

# 스마트 고로슬래그미분말 혼입 콘크리트의 CO<sub>2</sub> 배출량 평가에 관한 연구

## The Analysis of CO<sub>2</sub> Emission Assessment in Concrete with Smart Blast Furnace Slag

**김 태 형\***      **태 성 호\***      **하 성 균\*\*\***      **박 정 훈\*\*\***      **노 승 준\*\*\***  
 Kim, Tae-Hyoung    Tae, Sung-Ho    Ha, Sung-Kyun    Park, Jung-Hoon    Roh, Seung-Jun

### Abstract

As a part of recent CO<sub>2</sub> emission reduction studies in the concrete industry with active use of concrete admixtures with low basic unit of CO<sub>2</sub> emission such as blast furnace slag (BFS), basic unit of CO<sub>2</sub> emission by SBFS was computed in order to assess CO<sub>2</sub> emission by reinforced concrete building with smart blast furnace slag (SBFS). In addition, SBFS concrete was applied to the subject building for assessment of CO<sub>2</sub> emission during material production step among construction steps. Life cycle CO<sub>2</sub> emission assessment on the subject building was classified into 7cases according to mix ratio of BFS and SBFS.

키 워 드 : 고로슬래그미분말, RC건축물, CO<sub>2</sub>배출량 평가  
 Keywords : Blast furnace slag, Reinforce concrete building, CO<sub>2</sub>emission assessment

## 1. 서 론

본 연구는 시멘트 자극재, 고로슬래그미분말 자극재 및 조기강도 발현 첨가재를 개발하여 이를 고로슬래그미분말에 혼입함으로써 조기강도 발현성능과 저온 환경하 초기재령 강도향상 성능을 가지는 스마트 고로슬래그미분말의 경제성을 확보하면서 대량생산 할 수 있는 원천소재 기술을 개발함에 따라 이를 활용한 SBFS 혼입 콘크리트를 개발하여 철근콘크리트 건축물 공사에 적용한 경우 CO<sub>2</sub>배출량 저감 효과를 정량적으로 평가하는 것을 목적으로 한다.

## 2. SBFS혼입 철근콘크리트 건축물 CO<sub>2</sub>배출량 평가

### 2.1 개요

본 연구에서는 기존의 개발된 콘크리트 전 과정 CO<sub>2</sub>배출량 평가요소와 방법론을 이용하여 고로슬래그미분말(BFS) 또는 스마트 고로슬래그미분말(SBFS)이 혼입된 콘크리트의 CO<sub>2</sub>배출량을 평가하였다. 콘크리트 배합에 사용된 BFS 및 SBFS의 혼입량에 따라 7가지 Case로 분류하였으며, BFS와 SBFS의 CO<sub>2</sub>배출 원단위

는 한국의 BFS 및 SBFS 생산업체를 대상으로 각각 CO<sub>2</sub> 배출 원단위를 분석한 결과를 적용하였다. 또한, Case별로 분류된 SBFS 콘크리트를 적용한 평가대상 건축물(공동주택)의 CO<sub>2</sub>배출량을 평가하였다.

### 2.2 평가대상 선정

현재 건설현장에서 가장 많이 사용되고 있는 강도 24MPa 콘크리트를 대상으로 콘크리트 배합에 사용된 BFS 및 SBFS의 혼입량에 따라 표1과 같이 7가지 Case로 분류하였다. 또한, 일반적으로 건설되는 공동주택의 구조인 철근콘크리트 벽식구조를 평가대상 건축물로 선정하였다. 평가대상 건축물은 서울지역에 위치하는 판상형 공동주택 건축물로 현재 국내에서 주로 건설 되고 있는 33평형(공급면적 111.33m<sup>2</sup>)으로 지상 25층, 4호 조합으로 구성되어 있다.

표 1. 평가대상 콘크리트의 분류

구분	혼입율 (%)	배합량 [kg/m <sup>3</sup> ]						
		OPC	BFS	SBFS	G	S	W	AE
Case 1	0	350	0	0				
Case 2	10	315	35	0				
Case 3	20	280	70	0				
Case 4	30	245	105	0	895	875	176	2
Case 5	10	315	0	35				
Case 6	20	280	0	70				
Case 7	30	245	0	105				

\* 한양대학교 일반대학원 건축환경공학과 박사과정  
 \*\* 한양대학교 건축학부 조교수, 공학박사, 교신저자 (jnb55@hanyang.ac.kr)  
 \*\*\* 한양대학교 일반대학원 건축환경공학과 석사과정

### 2.3 평가방법

#### 2.3.1 콘크리트 CO<sub>2</sub> 배출량 평가<sup>1)</sup>

콘크리트 원자재 생산단계는 콘크리트 각 구성 재료의 CO<sub>2</sub>배출 원단위를 이용하여, 1m<sup>3</sup>당 콘크리트 생산에 포함되는 각 구성 재료의 양(kg)과 원단위 곱의 누적으로 산정된다. 운송단계는 콘크리트 각 구성 재료의 총 물량과 운송수단의 적재량으로 각 재료의 운송장비 대수를 산출하며 이 산출된 운송장비 대수에 운송거리와 연비를 고려하여 운송단계의 CO<sub>2</sub>배출량을 평가한다. 또한, 제조단계는 콘크리트 1m<sup>3</sup>생산 시 각 제조설비에서 사용되는 에너지 소비량을 산출하고 이를 CO<sub>2</sub>로 환산하여 도출 할 수 있다.

#### 2.3.2 철근콘크리트 건축물 CO<sub>2</sub> 배출량 평가

본 평가에서는 건축물 전 과정 평가 중 건설단계의 자재생산단계를 대상으로 CO<sub>2</sub>배출량을 평가하며 건축자재 사용량에 CO<sub>2</sub>배출 원단위를 곱하여 산출한다. 먼저, 평가하려는 표준건축물(공동주택)을 대상으로 CO<sub>2</sub>배출량의 80% 이상을 차지하는 이산화탄소 배출 주요건설자재를 선정하고 CO<sub>2</sub>배출 원단위 데이터베이스를 구축하였다. 주요건설자재 중 콘크리트 이외의 철근, 합판 등과 같은 자재 CO<sub>2</sub>배출량 원단위는 Case별로 동일하게 적용하였으며 CO<sub>2</sub>배출 원단위는 산업연관분석방식과 국가 LCI DB, 개별적산 방식을 활용하였다. 또한, 평가대상 건축물의 물량산출은 벽식구조물 전용 해석 프로그램인 MIDAS와 ArchiCAD를 사용하여마감면적 및 자재물량 도출하였으며 여기에 일위대가를 적용하여 총 81가지 자재의 물량을 산출하였다.

표 2. 평가대상 콘크리트의 구성요소 및 CO<sub>2</sub>배출 원단위

재료	CO <sub>2</sub> 배출 원단위 [kg-CO <sub>2</sub> /단위]	단 위	CO <sub>2</sub> 배출 원단위 근거 <sup>2)</sup>
OPC	0.951	kg	국토해양부*
G	0.262	m <sup>3</sup>	국토해양부*
S	0.004	m <sup>3</sup>	국토해양부*
BFS	0.038	kg	개별적산법**
SBFS	0.035	kg	개별적산법**
W	0.000332	kg	국토해양부*
AE	0.25	kg	일본토목학회

\* 시설물별 탄소배출량 산정 가이드라인, 국토해양부, 2011  
 \*\* 본 연구진 기출 연구결과

표 3. 건축물 CO<sub>2</sub>배출량 주요자재 원단위 및 사용물량 예시

자재명	단 위	CO <sub>2</sub> 배출 원단위 [kg-CO <sub>2</sub> /단위]	단위면적당 [m <sup>2</sup> ] 사용물량	
콘크리트	m <sup>3</sup>	Case1	376.84	
		Case2	344.58	
		Case3	312.33	
		Case4	280.08	0.84 m <sup>3</sup> /단위면적당
		Case5	344.48	
		Case6	312.11	
		Case7	279.75	
이형철근	kg	0.39	37.31 kg/단위면적당	
내수합판	kg	0.26	3.38 kg/단위면적당	
박리제	kg	5.03	0.11 kg/단위면적당	

### 3. SBFS 혼입 철근콘크리트 건축물 CO<sub>2</sub> 배출량 평가결과

SBFS 혼입 콘크리트 전과정 CO<sub>2</sub>배출량 평가결과 Case1부터, Case7까지 표4와 같이 평가되었다. SBFS 및 BFS 콘크리트 CO<sub>2</sub>배출원단위의 평가 시 혼입율이 증가함에 따라 CO<sub>2</sub>배출량이 저감하는 것으로 나타났다.

표 4. 평가대상 콘크리트 Case별 전과정 CO<sub>2</sub>배출량 분석결과

구분	CO <sub>2</sub> 배출량 [kg-CO <sub>2</sub> /m <sup>3</sup> ]				Case1대비 저감률(%)
	자재단계	운송단계	제조단계	총합계	
Case 1	360.03	5.51	11.11	376.65	0
Case 2	327.77	5.42	11.11	344.31	8.59
Case 3	295.52	5.34	11.11	311.97	17.17
Case 4	263.27	5.25	11.11	279.62	25.76
Case 5	327.67	5.42	11.11	344.20	8.62
Case 6	295.31	5.34	11.11	311.75	17.23
Case 7	262.94	5.25	11.11	279.30	25.85

평가대상 건축물의 전 과정 CO<sub>2</sub>배출량 평가결과 Case 1, Case 2, Case 3, Case 4, Case 5, Case 6, Case 7는 각각 481.82kg-CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>, 454.65kg-CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>, 427.48kg-CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>, 400.32kg-CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>, 454.56kg-CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>, 427.30kg-CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>, 400.04kg-CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>과 결과를 얻었으며 그림 4.3.1과 같이 SBFS와 BFS의 혼입율에 따라 Case1 대비 SBFS는 최대 16.97%, BFS는 최대 16.91% 각각 저감성능이 있는 것으로 나타났다.

표 5. 평가대상 철근콘크리트 건축물 Case별 CO<sub>2</sub>배출량 분석결과

구분	총 CO <sub>2</sub> 배출량 [kg-CO <sub>2</sub> ]	단위 면적당 CO <sub>2</sub> 배출량 [kg-CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> ]	Case1대비 저감률(%)
Case 1	4,094,387	481.98	0
Case 2	3,864,232	454.88	5.63
Case 3	3,634,077	427.79	11.27
Case 4	3,403,922	400.70	16.91
Case 5	3,863,462	454.79	5.65
Case 6	3,632,536	427.61	11.31
Case 7	3,401,610	400.42	16.97

### 4. 결론

- 1) SBFS 및 BFS 콘크리트 CO<sub>2</sub>배출원단위의 평가 시 혼입율이 증가함에 따라 CO<sub>2</sub>배출량이 저감하는 것으로 나타났다.
- 2) 평가대상 건축물에 SBFS콘크리트와 BFS콘크리트를 동일한 치환비율(%)로 적용했을 시 SBFS콘크리트가 BFS콘크리트보다 CO<sub>2</sub>배출량이 적은 것은 SBFS CO<sub>2</sub>배출원단위가 BFS CO<sub>2</sub>배출원단위보다 다소 적기 때문이다.
- 3) SBFS와 BFS의 혼입율에 따라 Case1 대비 SBFS는 최대

16.97%, BFS는 최대 16.91% 각각 저감능이 있는 것으로 나타났다.

### 감사의 글

본 연구는 국토해양부 첨단도시개발사업의 연구비지원 (11CHUD-C060439-01-000000)에 의해 수행되었습니다.

### 참 고 문 헌

1. 김태형외 콘크리트 생산에 의한 CO<sub>2</sub>배출량 평가 시스템 개발에 관한 연구, 한국콘크리트학회논문집, 제37권 제2호, pp.151~157, 2010
2. 시설물별 탄소배출량 산정 가이드라인, 국토해양부, 2011