

유공위치 변경에 따른 RC기둥의 내력변화에 관한 실험적 연구

손기상

서울산업대학교 안전공학과
(2005. 9. 23. 접수 / 2006. 2. 17. 채택)

Stress Change Varying with Hole Place of RC Column

Ki Sang SON

Department of Safety Engineering, Seoul National University of Technology
(Received September 23, 2005 / Accepted February 17, 2006)

Abstract : many plumbing system are needed in the ceiling of the building as it becomes advanced more and more. This leads to make effective space between ceiling level and slab less. Also, piping system is not suitably arranged and operated if it is bent around the columns which they are a lot.

But this system can be more effective if it passes through the columns directly. Most people think that those columns should not be damaged with such as holes. But actually this is existed in a hotel building in switzerland.

This study is to find out how much capacity the columns become damaged and low using model size of 20cm×30cm rectangular section, and 160cm long, in the structural test. it's compressive strength is focused on 240kg/cm² design strength, commonly used in korea. Compressive test for them was done at Hanyang University using UTM one thousand tone(1000t) capacity.

Variable numbers for the study are one hole of dia 3cm with distance 20cm or 40cm, two holes of dia 3cm with 20cm and 40cm distance, one hole of dia 5cm with distance 20cm and 40cm, two holes of dia 5cm with 20cm and 40cm distance, me eccentric hole with 20cm and 40cm distance, Normal(without hole). two test specimens of each variable are made for the test.

ED5H20 capacity was 16.7% decreased, compared to normal one. While ED5H40 distant 40cm from the end of column top showed 19.5% capacity decrease, compared to normal one. Strain of ED5H20 diameter 5cm, in distance of 20cm form the top of the column was less 5% than the one of diameter 3cm.

Finally, conclusions are that in case of hole diameter 3cm, located at 20cm from the end of the column top, capacity was decreased down to 3, percent only compared to the same diameter hole with 20cm distant from the end of it.

Key Words : variable number, capacity, rectangular section, piping system, compressive test

1. 서론

기둥은 건축구조물에 중요한 구조요소이다. 그리고 건물내부에서 내장되어 감추어지기 보다는 노출되어 드러나 있고 냉난방 등 배관시스템 등이 천정에 밀실하게 배치되어 있는 경우가 많다. 건물이 첨단화 되고 있기에 더 많은 배관이 필요한 것으로 사료된다¹⁻⁴⁾.

천정고가 통상 고층사무소의 경우 3.5m이내인데 배관 공간 50cm정도를 내장하면 상당히 큰 공간이

손실되는 결과가 된다. 배관되는 공간이 기둥이나 보를 필요시 관통하면 배관이 계속 굽혀서 지나가는 경우에 비해 관을 통과하는 효율이 증대되는 것은 당연하다 하겠다. 스위스의 일부 저층 호텔에서 기둥을 관통하는 천정배관 시스템의 사례가 있다. 기둥을 관통하는 위치가 아주 큰 내력 감소의 영향을 미칠 수밖에 없는데 본 연구에서는 단부에서 20cm 되는 위치와 40cm 되는 위치에서 직경 3cm와 5cm의 구멍을 만들어 기둥내력과 변형을 비교하고 균열양상을 검토하여 내력감소를 비교, 기둥을 관통하는 구멍의 위치나 크기를 최적화 하는데 있다. 실험체는 기둥 4개를 제작하여 구멍이 없는 일반적인 경우와

비교하는 것으로 하였다.

본 연구는 건물의 구조물에 대해 용도변경 및 배관작업을 위해 필요한 구멍을 내 손상되는 기둥의 내력을 측정하여 어느 정도 보강이 이루어져야 하는가를 측정하기 위하여 실험결과를 기준으로 구멍손실 단면에 따라 압축강도손실을 제시하고자 한다. 순수 압축력만 받는 기둥에서 인장강도나 휨보강을 위해 존재하는 철근 유무와는 큰 관계가 없는 것으로 전제하였다.

그리고 단면 손실에 따른 내력손실이 있더라도 보강치 않고 사용하거나 보강을 하더라도 용이하게 비용 최소화를 확립할 수 있는 방법을 제시하고자 하는 것이다. 이때 강도 감소의 정도에 따라 보강의 정도여부를 판단하기 위해서는 압축강도 손실의 상관 관계가 필수적으로 제시되어야 한다. 기둥 구멍위치는 바닥면에서 기둥높이의 3/4위치 밑에 배치하는 것이 구조적으로 유리한 양상을 확인할 수 있을 것으로 예측하였다.

2. 본 론

2.1. 실험계획

실험은 한양대학교 안산캠퍼스에서 시행하였고, 시험편은 공사현장에서 직접 제작하고, 레미콘 회사에서 공급된 콘크리트를 이용하였으며 18℃상온에서 양생하였다. 28일 양생한 후 서울산업대학교 건설안전연구실에서 사전준비를 한 후 하층 접촉부에 실험체 자체국부파괴를 방지하기 위하여 실험체를 단면 20cm×30cm에 길이 160cm를 변수 2가지로 단부에서 20cm구멍이 직경 3cm, 5cm크기 1개씩 변수 2가지와 단부에서 40cm에 있는 경우를 비교하였으며, 20cm 모델(A)과 40cm 모델의 강도가 동일하도록 배합을 실시하였다.

콘크리트 배합시 오차를 줄이기 위하여 D레미콘 회사에서 직접 몰드를 제작하고 통상 사용되는 공기량 5.0%, 240kg/cm² 압축강도를 기준으로 하였다. 사용된 철근은 주근 D13 및 띠근 D10을 사용하였으며 철근의 항복강도는 4,000kg/cm²이다. 양생은 실내의 대기중에서 하였으며 온도는 21℃±3℃조건으로 양생시켰다.

2.2. 실험방법

RC 기둥을 변수별로 각각 2개씩 제작을 하였고,

몰드기둥의 표면에 콘크리트 게이지를 부착하였고, 타설 전 주근에 철근 게이지를 붙여 실험을 실시하였다. 실험은 한양대학교 토목공학과에서 200ton UTM을 이용하여 실시하였으며, 파괴시까지 압축을 하였고 데이터 로거(data logger)를 통하여 하중과 변형을 값을 수집하였다.

압축력을 가하는 속도는 “KS F 2405 콘크리트 압축강도시험” 규격에 따라 매초 0.6±0.4N/mm²의 속도로 파괴 하였으며, 슬럼프는 12cm인 콘크리트 상태를 이용하였다. 압축강도 실험을 하기 위해 기계의 가압판과 몰드기둥 상면과의 오차를 줄이기 위해 윗면과 아랫면을 그라인더 면을 고르게 하여 편심유발 요인을 제거하였다.

실험체의 단면의 전후, 좌우에 콘크리트 변형게이지(strain gauge)를 부착하여 좌우변형, 전후변형인지를 확인하여 그 차이에 의한 수직성 오차를 확인코자 하였다.

ED3H20은 D3+H20으로 분리 되어있다. D=diameter 직경의 첫 자이고 H= hole의 첫 자로서 기둥 단부에서 밑으로 20cm의 구멍직경 3cm가 있다는 의미로 했다. H40일 경우 그 거리가 40cm에 구멍이 위치하고 있다는 의미이다. ED5H20은 D5+H20으로 되어있다. 즉, 직경 5cm구멍이 기둥 단부에서 20cm에 구멍이 위치하고, H40은 그거리가 40cm에 구멍이 위치하고 있음을 의미한다.

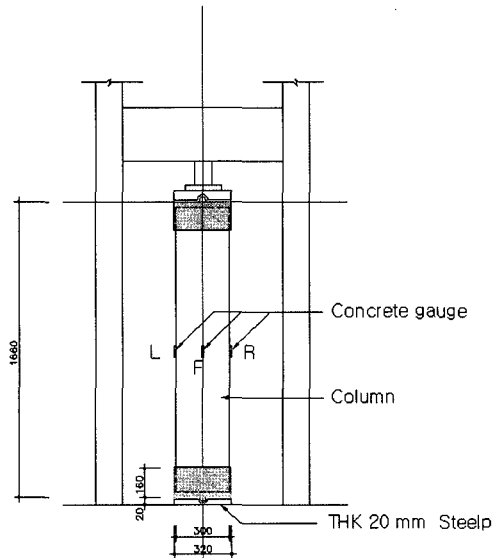
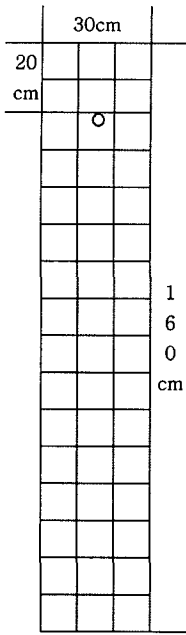
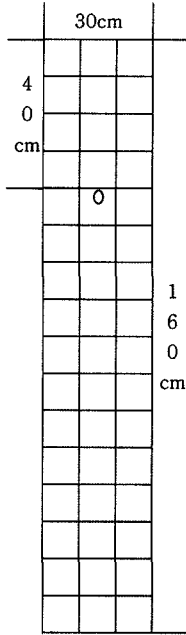


Fig. 1. Test set up.

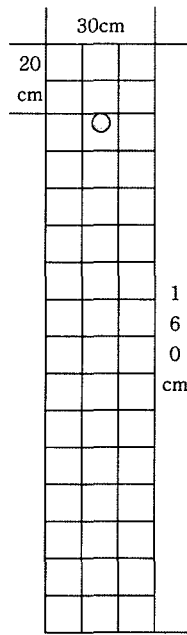
손 기상



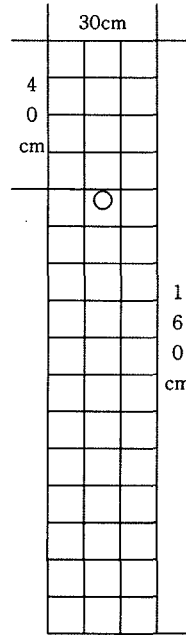
ED3H20



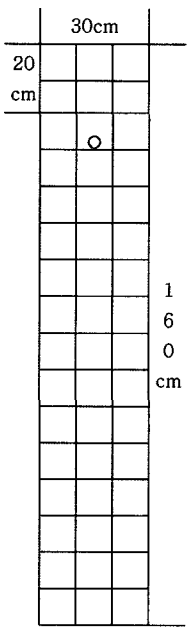
ED3H40



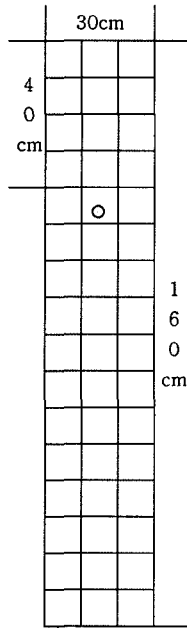
ED5H20



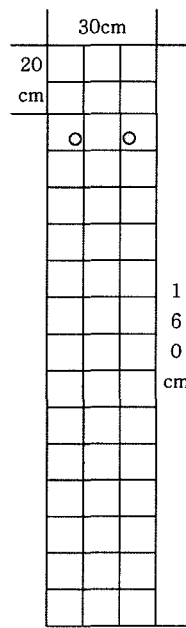
ED5H40



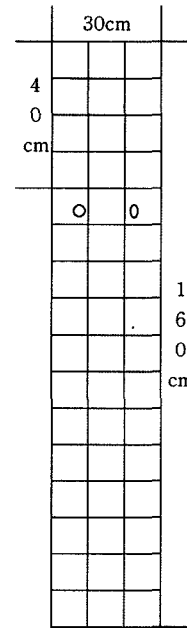
ED3H1-20



ED3H1-40

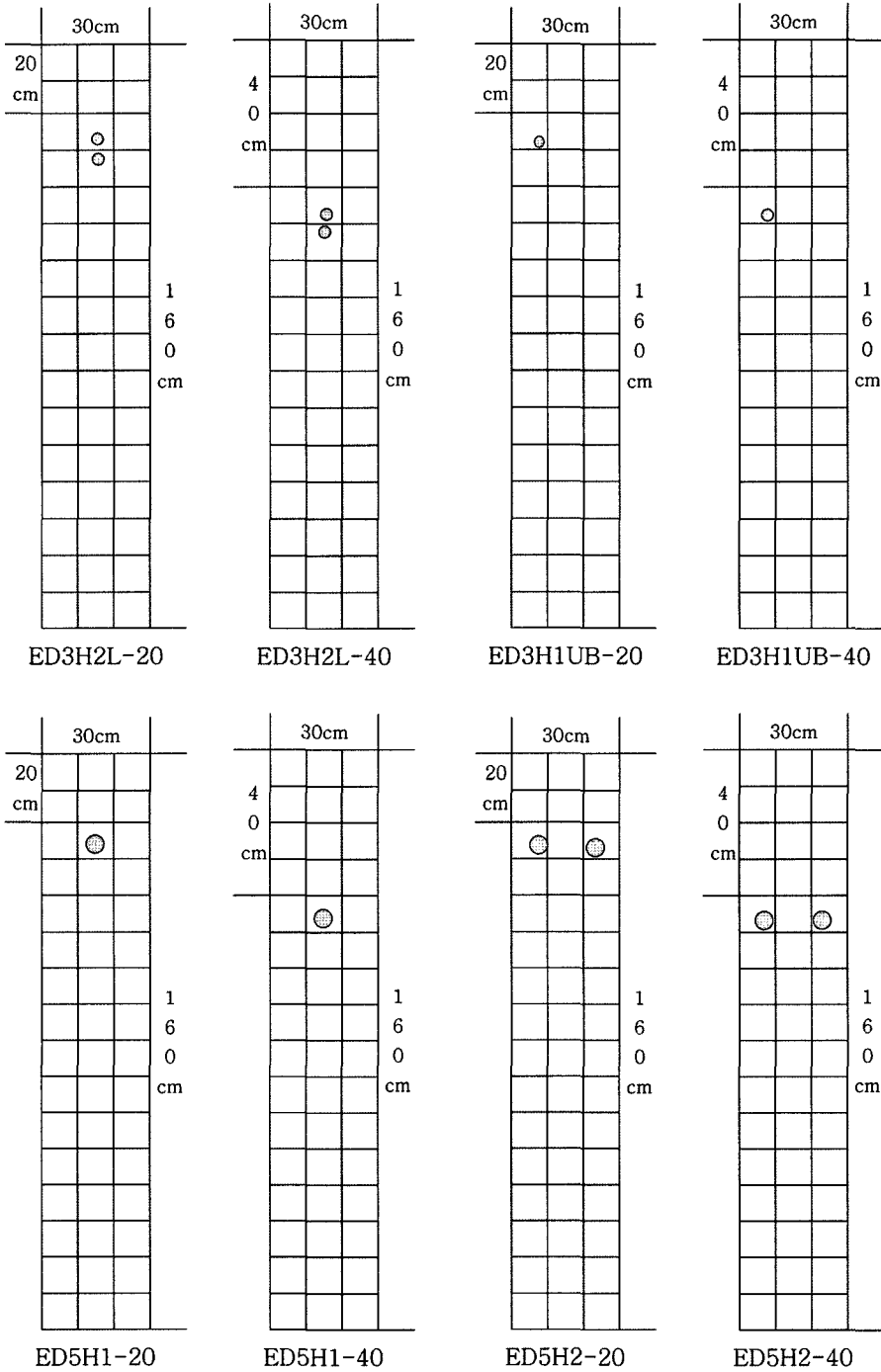


ED3H2-20



ED3H2-40

유공위치 변경에 따른 RC기둥의 내력변화에 관한 실험적 연구



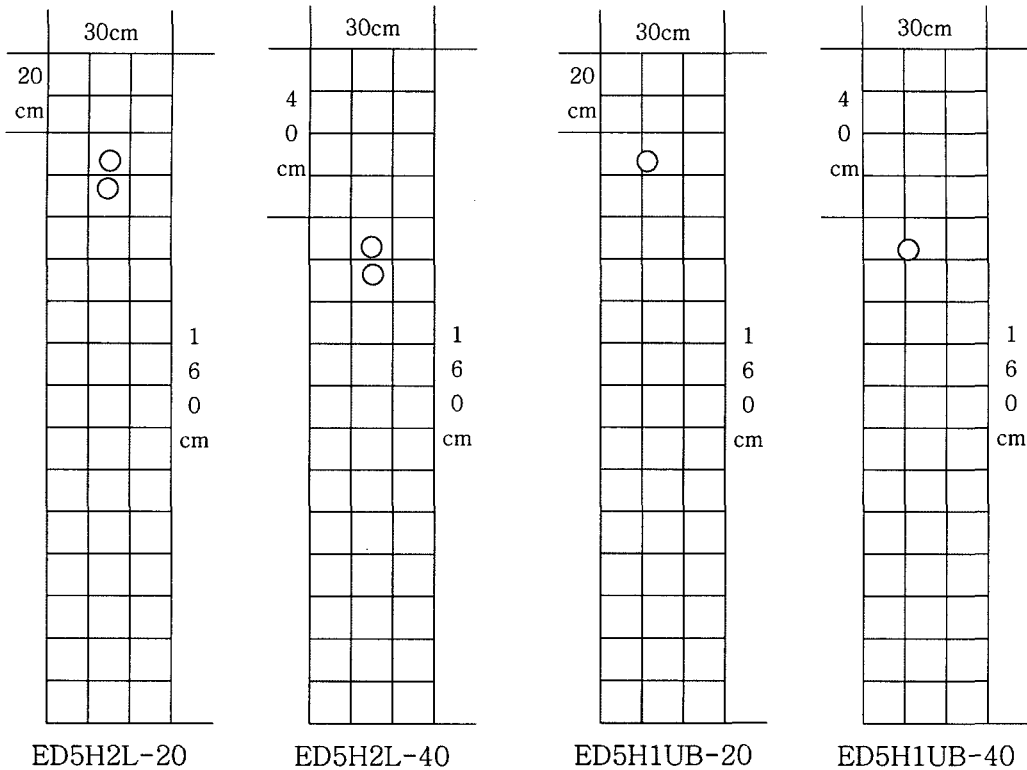


Fig. 2. Column hole configuration.

본 연구에서는 단부에서 구멍 위치가 20cm일 때와 40cm에 위치해 있을 때, 즉 단부구멍위치에 따라서 구멍크기, 구멍갯수, 구멍배치에 따라 즉 기둥재축에 배치될 때와 기둥재축이 아닌 위치에 배치되었을 때의 내력변화를 규명하기 위한 배치이다.

ED3H20과 ED3H40의 비교, ED5H20과 ED5H40, ED3H1-20과 ED3H1-40, ED3H2-20과 ED3H2-40, ED3H2I-20과 ED3H2L-40, 구멍이 재축에서 벗어나 있는 ED3H1UB-20과 ED3H1UB-40, ED5H1-20과 ED5H1-40, ED5H2-20과 ED5H2-40, ED5H2L-20과 ED5H2L-40, ED5H1UB-20과 ED5H1UB-40비교가

연구 목적에 기초하여 제작되었다.


3. 실험결과


실험은 한양대학교의 하중 1,000ton을 가할 수 있는 장비를 사용하였으며, Tokyo Sokki사의 DTS-602 데이터로거를 사용하여 게이지 변형률을 측정하였다.

주근의 변화는 비슷한 양상으로 나타났다. 기둥 5cm직경이 좌우로 2개 배치된 경우 20cm위치와 40cm 위치의 내력은 56.5t, 60.1t 으로 나타났다.

Table 1. Test result of holed columns of each variable

		NOR-20	NOR-40	ED5H1-20	ED5H1-40	ED5H2-20	ED5H2-40
maximum(tonf)		97.06	110.51	89.30	87.06	56.50	60.10
gauge deformation rate	rebar	-863	-1998	-1343	-717	-634	-730
	front	33.84	-1321	-364	-183	-182	-89
	back	-86	-978	-1390	-338	76	-859
	left	69	-945	-942	59	48	-118
	right	123	-1260	-978	21	49	-959
compressive strength(kg/cm ²)		161.8	184.2	148.8	145.1	95.6	100.2

		ED5H2L-20	ED5H2L-40	ED5H1UB-20	ED5H1UB-40	ED3H1-20	ED3H1-40
maximum(tonf)		172.26	97.2	149.94	97.6	165.1	95.4
gauge deformation rate 	rebar	-726	-1168	-283	-1784	-2380	-1537
	front	230	-428	62	-110	-900	-226
	back	165	-1524	292	-1678	-2199	-1580
	left	106	-938	14	-1244	125.8	-593
	right	125	-956	106	-1166	93	-1372
compressive strength(kg/cm ²)		287.1	162.0	249.9	162.7	275.2	159.0

		ED3H2-20	ED3H2-40	ED3H2L-20	ED3H2L-40	ED3H1UB-20	ED3H1UB-40
maximum(tonf)		131.61	95.3	154.42	95.6	177.16	93.9
gauge deformation rate 	rebar	-293	-564	-1387	-1261	-1100	-1336
	front	-80	-297	-191	-194	-954	-425
	back	354	-1484	260	-2088	-507	-1520
	left	76	-555	123	-1173	47	-1123
	right	72	-1275	148	-1231	110	-934
compressive strength(kg/cm ²)		219.3	158.3	257.4	159.3	295.3	156.5

직경 3cm 구멍이 좌우로 2개 배치된 경우, 20cm 위치와 40cm 위치의 내력은 131.61t, 95.3t으로 나타났다.

직경 3cm가 재축방향으로 1개 있을 때 20cm와 40cm 위치에 있을 때 최대내력은 165.1t과 95.4t을 각각 보였다.

재축방향에서 5cm 편심위치의 3cm 구멍이 위치한 20cm와 40cm 경우 최대내력은 177.16t과 93.9t으로 나타났다. 같은 경우이면서 직경 5cm인 경우는 149.94t과 97.6t을 각각 보였다.

단부에서 20cm 떨어진 구멍 3cm 모델은 normal에 비해 약 2.8% 강도가 감소한 반면, 단부에서 40cm 떨어진 모델은 약 13.7% 강도가 감소하였다. 단부에서 20cm 떨어진 구멍 5cm 모델은 normal에 비해 약 16.7% 강도가 감소한 반면, 단부에서 40cm 떨어진 모델은 약 19.5% 강도가 감소하였다. 게이지의 변형율은 20cm 부재보다 40cm 부재가 5% 큰 것으로 측정되었다.

직경 3cm 구멍이 재축방향으로 2개있는 경우, ED3H2L-20, ED3H2L-40에서는 154.42t과 95.6t의 내력이며 앞뒤, 좌우에서 10배 변형차이를 보였다. 즉 40cm에 구멍이 위치한 경우 10배 더 큰 변형을 보였다.

4. 분석

직경 5cm 구멍이 재축방향으로 2개 있는 경우

ED5H2L-20, ED5H2L-40의 경우 40cm의 경우의 뒷면 게이지 변형이 9배이상 더 크게 나타났다. 이것은 기둥이 압축력을 받을 때 단부 가압판 주변보다는 40cm이상 있는 즉 기둥 길이 160cm의 1/4인 곳에서 휨이 더 크게 일어나서 내력이 감소되는 것으로 분석되었다.

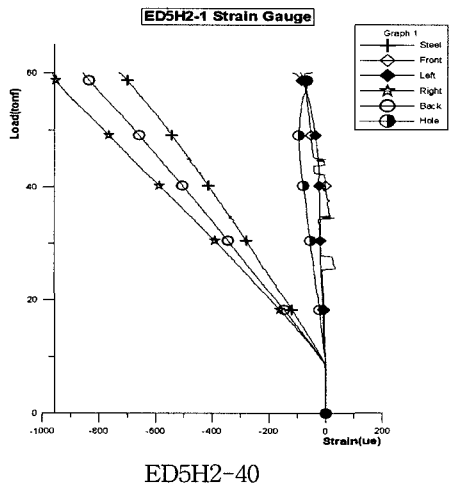
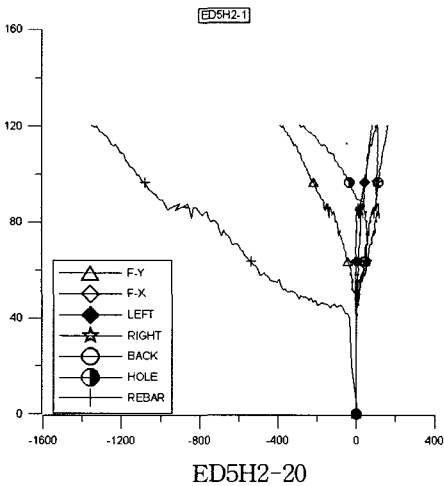
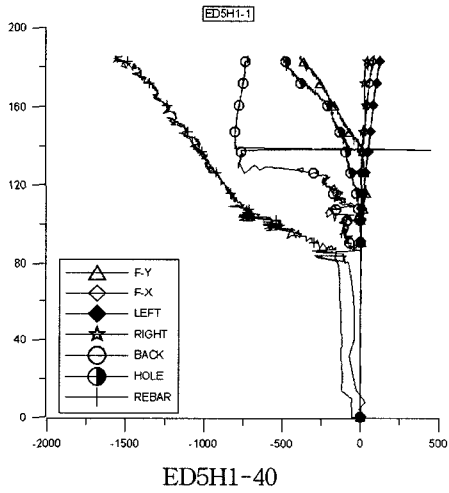
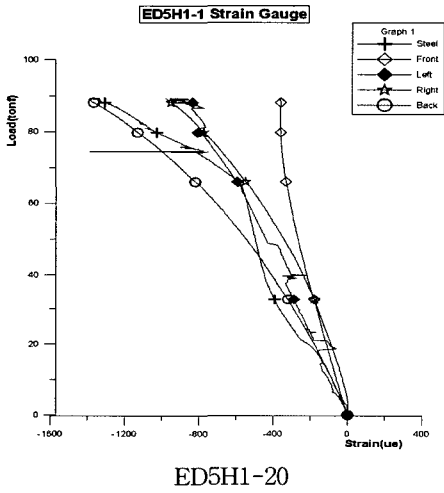
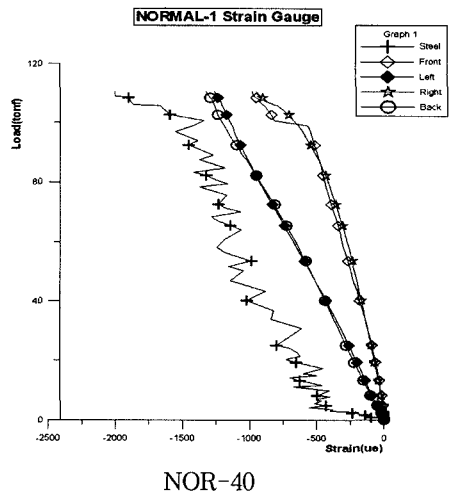
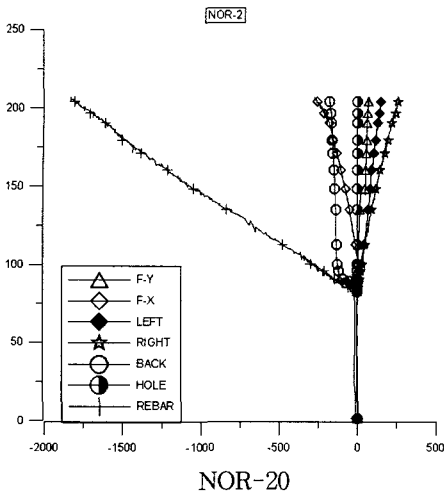
직경 3cm 구멍 좌우로 2개 있는 경우 131.61t, 95.3t을 각각 보였고 40cm에 구멍이 위치한 경우가 5배정도 변형이 크게 나타났다.

직경 5cm 구멍이 좌우로 2개 있는 경우 기둥 최대내력은 56.5t, 60.1t이 되었고 40cm에 위치한 경우가 5배 더 큰 변형을 보였다. 이 비율은 3cm 구멍 2개 좌우로 있는 경우와 같았다.

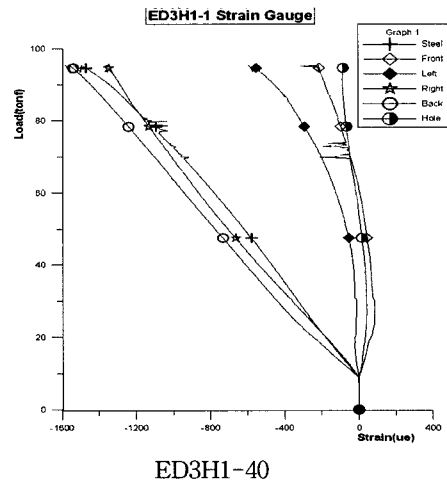
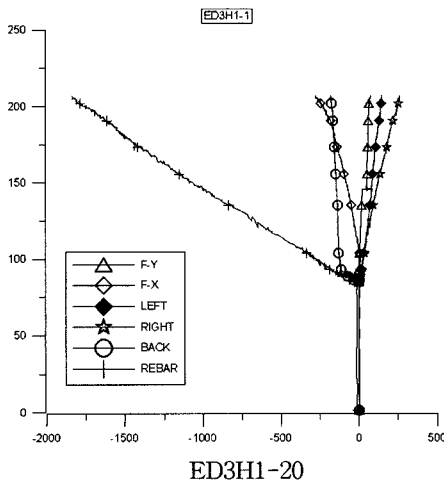
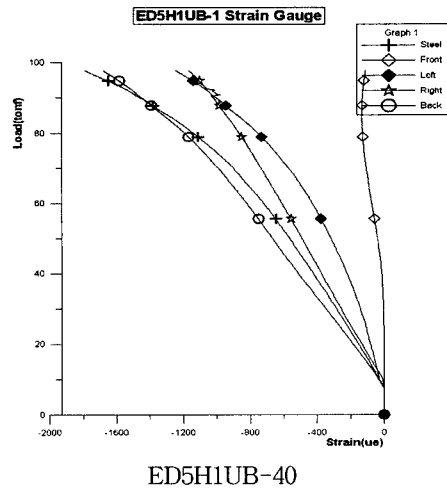
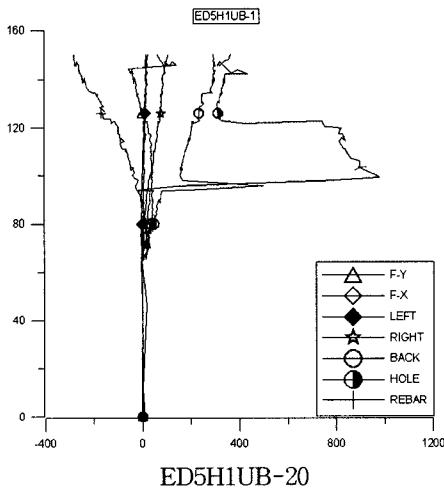
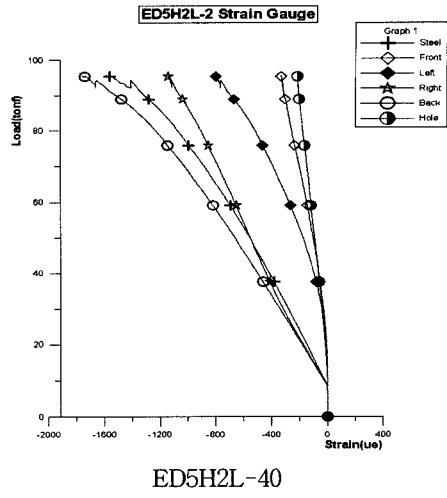
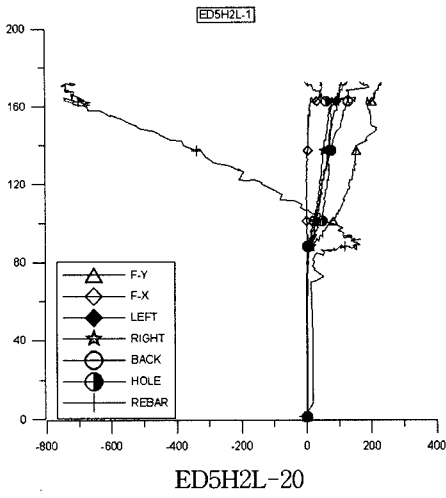
직경 3cm 구멍이 1개인 ED3H1-20, ED3H1-40인 경우는 최대내력은 165.1t 40cm에 구멍이 위치한 경우가 95.4t으로 20cm 경우보다 70t배 감소되었는데, 좌우에서 40cm 구멍이 위치한 경우가 11배 더 큰 변형을 보여 휨에 의한 영향으로 분석되었다.

3cm 구멍 1개가 재축방향에서 5cm 편심으로 설치한 경우, 20cm 위치와 40cm 위치했을 때 즉 ED3H1UB-20, ED3H1UB-40일 때 내력은 177.16t 과 93.9t 으로 나타나 40cm 경우가 약 2배 감소했는데, 앞뒤에서는 2~3배 변형차이가 있었지만 좌우에서는 30배 차이가 있어 편심 위치에서 더 큰 변형 차이가 있음을 보여 주었다.

손기상



유공위치 변경에 따른 RC기둥의 내력변화에 관한 실험적 연구



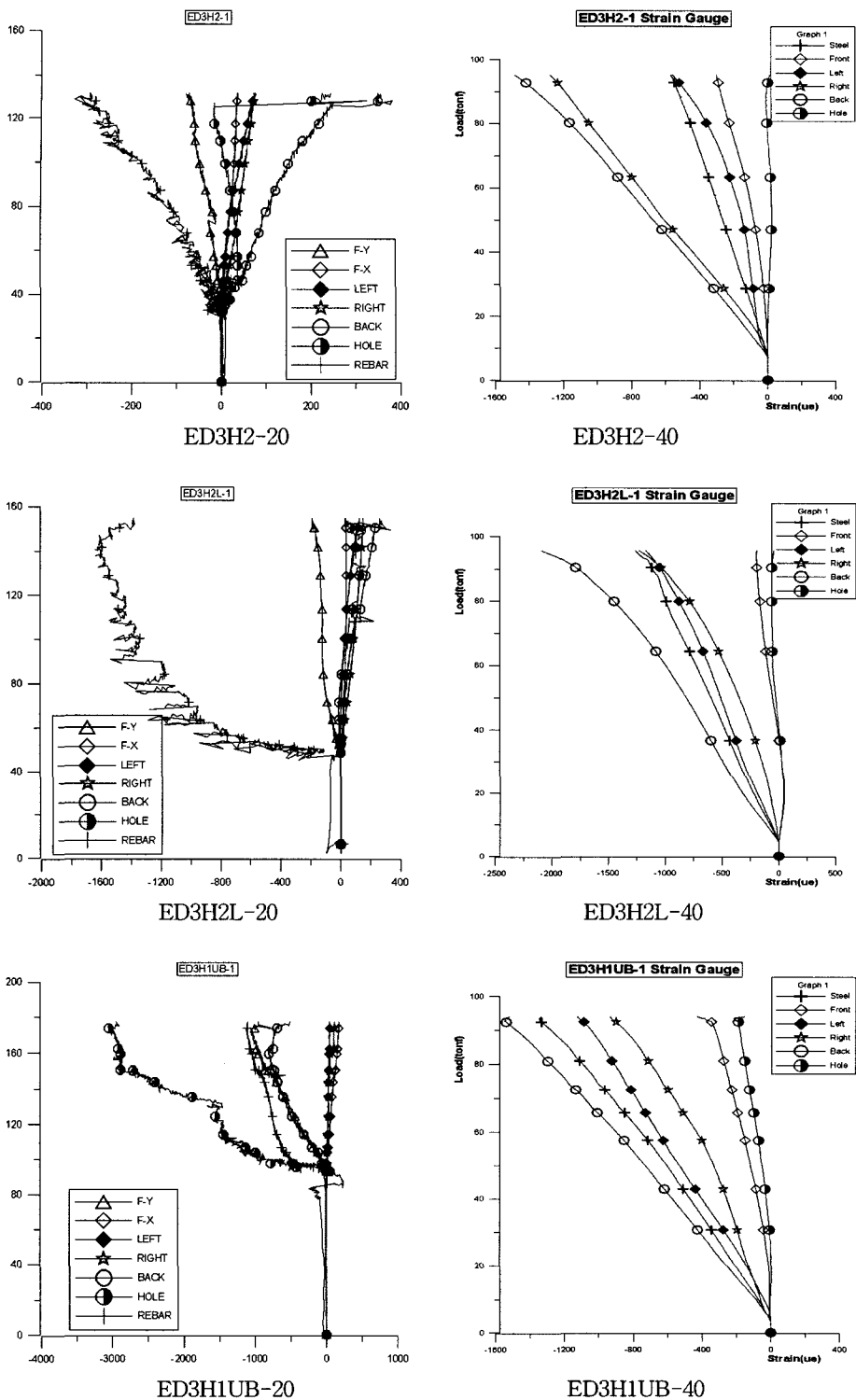


Fig. 3. Relationship of load-strain.

구멍 직경 5cm 1개가 재축방향에서 5cm 편심방향에 위치한 경우, 20cm 위치와 40cm 위치했을, 즉 ED5HIUB-20, ED5HIUB-40일 때 내력은 149.94t 과 97.6t으로 각각 나타났고, 좌, 우 관계에서 10배정도의 변형차이를 보였다. 즉 40cm에 구멍이 위치한 경우가 10배 더 큰 변형을 보였다.

직경 3cm구멍이 좌우로 2개 있는 경우 20cm 보다 40cm에 구멍이 위치한 경우가 5배정도 변형이 크게 나타난 것은 40cm위치에서 일정부분 휨모멘트가 발생한 것으로 분석된다. Normal의 응력 값의 경우 구멍 3cm 및 5cm 경우 감소 값의 차이가 별로 없어 구조적 제약 차이가 없는 것으로 분석된다.

5. 결 론

위와 같은 실험으로 이상과 같은 결론을 얻었다.

1) 기둥을 관통하는 배관을 설치할 경우 부재 길이의 3/4위치보다 윗쪽에 배치하는 것이 휨거동에 더 안전한 것으로 사료된다.

2) 단부에서 20cm와 40cm위치에 따른 내력변화는 직경 3cm 구멍일 때는 30%차이인데, 직경 5cm 일때는 50% 내력 감소로 5cm구멍 경우 안전율을 고려할지라도 별도의 추가 보강없는 실무적용이 거의 불가능하다.

3) 재축방향에 구멍을 두는 것은 재축에서 벗어난 편심위치에 있는 경우에 비해 편심 모멘트 발생으로 인해 3배 더 큰 변형 저항력을 갖는다.

4) 구멍직경 5cm일 때 단면손실 16%일때 단부에 구멍을 두는 것보다 단부에서 40cm에 두는 것이 기둥의 구조적으로 10배 더 큰 변형을 보이는 것은 이 부분에서 휨변형이 크게 발생 되는 것이므로 기둥에서는 휨 모멘트가 커지는 것을 피하는 배치가 설계시 고려해야할 중요 인자이다.

참고문헌

- 1) 문호권, “띠철근 강도에 따른 고강도 RC 기둥의 휨 거동에 관한 실험적 연구”, 중앙대 대학원 석사논문, pp. 3, 1999.
- 2) 김소라, “프리캐스트 콘크리트 거푸집을 이용한 콘크리트기둥의 압축거동에 관한 연구”, 연세대 대학원 석사논문, pp. 4~5, 2004.
- 3) 박길홍, “고강도 철근콘크리트기둥의 전단내력에 관한 실험적 연구”, 전남대 대학원 석사논문, pp. 2~3, 2000.
- 4) 한국콘크리트학회, “최신콘크리트공학”, 기문당, pp. 567~570, 2000.
- 5) 조창호, 김정섭, “철근 콘크리트 개방형 유공보에 관한 연구”, 제13권, 제3호, pp. 313~322, 1997.3.
- 6) 구해식, “철근 콘크리트 장방형 유공보의 특성에 관한 실험적 연구”, 제14권, 제7호, pp. 11~20, 1998.7.
- 7) 조수제, 양창진, “깊이가 큰 철근 콘크리트 유공보의 아라미드 섬유보강효과”, 제16권, 제3호, pp. 3~10, 2000.3.