

철근콘크리트 보-기둥 접합부의 전단거동에 관한 실험적 연구

An Experimental Study on Shear Behavior of Reinforced Concrete Beam-Column Joints

김진영* 오기종** 이정윤***
Kim, Jin-Young Oh, Ki-Jong Lee, Jung-Yoon

ABSTRACT

Current ACI and AIJ guidelines only address the importance of the concrete strength and geometry of the joint. There are no significant attention paid to other variables. In addition, the current design code doesn't predict the ductility of the beam-column assemblies. The former researcher proposed the analytical model to predict the shear strength of the joint panel as well as the ductility of the beam-column assemblies in year 2004.

In this study, the experiments to investigate shear behavior of reinforced concrete beam-column joints and to verify proposed model were carried out, based on the experimental results. As the former researcher proposed, the factor K ($K=0.5$), the ductility of BJ-failure was predicted reasonably when the transverse reinforcement ratio exceeded 0.0186. However, the proposed equation showed a large discrepancies in the ductility estimating when transverse reinforcement ratio was below 0.0186.

1. 서론

철근콘크리트 구조물에 지진하중이 가해질 경우, 보-기둥 접합부는 가장 치명적인 부분이 될 수 있다. 지진 발생으로 인하여 기둥에 수평하중이 작용하면 접합부 부분은 접합부와 인접한 보나 기둥에서의 전단력보다 몇 배 더 큰 수직, 수평의 전단력을 받게 되며, 이로 인해 전단파괴나 부착파괴가 발생할 수 있다. 따라서 철근콘크리트 보-기둥 접합부는 내진설계 시 보에서 먼저 소성힌지가 발생한 후 보에서 파괴가 일어나는 강 기둥 약한 보로 설계되며, 보에서 충분한 에너지 소산이 이루어져 접합부 및 기둥의 내력 저감이 설계자가 요구하는 연성 능력에 도달할 수 있도록 설계되어야 한다.

접합부의 파괴모드는 크게 3가지로 구분된다. J-파괴는 보가 휨 항복을 하기 전에 접합부 내력이 작아져 보는 탄성 상태를 유지하면서 접합부가 먼저 파괴되는 것을 말한다. 반대로 접합부는 탄성 상태를 유지하는 가운데 보에서 소성힌지가 발생하고 그곳에서 파괴가 발생하는 것을 B-파괴라 한다. 마

* 정회원, 성균관대학교 건축공학과 석사과정

** 정회원, 원우구조 기술사무소

*** 정회원, 성균관대학교 건축공학과 부교수

지막으로 보의 항복이 보와 접합부가 맞닿은 면에 소성힌지를 발생시키고 소성힌지에서의 급격한 변형을 증가하는 접합부 내부에도 영향을 미치게 되어 접합부 내력을 감소시킨다. 결국 감소된 접합부 내력이 보 내력보다 작아져, 보보다 먼저 접합부에서 파괴가 발생하는 것을 BJ-파괴라고 한다.

본 연구에서는 선행연구자^{3), 4)}가 제안한 접합부의 전단거동 평가 모델을 검증하기 위하여 접합부 횡방향 철근비를 변수로 하여 J-파괴 및 BJ-파괴하는 접합부 전단실험을 수행하였다.

2. 철근콘크리트 보-기둥접합부 실험

선행연구자는 다양한 변수를 고려한 접합부의 J-파괴와 BJ-파괴시의 전단강도 및 연성 평가식을 제안하여 그 결과를 기존에 수행된 실험 자료로 검증하였다. 그림 1은 보에서 소성힌지가 발생한 이후 접합부 위치에 따른 보 주근의 변형을 추이를 나타낸 것이다. 접합부 내부의 중립축에서는 변형률이 0인 보 주근은 보와 기둥이 만나는 접합면과 소성힌지가 발생한 보의 내부에서는 보의 연성계수가 증가함에 따라 큰 변형을 보인다. 따라서 선행연구자는 접합부의 강도저감계수를 K 를 이용하여 다음과 같이 나타내었다. 이 때, K 는 소성힌지 구역 보의 부재 축방향 변형률이 BJ-파괴하는 접합부의 변형률에 미치는 정도를 말한다.

$$v_j = \frac{0.9}{\sqrt{1 + 400(\epsilon_1 + K\epsilon_b)}} \quad (1)$$

여기서, ϵ_1 은 접합부의 주인장 변형률, ϵ_{1y} 는 접합부와 인접한 보가 항복했을 때 접합부 내부의 주인장 변형률이 며 선행연구자는 K 를 0.5로 임의 가정하였다. 제안된 식에 대하여 기존 연구결과를 검토한 결과 J-파괴하는 접합부 실험 자료는 충분하지만, BJ-파괴하는 접합부 실험 자료는 충분하지가 않았다. 따라서 본 연구에서는 이를 보완하기 위하여 표 1과 같이 접합부 내부의 주인장철근비를 변수로 하는 J-파괴 실험체 1개와 BJ-파괴 실험체 4개를 제작하여 실험하였다.

실험체 배근 형상은 그림 2과 같으며 기둥과 보의 단면은 각각 $350 \times 350(mm)$, $300 \times 400(mm)$ 이다. 접합부와 접합부에 인접한 보의 횡방향 철근의 변형을 측정하기 위하여 접합부의 중앙과 접합부의 양쪽 끝에서 안쪽으로 각각 $15mm$ 떨어진 위치, 그리고 접합부에 인접한 보에는 접합부와 맞닿는 면에서 양쪽으로 각각 $15mm$, $215mm$ 떨어진 위치에 철근용 스트레인 게이지를 부착하였다. 또한 하중재하 도중 기둥의 탄성 상태 점검과 보, 기둥에서 전단파괴 발생 유무를 검토하기 위하여 기둥의 주철근 및 기둥과 보의 스테럽에 각각 철근용 스트레인 게이지를 부착하였다. 지상에서부터 $2m$ 높이에 변위 용량이 $\pm 250mm$ 인 $2940kN$ 유압식 액츄에이터를 기둥에 부착하여 반복하중을 가했다. 그리고 접합부와 보의 변형 및 보와 기둥의 상대 회전변위를 측정하기 위하여 12개의 매립볼트를 설치하였고 22개의 L.V.D.T.를 설치하여 전단위험단면에서 발생하는 부재 축방향, 부재 축과 직각 방향의 변형 및 전단변형률을 측정하였다. 하중재하방식은 변위제어방식으로, 첫 번째 하중스텝은 중간변위비(Story Drift Ratio=0.026)로 하였고 매 하중스텝마다 0.026씩 증가시켰다. 하중이 최고하중의 70%로 떨어질 때까지 각각의 하중스텝마다 3 cycle 씩 반복하였다.

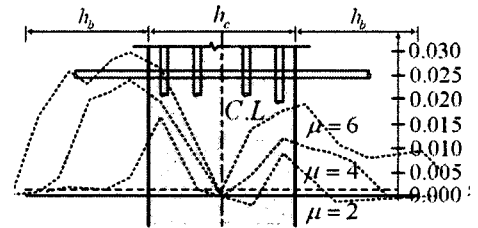


그림 1 보-기둥 접합부에서 소성힌지가 발생한 보 주근의 변형률

3. 실험결과 및 분석

그림 3(a)는 J-파괴하는 보-기둥 접합부의 층간변위비-전단강도 그래프를, 그리고 그림 3(b)~10(e)는 BJ-파괴하는 보-기둥 접합부의 층간변위비-횡력 그래프를 나타낸다. 여기에서 점선은 선행연구자가 제안한 평가식의 결과를 나타내고 있다. J-파괴하는 접합부의 경우 접합부 전단강도의 실험결과와 선행연구자가 제안한 평가식의 결과를 비교하였으며, BJ-파괴하는 접합부의 경우 보에서 발생한 소성 힌지 영역에서의 축방향 변형률과 접합부 내부의 축방향 변형률과의 관계를 구분하여 실험 결과와 선행연구자가 제안한 평가식의 결과를 비교하였다. 그림 3(a), J-파괴 실험에 의하면 접합부의 최고전단강도는 1524kN 이다. 그리고 평가식에 의하면 접합부의 최고전단강도는 1305 kN 으로 J-파괴하는 접합부의 전단강도 평가식은 실제 접합부의 전단강도를 잘 예측한다고 볼 수 있다. 반면에 BJ-파괴에 있어서는 선행 연구자의 연성평가제안식은 실험체 BJ1, BJ2(그림 3(b), 3(c))의 연성은 잘 예측하고 있지만 실험체 BJ3, BJ4(그림 3(d), 3(e))의 경우 접합부의 연성을 다소 과대평가하고 있다.

표 1 보-기둥 접합부 상세

실험체명	주인장철근비	주철근 항복강도	스트립 배근간격	스트립 항복강도	콘크리트 압축강도
J1	0.0339	500(MPa)	100(mm)	400(MPa)	40(MPa)
BJ1	0.0216		100(mm)		
BJ2	0.0186		200(mm)		
BJ3	0.0155		200(mm)		
BJ4	0.0125		200(mm)		

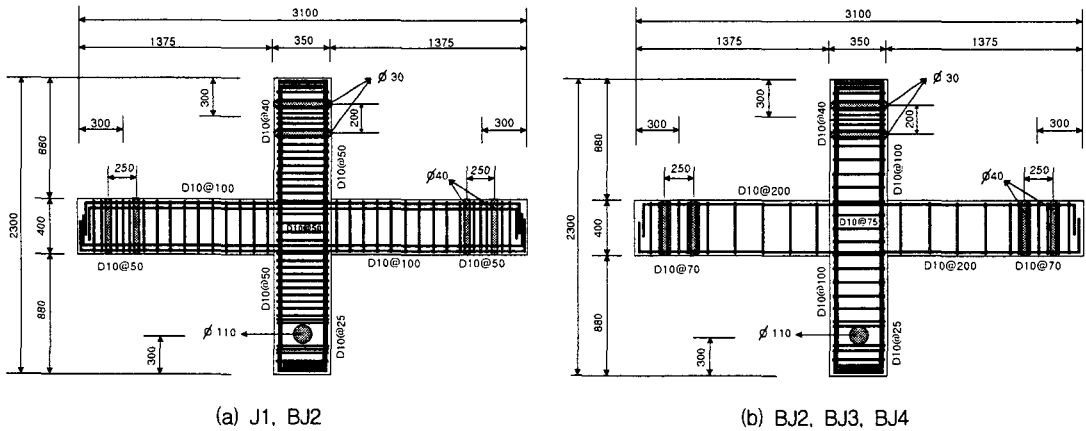


그림 2 철근콘크리트 보-기둥 접합부 실험체 단면도

4. 결론

본 연구에서는 선행연구에서 제안된 철근콘크리트 보-기둥 접합부의 전단강도 및 연성 평가식을 검증하기 위하여 철근콘크리트 보-기둥 접합부 전단실험을 접합부 횡방향 철근비를 변수로 하여 수행하였다. K 를 0.5로 가정한 선행연구자의 평가식은 접합부의 횡방향 철근비가 0.0186 이상인 경우에는 실

험 결과와 잘 맞지만 횡방향 철근비가 0.186 미만인 경우에는 접합부의 연성을 다소 과대평가하는 경향을 보였다. 따라서 보-기둥 접합부의 연성 평가식의 검증 및 수정을 위해 K 값에 대한 연구와 콘크리트 압축강도를 변수로 하는 추가적인 실험이 수행되어야 할 것이다.

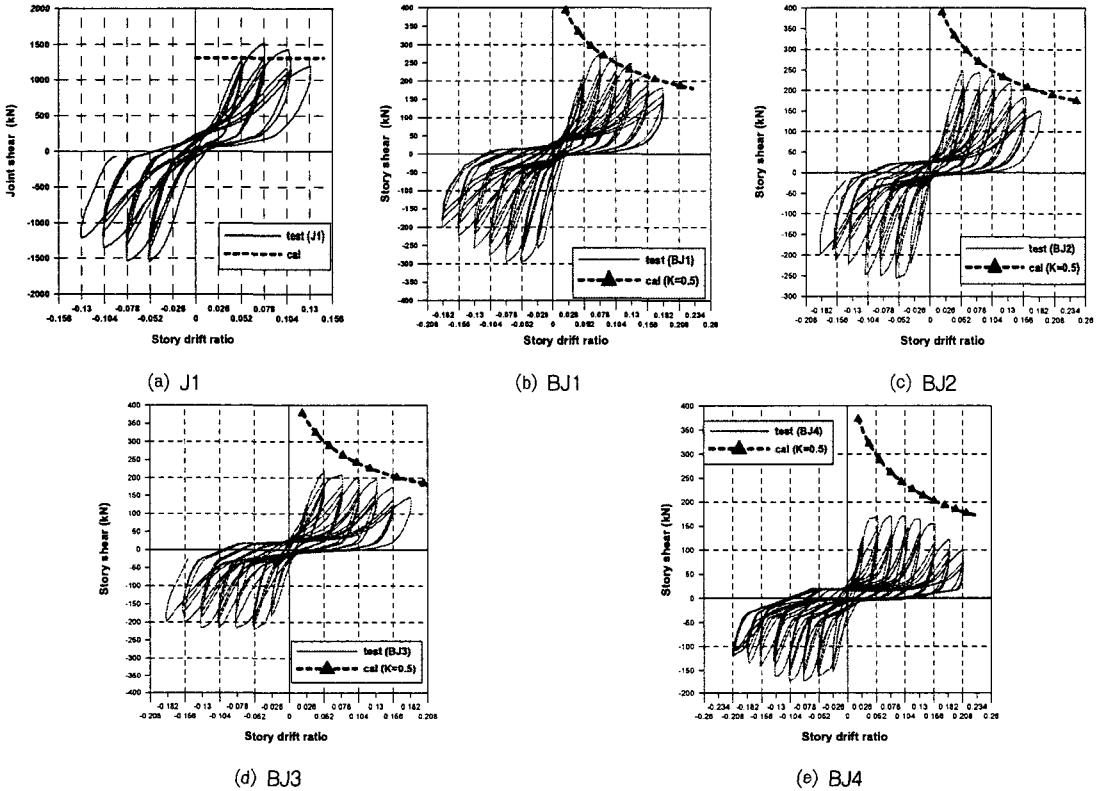


그림 3 접합부의 실험 결과와 제안식 결과 비교

감사의 글

본 연구는 과학기술부가 출연하고, 한국과학재단에서 위탁시행 한 2006년도 특정기초연구지원사업 (400-20050130)의 지원으로 수행되었으며, 이에 깊은 감사를 드립니다.

참고문헌

1. ACI Committee 318, "Building code and Requirements for Structural Concrete(318-02) and Commentary(318-02)," American Concrete Institute, Farmington hills, Michigan, 2002, pp. 320-323.
2. Architectural Institute of Japan, "AIJ Structural Design Guidelines for Reinforced Concrete Buildings," Architectural Institute of Japan, March. 1994, pp. 124-141.
3. 채희대, 이정윤, "철근콘크리트 보-기둥 접합부의 전단강도 평가," 콘크리트학회 가을학술발표회 논문집, 제16권 제2호, 2004. 11, pp. 401-404.
4. 오기중, 채희대, 이정윤, "철근콘크리트 보-기둥 접합부의 연성능력 평가," 콘크리트학회 봄학술발표회 논문집, 제17권 제1호, 2005. 5, pp. 227-230.