

CO₂ 吸収型消波ブロックの CO₂ 削減効果の一考察
ー G I 基金事業『CUCO』開発成果ー

(株)不動テトラ 正会員 ○錦織和紀郎 昇 悟志 廣瀬紀一 橋田雅也
鹿島建設(株) 正会員 関 健吾 フェロー会員 坂井吾郎

1. 研究の目的

2050 年までに CO₂ 排出量を実質ゼロとする政府目標を達成するため、CO₂ を大量に排出しているセメントコンクリートの分野にも排出量削減技術の開発が求められている。その技術の 1 つとして、CO₂ 吸収コンクリート¹⁾が注目されているが、これまでの検討対象は主にプレキャストコンクリートに限られており、現場打設のコンクリートへの適用が課題となっている。このような中、国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）に 2 兆円規模の「グリーンイノベーション（GI）基金」が造成され、筆者らもコンソーシアム「CUCO（Carbon Utilized COncrete）」の一員として研究開発を進めている。また、国土交通省は脱炭素社会の実現に貢献するため、カーボンニュートラルポート（CNP）の形成を推進している。本研究は、港湾などで使用されている消波ブロックへの CO₂ 吸収コンクリートの適用性を評価するとともに、その適用効果を確認することを目的に基礎検討を行ったものである。

2. 実験概要

本研究では、HIGUCHI ら²⁾の研究を参考に試験練りにより配合を決定し、初期材齢および材齢 7 日、28 日の圧縮強度および静弾性係数を測定した。ここで、初期材齢における強度に着目したのは、消波ブロック製作の初期段階で行う脱型（材齢 2 日）、転置、仮置（材齢 3 日）の実施可否を判断するためである。供試体は材齢 2 日に脱型し、材齢 3 日より封かん養生および高濃度型促進中性化装置を用いて炭酸化養生を行った。炭酸化養生条件は、温度 50℃、湿度 50%、CO₂ 濃度 80%とした。また、40kg のミニチュア消波ブロックを製作し、40 日間炭酸化養生を行った後に材齢 170 日にてブロックを切断し、炭酸化の進行状況を確認した。使用材料を表-1 に、試験配合を表-2 に示す。ここで、特殊混和材 γ -C₂S は非水硬性で、CO₂ と直接反応して硬化する混和材である。

表-1 使用材料

項目	記号	材料名	備考
練混ぜ水	W	地下水	
セメント	C	普通ポルトランドセメント	
混和材	BFS	高炉スラグ微粉末	比表面積4000cm ² /g
	γ	γ -C ₂ S	ダイカルシウム シリケート（ γ 相）
細骨材	S	山砂、砕砂	
粗骨材	G	碎石2005	
混和剤	AD	AE減水剤	
	AE	空気量調整剤	

表-2 試験配合

スランプ (cm)	空気量 (%)	W/C (%)	W/P (%)	S/a (%)	単位量 (kg/m ³)					
					W	C	BFS	γ	S	G
12	4.5	125	50	47.0	169	135	186	17	835	951

W/P：水粉体比（粉体：セメント+BFS+ γ ）

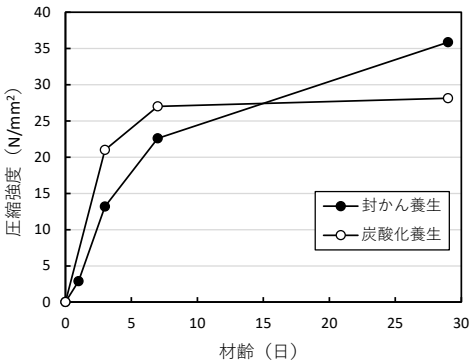


図-1 圧縮強度の測定結果

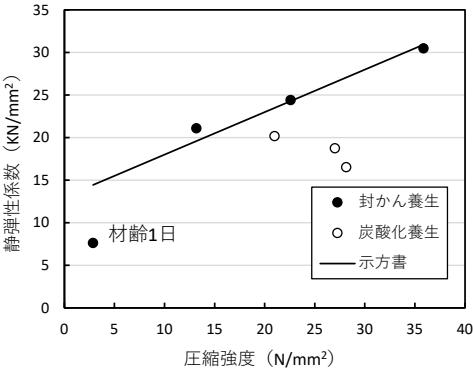


図-2 圧縮強度と静弾性係数の関係

キーワード CUCO, CO₂ 吸収コンクリート, γ -C₂S, 炭酸化深さ, 圧縮強度, 消波ブロック

連絡先 〒103-0016 東京都中央区日本橋小網町 7-2 (株) 不動テトラ ブロック環境事業本部 TEL 03-5644-8585

3. 実験結果

① 圧縮強度および静弾性係数

圧縮強度の測定結果を図-1 に、圧縮強度と静弾性係数の関係を図-2 に示す。図-2 には、コンクリート標準示方書設計編³⁾に示される両者の関係を併せて示す。図-1 および図-2 より、封かん養生の場合、材齢に伴う圧縮強度の増進および圧縮強度と静弾性係数の関係は、通常のコンクリートと同傾向である。一方、炭酸化養生の場合は材齢初期の強度増進が著しく、材齢 7 日以降は強度の増進が見られない。これは、養生温度の影響と、炭酸化が初期に進み、組織が緻密になったためと考えられる。

② 消波ブロックへの適用性

一般に消波ブロックには設計基準強度 18N/mm^2 (大型は 21N/mm^2) のコンクリートが使用され、脱型強度は 3.5N/mm^2 、転置強度は $4.8\sim 8.3\text{N/mm}^2$ である。図-1 より材齢 2 日で脱型、材齢 3 日で転置可能であり、消波ブロックへの適用は可能と言える。

③ 炭酸化の進行状況

炭酸化養生を行った供試体を割裂し、フェノールフタレイン溶液を塗布して確認した炭酸化の状況および炭酸化深さの測定結果を写真-1 に示す。材齢 29 日においては、供試体全体が炭酸化した。



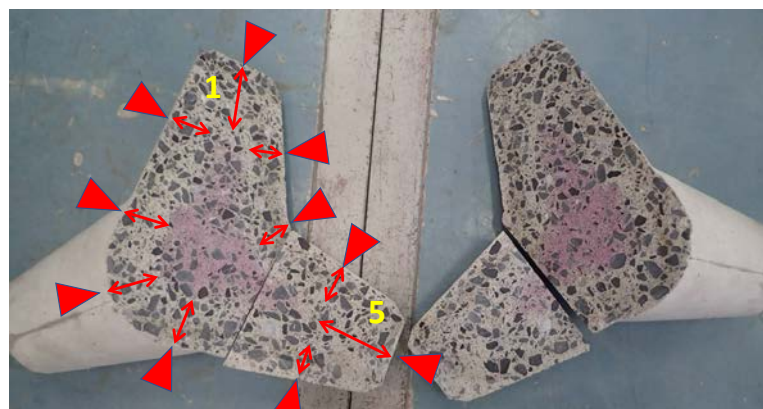
材齢 3 日 (平均 25.7mm) 材齢 7 日 (平均 39.0mm)

材齢 29 日

写真-1 炭酸化の進行状況

④ ミニチュア消波ブロック製作・炭酸化

40kg のミニチュアブロック (体積=17.4ℓ) の炭酸化範囲を図-3 に示す。炭酸化深さは、脚先 1, 5 で平均 99mm, 全平均 62mm である。未炭酸化範囲は脚の長さが 99mm 短い相似形であると仮定すると、未炭酸化の体積は 4.1ℓ (赤色部分) となる。すなわち、全体の 76%が炭酸化されたことになる。



(単位: mm)

計測ピッチ	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	平均
中性化深さ	87.3	48.5	45.0	55.4	110.3	52.6	54.2	60.8	48.8	55.4	61.8

図-3 炭酸化の状況 (ミニチュアブロック)

4. 結論と今後の課題

本研究により CO_2 を大幅に削減できるコンクリートにて消波ブロックを製作することができるとが示唆された。今後、カーボンネガティブコンクリートによる実物の消波ブロック製作を 1 つの目的とし、更に CO_2 固定量を増大させる検討に取り組む所存である。

謝辞: 本成果は、国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構 (NEDO) の委託業務 (JPNP21014) を受け、革新的カーボンネガティブコンクリートの材料・施工技術及び評価技術の開発で得られた成果である。

参考文献

- 1) 取違ら: 炭酸化養生を行ったコンクリートの CO_2 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.
- 2) HIGUCHI et.al.: DEVELOPMENT OF A NEW ECOLOGICAL CONCRETE WITH CO_2 EMISSIONS REDUCED TO BELOW ZERO, First International Conference on Concrete Sustainability, pp.816-821, 2013.
- 3) 土木学会: 2017 年制定コンクリート標準示方書【設計編】, p.43, 2017.