

# 복합화 및 적층 공법

## 1. 공법개발 배경 및 경과



박 병 근

### 1.1 구조체 복합화 공법의 개발 배경

- 1) 건설환경의 변화
  - 삼풍백화점 붕괴등 건설업에 대한 사회적 불신풍조 팽배
  - 97년 이후 전면 시장 개방으로 경쟁 심화

#### 2) 사회환경의 변화

- NEEDS의 다양화 및 고품질의 건축물 요구.
- 사회적 3D 업종에 대한 기피현상으로 건설 인력 부족 문제
- GREEN ROUND 대두 등 환경보존에 대한 요구 증대.

#### 3) 위기상황의 극복 및 21세기 세계 초일류기업 실현

- 건설업계 총체적 위기상황 극복, 경쟁력 강화
- 기술의 복합화로 21세기 세계 초일류기업 실현

### 1.2 구조체 복합화 공법의 개요

#### 1) 구조체 복합화 공법의 개요

- 건설 주요공정인 구조체 골조공사를 원가·공기·품질·안전측면에서 최적으로 시행코자 하는 공법
- 주요재료인 철골 및 철근콘크리트의 장점과 재료적 특성을 건축물의 부위별, 사용 재료별 분할 및 조합
- 기술적 복합화 과정을 통한 요소기술 개발, SYSTEM화하여 구조 형식 및 공법을 최적화
- 공장 및 현장생산의 2원 생산방식으로 현장시공 SLIM화

#### 2) 구조체 복합화 공법의 의미

- 건축물을 구성하는 3대 요소, 즉 기둥,보,바닥등을 부재(부품)으로 분할하고, 부재들을 사용되는 재료별 특성, 형성 방법, 적용위치, 구조적 특징등에 따라 달리하여

최적의 부재를 만드는것이 1차적 의미의 복합화 공법

- 각각의 부재를 적용 PROJECT특성에 따라 조합하고, 이를 MATRIX 분석(SIMULATION 및 EVALUATION 등)에 의한 최적 System을 선정 하여 합리적인 공사방법을 구축하는 것이 2차적 의미의 복합화 공법.

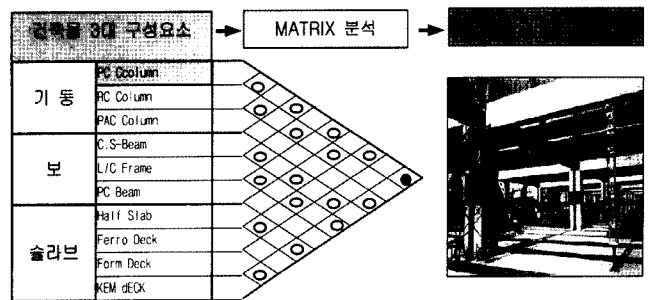
- 또한 현장에서만 이루어 졌던 기존의 생산방식을 공장에 확대시켜 기계화된 시설로 부재를 생산하고 현장에서는 단순조립으로 구조체를 형성하여 현장시공의 SLIM화를 도모하는 공법

#### 3) 최적 System 선정방법

- ① 1단계 : 프로젝트의 성격(특성) 파악
- ② 2단계 : 건축물 3대 구성요소(기둥, 보, 바닥판)를 분할과 조합을 통한 기술적 복합화로 Proper Member 선정
- ③ 3단계 : Proper Member를 기준으로 구조 System 및 공법에 따른 Simulation 및 Evaluation 분석.

→ 원가, 공기, 품질, 안전의 최적 System 선정

#### 4) 최적 System 선정 Process

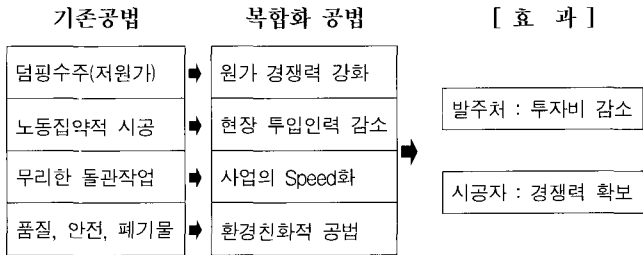


#### 5) 복합화 공법의 특장점

- ① 골조공사비의 10~20% 절감(전체공사비의 약 3%)
- ② Cycle공정, 적층공법등을 통한 공기단축 10~20%
- ③ 2원 생산방식에 의한 현장 투입인력 70~75% 감소
- ④ Pre-fab.화에 따른 목가설재 대폭 감소
- ⑤ 재시공 Zero화에 의한 건설 폐기물 대폭 감소
- ⑥ 공장생산을 통한 품질 및 안전 향상
- ⑦ 현장관리 용이

6) 재래공법과의 비교

구분	기존의 공법			복합화공법
	철골조	RC 조	PC 공법	
원가	불리	유리	불리	유리
공기	유리	불리	유리	유리
안전	불리	불리	유리	유리
품질	보통	불리	유리	유리
SPAN	유리	불리	불리	유리



2 주요 개발 공법

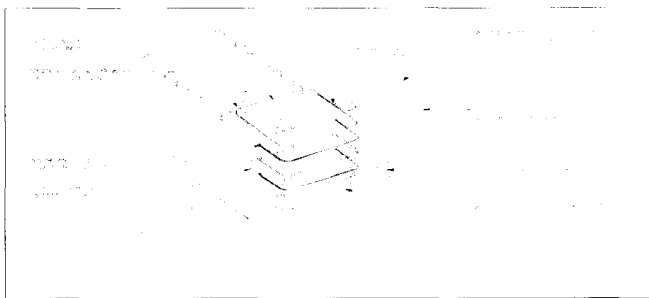
2.1 L/C(Logical Composite) Frame 공법

1) 공법의 개요

철근콘크리트조가 갖고 있는 최대 단점이 장SPAN과 경량화가 어렵다는 것으로, 이는 철근콘크리트의 재료적 특성에 기인한 구조적 단점이라 할 수 있다. 이러한 단점을 극복하기 위하여 RC조 기둥에 장 Span에 유리한 철골을 장변 보에 적용하고, 단변에는 건물의 특성에 따라 다양한 구조형식을 취할 수 있게 함으로써 새로운 복합구조를 이루게 되었다.

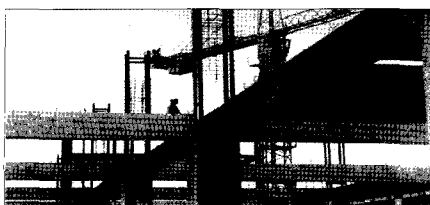
여기에서 철골보를 철근콘크리트 기둥에 정착시키는 것이 구조적으로 가장 중요한 POINT이다.

2) Panel Zone 개념도



↑ L/C Frame 기둥 상부 Detail (Panel zone)

현장적용사례 →



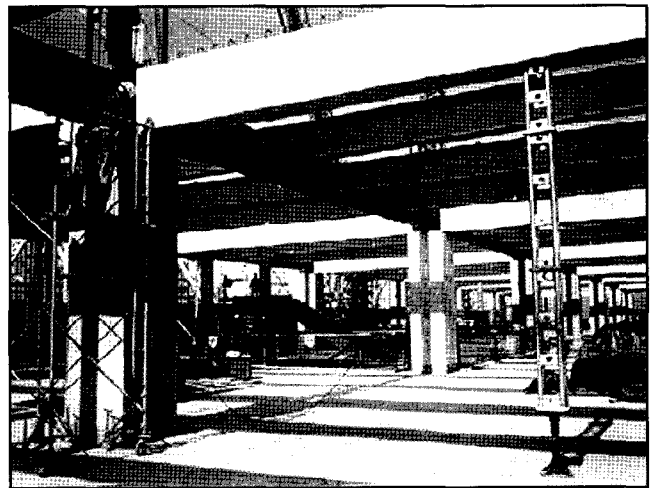
3) 공법의 특징

- 다양한 구조 형식을 각각의 특성과 성능에 따라 적용
- 철골과 철근콘크리트를 조합한 새로운 개념의 복합 구조 형식
- 구조체의 부위별 요구성능에 따라 다양한 구조형식을 적용할 수 있는 구조
- 다양한 재료와 공법 적용으로 경제적인 최적설계 가능
- 부재에 따라 공장과 현장생산이 가능한 2원 생산방식

4) 공법의 장점

- 최적설계에 의한 구조의 SLIM화
- 철근콘크리트조의 장스팬화
- 공업화 및 최적설계에 의한 원가절감
- 2원생산방식에 의한 공기단축(10~20%)
- 부재 및 건물의 경량화
- 목가설재, 폐기물 감소
- 공업화에 의한 재시공 ZERO화

5) 현장 적용 사례



↑ 천안 C-3 PROJECT 현장 적용

▶ 현장적용사례 : (1) 천안 C-3 PROJECT (2) 대전 PRICE CLUB

2.2 PAC(Pre-Assembled Composite) Column 공법

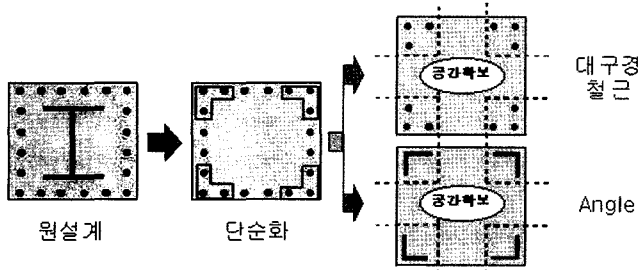
1) 공법의 개요

기존의 기둥 철근배근은 주로 HD19 ~ HD25 정도의 철근이 주로 사용 되었으나, 이를 대구경 철근(HD32 ~ HD41) 또는 Angle을 이용하여 단순화 하고, 공장 Pre-fab. 함으로써 현장에서 Tower Crane을 이용, 철근 Cage를 단순 조립하여 철근 배근을 완료한다.

형틀 또한 System Form을 사용함으로써 작업을 용이

하게 하고, 현장타설 Con'c의 강도를 300~600kg/cm<sup>2</sup>의 고강도로 사용함으로써 기둥 단면을 줄이고 시공을 용이하게 하는 합리적인 공법이다.

2) 기둥 주근 변경 Process



3) 공법의 특징

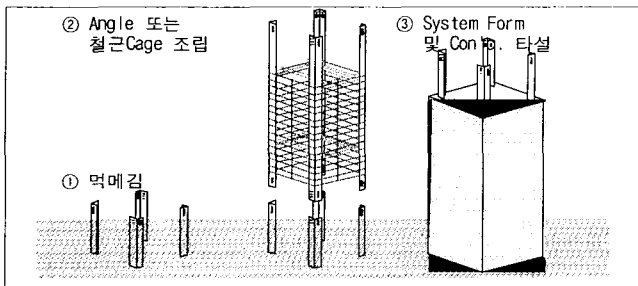
- 기둥 철근의 공장 Pre-fab.
- 주철근으로 대구경 철근 및 Angle 사용
- 이음방법
  - 대구경 철근 : Mechanical Coupler
  - Angle : High Tension Bolt
- 거푸집은 SYSTEM FORM 사용

4) 공법의 장점

이러한 공법은 기둥 설계조건을 단순화 함으로써 다음과 같은 장점을 갖고 있다.

- 층고가 높은 현장에 적용 용이
- 철근의 공장 Pre-fab.화 및 이음공정 단순화로 공기단축
- 고강도 콘크리트에 의한 기둥 단면 축소
- 공업화, 기계화에 의한 노무인력 절감
- 수직, 수평 분리타설로 Form전용성 향상

5) 공법 개념도 및 현장 적용 사례



↑ PAC Column 공법개념도  
← 천안 C-3 PROJECT 현장 적용

▶ 현장적용사례 : ① 천안 C-3 PROJECT ② 대전 PRICE CLUB

2.3 기타 개발공법

1) H-PC 공법

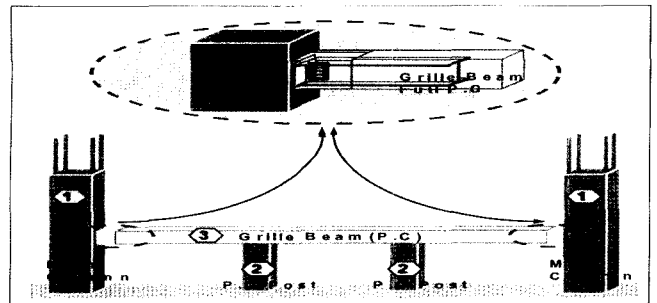
① 공법의 개요

반도체형 공장의 격자보(Grille Beam)와 같이 본건물의 구조적 조건보다 건물 용도상 특수한 구조체를 요구하는 경우가 있다.

이러한 구조물은 실질적으로는 2개층으로 되어있으나 구조적으로는 1개층의 중간에 Access Floor가 끼어있는 형식으로, 진동에 민감한 생산기계설비로 인해 설계와 시공에 있어 특별한 관리가 요구된다.

본공법은 이러한 특수구조물 시공을 합리화하기 위하여 복합화 공법을 응용 개발한 것으로, 현장타설 기둥에 사전 Embedded PL를 매립하고 보 PC 부재의 단부에 철골 매립하여 현장 조립시 고장력 볼트(HTB)를 이용하여 접합하고 Grouting 하는 공법이다. 이때 격자보 및 Post는 Full PC로 하여 거푸집을 배제한 Non Support 공법이다.

② 공법의 개념도 및 접합 Detail



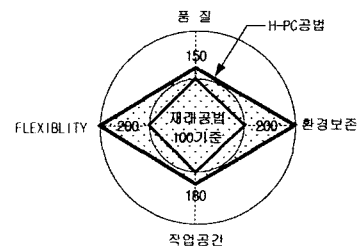
③ 공법의 특징

- 반도체형 공장 격자보(Grille Beam)등 진동제어구조의 특수 구조물 적용

- Full P.C 공법
- PC 부재 접합의 건식화 [철골조 접합 형식(HTB) 적용]

④ 공법의 장점

- 공업화로 공기단축, 시공정도 확보
- Non Support System
- 접합방법 용이
- 양생등 후속공정이 불필요
- 후속작업의 Lead Time 단축



⑤ 현장 적용 사례



↑ 천안 C-3 PROJECT 현장 적용

▶ 현장적용사례 : ① 천안 C-3 PROJECT(Fab. Block - Grille Beam)

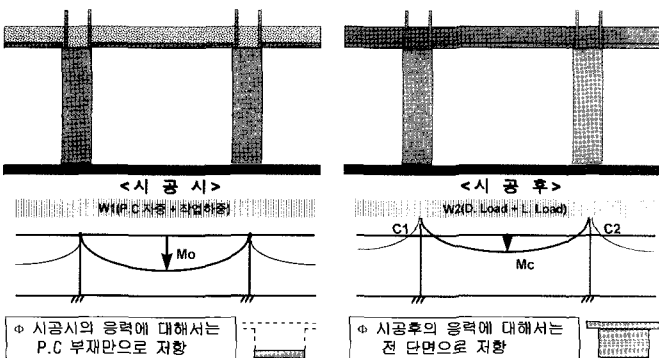
2) HALF PC 공법

① 공법의 개요

층고가 높거나 장스팬의 구조물은 그 구조체의 체적 및 중량의 대형화로 인한 부재 운반, 양중장비의 용량 등의 문제로 공업화 생산에 현실적인 어려움이 많았다.

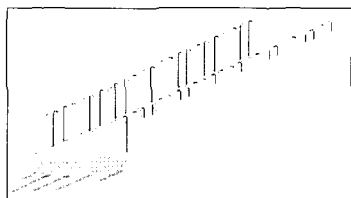
이러한 현실적인 한계를 인식하고 주변 현실에 상응하는 공업화공법을 추진하는 방법으로 기존의 부재볼륨에 의한 PC의 설계, 생산개념에서 탈피하여 부재의 생산 및 운반, 양중의 과정에서 요구되는 제반의 제약조건에 맞는 최적단면을 찾아 설계 및 생산에 반영하는 공법으로, 시공상 단계에 있어 가설 및 본설시 요구되는 구조 조건에 충족되는 단면으로 계획한다.

② 공법의 개념도 및 접합 Detail



↑ 부재에 작용하는  
응력변화

양중시 개념도 →



③ 공법의 특징

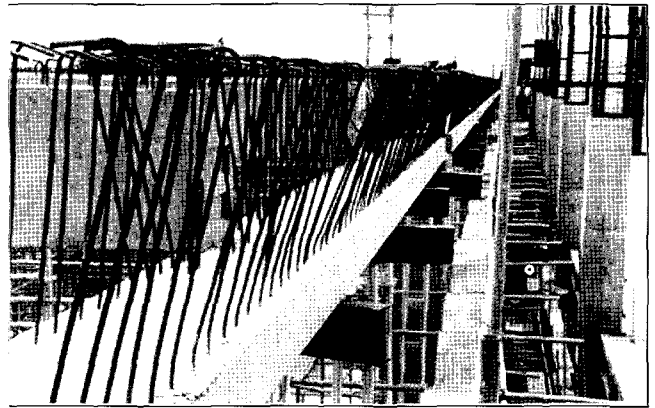
- 공업화 부재의 본 구조체를 공장생산 부분과 현장 타설콘크리트 부분으로 분리하고 현장 합성으로 일체화
- 부재의 생산, 운반, 시공이 부재에 가해지는 외력에 효율적으로 대응
- 부재의 현장합성에 따른 이음면 처리시 별도의

Shear Connector 불필요

④ 공법의 장점

- 대형 구조물의 공업화 용이
- 대형부재 공업화에 따른 생산, 운반, 양중 문제 해결
- 공업화 및 기푸집의 현장 Pre-Fab화에 의한 공기단축
- 현장 노무인력 절감
- 가설재 및 폐기물 절감
- 양중장비의 소형화

⑤ 현장 적용 사례



↑ 천안 C-3 PROJECT 현장 적용

▶ 현장적용사례 ① 천안 C-3 PROJECT(Fab. Block - Plenum Slab)

3) 삼성식 복합 적층공법

① 공법의 개요

철근콘크리트조의 장점과 철골조의 장점을 살려 구조를 해석하고, 이를 바탕으로 현장 시공을 System화한 공법이다. 또한 현장과 공장의 2원 생산방식과 층별로 단순조립 공정으로 구조체를 형성하는 현장시공의 Slim화 정도를 도모하는 공법이다.

이를 위해서는 일일단위 공정계획에 의한 생산, 물류 System, 양중장비, Stock Yard계획 등 면밀한 사전계획이 중요한 요소이다.

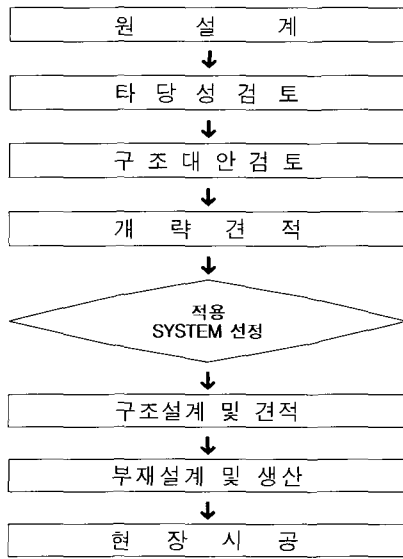
② 공법의 장점

- 적층공법에 의한 공기단축
- 재료의 효율적 사용에 따른 원가 절감
- 목가설재, 폐기물 감소
- 공업화 건축
- 품질, 안전 확보 용이
- 재시공 Zero화

③ 공법 적용을 위한 기술력

- Pre-Engineering 기술
- 일일단위의 계획능력
- Delivery 계획:JIT

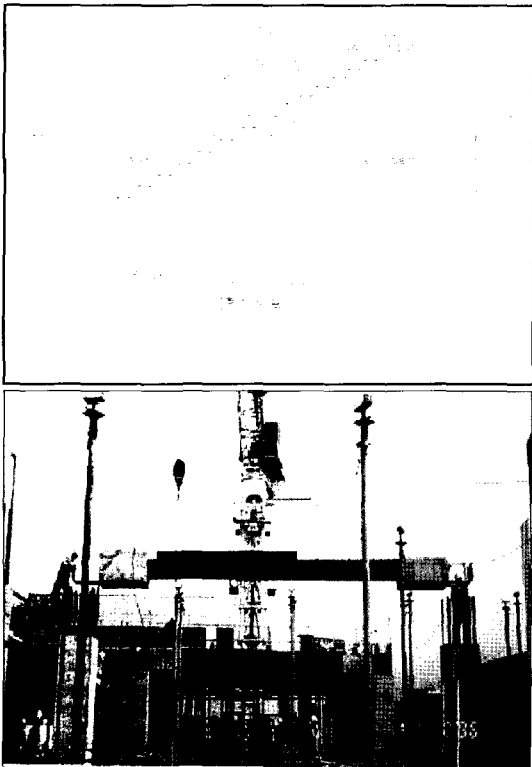
- Stock Yard 계획
- 장비 및 인력배치계획
- 치밀한 사전 시공계획에 의한 완벽한 준비가 필수



### 3. 「구조체 복합화 공법」의 발전단계

#### 3.1 개발 1단계 : 복합화 공법

1) 공법 개념 : 압축력을 받는 기둥부재는 콘크리트조로, 인장력을 받는 보는 철골조로 구성되어 장스팬에 대응하면서 보의 단부는 콘크리트로 케이싱하여 기둥과 보를 현장타설콘크리트로 일체화



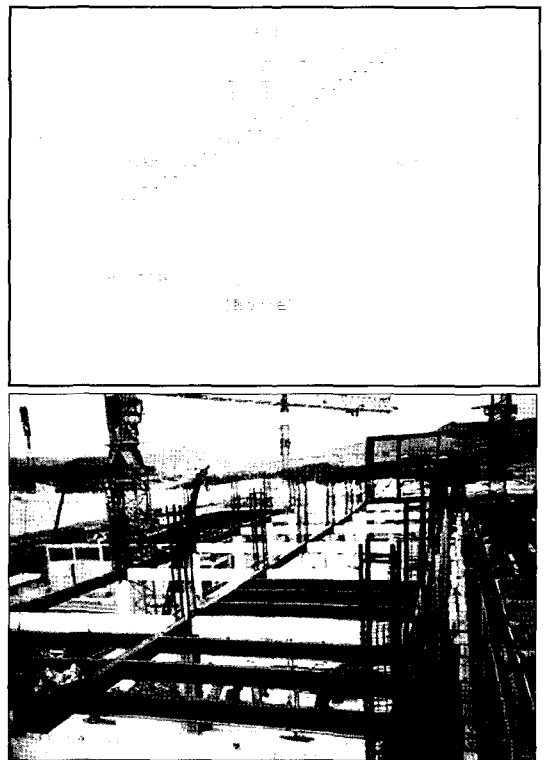
- 2) 주요 구조체 적용 SYSTEM
  - ① 기둥 : PC 기둥 (SPLICE SLEEVE JOINT)
  - ② 보 : HI-Beam(12m구간) + PC BEAM
  - ③ 바닥판 : HALF SLAB

- 3) 효과
  - ① 장스팬 대응 가능
  - ② 공기단축 및 원가절감 가능
  - ③ 구체의 정도 확보 가능
  - ④ 현장환경 개선 및 건축 폐자재 대폭 감소

- 4) 적용현장 : 수원 인계동 빌딩 현장
  - 규모 : 지하 4층 + 지상 15층 (약 8,400 평)
  - 용도 : 업무시설, 근린생활시설
  - 공사기간 : 1995년 6월 ~ 1997년 5월 (약 24개월)

#### 3.2 개발 2단계 : 복합 PC화 공법 (L.C.-FRAME)

1) 공법 개념 : 장변방향에는 철골보가 기둥 상부를 관통하고 단변 방향에는 철근콘크리트보로 구성되는 구조 형식으로, 철근콘크리트구조에서도 경제적인 장스팬이 가능한 공법이며 장.단변 방향의 독립적인 구조시스템 가능



- 2) 주요 구조체 적용 SYSTEM
  - ① PAC (Pre-Assembled Composite) Column 공법
  - ② H-PC 공법

- ③ Half PC 공법
- ④ LC (Logical Composite) Frame 공법

3) 효과

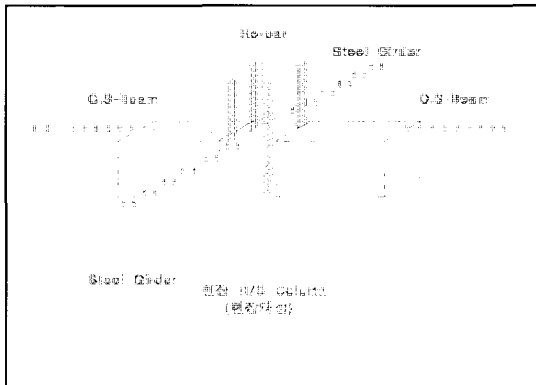
- ① 공기단축 및 원가절감 가능
- ② 구체의 정도 확보 가능
- ③ 현장환경 개선 및 건축 폐자재 대폭 감소
- ④ 장스팬 대응 및 부재의 효율적 선택 가능

4) 적용현장 : 천안 C-3 현장

- 규모 : 지하 1층 + 지상 6층 (약 35,300 평)
- 용도 : TFT-LCD 공장시설
- 공사기간 : 1996년 11월 ~ 1997년 9월 (약 11개월)

**3.3 개발 3단계 : 다중 복합 공법 (HI-Beam + L.C. FRAME)**

1) 공법 개념 : 철골보와 함께 2단계의 RC보를 HI-Beam으로 대체, 활용하여 부재의 사용범위를 다양화, 합리화 하였으며 경제적으로 장스팬을 가능케 한 공법



2) 주요 구조체 적용 SYSTEM

- ① 기둥 : 현장타설 RC 기둥
- ② 보 : LC (Logical Composite) Frame 공법 HI-Beam(16m 구간)+철골보(10m구간)
- ③ 바닥판 : FORM DECK

3) 효과

- ① 공기단축 및 원가절감 가능
- ② 구체의 정도 확보 가능
- ③ 장스팬 대응 및 부재의 효율적 선택 가능

4) 적용현장 : 대전 PRICE CLUB 현장

- 규모 : 지하 3층 + 지상 6층 (약 12,700 평)
- 용도 : 판매 시설
- 공사기간 : 1997년 1월 ~ 1998년 4월 (약 16개월)

**4. 공법 개발 효과**

**4.1 원가절감 효과**

- 골조공사비의 10 ~ 20% 절감(총공사비의 2~4%)  
 - 부위별, 사용재료별 분할 및 조합(기술적 복합화)의 과정을 통하여 개발한 핵심요소 기술을 주요 구조체 (기둥, 보, 바닥등)에 집목시켜 최적 구조형식으로 설계를 하고, 이를 현장시공에 SYSTEM적으로 적용하여 시공성을 향상시킴.

- 1997년 10월까지 5개 Project 적용 약 85억원의 원가 절감. 골조 공사비의 12%, 전체공사비의 3.2%
- 대표사례 : 대안공법으로 수주한 『대전 PRICE-CLUB 현장』  
 → 약24억원 절감

기존공법 골조공사비 753천원/평(12,378평)

개발공법 골조공사 563천원/평(12,378평) 약24억원 절감

**4.2 공기단축 효과**

- 재래공법 대비 10 ~ 20% 공기단축  
 - 공정의 CYCLE화 및 단순조립작업 반복에 의한 습속효과로 공기단축 효과  
 - 대표사례 : TFT-LCD공장(천안 C-3 PJT) 건설 기간을 14개월에서 11개월로 3개월 단축하여 현장관리비 절감 및 사업성의 극대화.  
 - SPEED 경영을 실천하고 기회를 선점하는 효과를 가져옴.

재래공법 14개월 소요 100%

개발공법 11개월 소요 3월 단축 21% 단축

**4.3 생산성 향상 효과**

- 현장 투입인력의 70 ~ 75% 감소
- 기존의 현장에서 생산하던 방식에서 탈피하여 기둥,

보,바닥 등 대부분의 부재를 공장에서 제작하여 현장에 반입

- 대형 양중장비로 조립하는 기계화 시공을 통한 현장 투입 노무인력 대폭 감소
- 사무실 건물 : 수원 인계동 빌딩의 경우

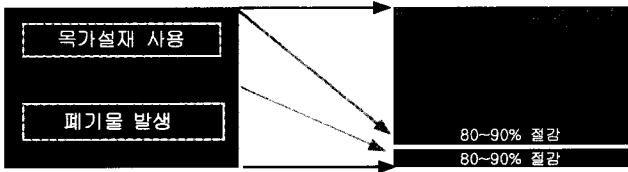
재래공법      층당 투입인원 평균 242명/층      100%  
개발공법      평균 86명/층      65% 절감

- 공장건물 : 천안 C-3 PROJECT 현장의 경우

재래공법      일평균 투입인원 645명/일      100%  
개발공법      평균 182명/일      72% 절감

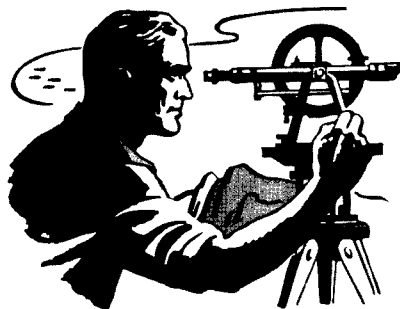
#### 4.4 건설폐기물 감소 효과

- 현장폐기물 발생 80 ~ 90% 감소
- 목가설재를 거의 사용하지 않고, 공장생산을 통한 제조업 수준의 품질관리로 재시공 방지에 따른 건설폐기물 대폭 감소.
- 가설재 및 폐기물 발생을 최소화 한 환경친화적 공법



#### 4.5 기타 질적 효과

- 1) 가설재 절감 : 형틀 등 목가설재 사용량 70 ~ 80 % 절감
- 2) 폐기물 발생 최소화 : 공장생산 및 목가설재 사용 경감
- 3) 품질의 향상 : 공장생산, 현장 조립의 공업화 공법
- 4) 안전성 확보 : 기계화 시공 - 장비사용율 200 %
- 5) 현장관리 용이 : 인력 감소, CYCLE 공정, 단순 반복화
- 6) 공간 활용도 증대 : Non Support System



#### 4.6 파급효과 : 기존기술 대체 및 건설업 방향 제시

- 기존기술 대체 : 철근콘크리트구조, 철골구조, 철골철근콘크리트구조를 이의 조합, 합성한 복합구조로 대체
- 건설기술의 한 단계 LEVEL-UP : 현장생산 위주의 기존의 건설기술을 Pre-Engineering을 강화한 Soft기술로 전환
- 건설업에 대한 고정관념 타파 : 다양한 건설재료 및 구법을 적용함으로써 공법의 다양성, 유연성 확보
- 미래 건설공법 대안 제시 : Pre-fab., 공장생산, 기계화 시공등을 통한 공법의 System화로 새로운 건설업 방향 제시

#### 4.7 발전방향 : TOTAL ENGINEERING 기술력 확보

- PROJECT 발굴, 계획, 시공의 총체적 기술력 확보
- 복합화 설계 및 ENGINEERING 기술 확보
- 복합화 부재의 설계 및 제작 기술 확보
- 현장적용 및 시공기술 확보
- 핵심 요소기술의 확보