건설분야-연구자료
연구원 2000-22-142
S-RD-I-2000-22-142

RC 교량의 동바리 안전작업절차서 개발에 관한 연구

The Development of Safety Orders on the Staging Works of RC Bridges

한국산업안전공단
산업안전보건연구원

提 出 文

韓國産業安全公團 理事長 貴下

본 報告書를 産業安全 先進化 3개년 計劃에 의거하여 建設工事 安全作業 水準向上의 일환으로 遂行한 『RC 교량의 동바리 안전작업절차서 개발에 관한 연구』의 最終 報告書로 提出합니다.

1 9 9 9 년 12 월 일

주관연구부서 : 산 업 안 전 보 건 연 구 원
안 전 공 학 연 구 실

연 구 책 임 자 : 책임연구원 최 원 일

공 동 연 구 자 : 이 명 구(서울보건대학 조교수, 공학박사)
정 명 진(서울보건대학 조교수, 공학박사)

연 구 보 조 원 : 최 인 기(한 양 대 학 교 토목공학과 공학석사)
김 희 태(한 양 대 학 교 토목공학과 석사과정)
송 재 금(서울보건대학 산업안전과 조 교)
박 미 경(서울보건대학 산업안전과 조 교)

요 약 문

1. 과제명 : RC 교량의 동바리 안전작업절차서 개발에 관한 연구

2. 연구기간 : 1999년 1월 1일 ~ 1999년 12월 31일

3. 연구자

가. 연구책임자 : 책임연구원 최원일

나. 공동연구자

이 명 구 : 서울보건대학 조교수, 공학박사

정 명 진 : 서울보건대학 조교수, 공학박사

다. 연구보조원

최 인 기 : 한양대학교 토목공학과 공학석사

김 희 태 : 한양대학교 토목공학과 석사과정

송 재 금 : 서울보건대학 산업안전과 조 교

박 미 경 : 서울보건대학 산업안전과 조 교

4. 연구목적

건설재해를 방지하기 위해서는 공사계획 수립시 시공성, 경제성, 안전성을 고려하여 공정단계별 위험요소 및 제반 문제점을 도출하고 사전에 이를 제거함으로써 안전하게 작업을 수행하여야 하나, 이에 관한 관련 자료의 부족으로 인하여 체계적인 안전시공이 정착화되지 못하고 있는 실정이다.

따라서 본 연구에서는 RC교량의 동바리 구조의 안전성 확보를 위하여 동바리 구조의 안전작업절차를 개발하고 사업장에 보급함으로써 올바른 작업방법 및 순서를 준수하고 각종 안전시설의 확충과 기술지도 및 교육자료로 활용될 수 있도록 하는 것에 그 목적이 있다.

5. 연구내용

가. 재해사례 수집 및 분석

(1) 최근 6년간 교량공사중 발생된 중대재해 사례 조사

(2) 공종, 직종, 재해원인 등으로 분석

(3) RC교량 관련 국내외 문헌 조사

나. RC교량의 동바리 공종 및 공정 분석

(1) 슬래브교, 라멘교, T빔교

(2) 기초공사, 거푸집공사, 콘크리트공사, 마감공사

(3) 교량건설현장의 동바리 실태조사

(4) 공정별 안전작업 절차 정리

(5) 공정별 위험요인 및 안전대책

다. 동바리 재료의 종류 및 물리적 성질의 자료 정리

(1) 합판, 각재, 강관, 파이프써포트, 틀비계, 조립강주

(2) 탄성계수, 극한강도, 허용강도, 안전율

라. 지반조건에 따른 동바리의 안전작업 수칙

(1) 연약지반의 보강공법

(2) 동바리 기초의 안전기준

(3) 동바리 기초의 설치방법

마. 동바리 구조의 설치·해체 작업의 안전 수칙

(1) 설치·해체의 올바른 작업방법 및 순서

(2) 보호장구 및 안전시설

바. 동바리 구조의 종류별 구조 계산 예

(1) 구조해석용 표준 모델

(2) 구조적 안전성 검토를 위한 자료 제공

사. 철근의 도괴방지 모델

(1) 철근조립작업의 실태조사

(2) 철근조립의 안전작업절차

6. 활용계획

RC 교량공사중 발생된 재해사례를 분석하고 공정별 안전작업절차를 개발하여 사업장에 보급함으로써 다음과 같은 기대효과를 얻을 수 있을 것으로 판단된다.

1) 재해사례의 분석으로 동일유형의 재해에 대한 위험예지능력 향상
2) 콘크리트 작업계획서 작성시 참고자료의 제공
3) 동바리 구조 설계용 참고자료 제공
4) 안전관리자 및 근로자의 교육용 자료 제공
5) 안전한 작업을 위한 표준 모델의 제공
6) RC교량공사 및 유사한 공사와 관련된 재해예방 자료의 제공

본 연구의 결과로 얻어진 성과물은 다음과 같이 활용될 것으로 생각된다.

1) 사업장 점검 및 지도교육 자료로 활용
2) 작업전에 수립하는 작업계획서의 작성시 참고자료로 활용
3) 동바리 구조를 설계할 때 안전성 검토 자료로 활용

7. 연구개요

RC 교량공사의 동바리 작업중 발생되는 재해를 방지하기 위하여 교량공사중 발생된 재해사례의 분석, 교량공사 현장의 실태조사, 동바리용 가설기자재 생

산실태조사, 교량공사의 공종 및 공정의 분석, 동바리의 안전작업절차 수립, 동바리 설계의 표준 모델 제시 등의 과업을 수행하였다. 일련의 연구과정을 통하여 RC 교량 동바리 공사중 발생되는 동종재해 및 유사재해를 방지하기 위한 안전작업절차를 제시하였으며, 동바리 설계 및 안전성을 검토하기 위한 표준모델을 제시하였다.

이 연구과정에서 얻어진 결론 및 건의사항은 다음과 같다.

(1) 교량공사에서 발생된 재해는 목공, 철근공, 콘크리트공 등 콘크리트 거푸집 동바리공사와 직·간접적으로 관련된 근로자에게서 발생된 재해가 45%나 되어 매우 높은 것으로 나타났다.

(2) 교량공사 현장에서 발생된 재해를 재해형태별로 분류할 때 추락재해가 가장 높았으며, 다음이 붕괴재해로서 동바리 붕괴재해가 가장 많이 발생되고 있었다. 따라서 교량공사의 재해방지는 추락 및 동바리 붕괴 방지가 가장 우선 과제인 것으로 판단된다.

(3) 동바리용 가설기자재의 사용실태를 조사한 결과 "가설기자재 성능검정규격"과 일치하지 않는 제품의 사용도 있었으며, 동바리용 가설재의 종류가 너무나 다양하기 때문에 일일이 성능검정규격으로 제시할 수 없는 상황인 것도 많았다. 따라서 가설기자재의 안전성 확보를 위하여 현장여건을 고려한 제도적 보완대책의 검토가 필요할 것으로 생각된다.

(4) 동바리 공사중 발생될 수 있는 추락, 붕괴, 도괴 등의 재해를 방지하기 위하여 교량공사의 전반적인 공정을 분석하고 동바리 공사의 안전작업절차를 제시하였다.

(5) 현장실태조사 결과 대부분의 공사 현장이 정확한 동바리의 설계를 수행하지 않고 경험에 의존하고 있어 동바리의 붕괴를 유발할 수 있는

가능성을 내포하고 있었다. 동바리 설계 예를 데이터 베이스화하여 간단한 절차를 거쳐 콘크리트 크기별로 동바리의 설계 및 안전성을 검토할 수 있는 모델을 제시하였다.

(6) 동바리의 설계는 교량 형식 및 부재의 크기에 따라 매우 다양하므로 이들에 대한 모든 설계 예를 제시하기는 어려움이 있어 표준 모델을 제시함으로써 콘크리트의 연직하중 및 수평하중이 거푸집 동바리 구조를 따라 응력전달되어 가는 과정을 제시함으로써 해석의 편의를 제시하였다.

8. 중심어

거푸집 동바리, 연직하중, 수평하중, 안전작업절차

차　　례

요 약 문 ………… i

제 1 장 서 론 ………… 1
1. 연구의 배경 및 목적 ………… 1
2. 연구의 범위 및 내용 ………… 2
　가. 연구범위 ………… 2
　나. 연구내용 ………… 3
3. 연구수행 방법 및 일정 ………… 4
　가. 연구수행 방법 ………… 4
　나. 연구수행 일정 ………… 7

제 2 장 교량공사의 중대재해 사례 분석 ………… 8
1. 개 요 ………… 8
2. 재해자의 인적 특성 ………… 10
　가. 재해자 직종별 ………… 10
　나. 당해 현장 근무경력별 ………… 12
3. 재해현장의 특성 ………… 14
　가. 공사금액 ………… 14
　나. 공정율 ………… 16
4. 재해발생 형태 ………… 18
　가. 재해발생형태 ………… 18
　나. 추락높이별 ………… 20

다. 붕괴형태별 22

제 3 장 RC교량의 동바리 안전작업절차 24
1. 개 요 24
2. RC교량공사의 공정분석 26
가. 공정별 위험요소 26
나. 주요작업내용별 안전성 확보방안 30
3. 동바리 안전작업절차 48
가. 공통사항 48
나. 하부구조물의 거푸집동바리 작업 53
다. 상부구조물의 거푸집동바리 작업 65

제 4 장 동바리 구조 설계 78
1. 하중조건 78
가. 연직하중 78
나. 콘크리트 측압 79
다. 기타하중 81
2. 거푸집 동바리 구조의 종류 82
가. 가설기자재 생산 현황 82
나. 파이프써포트 83
다. 보조지주 86
라. 강 관 87
마. 강관틀 89
바. 기 타 91
3. 연직하중의 설계 92
가. 동바리 설계의 체계 92
나. 거푸집 널의 설계 96

다. 장선재의 설계 ···· 101
라. 멍에재의 설계 ···· 115
마. 동바리의 설계 ···· 130
4. 수평하중의 설계 ···· 143
가. 동바리 설계의 체계 ···· 143
나. 거푸집 널의 설계 ···· 148
다. 장선재의 설계 ···· 152
5. 기타 형식의 설계 ···· 164
가. 조립틀과 파이프써포트의 조합 ···· 164
나. 슬래브 난간의 캔틸레버부의 동바리 설계 ···· 165

제 5 장 결 론 ···· 171

참고문헌 ···· 173

부 록 ···· 174

ABSTRACT ···· 181

표 차 례

<표 1-1> 연구 수행 일정 7

<표 2-1> 재해자의 직종별 발생현황 10
<표 2-2> 재해자의 당해 현장 경력별 발생현황 12
<표 2-3> 공사금액별 재해발생현황 14
<표 2-4> 공정율별 재해발생현황 16
<표 2-5> 재해형태별 발생현황 18
<표 2-6> 추락높이에 따른 재해발생현황 20
<표 2-7> 붕괴에 따른 재해발생현항 22

<표 3-1> 교량의 종류 25
<표 3-2> RC교량공사의 공정별 위험요소 26
<표 3-3> 지게차의 안정도 값 39
<표 3-4> 거푸집 동바리의 분류 65

<표 4-1> 콘크리트 및 철근콘크리트의 단위중량 79
<표 4-2> 국내 콘크리트 표준시방서 기준 (1999년 건교부) 80
<표 4-3> 일본 콘크리트학회의 측압 제안식 (1999년) 81
<표 4-4> 파이프써포트의 성능검정 규격(노동부 고시 제 1998-65호) 83
<표 4-5> 국내 파이프써포트 생산품의 실태조사(계속) 84
<표 4-6> 보조지주의 성능검정 규격 (노동부 고시 제 1998-65호) 86
<표 4-7> 강관의 성능검정 규격 87

<표 4-8> 국내 강관 생산품의 실태조사 87
<표 4-9> 강관틀의 성능검정규격 89
<표 4-10> 국내 강관틀의 생산품의 실태조사 90
<표 4-11> 기타 거푸집동바리용 가설기자재 91
<표 4-12> 합판의 종류별 단면특성(단면폭 1cm 기준) 96
<표 4-13> 합판두께 12mm일때 슬래브두께별 장선재 허용간격기준 .. 98
<표 4-14> 합판두께 15mm일때 슬래브두께별 장선재 허용간격기준 .. 99
<표 4-15> 합판두께 18mm일때 슬래브두께별 장선재 허용간격기준 100
<표 4-16> 장선재의 종류별 단면특성 101
<표 4-17> 장선재가 □ 7×7cm인 목재일때 슬래브 두께별 멍에재 허용간격 기준 103
<표 4-18> 장선재가 □ 9×9cm인 목재일 때 슬래브 두께별 멍에재 허용간격 기준 106
<표 4-19> 장선재가 □ 25×25×1.8t mm인 강재일 때 슬래브 두께별 멍에재 허용간격 기준 109
<표 4-20> 장선재가 □ 50×50×2t mm인 강재일 때 슬래브 두께별 멍에재 허용간격 기준 112
<표 4-21> 멍에재의 종류별 단면특성 115
<표 4-22> 멍에재가 □ 7×7 cm인 목재일 때 슬래브 두께별 동바리 허용간격 기준 117
<표 4-23> 멍에재가 □ 9×9 cm인 목재일 때 슬래브 두께별 동바리 허용간격 기준 121
<표 4-24> 멍에재가 □ 25×25mm인 강재일 때 슬래브 두께별 동바리 허용간격 기준 124
<표 4-25> 멍에재가 □ 50×50mm인 강재일 때 슬래브 두께별 동바리 허용간격 기준 127
<표 4-26> 파이프써포트의 단면특성 130

<표 4-27> 멍에재 간격별 멍에재 길이방향 동바리 허용간격 133
<표 4-28> 강관의 단면특성 134
<표 4-29> 멍에재 간격별 멍에재 길이방향 동바리 허용간격 기준 ... 137
<표 4-30> 조립틀의 단면특성 138
<표 4-31> 합판두께 12mm일 때 타설높이별 장선재 허용간격 기준 149
<표 4-32> 합판두께 15mm일 때 타설높이별 장선재 허용간격 기준 150
<표 4-33> 합판두께 18mm일 때 타설높이별 장선재 허용간격 기준 151
<표 4-34> 장선재의 종류별 단면특성 152
<표 4-35> 장선재가 □ 7×7cm인 목재일 때 타설높이별 멍에재 허용간격 기준 154
<표 4-36> 장선재가 □ 9×9cm인 목재일 때 타설높이별 멍에재 허용간격 기준 156
<표 4-37> 장선재가 □ 25×25mm인 강재일 때 타설높이별 멍에재 허용간격 기준 158
<표 4-38> 장선재가 □ 50×50mm인 강재일 때 타설높이별 멍에재 허용간격 기준 160
<표 4-39> 장선재가 강관일 때 타설높이별 멍에재 허용간격 기준 ... 162
<표 4-40> 브라켓 동바리의 단면특성 167

그 림 차 례

[그림 1-1] 연구 수행 흐름도 5

[그림 2-1] 재해자의 직종별 발생현황 11
[그림 2-2] 재해자의 당해 현장 경력별 발생현황 13
[그림 2-3] 공사금액별 재해발생현황 15
[그림 2-4] 공정율별 재해발생현황 17
[그림 2-5] 재해형태별 발생현황 19
[그림 2-6] 추락높이에 따른 재해발생현황 21
[그림 2-7] 붕괴형태에 따른 재해발생현황 22

[그림 3-1] 하물의 인양작업의 표준작업 체계도 36
[그림 3-2] 낱개의 철근 운반시 고리걸이 예 37
[그림 3-3] 지게차의 인양높이와 허용적재하중과의 관계 38
[그림 3-4] 교각 수직철근의 도괴방지 모델 44
[그림 3-5] 전동기계기구의 외함접지 예 46
[그림 3-6] 크레인의 충전전로에 접촉된 예 46

[그림 4-1] 연직하중을 받는 거푸집 설계 과정 92
[그림 4-2] 연직하중에 대한 동바리의 표준 단면도 94
[그림 4-3] 거푸집 널의 하중분담도 95
[그림 4-4] 장선재의 하중분담도 95
[그림 4-5] 멍에재의 하중분담도 95

[그림 4-6] 동바리의 하중분담도 95
[그림 4-7] 조립틀 1개조의 대표적인 단면치수 139
[그림 4-8] 조립틀 1개조의 구조해석 결과 141
[그림 4-9] 수평하중을 받는 거푸집 동바리 설계과정 143
[그림 4-10] 수평하중에 대한 동바리의 표준 단면도 145
[그림 4-11] 거푸집 널의 하중분담도 146
[그림 4-12] 장선재의 하중분담도 146
[그림 4-13] 멍에재의 하중분담도 147
[그림 4-14] Tie Bolt의 하중분담도 147
[그림 4-15] 파이프써포트와 조립틀의 조합 예 164
[그림 4-16] 조립틀에 작용하는 하중상태에 따른 강도 감소 165
[그림 4-17] 슬래브 난간 켄틸레버 동바리 166
[그림 4-18] 브라켓 동바리의 단면치수 167
[그림 4-19] 브라켓 동바리의 단면력도 168

제 1 장 서 론

1. 연구의 배경 및 목적

1980년대 후반부터 산업안전분야에 대한 정부 및 민간의 지대한 노력으로 해마다 재해율 및 도수율이 감소되어 10년동안 절반으로 감소하였으나, 1995년 이래 강도율은 증가추세에 있는 실정이다. 1998년 노동부 통계자료에 의하면 산업재해로 인하여 발생된 경제적 손실은 7조 3천억원이나 되며, 건설분야가 전 산업에 차지하는 비율은 사업장 및 노동자수가 약 25%를 차지하고 있는 것으로 발표되었다. 또한 건설재해로 인하여 발생된 사망자수는 한해동안 650명이나 되어 건설분야가 산업재해에 차지하는 비중은 매우 크다 할 것이다.

이러한 건설재해를 방지하기 위해서는 정확한 재해사례조사를 통하여 이를 분석하고 사업장에 보급함으로써 간접경험을 통한 위험예지능력을 향상시키고, 지속적으로 기술자료를 개발하여 보급함으로써 근로자들로 하여금 올바른 작업방법 및 작업순서를 숙지할 수 있도록 하여야 하며, 끊임없는 안전점검 및 지도교육을 통하여 근로자의 안전의식을 고취시키는 것이 매우 중요한 과제라 할 것이다.

재해발생 원인은 크게 3가지로 분류될 수 있는데 안전한 작업방법을 모르기 때문에 발생되는 경우, 안전한 작업방법을 알면서도 하지 않기 때문에 발생되는 경우, 안전한 작업방법으로 하려고 하여도 할 수 없기 때문에 발생되는 경우가 있다. 건설재해 발생의 추이를 보면 중소규모 사업장에서 발생되는 재해

율이 비교적 높으며, 이러한 현장에서는 그 기술력과 작업환경이 열악하여 올바른 작업방법의 미숙과 불충분한 안전시설이 재해발생의 원인이 되고 있다. 건설재해를 방지하기 위해서는 공사계획 수립시 시공성, 경제성, 안전성을 고려하여 공정단계별 위험요소 및 제반 문제점을 도출하고 사전에 이를 제거함으로써 안전하게 작업을 수행하여야 하나, 이에 관한 관련 자료의 부족으로 인하여 체계적인 안전시공이 정착화 되지 못하고 있는 실정이다.

따라서 본 연구에서는 RC교량의 동바리 구조의 안전성 확보를 위하여 동바리 구조의 안전작업절차를 개발하고 사업장에 보급함으로써 올바른 작업방법 및 순서를 준수하고 각종 안전시설의 확충과 기술지도 및 교육자료로 활용될 수 있도록 하는 것에 그 목적이 있다.

2. 연구의 범위 및 내용

가. 연구범위

(1) 재해사례 수집 및 분석

(2) RC교량의 공종 및 공정 분석

(3) 동바리 재료의 종류 및 물리적 성질의 자료 정리

(4) 지반조건에 따른 동바리의 안전작업 수칙

(5) 동바리 구조의 설치·해체 작업 및 유지관리 안전수칙

(6) 동바리 구조의 종류별 구조 계산 예

(7) 철근의 도괴방지 모델

나. 연구내용

(1) 재해사례 수집 및 분석

(가) 최근 6년간 교량공사중 발생된 중대재해 사례 조사

(나) 공종, 직종, 재해원인 등으로 분석

(다) RC교량 관련 국내외 문헌 조사

(2) RC교량의 동바리 공종 및 공정 분석

(가) 슬래브교, 라멘교, T빔교

(나) 기초공사, 거푸집공사, 콘크리트공사, 마감공사

(다) 교량건설현장의 동바리 실태조사

(라) 공정별 위험요인 및 안전대책

(마) 공정별 안전작업 절차 정리

(3) 동바리 재료의 종류 및 물리적 성질의 자료 정리

(가) 합판, 각재, 강관, 파이프써포트, 틀비계, 조립강주

(나) 탄성계수, 극한강도, 허용강도, 안전율

(4) 지반조건에 따른 동바리의 안전작업 수칙

(가) 연약지반의 보강공법

(나) 동바리 기초의 안전기준

(다) 동바리 기초의 설치방법

(5) 동바리 구조의 설치·해체 작업의 안전 수칙

(가) 설치·해체의 올바른 작업방법 및 순서

(나) 보호장구 및 안전시설

(6) 동바리 구조의 종류별 구조 계산 예

(가) 구조해석용 표준 모델

(나) 구조적 안전성 검토를 위한 자료 제공

(7) 철근의 도괴방지 모델

(가) 철근조립작업의 실태조사

(나) 철근조립의 안전작업절차

3. 연구수행 방법 및 일정

가. 연구수행 방법

RC교량의 동바리 안전작업절차서를 개발하기 위하여 재해사례를 분석하고 작업중 발생될 수 있는 모든 재해요인을 도출하여 이를 근원적으로 방지할 수 있는 대책을 수립하고자 한다.

슬래브교, 라멘교, T빔교 등 RC교량의 구조형태별로 분류하고, 하천횡단교, 도로횡단교, 철도횡단교 등 교량가설 형식별로 분류하여 지반조건 및 주변환경에 따른 동바리 안전작업절차를 제시한다

연구수행 과정은 [그림 1-1]과 같다.

자 료 수 집

- 재해사례
- 동바리 재료의 종류
- 동바리 재료의 물성치

한국가설협회 및 회원사 방 문 조 사

학　　교 : 정명진 교　수
안전공단 : 최원일 연구원

현장 실태 조사

- 현대산업개발(주)외 10개사

교량현장 실태조사

학　　교 : 이명구 교　수
안전공단 : 최원일 연구원

분석 및 고찰

- 재해사례 분석
- 재해원인 도출
- 공종 및 공정 분석

안전작업절차서의 개발

- 안전작업 순서 및 방법
- 안전시설 기준 및 안전수칙
- 동바리 재료의 종류별 구조계산 예
- 동바리 구조계산용 표준모델의 제시
- 철근도괴방지 모델

자 문 회 의

- 관련 전문가 합동토의
- 최종 연구결과 도출

결　　론

활 용 방 안

- 사업장 점검 및 지도교육 자료로 활용
- 동바리 구조 설계를 위한 자료로 활용
- 안전관리자 및 근로자의 교육용 자료로 활용

기 대 효 과
• 동일유형의 재해에 대한 위험예지능력 향상 • 콘크리트 작업계획서 작성시 참고자료의 제공 • 안전한 작업을 위한 표준 모델의 제공 • 동바리 구조 설계용 모델 제공

[그림 1-1] 연구 수행 흐름도

나. 연구수행 일정

<표 1-1> 연구수행일정

일 정 / 공 종	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월
1. 재해사례수집 및 분석 - 최근 6년간 교량공사중 96건 - 공종, 직종, 재해원인 등 - RC교량 관련 자료수집												
2. RC교량의 동바리 공종 및 공정 분석 - 슬래브교, 라멘교, T빔교 - 교량공사 현장 동바리 실태조사 - 공정별 위험요인 및 안전대책 - 공정별 안전작업절차 제시												
3. 동바리 재료 자료정리 - 재료의 종류 - 물리적 성질												
4. 동바리 작업의 안전수칙 - 기초지반의 보강공법 - 설치해체작업 안전수칙 - 보호장구 및 안전시설												
5. 동바리구조의 구조계산 예 - 구조해석용 표준모델 - 구조안전성 검토 자료												
6. 보고서 작성												

제 2 장 교량공사의 중대재해 사례 분석

1. 개 요

건설업은 일반 타업종과는 구분되는 특수성을 지니고 있어 일반적으로 재해의 강도율이 높고 전체 산업에서 차지하는 재해율이 높은 실정이다.

노동부 통계자료에 의하면 전체 산업재해로 인하여 지급되는 산업보상금은 1년에 약 1조 4500억원이며 건설업만 5800억원으로써 전체의 약 40%를 차지하고 있다. 직간접적인 손실액을 감안하면 이것의 약 5배 가량의 금전적 손실을 당하고 있으며, 건설업만 약 2조 9000억원에 달하고 있다. 또한 건설근로자는 전산업 근로자중에서 약 23.7%를 차지하고 있으나 건설현장의 재해자수는 전산업의 재해자중에서 약 25.5%를 차지하고 있다. [1998년도 노동부 자료]

이러한 건설재해로 인한 손실을 방지하기 위해서는 타업종에 비하여 건설업만이 갖는 특수성을 이해하고 있어야 할 것이다.

이 연구에서는 높은 재해율을 갖는 건설재해를 방지할 목적으로 건설재해중에서도 교량공사에서 발생된 재해를 조사대상으로 하였다.

1993년부터 1998년까지 6년간 교량공사 중 발생된 중대재해 96건(사망자101명, 부상자26명으로 총재해자수 127명)을 대상으로 재해사례를 조사·분석하였다. 본 연구의 주제인 RC교량의 동바리 작업중 발생된 재해사례만을 조사 분석하는 것이 바람직할 것으로 생각되나 이미 조사된 재해사례의 자료를 이용하여야 하고 조사되어진 항목의 한계성 등으로 인하여 모든 교량공사중 발생

된 재해사례를 분석 대상으로 하였다. 따라서 본 재해사례분석에서는 RC교량 동바리 공사뿐만 아니라 이와 공종 및 공정과 연계된 위험예지능력 향상에도 기여할 것으로 생각된다. 재해사례 분석의 가장 근원적인 목적은 공사종류별, 근로자 특성별 발생 가능한 재해형태를 파악하여 근로자와 관리자로 하여금 위험예지능력을 향상시키고 간접적인 경험을 얻도록 함으로써 동일 또는 유사한 재해발생을 방지하기 위함이다.

2. 재해자의 인적 특성

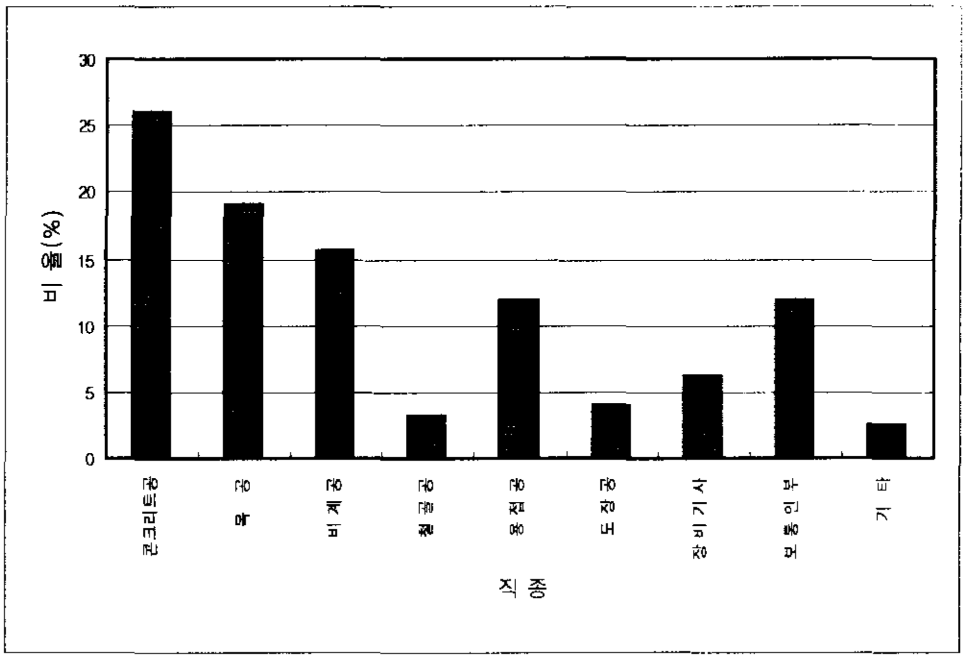
가. 재해자 직종별

(1) 조사결과

교량공사중 어느 직종에서 재해 발생빈도가 높은지를 평가하기 위하여 재해 발생현황을 직종별로 분석하였으며 그 결과는 <표2-1> 및 [그림 2-1]과 같다.

<표 2-1> 재해자의 직종별 발생현황

연 번	직 종	재해자수	비 율(%)
1	콘크리트공	33	26.0
2	목 공	24	19.0
3	비 계 공	20	15.7
4	철 골 공	4	3.1
5	용 접 공	15	11.8
6	도 장 공	5	3.9
7	장 비 기 사	8	6.3
8	보 통 인 부	15	11.8
9	기 타	3	2.4
계		127	100



[그림 2-1] 재해자의 직종별 발생현황

(2) 분석내용

(가) 직종별 재해현황은 콘크리트공이 26.0%로 가장 높았으며, 그 다음이 목공(19%), 비계공(15.7%)의 순으로 나타났다.

(나) 콘크리트공과 목공은 그 성격상 거푸집 작업 및 콘크리트 타설작업에 투입되는 자로서 이들 모두 콘크리트 공사에 종사한다고 한다면 교량공사에서 발생되는 재해중 콘크리트 공사를 수행할 때 발생되는 재해가 45%를 차지하는 것을 알 수 있다.

(다) 콘크리트공사를 수행할 때 발생되는 재해의 재해자수가 많은 것은 단일 재해건에서 재해자수가 다량으로 발생되기 때문인 것으로 조

사되었다.

(라) 따라서 교량공사에서 발생되는 재해를 감소시키기 위해서는 콘크리트공사를 중점적으로 관리감독하여야 할 것이라고 판단된다.

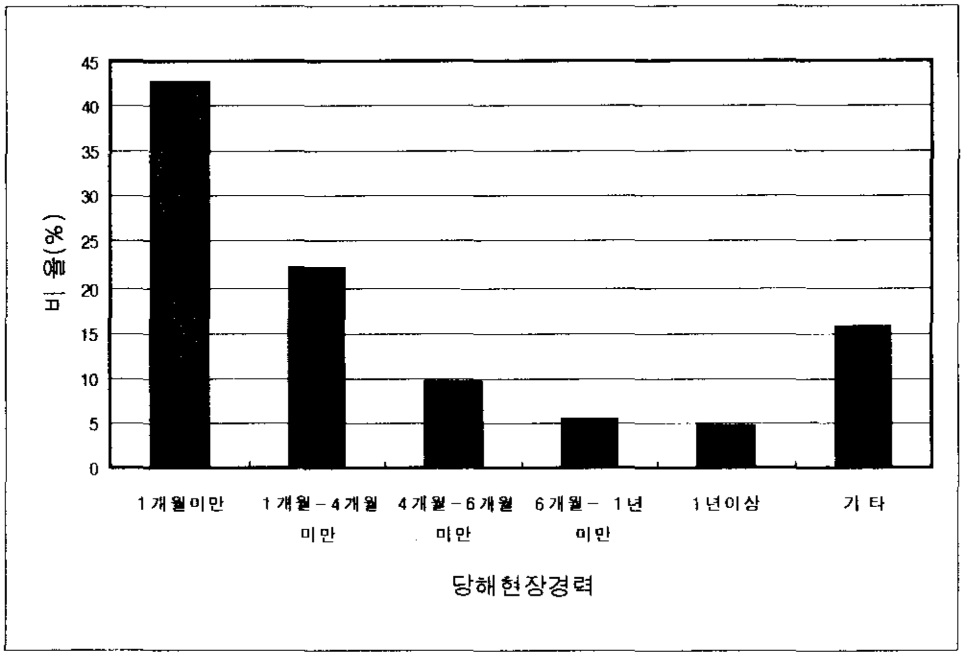
나. 당해 현장 근무경력별

(1) 조사결과

재해자가 사고 당해 현장에서 종사한 근무경력을 분석함으로써 중점적으로 관리하여야 할 대상자를 선정하고자 하였다. 건설현장은 그 특성상 근로자들이 유동적 이어서 당해 공종에 대한 전체경력은 많으나 당해 현장에서 종사한 경력은 적을 수 있다. 따라서 이러한 현황을 <표 2-2> 및 [그림 2-2]에 나타내었다.

<표 2-2> 재해자의 당해 현장 경력별 발생현황

연 번	경 력	재해자수	비 율(%)
1	1개월 미만	54	42.6
2	1개월 ~ 4개월 미만	28	22.0
3	4개월 ~ 6개월 미만	12	9.4
4	6개월 ~ 1 년 미만	7	5.5
5	1년 이상	6	4.7
6	기 타	20	15.8
계		127	100



[그림 2-2] 재해자의 당해 현장 경력별 발생현황

(2) 분석내용

(가) 당해 현장에 종사한 경력이 1개월 미만인 자에게서 발생되는 재해가 전체 재해의 42.6%가 되어 있어 신규채용자에게서 발생되는 재해가 매우 높은 것을 알 수 있었다. 따라서 신규채용후 각 교량 투입전에는 신규채용자 특별안전교육을 철저히 시킬 것이 요구된다.

(나) 동종 업무에 종사한 경력이 많다고 하더라도 새로운 현장에 접할 때에는 그 현장의 특수성을 고려하여 위험요소, 작업내용, 작업방법, 기타 주의사항 등을 반드시 주지하여 신규채용자의 현장 적응

력을 향상시켜야 할 것으로 생각된다.

3. 재해현장의 특성

가. 공사금액

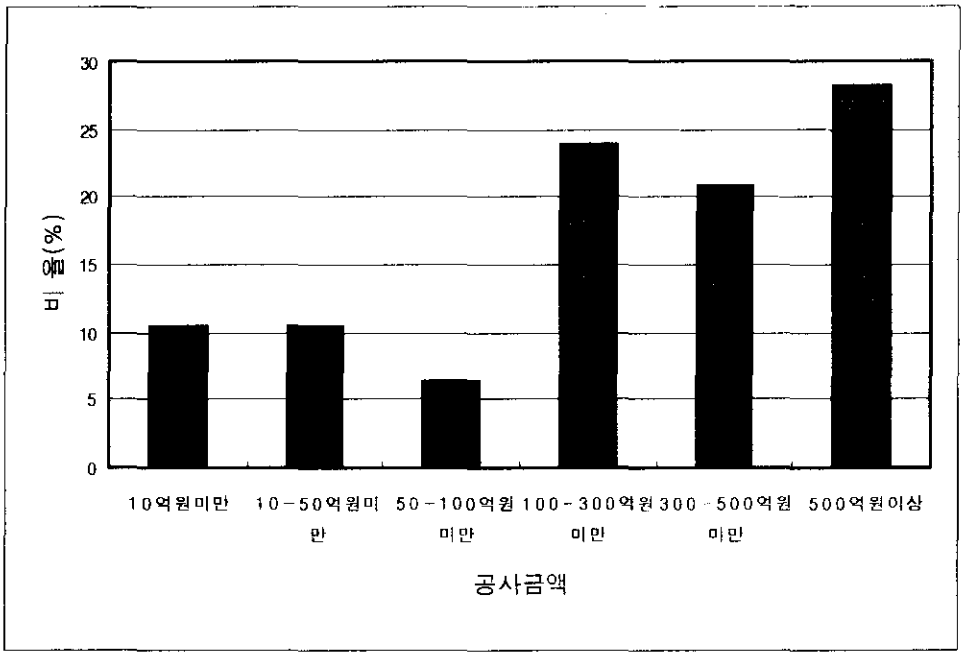
(1) 조사결과

건설현장의 규모에 따라 재해 발생현황을 분석함으로써 공사규모와 재해발생의 상관관계를 도출하고자 하였다.

공사금액의 분류는 100억원 미만의 중소규모 사업장에서 3단계와 100억 이상의 대규모 사업장에서 3단계로 분류하였다. <표 2-3> 및 [그림2-3]은 공사금액에 따른 재해발생현황을 나타낸 것이다.

<표 2-3> 공사금액별 재해발생현황

연 번	공 사 금 액	발생건수	비 율(%)
1	50억원 미만	20	20.8
2	50 ~ 100억원 미만	6	6.3
3	100 ~ 300억원 미만	23	24.0
4	300 ~ 500억원 미만	20	20.8
5	500억원 이상	27	28.1
계		96	100



[그림 2-3] 공사금액별 재해발생현황

(2) 분석내용

(가) 공사금액별 재해발생현황을 분류하면 500억원 이상인 사업장에서 발생된 재해가 28.1%로서 가장 높고 다음은 100억~300억원 미만인 사업장(24.0%), 300억~500억원 미만인 사업장(20.8%)인 순으로 나타났다.

(나) 이러한 현상은 교량공사의 특성상 대부분 대규모 복합 사업장인 경우가 많기 때문에 대규모 사업장에서 발생되는 빈도가 높게 나타나는 것으로 생각된다.

(다) 공사금액이 50억원 이하인 소규모 사업장에서 발생되는 빈도가

20.8%로서 높게 나타났다.

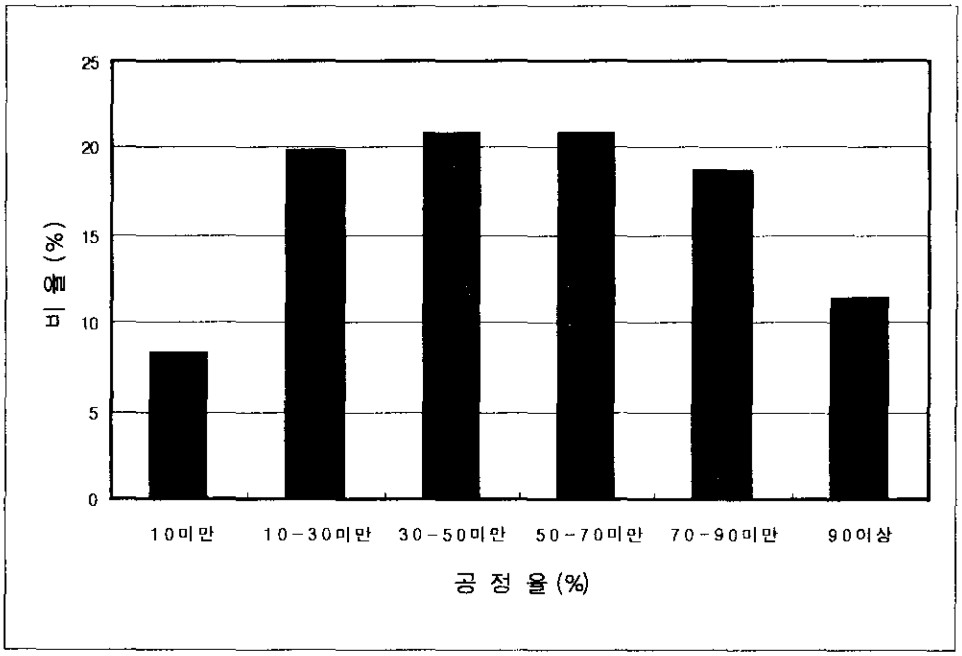
나. 공정율

(1) 조사결과

재해발생빈도와 공정율과의 상관관계를 도출하기 위하여 공정율별로 재해발생현황을 분류하였다. <표 2-4> 및 [그림 2-4]는 공정율별 재해발생현황을 나타낸 것이다.

<표 2-4> 공정율별 재해발생현황

연 번	공 정 율 (%)	발생건수	비 율(%)
1	10 미만	8	8.3
2	10 ~ 30 미만	19	19.8
3	30 ~ 50 미만	20	20.9
4	50 ~ 70 미만	20	20.8
5	70 ~ 90 미만	18	18.7
6	90 이상	11	11.5
계		96	100



[그림 2-4] 공정율별 재해발생현황

(2) 분석내용

(가) 교량공사에서의 재해는 공정율별로 크게 차이를 나타내지 않고 전반적으로 거의 비슷한 재해빈도를 나타내고 있다. 이는 교량공사도 도로공사중에 일부분으로 포함되는 경우가 대부분이기 때문에 전체 공정단계에서 어느 공정율에 속할지는 현장 여건마다 서로 다르기 때문인 것으로 생각된다.

(나) 교량공사에서는 착공단계에서 준공단계까지 어느 공정율에 치우치지 않고 고르게 발생되므로 항상 재해예방활동에 만전을 기하여야 할 것으로 생각된다.

4. 재해발생 형태

가. 재해발생형태

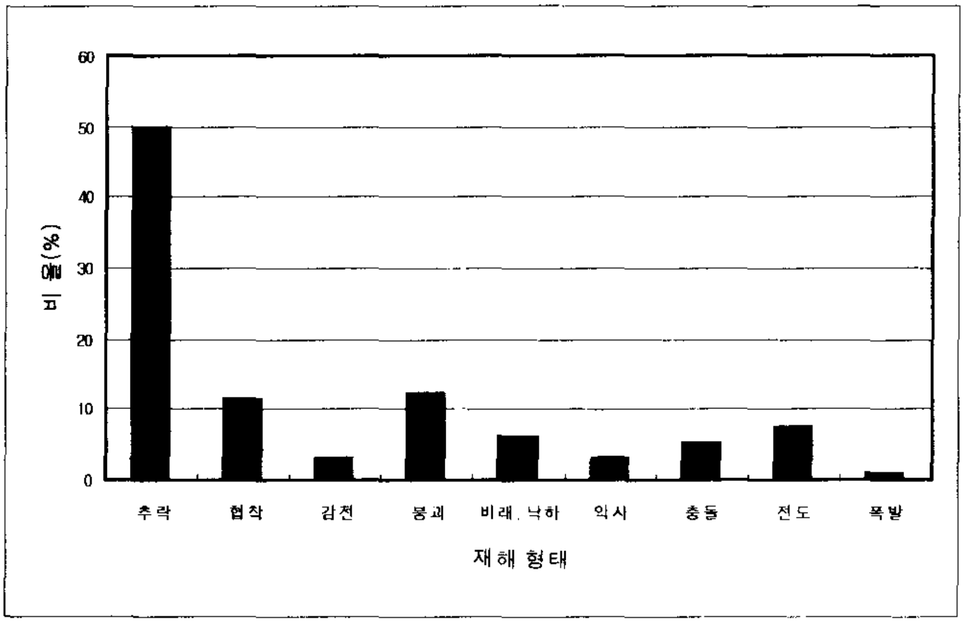
(1) 조사결과

교량공사 현장에서 발생가능한 재해형태를 구분하고 이에 따라 재해현황을 분류하였다.

조사결과로 <표 2-5> 및 [그림 2-5]와 같다.

<표 2-5> 재해형태별 발생현황

연 번	재 해 형 태	발생건수	비 율(%)
1	추 락	48	50.0
2	협 착	11	11.5
3	감 전	3	3.1
4	붕 괴	12	12.5
5	낙하 · 비래	6	6.3
6	익 사	3	3.1
7	충 돌	5	5.2
8	전 도	7	7.3
9	폭 발	1	1.0
계		96	100



[그림 2-5] 재해형태별 발생현황

(2) 분석내용

(가) 재해형태별 재해현황을 분류한 결과 추락재해가 50.0%로서 가장 높았고 다음은 붕괴재해(12.5%), 협착재해(11.5%)순으로 나타났다.

(나) 교량공사 현장도 비계 작업발판 위에서의 추락, 목공의 거푸집 작업 시 추락 등으로 추락재해의 빈도가 가장 높다. 이에 대해 철저한 관리감독이 요구된다.

(다) 콘크리트 붕괴 또는 작업발판의 붕괴 등으로 인해 발생되는 붕괴재해는 구조적인 안전성 결여로 인하여 발생되는 것이므로 이 연구의 주된 목적과 상응하는 것으로서 안전성 판단의 모델을 제시하는 등 많은 참고자료의 제시가 필요할 것이다.

나. 추락높이별

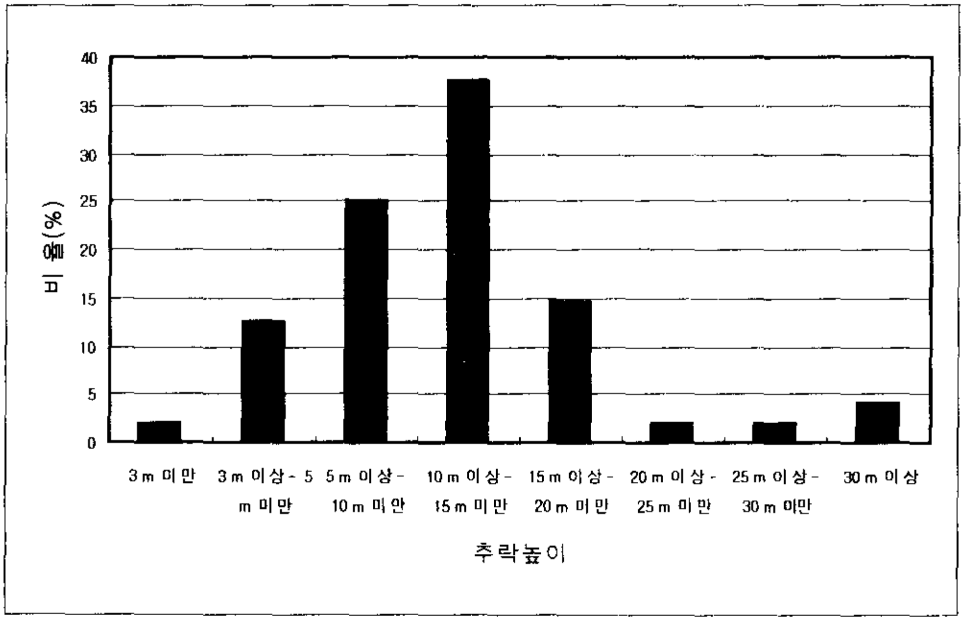
(1) 조사결과

교량공사중 발생되는 재해에서도 추락재해가 가장 빈도가 높은 것으로 나타났다. 재해형태의 빈도가 가장 높은 추락재해를 추락높이별로 분류하여 작업여건과 인체공학상 가장 취약한 작업높이를 도출하고자 하였다.

<표 2-6> 및 [그림 2-6]은 추락높이별로 재해현황을 분류한 결과이다.

<표 2-6> 추락높이에 따른 재해발생 현황

연 번	추 락 높 이	발생건수	비 율(%)
1	3M 미만	1	2.1
2	3M ~ 5M 미만	6	12.5
3	5M ~ 10M 미만	12	25.0
4	10M ~ 15M 미만	18	37.5
5	15M ~ 20M 미만	7	14.5
6	20M ~ 25M 미만	1	2.1
7	25M ~ 30M 미만	1	2.1
9	30M 이상	2	4.2
계		48	100



[그림 2-6] 추락높이에 따른 재해발생현황

(2) 분석내용

(가) 추락재해를 추락높이에 따라 분류할 때 10~15m 높이에서의 추락이 가장 빈도가 높은 것으로 나타났다. 다음은 5~10m, 15~20m, 3~5m 의 순으로 높이에 따라 정규분포곡선 형태를 보이고 있었다.

(나) 추락재해는 주로 거푸집 작업중 발생되는 것으로서 추락재해를 방지하기 위하여 작업발판, 안전난간대, 추락방지망 등의 조치가 요구된다.

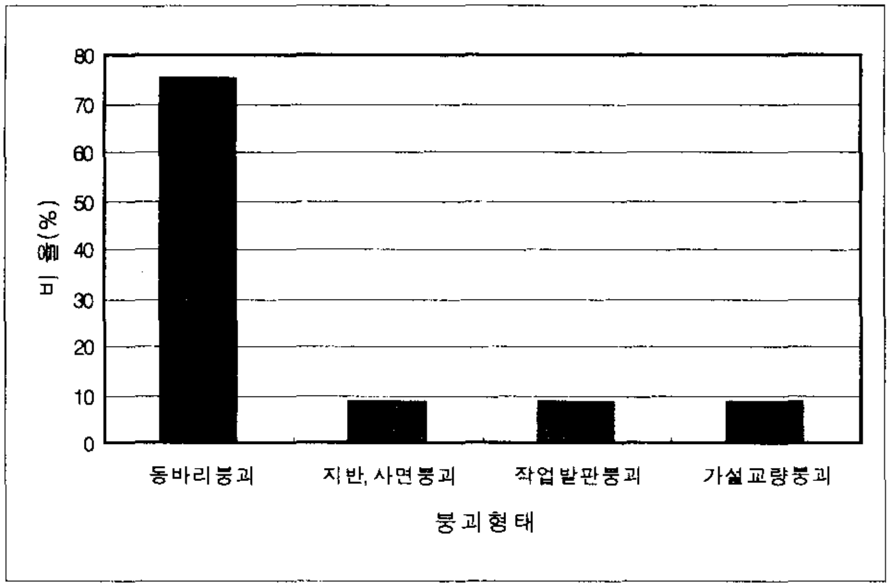
다. 붕괴형태별

(1) 조사결과

총 12건의 붕괴재해를 붕괴형태별로 분류한 결과를 <표 2-7>과 [그림 2-7]에 나타내었다.

<표 2-7> 붕괴에 따른 재해발생현황

연 번	붕 괴 형 태	발생건수	비 율(%)
1	동바리 붕괴	9	75.1
2	지반, 사면붕괴	1	8.3
3	작업발판 붕괴	1	8.3
4	가설교량 붕괴	1	8.3
계		12	100



[그림 2-7] 붕괴형태에 따른 재해발생현황

(2) 분석내용

(가) 붕괴재해중 동바리 붕괴에 의한 재해가 75.1%(9건)을 차지하여 가장 높게 나타났으며, 지반, 작업발판, 가설교량 등의 붕괴가 발생한 것으로 조사되었다.

(나) 동바리의 구조설계 및 가설교량의 구조검토가 매우 중요한 과제인 것으로 판단된다.

(다) 동바리 붕괴는 동바리 설치를 완료한 후 콘크리트 타설 도중뿐만 아니라 동바리 설치작업 중에도 올바른 작업순서를 준수하지 않음으로 인하여 발생되기도 하였다.

제 3 장 RC교량의 동바리 안전작업절차

1. 개 요

교량이란 하천, 계곡, 호수, 해안 등의 위를 통행하거나 다른 도로, 철도, 수로 등 구조물 위를 횡단할 수 있도록 하는 모든 구조물을 총칭하는 것이라고 정의할 수 있다.

교량의 용도와 형식은 사회가 발전함에 따라 나날이 변하여 왔으며, 그에 따라 가설공법도 급변하여 왔다. 단순하였던 교량 가설공법이 복잡, 전문화되어 감에 따라 미처 안전기술이 대처해가기 어려워 건설재해 방지에 어려움이 많은 실정이다.

본 연구에서는 교량공사중 발생되는 재해사례를 조사 · 분석하여 동종재해를 방지할 수 있는 안전작업절차를 개발하여 사업장에 보급함으로써 교량공사의 동바리작업에 따른 재해를 근절하고자 한다.

재해사례분석 결과에서 알 수 있듯이 중소규모 사업장에서 발생되는 재해율이 비교적 높게 발생되고 있으며 이러한 사업장에서는 기술력 및 작업환경이 열악하여 올바른 작업방법을 준수하는데 어려움이 많은 실정이다. 또한 교량공사중 발생되는 재해형태는 주로 추락재해가 많았으며, 그 다음이 동바리 붕괴사고로서 대부분이 콘크리트 공사와 직 · 간접적으로 관련된 재해인 것으로 나타났다.

교량은 용도, 형식, 사용재료, 가설공법 등에 따라 <표 3-1>과 같이 여러가지

로 분류할 수 있으나 본 연구에서는 비교적 소규모 사업장일 것으로 예상되는 RC교량을 그 대상으로 하였다.

그러므로 대표적인 RC교량인 라멘교, 슬래브교, T빔교를 대상으로 동바리 공사 안전작업절차를 개발하여 동바리 공사중 발생가능한 추락재해와 동바리 붕괴재해를 방지하는데 기여하고자 한다.

<표 3-1> 교량의 종류

분 류 항 목	교량의 종류
용도에 따른 분류	도로교, 철도교, 보도육교, 수로교, 운하교, 관로교,…
사용재료에 따른 분류	목교, 석교, 콘크리트교(RC교, PC교), 강교, 합성교(프리플렉스교), 복합재료교, 알루미늄교,…
노면위치에 따른 분류	상로교, 중로교, 하로교,
평면형상에 따른 분류	직교, 사교, 곡선교
가설위치에 따른 분류	고가교, 하천교, 연육교,…
설계하중에 따른 분류	1등교, 2등교, 3등교
구조형식에 따른 분류	라멘교, 슬래브교(중공슬래브교, PC슬래브교), T형교, I형교, 콘크리트박스교, 강판형교, 강상형교, 강상판교, 트러스교, 아치교, 현수교, 사장교
가설공법에 따른 분류	F.S.M, M.S.S, F.C.M, I.L.M

2. RC교량공사의 공정분석

가. 공정별 위험요소

RC교량공사를 공정별로 분류하면 준비단계, 기초공사, 하부구조물공사, 상부구조물공사, 부대공사등 크게 5가지로 분류할 수 있다. 교량공사중 발생된 재해사례를 분석하면 각 공정별로 <표 3-2>와 같은 위험요소가 내재되어 있는 것으로 판단된다.

<표 3-2> RC교량공사의 공정별 위험요소

주 공 정	세 부 공 정	위 험 요 소
1. 준비단계	1) 도면검토 2) 노선측량 3) 투입장비 및 인원 계획 4) 가설도로 개설 5) 가물막이용 축도 건립	· 장비의 전도 또는 전락 · 장비에 근로자의 협착 · 고압전선로의 의한 감전 · 익사사고
2. 기초공사	1) 지반조사 2) 장애물 조사(지상,지하) - 통신케이블, 상 · 하수도관, 가스관 - 고압전선로	· 지하장애물 손괴 · 고압전선로에 의한 감전 · 자연사면붕괴 · 흙막이지보공 붕괴 · 말뚝의 도괴

주 공 정	세 부 공 정	위 험 요 소
	3) 굴착공법의 선정 및 굴착공사 - 자연사면굴착공법 - 자립흙막이공법 - 어스앵커공법 - 케이슨기초 4) 기초의 종류 및 기초공사 - 말뚝기초(PC말뚝, RC말뚝, 강말뚝) - 피어기초(베네토말뚝, 칼웰트말뚝, 윌리엄스리거말뚝…) - 케이슨기초(오픈케이슨, 박스케이슨, 뉴메틱케이슨) 5) 기초판 콘크리트 공사 - 측량 - 원형, 정방형, 장방형 - 철근조립 - 거푸집조립 - 콘크리트타설	· 항타기 및 굴착장비의 전도 · 항타기 및 굴착장비 와이어로프 절단 · 오픈케이슨 상단에서의 추락 및 익사 · 박스케이슨 운반시 전도 및 익사 · 뉴메틱케이슨 시공시 질식 및 케이슨병

주 공 정	세 부 공 정	위 험 요 소
3. 하부구조물 공사	1) 교각의 철근조립 - 작업발판의 설치 - 철근의 운반 및 조립 2) 교각의 거푸집 조립 - 거푸집 동바리 구조해석 - 작업발판의 설치 - 거푸집 자재 운반 및 조립 3) 콘크리트 타설 - 작업계획의 수립 - 펌프카 설치 - 작업발판의 설치 - 신호수 및 안전담당자 배치 4) 거푸집 해체	· 철근의 도괴 · 작업발판에서의 추락 · 크레인 등 인양장비의 전도 또는 전락 · 인양장비 와이어로프의 절단 · 인양장비 후크에서 고리걸이 탈락 · 운반자재의 낙하 · 펌프카의 전도 · 거푸집의 붕괴 · 풍하중에 의한 거푸집 도괴 · 다짐기계등 전동기계기구에서의 감전
4. 상부구조물 공사	1) 주형 및 슬래브 거푸집 동바리 설치 - 동바리 구조의 결정 - 동바리의 구조해석 - 자재의 운반	· 슬래브 단부에서의 추락 · 크레인등 인양장비의 전도 또는 전락 · 인양장비 와이어로프의 절단

주 공 정	세 부 공 정	위 험 요 소
	- 측량 - 작업발판의 설치 - 슬래브 난간대 설치 - 추락 및 낙하물 방지망 설치 2) 주형 및 슬래브 철근 조립 - 철근의 운반 및 조립 3) 콘크리트 타설 - 작업계획의 수립 - 펌프카 설치 - 신호수 및 안전담당자 배치 4) 거푸집 해체	· 인양장비 후크에서 고리걸이 탈락 · 운반자재의 낙하 · 펌프카의 전도 · 거푸집 동바리 기초의 침하 · 거푸집 동바리의 좌굴 및 비틀림 · 거푸집 합판의 풍하중에 의한 붕괴 · 다짐기계등 전동기계기구에서의 감전
5. 부대공사	1) 포장공사 - 아스팔트포장 - 콘크리트포장 2) 신축이음장치 설치 3) 연석 및 난간 설치 4) 배수구, 가로등 설치	· 아스팔트 플랜트에서의 협착 · 차량계 건설기계의 전도 · 차량계 건설기계에 의한 협착 · 난간대 미설치로 인한 추락 · 작업발판 위에서의 추락

교량공사중 발생될 수 있는 재해의 형태는 <표 3-2>에 제시되어 있는 위험요소에 기인되는 것이 대부분이며 이러한 위험요소를 사전에 도출하여 이를 제거함으로써 무재해를 달성할 수 있는 것으로 판단된다.

나. 주요 작업 내용별 안전성 확보방안

본 절에서는 앞에서 언급된 교량공사의 공정별 위험요소에 대한 방지대책으로서 작업내용별 안전준수사항을 기술하였다. 이 내용은 동바리 공사와 직·간접적으로 연관이 되는 것으로서 안전작업절차상 각 작업단계에서 이를 준용한다면 안전작업이 이루질 수 있을 것으로 생각된다.

(1) 양중기 작업시 안전준수사항

위 험 요 소
· 장비의 전도 또는 전락 · 와이어로프의 절단 · 후크에서의 고리걸이 탈락 · 운반자재의 낙하 · 안전장치의 고장 또는 미설치 · 장비에 의한 협착 · 붐대가 고압전선로에 접촉

양중기를 이용하여 작업할 때에는 상기와 같은 위험성이 내재함으로 이에 대한 안전성을 확보할 수 있도록 사전에 점검하거나 운행시 올바른 작업방법을 준수하여야 한다.

(가) 올바른 작업방법

(1) 양중기 작업시 안전준수사항

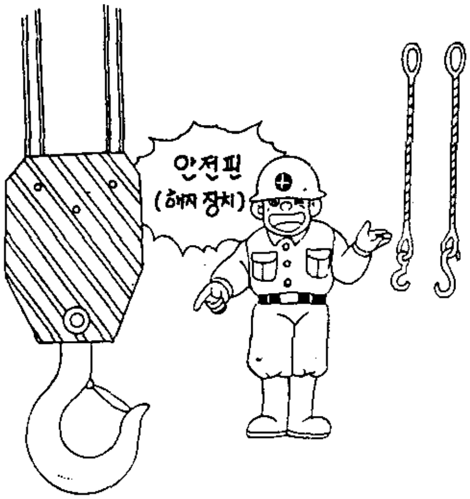
1) 정격하중을 초과하는 하중을 걸어서는 안된다.

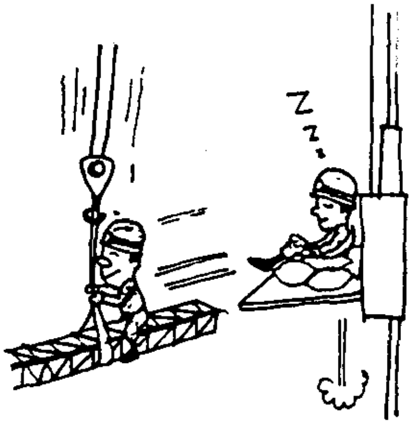
2) 과부하방지장치, 권과방지장치 및 비상스위치등 방호장치를 부착하고 유효하게 작동되도록 미리 조정하여 둔다.

3) 후크에는 해지장치를 부착한 것을 사용하여야 한다.

4) 크레인 명세서에 기재되어 있는 지브의 경사각의 범위를 초과하여 사용하여서는 안된다.

5) 이동식 크레인에 의하여 근로자를 운반하거나 달아올려서는 안된다.





6) 부득이한 경우 또는 안전한 작업수행상 필요한 때에는 탑승설비를 설치하여 근로자를 탑승시킬 수 있다.

7) 탑승설비를 설치할 경우에는 다음 사항을 검토하여야 한다.

정격하중 > (탑승설비 + 탑승자 중량)× 1.3 + 500Kg

8) 작업시작전에는 다음 사항을 점검후 작업하여야 한다.

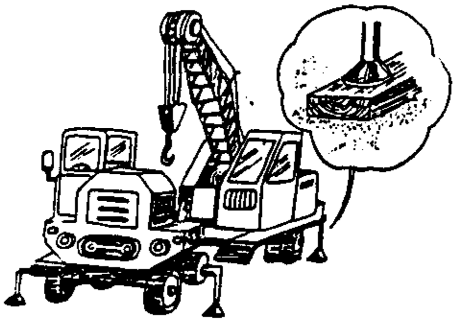
가) 권과방지장치, 브레이크, 클러치 및 운전장치의 기능

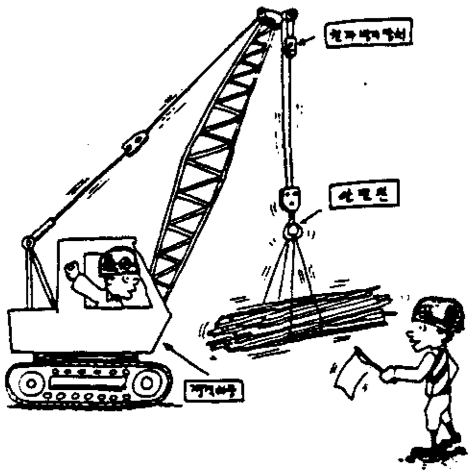
나) 주행로의 상측 및 트롤리가 횡행하는 레일의 상태

다) 와이어로프가 통하고 있는 곳의 상태

9) 크레인을 사용하여 작업할 때에는 아웃리거를 설치하고 지반의 부등침하방지를 위하여 깔판 또는 깔목을 설치하여야 한다.

10) 하물의 인양 및 운반시 자재의 낙하로 인한 재해를 방지하기 위하여 와이어로프 및 후크의 점검을 실시하여야 한다.





11) 하물의 운반로 상에는 근로자의 통행을 통제하여야 하며 인근작업장 상부로 화물이 선회하지 않도록 하여야 한다.

12) 크레인의 붐을 세운체로 작업장을 주행하여서는 안된다.

13) 크레인을 운행할 때에는 작업장 인근에 고압전선로등 지상장애물에 대하여 안전성을 확인한 후 실시하여야 한다.

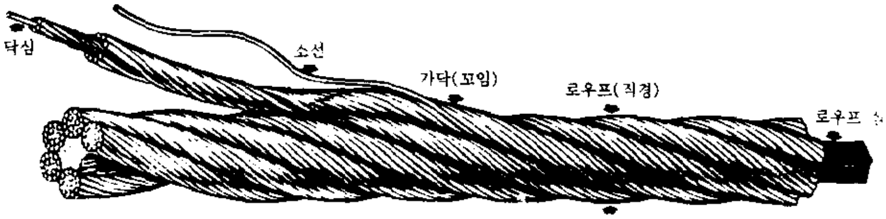
14) 작업장 인근에 고압전선로가 있을 경우에는 이를 이설하거나 방호막 등 방호설비를 설치하여 충전선로에 장비의 붐대가 접촉되지 않도록 하여야 한다.

(나) 와이어로프의 교체

항타기 · 항발기, 크레인 등에 사용되는 와이어로프는 사용중 마모, 손상 등이 발생되어 로프가 절단될 수도 있으며, 이러한 사고가 발생하는 경우에는 하물의 낙하에 의하여 재해가 발생될 수가 있다. 따라서 다음과 같은 와이어로프 폐기 기준을 준용하여 정기적인 와이어로프 점검을 실시하여야 한다.

▨ 와이어로프의 폐기기준 (산업안전기준에 관한 규칙 제 167조)

1) 이음매가 있는 것
2) 와이어로프의 한가닥에서 소선(필러선을 제외한다)의 수가 10퍼센트이상 절단된 것
3) 지름의 감소가 공칭지름의 7패선트를 초과한 것
4) 심하게 변형 및 부식된 것
5) 꼬임 · 비틀림 등이 있는 것



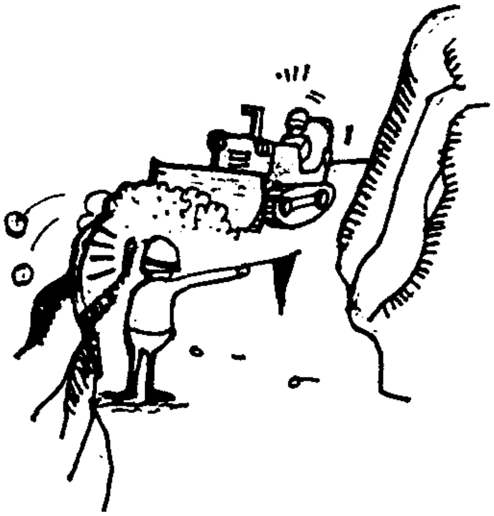
< 와이어로프의 구조 >

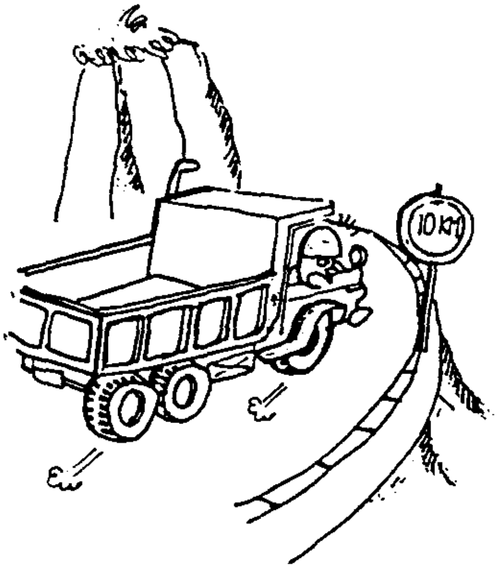
(다) 장비의 전도 또는 전락 방지

차량계 건설기계의 진출입로 또는 작업위치에서 전도 및 전락사고가 발생될 수 있다. 교량공사 현장은 도로 개설 현장일 경우가 대부분이기 때문에 임시 가설통로가 필요하며 이러한 도로는 열악한 상태인 가능성이 크므로 통행시 전도 또는 전락사고가 발생할 위험성이 매우 높다. 따라서 이러한 사고를 방지하기 위해서는 다음과 같은 사항을 준수하여야 한다.

▨ 차량계 건설기계의 진출입로

1) 노면의 평탄성 유지
2) 노폭의 확보
3) 노견의 붕괴방지
4) 유도자 배치
5) 통행 제한속도 지정





(라) 후크의 교체

크레인 등에 사용되는 후크는 하물의 하중이 반복적으로 작용함에 따라 변형 또는 손상될 수 있어 고리걸이가 탈락할 수 있으며, 후크의 해지장치가 설치되지 않을 경우에도 고리걸이가 탈락할 수 있다. 따라서 후크는 반드시 해지장치가 있는 것을 사용하여야 하며, 다음과 같은 후크의 폐기기준을 바탕으로 정기적인 후크의 안전점검을 실시하여야 한다.

▨ 후크의 폐기기준

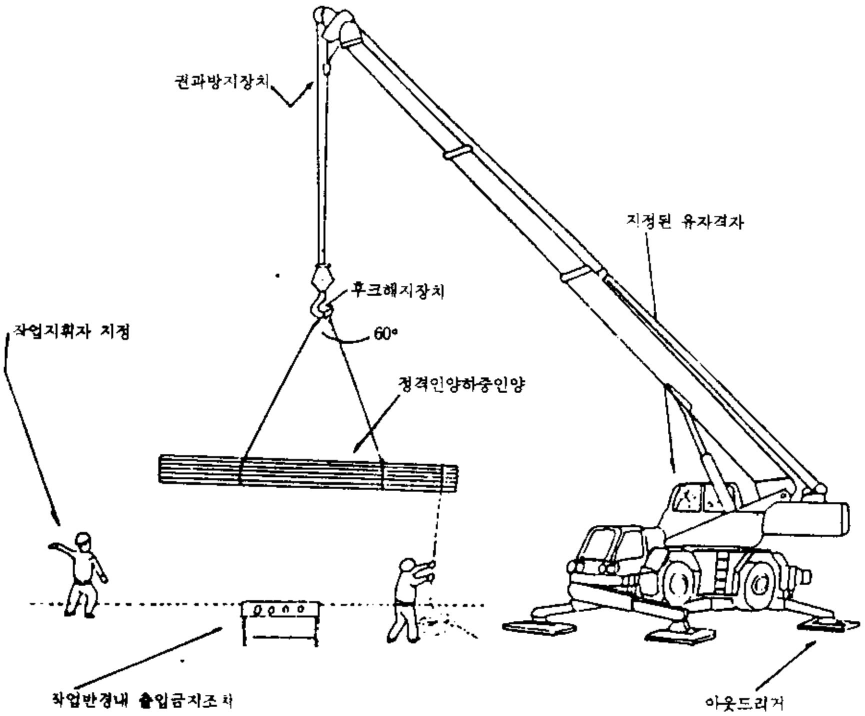
1) 단면지름의 감소가 원래지름의 5%를 초과한 것
2) 개구부가 원래간격의 5%를 초과한 것
3) 심하게 균열, 홈이 있는 것

(마) 철근등 하물의 고리걸이 작업

인양하중은 크레인의 정격하중 이내가 되도록 하여야 하며 붐의 길이 및 붐 각도 등을 고려하여야 한다.

철근 등을 운반할 때에는 하물의 고리걸이 위치를 잘 선정하여야 한다.

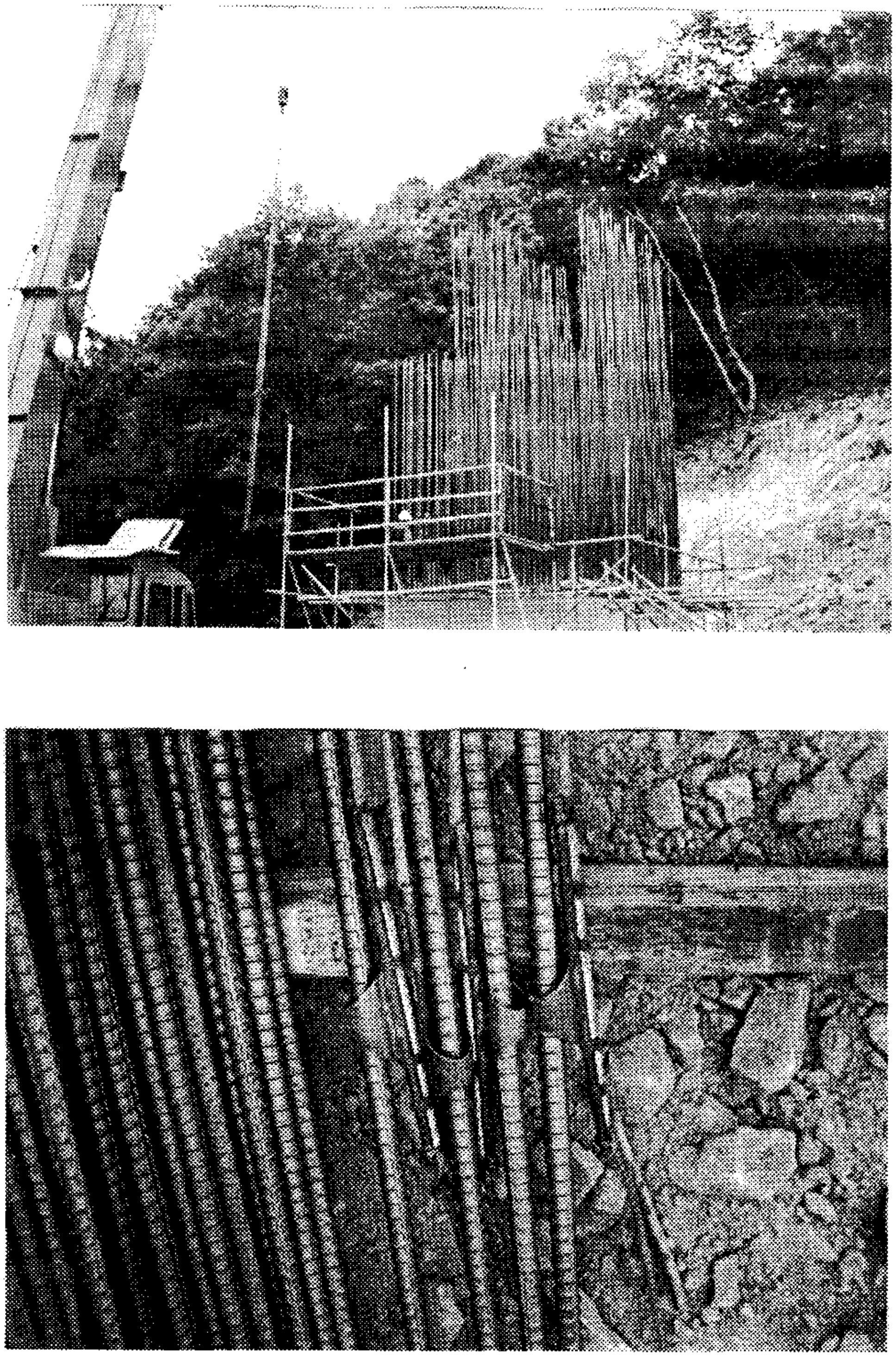
고리걸이 위치를 선정할 때에는 인양시 하물의 기울어짐, 흔들림 등이 없는지 지상에서 약 30cm 높이까지 인양한 다음 잠시 멈춰 확인하는 것이 바람직하다. 또한 인양 및 선회시에는 회전반경내에 근로자가 위치하지 않도록 관계근로자 외의 자는 출입을 통제하여야 하며, 관리감독자는 인근 작업장 상부로 선회하는 일이 없도록 작업지시를 내려야 한다. 철근등 하물의 표준작업 체계도는 [그림 3-1]과 같다.



[그림 3-1] 하물의 인양작업의 표준작업 체계도

한편 철근을 몇가닥씩 인양 운반하여야 할 경우에 고리걸이 예도 [그림 3-2]와 같다.

[그림 3-2]는 하나의 철근을 링속에 집어 넣고 링이 철근길이의 약 1/3 위치 상단에 위치하도록 하고 링과 연결된 섬유로프를 철근 길이의 약 1/3 위치 하단에 위치하도록 철근과 결속하고 이들을 모아서 후크에 걸고 운반하고 있는 것을 보여주고 있다.

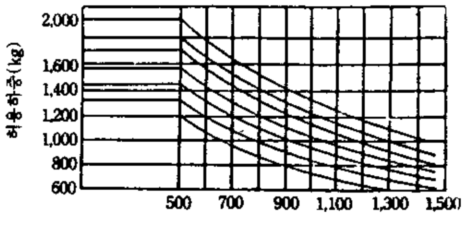


[그림 3-2] 날개의 철근 운반시 고리걸이 예

(2) 철근 소운반시 지게차 사용상 안전준수사항

덤프트럭 등으로 운반되어진 철근을 하역하거나 작업장 내에서 소운반할 때에 이로 인한 재해가 발생될 수 있으므로 다음사항을 참고하여 작업하는 것이 바람직하다.

지게차는 포크의 높이에 따라 무게중심이 다르게 되므로 포크가 상향으로 될 때 허용적재하중은 감소된다. 그러므로 지게차 제작사에서 제공된 허용적재하중표를 운전석 위치에 부착하고 이를 준수하여야 한다. [그림 3-3]은 허용적재하중과 무게중심과의 관계를 나타낸 것이다.



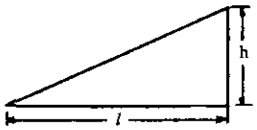
[그림 3-3] 지게차의 인양높이와 허용적재하중과의 관계

또한 경사지에서는 지게차의 전도가 우려되므로 지게차 전후 경사와 좌우경사에 대한 안전성이 확보되어야 한다. 따라서 경사지에 있어서 지게차의 안정도의 기준은 다음 <표 3-3>과 같으므로 이를 참조하여 경사지에서 작업을 수행할 때에는 제시된 기준 이하의 경사지에서 작업을 수행하여야 할 것이다.

<표 3-3> 지게차의 안정도 값

시험번호	시험의 종류	바퀴의 상태	안 정 도(%)
1	전후안정도	기준하중상태에서 포크리프트를 최고로 올린 상태	4(최대하중 5t 미만) 3.5(최대하중 5t 이상)
2	전후안정도	주행시의 기준부하상태	18
3	좌우안정도	기준부하상태에서 포크를 최고로 올리고, 마스트를 최대 후경한 상태	6
4	좌우안정도	주행시의 기준부하상태	15+1.1V

* 여기서, V = 최고속도(km/hr)



안정도 = $h/l \times 100$ (%)

지게차 작업시 주의하여야 할 사항은 다음과 같다.

▨ 지게차 운전중 준수사항

1) 주행시 포크는 반드시 내리고 운전해야 한다.
2) 지반 또는 가설구조물 등이 지게차 및 적재물 하중에 견딜 수 있는지 확인한 후 운행하여야 한다.
3) 하물을 인양한 밑으로 사람을 통행시켜서는 안된다.
4) 마스트 이상 짐을 높이 실어서는 안된다.
5) 짐을 싣고 내리막길을 내려갈 시는 후진으로 해야 한다.

6) 과적운반은 절대 금하고 짐을 높이 든 채 앞으로 기울이지 말아야 한다.

7) 운전원 이외의 자는 탑승시키지 말아야 한다.

8) 경사진 위치에서도 주차시키지 말아야 하며, 어쩔수 없을 경우에는 고임목을 대고 브레이크를 거는 등 불시의 이동에 대한 조치를 하여야 한다.

9) 후진시에는 반드시 정차후 뒤를 확인하고 운전하여야 한다.

10) 작업반경내에는 관계근로자 이외의 자는 출입을 통제하여야 한다.

▨ 자재의 적재시 주의사항

1) 사용시 편리하도록 현장과 가능한 한 최단거리에 적재한다.

2) 적재높이는 최소단면의 4배이하로 한다.

3) 적재후 눈, 비등으로부터 보호할 수 있도록 포장 등으로 덮어둔다.

(3) 동바리 기초 침하의 검토

거푸집 동바리는 콘크리트 타설로 인하여 발생되는 콘크리트 자중 및 충격하중에 의하여 지반침하가 일어나지 않아야 한다. 일반적으로 동바리 기초면에 깔판을 대거나 콘크리트를 타설함으로써 침하를 방지할 수 있으나 교각 코핑부와 같이 단면이 비교적 큰 위치에서는 거푸집 동바리에 작용하는 연직하중이 매우 크게 되어 단순하지 않은 경우가 발생되기도 한다. 그러한 때에는 동바리 기초의 지반침하를 방지하기 위하여 Terzaghi의 극한지지력 공식을 이용하는 것이 좋을 것으로 생각된다.

▨ Terzaghi의 극한지지력 공식

1) 전반전단파괴

$$q_u = \alpha C N_c + \beta \gamma_1 B N_r + \gamma_2 D_f N_q$$

여기서, q_u = 극한지지력(t/㎡)

C = 흙의 점착력(t/㎡)

γ_1 = 기초면 아래 흙의 단위중량(t/㎥)

γ_2 = 기초면 위 흙의 단위중량(t/㎥)

B = 기초한 단변의 길이 또는 직경

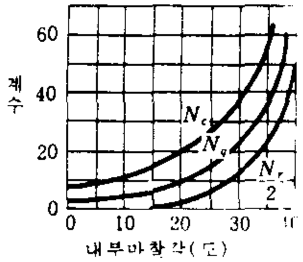
L = 장방기초에서 장변의 길이

D_f = 기초의 깊이

N_c, N_r, N_q = 내부마찰각 φ에 따른 지지력 계수

α, β = 기초의 형상계수

형상계수	연속기초	정방기초	장방기초	원형기초
α	1.0	1.3	$1 + 0.3\frac{B}{L}$	1.3
β	0.5	0.4	$0.5 - 0.1\frac{B}{L}$	0.3



< 지지력 계수 >

(4) 작업발판의 설치시 안전준수사항

교각의 철근조립 또는 거푸집 조립작업을 수행할 때에는 작업발판을 설치하고 안전한 작업을 수행하여야 한다. 이때 작업발판은 견고한 구조이어야 하며, 추락방지를 위한 난간을 설치하여야 한다.

▨ 표준안전난간대 설치기준

1) 상부난간대는 바닥면, 발판 또는 경사로의 표면으로부터 90cm이상의 높이를 유지할 것
2) 중간대는 바닥면, 발판 또는 경사로의 표면으로부터 45cm정도의 높이를 유지할 것
3) 난간기둥은 상부난간대와 중간대를 지지할 수 있는 충분한 강도와 간격을 유지하여야 하며, 임의의 지점에서 임의의 방향으로 100Kg 하중에 견딜 수 있는 구조일 것
4) 상부난간대와 중간대는 난간길이 전체를 통하여 바닥면과 평행을 유지할 것

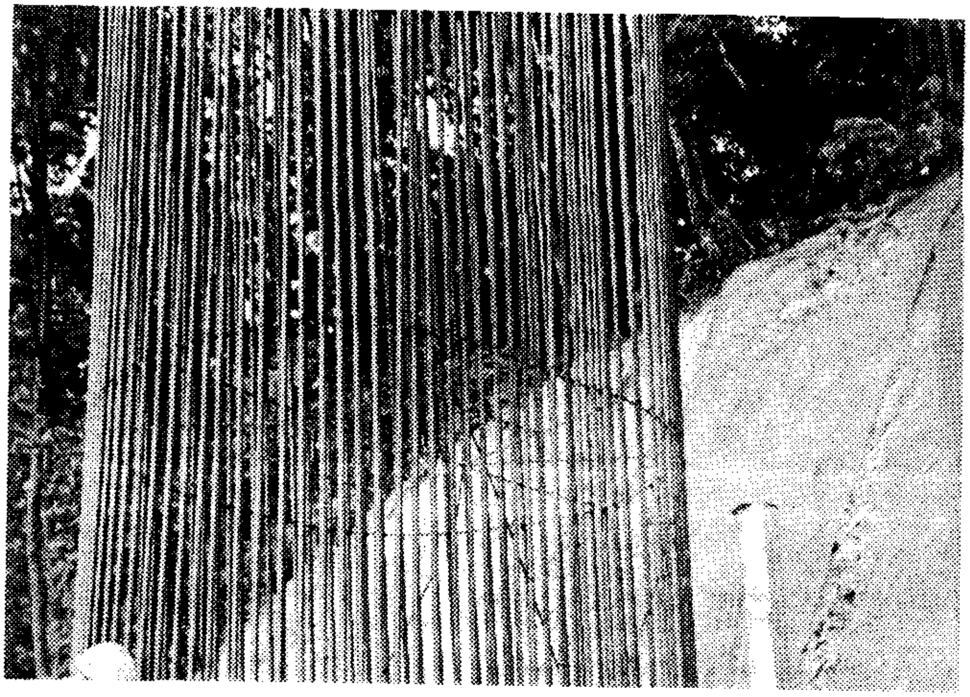
(5) 철근조립시 도괴방지

위 험 요 소
· 철근의 도괴 · 작업발판 위에서의 추락 · 작업발판 위의 자재 낙하

교각의 수직철근을 조립할 때에는 종종 철근의 도괴사고가 발생되어 왔다. 주로 길이 8m인 긴 철근을 하부에서만 철근 결속선으로 연결하여 두면 자립도가 부족하여 철근이 도괴되면서 근로자를 덮치므로서 재해가 발생되는 것이다.

철근도괴재해를 방지하기 위해서는 수직철근의 자립도를 증진시킬 수 있도록 하여야 하며 [그림 3-4]는 하나의 예를 나타낸 것이다. [그림 3-4]에서 기초판 철근을 조립할 때 수직철근을 함께 조립하여야 하며, 이때 콘크리트 타설전에 수직철근의 도괴가 발생될 수 있으므로 수직철근의 상단부에 띠철근 형태로 수직철근을 모두 결속선으로 묶어주면 낮은 자립도를 갖고 있던 철근이 하나의 원형관과 유사한 자립성을 갖게 되는 것이다.

또한 교대나 박스형 라멘구조의 수직철근을 조립할 때에는 외부의 충격이나 수평하중으로 인하여 철근의 도괴가 발생하는 경우가 있다. 이러한 경우에는 수직철근과 수평철근을 병행하여 조립하며 경사지보공 형태의 철근을 보강하여 주는 것이 바람직하다.



[그림 3-4] 교각 수직철근의 도괴방지 모델

(6) 감전 재해방지

위 험 요 소
· 전동기계기구 외함 누전으로 인한 감전 · 감전 쇼크에 의한 2차적인 추락재해 · 크레인 붐의 고압전선로에 접촉

현장에서 사용되는 전동기계기구는 300V 이하의 낮은 전압을 갖고 있으나 하절기에 감전사고가 많이 발생되고 있다. 전기로 인한 재해는 주로 송배전선

및 이동식 전동기계기구의 충전부에 접촉하거나 철근 또는 크레인의 붐이 전선로에 접촉함으로써 발생되고 또한 전동기계기구의 누전으로 인하여 발생된다.

(가) 전동기계기구에 의한 감전방지대책

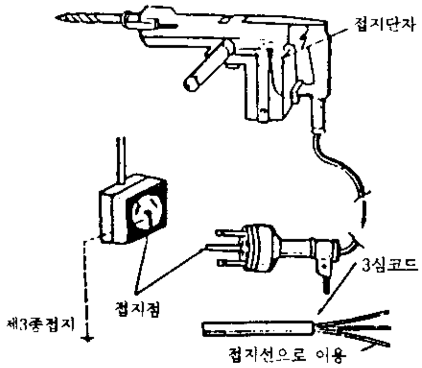
전동기계기구등에 의한 감전재해를 방지하기 위해서는 크게 2가지 방법을 적용할 수 있다. 원천적으로 충전전선로와 접촉하지 못하게 하는 직접접촉에 대한 방지대책과 충전부와 접촉하더라도 재해로 연결되지 않도록 하는 간접접촉에 대한 방지대책이 있다.

1) 직접접촉에 대한 방지대책

- 충전부가 노출되지 아니하도록 폐쇄형 외함구조로 제작
- 충전부에 방호망 또는 절연덮개 설치
- 발전소, 변전소 등은 울타리를 설치하여 근로자와 격리
- 전주 위나 철탑 위에 설치함으로써 근로자와 격리

2) 간접접촉에 대한 방지대책

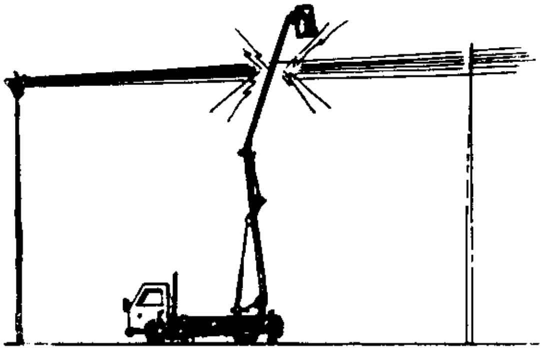
- 누전이 발생된 기기를 사람이 접촉하더라도 인체전류의 통전경로를 절연시킬 수 있도록 절연처리를 한다.
- 안전전압 이하의 전압을 사용하는 전기기기를 사용함으로써 누전이 발생되더라도 감전재해가 발생되지 않도록 한다.
- 기기 외함을 접지함으로써 누전되어 인체로 통전전류가 발생되더라도 안전한 전류값 이하의 전류가 발생되도록 한다.



[그림 3-5] 전동기계기구의 외함접지 예

(나) 충전전로의 근접작업시 안전조치사항

충전전로에 근접하여 크레인이나 펌프카 등의 작업을 수행할 때에는 [그림 3-6]과 같은 감전재해가 발생될 가능성이 존재한다. 따라서 신체나 건설기계 등이 충전전로에 접촉되지 않도록 하기 위해서 다음과 같은 조치를 하여야 한다.



[그림 3-6] 크레인의 충전전로에 접촉된 예

· 작업 개시전에 작업계획을 수립한다.

· 작업방법 및 순서를 결정하고 이를 숙지한다.

· 충전전로와 작업장 사이에 방호벽이나 울타리를 설치한다.

· 해당 충전전로를 이설한다.

· 충전전로 주위에 위험표지판을 설치한다.

· 현장에 안전담당자를 배치하여 작업을 직접 지휘하게 한다.

· 다음과 같은 안전이격거리를 준수한다.

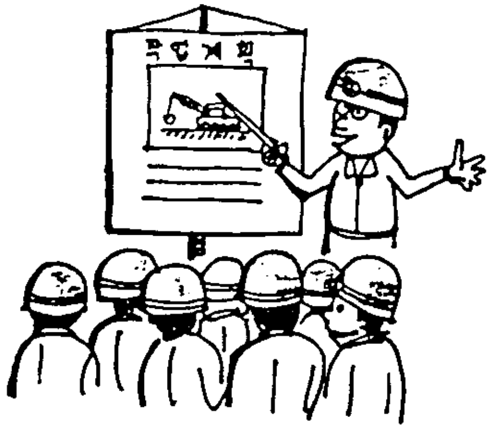
전 압	안전이격거리(m)
50KV 이하	3.0m
154KV	4.3m
345KV	6.8m

3. 동바리 안전작업절차

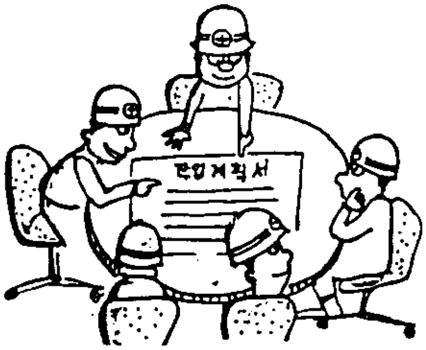
본 절에서는 RC교량인 슬래브교, 라멘교, T빔교의 동바리 작업상 발생될 수 있는 붕괴 및 추락사고를 방지하기 위하여 교량공사 전반에 걸쳐 적용되는 공통사항과 하부구조물공사 및 상부구조물공사에 대한 안전작업절차를 제시하였다. 안전작업절차는 올바른 작업순서와 각 작업단계별 주요 작업내용 및 위험요소에 대한 안전대책을 뜻하는 것으로서 이에 대한 내용을 기술하였으며, 구체적인 대책방법은 3장의 2절과 제 4장인 동바리 설계를 참조하도록 구성되었다.

가. 공통사항

안전작업절차	작 업 내 용	위험요인 및 안전대책
1. 현황파악	1. 지반조건 검토 2. 입지조건 검토 3. 구조물의 형상 및 크기 파악(도면검토) 4. 장비투입 계획 수립	1. 지반조건을 검토하여 동바리의 침하를 방지하기 위하여 깔판, 깔목 또는 콘크리트를 타설하여야 한다. 2. 입지조건을 고려하여 장비의 진출입로를 검토하고 장비의 작업위치 등을 결정하여야 한다.

안전작업절차	작 업 내 용	위험요인 및 안전대책
		3. 구조물의 형상 및 크기를 파악하여 거푸집동바리의 설치에 사용되는 중장비의 종류 및 능력을 결정하여야 한다.
2. 작업계획의 수립	1. 투입인원의 결정 2. 안전담당자 선임 3. 거푸집동바리의 설계 및 도면 작성 4. 작업순서 및 방법 결정 5. 투입장비의 종류 및 능력 결정  작업계획의 내용을 근로자에게 주지시킨다.	1. 거푸집동바리의 설계에는 콘크리트 자중, 측압 등을 검토하고 필요하다면 구조물의 형상에 따라 풍하중, 충격하중 등을 고려하여야 한다. 2. 거푸집동바리의 구조도면을 작성하여야 하며 설계도에는 사용되는 부재의 종류, 치수, 배치간격, 설치방법, 설치순서 등을 명기하여야 한다. 3. 작업을 수행하기 전에는 반드시 안전담당자를 지정하고 안전담당자에게 거푸집동바리의 설계도면을 제시하여 올바른 작업순서를 고지함으로써 전반적인 작업을 지휘할 수 있도록 하여야 한다.

안전작업절차	작 업 내 용	위험요인 및 안전대책
		4. 거푸집 동바리 자재의 운반 및 설치시에 사용되는 장비의 종류 및 능력을 검토하여야 하며 이 때에는 부재의 중량과 장비의 작업위치를 고려하여 정격하중 이내의 하중이 작용될 수 있도록 하여야 한다. 5. 투입되는 근로자의 수는 필요한 최적의 인원을 투입할 수 있도록 하여야 하며 근로자의 나이, 경험, 건강상태 등을 확인하여 적정한 배치가 되도록 하여야 한다.
3. 작업시작 전 회의	1. 업무지시 및 업무분담 2. 작업방법 및 순서 주지	1. 관리감독자가 안전담당자에게 업무범위, 작업방법, 작업순서 등을 지시한다. 2. 안전담당자는 작업원의 업무분담, 안전준수사항 등을 주지하고 이의 이행을 감독한다.

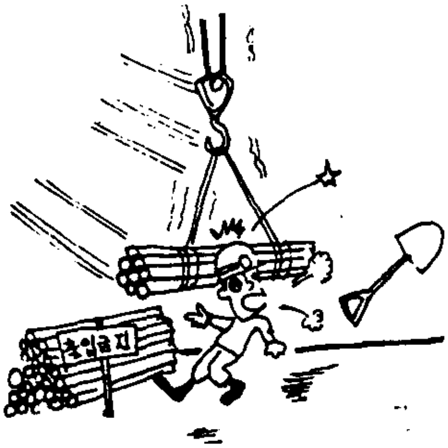


안전작업절차	작 업 내 용	위험요인 및 안전대책
4. 작업시작 전점검사항	1. 인근장애물 조사 2. 투입장비의 안전점검 3. 보호장구의 착용상태 4. 근로자의 건강상태 5. 기계공구의 점검 6. 안전시설의 점검	1. 작업장내에 전신주 또는 통신케이블등 장애물의 존재여부를 점검하고 필요시에는 이를 이설하거나 방호시설을 갖추는 등 안전한 조치를 취한 후 작업하여야 한다. 2. 투입되는 장비는 안전점검을 실시하고 이상이 발견될 때에는 즉시 교체하거나 수리한 후 작업하여야 한다. ※ 양중기의 자체검사 1) 과부하방지장치, 권과방지장치 등 안전장치의 이상유무 2) 브레이크 및 클러치의 이상유무 3) 와이어로프 및 달기체인의 이상유무 4) 후크 등 달기기구의 손상유무 5) 배선, 접전장치, 배전반, 개폐기 및 콘트롤러의 이상유무

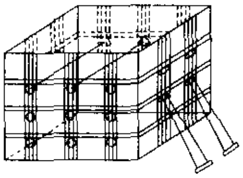
안전작업절차	작 업 내 용	위험요인 및 안전대책
		3. 보호장구의 상태를 점검하고 부적절한 장구는 폐기하여야 하며, 올바른 착용상태를 점검하여야 한다. 4. 근로자의 건강상태를 점검하여 부적절한 자는 투입되지 않도록 하여야 한다. 5. 작업에 사용되는 전동기계·기구는 사전에 점검함으로써 이로 인한 재해발생을 방지하여야 한다. 6. 가설통로, 비계, 작업발판 등의 설치상태가 안전기준에 적합한지 점검하고 이를 사전에 보수하여야 한다.

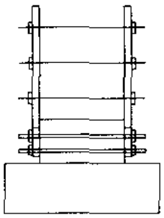
나. 하부구조물의 거푸집동바리 작업

안전작업절차	작 업 내 용	위험요인 및 안전대책
1. 도면검토	1.구조물(교대,교각)의 도면 검토 2.거푸집동바리 구조도면 검토	1. 구조물 및 거푸집동바리 구조도면을 검토하여 작업가능성을 검토하고 필요한 자재의 종류 및 수량을 확인한다.
2.자재의 반입	1.자재의 적재량 선정 2.장비의 진출입로 및작업위치 선정 3.양중기의 전도방지 4.하물의 낙하위험방지 5.자재검사 및 불량자재 반출	1. 자재의 반입은 사용순서에 적합하도록 반입하고 장기간 현장에 적재하여 두지 않도록 그 시기를 적절히 조절한다. 2. 장비의 진출입로는 장비의 전도 또는 전락사고가 발생되지 않도록 필요하다면 반입로를 사전에 정비하여야 한다. 3. 자재는 가설기자재 검정기준 또는 KS규정에 합격한 것을 사용하여야 하며 심하게 변형, 부식 또는 손상된 것은 반출하여야 한다.
3. 철근조립 및 도괴방지	1. 철근의 운반 및 조립 2. 철근조립중 도괴방지	1. 철근의 운반작업시에는 철근의 낙하로 인한 재해를 방지하여야 한다.

안전작업절차	작 업 내 용	위험요인 및 안전대책
		2. 고리걸이를 할 때에는 인양시 철근의 흔들림이나 빠짐등이 없는지 지면에서 약 30cm 높이로 인양후 정지하여 확인하고 운반하여야 한다. 3. 철근을 인양하는 작업장에는 관계근로자 이외의 자는 출입을 금지시킨다. 4. 철근의 운반시 고리걸이 예는 다음과 같다. (3장 2절 나-(1)-(마) 참조) (1) 몇가닥씩 운반하여야 할 때 (2) 1묶음씩 운반하여야 할 때 5. 교각 및 교대의 수직철근 조립시 발생되는 도괴방지를 위하여 다음과 같이 수직철근 상단 및 중간에 띠철근을 조립하여 철근의 자립도를 증진시켜야 한다. ([그림 3-4] 참조)

안전작업절차	작 업 내 용	위험요인 및 안전대책
		6. 교대나 박스형 라멘교에서 수직철근은 조립도중에 도괴재해가 발생될 수 있으므로 수직철근과 수평철근을 병행하여 작업하여야 하며 철근을 이용하여 경사지보공을 설치하여야 한다. 7. 크레인 등을 설치할 때에는 견고한 지반위에서 설치하고 아웃리거를 펴고 지반침하방지용 깔판을 대어야 한다.
4. 작업발판 설치	1. 가설통로 및 작업발판 설치 2. 추락방지용 난간대 설치 3. 폭목설치	1. 가설통로 및 작업발판의 설치기준에 준한 안전시설을 설치한 후 작업하여야 한다. 2. 추락방지를 위한 표준안전난간을 설치하여야 한다. 3. 낙하물에 대한 재해를 방지하기 위하여 작업발판의 주변에 폭목(10cm높이)을 설치하거나 불필요한 공구등을 작업발판위에 두지 않아야 한다.

안전작업절차	작 업 내 용	위험요인 및 안전대책
		4. 틀조립식 작업대를 설치할 경우에는 수직방향 6m, 수평방향 8m마다 벽이음을 설치하여야 한다.
5. 기초콘크리트거푸집	1. 먹메김 2. 거푸집합판의 조립 3. 장선재의 설치 4. 멍에재의 설치 5. 경사지보공의 설치 6. 수정 및 본체결 	1. 직접기초 또는 파일기초일 경우 버림콘크리트를 타설한 후 교각위치를 측량하여 기초콘크리트 위치를 표시하여 둔다. 2. 유로폼 또는 합판을 설치한다. 이때 합판을 이용할 경우에는 미리 장선재로서 각목을 합판결의 직각방향으로 일정한 간격으로 조립한 후 설치한다. 3. 멍에재를 설치하고 타이볼트를 가체결한다. 4. 경사지보공을 설치하여 콘크리트 측압 및 충격하중에 의한 붕괴를 방지한다. 5. 거푸집을 수정하고 본체결한다.

안전작업절차	작 업 내 용	위험요인 및 안전대책
		6. 이때 타이볼트는 콘크리트 측압에 의한 거푸집동바리 설계하중에 충분히 견딜 수 있는 간격 및 크기를 갖는 것이어야 한다.
6. 교각콘크리트거푸집	▨ System form일 경우 1. 앵커볼트의 조립 2. 거푸집인양 및 조립 3. 타이볼트의 가체결 4. 수정 및 본체결	1. 앵커볼트를 설치하기 위한 슬리브를 매립한다. 2. 앵커볼트를 삽입한다. 이때 앵커볼트에는 거푸집 및 콘크리트의 자중에 의하여 전단력이 작용하게 됨으로 이의 안전성을 검토하여야 한다.  3. 거푸집을 인양하고 타이볼트 및 거푸집 조립용 볼트를 가체결한다. 이때 타이볼트 및 거푸집 조립용 볼트는 콘크리트 측압을 고려하여 설계된 설계도의 기준에 준하여 설치한다.

안전작업절차	작 업 내 용	위험요인 및 안전대책
		4. 거푸집의 수직도 등을 고려하여 수정후 본체결한다. 5. 거푸집 설치후에는 안전담당자의 확인검사후 승인을 득하여야 한다. 6. 볼트의 길이는 부재를 충분히 체결할 수 있도록 선택하여야 하며, 너트 밖으로 1cm이상의 여유가 있어야 한다. 7. System form에서의 볼트는 고장력볼트를 사용하는 것을 원칙으로 하며 콘크리트 측압에 대하여 주로 인장력이 작용되므로 볼트의 장력이 측압에 충분히 견딜 수 있어야 한다. 8. 콘크리트의 타설속도는 설계시에 고려한 타설속도 이내의 속도로 타설하여야 하며, 급히 타설함으로써 높은 측압이 작용되지 않도록 하여야 한다.

안전작업절차	작 업 내 용	위험요인 및 안전대책
	▨ 재래식 거푸집일 경우 1. 합판거푸집 또는 유로폼 설치 2. 타이볼트의 가체결 3. 장선재의 설치 4. 멍에재의 설치 5. 수정 및 본체결	1. 작업발판을 설치하는 등 준비작업을 한다. 2. 합판 거푸집 또는 유로폼을 조립한다. 3. 작업발판 위에서 작업중 추락위험이 있을 때에는 안전대의 착용 또는 안전난간대의 설치 등 이의 방지대책을 선행한 후 작업하여야 한다. 4. 공구의 낙하 등으로 인하여 재해가 발생될 수 있으므로 작업발판 위에는 불필요한 자재를 적재하지 않아야 한다. 5. 타이볼트의 설치간격 및 부재의 치수는 콘크리트 측압을 고려하여 설계된 도면을 준수하여야 한다. 6. 장선재는 합판의 허용휨응력, 전단응력 및 변위를 고려하여 설계된 배치간격과 부재치수를 준수하여야 한다.

안전작업절차	작 업 내 용	위험요인 및 안전대책
		7. 멍에재는 두본을 1개조로 하는 것을 원칙으로 하며 장선재의 허용휨응력, 전단응력 및 변위를 고려하여 설계된 배치간격과 부재치수를 준수하여야 한다. 8. 거푸집을 가조립한 상태에서 수직도 등을 검측하고 수정한 다음 타이볼트를 본체결한다.
7. 교각코핑부의 거푸집	▨ System form일 경우 1. 앵커볼트의 조립 2. 거푸집 인양 및 조립 3. 타이볼트의 가체결 4. 수정 및 본체결	1. System form의 지지를 위한 앵커볼트를 삽입할 수 있도록 사전에 슬리브를 매립하여 둔다. 2. 매립된 슬리브에 앵커볼트를 삽입하고 체결한다. 3. 거푸집을 인양할 때에는 거푸집 중량과 충격하중을 고려하여 충분한 인양능력을 갖는 양중기를 선정한다. 4. 양중기는 작업반경에 따라 정격하중이 변하므로 작업조건에 적합한 붐의 길이 및 붐각도를 예측하고 인양하중이 정격하중 이내가 되도록 하여야 한다.

안전작업절차	작 업 내 용	위험요인 및 안전대책
		5. 양중기의 운전원은 신호수의 신호에 따라 운전하여야 한다. 6. System form을 인양할 때에는 유도로프를 맨다음 인양도중 충격이 가해지지 않도록 하여야하며 정위치의 조립이 가능하도록 하여야 한다. 7. 조립하는 근로자는 안전대를 반드시 착용하여 추락재해를 방지하여야 한다. 8. 강풍 또는 폭우시에는 작업을 중지하여야 한다. (1) 강풍 : 10분간 평균풍속이 10m/sec이상 (2) 폭우 : 강우량이 1mm/hr이상 9. 교각 코핑부의 거푸집 구조는 콘크리트의 측압뿐만 아니라 연직하중이 동시에 작용함으로 이들 하중에 안전한 구조이어야 한다.

안전작업절차	작 업 내 용	위험요인 및 안전대책
		10. 코핑부의 연직하중을 장선재 및 멍에재를 통하여 지반으로 전달시키는 지주식 동바리일 경우에는 연직하중으로 인한 지반의 안전성을 검토하여야 한다. 11. 코핑부의 연직하중을 장선재 및 멍에재를 통하여 앵커볼트로 전달시키는 구조일 경우에는 장선재, 멍에재의 부재 휨응력 및 변위의 검토가 매우 중요하며, 거푸집 중량 및 콘크리트 자중이 앵커볼트에 전단력으로 작용하므로 이의 검토가 매우 중요하다. 또한 앵커볼트 설치위치에는 콘크리트 지압응력도 검토하는 것이 바람직하다. 12. 타이볼트를 가체결하고 거푸집의 측량을 통하여 수정후 본체결한다.

안전작업절차	작 업 내 용	위험요인 및 안전대책
		13. 거푸집 조립 작업시에는 반드시 안전담당자를 지정하고 작업을 지휘감독하게 한다. 14. 거푸집 조립 완료후에는 안전담당자와 검측하고 승인을 득한 후 콘크리트를 타설한다. 15. 콘크리트의 타설속도는 설계시 고려된 타설속도를 준수하여야 하며 무리하게 타설속도를 빠르게 해서는 안된다. 16. 펌프카는 견고한 지반 위에서 아웃리거를 내리고 침하를 방지하기 위하여 하면에 각재 또는 가대를 설치하여야 한다. 17. 콘크리트 타설시에는 타설낙차에 의한 충격을 감소시키기 위하여 슈트를 최대한 거푸집 하면까지 내리고 타설하여야 한다.
	▨ Full Staging일 경우 1. 콘크리트 및 동바리의 자중에 대한 지반지내력 검토	1. 지주식 동바리를 지면에 설치하는 경우에는 콘크리트 및 동바리의 자중에 대한 지반지내력을 검토하여야 한다.

안전작업절차	작 업 내 용	위험요인 및 안전대책
	2. 연약지반인 경우 동바리 침하방지 3. 지주의 건립 4. 멍에재 조립 5. 장선재 조립 6. 합판 거푸집 설치 7. 수정 및 본체결	2. 연약지반인 경우에는 지반의 지내력 및 침하를 방지하기 위하여 콘크리트 기초를 타설하는 등 필요한 조치를 하여야 하며, 이때 지반지내력의 검토는 Terzaghi의 극한지지력 계산방법을 준용할 수 있다. 3. 지주를 건립할 때에는 수직도가 1/100이내가 되도록 설치하여야 한다. 4. 지주의 상단에 멍에재를 설치하고 그 위에 장선재를 설치한다. 이때 재료의 종류, 치수 및 배치간격은 거푸집동바리 설계도를 준수하여야 한다. 5. 합판 거푸집을 설치하고 형틀을 수정보완후 본체결을 수행한다. 6. 추락을 방지하기 위하여 안전대 착용 등 필요한 조치를 하여야 한다.

다. 상부구조물의 거푸집동바리 작업

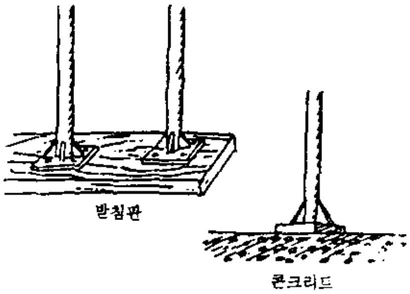
거푸집 동바리는 거푸집과 콘크리트 하중을 지지하고 거푸집의 위치를 확실하게 하는 가설구조물로서 정확하고 견고하게 설치하여야 한다.

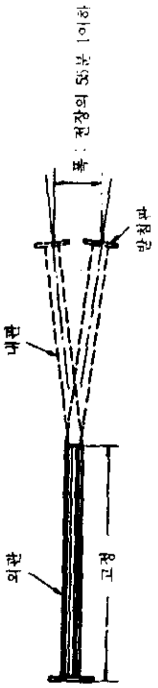
동바리 구조는 다음 <표 3-4>와 같이 분류될 수 있으며, 본 절에서는 대표적인것에 대한 안전작업절차를 기술하였다.

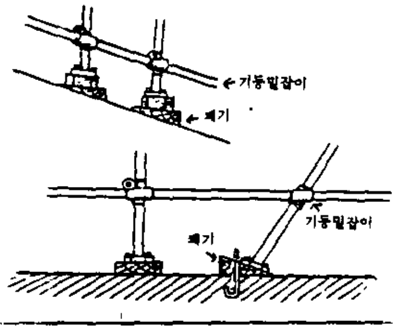
<표 3-4> 거푸집 동바리의 분류

구 조 별	명 칭
지 주 식	파이프 써포트식 단관지주식 틀 조립식 삼각틀 조립식 조립강주식 목재지주식
보 식	경동바리식 중동바리식

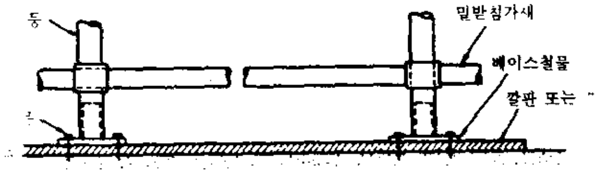
안전작업절차	작 업 내 용	위험요인 및 안전대책
1. 도면검토	1. 구조물(상부구조형식)의 도면 검토 2. 거푸집 동바리 구조 도면 검토	1. 구조물 및 거푸집 동바리 구조 도면을 검토하여 작업가능성을 검토한다. 2. 필요한 자재의 종류 및 수량을 확인한다.
2. 자재의 반입	1. 자재의 적재량 선정 2. 장비의 진출입로 및 작업위치 선정 3. 양중기의 전도방지 4. 하물의 낙하위험방지 5. 자재검사 및 불량자재 반출	1. 자재의 반입은 사용순서에 적합하도록 반입하고 장기간 현장에 적재하여 두지 않도록 그 시기를 적절히 조절한다. 2. 장비의 진출입로는 장비의 전도 또는 전락사고가 발생되지 않도록 필요하다면 반입로를 사전에 정비하여야 한다. 3. 자재는 가설기자재 검정기준 또는 KS규정에 합격한 것을 사용하여야 하며 심하게 변형, 부식 또는 손상된 것은 반출하여야 한다.
3. 동바리 기초 검토	1. 동바리 형식 검토	1. 동바리의 형식은 크게 지주식과 보식이 있으며 어느 형식인가를 검토한다.

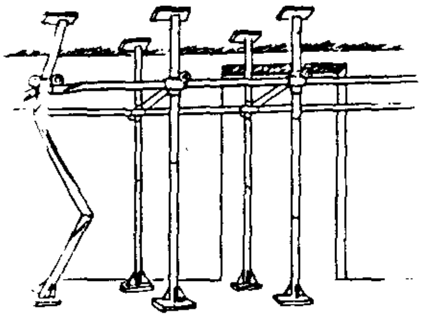
안전작업절차	작 업 내 용	위험요인 및 안전대책
	2. 지반조건 검토 3. 연직하중 검토 4. 지반지내력 검토  	2. 지주식인 경우에는 지반상태를 검토하여야 하며, 보식인 경우에는 설치지점의 안전성을 검토한다. 3. 지주식인 경우에는 동바리의 지점이 지반이기 때문에 지반의 상태를 점검하여야 하며, 동바리 침하를 방지하기 위하여 콘크리트를 타설하거나 깔판또는 깔목을 설치하여야 한다. 4. 연약지반일 경우에는 Terazghi의 지지력 공식을 이용하여 연직하중에 의한 지반의 지내력을 확보할 수 있도록 동바리 기초 콘크리트 크기를 결정한다. (2절-나-(3) 참조)
4-1. 파이프 써포트식 동바리	1. 자재 반입 및 점검 2. 동바리 기초 검토 및 설치	1. 자재를 검수하여 불량품을 제거한다. (1) 굴곡상태 · 부식상태가 허용범위를 초과하지 않을 것

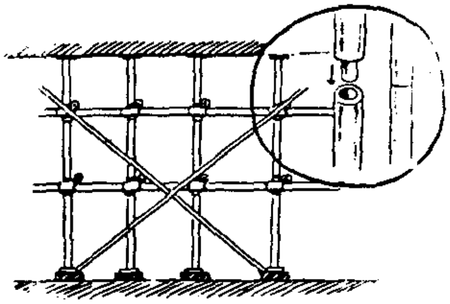
<table>
<tr><th>안전작업절차</th><th>작 업 내 용</th><th>위험요인 및 안전대책</th></tr>
<tr><td></td><td>3. 파이프써포트 건립
4. 멍에재 설치
5. 장선재 설치
6. 합판의 설치


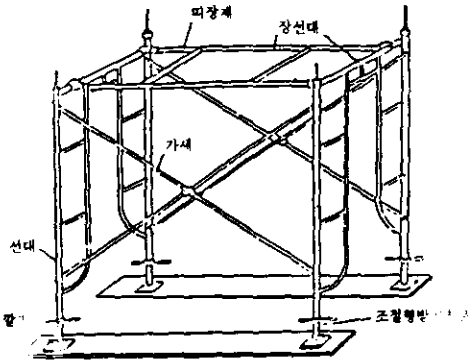
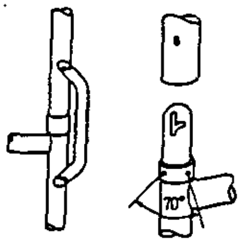
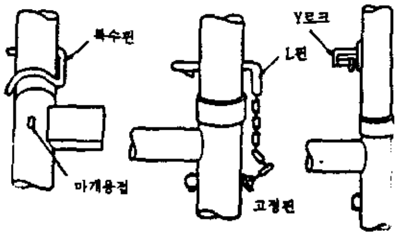

</td><td>(전 진폭이 최대사용길 이의 55 분의 1이하인 것을 사용할 것)
(3) 핀은 재질과 규격이 알맞은 전용의 것을 사용하여야 한다.
(4) 외관과 내관은 같은 종류의 것을 사용하는 것이 좋다.
2. 사전에 설계된 거푸집 동바리의 구조도를 준수한다.
3. 동바리 기초에 깔판을 설치하거나 필요하다면 콘크리트 기초를 설치한다.
4. 멍에재에 파이프써포트의 간격에 맞도록 철못을 박거나 위치를 표시한다.
5. 파이프써포트는 수직도가 1/100 이하가 되도록 정확히 세워야 하며 가로 · 세로 열을 맞추어야 한다.
6. 만약 경사진 위치에 건립할 때에는 파이프써포트 하단에 미끄럼 방지턱을 만들어야 한다.</td></tr>
</table>

안전작업절차	작 업 내 용	위험요인 및 안전대책
		7. 파이프써포트의 높이가 3.5m 이상일 때에는 2m이내마다 2개방향으로 수평연결재를 설치하여 좌굴 및 비틀림을 방지한다. 8. 강재와 강재의 접속부는 클램프 등 전용철물을 사용하여 견고히 고정한다. 9. 멍에재 상단에 장선재를 설치한다. 10. 장선재 상단에 합판을 설치한다. 11. 설치된 거푸집을 측량하고 거푸집을 조정 및 본체결한다. 12. 파이프써포트를 이어서 사용할 때에는 이어서 사용하지 말아야 하며, 이음부위에서 좌굴이 발생할 우려가 있으므로 4개의 연결철물을 견고히 조립하여 사용하여야 한다. 13. 수평방향 10m이내마다 교차가새를 설치하여야 한다.

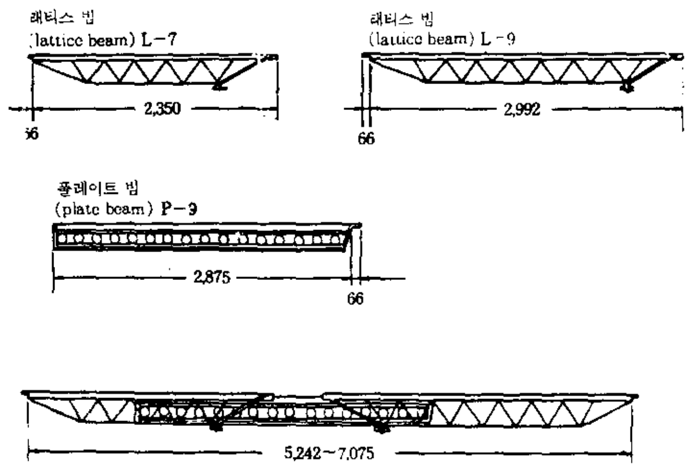
안전작업절차	작 업 내 용	위험요인 및 안전대책
4-2.단관지주 식동바리	1. 자재반입 및 점검 2. 동바리 기초검토 및 설치 3. 단관지주 하면의 받침철물 설치 4. 단관지주 건립 5. 멍에재 설치 6. 장선재 설치 7. 합판의 설치	1. 자재를 검수하여 불량품을 제거한다. (1) 현저하게 휘거나 변형된 것을 제거한다. (2) 현저하게 홈이 파이거나 꺽인 것은 제거한다. (3) 심하게 부식 또는 손상된 것은 제거한다. 2. 동바리 기초에 깔판을 설치하거나 필요하다면 콘크리트 기초를 설치한다. 3. 멍에재에 파이프써포트의 간격에 맞도록 철못을 박거나 위치를 표시한다.  4. 기초부위는 밑받침 철물을 사용하여 깔판등에 견고히 고정한다.

안전작업절차	작 업 내 용	위험요인 및 안전대책
		5. 보 또는 멍에를 상단에 올릴 때에는 당해 상단에 강재의 단판을 부착하여 보 또는 멍에에 고정시킨다. 6. 단관은 수직도가 1/100 이하가 되도록 수직으로 세워야 하며 가로·세로 열을 맞추어여 한다. 7. 만약 경사지게 설치할 경우에는 하단에 미끄럼 방지조치를 하여야 한다. 8. 높이 2m이내마다 2개방향으로 수평연결재를 설치한다. 9. 강재와 강재의 접속부는 클램프 등 전용철물을 사용하여 견고히 고정한다. 10. 멍에재 상단에 장선재를 설치한다. 11. 장선재 상단에 합판을 설치한다. 12. 설치된 거푸집을 측량하고 거푸집을 조정 및 본체결한다.

안전작업절차	작 업 내 용	위험요인 및 안전대책
		13. 단관을 이어서 사용할 때에는 2본 이내로 이어야 하며 이음철물을 이용한 장부이음을 하여야 한다. 14. 수평방향 10m이내마다 교차가새를 설치한다.
4-3. 강관틀 조립식 동바리	1. 자재반입 및 점검 2. 동바리 기초 검토 및 설치 3. 강관틀 하면의 받침철물 설치 4. 강관틀 조립 5. 멍에재 설치 6. 장선재 설치 7. 합판의 설치	1. 자재를 검수하여 불량품을 제거한다. (1) 현저하게 휘거나 변형된 것은 제거한다. (2) 부재의 조인트부, 가새교차부의 체결상태를 점검하고 불량품을 제거한다. (3) 심하게 부식 또는 손상된 것은 제거한다. 2. 동바리 기초에 깔판을 대거나 필요하다면 콘크리트 기초를 설치한다. 3. 기초에는 잭 베이스를 이용하고 깔판에 견고히 고정한다.

안전작업절차	작 업 내 용	위험요인 및 안전대책
  (a) 암로크식 (b) 회전식  (c) 핀방식		4. 첫단을 조립한 후에는 수준기로 높이의 수평상태를 확인하고 잭베이스로 수평을 조절한 다음 다음 단을 조립하여야 한다. 5. 건립은 1단씩 짜올리는 것을 원칙으로 하며 전용철물로 장부이음을 하여야 한다. 6. 최상층과 5단 이내마다 2개방향으로 수평연결재를 설치한다. 7. 조립틀의 최상단 및 중간부분에 작업발판을 설치한다. 8. 보 또는 멍에를 상단에 올릴 때에는 당해 상단에 강재의 단판을 부착하여 보 또는 멍에에 고정시킨다. 9. 멍에재 상단에 장선재를 설치한다. 10. 장선재 상단에 합판을 설치한다.
4-4. 조립강주식 동바리	1. 자재 반입 및 점검 2. 동바리 기초 검토 및 설치	1. 자재를 검수하여 불량품을 제거한다.

안전작업절차	작 업 내 용	위험요인 및 안전대책
	3. 동바리의 조립 4. 멍에재 설치 5. 장선재 설치 6. 합판의 설치	(1) 현저하게 휘거나 변형된 것을 제거한다. (2) 심하게 부식 또는 손상된 것을 제거한다. 2. 동바리 기초에 깔판을 대거나 필요하다면 콘크리트 기초를 설치한다. 3. 수직부재를 건립한 다음 수평부재를 연결하며 연결부는 견고히 고정한다. 4. 건립한 후 수직부재가 지반에서 이격되지 않도록 잘 조절한다. 5. 높이가 4m를 초과할 때에는 4m 이내마다 수평연결재를 2개방향으로 설치한다. 6. 보 또는 멍에를 상단에 올릴 때에는 당해 상단에 강재의 단판을 부착하여 보 또는 멍에에 고정시킨다. 7. 멍에재 상단에 장선재를 설치한다.

안전작업절차	작 업 내 용	위험요인 및 안전대책
		8. 장선재 상단에 합판을 설치한다.
4-5. 보식 동바리	1. 자재 반입 및 점검 2. 보의 지점부의 설치 및 점검 3. 보의 건립 4. 보의 수평연결재 설치 5. 장선재 설치 6. 합판의 설치	1. 자재를 검수하여 불량품을 제거한다. (1) 현저하게 변형 또는 손상된 것을 제거한다. (2) 심하게 부식된 것은 제거한다. 2. 보식 동바리를 설치하기 위한 지점은 콘크리트 연직하중 및 보의 하중에 견딜 수 있는 견고한 곳이어야 한다.
		

안전작업절차	작 업 내 용	위험요인 및 안전대책
		3. 보식 동바리를 설치하기 위한 별도의 지주를 설치하여야 할 경우에는 지반의 침하를 방지하도록 콘크리트 타설하는 등의 조치를 하여야 한다. 4. 강재 보를 설치하기 전에는 소정의 높이와 지간장을 결정하고 조립도에 준하여 정밀하게 조립하여야 한다. 5. 크레인 등으로 보를 인양하여 설치하는 도중 기 설치된 보에 충격을 가하지 않도록 주의하여야 한다. 6. 강재보는 정해진 지점 이외의 곳을 지점으로 이용해서는 안된다. 7. 보와 보사이는 수평연결재를 설치하여 보가 전도되지 않도록 하여야 한다.

안전작업절차	작 업 내 용	위험요인 및 안전대책
		8. 보의 지점부가 탈락되지 않도록 견고히 설치하여야 한다. 9. 보의 높이를 측량하고 조정한다. 10. 보 위를 횡단할 때에는 추락재해를 방지할 수 있는 안전조치를하여야 한다. 11. 보 상단에 장선재를 설치한다. 12. 장선재 상단에 합판을 설치한다.

제 4 장 동바리 구조 설계

1. 하중조건

가. 연직하중

동바리 구조의 연직하중은 다음과 같이 분류된다.

(1) 콘크리트 자중

(2) 충격하중 : 콘크리트 타설 또는 기계기구의 작동시 발생되는 힘

(3) 작업하중 : 사람, 물품, 기계기구 등의 무게

동바리 구조의 설계에서는 상기 3가지의 연직하중의 합을 이용하며, 동바리 설계시 연직하중은 다음과 같이 표현된다.

W = 콘크리트 자중 + 충격하중 + 작업하중

$= \gamma t + 0.5\ \gamma t + 0.15\ t/m^2$

여기서, γ = 철근콘크리트의 단위중량 (t/m^3) (표 4.1 참조)

t = 슬래브의 두께 (m)

연직하중을 계산하기 위한 철근콘크리트의 단위중량은 <표 4-1>을 기준으로 적용할 수 있다.

<표 4-1> 콘크리트 및 철근콘크리트의 단위중량

콘크리트의종류		콘크리트중량 (t/㎥)	철근콘크리트중량 (t/㎥)
보통콘크리트		2.3	2.4
1종 경량콘크리트	$\sigma_{ck} \geq 200$(kg/㎠)	1.9	2.0
	$\sigma_{ck} < 200$(kg/㎠)	1.85	1.95
2종 경량콘크리트	$\sigma_{ck} \geq 200$(kg/㎠)	1.6	1.7
	$\sigma_{ck} < 200$(kg/㎠)	1.55	1.65
3종 경량콘크리트		1.9	2.0
4종 경량콘크리트		1.7	1.8

나. 콘크리트 측압

거푸집 설계를 위하여 고려하는 수평하중은 콘크리트의 측압이다. 수평방향은 콘크리트 측압뿐만 아니라 풍하중, 충격하중 등이 있을 수 있다. 단순보 개념으로 설계된다면 일반적으로 콘크리트 측압중 최대측압을 기준으로 설계하여도 가능하다. 그러나 정밀해석을 수행할 때에는 콘크리트 타설 및 장비 운용시 발생되는 충격하중을 측압의 약 10%~30% 범위로 고려하여야 한다.

콘크리트 측압에 미치는 인자는 다음과 같다.

(1) 콘크리트의 단위중량(γ) (클수록 측압은 증가)

(2) 슬럼프값 (클수록 측압은 증가)

(3) 치기속도(V) (클수록 측압은 증가)

(4) 치기높이(H) (클수록 측압은 증가)

(5) 콘크리트 온도 · 습도 (낮을수록 측압은 증가)

(6) 부재단면의 크기 (클수록 측압은 증가)

콘크리트의 측압은 배합, 치기속도, 치기높이, 다지기 방법, 칠 때의 콘크리트 온도에 따라 다를뿐만 아니라 혼화제의 종류, 부재의 단면치수, 철근량 등에 따라서도 그 영향을 받으므로 그 가정에 있어서 충분한 검토가 있어야 한다.

일반적으로 보통포틀랜트시멘트를 사용하고 단위중량 2.4 t/㎥, 슬럼프값 10cm이하의 콘크리트를 내부진동기를 사용하여 칠 경우 측압계산은 다음식을 기준으로 계산한다.

<표 4-2> 국내 콘크리트 표준시방서 기준 (1999년 건교부)

부재의 종류	타설속도(R)	측 압 (P)
기 둥	-	$0.8+\frac{80R}{T+20} \leq 15(t/m^3)$ 또는 $\gamma H(t/m^3)$
벽	2m/hr 이하	$0.8+\frac{80R}{T+20} \leq 10(t/m^3)$ 또는 $\gamma H(t/m^3)$
	2m/hr 이상	$0.8+\frac{120+25R}{T+20} \leq 10(t/m^3)$ 또는 $\gamma H(t/m^3)$

여기서, γ = 콘크리트의 단위중량 (t/㎥)

R = 콘크리트 치기속도 (m/hr)

T = 콘크리트 온도 (℃)

H = 콘크리트 치기높이 (m)

<표 4-3> 일본 콘크리트학회의 측압 제안식 (1999년)

타설속도 (m/h)		10이하의 경우		10을 초과 20이하의 경우		20을초과할경우
부재 H(m)		1.5이하	1.5을초과 4.0이하	2.0이하	2.0을 초과 4.0이하	4.0이하
기 둥		γH	$1.5\gamma + 0.6\gamma \times (H-1.5)$	γH	$2.0\gamma + 0.8\gamma \times (H-2.0)$	γH
벽	길이3m이하의경우		$1.5\gamma + 0.2\gamma \times (H-1.5)$		$2.0\gamma + 0.4\gamma \times (H-2.0)$	
	길이3m를 초과할 경우		1.5γ		2.0γ	

H : 아직 굳지 않은 콘크리트의 타설높이(m) (측압을 구하는 위치에서의 콘크리트 타설높이)

γ : 아직 굳지 않은 콘크리트의 단위용적중량(t/m³)

다. 기타하중

기타하중으로는 작업할 때의 진동, 충격, 시공오차 등에 기인되는 횡방향 하중과 구조물의 형상에 따라 큰 풍압, 유수압 등에 따른 하중이 있다.

또한 콘크리트를 비대칭으로 칠 때의 편심하중, 거푸집 저면의 경사로 인하여 발생되는 수평보력, 중공슬래브에서 슬래브 내부에 묻히는 중공 거푸집의 상양력 등을 고려하여야 한다.

2. 거푸집 동바리 구조의 종류

가. 가설기자재 생산 현황

가설기자재에 대한 현행 법규는 노동부 고시 제 1998-65호 가설기자재 성능검정 규격편에 규정되어 있다. 가설기자재에 대한 성능검정은 종전에는 한국산업안전공단에서 시행하였으나 현재 한국건설가설협회에서도 그 성능검정을 수행하고 있다. 한국건설가설협회에는 약 100여개의 회원사가 가입되어 있으며, 이들 회원사들이 건설현장에 소요되는 각종 가설기자재를 생산 납품하고 있는 실정이다.

가설기자재는 각 품목마다 노동부 고시에서 규정한 성능검정 규격 이상의 성능을 보유하면 (안)자마크를 획득할 수 있도록 되어 있기 때문에 각 생산회사마다 그 성능 보유 정도 및 치수에 차이가 많은 실정이다.

이러한 가설기자재의 생산실태를 조사하기 위하여 한국건설가설협회의 회원사 100개사를 대상으로 생산품에 대한 카달로그 송부를 의뢰하였으며, 10개사가 자사의 생산품에 대한 카달로그를 송부하여 왔다. 응답률이 다소 저조하나 회원사 100개업체 모두 동바리 자재를 생산하는 것은 아니기 때문인 것으로 생각된다.

이를 기준으로 교량공사에 사용되는 동바리 구조 및 각종 안전시설물의 국내 생산품을 정리하였다.

나. 파이프써포트

파이프써포트에 대한 가설기자재 검정기준은 <표 4-4>와 같다.

<표 4-4> 파이프써포트의 성능검정 규격(노동부 고시 제 1998-65호)

항 목			성 능 검 정 규 격	비 고
재 료	외 관		SPS400 (KS D 3566, 일반구조용 탄소강관)	
	내 관		SPS500 (KS D 3566, 일반구조용 탄소강관)	
	조절나사	숫나사	SPP (KS D 3507, 배관용 탄소강관)	
		암나사	GC200 (KS D 4301, 회주철품) 또는 GCD 45 (KS D 4302, 구상흑연주철품)	
	지 지 핀		SM35C (KS D 3752, 기계구조용 탄소강재)	
	받이판바닥판		SS330 (KS D 3503, 일반구조용 압연강재)	
최 대 사 용 길 이			4,000mm 이하	
내 · 외관 겹침길이			280mm 이상(최대사용길이가 2500mm 미만일때는 150mm 이상)	
외 관	길 이		최대사용길이의 50%이상(그 수치가 1600mm를 넘을 때는 1,600mm)	
	외 경		60.5±0.3mm 이상	
	두 께		2.3±0.3mm 이상	
내 관	외 경		48.6±0.3mm 이상	
	두 께		2.5±0.3mm 이상	
허 용 진 폭			최대사용길이의 1/55 이하	
지 지 핀			직경 11mm 이상	
압축강도 (kg)	나이프에지		$P = 1.82 \times 10^6 (146 - 0.15L)/L^2 \leq 4000(kg)$ 여기서, L= 최대사용길이(cm) + 14(cm)	
	평 누 름		최대사용길이(3.5m 초과시 3.5m)에서 평균 4000kg 이상 , 최소 3600kg이상	

파이프써포트의 국내 제작실태를 조사한 결과를 정리하여 <표 4-5>에 나타내었다.

<표 4-5> 국내 파이프써포트 생산품의 실태조사

제작사	생산품명	최대길이 (mm)	최소길이 (mm)	핀간격 (mm)	핸들조절범위 (mm)	허용하중 (kg)	외관		내관		비고
							외경 (mm)	두께 (mm)	외경 (mm)	두께 (mm)	
A	V1	3,300	1,800	125	130	1,800	-	-	-	-	
	V2	3,500	2,000			1,800					
	V3	3,900	2,400			1,800					
	V4	4,200	2,700			1,050					
	V5	5,000	3,420			750					
	V6	6,000	4,600			650					
B	V1	3,300	1,800	120	120	1,670 (1,150)	60.5	2.3	48.6	2.3	
	V2	3,500	2,000			1,500 (1,050)					
	V3	3,900	2,400			1,450 (1,015)					
	V4	4,200	2,700			1,400 (960)					
	V5	5,000	3,000			1,300 (910)					
	V6	6,000	3,000			1,200 (860)					

<표 4-5> 국내 파이프써포트 생산품의 실태조사(계속)

제작사	생산 품명	최대 길이 (mm)	최소 길이 (mm)	핀간격 (mm)	핸들 조절 범위 (mm)	허용 하중 (kg)	외 관		내 관		비 고
							외 경 (mm)	두 께 (mm)	외 경 (mm)	두 께 (mm)	
C	V1	3,200	1,800	120	-	-	60.2	2.0	48.3	2.2	
	V2	3,400	2,000								
	V3	3,800	2,400								
	V4	4,000	2,600								
	V5	5,000	3,500								
	V6	6,000	4,500								
D	V1	3,170	1,916	125	130	1,800	-	-	-	-	
	V2	3,470	2,216			1,500					
	V3	3,920	2,666			1,200					
	V4	4,220	2,966			1,050					

* B사의 허용하중은 백관에 대한 것이며, (　)안은 흑관에 대한 것임.

파이프써포트의 생산 및 사용실태를 조사한 결과 제작사 마다 허용응력의 제시가 서로 상이하게 되어 있어 이를 사용하는 자는 어느 것을 적용하여야 할 지 어려움이 있었으며, 이를 제시하고 있지 않는 회사도 있었다. 파이프써포트의 TYPE별로 좌굴길이를 고려하여 허용응력을 제시하여 주는 것이 바람직할 것으로 판단되며, 제작사의 안내 팜플렛에는 품질성적서 사본과 함께 사용재료의 재질, 치수, 허용응력 등을 기재하는 것을 의무화하여 사용자들이 이

를 준용할 수 있도록 하는 것이 좋을 것으로 생각된다.

다. 보조지주

<표 4-6>은 보조지주의 가설기자재 성능검정규격을 정리한 것이다.

<표 4-6> 보조지주의 성능검정 규격 (노동부 고시 제 1998-65호)

항	목	성 능 검 정 규 격	비고
재 료	주 관	SPS 500 (KS D 3566, 일반구조용 탄소강관)	
	삽 입 관	SPP (KS D 3507, 배관용 탄소강관)	
	받이판,바닥판	SS 330 (KS D 3503, 일반구조용 압연강재)	
사 용 길 이		1,800mm 이하	
주 관	외 경	48.3 mm 이상	
	두 께	2.2 mm 이상	
삽입식일 때 파이프써포트 삽입길이		200mm 이상	
압 축 강 도 (kg)		$P=1.74\times10^8\times\left\{1-\frac{1}{3}\sin\left(\frac{116}{L}\right)\right\}/L^2\leq4,000\,kg$ 여기서, L= 최대사용길이(cm) + 44(cm)	

보조지주의 국내 생산품에 대한 실태조사에서 응답한 회사는 단 1개사로서 그 규격은 성능검정기준에는 합당한 것이나 자세한 치수는 기록되어 있지 않았으며 따라서 실태조사를 좀 더 자세히 하기에는 어려움이 있었으며 현장에서의 수요가 그리 많지 않은 것으로 생각된다. 보조지주는 파이프써포트에 연결하여 그 길이를 연장할 때 사용하는 것이므로 주관에 대한 제작기준은 파이

프써포트의 제작기준 이상을 유지하도록 하는 것이 좋을 것으로 생각된다.

라. 강 관

강관에 대한 가설기자재 성능검정규격을 정리하여 <표 4-7>에 나타내었다.

<표 4-7> 강관의 성능검정 규격 (노동부 고시 제 1998-65호의 제 7장)

항 목		성 능 검 정 규 격	비 고
재 료		SPS 500 (KS D 3566, 일반구조용 탄소강관) 또는 SGH 50 (KS D 3506, 용융아연도금 강관 및 강재)	
치 수	원 형	외경 48.3mm 이상, 두께 2.2mm 이상	

강관의 국내생산품의 실태조사 결과는 <표 4-8>과 같다.

<표 4-8> 국내 강관 생산품의 실태조사

제작사	단면형상	외경 또는 외면치수(mm)	두 께 (mm)	비 고
A	원 형	21.7	2.0	
		27.2	2.0, 2.3	
		34.0	2.3	
		42.7	2.3, 2.5, 2.8	
		48.6	2.3, 2.5, 2.8, 3.2	
		60.5	2.3, 3.2, 4.0	
		76.3	2.3, 3.2, 4.0	

<표 4-8> 국내 강관 생산품의 실태조사(계속)

제작사	단면형상	외경 또는 외면치수(mm)	두 께 (mm)	비 고
A	각 형	25×25	1.4, 1.6, 1.8, 2.1	
		30×20	1.4, 1.6, 1.8, 2.1	
		40×20	1.4, 1.6, 1.8, 2.4	
		31×31	1.4, 1.6, 1.8, 2.4	
		40×40	1.4, 1.9, 2.4, 2.7	
		50×30	1.4, 1.9, 2.4, 2.7	
		50×50	1.8, 1.9, 2.9	
		60×60	1.8, 1.9, 2.9	
		75×45	1.8, 1.9, 2.9	
		75×75	1.8, 2.3, 3.2	
		100×50	1.8, 2.3, 3.2	
B	원 형	48.6	2.3	
	각 형	50×50	2.0	
C	원 형	48.6	-	
D	원 형	48.6	2.3	

강관은 비계, 거푸집동바리, 안전난간대 등 건설현장에서 다양하게 사용되는 건설자재로서, 가장 대표적인 것은 Ø48.6×2.3t인 것으로 조사되었다. 또한 각형 강관은 목재를 대신하여 장선재, 멍에재로 그 사용성이 확대되고 있었다.

마.강관틀

강관틀에 대한 가설기자재 성능검정규격을 정리한 것은 <표 4-9>와 같다.

<표 4-9> 강관틀의 성능검정규격(노동부고시 제1998-65호)

항 목		성 능 검 정 규 격	비고
주 틀	기 둥 재	SPS 500 (KS D 3566, 일반구조용 탄소강관)	
	횡 가 재		
	보 강 재	SPS 400 (KS D 3566, 일반구조용 탄소강관)	
띠 장 틀	띠 장 재	SPS 500 (KS D 3566, 일반구조용 탄소강관)	
	버 팀 재	SPS 400 (KS D 3566, 일반구조용 탄소강관)	
	조임철물	SS 400 (KS D3503, 일반구조용 압연강재)	
기둥재 중심간 거리		400~1250 mm	
기둥재의 길이		2000 mm 이하	
기둥재 및 횡가재	외 경	42.4mm 이상	
	두 께	2.2mm 이상	
보강재	외 경	26.9mm 이상	
	두 께	1.7mm 이상	
교차가새	가 새 재	SPS 400 (KS D3566, 일반구조용 탄소강관)	
	힌 지 핀	MSWR 20 (KS D3554, 연강선재)	
시 험	압축시험	주틀의 압축강도 7500kg이상(높이 1.8m 이하일 때) 주틀의 압축강도 7000kg이상(높이 1.8m 초과일 때)	
	처짐시험	주틀 횡가재 중앙에 1000kg 작용시 수직처짐량 10mm 이하	

<표 4-10>은 강관틀의 국내 생산현황을 조사한 것이다.

<표 4-10> 국내 강관틀 생산품의 실태조사

제작사	치 수 (폭×높이 mm)	허용하중(kg)	중량(kg)	비 고
A	1219×1700	-		
	914×1700	-		
	610×1700	-		
B	1219×1700	5000	14.7	
C	1219×1700	3950	16.8	
D	1219×1700	5000	15.6	

강관틀에 대한 생산실태를 조사한 결과 제작사 마다 제시한 허용하중이 서로 상이하였으며, 허용하중을 명기하지 않은 제작사도 있었다. 파이프써포트와 마찬가지로 제작사의 팜플렛에는 시험성적서 사본과 함께 제품의 재질, 치수, 허용응력 등을 명기하는 것이 사용자에게 편리 할 것으로 생각된다. 또한 강관틀은 수개의 단으로 높게 조립할 때에는 맨 하단에는 자중에 의한 하중이 매우 크게 작용하게 되므로 이에 대한 하중을 고려하여 설치높이별로 허용응력을 별도로 제시하는 것이 좋을 것으로 생각된다.

바. 기 타

기타 거푸집 및 동바리용으로 사용되는 가설기자재는 용도에 따라 여러 종류의 것이 제작 및 사용되고 있다. 대표적인 사용품목을 정리하면 다음과 같다.

<표 4-11> 기타 거푸집동바리용 가설기자재

용 도	종 류
거푸집용	유로폼, System Form
동바리용	조립강주(Load Tower, H빔조립) Jack Support, Brack
거푸집 및 동바리용	Deck Plate, 보 동바리

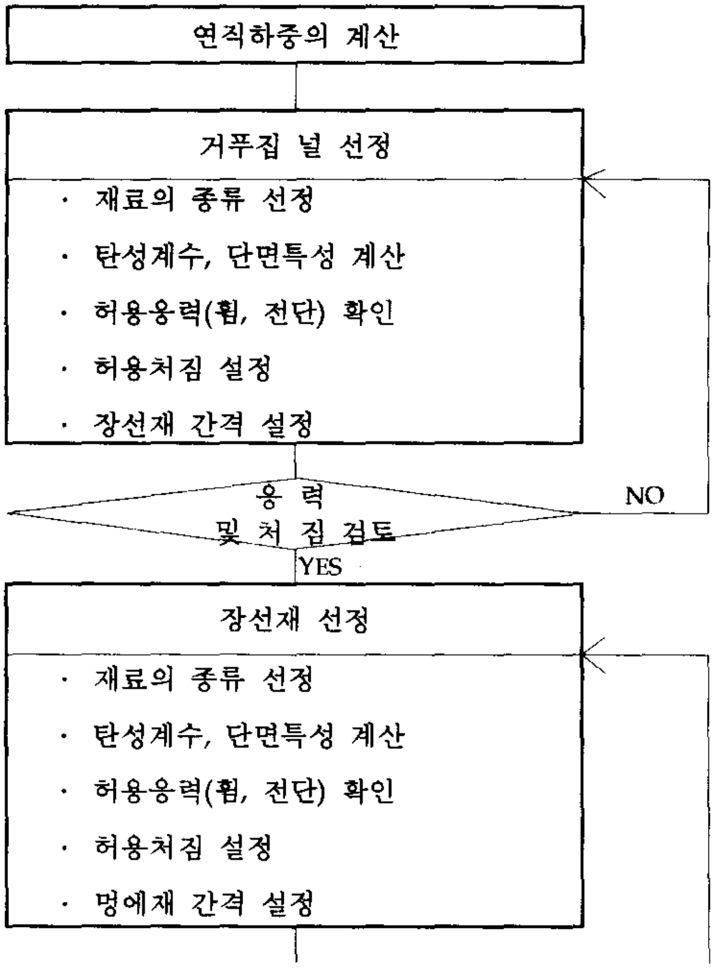
이러한 품목들은 규격화된 것이 없이 현장의 여건에 따라 주문제작 또는 기성제품 중 적합한 것을 선택하여 사용하고 있다. 따라서 현장에서 그때마다 구조해석을 수행하고 제작사에서 제시한 강도기준을 그대로 이용하는 경우가 대부분이다.

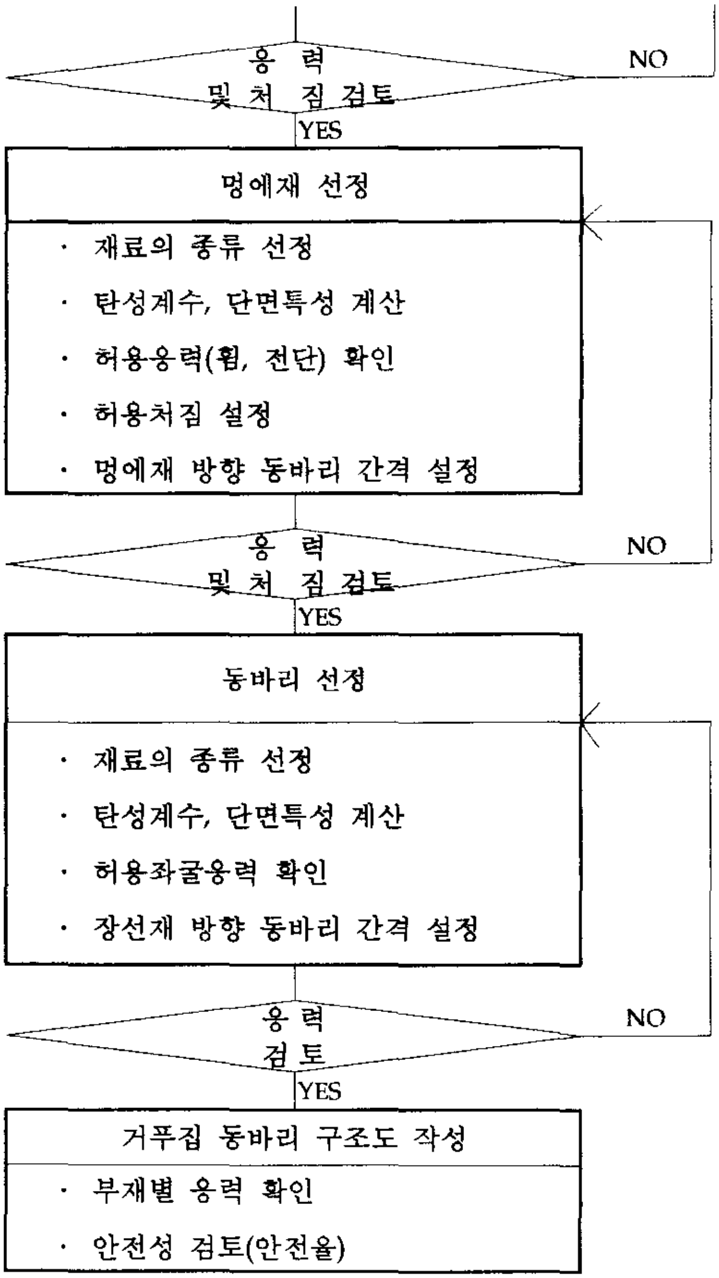
따라서 이러한 제품에 대한 것도 시험성적서가 첨부된 팜플렛이 준비되어야 할 것이다.

3. 연직하중의 설계

가. 동바리 설계의 체계

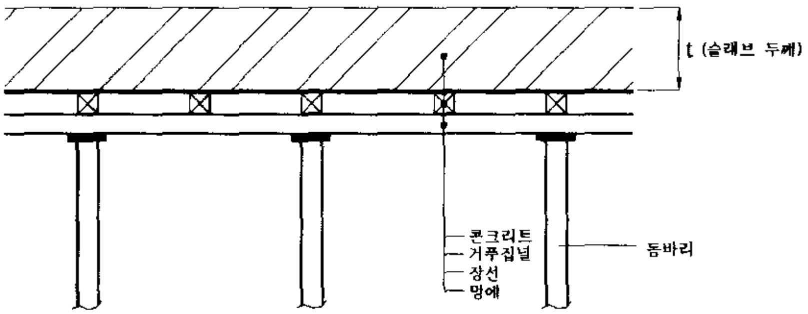
연직하중을 받는 거푸집 동바리 구조를 설계하는 과정은 [그림 4-1]과 같다.



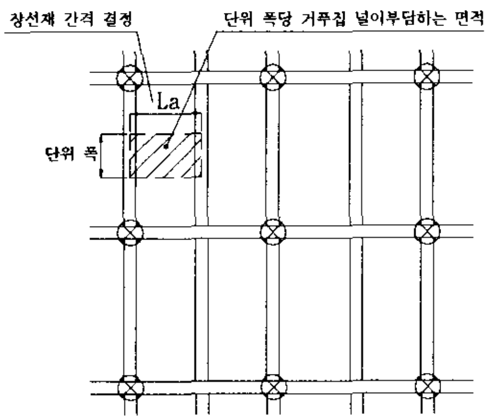


[그림 4-1] 연직하중을 받는 거푸집 설계 과정

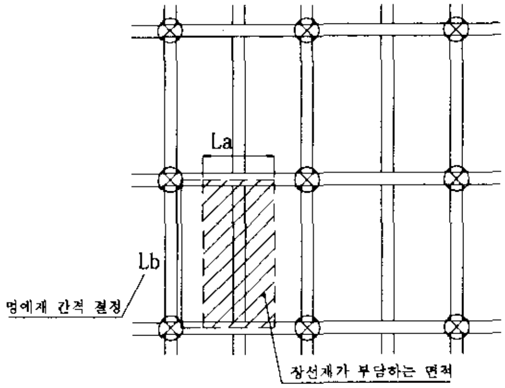
[그림 4-1]과 같이 연직하중에 대한 거푸집 동바리의 설계 과정은 우선 연직하중을 계산하고 이 하중이 거푸집 널, 장선재, 멍에재, 동바리의 순으로 전달되어 가는 과정의 단계별로 설계된다. 이러한 과정은 [그림 4-2]~[그림 4-6]에 표현되어 있다. 설계과정에서 모두 단순보 형태로 계산하는 것이 편리하며 연속보로 해석하는 것에 비하여 안전측으로 계산되므로 권장하는 계산법이다.



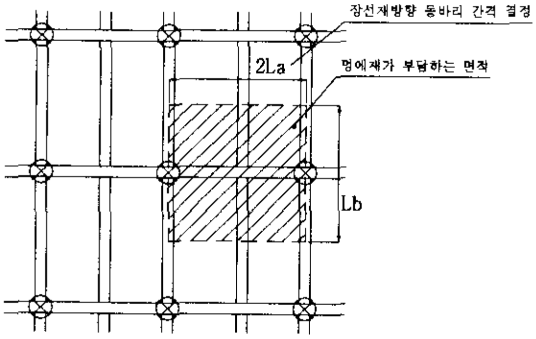
[그림 4-2] 연직하중에 대한 동바리의 표준 단면도



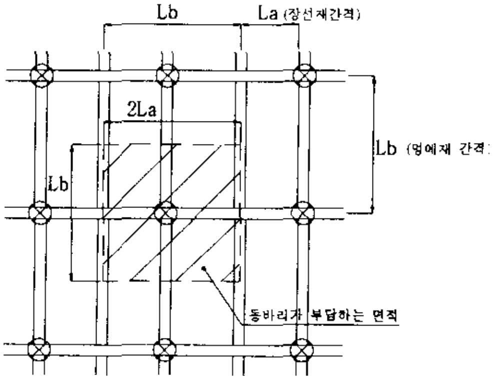
[그림 4-3] 거푸집 널의 하중분담도



[그림 4-4] 장선재의 하중분담도



[그림 4-5] 멍에재의 하중분담도



[그림 4-6] 동바리의 하중분담도

나. 거푸집 널의 설계

(1) 종류별 단면특성

거푸집 널로 사용되는 합판은 합판 두께에 따라 크게 3가지로 분류되며, <표 4-12>와 같이 합판 두께와 섬유방향에 따라 그 단면특성을 정리하였다. <표 4-12>에서 알 수 있는 바와 같이 합판을 섬유방향으로 설치하는 경우와 섬유 직각방향으로 설치하는 경우를 비교할 때 섬유직각방향으로 설치하면 섬유방향으로 설치하는 경우에 비해 약 0.7배의 장선재 간격이 좁아져야 하기 때문에 이의 설치에 주의하여야 한다.

<표 4-12> 합판의 종류별 단면특성(단면폭 1cm 기준)

종 류		탄성계수	단면적	단면2차모멘트	단면계수	허용휨응력
두께(mm)	배치방향	E(kg/㎠)		I(cm^4)	Z(㎤)	σ_b(kg/㎠)
12mm	섬유방향	70,000	1.2	0.144	0.240	240
	섬유직각방향	20,000				120
15mm	섬유방향	65,000	1.5	0.281	0.375	240
	섬유직각방향	25,000				120
18mm	섬유방향	60,000	1.8	0.486	0.540	240
	섬유직각방향	30,000				120

[주의] 1. 섬유방향으로 설치, 즉 장선재를 합판의 섬유직각방향으로 설치

2. 합판의 이음부는 장선재 상단에 위치할 것

(2) 설 계 예

○ 합판의 단위 폭당 설계하중

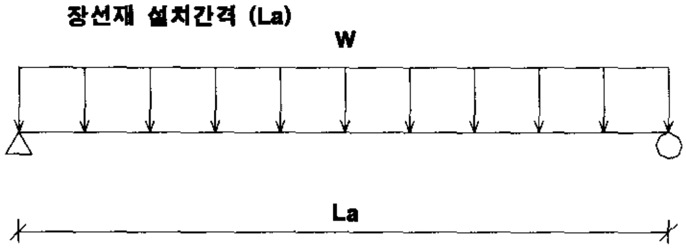
$w = (rt + 0.5rt + 0.15)$

$= (2.4 \times 0.12 \times 1.5 + 0.15)$

$= 0.582$ t/㎡

$= 0.0582$ kg/㎠

○ 장선재 설치간격 (La)



○ $M_{\max} = \dfrac{wLa^2}{8}$

○ $\sigma = \dfrac{M_{\max}}{I} y = \dfrac{M_{\max}}{Z} \leq \sigma_b (= 240\ kg/cm^2)$

○ $\delta = \dfrac{5wLa^4}{384EI} \leq \delta_a (= 0.3\,cm$ 또는 $0.1\,cm)$

○ min $La1 \leq \sqrt{\dfrac{\sigma_b \times Z \times 8}{w}}$

$La2 \leq \sqrt[4]{\dfrac{\delta_a \times 384 \times E \times I}{5 \times w}}$

(3) 결 과

<표 4-13>~<표 4-15>는 슬래브의 두께 120mm에서 1600mm까지 각 두께별 설계하중을 계산하고 사용되는 합판두께에 따라 장선재의 허용간격을 계산한 집계표이다. 따라서 현장에서 사용자가 슬래브 두께가 사용되는 합판이 결정되면 별도의 계산없이 이 표를 이용하여 장선재 간격을 설정할 수 있을 것이다

<표 4-13> 합판 두께 12mm 일때 슬래브 두께별 장선재 허용간격 기준

슬래브 두께 (mm)	설계하중 ω (kg/cm)	장 선 재 간 격 (cm)		
		La_1 (cm)	La_2 (cm)	La_2' (cm)
120	0.0582	88.9	44.6	33.9
150	0.0690	81.7	42.8	32.5
180	0.0798	75.9	41.3	31.3
200	0.0870	72.7	40.4	30.7
250	0.1050	66.2	38.5	29.3
300	0.1230	61.2	37.0	28.1
400	0.1590	53.8	34.7	26.4
500	0.1950	48.6	33.0	25.1
600	0.2310	44.6	31.6	24.0
700	0.2670	41.5	30.5	23.2
800	0.3030	38.9	29.5	22.4
900	0.3390	36.8	28.7	21.8
1000	0.3750	35.0	28.0	21.3
1200	0.4470	32.1	26.8	20.3
1400	0.5190	29.7	25.8	19.6
1600	0.5910	27.9	25.0	19.0

※ La_2 는 허용처짐 0.3 cm 기준

$La_{2'}$ 는 허용처짐 0.1 cm 기준

<표 4-14> 합판두께 15mm일때 슬래브 두께별 장선재 허용간격 기준

슬래브 두께 (mm)	설계하중 ω (kg/cm)	장 선 재 간 격 (cm)		
		La_1 (cm)	La_2 (cm)	La_2' (cm)
120	0.0582	111	52.8	40.1
150	0.0690	102	50.6	38.4
180	0.0798	94.9	48.8	37.0
200	0.0870	90.9	47.7	36.3
250	0.1050	82.8	45.5	34.6
300	0.1230	76.5	43.8	33.2
400	0.1590	67.2	41.0	31.2
500	0.1950	60.7	39.0	29.6
600	0.2310	55.8	37.4	28.4
700	0.2670	51.9	36.0	27.4
800	0.3030	48.7	34.9	26.5
900	0.3390	46.0	34.0	25.8
1000	0.3750	43.8	33.1	25.1
1200	0.4470	40.1	31.7	24.1
1400	0.5190	37.2	30.5	23.2
1600	0.5910	34.9	29.5	22.4

※ La_2는 허용처짐 0.3 cm 기준

La_2' 는 허용처짐 0.1 cm 기준

<표 4-15> 합판 두께 18mm일때 슬래브 두께별 장선재 허용간격 기준

슬래브 두께 (mm)	설계하중 ω (kg/cm)	장 선 재 간 격 (cm)		
		La_1 (cm)	La_2 (cm)	La_2' (cm)
120	0.0582	133	60.5	46.0
150	0.0690	122	58.0	44.1
180	0.0798	133	55.9	42.5
200	0.0870	109	54.7	41.6
250	0.1050	99.3	52.2	39.7
300	0.1230	91.8	50.2	38.1
400	0.1590	80.7	47.1	35.8
500	0.1950	72.9	44.7	34.0
600	0.2310	66.9	42.9	32.6
700	0.2670	62.3	41.3	31.4
800	0.3030	58.4	40.1	30.4
900	0.3390	55.3	38.9	29.6
1000	0.3750	52.5	38.0	28.8
1200	0.4470	48.1	36.3	27.6
1400	0.5190	44.6	35.0	26.6
1600	0.5910	41.8	33.9	25.7

※ La_2는 허용처짐 0.3 cm 기준

La_2' 는 허용처짐 0.1 cm 기준

다. 장선재의 설계

(1) 종류별 단면특성

장선재로 사용되는 재료를 주로 많이 사용되는 부재의 종류별로 단면특성을 <표 4-16>에 정리하였다.

<표 4-16> 장선재의 종류별 단면특성

번호	종류	단면형상	탄성계수 E(kg/㎠)	단면적 A(㎠)	단면2차 모멘트 I(cm^4)	단면계수 Z(㎤)	허용휨응력 σ_b(kg/㎠)	허용전단응력 τ (kg/㎠)
1	목재	□-7×7cm	70,000	49	200	57	135	10.5
		□-9×9cm	70,000	81	546	121	135	10.5
2	강재	□-25×25×1.8^t (STK 51)	2.1×10^6	1.67	1.507	1.205	2,900	1,900
		□-50×50×2^t (STK 51)	2.1×10^6	3.84	14.77	5.908	2,900	1,900

(2) 설 계 예

○ 장선재 1본에 대한 설계하중

◦ 콘크리트의 연직하중

$$w' = rt + 0.5rt + 0.15(t/m^2)$$

$$= 2.4\times0.12\times0.5\times2.4\times0.12+0.15$$

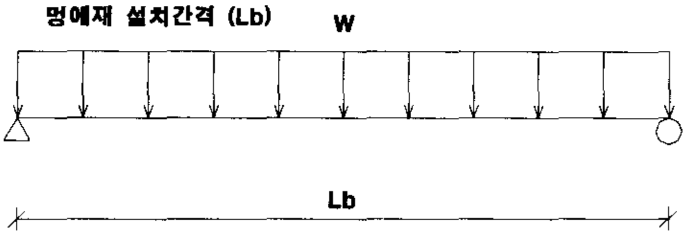
$$= 0.582\ t/m^2$$

$$= 0.0582\ kg/cm^2$$

$w = w' \times (La)(kg/cm)$

여기서, La = 장선재 간격

○ 멍에재 설치간격 (Lb)



○ $M_{\max} = \dfrac{\omega Lb^2}{8}$

$S_{\max} = \dfrac{\omega Lb}{2}$

○ $\dfrac{\omega Lb^2/8}{Z} \le \sigma_b$

○ $1.5 \times \dfrac{S_{\max}}{A} = \dfrac{1.5\omega Lb}{2A} \le \tau$

○ $\delta = \dfrac{5\omega Lb^4}{384EI} \le \delta_a (= 0.3cm$ 또는 $0.1cm)$

○ min $\quad Lb_1 \le \sqrt{\dfrac{\sigma_b \times Z \times 8}{\omega}}$

$Lb_2 \le \dfrac{\tau \times 2 \times A}{1.5 \times \omega}$

$Lb_3 \le \sqrt[4]{\dfrac{\delta_a \times 384 \times E \times I}{5 \times \omega}}$

(3) 결 과

<표 4-17>~<표 4-20>은 슬래브 두께에 따라 설계된 장선재의 간격에 대하여 장선재에 작용되는 설계하중을 계산하고 장선재의 종류별로 멍에재의 허용간격 기준을 정리한 집계표이다. 이때 멍에재는 장선재의 지점으로서 단순보로 계산된 결과이다. 이 표를 이용하는 방법은 슬래브 두께에 따라 <표 4-13>~<표 4-15>에서 장선재의 간격이 결정되면 사용되는 장선재에 대한 멍에재의 허용간격기준을 설정할 수 있다.

<표 4-17> 장선재가 □ 7×7cm인 목재일때 슬래브 두께별 멍에재 허용간격 기준

슬래브 두께 (mm)	연직하중 ω' (kg/㎠)	장선재 간격 La(cm)	설계하중 ω (kg/cm)	멍 에 재 간 격 (cm)			
				Lb_1	Lb_2	Lb_3	Lb_3'
120	0.0582	60	3.492	132	196	98	74
		50	2.910	145	234	102	77
		40	2.328	162	294	108	82
		30	1.746	187	392	116	88
		20	1.164	229	588	129	98
150	0.0690	60	4.140	121	164	93	71
		50	3.450	133	198	98	74
		40	2.760	149	248	103	79
		30	2.070	172	330	111	84
		20	1.380	211	496	123	93
180	0.0798	60	4.788	113	142	90	68
		50	3.990	124	170	94	72
		40	3.192	138	214	100	76
		30	2.394	160	286	107	81
		20	1.596	196	428	119	90
200	0.0870	60	5.220	109	131	89	67
		50	4.350	119	158	93	71
		40	3.480	133	197	98	75
		30	2.610	154	263	105	80
		20	1.740	188	394	117	89

<표 4-17> (계속)

슬래브 두께 (mm)	연직하중 ω' (kg/㎠)	장선재 간격 La(cm)	설계하중 ω (kg/cm)	멍 에 재 간 격 (cm)			
				Lb_1	Lb_2	Lb_3	Lb_3'
250	0.1050	60	6.300	99	109	85	64
		50	5.250	108	131	89	67
		40	4.200	121	163	94	71
		30	3.150	140	218	101	76
		20	2.100	171	327	111	85
300	0.1230	60	7.380	91	93	81	62
		50	6.150	100	112	85	65
		40	4.920	112	139	90	68
		30	3.690	129	186	97	74
		20	2.460	158	279	107	81
400	0.1590	60	9.540	80	72	76	58
		50	7.950	88	86	80	61
		40	6.360	98	108	84	64
		30	4.770	114	144	91	69
		20	3.180	139	216	100	76
500	0.1950	60	11.700	73	59	73	55
		50	9.750	80	70	76	58
		40	7.800	89	88	80	61
		30	5.850	103	117	86	66
		20	3.900	126	176	95	73
600	0.2310	60	13.860	67	50	70	53
		50	11.550	73	59	73	55
		40	9.240	82	74	77	58
		30	6.930	94	99	83	63
		20	4.620	115	149	91	70
700	0.2670	60	16.020	62	43	67	51
		50	13.350	68	51	70	53
		40	10.680	76	64	74	56
		30	8.010	88	86	80	61
		20	5.340	107	129	88	67

※ Lb_3 는 허용처짐 0.3 cm 기준

Lb_3' 는 허용처짐 0.1 cm 기준

<표 4-17> (계속)

슬래브 두께 (mm)	연직하중 ω' (kg/㎠)	장선재 간격 La(cm)	설계하중 ω (kg/cm)	멍에재 간격 (cm)			
				Lb_1	Lb_2	Lb_3	Lb_3'
800	0.3030	60	18.180	58	38	65	49
		50	15.150	64	45	68	52
		40	12.120	71	57	72	55
		30	9.090	82	76	77	59
		20	6.060	101	113	85	65
900	0.3390	60	20.340	55	34	63	48
		50	16.950	60	41	66	50
		40	13.560	67	51	70	53
		30	10.170	78	68	75	57
		20	6.780	95	101	83	63
1000	0.3750	60	22.500	52	31	62	47
		50	18.750	57	37	64	49
		40	15.000	64	46	68	52
		30	11.250	74	61	73	56
		20	7.500	91	92	81	62
1200	0.4470	60	26.820	48	26	59	45
		50	22.350	53	31	62	47
		40	17.880	59	38	65	50
		30	13.410	68	51	70	53
		20	8.940	83	77	78	59
1400	0.5910	60	31.140	45	22	57	43
		50	25.950	49	26	59	45
		40	20.760	55	33	63	48
		30	15.570	63	44	68	51
		20	10.380	77	66	75	57
1600	0.5910	60	35.460	42	19	55	42
		50	29.550	46	23	58	44
		40	23.640	51	29	61	46
		30	17.730	59	39	65	50
		20	11.820	72	58	72	55

<표 4-18> 장선재가 □ 9×9cm인 목재일 때 슬래브 두께별 멍에재 허용간격 기준

슬래브 두께 (mm)	연직하중 ω′ (kg/㎠)	장선재 간격 La(cm)	설계하중 ω (kg/cm)	멍 에 재 간 격 (cm)			
				Lb_1	Lb_2	Lb_3	Lb_3'
120	0.0582	60	3.492	193	325	126	96
		50	2.910	212	390	132	100
		40	2.328	237	487	140	106
		30	1.746	274	650	150	114
		20	1.164	335	974	166	126
150	0.0690	60	4.140	178	274	121	92
		50	3.450	195	329	126	96
		40	2.760	218	411	134	102
		30	2.070	251	548	144	109
		20	1.380	308	822	159	121
180	0.0798	60	4.788	165	237	117	89
		50	3.990	181	284	122	93
		40	3.192	202	355	129	98
		30	2.394	234	474	139	105
		20	1.596	286	711	153	117
200	0.0870	60	5.220	158	217	114	87
		50	4.350	173	261	119	91
		40	3.480	194	326	126	96
		30	2.610	224	435	136	103
		20	1.740	274	652	150	114
250	0.1050	60	6.300	144	180	109	83
		50	5.250	158	216	114	87
		40	4.200	176	270	120	91
		30	3.150	204	350	129	98
		20	2.100	250	540	143	109
300	0.1230	60	7.380	133	154	105	79
		50	6.150	146	184	109	83
		40	4.920	163	231	116	88
		30	3.690	188	307	124	94
		20	2.460	231	461	138	105

※ Lb_3 는 허용처짐 0.3 cm 기준

Lb_3' 는 허용처짐 0.1 cm 기준

<표 4-18> (계속)

슬래브 두께 (mm)	연직하중 ω′ (kg/㎠)	장선재 간격 La(cm)	설계하중 ω (kg/cm)	멍 에 재 간 격 (cm)			
				Lb_1	Lb_2	Lb_3	Lb_3'
400	0.1590	60	9.540	117	119	98	75
		50	7.950	128	143	103	78
		40	6.360	143	178	109	82
		30	4.770	166	238	117	89
		20	3.180	203	357	129	98
500	0.1950	60	11.700	106	97	93	71
		50	9.750	116	116	98	74
		40	7.800	129	145	103	78
		30	5.850	150	194	111	84
		20	3.900	183	291	123	93
600	0.2310	60	13.860	97	82	89	68
		50	11.550	106	98	93	71
		40	9.240	119	123	99	75
		30	6.930	137	164	106	81
		20	4.620	168	246	118	89
700	0.2670	60	16.020	90	71	86	65
		50	13.350	99	85	90	69
		40	10.680	111	106	95	72
		30	8.010	128	142	102	78
		20	5.340	156	212	113	86
800	0.3030	60	18.180	85	62	83	63
		50	15.150	93	75	87	66
		40	12120	104	94	92	70
		30	9.090	120	125	99	75
		20	6.060	147	187	110	83
900	0.3390	60	20.340	80	56	81	62
		50	16.950	88	67	85	65
		40	13.560	98	84	90	68
		30	10.170	113	112	97	73
		20	6.780	139	167	107	81

<표 4-18> (계속)

슬래브 두께 (mm)	연직하중 ω' (kg/㎠)	장선재 간격 La(cm)	설계하중 ω (kg/cm)	멍 에 재 간 격 (cm)			
				Lb_1	Lb_2	Lb_3	Lb_3'
1000	0.3750	60	22.500	76	50	79	60
		50	18.750	84	61	83	63
		40	15.000	93	76	88	67
		30	11.250	108	101	94	72
		20	7.500	132	151	104	79
1200	0.4470	60	26.820	70	42	76	58
		50	22.350	77	51	79	60
		40	17.880	86	63	84	64
		30	13.410	99	85	90	68
		20	8.940	121	127	100	76
1400	0.5190	60	31.140	65	36	73	55
		50	25.950	71	44	76	58
		40	20.760	79	55	81	61
		30	15.570	92	73	87	66
		20	10.380	112	109	96	73
1600	0.5190	60	35.460	61	32	71	54
		50	29.550	67	38	74	56
		40	23.640	74	48	78	59
		30	17.730	86	64	84	64
		20	11.820	105	96	93	71

※ Lb_3 는 허용처짐 0.3 cm 기준

Lb_3' 는 허용처짐 0.1 cm 기준

<표 4-19> 장선재가 □ 25×25×1.8t ㎜인 강재일 때 슬래브 두께별 멍에재 허용간격 기준

슬래브 두께 (mm)	연직하중 ω′ (kg/㎠)	장선재 간격 La(cm)	설계하중 ω (kg/cm)	멍 에 재 간 격 (cm)			
				Lb_1	Lb_2	Lb_3	Lb_3'
120	0.0582	60	3.492	90	1212	68	51
		50	2.910	98	1454	71	54
		40	2.328	110	1817	75	57
		30	1.746	127	2423	80	61
		20	1.164	155	3635	89	68
150	0.0690	60	4.140	82	1022	65	49
		50	3.450	90	1226	68	52
		40	2.760	101	1533	72	55
		30	2.070	116	2044	77	59
		20	1.380	142	3066	85	65
180	0.0798	60	4.788	76	884	63	48
		50	3.990	84	1060	65	50
		40	3.192	94	1325	69	53
		30	2.394	108	1767	74	56
		20	1.596	132	2651	82	63
200	0.0870	60	5.220	73	811	61	47
		50	4.350	80	973	64	49
		40	3.480	90	1216	68	51
		30	2.610	104	1621	73	55
		20	1.740	127	2431	81	61
250	0.1050	60	6.300	67	672	58	44
		50	5.250	73	806	61	46
		40	4.200	82	1007	65	49
		30	3.150	94	1343	69	53
		20	2.100	115	2015	77	58
300	0.1230	60	7.380	62	573	56	43
		50	6.150	67	688	59	45
		40	4.920	75	860	62	47
		30	3.690	87	1147	67	51
		20	2.460	107	1720	74	56

<표 4-19> (계속)

슬래브 두께 (mm)	연직하중 ω′ (kg/㎠)	장선재 간격 La(cm)	설계하중 ω (kg/cm)	멍 에 재 간 격 (cm)			
				Lb_1	Lb_2	Lb_3	Lb_3'
400	0.1590	60	9.540	54	444	53	40
		50	7.950	59	532	55	42
		40	6.360	66	665	58	44
		30	4.770	77	887	63	48
		20	3.180	94	1330	69	53
500	0.1950	60	11.700	49	362	50	38
		50	9.750	54	434	52	40
		40	7.800	60	542	55	42
		30	5.850	69	723	59	45
		20	3.900	85	1085	66	50
600	0.2310	60	13.860	45	305	48	36
		50	11.550	49	366	50	38
		40	9.240	55	458	53	40
		30	6.930	64	611	57	43
		20	4.620	78	916	63	48
700	0.2670	60	16.020	42	264	46	35
		50	13.350	46	317	48	37
		40	10.680	51	396	51	39
		30	8.010	59	528	55	42
		20	5.340	72	792	61	46
800	0.3030	60	18.180	39	233	45	34
		50	15.150	43	279	47	36
		40	12.120	48	349	50	38
		30	9.090	56	465	53	40
		20	6.060	68	698	59	45
900	0.3390	60	20.340	37	208	44	33
		50	16.950	41	250	46	35
		40	13.560	45	312	48	37
		30	10.170	52	416	52	39
		20	6.780	64	624	57	44

<표 4-19> (계속)

슬래브 두께 (mm)	연직하중 ω' (kg/㎠)	장선재 간격 La(cm)	설계하중 ω (kg/cm)	멍에재 간격 (cm)			
				Lb_1	Lb_2	Lb_3	Lb_3'
1000	0.3750	60	22.500	35	188	42	32
		50	18.750	39	226	44	34
		40	15.000	43	282	47	36
		30	11.250	50	376	51	38
		20	7.500	61	564	56	42
1200	0.4470	60	26.820	32	158	41	31
		50	22.350	35	189	43	32
		40	17.880	40	237	45	34
		30	13.410	46	316	48	37
		20	8.940	56	473	53	41
1400	0.5190	60	31.140	30	136	39	30
		50	25.950	33	163	41	31
		40	20.760	37	204	43	33
		30	15.570	42	272	47	35
		20	10.380	52	408	52	39
1600	0.5190	60	35.460	28	119	38	29
		50	29.550	31	143	40	30
		40	23.640	34	179	42	32
		30	17.730	40	239	45	34
		20	11.820	49	358	50	38

※ Lb_3 는 허용처짐 0.3 cm 기준

Lb_3' 는 허용처짐 0.1 cm 기준

<표 4-20> 장선재가 □ 50×50×2t mm인 강재일 때 슬래브 두께별 멍에재 허용간격 기준

슬래브 두께 (mm)	연직하중 ω′ (kg/㎠)	장선재 간격 La(cm)	설계하중 ω (kg/cm)	멍 에 재 간 격 (cm)			
				Lb_1	Lb_2	Lb_3	Lb_3'
120	0.0582	60	3.492	198	2786	120	91
		50	2.910	217	3343	125	95
		40	2.328	243	4179	132	101
		30	1.746	280	5572	142	108
		20	1.164	343	8357	157	120
150	0.0690	60	4.140	182	2350	115	87
		50	3.450	199	2820	120	91
		40	2.760	223	3525	127	96
		30	2.070	257	4700	136	104
		20	1.380	315	7049	151	115
180	0.0798	60	4.788	169	2032	111	84
		50	3.990	185	2438	116	88
		40	3.192	207	3048	122	93
		30	2.394	239	4064	131	100
		20	1.596	293	6095	146	111
200	0.0870	60	5.220	162	1864	108	82
		50	4.350	178	2236	113	86
		40	3.480	199	2795	120	91
		30	2.610	229	3727	129	98
		20	1.740	281	5591	142	108
250	0.1050	60	6.300	148	1544	103	78
		50	5.250	162	1853	108	82
		40	4.200	181	2316	114	87
		30	3.150	209	3088	123	93
		20	2.100	256	4632	136	103
300	0.1230	60	7.380	136	1318	99	75
		50	6.150	149	1582	104	79
		40	4.920	167	1977	110	83
		30	3.690	193	2636	118	90
		20	2.460	236	3955	131	99

※ Lb_3 는 허용처짐 0.3 cm 기준

Lb_3' 는 허용처짐 0.1 cm 기준

<표 4-20> (계속)

슬래브 두께 (mm)	연직하중 ω' (kg/㎠)	장선재 간격 La(cm)	설계하중 ω (kg/cm)	멍에재 간격 (cm)			
				Lb_1	Lb_2	Lb_3	Lb_3'
400	0.1590	60	9.540	120	1920	93	71
		50	7.950	131	1224	97	74
		40	6.360	147	1530	103	78
		30	4.770	170	2039	111	84
		20	3.180	208	3059	122	93
500	0.1950	60	11.700	108	832	88	67
		50	9.750	119	998	93	70
		40	7.800	133	1247	98	74
		30	5.850	153	1663	105	80
		20	3.900	188	2494	116	88
600	0.2310	60	13.860	99	702	85	64
		50	11.550	109	842	89	67
		40	9.240	122	1053	94	71
		30	6.930	141	1404	101	77
		20	4.620	172	2106	112	85
700	0.2670	60	16.020	93	607	82	62
		50	13.350	101	729	86	65
		40	10.680	113	911	90	69
		30	8.010	131	1215	97	74
		20	5.340	160	1822	108	82
800	0.3030	60	18.180	87	535	79	60
		50	15.150	95	642	83	63
		40	12.120	106	803	88	67
		30	9.090	123	1070	94	72
		20	6.060	150	1605	104	79
900	0.3390	60	20.340	82	478	77	59
		50	16.950	90	574	81	61
		40	13.560	101	717	85	65
		30	10.170	116	957	92	70
		20	6.780	142	1435	101	77

<표 4-20> (계속)

슬래브 두께 (mm)	연직하중 ω' (kg/㎠)	장선재 간격 La(cm)	설계하중 ω (kg/cm)	멍 에 재 간 격 (cm)			
				Lb_1	Lb_2	Lb_3	Lb_3'
1000	0.3750	60	22.500	78	432	75	57
		50	18.750	86	519	79	80
		40	15.000	96	649	83	63
		30	11.250	110	865	89	68
		20	7.500	135	1297	99	75
1200	0.4470	60	26.820	72	363	72	55
		50	22.350	78	435	75	57
		40	17.880	88	544	80	60
		30	13.410	101	725	85	65
		20	8.940	124	1088	95	72
1400	0.5190	60	31.140	66	312	69	53
		50	25.950	73	375	72	55
		40	20.760	81	469	77	58
		30	15.570	94	625	82	63
		20	10.380	115	937	91	69
1600	0.5190	60	35.460	62	274	67	51
		50	29.550	68	329	70	53
		40	23.640	76	412	74	56
		30	17.730	88	549	80	61
		20	11.820	108	823	88	67

※ Lb_3 는 허용처짐 0.3 cm 기준

Lb_3' 는 허용처짐 0.1 cm 기준

라. 멍에재의 설계

(1) 종류별 단면특성

<표 4-21>은 멍에재로 사용되는 대표적인 부재의 단면특성을 정리한 것이다.

<표 4-21> 멍에재의 종류별 단면특성

번호	종류	단면형상	탄성계수 E(kg/㎠)	단면적 A(㎠)	단면2차 모멘트 $I(cm^4)$	단면계수 Z(㎤)	허용휨 응력 σ_b(kg/㎠)	허용전단 응력 τ (kg/㎠)
1	목재	□-7×7cm	70,000	49	200	57	135	10.5
		□-9×9cm	70,000	81	546	121	135	10.5
2	강재	□-25×25×1.8^t (STK 51)	2.1×10^6	1.67	1.507	1.205	2,900	1,900
		□-50×50×2^t (STK 51)	2.1×10^6	3.84	14.77	5.908	2,900	1,900

(2) 설 계 예

○ 콘크리트의 연직하중

$$\omega' = rt + 0.5rt + 0.15(t/m^2)$$

$= 1.5\times2.4\times0.12+0.15$

$= 0.582$ t/㎡

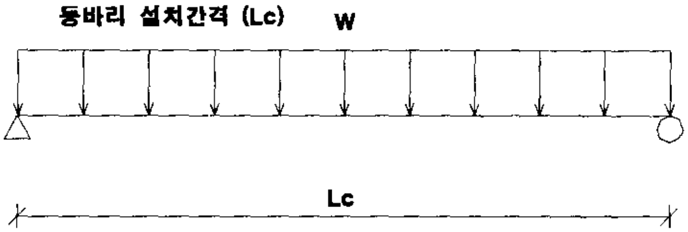
$= 0.0582$ kg/㎠

○ 멍에재 1본에 대한 설계하중

$$w = w' \times (Lb)(kg/cm)$$

여기서, Lb = 멍에재 간격

○ 동바리 설치간격 (Lc)



○ $M_{max} = \frac{\omega Lc^2}{8}$

$S_{max} = \frac{\omega Lc}{2}$

○ $\frac{M_{max}}{Z} = \frac{\omega Lc^2}{8 \times Z} \leq \sigma_b$

○ $1.5 \times \frac{S_{max}}{A} = \frac{1.5 \times \omega \times Lc}{2 \times A} \leq \tau_a$

○ $\delta = \frac{5\,\omega\, Lc^4}{384 EI} \leq \delta_a (= 0.3\,cm \text{ 또는 } 0.1\,cm)$

○ min

$$Lc_1 \leq \sqrt{\frac{\sigma_b \times Z \times 8}{\omega}}$$

$$Lc_2 = \frac{\tau_a \times 2 \times A}{1.5 \times \omega}$$

$$Lc_3 = \sqrt[4]{\frac{\delta_a \times 384 \times E \times I}{5 \times \omega}}$$

(3) 결 과

멍에재에 작용되는 하중은 콘크리트의 연직하중이 합판을 통해 장선재로 전달되고 장선재에서 멍에재로 집중하중으로 작용하게 되지만 등분포하중으로 가정하여 설계하면 간편할뿐만 아니라 안전측의 결과를 얻을 수 있다. 따라서 멍에재의 설계는 동바리 위치를 지점으로 하는 단순보로 계산하여 설계하였으며, 멍에재의 종류별로 동바리의 허용간격기준을 <표 4-22>~<표 4-25>에 나타내었다. 마찬가지로 슬래브 두께가 정해지고 장선재 간격에 따른 멍에재 간격이 주어지면 이를 표를 이용하여 멍에재 종류별로 동바리의 허용간격을 결정할 수 있다.

<표 4-22> 멍에재가 □ 7×7 ㎝인 목재일 때 슬래브 두께별 동바리 허용간격 기준

슬래브 두께 (mm)	연직하중 ω' (kg/㎠)	멍에재 간격 Lb(cm)	설계하중 ω (kg/cm)	동 바 리 간 격 (cm)			
				Lc_1	Lc_2	Lc_3	Lc_3'
120	0.0582	120	6.984	94	98	82	63
		100	5.820	103	118	86	66
		80	4.656	115	147	91	69
		60	3.492	133	196	98	75
		40	2.328	163	295	109	82
150	0.0690	120	8.280	86	83	79	60
		100	6.900	95	99	83	63
		80	5.520	106	124	87	66
		60	4.140	122	166	94	71
		40	2.760	149	249	104	79
180	0.0798	120	9.576	80	72	76	58
		100	7.980	88	86	80	61
		80	6.384	98	108	84	64
		60	4.788	113	143	91	69
		40	3.192	139	215	100	76

<표 4-22> (계속)

슬래브 두께 (mm)	연직하중 ω' (kg/㎠)	멍에재 간격 Lb(cm)	설계하중 ω (kg/cm)	동 바 리 간 격 (cm)			
				Lc_1	Lc_2	Lc_3	Lc_3'
200	0.0870	120	10.440	77	66	75	57
		100	8.700	84	79	78	59
		80	6.960	94	99	83	63
		60	5.220	109	131	89	68
		40	3.480	133	197	98	75
250	0.1050	120	12.600	70	54	71	54
		100	10.500	77	65	74	57
		80	8.400	86	82	79	60
		60	6.300	99	109	85	64
		40	4.200	121	163	94	71
300	0.1230	120	14.760	65	47	68	52
		100	12.300	71	56	72	54
		80	9.840	79	70	76	58
		60	7.380	91	93	81	62
		40	4.920	112	139	90	68
400	0.1590	120	19.080	57	36	64	49
		100	15.900	62	43	67	51
		80	12.720	70	54	71	54
		60	9.540	80	72	76	58
		40	6.360	98	108	84	64
500	0.1950	120	23.400	51	29	61	46
		100	19.500	56	35	64	49
		80	15.600	63	44	67	51
		60	11.700	73	59	73	55
		40	7.800	89	88	80	61
600	0.2310	120	27.720	47	25	58	44
		100	23.100	52	30	61	46
		80	18.480	58	37	65	49
		60	13.860	67	50	70	53
		40	9.240	82	74	77	58

※ Lc_3 는 허용처짐 0.3 cm 기준

Lc_3' 는 허용처짐 0.1 cm 기준

<표 4-22> (계속)

슬래브 두께 (mm)	연직하중 ω' (kg/㎠)	멍에재 간격 Lb(cm)	설계하중 ω (kg/cm)	동 바 리 간 격 (cm)			
				Lc_1	Lc_2	Lc_3	Lc_3'
700	0.2670	120	32.040	44	21	56	43
		100	26.700	48	26	59	45
		80	21.360	54	32	62	47
		60	16.020	62	43	67	51
		40	10.680	76	64	74	56
800	0.3030	120	36.360	41	19	55	42
		100	30.300	45	23	57	43
		80	24.240	50	28	60	46
		60	18.180	58	38	65	49
		40	12.120	71	57	72	55
900	0.3390	120	40.680	39	17	53	40
		100	33.900	43	20	56	42
		80	27.120	48	25	59	45
		60	20.340	55	34	63	48
		40	13.560	67	51	70	53
1000	0.3750	120	45.000	37	15	52	39
		100	37.500	41	18	54	41
		80	30.000	45	23	57	44
		60	22.500	52	31	62	47
		40	15.000	64	46	68	52
1200	0.4470	120	53.640	34	13	50	38
		100	44.700	37	15	52	39
		80	35.760	42	19	55	42
		60	26.820	48	26	59	45
		40	17.880	59	38	65	50
1400	0.5190	120	62.280	31	11	48	36
		100	51.900	34	13	50	38
		80	41.520	39	17	53	40
		60	31.140	45	22	57	43
		40	20.760	55	33	63	48

<표 4-22> (계속)

슬래브 두께 (mm)	연직하중 ω' (kg/㎠)	멍에재 간격 Lb(cm)	설계하중 ω (kg/cm)	동 바 리 간 격 (cm)			
				Lc_1	Lc_2	Lc_3	Lc_3'
1600	0.5190	120	70.920	30	8	46	35
		100	59.100	32	12	48	37
		80	47.280	36	15	51	39
		60	35.460	42	19	55	42
		40	23.640	51	29	61	46

※ Lc_3 는 허용처짐 0.3 cm 기준

Lc_3' 는 허용처짐 0.1 cm 기준

<표 4-23> 멍에재가 □ 9×9 cm인 목재일 때 슬래브 두께별 동바리 허용간격 기준

슬래브 두께 (mm)	연직하중 ω′ (kg/㎠)	멍에재 간격 Lb(cm)	설계하중 ω (kg/cm)	동 바 리 간 격 (cm)			
				Lc_1	Lc_2	Lc_3	Lc_3'
120	0.0582	120	6.984	137	162	106	81
		100	5.820	150	195	111	84
		80	4.656	168	244	117	89
		60	3.492	193	325	126	96
		40	2.328	237	487	140	106
150	0.0690	120	8.280	126	137	102	77
		100	6.900	138	164	106	81
		80	5.520	154	205	112	85
		60	4.140	178	274	121	92
		40	2.760	218	411	134	102
180	0.0798	120	9.576	117	118	98	74
		100	7.980	128	142	103	78
		80	6.384	143	178	108	82
		60	4.788	165	237	117	89
		40	3.192	202	355	129	98
200	0.0870	120	10.440	112	189	96	73
		100	8.700	1223	130	100	76
		80	6.960	137	163	106	81
		60	5.220	158	217	114	87
		40	3.480	194	326	126	96
250	0.1050	120	12.600	102	90	91	70
		100	10.500	112	108	96	73
		80	8.400	125	135	101	77
		60	6.300	144	180	109	83
		40	4.200	176	270	120	91
300	0.1230	120	14.760	94	77	88	67
		100	12.300	103	92	92	70
		80	9.840	115	115	97	74
		60	7.380	133	154	105	79
		40	4.920	163	231	116	88

<표 4-23> (계속)

슬래브 두께 (mm)	연직하중 ω′ (kg/㎠)	멍에재 간격 Lb(cm)	설계하중 ω (kg/cm)	동 바 리 간 격 (cm)			
				Lc_1	Lc_2	Lc_3	Lc_3'
400	0.1590	120	19.080	83	59	82	63
		100	15.900	91	71	86	66
		80	12.720	101	89	91	69
		60	9.540	117	119	98	75
		40	6.360	143	178	109	82
500	0.1950	120	23.400	75	49	78	60
		100	19.500	82	58	82	62
		80	15.600	92	73	87	66
		60	11.700	106	97	93	71
		40	7.800	129	145	103	78
600	0.2310	120	27.720	69	41	75	57
		100	23.100	75	49	79	60
		80	18.480	84	61	83	63
		60	13.860	97	82	89	68
		40	9.240	119	123	99	75
700	0.2670	120	32.040	64	35	72	55
		100	26.700	70	43	76	58
		80	21.360	78	53	80	61
		60	16.020	90	71	86	65
		40	10.680	111	106	95	72
800	0.3030	120	36.360	60	31	70	53
		100	30.300	66	37	73	56
		80	24.240	73	47	78	59
		60	18.180	85	62	83	63
		40	12.120	104	94	92	70
900	0.3390	120	40.680	57	28	68	52
		100	33.900	62	34	71	54
		80	27.120	69	42	76	57
		60	20.340	80	56	81	62
		40	13.560	98	84	90	68

<표 4-23> (계속)

슬래브 두께 (mm)	연직하중 ω′ (kg/㎠)	멍에재 간격 Lb(cm)	설계하중 ω (kg/cm)	동 바 리 간 격 (cm)			
				Lc_1	Lc_2	Lc_3	Lc_3'
1000	0.3750	120	45.000	54	25	67	51
		100	37.500	59	30	70	53
		80	30.000	66	38	74	56
		60	22.500	76	50	79	60
		40	15.000	93	76	88	67
1200	0.4470	120	53.640	49	21	64	48
		100	44.700	54	25	67	51
		80	35.760	61	32	70	54
		60	26.820	70	42	76	58
		40	17.880	86	63	84	64
1400	0.5190	120	62.280	46	18	61	47
		100	51.900	50	22	64	49
		80	41.520	56	27	68	52
		60	31.140	65	36	73	55
		40	20.760	79	55	81	61
1600	0.5190	120	70.920	43	16	59	45
		100	59.100	47	19	62	47
		80	47.280	53	24	66	50
		60	35.460	61	32	71	54
		40	23.640	74	48	78	59

※ Lc_3 는 허용처짐 0.3 cm 기준

Lc_3' 는 허용처짐 0.1 cm 기준

<표 4-24> 멍에재가 □ 25×25mm인 강재일 때 슬래브 두께별 동바리 허용간격 기준

슬래브 두께 (mm)	연직하중 ω' (kg/㎠)	멍에재 간격 Lb(cm)	설계하중 ω (kg/cm)	동 바 리 간 격 (cm)			
				Lc_1	Lc_2	Lc_3	Lc_3'
120	0.0582	120	6.984	63	606	57	43
		100	5.820	69	727	60	45
		80	4.656	78	909	63	48
		60	3.492	90	1212	68	51
		40	2.328	110	1817	75	57
150	0.0690	120	8.280	58	511	55	41
		100	6.900	64	613	57	43
		80	5.520	71	766	60	46
		60	4.140	82	1022	65	49
		40	2.760	101	1533	72	55
180	0.0798	120	9.576	54	442	53	40
		100	7.980	59	530	55	42
		80	6.384	66	663	58	44
		60	4.788	76	884	63	48
		40	3.192	94	1325	69	53
200	0.0870	120	10.440	52	405	51	39
		100	8.700	57	486	54	41
		80	6.960	63	608	57	43
		60	5.220	73	811	61	47
		40	3.480	90	1216	68	51
250	0.1050	120	12.600	47	336	49	37
		100	10.500	52	403	51	39
		80	8.400	58	504	54	41
		60	6.300	67	672	58	44
		40	4.200	82	1007	65	49
300	0.1230	120	14.760	44	287	47	36
		100	12.300	48	344	49	38
		80	9.840	53	430	52	40
		60	7.380	62	573	56	43
		40	4.920	75	860	62	47

<표 4-24> (계속)

슬래브 두께 (mm)	연직하중 ω' (kg/㎠)	멍에재 간격 Lb(cm)	설계하중 ω (kg/cm)	동 바 리 간 격 (cm)			
				Lc_1	Lc_2	Lc_3	Lc_3'
400	0.1590	120	19.080	38	222	44	34
		100	15.900	42	266	46	35
		80	12.720	47	333	49	37
		60	9.540	54	444	53	40
		40	6.360	66	665	58	44
500	0.1950	120	23.400	35	181	42	32
		100	19.500	38	217	44	33
		80	15.600	42	271	47	35
		60	11.700	49	362	50	38
		40	7.800	60	542	55	42
600	0.2310	120	27.720	32	153	40	31
		100	23.100	35	183	42	32
		80	18.480	39	229	45	34
		60	13.860	45	305	48	36
		40	9.240	55	458	53	40
700	0.2670	120	32.040	30	132	39	30
		100	26.700	32	159	41	31
		80	21.360	36	198	43	33
		60	16.020	42	264	46	35
		40	10.680	51	396	51	39
800	0.3030	120	36.360	28	116	38	29
		100	30.300	30	140	39	30
		80	24.240	34	175	42	32
		60	18.180	39	233	45	34
		40	12.120	48	349	50	38
900	0.3390	120	40.680	26	104	37	28
		100	33.900	29	125	38	29
		80	27.120	32	156	41	31
		60	20.340	37	208	44	33
		40	13.560	45	312	48	37

※ Lc_3 는 허용처짐 0.3 cm 기준

Lc_3' 는 허용처짐 0.1 cm 기준

<표 4-24> (계속)

슬래브 두께 (mm)	연직하중 ω′ (kg/㎠)	멍에재 간격 Lb(cm)	설계하중 ω (kg/cm)	동 바 리 간 격 (cm)			
				Lc_1	Lc_2	Lc_3	Lc_3'
1000	0.3750	120	45.000	25	94	36	27
		100	37.500	27	113	37	28
		80	30.000	31	141	40	30
		60	22.500	35	188	42	32
		40	15.000	43	282	47	36
1200	0.4470	120	53.640	23	79	34	26
		100	44.700	25	95	36	27
		80	35.760	28	118	38	29
		60	26.820	32	158	41	31
		40	17.880	40	237	45	34
1400	0.5190	120	62.280	21	68	33	25
		100	51.900	23	82	34	26
		80	41.520	26	102	36	28
		60	31.140	30	136	39	30
		40	20.760	37	204	43	33
1600	0.5190	120	70.920	20	60	32	24
		100	59.100	22	72	33	25
		80	47.280	24	90	35	27
		60	35.460	28	119	38	29
		40	23.640	34	179	42	32

※ Lc_3 는 허용처짐 0.3 cm 기준

Lc_3' 는 허용처짐 0.1 cm 기준

<표 4-25> 멍에재가 □ 50×50mm인 강재일 때 슬래브 두께별 동바리 허용간격 기준

슬래브 두께 (mm)	연직하중 ω′ (kg/㎠)	멍에재 간격 Lb(cm)	설계하중 ω (kg/cm)	동 바 리 간 격 (cm)			
				Lc_1	Lc_2	Lc_3	Lc_3'
120	0.0582	120	6.984	140	1393	101	76
		100	5.820	154	1672	105	80
		80	4.656	172	2089	111	85
		60	3.492	198	2786	120	91
		40	2.328	243	4179	132	101
150	0.0690	120	8.280	129	1175	96	73
		100	6.900	141	1410	101	77
		80	5.520	158	1762	107	81
		60	4.140	182	2350	115	87
		40	2.760	223	3525	127	96
180	0.0798	120	9.576	120	1016	93	71
		100	7.980	131	1219	97	74
		80	6.384	147	1524	103	78
		60	4.788	169	2032	111	84
		40	3.192	207	3048	122	93
200	0.0870	120	10.440	115	932	91	69
		100	8.700	126	1118	95	72
		80	6.960	140	1398	101	77
		60	5.220	162	1864	108	82
		40	3.480	199	2795	120	91
250	0.1050	120	12.600	104	772	87	66
		100	10.500	114	927	91	69
		80	8.400	128	1158	96	73
		60	6.300	148	1544	103	78
		40	4.200	181	2316	114	87
300	0.1230	120	14.760	96	659	83	63
		100	12.300	106	791	87	66
		80	9.840	118	989	92	70
		60	7.380	136	1318	99	75
		40	4.920	167	1977	110	83

<표 4-25> (계속)

슬래브 두께 (mm)	연직하중 ω' (kg/㎠)	멍에재 간격 Lb(cm)	설계하중 ω (kg/cm)	동 바 리 간 격 (cm)			
				Lc_1	Lc_2	Lc_3	Lc_3'
400	0.1590	120	19.080	85	510	78	59
		100	15.900	93	612	82	62
		80	12.720	104	765	87	66
		60	9.540	120	1020	93	71
		40	6.360	147	1530	103	78
500	0.1950	120	23.400	77	416	74	57
		100	19.500	84	499	78	59
		80	15.600	94	624	82	63
		60	11.700	108	832	88	67
		40	7.800	133	1247	98	74
600	0.2310	120	27.720	70	351	71	54
		100	23.100	77	421	75	57
		80	18.480	86	526	79	60
		60	13.860	99	702	85	64
		40	9.240	122	1053	94	71
700	0.2670	120	32.040	65	304	69	52
		100	26.700	72	364	72	55
		80	21.360	80	455	76	58
		60	16.020	93	607	82	62
		40	10.680	113	911	90	69
800	0.3030	120	36.360	61	268	67	51
		100	30.300	67	321	70	53
		80	24.240	75	401	74	56
		60	18.180	87	535	79	60
		40	12.120	106	803	88	67
900	0.3390	120	40.680	58	239	65	49
		100	33.900	64	287	68	52
		80	27.120	71	359	72	54
		60	20.340	82	478	77	59
		40	13.560	101	717	86	65

<표 4-25> (계속)

슬래브 두께 (mm)	연직하중 ω' (kg/㎠)	멍에재 간격 Lb(cm)	설계하중 ω (kg/cm)	동 바 리 간 격 (cm)			
				Lc_1	Lc_2	Lc_3	Lc_3'
1000	0.3750	120	45.000	55	216	63	48
		100	37.500	61	259	66	50
		80	30.000	68	324	70	53
		60	22.500	78	432	75	57
		40	15.000	96	349	83	63
1200	0.4470	120	53.640	51	181	60	46
		100	44.700	55	218	63	48
		80	35.760	62	272	67	51
		60	26.820	72	363	72	55
		40	17.880	88	544	80	60
1400	0.5190	120	62.280	47	156	58	44
		100	51.900	51	187	61	46
		80	41.520	58	234	64	49
		60	31.140	66	312	69	53
		40	20.760	81	469	77	58
1600	0.5190	120	70.920	44	137	56	43
		100	59.100	48	165	59	45
		80	47.280	54	206	62	47
		60	35.460	62	274	67	51
		40	23.640	76	412	74	56

※ Lc_3 는 허용처짐 0.3 cm 기준

Lc_3' 는 허용처짐 0.1 cm 기준

마. 동바리의 설계

(1) 파이프써포트

파이프써포트를 동바리로 사용할 때 동바리의 설치간격기준을 결정하도록 하였다. <표 4-26>은 파이프써포트의 단면특성을 나타낸 것이며, 외관에 비해 내관이 취약하므로 내관의 단면을 기준으로 하였다. 설치조건은 높이 3.5m이상일 때 2m이내마다 수평연결재를 설치하도록 하였으므로 기준길이는 최대 3.5m로 하여 좌굴을 고려하였다.

<표 4-26> 파이프써포트의 단면특성

구분 / 종류	내 관		단면적 A(㎠)	단면2차 모멘트 I(cm^4)	단면2차 회전반경 γ (cm)	좌굴길이 ℓ (cm)	세장비 λ
	외경(cm)	두께(cm)					
SPS500	4.86	0.23	3.345	8.98	1.638	350	213

■ 설 계 예

○ 콘크리트의 연직하중

$$\omega' = rt + 0.5rt + 0.15(t/m^2)$$

$$= 1.5 \times 2.4 \times 0.12 + 0.15$$

$$= 0.582 \ t/m^2$$

$$= 0.0582 \ kg/cm^2$$

○ 좌굴하중

높이 3.5m 초과시 2m 마다 2개방향으로 수평연결재 설치하여야 하므로 좌굴길이는 최대 3.5m를 기준으로 하고 양단 힌지절점으로 가정하여 허용좌굴하중을 구하면 다음과 같다.

$$P_{cr} = \frac{n\pi^2 EI}{l^2} = \frac{1.0\times\pi^2\times2.1\times10^6\times8.98}{350^2} = 1519\,kg \fallingdotseq 1500\,kg$$

$$\sigma_{cr} = \frac{P_{cr}}{A} = 448kg/cm^2$$

○ 동바리 1본에 받는 면적

멍에재의 간격마다는 동바리가 반드시 위치하여야 하므로 장선재 설계시 결정된 멍에재 간격이 동바리의 설치위치가 되며 멍에재 길이방향으로서 동바리 설치위치만 결정하면 된다. 그러므로 동바리 1본에 작용하는 면적은 다음식과 같이 표현되며 멍에재 길이방향으로의 동바리 허용간격기준이 계산될 수 있다.

A = (멍에재 간격)×(멍에재 길이방향 동바리 간격)

○ 허용면적

$$A = \frac{P_{cr}}{w}$$

○ 멍에재 길이방향 동바리 허용간격 = $\dfrac{P_{cr}}{w \times (\text{멍에재 간격})}$

(멍에재 길이방향 동바리 허용간격)>(멍에재 설계시 동바리 간격) → ∴ O.K

(멍에재 길이방향 동바리 허용간격)≤(멍에재 설계시 동바리 간격) → ∴ N.G

○ 안전성 검토

그런데 멍에재 길이방향으로의 동바리 허용간격기준은 이미 멍에재의 설계시 결정되어 있었으므로 이것과 비교검토하여 상기 식에서 얻어진 멍에재 길이방향 동바리 허용기준이 더 큰 값을 나타내면 안전한 것으로 평가할 수 있다. 따라서 다음 식과 같이 사용하고자 하는 동바리의 안전성을 평가할 수 있다.

■ 결 과

<표 4-27>은 결정된 멍에재 간격인 40~140cm에 대하여 멍에재 길이방향으로의 동바리 허용간격기준을 슬래브두께별로 파이프써포트에 작용되는 하중이 1500kg이내가 되도록 계산된 결과이다. 따라서 이 표의 값이 멍에재 설계시 결정된 동바리 허용간격기준보다 크면 파이프써포트의 좌굴은 발생되지 않는 것으로 평가할 수 있다.

<표 4-27> 멍에재 간격별 멍에재 길이방향 동바리 허용간격(단위:cm)

슬래브 두 께 (mm)	설계하중 ω (kg/㎠)	허용 면적 A(㎠)	멍 에 재 간 격 (cm)					
			40	60	80	100	120	140
120	0.0582	25773	644	430	322	258	214	184
150	0.0690	21739	544	362	272	218	182	156
180	0.0798	18797	470	314	234	188	156	134
200	0.0870	17241	432	288	216	172	144	124
250	0.1050	14286	358	238	178	142	120	102
300	0.1230	12195	304	204	152	122	102	88
400	0.1590	9434	236	158	118	94	78	68
500	0.1950	7692	192	128	96	76	64	54
600	0.2310	6494	162	108	82	64	54	46
700	0.2670	5618	140	94	70	56	46	40
800	0.3030	4950	124	82	62	50	42	36
900	0.3390	4425	110	74	56	44	36	32
1000	0.3750	4000	100	66	50	40	34	28
1200	0.4470	3356	84	56	42	34	28	24
1400	0.5190	2890	72	48	36	28	24	20
1600	0.5910	2538	64	42	32	26	22	18

(2) 강 관

강관을 동바리로 사용할 때 동바리의 설치간격 기준을 검토하였다. <표 4-28>은 강관의 단면특성을 나타낸 것이며, 높이 2m이내마다 수평연결재를 설치하여야 하는 설치조건을 감안할 때 좌굴길이를 3.5m로 가정하였다.

<표 4-28> 강관의 단면특성

구분 / 종류	치 수(cm)		단면적 A(㎠)	단면2차 모멘트 I(cm^4)	단면2차 회전반경 γ (cm)	좌굴길이 ℓ (cm)	세장비 λ
	외경(cm)	두께(cm)					
SPS500	4.83	0.22	3.18	8.48	1.63	350	215

▨ 설 계 예

○ 콘크리트의 연직하중

$$\omega' = rt + 0.5rt + 0.15(t/m^2)$$

$$= 1.5 \times 2.4 \times 0.12 + 0.15$$

$$= 0.582\ t/m^2$$

$$= 0.0582\ kg/cm^2$$

○ 좌굴하중

좌굴길이는 최대 3.5m를 기준으로 하고 양단힌지절점으로 가정하여 좌굴하중을 구하면 다음과 같다.

$$P_{cr} = \frac{n\pi^2 EI}{l^2} = \frac{1.0\times\pi^2\times2.1\times10^6\times8.48}{350^2} = 1434\ kg \fallingdotseq 1400\ kg$$

$$\sigma_{cr} = \frac{P_{cr}}{A} = \frac{4393}{3.18} = 450 kg/cm^2$$

○ 동바리 1본에 받는 면적

강관에 대한 설계는 파이프써포트에 대한 설계와 거의 유사하다. 마찬가지로 멍에재 간격마다는 동바리가 반드시 위치하여야 하므로 장선재 설계시 결정된 멍에재 간격이 동바리의 설치위치가 되며 멍에재 길이방향으로의 동바리 위치만 결정하면 된다. 그러므로 동바리 1본에 작용하는 면적은 다음 식과 같이 표현되며 멍에재 길이방향으로의 동바리 허용간격기준이 계산될 수 있다.

A = (멍에재 간격)×(멍에재 길이방향 동바리 간격)

○ 허용면적

$$A = \frac{P_{cr}}{w}$$

○ 멍에재 길이방향 동바리 허용간격 = $\frac{P_{cr}}{w\times(\text{멍에재 간격})}$

○ 안전성 검토

강관의 안전성 검토방법은 파이프써포트와 유사하며 다음식을 적용하면 된다.

(멍에재 길이방향 동바리 허용간격)>(멍에재 설계시 동바리 간격) → ∴ O.K

(멍에재 길이방향 동바리 허용간격)≤(멍에재 설계시 동바리 간격) → ∴ N.G

▨ 결 과

<표 4-29>는 결정된 멍에재 간격인 40~140cm에 대하여 멍에재 길이방향으로의 동바리 허용간격기준을 정리한 것이다. 이는 좌굴하중 1400kg에 대한 허용면적을 계산하여 도출된 것이며, 이표의 값이 멍에재 설계시 결정된 동바리 허용간격기준보다 크면 강관의 좌굴은 발생되지 않을 것으로 생각된다.

<표 4-29> 멍에재 간격별 멍에재 길이방향 동바리 허용간격기준(단위:cm)

슬래브 두 께 (mm)	설계하중 ω (kg/㎠)	허용 면적 A(㎠)	멍 에 재 간 격 (cm)					
			40	60	80	100	120	140
120	0.0582	24055	601	401	301	241	200	172
150	0.0690	20290	507	338	254	203	169	145
180	0.0798	17544	439	292	219	175	146	125
200	0.0870	16092	402	268	201	161	134	115
250	0.1050	13333	333	222	167	133	111	95
300	0.1230	11382	285	190	142	114	95	81
400	0.1590	8805	220	147	110	88	73	63
500	0.1950	7179	179	120	90	72	60	51
600	0.2310	6061	152	101	76	61	51	43
700	0.2670	5243	131	87	66	52	44	37
800	0.3030	4620	116	77	58	46	39	33
900	0.3390	4130	103	69	52	41	34	29
1000	0.3750	3733	93	62	47	37	31	27
1200	0.4470	3132	78	52	39	31	26	22
1400	0.5190	2697	67	45	34	27	22	19
1600	0.5910	2368	59	39	29	23	19	16

(3) 조립틀

조립틀을 동바리로 사용할 때에는 조립틀 기둥부재 위치가 멍에재의 위치가 되어야 하므로 장선재 설계시의 멍에재 허용간격이 조립틀의 기둥부재 간격보다 커야만 가능하다. 조립틀의 표준치수가 가로×세로 = 1829×1219mm이므로 장선재와 멍에재의 강도가 그러한 간격에 견딜 수 있는 충분한 부재를 사용하여야 한다. 그렇지 않을 때에는 장선재의 경우에는 설치간격을 좁힘으로써 장선재 1본에 작용되는 응력을 분산시킬 수 있으나, 멍에재의 간격은 최소한 1200mm에서 견딜 수 있어야 하며 멍에재의 강도는 1800mm를 지점으로 하였을 때 충분한 강성을 지녀야 한다.

조립틀은 수직부재에 작용되는 압축응력이 가장 중요하므로 수직부재에 대한 단면특성을 <표 4-30>에 나타내었다. 좌굴길이는 X-브레이싱의 지점간의 간격인 1300mm를 기준으로 하였다.

<표 4-30> 조립틀의 단면특성

구분 / 종류	치 수(cm)		단면적 A(㎠)	단면2차 모멘트 I(cm⁴)	단면2차 회전반경 γ (cm)	좌굴길이 ℓ (cm)	세장비 λ
	외경(cm)	두께(cm)					
SPS400	4.24	0.21	2.66	5.412	1.426	130	91

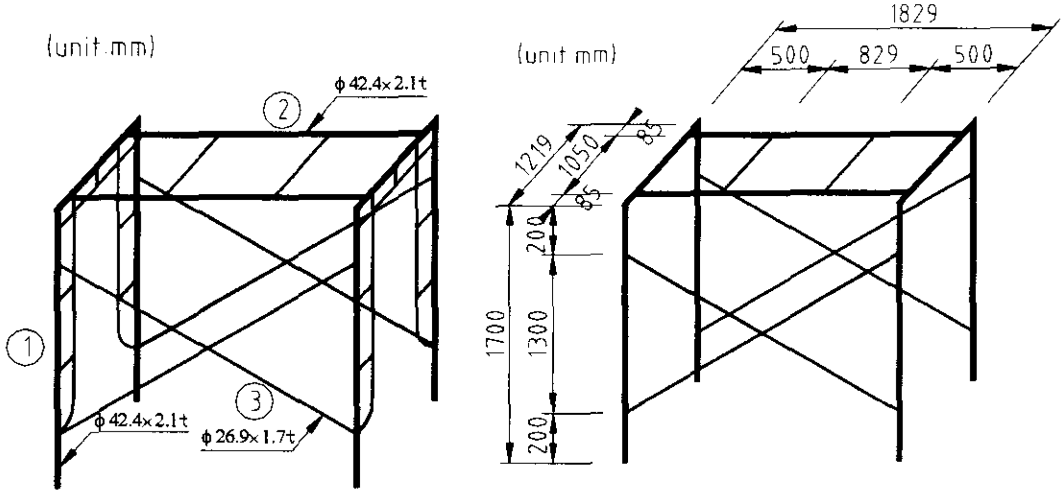
▨ 설 계 예

조립틀의 설계에서는 가능하다면 수직재의 절점부위에 하중이 작용하도록 하는 것이 최적의 상태이며, 수평부재 하중이 작용되지 않도록 하는 것이 바람직하다. 어쩔 수 없을 경우에는 강도 감소를 고려하여야 한다.

일반적으로 조립틀 1조에 작용되는 허용하중을 4~5ton으로 제작사에서 제시하고 있어 조립틀에 수직하중이 작용하였을 때의 응력상태를 검토하여 향후 현장에서 이를 근거로 안전성을 평가하는데 도움이 되도록 하였다.

○ 모델링 및 하중조건

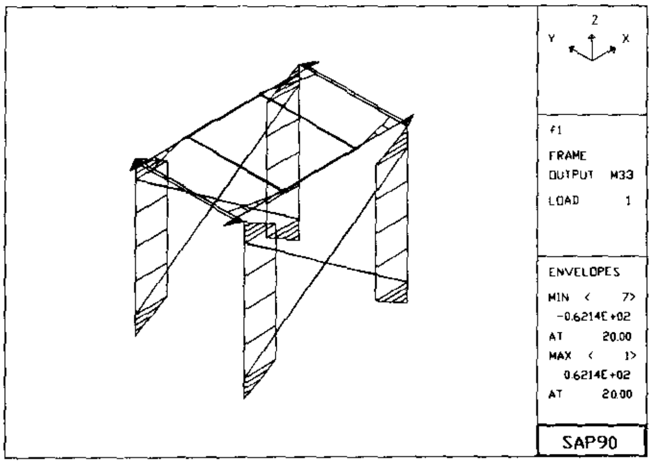
조립틀의 구조해석은 다음 [그림 4-7]과 같은 1조의 조립틀을 모델링하여 4개의 기둥부재 상단에 1ton씩 연직하중이 작용하는 것으로 하였다.



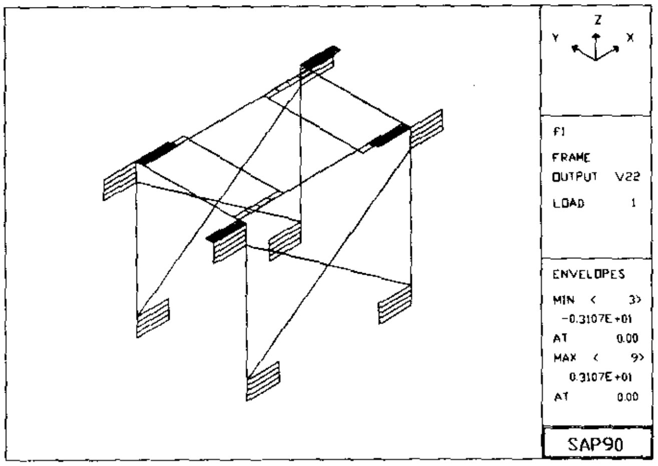
[그림 4-7] 조립틀 1개조의 대표적인 단면치수

○ 해석결과 및 고찰

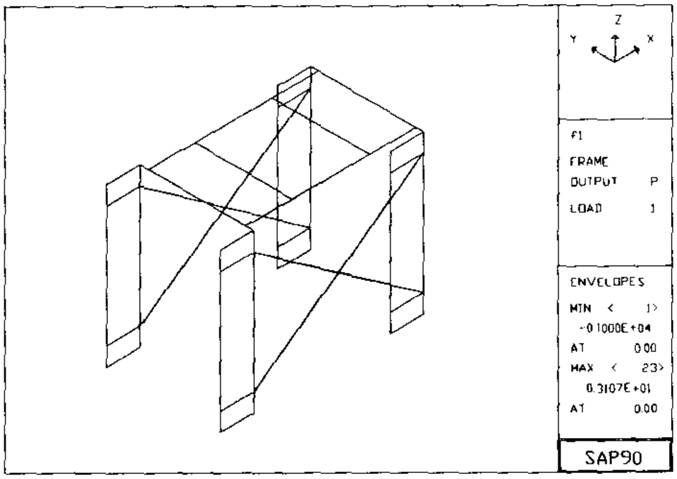
조립틀을 해석하기 위한 부재의 절점번호와 상세한 해석결과는 부록에 수록하였으며, 모멘트도, 전단력도 및 축력도는 [그림 4-8]과 같다.


Z
Y
X
F1
FRAME
OUTPUT M33
LOAD 1
ENVELOPES
MIN < 7>
-0.6214E+02
AT 20.00
MAX < 1>
0.6214E+02
AT 20.00
SAP90

(a) 모멘트도


Z
Y
X
F1
FRAME
OUTPUT V22
LOAD 1
ENVELOPES
MIN < 3>
-0.3107E+01
AT 0.00
MAX < 9>
0.3107E+01
AT 0.00
SAP90

(b) 전단력도



(c) 축력도

[그림 4-8] 조립틀 1개조의 구조해석 결과

조립틀 1개조에 4톤의 연직하중이 각 기둥부재 절점에 1톤씩 작용시켜 해석한 결과 수직부재에 발생되는 응력은 다음과 같다.

$$\sigma = \frac{M}{I}y + \frac{P}{A} = \frac{62.140}{5.412} \times \left(\frac{4.24}{2}\right) + \frac{1000}{2.660} = 423.245 \ kg/cm^2$$

상기 결과에서 알 수 있듯이 수직부재에는 약 420kg/㎠의 응력이 발생되어 비교적 낮은 응력이 발생되고 있어 응력상태는 충분한 안전율이 있는 것으로 평가된다. 그러나 높이 쌓을 때의 자중과 장선재, 멍에재의 자중 등이 고려되지 않았으므로 현장에 적용할 때에는 이에 대한 검토가 요구된다.

기둥부재에 1톤씩의 하중만을 허용한다고 가정할 때 조립틀을 동바리로 사용할 수 있는 슬래브두께의 한계를 검토하면 다음과 같다.

· 기둥부재 1개가 받는 면적(cm)

$A = 183 \times 122 = 22326$ ㎠

· 기둥부재 1개가 부담할 수 있는 단위면적당 하중 p_1(kg/㎠)

$1ton \leq A \times P$

$p_1 = 1000 / A = 0.0448$ kg/㎠

· 조립틀의 수직부재를 동일위치에 2개가 오도록 인접하여 설치할 때

$p_2 = p_1 \times 2 = 0.0896$ kg/㎠ $>$ $\omega = 0.0870$ kg/㎠

(← 슬래브두께 200mm일 때 설계하중)

· 조립틀의 수직부재를 동일위치에 4개가 오도록 설치할 때

$p_4 = p_1 \times 4 = 0.179$ kg/㎠ $>$ $\omega = 0.159$ kg/㎠

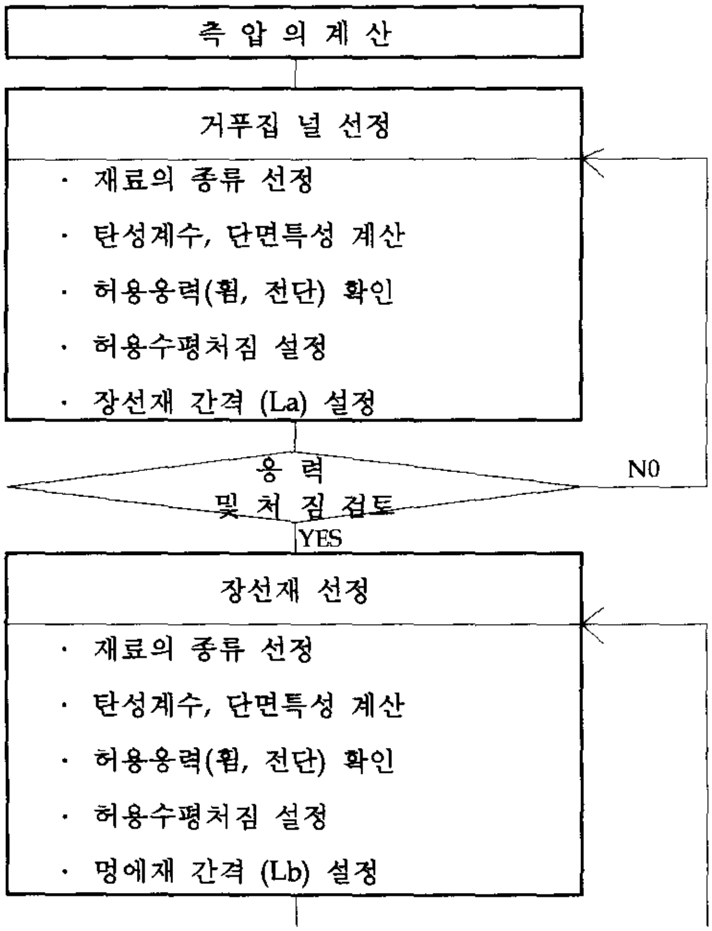
(← 슬래브두께 400mm일 때 설계하중)

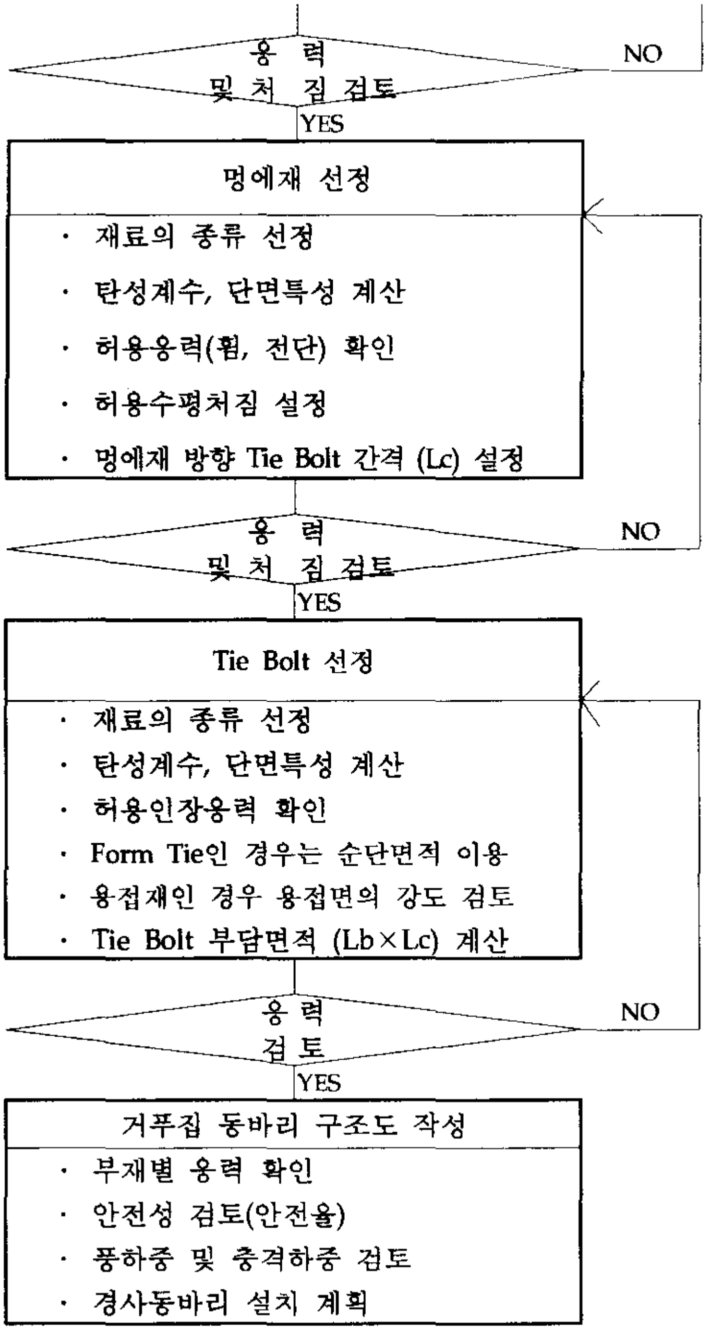
따라서 조립틀을 동바리로 사용할 때에는 설치조건에 따라 슬래브 두께 400mm까지 사용이 가능한 것으로 평가된다.

4. 수평하중의 설계

가. 동바리 설계의 체계

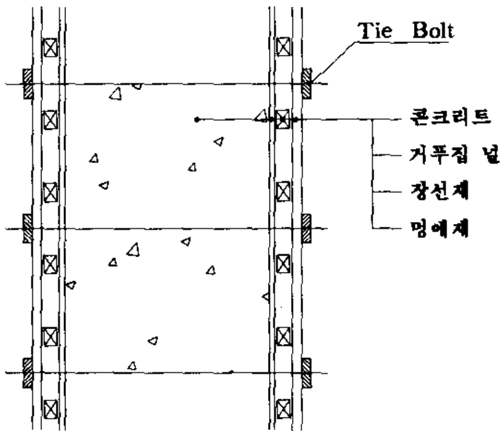
측압을 받는 거푸집 동바리 구조를 설계하는 과정은 연직하중일 때와 유사하며 [그림 4-9]와 같다.



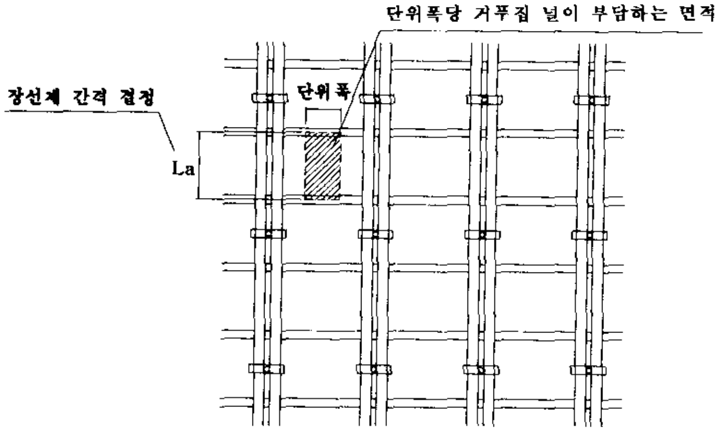


[그림 4-9] 수평하중을 받는 거푸집 동바리 설계 과정

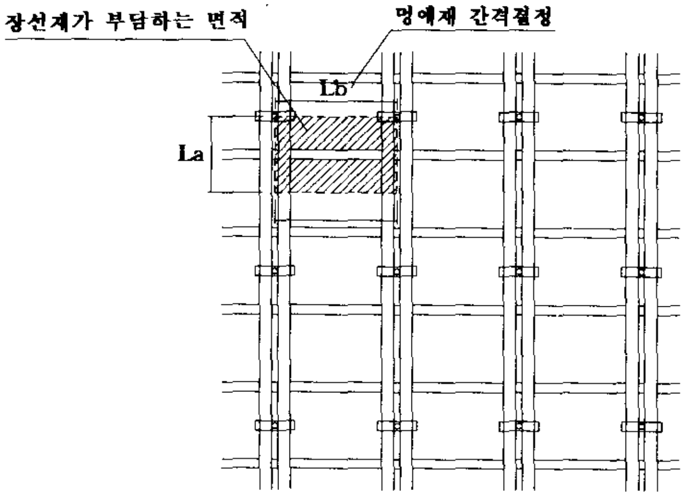
[그림 4-9]과 같이 수평하중을 받는 거푸집 동바리의 설계과정은 각 부재에 작용하는 응력의 흐름이 연직하중일 때와 유사하며 이 또한 단순보 형태로 계산하는 것이 계산상의 편의와 안전측의 결과를 얻을 수 있어 권장하는 계산법이다. 수평하중에 대한 표준단면도 및 계산과정은 [그림 4-10]~[그림 4-14]에 나타내었다.



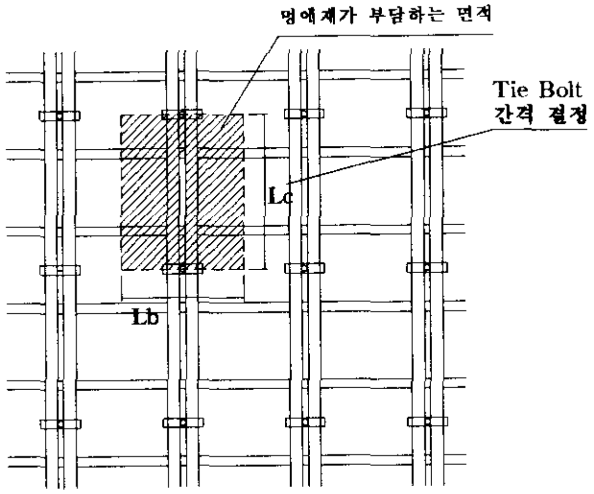
[그림 4-10] 수평하중에 대한 동바리의 표준 단면도



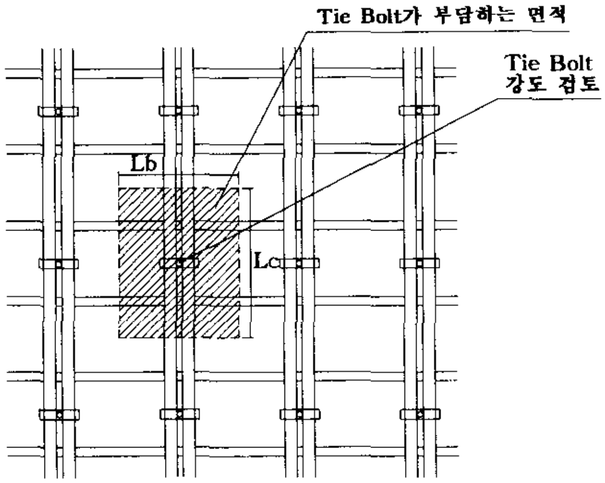
[그림 4-11] 거푸집 널의 하중분담도



[그림 4-12] 장선재의 하중분담도



[그림 4-13] 멍에재의 하중분담도



[그림 4-14] Tie Bolt의 하중분담도

나. 거푸집 널의 설계

수평방향 하중에 대한 거푸집 널의 설계에서 합판의 종류별 단면특성은 연직하중에 대한 설계에서 사용된 <표 4-12>의 것을 그대로 사용할 수 있다. 거푸집 널에 작용되는 수평하중은 콘크리트의 측압을 기준으로 하여 최대측압에 안전하도록 설계되어야 한다.

■ 설계 예

○ 합판의 단위 폭당 설계하중 (<표 4-2>참조)

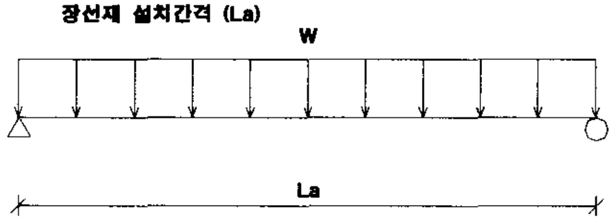
$$\omega' = rH \text{ 또는 } 0.8 + \frac{80R}{T+20}$$

$= 2.4 \times H(t/m^2)$ ($\leftarrow$ H = 1.0m)

$= 2.4\ t/m^2 \quad = 0.24\ kg/cm^2$

$$w = w' \times 1cm = 0.24\ kg/cm$$

○ 장선재 설치간격 (La) 결정



○ $M_{\max} = \frac{wLa^2}{8}$

○ $\sigma = \frac{M_{\max}}{I} y = \frac{M_{\max}}{Z} \leq \sigma_b (= 240\ kg/cm^2)$

○ $\delta = \frac{5wLa^4}{384EI} \le \delta_a (=0.3\,cm \text{ 또는 } 0.1\,cm)$

○ min $La1 \le \sqrt{\frac{\sigma_b \times Z \times 8}{w}}$

$$La2 \le \sqrt[4]{\frac{\delta_a \times 384 \times E \times I}{5 \times w}}$$

■ 결 과

<표 4-31> 합판두께 12mm일 때 타설높이별 장선재 허용간격 기준

타설 높이 (cm)	측 압 (kg/㎠)	설계하중 w (kg/cm)	장 선 재 간 격 (cm)		
			La_1 (cm)	La_2 (cm)	La_2' (cm)
100	0.240	0.240	44	31	24
150	0.360	0.360	36	28	22
200	0.480	0.480	31	26	20
250	0.600	0.600	28	25	19
300	0.720	0.720	25	24	18
350	0.840	0.840	23	23	17
400	0.960	0.960	22	22	17
450	1.080	1.080	21	22	16
500	1.200	1.200	20	21	16

※ La_2는 허용처짐 0.3 cm 기준

La_2' 는 허용처짐 0.1 cm 기준

<표 4-32> 합판두께 15mm일 때 타설높이별 장선재 허용간격 기준

타설 높이 (cm)	측 압 (kg/㎠)	설계하중 w (kg/cm)	장 선 재 간 격 (cm)		
			La_1 (cm)	La_2 (cm)	La_2' (cm)
100	0.240	0.240	55	36	28
150	0.360	0.360	45	33	25
200	0.480	0.480	39	31	23
250	0.600	0.600	35	29	22
300	0.720	0.720	32	28	21
350	0.840	0.840	29	27	20
400	0.960	0.960	27	26	20
450	1.080	1.080	26	25	19
500	1.200	1.200	24	24	18

※ La_2는 허용처짐 0.3 cm 기준

La_2' 는 허용처짐 0.1 cm 기준

<표 4-33> 합판두께 18mm일 때 타설높이별 장선재 허용간격 기준

타설 높이 (cm)	측 압 (kg/㎠)	설계하중 w (kg/cm)	장 선 재 간 격 (cm)		
			La_1 (cm)	La_2 (cm)	La_2' (cm)
100	0.240	0.240	66	41	31
150	0.360	0.360	54	37	28
200	0.480	0.480	46	34	26
250	0.600	0.600	42	33	25
300	0.720	0.720	38	31	24
350	0.840	0.840	35	30	23
400	0.960	0.960	33	29	22
450	1.080	1.080	31	28	21
500	1.200	1.200	29	27	21

※ La_2는 허용처짐 0.3 cm 기준

La_2' 는 허용처짐 0.1 cm 기준

다. 장선재의 설계

<표 4-34> 장선재의 종류별 단면특성

번호	종류	단면형상	탄성계수 E(kg/㎠)	단면적 A(㎠)	단면2차 모멘트 I(cm^4)	단면계수 Z(㎤)	허용휨응력 σ_b(kg/㎠)	허용전단응력 τ (kg/㎠)
1	목재	□-7×7cm	70,000	49	200	57	135	10.5
		□-9×9cm	70,000	81	546	121	135	10.5
2	강재	□-25×25×1.8^t (STK 51)	2.1×10^6	1.67	1.507	1.205	2,900	1,900
		□-50×50×2^t (STK 51)	2.1×10^6	3.84	14.77	5.908	2,900	1,900
		Ø48.3×2.2^t (SPS 500)	2.1×10^6	3.186	8.483	3.512	2,900	1,900

■ 설 계 예

○ 장선재 1본에 대한 설계하중

◦ 콘크리트의 측압

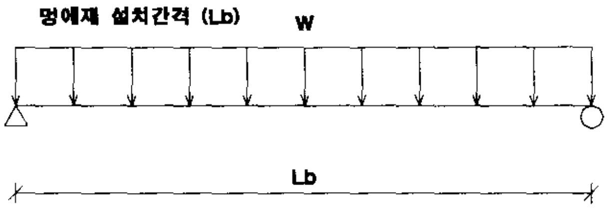
$\omega' = rH$

$= 2.4\times1.0 = 2.4\ t/m^2 = 0.24\ kg/cm^2$

$w = w' \times (La)(kg/cm)$

여기서, La = 장선재 간격

○ 멍에재 설치간격 (Lb)



○ $M_{\max} = \frac{\omega Lb^2}{8}$

$S_{\max} = \frac{\omega Lb}{2}$

○ $\frac{\omega Lb^2 / 8}{Z} \le \sigma_b$

○ $1.5 \times \frac{S_{\max}}{A} = \frac{1.5\,\omega Lb}{2A} \le \tau$

○ $\delta = \frac{5\omega Lb^4}{384EI} \le \delta_a (= 0.3\,cm$ 또는 $0.1\,cm)$

○ min $Lb_1 \le \sqrt{\frac{\sigma_b \times Z \times 8}{\omega}}$

$Lb_2 \le \frac{\tau \times 2 \times A}{1.5 \times \omega}$

$Lb_3 \le \sqrt[4]{\frac{\delta_a \times 384 \times E \times I}{5 \times \omega}}$

<표 4-35> 장선재가 □ 7×7cm인 목재일 때 타설높이별 멍에재 허용간격 기준

타설 높이 (cm)	측 압 ω' (kg/㎠)	장선재 간격 La(cm)	설계하중 ω (kg/cm)	멍 에 재 간 격 (cm)			
				Lb_1	Lb_2	Lb_3	Lb_3'
100	0.240	45	10.800	76	64	74	56
		40	9.600	80	72	76	58
		30	7.200	93	95	82	62
		20	4.800	113	143	91	69
		15	3.600	131	191	97	74
150	0.360	45	16.200	62	42	67	51
		40	14.400	65	48	69	52
		30	10.800	76	64	74	56
		20	7.200	93	95	82	62
		15	5.400	107	127	88	67
200	0.480	45	21.600	53	32	62	47
		40	19.200	57	36	64	49
		30	14.400	65	48	69	52
		20	9.600	80	72	76	58
		15	7.200	93	95	82	62
250	0.600	45	27.000	48	25	59	45
		40	24.000	51	29	61	46
		30	18.000	59	38	65	49
		20	12.000	72	57	72	55
		15	9.000	83	76	77	59
300	0.720	45	32.400	44	21	56	43
		40	28.800	46	24	58	44
		30	21.600	53	32	62	47
		20	14.400	65	48	69	52
		15	10.800	76	64	74	56
350	0.840	45	37.800	40	18	54	41
		40	33.600	43	20	56	42
		30	25.200	49	27	60	45
		20	16.800	61	41	66	50
		15	12.600	70	54	71	54

<표 4-35> (계속)

타설 높이 (cm)	측 압 ω' (kg/㎠)	장선재 간격 La(cm)	설계하중 ω (kg/cm)	멍 에 재 간 격 (cm)			
				Lb_1	Lb_2	Lb_3	Lb_3'
400	0.960	45	43.200	38	16	52	40
		40	38.400	40	18	54	41
		30	28.800	46	24	58	44
		20	19.200	57	36	64	49
		15	14.400	65	48	69	52
450	1.080	45	48.600	36	14	51	39
		40	43.200	38	16	52	40
		30	32.400	44	21	56	43
		20	21.600	53	32	62	47
		15	16.200	62	42	67	51
500	1.200	45	54.000	34	13	49	38
		40	48.000	36	14	51	39
		30	36.000	41	19	55	42
		20	24.000	51	29	61	46
		15	18.000	59	38	65	49

※ Lb_3 는 허용처짐 0.3 cm 기준

Lb_3' 는 허용처짐 0.1 cm 기준

<표 4-36> 장선재가 □ 9×9cm인 목재일 때 타설높이별 멍에재 허용간격 기준

타설 높이 (cm)	측 압 ω′ (kg/㎠)	장선재 간격 La(cm)	설계하중 ω (kg/cm)	멍 에 재 간 격 (cm)			
				Lb_1	Lb_2	Lb_3	Lb_3'
100	0.240	45	10.800	110	105	95	72
		40	9.600	167	118	98	74
		30	7.200	135	158	105	80
		20	4.800	165	236	116	88
		15	3.600	191	315	125	95
150	0.360	45	16.200	90	70	86	65
		40	14.400	95	79	88	67
		30	10.800	110	105	95	72
		20	7.200	135	158	105	80
		15	5.400	156	210	113	86
200	0.480	45	21.600	78	53	80	61
		40	19.200	83	59	82	63
		30	14.400	95	79	88	67
		20	9.600	117	118	98	74
		15	7.200	135	158	105	80
250	0.600	45	27.000	70	42	76	57
		40	24.000	74	47	78	59
		30	18.000	85	63	84	64
		20	12.000	104	95	93	70
		15	9.000	121	126	100	76
300	0.720	45	32.400	64	35	72	55
		40	28.800	67	39	74	57
		30	21.600	78	53	80	61
		20	14.400	95	79	88	67
		15	10.800	110	105	95	72
350	0.840	45	37.800	59	30	70	53
		40	33.600	62	34	72	54
		30	25.200	72	45	77	58
		20	16.800	88	68	85	65
		15	12.600	102	90	91	70

<표 4-36> (계속)

타설 높이 (cm)	측 압 ω′ (kg/㎠)	장선재 간격 La(cm)	설계하중 ω (kg/cm)	멍 에 재 간 격 (cm)			
				Lb_1	Lb_2	Lb_3	Lb_3'
400	0.960	45	43.200	55	26	67	51
		40	38.400	58	30	69	53
		30	28.800	67	39	74	57
		20	19.200	83	59	82	63
		15	14.400	95	79	88	67
450	1.080	45	48.600	52	23	65	50
		40	43.200	55	26	67	51
		30	32.400	64	35	72	55
		20	21.600	78	53	80	61
		15	16.200	90	70	86	65
500	1.200	45	54.000	49	21	64	48
		40	48.000	52	24	65	50
		30	36.000	60	32	70	53
		20	24.000	73	47	78	59
		15	18.000	85	63	84	64

※ Lb_3 는 허용처짐 0.3 cm 기준

Lb_3' 는 허용처짐 0.1 cm 기준

<표 4-37> 장선재가 □ 25×25mm인 강재일 때 타설높이별 멍에재 허용간격 기준

타설 높이 (cm)	측 압 ω' (kg/㎠)	장선재 간격 La(cm)	설계하중 ω (kg/cm)	멍 에 재 간 격 (cm)			
				Lb_1	Lb_2	Lb_3	Lb_3'
100	0.240	45	10.800	51	392	51	39
		40	9.600	54	441	53	40
		30	7.200	62	588	56	43
		20	4.800	76	881	62	47
		15	3.600	88	1175	67	51
150	0.360	45	16.200	42	261	46	35
		40	14.400	44	294	47	36
		30	10.800	51	392	51	39
		20	7.200	62	588	56	43
		15	5.400	72	784	61	46
200	0.480	45	21.600	36	196	43	33
		40	19.200	38	220	44	34
		30	14.400	44	294	47	36
		20	9.600	54	441	53	40
		15	7.200	62	586	56	43
250	0.600	45	27.000	32	157	41	31
		40	24.000	34	176	42	32
		30	18.000	39	235	45	34
		20	12.000	48	353	50	38
		15	9.000	56	470	53	41
300	0.720	45	32.400	29	131	39	29
		40	28.800	31	147	40	30
		30	21.600	36	196	43	33
		20	14.400	44	294	47	36
		15	10.800	51	392	51	39
350	0.840	45	37.800	27	112	37	28
		40	33.600	29	126	38	29
		30	25.200	33	168	41	31
		20	16.800	41	252	46	35
		15	12.600	47	336	49	37

<표 4-37> (계속)

타설 높이 (cm)	측 압 ω′ (kg/㎠)	장선재 간격 La(cm)	설계하중 ω (kg/cm)	멍 에 재 간 격 (cm)			
				Lb_1	Lb_2	Lb_3	Lb_3'
400	0.960	45	43.200	25	98	36	27
		40	38.400	27	110	37	28
		30	28.800	31	147	40	30
		20	19.200	38	220	44	34
		15	14.400	44	294	47	36
450	1.080	45	48.600	24	87	35	27
		40	43.200	25	98	36	27
		30	32.400	29	131	39	29
		20	21.600	36	196	43	33
		15	16.200	42	261	46	35
500	1.200	45	54.000	23	78	34	26
		40	48.000	24	88	35	27
		30	36.000	28	118	38	29
		20	24.000	34	176	42	32
		15	18.000	39	235	45	34

※ Lb_3 는 허용처짐 0.3 cm 기준

Lb_3' 는 허용처짐 0.1 cm 기준

<표 4-38> 장선재가 □ 50×50mm인 강재일 때 타설높이별 멍에재 허용간격 기준

타설 높이 (cm)	측 압 ω′ (kg/㎠)	장선재 간격 La(cm)	설계하중 ω (kg/cm)	멍 에 재 간 격 (cm)			
				Lb_1	Lb_2	Lb_3	Lb_3'
100	0.240	45	10.800	113	901	90	69
		40	9.600	120	1013	93	71
		30	7.200	138	1351	100	76
		20	4.800	169	2027	111	84
		15	3.600	195	2702	119	90
150	0.360	45	16.200	92	601	82	62
		40	14.400	98	676	84	64
		30	10.800	113	901	90	69
		20	7.200	138	1351	100	76
		15	5.400	159	1802	107	82
200	0.480	45	21.600	80	450	76	58
		40	19.200	85	507	78	59
		30	14.400	98	676	84	64
		20	9.600	120	1013	93	71
		15	7.200	138	1351	100	76
250	0.600	45	27.000	71	360	72	55
		40	24.000	76	405	74	56
		30	18.000	87	540	80	60
		20	12.000	107	811	88	67
		15	9.000	123	1081	94	72
300	0.720	45	32.400	65	300	69	52
		40	28.800	69	338	71	54
		30	21.600	80	450	76	58
		20	14.400	98	676	84	64
		15	10.800	113	901	90	69
350	0.840	45	37.800	60	257	66	50
		40	33.600	64	290	68	52
		30	25.200	74	386	73	55
		20	16.800	90	579	81	61
		15	12.600	104	772	87	66

<표 4-38> (계속)

타설 높이 (cm)	측 압 ω' (kg/㎠)	장선재 간격 La(cm)	설계하중 ω (kg/cm)	멍 에 재 간 격 (cm)			
				Lb_1	Lb_2	Lb_3	Lb_3'
400	0.960	45	43.200	56	225	64	49
		40	38.400	60	253	66	50
		30	28.800	69	338	71	54
		20	19.200	85	507	78	59
		15	14.400	98	676	84	64
450	1.080	45	48.600	53	200	62	47
		40	43.200	56	225	64	49
		30	32.400	65	300	69	52
		20	21.600	80	450	76	58
		15	16.200	92	600	82	62
500	1.200	45	54.000	50	180	60	46
		40	48.000	53	273	62	47
		30	36.000	62	270	67	51
		20	24.000	76	405	74	56
		15	18.000	87	540	79	60

※ Lb_3 는 허용처짐 0.3 cm 기준

Lb_3' 는 허용처짐 0.1 cm 기준

<표 4-39> 장선재가 강관일 때 타설높이별 멍에재 허용간격 기준

타설 높이 (cm)	측 압 ω′ (kg/㎠)	장선재 간격 La(cm)	설계하중 ω (kg/cm)	멍 에 재 간 격 (cm)			
				Lb_1	Lb_2	Lb_3	Lb_3'
100	0.240	45	10.800	87	747	79	60
		40	9.600	92	841	81	61
		30	7.200	106	1121	87	66
		20	4.800	130	1682	96	73
		15	3.600	150	2242	103	79
150	0.360	45	16.200	71	498	71	54
		40	14.400	75	561	73	56
		30	10.800	87	747	79	60
		20	7.200	106	1121	87	66
		15	5.400	123	1495	93	71
200	0.480	45	21.600	61	374	66	50
		40	19.200	65	420	68	52
		30	14.400	75	561	73	56
		20	9.600	92	841	81	61
		15	7.200	106	1121	87	66
250	0.600	45	27.000	55	299	62	47
		40	24.000	58	336	64	49
		30	18.000	67	448	69	53
		20	12.000	82	673	77	58
		15	9.000	95	897	82	62
300	0.720	45	32.400	50	249	60	45
		40	28.800	53	280	61	47
		30	21.600	61	374	66	50
		20	14.400	75	561	73	56
		15	10.800	87	747	79	60
350	0.840	45	37.800	46	214	57	44
		40	33.600	49	240	59	45
		30	25.200	57	320	64	48
		20	16.800	70	480	70	53
		15	12.600	80	641	76	58

<표 4-39> (계속)

타설 높이 (cm)	측 압 ω' (kg/㎠)	장선재 간격 La(cm)	설계하중 ω (kg/cm)	멍 에 재 간 격 (cm)			
				Lb_1	Lb_2	Lb_3	Lb_3'
400	0.960	45	43.200	43	187	56	42
		40	38.400	46	210	57	43
		30	28.800	53	280	61	47
		20	19.200	65	420	68	52
		15	14.400	75	561	73	56
450	1.080	45	48.600	41	166	54	41
		40	43.200	43	187	56	42
		30	32.400	50	249	60	45
		20	21.600	61	374	66	50
		15	16.200	71	498	71	54
500	1.200	45	54.000	39	150	53	40
		40	48.000	41	168	54	41
		30	36.000	48	224	58	44
		20	24.000	58	336	64	49
		15	18.000	67	448	69	53

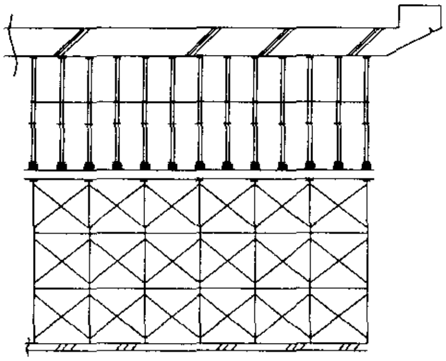
※ Lb_3 는 허용처짐 0.3 cm 기준

Lb_3' 는 허용처짐 0.1 cm 기준

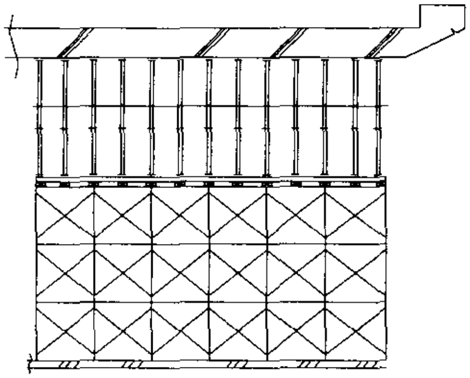
5. 기타 형식의 설계

가. 조립틀과 파이프써포트의 조합

교량의 교하공간이 비교적 높을 때에는 하부 조립틀, 상부 파이프써포트의 조합을 사용하기도 한다. 이러한 구조의 설계 표준도는 다음 [그림 4-15]와 같다.



(올바른 구조도)

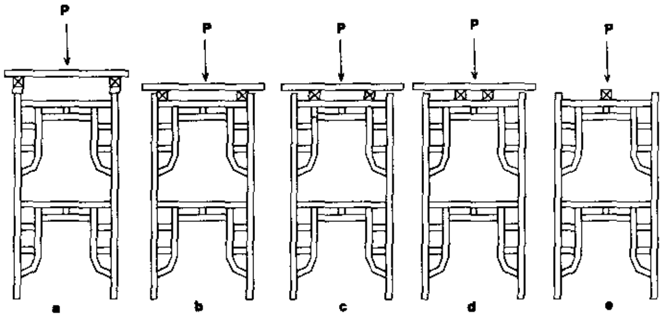


(바람직하지 못한 구조도)

[그림 4-15] 파이프써포트와 조립틀의 조합 예

상부의 파이프써포트의 설계는 앞에서 제시한 예를 따라 파이프써포트 1본에 받는 연직하중을 1500kg 이내가 되도록 콘크리트면에 접하는 합판, 장선재, 멍에재를 선정할 수 있으며, 파이프써포트와 조립틀과 접하는 면에 있어서 장선재와 멍에재의 설치는 하부에 조립되는 조립틀의 기둥부재에만 하중이 전달될 수 있도록 그 치수와 간격기준이 설정되어야 한다. 그렇지 않을 경우에는 조립틀의 수평재에 휨응력이 발생되기 때문에 이에 대한 검토가

선행되어야 하며, 어쩔 수 없이 수평재에 휨응력이 발생되도록 설계할 경우에는 다음 [그림 4-16]과 같이 강도 감소를 고려하여야 한다.



하 중 형 태	a	b	c	d	e
틀당 허용하중(ton)	5.0	4.0	3.0	2.0	1.5

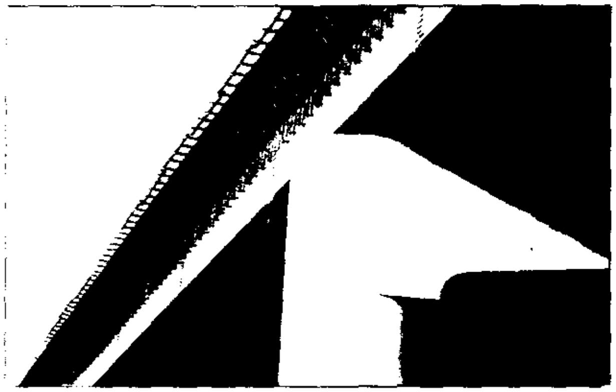
[그림 4-16] 조립틀에 작용하는 하중상태에 따른 강도 감소

나. 슬래브 난간의 캔틸레버부의 동바리 설계

다음 [그림 4-17]과 같이 슬래브 난간의 캔틸레버부의 동바리는 브라켓 모양의 동바리를 주로 많이 이용하고 있다.

캔틸레버부 동바리의 설계에 있어서는 합판, 장선재의 설계는 동일하며, 단지 브라켓부재가 브라켓 설치 폭과 동일한 폭에 대한 콘크리트의 연직하중을 등분포하중으로 작용하는 것에 견딜 수 있는 구조로 설계하면 된다.

[그림 4-17]은 브라켓 동바리의 설치전경에 대한 예이다. 현장에서 사용되고 있는 브라켓식 동바리중에서 하나를 선정하여 구조해석을 수행하여 제시함으로써 응력 거동 형태와 향후 설계에 참조할 수 있도록 하였다.



[그림 4-17] 슬래브 난간 캔틸레버부의 동바리

▨ 설 계 예

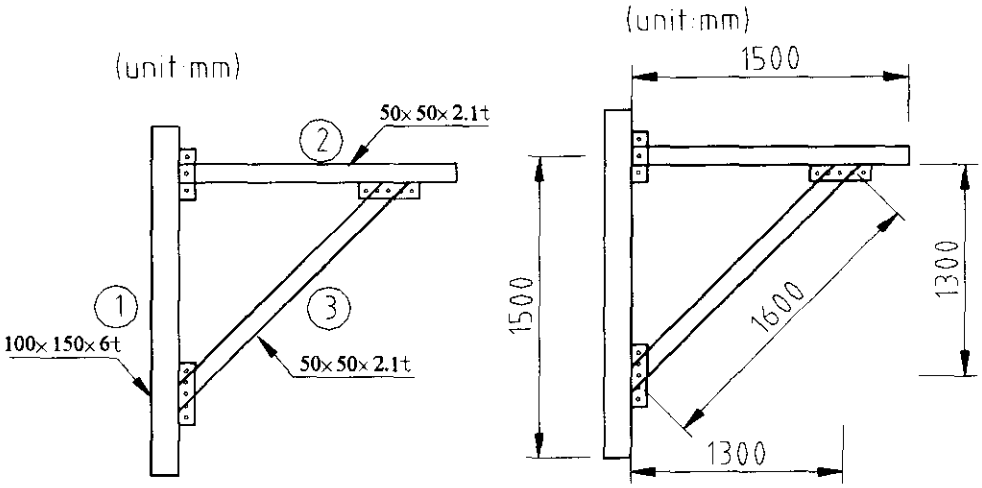
○ 모델링 및 하중조건

표준모델로 해석된 브라켓 동바리의 단면 및 크기는 [그림 4-18]과 같으며, 하중은 수평부재 상단에 장선재가 위치함으로 장선재를 통해 집중하중이 작용되나 등분포하중이 작용하도록 하였다.

- 브라켓동바리의 설치간격 : 50cm
- 슬래브 두께 : 300mm
- 설계하중 $\omega = (rt + 0.5rt + 0.15) \times 0.5$

$= 0.615$ t/m

$= 6.15$ kg/cm



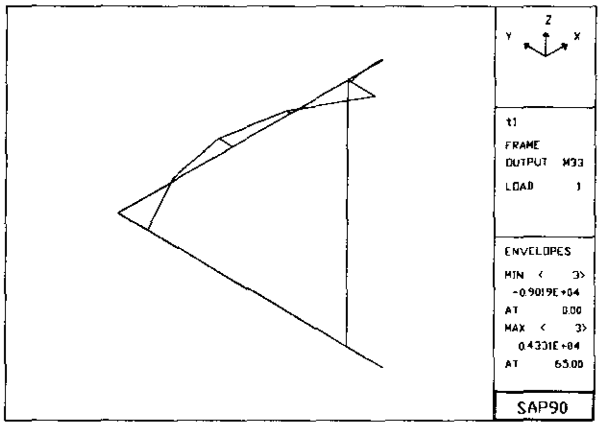
[그림 4-18] 브라켓 동바리의 단면치수

<표 4-40> 브라켓 동바리 부재의 단면특성

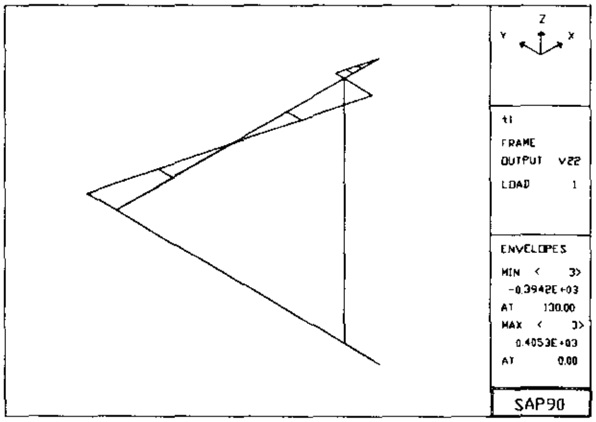
구 분	부 재 번 호		
	①	②	③
단면적 A(cm^2)	28.600	4.020	4.020
단면2차모멘트 I (cm^4)	885.250	15.416	15.416

○ 해석결과 및 고찰

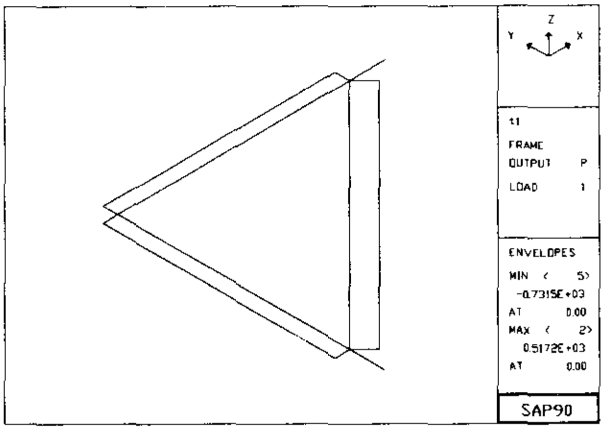
브라켓 동바리는 수평부재에 발생되는 단면력이 최대가 되므로 수평부재의 단면크기를 비교적 크게 하는 것이 바람직하며 해석에 사용된 부재는 사용된 하중조건에 대하여 [그림 4-19]와 같은 단면력을 얻었다.



(a) 모멘트도



(b) 전단력도



(c) 축력도

[그림 4-19] 브라켓 동바리의 단면력도

슬래브 두께 300mm, 동바리 간격 50cm에 대한 연직설계하중인 6.15kg/cm에 대하여 발생되는 부재의 응력은 다음과 같다.

$$\sigma = \frac{M}{I}y + \frac{P}{A} = \frac{517.240}{28.600} = 18.085\ kg/cm^2$$

$$\sigma = \frac{M}{I}y + \frac{P}{A} = \frac{9019.450}{15.416} \times \left(\frac{5}{2}\right) + \frac{517.240}{4.020} = 1591.343\ kg/cm^2$$

$$\sigma = \frac{M}{I}y + \frac{P}{A} = \frac{731.490}{4.020} = 181.963\ kg/cm^2$$

수평부재에 대한 응력이 1591kg/㎠이나 이는 허용응력이내로서 안전한 상태인 것을 알 수 있었으며, 슬래브 두께가 증감됨에 따라 동바리의 간격을 좁히거나 넓힘으로서 설계하중 6.15kg/cm 이내가 되도록 한다면 안전성이 확보될 것으로 생각된다.

제 5 장 결 론

RC 교량공사의 동바리 작업중 발생되는 재해를 방지하기 위하여 교량공사중 발생된 재해사례의 분석, 교량공사 현장의 실태조사, 동바리용 가설기자재 생산실태조사, 교량공사의 공종 및 공정의 분석, 동바리의 안전작업절차 수립, 동바리 설계의 표준 모델 제시 등의 과업을 수행하였다. 일련의 연구과정을 통하여 RC 교량 동바리 공사중 발생되는 동종재해 및 유사재해를 방지하기 위한 안전작업절차를 제시하였으며, 동바리 설계 및 안전성을 검토하기 위한 표준모델을 제시하였다.

이 연구과정에서 얻어진 결론 및 건의사항은 다음과 같다.

(1) 교량공사에서 발생된 재해는 목공, 철근공, 콘크리트공 등 콘크리트 거푸집 동바리공사와 직·간접적으로 관련된 근로자에게서 발생된 재해가 45%나 되어 매우 높은 것으로 나타났다.

(2) 교량공사 현장에서 발생된 재해를 재해형태별로 분류할 때 추락재해가 가장 높았으며, 다음이 붕괴재해로서 동바리 붕괴재해가 가장 많이 발생되고 있었다. 따라서 교량공사의 재해방지는 추락 및 동바리 붕괴방지가 가장 우선 과제인 것으로 판단된다.

(3) 동바리용 가설기자재의 사용실태를 조사한 결과 "가설기자재 성능검정규격"과 일치하지 않는 제품의 사용도 있었으며, 동바리용 가설재의 종류가 너무나 다양하기 때문에 일일이 성능검정규격으로 제시할 수 없는 상황인 것도 많았다. 따라서 가설기자재의 안전성 확보를 위하여 현장여건을 고려한 제도적 보완대책의 검토가 필요할 것으로 생각된다.

(4) 동바리 공사중 발생될 수 있는 추락, 붕괴, 도괴 등의 재해를 방지하기 위하여 교량공사의 전반적인 공정을 분석하고 동바리 공사의 안전작업절차를 제시하였다.

(5) 현장실태조사 결과 대부분의 공사 현장이 정확한 동바리의 설계를 수행하지 않고 경험에 의존하고 있어 동바리의 붕괴를 유발할 수 있는 가능성을 내포하고 있었다. 동바리 설계 예를 데이터 베이스화하여 간단한 절차를 거쳐 콘크리트 크기별로 동바리의 설계 및 안전성을 검토할 수 있는 모델을 제시하였다.

(6) 동바리의 설계는 교량 형식 및 부재의 크기에 따라 매우 다양하므로 이들에 대한 모든 설계 예를 제시하기는 어려움이 있어 표준 모델을 제시함으로써 콘크리트의 연직하중 및 수평하중이 거푸집 동바리 구조를 따라 응력전달되어 가는 과정을 제시함으로써 해석의 편의를 제시하였다.

참 고 문 헌

1) "산업재해분석", 노동부, 1994~1997.

2) "건설중대재해 사례 및 대책", 한국산업안전공단, 1994~1998.

3) "토목공사 표준 일반 시방서", 건설교통부, 1996.

4) "도로교 표준시방서", 건설교통부, 1996.

5) "건설업 적용 매뉴얼", OSHA CFR, 1926.

6) "건설안전공학 ", 손기상, 기문당, 1999.

7) "교량공학", 조효남, 구미서관, 1999.

8) "교량공학", 황학주, 동명사, 1998.

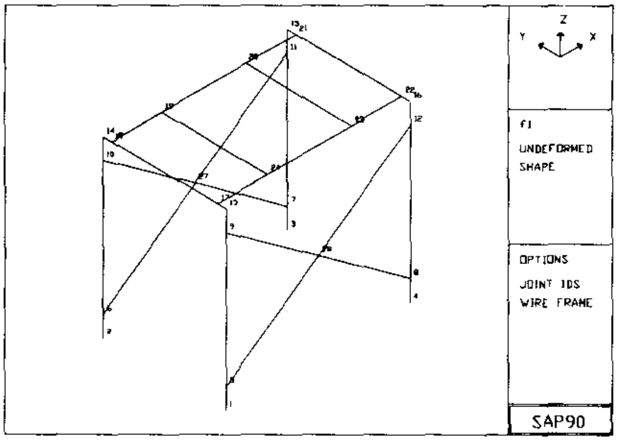
9) "Theory and Design of Bridges", Xanthakos, Jone Wiley & Sons, 1994.

부 록

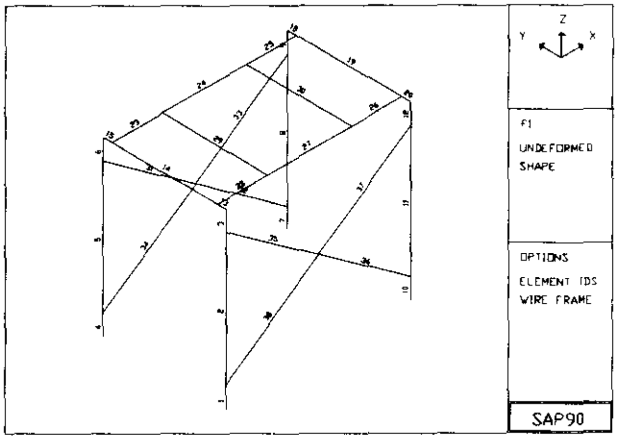
1. 동바리 해석 결과

가. 조립틀

(1) 모델링



[그림 1] 절점번호



[그림 2] 부재번호

(2) 해석결과

C S I / S A P 9 0 - - FINITE ELEMENT ANALYSIS OF STRUCTURES PAGE 1
PROGRAM:SAP90/FILE:F2.F3F

FRAME Scaffolding (KG,CM)

F R A M E E L E M E N T F O R C E S

ELT ID	LOAD COND	AXIAL FORCE	DIST ENDI	1-2 PLANE SHEAR	1-2 PLANE MOMENT	1-3 PLANE SHEAR	AXIAL MOMENT	TORQ
1								
	1	-1000.00						0.00
			0.0	3.11	0.00	0.00	0.00	
			20.0	3.11	62.14	0.00	0.01	
2								
	1	-997.79						-0.43
			0.0	0.00	62.14	-00.00	0.03	
			130.0	0.00	62.14	-00.00	-0.10	
3								
	1	-1000.00						-1.10
			0.0	-3.11	62.14	0.00	0.04	
			20.0	-3.11	0.00	0.00	0.05	
4								
	1	-1000.00						0.00
			0.0	3.11	0.00	0.00	0.00	
			20.0	3.11	62.14	0.00	-0.01	
5								

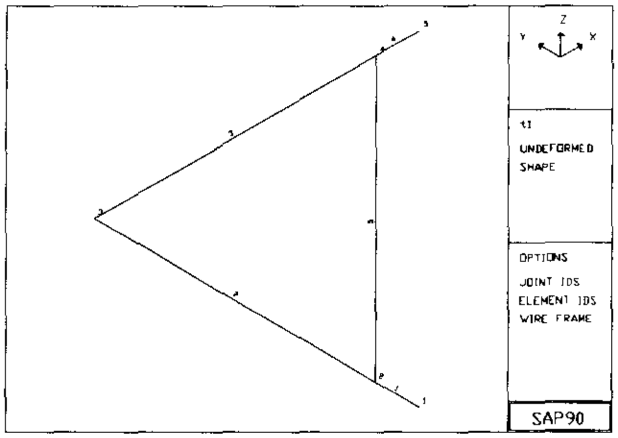
	1	-997.79						0.43
			0.0	0.00	62.14	00.00	-0.03	
			130.0	0.00	62.14	00.00	0.10	
6								
	1	-1000.00						1.10
			0.0	-3.11	62.14	0.00	-0.04	
			20.0	-3.11	0.00	0.00	-0.05	
7								
	1	-1000.00						0.00
			0.0	-3.11	0.00	0.00	0.00	
			20.0	-3.11	-62.14	0.00	-0.01	
8								
	1	-997.79						-0.43
			0.0	0.00	-62.14	00.00	-0.03	
			130.0	0.00	-62.14	00.00	0.10	
9								
	1	-1000.00						-1.10
			0.0	3.11	-62.14	0.00	-0.04	
			20.0	3.11	0.00	0.00	-0.05	
10								
	1	-1000.00						0.00
			0.0	-3.11	0.00	0.00	0.00	
			20.0	-3.11	-62.14	0.00	0.01	
11								
	1	-997.79						0.43
			0.0	0.00	-62.14	-00.00	0.03	
			130.0	0.00	-62.14	-00.00	-0.10	
12								
	1	-1000.00						1.10
			0.0	3.11	-62.14	0.00	0.04	
			20.0	3.11	0.00	0.00	0.05	
13								
	1	0.00						0.00
			0.0	3.11	-1.10	0.00	-0.05	
			8.5	3.11	25.31	0.00	-0.05	
14								
	1	-0.47						0.00
			0.0	0.00	5.73	0.00	-0.04	
			104.9	0.00	5.73	0.00	-0.04	
15								
	1	0.00						0.00
			0.0	-3.11	25.31	0.00	-0.05	
			8.5	-3.11	-1.10	0.00	-0.05	
18								
	1	0.00						0.00
			0.0	3.11	-1.10	0.00	-0.05	
			8.5	3.11	25.31	0.00	-0.05	
19								
	1	-0.47						0.00

			0.0	0.00	5.73	0.00	-0.03	
			104.9	0.00	5.73	0.00	-0.03	
20								
	1	0.00						0.00
			0.0	-3.11	25.31	0.00	-0.05	
			8.5	-3.11	-1.10	0.00	-0.05	
23								
	1	3.11						0.02
			0.0	0.47	-19.58	0.00	0.00	
			50.0	0.47	3.92	0.00	0.00	
24								
	1	3.11						0.00
			0.0	0.00	2.19	0.00	0.00	
			82.9	0.00	2.19	0.00	0.00	
25								
	1	3.11						-0.02
			0.0	-0.47	3.92	0.00	0.00	
			50.0	-0.47	-19.58	0.00	0.00	
26								
	1	3.11						0.02
			0.0	0.47	-19.58	0.00	0.00	
			50.0	0.47	3.92	0.00	0.00	
27								
	1	3.11						0.00
			0.0	0.00	2.19	0.00	0.00	
			82.9	0.00	2.19	0.00	0.00	
28								
	1	3.11						-0.02
			0.0	-0.47	3.92	0.00	0.00	
			50.0	-0.47	-19.58	0.00	0.00	
29								
	1	0.47						0.00
			0.0	0.00	1.73	0.00	-0.02	
			104.9	0.00	1.73	0.00	-0.02	
30								
	1	0.47						0.00
			0.0	0.00	-1.73	0.00	-0.02	
			104.9	0.00	-1.73	0.00	-0.02	
31								
	1	-3.81						0.27
			0.0	00.00	-0.64	0.00	0.00	
			112.2	00.00	-0.49	0.00	0.00	
32								
	1	-3.81						0.27
			0.0	00.00	-0.48	0.00	0.00	
			112.2	00.00	-0.33	0.00	0.00	
33								
	1	-3.81						-0.27
			0.0	-00.00	0.64	0.00	0.00	

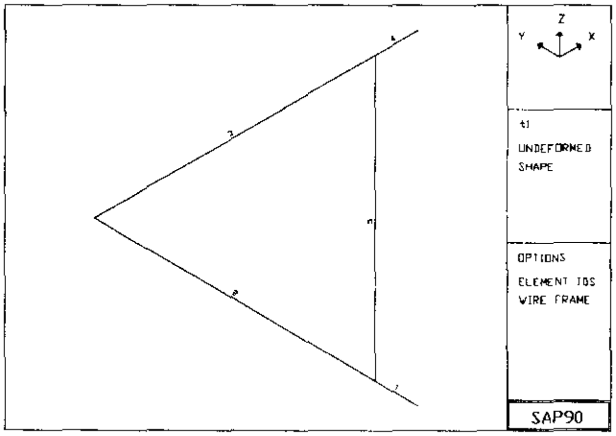
			112.2	-00.00	0.49	0.00	0.00	
34								
	1	-3.81						-0.27
			0.0	-00.00	0.48	0.00	0.00	
			112.2	-00.00	0.34	0.00	0.00	
35								
	1	-3.81						-0.27
			0.0	-00.00	0.64	0.00	0.00	
			112.2	-00.00	0.49	0.00	0.00	
36								
	1	-3.81						-0.27
			0.0	-00.00	0.48	0.00	0.00	
			112.2	-00.00	0.33	0.00	0.00	
37								
	1	-3.81						0.27
			0.0	00.00	-0.64	0.00	0.00	
			112.2	00.00	-0.49	0.00	0.00	
38								
	1	-3.81						0.27
			0.0	00.00	-0.48	0.00	0.00	
			112.2	00.00	-0.34	0.00	0.00	

가. 브라켓

(1) 모델링



[그림 3] 절점번호



[그림 4] 부재번호

(2) 해석결과

C S I / S A P 9 0 - - FINITE ELEMENT ANALYSIS OF STRUCTURES PAGE 1
PROGRAM:SAP90/FILE:T1.F3F

FRAME Triangle (KG,CM)

F R A M E E L E M E N T F O R C E S

ELT ID	LOAD COND	AXIAL FORCE	DIST ENDI	1-2 PLANE SHEAR	1-2 PLANE MOMENT	1-3 PLANE SHEAR	AXIAL MOMENT	TORQ
1								
	1	0.00						
2								
	1	517.24						
3								
	1	517.24						
			0.0	405.26	-9019.45			
			65.9	-00.00	4333.09			
			130.0	-394.24	-8303.05			
4								
	1	0.00						
			0.0	123.00	-820.00			
			20.0	0.00	410.00			
5								
	1	-731.49						
			0.0	0.00	0.00			
			183.8	0.00	0.00			

ABSTRACT

The accident-ratio are comparatively on the increase in the small and medium construction sites. It may be a cause of accident that the correct working methods are not observed because of the inferiority of technique and environment in these sites. The collapse of staging among the accident forms has the high intensity-ratio and produces many injured or death persons from an accident. And that frequently happens yet in the small and medium construction sites.

Therefore the goal of this study is that prevents the collapse accidents of staging by the development of safety orders on the staging works of RC bridges which may be a small and medium construction sites.

In order to accomplish this goal, the series of study were performed which were the analysis of the accident cases happened in the bridge construction sites, the research on the actual condition of RC bridge construction sites, the research on the actual condition of the production of temporary materials, the analysis of the kind and stage on the RC bridge construction, the development of safety orders on the staging works, the presentation of standard models for the design of staging, etc.

From the result of the analysis of the accident cases happened in the bridge construction sites, the drop accidents were most happened and the frequency of collapse accidents was secondry high.

The safety work orders by stage on the RC bridge construction are proposed in order to prevent the drop accidents and the collapse accidents during the staging works. And design examples of forms on which the vertical loads and the horizontal loads are acted are proposed. It is expected that those can be directly used on the construction sites.

It is expected that the results of this study will be used for the design of staging structures, the establishment of staging work plan and the data for the safety inspection and guidance education of working sites.

Key words : staging, design of staging, safety work orders

RC교량의 동바리 안전작업절차서 개발

(안전분야-연구자료 연구원 2000-22-142)

발 행 일 :	1999. 12. 31
발 행 인 :	원 장 정 호 근
연구책임자 :	책임연구원 최 원 일
발 행 처 :	한국산업안전공단 산업안전보건연구원 안전공학연구실
주 소 :	인천광역시 부평구 구산동 34-4
전 화 :	(032) 5100-852
인 쇄 처 :	영진인쇄사 (02) 734-3713