

V-92

低発熱ポルトランドセメントモルタルの長期耐久性に関する基礎的検討

○電力中央研究所 正会員 松井 淳
住友大阪セメント 非会員 五十畑 達夫
電力中央研究所 正会員 中野毅弘

1. はじめに

ビーライトを多量に含んだ低発熱ポルトランドセメントの開発が盛んである。この種のセメントの水和の進行は緩慢であることから、生成される水和組織は従来多用されているセメントのそれよりも密実であると考えられる。これはコンクリートを長期耐久性の観点から見た場合、非常に有利な性状である⁽¹⁾。本研究では、これにボゾラン材料を混合したセメントモルタルの材令半年時点までの物理・化学特性を測定して強度発現と水和進行の相関を調べ、長期耐久性を持つコンクリートのベースセメントとしての適性について検討したものである。

2. 試験体の作成

以下の2種類の材料を混合したセメントを用いた。

(1) ベースセメント：最低限の早期強度を確保し、かつ長期に亘って強度の発現が期待できるセメントとして、ビーライトを多量に含むセメントを用いた。その鉱物組成を表-1に示す。

(2) 混合材：ボゾラン（フライアッシュまたは石炭ガス化スラグ）を混合した。これにより、二次的な水和反応と遷移帯の過大な成長を抑え、水和組織を密実なものとするのが期待できる。混合率は30、50及び70%の3種とした。

細骨材として豊浦標準砂を使用し表-2に示す配合により直径5cm、高さ10cmのモルタルシリンダー試験体を作成し、標準養生後、物理特性試験に供した。また、同様にペースト試験体を作成し、化学特性試験に供した。

表-1 低発熱ポルトランドセメントの鉱物組成 (%)

C ₃ S	C ₂ S	C ₃ A	C ₄ AF
24	57	2	10

表-2 モルタルの配合

水セメント比 W/(C+F) (%)	細骨材率 s/a (%)	単位量 (g/b)		
		水 W (g)	セメント C (g)	細骨材 s (g)
55	100	286	520	1040

3. 物理特性試験

一軸圧縮強度（JIS A 1108に準拠）を材令7、14、28、91及び182日において測定した。その経時変化を図-1に示す。紙面の関係で割愛したが、引張強度や静/動弾性係数も測定し、ほぼ同様な傾向が確認された。また、配合を変化させた、W/(C+F)=65,75%の場合、混合材として石炭ガス化スラグを使用した場合についても諸物性の経時変化は、ほぼ同様な傾向であった。これらの結果から、材令半年までに限れば、ボゾランの混合率が低いほど諸物性の値は高く、優れている。しかし、最近の材令100年以上のコンクリートの分析調査の結果等から、長期耐久性を有するコンクリートは必ずしも短期材令における物性の値は必ずしも高くはないと思われる⁽²⁾。従って、標準材令である28日及び材令182日において化学特性試験を行い、ベースセメントとボゾランの水和進行率等を推測し、長期耐久性について検討した。

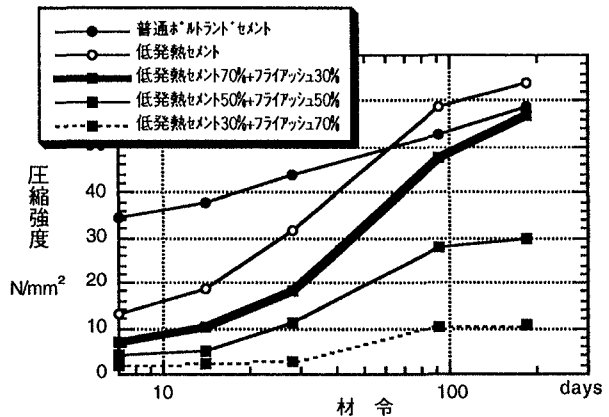


図-1 各種セメントモルタルの圧縮強度の経時変化

keywords: 低発熱セメント, ボゾラン, 長期耐久性, ボゾラン反応

〒270-11 千葉県我孫子市我孫子1646 TEL 0471(82)1181 FAX 0471(83)2962 E-mail:j-matsui@criepi.denken.or.jp

4. 化学特性試験

以下の項目の分析試験を行い、水和進行率、結合水量及び $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 生成量について検討した。⁽³⁾

1) 酸を用いた溶解試験による化学分析（（社）セメント協会コンクリート専門委員会報告F-18に準拠）、2) 強熱減量試験（JIS R 5202に準拠）、3) 示差熱・熱重量分析

分析結果を図-2、3及び4に示す。図-2に酸による不溶解残分量による、ボゾラン混合率とセメント全体に占めるボゾランの水和率との関係を示す。材令28日に比べ、材令182日における不溶解残分量が減少しており、ボゾランの水和の進行が確認できた。図-3は、ボゾラン混合率と $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 生成量との関係である。ここでいう $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 生成量は、〔（水和により生成した全 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 生成量）-（ボゾランによる $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 消費量）〕であり、ベースセメントとボゾランの水和速度のバランスを知ることができる。これから、ボゾランの添加量が増加してもその水和率が増加しない原因は、水和に必要な $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 供給量の減少によることが分かる。しかし、ベースセメントにはピーライトが多量に含まれているため、長期におけるピーライトの水和が期待でき、ボゾランの多いセメントであっても長期に亘ってボゾランの水和反応が進行することが期待できる。図-4は、ボゾラン混合率と結合水量との関係である。ベースセメントへのボゾランの混合により結合水量が低下しており、セメント全体として水和が緩慢に進行していることが分かる。尚、材令半年においても未反応のクリンカー鉱物が残っていることが、X線回折によって確認されており、その水和に伴い生成する $\text{Ca}(\text{OH})_2$ の刺激効果による、継続的なボゾランの水和反応が期待できる。このように長期にわたり緩慢な水和の進行を継続させるためには、ボゾランの水和反応の継続的な進行が有効な手段の一つと考えられ、本研究で試作したセメントモルタルが高耐久性コンクリートの一つの形として有望であるとの結論を得た。

5. まとめ

低発熱ポルトランドセメントモルタルの材令半年までの物理・化学特性について検討してきた。今後も材令1、3、5年時に諸物性の経時変化を測定し、長期耐久性を持つコンクリートのベースセメントとしての適性についての検討を続けてゆくつもりである。

【謝辞】試験体の作成及び実験の実施に当たり、日本ソフトテクニカル 大塚 章氏及び長岡技術科学大学 斉藤 正秀氏に多大なご協力を頂きました。ここに記して感謝致します。

【参考文献】

- (1) Idorn, G.M. and Thaulow, N.: Examination of 136 Years Old Portland Cement Concrete, Cement and Concrete Research, Vol.13, pp.739-743, 1983
- (2) 長瀧重義 監修, コンクリートの長期耐久性, 技報堂出版, 1995
- (3) 松井 淳ら, 高ピーライト系セメントモルタルの長期耐久性に関する基礎的検討, 電力中央研究所報告（出版準備中）

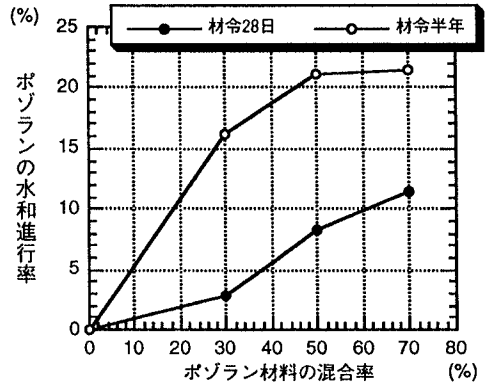


図-2 ボゾラン材料の水和率

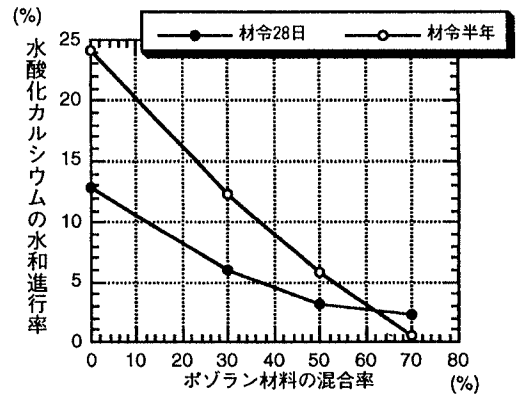


図-3 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 生成量

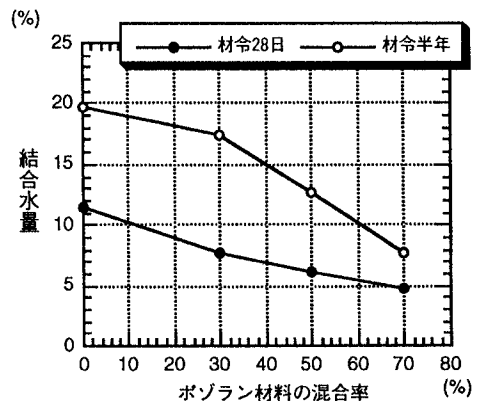


図-4 結合水量生成量