

V-48

ビーライト高含有ポルトランドセメントを用いた超高強度コンクリートの強度発現

清水建設技術研究所 正会員 林 秀彦
 清水建設技術研究所 正会員 橘 大介
 清水建設技術研究所 山崎庸行

1. まえがき

近年、圧縮強度1000kgf/cm²以上の場所打ちコンクリートの施工が可能になってきている。しかしながら、このような富配合のコンクリートの場合、混和剤の使用量が多いことや水和熱によるひびわれの発生など、実構造体に不利な問題も発生している。また、使用材料によるコンクリートの物性の変化を把握することは、超高強度コンクリートの安定的な供給にとって必要不可欠なものである。本研究では、場所打ち超高強度コンクリートへの適用を前提として、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記す）を使用した場合のコンクリートの圧縮強度への影響、骨材の種類が圧縮強度に与える影響について実験的に把握する。

2. 実験概要

使用材料の性質を表-1に示す。セメントは普通および高ビーライトセメントである。高ビーライトセメントは、ユーライト(C₃S)および間隙質(C₃A, C₄AF)の構成比率を下げ、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規格を満たしている。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。細骨材は石英片岩砕砂を粒度調整したものと陸砂、粗骨材は石英片岩碎石を粒度調整したものと硬質砂岩碎石を用いた。混和剤はポリカルボン酸塩を主成分とする高性能AE減水剤である。各配合の空気量の目標値は1~2%とし、消泡剤を用いて調整した。練りまぜは、パン型強制式ミキサを用いて空練り30秒の後、水と減水剤の投入から5分間行なった。表-2に本実験の配合条件を示す。実験要因としてセメントの種類、骨材の組合せの2つを取り上げた。セメントの種類を変える場合、骨材は石英片岩とし、水結合材比、細骨材率、シリカフューム混和率、単位結合材量などの他の配合条件を一致させたものを5配合と

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
	陸砂	表乾比重 = 2.59, 吸水率 = 1.50 %, 粗粒率 = 2.82
粗骨材	石英片岩碎石	最大寸法 = 20 mm, 表乾比重 = 2.63, 吸水率 = 0.60 %, 粗粒率 = 6.67
	硬質砂岩碎石	最大寸法 = 20 mm, 表乾比重 = 2.63, 吸水率 = 0.85 %, 粗粒率 = 6.76
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

表-2 コンクリートの配合条件

配合 No.	セメントの種類	細骨材	粗骨材	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)
N1	普通ポルトランド	石英片岩砕砂	石英片岩碎石	21.9	40	10	640
N2				20.0	39	10	700
N3				20.0	39	10	750
N4				21.9	40	15	685
N5				20.0	39	15	750
B1	高ビーライトポルトランド	石英片岩砕砂	石英片岩碎石	21.9	40	10	640
B2				20.0	39	10	700
B3				20.0	39	10	750
B4				21.9	40	15	685
B5				20.0	39	15	750
B6		陸砂	石英片岩碎石	18.2	38	10	770
B7				18.2	38	15	825
B5a				20.0	39	15	750
B5b				20.0	39	15	750
B5c				20.0	39	15	750

した。また、骨材の組合せを変える場合、高ビーライトセメントを使用し他の配合条件を一致させた。実験項目は、コンクリートの圧縮強度と粗骨材の圧縮強度、ヤング係数、ポアソン比、割裂引張強度、点載荷強度とした。コンクリートの圧縮強度試験には標準養生供試体を用いた。粗骨材の圧縮強度、ヤング係数、ポアソン比、割裂引張強度の各試験は粒径の大きい骨材から切り出したφ10mm×10mmのコア供試体で、点載荷試験は骨材粒をそのまま用いて行なった。

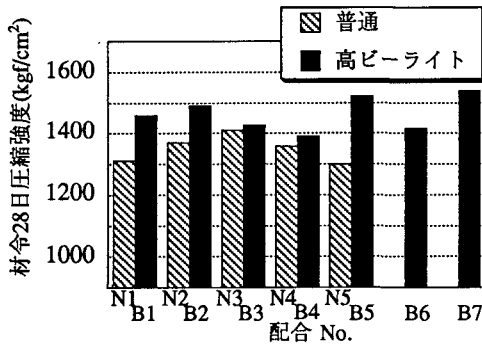


図-1 材令28日圧縮強度

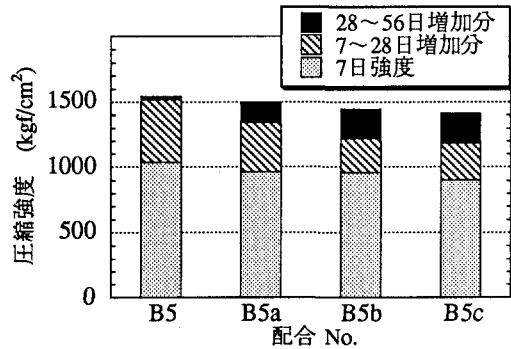


図-2 骨材の違いによる圧縮強度の差

3. 実験結果と考察

3.1 セメントの種類が強度発現に及ぼす影響

材令28日の圧縮強度試験結果を図-1に示す。いずれの配合においても圧縮強度は1300kgf/cm²以上となった。特に高ビーライトセメントを用いた場合は、普通セメントと比較して18～222kgf/cm²高い強度が得られた。これは主にセメントの鉱物組成によるものと考えられ、富配合低水結合材比コンクリートには、長期材令での強度発現性も期待できるから、高ビーライトセメントが適したセメントであると考えられる。

3.2 骨材の種類が強度発現に及ぼす影響

骨材の種類を変えた場合の圧縮強度試験結果（材令7日、28日、56日）を図-2に示す。骨材に石英片岩砕砂と石英片岩碎石を用いた配合では、材令28日で圧縮強度1523kgf/cm²が得られた。一方、陸砂と硬質砂岩碎石を用いた配合では、材令28日圧縮強度は石英片岩骨材を用いた場合と比較して劣るものの、その後の強度増加は大きく材令56日で圧縮強度1413kgf/cm²が得られた。このような強度発現の相違を検討するために、粗骨材の強度性状に関する試験を行った結果、表-3と図-3のようになった。骨材の強度性状には、顕著な相違は認められず、骨材がコンクリート強度に及ぼす影響に関してはペーストと骨材との境界面の性状把握が必要であると考えられる。

表-3 骨材の強度性状

	B S 破碎値 (%)	圧縮強度 (kgf/cm ²)	割裂引張強度 (kgf/cm ²)	点載荷強度 (kgf/cm ²)	ヤング係数 ($\times 10^5$ kgf/cm ²)	ポアソン比 (%)
硬質砂岩	9.8	2220	134	139	5.76	0.32
石英片岩	13.2	1963	125	145	5.62	0.24

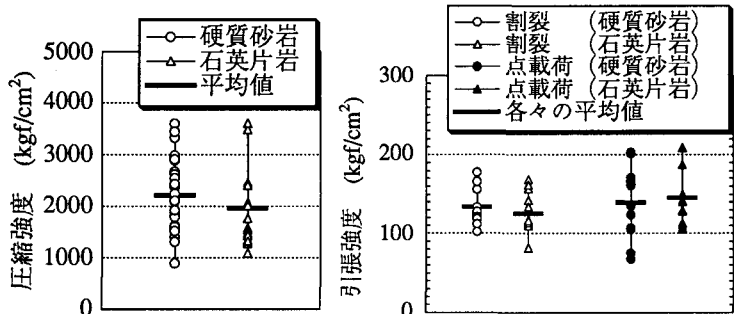


図-3 骨材の強度性状（圧縮および引張強度）

4. まとめ

場所打ち超高強度コンクリート配合では、普通セメントの代わりにビーライト高含有ポルトランドセメントを使用することにより強度発現性を改善でき、材令28日で圧縮強度1400～1500kgf/cm²程度が得られた。また、レーダミクストコンクリート工場で通常用いている骨材を使用した場合でも、材令56日以降では圧縮強度1400kgf/cm²程度以上が得られた。