

V-532

低熱セメントを用いた高強度・高流動コンクリートの研究

(株)竹中工務店技術研究所 正会員 井上 孝之 同 米澤 敏男
同 三井 健郎 同 小島 正朗
(株)竹中土木技術開発本部 正会員 佐藤 晃洋 同 山田 敏昭
同 伊藤 孔一

1. はじめに

地下タンクや人工島などの地下構造物の大型化、大深度化に伴い、連続地中壁や構造体を使用するコンクリートの高強度化の必要性が高まってきた。高強度コンクリートは、水セメント比が小さくセメント量が多いことから、粘性が高く施工が困難であるとともに、マッシブな部材に打設した場合は、水和発熱による温度上昇が大きく、温度ひびわれや構造体強度の低下等の問題が生ずる。このため、大規模土木構造物に適用する高強度コンクリートでは、構造体強度の確保と同時に、締固め困難な過密配筋内への十分な充填性や低発熱性等が必要である。

本研究は、上記の性能を満足する設計基準強度 600kgf/cm^2 以上の高強度高流動コンクリートの、フレッシュコンクリートの流動性、水和発熱、強度発現について材料、配合上の検討を行った結果を報告するものである。

2. 実験の概要

2.1 実験の組み合わせ

表-1に実験の因子と水準を示す。セメントは低発熱セメント3種類、フライアッシュセメントB種及び普通セメントとし、水結合材比は30%とした。

2.2 使用材料および配合

使用したセメントの品質を表-2に示す。低熱セメントは、 C_3S 含有量の多いL1、L2及び低熱セメントに高炉スラグ

微粉末を混合したL3を用いた。シリカフュームは粉体シリカフューム（比重2.17, SiO_2 92.9%）、細骨材は大井川産川砂（比重2.61, 吸水率1.16%, FM2.81）、粗骨材は八王子産硬質砂岩碎石（比重2.66, 吸水率0.48%, FM6.83, 実積率57.7%）を用いた。混和剤はポリカルボン酸系高性能AE減水剤を用いた。コンクリートの配合条件は、スランプフロー $60\pm 5\text{cm}$ 、空気量 $3.0\pm 1.0\%$ 、練り上がり温度 20°C とした。配合は単位水量、単位粗骨材容積が一定となるように定めた。表-3にフライアッシュB種セメントを用いたコンクリートの配合を示す。

2.3 試験方法

フレッシュコンクリートの試験のうちスランプ、空気量はJISに準じた。コンクリートの粘性はLフロー初速度¹⁾より求めた。コンクリートの発熱は試験体を練り上がり直後からスチロール製の簡易断熱容器内に入れ、温度変化を測定した。圧縮強度は構造体のコア強度を模擬するように簡易断熱容器内で養生した試験体と標準

表1. 実験因子および水準

実験因子	水準
セメント種類	N, FB, L1, L2, L3
シリカフューム置換率	0, 10%

表2. セメント種類および品質

種別	セメント名称	記号	比重	比表面積 (cm^2/g)
普通	普通ポルトランドセメント	N	3.16	3260
混合	フライアッシュB種セメント	FB	2.97	3180
高ビークライト系	低熱ポルトランドセメント	L1	3.22	3290
		L2	3.22	3350
	低熱高炉セメント	L3	3.04	4720

表3. 配合（低熱ポルトランドセメント(L1, L2)を使用した場合）

水結合材比 (%)	S/a (%)	空気量 (%)	単位質量 (kg/m^3)				
			水	セメント	S.F	細骨材	粗骨材
30	47.3	3.0	165	495	55	773	878
30	47.9	3.0	165	550	0	793	878

養生試験体の2種類について各材齢で試験を行った。

3. 実験結果および考察

3.1 フレッシュコンクリートの流動性

図-1にはLフロー初速度の試験結果を示す。普通セメントに比べ、FB及び低熱セメントではLフロー初速度が速く粘性が低い。また、シリカフュームをセメントの10%混入したものは、Lフロー初速度は10cm/sec以上と無混入に比べてLフロー初速度は向上し、シリカフュームによる粘性低減効果が認められる。低熱高炉セメントL3は特にシリカフューム混入による粘性低減効果が大きい。

3.2 発熱特性

図-2に簡易断熱養生により、打ち込み直後からの温度上昇測定結果を示す。普通セメント及びFBに比較して、 C_2S の含有量の大きい低発熱セメントを用いたものは温度上昇の勾配が緩やかで温度上昇量は小さい。L3は最も温度上昇量が小さく、高炉スラグ微粉末混入による発熱の低減効果が顕著に見られる。

3.3 圧縮強度

図-3には、標準養生及び簡易断熱養生を施した試験体の圧縮強度試験結果を示す。

標準養生の場合は、L1、L2試験体の強度は長期材齢での伸びが大きく普通セメントよりも材齢91日での強度は大きい。構造体の温度履歴を模擬した、初期に高温養生される簡易断熱養生試験体の強度は、シリカフュームを用いた場合、いずれも600kgf/cm²以上の充分な強度が得られている。しかし、簡易断熱養生の強度は標準養生に比較して、材齢7日では大きいものの長期材齢での強度の伸びがほとんど見られず、材齢91日では標準養生に比べ、15~30%程度低下する。このため、設計基準強度が600kgf/cm²を超えるような高強度コンクリートの配合強度を定める場合は、低熱セメントを用いた場合でも初期の高温養生の影響を考慮する必要がある。

4. まとめ

低発熱セメント及びシリカフュームを用いることにより、粘性が小さく良好な施工性を有し、低発熱性で、構造体強度で600kgf/cm²以上を確保する高強度コンクリートの配合が可能であることが確認された。

【参考文献】1) 米澤, 和泉, 三井, 奥野, 高強度コンクリートのワーカビリティに関するL型フロー試験法による研究, コンクリート工学年次論文報告集, Vol. 11, No. 1, 1989

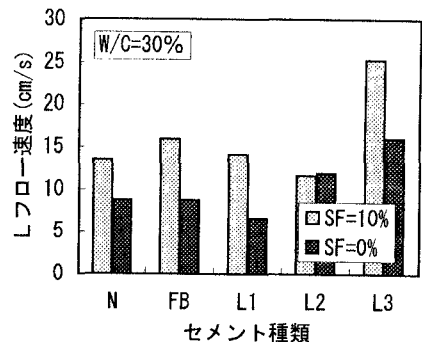


図-1 Lフロー速度測定結果

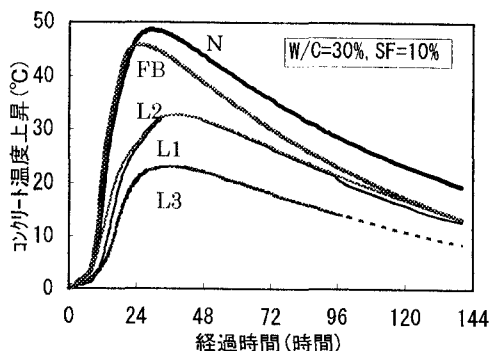


図-2 温度上昇測定結果

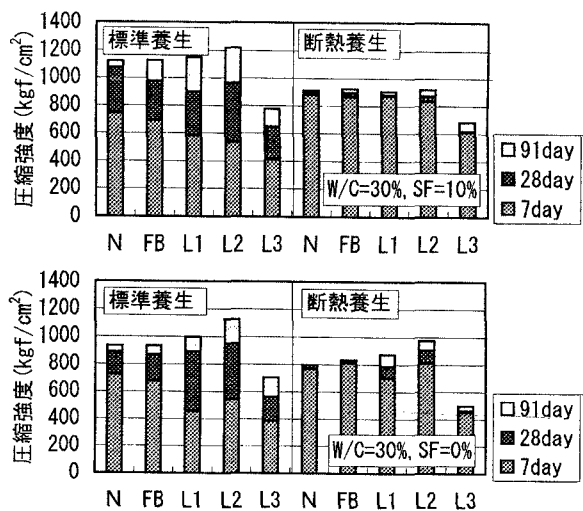


図-3 圧縮強度試験結果