

## PC복합보 소개 및 현장적용사례



김 점 한 기술중재위원장  
(주)크로스구조연구소 대표



김 정 선  
(주)크로스구조연구소 소장



심 남 주  
삼표건설(주) 건축PC사업부 상무



김 건 영  
삼표건설(주) 건축PC사업부 과장

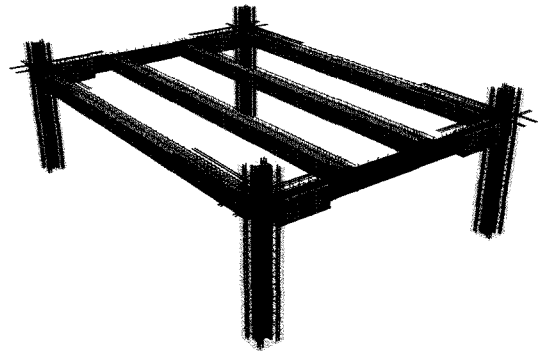
### 1. 개발 배경

‘하이브리드’에 대한 최근 경향은 유한한 자원과 미래지향적인 인간의 사고가 결합된 기술로 Recycling과 탄소배출저감 등의 친환경을 필두로 각종 분야에 흡수되어 빠르게 성장하고 있는 것으로 보인다. 건축구조분야에서는 재료적 한계와 시공성, 경제성 및 필수요소인 안전성 확보에 대한 경험적 인식 등으로 인해 추가성장동력이 부족한 상황이지만 건축물의 고층화와 대형화에 따른 층고절감 및 장스팬화 등의 건축적 요구와 급변하는 원자재 가격 등락 및 중장기적 상승세, 건설현장의 환경개선을 위한 노력 등으로 힘겹지만 또다른 변화를 꿈꾸며 진일보 하기위한 하이브리드 공법들이 꾸준히 연구개발 되고 있다는 것은 반가운 일이다. 이번 호에서는 단부 철골 접합형태를 지닌 PC복합보(CPS, MPS, TPS)에 대한 소개를 하고자 하며 이를 통해 PC복합공법의 적용범위를 보다 확대할 수 있는 계기가 되었으면 한다.

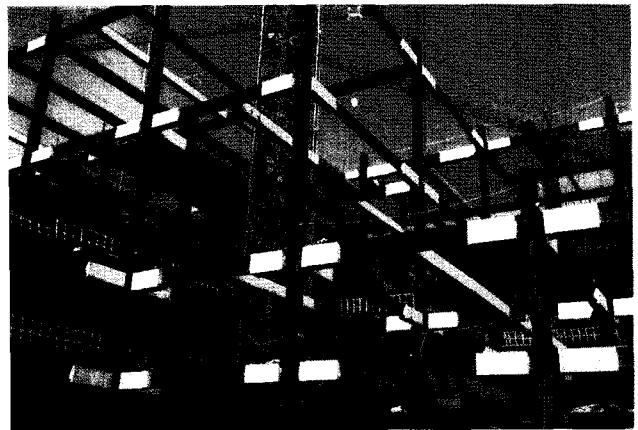
### 2. 개요 및 특징

#### 1) 개요

PC복합보는 철골 또는 철판과 콘크리트 단면 일부를 공장에서 미리 제작하여 현장으로 운반, 설치한 후 다시 콘크리트를 타설하여 슬래브와 합성을 이루는 골조시스템이다. 현장작업을 최소화하고 프리스트레스 도입과 이중 재료간 합성효과 등으로 구조성능 및 시공성을 개선하기 위해 개발되었으며 업



[그림 1] PC복합보 구조 FRAME



[그림 2] PC복합보 적용 현장

무시설, 상업시설, 물류 및 주차장 등 RC 또는 철골 라멘조로 계획되는 모든 현장에 적용이 가능하다.

## 2) 특징

PC복합보의 대표적인 특징은 다음과 같다.

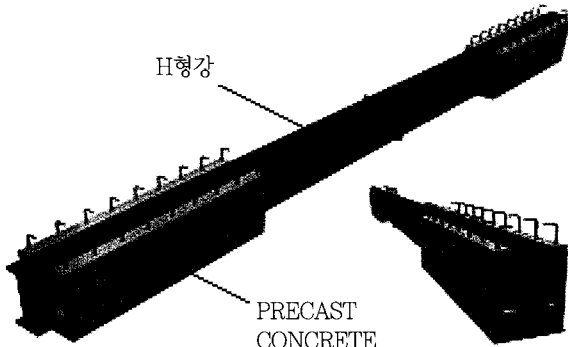
- 충고절감: 합성재료 및 프리스트레스를 최대한 활용한 설계
- 경제성: 스패별 최적 제품을 선정하여 경제적 시스템 제안
- 시공성 향상: 접합상세를 단순화하여 성능 및 작업성 개선
- 공기단축: 현장작업 감소 및 철골조와 동일한 시공방법 적용
- 환경친화: 현장내 클린환경을 조성하여 건설폐기물 감소
- 품질관리: 공장제작으로 표준화된 고품질 확보
- 장스팬 구현: 프리스트레스 도입으로 스패대비 보 춤 감소
- 사용성 향상: 진동 및 처짐제어 우수

## 3. PC복합보의 종류

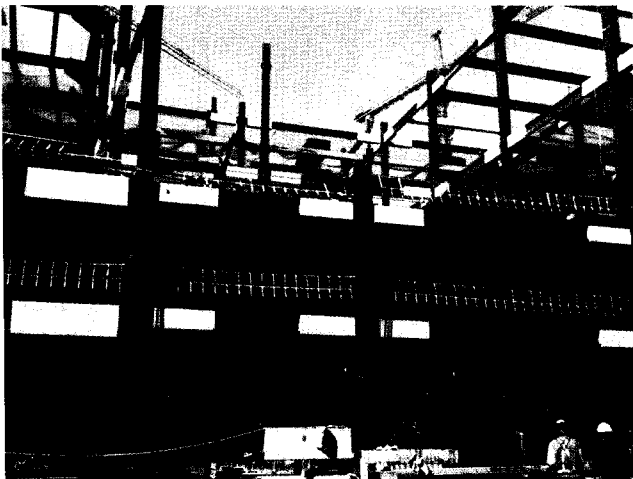
### 1) CPS(Composite Precast concrete System)보

중양부는 노출형 철골합성보, 단부는 매립형 철골PC합성보 단면으로 구성되어 있으며 두 종류의 단면을 최적화된 구간에 배치시킨 모멘트 접합 시스템으로 약 40~50%의 강재량 절감 및 공기단축, 보 춤과 내화피복량 감소 등을 기대할 수 있다.

- 최적스팬 : 9~16m (기술인증 : KSEA 09-04-02)



[그림 3] CPS보 형태

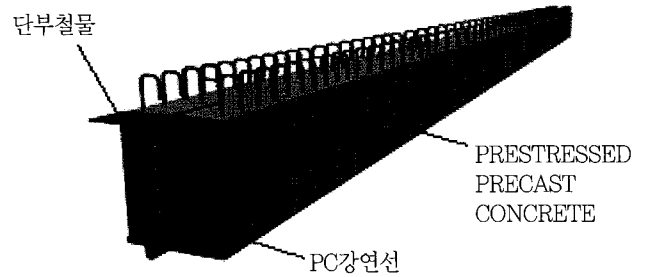


[그림 4] CPS보 설치 현장

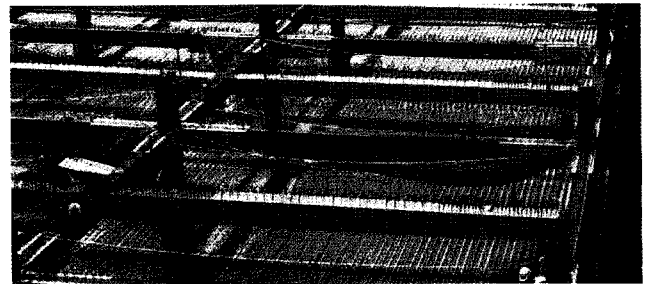
### 2) MPS(Modularized Prestressed System)보

프리텐션된 프리캐스트 콘크리트와 철골접합형태의 단부철물이 일체화된 복합보로 기존PC보의 접합부를 개선하여 현장 시공성과 안전성을 확보하고 공기단축과 충고절감이 중요시 되는 초고층에 적용이 용이한 구조이다. 단, 접합부 시공방법은 일반 철골보와 동일하지만 부재중량이 철골보다 다소 증가하는 점을 고려하여 타워크레인에 의한 양중계획을 수립하여야 한다.

- 최적스팬 : 9~16m (기술인증 : KSEA 08-12-06)



[그림 5] MPS보 형태

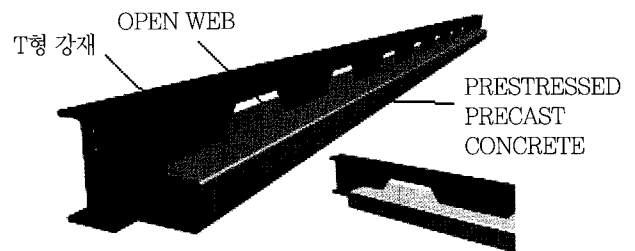


[그림 6] MPS보 설치 현장

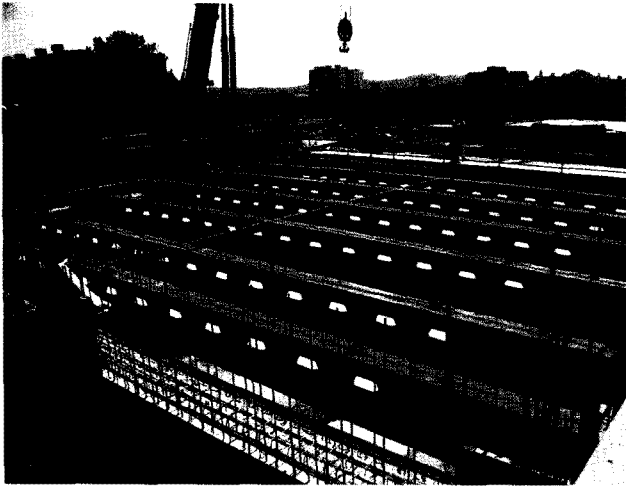
### 3) TPS(Tra-combined Prefab System)보

T형 강재와 프리스트레스된 프리캐스트 콘크리트를 결합한 부분 매립형 합성보로 압축력이 강한 콘크리트 부분에 프리스트레스를 도입하여 하부 인장재로 활용하는 방식으로 장스팬 구조에 적합하며 처짐, 진동 등의 사용성 향상과 Open Web를 설비공간으로 사용하여 충고절감을 극대화 할 수 있는 구조이다.

- 최적스팬 : 16~26m (기술인증 : KSEA 09-04-01)



[그림 7] TPS보 형태



[그림 8] TPS보 설치 현장

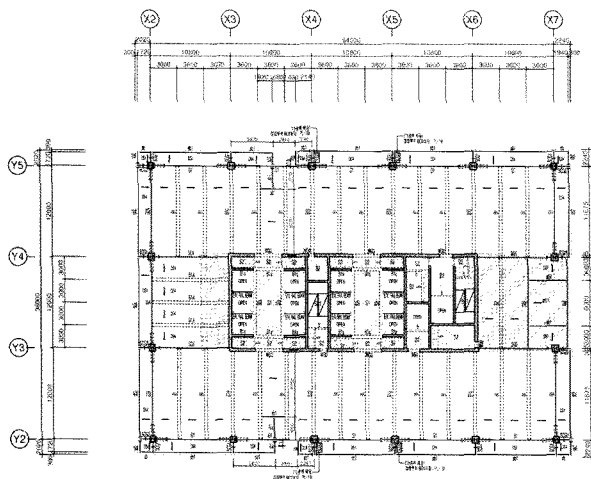
#### 4. 설계 및 실험

PC복합보의 설계는 공장제작부터 구조물의 수명기간동안 예상되는 모든 재하단계의 하중에 대하여 검토하며 강도 및 사용조건에 따른 거동에 근거하여야 한다.

##### 1) CPS보

사용하중에 대하여 보의 중앙부는 노출형 합성보, 단부는 매립형 합성보 설계기준에 따른다. 단, 시공하중 및 전단에 대해서는 PC를 제외한 철골보로 검토되어야 한다. 특히, 단부의 경우 PC에 의한 하부 압축응력과 상부 인장철근 보강으로 부 모멘트에 대한 내력을 증가시킬 수 있으며 철골과 단부PC, 상부철근이 일체로 거동 할 수 있도록 단면의 상하부에 전단연결재 및 스테럽으로 보강한다.

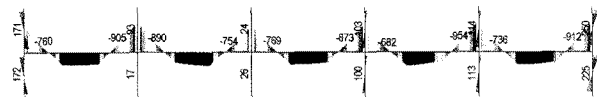
##### ① 구조평면도 및 보 일람표의 예



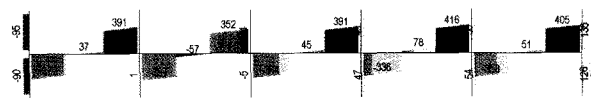
구분	2~30C	
	단부	중간부
형식	노출형 합성보 (PC)	매립형 합성보
크기	400 x 750	
강도	<ul style="list-style-type: none"> <li>□ 2-16E12</li> <li>■ 4-21D12</li> </ul>	
중량	2.4kN/m	
면적	140.750000	
중량	3041.438785000014	904.909319900014
중량	중량: 2.41921130	중량: 2.41921130
중량	중량: 2.41921130	중량: 2.41921130

##### ② 응력분포

● B.M.D (kN-m)

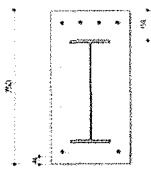


● S.F.D (kN)



##### ③ 단부 매립형 합성보 설계

■ Design Conditions ■  
 Design Code : KBC09-Steel(LSD)  
 Material Data  
 $f_{ck} = 30 \text{ N/mm}^2$   
 $f_{yk} = 500$ ,  $f_{yk} = 400 \text{ N/mm}^2$   
 $f_{tk} = 325 \text{ N/mm}^2$  (SM490)  
 Section Data  
 $B = 400 \text{ mm}$ ,  $H = 750 \text{ mm}$   
 Steel Data  
 Dim : H-496x199x9x14  
 Rebar Data  
 Upper : 4/0 - D25  
 Lower : 2/0 - D19  
 Total Rebar Area = 2800 mm<sup>2</sup>



■ Design Force and Moment ■  
 $M_d = -954.0 \text{ kN-m}$ ,  $V_d = 416.0 \text{ kN}$

■ Steel Beam Section Properties ■  
 $A_s = 101 \text{ cm}^2$ ,  $C_x = 24.80 \text{ cm}$   
 $I_x = 41900 \text{ cm}^4$ ,  $Z_x = 1910 \text{ cm}^3$

##### ■ Check Bending Moment ■

Strength Reduction Factor  $\phi = 0.850$   
 Neutral Axis Depth  $c = 187 \text{ mm}$   
 Compression : Concrete  $C_{cp} = 1805.1 \text{ kN}$   
 Compression : Rebar  $C_{st} = 286.5 \text{ kN}$   
 Compression : Steel  $C_{st} = 1107.0 \text{ kN}$   
 Tension : Rebar  $T_{st} = 1013.4 \text{ kN}$   
 Tension : Steel  $T_{st} = 2185.2 \text{ kN}$   
 Design Moment Capacity  $\phi M_c = 1180.0 \text{ kN-m}$   
 $M_d / \phi M_c = 0.808 < 1.000 \rightarrow \text{O.K.}$

##### ■ Check Shear Force ■

Strength Reduction Factor  $\phi = 0.900$   
 Provided Stirrup Reinf. : 2 - D10 @ 300 mm  
 $\phi V_{st} = \phi \cdot 0.6 \cdot F_{yk} \cdot A_{sv} = 783.4 \text{ kN}$   
 $\phi V_{cs} = \phi \cdot A_{cv} \cdot F_{ct} \cdot S = 130.8 \text{ kN}$   
 $\phi V_{st} + \phi V_{cs} = 783.4 + 130.8 = 914.3 \text{ kN} > 416.0 \text{ kN} \rightarrow \text{O.K.}$

##### Check Stirrup Spacing

$S_{st} = \text{Min}[300, D/2] = 300 \text{ mm}$   
 $S_{cs} = \text{Min}[16-D/10, 48-D/25] = 406 \text{ mm}$   
 $S_{req} = \text{Min}[S_{st}, S_{cs}] = 300 \text{ mm} > D/10 @ 300 \text{ mm} \rightarrow \text{O.K.}$

##### Check Stirrup Bar Area

$A_s = \text{Min}[0.0625 \cdot f_{ct} \cdot B \cdot S / F_{yk}, 0.35 \cdot B \cdot S / F_{yk}] = 105 \text{ mm}^2$   
 $A_{st} = 2 \cdot D \cdot 10 = 143 \text{ mm}^2 > A_s = 105 \text{ mm}^2 \rightarrow \text{O.K.}$

## 2) MPS보

일반적인 프리스트레스트 콘크리트 설계방법을 따르되, 단부철물영역에 작용하는 복합적인 응력을 추가로 고려하여야 한다. 특히, 단부철물로 집중 전달되는 접합형태로 인해 PC강 연선의 전달 및 정착길이 구간에 대한 휨 내력확보와 볼트접합균과 스티드볼트 배치부분의 편심거리 및 상하부 우력에 의한 추가 단부 모멘트 등을 반영하여 철판두께, 스티드볼트 개수 및 배치 등을 산정하며 콘크리트 건조수축에 의한 중앙부 솟음량 Data를 분석하여 설계에 반영토록 하였다.

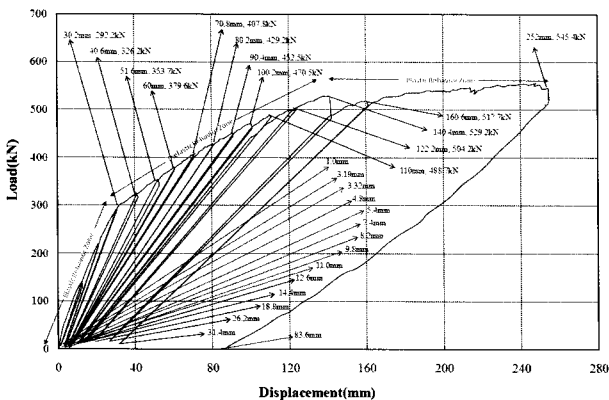
### ● Mock-up 실험

각 단계별 하중에 대한 응력 및 변형 분포를 확인하고 제작시 솟음량과 하중증가에 따른 처짐량, 단부철물에 대한 접합부 성능을 평가함으로써 안전성을 검증하였다.

#### ① 휨성능실험



#### ② 전단성능실험



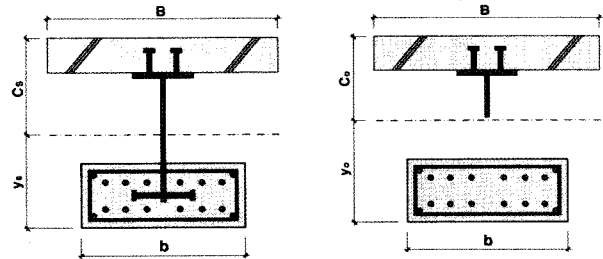
[그림 9] 12m MPS시험체 중앙부 하중변위곡선

실험결과 시험체는 사용하중 범위에서 균열발생 없이 설계값과 유사한 거동을 보였고, 이후 파괴 시까지 충분한 휨 연성능력을 확보하였으며 단부철물 접합 형태에 대한 구조안전성을 확인하였다.

## 3) TPS보

철골·철근콘크리트 및 프리스트레스트 콘크리트 설계방법

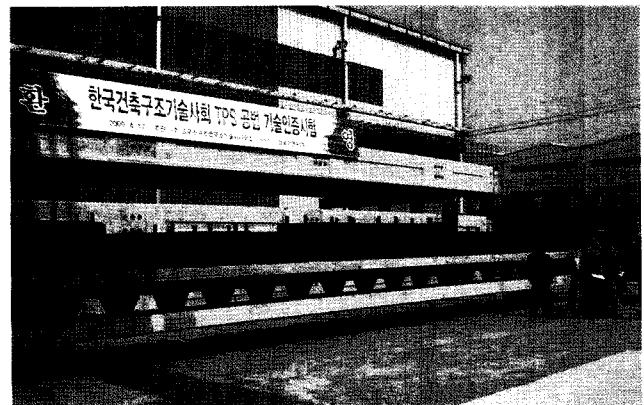
을 따르되, T형 강재의 Open Web로 인한 수직·수평 국부좌굴과 전단에 대한 응력 분포 및 변형, 콘크리트의 탄성수축에 의한 P- $\Delta$ 효과 등을 고려하여 설계하여야 한다.



Solid Web Section

Open Web Section

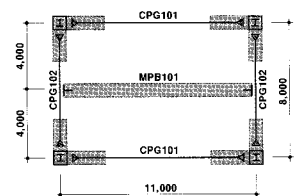
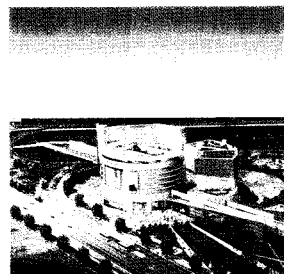
[그림 10] TPS보 단면



[그림 11] TPS보 Mock-up Test

## 5. 적용사례

### ● 김포국제공항 SKY PARK 신축공사

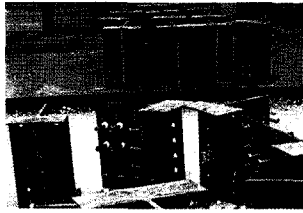


- 1) 시스템 : CPS+MPS
- 2) 용도 : 문화 및 집회시설, 판매시설
- 3) 규모 : 지하5층, 지상9층
- 4) 적용구간 : 지하1~4층 : 매장 및 주차부분
- 5) 시공사 : 롯데건설(주)
- 6) 철골대비 골조공사비 및 층고(200mm) 절감
- 7) 제작 및 설치공정

① CPS철골제작



② MPS철물제작



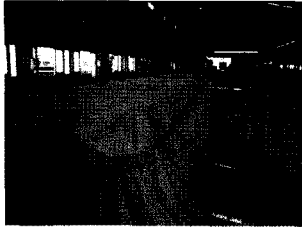
③ 배근 및 몰드세팅



④ MPS강연선 긴장



⑤ 타설 및 양생



⑥ 압축강도시험



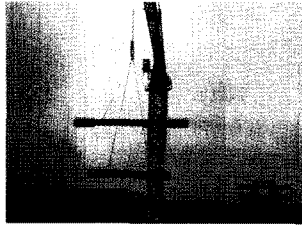
⑦ 탈형 및 적치



⑧ 현장운반



⑨ 양중



⑩ 접합



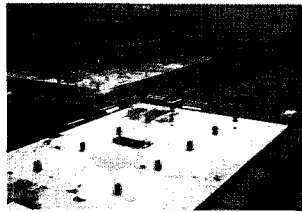
⑪ 설치완료



⑫ Deck설치



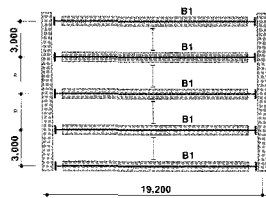
⑬ 상부배근 및 타설



⑭ 시공완료

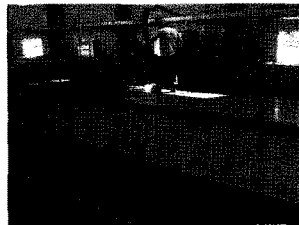


● 군산예술회관 신축공사

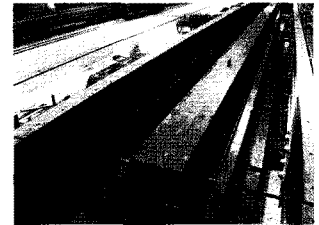


- 1) 시스템 : RC+TPS
- 2) 용도 : 문화 및 집회시설
- 3) 규모 : 지하1층, 지상3층
- 4) 적용구간 : 지상1층 무대부분
- 5) 시공사 : 대우건설(주)
- 6) 철골대비 층고(150mm) 절감 및 사용성 향상
- 7) 제작 및 설치공정

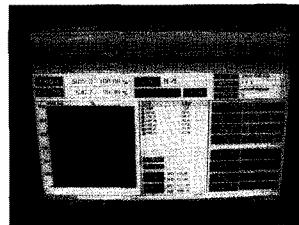
① 철골제작



② 배근 및 몰드세팅



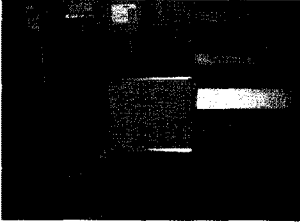
③ 강연선 긴장



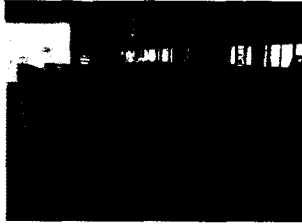
④ 타설 및 양생



⑤ 압축강도시험



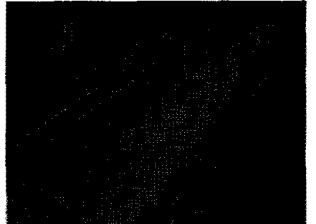
⑥ 탈형 및 적치



⑦ 현장운반



⑧ 앵커부 설치



⑨ 양중



⑩ 지점부 연결



⑪ 설치완료



이 외 탐다운 공법으로 지상 및 지하 전구간에 적용된 항균 잠실타워(CPS+MPS) 및 잠싨신동아타워(CPS+MPS), 수서 업무시설(CPS+MPS)등 약 20여개 프로젝트에 설계 반영 혹은 시공 예정에 있다.

## 6. 맺음말

소개된 PC합성보가 혁신적인 하이브리드 접근방식은 아니지만 새로운 구조재료의 등장에 앞서 우리가 할 수 있는 최선의 방법은 '디지로그' (디지털과 아날로그의 합성어)와 같은 과도기적 방법론을 인식하고 다양한 복합화 공법들을 경험하면서 설계에서부터 현장시공까지 기술적인 완성도와 숙련도를 축적하여 빠른 변화 속에서 새로운 기술을 주도해 갈 수 있도록 준비하는 일일 것이다.

PC합성보를 적극적으로 도입하고 완성해주신 설계사 및 건설사에 깊은 감사를 드리며 지속적인 기술 개선과 혁신을 이루어 더욱 활발히 적용될 것으로 기대해 본다.