

## 膨張材を用いた二次覆工コンクリートの初期強度発現に関する実験的検討

戸田建設株式会社 正会員 ○土師 康一 正会員 澤村 淳美  
 太平洋マテリアル株式会社 正会員 竹下 永造 非会員 村手 三郎

### 1. はじめに

近年、シールド工事の二次覆工コンクリートでは、コンクリートポンプ車の高性能化や平面線形の複雑化に伴い、ポンプ車を用いた長距離圧送施工の採用事例が増加している。シールド工事の二次覆工コンクリートなど施工サイクルを確保するために、打設後 15~19 時間程度の若材齢で脱型するコンクリートの場合、初期強度の確保が必要不可欠となることが多い。しかし、長距離圧送施工を行う場合、ポンプ圧送に伴うスランプ低下の影響の軽減や、筒先での施工性の確保を図るため、あらかじめ圧送するコンクリートの流動性を向上させる必要があるが、流動性を向上させたコンクリートでは、若材齢時の強度発現が遅延する傾向があることが一般的に知られている。

そこで本論では、長距離圧送コンクリートとして中流動コンクリートを採用した際の、初期強度改善策として膨張材使用に着目し、各種膨張材を使用した際の強度発現性に関する検討結果について述べる。

### 2. 試験配合および使用材料

表-1 に使用材料、表-2 に試験配合について示す。試験配合については、長距離圧送を考慮してベース配合を、高性能 AE 減水剤(増粘剤一液型)を使用した中流動コンクリートとし、ベース配合に対して細骨材置換により膨張材を 20kg/m<sup>3</sup> 使用した配合とした。なお、今回検討では、膨張材として一般構造物で広く用いられる低添加型の石灰系膨張材 (EX2) のほか、主にマスコンクリートにおいて使用される水和熱抑制型の石灰系膨張材 (EX1) と二次製品工場での使用実績が多い早強型の石灰系膨張材 (EX3) を用いて試験結果の比較を行った。また、参考配合として、膨張材を添加しない配合についても強度の比較を行った。図-1 に JIS A 6202 (B 法) に基づく配合 1, 3 の拘束膨張試験結果を示す。図より今回使用配合については、収縮補償用コンクリートの膨張率の規定<sup>1)</sup> をいずれも満足した。本検討では、各配合について、室内静置により経時保持性を確認した上で、練上がり後、14 時間、16 時間、18 時間の 20℃室内気中養生における若材齢強度を確認した。

表-1 使用材料

| 材料   | 記号  | 仕様   |
|------|-----|--|
| 水    | W   | 地下水  |
| セメント | C   | 普通ポルトランドセメント 密度：3.15g/cm <sup>3</sup>          |
| 混和材  | EX1 | 膨張材20型、水和熱抑制タイプ石灰系膨張材 密度：3.10g/cm <sup>3</sup> |
|      | EX2 | 膨張材20型、石灰系膨張材 密度：3.16g/cm <sup>3</sup>         |
|      | EX3 | 膨張材30型、早強型石灰系膨張材 密度：3.19g/cm <sup>3</sup>      |
| 細骨材  | S   | 玄界灘産海砂 表乾密度：2.57g/cm <sup>3</sup>              |
| 粗骨材  | G1  | 古賀市谷山産砕石 表乾密度：2.72g/cm <sup>3</sup>            |
|      | G2  | 田川市船尾産砕石 表乾密度：2.70g/cm <sup>3</sup>            |
| 混和剤  | SP  | 高性能AE減水剤 (標準形 I 種(増粘剤一液型))                     |

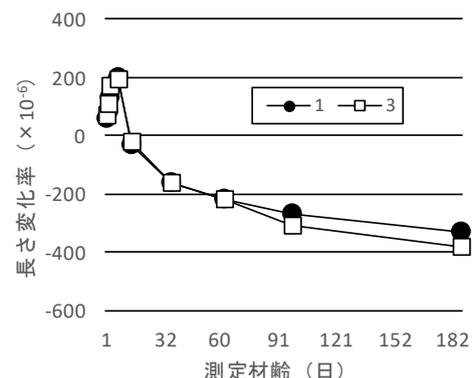


図-1 拘束膨張試験結果 (JIS A 6202 (B 法))

表-2 試験配合

| No. | W/C (%) | s/a (%) | 単位量 (kg/m <sup>3</sup> ) |     |     |     |     |     |     | 混和剤 |      |
|-----|---------|---------|--------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|
|     |         |         | W                        | C   | EX1 | EX2 | EX3 | S   | G1  | G2  | SP   |
| 1   |         |         |                          |     | 20  | —   | —   |     |     |     |      |
| 2   | 54.0    | 52.3    | 175                      | 324 | —   | 20  | —   | 902 | 435 | 432 | 5.35 |
| 3   |         |         |                          |     | —   | —   | 20  |     |     |     |      |
| 参考  | 54.0    | 52.7    | 175                      | 324 | —   | —   | —   | 917 | 435 | 432 | 4.86 |

表-3 経時保持性確認試験結果

| 配合 | スランプフロー (mm) |     |     |     | 空気量 (%) |     |     |     |
|----|--------------|-----|-----|-----|---------|-----|-----|-----|
|    | 0            | 30  | 60  | 90  | 0       | 30  | 60  | 90  |
| 経時 | 0            | 30  | 60  | 90  | 0       | 30  | 60  | 90  |
| 1  | 483          | 439 | 395 | 366 | 3.3     | 4.1 | 4.6 | 4.3 |
| 2  | 480          | 446 | 419 | 391 | 3.5     | 4.5 | 5.0 | 5.2 |
| 3  | 463          | 437 | 423 | 398 | 3.8     | 4.5 | 5.2 | 5.5 |

キーワード 中流動コンクリート, 膨張材, 長距離圧送, 若材齢強度

連絡先 〒104-8388 東京都中央区京橋 1-7-1 戸田建設 (株) 本社土木工事技術部 TEL03-3535-1675

### 3. 試験結果

#### 3. 1 経時保持性能確認試験

表-3 に室内静置における、各配合のスランプフローと空気量の経時保持性の確認試験結果を示す。表より、練上がり後 90 分間は、膨張材の種類に関わらず、中流動コンクリートの所要の規格(スランプフロー：350~500mm，空気量：3.0~6.0%)を満足しており、長距離圧送時の施工性を確保し得ることが確認された。

#### 3. 2 若材齢強度試験

各配合の圧縮強度試験結果を表-4、表-5 ならびに図-2 に示す。また、各試験結果には、参考結果として、膨張材を添加しない配合の強度試験結果についても併記した。試験結果より、材齢 7 日以降では、各配合とも概ね同程度の強度発現となっているのに対し、型枠脱型の目安となる練上がり後 18 時間以内の若材齢時では、膨張材の種類により発現強度に差が生じることが確認できた。

図-3 に今回検討配合における若材齢時における強度供試体のコンクリート温度測定結果について示す。図より、材齢 4~12 時間において、膨張材の種類によりコンクリートの温度履歴に差が生じる結果となった。一般的に硬化過程における供試体のコンクリート温度は、水和反応が進展することで水和発熱によりコンクリート温度が上昇することが知られている。今回検討については、長距離圧送への適用を考慮し、ベースコンクリートとして一般配合よりも経時保持性の高い中流動コンクリートを用いている。このため、相対的に凝結が一般配合よりも遅延し、結果としてピーク温度よりも早い段階で膨張材が反応し、この膨張材の反応速度の差が若材齢における発現強度の差となっていると考える。

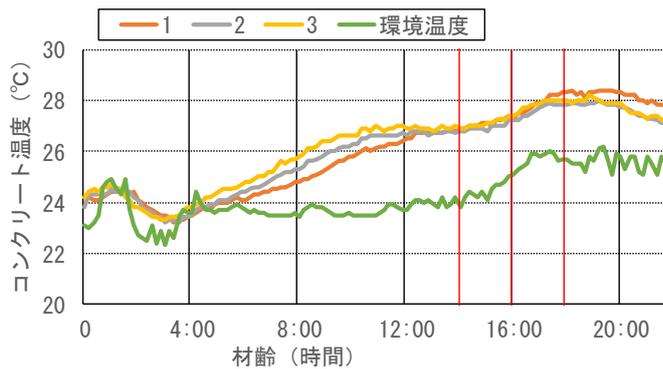


図-3 強度供試体温度計測結果

#### 4. まとめ

本検討における試験の結果、下記のことが確認された。

- 1) 初期強度改善策として膨張材を使用する場合においても、ベース配合を調整することにより、所要の経時保持性を確保することは可能である。
- 2) ベース配合に適した膨張材を選定することで、練上がり後 14~18 時間の強度発現を、膨張材を添加しない配合に対して、30~60%程度促進することが可能である。

#### 参考文献

- 1) 土木学会：コンクリートライブラリー75，膨張コンクリート設計施工指針，1993.7

表-4 強度試験結果

| 配合 | 圧縮強度(N/mm <sup>2</sup> ) |      |      |      |      |
|----|--------------------------|------|------|------|------|
|    | 14h                      | 16h  | 18h  | 7d   | 28d  |
| 1  | 2.12                     | 3.59 | 5.38 | 30.2 | 39.0 |
| 2  | 3.28                     | 4.79 | 7.09 | 29.5 | 38.5 |
| 3  | 3.67                     | 5.20 | 7.37 | 30.4 | 39.2 |
| 参考 | 2.27                     | 3.69 | 5.65 | 28.1 | 37.1 |

表-5 28日強度に対する各材齢強度の割合

| 配合 | 圧縮強度(N/mm <sup>2</sup> ) |      |      |      |      |
|----|--------------------------|------|------|------|------|
|    | 14h                      | 16h  | 18h  | 7d   | 28d  |
| 1  | 0.05                     | 0.09 | 0.14 | 0.77 | 1.00 |
| 2  | 0.09                     | 0.12 | 0.18 | 0.77 | 1.00 |
| 3  | 0.09                     | 0.13 | 0.19 | 0.78 | 1.00 |
| 参考 | 0.06                     | 0.10 | 0.15 | 0.76 | 1.00 |

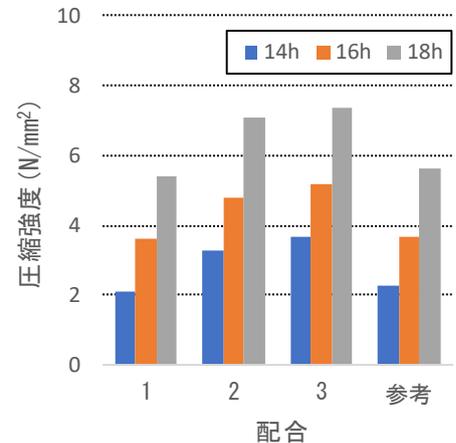


図-2 若材齢強度試験結果



写真-1 長距離圧送配管状況