

폐톱밥 혼입 RC 유공보의 구조거동에 관한 실험적 연구

손기상^{*†} · 이재형

^{*}서울산업대학교 안전공학과 · CJ(주)
(2005. 4. 15. 접수 / 2006. 1. 5. 채택)

Structural Behavior of Holed RC Beam mixed with Sawdust

Ki Sang SON^{*†} · Jae Hyeong LEE

^{*}Department of Safety Engineering, Seoul National University of Technology · CJ, Co. Ltd
(Received April 15, 2005 / Accepted January 5, 2006)

Abstract : This study is to find out how the sawdust-mixed RC beam with holes acts compared to two case of normal one with sawdust without hole, without sawdust.

variables are ED3H1, ED3H2, ED3H1UB, ED3H2L, ED5H1, ED5H1UB, ED5H2, ED5H2L, Normal with sawdust PLA without sawdust. All sand, aggregate, cement are in accordance with KS. mixing design is also in accordance with KS and done at D remicon company in order to decrease any error in mixing manually.

ED3H1 showed 7tone of maximum load capacity having only minor tensile deformation around hole, compared to the center of the beam.

ED5H2L showed almost same shape of tensile strain between hole area and center of two beam length, while having 9.5 tone load capacity, incase of two holes being in the longitudinal axis. But ED5H2 in case of two holes being in same forcing direction showed 8.4tone of load capacity while having minor tensile chape around hole and normal tensile shape in the center of beam length.

Two diameter 3cm hole in longitudinal axis give more effective behavior than the other case, practically.

Capacity decrease between 5cm and 3cm in eccentric position form the longitudinal axis is less than percents.

There is minor capacity difference between hole diameter 3cm hole, but 13tone difference of load capacity between hole diameter 5cm.

Key Words : sawdust, drilled beam, structural behavior, RC beam

1. 서 론

건축기술의 눈부신 발달로 오늘날 구조물은 더욱 고층화, 대형화, 고밀도화, 지능화 되고 있고, 최근에는 우리나라의 건설회사들이 세계적인 고층건물을 잇달아 준공 또는 수주하는 등 고층구조물은 한나라 건축기술의 꽃이자 과학기술의 집약체로서 평가받기도 한다. 이에 구조설계의 주요 요건인 구조물의 안전성, 사용성, 경제성 중에서 경제적인 측면에서의 유공보의 연구는 많은 연구가 이루어져 왔고 특히 구조물의 고층화와 공간의 효율적인 활용이라는 측면에서 매우 유효한 것으로 사료된다.

철근 콘크리트 유공보의 연구는 국내에서 1985년부터 시작되어 최근까지 진행되어 온 것으로 조사되고 있다. 주요내용은 1985년 “철근콘크리트 원형유공부의 구조적 특성에 관한 연구”가 발표되었고, 1988년 유한요소법을 이용하여 이론과 실험결과치를 비교 연구하였으며, 1994년 순수 휨을 받는 장방향 유공보에 대한 연구 등이 있었다¹⁻⁶⁾.

그러나 폐톱밥을 혼입한 철근콘크리트 보에 대한 거동연구는 없었고, 본 연구에서는 이에 대한 거동을 실험을 통하여 정상적인 철근콘크리트 보를 동시에 제작하여 톱밥혼입 철근콘크리트 부재의 거동에 관한 구조실험을 통하여 구조물 적용성을 파악하는데 주요 목적이 있다.

본 연구에서는 폐톱밥을 콘크리트에 혼입함으로써 콘크리트적 특성과 실제 구조물이나 비구조물에

[†] To whom correspondence should be addressed.
ksson@snut.ac.kr

활용 가능함과 앞으로 기본자료로 활용하기 위한 다음과 같은 단계별 실험 및 분석을 하였다.

실험체 단면은 20cm×30cm, 보 길이는 160cm로 하여 톱밥 혼입 입자를 변수로 하고 철근콘크리트 강도는 상용적인 압축강도 17.65Mpa, 20.59Mpa, 23.54Mpa, 26.48Mpa중에서 실험의 용이성을 위하여 240kg/cm²를 기본으로 제작하여 비교하는 것으로 하였다.

폐톱밥의 혼입은 중량대비 0.5%를 혼입하여 제작하였다. 이 배합이 나온 배경은 폐톱밥을 이용한 기존에 실험을 해본 결과 강도적 측면을 기준으로, 0~0.2%까지는 적합성을 보이고 있지만 압축강도가 급격히 하락하였기에 그 부분을 좀 더 세분화 시켰으며, 2.0%이상의 혼합비율은 사실상 강도 값으로서 의미가 없었으며 배합에 있어서도 어려움이 있기에 제외시켰다.

본 연구에서는 콘크리트에 톱밥을 첨가하여 건축 재료로서 요구되는 주요특성 및 사용재료에 대한 이론을 고찰하고 구조부재로서 거동을 실험을 통하여 제시하고 혼입되지 않은 보통콘크리트 Normal의 경우와 비교하여 구조물에 적용가능성을 제시하는 것이다.

실험으로 확인하고자 하는 요인을 ED3H1, ED3H2, ED3H1UB, ED3H2L, ED5H1, ED5H2, ED5H1UB, ED5H2L, Normal(with sawdust), PLA(without sawdust)이다.

2. 실험계획

2.1. 실험개요

본 실험에 사용한 시멘트는 KS L 5201에 규정된 국내 H사에서 생산된 보통 포틀랜드 시멘트를 사용하였으며, 굵은 골재는 경기도 가평군 산으로 최대 치수 25mm이하이며, D레미콘사에서 직접 공급받아 배합하였다.

사용한 잔골재는 남양주시 광진리산으로 최대크기를 5mm입도로 조정하였고, D레미콘사에서 직접 공급받아 배합하였다.

본 실험에 사용한 배합수는 기름, 산, 염류 등이 포함되지 않은 일반 상수도를 이용하였고, 혼화제는 독립된 공기를 콘크리트 중에 균일하게 분포시키기 위해 사용되는 재료로서 단위수량을 감소시키며 워커빌리티를 증진하기 하기 위하여 국내 S사 제품의 표준형 AE감수제를 사용하였다.

폐톱밥 입자는 제재소에서 목재를 가공하고 남은 폐톱밥을 사용했고 폐톱밥의 주요 목재 비율로는 나

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
ED3H1UB	ED3H1UB-1	3cm 구멍, 1개의 첫 번째 실험	중심축에서 벗어나 있을때
	ED3H1UB-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
ED5H1UB	ED5H1UB-1	5cm 구멍, 1개의 첫 번째 실험	재축상에 벗어나 있을때
	ED5H1UB-2	5cm 구멍, 1개의 두 번째 실험	재축상에 벗어나 있을때
NOR	NOR-1	구멍없고 폐톱밥을 섞지 않은	일반콘크리트
	NOR-2	구멍없고 폐톱밥을 섞지 않은	일반콘크리트

왕 50%, 미송 30%, 그 밖에 참나무, 느티나무 등이 20%정도가 혼합되었으며, 5mm의 체를 사용하여 5mm이하의 폐톱밥만을 사용하였다.

철근은 주근 SD40 D13, 띠근 SD40 D10을 사용하였다.

2.2. 배합설계

폐톱밥이 혼입된 콘크리트의 최적의 배합을 위해서 Table 2와 같이 배합하는 것으로 하였고, 잔골재와 굵은골재 및 혼화제 또한 실제 D레미콘 회사에서 사용하는 것을 사용함으로써 최소한의 오차도 줄이려고 노력하였으며, 배합강도는 240kg/cm²를 기준으로 하였다.

Table 2. mixing proportion of sawdust for 240kg/cm²

No.	W/C	C	W	G	S	ad.	Sawdust	total	
240kg/cm ²	52.3%	343	175	954	846	1.68	0.5%	11.65	2310

2.3. 공시체 제작 및 양생

공시체 제작은 KS F 2425 규정에 따라 제작하였으며, 공시체의 제작 및 양생 중의 온도는 특수한 규정이 없는 한 성형 후 20±3℃의 습윤상태에서 재령 28일까지 양생 후 강도시험을 행한다.

휨강도 시험의 부재는 20cm×30cm×160cm 로 만들고, 배합은 강제식 믹서기를 이용하며, 압축시험기는 KS B 5533의 시험기 등급에 규정하는 1등급 이상의 것으로 한다.

2.4. 톱밥혼입 콘크리트 압축강도 시험

콘크리트의 압축강도 시험은 KS F 2405에 따라 ϕ10×20cm의 공시체를 3개씩 재령 28일간 20±3℃로 수중 양생한 직후 규정에 맞는 압축강도 시험기로 시험하였다. 강도 시험기는 충격을 주지 않도록 똑같은 속도로 하중을 가하며, 하중을 가하는 속도는 압축응력 증가율이 매초 0.6±0.4MPa(N/mm²)가 되도록 한다. 공시체가 파괴될 때까지 시험기가 나타내는 최대 하중을 유효숫자 3자리까지 읽도록 한다.

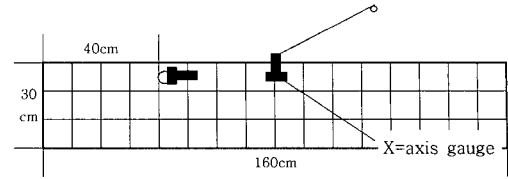


Fig. 1. Arrangement of strain gauges.

2.5. 톱밥혼입 구조부재 휨강도 측정

톱밥혼입 구조부재 휨강도 측정은 보 실험 형태로 실험하였으며 이를 위하여 철근 SD40 D13을 주근 6개, SD40 D10으로 11개의 띠근을 만들어 20cm×30cm×160cm의 공시체를 제작하였다.

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

3. 실험결과

3.1. 보의 균열도

구멍 직경 3cm가 1개인 ED3H1은 약 7t에서 최대

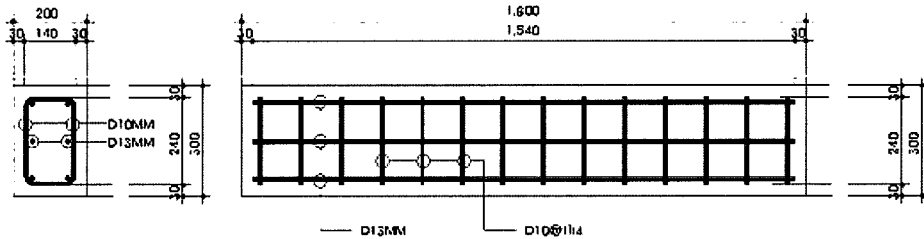


Fig. 2. Member section diagram of with rebar.

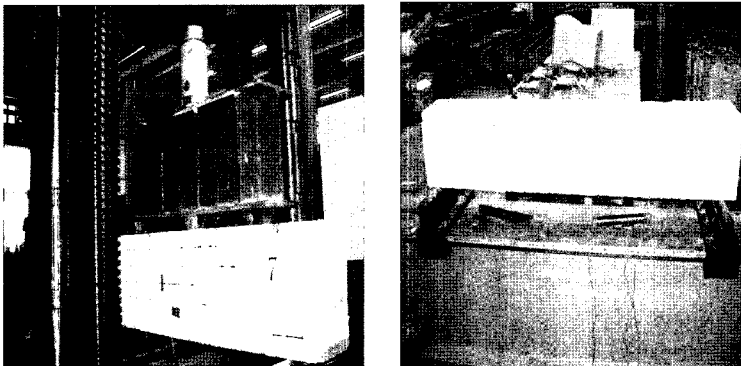


Fig. 3. Experimental set up for flexural strength of RC beam.

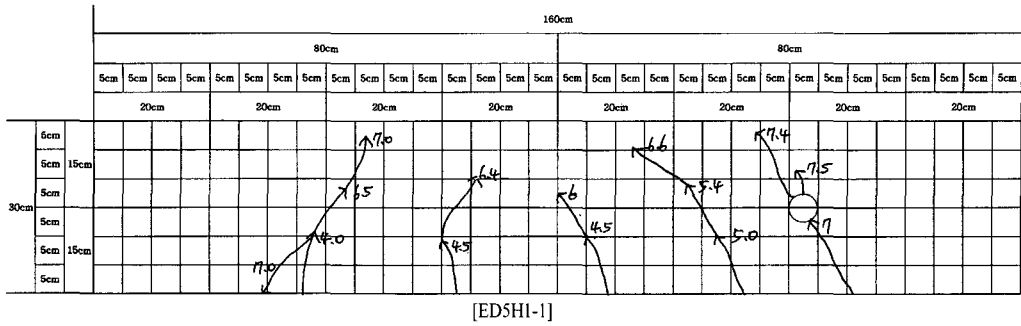


Fig. 4. Crack diagram of beams.

3.2. 보의 하중변형도

직경 3cm가 1개인 보에서 보의 중앙에서 재축방향 변형은 가력방향의 인장변형과 유사하게 나타났다. 내력은 6.9t으로 나타났다.

4. 분석 및 고찰

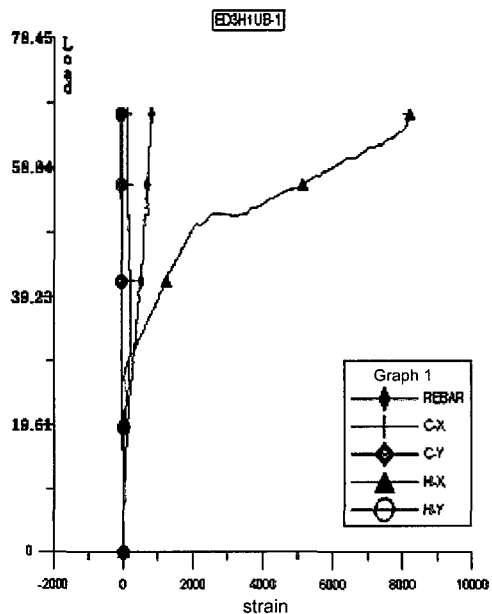
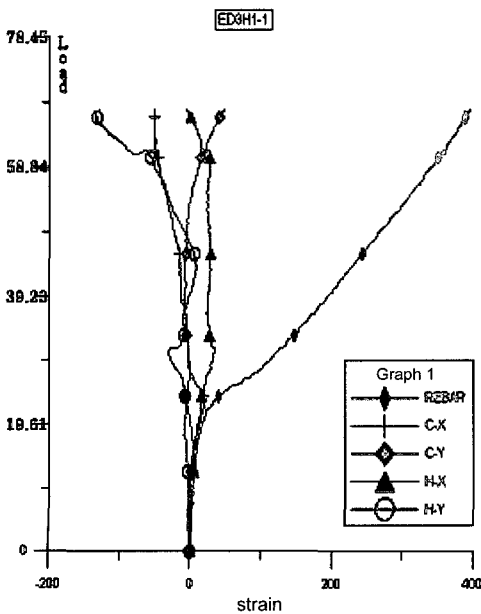
구멍 직경 3cm 한 개가 재축방향에서 벗어나 있는 ED3H1UB의 경우 내력은 ED3H1에 비해 미소한 내력증가를 보이지만 구멍 주변에서도 인장변형을 크게 보이는 특징을 보이는 것은 응력이 집중되고 있는 것을 의미한다.

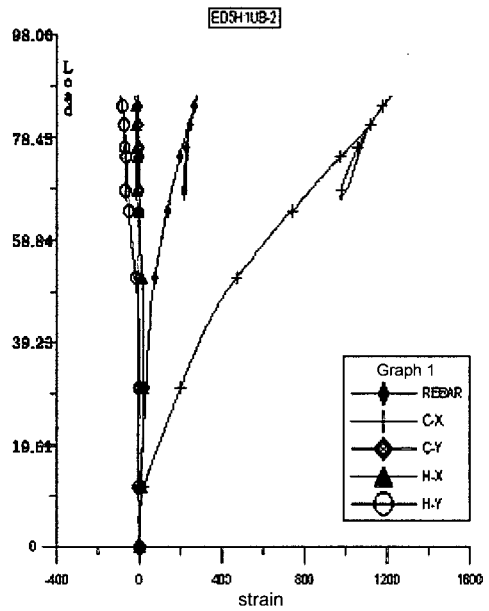
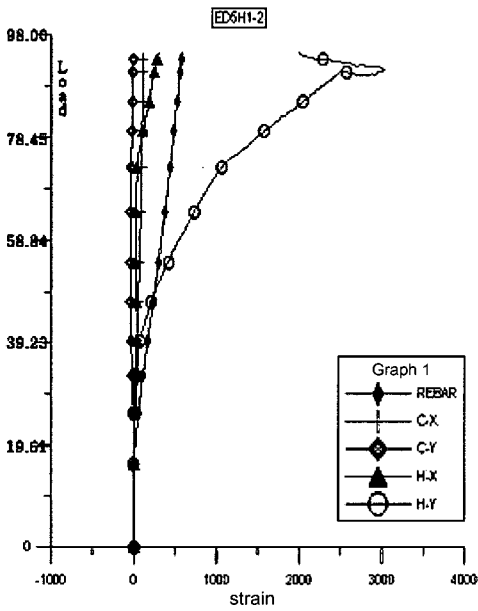
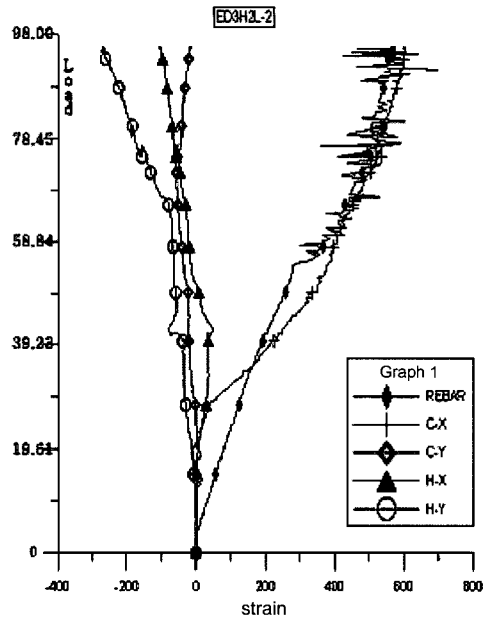
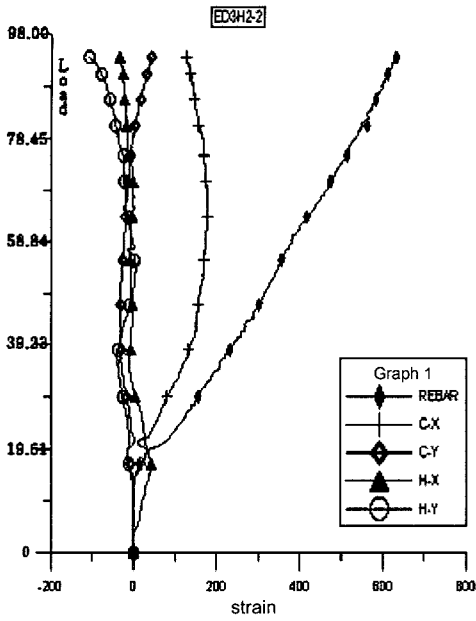
직경 3cm 2개가 재축방향으로 있는 경우 ED3H2L에서는 보의 중앙과 구멍주변의 변형은 중앙과 구

멍 주변에서 모두 인장변형률을 보였으며 내력 또한 9.5t까지 크게 나타나 중앙 지점과 구멍 부분에서 균등분배 부담하고 있는 것으로 분석된다.

직경 5cm구멍이 2개가 가력방향으로 있는 ED5H2는 보의 중앙과 구멍주변에서의 변형이 유사하지만 인장 변형이 극히 미소하였으며 최대내력은 9.5t으로 크게 나타나 인장력 분배는 ED3H2L과 다르지만 전체내력은 유사하다.

구멍직경 5cm가 재축방향에서 벗어나 있는 경우 보 중앙에서의 변형은 인장변형이었으나 구멍 주변에서는 미소한 인장변형을 보였으며 최대 내력은 8.7t으로 감소되는 편이었다. 내력감소 8%가 생겼으나 구멍 주변에서 인장 변형이 미소한 것은 구멍 1개 때문에 취약부분이 되지 않는 것으로 분석된다.





페트랩 혼입 RC 유공보의 구조거동에 관한 실험적 연구

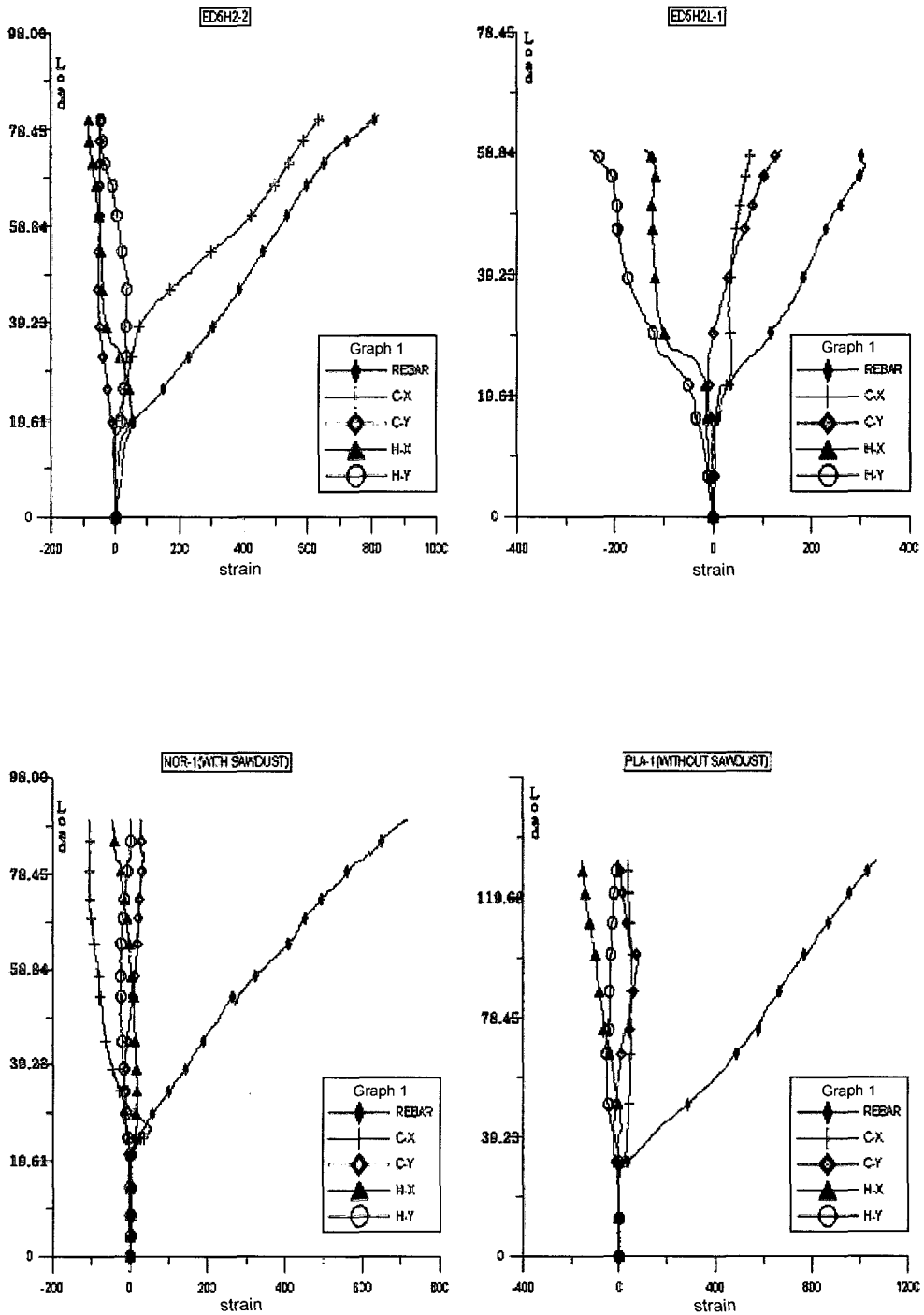


Fig. 5. Relationship of load strain.

직경 5cm구멍 2개가 가력 방향으로 있는 ED5H2는 내력이 8.4t으로 다소 낮아지는 보의 중앙과 구멍 주변의 변형에서 보의 중앙은 인장변형을 보였으나 구멍 주변의 인장변형은 미소한 것으로 나타났다. 5cm구멍이 2개가 있는 것으로 전체 내력감소 11%가 생기고 동시에 구멍 때문에 큰 영향을 받은 것으로 판단된다.

직경 5cm 구멍 2개가 재축방향으로 있는 ED5H2L은 내력이 6t으로 가력방향으로 2개있는 8.2t 보다 감소되었다. 이는 보의 중앙변형과 구멍 주변 변형이 유사하게 인장변형을 일으켜 하중을 분산 부담하여 더 큰 내력을 보일 수 있는 것으로 분석 되었다.

5. 결론

이상과 같은 실험결과와 분석을 통하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) 직경 3cm 경우 구멍 2개가 재축방향으로 있을 때 보부재의 인장변형과 내력 감소가 적어 구조물 적용시 더 유효할 수 있다.
- 2) 구멍이 재축방향에 있는 경우와 벗어나 있는 경우 직경 5cm일 때와 3cm일 때 내력차이는 20%감소되어 배관의 관통은 재축에 두어야 한다.
- 3) 구멍 직경 3cm와 5cm가 재축방향으로 2개 있을 때 내력감소 차이는 10%이내이다.

4) 구멍직경 3cm는 구멍이 없는 경우와 내력감소 차이가 미소하지만 직경 5cm는 13%내력 감소를 갖는다.

5) 직경 5cm구멍일 때 우축으로 2개 두는 것이 재축에 2개 두는 것보다 구조내력상 유효하다.

참고문헌

- 1) 한국콘크리트학회, “최신콘크리트공학”, 기문당, pp. 567~570, 2000,
- 2) Wright, P. J. F., “Crushing and Flexural Strengths of Concrete made with Limestone Aggregate”, Road Res. Lab, pp. 15, 1958.
- 3) Shack, B.W. and Keene, P.W., “Comparison of the Compressive and Flexural Strengths of concrete with and without Entrained Air”, Civil Engineering, pp. 77~80, 1959.
- 4) Frankin, R.E. and King J.M.J., “Relations between Compressive and Indirect-tensile Strengths of Concrete”, Road Res.Lab.Rep.LR 412, pp. 32, 1971.
- 5) 이청수, “철근 콘크리트 개방형 유공보에 관한 실험적 연구”, 조선대학교 석사학위 논문, pp. 6, 1994.
- 6) 정순오, “순수휨을 받는 철근콘크리트 유공보에 관한 연구”, 성균관대학교 석사학위 논문, pp. 28~32, 1985.