

CO₂ を吸収・固定化した炭酸カルシウム粉末を用いたカーボンネガティブコンクリートの基礎検討

高木 雄介* 山本 泰介*
 Yusuke Takagi Taisuke Yamamoto
 椎名 貴快**
 Takayoshi Shiina

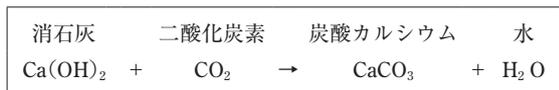
1. はじめに

近年、コンクリート製造過程での CO₂ 排出量削減を目的に、製鉄所の高炉より副産された高炉スラグ微粉末をセメントの代替材料として積極的に活用した環境配慮型コンクリートが実用化され、実現場への適用が進んでいる。さらに、カルシウムを含んだ廃材を元に、排ガスなどの CO₂ を吸収・固定化させることで、安定的な軽質炭酸カルシウムを CCU 材料 (Carbon Capture and Utilization) として利用する研究が進められている。

本研究は、アサヒ飲料株式会社と共同研究を行った副産物由来の炭酸カルシウムを主成分とした吸収材を用いたコンクリートの試験結果について報告する。

2. 試験概要

本試験で使用したコンクリート材料を表-1 に、コンクリート配合を表-2 に示す。本試験では、比較用の N100 配合を除く配合において、JIS A 6206 に準拠した高炉スラグ微粉末 4000 を使用し、結合材の 9 割を高炉スラグ微粉末で置換した。また CO₂ を固定化するカルシウム源として、鉱業副産物由来のカルシウム源を活用した。副産物の主成分は生石灰 CaO であり、これに H₂O を反応させ消石灰 Ca(OH)₂ としたのち、CO₂ を固定させることで炭酸カルシウム CaCO₃ となる。本来廃棄するはずの Ca を原料とすることで、CO₂ 排出量がマイナスとなる材料とした (写真-1)。



使用した吸収材を解析した結果、CO₂ の固定量は 384 kg-CO₂/t となっており、加工時のエネルギーを考慮すると 248 kg-CO₂/t と試算される。この値を元にコンクリー

* 技術研究所土木技術グループ
 ** 技術研究所

表-1 使用材料

記号	使用材料	密度 (g/cm ³)
W	水 (上水道水)	1.00
H	早強ポルトランドセメント	3.14
N	普通ポルトランドセメント	3.16
BFS	高炉スラグ微粉末 4000 せっこう入り (SO ₃ 換算 2.0%)	2.90
S	砂 (大井川産)	表乾 2.58
G	碎石 2005 (青梅産)	表乾 2.66
Ca N	市販品軽質炭酸カルシウム	2.67
Ca R	吸収材	2.62

表-2 配合表

配合名	W/B (%)	s/a (%)	単位量 (kg/m ³)					
			W	B		S		G
				HorN	BFS	Ca N Ca R	S	
N100	50	49	170	340 (N)	—	—	857	918
B90 H10	47	46	175	37 (H)	338	—	771	936
CaN250	47	47	175	37 (H)	338	250	548	918
CaR250	47	46	175	37 (H)	338	250	529	935



写真-1 副産物由来 軽質炭酸カルシウム

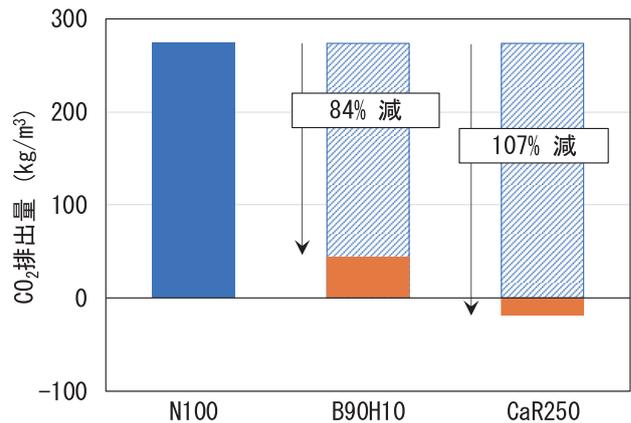
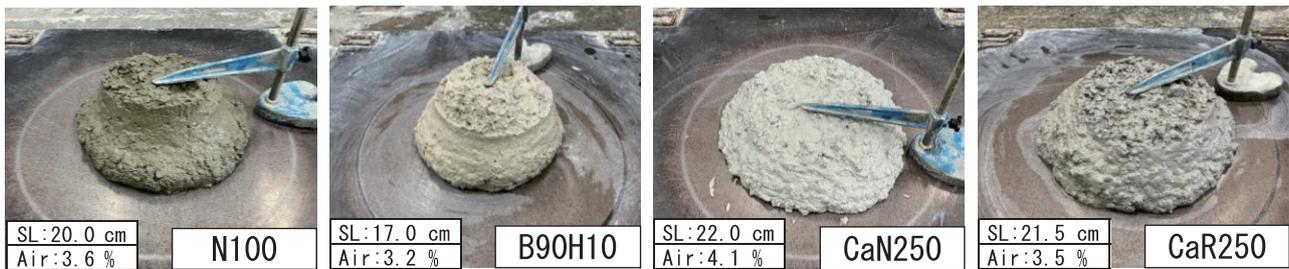


図-1 各配合における製造時の CO₂ 排出量

ト製造における材料由来の CO₂ 排出量を比較した結果は図-1 のようになる。高炉スラグ微粉末でセメントを多量に置換することによって、CO₂ 排出量を大幅に削減した上で、CO₂ を固定化した炭酸カルシウムを使用し、カーボンネガティブコンクリートを実現した。また比較として、一般的に市販されている吸収材を用いて同様に近



写真一2 練上がり後の性状

い配合で比較を行った。

圧縮強度試験用の供試体は、打込みの翌日に脱型し、所定の試験材齢まで20℃の水中養生を行った。試験材齢は1日、7日、28日の3水準とした。

3. 試験結果

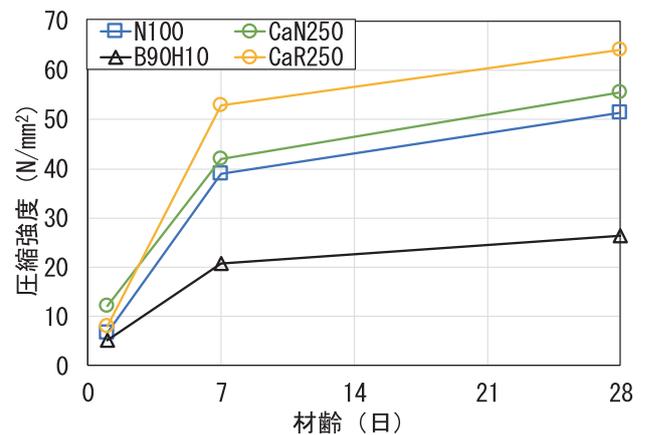
各配合の練混ぜ後の状態を写真一2に示す。軽質炭酸カルシウムを多量に添加した配合においても、市販の化学混和剤を用いて、N100と同等のフレッシュ性状にコントロールすることが可能であった。

図一2に圧縮強度試験結果を示す。高炉スラグ微粉末を90%置換したB90H10の配合では、材齢28日での圧縮強度が25 N/mm²程度となっている。一方で、市販品や副産物の炭酸カルシウムを混和した配合では、材齢初期から普通コンクリートと同様の良好な強度発現性が見られ、材齢28日にはいずれの配合も圧縮強度が50 N/mm²を超えた。これは、細骨材よりも粒子が極端に細かい炭酸カルシウムで置換していることによって、より緻密な組織構造が形成されるフィラー効果も一つの要因として考えられるが、酸化アルミニウムに対して石灰石微粉末やBFSを併用することで水和反応を促進し、強度が増進することも報告されている¹⁾。既報では、重質炭酸カルシウムである石灰石微粉末を添加しているが、同様の組成を有している軽質炭酸カルシウムにおいても、効果が得られているものと考えた。また、副産物由来ということもあり、市販品の軽質炭酸カルシウムよりも酸化アルミニウムの含有量が高く、副産物のカルシウムでは、市販品よりも高い強度が得られている。

写真一3に硬化後の供試体断面を示す。なお切断用の供試体はモルタルで作製している。写真右側のCaR250配合は、N100と比較して外観に大きな違いはなく、炭酸カルシウムと見られる白い粒子が点在して確認される。

4. まとめ

コンクリート製造時のCO₂排出量の観点から、高炉スラグ微粉末やCO₂を吸収・固定化した炭酸カルシウムを多量に添加した配合の基礎的検討を行った。本試験により以下の知見が得られた。



図一2 圧縮強度試験結果



写真一3 供試体断面写真 (左 N100 右 CaR250)

- 1) 副産物由来のカルシウム源にCO₂を吸収・固定化させた材料を用いて、コンクリート製造時のCO₂排出量がマイナスとなる配合を可能とした。
- 2) 高炉スラグ微粉末および副産物炭酸カルシウムを多量に添加したカーボンネガティブなコンクリートにおいても、通常のコンクリートと同様のフレッシュ性状を確保できた。
- 3) セメントの使用量を大幅に減じたカーボンネガティブなコンクリートにおいて、通常のコンクリートと同等以上の圧縮強度を確保できた。

参考文献

- 1) 久我龍一郎ほか：Al₂O₃含有量が異なるセメントの強度改善に及ぼす高炉スラグ微粉末と石灰石微粉末の影響，土木学会年次学術講演会講演概要集，部門V，pp. 903-904, 2009.