

KOSFM

Strut & Tie Model을 이용한 철근콘크리트 기초의 보강 공법



윤상문, (주)바로건설기술 연구소장

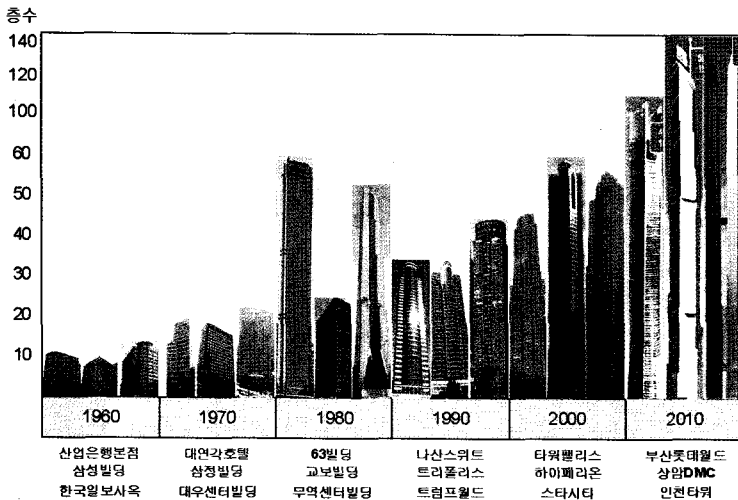
1. 기술개발 배경

산업화가 시작된 60년대 이후 건축물의 높이는 점점 높아지고 있으며, 90년대와 2000년대를 거치면서 건물 높이는 40층, 50층 이상이 건설되어가고 있고, 현재에는 100층 규모의 건축물들이 계획되어지고 있는 현실이다.

건축물이 높아지게 되면 이를 지탱하기 위한 기초구조물의 규모도 증가하게 되는데, 1~1.5m 규모의 기초에서부터 현재는 2m, 3m를 넘어 5m의 규모로 까지 기초의 두께가 점점 증가되고 있다.

이렇게 기초의 두께가 두꺼워지게 되면, 대표적으로 다음과 같은 문제가 발생하게 된다.

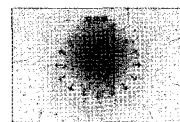
- ① 지반 터파기기가 깊어짐에 따라 경암부 터파기량



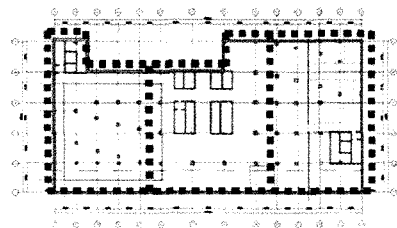
규모	10층 ~ 15층	15층 ~ 20층	20층 ~ 30층	30층 ~ 40층	40층 ~ 50층	50층 ~ 100층
기초 두께	1.0 ~ 1.5m	1.2 ~ 1.5m	1.2 ~ 2.0m	1.8 ~ 2.5m	2.2 ~ 3.0m	3.0 ~ 5.0m



얕은 터파기



수화열 발생



타설량 증가로 시공조건 초과

그림 1.1 초고층 건축물의 증가에 따른 문제점 발생

증가와 그에 따른 민원증가(소음, 주변건축물영향 등) 및 공기지연

- ② 터파기가 깊어지므로 흙막이 가설물의 증가
- ③ 철근 작업의 어려움과 매스콘크리트의 수화열 증가에 따른 콘크리트 품질저하
- ④ 1일 콘크리트 타설 한계를 초과하는 콘크리트 물량 발생과 시공조인트 증가

따라서 기초두께를 줄일 수 있는 기술에 대한 필요성은 근래에 와서 더욱더 절실하게 요구되어 왔고, 많은 연구와 실험이 진행되고 있다. 그 한 사례로서 Strut & Tie Model 이론 및 구법을 적용하여 기초 두께를 줄일 수 있는 공법을 5년여의 연구와 수차례에 걸친 실험적 검증 거쳐 개발하였다.

2. 신기술개요

1) 신기술의 개념

현재 시공되는 철근콘크리트기초는 시공성에 대한 장점 때문에 독립기초보다는 매트기초로 시공되는 경우가

많다. 각층의 하중을 기초구조로 전달하는 역할을 하는 기둥 하부의 기초구조는 다른 부분에 비하여 작용하는 하중이 집중적으로 커지게 된다.

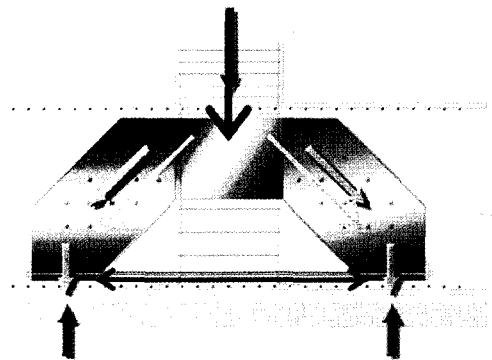
기초의 두께는 전단력과 휨모멘트의 크기에 의해 결정되며, 그 중에서도 전단력의 크기에 의해 결정되는 것이 대부분이다. 하지만, 매트기초에 적용되는 기둥의 종류 및 내력의 크기가 다양 다양함에도 불구하고, 동일한 두께로 적용된다는 특징 때문에 <그림 2.1 a>에서와 같이 수직하중이 가장 큰 부위의 내력(전단력)에 의해 기초 두께가 결정되어 진다.

따라서 가장 축력이 큰 부위에 전단저항이 가능한 기초 보강재를 적용하면 전체적으로 기초 두께를 줄일 수 있을 뿐만 아니라 기초의 저항 효율이 개선되어 질 수 있다.

본 기술은 <그림 2.1 b>와 같이 기초부분의 STM형상을 바탕으로 경사 스트럿 부분은 콘크리트와 강재가 같이 저항하도록 하고, 수평방향의 타이는 고강도 철선을 사용하여 기초의 내력을 기존의 철근콘크리트 기초보다 향상시키는 방법이다.



a) 국부적인 응력집중이 발생하는 기초



b) STM을 이용한 기초보강재의 힘의 흐름

그림 2.1. STM을 적용한 기초보강재의 기본 개념

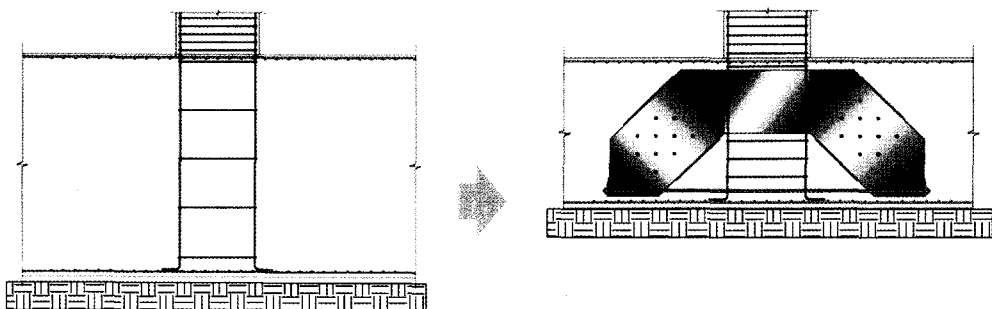


그림 2.2 일부 기둥하부보강으로 전체 매트두께 감소

압축스트럿 보강용 철판과 하부 인장타이는 하나의 유닛으로 이루어져 적용되는 부분의 하중에 따라 구조계상에 의하여 두께 및 크기, 수량 간격 등이 결정된다. 또한 기둥의 형태 및 하중의 전달 경로에 따라 1방향 과 2방향으로 구성할 수 있다.

이러한 기초보강재를 적용할 경우 기초두께를 결정하는 요소인 전단력에 대하여 기존 공법보다 좀 더 효율적으로 저항할 수 있어 <그림 2.2>와 같이 기초두께를 줄일 수 있으며, 이에 따른 공사의 편의, 공사비 절감, 공기 단축 등의 효과를 얻을 수 있다.

2) 기초보강재의 구성

STM을 이용한 강제 기초보강재의 구성은 <그림 2.3>과 같으며 다음과 같은 부분으로 구성되어 있다.

① 스트럿 철판

기초 콘크리트와 같이 상부 기둥에서 전달되는 압축력을 기초 하부로 전달하는 압축스트럿 역할을 하는 부재로 주 재질은 SM400 철판을 사용한다. 철판의 표면에는 콘크리트와의 합성거동을 위하여 전단연결재를 설치하며, 철판 끝단에는 스트럿 방향과 평행하게 정착 및 보강 역할을 하는 보강철판이 설치된다.

② 하부타이

하부철근과 함께 하부에 발생하는 인장력을 저항하는

스트럿 타이 모델의 타이 역할을 한다. 하부 타이는 아치형 철판 양면에 1개씩 설치되며, 아치형 철판 하부와 하부정착판에 용접하여 정착한다.

③ 연결판

아치형 철판 끝단 하부에 설치되어 아치형 철판을 서로 연결해주는 역할을 한다. 연결철판의 두께는 아치형 철판과 동일한 규격으로 하고, 높이는 통상 300mm에서 500mm정도로 한다.

④ 단부보강판

인장타이에 의하여 발생하는 응력을 분산시키기 위하여 연결철판과 외부에 덧붙이는 철판으로 하부타이는 연결철판과 정착판을 관통하여 설치된다. 철판은 두께와 크기는 하부 타이의 규격에 따라 달라진다.

⑤ 전단연결재(스터드 볼트)

아치형 철판에 설치되며 아치형 철판과 콘크리트가 일체거동을 할 수 있도록 Shear connector의 역할을 한다. 일반적으로 스터드 볼트를 사용한다.

3) 기초보강재의 제작 및 시공

기초보강 공법의 시공과정은 <그림 2.4>에서와 같이 먼저 기초의 하부철근을 배근 후 기초보강재를 설치하고 그 후 기둥 철근 및 상부근을 설치하는 것으로 이루어진다.

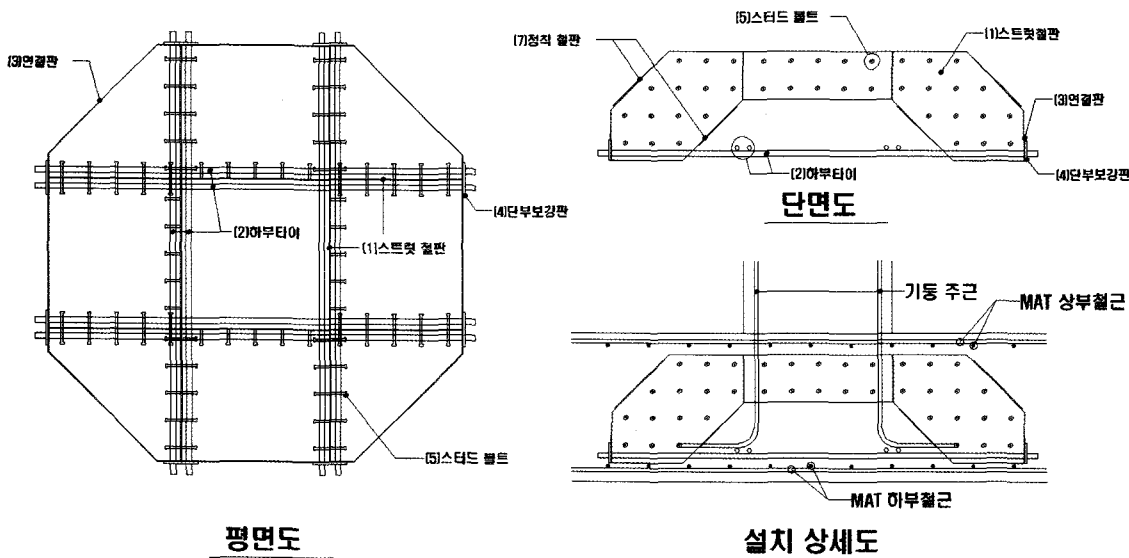


그림 2.3 강제 기초보강재의 구성 및 각 부분 명칭

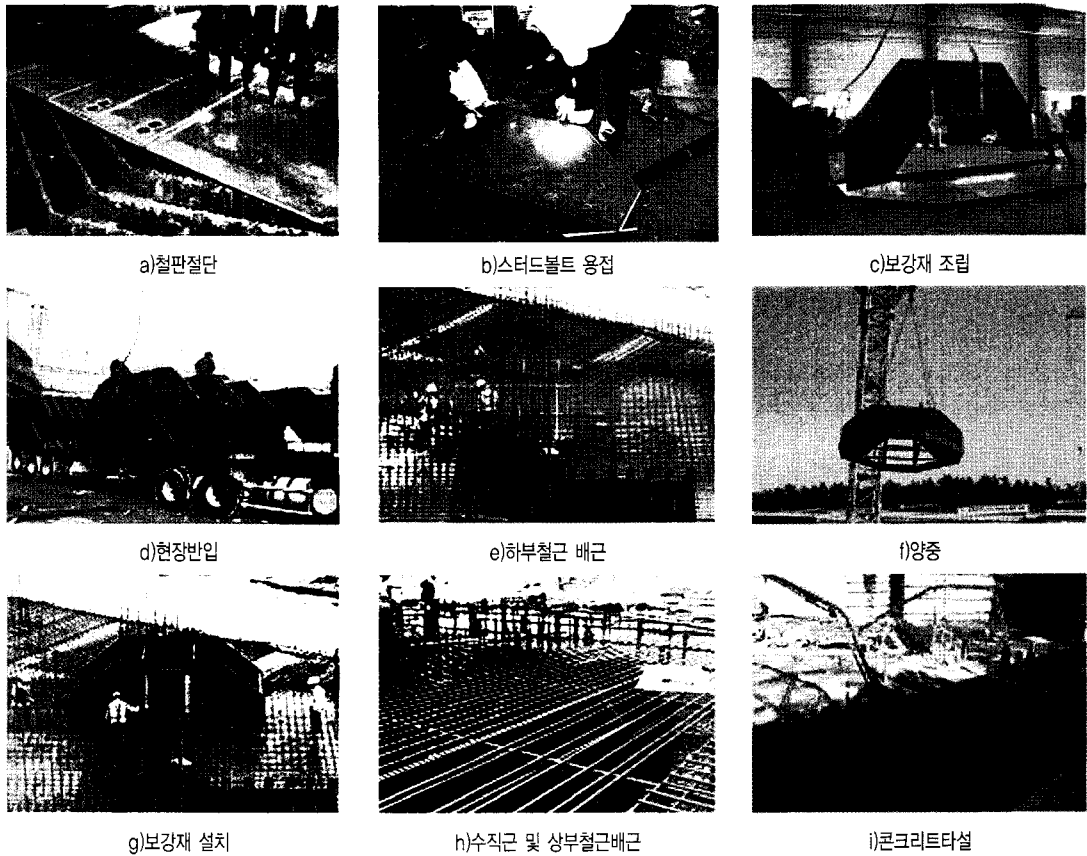


그림2.4 기초보강재의 제작 및 시공 순서

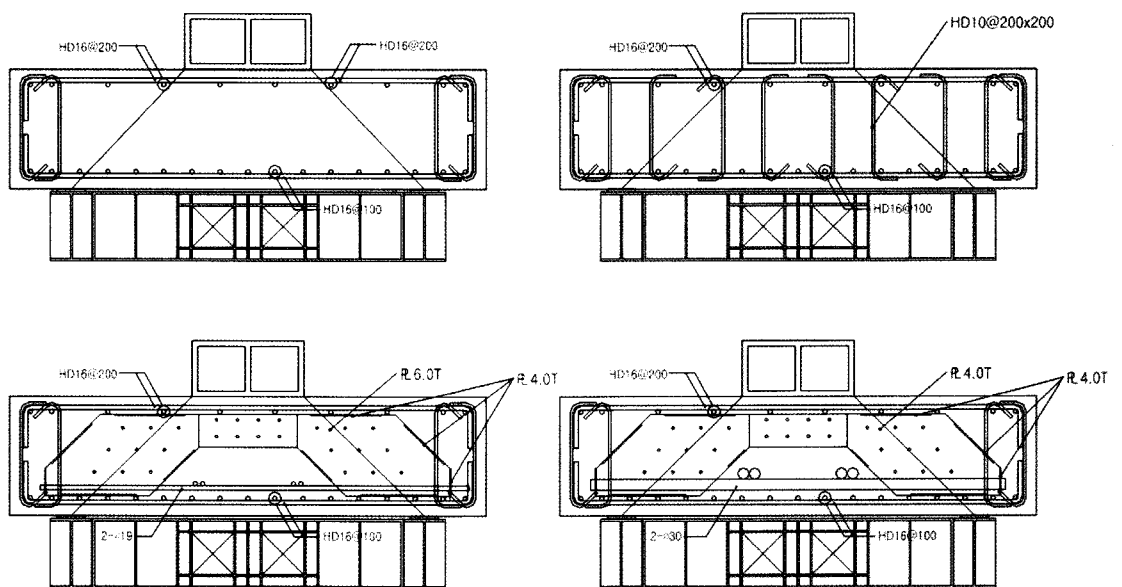


그림 3.1 실험체 상세도

표 1. 실험체 상세현황

실험체	H (mm)	f _{ck} (MPa)	상부배근 하부배근	강도		타이		철판		비고
				(MPa)	규격	강도 (MPa)	규격	강도 (MPa)	규격	
T430	430	27	17-HD16@100	490		전단보강 없음				
T430J	430	27	17-HD16@100	490	J-bar : HD10@200×200					철근보강
R430T	430	27	17-HD16@100	490	2-Ø19	790	6.0t	260		타이 파괴
R430C	430	27	17-HD16@100	490	2-Ø19	790	6.0t	260		균열 보완
R430S	430	27	17-HD16@100	490	2-Ø30	790	4.0t	260		스트럿 파괴 절점파괴

실험체 크기 : 1.7m×1.7m

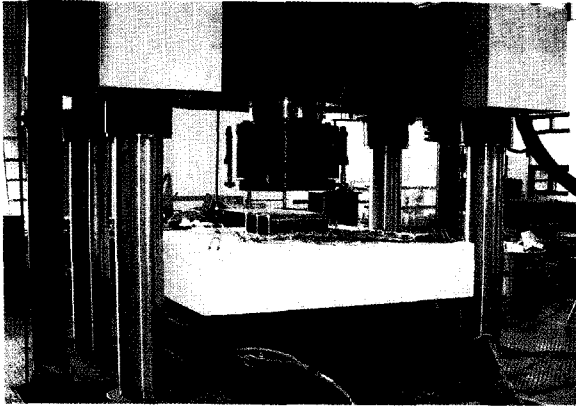


그림3.2 실험체 셋팅 (1000톤 UTM)

표 2. 해석결과 및 결과 비교

실험체명	P _{STM} (KN)	P _{ACI} (KN)	P _{TEST} (KN)	P _{STM} / P _{TEST}	P _{ACI} / P _{TEST}	비고
T430	3154.30	2048.45	3262.28	96.70%	62.80%	무보강
T430J	3154.30	3166.90	3571.74	88.30%	88.70%	J-bar
R430T	5125.46	1833.44	5138.77	99.70%	35.70%	기초보강재
R430C	5125.46	1833.44	5067.93	101.10%	36.20%	기초보강재
R430S	5441.90	1791.70	5324.32	102.20%	33.70%	기초보강재

P_{STM} : STM을 이용한 예측값, P_{ACI} : 돌림 전단을 이용한 예측값



그림3.3 R430T 실험체 지지면 균열사진

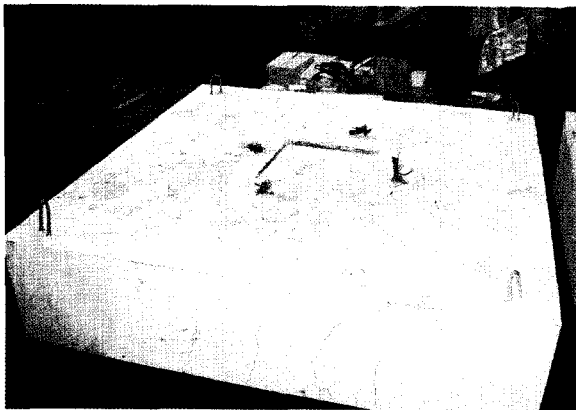


그림3.4 R430S 실험체 기둥부 균열사진

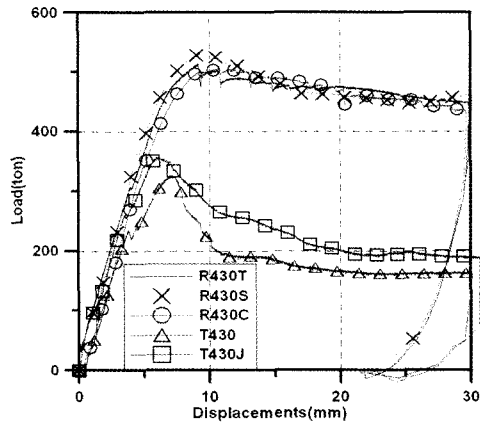


그림3.5 하중 변위 곡선

3. 기초보강재 실험

실제 기둥 하부에 설치되는 대부분의 기초보강재는 양 방향으로 전단에 저항하는 것이 일반적이며, 이러한 기초보강재의 성능을 검증하기 위하여, 양방향으로 보강된 실험체에 대한 뚫림 전단 실험을 수행하였다.

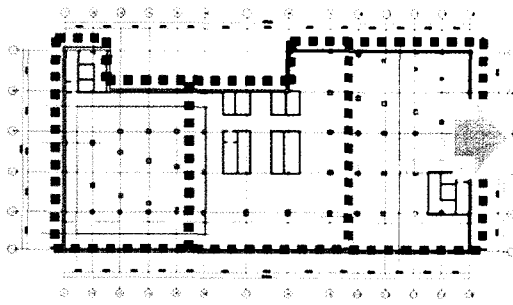
2) 실험결과 및 분석

기초보강재를 적용한 양방향 기초에 대한 실험 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

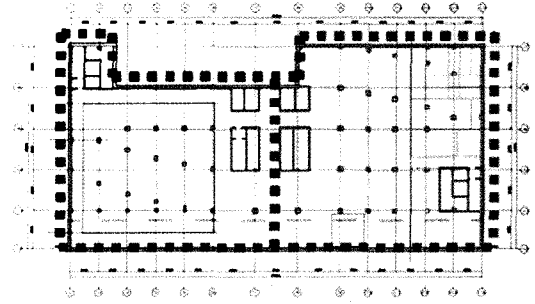
- 기초보강재를 적용한 실험체가 동일한 두께의 철근 콘크리트 기초판에 비하여 55%에서 최대 63%까지 내력이 증가하는 것을 확인하였다.

- 기초보강재를 적용한 실험체가 동일한 두께의 철근 콘크리트 기초판에 비하여 연성능력이 크게 향상되는 것을 확인하였다.

- STM을 이용하여 기초의 전단성능을 산정한 결과 실험결과 값과 잘 일치하는 것을 알 수 있었으며, 이를 이용한 설계방식의 정립이 가능하였다.



Construction Joint 2개소(S건설 부산 H현장)



Construction Joint 1개소(S건설 부산 H현장)

그림4.2 기초보강재의 적용을 통한 시공조인트 감소사례

4. 기술적용에 따른 기대 효과

1) 공기단축

기초보강재를 적용하게 되면 기초 두께를 줄일 수 있어 공사 규모에 따라 다소 차이가 있지만, 터파기 기간 및 콘크리트 타설 기산을 상당히 줄일 수 있다.

특히 기초보강재를 적용하면 기초두께의 감소로 인하여 1일 콘크리트 타설면적을 늘릴 수 있다. 따라서 대규모 현장을 경우 시공조인트를 최소화 하여, 공사기간을 단축시킬 수 있다. <그림4.2>는 시공조인트를 1개소로 축소 공기를 단축시킨 사례이다.

2) 공사비

기초보강재의 적용에 따른 공사비의 절감효과는 구조물의 형태 및 지반조건, 구조형식등에 따라 다소 차이가 있지만, 터파기량 및 퇴매우기량의 감소, 콘크리트 타설 물량 감소, 흙막이 감소 등으로 기초공사비용의 약 5~15% 정도 절감된다.

3) 시공성

당 신기술은 기존 기초시공방법과 비교하여 기초 두께를 줄여 상부철근 작업 시 위험성 감소 등의 효과를 얻을 수 있으며, 매트기초와 같은 방법으로 기초 전면을 굴착하므로 공사가 간단하여 빠르게 진척될 수 있다.

또한 공장제작으로 이루어지며 현장에서는 완제품 또는 반환성품을 반입하여 장비를 이용하여 지정된 위치에 안착 시키기만 하면 되는 간단한 작업으로 공사의 어려움이 없는 공법이다.

5. 주요 적용 사례

표 5. 주요 적용 현장

Project Name	층수	시공사	적용일자	원기초(mm)	변경후(mm)	비고
일산 오성 프라자	5F/B2	중앙종합건설	2005.10	750	500	
부산 한솔 솔파크	18F/B2	한솔건설	2006.08	1800	1200	
대구 두산 위브 제니스	54F/B7	두산건설	2006.10	3500	2500	
정선 효명 아메고 호텔	10F/B4	효명건설	2007.05	1200	900	
울산 신정동 두산위브	48F/B6	두산건설	2007.07	3800	2800	
상봉 생매르 시엘	41F/B8	성원건설	2007.08	2200	1600	
해운대 백병원	17F/B4	서희건설	2007.11	1500	1100	
아산배방 주상복합	66F/B6	SK건설	2008.06	3500	3000	설계반영
두산 해운대 우동	80F/B6	두산건설	2008.10	4500	3500	설계반영
하남두산 위브파크	22F/B6	두산중공업	2008.11	2200	1700	설계반영
이수저이 주상복합	24F/B7	GS건설	2008.11	1800	1800	설계반영