

炭酸化養生を行った環境負荷低減型コンクリートの製造・施工における CO₂ 収支評価

中国電力(株) 正会員 ○向原敦史 小畑大作 土屋善之

鹿島建設(株) 正会員 関健吾 横関康祐 電気化学工業(株) 正会員 庄司慎

1. はじめに

我が国における温室効果ガス総排出量は、2009年以降増加傾向にあり¹⁾、今後も増加することが予想されている。分野別に見ると、建設分野は、総排出量のうち約10%を占めており、今後は、高度経済成長期に建設された構造物の本格的な更新・補修および解体が見込まれるため、建設分野においてもCO₂排出量はさらに増加することが予想される²⁾。こうした背景のもと、建設分野から排出されるCO₂量を削減するために、様々な取組みが行われている²⁾。筆者らもこれまでに、セメントの代替材料としてダイカルシウムシリケートγ相（以下、γ-C₂S）ならびに産業副産物である石炭灰（原粉）や高炉スラグ微粉末を用い、さらに火力発電所由来の排気ガス中に含まれるCO₂を用いて強制的に炭酸化させる（以下、炭酸化養生）ことで、環境負荷を低減できるコンクリートについて研究³⁾、室内試験結果および机上検討によるCO₂収支の評価結果を報告している⁴⁾。

その後、環境負荷低減型コンクリートを用いて、ソーラーパネル基礎ブロックを製造し、宇部太陽光発電所新設工事に適用した（図 1）。本報では、この際の製造条件・施工条件に基づき算出したCO₂収支の評価結果について報告する。

2. 製造条件および施工条件

2. 1. 使用材料および配合

本工事に適用した環境負荷低減型コンクリートについて、使用材料を表 1に示す。表中には、既往の研究²⁾⁵⁾に示されるCO₂排出量の原単位を併記した。粉体には、セメントの代替材料として高炉スラグ微粉末、γ-C₂S および石炭灰を用いた。なお、γ-C₂S は、CO₂と直接反応して硬化するという特徴を有する。

配合比率およびCO₂排出量を表 2に示す。表 1に示したCO₂排出量原単位および表 2に示した配合比率を用いて、コンクリート1m³あたりの材料由来のCO₂排出量を算出すると、65.3 kg-CO₂/m³であった。一方で、環境負荷低減型コンクリートは、脱型後に50℃・40%RH・CO₂濃度20%の環境下で、材齢14日まで炭酸化養



図 1 ソーラーパネル基礎ブロック

表 1 使用材料およびCO₂排出量原単位

項目	記号	摘要	CO ₂ 排出量原単位 (kg-CO ₂ /ton)
セメント	C	早強ポルトランドセメント, 密度=3.14g/cm ³ , 比表面積=4,500cm ² /g	766.6
混和材	B	高炉スラグ微粉末, 密度=2.91g/cm ³ , 比表面積=4,400 cm ² /g	26.5
	γ	ダイカルシウムシリケートγ相, 密度=2.85g/cm ³ , 比表面積=3,000cm ² /g	159.3 ⁵⁾
	F	石炭灰（原粉）, 密度=2.20g/cm ³ , 強熱減量=3.7%	0
細骨材	S	砕砂, 表乾密度=2.62g/cm ³ , F.M.=3.56	3.7

表 2 配合比率およびCO₂排出量

項目	C	B	γ	F	S
配合比率	1.0	1.3	1.0	3.8	29.3
CO ₂ 排出量 (kg-CO ₂ /m ³)	46.8	2.2	9.7	0	6.6

キーワード 環境負荷低減型コンクリート, CO₂排出量, 炭酸化, γ-C₂S

連絡先 〒730-8701 広島県広島市中区小町4番33号 中国電力(株) 流通事業本部 TEL.050-8202-2714

表 3 製造方法および製造条件

項目	製造条件	CO ₂ 排出量 原単位	工事数量	CO ₂ 排出量 (kg-CO ₂)
練混ぜ	コンクリートミキサ (2.5m ³)	0.6kg-CO ₂ /m ³	12 m ³	7.2
締固め	全自動成形機	6.0kg-CO ₂ /h	0.3 h	1.8
養生	気中養生→炭酸化養生	0.0kg-CO ₂ /m ³	12 m ³	0.0
運搬	トラック (ディーゼル, 10t) ・ 製造地点→炭酸化養生地点 (150km) ・ 炭酸化養生地点→施工地点 (140km)	0.122 kg-CO ₂ /km・t	7192 km・t	877.4

生を実施することで、コンクリート中に CO₂ を固定している。炭酸化養生が完了したコンクリートから試料を採取し、無機炭素分析装置（クロモータ）にて、硬化コンクリート 1m³ 中に「固定された CO₂ 量」を測定したところ、70.9 kg-CO₂/m³ であった。前述した「材料由来の CO₂ 排出量」から「固定された CO₂ 量」を差し引き、総 CO₂ 排出量を算出すると、-5.6 kg-CO₂/m³ となる。

2. 2. 製造方法および運搬方法

本工事で製造したソーラーパネル基礎ブロックは 1.0×1.0×0.3m (0.3m³/体) であり、計 40 体 (12m³) を製造・施工した。したがって、基礎ブロックの製造に伴う材料由来の CO₂ 排出量は、65.3×12=783.6 kg-CO₂ であり、炭酸化養生に伴う CO₂ 固定量は、70.9×12=850.8 kg-CO₂ となる。

本工事における環境負荷低減型コンクリートの製造および製造条件を表 3 に示す。表中には各製造工程における、CO₂ 排出量原単位、工事数量および CO₂ 排出量を併記した。本工事では、施工地点近隣に、環境負荷低減型コンクリートの製造および炭酸化養生を実施できる設備環境が無かったことから、施工地点から遠く離れた場所にて製造・養生を実施した（表 3）。そのため、硬化コンクリートの運搬に伴い、多量の CO₂ を排出する結果となった。

3. CO₂ 収支の評価

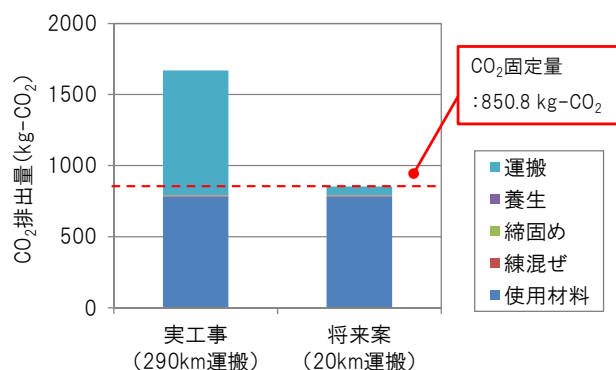
CO₂ 収支の評価結果を、表 4 に示す。表より、CO₂ 固定量を超える CO₂ が、「運搬」によって排出される結果であったことが分かる。その結果、本工事における「製造～養生～運搬」における CO₂ 収支は、+818.8 kg-CO₂ (≒818.8 kg の CO₂ が排出された) であることが分かった。そこで、仮定条件として、製造地点と炭酸化養生地点が同じ敷地内であり（運搬距離 0km）、施工地点までの運搬距離も 20km であった場合について試算した。試算結果を、表 4 および図 2 に示す。表および図より、運搬距離が 20km の場合には、CO₂ 固定量と CO₂ 排出量は、ほぼ同等となることが分かった。

参考文献

- 1) 環境省, http://www.env.go.jp/earth/ondanka/ghg/2012sokuho_gaiyo.pdf
- 2) 土木学会: コンクリート構造物の補修・解体・再利用における CO₂ 削減を目指して, コンクリートライブラリー134, 2012
- 3) 取達剛, 横関康祐, 吉岡一郎, 盛岡実: 炭酸化養生を行ったコンクリートの CO₂ 収支ならびに品質評価, コンクリート工学年次論文集, Vol.34, No.1, pp.1450-1455, 2012
- 4) 木村彩永佳, 関健吾, 取達剛, 横関康祐: 炭酸化養生を行った環境負荷低減型コンクリートの環境影響評価, コンクリート工学年次論文集, Vol.36, No.1, pp.2254-2259, 2014
- 5) 盛岡実, 山本賢司, 取達剛, 横関康祐: 工業原料を用いた γ-2CaO・SiO₂ の製造とその二酸化炭素排出量の評価, セメント・コンクリート論文集, No.64, pp.29-33, 2010

表 4 CO₂ 収支の評価

項目		CO ₂ 排出量 (kg-CO ₂)	
		290km 運搬	20km 運搬
A : CO ₂ 排出量	使用材料	783.6	
	製造	練混ぜ	7.2
		締固め	1.8
		養生	0.0
B : CO ₂ 固定量	運搬	877.4	60.5
	計 (A+B)	-850.8	
計 (A+B)		819.2	2.3

図 2 CO₂ 収支の試算結果