

폐콘크리트를 굵은골재로 활용한 콘크리트의 강도특성

문한영* 문대중** 팽우선*** 김병권***

한양대학교 토목공학과 교수* 한양대학교 산업과학연구소 연구원**

한양대학원 토목공학과 박사과정***

1. 서론

최근 콘크리트구조물의 노후화 내지는 용도, 목적의 변경 등에 따라 콘크리트구조물의 해체에 따른 폐콘크리트량이 급증하고 있는 추세이다. 이러한 폐콘크리트는 현재까지는 도로용 노반재 또는 매립용 등으로 주로 폐기되어 왔으며, 부가가치가 높은 자원으로서 재활용되지 못하고 있는 실정이다.

그래서 폐콘크리트를 자원으로 재활용화 하기 연구의 일환으로 콘크리트용 골재로 환원하고자 하는 리사이클링 연구가 진행되고 있다.^{1,2)}

본 연구에서는 실제 콘크리트구조물에서 제조한 2종류의 재생굵은골재와 3단계로 콘크리트의 강도를 달리하여 제조한 콘크리트를 파쇄한 3종류의 재생굵은골재를 사용하였다. 이들 재생굵은골재를 사용한 콘크리트의 품질 및 기초물성을 부순돌을 사용한 콘크리트의 제물성과 비교, 고찰하였다.

2. 실험개요

2.1 사용재료 및 배합

(1) 시멘트 : 비중 3.15, 분말도 $3200\text{cm}^2/\text{g}$ 인 보통포틀랜드시멘트를 사용하였다.

(2) 골재 : 잔골재는 비중 2.64, 흡수율 2.63%인 강모래를 사용하였으며, 굵은골재는 최대치수 20mm, 비중 2.65, 흡수율 0.94%인 부순돌(이하 VA)을 사용하였다.

(3) 재생굵은골재 : 첫째, 노후화된 실제 콘크리트구조물에서 발생하는 폐콘크리트로서 제조한 2종류의 재생굵은골재로서 조파쇄기로 1차 분쇄 후 철금속과 비철금속을 분류한 후 임팩트 파쇄기로 파쇄한 재생굵은골재(이하 NA)와 철금속과 비철금속을 파쇄한후 비중선별법으로 골재의 주위의 모르타르 부분을 최소화하여 제조한 재생굵은골재(이하 OA)이다.

둘째, 모재콘크리트의 압축강도(이하 모재강도)를 3단계로 달리하여 제조한 콘크리트를 파쇄하여 3종류의 재생굵은골재(이하 재생골재)를 제조하였다. 이 때 콘크리트의 강도는 고강도: $619\text{kgf}/\text{cm}^2$ (이하 H), 중강도: $500\text{kgf}/\text{cm}^2$ (이하 M), 보통강도: $289\text{kgf}/\text{cm}^2$ (이하 L)이다. 이들 골재를 조파쇄기(JAW Crusher)로 1차 파쇄하고 임팩트 파쇄기(IMPACT Crusher)로 파쇄한 골재가 1단계 재생골재이며, 이 골재를 포라우더(POROUDER)로 2차 파쇄한 골재가 3단계 재생골재이다. (예를 들어 L1에서 L은 보통강도, 1은 1단계 재생굵은골재) 재생굵은골재 및 부순돌의 물리적 성질은 표 1과 같다.

(4) 콘크리트의 배합 : 재생골재의 종류에 따른 강도특성을 비교하기 위하여 콘크리트의 물-시멘트비 55%로 고정하였으며, 물-시멘트비 변화에 따른 영향을 검토하기 위하여 NA 및 OA 재생골재 사용 콘크리트의 물-시멘트비를 35~55%의 범위, 슬럼프 $8\pm 2\text{cm}$, 공기량 $4.5\pm 1\%$ 로 정하였다.

2.2 실험방법

압축강도는 재령 7, 28 및 91일에서 KS F 2403에 의하여 측정하였으며, 인장강도 및 탄성계수는 재령 28일에서 각각 BS 1881 및 KS F 2438에 의하여 측정하였다.

[연락처] (우) 133-791, 서울특별시 성동구 행당동 17번지, 한양대학교 토목공학과 재료연구실

문대중, Tel:02-2282-3356, Fax:02-2292-3356, E-mail:moondaejoong@yahoo.co.kr

표 1 재생골은골재 및 부순돌의 물리적 성질

골재기호	비중	흡수율 (%)	모르타르 부착율(%)	10 ton 파쇄값(%)	안정성 (%)	조립률	콘크리트의 배합강도
L1	2.37	6.27	52.3	6.30	49.1	6.59	619kgf/cm ²
L3	2.48	3.76	32.3	2.28	22.5	6.69	
M1	2.41	5.58	55.0	5.19	48.3	6.57	500kgf/cm ²
M3	2.50	3.19	32.4	1.73	18.4	6.39	
H1	2.42	4.88	52.3	3.83	29.7	6.67	289kgf/cm ²
H3	2.51	3.14	30.2	1.53	8.1	6.51	
NA	2.57	5.57	41.8	5.36	50.2	6.92	-
OA	2.56	3.76	26.4	3.36	17.3	7.07	-
VA	2.65	0.94	0	3.00	9.1	6.48	-

3. 실험결과 및 고찰

3.1 재생골재 콘크리트의 압축강도

모재강도 3단계로 분류하여 제조한 후, 3 단계로 파쇄하여 만든 재생골재 및 노후화된 실제 콘크리트구조물에서 발생한 폐콘크리트에 의한 재생골재를 사용한 콘크리트의 재령 7, 28 및 91일의 압축강도 결과를 정리한 것이 그림 1이다. 이 그림에서 알 수 있듯이 재령 7일에서는 재생골재의 종류에 따른 압축강도의 차이는 작았으나, 재령 28일 및 91일에서는 고강도콘크리트로 제조한 재생골재(이하 고강도 재생골재)를 사용한 콘크리트는 보통강도콘크리트로 제조한 재생골재(이하 보통강도 재생골재)를 사용한 콘크리트에 비하여 압축강도가 약간 크게 나타났다. 8종류 재생골재 콘크리트의 재령 28일 압축강도는 350kgf/cm² 이상의 결과를 나타내었다. 이때, 고강도 및 중강도 재생골재를 사용한 콘크리트의 압축강도는 부순돌을 사용한 콘크리트보다 컸으나, 보통강도 재생골재를 사용한 콘크리트의 압축강도는 약간 작았다. 또한, 3단계로 파쇄한 재생골재로 제조한 콘크리트의 압축강도는 1단계로 파쇄한 재생골재 콘크리트에 비하여 약간 크게 나타났다. 다시 말해서, 재생골재를 사용한 콘크리트의 압축강도는 모재강도, 모르타르의 부착량과 같은 재생골재의 품질 및 파쇄정도에 의한 영향이 클 수 있다. 한편, 실제 콘크리트구조물에서 발생한 재생골재로 제조한 콘크리트의 재령 28일 압축강도는 중강도 및 보통강도 재생골재를 사용하여 제조한 콘크리트의 압축강도와의 중간값 정도에 해당되며, 부순돌을 사용한 콘크리트와 유사한 값을 나타내었다.

이번에는 실제 콘크리트구조물에서 제조한 두 종류의 재생골재를 사용한 콘크리트의 물-시멘트비 변화에 따른 압축강도 결과를 정리한 것이 그림 2이다. 물-시멘트비 55%에서 재생골재 콘크리트의 압축강도는 약 400kgf/cm²정도로 재생골재의 종류와 부순돌에 의한 영향은 작았으나, 물-시멘트비가 감소함에 따라 재생골재 콘크리트의 압축강도 발현은 부순돌을 사용한 콘크리트보다 오히려 낮았다.

이상의 실험결과를 종합해보면, 재생골재에 부착된 모르타르의 부착량이 많은 NA 재생골재를 사용한 콘크리트의 압축강도가 모르타르의 부착량이 작은 OA 재생골재 콘크리트의 압축강도보다 작음을 확인하였다.

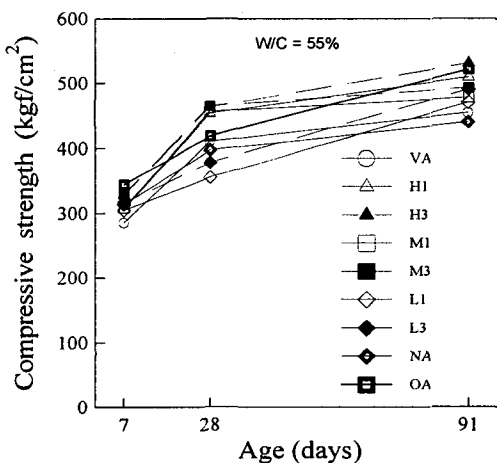


그림 1. 재령별 재생골재 콘크리트의 압축강도

3.2 재생골재의 품질과 압축강도와의 관계

재생골재의 품질이 재생골재 콘크리트의 압축강도에 미치는 영향을 알아보기 위하여 모재강도 및 모르타르의 부착율과 재생골재 콘크리트의 재령 28일 압축강도와의 관계를 정리한 것이 그림 3 및 그림 4이다.

그림 3에서 모재강도가 클수록 재생골재 콘크리트의 압축강도도 증가하였으며, 모재강도가 289kgf/cm²에서 500kgf/cm²로 증가함에 따라 재생골재 콘크리트의 압축강도는 약 30% 정도 증가하였으나, 모재강도 500kgf/cm² 이상에서는 재생골재 콘크리트의 압축강도 증가는 거의 없었다. 다시 말해서, 모재강도가 보통강도인 경우 부착모르타르의 강도가 새로 타설한 콘크리트중의 모르타르의 강도에 비하여 작으므로 재생골재 콘크리트의 압축강도가 작은 값을 나타내었다고 생각된다. 또한 파쇄정도가 달라짐에 따라 재생골재의 입형이 양호해 질 뿐만 아니라 모르타르의 부착량이 감소하여 콘크리트의 압축강도가 약간 증가하였다고 생각된다.

그림 4에서 모재강도가 중강도 및 고강도에서는 재생골재의 모르타르의 부착율이 감소할 때 재생골재 콘크리트의 압축강도는 약간 증가하였으며, 보통강도 재생골재를 사용한 콘크리트의 경우 모르타르 부착율이 감소함에 따라 압축강도의 증가는 중강도 및 고강도 재생골재에 비하여 크게 나타났다. 또한 실제 콘크리트구조물에서 제조한 재생골재에 있어서도 모르타르 부착율이 감소함에 따라 콘크리트의 압축강도가 증가하는 경향을 보였다.

3.3 재생골재 콘크리트의 강도특성

두 종류의 재생골재와 부순돌을 사용한 콘크리트의 재령 28일에서의 압축강도와 인장강도 및 탄성

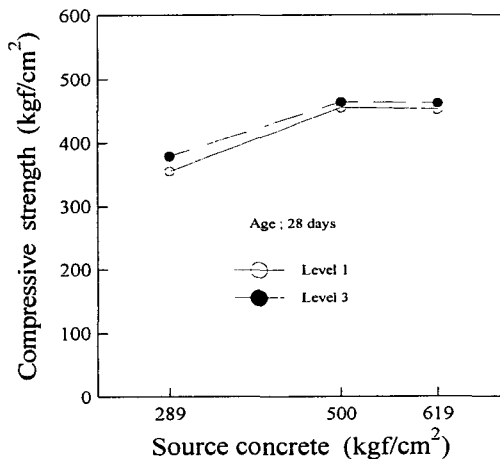


그림 3. 모재강도와 재생골재 콘크리트의 압축강도와의 관계

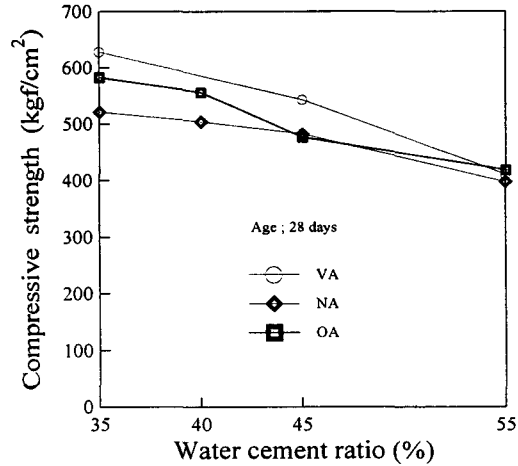


그림 2. 물-시멘트비와 재생골재 콘크리트의 압축강도

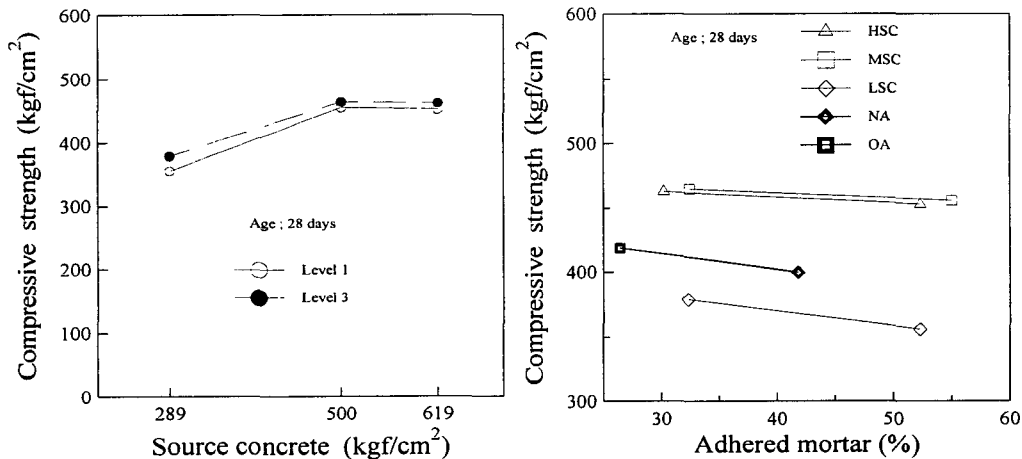


그림 4. 모르타르 부착율과 재생골재 콘크리트의 압축강도

계수와의 관계로 정리한 것이 각각 그림 5 및 그림 6이다.

그림 5에서 재생골재 콘크리트의 압축강도와 인장강도와의 관계는 부순돌을 사용한 콘크리트와 유사하였으며, 압축강도와 인장강도와의 비는 두 종류의 재생골재 모두 비슷한 값을 나타내었다. 한편, 압축강도와 인장강도 관계와의 기울기는 강도가 증가함에 따라 재생골재 OA를 사용한 콘크리트가 재생골재 NA를 사용한 콘크리트에 비하여 약간 크게 나타났다.

그림 6에서 재생골재 콘크리트의 압축강도와 탄성계수와의 관계도 부순돌을 사용한 콘크리트와 비슷하였으며, 압축강도와 탄성계수와의 비는 재생골재 NA를 사용한 콘크리트가 재생골재 OA를 사용한 콘크리트보다 약간 크게 나타나는 경향이 있었다.

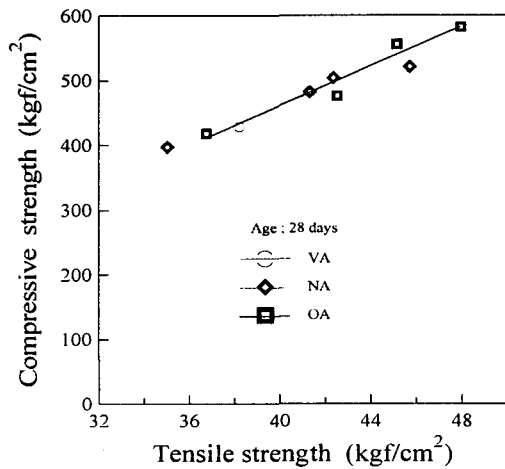


그림 5. 재생골재 콘크리트의 인장강도와 압축강도와의 관계

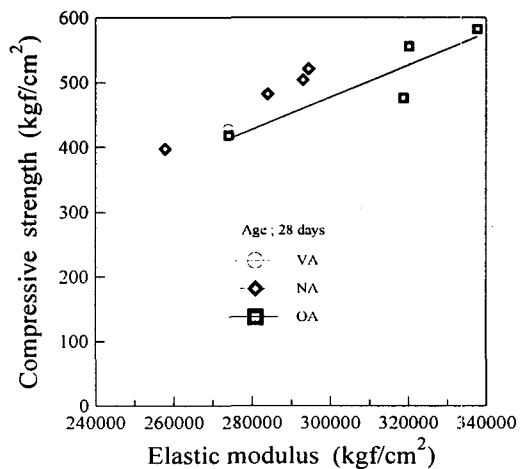


그림 6. 재생골재 콘크리트의 탄성계수와 압축강도와의 관계

4. 결론

- (1) 재생골재 콘크리트의 압축강도는 재생골재의 모재콘크리트의 강도, 모르타르의 부착량 및 제조방법에 의해 영향을 받았으며, 재생골재의 원콘크리트 강도가 작을수록 모르타르의 부착량의 감소에 따른 콘크리트의 압축강도 발현은 크게 나타났다.
- (2) 재생골재 콘크리트의 재령 28일 압축강도는 350kgf/cm² 이상이었으나, 보통강도 재생골재 콘크리트의 압축강도는 부순돌을 사용한 콘크리트보다 작았다. 한편, 모르타르 부착율이 큰 재생골재 NA가 물-시멘트비가 감소함에 따라 콘크리트의 압축강도 발현이 작게 나타났다.
- (3) 재생골재 콘크리트의 압축강도와도 인장강도 및 탄성계수와의 관계는 부순돌을 사용한 콘크리트와 비슷한 경향을 보였으며, 재생골재 NA를 사용한 콘크리트의 압축강도와 탄성계수와의 비는 재생골재 OA를 사용한 콘크리트에 비하여 약간 크게 나타났다.

참고문헌

- 1) 文大重, 長瀧 重義, 久田 眞, 佐伯龍彦 : 混和材料による再生骨材コンクリートの品質改善効果, 土木學會第55回年次學術講演會, 2000.9
- 2) 文大重, 長瀧 重義, Ahmet GOKCE, 坂田 雅彦 : 混和材料を用いた再生骨材コンクリートの力學的性質および耐久性, 第 27回 セメント・コンクリート研究討論會, 2000.11