

耐塩害用混和材および各種混和材を用いたコンクリートの強度発現特性の比較研究

山口大学大学院 学生会員 ○水島 潤
 萩森興産株式会社 正会員 宮本 圭介
 宇部興産株式会社 正会員 大和 功一郎
 山口大学大学院 正会員 吉武 勇

1. はじめに

本研究は、コンクリート構造物の長寿命化・高耐久化のために開発された耐塩害用混和材を用いたコンクリートの強度発現特性の調査を目的とする。同混和材はコンクリートを緻密化する効果を有し、塩化物イオンの拡散係数の低下をはじめとした諸性状の改善作用が期待できる¹⁾。この混和材をセメント質量で20%・40%置換したコンクリートの圧縮強度、割裂引張強度、曲げ強度試験を実施した。比較のため、4種類の異なる粉体系混和材を同条件で混和したコンクリートについても試験し、各混和材の効果を比較した。特に、各混和材のコンクリート強度発現への寄与度を定量化するため、フライアッシュなどの従来の混和材の評価で用いられてきたセメント有効係数 k を求め、コンクリートの材齢および混和材の置換率と k 値の関係を調べた。

2. 試験概要

表-1 配合表

配合記号	単位量 (kg/m ³)						
	W	OPC	Ad.	S1	S2	G1	G2
Control	162	295	-	618	265	488	486
C20	162	236	59	607	260	488	486
C40	162	177	118	595	255	488	486
F20	162	236	59	604	259	488	486
F40	162	177	118	589	253	488	486
B20	162	236	59	615	264	488	486
B40	162	177	118	612	262	488	486
L20	162	236	59	612	262	488	486
L40	162	177	118	607	260	488	486
S20	162	236	59	603	259	488	486
S40	162	177	118	589	252	488	486

2. 1 使用材料と配合

本試験で作製したコンクリートの配合表を表-1に示す。これらのコンクリートは、水粉体比 w/cm (0.55)、単位水量 (162 kg/m³)、粗骨材かさ容積 (610 L/m³) を一定とした。検討対象の混和材には、SiO₂、Al₂O₃等の化学成分を含む BET 比表面積 13m²/g 程度の耐塩害用混和材 (C) のほかに、一般的に使用される混和材料のフライアッシュ II 種 (F)、高炉スラグ微粉末 4000 (B)、石灰石微粉末 (L) およびシリカフェーム (S) の 5 種を用いた。これらの混和材をセメントに対する質量置換率を 0% (Control)、20%、40%として混和したコンクリートを作製した。全てのコンクリートの練上がり性状は、スランプが 8cm 以上、空気量が 4.5±1.5%の条件を満たすように化学混和剤を用いて調整した。細骨材には海砂と石灰砕砂を 0.7 : 0.3 の割合 (容積比) で用い、粗骨材には硬質砂岩の 2015 砕石と 1505 砕石を 0.5 : 0.5 の割合 (容積比) で用いた。

2. 2 試験方法

作製した供試体 (d100 x 200mm および 100 x 100 x 400 mm) は成型から 24 時間後まで 20°C 室内に静置し、脱型後は 20°C 水中養生を行った。圧縮強度試験、割裂引張強度試験、曲げ強度試験 (すべて JIS に準拠) を材齢 3, 7, 28, 91 日において実施した。これに加え、圧縮強度試験のみ材齢 1 日において試験を実施した。

3. 試験結果と考察

圧縮強度、割裂引張強度、曲げ強度試験の結果と回帰曲線を図-1～図-6に示す。耐塩害用混和材を混和した C20 と C40 は、初期材齢でも Control と同等以上の強度発現がみられ、さらに材齢 28 日以降で顕著に上回った。Control および石灰石微粉末を混和したコンクリート (L20, L40) は材齢 28 日時点でほぼ強度増進が収束しており、他の混和材を混和したコンクリートでは材齢 28～91 日間で顕著な強度増進がみられた。特に、セメントに対する混和材の置換率 40%の方が材齢 28～91 日間の強度増進率が上昇しており、各混和材のポゾラン反応性や潜在水硬性などに伴う強度発現効果が示唆された。

混和材の強度発現性に対する寄与度を評価するため、各コンクリートの材齢 28・91 日圧縮強度と混和材を

キーワード 耐塩害用混和材, 圧縮強度, 割裂引張強度, 曲げ強度, セメント有効係数

連絡先 〒755-8611 山口県宇部市常盤台 2-16-1 TEL 0836-85-9306

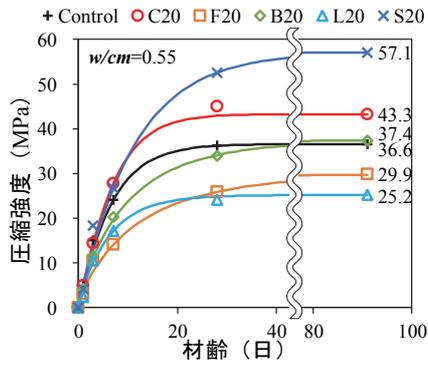


図-1 圧縮強度 (置換率 20%)

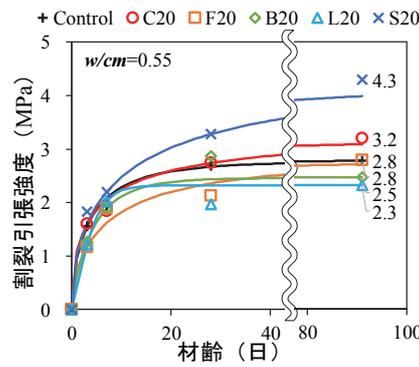


図-3 割裂引張強度 (置換率 20%)

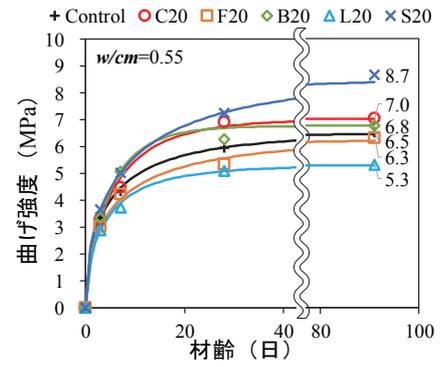


図-5 曲げ強度 (置換率 20%)

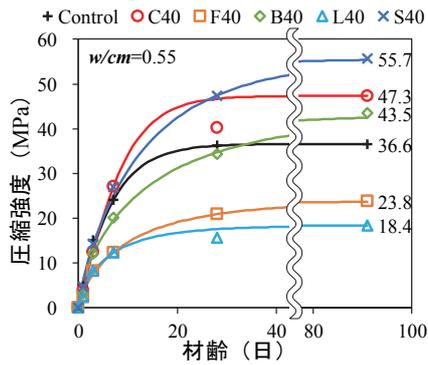


図-2 圧縮強度 (置換率 40%)

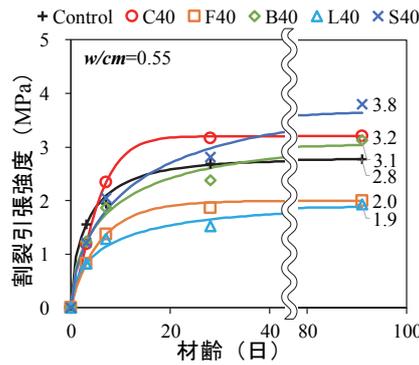


図-4 割裂引張強度 (置換率 40%)

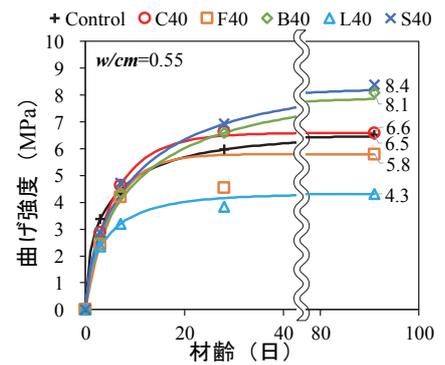


図-6 曲げ強度 (置換率 40%)

用いないコンクリートのセメント水比 (C/W) の推定セメント量から各混和材のセメント有効係数 k を換算した(図-7)。 L の k 値は 0 以下を示しており、石灰石微粉末が強度発現にほとんど寄与していない。 F の k 値も同様に小さいものの、材齢の進行に応じて正值に転じており、ポズラン反応による強度発現性への影響がみられた。 $B40$ は $B20$ と比べて k 値が約 1.3 倍に増加していることから、混和量の増加に応じてセメント量が減った場合でも、セメントと同等の B による強度寄与効果が窺える。ここで材齢 91 日の S に着目すると、 $S20$ では著しい k 値 (3.5) を示したのに対し、 $S40$ では 40%程度低下し k 値 (2.2) となった。これはシリカなどの活性度の高いポズラン反応性成分に対してセメント水和物が充分ではなかったためと考えられる。この結果は、混和材によるセメント置換率の強度寄与性に上限があることを示唆している。これに対し C は同様に高い k 値 (1.8) を示しながら置換率の増加に伴う k 値の低下は比較的小さく、置換率 40%でも k 値 (1.6) を示すなど長期材齢における強度発現性を一定の有効係数 (k 値) で評価できる可能性が窺えた。

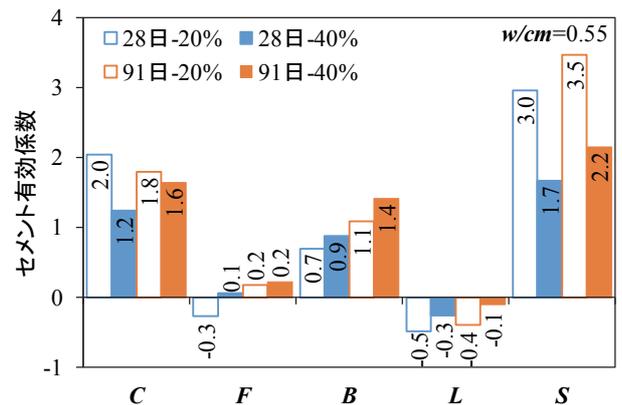


図-7 セメント有効係数 k (材齢 28, 91 日, 置換率 20, 40%)

4. まとめ

- 耐塩害用混和材を混和した $C20$ と $C40$ は、初期材齢でも Control と同等以上の強度発現がみられ、材齢 28 日以降で顕著に上回った。
- 耐塩害用混和材のセメント有効係数 k は各混和材の中でも比較的高い値を示し、またセメントに対する質量置換率 40%までは長期強度の発現性を一定の有効係数で評価できる可能性が窺えた。

謝辞: 本研究の遂行にあたり、元山口大学の山本久留望氏((株)建設技術研究所)に協力頂いたので謝意を表す。

参考文献

1) 大和功一郎ほか: 耐塩害用混和材を用いた蒸気養生コンクリートの耐久性, 材料, Vol.66, No.5, 2017.