

# 신내진기준(KBC 2005)의 지반분류 및 층수에 따른 벽체물량분석

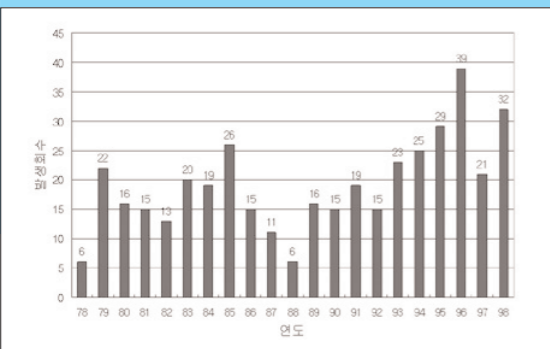
지반조건에 따라 평당철근물량이 크게 달라짐을 알수있다. 특히 층수가 높아질수록 그러한 경향이 두드러진다. 따라서 지질 조사를 철저히하고 명확하게 해야만 구조적인 안전성을 확보할 수 있고 합리적인 구조설계를 할 수 있다.

## 1 서론

### 1-1. 한반도의 지진

최근한반도의 지진활동은 약200년 동안 지진정지기에 있다가 20세기부터 다시 활발해지기 시작했다. 한반도의 최근 지진발생지역인 남부지역은 그동안 지진 정지기에서 벗어나 오랫동안 축적된 변형 에너지를 최근에 와서 방출하기 시작했다.

■ 그림 1. 한반도의 지진 발생빈도



실제로 한반도에는 연평균 19회정도 지진이 나타나고 있으나 89년 16회, 91년 19회, 92년 15회, 93년 23회, 94년 25회, 95년 29회, 96년 39회, 98년 32회 등 90년대 들어 서서히 증가하는 추세를 보이고 있다.

### 1-2. KBC 2005 개정 배경

2007년 건축시장에 개방됨에 따라 GLOBAL STANDARD를 마련하기 위해 우선 국내의 단위체계를 중력단위계에서 SI단위계로 변경하는 것을 기반으로 출발하여 건축구조기술의 변화 발전에 신속히 대응하겠다는 취지가 엿보인다. 그리고 KBC 2005에서도 밝혔듯이 각종 기준을 보완하여 체계적으로 정리 함으로써 건축물의 구조안전에 대한 설계기준을 통합 재편하였다. 아직까지 구조설계기준이 마련되지 않았던 일정규모 미만의 소규모 건축물(2층 이하 소규모 건축물-연면적 1,000m<sup>2</sup> 미만)에도 구조안전기준을 도입하였다. 그리고 건축물 구조계산에 기본이 되는 하중기준에 관한 사항을 개선하고 보완하였다. 특히 내진설계기준에 대한 부분이 많이 강화되었다.

### 1-3. 설계지진의 새로운 정의

우리나라의 내진설계 기준은 미국기준에 큰 영향을 받은 것이 사실이며, 미국에서의 내진설계 기준 역시 IBC 2000을 기준으로 그 전과 후가 크게 다른 면을 나타내고 있다. 특히, 미국 IBC 2000의 설계지진의 정의는 그 이전에 사용되던 정의와 큰 변화를 보여주고 있는데, IBC 2000 이전에 적용하던 설계지진은 재현주기 500년으로서 지반운동을 기준으로 표현하였지만, IBC 2000에는 재현주기 2400년 지진의 2/3을 설계지진으로 정하고, 지반가속도를 대상으로 하기보다 건물의 응답가속도를 직접 대상으로 하였다.

## 2 KBC 2005에 따른 내진설계 개요

### 2-1. 하중조합

기존 AIK 2000과 신내진기준 KBC 2005에서는 지진에 관한 하중조합을 아래와 같이 정하고 있다. 이것은 기존 AIK 2000의 지진하중이 허용응력도를 기초로 한 지진하중을 사용하였고, KBC 2005에서는 강도설계를 기초로 하기 때문에 지진하중을 포함한 하중조합의 지진하중계수를 1.0을 사용하였다.

■ 표 1. 하중조합

기준종류	허용응력도 설계	철근콘크리트 극한강도설계
AIK 2000	D+L+E	0.75(1.4D+1.7L+1.8E), 0.9D+1.4E
KBC 2005	D+L+0.7E	0.75(1.4D+1.7L)+1.0E, 0.9D+1.0E

※ D: 고정하중, L: 적재하중, E: 지진하중

단순비교해 보았을 때 이전보다 30~40% 하중이 줄어들 수 있다.

### 2-2. 지진지역

■ 표 2. 지진지역 구분 및 지역계수

지진구역	행정구역	지역계수(A)
1	지진지역 2를 제외한 전지역	0.11
2	강원도북부, 전라남도 남서부, 제주도	0.07

지진지역은 AIK 2000과 차이가 없다. 본 고에서 수행한 구조해석에서는 한국의 과반수 이상 지역에 해당하는 지진구역 1(0.11)을 적용하였다.

### 2-3. 지반의 분류

1985년 Mexico 지진과 1989년 Loma Prieta 지진의 지반내부의 지진기록을 분석한 결과 지반가속도는 암반에서의 지진

가속도 크기와 그 상부 지반의 특성에 따라 선형적으로 변함이 밝혀졌다. 즉 낮은 암반 최대가속도에서는 그 상부의 부드러운 지반에서 몇 배로 증폭될 수 있지만 높은 암반 최대 가속도수준에서는 보다 작게 증폭되거나 오히려 감소할 수도 있는 것으로 나타났다.

■ 표 3. 지반의 분류

지반종류 KBC 2005	지반종류의 호칭	상부 30m에 대한 평균지반특성		
		전단파속도(m/s)	표준관입시험(횡수)	비배수전단강도(kPa)
S <sub>a</sub>	경암지반	1500초과	-	-
S <sub>b</sub>	보통암지반	760~1500		
S <sub>c</sub>	매우 조밀한 토사지반 또는 연암지반	360~760	>50	>100
S <sub>d</sub>	단단한 토사지반	180~360	15~50	50~100
S <sub>e</sub>	연약한 토사지반	180 미만	<15	<50

KBC 2005에서 도입된 지반계수에는 이러한 새로운 내용이 반영된 것으로서 지표상부 30m에 대한 지반특성에 따라 결정되며, 지반특성은 [표3]에 나타나 있듯이 전단파속도, 표준관입시험, 비배수 전단강도 등에 따라 결정된다.

KBC2005 내진기준에서는 전단파속도의 범위를 명확하게 제시하여 지반종류를 정확하게 판단할 수 있다. 아래의 구조해석에서는 층수와 지반분류에 따라 아파트의 벽체철근물량을 제시하도록 한다.

### 2-4. 설계 스펙트럼

#### 1) 설계 스펙트럼 가속도

기존 내진설계기준에서는 최대 지반가속도 또는 유효 최대가속도등을 이용하여 설계지반운동을 표현하였으나, KBC 2005에서는 최대지반운동에 대한 스펙트럼 가속도를 이용하여 지반운동을 나타낸다. 즉 최대지반운동에는 0.2초 고유주기(S<sub>0s</sub>)와 장주기 영역의 스펙트럼 가속도를 나타내는 1.0초 고유주기(S<sub>0l</sub>)가 각각 표시되어 있다.

지반종류에 따라 설계스펙트럼 가속도가 변화하게 된다. 설계스펙트럼 가속도는 구조물에 작용하는 전단력에 직접적인 영향을 주기 때문에 지반종류에 따라 건축물에 작용하는 응력이 달라질 것이며 내력력의 철근량에 영향을 크게 줄 것이다.

따라서 지반종류를 결정하는 해석전 작업은 아주 중요하며 아래의 구조해석에서도 지반종류와 층수를 변수로 하여 수행하였다.

■ 표 4. 설계스펙트럼 가속도



\*M=1.33(이경우 스펙트럼 가속도의 크기는 2400년에 대한 2/3수준의 극한하중임)

■ 표 5. 내진등급과 중요도계수

내진등급	용도 및 규모	중요도계수(Ie)	
		도시계획구역	그외지역
(특)	· 지진 후 피해복구에 필요한 중요시설을 갖추고 있거나 유해물질을 다량 저장하고 있는 구조물 · 연면적이 1,000m <sup>2</sup> 이상인 위험물 저장 및 처리시설, 병원, 방송국, 전산전화국, 소방서, 발전소, 국가 또는 지방자치단체의 청사, 외국공관, 아동관련시설, 노인복지시설, 사회복지시설 및 근로복지시설 · 15층 이상 아파트 및 오피스텔	1.5	1.2
I	· 지진으로 인한 피해를 입을 경우 대중에게 큰 위험을 초래할 수 있는 구조물 · 연면적이 5,000m <sup>2</sup> 이상인 공연장, 집회장, 관람장, 전시장, 운동시설, 판매 및 영업시설 · 5층 이상인 숙박시설, 오피스텔, 기숙사 및 아파트 · 3층 이상의 학교	1.2	1.0
II	· 내진등급(특)이나 I 어디에도 해당되지 않는 구조물	1.0	0.8

2-5. 내진등급과 중요도계수

내진등급과 중요도 계수는 AIK 2000의 그것과 구성을 동일하고 중요도계수 값 또한 다르지 않다. 하지만 용도 및 규모가 더욱 세분화 되었고 대상건물 역시 많아졌다. 특히 학교와 오피스텔에 대해서는 내진규정이 강화되었음을 알 수 있다. 아래의 구조해석에서는 15층이상아파트이기 때문에 중요도계수 1.5를 적용한다.

2-6. 허용충간변위

AIK2000에서는 내진등급과 상관없이 모두 동일하게 0.015 hsx 을 적용하였으나 KBC2005에서는 내진등급에 따라 구분하게 되었다. 허용충간변위에 따라서 벽체철근물량에 직접적인 영향을 주지 않으나 허용충간변위가 만족하지 못했을 때는

벽체두께 및 구조시스템을 변경해야 하기 때문에 벽체철근물량을 단순비교하기 위한 변수로는 적합하지 않기 때문에 아래의 구조해석에서는 허용충간변위를 고려하지 않는다.

■ 표 6. 허용충간변위

허용충간변위	내진등급		
	특	I	II
	0.010 hsx	0.015 hsx	0.020 hsx

\* hsx : x층 층고

2-7. 건물의 비정형성평가

평면비정형 및 수직비정형이 건물의 형태에 따라 결정되며 그에 따른 해석방법이 달라지게 된다. 본 보고서의 해석에서는 건물의 비정형평가에 해당되지 않은 일반적인 아파트를 선정하였다.

3 층수 및 지반조건에 따른 골조(벽체)물량분석

3-1. 개요

1) 일반사항

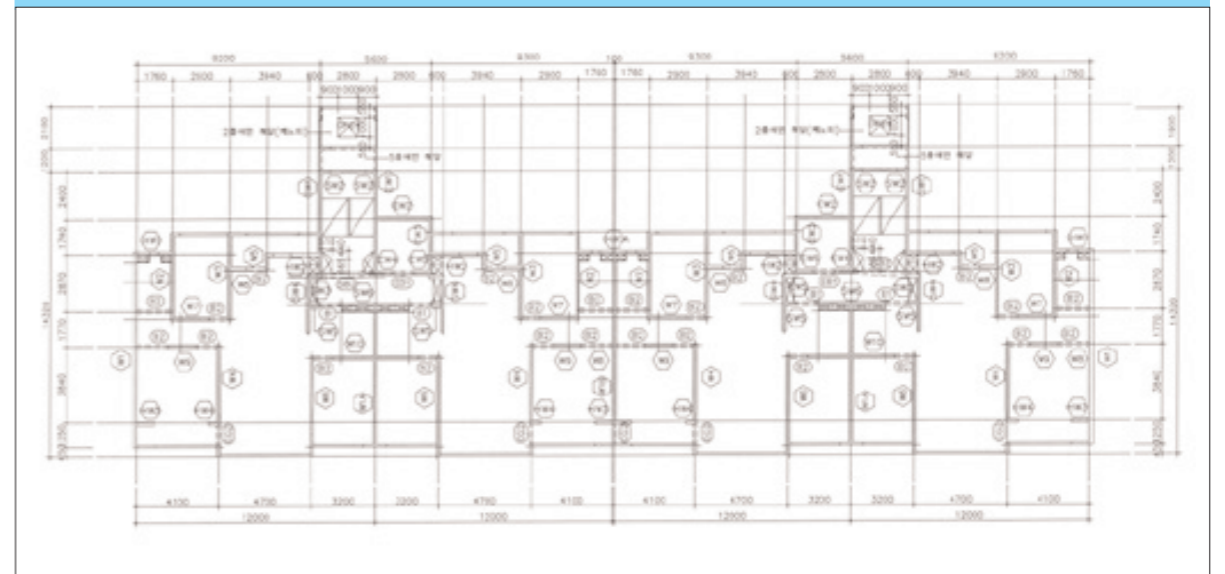
- ① 평형수 : 32평 4세대
- ② 층 수 : 15층, 20층, 25층(지하1층)
- ③ 층 고 : 2.8m
- ④ 건물높이 : 42.9m, 56.9m, 70.9m
- ⑤ 건축면적 : 457.5 m<sup>2</sup>
- ⑥ 연면적 : 건축면적×층수

2) 구조물 해석 조건

- ① 벽두께 : 200mm
- ② 슬래브두께 : 확장실, 발코니 180mm  
                  확장실, 발코니 제외 210mm
- ③ 벽 철근 배근 : D10,D13,D16,D19,D22
- ④ 지반조건 : AIK2000 과 KBC2005 지반조건 모두 고려
- ⑤ 콘크리트 fck = 240 kgf/cm<sup>2</sup>
- ⑥ 철        근 fy = 4000 kgf/cm<sup>2</sup>
- ⑦ 골조(벽체) 철근 물량은 지상층만 고려한다.
- ⑧ 특별지진하중은 고려하지 않는다.(필로티 등과 같은 불안정 요소 배제)

3-2. 구조평면도

■ 그림 2. 구조평면도



3) 해석조건(AIK2000, KBC2005)

▶ AIK2000

- 내력벽 RC 시스템 : 반응수정계수 R=3
- 내진등급 및 중요도 계수(Ie) = 1.5
- 지역계수 (A) = 0.11
- 지반분류 = S1, S2, S3, S4
- 동적해석

▶ KBC2005

- 내력벽 RC 시스템 : 반응수정계수 R=4.5
- 내진등급 및 중요도 계수(Ie) = 1.5
- 지역계수 (A) = 0.11
- 지반분류 = SA, SB, SC, SD, SE
- 내진설계범주 : 동적해석(응답스펙트럼해석)수평 및 수직 비정형 구조물에 해당되지 않음.

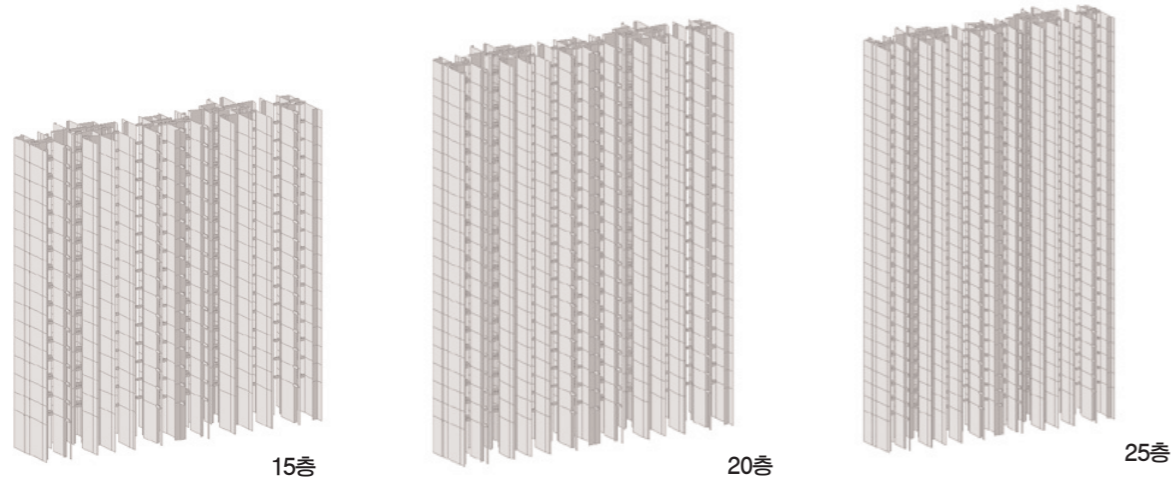
4) 설계하중

■ 표 7. 허용충간변위

용도	고정하중	적재하중	극한하중
기준층	622 kgf/m <sup>2</sup>	200 kgf/m <sup>2</sup>	1211 kgf/m <sup>2</sup>
확장실	634 kgf/m <sup>2</sup>	200 kgf/m <sup>2</sup>	1228 kgf/m <sup>2</sup>
현관	504 kgf/m <sup>2</sup>	200 kgf/m <sup>2</sup>	1046 kgf/m <sup>2</sup>
발코니	644 kgf/m <sup>2</sup>	300 kgf/m <sup>2</sup>	1412 kgf/m <sup>2</sup>
계단	678 kgf/m <sup>2</sup>	300 kgf/m <sup>2</sup>	1459 kgf/m <sup>2</sup>
계단참	460 kgf/m <sup>2</sup>	300 kgf/m <sup>2</sup>	1154 kgf/m <sup>2</sup>

\* 벽돌하중 제외





### 3-3. 해석 모델

32평 4세대 아파트(15층, 20층, 25층)를 MIDAS/GEN 구조 해석 프로그램을 이용해서 벽체철근량을 확인하도록 한다. 하중은 전층을 동일하게 하며 철근량의 단순비교를 위해 다른 조건은 고려하지 않는다.

### 3-4. 벽체 철근량

① 벽체철근량은 MIDAS/GEN 프로그램 자체 내에서 제시하는 철근량으로 분석하였으며, 실제설계에서 구한 벽체철근량과는 차이가 있다.

② KBC2005의 내진기준에 의해 전단파속도에 따라 지반조건을 확인한 결과 S<sub>c</sub> 지반이 일반적으로 나타났다. 따라서 지반분류 S<sub>c</sub> 를 기준으로 하여 벽체철근량 및 평당철근량을 비교하였다.(평당철근량은 벽체철근량에 연면적을 나누어 구한 값으로 철근량 비교에 가장 효율적인 방법이다.)

③ AIK2000과 KBC2005에서의 지반분류방법이 서로 다르기 때문에 각 기준별로 구한 철근량을 지반 분류별로 비교할 수 없다. 따라서 본 고에서는 층수별로 구분하여 벽체철근량을 비교하는 방법을 이용하였다.

## 4 결과 및 분석

### 4-1. 층별 철근량 분석

- ① 본 검토에서 나온 철근량은 MIDAS/GEN의 WALL DESIGN에서 나온 해석적 철근량으로서 실제구조설계에서 구한 철근량과 다소 차이가 있다. 본 고에서는 철근량에 중점을 둔 검토가 아니라 철근량 및 평당철근량의 경향을 알아보기 위한 자료이다.
- ② 본 검토는 KBC2005에서 규정하고 있는 '특별지진하중'이 적용되는 부재가 없을 경우의 일반적인 벽식구조 아파트에 대한 결과이다.
- ③ AIK2000과 KBC2005 모두 지반조건이 S<sub>1</sub>, S<sub>A</sub> 에서 S<sub>4</sub>, S<sub>E</sub>로 바뀔수록(지반이 연약지반일수록) 벽체의 총철근량 및 벽체 평당철근량이 증가하고 있음을 알 수 있다. 특히, 벽체철근량이 지반조건 S<sub>3</sub>와 S<sub>c</sub> 이후에 급격히 증가한다.
- ④ 내력벽식 구조에서는 지반조건이 양호하다면(S<sub>A</sub>, S<sub>B</sub>) KBC2005 기준에 의한 벽체철근량량이 적고, 지반조건이 불리할 경우(S<sub>D</sub>, S<sub>E</sub>) KBC2005 기준에 의한 벽체철근량이 많다. 즉, 기준이 바뀌었다고 해서 벽체철근량이 증가하는 것이 아니고 지반조건이 나빠졌을 경우 벽체철근량이 증가함을 알 수 있다. AIK2000의 지반조건 S<sub>3</sub> 와 KBC2005의 지반조건 S<sub>c</sub> 에 대한 벽체철근량이 비슷하게 나타났다.
- ⑤ 층수가 높아지고 지반조건이 불리할 경우 AIK2000의 벽체

철근량보다 KBC2005의 벽체철근량이 더욱더 커진다는 것을 알 수 있다.

### 4-2. 소결

지반조건에 따라 평당철근물량이 크게 달라짐을 알 수 있다. 특히 층수가 높아질수록 그러한 경향이 더욱더 두드러진다. 따라서 지질조사를 철저하고 명확하게 해야만 구조적인 안정성을 확보하고 내력이 과다하지 않은 구조설계를 진행할 수 있다. 층수에 따른 평당철근량을 보면 층수가 증가함에 따라 커짐을 알 수 있다. 하지만 그 차이는 크게 나타나지 않는다. 다만 여기에서의 평당철근량의 비교는 벽체두께를 동일하게 (벽체두께 200mm) 하여 단순비교한 값임을 상기하길 바란다. 층수가 더욱더 커진다면 구조적으로 안전하기 위해서 벽체두께는 두꺼워 질 수 밖에 없으며 그에 따른 벽체철근량증가는 더욱더 커질 것이다. 이에 덧붙여서 아파트가 비정형평가를 고려해야 한다면(필로티, ㄱ자형 아파트) 평당벽체철근량은 더욱더 증가할 여지가 있다. **S**

© 참고자료  
 1. 건설교통부, "건축물의 구조기준 등에 관한 규칙," 건설교통부, 1988.  
 2. 대한건축학회, "건축물 하중기준 및 해석," 대한건축학회, 2000.  
 3. International Code Council (ICC), "International building code," ICC, 2000.  
 4. 대한건축학회, "내진설계기준의 개선을 위한 연구보고서," 대한건축학회, 2004.  
 5. 대한건축학회, "건축설계기준 (Korean Building Code)," 대한건축학회, 2005.  
 6. 마이디자이너, "KBC2005 내진설계기준 및 적용사례," 마이디자이너, 2005.

■ 표 8. 15층 아파트 벽체 철근량 비교

	AIK2000				KBC2005				
	S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>	S <sub>3</sub>	S <sub>4</sub>	S <sub>A</sub>	S <sub>B</sub>	S <sub>c</sub>	S <sub>D</sub>	S <sub>E</sub>
벽체철근량	71 ton	70 ton	78 ton	111 ton	65 ton	67 ton	78 ton	101 ton	143 ton
평당철근량	34 kg/py	34 kg/py	38 kg/py	54 kg/py	31 kg/py	32 kg/py	38 kg/py	49 kg/py	69 kg/py
비 교	91.2 %	89.7 %	99.8 %	142.2 %	83.0 %	85.1 %	100.0 %	129.2 %	182.5 %

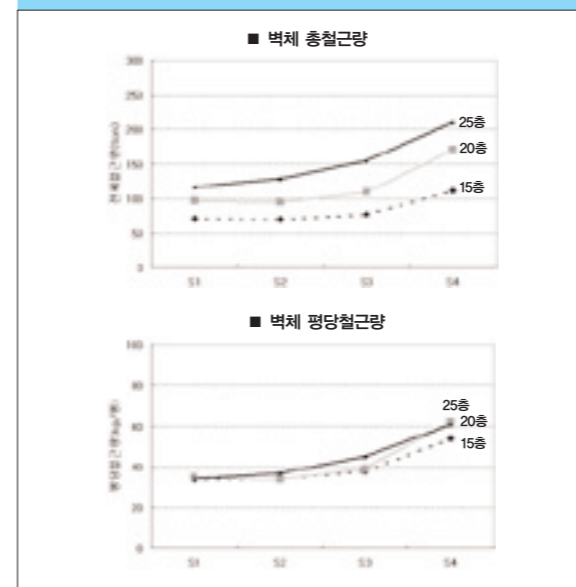
■ 표 9. 20층 아파트 벽체 철근량 비교

	AIK2000				KBC2005				
	S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>	S <sub>3</sub>	S <sub>4</sub>	S <sub>A</sub>	S <sub>B</sub>	S <sub>c</sub>	S <sub>D</sub>	S <sub>E</sub>
벽체철근량	97 ton	95 ton	109 ton	171 ton	84 ton	85 ton	99 ton	134 ton	199 ton
평당철근량	35 kg/py	34 kg/py	39 kg/py	62 kg/py	30 kg/py	31 kg/py	36 kg/py	48 kg/py	72 kg/py
비 교	97.3 %	95.6 %	109.5 %	171.7 %	84.1 %	85.7 %	100.0 %	135.0 %	199.6 %

■ 표 10. 25층 아파트 벽체 철근량 비교

	AIK2000				KBC2005				
	S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>	S <sub>3</sub>	S <sub>4</sub>	S <sub>A</sub>	S <sub>B</sub>	S <sub>c</sub>	S <sub>D</sub>	S <sub>E</sub>
벽체철근량	117 ton	129 ton	155 ton	210 ton	107 ton	108 ton	125 ton	176 ton	268 ton
평당철근량	34 kg/py	37 kg/py	45 kg/py	61 kg/py	31 kg/py	31 kg/py	36 kg/py	51 kg/py	77 kg/py
비 교	93.5 %	103.6 %	123.6 %	167.8 %	85.2 %	86.6 %	100.0 %	140.9 %	214.6 %

■ 그림 3. AIK2000 기준에 의한 벽체 철근량분석



■ 그림 4. KBC2005 기준에 의한 벽체 철근량분석

