

셰일암 골재 콘크리트의 역학적 특성에 관한 실험

An Experimental Study on the Property of Unconfined Strength of Concrete Specimen with Shale Rock Aggregates

이석훈* 홍성남* 김광수* 한경봉** 박선규***
Lee, Seok Hoon Hong, Sung Nam Kim, Kwang Soo Han, Kyoung Bong Park, Sun Kyu

ABSTRACT

The purpose of this study is to investigate properties of compressive strength of concrete using the shale rock as coarse aggregates. To evaluate properties of compressive strength of concrete using crushed shale rock, we performed the experiment according to the proportioning strength of 10MPa~40MPa and the slump of 12% ~15%. The result of this study is as follow. The compressive strength of concrete using crushed shale rock is lower than those of granite aggregates. The proportioning strength is higher, the reduction of compressive strength of concrete using the shale rock is higher.

1. 서론

골재란 결합체에 의하여 한 덩어리를 이룰 수 있는 광물질로서 간단히 말하자면 건설공사에서 사용되어지는 콘크리트의 자갈과 모래 같은 건설용 광물질을 의미한다. 골재의 종류는 입도별로는 잔골재와 굵은 골재로 구분하며 생산수단에 따라 천연골재, 인공골재와 쇄석(부순 돌), 쇄사(부순 모래)와 같은 반 인공골재 등으로 분류되며, 우리나라의 경우 1980년대 이후부터 시작된 대단위 주택건설, 도로, 공항 등의 사회 간접자본 확충과 같은 건설경기의 급속한 성장과 더불어 대량의 골재 수요를 발생시켰고 골재의 수급에 커다란 문제를 가져오게 되었다. 이에 정부는 1992년 골재 채취법 제정, 1993년부터 2003년 까지 실시한 전국 골재에 대한 골재자원 부존량 개략조사(김주용 외, 2001, 2002, 2003, 한국 지질자원연구소)등의 노력을 통해 안정적인 골재의 수급방안을 모색하고 있다. 또한, 현재 국내 건설공사의 급격한 증가로 천연골재를 대체할 쇄석 골재의 수급도 어려운 실정이다.

기존의 건설현장에서 산출되는 퇴적암석들은 주로 건설재료용으로 부적합하기 때문에 전량 폐기되고 있다. 본 연구에서는 폐기되는 퇴적암석을 효과적으로 재활용하기 위하여 쇄석골재로 만들어 골재의 특성을 확인한 후 콘크리트의 역학적 특성을 연구하였다.

*정회원, 성균관대학교 대학원

**정회원, 네브라스카 주립대학교 박사 후 연구과정

***정회원, 성균관대학교 토목환경공학과 교수

2. 실험내용 및 방법

2.1 개요

본 연구에서는 세일암의 파쇄는 기존 Impact Crusher를 이용하여 골재시험에 적합하고 가장 많이 사용되고 있는 크기인 25mm로 하였다. 그리고, 골재로서 적합한지를 확인하기 위하여 세일암에 대하여 KS에서 규정하고 있는 골재시험인 LA마모시험(KS F 2508), 안정성 시험(KS F 2507), 비중 및 흡수율시험(KS F 2504)을 실시하였다. 그리고 시험체 제작 및 압축강도 시험 콘크리트의 혼합은 60리터의 강제식 믹서기에서 개량된 자갈과 모래를 투입한 후 1분간 건비빔을 한 후, 시멘트와 혼화재를 투입하여 다시 1분간 건비빔을 한 후 물과 고성능 감수제를 충분히 섞은 다음 투입하여 2분간 비빔을 하였다. 시험체는 성형하고 나서 12시간 이후 몰드에서 탈형하여 KS F 2404의 규정에 따라 23±2°C의 항온수조에서 습윤 양생시켰다.

2.2 시험체제작 및 배합비

세일암의 굵은 골재 유용성에 대한 검토를 하기 위하여 세일암을 굵은 골재용으로 파쇄를 하고, 이 골재를 가지고 콘크리트 압축강도 시험용 모형공시체를 KS F 2405 규정에 의거하여 제작하였다. 압축강도를 측정하기 위한 공시체는 $\phi 100\text{mm} \times 200\text{mm}$ 로 굵은 골재와 강도를 고려하여 42개를 제작 하였다. 표 1에 시험체의 명칭 및 변수를 나타내었다.

표 1 시험체의 명칭 및 변수

굵은골재 최대치수(mm)	압축강도 (MPa)	슬럼프 (cm)	굵은 골재	시험체명	시험체 개수
25mm	10	12	화강암골재 : (G)	25-10-12(G)	3
	18	12		25-18-12(G)	3
	21	12		25-21-12(G)	3
	24	12		25-24-12(G)	3
	24	15		25-24-12(G)	3
	27	12		25-27-12(G)	3
	40	12		25-40-12(G)	3
25mm	10	12	세일암 : (S)	25-10-12(S)	3
	18	12		25-18-12(S)	3
	21	12		25-21-12(S)	3
	24	12		25-24-12(S)	3
	24	15		25-24-12(S)	3
	27	12		25-27-12(S)	3
	40	12		25-40-12(S)	3

3. 시험결과 및 분석

3.1 골재의 물성

골재시험 결과는 표 2와 같다. 세일암의 흡수율 시험은 0.79%로 나타났으며, 겉보기 비중 및 진비중은 각각 2.64, 2.66로 양호한 값은 나타내었다. 마모시험 및 안정성 시험은 16.8%와 1.49 %로 각각 KS F 2527 규정을 만족하는 것으로 나타났고, 알카리·골재반응 시험결과 반응 알카리양(Rc)은 58.5 mol/l 이고, 용존 실리카양(Sc)은 6.8 mol/l로 나타났다. 반응 알카리양(Rc)이 용존 실리카양(Sc)보다 크므로 KS F 2527 규정에 의하여 세일암의 부순 골재는 화학적 방법에 의한 알카리·골재(Alkali-Aggregate Reaction, AAR) 반응성 의하여 무해한 것으로 판정되었다.

표 2 골재 기본 물성 시험

종류	겉보기 비중	진비중	흡수율	마모시험 손실율	안정성	알카리·골재반응 시험
세일암	2.64	2.66	0.79%	16.8%	1.49%	Rc(58.5) > Sc(6.8)

3.1 콘크리트 강도시험 결과

본 실험에서는 보토 포틀랜드 시멘트를 사용하였다. 골재는 화강암과 퇴적암에서 암석을 채취한 후 파쇄기를 이용하여 적당한 크기(25mm)로 파쇄한 다음 골재 전체에 대하여 세척하여 사용하였다.

본 실험에서 사용된 혼화제는 표준형 AE감수제를 사용하였으며, 감수제는 모든 배합에 동일하게 첨가하여 사용하였다. 배합은 표 3과 같고, 표 4에는 일축압축강도 결과를 나타내었다.

표 3 콘크리트 배합설계

설계강도 (MPa)	굵은골재 최대치수 (mm)	슬럼프 (cm)	공기량 (%)	W/C (%)	잔골재율 (%)	단위량(Kgf/m ³)				AE제 (g/m ³)
						물	시멘트	잔골재	굵은골재	
10	25	12	5	88	52.2	172	195	962	921	585
18	25	12	5	59	46.42	175	296	814	982	890
21	25	12	5	52	42.6	174	335	737	1023	1005
24	25	12	5	47.8	43.4	171	358	748	983	1074
24	25	15	5	47	44	186	396	727	967	1190
27	25	15	5	44	41.4	182	414	683	991	1241
40	25	15	5	31	40.82	183	590	609	924	1770

표 4 일축압축강도결과(kgf/cm², 28days)

시험체명	압축강도 (MPa)	시험체명	압축강도 (MPa)
25-10-12(G)	7.67	25-10-12(S)	7.94
25-18-12(G)	19.66	25-18-12(S)	16.15
25-21-12(G)	17.23	25-21-12(S)	16.75
25-24-12(G)	25.45	25-24-12(S)	18.64
25-24-15(G)	23.87	25-24-15(S)	17.56
25-27-12(G)	28.35	25-27-12(S)	20.19
25-40-12(G)	40.96	25-40-12(S)	25.45

4. 결론

1. 세일암은 굵은 골재 기본 품질시험(겉보기 비중, 진비중, 흡수율, 마모손실율)에서 굵은 골재 품질 규정인 KS F 2527를 모두 만족한 것으로 나타났다. 또한, 알카리·골재반응(Alkali-Aggregate Reaction, AAR)시험에서 반응 알카리양(Rc)은 58.5 mol/l 이고, 용존 실리카양(Sc)은 6.8 mol/l로 나타났다. 반응 알카리양(Rc)이 용존 실리카양(Sc)보다 크므로 규정에 의하여 세일암의 부순 골재는 화학적 방법에 의한 알카리·골재(Alkali-Aggregate Reaction, AAR) 반응성 의하여 무해한 것으로 판정되었다. 따라서 세일암은 골재로서 활용이 가능할 것으로 판단되었다.
2. 일반 굵은 골재와 세일암을 굵은 골재로 사용하여 콘크리트 압축강도 시험을 하고 결과를 비교해보면, 일반 굵은 골재에 비해 세일암을 굵은 골재로 사용한 콘크리트 시험체의 강도가 저 강도(10MPa~21MPa)에서는 3~5 %의 강도 저하가 미미하게 나타났다. 하지만, 고 강도(24MPa~40MPa)로 갈수록 26~38%의 강도저하가 현격하게 나타났다.
3. 세일암이 콘크리트 강도에 미치는 영향을 살펴보면, 저 강도 콘크리트에서는 세일암이 콘크리트 압축강도에 별 다른 영향을 미치지 못하는 것으로 나타났다. 하지만, 고강도 콘크리트에서는 세일암이 강도 발현에 영향이 매우 큰 것으로 판단되었다. 이는 세일암의 특성인 염층리가 잘 발달되어서 잘 쪼개지는 현상 때문인 것으로 사료된다. 실제로 파괴양상을 살펴보면 저 강도에서는 굵은 골재의 파괴가 나타나지 않았지만, 고 강도에서는 세일암 굵은 골재에서는 층리방향으로 조깨짐이 나타난 것을 볼 수 있었다. 따라서, 세일암은 고강도 콘크리트용 굵은 골재로 사용해서는 안 될 것으로 판단된다.

참고문헌

1. 건설교통부 (2000), 도로교 표준 시방서, 건설교통부
2. 건설교통부 (2003), 콘크리트 표준 시방서, 건설교통부
3. 최민수 (2002), 지역별 골재 수급 실태 조사, 한국건설산업연구원, 보고서.
4. 김주용 (2001, 2002, 2003), 전국 골재에 대한 골재자원 부존량 개략조사, 한국지질자원연구소
5. 이현구, 박영훈 (1995), 플라이애쉬(fly-ash)와 세일암(shale)을 이용한 경량골재 개발에 관한 연구, 한국지구시스템 공학회 추계 학술지, pp.29-31
6. 김영수, 허노영, 서인식, 최정호 (2000) 대구지역 퇴적암 쇄석골재를 사용한 콘크리트 공시체의 일축 압축강도와 동결융해특성에 관한 실험적 연구, 대한토목학회 학술발표회, vol 2000, no 2, pp 325-329