

CO₂ 吸収コンクリートを使用したプレキャストパネル部材の試験製造

鶴見コンクリート（株） 正会員 ○柄澤英明 江藤一貴
鹿島建設（株） 正会員 向俊成 取違剛

1. はじめに

気候変動の抑制のため CO₂ を回収して貯留や有効活用を行う CCUS（Carbon dioxide Capture, Utilization and Storage）の技術に注目が集まっている。CCUS の技術は幅広い分野で研究開発¹⁾が進められている。その中でも土木分野で利用の可能性が高い技術として、CO₂ 吸収コンクリートについて検討を行った²⁾。本技術はコンクリートの炭酸化反応を利用し、CO₂ をコンクリート中に固定する方法である。本報では CO₂ 吸収コンクリートを使用し、埋設型枠用のプレキャストパネル部材を製造した実績を報告する。

2. 実験概要

製造する部材は 1200mm×600mm×t40mm のパネルとした。形状・寸法を図-1 に示す。パネルには部材の設置と内部に打設するコンクリートとの付着の確保のため、円錐状の孔を設けた。使用した CO₂ 吸収コンクリートの材料と配合を表-1 に示す。CO₂ 吸収コンクリートには CO₂ と反応して硬化する性質のある γ -C₂S を主成分とする炭酸化混和材を使用した。また、製造時の CO₂ 排出量の多い普通ポルトランドセメントの使用量を削減するため、高炉スラグ微粉末を結合材の一部に使用した。部材の割れ、角欠けに対する補強のため、ガラス繊維（長さ 12mm）を 0.3vol% 混入した。製品の成型に即時脱型方式を採用するため、スランプ 0cm の超硬練りコンクリートとした。

バッチャープラントで製造したコンクリートを即脱成型機により成型し、パネル部材を 5 枚作製した。即脱成型機は、コンクリート投入機、振動テーブル、プレス装置からなり、成型は振動テーブル上の型枠にコンクリートを投入し、プレス装置により成型した。成型したパネルは外気温（神奈川県 9 月）の気中にて 3 日間硬化させた後、炭酸化養生を 24 時間実施した。作製したパネルを図-2 に示すような大型の袋に入れて密閉し、CO₂ ガスを注入して袋の内部の CO₂ ガス濃度を最高 72% まで高めることで炭酸化養生を行った。

炭酸化養生が終了した部材は気中で保管し、材齢 24 日にて図-3 に示すように 2 点支持・中央部線荷重での曲げ試験を実施した。曲げ载荷後の試験体の断面に 1% フェノールフタレイン溶液を噴霧し、赤色に呈色しない範囲を炭酸化深さとして測定した。パネルから試料を採取し、さらなる炭酸化を防止するためアセトンに浸漬して乾燥させたのち粉砕し、全有機炭素分析計（島津製作所製 TOC-L

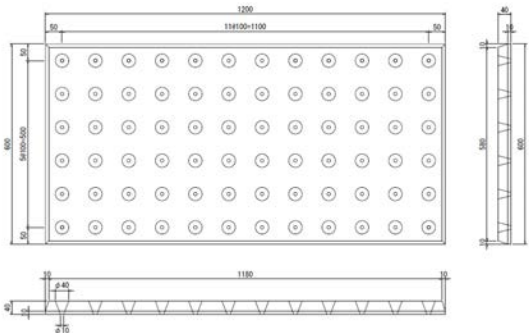


図-1 パネルの寸法（単位 mm）

表-1 配合表

W/C (%)	s/a (%)	Air (%)	単位量 (kg/m ³)						
			W	C	BFS	γ	S	G	Fib
37.2	52.0	5.0	135	109	145	109	948	871	7.8

W：地下水，
C：普通ポルトランドセメント（密度：3.15g/cm³），
BFS：高炉スラグ微粉末（セッコウ添加，密度：2.91g/cm³），
 γ ：炭酸化混和材（密度：2.85g/cm³），
S：山砂（密度 2.63g/cm³，粗粒率 2.99），
G：碎石（密度 2.69g/cm³，実積率 59.0%），
Fib：ガラス繊維（長さ 12mm）

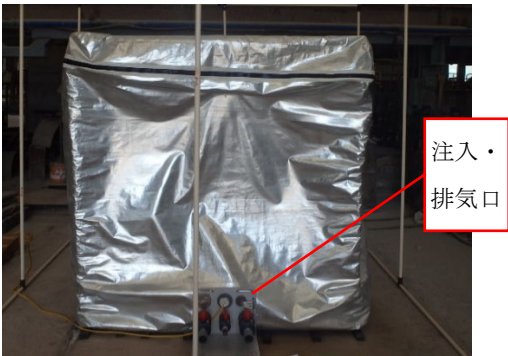


図-2 炭酸化養生の状況



図-3 パネルの载荷方法（単位 mm）

キーワード CO₂ 吸収コンクリート，プレキャスト，炭酸化，環境配慮コンクリート，工程短縮

連絡先 〒259-1138 神奈川県伊勢原市神戸 400 番地 鶴見コンクリート株式会社 技術部 TEL0463-95-2607

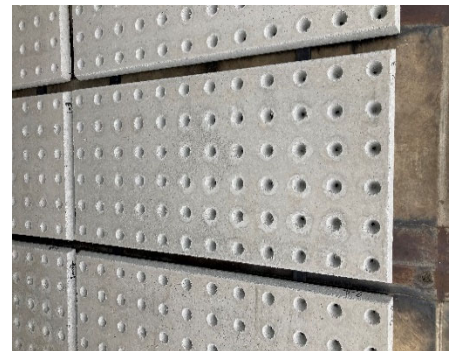
表－2 寸法・曲げ荷重および中性化深さの測定結果

	寸法			質量	ひび割れ発生時の荷重	炭酸化範囲（平均）		
	幅	長さ	厚さ			型枠面	打設面	合計 (型枠面+打設面)
	mm	mm	mm			mm	mm	mm
目標値	1200±6	600±4	40±3	—	10.7 以上	—	—	—
No. 1	1202	601	42	64.32	11.2	12.4	11.3	23.7
No. 2	1201	601	40	64.33	13.1	11.8	12.3	24.1
No. 3	1200	600	42	64.36	12.9	12.2	15.6	27.8
No. 4	1201	601	42	65.27	11.1	14.1	16.1	30.2
No. 5	1200	600	42	64.96	12.6	16.8	14.3	31.1
平均	1201	601	42	64.65	12.2	13.5	13.9	27.4
変動係数	0.1%	0.1%	1.9%	0.6%	7.0%	13.7%	13.4%	11.1%

CSH および SSM-5000A) によりコンクリートの CO₂ 含有量を測定した。

3. 実験結果

作製したパネルの外観を図－4 に各種計測結果を表－2 に示す。パネルは全体が密実に充填されていた。曲げ試験後の破断面を確認したところ、未充填箇所や大きな気泡は見られず、また、質量にも大きなばらつきも見られなかったため、コンクリートは密実に締め固められていたと考えられる。作製した5枚の製品の寸法・質量および載荷試験でのひび割れ発生時の荷重を表－2 に示す。寸法、曲げひび割れ発生時の荷重ともに一般的に用いられている埋設型枠に求められる目標値を満足した。また、各測定項目の変動係数は寸法・重量では1.9%以下、ひび割れ発生時の曲げ荷重では7.0%であり、ばらつきを抑えてパネルを製造することができた。炭酸化範囲については変動係数が11%以上と大きく、品質のばらつきを抑えた製造方法について、今後検討が必要である。



図－4 パネルの外観



図－5 断面の炭酸化状況

曲げ載荷により破断した面で計測した炭酸化深さの測定結果も表－2 に示す。また、破断面にフェノールフタレインを噴霧した状況を図－5 に示す。型枠面と打設面の両面からほぼ同程度の深さまで炭酸化反応が進行していることが確認された。炭酸化深さは両面を合わせて27.4mmであり40mmの部材厚さの半分以上(69%)を1日で炭酸化することができた。一方、中心部分には未炭酸化部分が残っており、より多くのCO₂を固定化するためには、生産サイクルに影響を及ぼさずに、更なる炭酸化を進める方法を検討する必要がある。また、全有機炭素分析計により、コンクリートに含まれる全炭素量を測定した結果、コンクリート中のCO₂含有量は95kg/m³であった。

4. まとめ

γ-C₂S を主成分とする炭酸化混和材を使用したCO₂吸収コンクリートを使用し、埋設型枠用のプレキャストパネル部材を製造した。その結果、寸法・荷重の目標値を満足させつつ、部材中に95kg/m³のCO₂を固定化することができた。

参考文献

- 1) 国立研究開発法人新エネルギー産業技術総合開発機構：グリーンイノベーション基金 HP, <https://green-innovation.nedo.go.jp/> (2023.3.17 閲覧)
- 2) 取違 剛ほか：炭酸化させたガラス繊維補強モルタルの曲げ強度および塩分浸透抵抗性に関する検討，土木学会第 73 回年次学術講演会，V-434，2018.8