

구조체 복합화 공법의 현장 적용 (천안 C-3 PROJECT 현장을 중심으로)

Applying the Structural composite method
(Cheonan C-3 Project Building)



이동렬*



박덕규**

1. 서언

건설업은 그 특성상 설계부터 시공, 준공에 이르는 동안 수많은 단계를 거치며 각 단계의 연관성이 복잡하게 얽혀져 있어 건물 하나를 완성하는데 짧지않은 시간이 소요되므로 주변환경에 대한 대응 및 변화의 속도가 제조업과 타 산업에 비해 늦어져왔던 것이 사실이다. 그러나 산업의 급속한 발전과 개인 소득의 증대에 따른 요구의 다양화, 품질을 중시하는 사회환경의 변화속에 국내외적으로는 기성 건설 시장의 개방압력과 무한경쟁을 요하는 건설환경, 부실의 결과로 초래된 불신의 팽배 등 더이상 이러한 상황을 외면해서는 안된다는 위기감이 업계내에 물러왔다. 이에 인식의 전환을 통한 신기술의 확보가 당면과제로 부각되었고 이러한 방안의 일환으로 당사에서는 95년 5월 건축사업본부 건축기술팀 내에 철골, 복합화 파트를 발족

시켰다. 그 후 선진사례조사 및 당사기술을 집약, 발전시켜 복합화 공법(가칭)을 개발하였으며 수원인계동현장, 천안 C-3 Project현장에 실제로 적용하여 기대 이상의 효과를 거두었다. 현장 적용과정에서도 요소기술이 지속적으로 개발되어 그 파급효과로 현재 보정리휴먼센터 현장, 대전 Price club 현장, 역삼동 Dacom 현장 등이 복합화 공법을 진행, 시공중에 있다.

이에 이 지면을 빌어서 실 적용된 사례 중의 하나로 천안 C-3 Project 현장의 구조체 복합화 적용을 소개하는 기회를 마련하였으며, 그에 앞서 이해를 돕기 위하여 당사에서 개발한 복합화 공법을 잠시 언급하고자 한다.

2. 복합화 공법

2. 1 복합화 공법의 의미

복합화 공법의 바탕에는 건축물을 구성하는 요소

* 정회원, 삼성물산 건설부문 건축사업본부 부장

** 삼성물산 건설부문 건축사업본부 실용 과장

들-기둥, 보, 슬라브-을 부재로서 분할, 생산하는 공업화의 개념이 자리잡고 있다. 즉 건축물을 이루어 가는데 있어 기존에 현장에서만 이루어졌던 생산 방식을 공장에 확대시켜 보다 기계화 된 시설로 부재를 생산하고 이 부재를 현장에서 조립, 일체화 하여 구조체를 구축하는 개념이다. 이러한 방식에 의해 생산되는 부재들을 사용하는 재료별 특성, 형성 방법, 적용위치에 따라 달리하여 최적의 부재를 선택하고 적용하는 것이 1차적 의미의 복합화 공법이다. 또한 각각의 부재를 적용 Project의 특성에 따라 최적의 조건으로 조합하여 새로운 공사방법을 구축하는 최적화 System을 만드는 것이 2차적 의미의 복합화 공법이라 하겠다. (그림 1 참조)

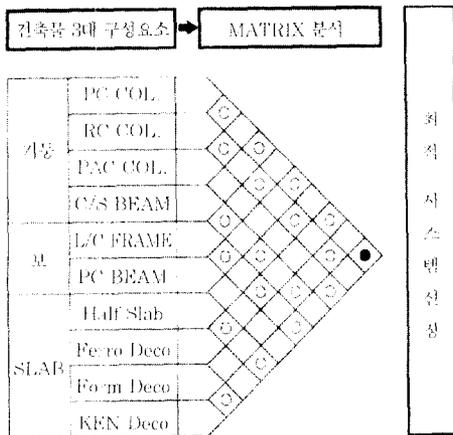


그림 1 복합화 공법의 개념

이와 같은 공법의 적용으로 구조체의 고품질화 뿐만 아니라 기계화의 효율적인 적용이 가능케 되어 인력 및 공기단축의 효과를 가져왔고 재래공법이 안고 있는 복잡한 작업공정, 가설공사 등을 단순화, 사이클화 시켜 안전한 작업환경을 창출하였다.

2.2. 복합화 공법의 발전단계

당사에서 복합화 공법이 현장적용을 거치는 동안의 발전 과정을 살펴보면 크게 4단계로 구분되어 질 수 있다. 그중 제 1단계는 부재의 PC화로서 이 공법은 RC 라멘조의 부재를 PC화 시켜 기둥, 보, Half slab를 공장제작, 생산하여 현장에서 조립 후 Topping Concrete를 타설하여 전체를 Wet joint로 일체화 하는 공법이다. 당사의 신대방 주상복합 현장에 적용되었다. (그림 2)

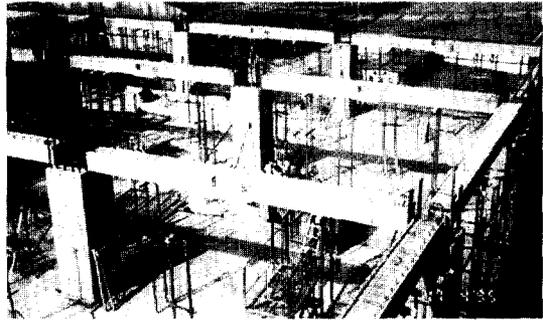


그림 2 제 1단계 : PC화 공법 현장적용

제 2단계는 실제적인 복합화 개념을 도입하여 장스팬의 오피스 건물에 대응하도록 보를 철골로 대체하고 철골단부에 콘크리트로 케이싱하여 PC 기둥과 일체화 할 수 있도록 하는 삼성식 복합보를 개발하였다. 이 공법은 당사의 수원 인계동 현장에 적용하여 실효를 거두었다. (그림 3)

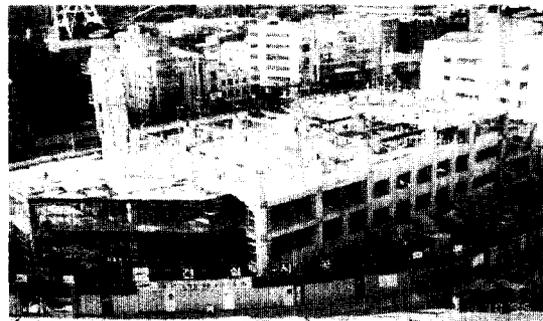


그림 3 제 2단계 : 복합화 공법 현장적용

다음으로 제 3단계의 복합 PC화 공법이다. 장스팬 부분에는 2단계의 삼성식 복합보 대신 단순 철골보를, 단스팬 부분에는 PC 보를 사용한 L.C.Frame (Logical Composite Frame) 공법 및 PAC Column (Pre-Assembled Com-



그림 4 제 3단계 : 복합 PC화 공법 현장적용

posite Column) 등의 요소기술을 개발하여 본 지면에 소개될 천안 C3 Project 현장에 적용하였다. (그림. 4)

마지막 제 4단계는 다중 복합공법으로 2단계와 3단계 (삼성식 복합보+L.C.Frame 구법)의 장점을 취하면서 혼용한 공법이다. 현재 공사가 진행중인 대전프라이스클럽 현장에 적용되고 있으며 16m×10m의 구간에서는 단순 철골보를 사용하고 있다. (그림. 5)

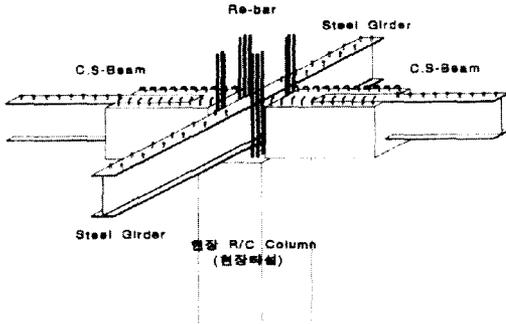


그림 5 제 4단계 : 다중 복합공법 개념도

3. 천안 C-3 Project 현장의 복합화 공법 적용사례

3.1 현장 개요

삼성전자에서 발주한 지상 6층, 지하 1층에 연면적 35,370평 규모의 TFT-LCD 공장으로서 기준층면적이 약 5,540평(185m×99m)에 이르고 있다. 공사기간은 1996.11월~1997. 9월 까지로 재래 공법 적용시 14개월이 소요되나, 복합화 공법을 적용하여 약 3개월 앞당겼다. 그중 골조공사가 7개월, 마감공사가 3개월 맞물려 6개월이 소요되었다. 적용한 주요 공법으로는 평면상 중앙부에 위치한 Fab. block (공장동)에는 복합 PC화 공법, Half PC 공법, PAC Column 공법이, 평면상 양 단부에 위치한 오피스동 및 Machine room block에는 PAC Column 과 L.C.Frame 공법이 채용되었다. (공법 내용은 3.3항 적용공법에서 소개)

3.2 복합화 공법 도입경과

본 현장은 96년 11월 복합화공법의 타당성을 검토

후 복합 PC화 공법의 발의 및 결정을 하였으며 11월 29일부터 약 한달여 건축기술팀과 현장간의 협의로 기본계획을 작성하였다. 12월 중순부터 부재에 대한 구조 재검토와 동시에 PC 설계작업에 들어 갔다. 구조검토는 약 1개월 반, PC 설계는 약 2개월이 소요되었다. 기본 PC 설계가 완료된 시점인 1월 초에는 음성 공장에서 PC 생산에 착수할 수 있었다. 이는 현장시공의 시작점(97년 2월 초)에 비추어 약 1개월 앞서 진행된 것이며, 총 PC 생산기간은 97년 3월말까지 3개월이 소요되었다.

3.3 적용 공법

Fab. block에서는 복합 PC화 공법, H-PC 공법, Half PC 공법, PAC Column 공법이 적용되었으며 각각 공법에 대한 설명은 다음과 같다.

3.3.1 PAC(Pre-Assembled Composite) Column

중저층의 건축물에 있어 기둥의 역할은 주로 건물에 작용되는 수직하중에 지향하고, 이러한 수직 압축력은 RC조에서 주로 콘크리트가 담당한다는 개념에서 출발한 것으로, 기둥용 주철근을 조립화가 용이하고 작업성이 뛰어난 Angle을 이용하는 공법이다. 먼저 철근의 단면적에 상응하는 Angle을 사용하고 공장에서 Pre-Assembly 하여 현장에 반입한 후 타워 크레인을 이용하여 한번에 설치할 완료하였다. 거푸집 역시 System form을 적용, 타워 크레인으로 설치하고 현장 콘크리트 타설 후 다시 타워 크레인으로 해체하는 방법을 취하였다. 오피스 블록 Machine

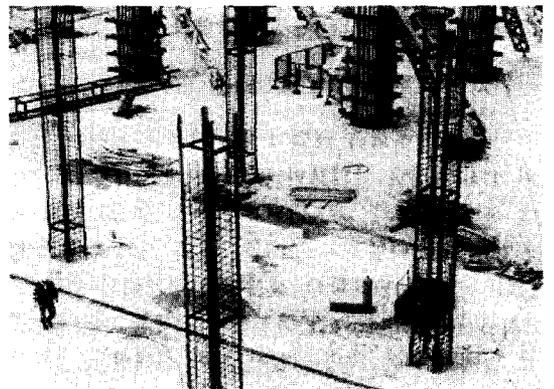


그림 6(a) PAC Column 공법 현장작용

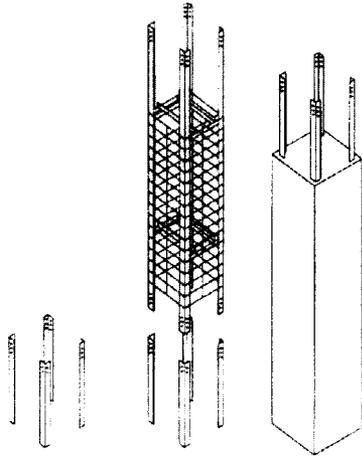


그림 6(b) PAC Column 공법 개념도

room의 주기둥에도 적용하였으며, 철근공정의 단순화 및 공기단축의 효과를 보였다. (그림 6)

3.3.2 H-PC 공법

프리캐스트 콘크리트 공법에서 부재와 부재의 집합에 일반적으로 적용되는 콘크리트 Wet joint 방법을 현장작업성을 고려하여 철골조와 철근콘크리트 구조의 복합구조 System으로한 공법이다. PC 부재의 공장 생산시에 단부에 미리 철골을 매립하여 현장에서는 고정력 볼트를 이용하여 집합하는 공법으로, 집합이 용이하고 양생등의 후속공정이 불필요하게 되어 후속작업의 Lead time을 단축하는 효과를 보였다. Full PC와 철골 구조의 집합 Detail을 이용하여 구품질의 프리캐스트 부재를 단순한 현장조립(HTTB)으로 집합하였다. (그림 7 (a)(b))

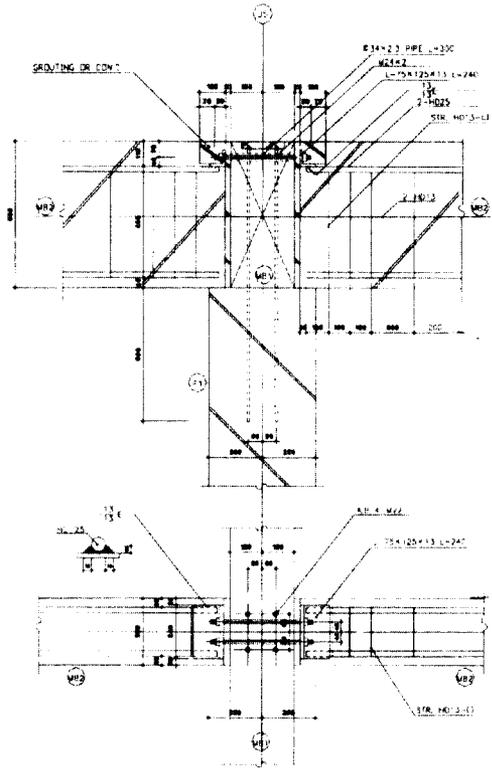


그림 7(b) H-PC 접합 디테일

3.3.3 Half PC 공법

층고가 높은 건물이나 장스팬의 건물은 그 구조체의 제적 및 중량의 증대에 따른 양중장비의 용량 등의 문제로 현장적용에 현실적인 어려움이 많아 추진 실적이 전무한 상태였다. 이러한 현실적 한계를 인식하고 주변현실에 상응하는 PC 공법을 추진하는 방법

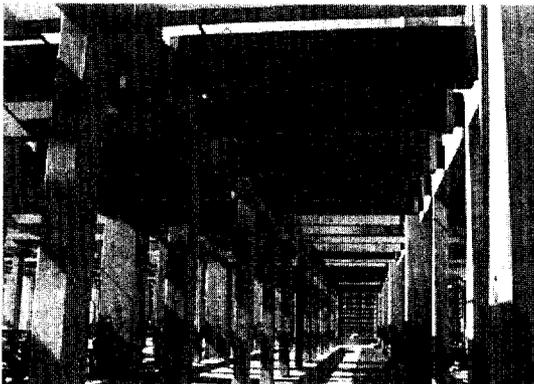


그림 7(a) H-PC 현장적용

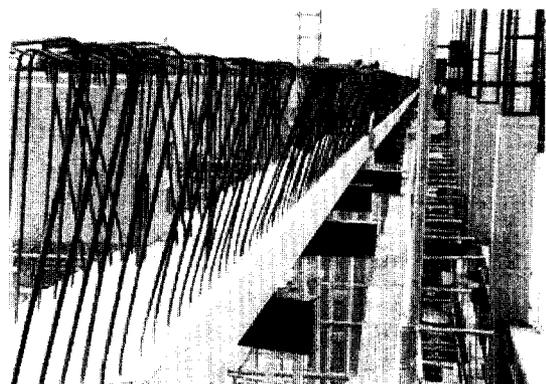


그림 8(a) Half PC 공법 현장적용

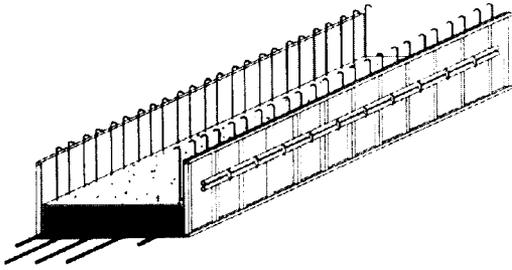


그림 8(b) Half PC 공법 개념도

으로 기존의 부재물류에 의한 PC의 설계, 생산 개념에서 현재상황을 적극적으로 수용하여 조건에 맞추어 설계, 생산하는 개념을 도입하였다. 가설 및 분철시 요구되는 각각의 조건에 충족되는 효율적인 단면으로 부재의 형상을 변경하였다. (그림 8)

3.4 Cycle 공정 계획

먼저 콘크리트의 타설 방법에 따라 Main column, Fab floor, Plenum slab로 Working zone의 3개 zone으로 나누고 Main column, Fab floor를 각각 8일, Plenum slab 공정을 14일 Cycle로 하여 계획하였다. Plenum slab는 각종 지원설비가 얹혀지는 층의 슬라이브며 Grille beam 및 slab는 Clean room 층의 Access floor 하부의 격자보 구성부재이다. (그림 9)

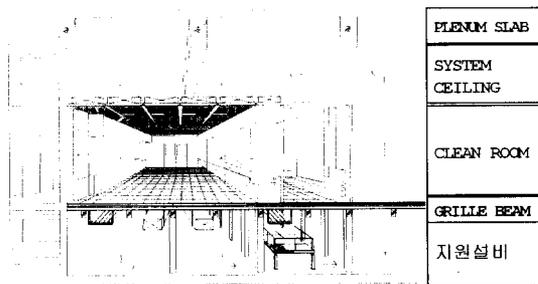


그림 9 TFT-LCD 공장의 Zone별 구획

3.5 Work sequence

3.5.1 Step 1 : Main Column 현장타설

바닥에서 콘크리트 타설면 까지의 기둥높이 (Net floor height) 가 10.9m로, 측압을 고려하여 4개의 기둥을 한조로 4m+4m+2.9m 씩 순환하며 타설하

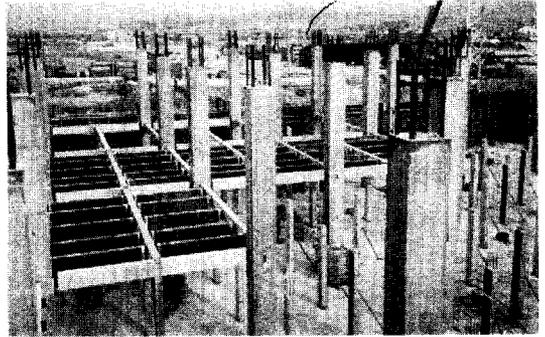


그림 10 C-3 현장 전경

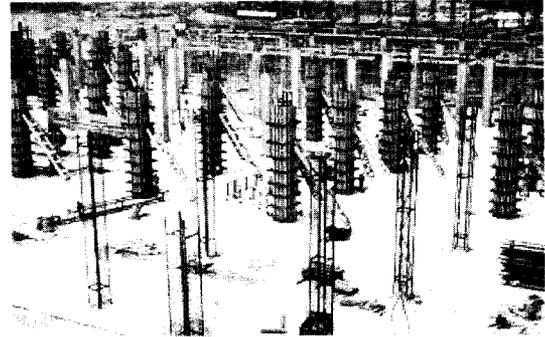


그림 11 Step 1 : Main Column 현장타설

였다. 기둥의 타설속도는 시간당 6m 이내로 관리하고 2m의 비격으로 15분간 타설하여 1,2,3차 타설에 각각 120분이 소요되었다. 기둥상단의 콘크리트 레벨의 관리는 주철근 대신으로 사용되는 Angle에 레벨표시를 한 후 Angle 설치 후 표시된 레벨선 까지 콘크리트를 타설하는 방법으로 진행하였으면 타설면 레벨의 오차는 +10mm 이내로 관리하였다. (그림. 11)

3.5.2 Step 2 : PC Post & Grille beam 설치

1) Post

반입된 부재의 검사가 끝나면 타워크레인으로 양중하여 사전 슬라브에 Chemical anchor로 고정된 볼트의 위치 (기둥 Setting 위치)로 가져가 Post를 Setting 한 후 Prop support로 수직도 조절을 한다. 수직도 관리는 트랜시트이며 오차의 범위는 ± 3mm 이내로 관리하였다.

2) Grill beam (Clean room 층 beam)

부재(Grill beam)의 검사가 완료된 부재는 양중되어 Post 의 Anchor bolt의 손상과 변형망지에 유



그림 12 Step 2 : PC Post & Grille beam

의하면서 Setting 하고 이어서 사전 기동수단에 배설되어 있는 Plate와 Grill beam 단부의 H beam의 위치를 맞추어 1차 제철을 한다. 다시 토르크치를 관리해가며(5,450-7,420 kg·cm) 2차제철을 완료한다. Post와 Grille beam의 Joint도 Anchor bolt로 긴긴한 후 예폭시를 주입하여 그라우팅 한다.(그림 12)

3.5.3 Step 3: Plenum slab beam & Ferro deck 설치

Fab 층의 Grill beam 위에 가설 Support 설치 완료되면 보의 치짐, 역치짐을 고려하여 기 조립된 Half PC를 설치한다. 걸침길이를 확인하고 Support의 높이조정을 하면서 Half PC를 Setting 시킨 후 직각방향으로는 PC 보를 설치한다. 관념준의 부재는 Form을 밑도로 제작하여 마무리 한다. 보 설치가 끝나면 Form을 밑도로 제작하여 마무리 한다. 보 설치가 끝나면 Ferro deck, 철근배근을 하여 콘크리트 타설 전 준비를 마무리한다. (그림 13)

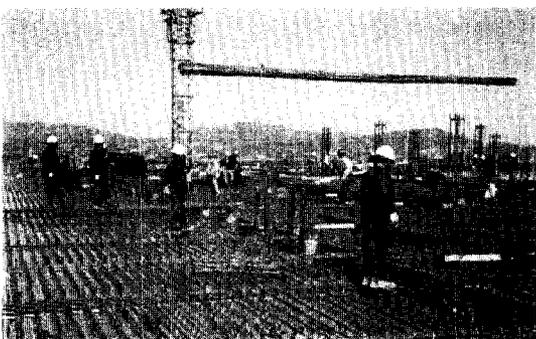


그림 13 Step 3 : Plenum slab beam & Ferrodeck



그림 14 Step 4 : 슬라브 콘크리트 타설

3.6 Office & Machine block

평면상 양 단부에 위치하는 Office & Machine room block에서는 L.C.Frame 공법을 적용하였는데 그 개요는 다음과 같다.

3.6.1 L.C.(Logical Composite) Frame 공법

철근콘크리트 구조와 철골구조를 합성시키는 공법 중의 하나로 경계성이 우수한 RC조의 기둥에 강스텐 구조를 위한 철골을 수평구조체(보)로 사용하는 공법이다. 장변방향에는 철골부가 기둥 상부를 관통하고, 단방향에는 RC조의 보(PC도 적용 가능)로 구성되는 구조형식으로 경제적으로 강스텐을 구현하였다. (그림 15)

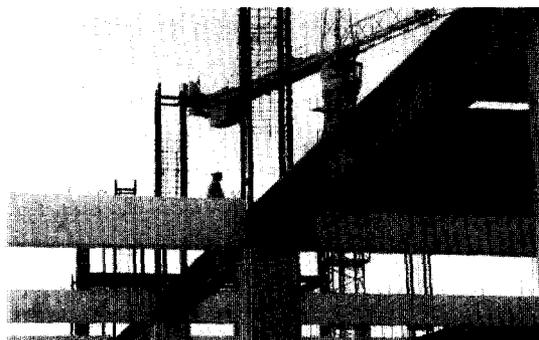


그림 15 L.C.Frame 현장적용 사진

3.6.2 L.C.Frame 공법의 Work sequence

기준벽 → 기동콘크리트 타설 → PC 보 설치 → 선형 철골 설치 → 잔여철골 설치 → Ferrodeck 및 철근배근 → 슬라브 콘크리트 타설의 순서로 진행되며 그림. 16 참조한다.

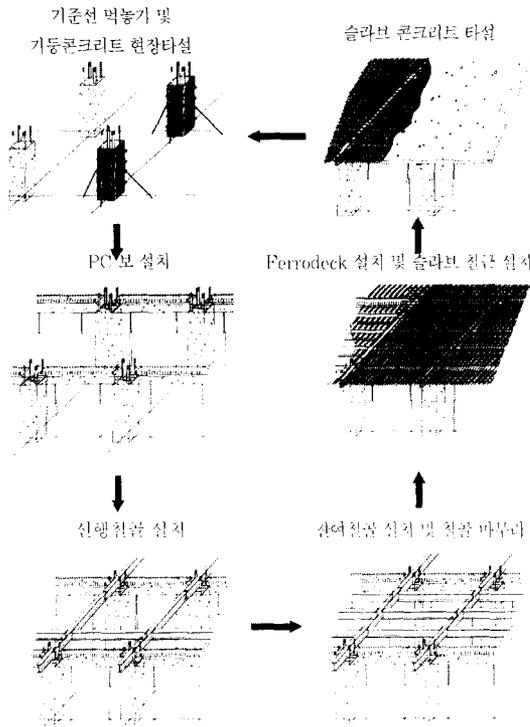


그림. 16 L.C.Frame 공법의 Work sequence

4. 결론

이상으로 천안 C-3 Project 현장에 적용된 요소 기술 및 사례를 중심으로 본 공법의 소개를 하였다.

전술한 천안 C-3Project 현장의 경우 복합화 공법을 적용하여 양적인 성과로, 골조공사비의 원안대비 약 15%의 절감을 하였으며 공기면에서도 재래공

법 적용시 약 14개월 예상되었던 공기를 3개월 단축하였다. 질적으로도 투입인원 및 현장폐기물을 현저히 줄이는 성과를 올렸으며, 공업화에 따른 품질향상 Cycle 공정, 단순반복효과에 의해 현장관리가 훨씬 용이해졌음이 실사례로 드러났다. (표 1과 2)

표 1 공기단축 사례

구분	복합화 공법	재래식 공법
Main Column	7일	9일
GrillBeam	6일	11일
Plenum Slab	12일	15일
소계	25일	35일
양생	15일	19일
해체, 정리	5일	15일
합계	45일	69일

표 2 노무인력 절감 사례

구분	복합화 공법	재래식 공법
인원	35~40명/일	450~500명/일
철근	40~45명/일	150~150명/일
콘크리트	40~45명/일	25~30명/일
PC 조립	40~45명/일	
철골	40~45명/일	17명/일
합 계	172~193명/일	582~687명/일

따라서 향후에도 오피스빌딩을 비롯한 공장건물, 유통판매시설, 전시공간 등 경제성, 장스팬, 공기단축을 요하는 Project 등에 적극적으로 검토, 적용이 예상된다. 또 현장적용이 거듭될 수록 더 많은 요소 기술의 개발이 기대되는 잠재력을 품은 본 공법은 관, 산, 학의 공동개발시 효과의 증대 및 기존의 건설 기술을 한단계 끌어올려 신 건설문화를 만들어가는 데도 일익을 할 것으로 기대된다. ☑