

懸濁型薬液注入工法の浸透距離と 発現強度の関係

八戸工業大学
八戸工業大学大学院
八戸工業大学
八戸工業大学
三井化学産資株式会社

正会員
学生会員
正会員
正会員
正会員

○橋詰 豊
小山 直輝
金子 賢治
熊谷 浩二
櫻井 康一

1. はじめに

現有地盤の移動や攪拌の工法を必要とせず、現存している土の間隙に注入材を充填する薬液注入工法（薬液を用いた浸透固化処理工法）は、既設構造物下の地盤改良を可能とし、建設残土を生じない工法としても非常に有効な工法である。薬液注入工法はその浸透性から、水ガラスを主剤とした溶液型と呼ばれる製品が多く施工されてきた。そのため、耐久性に対する信頼性が低く、仮設的な用途に偏った使い方をされてきた。近年では研究・開発が繰り返され耐久性も向上されてきているものの、要求を満たすものは多いとは言えない¹⁾。一方で地盤の耐震性を増加されるため、耐久性のある注入材に対するニーズが高まっている²⁾。

これに伴い、耐久性に優れた高炉スラグを主成分とした微粒子懸濁型地盤改良材が開発され、地盤改良工事に用いられるようになった。しかし、当初は微粒子を持つことにより浸透性があまり良くないとされ、狭い範囲での使用に限られていた。これらの背景より、近年浸透性に優れた超微粒子懸濁型地盤改良材が開発された。本稿では、超微粒子懸濁型地盤改良材の浸透距離と改良強度、及び耐久性について考察する。

2. 実験概要

実験は、空隙率、弾性波速度の測定後、一軸圧縮試験を行い一軸圧縮強さを求めた。実験ケースを表-1に示す。供試体は内径5.2cm、高さ2.0m及び4.0mの透明の塩化ビニール管を用意し、その中に珪砂5号を落下法にて2m供試体は相対密度50%、4m供試体は60%で投入した。薬液の注入にあたっては、先に供試体最下部より水を注入し飽和状態にさせた後に、圧力10～400kPaで薬液を圧入した。薬液注入量の最小量は供試体の薬液注入前の間隙量とし2m供試体で1.86Lである。使用材料の物性値を表-2、表-3に、供試体作成用の透明塩化ビニール筒と圧入装置を図-1に示す。供試体養生は20℃の恒温室内および凍結防止ヒーターで7℃以上に保った状態で各々7日間養生したのち万能切断機により約10cmに切断、コンクリート研磨機により切断面を研磨調整後にディスクサンダー、アクリルカッター

表-1 実験ケース

番号	圧入高さ	注入量	養生
2m-5L-cyc01	2m	5L	20℃
2m-5L-cyc02			
2m-5L-01			
2m-5L-02			
2m-5L-03			
2m-min-01		最小量	
4m-5L-01	4m	5L	7℃以上
4m-5L-02			
4m-5L-03			

表-2 基本的物性

土粒子の密度 (g/cm ³)	2.603
均等係数	2.13
曲率係数	1.21
平均粒径 (mm)	0.53
最小密度 (g/cm ³)	1.321
最大密度 (g/cm ³)	1.624
最適含水比 (%)	15.5
最大乾燥密度 (g/cm ³)	1.662

表-3 超微粒子懸濁型地盤改良材物性値

初期粘度 (mPa・s)	3～6
非流動化時間 (日)	1～3
サンドゲル強度 (MN/m ³)	0.4～0.7
平均粒径 (μm)	4



図-1 供試体と圧入装置

等にて皮剥ぎ（脱型）を行った。

3. 実験結果

図-3に供試体作成高さで一軸圧縮強さの関係を示す。多少のばらつきはあるものの、作成時の高さが高くなるにつれて一軸圧縮強さが下がっているのがわかる。また多くの

表-4 物性の粘度表 ($mPa \cdot s$)

物性名	粘度
水 (20℃)	10
ニトロベンゼン (20℃)	2.0
超微粒子懸濁型地盤注入材	3~6
灯油 (20℃)	10.0
サラダ油 (20℃)	65.0

供試体において、最下部またはそれに近い位置の供試体で一軸圧縮強さが小さいことが確認できる。この要因としては施工時に注入口付近の砂が圧入力で乱される事、みず道が形成される事による不均質さが表れるのではないかと推察できる。図-3 に2種の注入量による一軸圧縮強さの分布を示す、同時に弾性波速度の分布も併記する。注入量が少ない場合、供試体下部において改良効果が薄いといえる。この現象は土の間隙や土粒子の大きさに比べて、薬液粒子径が非常に小さく、粘性も水と灯油の中間位の値(表-4)で浸透しやすいため、本試験程度の間隙比や薬液注入量の条件では、改良剤微粒子の目詰まりによる浸透性の低下はみられないと推察できる。また、弾性波速度については注入量による大きな差はみられない。このため、一軸圧縮強さと弾性波速度の相関性は高いものではないと考えられる、図-4 に高さ4mの供試体の試験結果を示す。NO.1が20℃の恒温で養生したもの、NO.2及びNO.3が平均気温約0℃程度の条件下で水道管の凍結防止ヒーターを取付け断熱材で被覆して養生したものである。また、高さが3.0mを超えたあたりからデータが無いのは、供試体の切断、研磨、脱型の際の振動や過度の外力等が作用したことにより破損したためであり、この部分については改良効果が小さいと言える。NO.1供試体が他の2本に比べて全体的に強度の発現が良く高さ3.2mの供試体でも200kN/m²近くの一軸圧縮強さがある。これらの中でNO.3供試体の3.0m位置の一軸圧縮強さが最小で約50kN/m²まで低下している。しかし薬液注入による浸透固化処理工法を液状化対策に適用し、その設計基準³⁾と照らし合わせてみると、 $R_{20.5\%}=0.3 \sim 0.6$ に対応する50~100kN/m²の値が設計基準強度として採用されているため、十分に対策効果が得られると考えることができる。

4. おわりに

本研究では、超微粒子懸濁型地盤改良材の浸透性と改良強度、薬液注入量、効果等について検討を行った。圧入高さが増すほど相対的な強度は低くなるものの、3.0mくらいまでであれば、液状化対策効果が期待できることがわかった。既発表研究⁴⁾によると多少の扁平はするものの球状の固結体を形成するとされており、本研究結果から、直径6.0mで体積113.04m³の改良体が形成されることとなる。仮に施

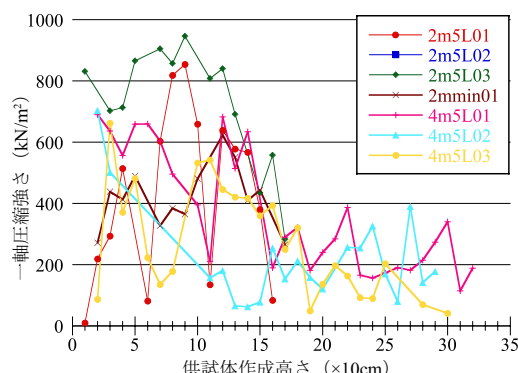


図-2 供試体作成高さで一軸圧縮強さの関係

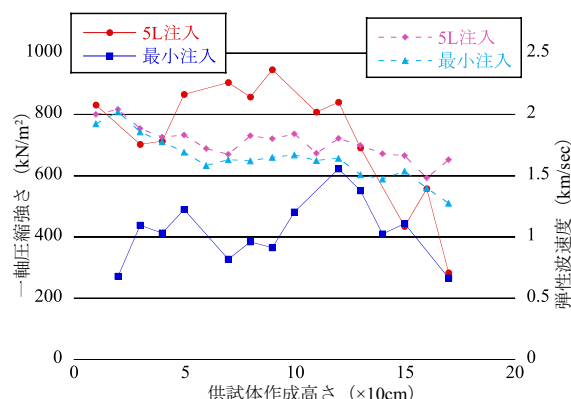


図-3 注入量で一軸圧縮強さと弾性波速度の関係

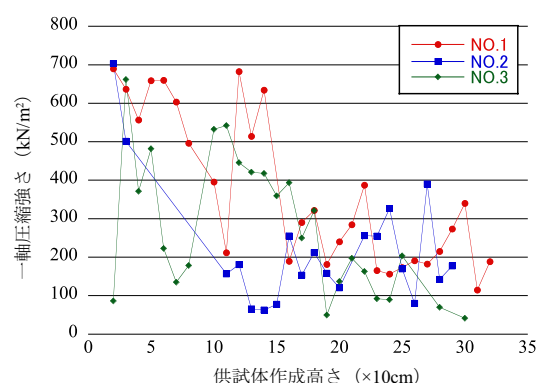


図-4 4m 供試体の一軸圧縮強さと弾性波速度の関係

工上のオーバーラップ部を1m確保した場合でも縦横、深さ方向に5m置き施工が可能になり、施工手間の省力化および経済性の向上が期待できる。今後の課題として、薬液の強度(サンドゲル強度)、注入量及び使用地盤材の粒径等の違いによる影響を検討する必要がある。またさらに高さのある供試体についても検証する必要がある。

参考文献

- 1) 小池裕之ほか：超微粒子懸濁型地盤改良材の注入試験，土木学会第59回年次学術講演会，pp.1085-1086，2004.9.
- 2) 山田岳峰：地盤改良-液状化対策としての固化系地盤改良工法-，土と基礎，Vol.51，No.2，pp.27-29，2003.
- 3) 財団法人沿岸技術研究センター：浸透固化処理工法技術マニュアル，pp50，2009.6.
- 4) 櫻井康一ほか：懸濁型地盤注入材の砂地盤への浸透の可能性，平成25年度土木学会東北支部技術研究発表会講演概要集，2014.3.