

普通ポルトランドセメントをベースとした高強度コンクリートの配合選定

大成建設 技術センター 正会員 ○臼井 達哉 渡部 孝彦 武田 均
大成建設 札幌支店 正会員 矢田 勤 押野 善之
日本原子力研究開発機構 幌延深地層研究センター 菜花 良平

1. はじめに

設計基準強度が80N/mm²を超える高強度コンクリートでは、水和熱に起因した高温履歴により構造物内のコンクリートの圧縮強度が標準養生の圧縮強度より低下することや粘性過多を少しでも抑制するために、中庸熱や低発熱ポルトランドセメントをベースとした配合の選定や高強度用の特殊混和材¹⁾を用いるのが一般的である。しかし、地方のプラント等では、デリバリーの制約等から上記の低発熱系セメントや高強度用の特殊混和材を入手することができない場合もある。そこで本研究では、対象工事の制約を考慮し、普通ポルトランドセメント(OPC)をベースに混和材としてフライアッシュ(FA)、シリカフェーム(SF)を用いた高強度コンクリートの配合選定を行った。配合選定では、室内にて強度確認、バッチャープラントでの実機製造したコンクリートの強度確認を行った。

2. 室内試験

使用材料を表-1 に示す。粗骨材は、対象工事で入手可能な設計基準強度90N/mm²以上の実績のある石灰碎石を用いた。結合材の組み合わせは、OPC-SF、OPC-FA とし、混和材の置換率は、

OPC-SF は10%(SF)、OPC-FA は15%(FA15)を基本とし、OPC-FA はFA の添加量による違いを確認するためにFA 置換率20%(FA20)についても試験を実施した。

試験ケースを表-2 に示す。室内試験では、まず、SF、FA15 に対し、施工に適したフレッシュコンクリート性状が得られる最も低い W/B の確認した。各配合のスランプフローは700mm、空気量は2.0%、で自己充填性ランク2を満足する配合を選定し、その結果、単位水量は、158kg/m³、単位粗骨材絶対容積は、0.320(m³/m³)となった。その後、W/B の異なる配合における標準養生供試体、簡易断熱養生供試体(JASS 5 T-606 に準拠)による圧縮強度の測定を行った。圧縮強度の測定は、材齢7、28、56、91 日とした。簡易断熱養生における温度履歴を図-1 に圧縮強度の測定結果を図-2 に示す。FA15 の標準養生の圧縮強度は、W/B の低下に伴い、強度が増進しており、B/W と強度に線形関係があった。FA15 の簡易断熱養生では、材齢28 日以降の強度の増進がほとんどなく、標準養生よりも強度が低下した。FA15 とFA20 を比較すると、材齢91 日の標準養生の強度は、FA20 の方が若干大きい結果となったが、ほぼ同一であり、簡易断熱の強度も、明確な差がなかった。この結果から、FA 置換率を20%としても高温履歴による強度低下の抑制効果は期待できないことから、FA15 とすることとした。SF では、標準養生の圧縮強度はW/B19%まではW/B の低下に伴い、強度が増加しているが、W/B16%とW/B19%の強度はほぼ同一であり、今回使用した骨材では、圧縮強度が140N/mm²が上限であることがわかった。SF の簡易断熱養生では、材齢7 日～91 日まで同一の強度であり、強度の増進がなかった。これは、水和熱に伴う高温履歴により、初期強度の発生は促進されたが、長期の水和反応が阻害されたためであると推察される。また、簡易断熱による強度は、標準養生よりも大きく低下しており、その低下量は、FA15 よりもSF のほうが大きい結果であった。

3. 実機試験による強度確認

キーワード 高強度コンクリート、高温履歴、強度低下、シリカフェーム

連絡先 〒245-0051 神奈川県横浜市戸塚区名瀬町 344-1 大成建設技術センター TEL045-814-7221

表-1 使用材料

記号	産地等	密度(g/cm ³)
C	T社 普通ポルト	3.16
SF	E社 シリカフェーム	2.30
FA	H社 JIS FAⅡ種	2.28
S	幌延産 砕砂	2.66
G	峨朗産 石灰碎石(2005)	2.88
SP	P社 高性能減水剤(Ⅰ種)	—

表-2 試験ケース

結合材	W/B	室内試験		実機試験	
		標準	断熱	標準	模擬部材
FA15	22,25	○	○	○	○
	28	○	—	—	—
FA20	22	○	○	—	—
	16,25	○	—	—	—
SF	19	○	○	○	○
	22	○	○	—	—

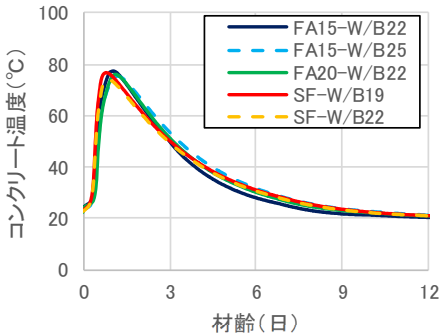


図-1 温度履歴(簡易断熱養生)

室内試験結果をもとに、FA15 の W/B22%、W/B25%および SF の 19%の配合について実機によるコンクリートの製造、圧縮強度の確認を行うこととした。実機試験では、1 バッチ当たり 0.6m³ で 2.4 ～ 3.0m³ のコンクリートを製造し、トラミキに積み込んだ。その後、標準養生供試体、簡易断熱養生供試体 (JASS5T-606 に準拠)による圧縮

強度の測定を行った。加えて、図-3 に示す模擬部材を作製し、部材の中央部から採取したコア供試体の圧縮強度を測定し、構造体コンクリート強度を求めた。圧縮強度の測定は、材齢 14, 28, 56, 91 日とした。模擬部材における温度履歴を図-4 圧縮強度の試験結果を図-5、に示す。

FA15, SF とともに標準養生の圧縮強度は、室内試験時とほぼ同等であった。また、構造体コンクリート強度は、簡易断熱試験と同様に材齢 28 日以降の強度の増進がほとんどなく、標準養生よりも強度が低下した。標準養生と模擬部材による構造

体コンクリート強度の比較により、構造体強度補正值_{28S₉₁}値²⁾を求めると、FA15 の配合については、W/B22%で 5.0N/mm²、W/B25%で 7.0N/mm²であり、SF については、18.0N/mm²であった。建築学会²⁾では、普通ポルトランドセメントの設計基準強度 48～60N/mm² の_{28S₉₁}値は 12N/mm²と設定していること、低 W/B ほど、_{28S₉₁}値が大きくなることを考慮すると、妥当な値であると思われる。なお、FA15 の配合の_{28S₉₁}値の方が SF よりも小さいのは、FA の置換率が SF よりも高いこと、W/B が高いためであると考えられる。

4. まとめ

これらの試験結果から、実施工では、SF の W/B19%の配合を用いる予定である。その際の圧縮強度の合格判定を標準養生供試体の圧縮強度で場合には、設計基準強度に高温履歴による強度低下 18.0N/mm²を加えた値を用いる必要がある。

参考文献

- 1) 早川ら：建築用高強度コンクリートの開発状況，材料，vol.52,No.12,pp 1445-1449,2003.12
- 2) 日本建築学会：高強度コンクリート施工指針・同解説 2013

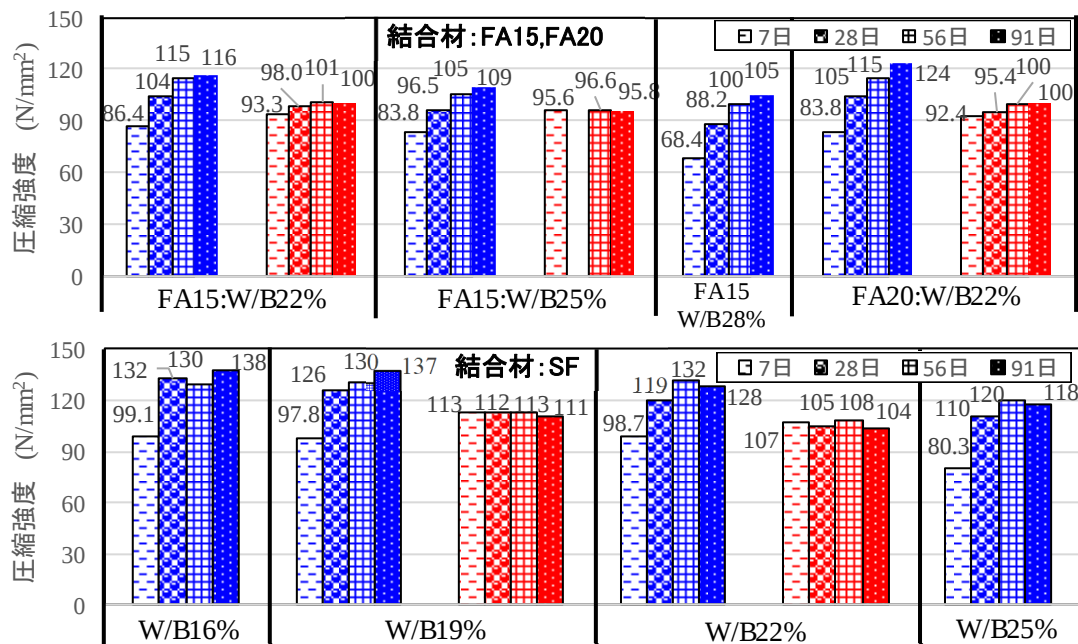


図-2 室内試験における圧縮強度の試験結果 (青: 標準養生, 赤: 簡易断熱)

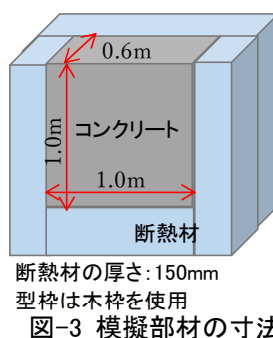


図-3 模擬部材の寸法

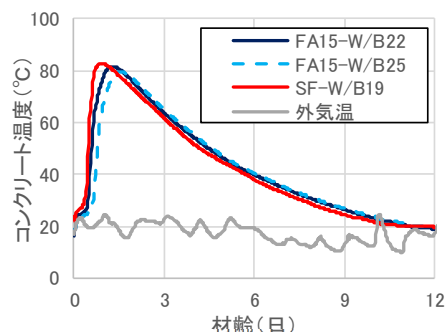


図-4 温度履歴 (模擬部材)

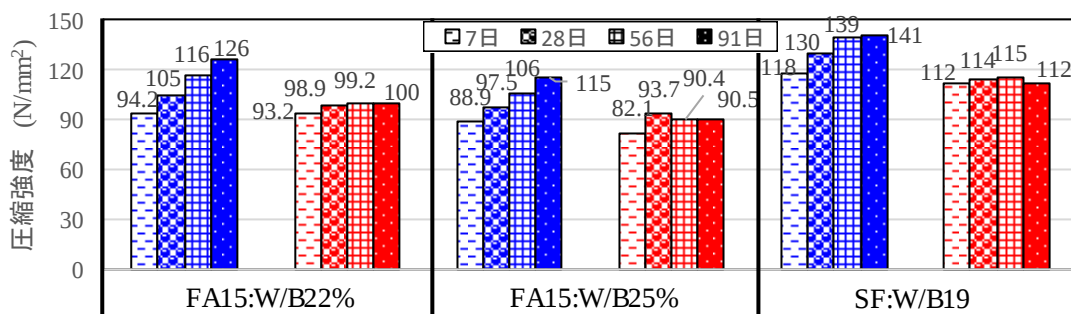


図-5 室内試験における圧縮強度の試験結果 (青: 標準養生, 赤: 模擬部材 (構造体強度))