

건설공사 표준안전시설 기준 연구

(거푸집 동바리를 중심으로)

A Study on the Standardization of Safety Management System in Construction work
(Focused on the Shoring in Form Work)

1998. 12. 31



한국 산업 안전 공 단
산업안전보건연구원

목 차

제1장 서 론	1
1. 연구의 배경 및 목적	1
2. 연구 기간	3
3. 연구 방법 및 범위	3
제2장 거꾸집 동바리 붕괴재해 사례 분석	5
1. 재해사례 발굴	5
2. 재해분석	8
3. 재해원인	18
4. 붕괴재해 예방대책	23
제3장 안전작업절차와 모델	25
1. 계획단계	25
2. 조립전 협의 단계	41
3. 재료준비와 점검 단계	43
4. 조립단계	55
5. 점검단계	59
6. 콘크리트 타설단계	62
7. 해체단계	62
제4장 표준안전시설 기준(안)	71
제5장 결 론	80
참 고 문 헌	81

제 1 장 서 론

1. 연구의 배경 및 목적

가. 연구의 배경

우리 나라는 지난 30여년 동안 눈부신 경제 발전으로 세계사에 유례없는 압축고속성장의 업적을 달성하였다. 그러나 눈부신 경제발전 이면에는 경제적 효율성과 생산성이 강조된 반면에 생산과정에 직접 참여하는 근로자의 안전과 보건이 상대적으로 경시되었다. 그 결과 산업재해 통계가 집계된 1964이래 약 300만 명의 근로자가 재해를 입어 그중 약 4만명의 고귀한 생명이 사망하였으며 약 42만명의 신체 장애자를 탄생시켰다.

우리 나라의 산업재해는 1980년을 정점으로 점차 감소되어 1995년에는 선진국 진입 단계의 재해율(0.99%)에 접근하고 있으나 아직도 주요 선진국 수준에 미치지 못하고 있는 실정이다. 특히 재해의 질적 수준을 나타내는 지표의 하나인 강도율과 사망 만인율은 선진국 수준에 큰 격차를 보이고 있다.

따라서, 정부는 21세기 국가발전전략인 세계화를 지향하고 선진복지국가 진입에 걸림돌이 되고있는 산업재해를 선진국 수준으로 감소시키고자 1996년 2월 22일 「산업안전선진화기획단」을 발족시켜 산업안전선진화 3개년 계획을 수립하여, 수차의 공청회와 관련부처 의견을 토대로 정책과제들을 결정하였다.

이 계획이 완료되는 21세기에는 인간생명 존중에 기초한 근로자의 삶의 질적 향상을 도모하기 위하여 수립된, 이들 정책과제의 하나로써 거꾸집 동바리 작업의 안전작업 절차서, 표준안전시설기준, 안전모델의 개발 등을 통하여 건설현장의 안전수준을 향상시킴으로써 선진국 수준의 재해율 목표 달성에 일익을 담당하고자 본 연구를 수행하였다.

나. 연구의 목적

거푸집공사는 투입 근로자는 직종이 다양하고, 철근공사와 콘크리트 공사가 병행되는 등 공정이 복잡하며, 그에 따른 위험요인은 각각의 공정에 산재되어있다. 또한 거푸집공사는 근로자의 안전은 물론 구조물의 품질에도 직접적인 영향을 미치므로, 투입되는 근로자의 직종에 적합한 안전이 수반되는 공사관리 계획이 수립되어야 하며, 구조물의 품질확보를 위하여 거푸집·동바리 구조의 설계 또한 구조물의 설계와 마찬가지로 확실한 안전성을 확보할 수 있도록 설계기준에 따라 구조계산을 수행한 결과에 따른 조립도 작성과 작업이 수행되어야 한다.

그러나 안전시공과 구조물의 품질을 확보하기 위해서는 공사계획 수립 시점에서 거푸집구조에 대한 안전성 검토는 필연적이지만, 거푸집·동바리 구조의 중요성을 인식하지 못하여 구조설계를 도외시키고, 그 동안의 축적된 공사 경험에 의존하여 공사가 진행되는 경우가 많으며, 현장근로자는 안전성이 결여된 과소 단면의 부재, 결함이 있는 현장 보유 재료 등을 이용한 적당시공으로 빈번한 붕괴 재해를 야기 시키고 있다.

1993년부터 1997년 12월까지 한국산업안전공단에서 직접 조사한 건설중대재해 2230건을 발생형태에 따라 분석한 결과, 9.91%에 해당하는 221건의 재해가 붕괴재해로 발생하였다.

특히 콘크리트 타설작업에서 발생하는 동바리 붕괴재해는 여타 건설 재해형태에 비하여 인적재해 강도가 4배 이상이며, 경제적 손실이 매우 크고, 언론 매체에 의한 보도로 국민이 느끼는 재해의 체감지수는 매우 심각하다.

특히 콘크리트 타설작업중 발생하는 붕괴재해는 거푸집·동바리 구조를 구성하는 가설재의 재료결함, 조립불량에 따른 구조결함과 작업방법 등의 불량에 기인하여 발생하는 것으로 추정되나, 정확한 재해발생 원인이 규명되지 못하고 있는 실정이다.

따라서, 본 연구에서는 기 발생된 붕괴재해 사례에 대한 조사분석과 재해당시의 실제상황에 근접한 구조해석을 통해 콘크리트 타설

작업중 발생하는 거푸집·동바리 구조 붕괴재해의 재해원인을 규명하여, 재해원인에 따른 안전모델의 개발, 작업방법 과 안전기준(안) 제시하여, 건설현장에 적용시켜 동종재해 재발을 방지하고 궁극적으로는 건설재해의 감소를 본 연구의 목적으로 한다.

2. 연구기간

본 연구의 수행 기간은 1998.1.1부터 1998.12.31까지이다.

3. 연구방법 및 범위

가. 연구의 방법

본 연구의 목적을 달성하기 위하여 실제 발생한 건설중대재해사례 조사보고서에 근거한 구조적 측면과 시공적 측면에서 재해분석을 통해 붕괴재해의 근원적 원인을 도출하고 재해예방을 위한 현행의 안전기준을 검토하여 미흡한 기준을 보완하며, 근로자의 안전을 도모할 수 있는 안전작업절차와 더불어 안전모델을 제시하고자 다음과 같은 연구방법으로 수행하였다.

첫 째, '93년부터 '97년까지 한국산업안전공단에서 조사한 건설중대재해중 콘크리트 타설작업에서 발생한 거푸집·동바리 붕괴재해사례를 발굴하였다.

둘 째, 발굴한 붕괴재해 사례 분석을 통해 재해원인을 규명하였다.

셋 째, 도출된 재해원인의 근절을 위한 거푸집 동바리 공사의 안전작업절차서와 안전모델을 제시한다.

네 째, 산업안전보건법 안전기준에 관한 규칙과 노동부

고시(1990 - 00호)를 비교 검토하여 거푸집 동바리의 표준안전시설기준(안)을 제시한다.

나. 연구의 범위

본 연구는 건설 중대재해의 재해강도와 경제적 손실이 큰 콘크리트 타설작업중 발생하는 거푸집·동바리 구조 붕괴재해사례를 발굴한 다음 재해분석을 통한 재해원인을 규명하여, 붕괴재해의 예방대책을 제시하여 향후 동종재해 재발의 방지에 기여하고, 궁극적으로 건설재해의 감소 목표 달성을 목적으로 산업안전선진화 3개년 계획에 근거하여 다음과 같이 연구범위를 설정하였다.

- ① 붕괴재해사례('93년부터 '97년 12월까지)의 수집 및 분석에 의한 재해원인 규명(VI-3-3-가)
- ② 재해원인 제거를 위한 안전작업절차서 개발(VI-3-2-나)
- ③ 붕괴재해 재발방지를 위한 안전모델 제시(VI-3-2-나)
- ④ 현행의 산업안전보건법 안전기준 개정(안) 제시(VI-3-1-가)

제2장. 거푸집 동바리 붕괴재해 사례 분석

1. 재해사례 발굴

재해사례는 1993년부터 1997년까지 국내 건설현장에서 발생되었던 중대재해를 대상으로 하였으며, 그 중 한국산업안전공단에서 직접 조사한 건설 중대재해 조사 보고서 2,230여건을 기초로 하였다.

2,230여건의 건설 중대재해 조사 보고서에는 붕괴, 추락, 낙하·바래, 감전 등의 재해형태가 망라된 것이며, 붕괴재해는 거푸집 동바리, 작업발판, 토사 붕괴 등의 전체 붕괴 재해사례는 221건으로서 약 10%를 점유하고 있었다.

그러나, 발굴된 전체 붕괴재해 221건에서 [그림1]과 같이 콘크리트 타설작업에서 발생한 거푸집 동바리 붕괴재해 사례는 34건이 발생하여 약 15.4%를 차지하고 있으며 재해의 개요는 <표1>과 같다.



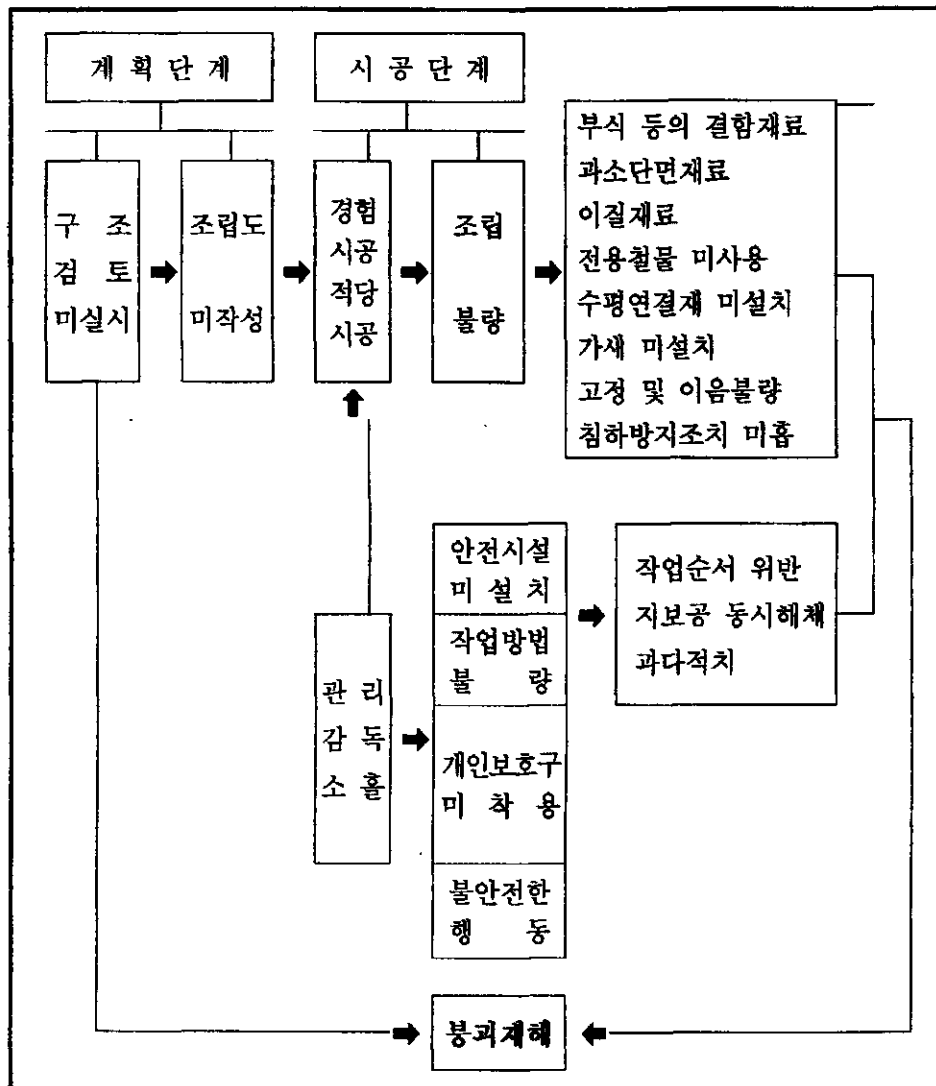
[그림1] 거푸집 동바리 붕괴재해 현장

<표1.> 거꾸집 동바리 붕괴재해 사례 개요

연 번	발생일	현 장 명	재 해 자		재 해 작 업
			사망	부상	
1	'93.01.12	○○근린생활시설	2		콘크리트 타설중
2	'93.04.01	○○교회		5	콘크리트 타설중
3	'93.04.09	○○우회도로		4	교량 콘크리트 타설중
4	'93.04.16	○○백조아파트		2	콘크리트 타설중
5	'93.05.23	○○공업공장	1	3	콘크리트 타설중
6	'93.06.25	○○배수펌프장	2	1	콘크리트 타설중
7	'93.11.04	○○-○○간 도로	3	2	도로 box 바닥 타설중
8	'93.11.15	○○연수원 보수	1	1	방수콘크리트 타설중
9	'93.12.04	○○빌딩	1	1	콘크리트 타설후 바닥
10	'93.12.26	○○빌딩	3		동바리 보수중
11	'94.02.07	(주)○○식품	1	3	콘크리트 타설중
12	'94.02.25	○○천지회관	1		E/V pit 기계실 바닥
13	'94.03.08	○○빗물펌프장	2	8	콘크리트 타설중
14	'94.06.14	○○물류창고	1	2	창고 바닥
15	'94.11.03	○○시설	3	4	콘크리트 타설중 바닥
16	'95.05.04	○○정보통신센터	1	5	거꾸집 동바리
17	'95.06.24	○○전통혼례식장	1	4	박공지붕 콘크리트 타설중
18	'96.04.13	○○배수장	2	6	바닥 콘크리트 타설중
19	'96.06.05	○○일보 사옥	1		바닥
20	'96.09.05	○○○○베스코아	1		콘크리트 타설중
21	'96.09.25	○○시설공사	1	9	바닥 콘크리트 타설중
22	'96.10.08	○○상수도	1	1	콘크리트 타설중
23	'96.10.11	○○관광호텔증축	1	4	콘크리트 타설중 동바리
24	'96.11.15	○○근린생활시설	1	5	콘크리트 타설중
25	'96.12.27	○○임대아파트	1	4	콘크리트 타설중
26	'97.02.24	○○온천 상가	1		동바리 변위 점검중
27	'97.05.22	○○시 농협 공판장		8	콘크리트 타설중
28	'97.08.07	○○위생처리장	1	3	콘크리트 타설중
29	'97.09.12	○○화력발전소	2		콘크리트 타설중
30	'97.10.16	○○지하철	1	3	콘크리트 타설중
31	'97.04.04	구미○○아파트	1	7	콘크리트 타설중
32	'97.10.30	○○시설공사	1	4	콘크리트 타설중
33	'97.11.07	○○변전소	1	7	콘크리트 타설중
34	'97.11.19	○○대학교	2		동바리 변위 점검중
계			42	106	

거꾸집 동바리 붕괴재해는 공단에서 조사한 중대재해사례 2,231건

의 1.5%로서, 재해의 발생빈도는 낮으나 [그림1]에서 보는바와 같이 재해의 질적 수준을 가늠할 수 있는 강도율이 여타 건설재해의 4배 이상이 된다. 또한 붕괴재해가 발생하면 재해의 잔해 철거비용과 새로운 재료의 구입비 그리고 재시공 등에 따른 공사비의 추가적 부담에 의한 막대한 경제적 손실과 공사기간의 지연은 물론 회사의 신인도 평가에 큰 손상을 입게 된다. 이러한 손실이 초래되는 거꾸집 등바리 붕괴재해의 발생 흐름은 [그림2]과 같이 복합적인 원인으로 붕괴재해가 발생하는 것으로 추정된다.



[그림2] 일반적인 붕괴재해의 흐름도

2. 재해 분석

가. 재해자수

1993년부터 1997년까지 한국산업안전공단에서 조사된 중대재해 조사보고서 2,230건을 입수하여 연도별 재해자수를 분석한 결과 재해 1건당 1.24명의 재해자가 발생하였으며, 토사 및 구조물 등이 포함된 전체 붕괴재해는 재해 1건당 2.02명의 재해자가 발생하였으나, 거푸빔 등바리 붕괴재해는 재해 1건당 4.35명의 재해자가 발생하였다<표2>.

특히 본 연구의 대상인 등바리 붕괴재해의 재해 1건당 4.35명의 재해자는 주로 콘크리트 타설작업 공정에서 안전계획의 미비, 작업의 오류, 불량재료의 사용, 안전기준규칙의 위반 등과 같은 이유로 건설업 중대재해 평균 재해자수 1.24인의 4.27배에 달하고 있다.

따라서 등바리 붕괴재해는 산업안전선진화 3개년 계획의 완료 시점에서의 최종 목표인 선진국 수준의 재해지표(재해율, 강도율, 사망 만인율)의 달성을 위해 반드시 근절 시켜야 한다.

<표2> 등바리 붕괴재해의 인적 손실

구 분	중 대 재 해				전체 붕괴재해				등바리 붕괴재해			
	조사 건수	재해자수			재해 건수	재해자수			재해 건수	재해자수		
		계	사망	부상		계	사망	부상		계	사망	부상
'93	361	480	369	111	35	75	37	38	10	32	13	19
'94	418	546	452	94	29	81	34	47	5	25	8	17
'95	396	489	425	64	44	71	48	23	2	11	2	9
'96	510	632	523	109	52	114	55	59	8	38	9	29
'97	545	623	545	78	61	105	68	37	9	42	10	32
계	2,230	2,770	2,314	456	221	446	242	204	34	148	42	106
비 고	재해자수/재해건수											
	1.24				2.02				4.35			

나. 동바리 재료

건설현장에서 사용하는 동바리 재료는 파이프썸포트(P·S)를 사용하는 것이 일반적이나 강재인 비계용 강관파이프(S·P), 강관을 비계, 시스템, 목재인 각재 등을 이용하여 단일 재료 또는 2가지 이상의 재료를 혼용하여 사용하는 경우도 많다.

또한 동바리 부재는 1회만 사용하는 소모품이 아니라 반복하여 사용하여 노후, 변형(휨과 패임 및 녹슬음에 의한 단면감소) 등으로 강도가 저하된 재료의 사용은 물론 성능검정규격에 미달하는 동바리(P·S)를 사용하는 경우도 흔히 있다.

따라서, 동바리 붕괴재해사례 34건의 사용재료를 보면 단일재료를 사용한 현장은 21개로 61.7%이었으며, 2가지 이상의 재료를 혼용 사용한 현장은 13개로 38.3%이었다.

<표3> 동바리 재료별 재해현황

구 분	사 용 재 료	현장수	구성비
단 품	파이프썸포트	16	47.06
	시스템동바리	1	2.94
	단관파이프	2	5.88
	각 재	1	2.94
	트러스(기존구조물)	1	2.94
	소 계	21	61.76
혼 합	틀비계 + 파이프썸포트	3	8.82
	단관파이프 + 파이프썸포트	9	26.47
	각재 + 파이프썸포트	1	2.94
	소 계	13	38.23
총 계		34	99.99

재료 측면에서의 동바리 붕괴재해의 원인은 [그림3]과 같이 불량 재료 즉 반복사용에 의한 노후재료 사용과 혼용사용 등과 정상적인 재료라 하더라도 안전기준규칙을 위반한 조립과 작업방법의 잘못 등이 복합적으로 작용하여 재해가 발생하는 것으로 추정된다.

또한 재료의 성능이 다른 각재와 파이프써포트, 단관 파이프와 파이프써포트 등으로 조립하는 경우 각각의 재료의 성능에 차이가 있으므로 조립도 작성을 위한 구조검토에 문제가 발생한다.



[그림3] 동바리 재료의 혼용

재료측면에서의 동바리 붕괴재해의 예방을 위하여 적정 강도를 확보하고 있는 단일 재료의 사용이 요구되며 조립도에 의한 조립 기준의 준수 여부에 달려있다.

따라서, 동바리 재료는 성능검정규격에서 정한 재료인 경우 동 규격의 적격여부의 확인이 선행되어야 하며, 재사용 동바리는 KISCO CODE인 가설기자재 재사용기준을 참고하여 사용여부를 판단한 다음 사용이 요구된다. 또한 성능검정규격 이외의 동바리 재료는 국가에서 인정하는 시험기관(대학, 한국산업안전공단, 한국 건설가설협회 등)의 시험결과에 의해 제시된 시험성적서와 제조회사에서 제시하는 사양에 따라 조립하고 사용하여야 한다.

다. 동바리 구조

건설현장에서 가장 많이 사용하고 성능검정규격으로 정하고 있는 파이프썸포트로 동바리를 조립하는 경우가 가장 많으며, 파이프썸포트와 보조지주, 파이프썸포트와 파이프썸포트, 강관틀비계와 파이프썸포트를 조합한 2단 이상의 연결하여 조립하거나, 단관비계로 조립하는 경우와 각재로 조립하는 경우가 있다. 또한 성능검정규격에서 정하고 있지 않은 시스템 동바리나 혹은 H형강과 같은 구조재를 경우에 따라 동바리로 사용하는 경우도 있다.

산업안전보건법에서는 동바리 조립 높이에 관한 규정은 없으나 재해현장의 높이별 재해현황을 보면<표4> 높이가 4.2m를 넘는 경우에 32개 현장에서 재해가 발생하여 94.22%를 차지하고 있다.

이는 동바리 구조가 파이프썸포트와 보조지주, 파이프썸포트와 파이프썸포트, 강관틀비계와 파이프썸포트를 조합한 2단 이상의 연결구조에서 재해가 발생하고 있음을 단적으로 보여주고 있다.

<표4> 동바리 높이별 재해현황

구분	계	동바리 높이(M)				
		$H \leq 3.5$	$3.5 < H \leq 4.2$	$4.2 < H \leq 6$	$6 < H \leq 8.4$	$8.4 < H$
현장수	34	2	-	9	12	11
구성비	100	5.88	-	26.47	35.29	32.35

연결정도별 재해현황<표5>에서는 91.12%가 2단 이상의 연결구조에서 재해가 발생하였다. 재해현황은 2단 이상의 동바리 연결구조에서 안전기준과 안전작업 수칙의 위반이 재해를 유발시키고 있음을 단적으로 보여주고 있다.

동바리 높이 4.2m 이상인 2단 이상의 연결구조에서 90% 이상의 재해가 발생하는 원인은 부적절한 재료(각재, 비계용 강관)의 사용과 받이판과 바닥판의 고정방법의 위반(미고정), 연결방법(4개 이

상의 볼트, 전용철물 체결)의 위반, 동바리 구조 구성부재의 결손과 결함(수평 연결재와 가새의 미설치, 부분설치, 부적절 재료사용, 설치위치의 정확도 결여) 등의 안전수칙 위반(콘그리트 편중타설)등으로 볼 수 있다.

<표5> 동바리 연결 구조별 재해현황

구 분	개	연 결 구 조						
		1 단	2 단	3 단	4 단	5 단	6 단	기타
현장수	34	3	21	4	1	1	1	3
구성비	100	8.82	61.76	11.76	2.94	2.94	2.94	8.82

라. 동바리 계획

거푸집 동바리 작업은 산업안전보건법에서 유해·위험작업으로 분류되어 동 법00조에 의해 유해·위험방지계획을 수립하게 되어 있으며, 동 법 안전기준에 관한 규칙 00조에서는 조립도 작성과 조립도에 의한 거푸집 동바리 조립을 규정하고 있으나, 실제 건설 현장에서는 동 규정을 무시하고 경험에 의한 조립으로 일관하고 있는 실정이다.

조립도 작성과 조립도에 의한 거푸집 동바리 조립을 규정의 의미는 구조검토를 선행하여야 하며, 구조검토 과정에서 당해 구조물에 적정한 동바리 구조의 사용재료가 선정되고, 그 재료를 이용한 부재의 단면과 배치 간격 등이 검토되어 조립도(즉, 표준도)가 작성된다.

그러나, 재해현장의 조사보고서를 보면 34개 현장중 조립도에 관한 언급이 없는 7개 현장을 제외한 27개 현장에서 조립도를 작성하지 않은 것으로 조사되었다. 결국 언급이 없는 7개 건설현장이 조립도를 작성하여 조립도에 따라 조립하였다고 가정하더라도 79.4%인 27개 재해현장이 조립도 작성 의무 법규를 위반하였다.

이는 계획단계부터 재해발생의 개연성을 안고 공사가 진행되었다는 사실은 우리 건설현장의 심각한 문제라 할 수 있다.

<표6> 재해현장의 조립도 작성현황

구 분	계	조 립 도		기 타
		작 성	미 작 성	
재해건수	34		27	7
구 성 비	100		79.4	20.6

결국, 조립도가 없는 약 80%의 현장에서 발생한 재해원인은 경험 및 적당 조립을 부추겨, 부적절한 재료의 사용, 경험에 의한 부재 배치, 부적절한 부재 연결, 구성부재의 결함(수직도)과 결손(수평 연결과 가새 등)을 초래시키므로 이는 시공단계에서 붕괴재해를 유발시키는 근본적인 중대한 재해원인이 된다.

마. 동바리 시공

전술한 바와 같이 계획단계에서 재료의 선정과 검사(재사용 동바리의 구성부재)와 구조검토에 의한 조립도 작성 의무의 위반은 시공과정에서 적당주의와 경험에 의존한 조립 등으로 동바리 조립에서 다음과 같은 문제가 발생한다.

(1) 지반

동바리를 지지하는 지반이 연약한 경우 부동침하에 의한 붕괴재해 발생이 우려되나, 다짐 또는 바닥 콘크리트 타설 등의 지반 보강을 소홀히 하는 문제가 있다.

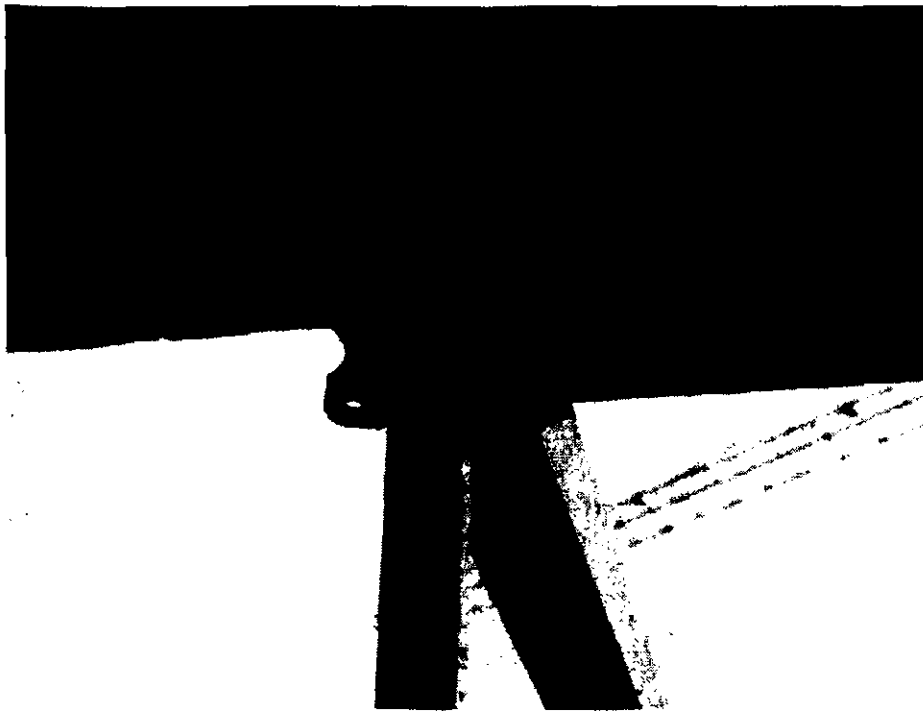
(2) 깔판

연약지반 또는 성토지반의 경우 부동침하가 우려되며, 이를 보완하기 위한 깔판의 설치가 필요하며 깔판은 상부하중을 분산시켜 지반에 전달하기 위함이다. 이를 소홀히 하는 경우 붕괴재해 발생의 우려가 있으나 깔판 또는 깔목의 설치를 소홀히 하는 문제가

있다.

(3) 바닥판과 받이판

바닥판과 받이판의 미고정은 특히 수평하중 작용하는 경우 동바리 구조 전체의 안전성에 문제가 발생하여 붕괴재해 발생이 우려되나, 바닥판은 깔판과 깔목 또는 콘크리트 바닥에 그리고 받이판은 거푸집 널을 지지하는 멍에나 장선에 고정을 소홀히 하는 문제가 있다.



[그림4] 받이판의 미고정 사례

(4) 동바리

동바리는 안전성이 확인된 성능검정규격에 합당한 동바리라 하더라도 반복사용 함에 있어, 외관과 내관은 녹슬음에 의한 심한 부식, 취급 부주의에 의한 변형(휨과 패임) 등이 발생한 동바리는 강도가 저하된다.

따라서 강도가 저하된 동바리, 안전성이 검증되지 않은 미 검정 동바리, 성능이 확인되지 않은 규격외 동바리 사용으로 인한 붕괴

재해 발생의 우려가 높으나 이를 소홀히 하는 문제가 있다. 그리고 동바리의 수직 설치의 정도에 따라 하중의 감소에 의한 붕괴재해 발생의 우려가 높으나 이를 소홀히 하는 문제가 있다.

(5) 동바리 연결핀

동바리의 외관과 내관을 연결하는 연결핀은 반복 사용으로 분실하는 경우 10mm 이형철근을 연결핀으로 대체하여 사용하는 경우가 많다. 이때 상부하중에 의해 연결핀을 대체한 이형철근이 변형(처짐)이 먼저 발생하여, 동바리의 극한내력이 감소되어 붕괴재해 발생의 우려가 높으나 이를 소홀히 하는 문제가 있다.



[그림5] 철근으로 대체한 연결핀 설치 사례

(6) 수평연결재와 가새

동바리 구조의 구성부재에서 수평연결재와 가새는 수평하중 작용에 대응하는 가장 중요한 부재이며, 콘크리트의 한 방향 집중 타설 등에 의하여 발생하는 수평하중에 의한 붕괴재해 발생의 우려가 높다. 또한 부적절한 재료의 사용과 부적절한 조립 위치 설정, 부적당한 체결철물(철선) 사용과 부재의 누락과 미설치 등에 의한 붕괴재해 발생의 우려가 높으나 이를 소홀히 하는 문제가 있다.



[그림6] 부적절한 수평연결재 설치 사례



[그림7] 부적절한 수평연결재 설치 높이 사례

(7) 연결구조

당해 구조물의 총 높이가 4.2m 이상이면 파이프썬포트와 보조지주, 파이프썬포트와 파이프썬포트, 강관틀 비계와 파이프썬포트 등을 연결한 2단 이상의 구조로 연결하여야 하며, 연결방법과 전용 연결철물 미사용 및 연결하는 2부재 사이의 부재(주로 각재)의 결합과 연결 절점의 구조 결합으로 붕괴재해의 우려가 높으나 이를 소홀히 하는 문제가 있다.



[그림8] 동바리 연결 구조적 결합 사례

(8) 콘크리트 타설작업

콘크리트의 타설은 타설계획을 수립하고 타설순서(기둥 → 보 → 바닥)에 따르는 것이 일반적이나 간혹 이를 무시한 타설이 행하여지는 경우가 있다. 콘크리트의 타설순서 및 타설 속도를 위반하거나 어느 한 곳에 집중 타설하는 경우 동바리에 작용하는 하중의 불균형으로 붕괴재해 발생의 우려가 높은 문제가 있다.

3. 재해원인

동바리 붕괴재해의 재해원인은 계획단계에서의 구조검토 결과에서 얻을 수 있는 조립도 작성에 관한 규정의 위반과 불량재료의 사용, 불안정한 부재 조립과 연결 및 체결의 불안전 등과 콘크리트 타설작업에서의 작업순서 위반과 편중타설 등의 복합적 원인에 의해 재해가 발생하는 것으로 판단된다. 동바리 구조의 시공상의 재해원인은 다음과 같다.

(1) 지반

동바리를 지지하는 지반이 연약지반인 경우 다짐 또는 바닥 콘크리트 타설 등의 지반 보강을 소홀히 하면, 성토 지반의 부동침하, 하천의 쇄굴, 그리고 해빙기와 장마철의 함수량 증가 등에 의한 부동침하가 붕괴재해의 원인이 된다.

(2) 깔판과 깔목

깔판과 깔목을 설치하지 않은 경우 집중하중에 의한 국부적 침하가 붕괴재해의 원인이 될 수 있다.

(3) 바닥판과 받이판

바닥판은 깔판과 깔목 또는 콘크리트 바닥과 받이판은 거푸집 널을 지지하는 명에에 고정을 소홀히 하는 경우 지점이 수평하중에 의한 슬라이딩(sliding)으로 인한 붕괴재해의 원인이 된다.

(4) 동바리

동바리 부재의 재료적 측면에서의 재해원인은 안전성 검증되지 않은 미 검정품의 사용과 검정품인 경우에도 재사용으로 인한 내구년한 경과에 의한 심한 부식, 취급 부주의에 의한 변형(휨과 패임) 등에 의하여 강도가 저하된 불량품 사용과 이질재료(각재와 파이프썬포트, 단관 파이프와 파이프썬포트)의 혼합 사용 등이 있으며, 성능이 확인되지 않은 검정규격 이외 가설재에 대한 강도 및 사용의 잘못에 기인하는 경우 등이 있다. 또한 계획단계에서의 구조검토와 조립도 작성하지 않으므로써 경험에 의존한 부족 단면의 재료를 사용한 조립과 수직도 결함에 의한 지지하중 감소, 바

다판과 받이판의 고정 불량에 의한 지지점의 취약구조, 불량 연결판 구조에 의한 내력감소, 수평 연결재의 미설치와 부재 누락, 부재와 부재의 체결 및 연결방법 불량 등이 재해의 원인이 된다. 그리고 동바리(파이프써포트)를 거꾸로 조립하는 경우 약 10%의 내력 감소가 붕괴재해의 원인이 될 수도 있다.

(4) 동바리 연결판

동바리의 외관과 내관용 연결하는 연결판은 반복 사용하는 경우 분실하는 경우 10mm 이형철근으로 대체하여 사용하는 경우 동바리의 수직 극한내력의 약 30% 정도의 내력을 받게되어 붕괴재해 발생의 우려가 높으나 이를 소홀히 하는 문제가 있다.

(5) 수평연결재와 가새

동바리 구조의 구성부재에서 수평연결재와 가새는 수평하중 작용 시 이에 대응하는 가장 중요한 부재이며, 콘크리트의 한 방향 집중 타설로 발생하는 수평하중에 의한 붕괴재해 발생의 우려가 높고, 부적절한 재료의 사용과 부적절한 조립 위치 설정, 부적당한 체결철물(철선) 사용과 부재의 누락과 미설치 등에 의한 붕괴재해 발생의 우려가 높으나 이를 소홀히 하는 경우가 있다.

(6) 연결구조

당해 구조물의 총 높이가 4.2m 이상이면 파이프써포트와 보조지주, 파이프써포트와 파이프써포트, 강관틀 비계와 파이프써포트 등을 연결한 2단 이상의 구조로 연결하여야 하며, 연결방법과 전용 연결철물 미사용 및 연결하는 2부재 사이의 부재(주로 각재)의 결합에 의한 연결 절점에서 붕괴재해의 우려가 높으나 이를 소홀히 하는 경우가 있다.

상기와 같은 다양한 붕괴재해 원인을 분석대상 동바리 붕괴 중대 재해 사례 34건에 대한 개개의 현장별 재해 재해원인을 요약하면 <표7>과 같다.

<표7> 동바리 붕괴재해 재해원인

연 번	동바리 구조			재 해 원 인		
	재료	높이 (m)	단 수	계 획	시 공	
					조 립	작 업
1	P-S	3.5	1	- 조립도 미작성	- 수평연결재 미설치 - 고정 및 활동방지 조치 불량 - 이질재료 혼용 - 전도방지조치 불량	- 무리한(변형 발생후) 작업 강행 - 상하동시작업
2	P-S	10.07	3	- 조립도 미작성	- 동바리 수직연결 불량 - 받이판과 바닥판 고정 불량	-
3	P-S	5.4	2	- 조립도 미작성	- 동바리 수직연결 불량 - 지반다짐 불량 - 수평연결재 설치불량	- 콘크리트 타설 (1방향 집중)
4	P-S	4.7	1	- 조립도 미작성	- 수평연결재 미설치 - 장선 및 명에 재료불량 - 받이판과 바닥판 고정 불량	- 콘크리트 타설 (1방향 집중)
5	P-S	5	2	- 조립도 미작성	- 사용재료 불량 (부식·변형) - 침하방지조치 불량 - 동바리 연결(철선)불량 - 수평연결재 설치불량	- 콘크리트 타설 (1방향 집중) - 상하동시작업
6	각재	6.2~8.0	3	- 조립도 미작성	- 수평연결재 미설치 - 고정불량 · 깔목+동바리 · 동바리+명에 · 명에+장선	-
7	P-S	8	2	- 조립도 미작성	- 동바리 연결 불량 - 수평연결재 설치불량	- 콘크리트 타설
8	강재 트러스	-	-	-안전성 평가미 실시	-	- 안전표지 부착위반 (출입제한)

연 번	등바리 구조			재 해 원 인		
	재료	높이 (m)	단 수	계 획	시 공	
					조 립	작 업
9	P·S	4.8~ 6.9	2	-	- 동바리 수직도 불량 - 받이판, 바닥판 고정 불량 - 장선, 멩에재료 혼용 사용 (각재와 단판 파 이프)	-
10	B/T P·S	6	3	- 조립도 미작성	- 수평연결재 설치불량	- 작업방법불량
11	P·S	8.5	2	- 조립도 미작성	- 동바리 수직도 불량 - 동바리 연결 불량 - 수평연결재 설치불량	- 콘크리트 집 중 타설
12	P·S	22	6	-	- 동바리 구조 불량(6단)	-
13	S·P P·S	10.3	3	- 조립도 미작성	- 수평연결재 설치불량 - 바닥판 및 받이판 고정 불량 - 재료불량(단판파이프)	- 콘크리트 집중 타설
14	S·P P·S	7.0	2	- 조립도 미작성	- 수평연결재 설치불량 - 바닥판 및 받이판 고정 불량 - 재료불량(단판파이프)	- 콘크리트 타 설 방법 불 량(동시타설)
15	S·P P·S	6.0	2	- 조립도 미작성	- 수평연결재 설치불량 - 수평연결재 상부에 동바리 조립	-
16	S·P P·S	9.0	2	-	- 재료불량 (단판파이프) - 동바리 수직연결 불량	-
17	비계 P·S	10.0	2	- 조립도 미작성	- 비계장선(각재)에 동바리 설치 - 수평연결재 미설치	-
18	P·S	6.5	2	- 조립도 미작성	- 동바리 연결 불량 - 수평연결재 설치불량	-

구 번	동바리 구조			재 해 원 인		
	재료	높이 (m)	단 수	계 획	시 공	
					조 립	작 업
19	P-S	3.5	1	- 조립도 미작성	- 받이판, 바닥판 고정 불량 - 수평연결재 설치불량	-
20	B/T P-S	8	4	- 조립도 미작성	- 동바리 연결 불량 (장선재 상부 중앙) - 수평연결재 설치불량	-
21	단판 비계	16	-	- 조립도 미작성	- 재료불량 (단판비계) - 단판파이프 고정 불량 (단판 미부착)	-
22	단판 비계 P-S	15.5	5	- 조립도 미작성	- 재료불량 (단판비계) - 동바리구조 불량(5단) - 수평연결재 설치불량	-
23	단판 비계 P-S	7.7	2	- 조립도 미작성	- 재료불량(단판파이프) - 수평연결재 미설치	-
24	P-S	7.65	2	-	- 동바리 설치간격과다 - 동바리 수직연결 불량 - 수평연결재 설치불량	-
25	P-S	6.25 ~ 7.05	2	-	- 동바리 설치간격과다 - 동바리 수직연결 불량 - 수평연결재 미설치	-
26	P-S	7.2	2	- 조립도 미작성	- 동바리 설치간격과다 - 동바리 수직연결 불량 - 수평연결재 설치불량	-
27	P-S	7.5	2	-	- 동바리 수직연결불량 - 수평연결재 미설치	- 콘크리트 타 설방법 불량 (기둥·보·바닥 동시)
28	각재 P-S	4.8	2	- 조립도 미작성	- 재료불량 - 동바리 수직연결불량 - 수평연결재 설치불량	-

연 번	동바리 구조			재 해 원 인		
	재료	높이 (m)	단 수	계 획	시 공	
					조 립	작 업
29	시스템	21	-	- 조립도 미작성	- 가새 미설치 - 수평연결재 미설치	- 콘크리트 집중 타설
30	S-P	11.7	2	- 조립도 미작성	- 재료불량 (단관파이프) - 동바리 수직연결불량 (외경 용접) - 수평연결재 설치불량	- 콘크리트 집중 타설
31	S-P P-S	5.6	2	- 조립도 미작성	- 재료불량 (단관파이프) - 동바리 수직연결불량 - 수평연결재 설치불량	- 콘크리트 타 설방법 불량 (기둥·보·바닥 동시)
32	B/T P-S	8	2	-	- B/T와 P-S연결 불량	- 돌풍 작업
33	S-P P-S	8	2	- 조립도 미작성	- 재료불량(단관파이프) - 수직연결 불량	- 콘크리트 집중 타설
34	P-S	6	2	- 조립도 미작성	- 동바리 설치간격과다 - 동바리 고정 및 연결 불량 - 수평연결재 설치불량	- 콘크리트 집중 타설

4. 붕괴재해 예방대책

재해분석에서 도출된 붕괴재해의 원인은 매우 다양하며 어떤 특정한 원인 한가지가 붕괴재해를 유발시킨다고 보기는 어렵다. 결국 붕괴재해는 계획의 부실과 조립의 부실, 그리고 콘크리트 타설작업에서의 작업방법의 잘못 등이 복합적 작용으로 재해가 발생한다.

따라서, 2절에서 분석한 재해원인을 작업 단계별 재해원인에 따른 예방대책을 정리하면 <표8>과 같다.

<표8> 공사 단계별 재해원인과 예방대책

구분	재 해 원 인	예 방 대 책
계획	· 조립도 미작성	· 구조검토에 의한 조립도 작성
	· 안전성 평가 미실시 (기존건물)	· 전문기관의 안전성 평가 실시
시공	· 불량재료 사용	· 성능검정 규격품 사용 · 재사용 기준 준수
	· 이질재료 사용	· 혼용사용 금지
	· 침하방지 조치 불량	· 다짐철저, 깔판 깔목 사용
	· 고정 불량 (깔목+동바리+장선+명에)	· 못으로 고정
	· 동바리 연결 불량	· 전용철물 또는 4개 이상의 볼트로 연결 · P·S의 경우 2단까지만 사용
	· 동바리 설치 불량	
	· 수평연결재 미설치 및 설치 불량	· 2개 방향 수평연결재 설치 · 철근, 각재 사용금지
	· 가새 미설치	· 테두리 주변은 반드시 설치
작업	· 콘크리트 타설방법 불량	· 집중타설 금지 · 타설순서 준수 (기둥→보→바닥)
		· 상·하 동시작업 금지 · 출입제한 · 악천후시 작업금지

제3장 안전작업 절차와 모델

거푸집 동바리 작업은 일반적으로 공사착공 이전의 안전계획의 수립 단계와 조립 단계 그리고 철근 및 콘크리트공사를 수행한 다음 해체하는 순서를 갖는다. 즉, 계획수립 → 재료반입 및 검사 → 조립 → 조립 후 검사 → 철근조립 → 콘크리트 타설전 검사 및 콘크리트 타설과 양생 → 해체작업의 순서로 진행된다.

재해사례 분석에서 나타난 바와 같이 각각의 작업 단계별 안전대책은 수립되어야 한다.

따라서, 일반적인 작업순서에 따라 기본사항과 주의사항 재해와의 관련 등과 필요한 안전모델을 제시하면 다음과 같다.

1. 계획단계

산업안전보건법 안전기준에 관한 규칙에서 조립도 작성을 규정하고 있으나, 재해 발생 현장의 약 80%가 조립도를 작성하지 않은 것으로 조사되었다. 결국 이러한 안전계획의 부실은 동바리 조립과정에서 근로자의 경험과 적당 시공으로 연결되어 안전기준을 무시한 조립을 초래하고, 콘크리트 타설 작업에서 붕괴재해를 발생시킨다.

따라서, 계획단계에서 설계도서를 근거하여 구조물의 단면형상과 높이를 확인하여 적절한 널, 장선과 명에 그리고 동바리 및 수평연결 재료 등을 재료의 선정이 필요하다. 재료가 선정되면 구조계산을 통해 조립도의 작성은 물론 필요한 재료의 수량을 산출하여 조달 계획을 수립한다.

또한, 작업현장의 지반의 상태를 파악하여 보강이 필요성이 있는지의 여부와 재료의 반입에 필요한 출입구의 위치와 폭, 그리고 적치 및 가공장소의 확보 유무, 수목 또는 담장 등의 장애물의 유무에 관한 파악이 필요하다. 그리고, 주변도로의 폭, 통행량, 주·정차 금지구역, 일방통행 등 각종 교통 규제 상황과 가공선로의 방호상황 등 주변의 상황을 확인하여야 한다.

상기의 내용을 요약하면 다음과 같다

기 본 사 항	주 의 사 항	재해와의 관련 등
① 설계도서를 검토하고, 안전 계획을 수립한다. (참조 가)	① 설계도서를 바탕으로 다음 사항을 확인한다. · 구조물의 단면 치수와 높이 및 시공재료 등. · 동바리의 재료 선정(널, 깔판 또는 깔목, 동바리, 수평연결재, 체결철물, 못 등)과 필요 수량 산출.	① 동바리 작업의 조립·해체 및 변경 작업은 작업 책임자가 직접 지휘한다.
② 작업현장과 주변의 상황 등을 확인한다.	① 동바리 설치 지반의 상태 ② 현장과 주변 부지의 상황을 확인한다. · 부지내 공지의 상황(적치장소와 다른 자재의 적치장소 등) · 재료의 반입과 반출에 필요한 출입구 위치와 넓이 - 담, 수목 등의 장애물 유무 - 가스, 수도, 전기 등 배관, 배선 계통의 위치, 폐쇄의 확인 및 매립상황의 확인 · 인접건축물, 담 등의 상황 · 가공선로의 방호상황 · 주변도로의 상황 - 주·정차금지, 일방통행 등 각종 교통 규제 상황 - 교통량, 도로의 폭, 통학로, 인도의 상황	② 공중재해 방지를 도모한다.
③ 구조계산을 실시한다. (참조. 가, 나)	① 선정된 재료의 성능을 확인하고 구조계산을 통해 동바리 구조의 조립도를 작성한다. · 널의 두께, 장선과 멍에의 재질, 단면규격, 조립간격 등 · 동바리의 종류와 조립간격 등	③ 구조계산의 오류는 동바리 구조의 부실을 초래하여 붕괴 재해 발생 우려가 높다.
④ 조립도를 작성한다.	① 구조계산을 근거로 조립도를 작성한다	④ 조립도가 없으면 경험과 적당시공으로 붕괴재해 발생 우려가 높다.

가. 거푸집 · 동바리 재료의 선정

(1) 거푸집 널

거푸집 널은 콘크리트와 직접 접하는 재료로서 기능적인 요구뿐만 아니라, 외장상의 요구도 만족되어야 한다. 특히 노출 콘크리트의 경우는 거푸집 널에 접한 면이 노출되므로 외장 및 내구성의 요구에 부응할 수 있도록 널의 표면에 마디, 구멍, 균열, 부풀음 등이 없어야 함은 물론 표면 착색, 경화불량 등이 발생하지 않는 재료의 선택이 필요하다. 그 외의 비노출 콘크리트 역시 표면에 심한 변형이나 부풀음 등이 생기게 되면 전체 콘크리트공사의 품질 저하를 초래할 수 있으므로 변형기준에 적합하도록 하여야 한다.

거푸집 널의 재료로서 거의 모든 부위에 합판이 사용되고 있으며, 근래에는 환경보존의 추세에 따라 플라스틱 등의 다양한 거푸집 널 재료가 개발되고 있고, 공업화 추세에 따라 페로우 데크(Ferro DECK) 등의 합성 슬래브 거푸집 널이 등장하고 있다.

거푸집공사의 비용은 철근콘크리트공사에서 매우 큰 부분을 차지하며, 그 비용은 거푸집의 재사용 횟수에 따라 크게 차이날 수 있다. 따라서 공사의 수준과 마감의 종류에 따라 적절한 사용재료의 선정과 구조계산 검토, 전용 및 재사용 계획 등이 이루어져야 한다.

합판은 원목(보통 남양재-활엽수가 사용)을 0.6~4mm 정도의 얇은 나무결로 켜서 격자로 재구성하여 접착제로 냉압 및 열압과정을 거쳐 재결합한 판재를 말한다. 이 판재의 한켜를 PLY(US Standard에서는 LAYER)라 하며, 거푸집용으로는 KS에서는 5PLY 이상을 규정하고 있으나 보통 7PLY 이상이 사용된다. 합판의 종류는 일반용 합판(비내수합판-가구, 문짝용), 콘크리트 형틀용 합판(내수합판-거푸집용), 일반 구조용 합판(완전내수합판-선박, 공업용) 등이 있다. 콘크리트 형틀용 합판은 KS F 3110에서 구성단판, 강도, 접착성, 함수율, 판면 및 겉모양의 품질기준, 규격 및 허용차 등을 정하고 있다. 즉, 합판은 KS 제품 생산업체의 제품을 사용하여야 하며, 보통 사용되는 합판의 규격 및 허용차는 <표9>에 따를 수 있다.

<표9> 합판의 규격 및 허용차

두께 (mm)	폭(mm)×길이(mm)	단판켜수	허 용 차		
			두께(%)	폭(mm)	길이(mm)
12	900×1800 1200×2400	7 PLY	±3	10~0	15~0
15		9 PLY			
18		11 PLY			

근래에 합판의 재사용 횟수를 늘릴 목적으로 표면을 코팅하여 사용하는 TEGO 합판이라 하며, 콘크리트 형틀용 합판에 페놀수지를 함침시킨 Film(종이)를 부착하고 열과 압력을 가하여 수지를 나무에 침투시킨 합판이다. TEGO 합판의 규격 및 부재성능은 콘크리트 형틀용 합판과 동일하다.

KS F 3110에는 합판의 부재성능 즉, 허용응력 및 휨 탄성계수의 기준은 없으며, 단지 일정하중에 따른 허용 처짐의 크기만을 정하고 있다. 이것을 집중하중을 받는 단순보의 처짐공식 $\delta_{max} = \frac{Pl^3}{48EI}$ 으
로 휨 탄성계수를 구하면 <표10>와 같다. 그러나 콘크리트 형틀용 합판은 항상 습윤 상태로 사용하므로 실제 거푸집 설계시 <표10>의 탄성계수의 80%를 취하면 <표11>과 같은 거푸집용 합판의 허용
응력 및 탄성계수를 작성할 수 있다.

<표10> 휨 강성 시험기준 및 휨 탄성계수

합판 두께		12mm	15mm	18mm	21mm	24mm
폭 90cm	하중(kg)	20	30	40	50	60
	처짐(cm)	1.55	1.25	1.05	0.9	0.65
	탄성계수 (kg/cm^2)	70,000	67,000	61,000	56,000	52,000
폭 120cm	하중(kg)	20	40	50	50	50
	처짐(cm)	1.15	1.25	1.0	0.65	0.5
	탄성계수 (kg/cm^2)	71,000	67,000	60,000	58,000	51,000

<표11> 거푸집용 합판의 허용응력과 휨 탄성계수(kg/cm^2)

구분 두께(mm)	허용응력		탄성계수	
	0°	90°	0°	90°
12	260	200	55,000	35,000
15	240	200	50,000	40,000
18	240	200	50,000	40,000

※ 0°, 90° 는 각각 섬유방향 및 섬유 직각방향

(2) 장선 및 멍에

장선은 거푸집 널을 지지하고 거푸집 널로부터 받는 하중을 멍에에 전달하는 부재이며, 멍에는 장선을 받쳐주고 장선에서 전달된 하중을 동바리와 수평 연결재 또는 버팀대로 전달하여 지반으로 전달한다. 멍에·장선재는 거푸집구조의 골격을 이루는 부재로서 거푸집 널이나 자체에 과도한 변형이나 응력이 발생하지 않도록 배치되어야 한다.

멍에·장선 부재의 재료는 최근 각형 강관, 철재 트러스, 알루미늄 보, 합성보 등이 일부 사용되고 있으나, 전통적으로 목재가 많이 사용되고 있다.

목재는 전통적으로 멍에·장선재로 가장 많이 사용되어 온 재료로 가공성이 좋고 경량이며, 비교적 강도가 커서 가설재로서 장점을 갖추고 있다. 국내에 유통되고 있는 대부분의 거푸집 용도의 각재는 미송으로 통칭되는 DOUGLAS FIR, WHITE FIR 등의 북양재 침엽수종이다. 그러나 칠레송이라 부르는 목재는 미국의 RADIETA PINE을 칠레 등의 남미에서 인공 조림하여 생산하는 침엽수는 생산 속도가 빨라 싼값에 공급되고 있으나 강도가 약해 거푸집용 자재로는 부적합하므로 주의 깊게 구분하여 사용하여야 한다. 목재의 규격은 산림청 고시 제8호(1983.7.6)에 제재규격이 있으나 거의 활용되고 있지 않은 상태이며, 일반적으로 <표12>의 목재의 제재규격 정

도가 주로 사용되나 특수규격도 주문이 가능하다.

좀더 주목해야 할 내용은 <표12>의 제재규격에 정미(正眉) 또는 이부인(二部刃) 등으로 구분 제재되어 판매되고 있다. 즉, 90×90 각재의 경우, 정미와 이부인은 규격은 같으나 실제 치수는 90×90과 84×84로 단면성능에 큰 차이가 있으므로 부재 선정에 주의가 요망된다.

<표12> 목재의 제재규격(mm)

구분	45	60	90	105
45	○	○	○	○
60	○		○	
90	○	○	○	
105	○			

예상되는 하중을 안전하게 지탱할 수 있도록 거푸집을 설계하기 위해서는 부재의 강도가 제시되어야 하나, 목재의 부재성능은 수종(樹種), 함수율, 재사용 회수, 등급, 부재의 규격, 재하기간에 따라 다르기 때문에 일정한 부재성능을 제시하기가 어렵다. 특히 국내에는 시험기준 또는 등급기준 등이 없어 가설용 목재에 대한 DATA가 부족한 실정이므로 각국에서 제시된 허용응력 값을 비교하여 가장 실정에 맞는 값을 정하여 사용해야 한다. 국내에서 가설용 자재로 사용되고 있는 미송(HEM-LOCK)에 대해 각국의 규준에서 허용응력으로 정하고 있는 것을 비교하면 <표13>와 같다.

<표13> 미송의 허용응력도 비교(kg/cm^2)

국명	기준	휨	압축	전단	탄성계수
한국	콘크리트 표준 시방서	135	120	10.5	-
	건축법 구조기준 규칙	90	80	7.0	-
미국	ACI	60	65	8.0	80,000
일본	건축기준법 시행령	95	75	8.0	-
	노동안전 위생 규칙	135	120	10.5	70,000
영국	BS	60	25	13.1	47,000

목재의 허용응력은 상기 <표13>와 같이 각국의 기준마다 큰 편차를 보이고 있고, 특히 거푸집용 목재는 '수종과 함수율의 상태도 일정치 않아(실제 제재목의 판매업체에서는 건조공정 없이 판매하는 경우가 많음.) 강도의 변동이 심할 수 있다.

(3) 동바리

동바리는 거푸집널 및 장선·명에재를 소정의 위치에 유지시키고, 이들이 받는 수직하중 및 수평하중을 하부구조에 전달하는 수직부재를 말한다. 거푸집 동바리의 방식으로는 받침기둥 방식이 가장 많이 사용되고 있으나, 층고가 높거나 슬래브의 두께 또는 보의 크기가 큰 경우 조건과 상황에 따라서 <표14>과 같이 여러 가지 방식을 선택할 수 있다.

<표14> 거푸집 동바리 방식의 종류

형 식	특 징
받침기둥	층고가 낮고 하중이 작은 곳 (일반적으로 가장 많이 사용되는 방식)
LOAD TOWER	층고가 높고 하중이 큰 보 하부 등
강관틀 + 받침기둥	하중이 크고 층고가 높으며 지지면적이 넓은 경우
강관 + 받침기둥	층고가 높은 지하 기계실 또는 1층 부분

- 받침기둥 방식

현재 강관 받침기둥에 대해 참고되는 규격은 KS F 8001과 노동부 고시인 '가설기자재 성능검정규격'이 있으나, 대부분 '가설기자재 성능검정규격'에 따라 사용한다.

한편, 현재 국내에서 생산되는 <표15>은 이러한 강관받침의 종류 및 제원이며, <표16>은 강관받침 기둥의 허용하중으로 이 값은 최대길이에 대한 것이고, 수평연결재가 없는 경우와 수평연결재가 있

는 경우는 일본의 일건리스가 제공하는 허용하중을 기준으로 한 것이다.

<표15> 강관받침기둥의 종류 및 제원

구 분 종 류	내관 (mm)		외관 (mm)		높이 (m)		고정핀 조절 간격 (mm)	핸들 조절 범위 (mm)	단면2차 모멘트 내관(I) (cm ⁴)	단면2차 반 경 내관(r) (cm)	중량 (kg)
	직 경	두 께	직 경	두 께	최 고	최 저					
V ₁	48.6	2.1	60.5	2.1	3.3	1.8	120	125	8.31	1.646	12.3
V ₂	48.6	2.1	60.5	2.1	3.5	2.0	120	130	8.31	1.646	12.7
V ₃	48.6	2.1	60.5	2.1	3.9	2.4	120	130	8.31	1.646	13.6
V ₄	48.6	2.1	60.5	2.1	4.2	2.7	120	130	8.31	1.646	14.8

<표16> 강관받침기둥의 허용하중

구 분 종 류	수평연결재가 없는 경우 (kg)		수평 연결재를 설치하는 경우 (kg)	비 고
	상·하부가 갈판(목재) 등에 지지	하부가 평평한 지지		
V ₁	1,300	1,800	2,000	※ 3.5M를 넘는 경우, 높이 2m마다 수평연결 재를 2방향으로 설치하 여 수평변위를 방지한 것을 의미한다.
V ₂	1,150	1,500		
V ₃	950	1,200		
V ₄	800	1,050		

받침기둥 방식은 전통적으로 가장 많이 사용되어온 동바리 구성방식으로 층고가 높지 않고, 슬래브의 두께가 두껍지 않은 곳에 보편

적으로 사용되는 방식이다. 받침기둥 방식은 층고와 부재의 종류에 따라 <표17>와 같이 분류할 수 있고, 받침기둥 방식의 선정은 층고와 슬래브 두께 및 보의 단면적에 따라 <표18>과 <표19>과 같이 할 수 있다.

<표17> 받침기둥 방식의 분류

기호	명 칭	주 구성부재	층 고	수평연결재
a	목재받침기둥	목재받침기둥	2.0m 이상	유
b	목재받침기둥	목재받침기둥	2.0m 미만	무
c	강관받침기둥	강관받침기둥	3.5m 이상	유
d	강관받침기둥	강관받침기둥	3.5m 미만	무
e	연결 강관받침기둥	강관받침기둥 + 보조지주	3.5m이상 6.0m미만	유

<표18> 층고와 슬래브 두께에 따른 선정

슬래브두께(<i>cm</i>) 층고(<i>m</i>)	$d \leq 25$	$25 < d \leq 60$	$60 < d$
$h \leq 2.0$	a, b	a, b	a
$2.0 < h \leq 3.5$	c, d	c	
$3.5 < h \leq 5.5$	e, f	e	
$5.5 < h \leq 7.0$	f		

<표19> 층고와 보의 단면적에 따른 선정

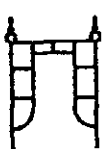
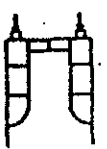
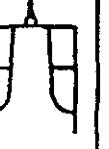
보 단면적 (cm^2) 층고(<i>m</i>)	$A \leq 0.5$	$0.5 < A \leq 1.0$	$1.0 < A \leq 1.5$
$h \leq 2.0$	a, b	a, b	a
$2.0 < h \leq 3.5$	c, d	c, d	c
$3.5 < h \leq 5.5$	e, f	e	
$5.5 < h \leq 7.0$	f		

- 스테이지 방식

스테이지 방식은 하중이 크고 층고가 높고 설치면적이 넓을 때 사용하는 방식이나 조립이 고소작업이며 작업통로의 확보가 어려우므로 충분한 사전계획이 필요하다. 스테이지 방식으로는 틀비계가 가장 많이 사용되지만, 조립해체 속도가 빠른 체결형 강관비계도 사용되고 있으며, 지반형상에 따라 틀비계를 세울 수 없거나 틀비계로 분할할 수 없을 경우에는 강관파이프를 사용하기도 한다.

틀비계에 대하여 참고되는 규격은 KS F 8003과 한국산업안전공단에서 제정한 '가설기자재 성능검정규격'이 있으며, 두 규격의 내용은 거의 동일하다. 현재 국내 현장에서 가장 많이 쓰이고 있는 종류는 나비 1219mm, 높이 1700mm, 가새의 스펠(틀비계와 틀비계 사이의 거리) 1800mm의 것이다.

가설기자재 성능검정규격에서 정하는 표준형 틀비계의 최대하중은 7.5t/틀 이상, 조절형 받침철물의 최대하중은 3.5t/본으로 규정하고 있다. 표준형 틀비계의 허용하중은 일본의 일건리스의 가설재 종합 카탈로그에서 제공하는 허용하중을 참고하면 그 값은 [그림9]와 같다. 조절형 받침철물의 허용하중은 2t/본으로 한다. 틀비계를 스테이지 방식으로 사용할 때에는 통상적으로 슬래브 두께가 30cm 이상, 보 단면적이 0.6 cm^2 이상인 구조물 즉, 틀비계당 약 3t 이상의 고정하중을 받는 구조물에 대하여 [그림9]와 같이 2단으로 강관비계를 설치하는 것이 권장된다.

하 중 점						
Pmax /강관틀1본	10t	9.1t	7.5t	5t	3t	2.25t
허용하중	5t	3.5t	3t	2t	1.2t	1t

[그림9] 강관틀비계의 하중형태

나. 거푸집 · 동바리 구조계산 방법

(1) 하중계산

거푸집 동바리에 작용하는 하중은 고정하중, 충격하중, 작업하중에서 구하는데, 다음 식으로 계산한다.

$$\begin{aligned} W &= \gamma t + 0.5 \gamma t + 150 \text{ kg/m}^2 \\ &= 1.5 \gamma t + 150 \text{ kg/m}^2 \end{aligned}$$

여기서, γ : 철근콘크리트의 단위중량(kg/m^3)

보통콘크리트 $\gamma = 2,400 \text{ kg/m}^3$

제1,3종 경량 콘크리트 $\gamma = 2,000 \text{ kg/m}^3$

제2종 경량 콘크리트 $\gamma = 1,700 \text{ kg/m}^3$

t : 슬래브 두께(cm)

(2) 거푸집 널

거푸집 널은 장선을 지점으로 연속인 부재이나 등분포하중이 작용하는 단순보로 보고 구조계산을 하기 때문에, 이때 발생하는 최대 휨 모멘트를 구하는 공식은 $M_{\max} = wl^2/8$ 으로

$$M_{\max} = \frac{1}{8} wl^2 \leq \sigma_a Z$$

여기서, $M_{\max}$: 거푸집 널의 최대 휨 모멘트($\text{kg} \cdot \text{cm}$)

w : 등분포하중(kg/cm)

l : 장선의 간격(cm)

σ_a : 거푸집 널의 허용응력(kg/cm^2)

Z : 거푸집 널의 단면계수(cm^3)

허용응력을 비교하여, 장선의 한계간격 l_1 을 다음식으로 구한다.

$$l_1 = \sqrt{\frac{8 \cdot f_b \cdot Z}{w}}$$

처짐에 대한 검토도 휨에 대한 검토와 마찬가지로, 등분포하중이 작용하는 보로 볼 때 중앙점의 최대처짐은 허용처짐보다 작아야 되므로, 장선의 한계간격 l_2 는 다음식으로 구할 수 있다.

$$\delta_{\max} = \frac{5wl^4}{384EI} \leq \delta_a$$

여기서, $\delta_{\max}$: 거푸집 널의 최대 휨 모멘트(cm)

w : 단위분포하중(kg/cm)

l : 장선의 간격(cm)

δ_a : 거푸집 널의 허용처짐(cm)

E : 거푸집 널의 탄성계수(kg/cm^2)

I : 거푸집 널의 단면2차모멘트(cm^4)

이 때 장선의 간격은 l_1 과 l_2 중 작은 값보다 적어야 한다.

$$l_1 = \sqrt[4]{\frac{384EI \cdot \delta_a}{5w}}$$

(3) 장선의 검토

장선재를 검토한다는 것은 멩에 간격을 결정하는 일이다. 따라서, 장선도 거푸집널과 마찬가지로 연속인 부재이나 등분포하중이 작용하는 단순보로 보고 거푸집 널과 같이 계산한다.

$$M_{\max} = \frac{1}{8} w l^2 \leq \sigma_a Z$$

여기서, $M_{\max}$: 장선의 최대휨모멘트($kg \cdot cm$)

w : 단위분포하중(kg/cm)

l : 멩에의 간격(cm)

σ_a : 장선의 허용응력(kg/cm^2)

Z : 장선의 단면계수(cm^3)

허용응력을 비교하여, 멩에의 한계간격 l_1 을 다음 식으로 구한다.

$$l_1 = \sqrt{\frac{8 \cdot f_b \cdot Z}{w}}$$

처짐에 대한 검토도 휨에 대한 검토와 마찬가지로, 등분포하중이 작용하는 보로 볼 때 중앙점의 최대처짐은 허용처짐보다 작아야 되므로 다음과 같이 멩에의 한계간격 l_2 를 다음식으로 구할 수 있다.

$$\delta_{\max} = \frac{5wl^4}{384EI} \leq \delta_a$$

여기서, $\delta_{\max}$: 장선의 최대휨모멘트(cm)

w : 단위분포하중(kg/cm)

l : 멩에의 간격(cm)

δ_a : 장선의 허용처짐(cm)

E : 장선의 탄성계수(kg/cm^2)

I : 장선의 단면2차모멘트(cm^4)

이 때 멩에의 간격은 l_1 과 l_2 중 작은 값보다 적어야 한다.

$$l_1 = \sqrt[4]{\frac{384EI \cdot \delta_a}{5w}}$$

여기서, $\delta_{\max}$: 장선의 최대휨모멘트(cm)

w : 단위분포하중(kg/cm)

l : 멩에의 간격(cm)

δ_a : 장선의 허용처짐(cm)

E : 장선의 탄성계수(kg/cm^2)

I : 장선의 단면2차모멘트(cm^4)

(4) 멩에의 검토

연직하중은 장선을 통하여 멩에에 전달되므로 멩에는 장선과의 교점에서 집중하중을 받는 보로서 검토하는 것이 실제에 가깝지만, 일반적으로 등분포하중이 작용하는 단순보로 검토하며, 내민부분에 대해서는 집중하중이 작용하는 캔틸레버(Cantilever)로 검토한다.

$$M_{\max} = \frac{1}{8} w l^2 \leq \sigma_a Z$$

여기서, $M_{\max}$: 멩에의 최대휨모멘트($kg \cdot cm$)

w : 단위분포하중(kg/cm)

l : Support의 간격(cm)

σ_a : 멩에의 허용응력(kg/cm^2)

Z : 멩에의 단면계수(cm^3)

허용응력을 비교하여, 등바리의 한계간격 l_1 을 다음식으로 구한다.

$$l_1 = \sqrt{\frac{8 \cdot f_b \cdot Z}{w}}$$

처짐에 대한 검토도 휨에 대한 검토와 마찬가지로, 등분포하중이 작용하는 보로 볼 때 중앙점의 최대처짐은 허용처짐보다 작아야 되므로 다음과 같이 등바리의 한계간격 l_2 를 다음식으로 구할 수 있다.

$$\delta_{\max} = \frac{5wl^4}{384EI} \leq \delta_a$$

여기서, $\delta_{\max}$: 장선의 최대휨모멘트(cm)

w : 단위분포하중(kg/cm)

l : 명에의 간격(cm)

δ_a : 장선의 허용처짐(cm)

E : 장선의 탄성계수(kg/cm^2)

I : 장선의 단면2차모멘트(cm^4)

이 때 등바리의 간격은 l_1 과 l_2 중 작은 값보다 적어야 한다.

$$l_1 = \sqrt[4]{\frac{384EI \cdot \delta_a}{5w}}$$

(5) 등바리

등바리에는 연직하중에 의하여 압축력이 작용하는데, 이 압축력이 등바리의 허용압축하중 이하인가를 검토하는 것이다.

따라서, 위의 명에의 검토에서 등바리의 간격을 결정하고, 이 등바리 간격에서 하나의 등바리에 작용하는 최대압축하중을 구하여 이 값이 등바리의 허용압축하중보다 적으면 부재별 검토가 끝나게 된다. 만약 반대의 경우에는 다시 명에의 검토 조건을 만족하는 등바리 간격을 결정하여 다음식이 만족할 때까지 반복한다.

$$P_{\max} \leq P_a$$

여기서, $P_{\max}$: 하나의 동바리에 작용하는 최대압축력(kg)

P_d : 동바리의 허용압축하중(kg)

다. 변형량 기준

거푸집 구조물은 응력제산에 대하여 충분히 안전하다 할지라도 거푸집의 변형이 문제가 되는 경우가 있다. 따라서 거푸집 설계시 필요한 거푸집 변형기준을 <표20>과 같은 마감종류에 따라 변형기준 이하가 되어야 한다.

<표20> 변형 기준

구 분		변형기준	비 고
거푸집 설 계	노출콘크리트 마감	0.15cm	
	건출마감		
	미장등 마감	0.30cm	
	강재 갑판 사용시	1.50cm	
처짐량 검 토	노출콘크리트 마감	1/430	총 처짐량의 기준길이는 긴 결재와 긴결재 사이 또는 받침기둥과 받침기둥 사이 의 대각선 길이로 한다.
	건출 마감	1/300	
	마감 두께가 6mm 이하		
	미장 등 마감	1/100	
	영구 매립 부분	1/60	

2. 조립 전 협의

기 본 사 항	주 의 사 항	재해 관련 사항
① 책임자로부터 받은 작업의 계획과 내용 등을 충분히 검토하고 이해한다. ② 작업현장과 주변의 상황 등을 확인한다.	① 조립도를 바탕으로 다음 사항을 확인한다. · 동바리의 재료와 수량. · 구조물의 상황과 동바리의 높이. ① 동바리 설치 지반의 상태 ② 현장과 주변 부지의 상황을 확인한다. · 부지내 공지의 상황(적치장소와 다른 자재의 적치장소 등) · 재료의 반입과 반출에 필요한 출입구 위치와 넓이와 보강방법 - 담, 수목 등의 장애물 유무 - 가스, 수도, 전기 등 배관, 배선 계통의 위치, 폐쇄의 확인 및 매립상황의 확인 · 인접건축물, 담 등의 상황 · 가공선로의 방호상황 · 주변도로의 상황 - 주·정차금지, 일방통행 등 각종 교통 규제 상황 - 교통량, 도로의 폭, 통학로, 인도의 상황	① 동바리 작업의 조립·해체 및 변경작업은 작업책임자가 직접 지휘한다. ② 공중재해 방지책을 도모한다.
③ 필요한 재료의 반입방법, 반입시기 및 적치장소를 확인한다.	③ 다음사항을 확인한다. · 작업의 계획과 내용에 적합성 여부 · 재료의 반입로와 임시 보관장소	③ 관련 직종의 작업자와 협의의 미비에 의한 접촉 등의 재해발생 우려가 있다.
④ 크레인 등의 운전자, 형틀, 철근, 도장 등 관련 직종과 연락을 충분히 한다.	④ 다음 사항을 확인한다. · 관련 직종의 작업위치, 상황의 확인 및 조정 · 재료의 반입에 대해 운전자등과 반입위치 등을 확인	

기 본 사 항	주 의 사 항	재해 관련 사항
⑤ 강풍, 홍수, 대설 등의 우려가 있을 경우 작업을 중지한다	⑤ 바람, 비, 눈, 등이 내리기 시작할 때에는 일단 작업을 중지하고 앞으로의 상황을 파악하는 것이 중요하다. 이를 위해 일기예보를 정보를 사전에 확인한다. · 악천후 전의 주요점검 작업 - 강풍이 불 때에는 거푸집 널 등을 보강하고, 운반작업은 피한다. - 동바리의 침하, 활동의 유·무 확인과 고정을 충분히 하고, 지면은 배수처리를 한다. - 동바리와 수평연결재, 교차가새 등의 이음과 체결부분의 설치 상태를 확인하여, 불안정한 곳은 재조임을 실시한다. · 악천후 다음 주요점검작업 - 거푸집 상부에 물건이 넘어지거나 넘어질 우려가 있는지 확인한다. - 거푸집 동바리에 전선 등이 걸려있지 않은가 확인한다. - 동바리의 수직도와 고정상태, 수평연결재, 교차가새 등의 상태를 확인한다.	④ 비·눈에서의 작업은 미끌어지거나 바람이 불 때에는 안전대 등을 사용하며, 단독작업은 피한다. (참고) · 강풍: 10분간의 평균풍속 10m/sec 이상 · 홍수: 50mm/1회 이상 · 대설: 25cm/1회 이상

3. 재료의 준비와 점검

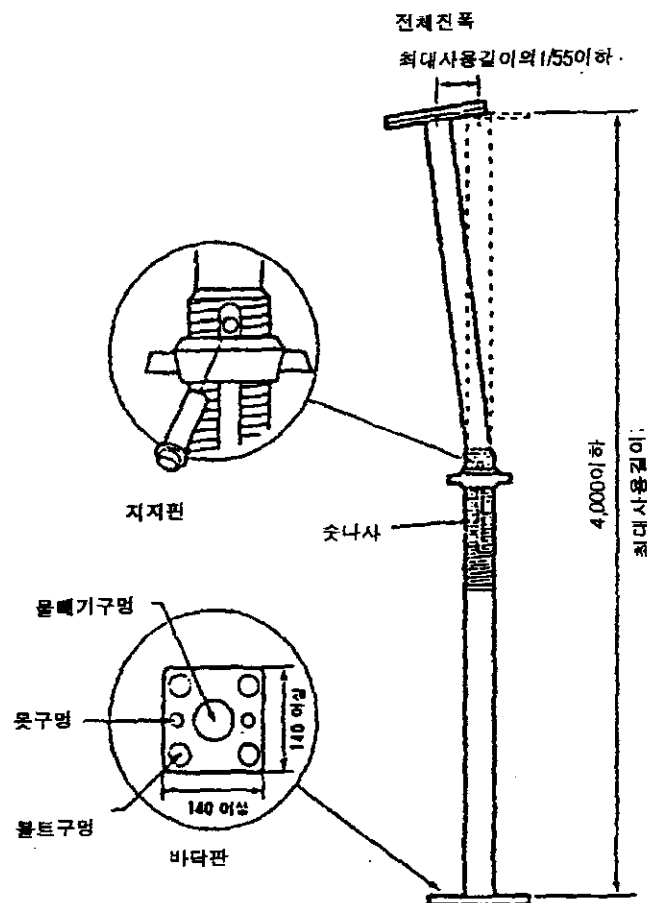
기 본 사 항	주 의 사 항	재해 관련 사항
① 조립도를 이용하여 필요한 부재의 반입 여부를 확인한다.	① 다음 사항을 확인한다. · 조립에 필요한 부재와 수량이 반입 여부를 확인할 것. · 동바리, 긴결 및 이음철물, 고정형 Base 철물, 깔판 또는 깔목, 수평연결재, 못 등 조립에 필요한 부재가 반입 여부를 확인할 것. · 성능검정규격 제품 여부를 확인할 것.	① 부재수량의 확인을 소홀히 하면 부족이 공사전체의 진척에 영향을 미치고 미완성 동바리에서 작업이 강행(요)되어 재해 발생의 우려가 있다.
② 부재에 불량품의 반입여부를 확인한다.	② 다음사항을 확인한다. · 강제 동바리의 녹슬음, 휨, 패임의 발생정도를 확인 및 판별하여 사용여부를 확인할 것. · 성능검정 규격의 합격 여부를 확인(강판, 파이프받침, Cramp, 고정형 베이스 철물 등)할 것. · 성능검정 규격 외의 동바리 는 신뢰할 수 있는 시험기관의 성적서와 제조회사의 사양에 따른 것. · 목재 동바리, 깔판과 깔목은 결함이 없는 것을 사용할 것.	② 소정의 강도를 가지고 있지 않은 부재 사용은 붕괴재해의 원인이 되므로 사용하지 않는다.
③ 재사용 부재는 점검 및 보수를 실시한다.	③ 재사용 부재는 한국산업안전공단의 「가설기자재 재사용 성능기준」을 참조할 것(참조 가)	③ 불량 부재의 사용에 의한 재해는 반복하여 발생할 수 있으므로 특히 주의한다

재사용 가설재의 선별작업에서 판정 기준의 1급; 사용가능, 2급; 성능검정 후 사용을 결정하고 3급은 폐기한다.

가. 파이프 서포트

파이프서포트는 받이판 및 바닥판, 내관, 지지편, 조절나사, 외관으로 구성되며 각부분의 판정기준은 <표21>에 적합하거나 그 이상의 기계적성질을 가지고 있어야 한다.

판정 기준의 1급; 사용가능, 2급; 성능검정 후 사용 결정, 3급은 폐기한다.



[그림 10] 파이프 서포트

<표21>파이프서포트 부재별 판정기준

부 재	항 목	1 급	2 급	3 급
받이판 바닥판	변형(손상)	없음 또는 약간		있 음
	용접 떨어짐	없음 또는 약간		현저함
	녹슬음	없음 또는 약간		현저함
	판 두께	5.4mm이상		5.4mm미만
내 관	휨	주) <표 15> 참 조		
	균 열	없 음		있 음
	찌그러짐(패임)	없음 또는 약간		깊이 4mm이상
	핀 구멍 변형	없음 또는 약간		현저함
	녹슬음	없음 또는 약간	상당함	현저함
	관 두께	2.2mm이상		2.2mm미만
지지 편	휨(손상)	없 음		있 음
	녹슬음	없음 또는 약간		현저함
	연결재이상	없 음		탈락 또는 손상
	직 경	11mm이상		11mm미만
조 절 나 사 (숫나사)	나사부의 마모	없음 또는 약간		현저함
	균 열	없 음		있 음
	녹슬음	없음 또는 약간		상당함
	핸들 부의 파손	없 음		탈락 또는 손상
조 절 나 사 (암나사)	나사부의 마모	없음 또는 약간		현저함
	균 열	없 음		있 음
	구멍의 변형	없음 또는 약간		현저함
	녹슬음	없음 또는 약간	상당함	현저함
	캡의 이상	없 음		탈락 또는 손상
외 관	휨	없음 또는 약간		현저함
	균 열	없 음		있 음
	찌그러짐(패임)	없음 또는 약간		깊이 7mm이상
	녹슬음	없음 또는 약간	상당함	현저함
	관 두께	2.0mm이상		2.0mm미만
기 타	전체 진폭	최대사용길이의1/55이하		최대사용길이의1/55초과

주) 용접 떨어짐의 “약간”은 용접부위에 부식은 없으나 국부적으로 손상이 있는 상태를 말함

주) 최대사용길이별 휨의 허용크기 미만인 경우 1급으로 하며, 그 이상이

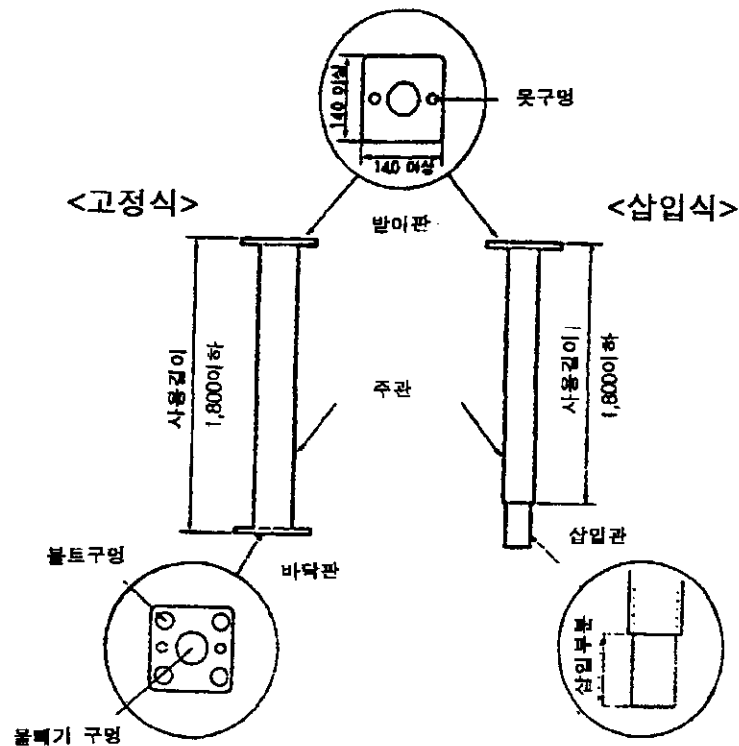
면 2급으로 한다.

<표 22> 대사용길이별 휨의 크기

최대사용길이 (mm)	휨의 허용크기 (mm)
3,850이상 4,000미만	6
3,350이상 3,500이하	5
2,950이상 3,100이하	4
2,550이상 2,700이하	4
2,200이하	3

나. 보조지주

보조지주는 받이판 및 바닥판, 주관, 삼입관으로 구성되며 각 부분의 판정기준은 <표23>에 적합하거나 그 이상의 기계적성질을 가지고 있어야 한다.



[그림11] 보조지주

<표 23> 보조지주 부재별 판정기준

부 재	항 목	1 급	2 급	3 급
받이판 바닥판	변형(손상)	없음 또는 약간		현저함
	용접떨어짐	없 음		현저함
	녹슬음	없음 또는 약간		현저함
	판 두께	5.4mm이상		5.4mm미만
주 관	휨	주) 참 조		
	균 열	없 음		현저함
	찌그러짐	없음 또는 약간		4mm이상
	녹슬음	없음 또는 약간	상당함	현저함
	관 두께	2.2mm이상		2.2mm미만
삽입판	휨(손상)	2mm미만	2mm이상	
	균 열	없 음		있 음
	용접 떨어짐	없 음		현저함
	찌그러짐	없 음		현저함
	녹슬음	없음 또는 약간		현저함

주) 최대사용길이별 휨의 허용크기 미만인 경우 1급으로 하며, 그 이상이면 2급으로 한다.

<표 24> 최대사용길이별 휨의 크기

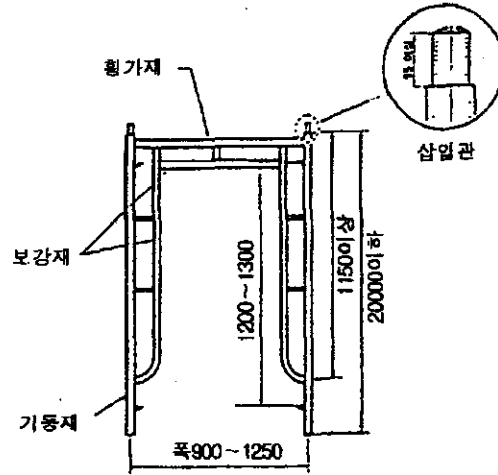
최대사용길이 (mm)	휨의 허용크기 (mm)
1,750이상 1,800이하	5
1,450이상 1,500이하	4
1,150이상 1,200이하	3

다. 강관틀비계용 부재

(1) 주틀

주틀은 기둥재, 횡가재, 보강재로 구성되며 각부분의 판정기

준은 <표25>에 적합하거나 그 이상의 기계적성질을 가지고 있어야 한다.



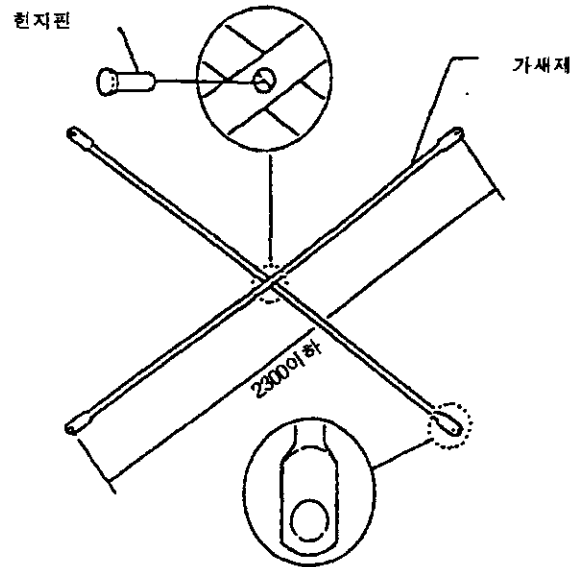
[그림12] 주틀

<표 25>주틀 부재별 판정기준

부재	항 목	1 급	2 급	3 급
기 동 재	휨	없음 또는 약간	5mm이상	
	균 열	없 음		있 음
	찌그러짐	없음 또는 약간		깊이3mm이상
	녹슬음	없음 또는 약간	상당함	현저함
	관두께	간이틀이외	2.2mm이상	2.2mm미만
		간이틀	2.0mm이상	2.0mm미만
횡 가 재	교차가새 판의이상	없음 또는 약간		탈락, 휨 또는 손상
	휨	없음 또는 약간		현저함
	균 열	없 음		있 음
	찌그러짐	없음 또는 약간		현저함
	녹슬음	없음 또는 약간	상당함	현저함
	관두께	간이틀이외	2.2mm이상	2.2mm미만
		간이틀	2.0mm이상	2.2mm미만
보 강 재	휨	없음 또는 약간		현저함
	균 열	없 음		있 음
	찌그러짐	없음 또는 약간		현저함
	녹슬음	없음 또는 약간		현저함
기 타	용접부의 손상	없음 또는 약간		현저함

(2) 교차가새

교차가새는 가새재와 힌지핀으로 구성되며 각부분의 판정기준은 <표 26>에 적합하거나 그 이상의 기계적성질을 가지고 있어야 한다.



[그림 13] 교차가새

<표26>교차가새 부재별 판정기준

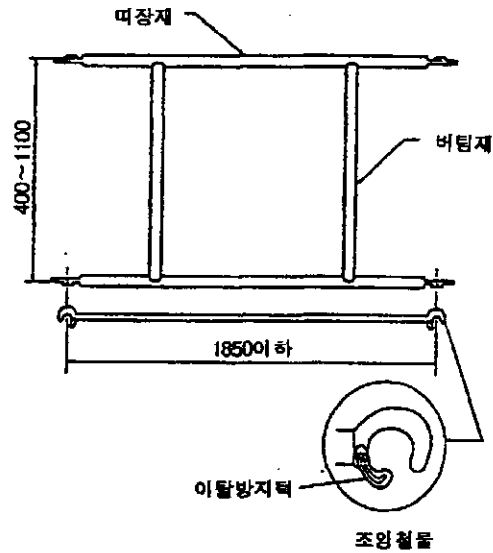
부 재	항 목	1 급	2 급	3 급
가새재	휨	없음 또는 약간		현저함
	찌그러짐(패임)	없음 또는 약간		깊이 5mm이상
	녹슬음	없음 또는 약간	상당함	현저함
	균 열	없 음		있 음
	편구멍 마모	없음 또는 약간		15mm이상
힌지핀	손 상	없 음		현저함

주) 손상 항목의 “현저함”은 부식이 진행되어 외력이 가해지는 경우 쉽게 파단되는 경우를 말한다.

(3) 띠장틀

띠장틀은 띠장재, 버팀재, 조임철물로 구성되며 각부분의 판정기준은 <표 27>에 적합하거나 그 이상의 기계적성질을 가지고

있어야 한다.



[그림14] 띠장틀

<표 27> 띠장틀 부재별 판정기준

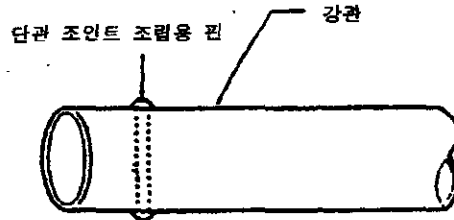
부 재	항 목	1 급	2 급	3 급
띠장재	휨	없음 또는 약간		현저함
	균 열	없 음		있 음
	찌그러짐(패임)	없음 또는 약간		깊이 3mm이상
	녹슬음	없음 또는 약간	상당함	현저함
	관두께	저충용 이외 저충용		2.2mm미만 2.0mm미만
버팀재	휨	없음 또는 약간		현저함
	균 열	없 음		있 음
	찌그러짐(패임)	없음 또는 약간		깊이 3mm이상
	녹슬음	없음 또는 약간		현저함
	관두께	2.0mm이상		2.0mm미만
조 임 철 물	균 열	없 음		있 음
	리벳 이상	없 음		있 음
	휨	없 음		현저함
	녹슬음	없음 또는 약간	상당함	현저함
	관두께	저충용 이외 저충용		7.2mm미만 5.4mm미만
	이탈방지 이상	없 음		있 음
	용접 떨어짐 변형, 뒤틀림	없 음 없음 또는 약간		현저함 현저함

주) “녹슬음”이 현저한 경우라도 교체가 가능하면 1급으로 분류한다.

주) 기타 항목의 “없음 또는 약간”은 교정이 가능한 상태를 말한다.

라. 단관비계용 강관

단관비계용 강관의 판정기준은 <표 28>에 적합하거나 그 이상의 기계적성질을 가지고 있어야 한다.



[그림 15] 단관비계용 강관

<표 28> 단관비계용 강관 판정기준

부 재	항 목	1 급	2 급	3 급
강 관	휨	없음 또는 약간		현저함
	균 열	없 음		있 음
	찌그러짐(패임)	없음 또는 약간		현저함
	녹슬음	없음 또는 약간	상당함	현저함
	두께	2.2mm이상		2.2mm미만

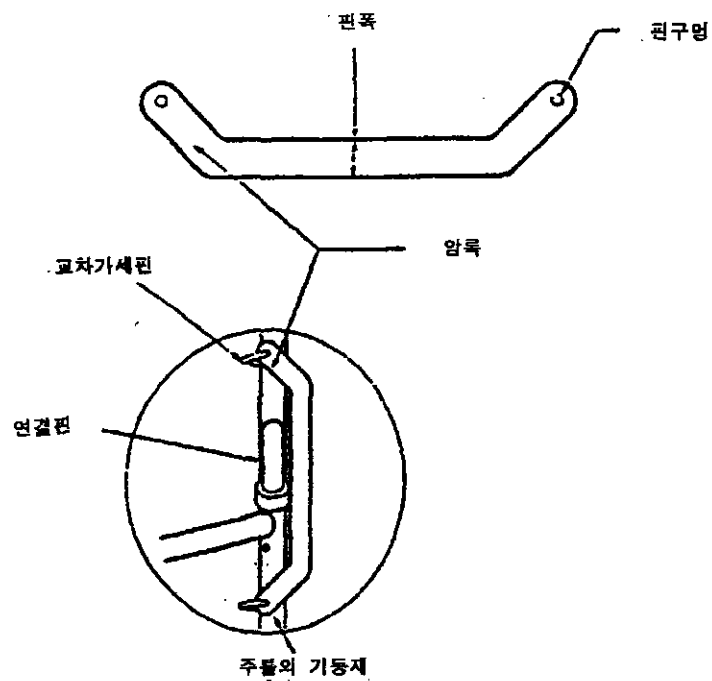
마. 강관틀비계용 주철의 압록

압록의 판정기준은 <표 29>에 적합하거나 그 이상의 기계적 성질을 가지고 있어야 한다.

<표 29>압록의 판정기준

항 목	1 급	2 급	3 급
변형(손상)	없음 또는 약간		현저함
균 열	없 음		있 음
편구멍 마모	없음 또는 약간		15mm이하
녹슬음	없음 또는 약간		현저함
판두께	2.8mm이상		2.8mm미만

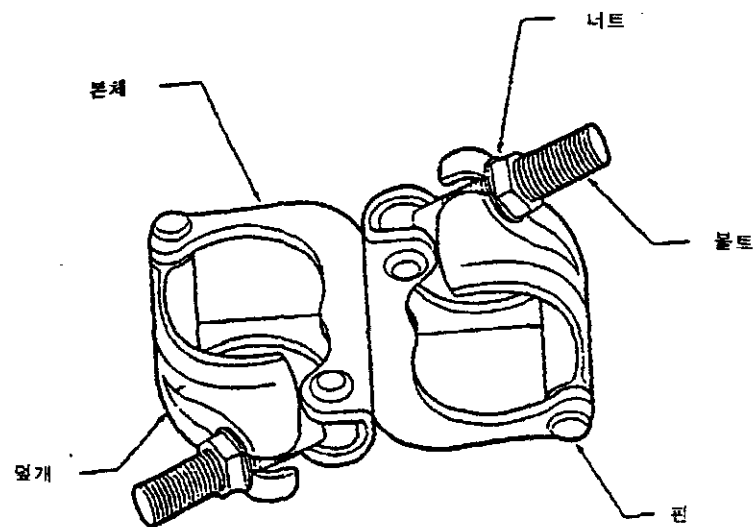
주) 변형 항목의 “현저함”은 상부와 하부에 부착할 수 없는 정도의 변형을 말한다.



[그림16] 암록

바. 클램프

클램프는 본체 및 덮개, 볼트·너트로 구성되며 각부분의 판정기준은 <표 30>에 적합하거나 그 이상의 기계적성질을 가지고 있어야 한다.



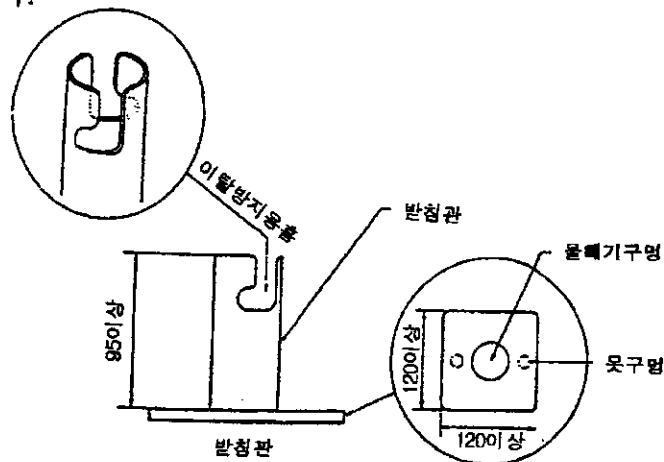
[그림17] 클램프

<표 30> 클램프 부재별 판정기준

부 재	항 목	1 급	2 급	3 급
본 체 덮 개	변 형	없음 또는 약간		간격 3mm이상
	균 열	없음 또는 약간		현저함
	녹슬음	없음 또는 약간	상당함	현저함
	헐지부 열림	2mm미만		2mm이상
	헐지부 핀의 손상	없음 또는 약간		현저함
	조임부의 변형	없음 또는 약간		조립불능
	판두께	3.0mm이상		3.0mm미만
볼 트 너 트	너트 작동	이상없음		이상있음
	변형(손상)	없음 또는 약간		현저함
	녹슬음	없음 또는 약간		현저함
	핀의 힘	없음 또는 약간		현저함
	볼트의 직경	9.0mm이상		9.0mm미만
기 타	접합리벳트 변형	없 음		직교형 0.5mm, 자 재형 0.3mm이상
	기름 등의 부착	없음 또는 약간		현저함

사. 고정형 받침철물

고정형 받침철물은 받침관, 받침판으로 구성되며 각부분의 판정기준은 <표 31>에 적합하거나 그 이상의 기계적성질을 가지고 있어야 한다.



[그림 18] 고정형 받침철물

<표 31> 고정형 받침철물 부재별 판정기준

부 재	항 목	1 급	2 급	3 급
받침관	균 열	없음 또는 약간		있 음
	변 형	없음 또는 약간		현저함
	녹슬음	없음 또는 약간		현저함
	관두께	2.2mm이상		2.2mm이하
받침판	변 형	없음 또는 약간		현저함
	녹슬음	없음 또는 약간		현저함
	판두께	5.4mm 이상		5.4mm 이하
기 타	받침관·받침 판의 접합부 이상과 변형	없음 또는 약간		현저함

4. 조립단계

가. 지반

기 본 사 항	주 의 사 항	재해 관련 사항
① 동바리는 침하하지 않도록 지반은 충분히 다짐하고 깔판 또는 깔목을 설치한다.	① 동바리를 조립하는 지반은 충분히 다짐하고, 조립도에 기초하여 깔판 또는 깔목을 평탄하게 설치할 것.[참고; 모델] ② 동바리는 되메우기 장소, 연약지반에는 다짐 또는 자갈과 콘크리트 등으로 보강할 것.[참고; 모델]	① 지반에 직접동바리 또는 고정형Base철물을 설치하면 동바리 침하에 의한 붕괴재해 발생의 우려가 높다.

나. 각부의 조정

기 본 사 항	주 의 사 항	재해 관련 사항
① 동바리의 하부에 베이스철물(고정형)을 사용하는 경우와 파이프받침 동바리의 바닥판은 깔판 또는 깔목에 못으로 고정한다.	① 베이스철물(고정형)은 깔판 또는 깔목의 중심에 정해진 동바리 간격의 위치에 설치하고, 파이프받침 동바리의 바닥판과 동일하게 이동하지 않도록 2개소 이상 못으로 고정한다.[참고; 모델]	① 베이스철물(고정형)을 고정하지 않으면 미끄러짐에 의한 붕괴재해 발생의 우려가 높다.
② 베이스철물(고정형)의 설치간격은 조립도에 따라 동바리 간격과 동일하게 설치한다.	② 베이스철물(고정형)의 설치간격은 조립도에 따라 동바리 간격과 동일하게 설치한다.	

다. 동바리

기 본 사 항	주 의 사 항	재해 관련 사항
① 동바리의 설치간격은 조립도에 따라 설치한다.	① 동바리의 설치간격은 조립도에 따를 것.	① 이질재료를 혼용한 사용과 경사 설치 및 거꾸로 설치하면 동바리 구조의 내력 감소 원인이 되어 붕괴재해 발생의 우려가 높다.
② 동바리 재료는 동일한 재질의 재료를 사용한다	② 이질재료를 혼용한 설치는 절대 금지할 것.	
③ 상·하 단면의 차이가 있는 동바리는 하부에 큰 단면이 위치하도록 설치한다	③ 파이프받침 동바리는 외관이 하부에 위치하도록 설치하고, 통나무 동바리는 마구리 지름이 큰 부분이 하부에 오도록 설치할 것.	
④ 동바리는 수직으로 설치한다.	④ 동바리는 가급적 수직으로 설치할 것.	
⑤ 동바리는 가로와 세로의 2방향에 나란하게 설치한다	⑤ 나란하게 설치하지 않으면 수평연결재의 설치가 곤란해진다.	

라. 동바리 연결

기 본 사 항	주 의 사 항	재해 관련 사항
① 동바리의 연결 사용은 재질에 따라 이음한다. ② 연결하는 동바리 재료는 동일 재질을 사용한다. ③ 연결방법은 안전기준에 관한 규칙을 준수한다.	① 동바리는 가능한 연결 사용은 금지할 것. ② 연결 동바리의 재질은 동일 재질을 사용할 것. ③ 동바리의 연결은 재질에 따라 다음과 같이 연결한다. - 목재 동바리는 맞댄이음 또는 장부이음하고 마주보는 2면 이상에 덧댐목을 설치하여 철선으로 4개소 이상 견고하게 묶고 상부에 장선이나 멍에를 못으로 고정할 것. - 강관 동바리는 상·하단에 강재 단판을 강관의 전둘레 용접하고 4개 이상의 볼트 또는 전용철물로 이음하여, 단판 상부에 장선이나 멍에를 못으로 고정할 것. - 파이프 받침 동바리는 2분까지만 이음하되 받이판과 바닥판 사이에 각재를 끼워 이음하지 말고, 4개 이상의 볼트 또는 전용철물로 이음하고, 받이판 상부에 장선이나 멍에를 못으로 고정할 것.	① 동바리 이음은 좌굴하중의 감소와 좌굴길이의 변화로 붕괴재해 발생의 우려가 높다.

마. 수평연결재

기 본 사 항	주 의 사 항	재해 관련 사항
① 수평연결재는 동바리와 동일 재질을 사용한다.	① 수평연결 부재는 동바리와 동일 재질을 사용할 것.	① 수평연결재의 미설치와 결손 및 설치위치의 오류는 수평하중 작용시 붕괴재해 발생의 우려가 높다.
② 수평연결재는 2방향으로 설치한다.	② 수평연결재는 가로와 세로의 2방향으로 설치할 것.	
③ 수평연결재의 설치높이는 안전기준에 관한 규칙을 준수한다.	③ 동바리의 재질에 따라 다음의 높이마다 설치할 것. - 목재; 높이 2m 이내 - 강관; 높이 2m 이내 - 파이프 받침; 높이 2m 이내 · 동바리 높이가 3.5m를 초과하는 경우에 설치. - 강관틀; 최상층 및 5개층 이내마다 동바리의 측면과 틀면의 방향 및 교차가새 방향에서 5개틀 이내 - 조립강주; 높이 4m 이내 · 동바리 높이가 4m를 초과하는 경우 설치.	
④ 동바리와 수평연결재의 체결철물은 전용 철물을 사용한다.	④ 동바리와 수평연결 부재의 재질에 따라 다음의 철물로 체결할 것. - 목재와 목재; 못, 철선 - 강관과 강관; 크램프 - 기타; 볼트, 용접 등.	

5. 점 검

가. 목재 동바리

항 목	점검포인트	양 부		처 치	확 인
		○	×		
지 반	· 부동침하의 유무				
하 부 고 정	· 깔판 또는 깔목과 동바리의 고정 상태				
수 평 연결재	· 높이 2m이내마다 설치 유무 · 가로, 세로방향 설치 유무 · 체결상태				
연 결	· 덧댐목 설치 유무 (2면) · 4개소 이상 체결 (못, 철선)				

나. 강관 동바리

항 목	점검포인트	양 부		처 치	확 인
		○	×		
재 료 상 태	· 녹슬음, 휨, 패임이 있는 재료 · 이질재료 사용 유무				
하 부 고 정	· 베이스철물과 깔목의 고정 상태 · 하부단판은 깔목의 고정 상태 · 밀등잡이 설치 상태 (베이스철물과 단판을 사용 하지 않는 경우)				
수 평 연결재	· 높이 2m이내마다 설치 유무 · 가로, 세로 방향 설치 유무 · 체결상태 (클램프)				
가 새	· 가새설치의 유무				
연결	· 단판부착의 유무 · 전용철물 체결 유무 (강관과 강관의 용접 금지)				
상 부 고 정	· 단판부착의 유무 · 고정상태의 이상 유무				

다. 파이프 받침 동바리

항 목	점검포인트	양 부		처 치	확 인
		○	×		
재 료 상 태	· 녹슬음, 휨, 패임이 있는 재료 · 이질재료 사용 유무				
하 부 고 정	· 깔판 또는 깔목과 받이판의 고정상태				
연결핀	· 전용철물 사용 유무				
설 치 상 태	· 외관을 하부로 설치한 동바리 유무				
수 직 연 결	· 높이 2m이내마다 설치 유무 (높이 3.5m이상인 경우) · 2방향 설치 유무 · 전용철물 사용 유무 (크래프)				
연 결	· 2본 이하의 연결 유무 · 연결볼트는 4개 이상인가				
상 부 고 정	· 장선 또는 멍에와 받이판은 2개이상의 못사용 유무				

라. 강관틀 동바리

항 목	점검포인트	양 부		처 치	확 인
		○	×		
지 반	· 부동침하의 유무				
재 료 상 태	· 녹슬음, 휨, 패임 등이 있는 재료사용 유무 · 이질재료의 사용 유무				
수 평 연 결	· 최상층 5단 이내 마다 설치 유무 ‘ 측면방향 (단판파이프) ‘ 틀면방향 (단판파이프) ‘ 교차가새 방향 (띠장틀)				
교 차 가 새	· 최상층과 5단 이내 마다 설치 유무 ‘ 틀면방향 (양단, 5개틀, 교차 가새 방향)				
상 부 고 정	· 철재 단판의 부착 유무 · 철재단판과 장선 또는 명에와 의 고정 유무				

마. 조립강주 동바리

항 목	점검포인트	양 부		처 치	확 인
		○	×		
수 평 연 결	· 4m이내마다 설치 유무 (4m 이상인 경우) · 2방향 설치 및 고정 상태				
상 부 고 정	· 철재단판 부착 유무 · 단판과 장선 또는 명에와의 조정 유무				

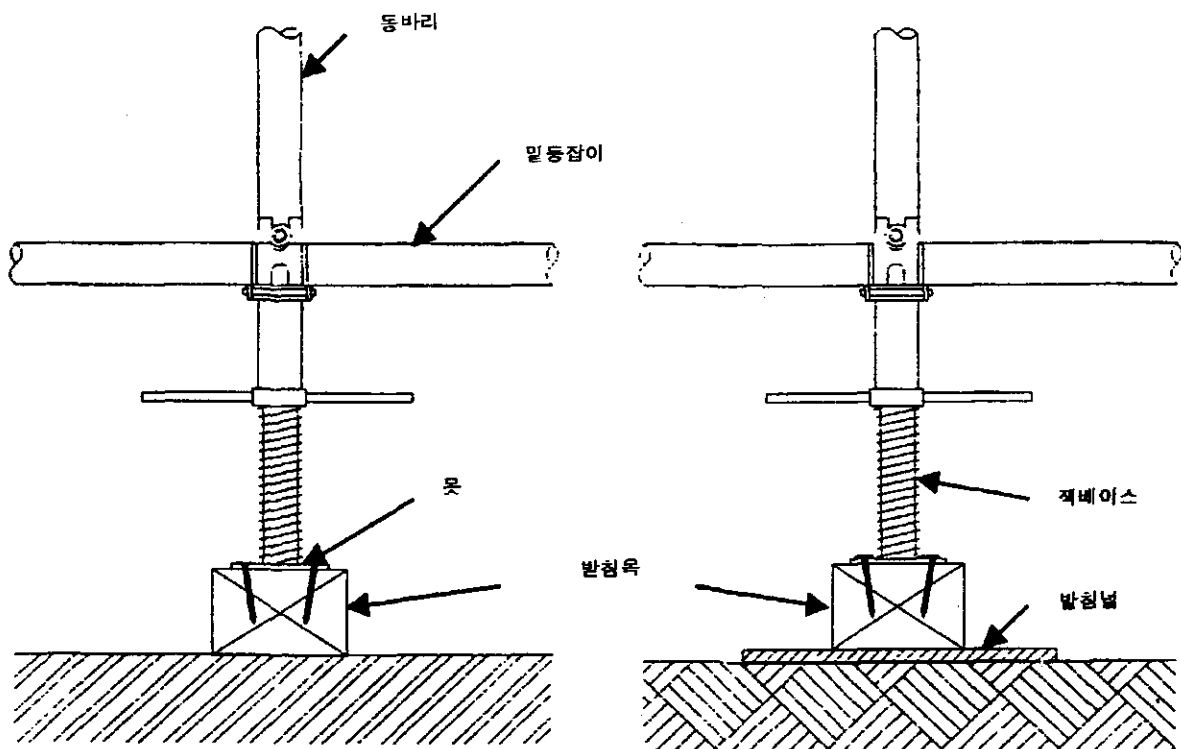
6. 콘크리트 타설작업

기 본 사 항	주 의 사 항	재해 관련 사항
① 콘크리트 타설계획을 수립한다.	① 콘크리트 타설계획을 수립한다. - 소요인력의 배치 및 타설 및 운반장비의 배치와 성능을 확인할 것.	① 콘크리트 타설 순서의 위반은 동바리에 불균등 하중의 작용으로 붕괴 재해 발생의 우려가 높다.
② 콘크리트를 타설하기 직전, 거푸집 동바리를 검사한다.	② 거푸집 동바리의 변위 유·무를 확인할 것.	② 콘크리트 타설 장비 주변의 고압선 접촉에 의한 감전재해 발생의 우려가 높다.
③ 거푸집 동바리의 변위상태 감시자를 배치한다.	③ 감시자는 다음 사항을 감시한다. - 거푸집 동바리의 변위 상태 - 하부 작업 근로자 및 작업 관계자의 작업반경내 접근 근로자 - 누출 생 콘크리트 발생 유·무	③ 상·하 동시 작업 중에 붕괴재해가 발생하면 하부 근로자가 매몰되는 재해의 발생 우려가 높다.
④ 콘크리트를 타설한다.	④ 콘크리트 공사 표준시방서에 따라 타설한다.	

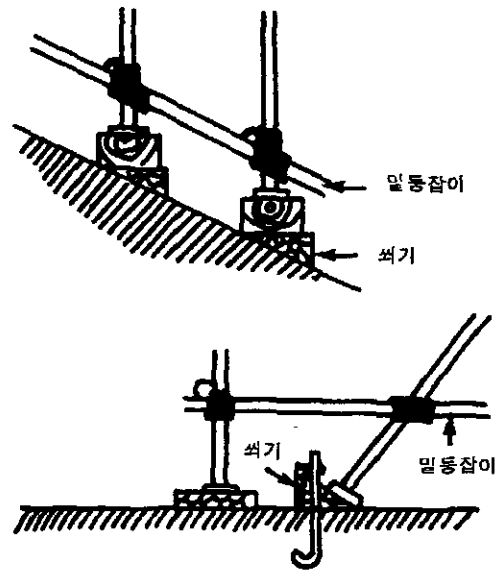
7. 해체단계

기 본 사 항	주 의 사 항	재해 관련 사항
① 거푸집 동바리 조립의 역순으로 해체한다.	① 해체작업시 다음 사항을 주의하여 해체한다. - 거푸집 존치기간의 준수 및 소요강도의 발현을 확인할 것. - 해체작업 반경내 작업 관계자의 접근금지 방호울 설치 유무와 감시자 배치를 확인할 것. - 악천후시 작업을 중지할 것.	① 조기 해체로 인한 붕괴재해 발생의 우려가 높다. ② 해체 거푸집의 비산에 의한 낙하·비래재해 발생의 우려가 높다.

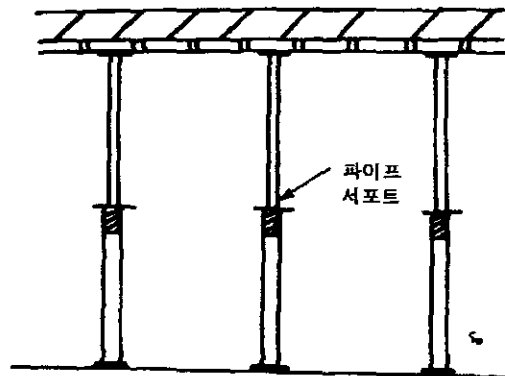
8. 안전모델(안)



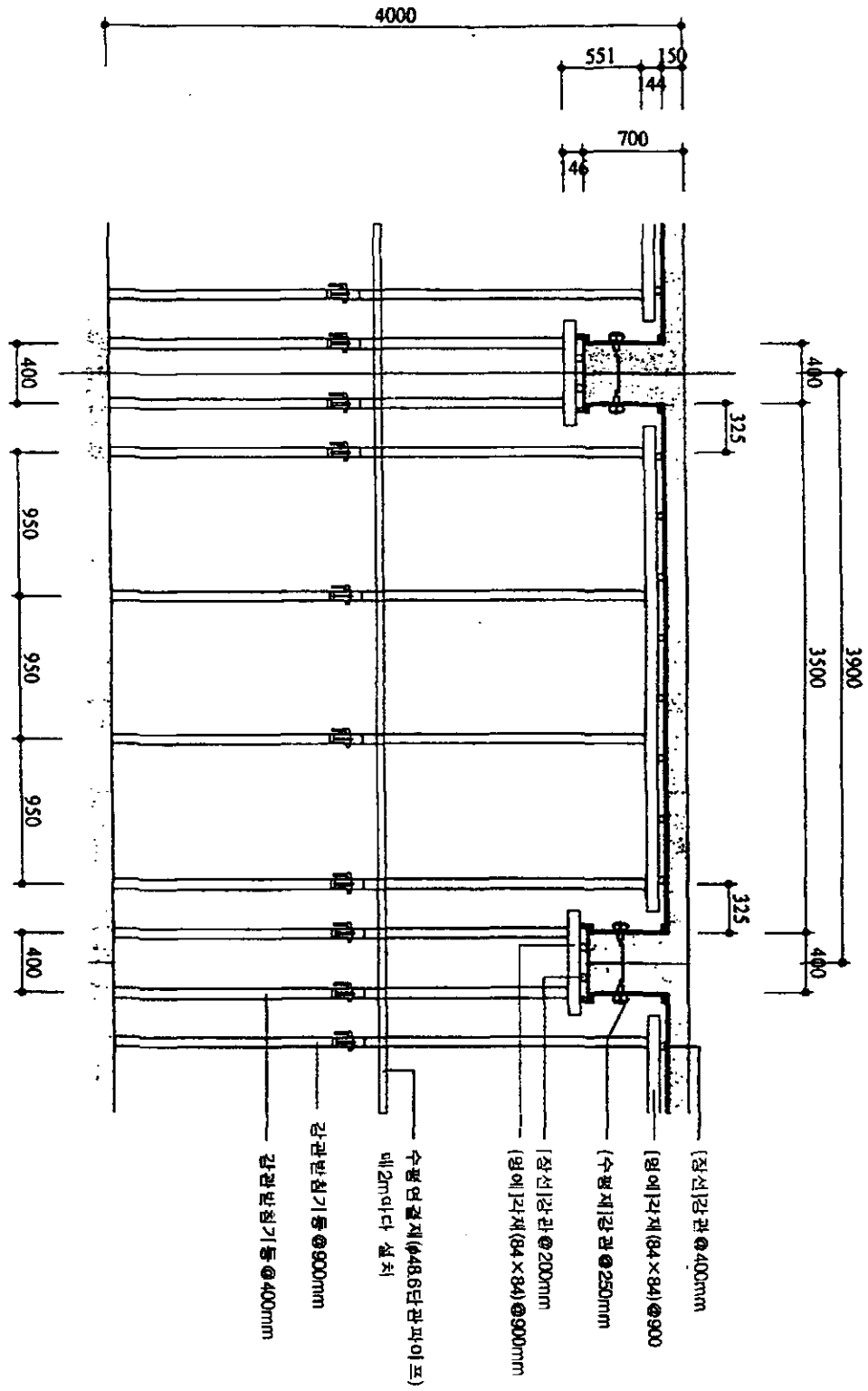
[그림19] 동바리 하부 활동방지 모델(안)



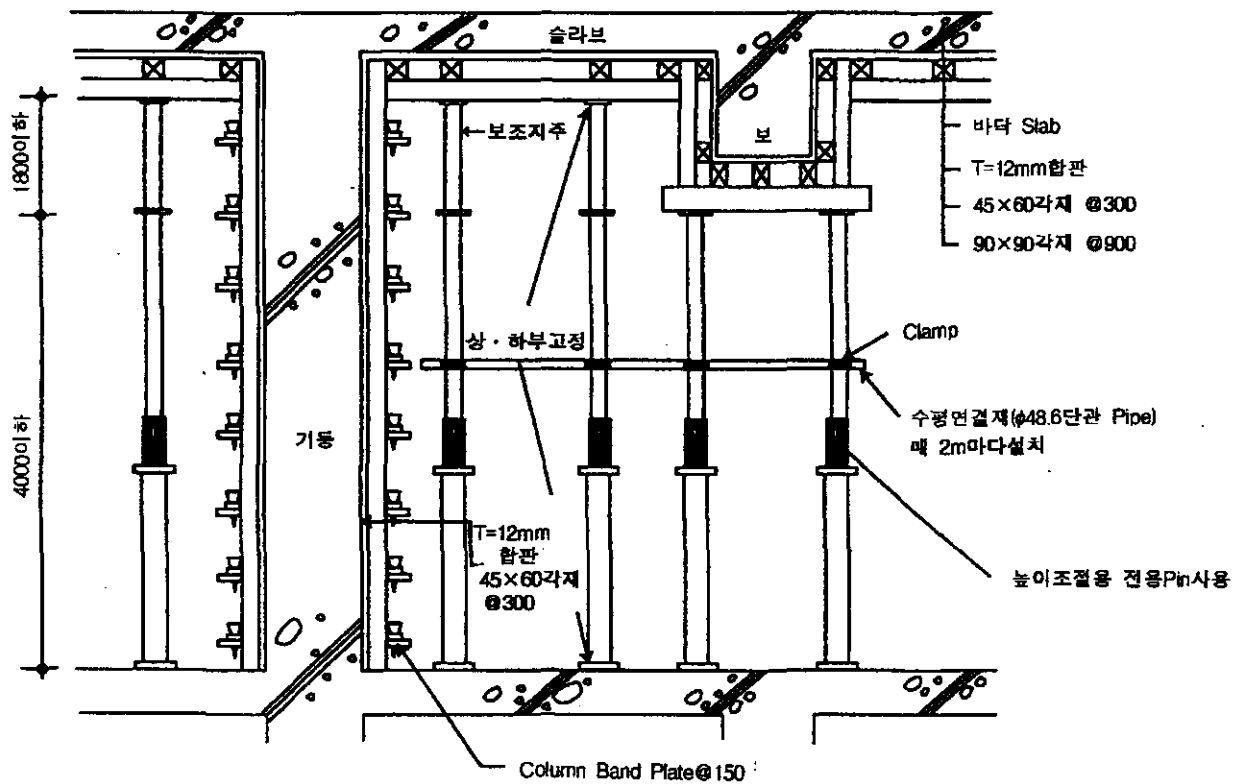
[그림20] 동바리 하부 경사지 활동방지 모델(안)



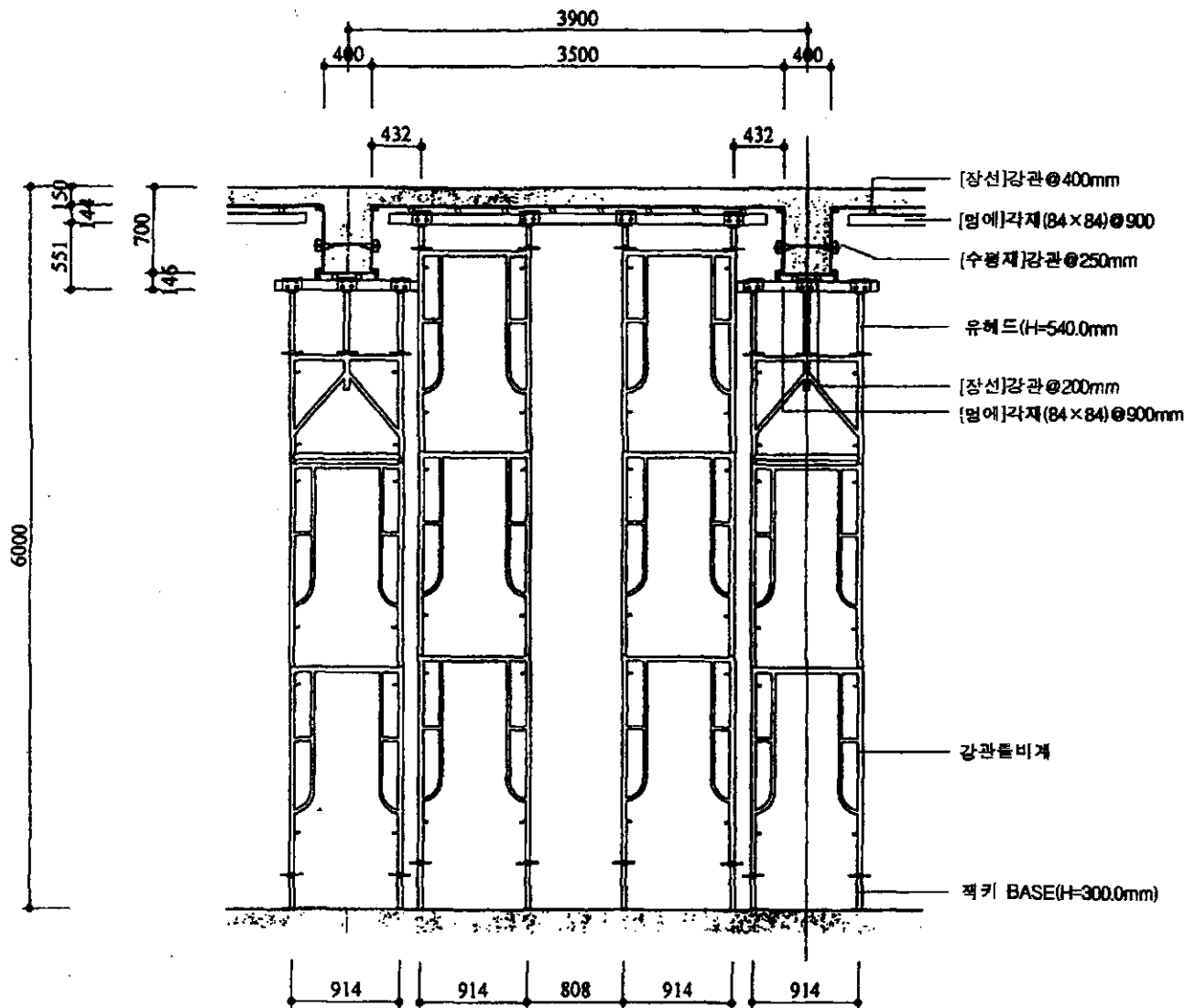
[그림21] 동바리 높이 3.5m 이하 모델(안)



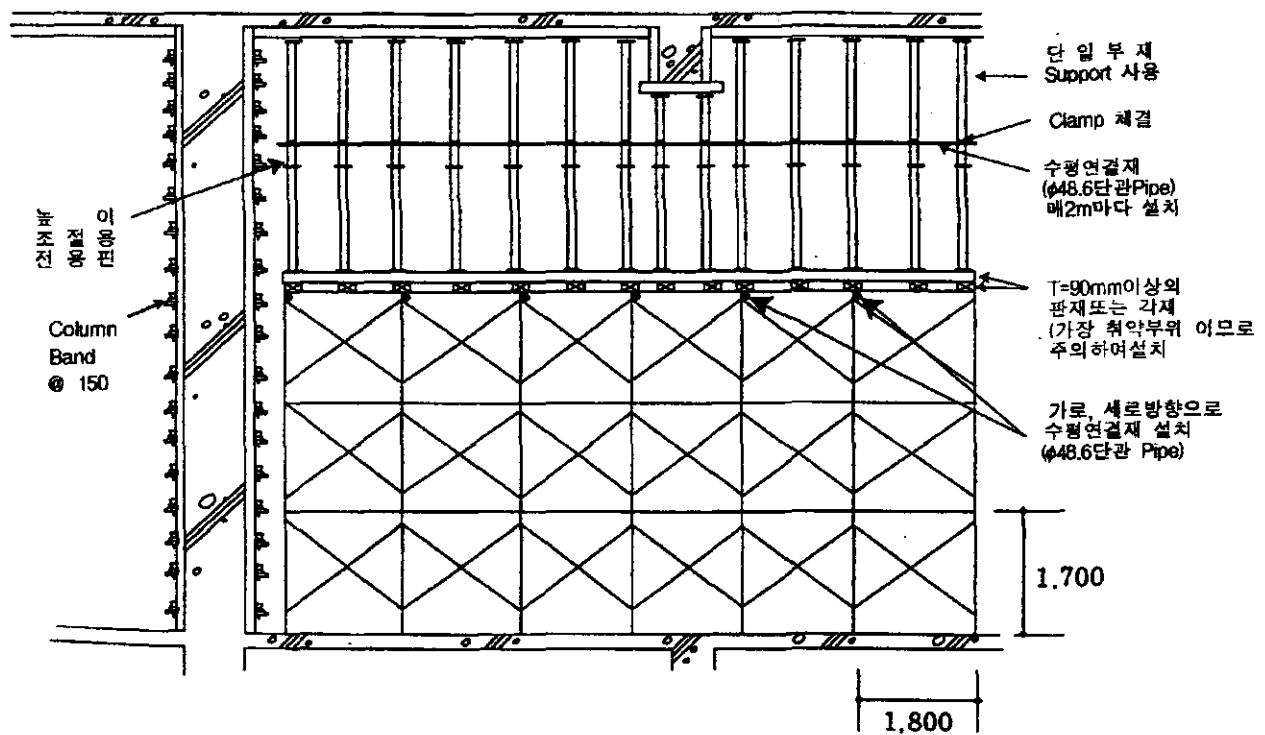
[그림22] 동바리 높이 3.5m 초과 4.2m이하 모델(안)



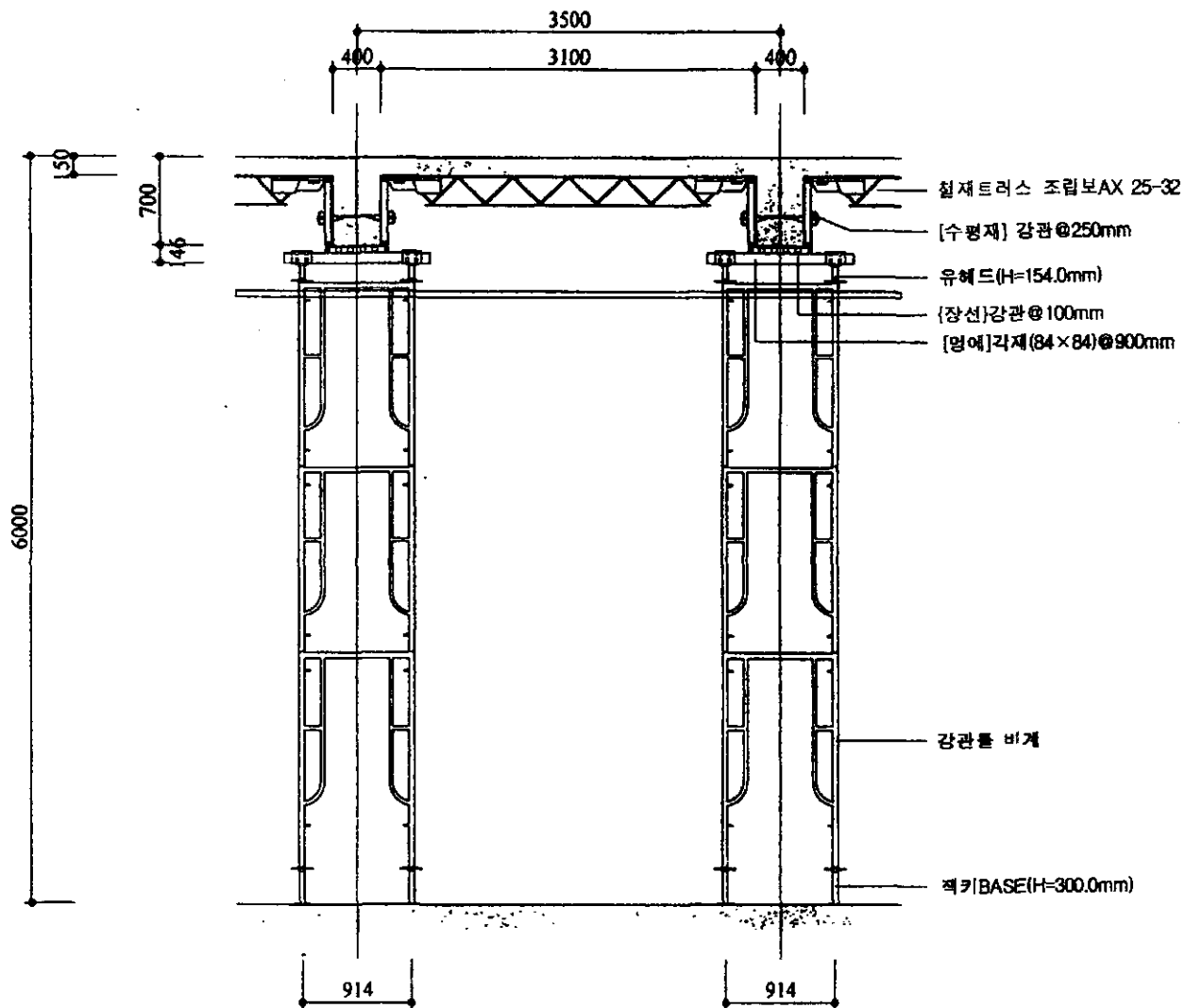
[그림23] 동바리 높이 4.2m이상 6m이하 모델(안)
(파이프서포트 + 보조지주)



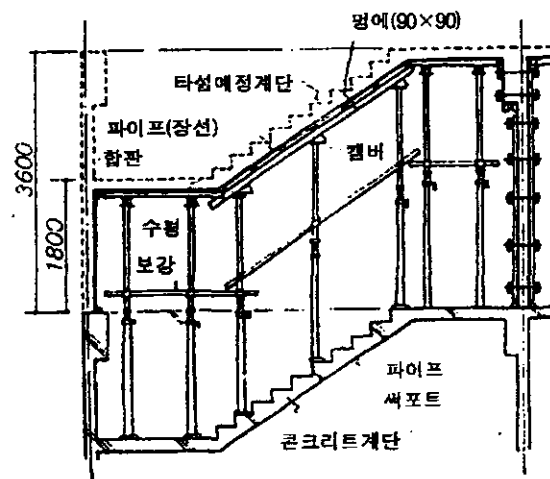
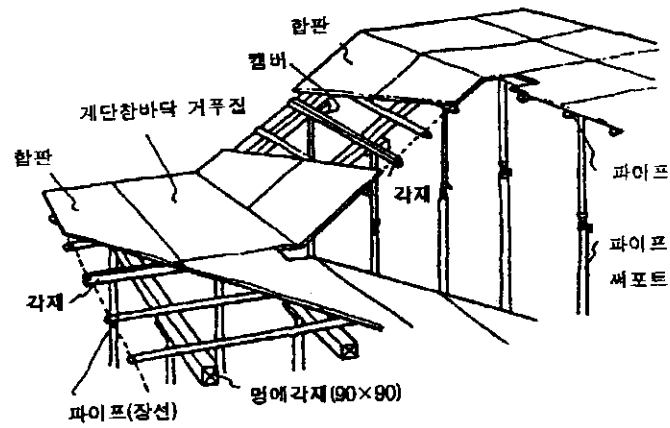
[그림24] 동바리 높이 6m이상 모델(안1)
(강관틀 비계용 동바리)



[그림25] 등바리 높이 6m이상 모델(안2)
(강관틀 비계 + 파이프서포트)



[그림26] 동바리 높이 6m이상 모델(안3)
(강관틀 비계 + 트러스)



[그림27] 계단 등 경사지 동바리 모델

제4장 표준안전시설 기준(안)

1. 개정 사유 및 주요내용

본 연구는 최근 거푸집 동바리 붕괴재해의 피해를 감소시키기 위한 일환으로 붕괴재해사례 분석에 기초한 재해원인을 규명하기 위하여, 93년부터 발생한 거푸집 동바리 붕괴재해 사례 34건을 분석한 결과 계획 단계 에서는 기본적인 구조계산에 근거한 조립도 작성에 관한 사항과 조립단계에서의 안전시설기준인 안전기준에 관한 규칙의 위반이 붕괴재해예방의 걸림돌이 되고 있다.

따라서, 현행의 산업안전 기준에 관한 규칙을 대상으로 표준안전시설 기준(안)을 제시하고자 하며, 개정의 주요한 사유 및 내용은 다음과 같다.

- 불분명한 문구의 내용을 명확히 하였음.(예, 보, 이음매,마디 등)
- 법의 근본취지가 쉽게 전달되도록 하였음.(예, 구조검도를 수행한 다음 조립도를 작성하도록 하였으며, 조립도에는 평면도, 단면도 등이 포함되도록 하였음)
- 용어를 통일하였음(예, 지주를 동바리로 통일)
- 현실성이 없는 규정을 삭제하였음(예, 목재 동바리 장부 이음, 단판의 상단에 단판 부착 등)
- 동바리 재해분석 결과 2단 이상의 동바리 구조에서 발생하는 재해가 빈번함으로 Pipe Support의 2본 연결 규정을 삭제하였음.
- 높이 2미터 이상인 경우에는 파이프 서포트를 사용하도록 하고 목재 지주는 이어서 사용금지
- 갱폼 사용의 보편화, 거푸집 조립작업중 발생하는 전도, 강관틀 비계와 파이프 서포트로 구성되는 2단이상의 동바리 구조의 취약부인 연결방법 제시 등의 안전조치 근거를 추가하였음
- 외부 비계에 콘크리트 압송관을 설치하는 경우 타설시의 충격으로 인한 비계의 도괴·붕괴 등의 위험이 우려되어 별도의 비계를 조립하여 사용토록 하였음.

2 표준안전시설기준(안)

현행규칙	개정·폐지 또는 신설(안)
제359조[재료] 사업주는 거푸집 동바리 및 거푸집(이하 “거푸집동바리 등”이라 한다)의 재료로 변형·부식 또는 심하게 손상된 것을 사용해서는 안된다.(개정 97. 1.11)	제359조[재료]----- ----- ----- ---손상의 정도가 심한 재료는-----
제360조[강재의 사용기준] 사업주는 거푸집 동바리 등에 사용하는 지주·보 등 주요부분의 강재는 별표4의 기준에 적합한 것을 사용하여야 한다.(개정 97.1. 11)	제360조[강재의사용기준]----- ----- 동바리·수평연결재등의----- -----
제361조[거푸집 동바리 등의 구조] 사업주는 거푸집 동바리 등을 사용하는 때에는 거푸집의 형상 및 콘크리트 타설방법 등에 따른 견고한 구조의 것을 사용하여야 한다.(개정 97.1. 11)	제361조[거푸집 동바리 등의 구조]----- ----- -----등에 적절하고 견고한 구조의 동바리를 사용 설치하여야 한다.
제362조[조립도] ①사업주는 거푸집 동바리 등을 조립할 때에는 조립도를 작성하고 당해 조립도에 의하여 조립하여야 한다. (개정 97. 1.11)	제362조[조립도]----- ----- 때에는 구조검토를 하여 양방향 단면도, 평면도 등이 포함된 조립도를 작성하고 당해 조립도에 의하여 조립하여야 한다.
②제1항의 조립도에는 지주·이음매·마디등 부재의 배치 및 치수가 명시되어야 한다.	② ----- 동바리·장선·명에 등 사용재료의 단면규격과 설치간격 등이 -----.

현행규칙	개정·폐지 또는 신설(안)
제363조[거푸집 동바리등의 안전조치] 사업주는 거푸집 동바리 등을 조립하는 때에는 다음 각호의 사항을 준수하여야 한다. (개정 97.1. 11)	제363조[거푸집 동바리등의 안전조치] ----- ----- -----
1. 깔목의 사용, 콘크리트 타설, 말뚝박기 등 지주의 침하를 방지하기 위한 조치를 취할것.	1. ----- ----- 동바리의 ----- -----
2. 개구부 상부에 지주를 설치하는 때에는 상부하중을 견딜 수 있는 견고한 받침대를 설치할 것.	2. ----- 동바리를 ----- -----
3. 지주의 고정등 지주의 미끄러짐을 방지하기 위한 조치를 할 것.	3. 동바리의 ----- -----
4. 지주의 이음은 맞댄이음 또는 장부이음으로 하고 동질의 재료를 사용할 것	4. 삭제
5. 강재와 강재와의 접속부 및 교차부는 보울트·클램프 등 전용철물을 사용하여 단단히 연결할 것	5. ----- 교차부는 ----- ----- -----
7. 지주로 사용하는 강관(파이프받침을 제외한다)에 대하여는 다음 각목의 정하는 바에 의할 것	7. 동바리로 ----- ----- 은 다음 ----- -----
가. 높이 2미터이내마다 수평연결재를 2개 방향으로 만들고 수평연결재의 변위를 방지할 것	가. ----- ----- 조립하고 변위를 -----
나. 보 또는 명에를 상단에 올릴 때에는 당해 상단에 강재의 단판을 부착하여 보 또는 명에에 고정시킬 것	나. 장선 ----- 강관 동바리 상부에 조립할 때에는 ----- 장선 또는 명에에 -----

현행규칙	개정·폐지 또는 신설(안)
8. 지주로 사용하는 파이프 받침에 대하여는 다음 각목의 정하는 바에 의할 것 가. 파이프 받침을 3본이상 이어서 사용하지 아니하도록 할 것 나. 파이프 받침을 이어서 사용할 때에는 4개이상의 보울트 또는 전용철물을 사용하여 이을 것 다. 높이가 3.5미터를 초과할 때에는 제7호 가목의 조치를 할 것 9. 지주로 사용하는 강관들은 다음 각목이 정하는 바에 의할 것 가. 강관들과 강관들과의 사이에 교차가새를 설치할 것 나. 최상층 및 5층 이내마다 거푸집 동바리의 측면과 틀면의 방향 및 교차가새의 방향에서 5개 이내마다 수평연결재를 설치하고 수평연결재의 변위를 방지할 것 다. 최상층 및 5층 이내마다 거푸집 동바리의 틀면의 방향에서 양단 및 5개틀 이내마다의 장소에 교차가새의 방향으로 띠장들을 설치할 것 라. 제7호 나목의 조치를 할 것.	8. 동바리로 ----- 파이프 서포트는----- 가. 파이프 서포트를 이어서 사용하는 것은 금지하고 연장 설치하여 사용하고자 할 때에는 삽입식 보조지주를 사용할 것 나. 삭 제 다. 좌 동 9. 동바리로 ----- 가. 좌 동 나. 좌 동 다. 좌 동 라. 좌 동

현행규칙	개정·폐지 또는 신설(안)
10. 동바리로 사용하는 조립강주는 다음 각목의 정하는 바에 의할 것 가. 제7호 나목의 조치를 할 것 나. 높이가 4미터를 초과할 때에는 높이 4미터 이내마다 수평연결재를 2개 방향으로 설치하고 수평연결재의 변위를 방지할 것	10. 동바리로 ----- ----- 가. 삭 제 나. 좌 동
11. 동바리로 사용하는 목재는 다음 각목의 정하는 바에 의할 것 가. 제7호 가목의 조치를 할 것 나. 목재를 이어서 사용할 때에는 2분 이상의 덧댐목을 대고 4개소이상 견고하게 묶은 후 상단을 장선 또는 멍에에 고정시킬 것	11. 목재 동바리는 높이 2미터 이내만 사용토록 할것. 가. 삭 제 나. 삭 제
12. 동바리용 보는 다음 각목의 정하는 바에 의할 것 가. 보의 양단을 지지물로 고정시켜 보의 미끄러짐 및 탈락을 방지할 것 나. 보와 보와의 사이에 수평연결재를 설치하여 보가 옆으로 넘어지지 아니하도록 견고하게 할 것	12. 좌 동 가. 좌 동 나. 좌 동
	13. 전도의 우려가 있는 거푸집 동바리는 버팀대의 설치 등 안전조치를 강구할것. <신설>

현행규칙	개정·폐지 또는 신설(안)
제364조[단상으로 조립하는 거푸집 동바리] 사업주는 깔판 및 깔목등을 끼워서 단상으로 조립하는 거푸집 동바리에 대하여는 제363조 각호의 사항외에 다음 각호의 사항을 준수하여야 한다. (개정 97.1. 11) 1. 거푸집의 형상에 따른 부득이 한 경우를 제외하고는 깔판·깔목등을 2단 이상 끼우지 아니하도록 할 것 2. 깔판·깔목등을 이어서 사용할 때에는 당해 깔판·깔목등을 단단히 연결할 것 3. 동바리는 깔판·깔목등에 고정시킬 것	제364조 좌 동 제364조 [강관틀 상단에 조립하는 거푸집 동바리] 강관틀 상단에 파이프 서포트로 동바리를 추가 설치시에는 다음 각목에 정하는 바에 의할 것 1. 강관틀의 상단에는 두께 9센티미터 이상의 각재 등을 사용하여 장선·명에재를 설치할 것 2. 강관틀과 강관틀 상단에 설치하는 장선·명에재는 전위하거나 탈락하지 아니하도록 견고하게 고정시킬 것<신설>
제365조[콘크리트의 타설작업] 사업주는 콘크리트의 타설작업을 하는 때에는 다음 각호의 사항을 준수하여야 한다. (개정 97.1. 11) 1. 당일의 작업을 시작하기 전에 당해 작업에 관한 거푸집 동바리등의 변형·변위 및 지반의 침하유무 등을 점검하고 이상을 발견한 때에는 이를 보수할 것 2. 작업중에는 거푸집동바리 등의 변형·변위 및 침하유무 등을 감시할 수 있는 감시자를 배치하여 이상을 발견한 때에는 작업을 중지시키고 근로자를 대피시킬것. 3. 콘크리트의 타설작업시 거푸집 붕괴의 위험이 발생할 우려가 있는 때에는 충분한 보강조치를 할 것.	제365조[콘크리트의 타설작업] 좌 동 1. 좌 동 2. 좌 동 3. 좌 동

현행규칙	개정·폐지 또는 신설(안)
4. 설계도서상의 콘크리트 양생기간을 준수하여 거푸집동바리 등을 해체할 것. 제365조의 2[콘크리트 펌프카의 사용] 사업주는 콘크리트의 타설작업을 하기 위하여 콘크리트 펌프카를 사용할 때에는 다음 각호의 사항을 준수하여야 한다.(신설 97. 1. 11) 1. 작업을 시작하기전에 콘크리트 펌프카용 비계를 점검하고 이상을 발견한 때에는 보수할 것 2. 건축물의 난간등에서 작업하는 근로자가 호스의 요동·선회로 인하여 추락하는 위험을 방지하기 위하여 제17조 제2항의 규정에 의한 표준안전난간의 설치등 필요한 조치를 할 것 제366조[조립등 작업시의 준수사항] ① 사업주는 거푸집동바리 등의 조립 또는 해체작업을 하는 때에는 다음 각호의 사항을 준수하여야 한다. 1. 당해 작업을 하는 구역에는 관계 근로자외의 자의 출입을 금지시킬 것. 2. 폭풍·폭우 및 폭설 등의 악천후 작업에 있어서 근로자에게 위험을 미칠 우려가 있는 때에는 당해 작업을 중지시킬 것.	4. 좌 동 제365조의 2[콘크리트 펌프카의 사용] 좌 동 1. 콘크리트 펌프카의 압송관은 압송관 전용 비계를 조립, 설치하고 작업 시작 전에 이를 점검하여 이상을 발견한 때에는 보수할 것 2. ----- ----- ----- 난간 및 작업발판 설치 등 필요한 조치를 할 것 제366조[조립등 작업시의 준수사항] ① 좌 동 1. 좌 동 2. 좌 동

현행규칙	개정·폐지 또는 신설(안)
3. 재료·기구 또는 공구 등을 올리거나 내릴 때에는 근로자로 하여금 달줄·달포대 등을 사용하도록 할 것. 4. 보·슬라브 등의 거푸집 동바리 등을 해체할 때에는 낙하·충격에 의한 돌발적 재해를 방지하기 위해 버팀목을 설치하는 등 필요한 조치를 할 것. ② 사업주는 철근조립등의 작업을 하는 때에는 다음 각호의 사항을 준수하여야 한다. 4. 보·슬라브 등의 거푸집동바리 등을 해체할 때에는 낙하·충격에 의한 돌발적 재해를 방지하기 위해 버팀목을 설치하는 등 필요한 조치를 할 것.	3. 좌 동 4. 좌 동 5. ② 좌 동 4. 좌 동 5. 갱폼(거푸집과 작업발판 일체형인 거푸집)을 크레인 등으로 양중하는 경우 양중하중에 대한 검토 등 안전작업을 강구할 것, 6. 갱폼의 내부 작업발판에는 수직이동을 위한 이동통로를 설치할 것 7. 갱폼 작업발판의 전·후면 및 끝단에는 제17조 2항의 표준안전난간을 설치할 것. 8. 갱폼 작업발판은 낙하 비레 위험방지를 위하여 밀실한 구조로 설치하고 난간의 전둘레는 낙하물방지 조치를 할것.

현행규칙	개정·폐지 또는 신설(안)
② 사업주는 철근조립등의 작업을 하는 때에는 다음 각호의 사항을 준수하여야 한다.(신설 97.1. 11) 4 보·슬리브 등의 거푸집동바리 등을 해체할 때에는 낙하·충격에 의한 돌발적 재해를 방지하기 위해 버팀목을 설치하는 등 필요한 조치를 할 것. ② 사업주는 철근조립등의 작업을 하는 때에는 다음 각호의 사항을 준수하여야 한다.(신설 97.1. 11) 1. 크레인등 양증가로 철근을 운반할 경우에는 2개소이상 묶어서 수평으로 운반할 것 2. 작업위치의 높이가 2미터 이상일 경우에는 작업발판을 설치하거나 안전대를 사용하게 하는 등 위험방지를 위하여 필요한 조치를 할 것.	② 좌 동 4 좌 동 ② 좌 동 1. 좌 동 2.----- ----- 작업발판 및 안전난간을 설치하는 등의 ----- -----

제5장. 결 론

본 연구는 최근 거푸집 동바리 붕괴재해의 피해를 예방하고자 산업안전 선진화 3개년 계획에 의거하여 붕괴재해사례 수집 및 분석에 의한 재해원인을 규명하고, 규명된 재해원인의 제거를 위한 안전작업절차서 개발하며, 붕괴재해 재발방지를 위한 안전모델의 제시와 현행의 거푸집 동바리의 표준안전시설 기준 개정(안)의 제시를 위한 연구를 수행하였다.

93년부터 발생한 거푸집 동바리 붕괴재해 사례 34건을 분석한 결과 계획단계에서는 기본적인 구조계산에 근거한 조립도 작성에 관한 사항과 조립단계에서의 안전시설기준인 안전기준에 관한 규칙의 위반이 가장 큰 원인으로 다음과 같은 결론을 얻었다.

첫 째, 거푸집 동바리 붕괴재해의 재해1건당 4.35인의 재해자수가 발생하였으며, 일반 건설재해의 4배의 재해강도를 보였다.

둘 째, 재해현장의 동바리 높이는 4.2m 이상으로 2단 이상의 연결구조에서 붕괴재해가 발생하였다.

세 째, 거푸집 동바리 붕괴재해는 수평연결재 미설치 등의 조립불량이 많고, 연결방법과 사용재료의 불량 등과 콘크리트 한방향 집중타설 등에 기인하였다.

상기와 같은 재해강도와 재해원인에 따라 거푸집 붕괴재해의 감소와 예방 목적의 달성을 위한 기술지침으로 활용하기 위하여 다음과 같이 제시하였다.

첫 째, 거푸집 동바리의 작업순서에 따라 계획부터 해체까지의 기본사항, 주의사항, 재해와의 관계에 관한 작업절차서를 제시하였다.

둘 째, 거푸집 동바리의 구조의 주요부분의 안전모델을 제시하였다.

세 째, 현재의 안전기준에 관한 규칙을 건설현장의 여건을 고려하여 개정(안)을 제시하였다.

참고 문헌

1. ———, “산업안전보건법”
2. 한국산업안전공단, “중대재해 조사보고서 2230건”, 1993~1998
3. ———, “건축법”
4. 건설부, “건축구조 설계기준”
5. 건설부, “콘크리트공사 표준시방서”
6. 대한건축학회, “건축공사 표준시방서”
7. 쌍용건설기술연구소, “거푸집설계 및 시공지침안”, 1994. 2
8. 최순주, “거푸집공사 안전작업에 관한 연구”, 1993. 12
9. 최순주, “거푸집공사 시공작업에 관한 연구”, 1994. 12
10. 건설도서, “지하 가설구조물의 설계 계산 예”, 1992
11. 건설문화사, “가설구조물의 구조계산 입문,” 1997
12. 건설문화사, “가설구조물의 해설,” 1996
13. 기문당, “거푸집공사의 이해와 시공,” 1995
14. ACI Committee 347, “Formwork for Concrete”, ACI SP4, 1979
15. 노동부, “거푸집 동바리 안전작업 매뉴얼”, 1998, 5
16. 건설교통부, “건축공사 거푸집·동바리 설계 및 시공 지침”, 1998

건설공사 표준안전시설 기준 연구

(거푸집 동바리를 중심으로)

건설분야 연구자료 (연구원 99-35-105)

발 행 일 : 1999. 4.

발 행 인 : 원 장 정 호 근

연구책임자 : 책임연구원 최 순 주

발 행 처 : 한국산업안전공단

산업안전보건연구원

건설 안전 연구팀

주 소 : 인천광역시 부평구 구산동 34-4

전 화 : 032) 5100-848~852

세원 ☎ 02) 569 - 6678