



# 이형벽체 최적설계기법 적용 사례

## Application of Building using Optimal Design Technique of Irregular Wall

### 1. 서론

최근 건축사업의 과다한 경쟁과 경기불황으로 인하여 원가절감의 필요성이 크게 증가하고 있다. 특히 대형건설업체 수주사업의 유형별 주요 발주방식을 분석해 보면 기술제안, VE제안, 공공관리제, 단순도급제 방식이 증가하는 추세에 있으며 이러한 입찰방식은 가격경쟁을 기본으로 하고 있다. 따라서 건축공사의 원가경쟁력을 강화시킬 필요가 있다. 건축구조물 공사에서 RC 구조벽체(이하 “구조벽체”)는 대부분의 횡력(지진력이나 풍하중)을 지지하고 중력하중의 상당부분을 지지하기 때문에 건축구조물의 가장 핵심적인 구조요소이다. 따라서 구조벽체의 손상은 전체 구조물에 큰 영향을 줄 수 있기 때문에 구조벽체의 설계와 시공에 많은 주의가 요구된다. 구조벽체는 골조공사비의 상당부분인 25~40%를 차지하고 기동식 구조물에서는 다른 구조부재 시공의 선행공정으로 취급받는 등 건축구조물 공사의 가장 핵심적인 공정 중에 하나이므로 건축구조물 시공의 경제성, 시공성, 공기에 큰 영향을 미치는 공사라고 할 수 있다.

최근 건축구조물의 내진성능강화로 구조벽체 내진설계기준(KBC 2009)가 크게 강화되었다. 구조벽체 설계 및 시공에 있어 철근 배근량이 급격하게 증가하고 배근상세가 매우 복잡해져서 구조벽체 시공의 경제성과 시공성이 급격하게 떨어지고 있으며 이는 건축구조물 공사의 공사비 상승과 직결된다고 할 수 있다. 그러므로 구조벽체 설계와 시공에 있어 적용성이 뛰어난 최적의 설계방법과 공법의 개발이 절실하다고 할 수 있다. 건축구조물 구조벽체는 형태적으로 여러 벽체가 조합되어 형성된 이형단면형태를 가지고 있으므로 이형구조벽체의 형태적 성능을 반영한 구조설계시 철근배근 물량절감과 보강물량 절감이 가능할 것으로 판단된다. 본 기사에서는 개발된 이형구조벽체의 최적설계기법을 이용하여 일반 건축물에 적용한 사례를 소개하였다.

### 2. 이형벽체 설계법

#### 2.1 이형벽체 관련 해석/설계 현황 분석

벽식구조 아파트의 평면상 나타나는 대부분의 벽체들은 개별벽체(이하 일자형벽체라고 함)라기 보다는 다양한 형태로 구성된 조합형벽체(이하 이형벽체라고 함)라고 할 수 있다.



**방 중 석**

대림산업 기술개발원 건축연구지원팀 부장



**강 기 성**

대림산업 기술개발원 건축연구지원팀 차장



**한 경 수**

대림산업 기술개발원 건축연구지원팀 대리

일반건축의 경우에도 대부분의 횡력을 중앙부 RC코어벽체가 부담하는데, 이러한 RC 코어벽체는 대체로 ㄱ형 조합형벽체로 이루어져 있다. 구조해석시에 이들은 각각의 판요소로 모델링되어 서로 연결되므로 조합된 형상특성대로 거동한다. 그러나 기존의 일자형벽체 설계방법은 조합된 단면에 의한 해석 결과로부터 독립된 일자형 벽체의 부재력을 계산한 다음 해당 단면이 계산된 부재력을 무조건 부담하도록 설계하므로(그림 1 참조), 조합된 단면의 특성이나 철근배근 규정을 고려한 효율적인 배근설계가 불가능하다. 공동주택 외측벽의 경우 상하부에 플랜지 역할을 하는 날개벽은 일자형 설계를 수행하면 휨모멘트에 의해 발생하는 축력 때문에 배근설계가 불가능한 경우가 많다. 따라서 기존의 일자형벽체 설계방법은 주위 벽체와의 일체성을 간과하여 설계함으로써 합리적이고 효율적인 설계방법이라고는 볼 수 없다. 이형벽체의 단면특성을 고려하고, 이를 반영한 부재력으로 설계를 수행하면 훨씬 더 효율적인 배근이 가능할 것으로 판단된다.

대부분의 구조설계사에서 일자형벽체로 치환해서 설계하는 이유는 이형벽체를 설계하기 위해 필수적으로 고려해야 하는 사항인 형태를 고려한 부재력 계산, 벽체의 유효폭 산정 및 벽체 내력산정 등의 일련의 작업이 간단한 수계산으로는 불가능할 뿐만 아니라 알고리즘으로 구현하기도 어렵기 때문이다. 또한 구조설계사가 열악한 근무환경으로 인하여 시간소요가 필요한 이형벽체 설계에 대한 의지나 이론적 근거가 매우 부족한 상황이다. 따라서 본 원고에서는 이형벽체 설계사례를 통하여 일자형 벽체 대비 이형벽체 설계방식의 경제적 효과 및 시공성을 확인하는 것이 필요하다.

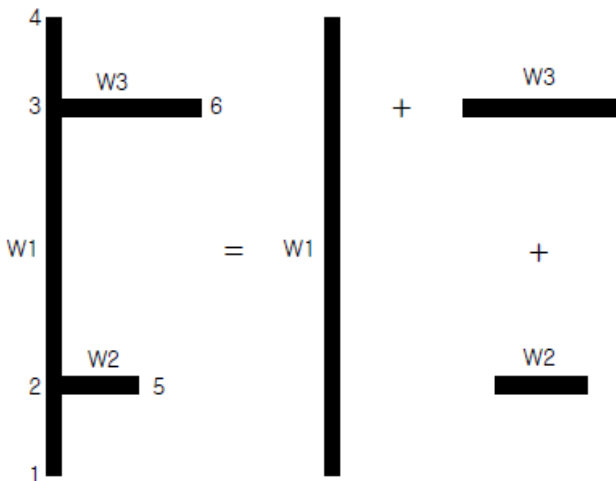


그림 1 조합형 이형벽체의 일자형벽체 분리설계

## 2.2 이형벽체 설계과정의 고려사항

이형벽체 설계과정에는 다음과 같은 사항을 고려하였다.

- 1) 이형벽체를 하나의 조합형 벽체로 구조 해석
- 2) 전체 형상의 도심에 대하여 축력, 휨모멘트 및 전단력을 산정
- 3) 유효단면 설계를 위한 유효폭 계산
- 4) 중립축을 변경해 가며 이에 따른 등가 압축 응력블럭을 계산하여 압축측 콘크리트와 철근의 압축력, 인장측 철근의 인장력에 의해 이형벽체의 내력 산정
- 5) 규준에 제시된 철근비, 철근간격 제한을 적용한 철근 배근
- 6) 기존 설계현황을 반영한 자동설계

## 3. 이형벽체 최적설계기법 소개

### 3.1 이형벽체 최적설계기법 특징

본 원고에서 다루는 이형벽체 설계기술의 특징은 다음과 같다.

- 1) 그림 2와 같이 L형, ㄷ형, H형 등 다양한 형상의 벽체 단면 해석이 가능하다. 공동주택 및 일반건축의 일반적인 벽체 형태에 대해서는 모두 적용이 가능하며 유효폭에 대해서는 설계자가 조정 가능하여 다루기 쉽다.
- 2) 정.부방향에 대하여 모두 해석이 가능하다.(강축 및 약축) (그림 3,4)
- 3) 중립축 위치가 표시되어 횡보강 구간 산정에 활용이 가능하다.
- 4) 2축 휨모멘트 산정하는 방식에는 등하중선법(Load contour method, 그림 5)와 상보하중법(Reciprocal load method) 모두 고려 가능하다.

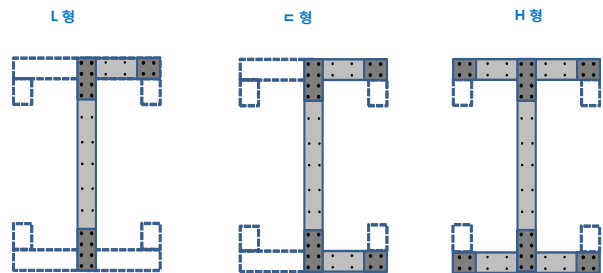


그림 2 이형벽체의 다양한 단면 형상

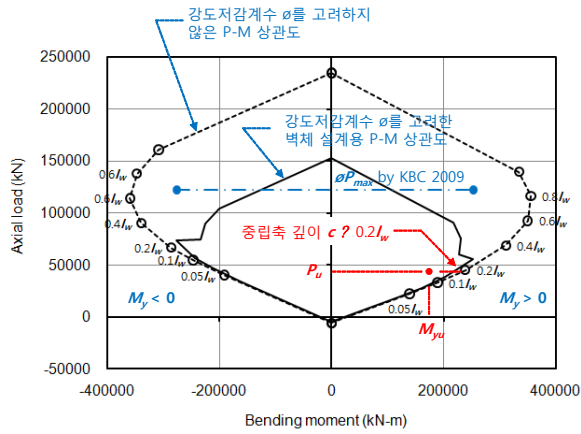
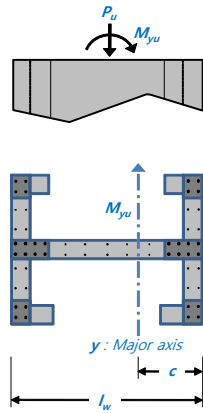


그림 3 강축 P-M곡선

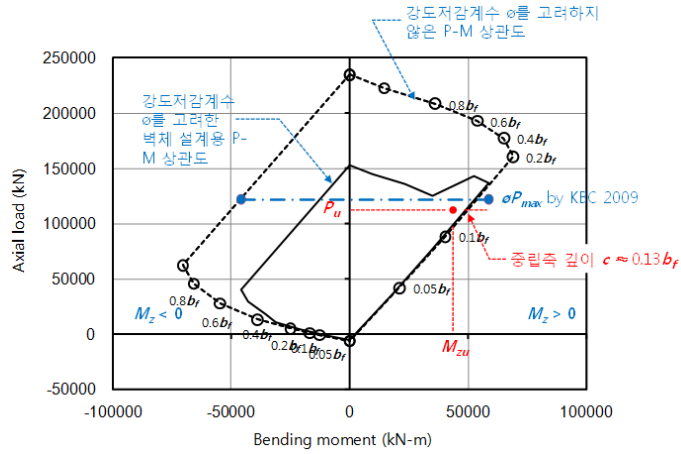
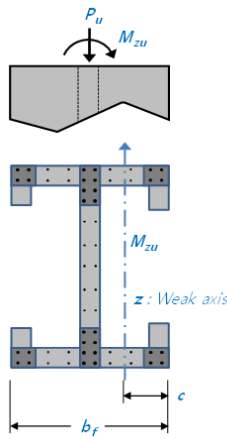


그림 4 약축 P-M곡선

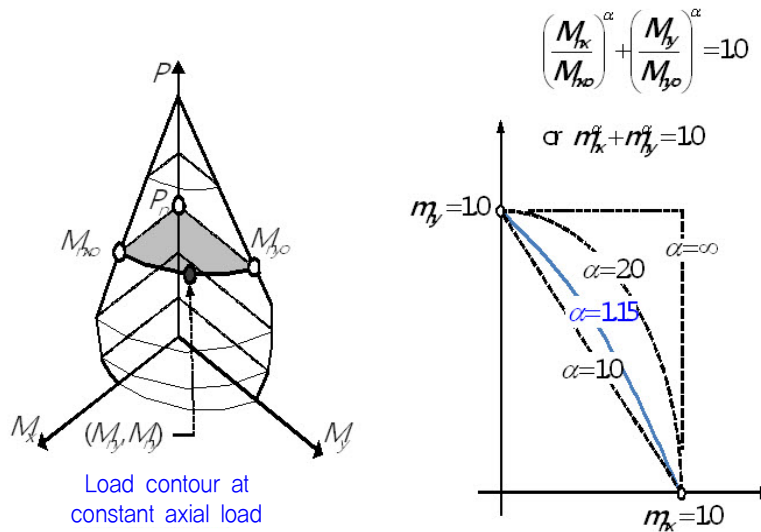


그림 5 2축모멘트 검토 등하중선법

## 4. 적용사례

### 4.1 개요

형벽체를 적용한 건물은 부산소재 복합시설로 지하 5층 ~ 지상 39층의 규모로 숙박과 판매시설로 구성되어 있다. 그림 6과 같이 두 개의 레지던스 동이 같은 평면(그림 7)으로 설계되었으며 상부층은 벽식구조로 하부구조는 기둥식 구조로 4층에 전이층이 존재하는 구조이다.



그림 6 조감도

### 4.2 이형벽체 설계

이형벽체 선정은 전이층을 중심으로 상부층의 벽체에 이형벽체 설계기술을 적용할 수 있도록 L, ㄷ, H, T형으로 분류하였으며 기본배근으로 되어 있는 층은 제외하였다. 본 기사에서는 그림 8과 같이 A, B, C의 이형벽체를 선정하였으며, 설계에 사용된 해석프로그램은 MIDAS Gen으로 벽체별 Panel Load를 이용하여 이형벽체의 Section Load를 산정한 후 층별로 이형벽체의 수직 철근을 설계하였으며 P-M상관도(그림 8,

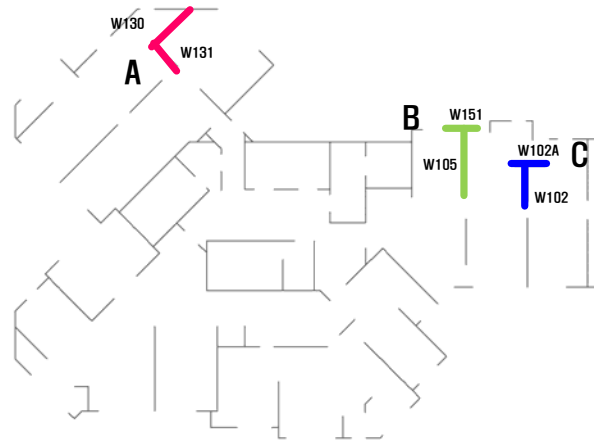


그림 8 이형벽체 선정(A, B, C 벽체)

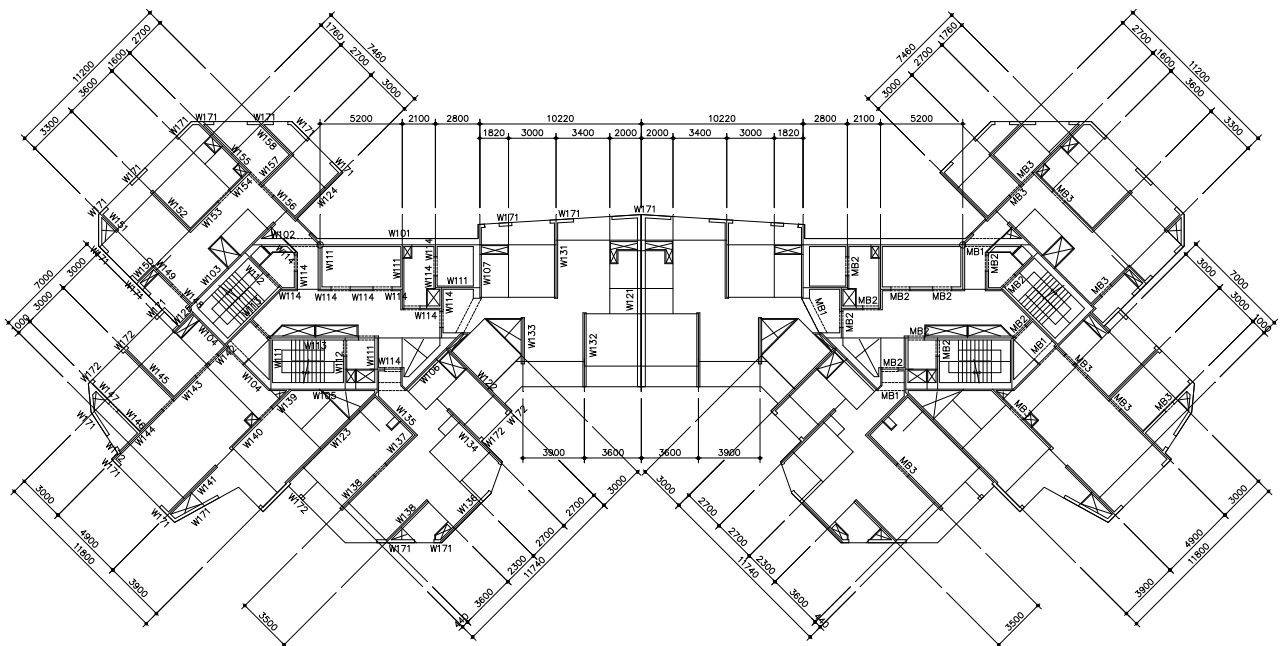


그림 7 기준층 평면

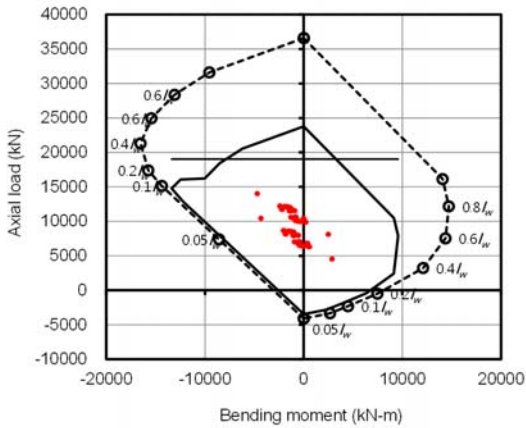


그림 9 이형벽체 A(5층) 주축모멘트

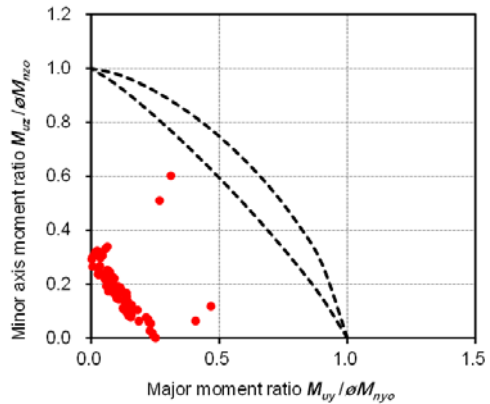


그림 12 이형벽체 A(5층) 2축 모멘트 등하중선법  
 $Max. [\sum (M/\phi Mn)^{1.15}] = 0.819$

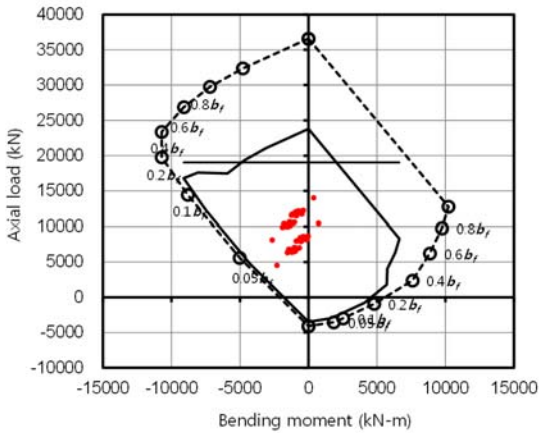


그림 10 이형벽체 A(5층) 약축모멘트

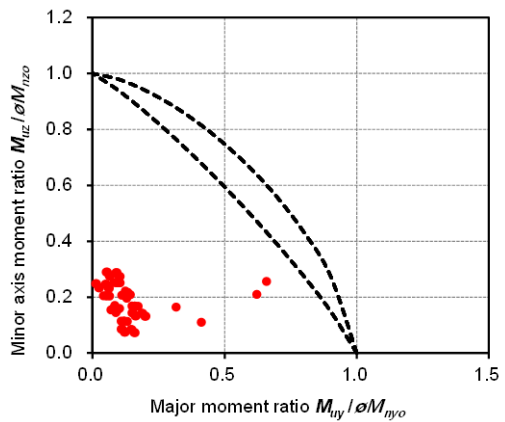


그림 13 이형벽체 B(5층, 왼쪽) 2축 모멘트  
 $Max. [\sum (M/\phi Mn)^{1.15}] = 0.827$

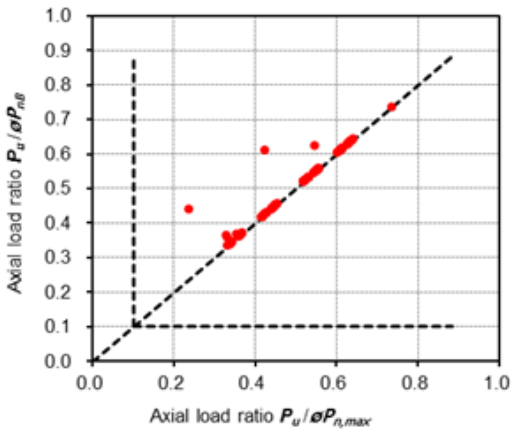


그림 11 이형벽체 A(5층) 2축 모멘트 상보하중법  
 $Max. (P_u/\phi P_n) = 0.736$

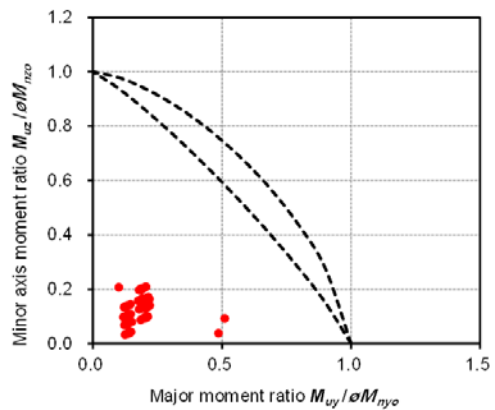


그림 14 이형벽체 B(5층, 오른쪽) 2축 모멘트  
 $Max. [\sum (M/\phi Mn)^{1.15}] = 0.526$

9) 및 2축 모멘트를 산정하여 구조안전성을 확인하였다. 선정된 벽체설계 결과, 이형벽체 A(5층)의 경우, 이형벽체 단면에 대하여 하중조합이 주축 및 약축 모멘트에 대해 구조 안전성을 확보하고 있으며 2축 모멘트 검증에서도 상보하중법

에 대해서는  $Max. (P_u/\phi P_n) = 0.736$ (그림 11)등하중선법에 의해서는  $Max. [\sum (M/\phi Mn)^{1.15}] = 0.819$ (그림 12)으로 표 1의 배근으로도 구조안전성을 확보할 것으로 판단된다. 일자형 벽체보다 조합형 벽체로 설계시 수직철근이 줄어들

표 1 벽체 A 일자형벽체 배근

WALL	층	두께	수직철근
W130	6-8F	200	HD10@250
	5F		HD13@150
	4F		HD13@150
W131	6-8F	200	HD10@150
	5F		HD16@100
	4F		HD16@100

표 2 벽체 A 이형벽체 배근

WALL	층	두께	수직철근
W130	8F	200	HD10@450
	7F		HD10@250
	6F		HD10@250
	5F		HD10@150
	4F		HD13@150
W131	8F	200	HD10@450
	7F		HD10@225
	6F		HD10@100
	5F		HD13@100
	4F		HD16@100

표 3 벽체 B 일자형벽체 배근

WALL	층	두께	수직철근
W102	4-8F	200	HD13@125
W102A	6-8F	200	HD10@150
	4-5F		HD16@100

표 4 벽체 B 이형벽체 배근

WALL	층	두께	수직철근
W102	6-8F	200	HD10@450
	4-5F		HD13@225
W102A	6-8F	200	HD10@450
	4-5F		HD13@225

표 5 벽체 C 일자형벽체 배근

WALL	층	두께	수직철근
W105	38F	200	HD10@250
	9-37F		HD10@450
	6-8F		HD10@250
	4-5F		HD16@125
W151	4-38F	200	HD16@100

원인을 살펴보면 일자형 벽체는 X, Y 축방향 별로 해당 단면을 나누고 그 벽체가 계산된 부재력을 무조건 부담하도록 설계하지만 이형벽체는 단면성능을 고려하여 축력 및 양방향 모멘트에 저항하도록 설계하므로 적은 철근량으로도 구조안전성을 확보할 수 있는 것으로 판단된다.

### 4.3 이형벽체 결과

본 기사에서 선정한 이형벽체 A, B, C의 경제성을 검토해보면 배근도 표 1~6와 같이 원설계 대비 이형벽체 설계로 약 10%의 철근 물량 절감이 가능한 것으로 나타났다. 이때, 물량은 이음길이 및 정착길이를 고려하여 산정하였다.

표 6 벽체 C 이형벽체 배근


WALL	층	두께	수직철근
W105	6-38F	200	HD10@450
	5F		HD10@100
	4F		HD16@125
W151	6-38F	200	HD10@450
	5F		HD13@100
	4F		HD16@100

## 5. 결론

본 기사에서는 최근, 건축사업의 과다한 경쟁과 경기불황으로 인하여 원가절감의 필요성이 크게 증가함에 따라 건축물의 상부층 골조 공사비의 25~40%를 차지하는 구조벽체설계를 최적화하여 구조벽체 시공의 경제성을 개선시킬 수 있는 가장 현실적인 방안을 모색하였으며 이형구조벽체의 최적설계 기법을 개발하여 구조벽체 시공의 경제성과 시공성을 개선하는 것을 목표로 설정하였다.

이형벽체 설계 결과, 일자형 대비 약 10% 수직 철근량이 감소하는 결과를 얻을 수 있었으며 특정 단면에 철근이 집중되는 현상을 완화시켜 배근 및 콘크리트 품질을 개선하였다. 개발된 설계방법으로 향후 공동주택 및 일반건축 등 다양한 프로젝트에 적용 가능할 것을 판단된다.

## 6. 참고문헌

1. 한국콘크리트학회, 콘크리트구조설계기준, KCI 2012
2. 강수민, 박흥근, 단부 횡보강된 구조벽의 모멘트-곡률관계, 한국콘크리트학회, vol. 15 no. 2, pp. 323 ~ 334, 2003년 4월.
3. 강수민, 휨지배 구조벽체의 연성설계, 박사학위논문, 서울대학교, 2004.
4. 대한건축학회, 건축구조기준 및 해설, KBC 2009, 2009.
5. 조봉호, 변형에 기초한 비대칭 벽식 구조의 내진설계, 박사학위논문, 서울대학교, 2002.
6. ACI, Building Code Requirements for Structural Concrete, ACI 318-08 and ACI 318R-08, Farmington Hills, Michigan, USA.
7. 대한주택공사 주택연구소, “벽식구조 아파트에서의 이형벽체 최적설계기법 개발”, 2000
8. “PCI Design Handbook Precast and Prestressed Concrete”, Five Edition, Prestressed Concrete Institute,
9. 양지수, 이리형, “T형 벽체의 유효 폭 및 휨강도 평가”, 한국콘크리트학회, 2002.10
10. 강인석, 최영수 외, “웹벽체의 형상비가 T형벽체의 플랜지 유효폭에 미치는 영향”, 대한건축학회 2004.07. 

[섭외: 김준희 편집위원]