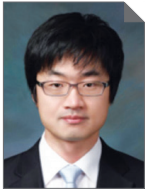


PosMent 상용화 기술개발

Commercializing Technology Development of PosMent



김우재 Woo-Jae Kim
포스코건설 R&D Center 부장
E-mail : kimwj@poscoenc.com



유조형 Jo-Hyeong Yoo
포스코건설 R&D Center 과장
E-mail : johyeong@poscoenc.com

1. 서언

시멘트 산업은 전력산업에 이어 두 번째의 탄소 배출 산업으로서, 최근의 국가적인 탄소저감 정책을 위한 핵심 사업 분야에 해당한다. 친환경 콘크리트 기술인 PosMent 기술은 제철공정에서 발생하는 산업폐기물인 고로슬래그를 재활용하고, 이산화탄소 배출이 많은 시멘트의 사용을 억제할 수 있는 저탄소 녹색기술로 최근 국내외에서 많은 관심이 집중되고 있는 기술이다.

최근의 건설공사는 점차 대형화, 고층화, 특수화됨에 따라 그에 수반되는 공법과 재료가 매우 다양화 되고 있고 이에 따라 건설공사에서 구조용으로 가장 많이 사용되는 콘크리트의 경우도 다양하게 변화하고 있으며, 그 요구 성능을 만족 시킬 수 있도록 기능을 부여한 기능성 특수 콘크리트의 개발이 급격하게 증가하고 있는 실정이다.

따라서 제철공정에서 발생하는 산업폐기물인 고로슬래그의 재활용을 극대화한 PosMent 기술은 고로슬래그 발생량 증대에 적절히 대응할 수 있으며, 이산화탄소 배출의 저감효과를 가져오는 것 뿐만 아니라 시멘트 대비 경제성이 우수한 고로슬래그의 활용으로 원가절감이 가능할 뿐만 아니라 최근의 건설기술 수요에 맞게 콘크리트의 수화발열량 감소, 내화학적 증대 및 염해 억제, 내구성 개선을 가져올 수 있는 등 산업적 요구와 기술적 요구에 적절히 대응할 수 있는 중요한 기술이라고 할 수 있다. 한편, 기존의 기술수준으로는 초기강도 저하, 수축량 증가 등의 이유로 고로슬래그를 시멘트 대비 최대 40% 수준으로 대체하여 콘크리트에 적용하는 것이 가능한데, 이러한 문제점에 대응하기 위해서는 반응속도가 늦은 고로슬래그를 알칼리 자극제(Alkali Activator)를 이용하여 슬래그의 반응성을 향상시키는 기술이 필요하다.

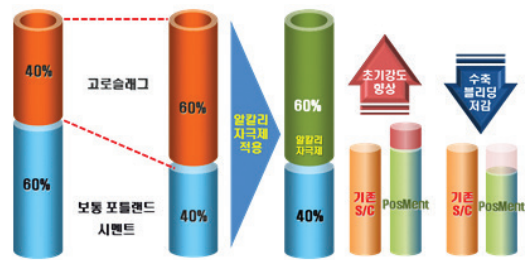


그림 1. PosMent 기술개요

따라서 본 연구에서 개발 하여 실용화 한 기술의 핵심은 기존 슬래그시멘트와 동등 이상의 성능을 발현하면서 슬래그 혼입률을 60~80% 까지 사용이 가능하도록 하는 것이며, 콘크리트 성능 평가 및 현장적용성 평가를 통해 기술개발을 실시 하였다.

2. PosMent 기술개발

2.1 PosMent 기초성능 평가 개요

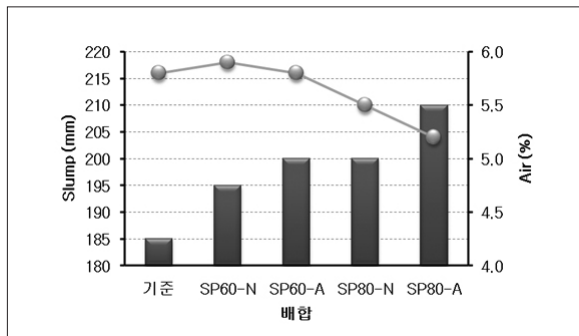
PosMent의 기술개발을 위하여 실 생산되는 27MPa 기준의 레미콘 배합시험을 통해 콘크리트의 슬래그 치환율 및 자극제 종류에 따른 기초물성 및 강도를 평가하여 최적 배합을 도출하였다. 일반적으로 사용되고 있는 고로슬래그

시멘트의 슬래그 혼입율 40%를 기준으로, 고로슬래그 60, 70, 80%에 대해서 알칼리 자극제의 유무에 따른 콘크리트 기초물성 변화를 평가하였다. 평가 시험항목은 슬럼프, 공기량, 응결 및 블리딩을 측정하였으며 압축강도평가 및 수화열 성능평가를 실시하였다.

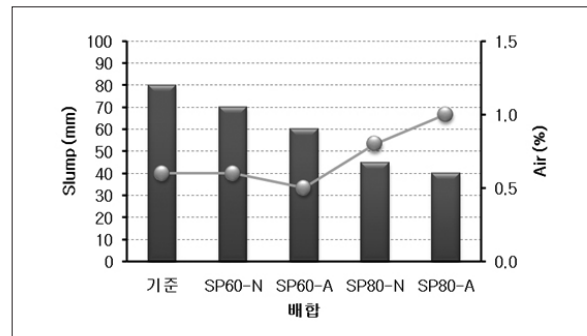
2.2 PosMent 성능평가 결과

2.2.1 굳지 않은 콘크리트

콘크리트의 시공성을 평가하기 위하여 굳지 않은 콘크리트 성장인 슬럼프 및 공기량을 시험인자 별로 측정하였으며, 1시간 후 다시 평가하여 시간 변화에 따른 콘크리트 물성을 평가하였다. 생산 직후 시험결과는 기준 내로 나타나는 것을 알 수 있었다. 경시변화 측정결과 슬래그 치환율이

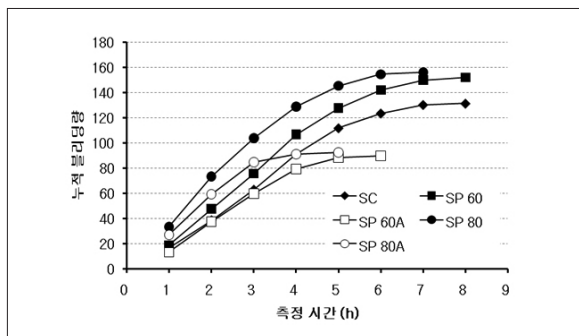


(a) 슬럼프 및 공기량

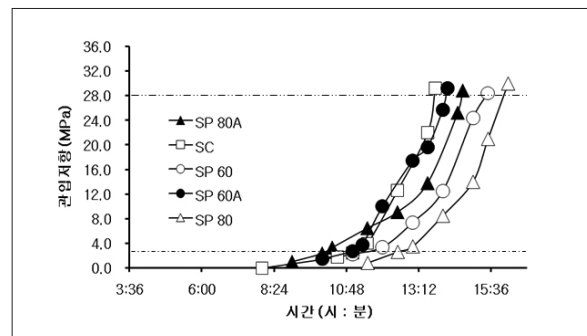


(b) 경시변화(1시간 후 변화량)

그림 2. 굳지않은 콘크리트 시험결과



(a) 누적 블리딩량



(b) 응결시간

그림 3. 응결 및 블리딩 시험결과

클수록 자극제를 사용할수록 경시변화의 폭이 적은 것으로 측정되어 슬래그 및 자극제가 경시변화 저감에 도움을 주는 것으로 나타났다.

2.2.2 응결 및 블리딩

블리딩 측정결과 슬래그 치환율 증가 시 블리딩이 크게 상승하나 자극제 사용을 통해 크게 개선되는 것을 알 수 있었다. 응결시간 측정결과 슬래그 치환율 증가 시 응결시간이 지연되나 자극제 사용을 통해 기본배합에 가깝게 응결 시간을 단축시킬 수 있는 것으로 나타났다.

2.2.3 압축강도 측정결과

각 인자별 압축강도 측정 결과 기준(S/C)보다 슬래그 60, 70% 혼입한 콘크리트의 강도가 초기 뿐만 아니라 28일 강도에서도 더 우수한 것을 실험을 통해 알 수 있었다. 목표강도인 초기강도 13MPa 이상의 강도를 발현하며 28일 강도 역시 목표강도인 27MPa 이상의 강도를 나타내었다.

3. PosMent 현장적용성 평가 및 실용화

3.1 Mock-Up 평가

PosMent 기술을 광양지역 현장에 적용하기 위하여 광양지역 D레미콘사에서 실사용되고 있는 사용재료를 사용하고 SNG 현장 사용배합에 대해서 사용 결합재량을 변화시켜가면서 시험을 진행하였다. 기준배합은 25-28-150로

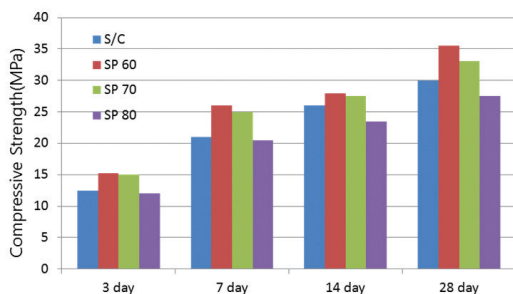


그림 4. 압축강도 측정결과

슬래그시멘트 결합재량 380kg/m³ 기준으로 설정하였고, PosMent 결합재량을 360~390kg/m³까지 변화시켜가며 성능비교를 실시하였다. B,P Test를 기본으로 강도, 슬럼프, 공기량 평가를 실시하였고, 수화열 평가를 위해 1m³ 시험체를 제작하여 Mock-up 시험을 실시하였고 이후 코어 강도 측정 역시 진행하였다. 압축강도 측정결과 <그림 6>에서 나타나듯이, 기존 슬래그 시멘트를 사용한 콘크리트와 동일한 결합재량 기준으로 초기강도 뿐만 아니라 28일 강도에서도 우수한 강도발현을 나타내는 것을 알 수 있었으며, 코어강도 측정 결과 역시 PosMent 이용 배합이 기존 배합보다 우수한 강도를 발현하는 것으로 나타났다.

수화열 성능평가 결과 PosMent 콘크리트의 수화열이 기

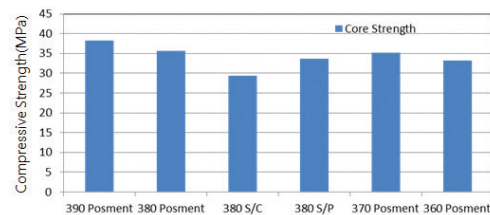


그림 5. 코어강도 측정결과

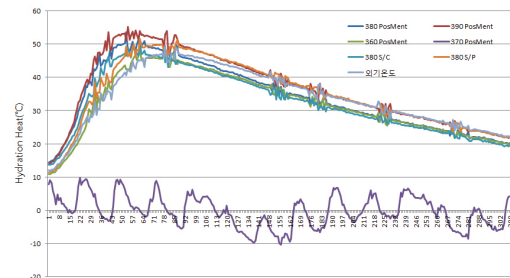


그림 6. 수화열 측정결과

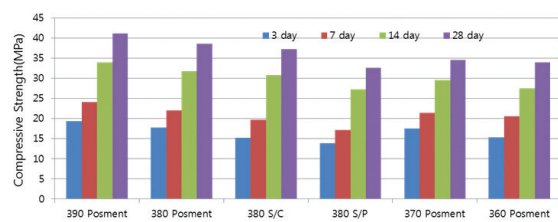


그림 7. B/P 압축강도 측정결과

존 슬래그 시멘트 사용 콘크리트보다 낮은 것을 알 수 있었으며, 이는 높은 수화열을 발생시키는 시멘트 사용량을 저감했기 때문이라 판단된다.

3.2 현장적용

철강 부산물인 고로슬래그를 다량치환한 친환경 콘크리트인 PosMent 기술은 광양지역 SNG 사일로 첫 시범적용을 시작으로 제철플랜트, 토목 환경, 건축분야 등 모든 분야에 걸쳐 적용 중에 있으며, 초기강도 발현, 수화열 저감, 내구성 향상 등 구조체 별로 필요한 요구성능에 따라 다양한 형태로 적용되고 있다. 제철 플랜트 분야의 경우 SNG 신설 PJT, 광양 4열연 신설 PJT 등 광양지역 플랜트 구조물에 대한 현장 적용에 성공하여 품질 향상 및 원가 절감을 이루어 내었다. 이를 토대로 현재는 기존 슬래그 시멘트를 사용하던 광양지역 전 현장에 PosMent가 적용되고 있다.

토목 환경 분야의 경우, 광양항 원료부두 #7선석 신설공사의 케이슨 구조물 (총 물량 약 40,000m³)에 일괄적용을 완료하였다. 특히 동절기 공사 시 초기강도관리가 필요한 슬래그 시멘트 대비 우수한 강도성능을 나타내었다. 또한 제 2 외곽 순환 고속도로 해저터널 부분 적용을 추진 중에 있으며 기존 OPC 대비 우수한 내구성능을 가지면서 원가 절감이 가능할 것으로 기대된다. 한편, 안양 박달 하수처리장 현장에서는 매스콘크리트의 수화열 저감과 강도성능 향상을 위해 기존 저발열 시멘트를 대체하여 적용 중에 있다.

마지막으로 건축분야의 경우 인천 송도지역, 부산, 포항



그림 8. 광양지역 PosMent 현장적용 모습

등 해안가 염해 위험지역을 대상으로 PosMent 기술을 적용하고 있으며, 인천 송도의 그린 위크 및 마스터뷰, 부산 센텀포레, 포항 4세대 방사광가속기 현장 등 PosMent 적용을 통해 콘크리트의 내구성 향상과 원가 절감에 기여하고 있다. 특히, 지난 2013년 환경부로부터 녹색기술 인증을 받았으며 이를 바탕으로 탄소저감 친환경 녹색건축인증(G-SEED)획득에 기여하고 있다.

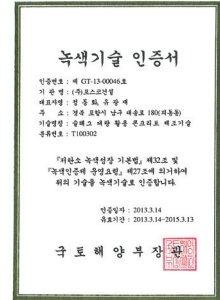


그림 9. 녹색기술인증서

4. 맺음말

PosMent 기술은 콘크리트 생산 시 기존 시멘트를 제철 부산물인 고로슬래그로 다량 대체를 하는 친환경 원가절감형 콘크리트 기술로서 기존의 문제점으로 지적되던 초기강도 문제와 수축저감성능을 해결하여 품질확보와 원가절감, 친환경성을 모두 만족시키는 기술이다.

앞으로도 지속적인 PosMent 기술 개발을 통해 건설산업 전 분야에 걸쳐 확대 추진을 추진할 계획이며, 광양, 포항, 수도권, 중부지방 등 전 지역에 걸쳐 PosMent를 적용할 수 있는 기반 시설 구축 및 연구개발을 지속적으로 추진해 나갈 예정이다.

담당 편집위원 : 류금성(한국건설기술연구원)

참고문헌

1. 소양섭, 자극제의 혼입에 따른 활성화 슬래그 시멘트 모르타르의 특성, 한국콘크리트학회 2007년도 가을 학술발표회 논문집, 19(2), pp. 465~468
2. 김은겸, 고로슬래그 콘크리트의 시방서 개정 방향, KCI POSCO Forum, pp. 311~329, 2000
3. 김원기, 폐기물을 이용한 무기결합재의 개발, 세라미스트, 3(6), pp. 20~25, 2000
4. 안지환, 알칼리 자극제의 의한 고로 수쇄슬래그의 활성화 특성, 한국세라믹학회지, 40(10), pp. 1005~1014, 2003