

복합화 공법의 복합보 구조 시스템  
(대전Price Club Project을 중심으로)

Concept of Composite Beam on Composite Structural System  
(Daejeon Price Club Project Building)



이 석\*



이 동 렬\*\*



문 정 호\*\*\*



이 리 형\*\*\*\*

1. 머리말

최근 국내의 건설상황은 전반적인 경기의 침체로 어렵기만하다. 건축행위의 가치 존속을 위한 명분중진보된 공법에 의한 공사원가절감, 공정의 효율화로 인한 공기단축, 개량된 현장여건 등은 요즈음 같은 시국에 더욱 강조된다. 비단 지금의 시점이 아니더라도 앞으로 그 기술력의 진보와 차별화의 요구는 국내외 환경에 적극적으로 대응하기 위한 수단이기도 하다. 삼성건설에서 건축기술개발 및 그 요소 기술의 활용을 위한 노력은 대단히 활발히 진행되고 있으며 이미 많은 실제의 project에서 대안설계로 제시되어 실용화하고 있다.

이제까지 현장에 적용된 RC공사 등은 그동안 큰

변화없이 오래 지속된 재래공법으로 상당히 개선되어야 할 부분이 많이 있다. 또한 건설행위의 최소화, slim화 등을 통해 환경을 변화를 적극 실천해야 할 의무감을 일련의 건설업에 종사하는 사람이라면 모두 공감할 것이다. 그런 의미에서 특정 공정이나 골조 시스템 또는 단일 부재의 prefab 사용은 이제 절실하다. 이런 건축공업화의 과정에서 가장 용이하게 접근할 수 있는 것이 Precast(이하 PC라함)부재의 활용이다. 이미 소개된 복합화공법의 가장 기본적인 소재는 바로 PC이며 이를 각종 여건에 맞도록 철골부재, 현장콘크리트 등을 요소별로 조합 사용하여 최적의 단일시스템이 되도록 구성하는 공법이 복합화의 기본 개념이라고 할 수 있다. 지난 90년초 정부 주택보급정책에 따라 매우 활기찬 주택건설경기에 힘입

\* 삼성건설 건축기술팀 건축구조기술사

\*\* 정회원, 삼성건설 건축기술팀장 품질 및 시공기술사

\*\*\* 정회원, 한남대 건축공학과 조교수

\*\*\*\* 정회원, 한양대 건축공학과 교수

어 PC공법은 각 건설사에서 한때 각광을 받았다. 그러나 PC공법이 갖는 장점대비 품질관리의 한계, 아파트에 한정된 물량수급, 구조적인 일부 불량요인 등으로 얼마안되어 사양산업으로 되었다. 이제는 그 간의 PC경험에 의한 기술축적으로 보다 앞선 기술 활용이 기대되는 때이다.

본 내용은 지난 복합화공법소개에 이어, 복합화 공법중 가장 대표적인 한 요소 기술인 복합보 구조에 대한 개념 및 구조 설계과정을 실제로 적용한 대전PRICE CLUB(대형유통센터)의 구조시스템과 함께 간단히 소개하고자 한다.

## 2. 복합보 구조공법의 기본이해

### 2.1 복합보의 특징

복합보는 장스팬을 목적으로 개발한 부재로 단부가 철근콘크리트조, 중앙부는 철골조로되어 있다.(그림1참조). 중앙부의 H형강철골은 단부 RC조 부분에 매입하고 RC조와 철골부를 일체화하여 한개

의 보로 만든 구조이다. 이 보는 강도가 높은 RC조와 장스팬이 가능한 철골조의 특징을 합리적으로 갖추고 있다.

### 2.2 복합보 공법의 장점

복합보 공법은 다음과 같은 장점이 있다.

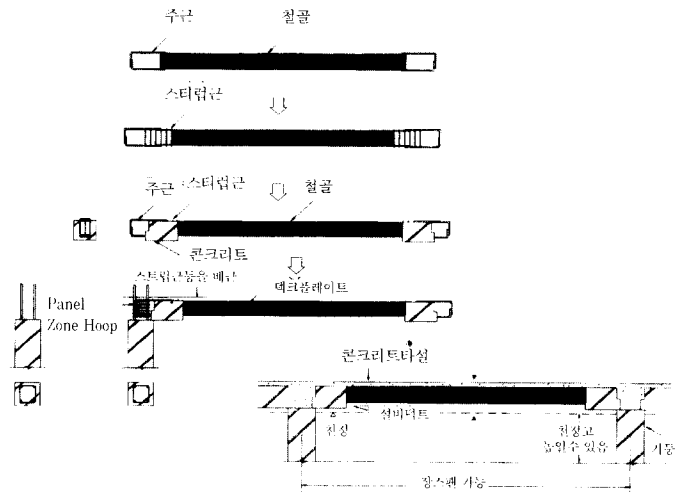


그림 1 복합보의 구법

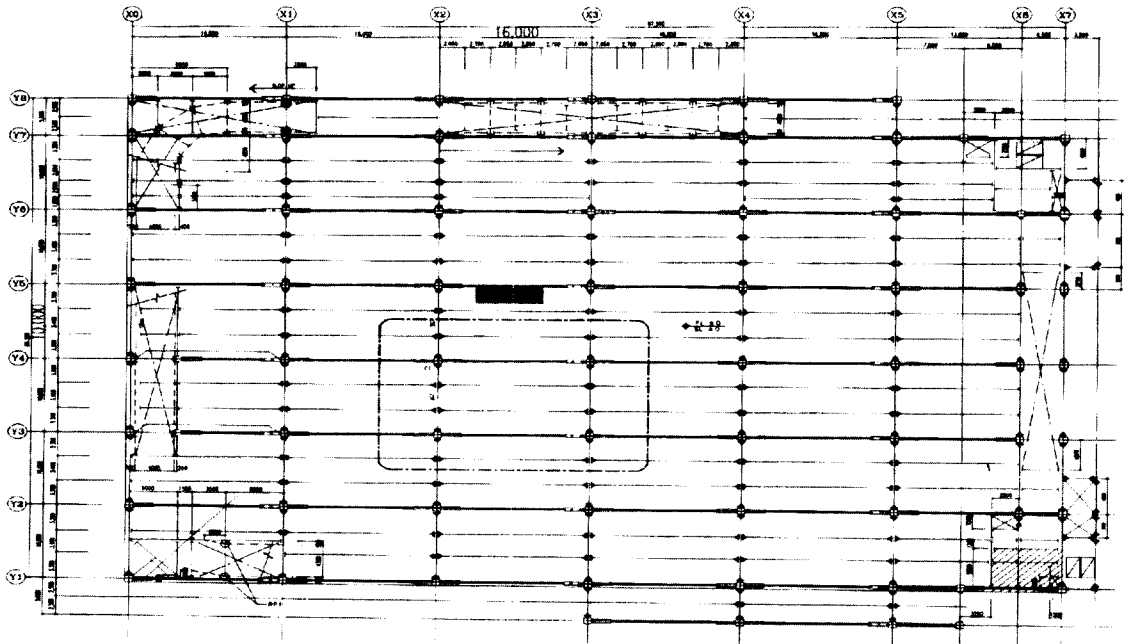


그림 2 대전 PRICE CLUB 기본층 구조평면도

- ① RC조로 장스팬이 가능함.
- ② 건물의 경량화를 도모하여 합리적인 설계 및 시공이 가능함.
- ③ 철골은 가공도가 낮아 저가로 제작이 가능함.
- ④ PC에 의한 공법이 가능함.
- ⑤ 기둥과 보와의 접합부분이 RC조와 같아 RC조 건물의 장스팬부분에 자유로이 사용할 수 있음.
- ⑥ 기둥은 R.C조로하고 보는 철골을 사용함으로써 충분한 강성의 확보와 장스팬의 구조가 가능함.

이상의 장점으로 장스팬의 사무실건물, 매장용건물 등 다양한 용도의 건물에 RC조의 경제성을 살리면서 PC화등의 공업화에의해 공기단축과 현장내 인력을 최소화하여 노무비의 절감을 실현할 수 있다. 대형 유통센터인 대전 PRICE CLUB의 경우 원설계인 SRC조 대비 골조공사비 25.3%절감, 공기18개월에서 16개월로 2개월단축의 효과를 보았다. 그리고 골조 공사비의경우 원설계 평당 약 75만원에서 평당 약 56만원으로 전체 골조공사비 약 23억원의 절감효과를 보았다.

### 2.3 복합보를 사용한 건물의 구조계획

복합보를 이용한 건물구조계획은 장스팬부분에 복합보를 사용하고 작은보 및 슬래브는 철골조에 준한 설계로 건물의 경량화를 도모한다. 기둥, 벽과같은 연직부재나 장스팬이외의 보는 순RC보로 설계한다. 이상과 같이 설계하여 적용할 경우 공사비가 비교적 저가이면서 구조적 강성이 높은 RC조의 장점과 장스팬 및 건물의 경량화를 이룰 수 있는 철골조의 장점을 겸한 구조가 된다. 그림2를 통해 대전PRICE

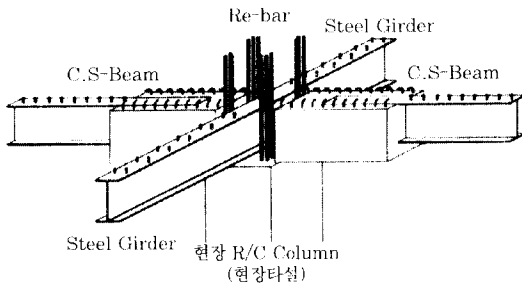


그림 3 기본 구조부재 요소의 결합

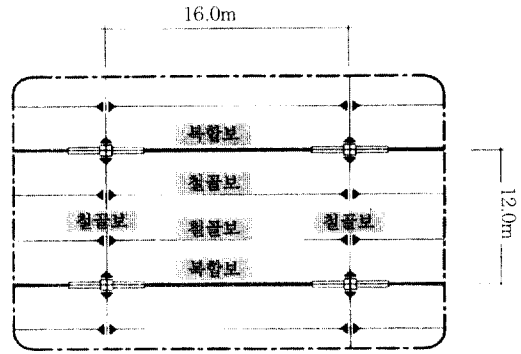


그림 4 상세도 A



그림 5 기둥에서의 복합보와 철골보의 결합

CLUB의 전형적인 복합보 구조를 볼 수가 있다.

평면상 기본 모듈인 10m×16m의 장스팬을 실현하기 위해 평면상의 횡방향으로 복합보를, 종방향으로는 철골보를 조합 적용하고 기둥은 현장 콘크리트타설로 시공된다 (그림3,4,5 참조). 이는 강성이 좋은 RC구조와 장스팬의 효과를 극대화하기 위한 구조시스템이라 할 수 있다. 바닥은 metal deck을 사용하여 각 부재간의 합성효과를 도모하고 시공중 형틀의 대용으로 사용한다. 이는 현장내의 공정단순화로 품질관리 및 안전성에서 용이하고 공사비 또한 R.P Form대비 평당 약 35,000원 정도 비용 절감효과가 있다.

### 2.4 복합보의 PC화

복합보의 단부인 RC부분을 PC화할 경우에는 RC보와 마찬가지로 Half PC형, Full PC형의 두가지 형태로 할 수 있다. HALF PC의 경우에는 현장타설 콘크리트로 슬래브와 일체화시킨다. 반면에 Full PC형은 슬래브가 없는 부분에 사용한다. 대전 PRICE CLUB의 경우는 대부분 하나의 복합보를

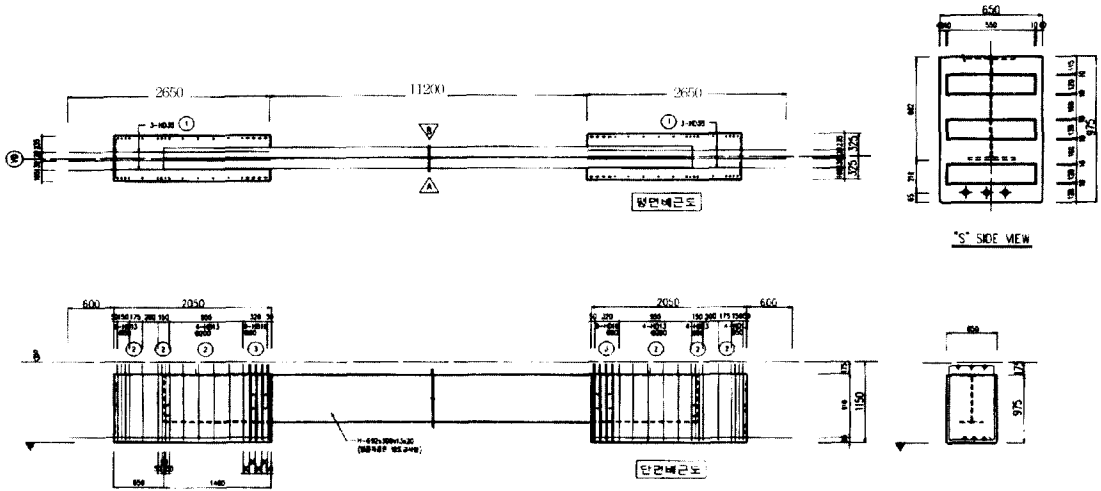


그림 6 복합보의 제작용 상세

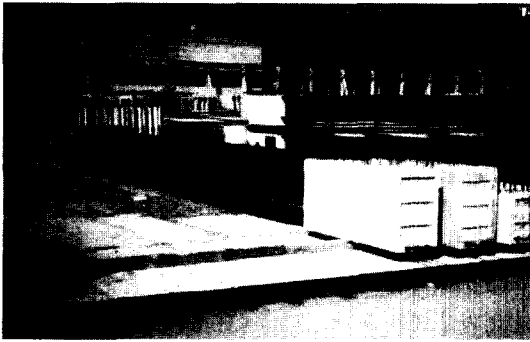


그림 7 복합보의 PC공장 제작



그림 8 복합보의 현장조립

현장타설 콘크리트로 슬래브와 일체화하기위해 PC 공장에서 HALF PC형으로 제작 되었다. 이는 현장에 반입되어 장비로 인양, 부재별 위치에 안치되어 조립된다.(그림 6,7,8 참조)

### 3. 복합보의 설계

#### 3.1 복합보의 구조

기본적으로 복합보의 구조는 그림9와 같다.

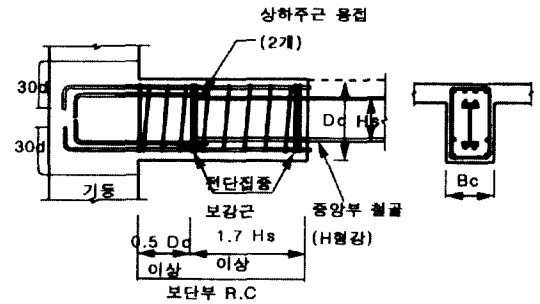


그림 9 복합보의 구조

- 1) 중앙부의 철골은 H형강을 사용한다. 단부 RC 부분에 중앙부 H형강을 철골 높이의 1.7배이상 매입한다. 단부 RC부분의 매입 철골단부로부터 기둥면까지의 순R.C단면의 길이는 단부 R.C보 높이의 0.5배이상으로 한다.
- 2) 단부 RC단면은 보 높이를 철골높이(Hs) + 35cm이상, 보폭을 철골폭(Bs) + 30cm이상으로 한다. 철골의 피복 두께는 보높이 방향으로 16.5cm이상,보폭 방향으로 15cm이상으로 한다.
- 3) 단부 RC부분은 기본적으로 늑근으로 구속보강

하여 철골보의 매입선단부 및 내부단부에는 전단집중보강을 한다.

- 4) RC단부의 상하 주근중, 각각 2개를 철골플랜지에 flair-용접한다.(대전 PRICE CLUB의 경우는 적용하지않음)

### 3.2 복합보의 강도와 강성

복합보는 단부 RC부와 중앙부 철골부를 갖는 변단면 선재로 치환하여 휨변형 및 전단변형을 고려한다. 즉 다음과 같은 강성을 갖는 부재로 해석한다.

- 1) 복합보 중앙부의 철골단면은 전길이에 걸쳐 동일단면으로 한다.
- 2) 휨강성에 대한 슬래브의 유효폭은 단부 RC단면에 대한 RC규준으로 정하고, 중앙 철골부의 유효폭은 하단부RC부와 같은 폭으로 한다.
- 3) 단부 RC단면의 단면2차모멘트는 보주근의 효과와 슬래브의 유효폭을 고려하여 산정한다.
- 4) 중앙부 철골 단면의 2차모멘트는 슬래브의 효과를 고려한다.

### 3.3 복합보의 단면설계

부재설계시 지진력 등의 설계용 수평력에 대해 부재의 부위별 응력이 단기 허용내력을 초과하지 않는가를 확인한다. 연직하중에 대한 응력은 철골부의 조립 및 콘크리트타설시의 지지조건 등을 고려하여 검토한다.

복합보의 항복은 단부 RC부만이 항복할 경우와 중앙의 철골부가 항복하는 경우, 그리고 단부 RC부와 중앙의 철골부가 모두 항복하는 경우의 3가지로 생각할 수 있다. 현재 설계법은 단부 RC부가 극한하중 상태에서 먼저 항복이 되도록 유도한 것이다. 이렇듯 단부 RC부의 휨항복이 선행하여 양단 RC부에 휨항복이 생겼을때 매입단부의 휨모멘트 sM에 대해 철골단면의 휨항복모멘트 sMy가 다음 사항을 만족할 것을 확인한다.

$$\text{즉, } sMy \geq 1.1 sM$$

여기에서,  $sM = sMr_u + sM_L$

$sMr_u$  : 단부 RC부가 휨항복할 때의 연직하중을 무시한 철골매입단부

의 휨모멘트

$sM_L$  : 연직하중에 의한 철골단부의 휨모멘트

$sMy$  : 철골단면의 휨항복모멘트  
( $=Z_p \cdot s\sigma_y$ )

$Z_p$  : 철골의 소성단면계수

$s\sigma_y$  : 철골의 재료강도

$rMy$  : RC단면의 휨항복 모멘트

RC부와 철골부의 접합은 다음의 응력상태에 대해 검토한다.

- 1) 접합구간의 철골단면의 전단강도  $sQ_{su}$ 와 철골단면의 전단력  $sQ_u$ 는 다음을 만족하도록한다.

$$sQ_{su} \geq 1.3 sQ_u$$

- 2) 접합구간의 철골단면의 전단강도  $rQ_{su}$ 와 RC단면의 전단력  $rQ_u$ 는 다음을 만족하도록한다.

$$rQ_{su} \geq 1.3 rQ_u$$

- 3) 접합구간 양단부의 집중전단보강근을 구한다.
- 4) 철골매입단부의 콘크리트지압강도에 대해 검토한다.
- 5) 중앙의 철골부는 RC단부에 항복힌지가 발생한 상태에서 국부좌굴이나 횡좌굴이 생기지 않는지 확인한다.

$sQ_u = (sM - M_{pf}) / L_2$  : 접합부 철골단면의 전단력

$rQ_u = sQ_u + sM / L_3$  : 접합부 R.C단면의 전단력

$M_{pf} = af \cdot \sigma_{fu} \cdot do$  : 용접철근에 의한 휨모멘트

$af$  : 한쪽 flange의 용접철근 단면적

$\sigma_{fu}$  : 용접철근의 재료강도

$do$  : 상하 용접철근간 간격


$Q_u$  : 보의 양단부가 항복시 연직하중 제외한 전단력

$Q_L$  : 철골매입단부의 장기전단력

앞에서 살펴본 복합보의 설계와 관련한 콘크리트부와 철골부의 매입접합부의 응력은 다음과 같은 조건으로 구할 수 있다. 즉, 철골과 콘크리트가 분리되어 거동하는 것으로 가정한다. 이것을 간단히 개념도에 의해 표현하면 앞의 그림 10과 같다. 여기서 특히 전단집중보강근의 산정은 그림 10에서처럼 철골매입부에서의 응력으로부터 구할 수 있다.

#### 4 맺음말

공업화 생산에 의한 현장적용에서는 상세한 System Engineering이 필수적이다. 즉 각 부위의 다양한 구법(공법), 여러가지 부재 및 joint에 대한 해석, 시공 detail, 부재의 원재료 품질, 품질절차서, 시방서 등은 매우 중요하다. 특히 정밀 시공에 대한 현장관리와 기능인력의 교육과 전문화도 따라야 한다. 이와 동시에 공사원가, 공기, 품질확보에 대한 중요성은 두말할 나위없다. 이러한 조건들이 총체적으로 효과를 내기 위해서는 결국 합리적인 구조설계가 기본적으로 선행되어야 할 것이다.

앞에서 삼성식 복합화공법과 관련한 주요 구조 부재인 복합보의 구조형식과 개념적인 설계방법을 실제 건물 적용 사례와 함께 대략 살펴보았다. 아직도 구조체의 실제 거동과 설계내용 등은 앞으로 좀더 검증되어야 할 부분이 많이 있다. 이것은 현재 진행 중인 산학 복합화연구과제를 통해 설계실무에 적용될 설계식 및 구조 거동에 대한 보다 명확한 검증이 이루어질 것이다. 앞으로 효과적인 구조형식으로 활발히 설계에 적용되길 기대해본다. 

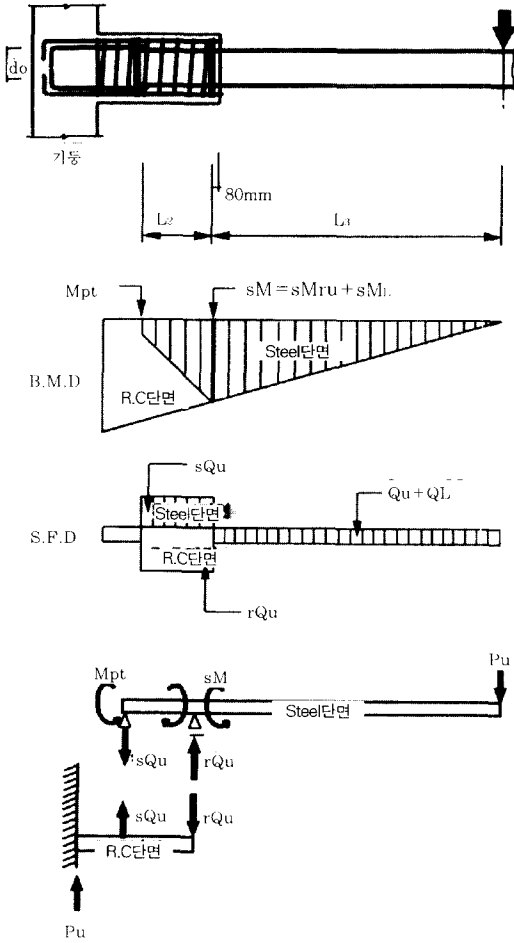


그림 10 복합보의 응력