

초고강도 콘크리트 제조를 위한 세라믹골재 개발

Application of Ceramic Aggregate for Ultra-High Strength Concrete

김 송 호* 강 석 화** 송 용 순*** 김 강 민****
Kim, Song Ho Kang, Suk Hwa Song, Yong Soon Kim, Kang Min

ABSTRACT

Ultra-high strength concrete becomes one of the main research areas because recently concrete structure is larger. The quality of aggregate (ultra-high strength and uniformity) as well as chemical admixture and mineral additives is a key factor for ultra-high strength concrete development. However, natural aggregate including crushed aggregate is inappropriate for ultra-high strength concrete because ultra-high strength quality cannot be maintained uniformly over whole natural aggregate lot. In this study ceramic aggregate was applied for ultra-high strength concrete in order to assure uniform quality of ultra-high strength aggregate. Ultra-high strength concrete was achieved by applying coated ultra-high strength ceramic aggregate to enhance the bonding strength between aggregate and cement paste. Also for actual application light weight ceramic aggregate(density 2.2 g/cm³) with zero water absorption was tested.

요 약

최근 들어 콘크리트 구조물이 대형화됨에 따라 초고강도 콘크리트에 대한 관심이 높아지고 있다. 초고강도 콘크리트 개발을 위해서는 혼화제, 혼합재 등의 재료와 더불어 골재의 품질(초고강도, 균질성)이 중요한 요인으로 작용한다. 그러나 일반적으로 사용되는 자연골재(쇄석 포함)는 전체 로트가 초고강도 품질을 유지하기가 어렵기 때문에 초고강도용으로 사용하기에는 많은 제약점이 있다. 본 연구에서는 균일한 초고강도 품질을 보장할 수 있는 세라믹 골재를 개발하여 초고강도 콘크리트에 적용하였다. 골재와 시멘트 페이스트 계면의 접착력을 높이도록 표면 코팅 처리된 초고강도 세라믹 골재를 적용하여 초고강도 콘크리트를 제조하였다. 천연 골재와 비슷한 비중의 세라믹 골재와 더불어 세라믹 골재를 경량화(밀도 2.2 g/cm³)한 콘크리트 실험도 실시하였다.

* 정회원, 흥진씨엔텍(주) 대표이사

** 정회원, 동양메이저(주) 기술연구소 소장

*** 정회원, 동양메이저(주) 기술연구소 책임연구원

**** 정회원, 동양메이저(주) 기술연구소 연구원

1. 서론

대도시의 인구집중에 따른 토지의 고도이용을 위해 건물의 초고층화 복합화에 대한 요구가 점점 더 높아지고 있으며, 도심지에서 삶의 질을 윤택하게 하기 위한 방법으로 조망에 대한 욕구가 한층 더 중요시 되고 있다. 이러한 이유로 인해 업무용 건축물은 물론 주거용 아파트에도 초고층 빌딩 개념이 도입되고, 상가 및 커뮤니티 시설이 추가되는 주상 복합건물의 건설이 증가하는 추세에 있다.

일반적으로 초고층건물은 강성이 높고 시공 면에서 유리한 철골조로 건설되는 경우가 많지만, 철골조는 철근 콘크리트 조에 비해 풍하중에 대한 진동제어가 불리하고 바닥진동이 크기 때문에, 건물 내 거주인원의 스트레스를 유발하는 원인이 된다. 그러나 철근 콘크리트 조는 중량에 비해서 단면의 확대가 불가피하고, 주변 환경에 따른 시공의 제약, 품질관리의 어려움 등 구조재료로서 여러 가지 문제점을 내포하고 있다. 이에 대한 개선책의 일환으로서 단면감소에 따른 공간 확보 및 건물의 경량화, 내구성 증진 등이 가능한 콘크리트의 초고강도화가 요구되고 있으며, 한편으로, 초고층 건물의 과밀배근에 따른 콘크리트의 충전불량 및 펌프 압송에 따른 부하중대 등의 문제가 있으므로, 이를 개선시키기 위하여 유동성 및 충전성 개념이 도입된 고강도 콘크리트가 요구되는 있는 실정이다.

2. 실험목적 및 방법

초고강도 콘크리트 제조를 위해서는 특수시멘트, 특수 혼화제(신 폴리카본산계 고성능감수제), 실리카 흙 등 혼화제의 사용과 더불어 고강도 고품질 골재가 절대적으로 필요하다. 하지만 현재와 같이 강자갈이나 쇄석 골재를 사용할 경우에는 그 특성 상 극히 일부에서라도 결함이 필연적으로 발생할 수 밖에 없고, 이 경우 전체 구조물에는 치명적인 결함으로 작용하여 초고강도 콘크리트로서의 기능을 발휘하지 못하게 된다. 이러한 문제를 해결하기 위해서 초고강도 품질을 안정적으로 균일하게 관리할 수 있는 초고강도 세라믹 골재를 개발하여 초고강도 콘크리트를 안정적으로 제조할 수 있도록 하고자 하는 것이다.

2.1 세라믹 골재의 특성

세라믹 골재는 그 특성 상 표면이 시멘트 몰탈과 강한 접착이 되지 않는 문제점이 발생할 수 있다. 이런 문제를 해결하기 위해서 세라믹 골재 표면을 세라믹 코팅제로 처리하여 세라믹 골재 표면이 시멘트 몰탈과 화학적으로 강하게 결합되도록 한다. 세라믹 코팅제는 실리카(SiO_2)가 주성분으로, 알루미늄 성분이 가미된 형태의 경우가 강한 결합력을 나타내는 것으로 나타났다. 이는 시멘트 성분 중에서 강도 발현에는 CaO 와 SiO_2 성분이 주로 작용하는 것으로 알려져 있는데, 시멘트 성분에는 CaO 성분이 상대적으로 많기 때문에, 여분의 CaO 가 세라믹 골재 표면에 도포된 활성 SiO_2 성분과 반응하기 때문에 시멘트 몰탈과 세라믹 골재 표면이 강한 화학적 결합을 하게 되는 것이다.

2.2 실험방법 및 사용재료

본 실험에는 초고강도 콘크리트의 실현을 위해 T사의고강도, 고유동성의 ‘하이플로 시멘트’를 사용하였다. 또한 W/B비의 변화를 통해 페이스트의 압축강도를 변수로 적용하였으며, 골재는 천연골재인 바잘트와 표면 코팅 미처리한 세라믹 골재(이하 세라믹1), 코팅 처리한 세라믹 골재(이하 세라믹2) 등 세 가지 변수를 적용하여 단위용적질량 및 압축강도를 측정하였다. 표 1은 사용골재들의 물리적 특성이며, 그림 1, 2는 세라믹 골재의 형상과 페이스트와의 부착면 사진이다.

표 1 사용골재의 물리적 특성

구분	G _{max} (mm)	밀도(g/cm ³)	탄성계수(GPa)	압축강도(MPa)
바잘트	5	2.79	-	200이상
세라믹1	10	2.60	100	300
세라믹2	10	2.20	55	200

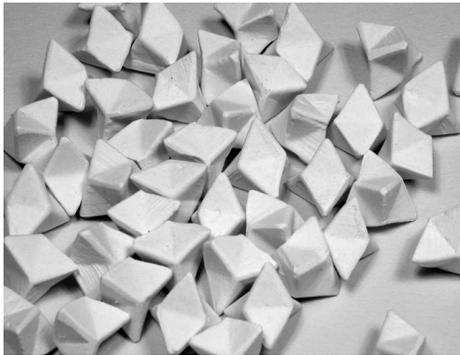


그림 1 세라믹 골재

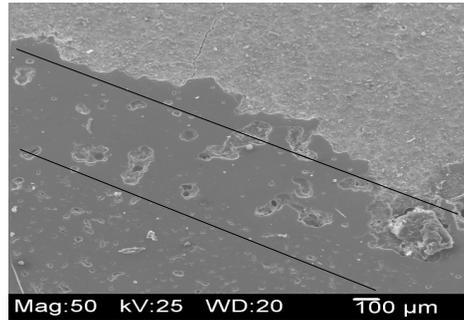


그림 2 시멘트 페이스트와 코팅된 세라믹 골재 결합면

3. 실험결과

3.1 단위용적질량

단위용적질량 측정결과 그림 3에서와 같이 W/B=23%인 140MPa 가량의 초고강도 콘크리트에 세라믹 골재2를 사용한 경우 단위용적질량이 천연 바잘트 골재를 사용한 경우에 비해 91%, W/B=13%인 190MPa 가량의 초고강도 콘크리트에 세라믹 골재2를 사용한 경우 88% 정도 경량인 것으로 나타났다. 이는 초고강도로 갈수록 골재가 차지하는 비중이 증가함에 따라 경량화가 더 많이 이루어진 것으로 판단된다.

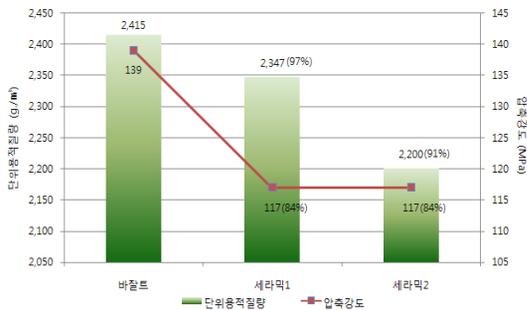


그림 3 사용골재 별 W/B=23% 초고강도 콘크리트의 단위용적질량 및 압축강도 비교



그림 4 사용골재 별 W/B=13% 초고강도 콘크리트의 단위용적질량 및 압축강도 비교

3.2 압축강도

그림 3에서 보는 바와 같이 W/B=23%인 140MPa 목표의 초고강도 콘크리트에 세라믹 골재를 사용한 경우 바잘트 골재 대비 84% 정도의 압축강도를 나타냈으며, 그림 4에서 보는 바와 같이 W/B=13%인 190MPa 목표의 초고강도 콘크리트에 세라믹 골재를 사용한 경우 바잘트 골재 대비 각각 67, 75% 정도로 다소 낮은 압축강도를 나타냈다. 이는 극히 낮은 W/B비에서는 페이스트 점성의 증가로 경량 세라믹 골재가 상부로 떠오르는 현상에 의한 강도 저하로 파악된다. 그림 5, 6은 세라믹 골재를 사용한 콘크리트의 파괴단면 사진으로서 세라믹2의 경우 페이스트와의 부착면에서 파괴가 먼저 많이 일어나는 것을 관찰할 수 있었다.



그림 5 세라믹1을 사용한 콘크리트

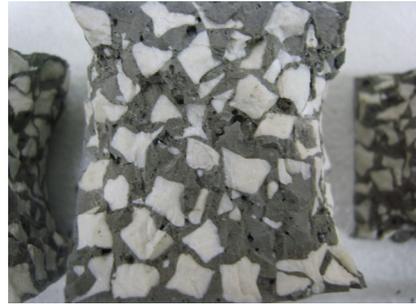


그림 6 세라믹2를 사용한 콘크리트

4. 결론

세라믹 골재를 이용한 경량 초고강도 콘크리트 제조를 위한 실험결과는 다음과 같다.

- (1) 단위중량은 천연골재를 사용한 경우와 비교하여 측정된 결과 초고강도 영역 중 더욱더 낮은 W/B비에서 콘크리트 내에 골재가 차지하는 비중이 더욱 많기 때문에 초고강도 콘크리트의 경량화가 한층 더 이루어진 것으로 나타났다.
- (2) 압축강도를 비교 측정된 결과 너무 낮은 W/B비에서는 점성의 증가로 인해 경량세라믹골재가 상층부로 떠올라 70%이하의 강도를 나타냈다. 하지만 적절한 점성을 가지는 강도 범위에서는 80%이상의 양호한 강도를 보였다.
- (3) 세라믹 골재의 적용 가능성을 확인했으면, 성능을 향상시키기 위해서 세라믹 골재 성분을 변화시켜 특성(탄성계수와 압축강도)을 개선하고, 다양한 형상과 입도를 갖는 세라믹 골재를 개발하는 등의 추가 실험이 요구된다.

감사의 글

이 논문은 2007년도 국제공동기술개발사업의 지원에 의해 수행되었습니다.