

# 동바리 作業安全

## 박 일 철

우리 협회 회원

한국산업안전공단 산업안전연구원

토목·건축 연구실 책임연구원

### 〈목 차〉

- 1. 서론
- 2. 공사계획
  - 2-1 사전조사
  - 2-2 시공계획
- 3. 시공
  - 3-1 재료
  - 3-2 기초시공
  - 3-3 조립작업
  - 3-4 해체작업
  - 3-5 가설기자재의 관리
- 참고문헌

## 1. 序 論

국내 건설공사의 사고는 대부분이 건설도중에 가설공사에서 붕괴사고가 많이 발생하고 있으며, 그 중에서도 거푸집 및 동바리 붕괴사고가 대부분으로 건설공사 사고의 주요 원인이 되고 있다.

건설공사에서의 거푸집 및 동바리 붕괴·도괴 재해는 대형의 물적 피해는 물론이고 다수의 희생자를 동반하는 중대재해가 된다.

동바리 붕괴사고는 여러가지 원인이 있겠으나

주된 요인을 보면,

첫째, 조립이나 해체작업의 용이성 요구로 불안정한 구조로 되는 경우가 많고

둘째, 설계사양이 세부사항까지 정확히 고려되는 경우가 거의 없고 또한 시공계획이 현장 근로자에 의해 이루어지는 일이 태반이다.

셋째, 안전성을 확인하지 않은 채 설계, 계획된 사항을 변경하여 공사를 하며

넷째, 공사비의 부족, 공사일정의 촉박으로 조사 및 계획을 소홀히 하게 됨 등을 원인으로 들 수 있다.

이러한 거푸집 및 동바리는 공사의 규모, 공사내용에 부합되도록 각종의 구조형식이 개발되어 사용되고 있으나, 본고에서는 현장타설 콘크리트에 의해 시공되는 동바리의 조립·해체작업의 공사계획 및 동공사 시공도중에 일어나는 붕괴, 도괴재해 예방을 위한 안전활동에 효과적으로 활용할 수 있도록 기초적인 이론 및 방법을 제시한다.

## 2. 工 事 計 劃

### 2-1 事 前 調 査

거푸집 및 동바리공의 시공계획을 수립할 때에는 사전에 다음 사항에 대해서 충분한 현지조사를 실시하고 공사시공에 영향을 미치는 조건에 대하여 정확히 파악하여 공사의 작업성·안전성·경제성을 충분히 고려한 시공계획을 수립하도록 한다.

1. 지형 및 지반조사
2. 주변구조물 등의 영향조사
3. 기상조사
4. 설계도서에서의 본체구조물 개요
5. 하중 검토

## 2-2 施工計劃

시공계획에는 공사규모, 공기, 상부구조형식 및 형상, 치수와 가설높이, 기초지반조건 등과 또한 현지의 기상조건, 수문정보 등의 시공 제조건을 반드시 고려하여야 한다.

### (1) 공사관리

공사수행에 대한 공정계획, 일정계획, 자원의 활용계획 등을 수립하여 일정 및 자원관리의 효율화를 기하고 공사안전을 도모하기 위해 안전보전관리체제를 조직하여야 한다.

그리고 공사내용 변경 등에 의하여 계획내용이 실제 공사내용과 합치되지 않을 때에는 공사계획을 즉시 수정하여 예상외의 상황에 대처하도록 한다.

### (2) 시공계획서의 사전평가

교량 등 주요구조물의 거푸집 및 동바리 시공계획서 작성이 완료된 경우 시공중의 붕괴·도괴재해, 근로재해예방, 제3자 피해 등에 대한 적절한 조치가 강구되어 있는지에 대해 설계시공에 경험이 있고 안전관리의 업무에 실무가 있는 전문가에 의해 안전성 평가를 하도록 한다.

또한 높이 3.5m 이상의 동바리를 설치하는 경우와 특수한 구조의 거푸집 및 동바리를 설치 사용하는 경우에는 산업안전보건법 제48조 유해위험방지계획의 심사 및 확인 등 관련 법규의 이행을 필요로 한다.

## 3. 施 工

가설구조물은 일반적으로 영구구조물에 비해 골조의 구성이 복잡한 것이 많고 부재의 결합도 불완전한 것이 많다. 따라서 동바리의 시공은 설계에 의도된 내용이 충실하게 반영될 수 있도록 시공하여야 한다.

조립도에서 부재의 배치나 이음부위 등의 상세가 불명확한 경우에는 설계자에게 문의하여 도면을 정확하게 이해하고, 시공에 착수하여야 하고 조립도대로 시공할 수 없는 경우에는 설계가 의도하는 바의 제조조건에 만족할 수 있도록 대처하여야 하고 변경이 있을 경우에 작업책임자는 현장 책임기술자의 협의를 하여 시공하여야 한다.

또한 작업책임자는 거푸집 및 동바리의 조립·해체작업에 경험이 있는 사람을 선임하여 작업을 직접 지휘하도록 하며, 거푸집작업 이외의 작업자, 예를 들면 철골사업자가 H형 강제의 동바리 조립·해체작업을 할 경우에도 기 선임된 작업책임자의 지휘하에 공사를 수행하도록 한다.

### 3-1 材料

거푸집 동바리에 사용하는 재료는 손상, 변형, 부식 등 결점이 없어야 하며, 소요 강도·강성을 갖는 것으로서 다음 규정 이상이거나 동등 이상이어야 한다.

(1) 거푸집 재료

- ① 합판은 KS규격에 적합하여야 한다.
- ② 금속제 거푸집 판넬은 금속제 거푸집 판넬에 적합한 것으로서 KS규격 이상이어야 한다.

(2) 동바리 재료

- ① 목재는 강도상 결함이 되는 깊은 웅이, 썩은 마디, 벌레먹음, 부식, 변형 등이 없고 목피가 제거된 것이어야 한다.
- ② 강재는 KS D3503(일반구조용 압연강재), KS D3515(용접 구조용 압연강재), KS D3566(일반구조용 탄소강관), KS B1002(육각볼트), KS B1012(육각너트), 또는 KS B1010(마찰용접용 고력육각볼트·육각너트·평좌금세트)에 적합한 것 혹은 이것과 동등 이상의 것이어야 한다.
- ③ 기성가설재 및 조립재료는 KS규격과 노동부 장관이 정하는 구조규격 등에 적합하여야 한다.

3-2 基 礎

기초형식에는 직접기초, 말뚝기초, 기존 구조물의 푸팅을 이용하는 기초 등을 들 수 있으며 각각의 기초를 선정함에 있어서는 지지되는 구조의 종류, 지주의 구조와 내력, 지반의 성질, 지형조건 등의 제조건을 고려하여야 한다.

기초시공에 있어서는 계획 및 설계에서 설정한 지반내력, 평탄성, 위치 등 조건을 만족하고 침하, 전도, 수평이동에 대해서 충분히 안전하도록 시공하여야 하며 시공관리상 지반의 지내력 등 특성치의 확인이 필요한 경우에는 지반조사를 행하여야 한다.

(1) 기초 지반조사

기존의 자료가 있는 경우에는 사전에 지형,

지표의 지질조사, 보링 데이터 등을 조사하고 직접기초의 경우 필요에 따라서 재하시험을 하고 탄성침하량 등을 파악하는 것이 좋다.

재하시험을 실시할 경우에는

- ① 그 부분의 지반을 대표할 수 있는 곳을 선정하고
- ② 재하시험의 위치는 지반의 상황, 면적에 의해 결정하며
- ③ 특히 지하수 등이 예측되는 경우에는 재하판을 크게 하여 지내력을 과대 평가하게 되는 우려를 범하지 않도록 주의하여야 한다.

그러나 재하시험에서의 하중이 지반에 주는 영향범위는 그 재하폭에 따라서 결정되므로 재하시험에 의한 방법은 얇은 지층에서만 판결할 수 있다.

따라서 깊은지층에 대한 지반의 허용지지력은 표 3.1을 참고로 한다.

표 3.1 지반의 허용지지력

기초지반의 종류		고려될 사항		허용 지지력 (tf/m <sup>2</sup> )
		N치	일축압축강도 (tf/m <sup>2</sup> )	
압 반	균열이 적은 균일한 경암	-	1000	100
	균열이 많은 경암	-	1000	60
	연암	-	100	30
자갈층	조밀한 상태	-	-	60
	느슨한 상태	-	-	30
사질 지반	조밀한 상태	30~50	-	30
	적정상태	20~30	-	20
점성토 지반	매우 경질인 상태	15~30	20~40	20
	경질상태	8~15	10~20	10
	적정상태	4~8	5~10	5

(2) 직접기초

직접기초의 시공에는 부동침하가 일어나지 않도록 접지면을 평탄하게 마무리하고 충분한 체결을 함과 더불어 콘크리트 혹은 각재, H형강 등으로 지주를 보강하여야 한다.

특히 서로 다른 기초(예를 들면 기설구조물의 기초와 직접기초의 경우)가 혼재하여 동일한 지지력이 얻어지지 않는 경우에는 지주균을 기초로 하는 것은 피하는 것이 통례이나 부득이 서로 다른 기초가 혼재할 경우에는 부동침하에 대하여 충분한 검토를 하여야 한다.

### (3) 기설구조물을 이용한 기초

기설구조물을 기초로 하여 이용할 때에는 지보공 각부의 침하, 수평이동, 전도 등을 방지하기 위해 기설구조물과 일체가 되도록 기초 콘크리트를 시공하여야 한다.

또한 기초 콘크리트는 소규모로 되는 경우가 많으므로 양생에 세심한 주의를 기울여야 하고 설계강도를 얻을 수 있도록 콘크리트를 배합하여 사용하여야 한다.

### (4) 말뚝기초

지반이 연약하고, 지지층이 깊으며 또한 기간이 긴 보식 등바리의 시공에서 하중이 큰 경우 지주식 등바리의 기초로서 통상 H형강 등에 의한 말뚝기초로 하는 경우가 많다.

말뚝기초를 시공할 경우에는 시공관리가 매우 중요하며 부실한 시공이 되었을 경우 침하 등을 일으키고 곧바로 등바리 도피에 이르는 수가 많으므로 다음 사항에 주의하여 시공하도록 한다.

① 말뚝은 정확하게 근입시키고 근입중 말뚝머리를 편타하지 않도록 한다.

② 말뚝의 근입 완료는 말뚝의 근입깊이, 일타당의 관입량, 총타격 횟수 등의 근입조건에 따라 결정된다.

③ 말뚝은 예상되는 작용하중에 충분한 지지력을 받을 수 있도록 지지지반에 관입시켜야 한다.

④ 말뚝의 중심선과 지주중심의 변화에 의한 휨모멘트, 수평력 등이 발생되지 않고 하중이 균

등하게 적용하게 작용하도록 파일간격을 설정하여 타입하여야 한다.

### (5) 브래킷용 앵커

브래킷은 보식 지보공의 지점이 되는 중요한 부분이므로 하중이 앵커 볼트에 균등하게 전달되도록 앵커볼트의 부착 정도를 확보하는 것이 중요하고 앵커볼트 주변에서의 콘크리트 타설작업은 캐치플레이트 등을 이용하여 철근 등에 확실하게 고정하고 앵커볼트를 이동시키지 않도록 바이브레이터 등의 직접 접촉을 피하도록 하여야 한다.

## 3-3 組立 作業

등바리의 설계에는 골조의 중요부재 단면결정에 치우치는 경우가 많고 부재의 접합부 등의 세부까지 고려되는 경우가 적어 설계자의 의도가 충분히 반영된 내력 및 안전성이 확보되는 것이 드물다.

따라서 설계자 또는 설계의도를 충분히 파악할 수 있는 상세한 시공도를 작성하고 지주, 받침보, 사재, 수평연결재 등 부재의 배치 및 치수, 부착, 결속방법 등을 확인하여 시공요류가 없도록 하고, 구조적인 전체의 안전성 확보를 위하여 매달음, 보조사재, 보조연결재 등의 가설재가 시공도에 기입되어 있는 경우에는 작업수순의 관계를 조정하여 시공하도록 한다.

또한 등바리의 조립에 있어서 부재의 변경, 시공시의 표고조정, 해체의 작업성을 좋게 하기 위하여 췌기, 재키 등의 조절재가 많이 사용되고 있으나 이들의 사용개소는 구조상 편 결합이 되고 조절재 상하의 수평이동이 구속되지 않는 경우 수평 차에 의해 전도되기가 쉽고 또한 부재의 안전성 및 좌굴에 대한 저항성이 약한 구조적 결합이 된다.

따라서 이러한 조절재는 꼭 필요한 부분에 한정하여 최소한으로 사용하도록 한다.

(1) 거푸집, 지주, 브래킷 및 받침보의 조립

① 거푸집은 콘크리트중량, 작업하중 및 자중을 지탱하고 이들 하중들을 편실이 되지 않도록 지보공에 전달하도록 조립하여야 한다.

② 지주는 각부를 기초에 고정함과 더불어 사재, 수평연결재 등에 의해 체결하는 구조로 조립하여야 한다.

③ 브래킷은 조립도에 따라 콘크리트 중에 매립된 앵커 등에 확실하게 설치하여야 한다.

④ 브라켓 위에 설치하는 가로 및 세로보는 조립도에 정해진 대로 그 설치위치를 엄수하여야 한다.

⑤ 보는 횡전도를 방지하기 위해 상호간에 횡연결을 설치하고 조립도대로 받침부와 세로보의 설치치수를 확보하여야 한다.

(2) 동바리의 이음 및 접합부의 시공

동바리의 이음매, 접합부는 작용하는 연직방향 하중, 수평방향 하중을 확실하게 기초까지 전달되어지도록 하고 동바리 전체의 안전성을 보유하기 위해 중요한 역할을 하므로 동바리 전체의 소요의 강도, 강성이 얻어지도록 확실하게 시공하여야 한다.

(3) 솟음(CAMBER)

본체 구조물이 설계도대로 만들어지기 위하여는 시공중에 발생할 수 있는 동바리의 변위 및 본체 구조물의 변위를 고려하여 적절한 솟음을 두어야 한다.

동바리의 변위를 발생시키는 요소로서는 본체 구조물의 탄성변위량, 콘크리트 creep에 의한 변위량, 동바리 처짐, 부재의 탄성변형, 이음부 위치의 유격과 재키의 수축, 목재의 건조수축 및

동바리 기초의 탄성, 소성침하가 고려된다.

탄성변형량을 계산하는 경우 영계수나 부재이음부의 수축량의 가정이 타당하더라도 거푸집, 수평재, 연결재에서 변위가 방해되거나 부동변위가 나타난 경우 계획과 다른 변위가 나타난다.

① 허용처짐량

일반적으로 콘크리트 타설에 의해 발생하는 보식 동바리의 허용처짐량은 표 3.2를 참조한다.

표 3.2 허용처짐량

시간: l	보 식 지 보 공			
	5m 이하	10m 이하	15m 이하	15m 이상
허용처짐량	l/200	l/300	l/400	l/400~l/500

② 지주의 탄성수축량 계산

지주의 탄성수축량을 계산하는 데는 보의 경우와 같이 영계수를 이용한다. 지주의 수축량( $\Delta L$ )은 다음 식에 의해 계산된다.

$$\Delta L = \frac{PL}{EA} (m)$$

여기서 L : 지주의 길이(m)

P : 연직하중(kgf)

E : 영계수(kgf/m<sup>2</sup>)

A : 단면적

③ 이음매의 변위량

이음매의 변위량은 종방향 이음매의 정도, 재질에 따라 변하는데 개략의 값은 표 3.3과 같다.

표 3.3 이음매의 변위량

부 재	변위량(mm)
강지주-강주	0.5~1.0
강지주-목재	1.0~2.0
강지주-강관	0.5~1.0
목재-목재(섬유방향-섬유방향)	1.0~2.0
목재-목재(섬유방향-직각방향)	0.5~1.0
목재-목재(직각방향-직각방향)	1.0~2.0
砂 籍	3.0~6.0

표 3.4 동바리 시공 확인 점검항목

구 분	확 인 항 목	확인결과	산안법 기준
전반	조립도에 의한 조립 여부		안전규칙 359조
	사용부재의 손상, 변형, 부식		" 367조
기초지반	강우시의 느슨해진 상태		" 362조
기초 콘크리트	부재치수(길이, 폭, 두께)		" 365조
	평탄성		
	콘크리트 강도		
재키받침 (띠장)	부재의 변형 유무		" 363조
	수평도		
	스티프너에 의한 재하점 보강		
재키	상하부재에 대한 볼트 고정상태		" 364조
	상하부재 중심과 재키중심의 합치		
	연직도		
	전도방지 조치		
	재하성능의 여유능력		
	최대 스트로크에 대한 여유		
조정피스	볼트에 의한 피스		" 364조
지주받침보	부재변형의 유무		" 363조
	수평도		
	스티프너에 의한 재하점 보강		
지주	부재변형의 유무		" 363조
	연직도		
	횡연결재(수평연결재)의 설치		
	사재의 설치, 사재접합부의 강도		
	기설 콘크리트에 연결재 설정		
	볼트에 의한 고정, 접합, 이음부		
띠장	부재의 변형 유무		" 363조
	수평도		
	스티프너에 의한 재하점 보강		
브래킷 및 앵커볼트	볼트의 체결 갯수		" 363조
	볼트위치의 확보(콘크리트 타설 대비)		" 364조
	볼트구멍의 상태, 용접 여부		" 366조
받침보	지주받침보와 받침보 또는 브래킷과 볼트의 체결 여부		"
	횡전도방지구조의 간격		
	메이커의 사양에 의한 조립 확인		
콘크리트 타설시 동바리 점검	기설 콘크리트, 받침보에서의 뒤틀림 방지용 캠버재, 스페이서의 설치		" 365조

표 3.3의 값은 허용지압 능력내에서의 수치이다. 고, 그 값을 초과하면 소성변형을 나타내고 콘크리트 타설 후에 구조물에 좋지 않은 영향을 준

(4) 조립도의 검토 및 시공 정도

동바리의 설계에는 표준화된 모델을 이용하여 계산하는 것이 일반적이다. 그 결과 실제로는 부재 상호간의 중심차이 등 시공시의 오차에 기인하는 2차적인 작용력이 발생하는 것이 고려되지 않는 경우가 있으므로 동바리 작업책임자는 부재조립에 따른 허용오차, 허용편심량 등을 미리 규정하고 이 허용치를 기준으로 하여 조립되는 것을, 표 3.4의 항목을 중심으로 확인하여야 한다.

### 3-4 解體 作業

동바리를 해체할 때에는 콘크리트의 자중, 기타 하중에 필요한 강도에 도달하였는가를, 현장과 동일한 조건에서 양생된 공시체를 이용하여 확인하고 충격에 의해 균열 혹은 부서져서 손상될 우려가 있으므로 충격을 주지 않도록 한다.

#### (1) 해체시기

해체시기의 결정에는 시멘트의 종류, 배합설계, 혼화재 사용, 부재의 크기, 받는 하중, 구조물의 종류, 중요도, 천후, 기온 등을 고려하여야 하며 건설부 제정 콘크리트 표준시방을 참고한다.

표 3.5 거푸집 존치기간

시멘트의 종류	부재단면의 거푸집	부재저면의 거푸집	span 6m 미만 의 아치샐들	span 6m 이상 의 아치샐들
보통포틀랜드 시멘트	3~4일	7일	10~15일	14~21일
조강포틀랜드 시멘트	1~2일	2~4일	7~10일	8~14일

#### (2) 해체순서

동바리의 해체가 진행됨에 따라 구조물의 자중이 동바리로부터 구조물 자체의 능력으로 지탱이 되도록 옮겨가므로 이때 설계시 예상치 못

한 유해응력이 발생치 않도록 비교적 하중을 받지 않는 부분부터 해체하고, 순차적으로 중요한 부분을 해체한다.

예를 들면 기둥, 벽 등의 연직부재의 거푸집은 슬래브, 보 등의 수평부재의 거푸집보다 빨리 해체하는 것이 동례이고, 보의 양측면 거푸집은 지반측보다 빨리 철거한다.

동바리의 해체는 지주 두부에 설치한 재기를 풀어 콘크리트 하중을 제거하고 다음과 같은 순서에 의해 실시하도록 한다.

① 축 방향 span의 중앙 동바리부터 양단 지지부 쪽으로 대칭으로 진행하고, 작업상황에 의해 부득이한 편측 해체의 경우 응력에 대해 검토를 한 후에 실시한다.

② 연속보의 경우 전체구조물의 콘크리트 타설이 종료되기 전에 동바리의 일부를 해체하는 경우 응력에 미치는 영향을 면밀히 검토하여야 한다.

③ T형 보의 교축 직각방향에서는 flange를 지지하는 지주들 web의 지주보다 빨리 철거한다.

④ 시멘트의 수화열에 의해 콘크리트의 내부 온도가 높은 때에는 거푸집을 해체하면 균열이 발생할 우려가 있으므로 탈형시기에 주의한다.

⑤ 프레스트레스를 줄 때 지지단이 미끄러지지 않거나 동바리가 구조물의 미끄러짐을 방해하거나 하여 구조물의 수축을 구속하면 소정의 프레스트레스를 줄 수 없게 된다. 또한 보식 거푸집 지보공에서는 타설된 콘크리트 중앙에 의한 보의 탄성변위량이 크고 프레스트레스 도입에 따른 구조물의 휨 등에 의해 동바리가 떨어지지 않든가 받침보의 복원에 의한 상향력을 받을 수 있으므로 프레스트레싱과 동시에 동바리를 침하시키는 등의 조치를 하여야 한다.

### 3-5 既成 假說機資材 使用

건설공사에서는 비계, 동바리 등의 각종 가설비가 사용되고 있으며 이러한 설비를 구성하고 있는 부재(가설기자재)는 장기간에 걸친 반복 사용으로 인한 강도의 저하가 현저하다.

이러한 가설기자재의 강도 저하는 비계나 동바리의 붕괴·도괴 등 중대재해를 일으키게 되고 이러한 중대재해를 방지하기 위하여는 가설기자재가 일정기준에 의해 적절하게 관리되고 항상 결함이 없는 충분한 강도를 갖는 기자재의 사용이 중요하다.

이에 따라 가설구조물의 안전성을 확보하기 위해 91년 산업안전보건법 제33조 제3항 및 제5항의 규정과 동법 시행령 제27조에 의거, 추락 및 붕괴 등의 위험방지에 필요한 파이프서포트, 강관틀 비계 등 17종에 대하여 노동부 고시 제 91-101호(가설기자재 성능검정 규격)로 사용재료 및 구조규격, 기타의 기계적 성질에 대하여 정하고 이 규격이 적용되는 가설기자재에 대해서는 노동부 고시 92-103호(위험기계기구 방호장치 성능검정절차에 관한 규정)에 의해 검정을 필한 합격품에 한하여 생산 및 사용을 하도록 하고 있다.

또한 가설기자재 중에서 상기의 규격 등이 적용되지 않는 가설기자재에 대해서는 사용할 때의 하중조건에 따라 강도 등이 충분한 것을 자체 검사를 통해서 확인하고 이 경우 안전성의 확인 방법에는 제조회사의 시험성적, 성능자료 등을 면밀히 검토하고 결정하도록 한다.

또한 가설기자재는 신품으로 규격 등에 적합한 것이었어도 오랜 기간의 사용 또는 반복사용 등에 의한 강도 저하의 우려가 있으므로 현장에서 이러한 제품을 반입할 경우 관리기준 등을 설정하고 현저한 부식, 손상, 변형 또는 이상이 확인될 것을 사용하여서는 아니된다.

### 참 고 문 헌

1. 산업안전보건법, 시행령, 안전기준에 관한 규칙
2. 土木學會 콘크리트 標準示方書
3. 건설부, 감리업무수행 지침서, 1994
4. 건설부, 도로교 표준시방서, 1992
5. 假說工業會, 假說機材の構造基準とその解説
6. 假說工業會, 經年假說機材の管理に關する技術基準と解説
7. 建設業勞動災害防止協會, 橋梁建設工事に係わる 型わく支保工技術指針・同解説(平成 5 年)
8. オ-ム社 森宣制監修 型わく支保工工事實務マニュアル
9. ACI Committee 347, Formwork for Concrete
10. DIN 4421, Falsework, calculation, design and consutruction

### 〈사보쪽지〉

패자는 1%의 지질에 지만하고 승자는 99%의 노력에 승부를 겁니다.

패자는 변화를 위기로 생각하고 승자는 변화를 기회로 생각합니다.

패자는 오늘 주어진 기회를 내일로 미루고 승자는 오늘 주어진 기회를 오늘 최대한 활용합니다.

- 「무림가족」 '94. 9. 10월호에서 -