

혼합시멘트의 필요성

Necessity of Blended Cement



김정환*
Jung-Hwan Kim



이교일**
Kyo-Il Lee

1. 서 언

국내의 건설사들은 2000년대 들어 도곡동 타워팰리스와 목동 하이페리온을 시작으로 초고층 구조물들을 지속적으로 건설하여 왔다. 이러한 초고층 구조물 건설 붐은 최근 부산 롯데월드, 잠실 제2 롯데월드, 인천 타워, 상암 DMC 랜드마크 등 100층 이상 초고층 구조물 건설 계획으로 이어지고 있다. 또한 거가대교, 인천대교 등 장대교량과 시화호 조력발전소 등과 같이 대형화되거나 해안가와 같은 특수 환경하의 구조물들도 건설되고 있다. 이와 같이 최근 국내의 건설 현황을 살펴보면 구조물들은 초고층화 및 대형화되는 추세이며, 또한 해양환경 같이 특수 환경에 있는 구조물들의 건설도 증가하는 추세이다.

이와 함께 이들 각 구조물에 요구되는 콘크리트 성능도 기존 일반 콘크리트와 달리 고강도 및 초고강도, 고유동, 저발열, 고내구성 등 다양할 뿐 아니라 2~3개의 성능을 함께 지니는 고성능 다기능 콘크리트가 요구되기도 한다. 이러한 다양한 요구 성능에 대응하는 콘크리트를 제조하기 위해서는 보통 포틀랜드시멘트만 가지고는 해결하기 어렵고, 플라이애쉬, 고로슬래그미분말, 실리카폼, 석회석미분말 등과 같이 다양한 광물질 혼화제들을 적정한 비율로 혼합하여 사용하는 것은 필요하다. 그러나 이들 광물질 혼화제들을 사용하기 위해서는 레미콘 공장에 추가 사일로 설치가 필요하고, 이들 재료들을 각각 개별 투입하여 콘크리트를 생산할 경우 낮은 물-결합제비와 높은 단위결합제비로 인한 콘크리트의 점성이 증가하여 혼화제들이 균질하게 분산되지 않을 수 있다.

이러한 문제를 해결하기 위해서 콘크리트에 요구되는 성능에 따라 보통 포틀랜드시멘트에 각각의 무기질 혼화제들을 일정비율로 미리 혼합한 프리믹스(premixed) 혼합시멘트가 대안으로 떠오르고 있지만 아직 활성화되고 있지 못하고 있다.

* 정회원, 한일시멘트 테크니컬센터 센터장
wh1lotus@hanil.com

** 정회원, 한일시멘트 기술본부 상무

본고에서는 건설 환경 변화에 따른 콘크리트 요구 성능의 다양화에 대응하여 프리믹스 혼합시멘트가 좀 더 활성화되기를 바라는 마음에 혼합시멘트의 필요성을 논하고자 한다.

2. 혼합시멘트의 필요성

2.1 고성능콘크리트 제조시 문제점

전술한 바와 같이 고강도 및 초고강도 콘크리트, 고유동 콘크리트, 고성능콘크리트 등을 제조하기 위해서는 플라이애쉬, 고로슬래그미분말, 실리카폼, 석회석미분말 등 광물질 혼화제들의 사용이 필요하다. 또한 경우에 따라서는 소량의 특수첨가제 및 섬유 등이 사용되는 경우도 있다. 요구 성능에 따라 다르겠지만 고성능 콘크리트를 제조할 때에는 2~3종류의 광물질 혼화제를 사용하는 것이 필요하기 때문에 레미콘 공장에서는 이들 혼화제 사용 수 만큼의 저장 사일로를 확보해야 한다. 만약 레미콘 공장에 사일로가 부족할 경우에는 추가적인 사일로 설치 및 추가 사일로 설치에 따른 공장부지 확보 등이 필요하다. 특히 소량의 특수 첨가제나 섬유 등을 투입할 경우에는 인력투입에 의존해야만 한다.

또한 이들 콘크리트는 대부분 낮은 물-결합제비, 높은 단위결합제비 상태에서 제조되기 때문에 콘크리트의 점성이 높아지고, 비빔시간이 길어진다. 일반적으로 보통 콘크리트는 레미콘 공장에서 제조시 비빔시간이 약 35초 정도인 것에 비해 고성능콘크리트는 약 2~5분 정도가 필요하다¹⁾.

따라서 고성능콘크리트 제조시 광물질 혼화제를 각각 투입하여 콘크리트를 제조할 경우 높은 점성으로 인해 각 재료들이 균질하게 혼합되지 않을 가능성이 높다. 그 대표적인 사례가 <그림 1>에서 보는 바와 같이 초미립자인 실리카폼을 사용하여 고성능콘크리트를 제조할 때 발생하는 실리카폼의 뭉침 현상이다.

이와 같이 콘크리트의 혼합이 균질하지 않을 경우에는 콘크리트에 요구되는 강도, 내구성 등과 같은 주요 성능들의 품질편차에 크게 영향을 줄 수 있다.

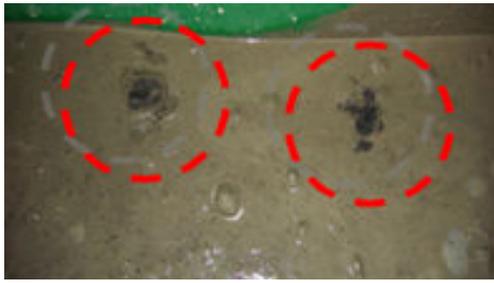


그림 1. 고강도콘크리트에서 실리카폼의 뭉침 현상

2.2 프리믹스 혼합시멘트의 장점

고성능콘크리트 제조시 광물질 혼화제들을 각각 투입할 경우에는 위에서 살펴본 바와 같이 여러 가지 문제점들이 발생할 수 있으며, 그 중에서도 콘크리트의 요구 성능 편차 발생이 가장 큰 문제가 될 수 있다. 그러므로 고성능콘크리트 제조시에는 보통 포틀랜드시멘트와 필요한 광물질 혼화제들을 적정한 비율로 미리 혼합한 프리믹스 혼합시멘트를 사용하는 것이 여러 가지 측면에서 유리할 수 있다.

첫째, 다양한 광물질 혼화제의 사용에 따른 저장 사일로의 추가 설치가 필요 없다. 고성능콘크리트의 요구 성능에 따라 보통 포틀랜드시멘트와 광물질 혼화제를 적정 비율로 미리 혼합하기 때문에 추가적인 사일로를 설치하지 않고, 기존 레미콘이 보유하고 있는 사일로도 충분할 것이다.

둘째, 콘크리트 비빔시간이 단축되고, 콘크리트의 유동성이 개선될 수 있다. 최근 고성능콘크리트에 대한 관심이 증가됨에 따라 고성능콘크리트 제조시 광물질 혼화제의 투입 방법에 따른 연구들이 진행되고 있다. 연구 결과에 따르면 혼화제의 개별 투입방식 보다는 프리믹스 방식이 페이스트 또는 콘크리트의 비빔시간이 단축되고, 유동성이 개선된다고 보고되고 있다^{2,3)}.

셋째, 콘크리트의 요구 성능에 대한 품질편차를 감소시킬 수 있다. <그림 2>는 일반 콘크리트 배합조건에서 플라이애쉬 20%와 시멘트 80%를 미리 혼합한 프리믹스 시멘트를 사용한 경우와 각각 투입한 경우의 각 재령별 압축강도의 편차를 나타낸 것이다. 플라이애쉬와 시멘트를 미리 혼합한 프리믹스 시멘트를 사용한 경우가 프리믹스하지 않고 각각 개별 투입한 경우보다 압축강도 편차가 작은 것을 알 수 있다³⁾. 특히 물-결합재비 및 높은 단위결합재를 사용하는 고성능콘크리트의 경우에는 높은 점성으로 보다 더 불균질한 혼합이 될 확률이 높으며, 이로 인한 강도의 편차 경향은 더 클 것으로 예측된다.

넷째, 소비자의 요구에 따라 안료, 증점제, 팽창제, 섬유 등 소량의 재료도 프리믹스가 가능하다. <그림 3>과 같이 고효율 믹서를 사용할 경우 초미립자인 실리카폼이나 소량의 특수첨가제 등

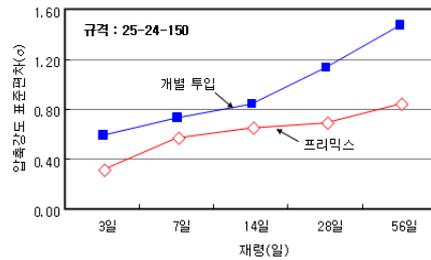


그림 2. 개별 투입과 프리믹스 방식의 압축강도 편차

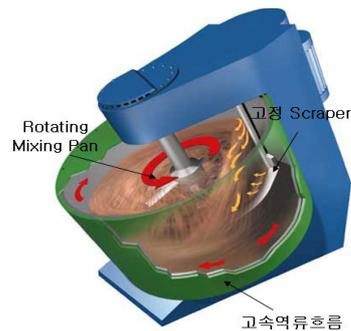


그림 3. 프리믹스 혼합시멘트 혼합용 믹서

을 균일하게 혼합시킬 수 있다.

2.3 시멘트 산업에서의 CO₂ 감축

시멘트 산업은 소성공정에서 화석원료의 사용과 석회석의 탈탄산 반응으로 온실가스의 주범인 다량의 CO₂를 발생시키게 된다. 또한 1997년 일본 교토에서 합의된 지구 온난화 방지 국제회의에서 참가국은 2010년 이후 온난화가스 배출량을 1990년 수준에서 유지할 것으로 협약하였기 때문에 국내의 시멘트 산업도 이에 대한 대책이 필요한 실정이다. 시멘트 산업의 CO₂ 감축 측면에서 하나의 대안으로 산업부산물을 시멘트의 혼화제로 사용한 혼합시멘트의 활성화이다. <표 1>에 나타난 바와 같이 고로슬래그미분말이나 플라이애쉬를 사용하여 혼합시멘트를 제조할 경우 CO₂ 배출을 감축시킬 수 있다⁴⁾.

3. 혼합시멘트의 활용 현황 및 전망

국내에서 사용되는 혼합시멘트의 대부분은 고로슬래그시멘트이다. 2005년 기준으로 국내의 고로슬래그시멘트의 생산량은 전체 시멘트 생산량의 14%를 차지하고 있다.

그러나 고성능콘크리트는 고강도 및 초고강도, 고유동, 저발열, 고내구성 등을 복합적으로 요구하는 경우가 많기 때문에 다양한 광물질 혼화제들을 조합한 3~4성분계 혼합시멘트를 사용하는 것

표 1. 시멘트 종류별 CO₂ 배출 원단위(단위 : g/kg)

구분	포틀랜드 시멘트	고로슬래그시멘트 B종	플라이애쉬 시멘트 B종
석회석 탈탄산 기원	448.9	268.5	374.6
화석연료 연소 기원	297.7	191.5	245.1
(화석기원)폐기물 등 연소 기원	36.2	21.6	29.5
소각불요에 의한 삭감	▲ 36.2	▲ 21.6	▲ 29.5
합계	746.6	460.0	619.7

이 바람직하다.

그 대표적인 사례가 3성분계 저발열 혼합시멘트라 할 수 있다. 시멘트 회사들이 각사의 고유의 저발열 혼합시멘트를 개발하여 지하철 박스구조물, LNG 저장탱크, 교량의 기초 등 매스콘크리트에 적용하고 있다. 최근에는 초고층 구조물 증가로 인한 고강도 콘크리트용 혼합시멘트들도 개발되어 시험 적용하는 사례가 증가하고 있어 고무적이라 할 수 있다.

향후에는 고강도콘크리트의 폭열 방지를 위해 섬유를 혼입하거나 초유동성, 무수축 등 특수성능을 위해 특수첨가제가 혼입된 혼합시멘트들도 개발될 전망이다. 또한 각 구조물의 다양한 목표 요구 성능에 따라 설계 단계에서부터 건설사, 레미콘사, 시멘트사의 공동연구를 통한 맞춤형 혼합시멘트 개발과 적용도 활성화될 것으로 예상된다.

4. 맺는말

현재 국내의 콘크리트구조물은 고층화, 대형화되는 추세이다. 또한 콘크리트의 요구 성능도 고강도화, 고유동화, 고내구성화, 저발열화 등 다양하게 요구되어 지는 것이 현실이다.

이러한 성능을 만족하기 위해서는 다양한 광물질 혼화제들을 사용하는 것도 필수적이라고 할 수 있다. 위에서 살펴보았듯이 이들 혼화제들을 사용하기 위해서는 미리 프리믹스한 혼합시멘트 형태로 사용하는 것이 바람직하다고 할 수 있다. 물론 레미콘 공장에서 고성능콘크리트 제조시 혼화제들을 각각 투입하는 것이 프리믹스 혼합시멘트를 사용하는 것보다 경제적일 수 있다. 그러나 장기적인 안목에서는 프리믹스 혼합시멘트를 사용하는 것이 콘크리트의 품질변동을 줄일 수 있으며, 콘크리트의 품질변동을 줄이는 것은 결과적으로 콘크리트구조물의 내구수명 향상에도 도움이 될 것이다.☑

참고문헌

1. David Chopin, "Francois de Larrard, and Bogdan Cazacliu, Why do HPC and SCC Require a Long Mixing Time?", *Cement and Concrete Research*, Vol.34, No.12, 2004, pp.2237 ~ 2243.
2. 김성일, 배장춘, 김기훈, 황인성, 김성수, 한천구, "고강도 콘크리트용 프리믹스 시멘트의 분체조합 변화에 따른 페이스트의 유동 특성", 한국콘크리트학회 가을 학술발표회 논문집, 2007, pp.657 ~ 660.
3. 김달중, 배준영, 권인표, 조성현, 노현승, 김정환, "혼합시멘트 투입 방법이 콘크리트 물성에 미치는 영향에 관한 실험적 연구", 한국콘크리트학회 가을학술발표회 논문집, 2007, pp.445 ~ 448.
4. 이한승, 최진영, "이산화탄소 수지(흡수배출)측면에서 시멘트 콘크리트의 친환경 성능평가", 시멘트, 통권 175호, 2007, pp.53 ~ 61.

◇◇◇ 원고 모집 안내 ◇◇◇

「콘크리트학회지」는 콘크리트 관련 학문과 기술에 대한 정보를 제공하기 위해 발행되고 있습니다. 본 학회지를 통해서 연구 결과, 경험한 사례 등을 콘크리트 관련 기술자들과 함께 나누길 원하시는 분께서는 다음과 같은 형태로 참여하실 수 있습니다. 여러분의 옥고를 기다리겠습니다.

- 원고 주제 : 포토에세이(사진, 서예, 시 등), 특집기사, 기술기사, 공사기사, 원로와의 대화, 해외번역기사, 해외연구소 소개, 국제학술대회 참가기, 현장탐방, 논단, 우리회사소개 등
- 원고 분량 : 글씨크기 11pt, 줄간격 160%, A4용지 4매 ~ 6매 내외
- 보내실 곳 : E-mail : mjh@kci.or.kr