

# LC(Logical Composite) 프레임(Frame) 공법

## Logical Composite Frame



글 / 李 東 烈

(Lee, Dong Ryoul)

건축시공·건축품질시험기술사, 공학박사,

삼성물산(주) 건설부문 건축기술팀 부장.

E-mail: leedr@samsung.co.kr

Imported China Jades are mostly talc and serpentine groups, and that's occurred troubles for our health and life of living organism.

Serpentine is a group of common rock-forming minerals having the formula:  $(Mg \cdot Fe)^3 Si_2O_5(OH)_4$ .

Sometime, simulated by nephrite or jade and translucent varieties are used for ornamental and decorative purposes.

But it's forbid by heating materials for sauna and heating mats etc. that reason are it's occurred asbestos dusts(chrysotile dusts) easily by the heating operations.

## 1. LC 프레임 공법 개발배경 및 방법

### 1.1 개발 배경

최근 미국, 일본 등 선진외국을 중심으로 구조적 성능을 향상시키고 공기단축 및 인건비 절약을 목표로 새로운 구조시스템의 개발이 활발하게 진행되고 있는 실정이다. 이 가운데 연구개발이 적극적으로 진행되고 있는 공법의 하나가 철근콘크리트기둥과 철골보로 된 복합구조이다. 이 공법은 압축력에 효과적인 철근콘크리트부재를 기둥으로, 휨과 전단에 우수하고 또 경량인 철골부재를 보에 적용할 수 있기 때문에 구조적으로 매우 합리적인 공법이다. 또 철근배근, 거푸집, 가설재, 용접 등에 필요한 현장작업을 최소화할 수 있으며, 필요한 경우 철근콘크리트기둥을 프리캐스트화 함으로써 기계화 시공이 가능한 장점도 있다.

이미 기술한 바와 같이 미국과 일본 등 선진외국을 중심으로 개발된 복합구조는 경제적이고 합리적인 구조시스템으로 자리잡고 있음을 알 수 있

다. 이와 비교하여 국내의 연구개발 실적은 초기 단계에 불과한 실정이고, 현장 적용실적은 삼성물산(주) 건설부문이 대표적으로 적용하고 있는 상태이다. 따라서 선진외국과 경쟁관계에 있는 국내 건설업이 기술력에서 경쟁력을 확보하기 위해서는 복합구조에 대한 연구개발은 당연한 중요한 과제의 하나라 할 수 있다.

### 1.2 개발 내용 및 방법

새로운 공법을 개발하기 위해서는 구조실험 등을 통하여 설계식을 포함한 설계방법을 제시하고, 시공경험을 통한 공법의 경제성 평가와 함께 향후 시공과정에서 발생할 수 있는 제반 문제점을 파악하여 시공지침을 제시하는 것이 연구개발의 주요 내용 및 과정이다. 따라서 본 공법개발에서는 국내실정에 맞는 복합구조 공법을 개발하기 위해 다음과 같은 연구계획 및 방법을 적용하였다.

- 1) 국내외에서 적용된 접합부 상세에 대한 자료조사 및 공법특성 파악

## 기술자료

- 2) 국내실정에 적합한 접합부 상세 개발
- 3) 현장적용을 통한 시공성 및 경제성 평가 (mock-up 실험)
- 4) 개발된 접합부 상세에 대한 구조실험을 통하여 구조성능을 고찰, 평가하고 기존 설계식과의 비교분석을 통하여, 개발된 접합부 상세의 설계방법 제시
- 5) 현장적용을 통하여 발생 가능한 제반 문제점을 파악하고, 요구되는 구조성능을 확보하기 위한 품질관리 방법 등 제작 및 시공 지침 제시

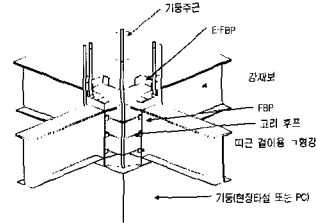
## 2. LC 프레임 공법의 개념

### 2.1 LC 프레임 공법의 개요

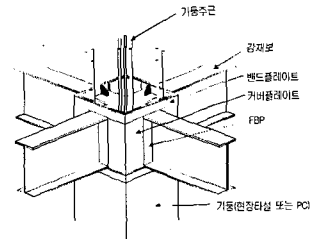
기존의 철근콘크리트조는 철근콘크리트의 재료적 특성에 기인한 구조적 단점으로 건물평면의 장스팬화, 부재의 경량화에 제약이 따르는 문제점을 안고 있다. 이러한 문제점을 극복하기 위하여 압축력을 주로 받는 기둥은 철근콘크리트조의 장점을 그대로 살리고, 보는 장스팬에 유리한 철골을 장면에 적용, 단면에는 건물의 특성에 따라 다양한 구조형식을 취할 수 있게 함으로서 새로운 복합구조를 이루게 되었다. 이에 따라 구조체의 부위별 요구성능에 따른 구조 시스템 적용이 가능하게 되었고 다양한 재료와 공법의 개발 및 적용으로 경제적인 최적설계가 이루어졌다. 이와 같은 구조형식을 LC 프레임 공법(Logical Composite Frame) 이라 하며 철골보와 RC기둥과의 접합은 아래와 같은 개념으로 형성되어 강접합으로 이루어진다.

LC 프레임 공법은 커버 플레이트와 밴드 플레이트를 사용하여 보-기둥 접합부의 전단성능을 향상시키고, 거푸집 작업을 대체한 커버 플레이트형과, 기존의 복합구조에서 구조적 성능저하 요인

을 제거하고, 띠근 배근방법을 크게 개선한 고리 후프형으로 구분된다.



〈그림 1〉 고리후프형 LC 프레임



〈그림 2〉 커버플레이트형 LC 프레임

### 2.2 LC 프레임 공법의 특성

LC 프레임 구조는 기존의 복합구조를 국내실정에 맞게 개선한 구조공법이다. 철근콘크리트 기둥과 철골보로 구성된 기존의 복합구조와 비교하기 위해, 커버 플레이트형과 고리후프형 LC 프레임 구조로 구분하여 나타내었으며, 구조적 성능 및 시공성, 경제성 등의 항목으로 구분하여 특성을 비교 평가하였다.

#### 2.2.1 커버 플레이트형 LC 프레임 공법

커버 플레이트형 LC 프레임 공법과 기존 복합구조의 구조 및 시공 특성에 관한 비교가 <표 1>에 나타나 있으며, 각 항목별로 차이점 및 특성을 기술하면 다음과 같다.

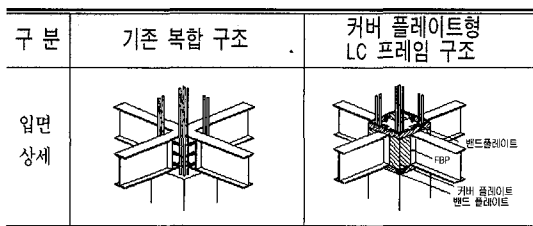
- ① 철근콘크리트구조는 7-10미터, 철골구조는 10-15미터 정도의 경간이 일반적인 반면, LC 프레임 구조는 7-15미터 정도의 다양한 경간 내에서 적용이 용이한 경제적인 구조

시스템이다.

- ② 철골구조와 같이 부재의 공장제작에 의한 기계화 건식공법이 가능하며, 철근콘크리트 구조 대비 약 30%, 철골구조 대비 약 12% 정도의 공기 단축이 가능하다.
- ③ 가설비용 및 인건비 절감이 가능하고, 안전 관리가 용이하며, 현장내 건설폐기물을 감소시키는 효과를 나타내고 있다.

〈표 1〉 기존 복합구조와 커버 플레이트형 LC 프레임 공법의 비교

구 분	기존의 복합구조	커버 플레이트형 LC 프레임
전단응력 전달	띠근	커버 플레이트
전단보강 방법	철골웨브에 띠근 삽입후 철근이음	밴드 플레이트에 커버 플레이트를 끼워 넣음(공장제작)
지압 저항	-	밴드 플레이트
거푸집 설치	다소 어려움	필요 없음



〈그림 3〉 기존 복합구조와 커버 플레이트형 LC 프레임 구조의 평면상세

### 2.2.2 고리후프형 LC 프레임 공법

고리후프형 LC 프레임구조와 기존 복합구조의 구조 및 시공특성을 〈표 2〉에 나타내었다.

각 공법의 차이점 및 특성을 항목별로 구분하여 기술하면 다음과 같다.

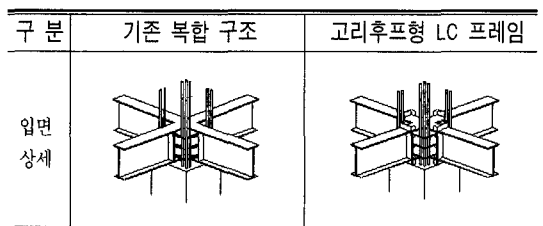
- ① 전단응력 전달 방법이 기존복합구조는 띠근의 인장력인 반면 커버플레이트형 LC 프레임 구조에서는 커버플레이트에 의해 전달하고 커버플레이트가 띠근 역할을 대체함으로써 띠근 배근 작업이 필요 없다.
- ② 기둥콘크리트의 구속과 지압내력을 향상시키기 위한 구조적 요소로 밴드 플레이트를

적용하고 있습니다.

- ③ 커버플레이트형 LC 프레임 구조에서는 밴드 플레이트와 커버플레이트가 모서리 부분의 형틀 작업을 대체함으로써 시공성 및 공정관리 측면에서 효과적인 공법이며, 건설 폐기물을 줄임으로서 환경 친화적인 공법이라고 할 수 있다.

〈표 2〉 기존 복합구조와 고리후프형 LC 프레임 공법의 비교

구 분	기존의 복합구조	고리후프형 LC 프레임
전단응력 전달	띠근 겹침 이음에 의한 인장응력의 전달	띠근 정착성능에 의한 인장응력의 전달
띠근 배근 방법	웨브에 띠근 관통	웨브와 FBP에 용접된 ㄱ형강에 띠근 삽입
띠근 이음 방법	겹침 이음	-
띠근 배근 인원	2인 1조	1인 1조



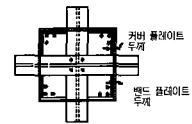
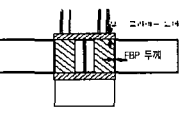
〈그림 4〉 기존 복합구조와 고리후프형 LC 프레임 공법

### 3. LC 프레임 공법의 구조상세

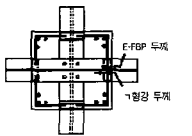
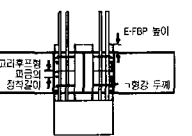
구조물이 연직 하중에 대하여 적절하게 설계되었을 경우, 작용하는 횡하중에 대해서는 기본적으로 강한 기둥-약한 보의 설계 개념에 근거하여 보 부분에 소성힌지가 발생하도록 하고 있다. 이와 같은 설계 개념은 기둥 또는 보-기둥 접합부의 파괴에 의해 구조물의 붕괴로 확대되는 것을 억제하기 위해서이다. 철근콘크리트 기둥과 철골보로 구성된 복합구조에서도 이와 같은 설계개념은 동일하며, 보-기둥 접합부의 전단파괴를 억제하기 위해서는 구조요소별 최소 값이 요구된다. LC 프레

## 기술자료

임공법에서도 접합부에 요구되는 전단강도를 확보하기 위한 구조요소별 최소 값을 제시하였으며, 그 제한 값은 다음과 같다.

구분	구조상세	부재 SIZE
평면상세		◇밴드 플레이트 두께 : 10mm 이상 높이 : 80mm 이상(상부) 100mm 이상(하부)
입면상세		◇커버플레이트 두께 : 6mm 이상 높이 : 상하부 밴드플레이트 양단부까지 ◇FBP 두께 : 12mm 이상

〈그림 5〉 커버 플레이트형 LC 프레임공법 구조 상세

구분	기존 복합 구조	고리후프형 LC 프레임
평면상세		◇Γ형강 두께 : 9mm 이상 높이 : 50mm 이상 ◇고리후프 정착길이 : 6db 이상
입면상세		◇E-FBP 두께 : 10mm 이상 높이 : 80mm 이상(상부) 100mm 이상(하부) ◇FBP 두께 : 12mm 이상

〈그림 6〉 커버 플레이트형 LC 프레임공법 구조 상세

### 4. LC 프레임 공법 구조성능 실험

#### 4.1 LC 프레임 개발과정

LC 프레임은 삼성건설이 1995년 3월부터 복합구조 공법에 대한 기초연구, 기존공법에 대한 자료조사 그리고 이론 및 실험연구와 Mock-up 시공을 통한 System 분석 과정을 거쳐, 1999년 12

월에 LC 프레임 이란 새로운 구조 형식을 개발하였다.


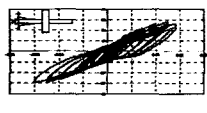
기존 복합구조 기술에 대한 1차 실험연구를 토대로 천안 반도체공장 Project 등 총 9개 Project에 현장 적용함과 동시에 이를 바탕으로 접합부 작업방법 개선, 원가 절감 및 공기단축 방안 등 기존기술의 개선 방향에 대한 연구를 위하여 다양하고 깊이 있는 검토를 통하여, 최종적으로 국내 실정에 적합하게 개선한 커버플레이트형과 고리후프형 LC 프레임 구조를 개발하였습니다.

이에 99년 2월부터 LC 프레임에 대한 변수별 2차 실험연구를 하여, 구조성능 실험을 통한 구조내력 및 변형능력에 대한 검증 과정 및 실험 결과에 따른 설계식의 적용성을 검토하였다.

또한 2000년 6월 건설교통부로부터 건축분야 신기술로 지정됨으로써 공법의 신뢰성에 대한 인정을 받았다.

#### 4.2 연구실험




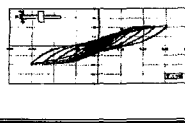
1차년도 연구는 2차년도 연구에 대한 기초자료를 제시하는 것을 목적으로, 과거 외국에서 시도되었던 기본적인 디테일을 바탕으로 주요 실험변수를 접합부내의 전단 저항에 대한 보강기구에 두었으며, 기준형, 횡방향 직교보형, E-FBP형 등 총 6개의 실험체를 제작 실시하였다.

구분	실험체 파괴 현황	하중 변위 곡선
직교보형		

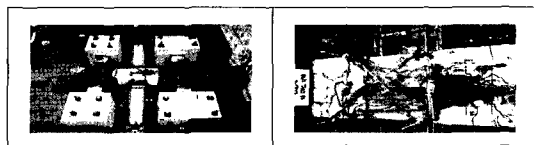
〈그림 7〉 1차 연구실험

2차년도 연구에서는 접합부내 기둥의 구속효과에 대한 효율적인 보강기구를 중심으로 주요 실

험변수를 설정하였으며, 기존형, 고리후프형, 커버플레이트형 등 총10개 실험체를 제작하였다.

구분	실험체 파괴 현황	하중 변위 곡선
커버플레이트		
고리후프형		

〈그림 8〉 2차 연구실험



〈그림 9〉 실험전경 및 측정장치

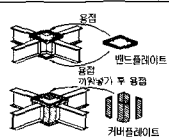
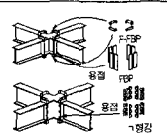
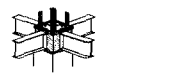
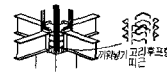


### 5. LC 프레임 제작 및 설치과정

LC 프레임 공법은 커버플레이트형과 고리후프형으로 구분되는데, 그 공법의 제작 및 설치과정을 고찰하면 다음과 같다.





첫째, 커버플레이트형은 우선 철골 교차부가 제작된 후 기둥면과 동일한 위치에 FBP를 용접하고, 철골 교차부 상하부에 기둥단면과 동일한 크기의 사각형 밴드 플레이트를 철골 플랜지에 용접한 후, ㄱ자 형태의 커버플레이트를 끼워 넣은 후 소요량만큼 용접한다. 제작 완료 후 현장으로 운반하여, 기 시공된 콘크리트기둥 상부에 철골 부재를 설치함으로써 추가적인 현장 작업 없이 보 기둥 접합부 설치 공사가 완료된다. 커버플레이트형 LC 프레임 공법은 밴드플레이트 및 커버플레이트가 외부 전단력에 저항하는 구조요소로서, 기

둥콘크리트 구속효과와 지압내력을 향상시키며, 현장 시공시에는 거푸집 역할을 대체함으로써 시공성을 향상시킨 구조공법이다.

둘째, 고리후프형은 먼저 철골 교차부를 제작한 후 철골교차부 상하부 플랜지의 기둥면과 일치하는 위치에 E-FBP를, 철골웹에 FBP를 각각 용접한 후, 띠근걸이용 ㄱ형강을 철골웹과 FBP 단부에 용접한다. 제작 완료후 현장으로 반입하여, 콘크리트 기둥 위에 설치되며, 고리후프형 띠근을 배근 함으로써 보 기둥 접합부 설치 공사가 완료된다. 고리후프형 LC 프레임 공법은 구조적으로 ㄱ형강에 삽입된 띠근의 정착 성능에 의해 전단응력을 전달함으로써, 기존 복합구조에서 띠근의 철골보 웹 관통에 따른 구조성능 저하요인을 제거하고, 시공성을 향상시킨 구조 공법이다.

커버플레이트형	고리후프형	구분
		공장 제작
		현장 설치
		시공

〈그림 10〉 LC 프레임공법 제작 및 설치과정


현장시공 STEP별 설치과정	
 1. 기둥설치(철근콘크리트조)	 2. 철골보 및 부재 설치
 3. 슬래브설치 완료	 4. 슬래브 콘크리트 타설

〈그림 11〉 LC 프레임공법 step별 설치과정

## 기술 자료

### 6. 적용사례

LC 프레임 공법은 천안 반도체공장 Project, 수영 마이다스 호텔, 광주 보훈병원 등 총 10여 개 Project 현장에 적용하였다.

광주 보훈병원 신축공사 (T/K)	
	
■용도: 병원 ■규모: 지하1층, 지상 8층, 기둥BAY: 6.1m×12.3m	
수영 MIDAS HOTEL 신축공사	
	
■용도: 호텔 ■규모: 지하3층, 지상15층, 기둥BAY: 7.7m×9.9m	
성균관대의과대학 신축공사	
	
■용도: 강의실 및 실습실 ■규모: 지하1층, 지상7층, 기둥BAY: 6.6m×13m	
화성 반도체공장 신축공사	
	
■용도: 사무실 및 공장 ■규모: 지하1층, 지상5층, 기둥BAY: 9.0m x 12.6m	

〈그림 12〉 LC 프레임공법 현장 적용사례

### 7. LC 프레임 공법의 적용효과

#### 7.1 생산성 향상

기존의 복합구조공법에서는 보-기둥 접합부에 대한 기둥의 띠근배근 작업 및 거푸집 마감작업이 어렵고, 작업의 안전성 확보에도 많은 문제점이 있었다. 본 LC 프레임공법에서는 이 부분을 대폭

적으로 개선하여 다음과 같이 뛰어난 생산성 향상의 효과를 거두었다.

#### 7.2 원가절감

〈표 4〉 판넬존 작업에 대한 생산성 비교표

구분	기존공법	LC 프레임 공법		비고
		커버 플레이트형	고리후프형	
대근 배근	소요인력 : 0.3인/개소 (2인 1조 작업)	소요인력 : 0.0 인/개소	소요인력 : 0.1인/개소 (1인 1조 작업)	-
거푸집 작업	소요인력 : 0.5인/개소 (2인 1조 작업)	소요인력 : 0.0 인/개소	소요인력 : 0.4인/개소 (2인 1조 작업)	-
접합부 처리	0.8 인/개소 (100%)	0.0 인/개소 (0.0%)	0.5 인/개소 (62.5%)	형틀, 철근





\* 당사의 유사공법 적용사례를 기준으로 하여 비교한 자료임

복합구조에서는 기둥을 철근콘크리트로 하고, 보를 철골로 하는 까닭에 경간이 긴 구조에서 기존조의 철골조 또는 철골철근콘크리트조에 비해 상대적으로 경제적임을 알 수 있다. 이러한 효율적인 복합구조에서도 보-기둥 접합부의 처리 상세에 따라 원가가 상이할 수 있으며, LC 프레임공법은 이 부분에 대한 시공성을 크게 개선하여 기존의 유사공법대비 접합부 처리 비용을 줄일 수 있었다.

각 구조형식별 원가비교

- ① 기준현장 : 화성 반도체 현장
- ② 적용경간 : 12.6m×9m
- ③ 비교방법 : LC 프레임으로 설계 시공된

〈표 5〉 구조형식별 원가 비교표

구분	철근콘크리트조	철골철근콘크리트조	철골조	LC 프레임
구조형상				
COLUMN	철근콘크리트	철골철근콘크리트	철골	철근콘크리트
GIRDER	철근콘크리트	철골	철골	철골
BEAM	철근콘크리트	철골	철골	철골
슬래브	재래형틀&철근	테크	테크	테크
금액	20,538,495	21,904,420	22,400,285	19,284,277
절감액 비율	100%	106.7%	109.1%	93.95

공간을 동일한 조건에서 철골조, 철골철근 콘크리트조, 철근콘크리트조로 설계하여 직 접공사에 대한 원가를 비교.

④ 단가적용 기준일 : 1999년 11월

7.3 공정단순화

LC 프레임 공법은 부재의 철골과 철근콘크리 트, 생산에 있어서 공장생산과 현장생산을 적절히 조합하여 경제성 및 현장작업성에 있어서 기존공 법 대비 유리하게 추구하였으며 공기단축의 효과 는 다음과 같이 분석되었다.

〈표 6〉 구조형식별 공기 비교

구분	철근콘크리트조	철골조	철골철근콘크리트조	LC 프레임
조 건	- 일반 철근 콘크리트조 가정 - 슬래브 거푸집 및 콘크리트 공사포함	- 일반적인 철골조 가정 - 슬래브 데크 및 콘크리트 공사는 제외 (후속작업으로 가정)	- 일반적인 철골조 가정 - 슬래브 데크 및 콘크리트 공사는 제외 (후속작업으로 가정)	- 슬래브 데크 슬래브 콘크리트 공사 포함.
CYCLE 공기 (골조)	10일/1개층	24일/3개층(1질) 8일/1개층	30일/3개층(1질) 10일/1개층	7일/1개층
비 교	125 %	100 %	125 %	87.5%
	- LC 프레임은 슬래브공사를 포함하므로 후속공사 조기투입 가능함.			

7.4 노무인력 절감

LC 프레임 유사공법 적용시 시공사례의 예

- 대상현장 : 성균관대학교 의과대학 현장 (단위경간 : 12m×6.6m 경간)
- 비 교 : 원설계인 철근콘크리트조 대비 유사 LC 프레임공법 노무인력 비교
- 적용기준 : 1998년

현장명	원설계 (철근콘크리트조)	LC 프레임공법	비 율
성대 의과대학	230명/ 층	126명/ 층	55%
예상치	철근콘크리트조 골조공사 현장투입인력 대비 50%~60% 감소		

7.5 기타 효과

- 1) 공업화 및 규격화 시공에 의한 품질향상

- 2) 현장 작업 감소에 따른 안전관리 향상
- 3) 형틀 동바리 등 가설재 사용절감
- 4) 폐기물 발생 억제
- 5) 최적설계에 의한 부재 및 건물의 경량화

8. 향후 활용 계획

8.1 LC 프레임 공법의 활용 범위

- 1) 경제성이 요구되는 건물
- 2) 경간이 큰 구조물
- 3) 연면적이 크고 평면상 정형인 구조물

8.2 공법별 향후 활용 계획

구분	커버 플레이트형	고리 후프형
구조 및 시공 특성	1) 접합부 전단내력이 상대적으로 높음 2) 거푸집 작업이 필요 없음	1) 띠근 작업이 용이 2) 접합부 거푸집작업의 모듈화에 의해 경제성 확보
향후 적용 방향	1) 접합부의 높은 전단내력이 요구되는 구조 2) 공기단축과 경제성이 요구 되는 구조 3) 거푸집작업이 어려운 부분 (예 : 건물 외주부)	1) 거푸집 작업 개소가 많아 인건비 절감이 가능한 구조 2) 상대적으로 인건비가 낮은 지역의 구조물 3) 평면상 철골보와 프래캐스트 보를 혼합하여 사용한 구조

8.3 파급효과 및 발전 방향

8.3.1 파급효과

- 기존의 구조공법 대체효과
- 기존공법에 대한 고정관념 타파
- 설계 및 시공기술의 향상

8.3.2 향후 발전방향

- 새로운 구조 시스템의 출현
- 엔지니어링 계획 및 설계기술의 발전
- 건설산업의 기계화 및 공업화 기술의 발전 (원고 접수일 2000. 12. 14)