スラグ微粉末を主体としたセメント系注入材の開発
― 地盤への浸透性能 ―

東亜建設工業株式会社　正会員　大野康年
富士化学株式会社　正会員　西野英哉　小野寺浩

1. はじめに

薬液注入工法に使用するセメント系注入材は，水ガラス系特殊シリカ薬液では適用が困難な粗砂～礫を多く含む地盤に適しているが，注入材のブリージング（材料分離），地盤への浸透性等に課題を有している．著者らは，前報[1)]にて示したように注入材の粒子径が小さく，ブリージングが少ないという特長を有する注入材の開発に取り組んでいる．本文では，本注入材[1)]の地盤への浸透性能を確認する基礎実験としての円筒モールドを用いた浸透実験結果および大型土槽を用いた注入実験結果について報告する．

2. 注入材の浸透実験

(1) 実験方法

実験は，内径 5cm，長さ 200cm の円筒アクリルモールド内に砂試料を所定の密度(e=0.838)となるよう締め固め，脱気水にて飽和させた後，注入材(120kg 配合)[1)]をモールド下部より注入した．注入後 28 日間養生した後，試料をモールドから取り出し，試料表面にフェノールフタレン 1%溶液を塗布して呈色反応を観察するとともに改良試料を注入位置より 13cm 毎に切断し，各試料について一軸圧縮試験を実施した．実験に使用した砂試料は，珪砂 5 号である．実験に使用した砂試料の粒径加積曲線を**図-1** に示し，物理特性を**表-1** に示す．注入材の注入圧力は，事前に脱気水を用いた浸透試験を，注入圧力を変えて実施し，注入圧力と流出流量が比例関係になる注入圧力として設定した．

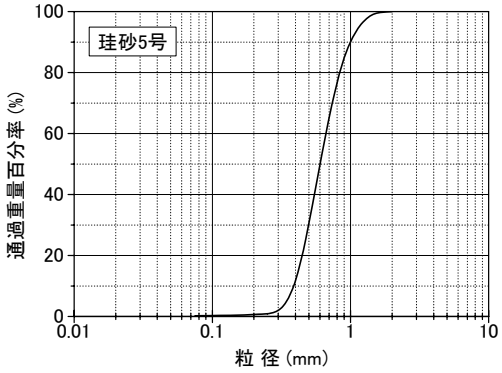

図-1　粒径加積曲線(5 号珪砂)

表-1　物理特性(5 号珪砂)

土粒子密度 g/cm^3	2.64
最大間隙比	1.074
最小間隙比	0.680
平均粒径　mm	0.60
均等係数	1.33

(2) 実験結果

写真-1 にフェノールフタレン溶液塗布後の試料写真を示す．写真では試料の左側が注入材の注入位置となる．試料は，全体に呈色反応を示している．

写真-1　改良試料全景

図-2 に試料の一軸圧縮強さ q_u の分布を示す．注入位置から約 180cm の試料までほぼ強度が一定で q_{uL}=550kPa 程度である．これは，既往のセメント系注入材でよく見られる注入中の材料分離等により，試料内に材料が滞留し，浸透距離に比例して強度が低下するという現象とは異なり，本材料が試料の約 180cm まで材料分離を起こさず，十分浸透し，所定の改良強度を発現していることを示している．

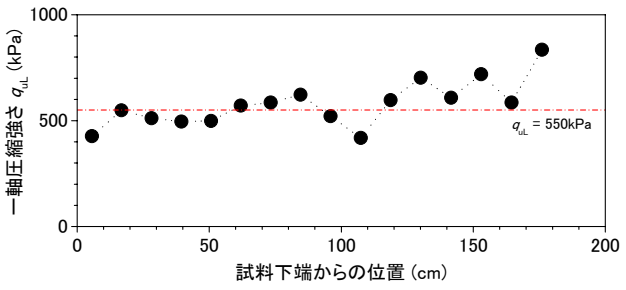

図-2　改良試料の一軸圧縮強さ

キーワード　セメント系注入材，液状化対策，薬液注入工法
連絡先　〒163-1031　東京都新宿区西新宿 3-7-1　新宿ﾊﾟｰｸﾀﾜｰ 31F　東亜建設工業(株)　TEL 03-6757-3861

３．大型土槽実験

(1) 実験方法

実験に使用した大型土槽は，内径 3.5m，高さ 3.0m の円筒形土槽である．**図-3** に土槽断面図を示し，**写真-2** に土槽の全景を示す．土槽地盤は，厚さ 50cm を一層として 6 層に分けて 5 号珪砂を投入敷均した後，土槽下部に設置した水管から水を注入し，全体をゆっくり飽和させた．作製した地盤の密度は，投入した珪砂の重量と体積から算定すると，相対密度 *Dr*=50%程度である．

実験は，GL-1.5m 深度に注入口を設置し，注入口上部に瞬結材によるパッカー[2)]を形成した後，本注入材を注入した．使用した注入材は，浸透試験と同様に 120kg 配合の材料である．注入量は，1,000 リットルとし，改良体を球体とした場合，直径約 1.8m 相当の球体が形成される．注入速度は，事前に現場注水試験を実施し，浸透形態の注入が可能な速度として毎分 3 リットルとした．注入後，改良体を 7 日間養生した後，発掘して改良体の出来形を確認するとともに改良体の不攪乱試料を採取し，一軸圧縮試験を実施した．

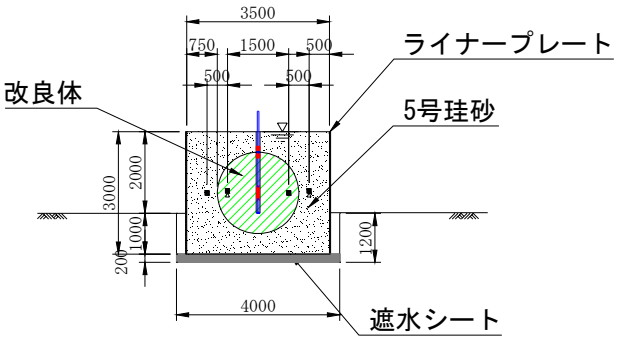

図-3 大型土槽断面図

写真-2 大型土槽全景

改良体の発掘全景を**写真-3** に示し，断面写真を**写真-4** に示す．

改良体は、材令 7 日にて発掘したため，改良球体外周部の弱部が 10cm 程度欠落している．発掘された改良体の直径は 1.6m であり，球体と仮定すると改良体体積 V_f は，V_f=2.14m^3 である．一方，土槽地盤の密度より間隙率 n(=47%)と注入量よりを設計上の改良体体積 V_d を算定すると，V_d=2.12m^3 となり，現地形成された改良体とほぼ同体積となっている．

写真-3 改良体発掘全景

改良体断面には注入口を中心として直径約 1m の範囲に濃緑色の部分が観察さる．これは，改良体中心に注入材粒子が滞留したことによるものだと考えられる．ブロックサンプリングにより改良体中心部の一軸圧縮試験を実施した結果，q_{uf} = 9,000～11,000kPa と，浸透実験にて得られた一軸圧縮強さ q_{uL} より 10～20 倍の強さとなっている．

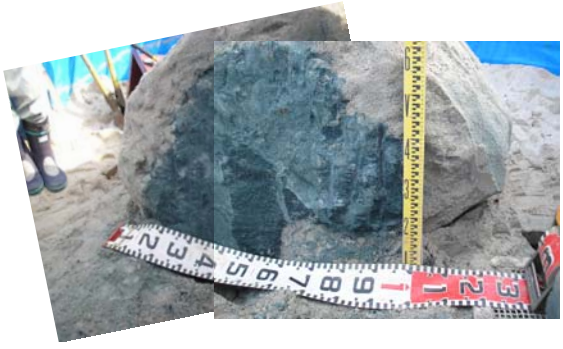

写真-4 改良体断面

４．まとめ

新たに開発したセメント系注入材の浸透性能を確認するため 5 号珪砂を用いた浸透実験および大型土槽注入実験を実施した．実験の結果，室内の浸透実験では，2m の浸透長が確認された．また，大型土槽注入実験では，注入量に相当する改良体の出来型が得られた．今後は，改良体の詳細な変形・力学特性について検討を行う予定である．

参考文献 1) 西野英哉，小野寺浩，大野康年：スラグ微粉末を主体としたセメント系注入材の開発 ―注入材の基本特性―，土木学会第 65 回年次学術講演会（投稿中），2010. 2)大野康年：恒久型薬液を用いた注入固化工法の開発と適用例，土木学会土木建設技術発表会 2009,III-4,pp.181-186