

V-49

ビーライト高含有ポルトランドセメントを使用した超高強度コンクリートの諸性質

清水建設技術研究所 正会員 橋 大介

清水建設技術研究所 正会員 林 秀彦

清水建設技術研究所 山崎庸行

1. まえがき

シリカフュームや粉末度の高い高炉スラグ微粉末等と高性能AE減水剤の併用により、場所打ちを対象とした圧縮強度1000 kgf/cm²以上の超高強度コンクリートを比較的容易に施工できるようになってきている。しかしながらこの種コンクリートでは、使用材料・配合条件によって、混和剤使用量の著しい増加（所要のワーカビリティが得られない、凝結遅延、コンクリートが固まらない）、水和発熱に起因する温度ひびわれの発生や構造体コンクリートの低い強度発現性等といった問題点が内在することも指摘されている。これらの諸性質を改善するには、物理的性質や鉱物組成比率を改質・調整したセメントを使用する方法が考えられる。本研究は、ビーライト高含有ポルトランドセメント（以下、高ビーライトセメントという）の使用が超高強度コンクリートの諸性質に及ぼす影響に関して実験を行い、その有用性について検討したものである。

2. 実験概要

実験に使用した材料を表-1に示す。セメントは、普通および高ビーライトセメントの2種類を使用した。高ビーライトセメントは、エーライト（C₃S）および間隙質（C₃A, C₄AF）の構成比率を少なくし、ビーライト（C₂S）量を増やしたものであり、普通および中庸熟ポルトランドセメントのJIS規格を満足するセメントである。混和材は外国産のシリカフューム（粉末タイプ- undensified）を使用した。骨材は、石英片岩砕砂および石英片岩砕石を各々粒度調整して使用した。混和剤はポリカルボン酸塩を主成分とする高性能AE減水剤とした。なお、空気量が1~2%になるように消泡剤により空気量を調整した。コンクリートは表-2に示す配合条件に基づいた8配合である。練りまぜは、パン型強制式ミキサを用いて空練りを30秒行なった後、水と減水剤の投入開始から5分間行なった。実験項目は、フレッシュコンクリートの物性（スランプ、空気量、練りまぜ時のミキサの消費電力）、断熱温度上昇、圧縮強度（材令28日）とした。圧縮強度試験には、標準養生供試体、封かん養生供試体（養生温度20℃）および断熱温度上昇試験後のコア供試体を用いた。

表-1 使用材料一覧表

使用材料	種 類	諸 物 性
セメント	普通ポルトランド	比重=3.15, 比表面積 (Blaine) = 3280 cm ² /g
	ビーライト高含有ポルトランド	比重=3.20, 比表面積 (Blaine) = 4080 cm ² /g 鉱物組成: C ₃ S = 35 %, C ₂ S = 46 %, C ₃ A = 3 %, C ₄ AF = 9 %
混和材	シリカフューム	比重=2.21, 比表面積 (BET) = 20.8 m ² /g, SiO ₂ 量 = 90.6 %
細骨材	石英片岩砕砂	表乾比重=2.60, 吸水率=0.91 %, 粗粒率=2.75
粗骨材	石英片岩砕石	最大寸法 = 20 mm, 表乾比重=2.63, 吸水率=0.60 %, 粗粒率 = 6.67
混和剤	高性能AE減水剤	比重=1.04, 溶液濃度=16.4 %, 主成分: ポリカルボン酸塩

3. 実験結果と考察

3.1 混和剤添加率とスランプ

混和剤の添加率とスランプの関係を図-1に示す。高ビーライトセメントを使用した場合、普通セメントと比較して、混和剤添加率を約2~5割少なくしても2~9cm程度大きなスランプが得られた。また、水結合材比18.2%において、普通セメントを使用した場合は混和剤を過添加しても流動性は得られなかったが、高

表-2 コンクリートの配合条件

配合 No.	セメントの種類	水結合材比 W/CB (%)	細骨材率 s/a (%)	シリカフューム混和率 SF/CB (%)	単位結合材量 CB (kg/m ³)
①	普通	21.9	40	10	640
②	高ビーライト	21.9	40	10	640
③	普通	21.9	40	15	685
④	高ビーライト	21.9	40	15	685
⑤	普通	20	39	10	750
⑥	高ビーライト	20	39	10	750
⑦	高ビーライト	20	39	15	750
⑧	高ビーライト	18.2	38	10	770

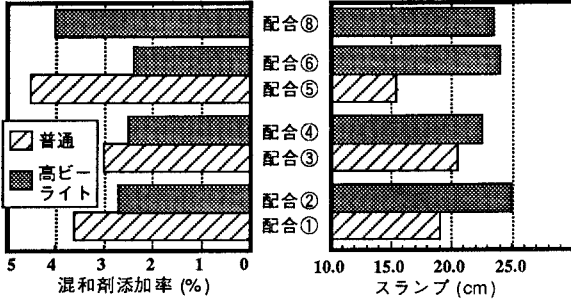


図-1 混和剤添加率とスランプ

ビーライトセメントを使用した場合（配合No.⑧）は場所打ちが可能なワーカビリティを確保できるようなった。これはセメント中のC₃AおよびC₄Af量が少ないことやセメント粒子の形状によるものであり、本配合の領域においても流動性が向上することが確認された。

3.2 練りまぜによるミキサの消費電力

コンクリート単位容積当りの練り混ぜ負荷電力と練りまぜ時間との関係を図-2に示す。同一水結合材比のコンクリートにおいて、セメントの種類による負荷電力の大きさや経時変化に相違は殆ど認められなかった（スランプの差により負荷電力に差が認められた）。本配合のコンクリートでは、セメントの種類にかかわらず、練りまぜ時間が3分から5分においても負荷電力が低下（13～21%）しており、5分間程度で概ね負荷電力が安定するようであった。これは、水セメント比55%の通常コンクリートが40秒前後で負荷電力が安定するのに対してかなり長くなっている。したがって超高強度コンクリートでは、材料を均一に練りまぜるという観点から、セメントの種類にかかわらず、練りまぜ時間を5分間程度以上にする必要もあるとも考えられる。

3.3 断熱温度上昇試験結果

断熱温度上昇試験結果を図-3に示す。普通セメントの代わりに高ビーライトセメントを使用すると、断熱温度上昇量を5.7～7.2℃（9～10%）低減できた。さらに、練り上がりに至るまでの初期発熱が少ないことから、練り上がり温度は約2℃低くなり、熱的に有利な結果となった。

3.4 圧縮強度

圧縮強度試験結果を図-4に示す。高ビーライトセメントを使用した場合、普通セメントと比較して、標準、封かん、断熱の供試体において、各々89～180、177～217、133～233 kgf/cm²程度圧縮強度が大きくなった。また、封かん養生供試体と断熱コア供試体の強度発現は、普通セメントの代わりに高ビーライトセメントを使用することにより、かなり改善される傾向が認められた。

4. まとめ

場所打ち超高強度コンクリートにビーライト高含有ポルトランドセメントを使用すると、流動性、水和熱により部材が受ける履歴温度、圧縮強度等の諸性質を改善できることが明らかとなった。

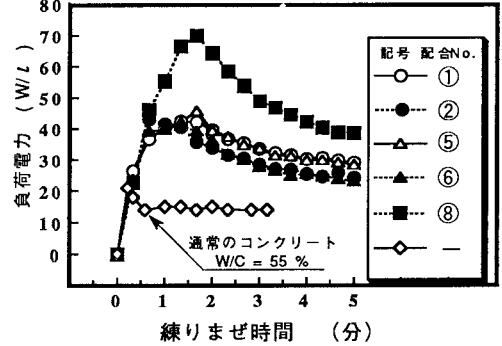


図-2 ミキサの負荷電力

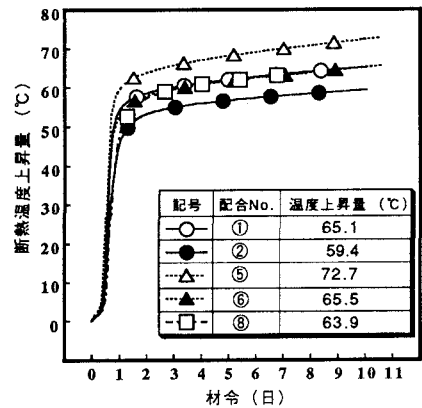


図-3 断熱温度上昇試験結果

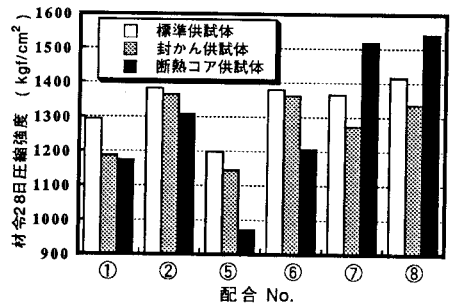


図-4 圧縮強度試験結果