

높이가 다른 직사각형 콘크리트의 벨크로 보강에 따른 실험연구

이수영*, 구종현**, 배찬영**, 김진섭***

*경상국립대학교 토목공학과 석사과정

**경상국립대학교 토목공학과 학부과정

***경상국립대학교 토목공학과 부교수

e-mail: jinsup.kim@gnu.ac.kr

Experimental study on Velcro reinforcement of rectangular concrete with different heights

Su-Young Lee*, Jong-Hyeon Gu**, Chan-Young Bae**, Jin-Sub Kim***

*Gyeongsang National University Master's Course

**Gyeongsang National University Undergraduate student

***Gyeongsang National University Associate Professor

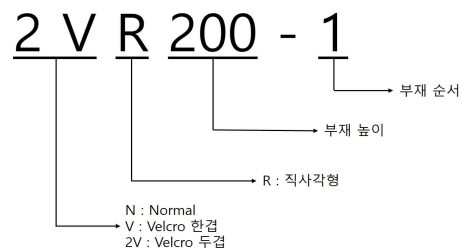
요 약

이 연구는 공시체의 형상비에 따른 강도와 벨크로의 겹수에 따라 연성이 얼마나 증가하는가에 대한 실험이다. 비교군은 100x150x300mm와 100x150x200mm의 직사각형 콘크리트 공시체 두가지를 제작하였으며 변수로 보강하지 않은 표준 공시체, 벨크로 한 겹 보강 공시체, 두 겹 보강 공시체를 설계하여 압축시험 실시하였다. 각 공시체의 파괴형태와 보강재의 보강 효과에 대해 응력-변형률 관계를 통해 분석하였다.

1. 서론

내진 설계가 되지 않은 건축물들은 실제 지진이 발생하게 된다면 내진 설계가 된 건축물들보다 높은 붕괴 위험성과 많은 피해를 입게 된다. 최근 경주와 포항 등 국내 지진의 빈도 증가로 국민들의 불안감이 높아지고 내진보강에 많은 관심을 가지게 되었다. 구조물을 내진 보강함에 있어서 내진설계 구조가 보강공법보다 경제적이고 효율이 뛰어나다. 하지만 이미 완성된 구조물들은 보강공법을 사용할 수밖에 없다. 수많은 보강공법들은 다양한 보강재로 보강을 하고 있고, 다양한 보강재가 연구되고 있다. 그중 공업용 벨크로 사용하여 보강재에 알맞은 성능을 내는지 확인하고자 하였다. 재료에는 재료마다 고유한 물성이 존재한다. 콘크리트는 압축응력에 강하며, 연성이 없다. 일반적인 강도 설계법에서는 인장강도를 무시하며 설계를 진행한다. 본 연구는 높이가 다른 2개의 직사각형 콘크리트의 벨크로 보강에 따른 압축 실험 결과를 제시하였다. 실험 변수로 직사각형 콘크리트의 높이와 벨크로 보강 겹 수를 설정하였다.

100mm 세로 150mm 높이 200mm 직사각형 공시체와(이하 R200) 세로 100mm 세로 150mm 높이 300mm 직사각형 공시체(이하R300)를 제작하였다. 콘크리트 설계 강도는 24MPa 1종 포틀랜드 시멘트를 사용하였다. 각 변수별 시험체 개수와 시험체 명은 그림 1과 표 1에 정리하였다. 각 보강된 공시체들은 각 상단 하단이 10%가 남겨진 전체 높이에 대해 80%를 보강하였다. 두 겹 보강 공시체들은 한 겹을 감았을 때 마감되는 부분이 두 번째 보강 벨크로의 가장 안쪽으로 배치되게 하여 최대의 연성 보강이 나오도록 시험체를 제작하였다. 시험체 형태와 시험체 파괴 형태는 그림 2와 3에 나타내었다. 보강 설계 개념도를 그림 4에 표현 하였다.



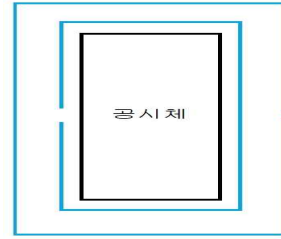
[그림 1] 시험체 이름

2. 시편 설계

벨크로 공시체를 만들고 압축시험을 수행하기 위하여 가로

[표 1] 콘크리트 공시체 시험체 명

시험체 명	벨크로 겹수	시험체 수
R200	0	3
	1	3
	2	3
R300	0	3
	1	3
	2	3



[그림 4] 보강 설계 개념도

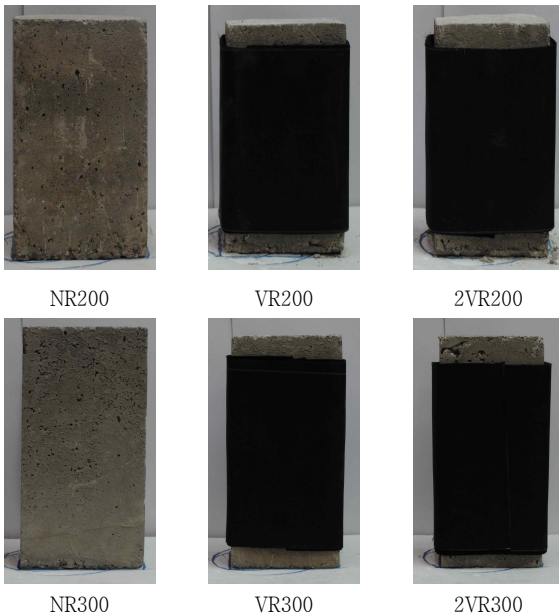
3. 실험계획 및 결과

3.1 실험 계획

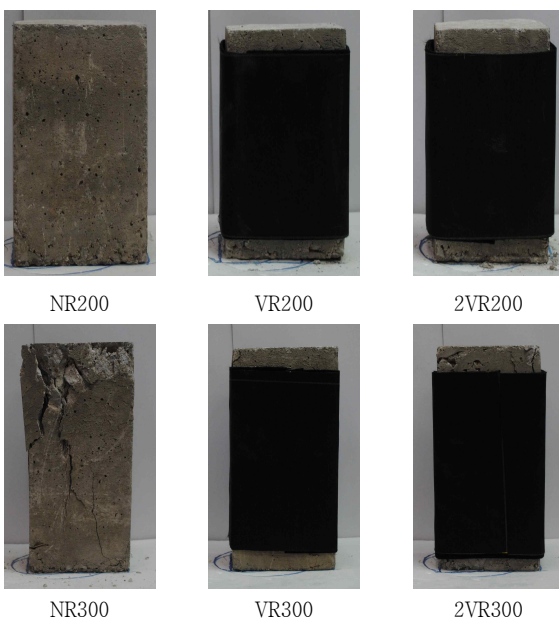
본 실험에서는 보강 효과를 검토하기 위해 콘크리트 압축강도 시험방법인 KS F 2405에 따라 수행하였다. 만능재료시험기(UTM, Capacity:2000KN)를 사용하였으며, 변위제어법에 의해 실험을 수행하였다. 제어속도는 1.5mm/min 일정한 속도로 유지하였다.

3.2 실험 결과

R200, R300 모두 보강하지 않은 표준 공시체보다 벨크로 보강 공시체의 압축강도가 상승하였고 발생 변위는 모든 공시체가 0.01~0.02 사이에 분포되어있다. 벨크로로 보강한 공시체들은 콘크리트가 파괴된 후 벨크로가 콘크리트의 탈락을 방지하여 완전파괴가 되지 않았다. R200 공시체에서는 표준 공시체와 한 겹 공시체의 평균 강도 차이가 0.2MPa, 증감률은 0.63%로 비교적 미미한 보강 효과를 보였으나 두 겹을 감았을 때, 표준 공시체와의 평균 강도 차이가 2.22MPa인 증감률은 6.94%로 한 겹 보강보다 눈에 띄게 두드러짐이 나타난다. R200의 변위-하중 관계 그래프는 그림 5에 나타나고 압축강도는 표 3에 나타내었다. R300 공시체에서는 표준 공시체와 한 겹 공시체의 평균 강도 차이가 4.36MPa, 증감률은 16.29% 두 겹을 감았을 때, 표준 공시체와의 평균 강도 차이가 6.28MPa, 증감률은 23.47%로 두 가지 경우 모두 R200보다 두드러진 보강 효과를 확인하였다. R300의 변위-하중 관계 그래프는 그림 5에 나타나고 압축강도는 표 4에 나타내었다. 형상비(h/d)이론에 따른 강도 차이, 공시체의 높이 h와 지름 d의 비인 h/d가 커질수록 압축강도는 크게 된다는 이론에 맞는 결론이 나타났다. 식 1의 환산계수 추정식에 의해 정해진 환산계수로 표준 공시체의 압축강도를 비교한 결과는 표 2에 정리하였다. R200 표준 공시체는 24.32MPa, R300 표준 공시체는 24.96MPa로 설계 강도 24MPa를 모두 만족하였다.



[그림 2] 시험체 형태



[그림 3] 시험체 최종 파괴 형태

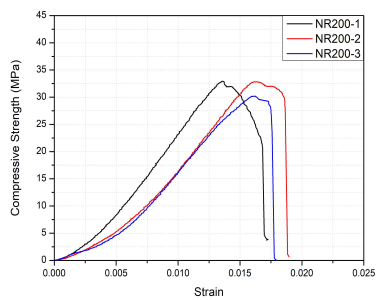
$$\eta = 1.002 \exp\left(-\frac{((h/d - 1) - 1.12)^2}{11.81}\right)$$

η : h/d 에 따른 콘크리트 압축강도 환산계수
 h/d : 공시체의 높이와 직경비

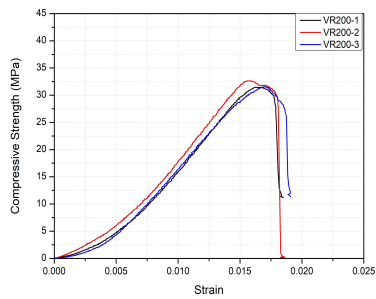
[식1] 콘크리트 공시체 환산계수 추정 식

[표 2] 표준 공시체

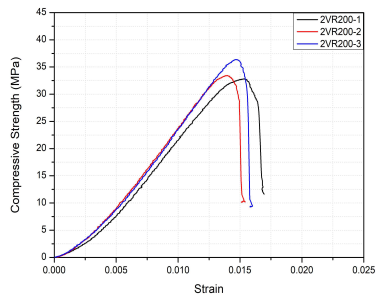
공시체 높이(mm)	h/d비	η (환산 계수)	압축강도(MPa)
200	1.11	0.76	24.32
300	1.67	0.96	24.96



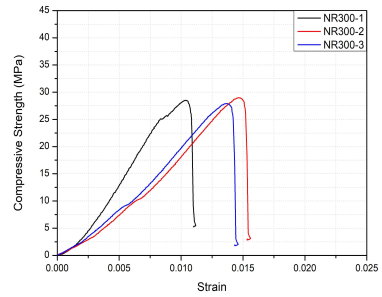
(a) NR200



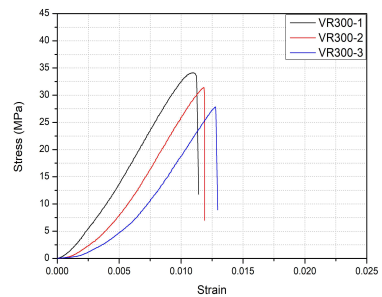
(b) VR200



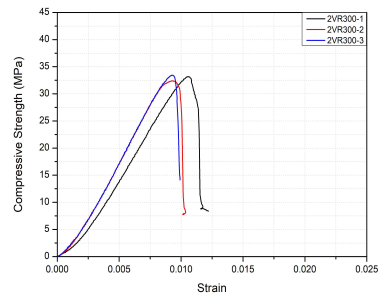
(c) 2VR200



(d) NR300의 변위-하중 관계



(e) VR300의 변위-하중 관계



(f) 2VR300의 변위-하중 관계

[그림 5] 콘크리트 시험체의 변위-하중 관계

[표 3] R200 종류별 콘크리트 시험체 압축강도(MPa)

시편명	시편 번호	Compressive Strength		
		Each	AVE.	Rate of Increase(%)
NR200	1	32.93	32.00	—
	2	32.87		
	3	30.21		
VR200	1	33.60	32.20	0.63
	2	31.45		
	3	31.56		
2VR200	1	32.86	34.22	6.94
	2	33.44		
	3	36.37		

[표 4] R300 종류별 콘크리트 시험체 압축강도(MPa)

시험명	시험 번호	Compressive Strength		
		Each	AVE.	Rate of Increase(%)
NR300	1	27.92	26.76	—
	2	26.36		
	3	26.00		
VR300	1	34.11	31.12	16.29
	2	31.40		
	3	27.84		
2VR300	1	33.28	33.04	23.47
	2	32.39		
	3	33.44		

4. 결론

본 연구는 높이가 다른 2개의 직사각형 콘크리트의 벨크로 보강에 따른 압축 실험 결과를 제시하였다. 실험 변수로 직사각형 콘크리트의 높이와 벨크로 보강 겹 수를 설정하였다.

(1) 형상비(h/d)이론에 따른 공시체의 높이가 커질수록 압축강도가 낮아지는 형태가 나타난다.

(2) 형상비(h/d)이론에 따라 환산계수를 사용하였을 때 높이 200mm 공시체와 높이 300mm 공시체의 압축강도 값이 같아진다.

(3) 높이 200mm의 직사각형 공시체에서 보강 겹 수에 따른 강도 증가율은 표준 공시체 대비 한 겹은 0.63%로 강도 증가 효과가 미미하고, 두 겹은 6.94%로 한 겹보다 보강 효과가 두드러진다.

(4) 높이 300mm의 직사각형 공시체에서 보강 겹 수에 따른 강도 증가율은 표준 공시체 대비 한 겹은 16.29%, 두 겹은 23.47%로 표준 공시체보다 강도가 증가한다.

(5) 벨크로 보강재는 콘크리트의 최대 압축강도 도달 후 벨크로로 인해 콘크리트 공시체가 완전히 파괴되지 않는 형상이 나타난다.

참고문헌

- [1] 이용희. "PET 시트로 구속된 콘크리트 공시체의 보강효과에 관한 실험적 연구." 국내석사학위논문 한국교통대학교 글로벌융합대학원, 2020. 충청북도
- [2] 이강석 외"콘크리트 압축강도 추정을 위한 환산계수에 관한 실증적 연구"청운대학교 건설환경연구소 논문집. 2008년 제3권 1호

본 연구는 국토교통부/국토교통과학기술진흥원의 지원으로 수행되었음(과제번호 21CTAP-C157156-02)