

부산근교에서 생산된 부순골재를 사용한 콘크리트의 특성에 관한 연구

A Study on the Characteristics of Concrete Use Crushed Aggregates Produced in Busan Suburbs

배 원 만* 백 동 일** 장 회 석*** 김 명 식***
Bae, Won Mahn Beak, Dong Il Jang, Hui suk Kim, Myung Sik

ABSTRACT

The objective of in this study makes investigation into the characteristics of concrete as to properties and blended ratio of crushed aggregates through experimental researches. In this research observed crushed quality characteristic of crushed aggregates that is produced in representative stony mountains of Busan suburbs (Yang-san, Kim-hea, Jin-hea). And wished to investigate the quality change and characteristics of concrete with variation of blend ratio of crushed sand(50, 60, 70, 80, 90, 100%). Measured the air contents and slump to investigate properties of fresh concrete, and unit weight and compressive strength in age of 7, 28, 60, 90 days to investigate properties of hardened concrete.

1. 서론

건설분야의 급속한 성장으로 인하여 콘크리트용 골재 중 굵은골재는 94% 이상이 석산에서 생산된 부순자갈로 공급되고 있는 실정이다. 그리고 잔골재는 강모래, 바다모래, 육상모래 및 석산에서 생산되는 부순모래 등 다양한 골재원으로부터 공급되고 있다. 특히 1990년대 중반까지 거의 사용되지 않던 부순모래는 후반 이후 그 사용량이 급증하고 있는데, 이는 환경파괴 및 천연강모래의 급격한 고갈에 기인한다. 부순자갈을 생산하는 경우 암질에 따라 다소 차이는 있으나 대략 43%에 이르는 석분이 발생한다. 이 석분은 아스콘에 일부 사용될 뿐 대부분 매립되고 있어 그 활용도가 매우 낮은 실정이다. 그러나 이 석분도 가공하여 부순모래로 생산할 경우에는 부순자갈의 35%에 이르는 막대한 양을 생산할 수 있어 날로 심각해져가는 골재수급의 어려움에 대응해 나갈 수 있을 것이다.

부순모래의 활용방안에 대한 연구는 미국, 유럽 및 일본 등 선진국에서는 지난 20여년전부터 시작되었으나 우리나라의 경우에는 1995년 이후에 그 연구가 시작되어 현재까지 진행되어 오고 있다. 그러나 지역별 암질의 특성에 따른 부순골재의 품질특성과 그에 맞는 콘크리트의 특성에 대한 연구실적은 미비한 실정이다.

따라서 본 연구는 부산근교의 대표 석산(양산, 김해, 진해)에서 생산된 부순골재의 품질특성을 파악하였다. 그리고 생산지역별로 부순모래의 혼입률을 50, 60, 70, 80, 90, 100%로 변화시켜 굳지 않은 콘크리트의 슬럼프와 공기량을 측정하여 그 변화 특성을 살펴보았으며, 경화한 콘크리트의 재령 7일, 28일, 60일, 90일에서의 단위중량, 압축강도 등을 측정하여 부순골재를 사용한 콘크리트의 특성에 대하여 연구하고자 하였다.

2. 사용재료 및 실험조건

본 연구의 사용재료는 비중이 3.16인 보통포틀랜드시멘트를 사용하였다. 굵은골재 및 잔골재는 부산

*정회원, 부경대학교 토목공학과 석사과정

**정회원, 부경대학교 토목공학과 박사과정

***정회원, 부경대학교 건설공학부 교수

근교에 위치한 양산지역, 김해지역, 진해지역 석산에서 생산된 최대치수 25mm의 부순자갈과 부순모래를 사용하였고, 혼화제는 표준형 고성능AE감수제를 사용하였다.

그리고 실험조건은 부순골재의 기초물성과 혼입률에 따른 콘크리트의 기초특성을 파악하기 위하여 설계기준강도는 23.5MPa, W/C는 46.6%, 슬럼프는 15cm, 공기량은 4.5%로 고정하여 배합설계를 실시하였다. 그리고 강모래에 생산지역별 부순모래를 50~100%까지 각각 10%씩 혼입률을 변화시킨 혼합모래에 대한 실험을 실시하였다. 실험결과치는 각 지역(양산, 김해, 진해석산)에 인접한 대표 레미콘사에서 실제로 생산되고 있는 결과치와도 비교하였다.

3. 실험방법

생산지역별 부순자갈 및 부순모래의 품질과 기초적 물성을 파악하기 위하여 한국산업규격(KS)의 시험방법에 준하여 품질시험을 실시하였다.

「KS F 2421」에 준하여 굳지 않은 콘크리트의 공기량을 측정하고, 부순골재를 사용한 콘크리트의 유동성을 파악하기 위하여 「KS F 2402」에 준하여 슬럼프시험을 실시하였다.

정확한 콘크리트의 단위중량 및 압축강도 특성을 파악하기 위하여 재령 7일, 28일, 60일, 90일에 공시체의 단위중량을 측정하고, 「KS F 2405」에 준하여 압축강도시험을 실시하였다.

4. 실험결과 및 고찰

4.1 부순골재의 품질특성

표 1은 생산지역별 부순골재의 품질시험을 실시한 결과이다. 표 1을 살펴보면 각 생산지역별 부순골재는 KS에서 규정하고 있는 부순골재의 품질을 모두 만족하는 것으로 나타났다.

표 1. 생산지역별 부순골재의 품질특성

시료	시험	조립률	밀도	흡수율	마모율	단위용적중량	유기불순물	0.08mm체 통과량	실적율	편장석률	안정성
굳은골재	KS 규격	6~8	2.5이상	3.0이하	40이하	-	-	1.0이하	55이상	20이하	12이하
	양산지역	6.95	2.71	0.8	15	1550	-	0.2	58	12	3.5
	김해지역	7.12	2.70	1.3	12	1494	-	0.2	55	8	3.2
	진해지역	7.18	2.69	1.4	9	1489	-	0.1	55	6	2.9
잔골재	KS 규격	2.3~3.1	2.5이상	3.0이하	-	-	표준색	7.0이하	53이상	-	10이하
	양산지역	3.67	2.56	1.4	1686	-	담황색	2.3	66	-	2.4
	김해지역	4.14	2.54	2.3	1690	-	담황색	3.8	67	-	2.0
	진해지역	3.21	2.62	2.3	1805	-	담황색	3.5	67	-	1.6

그림 1~그림 3은 생산지역별 부순모래의 혼입률 변화에 따른 입도분포곡선을 나타낸 결과이다. 양산지역은 부순모래의 혼입률이 60~70%일 때 가장 양호한 입도를 보였고, 김해지역은 혼입률에 상관없이 표준입도를 모두 벗어나는 것으로 나타났다. 진해지역은 부순모래의 혼입률에 관계없이 모두 입도표준을 만족하여 가장 양호한 입도를 보이고 있다. 입형을 살펴보면, 실적율을 53% 이상을 모두 만족하고 있으며, 특히 양산지역에서 생산된 부순모래가 66%로 김해 및 진해지역에 비해 가장 양호한 입형을 가지는 것으로 나타났다.

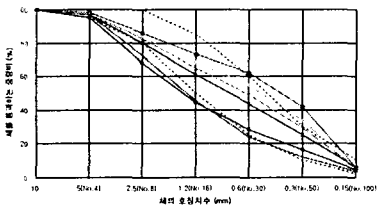


그림 1 입도분포곡선 (양산지역)

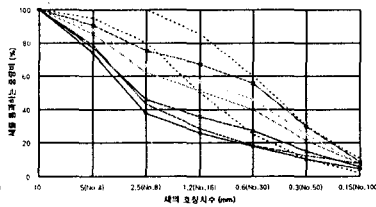


그림 2 입도분포곡선 (김해지역)

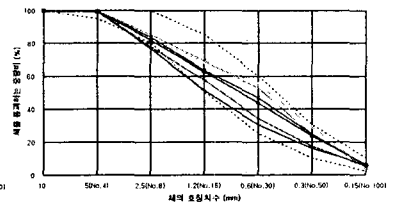


그림 3 입도분포곡선 (진해지역)

4.2 굳지 않은 콘크리트의 특성

그림 4는 콘크리트의 유동성을 파악하기 위하여 슬럼프를 측정 한 결과이다. 전체적으로 부순모래의 혼입률이 70~80%까지 증가하다가 감소하는 경향을 나타냈다. 이는 부순모래의 혼입률이 증가할수록 혼합모래의 조립률이 증가하게 되고, 그로인해 슬럼프에 영향을 미치는 잔골재율이 증대되어, 슬럼프는 증가하다가 혼입률이 70~80%를 초과하는 경우에는 부순모래에 포함되어 있는 미분량(0.08mm체 통과량)의 증가로 인하여 슬럼프는 오히려 감소한 것으로 판단된다.

그림 5는 굳지 않은 콘크리트의 공기량을 측정 한 결과로, 부순모래의 혼입률이 증가할수록 공기량은 감소하는 것으로 나타났다. 이는 부순모래의 혼입률을 증가할수록 미분량이 증가하고 그 미분량이 콘크리트내에서 미소공극의 충전효과를 일으켜 공기량이 감소하는 것으로 판단된다.

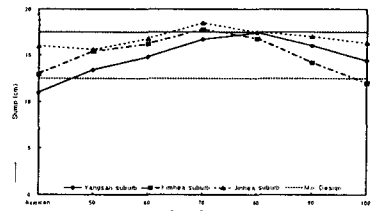


그림 4 슬럼프

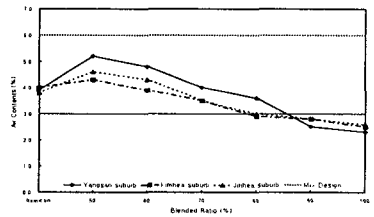


그림 5 공기량

4.3 경화한 콘크리트의 특성

그림 6~그림 8은 재령 28일, 60일 및 90일에서 콘크리트의 단위 중량을 측정 한 결과이다. 전체적으로 부순모래의 혼입율 및 재령이 증가할수록 단위중량은 증가하는 경향을 나타냈다. 특히 양산지역에서 생산된 부순모래를 혼입한 콘크리트의 단위중량이 김해지역 및 진해지역에서 비해 낮게 나타났다. 이는 양산지역 부순모래의 단위용적중량이 김해 및 진해지역에 비해 상대적으로 낮고, 또한 잔입자(0.08mm체 통과량)가 적게 포함되었기 때문으로 판단된다. 부순모래를 혼입한 콘크리트는 전체적으로 보통콘크리트의 단위중량인 2,300kg/m³보다 높게 나타나는 경향을 보였는데, 이는 강모래보다 부순모래가 상대적으로 밀도가 커서 나타나는 현상으로 판단된다.

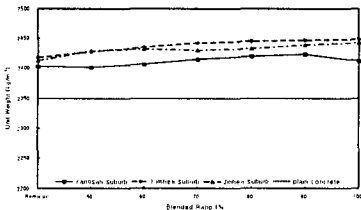


그림 6 재령 28일의 단위중량

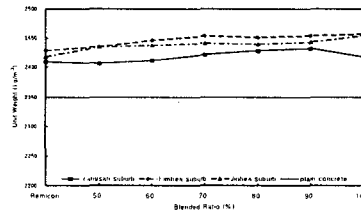


그림 7 재령 60일의 단위중량

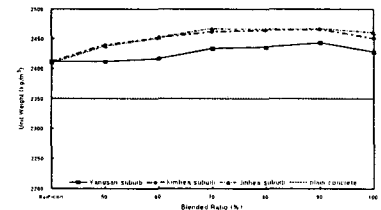


그림 8 재령 90일의 단위중량

재령 28일, 60일 및 90일의 압축강도를 측정 한 결과는 그림 9~그림 11에 나타내었다. 이 결과를 살펴보면, 전체적으로 혼입율 70%에서 가장 높은 압축강도를 나타냈다. 전체적으로 압축강도는 혼입율 100%를 제외하고 모두 설계기준강도 23.5MPa를 만족하였다. 생산지역별 대표 레미콘사와 압축강도와 비교해 보면, 양산지역은 50~80%, 김해지역은 70~80%, 진해지역은 60~80%에서 레미콘사보다 더 높은 압축강도가 발현되었다.

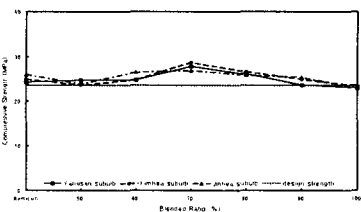


그림 9 재령 28일의 압축강도

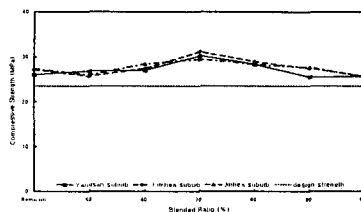


그림 10 재령 60일의 압축강도

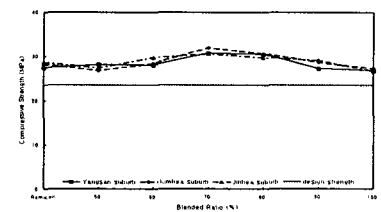


그림 11 재령 90일의 압축강도

그림 12~그림 14은 재령 28일, 60일, 90일에서의 탄성계수를 나타낸 결과이다. 이 결과를 살펴보면, 전체적으로 밀도가 2,300kg/m³인 보통골재를 사용한 콘크리트의 탄성계수인 23GPa보다 다소 높게(평균 2.8GPa) 나타났는데, 이는 보통골재에 비하여 상대적으로 밀도와 강도가 큰 부순골재를 사용하여 콘크리트의 강성이 증가하였기 때문으로 판단된다.

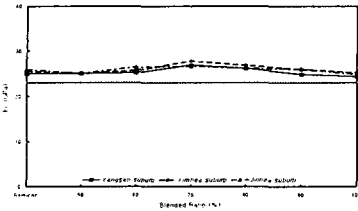


그림 12 재령 28일의 탄성계수

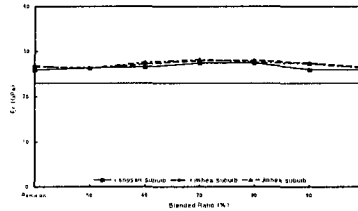


그림 13 재령 60일의 탄성계수

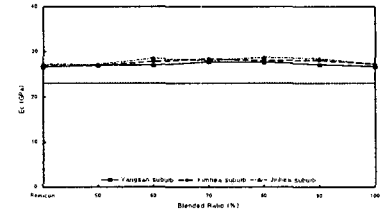


그림 14 재령 90일의 탄성계수

5. 결론

본 연구에서는 부산 근교에 위치한 양산지역, 김해지역, 진해지역에서 생산된 부순모래의 품질특성과 혼입률 변화에 따른 콘크리트의 특성을 분석해 본 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

- (1) 각 지역별 부순골재의 품질은 KS 규격을 모두 만족하는 것으로 나타났다. 콘크리트의 작업성을 나타내는 유동성, 충전성에 영향을 미치는 입도 및 입형은 진해지역에서 생산된 부순골재가 가장 양호한 것으로 나타났다.
- (2) 슬럼프는 전체적으로 부순모래의 혼입률이 70~80%까지 증가하다가 그 이상 혼입할 경우 감소하는 경향을 나타냈다. 이는 부순모래의 혼입률이 증가할수록 혼합모래의 조립률이 증가하게 되고, 그로인해 슬럼프에 영향을 미치는 잔골재율이 증대되어, 슬럼프는 증가하다가 혼입률이 70~80%를 초과하는 경우에는 부순모래에 포함되어 있는 미분량(0.08mm체 통과량)의 증가로 인하여 슬럼프는 오히려 감소한 것으로 판단된다.
- (3) 공기량은 전체적으로 부순모래의 혼입률이 증가할수록 감소하는 것으로 나타났다. 이는 부순모래에 포함된 미분량의 증대로 인해 콘크리트 내부에 공극을 충전시켜 공기량이 감소한 것으로 판단된다.
- (4) 콘크리트의 단위중량은 부순모래의 혼입률 및 재령이 증가할수록 증대되는 결과를 나타냈다. 이는 강모래에 비해 상대적으로 밀도가 큰 부순모래의 사용하였기 때문으로 판단된다.
- (5) 재령 7일, 28일, 60일 및 90일에서의 압축강도를 측정해 본 결과, 전체적으로 혼입률 70%에서 가장 높은 압축강도가 발현되었다. 또한 전체적으로 혼입률 100%를 제외하고 모두 설계기준강도 23.5MPa를 만족하였다.
- (6) 실제로 각 지역에서 생산된 부순모래를 사용하고 있는 그 지역의 레미콘과 본 실험의 결과를 비교해 보면, 양산지역은 50~80%, 김해지역은 70~80%, 진해지역은 60~80%에서 레미콘사보다 더 높은 압축강도가 발현되었다.
- (7) 탄성계수는 전체적으로 밀도가 2,300kg/m³인 보통골재를 사용한 콘크리트의 탄성계수인 23GPa보다 다소 높게(평균 2.8GPa) 나타났는데, 이는 보통골재에 비하여 상대적으로 밀도와 강도가 큰 부순골재를 사용하여 콘크리트의 강성이 증가하였기 때문으로 판단된다.

참고문헌

1. 한국콘크리트학회, “부순모래 및 부순모래 콘크리트”, 기문당, pp. 47~61, 1998.
2. 최민수, “지역별 골재 소비구조 분석 및 수급 안정방안”, 한국건설산업연구원, 2003. 4.
3. 한국콘크리트학회, “콘크리트 표준시방서”, 사단법인 한국콘크리트학회, 2004. 2
4. 염치선, “부순골재를 사용한 콘크리트의 특성 및 활용방안”, 부경대학교 산업대학원, 2004. 8.