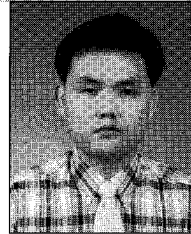
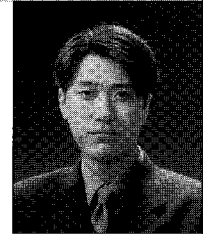


# 층고절감 및 내화성능 향상을 위한 iTECH 합성보

## ITECH Composite Beam for Saving Story Height and Improving Fire Proof



박형철\*



이성호\*\*

\* (주)대우건설 기술연구원 건축연구팀장  
 \*\* (주)대우건설 기술연구원 선임연구원

### 1. 머리말

1990년대 후반부터 국내 건설시장에서도 초고층 주상복합건물이 다수 건설되기 시작했고, 이들 초고층 주상복합건물은 RC코어와 철골기둥을 이용한 철골조로 설계 및 시공되었다. 그러나 이러한 철골조는 철골보 위에 슬래브가 위치하게 됨에 따라 층고가 늘어나는 경향이 있다. RC조 또는 철골조 모두 제한된 공간내에서 최대의 임대면적을 얻기 위하여 층고는 중요한 사항이 되고 건물의 사업성과 연관되면서 초고층 주상복합건물의 중요한 설계사항이 되고 있다.

따라서 층고를 효과적으로 절감할 수 있는 합성보에 대한 해결 방안이 여러 연구자들에 의해 제안되고 있다. 이런 노력으로 유럽에서는 Slimfloor System<sup>3)</sup>이 개발되어 사용되고 있으나 기둥과의 접합이 전단 접합이고, 고층에는 널리 사용되고 있지 못한 실정이다. 국내에서도 Semi-Slim Floor, Hi-Deck 공법 등이 개발되었으나, 내화피복 및 접합부 상세 등의 문제로 많이 보급되지 못한 실정이다.

이에 철골조 아파트의 층고 문제를 해결하고 장점을 승계하여 철골조 아파트에 사용 가능한 시스템을 개발하고자 그림 1과 같은 TEC BEAM이 1999년 개발되었다. TEC-BEAM은 일반적인 H형강+콘크리트 슬래브 구조의 철골조보다 층고가 낮고, 평면의 자유로운 변경과 공장생산에 의한 시공관

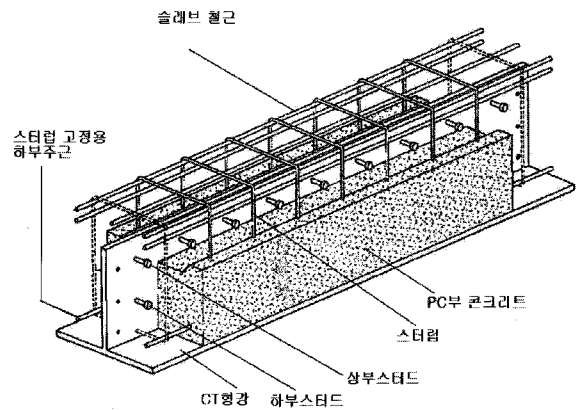


그림 1 TEC-BEAM 개념도

리 및 품질관리가 가능한 합성보 구조이며 휨성능, 전단성능, 접합부 성능이 이미 실험을 통해 입증되었다.<sup>1),2)</sup>

TEC-BEAM은 CT형강의 웹 양쪽에 전단스터드를 배치하여 철골과 콘크리트를 합성시켜 수평전단력을 전달하며 PC부분은 슬래브 현장타설시 슬래브 길침력과 철골웹의 내화성능 향상의 역할을 한다.

그러나 TEC BEAM은 실용화를 위한 시공성 향상과 구조상세의 개선이 더욱 요구되었다. 이러한 노력의 결과로 iTECH(Innovation, Technical, Economical and Convenient Hybrid) 합성보를 개발하게 되었다.

## 2. iTECH 합성보의 특성

### 2.1 개념

기존에 개발되었던 TEC BEAM의 현장적용성 및 시공성을 개선하기 위해 PC부를 현장타설로 변경하고 철골 및 RC기둥과의 모멘트 접합을 용이하게 하기 위하여 상부플랜지를 비대칭으로 추가 설치하고, 철골 웹에 개구부를 두어 콘크리트와의 일체성을 강화시켜 그림 2와 같은 iTECH 합성보가 개발되었다.

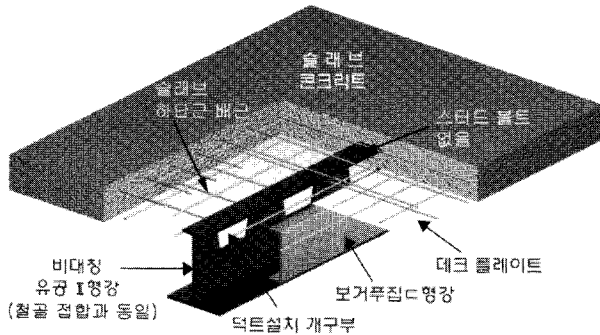


그림 2 iTECH 개념도

### 2.2 충고 절감

iTECH 합성보는 상부 플랜지의 폭 및 두께를 하부 플랜지보다 작게 하여 콘크리트 슬래브 속에 묻어 두고 비대칭 철골보 웹 부분에 콘크리트를 타설하여 웹 오프닝을 통한 슬래브와의 완전합성을 유도함으로써 기존의 철골조 합성시스템과는 달리 추가적인 스테드의 용접설치없이 합성을 유도하고 있다. 이로 인해서 일반 철골조와 비교하여 그림 3과 같이 충고 절감효과를 볼 수 있게 된다. 그림 3은 스팬 9m인 경우의 충고 절감 효과로 약 20cm 정도의 절감 성능을 보인다.

### 2.3 웹 개구부 형성

일반 압연 H형강을 기존의 Honey Comb Beam 절단법을 응용하여 절단한 후 상부 플랜지를 용접 설치하여 개구부

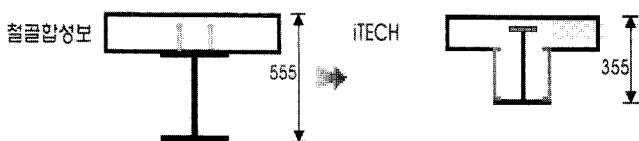


그림 3 iTECH 합성보의 충고 절감

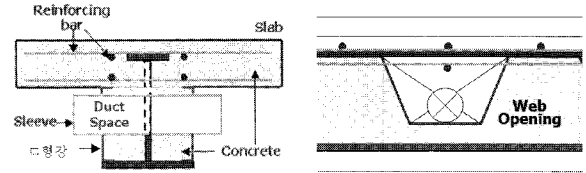


그림 4 웹 개구부 설치

를 형성한다. 이런 개구부의 존재로 인해 철골축의 가변성을 높여 설계자에게 보다 많은 부재 선택의 기회를 제공할 수 있고, 더불어 철골 물량의 감소도 이끌어낼 수 있다. 또한 그림 4처럼 웹 개구부는 국부 지압력을 통해 콘크리트와의 일체성을 향상시킬 뿐 아니라, 슬래브 하단근을 손쉽게 관통시킬 수 있어 수평 전단내력(Longitudinal Shear Strength) 향상을 도모하고 인접 슬래브 사이의 연속성을 강화시킨다.

개구부 설치의 이런 주 목적이외에 그림 4와 같이 개구부의 용도는 전기/배관용 설비 공간으로까지 확장되어질 수 있다. 최대 구경 150mm정도 까지 설비용 덕트를 슬리브(Sleeve)의 선 시공을 통해 설치할 수 있고, 이는 충고 절감의 또다른 형태로 표현될 수 있다.

### 2.4 경량 C형 채널

iTECH 합성보의 또 다른 특징은 그림 5에서 보는 바와 같이 경량 C형 채널의 설치이다.

비대칭 iTECH 철골보 하부플랜지에 2mm~5mm 두께 경량 C형 채널을 태그 용접하여 거푸집의 용도로 사용할 수 있고, 따라서 기존 TEC Beam의 PC부를 현장타설로 변경함에 따라 경제성을 확보할 수 있으며, 신규 콘크리트 일체화를 위해 요구되었던 스테드를 생략할 수 있고, 철골보와의 합성을 위해 개구부가 이용됨으로써 스테드의 설치도 생략할 수 있다. 더불어 경량 C형 채널은 비구조용 부재로써 어떠한 내화장치도 필요하지 않으며, 데크 플레이트의 설치 시 지지대 역할을 하여 데크설치를 용이하도록 유도한다.

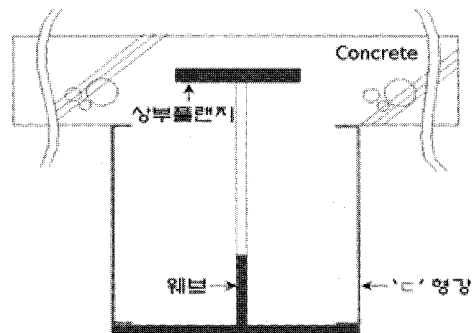


그림 5 경량 C형 채널

### 3. iTECH 합성보 실험

#### 3.1 전단성능 실험

iTECH 전단분담요소는 4가지로 철골웹, 내부콘크리트, 외부콘크리트 그리고 전단늑근으로 분류할 수 있고 실험을 통하여 이 중 철골웹, 내부콘크리트, 외부콘크리트는 해석적으로 평가되는 최대내력을 실험적으로 발휘하였지만 전단늑근은 충분한 전단내력을 발휘하지 못함을 알 수 있었다. 따라서 설계식 산정시 안전율을 고려하여 철골웹과 내부콘크리트만 사용하여 iTECH 합성보의 전단내력식을 제시하는 것이 합리적인 것으로 판단된다. 실험결과는 그림 7과 같다.<sup>4),5)</sup>

#### 3.2 휨성능 평가

그림 8처럼 휨성능 평가 실험을 통하여 iTECH는 항복하중까지 철골과 콘크리트가 완전합성으로 거동하며 이후 부분합성으로 거동하며 설계내력을 초과함을 알 수 있다. 변형이 충분히 발생된 이후 콘크리트 압괴로 파괴되었으며

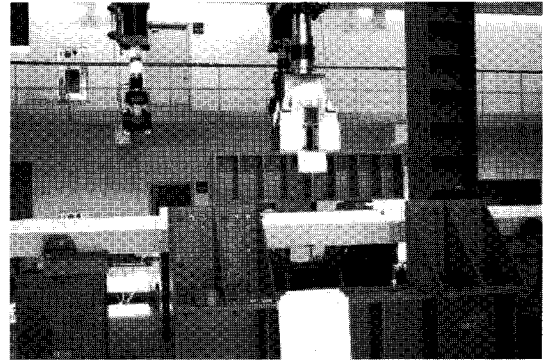


그림 8 휨성능 실험

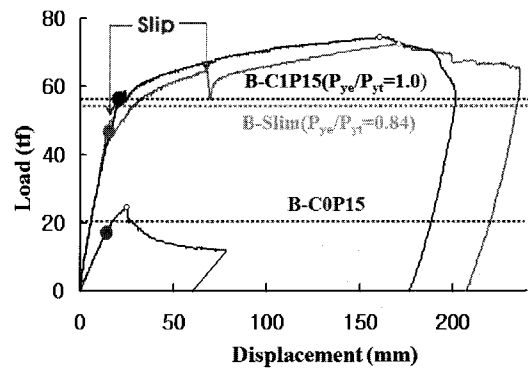


그림 9 휨성능 실험 결과

모든 구조요소들이 효율적으로 사용되었다. 항복 이후에도 수평전단내력은 설계값을 상회하고 있었으며, 사용하중시 완전합성, 항복이후 부분합성거동을 나타냄으로 충분한 연성과 내력을 발휘하며 사용성 설계 조건을 만족시켰다. 따라서 iTECH는 충분한 합성거동 및 구조성능을 발휘하고 있다고 할 수 있다.<sup>4),5)</sup>

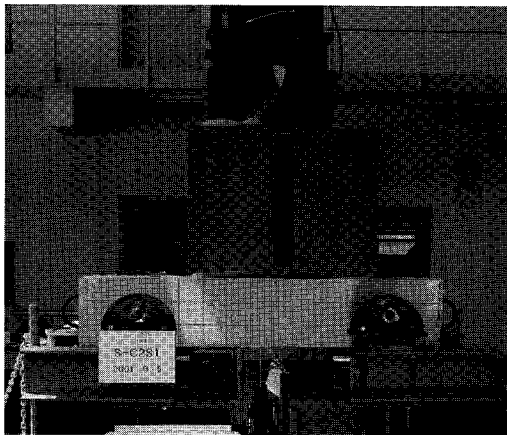


그림 6 전단성능 실험

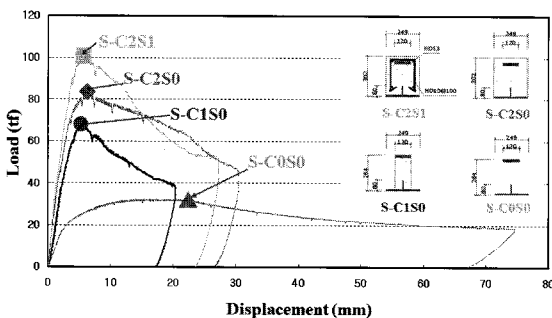


그림 7 전단성능 실험 결과

### 4. 경제성 분석

#### 4.1 안양 B동 타워베르빌

##### 4.1.1 대상 건물 개요

경제성 비교 분석의 대상 건물은 안양 B동 타워베르빌로 기존 설계안은 철골조로 설계가 되었으나, iTECH 합성보로 변경 적용하여 물량 및 층고를 비교하였다. 대상 건물의 평면도는 그림 10과 같다.

- 건물명 : 안양 B동 타워베르빌
- 건물층수 : 지상 44층, 지하 6층
- 건물높이 : 146.6m
- 기존구조 : 철골조

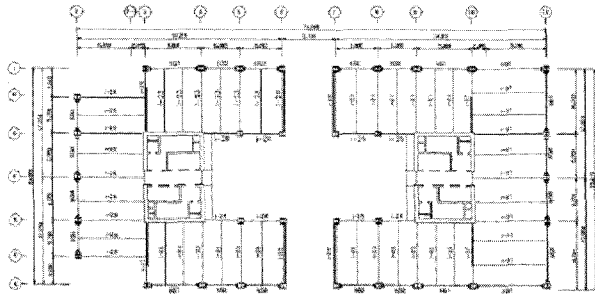


그림 10 대상 건물 평면도

4.1.2 물량 및 층고 비교

대상 건물의 층고 및 물량은 표 1과 같다. 여기서 층고절감은 30cm이며, 철골 물량은 22%정도 줄어들었다. 내화피복은 iTech 합성보의 경우 하부플랜지의 하부와 측면만으로 국한되므로 절감량은 500%이상 되었다.

표 1 층고 및 물량 비교

ITEM	Unit	Steel 기존안	iTECH 대안
건물층고	m	3.3	3.0
Steel	tf	-	58.4
C Channel	tf	-	16.0
Rebar	tf	-	9.1
Steel Subtotal	tf	107.3	83.4
Concrete	m <sup>3</sup>	-	72.3
보 개수	ea	100	89.0
내화피복	m <sup>2</sup>	1355.0	207.0

4.2 서울 H동 재개발 아파트

4.2.1 대상 건물 개요

대상 건물은 서울 H동 재개발 아파트로 평면도는 그림 11과 같다. 대상 건물의 원래 설계안은 철골조였으나 조합원 측의 층고 절감 요청에 따라 iTech로 변경 적용하여 물량 및 층고를 비교하였다.

- 건물명 : 서울 H동 재개발 아파트
- 건물층수 : 지상 32층, 지하 3층
- 건물높이 : 105.2m
- 기존구조 : 철골조

4.2.2 물량 및 층고 비교

대상 건물의 층고 및 물량은 표 2와 같다. 여기서 층고는 15cm 절감되는 효과를 볼 수 있으며, 철골 물량은 9%정도 줄어들었고, 웹 충전용 추가 콘크리트 물량은 20.4m<sup>3</sup>이다.

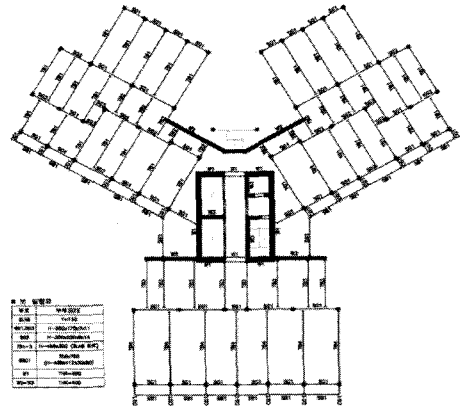


그림 11 대상 건물 평면도

표 2 층고 및 물량 비교

ITEM	Unit	Steel 기존안	iTECH 대안
건물층고	m	2.9	2.75
Steel	tf	-	31.9
C Channel	tf	-	8.9
Rebar	tf	-	3.2
Steel Subtotal	tf	48.3	44.0
Concrete	m <sup>3</sup>	-	20.4
보 개수	ea	100	89.0

5. 시공사례

5.1 대우 H아파트 내 근린생활 시설

아파트 단지내 근린생활 시설에 iTech를 적용하기 위한 시험시공이 이루어졌다. 다음은 대상 구조물의 개요이며 구조 평면도는 그림 12와 같다.

- 건물명 : 대우 H아파트 내 근린생활시설
- 용도 : 근린생활시설
- 구조시스템(변경 전) : 철근 콘크리트
- 구조시스템(변경 후) : 철골 + RC코아

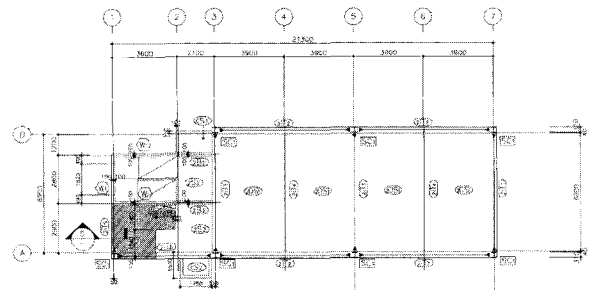


그림 12 구조 평면도

- 층 수 : 2층
- 건축면적 : 139.56㎡
- 사용재료 : 콘크리트, 철골, 철근
- 주요부재 : 기둥 H-310×305×15×20  
보(iTECH) iT-305×150×11×18  
iT-555×150×13×20

5.1.1 iTECH 제작

대상구조물은 원래 RC조로 계획이 되었으나, iTECH 합성보의 적용에 따라 1층과 지하구분을 제외한 2층과 지붕층 구조가 철골조로 전환되었다. RC조 계획시 거더의 사이는 300×600이었고, iTECH 적용시 2층과 지붕층의 모든 거더 춤은 305mm(슬래브 포함 350mm)로 조정 설계가 가능해졌다. 그러나 2층의 횡방향 iTECH는 건축마감을 고려하여 기존 RC보와 동일한 보 춤을 유지하는 것으로 결정이 되어 iTECH 춤 555mm(슬래브 포함 600mm)를 채택 사용하였다. 결과적으로 iTECH 사용에 따른 층고 절감 효과는 25cm이다. iTECH의 제작은 일반 H형강 H-440×300과 H-692×300을 사용하여 제작되었다.

5.1.2 철골 설치 및 접합

기존 RC기둥은 철골 기둥으로 전환하여 적용하였고, 철

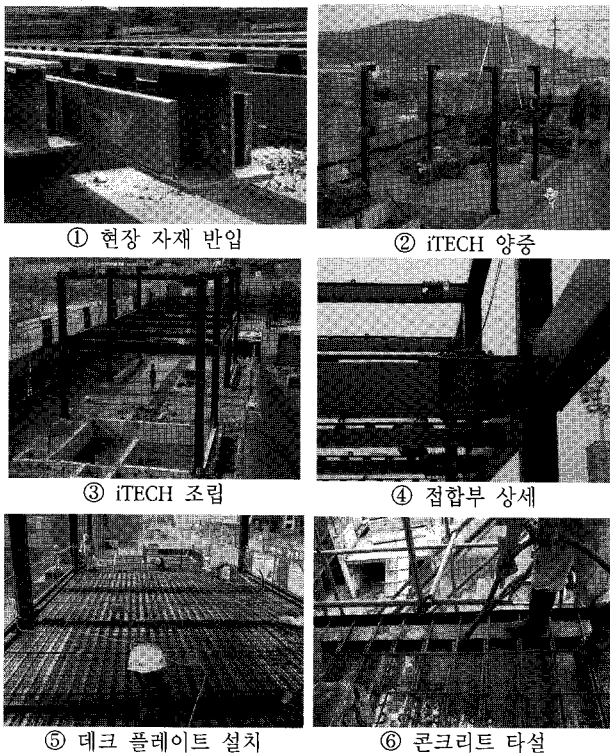


그림 13 시공 과정

골기둥-iTECH의 접합은 일반 철골 구조물의 강접합 상세를 기본으로 하여 접합부 설계가 이루어 졌다. 계단실과 화장실 등 코어부분은 기존 설계인 RC조로 설계가 되었고, RC코어 벽체와 iTECH의 접합은 벽체에 Insert Plate를 사용하여 iTECH와 전단접합이 이루어지도록 설계되었다. iTECH 거더와 단순보의 접합 역시 일반 철골조의 단순 전단접합에 따라 설계 및 시공이 되었고, 따라서 일반 철골조의 상세와 시공기준을 적용함으로써 시공상의 특별한 고려사항이나 문제점은 발생되지 않았다.

5.1.3 데크 플레이트 설치

데크 플레이트의 설치 및 iTECH 내부의 콘크리트 충전용 거푸집을 위해 iTECH 하부 플랜지에 [-202×30×3과 -450×30×5를 용접 설치하였다. 기둥-거더 접합부를 제외한 모든 부분의 채널이 철공 제작업체에 의해 iTECH 제작과 동시에 설치되었다. 접합부의 채널은 현장용접에 의해 이루어졌으며, 데크 플레이트 상하부 철근의 이음은 iTECH 웹 개구부를 통하여 수월하게 이루어 질 수 있었다. 그림 13은 iTECH 양중, 설치 및 데크 플레이트 설치 장면이다.

5.1.4 내화 피복 및 타설

철골조로의 변경에 따라 철골 부재들에 대한 추가적인 내화피복이 고려되어야 하나 iTECH의 특성상 내화 피복이 요구되는 곳은 iTECH 하부 플랜지와 철골 기둥으로 내화 피복 양이 기존 철골조에 비해 현저히 줄어들게 됨을 알 수 있다. 슬럼프 18, 압축강도 fck=210kgf/cm<sup>2</sup>의 콘크리트 현장에서 타설하였고, 바이브레이터의 사용이나 충전상의 문제점은 전혀 발생하지 않았다.

5.2 제주공항 확장공사

제주공항의 여객수요 증가에 따라 기반시설 부족으로 인한 불편을 해소하기 위하여 제주공항 확장공사가 시행되었으며, 층고 절감을 위하여 iTECH가 적용되었다. 다음은 대상 구조물의 개요이다.

- 공 사 명 : 제주공항 시설확충공사
- 용 도 : 운수시설(공항시설/여객터미널)
- 구조형식 :  
지상층 - 철골조, 철골철근콘크리트조  
지하부 - 철근콘크리트조

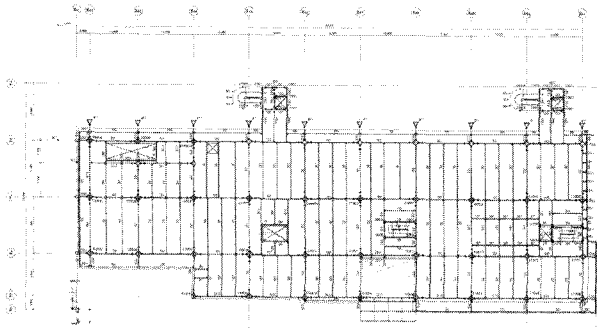


그림 14 구조평면도

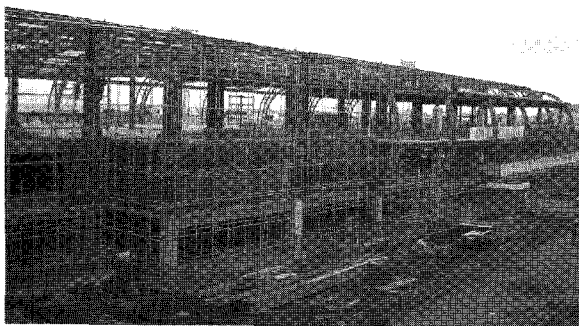


그림 15 시공 전경

- 연 면 적 : 90,245m<sup>2</sup>
- 층 수 : 지상 4층, 지하 1층
- 건물높이 : 지상 22m, 지하 5.1m

5.2.1 iTECH 제작

iTECH의 제작은 일반 H형강 H-488×300, H-588×300, H-700×300, H-900×300을 사용하여 제작되었다. 또한 제작 과정에서 철골자재의 손실을 최소화 하기 위한 웹 오프닝 계획도 수립하였다.

5.2.2 철골 설치 및 접합

철골 기둥-iTECH의 접합은 일반 철골 구조물의 강접합 상세를 기본으로 하여 접합부 설계가 이루어 졌다. iTECH 거더와 단순보의 접합 역시 일반 철골조의 단순 전단 접합에 따라 설계 및 시공이 되었고, 따라서 일반 철골조의 상세와 시공기준을 적용함으로써 시공상의 특별한 고려사항이나 문제점은 발생되지 않았다.

5.2.3 데크 플레이트의 설치

데크 플레이트의 설치 및 iTECH 내부의 콘크리트 충전

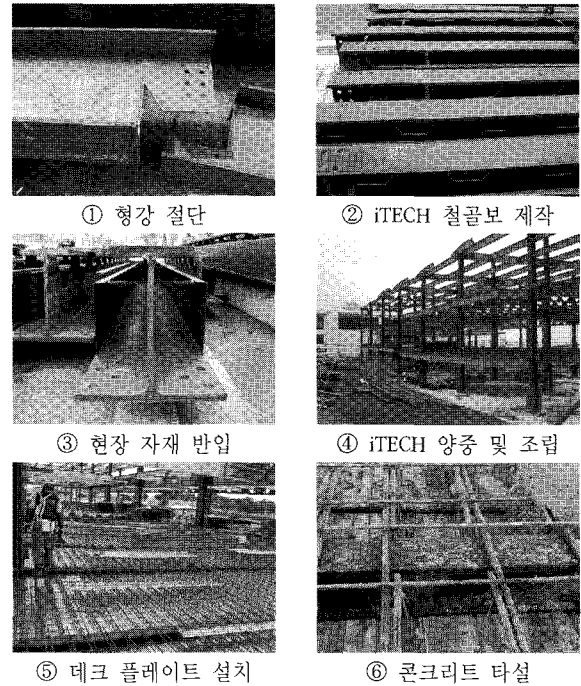
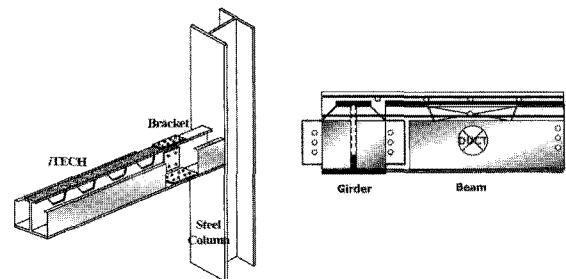


그림 16 시공 과정



(기둥+거더 모멘트접합) (거더+보 전단접합 상세)

그림 17 iTECH 합성보 접합 상세

용 거푸집을 위해 iTECH 하부 플랜지에 [-202×30×3과 [-450×30×5를 용접 설치하였다. 접합부의 채널은 현장용 접에 의해 이루어 졌으며, 데크 플레이트 상하부 철근의 이음은 iTECH 웹 개구부를 통하여 수월하게 이루어 질 수 있었다.

6. 맺음말


(주)대우건설 기술연구원, 고려대학교 강구조 내진공학 연구실, (주)동양구조 안전기술과의 3년간의 공동연구로 개발된 iTECH 합성보는 건축 계획적 측면에서 우수한 충고 절감 효과를 보이며, 경제성 측면에서 철골 및 내화피복 양 감소라는 장점을 지니고 있으며, 구조적으로 완전합성에 따른 우수한 구조성능과 부재 선택의 폭 넓은 기회를 제공

하고 있고, 시공성 향상이라는 측면에서 기존 철골조의 장점을 그대로 승계하여 빠른 공기와 뛰어난 현장 적용성을 보이고 있는 우수한 합성구조 시스템이다.

### 참 고 문 헌

1. 대우건설 기술연구소, “TEC Beam 공법 기술자료집 I”, 2000.
2. 김상대, 박기효, 정광량, 주영규, “실대 T형 TEC Beam

시스템의 휨거동”, 대한건축학회 구조계 논문집, 17권 12호, 2001년 12월, pp. 77-84

3. D.L. Muttett, “Composite Floor Systems”, The Steel Construction Institute, 1998.
4. 한국콘크리트학회, “콘크리트구조설계기준”, 1999.
5. 대한건축학회, “강구조 한계상태설계기준”, 1997. 

[담당 : 김명한, 편집위원]