

炭酸化反応によるコンクリートへのCO₂固定技術のプレキャスト製品への適用

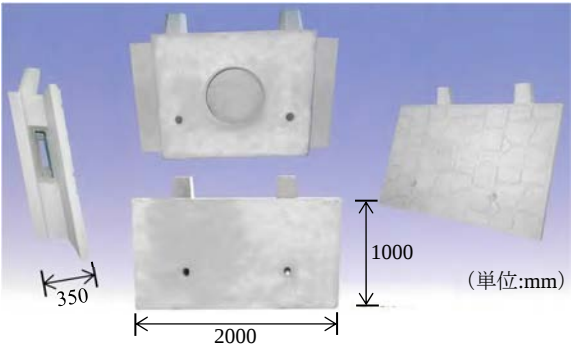
ケイコン（株） 正会員 ○北島 君則 金輪 岳男
鹿島建設（株） 正会員 取違 剛 山野 泰明

1. はじめに

地球温暖化抑制のために、CO₂削減は全世界的に取り組まれている課題である。我が国の建設分野においても、セメント製造時に多量のCO₂を排出することから、セメント削減のために様々な取り組みが行われている。産業副産物の有効利用によるセメント使用量の削減と炭酸化反応によるコンクリートへのCO₂固定の2つの技術を、PCa製品に適用するための検討を行った。

2. 製品概要

間知ブロックの代替製品である、大型積みブロック擁壁の「どっきんくん」を検討対象とした。製品形状を写真-1に示す。脱型強度は材齢1日で15.0N/mm²とした。これは、炭酸化養生を行うにあたり、低強度の状態で炭酸化養生を行うことで炭酸ガスの吸収が促進されるため¹⁾、脱型可能な最低限の強度とした。また、設計基準強度は道路土工擁壁工指針²⁾より、材齢14日で30.0N/mm²（配合強度35.0N/mm²）とした。そして、炭酸化による鉄筋腐食に起因する劣化を防ぐため無筋構造とし、補強材としてポリプロピレン繊維を混合する配合とした。



写真—1 どっきんくん

3. 実験概要

試験概要を表-1に示す。使用材料および配合、フレッシュ性状を表-2および表-3に示す。本検討においては、産業副産物有効利用の観点から高炉スラグ微粉末をセメント代替として利用した。また、炭酸化養生による強度増進を期待して、ダイカルシウムシリケートγ相(γC₂S)を利用した。セメントに対するこれらの比率は、OPC：GGBS：γC₂S=30：65：5とした。空気量は2.0%で計算し、5配合の検討を行った。また、製品形状が複雑なため充填性を考慮し、スランプ（SLシリーズ）、およびスランプフロー（SLFシリーズ）の配合を検討した。スランプフロー配合は、材料分離抵抗性付与の観点から、石灰石微粉末を外割添加した。

表—1 試験概要

試験練り(フレッシュ試験)
↓
供試体採取
↓
蒸気養生(最高温度50℃, 3h保持)
↓
脱型後,炭酸化養生(50℃,50%RH,80%CO ₂)
↓
σ _{2,5,7} で炭酸化養生終了 σ ₇ で炭酸化養生終了の供試体は,σ _{14,28} まで気中養生

表—2 使用材料

項目	記号	摘要
水	W	水道水,密度1.00g/cm ³
セメント	OPC	普通ポルトランドセメント,密度3.16g/cm ³
混和材	GGBS	高炉スラグ微粉末,密度2.88g/cm ³
	γ	炭酸化混和材γC ₂ S,密度2.85g/cm ³
	LP	石灰石微粉末,密度2.71g/cm ³
細骨材	S	砕砂,表乾密度2.59cm ³
粗骨材	G	碎石(1505),表乾密度2.63cm ³
混和剤	Ad	高性能減水剤
補強繊維	PP	ポリプロピレン繊維,密度0.91cm ³ ,L=30mm

キーワード 環境配慮型コンクリート, 炭酸化, プレキャスト

連絡先 〒613-0903 京都府京都市伏見区淀本町225 ケイコン（株）技術部 TEL 075-631-3234

表-3 コンクリートの配合・フレッシュ性状

配合	W/P (%)	W/B (%)	s/a (%)	単位量(kg/m ³)									SL SLF	Air (%)
				W	OPC	GGBS	γ	LP	S	G	Ad	PP		
SL18-45%	45.0	45.0	55.0	170	113	246	19	0	972	807	3.402	3.640	20.5cm	2.9
SL18-50%	50.0	50.0	50.0	170	102	221	17	0	900	914	3.230	3.640	17.5cm	2.4
SL18-55%	55.0	55.0	55.0	170	93	201	15	0	1005	835	3.245	3.640	13.0cm	3.7
SLF50-50%	37.8	50.0	55.0	170	102	221	17	110	932	775	4.050	3.640	530mm	2.9
SLF50-55%	37.8	55.0	55.0	170	93	201	15	141	931	773	3.825	3.640	485mm	3.0

4. 結果・考察

図-1 より、高炉スラグ微粉末を多量に含み、 $\gamma\text{C}_2\text{S}$ を添加しつつ、さらにひび割れ防止の観点で繊維を添加した配合において、脱型時強度を確保しつつ最終強度が目標強度の 35.0N/mm^2 を超える配合を見出した。

図-1、図-2 より、SL18-55%以外の配合は、圧縮強度、静弾性係数ともにほぼ同様の傾向であった。また、強度と静弾性係数の関係は、土木学会標準示方書式よりも、やや静弾性係数が低くなる傾向であった。さらに、材料分離抵抗性付与の観点から、石灰石微粉末を外割添加したが、強度や炭酸化速度に変化はなかった。

図-3 より、炭酸化の進行速度は、材齢 2 日から 5 日にかけては速いが、その後は鈍る傾向となった。また、SL18-55%は、他の配合に比べ炭酸化深さが大きくなった。これは、図-1 より他の配合に比べ、圧縮強度が低い値となったため、炭酸ガスの吸収も他の配合に比べ促進された結果であると考えられる。また、SL18-45%は、他の配合に比べ、炭酸化深さが小さい結果となった。これは、W/B が他の配合に比べ低く、コンクリートが緻密になったことで、炭酸ガスの吸収速度が鈍ったためであると考えられる。

5. まとめ

今後、試験製造により充填性などを考慮して、最適な配合や炭酸化養生日数を検討していく。

参考文献

- 1) T. Torichigai et al:PHYSICAL PROPERTIES AND MANUFACTURING METHOD OF THE CONCRETE EXTREMELY REDUCING CO₂ EMISSIONS BY USING C₂S AND CARBONATION CURING, Proceedings of the International Workshop CO₂ Storage in Concrete – CO₂STO2019 France – Marne La Vallée – Ifsttar – June 24-25, 2019
- 2) 公益社団法人 日本道路協会：道路土工 擁壁工指針（平成 24 年度版）

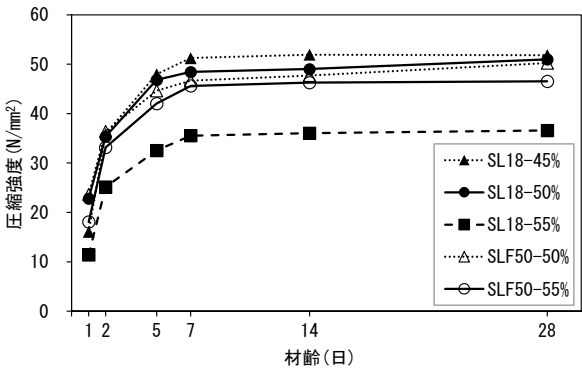


図-1 圧縮強度—材齢関係

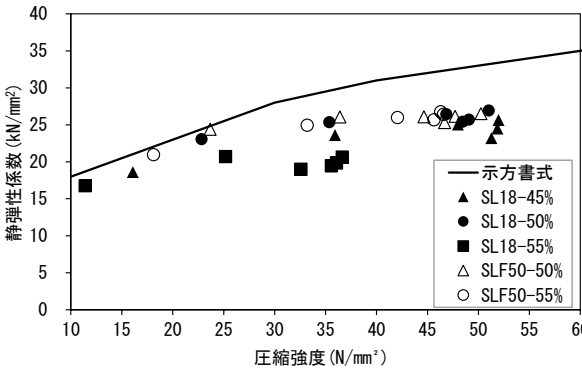


図-2 静弾性係数—圧縮強度関係

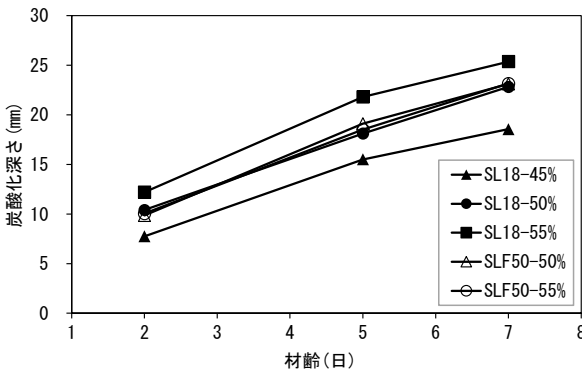


図-3 炭酸化深さ—材齢関係