

슬립폼 공법 적용 시 단면변화에 대한 고찰

A Study on the Section Change Using the Slip-Form Method

서진선*○ 한준영** 임철순***
Suh, Jin-sun Han, Jun-young Im, Chil-soon

요약

슬립폼 공법은 기존의 공법들에 비해 많은 기술적, 경제적인 효과에도 불구하고 대부분 싸이로, 교각 등 특수구조물에 국한되어 적용되고 있는 실정이다. 이미 코어월 선형공법이나 아파트 벽식구조와 같이 일반건축물에 일부 적용하여 공법적용의 적정성을 검토한바 있었으며 다소 시행착오는 있었지만 나름대로 슬립폼 공법을 심도 있게 검토하는 계기가 되었다고 사료된다. 이에 본 논문에서는 슬립폼 공법을 1)Sliding 중 슬라브 타설, 2)RC구조+SRC구조(일부구간), 3)내부의 단면변화(직선-대각선-원형) 등과 같이 그동안 적용되지 않았던 구조물을 실제 시공을 통하여 가능성 여부를 알아보 고자 했다. 추후 실제 슬립폼 공법적용을 통해 나타난 문제점을 계속 보완하고, 설계 및 엔지니어링, 기획단계에서부터 철저한 사전검토가 이루어진다면 공기단축, 원가절감, 작업의 안전성 등, 좋은 품질의 시공성을 확보할 수 있으며, 슬립 폼 공법의 영역을 확대, 발전시킬 수 있는 단초가 되리라 판단된다.

키워드 : 슬립폼, 단면변화

1. 서론

1-1 연구 배경 및 목적

국내 건설산업은 그 구성요소인 원가, 공기, 품질, 안전의 측면에서 정도의 차이는 있으나 선진국에 비해 커다란 기술격차를 보이고 있으며, 그로인해 고비용의 투자에도 불구하고 저효율적인 공사로 공기단축에 큰 영향을 미치는 것이 현실이다. 공기는 사업성과 원가적 측면에서 절대적으로 경쟁력과 부합되는 특성이 있다. 공기가 충분할수록 품질이 보장되는 장점이 있는 반면 간접비의 증가로 원가가 상승하는 단점이 있다.

국내의 구조체공사의 동향은 재래식 공법과 공업화공법, 자동화공법이 가지는 장점만을 취하여 부위별로 최적의 공법을 채택하여 단일 공법이 가지는 문제점을 해결하고자 많은 연구가 이루어지고 있다

공기를 단축시키고 품질이 보장되는 여러 공법 중 특히 Slip Form공법은 기존의 공법들에 비하여 고품질 확보 및 공기단축, 가설재 절감 등으로 생산성을 향상시킨 기술로서 국내에서의 사용도 점차 증가되고 있다. 그러나 Slip Form은 일반적으로 싸이로, 교각 등과 같은 특수구조물 중 슬라브가 없는 용벽구조물, RC조, 단순한 단면변화에 국한되어 적용되어 지고 있는 실정이다.

따라서 Slip Form공법을 일반 건축물에 광범위하게 적

용할 수 있다면 국내 건설공사에 획기적인 일로 그 활용 범위는 매우 클 것이며, 해외시장 개척에서도 선진기술로서의 역할을 충분히 할 것으로 판단된다. 이미 국내의 몇몇 기업에서 이를 활용하기 위해 초고층 건물의 유니트 코어 및 아파트의 벽식 구조에 적용 하는 연구 및 시공이 이루어지고 있지만 일반화하기에는 많은 검토가 필요하다.

1-2 연구 방법 및 범위

본 공사에 Slip Form공법을 적용하면서 아래와 같이 시공되어진 사례는 거의 없었으며 많은 건축물에 실제 적용된다면 공기단축 및 인력투입을 최소화 하여 원가를 절감하고, 또한 작업의 안정성, 시공성을 확보하고, 더 나아가 Slip Form공법을 확대, 발전시킬 수 있을 것이라 판단된다.

본 논문에서는 Slip Form의 단점이라 할 수 있는 국한된 구조물의 적용에서 광범위하게 적용할 수 있는 가능성여부를 아래와 같은 항목으로 본 현장 공사에 적용하여 알아보하고자 한다.

- 1) Sliding 중 슬라브 타설(용벽+슬라브)
- 2) RC구조+SRC구조(일부구간)
- 3) 내부의 단면변화(직선→대각선→원형)

2. Slip Form공법의 특성

2-1 개요

* (주)태영건설 건축 부장

** (주)태영건설 건축 부장

*** 관동대학교 건축학부 교수, 공학박사

Slip Form공법 또는 Sliding Form공법으로 불려지며 Con'C의 초기강도를 이용하여 Form을 수평, 수직 또는 사면방향으로 연속이동시켜 Con'C의 타설이 연속적으로 가능하게 하는 공법이다. 이 공법은 목축용 교각 축조에 적용하기 시작하여 1930년대에 급속하게 기술발전을 이룩하게 되었고, 그 후에는 벽체 두께나 단면이 변화하는 높은 교각, 굴뚝, 송전탑 등의 건설에 적용할 수 있도록 고도화된 system을 갖추게 되었다.

2-2 장점

- 1) 작업관리는 주간 및 야간작업이 연속적으로 시행되므로 기존의 타 공법에 비하여 시공속도가 2~5배 이상 빠르다
- 2) Slip Form 주변에 일정한 작업공간을 확보하여 작업을 추진하기 때문에 고소작업의 안전이 확실하다.
- 3) 거푸집의 조립 및 해체가 1회로 충분하므로 별도의 작업용 가시설(비계, 동바리)이나, 안전시설이 필요치 않다.
- 4) 완성된 Con'C면에 시공 JOINT나 결함 등이 없어 미관이 수려하다.
- 5) 연속적인 작업이 중단 없이 이루어지므로 구조체의 품질이 균일하다.
- 6) 일정 규모 이상의 공사는 집중적으로 단기간에 이루어지므로 비용이 싸다.
- 7) 형상 및 치수가 정확하며 또한 시공오차가 비교적 적다.

2-3 구성 및 시공방법

Slip Form의 구성요소는 [그림 1]과 같이 거푸집역할을 하는 Form과 거푸집을 견고하게 지지하는 강재 구조물인 Yoke, Form을 상승시키는 Jack과 벽 중앙에 위치하여 Form을 유도하는 Rod, 철근작업과 콘크리트 타설 등의 작업을 안전하게 할 수 있는 Working Deck로 구성된다.

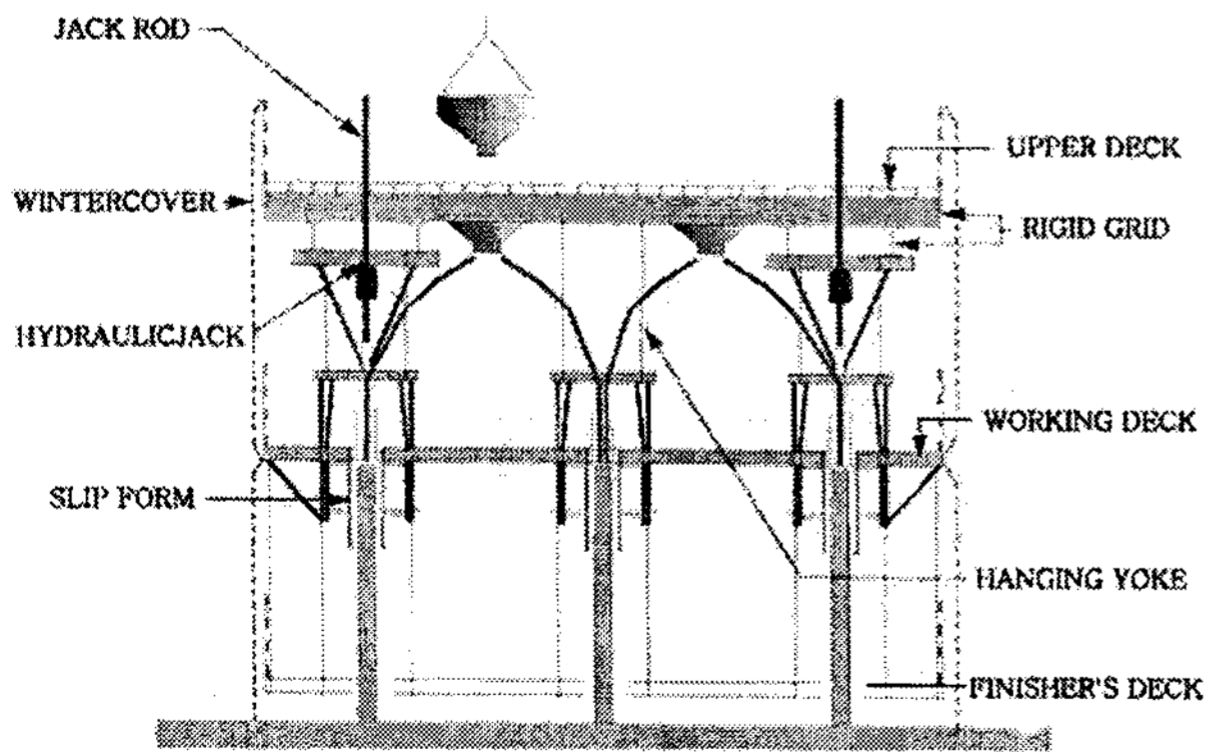


그림 1 Slip Form 구성

Slip Form의 일반적인 시공속도는 콘크리트 배합, 양생 조건, 기능공의 숙련도, 기온 등에 따라 다소 차이가 있지만 보통 2.5~4.0m/일 정도이다. 그리고 시공 중 Form의 상승 시에는 Jack의 수평유지가 품질과 안전을 좌우하는

가장 중요한 사항이므로, 수평차이를 확인할 수 있도록 Jack에는 자동 또는 반자동의 수평 Check System이 구비되어야 하며, Slip Form의 시공순서는 [그림 2]와 같다.

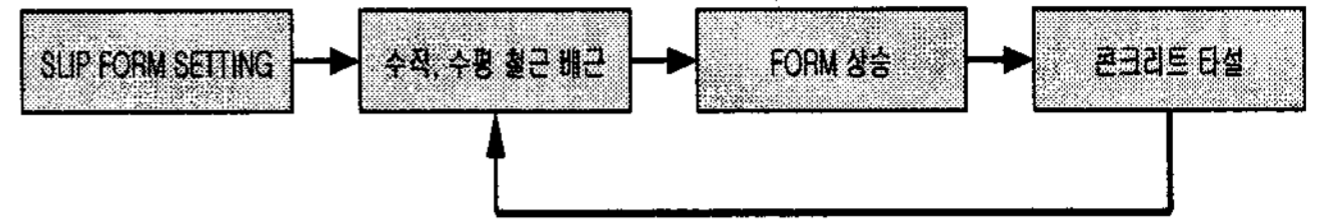


그림 2 Slip Form의 시공순서

3. 현장 적용방법

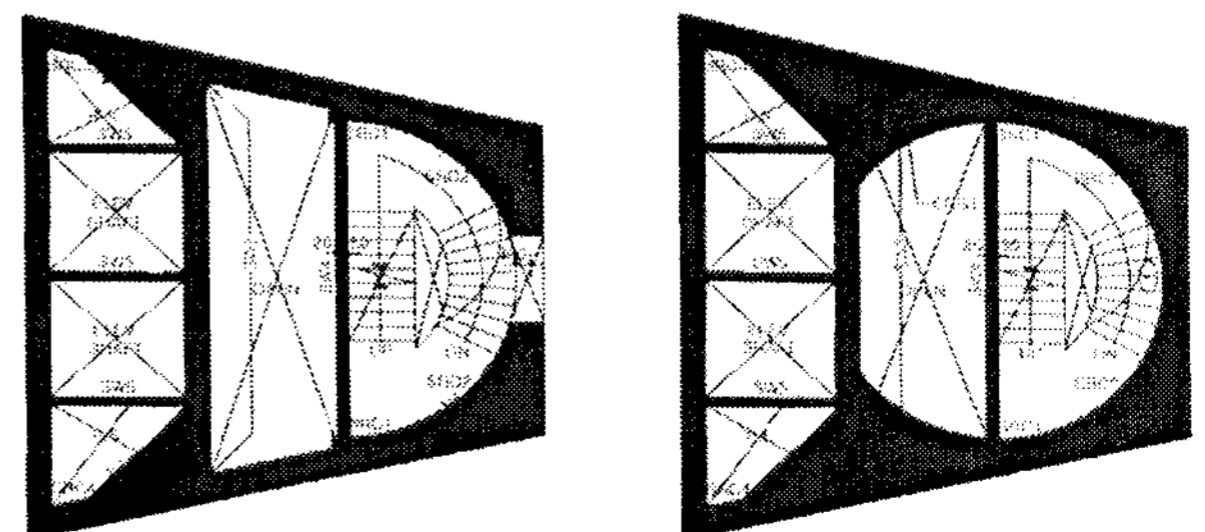
3-1 공사개요

- 1) 공사명 : 대관령 알펜시아 조성공사
- 2) 공 종 : 점프타워 설치공사
- 3) 규모 : ① 구조물 높이 - 115.2m
 ② 철근 - 320ton
 ③ 콘크리트 - 3,300m³
 ④ 철골 - 311ton



그림 3 점프타워 전경

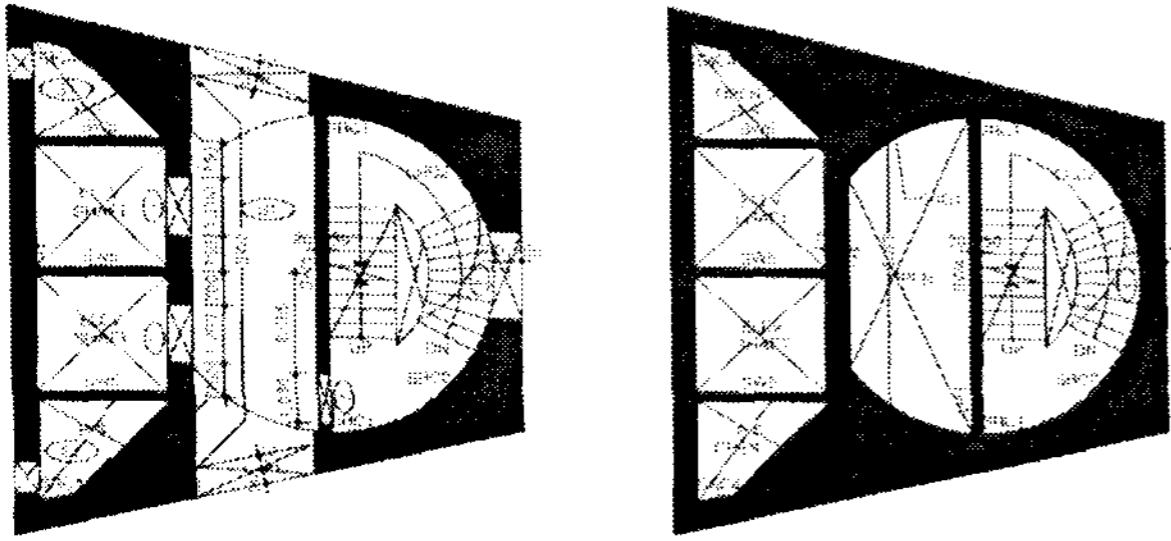
구조물의 높이는 총 115.2m이며 Sliding 높이는 104m이다. 대부분이 RC조로 되어 있으며 총 3개소 약 25m 구간이 SRC조로 되어 있다. 또한 80~105m까지 내부 단면이 7번 변화되고, 총 9개의 슬라브가 형성된다.



① 1차 - 81.77m

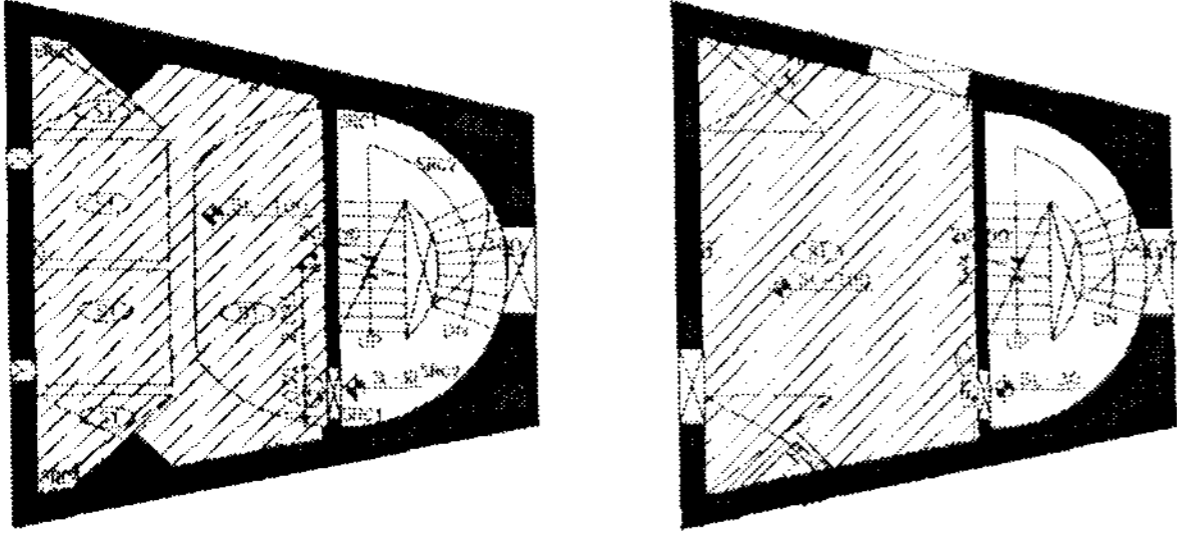
② 2차 - 88.07m

그림 4 단면변화 순서



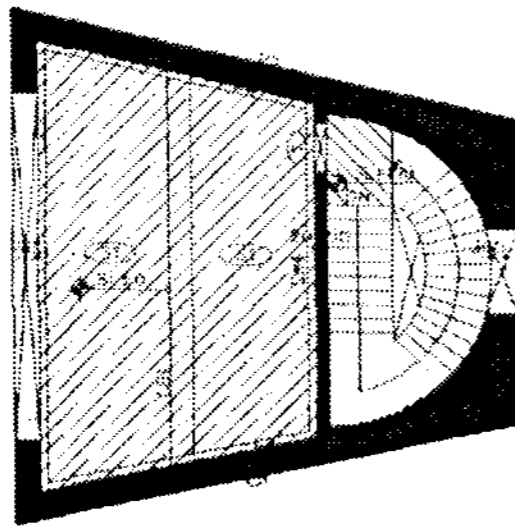
③ 3차 - 91.07m

④ 4차 - 94.92m



⑤ 5차 - 96.87m

⑥ 6차 - 99.62m



⑦ 7차 - 104.87m

그림 4 단면변화 순서

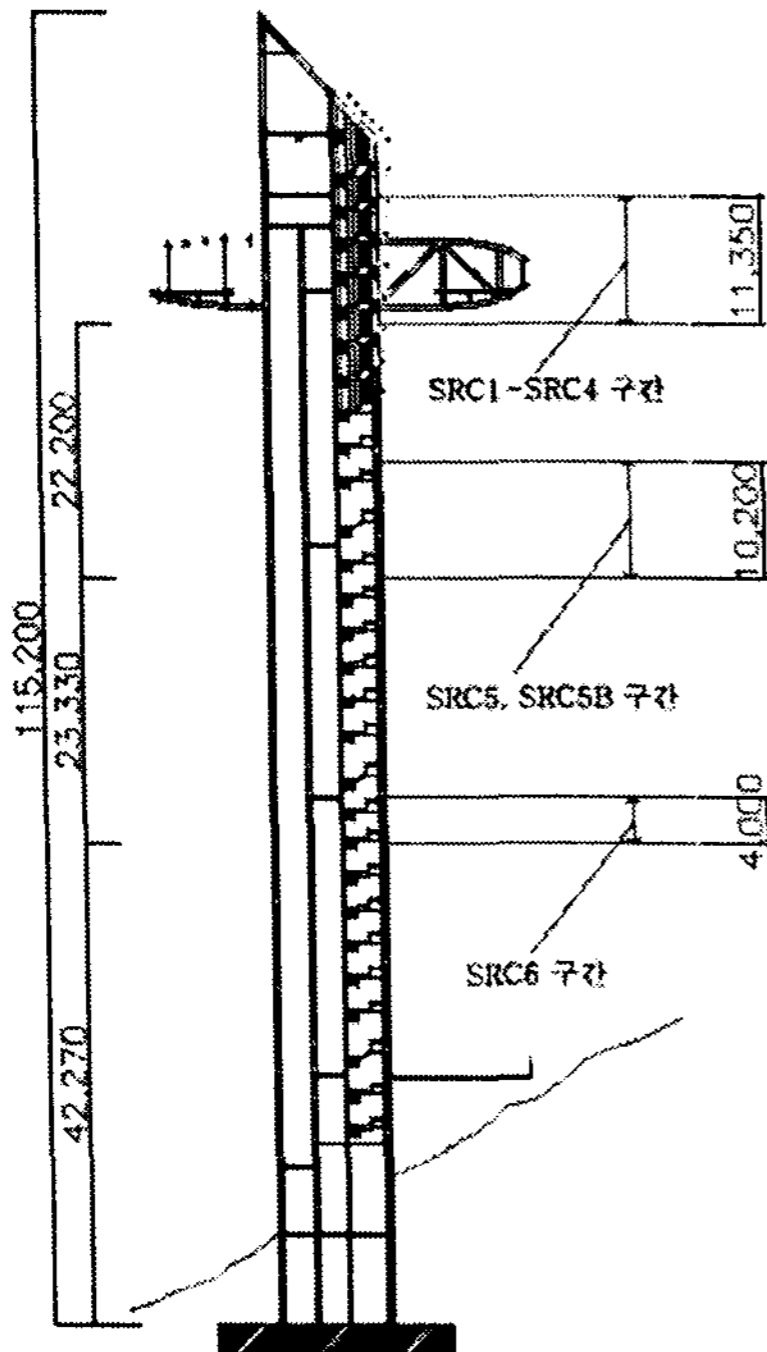


그림 5 SRC 설치구간

3-2 시공계획

Slip Form에서 Sliding중 슬라브 타설, RC조+SRC조, 단면변화 등과 같은 특수부위의 시공을 위하여 아래와 같은 철저한 사전 확인·검토가 필요하다. 예로 콘크리트 타설의 경우 CPB(Concrete Placing Boom)와 펌프카의 위치, 수직배관 연결방법 및 윤활 몰탈의 처리방안, 타워 크레인 호이스트 설치계획 등이 철저히 되어야만 원활한 시공이 이루어질 수 있는 것이다.

- 1) 구조적문제: 코아월 선 시공 시 자립여부
 - ① 자립가능성의 확인을 위한 구조 검토
- 2) 슬라브 타설: 20m 이상 간격으로 추후시공 불가
 - ① Sliding 속도조절로 조인트 없이 타설
 - ② 충분한 내부 달비계 설치로 여유 있게 작업
- 3) 벽체와 슬라브 접합 : 접합을 위한 사전 점검 필요
 - ① Dowel Box의 적용부위, 방법 및 철근이음방법
 - ② Coupling의 적용부위, 방법 및 철근이음방법
 - ③ Embedded Plate의 적용부위, 방법 및 철근이음방법
- 4) SRC구조: 철골기둥만 시공되는 구간의 작업가능성
 - ① Sliding 속도조절로 조인트 없이 타설
 - ② 철저한 사전 검토로 기둥과 로드의 간섭을 최소화 하도록 로드의 위치 결정
- 5) SRC구조: 철골기둥과 보가 접합되는 부위
 - ① 로드와 간섭되는 부위에 분할된 Girder를 볼팅 및 용접으로 보완
 - ② Girder설치 시 철근과의 간섭을 피하기 위해 먼저 철근을 절단 후 Coupling 기계이음 시공
- 6) 단면의 규격변경: 작업 중 단면변경에 대한 검토
 - ① 초기 Working Deck 설치 시 단면변화에 대한 사전 대책으로 발판용 철판만 용이하게 교체할 수 있도록 프레임 제작
 - ② 단면변경이 큰 경우 Sliding을 멈추고 변경
 - ③ 간단한 단면변경은 Sliding속도를 최소화 하여 타설

3-3 시공관리

공기단축과 원활한 시공환경조성을 위하여 도면작성 및 승인기간, 세부시공도 작성기간, Slip Form 발주, 제작 및 운송기간, 현장 조립기간 등을 충분히 고려하여 엔지니어링 스케줄을 구성한다. 또한 단면변화 및 구조변경 시 시공시간을 최소화하기 위하여 사전 검토·확인 후 Slip Form을 제작, 설치해야 한다.

공정속도 유지방법으로 층당 공정속도 결정 및 단위일 별 표준화 작업을 위해 사전준비 및 도면화 작업은 필수이며 다음과 같은 항목에 대하여 충분한 사전 검토가 필요하다.

- 1) 인원관리: 적정인원 확인, 예비인원 확보
- 2) 예비장비: 고장 시 대처할 수 있는 장비 및 부품을 여유 있게 확보
- 3) 비상 시 대처: 강풍 시 타워 및 호이스트 인상관련 등
- 4) 도면상의 개구부, Embedded Plate, 철골, Dowel Box 등의 위치표시, 사전 제작확인 및 자재반입 확인

4. 특수부위 시공방법 및 문제점

4-1 슬라브

1) 시공방법

본 현장의 점프타워는 총9개소에 슬라브의 일부가 20m 이상 간격으로 형성되므로 벽체를 선 시공 후 슬라브를 타설하는 방법으로는 많은 어려움이 있다. Embedded Plate 및 Coupling의 위치를 미리 확인·설치하고, Deck Plate의 이형부분은 미리 지상에서 규격을 사전제작 후 크레인으로 인양 설치하고 Slip Form의 Sliding 중 슬라브를 시공하였다.

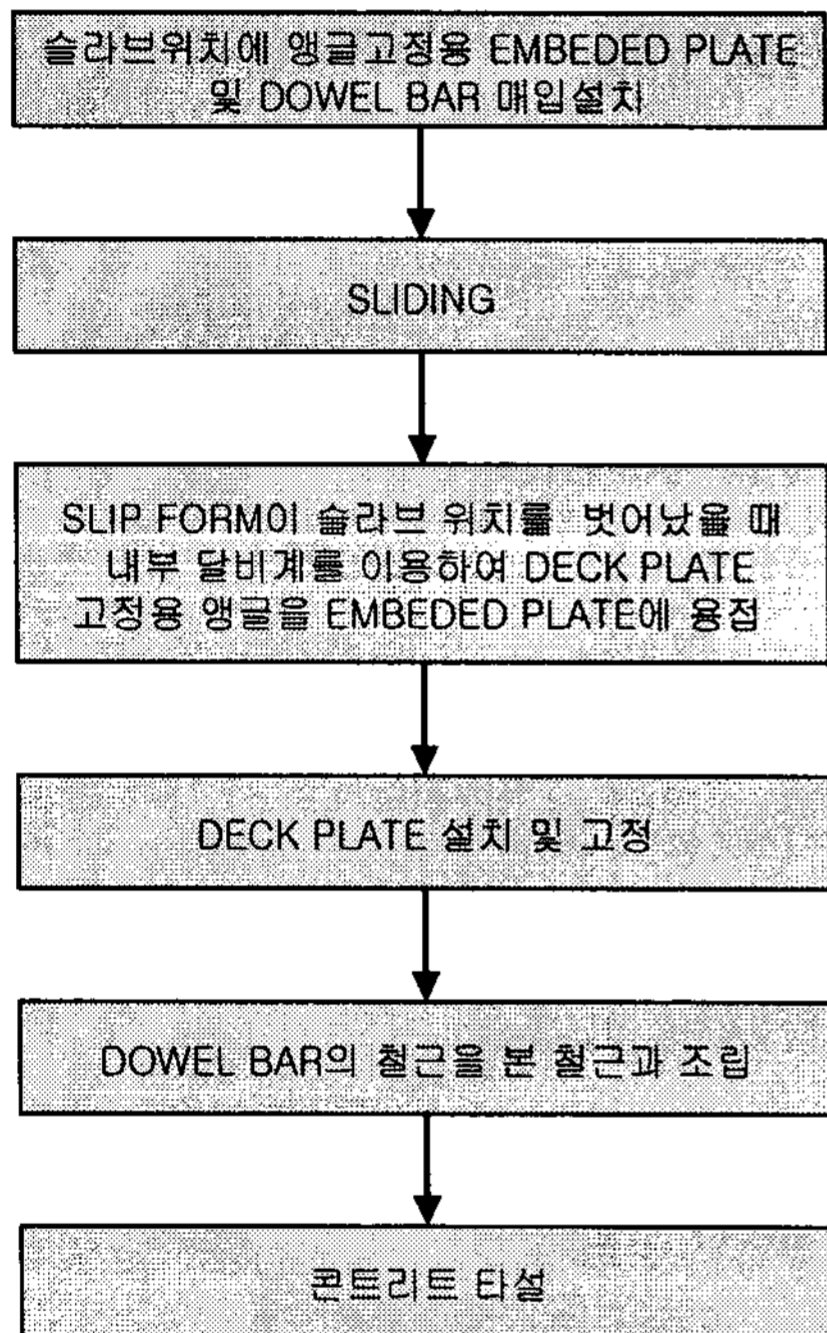


그림 6 슬라브 설치 순서

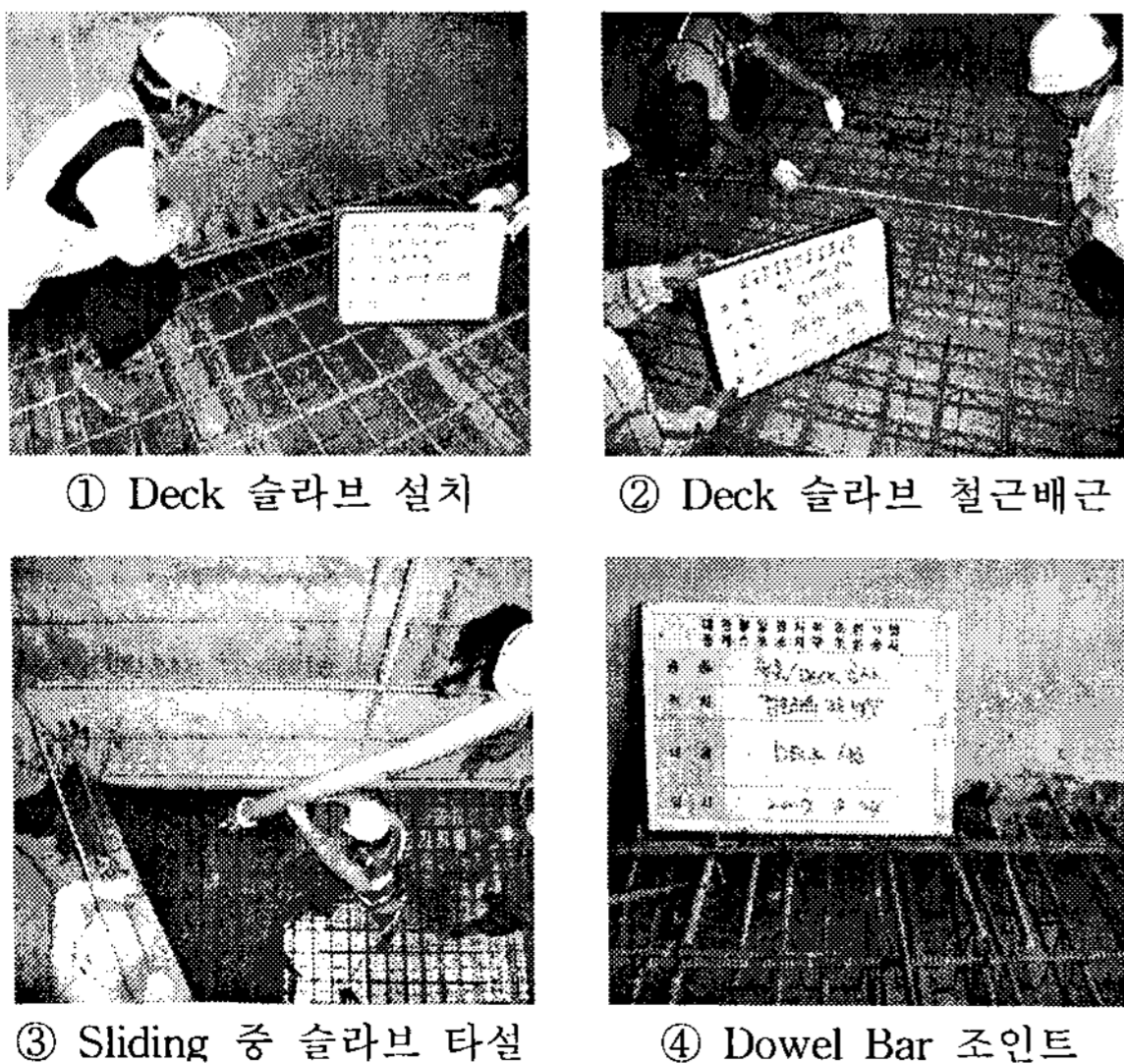


그림 7 슬라브 시공 사진

2) 문제점 및 보완방법

정상적인 Sliding 속도(4m/일)로는 내부 슬라브 작업에 상당한 어려움이 있다. 따라서 Sliding속도를 최소화 하고 내부달비계를 충분한 길이로 확보하여 여유 있는 작업 공간 조성을 확보했다. Dowel Bar의 매입 철근을 수평으로 펴는 작업에서는 Deck Plate 골과의 간섭으로 상하배근에 어려움이 있어 매입용 Coupling으로 교체 시공함으로써 철근배근의 정밀도와 시공성을 보강했고, PD와 같은 좁은 공간에서의 작업은 내부 수화열로 인하여 작업의 어려움이 있으므로 임시 개구부를 형성하여 내부 작업 온도를 낮춤으로서 작업여건을 개선했다.

4-2 SRC조

1) 시공방법

점프타워는 총 115.2m 중 3개소 25m구간이 SRC조로 형성되고 그 중 2개소는 철골기둥만 설치된다. 철골기둥만 설치되는 구간은 Sliding속도를 최대한 느리게 하면서 조인트 없이 시공이 가능하였다. 그러나 1개소는 철골기둥과 철골보가 설치되어 작업여건상 끊어 치기 계획이 필요하였다.

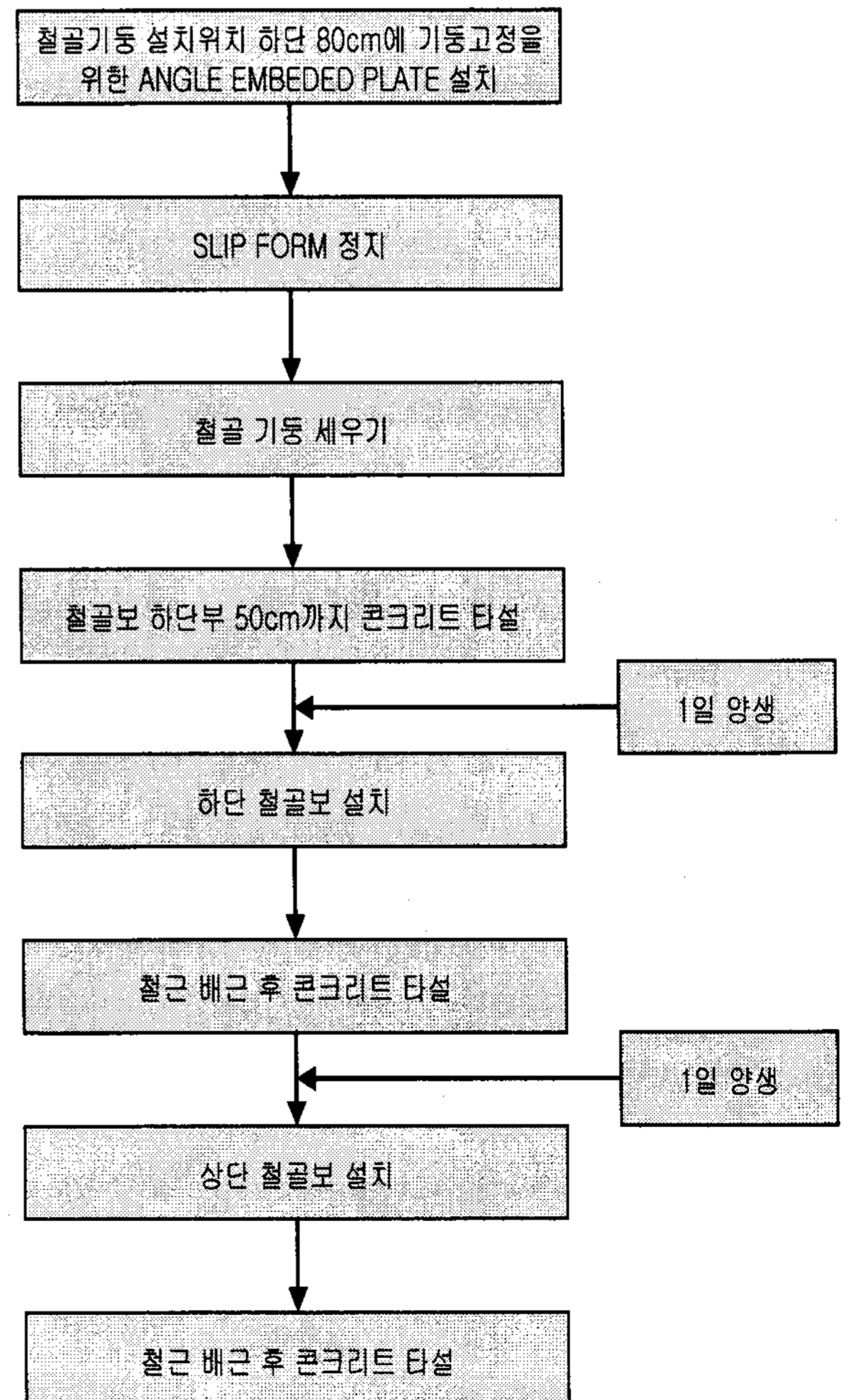
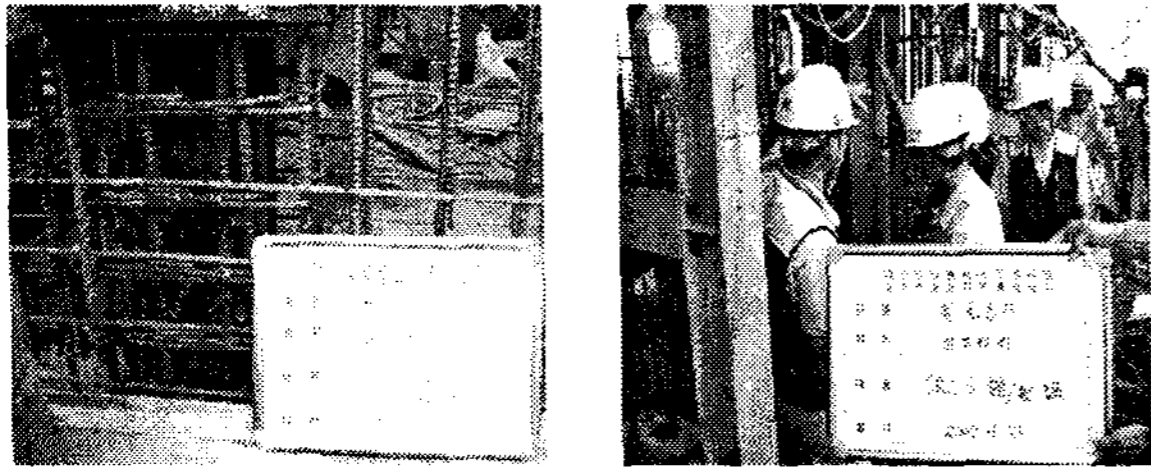
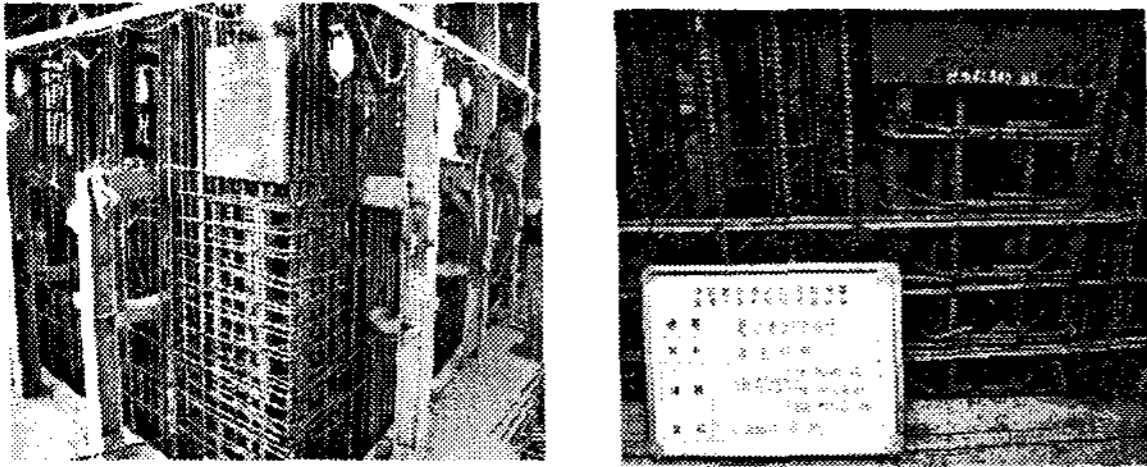


그림 8 SRC조 설치 순서



① 철골기둥 배근 ② 철골 수직도 검사

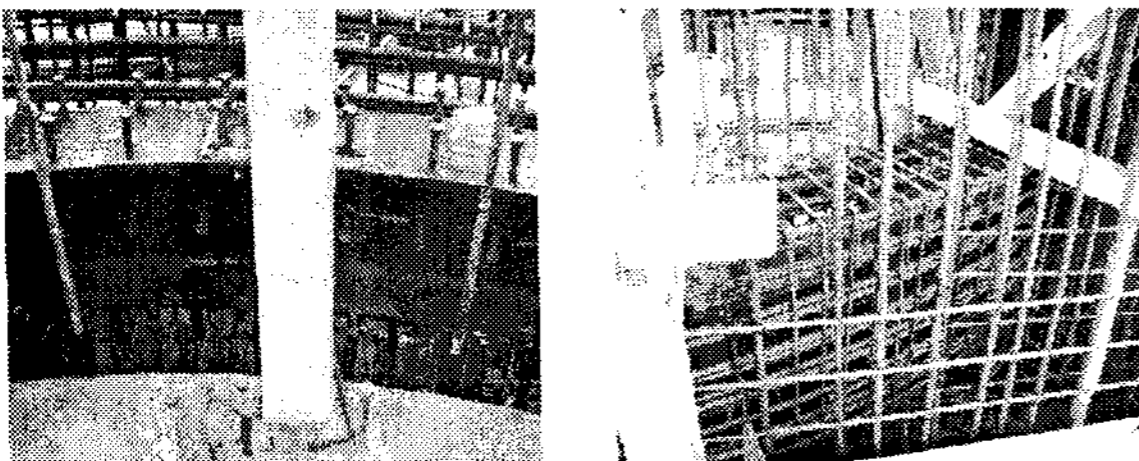


③ 철골기둥 배근 ④ 철골기둥 + EM BED PLATE

그림 9 철골기둥 시공 사진



① 철골기둥 + GIRDER ② GIRDER 배근



③ GIRDER 설치 ④ GIRDER 배근

그림 10 철골기둥+Girder 시공 사진

2) 문제점 및 보완방법

철골기둥과 Girder설치 시 간섭이 발생하는 Rod와 철근이 가장 큰 문제였다. Rod부위에서는 Girder의 분할이 필요했고, 분할된 부위를 볼트접합과 용접을 하였으나 시공성의 어려움으로 많은 시간이 소요되었다. 철근부위는 Girder 철골을 인양, 거치하는 작업 중의 간섭이 문제되어 일부는 절단하고 후 시공으로 Coupling 기계이음에 의한 방법으로 대체 하였다.

4-3 단면변화

1) 시공방법

지상 81m~105m까지 직선에서 대각선, 원형으로 7번

의 단면변화가 있다. Sliding속도를 최소화하고 조인트 없이 시공하기에는 상당한 어려움이 있었다. 그 중 81m, 88m에서는 철재 Slip Form을 교체하는 작업을 하였고, 그 외 단면변화는 목재틀을 이용하여 시공하였다.

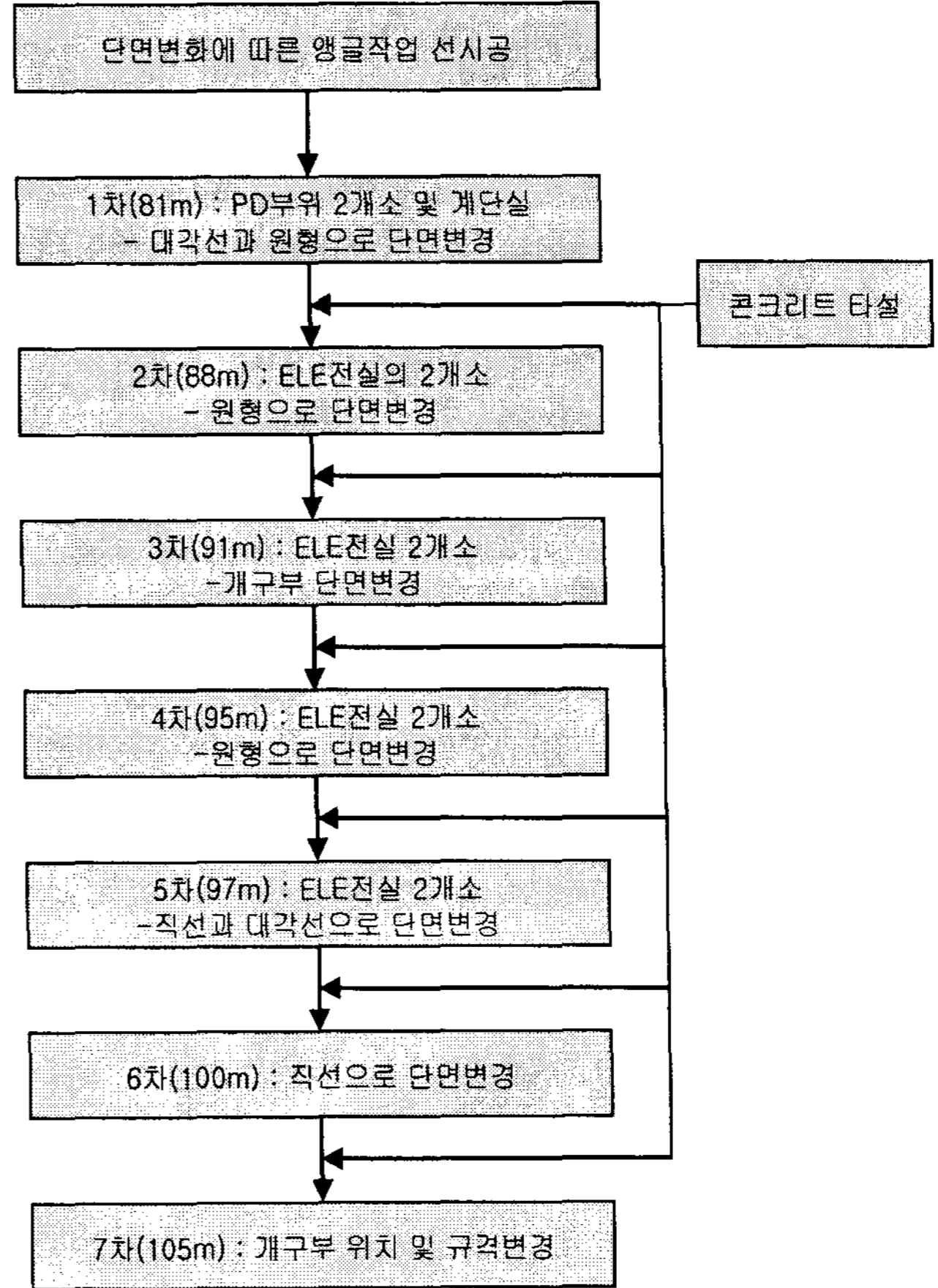
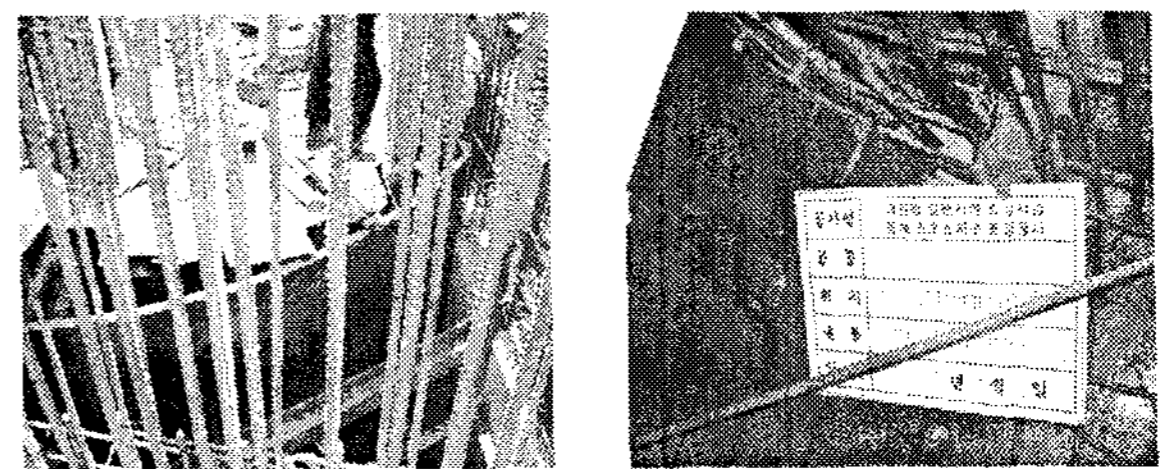


그림 11 단면변화 순서



① 곡선으로 단면변경 ② 곡선으로 변경 후 배근

그림 12 단면변화 사진

2) 문제점 및 보완방법

간단한 단면변경은 목재거푸집을 사용하였고, 단면변경이 큰 경우에는 초기 Working Deck 설치 시 발판용 철판만 용이하게 교체할 수 있도록 프레임을 선 제작하였다. 그러나 사전검토·확인 미비로 상부에서 문제점이 발생하였지만 형틀수정 작업에 인원을 긴급 추가 투입하여 작업시간을 최소화함으로써 조인트 없이 Sliding 중에 단면변경을 완료 했다.

5. 결론

본 현장의 점프타워 공사를 Slip Form공법으로 시공하면서 여러 시행착오를 거쳤지만 본문에 서술한 바와 같이 특수부위의 시공사례를 통하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1) Sliding 중 슬라브타설은 본 현장의 조건에는 가능하였으나 실제 시공 중에 많은 어려움이 있었다. 기존 Slip Form공법에서 시행했던 선 벽체타설, 후 슬라브타설에 대한 일반적인 생각을 버리고, 병행하여 시공할 수 있는 방법을 적극적으로 지속적으로 연구한다면 상당한 진전이 있으리라 판단된다.

2) Slip Form공법으로 SRC구조의 시공은 Sliding을 멈추고 작업을 해야 하며, 따라서 조인트가 생길 수 있는 구간이다. 이 공법이 연속적으로 시공되어야 하며 중단되면 안 된다는 사고는 이 공법의 확대 적용을 저해하는 가장 큰 요인이라 생각되며 조인트 처리에 대한 충분한 Study로 해결할 수 있다고 판단된다. Slip Form과 Yoke, Rod, Jack, 수직·수평철근이 설치되어 있는 상태에서 철골기둥 및 보를 설치 한다는 것은 상당한 어려움이 있으나 본 현장과 같은 사례에서 보는 바와 같이 Slip Form공법을 선정하는데 주저할 필요는 없다고 사료된다.

3) Sliding 중 단면변화는 형틀 수정작업에 의한 작업 지연과 조인트 발생과 같은 문제가 발생할 수 있다. 그러나 어떤 형태든 미리 Slip Form Setting 시 Form 및 비계의 변화를 고려하여 Setting 하고, Sliding의 속도를 최소화하여 작업한다면 조인트 없이 타설할 수 있다고 판단된다.

4) Slip Form공법은 골조공기의 단축과 인력투입의 최소화, 거푸집의 성력화, 작업장의 환경개선, 품질, 건설공사의 안정성 확보가 확실하다. 또한 재래식 거푸집의 공사비와 대비시 직, 간접공사비의 10~20%이상 절감하는 등의 많은

이점이 있을 것이라 판단된다. 특히 타 공법과 비교할 때 공기단축에 있어서 우수한 선진공법으로 기대 되지만 일반 건축물에 적용 시 발생하는 많은 문제점들을 해결하기 위해서는 실제 시공을 통한 정확한 검증이 필요할 것이며 이를 점진적으로 확대 및 발전시키기 위해서는 무엇보다 설계 및 엔지니어링, 기획 및 설계단계에서부터 인지하고 적용해야 할 것이라 판단된다.

참고문헌

1. 임남기 외, “슬립폼과 데크플레이트를 채용한 벽식 아파트의 적용성에 관한 기초적 연구”, 대한건축학회 논문집 제20권 6호, 2004, pp.107~114
2. 문정호 외, “슬립폼 시스템의 벽식구조에의 적용성에 관한 연구”, 대한건축학회 논문집 제15권 1호, 1995
3. 오종원, “고교각 타설을 위한 SLIP FORM 공법 시공 사례(익산-상수현장)”, 롯데건설기술보, 2002, pp.61~68
4. 조승기 외, “고교각 Slip Form 적용사례”, 건설기술정보 33호, 2002, pp.35~50
5. 코오롱건설(주), “Slipform System을 이용한 고층건축물 건설공법”, 건설신기술소개 제18호, 1995
6. 왕인수, “도곡동 타워팰리스 3차 현장 초고층 시공기술”, 월간 빌딩문화 제2권, 2003, pp.140~146
7. 이남춘, “도곡동 타워팰리스”, 한국건설관리 학회지 제1권 4호, 2000, pp.22~23

Abstract

Already, core wall construction method for apartment wall structure and general building special areas applied the engineering method's appropriate examination. Also, trial and error depending on slip-form method is a good examination opportunity to consider. In the present paper's slip-form engineering method 1)Casting concrete to slab in sliding 2)RC structure + SRC structure (part of segment) 3)Inside segment variation(straight line-diagonal-circle) are together while determining whether it is possible not to carry out actual construction work on the structure. Finally, small problems continuously appear on actual slip-form method application, design and engineering, starting with planning thoroughly the field examination and diagnosing the atmosphere, minimizing cost, secure work safety facilities characterized by good quality, slip-form research extension, development and decision-making.

keywords: Slip Form, Section Change