

철근콘크리트 깊은 보의 구조적 거동에 대한 장방형 개구부의 영향

An Influence of Rectangular Openings on the Structural Behavior in Reinforced Concrete Deep Beams

양 근 혁* 정 현 수**
Yang, Keun-Hyeok Chung, Heon-Soo

ABSTRACT

To understand an influence of rectangular openings on the structural behavior in reinforced concrete deep beams, results of 52 specimens were analyzed. The structural behavior such as load-deflection relationship, load-maximum crack width relationship, and maximum strength was significantly affected by inclination of concrete strut beneath opening.

1. 서론

철근콘크리트 깊은 보는 대표적인 D영역의 부재로서 가력점과 지지점을 직접 연결하는 콘크리트 스트럿에 의해 하중이 전달된다. 이들 부재에는 설비시설 관통 및 불가피한 설계변경 등의 사유로 개구부가 설치될 수 있는데 이로 인해 하중전달이 방해되고 전체적인 부재의 구조적 거동이 변하게 된다. 개구부가 설치된 깊은 보의 사용성 및 내력을 확보하기 위한 보강설계를 위해서는 우선 변화된 구조적 거동을 명확하게 파악할 필요가 있다. 본 연구에서는 기존 실험결과들을 정리하여 개구부가 설치된 깊은 보의 구조적 거동에 대한 각 변수들의 영향을 평가하였다.

2. 기존 실험결과와 분석결과

2.1 일반사항

개구부가 설치된 깊은 보에 대한 실험연구는 양근혁¹, Kong² 등 소수 연구자들에 의해 진행되었다. 본 연구에서는 이들 실험결과 중 개구부만의 효과를 파악하기 위하여 보강철근이 없는 시험체의 결과만을 이용하였다. 본 연구에서 정의된 기호의 정의는 그림 1과 같다.

2.2 균열진전 및 파괴면

그림 2에 균열진전 및 파괴면의 변화를 나타내었다. 개구부가 있는 깊은 보의 일반적 균열거동은 개구부 없는 부재와는 달리 초기 경사균열이 개구부 모서리 A 또는 B점에서 최대내력의 20% 정도에

* 정회원, 목포대학교 건설공학부 건축공학전공 조교수

** 정회원, 중앙대학교 건축공학과 교수

서 발생하여 하중점을 향해 진전하였다. 하중진전과 함께 개구부 하부에서 수직균열들이 다수 발생하며 최대내력의 50~60% 범위에서 개구부 모서리 C 또는 D점에서 경사균열이 발생하여 하중점을 향해 진전하였다. 파괴면은 그림 1에서 나타난 개구부 하부 스트럿의 기울기 θ_3 에 의해 결정되었다. 개구부 하부 스트럿의 기울기 θ_3 가 약 30° 이상일 때에는 개구부 모서리 C 또는 D점과 하중점을 연결하는 콘크리트 스트럿에서 파괴면이 형성되었다. 하지만 θ_3 가 30° 미만이면 개구부 모서리 C 또는 D점에서 $30\sim 45^\circ$ 의 기울기로 주철근까지 파괴면이 진전되고 주철근을 따라 지점으로 전달되었다.

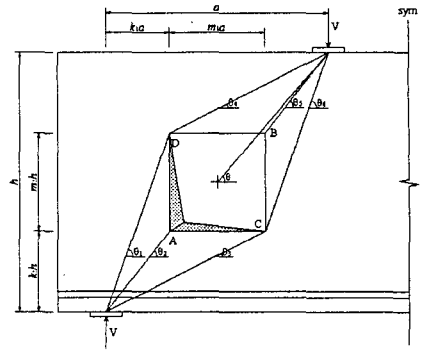


그림 1. 기호의 정의

2.3 하중-변위 관계

그림 3에 각 변수조건에 따른 하중-변위 관계를 나타내었다. 부재의 초기강성은 개구부의 영향을 받지 않았다. 하지만 경사균열 발생 후의 강성저하는 개구부의 폭과 깊이의 영향을 받는데 이는 전단경간비의 영향을 받고 있었다. 전단경간비 0.5인 경우 개구부 폭과 깊이가 강성저하에 미치는 영향은 보이지 않는 반면 전단경간비 1.0에서는 개구부 폭과 깊이가 증가할수록 강성저하가 크게 있었다.

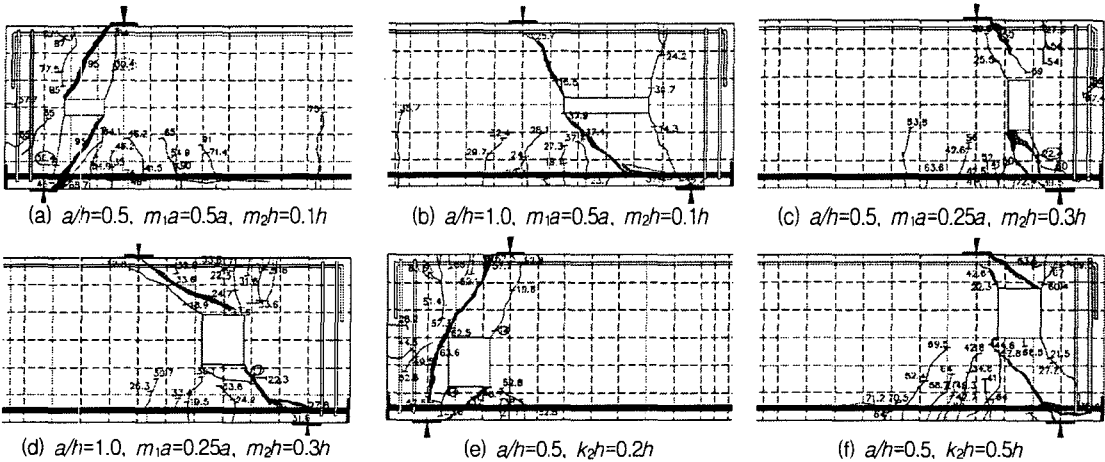
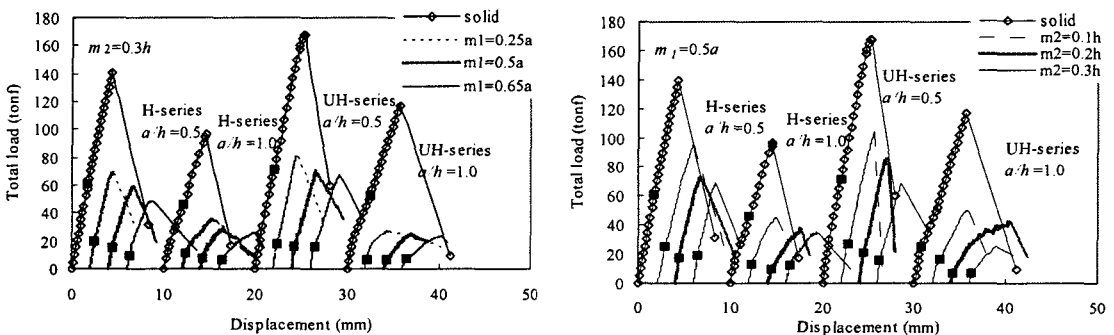


그림 2. 균열진전 및 파괴면



(a) 개구부 폭(m_1a)의 영향

(b) 개구부 깊이(m_2h)의 영향

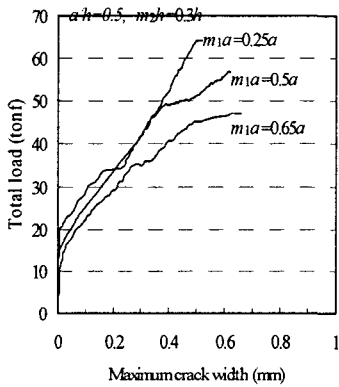
그림 3. 하중-변위 관계

2.4 하중-최대 균열 폭 관계

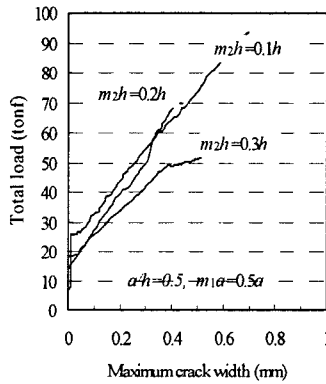
그림 4에 각 변수조건에 따른 하중-최대 균열 폭의 관계를 나타내었다. 최대 균열 폭은 개구부 모서리 C 또는 D점과 하중점을 연결하는 위치에서 발생하였다. 일반적으로 개구부 폭과 깊이가 증가할수록 그리고 하부에 위치할수록 경사균열 폭의 진전은 크며 콘크리트 강도가 증가할수록 이들 진전은 감소하였다. 또한 주철근 양이 증가할수록 경사균열 폭 제어에 유리한데 전단경간비가 클수록 균열 제어에 미치는 주철근의 영향은 현저히 감소하였다.

2.5 경사균열 및 최대내력

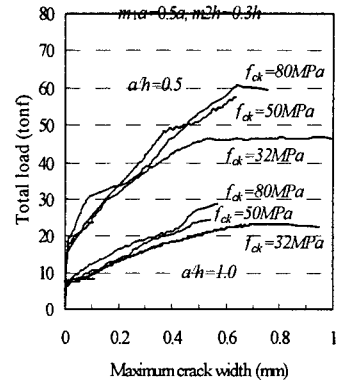
그림 5에 각 변수조건과 내력의 관계를 나타내었다. 개구부가 설치되면 부재의 내력은 급격히 감소하며, 개구부 폭보다는 깊이의 영향이 컸다. 개구부 폭(m_1a)이 0.25a에서 0.65a로 증가하면 내력은 전



(a) 개구부 폭(m_1a)의 영향

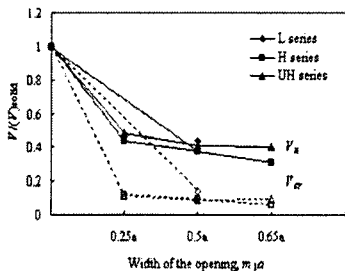


(b) 개구부 깊이(m_2h)의 영향

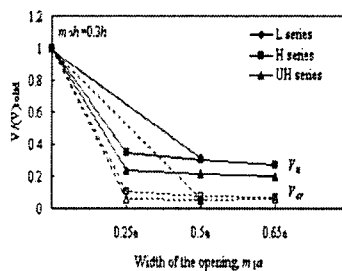


(c) f_{ck} 및 a/h 영향

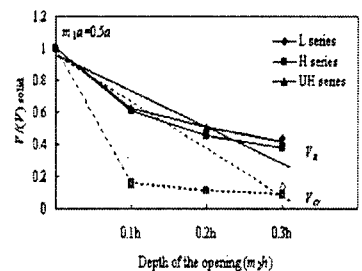
그림 4. 하중-최대 균열 폭 관계



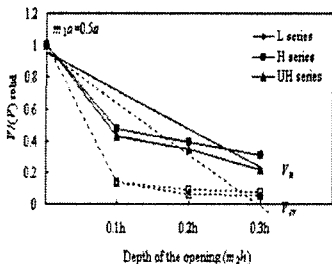
(a) 개구부 폭의 영향($a/h=0.5$)



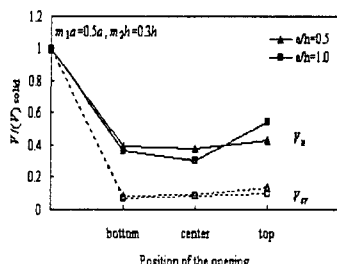
(b) 개구부 폭의 영향($a/h=0.5$)



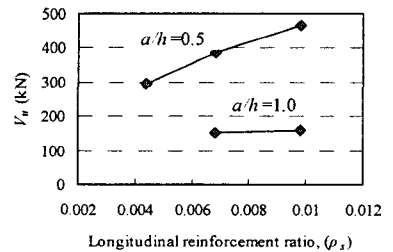
(c) 개구부 깊이의 영향($a/h=0.5$)



(d) 개구부 깊이의 영향($a/h=1.0$)

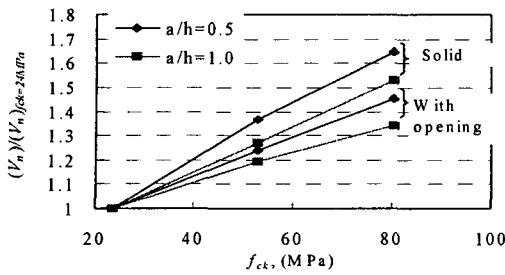


(e) 개구부 위치의 영향

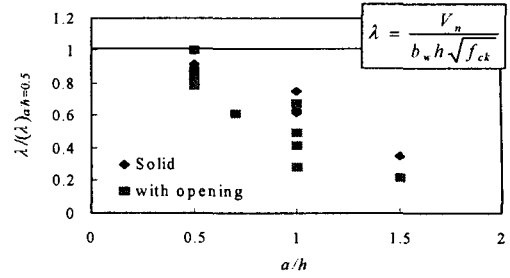


(f) 주철근 비의 영향

그림 5. 내력에 대한 각 변수들의 영향



(a) 콘크리트 강도의 영향



(b) 전단경간비의 영향

그림 6. 최대내력에 대한 개구부 없는 깊은 보와의 비교

단경간비 0.5와 1.0에서 각각 15~30%와 10~20% 감소하였다. 반면 개구부 깊이가 0.1h에서 0.3h로 증가하면 전단경간비 0.5와 1.0에서 각각 37%와 34~50%의 내력감소율을 보였다.

개구부 위치가 내력에 미치는 영향은 전단경간 중심에 위치할 때 내력에 가장 불리하며 하부보다는 상부에 위치하는 것이 유리하였다. 이는 단면중심에서 전단응력 분포가 최대가 되며, 주 하중경로를 가장 많이 차단함으로써 콘크리트 스트럿 작용의 방해가 있기 때문이다.

주철근 양이 최대내력에 미치는 영향은 전단경간비에 의해 결정되었다. 전단경간비 0.5에서 주철근 양이 증가하면 내력은 직선비례하여 증가하지만 전단경간비 1.0에서는 주철근 양이 내력에 미치는 영향은 나타나지 않았다. 전단경간비가 작을수록 개구부 하부 스트럿에서 주철근의 타이작용에 의한 하중전달의 크게 있기 때문이라 판단된다.

2.6 최대내력에 대한 콘크리트 강도 및 전단경간비의 영향

그림 6에 최대내력에 대한 콘크리트 강도와 전단경간비의 영향을 개구부 없는 보와 함께 비교하여 나타내었다. 개구부가 없을 때 최대내력은 전단경간비 0.5와 1.0에서 각각 $f_{ck}^{0.45}$ 와 $f_{ck}^{0.35}$ 에 비례하여 증가하지만 개구부가 없을 때에는 전단경간비 0.5와 1.0에서 각각 $f_{ck}^{0.29}$ 와 $f_{ck}^{0.23}$ 에 비례함으로써 개구부가 설치되면 최대내력에 대한 콘크리트 강도의 영향은 감소하였다. 반면 전단경간비가 증가함에 따른 내력감소율은 개구부가 있는 보에서 크게 있었다.

3. 결론

1) 철근콘크리트 깊은 보에 개구부가 설치되면 균열진전과 파괴면, 하중-변위 관계, 하중-최대 균열 폭 관계 및 최대내력 등의 구조적 거동이 개구부 없는 보와는 매우 다른 경향을 보이는데 이들은 개구부 하부 스트럿의 기울기 θ_3 에 의해 가장 큰 영향을 받았다.

2) 개구부가 있는 보의 최대내력에 대한 콘크리트 강도와 전단경간비의 영향은 개구부 없을 때에 비해 각각 감소하고 증가하였다.

감사의 글

이 논문은 2004년도 한국학술진흥재단의 지원에 의하여 연구되었음(KRF-2004-041-D00740)

참고문헌

1. 양근혁, 은희창, 정현수, "고강도 철근콘크리트 깊은 보의 전단내력에 대한 개구부 크기 및 위치의 영향", 한국 콘크리트학회논문집, 제15권 5호, 2003. 10, pp. 697-704
2. Kong, F. K., and Sharp, G. R., "Structural Idealization for Deep Beams with Web Openings," Magazine of Concrete Research, V.29, No.99, June 1977, pp.81-91May-June, 1982, pp. 201-213