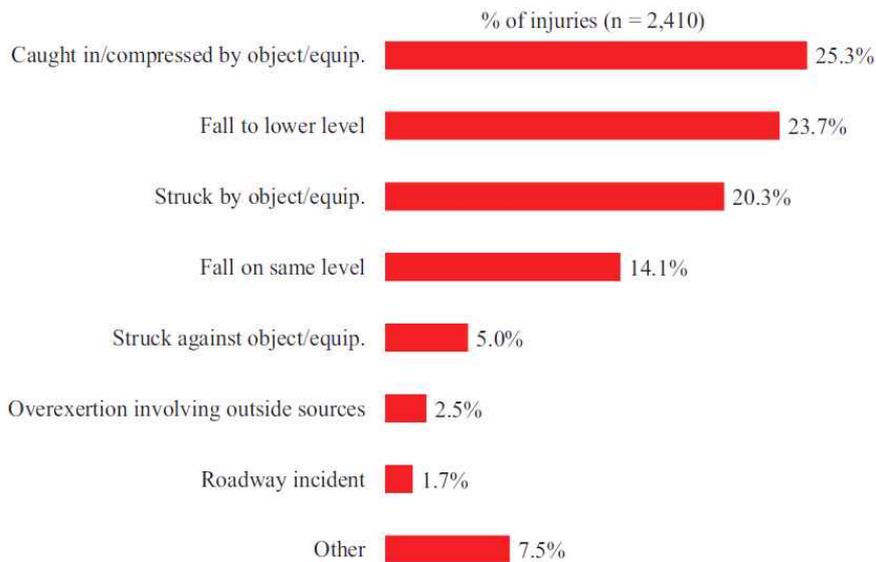
12. Number and rate of elevator-related injuries in construction, 2003-2016\*



[그림 II-8] 엘리베이터 사고 관련 부상건수와 부상률의 추이 (2003~2016년)(Dong et al. 2018)

엘리베이터 관련 부상 사건의 원인을 살펴보면, 사망사고의 원인과 다르게 나타남을 알 수 있다. 엘리베이터 관련 부상의 가장 높은 원인은 물체 또는 장비에 걸리거나 압착되는 경우로서 25.3%의 비중을 차지하며, 그다음으로 23.7%가 아래층으로 추락 사고가 부상사고의 원인이었다.[그림 II-9].

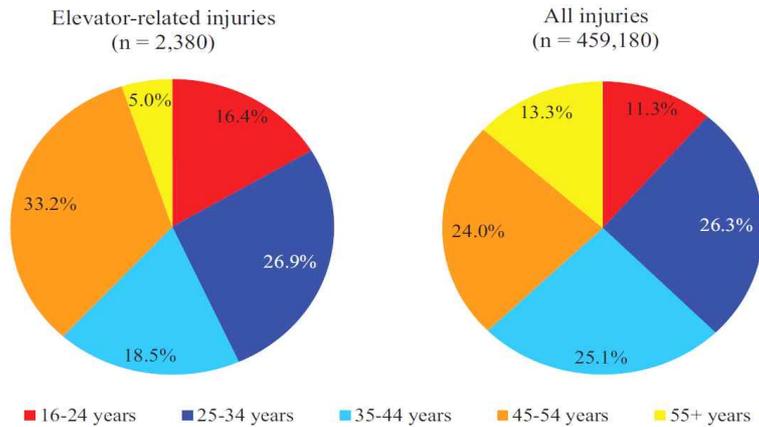
14. Elevator-related injuries in construction, by event or exposure, sum of 2011-2016



**[그림 II-9] 엘리베이터 부상사고 관련 원인 분류 (2011~2016년)  
(Dong et al. 2018)**

엘리베이터 사고 관련 부상자의 연령대별 분포를 보면, 45~54세 작업자의 경우 가장 높은 비율로서 33.2%를 차지하였다. 다음으로 25~34세의 작업자가 26.9%의 비율을 차지함을 알 수 있다. [그림 II-10].

16. Nonfatal injuries in construction by age group, elevator-related versus all injuries, sum of 2011-2016

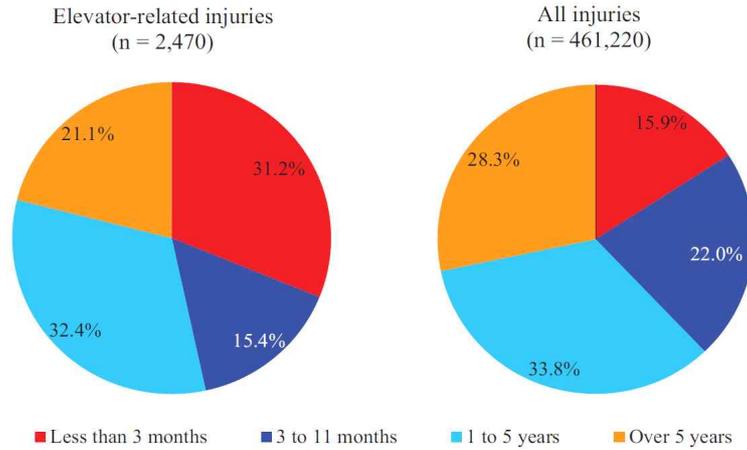


**[그림 II-10] 엘리베이터 부상사고 관련 작업자의 연령별 분포 (2011~2016년)(Dong et al. 2018)**

엘리베이터 관련 부상사고에 대해 작업자의 경력별 분포를 살펴보면, 경험이 적은 작업자들의 사고가 빈번히 발생함을 알 수 있다. 특히, 사고의 1/3에 해당하는 31.2%가 경력이 3개월 미만인 작업자에게서 발생하였다[그림 II-11].

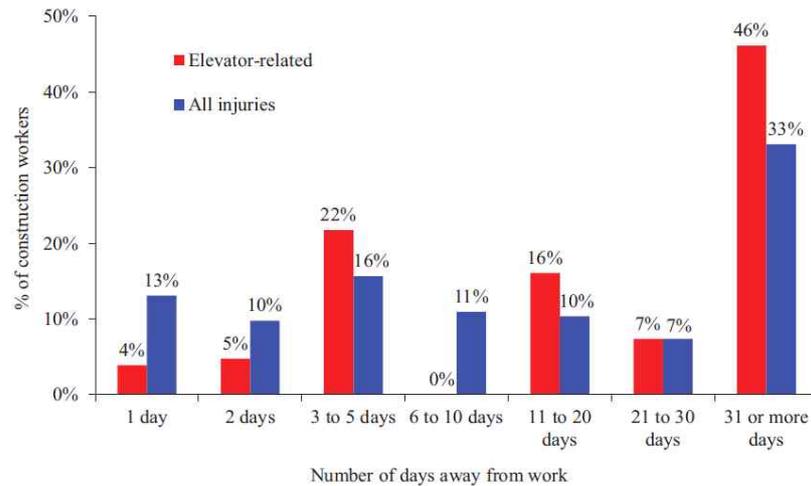
엘리베이터 관련 사고는 다른 유형의 사고들과 비교하여 사고 후 신체적 회복에 더 많은 시간이 소요되는 것으로 나타났다. 특히, 엘리베이터 관련 부상자의 약 46%가 평균 31일 이상 회복문제로 직업에 복귀하지 못하는 것으로 나타났다[그림 II-12].

18. Nonfatal injuries in construction by length of service with employer, elevator-related versus all injuries, sum of 2011-2016



[그림 II-11] 엘리베이터 부상사고 관련 작업자의 경력별 분포 (2011 ~ 2016년) (Dong et al. 2018)

19. Nonfatal injuries in construction by number of days away from work, elevator-related versus all injuries, sum of 2011-2016

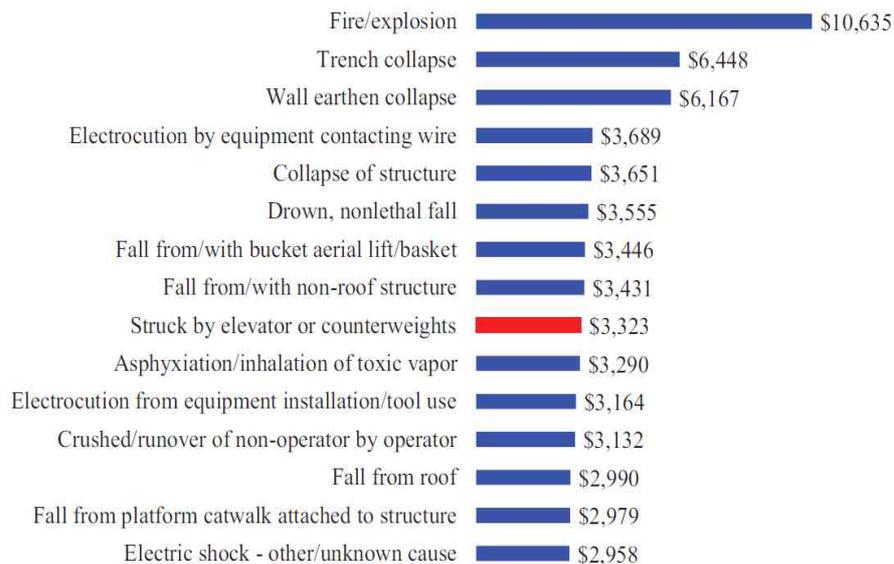


[그림 II-12] 엘리베이터 부상사고 관련 작업자의 회복일수 (2011 ~ 2016년)(Dong et al. 2018)

(3) 엘리베이터 사고 관련 미국 산업안전보건청(OSHA)에서 부과한 벌금(2003~2016년)

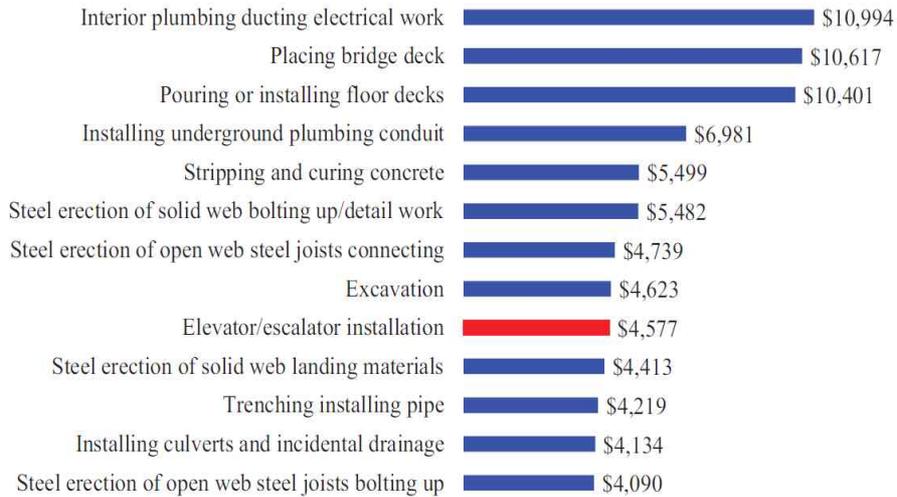
2003년부터 2016년까지 미국 산업안전보건청(OSHA)에서 부과한 벌금 순위에 의하면 엘리베이터 사고와 관련한 벌금은 상위 10위 안에 속하는 것을 확인할 수 있다[그림 II-13]. 엘리베이터 설치작업과 관련한 사망사고로 인한 평균 벌금은 \$3,323, 엘리베이터 설치작업 중 부상사고로 인한 평균 벌금은 \$4,577을 보였다. OSHA의 경우 반복된 위반이나 고의적 위반에 대해서 가장 무거운 벌금을 부과하고 있는데, 이와 관련하여 작업자 부상사고에 대한 단일한 대처가 부상사고의 평균 벌금이 사망사고의 평균 벌금보다 높게 나오는 이유 중의 한가지로 추정된다.

22. Average OSHA penalty by cause of fatalities, 2003-2016



(a) 사망사고 벌금

23. Average OSHA penalty by cause of injury, 2003-2016



(b) 부상사고 벌금

[그림 II-13] 사망 및 상해사고 관련 미국 산업안전보건청(OSHA)에서 부과한 평균 벌금(2003~2016년)(Dong et al. 2018)

4) 국외 법령, 안전작업지침 및 매뉴얼 분석

(1) 법령

엘리베이터 작업과 관련된 미국의 안전 표준은 엘리베이터의 검사가 얼마나 정기적으로 이루어져야 하는지와 엘리베이터의 어떠한 부분들이 고려되어야 하는지 등 유지보수를 중심으로 상세히 기술되어 있다.

엘리베이터 유지보수와 관련된 법령은 미국 산업안전보건청(OSHA)과 미국 기계기술자협회(ASME)에 의해 규정되어 있으며, 각 주와 지역별로 추가적인 표준 및 안전코드를 지정할 수 있다. 엘리베이터 유지보수 관련 표준(OSHA 1917.116: 엘리베이터 및 에스컬레이터)은 OSHA의 웹사이트에서도 확인 가능하며 주요 내용은 다음 표 II-8과 같다.

**<표 II-8> 엘리베이터 작업 관련 미국 산업안전보건청(OSHA)의 법령**

OSHA 표준코드	내 용
1917.116(a)	“엘리베이터”라 함은 카 혹은 발판이 2층 이상의 구조물을 수직으로 승강 및 하강하는 것을 의미함. 단, 컨베이어, 향타기, 재료용 호이스트, 용광로용 호이스트, 부두 경사로, 차량 리프트 및 덤퍼와 같은 장치는 제외함.
1917.116(c)	안전에 영향을 미치는 결함이 있는 엘리베이터나 에스컬레이터를 사용해서는 안됨.
1917.116(d)	엘리베이터 안전장치는 간과하거나 미사용 상태로 두어서는 안됨.
1917.116(e)	엘리베이터는 1년 이내의 주기로 철저히 검사해야함. 정상적인 운영을 위해 월별 점검을 지정된 담당자가 수행하도록 함. 최신 연간 엘리베이터 검사 결과에 대한 기록은 엘리베이터에 게시해야함. 연간 에스컬레이터 검사 기록은 에스컬레이터 주변에 게시하거나 출입구에서 이용할 수 있도록 함.
1917.116(f)	엘리베이터 출입구에는 엘리베이터 출입문이 제대로 작동하지 않았을 때 사용자가 승강로에 떨어지지 않도록 출입문 또는 이와 동등한 보호 장치가 제공되어야 함.
1917.116(g)	엘리베이터의 최대 하중 제한은 게시되어야 하며 이를 초과하지 않아야 함. 엘리베이터 카 내부 및 외부에서 엘리베이터의 부하 제한을 눈에 띄게 게시해야 함.
1917.116(h)	엘리베이터는 지정된 사람만 작동시켜야 함. 자동 또는 도어 연동형 엘리베이터가 승강로 출입구의 닫음 및 자동 카 레벨링을 제공하는 경우에만 예외로 간주함.

미국과 캐나다는 엘리베이터 및 에스컬레이터 관련 안전 표준코드(ASME A17.1-2016)를 규정하고 있는데, 이 코드는 다양한 부분들을 고려할 수 있도록 간결하고 요점 위주로 작성되어 널리 사용되고 있다. 표 II-9에 ASME의 안전 표준코드 및 관련 주요 내용들을 정리하였다.

**<표 II-9> 엘리베이터 작업 관련 미국 기계기술자협회(ASME)의 법령**

ASME 표 준 코드	제 목	내 용
A17.2-2017	엘리베이터, 에스컬레이터 및 무빙 워크 검사 안내서	검사자들의 가이드를 주 목적으로 하며, 검사 방법 및 기술, 주의 사항에 대해 순차적으로 기술함. 그 외에, 전기 및 유압식 엘리베이터의 검사 절차에 대한 표준을 자세히 설명하고 있음.
A17.3-2017	기존 엘리베이터 및 에스컬레이터의 안전 코드	일반인들의 안전을 강화하기 위한 기존 엘리베이터 및 에스컬레이터의 안전 요구사항으로 주 및 지방 관할 당국의 기초자료로 사용됨. 또한 건축가, 기술자, 보험 회사, 제조업체, 계약자, 건물 소유자 및 관리자를 위한 표준 참조 역할을 함.
A17.4-2015	비상 요원 안내	건물 관리인은 직원을 선택 및 훈련하여 적절한 대피 절차를 수행할 수 있도록 함. 각 교대별로 구조대를 조직하게 함. 이 표준은 대피 절차, 구조대 선택 및 훈련, 기타 우려 사항들에 대해 설명하고 있음.
A17.5-2014	엘리베이터 및 에스컬레이터 전기 장비	엘리베이터, 에스컬레이터, 무빙 워크, 덤 비터, 자재 리프트 및 승강 장치용 전기 장비의 설계 및 구성에 대해 설명함. 이 장비에는 모터 컨트롤러, 모션 컨트롤러, 작동 컨트롤러 및 운영 장치가 포함됨.
A17.6-2017	엘리베이터 정지, 버팀, 주 작동 시스템의 표준	엘리베이터 서스펜션 및 관리 시스템의 재료 특성, 테스트, 검사 및 교체 기준을 다룸. 또한 고층 적용을 위한 바줄도 다루고 있음. 엘리베이터 서스펜션 관련 3가지 파트로 나뉘어짐: 탄소강 와이어 로프, 아라미드 섬유 로프, 비원형 탄성 코팅 강철 서스펜션.
A17.7-2007	엘리베이터 및 에스컬레이터의 성능 기준 안전 코드	기존 코드에서 명시적으로 다루지 않는 기계, 구조, 전자 및 광학 분야의 재료 및 공정에 대해 다룸. 장비의 설계, 구성, 작동, 검사, 테스트, 유지보수, 변경 및 수리를 다루는 성능 기반 안전 코드 역할을 수행.
A17.1-2016	엘리베이터 및 에스컬레이터 안전 코드 핸드북	ASME A17.1-2019 코드의 모든 변경 사항에 대한 이론적 근거와 그 구현에 대한 설명, 예 및 그림이 자세히 설명되어 있음.

(2) 안전작업지침

안전작업지침과 관련하여 엘리베이터 관련 부상 및 사망을 예방하기 위한 미국 국립 산업안전보건연구원(NIOSH)의 사망사고 평가와 제어 평가(Fatality Assessment and Control Evaluation, FACE) 프로그램 권고사항과 미국 산업안전보건청(OSHA)의 요구사항들을 <표 II-10>에 정리하였다.

**<표 II-10> 엘리베이터 작업 관련 안전작업지침**

카테고리	FACE 권고사항	OSHA 요구사항
개인 보호장비 (PPE)	개인 낙하 방지 시스템 (PFAS) 제공 - 전체식 안전벨트, 고정점, 연결장치로 구성됨	<ul style="list-style-type: none"> <li>모든 고용주는 추락 방지 시스템을 제공해야 함[1926.502(a)(1)]</li> <li>마모 및 손상이 있는 지 매번 사용 전에 개인 낙하 방지 시스템 (PFAS)을 검사해야 하며 결함이 있는 부품은 제외함 [1926.502(d)(21)]</li> </ul>
	개인보호 장비 제공 및 개인 낙하 방지 시스템의 올바른 사용법 교육	<ul style="list-style-type: none"> <li>모든 PPE는 고용주가 직원에게 무료로 제공함[1926.95(d)]</li> <li>고용주는 근로자를 보호해야 할 상황 시 적절한 PPE를 착용해야 할 책임이 있음 [1926.28(a)]</li> </ul>
장비	작업에 맞는 장비 제공	<ul style="list-style-type: none"> <li>직원을 안전하게 보호하기 위해 보행 / 작업 표면에 구조적 무결성 필요[1926.501(a)(2)]</li> <li>고용주는 장비가 근로자에게 공급된 후에도 이를 올바르게 관리하고 적합 여부를 확인 [1926.95(a,b)]</li> <li>고용주는 훈련이나 경험을 통해 자격이 있는 직원만 장비와 기계를 작동하도록 허용 [1926.20(b)(4)]</li> </ul>
	안전장비 설치	<ul style="list-style-type: none"> <li>지표면 높이가 6피트 이상이고 사이트에 보호 장비가 없는 경우 가드 레일 시스템, 안전망 시스템 또는 PFAS가 필요 [1926.501(b)(1)]</li> </ul>

		<ul style="list-style-type: none"> <li>• 피트, 샤프트 관련 작업시 설치 [1926.501(b)(7)(ii)]</li> <li>• 위험한 장비 사용 시 설치[1926.501(b)(8)(ii)]</li> </ul>
	디자인을 통한 예방	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 움직이는 파트가 작업자에게 위험을 초래할 경우 가드로 보호해야 함 [1926.300(b)(2)]</li> </ul>
교육	안전 교육 제공	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 고용주는 각 직원에게 위험한 상황을 인식하고 피하게 지시[1926.21(b)(2)]</li> <li>• 작업장에서의 추락 위험 노출, 보호 장치의 사용 및 작동, 추락 방지 시스템의 사용 및 검사 절차 등의 주제들에 대해 직원에게 교육을 제공[1926.503(a)]</li> </ul>
	현장 비상 의료진 교육	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 고용주는 중상을 입었을 때 즉각적인 의료 조치 가능한 의료 인력을 확보해야 하며, 접근 가능한 진료소, 의원, 병원 또는 의사가 없는 경우 응급 처치 교육을 받은 검증된 사람 확보.</li> <li>• 응급처치 용품은 쉽게 사용 가능해야 함 [1926.50(a-d)]</li> </ul>
안전 관리	직업 안전 검사 (JSA) 실시 및 안전 체크리스트 개발	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 고용주는 작업장, 재료 및 장비를 정기적으로 검사할 사람을 지정[1926.20(b)(2)]</li> <li>• 안전점검 목록은 요구사항이 아니지만, 작업자가 부상을 입을 위험요소를 식별하게 도와줌</li> </ul>
	안전한 작업장 관리	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 고용주는 사고 예방 프로그램을 개시하고 지속해야함[1926.20(b)]</li> <li>• 작업이 진행중인 장소를 밝혀함[1926.26]</li> <li>• 먼지 및 연기와 같은 유해 물질이 안전기준을 초과해서는 안됨[1926.57(a)]</li> <li>• 고용주는 전기 장비에 사망 또는 심각한 신체적 상해를 일으킬 수있는 위험이 없는지 확인[1926.403(b)(1)]</li> </ul>
	유능한 안전 관리자 고용	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 고용주는 추락 및 기타 위험을 인식할 수 있고 추락 위험을 인지 못하고 불안정한 행동을 하는 직원들에게 경고를 할 수 있는 안전 관리자를 지정[1926.502(h)(1)]</li> </ul>

### (3) 매뉴얼

가) 엘리베이터 및 에스컬레이터와 관련된 사망 및 부상 방지를 위한 권고사항(건설연구훈련센터[CPWR], 2006)

건설연구훈련센터는 건설산업의 부상, 질병, 사망 감소를 목적으로 훈련, 연구, 서비스 프로그램을 지원하는 미국의 비영리 단체이다. 이러한 지원을 통해 작업자, 계약자, 프로젝트 책임자, 안전보건 전문가, 연구원, 정부기관, 노조 및 협회를 비롯한 파트너들과 협력하여 미국 전역에 서비스를 제공하고 있다.

- 적절한 잠금 및 태그 아웃 절차 사용

잠금 절차는 유해 에너지 제어 관련 OSHA 표준의 일부를 적용한다(잠금/태그아웃)(29 CFR 1910.147). OSHA 잠금/태그 아웃 표준에는 서면 절차와 직원 교육이 필요하며 전기 회로 또는 기계 작업을 수행하는 직원이 전원을 끄고 사람들이 작업하는 동안 아무도 전원을 켤 수 없도록 회로를 잠그도록 한다.

작업자는 열쇠를 자물쇠에 보관해야 하며 미터 판독 값을 측정하는 등 전기 시스템에서 실시간 작동해야 하는 경우 예방 조치를 따라야 한다. 예를 들면 허가시스템을 설치할 수 있으며 허가는 적절한 공학적 관리 및 적절한 개인 보호 장비 착용과 같은 안전한 작업 절차를 기술해야 한다.

- 적합한 추락 방지 시스템 사용 여부 확인

엘리베이터 설치 및 유지보수 시 낙상 위험은 OSHA의 일부인 29 CFR 1926.500-503 기준을 적용하고, 엘리베이터 유지보수 중 추락 위험은 29 CFR 1910.22 (b) 기준을 적용한다.

추락 위험이 있는 경우 적절한 추락 방지장치를 항상 사용해야한다(일반 산

업용 4피트 및 건축용 6피트 높이). 엔지니어링 제어가 실용적이지 않으면 개인 낙하 방지 시스템이 필요하다. 적절한 고정 지점이 선택되고 작업자들의 개인 보호 장비가 결속되어야 한다. OSHA의 사다리 사용 시 기준들을 참고할 수 있다(29 CFR 1926.1050, 1051, 1053 및 1060 및 29 CFR 1910.25 및 26).

작업자가 서 있는 임시 구조는 작업자의 무게를 버틸 수 있게 안정적이고 견고해야 하며, 이는 비계에 대한 OSHA 표준을 준수해야 한다(29 CFR 1926.451 및 29 CFR 1910.28).

- 엘리베이터 승강로를 제한된 공간으로 취급

제한된 공간에 대한 OSHA의 정의는 출입 수단이 제한적이고, 직원에게 할당된 작업을 숙지하고 수행할 수 있을 만큼 공간이 충분히 크지 않고, 직원이 지속해서 공간을 점유할 수 없는 경우로 지정한다(29 CFR 1910.146). 엘리베이터 승강로와 피트는 본 정의를 따르고 있다.

엘리베이터가 작동하는 엘리베이터 승강로는 허가가 필요한 제한된 공간으로 분류되어야 하며 고용주는 모든 29 CFR 1910.146의 요구사항을 준수해야 한다. OSHA의 표준은 계약자 등 직원에게 허가가 필요한 제한된 공간의 존재, 위치 및 위험에 대해 정보를 제공해야 하며 서면 (안전) 프로그램 제공 및 위험요소의 제거, 대피 절차 확보 등을 지켜야 한다. 다른 방법으로는 직원이 엘리베이터 승강로 및 피트에 들어가는 것을 금지하고 잠금장치 또는 기타 효과적인 수단으로 입구를 차단한다.

승강로 또는 피트에서 작업이 필요한 경우, 위험요소를 제거함으로써 허용절차가 필요없는 제한된 공간으로 재분류 될 수 있다(예를 들면 엘리베이터를 잠금 움직일 수 없게 한다).

- 적절한 유지보수 및 검사 시행

캘리포니아의 권장 사항을 보면 고용주는 모든 엘리베이터를 자격증이 있는 엘리베이터 기술자에게 정기적으로 점검하고 서비스를 받게 한다(캘리포니아 보건국 1993).

OSHA는 휴스턴의 사망사고를 기점으로 부적절한 엘리베이터 컨트롤러 배선의 위험에 대해 발표하였다(OSHA 2004). 고장난 엘리베이터 (엘리베이터 호출 버튼 포함)를 신속하게 식별하여 장애인 엘리베이터 서비스가 중단되고 경고 표시 및 테이프가 모든 엘리베이터 문에 배치되는 절차가 필요하다.

- 전문가 고용

일반적으로 미국에서 엘리베이터 설치 및 유지보수 작업자는 견습 프로그램을 통해 학습을 해야 하며, 현재 35개 주에서 작업을 수행하기 위해서는 자격증을 요구하고 있다. 자격 요건이 되기 위해서는 고등학교 졸업장 또는 이에 상응하는 것이 필요하다. 고등 교육과정에서 기계 드로잉, 머신샵, 수학 관련 수업을 이수하면 견습 프로그램에서 가산점이 부여될 수 있다. 견습프로그램을 이수하는 데는 4년이 소요되며 프로그램 참여자는 최소 144시간의 기술교육과 2,000시간의 유급 현장 교육을 받아야 한다. 노조와 일부 계약업체는 이러한 견습 프로그램을 제공하고 있으며, 18세 이상, 신체적으로 일을 수행할 수 있고, 읽기, 수학, 기계 적성 검사를 통과해야 견습 프로그램에 참여 가능하다. 엘리베이터 설치 및 유지보수에 대한 교육을 이수한 후 경력기간 동안 최신 기술의 동향에 대해 인지하고 자기 계발을 해야 한다. 35개 주에서 자격증을 요구하므로 해당 주 별로 별도의 요구사항이 없는지 확인해야 한다.

관련된 자격증이 있는 사람만이 복잡한 작업을 현장에서 수행하도록 허가하고, 엘리베이터 유지보수 작업 시 자격이 있는 사람만이 참여하도록 허용한다. 위험이 있는 작업에 대해 구체적인 안전사항이 포함된 표준 작업절차를 제공한다.

2002년에 국가 엘리베이터 산업 교육 프로그램(NEIEP)이 미국 노동부에게 공식 승인을 받았으며, 4년 동안 고용자와 작업자들에게 견습훈련을 시행하였다. 25개 주에서 현재 엘리베이터 정비사, 검사관, 계약자들은 자격증을 보유하도록 요구하고 있다. 이 프로그램은 실험실, 다양한 교육 자료, 문서 자료 및 비디오를 동원하여 실습교육을 효과적으로 제공하고 있다. 주요 교육과정은 1) 실습교육의 운영과 관리, 2) 신입 직원에 대한 수습 교육 및 평가 프로그램 설계, 관리, 모니터링, 3) 교육생들에 대한 원격 교육 프로그램 관리, 4) 강사의 교육 기술을 향상시키기 위한 초급부터 고급수준까지의 세미나 진행이 있다. 이 프로그램은 미국 노동부에 따라 정비사 시험을 설계, 개발, 업데이트, 관리, 모니터링하는 역할도 수행하고 있다.

대부분 주에서 엘리베이터에 대한 ASME 코드를 따르고 있다. 2002년 개정판 ASME 17.1 안전코드에서 고용주는 엘리베이터의 수리 및 유지보수를 위해 엘리베이터 전문가를 배치하도록 요구한다. 이 표준은 엘리베이터 샤프트 및 엘리베이터 비상 탈출구를 청소하는 작업자에게도 훈련을 제공한다.

OSHA는 엘리베이터 안전과 관련된 교육 관련 표준들을 보유하고 있다. 예를 들면, 추락 방지 (29 CFR 1926.503, 1910.23), 잠금 / 태그 아웃 (29 CFR, 1910.147 (c) (7)), 전기 (29 CFR 1926.21, 1910.332) 및 제한된 공간 규정 (29 CFR 1910.146 (g))이 있다.

#### 나) 엘리베이터/에스컬레이터 안전보건 가이드라인(Construction Safety Association of Ontario, 2008)

- 엘리베이터 작업관련 추락방지 가이드라인

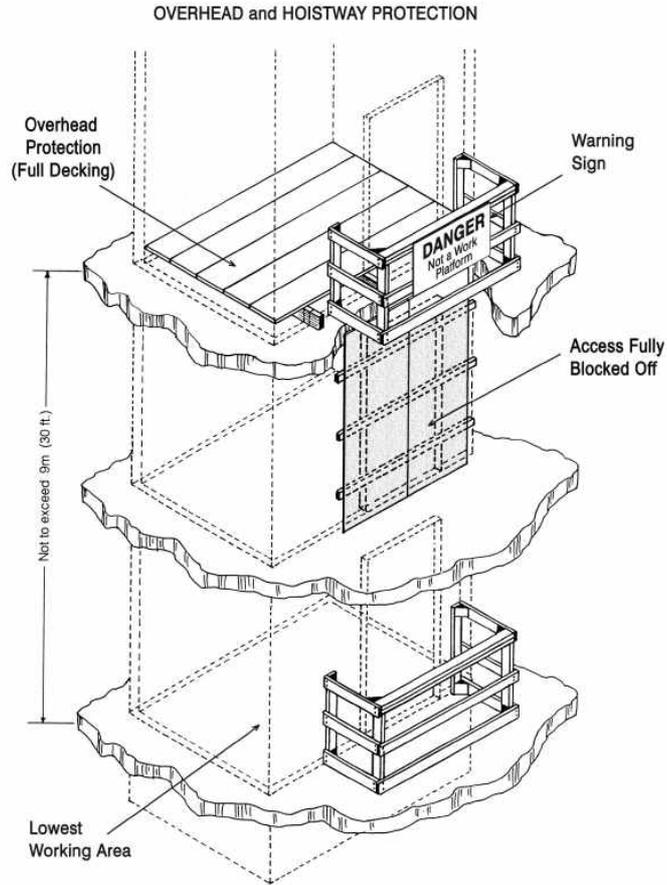
추락방지 교육의 경우 건설 규정 [온타리오 규정 213/91]에 따르고 있다. 고용주는 작업자가 사용하는 추락방지시스템 관련 교육을 받았는지 확인하고 교

육을 받은 날짜, 참가자 이름 등의 증거자료 들을 보유하도록 한다. 노동부가 요청 시 고용주는 교육 증거자료를 제시할 수 있어야 한다.

구조절차의 경우 추락방지시스템 및 안전망을 사용하기 전에, 고용주는 서면으로 작업자를 구조하는 절차를 만들어 놓아야 한다. 추락 사고 시 의료진의 도움을 즉각 받을 수 있도록 시간을 줄이는 것이 중요하게 요구된다.

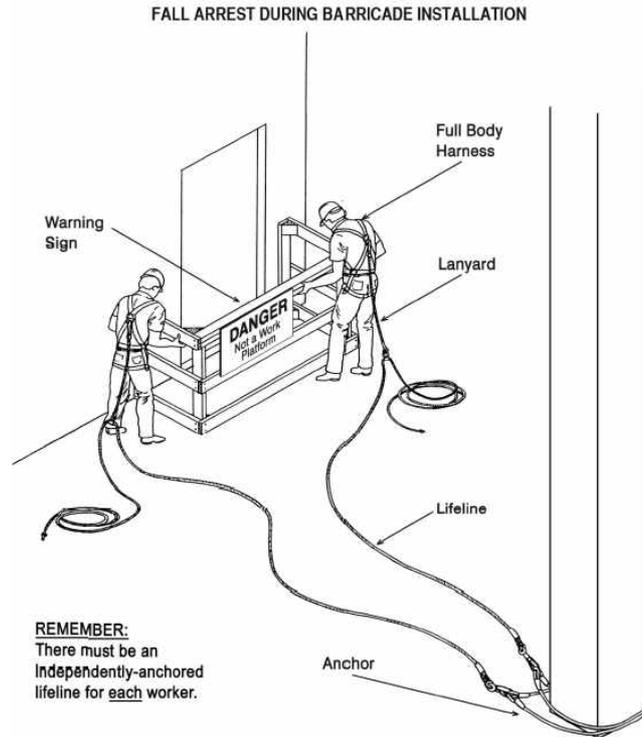
검사의 경우 모든 추락방지 시스템은 손상 및 결함이 없는지 검사되어야 하며, 결함 부품은 반드시 표준에 들어맞게 교체되어야 한다.

일반적 주의 사항으로는 작업자를 보호하고 잔해물이 승강로에 떨어지지 않도록 승강로 입구를 완전히 덮도록 권장한다. 만약 승강로 입구가 완전히 덮이지 않으면, 승강로에 오버헤드 보호장치를 제공하고 개구부에 가드레일을 설치하도록 한다. 오버헤드 보호는 3층 이하 혹은 작업구역 위 9m(30피트) 이하로 설계하며 오버헤드 보호는 2.4 kN/m<sup>2</sup>(50 파운드 당 평방 피트)를 버틸 수 있어야 한다. 이때 오버헤드 보호장치를 작업발판으로 절대 사용해서는 안된다.



**[그림 II-14] 오버헤드 및 승강로 보호장치의 설치**

가드레일 및 오버헤드 보호장치를 설치 및 제거 시 작업자는 추락방지 시스템을 반드시 착용해야 한다.

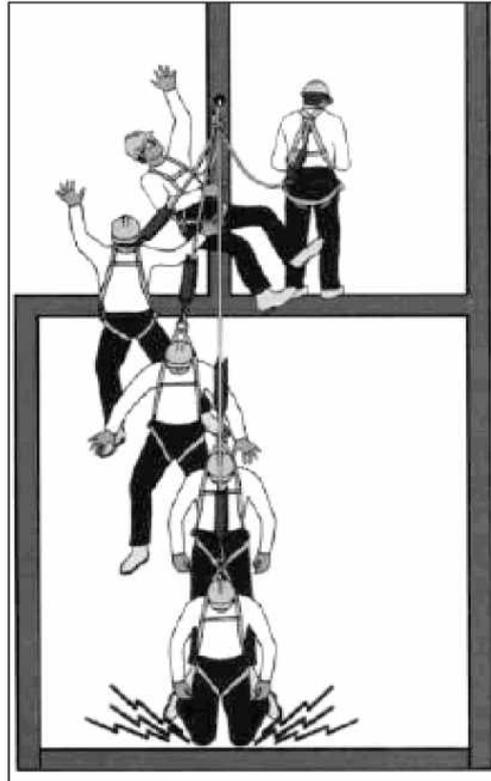


[그림 II-15] 바리케이드 설치 시 추락 방지 시스템

• 레일 설치 시 추락방지 가이드라인

브래킷과 레일을 설치할 때 두 가지 방법이 존재한다. 첫 번째 방법은 승강로 전체 높이에 비계를 설치하는 것으로, 적절한 높이의 엘리베이터의 경우에만 가능하다. 이동 거리가 15m를 초과하는 경우 전문 엔지니어의 상담이 필요하다.

두 번째 방법은 카와 첫번째 레일 길이를 설정하고 카의 구성 요소를 연결할 때 비계를 필요로 한다. 작업자는 카를 이용해 브래킷과 레일의 밸런스 웨이트를 설치한다. 바닥 추락사고는 추락방지 시스템의 길이가 작업 지면과 다음 층의 거리보다 길 때 발생할 수 있다.



Bottoming Out

**[그림 II-16] 아래층으로의 추락 사고 예시**

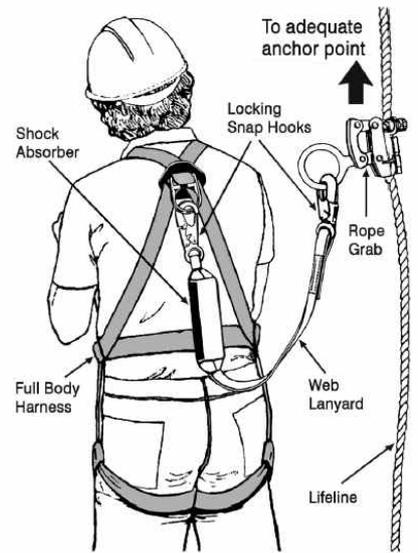
레일 설치 시 비계를 사용하는 경우, 15m 혹은 미만의 거리 이동 시, 비계 (바닥부터 승강로 꼭대기까지)를 세울 수 있는 접근로를 구축해야 하며 비계는 반드시 전문가의 지시에 의해서만 설치되어야 한다. 추락방지 시스템은 작업자가 3미터 이상 높이에서 작업하거나 위험한 물체가 주변에 있을 경우 반드시 사용되어야 한다.

작업자는 반드시 승강로에 진입하기 전에 추락방지 끈을 수직 로프에 결속 시켜야 하며 로프는 모든 작업자에게 제공되어야 한다. 비계 프레임 내부에 로프를 매듭지어야 하며 로프의 매듭은 구조용 강철 혹은 승강로에 설치된 수평

선에 설치될 수 있으며 사용 중인 빔을 로프의 매듭 포인트로 사용해서는 안된다.



Figure 5 (a)



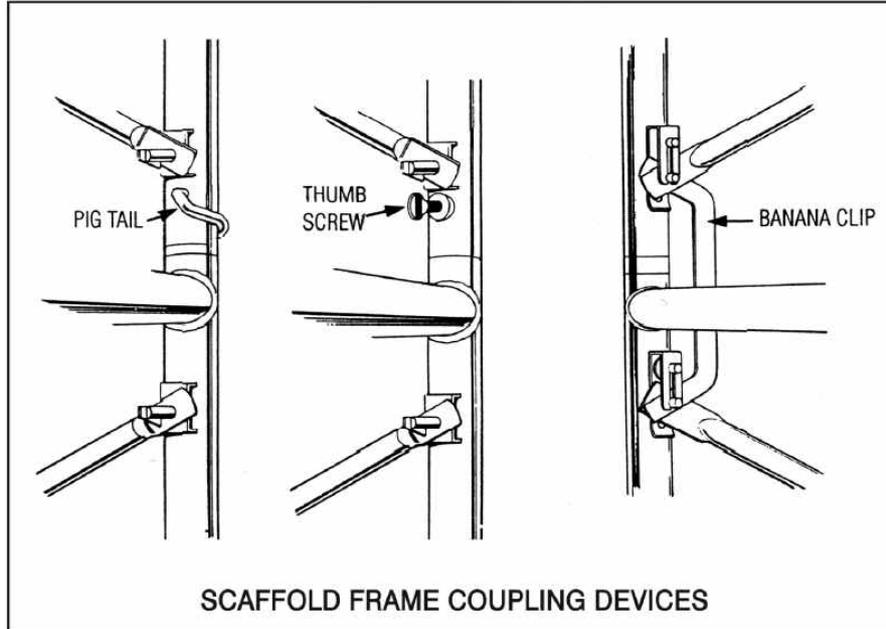
Full Body Harness and Fall Arrest System

Figure 5 (b)

Photo courtesy of  
Miller Fall Protection, Franklin, PA.

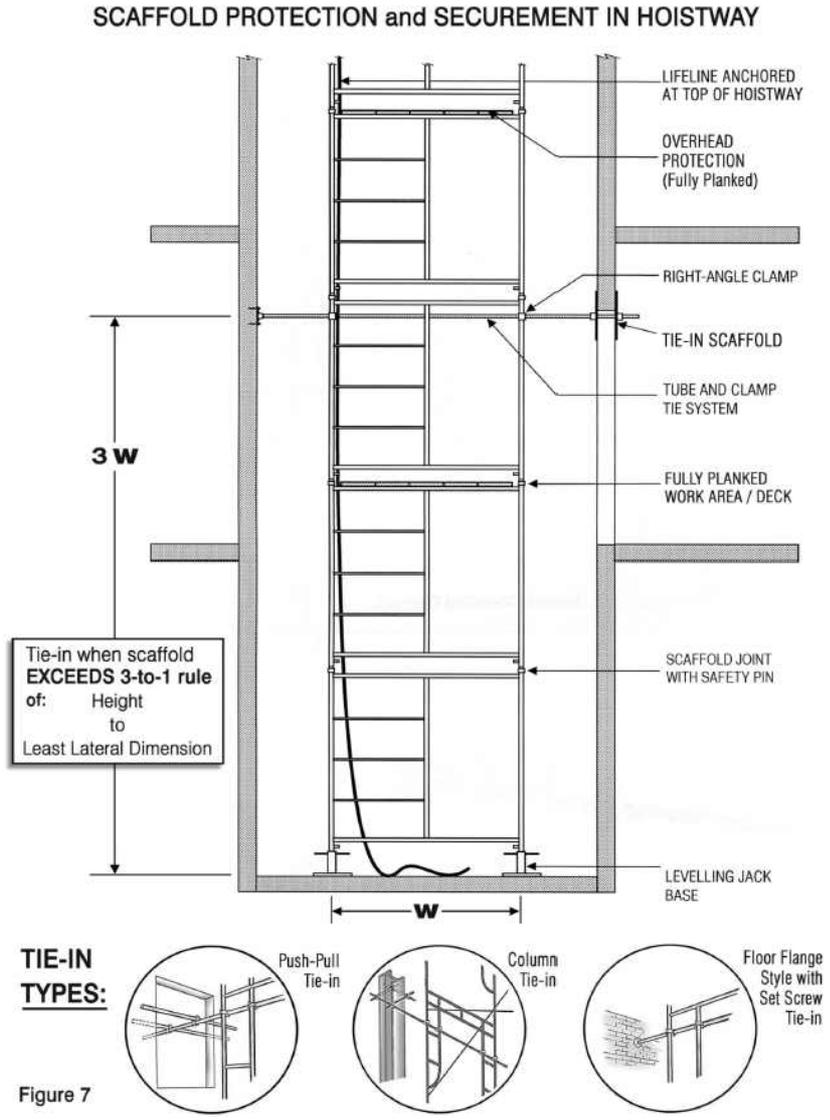
### [그림 II-17] 추락방지 시스템 결속 예시

휠 또는 다른 인양장치를 사용하여 비계 구성물을 들어 올리고 하중 제한이 명시되어 있는 장비만 사용하도록 한다. 비계 버팀대는 다음 프레임이나 버팀대가 설치되거나 제거되기 전에 안전하게 설치되어 있어야 한다. 비계는 조정 가능한 바닥판을 사용해서 수직으로 세워야 하며, 바닥판과 프레임은 편으로 결속되어서 장력이나 압축을 버틸 수 있어야 한다.



[그림 II-18] 비계 결속장치의 예

비계를 구조물과 묶을 때 수직거리가 측면 길이의 3배를 넘지 않도록 하거나 5×5 표준 프레임에서 3단 프레임 높이를 넘지 않도록 한다. 브라켓과 레일 설치 준비 시 작업자의 로프를 비계 프레임의 안쪽에 걸며 작업자는 위아래로 오르내릴 수 있으며 추락방지 시스템에 의해 보호될 수 있도록 한다.



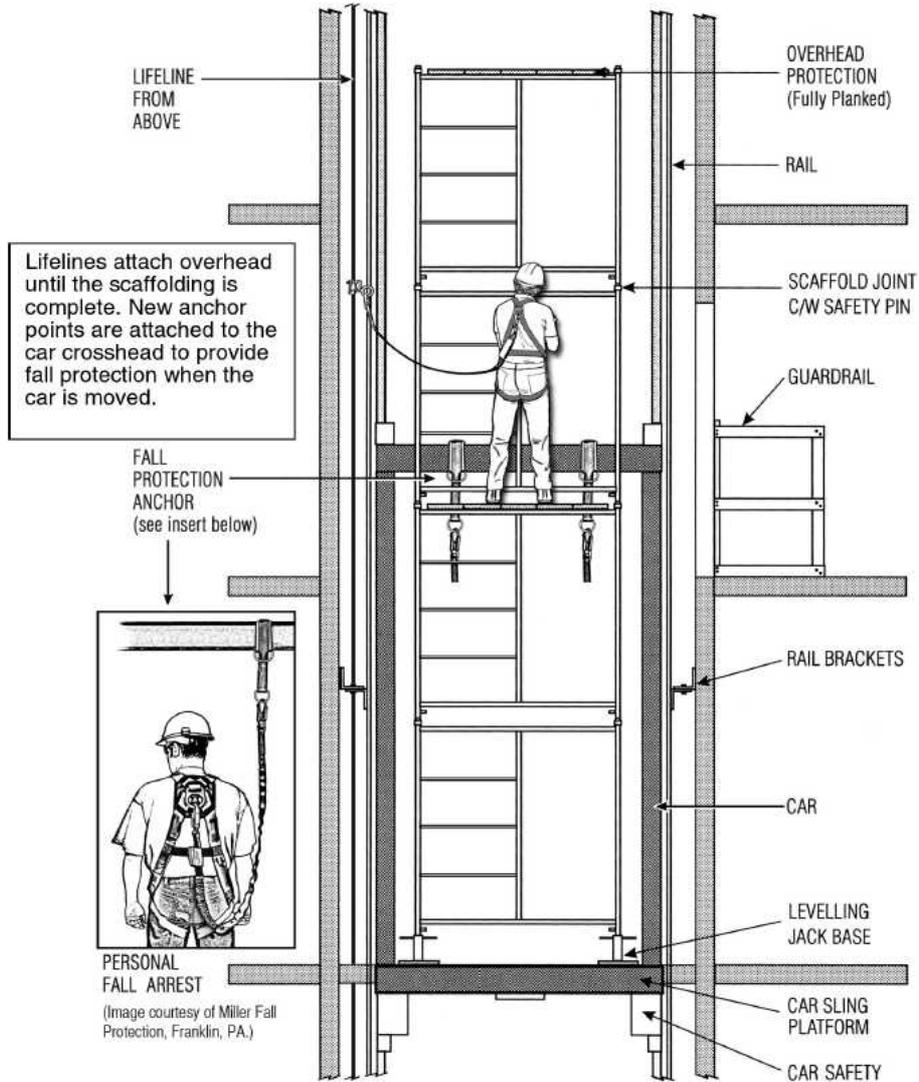
[그림 II-19] 승강로 내에서의 비계 보호 및 고정

카를 사용하여 레일을 설치하는 경우, 승강로에 층이 여러개인 경우, 엘리베이터 카의 발판을 사용하여 레일을 설치하는 것이 일반적이며 비계는 주로 5층 까지 또는 7.5m 높이까지 설치한다.

비계의 각 작업 층은 작업발판 또는 조립식 발판으로 설치되어 있어야 한다. 레일의 첫 번째 층이 설치되면, 위의 3개 혹은 4개 비계 프레임을 해체한다. 비계의 발판을 해체하면서 카 슬링 및 플랫폼의 설치를 준비한다.

다음 작업은 카 슬링, 안전발판, 스타일스 및 크로스헤드를 설치하는 것이며 이때 이층 비계 설치가 요구된다. 카 슬링이 설치되고 카 바닥이 자리 잡으면, 비계를 다시 설치하여 추가 작업의 통로를 제공한다. 비계의 최상부는 머리 위 보호를 위해 완벽히 고정되어야 하며  $48 \times 248\text{mm}$  및 2.1m 미만의 스페닝 나무 판자를 제공해서 알맞은 보호를 해야 한다.

SCAFFOLD ARRANGEMENT ON CAR and FALL PROTECTION ANCHOR POINTS



[그림 II-20] 카에서 비계 및 추락방지 시스템 결속

비계는 카에 고정되어 있어야 하며 케이블과 카운터웨이트 시스템이 설치되어야 한다. 머리 위 부상 방지 시스템이 이후에 제거될 수 있으며 이동 케이블, 작동 버튼, 조명이 설치되어야 한다. 로프를 설치하여 카의 작동을 확인하고 카

를 작동시키기 전 버퍼를 설치하고 추가 브라켓 및 레일을 설치한다.

레일과 브라켓이 설치되고 비계가 해체된 후, 나머지 작업들과 관련해 카 플랫폼을 설치한다. 이를 사용하기에 앞서 가드레일을 설치하고 추락방지 시스템을 착용해야 한다. 가드레일의 경우 온타리오 규정 213/91의 섹션 26.3을 준수해야 한다. 캐나다 온타리오 규정은 직업 안전보건법에 따라 1990년에 개정된 건설작업 관련 법령으로 모든 건설 프로젝트에 적용된다. 표준 난간은 상단 레일, 미드 레일 및 토 보드로 구성되며 추락방지시스템은 표준 난간과 카 플랫폼의 양면 및 후면을 사용한다.

#### 다) OSHA 29 CFR 1926.451 가이드라인

- 일반적 요구사항

각 비계 및 비계 구성 요소는 자체 무게를 지탱할 수 있어야 하며, 적용 또는 전달되는 최대 하중의 4배 이상을 버틸 수 있어야 한다. 검증된 기술자가 규정에 의거하여 비계를 설계해야 한다. 비계의 각 층은 발판이 설치되어야 하고 최대한 고정되어야 하며, 발판 사이의 공간은 2.5cm 미만이어야 한다. 사이드 브라켓이나 특이한 모양의 구조물로 인한 발판과 구조물의 공간이 넓어졌을 때, 이 공간은 24.1cm를 넘지 않아야 한다.

비계의 작업발판은 자중 및 외력의 4배 이상을 견딜 수 있어야 하며 단단한 목재, 제작 판자 및 제작 플랫폼이 비계용 발판으로 사용될 수 있다. 비계 발판은 하중을 받을 시 경간 길이의 1/60 이상의 변형이 발생하지 않아야 하며, 비계의 플랫폼 및 도보는 최소폭 26cm, 가드레일 및 개인 추락방지시스템이 사용되어야 한다. 이 표준에 의거하여, 고용주는 작업자 추락을 보호하기 위하여 비계의 층간 높이가 3.1m를 넘지 않도록 해야 한다. 작업자 보호를 위해, 비계 설치 전 측면 및 끝에 가드레일을 설치하도록 한다. 이때 가드레일에서, 강철

및 플라스틱 밴딩을 탑 레일 또는 중간 레일로 사용해서는 안된다.

- 비계의 기준

비계는 빔, 브래킷, 기둥, 프레임 또는 이와 유사한 고정 지지대를 포함하고 구조부재(보, 기둥, 프레임 및 똑바로 세워야 함)는 흔들림과 변위를 방지하기 위해 견고하게 고정되어야 한다. 모든 직원은 사용중인 비계 유형과 관련된 위험 및 이러한 위험을 제어하거나 최소화하는 방법을 인식할 수 있는 자격을 갖춘 사람에게 교육을 받아야 한다.

교육에는 추락 위험, 낙하물 위험, 전기 위험, 비계의 올바른 사용 및 재료 취급이 포함되어야 한다. 비계는 4:1 이상의 높이 대 기본 너비 비율을 가져야 하며 가이드 로프, 타이, 브레이스 등으로 구속되어야 한다. 제조업체의 권장 사항 또는 다음 배치를 가이드 로프, 타이, 및 브레이스에 사용해야 한다. 가장 가까운 수평 부재에 4:1 높이까지 가이드 로프, 타이 또는 버팀대를 설치하고 상단에서 최대 4:1 높이 이상으로 상단 받침대를 사용하여 수직으로 반복한다.

폭이 3피트(0.91m) 미만인 비계의 경우 수직높이는 20피트(6.1m) 이하로 한다. 너비가 3피트(0.91m) 이상인 비계의 경우 26피트(7.9m) 이하로 한다. 수평간격은 한쪽 끝에서 30피트(9.1m)를 초과하지 않는 간격으로 설정한다. 지지되는 발판의 기둥, 다리, 기둥, 프레임 및 직립물은 베이스 플레이트 및 진흙 실 또는 기타 적절한 단단한 기초로 지지해야 한다.

- 매달린 비계의 기준

매달린 비계는 오버헤드 구조에서 하나 이상의 플랫폼이 로프 또는 기타 비강성장치 등으로 매달려 있어야 한다. 고용주는 사용중인 비계 유형과 관련된 위험을 인식할 수 있도록 모든 직원에게 교육을 제공해야 한다. 모든 지지 장

치는 호이스트의 정격 하중을 기준으로 비계에 의해 가해지는 하중의 4배 이상을 지지할 수 있어야 한다. 또한, 호이스트의 스톨 용량은 비계에 작용하는 하중의 1.5배 이상을 지지할 수 있어야 한다.

전문가는 사용하기 전에 비계가 하중을 지지할 수 있는지 확인하기 위해 직접 연결된 모든 부재들을 평가해야 한다. 전문가의 판단 아래 모든 서스펜션 비계는 묶거나 고정되어야 한다. 가드 레일, 개인 추락방지시스템 또는 두 가지 모두 작업자가 10피트(3.1m) 이상 떨어지지 않도록 보호해야 한다. 전문가는 매 작업 교대 전에 로프의 성질에 영향을 미칠 수 있는 요소들에 대하여 검사해야 한다.

비계의 설치 위치가 승강로 등 진입로의 위 또는 아래로 24인치(61cm) 이상인 경우 사다리, 경사로, 보도 또는 이와 유사한 장비를 사용해야 한다. 직접 접근 시, 진입로 바닥은 위로 24인치(61cm) 이상 또는 수평에서 14인치(36cm)를 초과해서는 안된다. 로프가 단일 점 또는 2점 조절식 비계의 수평 구멍줄 또는 구조 부재에 연결된 경우, 비계는 서스펜션 라인과 같은 수의 추가 지지선 및 자동 잠금 장치가 있어야 한다. 비상 탈출 및 구조장치는 작업용 비계로 사용되어서는 안된다. 카운터웨이트는 비계에 작용하는 모멘트의 4배 이상을 견딜 수 있도록 설계되어야 한다.

## 2. 엘리베이터 설치 및 유지보수 작업 관련 재해 심층분석

- 1) 엘리베이터 설치 및 유지보수 작업 관련해서 재해 심층분석을 하기 위해서 ① 설치공정파악, ② 설치공정위험분석, ③ 사고사례분석, ④ 4M 분석을 실시하였다.

2) 공공기관인 안전보건공단의 승강기 안전작업가이드와 LH(토지주택공사)의 승강기 품질안전 실무 매뉴얼, 엘리베이터 제조사인 오티스, 티센크루프 및 현대엘리베이터의 설치안전작업 매뉴얼, 엘리베이터 설치 전문업체인 신우프론티어의 설치 매뉴얼, 안전전문 포털 사이트인 세이프넷에서 제공하는 엘리베이터설치작업 안전관리 등의 자료를 대상으로 조사를 실시하였다.

(1) 설치공정 파악 및 비교 분석

가) 공정별로 구분하면 총 13개에서 공정별 불일치가 나타났다.

**<표 II-11> 공정별 불일치 개수**

구분	착공 준비	자재 및 장비 반입	승강로 내 작업	출입구 설치	카 케이지 조립 및 승강로 기기 설치	기계실 설치	시운전	계
계	1	4	0	5	0	1	2	13

나) 이를 세부적으로 살펴보면, <표 II-12>에 정리한 것과 같이 안전보건공단과 현대 및 오티스엘리베이터를 제외하고는 설치공정이 일부 누락되어 있음을 확인하였다. 그러므로 엘리베이터를 설치 및 유지보수하는 모든 제조사와 비계를 설치 및 해체하는 모든 업체는 공정별 누락이 없는 지침의 마련이 필요하다.

<표 II-12> 공정별 설치안전작업 유무

출처		공정	착공 준비	자재 및 장비 반입	승강로 내 작업	출입구 설치	카 조립 및 승강로 기기 설치	기계실 설치	시운전
공공 기관	안전보건공단 -안전작업가이드		○	○	○	○	○	○	○
	토지주택공사 -품질안전매뉴얼		○	○	○	×	○	○	○
엘리 베이터 제조사	오티스 -설치지도서		○	○	○	○	○	○	○
	티센크루프 -안전작업지침서 -설치작업매뉴얼		○	×	○	×	○	○	×
	현대 -안전작업매뉴얼		○	○	○	○	○	○	○
설치 업체	신우프론티어		○	×	○	×	○	×	○
안전 포털	세이프넷		×	×	○	×	○	○	×

(2) 설치공정별 위험분석 비교

- 가) 공공기관인 안전보건공단과 토지주택공사, 엘리베이터 제조사인 오티스, 티센크루프 및 현대엘리베이터, 설치 전문업체인 신우프론티어, 민간안전포털인 세이프넷에서 수집한 데이터를 토대로 작업위험요인을 분석하였다.
- 나) 또한 수집된 데이터의 작업공정이 상이하여 추락, 낙하, 끼임 등에 단어 빈도분석을 통한 위험요인 순위를 선정하였다.
- 다) 그 결과 추락, 낙하, 끼임 순으로 많이 나타났지만 모든 작

업공정에 따른 위험요인 파악 및 대책에 대한 논의가 없는 것으로 나타났다.

**<표 II-13> 제조사 등 작업위험 분석**

구분	작업공정	작업위험요인	비고
신우 프론 티어	TOP빔, 구동부 설치	형판 작업 중 추락 위험	1순위 추락 2순위 낙하
	레일설치	작업 중 추락 위험	
	작업대 설치	작업 중 추락 위험	
	Rope 걸기	로프에 끼임 주의	
	시운전	작업 중 추락 위험	
	설치 및 승장물 작업	작업 중 낙하물 추락	
	카 조립	작업 중 낙하물 추락	
세이 프넷	엘리베이터 기계 설치	1. 와이어휠 설치중 와이어휠과 기계 사이에 협착 2. 엘리베이터실 단부 안전난간대 미설치로 작업중 추락 3. 엘리베이터실 바닥 돌출물에 걸려 넘어짐 4. 와이어로프를 와이어휠에 감던중 와이어로프에 협착	1순위 추락 2순위 끼임
	엘리베이터 승강구 조립	1. 엘리베이터 승강구 단부 부재 또는 안전난간대에 올라서는 등 행동하다가 추락 2. 엘리베이터 천전 또는 바닥 조립중 밟고 있던 가설자재가 부러지면서 추락 3. 엘리베이터 바다, 천정단부에 안전난간대 미설치로 작업중 단부로 추락 4. 엘리베이터 승강구 승강중 와이어로프 또는 엘리베이터 승강구와 벽체 사이에 끼임 5. 엘리베이터 승강구 조립시 전청, 바닥 개구부로 추락	
	엘리베이터 가이드레일 설치	1. 가이드레일 교정작업중 공구 낙하 2. 각층 엘리베이터 출입구에	

		<p>안전난간대 미설치하여 엘리베이터 홀에서 이동중 추락</p> <p>3. 가이드레일 설치중 가이드레일이 낙하하여 하부에서 작업하던 근로자 낙하 재해</p> <p>4. 엘리베이터 승강중 벽체와 승강기 사이에 협착</p> <p>5. 엘리베이터 승강구 천정단부에 안전난간대 미설치로 작업중 단부(끝머리)로 추락</p>	
안전 보건 공단	자재 및 장비 반입	<p>1. 설비와 충돌, 끼임, 깔림</p> <p>2. 승강로 내 자재 반입시 각층 개구부, 기계실 바닥 개구부로 기구 등이 떨어짐</p> <p>3. 승강로 내 조명 불량으로 넘어짐 또는 추락</p> <p>4. 양중 작업시 불안정한 줄걸이 등으로 화물 낙하</p>	1순위 추락 2순위 낙하
	승강로 내 작업	<p>1. 작업대 상부에서 작업자의 추락</p> <p>2. 용접 등에 의한 화재 발생</p> <p>3. 각층 개구부, 기계실 바닥 개구부로 기구등 떨어짐</p> <p>4. 양중 작업시 불안정한 줄걸이 등으로 인하여 화물 낙하</p> <p>5. 로프의 인출, 레일 연결, 출입문 설치 시 각 층 차폐막 해체에 따른 작업자 등 추락</p>	
	출입구 설치	<p>1. 승강로 각 층별 출입구의 차폐막 부실 및 출입통제 부실로 작업자 등 추락</p> <p>2. 작업대가 부적절한 장소에 위치한 상태에서 작업중 추락, 끼임</p>	
	카 케이지 조립 및 승강로 기기 설치	<p>1. 케이지 상부 작업대 조립 등 추락위험 장소에서 추락</p> <p>2. 케이지의 부적절한 조립 및 설치로 인한 파손 및 떨어짐</p> <p>3. 균형추 조립 작업 시 레일 등 고정된 구조물과 끼임</p>	
	기계실 설치	<p>1. 기계실 상부 등으로 기기운반 및 이동중 끼임</p> <p>2. 기기의 설치 불량으로 임시</p>	

		<p>작업대 또는 케이지 낙하</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 시운전 중 카 상부 작업자 추락 또는 끼임</li> <li>2. E/L 전원의 임의조작에 따른 엘리베이터 급정지와 이에 따른 작업자 추락</li> <li>3. 안전장치 오작동 등으로 인한 Cage 낙하</li> </ol>	
	시운전	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 시운전 중 카 상부 작업자 추락 또는 끼임</li> <li>2. E/L 전원의 임의조작에 따른 엘리베이터 급정지와 이에 따른 작업자 추락</li> <li>3. 안전장치 오작동 등으로 인한 Cage 낙하</li> </ol>	
	착공준비 및 안전설비 설치	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 전원 설치 시 감전 주의</li> </ol>	
	자재반입	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 설비와 충돌, 끼임, 깔림</li> <li>2. 승강로 내 자재 반입시 각층 개구부, 기계실 바닥 개구부로 기구 등이 떨어짐</li> </ol>	
	형판작업	<ol style="list-style-type: none"> <li>3. 승강로 내 조명 불량으로 넘어짐 또는 추락</li> <li>4. 양중 작업시 불안정한 줄걸이 등으로 화물 낙하</li> </ol>	
	기계실 기기 및 제어반 설치	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 기계실 상부 등으로 기기운반 및 이동중 끼임</li> </ol>	
	기계실 배관 배선	<ol style="list-style-type: none"> <li>2. 기기의 설치 불량으로 임시 작업대 또는 케이지 낙하</li> </ol>	
토지주택공사	완충기 및 1단 레일 설치	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 작업 중 추락 위험</li> <li>2. 용접 등에 의한 화재 발생</li> <li>3. 각층 개구부, 기계실 바닥으로 기구 등이 떨어짐</li> </ol>	1순위 낙하 2순위 추락
	카 프레임 조립	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 케이지 상부 작업대 조립 등 추락위험 장소에서 추락</li> </ol>	
	균형추 조립	<ol style="list-style-type: none"> <li>2. 케이지의 부적절한 조립 및 설치로 인한 파손 및 떨어짐</li> <li>3. 균형추 조립 작업 시 레일 등 고정된 구조물과 끼임</li> </ol>	
	로프 소켓팅	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 작업대 상부에서 작업자의 추락</li> <li>2. 용접 등에 의한 화재 발생</li> </ol>	
	로프 걸기	<ol style="list-style-type: none"> <li>3. 각층 개구부, 기계실 바닥 개구부로 기구등 떨어짐</li> <li>4. 양중 작업시 불안정한 줄걸이 등으로 인하여 화물 낙하</li> <li>5. 로프의 인출, 레일 연결, 출입문 설치 시 각 층 차폐막 해체에 따른 작업자 등 추락</li> </ol>	

	저속 시운전	-	
	레일 브래킷 설치	-	
	가이드 레일 설치	1. 케이지 상부 작업대 조립 등 추락위험 장소에서 추락 2. 케이지의 부적절한 조립 및 설치로 인한 파손 및 떨어짐 3. 균형추 조립 작업 시 레일 등 고정된 구조물과 끼임	
	승강장 문턱 설치		
	승강장 심방틀 설치		
	승강장 출입문 개폐장치 설치		
	승강장 출입문 설치		
	카 조립 및 내외부 기기 조립		
	승강로 케이블 배선 및 결선		1. 기계실 상부 등으로 기기운반 및 이동중 끼임
	승강장 호출버튼 및 카 결선	2. 기기의 설치 불량으로 임시 작업대 또는 케이지 낙하	
	고속시운전 및 조정	-	
	인터폰 결선	-	
	완성검사	-	
	준공검사	-	
	카 보양	-	
티센 크루 프	대각비계 및 수평 지지보 설치	추락 낙하에 주의	1순위 추락 2순위 낙하
	수직 기둥(비계) 설치		
	1단 수평 지지대(비계) 설치		
	1단 작업(유공)발판 설치		
	1단 안전난간대 설치		
	2단 수평지지대(비계) 설치		
	2단 작업(유공)발판 설치		
	이동 사다리 설치		
	2단 안전난간대 설치		
	최대적재하중 명판		

	부착		
	엘리베이터 설치 준비/ 형판 설치	승강로 내 조명 불량으로 넘어짐 또는 추락	
	기계실 설치	1. 머신후크 불량으로 머신 낙하, 협착, 비례 2. 승강로/카 상부 작업시 낙하물 낙하 위험 3. 추락 위험 4. 양중 장비 붕괴	
	카 및 카운터 케이스 설치	1. 안전 벨트 체결( 레일 브래킷/ 중간 빔에 고정된 슬링벨트에 체결 또는 카상부에서 조립 시 안전벨트를 상부체대에 고정	
	승강로 부품 설치	카 추락 위험	
현대	현장 답사 및 작업 준비	현장 답사 및 승강로 실측 시 항상 규정된 작업복 및 안전보호구를 착용하고 추락위험이 있는 장소에서는 안전벨트를 체결	1순위 추락 2순위 낙하
	자재 하역 및 반입	외부인의 접근을 통제하고 지게차, 크레인 등의 장비를 이용하여 차량에서 장비/자재를 하역 및 운반	
	상부 작업대 설치	1. 상부작업대는 반드시 전문업체에서 설치 2. 작업대 설치 시 추락방지를 위해 아이너트를 설치하고 반드시 안전벨트를 걸고 작업	
	안전 차폐판 및 생면선 설치	-	
	양중 준비 및 작업	1. 자재 낙하위험 2. 원치 사용중 협착 위험 3. 양중물 운반시 추락 위험 4. 양중기계기구에 의한 협착, 전도 위험	
	상부 형판 설치	1. 타 작업자의 추락 위험 2. 전동공구에 의한 감전 3. 낙하물 위험 4. 사다리 이용중 추락 위험	
	레일 매달기 용 아이너트 설치	1. 레일의 낙하 위험 2. 원치 고정 삼각대 전도 위험 3. 로프, 슈브, 레일에 손끼임 위험	

	4. 기계실 붕괴 위험 5. 작업중 추락 위험
임시 조속기 설치	1. 기계실 진입중 계단에서 전도, 추락 위험 2. 양중용 후크 탈락, 양중기계, 달기기구에 의한 낙하물 위험 3. 용접에 의한 화재, 감전, 화상 위험
하부 형판 설치	1. 타 작업자의 추락 위험 2. 전동공구에 의한 감전 3. 낙하물 위험 4. 사다리 이용중 추락 위험
1번 레일 설치 및 레일 매달기	1. 레일의 낙하 위험 2. 레일에 손끼임 위험 3. 작업중 추락 위험
카 프레임 설치	1. 자재에 의한 전도 위험 2. 전동공구에 의한 감전 위험 3. 작업중 추락 위험 4. 중량물에 의한 낙하물 협착 위험 5. 스위치 오작동에 의한 사고위험
레일 설치	1. 레일의 낙하 위험
구동부 설치	2. 임시가 낙하 위험 3. 자재에 의한 전도 위험 4. 전동공구에 의한 감전위험 5. 작업중 추락 위험
저속시운전	1. 제어반 전도 위험 2. 감전 주의
로핑 작업	-
본 조속기 설치	-
출입구 설치	1. 용접작업에 의한 화재 2. 작업중 추락 위험 3. 타작업자 추락 위험 4. 자재의 전도 위험 5. 자재에 자상 위험
승강로 케이블 설치	1. 주전원에 감전 위험 2. 작업중 추락 위험 3. 카에 협착 위험 4. 자재의 전도 위험
카 패널 설치	1. 카 천장의 낙하 위험
카 부품 설치	2. 작업중 추락 위험 3. 카에 협착 위험 4. 자재에 자상 위험

카 도어 오퍼레이터 설치	-
층별 승장 도어/레벨 조정 및 기타 작업	-
고속시운전	1. 작업중 추락 위험 2. 제어반 작업중 감전 위험
컴펜체인 및 컴펜체인 브라켓 설치	-

- 라) 위험형태 발생빈도를 보기 위해서 위험형태별 구분한 후 단어분석을 시행하였다.
- 마) 수집된 데이터를 통해서 총 140개의 문장을 추출하였고, 이를 통해 위험형태별로 필터링을 시행하였다. 또한, 인터넷을 통하여 안전관련 블로그, 페이스북 등을 대상으로 크롤링을 실시하고 단어 분석을 실시하였다.
- 바) 수집된 데이터를 통한 문장분석에서는 추락, 낙하, 끼임 순으로 나타났다.
- 사) 인터넷 크롤링을 통한 분석결과에서도 추락, 낙하, 끼임 순으로 나타났으며, 협착과 감전이 다음 순이었다.
- 아) 엘리베이터 작업에서의 위험형태는 추락, 낙하, 끼임이므로 위 상위 3가지를 잘 관리해야 할 것이다.

**<표 II-14> 위험형태별 분석**

구분	추락	낙하	감전	끼임	충돌	협착	자상	붕괴
개수	51	39	10	17	3	9	2	2



**<그림 II-21> 크롤링을 통한 위험형태별 단어분석**

(1) 사고사례분석

- 가) 승강기의 사고라 함은 승강기시설안전관리법 시행규칙 제 24조 5의 규정에 따라 분류된다. 사망자는 사고 발생일로부터 7일 이내에 실시된 의사의 최초 진단 결과 1주 이상의 입원치료 또는 3주 이상의 치료가 필요한 상해를 입은 사람이 발생한 사고로 정의할 수 있다.
- 다) 국내의 승강기 제조·설치 회사 중 점유율이 높은 상위 3개사의 2016년부터 2018년까지 3개년간의 사고사례를 표본 조사하였다.
- 라) <표 II-15>에서 보는 바와 같이 승강기 설치 분야에서 최근 3년간 승강기 설치 중 사고는 감소하는 추세이다. 이는 승강기 제조 및 설치업체의 지속적인 노력이 조금씩 나타나는 추세이기도 하다. 그러나, 이 시기에 승강기 설치 시장의 신규 수요가 감소함에 따른 일시적인 현상일 수 있으므로, 향후 수요에 대한 심층적인 연구가 필요하다.

**<표 II-15> 국내 승강기 설치사고 발생현황**

연도	승강기 보유대수	사고건수	사고발생률 (%)
2016년	598,489	44	0.0074
2017년	641,435	27	0.0042
2018년	683,641	21	0.0031
계	1,923,565	92	0.0147

- 마) 승강기 설치 분야에서 빈번하게 발생하는 재해를 기인물 형태 별로 분류하여 보면 아래 <표 II-16>과 같다.
- 바) 승강기 설치 분야에서 빈번하게 발생하는 사고 기인물은 대부분 승강로 내부에서 존재하고 있으며, 주로 설치 작업자의 부주의로 인하여 발생된다. 작업자가 공정별 안전수칙을 철저히 이행하면 사고의 위험도와 사고 발생의 가능성도 함께 줄일 수 있다고 판단된다.

**<표 II-16> 유형별 재해 기인물 현황**

재해 기인물	재해 내용
승강기	승강기 상부 안전대, 도어, 판넬 등
개구부	추락, 낙하 등
양중품	레일 CWT, 모터, 빔 등의 양중품목
작업공구	핸드 그라인더, 망치, 임팩트 드릴 등 작업공구
낙하물	작업공구, 승강기 부품 등의 낙하물
비산물	용접시 불티, 콘크리트 조각 등의 비산물
회전부	시브, 와이어 로프, 모터, 인양 와인더 등 고속회전부

사) 본 연구에서 승강기안전연구원의 자료를 참조하여 서울을 비롯한 수도권 및 6개 광역시에서 2016년부터 2018년 사이에 발생한 사고를 대상으로 사고 유형별로 분류한 재해 사례 중 사망사고율은 추락, 낙하, 끼임 등의 순으로 분석되었다.(표 II-17 참조)

**<표 II-17> 엘리베이터 사고 사례 종합**

사고사례	사고개요	재해 상황
사례1	승강기 급상승으로 인한 추락	추락, 사망1
사례2	승강로 비계 설치 중 추락	추락, 사망1
사례3	승강기 설치 시 승강로 추락	추락, 사망1
사례4	승강기 교체 공사 중 클램프 낙하로 한 재해	낙하, 부상1
사례5	승강기 교체 중 중량물 낙하로 인한 재해	낙하, 부상1
사례6	승강기 설치 중 로프가 승강로 낙하로 인한 재해	낙하, 부상1
사례7	조속기 슈브에 끼인 이물질 제거 수행 시 슈브에 손가락이 끼이는 재해	끼임, 부상1
사례8	메인 로프 장력 점검 중 슈브와 로프 사이에 손가락이 끼이는 재해	끼임, 부상1
사례9	승강기 조립을 위해 2명이 자재 운반 중 체대에 손가락이 끼이는 재해	끼임, 부상1

(1) 공정별 4M(Machine, Media, Man, Management) 분석

가) 4M 분석을 위해서 사고사례 데이터를 토대로 설치작업 중, 유지보수 작업 중, 철거작업 중, 기타로 구분하여 실시하였다.

나) 설치작업 중 사고사례 기준 4M 분석

Man	Machine
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 중간 작업(작업행동의 결함)</li> <li>• 작업발판이 고정된지 확인하지 않음(작업정보의 부족)</li> </ul> <p style="text-align: right;">범위에서</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 끼임(설비를 이용한 운반수단의 결함, 방호장치의 결함)</li> <li>• 제어반이 승강기 밖, 하강 스위치 누름-&gt; 상승(기계,설계의 결함), 추락(추락 방호망 등 방호장치의 불량)</li> <li>• 지지대가 무너짐(설비의 결함), 추락방호망 등 없음(방호장치의 결함)</li> </ul>
Media	Management
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 작업 공간의 부족</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 지도, 감독 결여, 교육, 훈련 미흡</li> <li>• 감독, 지도 결여, 교육, 훈련의 미흡</li> <li>• 교육, 훈련, 관리, 감독 미흡</li> </ul>

다) 유지보수작업 중 사고사례 기준 4M 분석

Man	Machine
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 사다리로 카 상부진입(작업행동의 결함)</li> <li>• 중앙 분리빔 위에서 작업(작업행동의 결함)</li> <li>• 공간을 인지 못함</li> <li>• 작업정보의 부족</li> <li>• 운반구에 올라감(작업행동의 결함)</li> <li>• 승강문을 강제로 옴(작업행동의 결함)</li> <li>• 작업 중 전원을 차단하지 않음(작업행동의 결함)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 주 로프가 빠짐(설비의 결함)</li> <li>• 절연방호구의 결여(방호장치의 불량), 감전(사용 유틸리티의 결함)</li> <li>• 협착(방호장치의 불량)</li> <li>• 20cm 상승, 리미트 스위치 점검(기계,설비의 결함),낙하(방호 미흡)</li> <li>• 추락(방호장치의 불량), 수리 후 작동시험(기계,설비 설계상의 결함)</li> </ul>
Media	Management
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 중앙분리빔 위에서 작업(작업공간의 불량)</li> <li>• 조도가 확보되지 않음</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 혼자 작업(감독, 지도, 교육, 훈련의 미흡)</li> <li>• 하강하는 엘리베이터에 부딪힘(각종</li> </ul>

<ul style="list-style-type: none"> <li>• 운반구와 구조물 사이에 근로자 협착(작업공간 불량)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 교육, 훈련, 관리, 감독의 미흡 (표지판 미게시)</li> <li>• 환기팬 교체중 감전(전원 차단하는 등 수칙을 지키지 않음), 교육, 훈련, 관리, 감독 미흡</li> <li>• 관리, 감독, 교육, 훈련 미흡, 작업중 운반구 상승(표지판 미게시)</li> <li>• 관리, 감독 결여, 작업계획 미흡, 자체 검사 및 보수 불량</li> <li>• 매뉴얼, 수칙 미게시, 잠금잠치 관리 미흡(관리감독의 결여)</li> <li>• 수칙 미게시, 매뉴얼, 교육, 훈련 미흡(관리,감독,교육,훈련 미흡)</li> </ul>
--	---

라) 철거작업 중 사고사례 기준 4M 분석

<p><b>Man</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 승강기와 균형추 사이에 끼임(작업정보 부적절)</li> <li>• 주 로프 용단중 카가 떨어짐(작업정보 부적절)</li> <li>• 보호구 미착용, 작업발판 대신 균형추를 밟음(작업행동의 결함)</li> <li>• 안전장치를 해체(작업행동의 결함)</li> </ul>	<p><b>Machine</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 엘리베이터 추락(기계, 설비 설계상 결함), (방호장치 불량)</li> <li>• 지지대가 풀림(방호장치 불량)</li> <li>• 카가 떨어짐(기계, 설비의 결함), 방호장치 미흡</li> <li>• 작업발판 및 안전대 걸이 미설치(방호장치 불량)</li> </ul>
<p><b>Media</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• -</li> </ul>	<p><b>Management</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 관리, 감독, 교육, 훈련 미흡</li> <li>• 교육, 훈련, 관리, 감독의 미흡</li> </ul>

마) 기타작업 중 사고사례 기준 4M 분석

<p><b>Man</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 무자격자의 형식적 자체검사</li> <li>• 나무를 쳐서 뺨(작업정보의 미흡)</li> <li>• 내부를 장비없이 살핌 (불안전 행동)</li> </ul>	<p><b>Machine</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 권상용 와이어로프의 파단(기계, 설비의 결함), 추락(방호장치의 불량)</li> <li>• 추락(방호장치의 불량)</li> </ul>
--	---

<ul style="list-style-type: none"> <li>• 작업이 끝난 것으로 착각(작업정보의 부적절)</li> <li>• 무자격자가 승강기 조작, 뛰어내림(불안전 행동)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 운반구 낙하(기계,설비의 결함), 안전장치 미설치</li> <li>• 운반구 방호울 파손(방호장치 불량)</li> <li>• 안전문 미설치</li> <li>• 승강기 고장(기계,설비의 결함), 추락(방호장치 불량)</li> </ul>
<p>Media</p>	<p>Management</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 걸려 넘어짐(작업환경 불량)</li> <li>• 나무가 승강로에 끼임(작업공간의 불량)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 관리, 감독, 교육, 훈련 미흡</li> <li>• 와이어 로프 파단(관리의 결함)</li> <li>• 관리의 결함, 교육, 훈련의 미흡</li> <li>• 안전조치 미흡, 관리, 감독, 교육, 훈련의 미흡</li> <li>• 추락방지 조치 미 실시</li> <li>• 승강기 주전원 미 차단</li> </ul>

### 3. 법령, 안전작업지침 및 매뉴얼 분석

#### 1) 법령

##### (1) ISO 14121:1999 Safety of machinery

이 규격은 기계적인 설계를 하는 동안에 의사결정을 위한 지침을 제공하고, 절대적인 안전과 보건 요구사항에 대응하기 위하여 적절한 준비와 지원하기 위함이다. 이 규격은 절대적인 안전과 보건 요구사항을 위해 적절성을 가정하기 위하여 주어지지 않는다. 또한, 이 규격은 설계 방법상의 기본적인 지침을 주기 위한 매뉴얼과 교육훈련 과정에 포함할 곳을 권고한다. 이 규격은 설계의 경험과 지식, 사용, 사고 및 상해와 관련되는 기계류가 기계류 수명의 모든 단계에 있어서 위험을 평가하기 위하여 사용된 위험성 평가로서 알려져 있는 절차를 위해 일반적인 개념으로 제정되었다. 수행되어진 위험성 평가를 수락하기

위해 요구된 정보에 대한 지침을 주고, 위험확인, 제거 및 위험성 평가를 위하여 서술된 절차로 이루어져 있다. 이 규격의 목적은 기계류의 안전을 제정기 위한 결정과 수행된 위험성 평가를 검증하는데 요구되는 문서화의 종류를 위한 제언을 제공하는데 있다.

### (2) ISO/TC 14798: 2006: Lifts(elevators), escalators and passenger conveyors Risk analysis methodology

이 규격은 2000년에 발행된 규격으로서, 엘리베이터, 에스컬레이터 및 수평 보행기의 위험성 분석을 실행하기 위한 요건과 절차를 확립한 규격이며, 설비 안전이나 성능의 확정 또는 Code와 표준을 개발하기 위하여 이 규격에 의해 훈련된 전문가에 의하여 사용되도록 계획된 규격이다.

이 규격에 의한 위험성 분석은 위험과 그에 대응하는 원인과 영향의 조직적인 연구를 가능하게 하는 논리적인 단계의 연속이다. 이 규격은 치명도와 빈도(사고 발생 확률)의 평가에 수반되는 위험확인을 할 때에는 개별적인 위험들로부터 결합된 위험의 정도를 찾아낸다.

이러한 과정을 반복하여 각 위험요소와 영향이 판단되며, 필요하다면 해당 위험성을 허용 가능한 수준으로 감소시키는 적절한 예방 대책을 통하여 위험을 제거하거나 통제하게 된다.

### (3) 승강기 공사 관리/감독 강화를 위한 작업허가제 신설

- 엘리베이터 설치 작업 시 안전조치 이행 여부를 감리/감독자에게 승인받고 작업에 착수, 미승인 시 작업불허(공공공사 작업지침 시행, 2020.06월)

### (4) 산업안전보건기준에 관한 규칙

- 엘리베이터 설치작업 시 안전조치 이행 여부를 감리/감독자에게 승인받

고 작업에 착수, 미승인 시 작업불허(공공공사 작업지침 시행, 2020.06월)

- 제46조(승강설비의 설치) 사업주는 높이 또는 깊이가 2미터를 초과하는 장소에서 작업하는 경우 해당 작업에 종사하는 근로자가 안전하게 승강하기 위한 건설작업용 리프트 등의 설비를 설치하여야 한다. 다만, 승강설비를 설치하는 것이 작업의 성질상 곤란한 경우에는 그러하지 아니하다.
- 제7장 비계
- 제1절 재료 및 구조 등
- 제54조(비계의 재료) ① 사업주는 비계의 재료로 변형·부식 또는 심하게 손상된 것을 사용해서는 아니 된다. ② 사업주는 강관비계(鋼管飛階)의 재료로 「산업표준화법」에 따른 한국산업표준에서 정하는 기준 이상의 것을 사용하여야 한다.
- 제55조(작업발판의 최대적재하중) ① 사업주는 비계의 구조 및 재료에 따라 작업발판의 최대적재하중을 정하고, 이를 초과하여 실어서는 아니 된다. ② 달비계(곤돌라의 달비계는 제외한다)의 최대 적재하중을 정하는 경우 그 안전계수는 다음 각 호와 같다.
  1. 달기 와이어로프 및 달기 강선의 안전계수: 10 이상
  2. 달기 체인 및 달기 축의 안전계수: 5 이상
  3. 달기 강대와 달비계의 하부 및 상부 지점의 안전계수: 강재(鋼材)의 경우 2.5 이상, 목재의 경우 5 이상
 ③ 제2항의 안전계수는 와이어로프 등의 절단하중 값을 그 와이어로프 등에 걸리는 하중의 최대값으로 나눈 값을 말한다.
- 제56조(작업발판의 구조) 사업주는 비계(달비계, 달대비계 및 말비계는 제외한다)의 높이가 2미터 이상인 작업장소에 다음 각 호의 기준에 맞는 작업발판을 설치하여야 한다.
  1. 발판재료는 작업할 때의 하중을 견딜 수 있도록 견고한 것으로 할 것

2. 작업발판의 폭은 40센티미터 이상으로 하고, 발판재료 간의 틈은 3센티미터 이하로 할 것. 다만, 외출비계의 경우에는 고용노동부장관이 별도로 정하는 기준에 따른다.
  3. 제2호에도 불구하고 선박 및 보트 건조작업의 경우 선박블록 또는 엔진실 등의 좁은 작업공간에 작업발판을 설치하기 위하여 필요하면 작업발판의 폭을 30센티미터 이상으로 할 수 있고, 걸침비계의 경우 강관기둥 때문에 발판재료 간의 틈을 3센티미터 이하로 유지하기 곤란하면 5센티미터 이하로 할 수 있다. 이 경우 그 틈 사이로 물체 등이 떨어질 우려가 있는 곳에는 출입금지 등의 조치를 하여야 한다.
  4. 추락의 위험이 있는 장소에는 안전난간을 설치할 것. 다만, 작업의 성질상 안전난간을 설치하는 것이 곤란한 경우, 작업의 필요상 임시로 안전난간을 해체할 때에 추락방호망을 설치하거나 근로자로 하여금 안전대를 사용하도록 하는 등 추락위험 방지 조치를 한 경우에는 그러하지 아니하다.
  5. 작업발판의 지지물은 하중에 의하여 파괴될 우려가 없는 것을 사용할 것
  6. 작업발판재료는 뒤집히거나 떨어지지 않도록 둘 이상의 지지물에 연결하거나 고정시킬 것
  7. 작업발판을 작업에 따라 이동시킬 경우에는 위험 방지에 필요한 조치를 할 것
- 제2절 조립·해체 및 점검 등
  - 제57조(비계 등의 조립·해체 및 변경) ① 사업주는 달비계 또는 높이 5미터 이상의 비계를 조립·해체하거나 변경하는 작업을 하는 경우 다음 각호의 사항을 준수하여야 한다.
    1. 근로자가 관리감독자의 지휘에 따라 작업하도록 할 것
    2. 조립·해체 또는 변경의 시기·범위 및 절차를 그 작업에 종사하는

근로자에게 주지시킬 것

3. 조립·해체 또는 변경 작업구역에는 해당 작업에 종사하는 근로자가 아닌 사람의 출입을 금지하고 그 내용을 보기 쉬운 장소에 게시할 것
4. 비, 눈, 그 밖의 기상상태의 불안정으로 날씨가 몹시 나쁜 경우에는 그 작업을 중지시킬 것
5. 비계재료의 연결·해체작업을 하는 경우에는 폭 20센티미터 이상의 발판을 설치하고 근로자로 하여금 안전대를 사용하도록 하는 등 추락을 방지하기 위한 조치를 할 것
6. 재료·기구 또는 공구 등을 올리거나 내리는 경우에는 근로자가 달줄 또는 달포대 등을 사용하게 할 것

② 사업주는 강관비계 또는 통나무비계를 조립하는 경우 쌍줄로 하여야 한다. 다만, 별도의 작업발판을 설치할 수 있는 시설을 갖춘 경우에는 외줄로 할 수 있다.

- 제58조(비계의 점검 및 보수) 사업주는 비, 눈, 그 밖의 기상상태의 악화로 작업을 중지시킨 후 또는 비계를 조립·해체하거나 변경한 후에 그 비계에서 작업을 하는 경우에는 해당 작업을 시작하기 전에 다음 각 호의 사항을 점검하고, 이상을 발견하면 즉시 보수하여야 한다.

1. 발판 재료의 손상 여부 및 부착 또는 걸림 상태
2. 해당 비계의 연결부 또는 접속부의 풀림 상태
3. 연결 재료 및 연결 철물의 손상 또는 부식 상태
4. 손잡이의 탈락 여부
5. 기둥의 침하, 변형, 변위(變位) 또는 흔들림 상태
6. 로프의 부착 상태 및 매단 장치의 흔들림 상태

- 제3절 강관비계 및 강관틀비계

- 제59조(강관비계 조립 시 준수사항) 사업주는 강관비계를 조립하는 경우에 다음 각 호의 사항을 준수하여야 한다.

1. 비계기둥에는 미끄러지거나 침하하는 것을 방지하기 위하여 밑받침철물을 사용하거나 깔판·깔목 등을 사용하여 밑둥잡이를 설치하는 등의 조치를 할 것
  2. 강관의 접속부 또는 교차부(交叉部)는 적합한 부속철물을 사용하여 접속하거나 단단히 묶을 것
  3. 교차 가새로 보강할 것
  4. 외줄비계·쌍줄비계 또는 들출비계에 대해서는 다음 각 목에서 정하는 바에 따라 벽이음 및 버팀을 설치할 것. 다만, 창틀의 부착 또는 벽면의 완성 등의 작업을 위하여 벽이음 또는 버팀을 제거하는 경우, 그 밖에 작업의 필요상 부득이한 경우로서 해당 벽이음 또는 버팀 대신 비계기둥 또는 띠장에 사재(斜材)를 설치하는 등 비계가 넘어지는 것을 방지하기 위한 조치를 한 경우에는 그러하지 아니하다.
    - 가. 강관비계의 조립 간격은 별표 5의 기준에 적합하도록 할 것
    - 나. 강관·통나무 등의 재료를 사용하여 견고한 것으로 할 것
    - 다. 인장재(引張材)와 압축재로 구성된 경우에는 인장재와 압축재의 간격을 1미터 이내로 할 것
  5. 가공전로(架空電路)에 근접하여 비계를 설치하는 경우에는 가공전로를 이설(移設)하거나 가공전로에 절연용 방호구를 장착하는 등 가공전로와의 접촉을 방지하기 위한 조치를 할 것
- 제60조(강관비계의 구조) 사업주는 강관을 사용하여 비계를 구성하는 경우 다음 각 호의 사항을 준수하여야 한다.
    1. 비계기둥의 간격은 띠장 방향에서는 1.85미터 이하, 장선(長線) 방향에서는 1.5미터 이하로 할 것. 다만, 선박 및 보트 건조작업의 경우 안전성에 대한 구조검토를 실시하고 조립도를 작성하면 띠장 방향 및 장선 방향으로 각각 2.7미터 이하로 할 수 있다.
    2. 띠장 간격은 2.0미터 이하로 할 것. 다만, 작업의 성질상 이를 준수하

기가 곤란하여 쌍기둥틀 등에 의하여 해당 부분을 보강한 경우에는 그러하지 아니하다.

3. 비계기둥의 제일 윗부분으로부터 31미터되는 지점 밑부분의 비계기둥은 2개의 강관으로 묶어 세울 것. 다만, 브라켓(bracket, 까치발) 등으로 보강하여 2개의 강관으로 묶을 경우 이상의 강도가 유지되는 경우에는 그러하지 아니하다.
  4. 비계기둥 간의 적재하중은 400킬로그램을 초과하지 않도록 할 것
- 제61조(강관의 강도 식별) 사업주는 바깥지름 및 두께가 같거나 유사하면서 강도가 다른 강관을 같은 사업장에서 사용하는 경우 강관에 색 또는 기호를 표시하는 등 강관의 강도를 알아볼 수 있는 조치를 하여야 한다.
  - 제62조(강관틀비계) 사업주는 강관틀 비계를 조립하여 사용하는 경우 다음 각 호의 사항을 준수하여야 한다.
    1. 비계기둥의 밑등에는 밑받침 철물을 사용하여야 하며 밑받침에 고저차(高低差)가 있는 경우에는 조절형 밑받침철물을 사용하여 각각의 강관틀비계가 항상 수평 및 수직을 유지하도록 할 것
    2. 높이가 20미터를 초과하거나 중량물의 적재를 수반하는 작업을 할 경우에는 주틀 간의 간격을 1.8미터 이하로 할 것
    3. 주틀 간에 교차 가새를 설치하고 최상층 및 5층 이내마다 수평재를 설치할 것
    4. 수직방향으로 6미터, 수평방향으로 8미터 이내마다 벽이음을 할 것
    5. 길이가 띠장 방향으로 4미터 이하이고 높이가 10미터를 초과하는 경우에는 10미터 이내마다 띠장 방향으로 버팀기둥을 설치할 것
  - 제6절 시스템 비계
  - 제69조(시스템 비계의 구조) 사업주는 시스템 비계를 사용하여 비계를 구성하는 경우에 다음 각 호의 사항을 준수하여야 한다.

1. 수직재·수평재·가새재를 견고하게 연결하는 구조가 되도록 할 것
  2. 비계 밑단의 수직재와 받침철물은 밀착되도록 설치하고, 수직재와 받침철물의 연결부의 겹침길이는 받침철물 전체길이의 3분의 1 이상이 되도록 할 것
  3. 수평재는 수직재와 직각으로 설치하여야 하며, 체결 후 흔들림이 없도록 견고하게 설치할 것
  4. 수직재와 수직재의 연결철물은 이탈되지 않도록 견고한 구조로 할 것
  5. 벽 연결재의 설치간격은 제조사가 정한 기준에 따라 설치할 것
- 제70조(시스템 비계의 조립 작업 시 준수사항) 사업주는 시스템 비계를 조립 작업하는 경우 다음 각 호의 사항을 준수하여야 한다.
    1. 비계 기둥의 하단에는 밀받침 철물을 사용하여야 하며, 밀받침에 고정차가 있는 경우에는 조절형 밀받침 철물을 사용하여 시스템 비계가 항상 수평 및 수직을 유지하도록 할 것
    2. 경사진 바닥에 설치하는 경우에는 피벗형 받침 철물 또는 췌기 등을 사용하여 밀받침 철물의 바닥면이 수평을 유지하도록 할 것
    3. 가공전로에 근접하여 비계를 설치하는 경우에는 가공전로를 이설하거나 가공전로에 절연용 방호구를 설치하는 등 가공전로와의 접촉을 방지하기 위하여 필요한 조치를 할 것
    4. 비계 내에서 근로자가 상하 또는 좌우로 이동하는 경우에는 반드시 지정된 통로를 이용하도록 주지시킬 것
    5. 비계 작업 근로자는 같은 수직면상의 위와 아래 동시 작업을 금지할 것
    6. 작업발판에는 제조사가 정한 최대적재하중을 초과하여 적재해서는 아니되며, 최대 적재하중이 표기된 표지판을 부착하고 근로자에게 주지시키도록 할 것
  - 제6관 승강기

- 제161조(폭풍에 의한 무너짐 방지) 사업주는 순간풍속이 초당 35미터를 초과하는 바람이 불어올 우려가 있는 경우 옥외에 설치되어 있는 승강기에 대하여 받침의 수를 증가시키는 등 승강기가 무너지는 것을 방지하기 위한 조치를 하여야 한다. <개정 2019. 1. 31.>
- 제162조(조립 등의 작업) ① 사업주는 사업장에 승강기의 설치·조립·수리·점검 또는 해체 작업을 하는 경우 다음 각 호의 조치를 하여야 한다.
  1. 작업을 지휘하는 사람을 선임하여 그 사람의 지휘 하에 작업을 실행할 것
  2. 작업을 할 구역에 관계 근로자가 아닌 사람의 출입을 금지하고 그 취지를 보기 쉬운 장소에 표시할 것
  3. 비, 눈, 그 밖에 기상상태의 불안정으로 날씨가 몹시 나쁜 경우에는 그 작업을 중지시킬 것

#### (5) 승강기 안전관리법

- 제4장 승강기의 설치 및 안전관리
- 제1절 승강기의 설치 등
- 제27조(승강기의 설치신고) 설치공사업자는 승강기의 설치를 끝냈을 때에는 행정안전부령으로 정하는 바에 따라 관할 시·도지사에게 그 사실을 신고하여야 한다.
- 제28조(승강기의 설치검사)
  - ① 승강기의 제조·수입업자는 설치를 끝낸 승강기에 대하여 행정안전부령으로 정하는 바에 따라 행정안전부장관이 실시하는 설치검사(이하 "설치검사"라 한다)를 받아야 한다.
  - ② 승강기의 제조·수입업자 또는 관리주체는 설치검사를 받지 아니하거나 설치검사에 불합격한 승강기를 운행하게 하거나 운행하여서는 아

니 된다.

③ 제1항과 제2항에서 규정한 사항 외에 설치검사의 기준·항목 및 방법 등에 필요한 사항은 행정안전부장관이 정하여 고시한다.

- <시행규칙>
- 제46조(승강기의 설치신고)
  - ① 법 제2조제6호다목에 따른 설치공사업자는 법 제27조에 따라 승강기의 설치를 끝낸 날부터 10일 이내에 공단에 승강기의 설치신고를 해야 한다.
  - ② 제1항에 따른 승강기의 설치신고서는 별지 제22호 서식에 따른다.
- 제47조(승강기 설치검사의 신청) 승강기의 제조·수입업자가 법 제28조 제1항에 따라 승강기에 대한 설치검사(이하 "설치검사"라 한다)를 받으려는 경우에는 별지 제23호서식의 설치검사 신청서(전자문서를 포함한다)에 다음 각 호의 서류(전자문서를 포함한다)를 첨부하여 공단에 제출해야 한다.
  1. 사업자등록증 사본
  2. 승강기안전인증서(승강기안전인증의 면제를 받은 경우에는 승강기안전인증 면제확인서를 말한다) 사본
  3. 설치검사 대상 승강기의 설치도면(전기도면 및 기계도면을 포함한다)
- 제2절 승강기의 자체점검 및 안전검사
- 제31조(승강기의 자체점검)
  - ① 관리주체는 승강기의 안전에 관한 자체점검(이하 "자체점검"이라 한다)을 월 1회 이상 하고, 그 결과를 제73조에 따른 승강기안전종합정보망에 입력하여야 한다.
  - ② 관리주체는 자체점검 결과 승강기에 결함이 있다는 사실을 알았을 경우에는 즉시 보수하여야 하며, 보수가 끝날 때까지 해당 승강기의 운

행을 중지하여야 한다.

- ③ 제1항에도 불구하고 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 승강기에 대해서는 자체점검의 전부 또는 일부를 면제할 수 있다.
  - 1. 제18조제1호부터 제3호까지의 어느 하나에 해당하여 승강기안전인증을 면제받은 승강기
  - 2. 제32조제1항에 따른 안전검사에 불합격한 승강기
  - 3. 제32조제3항에 따라 안전검사가 연기된 승강기
  - 4. 그 밖에 새로운 유지관리기법의 도입 등 대통령령으로 정하는 사유에 해당하여 자체점검의 주기 조정이 필요한 승강기
- ④ 관리주체는 자체점검을 스스로 할 수 없다고 판단하는 경우에는 제39조제1항 전단에 따라 승강기의 유지관리를 업으로 하기 위하여 등록을 한 자로 하여금 이를 대행하게 할 수 있다.
- ⑤ 제1항부터 제4항까지에서 규정한 사항 외에 자체점검을 담당할 수 있는 사람의 자격, 자체점검의 기준·항목 및 방법, 그 밖에 필요한 사항은 대통령령으로 정한다.

• 제32조(승강기의 안전검사)

- ① 관리주체는 승강기에 대하여 행정안전부장관이 실시하는 다음 각 호의 안전검사(이하 "안전검사"라 한다)를 받아야 한다.
  - 1. 정기검사: 설치검사 후 정기적으로 하는 검사. 이 경우 검사주기는 2년 이하로 하되, 다음 각 목의 사항을 고려하여 행정안전부령으로 정하는 바에 따라 승강기별로 검사주기를 다르게 할 수 있다.
    - 가. 승강기의 종류 및 사용 연수
    - 나. 제48조제1항에 따른 중대한 사고 또는 중대한 고장의 발생 여부

다. 그 밖에 행정안전부령으로 정하는 사항

2. 수시검사: 다음 각 목의 어느 하나에 해당하는 경우에 하는 검사  
 가. 승강기의 종류, 제어방식, 정격속도, 정격용량 또는 왕복운행 거리를 변경한 경우(변경된 승강기에 대한 검사의 기준이 완화되는 경우 등 행정안전부령으로 정하는 경우는 제외한다)

나. 승강기의 제어반(制御盤) 또는 구동기(驅動機)를 교체한 경우

다. 승강기에 사고가 발생하여 수리한 경우(제3호나목의 경우는 제외한다)

라. 관리주체가 요청하는 경우

3. 정밀안전검사: 다음 각 목의 어느 하나에 해당하는 경우에 하는 검사. 이 경우 다목에 해당할 때에는 정밀안전검사를 받고, 그 후 3년마다 정기적으로 정밀안전검사를 받아야 한다.

가. 제1호에 따른 정기검사(이하 "정기검사"라 한다) 또는 제2호에 따른 수시검사 결과 결함의 원인이 불명확하여 사고 예방과 안전성 확보를 위하여 행정안전부장관이 정밀안전검사가 필요하다고 인정하는 경우

나. 승강기의 결함으로 제48조제1항에 따른 중대한 사고 또는 중대한 고장이 발생한 경우

다. 설치검사를 받은 날부터 15년이 지난 경우

라. 그 밖에 승강기 성능의 저하로 승강기 이용자의 안전을 위협할 우려가 있어 행정안전부장관이 정밀안전검사가 필요하다고 인정한 경우

② 관리주체는 안전검사를 받지 아니하거나 안전검사에 불합격한 승강기를 운행할 수 없으며, 운행을 하려면 안전검사에 합격하여야 한다. 이 경우 관리주체는 안전검사에 불합격한 승강기에 대하여 행정안전부령

으로 정하는 기간에 안전검사를 다시 받아야 한다.

- ③ 행정안전부장관은 행정안전부령으로 정하는 바에 따라 제1항 또는 제2항에 따른 안전검사를 받을 수 없다고 인정하면 그 사유가 없어질 때까지 안전검사를 연기할 수 있다.
  - ④ 제1항부터 제3항까지에서 규정한 사항 외에 안전검사의 기준·항목 및 방법 등에 필요한 사항은 행정안전부장관이 정하여 고시한다.
- 제33조(안전검사의 면제) 행정안전부장관은 다음 각 호의 구분에 따른 승강기에 대해서는 해당 안전검사를 면제할 수 있다.
    - 1. 제18조제1호부터 제3호까지의 어느 하나에 해당하여 승강기안전인증을 면제받은 승강기: 안전검사
    - 2. 제32조제1항제3호에 따른 정밀안전검사를 받았거나 정밀안전검사를 받아야 하는 승강기: 해당 연도의 정기검사
  - 제34조(검사합격증명서 등의 발급 및 관리)
    - 1. 행정안전부장관은 설치검사에 불합격한 승강기의 제조·수입업자와 안전검사에 불합격한 승강기의 관리주체에 대하여 행정안전부령으로 정하는 바에 따라 각각 운행금지 표지를 발급하여야 한다.

## 2) 안전지침 및 매뉴얼

### (1) 엘리베이터 안전작업가이드(안전보건공단, 2019)

#### 가) 엘리베이터 작업별 안전대책

##### ① 공통사항

- 기본안전수칙
  - 작업장에서는 필요한 개인 안전보호구 (안전모, 안전화, 안전벨트

등)를 반드시 착용하고 작업한다.

- 안전보호구 사용기준
  - 안전모 : 물체의 낙하/비래, 추락 위험 작업
  - 안전벨트 : 높이 또는 깊이 2m 이상 추락 위험 작업
  - 안전화 : 물체의 낙하/충격, 물체에 끼임 위험 작업
  - 보안경 : 물체가 흩날릴 위험 작업
  - 절연용 보호구 : 감전 위험 작업
  - 방진마스크 : 분진이 심하게 발생하는 직업
- 추락위험이 있는 곳(높이 2m 이상)에 추락방지 조치를 실시한다.  
(안전난간대, 안전대 부착 설비, 개구부 덮개 설치 등)
- 전원이 필요 없는 작업을 할 경우 반드시 전원을 차단하고 작업한다.
- 인증된 양중장비를 용량에 맞게 사용하고 안전장치가 있어야 하며, 양중물 인양 시 하부에 들어가거나 절대로 탑승하지 않는다.
- 회전체 끼임점 주변에 공구 등을 두지 말고 신체가 접촉되지 않도록 회전체에 안전커버를 설치한다.
- 인증된 작업발판을 고정하여 사용한다. 승인되지 않은 상·하 동시 작업은 금지한다.
- 작업은 반드시 작업지휘자의 지휘 하에 작업을 실시한다.
- 작업장 내에서는 반드시 승인된 자만이 작업한다.
- 신규입사자는 안전교육 이수 후 작업한다.
- 작업장 내 음주 및 주류반입을 금지하고, 흡연은 지정된 장소에서 한다.
- 승강로 내부에서 작업 시 반드시 출입구에 안전펜스를 설치한다.
- 카 운행시 반드시 조속기와 비상정지장치가 작동되어야 한다.
- 카상부에서 카를 운행시 반드시 점검(수동)모드로 운행한다.

- 카상부 및 피트 진입시에는 반드시 절차를 준수하고 2개 이상의 안전 스위치를 확보해야 한다.

카상부 진입 : 카상부 비상정지 스위치, 인스펙션 스위치, 점검용 스위치 등

피트 진입 : 피트 비상정지 스위치, 도어 스위치 등



[그림 II-22] 엘리베이터 안전 장치 및 작업조건 예시

- 작업 시 주의사항
  - 작업 중 항상 규정된 작업복을 착용한다.(민소매 작업복 상의 착용금지)
  - 작업장 이탈 시에는 전동공구, 장비, 승강기 등의 전원 조작스위치를 차단하고 잠금 조치를 실시한다. (외부인 무단조작 방지)
  - 2인 이상 작업 또는 장비조작 시 반드시 복명복창을 하여 안전상태를 확인한다.
  - 카 운행 시 카 기준 복명복창 실시(예:car up, car down)
  - 위험 기계기구에는 규정된 방호장치를 설치한다. (작업 중 해체

금지)

- 위험 기계기구, 전동공구 등을 수리/점검시에는 작업 전 전원을 차단한다.
- 전동공구 사용 시 작업에 적합한 전용 공구를 사용한다. (합판, 레일 등 절단작업 시 그라인더 사용 금지)
- 유류, 가스 등 위험물은 지정된 저장소에 보관하고, 1일 사용량만 현장에 반입하여 사용한다. (지정된 보관소가 없는 경우 1일 사용량 외 반입 및 보관 금지)
- 강우, 강설, 작업장 결빙 시 전도 및 추락사고를 예방하기 위해 다음과 같이 조치한다.

작업 전 이동통로(작업통로), 작업장소 확인

20kg 이상 중량물은 반드시 이동 대차사용(인력운반 금지)

작업장, 이동통로에 작업등을 설치하고 보호망을 부착한다. (단, 작업등 설치가 어려운 경우 휴대용 조명기구 사용)

- 작업장 주변은 항상 정리정돈을 철저히 한다.

## (2) 신규설치

### 가) 작업공정별 안전대책

#### ① 설치공사 일반

##### • <위험포인트>

- 피트(Pit) 깊이 확인, 청소상태 등 확인시 추락 및 낙하물 떨어짐
- 승강로 기울기 확인(피아노선 설치)시 추락
- 건축물 층간 계단 이용 시 추락
- 승강로 치수 확인 시 추락
- 승강로 천정의 인양 후크 확인 시 추락

- 오버헤드(overhead) 높이 및 피트(pit) 깊이 확인 시 추락



**[그림 II-23] 엘리베이터 피트에서의 추락사고 예시**

- <안전작업수칙>
  - 추락위험장소에서 작업 시 개인보호구(안전모, 안전대)를 착용하고 작업하여야 한다.
  - 승강로 출입용 사다리 설치 등 작업장 내로 이동할 수 있는 통로를 마련하여야 한다.
  - 각 출입구 및 작업장소에 관계자 외의 출입을 금지하고 “작업중” 표시하여야 한다.
  - 안전대는 수직구명줄 등 견고한 부착설비에 연결하여 사용하여야 한다.
  - 운반하역작업, 중량물 취급작업 등을 하는 경우 사전조사를 하고 작업계획서를 작성하여야 한다.
  - 작업지휘자는 작업계획서에 따라 작업을 지휘하여야 한다.
  - 작업자 상호간 일정한 신호체계를 수립하고 이에 따라 작업을 수

행하여야 한다.

② 자재 및 장비 반입

- <위험포인트>
  - 하역운반기계 등 중량물 취급 시 설비와 충돌, 끼임, 깔림
  - 승강로 내 자재 반입 시 상부의 각종 개구부, 기계실 바닥 개구부로 기구 등이 떨어짐
  - 승강로 내 조명 불량으로 인한 작업자 넘어짐 및 추락
  - 양중 작업 시 불안정한 줄걸이 등으로 인하여 화물 낙하
  
- <안전작업수칙>
  - 중량물 운반·설치 시 작업, 지형 및 지반 등에 대한 사전조사를 실시하고, 조사결과를 고려한 작업계획서를 작성하여야 한다.
  - 승강로의 낙하물로부터 위험을 방지하기 위해 방호천장 설치 등 필요한 조치를 하여야 한다.
  - 권상기 등 인양설비의 정격하중을 확인하고, 정격하중을 초과하여 인양하지 않아야 한다.
  - 작업자 상호간 일정한 신호체계를 수립하고 이에 따라 작업을 수행하여야 한다.
  - 작업장(승강로, 피트 등) 내 조명시설 또는 이동식조명 등으로 적절한 조도를 확보하여야 한다.
  - 기계실 바닥 개구부 등에 덮개를 설치하는 등 추락방지조치를 하여야 한다.

③ 승강로 내 작업

- <위험포인트>

- 작업대 상부에서 작업자의 추락
- 용접 등에 의한 화재 발생
- 각층 개구부, 기계실 바닥 개구부로부터 기구 등 떨어짐
- 양중작업 시 불안정한 줄걸이 등으로 인하여 화물 낙하
- 로프의 인출, 레일 연결, 출입문 설치 시 각 층 차폐막 해체에 따른 작업자 등 추락



[그림 II-24] 추락위험의 예시

- <안전점검사항(공통사항)>
  - 전 층 출입구 폐쇄조치는 잘 되었으며 낙하 물건은 정리하였는가?
  - 용접작업 시 불티비산방지포 등을 사용하며 소화기는 비치하였는가?
  - 안전대 부착설비는 설치되었는가?
  - 작업대 운전원이 작동요령을 숙지하였는가?
  - 작업시간 이외에 전원을 차단하였는가?
  - 작업자간의 일정한 신호방법을 수립하고 숙지하였는가?
  - 경광등은 설치하였는가?

- 균형추에 삽입된 균형추 수량은 적정한가?
- 피트(Pit) 사다리는 설치되어 있는가?
- 피트(Pit) 침수 시 대책은 적절한가?
- 상하 동시 작업을 하고 있는가? (동시 작업 금지)
  
- <레일 인양 시 점검사항>
  - 로프는 장비에 적합한 규격품이고, 로프에 녹, 꼬임, 소선마모, 단선이 없는가?
  - 레일이 설치되어야 할 위치에 양중용 구멍이 뚫려 있는가?
  - 활차고정 브래킷은 적절한 강도를 유지하고 있는가?
  - 제어반 및 분전함에 대한 접지는 확실한가?
  - 레일 매달기 작업 시 작업발판 및 추락방지조치는 적절한가?
  - 레일 매달림 고정 지그(Jig)는 외관 상 파손, 변형 등이 없고 충분한 강도의 제품을 선정하였는가?
  - 레일 양중용 윈치는 충분한 양중능력을 가지고 있으며, 별도의 콘트롤 장치에 의해 구동되는가?
  - 로프를 시브의 모든 홈에 감았는가?
  
- <레일 인양 시 점검사항>
  - 활차의 위치와 메인 시브는 일직선에 있는가?
  - 적재하중의 표시는 보기 쉬운 곳에 부착되었는가?
  - 기계실 바닥의 개구부를 통한 이물질의 낙하방지 대책은 수립되었는가?
  - 조속기가 설치되어 있으며 정상적으로 작동하는가?
  
- <임시카(car) 점검사항>

- 작업대 상부 및 바닥의 안전난간이 기준에 적합하게 설치되었는가?
- 리모콘은 규격품이며 비상정지스위치가 정상적으로 작동하는가?

④ 출입구 설치

- <위험포인트>
  - 승강로 각 층별 출입구의 차폐막 부실 및 관계자 외 출입통제 부실로 작업자 등 추락
  - 작업대가 부적절한 장소에 위치한 상태에서 작업중 추락, 끼임
- <안전작업수칙>
  - 각 출입구 및 작업장소에 관계자 외의 출입을 금지하고 “작업중” 표시하여야 한다.
  - 작업구간 승강로 내에 작업대가 적절한 곳에 위치할 수 있도록 주의한다.
  - 안전대는 수직구명줄 등 견고한 부착설비에 연결하여 사용하여야 한다.



[그림 II-25] 경고 표지판 설치 예시

⑤ 카 케이지(Cage) 조립 및 승강로 기기 설치

- <위험포인트>
  - 케이지 상부 작업대 조립 등 추락위험장소에서 작업 중 추락
  - 케이지의 부적절한 조립 및 설치로 인한 파손 및 떨어짐
  - 균형추 조립 작업 시 레일 등 고정된 구조물과 끼임
- <안전작업수칙>
  - 안전대는 수직구멍줄 등 견고한 부착설비에 연결하여 사용하여야 한다.
  - 작업계획서(조립계획 및 작업순서)에 따른 작업지휘자의 지휘에 따라 작업하여야 한다.
  - 상하부 동시작업은 금지하여야 한다.

⑥ 기계실 설치

- <위험포인트>
  - 기계실 상부 등으로 기기운반 및 이동 중 끼임
  - 기기의 설치 불량으로 임시작업대 또는 케이지(Cage) 낙하
- <안전작업수칙>
  - 중량물 취급은 작업계획서에 따라 작업방법과 순서에 맞게 작업하여야 한다.
  - 동력기계의 성능과 동력전달 계통의 이상 유무를 확인하고, 시방에 따라 설치하여야 한다.
  - 케이지 등이 떨어지지 않도록 인증 방호장치를 설치하여야 한다.

⑦ 시운전

- <위험포인트>

- 시운전 중 케이지(cage) 상부 작업차 추락 또는 끼임
- 엘리베이터 전원의 임의조작에 따른 엘리베이터 급정지와 이에 따른 작업자 추락
- 안전장치 오작동 등으로 인한 케이지(cage) 낙하



케이지 사이에 끼임

[그림 II-26] 케이지 낙하에 따른 사고사례

- <안전작업수칙>
  - 구체적인 시운전 계획을 수립하고 작업하여야 한다.
  - 주전원 등은 임의로 조작되지 않도록 시건하고 열쇠는 책임자가 관리하는 등의 조치를 해야 한다.



주 전원 시건 조치

[그림 II-27] 전원 시건 조치 예

(2) 떨어짐에 의한 위험방지 준수사항(한국승강기안전공단, 2019)

가) 작업전 준비사항

① 작업계획, 작업내용 등을 충분히 검토하고 조립도에 따라 다음 사항을 확인하여야 한다.

- 비계 등에 사용하는 재료, 수량
- 비계 등의 치수(높이, 길이, 폭)
- 건조물의 상황과 건조물 외벽과 비계사이의 틈 간격
- 사양(출입구, 벽연결, 안전난간, 계단과 계단참 등)과 위치

② 작업현장 및 주변의 상황 등 다음 사항을 확인하여야 한다.

- 부지 내 공지의 상황
- 재료반입의 출입구 위치, 넓이
- 담, 수목, 우물 등 장애물의 유무
- 가스, 수도 및 전기 등의 배관 및 배선계통의 위치와 폐쇄의 확인
- 인접건축물 등의 상황
- 가공선로의 방호상황

나) 떨어짐, 무너짐 예방 기준

① 이동식 비계

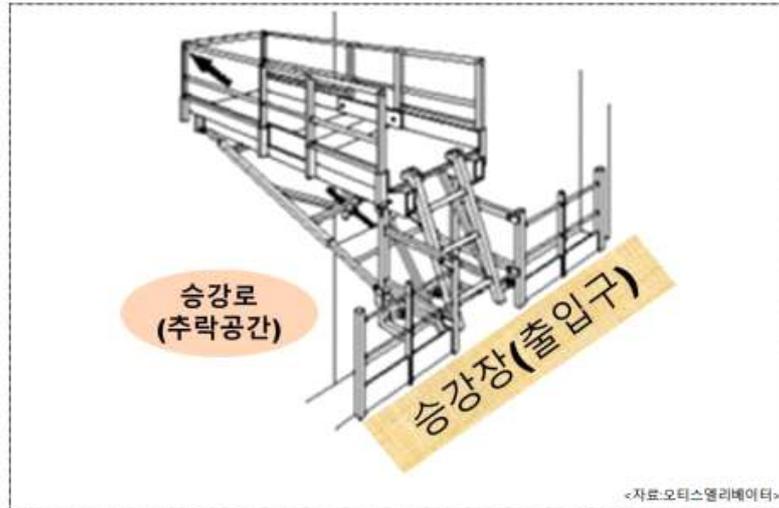
- 이동식 비계는 작업발판, 주틀 구조부, 승강설비, 안전난간 등으로 구성되어야 한다.
- 작업발판은 안전인증시험에 합격된 강재발판으로 전면에 깔아 주틀의 횡가새에 고정하여야 한다.
- 발판과 발판 사이의 틈 간격은 3cm 이하로 설치하여야 한다.

- 작업발판의 끝단 들레에는 안전난간을 설치하여야 한다.
- 주틀 구조부는 주틀, 교차가새, 각주 조인트, 수평 교차가새를 등으로 구성되어야 한다.
- 주틀 구조부의 최하단의 층에는 수평 교차가새를 설치하여야 한다.
- 주틀 구조부의 최하단에는 브레이크가 장착된 발바퀴를 설치하여야 한다.
- 주틀 구조부에는 발판간격이 동일한 사다리(폭 : 30cm 이상, 발판간격 : 40cm 이하)를 설치하거나, 계단(경사 50° 이하, 폭 : 40cm 이상)을 설치하여야 한다.
- 작업발판, 틀구조부, 발바퀴, 안전난간 등의 접속부는 사용중 쉽게 탈락하지 않도록 확실히 결합하여야 한다.
- 이동식 비계는 가능한 작업장소에 가까이 설치하여야 한다.

(3) 승강기용 시스템비계 안전기준(안)(한국승강기안전공단, 2019)

가) 안전기준

- ① 승강기용 시스템비계의 재료 및 제작, 구조 및 설치, 안전작업지침은 「산업안전보건기준에 관한 규칙」 제1편제7장(비계) 및 「방호장치 의무안전인증 고시」 규정을 따른다.



[그림 II-28] 승강기용 비계 예

(4) 엘리베이터 설치작업 안전점검표(한국승강기안전공단)

가) 엘리베이터 설치 작업별 위험요인, 안전점검사항

<표 II-18> 엘리베이터 안전 Check list

작업별 위험요인	안전점검사항	점검결과
1. 설치공사의 특성 - पार्ट깊이 확인, 청소상태 등 확인시 추락 및 낙하물에 의한 재해 발생 - 승강로 기울기 확인 시 추락재해 발생	1) 개인보호구는 착용하였는가? 2) 피트 출입 사다리는 설치되었는가? 3) 각층 출입구에 보호막은 설치되었는가? 4) 각 측에 피트내 작업중임을 표시하였는가? 5) 안전대 부착설비는 설치하였는가? 6) 작업책임자는 지정, 선임되었는가? 7) 작업자 상호간 연락 신호체계는 구축하였는가?	

<p>2. 자재 및 장비 반입</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 권상기 등 중량물 취급시 협착, 깔림 재해 발생</li> <li>- 피트내 자재 반입시 상부의 각층개구부, 기계실 바닥 개구부로 낙하물에 의한 재해 발생</li> <li>- 피트 조명불량으로 인한 근로자 전도 및 추락재해 발생</li> </ul>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) 중량물 운반설치 작업계획은 수립되었는가?</li> <li>2) 피트 상부에 낙하물 방호용 선반은 설치하였는가?</li> <li>3) 인양기계기구의 정격 용량은 확인하였는가?</li> <li>4) 작업장 상호간 신호는 통일되었는가?</li> <li>5) 피트내 조명은 충분한가?</li> <li>6) 기계실 바닥개구부의 덮개는 설치하였는가?</li> </ol>	
<p>3. 승강로 내 작업 및 출입구 설치</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 임시 작업대 구동시 기계적 결함 또는 달기구 손상에 따른 붕괴와 낙하재해 발생</li> <li>- 작업대 상부 근로자의 추락재해 발생</li> <li>- 용접 등에 의한 화재 발생</li> <li>- 각층 개구부, 기계실 바닥 개구부로 낙하물 발생</li> <li>- 인양중인 부재의 낙하재해 발생</li> <li>- 로프의 인출, 레일 연결, 출입물 설치시 각 층 차폐막 해체에 따른 추락재해 발생</li> </ul>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) 공통사항             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 전 층 출입구 폐쇄조치는 잘 되었으며 낙하할 물건은 정리하였는가?</li> <li>- 용접 등 작업시 비산방지포는 사용하며 소화기는 비치하였는가?</li> <li>- 안전대 부착설비는 설치되었는가?</li> <li>- 작업대 운전원은 작동요령을 숙지하였는가?</li> <li>- 작업 이외 시간의 전원차단 방법은 확실한가?</li> <li>- 작업자간의 신호방법은 통일하여 숙지하였는가?</li> <li>- 경광등은 설치하였는가?</li> <li>- 균형추에 삽입된 균형추 수량은 적정한가?</li> <li>- 피트 사다리는 설치되어 있는가?</li> <li>- 피트 침수시 대책은 적절한가?</li> <li>- 상하동시작업은 실시하지 않고 있는가?</li> </ul> </li> <li>2) 레일 인양시 점검사항             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 로프는 장비에 적합한 규격품을 사용하는가?</li> <li>- 로프는 청결하고 녹, 꼬임, 소선마모, 단선이 없는가?</li> <li>- 레일이 설치되는 위치에 양중용 구멍이 뚫려 있는가?</li> <li>- 활차고정 브래킷은 적절한 강도를</li> </ul> </li> </ol>	

	<p>유지하고 있는가?</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 제어반 및 분점함에 대한 접지는 확실한가?</li> <li>- 레일 매달기 작업시 작업발판 및 추락방지조치는 적정한가?</li> <li>- 레일고정 지그는 규격품을 사용하고 견고히 고정되었는가?</li> <li>- 레일 매달림 고정 지그는 외관상 파단이나 크랙, 영구변형 현상이 없는가?</li> <li>- 레일 양중용 원치는 충분한 양중능력을 가지고 있는가?</li> <li>- 로프를 시브의 모든 홈에 감았는가?</li> <li>- 활차의 위치와 메인시브는 일직선에 있는가?</li> <li>- 권상기의 전도방지대책은 확실한가?</li> <li>- 추의 무게(50kg)는 적정한가?</li> <li>- 안전 차폐판은 설치하였는가?</li> <li>- 각층 개구부 주변에 장애물은 없는가?</li> <li>- 기계실 바닥은 청결한가?</li> <li>- 기계실 바닥의 개구부를 통한 이물질의 낙하방지대책은 수립되었는가?</li> </ul> <p>3) 임시작업대 점검사항</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 균형추를 최상층으로 올릴 때 밸런스는 적정한가?</li> <li>- 작업대 상부 안전난간대는 규정품으로 조립되었는가?</li> <li>- 발끝막이판 폭이 10cm 이상이며 견고히 고정되었는가?</li> <li>- 작업대 바닥에 안전난간대는 적절하게 설치되었는가?</li> <li>- 리모콘은 규격품이며, E-stop switch는 정상 작동하는가?</li> <li>- 적재용량 표시는 부착 및 준수되고 있는가?</li> <li>- 안전장치는 정상작동되고 있는가?</li> <li>- 주변 정리정돈과 로프 보호조치는 되어있는가?</li> </ul>
--	--

	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 주변 등의 시정각적 동작은 양호한가?</li> <li>4) 출입구 설치             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 외부에 안전대 부착설비는 있는가?</li> <li>- 작업구간 승강로 내에 작업대는 적정위치에 세워져 있는가?</li> </ul> </li> <li>5) 케이지 조립 및 승강로 기기 설치             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 별도의 부착설비에 안전대를 걸고 작업하는가?</li> <li>- 조립계획 및 작업순서는 준수하는가?</li> <li>- Cross Head, CWT 조립시 협착 위험은 없는가?</li> </ul> </li> </ul>	
<p>4. 기계실 기기 설치작업</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 기기운반, 이동 중 협착재해 발생</li> <li>- 기기의 설치 불량으로 인한 임시작업대 또는 Cage의</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 작업지점의 상부작업은 없는가?</li> <li>- 작업 감시자는 배치되었는가?</li> <li>- Wire Rope 등 상하 동시작업일 경우 신호(의사소통)은 적절한가?</li> <li>- 중량물 취급계획대로 적절하게 시공하는가?</li> <li>- 기기의 구동상태와 동력전달 계통의 이상 유무를 확인하였는가?</li> <li>- 각종 정착부분의 고정은 시방에 준하여 시공되었는가?</li> </ul>	
<p>5. 시운전</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 시운전 중 Cage 상부 작업차 추락 또는 협착재해 발생</li> <li>- 전원 임의 조작으로 불시 정지</li> <li>- 안전장치 작동 미흡으로 인한 Cage 낙하 재해 발생</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 시운전 계획은 세부적으로 수립되었는가?</li> <li>- 저속 시운전 위치는 적절한가?</li> <li>- 전원 연결장소의 시건장치는 되어 있는가?</li> <li>- 안전장치 작동에 대한 이상 유무를 확인하였는가?</li> </ul>	

(5) 엘리베이터 피트 내부 안전작업(세이프넷)

① 안전작업수칙

- 작업발판 부재의 이상유·무를 사전에 점검토록 한다.
- 피트내부에서 작업시에는 반드시 안전대를 착용토록 한다.

- 작업 전 안전대를 걸 수 있는 고리가 설치되어 있지 않을때는 작업책임자에게 설치를 요구토록 한다.
- 피트 내부에 설치된 작업발판 위에는 유로폼 등 자재를 과도하게 쌓아 두는 행위를 금지한다.
- 피트 내부로 들어가 작업시에는 작업전 발판이 견고하게 고정설치 되어 있는지와 틈새가 없는지 여부를 반드시 확인토록 한다.
- 발판이 안전하게 설치되어 있지 않은 경우에는 절대 피트내부에 들어가지 않도록 한다.

② 피트 내부 작업시 추락방지 조치

- 각층마다 별도의 안전대 부착설비를 설치토록 한다.
- 작업발판 위에서의 거푸집 설치·해체 작업시에는 반드시 안전대를 걸고 작업토록 한다.
- 작업발판을 설치하는 작업은 추락의 위험이 높으므로 반드시 안전대를 걸고 작업토록 한다.
- 엘리베이터 설치 및 내부 마감 작업시의 안전대 걸이시설은 콘크리트 타설전 매층 2~3개소의 안전대 걸이용 앵커고리를 매입토록 한다.
- 작업발판은 매층 그대로 존치시켜 두었다가 골조 완료 시 상층에서부터 하층으로 순차적으로 해체한다.

③ 피트 내부 작업발판 설치

- 강관파이프 벽체 관통 방법
  - 거푸집 조립 시 옹벽에 슬리브를 설치(3개소 이상)
  - 슬리브 구멍에 강관파이프를 꽂고 옹벽 외부에 클램프 체결
  - 강관파이프 위에 장선재 설치 후 합판을 깔고 칠선으로 견고하게

고정

- 비계설치 방법
  - 피트 내부에 최하층 바닥으로부터 강관비계 또는 틀비계를 설치
  - 비계 위에 장선재를 설치한 후, 합판을 깔고 철선으로 견고하게 고정
- 조립식 브라켓 설치방법
  - 콘크리트 구멍에 일직선이 되도록 브라켓을 설치
  - 브라켓에 클램프를 이용하여 강관파이프를 견고하게 고정
  - 브라켓과 강관파이프 위에 장선재를 설치한 후, 합판을 깔고 철선으로 견고하게 고정

**<표 II-19> 작업절차에 따른 위험요인 및 대책**

작업절차	구분	위험요인	안전대책
기계 설치 ↓ 엘리베이터 카 설치 ↓ 가드레일 설치	인적요인	- 엘리베이터 가이드로프 설치작업 중 추락	▶ 안전한 구조의 작업발판 설치 - 작업발판 단부에는 안전난간 설치 ▶ 근로자는 안전대 착용
	물적요인	- 엘리베이터 문 앵커 작업 중 승강로로 추락	▶ 개구부에 안전난간 설치 ▶ 안전대 부착설비 확보 및 안전대 착용
		- 상부의 자재 또는 공구의 낙하	▶ 각층의 엘리베이터 입구 폐쇄 ▶ 자재 정리정돈 ▶ 상·하 동시작업 금지 ▶ 근로자 출입통제
	작업방법	- 기계식 와이어로프의 손상으로 인한 작업대의 낙하	▶ 와이어 드럼축에서 와이어가 이탈하지 않도록 조치 ▶ 와이어로프가 다른 물체와 접촉하지 않도록 조치 ▶ 작업대차에 비상정지장치 등 안전장치 부착
기계 및 장비	- 용접작업 중 감전	▶ 자동전격방지기 설치 ▶ 용접기 외함에는 접지 실시	

#### 4. 결과 및 요약

선행연구 고찰에서는 국내·외 선행연구 및 문헌, 재해, 법령, 안전작업지침 및 매뉴얼에 대한 분석을 진행하였다. 국내·외 엘리베이터 작업 관련 산업재해 현황을 분석한 결과, 설치 및 유지보수 작업 중 발생한 사고사망자가 가장 높은 비율을 차지하는 것을 확인하였으며, 특히 건설업종이 가장 높은 비율을 보였다. 사고발생 유형의 경우 추락과 끼임이 주된 유형으로 나타났다.

재해 심층분석을 통하여 엘리베이터 작업 관련 설치공정 파악, 위험분석, 사고사례 분석, 4M 분석을 실시하였다. 분석결과에 따르면, 제조사 별로 다른 설치공정 체계를 가지고 있고 공정에 따른 위험요인 파악 및 대책이 부재한 것으로 나타났다. 사고사례 분석 결과에 따르면, 사고 기인물은 대부분 승강로 내부와 작업자 부주의로 나타났으며, 사고유은 추락, 낙하, 끼임 순으로 나타났다.

설치작업, 유지 및 보수작업, 해체작업에 대한 공정별 4M 분석을 실시한 결과를 Man, Machine, Media, Management 측면으로 종합하면 다음과 같다.

- Man: 작업발판 고정 미확인, 중앙 분리빔 위에서 작업, 작업정보의 미인지, 운반구에 올라감, 전원 미차단 작업 등의 불안정한 행동 및 작업정보 부적절로 인한 잘못된 판단이 사고의 원인 중 높은 비율을 차지하고 있어 불안정한 행동을 방지하기 위한 교육과 인간의 특성을 고려한 정보 제시 및 작업지침을 마련하는 것이 필요하다는 것을 알 수 있다.
- Machine: 운반수단의 결함, 지지대가 무너짐, 주 로프가 빠짐, 절연방호구의 결여, 작업발판 및 안전대 걸이 미설치 등의 기계/설비의 결함, 방호장치 불량, 안전장치의 미설치 등이 많이 발생하였으며, 특히 추락의 사고의 원인이 되는 방호장치의 불량, 작업발판 및 안전대 걸이 미설치가 높은 비율을 나타내고 있어서 방호장치와 전용 작업발판의 개선이 필요하다는 것을 알 수 있다.

- Media: 작업공간의 정리정돈 불량, 조도 미확보 등의 작업환경 불량이 사고의 주된 원인으로써 엘리베이터 설치 및 유지보수 작업 시 주변 환경을 정리하고 안전한 작업환경을 마련하고 관리하는 기준이 필요하다고 판단된다.
- Management: 위험 작업의 1인 작업, 감독의 미흡, 작업계획 미흡, 교육훈련 미흡으로 인한 작업 미숙련 등의 관리적 요인이 사고를 발생시키는 직간접적인 요인으로 작용하는 사례가 많았기 때문에 교육과 작업계획 마련에 대한 기준을 수립하는 것이 필요하다는 것을 알 수 있다.

마지막으로, 엘리베이터 설치 및 유지보수와 관련된 규정들은 국내의 경우, 법령으로 승강기안전관리법, 산업안전보건기준에 관한 규칙이 하였고, 기준, 지침 및 매뉴얼의 경우 안전보건공단의 엘리베이터 안전작업가이드와 승강기안전공단의 안전기준을 조사하였다. 국외의 경우, 법령으로는 ISO, OSHA, ASME의 법령이 존재하였고, 기준, 지침, 매뉴얼의 경우 NIOSH, OSHA, CPWR, CSAO의 자료를 분석할 수 있었다.

## Ⅲ. 실태조사

### 1. 설문조사

#### 1) 설문조사 개요

엘리베이터 설치 및 유지보수 관련 작업단계별 위험요인 및 문제점 파악, 작업실태의 비교분석, 안전작업기준과 전용발판의 개발 방향 수립을 위한 현황을 파악하기 위하여 설문조사를 실시하였다.

본 연구에서는 설문조사의 대상을 국내 엘리베이터 4대 제조사와 엘리베이터 설치 및 유지보수업체로 구분하였다. 그리고, 설문조사 문항은 연구진의 개발 회의, 연구상대역과의 협의 및 진도분석회의를 통하여 최종적으로 도출된 일반사항, 안전작업기준 개발, 전용 작업발판 개발 및 작업현장 안전 실태 등 4개 항목으로 구성하였으며, 각 항목별로 제조사는 총 24개 문항, 설치 및 유지보수 업체는 총 33개 문항을 개발하였다.

설문조사를 위한 방법은 제조사의 경우에는 제조사 본사 방문 또는 담당자 이메일을 이용하여 실시하였다. 그리고, 설치 및 유지보수 업체의 경우에는 안전보건공단의 협조를 얻어 본 연구의 대상인 7~10층 규모의 철근콘크리트 구조 건축물에 15인승 이하의 일반 승객용으로 기계실이 없는(MRL Type) 엘리베이터 설치 또는 유지보수 현장을 직접 방문하여 담당자를 면담하면서 설문조사를 실시하였다.

국내 4대 엘리베이터 제조사와 16개의 설치 및 유지보수 업체들을 대상으로 한 설문조사의 결과는 각 항목별로 다음과 같다.

2) 설문조사 결과

(1) 일반사항

<표 III-1> 엘리베이터 작업실태 관련 설문조사 - 일반사항

설문문항		응답현황	
		제조사	설치업체
<b>제조사 Q1)</b> 7층 이하의 건축물용 MRL Type 엘리베이터를 공급할 때 가장 많은 비중을 차지하는 승객 정원?		- 9인승:오티스,티센크루프 - 15인승:현대, 미쓰비시	X
<b>설치업체 Q1)</b> 업체에 소속된 현장직 인원과 연평균 설치 대수?		X	- 작업인원: 24.8명 - 설치대수: 237대 - 1인당 설치대수: 9.6대
<b>Q2) 작업일수</b> 엘리베이터 1대를 기준으로 설치작업에 필요한 작업일수?	저층 (7층 이하)	- 평균 19.3일	- 평균 12.0일
	중층 (8~15층)	- 평균 32.4일	- 평균 19.5일
	10인승 이하	- 평균 16.8일	- 평균 12.3일
	11~15인승	- 평균 23.0일	- 평균 16.4일
<b>Q3) 작업인원</b> 엘리베이터 1대를 기준으로 설치작업에 투입되는 인원수?	저층 (7층 이하)	- 평균 2.0명	- 평균 2.4명
	중층 (8~15층)	- 평균 2.3명	- 평균 2.2명
	10인승 이하	- 평균 2.0명	- 평균 2.1명
	11~15인승	- 평균 2.4명	- 평균 2.2명
<b>Q4) 제조사 안전관리</b> 현장 안전관리자 배치 또는 현장 방문점검 실시 여부?		- 관리자 배치: 33.3% - 방문점검: 93.3%	- 관리자 배치: 33.3% - 방문점검: 93.3%

## 가) 제조사 공급 현황 및 설치업체 연평균 설치대수

본 연구과제의 대상인 7층 이하 건축물용 MRL Type 엘리베이터에 대해서 국내 엘리베이터 4대 제조사에서 주로 공급하는 승객 정원은 9인승 또는 15인승으로 조사되었다. 그리고, 엘리베이터 설치 및 유지보수 업체에 소속된 현장 직 인원 평균은 24.8명, 연평균 설치대수는 약 237대로서 작업자 1인당 연평균 9.6대의 엘리베이터를 설치하는 것으로 조사되었다.

## 나) 작업일수

엘리베이터 설치작업에 필요하거나 소요되는 작업일수는 건축물의 층수를 기준으로 저층부에 해당하는 7층 이하에서 4대 제조사는 평균 19.3일이 필요하지만, 설치업체에서는 평균 12일이 소요되는 것으로 조사되었다. 중층부에 해당하는 8층 이상 15층 이하에서 4대 제조사는 평균 32.4일이 필요하지만, 설치업체에서는 평균 19.5일이 소요되는 것으로 조사되었다. 또한, 승객 정원을 기준으로 10인승 이하에서 제조사는 평균 16.8일이 필요하지만, 설치업체에서는 평균 12.3일이 소요되며, 11인승 이상 15인승 이하에서 4대 제조사는 평균 23일이 필요하지만, 설치업체는 평균 16.4일이 소요되는 것으로 조사되었다. 따라서 실제 엘리베이터 설치 현장에서는 건축물의 층수나 승객 정원에 상관없이 4대 제조사에서 응답한 필요 작업일수에 비하여 약 60~70% 정도 단축된 일정으로 엘리베이터를 설치하고 있는 것으로 나타났다.

## 다) 작업인원

엘리베이터 설치작업에 필요하거나 투입되는 작업인원은 건축물의 층수를 기준으로 저층부에서 4대 제조사는 설치에 평균 2.0명을 필요로 하고, 설치업체에서는 약 2.4명이 투입되는 것으로 조사되었다. 중층부에서는 4대 제조사가 평균 2.3명이 필요하고, 설치업체에서는 평균 2.2명을 투입하는 것으로 조사되었다. 또한 승객정원에 대해서도 10인승 이하에서 4대 제조사는 평균 2.0명 기준, 설치업체는 평균 2.1명 투입이며, 11인승 이상 15인승 이하에서도 제조사 평균 2.4명 기준, 설치업체 평균 2.2명 투입으로 작업인원에 대해서는 4대 제조사의

기준 인원과 설치업체의 실제 투입인원에 큰 차이가 없는 것으로 나타났다.

라) 현장 안전관리

엘리베이터 설치 현장의 안전관리자는 제조사 및 설치업체에서 모두 33.3%만 배치가 되는 것으로 조사되었고, 제조사의 방문점검은 93.3%로 나타났다.

(2) 안전작업기준 개발

**<표 III-2> 엘리베이터 작업실태 관련 설문조사 - 안전작업기준**

설문문항	응답현황	
	제조사	설치업체
<b>Q1)</b> 안전작업지침 또는 매뉴얼 - 제조사 개발 여부? - 설치업체 제공 여부?	- 제조사 개발 : 100%	- 제조사 제공: 100%
<b>설치업체 Q1.1)</b> 업체 별도의 안전작업지침 또는 매뉴얼 개발 여부 ?	X	- 자체 개발: 86.7%
<b>Q2)</b> 안전작업지침 또는 매뉴얼 - 제조사 제공 여부? - 설치업체 활용 여부?	- 제조사 제공 : 100%	- 현장 활용: 93.3%
<b>Q3)</b> 전문 교육프로그램 - 제조사 개발 여부? - 설치업체 제공 여부?	- 제조사 개발 : 100%	- 제조사 제공: 100%
<b>설치업체 Q3.1)</b> 업체 별도의 교육프로그램 개발 여부	X	- 자체 개발: 93.3%
<b>Q4)</b> 안전작업지침 또는 매뉴얼 - 현장 일치 정도(여부)?	- 현장과 일치: 91.25% - 현장과 불일치: 8.75%	- 현장과 일치: 73.3% - 현장과 불일치: 26.7%
<b>설치업체 Q4.1)</b> 안전작업지침 또는 매뉴얼 현장과 차이나는 공정?	X	- 승강로 레일설치: 33.3% - 카틀 작업대에서 레일 설치: 26.7% - 권상기 설치: 20%

<p><b>Q5)</b>  <b>안전작업지침 또는 매뉴얼</b>                  - 잘 활용되기 위한 조건</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 현장적용성 확대:62.5%</li> <li>- 강제 이행: 37.5%</li> <li>- 전문교육:25%</li> <li>- 현장점검확대:12.5%</li> <li>- 이행시 인센티브:12.5%</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 현장적용성 확대: 66.7%</li> <li>- 이행시 인센티브: 66.7%</li> <li>- 전문교육: 20%</li> <li>- 강제 이행: 20%</li> </ul>
---	--	---

가) 안전작업지침 또는 매뉴얼 개발

엘리베이터 설치 작업용 안전작업지침 또는 매뉴얼은 국내 4대 제조사에서 모두 개발하였으며, 설치업체에서도 제조사에서 개발한 지침 또는 매뉴얼을 100% 제공받고 있는 것으로 조사되었다. 또한 제조사에서 제공하는 지침 또는 매뉴얼과는 별도로 약 87%의 설치업체에서 자사의 직원들에게 제공하기 위한 지침 또는 매뉴얼을 자체적으로 개발하고 있는 것으로 나타났다.

나) 안전작업지침 또는 매뉴얼 제공 및 활용

제조사에서 개발한 엘리베이터 설치 작업용 안전작업지침 또는 매뉴얼을 설치업체에 모두 제공하고 있으며, 설치업체의 약 93%가 제조사로부터 제공받은 안전작업지침 또는 매뉴얼을 현장에서 활용하고 있는 것으로 나타났다.

다) 전문 교육 프로그램

엘리베이터 설치 작업용 안전작업지침 또는 매뉴얼과 연계한 전문적인 교육 프로그램 또한 모든 제조사에서 개발하였으며, 설치업체에서도 제조사에서 개발한 전문 교육프로그램을 100% 제공받고 있는 것으로 조사되었다. 이와 함께 제조사에서 제공하는 전문 교육 프로그램과는 별도로 약 93%의 설치업체에서 자사의 직원들에게 제공하기 위한 교육 프로그램을 자체적으로 개발하고 있는 것으로 조사되었다.

라) 안전작업지침 또는 매뉴얼의 현장 일치 여부

4대 제조사에서는 엘리베이터 설치 작업용 안전작업지침 또는 매뉴얼이 현장에서 실제 이뤄지는 엘리베이터 설치 작업공정과 일치하는 것으로 응답하였지만, 설치업체에서는 약 73%만 일치하는 것으로 응답하였다. 이와 관련하여 설치업체에서 차이가 난다고 생각하는 작업단계는 승강로 레일 설치 공정이 약

33%, 카틀 작업대에서 레일 설치 공정이 약 27%, 권상기 설치가 약 20%로 조사되었다.

#### 마) 안전작업지침 또는 매뉴얼의 활용 조건

엘리베이터 설치 작업용 안전작업지침 또는 매뉴얼이 현장에서 잘 활용되기 위한 조건에 대해서 제조사에서는 현장 적용성의 확대가 약 63%로 가장 높고, 다음으로 지침 또는 매뉴얼의 강제 이행이 약 38%, 전문교육 실시가 25% 다음으로 현장점검 확대 및 이행 시 인센티브 제공 순으로 조사되었다. 설치업체에서도 안전작업지침 및 매뉴얼의 현장 적용성 확대가 약 67%로 가장 높았지만, 이행 시 인센티브 확대도 약 67%로 동일하였으며, 다음으로 전문교육 및 강제 이행이 각각 20% 순으로 조사되었다.

마지막으로 안전작업기준의 개발과 관련한 자유의견으로 엘리베이터 설치 대상 현장의 실제 골조 상태와 설계도면의 차이를 극복할 수 있는 설치방법에 대한 작업지침 또는 안전가이드의 개발, 엘리베이터 설치 공법이나 공정(작업 단계)를 정확하게 이해하고 해당 내용을 안전작업기준 개발에 반영할 필요가 있으며, 엘리베이터 제조사별 특성을 고려할 수 있는 안전작업기준의 개발이 필요하다는 의견이 제시되었다.

### (3) 전용 작업발판 개발

**<표 III-3> 엘리베이터 작업실태 관련 설문조사 - 작업발판**

설문문항	응답현황	
	제조사	설치업체
<b>Q1)</b> <b>설치 및 안전성 검토 기준</b> - 제조사 개발 여부? - 설치업체 제공 여부?	- 제조사 개발 : 100%	- 제조사 제공: 73.3%
<b>Q2)</b> <b>설치 및 안전성 검토 기준</b>	- 제조사 제공 : 100%	- 현장 활용: 93.3%

- 제조사 제공 여부? - 설치업체 활용 여부?		
<b>Q3)</b> <b>현행 작업발판</b> 안전성 및 작업편의성 여부?	- 안전성 및 설치 편의성 제공: 62.5%	- 안전성 및 설치 편의성 제공: 60%
<b>Q3.1)</b> <b>현행 작업발판</b> - 사용 시 문제점	- 비규격화: 57.1% - 발판의 구조: 12.5% - 안전성 부족: 12.5% - 작업자능력부족:12.5%	- 비규격화: 53.3% - 발판의 구조: 33.3% - 안전성 부족: 20%
<b>설치업체 Q3.2)</b> <b>현행 작업발판</b> - 사용 시 불편함의 원인?	X	- 작업공간 부족: 60% - 작업통로 부족: 20% - 안전조치 부족: 20%
<b>Q4)</b> <b>전용 작업발판</b> - 전용발판의 개발 필요성?	- 개발 필요:87.5%	- 개발 필요: 86.7%

가) 전용 작업발판에 대한 설치 및 안전성 검토 기준

엘리베이터 설치용 작업발판에 대한 설치 및 안전성 검토 기준은 국내 4대 제조사에서 모두 개발한 것으로 조사되었지만, 설치업체에서는 제조사에서 개발한 설치 및 안전성 검토 기준에 대해서 약 73%만 제공받고 있는 것으로 조사되었다.

나) 안전작업지침 또는 매뉴얼 제공 및 활용

제조사에서 개발한 엘리베이터 설치용 작업발판에 대한 설치 및 안전성 검토 기준을 설치업체에 모두 제공하고 있으며, 설치업체의 약 93%가 제조사로부터 제공받은 설치 및 안전성 검토 기준을 현장에서 활용하고 있는 것으로 나타났다.

다) 현행 작업발판의 안전성 및 작업편의성

현재 사용하고 있는 엘리베이터 설치용 작업발판에 대해서 제조사는 약 63%, 설치업체는 약 60% 정도로 작업자의 안전보장 및 작업 편의성을 제공한다고 생각하는 것으로 나타났다. 그리고, 현행 작업발판의 문제점으로는 제조사 및 설치업체의 과반수 이상이 작업발판의 비규격화로 응답하였으며, 다음으로 발판의 구조와 안전성 부족에서 문제점이 있는 것으로 조사되었다. 또한, 설치

업체에서 현행 작업발판의 사용 시 불편함에 대해서는 작업공간의 부족이 60%, 다음으로 작업통로의 부족과 심리적 불안감을 포함한 안전조치가 부족한 것으로 조사되었다.

라) 전용 작업발판 개발의 필요성

현재 사용하고 있는 엘리베이터 설치용 작업발판을 개선한 전용 작업발판 개발에 대해서 오티스를 제외한 3개 제조사에서 필요하다고 응답하였으며, 설치업체에서는 약 87%가 전용 작업발판의 개발이 필요한 것으로 조사되었다. 마지막으로 현행 작업발판의 개선 또는 전용 작업발판의 개발과 관련한 자유의견으로 제조사에서는 현장에 적용이 가능한 범용성의 확보, 작업발판을 구성하는 부재들의 운반 용이성 확보, 작업발판의 작업성 고려, 설치업체에서 부담없이 사용할 수 있도록 경제성 확보, 대형 건설사의 통일된 안전기준과 이에 따른 작업발판의 개발, 2명 이상의 작업인원과 소요 자재 중량을 지지할 수 있으며 설치 및 이동이 편리한 구조의 확보, 승강로로 진입하지 않고 작업발판을 설치할 수 있는 구조가 필요하다는 의견을 제시하였다. 설치업체에서는 작업발판의 휴대성과 편의성 확보, 작업자의 이동 동선의 용이성, 작업발판의 경량화, 승강로에 맞는 규격화 및 작업자의 심리적 불안감 해소 등이 필요하다는 의견을 제시하였다.

(4) 작업현장 안전 실태

<표 III-4> 엘리베이터 작업실태 관련 설문조사 - 작업현장 안전

설문문항	응답현황	
	제조사	설치업체
Q1) 사고 발생의 원인	- 불안전행동: 75% - 공사기간 단축: 37.5% - 보호구 미착용: 25% - 불안전 상태 : 25% - 안전시설 미설치: 25%	- 공사기간 단축: 60% - 불안전행동: 33.3% - 안전시설 미설치: 20% - 보호구 미착용: 13.3% - 기타 : 설치비 단가 낮음

		: 설치 공정의 촉박함
<b>Q2)</b> <b>작업발판 이상 유·무 확인</b> - 제조사 절차 수립 여부? - 설치업체 제공 여부?	- 제조사 수립: 100% - 점검부위 : 비계, 작업발판 상태 : 발판 결속선 고정 : 점검표 작성 및 부착	- 제조사 제공: 93.3% - 점검부위 : 조립부 체결 상태 : 발판 체결 상태 : 비계 체결(고정)상태 : 볼트 조임 상태
<b>Q3)</b> <b>작업 중 안전장치 해체</b>	- 제조사 수립: 62.5%	- 해체 경험 있음: 46.7% - 해체 대상 : 안전고리 71.4% : 안전모 57.1%
<b>설치업체 Q3.1)</b> <b>작업 중 안전장치 해체</b> - 안전장치 해체 이유?	X	- 작업형태에 안맞음: 60% - 불편함: 33.3%
<b>Q4)</b> <b>작업발판 구조 변경</b> - 제조사 절차 수립 여부? - 설치업체 제공 여부?	- 제조사 수립: 71.4%	- 제조사 제공: 46.7%
<b>설치업체 Q4.1)</b> <b>작업발판 구조 변경</b> - 비계 구조 변경 경험?	X	- 변경 경험 있음: 26.7%
<b>설치업체 Q4.2)</b> <b>작업발판 구조 변경</b> - 안전난간, 발판, 지지대 등의 해체 또는 이동 경험?	X	- 해체 경험 있음: 60% - 해체(이동) 대상 : 발판 77.8% : 안전난간 44.4% : 강관지지대 33.3%
<b>설치업체 Q4.3)</b> <b>작업발판 구조 변경</b> - 비계 또는 발판의 추가 설치 경험?	X	- 추가 경험 있음: 66.7% - 추가 설치 용도 : 작업공간 확보 : 레일 브라켓 설치 : 형판 작업
<b>Q5)</b> <b>작업발판(비계) 불량</b> - 제조사 신고? - 설치업체 경험?	- 제조사 신고: 37.5% - 불량 대상 : 설치불량 33.3% : 승강로의 변수	- 불량 경험 있음: 86.7% - 불량 대상 : 설치 불량 53.8% : 구조 불량 38.5% : 자재 불량 23.1%
<b>Q5.1)</b> <b>작업발판(비계) 불량</b> - 제조사 조치? - 설치업체 조치?	- 설치업체 연락: 85.7% - 제조사 연락: 14.2% - 현장에서 조치: 14.2%	- 설치업체 연락: 53.3% - 현장에서 조치: 46.7% - 제조사 연락: 0%

<b>Q6)</b> <b>작업의 조기종료</b> - 제조사 요청 여부? - 설치업체 요구 여부?	- 제조사 요청: 75% - 요구자 : 건축주: 83.3% : 현장 담당자: 33.3%	- 경험 있음: 100% - 요구자 : 건축주: 60% : 현장 담당자: 53.3% : 제조사, 비계업체 6.7%
<b>설치업체 Q7)</b> <b>카 설치 후, 운행</b> - 타 공종의 보조를 위한 엘리베이터 운행 여부?		- 운행 경험 있음: 20% - 대상 공종 : 철골구조, 벽체 마감, 소방 스위치 설치, 현장에서 요구

가) 엘리베이터 설치 작업 시 사고 발생 원인

엘리베이터 설치 작업 시 사고가 발생하는 이유에 대해서 제조사에서는 작업자의 불안정한 행동, 공사기간의 단축, 작업발판의 불안정한 상태 및 보호구 미착용 순으로 응답하였다. 설치업체에서는 공사기간의 단축이 60%로 가장 응답이 많았으며, 다음으로 작업자의 불안정한 행동, 안전시설 미설치, 보호구 미착용 순으로 조사되었다. 그리고 기타 의견으로 낮은 설치 단가와 촉박한 설치 공정이 있었다.

나) 작업발판의 이상 유무 확인

엘리베이터 설치 작업 전 작업발판의 이상 유무를 확인하는 절차에 대해서 4대 제조사는 모두 수립하고 있으며, 주요 점검 부위는 작업 발판의 상태, 결속선 고정 여부 등으로 조사되었다. 그리고, 설치업체의 93%가 제조사로부터 작업발판의 이상 유무 확인 절차를 제고 받고 있으며, 주요 점검 부위는 조립부 체결 상태, 발판 및 비계 체결 상태 및 볼트 조임상태 등으로 조사되었다.

다) 작업 중 안전장치 해제

엘리베이터 설치 작업 중 작업 편의를 위하여 안전장치 및 보호구 등을 전부 또는 일부 해제와 관련하여 제조사의 62.5%가 절차를 수립하고 있는 것으로 조사되었으며, 설치업체에서는 약 47%가 안전장치를 해제한 경험이 있다고 응답하였고, 이와 관련하여 해제 대상은 안전고리가 약 71%, 안전모가 약 57%

로 조사되었다.

#### 라) 작업발판의 구조 변경

엘리베이터 설치 작업 중 작업의 편의성을 추가적으로 확보하거나 용도 외 사용을 위하여 작업발판의 구조 변경과 관련하여 제조사의 71.4%가 절차를 수립하고 있는 것으로 조사되었으며, 설치업체에서는 약 47%가 제조사로부터 관련 절차를 제공받거나 자체적으로 수립하고 있는 것으로 조사되었다. 또한 설치업체에서 비계의 구조를 변경한 경우가 약 27%, 안전난간이나 발판 및 지지대 등의 해체나 이동을 한 경우가 60%였으며, 이들 중 주요 대상은 발판이 약 78%, 다음으로 안전난간이 44% 순으로 조사되었다. 이와 함께 비계 또는 발판의 추가 설치에 대해서 약 67%가 경험이 있는 것으로 조사되었다.

#### 마) 작업발판의 불량

엘리베이터 설치 작업 전 또는 중간에 비계의 설치불량, 구조불량 또는 자재불량과 관련하여 제조사의 약 38%가 설치업체로부터 신고를 받은 것으로 조사되었으며, 설치업체에서는 약 87%가 작업발판의 불량을 경험한 것으로 조사되었다. 불량을 경험한 대상은 설치 불량률이 약 54%, 구조 불량률이 약 39%로 나타났다.

#### 바) 작업의 조기종료

엘리베이터 설치 작업 중 예정공기보다 조기에 작업을 종료하는 요구와 관련하여 제조사에서는 건축주 및 현장 담당자의 요청에 의해 설치업체에 요청한 경우가 75%로 조사되었고, 설치업체에서는 건축주, 현장담당자 또는 제조사로부터 작업의 조기종료를 요청받는 경험이 100%로 나타났다.

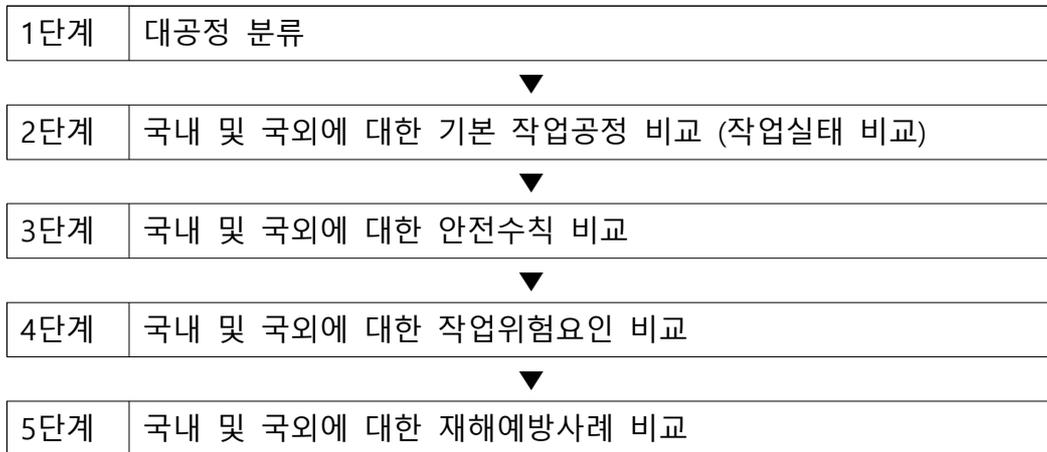
#### 사) 엘리베이터 사전 운행

카 설치 후 철골구조 작업, 벽체 마감 또는 소방스위치 설치 등 다른 공종의 작업을 보조하기 위하여 설치업체의 20%가 엘리베이터를 사전에 운행한 경험이 있는 것으로 나타났다.

## 2. 국내·외 작업실태 비교·분석 및 사고예방활동 사례 발굴

- 1) 국내·외 작업실태 비교·분석 및 사고예방활동 사례를 발굴하기 위하여 제조사 안전작업수칙과 사고예방활동 사례를 비교·분석하였다.

**<표 III-5> 국내·외 작업실태 조사 흐름도**



### (1) 대공정 분류

대공정 분류는 안전보건공단의 엘리베이터 안전작업가이드를 기반으로 하여 국내·외의 대공정을 비교·분석하였다.

<표 III-6> 국내·외 작업실태 조사 - 대공정 분류

구분	국내				국외		
	안전보건공단 엘리베이터 안전작업 가이드	티센크루프 엘리베이터	오티스 엘리베이터	현대 엘리베이터	Suzhou Asia Fuji Elevator (Japan)	Federal Elevator (Canada)	European Lift Association
대공정	설치공사 일반	엘리베이터 설치 준비 및 형판설치	비계 작업대 및 인양 브라켓 설치 형판작업	현장답사 및 작업준비 형판 설치	엘리베이터 설치 준비(공구 등 자재준비)	현장답사 및 점검	현장진입
	자재 및 장비 반입	기계실 설치	레일 및 브라켓 설치	자재 및 장비 반입, 양중 준비 및 작업	템플릿 홀더 제작 및 삽입		비계 조립 및 기계실 작업
	승강로 내 작업	카 및 카운터 케이스 설치 (60m/min 적용)	승강로 부품 설치	상부 작업대 및 레일 설치	레일지지대 및 가이드레일 설치 (비계포함)	비계조립 및 레일 설치(앵커볼트설치), 기초레일 설치	승강로 작업
	출입구 설치	승강로 부품 설치	작업대 해체	안전 차폐판, 생명선, 출입구 설치	카 및 카 출입구 설치	카프레임 설치	비계 및 작업발판 위 작업
	카케이지 조립 및 승강로 기기 설치	도어 설치	엘리베이터 도어 설치	카케이지 조립 및 승강로 기기 설치	케이블 시스템 설치	케이블 설치	배선 및 접지
	시운전	시운전	시운전	시운전	배선 및 접지		

(2) 기본 작업 공정

국내 및 국외에 대한 기본 작업공정은 안전보건공단 엘리베이터 안전작업 가이드에 근거하여 작업실태와 같이 비교하였다.

<표 III-7> 국내외 작업실태 조사 - 기본 작업공정 분류

구분	Step	국내				국외		
		안전보건 공단 엘리베이터 안전작업 가이드	티센크루프 엘리베이터	오티스 엘리베이터	현대 엘리베이터	Suzhou Asia Fuji Elevator (Japan)	Federal Elevator (Canada)	European Lift Association
기본 작업 공정	Step. 1	착공전 현장답사 및 실측	안전 주의 사항 현장준비	현장조사 안전대책 수립	현장답사	메인전기, 설계도면, 치수확인, 작업스케줄, 작업 안전규칙, 현장 청소	현장 답사 및 점검 (정부가 제공한 치수, 브라켓 지지대 적용 장소 및 간격, 샤프트 배관등의 점검 등)	현장 진입
	Step. 2	착공 (사무실/창고, 안전차폐판, 생명선 설치)	착공준비					안전모 착용 및 낙하물 주의
	Step. 3	장비/자재 하역 및 운반		자재 하역 및 운반	자재 하역 및 반입			기계실 진입(사다리 상태 점검 및 추락 방지 난간 설치 확인)
	Step. 4	상부작업대 설치	비계조립 형판 설치 및 주의사항 권상기 설치 조속기 및	최상층 비계 작업대 설치 자재 양중 인양 브라켓트 설치 윈치 설치	상부작업대 설치 (전문 설치업체 시공) 안전 차폐판 및 생			비계 설치

		조속기 로프 텐셔너 설치 로핑		명선 설치			
Step. 5	양중 준비 및 작업		인양 브라케트 설치 기 준비	양중 준비 및 작업			개구부 작업(개구부 진입 방지대 설치 및 움직이는 기계의 전원을 차단)
Step. 6	형판설치			상부형판 설치 레일 매달기 용 아이너트 설치 임시조속기 설치 하부형판 설치	형판 설치		승강로 진입(기계의 전원 차단 및 카를 최상층에 위치시킴)
Step. 7	기초 레일 설치			1번 레일 설치 및 레일 매달기	기초 레일 설치	기초 레일 설치	승강로 내 작업(추락 방지 난간 설치 확인 및 추락 방지 보호 장비 착용)
Step. 8	임시 프레임 설치	체대 조립 카상부 안전난간 설치 판넬조립 균형추 설치 콤판체 인밸런스 웨이트 설치 버퍼 설치	레일 반입 CWT측 레일 매달기 DEH측 레일 매달기	카프레임 설치		카프레임 설치	승강로 내 카 위에서 작업(안전 거리 및 공간 확보 및 카의 중간에 위치해 작업)

		enta200 레일 설치 시 주의사 항					
Step. 9	레일 설치	가이드 레 일 설치 lock life device 설 치 파트 스크 린 설치 리미트 스 위치 설치 F i n a l CAM 설 치 랜딩 스위 치 설치 Traveling cable 고 정 PIT 사다 리 설치 각종 스위 치와 조명 설치 기준	상부 레일 브라켓 설치 버퍼 설치 하부 레일 브라켓 설치	레일설치	호이스팅 로프 설치 카 설치	레일설치	승강로 내 피트에서 작업(안전 핸들 잠금 및 카를 완벽히 고 정)
Step. 10	구동부 설치			구동부 설 치	도어 오퍼 레이터 설 치		승강로 내 사다리 위 에서 작업 (생명선 결 속 및 추락 방지 장비 착용)
Step. 11	저속 시운전			저속시운 전	스피드 고 버너 설치		승강로 내 서스펜션 시스템 작 업(카를 고 정 및 안 전장치 구 동)

Step. 12	로프걸기		<p>균형추 프레임 반입 서브 웨이트 적재 카 프레임 조립 임시 카 구성 조속기 설치 조속기 로프 체결 균형추 매달기 균형추 측 벨트 걸기 카측 벨트 걸기 DEH측 벨트 터미네이션 설치 제어반, 드라이브 설치 MSK 시운전 임시카용 서브웨이트 적재 균형추 매달기 제거 레일 브라켓트 설치 권상기 매달기 제거 최상층 작업대 해체</p>	<p>로핑 작업</p> <p>본조속기 설치</p>	<p>적외선 멀티빔 스크린 설치</p>		<p>로프 걸기 (로프의 컨디션 확인 및 매달린 중량물 근처에 있지 않기)</p>
----------	------	--	--	-----------------------------	-----------------------	--	---

Step. 13	출입구 설치	출입구와 도어 시스템 개요 Hall sill 설치 삼방틀 (Jamb) 설치 홀도어 설치 카헤더 설치 side opening 도어 설치	출입구 설치	출입구 설치	컨트롤 캐비닛 설치		비계 위 작업을 통한 상태 및 중량 확인 (전문가를 통해 최대 초과하지 않기)
Step. 14	승강로 케이블 설치			승강로 케이블 설치	케이블 시스템 설치	케이블 설치	임시 작업 발판 위 작업을 통한 발판 상태 및 안전 확인 (전문가의 안전진행으로 확보)
Step. 15	카 패널 설치 고속시운전		카 패널 조립 승강로/카 배결선 카 도어 설치 고속시운전	카 패널 설치 카 부품 설치 카 도어 레이아웃 설치 층별 승강도어/레벨 조정 및 기타 작업	시그널 시스템 설치 및 배선 접지		배선 및 접지 (배선 절단 후 자리를 떠나지 말 것)

					고속 시운 전 컴펜체인 및 컴펜체 인 브라켓 설치			
--	--	--	--	--	--	--	--	--

(3) 안전 수칙

가) 국내 및 국외에 대한 안전수칙은 안전보건공단 엘리베이터 안전작업 가이드에 근거하여 비교하였다.

<표 III-8> 국내·외 안전수칙

구분		안전수칙 내용
안전 수칙	안전보건공단 엘리베이터 안전작업 가이드	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 높이 2m 이상 추락방지 조치</li> <li>• 전원이 필요 없는 작업시 전원 차단</li> <li>• 인증된 양중장비를 용량에 맞게 사용</li> <li>• 회전체에 안전커버 설치</li> <li>• 인증된 작업발판을 고정하여 사용</li> <li>• 상하 동시 작업 금지</li> <li>• 작업지휘자 지휘 하 작업 실시</li> <li>• 신규입사자는 안전교육 이수 후 작업</li> <li>• 작업장 내 음주 흡연 금지</li> <li>• 내부 작업 시 출입구에 안전펜스 설치</li> <li>• 카를 운행시 조속기와 안전블록 작동</li> <li>• 카상부에서 카 운행 시 수동모드 운행</li> <li>• 카상부 및 피트 진입시 반드시 절차를 준수하고 2개 이상의 안전스위치 확보</li> </ul>
	티센크루프 엘리베이터 안전작업지침서 설치작업매뉴얼	<p>설치전</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 안전보호장치 검사 (비계, 안전망, 안전헬멧, 안전벨트 등)</li> <li>• 기계장비 및 전기설비 검사 (전기용접기, 호이스트)</li> <li>• 보조 공구 검사 (산소, 아세틸렌)</li> <li>• 설치주변 정리, 승강로 안전 주의, 출입구 보호 화재/ 안</li> </ul>

		<p>전예방 및 검사</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 안전을 위해 안전칸막이를 해야하며 화재 방지에 주의</li> </ul> <hr/> <p>승강로 안전 주의:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 비계설치, 제거 도는 변경시 엘리베이터 설치 인위니 있어야 하며 설치과정에 알맞은 작업복, 안전화, 안전헬멧, 안전벨트 등을 착용, 상하 동시 작업 금지</li> </ul> <hr/> <p>출입구 보호:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 승강로 출입구에서 떨어지는 것을 방지하기 위한 조치를 강구해야 하며 사람들에게 추락 위험 등을 상기시키는 위험표시판 및 안전시설물을 설치</li> </ul> <hr/> <p>화재 예방 :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 휴대용 절단기, 용접 기구 및 가스 절단 장비를 사용하는 동안 화재 예방에 주의</li> <li>• 안전장소에 가연성 물질 및 화재 위험성 물질 등 별도 보관</li> </ul> <hr/> <p>안전예방:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 용접, 가스절단, 드릴을 이용한 홀 가공시 반드시 보호안경 착용</li> </ul>
<p>오티스 엘리베이터 설치지도서</p>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• 현장 답사 및 승강로 실측시 항상 규정된 작업복 및 안전 보호구를 착용하고 추락 위험이 있는 장소에서는 안전벨트를 체결</li> <li>• 외부인 접근을 통제하고 크레인 장비 등을 이용하여 차량에서 장비/자재를 하역, 운반</li> <li>• 카 상부 및 피트 진출입 절차를 준수</li> <li>• 카벽 철판의 절단 부위에 다치지 않도록 주의</li> <li>• 카 상부에서는 항상 안전벨트를 카 상부 안전난간대 또는 생명선 등에 체결</li> <li>• 승강로 내 상 하부 동시 작업 금지</li> <li>• 반드시 2인 1개조로 작업</li> <li>• 중량물 하부 등 작업 반경내 접근을 금지</li> <li>• 기계실과 승강로 상 하 동시작업 금지</li> <li>• 카 프레임의 전체 무게를 감안하여 받침대 설치</li> <li>• 세이프티 디바이스와 플랫폼 등 중량물을 조립할 때에는 자중 이상의 정격 용량을 갖는 양중 기계기구를 사용</li> <li>• 양중물을 묶어 양중 기계 기구에 걸때는 로프 가공 또는 벨트 슬링과 샤클을 이용하여 견고하게 묶음</li> <li>• 케이블의 손상여부를 확인하고 작업 중 손상이 되지 않도록</li> </ul>

		<p>록 안전한 경로로 포설하고 임시 덮개로 보호</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 교체시 반드시 1:1로 실시하며 교체 작업을 카 상부에서 실시할 경우 각 층 출입구 전면 차폐를 실시하고 안전벨트를 카 상부 안전난간대에 체결</li> <li>• 카 운행 시 상호간 복명복창</li> <li>• 기계실, 카 주위, 피트, 승강로가 카 운전애 적합한지 확인</li> <li>• 카 상부에 안전난간대 설치</li> <li>• 카 상부에 탑승 시 승강장 도어를 열고 카의 유무를 확인 후 자동 스위치를 수동으로 전환</li> <li>• 카 상부에 작업자가 탑승한 상태에서 고속운전 금지</li> <li>• 제어반 동력을 체크 할 시 전원 차단 후 작업</li> </ul>
	<p>현대 엘리베이터 안전작업매뉴얼</p>	<p>자재 하역 및 반입:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 작업 반경 내 출입 금지 조치가 되어 있는지 확인</li> <li>• 자재를 적재하는 장소에 표지판이 부착되어 있는지 확인</li> <li>• 작업장소 및 운반경로(작업통로) 확인</li> <li>• 중량물의 중량 및 무게 중심 확인</li> <li>• 장비/자재 반입은 지게차 등의 장비를 활용</li> <li>• 장비/자재 반입을 하는 작업장 주변에는 신호수를 배치 및 지시에 따름</li> <li>• 작업장 주변의 지반 상태를 점검 (문제가 있을 경우 지게차가 전도될 위험이 있음)</li> <li>• 자재는 뉘여서 보관 및 로프 등으로 묶어 전도되지 않도록 함</li> <li>• 자재 적재/보관 장소에 안전펜스 등을 설치(담당자 및 연락처 기재)</li> <li>• 운반 작업 시 보호장갑 착용</li> <li>• 호이스트(Hoist)를 이용하여 자재 운반 시 호이스트 안전수칙 준수</li> </ul>
		<p>상부 작업대 설치 (전문 설치 업체 시공):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 상부 작업대를 설치할 때에는 반드시 동반추락 위험이 없는 견고한 구조물 또는 16mm 아이너트에 안전벨트 체결</li> <li>• 자재 양중 등의 이유로 부득이하게 상부 작업대를 해체해야 하는 경우에는 작업 종료 후 반드시 원상 복구 조치</li> <li>• 상부 작업대의 설치 상태가 불안전할 경우 시공업체에 의뢰하여 조치</li> <li>• 승강장에 제어반이 설치되는 경우, 출입구에 파이프 서포트(2개소 이상 고정)를 설치하여 경사지지대를 고정</li> </ul>
		<p>안전 차폐판 및 생명선 설치:</p>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 출입구 및 개구부의 안전 난간대 설치 상태를 확인</li> <li>• 안전난간대 및 안전 차폐판을 설치할 때에는 안전벨트를 체결해 승강로 내 추락 위험 방지</li> <li>• 착공 시 각 층 출입구 및 개구부에 안전 차폐판을 설치 (승강로 내로 낙하, 비래물이 발생되지 않도록 출입구를 전면 차폐)</li> </ul> <p>양중 준비 및 작업:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 승강로 천장면에서 양중용 후크의 매립 상태 확인(천장면에서 후크 끝 단까지의 거리가 100~200mm인지 육안으로 확인)</li> <li>• 양중 작업전에는 반드시 후크 테스트를 실시하여 안전성 확인</li> <li>• 양중자재에 보조 로프 설치</li> </ul> <p>상부 형판 설치:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 작업 전에 상부 작업대 및 작업 발판의 고정 상태를 확인하고, 승강로 내부에서는 반드시 안전벨트를 체결하고 작업</li> <li>• 형판재를 재단할 때에는 전동 공구 사용에 대한 안전수칙 준수</li> <li>• 출입구 형판 피아노선을 기준으로 승강로 거리 실측시 승강로 내로 추락하지 않도록 출입구 외부에 안전벨트 체결 후 작업</li> </ul> <p>레일 매달기 용 아이너트 설치:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 앵커볼트 직경에 따른 아이너트의 천공 깊이 및 사용 하중을 확인하여 사용</li> </ul> <p>임시 조속기 설치:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 임시 조속기가 설치된 상태에서는 하향 운전시를 제외하고, 조속기 트립 상태를 유지</li> <li>• 메인 로프 체결 후, 카 레일(카 히치 측) 조속기 설치 위치에 본 조속기를 설치</li> </ul> <p>하부형판 설치:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 출입구 개구부 및 승강로 상부를 사전 점검하여 낙하 위험 요소를 제거</li> <li>• 누수, 결로 습기로 인한 감전에 주의</li> <li>• 피트 사다리 설치전 피트로 진출입 할 경우, 이동식 사다리 등을 사용하여 안전하게 이동</li> </ul>
--	--

	<p>1번 레일 설치 및 레일 매달기:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 양중용 후크, 윈치, 와이어로프, 샤클의 용량 및 상태 확인</li> <li>• 레일 양중 및 매달기 작업 시 레일 낙하 및 신체 협착 주의</li> <li>• 높이 2m 이상의 작업공간 및 자재반입 공간에서 작업을 할 때에는 동반 추락 위험이 없는 견고한 구조물에 안전벨트 체결</li> <li>• 용접 작업 중 반드시 용접장갑, 용접 보안면 등의 안전 보호구를 착용하고 소화기를 비치</li> </ul> <p>카 프레임 설치:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 윈치를 이용하여 승강로 내부로 카 프레임 자재를 반입할 때에는 자재에 협착되지 않도록 주의</li> <li>• 중량물 무게에 적합한 윈치 용량을 사용하고 윈치 용량을 초과하는 중량물은 양중하지 않음</li> </ul> <p>레일 설치:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 생명선 설치 및 추락 방지대(코브라)에 안전벨트를 체결한 상태에서 레일 브라켓 설치 작업 진행</li> <li>• 윈치로 카를 운전하여 카 상부에서 레일 1, 2차 브라켓을 설치하며, 하향 운전시를 제외하고 조속기는 항상 트립된 상태 유지</li> <li>• 카가 정지한 상태에서 작업할 때에는 세이프티 디바이스의 깎을 레일에 고정</li> <li>• 용접 작업 중 반드시 용접장갑, 용접보안면 등의 안전 보호구를 착용하고, 소화기를 비치</li> </ul> <p>구동부 설치:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 구동부, 구조물, 권상기를 카에 신고 상향 운전 할 경우, 윈치 하중을 고려하여 양중</li> <li>• 구동부를 설치 시 구동부 구조물 및 권상기의 전도 및 끼임에 주의</li> </ul> <p>저속 시운전:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 전원 공급 시 감전 사고에 유의하며, 모든 케이블 커넥터 연결 및 제거는 제어반의 주 전원을 차단 후에 진행</li> <li>• 작업 완료 후 제어반은 시건조치 및 전원 차단</li> </ul>
--	--

		<p>로핑 작업:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 로프를 쉬브에 걸 때, 로프가 쉬브 홈에 정확히 걸려있는지 확인</li> <li>• 로핑 작업 중, 쉬브에 손가락이 끼지 않도록 주의</li> <li>• 바빟을 채울 때는 화상 주의</li> </ul> <hr/> <p>본 조속기 설치:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 메인 로프를 체결 후 카레일-카히치측 조속기 설치 위치에 본 조속기 설치</li> <li>• 본 조속기를 설치하기 전 세이프티 디바이스 김을 레일에 고정 후 다음 작업</li> </ul> <hr/> <p>출입구 설치:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 카 내부에서 출입구 설치 작업 진행</li> <li>• 도어를 설치 후 인터록 후크를 걸어 도어가 임의로 개방되는 것을 방지</li> <li>• 잠 설치 후 승강장 도어가 미설치되는 경우 안전난간대 및 안전 차폐판을 필히 설치하여 승강로 출입구를 전면 차폐</li> <li>• 잠, 도어 절단부에 다치지 않도록 주의</li> <li>• 출입구를 설치 시 리모콘의 E-STOP SW를 눌러 안전라인을 차단 후 작업</li> <li>• 원활한 패널 조립을 위하여 최하층 출입구 설치는 패널을 조립 후 진행하는 것을 권장</li> </ul> <hr/> <p>승강로 케이블 설치:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 승강로의 케이블을 설치 시 카 내부에서 진행</li> <li>• 제어반의 주 전원 차단기를 반드시 OFF한 후에 승강로 케이블의 커넥터를 결선</li> </ul> <hr/> <p>카 패널 설치:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 카 패널 조립은 최하층에서 작업</li> <li>• 패널 조립 시 리모콘의 E-STOP SW를 눌러 안전라인 차단 후 작업</li> <li>• 3,9번 패널이 카 내부에서 조립 가능하여 카 패널 설치시 카 내부에서 작업</li> </ul>
--	--	--

		<p>카 부품, 카 도어 오퍼레이터 설치 및 층별 승장 도어/ 레벨 조정 및 기타 작업:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 카를 이동하며 작업시 카와 승강로 사이로 신체가 협착되지 않도록 주의</li> <li>• 카 도어 및 카를 정지하여 작업 시 리모콘의 E-STOP SW를 눌러 안전라인을 차단 후 작업</li> <li>• 제어반의 주전원 차단기를 반드시 OFF한 후 카 주의 커넥터를 결선</li> <li>• 카 상부 및 피트 진출입 절차를 준수</li> </ul> <hr/> <p>고속 시운전:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 제어반 메인 전원을 OFF 한 뒤 모든 케이블의 커넥터를 연결하고, 점퍼 커넥터를 취외함</li> <li>• 브레이크, 조속기, 세이프티 디바이스, 상하부 강제감속 스위치 및 중점 스위치를 점검</li> </ul> <hr/> <p>컴펜체인 및 컴펜체인 브라켓 설치:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 호기 사양에 따라 컴펜체인이 적용되는 경우 다음 매뉴얼을 참조하여 설치하며, 설치 시 컴펜체인이 빠지지 않도록 견고히 고정</li> </ul>
<p>European Lift Association</p>		<p>추락 방지 장비 착용:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 가드레일을 다음과 같은 상황에 설치(카 상단, 임시작업발판, 비계, 빌딩의 모서리, 승강로 및 개구부)</li> <li>• 전신 안전벨트 착용</li> <li>• 결속점 설치(카에서 작업시 진입 전 설치하고 카에서 나온 후 해체)</li> <li>• 생명선을 다음과 같은 상황에 설치(임시작업발판, 카에서 밧줄이 없는 경우, 카가 부분적으로 조립된 경우, 사다리 위에서 작업 시)</li> </ul> <hr/> <p>건설현장 진입:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 안전모를 항상 착용</li> <li>• 작업자 위 낙하물에 대해서 항상 경계</li> </ul> <hr/> <p>기계실 진입:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 사다리의 상태를 작업 전 항상 확인</li> <li>• 즉흥적으로 고안된 진입 장비를 절대 사용하지 말 것</li> <li>• 안전가드레일이 없는 빌딩의 모서리에는 절대 가지 말 것</li> <li>• 낙하 거리가 3미터 이상인 경우 추락 방지 장비가 설치되어 있는지 확인할 것</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 어두운 경우 휴대용 라이트를 사용할 것</li> </ul> <p>기계실 내 작업:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 추락 방지 장치 없이는 개구부에 접근하지 말 것</li> <li>• 가드레일 설치를 확인할 것</li> <li>• 전류가 흐르는 장비 근처에서 작업하기 전에는 반드시 전원을 차단할 것</li> <li>• 절연 장갑을 착용할 것</li> <li>• 움직이는 기계에 절대 가까이 가지 말 것</li> <li>• 엘리베이터의 브레이크 상태를 확인할 것</li> <li>• 카메라를 통해 수동으로 문을 개방하려는 사람이 있는 지 감시할 것</li> </ul> <p>랜딩 작업:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 추락 위험이 있는 지역에 일반인이 접근하지 못하게 차단할 것</li> <li>• 엘리베이터가 사용 가능하지 않다는 알림표시를 부착할 것</li> <li>• 엘리베이터 도어가 기계적으로 잠겨있는 지 확인할 것</li> <li>• 피트에서 작업시 엘리베이터 문을 개방해 놓지 말 것</li> <li>• 카가 뒤에 없는 경우 엘리베이터 문을 개방하지 말 것</li> <li>• 움직이는 기계에서 작업 전에 전원을 반드시 차단할 것</li> <li>• 보호장비가 없는 움직이는 기계에 절대 가까이 가지 말 것</li> <li>• 가드레일을 통해 틈이나 구멍에 작업자가 끼지 않게 보호할 것</li> </ul> <p>승강로 진입:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 승강로를 진입하기 전 엘리베이터 전원을 차단하거나 정지 버튼이 잘 작동하는지 확인할 것</li> <li>• 가드레일을 통해 추락 가능성이 있는 틈이 잘 보호되어 있는지 확인할 것</li> </ul> <p>승강로 내 작업:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 엘리베이터가 정상 속도로 움직일 때 탑승하지 말 것</li> <li>• 엘리베이터의 조작이 불가능할 때 탑승하지 말 것</li> <li>• 카의 중심 부분에 작업자를 위치시킬 것</li> <li>• 탑승 후 정지 버튼을 활성화 시킬 것</li> <li>• 다른 층에서 내릴 시 도어 잠금장치를 확인할 것</li> <li>• 실수로 전원 및 스탑 버튼을 구동하지 않도록 주의할 것</li> <li>• 사다리에서 작업 시 끈으로 안전하게 결속시킬 것</li> <li>• 작업자의 발이 바닥에서 2미터 이상 올라가 있는 경우 추락 방지 장비를 반드시 착용할 것</li> <li>• 안전모를 항상 착용할 것</li> <li>• 승강로 내의 모든 구멍이 안전하게 보호되어 있는지 확</li> </ul>
--	---

	<p>인할 것</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 낙하 위험이 있는 수공구 및 기기를 두고 작업장을 절대 떠나지 말 것</li> </ul> <hr/> <p>로프 작업:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 로프 장비가 안전한 상태인지 작업 전에 확인할 것</li> <li>• 로프 체인의 날카로운 부분에 부상당하지 않도록 보호할 것</li> <li>• 매달려 있는 중량물에 절대 가까이 가지 말 것</li> <li>• 사용되거나, 결함이 있는 장비 근처에 가지 말 것</li> </ul> <hr/> <p>비계 위 작업:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 안전간격을 절대로 치우지 말 것</li> <li>• 불완전하게 완성된 비계를 절대 사용하지 말 것</li> <li>• 최대허용중량을 항상 확인하고 가시화할 것</li> <li>• 전문가에 의해 점검을 받을 것</li> </ul> <hr/> <p>임시작업발판 위 작업:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 안전간격을 절대로 치우지 말 것</li> <li>• 불완전한 작업발판을 절대로 사용하지 말 것</li> <li>• 최대허용중량을 항상 준수하고 가시화 해 놓을 것</li> <li>• 발판의 안전한 진입로를 확보해 놓을 것</li> <li>• 전문가에 의해 점검을 받을 것</li> </ul> <hr/> <p>배선 및 접지:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 작업장을 떠날 때 전선을 절단한 상태로 두지 말 것</li> <li>• 1미터 이상의 색깔이 있는 케이블을 사용할 것</li> <li>• 전기도면을 체크하고 접지를 수행할 것</li> <li>• 작업 전 스탑 버튼과 점검 버튼 작동 여부를 확인할 것</li> </ul>
Fuji Elevator	<p>건설 시 전력의 안전한 사용:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 엘리베이터 전원 공급 장치가 임시 전원 공급 장치인지 확인. 그렇다면 영구 전원 공급장치로 적시에 교체 요망.</li> <li>• 건설 전원 관련 특수 용도의 스위치 박스 및 해당 경고 표시 제공</li> <li>• 기계실의 전원공급 장치는 쉽게 제어 가능하고 비상시 스위치를 즉시 차단하도록 접근 가능해야 함</li> </ul> <hr/> <p>설치 작업자에게 안전 수칙 숙지:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• “안전 우선” 작업 방향을 숙지 및 각성시킴</li> <li>• 건설현장에 진입하기 전 안전 헬멧, 안전 장갑 및 작업화를 착용하도록 함</li> <li>• 시공하기 전 사용할 장비와 도구를 주의깊게 확인</li> <li>• 작업 중 승강로 비계를 올라거나 내려갈 시 발판에 안정적으로 서 있고 레일을 단단히 잡을 것</li> <li>• 랜딩 도어를 설치하기 전에 보호 도어를 셋업하거나 랜딩 도어 개구부와 승강로 입구에 가드 레일을 설치할 것</li> </ul>

		<ul style="list-style-type: none"> <li>• 작업 구역과 주변 구역은 청결하게 유지할 것</li> <li>• 작업자는 승강로 외부에서 카 혹은 랜딩 도어와 카 도어 사이에 기대지 말 것</li> <li>• 작동 중인 장비의 공정은 최소 3명 이상이 처리하도록 하고 절연공구를 사용 할 것</li> <li>• 전기 장비를 설치 또는 수리하는 동안 전원 스위치를 확인하고 "스위를 켜지 마십시오" 와 "공사 중" 사인을 걸어 놓을 것</li> <li>• 승강로에 작업이 진행 중일 때마다 충분한 조명을 제공할 것</li> <li>• 기계실의 무게 견딤 리프팅 후크의 한계치가 안전한지 확인</li> <li>• 설치 중 납땜, 절단 또는 브레이징 토치를 사용할 시 화재 사고 방지를 위해 관련 작동 규칙을 엄격히 준수</li> <li>• 기계실에서 호이스팅 머신을 수동으로 구동하기 전에 카의 전원을 반드시 끌 것</li> <li>• 조작을 위해 카 상단 또는 피트 하단에 들어가기 전에 반드시 비자동 리셋 버튼 스위치를 차단할 것</li> <li>• 허가받지 않은 직원은 품질 검사 기관의 수락이 없는 이상 엘리베이터를 작동하지 말 것</li> </ul>
--	--	--

(3) 작업위험요인

가) 국내 및 국외에 대한 작업위험요인을 안전보건공단 엘리베이터 안전작업가이드에 근거하여 비교하였다.

<표 III-9> 국내·외 작업위험요인

구분	작업 공정	작업위험 요인
안전보건 공단 엘리베이터 안전작업 가이드	자재 및 장비 반입	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 설비와 충돌, 끼임, 깔림</li> <li>• 승강로 내 자재 반입시 각층 개구부, 기계실 바닥 개구부로 기구 등이 떨어짐</li> <li>• 승강로 내 조명 불량으로 넘어짐 또는 추락</li> <li>• 양중 작업시 불안정한 줄걸이 등으로 화물 낙하</li> </ul>
	승강로 내 작업	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 작업대 상부에서 작업자의 추락</li> <li>• 용접 등에 의한 화재 발생</li> <li>• 각층 개구부, 기계실 바닥 개구부로 기구 등 떨어</li> </ul>

		<ul style="list-style-type: none"> <li>• 짐</li> <li>• 양중 작업 시 불안정한 줄걸이 등으로 인한 화물 낙하</li> <li>• 로프의 인출, 레일 연결, 출입문 설치 시 각 층 차폐막 해체에 따른 작업자 등 추락</li> </ul>
	출입구 설치	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 승강로 각 층별 출입구의 차폐막 부실 및 출입통제 부실로 작업자 등 추락</li> <li>• 작업대가 부적절한 장소에 위치한 상태에서 작업 중 추락, 끼임</li> </ul>
	카 케이지 조립 및 승강로 기기 설치	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 케이지 상부 작업대 조립 등 추락 위험에서 추락</li> <li>• 케이지의 부적절한 조립 및 설치로 인한 파손 및 떨어짐</li> <li>• 균형추 조립 작업 시 레일 등 고정된 구조물과 끼임</li> </ul>
	기계실 설치	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 기계실 상부 등으로 기기운반 및 이동중 끼임</li> <li>• 기기의 설치 불량으로 임시 작업대 또는 케이지 낙하</li> </ul>
	시운전	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 시운전 중 케이지 상부 작업자 추락 또는 끼임</li> <li>• E/V 전원의 임의조작에 따른 엘리베이터 급정지와 이에 따른 작업자 추락</li> <li>• 안전장치 오작동 등으로 인한 케이지 낙하</li> </ul>
티센크루프 엘리베이터 안전작업 지침서	상부작업대 작업	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 추락 낙하에 주의</li> </ul>
	엘리베이터 설치 및 형판 설치	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 승강로 내 조명 불량으로 넘어짐 또는 추락</li> </ul>
	기계실 설치	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 머신후크 불량으로 머신 낙하, 협착, 비례</li> <li>• 승강로/카 상부 작업시 낙하물 낙하 위험</li> <li>• 추락 위험</li> <li>• 양중 장비 붕괴</li> </ul>
	카 및 카운터 케이스 설치	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 안전벨트 체결(레일 브래킷/ 중간 빔에 고정된 슬링벨트에 체결 또는 카상부에서 조립 시 안전벨트 상부 체대에 고정</li> </ul>
	승강로 부품 설치	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 카 추락 위험</li> </ul>
오티스 엘리베이터	인양 브라켓 및 윈치 설치	<ul style="list-style-type: none"> <li>• CWT측 레일 메달기</li> </ul>

설치지도서	버퍼 설치	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 조속기 설치 및 조속기 로프 체결</li> </ul>
	카측 벨트 걸기	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 레일 브라켓 설치</li> </ul>
	현장조사, 안전대책수립, 하역 및 운반	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 현잡답사 및 실측 작업 중 추락, 충돌, 낙하물 위험</li> <li>• 미승인 난방기기 사용에 의한 화재 위험</li> <li>• 현장 이동중 전도 위험</li> <li>• 지게차/ 크레인에 의한 충돌, 협착 위험</li> <li>• 자재의 전도, 좌상 위험</li> <li>• 인력운반에 의한 부상 위험</li> </ul>
	로프, 기존 카 및 기계실, 신규 기계실 설치	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 카 상부에서 추락 위험</li> <li>• 피트에서 카/웨이트 충돌 위험</li> <li>• 전동체인 고정부 불량 및 허용 용량 초과로 인한 카 등 중량물 낙하 위험</li> <li>• 기계실에서 자재/공구 낙하 위험</li> <li>• 기계실 철거 중 감전 위험</li> </ul>
	신규 카 설치	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 자재에 의한 전도 위험</li> <li>• 작업 중 추락 위험</li> <li>• 중량물에 의한 낙하물 협착 위험</li> <li>• 전동공구에 의한 감전 위험</li> </ul>
	벨트 걸기	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 카 상부에서 추락 위험</li> <li>• 상하 동시 작업에 의한 낙하물 위험</li> <li>• 로프에 손가락 끼임 위험</li> </ul>
	저속 시운전	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 전원 공급 시 감전 사고에 유의</li> </ul>
	출입구 교체	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 용접중 화재/감전 위험</li> <li>• 작업중 추락 위험</li> <li>• 안전시설물 미설치에 의한 타작업자 추락 위험</li> <li>• 자재의 전도 위험</li> </ul>
	고속 시운전 준비 고속 시운전 고속 조정	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 상하 동시작업에 의한 낙하물 위험</li> <li>• 웨이트에 의한 낙하물 위험</li> <li>• 제어반 오조작으로 인한 사고 위험</li> <li>• 작업중 추락 위험</li> <li>• 제어반 작업 중 감전 위험</li> </ul>
현대 엘리베이터 안전작업	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 현장 답사 및 승강로 실측 시 항상 규정된 작업 복 및 안전보호구를 착용하고 추락 위험이 있는 장소에서는 안전벨트를 체결</li> </ul>	

매뉴얼	자재 하역 및 반입	<ul style="list-style-type: none"> <li>외부인의 접근을 통제하고 지게차, 크레인 등의 장비를 이용하여 차량에서 장비/자재를 하역 및 운반</li> </ul>
	상부 작업대 설치	<ul style="list-style-type: none"> <li>상부작업대는 반드시 전문업체에서 설치</li> <li>작업대 설치 시 추락 방지를 위해 아이너트를 설치하고 반드시 안전벨트를 걸고 작업</li> </ul>
	양중 준비 및 작업	<ul style="list-style-type: none"> <li>자재 추락 위험</li> <li>원치 사용 중 협착 위험</li> <li>양중물 운반시 추락 위험</li> <li>양중기계기구에 의한 협착 및 전도 위험</li> </ul>
	상부형판 설치	<ul style="list-style-type: none"> <li>타 작업자의 추락 위험</li> <li>전동공구에 의한 감전</li> <li>낙하물 위험</li> <li>사다리 이용중 추락 위험</li> </ul>
	레일 매달기용 아이너트 설치	<ul style="list-style-type: none"> <li>레일의 낙하 위험</li> <li>원치 고정 삼각대 전도 위험</li> <li>로프, 슈브, 레일에 손끼임 위험</li> <li>기계실 붕괴 위험</li> <li>작업중 추락 위험</li> </ul>
	임시 조속기 설치	<ul style="list-style-type: none"> <li>기계실 진입중 계단에서 전도, 추락 위험</li> <li>양중용 후크 탈락, 양중기계, 달기기구에 의한 낙하물 위험</li> <li>용접에 의한 화재, 감전, 화상 위험</li> </ul>
	하부형판 설치	<ul style="list-style-type: none"> <li>타 작업자의 추락 위험</li> <li>전동공구에 의한 감전</li> <li>낙하물 위험</li> <li>사다리 이용중 추락 위험</li> </ul>
	1번 레일 설치 및 레일 매달기	<ul style="list-style-type: none"> <li>레일의 낙하 위험</li> <li>레일에 손끼임 위험</li> <li>작업중 추락 위험</li> </ul>
	카 프레임 설치	<ul style="list-style-type: none"> <li>자재에 의한 전도 위험</li> <li>전동공구에 의한 감전 위험</li> <li>작업중 추락 위험</li> <li>중량물에 의한 낙하물 협착 위험</li> <li>스위치 오작동에 의한 사고 위험</li> </ul>

	레일, 구동부 설치	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 레일의 낙하 위험</li> <li>• 임시카 낙하 위험</li> <li>• 자재에 의한 전도 위험</li> <li>• 전동공구에 의한 감전위험</li> <li>• 작업중 추락 위험</li> </ul>
	저속 시운전	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 제어반 전도 위험</li> <li>• 감전 주의</li> </ul>
	출입구 설치	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 용접작업에 의한 화재</li> <li>• 작업중 추락 위험</li> <li>• 타작업자 추락 위험</li> <li>• 자재의 전도 위험</li> <li>• 자재에 자상 위험</li> </ul>
	승강로 케이블 설치	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 주전원에 감전 위험</li> <li>• 작업중 추락 위험</li> <li>• 카에 협착 위험</li> <li>• 자재의 전도 위험</li> </ul>
	카 판넬 및 부품 설치	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 카 천장의 낙하 위험</li> <li>• 작업중 추락 위험</li> <li>• 카에 협착 위험</li> <li>• 자재에 자상 위험</li> </ul>
	고속 시운전	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 작업중 추락 위험</li> <li>• 제어반 작업중 감전 위험</li> </ul>
European Lift Association	건설 현장 진입	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 낙하물에 의한 부상 위험</li> </ul>
	기계실 진입	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 부적절한 액세스 장비(불안정한 사다리)로 인한 추락 위험</li> <li>• 보호되지 않은 가장자리에서의 추락 위험</li> </ul>
	기계실 작업	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 보호되지 않은 구멍으로의 추락 위험</li> <li>• 감전 위험</li> <li>• 충격 혹은 절단 위험</li> <li>• 브레이크 작업 시, 시브의 자유도로 인해 카의 움직임이 통제 안될 수 있음</li> </ul>
	랜딩 작업	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 랜딩 도어가 열려있고 차가 뒤에 없을 시 보호되지 않은 개구부로의 추락 위험</li> <li>• 카 도어 오퍼레이터, 랜딩 도어 페널 혹은 카 도어에서 작업 시 충격 및 절단 위험</li> <li>• 보호되지 않은 승강로 입구로 작업자의 추락 위험</li> </ul>

승강로 진입	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 카의 상단에서 작업 시 승강로에 짓눌릴 위험</li> <li>• 피트에 접근 및 작업 시 카 혹은 카운터웨이트에 짓눌릴 위험</li> <li>• 카 상단에서의 추락 위험</li> <li>• 카 내부에서의 추락 위험</li> </ul>
승강로 내 작업	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 카가 승강로에서 이동 시 장비에 부딪힐 위험</li> <li>• 승강로 상단에 충분한 공간이 없을 시 부딪힐 위험</li> <li>• 인접한 주행 장치에 부딪힐 위험</li> <li>• 유압 시스템 작업 시 카의 자유 낙하로 인해 피트에서 일하던 작업자가 짓눌릴 위험</li> <li>• 사다리에서의 추락 위험</li> <li>• 낙하물로 인한 부상 위험</li> <li>• 서스펜션 시스템 작업 시 카 혹은 카운터 웨이트의 자유 낙하 위험</li> <li>• 카에서의 추락 위험</li> </ul>
호이스팅 및 리깅 작업	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 게양 방법이 부적절할 시 장비의 낙하 위험</li> <li>• 리깅 작업이 부적절할 시 카의 낙하 위험</li> </ul>
비계 작업	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 비계에서의 추락 위험</li> <li>• 비계가 부적절하게 설치되었을 시 추락 위험</li> </ul>
임시발판 작업	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 임시 고정 발판에서의 추락 위험</li> <li>• 부적절한 가드레일 설치 시 추락 위험</li> </ul>
안전회로 작업	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 승강로 접근, 작업, 탈출 시 부딪힐 위험</li> </ul>
피트 접근	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 피트에 접근 혹은 탈출 시 추락 및 미끄러질 위험</li> </ul>
수공구 사용	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 스페너, 드라이버, 볼트 등의 상태가 불량일 때 공구 미끄러질 위험</li> <li>• 눈에 먼지가 들어가거나, 절단 및 화재의 위험</li> </ul>
화학품 사용	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 위험한 제품 사용 시 기절 또는 질병 위험에 노출</li> <li>• 가연성 제품 사용 시 뜨거운 작업 및 담뱃불에 의한 폭발 위험</li> </ul>
수동물자작업	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 장비를 들어 올릴 시 허리 부상 위험</li> <li>• 중량물을 떨어트리면서 부상 위험</li> <li>• 중량물을 다룰 시 넘어지거나 미끄러질 위험</li> </ul>

(4) 재해 예방 사례

가) 재해 예방 사례에 대해서 안전보건공단 등 국내·외 사례를

조사하여 비교하였다.

**<표 III-10> 국내외 재해 예방 사례**

구분	재해예방사례	내용
국내	승강기 보수점검 중 협착	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 작업전 안전조치사항 준수 : 해당 작업 이외의 전원 OFF 시켜 사용을 중지시키고 출입구의 닫혀있는 상태를 확인 후 작업</li> <li>• 관리감독 철저 : 작업전 작업 지휘자를 선임 후 안전조치 사항을 주지시킨 후 그의 지휘 감독하에 작업하며 승강기 등의 설치, 해체 작업 시 구역에 관계자 외 출입을 금하고 보기 쉬운 장소에 그 취지를 표시 후 지속적인 관리</li> <li>• 유해 위험 작업에 대한 지속적인 안전교육 실시</li> </ul>
	승강기 설치 중 와이어로프 절단으로 추락	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 와이어 로프 길이, 감김수 등에 적합한 권상 드럼을 사용하고 케이지 상틀과 권상드럼의 정확한 각도 조정으로 드럼으로부터 와이어 로프가 이탈되지 않도록 조치</li> <li>• 비상정지장치 설치</li> <li>• 승강로 지하피트에 완충시설 설치</li> <li>• 과부하 방지 장치 설치 및 조정 후 작업</li> <li>• 관리감독, 사전점검 철저 시행 및 안전교육</li> </ul>
	승강기 케이지를 이용하여 승강기 조립 중 케이지 낙하	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 안전장치가 완벽하게 조립되지 않은 승강기 탑승 금지</li> <li>• 승강기 기존 권상용 모터를 이용하여 승강기 조립 시 권상용 모터에 있는 도르레만 가급적 사용하고 작업을 위해 임시로 도르레를 설치할 경우 와이어 로프가 벗겨지지 않는 구조로 설치하며, 승강로에는 장애물이 없도록 함.</li> <li>• 승강기 카 베이스를 이용하여 조립작업 발판으로 사용할 때 추락방지를 위한 방호울 또는 안전난간을 베이스 발판 끝에 설치하여 사용</li> </ul>
	승강기 설치 잔여 작업 중 평형추에 기계 설치공 협착	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 승강기 설치 작업시 작업자의 임의 판단에 따른 불안정한 행동을 유발하지 않도록 작업을 지휘하는 자를 선임하여 작업지휘자의 지휘하에 작업 실시</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 승강기 피트내 작업시는 승강기 가동중지를 위한 전원차단 조치(전원 차단 스위치 조작) 및 안전 Block 설치 등을 강구하여 승강기 하강에 따른 위험성을 철저히 예방 후 작업</li> </ul>
<p>승강기 고속 시운전 작업 중 협착</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 승강기 설치 및 조립 작업시 작업 지휘자를 선임하고 당해 작업장에 배치하여 작업근로자가 안전한 작업방법을 준수하도록 작업 지휘</li> <li>• 회로결선 변경 작업시 전원차단 후 작업</li> <li>• 안전회로 및 안전장치 정상 작동 확인 후 작업 실시</li> <li>• 승강기 T-cable 콘넥터 연결 방법 준수</li> <li>• 안전한 작업공간 확보 후 작업</li> </ul>
<p>승강기 피트 내부에 쌓아올렸던 벽돌이 낙하</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 낙하물 방지망 또는 수직 보호망을 설치 및 낙하물 발생 위험 구간에 대한 덮개 설치 등 재해 위험요인 제거 후 작업 실시</li> <li>• 낙하 및 비래 등의 위험요인이 있는 작업장소에서 상하 동시작업 금지 및 하부 근로자 출입 통제 관리 철저</li> </ul>
<p>승강기 균형추 설치 작업 진행 중 승강기가 상승하여 협착</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 오버 밸런스를 과도한 초과 방지를 위한 설계값에 근거한 오버 밸런스를 계산한 작업 계획 수립</li> <li>• 승강기 설치 작업 시 과하중이 걸리지 않도록 작업 방법 준수</li> <li>• 승강기의 갑작스러운 상승으로 작업자의 불안정한 행동에 의한 협착 및 개구부 추락 방지를 위한 승강기 케이지 주변에 보호울 등을 설치</li> </ul>
<p>승강기 설치작업 중 균형추 블록 낙하</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 엘리베이터 설치 작업시 카운터 웨이트의 이동에 의한 균형추 블록의 탈락을 방지하기 위해 체인 등으로 체결하거나 와이어로프 등으로 간격 유지</li> <li>• 작업대 상부에는 방호 선반을 설치하여 낙하물 방호 조치</li> </ul>
<p>현장별 안전 관리용 어플 의 QR 코드를 이용한 작업 자의 실시간 모니터링 시 스템</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 승강기 설치 현장에 설치하는 공사 현황판에 QR 코드를 부여하여 작업자가 현장에 출입할 때 본인의 스마트폰으로 공사 현황판을 스캔하도록 하여 소속사의 안전관리 홈페이지에 접속되어 현장 모니터링을 함.</li> <li>• 작업자의 소속사 안전관리 페이지에서는 작</li> </ul>

		<p>업자의 일일 안전에 필요한 조치를 취한 후 작업에 임할 수 있는 시스템을 만들어 출결 및 현장 관리를 병행함</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 생명선에 추락 방지대를 체결하면 방지대 내에 센서가 작업자의 스마트폰에 저장되어 있는 어플과 와이파이를 통해 소속회사의 안전관리자에게 전송되어 안전벨트에 대한 지속적인 모니터링을 함</li> </ul>
	<p>LOTO(Lock out Tag out) 전기스위치 자물쇠에 태그를 끼워 작업자의 감전과 끼임으로부터 보호</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• LOTO 시행 시 비밀번호를 입력하여 타 작업자가 임의로 올릴 수 있는 사고를 개선하여 승강기가 돌발적으로 움직이는 것을 예방</li> <li>• 디지털 키를 이용하여 작업자가 작업 중 의도하지 않은 돌발 상황을 예방하여 작업자들이 안전하게 맡은 바 임무를 수행할 수 있도록 함</li> </ul>
	<p>안전장치에 의한 사고 사례 분석 후 사고 예방을 위한 안전장치의 개선방안 제시 - 한국승강기협회</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 제동기가 부하에 의한 제동력 상실을 방지하기 위해 제동 능력과 같은 성능 기준을 제시하여 검사 시 이에 대한 확인 필요하며 브레이크의 모든 기계적 부품들을 2세트 설치하여 작동불량 또는 마모, 손상, 이탈 등으로 인한 사고 예방</li> <li>• 개문출발 방지장치의 경우 개문 상태에서 이동할 수 있는 승강장 바닥에서의 최대 이동거리를 일정치 이하나 에어프런이나 카바닥 앞부분과 승강장 바닥과의 거리를 일정거리 이하로 규정하고 승강기 검사 기준에 제어시스템, 브레이크 고장 또는 도르래 마모 등 추가할 필요가 있음</li> <li>• 리미트 스위치는 슬로우 다운 스위치의 설치를 의무화하고 상하부 충돌의 마지막 안전장치인 화이턴 리미트스위치에 대해 카의 제동거리를 감안하여 설치하도록 안전기준 제안이 필요</li> <li>• 문닫힘 안전장치의 경우 문의 닫히는 속도 및 운동에너지를 일정치 이하로 규제하기 위해 검사 기준에 내용을 추가하고 승강장 문 또는 양쪽에 설치하여 그 감지 및 작동상태가 양호한지 확인</li> <li>• 안전장치별 사고사례를 확인하여 원인에 따른 사고 예방 방안을 제시</li> </ul>

	<p>사고 유형 분석 후 유형별 원인에 따른 사고 예방을 개선방안 제시</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 승강기 작업중 발생하는 사고 유형을 크게 추락, 낙하, 끼임으로 분류하여 그에대한 원인을 분석하고 사고에 대해서 예방을 할 수 있는 사안을 제시함.</li> <li>• 추락사고의 원인으로 좁은 승강로 안에서 3가지 이상의 안전장구를 착용하는데 있어 걸리적 거림으로 인한 작업자가 기피하는 문제, 승강장 입구 차폐로 인한 작업자들의 안전 관리의 사각지대에 놓임, 부족한 안전 교육 등에 의해서 추락사고가 이루어지는 것으로 분석됨</li> <li>• 낙하사고의 원인으로 상하 동시 작업 진행으로 인한 하부 작업자의 부상, 안전규정을 위반하고 작업을 진행하는 경우, 낙하물에 대한 위험도 평가를 하지 않는 원인 등에 의해 낙하사고가 이루어지는 것으로 분석됨</li> <li>• 회전체의 끼임사고의 원인으로 회전체에 대한 방호 없이 작업이 이루어지고 있으며 2인 1조 작업이 원칙이지만 시행되지 않고 있으며, 작업자간 상호 소통이 원활하게 이루어지지 않는 원인으로 회전체 끼임사고가 이루어지는 것으로 분석됨</li> </ul>
<p>국외</p>	<p>아트 뮤지엄 리노베이션 중 파트너십을 통한 부상 감소 (OSHA Worker Safety Series)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 2002년, OSHA와 AMEC 건설은 부상을 막기 위해 파트너십을 체결하였으며 관련 프로젝트는 4,250,000달러 예산의 뉴욕에 있는 Museum of Modern Art (MoMA) 리노베이션 작업이었음.</li> <li>• 파트너십은 220명의 근로자와 17명의 고용자를 커버하였음.</li> <li>• AMEC 근로자들은 2003년에 800,000시간 이상을 소요했으며 재해 관련 통계 분석 결과 부상으로 인한 결근의 비율이 국가의 평균치보다 90% 감소를 나타냈음. 총 사고 발생율도 국가 평균치에 비해 92% 감소를 보였음.</li> <li>• 가장 효과적이었던 활동은 매일 안전 검사를 현장에서 실시하고 위험요소가 발견되면 즉시 대처한 점이었으며 점검 결과는 안전 협회 미팅에서 토론되었음.</li> <li>• 각 근로자는 안전관련 문제는 즉각 관리자의 관심을 받을 거라는 것을 인지하고 있었음.</li> </ul>

		<p>으며 현장에서의 인센티브 프로그램은 안전한 작업환경 분위기 조성을 장려하였음.</p>
	<p>Turner 건설팀과 OSHA의 협력으로 위스콘신 스테디움 프로젝트 수행 (OSHA Worker Safety Series)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Turner 건설팀과 OSHA의 파트너십으로 건설 작업자들의 건강 및 안전을 최고 우선 순위로 스테디움 건설 작업을 수행하는데 성공함.</li> <li>• 2003년에 2,950,000달러가 Lambeau Field 스테디움의 리노베이션에 사용되었으며 이 공사는 기존 스테디움 크기의 두배 이상으로 확장하는 공사였음. 좌석수의 경우 60,890개에서 72,000개 이상으로 확장되었음.</li> <li>• OSHA의 파트너십으로 인해 작업자의 심각한 부상수가 감소하였으며, 작업자 산재비용과 관련하여 20% 이상의 감소를 일구어냄.</li> <li>• 파트너십의 세 가지 목적은: 1) 모든 계약자는 안전 보건 프로그램을 제공받음, 2) 안전 감사가 매일 수행되며 위험요소는 하루 안에 즉각 처리됨, 3) 근로자에 대한 교육과 지도를 강화함.</li> <li>• 본 프로젝트는 스테디움의 곡선화된 형태로 인해 기존의 철강 세움 작업보다 더 위험한 환경이었음. 건설과 해체작업이 동시에 이루어졌으며, 각 작업간의 거리가 가까운 것도 위험 요소였음.</li> <li>• 이러한 위험환경에도 불구하고, 모든 작업자에 안전보건 프로그램을 적용시킨 결과 6 피트 이상 낙상 100% 방지를 이루어냄.</li> <li>• 작업자 한명이 6층 높이 철재에서 미끄러지는 사고가 발생하였으나, 낙상방지 보호구로 인해 심각한 부상을 피할 수 있었고, 빠른 시일내에 작업으로 복귀할 수 있었음.</li> <li>• 그로부터 2개월 후에, 다른 작업자가 비슷한 사고를 겪었지만 낙상 방지 도구로 인해 부상을 방지할 수 있었음.</li> <li>• 4,300명의 근로자가 OSHA의 10시간 건설 교육을 이수했으며, 이 작업자들은 교육 받은 안전 교육을 다른 장소의 작업시에도 현재까지 적용하고 있음.</li> </ul>

<p>작업공정별 안전보건 가이드 라인을 제공하여 작업자가 안전하게 작업을 할 수 있도록 함.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 엘리베이터/에스컬레이터 안전 보건 가이드 라인(Construction Safety Association of Ontario, 2008)에서는 추락 방지 교육, 구조 절차, 추락 방지 시스템, 일반적 주의사항 등을 제시하여 발생할 수 있는 사고에 대해서 예방에 기여함</li> <li>• 레일 설치시 추락 방지 가이드라인에서는 브래킷과 레일을 설치할 때의 안전 가이드 라인으로 브래킷과 레일 설치 시 발생할 수 있는 사고에 대하여 예방하고자 함</li> <li>• OSHA 29 CFR 1926.451 가이드라인에서는 비계에 대한 안전 가이드 라인으로 일반적인 요구사항, 매달린 비계에 대한 기준, 지지되어 있는 비계의 기준 등을 포함하고 있어 비계 작업 시 발생할 수 있는 사고에 대해 예방하고자 함.</li> <li>• 리프팅을 위한 기본 안전 실무 가이드라인 (European Lift Association (ELA), 2015)에서는 개인 보호 장비와 안전한 작업에 대한 내용을 포함하고 있어 작업자가 작업중 발생할 수 있는 사고를 예방하고자 함.</li> </ul>
<p>작업자가 건설 현장을 걷다가 낙하물에 의한 충격 사고</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 건설 현장에서는 안전 헬멧을 반드시 착용할 것</li> <li>• 건물을 진입 시 항상 작업자 위의 상황에 대해서 주의 깊게 파악할 것</li> </ul>
<p>불안정한 사다리 사용으로 인한 추락 사고</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 사다리가 손상이 없고 안전한 상태인지를 항상 확인할 것</li> <li>• 사다리에 미끄럼 방지재를 부착할 것</li> <li>• 고리를 장착하여 사다리를 고정시킬 것</li> <li>• 작업자의 경우 미끄럼방지 발판이 부착된 부츠를 착용할 것</li> <li>• 헬멧을 반드시 착용할 것</li> </ul>
<p>전류가 흐르는 장비를 측정하다 감전사고 발생</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 전류가 흐르는 장비를 점검할 시 항상 스위치를 차단할 것</li> <li>• 실수로 접촉시 감전 방지 가능한 장비를 사용할 것</li> <li>• 작업자는 절연 장갑을 착용할 것</li> <li>• 안전 고글을 착용하여 불꽃이 얼굴에 닿지 않도록 보호할 것</li> </ul>
<p>엘리베이터 브레이크 점검</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 항상 브레이크 상태를 확인할 것</li> </ul>

시 차의 이동으로 인한 부상	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 로프가 알맞게 장착되어 있는지 확인할 것</li> <li>• 차 도어를 손으로 열지 못하도록 잠가 놓을 것</li> </ul>
엘리베이터 작업 중 도어의 개방으로 인한 낙하 사고	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 엘리베이터 입구를 방어막으로 보호할 것</li> <li>• 엘리베이터 도어를 작은 간격만 개방하여 들어가지 못하게 할 것</li> <li>• 랜딩 도어가 기계적으로 잠금상태인지 확인할 것</li> <li>• 고객이 엘리베이터를 사용하지 못하도록 알림문을 명확히 표시할 것</li> </ul>
움직이는 차와의 충돌로 인한 타박상 혹은 절단 사고	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 움직이는 기기에 작업전에 항상 고정되어 있고 전원이 차단되어 있는지 확인할 것</li> <li>• 보호장비가 설치되어 있지 않는 이동 기기에 가까이 가지 말 것</li> </ul>
차 위에서 작업 중 승강로에 끼임 사고 발생	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 승강로 진입 전 항상 엘리베이터의 전원을 차단하고 검사 스위치를 작동시킬 것</li> <li>• 차 위에서 작업시 안전 거리(최소 2층 거리)를 확보할 것</li> </ul>
비계에서 작업 시 추락 사고	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 전문가에 의해 비계가 안전하게 설치되어 있는지 항상 확인할 것</li> <li>• 최대허용중량을 항상 확인하고 이를 명시해 놓을 것</li> <li>• 전문가에게 비계의 검사를 받을 것</li> <li>• 사다리를 통해 비계에 안전하게 진입이 가능한지 확인할 것</li> <li>• 가드레일이 설치되어 있고 발판이 안전한 상태인지 확인할 것</li> <li>• 가드레일을 타고 올라가지 말 것</li> </ul>

나) 국내의 경우, 사고사례를 분석하여 원인을 밝히고 그에 맞는 개선방안을 제시함으로써 앞으로의 사고를 예방하고 있다.

다) 국외의 경우, 작업 공정별 가이드라인과 타사의 파트너쉽을 통해 부족한 부분을 개선하고 작업별 사고를 예방하고 있다.

### 3. 해외 전용발판 현황 및 국내 도입 가능성 검토

1) 해외 전용발판 현황조사 개요

본 연구에서는 국내 4대 엘리베이터 제조사의 해외 본사 또는 법인에서 개발한 전용발판과 미국, 유럽, 일본 등 선진국에서 사용되고 있는 엘리베이터 설치 작업용 전용발판의 현황을 조사하고 기술자료 등을 수집하였다. 그리고 조사결과를 바탕으로 국내 도입 가능성을 검토하였다.

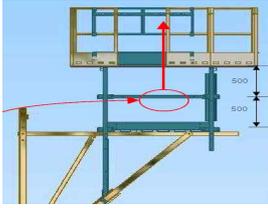
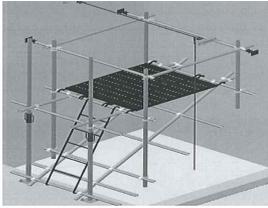
2) 해외 전용발판 현황

가) 엘리베이터 제조사 해외 본사 또는 법인

해외에 본사를 둔 티센크루프, 오티스 및 미쓰비시 엘리베이터의 해외 법인에서 사용하고 있는 전용발판들을 <표 III-11>에 정리하였다. 이들 전용발판의 국내 도입 가능성을 검토하기 위하여 제조사 담당자들과의 면담, 해외출장을 통한 현지조사 등을 계획하였으나, 해외출장은 실시하지 못하고 제조사 담당자와의 면담을 통해서 부분적으로 조사를 실시하였다.

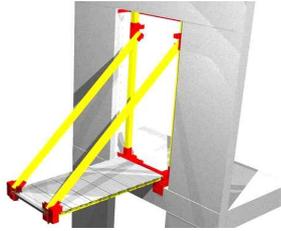
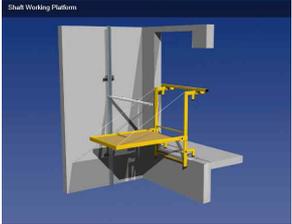
제조사 담당자와의 면담 결과, 엘리베이터 제조사 해외 본사 또는 법인에서 사용하고 있는 전용발판은 대부분 해당 국가별 건축물 설계 조건과 시공방법을 고려하여 개발되었으므로, 국내 건축설계 조건과 비교하여 부피가 크고 중량이 무거우며 설치과정이 상대적으로 복잡한 것으로 조사되었다. 또한, 해외 국가별로 서로 다른 엘리베이터 규격 및 그에 따른 승강로 크기에 맞춰서 전용발판이 개발되었으므로, 국내 건축물의 승강로 폭 또는 깊이에 적합하지 않는 것으로 조사되었다. 그러나, 승강로 외부에서 전용발판을 조립하여 내부로 진입하는 구조이므로 설치과정 중 추락사고 방지 등 작업자의 안전성 및 설치 편의성을 우수한 것으로 조사되었다.

**<표 III-11> 엘리베이터 제조사 해외법인 전용발판**

제조사	전용발판 사진	검토 결과
티센크루프		<ul style="list-style-type: none"> <li>• 제조사 대외비(영업비밀)로서 상세한 자료는 공개하기 어려움.</li> <li>• 담당자 면담에 의하면, 중량구조이며, 조립이 불편하여 국내 도입 후 계속 적용하지 못함.</li> </ul>
오티스		<ul style="list-style-type: none"> <li>• 제조사 대외비(영업비밀)로서 상세한 자료는 공개하기 어려움.</li> <li>• 담당자 면담에 의하면, 중량구조이며, 조립이 불편하여 국내 도입 후 계속 적용하지 못함.</li> </ul>
미쓰비시 홍콩		<ul style="list-style-type: none"> <li>• 제조사 대외비(영업비밀)로서 상세한 자료는 공개하기 어려움.</li> <li>• 담당자 면담에 의하면, 중량구조이며, 조립이 불편하여 국내 도입 후 계속 적용하지 못함.</li> </ul>
미쓰비시 대만		<ul style="list-style-type: none"> <li>• 해외법인에 따라 개선품이 개발되고 있으므로, 해외출장을 통해 확인을 할 필요가 있지만, 현재까지 해외출장을 실시하지 못한 관계로 관련 자료가 부족함.</li> </ul>
미쓰비시 베트남		<ul style="list-style-type: none"> <li>• 해외법인에 따라 개선품이 개발되고 있으므로, 해외출장을 통해 확인을 할 필요가 있지만, 현재까지 해외출장을 실시하지 못한 관계로 관련 자료가 부족함.</li> </ul>

나) 해외 엘리베이터 전용발판

<표 III-12> 해외 엘리베이터 전용발판

전용발판		제조사	홈페이지 주소	기술자료 및 적용가능성
제품명	사진			
Stingl-mobil PANO		Stingl	www.stingl online.de	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 매뉴얼 수집</li> <li>• 제조사에서 제안한 형식과 유사하여, 시스템 비계 (전용 발판) 개발에 활용</li> </ul>
Fox1 Scaffolds		FOX1	www.fox1.f i	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 매뉴얼 수집</li> <li>• 적용 가능성 검토 결과, 국내 실정에 부적합</li> </ul>
Shaft working platform		OPSI	www.opsi-lift.com	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 자료 수집</li> <li>• 시스템 비계 (전용발판) 개발에 활용</li> </ul>
TeMP Workstage		Arbeit Sicher	www.arbeitsicher.com/temp-workstage/	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 자료 수집</li> <li>• 적용 가능성 검토 결과, 국내 실정에 부적합</li> </ul>
False Car		FIXATOR	www.fixator.com	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 자료 수집</li> <li>• 적용 가능성 검토 결과, 국내 실정에 부적합</li> </ul>

## 4. 국회 및 정부 차원의 예방 대책방안 요청사항

### 1) 안전보건공단 국정감사

2019년 10월 15일 안전보건공단 국정감사에서 질의된 내용과 관계자의 답변을 정리하였다.

- (한정애 의원 질의) 엘리베이터 설치 또는 교체현장의 특성상 공간인 한정되어 있으므로 건설현장과 같이 시스템 비계 또는 폭이 넓은 비계의 설치가 어려우므로 단관비계를 설치하는데 따른 위험률이 가중되고 있음.
  - 최근 3년간 엘리베이터, 승강기 설치현장 사고는 2017년 647건, 2018년 651건, 2019년 6월까지 325건 발생
- (한정애 의원 질의) 승객정원에 따라 규격화된 엘리베이터에 맞춰서 설치 또는 교체현장 내부의 구조 및 크기도 규격화 될 수 있기 때문에 여기에 특화된 폭이 좁고 안전한 엘리베이터 설치에 적합한 시스템 비계를 개발하거나 제작할 수 있는 방법을 질의함.
  - 엘리베이터 설치현장이 증가하고 사고 발생의 가능성이 증가하고 있는 현실을 감안하여 작업 공간이 좁은 현장 특성을 감안한 시스템 비계의 개발이 필요
- (한국산업안전보건공단 박두용 이사장 답변) 현재까지는 엘리베이터 전용 시스템 비계는 없고 그동안 엘리베이터 설치할 때마다 비계를 조립하여 설치하는 실정이며, 그에 따른 사고가 많이 발생하고 있는데, 한정애 위원 질의에 따라 엘리베이터 설치 전용 시스템 비계의 개발 가능성을 확인하고 관련 연구와 개발을 진행하여 적용성을 검토하겠음.

## 2) 국회 환경노동위원회

2019년 11월 7일 국회 환경노동위원회 제9차 회의 188. 엘리베이터 사망사고 관련 현안질의에 따른 고용노동부 현안보고, 증인 신문 및 의원질의 내용들을 정리하였다.

- (고용노동부 노동정책실장) 엘리베이터 산업 현황, 산업재해 현황, 조치사항 및 향후 대책을 보고함.
  - 엘리베이터 산업은 제조·수입, 설치공사, 유지관리로 구성되어 있고, 관련 법률이나 관리 책임은 관계부서에 산재되어 있음.
  - 업체 현황은 제조·수입 업체가 부품을 포함하여 262개 업체이고, 4대 업체가 신규 설치 시장의 82%, 유지관리 시장의 57% 정도를 점유하며, 시장 규모는 약 3조 5000억이며, 이중 2/3 정도가 제조·수입에서 발생
  - 설치계약은 대부분 공동도급계약 형식이고, 유지관리계약은 평균 30% 정도 수준임
  - 지난 5년간 엘리베이터 관련 사고재해는 총 140건 발생, 이중 추락사고가 가장 많이 발생하였고, 다음으로 끼임사고이며 이들 유형은 중상해 사고의 비중이 높음. 그리고, 사고 사망자는 총 35명임. 지난 5년간 사고 사망자 35명 중 17명이 4대 업체의 경우이며, 이 중 공동도급 또는 하도급 사업장에서 발생한 사망자가 16명임.
  - 사망사고 발생 사업장에 대한 감독을 실시하고, 최는 엘리베이터 사고가 다발한 업체나 현장에 대해서는 기획감독과 교육 및 간담회를 실시함.
  - 사고 조사 과정에 드러난 공동도급계약 문제, 계약의 공정성 문제에 대해서는 관계부처와 협의하여 대책을 마련할 계획임.
  - 사고 위험 요인으로 지목되는 비계 설치·제작업과 관련하여 엘리베이터에 특화된 시스템 비계를 개발해서 클린사업 등을 통해 소규모 업체에 보급하는 방식을 검토하고 있음.

- (김태년 의원) 최근 5년간 엘리베이터 설치와 점검작업 중 노동자 35명이 산업재해로 사망하였으며, 설치작업 12명, 교체작업 12명, 유지관리작업 중 11명이 사망하는 등 모든 작업의 위험도가 비슷
  - 엘리베이터 산재사고의 대부분이 하청업체 소속 노동자로서, 형식상 엘리베이터 제조 대기업과 영세업체가 공동도급을 하지만 실제로는 대기업이 영세업체에 하청을 주는 방식으로 운영되는 외주화가 엘리베이터 산재사고의 원인 중 하나임.
- (한정애 의원) 최근 10년간 기계실이 없는 승강기의 설치가 증가함에 따라, 기계실이 있는 경우와 비교하여 작업의 안전성과 사고의 위험성 측면에서 엘리베이터 설치와 유지관리작업의 위험도는 급증
  - 작업자가 직접 타고 내려가거나 영성한 비계 위에서 작업을 하는 상황이 발생하며, 추락사고 또한 높은 높이에서 발생하게 되므로 중상 이상 또는 사망사고로 직결되는 상황임.
- (한정애 의원) 외국의 경우, 기계실이 없는 승강기 설치 시 작업용 별도 비계를 설치하여 작업자의 안전을 확보함
  - 독일 티센크루프 엘리베이터, 미국 오티스, 일본 미쓰비시에서는 엘리베이터 작업용 별도 비계를 설치하여 기계실의 역할을 하게 하거나 추락사고를 방지하고 있음.
- (한정애 의원) 최근 10년 동안 기계실이 없는 엘리베이터의 설치율이 약 400% 정도 확대되고 있으며, 이에 따른 유지보수 업무도 비례하여 크게 증가하게 되므로, 엘리베이터 설치 및 유지보수 작업자의 안전 확보를 위한 전용 시스템 비계 개발의 필요하며, 작업용 케이지까지 포함한 세트로 만들어질 수 있으면 승강로 내에서 이뤄지는 하부작업까지도 안전을 확보할 수 있음.
  - 국가별 특색에 따른 특징을 갖는 외국의 사례와 같이, 국내 작업자들의 작업 특성에 부합하도록 설치와 이동이 편리하며 경량인 엘리베이터

전용 시스템비계의 개발이 필요함.

- (한정애 의원) 개발 예정인 전용 안전비계가 현장에 정착될 수 있도록 엘리베이터 제작·설치업체들과의 협력이 필요하고, 하도급업체가 재정적 부담을 갖지 않도록 제도적인 보완장치까지 함께 마련해서 지원을 할 필요가 있음.
  - 건설현장의 시스템 비계 지원과 같이 안전보건공단에서 시행하고 있는 클린사업을 활용
- (강효상 의원) 엘리베이터 설치공사 과정에서 발생하는 안전사고의 원인은 건설사들의 공기단축 요청과 건설현장의 편의를 위해 승객용 승강기를 미리 설치하고 이를 공사용으로 사용하기 때문이며, 제조사의 입찰경쟁에 따른 공기단축을 위해서 노동시간이 과다하게 되며, 엘리베이터 설치 작업자들에 대한 안전관리가 소홀하기 때문임. 엘리베이터 설치공사 과정에서 발생하는 안전사고를 줄이기 위한 제도개선 방안을 제시함.
  - 건설사가 건설현장에서 승객용 엘리베이터 사용을 제한해야 하며, 이를 통해서 공기단축의 원인을 원천적으로 차단해야 함.
  - 건설현장의 안전사고와 부실공사를 예방하기 위하여 예외적인 경우를 제외하고 건설공기 단축 요구를 원천적으로 금지해야 함
  - 엘리베이터 설치작업과 같은 고위험 직군의 연장근로 및 휴일근로를 금지해야 함.
  - 처벌 강화 위주의 건설현장 재해 감소대책보다는 계약 행태 또는 원도 급자의 공기단축 요구에 대한 종합적인 개선대책이 필요함.
- (한국산업안전보건공단 박두용 이사장 답변) 지난 국정감사 후 엘리베이터 설치 전용 비계의 해외 사례를 검토하였으며, 4대 엘리베이터 업체 관계자들과 논의를 통하여 엘리베이터 설치 전용 안전작업대, 안전비계를 개발하기로 하였음.
  - 테스트포스팀을 구성하여, 내년도 상반기까지 프로젝트 전체를 본부에서

총괄하고 연구원에서 기술적인 부분을 담당하고 인증원에서 안전인증 테스트베드 지원을 하여 상반기에 개발하고 늦어도 하반기에는 현장에 적용할 수 있는 한국형 안전비계를 개발할 예정임.

- 안전비계를 개발하면서 제도적인 뒷받침이 함께 될 수 있도록 고용노동부와 관련 제도개선에 대한 협의를 진행할 예정이고, 안전비계의 개발 및 현장 테스트가 진행되는 동안 사망사고 예방을 위한 에어매트나 추락방지망 설치 등 긴급대책을 검토하고 있음.

## 5. 결과 및 요약

국내 4대 엘리베이터 제조사와 16개 설치 및 유지보수 업체들을 대상으로 설문조사를 수행하였다.

엘리베이터 설치작업에 필요하거나 소요되는 작업일수는 건축물의 층수를 기준으로 저층부에 해당하는 7층 이하에서 4대 제조사는 평균 19.3일이 필요하지만, 설치업체에서는 평균 12일이 소요되는 것으로 조사되었다. 중층부에 해당하는 8층 이상 15층 이하에서 4대 제조사는 평균 32.4일이 필요하지만, 설치업체에서는 평균 19.5일이 소요되는 것으로 조사되었다. 또한, 승객 정원을 기준으로 10인승 이하에서 제조사는 평균 16.8일이 필요하지만, 설치업체에서는 평균 12.3일이 소요되며, 11인승 이상 15인승 이하에서 4대 제조사는 평균 23일이 필요하지만, 설치업체는 평균 16.4일이 소요되는 것으로 조사되었다. 본 조사를 토대로 설치작업에 필요한 작업일수보다 실제 현장에서는 빠르게 작업을 수행하고 있음을 알 수 있었다. 이와 같이 작업시간의 단축은 작업안전측면에서 문제의 소지가 될 수 있는 것으로 구조적인 검토가 필요할 것으로 판단된다. 또한 작업표준에 의거하여 작업이 수행될 수 있도록 표준작업지시서가 마련되어야 하고 이를 준수하는 지에 대한 여부를 감독하는 것이 필요하다고 판단된다.

안전작업지침 또는 매뉴얼을 제조사에서 개발하고 설치업체에 제공하고 활용되고 있는지에 대한 설문조사 결과에 따르면, 제조사에서는 안전작업지침 및 매뉴얼을 100% 개발하여 제공하고 있지만 현장에서는 활용도가 이에 미치지 못하고 자체 개발하여 활용하고 있는 설치업체도 있었다. 안전작업지침 또는 매뉴얼이 제공됨에도 불구하고 현장 활용도가 다소 낮고 자체 개발까지 하여 활용하고 있는 이유는 현장과 불일치되는 경우가 많기 때문이었다. 안전작업지침 및 매뉴얼이 현장에서 잘 활용되기 위해서는 현장 적용성이 확대되어야 하며, 이행시 인센티브 또는 전문교육이 필요하다는 의견이 많았다. 따라서 현장 작동성을 고려한 안전작업지침 또는 매뉴얼이 개발되어야 하며 이에 따른 전문교육이 필수적으로 필요하다는 것을 알 수 있다.

엘리베이터 작업시 활용되고 있는 작업발판과 관련된 설문조사 결과를 종합해 보면, 대부분 제조사에서 작업발판을 설치업체에 제공하고 있으나 현재 사용되고 있는 작업발판은 비규격화, 발판구조의 문제, 안전성 부족의 문제가 존재한다고 하였다. 또한 작업공간 부족, 작업통로 부족, 안전조치 부족 등의 사용상의 불편함이 있기 때문에 안전성과 편의성을 고려한 전용 작업발판이 개발되어야 한다는 종합적인 의견이 있었다.

현장 안전실태를 파악하기 위한 설문조사 결과를 종합해 보면, 사고발생의 원인은 설치업체에서는 공사기간 단축이 가장 큰 원인이라고 응답하였으며, 반면 제조사에서는 작업자의 불안전행동이라고 응답하여 제조사와 설치업체간에 이견 차이가 있음을 알 수 있었다. 빈번하게 작업 중 안전장치를 해체하는 경우가 발생하는데 이에 대한 원인은 작업형태에 알맞지 않기 때문이라고 응답하였다. 작업발판의 구조를 변경하는 경우도 빈번하게 발생하는데, 발판을 변경하는 경우가 가장 많았으며 다음으로 안전난간이었다. 구조를 변경하는 이유는 작업공간 확보, 레일 브라켓 설치, 형판 작업을 위해서였으며, 작업발판의 불량

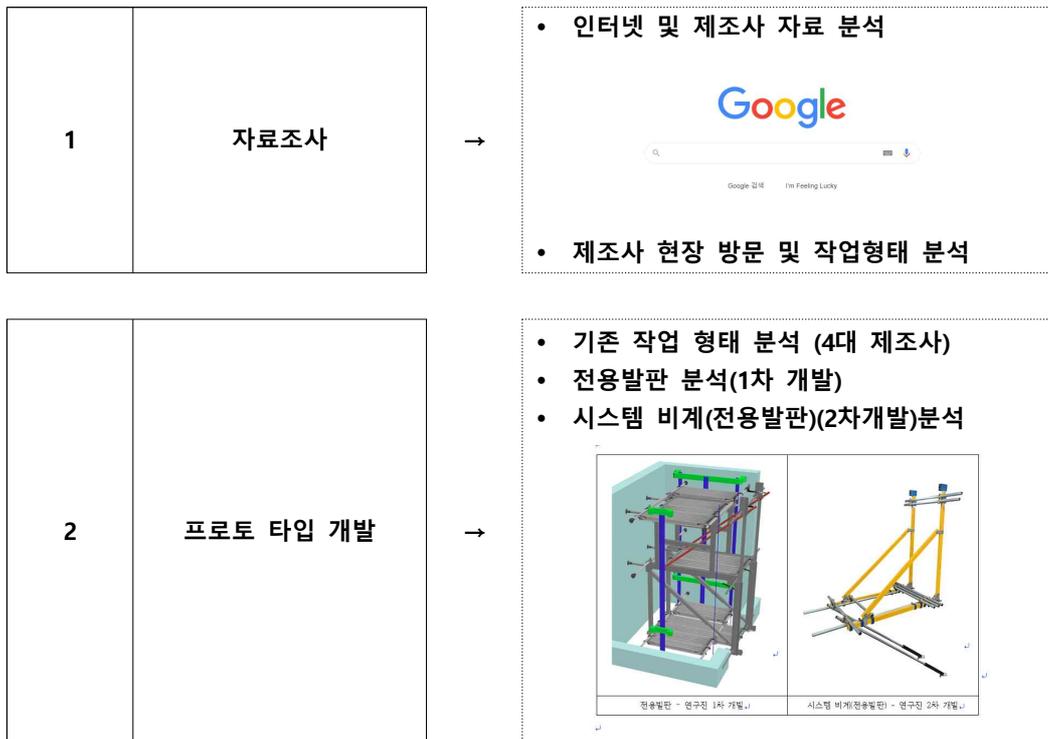
도 현장에서는 매우 빈번하게 발생한다고 응답하였다. 따라서 안전장치 해체를 설계상에서 할 수 없도록 조치하거나 감독하는 것이 필요하며, 작업발판은 작업의 구조적 검토 및 작업성을 고려하여 전용 발판이 개발되어야 하며, 이에 따른 관리기준도 마련되어야 할 것으로 판단된다.

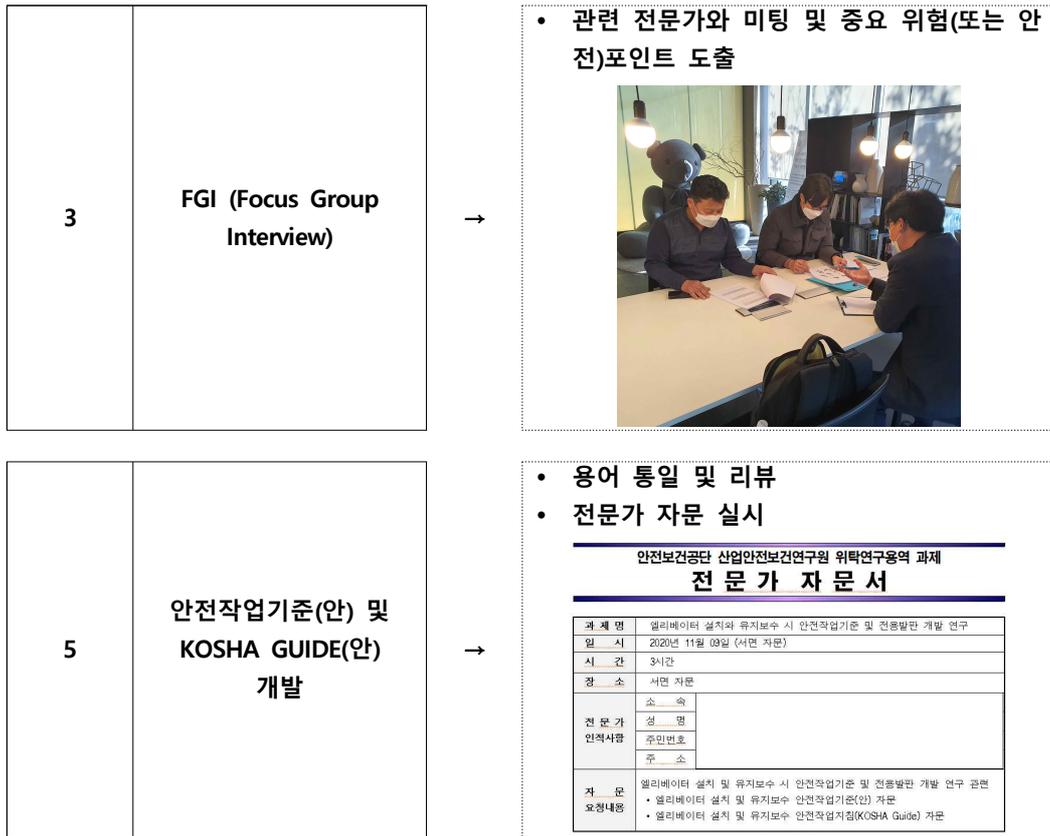
해외에서 사용되고 있는 엘리베이터 전용발판에 대한 국내도입 가능성을 파악하기 위한 분석결과 일부 특정 제조사에만 적용 가능한 발판으로 개발되었거나, 작업공간 및 환경의 국내 실정에 알맞지 않아 국내에 도입하여 사용하기에는 안전성 및 편의성 측면에서 문제가 있다고 판단되었으며, 이를 통하여 국내 실정에 알맞은 전용 작업발판이 개발되어야 한다는 것을 알 수 있다.

## IV. 안전작업기준

### 1. 개발절차

엘리베이터 설치 및 유지보수 작업에 적용하기 위한 안전작업기준(안) 및 KOSHA GUIDE(안)의 개발 절차는 [그림 IV-1]과 같이 국내·외 자료조사, 시스템 비계 개발, 가이드 작성, FGI(Focus Group Interview) 순으로 진행되었으며, 안전작업기준(안)과 KOSHA GUIDE(안) 개발 후 외부전문가 자문회의를 개최하여 자문의견에 대한 수정 및 보완을 실시하여 최종(안)을 완성하였다.





**[그림 IV-1] 안전작업기준(안) 개발 절차**

1) 자료조사

엘리베이터 제조사에서 제공하는 작업지침(지도서 또는 매뉴얼)을 토대로 자료조사를 실시하였으며, 해외 사례를 접목하였다. 4대 제조사에서는 상부작업대 설치작업 지도서, MRL 최상층 비계작업대 설치지도서 MRL Type 설치흐름도 및 비계작업대 설치지도서 등 다양한 명칭으로 사용되고 있었다. 설치작업 순서는 비슷하게 운영되고 있었지만, 자재에 대한 수치와 용어에 대한 표준화가 미흡하게 나타났다.

**<표 IV-1> 제조사 작업 매뉴얼 목록**

구분	내용	비고
1	상부작업대 설치작업지도서	OTIS 엘리베이터
2	MRL최상층 비계작업대 설치지도서	OTIS 엘리베이터
3	MRL TYPE 설치흐름도	OTIS 엘리베이터
4	MRL최상층 비계작업대 설치지도서	OTIS 엘리베이터
5	상부작업대 설치작업지도서	Thyssenkrupp 엘리베이터
6	상부작업대_강관비계	Thyssenkrupp 엘리베이터
7	안전작업지침서(SWMS) MR(GL1)	Thyssenkrupp 엘리베이터
8	엘리베이터설치작업매뉴얼	Thyssenkrupp 엘리베이터
9	공정별 안전수칙_교체 작업	현대 엘리베이터
10	공정별 안전수칙_설치 작업	현대 엘리베이터
11	공정별 안전수칙_유지 보수	현대 엘리베이터
12	설치안전작업 매뉴얼	현대 엘리베이터

국내 자료조사와 함께 해외에서는 <표 IV-2>와 같이 안전작업기준이 있었으며, 다양한 작업 형태로 진행되고 있었다. 추가적으로 구글링을 통해서 블로그, 국내외사이트 등 인터넷에 공개된 개인 자료들에 대한 활용 가능성을 파악하기 위한 조사도 실시하였다. 개인이 올려놓은 자료들을 분석한 결과, 대부분 제조사와 동일한 흐름을 보였으며, 현장에서만 통용하는 용어(예: 반생이 등)를 사 용함에 따라 일반인들이 이해하기에는 어려움 많을 것으로 판단된다.

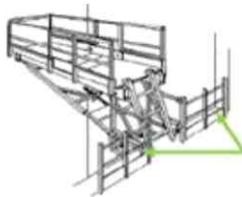
**<표 IV-2> 해외 안전작업 매뉴얼 목록**

구분	내용	비고
1	Basic Safety Practices For Lifts (엘리베이터 관련 기본 안전작업 기준)	European Lift Association
2	Elevator/Escalator Health and Safety Manual (엘리베이터/에스컬레이터 안전보건 매뉴얼)	Construction Safety Association of Ontario
3	Passenger Lift Installation Manual (승객용 엘리베이터 설치 매뉴얼)	Suzhou Asia Fui Elevator
4	Safety and Health Manual (안전보건 매뉴얼)	Eastern Elevator
5	Safety Handbook (안전 핸드북)	Quality Elevator Company
6	Guidelines on Safety of Lift Shaft Works (엘리베이터 샤프트 작업시 안전 가이드라인)	Construction Industry Council
7	10 Rules for Occupational Health & Safety (작업안전보건을 위한 10가지 조항)	Thyssenkrupp
8	Elevator-General Safety and Maintenance (엘리베이터 안전 및 유지보수)	Transit Elevator

Basic Safety Practices For Lifts(European Lift Association)에서는 작업대에 대한 설치기준 등의 제시는 없었다. 다만 설치된 임시작업대에 대한 해체 금지 및 추락 위험에 대한 경고를 서술하고 있었다. 또한, 금속 재질로 된 작업대(일체형 작업대)에 대한 안전작업 조립/작업을 기록하고 있었다.



Safe and robust platform with guardrails protecting from falling



Safe metal working platform

**VITAL RULE:**

- ALWAYS** ensure it has been built and checked by an authorized person.
- NEVER** remove any barrier or planking.
- NEVER** use an incomplete working platform.
- ALWAYS** respect the maximum capacity and check if it is visibly displayed.
- ALWAYS** ensure a safe fixed mean of access to the platform.
- ALWAYS** ensure inspection by an authorized person.



**EXAMPLE OF SPECIFIC PROTECTION MEANS:**

**Tools & equipment:**

- Certified working platform.
- Certified shoe, adequately calibrated to capacity of the platform.
- High quality materials.

**Safe procedure:**

- Check that the temporary fixed working platform is robust.
- **ALWAYS** respect the maximum capacity.
- Ensure that there is safe access with a fixed ladder.
- **NEVER** climb onto the guardrails.
- **ALWAYS** wear a body harness attached to a life line to prevent falls in case the platform collapses.

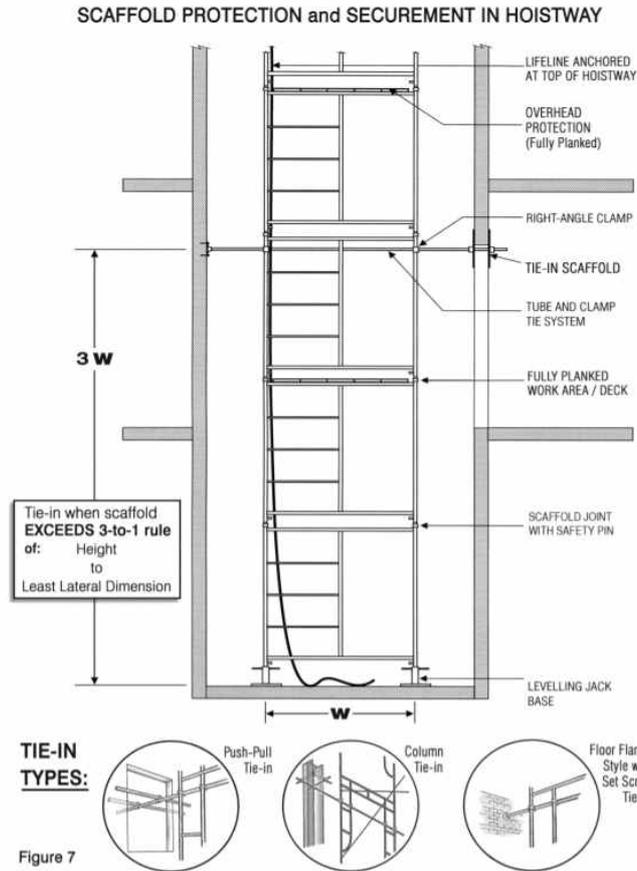
**Any defect shall be raised with the company**

**Note:**

Even if the primary protection mean relies on the properly built car platform, it is highly recommended to wear the body harness and be tied off to a life line suspended in the hoistway.

**[그림 IV-2] 안전작업 매뉴얼 관련 해외 사례 – European Lift Association**

Elevator/Escalator Health and Safety Manual(Construction Safety Association of Ontario)에서는 틀비계를 통한 작업대 설치 및 추락 방지에 대한 안전가이드를 제시하고 있다.



**[그림 IV-3] 안전작업 매뉴얼 관련 해외 사례 - Construction Safety Association of Ontario**

Passenger Lift Installation Manual(Suzhou Asia Fuji Elevator)에서도 틀비계를 통한 작업대를 설치하는 매뉴얼을 제시하고 있다.

## 2. Installation processes and quality requirements

### 2.1 Scaffolding

Scaffolding is a required item of preparation for elevator installation. The quality of scaffolding has a major influence on the safety of the installation personnel and the progress of elevator installation. Scaffolds shall be erected by scaffolders holding "Qualification Certificate for Special Operations". The elevator installation and repairing workers shall advance scaffolding requirements before the scaffolds are erected. After scaffolds are completely erected, strictly check if the erected scaffolds meet safety

SUZHOU ASIA FUJI ELEVATOR CO.,LTD.

Page 12 of 64

## [그림 IV-4] 안전작업 매뉴얼 관련 해외 사례-Fuji Elevator

Safety and Health Manual (Eastern Elevator)에서는 틀비계 안전설치보다는 틀비계 위에서 안전작업(안전교육 등)을 실시하는 매뉴얼을 제시하고 있다.

### SECTION 13: SCAFFOLDING SAFETY PROGRAM

#### PURPOSE

The purpose of this program is to provide education and instructions to employees involved with erecting, dismantling and working on scaffolds.

#### SCOPE

This program applies to all employees, temporary labor and subcontractors working on behalf of Eastern.

#### RESPONSIBILITY

The Safety Director is responsible for the oversight and support of the Scaffold Safety Program. He shall update and maintain the program on at least an annual basis and provide contractors with information about the program.

He shall instruct Field Superintendents and Lead Mechanics on the precautions they need to take to protect their employees who may be working in the area and verify that training is conducted in accordance with all program requirements.

On each project he shall designate a competent person to oversee the use, erection and dismantling of scaffolds.

## [그림 IV-5] 안전작업 매뉴얼 관련 해외 사례-Eastern Elevator

Safety Handbook(Quality Elevator Company)에서는 틀비계 작업대를 이용하는 방법이 서술되어 있으며, 작업대 위에서 안전대사용 등에 대한 안전 매뉴얼을 제시하고 있다.

## Section 10 PORTABLE LADDERS / SCAFFOLDS / STATIONARY WORK PLATFORMS

### 10.1 Scaffolds and Stationary Work Platforms

- (a) Scaffolds and stationary work platforms shall be erected in accordance with approved safety standards under the supervision of a **Competent Person** (see Section 21).
- (b) When used, wooden or synthetic planks shall be scaffold-grade or approved by a **Qualified Person** for scaffold and stationary work platforms use capable of withstanding 4 times the working load.
- (c) The assembly and disassembly of scaffolds and stationary work platforms shall be done using a safety harness and lifeline anytime there is more than a 6 ft (1.8 m) fall exposure.
- (d) Ladders are required to reach working surfaces more than 2 ft (610 mm) above or below the point of access.
- (e) In hoistways, at least two 2 in. (51 mm) by 10 in. (254 mm) planks must be used with a minimum of 6 in. (152 mm) of bearing and a maximum of 12 in. (305 mm) of overhang beyond the bearing surface. The span shall not exceed 10 ft (3.05 m) for a single plank. The planks shall be cleated to prevent movement.
- (f) No planks shall be of such length as to extend into passageways where there is a possibility of planking being bumped by the movement of people, materials or equipment through the area.
- (g) Under no circumstances shall others be permitted to use the Elevator Company's scaffolds, scaffolding materials or stationary work platforms unless approved by your Supervisor/Manager. Under no circumstances shall the

74 2010 Safety Handbook

## [그림 IV-6] 안전작업 매뉴얼 관련 해외 사례 - Quality Elevator Company

Guidelines on Safety of Lift Shaft Works(Construction Industry Council)에서는 샤프트에 대한 안전가이드와 작업자 훈련 및 위험성 평가하는 안전 매뉴얼을 제시하고 있다.

## 8. Risk Assessment and Method Statement

- 8.1 As an essence of a safe system of work, a risk assessment should be conducted by the planning team formed under paragraph 6.4 on each type of lift shaft works except formwork erection, concreting and formwork stripping of lift shaft walls. The RSO should be consulted for completeness of the risk assessment process.
- 8.2 The assessment should include but not limited to hazards related to falling objects, fall-from-height, collapse of platform/ supporting structures for platform or lifting appliances, defective lifting appliance and lifting gear, absence of lighting and ventilation, etc as are relevant to the erection, use, relocation and dismantling of the type of platforms proposed to be used. With reference to each procedural step of a lift shaft work, the assessment should recommend safety precautions and state the person responsible to execute the safety measures. The risk assessment report should be signed by the RSO and endorsed by a project manager or a site agent of the Contractor.

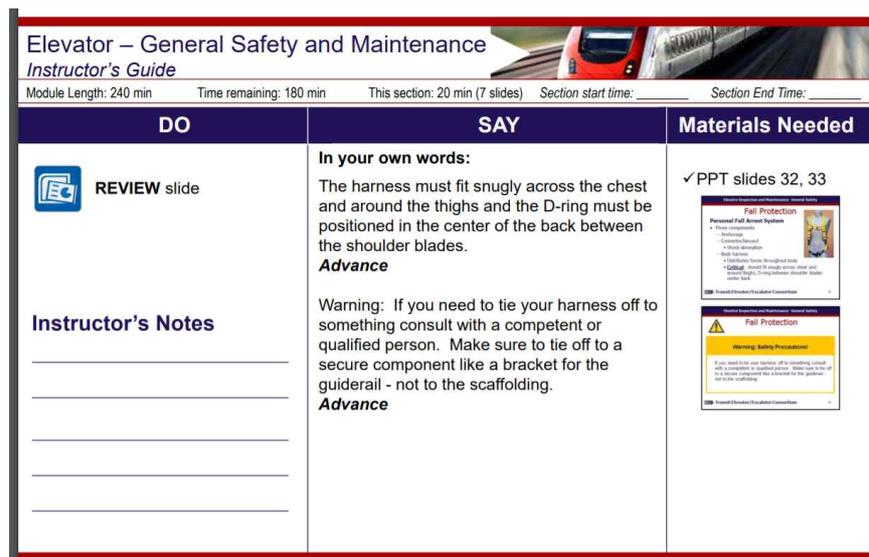
### [그림 IV-7] 안전작업 매뉴얼 관련 해외 사례 - Construction Industry Council

10 Rules for Occupational Health & Safety(Thyssenkrupp)에서는 10가지 안전수칙을 정하고 모든 사업장에 안전교육을 하는 형태로 매뉴얼 제작 및 홍보하고 있다.



[그림 IV-8] 안전작업 매뉴얼 관련 해외 사례-Thyssenkrupp

Elevator-General Safety and Maintenance(Transit Elevator)에서는 작업대 설치에 관한 사업에 대해서는 규정하지 않으며, 단순히 안전대 착용 및 사용 철저에 따른 추락 방지를 매뉴얼화해서 교육을 실시하고 있다.



[그림 IV-9] 안전작업 매뉴얼 관련 해외 사례-Transit Elevator

## 2) 시스템 비계 개발

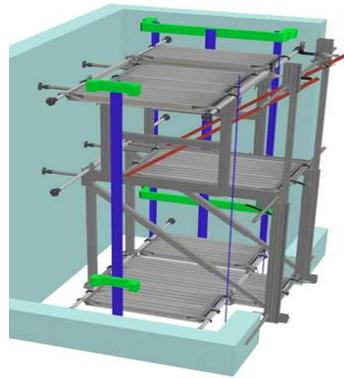
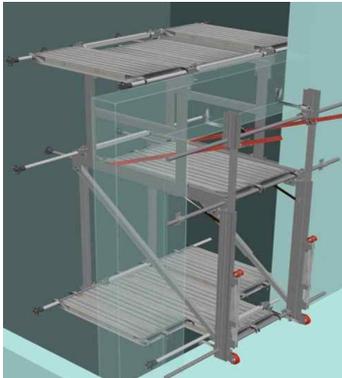
제조사 작업 매뉴얼 및 해외 사례 분석을 통해서 시스템 비계 프로토 타입을 개발하였다. 그 이후에 프로토 타입별로 안전 포인트를 도출하였다. 전용발판은 원터치로하여 설치가 가능한 형태로 개발을 하였으며, 시스템 비계는 수직재, 수평재 및 경사재로 구성되는 삼각 프레임을 형성한 후 시스템 비계의 수평재 위에 강관비계 조립식 상부 작업대를 설치하는 형태로 구성을 하였다. 또한 기존 강관비계 조립에 의한 방식도 비교·분석하였다.

**<표 IV-3> 전용발판 및 시스템 비계 개발 일정**

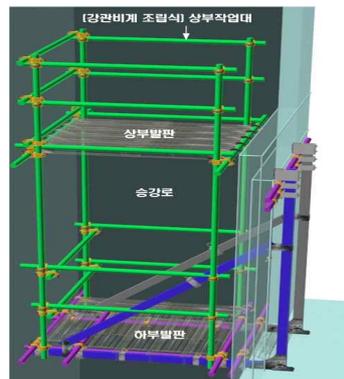
구분	내용	비고
전용발판	연구진 최초 제안 및 1차 개발	2020.06 완료
시스템 비계	4대 제조사 공동 의견으로 제안하여 연구진이 2차 개발	2020.07~ 2020.11



(a) 기존 강관비계 조립식 상부작업대



(b) 엘리베이터 작업 전용발판



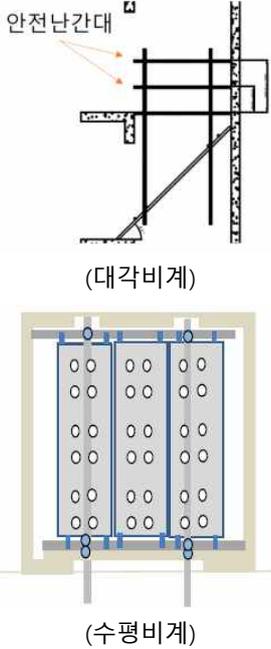
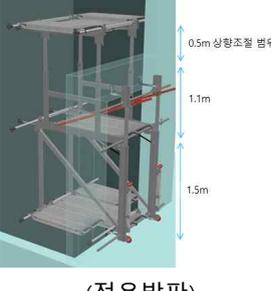
(c) 엘리베이터 전용 시스템 비계

[그림 IV-10] 전용발판 및 시스템 비계의 구분

3) FGI (Focus Group Interview)

FGI(Focus Group Interview)를 통해서 강관비계 작업대, 전용발판, 시스템 비계에 대해서 분석 및 토의를 실시하였고, 이를 통해서 <표 IV-4>와 같이 위험 및 안전작업 방법을 도출하였다.

<표 IV-4> FGI를 통한 의사결정 및 위험포인트 도출

구분	안전	의사결정	비고
<p>강관비계 조립식 상부 작업대</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 제조사에서는 대각비계와 수평비계를 병행해서 사용하고 있음</li> <li>• 나머지 작업방법은 동일하게 이루어지고 있음</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 승강장 맞은편 벽면에 홀을 만들어 수평비계로 설치하는 것이 안전성이 높아짐</li> </ul>	 <p>(대각비계)</p> <p>(수평비계)</p>
<p>전용 발판</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 원터치로 되어 설치/해체가 편함</li> <li>• 시스템 구조로 되어 있어 재료 손상시 재사용에 대한 문제점이 도출됨</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 구조검토 결과 재료가 쉽게 손상되는 구조가 아닌 것으로 의결함</li> <li>• 또한 강관비계도 던지거나 하는 방식은 취해서는 안되므로 취급시 조심해야 함</li> </ul>	 <p>(전용발판)</p>

<p>시스템 비계</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 내림보 지지대로 시스템비계(전용발판)가 모든 하중을 견디는 것은 불안전함</li> <li>• 발판이 전도될 수 있으므로 전도방지 대책이 필요함</li> <li>• 또한 비계 설치 위치에 따라서 발판 길이가 가변형이 되어야 함</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 내림보 지지대외에 상부 지지대를 설치하여 벽면에서도 지지할수 있도록 함</li> <li>• 발판에 전도 방지 장치를 설치함</li> <li>• 가변형 작업발판을 개발하여 설치함</li> </ul>	
---------------	---	--	--

#### 4) 외부 전문가 자문회의

외부 전문가 자문회의를 통해서 초안으로 작성한 안전작업기준(안)과 KOSHA GUIDE(안)를 수정 및 보완하였다. 외부 전문가 자문위원으로는 2명으로 교수 1인과 안전관련 협회 전문가 1인으로 구성하였다.

&lt;표 IV-5&gt; 전문가 자문

구분	내용	개선반영 유무	비고
자문1	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 본문에 “용어의 정의”에서 제시되어 있지 않은 용어들이 많이 있습니다. 용어의 정의에는 “관련 규격/자료/법규/고시/지침 등”에 제시되어 있거나 관련 분야에서 통용되어 쉽게 이해할 수 있는 용어인 경우에는 용어의 정의에서 제시하지 않아도 되지만, (1) “관련 규격/자료/법규/고시/지침 등”에 정의되어 있더라도 본 지침에서 다르게 정의할 필요가 있거나, (2) 관련 분야에서 통용되는 용어이지만 쉽게 이해할 수 없는 전문용어이거나, (3) 본문 내용에서 무엇을 의미하는지를 알 수 없는 경우에는 “용어의 정의”에서 이를 제시할 필요가 있습니다.</li> </ul>	유	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 용어의 정의에는 제시되어 있지 않으나 본문에서 사용한 용어가 그림 등에서 무엇을 지칭하는지 명확하게 알 수 있는 경우에는 용어의 정의가 필요하지 않으나, (1) 용어의 정의에서 제시되어 있지 않거나, (2) 그림 등에서 무엇을 지칭하는지 명확하게 알 수 없거나, (3) (1)과(2)가 제시되어 있지 않은 상황에서 일반적으로 무엇을 의미하는지를 알 수 없는 경우에는 해당 용어를 “용어의 정의” 또는 본문에서 설명(또는 그림에 지칭)하는 형태로 제시될 필요가 있습니다.</li> </ul>	유	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 본문에 제시된 그림들의 해상도가 낮거나, 크기가 작아서 그림의 내용을 알아보기 어려우니 수정하시기 바랍니다. 또한 본문의 어떠한 내용이 그림으로 참조할 필요가 있는 내용인지를 알 수가 없으니 이를 수정하시기 바랍니다</li> </ul>	유	
자문2	<p>㉠ 안전보건기술지침의 개요</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 작성자는 연구책임자가 아닌 본 기술지침을 실질적으로 작성하고 연구한 사람을 명시하여야 함</li> <li>• 본 건은 제정이므로 개정자는 삭제 요망</li> <li>• 관련 규격은 본 건과 유사한 공단에서 제정한 koshaguide 등을 참조하여 제시할 필요가 있음</li> <li>- 양중기, 작업발판, 가설구조물, 추락 등과 관련된 규격을 찾아 제시할 것</li> </ul>	유	

<p>1. 목적은 아래의 형식에 맞춰 작성 필요</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 이 지침은 산업안전보건기준에 관한 규칙 제?조에 의거 엘리베이터를 설치/해체하기 위해 조립 사용된 시스템 작업발판에서 발생할 수 있는 근로자의 추락 위험요소를 예방하기 위해 작업단계별 안전작업에 관한 사항 등을 정함을 목적으로 한다로 표현 필요</li> </ul>	유	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 용어는 본문중에 나오는 단어를 정의(그림과 같이 제시)하여야 하고 일부 단어들은 추가 필요(외함작업, 작업발판 등)</li> </ul>	유	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 5.1 엘리베이터 설치/해체 작업시 안전작업 일반사항</li> <li>- 설치 공정 흐름에 따르면 상부 작업대 설치(1, 2, 3안) 공종만 차이가 있으므로 나머지 설치공종(1~16 ; 4공종은 제외)에 대한 안전작업은 공통사항으로 일괄로 작업할 필요가 있음</li> </ul>	유	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 5.2 강관비계 사용시 위험요인 및 안전대책</li> <li>- 위험요인 분석, 안전작업절차, 작업계획 수립 및 검토 (안전일반사항, 작업시 고려사항, 작업전, 중, 후 작업절차별 안전작업)</li> </ul>	유	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 5.3 엘리베이터 설치용 시스템 사용시 위험요인 및 안전대책</li> <li>- 위험요인 분석, 안전작업절차, 작업계획 수립 및 검토 (안전일반사항, 작업시 고려사항, 작업전, 중, 후 작업절차별 안전작업)</li> </ul>	유	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 5.4 강관비계 호환형 E1전용 발판 사용시 위험요인 및 안전대책</li> <li>- 위험요인 분석, 안전작업절차, 작업계획 수립 및 검토 (안전일반사항, 작업시 고려사항, 작업전, 중, 후 작업절차별 안전작업)</li> </ul>	유	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 4.2 (1안) 강관비계 사용시 안전작업 가이드 ~ 4.4 (3안) 강관비계 호환형 전용발판 사용시 안전작업가이드</li> <li>- 4.2.1~4.2.3, 4.2.5~4.2.16 은 상단 5.1 엘리베이터 설치/해체 작업시 안전작업 일반사항으로 공통화 필요하고, 관련 내용은 I. 엘리베이터 설치 및 유지보수 안전작업기준(안)을 참조하여 내용 보완 필요</li> <li>- 4.2.1~4.3.3, 4.3.5~4.3.16 은 상단 5.1 엘리베이터 설치/해체 작업시 안전작업 일반사항으로 공통화 필요하고, 관련 내용은 I. 엘리베이터 설치 및 유지보수 안전작업</li> </ul>	유	

<p>업기준(안)을 참조하여 내용 보완 필요</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 4.4.1~4.4.3, 4.4.5~4.4.16 은 상단 5.1 엘리베이터 설치/해체 작업시 안전작업 일반사항으로 공통화 필요하고, 관련 내용은 I. 엘리베이터 설치 및 유지보수 안전작업기준(안)을 참조하여 내용 보완 필요</li> </ul>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 상부작업대 설치 보완 필요(p7~14)</li> <li>- 엘리베이터 설치/해체 작업시 위험요인 분석(사고 사례 등으로 분석하고 그림으로 제시 필요)</li> <li>- 강관비계를 사용하여 설치/해체작업시 안전작업절차 제시 필요</li> <li>- 강관비계 사용할 때 설치/해체시 안전한 작업계획 수립 및 검토(안전일반사항, 작업시 고려사항, 작업 전, 중, 후 작업절차별 안전작업) 제시 필요</li> </ul>	유	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 안전한 작업방법이 아닌 그림은 교체 필요(예: 굵은 철사 고정(반생) 등)</li> <li>- 비계의 구조적 안전성 확인(비계는 압축부재이나 이 경우에는 휨하중을 받게 됨)에 대한 검토와 강관비계를 조립 및 해체시 작업자 추락 대책 제시 필요</li> <li>• 작업발판 연결방법(뒤집힘 방지)과 이에 대한 안전대책</li> <li>- 1단, 2단 가로 비계, 세로 비계, 경사비계 등에 대하여 명칭과 각각의 구성을 그림으로 제시 필요</li> </ul>	유	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 상부작업대 설치 보완 필요</li> <li>- 일반적인 사항은 4.24. 상부작업대 설치 보완 필요(p7~14)를 참조하여 보완 필요</li> <li>- 하부 밀림방지 브라켓, 상부지지대, 홀걸침 수평지지대 등에 대하여 명칭과 각 구성을 그림으로 제시 필요</li> <li>- 비계의 구조적 안전성 확인에 대한 검토와 강관비계를 조립 및 해체시 작업자 추락 대책 제시 필요</li> </ul>	유	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 특히 비계와 수평지지대가 지지보 역할을 수행하므로 비계와 클램프 등의 단면 규격(두께, 직경, 재질, 체결력) 등에 대한 사양 제시 필요</li> <li>• 작업발판 연결 방법(뒤집힘 방지)과 이에 대한 대책</li> </ul>	유	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 상부작업대 설치 보완 필요(p81~88)</li> <li>- 일반적인 사항은 4.24. 상부작업대 설치 보완 필요(p7~14)를 참조하여 보완 필요</li> <li>- 발판지지대, 상부지지대, 하부지지대, 후크 등에 대하여 명칭과 각각의 구성을 그림으로 제시 필요</li> </ul>	유	

## 2. 작업 단계별 안전기준(안) 개발

### 엘리베이터 설치 및 유지보수 안전작업기준(안)

#### 1. 선행연구 및 문헌분석 결과

##### 1) 엘리베이터 설치 및 유지보수 작업 관련 재해 분석(국내)

지난 9년간(2010년~2019년) 엘리베이터 작업과 관련된 사망자 수는 총 55명이었으며, 유지보수작업 중 발생한 사고사망자 수는 29명이었으며, 설치작업 중 발생한 사고사망자 수는 16명으로 전체 사고사망자의 80% 이상을 차지하였다. 지난 9년간 엘리베이터 작업과 관련한 사고사망자는 연평균 약 5.5명씩 꾸준히 발생하고 있는 추세이다. 따라서 사고사망자를 예방하기 위한 노력이 필요함을 알 수 있다.

사고발생형태를 살펴보면 떨어짐이 14명으로 약 56%를 차지하였으며, 다음으로 끼임이 11명으로 44%를 차지하였다. 엘리베이터 사고 중 유지관리업체의 부실이 10%를 나타냈으며, 다음으로 관리주체 부실, 작업자 과실이 사고 원인으로 분석되었다. 사고사망자를 줄이기 위해서는 우선적으로 떨어짐을 예방하기 위한 조치를 마련하여야 하며 관리주체 및 작업자의 과실을 방지하기 위한 전반적인 안전기준이 마련되어야 할 것으로 파악되었다.

## 2) 엘리베이터 설치 및 유지보수 작업 관련 재해 분석(국외)

엘리베이터 관련 사망재해의 가장 큰 원인은 아래층으로의 추락이었다 (53.5%). 절반 이상의 사건이 30피트 이상 높이에서의 추락과 연관되어 있었다. 유럽이나 미국, 일본 등의 엘리베이터 제조사들은 직영으로 설치작업을 하거나 설치업체에 맡기는 경우 기준에 따라 적정 설치비를 지급하는 구조를 보이고 있다. 엘리베이터 사망사고 관련 작업 수행 업체의 규모별로 분류했을 때, 직원이 10명 이하인 소규모 회사에서 엘리베이터 관련 사망자의 1/3 이상(33.8 %)이 발생한 것을 볼 수 있다. 이처럼 국내 뿐 아니라 해외에서도 엘리베이터 설치 및 유지보수 작업 시 떨어짐에 대한 사망자가 많이 발생하고 있으며 소규모 회사에서 안전부분에 관리가 미흡하다는 걸 확인할 수 있었다.

## 3) 엘리베이터 작업 관련 산업재해 예방 문헌 분석

엘리베이터 설치 중 발생한 재해의 기인물을 분석한 결과, 가설통로, 개구부, 낙하물, 비산물, 수공구, 승강기, 중량물, 회전부로 분류되었다. 엘리베이터 설치 재해의 발생 원인을 분석해 본 결과, 부적절한 통로, 낙하물 방지 미설치, 보호구 미착용, 불티 비산 방지 미실시, 엘리베이터 오작동, 인양물 운반, 중량물 운반, 전도방지 미실시, 조도불량, 추락방지 미실시, 휴먼에러 등이 주된 원인으로 나타났다. 엘리베이터 설치 및 유지보수 작업에 있어서 다양한 위험요인 존재하고 특히, 떨어짐 문제에 대한 해결책이 우선적으로 적용되어야 하며 기타 전반적인 작업에 대한 안전작업기준을 마련하는 것이 필요함을 알 수 있다.

#### 4) 국외 안전작업지침 및 매뉴얼 분석

엘리베이터 작업시 발생할 수 있는 산업재해를 예방하기 위하여 미국국립 산업안전보건연구원(NIOSH)와 미국 산업안전보건청(OSHA)에서는 사망사고 평가/제어 평가 프로그램(Fatality Assessment and Control Evaluation: FACE)과 작업안전 요구사항들을 마련하고 있다. 이들 안전작업지침 및 매뉴얼에서는 크게 개인보호장비, 장비, 교육, 안전관리 측면에서의 권고사항을 제시하고 있다.

##### ● FACE 권고사항

- 개인보호장비: 개인추락방지시스템(Personal Fall Arrest System: PFAS), 개인보호 장비제공 및 개인추락방지시스템의 올바른 사용법 교육 등
- \*개인추락방지시스템(PFAS): 근로자의 참여가 요구(안전대 착용)되고 작업자가 그 시스템을 적절하게 사용하기 위하여 교육과 훈련이 요구됨
- 장비: 작업에 알맞은 장비 제공, 안전장비 설치 등
- 교육: 안전교육 제공, 현장 비상 의료진 교육 등
- 안전관리: 작업안전검사(Job Safety Assessment: JSA), 안전한 작업장 관리, 유능한 안전관리자 고용

##### ● OSHA 요구사항

- 개인보호장비: 고용주는 개인추락방지시스템(PFAS) 제공, 개인추락방지시스템(PFAS) 검사, 개인보호장비 제공 등
- 장비: 장비에 적합여부 확인, 자격이 있는 직원만 장비와 기계작동, 가드레일시스템, 안전망 시스템 등의 안전장치 설치 등

- 교육: 안전교육 제공, 현장 비상 의료진 교육 등
- 안전관리: 작업장, 재료 및 장비 정기적 검사자 지정, 사고 예방 프로그램 운영, 유해물질 안전기준 준수, 안전관리자 지정 등

미국 건설연구훈련센터(CPWR)에서는 엘리베이터 작업시 재해를 예방하기 위한 다양한 권고사항을 제시하고 있다. 권고사항을 간단히 살펴보면, 작업자 이외의 사람이 설비를 운영하지 못하도록 잠금 및 테크아웃을 실시하는 것, 추락방지시스템 적용, 엘리베이터 승강로를 제한된 공간으로 취급, 전문적인 작업의 경우에는 관련 자격증을 소유하고 있는 전문가를 고용하여 작업을 수행하도록 하며, 구체적인 안전사항이 포함된 표준 작업 절차를 제공 등이 있다.

안전작업지침 및 매뉴얼을 종합적으로 분석해본 결과, 엘리베이터 작업시 아래와 같은 안전지침 및 매뉴얼을 국내에도 적용할 수 있을지에 대한 여부를 검토해 볼 수 있을 것으로 판단된다.

- 개인추락방지시스템(생명선, 결속장치, 밧줄 연결고리, 안전벨트, 충격 방지재 등)
- 추락방지 가이드라인
  - 승강로 전체 높이에 비계를 조립하여 레일을 설치 할 때는 적당한 높이(주로 5층까지 혹은 7.5m 높이까지)의 엘리베이터만 가능하다. 카를 사용하여 레일을 설치 할 때는 높이에 관계없이 엘리베이터 카의 발판을 사용하여 레일을 설치하는 것이 일반적이다.
  - 작업자의 이동 거리가 15m를 초과하는 경우 전문 엔지니어의 상담이 필요하다.
  - 기본 구조 카와 첫번째 레일 길이를 설정하고 기본 카의 구성 요소를 연결할 때 비계를 필요로 한다. 작업자는 카를 이용해 브래킷과 레일의

발란스를 설치한다.

● 전문가 고용

- 일반적으로 미국에서 엘리베이터 설치 및 수리 작업자는 견습 프로그램을 통해 학습을 해야 하며 현재 35개 주에서 일을 수행하기 위해서는 자격증을 요구하고 있다.
- 엘리베이터 설치 및 수리 작업자는 견습 프로그램을 통해 학습을 해야 하며 현재 35개 주에서 일을 수행하기 위해서는 자격증을 요구하고 있다.
- 견습 프로그램을 이수하는 데는 4년이 소요되며 프로그램 참여자는 최소 144시간의 기술교육과 2,000시간의 유급 현장 교육을 받아야 한다.

● 국가 엘리베이터 산업교육 프로그램(NEIEP)

- 노동부에서 공식 승인을 받아 고용주와 작업자들에게 견습 훈련을 제공한다.
- 엘리베이터 정비사, 검사관, 계약자들에게 자격증 보유를 요구한다.

● 추락방지교육(온타리오 규정 213/91)

- 고용주는 작업자가 사용하는 추락방지 시스템 관련 교육을 받았는지 확인하고 교육을 받은 날짜, 참가자 이름 등의 증거자료 들을 보유하도록 한다. 노동부가 요청 시 고용주는 교육 증거자료를 제시할 수 있어야 한다.
- 구조절차의 경우 추락방지 시스템 및 안전망을 사용하기 전에, 고용주는 서면으로 작업자를 구조하는 절차를 만들어 놓아야 한다. 추락사고 시 의료진의 도움을 즉각 받을 수 있도록 시간을 줄이는 것이 중요하게 요구된다.
- 검사의 경우 모든 추락 방지 시스템은 손상 및 결함이 없는지 검사되어야 하며, 결함 부품은 반드시 표준에 들어맞게 교체되어야 한다.

- 일반적 주의 사항으로는 작업자를 보호하고 잔해물이 승강로에 떨어지지 않도록 승강로 입구를 완전히 덮도록 권장한다. 만약 승강로 입구가 완전히 덮이지 않으면, 승강로에 오버헤드 보호 기능을 제공하고 오프닝에 가드레일을 설치하도록 한다. 오버헤드 보호는 3층 이하 혹은 작업 영역 위 9m(30피트) 이하로 설계하며 오버헤드 보호는 2.4 kN/m<sup>2</sup> (50 파운드 당 평방 피트)를 버틸 수 있어야 한다. 이때 오버헤드 보호를 작업 발판으로 절대 사용해서는 안된다.

안전작업지침 및 매뉴얼 분석을 결과를 종합해보면, 엘리베이터 설치 및 유지보수 작업시 안전측면에서 우선 고려되어야 하는 것은 추락방지를 위한 대책이었으며, 이러한 대책은 물리적인 대책과 관리적인 대책으로 구분할 수 있었다. 물리적인 대책은 추락방지를 위한 개인보호구 및 장비를 제공하는 것과 작업 발판을 마련하는 것이었으며, 관리적인 대책은 교육프로그램 및 자격조건을 마련하는 것이라는 것을 알 수 있다.

## 2) 재해 심층분석

재해 심층분석은 ① 설치공정파악, ② 설치공정위험분석, ③ 사고사례분석, ④ 4M 분석을 실시하였다. 제조사의 안전작업지침 및 매뉴얼을 검토해본 결과, 공정별 지침 및 매뉴얼이 세부적으로 마련되어 있지 않았다. 따라서, 엘리베이터 설치 및 유지·보수하는 모든 제조사와 비계를 설치 및 해체하는 모든 업체는 공정별로 안전작업을 수행할 수 있는 지침이 필요하다는 것을 알 수 있었다.

설치공정별 위험분석을 실시한 결과, 추락, 낙하, 끼임이 가장 위험도가 높게 나타났다. 특히 추락은 모든 작업공정에서 발생할 수 있는 사고의 유형으로써 추락을 방지하기 위한 조치 및 지침을 마련하는 것은 선제적으로

고려해야 한다는 것을 알 수 있었다.

설치작업, 유지 및 보수작업, 해체작업에 대한 공정별 4M 분석을 실시한 결과를 Man, Machine, Media, Management 측면으로 종합하면 아래와 같은 결과를 나타냈다.

● Man

- 작업발판 고정 미확인, 중앙 분리빔 위에서 작업, 작업정보의 미인지, 운반구에 올라감, 전원 미차단 작업 등의 불안정한 행동 및 작업정보 부적절로 인한 잘못된 판단이 사고의 원인 중 높은 비율을 차지하고 있어 불안정한 행동을 방지하기 위한 교육과 인간의 특성을 고려한 정보 제시 및 작업지침을 마련하는 것이 필요하다는 것을 알 수 있다.

● Machine

- 운반수단의 결함, 지지대가 무너짐, 주 로프가 빠짐, 절연방호구의 결여, 작업발판 및 안전대 걸이 미설치 등의 기계/설비의 결함, 방호장치 불량, 안전장치의 미설치 등이 많이 발생하였으며, 특히 추락의 사고의 원인이 되는 방호장치의 불량, 작업발판 및 안전대 걸이 미설치가 높은 비율을 나타내고 있어서 방호장치와 전용 작업발판의 개선이 필요하다는 것을 알 수 있다.

● Media

- 작업공간의 정리정돈 불량, 조도 미확보 등의 작업환경 불량이 사고의 주된 원인으로 엘리베이터 설치 및 유지보수 작업시 주변 환경을 정리하고 안전한 작업환경을 마련하고 관리하는 기준이 필요하다고 판단된다.

● Management

- 위험작업의 1인 작업, 감독의 미흡, 작업계획 미흡, 교육 훈련 미흡으로 인한 작업 미숙련 등의 관리적 요인이 사고를 발생시키는 직간접적인

요인으로 작용하는 사례가 많았기 때문에 교육과 작업계획 마련에 대한 기준을 수립하는 것이 필요하다는 것을 알 수 있다.

## 2. 실태조사 결과

### 1) 설문조사 분석

국내 4대 엘리베이터 제조사와 16개 설치 및 유지보수 업체들을 대상으로 설문조사를 수행하였다.

엘리베이터 설치작업에 필요하거나 소요되는 작업일수는 건축물의 층수를 기준으로 저층부에 해당하는 7층 이하에서 4대 제조사는 평균 19.3일이 필요하지만, 설치업체에서는 평균 12일이 소요되는 것으로 조사되었다. 중층부에 해당하는 8층 이상 15층 이하에서 4대 제조사는 평균 32.4일이 필요하지만, 설치업체에서는 평균 19.5일이 소요되는 것으로 조사되었다. 또한, 승객 정원을 기준으로 10인승 이하에서 제조사는 평균 16.8일이 필요하지만, 설치업체에서는 평균 12.3일이 소요되며, 11인승 이상 15인승 이하에서 4대 제조사는 평균 23일이 필요하지만, 설치업체는 평균 16.4일이 소요되는 것으로 조사되었다. 본 조사를 토대로 설치작업에 필요한 작업일수보다 실제 현장에서는 빠르게 작업을 수행하고 있음을 알 수 있었다. 이와 같이 작업시간의 단축은 작업안전측면에서 문제의 소지가 될 수 있는 것으로 구조적인 검토가 필요할 것으로 판단된다. 또한 작업표준에 의거하여 작업이 수행될 수 있도록 표준작업지시서가 마련되어야 하고 이를 준수하는 지에 대한 여부를 감독하는 것이 필요하다고 판단된다.

안전작업지침 또는 매뉴얼을 제조사에서 개발하고 설치업체에 제공하고 활용되고 있는지에 대한 설문조사 결과 제조사에서는 안전작업지침 및 매뉴

열을 100% 개발하여 제공하고 있지만 현장에서는 활용도가 이에 미치지 못하고 자체 개발하여 활용하고 있는 설치업체도 있었다. 안전작업지침 또는 매뉴얼이 제공됨에도 불구하고 현장 활용도가 다소 낮고 자체 개발까지 하여 활용하고 있는 이유는 현장과 불일치되는 경우가 많기 때문이었다. 안전작업지침 및 매뉴얼이 현장에서 잘 활용되기 위해서는 현장 적용성이 확대되어야 하며, 이행시 인센티브 또는 전문교육이 필요하다는 의견이 많았다. 따라서 현장 작동성을 고려한 안전작업지침 또는 매뉴얼이 개발되어야 하며 이에 따른 전문교육이 필수적으로 필요하다는 것을 알 수 있다.

엘리베이터 작업시 활용되고 있는 작업발판과 관련된 설문조사 결과를 종합해 보면, 대부분 제조사에서 작업발판을 설치업체에 제공하고 있으나 현재 사용되고 있는 작업발판은 비규격화, 발판구조의 문제, 안전성 부족의 문제가 존재한다고 하였다. 또한 작업공간 부족, 작업통로 부족, 안전조치 부족 등의 사용상의 불편함이 있기 때문에 안전성과 편의성을 고려한 전용 작업발판이 개발되어야 한다는 종합적인 의견이 있었다.

현장 안전실태를 파악하기 위한 설문조사 결과를 종합해 보면, 사고발생의 원인은 설치업체에서는 공사기간 단축이 가장 큰 원인이라고 응답하였으며, 반면 제조사에서는 작업자의 불안전행동이라고 응답하여 제조사와 설치업체간에 의견 차이가 있음을 알 수 있었다. 빈번하게 작업 중 안전장치를 해체하는 경우가 발생하는데 이에 대한 원인은 작업형태에 알맞지 않기 때문이라고 응답하였다. 작업발판의 구조를 변경하는 경우도 빈번하게 발생하는데, 발판을 변경하는 경우가 가장 많았으며 다음으로 안전난간이었다. 구조를 변경하는 이유는 작업공간 확보, 레일 브라켓 설치, 형판 작업을 위해서였으며, 작업발판의 불량도 현장에서는 매우 빈번하게 발생한다고 응답하였다. 따라서 안전장치 해체를 설계상에서 할 수 없도록 조치하거나 감독하

는 것이 필요하며, 작업발판은 작업의 구조적 검토 및 작업성을 고려하여 전용 발판이 개발되어야 하며, 이에 따른 관리기준도 마련되어야 할 것으로 판단된다.

## 2) 해외 전용발판 현황 및 국내도입 가능성 분석

해외에서 사용되고 있는 엘리베이터 전용발판에 대한 국내도입 가능성을 파악하기 위한 분석결과 일부 특정 제조사에만 적용 가능한 발판으로 개발되었거나, 작업공간 및 환경의 국내실정에 알맞지 않아 국내에 도입하여 사용하기에는 안전성 및 편의성 측면에서 문제가 있다고 판단되었으며, 이를 통하여 국내 실정에 알맞은 전용 작업발판이 개발되어야 한다는 것을 알 수 있다.

## 3. 안전작업기준 제시

### 1) 선행연구 및 문헌분석 결과 반영내용

- 엘리베이터 설치 및 유지보수작업 중 발생한 사고사망자 수가 전체 80% 이상을 차지하고 있어 이에 대한 안전작업기준 마련 및 규제 강화 필요
- 사고발생형태를 살펴보면 떨어짐이 56%, 끼임이 44%로 차지하고 있어 떨어짐 방지를 위한 추락방지 시스템 및 개인 낙하 방지 대책을 마련 및 제공하고 관리감독이 필요
- 떨어짐 방지를 위해서는 국내실정에 알맞은 엘리베이터 작업 전용 작업발판을 제공하고 이에 대한 관리감독 규제 강화 필요

- 떨어짐 및 끼임 뿐 아니라 다양한 위험요인이 엘리베이터 설치 및 유지보수작업중 존재함으로 공정별 안전작업매뉴얼 마련 및 관리감독 규제 강화 필요
- 떨어짐 사고를 예방하기 위하여 개인보호 장비제공 및 추락방지시스템 마련을 의무화 및 제도화
- 작업중 안전모나 안전대 등의 개인보호장비 착용 의무화 및 관리감독자 배치와 관련된 제도 마련 필요
- 위험도가 높은 설비/장비를 운용하거나 작업을 수행할 때에는 안전하게 작업을 수행할 수 있는 교육을 제공하고 자격이 있는 사람만이 장비와 기계를 작동할 수 있도록 권한을 명시하고 제도화 필요
- 작업환경, 재료 및 장비의 정기적 검사자 지정, 사고예방 프로그램 운영, 유해물질 안전기준 준수, 안전관리자 지정 등의 규정을 제도화하고 관리규정 강화 필요

## 2) 실태조사 결과 반영내용

- 현장에서 작업시간 단축을 위하여 작업표준이 지켜지지 않아 발생하는 사고가 빈번한 것으로 판단됨에 따라 작업표준에 의거하여 작업이 수행될 수 있도록 표준작업지시서가 마련되어야 하며 이를 준수하는지에 대한 관리감독 강화 필요
- 안전작업지침 및 매뉴얼이 현장에서 준수되기 위하여 현장 실정을 반영한 매뉴얼이 개발되어야 하고 이를 작업자들이 준수할 수 있도록 인식개선 및 교육 확대 필요
- 작업발판 설치 및 작업발판 위에서 작업 시 발생하는 사고를 예방하기 위하여 안전성을 고려한 전용 작업발판을 개발 및 보급하여 엘리베이터 작업시 전용 작업발판이 사용될 수 있도록 전사적으로 확대

## 조치 필요

- 작업발판의 구조변경 변경 및 불량품 사용에 대한 점검 및 규제 강화 필요

## 3) 재해분석 결과

- 재해 심층분석 결과에 의하면 추락, 낙하, 끼임이 엘리베이터 설치 및 유지보수 작업 시 가장 위험도가 높은 작업임으로 추락, 낙하, 끼임에 대한 공학적, 관리적 측면에서의 안전기준 마련이 필요
- 작업자의 실수 및 불안정한 행동에 의한 사고를 예방하기 위하여 현장실정을 반영한 안전작업지침을 개발하고 교육프로그램을 확대 운영할 수 있는 제도 마련이 필요
- 엘리베이터 설치 및 유지보수 작업 시 사용되는 다양한 설비/기계/기구의 관리기준을 마련하고 정기 및 수시점검이 실시될 수 있는 제도 및 관리·점검 매뉴얼 개발이 필요
- 안전한 작업환경을 유지하기 위한 공정별 기준 및 관리 항목을 수립하고 이를 주기적으로 점검할 수 있는 주체 선정과 제도 마련이 필요

## 4) 안전작업기준(안) 제시

엘리베이터 설치 및 유지보수 작업시 사업주는 안전작업기준(안)을 제공 및 교육하여야 하며, 안전보건관리책임자, 관리감독자, 안전관리자, 안전보건관리담당자, 작업자 등의 관계자는 제공받은 안전작업기준을 명확하게 이해하고 이를 준수하여야 한다.

1. 엘리베이터 설치 및 유지보수 작업 전 안전한 작업환경을 조성하고 안

전작업 계획을 수립하고 작업지휘자를 지정하여 작업을 실시하여야 한다.

- 관계자의 주체별 역할 및 업무에 대한 명확한 규정이 마련되어야 한다.
2. 사업주는 작업자에게 작업에 적합한 안전보호구를 제공하여야 하고 작업자는 사업주에게 제공받은 안전보호구를 착용하고 작업을 실시하여야 한다.
    - 안전보호구는 안전인증을 받은 제품으로 제공하여야 하며, 안전보호구의 성능을 수시로 점검하고 품질에 문제가 있다고 판단될 때에는 즉시 폐기하고 새로운 제품으로 제공하여야 한다.
  3. 떨어짐 사고를 예방하기 위하여 추락방지망을 설치하고 울타리나 안전난간 등을 설치하여 떨어짐에 대한 방호조치를 실시하여 한다.
  4. 방호천장 설치 및 덮개 등의 방호조치를 실시하여 낙하물에 의한 사고를 예방하여야 한다.
  5. 위험도가 높은 설비/장비를 운용하거나 작업을 수행할 때에는 안전하게 작업이 이루어 질 수 있도록 교육을 제공하고 자격을 취득한 자만이 설비/장비를 작동할 수 있도록 권한을 부여하고 이를 관리·감독하여야 한다.
  6. 제조사는 현장 실정을 반영한 안전작업 매뉴얼을 제공하여야 하며 이를 작업자들이 수행할 수 있도록 교육프로그램을 운영하여야 한다. 다만, 현장 실정은 현장의 환경 및 조건을 조사하여 반영하여야 하며, 현장 실정에 변화가 발생한 경우 매뉴얼을 즉시 변경하여 다시 제공되어야 한다.
  7. 엘리베이터 설치 및 유지보수 작업자를 대상으로 작업기술 및 안전관련 기술을 습득할 수 있는 교육프로그램을 제공하여야 한다.
  8. 엘리베이터 설치 및 유지보수 작업 시 1인 작업을 실시하여서는 아니 되고 작업지휘자의 지휘하에 작업을 실시하여야 한다.

9. 상부작업대 설치 시 안전성을 높이기 위하여 제조사는 사업주(건축주)에게 건축물의 구조적 문제가 발생하지 않는다면 승강로 벽면에 비계를 삽입할 수 있는 홀(Hole)을 생성해 줄 것을 요구하여야 한다.
  - \* 수평비계 또는 시스템 비계(수평재)의 양단지지 구조가 형성됨으로써 안전성 확보 가능(구조안전성 확보)
  - \* 하부지지대(경사비계)설치 불필요(작업안전성과 시공편리성 증대)
10. 엘리베이터 설치 및 유지보수 작업 시에는 가능한 전용 시스템 비계를 활용하여야 한다. 다만 작업장의 상황에 따라 강관비계 등을 활용할 수 있다.
11. 전용 시스템 비계 및 강관비계를 사용할 때에는 설치기준을 준수하여 작업을 수행하여야 한다.
12. 제조사는 작업자가 안전하게 작업을 수행할 수 있도록 표준작업지시서를 제공하여야 하며 작업자는 제공받은 표준작업지시서에 의거하여 작업을 수행하고 안전관리자를 선임하여 이를 준수하는지에 대하여 관리·감독하여야 한다.

### 3. KOSHA GUIDE(안) 개발

KOSHA GUIDE
-------------

C - 00 - 2020
---------------

엘리베이터 설치 및 유지보수 시 안전작업 기술지침(안)
-----------------------------------

2020. 11

한국산업안전보건공단

### 안전보건기술지침의 개요

- 작성자 :
- 제·개정 경과
  - 2020년 0월 건설안전분야 제정위원회 심의(제정)
- 관련규격 및 자료
  - KOSHA GUIDE C-20-2011 비계 안전설계 지침
  - KOSHA GUIDE C-32-2011 시스템비계 안전작업 지침
  - 엘리베이터 전용 시스템 비계 설치·해체 매뉴얼
- 관련법규·규칙·고시 등
  - 산업안전보건법
  - 승강기시설안전관리법
  - 산업안전보건기준에 관한 규칙
- 기술지침의 적용 및 문의
  - 이 기술지침에 대한 의견 또는 문의는 한국산업안전보건공단 홈페이지([www.kosha.or.kr](http://www.kosha.or.kr)) 안전보건기술지침 소관 분야별 문의처 안내를 참고 하시기 바랍니다.
  - 동 지침 내에서 인용된 관련규격 및 자료, 법규 등에 관하여 최근 개정분이 있을 경우에는 해당 개정분의 내용을 참고하시기 바랍니다.

공표일자 : 2020년 00월 00일

제 정 자 : 한국산업안전보건공단 이사장

**목차**

<b>1. 목적</b> .....	<b>177</b>
<b>2. 적용 범위</b> .....	<b>177</b>
<b>3. 용어의 정의</b> .....	<b>177</b>
<b>4. 엘리베이터 공통 안전작업 사항</b> .....	<b>179</b>
<b>5. 엘리베이터 설치 안전작업 절차</b> .....	<b>181</b>
1) 엘리베이터 설치 안전작업 절차 .....	181
2) 착공 준비 및 착공 .....	182
3) 상부 작업대 설치(MRL Type에 한함) .....	183
4) 장비/자재 반입 및 양중 .....	191
5) 형판 설치 .....	192
6) 구동부 설치 .....	193
7) 기초 레일 설치 .....	193
8) 임시 카 프레임 설치 .....	193
9) 저속 시운전 .....	194
10) 로프 걸기 .....	194
11) 레일 설치 .....	195
12) 출입구 설치 .....	196
13) 승강로 케이블 설치 .....	196
14) 카 판넬 설치 .....	197
15) 고속 시운전 .....	197
<b>6. 엘리베이터 유지보수·철거 안전작업 절차</b> .....	<b>198</b>
1) 엘리베이터 유지보수(교체)·철거 안전작업 절차 .....	198
2) 상부 작업대 해체작업 .....	199
3) 구동부 부품, 로프 및 레일 교체(철거) .....	199
4) 출입구 교체 .....	200
5) 카 철거 .....	201

## 엘리베이터 설치 및 유지보수 시 안전작업 기술지침(안)

### 1. 목적

이 지침은 「산업안전보건기준에 관한 규칙」(이하 “안전보건규칙”이라 한다) 제7장 제1절 재료 및 구조 등 제3절 강관비계 및 강관틀비계, 노동부 고시 제2012-92호 가설공사 표준안전작업지침 및 가설공사 표준시방서의 규정에 의거 엘리베이터의 설치 및 유지보수 작업 중에 발생할 수 있는 근로자의 위험요소를 예방하기 위해 작업단계별 준수하여야 할 안전지침에 관한 사항을 정함을 목적으로 한다.

### 2. 적용범위

이 지침은 엘리베이터 설치 및 유지보수 작업을 위해 일반적으로 행해지는 모든 작업에 대하여 적용한다.

### 3. 용어의 정의

1) 이 지침에서 사용하는 용어의 정의는 다음과 같다.

- (1) “MRL Type”이라 함은 기계실이 없는(Machine Room Less) 형식의 엘리베이터를 의미하며, 엘리베이터의 설치를 위한 별도의 기계실이 없이 권상기 등 구동부 작업을 위해 승강로 내부에 기계실을 형성하는 엘리베이터를 말한다.

- (2) “MR Type”이라 함은 승강로 외부에 별도의 기계실(Machine Room)이 있는 형식의 엘리베이터를 말한다.
- (3) “승강로 벽면 홀(hole)”이라 함은 상부작업대 설치 시 하부 지지대 없이 비계의 안전성 향상을 위해 최상층 승강로 출입구 맞은편 벽에 비계를 삽입할 수 있도록 생성한 홀(hole)을 뜻한다.
- (4) “권상기”라 함은 권동(드럼)에 와이어로프를 감아 중량물을 끌어올리는 기계로 ‘윈치(winch)’라고도 불린다.
- (5) “피아노선”이라 함은 건축물의 수직·수평 상태를 확인하기 위한 수직 기준선을 말한다.
- (6) “삼방틀”이라 함은 승강기의 문틀을 말한다.
- (7) “형판 작업”이라 함은 각종 기기 및 부품을 설치 설계도에 의하여 상호 연계되는 정확한 위치에 설치하기 위한 기준을 설정하는 작업을 말한다.
- (8) “시브(sheave)”라 함은 권상기의 도르레를 말한다.
- (9) “조속기”라 함은 승강기가 정격속도 이상으로 과속되었을 때 미리 설정된 속도에서 검출하는 장치를 말한다.
- (10) “구동부”라 함은 기계실 내 설치된 권상기, 조속기, 제어반, 브레이크 등 승강기를 구동하기 위한 부품들을 말한다.
- (11) “저속시운전”이라 함은 기초레일 및 임시 카 프레임 등을 설치하여 저속으로 운행하였을 때 이상 여부를 확인하기 위한 단계를 말한다.
- (12) “고속시운전”이라 함은 승강기 설치 완료 후 승강기가 고속으로 운행을 하였을 때 이상 여부를 확인하는 단계를 말한다.
- (13) “카운터케이스”라 함은 균형추를 넣어 고정시키는 케이스를 말한다.
- (14) “CWT(Counter Weight)”라 함은 승강기를 작동할 때 반대편에 무게를 제공하여 승강기의 전체적인 무게 균형을 맞추는 역할을 하는 균형추를 말한다.

(15) “콤파체인”이라 함은 균형체인(Compensating Chain)으로 카의 위치에 따라 메인로프의 무게 불균형이 커질 때 이것을 보상하기 위한 체인을 말한다.

(16) “본체공법”이라 함은 본체를 레일 꼭대기에서 본체를 조금씩 내리면서 양옆의 레일을 제거하는 공법을 말한다.

2) “그 밖에 이 지침에서 사용하는 용어의 뜻은 이 지침에 특별한 규정이 없으면 「산업안전보건법」(이하 “법”이라 한다), 같은 법 시행령(이하 “령”이라 한다), 같은 법 시행규칙(이하 “규칙”이라 한다), 방호장치 안전인증 고시 및 방호장치 자율안전기준 고시(이하 “안전인증고시”라 한다) 또는 「산업표준화법」에 따른 한국산업표준에서 정하는 기준 등에서 정하는 바에 따른다.

#### 4. 엘리베이터 공통 안전작업 사항

##### 1) 위험요인

- (1) 승강로 내에서 작업 중 넘어짐, 몸의 쓸림 등으로 인한 추락의 위험
- (2) 작업 중 승강로 내의 자재 및 공구의 낙하, 양중 작업 시의 화물 낙하 등의 위험
- (3) 작업 중 끼임 및 깔림, 설비와 충돌 등의 위험
- (4) 전동 공구의 점검 및 수리 시 급작동에 의한 사고의 위험
- (5) 작업장 내의 어두운 조명이나 너무 밝은 조명 등 부적절한 조명으로 인한 넘어짐 및 추락 등의 위험

##### 2) 안전대책

- (1) 작업 전 현장 사전조사 후 작업환경에 따른 안전대책 및 작업 계획을 수립한다(산업안전보건기준에 관한 규칙 제38조).
- (2) 사업주는 작업자에게 작업에 적합한 안전보호구를 제공하여야 하고 작업자는 제공된 보호구를 착용하고 작업을 실시한다(산업안전보건기준에 관한 규칙 제32조).
- (3) 추락사고 예방을 위해서 추락방지망을 설치하고 울타리나 안전난간 등을 설치한다(산업안전보건기준에 관한 규칙 제13조, 제43조, 제48조).
- (4) 방호천장 설치 및 덮개 등의 방호조치를 실시하여 낙하물을 예방한다(산업안전보건기준에 관한 규칙 제14조).
- (5) 위험도가 높은 설비/장비를 운용하거나 작업을 수행할 때에는 안전하게 작업이 이루어 질 수 있도록 교육을 제공하고 자격을 취득한 자만이 설비/장비를 작동할 수 있도록 권한을 부여하고 이를 관리·감독하여야 한다(산업안전보건법 제29조, 승강기시설안전관리법 제52조).
- (6) 제조사는 현장 실정을 반영한 안전작업매뉴얼을 제공하여야 하며 이를 작업자들이 수행할 수 있도록 교육프로그램을 운영하여야 한다(산업안전보건법 제25조).
- (7) 엘리베이터 설치 및 유지보수 작업자를 대상으로 작업기술 및 안전관련 기술을 습득할 수 있는 교육프로그램을 제공하여야 한다(산업안전보건법 제29조, 승강기시설안전관리법 제52조).
- (8) 엘리베이터 설치 및 유지보수 작업시 1인 작업을 실시하여서는 아니 되고 작업지휘자의 지휘하에 작업을 실시하여야 한다(산업안전보건기준에 관한 규칙 제39조, 제162조)
- (9) 상부작업대 설치 시 안전성을 높이기 위하여 제조사는 사업주(건축주)에게 건축물의 구조적 문제가 발생하지 않는 조건에서 비계를 삽입할 수 있는 홀(Hole)을 생성해 줄 것을 요구하여야 한다.

- (10) 홀(Hole)이 없는 경우 엘리베이터 설치 및 유지보수 작업 시에는 전용 시스템 비계를 우선적으로 활용하여야 한다. 다만 작업장의 상황에 따라 강관비계 등을 활용할 수 있다.
- (11) 작업장 주변 정리·정돈과 통로 및 승강로 내 조명을 설치하여 적절한 조명(최소 75lux 이상)을 확보한다(산업안전보건기준에 관한 규칙 제8조, 제49조).

## 5. 엘리베이터 설치 안전작업 절차

### 1) 엘리베이터 설치 안전작업 절차

구분	공정	작업개요
1	착공 준비 및 착공	현장답사, 착공 전 준비사항 점검 및 안전차폐판 및 생명선 설치
2	상부작업대 설치	상부작업대 설치 (MRL Type에 한함)
3	장비 / 자재반입 및 양중	설치 자재를 적소에 반입/양중
4	형판 설치	엘리베이터 설치(레일, 도어 등) 기준선 확보
5	구동부 설치	구동부 부품(권상기, 제어반 등) 설치
6	기초 레일 설치	기초 레일 반입 및 조립
7	임시 카 프레임 설치	카 프레임 및 CWT(균형추) 설치
8	저속 시운전	저속 시운전 및 저속 운전 시 운행 상태 확인
9	로프 걸기	권상기, 카, CWT 쉬브(도르래) 간 로프 걸기
10	레일 설치	카와 CWT의 수직이동 가이드레일 고정 작업
11	출입구 설치	엘리베이터 출입구 도어 및 Jamb(문틀) 설치

12	승강로 케이블 설치	제어반, 카, 승강 표시기류 케이블류 배선/결선
13	카 판넬 설치	카드어/판넬/천정판 조립 및 기타 카 부품 설치
14	고속 시운전	고속 시운전 및 시운전 시 운행 상태 확인

## 2) 착공 준비 및 착공

### (1) 착공 준비

가) 제조사 책임자와 현장 책임자는 작업계획 및 작업내용을 검토한다.

- ① 비계 등에 사용하는 재료 및 수량, 안전 증명서 등
- ② 비계 등의 설치를 위한 높이, 길이, 폭 등의 치수
- ③ 출입구, 벽 연결, 안전난간, 계단과 계단참 등의 사양 및 위치
- ④ 비계의 구조 안전성, 조립·해체 시공 순서도, 작업발판 전면 설치 등의 항목 검토

나) 작업현장 및 주변 상황 등을 확인한다.

- ① 부지 내 공지의 상황(자재의 적치 장소 등)
- ② 재료 반입을 위한 출입구 위치 및 크기
- ③ 작업 시 위험요인 도출 및 안전대책 계획(추락 및 낙하 등의 위험 방지, 조명, 절연 등)

### (2) 착공 (사무실 및 창고, 안전 차폐판, 생명선 설치)

가) 착공 전 작업에 적합한 보호구 지급 및 관리대장을 마련한다.

나) 착공 전 장비 및 자재를 모아둘 창고 및 사무실을 선정한다.

다) 작업장 출입구에 안전펜스를 설치하고, 주변은 항상 정리정돈한다.

라) 안전망은 기계실 하부 및 승강로 바닥에서 1.8m 높이에 설치한다.

마) 작업 장소에 안전 차폐판 및 안전대 고정 브라켓을 설치한다.

바) TMB(Tool Box Meeting) 등 안전교육(해당 작업에 대한 공정별

안전수칙 등)을 실시하며 안전점검일지, 안전교육일지 및 작업일보를 기록한다.

사) 현장 사무실에는 구급 약품을 비치하며, 안전보건방침, 안전조직도, 비상연락망, 공정표, 설치 공정별 안전수칙 등을 비치한다.

아) 현장 책임자는 현장 내 모든 위험 요인에 대한 안전 조치를 확인 후 작업을 실시한다.

### 3) 상부작업대 설치 (MRL Type에 한함)

#### (1) 공통사항

가) 상부작업대 설치에 사용되는 자재는 방호장치 안전인증(또는 KS F 8021)을 취득한 제품을 이용하며, 품질 시험을 실시 후에 사용한다.

나) 상부작업대 설치 전 설계하중과 구조설계를 검토하여 현장조건에 부합하는 2차원, 3차원 구조해석을 통해 안전성을 검증해야 한다.

다) 설계 시 사용되는 자재의 안전율을 확인하고 작업자의 안전성을 최우선으로 고려하여 시스템 비계를 검토한다.

라) 안전난간 설치는 산업안전보건기준에 관한 규칙 제13조를 따른다.

마) 작업발판 설치는 산업안전보건기준에 관한 규칙 제56조를 따른다

#### 바) 주부재

① 수직재: 수평재와 직교되어야 하며, 체결 후 흔들림이 없어야 하며, 최하부는 받침철물의 조절너트와 밀착되어 설치해 수직·수평을 유지하여 설치한다.

② 수평재: 수직재에 결합되어 이탈되지 않도록 하며 안전난간 용도로 사용될 시 작업발판으로부터 90~120cm에 설치한다.(중간난간대는 상부난간대와 작업발판 중간에 설치)

③ 경사재: 비계의 외면으로 수평면에 대해 40°~60° 방향으로 설치하며 수평재 및 수직재에 결속하며, 시공 여건을 고려하여 구조검

토를 한 후 그에 의거 설치하여야 한다.

사) 작업발판 설치 시 준수사항

① 비계의 장선(또는 수평재) 등에 견고히 고정하여야 하며, 2개 이상의 지지물에 고정하여 이탈 또는 탈락하지 않도록 하며, 중량 작업 시에는 최대 적재하중을 표시하며, 적재하중을 초과하지 않도록 한다.

② 작업발판 위에는 통행에 유해한 돌출된 못, 철선 등이 없어야 하며, 재료, 공구 등의 낙하에 대비할 수 있는 적절한 안전시설을 설치한다.

아) 작업 구역 내 관계자의 출입을 금하고 비계 내에서 근로자가 이동 시 지정된 통로를 이용하도록 한다.

자) 근로자는 적합한 개인보호구를 착용하며, 같은 수직면상의 상·하 동시 작업을 금지한다.

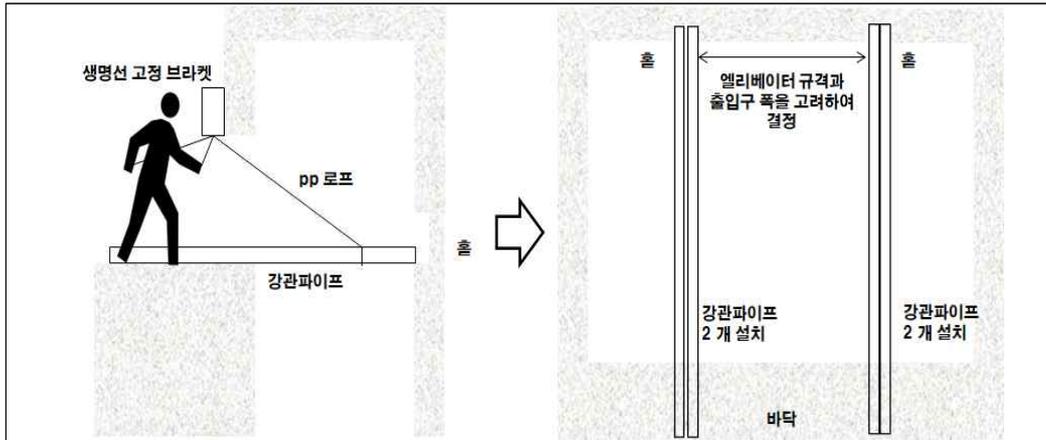
차) 작업자는 사용 전 비계 담당자에게 비계의 설치 상태 및 검사를 확인하고 비계의 최대 허용 중량을 확인하고 정보를 가시화한다.

카) 작업 시 자재의 설치 및 고정 시 손 끼임, 베임 등의 손상을 방지하기 위해 장갑, 망치 이용 시 흠날림에 의한 눈 손상을 방지하기 위해 보안경 등 승인된 안전장비를 착용하여 작업한다.

(2) 강관비계 조립식 상부 작업대(승강로 벽면 홀이 있는 경우)

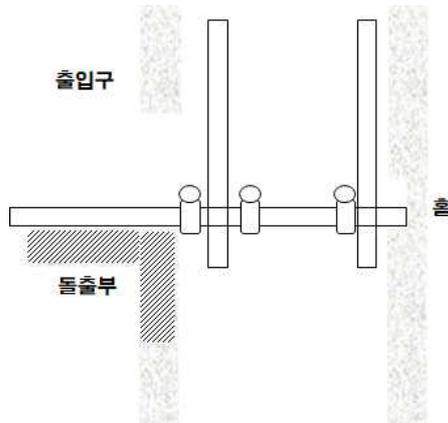
가) 비계 설치 전 자재의 상태(휘어짐, 파손 등)를 확인한다.

나) 작업자는 홀에 비계를 설치하는 작업 전 반드시 안전대를 착용하고 지정된 위치에 걸이한 후 작업하여야 한다.



〈승강로 벽면 홀에 강관비계 설치 방법〉

- 다) 강관비계에 고정 클램프가 완전히 체결되었는지 확인한다.
- 라) 강관비계는 좌·우측 2열로 흔들리지 않도록 벽면에 밀착시키고 승강로 출입구 측의 받침이 되는 받침 비계는 최소 300mm 이상 돌출시켜 이탈되지 않도록 조치하여야 한다.
- 마) 승강로 입구의 받침이 되는 돌출부가 평탄하지 않을 시 망치를 이용해 평탄하게 만들며, 평탄 작업자는 보안경을 착용하여야 한다.



〈강관비계 조립식 상부작업대(벽면 홀이 있는 경우)의 돌출부〉

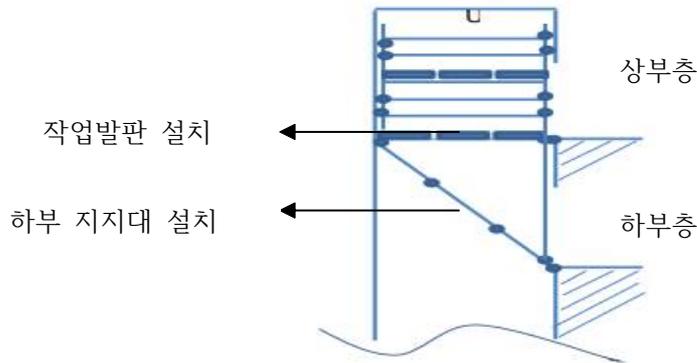
- 바) 벽면 홀에 삽입한 강관비계에 수평재(가로 비계)를 벽면에 완전하게 밀착하여 흔들리지 않게 고정하여 빠지지 않도록 한다.
- 사) 생명선은 승강로 출입구에서 승강로 내로 이동 시 1개씩 순차적으로 이동하여 설치
- 아) 수평재 설치 시 전·후의 수평이  $0\pm 5\text{mm}$ 를 벗어났는지 확인하며, 벗어난 경우 재조립한다.
- 자) 안전발판은 확실하게 고정하고, 클램프에 너트가 완전 체결되었는지 확인해야 하며, 너트 고정 시 손가락 끼임에 주의한다.
- 차) 안전난간대는 기준높이에 조립하며(상부난간대: 1200~900mm, 중간난간대: 상부난간대의 1/2 위치), 후면 수직재와 승강로 뒷벽까지의 거리가 있는 경우 후면 안전난간대를 추가로 설치한다.
- 카) 이동식 사다리는 발판의 간격이 일정하고 미끄러지지 않는 구조로 하며 클램프로 견고하게 고정하여야 한다.
- 타) 비계를 고정하는 클램프와 비계의 끝 여유길이는 50mm 이상으로 한다. (한국산업안전공단 강관 및 비계 사용 안전 지침 7.5(4항))



〈클램프와 비계의 끝 여유길이〉

(3) 강관비계 조립식 상부 작업대(승강로 벽면 홀이 없는 경우)

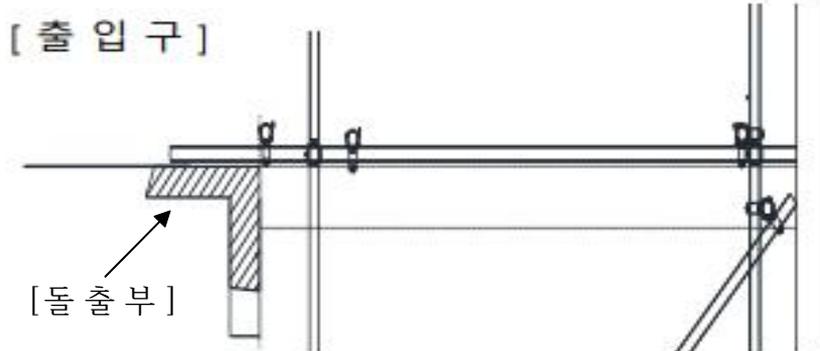
가) 승강로 벽면에 홀이 없는 경우에는 경사재(하부 지지대)를 설치하여 지지하도록 한다.



<작업발판 및 하부 지지대 설치>

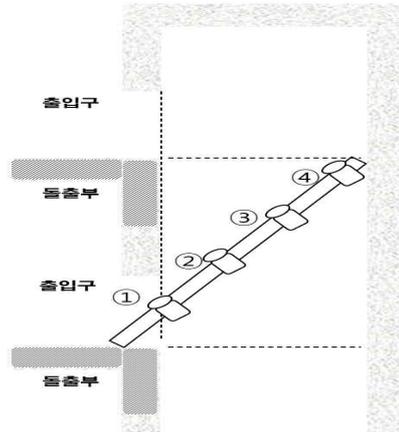
나) 강관비계는 좌·우측 2열로 흔들리지 않도록 벽면에 밀착시키고 승강로 출입구 측의 받침이 되는 받침 비계는 최소 300mm 이상 돌출시켜 이탈되지 않도록 한다.

다) 승강로 입구의 받침이 되는 돌출부가 평탄하지 않을 시 망치를 이용해 평탄하게 만들며, 평탄작업자는 보안경을 착용하여야 한다.



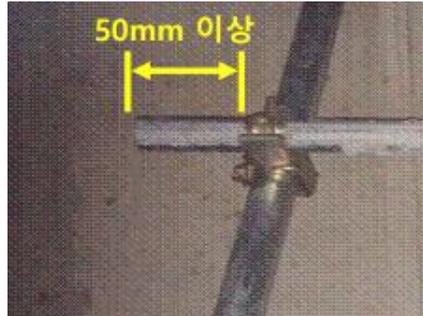
<강관비계 조립식 상부작업대(벽면 홀이 없는 경우)의 돌출부>

- 라) 하부 지지대는 2열씩 하부층 출입구 좌·우측 승강로 벽면에 밀착시키고, 출입구 피아노선에 간섭되지 않도록 2열 경사재의 간격을 조정한다.
- 마) 하부 지지대는 승강로 입구측으로 돌출되도록 위치시킨다.
- 바) 하부 지지대 설치 후 하부 지지대에 수평재를 4단으로 순서에 따라 (1~4번) 설치하며, 1번 수평재는 출입구 안쪽 벽면에 완전히 밀착하여 설치한다.



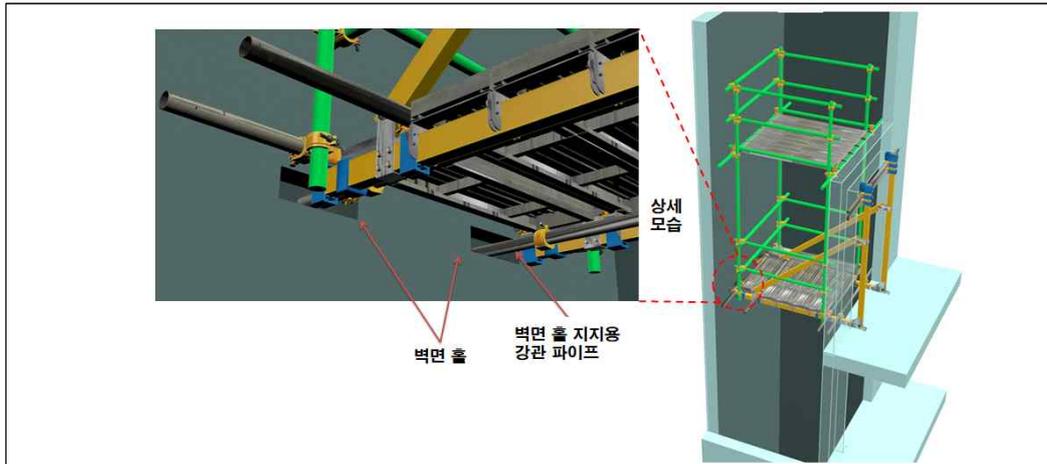
〈하부 지지대 설치 순서〉

- 사) 홀이 없는 경우 하부 지지대와 받침 비계를 설치 후에 수평재를 설치한다.
- 아) 승강로 벽면의 콘크리트 돌출부 및 이물질 제거 후 벽면 홀에 밀착시킨 강관비계에 수평재(가로 비계)를 벽면에 완전하게 밀착하여 흔들리지 않게 고정하여 붕괴사고를 방지한다.
- 자) 작업 전 안전대 체결이 되었는지 확인 후 작업한다.
- 차) 비계를 고정하는 클램프와 비계의 끝 여유 길이는 50mm 이상으로 한다. (한국산업안전공단 강관 및 비계 사용 안전지침 7.5(4항))



〈클램프와 비계의 끝 여유길이〉

- (4) 시스템 비계식 상부 작업대(승강로 벽면 홀이 있는 경우)
- 가) 시스템 비계 설치 전 자재의 상태(휘어짐, 파손 등)를 확인한다.
  - 나) 시스템 비계의 앵커볼트를 체결하기 전 시스템 비계의 수직상태를 확인하고 피아노선과의 간섭이 발생하지 않도록 위치를 확인한 후, 좌우 한쪽을 먼저 앵커볼트로 체결한 후 다른 한쪽을 체결한다.
  - 다) 앵커볼트 시공 시에는 앵커볼트 삽입을 위한 구멍 내 먼지를 정리하고, 앵커볼트의 너트는 2중 너트로 견고하게 끼운다.
  - 라) 전동 드릴을 이용하여 앵커볼트 시공 시에는 누전차단기 및 접지 등의 상태를 확인하며, 작업중에는 보안경, 귀마개 등의 보호구를 착용한다.
  - 마) 밀림방지 브라켓 및 하부지지용 강관파이프 고정 시 견고하게 설치한다.
  - 바) 상부벽 지지대는 2열로 배치하며, 이때 재사용되거나 손상된 강관파이프는 사용하지 않는다.
  - 사) 승강로 벽면 홀 지지용 강관 비계파이프 설치 시 벽면 홀 지지용 강관 비계파이프는 승강로 입구에서 밀어서 설치하며 자재 낙하 및 추락에 주의한다.



〈벽면 홀 지지용 강관 파이프 설치〉

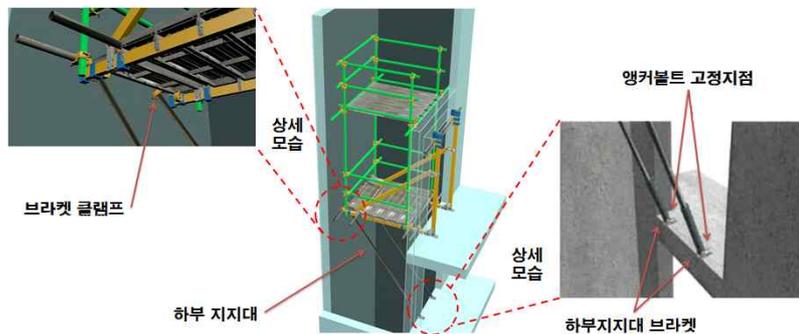
- 아) 승강로 벽면 홀 지지용 강관 비계파이프는 승강로 내부 입구 측부터 고정을 시작하고, 고정 시 추락에 주의하여 안전대 체결 후 작업한다.
- 자) 작업발판 설치 시 순서에 맞게 설치하며 설치 과정에서 발판을 밟을 때는 밀림에 의한 추락에 주의하면서 안전대를 체결하며, 발판은 움직이지 않도록 확실하게 고정한다.
- 차) 피아노선 설치를 위한 공간은 간격에 따라 강관파이프를 2~3열로 하여 틈이 없도록 설치한다.
- ※ 안전 작업과 관련된 추가사항은 “엘리베이터 전용 시스템 비계 설치·해체 매뉴얼”을 참조할 것.

(5) 시스템 비계식 상부 작업대(승강로 벽면 홀이 없는 경우)

- 가) 시스템 비계 설치 전 자재의 상태(휘어짐, 파손 등)를 확인한다.
- 나) 승강로 벽면 홀이 없는 경우 승강로 벽면 홀 지지용 강관 비계파이프 대신 하부 지지대를 설치한다.

다) 하부 지지대는 작업발판 설치 후 작업하며 하부층에서 강관 비계 파이프를 들어올려 수평재 끝단에 구성된 브라켓의 클램프에 설치 고정한다.

라) 하부 지지대는 하부 지지대 브라켓을 하부층 승강로 입구에 턱을 거치하고 하부 지지대 브라켓 고정용 앵커볼트를 설치하여 고정한다.



#### 〈하부 지지대 및 하부 지지대 브라켓 설치〉

마) 하부 지지대 설치 시 견고하게 고정하며, 추락 위험을 방지하기 위해 안전대를 체결한다.

※ 안전 작업과 관련된 추가사항은 “엘리베이터 전용 시스템 비계 설치·해체 매뉴얼”을 참조할 것.

#### 4) 장비/자재 반입 및 양중

##### (1) 장비 / 자재 하역 및 운반

가) 하역운반기계 등의 장비와 자재를 취급 시 안전대책을 수립한다.

나) 장비와 자재 하역 전 작업장 이동 통로를 확보하고 작업장 내 조명 시설 및 이동식 조명을 설치하여 적절한 조도를 확보한다(최소

75lux 이상 확보).

- 다) 개구부는 덮개를 설치하는 등 추락방지 조치를 한다.
- 라) 승강로의 낙하물로부터의 위협을 방지하기 위해 방호천장 설치 등의 조치를 한다.
- 마) 권상기 등 인양설비의 정격하중을 확인 후 정격하중을 초과하여 인양하지 않는다. (중량물은 중량 및 무게 중심을 확인)
- 바) 장비와 자재를 하역 및 운반하고 자재를 확인 후 보관한다. (자재는 뉘여서 보관 또는 로프 등으로 묶어 전도되지 않도록 하며, 자재 보관 장소에 안전펜스 등을 설치한다.)

(2) 양중 준비 및 작업

- 가) 양중 장비 사용 시 장비 용량에 맞추어 인증된 장비를 활용하며 안전장치를 확인하며, 작업자의 탑승을 금지한다.
- 나) 양중 장비 안전장치가 유효하게 작동되도록 미리 조정한다.
  - ① 과부하방지장치: 정격하중 이상의 부하가 가해졌을 때, 동작을 정지 및 방지하기 위한 장치
  - ② 권과방지장치: 정격하중 이상의 하중이 부하될 시 자동적으로 끌어 올리는 것이 정지되면서 정보음을 울리는 장치
  - ③ 비상정지장치: 위급상황 시 바로 정지시킬 수 있는 장치
- 다) 양중 작업 전 신호방법을 정하고 그 내용을 근로자에 주지하고 준수하도록 하며 양중기 운전 중 운전위치로부터 이탈을 금지한다.
- 라) 동일 승강로 내 상·하부에서 작업을 하지 않는다.
- 마) 와이어로프를 이용 시 기계적인 방법에 의해 절단하며, 가스용단 등 열에 의해 영향을 받은 와이어로프는 사용하지 않는다.
- 바) 중량물은 반드시 하중에 충분히 견딜 수 있는 벨트슬링과 샤클을 이용하여 결속하며, 벨트슬링 등으로 양중작업 시 자재의 날카로운 부위에 손상되지 않도록 모서리에 보호대 등을 부착한다.

## 5) 형판 설치

- (1) 형판 설치작업 전 설치 설계도를 확인해 피아노선용 홀의 위치를 확인하고 견고하게 고정한다.
- (2) 상하부 출입구 형판은 기기 설치 작업 시에도 움직이지 않도록 견고하게 고정하고, 설치 후 수평 상태 및 치수를 확인하여 고정한다.

## 6) 구동부 설치

- (1) 작업 전 체인블럭 등 양중기계와 벨트슬링, 샤프 및 기계실 양중용 후크의 상태를 확인하고 분전함과 제어반의 모든 스위치 차단 여부 및 접지 상태를 확인한다.
- (2) 구동부 설치 시 구동부 구조물 및 권상기의 전도, 끼임에 주의한다.
- (3) 인력 운반 시에는 신체에 무리가 가지 않도록 하며, 자재를 들거나 내려놓을 때 손, 발 등이 물건 사이에 끼임에 주의하며, 조속기 로프를 조속기에 걸 때에는 로프와 슈브 사이에 신체가 협착되지 않도록 주의한다.
- (4) 제어반 설치 시 제어반에 연결되어 있는 케이블을 제거 후 작업하며 제어반 설치 후 제어반 및 분전함에 잠금 조치를 한다.
- (5) 구동부 설치 시 상·하부를 동시에 작업하지 않으며, 구동부 구조물과 권상기의 전도 및 끼임에 주의한다.
- (6) 상부 작업대 위에 권상기 및 각종 빔 등을 올려놓지 않으며, 상부 작업대가 불안전할 경우 시공업체에 의뢰해 조치를 취한다.

## 7) 기초 레일 설치

- (1) 레일 반입 시 권상기와 활차, 샤프 등의 고정상태와 하부 작업자의 유·무를 확인하여, 상·하부 동시 작업을 하지 않도록 한다.

- (2) 앵커볼트 설치 시 벽면과 수직으로 설치하며 볼트 삽입 후 흔들림 여부를 반드시 확인한다.
- (3) 레일 양중 시 권상기 로프에 매달린 레일이 회전할 경우 레일이 정지된 것을 확인 후 양중작업을 재개한다.
- (4) 레일의 조인트를 조립할 때 손가락이 끼지 않도록 주의하며, 작업 시 승강로의 누수, 습기로 인한 감전에 주의한다.

#### 8) 임시 카 프레임 설치

- (1) 임시 카 프레임 설치 시 비상정지장치를 확인한다.
- (2) 카 바닥 조립 시에는 수평이 되도록 조정하고, 수평도를 재확인 후 고정한다.
- (3) 카 프레임 반입 시 자재에 협착되지 않도록 주의하고, 작업 중 승강로로 추락하지 않도록 안전대를 생명선에 체결한다.
- (4) 중량물은 양중장비에 걸고 서서히 내리며 작업을 하며, 중량물과 승강로 벽 사이 협착을 주의한다.
- (5) 임시 카의 낙하사고를 방지하기 위해 외출작업은 금지한다.
- (6) 임시 케이블은 카 운전 시 간섭되지 않도록 설치한다.

#### 9) 저속 시운전

- (1) 접지 라인을 확인한다.
- (2) 전원 공급 시 감전사고에 유의한다.
- (3) 카 프레임 등이 저속으로 운행해도 이상이 없는지 확인한다.
- (4) 시운전 시에는 작업장에 근로자의 유·무를 확인 후 시운전한다.
- (5) 시운전 시 운전중임을 알리는 주의 표지판을 부착한다.
- (6) 작업완료 후 제어반은 시건장치 체결 및 전원을 차단한다.
- (7) 저속 시운전 시 점검사항

- 가) 전원을 투입하여 전압을 체크한다.
- 나) 권상기 브레이크, 드럼의 접촉상태 등을 점검한다.
- 다) 카 프레임 등이 저속으로 운행해도 이상이 없는지 확인한다.

#### 10) 로프 걸기

- (1) 로프의 길이와 재단 상태 및 구동부 개구부의 차폐 상태를 확인한다.
- (2) 로프의 규격을 확인하여 적합한 로프를 선택하여 사용한다.
- (3) 상부 작업대에는 웨이트 등 중량물을 적재하지 않는다.
- (4) 카 상부 작업 시 생명선 및 추락 방지대를 반드시 사용한다.
- (5) 기계실과 카 상부 동시작업은 금지한다.
- (6) 로프를 내릴 때 로프 상호간 꼬이지 않도록 주의하며 로프 설치 시 손가락이 끼이지 않도록 주의한다.
- (7) 로프를 소켓에 연결작업 시 화상에 주의하며 소화기를 비치한다.
- (8) 중량물은 인력 운반을 최소화하고 양중기계·기구 및 운반대차를 사용하며, 인력 운반 시에는 근골격계 질환에 주의하고 들고 내릴 때 손, 발등의 협착에 주의한다.
- (9) 카운터 케이스를 승강로 내부의 CWT 레일 가운데로 반입 시 추락사고에 주의한다.
- (10) 로프 작업이 완료된 후에는 쉬브에 커버를 설치한다.

#### 11) 레일 설치

- (1) 로프 장비의 규격과 활차 고정브래킷의 강도를 확인한다.
- (2) 레일 매달기 전 작업발판 및 추락 방지 조치를 확인하고 레일 고정 지그(Jig) 및 권상기 등의 장비의 이상 유·무를 확인한다.
- (3) 레일 고정 지그는 레일 브라켓 설치작업 후 철거한다.
- (4) 조속기의 상태를 확인하고 레일 설치작업 전 작동 시험을 실시한다.

- (5) 적재하중 표시를 확인 후 작업하고, 임시가 작업대에는 자재 등의 과적을 금지한다.
- (6) 카 내부 및 카 상부 작업대에 안전난간대, 발끝막이판, 방호천장을 설치하고, 방호천장에는 어떠한 경우에도 탑승하여 작업하지 않는다.
- (7) 작업 중 신체가 무리하게 안전난간대 밖으로 나가거나 볼트를 조이는 과정에서 미끄러지지 않도록 주의한다.

## 12) 출입구 설치

- (1) 문턱의 좌·우와 전·후의 수평편차를 확인한다.
- (2) 삼방틀의 고정상태를 확인한다.
  - 건축 마감 공사 등에 의한 삼방틀 정렬상태 변형 발생
- (3) 출입문 개폐장치의 웨이트 로프의 꼬임이 발생하지 않도록 한다.
- (4) 승강장 설치 후 출입구 고정상태, 출입문 인터록, 출입문의 단힘 및 개폐 상태를 확인한다.
- (5) 출입구 교체 작업 시 1:1로 실시하며 카 상부작업에서 작업 시 카 상부 보호가 되어야 하며, 낙하방지 및 추락방지 대책을 한 후 실시한다. (최상층부터 교체하며 교체 층에 차폐판을 설치)
- (6) 출입구와 승강로에서 상하 동시 작업을 금지한다.
- (7) 용접작업 시 소화기를 비치하고 불티비산방지 조치를 하며 작업자는 안전 보호구를 착용 후 작업한다.

## 13) 승강로 케이블 설치

- (1) 케이블은 상호간 엇갈림이 없이 정렬되도록 배선계획 후 설치한다.
- (2) 케이블 콘넥터 접속 부위의 심선이 과다하게 노출되거나 접하지 않도록 한다.
- (3) 승강로에 수직으로 배선하는 케이블은 1개 층에 1개소 이상 고정하여

자중이 분산되도록 한다.

- (4) 최하층의 케이블 분기함은 최하층에 정지 시 카 상부에서 보수 점검이 용이한 위치에 설치한다.
- (5) 작업 후 분전함 및 제어반에 잠금조치를 취한다.

#### 14) 카 판넬 설치

- (1) 승강로 벽면에 돌출물 등을 확인 후 사전 제거한다.
- (2) 조립 작업에 편리하도록 충분한 조명을 설치한다.
- (3) 균형추의 중량을 카의 자중 및 정격 용량을 고려하여 중량을 추가 투입한다.
- (4) 조립 작업 전 필요한 부분에 안전발판 설치하고 보호구를 착용한다.
- (5) 카 천장은 철선으로 네 모서리를 묶은 후 체인블럭이나 카 상부 프레임에 매달며, 카벽을 조립할 수 있는 공간이 확보되어야 하며, 조립 작업 중 떨어지지 않도록 견고하게 고정한다.

#### 15) 고속 시운전

- (1) 구체적인 시운전 계획을 수립하고 작업한다. (시운전방법, 방호장치 확인, 작업자 배치 등)
- (2) 주전원은 책임자가 관리하여 임의로 조작되지 않도록 한다.
- (3) 시건 등 기동장치 관리의 적절 여부를 점검한다.
- (4) 시운전 시 점검내용
  - 카(Car) 정지 상태 도어락(Door Lock) 기능
  - 승강기 제어반 메인 전원 차단 및 잔류 전원 확인
  - LOTO(Lock-out Tag-out)작업 여부
  - 와이어로프 변형 및 파손 여부

- 날카로운 면의 보호 패드 설치 여부
- 시브(sheave) 커버 설치 여부
- 기계실(구동부)내 공구 등 낙하물 존재 유·무 확인

## 6. 엘리베이터 유지보수(교체) · 철거 안전작업 절차

### 1) 엘리베이터 유지보수(교체) · 철거 안전작업 절차

#### (1) 엘리베이터 유지보수(교체) · 철거 안전작업 절차

구분	공정	작업개요
1	상부 작업대 해체작업	상부작업대 해체작업시 준수사항 (MRL Type에 한함)
2	구동부 부품, 로프 및 레일 교체(철거)	레일, 로프, 기계실 부품 교체 · 철거 시 준수사항
3	출입구 교체	출입구 교체 시 준수사항
4	카 철거	카 철거 시 준수사항

(2) 레일, 로프 및 기계실 부품 철거, 카 철거 및 출입구 교체를 제외하고는 엘리베이터 설치 안전작업과 동일하게 적용한다.

#### 2) 상부 작업대 해체작업

- (1) 해체작업 전 강관비계 또는 시스템 비계에 결함이 발생했을 경우, 정상적인 상태로 복구 후에 해체를 실시한다.
- (2) 해체작업 전 수평재와 수직재 및 경사재의 설치 상태는 반드시 확인한다.

- (3) 경사재나 수평재 및 수직재를 한번에 제거하지 않도록 한다.
- (4) 해체된 부재와 연결재는 비계로부터 떨어뜨리지 않고 내려야 하며, 분해되지 않은 비계 부분은 안정성이 유지되도록 작업한다.
- (5) 해체된 부재들은 검토된 적재하중 한도 이상으로 비계 위에 적재해서는 안 되며 시스템 비계 외부의 지정된 위치에 보관한다.
- (6) 해체작업 시 상·하부 동시 작업을 금지한다.
- (7) 시스템 비계의 삼각 프레임 해체 및 철거 시(앵커볼트 해체 포함) 2인 1조 작업 준수 및 안전대 사용 등 추락방지 조치를 필수적으로 실시해야 한다.
- (8) 해체작업 시 삼각 프레임의 승강로 쏠림이나 작업자의 추락 위험을 방지하기 위하여 임시 카를 최상층까지 올려놓을 수 있다.  
※ 안전 작업과 관련된 추가사항은 “엘리베이터 전용 시스템 비계 설치·해체 매뉴얼”을 참조할 것.

### 3) 구동부 부품 및 로프, 레일 교체(철거)

#### (1) 공통 사항

- 가) 카 상부 및 승강로 진출입 시 절차를 준수하며, 카 상부에서는 안전대를 안전난간대나 생명선에 체결한다.
- 나) 승강로 상·하 동시작업은 금지한다.
- 다) 카 상부 작업 시 안전난간대 밖으로 몸이 과도하게 벗어나지 않도록 한다.

#### (2) 구동부 부품 교체(철거)

- 가) 작업전 반드시 중량을 확인하고 체인블럭, 벨트슬링, 샤클 등 사용시 정격용량 이상의 것을 사용한다.
- 나) 천장 후크를 이용 시에는 반드시 후크 테스트를 진행 후 사용하며

후크 사용 불가 시에는 인양 브라켓을 이용한다.(둘 다 불가 시 후크용 빔이나 휴대용 크레인을 사용한다.)

다) 제어반 철거 전에는 반드시 주 전원을 차단 후 작업한다.

라) 조속기 로프 철거 시 손가락 협착에 주의한다.

### (3) 로프 교체(철거)

가) 카측 로프 절단 전 CWT측 로프는 기계대에 고정시키고, 로프 절단 시 로프의 탄성에 의한 안전사고에 주의한다.

나) 카 상부 진입 전 카의 매달림 상태에 대한 이상 여부를 확인한다.

다) 로프 교체(철거) 시 안전난간대에 안전대 체결을 금지하고 생명선에 체결하며, 승강장에 나온 후 안전대 체결을 해체한다.

라) CWT측 로프 교체(철거) 작업 시 매달아 놓은 카를 권상기로 최하층으로 하강 시 카에 탑승하지 않으며, 최하층으로 이동 후 비상정지 스위치를 작동시킨다.

마) CWT 로프 소켓은 카 상부에서 제거한다.

### (4) 레일 교체(철거)

가) 콤파넬체인 철거 시 카 상부에서 운행을 수동(점검) 모드로 운전하며, 정지상태에서는 항상 카 상부의 비상정지 스위치를 작동시킨다.

나) 승강로에서 콤파넬체인 제거 시 카 및 카운터에 충돌하지 않도록 주의하며, 해체 후 즉시 승강로 밖으로 나온다.

다) 레일 교체(철거)작업 시에는 외줄작업을 금지하고, 반드시 본체공법으로 작업한다.

라) 승강구 구조물 등에 간섭되어 웨이트가 낙하되지 않도록 웨이트에 이탈 방지 조치를 한다.

마) 작업 전 반드시 중량을 확인하고 벨트슬링, 샤클 등의 사용시에는

정격용량 이상을 사용한다.(U클립 고정, 로프슬링은 사용금지)

#### 4) 출입구 교체 작업

- (1) 출입구 교체는 반드시 1:1로 작업하며, 카 상부에서 실시할 경우 출입구 전면차폐를 실시 후 안전대를 상부 안전난간대에 체결한다.
- (2) 파훼작업 시 보안경, 방진마스크를 착용하고, 파훼물 낙하에 주의한다.
- (3) 출입구는 최상층부터 교체하며 교체 층에 안전펜스를 설치한다.
- (4) 출입구 전층을 일시에 철거하는 경우 전층 출입구에 칸막이를 설치 후 출입구 교체작업을 실시한다.
- (5) 출입구와 승강로 상·하 동시작업은 금지하며, 교체한 부품은 반드시 카 내에 보관하여 전도되지 않도록 조치를 취한다.
- (6) 도어를 철거한 상태에서 절대로 작업장을 이탈하지 않으며, 도어 설치 후 인터록 잠금조치를 한다.
- (7) 도어 등의 절단부에 의한 손상을 주의하며, 용접작업 시에는 항상 용접장갑, 보안경 등의 안전 보호구를 착용하고, 소화기 비치 및 불티비산 방지조치를 한다.

#### 5) 카 철거

- (1) 작업 전 철거작업 절차를 확인한다. (카 도어 철거 → 카 도어 머신 철거 → 천장판 철거 → 카 판넬 철거 → 상부체대 및 카체대 철거 → 카 바닥 철거 → 디바이스 철거)
- (2) 체인블럭, 권상기, 벨트슬링, 샤클 및 양중용 후크 등의 사용 시 정격용량 및 상태를 확인 후에 사용한다.
- (3) 구동부의 개구부(바닥) 차폐 상태를 확인한다.
- (4) 카 상부에서 철거 시 안전대를 생명선에 체결한다.

- (5) 작업은 승인된 작업자로 2인 1조로 작업하며, 관계자 외의 중량물 하부 등 작업반경 내 접근을 금지한다.
- (6) 기계실과 승강로 상·하 동시작업은 금지한다.
- (7) 카벽 철판의 절단부위에 의한 손상을 주의한다.
- (8) 인력 운반 시 손, 발 등의 끼임에 주의하며 신체에 무리가 가지 않도록 주의하며 작업한다.

## 4. 결과 및 요약

본 연구에서 개발한 안전작업기준(안) 및 KOSHA GUIDE(안)은 선행연구 및 문헌분석, 작업현장 실태조사 및 재해심층분석에 따른 설치 및 유지보수 공정을 새롭게 정의한 후 다음과 같은 내용들을 반영하였다.

설치 공정은 실태조사 등을 통하여 파악한 현장 실정을 반영하고 본 연구에서 개발한 엘리베이터 전용 시스템 비계의 활용 및 상부 작업대 설치의 안전성 확보 등을 고려하여 기계실과 승강로 벽면 홀(hole)의 유무로 구분하여 기계실이 있는 MR Type은 13개 공정, 기계실이 없는 MRL Type은 14개 공정으로 구분하였으며, 유지보수(해체) 공정은 상부작업대 해체를 포함한 4개의 공정으로 구분하였다.

선행연구 및 문헌분석 결과에 대해서는 엘리베이터 설치 및 유지보수작업에 대한 안전작업기준 마련 및 규제 강화, 사고발생 형태 중 떨어짐 방지를 위한 추락방지시스템 및 개인 낙하방지 대책의 마련 및 제공, 추락 방지를 위한 국내실정에 알맞은 엘리베이터 작업 전용 작업발판의 제공, 추락 이외의 다양한 위험요인이 엘리베이터 설치 및 유지보수작업에 존재함으로 공정별 안전작업 매뉴얼 마련, 작업중 개인보호장비 착용 의무화 및 관리감독자 배치와 관련된 제도 마련, 마지막으로 작업환경, 재료 및 장비의 정기적 검사자 지정, 사고 예방프로그램 운영, 유해물질 안전기준 준수, 안전관리자 지정 등의 규정을 제도화하고 관리규정의 강화 등을 반영하였다.

실태조사 결과에 대해서는 작업표준에 의거하여 작업이 수행될 수 있도록 표준작업지시서의 마련과 준수, 현장 실정을 반영한 매뉴얼의 개발과 작업자들이 준수할 수 있도록 인식개선 및 교육 확대, 전용 작업발판 및 시스템 비계를 개발 및 보급, 마지막으로 작업발판의 구조변경 및 불량품 사용에 대한 점검 및 규제 강화 등을 반영하였다.

재해분석 결과에 대해서는 추락, 낙하, 끼임에 대한 공학적, 관리적 측면에서의 안전기준 마련, 현장실정을 반영한 안전작업지침의 개발과 교육프로그램을 확대 운영할 수 있는 제도 마련, 엘리베이터 설치 및 유지보수 작업 시 사용되는 다양한 설비/기계/기구들에 대한 관리기준의 마련과 정기 및 수시점검이 실시될 수 있는 제도 및 관리·점검 매뉴얼 개발 등을 반영하였다.

이와 함께, 현장 실태조사, 연구진회의 및 전문가 자문회의를 통하여 상부 작업대 설치 공정에서 승강로 벽면 홀을 생성하여 기존 강관비계 조립식 또는 전용 시스템 비계의 수평재(수평비계)를 승강로 벽면 홀에 삽입하는 방식을 안전작업기준과 KOSHA GUIDE에서 기본사항으로 규정하였다. 단, 현행 건축 및 승강기 관련 법규에는 이에 대한 규정이 없으므로 본 연구에서 제도 개선을 위한 제안사항으로 도출하였다.

상부 작업대 설치 공정 이외의 엘리베이터 설치 및 유지보수 공정별 안전작업 기준 및 방법은 기존에 제시되고 있는 비계 설치 등에 관한 안전작업기준, 매뉴얼, 지침서 및 KOSHA GUIDE 등을 참조하였다.

## V. 전용발판 개발

### 1. 전용발판 설계

#### 1) 승객정원 및 크기 결정

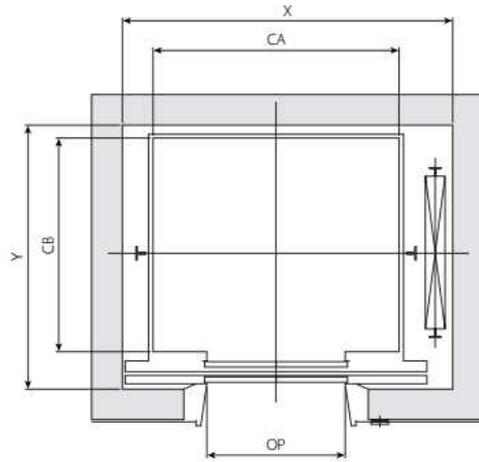
국내 실정에 적합한 엘리베이터 설치 및 유지보수 작업 전용발판을 개발하기 위해서는 전용발판의 크기를 결정해야 한다. 본 연구과제에서 제시된 전용발판의 개발조건은 기계실이 없는 MRL Type이며, 국내 4~7층 이하의 철근콘크리트 구조를 갖는 중소규모 건물의 일반 승객용 엘리베이터 승강로 크기에 적합한 구조이어야 한다. 따라서 국내 4대 제조사가 최근 3년간 공급한 MRL Type 엘리베이터 실적을 분석하여 <표 V-1>과 같이 정리하였다. 표에 따르면 승객정원 13인승(용량 1000kg)이 가장 많이 공급되었으며, 다음으로 15인승 및 7인승이 공급되고 있음을 알 수 있다.

또한 본 연구에서 실시한 설문조사, 현장 실태조사 및 제조사 담당자 면담에 의하면 최근 일반 승객용 엘리베이터는 장애인용 엘리베이터 설치기준에도 만족할 수 있도록 해야 하므로 대부분 15인승을 채택하고 있음을 확인하였다.

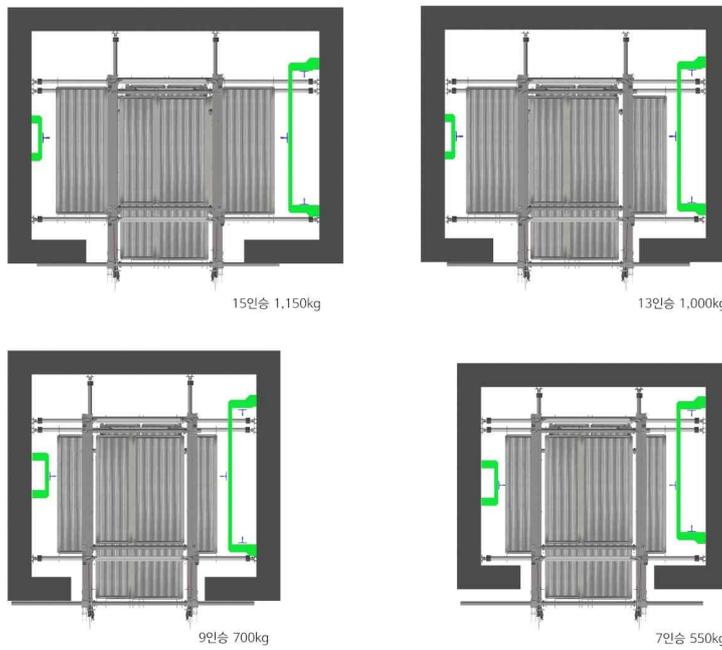
따라서 본 연구에서 개발하는 엘리베이터 설치 작업 전용발판은 제조사 공급실적, 현장 설치조건 및 담당자들의 의견을 종합적으로 반영하여 승객정원 15인승, 용량 1,150kg을 기준으로 결정하였다. 이와 함께 각 제조사별로 판매하고 있는 MRL Type 15인승 승객용 엘리베이터 규격에 따른 대부분의 승강로에 설치가 가능하며, 제조사와의 협의과정에서 요청된 7~15인승을 모두 포함할 수 있는 가변형 구조를 갖도록 [그림 V-1]과 같이 크기를 결정하였다.

**<표 V-1> 최근 3개년간 승객용 엘리베이터 공급 현황**

제조사		현대		티센크루프		오티스		미쓰비시	
용량	인승	설치 대수	비율 (%)	설치 대수	비율 (%)	설치 대수	비율 (%)	설치 대수	비율 (%)
	kg								
6	450	25	0.0	253	1.5	-	-	-	-
7	550	8,177	14.1	<b>5,261</b>	<b>30.4</b>	<b>2,339</b>	<b>23.2</b>	<b>334</b>	<b>16.7</b>
8	600	3,917	6.9	-	-	211	2.1	135	6.8
	630	1		1,738	10.1	-	-	-	-
9	680	-	-	166	1.0	-	-	-	-
	700	799	1.4	-	-	54	0.5	9	0.5
10	750	1,975	3.4	688	4.0	119	1.2	30	1.5
	800	-	-	3	0.0	-	-	-	-
11	825	-	-	41	0.2	-	-	4	0.2
12	900	9,071	15.7	2,356	13.6	241	2.4	281	14.1
13	1,000	<b>15,989</b>	<b>27.6</b>	<b>3,931</b>	<b>22.7</b>	<b>4,097</b>	<b>40.7</b>	<b>529</b>	<b>26.5</b>
14	1,050	-	-	-	-	-	-	5	0.3
15	1,150	<b>14,101</b>	<b>24.3</b>	1,501	8.7	1,657	16.5	293	14.7
16	1,200	-	-	20	0.1	9	0.1	-	-
17	1,275	-	-	153	0.9	-	-	-	-
18	1,350	1,873	3.2	250	1.5	429	4.3	158	7.9
19	1,495	-	-	3	0.0	-	-	-	-
20	1,500	1	0.0	72	0.4	617	6.1	-	-
21	1,600	1,690	2.9	358	2.1	-	-	118	5.9
합 계		57,686	100%	16,794	97%	9,773	97%	1,896	95%
연간 총 설치대수		2017년: 20,821 2018년: 19,754 2019년: 17,368 3년합계: <b>57,943</b>		2017년: 3,971 2018년: 7,116 2019년: 6,199 3년합계: <b>17,286</b>		2017년: 3,399 2018년: 3,569 2019년: 3,107 3년합계: <b>10,075</b>		2017년: 628 2018년: 663 2019년: 705 3년합계: <b>1,996</b>	



(a) 작업발판 적용 엘리베이터 승강로 크기



(b) 가변형 작업발판 구조

**[그림 V-1] 작업발판의 크기 결정**

## 2) 구조형식 결정

엘리베이터 설치 및 유지보수 작업용 전용발판 개발을 위한 구조형식은 본 연구과제의 제안요청서에서 개발 시안에서 제시한 개발조건인 높이 1,500mm 이상의 2단 구조, 경량화, 엘리베이터 피트 내부에서의 설치·해체 작업의 최소화를 모두 만족할 수 있도록 연구진에서 개발하는 엘리베이터 작업 전용발판과 연구과제 수행 중 공단 TF회의 시 4대 제조사에서 공동으로 제안한 엘리베이터 전용 시스템 비계를 동시에 고려하였다.

### (1) 연구진 개발 형식 - 엘리베이터 작업 전용발판

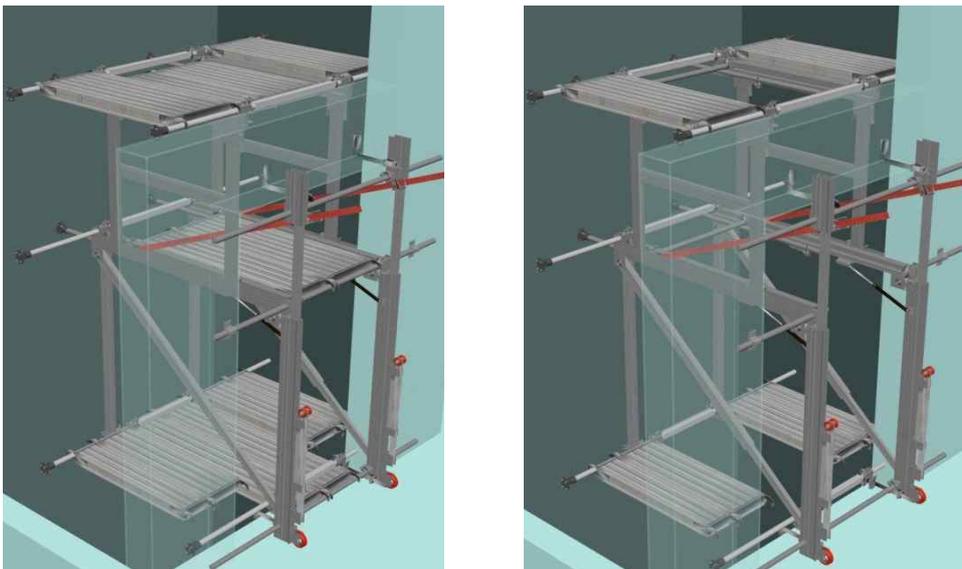
본 연구에서 개발하는 엘리베이터 작업 전용발판은 [그림 V-2]에 보인 것과 같이 기존 승강로에서 설치하는 강관비계 조립식 상부작업대를 개선하여 승강로 외부에서 1단계 조립 후 승강로 내부로 밀어넣는 방식으로 작업자의 추락 위험을 완전히 제거할 수 있으며, 원-터치 고정방식을 채택하여 전용발판 조립 시 잠금과 풀림을 육안으로 확인할 수 있는 구조이다.

그리고, 제안요청서(RFP)의 개발 조건인 높이 1.5m 이상을 만족할 수 있도록 [그림 V-3]과 같이 기본높이를 2.6m로 하고 설치 조건에 따라서 25cm, 50cm 높이 조절 홀을 두어 최대 3.1m까지 확장할 수 있도록 하였다.

이와 함께 엘리베이터 제조사에서 요구하는 7~15인승 엘리베이터에 모두 적용할 수 있도록 [그림 V-4]와 같이 승강로 내부 크기에 따라 길이 조절이 가능한 가변형 발판 지지대를 채택하였다. 또한, 양중작업 시 전용발판 본체의 부분 해체 또는 변형없이 작업발판의 분리만으로 양중작업을 할 수 있도록 개구부를 함께 형성하였다.

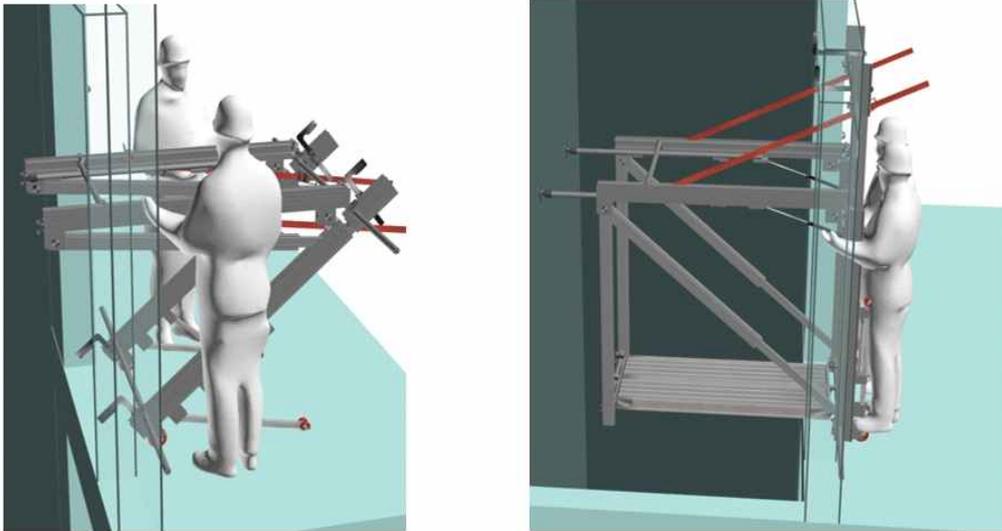


(a) 기존 강관비계 조립식 상부작업대 및 양중작업



(b) 연구진 개발 전용발판 및 양중작업

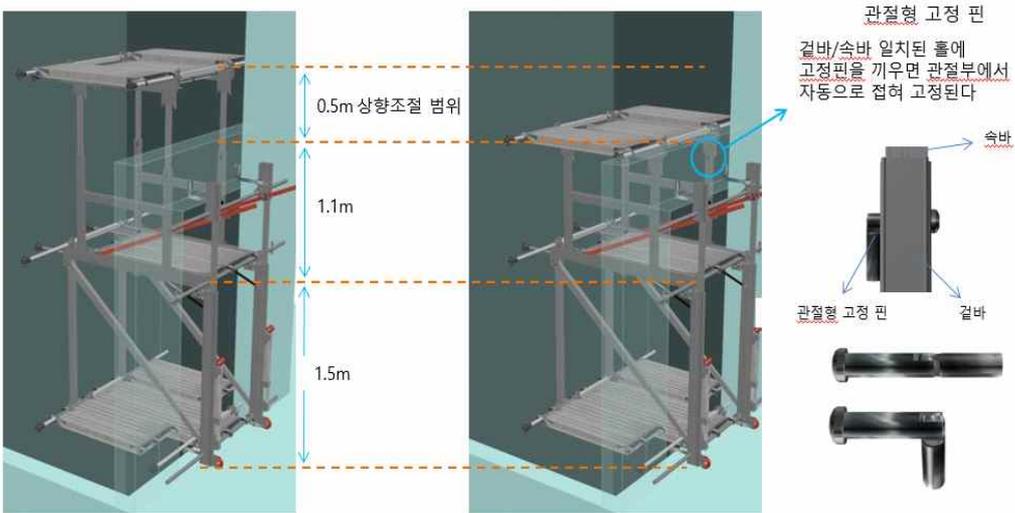
**[그림 V-2] 연구진 개발 전용발판과 기존 비계 조립식 상부작업대**



1단계 : 전용발판 본체 조립

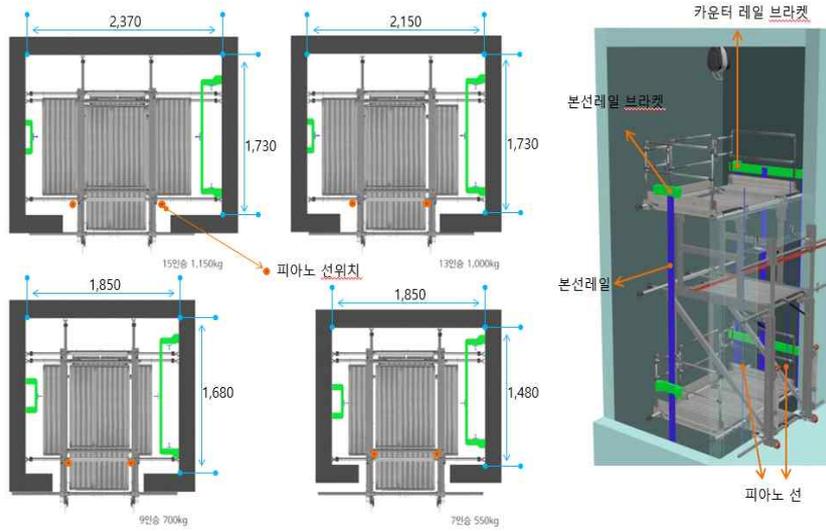
2단계 : 피트 내부설치

(a) 연구진 개발 전용발판의 조립 및 내부설치 개요

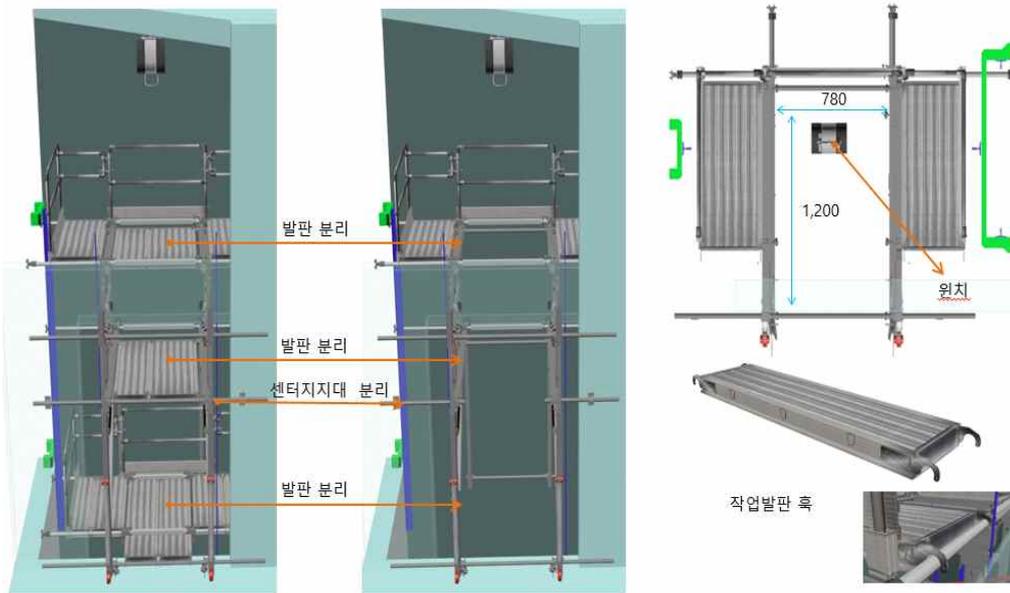


(b) 연구진 개발 전용발판의 주요 특징

[그림 V-3] 연구진 개발 전용발판의 구조



(a) 연구진 개발 전용발판의 확장성

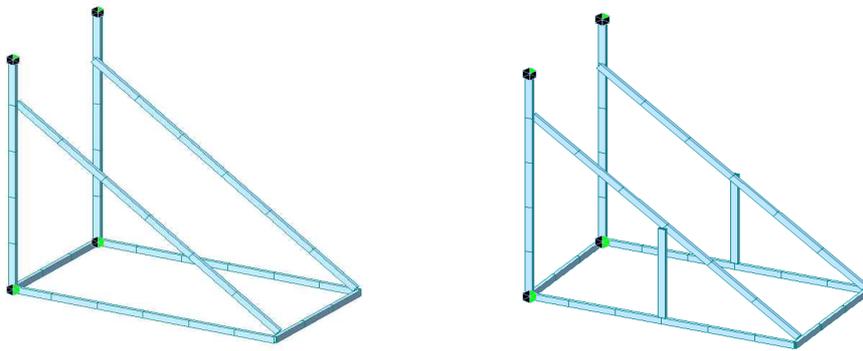


(b) 연구진 개발 전용발판의 양중작업 편의성

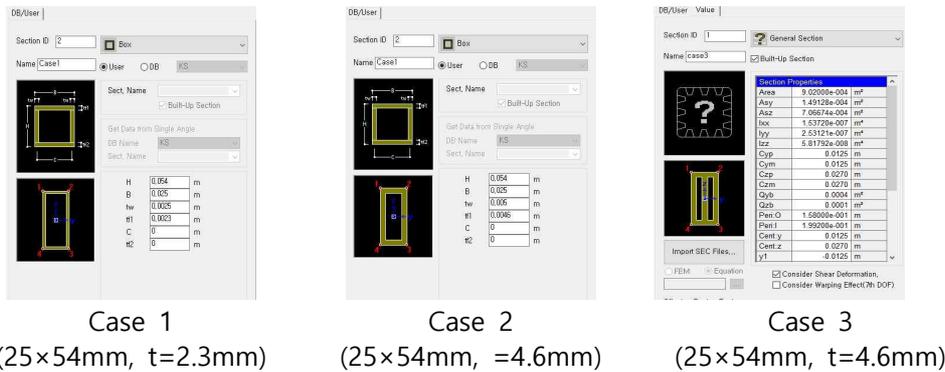
[그림 V-4] 연구진 개발 전용발판의 확장성

(2) 제조사 제안 형식 - 엘리베이터 전용 시스템 비계

본 연구과제는 공단 엘리베이터 TF에 참여하고 있는 엘리베이터 4대 제조사 담당자들과의 협의를 통하여 전용발판을 개발을 진행하였다. 그런데, 공단 TF 회의에서 연구진이 제안한 전용발판이 기존의 강관비계 조립식 상부작업대를 사용하기 위한 설치의 편의성이 부족하다는 의견을 제시하면서 엘리베이터 4대 제조사 담당자들이 공동으로 [그림 V-5]과 같은 형식의 시스템 비계를 제안하였다. 따라서 본 연구에서는 연구상대역 및 공단 TF와의 협의를 통하여 엘리베이터 4대 제조사에서 제안한 전용 시스템 비계도 적용하였다.



(a) 제조사에서 제안한 시스템 비계 구조 형식



(b) 제조사에서 제안한 시스템 비계의 부재 단면

**[그림 V-5] 제조사 제안 시스템 비계의 구조 및 부재 단면**

### 3) 설계하중 산정

#### (1) 설계하중 정의

엘리베이터 설치 및 유지보수 작업용 전용발판 및 시스템 비계에 작용하는 설계하중은 국가건설기준 가설코드인 KDS 21 60 00(비계 및 안전시설물 설계 기준)에서 규정하는 다음의 하중들을 적용하였다.

- ① 상부작업대 자중: 제조사에서 설치하는 강관비계의 총 중량
- ② 작업발판 자중: 제조사에서 사용하는 작업발판의 하중, KDS 21 60 00에서 규정하는 하중
- ③ 전용발판 또는 시스템 비계 자중: 해석 프로그램 내에서 자동으로 적용
- ④ 작업하중: 제조사 기준 하중, KDS 21 60 00에서 규정하는 하중
- ⑤ 풍하중: 실내 작업이므로 미고려

#### (2) 설계하중 정리

엘리베이터 설치 및 유지보수 작업 전용발판의 구조안전성 검토를 위한 설계하중의 크기는 <표 V-2>에 정리한 것과 같이 KDS 21 60 00에서 규정하는 하중과 제조사에서 제공하는 구조계산서 또는 안전작업지침에서 적용하는 하중을 각각 적용하였다.

**<표 V-2> 엘리베이터 전용발판 설계하중 비교**

하중 구분	제조사	KDS 21 60 00
비계	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 실제 사용량을 고려</li> <li>- <math>66m \times 2.63kg/m = 174kg</math></li> <li>- 클램프(0.65kg/개)를 포함</li> <li>- 1.8 kN (180kg) 적용</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 실중량을 고려</li> </ul>
사다리	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 0.08 kN (8kg) 적용</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 실중량을 고려</li> </ul>
작업발판	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <math>0.4 \text{ kN/m}^2</math>(구조계산서 참조)</li> <li>- 설치면적 <math>2.5m^2</math>을 적용</li> <li>- 2개층에 각각 설치가 되므로</li> <li>- 2.0 kN (200kg) 적용</li> <li>- 1.08 kN(108kg) 적용</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- (기준 1.5.2) (2) 작업발판의 중량은 실제 중량을 반영하여야 하며, <math>0.2 \text{ kN/m}^2</math> 이상이어야 한다.</li> <li>- 설치면적 <math>2.5m^2</math>, 2개층에 각각 설치</li> <li>- 100kg 적용</li> </ul>
작업하중	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <math>1.0 \text{ kN/m}^2</math>(구조계산서 참조)</li> <li>- 설치면적 <math>2.5m^2</math>을 적용</li> <li>- 2.5 kN(250kg) 적용</li> <li>- 2.0 kN(200kg) 적용</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- (기준 1.5.2) (3) 작업하중에는 근로자와 근로자가 사용하는 자재, 공구 등을 포함하며, 다음과 같이 구분하여 적용한다.</li> <li>① 통로의 역할을 하는 비계와 가벼운 공구만을 필요로 하는 경작업에 대해서는 바닥면적에 대해 <math>1.25 \text{ kN/m}^2</math> 이상이어야 한다.</li> <li>② 공사용 자재의 적재를 필요로 하는 중작업에 대해서는 바닥면적에 대해 <math>2.5 \text{ kN/m}^2</math> 이상이어야 한다.</li> <li>- 기준의 2가지 규정을 각각 고려                         <ul style="list-style-type: none"> <li>; 기준 ① 적용 시 313 kg</li> <li>; 기준 ② 적용 시 625 kg</li> </ul> </li> </ul>
설계하중 합계	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 약 6.4 kN (638 kg)</li> <li>- 4.88 kN (488 kg)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 작업하중 기준 ① 6.0 kN (601 kg)</li> <li>- 작업하중 기준 ② 9.1 kN (913 kg)</li> </ul>

### (3) 설계하중의 적용

<표 V-2>에 정리한 설계하중들을 본 연구에서 제안한 엘리베이터 설치 및 유지보수 작업 전용발판 및 시스템 비계에 다음과 같이 적용하였다.

- ① 전용발판 및 시스템 비계의 수평재 상부에 서포트를 이용하여 비계를 설치하므로, 서포트에 의한 집중하중(point load)을 4개소에 등분하여 적용
- ② 적용하중
  - 티센크루프: 4개 하중 작용점에 각 1.60 kN의 집중하중을 적용
  - 오티스: 4개 하중 작용점에 각 1.22 kN의 집중하중을 적용
  - KDS 21 60 00의 작업하중 기준 ①(경작업): 4개 하중 작용점에 각 1.50 kN의 집중하중을 적용
  - KDS 21 60 00의 작업하중 기준 ②(중작업): 4개 하중 작용점에 각 2.28 kN의 집중하중을 적용

### 4) 사용재료 결정

본 연구에서 개발 및 제안하는 엘리베이터 설치 및 유지보수 작업 전용발판에 적용되는 사용재료는 경량화 및 소요 강도 발현을 위하여 일차적으로 다음과 같은 기계적 강도를 갖는 알루미늄 합금 6N01을 적용하여 구조검토를 실시하였다.

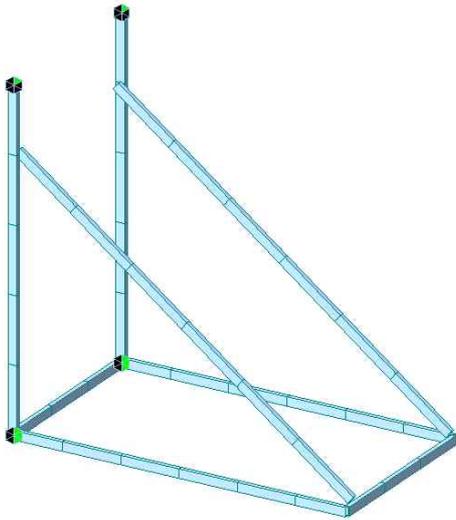
**<표 V-3> 전용발판 부재의 재료 특성**

합금번호	Yield Strength (N/mm <sup>2</sup> )	Tensile Strength (N/mm <sup>2</sup> )	Elongation Thickness (1.6mm %)	Elastic Modulus (GPa)	Poisson ratio	Shear Strength (N/mm <sup>2</sup> )	Fatigue Strength (N/mm <sup>2</sup> )
6N01 (S-T5)	205	245	12	69	0.33	120	70

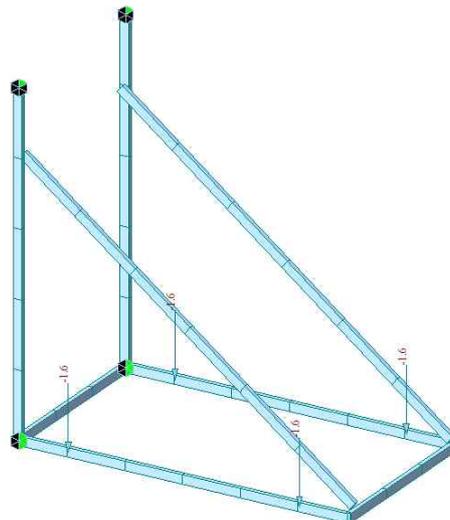
## 5) 구조해석

본 연구에서 개발 및 제안하는 엘리베이터 설치 및 유지보수 작업 전용발판의 설치 및 현장 조건을 반영하여 구조해석은 다음과 같은 조건을 고려하였다.

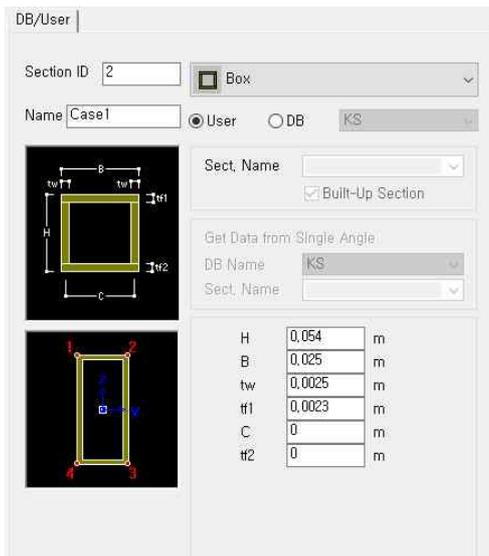
- ① 출입구에 설치되는 메인 프레임 상단은 롤러, 하단은 힌지 지점으로 적용
- ② 승강로 내부 지점은 벽체에 지지되지 않은 자유단으로 적용
- ③ 엘리베이터 설치 조건을 고려하여 수평재 내부에 집중하중으로 재하
  - 출입구 벽면과 비계의 간격은 250 mm 이하로 설치
  - 승강로 후면의 비계와 벽면과의 거리는 300 mm 이하가 되도록 조립



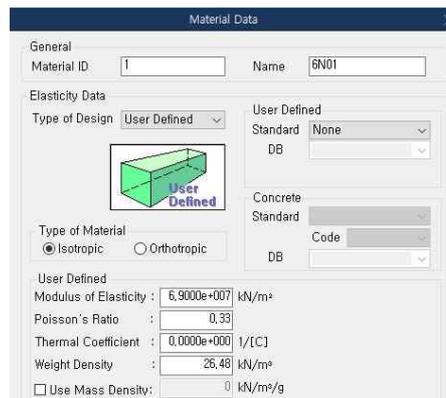
(a) 구조해석 모델링 및 지점조건



(b) 하중재하



(c) 부재 단면



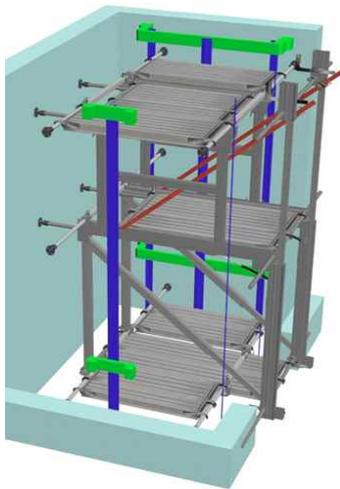
(d) 사용재료

**[그림 V-6] 시스템 비계(전용발판)의 구조해석 모델링**

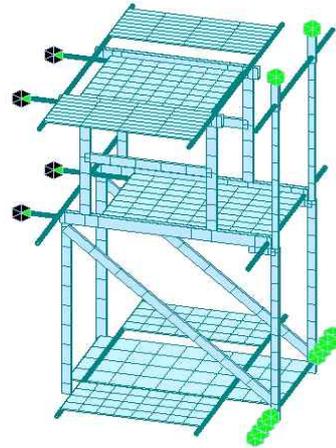
## 2. 구조안전성 검토

### 1) 엘리베이터 작업 전용발판

연구진에서 개발한 엘리베이터 설치 및 유지보수 작업 전용발판에 대한 구조안전성을 검토하기 위하여 [그림 V-7]에 도해한 것과 같이 범용구조해석 프로그램인 Midas Civil 2020을 이용하여 3차원 구조해석을 실시하였다. 연구진회의, 중간보고 및 전문가 자문회의를 통하여 전용발판의 형식을 확정하고, 사용재료 및 단면치수 등을 결정한 후 상세 구조해석을 수행하였다.



(a) 전용발판 개발(안)

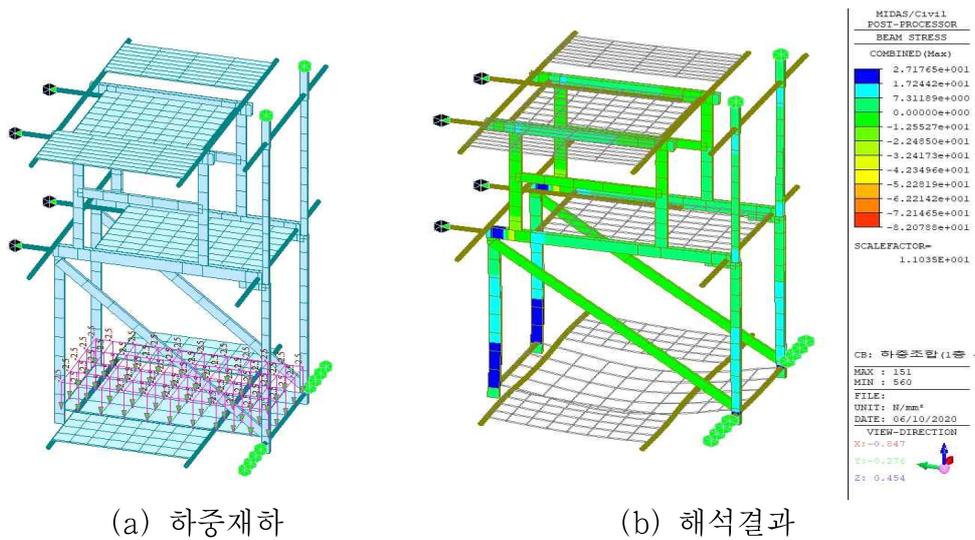


(b) 구조해석 모델링 및 지점조건

**[그림 V-7] 전용발판 구조해석 모델링**

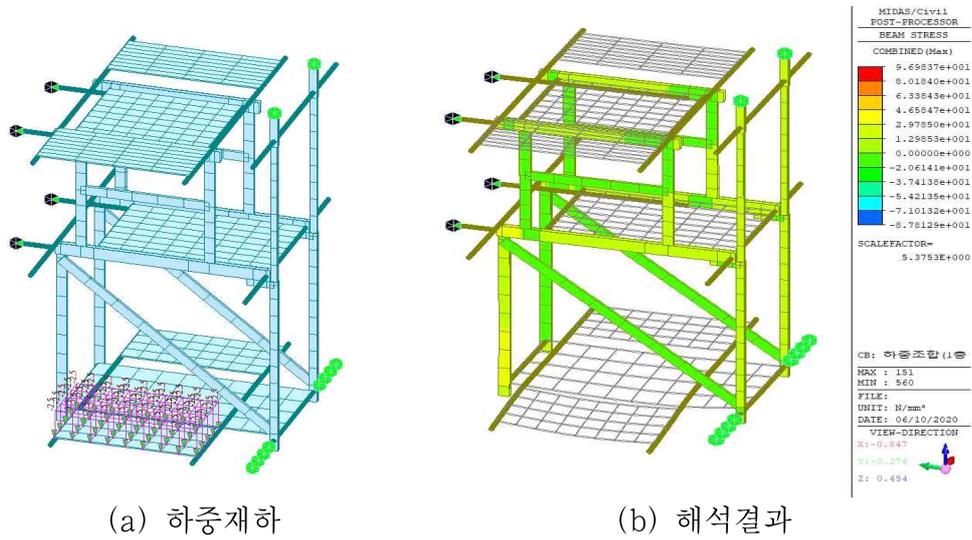
연구진에서 개발한 전용발판의 구조안전성 검토에 적용한 설계하중은 전용 발판의 자중에 의한 고정하중과 앞 절에서 설명한 KDS 21 60 00에서 규정하는 작업하중으로 정의하였다. 그리고, 3단의 가변형 구조를 갖는 전용발판의 특성 및 엘리베이터 설치 작업자의 이동 조건을 고려하여 [그림 V-8]에 보인 것과 같이 작업하중을 1단 중앙부 발판 재하, 1단의 좌측 또는 우측 발판 재하, 3단 중앙부 발판 재하, 3단의 좌측 또는 우측 발판 재하로 작업하중 재하 조건을 구분하였다. 5가지의 작업하중 재하 조건에 따른 연구진에서 개발중인 작업 발판의 구조해석을 통해서 얻어진 부재별 최대응력과 재료의 강도의 비교를 통한 구조안전성 검토 결과를 [그림 V-8]에서 [그림 V-12]에 정리하였다.

전용발판의 자중을 포함하여 1단 중앙부 발판에 작업하중이 작용하는 경우에는 최대응력이 82.08 MPa 발생하여 항복강도인 145 MPa를 초과하지 않는 것으로 검토되었다.



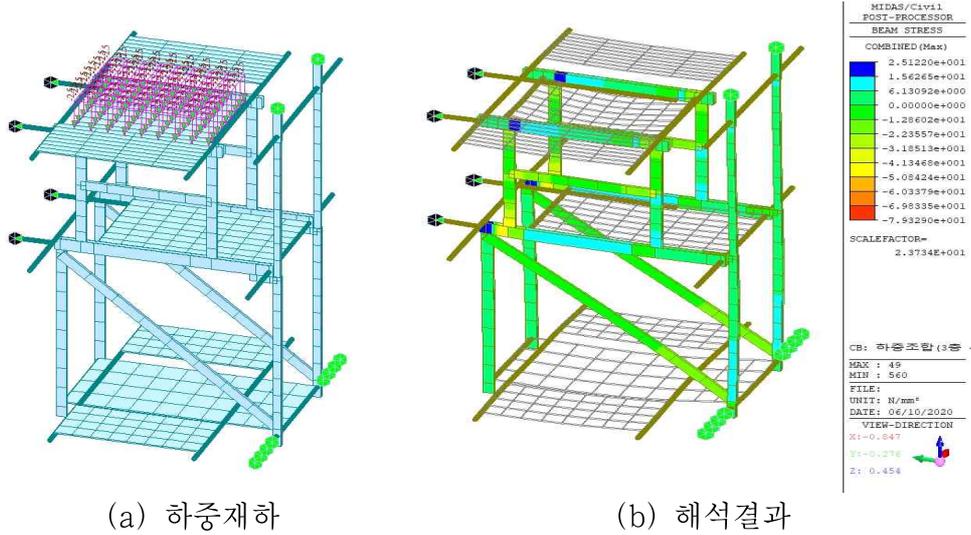
[그림 V-8]전용발판 구조해석 결과 - 1단 중앙부 작업하중 재하

두 번째로, 전용발판의 자중을 포함하여 1단 좌측 또는 우측 발판에 작업하중이 편측으로 작용하는 경우에는 최대응력이 96.98 MPa 발생하지만, 항복강도인 145 MPa를 초과하지 않는 것으로 검토되었다.



**[그림 V-9] 전용발판 구조해석 결과 - 1단 편측 작업하중 재하**

세 번째로, 전용발판의 자중을 포함하여 3단 중앙부 발판에 작업하중이 작용하는 경우에는 최대응력이 79.33 MPa 발생하며, 항복강도인 145 MPa를 초과하지 않는 것으로 검토되었다.

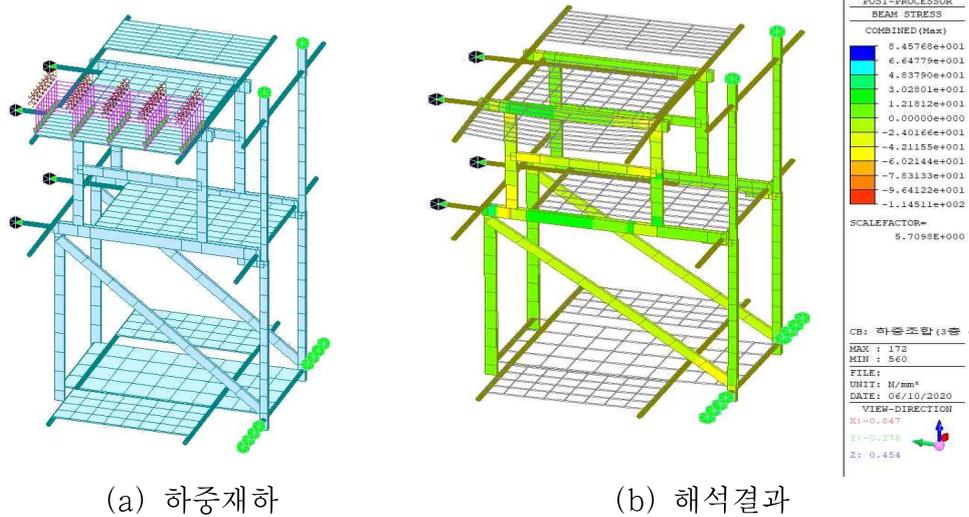


(a) 하중재하

(b) 해석결과

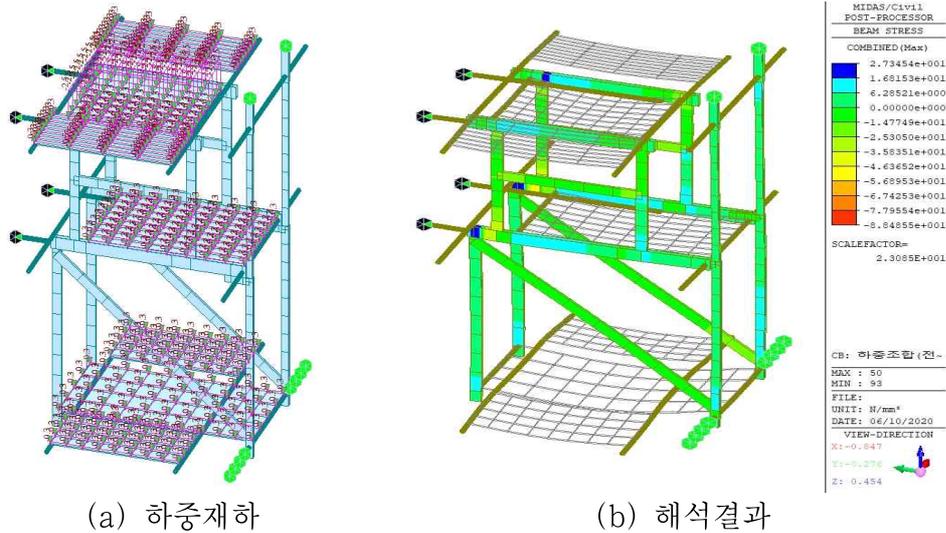
**[그림 V-10] 전용발판 구조해석 결과 - 3단 중앙부 작업하중 재하**

네 번째로, 전용발판의 자중을 포함하여 3단 좌측 또는 우측 발판에 작업하중이 편측으로 작용하는 경우에는 최대응력이 114.51 MPa로 가장 크게 발생하였으나, 항복강도인 145 MPa를 초과하지 않는 것으로 검토되었다.



**[그림 V-11] 전용발판 구조해석 결과 - 3단 편측 작업하중 재하**

마지막으로 전용발판의 극단상황을 고려하기 위하여 각 단의 모든 발판에 작업하중이 작용하는 경우를 고려하였을 때에도 최대응력이 88.49 MPa 발생하며, 극단상황인 경우에도 항복강도인 145 MPa를 초과하지 않는 것으로 검토되었다.



[그림 V-12] 전용발판 구조해석 결과 - 발판 전체에 작업하중 재하

## 2) 전용 시스템 비계(기본안)

연구진에서 개발중인 엘리베이터 설치 및 유지보수 작업 전용발판과 별도로 공단 TF회의 시 제조사에서 공동으로 제안한 시스템 비계의 구조 안전성을 검토하기 위하여 [그림 V-5]에 도해한 것과 같이 범용구조해석 프로그램인 Midas Civil 2020을 이용하여 3차원 구조해석을 실시하였다.

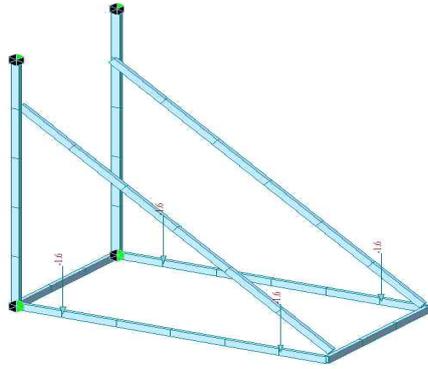
4대 제조사에서 제안한 시스템 비계 기본안의 구조안전성 검토에 있어서 부재의 단면을 [그림 V-5]에 보인 것과 같이 두께 2.3mm의 기본 사각형 단면을 갖는 case 1과 발판의 안전율을 개선하기 위하여 case 1 단면에서 두께를 4.6mm로 확대한 case 2 및 수평부재의 처짐을 감소시키기 위하여 사각형 단면 내부에 수직보강을 한 case 3 등 3가지 형식을 적용하였다.

적용한 설계하중은 전용발판의 자중에 의한 고정하중과 앞 절에서 설명한 KDS 21 60 00에서 규정하는 작업하중으로 정의하였다. 이와 함께 제조사에서 자체 개발한 안전작업지침과 그에 따른 구조계산서에 적용하고 있는 제조사 기

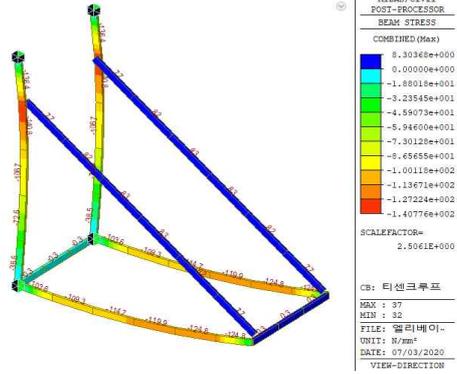
준 작업하중도 추가적으로 고려하였다. 제조사에서 제안한 시스템 비계 기본안은 설치작업을 위한 상부작업대용 비계를 전용발판 상부에 별도로 설치하는 구조이므로 설계하중은 작업하중과 발판하중이 포함된 상부작업대로부터 전달되므로, 시스템 비계의 수평부재와 결합되는 지점에 등분하여 집중하중으로 적용하였다. KDS 21 60 00에서 규정하는 경량작업 및 중량작업에 따른 작업하중과 제조사에서 자체적으로 적용하는 작업하중 재하 조건에 따른 제조사에서 제안한 작업발판 기본안의 구조해석을 통해서 얻어진 부재별 단면력, 최대응력 및 수평부재 처짐에 대한 검토 결과를 정리하였다.

#### (1) 단면 case 1 적용

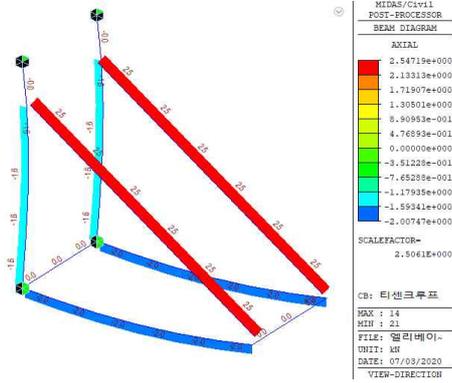
제조사에서 제안한 시스템 비계 기본안에 대해서 기본 사각형 단면 case 1을 적용하고, 앞 절에서 정의 4가지 설계하중을 각각 적용한 구조해석 결과는 [그림 V-13]에서 [그림 V-16]에까지 차례로 도해하였다.



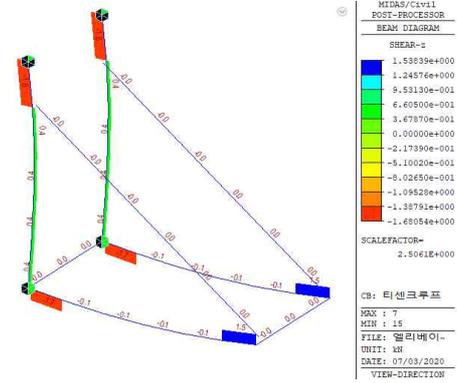
(a) 하중재하(1.60 kN)



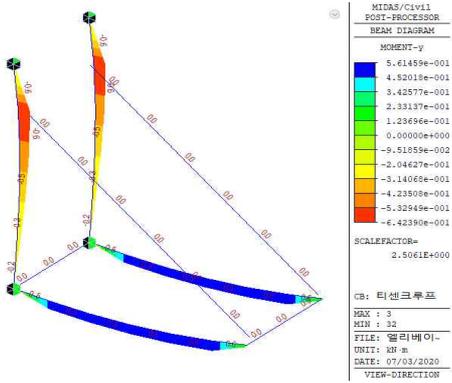
(b) 최대응력



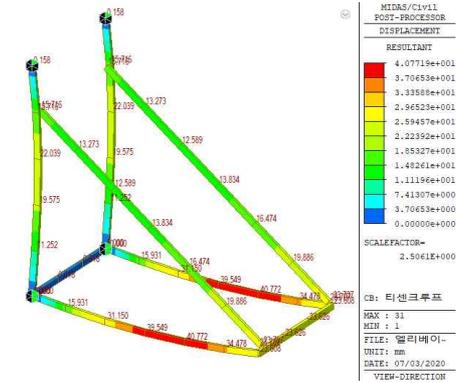
(c) 축력



(d) 전단력

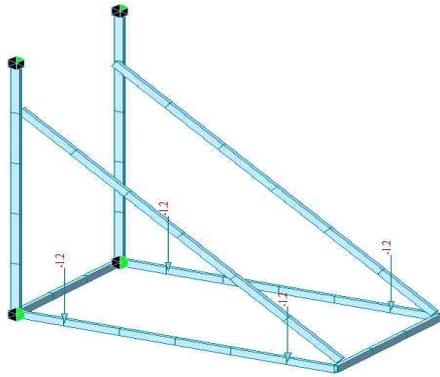


(e) 휨모멘트

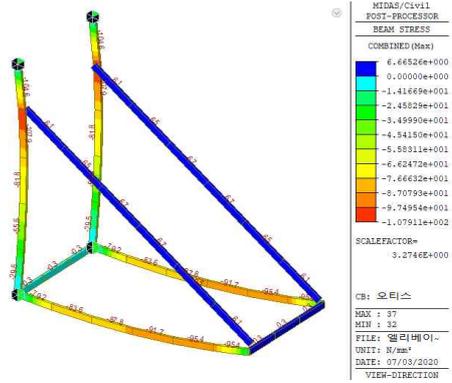


(f) 최대처짐

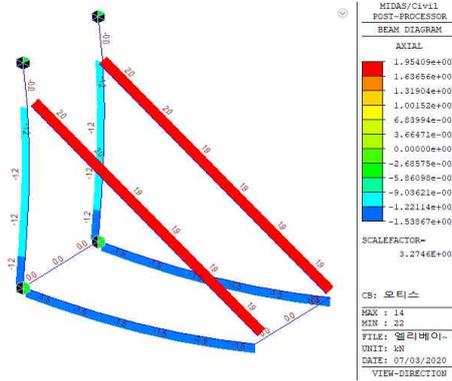
[그림 V-13] 시스템 비계(단면 1) 구조해석-티센크루프 작업하중



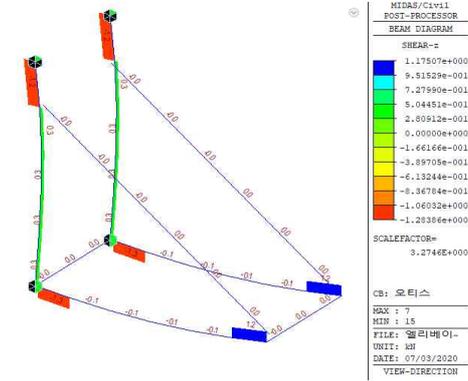
(a) 하중재하(1.22 kN)



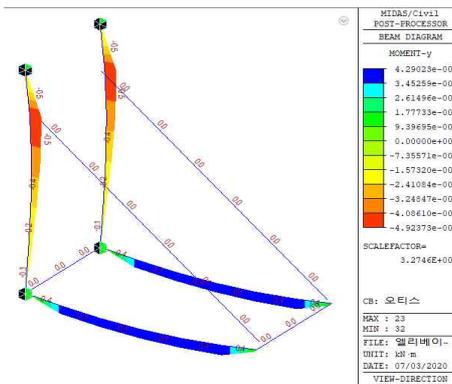
(b) 최대응력



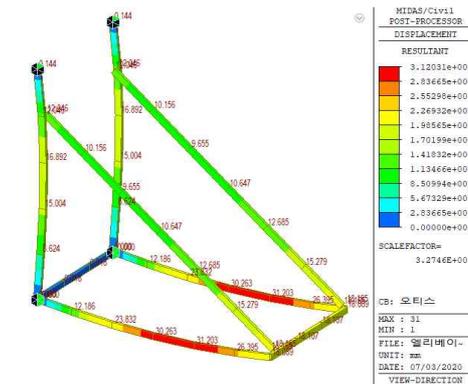
(c) 축력



(d) 전단력

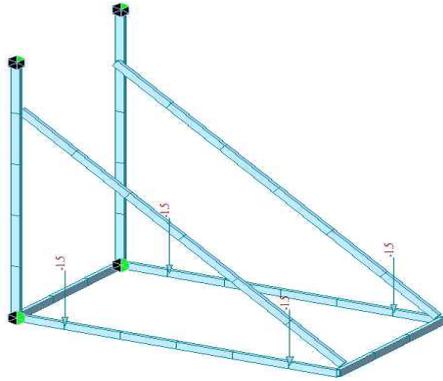


(e) 휨모멘트

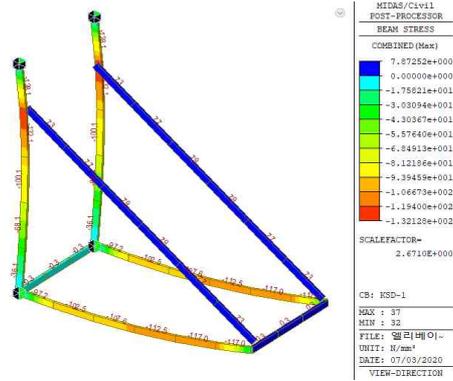


(f) 최대처짐

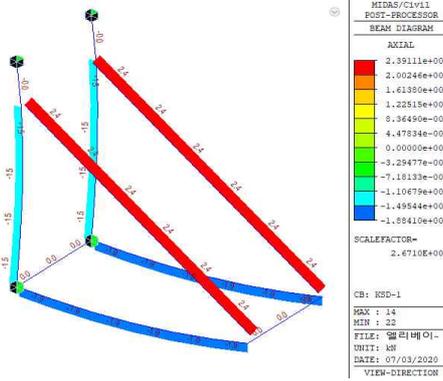
[그림 V-14] 시스템 비계(단면 1) 구조해석-오티스 작업하중



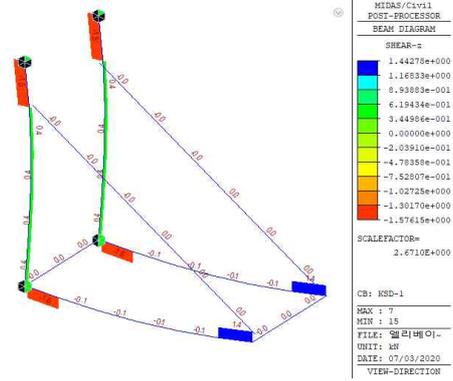
(a) 하중재하(1.50 kN)



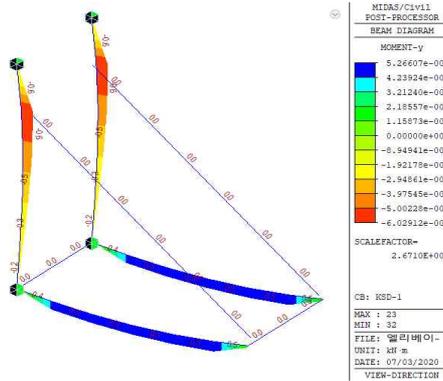
(b) 최대응력



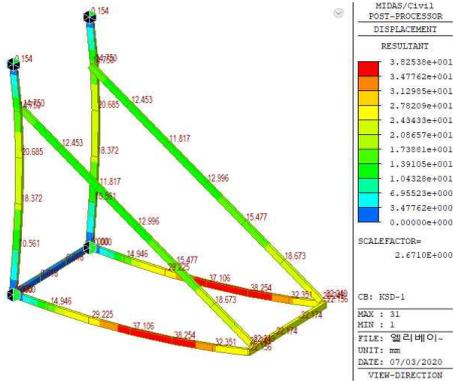
(c) 축력



(d) 전단력

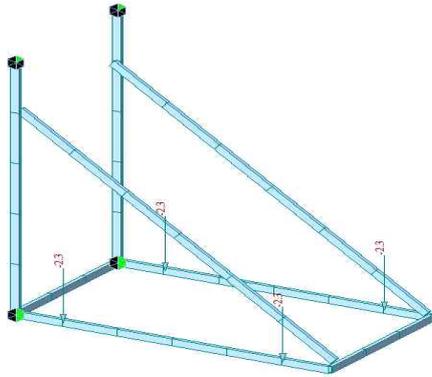


(e) 휨모멘트

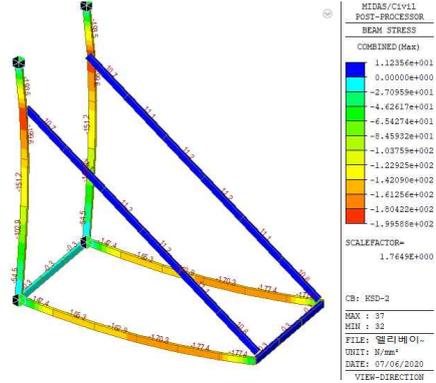


(f) 최대처짐

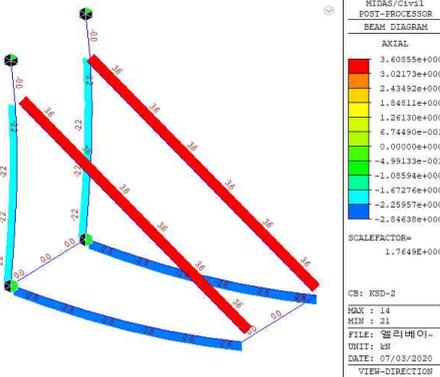
[그림 V-15]시스템 비계(단면 1) 구조해석-KDS 경작업 하중



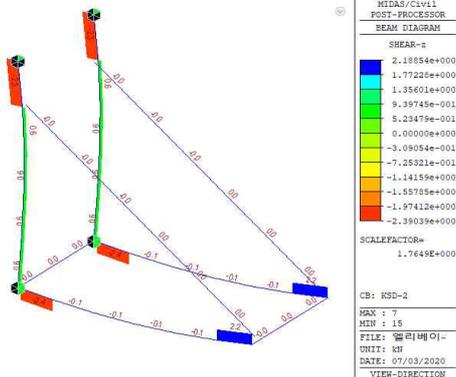
(a) 하중재하(2.28 kN)



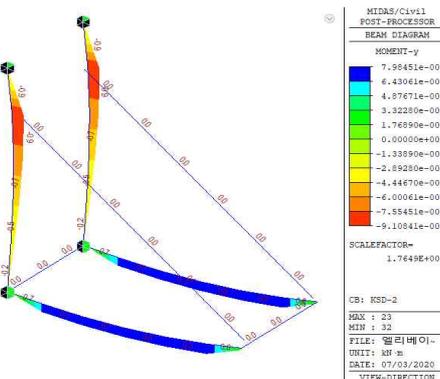
(b) 최대응력



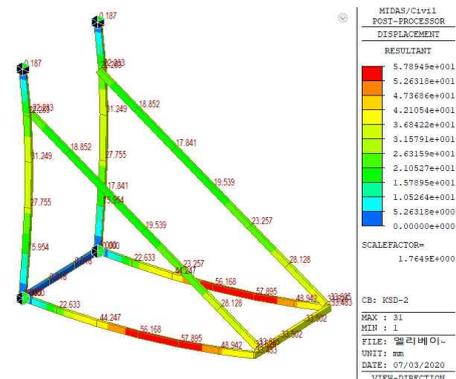
(c) 축력



(d) 전단력



(e) 휨모멘트

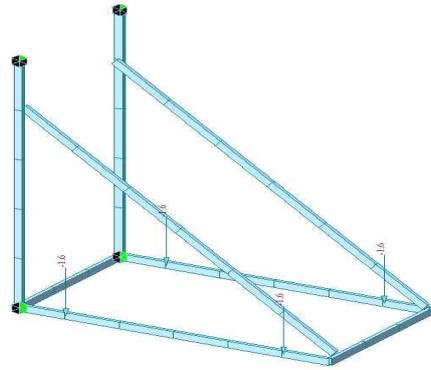


(f) 최대처짐

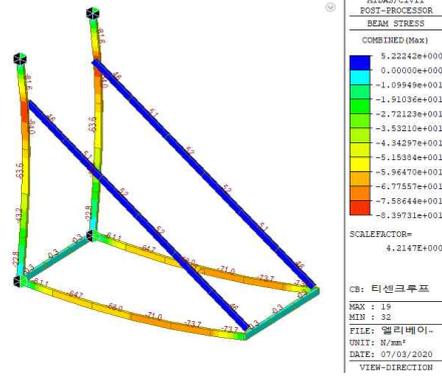
[그림 V-16] 시스템 비계(단면 1) 구조해석-KDS 중작업 하중

## (2) 단면 case 2 적용

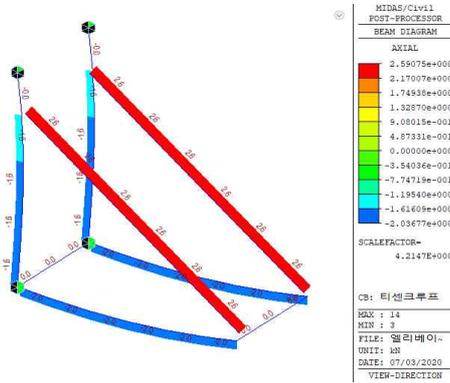
제조사에서 제안한 시스템 비계 기본안에 대해서 기본 사각형 단면 case 2를 적용하고, 앞 절에서 정의한 4가지 설계하중을 각각 적용한 구조해석 결과는 [그림 V-17]에서 [그림 V-20]에까지 차례로 도해하였다.



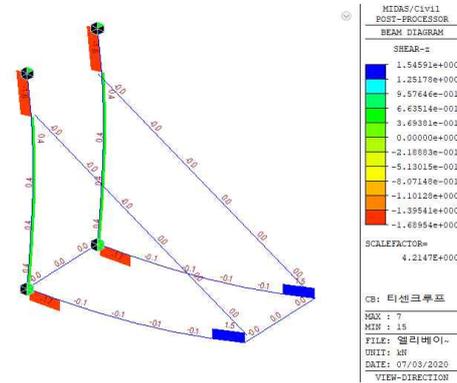
(a) 하중재하(1.60 kN)



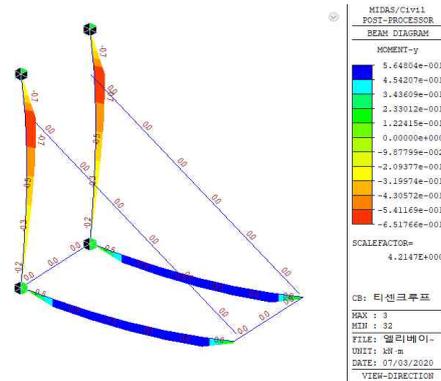
(b) 최대응력



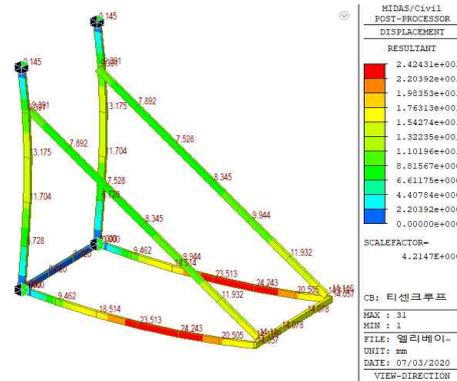
(c) 축력



(d) 전단력

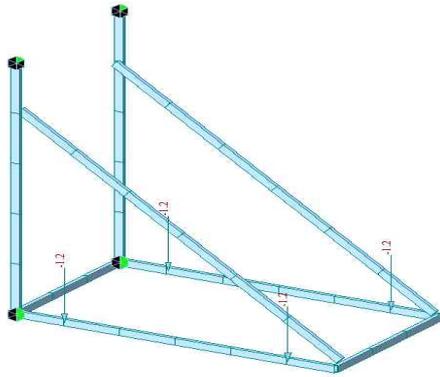


(e) 휨모멘트

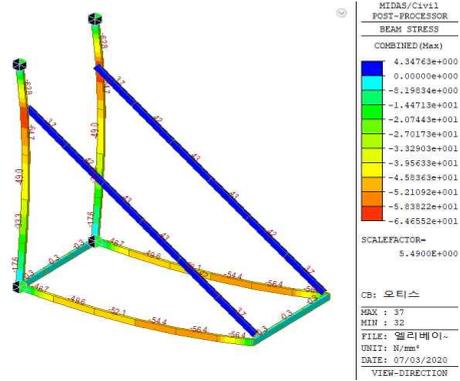


(f) 최대처짐

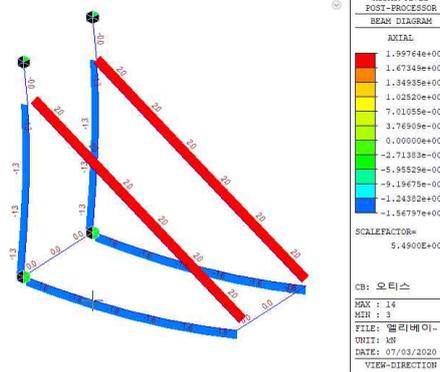
[그림 V-17] 시스템 비계(단면 2) 구조해석-티센크루프 작업하중



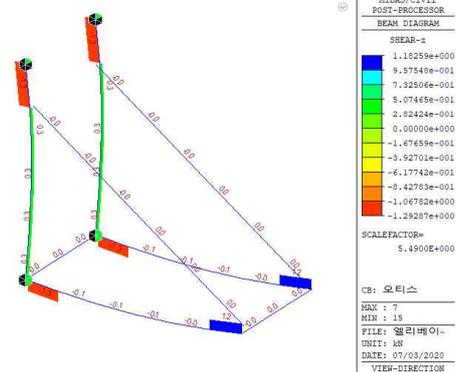
(a) 하중재하(1.22 kN)



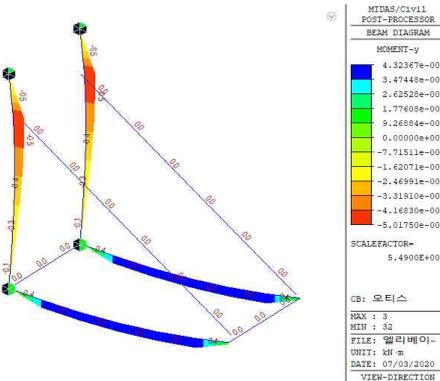
(b) 최대응력



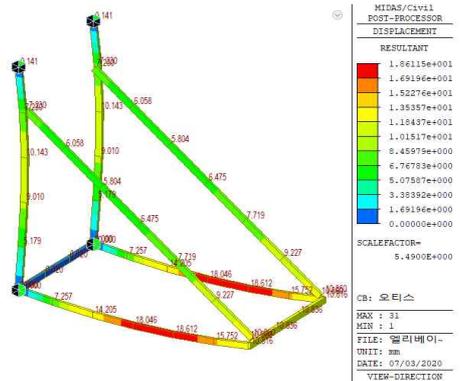
(c) 축력



(d) 전단력

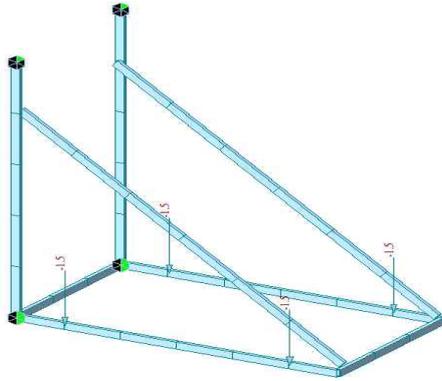


(e) 휨모멘트

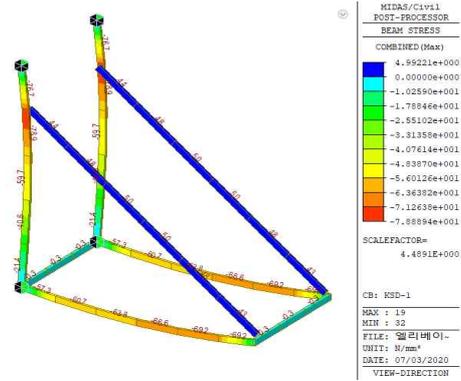


(f) 최대처짐

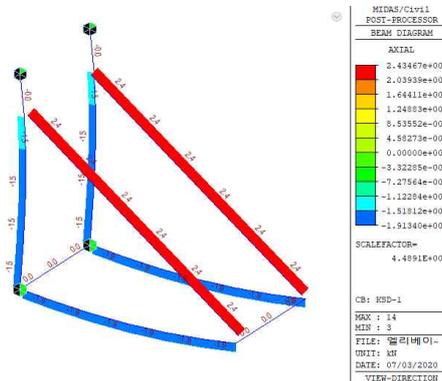
[그림 V-18] 시스템 비계(단면 2) 구조해석-오티스 작업하중



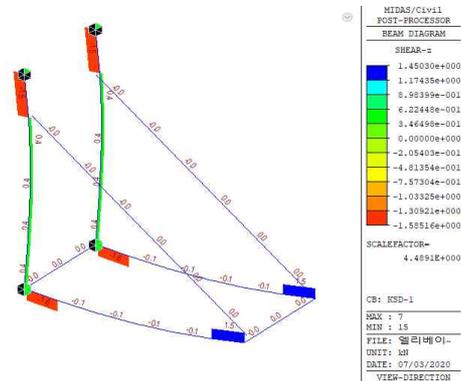
(a) 하중재하(1.50 kN)



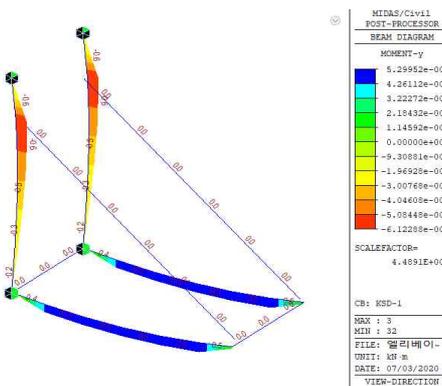
(b) 최대응력



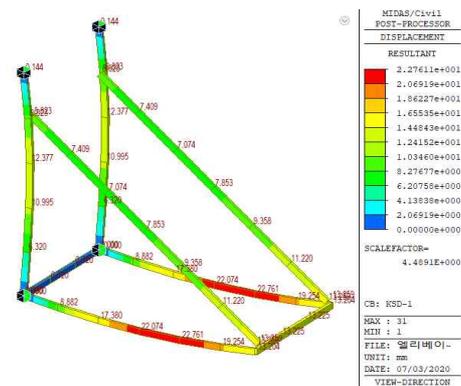
(c) 축력



(d) 전단력

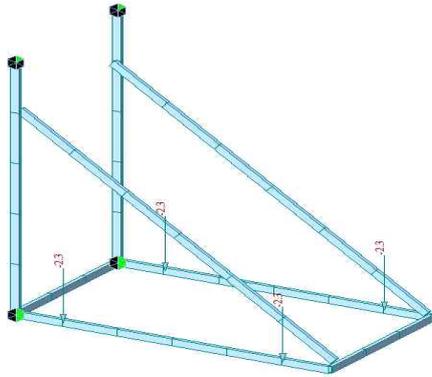


(e) 휨모멘트

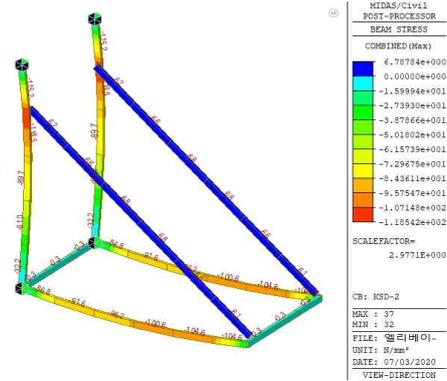


(f) 최대처짐

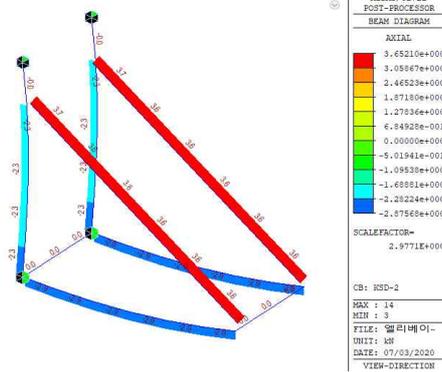
[그림 V-19] 시스템 비계(단면 2) 구조해석-KDS 경작업하중



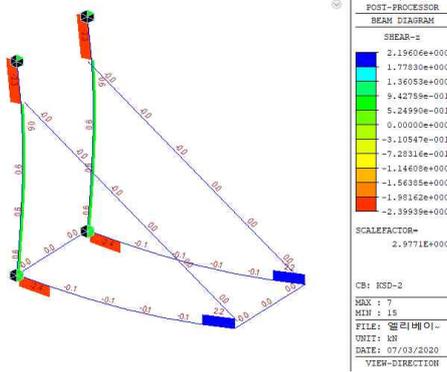
(a) 하중재하(2.28 kN)



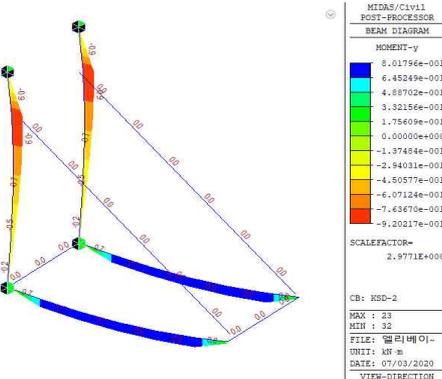
(b) 최대응력



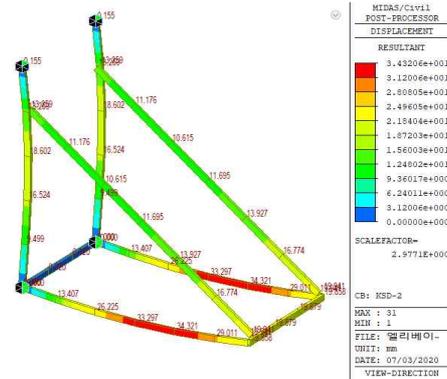
(c) 축력



(d) 전단력



(e) 휨모멘트

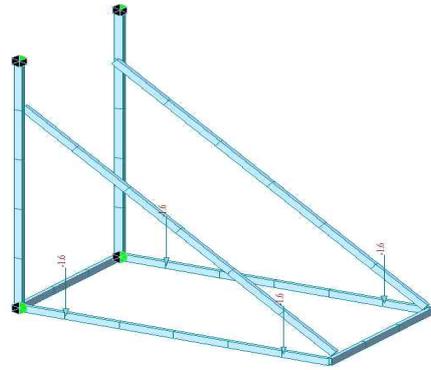


(f) 최대처짐

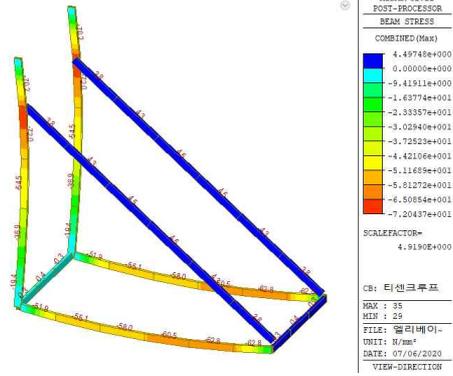
[그림 V-20] 시스템 비계(단면 2) 구조해석-KDS 중작업하중

### (3) 단면 case 3 적용

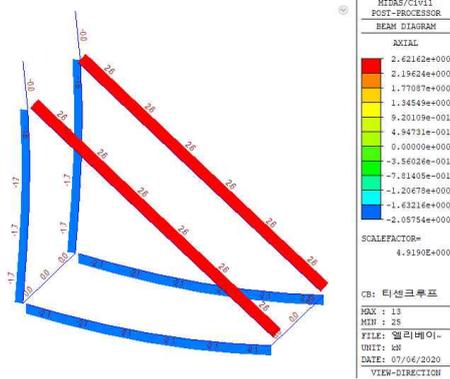
제조사에서 제안한 시스템 비계 기본안에 대해서 기본 사각형 단면 case 3을 적용하고, 앞 절에서 정의한 4가지 설계하중을 각각 적용한 구조해석 결과는 [그림 V-21]에서 [그림 V-24]에까지 차례로 도해하였다.



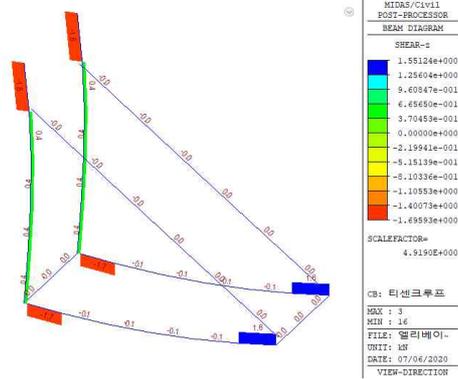
(a) 하중재하(1.60 kN)



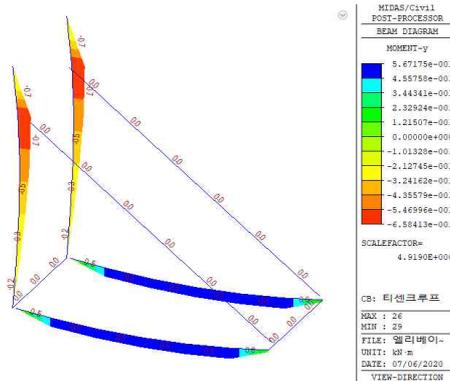
(b) 최대응력



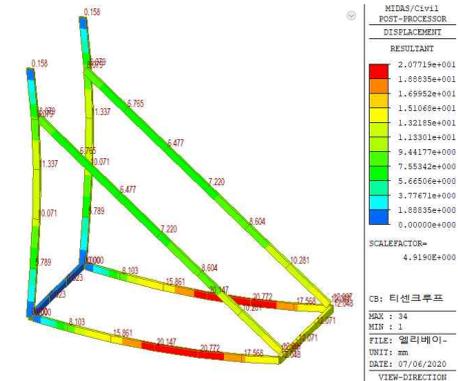
(c) 축력



(d) 전단력

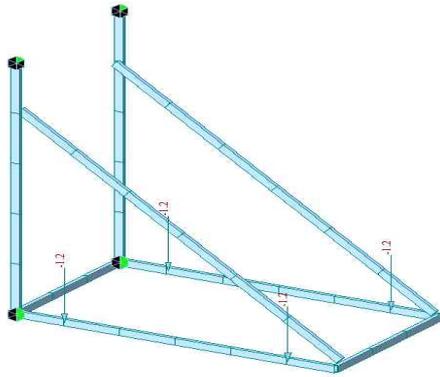


(e) 휨모멘트

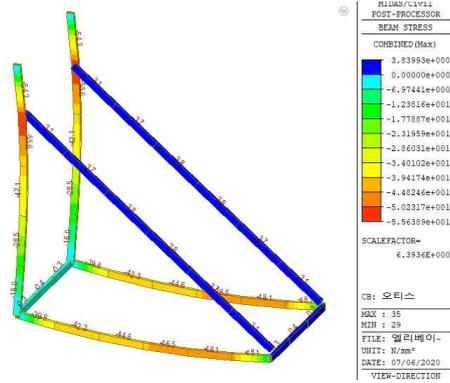


(f) 최대처짐

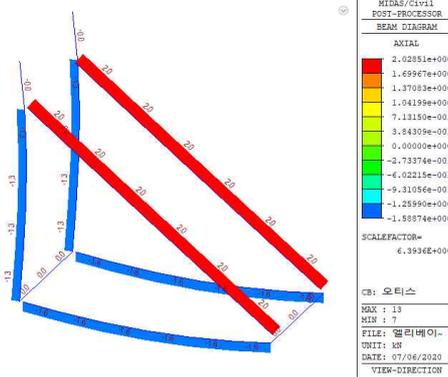
[그림 V-21] 시스템 비계(단면 3) 구조해석-티센크루프 작업하중



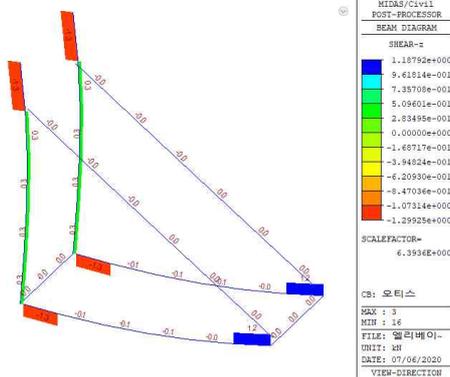
(a) 하중재하(1.22 kN)



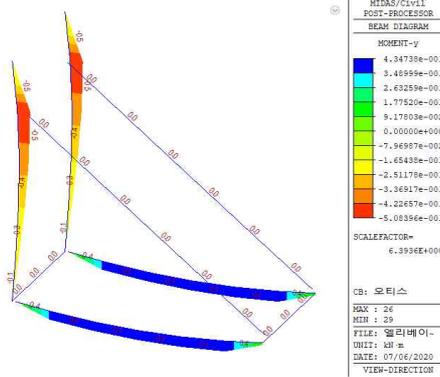
(b) 최대응력



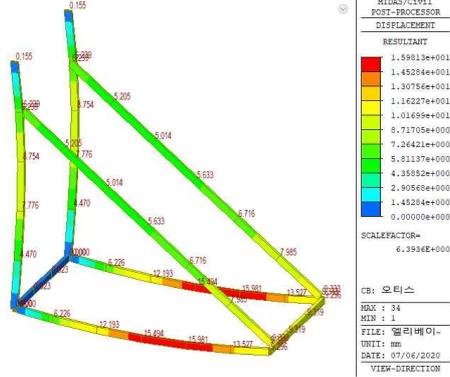
(c) 축력



(d) 전단력

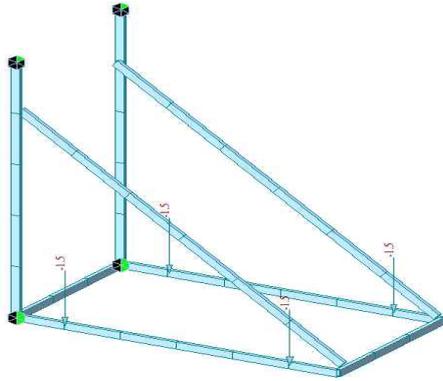


(e) 휨모멘트

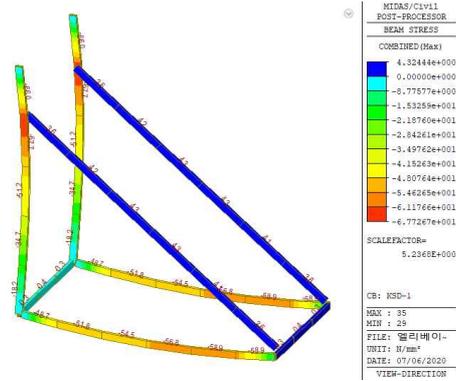


(f) 최대처짐

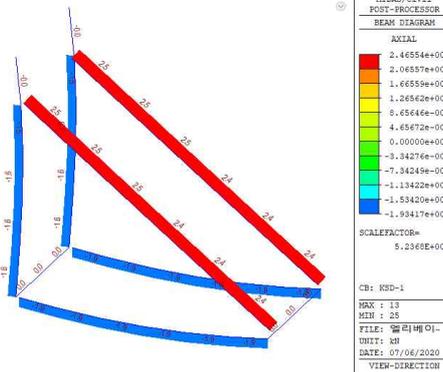
[그림 V-22] 시스템 비계(단면 3) 구조해석-오티스 작업하중



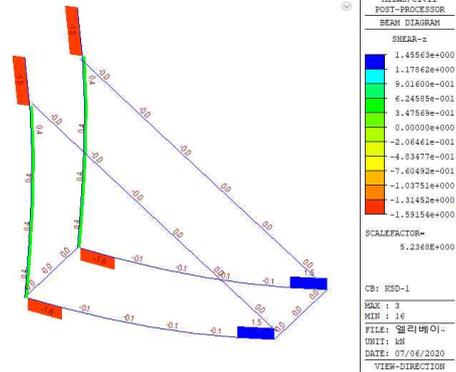
(a) 하중재하(1.22 kN)



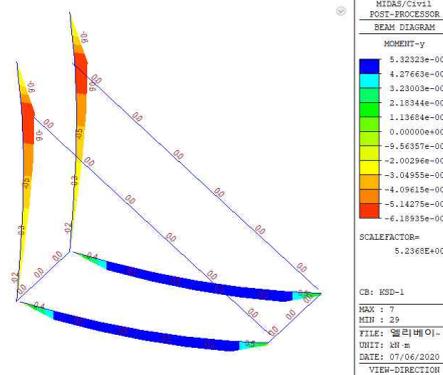
(b) 최대응력



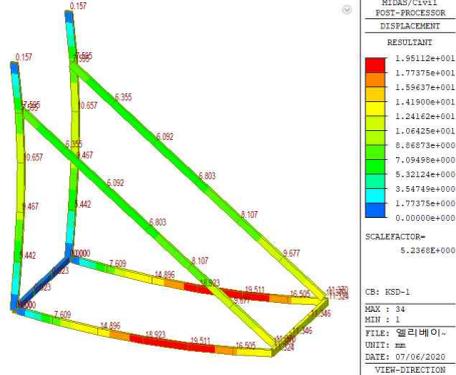
(c) 축력



(d) 전단력

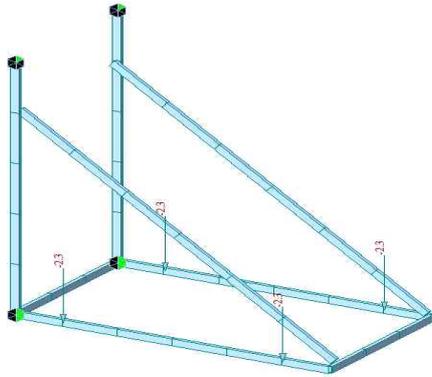


(e) 휨모멘트



(f) 최대처짐

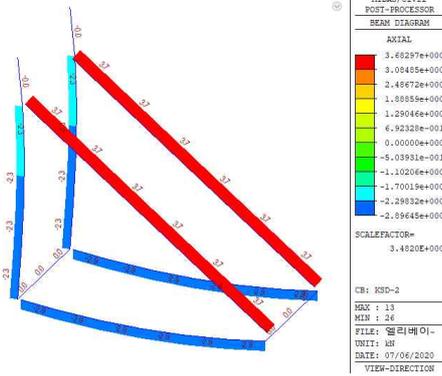
[그림 V-23] 시스템 비계(단면 3) 구조해석-KDS 경작업하중



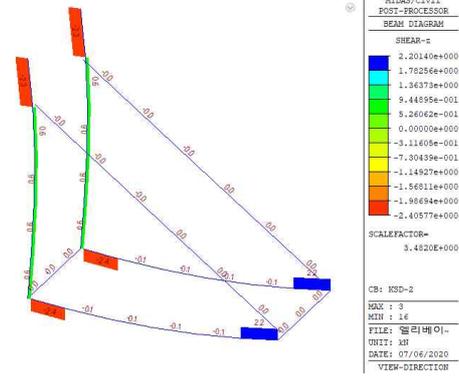
(a) 하중재하(2.28 kN)



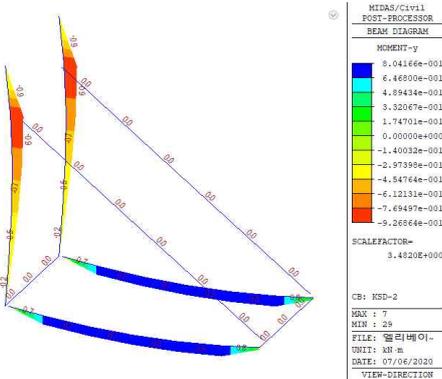
(b) 최대응력



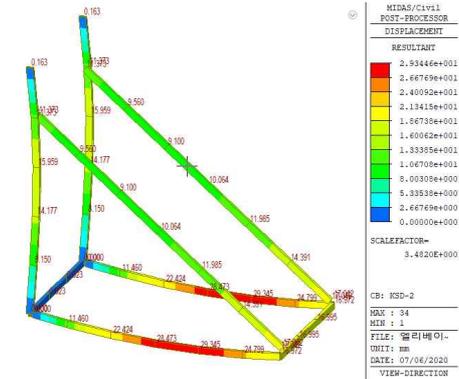
(c) 축력



(d) 전단력



(e) 휨모멘트

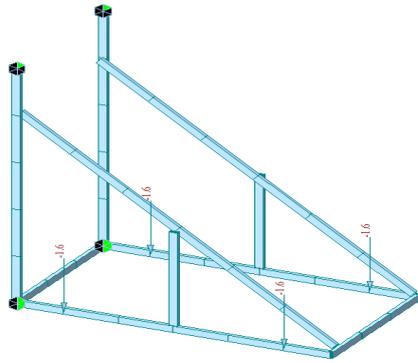


(f) 최대처짐

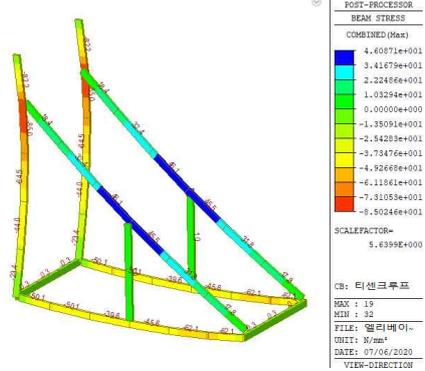
[그림 V-24] 시스템 비계(단면 3) 구조해석-KDS 중작업하중

#### (4) 단면 case 2와 수직 보강재 추가 적용

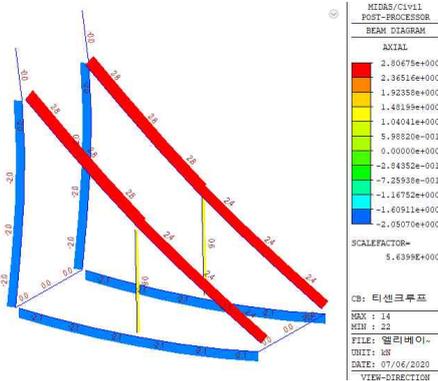
제조사에서 제안한 시스템 비계 기본안에 대해서 단면 case 2와 수평부재의 처짐을 감소시키기 위해서 수직 보강재를 추가로 설치하고, 앞 절에서 정의한 4가지 설계하중을 각각 적용한 구조해석 결과는 [그림 V-25]에서 [그림 V-28]에까지 차례로 도해하였다.



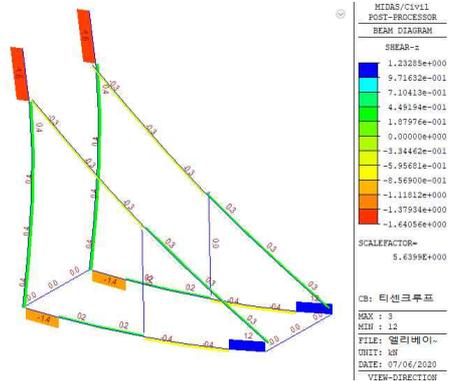
(a) 하중재하(1.60 kN)



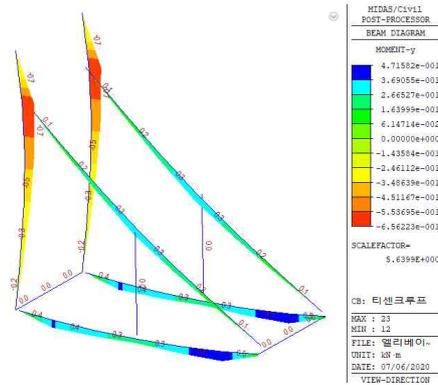
(b) 최대응력



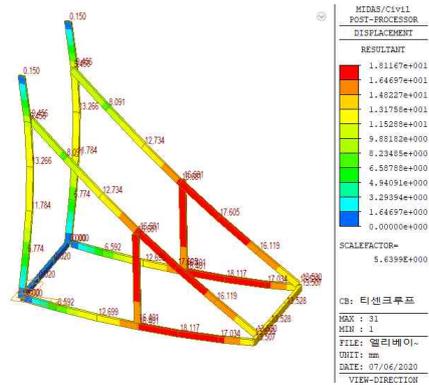
(c) 축력



(d) 전단력

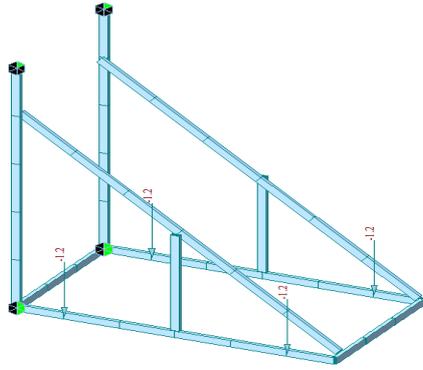


(e) 휨모멘트

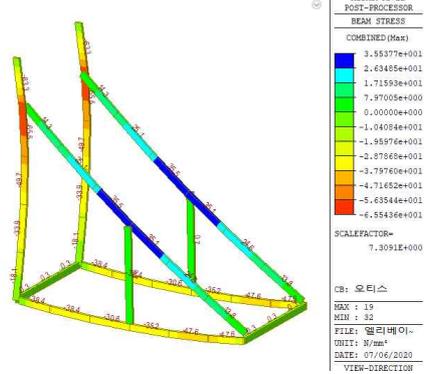


(f) 최대처짐

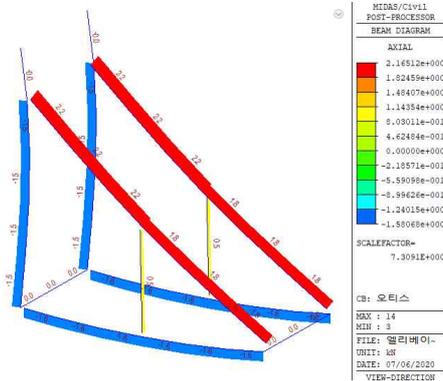
[그림 V-25] 시스템 비계(수직 보강) 구조해석-티센크루프 작업하중



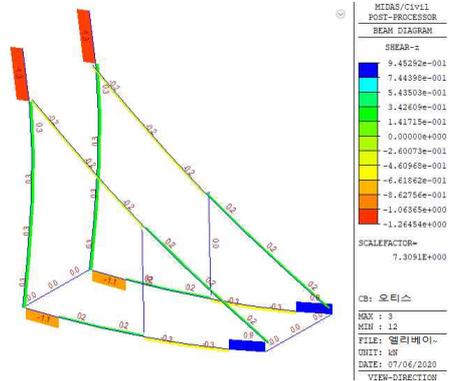
(a) 하중재하(1.22 kN)



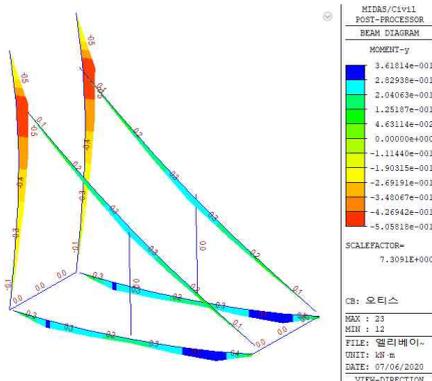
(b) 최대응력



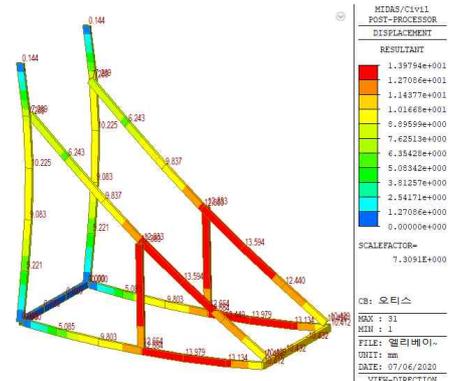
(c) 축력



(d) 전단력

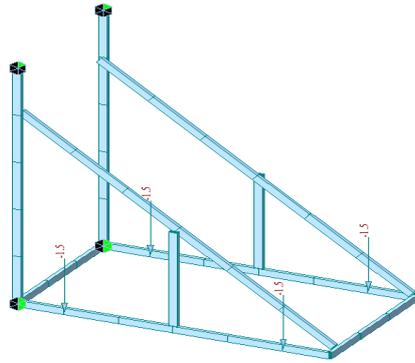


(e) 휨모멘트

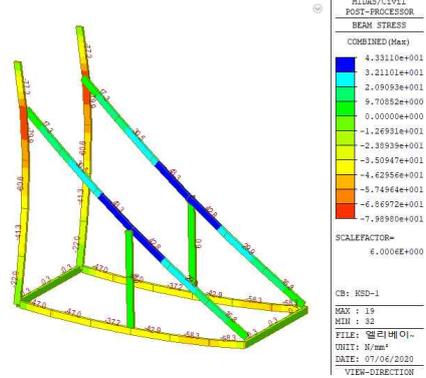


(f) 최대처짐

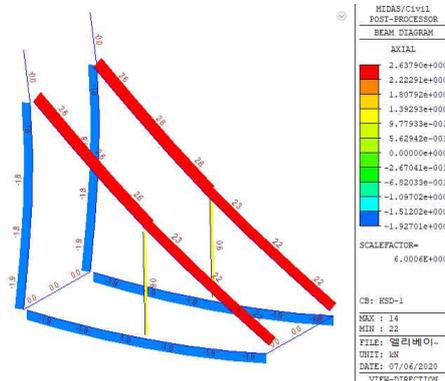
[그림 V-26] 시스템 비계(수직 보강) 구조해석-오티스 작업하중



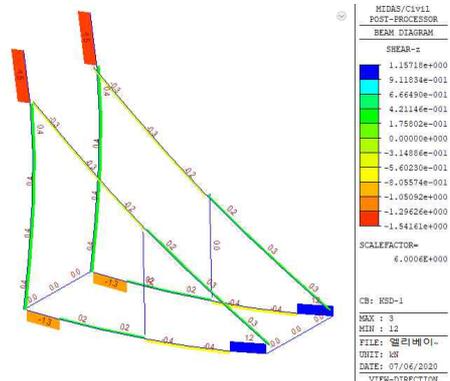
(a) 하중재하(1.50 kN)



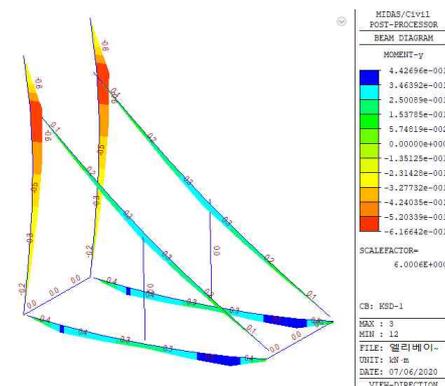
(b) 최대응력



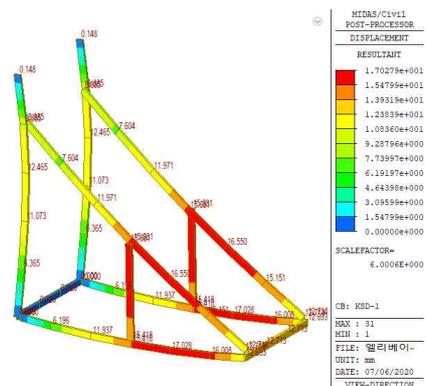
(c) 축력



(d) 전단력

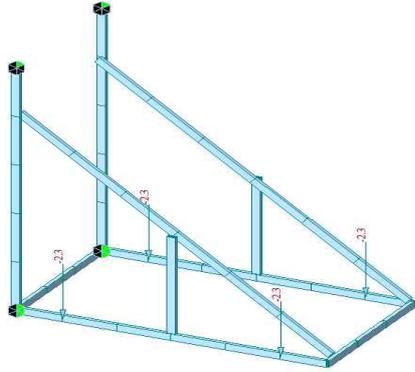


(e) 휨모멘트

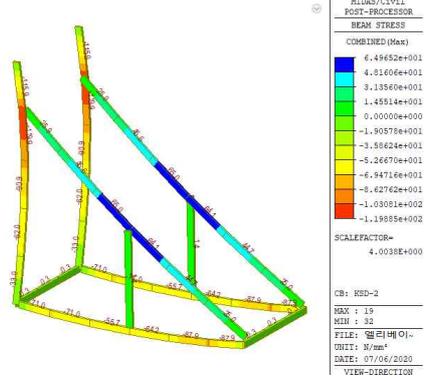


(f) 최대처짐

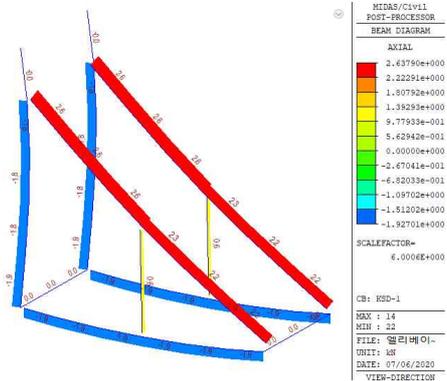
[그림 V-27] 시스템 비계(수직 보강) 구조해석-KDS 경작업하중



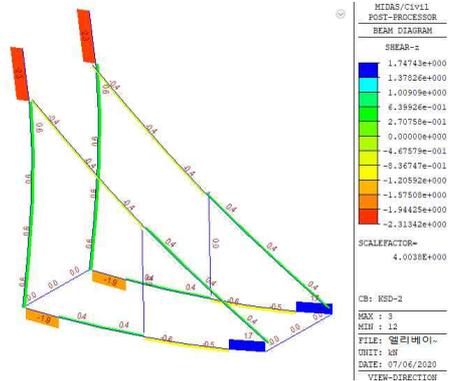
(a) 하중재하(2.28 kN)



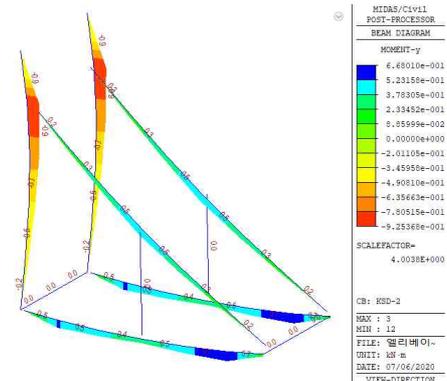
(b) 최대응력



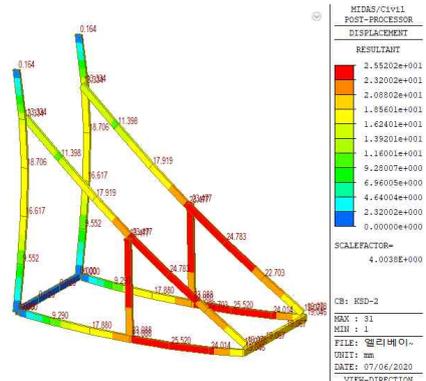
(c) 축력



(d) 전단력



(e) 휨모멘트



(f) 최대처짐

[그림 V-28] 시스템 비계(수직 보강) 구조해석-KDS 중작업하중

### 3) 단면력 집계 및 검토

#### (1) 단면 case 1 적용

2.3mm 두께의 기본 사각형 단면 case 1을 갖는 제조사 제안 시스템 비계 기본안의 구조해석 결과에 대해서 부재별로 발생한 최대 단면력 및 최대응력과 수평부재의 최대처짐을 정리하여 <표 V-4>에 정리하였다.

**<표 V-4> 시스템 비계의 구조해석에 따른 단면력 및 처짐 비교 - 단면 Case 1 적용 시**

		티센크루프 비계작업대 하중 기준	오티스 비계작업대 하중 기준	KDS 21 60 00 작업하중 기준 ①	KDS 21 60 00 작업하중 기준 ②	
최대 응력	수직재	-140.8 MPa	-107.9 MPa	-132.1 MPa	-199.6 MPa	
	수평재	-124.8 MPa	-95.4 MPa	-117.0 MPa	-177.4 MPa	
	경사재	+8.3 MPa	+6.7 MPa	+7.9 MPa	+11.2 MPa	
단 면 력	축 력	수직재	-1.59 kN	-1.22 kN	-1.50 kN	-2.26 kN
		수평재	-2.0 kN	-1.54 kN	-1.88 kN	-2.84 kN
		경사재	2.54 kN	1.95 kN	2.39 kN	3.61 kN
	전 단 력	수직재	1.6 kN	1.28 kN	1.58 kN	2.39 kN
		수평재	1.7 kN	1.28 kN	1.58 kN	2.39 kN
		경사재	0 kN	0 kN	0 kN	0 kN
	휨 모 멘 트	수직재	0.64 kN·m	0.49 kN·m	0.60 kN·m	0.91 kN·m
		수평재	0.56 kN·m	0.43 kN·m	0.53 kN·m	0.80 kN·m
		경사재	0 kN·m	0 kN·m	0 kN·m	0 kN·m
수평재 최대처짐		40.77 mm	31.20 mm	38.25 mm	57.90 mm	

제조사에서 제안한 엘리베이터 전용 시스템 비계에 대해서 단면 case 1을 적용하여 구조해석을 실시한 결과는 다음과 같으며, 사용 재료의 발생응력은 모든 설계하중 조건에 대해서 재료의 항복강도를 초과하지 않았으나 소요 안전율이 부족하고 수평부재의 처짐이 허용처짐을 초과하는 것으로 나타났다.

- 단, 항복강도를 기준으로 하는 안전율은 부족
  - : KDS 21 60 00 3.1 (3) 비계 및 안전시설물 부속품의 안전율 기준(휨 /인장: 2, 압축/전단: 3)
  - : 티센크루프 비계작업대 하중 기준 - 수직재 1.46, 수평재 1.64
  - : 오티스 비계작업대 하중 기준 - 수직재 1.90, 수평재 2.15
  - : KDS 21 60 00의 작업하중 기준 ① - 수직재 1.55, 수평재 1.75
  - : KDS 21 60 00의 작업하중 기준 ② - 수직재 1.03, 수평재 1.16
- 재료의 허용응력을 기준으로 하는 경우 일부 조건에서 허용응력을 초과
  - : KDS 21 50 00의 허용응력 기준(휨 125 MPa)
  - : 티센크루프 비계작업대 기준 - 수직재에서 허용응력 초과
  - : KDS 21 60 00의 작업하중 기준 ① - 수직재에서 허용응력 초과
  - : KDS 21 60 00의 작업하중 기준 ② - 수직재 및 수평재에서 허용응력 초과
- 전용발판 최대처짐
  - : 4가지 모든 작업하중 조건에 허용처짐 30 mm를 초과

(2) 단면 case 2 적용

4.6mm 두께의 갖는 기본 사각형 단면 case 2을 갖는 제조사 제안 시스템 비계 기본안의 구조해석 결과에 대해서 부재별로 발생한 최대 단면력 및 최대응력과 수평부재의 최대처짐을 정리하여 <표 V-5>에 정리하였다.

**<표 V-5> 시스템 비계의 구조해석에 따른 단면력 및 처짐 비교 - 단면 Case 2 적용 시**

		티센크루프 비계작업대 하중 기준	오티스 비계작업대 하중 기준	KDS 21 60 00 작업하중 기준 ①	KDS 21 60 00 작업하중 기준 ②	
최대 응력	수직재	-84.0 MPa	-64.7 MPa	-78.9 MPa	-118.5 MPa	
	수평재	-73.7 MPa	-56.4 MPa	-69.2 MPa	-104.6 MPa	
	경사재	+5.2 MPa	+6.7 MPa	+5.0 MPa	+6.8 MPa	
단 면 력	축 력	수직재	-1.59 kN	-1.22 kN	-1.50 kN	-2.26 kN
		수평재	-2.0 kN	-1.54 kN	-1.88 kN	-2.84 kN
		경사재	2.54 kN	1.95 kN	2.39 kN	3.61 kN
	전 단 력	수직재	1.6 kN	1.28 kN	1.58 kN	2.39 kN
		수평재	1.7 kN	1.28 kN	1.58 kN	2.39 kN
		경사재	0 kN	0 kN	0 kN	0 kN
	휨 모 멘 트	수직재	0.64 kN·m	0.49 kN·m	0.60 kN·m	0.91 kN·m
		수평재	0.56 kN·m	0.43 kN·m	0.53 kN·m	0.80 kN·m
		경사재	0 kN·m	0 kN·m	0 kN·m	0 kN·m
수평재 최대처짐		24.24 mm	18.61 mm	22.76 mm	34.32 mm	

제조사에서 제안한 엘리베이터 전용 시스템 비계에 대해서 단면 case 2을 적용하여 구조해석을 실시한 결과는 다음과 같으며, 사용 재료의 발생응력은 모든 설계하중 조건에 대해서 재료의 항복강도를 초과하지 않았으나 일부 설계하중 조건에서 소요 안전율이 부족하고 수평부재의 처짐이 허용처짐을 초과하는 것으로 나타났다.

- 항복강도를 기준으로 하는 안전율은 오티스 비계작업대 하중 기준에만 만족
  - ; KDS 21 60 00 3.1 (3) 비계 및 안전시설물 부속품의 안전율 기준(휨/인장: 2, 압축/전단: 3)
  - ; 티센크루프 비계작업대 하중 기준 - 수직재 2.44, 수평재 2.78
  - ; 오티스 비계작업대 하중 기준 - 수직재 3.17, 수평재 3.63
  - ; KDS 21 60 00의 작업하중 기준 ① - 수직재 2.60, 수평재 2.96
  - ; KDS 21 60 00의 작업하중 기준 ② - 수직재 1.73, 수평재 1.96
- 재료의 허용응력을 기준으로 하는 경우 모든 조건에서 허용응력 미만으로 발생
  - ; KDS 21 50 00의 허용응력 기준(휨 125 MPa)
- 전용발판 최대처짐
  - ; KDS 21 60 00의 작업하중 기준 ②를 제외하고 허용처짐 30 mm 미만으로 발생

(3) 단면 case 3 적용

4.6mm 두께와 내부 수직보강된 단면 case 3을 갖는 제조사 제안 시스템 비계 기본안의 구조해석 결과에 대해서 부재별로 발생한 최대 단면력 및 최대응력과 수평부재의 최대처짐을 정리하여 <표 V-6>에 정리하였다.

**<표 V-6> 시스템 비계의 구조해석에 따른 단면력 및 처짐 비교 - 단면 Case 3 적용 시**

		티센크루프 비계작업대 하중 기준	오티스 비계작업대 하중 기준	KDS 21 60 00 작업하중 기준 ①	KDS 21 60 00 작업하중 기준 ②	
최대 응력	수직재	-72.0 MPa	-55.6 MPa	-67.7 MPa	-101.4 MPa	
	수평재	-62.8 MPa	-48.1 MPa	-58.9 MPa	-89.0 MPa	
	경사재	+4.5 MPa	+3.8 MPa	+4.3 MPa	+5.7 MPa	
단 면 력	축 력	수직재	-1.59 kN	-1.22 kN	-1.50 kN	-2.26 kN
		수평재	-2.0 kN	-1.54 kN	-1.88 kN	-2.84 kN
		경사재	2.54 kN	1.95 kN	2.39 kN	3.61 kN
	전 단 력	수직재	1.6 kN	1.28 kN	1.58 kN	2.39 kN
		수평재	1.7 kN	1.28 kN	1.58 kN	2.39 kN
		경사재	0 kN	0 kN	0 kN	0 kN
	힘 모 멘 트	수직재	0.64 kN·m	0.49 kN·m	0.60 kN·m	0.91 kN·m
		수평재	0.56 kN·m	0.43 kN·m	0.53 kN·m	0.80 kN·m
		경사재	0 kN·m	0 kN·m	0 kN·m	0 kN·m
수평재 최대처짐		20.77 mm	15.98 mm	19.51 mm	29.35 mm	

제조사에서 엘리베이터 전용 시스템 비계에 대해서 단면 case 3을 적용하여 구조해석을 실시한 결과는 다음과 같으며, 사용 재료의 발생응력은 모든 설계 하중 조건에 대해서 재료의 항복강도를 초과하지 않았으나 일부 설계하중 조건에서 소요 안전율이 부족하고 수평부재의 처짐이 허용처짐을 초과하는 것으로 나타났다.

- 사용 재료의 발생응력은 항복강도를 초과하지 않음.
- 단, 항복강도를 기준으로 하는 안전율은 오티스 비계작업대 하중과 KDS 21 60 00의 작업하중 기준 ①에만 만족
  - : KDS 21 60 00 3.1 (3) 비계 및 안전시설물 부속품의 안전율 기준(휨/인장: 2, 압축/전단: 3)
  - : 티센크루프 비계작업대 하중 기준 - 수직재 2.85, 수평재 3.26
  - : 오티스 비계작업대 하중 기준 - 수직재 3.69, 수평재 4.26
  - : KDS 21 60 00의 작업하중 기준 ① - 수직재 3.03, 수평재 3.48
  - : KDS 21 60 00의 작업하중 기준 ② - 수직재 2.02, 수평재 2.30
- 재료의 허용응력을 기준으로 하는 경우 모든 조건에서 허용응력 미만으로 발생
  - : KDS 21 50 00의 허용응력 기준(휨 125 MPa)
- 전용발판 최대처짐
  - : 4가지 작업하중 조건 모두에서 허용처짐 30 mm 미만으로 발생

(4) 단면 case 2와 수직보강재 적용

단면 case 2에 수직보강재를 추가한 엘리베이터 전용 시스템 비계 기본안의 구조해석 결과에 대해서 부재별로 발생한 최대 단면력 및 최대응력과 수평부재의 최대처짐을 정리하여 <표 V-7>에 정리하였다.

**<표 V-7> 시스템 비계의 구조해석에 따른 단면력 및 처짐 비교 - 단면 Case 2와 수직보강재 적용 시**

		티센크루프 비계작업대 하중 기준	오티스 비계작업대 하중 기준	KDS 21 60 00 작업하중 기준 ①	KDS 21 60 00 작업하중 기준 ②	
최대 응력	수직재	-85.0 MPa	-65.5 MPa	-79.9 MPa	-119.9 MPa	
	수평재	-62.1 MPa	-47.6 MPa	-58.3 MPa	-87.9 MPa	
	경사재	+46.1 MPa	+35.5 MPa	+43.3 MPa	+65.0 MPa	
단 면 력	축 력	수직재	-1.59 kN	-1.22 kN	-1.50 kN	-2.26 kN
		수평재	-2.0 kN	-1.54 kN	-1.88 kN	-2.84 kN
		경사재	2.54 kN	1.95 kN	2.39 kN	3.61 kN
	전 단 력	수직재	1.6 kN	1.28 kN	1.58 kN	2.39 kN
		수평재	1.7 kN	1.28 kN	1.58 kN	2.39 kN
		경사재	0 kN	0 kN	0 kN	0 kN
	힘 모 멘 트	수직재	0.64 kN·m	0.49 kN·m	0.60 kN·m	0.91 kN·m
		수평재	0.56 kN·m	0.43 kN·m	0.53 kN·m	0.80 kN·m
		경사재	0 kN·m	0 kN·m	0 kN·m	0 kN·m
수평재 최대처짐		18.12 mm	13.98 mm	17.03 mm	25.52 mm	

제조사에서 제안한 엘리베이터 전용 시스템 비계에 대해서 처짐을 감소시키기 위한 수직보강재를 추가하고 단면 case 2을 적용하여 구조해석을 실시한 결과는 다음과 같으며, 사용 재료의 발생응력은 모든 설계하중 조건에 대해서 재료의 항복강도를 초과하지 않았으나 일부 설계하중 조건에서 소요 안전율이 부족하고 수평부재의 처짐이 허용처짐을 초과하는 것으로 나타났다.

- 사용 재료의 발생응력은 항복강도를 초과하지 않음.
- 단, 항복강도를 기준으로 하는 안전율은 오티스 비계작업대 하중 기준에만 만족
  - : KDS 21 60 00 3.1 (3) 비계 및 안전시설물 부속품의 안전율 기준(휨/인장: 2, 압축/전단: 3)
  - : 티센크루프 비계작업대 하중 기준 - 수직재 2.41, 수평재 3.30, 경사재 4.45
  - : 오티스 비계작업대 하중 기준 - 수직재 3.13, 수평재 4.31, 경사재 5.77
  - : KDS 21 60 00의 작업하중 기준 ① - 수직재 2.57, 수평재 3.52, 경사재 4.73
  - : KDS 21 60 00의 작업하중 기준 ② - 수직재 1.71, 수평재 2.33, 경사재 3.15
- 재료의 허용응력을 기준으로 하는 경우 모든 조건에서 허용응력 미만으로 발생
  - : KDS 21 50 00의 허용응력 기준(휨 125 MPa)
- 전용발판 최대처짐
  - : 4가지 작업하중 조건 모두에서 허용처짐 30 mm 미만으로 발생

### 3. 4대 제조사 의견 검토

엘리베이터 전용 시스템 비계의 개발에 따른 구조해석을 통하여 구조안전성을 확인하고, 엘리베이터 제조사를 포함한 공단 TF와의 지속적인 협의와 연구를 통하여 경사재의 설치 위치를 개선하는 등 시스템 비계를 최적화하였다. 개선된 시스템 비계에 대한 구조적 안전성, 설치/해체의 편의성, 현장 적용성 등을 확인하기 위하여 실물 모형을 제작하고, 엘리베이터 4대 제조사 및 설치업체 담당자들에게 시연회를 실시하였다. 시연회 후 시스템 비계의 개선에 대한 의견이 제시되어 이에 대한 검토를 수행하였다.

#### 1) 수직재 상단을 앵커볼트로 고정하는 것에 대한 검토

##### (1) 검토조건

수직재 상부보 지지대를 상부보에 단순 지지하는 경우(롤러 지점)와 오티스 엘리베이터에서 질의한 것과 같이 앵커볼트로 고정하는 경우(힌지 또는 고정단 지점)에 대한 차이를 검토하였다.

##### (2) 해석조건

시스템비계가 대칭구조이므로, 시스템 비계의 편측에 대해서 2D 모델링을 실시하였다.

##### (3) 부재단면 및 재료강도

시스템 비계의 구조해석을 위한 부재의 단면과 재료의 종류 및 강도는 다음과 같이 적용하였다.

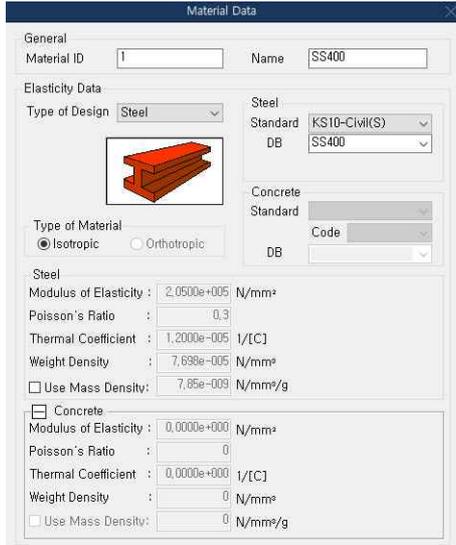
- 단면: 수직재, 수평재 및 경사재 모두 45×75mm(t=2mm) 사각파이프
- 강도: SS400 (항복강도  $f_y=245$  MPa, 인장강도  $f_t=400$  MPa 이상)

#### (4) 설계하중

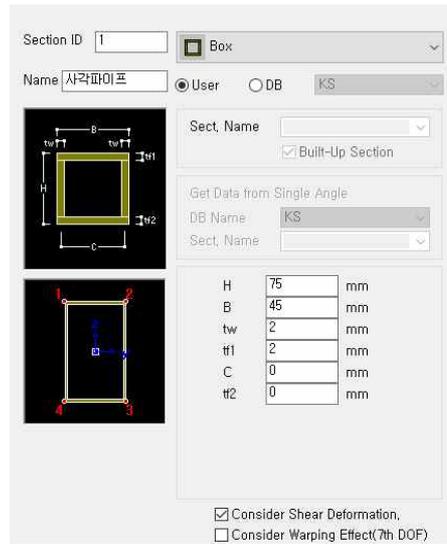
시스템 비계의 구조 검토를 위하여 적용한 설계하중은 시스템 비계에 설치되는 강관비계 조립식 상부작업대의 하중과 국가건설기준인 KDS 21 60 00(비계 및 안전시설물 설계기준)에서 규정하는 작업발판 중량 및 작업하중에 대해서 다음과 같이 적용하였다.

- 시스템 비계에 설치되는 강관비계 조립식 상부작업대
  - : 약 3 kN(300kg) (제조사 구조검토 자료 참조)
- 작업발판 및 작업하중
  - : KDS 21 60 00(비계 및 안전시설물 설계기준)의 1.5.2 연작하중
    - 작업발판 중량: 0.2 kN/m<sup>2</sup> 이상
      - : 시스템 비계(전용발판)에 설치되는 작업발판의 최대 설치면적 2m<sup>2</sup>을 고려하여 0.4 kN 적용
    - 작업하중: 중작업 기준 2.5 kN/m<sup>2</sup> 이상
      - : 시스템 비계(전용발판)에 설치되는 작업발판의 최대 설치면적 2m<sup>2</sup>을 고려하여 5 kN 적용
  - 기타 클램프, 사다리 등을 고려하여 총 10 kN을 설계하중으로 산정
  - 따라서, 시스템 비계 한쪽 당 5 kN의 설계하중이 작용하며, 강관비계 조립식 상부작업대 설치 시 시스템비계에는 2곳에 집중하중으로 작용하므로 각 작용점 당  $P = 2.5$  kN을 재하

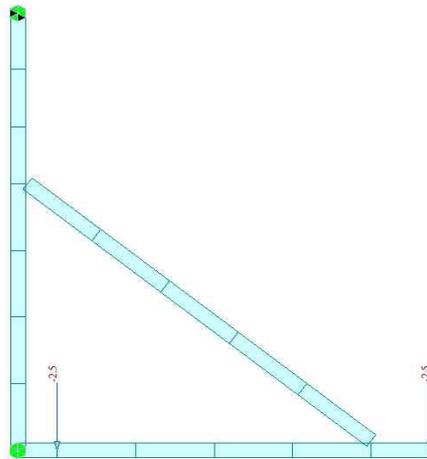
이상의 해석조건, 부재단면 및 재료강도와 설계하중을 고려하여 [그림 V-29]에 보인 것과 같이 범용 구조해석 프로그램인 MIDAS-CIVIL 2019를 이용하여 구조검토를 실시하였다.



(a) 재료 특성



(b) 단면 특성

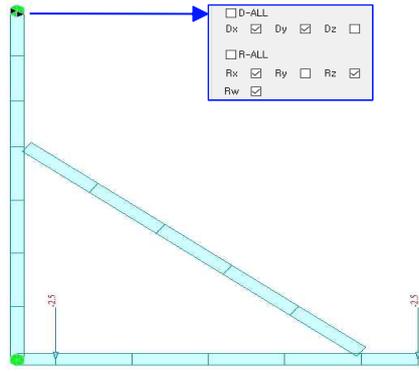


(c) 하중재하 모델링

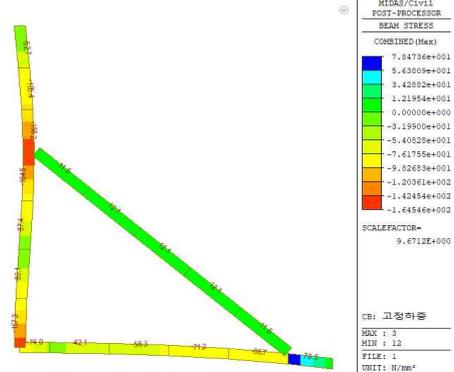
**[그림 V-29] 제조사 의견 검토를 위한 구조해석 입력값 - 재료특성, 단면특성, 하중재하**

(5) 해석 결과

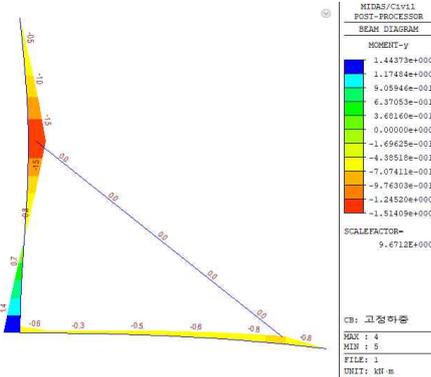
가) 구조해석 결과



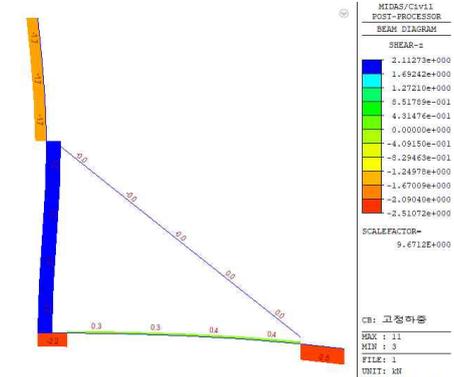
(a) 모델링



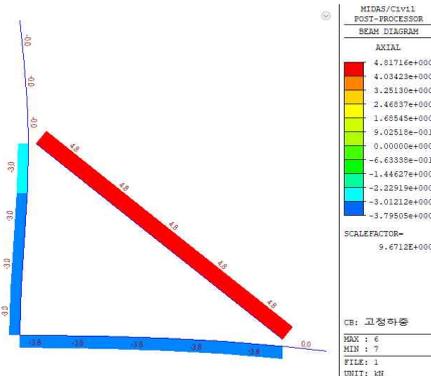
(b) 해석결과 - 최대 응력



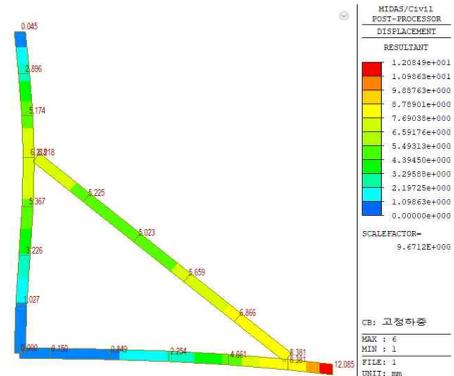
(c) 해석결과 - 최대 모멘트



(d) 해석결과 - 최대 전단력

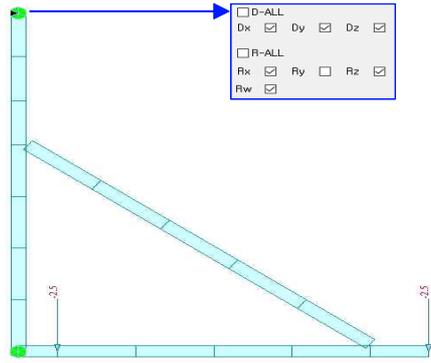


(e) 해석결과 - 최대 축력

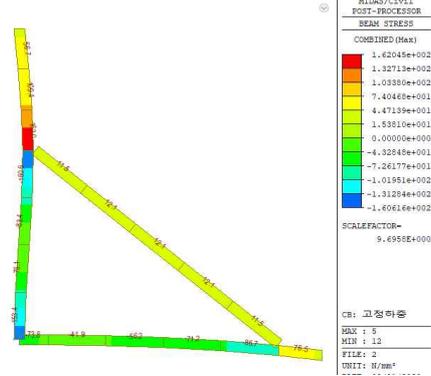


(f) 해석결과 - 최대처짐

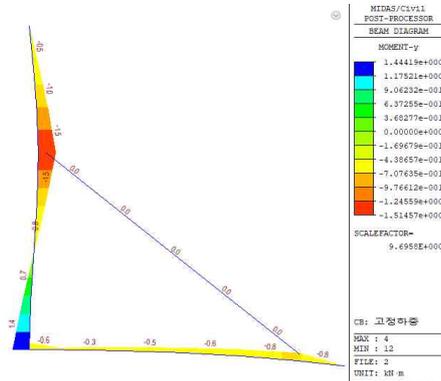
[그림 V-30] 앵커볼트 미설치 시 구조해석 결과 - 롤러지점 적용



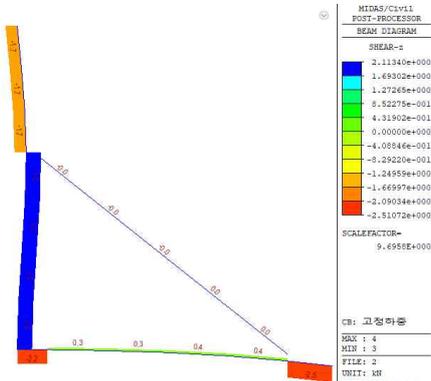
(a) 모델링



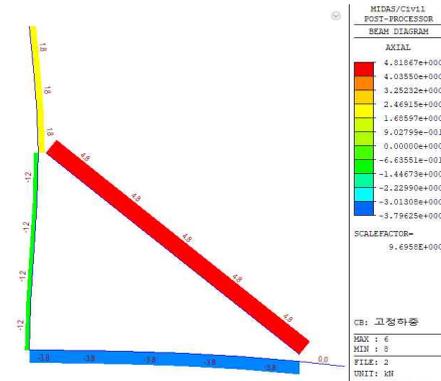
(b) 해석결과 - 최대 응력



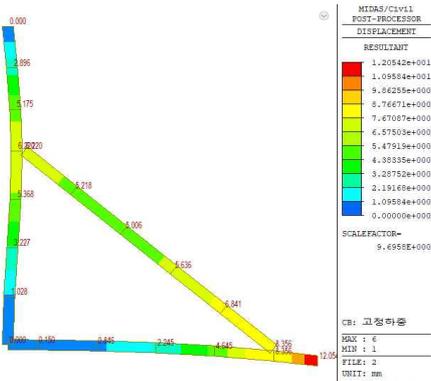
(c) 해석결과 - 최대 모멘트



(d) 해석결과 - 최대 전단력

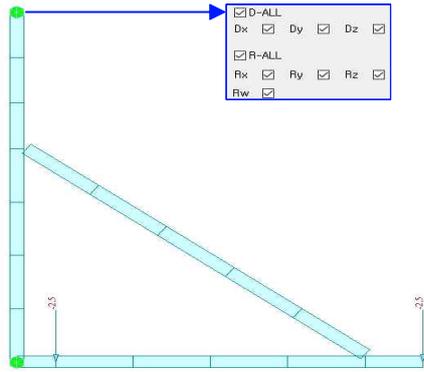


(e) 해석결과 - 최대 축력

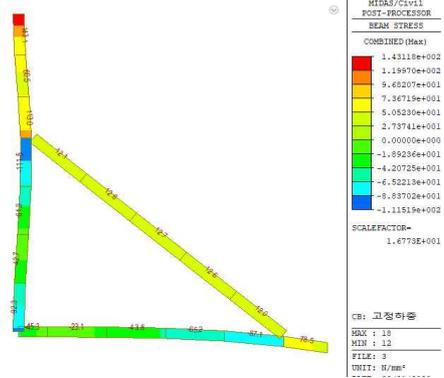


(f) 해석결과 - 최대 처짐

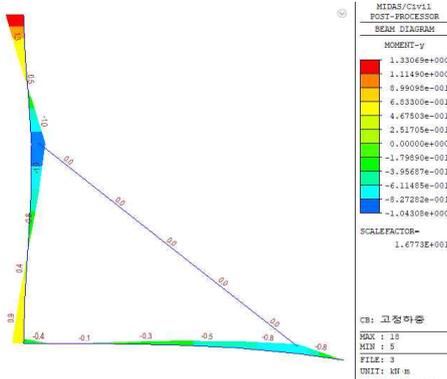
[그림 V-31] 앵커볼트 설치 시 구조해석 결과 - 인지지점 적용



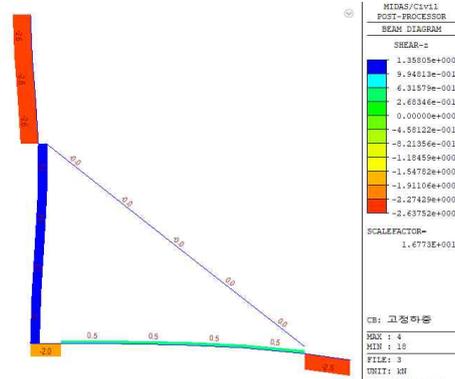
(a) 모델링



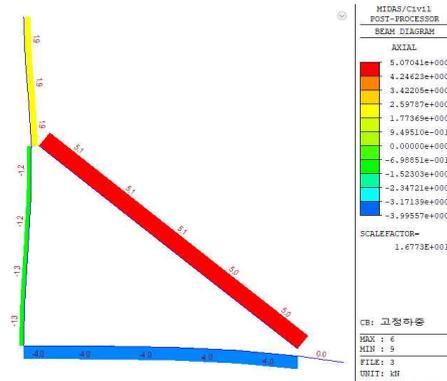
(b) 해석결과 - 최대 응력



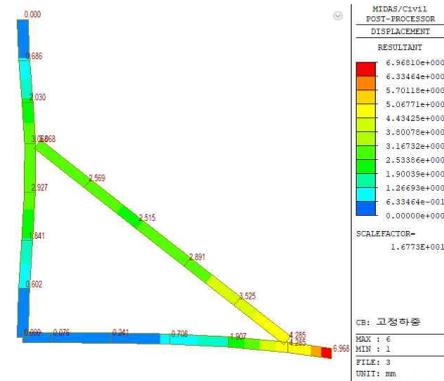
(c) 해석결과 - 최대 모멘트



(d) 해석결과 - 최대 전단력



(e) 해석결과 - 최대 축력



(f) 해석결과 - 최대 처짐

[그림 V-32] 앵커볼트 설치 시 구조해석 결과 - 고정단지점 적용

나) 부재별 최대응력

부재	앵커볼트 미설치 시	앵커볼트 설치 시			
		힌지 절점 모델링		고정 절점 모델링	
		응력	감소율	응력	감소율
수직재	164.5 MPa	162 MPa	1.5% 감소	143 MPa	13.1% 감소
수평재	86.7 MPa	86.7 MPa	/	87.1 MPa	0.5% 증가
경사재	12.1 MPa	12.1 MPa	/	12.7 MPa	4.9% 증가

다) 최대처짐

부재	앵커볼트 미설치 시	앵커볼트 설치 시			
		힌지 절점 모델링		고정 절점 모델링	
		처짐	감소율	처짐	감소율
수평재	12.085mm	12.05mm	0.3% 감소	6.97mm	42.3% 감소

라) 검토의견

수직재 상단에 위치한 상부보 지지대에 앵카볼트 설치를 통하여 고정절점이 형성되면 수직재 응력은 약 13% 감소하는 반면에 수평재와 경사재의 응력이 증가하였다. 그리고, 시스템 비계의 수평재 끝단에서 발생하는 처짐은 42.3% 감소하지만, 하부 지지대가 설치되면 처짐 감소효과는 상쇄된다.

이에 반하여 상부보 지지대에 설치되는 앵카볼트는 높이가 2m 이상이 되므로 별도의 발판(우마발판) 또는 사다리를 이용한 작업이 추가되므로 작업자의 안전 확보 및 작업의 효율성 측면에서 불리하며, 연직하중에 의한 모멘트에 의해 상부보 지지대는 상부보에 지지가 되고 하부에 설치되는 밀림방지 브라켓에 의해 추가 지지가 가능하므로 수직재 상단의 상부보 지지대를 앵카볼트로 고정하는 것은 불필요한 것으로 검토되었다.

## 2) 하부 지지대가 필수적인지에 대한 검토

### (1) 검토조건

작업의 편의성 확보를 위한 의견으로 제시된 하부 지지대 미설치 의견에 대해서 하부 지지대의 설치 유·무에 대한 차이를 검토하였다.

### (2) 해석조건

시스템비계가 대칭구조이므로, 시스템 비계의 편측에 대해서 2D 모델링을 실시하였고, 하부 지지대는 지름 48mm 일반 구조용 강관비계를 적용하였으며, 하부 지지대와 바닥면은 앵커볼트로 고정되며 시스템 비계와의 체결은 일반 클램프를 적용하였다.

### (3) 부재단면 및 재료강도

시스템 비계의 구조해석을 위한 부재의 단면과 재료의 종류 및 강도는 다음과 같이 적용하였다.

- 단면: 시스템 비계를 구성하는 수직재, 수평재 및 경사재 모두 45×75mm (t=2mm) 사각파이프이고, 하부 지지대는 지름 48mm(t=2.3mm) 강관비계
- 강도: 시스템 비계의 주부재 및 하부 지지대로 사용되는 강관비계 모두 SS400 (항복강도  $f_y=245$  MPa, 인장강도  $f_t=400$  MPa 이상)

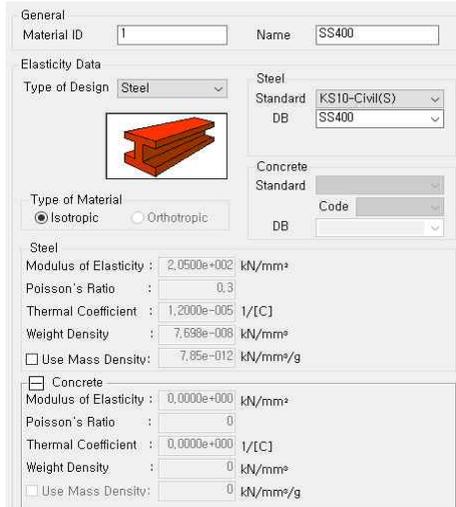
### (4) 설계하중

시스템 비계의 구조 검토를 위하여 적용한 설계하중은 시스템 비계에 설치되는 강관비계 조립식 상부작업대의 하중과 국가건설기준인 KDS 21 60 00(비계 및 안전시설물 설계기준)에서 규정하는 작업발판 중량 및 작업하중에 대해

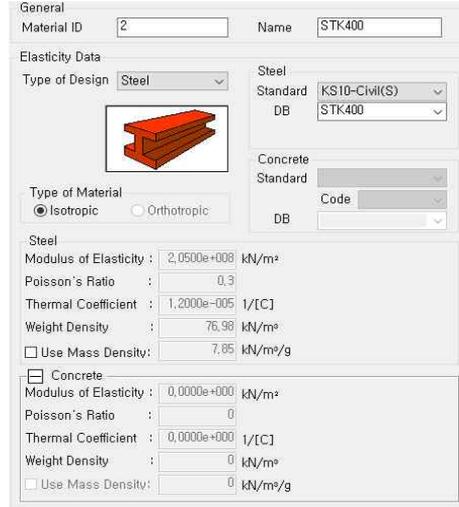
서 다음과 같이 적용하였다.

- 시스템 비계에 설치되는 강관비계 조립식 상부작업대  
: 약 3 kN(300kg) (제조사 구조검토 자료 참조)
- 작업발판 및 작업하중  
: KDS 21 60 00(비계 및 안전시설물 설계기준)의 1.5.2 연작하중
  - 작업발판 증량: 0.2 kN/m<sup>2</sup> 이상  
: 시스템 비계(전용발판)에 설치되는 작업발판의 최대 설치면적 2m<sup>2</sup>을 고려하여 0.4 kN 적용
  - 작업하중: 중작업 기준 2.5 kN/m<sup>2</sup> 이상  
: 시스템 비계(전용발판)에 설치되는 작업발판의 최대 설치면적 2m<sup>2</sup>을 고려하여 5 kN 적용
- 기타 클램프, 사다리 등을 고려하여 총 10 kN을 설계하중으로 산정
- 따라서, 시스템 비계 한쪽 당 5 kN의 설계하중이 작용하며, 강관비계 조립식 상부작업대 설치 시 시스템비계에는 2곳에 집중하중으로 작용하므로 각 작용점 당  $P = 2.5 \text{ kN}$ 을 재하

이상의 해석조건, 부재단면 및 재료강도와 설계하중을 고려하여 [그림 V-33]에 보인 것과 같이 범용 구조해석 프로그램인 MIDAS-CIVIL 2019를 이용하여 하부 지지대 설치 유·무에 따른 구조검토를 실시하였다.

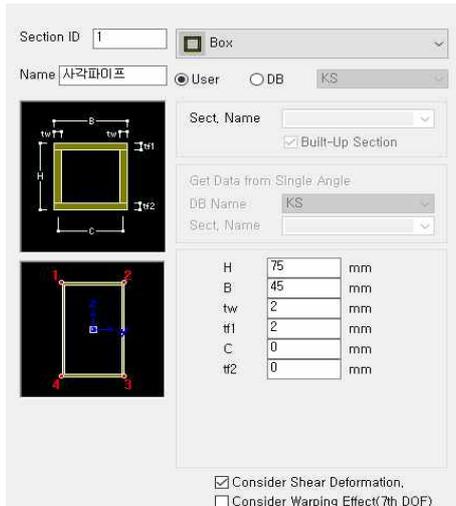


시스템 비계

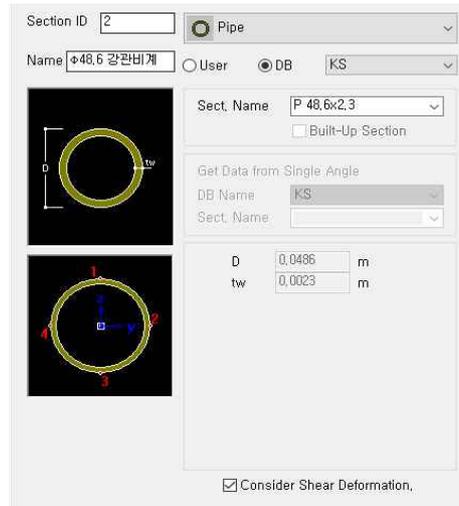


강관비계

(a) 재료 특성

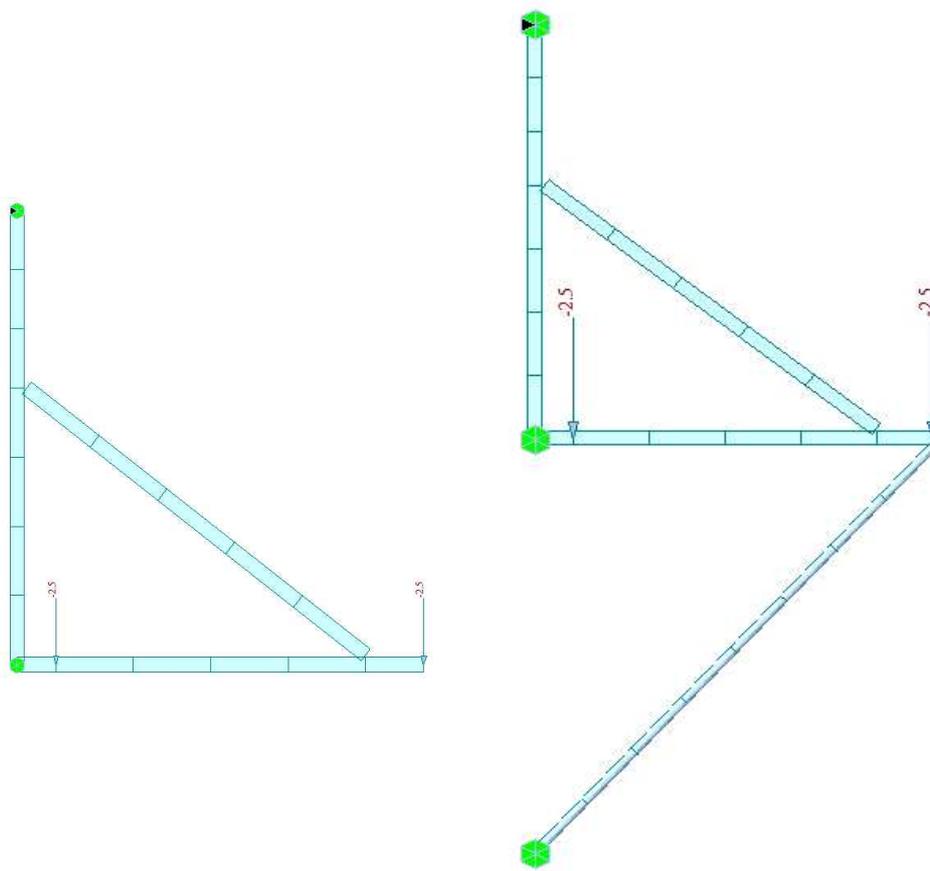


시스템 비계



강관비계

(b) 단면 특성



하부 지지대 미설치

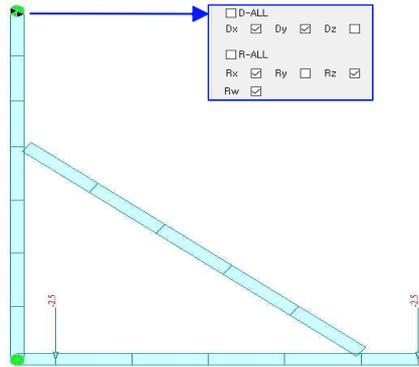
하부 지지대 설치

(c) 하중재하 모델링

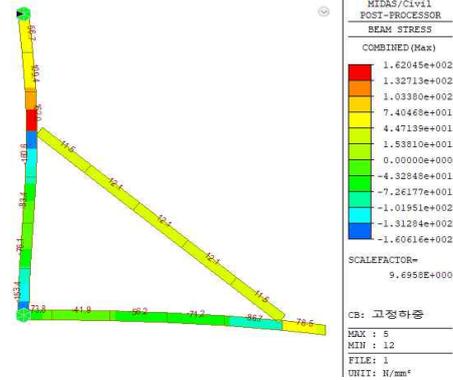
**[그림 V-33] 제조사 의견 검토를 위한 구조해석 입력값 - 재료특성, 단면특성, 하중재하**

(5) 해석 결과

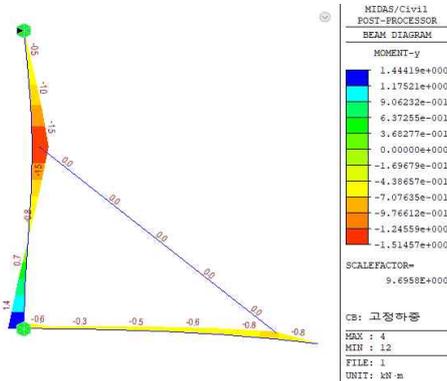
가) 구조해석 결과



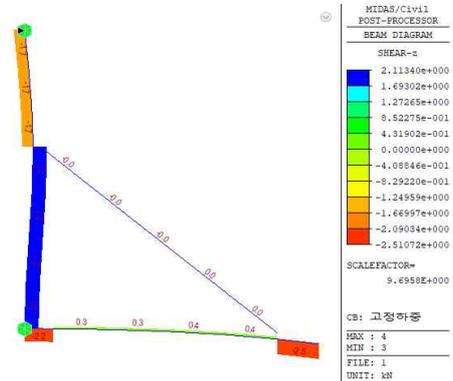
(a) 모델링



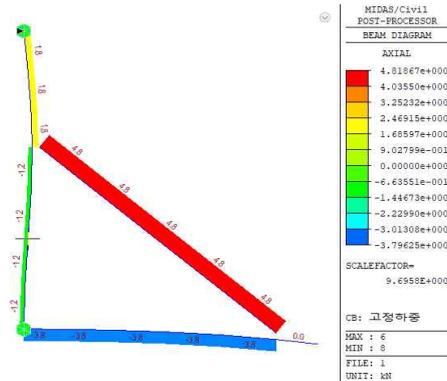
(b) 해석결과 - 최대 응력



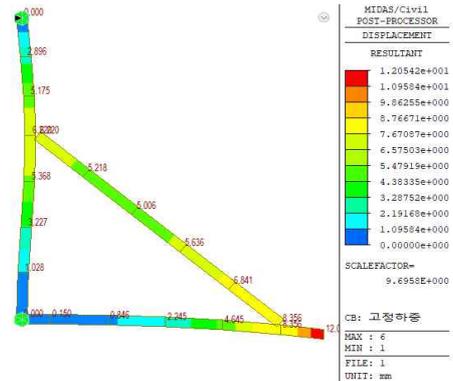
(c) 해석결과 - 최대 모멘트



(d) 해석결과 - 최대 전단력

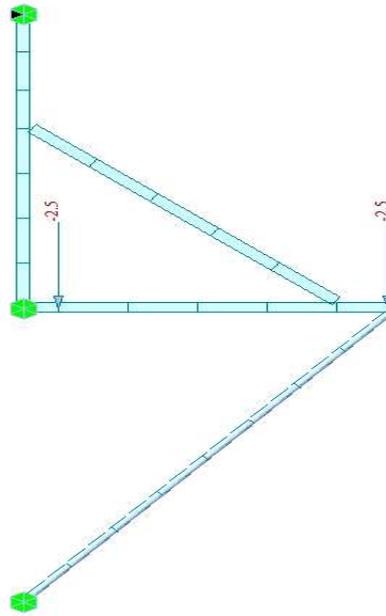


(e) 해석결과 - 최대 축력

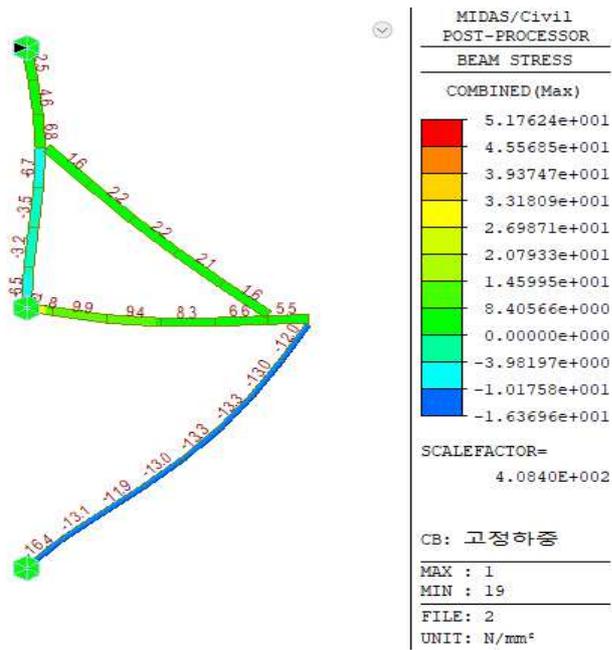


(f) 해석결과 - 최대처짐

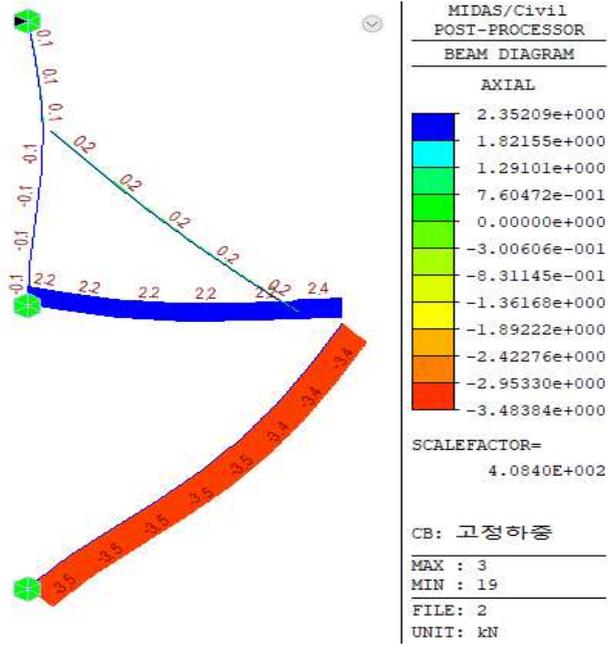
[그림 V-34] 하부 지지대 설치 구조해석 결과 - 하부 지지대 미설치



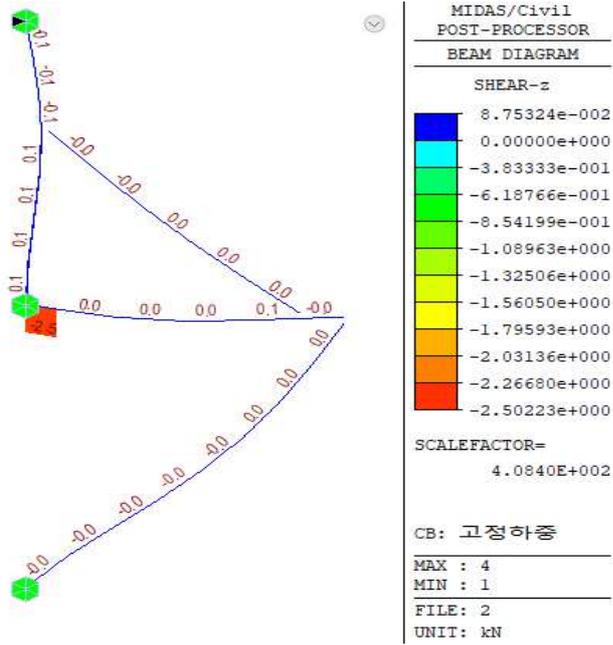
(a) 모델링



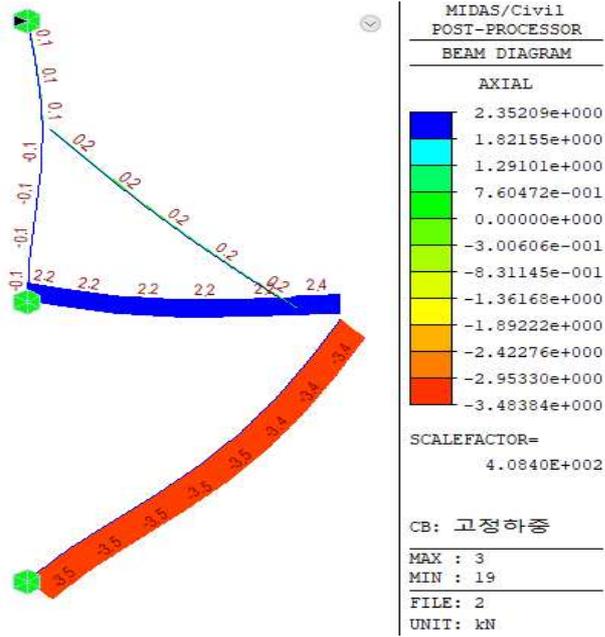
(b) 해석결과 - 최대 응력



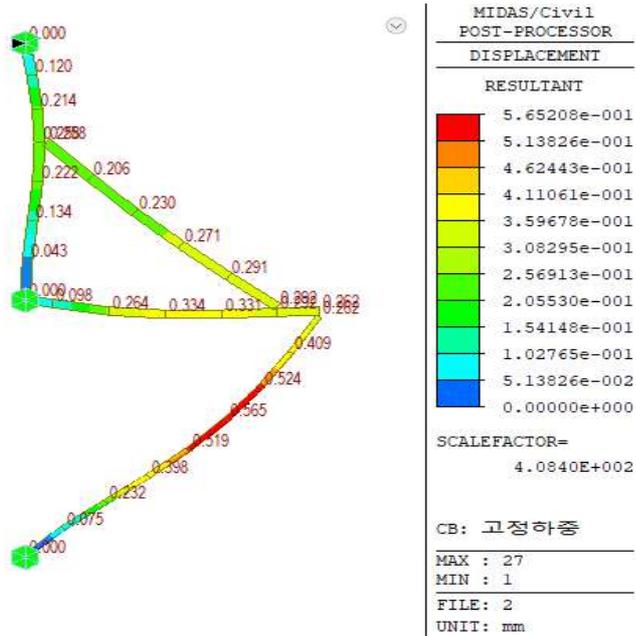
(c) 해석결과 - 최대 모멘트



(d) 해석결과 - 최대 전단력



(e) 해석결과 - 최대 축력



(f) 해석결과 - 최대 처짐

[그림 V-35] 하부 지지대 설치 구조해석 결과 - 하부 지지대 설치

## 나) 부재별 최대응력

부재	하부 지지대 미설치 시	하부 지지대 설치 시	
		응력	감소율
수직재	164.5 MPa	6.8 MPa	95.9% 감소
수평재	86.7 MPa	9.2 MPa	89.4% 감소
경사재	12.1 MPa	2.2 MPa	81.8% 감소
하부 지지대		13.3 MPa	

## 다) 최대처짐

부재	하부 지지대 미설치 시	하부 지지대 설치 시	
		고정 절점 모델링	
		처짐	감소율
수평재	12.08mm	6.97mm	42.3% 감소

## 라) 검토의견

하부 지지대가 설치된 경우에는 시스템비계의 수직재, 수평재 및 경사재 응력이 모두 80% 이상(최대 약 96%) 감소하고, 시스템비계의 수평재 끝단에서 발생하는 처짐이 97.8% 감소하는 효과가 있으므로 하부 지지대는 반드시 설치가 되어야 한다.

## 3) 상부벽 지지대를 사각파이프 또는 강관비계로 사용하는 것에 대한 검토

## (1) 검토조건

상부벽 지지대를 주부재와 동일한 단면을 갖는 사각파이프를 사용하는 것과 일반 구조용 강관비계를 사용하는 것에 대한 차이를 검토하였다.

## (2) 해석조건

상부벽 지지대 설치를 고려하여 3D 모델링을 실시하였으며, 사각파이프의 경우에는 설치를 고려하여 단면의 폭방향으로 배치를 하였다.

## (3) 부재단면 및 재료강도

시스템 비계 구조해석을 위한 부재의 단면과 재료의 종류 및 강도는 다음과 같이 적용하였다.

- 단면: 시스템 비계를 구성하는 수직재, 수평재 및 경사재 모두 45×75mm (t=2mm) 사각파이프이고, 하부 지지대는 지름 48mm(t=2.3mm) 강관비계
- 강도: 시스템 비계의 주부재 및 하부 지지대로 사용되는 강관비계 모두 SS400 (항복강도  $f_y=245$  MPa, 인장강도  $f_t=400$  MPa 이상)

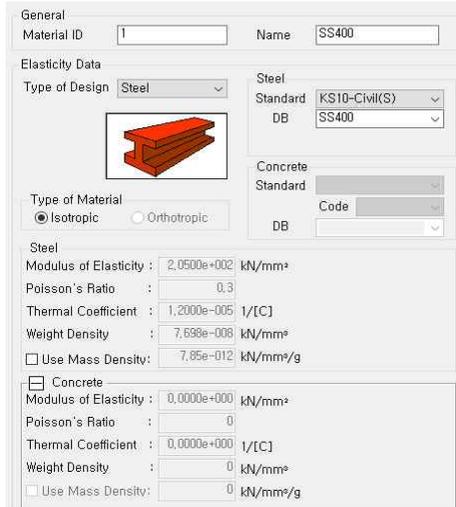
## (4) 설계하중

시스템 비계의 구조 검토를 위하여 적용한 설계하중은 시스템 비계에 설치되는 강관비계 조립식 상부작업대의 하중과 국가건설기준인 KDS 21 60 00(비계 및 안전시설물 설계기준)에서 규정하는 작업발판 중량 및 작업하중에 대해서 다음과 같이 적용하였다.

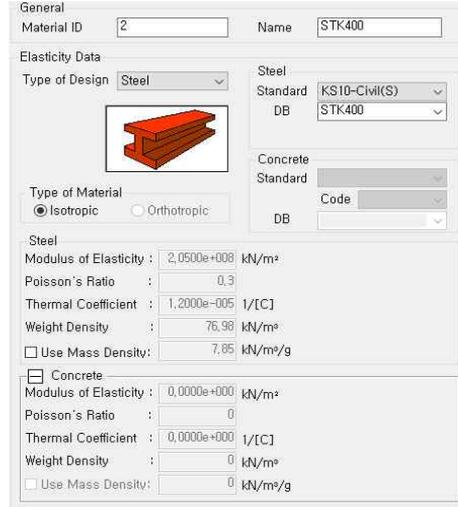
- 시스템 비계에 설치되는 강관비계 조립식 상부작업대  
: 약 3 kN(300kg) (제조사 구조검토 자료 참조)
- 작업발판 및 작업하중  
: KDS 21 60 00(비계 및 안전시설물 설계기준)의 1.5.2 연작하중  
- 작업발판 중량: 0.2 kN/m<sup>2</sup> 이상

- : 시스템 비계에 설치되는 작업발판의 최대 설치면적  $2\text{m}^2$ 을 고려하여  $0.4\text{ kN}$  적용
  - 작업하중: 중작업 기준  $2.5\text{ kN/m}^2$  이상
    - : 시스템 비계에 설치되는 작업발판의 최대 설치면적  $2\text{m}^2$ 을 고려하여  $5\text{ kN}$  적용
- 기타 클램프, 사다리 등을 고려하여 총  $10\text{ kN}$ 을 설계하중으로 산정
- 따라서, 시스템 비계 한쪽 당  $5\text{ kN}$ 의 설계하중이 작용하며, 강관비계 조립식 상부작업대 설치 시 시스템비계에는 2곳에 집중하중으로 작용하므로 각 작용점 당  $P = 2.5\text{ kN}$ 을 재하

이상의 해석조건, 부재단면 및 재료강도와 설계하중을 고려하여 [그림 V-]에 보인 것과 같이 범용 구조해석 프로그램인 MIDAS-CIVIL 2019를 이용하여 하부 지지대 설치 유·무에 따른 구조검토를 실시하였다.

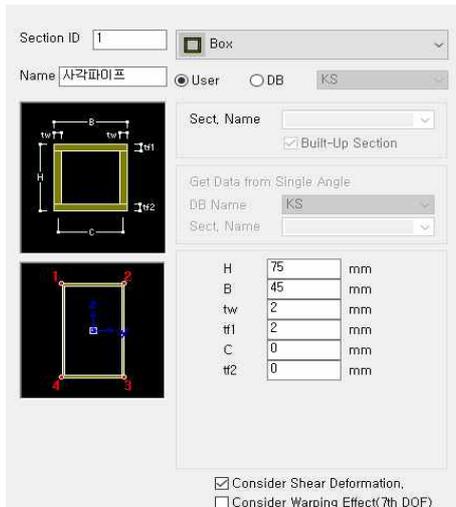


시스템 비계

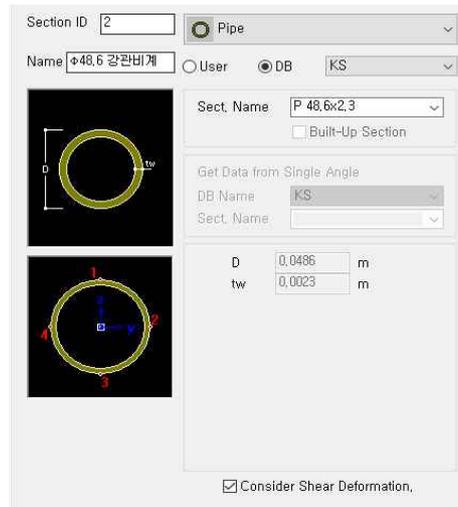


강관비계

(a) 재료 특성

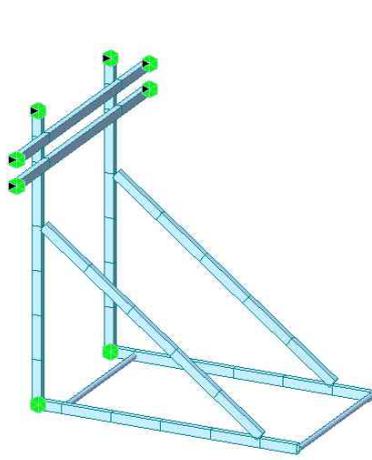


시스템 비계

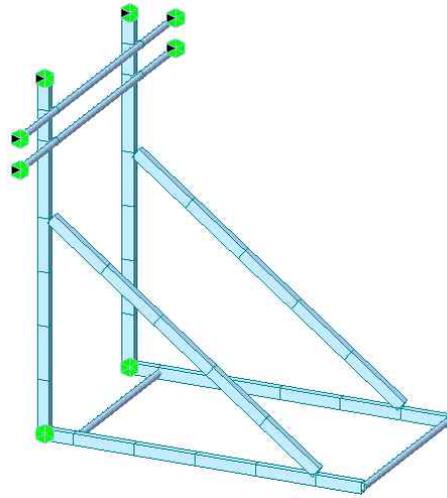


강관비계

(b) 단면 특성



사각파이프 사용



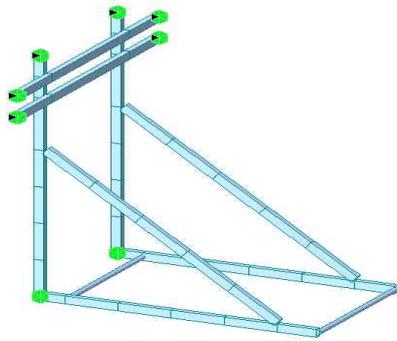
강관비계 사용

(c) 하중재하 모델링

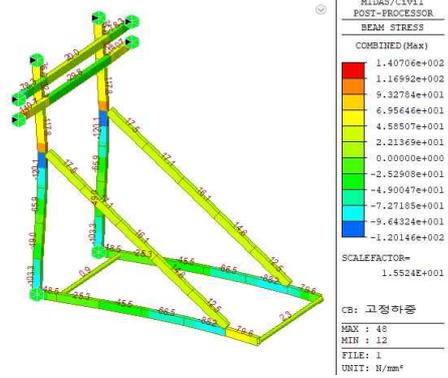
**[그림 V-36] 제조사 의견 검토를 위한 구조해석 입력값 - 재료특성, 단면특성, 하중재하**

(5) 해석 결과

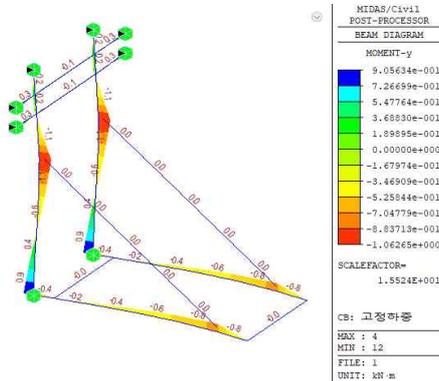
가) 구조해석 결과



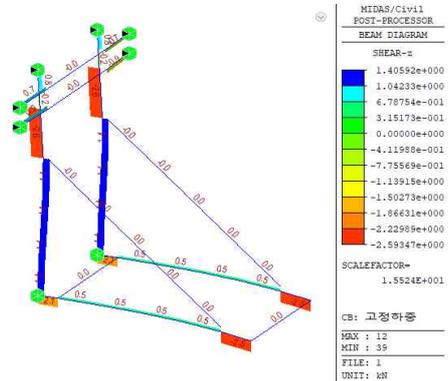
(a) 모델링



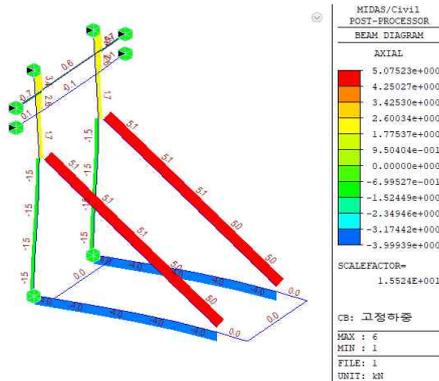
(b) 해석결과 - 최대 응력



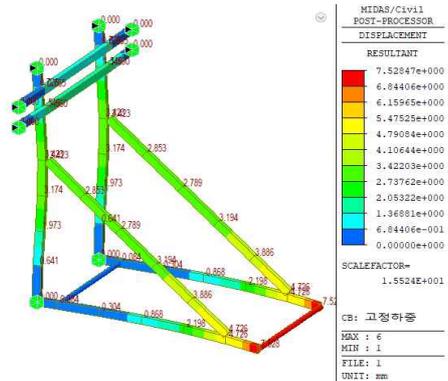
(c) 해석결과 - 최대 모멘트



(d) 해석결과 - 최대 전단력

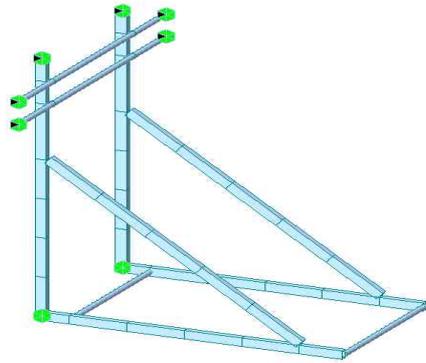


(e) 해석결과 - 최대 축력

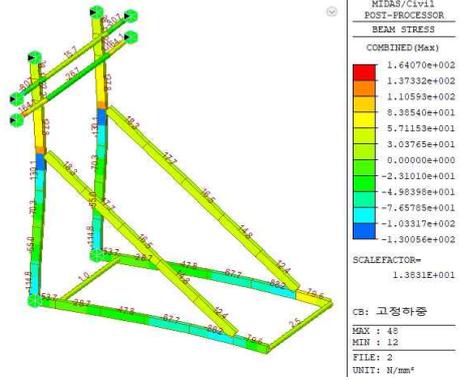


(f) 해석결과 - 최대처짐

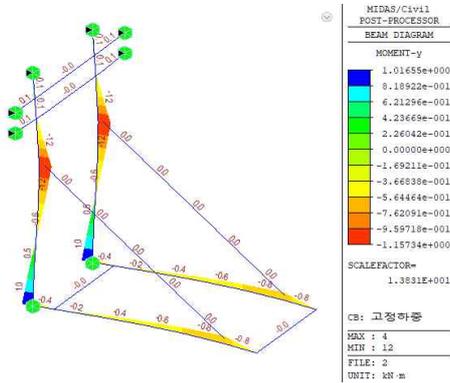
[그림 V-37] 상부벽 지지대 조건에 따른 구조해석 - 사각파이프 적용



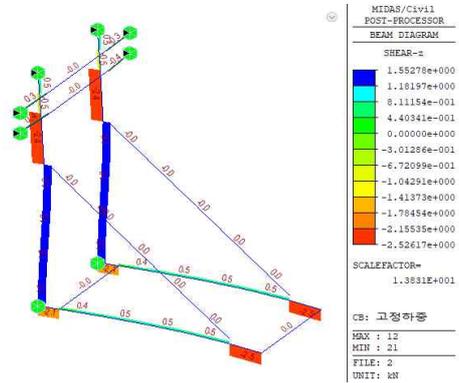
(a) 모델링



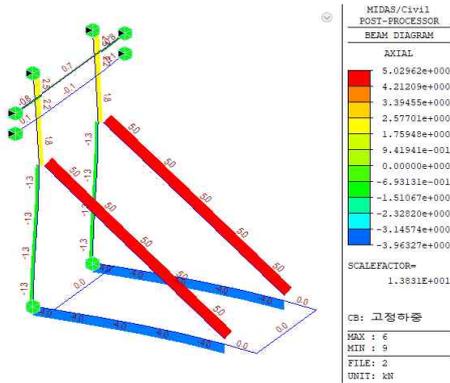
(b) 해석결과 - 최대 응력



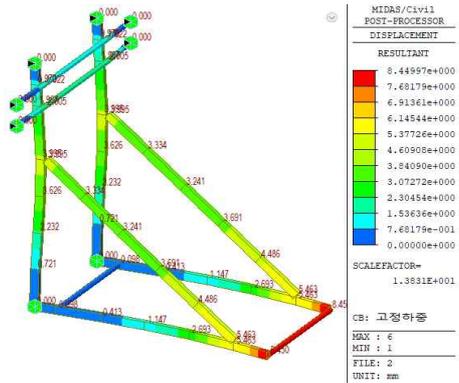
(c) 해석결과 - 최대 모멘트



(d) 해석결과 - 최대 전단력



(e) 해석결과 - 최대 축력



(f) 해석결과 - 최대처짐

[그림 V-38] 상부벽 지지대 조건에 따른 구조해석 - 강관비계 적용

## 나) 상부벽 지지대 응력

부재	발생 응력			
	사각파이프 사용 시		구조용 강관비계 사용 시	
	지점부	중앙부	지점부	중앙부
상부벽 지지대 1열	78.3	20	80.7	15.7
상부벽 지지대 2열	140.7	29.8	164.1	26.7

## 다) 최대처짐

부재	최대처짐(하부 지지대가 없는 경우)	
	사각파이프 사용 시	구조용 강관비계 사용 시
수평재	7.5mm	8.4mm

## 라) 검토의견

상부벽 지지대로 사각파이프 또는 구조용 강관비계를 사용할 경우, 발생응력은 큰 차이가 없으므로 설치 편의성을 고려하여 사각파이프보다는 강관비계를 사용하는 것이 효율적인 것으로 검토되었다.

## 4) 하부 지지대를 경사재와 동일한 방향으로 설치되는 와이어로프로 대체하는 것에 대한 검토

## (1) 검토조건

시스템 비계의 설치 편의성을 위하여 하부 지지대를 대신하여 경사재와 동일한 방향으로 와이어로프를 설치하는 것에 대한 차이를 검토하였다.

## (2) 해석조건

시스템비계가 대칭구조이므로, 시스템 비계의 편측에 대해서 2D 모델링을 실시하였으며, 와이어로프는 지름 8mm를 적용하고 턴버클에 의한 긴장력은 별도로 고려하지 않았다.

## (3) 부재단면 및 재료강도

시스템 비계의 구조해석을 위한 부재의 단면과 재료의 종류 및 강도는 다음과 같이 적용하였다.

- 단면: 수직재, 수평재 및 경사재 모두 45×75mm(t=2mm) 사각파이프이고, 와이어로프는 지름 8mm 강선
- 강도: 시스템 비계는 SS400 (항복강도  $f_y=245$  MPa, 인장강도  $f_t=400$  MPa 이상), 와이어로프의 항복강도  $f_y=165$  MPa

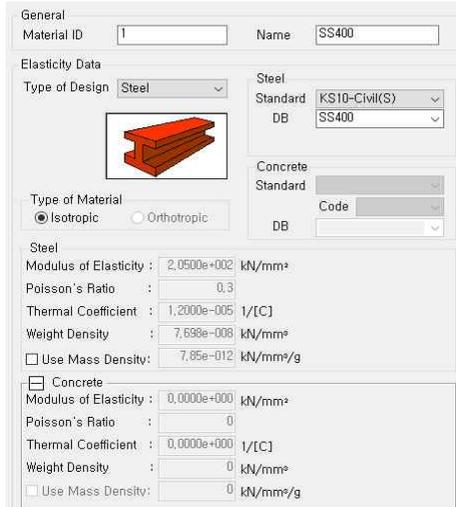
## (4) 설계하중

시스템 비계의 구조 검토를 위하여 적용한 설계하중은 시스템 비계에 설치되는 강관비계 조립식 상부작업대의 하중과 국가건설기준인 KDS 21 60 00(비계 및 안전시설물 설계기준)에서 규정하는 작업발판 중량 및 작업하중에 대해서 다음과 같이 적용하였다.

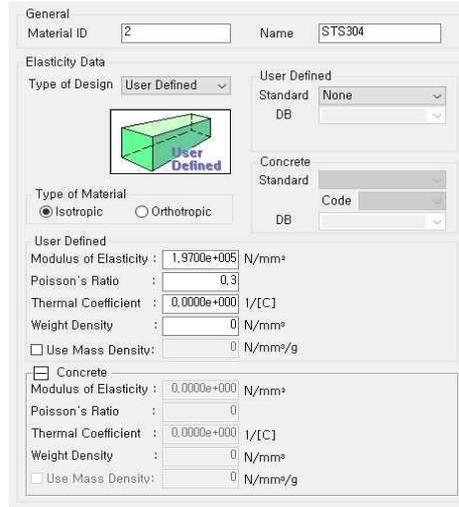
- 시스템 비계에 설치되는 강관비계 조립식 상부작업대
  - : 약 3 kN(300kg) (제조사 구조검토 자료 참조)
- 작업발판 및 작업하중
  - : KDS 21 60 00(비계 및 안전시설물 설계기준)의 1.5.2 연작하중
    - 작업발판 중량: 0.2 kN/m<sup>2</sup> 이상
      - : 시스템 비계(전용발판)에 설치되는 작업발판의 최대 설치면적 2m<sup>2</sup>을 고려하여 0.4 kN 적용

- 작업하중: 중작업 기준  $2.5 \text{ kN/m}^2$  이상
  - : 시스템 비계(전용발판)에 설치되는 작업발판의 최대 설치면적  $2\text{m}^2$ 을 고려하여  $5 \text{ kN}$  적용
- 기타 클램프, 사다리 등을 고려하여 총  $10 \text{ kN}$ 을 설계하중으로 산정
- 따라서, 시스템 비계 한쪽 당  $5 \text{ kN}$ 의 설계하중이 작용하며, 강관비계 조립식 상부작업대 설치 시 시스템비계에는 2곳에 집중하중으로 작용하므로 각 작용점 당  $P = 2.5 \text{ kN}$ 을 재하

이상의 해석조건, 부재단면 및 재료강도와 설계하중을 고려하여 [그림 V-39]에 보인 것과 같이 범용 구조해석 프로그램인 MIDAS-CIVIL 2019를 이용하여 구조검토를 실시하였다.

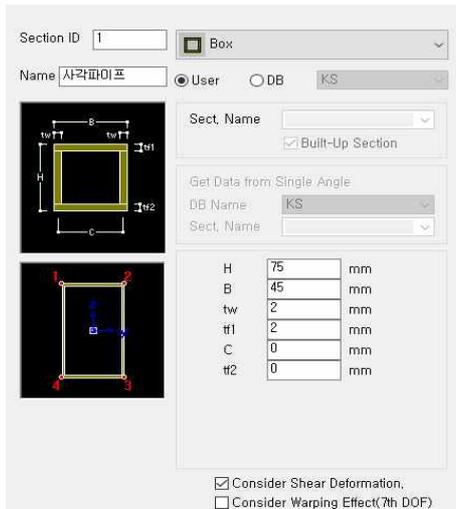


시스템 비계

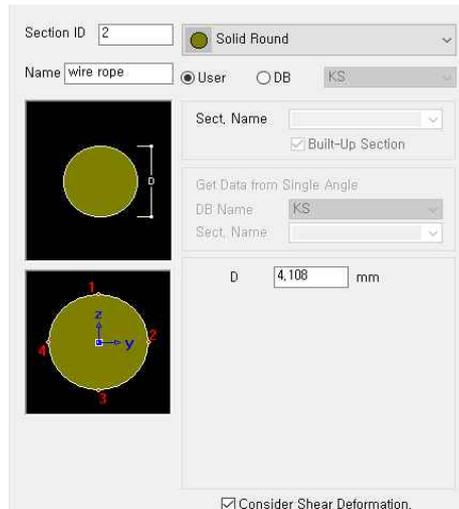


와이어로프

(a) 재료 특성

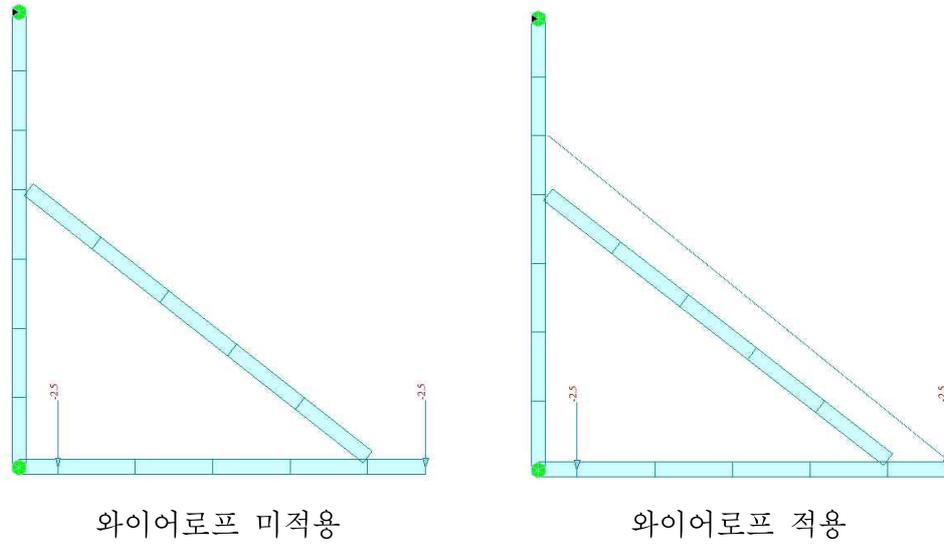


시스템 비계



와이어로프

(b) 단면 특성

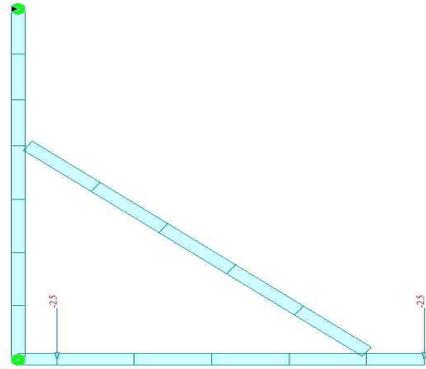


(c) 하중재하 모델링

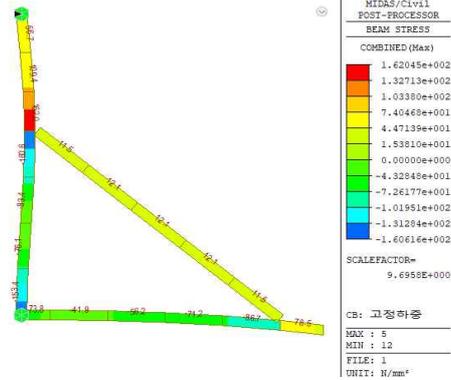
**[그림 V-39] 제조사 의견 검토를 위한 구조해석 입력값 - 재료특성, 단면특성, 하중재하**

(5) 해석 결과

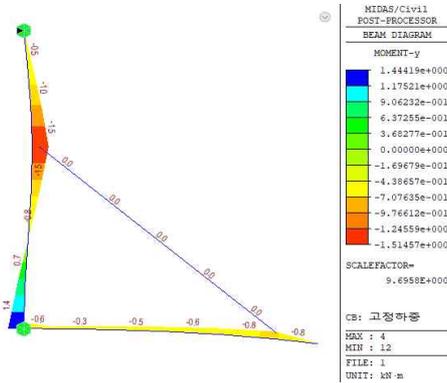
가) 구조해석 결과



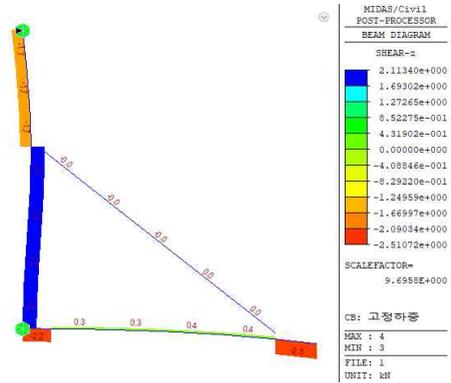
(a) 모델링



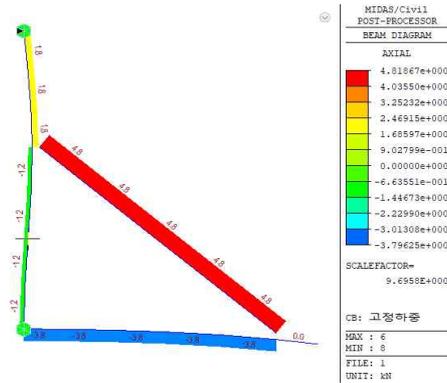
(b) 해석결과 - 최대 응력



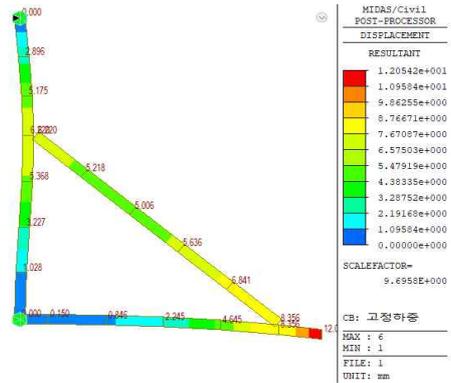
(c) 해석결과 - 최대 모멘트



(d) 해석결과 - 최대 전단력

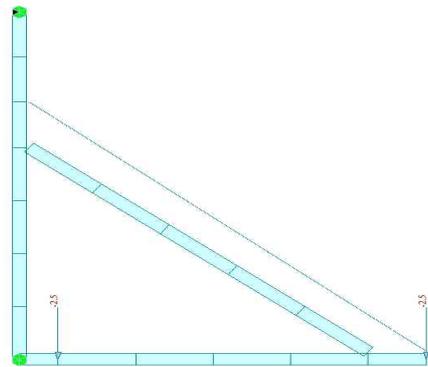


(e) 해석결과 - 최대 축력

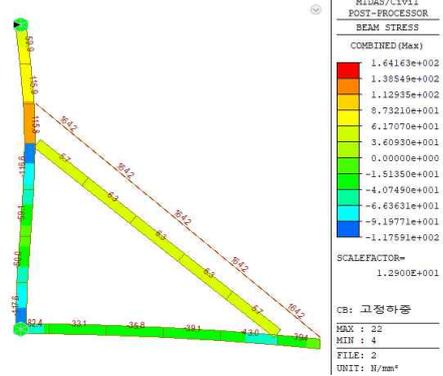


(f) 해석결과 - 최대 처짐

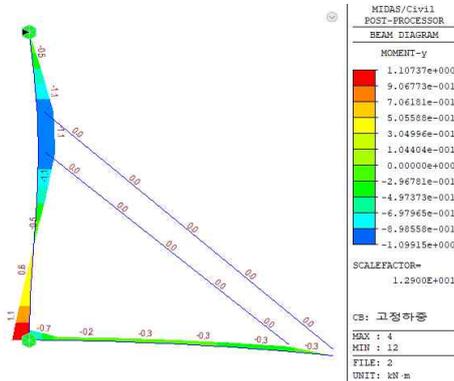
[그림 V-40] 와이어로프 사용에 따른 구조해석 - 와이어로프 미적용



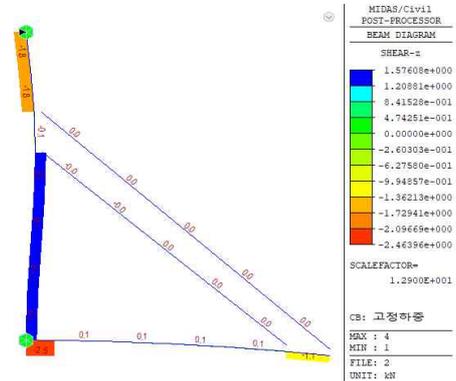
(a) 모델링



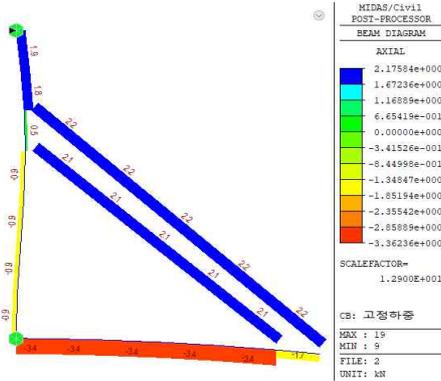
(b) 해석결과 - 최대 응력



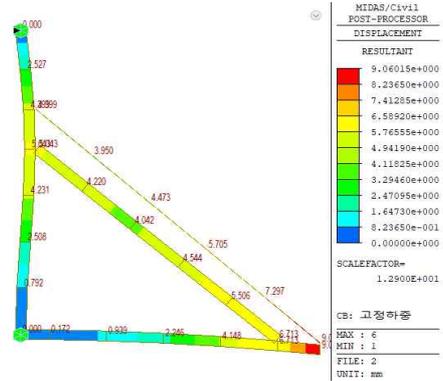
(c) 해석결과 - 최대 모멘트



(d) 해석결과 - 최대 전단력



(e) 해석결과 - 최대 축력



(f) 해석결과 - 최대처짐

[그림 V-41] 와이어로프 사용에 따른 구조해석 - 와이어로프 적용

## 나) 부재별 응력

부재	와이어로프 미설치 시	와이어로프 설치 시	
		응력	감소율
수직재	164.5 MPa	116.6 MPa	29.1% 감소
수평재	86.7 MPa	43 MPa	50.4% 감소
경사재	12.1 MPa	6.3 MPa	47.9% 감소
와이어로프		164.2 MPa	

## 다) 최대처짐

부재	와이어로프 미설치 시	와이어로프 설치 시	
		처짐	감소율
수평재	12mm	9.06mm	24.5% 감소

## 라) 검토의견

와이어로프를 사용할 경우, 수직재의 응력은 29%, 수평재와 경사재의 응력은 약 50% 정도 감소되고, 수평재 끝단의 처짐은 24.5% 정도 감소되어서 구조적 효과는 있는 것으로 판단된다. 그러나, 검토 2의 결과와 같이 하부 지지대를 설치하는 것과 비교하면 주부재의 응력 및 최대처짐의 감소 효과가 부족하다고 할 수 있다. 또한, 턴버클에 의한 긴장력 도입 시에는 추가적인 개선효과를 예상할 수도 있다. 그러나, 와이어로프를 사용하는데 필수적인 턴버클에 의한 소요 긴장력 도입의 정확성, 설치 및 작업 편의성, 구조적 안전성을 종합적으로 고려하였을 때, 와이어로프가 하부 지지대를 대체하기에는 상대적으로 부족한 것으로 판단되었다.

## 5) 밀림방지 브라켓의 강도 검토

### (1) 검토조건

시스템 비계의 수평재 하단에 설치되어 회전 및 수평방향 이동에 저항하는 역할을 수행하는 밀림방지 브라켓의 발생 응력을 검토하였다.

### (2) 해석조건

시스템비계가 대칭구조이므로, 시스템 비계의 편측에 대해서 2D 모델링을 실시하였다.

### (3) 부재단면 및 재료강도

시스템 비계의 구조해석을 위한 부재의 단면과 재료의 종류 및 강도는 다음과 같이 적용하였다.

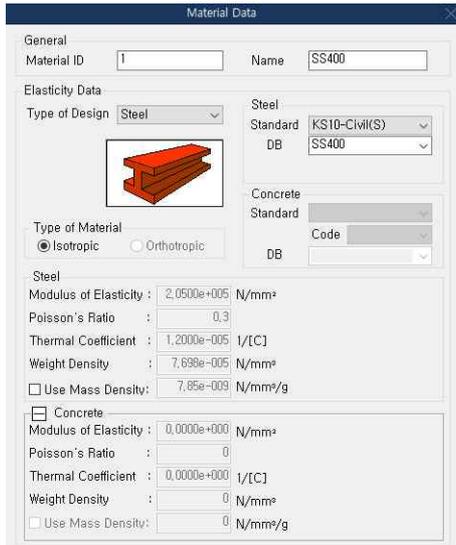
- 단면: 수직재, 수평재 및 경사재 모두 45×75mm(t=2mm) 사각파이프이고, 밀림방지 브라켓은 동일 치수에  $\Gamma$ 형강
- 강도: 사각파이프 SS400 (항복강도  $f_y=245$  MPa, 인장강도  $f_t=400$  MPa 이상), 밀림방지 브라켓 AL-6063-T5 (항복강도  $f_y=150$  MPa, 인장강도  $f_t=190$  MPa)

### (4) 설계하중

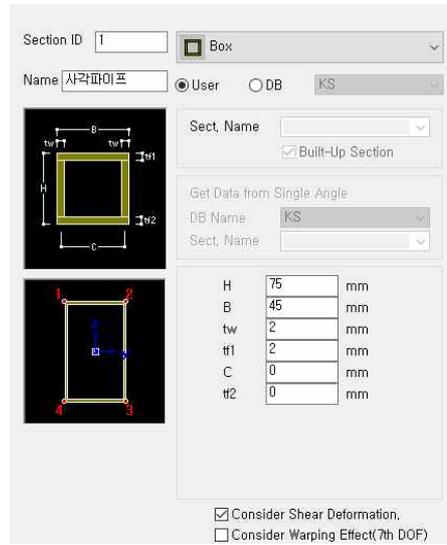
시스템 비계의 구조 검토를 위하여 적용한 설계하중은 시스템 비계에 설치되는 강관비계 조립식 상부작업대의 하중과 국가건설기준인 KDS 21 60 00(비계 및 안전시설물 설계기준)에서 규정하는 작업발판 중량 및 작업하중에 대해서 다음과 같이 적용하였다.

- 시스템 비계(전용발판)에 설치되는 강관비계 조립식 상부작업대

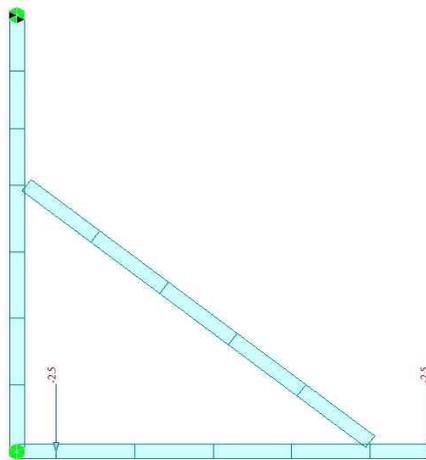




(a) 재료 특성



(b) 단면 특성

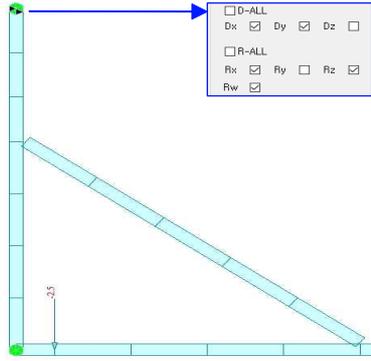


(c) 하중재하 모델링

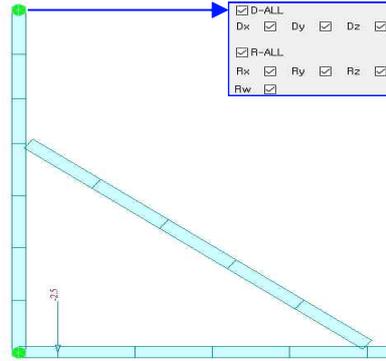
**[그림 V-42] 제조사 의견 검토를 위한 구조해석 입력값 - 재료특성, 단면특성, 하중재하**

(5) 해석 결과

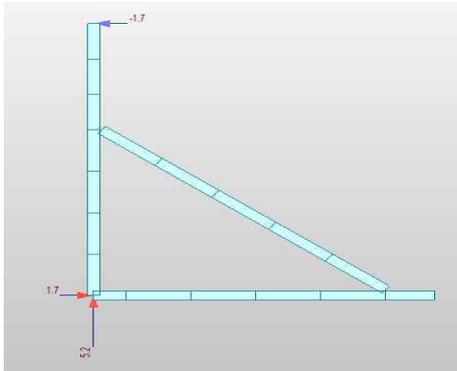
가) 구조해석 결과



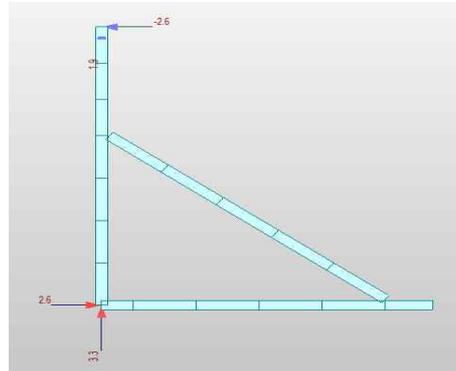
모델링



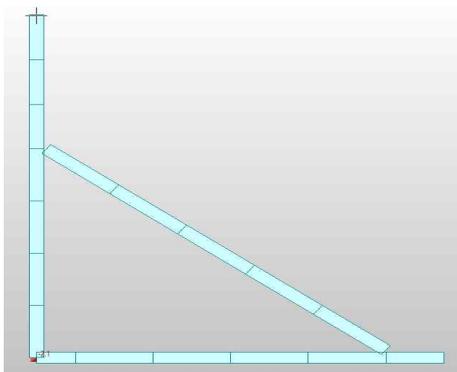
모델링



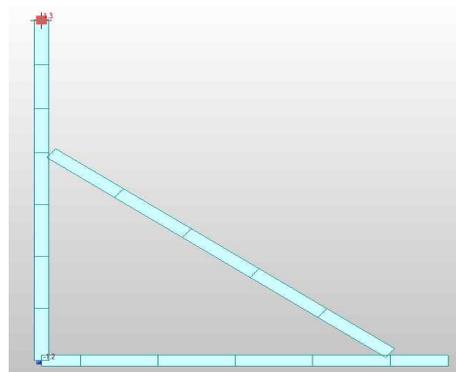
반력



반력



모멘트



모멘트

(a) 상부보 지지대 앵커볼트 미설치      (b) 상부보 지지대 앵커볼트 설치

**[그림 V-43] 밀림방지 브라켓 구조해석 - 지점부 반력 검토**

나) 밀림방지 브라켓에 발생하는 반력과 단면성질

○ 밀림방지턱에 발생하는 반력

； 시스템비계의 바닥 고정절점의 반력을 이용

- 상부보 지지대 미고정시: 수평반력 1.7 kN, 모멘트 반력 2.06 kN · m

- 상부보 지지대 고정시: 수평반력 2.6 kN, 모멘트 반력 1.2 kN · m

； 수평반력 및 모멘트 중 큰 값을 이용하여 검토

○ 밀림방지턱 단면성질

- 단면2차모멘트  $I = 394,875 \text{ mm}^4$

- 중립축으로부터의 거리  $y_t = 25.69 \text{ mm}$ ,  $y_b = 49.30 \text{ mm}$

다) 응력

	축응력		휨응력	
	상부보 지지대 미고정	상부보 지지대 고정	상부보 지지대 미고정	상부보 지지대 고정
밀림방지 브라켓	< 7.7 MPa	7.7 MPa	상연: 134 MPa 하연: 257 MPa	상연: < 134 MPa 하연: < 257 MPa

라) 검토의견

밀림방지 브라켓은 수평반력에 대해서는 충분한 안전율을 확보하고 있으며, 휨모멘트에 의한 휨응력의 경우 하연에서 항복강도를 초과하는 응력이 발생하지만, 실제 밀림방지 브라켓을 제작 시에는 복부 보강재(web stiffener)를 추가적으로 배치하므로 이에 대한 문제는 없을것으로 판단된다.

## 4. 성능시험

### 1) 성능시험 개요

엘리베이터 전용 시스템 비계의 개발과 안전성 확인을 위한 구조해석, 공단 TF 의견수렴 및 전문가 자문, 시제품 제작 및 시연회에 따른 최적안 도출과 엘리베이터 제조사 의견에 따른 검토 등을 수행하여 본 연구의 최종 목표인 엘리베이터 설치 및 유지보수에 적용할 수 있는 전용 시스템 비계를 개발하였다.

개발한 전용 시스템 비계의 성능 및 구조적 안전성을 확인하기 위하여 인천광역시 송도에 위치한 포스코 강구조연구소 실험동에서 [그림 V-44]에 보인 것과 같이 실물 성능시험을 실시하였다.

성능시험은 <표 V-8>에 정리한 것과 같이 KDS 21 60 00(비계 및 안전시설물 설계기준)에서 규정하고 있는 작업하중, 상부벽 지지대 설치 유·무, 하부 지지대 설치 유·무 및 최대하중을 변수로 하여 총 9회의 시험을 단계별로 실시하였다. 성능시험에 따른 계측은 <표 V-9>에 정리한 것과 같이 전용 시스템 비계에 재하되는 작용하중, 수평재 끝단에서 발생하는 최대 수직변위 및 시스템 비계의 수직재, 수평재, 경사재 및 하부 지지대에서 발생하는 변형률에 대해서 작용하중은 50 kN 용량의 로드셀(Loadcell), 수직변위는 50mm 용량의 전기식변위계(LVDT), 변형률은 5mm 용량의 변형률 게이지(Strain gauge) 센서를 이용하였다. 작용하는 하중 단계별로 발생하는 각 계측 센서의 신호를 데이터 수집장치(Data Acquisition System, DAQ System)를 이용하여 자동으로 수집 및 저장하였다.

**<표 V-8> 시스템 비계의 성능시험 변수**

실험변수 실험차수	작업하중	상부벽 지지대	하부 지지대`	비고
1차 실험	경작업 (1.25kN/m <sup>2</sup> ) 350kg	설치 (有)	설치 (有)	상부작업대 비계중량 300kg 포함
2차 실험		제거( 無)	설치 (有)	
3차 실험		설치 (有)	제거 (無)	
4차 실험		제거( 無)	제거 (無)	
5차 실험	중작업 (2.50kN/m <sup>2</sup> ) 700kg	설치 (有)	설치 (有)	상부작업대 비계중량 300kg 포함
6차 실험		제거( 無)	설치 (有)	
7차 실험		설치 (有)	제거 (無)	
8차 실험		제거( 無)	제거 (無)	
9차 실험	최대하중	설치 (有)	설치 (有)	

**<표 V-9> 시스템 비계의 성능시험 계측 센서**

계측항목	계측 센서	용량	DAQ 채널		설치(부착) 위치
작용하중	Loadcell	50 kN	CH.001		재하 프레임
수직변위	LVDT	50mm	좌측: CH.013, 우측: CH014		수평재 끝단
변형률	Strain gauge	5mm	수직재	좌측: CH.060, CH061 우측: CH.065, CH066	수직재 중앙
			경사재	좌측: CH.062, CH064 우측: CH.067, CH068	경사재 중앙
			수평재	좌측: CH.070, CH071 우측: CH.075, CH076	수평재 끝단
			하부 지지대	좌측: CH.072 우측: CH.077	하부 지지대 중앙



(a) 1차, 5차, 9차 실험  
(상부벽 지지대 有, 하부 지지대 有)



(b) 2차, 6차 실험  
(상부벽 지지대 無, 하부 지지대 有)



(c) 3차, 7차 실험  
(상부벽 지지대 有, 하부 지지대 無)



(d) 4차, 8차 실험  
(상부벽 지지대 無, 하부 지지대 無)

**[그림 V-44] 시스템 비계 성능시험 전경**

## 2) 성능시험 결과

### (1) 최대 수직변위

#### 가) 경작업 기준

##### ○ 허용 수직변위 검토

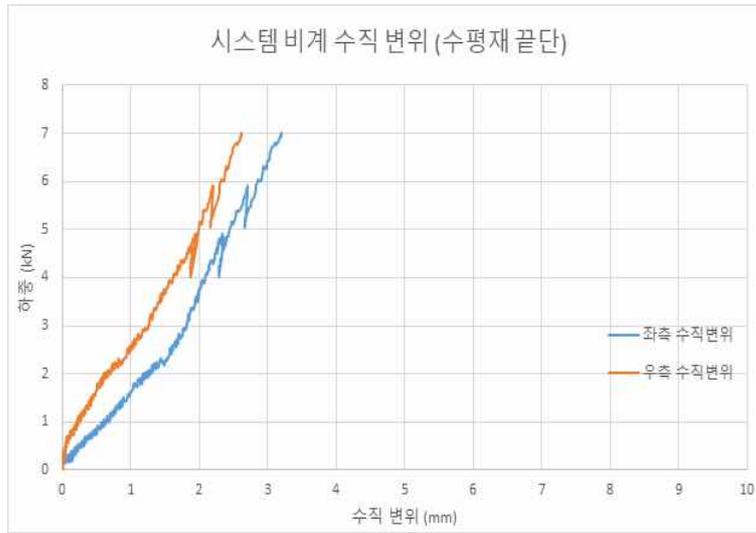
KDS 21 60 00(비계 및 안전시설물 설계기준)의 작업하중 규정에서 경작업에 해당하중과 상부작업대 설치에 소요되는 비계의 중량을 합산한 7kN(700kg)에 대해서 상부벽 지지대와 하부 지지대 설치 조건에 따른 수평재 끝단의 수직변위를 측정하여 결과를 <표 V-10> 및 [그림 V-45]에 정리하였다.

실험결과, 수평재의 구조를 켈틸레버로 간주하였을 때 허용 수직변위는 L/250에 해당하는 8mm이므로 이 값을 기준으로 경작업 하중에서는 상부벽 지지대가 설치되고 하부 지지대가 제거된 3차 실험에서만 허용 수직변위를 초과하였다. 또한, 하부 지지대 설치 유·무에 따라 상부벽 지지대가 설치된 경우에는 2.79~3.16배, 상부벽 지지대가 해체된 경우 2.91~4.07배로서 수직변위에 차이가 크게 발생하였다.

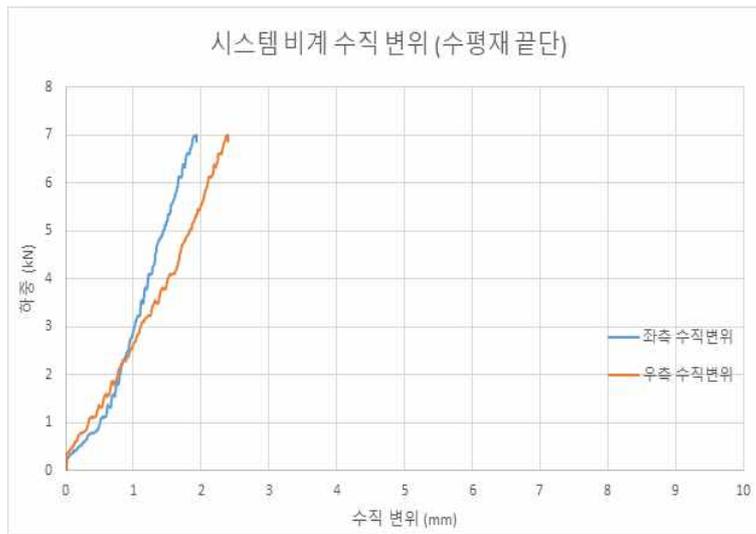
**<표 V-10> 시스템 비계의 수직변위 - 경작업 기준**

실험 단계	실험 조건		최대 수직변위		허용 수직변위 초과 여부	비고
	상부벽 지지대 설치	하부 지지대 설치	좌측	우측		
1차	○	○	3.20mm	2.61mm	O.K	허용 수직변위 (켈틸레버 기준) L/250 이하 L: 2,000mm 허용변위: 8mm
2차	X	○	1.93mm	2.40mm	O.K	
3차	○	X	8.94mm	8.24mm	N,G	
4차	X	X	7.86mm	6.99mm	O.K	

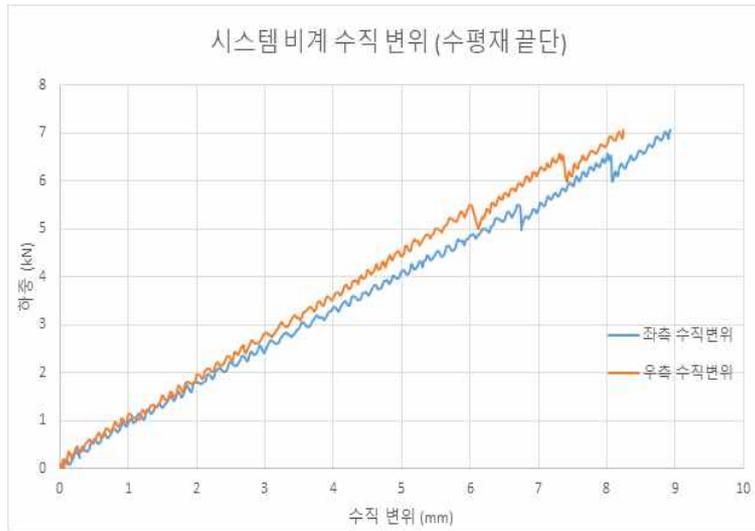
○ 하중-변위 곡선



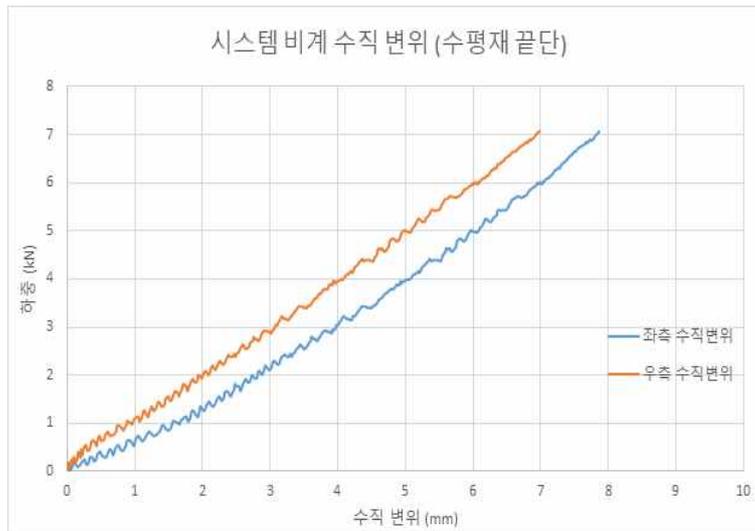
(a) 1차 실험 (상부벽 지지대 有, 하부 지지대 有)



(b) 2차 실험 (상부벽 지지대 無, 하부 지지대 有)



(c) 3차 실험 (상부벽 지지대 有, 하부 지지대 無)



(d) 4차 실험 (상부벽 지지대 無, 하부 지지대 無)

**[그림 V-45] 지지대 조건에 따른 하중-변위 관계 - 경작업 기준**

## 나) 중작업 기준

## ○ 허용 수직변위 검토

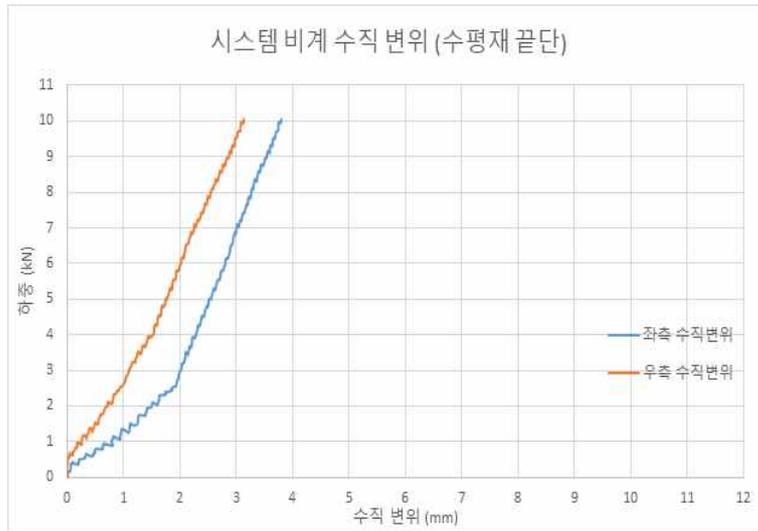
KDS 21 60 00(비계 및 안전시설물 설계기준)의 작업하중 규정에서 경작업에 해당하중과 상부작업대 설치에 소요되는 비계의 중량을 합산한 10kN(1,000 kg)에 대해서 상부벽 지지대와 하부 지지대 설치 조건에 따른 수평재 끝단의 수직변위를 측정된 결과를 <표 V-11> 및 [그림 V-46]에 정리하였다.

실험결과, 수평재의 구조를 켈틸레버로 간주하였을 때 허용 수직변위는 L/250에 해당하는 8mm이므로 이 값을 기준으로 중작업 하중에서는 상부벽 지지대 설치 유·무에 상관없이 하부 지지대가 제거된 7차, 8차 실험에서 허용 수직변위를 초과하였다. 또한, 하부 지지대 설치 유·무에 따라 상부벽 지지대가 설치된 경우에는 2.80~3.33배, 상부벽 지지대가 해체된 경우 2.94~3.17배로서 수직변위에 차이가 크게 발생하였다.

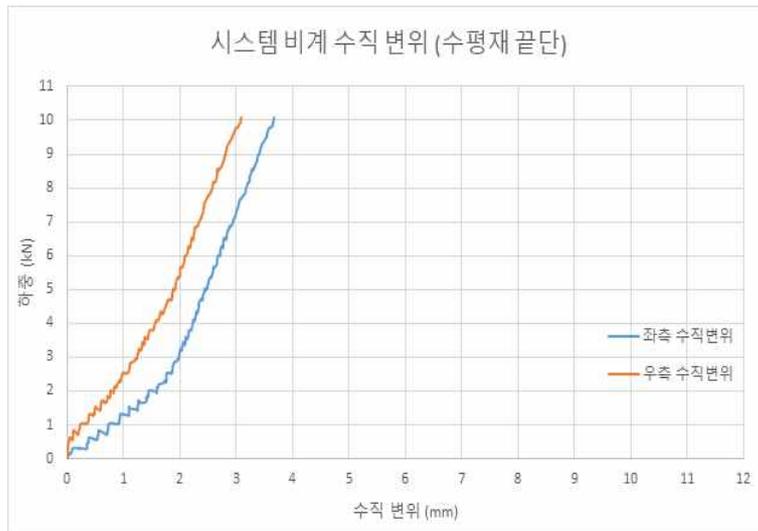
&lt;표 V-11&gt; 시스템 비계의 수직변위 - 경작업 기준

실험 단계	실험 조건		최대 수직변위		허용 수직변위 초과 여부	비고
	상부벽 지지대 설치	하부 지지대 설치	좌측	우측		
5차	○	○	3.80mm	3.14mm	O.K	허용 수직변위 (켈틸레버 기준) L/250 이하 L: 2,000mm 허용변위: 8mm
6차	X	○	3.66mm	3.10mm	O.K	
7차	○	X	10.64mm	10.45mm	N,G	
8차	X	X	10.75mm	9.84mm	N,G	

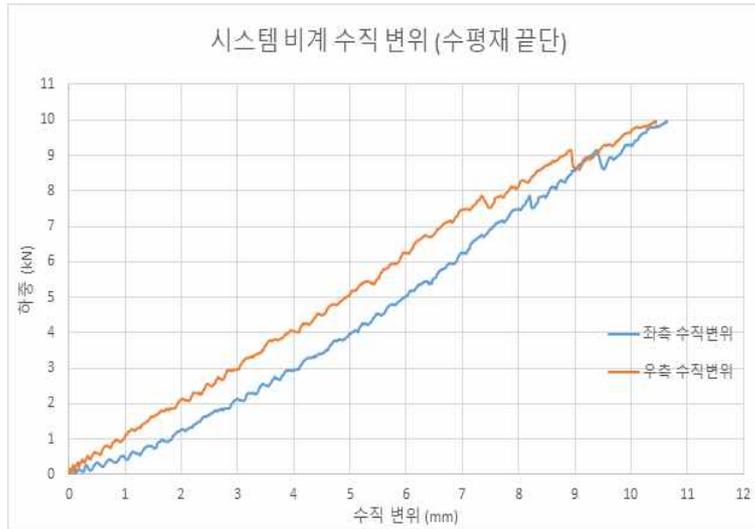
○ 하중-변위곡선



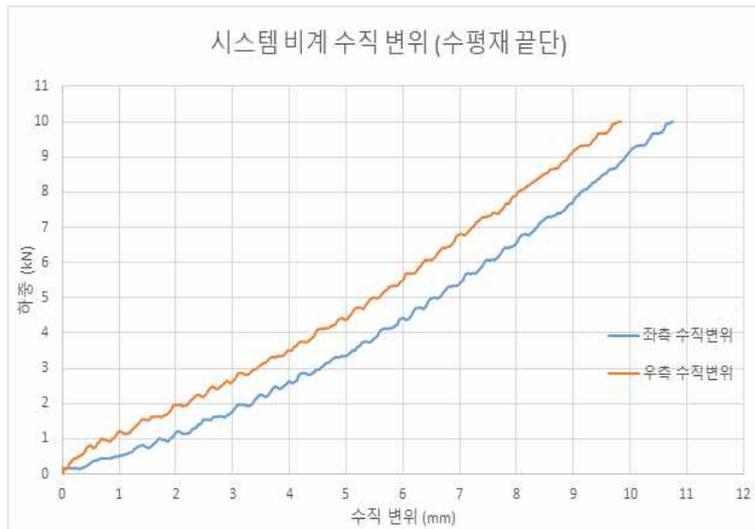
(a) 5차 실험



(b) 6차 실험



(c) 7차 실험



(d) 8차 실험

[그림 V-46] 지지대 조건에 따른 하중-변위 관계 - 중작업 기준

다) 최대하중 기준

○ 허용 수직변위 검토

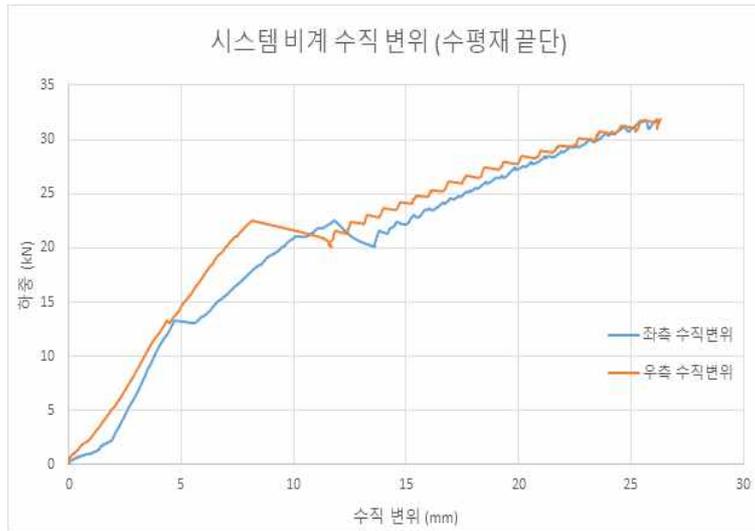
개발한 전용 시스템 비계의 최대 변형 능력을 확인하기 위하여 설계하중의 크기에 상관없이 최대하중을 재하하여 수평재 끝단의 수직변위를 측정된 결과를 <표 V-12> 및 [그림 V-47]에 정리하였다.

실험결과, 최대 설계하중인 중작업 기준보다 약 3배 이상인 32kN(약 3,200kg)까지 시스템 비계가 파괴되지 않고 저항하였다. 그리고, 수평재의 구조를 켈틸 레버로 간주하였을 때 허용 수직변위는 L/250에 해당하는 8mm이므로 이 값을 기준으로 재하하중 17.6kN(1,760kg) 이상에서 허용 수직변위를 초과하였다. 또한, 수평재 양쪽에서 측정된 수직변위의 평균값을 기준으로 하면 19.6kN(1,960kg)까지는 허용변위를 초과하지 않는 것으로 확인되었다. 이러한 결과는 최대 설계하중인 중작업을 기준으로 약 1.96배의 안전율을 확보한다고 할 수 있다.

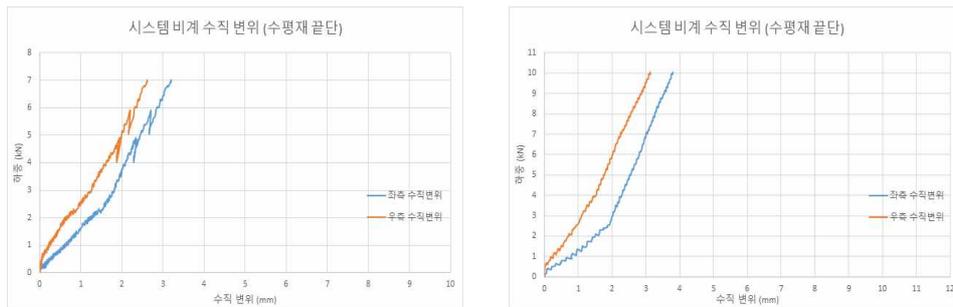
**<표 V-12> 시스템 비계의 수직변위 - 최대하중 기준**

실험 단계	재하하중 15kN		재하하중 20kN		재하하중 25kN		재하하중 30kN		비고
	좌측	우측	좌측	우측	좌측	우측	좌측	우측	
9차	6.58mm	5.11mm	9.41mm	6.92mm	17.59mm	16.03mm	23.17mm	22.62mm	

○ 하중-변위곡선



(a) 최대하중 실험(9차)



(b) 비교(1차, 5차 실험)

**[그림 V-47] 지지대 조건에 따른 하중-변위 관계 - 최대하중 기준**

(2) 수직재 응력

가) 경작업 기준

KDS 21 60 00(비계 및 안전시설물 설계기준)의 작업하중 규정에서 경작업에 해당하는 설계하중과 상부작업대 설치에 소요되는 비계의 중량을 합산한 7kN(700kg)에 대해서 상부벽 지지대와 하부 지지대 설치 조건에 따라 수직재에서 최대로 발생한 변형을 측정값을 이용하여 응력을 계산한 결과를 <표 V-13> 및 [그림 V-48]에 정리하였다.

○ 수직재 응력 검토

경작업 하중을 기준으로 상부벽 지지대 및 하부 지지대 설치 유·무에 상관없이 수직재에서 발생하는 최대응력은 항복강도의 60%에 해당하는 허용응력 165MPa를 모두 초과하지 않는 것으로 확인되었다.

<표 V-13> 시스템 비계의 수직재 응력 - 경작업 기준

실험 단계	실험 조건		수직재 응력 (MPa)				허용 응력 초과 여부	비고
	상부벽 지지대 설치	하부 지지대 설치	좌측		우측			
			전면 (인장)	후면 (압축)	전면 (인장)	후면 (압축)		
1차	○	○	28.6	-34.2	26.6	-26.6	O.K	강종:SS275(SS400) - 항복강도: 275MPa - 인장강도: 410MPa 허용응력 - $0.6f_y = 165\text{MPa}$
2차	X	○	34.4	-36.2	28.6	-30.4	O.K	
3차	○	X	70.6	-83.8	70.6	-83.6	O.K	
4차	X	X	76.4	-87.6	78.2	-89.4	O.K	

○ 수직재 안전율 검토

상부벽 지지대 및 하부 지지대 설치 유·무에 따른 수직재의 안전율은 항복

강도 275MPa을 기준으로 최소 3.08에서 최대 8.04, 인장강도 410MPa을 기준으로 하면 최소 4.59에서 최대 11.999 까지로서 KDS 21 60 00의 안전율 규정을 만족하는 것으로 확인되었다(〈표 V-14〉 및 〈표 V-15〉 참조).

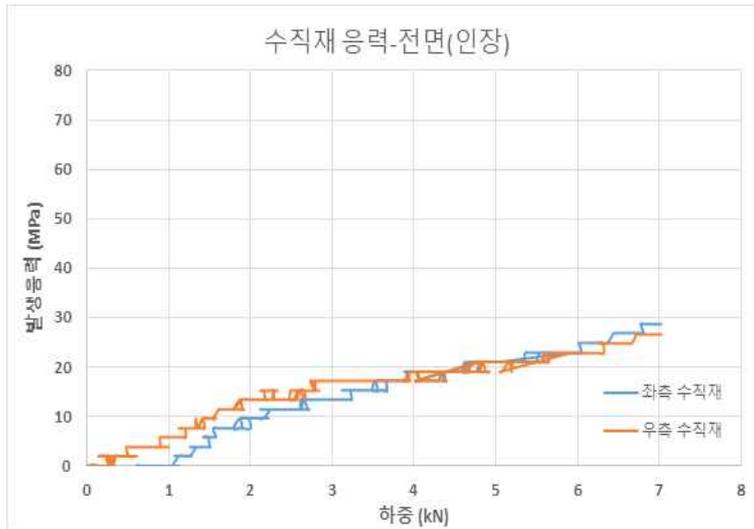
**<표 V-14> 시스템 비계의 수직재 안전율 - 항복강도 기준**

	실험 조건		수직재 응력 (MPa)				항복 강도	안전율
	상부벽 지지대 설치	하부 지지대 설치	좌측		우측			
			전면 (인장)	후면 (압축)	전면 (인장)	후면 (압축)		
1차	○	○	28.6	-34.2	26.6	-26.6	275 MPa	8.04
2차	X	○	34.4	-36.2	28.6	-30.4		7.60
3차	○	X	70.6	-83.8	70.6	-83.6		3.28
4차	X	X	76.4	-87.6	78.2	-89.4		3.08

**<표 V-15> 시스템 비계의 수직재 안전율 - 인장강도 기준**

	실험 조건		수직재 응력 (MPa)				인장 강도	안전율
	상부벽 지지대 설치	하부 지지대 설치	좌측		우측			
			전면 (인장)	후면 (압축)	전면 (인장)	후면 (압축)		
1차	○	○	28.6	-34.2	26.6	-26.6	410 MPa	11.99
2차	X	○	34.4	-36.2	28.6	-30.4		11.33
3차	○	X	70.6	-83.8	70.6	-83.6		4.89
4차	X	X	76.4	-87.6	78.2	-89.4		4.59

○ 하중 단계별 응력 곡선

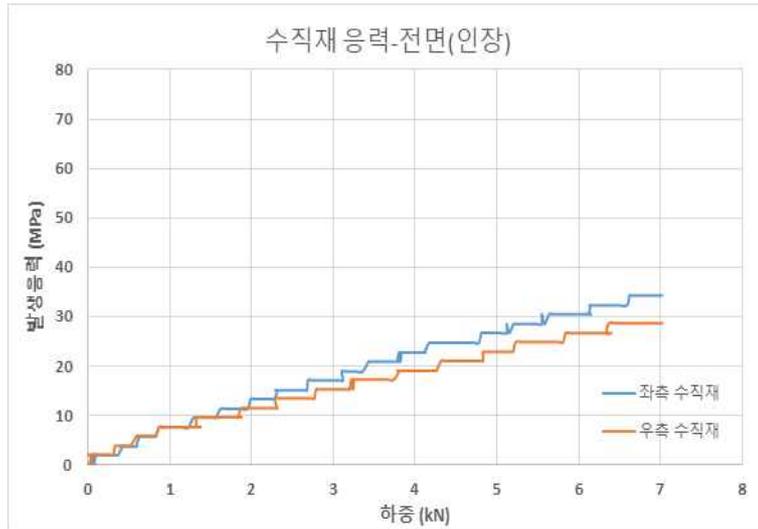


전면(인장응력)

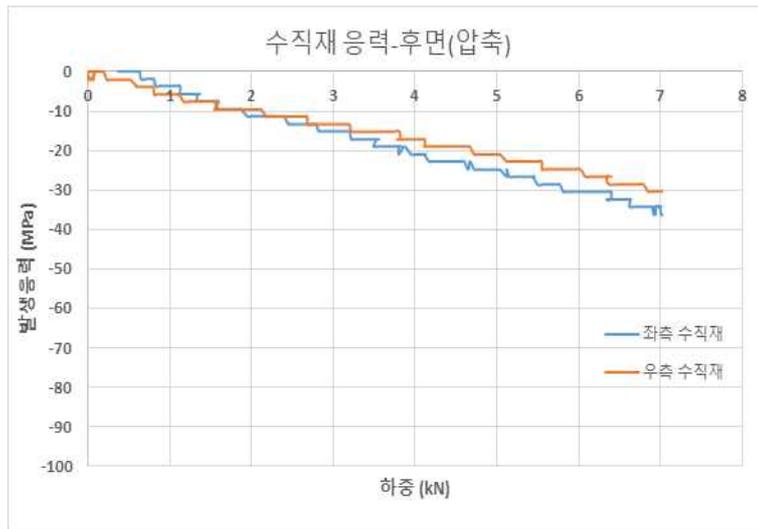


후면(압축응력)

(a) 1차 실험

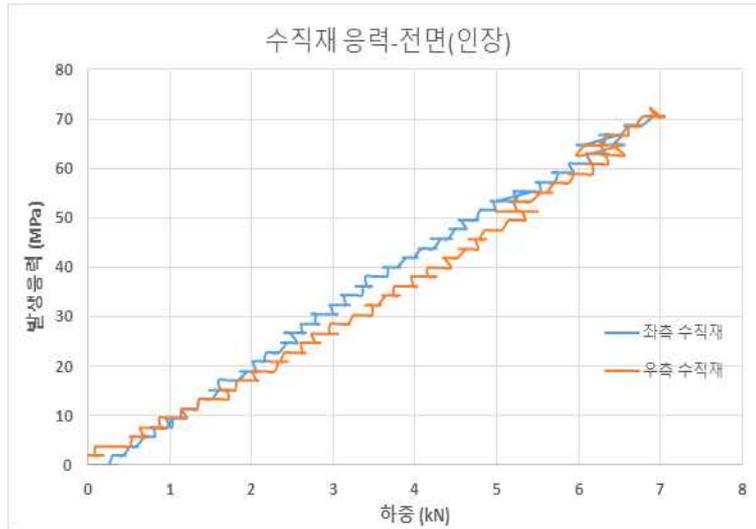


전면(인장응력)

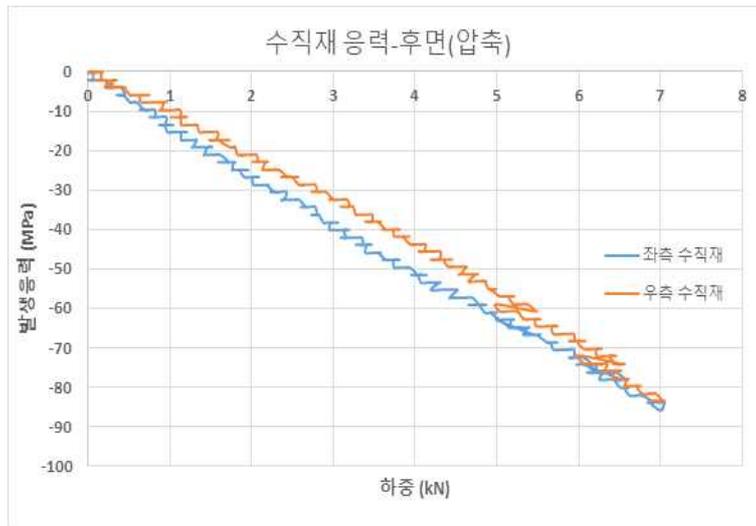


후면(압축응력)

(b) 2차 실험

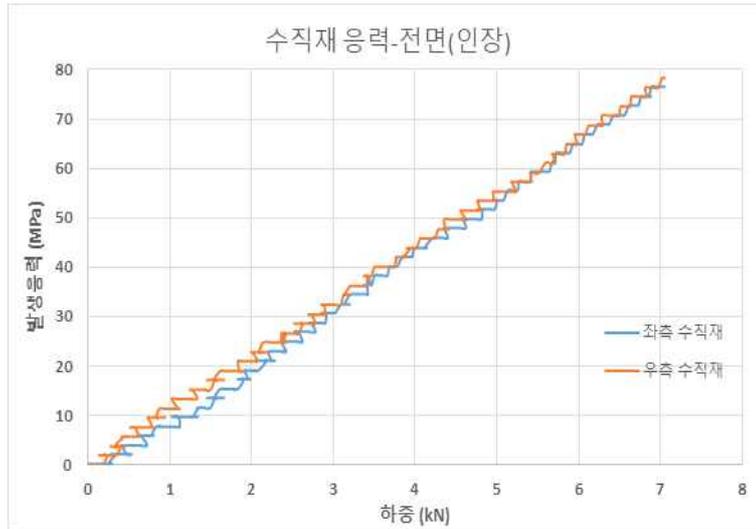


전면(인장응력)

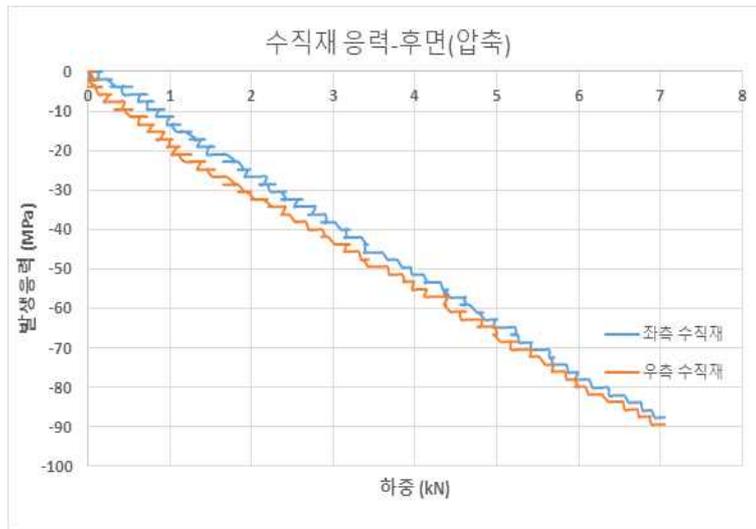


후면(압축응력)

(c) 3차 실험



전면(인장응력)



후면(압축응력)

(d) 4차 실험

[그림 V-48] 수직재 하중-응력 관계 - 경작업 기준

나) 중작업 기준

KDS 21 60 00(비계 및 안전시설물 설계기준)의 작업하중 규정에서 중작업에 해당하는 설계하중과 상부작업대 설치에 소요되는 비계의 중량을 합산한 10kN(1,000kg)에 대해서 상부벽 지지대와 하부 지지대 설치 조건에 따라 수직재에서 최대로 발생한 변형을 측정값을 이용하여 응력을 계산한 결과를 <표 V-16> 및 [그림 V-49]에 정리하였다.

○ 수직재 응력 검토

중작업 하중을 기준으로 상부벽 지지대 및 하부 지지대 설치 유·무에 상관없이 수직재에서 발생하는 최대응력은 항복강도의 60%에 해당하는 허용응력 165MPa를 모두 초과하지 않는 것으로 확인되었다.

<표 V-16> 시스템 비계의 수직재 응력 - 중작업 기준

실험 단계	실험 조건		수직재 응력 (MPa)				허용 응력 초과 여부	비고
	상부벽 지지대 설치	하부 지지대 설치	좌측		우측			
			전면 (인장)	후면 (압축)	전면 (인장)	후면 (압축)		
5차	○	○	49.6	-61.0	51.4	-60.8	O.K	강종:SS275(SS400) - 항복강도 : 275MPa - 인장강도 : 410MPa 허용응력 - $0.6f_y = 165\text{MPa}$
6차	X	○	53.4	-59.0	53.4	-57.0	O.K	
7차	○	X	105.0	-118.0	106.8	-121.6	O.K	
8차	X	X	105.0	-127.6	112.4	-133.2	O.K	

○ 수직재 안전율 검토

상부벽 지지대 및 하부 지지대 설치 유·무에 따른 수직재의 안전율은 항복강도 275MPa를 기준으로 최소 2.06에서 최대 4.51, 인장강도 410MPa를 기준

으로 하면 최소 3.0에서 최대 6.56 까지로서 KDS 21 60 00의 안전율 규정을 만족하는 것으로 확인되었다(〈표 V-17〉 및 〈표 V-18〉 참조).

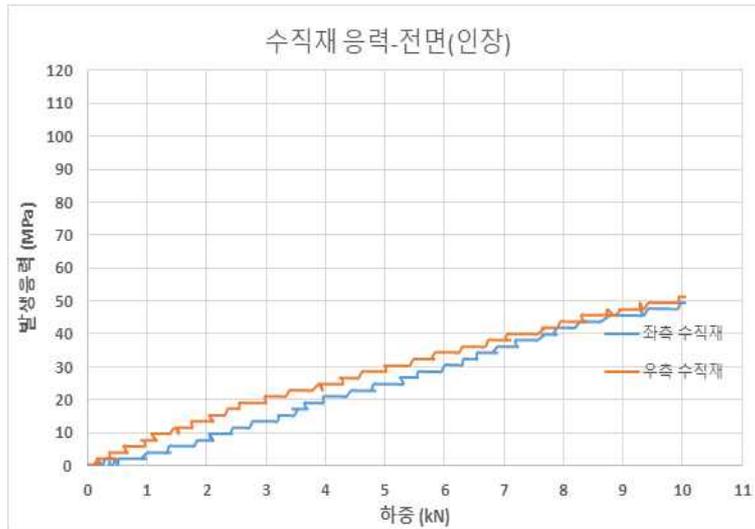
**<표 V-17> 시스템 비계의 수직재 안전율 - 항복강도 기준**

	실험 조건		수직재 응력 (MPa)				항복 강도	안전율
	상부벽 지지대 설치	하부 지지대 설치	좌측		우측			
			전면 (인장)	후면 (압축)	전면 (인장)	후면 (압축)		
5차	○	○	49.6	-61.0	51.4	-60.8	275 MPa	4.51
6차	X	○	53.4	-59.0	53.4	-57.0		4.66
7차	○	X	105.0	-118.0	106.8	-121.6		2.26
7차	X	X	105.0	-127.6	112.4	-133.2		2.06

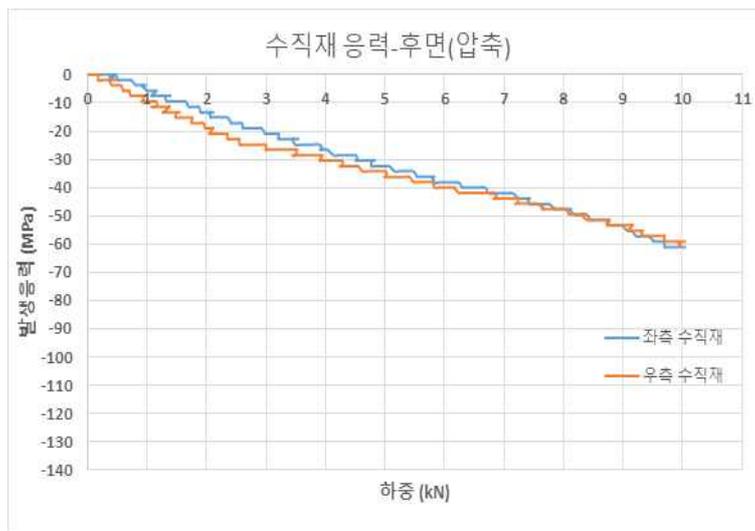
**<표 V-18> 시스템 비계의 수직재 안전율 - 인장강도 기준**

	실험 조건		수직재 응력 (MPa)				인장 강도	안전율
	상부벽 지지대 설치	하부 지지대 설치	좌측		우측			
			전면 (인장)	후면 (압축)	전면 (인장)	후면 (압축)		
5차	○	○	49.6	-61.0	51.4	-60.8	410 MPa	6.56
6차	X	○	53.4	-59.0	53.4	-57.0		6.78
7차	○	X	105.0	-118.0	106.8	-121.6		3.29
7차	X	X	105.0	-127.6	112.4	-133.2		3.00

○ 하중 단계별 응력 곡선

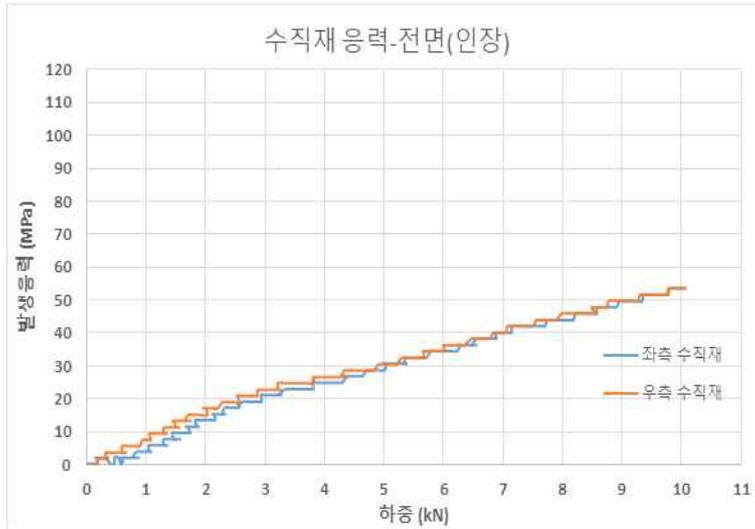


전면(인장응력)

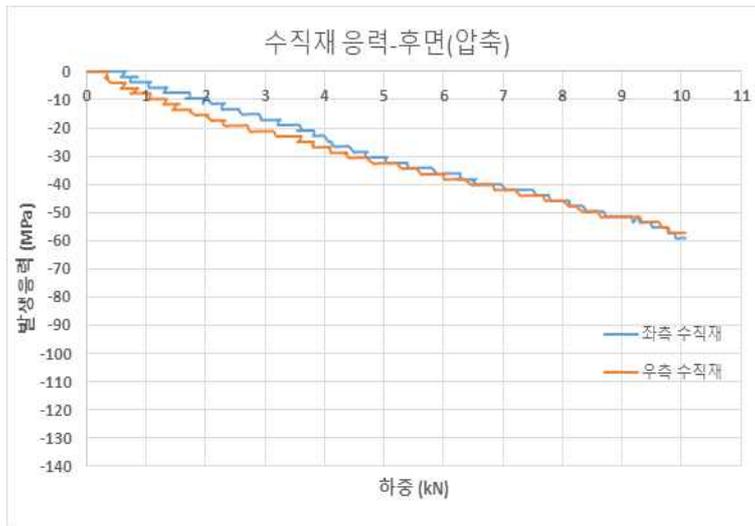


후면(압축응력)

(a) 5차 실험

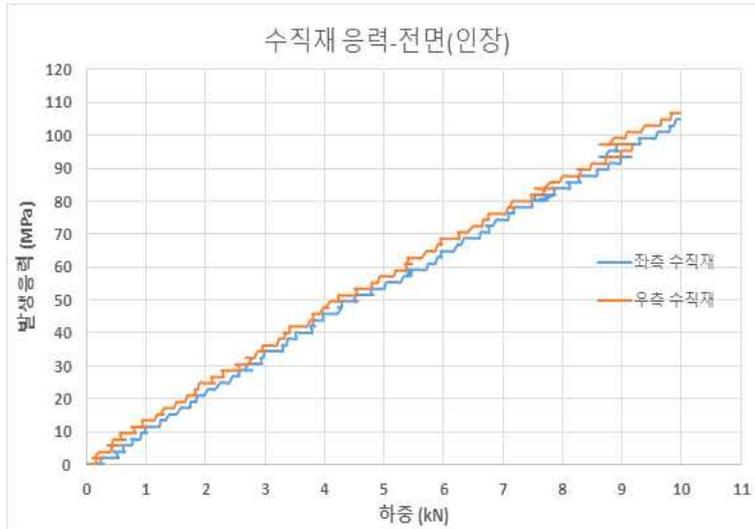


전면(인장응력)

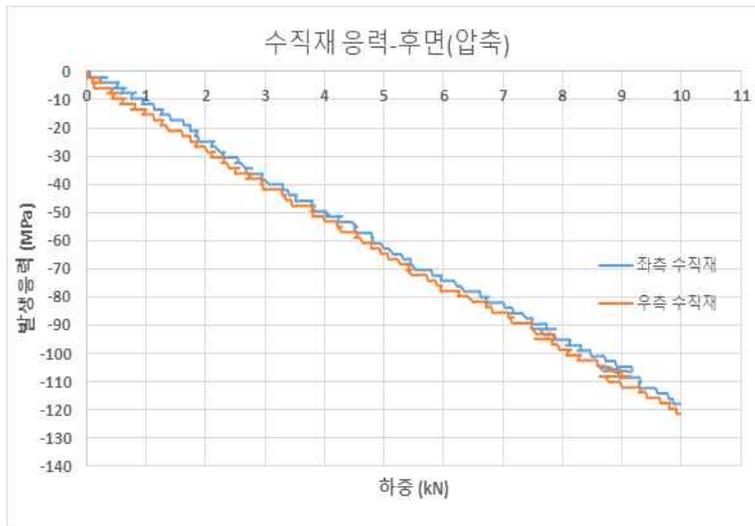


후면(압축응력)

(b) 6차 실험

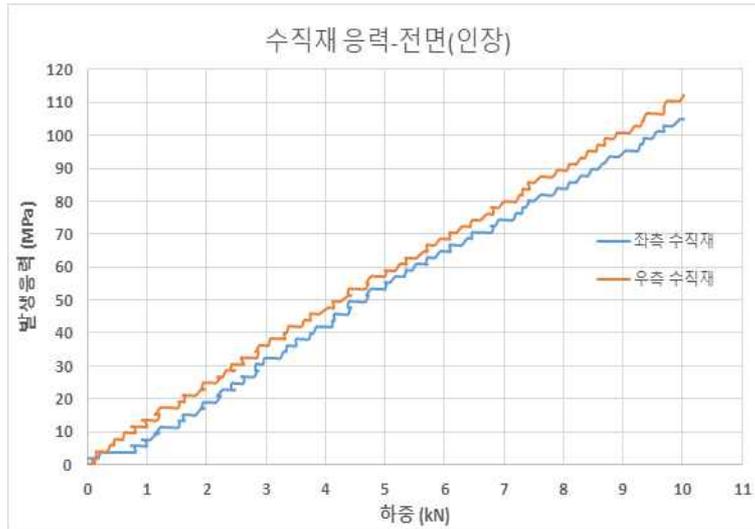


전면(인장응력)

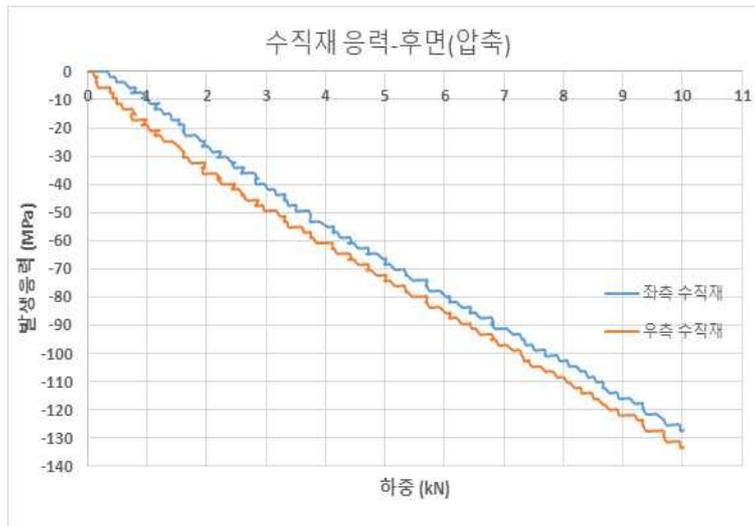


후면(압축응력)

(c) 7차 실험



전면(인장응력)



후면(압축응력)

(d) 8차 실험

[그림 V-49] 수직재 하중-응력 관계 - 중작업 기준

다) 최대하중 기준

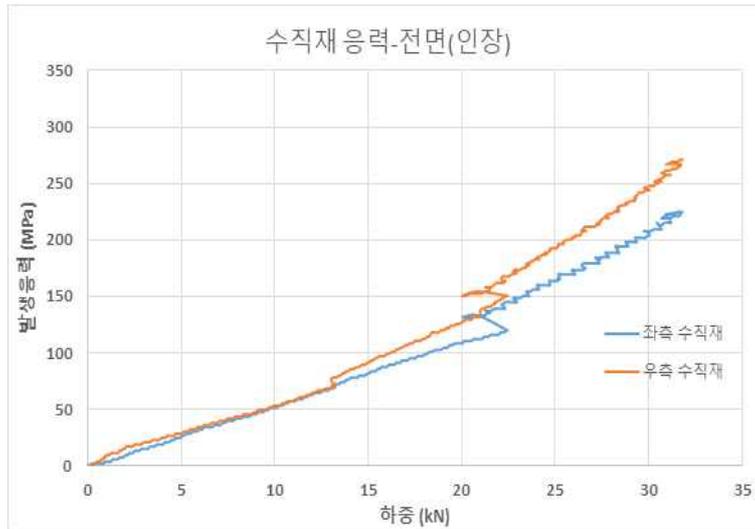
개발한 전용 시스템 비계의 주 부재인 수직재에서 발생하는 최대 응력을 확인하기 위하여 설계하중의 크기에 상관없이 최대하중을 재하하였을 때 발생하는 수직재 변형률을 이용하여 응력을 계산한 결과를 <표 V-19> 및 [그림 V-50]에 정리하였다.

실험결과, 최대 설계하중인 중작업을 기준보다 약 2배 이상인 20kN(약 2,000 kg)까지는 허용응력을 초과하지 않는 것으로 확인되었다. 그리고, 최대하중이 작용하였을 때 수직재의 응력은 최대 296.4 MPa로서 허용응력 및 항복강도를 초과하는 것으로 확인되었다. 최대하중 실험결과에 따라 수직재 발생 응력을 기준으로 허용응력 또는 항복강도를 초과하지 않는 최대 작업하중은 허용응력을 기준으로 21.2kN(약 2,100kg), 항복강도를 기준으로 28.4kN(약 2,840kg)으로 확인되었다.

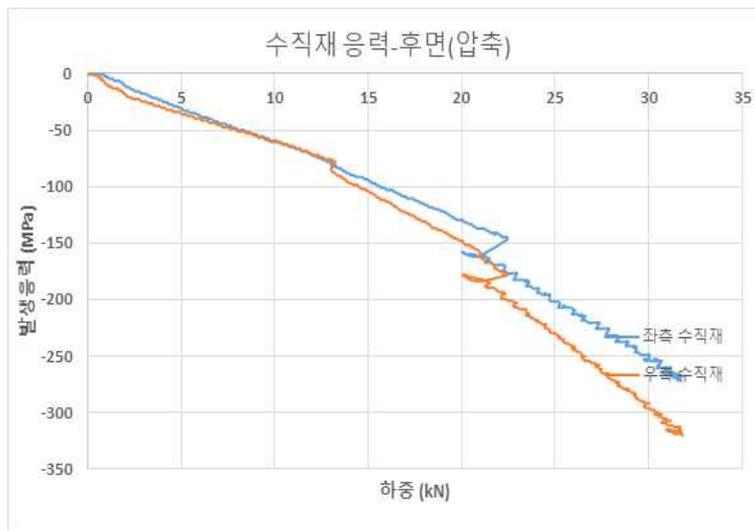
<표 V-19> 시스템 비계의 수직재 응력 - 최대하중 기준

하중 단계	실험 조건		수직재 응력 (MPa)				허용 응력 초과 여부	비고
	상부벽 지지대 설치	하부 지지대 설치	좌측		우측			
			전면 (인장)	후면 (압축)	전면 (인장)	후면 (압축)		
15kN	○	○	82.0	-93.4	91.4	-104.6	O.K	강종:SS275(SS400) - 항복강도 : 275MPa - 인장강도 : 410MPa 허용응력 - $0.6f_y = 165\text{MPa}$
20kN			108.8	-129.4	127.8	-148.4	O.K	
25kN			164.2	-201.8	192.6	-230.0	N.G	
30kN			208.2	-253.2	248.0	-296.4	N.G	

○ 하중단계별 응력곡선



전면(인장응력)



후면(압축응력)

[그림 V-50] 수직재 하중-응력 관계 - 최대하중 기준

(3) 경사재 응력

가) 경작업 기준

KDS 21 60 00(비계 및 안전시설물 설계기준)의 작업하중 규정에서 경작업에 해당하는 설계하중과 상부작업대 설치에 소요되는 비계의 중량을 합산한 7 kN(700kg)에 대해서 상부벽 지지대와 하부 지지대 설치 조건에 따라 경사재에서 발생한 변형을 측정값을 이용하여 응력을 계산한 결과를 <표 V-20> 및 [그림 V-51]에 정리하였다.

○ 경사재 응력 검토

경작업 하중을 기준으로 상부벽 지지대 및 하부 지지대 설치 유·무에 상관없이 경사재에서 발생하는 최대응력은 항복강도의 60%에 해당하는 허용응력 165MPa를 모두 초과하지 않는 것으로 확인되었다.

<표 V-20> 시스템 비계의 경사재 응력 - 경작업 기준

실험 단계	실험 조건		경사재 응력 (MPa)				허용 응력 초과 여부	비고
	상부벽 지지대 설치	하부 지지대 설치	좌측		우측			
			내측 (인장)	외측 (인장)	내측 (인장)	외측 (인장)		
1차	○	○	3.8	1.8	/	2.0	O.K	강종:SS275(SS400) - 항복강도: 275MPa - 인장강도: 410MPa 허용응력 - $0.6f_y = 165\text{MPa}$
2차	X	○	5.8	1.8	/	2.0	O.K	
3차	○	X	9.6	3.8	/	3.8	O.K	
4차	X	X	11.4	1.8	/	3.8	O.K	

○ 경사재 안전율 검토

상부벽 지지대 및 하부 지지대 설치 유·무에 따른 경사재의 안전율은 항복

강도 275MPa을 기준으로 최소 24.12에서 최대 72.37, 인장강도 410MPa을 기준으로 하면 최소 35.97에서 최대 100 이상으로서 KDS 21 60 00의 안전율 규정을 모두 만족하는 것으로 확인되었다(〈표 V-21〉 및 〈표 V-22〉 참조).

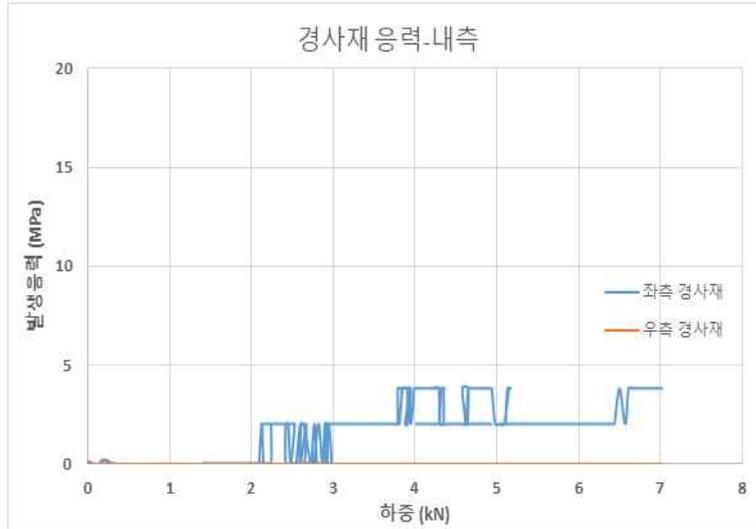
**<표 V-21> 시스템 비계의 경사재 안전율 - 항복강도 기준**

	실험 조건		경사재 응력 (MPa)				항복 강도	안전율
	상부벽 지지대 설치	하부 지지대 설치	좌측		우측			
			내측 (인장)	외측 (인장)	내측 (인장)	외측 (인장)		
1차	○	○	3.8	1.8	/	2.0	275 MPa	72.37
2차	X	○	5.8	1.8	/	2.0		47.41
3차	○	X	9.6	3.8	/	3.8		28.65
4차	X	X	11.4	1.8	/	3.8		24.12

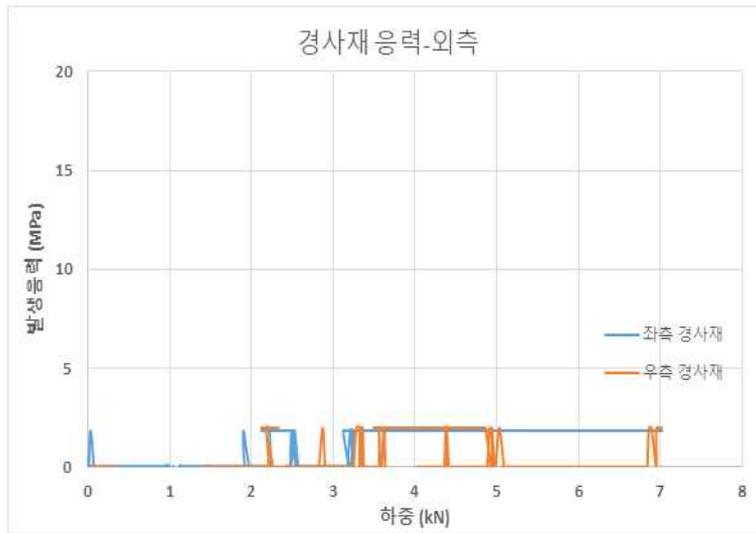
**<표 V-22> 시스템 비계의 경사재 안전율 - 인장강도 기준**

	실험 조건		경사재 응력 (MPa)				인장 강도	안전율
	상부벽 지지대 설치	하부 지지대 설치	좌측		우측			
			내측 (인장)	외측 (인장)	내측 (인장)	외측 (인장)		
1차	○	○	3.8	1.8	/	2.0	410 MPa	100 이상
2차	X	○	5.8	1.8	/	2.0		70.69
3차	○	X	9.6	3.8	/	3.8		42.71
4차	X	X	11.4	1.8	/	3.8		35.97

○ 하중 단계별 응력 곡선

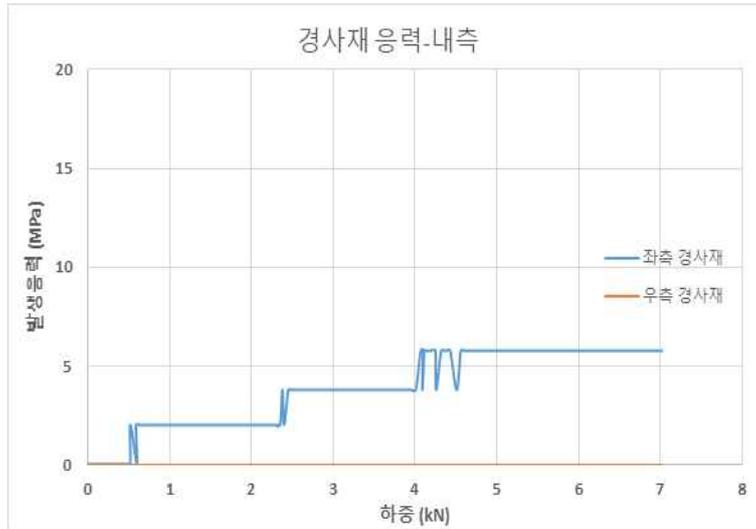


내측

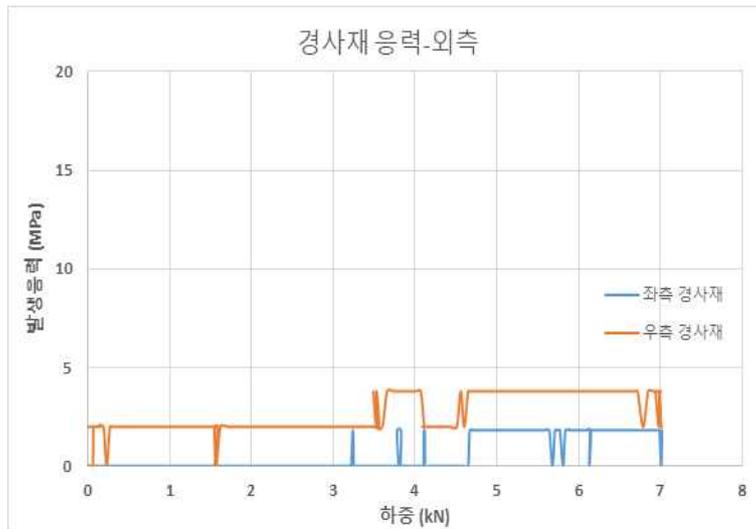


외측

(a) 1차 실험

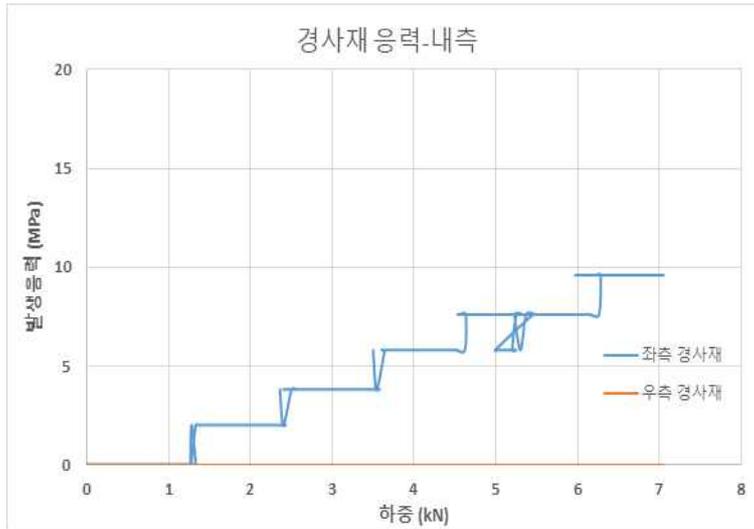


내측

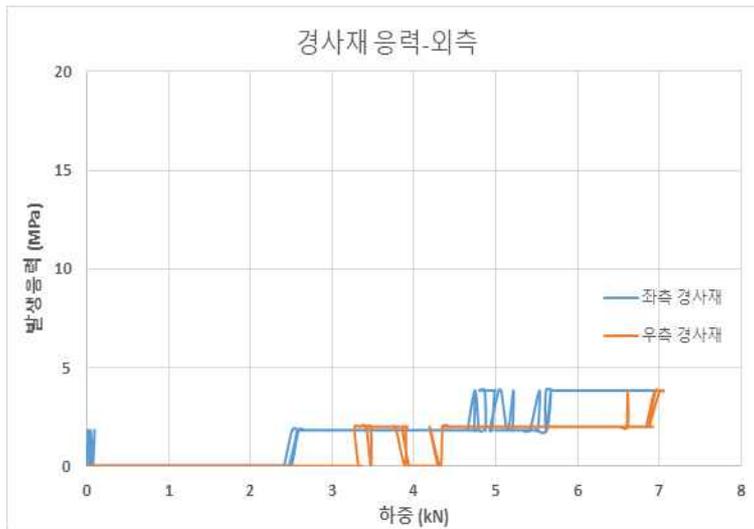


외측

(b) 2차 실험

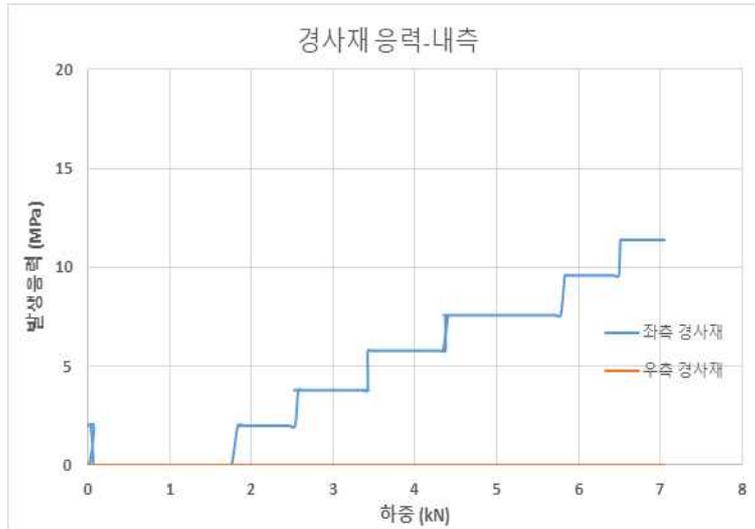


내측

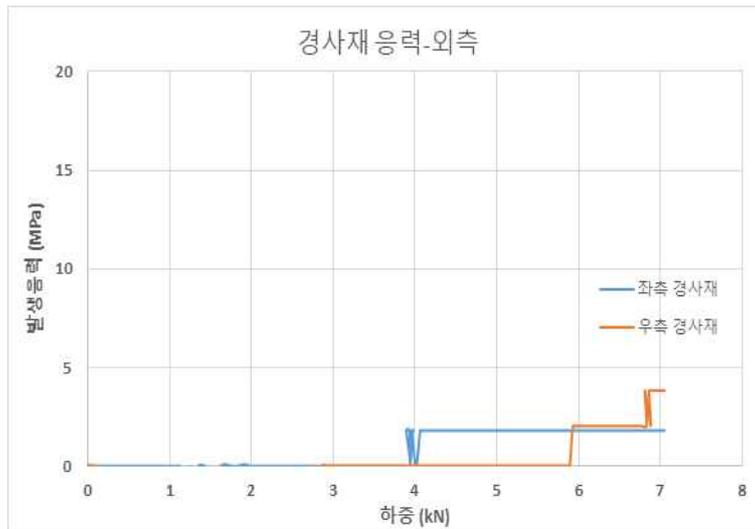


외측

(c) 3차 실험



내측



외측

(d) 4차 실험

[그림 V-51] 경사재 하중-응력 관계 - 경작업 기준

나) 중작업 기준

KDS 21 60 00(비계 및 안전시설물 설계기준)의 작업하중 규정에서 중작업에 해당하는 설계하중과 상부작업대 설치에 소요되는 비계의 중량을 합산한 10kN(1,000kg)에 대해서 상부벽 지지대와 하부 지지대 설치 조건에 따라 경사재에서 발생한 변형을 측정값을 이용하여 응력을 계산한 결과를 <표 V-23> 및 [그림 V-52]에 정리하였다.

○ 경사재 응력 검토

중작업 하중을 기준으로 상부벽 지지대 및 하부 지지대 설치 유·무에 상관없이 수직재에서 발생하는 최대응력은 항복강도의 60%에 해당하는 허용응력 165MPa를 모두 초과하지 않는 것으로 확인되었다.

<표 V-23> 시스템 비계의 경사재 응력 - 중작업 기준

실험 단계	실험 조건		경사재 응력 (MPa)				허용 응력 초과 여부	비고
	상부벽 지지대 설치	하부 지지대 설치	좌측		우측			
			내측 (인장)	외측 (인장)	내측 (인장)	외측 (인장)		
5차	○	○	5.8	1.8	/	2.0	O.K	강종:SS275(SS400) - 항복강도 : 275MPa - 인장강도 : 410MPa 허용응력 - $0.6f_y = 165\text{MPa}$
6차	X	○	9.6	3.8	/	3.8	O.K	
7차	○	X	17.2	5.6	/	9.6	O.K	
8차	X	X	15.2	1.8	/	3.8	O.K	

○ 경사재 안전율 검토

상부벽 지지대 및 하부 지지대 설치 유·무에 따른 경사재의 안전율은 항복강도 275MPa를 기준으로 최소 18.09에서 최대 47.41, 인장강도 410MPa를 기준

으로 하면 최소 26.32에서 최대 70.69로서 KDS 21 60 00의 안전을 규정을 모두 만족하는 것으로 확인되었다(〈표 V-24〉 및 〈표 V-25〉 참조).

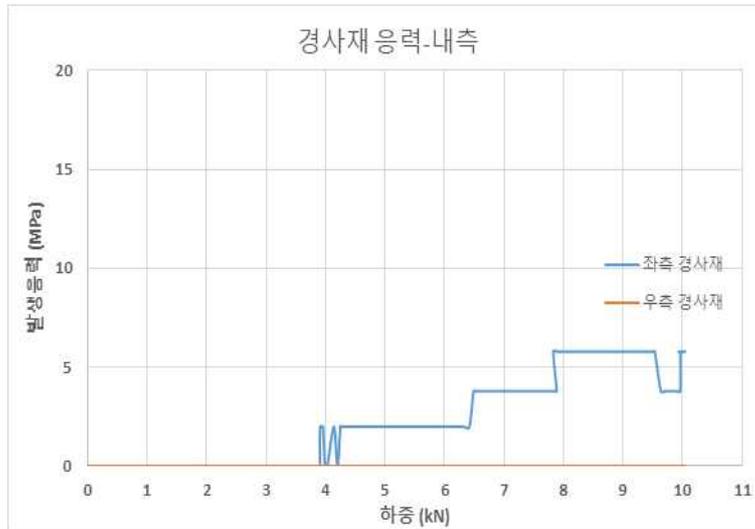
**<표 V-24> 시스템 비계의 경사재 응력 - 중작업 기준**

	실험 조건		경사재 응력 (MPa)				항복 강도	안전율
	상부벽 지지대 설치	하부 지지대 설치	좌측		우측			
			내측 (인장)	외측 (인장)	내측 (인장)	외측 (인장)		
5차	○	○	5.8	1.8	/	2.0	275 MPa	47.41
6차	X	○	9.6	3.8	/	3.8		28.65
7차	○	X	17.2	5.6	/	9.6		15.99
8차	X	X	15.2	1.8	/	3.8		18.09

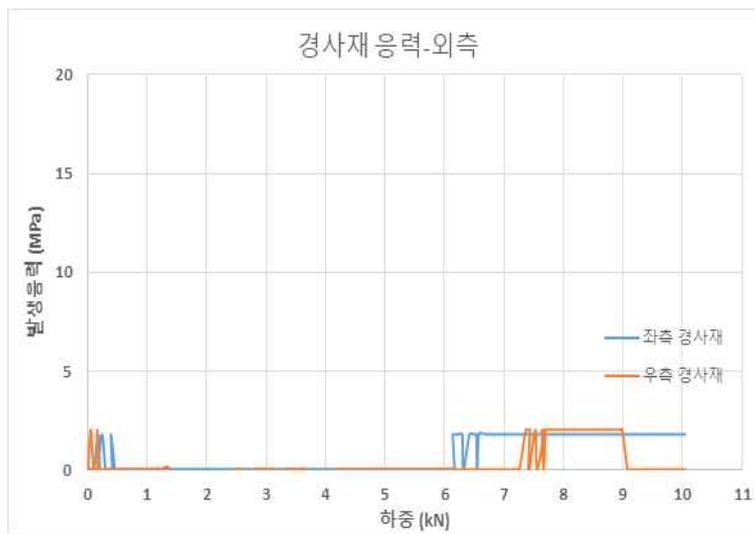
**<표 V-25> 시스템 비계의 경사재 응력 - 중작업 기준**

	실험 조건		경사재 응력 (MPa)				항복 강도	안전율
	상부벽 지지대 설치	하부 지지대 설치	좌측		우측			
			내측 (인장)	외측 (인장)	내측 (인장)	외측 (인장)		
5차	○	○	5.8	1.8	/	2.0	410 MPa	70.69
6차	X	○	9.6	3.8	/	3.8		42.71
7차	○	X	17.2	5.6	/	9.6		23.84
8차	X	X	15.2	1.8	/	3.8		26.32

○ 하중 단계별 응력 곡선

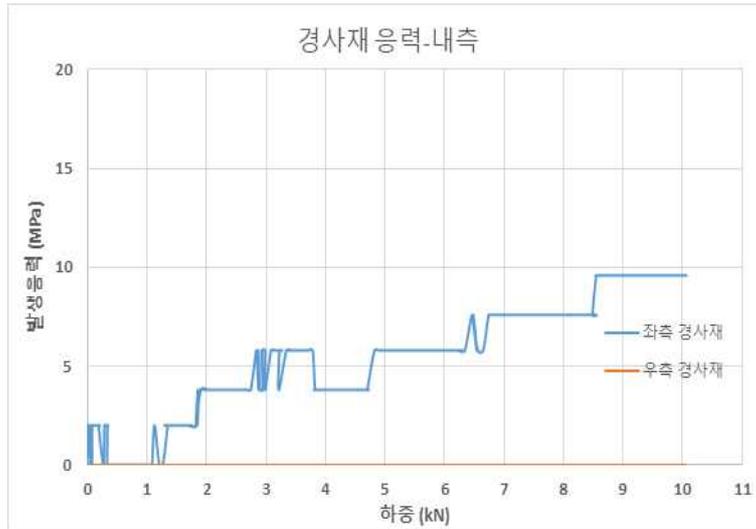


내측

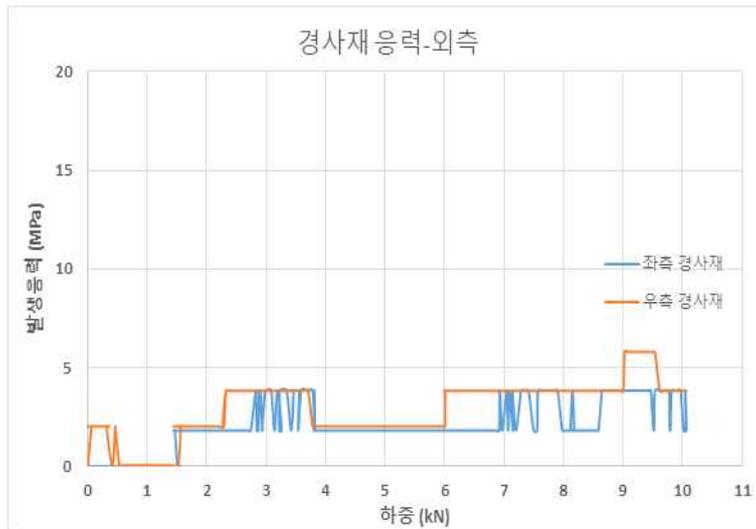


외측

(a) 5차 실험

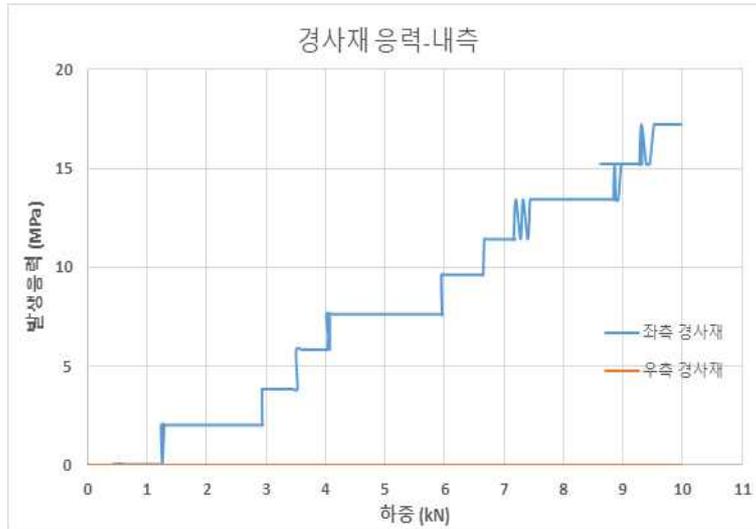


내측

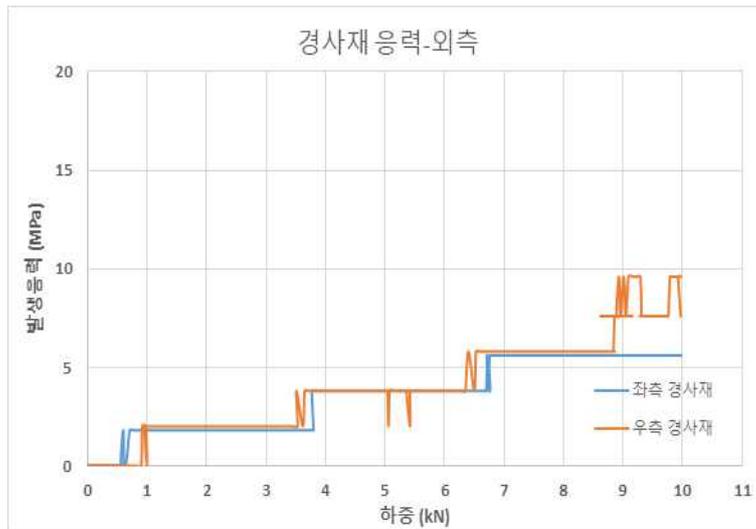


외측

(b) 6차 실험

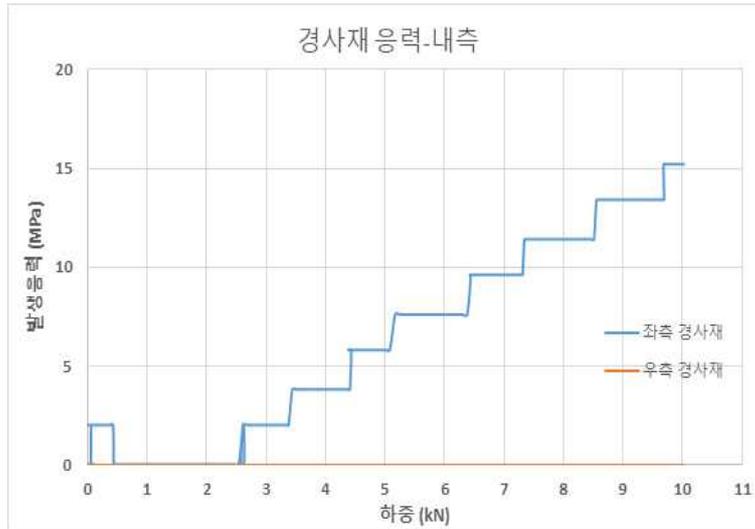


내측

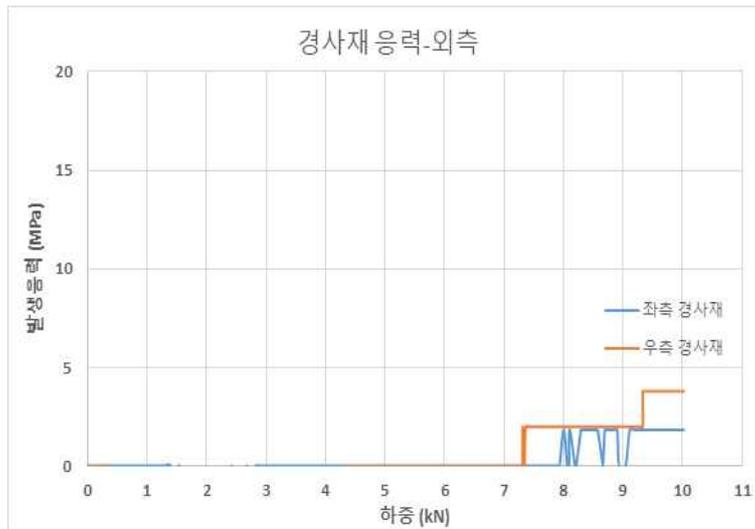


외측

(c) 7차 실험



내측



외측

(d) 8차 실험

[그림 V-52] 경사재 하중-응력 관계 - 중작업 기준

다) 최대하중 기준

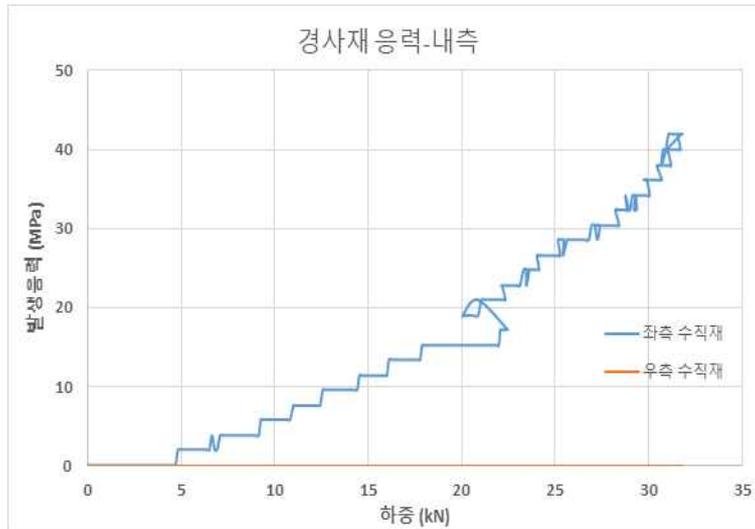
개발한 전용 시스템 비계의 주부재인 경사재에서 발생하는 최대 응력을 확인하기 위하여 설계하중의 크기에 상관없이 최대하중을 재하하였을 때 발생하는 경사재 변형률을 이용하여 응력을 계산한 결과를 <표 V-26> 및 [그림 V-53]에 정리하였다.

실험결과, 최대 설계하중인 중작업을 기준보다 약 3배 이상인 30kN(약 3,000kg)까지 허용응력을 초과하지 않는 것으로 확인되었다. 그리고, 최대하중이 작용하였을 때 경사재의 응력은 최대 34.2MPa로서 허용응력 및 항복강도를 초과하지 않는 것으로 확인되었다. 최대하중 실험결과에 따라 경사재 발생 응력을 기준으로 허용응력 또는 항복강도를 초과하지 않는 최대 작업하중은 허용응력 및 항복강도를 기준으로 30kN(약 3,000kg) 이상으로 확인되었다.

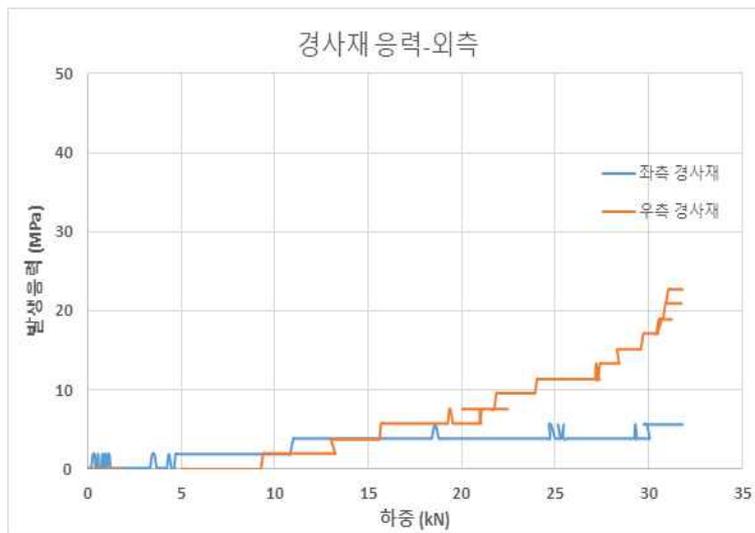
<표 V-26> 시스템 비계의 경사재 응력 - 최대하중 기준

실험 단계	실험 조건		경사재 응력 (MPa)				허용 응력 초과 여부	비고
	상부벽 지지대 설치	하부 지지대 설치	좌측		우측			
			내측 (인장)	외측 (인장)	내측 (인장)	외측 (인장)		
15kN	○	○	11.4	3.8	/	3.8	O.K	강종:SS275(SS400) - 항복강도 : 275MPa - 인장강도 : 410MPa 허용응력 - $0.6f_y = 165\text{MPa}$
20kN			15.2	3.8	/	5.8	O.K	
25kN			26.6	5.6	/	11.4	O.K	
30kN			34.2	5.6	/	17.2	O.K	

○ 하중단계별 응력 곡선



내측



외측

[그림 V-53] 경사재 하중-응력 관계 - 최대하중 기준

(4) 수평재 응력

가) 경작업 기준

KDS 21 60 00(비계 및 안전시설물 설계기준)의 작업하중 규정에서 경작업에 해당하는 설계하중과 상부작업대 설치에 소요되는 비계의 중량을 합산한 7 kN(700kg)에 대해서 상부벽 지지대와 하부 지지대 설치 조건에 따라 수평재에서 발생한 변형을 측정값을 이용하여 응력을 계산한 결과를 <표 V-27> 및 [그림 V-54]에 정리하였다.

○ 수평재 응력 검토

경작업 하중을 기준으로 상부벽 지지대 및 하부 지지대 설치 유·무에 상관없이 수평재에서 발생하는 최대응력은 항복강도의 60%에 해당하는 허용응력 165MPa를 모두 초과하지 않는 것으로 확인되었다.

<표 V-27> 시스템 비계의 수평재 응력 - 경작업 기준

실험 단계	실험 조건		수평재 응력 (MPa)				허용 응력 초과 여부	비고
	상부벽 지지대 설치	하부 지지대 설치	좌측		우측			
			상면 (인장)	하면 (압축)	상면 (인장)	하면 (압축)		
1차	○	○	11.4	-5.6	9.4	-5.8	O.K	강종:SS275(SS400) - 항복강도: 275MPa - 인장강도: 410MPa 허용응력 - $0.6f_y = 165\text{MPa}$
2차	X	○	11.4	-5.6	9.4	-3.8	O.K	
3차	○	X	-1.8	0	0	-1.8	O.K	
4차	X	X	-1.8	-1.8	-2.0	-1.8	O.K	

○ 수평재 안전율 검토

상부벽 지지대 및 하부 지지대 설치 유·무에 따른 수평재의 안전율은 항복

강도 275MPa을 기준으로 최소 24.12에서 최대 100 이상, 인장강도 410MPa을 기준으로 하면 최소 35.96에서 최대 100 이상으로서 KDS 21 60 00의 안전율 규정을 모두 만족하는 것으로 확인되었다(〈표 V-28〉 및 〈표 V-29〉 참조).

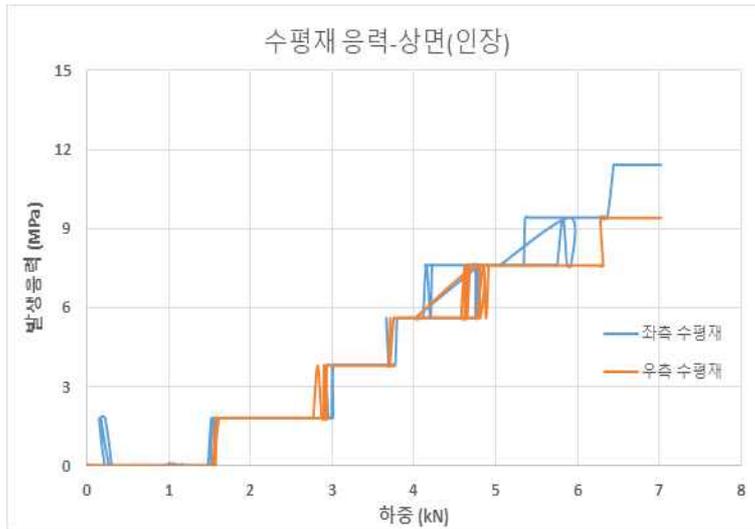
**<표 V-28> 시스템 비계의 수평재 안전율 - 항복강도 기준**

	실험 조건		수평재 응력 (MPa)				항복 강도	안전율
	상부벽 지지대 설치	하부 지지대 설치	좌측		우측			
			상면 (인장)	하면 (압축)	상면 (인장)	하면 (압축)		
1차	○	○	11.4	-5.6	9.4	-5.8	275 MPa	24.12
2차	X	○	11.4	-5.6	9.4	-3.8		24.12
3차	○	X	-1.8	0	0	-1.8		100 이상
4차	X	X	-1.8	-1.8	-2.0	-1.8		100 이상

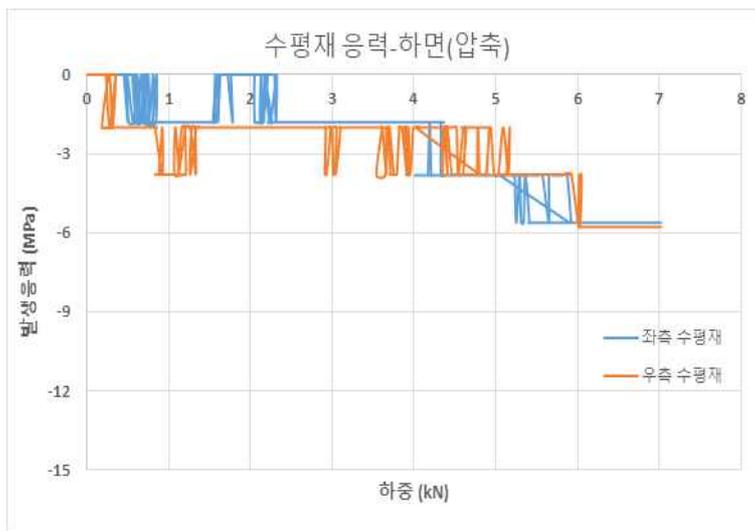
**<표 V-29> 시스템 비계의 수평재 안전율 - 인장강도 기준**

	실험 조건		수평재 응력 (MPa)				인장 강도	안전율
	상부벽 지지대 설치	하부 지지대 설치	좌측		우측			
			상면 (인장)	하면 (압축)	상면 (인장)	하면 (압축)		
1차	○	○	11.4	-5.6	9.4	-5.8	410 MPa	35.96
2차	X	○	11.4	-5.6	9.4	-3.8		35.96
3차	○	X	-1.8	0	0	-1.8		100 이상
4차	X	X	-1.8	-1.8	-2.0	-1.8		100 이상

○ 하중 단계별 응력 곡선

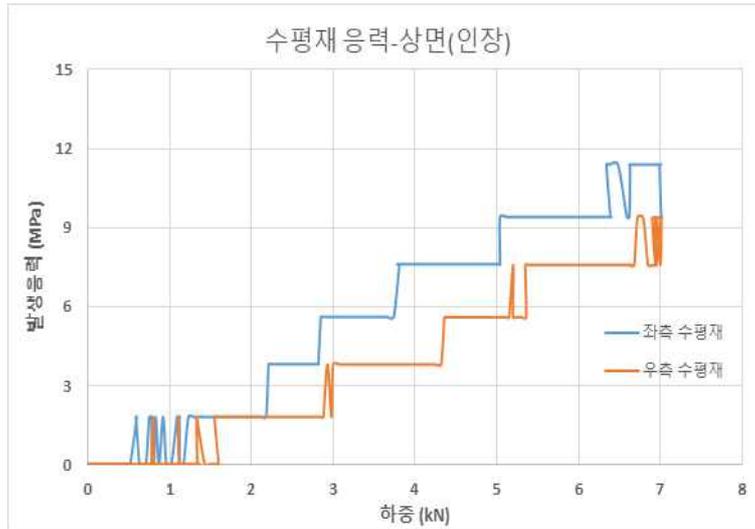


상면(인장응력)

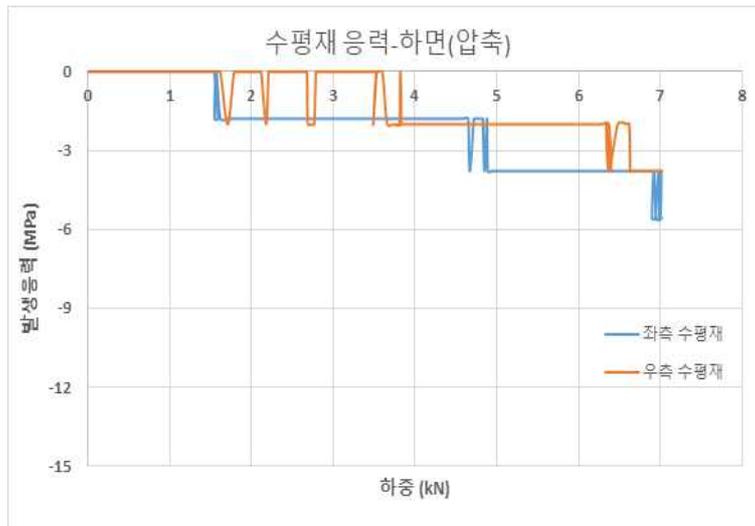


하면(압축응력)

(a) 1차 실험

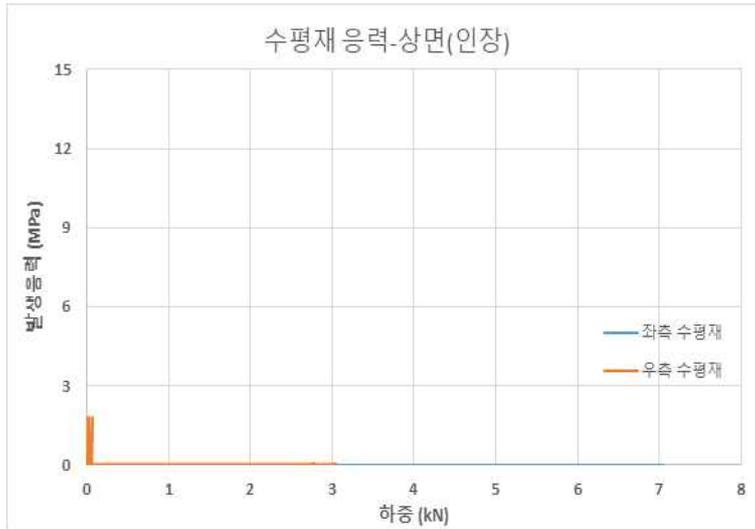


상면(인장응력)

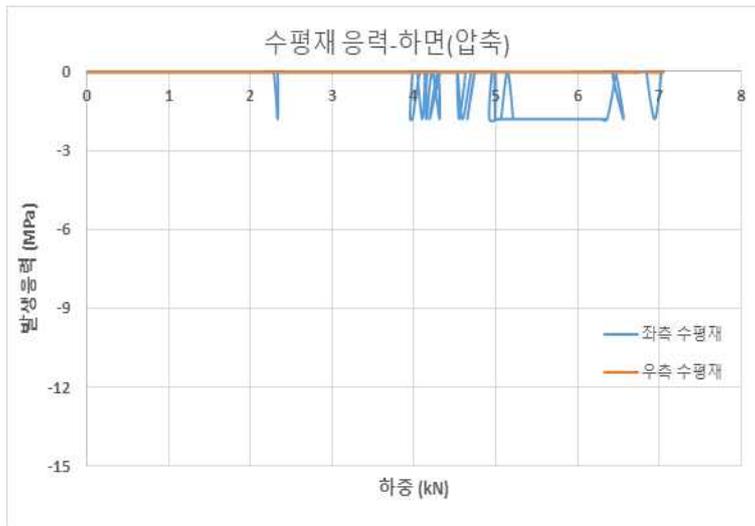


하면(압축응력)

(b) 2차 실험

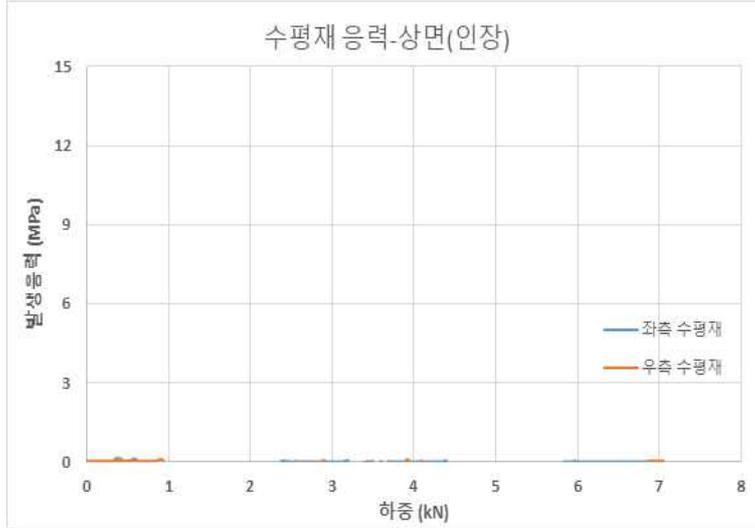


상면(인장응력)

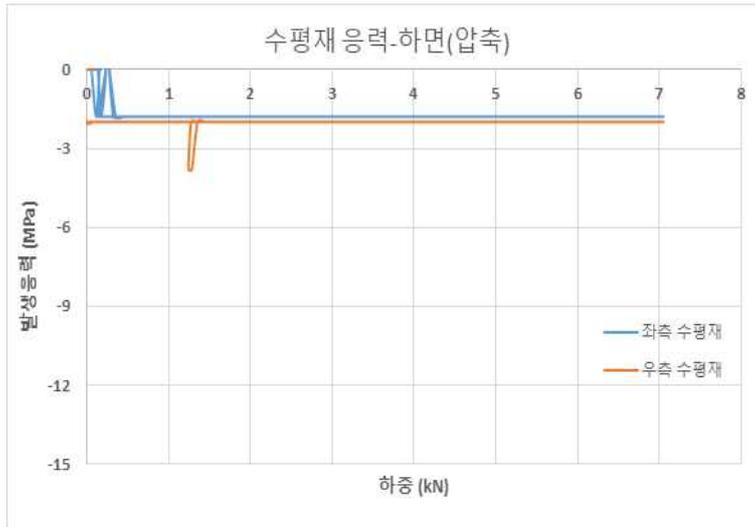


하면(압축응력)

(c) 3차 실험



전면(인장응력)



후면(압축응력)

(d) 4차 실험

[그림 V-54] 수평재 하중-응력 관계 - 경작업 기준

나) 중작업 기준

KDS 21 60 00(비계 및 안전시설물 설계기준)의 작업하중 규정에서 중작업에 해당하는 설계하중과 상부작업대 설치에 소요되는 비계의 중량을 합산한 10kN(1,000kg)에 대해서 상부벽 지지대와 하부 지지대 설치 조건에 따라 수평재에서 발생한 변형을 측정값을 이용하여 응력을 계산한 결과를 <표 V-30> 및 [그림 V-55]에 정리하였다.

○ 수평재 응력 검토

중작업 하중을 기준으로 상부벽 지지대 및 하부 지지대 설치 유·무에 상관없이 수직재에서 발생하는 최대응력은 항복강도의 60%에 해당하는 허용응력 165MPa를 모두 초과하지 않는 것으로 확인되었다.

<표 V-30> 시스템 비계의 수평재 응력 - 중작업 기준

실험 단계	실험 조건		수평재 응력 (MPa)				허용 응력 초과 여부	비고
	상부벽 지지대 설치	하부 지지대 설치	좌측		우측			
			상면 (인장)	하면 (압축)	상면 (인장)	하면 (압축)		
5차	○	○	13.2	-9.4	11.4	-5.8	O.K	강종:SS275(SS400) - 항복강도 : 275MPa - 인장강도 : 410MPa 허용응력 - $0.6f_y = 165\text{MPa}$
6차	X	○	15.2	-7.6	11.4	-5.8	O.K	
7차	○	X	1.8	-1.8	2.0	-1.8	O.K	
8차	X	X	-1.8	-3.8	-1.8	-2.0	O.K	

○ 수평재 안전율 검토

상부벽 지지대 및 하부 지지대 설치 유·무에 따른 수평재의 안전율은 항복강도 275MPa를 기준으로 최소 20.83에서 최대 100 이상, 인장강도 410MPa을

기준으로 하면 최소 31.06에서 최대 100 이상으로서 KDS 21 60 00의 안전을 규정을 모두 만족하는 것으로 확인되었다(〈표 V-31〉 및 〈표 V-32〉 참조).

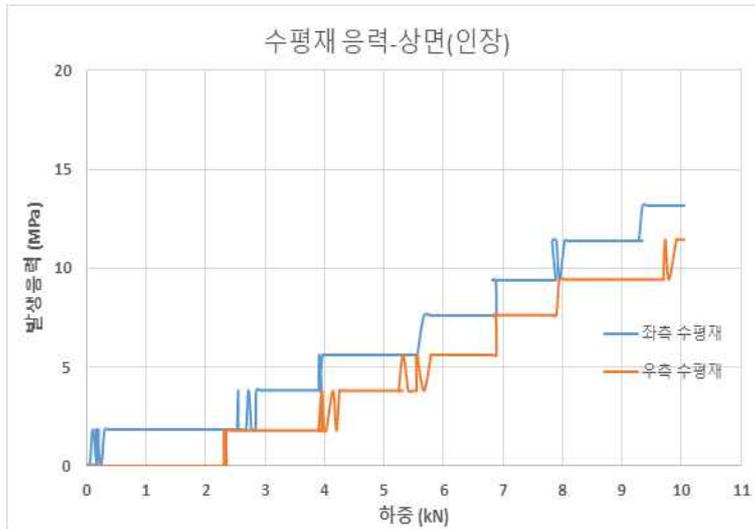
**<표 V-31> 시스템 비계의 수평재 안전율 - 항복강도 기준**

	실험 조건		수평재 응력 (MPa)				항복 강도	안전율
	상부벽 지지대 설치	하부 지지대 설치	좌측		우측			
			상면 (인장)	하면 (압축)	상면 (인장)	하면 (압축)		
5차	○	○	13.2	-9.4	11.4	-5.8	275 MPa	20.83
6차	X	○	15.2	-7.6	11.4	-5.8		18.09
7차	○	X	1.8	-1.8	2.0	-1.8		100 이상
7차	X	X	-1.8	-3.8	-1.8	-2.0		72.37

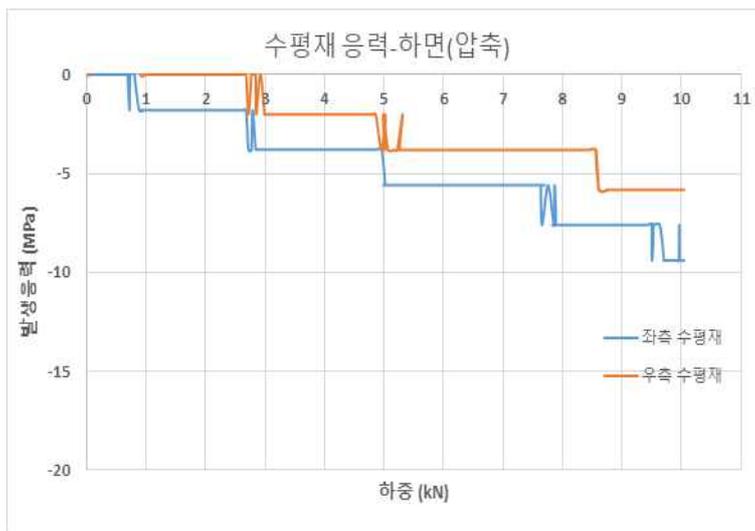
**<표 V-32> 시스템 비계의 수평재 안전율 - 인장강도 기준**

	실험 조건		수평재 응력 (MPa)				인장 강도	안전율
	상부벽 지지대 설치	하부 지지대 설치	좌측		우측			
			상면 (인장)	하면 (압축)	상면 (인장)	하면 (압축)		
5차	○	○	13.2	-9.4	11.4	-5.8	410 MPa	31.06
6차	X	○	15.2	-7.6	11.4	-5.8		26.97
7차	○	X	1.8	-1.8	2.0	-1.8		100 이상
7차	X	X	-1.8	-3.8	-1.8	-2.0		100 이상

○ 하중 단계별 응력 곡선

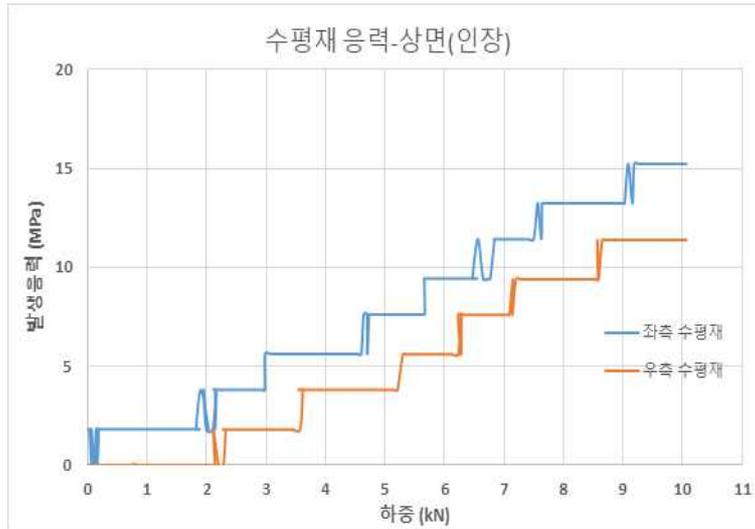


상면(인장응력)

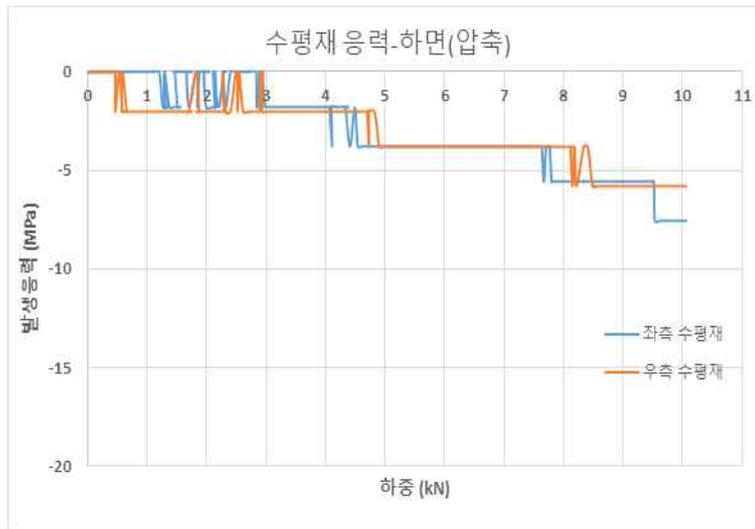


하면(압축응력)

(a) 5차 실험

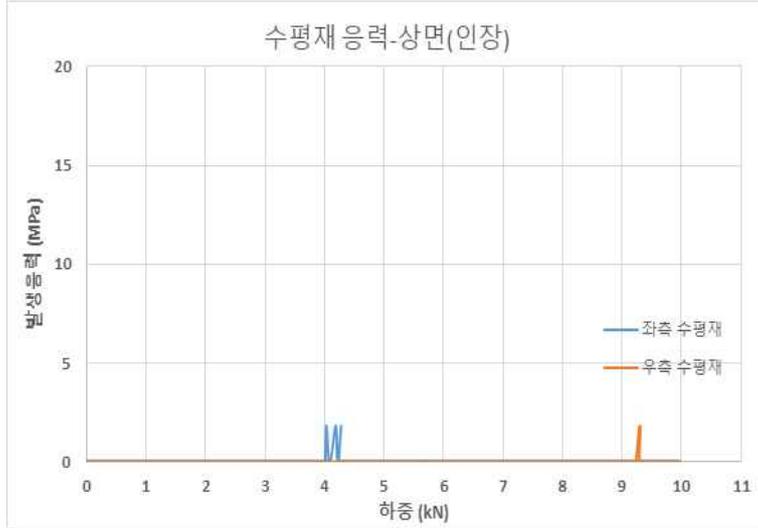


상면(인장응력)

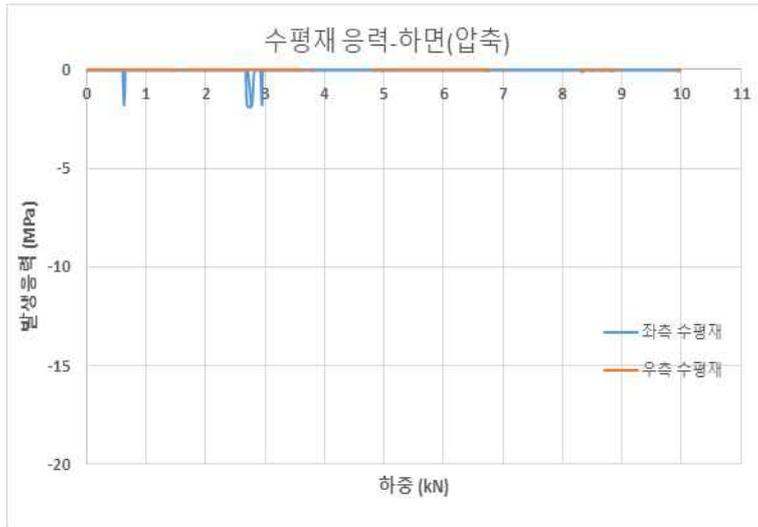


하면(압축응력)

(b) 6차 실험

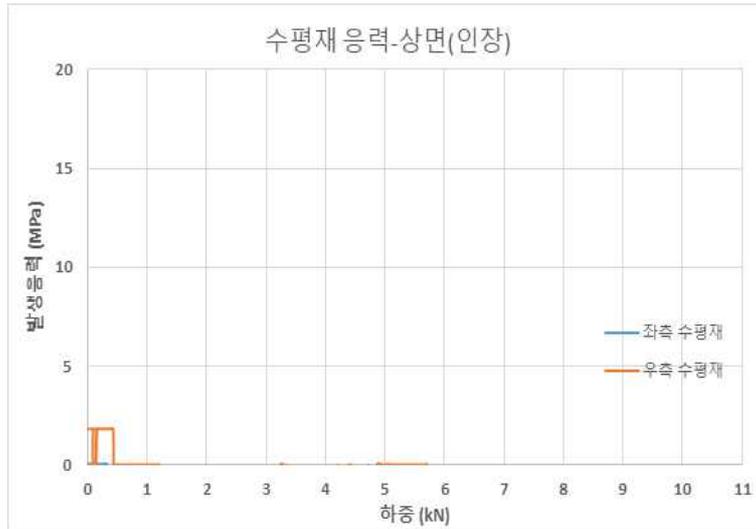


상면(인장응력)

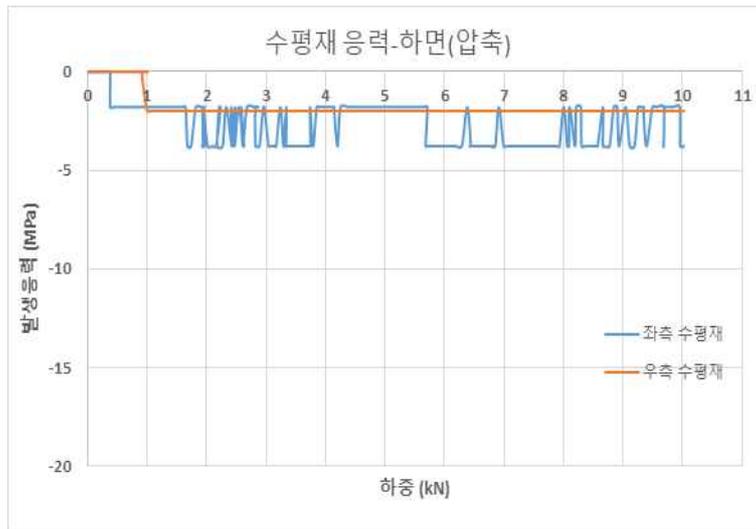


하면(압축응력)

(c) 7차 실험



상면(인장응력)



하면(압축응력)

(d) 8차 실험

[그림 V-55] 수평재 하중-응력 관계 - 중작업 기준

다) 최대하중 기준

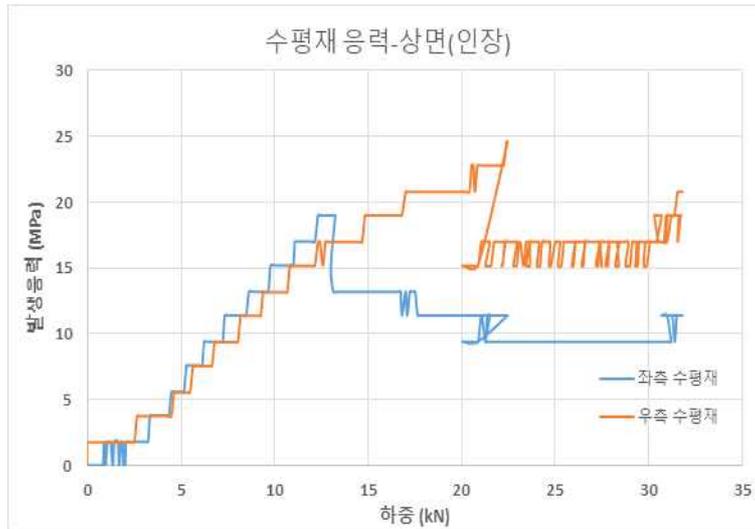
개발한 전용 시스템 비계의 주 부재인 수평재에서 발생하는 최대 응력을 확인하기 위하여 설계하중의 크기에 상관없이 최대하중을 재하하였을 때 발생하는 수평재 변형률을 이용하여 응력을 계산한 결과를 <표 V-33> 및 [그림 V-56]에 정리하였다.

실험결과, 최대 설계하중인 중작업을 기준보다 약 3배 이상인 30kN(약 3,000kg)까지 허용응력을 초과하지 않는 것으로 확인되었다. 그리고, 최대하중이 작용하였을 때 수평재의 응력은 최대 13.2MPa로서 허용응력 및 항복강도를 초과하지 않는 것으로 확인되었다. 최대하중 실험결과에 따라 수평재 발생 응력을 기준으로 허용응력 또는 항복강도를 초과하지 않는 최대 작업하중은 허용응력 및 항복강도를 기준으로 30kN(약 3,000kg) 이상으로 확인되었다.

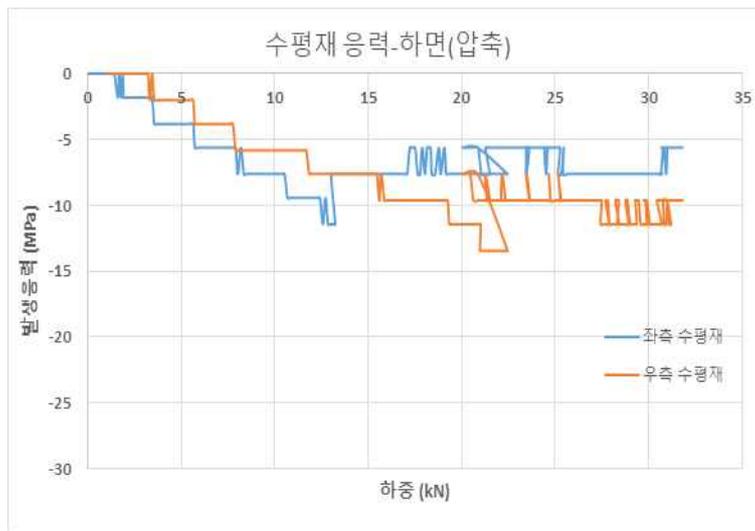
<표 V-33> 시스템 비계의 수평재 응력 - 최대하중 기준

실험 단계	실험 조건		수평재 응력 (MPa)				허용 응력 초과 여부	비고
	상부벽 지지대 설치	하부 지지대 설치	좌측		우측			
			상면 (인장)	하면 (압축)	상면 (인장)	하면 (압축)		
15kN	○	○	13.2	-9.4	11.4	-5.8	O.K	강종:SS275(SS400) - 항복강도 : 275MPa - 인장강도 : 410MPa 허용응력 - $0.6f_y = 165\text{MPa}$
20kN			15.2	-7.6	11.4	-5.8	O.K	
25kN			1.8	-1.8	2.0	-1.8	O.K	
30kN			-1.8	-3.8	-1.8	-2.0	O.K	

○ 하중단계별 응력 곡선



상면(인장응력)



하면(압축응력)

[그림 V-56] 수평재 하중-응력 관계 - 최대하중 기준

(5) 하부 지지대 응력

가) 경작업 기준

KDS 21 60 00(비계 및 안전시설물 설계기준)의 작업하중 규정에서 경작업에 해당하는 설계하중과 상부작업대 설치에 소요되는 비계의 중량을 합산한 7 kN(700kg)에 대해서 상부벽 지지대 설치 조건에 따라 하부 지지대에서 발생한 변형을 측정값을 이용하여 응력을 계산한 결과를 <표 V-34> 및 [그림 V-57]에 정리하였다.

○ 하부 지지대 응력 검토

경작업 하중을 기준으로 상부벽 지지대 설치 유·무에 상관없이 하부 지지대에서 발생하는 최대응력은 항복강도의 60%에 해당하는 허용응력 165MPa를 모두 초과하지 않는 것으로 확인되었다.

<표 V-34> 시스템 비계의 하부 지지대 응력 - 경작업 기준

실험 단계	실험 조건		하부 지지대 응력 (MPa)		허용응력 초과 여부	비고
	상부벽 지지대 설치	하부 지지대 설치	좌측	우측		
1차	○	○	-5.6	11.4	O.K	강종:SS275 - 항복강도: 275MPa - 인장강도: 410MPa 허용응력 - $0.6f_y = 165\text{MPa}$
2차	X	○	-3.8	13.4	O.K	

○ 하부 지지대 좌굴 안전성 검토

하부 지지대의 허용축방향 압축응력은 시스템 비계의 설계기준인 KDS 21 60 00(비계 및 안전시설물 설계기준)에는 압축부재의 좌굴응력 검토에 대한 규정이 없는 관계로 KDS 14 30 10(강구조 부재 설계기준)에서 제시하는 규정에 의해 최대압축하중에 대한 안전율 2.5를 고려하여 계산한 경사재의 세장비( $\lambda$ )

에 따른 허용축방향 압축응력 26.45MPa를 모두 초과하지 않는 것으로 확인되었다.

○ 하부 지지대 안전율 검토

상부벽 지지대 설치 유·무에 따른 하부 지지대의 안전율은 항복강도 275 MPa를 기준으로 최소 20.52에서 최대 24.12, 인장강도 410MPa를 기준으로 하면 최소 30.60에서 최대 35.9로서 KDS 21 60 00의 안전율 규정을 모두 만족하는 것으로 확인되었다(〈표 V-35〉 및 〈표 V-36〉 참조).

**〈표 V-35〉 시스템 비계의 하부 지지대 안전율 - 항복강도 기준**

실험 단계	실험 조건		하부 지지대 응력 (MPa)		항복강도	안전율 (항복강도/응력)
	상부벽 지지대 설치	하부 지지대 설치	좌측	우측		
1차	○	○	-5.6	11.4	275 MPa	24.12
2차	X	○	-3.8	13.4		20.52

**〈표 V-36〉 시스템 비계의 하부 지지대 안전율 - 항복강도 기준**

실험 단계	실험 조건		하부 지지대 응력 (MPa)		인장강도	안전율 (항복강도/응력)
	상부벽 지지대 설치	하부 지지대 설치	좌측	우측		
1차	○	○	-5.6	11.4	410 MPa	35.96
2차	X	○	-3.8	13.4		30.60

○ 하중 단계별 응력 곡선



(a) 1차 실험



(b) 2차 실험

[그림 V-57] 하부 지지대 하중-응력 관계 - 경작업 기준

## 나) 중작업 기준

KDS 21 60 00(비계 및 안전시설물 설계기준)의 작업하중 규정에서 중작업에 해당하는 설계하중과 상부작업대 설치에 소요되는 비계의 중량을 합산한 10kN(1,000kg)에 대해서 상부벽 지지대 설치 조건에 따라 하부 지지대에서 발생한 변형을 측정값을 이용하여 응력을 계산한 결과를 <표 V-37> 및 [그림 V-58]에 정리하였다.

## ○ 하부 지지대 응력 검토

중작업 하중을 기준으로 상부벽 지지대 설치 유·무에 상관없이 하부 지지대에서 발생하는 최대응력은 항복강도의 60%에 해당하는 허용응력 165MPa를 모두 초과하지 않는 것으로 확인되었다.

&lt;표 V-37&gt; 시스템 비계의 수평재 응력 - 중작업 기준

실험 단계	실험 조건		하부 지지대 응력 (MPa)		허용응력 초과 여부	비고
	상부벽 지지대 설치	하부 지지대 설치	좌측	우측		
5차	○	○	-1.8	17.2	O.K	강종:SS275 - 항복강도: 275MPa - 인장강도: 410MPa 허용응력 - $0.6f_y = 165\text{MPa}$
6차	X	○	-1.8	19.0	O.K	

## ○ 하부 지지대 좌굴 안전성 검토

하부 지지대의 허용축방향 압축응력은 시스템 비계의 설계기준인 KDS 21 60 00(비계 및 안전시설물 설계기준)에는 압축부재의 좌굴응력 검토에 대한 규정이 없는 관계로 KDS 14 30 10(강구조 부재 설계기준)에서 제시하는 규정에 의해 최대압축하중에 대한 안전율 2.5를 고려하여 계산한 경사재의 세장비( $\lambda$ )

에 따른 허용축방향 압축응력 26.45MPa을 모두 초과하지 않는 것으로 확인되었다.

○ 하부 지지대 안전율 검토

상부벽 지지대 설치 유·무에 따른 하부 지지대의 안전율은 항복강도 275 MPa을 기준으로 최소 14.47에서 최대 15.99, 인장강도 410MPa을 기준으로 하면 최소 21.58에서 최대 23.84로서 KDS 21 60 00의 안전율 규정을 모두 만족하는 것으로 확인되었다(〈표 V-38〉 및 〈표 V-39〉 참조).

**<표 V-38> 시스템 비계의 하부 지지대 안전율 - 항복강도 기준**

실험 단계	실험 조건		하부 지지대 응력 (MPa)		항복강도	안전율 (항복강도/응력)
	상부벽 지지대 설치	하부 지지대 설치	좌측	우측		
5차	○	○	-1.8	17.2	275 MPa	15.99
6차	X	○	-1.8	19.0		14.47

**<표 V-39> 시스템 비계의 하부 지지대 안전율 - 인장강도 기준**

실험 단계	실험 조건		하부 지지대 응력 (MPa)		인장강도	안전율 (항복강도/응력)
	상부벽 지지대 설치	하부 지지대 설치	좌측	우측		
5차	○	○	-1.8	17.2	410 MPa	23.84
6차	X	○	-1.8	19.0		21.58

○ 하중 단계별 응력 곡선



(a) 5차 실험



(b) 6차 실험

[그림 V-58] 하부 지지대 하중-응력 관계 - 종작업 기준

다) 최대하중 기준

개발 시스템 비계의 수직변위를 제어하는데 핵심적인 역할을 하는 하부 지지대에서 발생하는 최대 응력을 확인하기 위하여 설계하중의 크기에 상관없이 최대하중을 재하하였을 때 발생하는 하부 지지대 변형률을 이용하여 응력을 계산한 결과를 <표 V-40> 및 [그림 V-59]에 정리하였다.

실험결과, 최대 설계하중인 중작업을 기준보다 약 3배 이상인 30kN(약 3,000kg)까지 허용응력을 초과하지 않는 것으로 확인되었다. 그리고, 최대하중이 작용하였을 때 하부 지지대의 응력은 최대 38.0MPa로서 허용응력 및 항복강도를 초과하지 않는 것으로 확인되었다. 최대하중 실험결과에 따라 하부 지지대 발생 응력을 기준으로 허용응력 또는 항복강도를 초과하지 않는 최대 작업하중은 허용응력 및 항복강도를 기준으로 30kN(약 3,000kg) 이상으로 확인되었다.

<표 V-40> 시스템 비계의 하부 지지대 응력 - 최대하중 기준

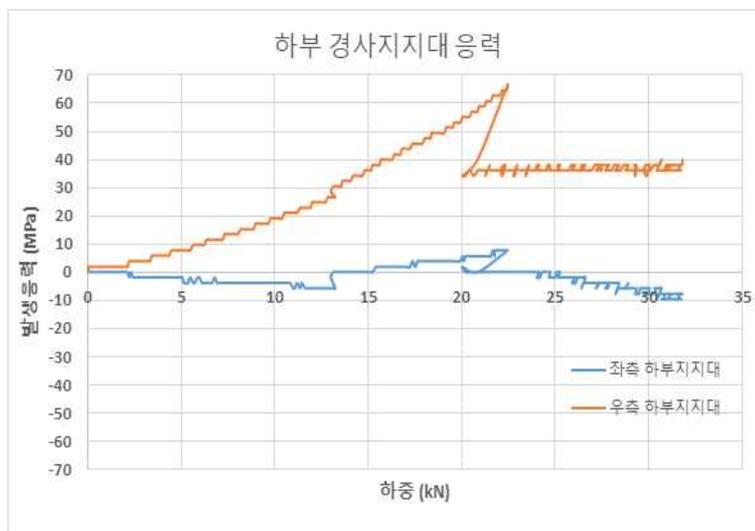
하중 단계	실험 조건		하부 지지대 응력 (MPa)		허용 응력 초과 여부	비고
	상부벽 지지대 설치	하부 지지대 설치	좌측	우측		
15kN	○	○	1.8	36.2	O.K	강종:SS275(SS400) - 항복강도 : 275MPa - 인장강도 : 410MPa 허용응력 - $0.6f_y = 165\text{MPa}$
20kN			5.6	53.2	O.K	
25kN			-1.8	36.2	O.K	
30kN			-7.6	38.0	O.K	

○ 하부 지지대 좌굴 안전성 검토

최대하중이 작용하는 경우에는 하부 지지대의 허용축방향 압축응력은 우측 하부 지지대를 기준으로 하면 경사재의 세장비( $\lambda$ )에 따른 허용축방향 압축응

력 26.45MPa을 초과하였으며, 양측 하부 지지대의 평균응력을 기준으로 하면 허용 축방향 압축응력을 초과하지 않는 것으로 나타났다. 따라서, 최대하중 실험결과에 따라 좌굴이 발생하지 않는 최대 작업하중은 허용 축방향 압축응력을 기준으로 13kN(약 1,300kg)으로 확인되었다.

○ 하중단계별 응력 곡선



[그림 V-59] 하부 지지대 하중-응력 관계 - 최대하중 기준

## 5. 현장 적용성 검증

### 1) 시범설치 현장 개요

엘리베이터 전용 시스템 비계의 개발에 따른 현장 적용성 검증을 위하여 구조해석, 4대 제조사 검토 및 실물 성능시험을 완료한 후, 엘리베이터 신규 설치가 예정되어 있는 현장에서 전용 시스템 비계의 시범설치를 통한 현장 적용성 검증을 실시하였다. 시범설치는 시스템 비계의 개발 조건인 4~7층 규모의 철근콘크리트 건축물에 기계실이 없는(MRL Type) 승객용 엘리베이터를 신규로 설치하는 현장을 대상으로 <표 V-41>과 같이 각 제조사별로 1개소씩 선정하였다.

**<표 V-41> 시스템 비계의 현장 적용성 검증 시범설치 개요**

시범설치 일시	엘리베이터 제조사	시범설치 조건	비고
2020.11.10	현대 엘리베이터	- 지상 4층, 빌딩 신축, 승객용 MRL Type (경기도 군포시 도마교동 신축 현장)	
2020.11.11	오티스 엘리베이터	- 지상 5층, 빌딩 신축, 승객용 MRL Type (서울시 은평구 녹번동 신축 현장)	
2020.11.12	티센크루프 엘리베이터	- 지상 4층, 빌딩 신축, 승객용 MRL Type (경기도 군포시 도마교동 신축 현장)	
예정	미쓰비시 엘리베이터	- 12월 9일 설치 예정 (서울 구로구 개봉동 신축 현장)	

### 2) 설치 매뉴얼 및 작업자 대상 설치 교육

본 연구를 통해 개발된 전용 시스템 비계의 현장 적용성 검증은 향후 보급

이 되었을 때 실제 사용자에게 해당하는 엘리베이터 제조사에 등록된 상부작업대 전문설치업체의 작업자들이 직접 시범 설치를 수행하였다. 그런데, 본 연구과제를 통하여 국내에서 처음으로 개발된 엘리베이터 전용 시스템 비계이므로 안전한 시범 설치 및 해체를 위하여 사전에 작업자들을 대상으로 설치 교육을 실시하였으며, 시스템 비계의 정확하고 안전한 설치를 위하여 설치·해체 매뉴얼을 함께 제작하여 제공하였다.

설치 교육은 [그림 V-60]에 보인 것과 같이 시스템 비계의 개발 과정에 대한 소개, 시스템 비계의 구성 및 설치·해체 매뉴얼 안내, 설치·해체 매뉴얼에 따른 시스템 비계 설치 단계별 상세 소개, 시스템 비계의 설치 시연 및 질의/응답 순으로 진행을 하였다.



(a) 시스템 비계 개발 과정 소개



(b) 시스템 비계 구성품 소개



(c) 시스템 비계 설치 매뉴얼 안내



(d) 시스템 비계 설치 교육



(e) 시스템 비계 교육자 확인

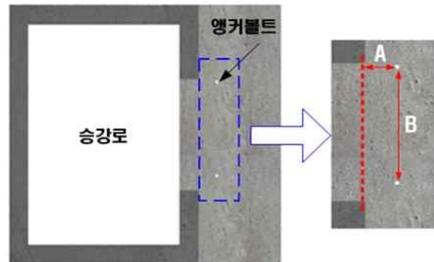


(f) 설치 작업자 질의/응답

**[그림 V-60] 시스템 비계 설치 교육**

2) 삼각 프레임(수직재+수평재+경사재) 설치

- (1) 승강로 출입구 바닥면에 출입구 기준선으로부터 간격(아래 그림의 A)을 확보하여 시스템 비계(수직재) 고정용 앵커볼트를 설치한다.
  - ① 앵커볼트는 엘리베이터 인승 규격별 피아노선 간격에 따라 위치(아래 그림의 B)를 선정해야 한다.
  - ② 앵커볼트는 M12를 사용해야 한다.
  - ③ 앵커볼트는 시스템 비계의 좌측 및 우측 수직재 아래 홀에 고정용 2개를 설치해야 한다.



- (2) 수직재와 수평재를 90도 펼친 후, 경사재를 수평재와 수직재에 조립하여 삼각 프레임을 형성한다.
  - ① 경사재 조립은 시스템 비계의 구성품으로 제공되는  $\varnothing 34\text{mm}$  볼트형 고정용 핀을 사용해야 한다.



[그림 V-61] 시스템 비계 설치·해체 매뉴얼

### 3) 현장 시범 설치

시스템 비계의 시범 설치를 위한 사전 교육을 실시하고, 설치·해체 매뉴얼을 제공한 후 4대 제조사별 MRL Type 승객용 엘리베이터 신규 설치 현장에서 개발 시스템 비계의 적용성 검증을 위한 시범 설치를 실시하였다. 시범설치 현장에는 연구상대역, 연구책임자, 시스템 비계 개발을 담당한 공동연구원 및 엘리베이터 제조사 안전담당자가 모두 참석하여 현장 적용성 검증 과정을 확인하였다. 시범 설치에 앞서 안전교육 및 주의사항을 전달한 후, 설치 교육을 이수한 각 제조사별 설치업체 작업자들이 그림 [V-62]와 같이 설치·해체 매뉴얼에 의한 단계별로 직접 설치를 실시하였다.



(a) 앵커볼트 설치



(b) 수직재와 수평재 조립



(c) 경사재 조립



(d) 승강로 내부 설치



(e) 앵커볼트 조립



(f) 상부벽 지지대 설치



(g) 밀림방지 브라켓 고정



(h) 작업발판 설치



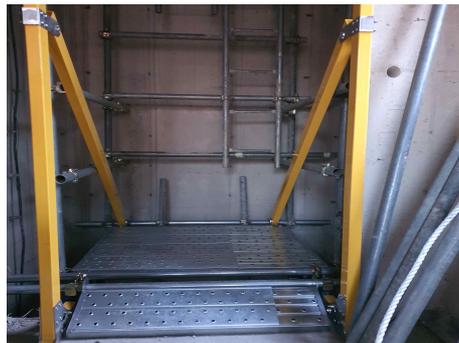
(i) 하부지지대 설치



(j) 하부지지대 앵커볼트 고정



(k) 상부작업대 설치



(f) 상부작업대 설치 완료

**[그림 V-62] 시스템 비계 현장 적용성 검증-시범설치**

#### 4) 현장 적용성 검증을 위한 설문조사 결과

개발된 전용 시스템 비계의 안전성, 설치/해체 편의성, 기존 강관비계 조립식과의 차이점 및 현장 적용성을 검증하기 위하여 설문조사를 실시하였다.

본 연구에서는 설문조사의 대상을 국내 엘리베이터 4대 제조사 담당자들과 설치교육 및 시범설치에 직접 참여한 엘리베이터 설치 및 유지보수업체의 작업자로 구분하였다. 그리고, 설문조사 문항은 연구진의 개발 회의, 연구상대역과의 협의 및 진도분석회의를 통하여 최종적으로 도출된 일반사항 및 시스템 비계의 성능 등 2개 항목으로 구성하였으며, 각 항목별로 제조사는 총 10개 문항, 설치 및 유지보수 작업자는 총 14개 문항을 개발하였다.

설문조사는 현장 적용성 검증을 위하여 시범설치에 참여하는 직접 참여하는 설치 작업자를 대상으로 설치교육 및 현장 시범설치 후 대면조사 방식으로 실시하였다. 그리고, 시범설치는 엘리베이터 4대 제조사의 협조를 통하여 본 연구의 대상인 4~7층 규모의 철근콘크리트 구조 건축물에 15인승 이하의 일반 승객용으로 기계실이 없는(MRL Type) 엘리베이터를 신규로 설치하는 현장을 대상으로 하였다.

국내 4대 엘리베이터 제조사 담당자 5명과 설치교육 및 시범설치에 참여한 작업자들 12명을 대상으로 본 연구에서 개발한 전용 시스템 비계 설문조사의 결과는 각 항목별로 다음과 같다.

**<표 V-42> 현장 적용성 검증 설문조사 - 일반사항**

설문문항		응답현황	
		제조사 담당자	설치 작업자
<b>Q1) 설치경력</b> 엘리베이터 설치/유지보수용 상부작업대(비계) 설치 경력?		X	- 평균 5년 이상
<b>Q2) 설치규격</b> 주로 설치한 상부작업대(비계) 규격?	형식	X	- MR: 18% - MRL: 82%
	승객정원	X	- 10인승 이하: 18% - 10-15인승: 64% - 15인승 이상: 18%
	건물층수	X	- 5층 이하: 33.3% - 5-10층: 44.4% - 10-15층: 11.1% - 15층 이상: 11.1%
<b>Q3) 시스템 비계</b> 전용 시스템 비계의 경험 여부?		X	- 설치 경험 있음: 9% - 본적이 있음: 36% - 경험 없음: 55%

엘리베이터 전용 시스템 비계의 현장 적용성 검증을 위한 설문조사 응답의 신뢰성을 확인하기 위하여 설치 작업자들의 경력, 본 연구와의 적합성 및 개발 시스템 비계의 사전 경험 유·무 등을 조사하였다.

시범설치에 참여한 작업자들은 모두 엘리베이터 설치를 위한 상부작업대 설치 경력이 5년 이상으로 충분한 경험을 보유하고 있었으며, 80% 이상이 본 연구의 대상인 15층 이하 건축물에서 기계실이 없는(MRL Type) 15인승 이하의 승객용 엘리베이터를 주로 설치하는 것으로 조사되었다. 따라서 이들 작업자의 경력은 현장 적용성 검증에 충분한 신뢰성을 확보한다고 할 수 있다. 또한, 50% 정도가 개발된 시스템 비계에 대한 경험이 없는 것으로 조사되었다.

&lt;표 V-43&gt; 현장 적용성 검증 설문조사 - 시스템 비계 성능

설문문항	응답현황	
	제조사 담당자	설치 작업자
<b>Q1) 외형적 안전성 개선</b> 현행 강관비계 조립식 상부 작업대와 비교하여 외형적인 안전성 개선 여부?	- 예(개선): 100%	- 예(개선): 80% - 아니오: 20%
<b>Q1.1) 개선 정도</b> 전용 시스템 비계의 외형적 안전성 개선 정도?	- 100% 개선: 20% - 80% 이상: 20% - 60% 이상: 60%	- 100% 개선: 12.5% - 80% 이상: 25% - 60% 이상: 25% - 40% 이상: 25% - 40% 미만: 12.5%
<b>Q2) 구조적 안전성</b> 현행 강관비계 조립식 상부 작업대와 비교하여 구조적인 안전성 개선 여부?	- 예(개선): 100%	- 예(개선): 90% - 아니오: 10%
<b>Q2.1) 개선 정도</b> 전용 시스템 비계의 구조적 안전성 개선 정도?	- 100% 개선: 0% - 80% 이상: 40% - 60% 이상: 40% - 40% 이상: 20%	- 100% 개선: 12.5% - 80% 이상: 25% - 60% 이상: 37.5% - 40% 이상: 12.5% - 40% 미만: 12.5%
<b>Q3) 상부작업대 설치작업자 안전 보장</b> 현행 강관비계 조립식 상부 작업대와 비교하여 상부작업대 설치/해체 작업자의 안전 보장 여부?	- 예(보장): 100%	- 예(보장): 91% - 아니오: 9%
<b>Q4) 엘리베이터 설치작업자 안전 보장</b> 현행 강관비계 조립식 상부 작업대와 비교하여 상부작업대 설치/해체 작업자의 안전 보장 여부?	- 예(보장): 60% - 아니오: 40% : 기존과 동등 수준	- 예(보장): 91% - 아니오: 9%
<b>Q5) 설치/해체시간 단축</b> 현행 강관비계 조립식 상부 작업대와 비교하여 상부작업대 설치/해체 소요 시간의 단축 여부?	- 예(단축): 20% - 아니오: 80%	- 예(단축): 18% - 아니오: 82%

<b>Q5.1) 단축 정도</b> 상부작업대 설치/해체 소요 시간 단축 정도?	- 30분 미만: 100%	- 90분 이상: 50% - 기존과 동등: 50%
<b>Q6) 작업공간 확보</b> 엘리베이터 설치/유지보수에 따른 충분한 작업공간의 확보 여부?	- 예(확보): 100%	- 예(확보): 90% - 아니오: 10%
<b>Q7) 설치비용 절감</b> 현행 강관비계 조립식 상부작업대와 비교하여 설치비용의 절감 여부?		- 예(절감): 10% - 아니오: 90%
<b>Q8) 조립과정 편리성 개선</b> 현행 강관비계 조립식 상부작업대와 비교하여 조립과정의 편리성 개선 여부?	- 예(개선): 60% - 아니오: 40%	- 예(개선): 75% - 아니오: 25%
<b>Q8.1) 조립과정 개선 정도</b> 상부작업대 조립과정의 편리성 개선 정도?	- 60% 이상: 33.3% - 40% 이상: 33.3% - 40% 미만: 33.3%	- 100% 이상: 12.5% - 80% 이상: 12.5% - 60% 이상: 37.5% - 40% 이상: 25% - 40% 미만: 12.5%
<b>Q9) 해체과정 편리성 개선</b> 현행 강관비계 조립식 상부작업대와 비교하여 해체과정의 편리성 개선 여부?	- 예(개선): 60% - 아니오: 40%	- 예(개선): 82% - 아니오: 18%
<b>Q9.1) 조립과정 개선 정도</b> 상부작업대 해체과정의 편리성 개선 정도?	- 60% 이상: 33.3% - 40% 이상: 33.3% - 40% 미만: 33.3%	- 100% 이상: 11.1% - 80% 이상: 11.1% - 60% 이상: 33.3% - 40% 이상: 33.3% - 40% 미만: 11.1%
<b>Q10) 운반 편의성 개선</b> 현행 강관비계 조립식 상부작업대와 비교하여 운반/이동 편의성 개선 여부?	- 아니오: 100%	- 예(개선): 27% - 아니오: 73%
<b>Q11) 개선효과 우수</b> 현행 강관비계 조립식 상부작업대와 비교하여 개선효과가 우수한 부분?	- 주부재: 100% - 작업발판: 25%	- 주부재: 82% - 작업발판: 45%
<b>Q12) 개선효과 미약</b> 현행 강관비계 조립식 상부작업대와 비교하여 개선효과가 미약한 부분?	- 주부재: 25% - 작업발판: 25% - 하부 지지대: 50%	- 주부재: 18% - 작업발판: 9% - 하부 지지대: 82% - 앵커볼트: 27%

<b>Q13) 현장 적용 개소</b> 10개소 현장을 기준으로 전용 시스템 비계 적용 개소?		- 8개소 이상: 27.3% - 6개소 이상: 9.1% - 4개소 이상: 27.3% - 4개소 미만: 36.4%
<b>Q14) 추가 의견</b> 전용 시스템 비계의 성능을 개선을 위한 의견?		-

#### (1) 시스템 비계의 안전성 개선

시스템 비계의 외형적 안전성의 개선에 대해서, 엘리베이터 제조사 담당자들은 모두 개선되었다고 평가하였으며, 설치 작업자는 80%가 개선되었다고 평가하였다. 그리고, 기존의 강관비계 조립식 상부 작업대와 비교하여 시스템 비계의 안전성 개선 정도에 대해서는 제조사 담당자들 모두와 설치 작업자의 60% 이상이 외형적 안전성이 60% 이상 개선되었다고 평가하였다. 다음으로 구조적 안전성에 대해서는 제조사 담당자들은 모두 개선되었다고 평가하였으며, 설치 작업자의 90%가 개선되었다고 평가하였다. 그리고, 제조사 담당자들의 80%와 설치 작업자들의 75%가 기존 강관비계 조립식 상부 작업대와 비교하여 구조적 안전성이 60% 이상 개선되었다고 평가하였다.

#### (2) 설치 작업자의 안전 보장

시스템 비계가 설치 작업자의 안전을 보장하는 정도에 대해서, 엘리베이터 제조사 담당자들 모두와 설치 작업자의 90% 이상이 상부작업대 설치 작업자의 안전을 더욱 보장할 수 있을것으로 평가하였다. 그리고, 엘리베이터 설치 작업자의 안전에 대해서는 엘리베이터 제조사 담당자들의 60%와 설치 작업자의 90% 이상이 안전을 더욱 보장할 수 있을것으로 평가하였으며, 엘리베이터 제조사 담당자들의 40%는 기존 강관비계 조립식 상부작업대를 이용한 설치와 동등한 수준으로 평가하였다.

(3) 설치 및 해체시간의 단축

기존 강관비계 조립식 상부작업대와 비교하여 시스템 비계를 이용한 상부작업대 설치 및 해체 시간의 단축에 대해서는 엘리베이터 제조사 담당자들의 80%와 설치 작업자의 82%가 부정적으로 평가하였다. 단축이 될 수 있다고 평가한 경우에 대해서도 단축 시간의 정도는 30분 미만이거나 기존과 비슷한 수준으로 단축 효과는 크지 않는 것으로 평가하였다.

(4) 작업공간의 확보

시스템 비계가 설치 작업자의 안전한 작업공간을 확보하는 정도에 대해서, 엘리베이터 제조사 담당자들 모두와 설치 작업자의 90% 이상이 상부작업대 설치 작업자의 작업공간을 충분히 확보하는 것으로 평가하였다.

(5) 조립/해체 과정 편리성 및 운반 편의성의 개선

기존 강관비계 조립식 상부작업대와 비교하여 시스템 비계의 조립 및 해체 과정의 편리성에 대해서는 엘리베이터 제조사 담당자들의 60%가 개선되었다고 평가하였으며, 개선의 정도에 대해서는 의견이 엇갈렸다. 설치 작업자들은 70% 이상이 조립 및 해체과정의 편리성이 개선되었다고 평가하였으며, 개선의 정도는 제조사 담당자들과 마찬가지로 의견이 다양하게 엇갈렸다. 운반의 편의성에 대해서는 엘리베이터 제조사 담당자들 모두와 설치 작업자의 70% 이상이 개선되지 않았다고 평가하였다.

(6) 개선효과

개발된 시스템 비계가 기존 강관비계 조립식 상부작업대와 비교하여 개선 효과가 우수한 부분은 시스템 비계를 구성하는 주부재가 가장 높게 평가되었으며, 작업발판도 우수한 부분으로 평가되었다. 이와는 반대로 개선효과가 미약한 부분은 하부 지지대가 가장 많이 선택되었으며, 다음으로 앵커볼트를 이용한

지지방식이 개선효과가 미약한 것으로 평가되었다.

#### (7) 설치비용의 절감 및 현장 적용 가능성

상부작업대 설치 작업자들만을 대상으로 기존 강관비계 조립식 상부작업대와 비교하여 설치비용이 절감될 수 있는지에 대해서는 90%가 절감되지 않을 것으로 평가하였다. 또한, 개발 시스템 비계의 실제 현장 적용 또는 대체 가능성에 대해서는 약 60% 정도가 10개소를 기준으로 4개소 이상의 현장에서 대체가 가능할 것으로 평가하였다.

## 6. 결과 및 요약

본 연구에서 수행한 엘리베이터 설치 및 유지보수 시 안전한 작업을 위한 전용발판 개발은 연구진에서 자체 개발한 엘리베이터 작업 전용발판과 연구 수행 도중 공단 TF 회의에서 엘리베이터 제조사 및 설치업체 담당자들이 제안하여 추가적으로 개발한 엘리베이터 전용 시스템 비계로 개발이 구분되었으며, 실제 현장에서 직접 사용이 되는 것을 목표로 하여 전용 시스템 비계를 최종 성과물로 제시하였다. 전용 시스템 비계의 개발은 기본안 구상, 설계하중 산정, 최적안 도출을 위한 다양한 변수별 구조해석, 시제품 제작 및 시연회와 제조사 및 설치업체 담당자 의견 수렴, 실물모형 제작에 따른 공인시험기관에서의 성능시험, 구조해석 및 성능시험을 통한 안전성 확인 후 설치 매뉴얼의 개발과 현장 적용성 검증을 위한 시범설치 순으로 진행하였다. 본 연구에서 개발한 하부 지지대를 기본으로 하는 엘리베이터 전용 시스템 비계의 성능시험 결과, 설계하중 조건에 대해서 처짐과 발생 응력 모두 허용 범위 내로 발생하여 안전함을 확인하였다. 그리고, 현장 적용성 검증을 위한 시범설치 과정에서도 엘리베이터 제조사 형식과 현장조건에 상관없이 안전한 설치가 되어 현장 적용성도 충분히 확보하고 있음을 확인하였다.

## VI. 시사점 및 제언

엘리베이터 설치 및 유지보수 작업의 안전성을 확보할 수 있는 안전작업기준 및 전용발판 개발에 대한 연구 수행을 통하여 다음과 같은 시사점을 도출하였다.

- 국내 엘리베이터 설치 및 유지보수 작업에 따른 현장조건을 반영하는 관련 법령, 안전작업기준 및 매뉴얼 등이 미비하고 관련 산업재해에 대한 연구결과도 반영되지 못하고 있으므로, 이를 개선하기 위하여 본 연구에서 개발한 국내 엘리베이터 설치 및 유지보수 작업 실정에 적합한 안전작업기준(안) 및 안전작업지침(KOSHA GUIDE)(안)의 적극적인 활용이 필요하다.
- 엘리베이터 설치 및 유지보수 작업자가 승강로 내부에서 강관비계를 조립하여 상부 작업대를 설치하는 작업을 최소화하거나 배제함으로써 추락사고를 근원적으로 예방하고, 국내 현장 및 작업조건에 적합한 조립이 간편하고 경량 구조를 갖도록 개발된 엘리베이터 전용 시스템 비계의 적극적인 현장 적용이 필요하다.
- 엘리베이터 설치 및 유지보수작업 시 추락 위험이 높음에도 불구하고 기존 강관비계 조립식 상부 작업대 설치 방식에 익숙해진 작업자들에게 새롭게 개발된 엘리베이터 전용 시스템 비계에 대한 인식 전환, 적용 범위의 확대 및 작업 숙련도 향상을 위한 교육이 필요하다.

그리고, 실태조사, 안전작업기준 및 전용발판 개발에 대한 연구를 수행하면서 국내 엘리베이터 설치 및 유지보수 작업의 안전성 확보를 위한 정책적 제안 사항은 다음과 같다.

- 기계실이 없는(MRL Type) 엘리베이터의 설치 및 유지보수 작업 중 상부 작업대 설치를 위한 공정에서 연구진이 개발한 전용 시스템 비계를 이용하거나 기존 강관비계 조립에 의한 상부 작업대 설치 시 작업자의 안전을 확실하게 보장할 수 있는 방법은 승강로 벽면에 시스템 비계의 수평재 또는 수평 강관비계를 삽입하여 거치할 수 있는 홀(hole)을 생성하여 승강로 출입구와 승강로 맞은편 벽체 홀에서 각각 지점이 형성되는 양단지지 구조라고 할 수 있다. 따라서 건축공사 중 승강로 벽면에 시스템 비계의 수평재 또는 수평 강관비계를 거치할 수 있는 홀(hole)의 생성을 요구할 수 있도록 하여야 하며, 나아가 건축물 설계 시 엘리베이터 설치 조건을 고려하여 승강로 최상층 벽면에 홀(hole)을 의무적으로 생성할 수 있도록 승강기 설치와 관련된 법령인 건축법 제7장 제64조(승강기) 또는 건축법 시행령 제7장 제89조(승용 승강기의 설치), 건축물의 설비기준 등에 관한 규칙 제5조(승용승강기의 설치기준), 승강기 안전관리법 내 조항의 신설 등이 필요하다.
- 본 연구에서 개발한 엘리베이터 전용 시스템 비계에 대한 현장 시범설치 및 설문조사를 통하여 구조적 안전성의 개선을 확인하였으므로, 전용 시스템 비계의 현장 적용성 확대를 유도할 수 있도록 상대적으로 영세한 설치업체에 대한 재정적 지원 또는 인센티브 강화, 설치 작업자 대상 전문 교육 프로그램의 개발 및 제공 등이 필요하다.
- 본 연구에서 개발한 엘리베이터 전용 시스템 비계의 현장 적용성 검증 중에 설치 작업자들로부터 하부 지지대 설치와 관련한 불편함 및 개선에 대한 의견이 많이 제시되었으므로, 하부 지지대를 대체하거나 개선할 수 있는 추가적인 연구가 필요하다.

## VII. 결론 및 활용방안

본 연구는 엘리베이터 설치 및 유지보수 작업의 안전성을 확보할 수 있는 작업단계별 안전작업기준을 제시하고, 현장 작업자의 추락 등 안전사고를 원천적으로 차단할 수 있도록 설치 및 유지보수 작업에 활용할 수 있는 전용발판을 개발하는 것을 목적으로 수행되었다. 본 연구에서는 제조사 자료 및 문헌조사를 통하여 국내의 엘리베이터 설치 및 유지보수 작업 환경을 반영한 작업단계를 정의하고, 이를 기반으로 안전작업기준(안) 및 안전작업지침서인 KOSHA Guide(안)를 개발하였다. 안전작업기준의 개발을 위하여 국내외 엘리베이터 작업관련 선행연구의 고찰과 관련 안전작업지침, 법령 및 매뉴얼 등을 분석하고, 엘리베이터 설치 및 유지보수 작업 관련 국내외 재해분석과 작업실태 및 사고 예방활동 사례 등도 함께 조사를 실시하였다. 그리고, 본 연구의 대상인 전용발판이 포함되는 비계 및 안전시설물 설계기준(KDS 21 60 00) 규정에 근거한 설계하중을 정의하고, 현장 실태조사 및 설문조사, 제조사 담당자 및 현장 실무자 면담 등을 통하여 엘리베이터 설치 및 유지보수 작업에 안전한 전용발판을 개발하고, 이에 대한 안전성을 검증하기 위하여 유한요소해석 프로그램을 이용한 구조해석 및 현장설치 등을 통하여 안전성을 검증하였다. 본 연구의 결과를 항목별로 요약하면 다음과 같다.

- 문헌고찰을 통해 국내·외 엘리베이터 작업 관련 산업재해 현황을 분석한 결과, 설치 및 유지보수 작업 중 발생한 사고사망자가 약 80% 이상을 차지하였으며, 이 중 64%가 건설업종에서 발생하였다. 그리고, 사고발생 유형은 추락과 끼임이 대부분이었으며, 작업내용은 설치 및 교체작업이 48%, 점검 및 수리작업이 44%를 차지하였다.

- 엘리베이터 설치 중 작업자의 안전위험요소를 도출하고 분류하였으며, 설치공정 사고분석을 통한 위험성평가와 추락재해 예방 등 안전대책에 관한 대책을 조사하였다.
- 엘리베이터 설치 및 유지보수 작업과 관련한 국내·외 법령, 안전작업지침 및 매뉴얼을 분석하고, 이 결과를 안전작업기준 개발에 활용하였다.
- 엘리베이터 설치 및 유지보수 작업과 관련한 재해를 심층 분석하기 위하여 설치공정 파악, 설치공정 위험분석, 사고사례분석 및 공정별 4M 분석을 실시하고, 이 결과를 안전작업지침 개발에 활용하였다.
- 엘리베이터 설치 및 유지보수 작업과 관련한 실태조사를 위하여 제조사 및 작업자를 대상으로 일반사항, 안전작업기준, 전용발판 및 작업현장 안전 실태 등 4가지 항목에 대한 설문조사를 실시하였고, 이와 함께 설치현장 및 제조사 본사 방문을 통한 관계자 면담 및 현장조사를 실시하였으며, 이 결과를 활용하여 안전작업기준 개발 및 전용발판 개발에 활용하였다.
- 국내·외 문헌고찰, 작업현장 실태조사 등의 연구결과를 기반으로 하여 국내 엘리베이터 설치 및 유지보수 작업단계를 체계적으로 정리하였으며, 작업단계별 안전작업기준(안) 및 KOSHA GUIDE(안)를 개발하였다.
- 현장실태조사와 제조사 및 설치업체의 실무자 면담을 통하여 엘리베이터 설치 및 유지보수 작업자의 추락사고 근원적으로 예방할 수 있는 전용발판을 엘리베이터 작업 전용발판과 엘리베이터 전용 시스템 비계 형식으로 각각 개발하였으며, 이 중 개발된 전용 시스템 비계에 대해서 구조해석, 실물 성능시험, 설치 및 해체 매뉴얼 개발 및 시범설치 등을 통하여 안전성, 신뢰성 및 적용성을 검증하였다.

본 연구를 통하여 수행된 연구내용 및 결과는 다음과 같이 활용할 수 있을 것으로 기대된다.

- 본 연구과제를 통하여 도출된 안전작업기준(안)은 향후 산업안전보건법 및 승강기안전법 등에 반영하여 법령, 규칙 및 기준을 개정 또는 제정할 때 중요한 기초자료로 활용할 수 있을 것으로 기대된다.
- 현장의 작업 특성 및 환경을 기반으로 도출된 안전작업기준(안)은 향후 엘리베이터 설치 및 유지보수 작업자의 교육 및 훈련을 위한 정책 수립에 반영할 수 있을 것으로 기대된다.
- 국내 현장의 작업 특성 및 환경을 반영하여 개발한 엘리베이터 설치 및 유지보수 작업 전용 시스템 비계는 향후 소규모 사업장 지원사업 등에 도입할 수 있을 것으로 기대된다.
- 본 연구에서 개발한 엘리베이터 전용 시스템 비계는 엘리베이터 설치 및 유지보수 작업용 전용발판의 안전인증제도 마련을 위한 정책의 중요한 기초자료로 활용할 수 있을 것으로 기대된다.

## 참고문헌

국토교통부. 비계 및 안전시설물 설계기준(KDS 21 60 00). 국가건설기준센터; 2020.

김범상, 박범. 승강기 작업자 안전사고예방을 위한 안전관리 개선 방안. 한국안전관리학회논문집. 2020:22(2):2020.

김진우, 이현수, 박문서, 이진강. 건설 현장 내 승강기 설치 중 안전위험요소 도출. 대한건축학회 학술발표대회 논문집. 2015:17-18

박철승. 승강기 설치 사고사례 분석을 통한 문제점 및 개선방안. 중앙대학교 석사학위논문. 2019.

서호준. 엘리베이터 설치공정 사고분석을 통한 안전대책에 관한 연구. 공학석사, 서울과학기술대학교 일반대학원, 2018.

전해진, 안일규, 박응구, 이윤기. 승강기 안전사고 예방을 위한 안전장치 분석 연구. 한국승강기공학회. 2009.

최기흥. 승강기 안전관리제도의 문제점 분석에 관한 연구. 한국안전학회지 (구 산업안전학회지); 2007:22(6):7-12

황수철. 겨울철 승강기 안전관리요령. 기술표준, 2002:21-24

Annelise MJ et al. Reasons for applying innovations for scaffolding work. International Journal of Occupational Safety and Ergonomics. 2003:9(2): 161-175

Construction Safety Association of Ontario. Elevator/Escalator Health and Safety Manual. 2008.

Dong XS. Wang. Katz R. Deaths and Injuries Involving Elevators or Escalators in Construction and the General Population. CPWR Quarterly Data Report. 2018.

OSHA Worker Safety Series: Construction, Safety Checklist, <https://www.osha.gov/Publications/OSHA3252/3252.html>

Selvam P. Senthilkumar G. Maheshwaran. M. Health and safety management system guideline for elevator installation site. National Conference on Optimization Techniques in Engineering Sciences and Technologies. 2016.

안전보건공단 홈페이지 [www.kosha.or.kr](http://www.kosha.or.kr)

한국승강기안전공단 홈페이지 [www.koelsa.or.kr](http://www.koelsa.or.kr)

Stingl사 홈페이지 [www.stinglonline.de](http://www.stinglonline.de)

FOX1사 홈페이지 [www.fox1.fi](http://www.fox1.fi)

OPSI사 홈페이지 [www.opsi-lift.com](http://www.opsi-lift.com)

Arbeit Sicher사 홈페이지 [www.arbeitsicher.com/temp-workstage/](http://www.arbeitsicher.com/temp-workstage/)

FIXATOR사 홈페이지 [www.fixator.com](http://www.fixator.com)

신우프론티어 홈페이지 [www.shinwoonet.com](http://www.shinwoonet.com)

세이프넷 홈페이지 [www.safenetwork.co.kr](http://www.safenetwork.co.kr)

현대엘리베이터 홈페이지 [www.hyundaelevator.co.kr](http://www.hyundaelevator.co.kr)

오티스 엘리베이터 코리아 홈페이지 [www.otis.com/ko/kr](http://www.otis.com/ko/kr)

티센크루프 엘리베이터 코리아 홈페이지 [www.thyssenkrupp-elevator.com/kr](http://www.thyssenkrupp-elevator.com/kr)

미쓰비시 엘리베이터 코리아 홈페이지 [www.mitsubishielevator.co.kr](http://www.mitsubishielevator.co.kr)

## Abstract

### Research on Safety Work Standard and Development of Working Platform for Elevator Installation and Maintenance

#### Objectives:

There has been prevalent occupational injuries and death during elevator installation, disassembly, and maintenance, which was mainly related to insufficient safety management and guides. It is important to prevent and reduce such a high rate of occupational injuries and death by providing effective interventions. The objectives of this study were to develop the safety work standards and KOSHA GUIDE, and to develop the working platform with high field utilization for elevator installation and maintenance work.

#### Methods:

This study initially conducted a literature review of previous research related to the elevator work from domestic and foreign countries. Characteristics of occupational injuries and death during elevator work were analyzed and assignable causes of them were investigated. The field study was conducted to evaluate the safety culture and management of manufacturers and partnered companies via the semi-structured questionnaire. Based on the information, the safety work standard and KOSHA GUIDE were developed. The design of the working platform to be more suitable to

the field was developed and tested.

**Results:**

Literature review and previous studies showed that falling to the lower level was the leading cause of elevator-related accidents, and the construction sector showed the highest rate of the accident compared to other sectors. The risk factors were identified by individual operation involved in the elevator installation and maintenance process. The field survey study showed that there was a need for the development of safety work standards and working platforms to be more applicable to the field. Based on the information, the operation flow of the elevator installation and maintenance was systematically determined. The safety standard and KOSHA GUIDE were developed for each operation. The working platform was developed by considering the feedback from the workers and manufacturers. Two different types of working platforms were developed and the safety, reliability and applicability of working platforms were tested in the structure simulation, controlled experiments, and field test.

**Conclusions:**

Falling to the lower level was the major cause of elevator-related injuries and death. Stakeholders of the elevator industry expressed the need for the development of safety work standards and working platforms to be practically applied to the field. New safety work standard, KOSHA GUIDE, and working platform were designed and developed to comprehensively accommodate stakeholders and other experts' perspectives. The deliverables of

this study are expected to improve the safety of the work environment and therefore reduce the number of elevator-related injuries and death.

The results suggest the development of systematic training and the implementation of working platforms. This could lead to the reduction of work-related injuries and deaths, and cost during elevator installation and maintenance. The techniques of working platforms learned from this study could be applicable to other areas. The study could be expanded to apply to other fields. The safety work standard developed in this study could be useful to determine the legislation, principles and standards. The safety work standard accommodated the characteristics of the field, so it could be useful to educate and train employees. The working platform developed in this study could be also applicable to the project supporting the small size business.

**Key words:** elevator, safety, work standards, working platform

## 부록

### 부록 1: 엘리베이터 설치 및 유지보수 작업 실태조사 설문지

## 엘리베이터 설치 및 유지보수 작업 실태조사 설문지 - 제조사용

안녕하십니까?

본 설문지는 엘리베이터 설치 및 유지보수 작업 중 추락사고를 방지하기 위하여 기계실이 없는 엘리베이터(MRL Type)의 설치 및 유지보수 작업 시 안전작업기준 및 전용 작업발판을 개발하기 위한 사전 현장 실태조사 및 현황 파악을 위한 것으로서, 안전보건공단(산업안전보건연구원) 위탁연구용역과제의 일환으로 진행하고 있습니다. 본 설문은 총 4단계로 구성되어 있으며, 설문 응답에는 약 20분 정도가 소요될 예정입니다.

귀하께서 질문에 응답해주시는 내용은 통계법 제33조(비밀의 보호) 제 1, 2항에 의거하여 철저하게 비밀이 보장되며, 설문 결과의 결과는 기계실이 없는 엘리베이터(MRL Type) 설치 및 유지보수 시 안전작업기준 및 전용발판 개발을 위한 통계목적으로만 이용할 것을 약속드립니다. 바쁘시더라도 시간을 허락하시어 질문에 응답해 주시면 기계실이 없는 엘리베이터의 설치 및 유지보수 작업 시 안전작업기준 및 전용발판 개발을 위한 기초자료로 소중한 활용하겠습니다. 감사합니다.

**통계법 제33조(비밀의 보호 등)**

1. 통계작성과정에서 알려진 사항으로서 개인 또는 법인이나 단체의 비밀에 속하는 사항은 보호되어야 한다.
2. 통계작성을 위하여 수집된 개인 또는 법인이나 단체의 비밀에 속하는 기초자료는 통계작성의 목적 외에 사용하여서는 아니 된다.

※ 본 조사와 관련하여 문의사항이 있으시면 아래로 연락주시기 바랍니다.  
 연구책임자 전남대학교 이기열 교수

**<설문 참고사항 및 작성 방법>**

1. 기계실이 없는 엘리베이터(MRL Type)를 대상으로 합니다.
2. 설문 내용을 잘 읽고 해당하는 보기 번호에  표시를 해주시거나 빈칸에 내용을 기록해 주십시오.

### I. 일반사항

- Q1) 귀사에서 7층 이하의 건축물용 MRL Type 엘리베이터를 공급할 때 가장 많은 비중을 차지하는 승객 정원은 몇 명입니까?  
 ① 6인승    ② 9인승    ③ 11인승    ④ 15인승    ⑤ 17인승
- Q2) 엘리베이터 1대를 기준으로 설치작업에 소요되는 작업일수 몇 일로 정해져 있습니까?  
 (자재운반 등 설치와 관련된 모든 작업을 포함, 1일=8시간)  
 ① 층수 기준: 저층(7층 이하) \_\_\_\_\_ 일, 중층(8~15층) \_\_\_\_\_ 일  
 ② 승객 기준: 10인승 이하 \_\_\_\_\_ 일, 11~15인승 \_\_\_\_\_ 일
- Q3) 엘리베이터 1대를 기준으로 설치작업에 필요한 인원은 몇 명으로 정해져 있습니까?  
 (소장 또는 반장 등 관리자 포함)  
 ① 층수 기준: 저층(7층 이하) \_\_\_\_\_ 명, 중층(8~15층) \_\_\_\_\_ 명  
 ② 승객 기준: 10인승 이하 \_\_\_\_\_ 명, 11~15인승 \_\_\_\_\_ 명
- Q4) 귀사에서는 엘리베이터 설치(유지보수) 현장에 전담 안전관리자 또는 안전담당자를 배치하거나, 설치(유지보수) 작업 전 또는 중간에 현장 방문점검을 실시하고 있습니까?  
 ① 예 (방문 점검의 경우 \_\_\_\_\_ 회)    ② 아니오

## II. 안전작업기준 개발

Q1) 엘리베이터 설치(유지보수) 작업용 안전작업지침 또는 매뉴얼이 개발되어 있습니까?

- ① 예      ② 아니오

Q2) 귀사에서 개발한 엘리베이터 설치(유지보수) 작업용 안전작업지침 또는 매뉴얼을 설치(유지보수) 업체에 제공하고 있습니까?

- ① 예      ② 아니오

Q3) 귀사에서는 엘리베이터 설치(유지보수) 작업과 관련한 전문 교육 프로그램이 개발되어 있습니까?

- ① 예      ② 아니오

Q4) 귀사에서 제공하는 안전작업지침 또는 매뉴얼이 현장에서 실제로 이뤄지는 엘리베이터 설치(유지보수) 작업 공정(단계)와 어느 정도 일치한다고 생각하십니까?

- ① 100% 일치      ② 90% 일치      ③ 80% 일치      ④ 70% 일치      ⑤ 60% 일치

Q5) 엘리베이터 설치(유지보수) 작업용 안전작업지침 또는 매뉴얼이 현장에서 잘 활용되기 위한 조건은 무엇이라고 생각하십니까?

- ① 실제 현장의 작업 공정과 일치      ② 안전작업지침 또는 매뉴얼에 대한 전문 교육  
 ③ 현장 점검의 확대 실시      ④ 지침 또는 매뉴얼 이행에 따른 인센티브  
 ⑤ 지침 또는 매뉴얼의 강제 이행 (미이행 시 불이익)

Q6) 귀사에서 제공하는 엘리베이터 설치(유지보수) 작업용 안전작업지침 또는 매뉴얼에서 보완이 필요하거나 추가되어야 할 사항이나, 본 연구과제의 핵심 목표인 엘리베이터 설치 및 유지보수작업 안전작업기준 및 KOSHA Guide 개발을 위해서 연구팀이 반드시 고려해야 할 사항 또는 개발에 도움이 될 수 있는 의견을 자유롭게 기재해주시시오.

---



---



---



---



---

**Ⅲ. 전용 작업발판 개발**

Q1) 귀사에서 엘리베이터 설치(유지보수)용 작업발판에 대한 설치 및 안전성 검토 기준이 개발되어 있습니까?

- ① 예    ② 아니오

Q2) 귀사에서 개발한 엘리베이터 설치(유지보수)용 작업발판에 대한 설치 및 안전성 검토 기준을 설치(유지보수) 업체에 제공하고 있습니까?

- ① 예    ② 아니오

Q3) 현재 사용되고 있는 엘리베이터 설치(유지보수)용 작업발판이 작업자의 안전을 확실하게 보장한다고 생각하십니까?

- ① 예    ② 아니오(Q3.1로 이동)

Q3.1) 현재 사용되고 있는 작업발판의 가장 큰 문제점은 무엇이라 생각하십니까?

- ① 비규격화    ② 작업발판의 구조    ③ 조립 방법(시간)    ④ 안전성 부족    ⑤ 작업자 능력 부족

Q4) 일반 작업발판이 아닌 엘리베이터 설치(유지보수) 작업을 위한 전용발판(설치가 간편한 일체형 작업발판)의 개발이 필요하다고 생각하십니까?

- ① 예    ② 아니오

Q5) 귀사에서 제공하는 엘리베이터 설치(유지보수)용 작업발판과 이에 따른 설치 및 안전성 검토 기준에서 보완이 필요하거나 추가되어야 할 사항이나, 본 연구과제의 핵심 목표인 엘리베이터 설치 및 유지보수 작업을 위한 전용발판 개발을 위해서 연구팀이 반드시 고려해야 할 사항 또는 개발에 도움이 될 수 있는 의견을 자유롭게 기재해주시시오.

-----

-----

-----

-----

-----

#### IV. 작업현장 안전 실태

- Q1) 엘리베이터 설치(유지보수) 작업 시 사고가 발생하는 주요 원인은 무엇이라 생각하십니까?  
(복수 응답 가능)
- ① 작업발판의 불안정한 상태    ② 안전시설, 안전장비 미설치 등    ③ 작업자의 불안정한 행동  
④ 보호구 미착용                    ⑤ 공사기간 단축                    ⑥ 인원부족  
⑦ 기타 ( \_\_\_\_\_ )
- Q2) 엘리베이터 설치(유지보수) 작업을 시작하기 전에 설치된 작업발판의 이상 유무를 확인하는 절차를 수립하고, 이를 설치(유지보수) 업체에 공지하고 있습니까?  
① 예 (확인 절차가 있다면 주요 점검 부분은? \_\_\_\_\_ )  
② 아니오
- Q3) 엘리베이터 설치(유지보수) 작업 중 작업 편의를 위하여 안전장치 및 보호구 등을 해체하는 절차를 수립하고, 이를 설치(유지보수) 업체에 공지하고 있습니까?  
① 예 (해체 대상: 안전고리 (    ), 안전모 (    ), 기타 ( \_\_\_\_\_ ))  
② 아니오
- Q4) 사용중인 작업발판에 대해서 엘리베이터 설치(유지보수) 작업의 편의성을 추가적으로 확보하거나 용도 외 사용을 위하여 작업발판의 구조를 변경할 수 있는 절차 등을 마련하고, 이를 설치(유지보수) 업체에 공지하고 있습니까?  
① 예    ② 아니오
- Q5) 귀하께서는 엘리베이터 설치(유지보수) 업체로부터 작업발판의 설치불량, 구조불량 또는 자재불량에 대한 신고를 받은 적이 있습니까?  
① 예 (불량 대상: 설치불량 (    ), 구조불량(    ), 자재불량 (    ), 기타 ( \_\_\_\_\_ ))  
② 아니오
- Q5.1) 작업발판의 구조, 설치 또는 자재불량이 신고되었을 때 어떻게 조치를 취하십니까?  
① 제조사에서 안전관리자를 파견하여 직접 조치    ② 비계설치(시공)업체에 연락하여 조치  
③ 현장 설치업체에서 조치하도록 지시            ④ 기타 ( \_\_\_\_\_ )
- Q6) 귀하께서는 엘리베이터 설치(유지보수) 업체에 예정 공기보다 조기에 작업을 완료해달라고 요구를 한 적이 있습니까?  
① 예 (이유: 건축주(발주처) 요구 (    ), 비계업체의 요구 (    ), 건설현장 담당자의 요구 (    ))  
② 아니오

Q7) 작업현장 안전 실태와 관련하여 추가되어야 할 사항이나, 연구팀이 반드시 고려해야 할 사항을 자유롭게 기재해주시시오.

---

---

---

---

---

마지막 문항까지 성의 있게 응답해 주셔서 진심으로 감사드립니다.  
귀하의 소중한 응답들을 엘리베이터 설치 및 유지보수작업 시 안전작업기준 및 전용발판 개발에  
소중히 사용하도록 하겠습니다.

## 엘리베이터 설치 및 유지보수 작업 실태조사 설문지 - 설치업체용

안녕하십니까?

본 설문지는 엘리베이터 설치 및 유지보수 작업 중 추락사고를 방지하기 위하여 기계실이 없는 엘리베이터(MRL Type)의 설치 및 유지보수 작업 시 안전작업기준 및 전용 작업발판을 개발하기 위한 사전 현장 실태조사 및 현황 파악을 위한 것으로서, 안전보건공단(산업안전보건연구원) 위탁연구용역과제의 일환으로 진행하고 있습니다. 본 설문은 총 4단계로 구성되어 있으며, 설문 응답에는 약 20분 정도가 소요될 예정입니다.

귀하께서 설문에 응답해주신 내용은 통계법 제33조(비밀의 보호) 제 1, 2항에 의거하여 철저하게 비밀이 보장되며, 설문지의 결과는 기계실이 없는 엘리베이터(MRL Type) 설치 및 유지보수 시 안전작업기준 및 전용발판 개발을 위한 통계목적으로만 이용할 것을 약속드립니다. 바쁘시더라도 시간을 허락하시어 설문에 응답해 주시면 기계실이 없는 엘리베이터의 설치 및 유지보수 작업 시 안전작업기준 및 전용발판 개발을 위한 기초자료로 소중한 활용하겠습니다. 감사합니다.

### 통계법 제33조(비밀의 보호 등)

1. 통계작성과정에서 알려진 사항으로서 개인 또는 법인이나 단체의 비밀에 속하는 사항은 보호되어야 한다.
2. 통계작성을 위하여 수집된 개인 또는 법인이나 단체의 비밀에 속하는 기초자료는 통계작성의 목적 외에 사용하여서는 아니 된다.

※ 본 조사와 관련하여 문의사항이 있으시면 아래로 연락주시기 바랍니다.

연구책임자 전남대학교 이기열 교수

### <설문 참고사항 및 작성 방법>

1. 기계실이 없는 엘리베이터(MRL Type)를 대상으로 합니다.
2. 설문 내용을 잘 읽고 해당하는 보기 번호에  표시를 해주시거나 빈칸에 내용을 기록해 주십시오.

## I. 일반사항

Q1) 귀사에 소속된 현장직 인원과 연평균 설치 대수는 어떻게 됩니까?

- ① 현장직 인원: \_\_\_\_\_명      ② 연평균 설치대수: \_\_\_\_\_대

Q2) 엘리베이터 1대를 기준으로 설치작업에 필요한 작업일수는 몇 일이 소요됩니까?  
(자재운반 등 설치와 관련된 모든 작업을 포함, 1일=8시간)

- ① 층수 기준: 저층(7층 이하) \_\_\_\_\_일, 중층(8~15층) \_\_\_\_\_일  
② 승객 기준: 10인승 이하 \_\_\_\_\_일, 11~15인승 \_\_\_\_\_일

Q3) 엘리베이터 1대를 기준으로 설치작업에 투입되는 인원은 몇 명입니까?

(소장 또는 반장 등 관리자 포함)

- ① 층수 기준: 저층(7층 이하) \_\_\_\_\_명, 중층(8~15층) \_\_\_\_\_명  
② 승객 기준: 10인승 이하 \_\_\_\_\_명, 11~15인승 \_\_\_\_\_명

Q4) 귀사의 엘리베이터 작업 현장에는 전담 안전관리자 또는 안전담당자가 배치되거나, 현장 방문점검이 실시되고 있습니까?

- ① 전담 안전관리자·안전담당자 배치여부( 예 직책\_\_\_\_, 아니오 )    ② 현장 방문점검( 예 \_\_\_회, 아니오 )

**II. 안전작업기준 개발**

- Q1) 엘리베이터 제조사로부터 설치(유지보수) 작업용 안전작업지침 또는 매뉴얼을 제공받고 있습니까?  
 ① 예      ② 아니오
- Q1.1) 귀사에서는 엘리베이터 제조사에서 제공하는 설치(유지보수) 작업용 안전작업지침 또는 매뉴얼과는 별도로 자체적인 안전작업지침 또는 매뉴얼이 개발되어 있습니까?  
 ① 예      ② 아니오
- Q2) 귀사에서는 엘리베이터 제조사로부터 제공받는 설치 또는 유지보수 작업용 안전작업지침 또는 매뉴얼을 현장에서 활용하고 있습니까?  
 ① 예      ② 아니오
- Q3) 귀사에서는 엘리베이터 제조사로부터 설치 또는 유지보수작업과 관련한 전문 교육 프로그램을 제공받고 있습니까?  
 ① 예      ② 아니오
- Q3.1) 귀사에서는 엘리베이터 제조사에서 제공하는 설치 또는 유지보수작업과 관련한 전문 교육 프로그램과는 별도로 자체 교육 프로그램이 개발되어 있습니까?  
 ① 예      ② 아니오
- Q4) 귀하의 경험을 기준으로 엘리베이터 제조사에서 제공하는 안전작업지침 또는 매뉴얼이 현장에서 실제로 이뤄지는 엘리베이터 작업공정(단계)과 일치한다고 생각하십니까?  
 ① 예      ② 아니오 (Q4.1로 이동)
- Q4.1) 실제 현장 설치작업 공정(단계)과 비교하여 차이가 있는 작업 공정(단계)은 무엇이라 생각하십니까? (복수응답 가능)  
 ① Top 범 설치      ② 권상기 설치      ③ 상하부 작업대 설치  
 ④ 승강로에서 레일 설치      ⑤ 로프 걸기(조속기 설치 포함)      ⑥ 시운전  
 ⑦ 카틀 작업대에서 레일 설치 및 승장물 작업      ⑧ 카조립      ⑨ 고속운전  
 ⑩ 기타( )
- Q5) 엘리베이터 설치 및 유지보수 작업을 위한 안전작업지침 또는 매뉴얼이 현장에서 잘 활용되기 위한 조건은 무엇이라고 생각하십니까? (복수응답 가능)  
 ① 실제 현장 적용성      ② 안전작업지침 또는 매뉴얼에 관련 전문 교육  
 ③ 현장 점검의 확대 실시      ④ 지침 또는 매뉴얼 이행에 따른 인센티브  
 ⑤ 지침 또는 매뉴얼의 강제 이행(미이행 시 불이익)
- Q6) 엘리베이터 제조사에서 제공하거나 귀사에서 자체적으로 개발한 설치(유지보수) 작업용 안전작업지침 또는 매뉴얼에서 보완이 필요하거나 추가되어야 할 사항이나, 본 연구과제의 핵심 목표인 엘리베이터 설치 및 유지보수작업 안전작업기준 및 KOSHA Guide 개발을 위해서 연구팀이 반드시 고려해야 할 사항 또는 개발에 도움이 될 수 있는 의견을 자유롭게 기재해주시시오.

-----

-----

-----

-----

-----

### Ⅲ. 전용 작업발판 개발

Q1) 귀사에서는 엘리베이터 제조사로부터 설치(유지보수)용 작업발판에 대한 설치 및 안전성 검토 기준을 제공받고 있습니까?

- ① 예    ② 아니오

Q2) 귀사에서는 엘리베이터 제조사로부터 제공받는 작업발판에 대한 설치 및 안전성 검토 기준을 현장에서 활용하거나 준수하고 있습니까?

- ① 예    ② 아니오 (이유: \_\_\_\_\_)

Q3) 현재 사용되고 있는 엘리베이터 설치(유지보수)용 작업발판이 작업자의 안전 보장 및 작업 편의성을 충분히 제공한다고 생각하십니까?

- ① 예    ② 아니오 (Q3.1 및 Q3.2로 이동)

Q3.1) 현재 사용되고 있는 작업발판의 가장 큰 문제점은 무엇이라 생각하십니까?

- ① 비규격화    ② 작업발판의 구조    ③ 조립 방법(시간)    ④ 안전성 부족    ⑤ 작업자 능력 부족

Q3.2) 현재 사용되고 있는 작업발판을 이용한 엘리베이터 설치(유지보수) 작업 시 불편함을 주는 원인은 무엇이라 생각하십니까?

- ① 안전조치 부족(심리적 불안 포함)    ② 작업공간 부족    ③ 작업통로 부족    ④ 설치의 어려움

Q4) 현재 사용되고 있는 작업발판이 아닌 엘리베이터 설치(유지보수) 작업을 위한 전용발판(설치가 간편한 일체형 작업 발판)의 개발이 필요하다고 생각하십니까?

- ① 예    ② 아니오

Q5) 엘리베이터 제조사에서 제공하는 엘리베이터 설치(유지보수)용 작업발판과 이에 따른 설치 및 안전성 검토 기준에서 보완이 필요하거나 추가되어야 할 사항이나, 본 연구과제의 핵심 목표인 엘리베이터 설치 및 유지보수 작업을 위한 전용발판 개발을 위해서 연구팀이 반드시 고려해야 할 사항 또는 개발에 도움이 될 수 있는 의견을 자유롭게 기재해주시시오.

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

**IV. 작업현장 안전 실태**

Q1) 엘리베이터 설치(유지보수) 작업 시 사고가 발생하는 이유는 무엇이라 생각하십니까?

(복수 응답 가능)

- ① 작업발판의 불안정한 상태    ② 안전시설, 안전장비 미설치 등    ③ 작업자의 불안정한 행동
- ④ 보호구 미착용                    ⑤ 공사기간 단축(적정공기 미확보)    ⑥ 작업인원 부족
- ⑦ 기타 ( \_\_\_\_\_ )

Q2) 엘리베이터 설치(유지보수) 작업을 시작하기 전에 설치된 작업발판의 이상 유·무를 확인하는 절차를 엘리베이터 제조사로부터 제공받거나 자체적으로 수립하고 있습니까?

- ① 예 (확인 절차가 있다면 주요 점검 부분은? \_\_\_\_\_ )
- ② 아니오

Q3) 귀하께서는 엘리베이터 설치(유지보수) 작업 중 작업 편의를 위하여 안전장치 및 보호구 등을 전부 또는 일부 해제한 경험이 있습니까?

- ① 예 (해제 대상: 안전고리 (    ), 안전모 (    ), 기타 ( \_\_\_\_\_ ))
- ② 아니오

Q3.1) 엘리베이터 설치(유지보수) 작업 중 안전장치 및 보호구 등을 해제한 이유는 무엇입니까?  
있습니까?

- ① 불편함    ② 작업형태에 맞지 않음    ③ 보호구의 위생상태 불량    ④ 지급받지 못함

Q4) 사용중인 작업발판에 대해서 엘리베이터 설치(유지보수) 작업의 편의성을 추가적으로 확보하거나 용도 외 사용을 위하여 작업발판의 구조를 변경할 수 있는 절차 등을 엘리베이터 제조사로부터 제공받거나 자체적으로 수립하고 있습니까?

- ① 예    ② 아니오

Q4.1) 귀하께서는 작업발판을 엘리베이터 설치(유지보수) 작업 이외의 용도로 사용하거나 용도외 사용을 위하여 비계의 구조를 변경한 경험이 있습니까?

- ① 예    ② 아니오

Q4.2) 귀하께서는 엘리베이터 설치(유지보수) 작업의 편의를 위하여 작업발판의 안전난간이나 발판 또는 강관지지대 등을 해체하거나 이동시킨 경험이 있습니까?

- ① 예 (해체 대상: 안전난간 (    ), 발판 (    ), 강관지지대 (    ), 기타 ( \_\_\_\_\_ ))
- ② 아니오

Q4.3) 귀하께서는 작업발판을 이용한 엘리베이터 설치(유지보수) 작업 중 작업공간의 부족으로 인하여 최초 설치된 작업발판 외에 비계나 발판을 추가로 설치한 경험이 있습니까?

- ① 예 (용도: \_\_\_\_\_)  
 ② 아니오

Q5) 귀하께서는 엘리베이터 설치작업 전(중간)에 비계의 설치불량, 구조불량 또는 자재불량을 경험한 적이 있습니까?

- ① 예 (불량 대상: 설치불량 ( ), 구조불량( ), 자재불량 ( ), 기타 (\_\_\_\_))  
 ② 아니오

Q5.1) 작업발판의 구조, 설치 또는 자재불량이 발견되었을 때 어떻게 조치를 취하십니까?

- ① 엘리베이터 제조사에 연락      ② 비계설치(시공)업체에 연락  
 ③ 현장에서 직접 조치            ④ 기타 (\_\_\_\_\_)

Q6) 귀하께서는 엘리베이터 설치(유지보수) 작업 중 예정 공기보다 조기에 작업을 완료해 달라는 요구를 받은 적이 있습니까?

- ① 예 (요구자: 건축주(발주처) ( ), 제조사 ( ), 비계업체 ( ), 건설현장 담당자 ( ))  
 ② 아니오

Q7) 귀하께서는 카 설치 후, 다른 공종의 작업을 보조하기 위하여 엘리베이터를 운행한 적이 있습니까?

- ① 예 (대상 공종 및 평균 운행시간: \_\_\_\_\_)  
 ② 아니오

Q8) 작업현장 안전 실태와 관련하여 추가되어야 할 사항이나, 연구팀이 반드시 고려해야 할 사항을 자유롭게 기재해주시시오.

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

마지막 문항까지 성의 있게 응답해 주셔서 진심으로 감사드립니다.

귀하의 소중한 응답들을 엘리베이터 설치 및 유지보수작업 시 안전작업기준 및 전용발판 개발에 소중히 사용하도록 하겠습니다.

Survey on the status of elevator installation and maintenance work — For installers

This questionnaire surveys the current site and situation to develop safety work standards and customized work scaffolding during the installation and maintenance work of elevators without machine rooms (MRL Type) to prevent accidents during the installation and maintenance work of elevators. For the sake of safety, it is being conducted as part of the commissioned research service task of the Korea Occupational Safety and Health (Industrial Safety and Health Research Institute). This questionnaire consists of 4 steps, and it will take about 20 minutes to respond to the questionnaire. The contents of your responses to the questionnaire are strictly confidential in accordance with Article 33, Paragraphs 1 and 2 of the Statistical Law, and the results of the questionnaire will be used only for statistical purposes to develop work standards and dedicated scaffolding when installing and maintaining an elevator without a machine room (MRL Type). We will use it as a basic data for developing safety work standards and customized scaffolding when installing and maintaining elevators without machine rooms. Thank you.

**Statistical Law Article 33 (Protection of Secrets, etc.)**

1. Matters that are known in the process of making statistics and belong to the secrets of individuals or corporations or organizations should be protected.
2. Basic data belonging to the secrets of individuals or corporations or organizations collected for statistical purposes should not be used for purposes other than statistical purposes.

※ **If you have any questions regarding this investigation, please contact us below.**

Northern Illinois University Dr. Jaejin Hwang

**<Survey notes and how to fill out>**

1. For elevators without machine room (MRL Type).
2. Please read the questionnaire carefully and mark  on the corresponding view number or write it in the blank.

**I. General Information**

Q1) How many employees do you have for elevator installation?

How many elevators do you install per year?

- ① Number of employees: \_\_\_\_\_
- ② Number of elevator installation per year: \_\_\_\_\_

Q2) How many days do you spend to install one elevator?

(It includes all related activities, 1day=8hours)

- ① Number of floors: Lower(less than 7 floors) \_\_\_\_\_ days,  
Middle (8~15 floors) \_\_\_\_\_ days
- ② Weight capacity: Less than 10 people \_\_\_\_\_ days, 11~15 people \_\_\_\_\_ days

Q3) How many people are involved to install one elevator?

(It includes a supervisor as well)

- ① Number of floors: Lower(less than 7 floors) \_\_\_\_\_ days,  
Middle (8~15 floors) \_\_\_\_\_ days
- ② Weight capacity: Less than 10 people \_\_\_\_\_ days, 11~15 people \_\_\_\_\_ days

Q4) Is safety supervisor assigned to your installation site? (Yes, Position: \_\_\_\_\_, No)

Is on-site safety inspection conducted at your site? (Yes, how many times? \_\_\_\_\_, No)

**II. Safety Work Standard Development**

- Q1) Does elevator manufacturer provide you with the safety work instruction and the manual?  
 ① Yes    ② No
- Q1.1) Do you have an independent safety work standard and manual (not from the manufacturer)?  
 ① Yes    ② No
- Q2) Do you use the safety work standard and manual in the field?  
 ① Yes    ② No
- Q3) Are you provided with the training program regarding installation and maintenance from the manufacturer?  
 ① Yes    ② No
- Q3.1) Do you have an independent training program for installation and maintenance tasks?  
 ① Yes    ② No
- Q4) Is the safety work instruction or manual provided by the manufacturer aligned with the actual tasks in the field?  
 ① Yes    ② No (Go to Q4.1)
- Q4.1) Which task in the field is different from the safety work instruction or manual? (you can choose multiple answers)  
 ① Top beam installation    ② Whim installation    ③ Upper and lower workbench installation  
 ④ Rail installation at hallway    ⑤ Hang rope(including governor installation)    ⑥ Trial run  
 ⑦ Rail installation at workbench and Platform work    ⑧ Car assembly    ⑨ High speed operation  
 ⑩ Etc ( \_\_\_\_\_ )
- Q5) What are the factors to promote effective use of safety work standard and manual in the field? (multiple answers are possible)  
 ① Applicability to the field    ② Training of safety work instructions and manual  
 ③ Expansion of on-site inspection    ④ Incentives for following instructions or manual  
 ⑤ Mandatory implementation of instructions or manual(penalty for non-fulfillment)
- Q6) Please feel free to write down any thoughts that 1) the research team should consider or can help with development regarding the development of safety work standard and KOSHA Guide or 2) items that need to be supplemented or added to the manual during elevator installation and maintenance.

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

### III. Development of Work Platform

Q1) Is your company provided with the installation and safety review standards for installation (maintenance) scaffolding from elevator manufacturers?

- ① Yes    ② No

Q2) Does your company utilize or comply with the installation and safety review standards for work platforms provided by elevator manufacturers?

- ① Yes    ② No (Reason: \_\_\_\_\_)

Q3) Do you think the currently used elevator scaffolding for installation (maintenance) provides enough safety and convenience for workers?

- ① Yes    ② No (Move to Q3.1 & Q3.2)

Q3.1) What do you think is the biggest problem with the scaffolding currently in use?

- ① Denormalization    ② Structure of work platform    ③ Assembly method (time)  
④ Lack of safety    ⑤ Lack of worker skills

Q3.2) What do you think is the cause of inconvenience during the installation (maintenance) of the elevator using the currently used work platform?

- ① Lack of safety measures (including psychological anxiety)    ② Lack of workspace  
③ Lack of work passage    ④ Difficult to install

Q4) Do you think it is necessary to develop a customized scaffold for elevator installation (maintenance) work rather than the current one.

- ① Yes    ② No

Q5) Please feel free to write down any thoughts that 1) the research team should consider or can help with development regarding the customized scaffolding for elevator installation and maintenance work or 2) items that need to be supplemented or added in the installation and safety review standards.

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

**IV. Workplace safety**

Q1) Why do you think accidents occur when installing elevators (maintenance)?

(Multiple responses possible)

- ① Unstable state of work scaffolding
- ② Safety facilities, safety equipment not installed, etc.
- ③ Worker unsafe behavior
- ④ No protective gear
- ⑤ Shortened construction period
- ⑥ Lack of workforce
- ⑦ Etc. (\_\_\_\_\_)

Q2) Is the procedure to check the presence or absence of the installed scaffolding before starting the elevator installation (maintenance) work provided by the elevator manufacturer or is it establishing itself?

- ① Yes (If there is a verification process, what is the main inspection part?\_\_\_\_\_)
- ② No

Q3) Have you ever turned off all or part of safety devices and protective equipment for convenience during elevator installation (maintenance) work?

- ① Yes(Target: Safety ring ( ), Helmet ( ), Etc. (\_\_\_\_\_))
- ② No

Q3.1) Why are safety devices and protective equipment dismantled during elevator installation (maintenance)?

- ① Inconvenience
- ② Not suitable for work type
- ③ Poor sanitary condition
- ④ Not provided

Q4) Does the elevator manufacturer provide procedures to change the structure of the work platform for additional use or to secure the convenience of the installation (maintenance) of the elevator for the work platform in use?

- ① Yes
- ② No

Q4.1) Do you have any experience in using the scaffolding for any purpose other than elevator installation (maintenance) or changing the structure of the scaffolding for use?

- ① Yes
- ② No

Q4.2)Do you have any experience of dismantling or moving the safety railing of the work scaffold or the scaffolding or steel pipe support for the convenience of elevator installation (maintenance) work?

- ① Yes (Target: Safety railing( ), platform ( ), Steel pipe support( ), Etc(\_\_\_\_\_))
- ② No

Q4.3) Do you have any experience of installing scaffolding or scaffolding in addition to the first installed scaffolding due to the lack of work space during elevator installation (maintenance) using the work scaffolding?

- ① Yes (Purpose: \_\_\_\_\_ )
- ② No

Q5) Have you ever experienced a scaffold installation failure, structural failure, or material failure before (intermediate) the elevator installation?

- ① Yes (Factor: Poor installation ( ), Structural failure( ), Bad material ( ), Etc. (\_\_\_\_))
- ② No

Q5.1) How do you take action when a scaffolding structure, installation, or material failure is discovered?

- ① Contact the elevator manufacturer    ② Contact the scaffolding installation (construction) company
- ③ Direct action on site    ④ Etc ( \_\_\_\_\_ )

Q6) Have you ever been asked to complete work earlier than scheduled air during elevator installation (maintenance) work?

- ① Yes (demandant: Owner( ), manufacturer( ), Scaffolding company( ), Construction site manager ( ))
- ② No

Q7) After installing the car, have you ever operated an elevator to assist with other types of work?

- ① Yes (Target type and average operating time: \_\_\_\_\_ )
- ② No

Q8) Please feel free to write down any additional matters that should be added in relation to the safety of the workplace or what the research team must consider.

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Thank you very much for your sincere response to the last question.  
Your valuable responses will be used to the development of safety work standards and customized scaffolding during elevator installation and maintenance work.

## 부록 2: 시스템 비계(전용발판) 성능시험 성적서

신청번호: 1201112496\_177857 [p1/6]

## 주식회사 포스코

설적서 번호 : 2020347821

서울특별시 강남구 테헤란로 440 포스코센터  
 강남우체국 사서함 777호 (135-777)  
 Tel : 02-3457-0114, Fax : 02-3457-6000

페이지( 1 ) / ( 총 1 )



## 시험 성적서

1. 의뢰자
  - 기관명 : ㈜POSCO 철강솔루션연구소 구조연구그룹
  - 주소 : 인천 연수구 송도과학로 100
2. 시험성적서의 용도 : 성능검증용
3. 시험대상품목 또는 물질, 시료명: 엘리베이터 보수/유지관리 전용 가설재
4. 시험방법 : 의뢰자 제시
5. 시험환경 : 온도 : ( 20 ± 3 ) °C , 습도 : ( 30 ± 15 ) % R.H.
6. 시험결과 : 엘리베이터 보수/유지관리 전용 가설재 성능시험결과

시험체명	최대하중 7kN 시 수평재 단부 최대변위			최대하중 10kN 시 수평재 단부 최대변위			최대하중 및 변위	
	좌측부 (mm)	우측부 (mm)	평균 (mm)	좌측부 (mm)	우측부 (mm)	평균 (mm)	하중 (kN)	변위 (mm)
Type 1	3.20	2.61	2.91	3.80	3.14	3.47	31.84	26.25
Type 2	1.93	2.40	2.17	3.66	3.10	3.38	-	-
Type 3	8.94	8.24	8.59	10.64	10.45	10.55	-	-
Type 4	7.86	6.99	7.43	10.75	9.84	10.30	-	-

확 인	시험자 성 명 : _____ (서명)
-----	----------------------

2020. 11. 10.

주식회사 포스코 대표이사 회장 최 정 우



비고 : 본 시험성적서는 고객이 제공한 시료의 시험결과로서 상기 용도 외의 목적으로 사용할 수 없습니다.

본 문서에 날인된 인장은 아래의 용도 이외에 차용된 경우 법적 효력이 인정되지 아니합니다.  
 용도: 엘리베이터 보수용 가설재 성능평가 시험성적서 발행

[1] 시험체 구분

시험체명	상부 수평지지대 설치	하부 경사지지대 설치
Type 1	○	○
Type 2	X	○
Type 3	○	X
Type 4	X	X



[Type 1]

[Type2]



[Type 3]

[Type4]

본 문서에 날인된 인장은 아래의 용도 이외에 사용된 경우 법적 효력이 인정되지 않습니다.  
 용도: 엘리베이터 보수용 가설재 성능평가 시험성적서 발행

신청번호: 1201112496\_177857 [p3/6]

[2] 시험체 상세 및 변형률 계측



○ 변형률 계측

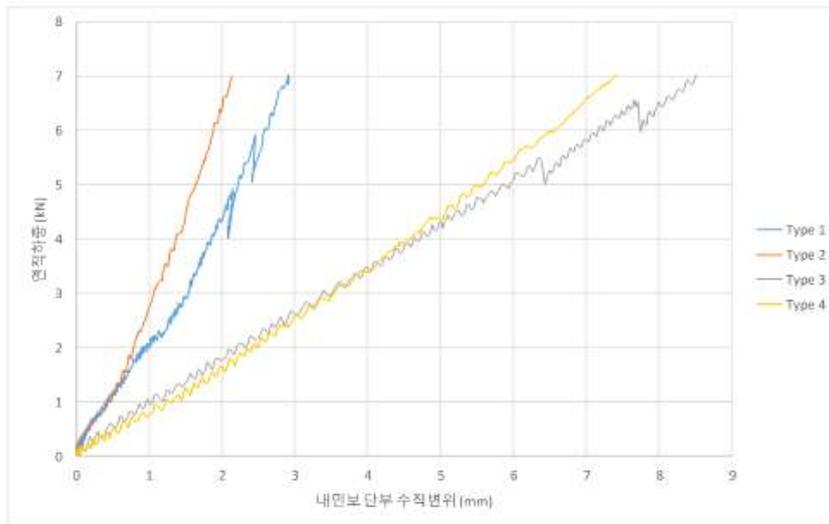
No	부재	계측위치	No	부재	계측위치
#1	수직재 (좌)	전면 (인장)	#9	수평재 (좌)	하면 (압축)
#2		후면 (압축)	#10		상면 (인장)
#3	경사재 (좌)	외측	#11	하부 경사지지대 (좌)	
#4		내측	#12	수평재 (우)	하면 (압축)
#5	수직재 (우)	전면 (인장)	#13		상면 (인장)
#6		후면 (압축)	#14	하부 경사지지대 (우)	
#7	경사재 (좌)	외측			
#8		내측			

\* #8 게이지는 부착, 운송 및 설치 중 손상으로 계측 불가

본 문서에 날인된 인장은 아래의 용도 이외에 사용된 경우 법적 효력이 인정되지 아니합니다.  
 용도: 엘리베이터 보수용 가설재 성능평가 시험성적서 발행

[3] 시험결과 1 (최대하중: 7kN 가력시)

시험체명	내민보 단부 최대 수직변위 (mm)		
	좌측부	우측부	평균
Type 1	3.20	2.61	2.91
Type 2	1.93	2.40	2.17
Type 3	8.94	8.24	8.59
Type 4	7.86	6.99	7.43



\* 내민보 단부 수직변위는 좌측단 및 우측단의 평균값을 기준으로 플롯함

○ 부재 변형률 ( $10^{-6} \times m/m$ , 7kN 가력시)

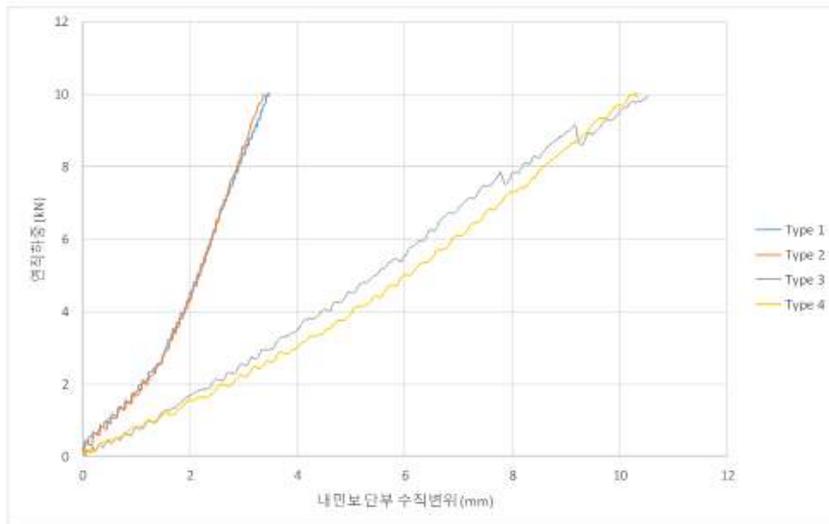
Type	#1	#2	#3	#4	#5	#6	#7	#9	#10	#11	#12	#13	#14
Type 1	143	-162	9	19	133	-133	10	-28	57	-28	-29	47	57
Type 2	172	-181	0	29	143	-152	10	-28	47	-19	-19	47	67
Type 3	353	-429	19	48	353	-418	19	0	0	N/A	0	-9	N/A
Type 4	382	-438	9	57	381	-447	19	-9	0	N/A	-10	0	N/A

본 문서에 담긴 인장은 아래의 용도 이외에 차용된 경우 법적 효력이 인정되지 아니합니다.  
 용도: 엘리베이터 보수용 가설재 성능평가 시험성적서 발행

신청번호: 1201112496\_177857 [p5/6]

[4] 시험결과2 (최대하중: 10kN 가력시)

시험체명	내민보 단부 최대 수직변위 (mm)		
	좌측부	우측부	평균
Type 1	3.80	3.14	3.47
Type 2	3.66	3.10	3.38
Type 3	10.64	10.45	10.55
Type 4	10.75	9.84	10.30



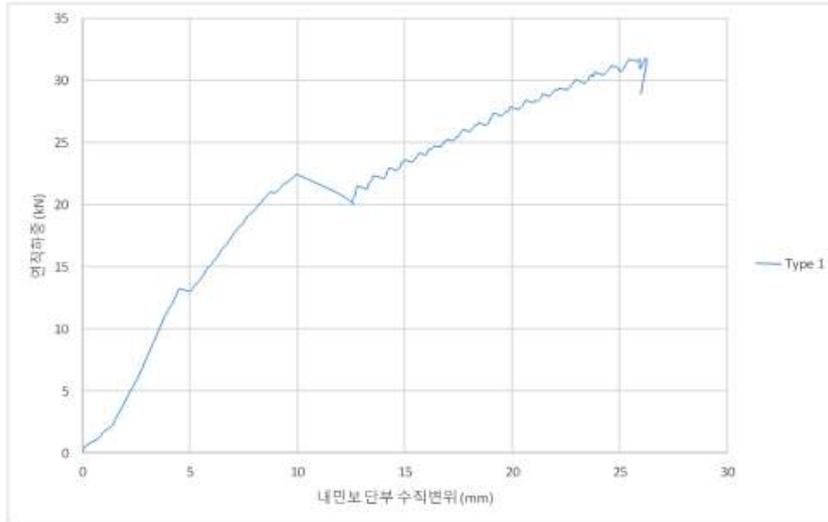
\* 내민보 단부 수직변위는 좌측단 및 우측단의 평균값을 기준으로 플롯함

○ 부재 변형률 ( $10^{-6} \times \text{m/m}$ , 10kN 가력시)

Type	#1	#2	#3	#4	#5	#6	#7	#9	#10	#11	#12	#13	#14
Type 5	248	-305	9	29	257	-295	0	-47	66	-9	-29	57	86
Type 6	267	-295	9	48	267	-285	19	-38	76	-9	-29	57	95
Type 7	525	-590	28	86	534	-608	38	0	0	N/A	10	0	N/A
Type 8	535	-638	9	76	562	-666	19	-9	-9	N/A	-10	-9	N/A

본 문서에 날인된 인장은 아래의 용도 이외에 사용된 경우 법적 효력이 인정되지 아니합니다.  
 용도: 엘리베이터 보수용 가설재 성능평가 시험성적서 발행

[5] 시험결과 3 (Type1 최종파괴형상)



\* 내민보 단부 수직변위는 좌측단 및 우측단의 평균값을 기준으로 플롯함

○ 부재 변형률 ( $10^{-6} \times m/m$ , 최대 하중 31.84kN 가력시)

Type	#1	#2	#3	#4	#5	#6	#7	#9	#10	#11	#12	#13	#14
Type 9	1127	-1342	28	210	1355	-1605	114	-28	57	-38	-48	104	200

본 문서에 날인된 인장은 아래의 용도 이외에 사용된 경우 법적 효력이 인정되지 아니합니다.  
 용도: 엘리베이터 보수용 가설재 성능평가 시험성적서 발행

**부록 3: 엘리베이터 전용 시스템 비계 설치·해체 매뉴얼(안)**

엘리베이터 전용 시스템 비계  
설치·해체 매뉴얼(안)

2020. 11

안전보건공단

## 1. 목적

기계실이 없는(Machine Room Less, MRL) Type 엘리베이터의 승강로 상부 기계실 작업을 위하여 엘리베이터 전용 시스템 비계를 이용한 최상층 상부 작업대를 설치 시 제품 간섭 등을 고려한 작업발판 등의 정확한 설치 위치와 상부 작업대의 설치 방법을 제시하는데 목적이 있다.

## 2. 적용범위

- 1) 엘리베이터 형식: 기계실이 없는 엘리베이터(MRL Type)
- 2) 인승: 15인승 이하(1,000kg) 승객용 엘리베이터
- 3) 건축물 형식: 철근콘크리트 구조 건축물
- 4) 승강로 깊이: 2,000mm 이하
- 5) 적용기간
  - 설치: 상부작업대를 포함한 형판작업부터 최초 시운전 후 로핑작업 완료시까지
  - 해체: 최초 시운전 후 로핑작업이 완료된 후

## 3. 설치작업 전 준비사항

- 1) 엘리베이터 전용 시스템 비계 부품 구성은 승강로 깊이 2,000mm를 기준으로 최상층 승강로 벽면 홀(hole)의 유·무로 구분된다.
- 2) 엘리베이터 전용 시스템 비계의 모든 부품은 설치작업 전 이상 유·무를 확인하여야 하며, 변형·부식 또는 심하게 손상된 부품이나 자재는 재사용이 불가하다.
  - ※ 특히, 여러번 사용으로 인한 부품이나 자재의 강도 및 성능저하 여부를 면밀히 확인하여 안전성을 확보하여야 한다.
- 3) 작업장 주변 정리정돈 및 적합한 조명(75lux 이상)을 확보하여야 한다.
- 4) 작업장 관계자 이외는 출입을 통제하고, 승인된 자만이 규정된 보호구를 착용하여 작업지휘자의 지휘하에 작업을 실시할 수 있도록 하여야 한다.

## 4. 작업 주체별 의무사항

- 1) 건설업체 관리자
  - (1) 사용하는 작업 장비가 관련 법률을 준수하고 사용되도록 보장하여야 함
  - (2) 공용으로 사용하는 장비의 유지보수 일정과 가용성을 결정하기 때문에 장비를 점검·유지보수하는데 주도적인 역할을 하여야 함
  - (3) 사업주는 안전한 사용을 위한 사용자(작업자) 훈련에 적극적으로 임해야 함

(4) 장비를 공유할 때는 협력 및 정보교환이 중요하며, 모든 사용자는 다음 사항을 숙지해야 함

- ① 장비 관리 담당 직원 지정
- ② 장비 상태의 이상 유·무에 대하여 알림 의무 준수
- ③ 장비 사용에 대한 제한조치 수행 및 준수
- ④ 장비를 안전하게 사용하는 방법 숙지

2) 엘리베이터 설치업체 관리자

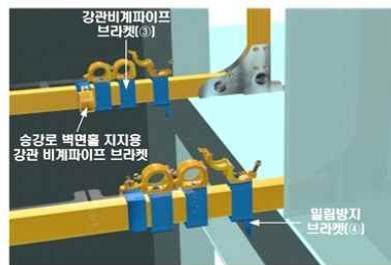
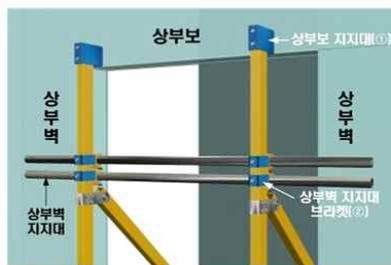
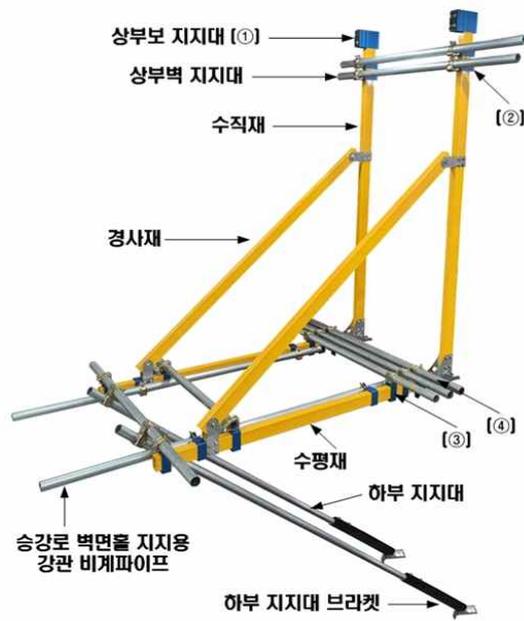
- (1) 작업자에게 제공되는 작업·장비 품목이 관련 법규를 준수하도록 해야 함
- (2) 작업에 대한 위험 평가를 수행하여 대책을 수립하고 이행하도록 관리하여야 함
- (3) 작업 장비가 사용하기에 적합하도록 제작되어야 함
- (4) 작업 장비가 적합한 운영 환경에서만 사용되도록 하여야 함
- (5) 작업 장비가 효율적인 상태, 효율적인 작업 순서 및 양호한 수리 상태로 유지되도록 하여야 함

3) 작업자

- (1) 다른 작업자의 안전 또는 안전을 위협에 빠뜨릴 수 있는 작업과 관련된 모든 활동 또는 결함을 보고해야 함
- (2) 안전하게 사용하는 훈련에 따라 제공된 작업방법과 장비로 작업하여야 함
- (3) 법적 의무에 따라 작업을 관리하는 사람이 제공하는 작업방법과 장비를 사용하여야 함

#### 4. 시스템 비계 부품 구성

##### 1) 시스템 비계를 구성하는 부품의 명칭



2) 승강로 벽면 홀(hole)이 있는 경우

구분	부품명	규격	수량	비고
주부재	수직재	- 45×75mm 사각파이프 - 길이 2,450mm	2	t=2mm
	수평재	- 45×75mm 사각파이프 - 길이 : 7인승 이하 1,630mm : 15인승 이하 1,830mm	2	t=2mm
	경사재	- 45×75mm 사각파이프 - 길이 2,100mm	2	t=2mm
지지대	상부벽 지지대	∅48mm 강관파이프	2	t=2.3mm
	승강로 벽면 홀 지지대	∅48mm 강관파이프	2	t=2.3mm
브라켓	밀림방지 브라켓	56×164×45mm, 알루미늄	2	
	파이프 브라켓	51×116×45mm, 알루미늄	8	
	승강로 벽면홀 지지 브라켓	72.8×94×45mm, 알루미늄	2	
강관	강관비계파이프	∅48mm 강관파이프	7	t=2.3mm
발판	길이조절발판	- 일반 작용발판 - 범위: 790~1,150mm	7	
연결핀	볼트형 고정핀	핀: ∅33.6mm 알루미늄 고정판: ∅45.4mm, SUS	4	l=52mm t=3mm



## 3) 승강로 벽면 홀(hole)이 없는 경우

구분	부품명	규격	수량	비고
주부재	수직재	- 45×75mm 사각파이프 - 길이 2,450mm	2	t=2mm
	수평재	- 45×75mm 사각파이프 - 길이 : 7인승 이하 1,630mm : 15인승 이하 1,830mm	2	t=2mm
	경사재	- 45×75mm 사각파이프 - 길이 2,100mm	2	t=2mm
지지대	상부벽 지지대	∅48mm 강관파이프	2	t=2.3mm
	하부 지지대	∅48mm 강관파이프	2	t=2.3mm
브라켓	하부 지지대 브라켓		2	
	밀림방지 브라켓	56×164×45mm, 알루미늄	2	
	파이프 브라켓	51×116×45mm, 알루미늄	8	
강관	강관비계파이프	∅48mm 강관파이프	7	t=2.3mm
발판	길이조절발판	- 일반 작용발판 - 범위: 790~1,150mm	7	
연결핀	볼트형 고정핀	핀: ∅33.6mm 알루미늄 고정판: ∅45.4mm, SUS	4	l=52mm t=3mm

## 4) 부품의 재질 및 강도

- (1) 주부재인 사각파이프는 KS D 3503에 규정된 SS275(변경 전 SS400) 강종을 사용해야 하며, 항복강도 275 MPa과 인장강도 410 MPa 이상을 확보해야 한다.
- (2) 지지대인 강관비계파이프는 구조용 강관비계로서 KS D 3566에 규정된 STK400 강종을 사용해야 하며, 항복강도 235 MPa과 인장강도 400 MPa 이상을 확보해야 한다.
- (3) 브라켓 및 연결핀은 알루미늄 합금번호 6N01(기호 A 6N01 S-T5)을 사용해야 하며, 항복강도 205 MPa과 인장강도 245 MPa 이상을 확보해야 한다.

## 5. 시스템 비계 설치 순서도

### 1단계: 시스템 비계 삼각 프레임 설치



① 수직재와 수평재 펠치기



② 경사재 조립하기



③ 승강로로 밀어넣기

### 2단계: 시스템 비계 하부 및 상부지지



④ 앵커볼트 고정



⑤ 하부 밀림방지 브라켓 설치



⑥ 상부벽 지지대 설치

### 3단계: 발판 설치 및 하부 지지대 설치



⑦ 작업발판 설치



⑧ 하부 경사지지대 설치



⑨ 앵커볼트 고정

## 6. 시스템 비계 설치 상세

### 1) 설치 전 안전작업 및 출입구 바닥면 평탄작업

#### (1) 안전보호구 착용

- ① 시스템 비계 설치 작업자는 아래의 그림과 같이 안전모, 안전화, 안전대, 안전장갑 및 방진마스크 등의 안전보호구를 반드시 착용해야 한다.



#### (2) 2인 1조 작업의 준수

- ① 시스템 비계의 설치는 리더와 조원으로 구성되는 2인 1조로 작업을 해야 하며, 최상층과 아래층의 동시 작업은 금지한다.
- ② 리더는 다음의 역할을 수행한다.
- 시스템 비계가 설치되는 최상층 및 아래층의 안전사고 위험요소 파악
  - 설치 현장의 외부 작업자 추락 위험에 대한 안전조치
  - 조원과 위험요소를 공유하고 안전교육을 실시
- ③ 조원은 리더의 지시를 따라야 한다.

(3) 생명선 설치

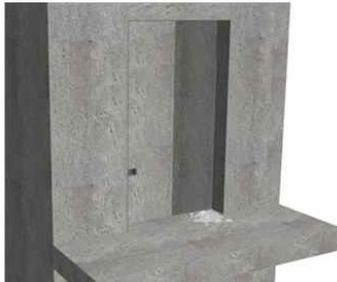
- ① 시스템 비계 설치 작업이 이뤄지는 층의 출입구에 안전 난간대가 설치되어 있는 상태에서 출입구 양쪽 상단 벽면에 생명선 고정용 브라켓을 설치한다.
- ② 고정용 브라켓에 안전대 고리를 건다.
  - 안전대 줄이 모서리 부분과 접촉이될 때는 형걸 등으로 보호한다.
  - 브라켓 고정은 앵커볼트 2개를 사용한다.



고정용 브라켓 설치 및 안전대 사용

(4) 출입구 바닥면의 정리·정돈

- ① 시스템 비계의 수직재를 앵커볼트로 고정하기 위하여 출입구 바닥면의 이물질 제거 및 정리·정돈을 실시한다.



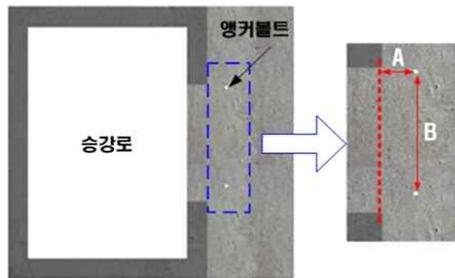
출입구 바닥면 이물질



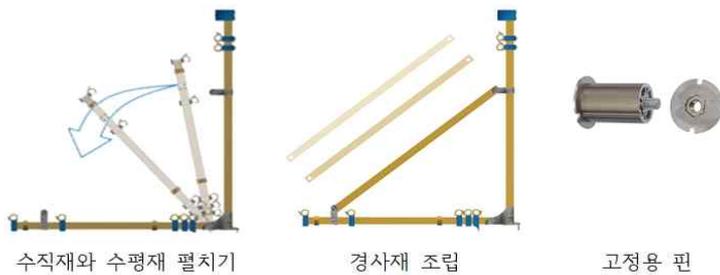
출입구 바닥면 정리·정돈 후

2) 삼각 프레임(수직재+수평재+경사재) 설치

- (1) 승강로 출입구 바닥면에 출입구 기준선으로부터 간격(아래 그림의 A)을 확보하여 시스템 비계(수직재) 고정용 앵커볼트를 설치한다.
  - ① 앵커볼트는 엘리베이터 인승 규격별 피아노선 간격에 따라 위치(아래 그림의 B)를 선정해야 한다.
  - ② 앵커볼트는 M12를 사용해야 한다.
  - ③ 앵커볼트는 시스템 비계의 좌측 및 우측 수직재 아래 홀에 고정용 2개를 설치해야 한다.



- (2) 수직재와 수평재를 90도 펼친 후, 경사재를 수평재와 수직재에 조립하여 삼각 프레임을 형성한다.
  - ① 경사재 조립은 시스템 비계의 구성품으로 제공되는  $\varnothing 34\text{mm}$  볼트형 고정용 핀을 사용해야 한다.



(3) 조립된 삼각 프레임을 승강로 내부로 밀어넣은 후, 앵커볼트를 체결한다.

- ① 앵커볼트를 체결하기 전에 수직재 상단에 구성된 상부보 지지대가 상부보에 밀착되어 있는지 확인하여야 한다.
- ② 승강로 벽면 홀에 지지되는 강관비계파이프를 체결하는 브라켓(클램프)의 위치에 따라 삼각 프레임을 좌측과 우측으로 구분한다.
- ③ 삼각 프레임은 좌측과 우측 중 한쪽을 먼저 밀어넣고 앵커볼트를 체결한 후, 반대측 삼각 프레임을 밀어넣어야 한다.
- ④ 삼각 프레임은 피아노선과의 간섭이 발생하지 않도록 위치를 확인한 후, 앵커볼트를 체결해야 한다.



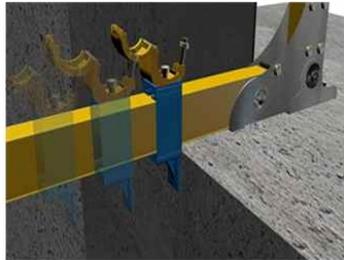
승강로 내부로 밀어넣기



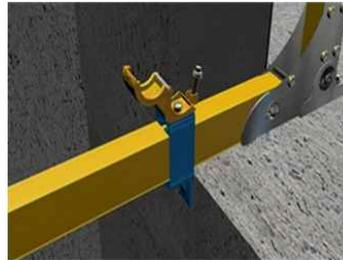
앵커볼트 고정

3) 하부지지

- (1) 양측 삼각 프레임이 모두 설치된 후, 시스템 비계의 수평재에 구성된 밀림방지 브라켓을 승강로 입구 벽에 밀착한다.
- (2) 밀림방지 브라켓의 클램프 볼트를 조여서 수평재에 고정한다.
- (3) 하부지지용 강관비계파이프를 밀림방지 브라켓의 클램프에 설치한 후 제공되는 볼트를 이용하여 고정한다.
  - ① 하부지지용 강관비계파이프는 시스템 비계의 구성품으로 제공되는  $\varnothing 48\text{mm}$  강관비계파이프를 사용해야 하고, 브라켓 고정용 볼트도 구성품으로 제공되는 M12 볼트를 사용해야 한다.



밀림방지 브라켓 승강로 입구 밀착



밀림방지 브라켓 고정



하부지지용 비계파이프 설치

#### 4) 상부지지

- (1) 삼각 프레임의 수직상태를 확인한 후, 상부벽 지지대용 강관비계파이프를 시스템 비계의 수직재에 구성된 파이프 브라켓의 클램프에 설치하고 상단으로 밀어올려서 수직재에 고정한다.
  - ① 하부지지용 강관비계파이프는 시스템 비계의 구성품으로 제공되는  $\varnothing 48\text{mm}$  강관비계파이프를 사용해야 하고, 브라켓 고정용 볼트도 구성품으로 제공되는 M12 볼트를 사용해야 한다.
- (2) 1열 상부벽 지지대 설치 후, 동일한 방법으로 2열 상부벽 지지대용 강관비계파이프를 설치하고 수직재에 고정한다.



수직재 90° 확인



1열 상부벽 지지대(비계파이프) 설치



2열 상부벽 지지대(비계파이프) 설치

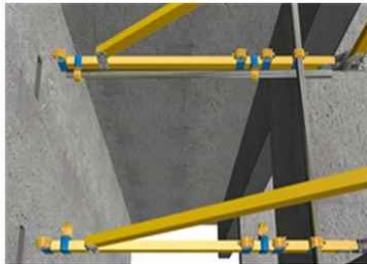


브라켓의 수직재 고정

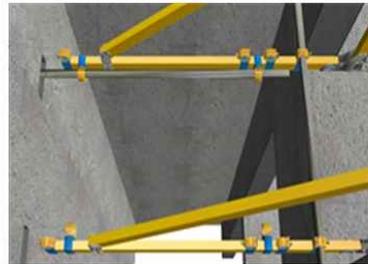
### 5) 승강로 벽면 홀 지지용 강관비계파이프 설치

- 이 단계는 승강로 벽면 홀이 생성된 경우에만 적용한다.

- (1) 승강로 벽면 지지용 강관비계파이프를 수평재에 구성된 승강로 벽면 홀 지지용 브라켓의 클램프에 거치한 후, 승강로 벽면 홀에 삽입하고 클램프를 고정한다.
  - ① 승강로 벽면 지지용 강관비계파이프는 최상층 벽면에 가공된 200mm(폭)×200mm(높이)×100mm(깊이)의 승강로 벽면 홀 안으로 최소 70mm 이상 삽입해야 한다.
  - ② 승강로 벽면 지지용 강관비계파이프는 시스템 비계의 구성품으로 제공되는  $\varnothing 48\text{mm}$  강관비계파이프를 사용해야 하고, 브라켓 고정용 볼트도 구성품으로 제공되는 M12 볼트를 사용해야 한다.



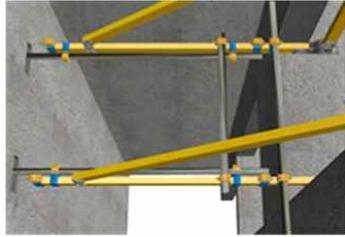
승강로 지지용 비계파이프의 승강로 벽면 홀 지지용 브라켓 클램프 거치



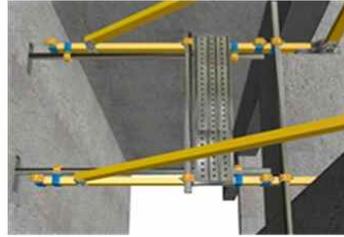
승강로 지지용 비계파이프의 승강로 벽면 홀 삽입

6) 발판 설치

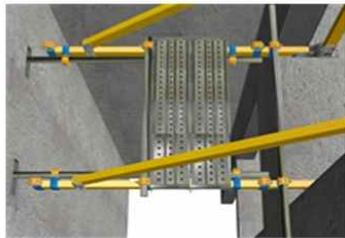
- (1) 시스템 비계의 수평재 간격 유지용 지지대를 파이프 브라켓의 클램프에 설치한다.
- (2) 수평재 간격 유지용 지지대를 밀면서 길이조절발판 하면의 홈을 수평재에 삽입시켜 설치한다.
  - ① 발판을 설치하기 전에 길이조절발판의 길이 조절(작동) 여부를 확인해야 한다.
- (3) (2)에 의해서 설치된 1번 길이조절발판을 밀면서 동일한 방법으로 2번과 3번 길이조절발판을 설치한다.
- (4) 피아노선의 위치를 확보하기 위한 강관비계파이프를 수평재에 구성된 브라켓의 클램프에 설치한 후 제공되는 볼트를 이용하여 고정한다.
  - ① 승강로 벽면 지지용 강관비계파이프는 시스템 비계의 구성품으로 제공되는  $\varnothing 48\text{mm}$  강관비계파이프를 사용해야 하고, 브라켓 고정용 볼트도 구성품으로 제공되는 M12 볼트를 사용해야 한다.



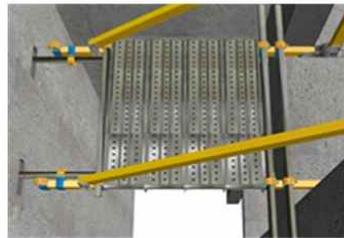
수평재 간격 유지용 지지대 설치



1번 길이조절발판 설치



2번 길이조절발판 설치



피아노선 위치 확보용 비계파이프 설치

7) 하부 지지대 설치

- 승강로 벽면 홀이 생성되어 승강로 벽면 지지용 강관비계파이프가 설치된 경우에는 적용하지 않는다.

(1) 발판을 모두 설치한 후, 시스템 비계의 내부로 진입하여 수평재 끝단에 구성된 파이프 브라켓의 클램프에 하부 지지대 결합을 위한 강관비계파이프를 설치하고 제공되는 볼트를 이용하여 브라켓을 수평재에 고정한다.

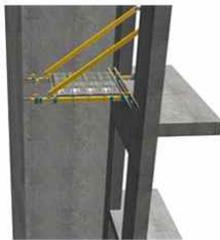
(2) 최상층의 아래층에서 하부지지대 브라켓에 하부지지대용 강관비계파이프를 설치한 후, 상부로 들어올려서 (1)에서 작업한 하부 지지대 결합용 강관비계파이프에 거치하고 클램프를 이용하여 체결한다.

① 승강로 벽면 지지용 강관비계파이프는 시스템 비계의 구성품으로 제공되는  $\varnothing 48\text{mm}$  강관비계파이프를 사용해야 한다.

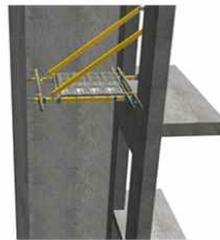
(3) 하부지지대 브라켓을 아래층 승강로 입구의 턱에 거치하고 하부지지대 브라켓 고정용 앵커볼트를 설치하여 고정한다.

① 앵커볼트는 M12를 사용해야 한다.

② 앵커볼트는 하부지지대 브라켓의 좌측 및 우측에 각각 설치해야 한다.



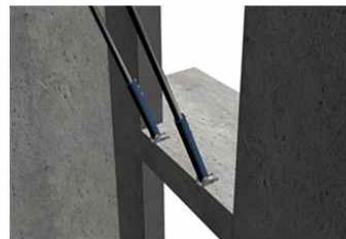
승강로 벽면 홀이 없는 경우



하부 지지대 결합용 비계파이프 설치



하부 지지대(비계파이프) 설치 및 체결

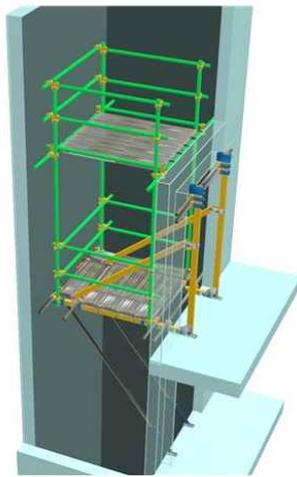


하부 지지대 브라켓의 앵커볼트 고정

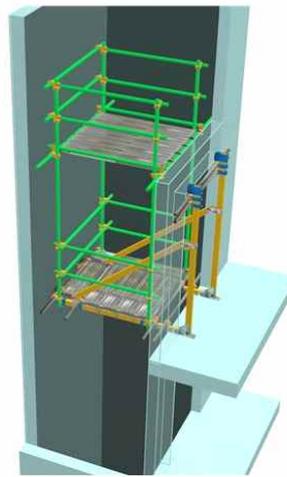
### 8) 상부작업대 설치

(1) 시스템 비계의 설치가 완료된 후, 아래의 그림과 같은 상부작업대 설치는 엘리베이터 제조사별로 제공하는 다음의 상부작업대 설치 관련 기준 등을 준용한다.

- ① 상부작업대 설치작업 안전수칙
- ② 상부작업대 설치 안전작업 매뉴얼(지침서)
- ③ 상부작업대 설치작업지도서



승강로 벽면 홀이 없는 경우



승강로 벽면 홀이 있는 경우

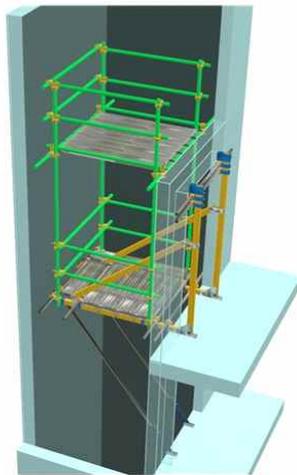
## 7. 시스템 비계 해체

### 1) 시스템 비계 해체 전 사전준비

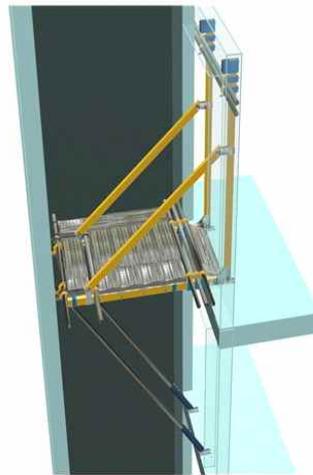
- (1) 안전보호구 착용, 생명선 설치 및 2인 1조 작업 등은 설치작업과 동일하다.
- (2) 시스템 비계 해체 작업계획서를 작성하고, 작업계획서 내용을 작업자에게 공지해야 한다.
- (3) 해체 작업 전 비계에 결함이 발생했을 경우에는 정상적인 상태로 복구한 후에 해체해야 한다.
- (4) 추락의 위험이 있는 곳에서는 반드시 안전대를 착용하고 작업해야 한다.
- (5) 해체된 부재의 운반은 크레인 등의 장비사용을 원칙으로 하며, 인력으로 내리는 경우에는 던지는 작업방법은 금지해야 한다.

### 2) 상부작업대 해체

- (1) 시스템 비계 위에 설치된 강관비계파이프 및 작업발판을 최상부에서부터 하부순으로 해체한다.



상부 작업대 해체 전



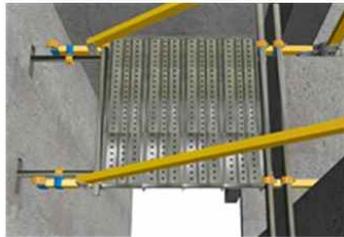
상부 작업대 해체 후

**3) 하부 경사지지대 해체**

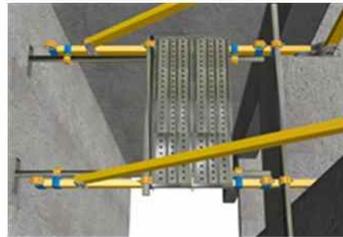
- 이 단계는 승강로 벽면 홀이 생성되어 하부 지지대가 설치된 경우에만 적용한다.
- (1) 리더는 시스템비계 수평재 끝단 강관비계와 연결된 하부 경사지지대 클램프를 해체한다.
- (2) 조원은 하부층 하부 경사지지대 바닥고정 앵커볼트를 제거하고 리더의 지시에 따라 강관파이프를 승강로 밖으로 빼낸다.

**4) 시스템 비계 작업발판 해체**

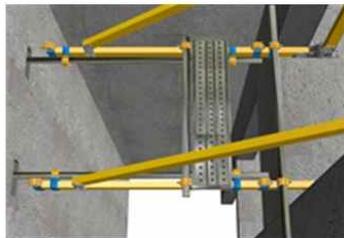
- (1) 작업발판의 해체는 설치의 역순으로 승강로 입구에서 가장 먼쪽부터 순서대로 수평재에 끼워져 있는 발판을 들어올려 승강로 밖으로 빼낸다.
- (2) 수평재 간격 유지용 지지대(강관비계파이프)를 해체한다.



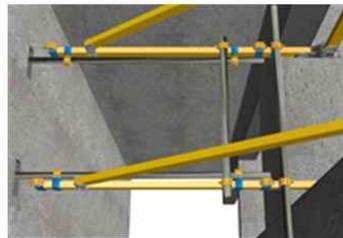
수평재 끝단 첫번째 발판 해체



수평재 끝단 두번째 발판 해체



수평재 끝단 세번째 발판 해체



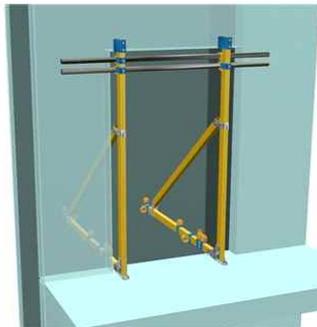
수평재 간격 유지용 지지대 해체

**5) 하부 지지용 강관파이프 해체**

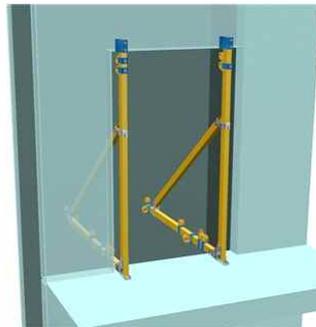
- (1) 승강로 내벽에 밀착된 하부 지지용 강관비계파이프를 해체하여 승강로 밖으로 빼낸다.

## 6) 상부벽 지지대 및 삼각 프레임 해체

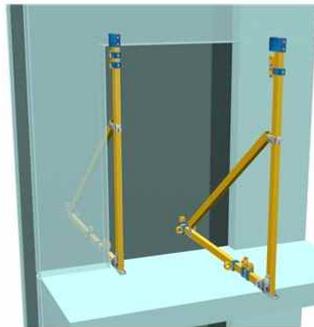
- (1) 상부벽 지지대용 강관비계파이프를 2열부터 순서대로 해체한다.
- (2) 삼각 프레임의 한쪽부터 바닥에 체결된 앵커볼트를 풀어서 통로로 빼낸다.
  - ① 삼각 프레임의 자중이 승강로에 있으므로 해체 시 추락 위험을 방지하기 위하여 반드시 2명이 작업해야 한다.
  - ② 앵커볼트에서 삼각 프레임을 들어 올리고 통로로 빼낼 때에는 작업자의 무게 중심이 승강로쪽을 향하지 않도록 해야 한다.
  - ③ 현장 조건에 따라서 삼각 프레임의 승강로 풀림이나 작업자의 추락을 방지하기 위하여 임시 카를 최상층까지 올려놓을 수 있다.
  - ④ 삼각 프레임을 모두 해제한 후에는 승강로 입구에 안전난간을 설치하고 경고 표시를 해야 한다.



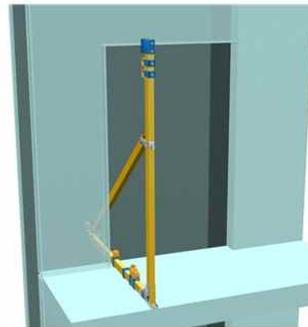
상부벽 지지대 해체 전



상부벽 지지대 해체



삼각 프레임 해체 - 1



삼각 프레임 해체 - 2

**부록 4: 엘리베이터 설치 및 유지보수용 시스템 비계(전용발판) 설치  
교육 및 현장적용성 검증(시범 설치) 평가 설문지**

**엘리베이터 설치 및 유지보수 전용 시스템 비계 설문지**  
**- 엘리베이터 제조사 담당자 대상 -**

안녕하십니까?  
 본 설문지는 엘리베이터 설치 및 유지보수 작업 중 추락사고를 방지하기 위하여 "기계실이 없는 엘리베이터(MRL Type)의 설치 및 유지보수 작업 시 안전작업기준 및 전용 작업발판 개발 연구"의 성과 중 하나인 "전용 시스템 비계"의 성능 및 활용 가능성을 파악하기 위한 것으로서, 안전보건공단(산업안전보건연구원) 위탁연구용역과제의 일환으로 진행하고 있습니다. 본 설문 응답에는 약 5분 정도가 소요될 예정입니다.  
 귀하께서 설문에 응답해주시는 내용은 통계법 제33조(비밀의 보호) 제 1, 2항에 의거하여 철저하게 비밀이 보장되며, 설문 결과는 기계실이 없는 엘리베이터(MRL Type) 설치 및 유지보수 시 안전작업기준 및 전용발판 개발을 위한 통계목적으로만 이용할 것을 약속드립니다. 바쁘시더라도 시간을 허락하시어 설문에 응답해주시면 기계실이 없는 엘리베이터의 설치 및 유지보수 작업 시 안전작업기준 및 전용발판 개발을 위한 자료로 소중한 활용하겠습니다. 감사합니다.

**통계법 제33조(비밀의 보호 등)**  
 1. 통계작성과정에서 알려진 사항으로서 개인 또는 법인이나 단체의 비밀에 속하는 사항은 보호되어야 한다.  
 2. 통계작성을 위하여 수집된 개인 또는 법인이나 단체의 비밀에 속하는 기초자료는 통계작성의 목적 외에 사용하여서는 아니 된다.

※ 본 조사와 관련하여 문의사항이 있으시면 아래로 연락주시기 바랍니다.  
 연구책임자 전남대학교 이기열 교수 연락처 : 062-530-2108 / gylee@jnu.ac.kr

**<설문 참고사항 및 작성 방법>**  
 1. 기계실이 없는 엘리베이터(MRL Type)를 대상으로 합니다.  
 2. 설문 내용을 잘 읽고 해당하는 보기 번호에  표시를 해주시거나 빈칸에 내용을 기록해 주십시오.

Q1) 현재 사용하는 강관비계 조립식 상부작업대와 비교하여 **외형적인 안전성이 개선되었다고** 생각하십니까?  
 ① 예 (Q1.1로 이동)  
 ② 아니오 (이유: \_\_\_\_\_)

Q1.1) 전용 시스템 비계의 외형적인 안전성이 어느 정도 개선되었다고 생각하십니까?  
 ① 100%    ② 80% 이상    ③ 60% 이상    ④ 40% 이상    ⑤ 40% 미만

Q2) 현재 사용하는 강관비계 조립식 상부작업대와 비교하여 **구조적인 안전성이 개선되었다고** 생각하십니까?  
 ① 예 (Q2.1로 이동)  
 ② 아니오 (이유: \_\_\_\_\_)

Q2.1) 전용 시스템 비계의 구조적인 안전성이 어느 정도 개선되었다고 생각하십니까?  
 ① 100%    ② 80% 이상    ③ 60% 이상    ④ 40% 이상    ⑤ 40% 미만

Q3) 현재 사용하는 강관비계 조립식 상부작업대와 비교하여 상부작업대를 설치/해체하는 작업자의 안전을 더욱 안전하게 보장할 수 있다고 생각하십니까?

- ① 예
- ② 아니오 (이유: \_\_\_\_\_)

Q4) 현재 사용하는 강관비계 조립식 상부작업대와 비교하여 엘리베이터를 설치/유지보수하는 작업자의 안전을 더욱 안전하게 보장할 수 있다고 생각하십니까?

- ① 예
- ② 아니오 (이유: \_\_\_\_\_)

Q5) 현재 사용하는 강관비계 조립식 상부작업대와 비교하여 상부작업대를 설치/해체하는데 소요되는 시간이 단축된다고 생각하십니까?

- ① 예 (Q5.1로 이동)
- ② 아니오 (이유: \_\_\_\_\_)

Q5.1) 전용 시스템 비계가 상부작업대의 설치(해체) 시간을 어느 정도 단축한다고 생각하십니까?

- ① 1시간 30분 이상    ② 1시간 이상    ③ 30분 이상    ④ 30분 미만    ⑤ 기존과 동일

Q6) 개발된 전용 시스템 비계가 엘리베이터의 설치/유지보수에 따른 작업공간을 충분히 확보하였다고 생각하십니까?

- ① 예
- ② 아니오 (이유: \_\_\_\_\_)

Q7) 현재 사용하는 강관비계 조립식 상부작업대와 비교하여 조립 과정의 편리성이 개선되었다고 생각하십니까?

- ① 예 (Q7.1로 이동)
- ② 아니오 (이유: \_\_\_\_\_)

Q7.1) 전용 시스템 비계의 조립 과정이 어느 정도 개선되었다고 생각하십니까?

- ① 100%    ② 80% 이상    ③ 60% 이상    ④ 40% 이상    ⑤ 40% 미만

Q8) 현재 사용하는 강관비계 조립식 상부작업대와 비교하여 해체 과정의 편리성이 개선되었다고 생각하십니까?

- ① 예 (Q8.1로 이동)
- ② 아니오 (이유: \_\_\_\_\_)

Q8.1) 전용 시스템 비계의 해체 과정이 어느 정도 개선되었다고 생각하십니까?

- ① 100%    ② 80% 이상    ③ 60% 이상    ④ 40% 이상    ⑤ 40% 미만

Q9) 현재 사용하는 강관비계 조립식 상부작업대와 비교하여 **운반 또는 이동 편의성이 개선되었다고** 생각하십니까?

① 예

② 아니오 (이유: \_\_\_\_\_)

Q10) 현재 사용하는 강관비계 조립식 상부작업대와 비교하여 **개선효과가 우수하다고** 생각되는 부분은 어디입니까? (복수 응답 가능)

① 주부재(수직, 수평 및 경사재) ② 가변형 작업발판 ③ 하부 경사지지대 ④ 앵커볼트

Q11) 현재 사용하는 비계 조립 상부작업대와 비교하여 **개선효과가 미약하거나 불편함을 초래한다고** 생각되는 부분은 어디입니까? (복수 응답 가능)

① 주부재(수직, 수평 및 경사재) ② 가변형 작업발판 ③ 하부 경사지지대 ④ 앵커볼트

Q12) 엘리베이터 설치 및 유지보수 전용 시스템 비계의 성능을 더욱 개선하기 위하여 연구팀이 고려해야 할 사항 또는 개선에 도움이 될 수 있는 의견을 자유롭게 기재해주시시오.

---



---



---



---



---



---

마지막 질문까지 답변을 해주셔서 진심으로 감사합니다.

**엘리베이터 설치 및 유지보수 전용 시스템 비계 설문지**  
 - 시스템 비계 설치 교육자 대상 -

안녕하십니까?  
 본 설문지는 엘리베이터 설치 및 유지보수 작업 중 추락사고를 방지하기 위하여 "기계실이 없는 엘리베이터(MRL Type)의 설치 및 유지보수 작업 시 안전작업기준 및 전용 작업발판 개발 연구"의 성과 중 하나인 "전용 시스템 비계"의 성능 및 활용 가능성을 파악하기 위한 것으로서, 안전보건공단(산업안전보건연구원) 위탁연구용역과제의 일환으로 진행하고 있습니다. 본 설문은 총 2단계로 구성되어 있으며, 설문 응답에는 약 5분 정도가 소요될 예정입니다.  
 귀하께서 질문에 응답해주시는 내용은 통계법 제33조(비밀의 보호) 제 1, 2항에 의거하여 철저하게 비밀이 보장되며, 설문 결과의 결과는 기계실이 없는 엘리베이터(MRL Type) 설치 및 유지보수 시 안전작업기준 및 전용발판 개발을 위한 통계목적에만 이용할 것을 약속드립니다. 바쁘시더라도 시간을 허락하시어 질문에 응답해주시면 기계실이 없는 엘리베이터의 설치 및 유지보수 작업 시 안전작업기준 및 전용발판 개발을 위한 자료로 소중한 활용하겠습니다. 감사합니다.

**통계법 제33조(비밀의 보호 등)**  
 1. 통계작성과정에서 밀려진 사항으로서 개인 또는 법인이나 단체의 비밀에 속하는 사항은 보호되어야 한다.  
 2. 통계작성을 위하여 수집된 개인 또는 법인이나 단체의 비밀에 속하는 기초자료는 통계작성의 목적 외에 사용하여서는 아니 된다.

※ 본 조사와 관련하여 문의사항이 있으시면 아래로 연락주시기 바랍니다.  
 연구책임자 전남대학교 이기열 교수 연락처 : 062-530-2108 / gylee@jnu.ac.kr

**<설문 참고사항 및 작성 방법>**  
 1. 기계실이 없는 엘리베이터(MRL Type)를 대상으로 합니다.  
 2. 설문 내용을 잘 읽고 해당하는 보기 번호에 ☑ 표시를 해주시거나 빈칸에 내용을 기록해 주십시오.

**I. 일반사항**

- Q1) 귀하의 엘리베이터 설치/유지보수용 상부작업대(비계) 설치 경력은 얼마나 됩니까?  
 ① 5년 이상    ② 4~5년    ③ 3~4년    ④ 2~3년    ⑤ 1~2년    ⑥ 1년 미만
- Q2) 귀하께서 지금까지 주로 설치한 상부작업대(비계)의 규격은 어떻게 됩니까?  
 Q2.1) 엘리베이터 형식 기준: ① MRL Type    ② MR Type  
 Q2.2) 승객정원 기준: ① 15인승 이상    ② 10~15인승    ③ 10인승 이하  
 Q2.2) 건물층수 기준: ① 15층 이상    ② 10~15층    ③ 5~10층    ④ 5층 이하
- Q3) 귀하께서는 오늘 교육을 받으신 엘리베이터 설치/유지보수 전용 시스템 비계 또는 이와 유사한 시스템 비계를 과거에 설치하였거나 본 적이 있습니까?  
 ① 설치를 한 경험이 있다.    ② 설치는 안해봤지만 본 적이 있다.    ③ 오늘 처음 봤다.

## II. 설치/유지보수 전용 시스템 비계 성능

Q1) 현재 사용하는 강관비계 조립식 상부작업대와 비교하여 **외형적인 안전성이 개선되었다고** 생각하십니까?

① 예 (Q1.1로 이동)

② 아니오 (이유: \_\_\_\_\_)

Q1.1) 전용 시스템 비계의 외형적인 안전성이 어느 정도 개선되었다고 생각하십니까?

① 100%    ② 80% 이상    ③ 60% 이상    ④ 40% 이상    ⑤ 40% 미만

Q2) 현재 사용하는 강관비계 조립식 상부작업대와 비교하여 **구조적인 안전성이 개선되었다고** 생각하십니까?

① 예 (Q2.1로 이동)

② 아니오 (이유: \_\_\_\_\_)

Q2.1) 전용 시스템 비계의 구조적인 안전성이 어느 정도 개선되었다고 생각하십니까?

① 100%    ② 80% 이상    ③ 60% 이상    ④ 40% 이상    ⑤ 40% 미만

Q3) 현재 사용하는 강관비계 조립식 상부작업대와 비교하여 **상부작업대를 설치/해체하는 작업자의 안전을 더욱 안전하게 보장할 수 있다**고 생각하십니까?

① 예

② 아니오 (이유: \_\_\_\_\_)

Q4) 현재 사용하는 강관비계 조립식 상부작업대와 비교하여 **엘리베이터를 설치/유지보수하는 작업자의 안전을 더욱 안전하게 보장할 수 있다**고 생각하십니까?

① 예

② 아니오 (이유: \_\_\_\_\_)

Q5) 현재 사용하는 강관비계 조립식 상부작업대와 비교하여 **상부작업대를 설치/해체하는데 소요되는 시간이 단축된다**고 생각하십니까?

① 예 (Q5.1로 이동)

② 아니오 (이유: \_\_\_\_\_)

Q5.1) 전용 시스템 비계가 상부작업대의 설치(해체) 시간을 어느 정도 단축한다고 생각하십니까?

① 1시간 30분 이상    ② 1시간 이상    ③ 30분 이상    ④ 30분 미만    ⑤ 기존과 동일

Q6) 개발된 전용 시스템 비계가 **엘리베이터의 설치/유지보수에 따른 작업공간을 충분히 확보**하였다고 생각하십니까?

① 예

② 아니오 (이유: \_\_\_\_\_)

Q7) 현재 사용하는 강관비계 조립식 상부작업대와 비교하여 **설치 비용이 절감**된다고 생각하십니까?

① 예

② 아니오 (이유: \_\_\_\_\_)

<b>II. 설치/유지보수 전용 시스템 비계 성능</b>	
Q8) 현재 사용하는 강관비계 조립식 상부작업대와 비교하여 <b>조립 과정의 편리성이 개선되었다고</b> 생각하십니까?	① 예 (Q8.1로 이동) ② 아니오 (이유: _____)
Q8.1) 전용 시스템 비계의 조립 과정이 어느 정도 개선되었다고 생각하십니까?	
① 100%    ② 80% 이상    ③ 60% 이상    ④ 40% 이상    ⑤ 40% 미만	
Q9) 현재 사용하는 강관비계 조립식 상부작업대와 비교하여 <b>해체 과정의 편리성이 개선되었다고</b> 생각하십니까?	① 예 (Q9.1로 이동) ② 아니오 (이유: _____)
Q9.1) 전용 시스템 비계의 해체 과정이 어느 정도 개선되었다고 생각하십니까?	
① 100%    ② 80% 이상    ③ 60% 이상    ④ 40% 이상    ⑤ 40% 미만	
Q10) 현재 사용하는 강관비계 조립식 상부작업대와 비교하여 <b>운반 또는 이동 편의성이 개선되었다고</b> 생각하십니까?	① 예 ② 아니오 (이유: _____)
Q11) 현재 사용하는 강관비계 조립식 상부작업대와 비교하여 <b>개선효과가 우수하다고</b> 생각되는 부분은 어디입니까? (복수 응답 가능)	① 주부재(수직, 수평 및 경사재)    ② 가변형 작업발판    ③ 허부 경사지지대    ④ 앵커볼트
Q12) 현재 사용하는 비계 조립식 상부작업대와 비교하여 <b>개선효과가 미약하거나 불편함을 초래한다고</b> 생각되는 부분은 어디입니까? (복수 응답 가능)	① 주부재(수직, 수평 및 경사재)    ② 가변형 작업발판    ③ 허부 경사지지대    ④ 앵커볼트
Q13) 귀하의 상부작업대 설치 경력에 비춰서, 15인승 이하 MRL Type 엘리베이터 설치를 위한 상부작업대 설치 시 10개의 현장을 기준으로 몇 개소에 전용 시스템 비계를 사용할 수 있겠습니까?	① 10개소 모두    ② 8개소 이상    ③ 6개소 이상    ④ 4개소 이상    ⑤ 4개소 미만
Q14) 엘리베이터 설치 및 유지보수 전용 시스템 비계의 성능을 더욱 개선하기 위하여 연구팀이 고려해야 할 사항 또는 개선에 도움이 될 수 있는 의견을 자유롭게 기재해주시시오.	
_____ _____ _____	
마지막 질문까지 답변을 해주셔서 진심으로 감사합니다.	

**엘리베이터 설치 및 유지보수 전용 시스템 비계 설문지**  
- 상부작업대 설치 작업자 대상 -

안녕하십니까?

본 설문지는 엘리베이터 설치 및 유지보수 작업 중 추락사고를 방지하기 위하여 "기계실이 없는 엘리베이터(MRL Type)의 설치 및 유지보수 작업 시 안전작업기준 및 전용 작업발판 개발 연구"의 성과 중 하나인 "전용 시스템 비계"의 실제 현장 적용 가능성을 파악하기 위한 것으로서, 안전보건공단(산업안전보건연구원) 위탁연구용역과제의 일환으로 진행하고 있습니다. 본 설문은 총 2단계로 구성되어 있으며, 설문 응답에는 약 5분 정도가 소요될 예정입니다.

귀하께서 설문에 응답해주신 내용은 통계법 제33조(비밀의 보호) 제 1, 2항에 의거하여 철저하게 비밀이 보장되며, 설문 결과는 기계실이 없는 엘리베이터(MRL Type) 설치 및 유지보수 시 안전작업기준 및 전용발판 개발을 위한 통계목적에만 이용할 것을 약속드립니다. 바쁘시더라도 시간을 허락하시어 설문에 응답해주시면 기계실이 없는 엘리베이터의 설치 및 유지보수 작업 시 안전작업기준 및 전용발판 개발을 위한 자료로 소중히 활용하겠습니다. 감사합니다.

**통계법 제33조(비밀의 보호 등)**

1. 통계작성과정에서 알려진 사항으로서 개인 또는 법인이나 단체의 비밀에 속하는 사항은 보호되어야 한다.
2. 통계작성을 위하여 수집된 개인 또는 법인이나 단체의 비밀에 속하는 기초자료는 통계작성의 목적 외에 사용되어서는 아니 된다.

※ 본 조사와 관련하여 문의사항이 있으시면 아래로 연락주시기 바랍니다.

연구책임자 전남대학교 이기열 교수 연락처 : 062-530-2108 / gylee@jnu.ac.kr

**<설문 참고사항 및 작성 방법>**

1. 기계실이 없는 엘리베이터(MRL Type)를 대상으로 합니다.
2. 설문 내용을 잘 읽고 해당하는 보기 번호에  표시를 해주시거나 빈칸에 내용을 기록해 주십시오.

**I. 일반사항**

Q1) 귀하의 엘리베이터 설치/유지보수용 상부작업대(비계) 설치 경력은 얼마나 됩니까?

- ① 5년 이상    ② 4~5년    ③ 3~4년    ④ 2~3년    ⑤ 1~2년    ⑥ 1년 미만

Q2) 귀하께서 지금까지 주로 설치한 상부작업대(비계) 규격은 어떻게 됩니까?

Q2.1) 엘리베이터 형식 기준: ① MRL Type    ② MR Type

Q2.2) 승객정원 기준: ① 15인승 이상    ② 10~15인승    ③ 10인승 이하

Q2.2) 건물층수 기준: ① 15층 이상    ② 10~15층    ③ 5~10층    ④ 5층 이하

Q3) 귀하께서는 오늘 설치하신 엘리베이터 설치/유지보수 전용 시스템 비계 또는 이와 유사한 시스템 비계를 과거에도 설치하였거나 본 적이 있습니까?

- ① 설치를 한 경험이 있다.    ② 설치는 안해봤지만 본 적이 있다.    ③ 오늘 처음 봤다.

<b>II. 설치/유지보수 전용 시스템 비계 성능</b>	
Q1) 현재 사용하는 강관비계 조립식 상부작업대와 비교하여 <b>외형적인 안전성이 개선되었다고</b> 생각하십니까?	① 예 (Q1.1로 이동) ② 아니오 (이유: _____)
Q1.1) 전용 시스템 비계의 외형적인 안전성이 어느 정도 개선되었다고 생각하십니까?	① 100%    ② 80% 이상    ③ 60% 이상    ④ 40% 이상    ⑤ 40% 미만
Q2) 현재 사용하는 강관비계 조립식 상부작업대와 비교하여 <b>구조적인 안전성이 개선되었다고</b> 생각하십니까?	① 예 (Q2.1로 이동) ② 아니오 (이유: _____)
Q2.1) 전용 시스템 비계의 구조적인 안전성이 어느 정도 개선되었다고 생각하십니까?	① 100%    ② 80% 이상    ③ 60% 이상    ④ 40% 이상    ⑤ 40% 미만
Q3) 오늘 설치한 전용 시스템 비계가 <b>상부작업대를 설치/해체하는 작업자의 안전을 더욱 안전하게 보장할 수</b> 있다고 생각하십니까?	① 예 ② 아니오 (이유: _____)
Q4) 오늘 설치한 전용 시스템 비계가 <b>엘리베이터를 설치/유지보수하는 작업자의 안전을 더욱 안전하게 보장할 수</b> 있다고 생각하십니까?	① 예 ② 아니오 (이유: _____)
Q5) 현재 사용하는 강관비계 조립식 상부작업대와 비교하여 <b>상부작업대를 설치/해체하는데 소요되는 시간이 단축되었습니까?</b>	① 예 (Q5.1로 이동) ② 아니오 (이유: _____)
Q5.1) 전용 시스템 비계로 작업 시 상부작업대의 설치 및 해체 시간이 어느 정도 단축되었습니까?	① 1시간 30분 이상    ② 1시간 이상    ③ 30분 이상    ④ 30분 미만    ⑤ 기존과 동일
Q6) 오늘 설치한 전용 시스템 비계가 <b>상부작업대의 설치/해체에 필요한 작업공간을 충분히 확보</b> 하였습니까?	① 예 ② 아니오 (이유: _____)
Q7) 현재 사용하는 강관비계 조립식 상부작업대와 비교하여 <b>설치 비용이 절감</b> 된다고 생각하십니까?	① 예 ② 아니오 (이유: _____)

## II. 설치/유지보수 전용 시스템 비계 성능

Q8) 현재 사용하는 강관비계 조립식 상부작업대와 비교하여 **조립 과정의 편리성이 개선되었다고** 생각하십니까?

① 예 (Q8.1로 이동)

② 아니오 (이유: \_\_\_\_\_)

Q8.1) 전용 시스템 비계의 조립 과정이 어느 정도 개선되었다고 생각하십니까?

① 100%    ② 80% 이상    ③ 60% 이상    ④ 40% 이상    ⑤ 40% 미만

Q9) 현재 사용하는 강관비계 조립식 상부작업대와 비교하여 **해체 과정의 편리성이 개선되었다고** 생각하십니까?

① 예 (Q9.1로 이동)

② 아니오 (이유: \_\_\_\_\_)

Q9.1) 전용 시스템 비계의 해체 과정이 어느 정도 개선되었다고 생각하십니까?

① 100%    ② 80% 이상    ③ 60% 이상    ④ 40% 이상    ⑤ 40% 미만

Q10) 현재 사용하는 강관비계 조립식 상부작업대와 비교하여 **운반 또는 이동 편의성이 개선되었다고** 생각하십니까?

① 예

② 아니오 (이유: \_\_\_\_\_)

Q11) 현재 사용하는 강관비계 조립식 상부작업대와 비교하여 **개선효과가 우수하다고** 생각하는 부분은 어디입니까? (복수 응답 가능)

① 주부재(수직, 수평 및 경사재)    ② 가변형 작업발판    ③ 하부 경사지지대    ④ 앵커볼트

Q12) 현재 사용하는 비계 조립 상부작업대와 비교하여 **개선효과가 미약하거나 불편함을 초래한다고** 생각되는 부분은 어디입니까? (복수 응답 가능)

① 주부재(수직, 수평 및 경사재)    ② 가변형 작업발판    ③ 하부 경사지지대    ④ 앵커볼트

Q13) 귀하의 상부작업대 설치 경력에 비해서, 15인승 이하 MRL Type 엘리베이터 설치를 위한 상부 작업대 설치 시 10개의 현장을 기준으로 몇 개소에 전용 시스템 비계를 사용할 수 있었습니까?

① 10개소 모두    ② 8개소 이상    ③ 6개소 이상    ④ 4개소 이상    ⑤ 4개소 미만

Q14) 엘리베이터 설치 및 유지보수 전용 시스템 비계의 성능을 더욱 개선하기 위하여 연구팀이 고려해야 할 사항 또는 개선에 도움이 될 수 있는 의견을 자유롭게 기재해주시시오.

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

마지막 질문까지 답변을 해주셔서 진심으로 감사합니다.

**엘리베이터 설치 및 유지보수 전용 시스템 비계 설문지**  
**- 엘리베이터 설치/유지보수 작업자 대상 -**

안녕하십니까?  
 본 설문지는 엘리베이터 설치 및 유지보수 작업 중 추락사고를 방지하기 위하여 "기계실이 없는 엘리베이터(MRL Type)의 설치 및 유지보수 작업 시 안전작업기준 및 전용 작업발판 개발 연구"의 성과 중 하나인 "전용 시스템 비계"의 실제 현장 적용 가능성을 파악하기 위한 것으로서, 안전보건공단(산업안전보건연구원) 위탁연구용역과제의 일환으로 진행하고 있습니다. 본 설문은 총 2단계로 구성되어 있으며, 설문 응답에는 약 5분 정도가 소요될 예정입니다.  
 귀하께서 질문에 응답해주신 내용은 통계법 제33조(비밀의 보호) 제 1, 2항에 의거하여 철저하게 비밀이 보장되며, 설문지 결과는 기계실이 없는 엘리베이터(MRL Type) 설치 및 유지보수 시 안전작업기준 및 전용발판 개발을 위한 통계목적으로만 이용할 것을 약속드립니다. 바쁘시더라도 시간을 허락하시어 설문지 응답해주시면 기계실이 없는 엘리베이터의 설치 및 유지보수 작업 시 안전작업기준 및 전용발판 개발을 위한 자료로 소중히 활용하겠습니다. 감사합니다.

**통계법 제33조(비밀의 보호 등)**  
 1. 통계작성과정에서 알려진 사항으로서 개인 또는 법인이나 단체의 비밀에 속하는 사항은 보호되어야 한다.  
 2. 통계작성을 위하여 수집된 개인 또는 법인이나 단체의 비밀에 속하는 기초자료는 통계작성의 목적 외에 사용하여서는 아니 된다.

※ 본 조사와 관련하여 문의사항이 있으시면 아래로 연락주시기 바랍니다.  
 연구책임자 전남대학교 이기열 교수 연락처 : 062-530-2108 / gylee@jnu.ac.kr

**<설문 참고사항 및 작성 방법>**  
 1. 기계실이 없는 엘리베이터(MRL Type)를 대상으로 합니다.  
 2. 설문 내용을 잘 읽고 해당하는 보기 번호에  표시를 해주시거나 빈칸에 내용을 기록해 주십시오.

**I. 일반사항**

- Q1) 귀하의 엘리베이터 설치 및 유지보수 경력은 얼마나 됩니까?  
 ① 5년 이상    ② 4~5년    ③ 3~4년    ④ 2~3년    ⑤ 1~2년    ⑥ 1년 미만
- Q2) 귀하께서 지금까지 주로 설치한 엘리베이터 규격은 어떻게 됩니까?  
 Q2.1) 엘리베이터 형식 기준: ① MRL Type    ② MR Type  
 Q2.2) 승객정원 기준: ① 15인승 이상    ② 10~15인승    ③ 10인승 이하  
 Q2.2) 건물층수 기준: ① 15층 이상    ② 10~15층    ③ 5~10층    ④ 5층 이하
- Q3) 귀하께서는 오늘 이용하신 엘리베이터 설치/유지보수 전용 시스템 비계 또는 이와 유사한 비계를 과거에도 이용하였거나 본 적이 있습니까?  
 ① 이용을 한 경험이 있다.    ② 이용은 안해봤지만 본 적이 있다.    ③ 오늘 처음 이용했다.

## Ⅱ. 설치/유지보수 전용 시스템 비계 성능

Q1) 현재 사용하는 강관비계 조립식 상부작업대와 비교하여 **외형적인 안전성이 개선되었다고** 생각하십니까?

① 예 (Q1.1로 이동)

② 아니오 (이유: \_\_\_\_\_)

Q1.1) 전용 시스템 비계의 외형적인 안전성이 어느 정도 개선되었다고 생각하십니까?

① 100%    ② 80% 이상    ③ 60% 이상    ④ 40% 이상    ⑤ 40% 미만

Q2) 현재 사용하는 강관비계 조립식 상부작업대와 비교하여 **구조적인 안전성이 개선되었다고** 생각하십니까?

① 예 (Q2.1로 이동)

② 아니오 (이유: \_\_\_\_\_)

Q2.1) 전용 시스템 비계의 구조적인 안전성이 어느 정도 개선되었다고 생각하십니까?

① 100%    ② 80% 이상    ③ 60% 이상    ④ 40% 이상    ⑤ 40% 미만

Q3) 현재 사용하는 강관비계 조립식 상부작업대와 비교하여 **엘리베이터 설치/유지보수 작업 중에 느껴지는 불안감이 감소되었습니까?**

① 예 (Q3.1로 이동)

② 아니오 (이유: \_\_\_\_\_)

Q3.1) 전용 시스템 비계를 이용하여 작업 시 불안감은 어느 정도 감소되었습니까?

① 100%    ② 80% 이상    ③ 60% 이상    ④ 40% 이상    ⑤ 40% 미만

Q4) 오늘 이용한 전용 시스템 비계가 **엘리베이터를 설치/유지보수하는 작업자의 안전을 더욱 안전하게 보장할 수 있다고** 생각하십니까?

① 예

② 아니오 (이유: \_\_\_\_\_)

Q5) 오늘 이용한 전용 시스템 비계가 **엘리베이터의 설치/유지보수에 따른 작업공간을 충분히 확보하였습니까?**

① 예

② 아니오 (이유: \_\_\_\_\_)

Q6) 현재 사용하는 강관비계 조립식 상부작업대와 비교하여 **개선효과가 우수하다고** 생각되는 부분은 어디입니까? (복수 응답 가능)

① 주부재(수직, 수평 및 경사재)    ② 가변형 작업발판    ③ 하부 경사지지대    ④ 앵커볼트

Q7) 현재 사용하는 강관비계 조립식 상부작업대와 비교하여 **개선효과가 미약하거나 불편함을 초래한다고** 생각되는 부분은 어디입니까? (복수 응답 가능)

① 주부재(수직, 수평 및 경사재)    ② 가변형 작업발판    ③ 하부 경사지지대    ④ 앵커볼트

**II. 설치/유지보수 전용 시스템 비계 성능**

Q8) 현재 사용하는 강관비계 조립식 상부작업대와 비교하여 전용 시스템 비계 사용 시 엘리베이터 설치/유지보수 비용이 절감된다고 생각하십니까?

- ① 예
- ② 아니오 (이유: \_\_\_\_\_ )

Q9) 오늘 이용한 엘리베이터 설치 및 유지보수 전용 시스템 비계의 성능을 더욱 개선하기 위하여 연구팀이 고려해야 할 사항 또는 개발에 도움이 될 수 있는 의견을 자유롭게 기재해주시시오.

---

---

---

---

---

---

마지막 질문까지 답변을 해주셔서 진심으로 감사합니다.

## 〈〈연 구 진〉〉

연 구 기 관 : 전남대학교 산학협력단

연구책임자 : 이기열 (전남대학교 조경학과 교수)

연 구 원 : 이경선 (부산가톨릭대학교 산업보건학과 교수)

민승남 (신성대학교 드론산업안전과 교수)

황재진 (노던일리노이대학교 산업공학과 교수)

전두성 (은진산업 대표이사)

김정인 (전남대학교 조경학과)

최은서 (전남대학교 조경학과)

정선화 (부산가톨릭대학교 산업보건학과)

연구상대역 : 황종문 (연구위원, 산업안전연구실)

## 〈〈연 구 기 간〉〉

2020. 04. 09 ~ 2020. 11. 30

본 연구는 산업안전보건연구원의 2020년도 위탁연구 용역사업에 의한 것임

본 연구보고서의 내용은 연구책임자의 개인적 견해이며, 우리 연구원의 공식견해와 다를 수도 있음을 알려드립니다.

**산업안전보건연구원장**

**엘리베이터 설치와 유지보수 시 안전작업기준  
및 전용발판 개발에 관한 연구**

(2020-산업안전보건연구원-894)

---

발 행 일 : 2020년 11월  
발 행 인 : 산업안전보건연구원 원장 고재철  
연구 책임자 : 전남대학교 이기열  
발 행 처 : 안전보건공단 산업안전보건연구원  
주 소 : (44429) 울산광역시 중구 종가로 400  
전 화 : (052) 703-0845  
팩 스 : (052) 703-0334  
누 리 집 : <http://www.kosha.or.kr/oshri>

---