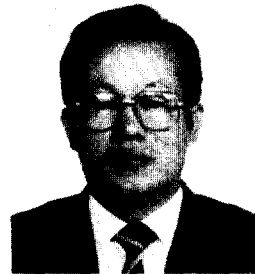


복합화 공법의 시공사례

An Example of Precast Concrete Composite System in the High-Rise Building Construction Works

—대구 영남일보 사옥—

유 회 원*



1. 머리말

현재 건축현장에서 가장 많이 사용하는 건축공법인 재래식 공법의 특징은, 현장 생산성은 낮지만, 건설업계에서 오랫동안 사용하여 노무의 숙련도가 높고, 노동비가 낮아 합리화를 위한 개선속도가 늦으며, 거의 모든 공정이 현장에서 이루어지므로 각 현장마다 품질관리가 어렵고, 각 공사마다 품질이 상이하어 품질균일화의 기준을 설정하기가 어렵다는 것이다. 즉, 재래식 공법은 생산성을 향상시키기 어려울뿐더러, 工期를 단축시키기도 어려우며, 빠른 속도의 고령화 추세에 따른 기능노동 인력의 부족, 품질관리의 어려움, 架設

材, 廢材가 많이 생기는 등의 부정적 요인이 많다.

이의 구체적인 해결방안으로는 설계 및 시공의 시스템화, 즉 부재의 표준화, 공장생산의 도입, 가설공사의 간소화, 공정계획의 시스템화 등을 들 수 있다. 복합공법은 이러한 경제성, 인력난 및 공기 등을 고려하여 공업화 공법의 장점을 근간으로, 위의 재래식 공법의 부정적 요인을 건축생산의 초기단계에서 검토하여, 공장제 P.C. 와 현장 타설 R.C.의 장점을 살린 부분 P.C.공법으로 장비이용을 극대화하여 일정한 소수인원으로 반복작업(CYCLE 공정)을 가능케 한 부가가치가 높은 시공방법이다.

이에, 본고에서는 대구 영남일보사옥 건설에서 사용된 복합공법을 중심으로 논하기로 한다.

* (주) 대우건설 이사, 대구 영남일보 사옥 현장소장(시공기술사)

2. 공사 및 구조계획 개요

2.1 건물개요

건물규모

- 대지면적: 2,486. 6m²
- 층수, 최고높이: 지상 24층, 옥탑 2층, 지하 3층
- 구조: R. C. 라멘조 + P.C. 조 + 철골조
- 건축면적: 1,148m²
- 연면적: 26,245m²
- 기준층면적: 857m²
- 복합화 적용: 지상 2층~24층

공사기간

- 전체: 1989.12~1993. 6
- 골조복합화 공법: 1990.11~1992. 7

시행자

- 설계: 서울건축 및 미국 MICHAEL 구조설계 사무소
- 시공: (주) 대우
P.C. 제작: 강남건영(주)
System form: 한국 DOKA(주)

2.2 구체공사의 골조방식

2.2.1 주요 구조부재

현장에서 구성되는 주요 구조부재는 슬라브,

표 1. 각 부재들의 주요 적용공법 및 특징

| 구분 | 주요적용공법 | 특징 | 비고 |
|-----------|---------------------|---|--|
| SLAB | - Spancrete 바닥판 공법 | - Topping Conic 현장 타설 - Prestress 도입 | 300kg/cm ² 400kg/cm ² |
| BEAM | - PC보 | - Topping Conic 현장타설 - Prestress 도입 | Slab Topping + Column 동시타설 |
| 계단 | - 계단함 -RC조 | - 현장타설 Conic | |
| | - FLIGHT - All PC | - Joint부 용접후 Mortar 충전 | |
| 기둥 | - 대형 거푸집 | - 현장타설 Conic - V.H 분리타설 | |
| CORE WALL | - 대형 거푸집 | - 현장타설 Conic - V.H 분리타설 | Office 부분보다 18일 선공정 Cycle |
| 외벽 | - Steel Truss 식재 부착 | - 건식화 - 석재 선부착 공법 | |

보, 계단 및 기둥과 Core Wall이며, 각 부재와의 연결부위는 P.C. 부재의 단점을 보완하기 위해 현장타설 콘크리트로 처리하였다. 각 주요 부재들의 주요 적용공법 및 특징은 표1과 같다.

2.2.2 구조계획

건축물의 대형화로 인한 공기지연 및 건설노동력 약화에 대한 대책으로 철근 콘크리트구조와 P. C. 구조를 혼합 사용하여 시공하였으며, 혼합구조물에 대한 구조계획상 특징을 살펴보면 다음과 같다.

1) 프리스트레스를 도입한 Spancrete Slab를 사용하였으며, 슬래브의 설계는 1방향 슬래브 구조체이다.

2) 외곽 발코니 부분은 Catilever Slab로써 Solid Half PC를 사용하였으며, 현장타설 Topping Concrete 속에 매설 되는 상부철근의 인장력으로 하중을 지탱하게 하였다.

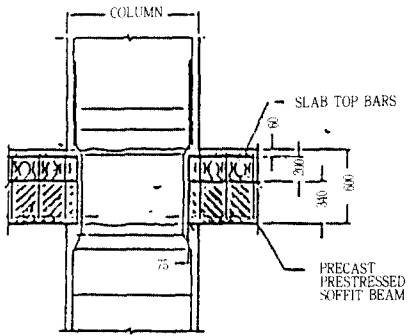
3) P.C. Beam을 지지하는 Shoring재는 P.C Beam Topping Concrete가 설계강도에 도달할 때까지 지탱하며, P.C. Beam과 현장타설 콘크리트가 일체화된 다음 제거된다.

4) 모든 横力은 Core Wall에서 받게 되며, 구조재인 Topping Concrete가 Diaphragm 역할을 하면서 전체를 일체화시킨다.

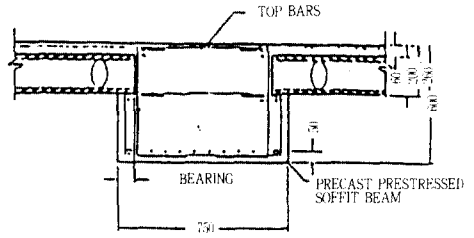
5) 고층건물이므로, 큰 하중을 받는 기둥단면을 줄이기 위해 12층을 기준으로 고층부위와 저층부위로 나누고, 저층부위는 고강도 콘크리트($F_c = 300\text{kg/cm}^2$)를 사용했고, 고층부위는 보통 콘크리트로 타설하였다.

2.3 각 부재간의 Joint 방식

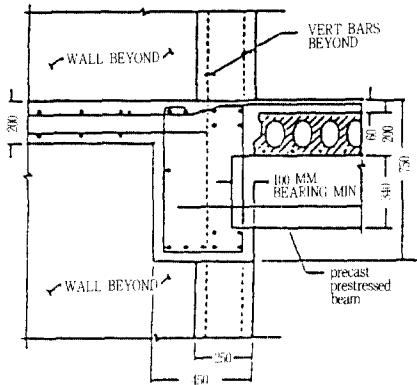
고층 P.C. 건물에서 가장 처리하기 어려운 부분인 구조재간의 Joint를 부분 P.C. 공법의 장점을 살려 현장타설 콘크리트로 처리함으로써 R.C. 조와 거의 유사한 일체성을 확보하였다. 또 계단 Flight와 계단함과의 Joint는 Joint부에 상호 철판을 매설하여 용접으로 처리하였으며, 위에서 언급한 각 부재간의 Joint 방식은 그림1과 같다.



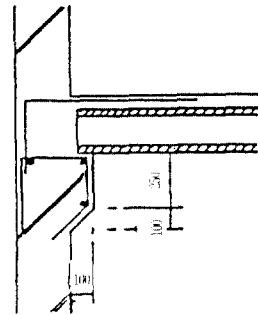
P.C BEAM과 COLUMN



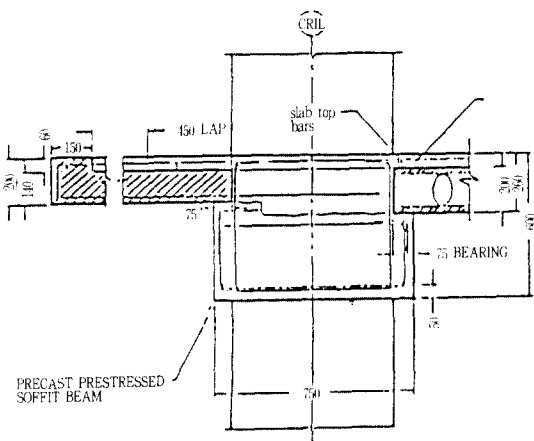
P.C SLAB와 P.C BEAM



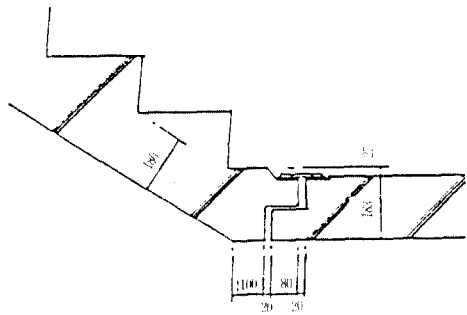
P.C BEAM과 CORE WALL



P.C SLAB와 CORE WALL



CANTILEVER HALF P.C. SLAB와 BEAM

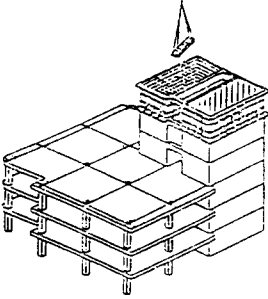


계단감과 계단 FLIGHT

그림 1. 각 부재간의 JOINT 방식

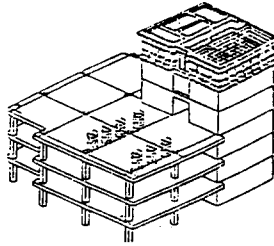
* 1 일째

- . OFFICE
 - 벽돌기
 - 계단 P.C. 설치
- . CORE (N+2층)
 - 외부 형틀 해체, 설치(B)
 - WALL 철근 배근(A)



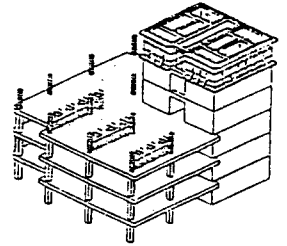
* 2 일째

- . OFFICE
 - SHORING 유반
- . CORE (N+2층)
 - 내부 형틀 설치(A)
 - WALL 철근배근(B)



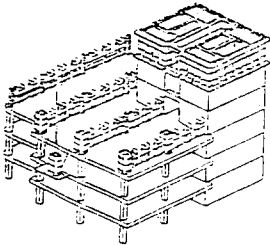
* 3 일째

- . OFFICE
 - SHORING 설치
 - 기둥 철근 조립
- . CORE (N+2층)
 - 내부 형틀 설치



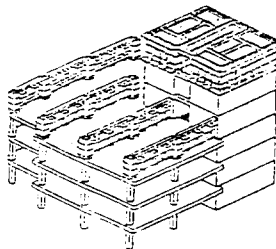
* 4 일째

- . OFFICE
 - SHORING 설치
 - 기둥 형틀 조립
- . CORE (N층)
 - SLAB 형틀 설치



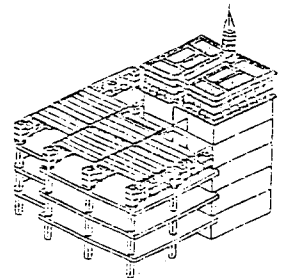
* 5 일째

- . OFFICE
 - P.C BEAM 설치
- . CORE (N층)
 - SLAB 철근배근



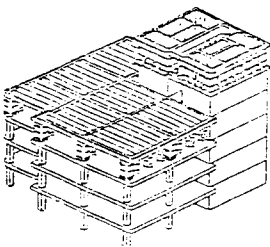
* 6 일째

- . OFFICE
 - P.C SLAB 설치
- . CORE (N+2층)
 - WALL (N+2층)
 - SLAB(N층) CON'C 타설



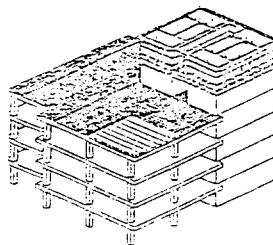
* 7 일째

- . OFFICE
 - P.C SLAB 설치
 - SLAB 철근배근
- . CORE (N+2층)
 - 내부 형틀해체



* 8 일째

- . OFFICE
 - SLAB 전기배관
- . CORE (N+2층)
 - 내부 형틀해체



* 9 일째

- . OFFICE
 - SLAB, 기둥 CON'C 타설
- . CORE (N+3층)
 - 외부 형틀 설치(A)

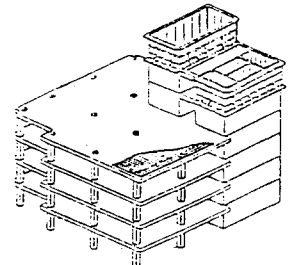


그림 2. 골조의 공정계획

2.4 골조공사의 공정계획

복합화 공법에서 공정계획은 복합화 공법의 하나의 요소기술이라기 보다는 전체 적용되는 요소 기술을 복합화, 시스템화 하는 것이다. 현장에 적용된 공정계획은 공정의 기본이 된 日數와 工區를 검토한 후, 기본 Cycle을 결정하였다.

실시공정은 1cycle을 9일로 하고, 1층을 Core부와 Office부로서 2개의 공구로 분할하며, Core부의 대형거푸집 작업의 원활성을 위하여 2개 층, 즉 18일간의 Cycle 차이를 두었다. 공정상의 특징은 콘크리트 타설을 수직 및 수평부재를 분리하여 타설하고, 또한 수직부재와 수평부재에 철근, 거푸집, 콘크리트 공사를 분리하여 인원 및 자재 흐름의 낭비를 절감하였다.

그림2는 1 cycle 9일의 작업공정을 나타낸 것이다.

3. 구체공사의 복합화 공법

3.1 공법개요

구체공사의 복합화 공법으로서 도입한 것은 크게 현장타설 수평부재의 P.C. 화와 현장타설 수직부재의 시공 시스템화를 들 수가 있다. 그중에서 전자는 Spancrete 바닥판 공법, 바닥판 진공배수 공법 그리고 P.C.화 공법 등이며, 후자는 시스템 거푸집 공법, 철근 Prefab 공법, Shoring System 공법 등이다.

이하, 그 구체적인 내용을 서술하기로 한다.

3.2 구체공사 적용 요소기술

3.2.1 현장타설 수평부재의 P.C. 화

1) SPANCRETE 바닥판 공법

스판크리트는 고강도 콘크리트($F_c = 400\text{kg/cm}^2$, 물시멘트비 37%)를 사용하고 P.C. 鋼線으로 프리스트레스를 도입하여 가열성상된 제품이

다. 합성 슬래브로서 표면에 원형의 띠형을 부착한 스파크리트 슬래브에 현장 타설 콘크리트로 일체화하여 합성 슬래브로 한다.

시공법은 보 위에 half slab을 설치하고, 그 위에 소요의 철근을 배치하여 콘크리트를 타설하기 때문에 띠형이 Shear Cotter가 되어 양자가 일체가 된 슬래브 구조체이다. 그림3은 그 단면이고, 그림4는 보와의 연결부분을 나타낸 것이다.

2) 바닥 진공배수공법

진공배수공법의 목적은 물시멘트비를 낮추는데 있고, 워커빌리티를 높이기 위하여 콘크리트 혼합시 사용한 물의 양을 가능한 많이 제거하도록 하는 것이다.

일반적으로 콘크리트에 사용한 물은 시멘트의 수화작용에 필요한 물의 양보다 2~4배 정도 많이 사용되며, 수화작용에 사용하고 남은 물로 인해 콘크리트의 강도가 저하되고, 양생시간이 길어지고, 건조에 의한 수축으로 균열이 발생되고, 또한 凍害에 대한 내구성이 저하된다. 이것을 보완하기 위해 콘크리트 타설직후 진공배수공법을 사용하

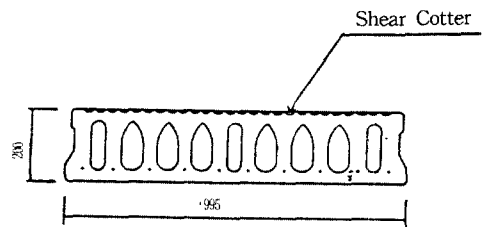


그림3. 스파크리트 HALF SLAB

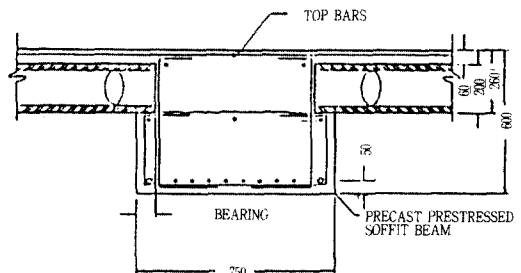
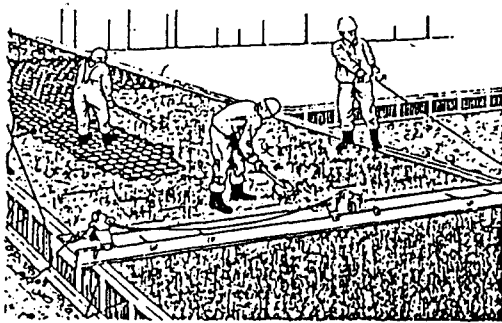
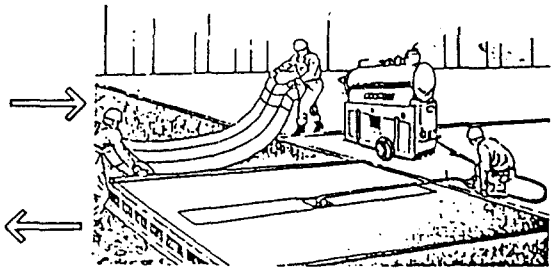


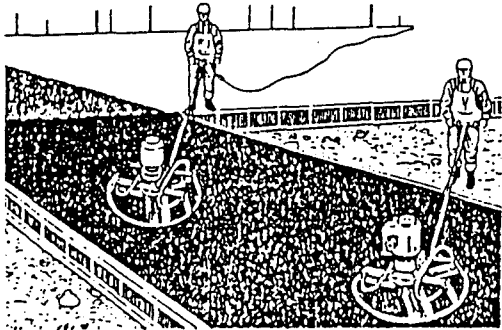
그림4. 보와의 연결



-콘크리트 타설
-다짐 및 수평유지



-Filter Pad 깔기
-Top cover
-진공배수



-Power trowel로 표면 미장
-보양

그림 5. 바닥 진공배수공법의 작업순서

게 되면 다음의 장점을 가지게 된다.

- (1) 콘크리트의 내구성이 증대된다.
- (2) 일반 콘크리트보다 강도가 30~50% 정도 증대된다.
- (3) 동해에 대한 내구성이 좋다.
- (4) 콘크리트 덧붙이기(Topping concrete)시 먼저 콘크리트 타설된 부위와 접착력이 좋아진다.

작업순서는 그림5와 같으며, 현장에서는 진공배수 직후 Power trowel을 사용하여 표면처함으로써 바닥마감 공기를 단축할 수 있었다.

3) P.C.화 공법(Beam, 계단)

보를 P.C. 화함으로써 Spancrete 바닥판의 적용을 용이하게 하고, 시공의 합리화를 추구했다. 보는 長 span을 해결하기 위해 고강도 콘크리트와 Prestress를 도입하였으며, 구조물의 일체성을 확보하기 위해 기둥과의 Joint 및 슬래브와의 Joint는 현장타설 Topping 콘크리트로 처리하였다.

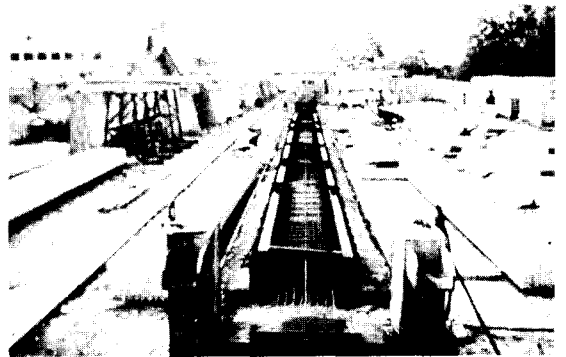


사진 1. P.C. 보의 제작

P.C. 보의 제조과정 및 설치작업은 사진1과 사진2와 같다.

계단 및 발코니 부분의 P.C.화는 비구조체 P.C.화로써 현장에서의 노동력을 절감하고, 공장생산으로 품질향상을 기할 수 있다. 계단부분의 P.

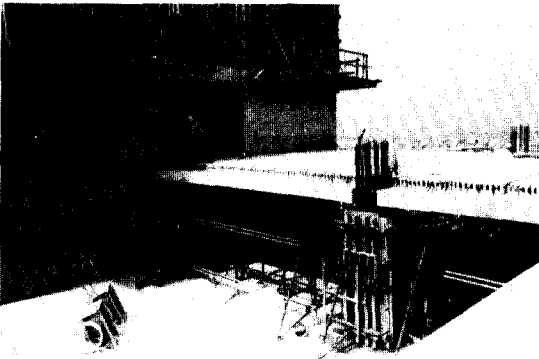


사진 2. P.C. 보의 설치

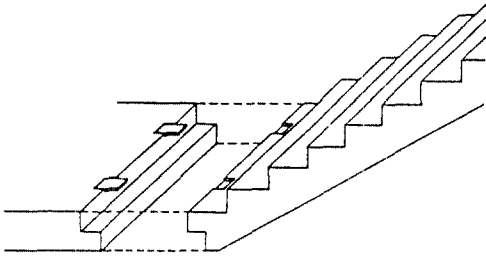


그림6. 계단참의 JOINT 방식

C.화에서 계단참 부분은 R.C.로 하고 계단 Flight 부분만을 P.C.화 하였으며, 계단참과의 Joint 처리는 그림6과 같다.

3.2.2 현장타설 수직부재의 시공 시스템화

1) 시스템 거푸집 공법

건축공사 현장의 생산성 향상이나 품질향상을 위하여, 각 부위별 여러가지 다양한 거푸집 공법이 사용되고 있다. 현장에서는 복합화 공법의 하나로 현장여건을 고려하여, 기둥의 대형거푸집 공법과 Core Wall의 대형거푸집 공법을 채택하여 시공하였다.

(1) 기둥 대형거푸집

거푸집은 사진3과 같이 몸체부분의 거푸집과 보와 Joint 부분의 거푸집으로 분리하여 공장제작하였으며, 현장에서 기둥부위의 철근을 先組立한 다음, 양중기에 의해 기둥 거푸집을 설치하고, 그 상부에 PC 보와 슬래브를 설치하여 콘크리트의 수

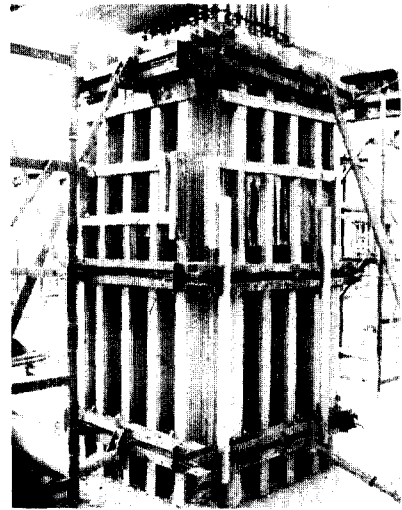


사진 3. 기둥 대형거푸집

직·수평부 동시 타설로 기둥 거푸집공사에 노동력을 절감할 수 있었다. 기둥의 대형거푸집 설치시에 유의할 사항은 다음과 같다.

- ① 거푸집 세우기 작업의 精度를 확보하기 위해 미리 기둥의 위치를 표시하고 설치한다.
- ② P.C. 보와 Joint 부분의 처리방법을 사진에 충분히 고려한다.
- ③ P.C. 보와 Joint의 일체성을 확보하기 위해 콘크리트의 워커빌리티와 다짐에 충분히 주의한다.

2) Core Wall 대형거푸집

벽체를 구성하는 판넬이나 보강재 및 콘크리트 타설시의 동바리, 작업발판 등을 미리 일체로 조립하여 두고, 이것을 타워 크레인으로 이동한 후 연결용 타이 로드로 조립하여 벽체 거푸집으로 사용하였다. 콘크리트는 벽체와 슬래브 부분을 분리하여 타설하였다. 이 Core Wall 대형거푸집은 사진4와 같으며, 그 시공상 유의할 사항은 다음과 같다.

- ① 설계시 Span, 층고 등을 가능한 표준화 한다.
- ② 공구분할과 수직 및 수평 공법의 조합으로

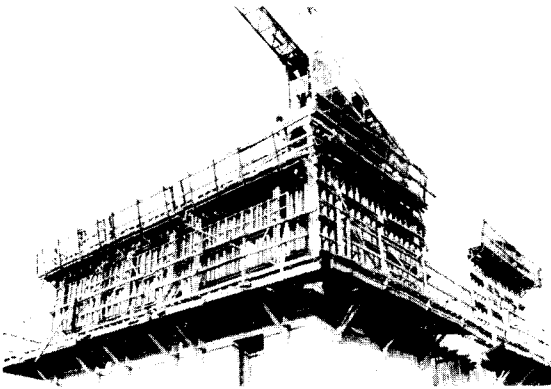


사진 4. Core Wall 대형거푸집

대형 거푸집의 전용율을 최대한 높일 수 있어야 한다.

③ 구체공정을 검토하고, 바닥공정에 들어가기 전에 대형거푸집의 이동을 마쳐야 한다.

④ 크레인의 가동계획을 잘 수립하여, 거푸집의 탈형, 전용, 설치에 차질을 초래해서는 안된다.

⑤ 連結材는 가능한 적게 하고, 콘크리트의 타설높이 등을 고려하여 배치한다.

⑥ 대형거푸집 설치용 앵글의 위치를 정확하게 고정하여야 한다.

2) 철근 Prefab 공법

철근 Prefab 공법으로 노동력이 부족한 현재 현장작업을 간소화할 수 있을뿐만 아니라, 소작업을 최소화하고, 작업인원의 배분과 작업시간을 조절할 수 있었다. 현장에서는 기둥철근과 Core Wall 철근 및 슬래브 철근을 지상에서 가공, 조립하여 타워 크레인으로 인양 설치하였다.

또한, 바닥 슬래브는 구조용 철근을 Wire Mesh의 단면으로 간격을 조정하였으며, 바닥 치수에 맞추어 공장 주문하여 현장에서는 가공 작업없이 배근하였다. 이상, 사진5와 사진6과 같이 철근 Prefab를 도입함에 따른 구조적, 시공적 장점을 살펴보면 다음과 같다.

(1) 구조적 장점

① 시공의 精度가 높아 안전율이 향상된다.

② 굵은 지름의 철근 사용이 가능하므로, RC造



사진 5. Core Wall 철근 Prefab

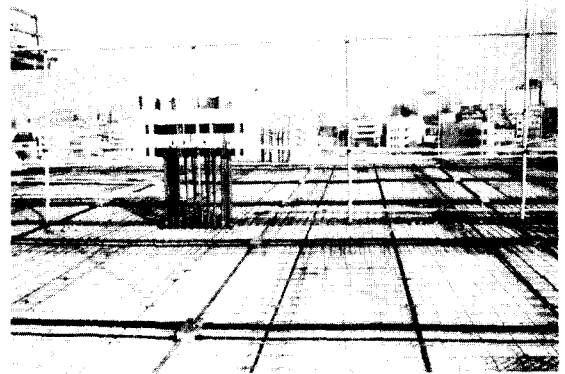


사진 6. Slab Wire-Mesh

의 고층건물 적용이 가능하다.

③ 슬럼프값이 작은 콘크리트의 사용이 가능하므로, 고강도 콘크리트에도 적용할 수 있다.

④ 철근의 피복을 정확하게 유지할 수 있다.

(2) 시공상 장점

① 전문적인 철근공, 거푸집공이 불필요하고, 주요 재료의 손실이 적고, 工期가 확실하므로 건축비의 급상승을 막을 수 있다.

② 施工精度를 높일 수 있다.

③ 高小作業 현장 노무자를 줄일 수 있다.

3) SHORING SYSTEM 工法

P.C. 보의 Support를 공장 제작한 Shoring材를 사용함으로써 동바리 작업을 간소화시키고, 이동을 단순화함으로써 工期, 인력절감 및 구조적 안정성이 확보되는 공법이다. 현장에 사용된 Shoring材는 사진7과 같고, 수평이동은 사진8에 나타

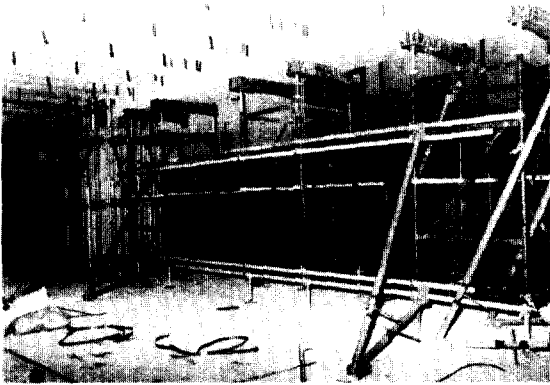


사진 7. Shoring System

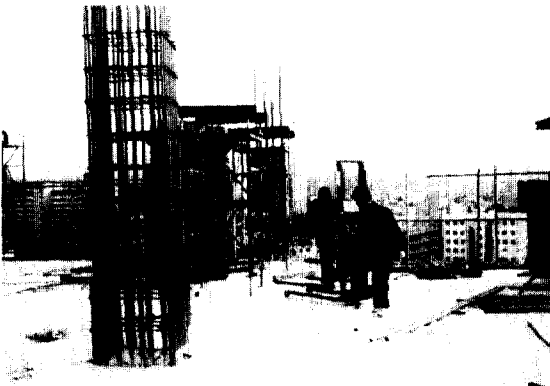


사진 8. 수평이동용 장비

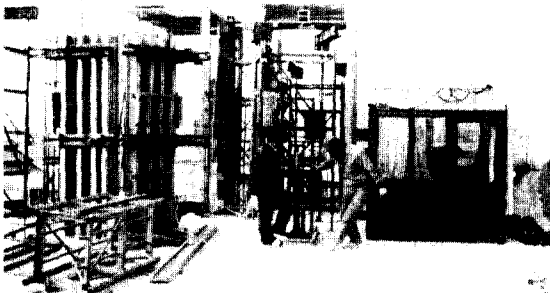


사진 9. Building Hoist

난 수평이동용 장비를 사용하였으며, 상하이동은 사진9에 나타난 Building Hoist를 사용하였다. 당 현장에서는 보 1개당 3개의 Tower Support를 사용하였으며, 3개 층을 연속해서 설치하였고, 보의 단부 2개는 조기 철거함으로써 Shoring材의 전용성을 높였다.

3.3 각 요소기술의 복합화

시공시스템의 복합화의 목적은 부여된 조건을 만족시키는 건축물을 가장 경제적으로 시공한다는 것이며, 그러한 목적에 따른 방향으로 요소기술을 통합해 가는 것이다. 복합화하기 위한 요소기술로써 기계화 시공, 수평 및 수직의 분리타설은 기본적으로 설정되어야 하며, 그외 Spancrete 바닥판 공법, P.C.화공법, System 기부집 공법, Shoring System 공법, 바닥 진공배수공법과 같은 요소기술을 사용함과 동시에, 그 운용방법을 최적화함에 따라 시공 시스템의 낭비와 무리가 없도록 하였으며, 아울러 공정의 시스템화가 조합되어 현장공사의 합리화가 이루어지게 되었다.

그림7은 상술한 각 요소기술을 현장에서 복합화에 따라 사용된 공법을 圖示한 것이다.

4. 재래식 공법과의 비교 고찰

대구 영남일보사옥 신축공사에서 실시한 복합화 공법을 재래식 공법과 비교고찰하여 다음의 결과를 얻었다.

- 1) 구체공사의 품질향상으로 상품가치가 증대한다.
- 2) 노동력에 대한 생산성은 재래식 공법에 비해 2.7배의 증대를 나타내었다.
- 3) 공기는 1층당 약 25% 이상의 단축을 이룰 수 있었는데, 이를 기준으로 골조공사 5층의 공기단축 가능일수는 약 2개월이 된다. 그림 8은 1층당 공정 cycle을 재래공법과 비교한 것을 나타낸 것

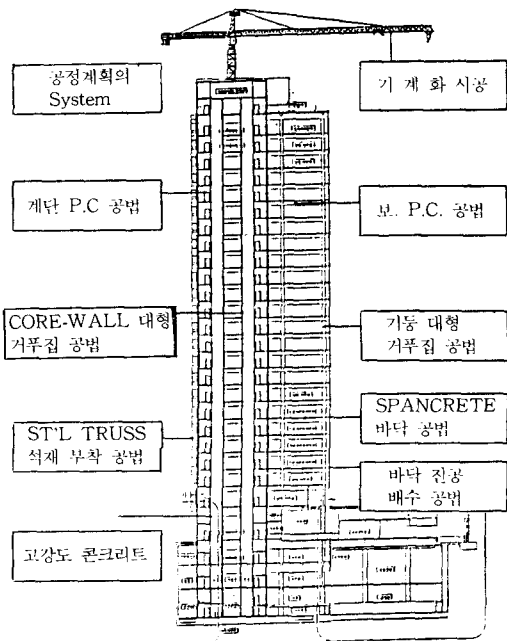


그림 7. 현장에 적용한 각 요소기술

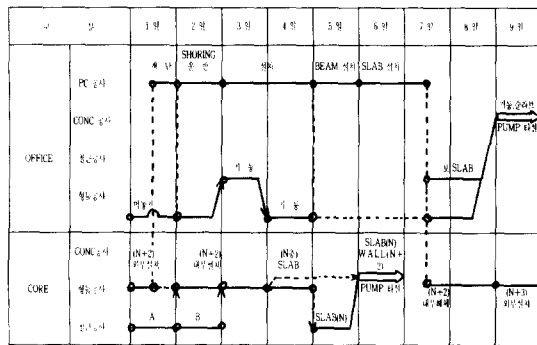


그림 8. 기준층에 대한 공정 Cycle의 비교

이다.

4) 공기단축, 품질향상 등으로 인한 간접공사비의 절감을 이루었다.

5) 공장생산으로 현장노동력 절감을 할 수 있었다.

6) P.C. 바닥판을 사용함으로써 가설재를 절감할 수 있었다.

복합화 공법을 사용함으로써 상술한 여러가지의 효과를 거두었지만, 반면에 다음과 같은 문제점과 주의할 사항을 확인할 수 있었다.

1) 공장생산으로 인한 직접공사비가 증대한다.

2) 복합화 공법을 하기 위해서는 철저한 양중계획이 이루어져야 하며, 양중계획에 따라 공정계획이 이루어져야 한다.

3) P.C. 생산과 철근 Prefab화를 실시함으로써, 현장에서의 별도 제작 및 적재공간이 필요하게 되었다.

4) 근거리의 P.C. 공장의不在로 운반상의 하자 발생 및 약천후시의 수송지연에 대비한 공사관리가 이루어져야 한다.

5. 결론

최근 국내의 건설업은 인건비 상승, 자재의 품귀현상, 노동인력 특히 숙련공의 부족 등과 같은 문제로 건설 생산성의 저하에 직면하고 있다. 이를 해결하기 위한 하나의 방법으로서 (주) 대우에서는 대구 영남일보사옥 공사에서 건설업의 E.C. 화를 통한 선진 Gene-Con.의 실현을 목표로 부분 P.C., 시스템 거푸집 및 철근의 선조립공법을 적용하여 시공장비(Crane Tower)의 이용 극대화를 실현하며, 일정한 소수인원(노무의 평준화)에 의한 반복작업(cycle 공정)을 통하여 구체공사의 노동력 절감과 공기단축, 공사비 절감 등의 효과를 거둘 수 있었다.

그러나, 현재 우리 건설업이 처하고 있는 문제점들을 해결하기 위해서는 아직 국내의 제반여건이 미성숙하고, 또한 본고에서 소개한 것과 같은 신공법을 적용하는 데 있어서, 설계·시공단계에서의 시스템화에 적합한 공법 및 구법에 대한 검토, 각종 요소기술의 개발, 건축생산에서의 표준화, 기계화 시공, 전문화도업체의 육성 등과 같은 여러가지 문제가 먼저 해결되어야 된다고 사료된다.