



# 연돌공사 SLIP FORM SYSTEM 공법

대한산업안전협회 건설안전본부 변상균 대리



## 연돌공사란

연돌공사란 연소설비에 의해 통풍 배연 및 배기가스의 확산, 희석을 목적으로 하는 부속설비로써 종래의 연돌은 자연통풍의 소규모 연소설비에 대하여 연소에 필요한 통풍력을 주는 것이 주목적이었으며, 단지 배연통(排煙筒)으로 고려되어 높이도 낮은 것이 많다. 최근에는 공해문제, 특히 중유 사용량의 증가에 따른 이황산가스가 인체나 식물에 주는 영향이 증대하게 되고 그 방지대책으로 연돌에 의한 자연의 확산 희석작용을 이용하기 위하여 대형의 높은 연돌을 점차 건설하게 되었다.

연돌설치 공법은 일반적으로 JUMP FORM과 SLIP FORM 공법이 있는데 JUMP FORM 공법은 가격이 저렴하나 공기가 길어 위험에 노출되는 기간이 길며 외부면이 아름답지 못하다는 단점이 있다. 반면 SLIP FORM 공법은 공기가 매우 짧고 미관이 좋으며 정확하고 안전한 시공을 할 수 있는 공법이다.

시공이 빠르고 안전시공을 할 수 있는 SLIP FORM 공법에 대해 살펴보자.

## I. 유압 Slip form System 개요

### 1-1 유압 Slip form

- 가. Slip form은 지상에서 작업대 일체를 조립
- 나. Slip form은 Sliding 공정 중에 추가적인 조립을 최소화 하도록 설계
- 다. Shutters와 Yoke Beam들은 조절나사와 완전 자동 유압 조절장치에 의해 Sliding을 쉽게 조절할 수 있도록 설계
- 라. Slip form은 lip form Deck 위의 중앙펌프 장치로부터 조정 되어 지는 여러 개의 유압 Jack에 의해 상승
- 마. Lifting 속도조정은 같은 유압시스템에 의해 상승

### 1-2 Deck Levels(작업층)

- 가. Slip form 구조는 3개의 작업층 Deck Level을 갖음
- 나. Upper Deck : 콘크리트를 받고 분배, 저장, 수직 시공
- 다. Slip form Deck : 철근작업, 콘크리트 타설
- 라. Hanging Scaffold : 표면처리 및 콘크리트 양생 Deck

### 1-3 Slip form System 공법의 특징

#### 가. 품질(Quality)

- 시공이음(Construction Joint)이 없이 구조물을 일체로 시공가능
- 최근 외국에서는 연돌콘크리트구조물 시공에 Slip form 공법 대부분 적용
- 높거나 반복되는 대형 구조물에 적용

#### 나. 공사비(Cost)

- Slip Form은 거푸집 작업의 조립, 해체 및 재조립이 필요 없어 시간과 노동력 절감 가능
- 향후 숙련된 연돌시 공근로자 확보가 어렵고, 노임이 고가 이므로 경제성이 있음

#### 다. 공기단축(Time Saving)

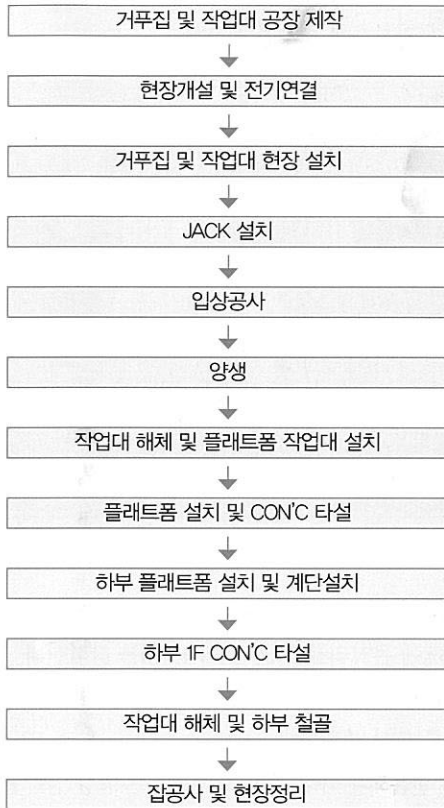
- 초기 작업에 대한 투입시간이 많이 필요
- Slip form System은 정상조건으로 Concrete shaft 상승 속도가 1일 3~4m의 평균속도를 갖는다.
- 24시간 연속작업 가능
- 공기단축은 모든 현장의 위험요소를 감소시킨다.

#### 라. 안전 (Safety)

- 지상에서 단 한 번에 의해 콘크리트에 연속적으로 고정시켜 Sliding 공정을 수행

- Slip Form 공법은 3개의 Deck Level을 갖고 있어 각각의 Deck는 강풍으로부터 작업자들을 보호하기 위하여 견고한 Hand Rail 과 Weather Protection을 보유
- 고소작업에도 작업자가 불안감을 느끼지 않고 평지에서 작업하는 것 같은 안정감을 확보

## II. 전체 공정 FLOW CHART



## III. 작업공법(SLIP FORM 공법)



[사진1] 거푸집 현장 제작

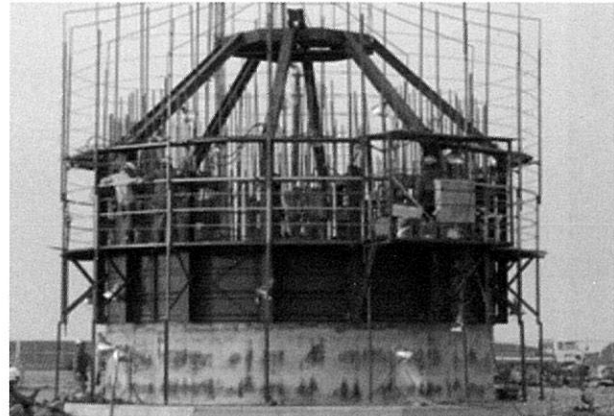
### 3-1 슬립 폼 제작 계획

외부 거푸집은 6등분하여 설치하고 내부 거푸집은 연돌쪽 600W 22개와 300W 11개소를 설치하고 엘리베이터실에는 600W 8개와 기둥부분 2개소를 현장에 맞춰 제작 설치한다.

### 3-2 제작시 안전사항

- 가. 모든 거푸집은 BOLT로 체결할 수 있게 제작한다.
- 나. 각 작업대 단부에 설치되는 안전 난간 시설의 이음은 상부에서 발생할 수 있는 충격에 충분히 견딜 수 있도록 설치한다.
- 다. 각 작업대 간 이동할 수 있는 견고한 계단 및 이동통로를 설치한다.
- 라. 각 작업대 안전 난간 하부에 TOE BOARD를 설치하여 낙하물이 발생하지 않도록 한다.
- 마. 작업통로에 볼트 및 공구가 방치되지 않도록 보관함을 설치한다.
- 바. 슬라이딩 공사는 24시간 작업이 가능하므로 조명계획을 세워 시행한다.

### 3-3. 슬립 폼 설치 계획



[사진2] 거푸집 현장 설치

- 가. 현장으로 운반 시 변형이 발생하지 않도록 조치한다.
- 나. 조립작업 진행 시 구조물의 평면배치에 따른 장비 조립 위치가 우선 선정되어야 하며 크레인 등의 인양장비 설치계획 수립과 근로자의 원활한 작업동선을 확보한다.
- 다. 조립 순서
  - ① 내·외부 슬립 폼 운반
  - ② 현장 철근배근 및 보강근 설치
  - ③ 내부 폼 설치
  - ④ 외부 폼 설치
  - ⑤ OPEN'G DOOR 거푸집 설치
  - ⑥ 검측 및 검사
  - ⑦ 요크 설치(YOKE)
  - ⑧ 상승 SYSTEM 설치

- ⑨ 전기시설, 투광등 설치
- ⑩ 작업대 단부 난간대 설치
- ⑪ JACK ROD 연결
- ⑫ 조절 유니트 작동
- ⑬ TRANS 설치 및 시운전

### 3-4 슬립 폼 운영

#### 가. 슬라이딩 전 점검사항

- ① 콘크리트의 경화 깊이를 측정한다.
- ② JACK의 모든 STOP VALVE를 개방한다.
- ③ 잭 위 2cm 정도의 페인트 마킹을 한다(잭의 작동 여부 확인).

#### 나. 슬라이딩 시 점검사항

- ① 폼을 들어 올리는 동안 압력의 범위를 읽고 확인한다.
- ② 압력범위가 기준을 초과하였을 경우 폼을 전체적으로 재 점검하여 이상 유무를 확인한다.
- ③ 누유 여부를 확인한다.
- ④ 전체 폼의 상승 여부를 확인한다.
- ⑤ 콘크리트가 폼에 따라 올라가는지 점검하여 만약 올라올 경우 하부 폼을 두드리거나 폼 상승을 조절한다.

#### 다. 클라임 로드(CLIMB ROD) 점검

잭 위에 있는 클라임 로드는 콘크리트가 묻지 않도록 깨끗이 관리하며, 녹과 이물질이 떨어내어 클라임 로드의 손상을 방지한다.

#### 라. 수평 연지도 점검

- 슬립 폼 수평 점검 : 초기 폼 세팅 시 물 수평기를 이용하여 폼이 수평 세팅이 되어 있지만 상승 시에는 수평도 유지가 되지 않을 경우가 있다. 이때는 측정 데이터 및 물 수평기를 이용하여 폼의 수평을 다시 한 번 조정한다.
- 잭 점검 : 모든 잭의 1회 스트로크는 30mm이다.
- 오일 누유 유무를 점검한다.

#### 마. 고압 호스 점검

- 호스는 날카로운 칼날이나 철근, 용접작업 등에 의해 손상되지 않도록 한다.
- 펌프, 밸브 유니트 및 자동제어 박스를 점검한다.

### 3-5 슬립 폼 해체 계획

슬립 폼 작업 시 가장 재해발생 위험이 높은 공정으로 특히 추락, 낙하비래 위험 요인에 주의한다.

#### 가. 각 구간별 해체작업계획을 수립한다.

#### 나. 외부 작업대를 먼저 해체하고 내부 작업대 BEAM을 고정 후 내부 작업대를 행한다.

#### 다. 대형 부재 해체는 상부에서 실시하고 가능한 낙하물 방지 시설을 설치한다.

라. 해체 부재 하역 시 인양용 와이어 로프에 대한 점검을 철저히 하고 파손 시에는 즉시 교체한다.

마. 상부 용단 작업 시에는 불꽃 비산방지 시설을 설치한다.

바. 상부 작업 시에는 하부 작업자를 통제한다.

사. 상부 주재 해체 작업 시 발생하는 개구부 방호 조치를 철저히 하며 작업자에게는 안전대를 착용토록 한다.

아. 작업대의 해체는 하부의 5ton winch를 이용 상부에 도르레의 위치를 정확히 바꿔가며 하부로 이송하며, 해체작업자는 유경험자에 한하여 제한한다.



[사진3] 윈치 설치 전 크레인 이용 콘크리트 타설

### 3-6 콘크리트 타설 및 철근배근 공사 시 안전수칙

가. 구조체에 콘크리트를 30cm씩 1.8m를 타설한다.

나. 매회 30cm씩 콘크리트를 타설 시 하부로 낙하물이 떨어지지 않도록 항상 주의한다.

다. 상부 작업자와 하부 윈치 조작자와는 항상 연락할 수 있는 무전기를 지닌다.

라. 하부 끝쪽 내부에 철근을 실어나를 때에 상부에 사전에 신호를 보내 하부 낙하물이 떨어지지 않도록 조치 후 작업에 임한다.

마. 상부에서 철근 이송 시 주의하며 철근 조립 시 커플러가 하부로 떨어지지 않도록 보관 및 연결 시 주의를 요한다.

바. 동절기 공사에 대비하여 슬립 폼 외부로 노출되는 3.6m 까지 보온용 양생천막을 설치하며 투광등 및 온풍기를 외부 및 내부 하부 발판에 설치하여 온도를 유지한다.

## IV. 철골작업대 설치 및 운영

### 4-1 철골작업대 설치

입상이 완료된 후 CON'C가 양생되면 입상 시 이용하였던 작업대를 상부에서 외부 달비계를 해체하고 내부 폼과 외부 폼을 해체한 후 내부의 상부 발판만 남긴다.

상부에 도르레용 빔을 CON'C 벽체에 고정된 후 8곳의 LUG를 달아 발판을 고정한다.

#### 4-2 철골 작업대 운영

가. 철골작업대를 상부에서부터 하부로 내려오면서 계단 및 플랫폼을 설치하고 CON'C를 타설한다.

나. 철골작업대는 플랫폼을 설치하고자 하는 높이보다 1m 아래 설치하고 8곳에 전산볼트를 이용하여 벽체에 흔들리지 않게 고정한다.

다. 상부에서부터 하부로 내려와 모든 설치가 완료되었을 시 굴뚝 하부에서 해체하여 외부로 이송한다.

### V. PLATFORM 설치공사

#### 5-1 플랫폼 제작

플랫폼은 공장에서 제작한다. 플랫폼 폼 제작전 제작도면을 제출하여 승인후 도면에 의하여 제작한다.

#### 5-2 플랫폼 고정설치

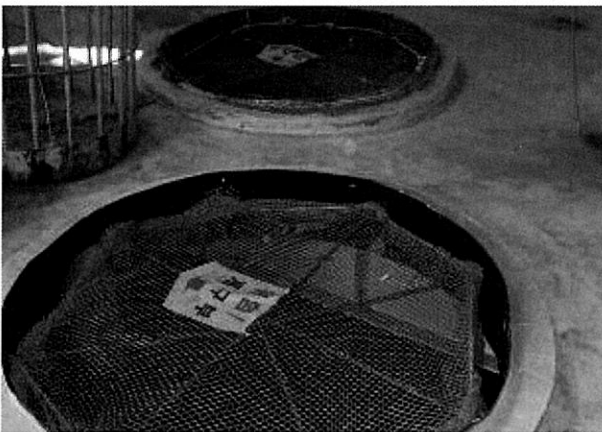
가. 공장에서 제작된 플랫폼을 반출 전 공장에서 검수한다.

마. 현장 반입 시 감독관의 입회하에 다시 한 번 검수하고 작업에 임한다.

다. 주 빔부터 한 개씩 굴뚝 내부로 옮겨 윈치를 이용하여 상부로 이송 후 상부에서 미리 매설된 EMBEDDED에 볼트로 고정한다.

라. 앵글은 SET ANCHOR를 이용하여 벽체에 고정한다.

마. 빔과 앵글의 고정이 끝나면 GRATING을 설치한다.



[사진4] 최상부 개구부 안전망 설치

### VI. 가설항공 장애등 및 피뢰침 설치계획

#### 6-1 가설항공 장애등 설치

가. 굴뚝이 60m 이상 되었을 시 작업대 최상부에 1m 높이의 항공장애등을 설치한다.

나. 항공장애등의 규격은 저광도(500W\*1)로 1개소 설치한다.

#### 6-2 피뢰침 설치

가. 굴뚝이 60m 이상 되었을 시 작업대 최상부에 2m 높이의 피뢰침을 설치한다.

나. 피뢰침의 접지는 굴뚝 기초에 기존에 매립되어 있는 접지에 연결한다.

### VII. 슬립 폼 공법 위험요인, 안전대책, 관리기준

#### 7-1 위험요인

- 1) 근로자 상태 확인
- 2) 규격에 맞지 않은 윈치 설치
- 3) 슬립 폼 작업대가 불안정하고 규격 미달로 추락
- 4) 내부공사 작업대 수평 유지 및 개구부 안전장치 미비
- 5) 개인보호구 미착용하고 작업 중 부딪히거나 찢림
- 6) 이동식 크레인 운전원의 운전 미숙으로 인양 중 자재 낙하

#### 7-2 안전대책

- 1) 음주측정 실시 및 간단한 평형감각 체크
- 2) 승강용 로프는 하중의 10배 이상 절단하중에 견딜 수 있는 와이어로프 사용
- 3) 윈치 안전장치 설치
- 4) 내외부 작업 발판 안전성 및 개구부 관리 철저, 작업 전 특별교육 실시
- 5) 이동식 크레인 운전원은 사전에 자격 여부, 경험 정도 파악

#### 7-3 관리기준

- 1) 작업계획서 검토 승인
- 2) 위험작업허가서 승인
- 3) 작업용 장비 상태확인
- 4) 특별교육 실시
- 5) 근로자 건강상태 확인
- 6) 안전보호구 착용 및
- 7) 안전시설 설치 확인

### VIII. 결론

연돌공사 Slip Form은 콘크리트 타설 시 시공 조인트가 발생되지 않도록 거푸집을 일정한 속도로 상승시키면서 콘크리트를 연속적으로 타설하는 방법이며, 공법의 흐름도를 3공정으로 나누면 Slip Form 조립 → 입상 → Form 해체로 나뉜다. 위험요인, 안전대책, 관리기준을 정하여 관리하도록 하자. ☺