

微粒子の浸透可否評価手法の適用性について

微粒子 浸透性 グラウタビリティー比

東京都市大学大学院
強化土エンジニアリング
東京都市大学
佐藤工業

学生会員 ○上村健太郎
正会員 佐々木隆光
正会員 末政直晃
正会員 伊藤和也
正会員 永尾浩一

1. はじめに

近年、耐久性を有する注入材として微粒子系注入材が着目されている。しかし、微粒子の浸透性については不明確な部分が多く¹⁾、確実かつ効果的な施工を行うためには、注入材の浸透特性を正しく評価することが重要である。一般的に微粒子の浸透可否を判断するためにグラウタビリティー比(Groutability ratio: 以下 G_r)が用いられており、以下の式(1)で表される。

$$G_r = \frac{D_{15}}{G_{85}} \quad (1)$$

ここに、 D_{15} は注入対象である土粒子の15%粒径、 G_{85} は注入する微粒子の85%粒径である。 G_r は土粒子の流出を防ぐために排水暗渠などの周囲に用いられるフィルター材の必要条件を算定するために Terzaghi によって提案された基準²⁾を用いたものである。 G_r に関する既往の研究^{1),3),4)}において微粒子注入材は G_r が 15 から 25 程度で浸透可能、11 未満で浸透不可となることが示されている。また、注入材の浸透特性は粘性などによって変化するが、米田ら⁵⁾によって微粒子系注入材においては濃度に依存した粘性の変化よりも、単に微粒子の粒径による注入特性の変化の影響が大きいということが結論付けられている。そのため、試料と注入材の粒径比は微粒子の浸透可否に支配的であると考えられる。そこで、本報告では粒径比による微粒子系注入材の浸透可否がどの程度の適用性を有するのかを検討するために、一次元注入実験を行った。

2. 一次元注入実験

2-1. 実験概要

本実験に用いた砂の粒度分布および注入材の粒度分布を図1、図2に示す。なお、図2には G_r 算定に用いる注入材の85%粒径を付記してある。表1に用いた試料の物性を示す。また、表中の代表粒径 D_w は下記の式(2)で表される。

$$D_w = \frac{1}{\sum(\Delta p_i / D_i)} \quad (2)$$

ここで、 Δp_i はある粒径範囲における平均粒径 D_i である試料が試料全体に対して占める重量表示の含有率である。供試体は直径5.0cmのモールド内に高さ15.0cmとなるように空中落下法で作製した。また、供試体作製後に完全に飽和させ、透水試験を行

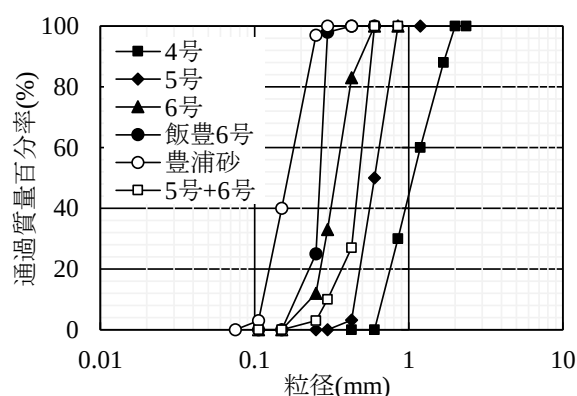


図1 試料の粒度分布

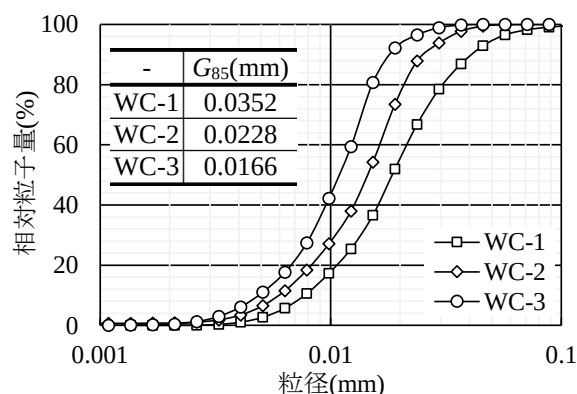


図2 注入材の粒度分布

表1 試料の物性

試料	ρ_s (g/cm ³)	D_w (mm)	D_{15} (mm)
硅砂 4 号	2.638	1.292	0.725
硅砂 5 号	2.640	0.618	0.469
硅砂 6 号	2.637	0.352	0.256
飯豊硅砂 6 号	2.612	0.261	0.210
混合砂(6 号+5 号)	2.643	0.439	0.334
豊浦砂	2.639	0.181	0.108

キーワード 微粒子 浸透性 グラウタビリティー比

連絡先 〒158-8557 東京都世田谷区玉堤 1-28-1 東京都市大学 TEL03-5707-0104 E-mail : g1691702@tcu.ac.jp

った。図3に透水試験によって得られた透水係数と供試体の間隙比の関係を示す。このように作製した供試体に対して微粒子を注入し浸透が可能かどうか検討した。ただし、浸透注入可能とは土骨格を乱さずに速やかに注入材を間隙に充填することであり、注入範囲としては50.0cm以上が要求されている⁶⁾。そのため、15.0cmの供試体において浸透が可能であったケースにのみ高さ50.0cmの供試体を改めて作製し、注入材の浸透可否を確認した。

2-2. 実験結果

注入実験の結果の一例を図4に示す。なお、図4の横軸は注入時間、縦軸は注入体積を間隙体積で除した値であり、特に、縦軸の値が1を超えると供試体の間隙が注入材で飽和されたことを示している。図から、注入量の増分が経時的に減少していることがわかる。これは、微粒子の注入が進行する段階において、徐々に目詰まりが発生することを示している。また、 G_r が7.3のケースにおいてはほとんど注入が不可能であることがわかる。次に、これらの注入実験の結果と G_r による判定結果が合致しているかを確かめた。図5に G_r と代表粒径の関係を示す。なお、図5においては試料の D_{15} および注入材の G_{85} から G_r を計算し、その値が異なるケースの実験結果のみについて示した。図から代表粒径が増加するごとに G_r は増加し注入可能とされる範囲にプロットが移動することがわかる。しかしながら、浸透不可能とされる G_r の範囲にも浸透に成功したプロットが存在し、やや安全側に評価されていることがわかる。図5のような実験結果と G_r による判定結果の相違の原因として、骨格構造や経時的な目詰まりを十分考慮できていないことなどが挙げられる。また、Zebovitz et al.⁷⁾によると微粒子の浸透特性は細粒分含有率などの条件によって変化するとされているが、明確な原因については今後検討する必要がある。これらの結果から、単一粒径のみで微粒子の浸透可否を説明することは困難であると考えられる。

3. まとめ

一連の実験結果から、目詰まりが微粒子の浸透特性に影響を及ぼすことが示唆された。また、 G_r を満たしていれば概ね注入することができるが、評価が安全側になる可能性があり、単一粒径のみでは微粒子の浸透可否を説明することは困難である。そのため、密度などの間隙の状態などを考慮した評価手法が求められる。

参考文献

- 1) 森麟, 田村昌仁, 青木康司: 超微粒子注入材の浸透限界, 土木学会論文集, No.426/V-14, pp237-240, 1991.
- 2) Terzaghi, K. and Peck, R. B.: Soil mechanics engineering practice, Joh Wiley & Sons, Inc., pp.50-51, 1948.
- 3) Johnson, J.: Cement and clay grouting of foundations: Grouting with clay-cement grouts, *Journal of Soil Mechanics and Foundations Division, Proceeding of ASCE*, Vol.84, No.SM1, pp.1-12, 1958.
- 4) Mitchell, J. K.: In-place treatment of foundation soils, *Journal of Soil Mechanics and foundations Division, Proceeding of ASCE*, Vol.91, No.SM1, pp73-110, 1970.
- 5) 米田俊一, 中川浩二: 粒子径を変えた各種セメントグラウトの基礎的性質と浸透性比較, 土木学会論文集, No.462/VI-18, PP.101-110, 1993.
- 6) 最新地盤注入工法技術総覧編集委員会: 最新地盤注入工法技術総覧, 産業技術サービスセンター, pp.56-58, 1997.
- 7) Zebovitz, S., Krizek, J. and Atmatzidis, D. K.: Injection of fine sands with very fine cement grout, *Journal of Geotechnical Engineering*, The American Society of Civil Engineers, Vol.115, No.12, pp.1717-1733, 1989.

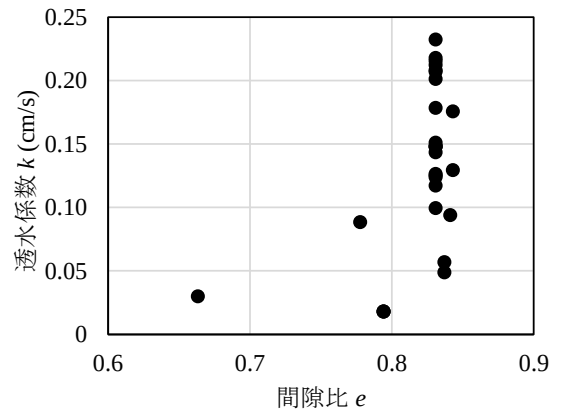


図3 透水係数と間隙比

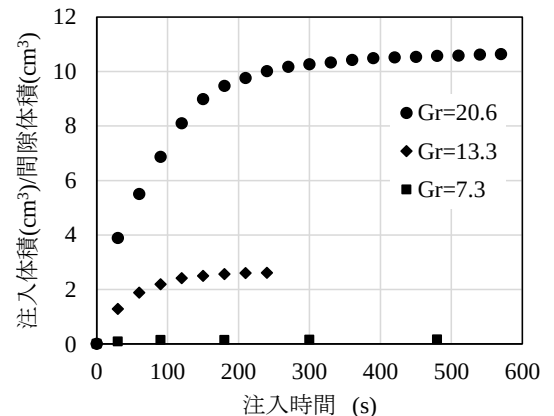


図4 注入実験結果の例

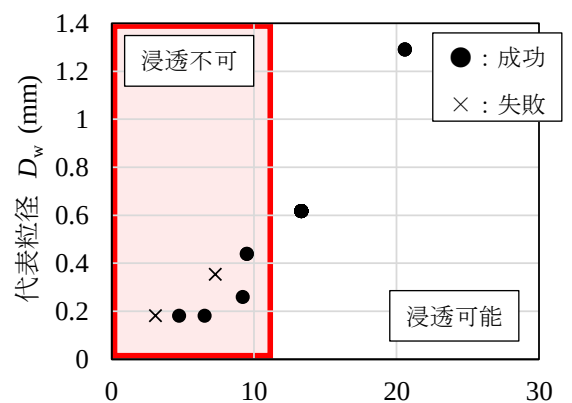


図5 G_r と代表粒径