

# 혼합모래를 사용한 콘크리트의 강도 특성

## Compressive Strength Characteristics of Concrete Using in Crushed Sand

백동일\*

염치선\*\*

김명식\*\*\*

김종수\*\*\*\*

Beak, Dong Il Youm, Chi Sun Kim, Myung Sik Kim, Jong Su

### ABSTRACT

Crushed sand is blended in order to investigate the quality changes and characteristics of concrete with variation of blend ratio of crushed sand (50, 60, 70, 80, 90, 100%). Slump and air content were measured to investigate properties of fresh concrete, and unit weight, compressive strength and modulus of elasticity in age of 7, 28, 60, 90, 180 days were measured to investigate properties of hardened concrete. 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. As a result of measuring compressive strength and modulus of elasticity in age of 7, 28, 60, 90, 180days, compressive strength was highest when it is 70% of blended ratio.

### 1. 서론

최근 전국의 하천에서 생산되는 양질의 골재가 거의 고갈되고 있는 실정에 있어 골재 수급에 대한 문제는 오래전부터 야기되어왔다. 굵은골재의 경우는 강자갈 대신 각지에서 부순자갈이 생산되고 있어 수급에 큰 문제는 없으나, 잔골재의 경우는 강모래가 고갈되고 있고, 채취가능한 잔골재 또한 점점 세립자가 많아지는 등 품질이 악화되고 있는 실정이다. 이에 따라 그 부족분을 충당하기 위해 대량으로 해사를 사용하고 있으나, 간혹 해사를 충분히 세척하지 않고 사용하는 사례가 발생하여 사회적 물의를 일으키는 등 잔골재의 수급부족은 골재자체의 품질 저하뿐만 아니라 콘크리트의 품질저하로 이어지고 있다. 따라서 최근 부순모래의 사용량이 급증하고 있고, 그 활용방안에 대한 연구가 점진적으로 진행되고 있다. 이러한 현실에 발맞추어 본 연구에서는 부산근교의 대표적 부순모래 생산지역에서 생산된 부순모래의 혼합률을 변화시켜 제작한 콘크리트의 중장기 강도특성에 관해 연구하고자 한다.

### 2. 사용재료 및 실험조건

#### 2.1 사용재료

본 연구에서는 비중이 3.14인 국내 S사의 보통포틀랜드시멘트를 사용한다. 사용된 골재는 양산지역, 김해지역 및 진해지역에서 생산된 최대치수 25mm인 부순자갈과 낙동강에서 채취한 강모래에 부순모래를 혼합하여 혼합모래로 사용하였다. 혼화제는 멜라민계의 고성능감수제를 사용하였다.

#### 2.2 실험조건

본 연구에서 혼합모래를 사용한 콘크리트의 압축강도 특성을 파악하기 위하여 설계기준강도 23.5MPa, 물-시멘트비(W/C)는 46.6%, 슬럼프 15±2.5cm, 공기량 4.5±1.5%로 고정하여 배합설계를 실시하였다. 그리고 강모래에 생산지역별 부순모래를 각각 50, 60, 70, 80, 90, 100%로 혼합률을 변화시켜 실험을 실시한다.

\* 정회원, 부경대학교 토목공학과 박사수료

\*\* 정회원, 부경대학교 토목공학과 박사과정

\*\*\* 정회원, 부경대학교 토목공학과 교수

\*\*\*\* 정회원, 부경대학교 토목공학과 교수

### 3. 실험방법

#### 3.1 굳지 않은 콘크리트 시험

「KS F 2421 압력법에 의한 굳지 않은 콘크리트의 공기량 시험 방법」에 준하여 공기량을 측정하고, 부순모래를 사용한 콘크리트의 유동성을 파악하기 위하여 「KS F 2402 콘크리트의 슬럼프 시험 방법」에 준하여 슬럼프시험을 실시하였다.

#### 3.2 경화한 콘크리트의 시험

본 연구에서는 중장기 재령에서 경화한 콘크리트의 기본적인 특성을 파악하기 위하여 콘크리트의 단위중량 및 압축강도를 측정하였고, 콘크리트의 강성을 나타내는 탄성계수를 측정하여 그 기본적인 특성을 파악하고자 한다.

### 4. 실험결과 및 고찰

#### 4.1 굳지 않은 콘크리트의 특성

##### 4.1.1 슬럼프

콘크리트의 유동성을 파악하기 위하여 측정된 슬럼프는 그림 1에 나타내었다. 전체적으로 혼입물 70~80%까지는 혼입물 증가에 따른 실적률의 증가로 콘크리트 내부의 입자간 마찰이 감소하여 슬럼프는 증가하는 것으로 분석된다. 특히 90% 이상에서는 미립분(0.08mm체 통과량)의 증가로 인한 표면적의 증대로 요구수량이 증가함으로써 슬럼프는 오히려 감소한 것으로 나타났다. 특히 진해지역에서 생산된 부순모래를 사용한 경우 양산지역 및 진해지역에 비해 슬럼프가 높게 측정되어 작업성이 우수한 것으로 나타났다. 이는 진해지역에서 생산된 부순모래가 상대적으로 입도 및 입형이 양호하고 실적을 또한 높아 유동성이 증대하였기 때문으로 판단된다.

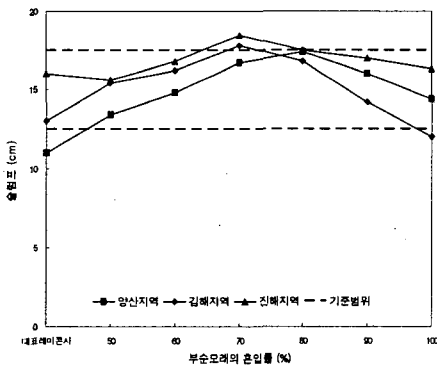


그림 1 생산지역별 콘크리트의 슬럼프

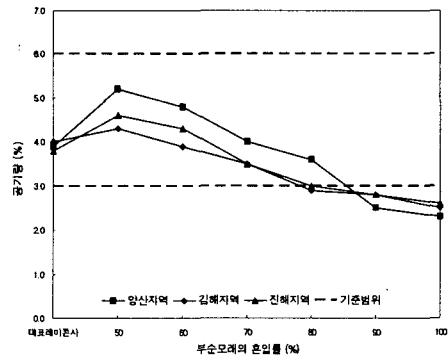


그림 2 생산지역별 콘크리트의 공기량

##### 4.1.2 공기량

그림 2는 굳지 않은 콘크리트의 공기량을 측정한 결과로, 부순모래의 혼입률이 증가할수록 그 속에 포함된 미분량 또한 증가하게 되어 그 미분량이 콘크리트 내에 미소공극의 충전효과를 일으켜 공기량은 감소한 것으로 판단된다. 특히 낮은 혼입률에서 공기량이 높게 나타났는데, 이는 연행공기로 인한 불베어링 효과로 작업성은 증가할 수는 있으나, 내구성 및 황산염의 침투, 염화물이온의 확산 등의 내구성 측면에서는 공극으로 인한 피해가 오히려 클 것으로 예상된다.

#### 4.2 경화한 콘크리트의 특성

##### 4.2.1 단위중량

그림 3~그림 4는 생산지역별 부순모래 혼입률에 따른 단위중량을 나타낸 그림으로서, 양산, 김해, 진해지역 모두 재령이 증가할수록 단위중량이 증가하는 것으로 나타났다. 이는 수화반응 지속시간이 증가함에 따라 콘크리트 경화체의 조직 또한 밀실해졌기 때문으로 판단된다. 전체적으로 단위중량은 김해지역에서 생산된 부순모래를 혼입한 콘크리트가 가장 높았고, 진해지역, 양산지역 순으로 나타났다.

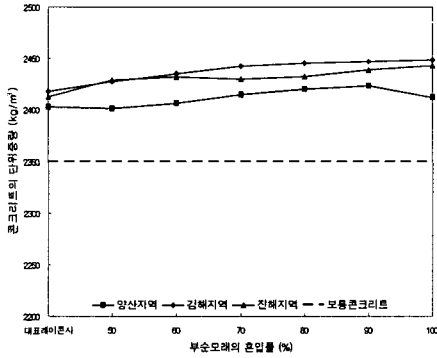


그림 3 생산지역별 콘크리트 단위중량(재령28일)

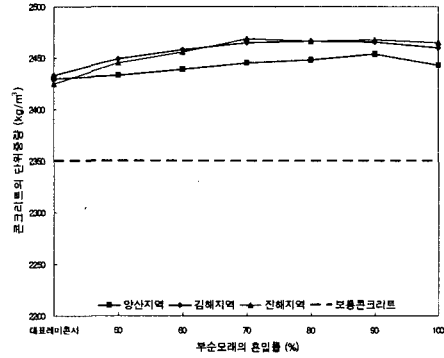


그림 4 생산지역별 콘크리트 단위중량(재령365일)

#### 4.2.2 압축강도

생산지역별로 부순모래의 혼입률을 변화시켜 제작·양생한 콘크리트의 재령 28일, 365일에서의 압축강도는 그림 5~6과 같다. 전체적으로 압축강도는 혼입률 100%를 제외하고 설계기준강도 23.5MPa를 모두 만족하였다. 생산지역별 대표 레미콘사의 압축강도와 비교해 보면, 양산지역은 50~80%, 김해지역은 70~80%, 진해지역은 60~80%에서 지역별 대표 레미콘사보다 더 높은 압축강도가 발현되었다.

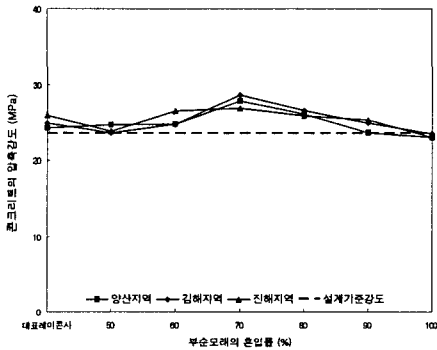


그림 5 생산지역별 콘크리트 압축강도(재령 28일)

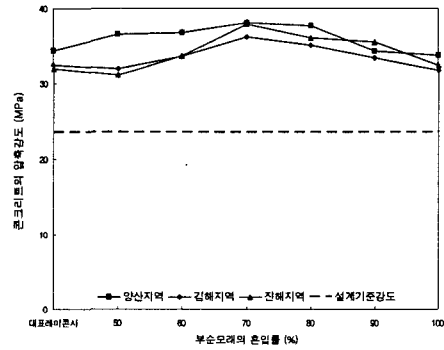


그림 6 생산지역별 콘크리트 압축강도(재령365일)

#### 4.2.3 탄성계수

재료의 변형성분을 평가하는 물리량의 하나인 탄성계수는 구조재료로서 콘크리트의 중요한 요소 중 하나이다. 그림 7~8은 생산지역별로 부순모래의 혼입률을 변화시켜 제작·양생한 콘크리트의 재령 28일 및 365일에서의 탄성계수를 나타낸 것이다. 전체적으로 부순모래의 혼입률 70%까지 증가하다가 70%를 초과하게 되면 오히려 감소하는 경향을 보였다. 특히 보통골재(천연강모래)를 사용한 콘크리트의 탄성계수(23GPa)보다 부순모래를 사용한 콘크리트의 탄성계수가 평균 2~5GPa정도 높게 나타났다.

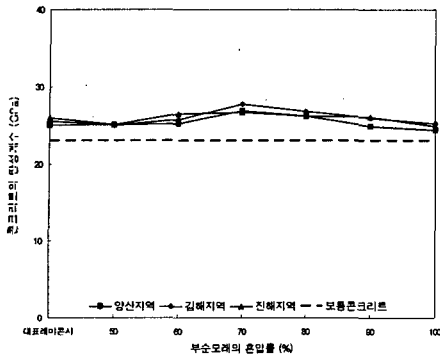


그림 7 생산지역별 콘크리트 탄성계수(재령 28일)

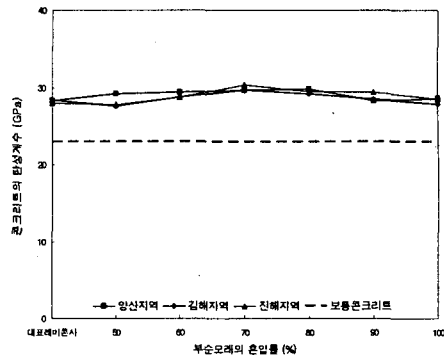


그림 8 생산지역별 콘크리트 탄성계수(재령365일)

## 5. 결론

본 연구에서 부산근교에서 생산된 부순모래의 품질특성과 혼입률 변화에 따른 콘크리트의 증장기재령에서의 굳지 않은 상태와 경화한 상태의 특성을 분석한 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

- (1) 슬럼프는 전체적으로 부순모래의 혼입률 70~80%까지는 증가하다가 그 이상에서는 감소하였다. 이는 혼입률의 증가에 따른 실적률의 증가로 콘크리트 내부의 입자간 마찰이 감소하여 슬럼프가 증가하지만 과다하게 혼입하면 미립분의 증대로 인한 요구수량의 증가로 슬럼프는 오히려 감소하는 것으로 분석되었다.
- (2) 공기량은 부순모래의 혼입률이 증가하는 것으로 나타났다. 이것은 부순모래에 포함된 미립분의 Micro Filler작용에 의하여 콘크리트내부의 공극이 미립분으로 채워져 일어난 것으로 판단된다.
- (3) 콘크리트의 단위중량은 생산지역에 관계없이 강모래에 비해 밀도와 단위용적질량이 큰 부순모래의 혼입률이 증가함에 따라 증가되는 것으로 분석되었다.
- (4) 콘크리트의 압축강도는 부순모래의 생산지역, 재령의 변화에 관계없이 혼입률 70%에서 가장 높게 발현되었고, 부순모래의 적정 혼입률로 60~80%가 권장된다. 혼입률에 따라 강도의 차이는 있었지만 흔히 고강도 부순모래 콘크리트에 나타나는 강도저하현상 없이 모든 경우에서 재령이 증가함에 따라 압축강도는 꾸준히 증가하였다.
- (5) 콘크리트의 탄성계수는 다소 높게 나타났는데 이는 주로 밀도와 강도가 큰 화강암이 부순모래의 원암으로 사용되므로 천연강모래에 비하여 흡수율이 낮고, 내부조직이 치밀하며, 공극이 적은 것에 기인한다.

## 참고문헌

1. 대한주택공사 주택연구소, “콘크리트용 부순모래의 실용화 방안 연구”, 1996. 12.
2. 김병환, “콘크리트용 부순돌과 부순모래의 생산 및 품질”, 콘크리트학회지, 제 9권 2호, pp. 4~12, 1997. 4.
3. 한천구, 윤기원, 이진규 외 3인 “부순모래의 미립분 함유량 및 입형이 콘크리트의 특성에 미치는 영향에 관한 연구”, 한국콘크리트학회 가을 학술발표회 논문집, 제 8권 2호 (통권 제 15집), pp. 17~23, 1996. 11.
4. 한국콘크리트학회, “최신콘크리트공학” pp. 109~170, 1997. 10.
5. 한국콘크리트학회편, “부순모래 및 부순모래 콘크리트”, 1998. 6.
6. 박세윤, “잔골재의 혼합비율 변화에 따른 수중불분리성 콘크리트의 특성에 관한 연구”, 부경대학교 산업대학원, 2004. 2.
7. 한국콘크리트학회, “콘크리트표준시방서 해설집”, 기문당, 2004. 2.