

# 콘크리트 구조 기둥의 저비용 보강에 대한 실험적 연구

김수건 · 손기상

서울산업대학교 안전공학과

## 1. 서론

최근 많은 나라에서 초고층 철근콘크리트 구조물의 등장과 더불어 저 층의 경우에도 구조물에 대한 유지보수가 많아지고 있다. 실제로 많은 다양한 방법들로 만들어진 경우가 많다.

고강도 콘크리트는 그것의 제조, 시공, 그리고 구조 설계 식이 다를 수 있기 때문에 매우 중요하게 다루어야 한다.

본 논문에서는 우리가 생활하는데 쉽게 접할 수 있는 자재를 사용해서 콘크리트 구조물을 보강하는 방법을 제시 하고자 한다.

실험의 재료는 시중에서 사용되어지는 P.P 밴드를 이용하여 다양하게 실험을 하였다. 우선 실험에 앞서 P.P 밴드의 자체의 인장강도를 체크하였다.

P.P 밴드의 넓이는 11mm 이고 ASTM D580, Modified 규정에 따라 실험한 결과 190.2kg의 인장강도를 갖는 것으로 확인된 자재를 사용하였다.

실험은 콘크리트 실린더 몰드를 변수별로 3개씩 11가지로 실험을 하였다. 11가지의 변수들은 Atb, Atbc, Atbcc, Attbc, Attbcc, Atbcul, Atbccul, Atall, Aball, Aall, A10row 이다.

이 실험은 정상적인 콘크리트보다 얼마나 더 향상시킬 수 있는지, 그리고 어떤 변수가 가장 효율적이며 큰 강도를 나타내는지 알아보기에 목적이 있다.

## 2. 본론

### 2-1. 실험계획

P.P 밴드를 구입을 해서 몰드에 맞추어 절단을 하고 11가지 변수에 3개씩 총 33개의 몰드에 P.P 밴드를 씌웠다. 11가지의 변수들은 다음과 같다.

Atb(상.하 1개씩 밴드부착), Atbc(상.중.하 1개씩 밴드부착), Atbcc(상.하 1개씩, 중앙에 2개 밴드부착), Attbc(상2개, 중.하 1개씩 밴드부착), Attbcc(상.중 2개씩, 하 1개 밴드부착), Atbcul(상.중.하 1개씩, 상중부에 1개), Atbccul(상.하 1개씩, 중앙에 2개, 상중부에 1개), Atall(몰드높이 50% 전체 상부 밴드부착), Aball(몰드높이 50% 전체 하부 밴드부착), Aall(몰드전체 밴드부착), A10row(몰드 상단에서 하단 부까지 10개만 밴드부착) 이 같은 변수를 둔 이유는 어느 상태에서 최상의 조건이 나오는지 알아보기 위해서이다. 콘크리트의 배합시 오차를 줄이기 위해서 국내에 있는 k 레미콘을 찾아가 제작 공장에서 직접 몰드를 제작하고 압축강도는  $240\text{kg}/\text{cm}^2$  기준으로 하였다.

양생은 레미콘 공장에 설치되어 있는 자동온도 조절기 부착시설에서  $17 \pm 2^\circ\text{C}$  조건으로 양생시켰고, 양생기간은 179일이다.

이 실험에서는 각 변수별로 변형 양상을 조사하고 기록했으며 실제 구조물의 파괴양상을 예측하는 자료를 제시하고 있다.

### 2-2. 실험시행

압축강도 실험은 서울산업대학교 토목공학과에서 9월 27일 에 실시하였다.

몰드의 재령은 179일 동안 양생된 것으로 사용하였다.

실험한 기계명은 UH-200A 이고 제조회사는 SHIMADZU 이고, 최대용량은 200t 이며 1997년에 만들어 졌다. 정확한 측정을 위해 변형된 값을 그래프로 그리는 UTM으로 이용하여 실행하였다.

압축강도 실험에서의 속도는  $2.5\text{kg}/\text{cm}^2/\text{sec}$  로 했으며 총 36번 실시했다. 파괴순서는 Normal, Atb, Atbc, Atbcc, Attbc, Attbcc, Atbcul, Atbccul, Atall, Aball, Aall, A10row 하였다. 1가지 종류에 3번씩 실험을 하였고, 실험의 결과는 표 1의 파괴강도와 파괴양상에 대해 상세히 나타내었다.

그리고 그림 1에서는 실험결과에 따른 파괴조직을 사진을 통해 보여주고 있다.

표1. 파괴강도 와 파괴양상 (at the age of 179 days)

번호	실험체명	Test No	band 수량	Strength 파괴강도( $cm^2$ )	속 도	Fracture shapes
1	Atb	1	2	367.58kg/ $cm^2$	2.5kg/ $cm^2$ /sec	전체적으로 균열이 심하게 발생
		2	2	367.58kg/ $cm^2$		중앙으로부터 상,하로 균열이 심하게 발생
		3	2	367.58kg/ $cm^2$		윗 부분 부터 일정하게 한면으로 균열이 발생
2	Atbc	1	3	371.72kg/ $cm^2$	2.5kg/ $cm^2$ /sec	중앙 하단으로 균열이 상단보다 많이 발생
		2	3	362.80kg/ $cm^2$		상단부에서 하단부까지 일렬로 균열 발생
		3	3	392.61kg/ $cm^2$		상단부에서 하단부까지 일렬로 균열 발생
3	Atbcc	1	4	411.21kg/ $cm^2$	2.5kg/ $cm^2$ /sec	상단부가 하단부 보다 심하게 균열 발생
		2	4	354.39kg/ $cm^2$		상단부에서 중심부로 균열이 발생
		3	4	335.79kg/ $cm^2$		중심띠 기준으로 상,하단으로 균열 발생
4	Attbc	1	4	397.19kg/ $cm^2$	2.5kg/ $cm^2$ /sec	중심띠 기준으로 상,하단 부분 균열 발생
		2	4	358.47kg/ $cm^2$		중앙부분 보다 상,하단 부분 균열 발생
		3	4	393.12kg/ $cm^2$		균열이 상단부를 시작으로 하단부까지 발생
5	Attbcc	1	5	352.61kg/ $cm^2$	2.5kg/ $cm^2$ /sec	중앙을 중심으로 상하 비슷하게 균열 발생
		2	5	366.37kg/ $cm^2$		중앙위로 심하게 균열 발생
		3	5	418.85kg/ $cm^2$		중앙위로 심하게 균열 발생
6	Atbcul	1	5	322.54kg/ $cm^2$	2.5kg/ $cm^2$ /sec	상부와 중심부로 균열이 발생
		2	5	382.16kg/ $cm^2$		균열이 고르게 몰드에 나타났음
		3	5	381.46kg/ $cm^2$		균열이 하단부에서는 거의 발생하지 않았음
7	Atbccul	1	6	406.62kg/ $cm^2$	2.5kg/ $cm^2$ /sec	중앙부띠 상하로 부분적 균열 발생
		2	6	385.22kg/ $cm^2$		중앙부띠 상하로 부분적 균열 발생
		3	6	411.72kg/ $cm^2$		중앙부띠 상하로 부분적 균열 발생
8	Atall	1	9	404.59kg/ $cm^2$	2.5kg/ $cm^2$ /sec	하단부분으로 부터 심하게 균열 발생
		2	9	411.97kg/ $cm^2$		밑부분의 절반이 심하게 균열 발생
		3	9	387.26kg/ $cm^2$		띠밀로 중점적으로 균열 발생
9	Aball	1	9	400kg/ $cm^2$	2.5kg/ $cm^2$ /sec	띠 위부분으로 부분적 균열 발생
		2	9	407.13kg/ $cm^2$		상단 부분으로 부터 심하게 균열 발생
		3	9	406.62kg/ $cm^2$		윗 부분의 반 이상이 심하게 균열 발생
10	Aall	1	17	387kg/ $cm^2$	2.5kg/ $cm^2$ /sec	균열은 보이지 않지만 중앙부가 볼록해짐
		2	17	403.82kg/ $cm^2$		균열은 보이지 않지만 중앙부가 볼록해짐
		3	17	385.73kg/ $cm^2$		균열은 보이지 않지만 중앙부가 볼록해짐
11	A10row	1	10	384.71kg/ $cm^2$	2.5kg/ $cm^2$ /sec	전체적으로 일정하게 균열 발생
		2	10	399.75kg/ $cm^2$		전체적으로 일정하게 균열 발생
		3	10	405.86kg/ $cm^2$		전체적으로 일정하게 균열 발생
12	Normal	1	0	334.18kg/ $cm^2$	2.5kg/ $cm^2$ /sec	전체가 심하게 파괴되고 균열 발생
		2	0	334.18kg/ $cm^2$		전체가 심하게 파괴되고 균열 발생
		3	0	334.18kg/ $cm^2$		전체가 심하게 파괴되고 균열 발생

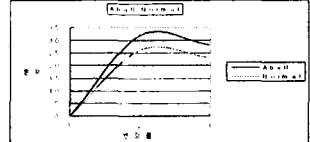
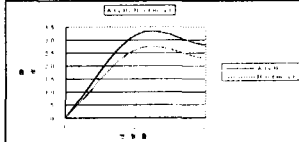
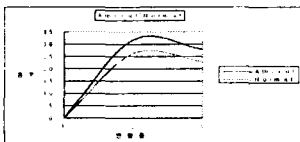
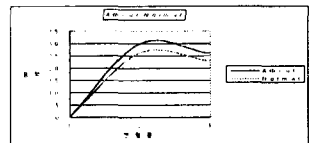
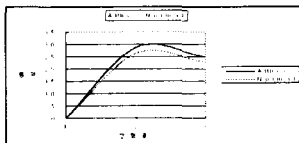
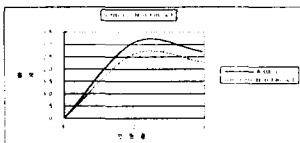
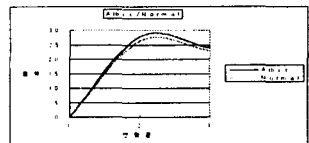
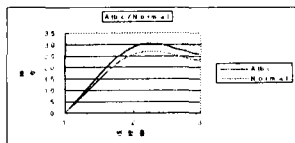
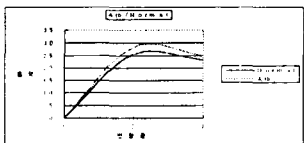
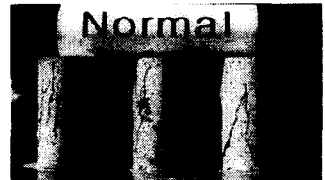
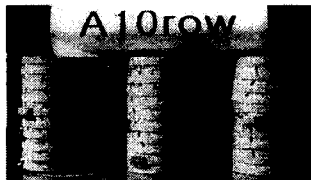
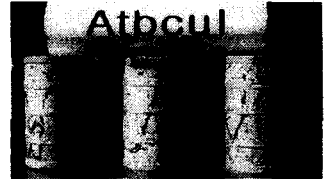
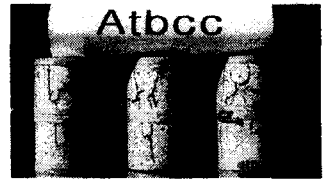
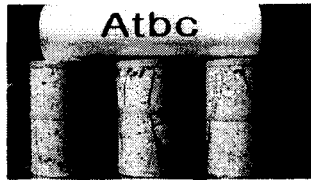




그림 1. 파괴양상과 그래프

### 2-3. 실험결과

본 실험은 보다 나은 콘크리트 파괴강도를 측정하기 위해서 P.P 밴드라는 재료를 이용하여 실험을 실시하였다. 정상적인 상태의 콘크리트와 P.P 밴드를 사용한 콘크리트의 파괴강도는 다소 차이점이 있었다.

표 1에서 나타난 바와 같이 정상적인 상태보다는 P.P 밴드를 하나 이상을 사용했을 경우가 사용하지 않았을 때 보다 더 나은 파괴강도를 나타내는 양상을 보이고 있다.

표 1에서 나타난 바와 같이 파괴강도가 제일 크게 나타난 것은 Aball 이고, 가장 적게 나타난 것은 Atb 이다. 그리고 Aall의 파괴강도의 평균은  $392.18\text{kg}/\text{cm}^2$ 이고, Aball의 파괴강도의 평균은  $404.58\text{kg}/\text{cm}^2$  나타났다. 여기에서 알 수 있듯이 P.P 밴드를 많이 사용한다고 해서 가장 좋은 파괴강도를 나타내는 것은 아니었다.

그리고 전체적으로 파괴양상이 조금씩 나타났는데, 가장 크게 나타난 것은 Atb이고, 가장 적게 나타난 것은 Aall 이다. 특히 Atb는 정상적인 상태의 파괴형태와 거의 비슷하게 나타났다.

그림 1에서 몰드의 파괴양상은 P.P 밴드의 위치에 따라 몰드의 힘을 받는 부분이 달라질 수 있기 때문에 몰드의 파괴양상이 크다고 해서 파괴강도가 적게 나오는 것은 아니었다.

콘크리트의 응력도-변형도 관계는 콘크리트 내부 균열형성에 따라 큰 영향을 받게 되는데 콘크리트 내부에는 외력을 받기 이전에 시멘트 페이스트 의 체적변화가 발생하여 골재와 모르타르 사이에 응력이 발생하게 된다. 이러한 응력을 하중이 증가함에 따라서 함께 증가하게 되고 최종적으로 콘크리트의 파괴에 도달하게 된다.

위 실험에서 나타난 바와 같이 P.P 밴드를 사용했을 때가 정상적일 때 보다 파괴강도가 더 높게 나왔으며 P.P 밴드의 묶는 위치에 따라 파괴강도가 다르게 나타나는 것으로 확인되었다. 그리고, 특히 몰드전체 하부50%를 묶었을 때 가장 큰 파괴강도를 나타내었다. 따라서, 콘크리트의 하단 부를 강화시켜 주면 더 좋은 결과를 얻을 것으로 기대한다. 그림1 참조

### 3. 분석

1. 보강을 하면 내력증대를 보이고 있는 것으로 확인되었다.
2. 몰드를 완전히 둘러싼 Aall이 상단 또는 하단 전체 50%를 둘러싼 Atall, Aball에 비해 파괴강도가 적게 나타났다.
3. 맨 위에 1개, 맨 밑에 각각 밴드를 1개씩만을 보강한 Atb는 보강이 전혀 없는 경우보다 약 10%의 압축강도의 증대를 보였다.

#### 4. 결론

이상과 같은 실험을 통하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 기둥의 상단부 보다는 몰드전체 하부50% 만큼 보강해 주는 것이 상단 부를 보강해 주는 것 보다 자재 사용 조건하에서 경제적이다.
2. P.P 밴드를 많이 사용한다고 해서 파괴강도가 크게 나타난 것은 아니고 P.P 밴드를 묶는 위치에 따라 달라진다고 하겠다.
3. 기둥의 둘레를 보강할 때는 하단부 위주로 하는 것이 효율적이다.
4. P.P 밴드를 많이 사용하지 않고 기둥 파괴를 지연시켜 주는 것은 Attbcc 이다.

#### 참고문헌

1. 김우범 “축력을 받는 손상된 강관 부재의 거동에 관한 해석적 연구  
Vol. 11, No. 6 pp. 145~152, 대한 건축학회지 1995. 6
2. 이문환 외 3인 “콘크리트 공극 특성에 관한 실험적 연구”  
Vol. 3, No. 4 pp. 179~189, 구조물 진단학회지 1999. 10
3. 대한 건설학회, 고강도-고성능 콘크리트 제조·시공 및 설계  
pp. 61~88, 178~190, 대한 건축학회지 1996. 5