

부순모래 콘크리트의 강도 특성에 관한 연구

A Study on the Strength Characteristics of Crushed Sand Concrete

김 상 태* 김 태 영* 백 동 일** 장 희 석*** 김 명 식***
Kim, Sang Tae Kim, Tae Yeong Baek, Dong Il Jang, Hee Suk Kim, Myung Sik

ABSTRACT

An investigation for long-term strength characteristics of crushed sand concrete using crushed sands produced in Yang-san, Kim-hae and Jin-hae that can assume to respectively represent eastern, middle and western suburb of Busan was carried out. Cases were divided as variation of blend ratio of crushed sand (50, 60, 70, 80, 90, 100%) and area. Compressive strength, unit weight and strain in age of 28, 60, 90, 180, 356 days were measured in each case. Compressive strength, unit weight and modulus of elasticity were increased as time goes by and they are expected to keep on increasing in long-term age as well.

1. 서론

그동안 국내에서는 한강, 낙동강 등 전국의 하천에서 생산되는 양질의 골재를 사용하여 왔으나 급속한 경제성장과 함께 대형 건설프로젝트가 계속됨에 따라 80년대 말부터는 골재자원공급이 심각한 상태에 이르렀다. 굵은 골재의 경우는 강자갈 대신 각지에서 부순자갈이 생산되고 있어 수급에 큰 문제가 없으나, 잔골재의 경우에는 강모래가 고갈되어 감에 따라 점점 세립자가 많아지는 등 품질이 악화되고 있는 실정이다. 그래서 한편에서는 그 부족분을 충당하기 위하여 대량으로 해사를 사용하기도 하였으나 간혹 해사를 충분히 세척하지 않고 사용하는 사례가 발생하여 사회적 물의를 일으키는 등 잔골재의 수급부족은 골재자체의 품질 저하뿐만 아니라 콘크리트의 품질저하로 이어지고 있다.

현재로서는 해사의 사용이 필요한 형편이지만, 해사 미세적으로 인한 내구성 문제, 운반거리 등에 따른 경제성 문제, 환경오염문제 등 여러 가지 문제점을 내포하고 있으므로 새로운 대체골재자원의 확보가 요구되어진다. 해사 이외의 대체골재는 육지모래, 산모래, 부순모래, 고로슬래그 잔골재, 인공모래 등 여러 가지 있으나 이중에서도 과거에 하천이나 바다였던 곳에서 채취되는 육지모래나 산모래 또는 암석을 잘게 파쇄하여 만드는 부순모래의 사용이 가장 현실적이고 우선적으로 생각될 수 있다.

이러한 현실에 발맞추어 국내에서도 부순모래에 관한 연구가 점진적으로 진행되어 오고 있으나, 지역별 암질의 특성에 따른 부순모래의 장기강도 특성에 관한 연구는 미비한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 부산근교의 대표적 부순모래 생산지역인 양산, 김해, 진해 지역에서 생산된 부순모래의 혼입률 변화에 따른 양상과 장기강도 특성에 관해 살펴보고자 한다.

2. 실험 개요

2.1 사용재료 및 배합설계

2.1.1 사용재료

* 정회원, 부경대학교 토목공학과 석사과정
** 정회원, 부경대학교 토목공학과 박사수료
*** 정회원, 부경대학교 토목공학과 교수

시멘트는 국내 S사에서 생산되는 비중 3.14인 보통포틀랜드시멘트를 사용하였으며, 물리적 특성 및 화학성분은 표 1과 같다.

표 1. 보통포틀랜드 시멘트의 물리적 특성과 화학적 구성요소

물리적 특성			화학적 구성 요소 (%)					
비중	강열감량 (%)	불용성 잔분 (%)	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃
3.14	0.5~1.3	0.2~0.9	21.0 ~ 22.5	4.5 ~ 6.0	2.5 ~ 3.5	63.0 ~ 66.0	0.9 ~ 3.3	1.0 ~ 2.0

골재는 양산, 김해, 진해 지역에서 생산된 최대치수 25mm인 부순자갈과 부순모래, 그리고 부산근교에서 대표적으로 사용되고 있는 낙동사를 사용하였고, 표 2는 생산지역별 부순골재의 품질특성을 나타내는 표이다.

표 2. 생산지역별 부순골재의 품질특성

시료	시험	시험									
		조립률	밀도	흡수율	마모율	단위용적중량	유기불순물	0.08mm채 통과량	실적율	편장석률	안정성
굵은골재	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

혼화제는 국내 A사에서 생산되는 멜라민계의 고성능감수제를 사용하였다.

2.2 배합설계

설계기준강도 23.5MPa, W/C 46.6%, 슬럼프 15±2.5cm, 공기량 4.5±1.5%를 목표로 하였고, 양산, 김해, 진해지역에서 생산된 부순모래의 혼입률을 100%로 하여 배합설계를 실시하여 기준시방배합표를 얻었고, 이 표를 중심으로 각 생산지역별로 혼입률을 50, 60, 70, 80, 90, 100%로 변화시켜 배합설계를 실시하였다.

2.3 공시체 제작 및 양생

각 지역별로 부순모래 혼입률을 50, 60, 70, 80, 90, 100%로 변화시켜 혼합용적 60ℓ인 강제식 믹서를 사용하여 「KS F 2403 콘크리트의 강도시험용 공시체 제작방법」에 준하여 각 케이스 별로 3개씩 실린더형 공시체(φ10×20cm)를 제작하였다. 이렇게 제작된 공시체는 재령 28, 60, 90, 180, 365일까지 23±2℃의 온도에서 수중양생을 실시하였다.

2.4 실험방법

굳지 않은 부순모래 콘크리트의 특성을 파악하기 위하여 KS 기준에 준하여 슬럼프 시험, 공기량 시험을 실시하였다. 단위중량은 각 케이스별로 제작된 압축강도 측정용 공시체의 중량을 재령28, 60, 90, 180, 365일에 측정하여 단위중량으로 환산하였다. 압축강도시험은 재령 28, 60, 90, 180, 365일에 「KS F 2405 콘크리트 압축강도 시험방법」에 의하여 실시하였다. 또한 콘크리트의 강성을 나타내는 탄성계수는 콘크리트 표준시방서에서 제시하고 있는 식을 이용하여 계산하였다.

3. 결과 및 분석

3.1 단위중량

그림 1~3은 생산지역별 부순모래의 혼입률 변화 및 재령변화에 따른 콘크리트의 단위중량을 나타낸 것이다. 전체적으로 단위중량은 혼입률과 재령에 비례하여 증가하는 것으로 나타났는데 이는 수화반응이 지속됨으로써 콘크리트 내부의 공극이 시멘트겔 등의 수화물로 채워져 경화체의 조직이 밀실해졌기 때문이다. 또한 단위중량이 각 지역의 대표레미콘사(양산 70%, 김해 64%, 진해 61%)보다 전체적으로 높게 나타났는데 이는 대량생산되는 레미콘의 특성상 부정확한 계량과 재료의 보관상태에 기인한 것으로 판단된다. 생산지역별로 살펴보면 양산에서 생산된 부순모래를 사용한 콘크리트의 단위중량이 다른 두 지역에 비해 약 1%정도 낮게 나타났다. 이는 양산에서 생산된 골재가 다른 두 지역에 비해 단위용적질량이 상대적으로 낮고, 잔입자가 적게 포함되었기 때문이다.

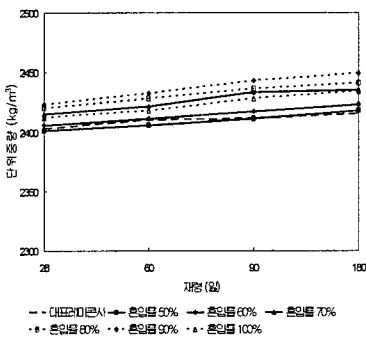


그림 1 양산지역 부순모래 사용한 콘크리트의 단위중량

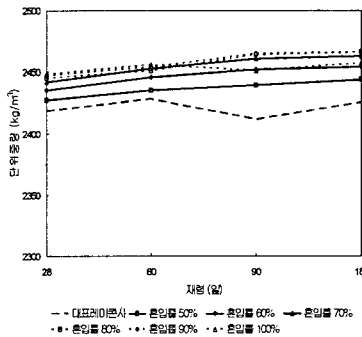


그림 2 김해지역 부순모래 사용한 콘크리트의 단위중량

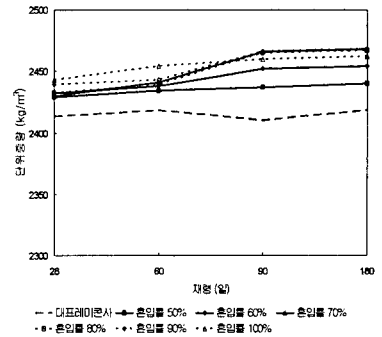


그림 3 진해지역 부순모래 사용한 콘크리트의 단위중량

3.2 압축강도

생산지역별 부순모래 콘크리트의 혼입률 및 재령의 변화에 따른 압축강도는 그림 4~6에 나타났이다. 전체적으로 재령이 증가할수록 압축강도도 증가하는 양상을 나타냈는데 이는 재령의 증가에 따라 수화가 진행되면서 콘크리트 조직이 치밀해지기 때문이다. 현재 압축강도는 재령 180일까지 측정이 되었으나 곧 365일 압축강도를 측정할 예정이며, 재령이 증가할수록 강도가 증진되는 일반적인 콘크리트의 특성과 본연구의 180일까지의 양상을 살펴볼 때 강도는 꾸준히 증진될 것으로 기대된다.

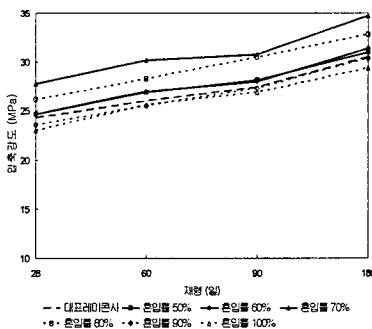


그림 4 양산지역 부순모래 사용한 콘크리트의 압축강도

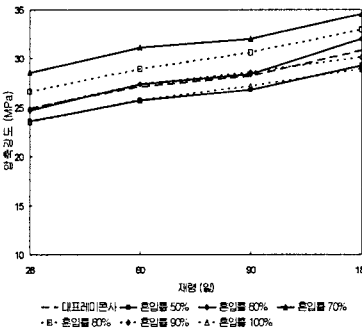


그림 5 김해지역 부순모래 사용한 콘크리트의 압축강도

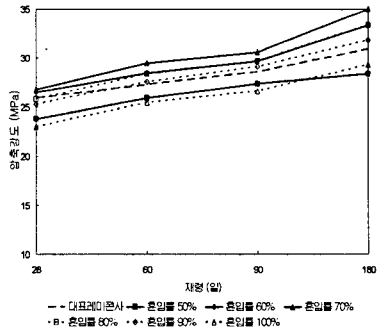


그림 6 진해지역 부순모래 사용한 콘크리트의 압축강도

3.3 탄성계수

그림 7~9는 생산지역별 부순모래 콘크리트의 재령 및 혼입률 변화에 따른 탄성계수를 나타낸 그림

이다. 전체적으로 부순모래의 혼입률이 증가할수록 탄성계수도 증가하다가 70%이상에서부터 감소하는 경향을 나타냈다. 그리고 본 연구에서의 탄성계수가 전체적으로 천연강모래를 사용한 콘크리트의 탄성계수(23GPa) 보다 2~5GPa정도 높게 나타났는데 이는 보통골재에 비하여 밀도와 강도가 큰 화강암질 골재를 사용하였기 때문으로 판단된다.

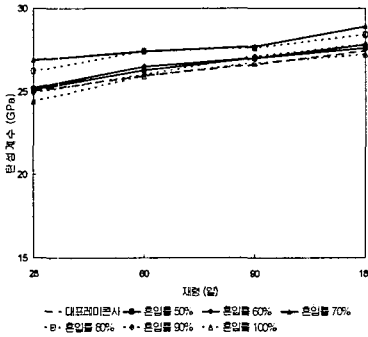


그림 7 양산지역 부순모래 사용한 콘크리트의 탄성계수

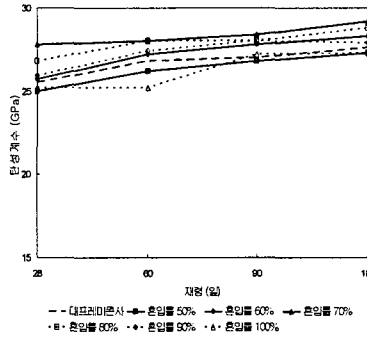


그림 8 김해지역 부순모래 사용한 콘크리트의 탄성계수

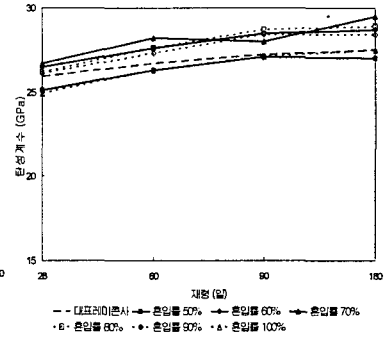


그림 9 진해지역 부순모래 사용한 콘크리트의 탄성계수

4. 결론

- (1) 콘크리트의 단위중량은 부순모래의 혼입률이 증가할수록 증가하는 것으로 나타났는데 이는 강모래에 비해 상대적으로 밀도가 큰 부순모래의 혼입률이 증가하였기 때문으로 판단된다.
- (2) 각 재령에서 압축강도를 측정해 본 결과, 세 지역 모두 혼입률 70%까지는 증가하다가 그 이상에서는 혼입률 증가에 따라 오히려 감소하는 것으로 나타났다.
- (3) 탄성계수 역시 재령이 증가함에 따라 꾸준히 증가하는 경향을 보였고 주로 밀도와 강도가 큰 화강암질 부순모래가 사용되므로 천연강모래에 비하여 내부조직이 치밀하며, 공극이 적어 탄성계수가 약간 높게 나타났다.

참고문헌

1. 한천구, "콘크리트의 특성과 배합설계", 기문당 1998. 7.
2. 대한주택공사 주택연구소, "콘크리트용 부순모래의 실용화 방안 연구", 1996.12
3. 이성복, 이도현, 지남용, 이리형, "잔입자 함유량 및 입형 변화에 따른 부순모래 콘크리트의 배합설계 방법에 관한 연구", 대한건축학회논문집 제13권, 5호, pp. 289~298, 1997. 5.
4. 한국콘크리트학회편, "콘크리트표준시방서 해설집", 기문당, 2004. 2.
5. 배원만, "부순모래의 혼입률 변화에 따른 콘크리트의 특성에 관한 연구", 부경대학교 석사논문, 2005. 2.
6. Ahmed E. Ahmed and Ahmed A. El-Koued. "Properties of Concrete Incorporating Nature and Crushed Stone Very Fine Sand", ACI Materials Journal, Vol. 86, No. 4, July-August. pp. 417~424, 1989.