

철근콘크리트 공사의 작업안전

-철근가공·조립작업/거푸집작업-

1. 개요

철근콘크리트 공사는 철근가공·조립작업, 거푸집 및 거푸집동바리 제작·조립·설치·해체작업, 콘크리트 운반·타설·양생작업, 정리정돈작업 등이 포함되는 공정으로 건설공정 중 가장 많은 재해가 발생되고 있다.

재해는 안전성이 검증되지 않은 재료의 이용 등으로 인한 빈번한 붕괴 및 도괴와 콘크리트 타설 중 거푸집 동바리의 붕괴 재해 등 그 원인도 다양하다.

따라서 철근콘크리트 작업에 있어 근원적인 예방대책을 수립·시행하고, 근로자들은 철저한 안전작업을 실시해야 할 필요가 있다. 이번 달에는 철근콘크리트 작업에 있어 가공·조립작업과 거푸집 작업에 있어 위험요인을 알아보고 그에 대한 재해예방대책에 대해 무엇이 있는지 찾아본다.

2. 철근콘크리트 안전작업 흐름도

작업순서	위험요소
1 안전작업계획서 작성	
2 자재반입	협착, 장비전도, 낙하·비레, 충돌 등
3 자재 운반	협착, 장비전도, 낙하·비레, 요통 등
4 철근가공·조립	추락, 협착, 전도, 감전
5 거푸집 제작·조립	붕괴·도괴, 추락, 낙하·비레, 감전
6 콘크리트 타설	붕괴·도괴, 추락, 감전
7 콘크리트 양생	붕괴·도괴, 질식, 화재
8 거푸집 해체	추락, 낙하·비레, 붕괴·도괴, 찢림
9 정리정돈 및 운반	추락, 낙하·비레, 협착

3. 위험요인

가. 철근조립·제작 작업의 위험

(1) 철근 상세도가 안전성이나 시공성에 대한 고려 없이 설계

철근 상세도에 철근의 이음개소를 주로 8m 철근을 기준하여 표시하고 있어, 철근 6~8m 정도의 길이를 수직으로 조립함으로써 작은 횡력이나 충격 등에 의해 서쉽게 도괴가 발생한다.

(2) 철근조립작업을 작업편의상 이음개소 없이 무리하게 시공

옹벽이나 기둥의 높이가 8m 이상인 경우 철근 상세도에 8m 마다 이음 1개소를 두도록 설계되어 있으나, 작업편의상 철근 이음없이 작업하기 위하여 10m 길이의 장철근을 반입하여 수직 조립 도중 철근의 도괴가 발생한다.

(3) 철근의 이음위치에 대한 상세한 검토 미흡

철근도괴사고는 대부분 푸팅 콘크리트(Footing Concrete)가 타설되지 않은 불안정한 상태에서 벽체 및 기둥 등 수직 철근을 높게 설치하다 편하중 등에 의해 도괴가 발생되고 있으나, 철근 이음위치에 대한 사전 검토가 미흡하다.

(4) 철근도괴방지조치 미흡

철근 도괴방지를 위하여 강관파이프, 와이어로프, 각재 등으로 일정 간격마다 임시 버팀을 설치하여야 하나, 부적절한 임시 버팀대 사용, 수직 철근으로 장철근을 사용함으로써 장철근을 세우기 위한 작업공간의 확보가 필요하여 기설치된 버팀대의 일부를 해체한 후 작업하는 과정에서 작업자의 하중 등에 의한 편하중에 의해 철근이 도괴된다.

(5) Footing 철근 배근 후 Footing 철근 위에 벽체도

는 기동용 철근 등의 자재를 적치하여 횡방향의 편하중으로 Footing 철근이 도괴된다.

⑥ 터널 라이닝 콘크리트 철근 조립시 철근 처짐 방지 조치 미흡

터널 단면이 큰 경우 라이닝 콘크리트 철근 배근 작업 중 철근 자중을 지지하기 위하여 앵커 설치 등의 방법으로 철근이 처지지 않도록 하여야 하나, 앵커 매입 깊이 및 설치 수량 부족으로 아치(Arch) 상부 철근이 무너져 내린다.

⑦ 슬라브 거푸집 또는 데크 플레이트(Deck Plate) 등의 상부에 철근을 1지간(Span)내에 과적하여 하부 거푸집 동바리 또는 데크 플레이트가 하중을 지지하지 못하고 붕괴한다.

⑧ 작업발판, 안전난간, 경사로 등 철근 조립용 안전가시 설 설치 미흡으로 인하여 재해가 발생한다.

⑨ 안전모, 안전대 등 안전보호구를 착용하지 않았다.

나. 거푸집 작업의 위험

① 안전가시 설 설치 상태 미흡

① 작업발판 설치 상태 미흡

- 작업여건에 맞는 안전한 작업발판 미설치
- 거푸집 조립 · 해체시 필요한 작업발판에 안전난간을 미설치하여 작업시 몸의 중심을 잃고 추락
- 작업발판의 발판재로 목재 각재 1~2개를 사용함으로써 견고하지 못해 근로자 작업 중 발판재가 부러지면서 추락
- 작업발판상에 자재를 적치하여 잘못 밟아 중심을 잃고 추락

② 이동식 비계(BT) 설치 상태 미흡

- 승강설비를 미설치한 상태에서 이동식 비계의 임의 부재를 밟고 승강시 실족하여 추락
- 안전난간을 미설치하여 근로자 작업시 몸의 중심을 잃고 추락
- 이동식 비계의 고정조치를 미실시하여 이동식 비

계가 전도되면서 추락

- 작업발판의 발판재가 견고하지 못해 근로자 작업 중 발판재가 부러지면서 추락
- 각륜에 비취 구름방지장치를 고정시키지 않고 작업하다 이동식 비계의 유동으로 인해 추락
- 이동식 비계에 탑승한 채로 이동 중 이동식 비계가 전도되면서 추락

③ 개구부 방호 조치 미흡

- 안전난간 미설치
- 개구부 덮개 미설치
- 개구부 미고정 및 덮개에 표시 미부착

④ 추락방지망 미설치 및 개인보호구 미착용

② 거푸집 인양 작업 방법 불량

- ① 갱폼 등을 타워 크레인으로 고정하지 않은 상태에서 폼 타이볼트 등을 미리 제거함으로써 자중에 의해 거푸집 낙하, 이 때 지지하는 볼트 수량이 많지 않아 볼트가 파손되면서 종종 발생

② 거푸집 인양용 기계 · 기구 설치 불량

- 인양용 삼각대 지지선(Guy Rope)으로 철선 사용
- 인양용 삼각대 재료 및 구조, 고정 방법 불량

③ 철선 또는 가는 철선으로 거푸집 인양 고리를 만들어 사용하던 중 인양 고리가 파단되어 추락 또는 낙하

④ 인양 후크에 해지장치를 미설치하여 인양물이 후크에서 빠져서 낙하

③ 갱폼 제작 불량

① 갱폼의 작업발판에서 구조물로 안전하게 이동할 수 있도록 통로를 확보하지 않아 이동 중 추락

② 작업발판 사이의 간격이 넓어 이동 중 추락

③ 작업발판 단부에 안전난간 등 추락방지 조치 미 실시

④ 갱폼 작업발판 사이에 상하 이동용 사다리 미설치

⑤ 작업발판 외부쪽에 난간 설치 상태 불량

⑥ 부재 연결부 용접 불량

④ 거푸집 해체 작업방법 불량
슬라브 거푸집 해체 작업시 노루발 등을 사용하여
무리하게 작업하여 낙하하는 명예, 장선 등에 맞음.

4. 재해예방 대책

◀ 철근가공 · 조립시 재해예방 ▶

가. 수직 철근 조립시 도괴 방지

- (1) 안전성과 시공성을 고려한 철근 상세도 작성 및 설치
 - ① 오벽, 교대, 교각 등 대형 구조물의 철근 상세도 작성시 Footing 부에서 벽체나 기둥으로 연결되는 수직철근은 구조물의 형식이나 철근직경 등 현장여건에 따라 차이가 있겠지만 가능한 짧게 설치하도록 설계시 고려
 - ② 철근 조립중이거나 조립 완료된 Footing은 구조체로써 불안정한 상태로, 벽체 또는 기둥용 철근을 높게 설치할 경우, 무게의 중심이 높아지므로 약간의 편하중에 의해서도 쉽게 도괴가 발생할 수 있으므로 철근 상세도 작성시 이러한 점을 고려하여 Footing 부에 설치되는 벽체 및 기둥의 수직철근은 가능한 짧게 가공하여 설치한 후 Footing 콘크리트를 타설하고, 콘크리트가 충분히 양생된 후 벽체나 기둥철근 조립, 이때 결속은 매이음개소마다 철저히 하고, 조립되는 철근은 강관파이프 등의 버팀대나 와이어로프 등으로 도괴되지 않도록 안전하게 고정
 - ② 철근 도괴 방지용 버팀 철저(Anchor 시공)
 - ① Footing 콘크리트 타설 전 철근 도괴 방지용 앵커를 철근 등으로 설치한 후 콘크리트 타설
 - ② 기둥인 경우 앵커 부위에 턴버클과 와이어로프를 4방향에 대칭으로 설치하여 적정 인장력(Tension)을 유지시킴.
 - ③ Footing 철근 배근 후 상부에 벽체 또는 기둥용 철근 등 중량물 적치 금지
- 조립된 Footing 철근은 구조적으로 불안정한 상태

로, 특히 수평력에 취약하며 Footing 철근 상부에 중량물을 적치하는 것을 금지함.

나. 터널 철근조립 작업

철근 터널은 높이에 비해 폭이 상당히 큰 대단면의 터널 공사가 많아지고 있어 터널 라이닝 콘크리트의 철근 조립시 철근이 자중을 견디지 못하고 처지게 되어 근로자가 철근에 깔리는 재해가 발생되고 있다.

(1) 철근 지지용 앵커의 정밀 시공

- ① 대단면의 터널에서는 방수 시트 위에 방수 시트 부착형 지지 앵커를 철근의 자중과 앵커의 허용 인발력을 고려하여 충분한 수량의 앵커 설치
- ② 앵커 설치시 앵커의 부착길이(매입깊이)는 제작사에서 제시한 길이 이상을 확보하고, 주입재를 밀실하게 주입하여야 하며, 매입 후 앵커의 인발 테스트를 실시하여 소요 인발력이 발휘되는지를 확인하여야 함.

다. 슬라브 거푸집 등의 상부에 철근 과적에 의한 붕괴 방지

(1) 슬라브 거푸집 위 철근 과적 금지

- ① 거푸집 지보공을 조립하고, 철근 배근을 위해 슬라브 거푸집 위에 철근을 과적하는 경우, 특히 철근 받침대(각재)를 양단에만 받쳐 놓을 경우 받침대에 철근의 중량이 집중되어 받침대 하부 Pipe Support가 상부 하중을 지지하지 못하여 붕괴되는 경우가 발생
- ② 가능한 거푸집 위에 철근을 과적하지 않도록 하고, 적재시 하부에 받침대는 1~1.5m 마다 설치하도록 함.
- ② 테크 플레이트(Deck Plate) 또는 페로테크(Ferro Deck)의 1지간(Span)에 철근 과적 금지
- ① 테크 플레이트와 페로테크의 경우 아연 도금한 강판으로 시공 중 과하중을 적재할 경우 테크가 꺾이면서 붕괴되는 경우가 발생

② 철근 적재시 과적하지 않도록 하고, 철골 구조에 있어서는 반드시 철골보에 걸쳐서 적재하여야 함.

라. 기타

안전가시시설의 설치를 철저히 하고, 근로자는 안전 보호구를 자율적으로 철저히 착용하여야 한다.

◀ 거푸집 작업시 재해예방 ▶

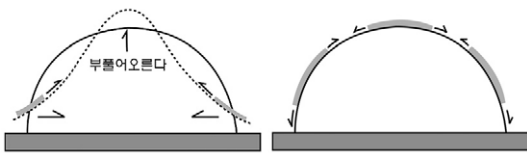
가. 거푸집 재료 검사 철저

나. 거푸집 조립 순서 준수

기둥 → 내력벽 → 큰보 → 작은보 → 바닥 → 내벽 → 외벽

다. 거푸집 조립 · 해체시 안전작업수칙 준수

- (1) 안전한 작업용 통로 및 작업발판 확보
- ① 작업발판은 2개소 이상 고정
- ② 작업발판 주위 단부에 표준안전난간 설치
- ③ 거푸집이 아치와 같이 곡면인 경우 콘크리트가 부상(떠오름)하게 되므로 버팀의 설치 및 콘크리트를 분산하여 타설
- ④ 작업장 주위 출입 제한



<콘크리트 타설시> <콘크리트 분산타설시>

- ⑤ 악천후시 작업 중지
- ⑥ 거푸집 변형 방지용 턴버클(Turn Buckle) 가세 등 설치
- ⑦ 조립작업은 조립 → 검사 → 수정 → 고정작업 순으로 반복수행
- ⑧ 해체는 조립의 역순으로 순차적으로 무리하지 않게 작업

⑨ 개인보호구 착용 철저

⑩ 해체한 자재 투하 금지

⑪ 해체한 자재에 박혀 있는 못 등 날카로운 돌출물 즉시 제거

⑫ 하절기 밀폐된 공간의 거푸집 해체시 산소 농도 측정

지하 정화조 및 저수조 등과 같이 밀폐된 공간에 콘크리트를 타설하고 장시간 경과 후 해체작업을 하게 되는 경우 산소결핍에 의한 질식 우려가 높으므로 산소 · 유해가스 농도 측정 및 환기 조치 후 작업

⑬ 거푸집 존치 기간 준수

① 기초, 보, 옆, 기둥 및 벽 : 콘크리트 압축강도 50 kg/cm^2 이상

- 평균기온 20°C 이상일 때 4일

- 평균기온 10°C 이상 20°C 미만일 때 6일

② 슬라브 및 보의 밑면, 아치 내면 : 설계기준 강도의 $2/3$ 이상 (단, 140 kg/cm^2)

④ 콘크리트 타설 전 반드시 책임자가 재점검 실시

