

骨材の粒度および空気量がコンクリートの炭酸化速度に及ぼす影響

鹿島建設(株) 正会員 ○佐々木敏幸 取違 剛 関 健吾 小林 聖 渡邊賢三 坂井吾郎
東洋大学 正会員 横関康祐

1. はじめに

日本が目標として掲げている 2050 年カーボンニュートラル社会の実現に向けて経済産業省から提示された「グリーン成長戦略」では、コンクリート分野におけるカーボンリサイクル技術として CO₂ 吸収コンクリートが取り上げられている。CO₂ 吸収コンクリートは、高濃度 CO₂ 環境下にてコンクリートを炭酸化養生し、セメントや混和材に含まれる Ca 成分と CO₂ との反応によってコンクリート中に CO₂ を吸収・固定させたコンクリートであり、主にプレキャスト製品を対象に開発が進められている。CO₂ 吸収コンクリートの製造生産性を向上させるためには、CO₂ を固定する時間の短縮、すなわち炭酸化速度の増大が重要となる。本検討では、炭酸化速度を増大させるための材料面での工夫として、骨材の粒度ならびに空気量に着目し、これらがコンクリートの炭酸化速度に及ぼす影響を評価した。

2. 試験概要

使用材料を表-1 に、コンクリートの配合を表-2 に示す。また、骨材の粒度を変化させるために、本検討にて用いた単粒度の細骨材（以下、単粒砂と称す）の外観を写真-1 に示す。単粒砂を細骨材として用いた場合には材料分離が懸念されるため、本検討では W/P=30% として粉体量の比較的多いコンクリートをベースにした。セメントには高炉セメント B 種を用い、環境負荷低減の観点から石炭灰の原粉を粉体増量材として用いた。この配合に対し、細骨材の全量に単粒砂を用いつつ、細骨材率を 10% ずつ変化させた。また、s/a=47% の配合について、細骨材の全量を一般的な細骨材としつつ、AE 剤添加量の調整によって空気量を表-2 に示すように変化させた。さらに、W/P=30% で一定として、石炭灰の量を増減させた配合についても試験に供した。

表-1 使用材料

材料名	記号	摘要
水	W	上水道水
セメント	C	高炉セメント B 種：密度=3.08g/cm ³
混和材	F	石炭灰原粉：密度=2.2g/cm ³ ，フライアッシュ IV 種相当
細骨材	S	砕砂：表乾密度=2.65g/cm ³ ，粗粒率=2.65
	S 単	単粒砂：表乾密度=2.61g/cm ³ ，粒径=2.0~3.5mm
粗骨材	G	碎石：Gmax=20mm，表乾密度=2.65g/cm ³ ，実積率=64.3%
混和剤	SP	ポリカルボン酸エーテル系化合物と配向ポリマーの複合体
	AE1	変性ロジン酸化合物系陰イオン界面活性剤
	AE2	アニオン及びノニオン系特殊界面活性剤

表-2 コンクリートの配合とフレッシュ性状

W/P ^{*1} %	W/C %	F P×%	s/a %	設計 空気量 %	単位量 (kg/m ³)						SP (P×%)	AE1 (P×%)	AE2 (P×%)	スランブ スランブ ⁺ フロ- cm ³²	実測 空気量 %
					W	C	F	S	S 単	G					
30	60	50	47	4.5	165	275	275	—	705	806	0.7	—	1.00	SL:22.0	3.0
	60	50	37	4.5	165	275	275	—	555	960	0.7	—	1.50	SL:16.5	3.3
	60	50	57	4.5	165	275	275	—	855	654	0.7	—	1.50	SL:19.0	3.7
	60	50	47	4.5	165	275	275	716	—	806	1.70	—	0.75 2.00 5.00	SLF:69.0	3.2 4.7 5.9
	30	0	47	4.5	165	550	0	759	—	856	0.80	0.60	—	SLF:65.0	3.2
	43	30	47	4.5	165	385	165	733	—	826	1.40	—	0.75	SLF:62.0	4.0
	100	70	47	4.5	165	165	385	698	—	788	2.00	—	1.00	SLF:68.0	3.1

※1：P=C+F，※2：SL はスランブ，SLF はスランブフローを示す

キーワード：環境配慮型コンクリート，CO₂ 吸収コンクリート，炭酸化，細骨材，粒度，空気量，CO₂

連絡先：〒107-8477 東京都港区元赤坂 1-3-8 鹿島建設(株) 土木設計本部 TEL 03-6735-1172



写真-1 本検討で用いた単粒砂(左)と単粒砂を用いたコンクリートのスランプ(中央: $s/a=37\%$, 右: $s/a=57\%$)

これらの配合のコンクリートを練り混ぜ、フレッシュ性状を確認して表-2に示す結果を得た。単粒砂を用いたコンクリートはスランプ状となったものの、写真-1に示すように材料分離は見られなかった。その後、 $\phi 100 \times 200\text{mm}$ の供試体を作製し、 20°C 環境で1日封緘養生後に脱型して温度 50°C 、湿度50% RH、 CO_2 濃度15%の環境で炭酸化養生を行った。材齢4日、7日、28日にてJIS A 1108に準拠して圧縮強度を計測するとともに、JSIA 1152に準拠して炭酸化深さを計測した。

3. 試験結果

$W/P=30\%$ 、石炭灰添加率 $P \times 50\%$ の配合における細骨材率と炭酸化速度係数の関係を図-1に示す。単粒砂を用いることで一般的な細骨材に比べて炭酸化速度が増加することが確認された。また、細骨材率を変化させることでさらに炭酸化速度が増加する可能性が示唆された。既往の研究では、細骨材の粒径が大きいほど遷移帯厚さおよび遷移帯中の空隙率が増加するとされており、この影響で炭酸化速度が増加したと考えられる。次に、一般的な細骨材を用いた $W/P=30\%$ 、石炭灰添加率 $P \times 50\%$ の配合における、空気量と炭酸化速度係数の関係を図-2に示す。空気量の増加とともに炭酸化速度係数が大きくなる結果が得られた。これはAE剤で連行した空気が硬化後も残存し、 CO_2 の浸透する経路になったためと考えられる。

ここで、炭酸化速度係数と材齢28日の圧縮強度の関係を図-3に示す。同図には、表-2に示した W/C の異なる配合の試験結果についても記載した。空気量の影響や単粒砂の影響によらず、両者には比較的高い相関が得られる結果となり、炭酸化速度は28日圧縮強度に強く依存することが確認された。

4. おわりに

本検討により、骨材の粒度やコンクリート中の空気量の増加によって炭酸化速度は向上するものの、それに応じて圧縮強度が低下することが確認された。

参考文献

- 1) 加藤佳孝, 魚本健人: 配合条件が遷移帯細孔構造に及ぼす影響, コンクリート工学年次論文報告集, Vol.21, No.2, pp.811-816, 1999.

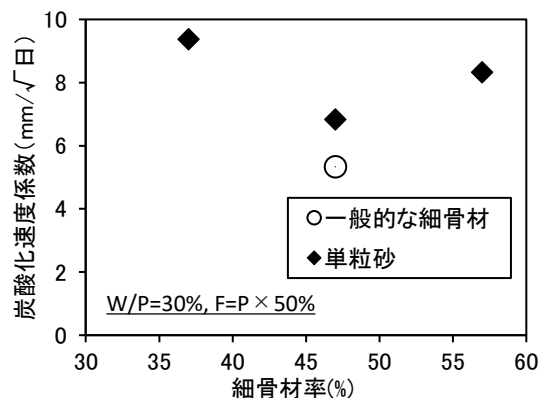


図-1 細骨材種類が炭酸化速度に及ぼす影響

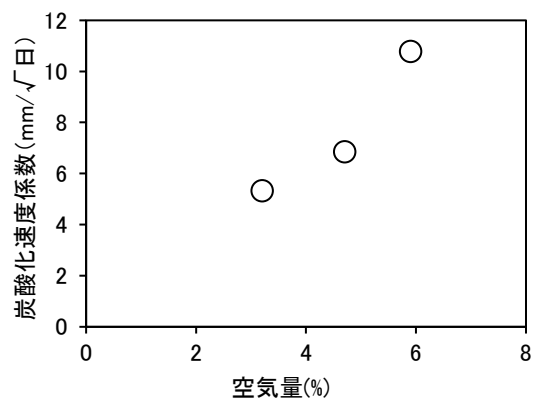


図-2 空気量が炭酸化速度に及ぼす影響

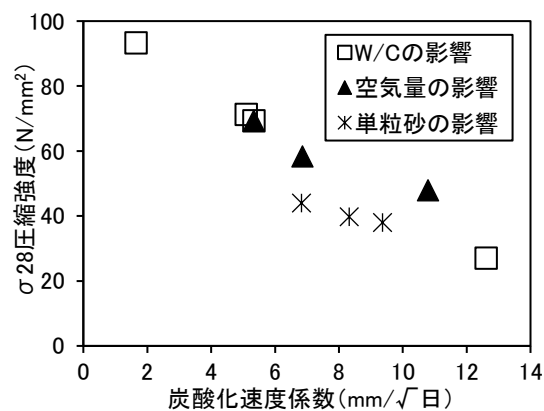


図-3 炭酸化速度係数と圧縮強度