

## V-315

## 低発熱型高流動コンクリートの水和発熱特性

大成建設技術研究所 正会員 横田 和直

大成建設技術研究所 正会員 新藤 竹文

大成建設技術研究所 正会員 横井 謙二

## 1. はじめに

自己充填性能を有する高流動コンクリートは、流動性および分離抵抗性を高める必要から、使用材料のうち結合材などの粉体材料が通常のコンクリートと比較して多くなる。このため、構造物によっては粉体材料に低発熱型の結合材を用いた場合においても水和発熱が問題となり、更に低発熱性を要求される場合がある。

そこで、筆者らは低発熱セメントと石灰石粉を粉体材料として用い、より低発熱性を付与した高流動コンクリートに着目して、その硬化過程の断熱温度上昇特性について調査し、低発熱型の高流動コンクリートの水和発熱特性について検討を行ったものである。

## 2. 使用材料および配合

表-1、表-2に使用した材料および配合を示す。使用した結合材は、3成分系の低発熱混合セメントと高ビーライト系の低熱ポルトランドセメントを用いた。粉体材料としてはそれぞれの低発熱セメントと石灰石微粉末を組み合せ

表-1 使用材料

| 種類   | 名 称              | 記号  | 比重   | 特 性・主成分                                                                          |
|------|------------------|-----|------|----------------------------------------------------------------------------------|
| 結合材  | 3成分<br>低発熱セメント   | OBF | 2.78 | 比表面積:3980cm <sup>2</sup> /g<br>普通ポルトランドセメント:35%,<br>高炉スラグ微粉末:45%,<br>フライアッシュ:20% |
|      | 低熱<br>ポルトランドセメント | LP  | 3.22 | 比表面積:3460cm <sup>2</sup> /g                                                      |
| 石灰石粉 | 舗装用<br>石灰石粉      | LS  | 2.70 | 比表面積:3000cm <sup>2</sup> /g                                                      |
| 細骨材  | 混合砂              | S   | 2.59 | 粗粒率:2.54<br>千葉産山砂<br>大井川産川砂                                                      |
| 粗骨材  | 碎石               | G   | 2.65 | 粗粒率:6.65<br>実積率:60.8%<br>青梅産砂岩                                                   |
| 混和剤  | 高性能AE<br>減水剤     | SP  | 1.05 | ポリアクリル酸エーテル系                                                                     |
|      | 分離低減剤            | BP  | 1.44 | グルコース系天然多糖類<br>( $\beta$ -1,3グルカン)                                               |

表-2 検討配合

| No. | 水粉<br>体比<br>W/P<br>(%) | 水結合<br>材比<br>W/C<br>(%) | 結合<br>材の<br>種類 | 細骨<br>材率<br>S/a<br>(%) | 単 位 量 (kg/m³) |          |            |          |          |                    |                 |
|-----|------------------------|-------------------------|----------------|------------------------|---------------|----------|------------|----------|----------|--------------------|-----------------|
|     |                        |                         |                |                        | 水<br>W        | 粉 体 P    |            | 細骨材<br>S | 粗骨材<br>G | 高性能<br>AE減水剤<br>SP | 分離<br>低減剤<br>BP |
|     |                        |                         |                |                        |               | 結合材<br>C | 石灰石粉<br>LS |          |          |                    |                 |
| 1-1 | 32.0                   | 40.0                    | OBF            | 52.0                   | 160           | 400      | 100        | 827      | 783      | 7.50               | 0.5             |
| 1-2 |                        | 45.7                    |                |                        |               | 350      | 150        | 827      | 780      | 7.00               |                 |
| 1-3 |                        | 53.3                    |                |                        |               | 300      | 200        | 827      | 780      | 6.50               |                 |
| 2-1 | 32.0                   | 40.0                    | LP             | 52.0                   | 160           | 400      | 100        | 855      | 807      | 8.75               | 0.5             |
| 2-2 |                        | 45.7                    |                |                        |               | 350      | 150        | 850      | 802      | 8.25               |                 |
| 2-3 |                        | 53.3                    |                |                        |               | 300      | 200        | 848      | 799      | 7.50               |                 |

それぞれの配合

は自己充填性を有するようにU形充填試験<sup>2)</sup>によって充填高さが30cm以上となる配合を選定したものであり、スランプフローは65~67cmで、50cmフロー到達時間は6.3~7.4秒程度、U形充填試験の充填高さは35.2~36.0cmのフレッシュ性状を有するものであり、同等の自己充填性能を付与したコンクリートであった。

## 3. 圧縮強度

図-1に各配合の結合材水比と材齢91日圧縮強度（標準養生）の関係を示す。いずれの結合材を用いても、石灰石粉の混合比率が多くなるにともない圧縮強度は小さくなり、圧縮強度と結合材水比の関係はほぼ直線関係である。

## 4. 断熱温度上昇量特性

図-2に各配合の断熱温度上昇量を示す。ここで、断熱温度上昇特性の試験装置は空気循環式のものを使用し、各配合の練上がり温度はいずれも20℃である。

3成分系低発熱セメントを用いた配合は、温度上昇速度が早く短い期間で一定となっているが、低熱ポルトランドセメントでは、温度上昇速度が緩やかで長期にわたり温度上昇を続ける傾向を示した。また、石灰石粉の混合比率を大きくすることにより温度上昇量は小さく、予想どおりの結果となった。

以上の結果について低発熱性のセメントであることを考慮し、下式を用いてそれぞれ熱特性値の算定を行った。

$$Q(t) = Q_{\infty} (1 - \exp(-r(t - t_0)^s))$$

ここで、 $Q(t)$ ：材齢 $t$ 日における断熱温度上昇量

$Q_{\infty}$ ：終局断熱温度上昇量（℃）， $t_0$ ：補正量

$r$ ：温度上昇速度に関する定数

$s$ ：3成分系低発熱セメント=1.01

低熱ポルトランドセメント=0.58

$s$ については、結合材量に因らずそれぞれの結合材について特性値が存在するようであり、ここでは、各結合材の平均値として得られた値を用い $Q_{\infty}$ および $r$ の算定を行った。図-3に単位結合材量と $Q_{\infty}$ および $r$ の関係を示す。

終局断熱温度上昇量 $Q_{\infty}$ は、同一結合材量では3成分系低発熱セメントの方が小さな値であった。また、温度上昇速度に関する定数 $r$ 、 $s$ については、低熱ポルトランドセメントの方が小さな値であり、低熱ポルトランドセメントの方が温度上昇速度が緩やかになる結果が得られた。

## 5. まとめ

低発熱セメントと石灰石粉を用いた高流動コンクリートの水和発熱の検討結果をまとめると以下のとおりである。

- 1) 粉体材料の一部に石灰石粉を使用することによって高流動コンクリートにより低発熱性を付与することができる。
- 2) 終局断熱温度上昇量は、3成分系低発熱セメントを用いたものが小さく、温度上昇速度は、低熱ポルトランドセメントを用いたものが小さくなる。
- 3) マスコンクリートの温度応力低減には、構造物の条件に応じた粉体材料の組合せを考慮することが効果的である。

## 参考文献

- 1) 新藤ほか：使用材料の変動が超流動コンクリートに及ぼす影響，コンクリート工学年次論文報告集，Vol.14, No.1, pp.75～78, 1992
- 2) 坂本ほか：超流動コンクリートのワーカビリティ評価手法に関する研究，コンクリートの製造システムに関するシンポジウム論文集，pp.55～60, 1992

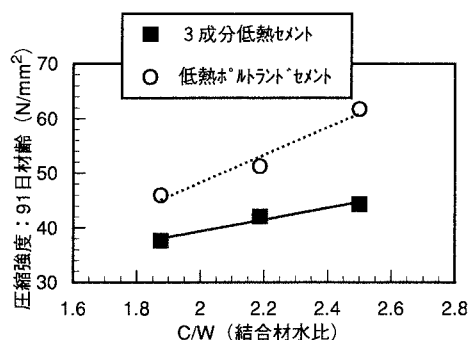


図-1 結合材水比と圧縮強度の関係（91日材齢）

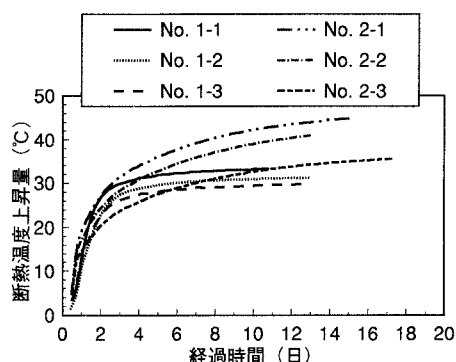


図-2 断熱温度上昇試験結果

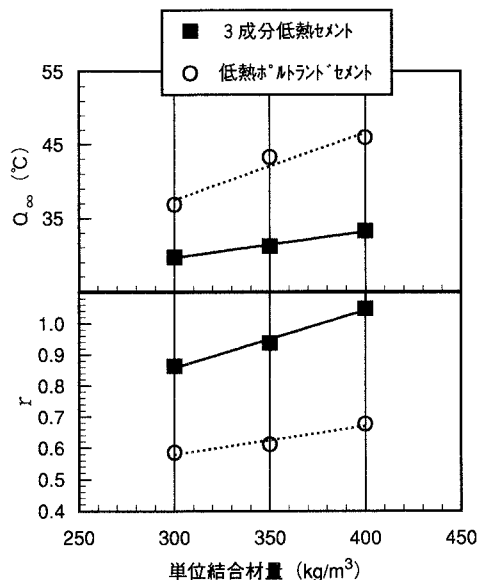


図-3 単位量結合材と $Q_{\infty}$ ,  $r$