

철근콘크리트 유공보의 거동에 관한 실험적 연구

An Experimental Study on the Behaviours of Reinforced Concrete Beam with Opening

김철환* 정환목** 이창대***
Kim, Cheol-Hwan Jung, Hwan-Mok Lee, Chang-Dae

요약

철근 콘크리트보에 개구부를 설치하여 실내공간을 효율적으로 사용하기 위해 시공되는 유공보는 웹부분의 단면결손으로 인해 전단력이 지배적으로 작용하는 보를 대상으로 많은 연구가 이루어져 왔으며, 연구내용 또한 보의 전단내력 및 거동에 대한 것이었다. 본 연구에 있어서는 철근콘크리트 유공보 중 휨모멘트가 지배적으로 작용하는 보를 대상으로 내력 및 거동을 규명하는 것을 목적으로 하고 있다. 이를 위하여 7개의 실험체를 제작하였으며, 실험의 변수는 유공의 크기 및 보강유무이다.

Abstract

Many researches have been conducted to describe the structural behaviour of reinforced concrete beams with openings, and were generally concentrated on the shear behaviours. The objective of this paper is to study the shear and bending capacities of RC beams with opening. In experimental study, a total of seven RC beam with circular openings under monotonic loading conditions were investigated. The parameters used in this study include the opening size and the existence of re-bar.

키워드: 유공보, 구조적 거동, 휨내력, 전단강도

keywords: Opening, Structural Behaviour, Bending Capacity, Shear strength.

1. 서론

고층건축물에 있어서 보의 웹 부분에 사각형 또는 원형의 개구부를 설치하는 경우가 많다. 이는 건축물에 필요한 제반 설비, 즉 공기조화 덕트 또는 전기 및 기타 배관 설비를 관통하게 하여 건축물의 층간 높이를 줄이고 실내의 유효공간을 보다 많이 확보하여 쾌적한 공간을 창출하기 위한 목적으로 사용된다.

이러한 보에 개구부를 설치함에 있어서 국내에는 설치 위치 및 크기에 대한 특별한 규정이 없어

외국의 규정을 원용하고 있으며, 일본에서는 철근 콘크리트 보에 있어서 철근으로 전단력에 대한 보강을 하더라도 유공의 크기가 보춤의 1/3이하가 되도록 규정¹⁾하고 있다. 이는 보춤에 대한 유공의 높이의 비가 크면 보의 강성이 저하하게 되어 가구 전체의 변형에 영향을 미치기 때문이다.

한편, 일반적으로 보에 개구부를 설치하게 되면 구조적으로 보에 작용하는 전단력에 취약하게 된다. 따라서 지금까지 유공보에 대한 연구는 보의 전단거동에 대한 연구가 대부분을 차지하고 있다. 그러나 현장 적용에 있어서는 개구부는 전단력이 작용하지 않거나 보다 작게 작용하는 부위에 설치하게 되므로 보는 전단에 의한 파괴보다 휨에 의한 파괴가 유도되고 있다. 본 연구에서는 휨이 지배하는 보에 개구부가 설치될 경우를 상정하여 구조적 이력 거동을 규명하여 금후 설계시의 기본자료를

* 정회원, 상주대학교 건축공학부 부교수, 공학박사
Tel: 054-530-5374

E-mail: chkim@sangju.ac.kr

** 정회원, 경동대학교 건축학부 교수, 공학박사
E-mail: hmjung@kyungdong.ac.kr

*** (주)삼양구조안전기술원, 소장, 구조기술사
E-mail: lcccd@netian.com

제시하는 것을 목적으로 한다.

2. 실험

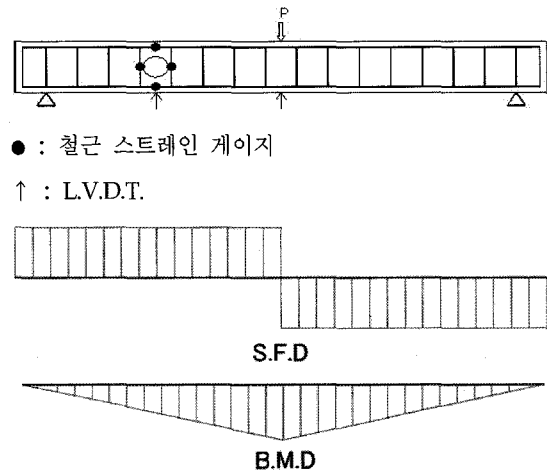
2.1 실험체

실험체는 표1에 나타내는 것과 같이 전체 7개 실험체이며, 실험변수는 유공의 크기 및 보강 유무로 하였다. 유공의 크기는 보 춤에 대한 비율로서 22%, 35%, 41%로 설정하였으며, 유공의 보강은 시공성의 간편함을 목표로 그림 1에서와 같이 스트럽과 수평보강근을 추가로 설치하였다. 또한, 비교 대상으로 유공을 설치하지 않은 보를 제작하였다. 실험체의 형상은 그림 1에 나타낸다. 그림1과 같이 실험체의 단면은 폭 20cm, 높이 40cm이며 길이 340cm로 제작하였다. 또한 유공의 위치는 보의 단부에서 1/4위치에 설치하여, 지점과 가력점의 중간에 오도록 계획하였다.

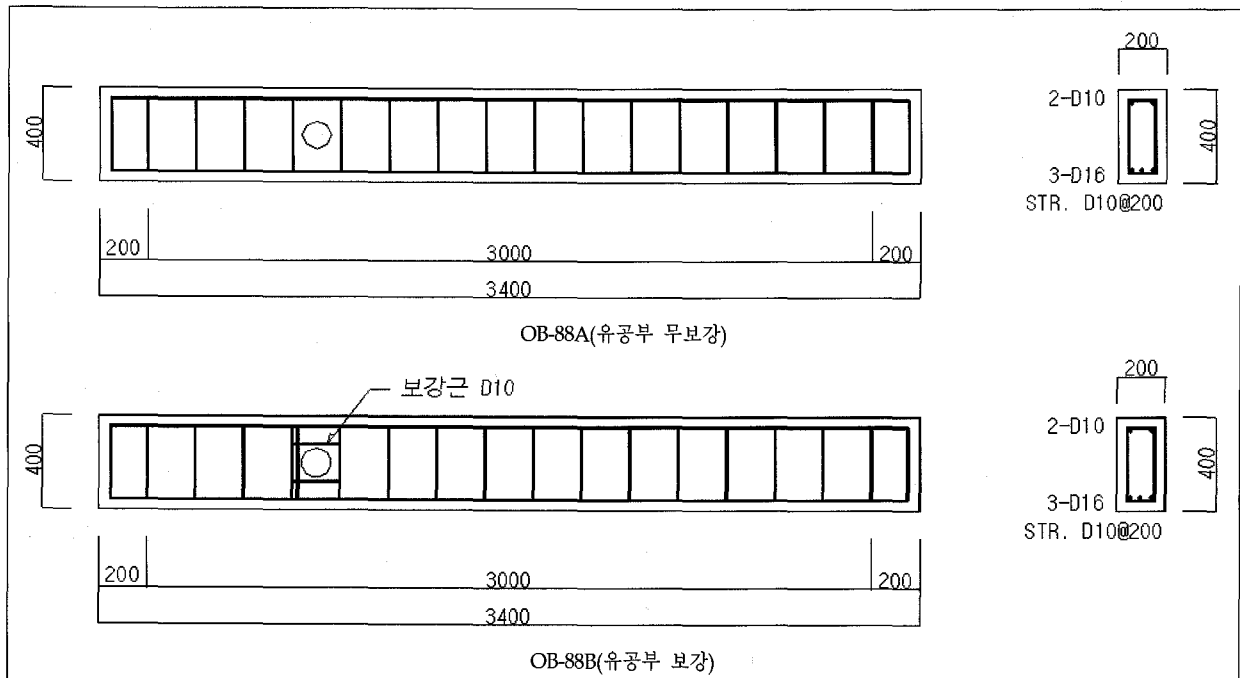
가력방법은 실험체 전장에 걸쳐 일정한 전단력이 작용하도록 하기 위하여 단순지지하에 중앙부 1점가력을 행하였다. 실험시 보의 처짐을 측정하기 위하여 보의 중앙부 및 유공의 위치에 LVDT를 설치하였다. 실험시의 변위 측정점 및 게이지 부착 위치는 그림2에 나타낸다.

〈표 1〉 실험체 일람

실험체 명	유공직경 (mm)	보강유무	유공비(%) (유공직경/보춤)
NB	무	무	-
OB-88A	88	무	22
OB-88B	88	유	22
OB-140A	140	무	35
OB-140B	140	유	35
OB-164A	164	무	41
OB-164B	164	유	41



〈그림 2〉 실험체 가력 및 게이지 위치



〈그림 1〉 실험체 형상

2.2 재료실험

실험에 사용된 콘크리트 및 철근의 재료실험결과는 표2, 3에 나타난다. 표에서와 같이 콘크리트는 압축강도 210kgf/cm²의 일반강도를 사용하였으며 공시체는 ϕ 100×200을 사용하였다. 철근은 SD30의 일반철근을 사용하였다.

〈표 2〉 사용콘크리트

설계강도 (kgf/cm ²)	압축강도 (kgf/cm ²)	골재치수 (cm)	슬럼프 (cm)	공기량 (%)
210	206	25	15	4.5

〈표 3〉 철근인장시험결과

등급	항복강도 (kgf/cm ²)	최대강도 (kgf/cm ²)	연신율 (%)	항복비
SD30	3.15, 3.44, 3.53 (3.37)	4.98, 5.45, 5.54 (5.32)	26.7	63

3. 실험결과 및 분석

모든 실험체가 휨모멘트에 의해 중앙부 하부에 초기 크랙이 발생하였으며, 하중의 증가와 함께 지점으로 크랙이 확산되어 갔다. 모든 실험체가 항복하중에 도달할 때까지 강성의 저하가 거의 없이 탄성 거동을 하고 있었으며, 항복이후 시험 종료시까지 급격한 내력의 저하없이 충분한 변형능력을 나타내고 있었다.

실험결과는 표 4에 종합하여 나타낸다. 표 중에는 실험치 및 계산치도 나타내고 있다. 표4에 나타

내는 것과 같이 중앙부 크랙발생강도는 모든 보가 계산치인 2.04tf을 크게 상회하고 있으며 가장 조기에 크랙이 발생한 OB-164B 실험체의 경우에도 계산치의 1.45배 전후의 강도에서 크랙이 발생하고 있다. 유공부에 있어서는 크랙의 발생은 유공의 크기가 가장 작은 OB-88 시리즈 실험체(유공비 비율이 22%)에 있어서는 유공부의 보강유무에 관계없이 실험 종료 시까지 크랙은 발생하지 않았다. 그러나 유공의 비가 35%인 경우와 41%인 경우에는 유공부에 크랙이 발생하였으며 크랙 발생강도는 유공이 클수록 낮은 경향을 나타내었다. 또한 크랙강도는 유공부의 콘크리트 단면결손을 고려한 콘크리트만의 전단강도보다는 높게 나타나고 있으나, 늑근에 의한 전단강도를 합한 값에는 미치지 못하고 있다.

최대하중에 있어서는 모든 실험체가 계산치를 10%전후로 상회하고 있으나 유공비에 따른 최대강도의 차이는 나타나지 않고 있다. 이는 모든 실험체가 전단으로 종국상태에 도달하는 것이 아니라 휨모멘트로 최대강도에 도달하기 때문으로 판단된다.

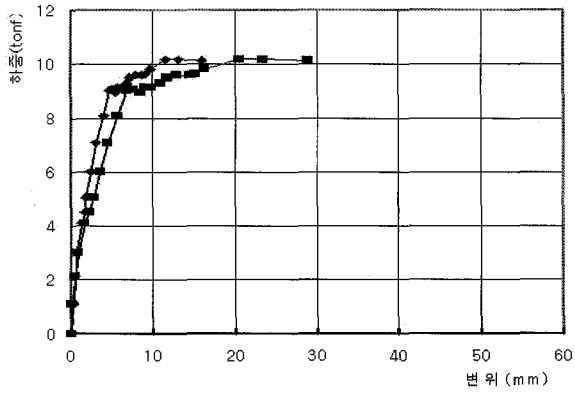
각 실험체별 하중-처짐관계는 그림 3에 나타난다. 그림 중에 ◆표시는 유공부(1/4지점)의 처짐을 ■는 중앙부 처짐을 나타낸다. 실험체중 개구부를 설치하지 않은 NB실험체의 경우 실험체의 설치가 조금 불안정하여 조기에 실험을 종료하였으나, 다른 실험체의 경우에는 중앙부 처짐이 50mm 이상이 되도록 가력을 하였으며, 실험종료 시까지 유공부의 크랙은 발생하였으나 전단으로 부재가 파괴되지

〈표 4〉 실험결과

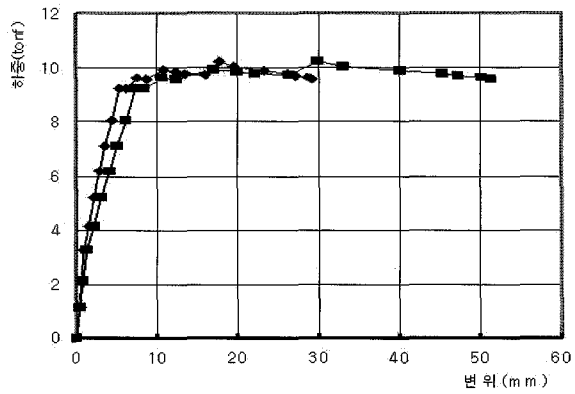
실험체 명	F _{cr} (tonf)			F _o (tonf)			F _{max} (tonf)		
	실험치	계산치	실험치 /계산치	실험치	계산치		실험치	계산치	실험치 /계산치
					V _c	V _s			
NB	4.12	2.04	2.02	-	-	-	10.18	8.84	1.15
OB-88A	3.60		1.76	-	7.34	7.32	10.23		1.16
OB-88B	4.00		1.96	-	7.34	7.32	10.52		1.19
OB-140A	3.55		1.74	7.45	5.69	7.32	10.51		1.19
OB-140B	3.65		1.78	8.00	5.69	7.32	9.66		1.09
OB-164A	3.61		1.77	7.05	5.07	7.32	11.04		1.25
OB-164B	2.96		1.45	7.20	5.07	7.32	10.34		1.17

F_{cr} : 중앙부 초기크랙시 강도, F_o : 유공부의 크랙발생강도, F_y : 항복강도, F_{max} : 최대강도
 V_c : 콘크리트의 전단강도, V_s : 늑근의 전단강도

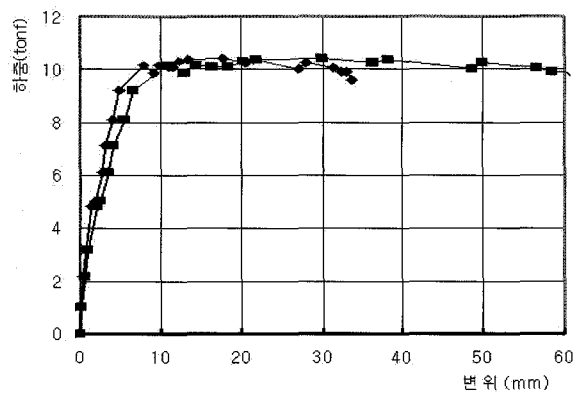
양고 휨에 의해 최대내력에 도달하게 되어 내력의 급격한 저하없이 높은 변형능력을 나타내고 있다.



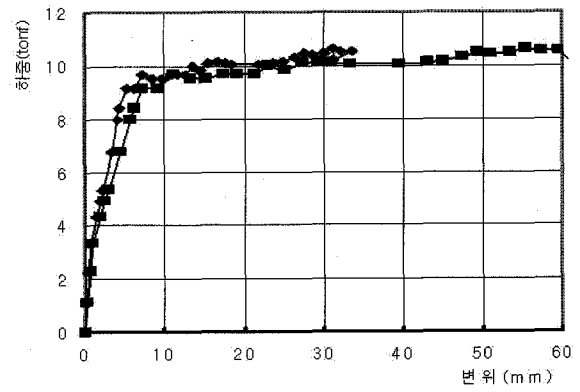
(a) NB실험체



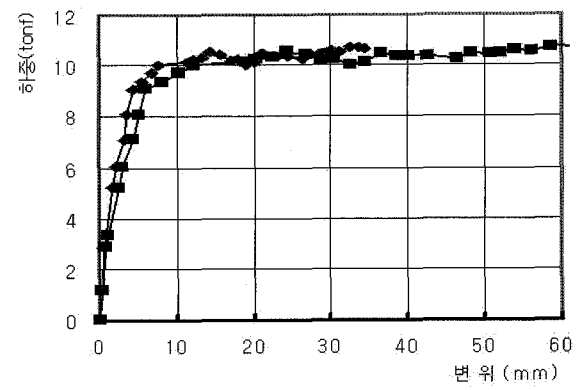
(b) OB-88A실험체



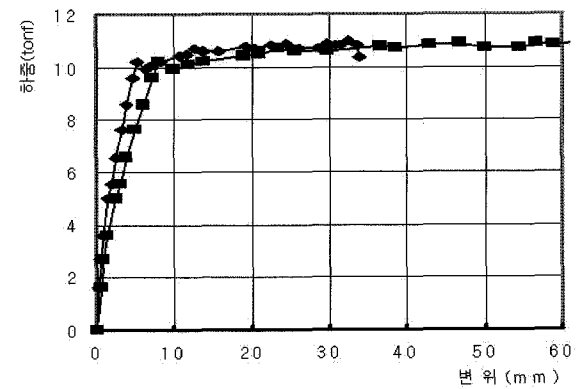
(c) OB-88B실험체



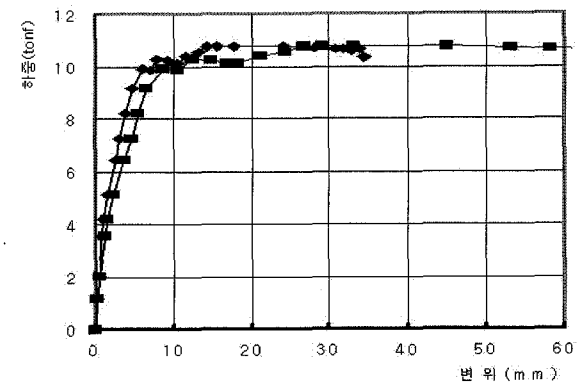
(d) OB-140A실험체



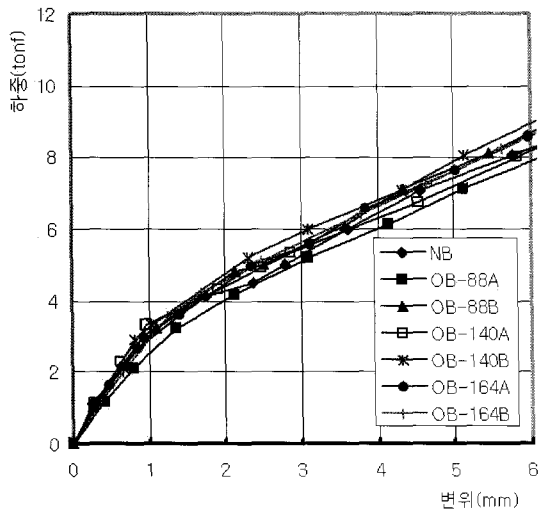
(e) OB-140B실험체



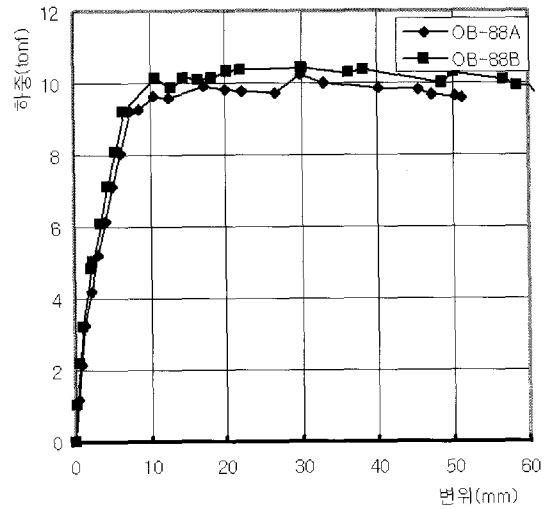
(f) OB-164A실험체



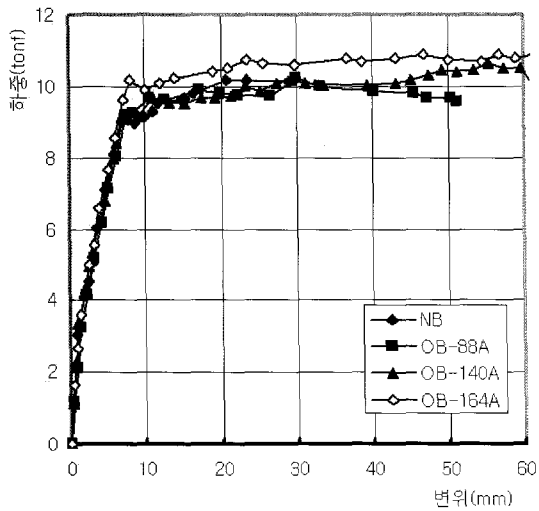
(g) OB-164B실험체



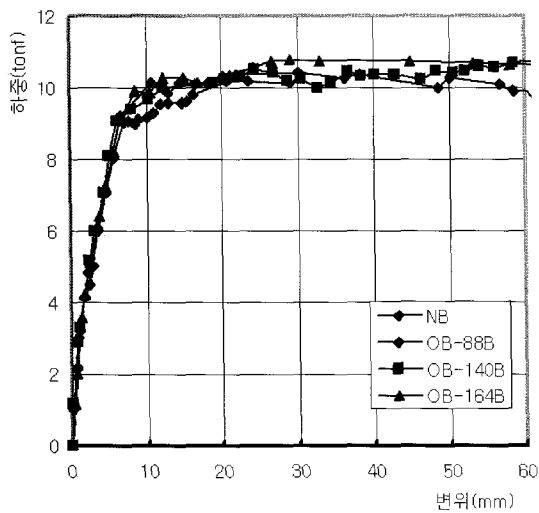
〈그림 4〉 실험체의 초기 강성



〈그림 6〉 보강유무의 비교

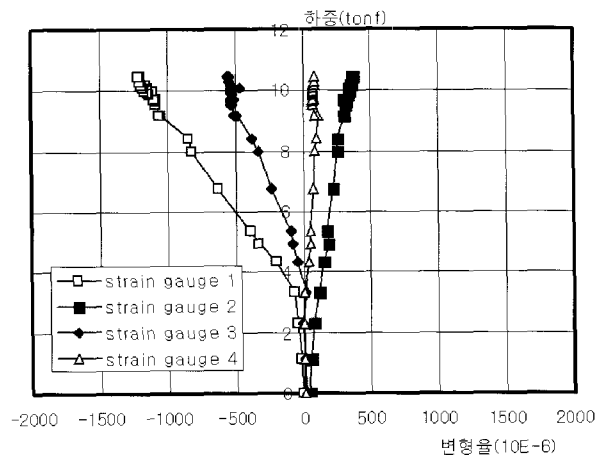


(a) 개구부 크기에 따른 비교 (무보강)

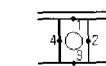


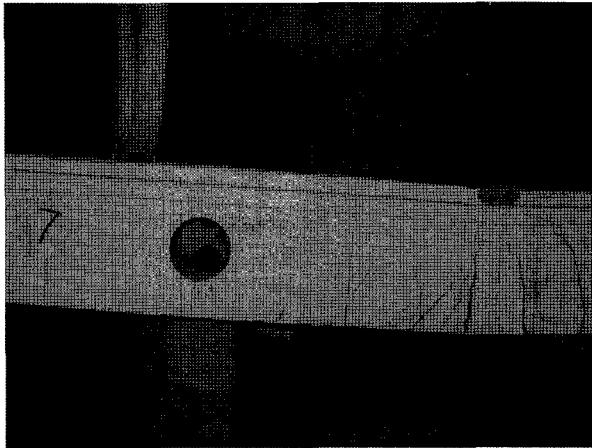
(b) 개구부 크기에 따른 비교 (보강)

〈그림 5〉



〈그림 7〉 하중 단계별 철근의 변형도





〈그림 8〉 실험종료시 파괴상황(OB-164B)

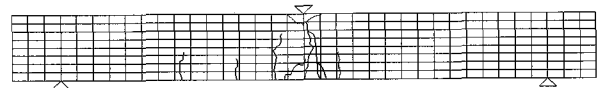
OB-88B 실험체의 경우 보강을 하지 않은 OB-88A 실험체에 비해 강성 및 내력에 있어서 조금 높은 경향을 나타내고 있다.

그림 7은 하중 단계별 개구부 주변의 철근변형율을 나타내고 있다. 그림 중의 1,3번 계이저는 수평 철근의 변형율을 나타내고, 2,4번 계이저는 수직 철근의 변형율을 나타내고 있다. 그림에서와 같이 하중이 증가함에 따라 전단에 의한 수직 철근의 변형보다 휨모멘트에 의한 수평 철근의 변형이 크게 증가하고 있어 전단력보다 휨모멘트의 지배를 받고 있음을 알 수 있다.

실험종료 후의 파괴형상의 일례를 그림 8에, 실험체별 크랙도는 그림 9에 나타낸다. 모든 실험체가 초기에 중앙부 하단에 크랙이 발생한 후 하중의 재분배에 의해 지점으로 크랙이 진전되었으며, 개구부 주변의 크랙은 유공비가 22인 경우에는 전혀 발생하지 않고 있음을 알 수 있다. 그러나 유공의 크기가 30% 넘는 OB-140A, B 및 OB-164A, B 실험체의 경우에는 중앙부 크랙 발생 이후 하중의 증가에 따라 유공이 설치된 방향으로 크랙의 진전이 나타나며 종국적으로 개구부 주변에 크랙이 발생하고 있다.

4. 결론

본 연구에서는 휨모멘트가 지배하는 철근 콘크리트 보를 대상으로 개구부를 설치할 경우의 역학



NB 실험체



OB-88A 실험체



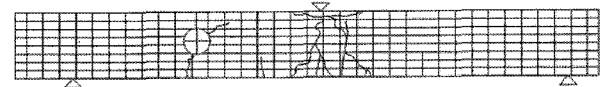
OB-88B 실험체



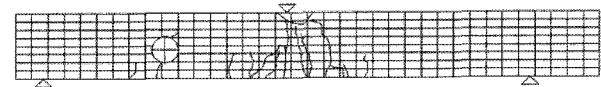
OB-140A 실험체



OB-140B 실험체



OB-168A 실험체



OB-168B 실험체

〈그림 9〉 실험체 별 크랙도

적 특성을 파악하기 위해 유공비(개구부의 크기와 보폭의 비)를 변수로 실험을 수행하였으며 얻어진 결론은 아래와 같다.

1. 휨모멘트가 지배하는 유공보의 경우, 유공의 크기에 따른 내력의 차이는 발생하지 않는다.
2. 휨모멘트에 의해 지배 받는 철근 콘크리트 보의 경우, 유공비가 30% 넘는 경우에도 개구부가 설치되지 않은 보와 구조적 거동의 차이는 발생하지 않고 있다.
3. 모든 실험체가 항복하중에 도달하기 이전까지 강성의 저하가 거의 발생하지 않고 있으며, 최대 내력이후에도 급격한 내력의 저하없이 안정된 이력 거동을 나타내고 있다.
4. 크랙은 초기에는 중앙부 하부에 발생하였으나, 하중의 증가와 함께 유공위치방향으로 크랙의 확산이 나타나고 있다.

참고문헌

1. 日本建築學會, “鐵筋コン크리트構造計算規準
同解説”, 1989
2. 대한건축학회, “극한강도 설계법에 의한 철근콘
크리트 구조계산규준 및 해설”, 1994
3. 오승석, 이청수, 조창호, 김정섭, “철근 콘크리트
개방형 유공보에 관한 연구”, 대한건축학회 논문
집 제13권3호 통권101호 pp313-323, 1997.3
4. 石渡康弘 외, “鐵筋コン크리트造有孔梁の變
形能に關する實驗的研究”, 콘크리트工學年
次論文報告集 vol.16. No.2 pp.395-400, 1994
5. 大須賀浩 외, “偏心開口を有する鐵筋コンク
リート梁の實驗研究”, 콘크리트工學年次論
文報告集 vol.12. No.2 pp.227-232, 1992
6. 양창진, 안상호, “춤이 큰 유공보의 전단파괴거동
에 관한 연구”, 대한건축학회 논문집, 구조계 15
권 9호(통권131호) pp.3-10, 1999.9.