

# 에코콘크리트 현장 적용에 따른 강도 상승 효과 및 이산화탄소 절감 효과

## The Effect of Strength Improvement and CO<sub>2</sub> Reduction by using Eco-concrete in Construction Site



이 주 호\*



김 정 진\*\*



위 준 우\*\*\*

\*롯데건설(주)기술연구원 건축연구팀장  
\*\*롯데건설(주)기술연구원 책임연구원  
\*\*\*롯데건설(주)기술연구원 선임연구원

### 1. 서 론

#### 1.1 배경

21세기 들어 국제사회는 기후변화에 따른 지구온난화 문제의 심각성에 대하여 인식을 같이하고 있으며, 현재 세계 각국에서는 전 산업부문에 온실가스인 이산화탄소를 저감하기 위한 노력이 한창 중에 있다.

세계 각국은 1992년에 리오 유엔환경개발회의에서 지구온난화 방지를 위해 기후변화에 관한 유엔기본협약을 채택하였다. 1997년에는 제3차 당사국회에서 지구온난화의 원인이 되는 이산화탄소(CO<sub>2</sub>)등의 감축의무를 규정한 기후변화협약의 실행지침인 교토의정서를 채택하였다. 2005년에는 러시아 정부의 비준으로 교토의정서가 발효됨에 따라 의정서 비준국에 대한 실질적 효력이 발생하게 되었다. 교토의정서는 2008년부터 5년에 걸쳐 선진국의 온실가스배출량을 평균 5.2% 감축하는 것을 의무화하고 있으며, 현재 우리나라는 개발도상국으로 분류가 되어 이행의 의무는 아직 없다.

하지만 2008년부터는 점진적으로 의정서의 이행의무를 지게 되었으며, 2013년 5월 대상국 확대협약에서 우리나라

도 동참을 요구받을 것으로 예상된다.

이에 따라 전 산업분야에서는 더 이상 자발적 저감이 아닌 강제적 저감 상황에 직면하고 있으며, 이는 기업의 경제적 이익을 떠나 인류의 터전인 지구 환경 지속성에 대한 불안감으로 해결해야 할 당면 과제가 되었다.

#### 1.2 에코콘크리트의 정의

에코콘크리트의 개념은 그림 1과 같이 종래의 콘크리트와 구분하여 인간, 동물, 식물과의 공존을 고려한 콘크리트이다.

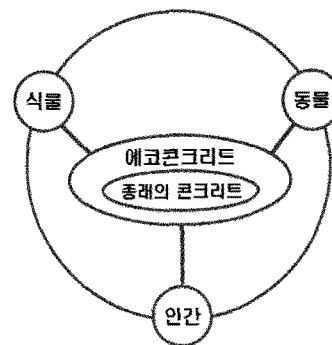


그림 1 에코콘크리트의 개념

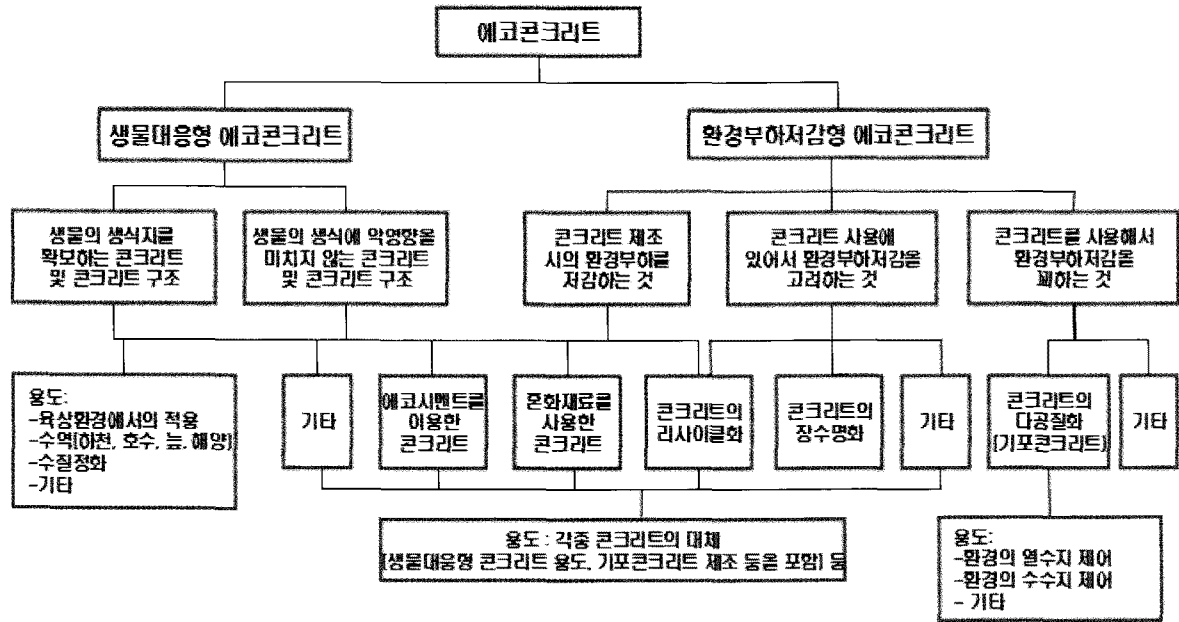


그림 2 에코콘크리트의 분류와 용도

좀 더 구체적으로 에코콘크리트란 생산된 콘크리트가 동식물의 식생을 보조하거나 동식물에 미치는 악영향을 저감하는 콘크리트, 또는 콘크리트에 사용되는 원재료 생산 및 소비에 의한 환경부하 저감을 하는 콘크리트로 크게 구분하며 그 실현 기술 및 용도는 그림 2와 같다.

### 1.3 에코콘크리트의 필요성

콘크리트는 건설산업에서 가장 중요한 구조재료로 사용되고 있으며 경제성 및 시공성의 이점으로 향후에도 그 사용량이 지속적으로 확대될 것으로 사료된다.

그런데 오늘날 대부분의 건축물에 사용되고 있는 콘크리트는 골재를 채움재료, 시멘트를 결합재료로 사용하는 건축재료로서 시멘트 제조 시, 주 원료인 석회석의 탈탄산과정에서 다량의 이산화탄소가 발함에 따라 콘크리트 재료는 반친환경적 건축재료라는 인식이 커져가고 있다. 보통 포틀랜드 시멘트의 경우 1톤 생산 시 약 872kg의 이산화탄소가 발생할 정도로 다량의 이산화탄소를 방출하고 있다.

따라서 21세기 친환경 시대, 지구환경지속성을 위하여 전 지구적 차원에서 이산화탄소를 절감 노력과 함께 건설산업에 대표적인 콘크리트 또한 환경부하 저감을 위한 기술개발이 적극적으로 요구되고 있는 상황이다

이에 본 연구에서는 에코멘트를 이용한 에코콘크리트의 현장 적용을 통해 강도발현 특성과 이산화탄소 저감효과에 대한 분석을 실시하였다.

## 2. 혼합시멘트 사용을 통한 이산화탄소 배출 저감의 필요성

### 2.1 개요

세계 경제 중요 부분 중 콘크리트 산업은 이산화탄소를 다량 배출하는 산업으로써 지속가능한 개발을 위해 중요한 역할을 해야만 한다. 그 이유는 현재까지 포틀랜드 시멘트를 생산하는 과정에서의 이산화탄소 배출량을 저감할 수 있는 새로운 기술들이 거의 없기 때문이다. 따라서 시멘트 클링커의 생산을 최소화하는 것이 이산화탄소 배출량을 저감할 수 있는 해결책이며, 그 방법으로 플라이애쉬, 다른 혼합시멘트 재료, 고성능 감수제 등의 사용 방법 등이 있다. 특히 인류문명 발달에 따른 에너지 수요 증가로 전력수요를 충족시키기 위해 화력발전소의 건립이 지속적으로 증가됨에 따라 플라이애쉬의 배출량 또한 증가되고 있다. 이에 본 절에서는 혼화재 중 플라이애쉬를 대상으로 활용성 및 자원의 잠재 사용량을 살펴보고, 다른 나라에서의 레미콘 사용 시 혼화재 사용 동향을 살펴보았다.

### 2.2 플라이애쉬의 활용성

2006년 연간 플라이애쉬 생산량은 중국, 인도, 미국을 중심으로 전 세계적으로 900만톤에 달한다. 또한, 수년간 수백만톤의 플라이애쉬가 쌓여져 왔다. 플라이애쉬는 화력발전소에서 화석연료 연소시 발생하는 먼지들을 집진기를 이용하여

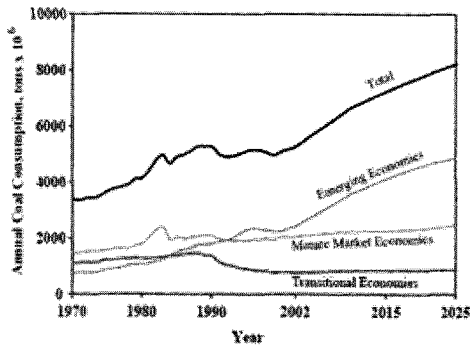


그림 3 세계의 석탄 사용량 이력 및 추이

채취, 생산하는 것으로 산업부산물을 이용한 혼화재이다. 화력발전소는 다량의 이산화탄소를 방출하기 때문에 환경적이지 못하다. 그러나 미국, 인도, 중국 등 세계의 전력 수요는 저렴하고 매장량이 풍부한 화력 발전을 통하여 그 수요를 충족할 것으로 예상된다. 전 세계적 인 석탄 소비량은 2005년 60억톤에서 2025년 80억톤으로 증가할 것으로 예상된다. 미국에서는 2004년 생산된 전력의 50%가 화석연료에서 생산되었고, 그림 3, 4와 같이 2030년까지는 56%까지 늘어날 것으로 예상된다. 중국, 인도, 미국에서 계획된 377,000MW의 추가적인 전력수요를 충족하기 위해서는 2025년까지 수백개의 새로운 화력발전소를 세워야만 한다. (일반적인 화력발전소 용량: 500MW) 따라서, 최소한 2050년까지 상당한 양의 플라이애쉬가 안정적으로 공급될 것으로 예상된다.

### 2.3 슬래그의 활용성

슬래그란 제철 산업의 주된 부, 폐산물을 말하며 고로슬래그와 제강슬래그(전로슬래그, 전기로슬래그)로 구분된다. 이와 같이 생산된 고로 및 제강슬래그는 그 화학적 성분과 물리적 성질이 달라 그 응용분야도 다르다.

고로슬래그는 화학성분이 포틀랜드 시멘트와 유사하여 수경성이 있어 슬래그 시멘트의 원료로 사용된다. 반면 제강슬래그는 철에서 강을 만들기 위해 쇳물에 녹아있는 탄소, 규소 성분 등을 제거하는 공정에서 발생하는 것으로 미반응 CaO(free-CaO)가 포함되어 있어, 성토용 골재 또는 도로용 골재로 주로 사용되고 있다.

따라서 시멘트의 결합재로 사용될 수 있는 슬래그는 수경성이 있는 고로슬래그이며, 일반적으로 발생량은 1톤 조강시 약 300kg 가량 발생한다.

현재 세계 조강 생산량은 연간 10억톤에 이르며, 제강슬래그 발생량을 감안하면(1톤 조강시 약 170kg) 약 5억톤 이상으로 추산된다.

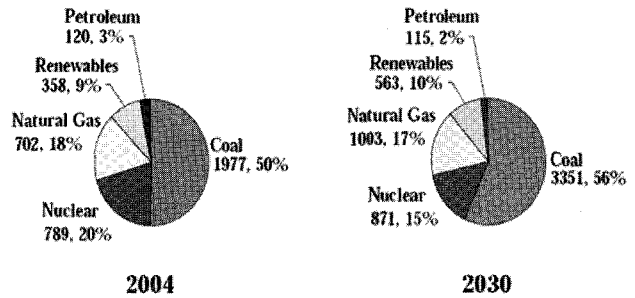


그림 4 미국에서 연료별 전력 생산 비율(kW-h×109)

국내 고로 및 전로, 전기로에서의 조강 생산량과 국내 철강슬래그의 발생량 확인시 2008년 고로슬래그 발생량은 약 1,000만톤을 넘어섰다. 2010년 현대 제철이 조강 생산 능력을 2,250만톤으로 대규모로 확장함에 따라 국내 슬래그의 발생량은 급격하게 증가할 것으로 예상되며, 따라서 향후 건설산업에서 사용할 고로슬래그의 공급량은 충분할 것으로 사료된다.

### 2.4 혼화재 사용 국내의 동향

지구 환경 지속성을 위하여 건축산업에서는 건축물의 생산 및 유지관리 단계에서의 에너지 사용량 저감 및 환경부하 저감을 위하여 선진국을 중심으로 한 친환경 건축물 인증제도가 시행되고 있다. 그림 5, 6은 2010년 녹색 올림픽을 모토로 캐나다 밴쿠버 동계 올림픽에 사용된 건축물 중 일부로써, 대부분의 건축물들이 LEED 인증을 취득하였으며, 건축물 사용시 혼화재 사용량을 35~50% 치환하는 것을 LEED 인증의 주요 전략으로 하였다.

이러한 친환경 건축물 인증제도의 도입 및 확대 적용은 각국에서의 다량의 이산화탄소를 방출하는 건축산업에서의 온실가스 배출저감을 위한 주요 수단이 되고 있으며, 국내에서 또한 친환경 건축물 인증을 받은 건축물에 대하여 서울시에서는 1) 부동산 취득세/등록세 감면, 2) 친환경 건축물 인증금액 지원, 3) 용적률 완화 등의 인센티브를 제공함에 따라 이러한 콘크리트 내 혼화재 사용은 점차 확대될 것으로 예상된다.

현재까지 혼화재 사용량은 국내의 경우 약 19%, 일본의 경우 약 24% 수준으로 보고되고 있어, 독일 시멘트산업의 혼합시멘트 비율 45% 수준과 비교하여 그 사용실적이 저조한 편이다. 하지만 한국이 2013년 온실가스 저감 2차 의무 대상국으로의 편입이 확실시 되고 있고, 탄소배출거래권 시장이 국제적으로 확대가 예상되는 등 정치적, 환경적인 압력하에서 콘크리트 내 혼화재 사용 증가는 선택이 아

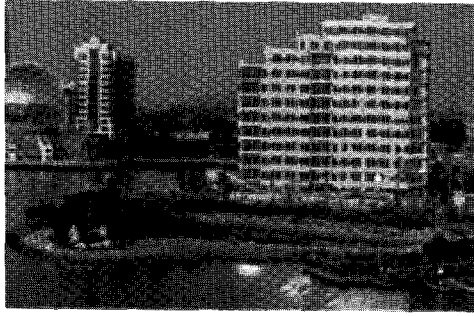


그림 5 Vancouver Olympic Village (LEED Platinum)

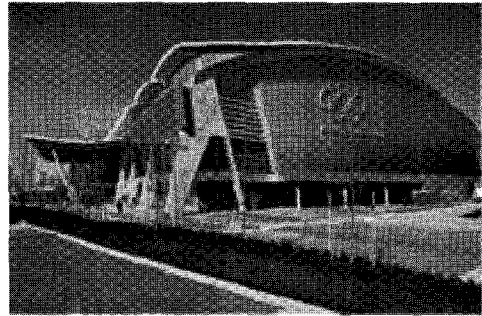


그림 6 Richmond Olympic Oval (LEED Silver)

년 필수적인 선택 사항이 될 것으로 보인다.

이에 롯데건설에서는 아세아시멘트와 함께 혼화재 중 고로슬래그를 대상으로 에코멘트를 이용한 에코콘크리트 개발을 하였다.

### 3. 에코멘트를 이용한 에코콘크리트 개발

#### 3.1 에코멘트 정의

에코멘트(ECOMENT,EM)란 에코+시멘트의 합성어로, 저온시 시멘트를 대체 사용하여 탄소 배출량 저감과 함께 초기강도 향상 및 공기단축을 목적으로 개발한 것이다.

또한 실무 건설사에서는 저온시 초기강도저하로 혼화재의 사용량을 제한하고 시멘트를 중심으로 레미콘을 사용하고 있으나, 에코멘트는 저온 시에도 20~30%를 시멘트와 대체하여 사용해도 동등 이상의 품질을 발휘할 수 있도록 각종 혼화재와 조강개선탄재 등을 프리믹스(GPC)하여 제조한 콘크리트용 저탄소 에코혼화재이다.

#### 3.2 개발 목표 수립

당사에서는 에코콘크리트 개발기술 방법으로 콘크리트 제조 시 환경부하를 저감하는 것으로써 고로슬래그를 주성

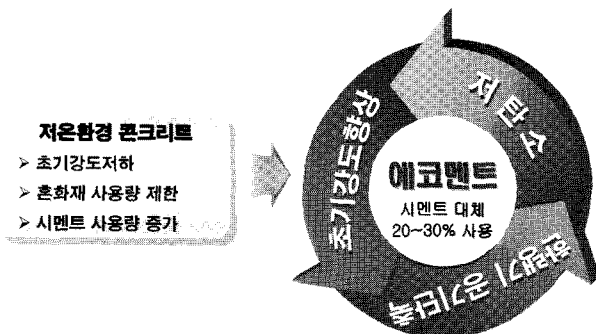


그림 7 에코멘트의 개념

분으로 조강형 혼화재를 첨가한 에코멘트를 개발하여 시멘트 사용량을 저감하여 온실가스 배출량을 저감하는 것을 목표로 하였다.

#### 3.3 혼화재를 사용한 에코콘크리트 기술개발 동향 및 한계

기존의 고로슬래그 및 플라이애쉬 등을 시멘트 사용량에 대체하여 사용한 실적은 많으나 혼화재 사용에 따른 초기강도 발현 저하현상으로 인해 혼화재의 사용이 표준기로 국한하여 사용하고 있는 실정이다. 최근 이러한 문제를 개선하기 위하여 알칼리 자극제를 첨가하여 고로슬래그를 사용한 콘크리트의 초기강도 발현 성능이 일반 시멘트와 동등 이상 발휘할 수 있는 기술이 개발되었다(특허 제10-2008-0065083). 그러나 이러한 기술도 동절기와 같은 저온환경에서는 고로슬래그를 사용한 콘크리트의 초기 강도 발현 성능이 떨어져 동절기 및 한랭기에는 고로슬래그 사용이 크게 저감되고 있는 실정이다.

#### 3.4 에코멘트를 사용한 에코콘크리트 개발의 필요성

이러한 기존 기술의 한계점에 착안하여 본 기술은 고로슬래그를 시멘트의 결합재 일부로 치환하여 사용한 콘크리트의 경우에도 한랭기 및 동절기 저온 환경에서도 보통포틀랜드시멘트를 사용한 콘크리트와 동등 이상의 초기 강도 발현 특성을 확보할 수 있도록 하여, 실제 현장에서 계절에 상관없이 적용가능도록 하는 것이다.

### 4. EM 레미콘 공장 실내예비실험

에코멘트를 이용한 에코콘크리트의 현장 적용을 위해서 고로슬래그의 초기 강도 발현을 위해 첨가하는 1) 알칼리 자극제의 선정 실험, 그 후 조성된 에코멘트를 이용하여 2) 에코 혼화재의 콘크리트 적용 특성시험, 3) 에코 혼화재 조

성물의 콘크리트 적용 특성실험을 실시하여 에코멘트를 적용한 콘크리트의 물성을 평가하였다.

실내 예비실험을 통해 현장 타설콘크리트의 배합비를 결정하였으며, 슬럼프 및 공기량의 균지 않은 콘크리트의 품질변동이 없는 것은 물론 저온환경에서 굳은 콘크리트의 강도를 향상시킬 수 있음을 확인하였다.

#### 4.1 사용재료

본 실험에 사용된 고로슬래그 미분말은 밀도 2.91, 분말도 4430cm<sup>2</sup>/g였으며, 물리적·화학적 특성은 KS 규격을 만족하는 3종 미분말을 사용하였다.

#### 4.2 실험 계획

EM의 현장적용을 위하여 EM 사용에 따른 균지 않은 콘크리트 특성 및 경화 특성을 평가하였다. 적용 대상 현장은 당사 시공 현장인 김포 스카이파크 및 용인 신동백 APT 현장을 대상으로 하였으며, 특히 김포 스카이파크의 경우 깊이 1.5m정도의 매스콘크리트 부재에 적용함에 따라 수화열 측정시험을 별도로 실시하였다. 표 4는 Plain과 EM 적용 콘크리트의 요구성능 및 시험인자를 나타낸 것이며, 표 5는 일반레미콘과 EM 적용 레미콘의 배합표를, 표 6은 균지 않은 콘크리트 및 경화 콘크리트의 특성을 나타낸 것이다. 그림 8은 Plain과 EM의 부재 중심부 온도 시험결과로 EM 적

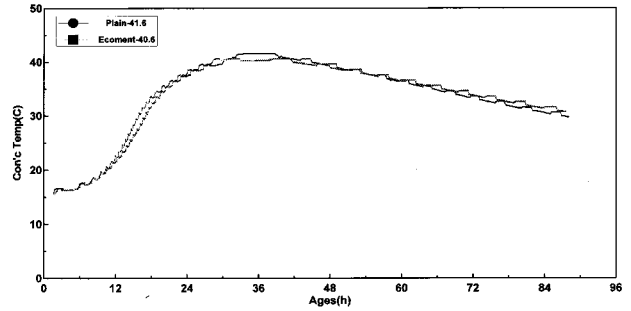


그림 8 매스콘크리트 부재용 레미콘 배합 수화열 측정결과 (Plain 및 EM)

용 부재가 중심부 최고 온도의 경우 1°C정도 낮은 결과를 얻었다. 또한 EM 적용한 경우 수화열 해석을 통한 온도균열지수를 산출한 결과 최소 1.5이상 확보가 가능하여 매스콘크리트 적용에 문제가 없는 것으로 검토되었다. 또한 균지 않은 콘크리트 및 경화 콘크리트의 물성을 검토한 결과 슬럼프, 공기량의 경우 초기 콘크리트 요구성능으로 설정한 슬럼프 180±25mm, 공기량 4.5±1.5를 만족하였고, 압축강도의 경우 저온 조건하 및 표준 조건에서는 Plain 대비 동등 이상을 확보하였다.

### 5. 에코멘트 개발을 위한 EM 현장 콘크리트 타설

#### 5.1 김포스카이파크

표 1 콘크리트 요구성능 및 시험체 종류별 시험인자

구분	목표 슬럼프 (mm)	목표 공기량 (%)	결합재 혼합비(%)			시험사항
			OPC	FA	EM	
Plain	180±25	4.5±1.5	80	20	-	· 슬럼프 · 공기량 · 수화열 · 압축강도 - 1, 2, 3일_12.5°C - 3, 7, 28일_20°C
EM 20			60	20	20	

표 2 콘크리트 배합표

구분	W/B (%)	S/a (%)	SP/C (%)	AE/C (%)	질량배합(kg/m <sup>3</sup> )							
					W	OPC	FA	EM	S	G	SP	AE
Plain	45	46	-	0.020	170	302	76	-	783	926	-	0.076
EM 20	45	46	-	0.020	170	227	76	76	781	923	-	0.076

OPC : 보통포틀랜드 시멘트 1종, FA : 플라이애시, EM : 에코멘트  
S(잔골재) : 세척사, 2.60g/cm<sup>3</sup>, G(굵은골재) : 25mm, 2.62g/cm<sup>3</sup>, SP제 : 준PC

표 3 균지 않은 콘크리트 및 경화 콘크리트의 특성

구분	슬럼프 (mm)	슬럼프 플로우 (mm)	공기량 (%)	압축강도(MPa)					
				15°C			20°C		
				1일	2일	3일	3일	7일	28일
Plain	195	290	4.0	3.49	11.0	15.9	19.6	28.3	40.3
EM 20	185	270	3.8	3.83	12.2	16.2	19.8	27.7	42.3



사진 1 현장 적용 사진

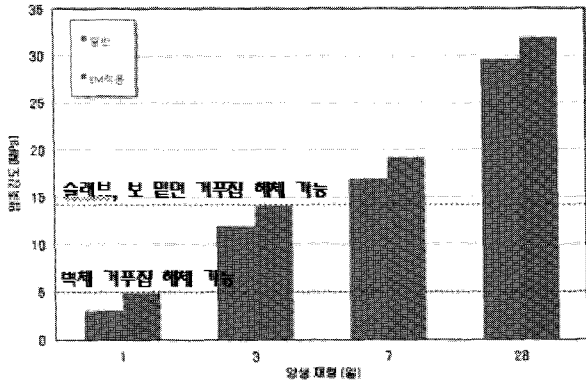


그림 9 EM 적용에 따른 재령별 압축강도

5.1.1 실험결과

에코멘트 현장 적용은 김포 스카이파크의 매스콘크리트 부재 및 골조 일부구간에 대하여 레미콘 규격 25-27-150으로 타설을 실시하였다. 타설 시 결합재의 비율은 OPC : FA : EM = 60 : 20 : 20로 하였다.

사진 1은 에코멘트를 적용한 레미콘의 김포 스카이파크에 적용한 모습이다. 현장 반입 레미콘의 품질 평가를 실시한 결과 소요 슬럼프 150mm을 만족하였으며, 공기량 4.1%을 충족하였다. 경화 콘크리트의 28일 압축강도는 측정결과 재령 1일 4.9MPa, 재령 3일 14.2MPa, 재령 28일 34.6MPa을 나타내었다.

현장 적용결과 실내 실험결과와 마찬가지로 EM 치환시 경시변화에 따른 슬럼프ロス 및 공기량 변동이 크게 발생하지 않았으며, 그 결과 현장 레미콘 타설이 약 60m의 배관을 통과하여 타설하는 구간임에도 불구하고 무리없이 타설할 수 있었다. 또한 재령 초기 압축강도는 그림 9와 같이 일반 콘크리트의 경우 재령 1일 3.09MPa, 28일 29.7MPa로 EM 적용 시 약 38%, 10%의 강도 증진효과가 확인되었으며, 특히 재령 초기인 1일 강도 증진효과가 탁월하여 현장의 초기 거푸집 탈형 시기를 앞당겨 공사기간 단축이 가능할 것으로 사료된다.

표 4 일반 레미콘 강도별 1m<sup>3</sup> 생산 시 이산화탄소 배출량 산정

(단위 : kg)

MPa	W/C	W	C	F/A	S	G	AE감수제	CO <sub>2</sub> 배출량 (kg-CO <sub>2</sub> /m <sup>3</sup> )
27	48%	170	333	37	849	927	2.59	278
30	47%	170	352	39	823	935	2.74	293
35	46%	170	392	44	787	931	3.05	326
CO <sub>2</sub> 원 단위 (kg-CO <sub>2</sub> /m <sup>3</sup> )		-	0.7466	0.6197	0.0037	0.0028	0.25	

표 5 EM 적용 레미콘 강도별 1m<sup>3</sup> 생산 시 이산화탄소 배출량 산정

(단위 : kg)

MPa	W/C	W	C	F/A	EM	S	G	AE감수제	CO <sub>2</sub> 배출량 (kg-CO <sub>2</sub> /m <sup>3</sup> )
27	48%	170	259	37	74	849	927	2.59	257
30	47%	170	273	39	78	823	935	2.74	270
35	46%	170	304	44	87	787	931	3.05	301
CO <sub>2</sub> 원 단위 (kg-CO <sub>2</sub> /m <sup>3</sup> )		-	0.7466	0.6197	0.46	0.0037	0.0028	0.25	

표 6 강도별 사용물량 및 이에 따른 이산화탄소 배출량 산정

(단위 : kg-CO<sub>2</sub>)

		27MPa	27MPa	27MPa	전체 물량
콘크리트 물량		171,137	1,643	6,647	179,427
CO <sub>2</sub> 발생량 (kg-CO <sub>2</sub> /m <sup>3</sup> )	일반	47,564,189	481,956	2,168,380	50,214,526
	EM 적용	43,934,655	443,998	1,997,678	46,376,331
저감효과		3,629,534	37,958	170,702	3838,195

5.1.2 EM 및 EM 적용 콘크리트의 이산화탄소 저감량 평가

EM의 친환경성 평가 수단으로 EM 생산에 따른 이산화탄소 발생량 저감을 일본토목학회의 콘크리트 배합에 사용되는 원재료의 이산화탄소 원단위를 근거로 평가하였다. 에코멘트의 경우 주성분이 고로슬래그이며, 부 결합재인 석회석 미분말과 조강성분을 위해 첨가되는  $Na_2SO_4$ 의 경우 아직까지 이산화탄소 발생량에 대한 원단위가 산출되지 않아, 석회석 제조과정에서 발생한 미분말을 포함한 것으로 추가적인 이산화탄소 발생량이 미비한 점, 그 혼합량이 경미한 것을 고려하여 전체적인 EM의 경우 BS에 준한 것으로 가정하여 평가를 실시하였다.

표 4, 5는 강도별 일반레미콘 및 EM 적용 레미콘의  $1m^3$  생산 시 발생하는 이산화탄소 발생량을 산정한 것으로 EM은 보통 포틀랜드시멘트에 비하여 약 38%, EM를 사용한 콘크리트의 경우 약 8%의 저감효과가 있는 것으로 추정된다.

표 6은 김포 스카이파크 현장에 사용될 레미콘 강도별 물량이며, 이에 따른 일반레미콘 및 EM 적용 레미콘의 강도별 사용물량을 고려한 총 이산화탄소 배출량 및 저감효과를 산정한 것이다. 그 결과 EM 적용 시 약 3,800톤 정도의 이산화탄소가 저감될 것으로 추정된다.

5.2 용인 신동백

에코멘트 현장 적용은 용인 신동백 APT 매스콘크리트 일부 구간에 대하여 레미콘 규격25-27-150으로 타설을 실시하였다. 타설 시 결합재의 비율은 OPC : FA : EM = 60 : 20 : 20로 하였다.

5.2.1 실험결과 및 이산화탄소 저감량 평가

사진 2는 에코멘트를 적용한 레미콘은 용인 신동백 APT

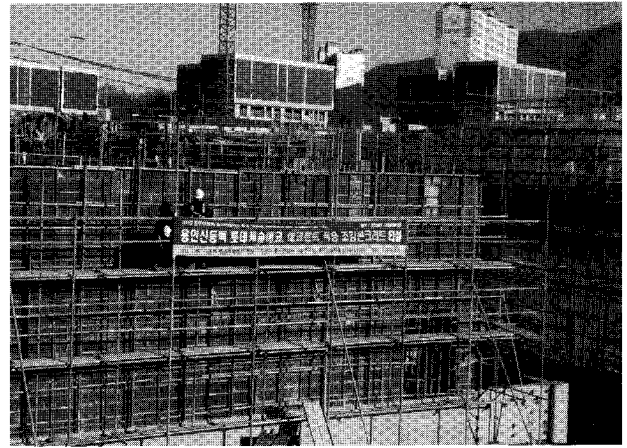
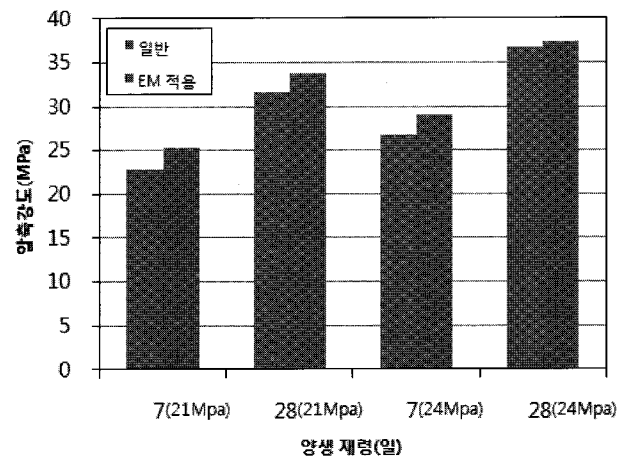


사진 2 현장 적용 사진



현장에 적용한 모습이다. 설계강도 21MPa, 24MPa 배합의 현장 반입 레미콘의 품질 평가를 실시한 결과 소요 슬럼프 150mm를 만족하였으며, 공기량 4.1%을 충족하였다.

그림 10은 EM 적용에 따른 재령별 압축강도를 나타낸

표 7 콘크리트 강도별 사용물량

(단위 : kg-CO<sub>2</sub>)

		21MPa	24MPa	30MPa	35MPa	전체 물량
기초		50,526	179,392	-	-	551,347
골조		109,614	95,435	53,569	62,811	
CO <sub>2</sub> 배출량	일반	254	272	293	326	kg-CO <sub>2</sub> /m <sup>3</sup>
	EM 적용	234	251	270	301	
	저감효과	20 (7.8%)	21 (7.8%)	23 (7.8%)	25 (7.5%)	

표 8 강도별 사용물량 및 이에 따른 이산화탄소 배출량 산정

(단위 : kg-CO<sub>2</sub>)

		21MPa	24MPa	30MPa	35MPa	전체 물량
콘크리트 물량		160,140	274,827	53,569	62,811	551,347
CO <sub>2</sub> 발생량 (kg-CO <sub>2</sub> /m <sup>3</sup> )	일반	40,610,639	74,701,991	20,489,903	20,489,903	151,515,371
	EM 적용	37,489,703	68,873,350	14,475,319	18,876,866	139,715,238
저감효과		3,120,936	5,828,641	1,237,519	1,613,037	11,800,133

것으로 경화 콘크리트의 압축강도는 EM적용시 21MPa의 배합에서는 재령 7일 25.2MPa, 재령 28일 33.8MPa로 일반 콘크리트보다 상대적으로 강도가 높게 나타났으며, 24MPa의 배합에서도 재령 7일 29MPa, 재령 28일 37.3MPa로 일반 콘크리트보다 우수한 강도를 나타내어 현장적용의 가능성을 확인할 수 있었다.

현장 적용결과 실내 실험결과와 마찬가지로 EM 치환시 경시변화에 따른 슬럼프 로스 및 공기량 변동이 크게 발생하지 않았으며, 그 결과 현장 레미콘 타설이 약 60m의 배관을 통과하여 타설하는 구간임에도 불구하고 무리없이 타설할 수 있었다.

표 7은 용인 신동백 APT 현장에 사용될 레미콘 강도별 물량이며, 표 8은 이에 따른 일반레미콘 및 EM 적용 레미콘의 강도별 사용물량을 고려한 총 이산화탄소 배출량 및 저감효과를 산정한 것이다. 그 결과 EM 적용 시 약 11,800톤 정도의 이산화탄소가 저감될 것으로 추정된다.

## 6. 결론


본 기술은 콘크리트에 사용되는 시멘트를 대체할 수 있는 혼화재에 관한 것으로 산업부산물인 고로슬래그 미분말 및 석회석 미분말을 결합재로한 일반 포틀랜드시멘트에 비하여 이산화탄소 배출량이 적은 결합재이다. 또한 기존 고로

슬래그 미분말의 보통 포틀랜드 시멘트 치환시 발생하는 초기강도 저하현상 및 한랭기 및 동결기 저온 환경에서 발생하는 강도 저하현상을 개선한 탄소배출 저감형 결합재이다.

해당 제품은 보통 포틀랜드시멘트와 비교하여 양생 재령에 상관없이 동등 이상의 강도 발현을 통하여 계절별 기후에 상관없이 현장 적용할 수 있으며, 경제성 측면에서도 보통 포틀랜드시멘트보다 저렴하여 이점이 있다.

경제성과 친환경성을 바탕으로 최근 문제가 되고 있는 온실가스 저감을 위한 전 지구적인 노력과 국내 녹색성장 전략을 감안하였을 때, 본 기술은 향후 그 활용성 및 중요성이 점차 증가할 것으로 기대된다.

## 참고 문헌

- 1) J.T.Houghton, Climate Change 2001 ; The Scientific Basis, Report, the Intergovernmental Panel on Climate Change, 2001, pp.2~7.
- 2) 김화중, 에코콘크리트에 대한 소개, 콘크리트학회지 제8권 6호, pp.77. 1996. 12
- 3) 日本土木學會, 콘크리트構造物의 環境性能照査指針(試案), 2005, pp.69. 

[담당 : 김명한, 편집위원]