

ポルトランドセメントを使用しない環境配慮グラウトの材料検討

大成建設(株)技術センター 正会員○大脇英司, 正会員 岡本礼子  
フェロー会員 青木智幸, 正会員 荻野正貴  
大成建設(株)土木本部 正会員 大谷英夫  
VSL JAPAN (株) 関口尚明, 高原正樹

1. はじめに

わが国は 2050 年において「カーボンニュートラル」を達成することを目指している。目標の達成は容易ではないと考えられ、建設材料についても多面的から検討しなければならない。著者らは、主要な建設材料であるコンクリートについて環境負荷の低減を考慮した材料開発を進めている<sup>1)</sup>。ここではその材料をグラウンドアンカー等に用いるグラウトに応用することについて検討した結果を報告する。

2. 試験方法

検討の対象とした材料は、ポルトランドセメントを使用しない環境配慮コンクリートの結合材とした。このコンクリートは土木学会「混和材を大量に使用したコンクリート」<sup>2)</sup>に相当し、結合材は高炉スラグ微粉末（以下、高炉スラグ）と、所定の性状を得るために添加するカルシウム系の化合物（刺激材）で構成される。グラウトとして検討した配合を表 1 に示す。水結合材比を 35～46%とし、高性能減水剤を用いた。

所定の配合物を 20L の円筒形の容器に投入し、ハンドミキサーで 4 分間、練り混ぜた。作製したグラウトを用いて P ロート流下時間、ブリーディング率、圧縮強度を測定した。P ロート流下時間は、JSCE-F 521-2018 に則り、練上り時および 1 時間経過後に測定した。1 時間経過時においては、測定前にハンドミキサーで、30 秒間、練り混ぜた。ブリーディング率は JSCE-F 522-2018 により測定した。圧縮強度は、φ5×10cm の容器に打込み 20℃で封緘養生した試験体を用いて、JIS A 1108 に準拠して試験を行った。それぞれの測定、試験ではグラウトに関わる設計・施工指針を参考に<sup>3)</sup>、以下を性能評価の目標とした。

- ・P ロート流下時間：練上りおよび 1 時間経過後において 12～18 秒間であること
- ・ブリーディング率：練上りから 3 時間経過後において 4%以下であること
- ・圧縮強度：材齢 3 日において 24N/mm<sup>2</sup> 以上であること

3. 試験結果

P ロート流下時間の測定結果を図 1 に示す。W/B が大きいほど P ロート流下時間は小さくなるが、45%程度でほぼ下限となる。配合 46 では練上りおよび 1 時間経過後とも目標の性能（12～18 秒間）を満足した。配合 40 では目標の性能より遅いが大きく逸脱するものではなかった。配合 35 は目標の性能より大きく遅れ、また、時間の経過による流下時間の増加が顕著であった。

ブリーディング率の測定結果を図 2 に示す。W/B が大きいほどブリーディング率が大きくなったが、いずれの配合も目標の性能（4%）を満足した。

圧縮強度試験結果を図 3 に示す。

W/B が大きくなると圧縮強度は小さくなった。従来のセメント系材料と同様に、圧縮強度が B/W に比例するものとして整理できた。近似線を図に示す。配合 35, 40 は目標の性能（材齢 3 日、24N/mm<sup>2</sup>）

表 1 使用材料および配合 (kg/m<sup>3</sup>)

| W/B (%)<br>(配合名) | 水：W | 結合材：B |     | 高性能<br>減水剤 |
|------------------|-----|-------|-----|------------|
|                  |     | 高炉スラグ | 刺激材 |            |
| 35               | 469 | 1095  | 324 | 28         |
| 40               | 505 | 1022  | 303 | 27         |
| 46               | 541 | 947   | 280 | 25         |

キーワード 低炭素, CO<sub>2</sub> 排出削減, 産業副産物, アンカー, グラウト, 高炉スラグ

連絡先 〒245-0051 横浜市戸塚区名瀬町 344-1 大成建設(株)技術センター TEL 045-814-7221

を満たした。配合 45 は材齢 3 日では目標の強度に達しなかったが、材齢 7 日までは  $24\text{N/mm}^2$  に達した。

今回の検討では、3 種の性能評価の目標を同時に満たした配合はなかったが、配合 40 は P ロート流下時間をやや超過したほかは目標とした性能を満足しており、高性能減水剤の成分や添加率の最適化、あるいは W/B の調整により所定の性能が得られるものと考ええる。また、配合 46 は評価材齢を材齢 3 日から材齢 7 日に遅らせると所定の強度に達したことから、施工条件や施工環境によっては使用できる場合があると考えられる。

#### 4. 環境側面の検討

検討したグラウトについて、 $\text{CO}_2$  排出量の削減と資源の有効利用の効果について検討した。比較の基準は普通ポルトランドセメントを用いた水セメント比 50% の標準的なグラウト（以下、OPC）とした。 $\text{CO}_2$  排出量の削減に関する検討は使用材料の製造に関わる排出を対象とし、インベントリーデータは関連団体等の公表値を用いた（例えば、4）、5）。資源の有効利用については産業副産物と廃棄物の利用量について検討した。配合 30, 40, 46 では高炉スラグの使用量を対象とし、OPC についてはポルトランドセメントの製造過程で投入される産業副産物量と廃棄物量の合算値（ $476\text{kg/t}\cdot\text{cement}^4$ ）を対象とした。なお、OPC の単位セメント量は  $1175\text{kg/m}^3$  とした。

$\text{CO}_2$  排出量は、配合 30, 40, 46 とも OPC に対して約 80% 削減することが可能で、概ね 20% に抑制できる。資源の有効利用については、OPC に対して 1.5~2.0 倍の範囲で増やすことができる。配合 30, 40, 46 を比較すると、W/P が増加により  $\text{CO}_2$  排出量の削減効果が大きくなるが資源の有効利用量が減少する。このため、配合により得られる効果は若干異なるが、いずれも OPC に対して十分な環境性能を有すると考えられる。

#### 5. まとめ

グラウンドアンカー等に用いるグラウトについて、所定の性能を満たしたうえで、環境負荷低減効果が得られる材料について検討した。高炉スラグを主体とする結合材を使用して、材料製造に関わる  $\text{CO}_2$  排出量を 80% 削減し、産業副産物等の利用量を 1.5~2 倍に増やすことができる材料の開発が期待できることが明らかになった。

#### 参考文献

- 1) 大脇英司ほか: 混和材を大量に使用したコンクリートと事例, コンクリート工学, Vol.57, No.1, pp.71-74, 2019.1.
- 2) 土木学会: 混和材を大量に使用したコンクリート構造物の設計・施工指針(案), コンクリートライブラリー152, 2018.
- 3) VSL 協会: VSL 永久アンカー(ランク A)設計・施工指針, 2013.7.
- 4) セメント協会: セメントの LCI データの概要, 2020.
- 5) 土木学会: コンクリート環境負荷評価 (その 2), コンクリート技術シリーズ 62, pp.39-40, 2004.

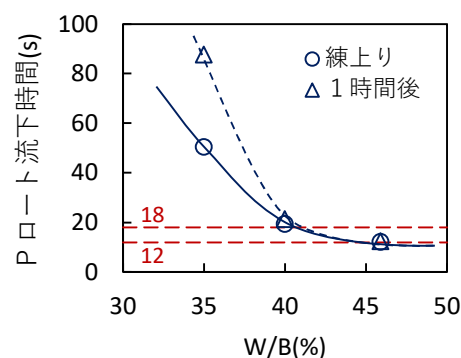


図1 P ロート流下時間測定結果

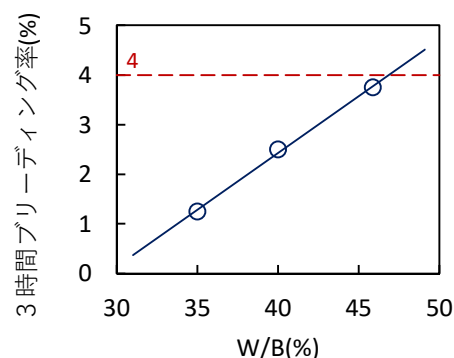


図2 ブリーディング試験結果

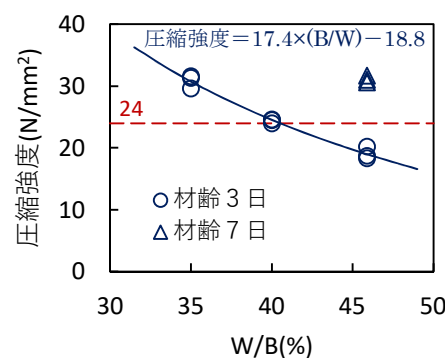


図3 圧縮強度試験結果

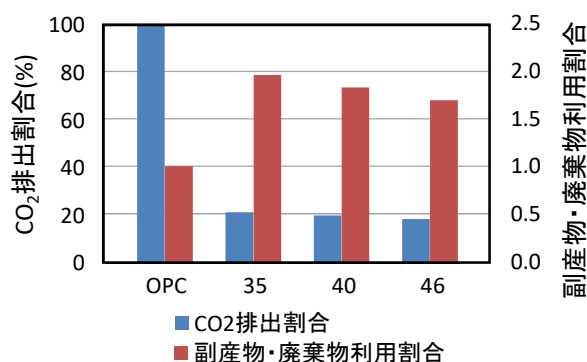


図4 環境負荷低減効果