증기양생이 불필요한 프리캐스트 콘크리트의 연간 CO_2 저감량 및 경제성 평가

The study on annual evaluation of CO_2 and general economic for precast concrete without steam curing

성 명 진* **민 태 범**** **이 한 승*****
Sung, Myung Jin Min, Tae-Beom Lee, Han-Seung

Abstract

Nowadays, Precast Concrete is adopted on most of construction, because of shortening construction period and good quality. In precast concrete, steam curing is necessary for getting proper strength, but it causes much CO_2 and economc. Therefore, on this study, by using type III cement and hardening accelerator, early compressive strength was shown 13MPa for 6hr. From the result, removal form could be shorten. Furthermore, annual CO_2 was reduced as much as 24% and also annual cost was decreased as much as 12%.

키 워 드 : 조기강도, 프리캐스트 콘크리트, CO_2, 경제성
Keywords : Early compressive strength, Precast concrete, CO_2, Economic

1. 서 론

제 2차 세계대전 이후 급증하는 주택난을 해결하기 위하여 도입된 프리캐스트 콘크리트(Precast Concrete) 공법은 공장생산 및 빠른 조립으로 인해 현 건설공사에서 공기단축 및 품질확보를 위하여 많이 적용되고 있다. 이러한 PC공법은 탈형, 몰드청소, 몰드조립, 박리제 도포, 철근투입, 콘크리트 타설, 마감, 증기양생의 순서로 생산이 진행이 된다. 그러나 이러한 PC공법에서 10시간 동안 실시하는 증기양생의 경우 과다한 경유의 사용으로 인하여 많은 양의 CO_2 및 경제성 문제를 초래시킨다. 이에 따라 기존의 연구에서는 증기양생을 생략시키는 조기강도 발현에 관한 연구는 활발히 진행되었지만 그로 인한 CO_2 및 경제성 효과에 관한 연구는 미비하였다. 따라서 본 연구에서는 조강시멘트 및 촉진제를 혼입하여 10시간의 증기양생 시간을 감소시키고 6시간 만에 12MPa 이상 발현시킴에 따라 조기에 몰드를 탈형하고 증기양생 생략 시의 CO_2 저감 및 경제성 효과를 분석하고자 한다.

2. 실험 및 결과

2.1 실험계획

다음 표 1은 증기양생을 실시하는 기존 PC 콘크리트의 배합표이고 표 2는 증기양생을 생략할 배합표이다. 6시간에 12MPa의 압축강도 발현을 위하여 C_3S 함유량이 많은 조강시멘트 및 경화촉진제를 사용하였으며 혼화제로써 PCE 혼화제를 사용하였다. 배합시험은 KS F 2403에 의하여 실시하였으며 측정재령은 4시간, 6시간, 8시간, 12시간으로 실시하였다.

표 1. 기존배합(有증기양생)

W/C(%)	S/a(%)	단위밀도(kg/m³)				
		W	C	S	G	AD
33	42	160	490	795	910	1.9

표 2. 실험배합(無증기양생)

W/C(%)	S/a(%)	단위밀도(kg/m³)					
		W	C	S	G	AD	AD2
25	50	100	400	1,003	1,023	2.20	2.0

2.2 CO_2 및 경제성 평가

본 연구에서는 CO_2 배출계수 및 단위가격을 단위재료량에 곱하여 1년간 CO_2 배출량 및 경제성 평가를 실시하였다. 본 연구에서는 PC 제품 생산 시 사용되는 재료에 대하여 국가 LCI 데이터서비스 정보망을 이용하여 CO_2를 평가하였으며 대한건설협회 거래가격의 단위가격을 바탕으로 경제성을 평가하였다.

* 한양대학교 건축공학과 석사과정
** 한양대학교 건축환경공학과 박사과정
*** 한양대학교 건축공학과 교수, 교신저자(ercleehs@hanyang.ac.kr)

표 3. CO_2 배출계수

시멘트 ($kgCO_2/kg$)	잔골재 ($kgCO_2/m^3$)	굵은골재 ($kgCO_2/m^3$)	경유 ($kgCO_2/m^3$)	PCE ($kgCO_2/m^3$)	유동화제 ($kgCO_2/m^3$)
0.94	0.0035	0.0033	2.6	0.25	0.25

표 4. 항목별 단위가격

1종 (kg/원)	3종 (kg/원)	잔골재 (m^3/원)	굵은골재 (m^3/원)	철근 (kg/원)	PCE (kg/원)	촉진제 (kg/원)	몰드 (개수/원)
95.5	79	13000	13500	760	1000	1500	150만원

2.3 PC 공정분석 결과

본 연구에서는 기존문헌을 활용하여 PC 공정의 특징을 파악하고 증기양생을 실시하는 현 PC 제품 중 가장 많이 출시되는 보-0.6x0.6x7m 의 1일 1싸이클 공정을 분석하였다. 본 제품을 생산하기 위하여 탈형부터 몰드청소, 몰드조립, 박리제 도포, 철근투입, 콘크리트 타설, 마감, 증기양생까지의 9가지 공종을 거치게 되며 총 13시간 15분 및 11명의 인원이 소요되었다. 이 중 증기양생에 있어서 기건양생구간 2시간, 온도상승구간 2시간, 온도정치구간 4시간, 온도하강구간 2시간 등 총 10시간의 시간이 소요됨을 파악할 수 있었다.

그림 1. PC 제품 생산 공정

2.4 압축강도 결과

압축강도 시험은 KS F 2405에 따라 실시하였다. 그림 1은 조강시멘트 및 경화촉진제를 혼입한 콘크리트의 재령별 압축강도를 측정한 그림이다. 재령에 따라 압축강도가 점점 증진함을 알 수 있으며 이는 재령이 경과함에 따라 수화반응 촉진으로 인하여 생성되는 C-S-H gel 의 양이 증가되는 것으로 판단된다. 이에 따라 6시간만에 탈형강도인 13MPa가 확보됨에 따라 조기탈형이 용이함을 알 수 있었으며 10시간의 증기양생이 없이도 6~7시간만의 양생만으로 충분히 제품생산을 할 수 있음을 나타내었고 전체 공정시간 또한 축소시킬 수 있음을 알 수 있었다.

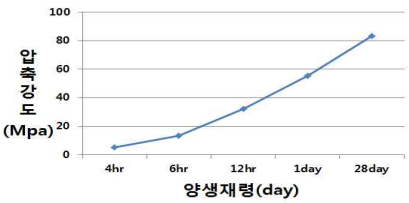

그림 2. 재령별 압축강도

2.5 연간 CO_2 및 경제성 평가 분석결과

국가 LCI 데이터 정보망 서비스를 이용하여 연간 CO_2 및 경제성 평가를 실시하였다. 표 6의 경우 경화촉진제 및 조강시멘트를 사용하여 증기양생을 생략한 결과 CO_2 배출량이 표 5 증기양생 실시한 배합과 비교하여 34060.6kgCO_2 만큼 감소되어 연간 약 24% 감소효과를 볼 수 있었다. 경제성 부분 또한 연간 약 12%의 감소효과를 볼 수 있었다. 표 6의 경우 증기양생을 생략한 PC제품의 경제성을 평가해본 결과 표 5에 비교하여 연간 약 1,871,291,125원의 차이가 발생함으로써 연간 약 12%의 경제성 효과를 볼 수 있었다. 이는 조기탈형이 가능해짐에 따른 몰드의 비용이 감소하였기 때문인 것으로 판단되며 이에 따라 공기단축 시 더 많은 비용이 절감될 것으로 판단된다.

표 5. 有증기양생 CO_2 배출량 및 소요비용

재료	단위재료량	CO_2 배출량	소요비용
시멘트	490	465.5	46,795
잔골재	842	3	10,335,000
굵은골재	1044	3.4	14,094,000
증기양생	2.52	6.8	35,910
SP제	7.068	1.8	2,520
철근	769.23	-	584,615
몰드	10	-	15,000,000
합계		480.5	35,910
연간합계		175383.7	14,636,076,527

표 6. 無증기양생 CO_2 배출량 및 소요비용

재료	단위재료량	CO_2 배출량	소요비용
시멘트	400	376	31,600
잔골재	1003	3.6	13,039,000
굵은골재	1023	3.4	13,810,500
PCE	2.52	4.2	2,520
촉진제	2.52	-	2,520
철근	769.23	-	584.615
몰드	5	-	15,000,000
합계		387.2	34,972,015
연간합계		141323.1	12,764,785,402

3. 결 론

조강시멘트 및 경화촉진제를 혼입하여 PC부재의 증기양생을 생략한 결과 6시간 만에 13MPa가 확보됨에 따라 조기탈형이 가능해졌다. 이에 따라 연간 CO_2 배출량이 약 24% 감소하였으며, 비용 또한 약 12% 줄어들어 경제성 효과가 나타났다.

Acknowledgement

본 연구는 국토해양기술연구개발사업의 일환인 첨단도시개발사업(12첨단도시C19) 연구비 지원에 의한 결과의 일부입니다.

참 고 문 헌

1. 민태범, 조인성, 이한승, 증기양생이 필요없는 프리캐스트 콘크리트 개발에 관한 기초적 연구 대한건축학회 논문집, 제28권 제12호, pp. 61~68, 2012
2. LH 주택공사 표준시방서
3. 프리캐스트 콘크리트 시방서