

# 거푸집 동바리 붕괴재해 예방대책

대한산업안전협회 건설안전본부 손상태 대리



## 1. 서론

건설공사 중 거푸집동바리의 조립 및 콘크리트 타설 작업은 타 공종과 달리 좁은 공간에 다수의 근로자가 투입되고 있음에도 공사 진행 중 안전절차 이행을 소홀히 함으로써 거푸집 동바리 붕괴사고를 야기시키고 있으며, 특히 동바리 붕괴사고의 발생빈도는 비교적 낮으나 사고발생 시 다수의 인명피해와 경제적 손실은 물론 사회문제를 야기시킨다.

건설경기 부양정책으로 다수의 건설공사가 활발히 진행되지만, 건설경기 침체에 따른 협력업체의 부실로 안전시설 투자축소와 관리가 소홀해져 재해발생 가능성이 한층 높아짐으로 붕괴 위험이 상대적으로 높은 구조물의 시공 시 각별한 주의가 요구된다.

## 2. 붕괴사고의 주요 원인

### 가. 거푸집 동바리 재료의 불량

- 강재의 휨, 찌그러짐, 부식에 의한 단면 감소 등이 발생된 자재 사용
- 불량, 미검정품 거푸집 동바리재 사용

### 나. 거푸집 동바리 설치 불량

- Pipe Support 수직상태 불량 및 거꾸로 설치
- 이질재료의 혼합사용(단관 Pipe + Pipe Support 등)
- 경사부 미끄럼방지조치 미흡(쌓기 미설치)
- 부재간의 이음 불량(체결, 용접 등)
- 교차가새(Bracing) 미설치
- 거푸집 동바리 구조검토 미실시

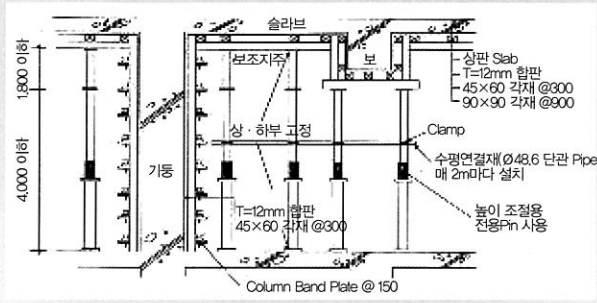
### 다. 콘크리트 타설 방법 불량

- 콘크리트 타설 순서 미 준수
- 집중 타설로 편심하중 작용
- 콘크리트 타설 량을 고려한 타설 장비 투입계획 등의 사전검토 미실시

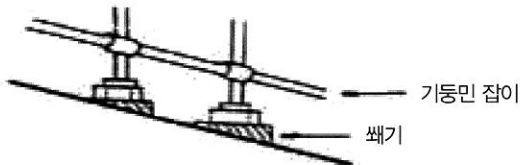
## 3. 안전작업방법

### 가. 거푸집 동바리

- 표준조립상세도에 의거 조립한다.
- Pipe Support는 수직으로 설치하고 바닥판과 받이판을 2개소 이상 고정시킨다.
- Pipe Support의 꽃기핀은 전용핀을 사용하고 철근을 잘라 사용하지 않는다.
- Pipe Support를 거꾸로 세워 설치하지 않는다.
- Pipe Support는 현장에서 맞댐이음 체결이나 용접사용을 가급적 금하고 삽입식 보조지주를 사용하도록 한다.
- 높이 3.5m 이상일 때는 반드시 가로, 세로 방향으로 수평 연결재를 설치하되 수평연결재의 부재는 단관 Pipe (Φ48.6)로 하며 접속부는 클램프 등 전용 철물을 이용하여 고정하고 철선사용을 금한다.
- 침하의 우려가 있는 지반은 다짐을 철저히 하고 깔판 및 깔목을 설치하되 2단 이상 설치를 금한다.
- 층고가 6m 이하인 거푸집 동바리는 단일부재를 사용하고 이질재료의 사용을 금한다.



- 층고가 6m 이상일 때는 거푸집 동바리 부재로 System Support를 사용하고, 불가피하게 강관틀(B/T) 상단에 Pipe Support를 추가 설치 시에는 강관틀 비계 부재상단에 두께 10cm 이상의 판재를 이용하여 저판을 형성하고 Pipe Support는 강관틀 지주 직상부에 설치되도록 하고 각재에 반드시 2개소 이상 고정시킨다.
- 강관틀(B/T) 부재 간에는 가로, 세로 수평연결재를 설치한다.
- 비계용 단관 Pipe를 거푸집 동바리의 수직부재로 사용하는 것을 가능한 금한다.
- 바닥면 등이 경사진 개소에 거푸집 동바리를 설치할 경우에는 동바리의 미끄럼방지를 위하여 썰기 등을 설치한다.



**나. 콘크리트 타설**

- 콘크리트 타설은 기둥→보→슬라브 순으로 타설하되 각 구조물별로 균형을 이루도록 분산 타설하고 한 곳에 집중 타설을 금한다.
- 슬라브는 돌려치기를 실시하여 거푸집 동바리에 균등한 하중이 작용하도록 한다.
- 콘크리트 타설 중에는 거푸집 및 거푸집 동바리의 변형 유무상태를 계속 관찰한다.

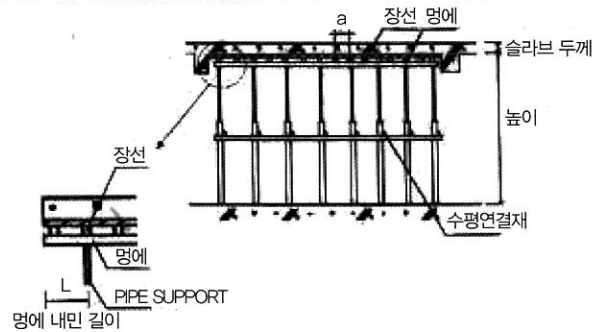
**4. 표준조립상세도 작성**

- 본 공사용 도면과 달리 대개의 경우 공사전에 거푸집 동바리 조립도의 작성 및 검토가 설계단계에서부터

도외시되고 시공자 기능공의 경험적인 방법에 의하여 조립설치되고 있는 실정으로 콘크리트 타설 중의 슬라브 붕괴가 빈번하게 발생, 많은 물적 인적 피해는 물론 사회적 물의를 야기하고 있다.

- 따라서 콘크리트 구조물의 품질확보 및 타설 시의 붕괴 사고로 인한 재해를 방지하기 위하여 슬라브, 기둥, 벽체 등 주요 구조부분에 대해서는 조립 전에 거푸집동바리의 사전 구조 검토가 있어야 하고 작성된 표준조립도면에 따라 설치하고 확인하는 사전관리가 필요하다.
- 특히 지하구조물로서 슬라브 두께가 두꺼운 슬라브(일반적으로 THK 200mm~350mm정도임)이거나 층고가 높은 슬라브에 대하여는 거푸집동바리의 각 부재별 재질, 설치간격, 허용하중 등 안전성 검토에 유의해야 하며 기타 슬라브에 대해서도 같은 검토기준에 의하여 구조 검토한 후 표준조립도에 의거 설치한다.

**가. 슬라브**

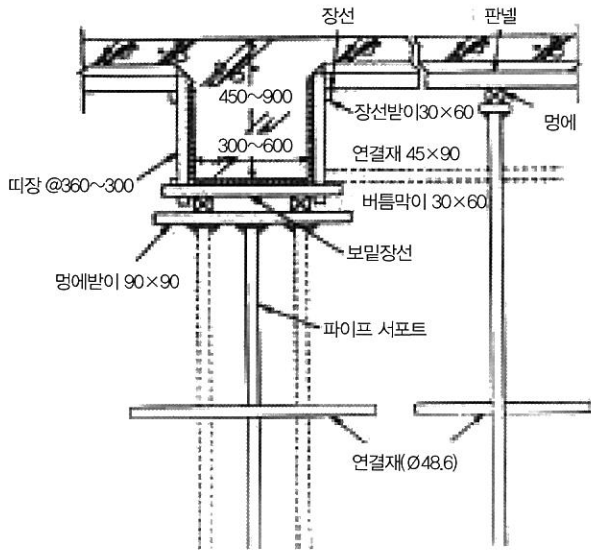


슬라브두께	장선간격 (cm)	명에간격 (cm)	명에길이 (cm)	Pipe support 설치 간격 (단일부재 사용의 경우) (단위: cm)		
				높이 3.9m 이하	3.9m 초과 4.2m 이하	4.2m 초과 5.0m 이하
T=12cm	44cm	110cm	44cm	110×110	110×110	95×95
T=13.5cm	43cm	105cm	43cm	105×105	105×105	90×90
T=11cm	42cm	110cm	42cm	100×100	100×100	90×90
T=20cm	40cm	65cm	40cm	95×95	95×95	90×90
T=21cm	38cm	87cm	38cm	87×87	87×87	87×87
T=30cm	37cm	80cm	37cm	80×80	80×80	87×87
T=41cm	34cm	70cm	34cm	70×70	70×70	80×80

- 명에 간격은 파이프씨포트 설치 간격에 맞추어 간격을 줄여야 한다.
- 거푸집은 T=12mm 합판, 장선, 명에는 90×90mm 각재 사용을 기준으로 한다.
- 거푸집동바리 높이가 4m를 초과하는 경우에는 보조지주 사용을 원칙으로 한다.
- 거푸집동바리 부재는 '위험기계 기구 방호장치 성능검증에 적합한 제품으로 가설기자재 재사용 성능기준 : 『KOSHA CODE C-1-2001』에 적합한 부재를 기준으로 한다.

(거푸집동바리 조립기준표)

나. 보



보 단면 (폭×높)	Pipe support 설치 간격(단일부재 사용의 경우)					
	높이 3.9m 이하		높이 3.9m 초과 4.2m 이하		높이 4.2m 초과 5.0m 이하	
	1개·2개 교대지지	2개씩 지지	1개·2개 교대지지	2개씩 지지	1개·2개 교대지지	2개씩 지지
30×60	100	115	100	115	85	115
30×70	90	110	90	110	75	110
40×60	80	110	80	110	65	110
40×70	70	105	70	105	55	100
40×80	60	100	60	100	50	80
50×90	40	90	40	90	35	60

- 멩에는 90×90mm 각재 사용을 기준으로 한다.
- 파이프서포트 설치간격 중 '1개·2개 교대지지'는 멩에받이 밑에서 1번은 파이프서포트 1개를 설치하고, 1번은 파이프서포트 2개를 교대로 설치하는 방법이다.
- 거푸집동바리 높이가 4m를 초과하는 경우에는 보조지주 사용을 원칙으로 한다.
- 거푸집동바리 부재는 '위험기계·기구 방호장치 성능검정'에 합격한 제품으로 '가설기자재 재사용 성능기준 : KOSHA CODE C-01-2001'에 적합한 부재를 기준으로 한다.

5. 거푸집동바리 구조검토 예시

현장 조건에 따른 여러 종류의 하중에 대하여 각 부재의 경제성, 안정성을 확보할 수 있도록 거푸집동바리에 대한 구조검토를 실시한다.

가. 거푸집동바리 구조검토 Flow

① 허용 변형량 설정

- \* 휨 Moment : 부재에 작용 응력  $ob \leq$  허용휨응력  $Fb$
- \* 전단력(강재) : 부재에 작용 응력  $F \leq$  허용전단응력  $Fs$
- \* 최대처짐량 : 부재의 처짐량  $\delta \leq$  허용처짐량  $\delta_{max}$

② 하중의 산정

- \* 고정하중(Conc Load) : CONC 자중  $(\gamma \times t) \text{kg/m}^2$
- \* 충격하중(Impact Load) : 고정하중의 50%
- \* 작업하중(Working Load) :  $150 \text{kg/m}^2$
- \* 지진하중 : 전하중  $\times 1.2$
- \* 거푸집하중(Form Load) :  $60 \text{kg/m}^2$  - 무시
- \* 풍하중 : 벽면적 기준  $50 \text{kg/m}^2$

③ 거푸집널의 검토

- \* 합판 두께 : 합판의 단면성능 검토
- \* 장선배치 간격 결정 :
  - 장선재 단면성능에 따른 배치간격 결정
  - 휨Moment : 합판에 작용 응력  $ob \leq$  허용휨응력  $Fb$
  - 최대처짐량  $\delta_{max}$  : 합판의 처짐량  $\delta \leq$  허용처짐량  $\delta_{max}$

④ 장선의 검토

- 멩에 배치간격 결정
  - 장선 배치간격에 대한 하중산정
  - 멩에재 단면성능에 따른 배치간격결정
  - 휨Moment : 장선에 작용 응력  $ob \leq$  허용응력  $Fb$
  - 최대처짐량  $\delta_{max}$  : 장선의 처짐량  $\delta \leq$  허용처짐량  $\delta_{max}$
  - 전단검토 : 장선에 작용하는 전단응력  $F \leq$  허용전단응력  $Fs$

⑤ 멩에의 검토

- 동바리의 배치간격 결정
  - 장선 배치간격에 대한 하중산정
  - 멩에 배치간격 검토
  - 휨Moment : 멩에에 작용 응력  $ob \leq$  허용응력  $Fb$
  - 최대처짐량  $\delta_{max}$  : 멩에의 처짐량  $\delta \leq$  허용처짐량  $\delta_{max}$
  - 전단검토 : 멩에에 작용하는 전단응력  $F \leq$  허용전단응력  $Fs$

⑥ 동바리의 검토

멩에 배치간격에 대한 동바리 배치검토

⑦ 종합검토

최적 설계에 대한 검토(합판, 장선, 멩에, 가설재 배치간격)

⑧ 표준조립 상세도

구조검토 결과에 의한 가설재 배치도 작성

나. 구조검토 순서

① 하중계산

가설물에 작용하는 하중 및 외력의 종류, 크기를 산정함

② 응력계산

하중 · 외력에 의하여 각 부재에 생기는 응력을 구함

③ 단면계산

- 각 부재에 생기는 응력에 대하여 안전한 단면을 결정함
- 구조검토 기준, 가정조건 등을 구체적으로 명기한다.
- 계산은 힘의 흐름 순서에 따라 차례로 한다.
- 표준 구조 상세도면을 작성하고 사용부재의 재질, 간격, 접합방법, 긴결철물 등을 상세히 기재한다.

6. 재해 예방 대책

가. 거푸집 동바리 구조의 안전성 확보

층고가 높은 구조물의 Slab 거푸집 동바리는 그 높이와 상재하중에 따라 구조적으로 안전성을 확보할 수 있는 구조로 설계 시공하여야 한다.

① 거푸집 동바리의 높이가 H=5m 이내인 경우

Pipe Support(검정품)로 설계하되 그 간격을 본당 축하중이 Support 종류별(V1~V5) 허용하중 이내가 되도록 결정하고, 시공, 재료 등의 오차를 고려 안전율 SF=1.3 적용 또한 높이 3.5m 이상인 경우 수평 연결재로 비계Pipe와 Clamp를 사용 양방향으로 직교 설치

② 거푸집 동바리 높이가 H=5~6m인 경우

일부 6m 높이의 비 검정 Pipe Support 가 통용되고 있으나 허용하중이 공시되지 않음 부득이 사용할 경우 안전율 SF=1.5로 적용하고, 허용하중을 500kg 이하로 보아야 함

③ 거푸집 동바리 높이 H=6m 이상인 경우

- 원칙적으로 Pipe Support를 2단 이어서 사용하는 것은 피하여야 한다. Pipe Support 이음부에 체결할 Bolt 나 전용철물이 개발되어 있지 않으며 좌굴 허용하중의 문제점 미해결 상태임
- 틀비계를 1단 또는 2단 설치하여 하부 1.7 또는 3.4m 부분에 저판을 형성하고, 그 상부에 Pipe Support를 설치, 이때에도 Support 위치에 따라 부분 침하에 유의, 안전율을 크게 하여야 함.
- 거푸집 동바리 높이가 10m 이상 높은 경우 기둥 완성 후 Beam 부재로 H형 강재를 설치하고 거푸집 대용의 Deck Plate를 사용하는 공법도 거푸집 동바리 설치 자재 · 인건비, 안전성 등과 비교 검토 요함

나. Beam 부분 거푸집 동바리 별도 설계

거푸집 동바리 구조 검토 시 Slab와 Beam을 별도 검토, Beam 부분에 대한 거푸집 동바리를 별도로 설계 · 시공하여야 함

다. 콘크리트 타설 순서

- 거푸집 동바리 높이가 높은 구조물에서 콘크리트 타설순서 중요
- 기둥 그리고 Beam 의 순서로 먼저 콘크리트를 타설하고 양생된 후에 Slab를 타설하면 기둥, Beam 이 하중으로 작용하지 않고 오히려 일부 Slab 하중을 감당하여 거푸집 동바리 설계를 감량할 수 있음 ☺

