

페타이어 유공 철근콘크리트보의 내력에 관한 실험적연구

손기상* · 이원균*

서울산업대학교 안전공학과 · *GS유통(주)

(2005. 4. 15. 접수 / 2005. 12. 9. 채택)

Experimental Study on the Capacity of Holed RC Beam Mixed with Waste Tire Particles

Ki Sang SON* · Won Gyun LEE*

Department of Safety Engineering, Seoul National University of Technology

*GSretail, Co. Ltd

(Received April 15, 2005 / Accepted December 9, 2005)

Abstract : This Study is to find out how RC beam mixed with sawdust acts comparing with normal beam without sawdust mixture, and how they can be applied to the actual structural frame, despite a fact that they are mixed with waste material ; saying sawdust.

ED3H1, ED3H2, ED5H1, ED5H2, ED3H1UB, ED5H1UB, ED3H2L, ED5H2L and Normal without sawdust mixture are main factor to be tested here in order to apply them to the actual case. D and H means diameter 3cm or 5cm, and holes one and two respectively. And all variables are tested with each two for one variables.

Test results are compared using crack diagrams and strain & loads.

There are eleven(11)% capacity decrease between ED 3H1and ED5H1 in rebar, strain.

Left and right side crack shapes are much similar in variable ED3H2L having maximum capacity 14.5 tone. ED5H2L having maximum capacity thirteen(13)tone, in case of normal 19.6 tone.

Two holes in beam rather on the longitudinal direction than on the forcing direction can be more effective to keep the original capacity of the beam because this case can distribute load more uniformly.

There is 33% capacity decreased in case of diameter five(5)cm, compared to diameter three(3)cm.

Two holes give thirty nine(39) percent capacity decrease than one of diameter three(3)cm.

Key Words : diameter of hole, holed beam, sawdust-mixed beam, structural member behavior

1. 서 론

요즈음 건축물이 고층화되는 추세에 있어서 건축물의 층고를 줄일 수 있다는 것은 경제적인 측면에서 매우 중요한 일이라 하겠다.

이에 따라 보에 채측과 교차되도록 관통공을 설치하는 유공 보의 설치는 공기조화설비, 전기설비, 위생설비 등의 설치공간을 경제적으로 제공하고 사장공간(Dead Space)을 줄일 수 있는 이점이 있다고 할 수 있다. 그러나 보에 관통공을 설치함으로써 단

면손실에 의한 내력, 강성 또는 변형 등의 원인이 건축물의 구조안전에 영향을 주기 때문에 이러한 영향에 대한 연구는 국내에서도 1985년부터 현재까지 계속 이루어졌다¹⁻⁹⁾.

하지만, 국민경제 수준의 향상과 자동차 산업의 발전에 따른 부수물인 페타이어의 재활용과 접목시킨 유공 보에 대한 연구는 없었고^{8,9)}, 본 연구에서는 페타이어 파쇄조각을 혼입한 철근콘크리트 유공 보와 일반적인 철근콘크리트 보를 동시에 제작하여 부재의 거동에 관한 구조실험을 통하여 구조물의 적용성을 파악하는데 주요 목적이 있다.

일반적인 콘크리트 보는 휨모멘트, 전단력, 비틀림과 같은 3가지의 하중 조건을 받게 된다. 철근 콘

* To whom correspondence should be addressed.
ksson@snut.ac.kr

크리트 보에서 부재 축에 수직방향으로 하중이 작용하면, 휨과 전단 변형이 주요한 변형이 된다. 이때 실제 구조물의 해석과 설계과정에서 구조물의 응력과 변형을 계산할 때에는 보 이론의 평면유지법칙이 어느 정도 만족하는 지를 검토하여야 한다.

건축물의 철근 콘크리트 개방형 유공 보에 있어서 관통으로 인한 보의 단면 손실은 보의 전단내력에 많은 영향을 미치므로 유공위치에 따른 유공 보의 내력 검토를 주 고찰로 한다.

유공 보는 구멍의 크기, 형태, 위치, 개수 등의 많은 변수가 있다. 따라서 타이어가 가지고 있는 인장능력이 콘크리트 보에 첨가되어 구멍 주변의 크랙과 내력의 변화를 측정하였다.

재하방법은 하중속도를 일정하게 유지하면서 파괴시까지 일정한 속도로 재하 하였다. 시험체의 변위는 보의 중앙과 구멍주변에 4개의 게이지를 부착하였고, 또한 주근에도 한 개의 철근 게이지를 부착하여 변형을 기록하였다.

실험체로부터 얻고자 하는 요인은 ED3HI, ED3HIUB, ED3H2, ED3H2L, ED5HI, ED5HIUB, ED5H2, ED5H2L, Normal을 변수로 제작하여 각 거동으로부터 구조물 적용성을 분석 제시하고자 하였다(Table 1).

2. 실험계획

실험체의 변수명은 구멍직경 3cm, 5cm 두 가지로 구분하고, 같은 보에 구멍이 1개 인지 2개인지 여부 구멍위치가 재축상에 있는지 여부, 구멍위치가 재축에 직각방향으로 2개 있는 경우로 구분하여 변수로 하였다.

2.1. 콘크리트의 배합

페타이어를 혼입한 콘크리트의 품질과 강도에 영향을 주는 각 인자를 기존 강도와 비교하기 위하여

콘크리트 배합은 D레미콘사의 슬럼프가 15cm인 240 kg/cm² 강도 배합설계에 일정하게 10mm크기의 페타이어 파쇄 입자를 1.0%로 혼입하였고, 경험적 설계를 이용하여 보다 높은 실험의 신뢰도를 얻도록 하였다. 변형게이지는 철근에 1개(보부재의 중앙), 구멍주변에 수직, 수평방향 2개를 보부재의 중앙에 수평, 수직방향 2개를 부착하여 체크하였다.

2.2. 압축강도시험

콘크리트의 압축강도를 테스트 위해 $\phi 10 \times 20$ cm의 공시체를 제령 28일간 20±3℃에서 양생한 후 BS EN ISP9001 인증을 받은 콘크리트압축강도기(Concrete Compression Machine, Fig. 3.6)를 사용하였고, KS F 2405에 의하여 하중을 가하는 속도를 매초 0.6±0.4N/mm²의 충격이 없는 일정한 속도로 하중을 가하여 파괴에 이르도록 하였다. 압축강도를 구하기 위한 식은 다음과 같다.

2.3. RC유공 보의 휨강도

RC 부재의 휨강도 측정을 위하여 철근 SD40 D13을 주근, SD40 D10으로 11개의 띠근을 만들어 20×30×160cm의 공시체를 제작하였다.

매초 0.06±0.04N/mm²의 일정한 속도로 가압하였다. 또한 변형률 측정을 위하여 부재 중심에 스트레인 게이지(제조사 : Tokyo Sokki)를 중앙부와 구멍에 2축 방향으로 부착하고 Statics Data Logger(모델명 : DTS-602, 제조사 Tokyo Sokki)에 연결하여 X, Y축의 변형률을 측정하였다.

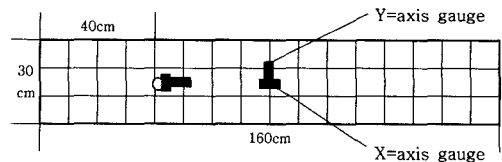


Fig. 1. Arrangement of strain gauges.

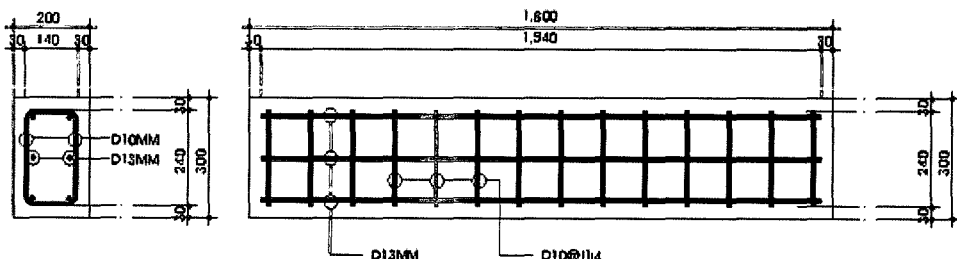


Fig. 2. Member section diagram with rebar.

Table 1. Description of variables

Variable name		Description(H=hole, D=직경)	remarks
ED3H1	ED3H1-1	3cm 구멍, 1개의 첫 번째 실험	
	ED3H1-2	3cm 구멍, 1개의 두 번째 실험	
ED3H2	ED3H2-1	3cm, 구멍 2개의 첫 번째 실험	재축에 직각으로 2개
	ED3H2-2	3cm, 구멍 2개의 두 번째 실험	재축에 직각으로 2개
ED3H2L	ED3H2L-1	3cm, 구멍 2개의 첫 번째 실험	재축상에
	ED3H2L-2	3cm, 구멍 2개의 두 번째 실험	재축상에
ED3HIUB	ED3HIUB-1	3cm 구멍, 1개의 첫 번째 실험	중심축에서 벗어나 있을때
	ED3HIUB-2	3cm 구멍, 1개의 두 번째 실험	중심축에서 벗어나 있을때
ED5H1	ED5H1-1	5cm 구멍, 1개의 첫 번째 실험	
	ED5H1-2	5cm 구멍, 1개의 두 번째 실험	
ED5H2	ED5H2-1	5cm 구멍, 2개의 첫 번째 실험	재축에 직각으로 2개
	ED5H2-2	5cm 구멍, 2개의 두 번째 실험	재축에 직각으로 2개
ED5H2L	ED5H2L-1	5cm 구멍, 2개의 첫 번째 실험	재축상에
	ED5H2L-2	5cm 구멍, 2개의 두 번째 실험	재축상에
ED5HIUB	ED5HIUB-1	5cm 구멍, 1개의 첫 번째 실험	재축상에 벗어나 있을때
	ED5HIUB-2	5cm 구멍, 1개의 두 번째 실험	재축상에 벗어나 있을때
NOR	NOR-1	구멍없고, 페타이어를 섞지 않은	일반콘크리트
	NOR-2	구멍없고, 페타이어를 섞지 않은	일반콘크리트

3. 실험결과 및 분석

3.1. 균열형태의 분석

본 실험결과 구멍 직경 3cm인 ED3HUB1는 최대 15t까지 균열 저항을 보였으며 대체로 좌·우 대칭을 이루는 전단 균열을 보였고, 구멍직경 5cm인 ED5HIUB는 11t 이후부터는 구멍 5cm의 영향을 받아 최대 12.3t의 저항력을 보였으나 구멍이 없는 우측에서는 최대 15.5t까지 내력을 보였다.

3cm직경인 경우 같은 구멍2개 일지라도 하중과 같은 수직 방향으로 2개있는 경우는 좌우 대칭으로 유사한 최대 16t의 내력을 보였고, 구멍직경 5cm 1

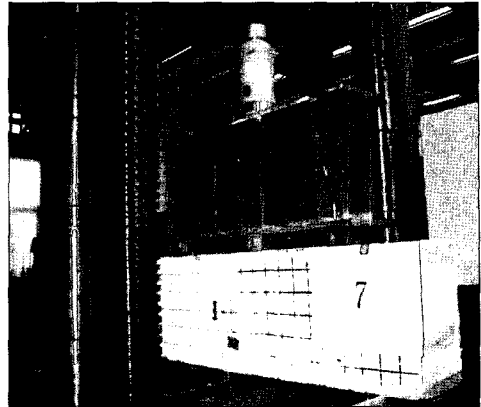


Fig. 3. Experimental set up for flexural strength of RC beam.

Table 2. Compressive strength material mixed with waste tyre

	1	2	3	4	5	6	AVG.
NORMAL	270	231	255	270	261	264	258
waste tyre mixed	231	255	253	261	243	251	249

(kg/cm²)

개인 ED5H1의 경우 13.5t, 13t으로 좌·우 대칭적인 전단균열을 보이고 있다. 또한 직경 3cm 구멍이 2개가 재축방향 즉 X방향으로 있는 경우는 14.5t, 14t으로 좌·우 대칭균열로 내력을 보였다.

직경 3cm인 구멍 2개가 X축 방향 즉 하중 가력 방향으로 있을 때 최대 20t의 내력을 좌우 똑같이 받고 균열양상 또한 대칭을 보였다.

구멍직경 3cm 1개인 경우 X축변형은 구멍 주변과 보 부재의 중양을 비교하는데 보부재의 중양에서와 구멍 주변에서의 휨 변형이 차이가 거의 없는 것으로 나타났다.

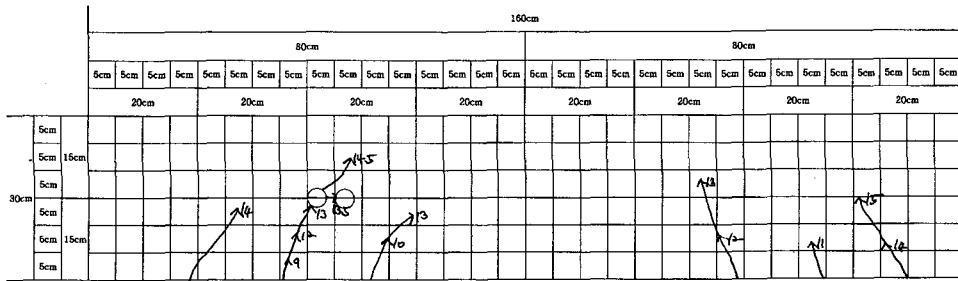
3.2. 압축강도

실험체를 제작시 Normal과 페타이어가 1.0% 혼합된 원형 10×20cm 몰드를 각각 6개씩 제작하여 강도측정을 시행하였다. 원형몰드의 압축강도에는 페타이어가 혼합된 콘크리트가 보통 일반 콘크리트 (Normal)대비 3.8%감소하였다.

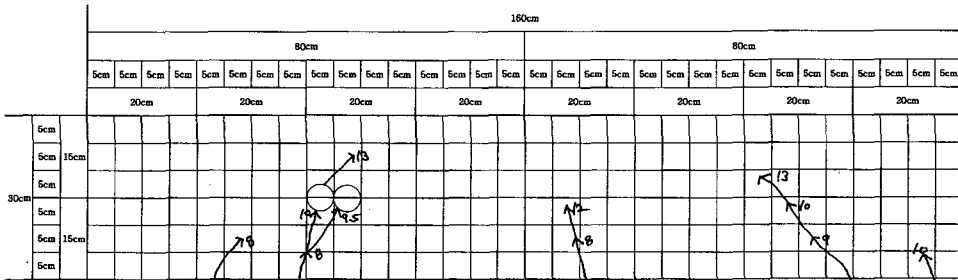
3.3. 유공보의 균열도

(a)에서는 좌측 구멍주변 13.5톤, 우측 13톤이 최대이며, (b)는 좌우 13톤씩이었고, (c)는 15톤, 14.5톤이다. 재축에서 벗어나 하단에 직경 5cm구멍이 있는 (d)는 14톤, 15.5톤이고 중앙에서 16.2톤까지 재축에 직각방향으로 즉 Y방향으로 구멍 직경 3cm가

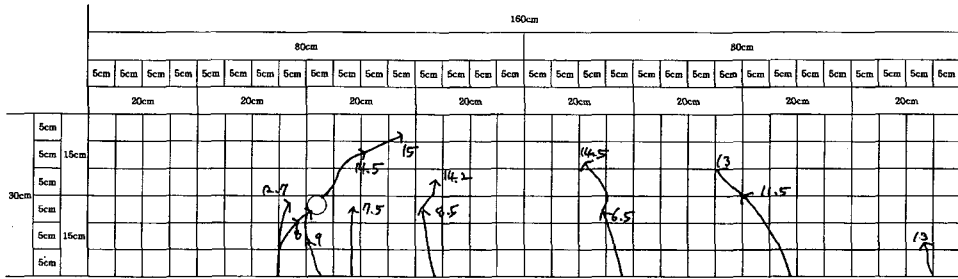
페타이어 유공 철근콘크리트보의 내력에 관한 실험적연구



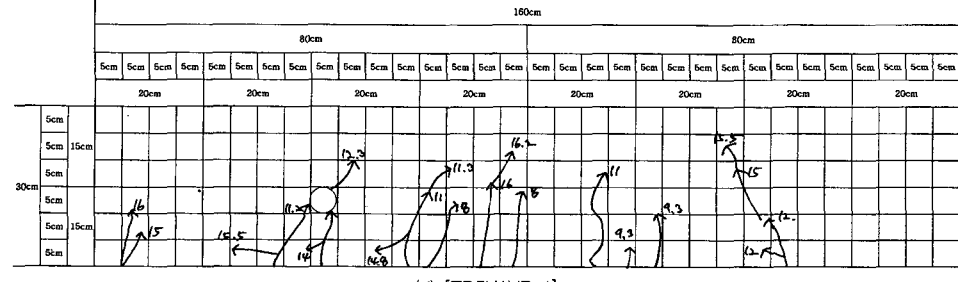
(a) [ED3H2L-2]



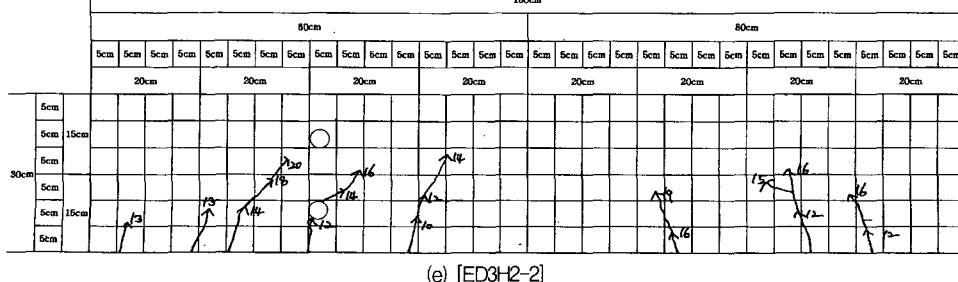
(b) [ED5H2L-1]



(c) [ED3HUB-1]



(d) [ED5H1UB-1]



(e) [ED3H2-2]

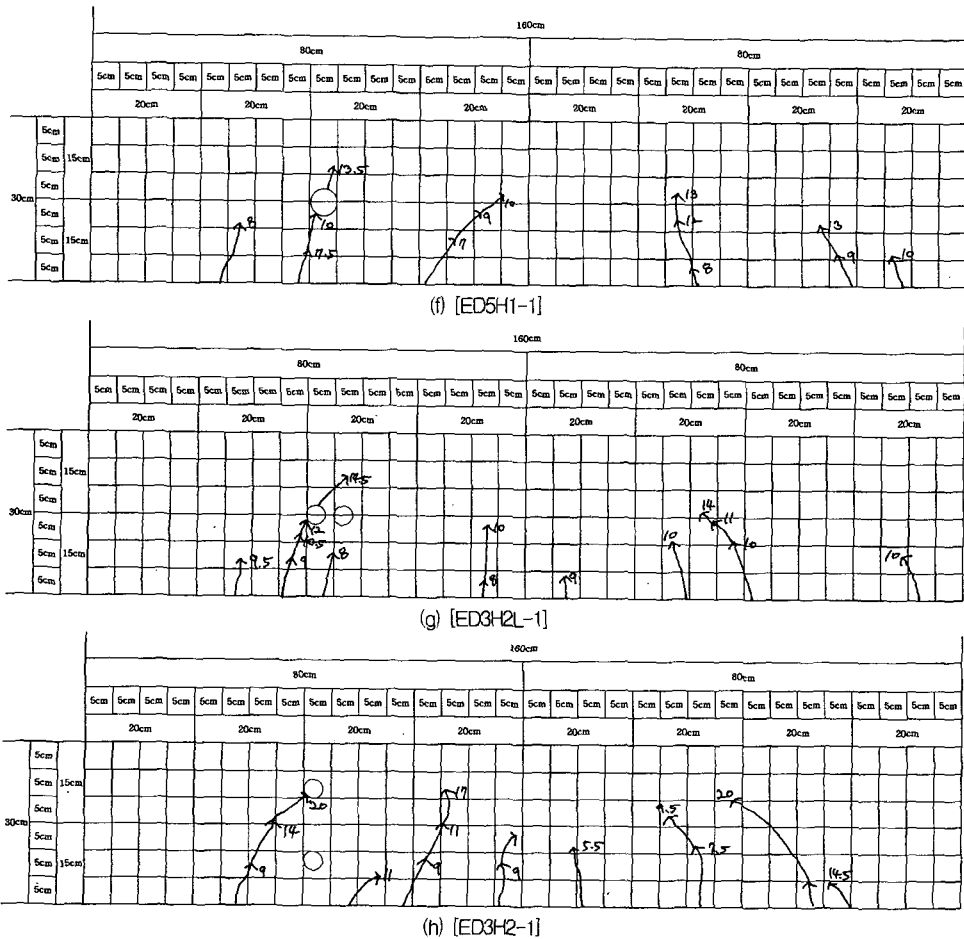


Fig. 4. Crack diagram of test beam.

위, 아래 2개 있는(e)는 구멍 주변에서 최대 20톤, 구멍이 없는 우측에서 16톤이 최대이었다. (f)는 좌측 구멍주변 13.5톤, 우측 13톤으로 나타났다. (g)는 직경 3cm구멍이 좌측에 재축방향으로 2개있는데 좌측 14.5톤, 우측 14톤으로 큰 차이없이 나타났고, (h)는 좌측에 직경 3cm구멍이 재축에 직각 방향 즉 Y 방향으로 2개있는 경우로서 20톤, 구멍이 없는 우측은 20톤으로 나타났다. 전반적으로 직경 3cm구멍의 경우인 (a),(c),(e),(g),(h)의 경우 좌우 대칭으로 사인장 균열을 나타냈다.

3.4. 휨강도와 하중 변형도

상기 Table 3의 C는 보부재의 재축상의 중앙점에 부착된 게이지 위치를, H는 구멍옆에 부착된 게이지 위치를 의미한다. 각 위치에는 X방향(재축방향), Y방향(재축에 직각방향)을 의미한다.

구멍 직경 5cm 하나인 ED5H1UB에서 재축에서 벗어나 있는 경우로서 변형이 구멍 주변에서는 대각변형을 일으키고, 구멍이 없는 중앙에서는 가력하중에 따라 변형량도 커지지만 Y방향의 변형은 중앙과 구멍주변이 같은 변형 양상을 보였다. 같은 구멍 직경 5cm인 ED5H2L에서는 2개가 있으며 구멍 주변의 재축방향, 직각방향 중앙지점의 Y방향이 같은 변형, 즉 최대 하중까지 변형이 거의 발생하지 않았다.

4. 고 찰

구멍이 있는 ED3H2L에서 주변의 균열과 구멍이 없는 곳의 주변 균열 양상은 하중으로 It차이에 불과하고 좌, 우 전단균열도 대칭으로 나타난 것은 직경 3cm구멍이 2개 있는 것이 보의 내력에 큰 영향을 미치지 않는 것으로 사료된다.

Table 3. Test results of load and strain

	LOAD (ton)	C-X(ϵ)	H-X(ϵ)	C-Y(ϵ)	H-Y(ϵ)	REBAR (ϵ)
ED3H1-1	12.09	2219	-44	230	382	1596
ED3H1-2	14.43	50	-61	-60	-127	873
ED3H2-1	24.0	1321	-128	53	1035	976
ED3H2-2	22.06	1318	-286	508	974	2934
ED3H2L-1	15.27	324	1614	-20	464	1569
ED3H2L-2	15.06	2148	-170	228	-30	1799
ED3H1UB-1	15.36	2623	-128	144	344	1098
ED3H1UB-2	18.15	2027	-324	459	-183	6834
ED5H1-1	14.07	574	1329	183	566	1425
ED3H1-2	15.18	999	2028	-98	250	1009
ED5H2-1	13.05	1001	-109	59	-127	999
ED5H2-2	14.10	1471	-188	180	558	1755
ED5H2L-1	13.05	1332	1799	14	635	791
ED5H2L-2	13.8	2081	-61	-35	-98	1072
ED5H1UB-1	16.23	2359	3538	-65	63	1866
ED5H1UB-2	13.24	1999	1681	-81	-101	1601
NOR-1	18.96	550	-399	136	-409	5557
NOR-2	20.49	1459	-301	406	-180	1356

기준 Normal RC보는 일반적인 철근 콘크리트 보의 거동과 유사하였으며, 구멍이 3cm인 보가 구멍 5cm인 보에 비해 강도가 높게 측정되었으며, ED3H1과 ED5H1의 주근의 변화는 유사한 값을 보이나 강도에서는 약11%적게 나타났다.

구멍 직경이 5cm인 ED5H2L의 경우 하중 8t까지는 좌·우 대칭 전단 균열을 보이고 있으나 10t부터 5cm구멍 2개가 재축에 나란히 있는 영향으로 휨 균열 양상을 보이고 있어 기존구조물 배관 관통시 구조적으로 문제가 될 수 있는 것으로 판단된다.

구멍 직경 3cm이지만 재축 방향을 벗어나 있는 경우 보부재의 중앙과 구멍주변의 X방향 변형은 중앙에서의 휨 변형 인장변형이었으나 구멍 주변에서는 거의 수직변형의 양상을 보였으며, 구멍 3cm직경 2개가 ED3H2의 경우 Y축 즉 가력방향으로 있을 경우 변형은 중앙에서는 휨 변형이지만, 구멍 주변은 인장부분이 거의 없는 양상을 보였으며 이는 Y방향으로 직경 3cm구멍이 1개일때와 2개일때 유사한 양상을 설계시 고려 할 수 있다.

ED3H2L 3cm 구멍직경 2개가 재축방향으로 2개 있는 경우 구멍 주변과 부재 중앙부분의 변형은 2개 소 모두 인장변형을 보여 직경 5cm일때와 달리 구

조부재 기능을 가질 수 있는 것으로 볼 수 있다.

ED5H 구멍직경 5cm인 경우 부대 중앙과 구멍주변의 재축방향변형 비교는 두 가지 모두 인장 변형을 보였고 ED5H2 직경 5cm구멍 2개가 하중가력방향으로 2개있는 경우 보의 중앙 위치와 구멍 주변의 변형비교는 보의 중앙에서는 인장 변형을 보이지만 구멍주변은 인장 변형이 미소하게 인장력 보강은 유공 보의 중앙에 고려되어야 할 것으로 사료된다.

ED5H2L은 구멍직경 5cm 2개가 보의 재축방향에 있는 것으로 보의 중앙의 변형은 인장변형을 보이고 있으나 구멍 주변에서는 거의 인장변형이 미소하여 가력방향인 Y축방향의 변형과 거의 같은 양상을 보이는 것은 하중이 집중되는 중앙지점이 아닌 위치에서 수직 방향에 배치된 구멍 내력에 유리하다.

페타이어가 혼입되지 않은 Normal의 경우 보의 중앙과 구멍 주변의 변형은 큰 차이가 없이 인장 변형이 유사하게 많았으며, 구멍 직경 3cm인 ED3H2L, ED3HUB, ED3H2, ED3H2L, ED3H2는 좌우 대칭인 사인장 균열을 보였고 최대 응력의 차이가 거의 없는 것으로 분석되었다.

5. 결 론

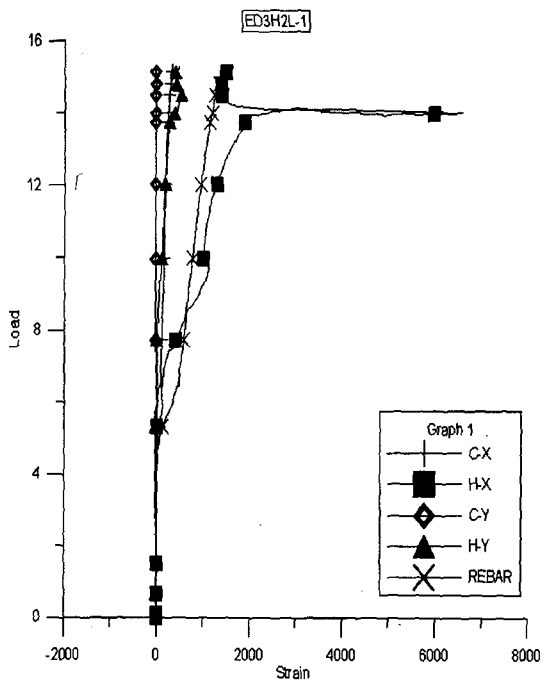
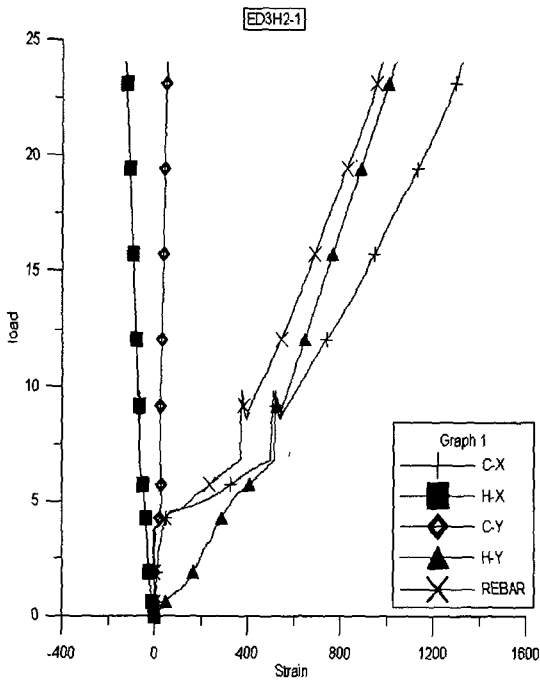
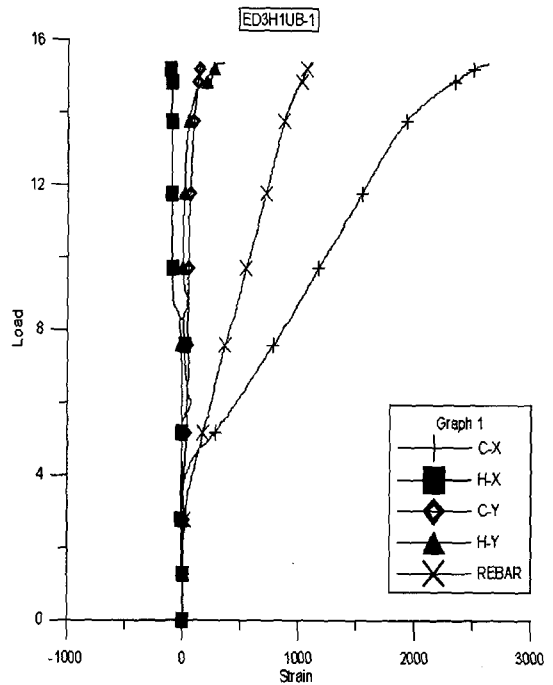
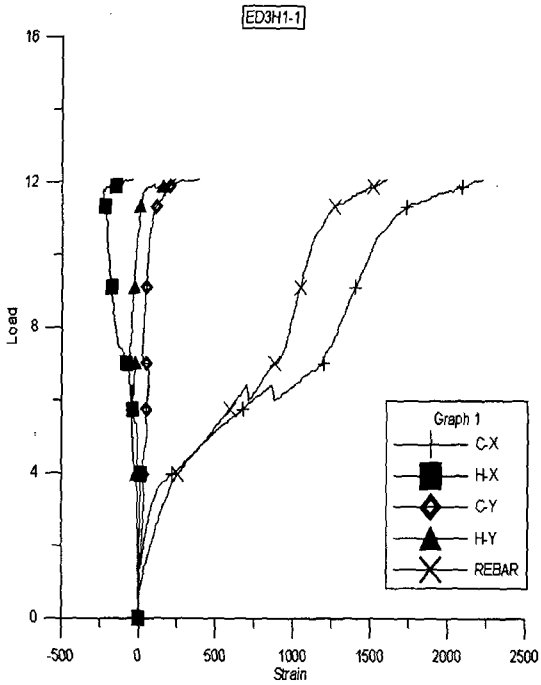
본 연구에서는 구멍이 관통된 보의 내력을 구명하기 위하여 총 18개의 실험체를 제작하였다. 실험을 통해 얻은 보의 휨 내력은 기존 철근 콘크리트의 값과 비교하여 유공 보의 타당성과 적용성을 실험적으로 접근하여 규명하고자 하였다.

1) 구멍직경 3cm 2개가 가력 방향으로 있는 것보다 재축방향으로 있는 것이 보 부재의 인장응력을 분산하여 구멍 주변의 집중을 완화시켜 구조부재인 보작용에 보다 유효하다.

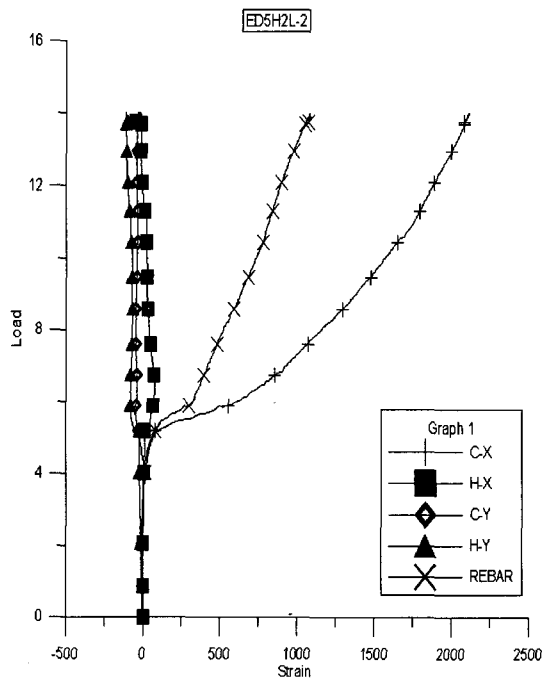
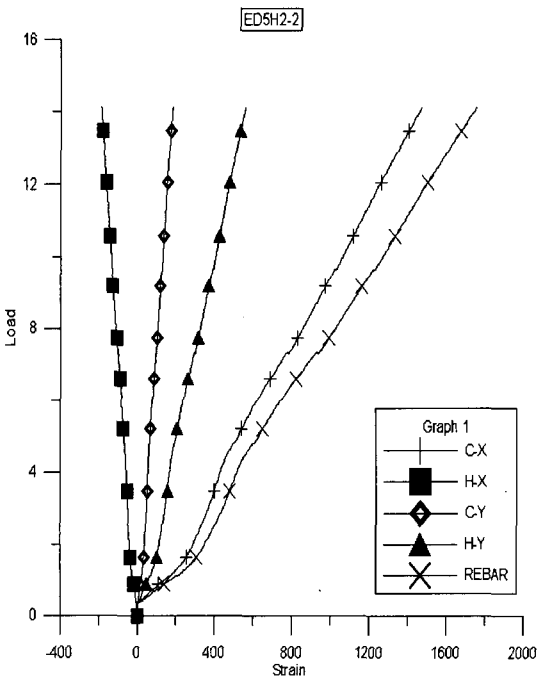
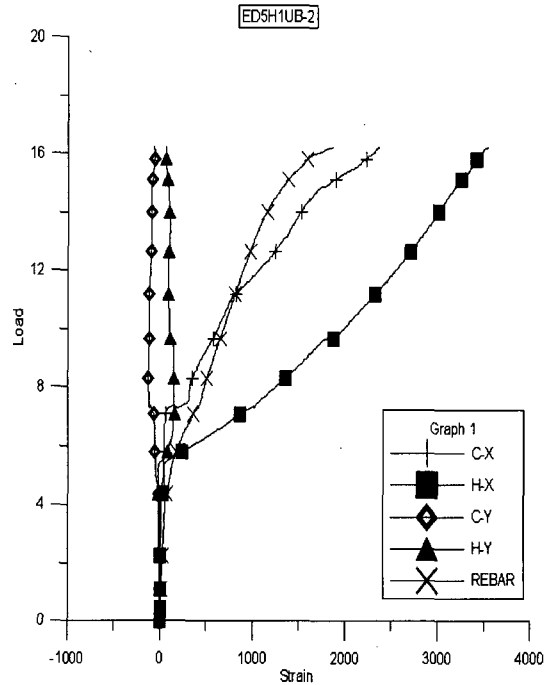
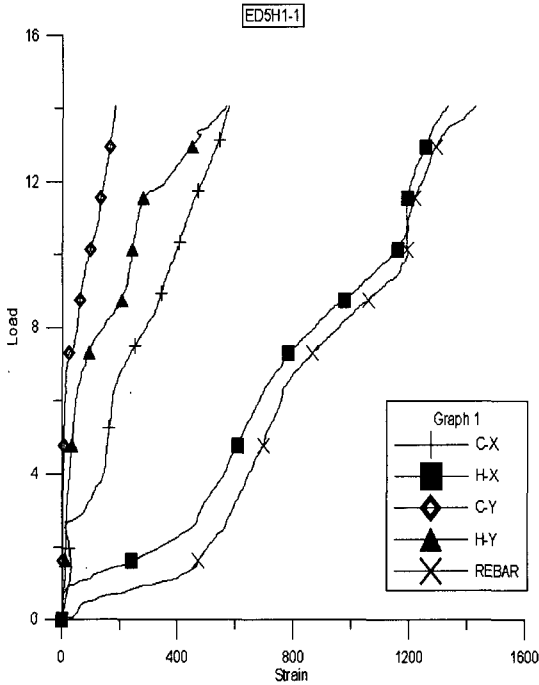
2) 직경 5cm구멍 2개가 가력 방향으로 있는 것과 3cm 2개가 가력방향으로 있는 보 부재의 인장응력의 최대값 차이는 33%이다.

3) 직경 3cm구멍이 재축방향에 한 개 있을때와 2개 있을 경우는 39%인장내력이 감소된다.

4) 직경 3cm구멍의 경우 개수 위치와 상관없이 하중 분배가 균형적으로 이루어지므로 기존 건물 배관에 적용 할 수 있다.



페타이어 유공 철근콘크리트보의 내력에 관한 실험적연구



참고문헌

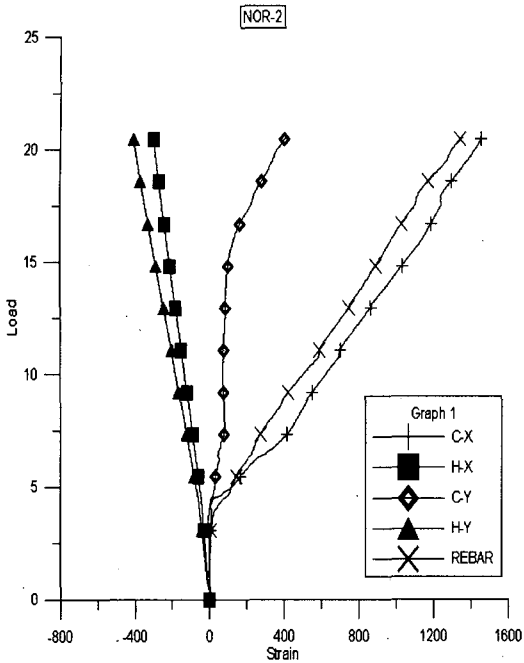


Fig. 5. Relationship between load and strain.

- 1) 김오신, “시멘트 공업의 페타이어 활용방안”, 대한타이어협회, pp. 31~41, 2003.
- 2) 타이어공업협회, “타이어”, pp. 49, 2004.2.
- 3) 타이어공업협회, “타이어”, pp. 56~57, 2004.2.
- 4) Guoqiang Li 외 5인, “Development of wasted tire modified concrete”, Cement and Concrete Research, p. 1~10, 2004.
- 5) 박금준, “2001년 페타이어 회수 및 처리 현황 및 2002년 전망”, pp. 33~39, 타이어 2002.1.
- 6) Frank, M. Rich, “Use of Tire Rubber in Asphalt Pavements in Sweden”, Report of Borlange, Sweden, pp. 35, 1993.
- 7) Peter, J.Bosscher, Tuncer, B.Edil and Neil, N. Eldin, “Construction and Performance of a Shredded Wasted tire test embankment”, Transportation Research Record NO. B45, pp. 45~51, 1992.
- 8) 김영찬, “페타이어 미분말을 이용한 경량콘크리트의 개발에 관한 연구”, 순천대학교 석사학위논문, pp. 3~6, 2001.
- 9) 서치호, “경량 콘크리트의 성질에 관한 실험적 연구”, 한양대학교 대학원 석사학위논문, pp. 29~31, 1985.