

## 비내진 상세를 가진 RC 보-기둥 접합부의 거동 Seismic Behavior of Nonseismically Detailed Reinforced Concrete Beam-Column Joints

이 한선\*  
Lee, Han-Seon

우 성우\*\*  
Woo, Sung-Woo

### ABSTRACT

The objective of this study is to clarify the seismic capacity and the characteristics in the hysteretic behavior of RC structures with non-seismic detailing. Interior and exterior beam-column subassemblages were selected from a ten-story RC building and six 1/3-scale specimens were constructed with three variables; (1) with and without slab, (2) with and without hoop bars in the joint region, (3) upward and downward direction of anchorage for the bottom bar in beams of exterior beam-column subassemblage.

The test results have shown; (1) in case of interior beam-column subassemblage, there is no almost difference between nonseismic and seismic details in the strength and ductility capacity; (2) the Korean practice of anchorage (downward and  $25d_b$ , anchorage length) in the exterior joint caused the 10%~20% reduction of strength and 27% reduction of ductility in comparison with the case of seismic details; and the existence of hoop bars in the joint region shows no effect in shear strain.

### 1. 서론

현재 국내에서 일반적으로 설계 및 시공되고 있는 대부분의 철근콘크리트 건축물은 비내진 상세를 사용하고 있어, 지진이 많은 지역의 내진 상세를 가진 건물과는 다른 지진 응답 및 피해 양상을 나타낼 수 있다. 그러나 지금까지 우리나라에서 사용하고 있는 철근콘크리트 구조의 접합부 비내진 상세에 대한 지진 거동 특성은 밝혀져 있지 않으며, 관련 연구자료도 부족한 실정이다. 또한 기존 비선형 해석 프로그램은 주로 내진 상세 거동에 국한되어 적용되기 때문에 극심한 지진이 발생할 경우 이러한 해석 프로그램으로는 우리나라 철근콘크리트 건물의 지진 응답과 성능을 예측하기가 어려울 것으로 생각된다.

따라서, 본 연구의 목적은 국내에서 일반적으로 설계 및 시공되고 있는 비내진 상세를 가진 10층 규모의 철근콘크리트 건축물의 내·외부 접합부에 대한 반복 횡가력 실험을 통해 횡하중 작용시 접합부의 종국하중, 전체 파괴모드, 연성, 변형능력, 및 국부 거동 등에 대한 메커니즘을 비교, 분석하여 접합부 상세에 따른 접합부의 거동 특성을 파악하는 것이고 추후 비내진 상세에 적합한 해석모델을 제시하고자 하는 것이다. 참고문헌 (1)은 이러한 목적에서 축력이 크게 작용하는 10층 건물의 저층부에 대한 외부접합부를 다루었고 이에 연속하여 본 논문은 10층 건물의 축력이 적게 작용하는 상층부에서 외부뿐만 아니라 내부 접합부까지 포함하여 연구하였다.

\* 고려대학교 건축공학과 교수, 정회원 \*\* 고려대학교 건축공학과 박사과정, 학생회원

## 2. 실험체의 설계 및 제작

우리나라에서 보편적으로 시공하는 비내진 상세의 경우 Fig. 1과 같은 3경간×5경간 10층 RC 골조를 콘크리트 구조 설계기준 (한국콘크리트학회, 2000)과 건축공사 표준시방서 (대한건축학회, 1994)에 따라 설계한 후, 9층의 내·외부 접합부를 선택하였다.

실험모델의 제작에 사용된 변수는 크게 ACI 규준에 따른 내진 상세에 의한 배근 (접합부 내부에 전단철근이 있고 보의 스톱밴드 간격이 조밀한 경우)과 우리나라에서 보편적인 시공법에 의한 비내진 상세 (접합부 내부에 전단철근이 없고 보의 스톱밴드 간격이 덜 조밀한 경우)의 두 가지로 나눌 수 있다. 슬래브의 유무, 접합부내의 전단 철근의 유무, 그리고 내·외부 접합부 등의 구분에 따라 총 6개의 모델을 제작하였다. 아래의 Table 1에서는 실험모델의 변수를 나타내고 Fig. 2와 Fig. 3에서는 내·외부 접합부의 상세를 나타내고 있다. 실험모델은 1/3로 축소하여 제작하였다. 콘크리트의 설계강도는  $270\text{kg/cm}^2$ 이며, 기둥과 보에 사용된 주철근과 횡보강근은 항복강도에 단면적을 곱한 항복력이 상사성의 법칙에 맞도록 각각 원형모델 D25 ( $f_y=4,000\text{kg/cm}^2$ )를 실험모델 D10 ( $f_y=3,000\text{kg/cm}^2$ ), 원형모델 D13 ( $f_y=3,000\text{kg/cm}^2$ )을 실험모델  $\phi 4$  ( $f_y=4,000\text{kg/cm}^2$ ) 일반 철선을 사용하여 제작하였다.

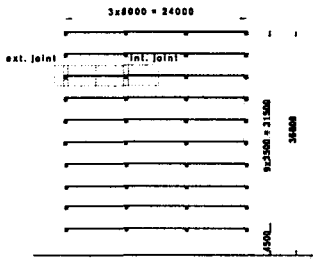


Fig. 1 Elevation of prototype structure (unit: mm)

Table 1 Experimental parameters

	Slab	Hoop bar (Joint region)	Anchorage for the bottom bar (Exterior joint)	Type of joint and detail
Model 1	No	No		Interior, Nonseismic
Model 2	No	Yes		Interior, Seismic
Model 3	Yes	No		Interior, Nonseismic
Model 4	Yes	Yes		Interior, Seismic
Model 5	Yes	No	downward	Exterior, Nonseismic
Model 6	Yes	Yes	upward	Exterior, Seismic

## 3. 실험

### 3.1 실험장치 및 방법

실험체 셸팅은 Fig. 4에서 보는 바와 같이 지진하중에 대해 보 경간의 중앙점과 기둥 높이의 1/2 지점에서 변곡점이 생기는 것으로 가정하여 힌지로 하고 기둥 상부 힌지부분에서 가력으로 횡력과 축력을 주도하도록 하였다. 또 실험체 보 단부의 수직변위를 구속시킴으로써 횡력이 작용함에 따라 보의 단부에서 수직반력이 발생하고, 이를 통해 접합면에 작용하는 전단력과 모멘트를 측정할 수 있도록 하였다. 기둥에 작용하는 축력은 내부 접합부는 23.5 tonf이고 외부 접합부는 11.6 tonf이다. 접합부 실험체에 대해 최상부 힌지의 횡변위 이력은 1mm, 2mm, 4mm, 8mm, 12mm, 20mm, 28mm, 36mm에 대해 각각 3회씩, 44mm에 대해 1회씩 반복하도록 수동식 재키를 사용하여 조절하였다.

### 3.2 실험결과

축력의 횡방향 성분은 참고문헌 (1)과 같은 방법으로 보정하였다.

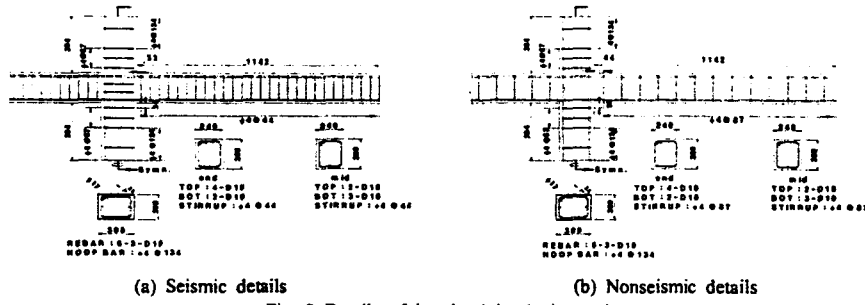


Fig. 2 Details of interior joint (unit: mm)

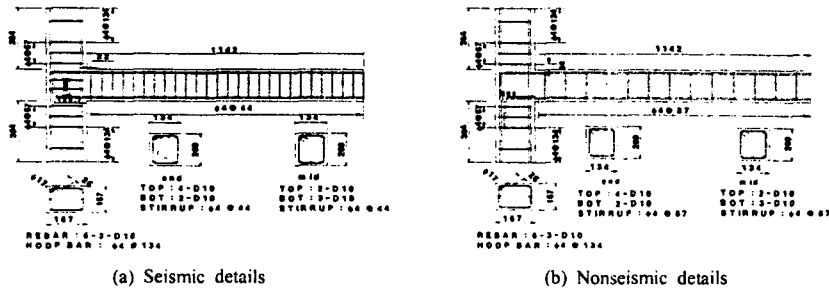


Fig. 3 Details of exterior joint (unit: mm)

### 3.2.1 전체 거동의 비교

아래의 Fig. 5~Fig. 10에서는 각 실험모델별 상부인자 횡변위와 횡하중의 관계를 나타내고 있다. 또한 지진하중을 받는 구조물의 비탄성 변형수준의 척도인 변위 연성도를 알아보기 위해서 이론 횡하중 ( $P_i$ )과 이론 강성 ( $K_{theoretical}$ )을 함께 나타내었다. 이론 횡하중은 보의 이론 휨강도로부터 구해진 수직 전단력에서 유도한 횡하중을 의미하고, 이론 강성은 실험에서 나타난 최대 횡하중의 75%에서의 기울기를 의미하며, 변위 연성도는 아래의 식 (1)과 같이 정의하였다<sup>(2)</sup>.

$$\mu = \frac{\Delta_u}{\Delta_y} \quad (1)$$

여기서,  $\Delta_u$ 는 실험에서 나타난 최대 강도에서 10% 강도 감소가 있을 때의 변위를 나타내고,  $\Delta_y$ 는 이론 강성의 연장선이 최대 강도의 수평선과 만났을 때의 변위를 나타낸다.

Fig. 6과 Fig. 7에서 보듯이 슬래브가 없는 내부 접합부의 경우, 접합부내 전단철근의 유무 (모델 1: 무, 모델 2: 유)에 따라 강도의 차이가 거의 나타나지 않음을 알 수 있다. 또한 두 실험모델 모두 이론 횡강도 (2.51 tonf)와 거의 유사한 강도를 보여주고 있다. 변위 연성도의 경우 (+)방향에서 각각 6.43과 5.54, (-)방향에서 각각 2.95와 3.30으로 비슷하게 나타났다. Fig. 8과 Fig. 9에서는 슬래브가 있는 내부 접합부의 접합부내의 전단철근 유무 (무: 모델 3, 유: 모델 4)에 따른 전체거동을 보여주고 있다. 여기서도 접합부내 전단철근의 유무에 따른 강도의 차이는 5% 미만으로 거의 나타나고 있지 않으나, 이론 횡강도 (3.68 tonf)보다 8~24% 정도 크게 나타나고 있다. 그 이유는 실제 실험모델의 강도에 영향을 미치는 보의 유효폭이 여기서 나타난 이론 횡강도를 계산하는데 있어서 사용된 보의 유효폭보다 크게 작용했기 때문인 것으로 보인다. 변위 연성도에서는 (+)방향일 경우 제각기 4.58과 5.0, (-)방향일 경우 5.33과 5.25로 나타나 슬래브가 있는 내부 접합부에서도 비

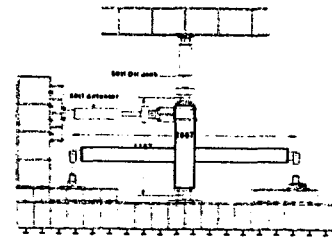


Fig. 4 Experimental setup (unit: mm)

내진 상세와 내진 상세의 변위 연성도에 큰 차이가 없음을 보여주고 있다. 그러나, Fig. 6~Fig. 9에서 나타난 내부 접합부의 경우 횡변위가 커짐에 따라 비내진 상세의 (-)방향에서 강도의 감소가 좀 더 뚜렷이 나타나고 있음을 발견할 수 있다.

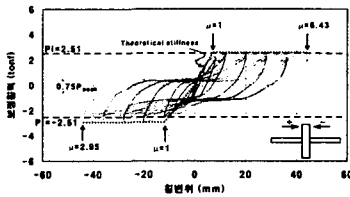


Fig. 5 Top drift-lateral load (model 1)

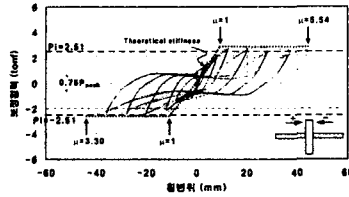


Fig. 6 Top drift-lateral load (model 2)

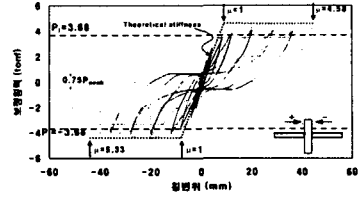


Fig. 7 Top drift-lateral load (model 3)

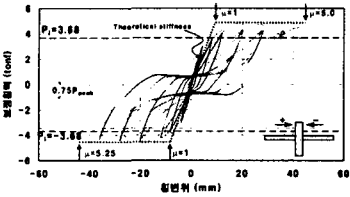


Fig. 8 Top drift-lateral load (model 4)

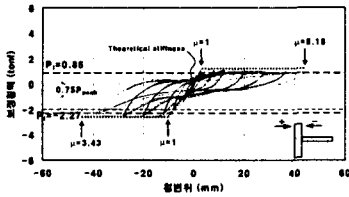


Fig. 9 Top drift-lateral load (model 5)

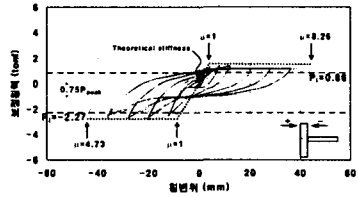


Fig. 10 Top drift-lateral load (model 6)

Fig. 10과 Fig. 11에서는 슬래브가 있는 외부 접합부의 접합부내의 보강근 유무와 보 하부 주근의 정착방향에 따른 전체 거동의 결과 (모델 5: 보강근 무-하향정착, 모델 6: 보강근 유-상향정착)를 보여주고 있다. 최대강도는 (+)방향에서는 25%, (-)방향에서는 8% 정도 크게 나타나고 있다. 변위 연성도에서는 (+)방향의 경우 각각 8.18과 8.26, (-)방향의 경우 3.43과 4.73으로 나타나 보강근이 있고 상향 정착인 경우 (-)방향에서 약 38% 정도 더 크게 나타나고 있음을 알 수 있다. 외부 접합부의 경우에는 횡변위가 커짐에 따라 비내진 상세의 (-)방향에서 강도 감소 현상이 뚜렷이 나타나고 있을 뿐만 아니라 (+)방향에서도 최대 강도 도달 이후 비내진 상세에서 현저한 강도감소가 나타나고 있다.

위에서 나타난 실험모델의 전체거동 비교를 통해 내부 접합부의 경우 슬래브의 유무에 관계없이 내진 상세나 비내진 상세의 차이인 접합부내의 전단철근의 유무에 따른 강도나 연성 능력이 크게 차이가 없음을 알 수 있다. 그러나 슬래브가 없는 내부 접합부에 비해 슬래브가 있는 내부 접합부는 T형보 거동으로 인해 강도뿐만 아니라 연성 능력에서도 약 1.6~1.8배 정도 더 크게 증가함을 알 수 있다. 외부 접합부의 경우는 비내진 상세와 내진 상세 차이에 따른 강도의 차이가 10~20% 정도 나타나며, 변위 연성도에서도 27% 정도 차이를 보여주고 있다. 이는 외부 접합부의 경우 내부 접합부와는 달리 보강근의 유무뿐만 아니라 정착방향에서도 차이가 있기 때문이다.

### 3.2.2 국부거동의 비교

#### 3.2.2.1 회전각-모멘트 관계

Fig. 11과 Fig. 12에서는 모델 3 (슬래브가 있고 비내진 상세 내부 접합부)과 모델 4 (슬래브가 있고 내진 상세 내부 접합부) 실험에서 나타난 좌측 보의 소성힌지 영역에서의 뜰뜰 회전각 및 휨 회전각 그리고, 전체 휨 회전각과 모멘트의 관계를 비교해서 나타내고 있다. 여기서 뜰뜰 회전각이란 기둥 표면에서 보 상하단으로 20 mm 떨어진 위치까지에서 측정된 변위로 계산된 회전각이며 휨 회전각은 이 20 mm 지점에서의 보의 깊이  $h = 200$  mm까지에 걸쳐 측정된 변위로써 측정

된 회전각을 말한다.

Fig. 11(a), (b)와 Fig. 12(a), (b)에서 보듯이 모델 3에서의 들뜸에 의한 (+)회전각과 휨에 의한 (+)회전각이 모델 4에서의 회전각보다 다소 크게 나타남으로 인해 모델 3에서의 소성힌지 영역의 전체 (+)회전각이 모델 4의 소성힌지 영역에서의 전체 (+)회전각보다 약 38% 정도 더 크게 나타났으나 (-)회전각의 경우 거의 유사하게 나타났다. 이와 같은 현상은 우측 보의 소성힌지 영역에서도 유사하게 나타난다. 이것은 슬래브가 있는 비내진 상세를 가진 내부 접합부의 경우 전체거동에서는 큰 차이가 없지만 회전각과 같은 국부거동에서 내진 상세보다 변형이 크게 나타날 수 있다는 것을 보여준다. 또한 Fig. 11과 Fig. 12에서는 모델 3과 모델 4에서 정모멘트가 작용할 때는 들뜸과 휨에 의한 회전각이 거의 비슷하게 나타나고 있으나, 부모멘트가 작용할 때는 휨에 의한 회전각은 아주 작고 들뜸에 의한 회전각이 훨씬 크게 나타남으로써 소성힌지에서의 전체 회전각이 들뜸에 의해 지배된다는 것을 보여준다.

아래의 Table 3에서는 최대 변위 시점을 기준으로 각 실험 모델에서 내부 접합부 좌측 보와 외부 접합부 보의 들뜸 회전각과 휨 회전각에 대한 크기와 비를 나타내고 있다. 여기서 나타난 바와 같이 슬래브가 있는 실험 모델 (모델 3, 4, 5, 6)의 경우 들뜸에 의한 회전각이 보 내부 휨에 의한 회전각보다 훨씬 더 크게 나타나고 있음을 알 수 있다. 이는 슬래브가 있음으로 인해 보에서의 휨 변형이 억제된다는 것을 보여주는 것이다. 또, 모델 5와 모델 6에서 보듯이 보 하부철근을 하향으로 정착시킨 경우 (모델 5)보다 상향으로 정착시킨 경우 (모델 6)가 정모멘트에서 보의 휨에 의한 회전각이 크다는 것을 알 수 있다. 이는 보 하부철근의 정착방향이 소성변형의 분산에 영향을 준다는 것을 잘 나타낸 것이다.

Table 3 Comparison of angular rotation at plastic hinge at the time of max. displacement (44mm)

Model	Flexural moment	Uplift rotation (A) (rad)	Flexural rotation (B) (rad)	A+B	A/(A+B) (%)
1	Positive	0.00602	0.00946	-0.01548	39
	Negative	-0.01153	-0.01350	-0.02503	46
2	Positive	0.00963	-	-	-
	Negative	-0.01983	-	-	-
3	Positive	0.02280	0.00314	0.02594	88
	Negative	-0.01262	-0.01307	-0.02569	49
4	Positive	0.01939	0.00095	0.02034	95
	Negative	-0.01355	-0.01381	-0.02736	50
5	Positive	0.02282	0.00342	0.02624	87
	Negative	-0.02404	-0.00091	-0.02495	96
6	Positive	0.02024	0.01485	0.03509	58
	Negative	-0.02575	-0.00051	-0.02626	98

### 3.2.2.2 전단 변형률-횡하중 관계

Fig. 13에서는 좌측 보의 소성힌지 영역에서 슬래브의 유무와 접합부 전단철근 유무 및 보 스테럽 간격의 조밀성에 따른 전단 변형률-횡하중의 관계를 보여주고 있다. Fig. 13에서 보듯이 접합부 전단철근이 없고 보 스테럽 간격이 덜 조밀한 경우 (비내진 상세, 모델 1과 모델 3)에 접합부 전단철근이 있고 보 스테럽 간격이 조밀한 경우 (내진 상세, 모델 2와 모델 4)보다 최대 전단 변형률이 2배 정도 더 크게 나타나고 있음을 알 수 있다. 이것은 비내진 상세를 가진 내부 접합부의 경우 전단 변형률과 같은 국부거동에서 내진 상세를 가진 내부 접합부보다 변형이 크다는 것을 보여주는 것이다. 외부 접합부의 경우도 내부 접합부와 유사한 결과를 보여주고 있다.<sup>(1)</sup> 또, 상세와 상관없이 슬래브가 있는 경우와 없는 경우를 비교해 보면 하향 전단시 ((-)전단 변형) 전단 변형률이 거의 비슷하게 나타났으나, 상향 전단시 ((-)전단 변형) 슬래브가 있는 경우 아주 작은 값을 보여주고 있다. 이는 슬래브가 상향 전단변형을 억제하는 효과가 있음을 보여주고 있는 것이다. Fig. 14에서는 슬래브가 없는 보-기둥 접합부에서 전단철근이 없는 경우 (모델 1)와 전단철근이 있는 경우 (모델 2)의 전단 변형률-횡하중 관계를 보여주고 있다. Fig. 14에서 보듯이 모든 경우의

전단 변형률이 상향 전단인 경우는 거의 유사하게 나타나고 있다. 이 경우에서 내부 접합부에서의 보-기둥 접합부내에서의 전단 보강근은 전단 변형에 거의 영향을 끼치지 않는 것으로 나타났다.

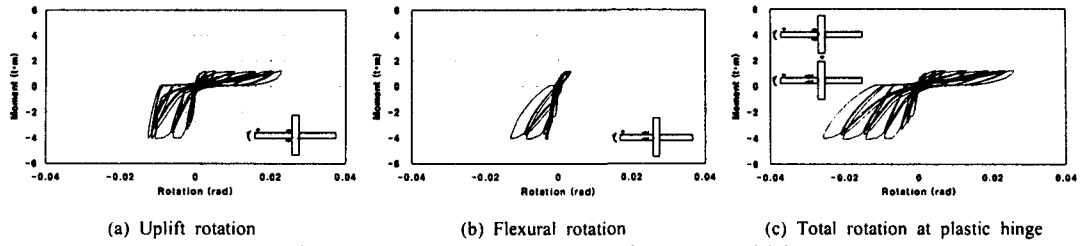


Fig. 11 Relationship between rotation and moment (model 3)

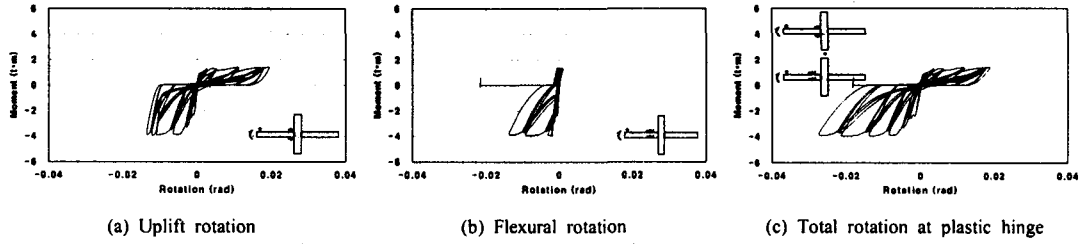


Fig. 12 Relationship between rotation and moment (model 4)

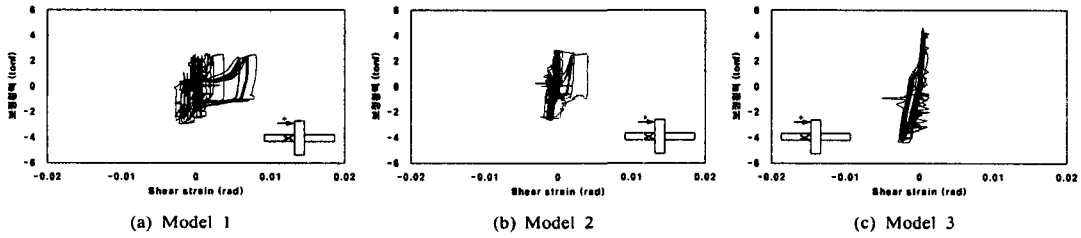


Fig. 13 Shear strain-lateral load in plastic hinge

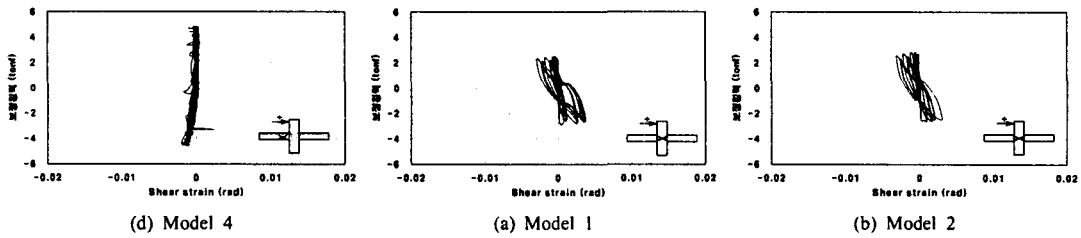


Fig. 14 Shear strain-lateral load in joint region

### 3.2.2.3 보 주근의 철근 변형률

Table 4에서는 슬래브가 있는 내부 접합부에서의 보 주근 위치별 항복 시점 (변위 단계)을 나타내고 있으며 Fig. 15에서는 보 상부 주근에서의 각 변위 단계별 철근 변형률을 나타내고 있다. Table 4에서 보듯이 대부분의 철근

Table 4 Yielding displacement of longitudinal bar

		Location						
		-3	-2	-1	0	1	2	3
Model 3	Top	-	20mm	36mm	20mm	36mm	20mm	-
	bottom	-	12mm	12mm	-	12mm	44mm	No
Model 4	Top	No	12mm	12mm	12mm	12mm	12mm	No
	bottom	20mm	20mm	12mm	36mm	20mm	20mm	36mm

\* See Figure 15

이 항복을 하는 것을 볼 수 있으나 그 시점에서는 다소 차이를 보여주고 있다. 접합부 전단철근이 있고 보 스테럽 간격이 조밀한 경우 (내진 상세, 모델 4) 최대 강도에 도달하는 12 mm와 20 mm 변위 단계에서 대부분 항복하는 경향을 보여주고 있으나 접합부 전단철근이 없고 보 스테럽 간격이 덜 조밀한 경우 (비내진 상세, 모델 3)에는 불규칙적인 결과를 보여주고 있어 비내진 상세의

경우 철근의 뽑힘 혹은 미끄러짐에 의한 부차파괴가 일어났음을 알 수 있다.

이와 같은 결과는 Fig. 15에서 나타나듯이 비내진 상세인 모델 3의 경우 각 위치별 보 주근의 철근 변형률의 이력이 전체적으로 갑작스럽게 이동하는 경향을 보여주고 있으나, 내진 상세인 모델 4의 경우 점차적으로 철근 변형률이 커지는 경향을 보여줌으로써 명확히 알 수 있다. 이처럼 비내진 상세를 가진 내부 접합부의 경우 보 주근에서의 부차 성능이 내진 상세에 비해 상당히 떨어지며 이로 인해 변형이 커짐에 따라 구조물에서의 강도감소 현상이 크게 나타날 수 있음을 알 수 있다. 외부 접합부의 경우도 하부 철근이 하향 정착되고 접합부에 보강 철근이 없는 비내진 상세의 경우 부차파괴가 발생하는 것을 알 수 있다<sup>(1)</sup>.

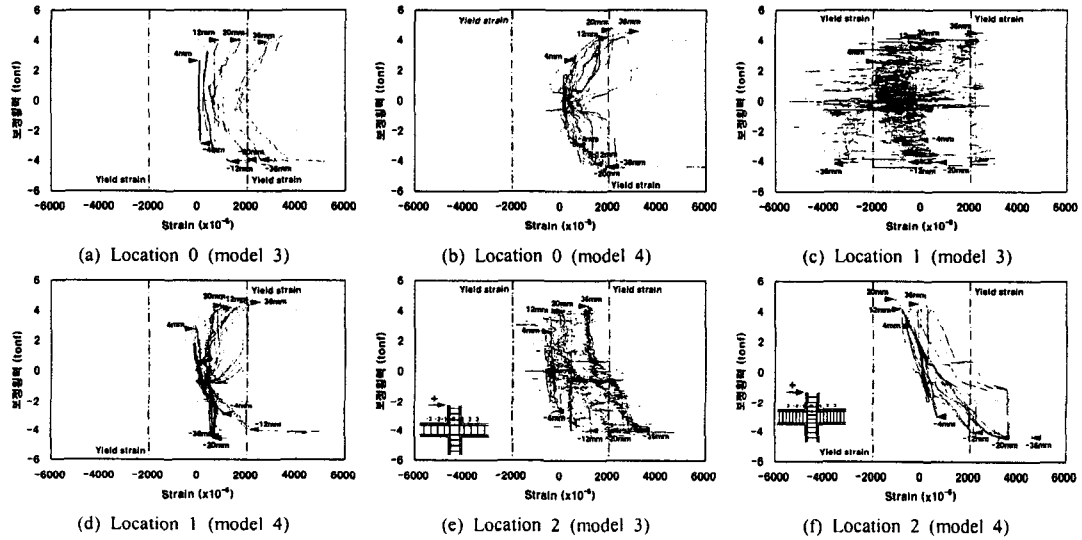


Fig. 15 Strains of top beam bar in model 3 and model 4

### 3.2.3 파괴모드

슬래브가 없는 접합부로서 비내진 상세인 모델 1과 내진 상세인 모델 2의 파괴양상을 비교할 때, 모델 1의 경우 Fig. 16(a)에서 보는 바와 같이 대각 균열의 양상이 뚜렷이 나타나면서 종곡시에는 기둥에까지 그 균열이 확대된 반면, 모델 2는 Fig. 16(b)에서 보는 바와 같이 대각 균열이 모델 1만큼 뚜렷이 나타나지 않고 기둥에까지 확장되지 않았다. 특히 모델 1의 경우 기둥과 보의 접합면에서 기둥의 피복이 박리되었다. 슬래브가 있는 비내진 상세인 모델 3과 내진 상세인 모델 4의 파괴양상은 보 및 보-기둥 접합면에서의 휨 균열 양상이며 슬래브를 가로지르는 균열이 발생하였으며, 두 모델의 파괴 양상은 거의 차이를 보이지 않았다. 외부접합부의 경우 비내진 상세인 모델 5와 내진 상세인 모델 6의 파괴모드는 그 차이가 확연히 드러났다. 전체적인 균열 양상으로는 비내진 상세를 가진 모델 5는 보에서 거의 파괴가 발생하지 않은 반면 보 하부철근이 정착된 방향을 따라 기둥에서 많은 균열이 발생하였다. 반면, 내진 상세를 가진 모델 6은 기둥에서는 거의 파괴가 일어나지 않고 보의 소성힌지 영역에서 휨 균열이 발생하였다. 모델 6의 경우 보의 하부피복이 탈락

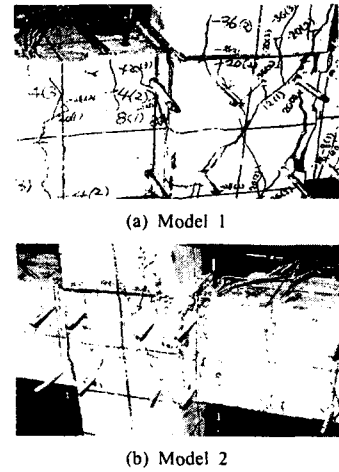


Fig. 16 Crack patterns

하여 철근이 보일 정도까지 손상을 입었으나 기둥은 거의 손상을 입지 않았다.

#### 4. 요약

이상과 같이 보-기둥 내·외부 접합부의 반복 횡하중 실험을 통해 나타난 연구 결과를 요약하면 다음과 같다.

(1) 내부 접합부의 경우 슬래브의 유무에 관계없이 내진 상세나 비내진 상세의 차이에 따른 강도나 연성 능력이 크게 차이가 없는 것으로 나타났다.

(2) 실제 실험 모델의 거동에 영향을 미치는 보의 유효폭은 이론 횡강도를 계산하는데 사용되는 보의 유효폭보다 더 크게 작용한다는 것을 알 수 있다.

(3) 내부 접합부의 경우 상세의 차이에 관계없이 정모멘트가 작용할 때는 들뜸과 휨에 의한 회전각이 거의 비슷하게 나타나지만, 부모멘트가 작용할 때는 휨에 의한 회전각은 아주 작고 들뜸에 의한 회전각이 훨씬 크게 나타남으로써 소성힌지에서의 전체 회전각이 들뜸에 의해 지배된다는 것을 보여주었다.

(4) 비내진 상세를 가진 내부 접합부의 경우 보에서의 전단 변형률이 내진 상세를 가진 접합부의 보에 비해 2배 정도 크게 나타났고, 슬래브가 있음으로 인해 상향 전단변형을 억제하는 것으로 나타났다. 한편 보-기둥 접합부에서의 전단 보강근의 유무는 접합부의 전단 변형률에 거의 영향을 끼치지 않는 것으로 나타났다.

(5) 외부 접합부의 경우 내부 접합부와는 달리 전단 보강근의 유무뿐만 아니라 정착방향에서도 차이가 나기 때문에 비내진 상세의 강도와 연성 능력이 각각 10~20%와 27% 정도 작은 것으로 나타났다.

(6) 비내진 상세를 가진 내·외부 접합부의 경우 보 주근에서의 부착성능이 내진 상세에 비해 떨어져 횡변위가 커짐에 따라 보다 큰 구조물의 강도 감소 현상을 나타냈다.

(7) 비내진 상세의 경우 슬래브가 있는 내부 접합부를 제외하고 기둥에 까지 손상이 확대되는 파괴모드를 보여주었다.

#### 감사의 글

본 연구는 한양대학교 초대형 구조시스템 연구센터의 지원에 의한 것이며, 이에 감사드립니다.

#### 참고문헌

1. 차병기, 고동우, 우성우, 이한선 (2003), "비내진 상세를 가진 RC 외부 접합부의 반복 횡하중 실험", 한국콘크리트 학회 논문집 15 (1).
2. Cheng-Min Lin (2001), "Seismic Behaviour and Design of Reinforced Concrete Interior Beam Column Joints", Research Report, No. 2001-1, Department of Civil Engineering, University of Canterbury.
3. Bing Li, Yiming Wu, and Tso-Chien Pan (2002), "Seismic Behavior of Nonseismically Detailed Interior Beam-Wide Column Joints-Part I: Experimental Results and Observed Behavior", ACI Structural Journal, Vol. 99 (6).