

令和４年度 研究成果の概要(1/2)

研究テーマ:「混和材大量使用締固めを必要とする高流動コンクリートの開発」
研究代表者 ・氏名(ふりがな):加藤 佳孝(かとう よしたか) ・所属、役職: 東京理科大学 理工学部土木工学科、教授
研究期間:令和４年 10 月～令和 7 年 3 月
研究参加メンバー(所属団体名のみ) 東急建設(株)
研究の背景・目的 本研究は、低 CO ₂ 排出量あるいは CO ₂ 固定した混和材量を大量に使用した締固めを必要とする高流動コンクリートを開発し、従来コンクリートよりも CO ₂ 削減、施工の合理化および耐久性の向上を実現することを目指す。本年度は呼び強度 24, 27 に対応するコンクリートのフレッシュ性状を把握し、次年度以降の配合設計の基礎資料を整備する他、鋼材腐食抑制方法の検討に必要な物質の透過に対する抵抗性のデータ収集を開始することを目標とした。
研究内容(研究の方法・項目等) 本研究では、単位セメント量に対して高炉スラグ微粉末の置換率を 70%, 80%としたコンクリート（以降、そのように作製したコンクリートをそれぞれ B70, B80 と称する）を対象に、呼び強度 24, 27, 30 に対応する水セメント比を試験によって決定し、その水セメント比を基準として、次年度以降の配合設計の検討の基礎資料を整備することを目標に、後述の試験を実施した。なお、本研究の全体フロー図を図-1 に示す。 予備試験として、水セメント比を 5～6 種類設定した B70, B80 の圧縮強度より、強度とセメント水比の関係式を取得した。この関係式に基づき、呼び強度 {24, 27, 30} に対応する水セメント比 {W/B ₂₄ , W/B ₂₇ , W/B ₃₀ } を決定した。なお、千葉県生コンクリート品質管理監査会議の資料を基に、呼び強度の 1.3 倍程度が圧縮強度の平均値であることを考慮して水結合材比を決定した。 設定した水セメント比に対して、スランプフロー (SF) 45cm を目標とした試し練りを実施した。水準は、高炉スラグ微粉末置換率 {OPC (高炉スラグ微粉末の置換無), B70, B80} および呼び強度 {24, 27, 30} とした合計 9 種類設定し、SF45±5cm, 空気量 (Air) 4.5±1.0%, JSCE-F 701 ボックス形容器を用いた加振時のコンクリートの間隙通過性試験方法の附属書 1 (規定) による間隙通過速度 (V _{pass}) 15mm/s 以上, JSCE-F 702 加振を行ったコンクリート中の粗骨材量試験方法による粗骨材量比率 (δ) 40%以上を満足するものを基準配合とした。設定した基準配合については、硬化特性を把握するため、材齢 28 日と 91 日の圧縮強度 (f' _{c-28d} , f' _{c-91d}) および静弾性係数 (E _{c-28d} , E _{c-91d}) の供試体、寸法安定性および物質の透過に対する抵抗性として、長さ変化、中性化速度係数、水分浸透速度係数および塩化物イオン拡散係数 (非定常電気泳動試験) の供試体を作製した。なお、試し練りの際に単位水量, s/a, 化学混和剤量等を変えて調整することが想定されるため、全バッチで SF, Air, V _{pass} , δ を測定し、各要因がフレッシュ性状に与える影響を把握した。

本研究の開発対象

混和材
(高炉スラグ微粉末等)



締固めを必要とする
高流動コンクリート



大量使用

予備試験

高炉スラグ微粉末置換率
70, 80% (B70, B80) の
コンクリートを対象

f'_c=A(C/W)+Bの実験的算出
※A, B: 実験定数
?

呼び強度 [24N, 27N, 30N] に
対応する水セメント比を算出

**試験①
基準配合の決定**

[OPC, B70, B80]
×
[24N, 27N, 30N]

- ・ SF : 45±5cm
- ・ Air : 4.5±1.0%
- ・ V_{pass} ≥ 15mm/s
- ・ δ ≥ 40%

を満足する配合決定
※試し練り時に
フレッシュ性状整理

**試験②
硬化体特性把握**

- ・ 28日圧縮強度
- ・ 28日静弾性係数
- ・ 長さ変化

次年度以降

- ・ 91日圧縮強度
- ・ 91日静弾性係数
- ・ 中性化速度係数
- ・ 水分浸透速度係数
- ・ Cl⁻拡散係数

図-1 本研究の全体フロー図

令和４年度 研究成果の概要(2/2)

研究成果の概要

本研究で使用した材料を表-1 に示す。予備試験として、B70 および B80 の f'_c -B/W の関係式を実験的に求めたところ、B70 : $f'_c=29.2$ (B/W) -23.9, B80 : $f'_c=22.7$ (B/W) -14.5 をそれぞれ取得できた。また、高炉スラグ微粉末を大量に使用した場合も、セメント水比則が成立することを確認できた。なお、OPC は研究室内で蓄積している実験結果より、OPC : $f'_c=28.0$ (B/W) -15.7 であった。この関係式を踏まえ、呼び強度 {24, 27, 30} に対応する {W/B₂₄, W/B₂₇, W/B₃₀} は、それぞれ OPC {0.60, 0.55, 0.51}, B70 {0.53, 0.50, 0.46}, B80 {0.50, 0.46, 0.42} と決定することができた。

決定した水セメント比を基に試練りを実施し、基準配合を決定した。スランプフロー試験時の一例を写真-1, 設定した基準配合を表-2 に示す。なお、配合名は“(置換率) - (呼び強度)”で示している。表-2 によると、同様の呼び強度のコンクリートでも、OPC と比較して B70 および B80 では単位水量を 5kg/m³ 以上低減できていることがわかる。これは、混和材を大量に使用した場合、同一強度を得るための水セメント比が低下することで粘性が増加したことにより、所定のフレッシュ性状を確保しやすくなったと考えられる。硬化特性として、材齢 28 日時点での圧縮強度および静弾性係数を表-2 右側に示しているが、こちらも OPC と遜色がないことがわかる。また、表-2 には示していないが、長さ変化試験については、呼び強度に関わらず、質量変化は OPC>B70=B80 であったのに対して、長さ変化は OPC=B80>B70 という傾向であった。しかし各配合間の差は僅かであり、乾燥材齢 28 日時点では寸法安定性に大きく影響はしないことがわかった。

以上より、混和材大量使用締固めを必要とする高流動コンクリートに期待する施工の合理化や CO₂ 削減といった効果が従来の品質を損なうことなく得られることを、現時点では示すことができた。次年度以降に長期的な硬化特性のデータの取得および実大規模の実験を実施し、より詳細に検討していく予定である。

表-1 使用した材料の諸元

材料	記号	諸元
水	W	上水道水 密度 1.00g/cm ³
セメント	C	普通ポルトランドセメント 密度 3.15g/cm ³ 比表面積 3390cm ² /g
混和材	BS	高炉スラグ微粉末 密度 2.91g/cm ³ 比表面積 3970cm ² /g 石こう添加
細骨材	S1	多摩産砕砂 表乾密度 2.70g/cm ³ F.M.2.82
	S2	君津産山砂 表乾密度 2.57g/cm ³ F.M.1.52
粗骨材	G	多摩産碎石 表乾密度 2.67g/cm ³ F.M.6.58, 実積率 60.6%
化学混和剤	AE	AE 剤 (樹脂酸系界面活性剤)
	SP	OPC : 高性能 AE 減水剤 (ポリカルボン酸系化合物) B70, B80 : 高性能 AE 減水剤 (ポリカルボン酸系化合物, リグニンスルホン酸塩)

写真-1 スランプフロー (B70-27)



表-2 決定した基準配合

配合	W/B [%] ※B=C+BS	s/a [%]	単位量 [kg/m ³]						化学混和剤 [B×%]		実測値					
			W	C	BS	S1	S2	G	AE	SP	SF [cm]	Air [%]	V _{pass} [mm/s]	δ [%]	f' _{c-28d} [N/mm ²]	E _{c-28d} [kN/mm ²]
OPC-24	60	53	185	308	0	678	277	837	0.008	0.8	45.0	4.1	19.6	72.7	29.7	28.0
OPC-27	55	53	180	327	0	676	276	837			46.5	4.8	31.2	67.2	34.8	29.6
OPC-30	51	52	178	349	0	589	329	854			44.5	5.5	27.4	69.5	36.1	30.5
B70-24	53	51	175	99	231	581	325	876	0.001	0.7	49.0	5.5	36.4	70.8	26.2	26.5
B70-27	50	50	174	104	244	576	322	869	0.002		49.0	4.8	17.8	70.7	35.1	29.5
B70-30	46	48	170	111	259	540	302	918	0.002		45.5	4.0	27.3	86.1	38.9	30.3
B80-24	50	50	174	70	278	564	315	886	0.004		46.5	3.5	19.0	82.2	27.6	26.4
B80-27	46	48	172	69	299	536	300	912	0.002		46.5	3.5	15.5	62.9	32.4	28.7
B80-30	42	48	170	81	324	529	296	900	0.002		49.0	5.3	20.6	87.5	33.7	29.7