

超微粒子懸濁型地盤改良材の室内浸透試験と強度分布

三井化学産資(株) 正会員 小池 裕之
 正会員 平井 貴雄
 ケミカルグラウト(株) フェロー会員 三原 孝彦
 八戸工業大学 フェロー会員 熊谷 浩二

1. はじめに

兵庫県南部地震、新潟県中越地震等の被害により、構造物の耐震性の向上は重要な課題の一つとなっている。特に大規模地震に対し緊急輸送道路の機能の確保は重要であり、橋梁の耐震補強対策が急がれている。また、化学工場等のタンク基礎の補強も安全確保の上で喫緊の課題である。

一般に、本体の撤去が不可能である既設構造物の補強は非常に困難であるが、注入工法によって既設構造物の直下を改良するための工法開発が進められている¹⁾。

この目的に適した注入材料には、高い圧縮強度かつ優れた浸透性、耐久性が求められる。これらの要求性能をすべて満足するのは、非常に困難である。浸透性、耐久性に優れた溶液型の活性シリカ等による施工例が報告されているが²⁾、強度が低いため液状化対策としての効果はあるものの基礎の耐震補強への適用は難しい。また、超微粒子セメント系では、現場施工実験に関する報告の中で、注入管からの浸透距離が長くなるに従い強度の低下傾向が報告されている³⁾。

筆者らは1996年以来、超微粒子懸濁型注入材の検討を行ってきた。本注入材は、高炉スラグ微粉末(比表面積 $10000\text{ cm}^2/\text{g}$)を主成分とし、分散剤により懸濁粒子を分散安定化し、低粘度化($5\text{ mPa}\cdot\text{s}$)している。この結果、浸透性が向上し、浸透範囲全体にほぼ均一に強度を発現する特徴があることを報告した⁴⁾。

本報告では、実際に現場試験を行うに先立って、現場採取砂を用いて本注入材の浸透性と発現強度の関係について室内試験を行った結果である。

表 - 1. 試料砂の性状

土粒子の密度(g/cm^3)	2.679
最大乾燥密度(g/cm^3)	1.704
最小乾燥密度(g/cm^3)	1.392
細粒分含有率(%)	3.6
D_{15} (mm)	0.15

2. 試料及び実験方法

2-1. 試験試料

試験に用いた注入材は、高炉スラグ微粉末(平均粒径 $4\ \mu\text{m}$ 、85%粒径 $G_{85} = 7\ \mu\text{m}$)を主成分とする懸濁型である。試料砂である現場採取砂の性状を表 - 1に、粒度分布を図 - 1に示す。試料砂に対するグラウタピリティ比($GR = D_{15}/G_{85}$)は21である。

2-2. 実験方法

供試体は、内径 54.8 mm 、長さ 2000 mm のポリカーボネート製長尺モールドに、現場採取砂を相対密度60%(乾燥密度 $1.579\text{ g}/\text{cm}^3$)となるように均一に締め固め作成した。また、均等に注入するため、供試体の両端部にフィルター材(珪砂3号)を 40 mm ずつ設けたため、供試体長は 1920 mm となった。これに炭酸ガスを通した後、脱気水を下から上へと通水し飽和させた。注入も同様に下から上へと行った。

注入試験は、 1 m^3 当り 295 kg を配合した懸濁液($W/P = 307\%$ 、分散剤; $P \times 1.7\%$ 、目標一軸圧縮強度 $3\text{ MN}/\text{m}^2$)を定量ポンプにより一定速度 $45\text{ ml}/\text{min}$ で注入した。注入の終了は、上部からの排出液の pH が注入液の pH と同程度になった時点とした。硬化した後、両端部を予め2~

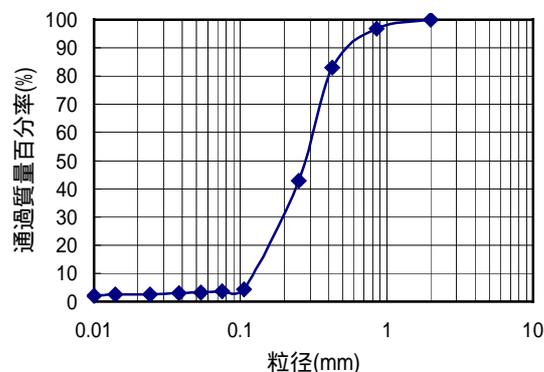


図 - 1. 現場採取砂の粒度分布

キーワード 超微粒子、懸濁型、耐久性、浸透性、一軸圧縮強度

連絡先 〒346-0028 埼玉県久喜市河原井町9番地 三井化学産資(株) TEL0480-28-2071

5 cm取り除いた供試体より、下から順に約13 ~ 15 cmずつ硬化体を切り出して上下端面を平滑にし一軸圧縮試験用固結体とした。養生は20恒温室で行い、一軸圧縮試験は材齢14日(供試体A)及び28日(供試体B)で実施した。

3. 実験結果

注入の結果を表-2に示す。供試体A、Bともに注入量に対するモールド上部からの飽和水及び懸濁液の総排出量は、95%以上であった。

経過時間と浸透距離の関係を図-2に示す。浸透距離は目視で確認できた懸濁液の到達位置を示す。経過時間に比例して浸透距離が増大した。図-3には、浸透距離と注入圧力、総排出量の関係を示した。注入圧力は、初期0.05 MPaで浸透距離が60 cmを超えると距離にほぼ比例して増加し、200 cm浸透時には0.16 MPaに達した。総排出量は浸透距離と比例関係を示した。

供試体A及びBより切り出した固結体の一軸圧縮強度と浸透距離との関係を図-4に示す。養生14日(A)と28日(B)とも目標 3 MN/m^2 を超え、ほぼ等しい強度を示した。浸透距離との関係では80 cm以上の方が相対的に高い強度を示した。また、切り出した固結体の単位体積質量と浸透距離との関係を図-5に示す。一軸圧縮強度と同様の傾向を示した。

4. 考察及び課題

本懸濁型注入材は、細粒分を3.6%含む試料砂に対し一軸圧縮強度が十分に発現したことより、注入材が供試体全体に十分浸透し水和反応を起こしたと考えられる。

浸透距離80 cm以降における相対的な高強度は、懸濁粒子の濃縮によるものと考えられるが、懸濁粒子の基本的な性質か、実験上の問題かは、今後の課題として実地盤での挙動を確認していく。

【参考文献】

- 1) 山崎、向井、山田、三原、横尾: 曲がりポーリングを用いた薬液注入による液状化対策の実証試験、土木学会論文集、No.756 / -62, pp89-99, 2004
- 2) 山崎、善、河村: 溶液型薬液注入工法の液状化対策への適用、港湾空港技術研究所報告、第41巻、第2号、pp.119-151, 2002
- 3) 松尾、島津、佐野、市川、淵上: 超微粒子セメント懸濁液を用いた注入工法による砂地盤での現場施工実験、土木研究所資料、第3529号、1997
- 4) 小池、平井、熊谷、黒木: 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、2004

表-2. 注入結果

		供試体A	供試体B	
条件	養生日数(日)	14	28	
	注入速度(ml/分)	45	45	
結果	飽和水量(ml)	2287	2084	
	注入材注入量(ml)	3050	3061	
	排出量	総量(ml)	3000	2900
		懸濁液(ml)	(230)	(550)
注入時間(分)	67.7	67.3		

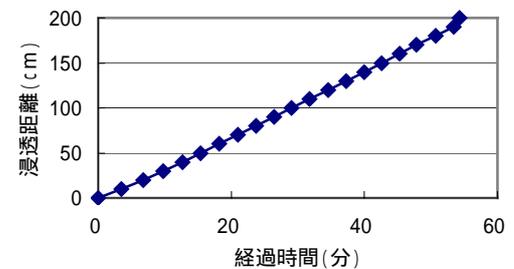


図-2. 経過時間と浸透距離

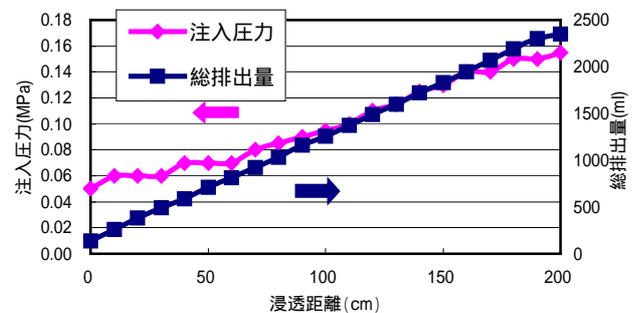


図-3. 浸透距離と注入圧力、総排出量

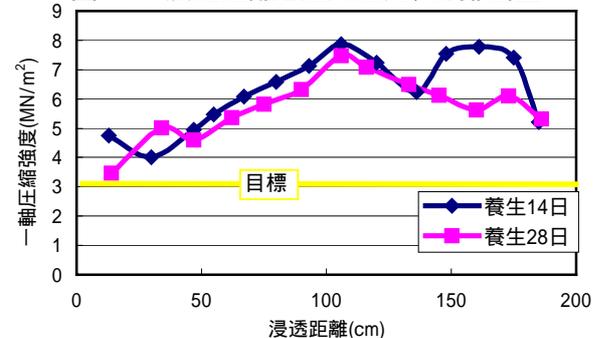


図-4. 浸透距離と一軸圧縮強度

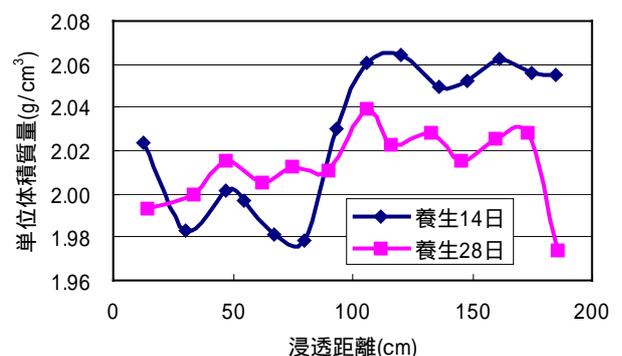


図-5. 浸透距離と単位体積質量