

ブレーン値を減少させたスラグ系注入材のゲルタイムに関する実験的検討

早稲田大学

学生会員

○中村 陸央

フェロー会員

赤木 寛一

正会員

王 海 龍

ケミカルグラウト株式会社

正会員

横 張 光

正会員

渡邊 陽介

1. 目的

薬液注入工法とは、地盤に薬液を注入し固化させる工法であり、透水係数低下や強度向上などが期待される。注入材は微粒子含有の有無に応じて溶液型及び懸濁型に二分され、後者では主にセメントが使用される。セメント製造過程で二酸化炭素排出を伴うことを考慮し、他材料への転換が望ましいと考えられる。

当検討では、転換後の材料として、潜在水硬性を有する高炉水砕スラグに着目する。先行研究¹⁾²⁾により、ブレーン値が2.0(m²/g)の微細高炉水砕スラグのみを主剤として用いるスラグ系緩結型注入材が実現可能であること、ゲル化促進剤によるゲルタイムの操作及び瞬結・中結型への変更が可能であることが確認された。

一方で、懸濁型瞬結・中結型注入材の適用先が間隙の大きい箇所の充填であることを考慮すると、材料のブレーン値減少が施工性に与える影響が軽微でありながら、薬液の材料製造コスト削減・適用可能な材料の拡大に寄与することが期待される。当検討では、スラグ系瞬結・中結型注入材のコスト削減及び適用材料拡大を目的に、ブレーン値を減少させた高炉スラグによる注入材のゲルタイム特性、強度発現性に関して実験的に検討した。

2. 実験検討方法

スラグ系注入材は、主剤の微細高炉水砕スラグ、反応剤の珪酸化合物、ゲル化促進剤のカルシウム化合物、水道水から構成される。当検討では、高炉スラグのブレーン値を0.4,0.8,1.0,2.0(m²/g)と変えた配合でゲルタイム特性、強度発現性に関して調査した。

第一に、ホモゲルを使用したゲルタイムの調査を、配合試験により実施した。当試験では材料混練からゲル化に至るまでの時間を計測し、ゲルタイムとして記録した。実験中は、ブリージング防止のため、絶えずマグネチックスターラー(回転数1500rpm)で攪拌する。ゲル化は、スターラーの渦の消失、粘度の50(mPa・s)までの上昇の何れかと定義する。材料混練開始時は、A液(反応剤、水道水)及びB液(高炉水砕スラグ、ゲル化促進剤、水道水)を混合させる方法を採用した。測定を実施した配合を表2.1に示す。

第二に強度発現性の調査を目的に、ホモゲルを使用した一軸圧縮試験(JIS A 1216)を実施した。薬液をマグネチックスターラー(回転数1500rpm)により混練し、粘度の上昇が確認された段階でプラモールドに投下し、上部をラップフィルムで包み、気温20℃・湿度95%の恒温室内で気中養生を施した。一軸圧縮試験前に実施する気中養生の期間は、7,14,28,56(日)と設定した。測定を実施した配合を表2.2に示す。

表 2.1 ゲルタイム測定を実施した配合

主剤	反応剤	ゲル化促進剤
kg/m ³	L/m ³	kg/m ³
187.5	125	10
		30
		50

表 2.2 一軸圧縮試験を実施した配合

番号	主剤	反応剤	ゲル化促進剤
	kg/m ³	L/m ³	kg/m ³
[1]	125	125	10
[2]	150		
[3]	187.5		

キーワード 薬液注入工法, 懸濁型注入材, ゲルタイム, 高炉スラグ, 脱セメント, コスト削減

連絡先 〒169-8555 東京都新宿区大久保 3-4-1 (58 号館 205) 早稲田大学赤木研究室 TEL 03-5286-3405

3. 結果及び考察

ゲルタイム測定の結果を図 3.1 に、一軸圧縮試験の結果を図 3.2 から図 3.4 に示す。

図 3.1 より、いずれのブレン値を用いたケースにおいても、ゲル化促進剤添加量増加に従い、ゲルタイム短縮が得られることが確認された。ブレン値の変化はゲル化促進剤に対し、ゲルタイムに与える影響が少ない。当注入材は、施工現場でゲルタイムを数秒から数十分の範囲内で任意に操作することが可能な材料である。

図 3.2 から図 3.4 より、ブレン値減少により強度発現に要する時間が拡大すること、主剤添加量が多いほど強度が高い傾向が確認された。

高ブレン値の材料では気中養生 7 日の時点で高い強度の発現が確認された。しかし、低ブレン値の材料では気中養生日数が小さい測定で強度発現が確認されず、他材料の強度と並ぶまでに長い時間を要した。また、 $2000(\text{kN}/\text{m}^2)$ 以上の高い強度を得るためには、表 2.2 の[3]に示す配合が必要であることも確認された。

本注入材は瞬結・中結型であり、施工後速やかにゲル化し、地盤内で固定されると考えられる。そのため、強度発現の時間を確保することで、低ブレン値材料による代替が可能であると考えられる。強度発現に時間を要した因子として、ブレン値を減少させることによる粒径増加、主剤と反応剤との接触面積減少が起因し、反応の進行に時間を要したことが推測される。

以上の結果から、低ブレン値材料を使用した注入材に関して、ゲルタイムが操作可能であること、高い強度が得られることが確認された。

4. まとめ

スラグ系注入材の材料製造コスト削減・適用材料拡大を目的に、ブレン値を従来の検討よりも減少させた中で、ゲルタイム特性及び強度発現性に関して検討した。その結果、ブレン値がゲルタイムに及ぼす影響が小さく、ゲル化促進剤添加量変化で対応可能であることが確認された。また、強度発現に要する時間の増加が確認されたものの、速やかなゲル化が可能であること、高い最終強度を有することが併せて確認された。低ブレン値材料にて代替することで、改良強度を維持しつつ、材料製造コストを削減することが可能と考察される。

＜参考文献＞

- 1) 渡邊陽介, 赤木寛一: セメントを使用しない懸濁型注入材の特性評価, 第 57 回地盤工学研究発表会, 2022.
- 2) 中村陸央, 赤木寛一, 王海龍, 渡邊陽介, 横張光: セメントを使用しない懸濁系瞬結・中結型注入材の開発, 第 19 回地盤工学会関東支部発表会, 2022.

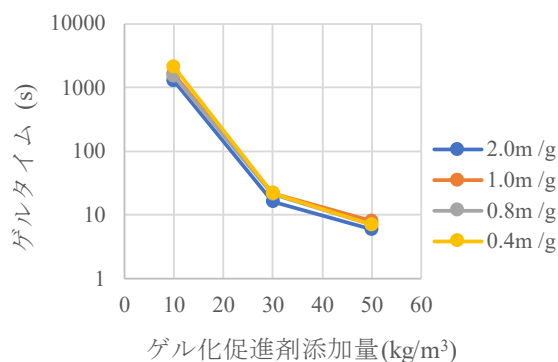


図 3.1 ブレン値とゲルタイム特性との関係

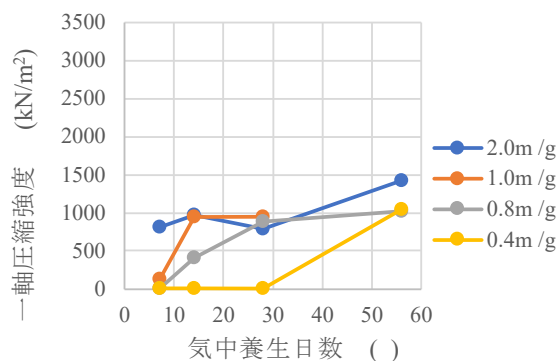


図 3.2 配合[1]を用いた一軸圧縮試験結果

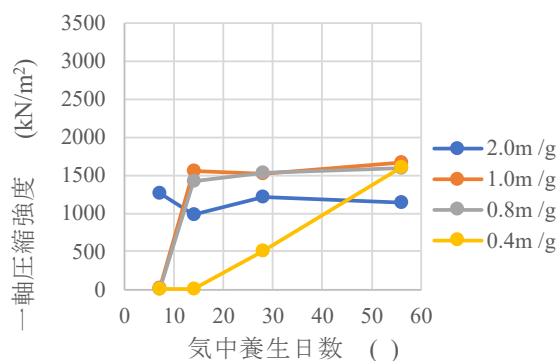


図 3.3 配合[2]を用いた一軸圧縮試験結果

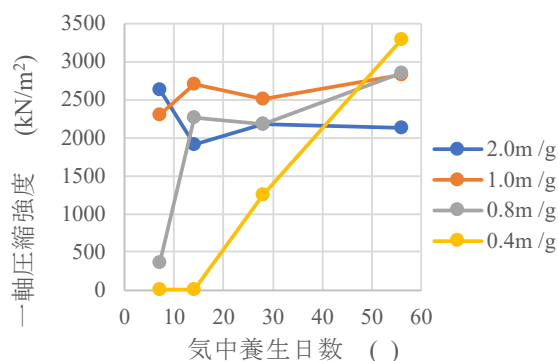


図 3.4 配合[3]を用いた一軸圧縮試験結果