

(Ⅲ - 63) 細砂層への超微粒子懸濁型薬液注入材の適用室内試験について

清水建設㈱	正会員	高原	由紀子
清水建設㈱	正会員	草刈	太一
清水建設㈱	正会員	池田	謙太郎
旭電化工業㈱		三輪	求
旭電化工業㈱		名越	崇

1. はじめに

現場での薬液注入工法の選定をするにあたって、室内で薬液注入試験を行うが、従来の試験では現地土砂を採取して、土砂の密度、透水係数等の物性を攪乱試料にて再現して試験を行っていた。しかし完全には現地土砂の物性は再現されず、最終的には現場注入試験にて確認していた。そのため注入方法、注入材料等の決定に時間がかかり、注入工法も従来の実績重視となり適切な注入工法の選定とはいいがたかった。

そこで本試験は、現地土砂の再現性を重視して乱さない試料を採取し、室内で注入試験を行ったものである。また、一般の懸濁型注入材と比べると浸透しやすいといわれている超微粒子懸濁型注入材（ハイブリッドシリカ）を使用して、透水係数の低い砂層への注入状況を確認し、注入後の強度を通常のシリカゾル系注入材の場合と比較した。

2. 試験概要

試料採取方法……不攪乱試料を採取するために、トリプルチューブサンプラーを使用する。これは回転式サンドサンプラーで、N値 30～50 程度の良く締まった地盤に適していて、緩い地盤にも適用可能である。また、三重管構造になっているため、採取した試料が乱れにくい特徴がある。図-1 に構造図を示す。

注入条件……試料、注入材料、注入圧等については表-1 に示す。試料は、深さ 13.0～40.0m 程度の現場から採取したものである。注入材料については、超微粒子懸濁型材料とシリカゾル系薬液 A、B を使用する。

試験手順……従来行ってきた注入試験方法と不攪乱試料を用いた注入試験方法の 2 つの方法で行う。【従来の注入試験】所定の密度になるよう試料を透明塩ビ管へ充填して試験装置にセットした後、水で飽和し、透水係数を測定する。そして薬液の注入を開始し、パイプ上部まで浸透が確認された時点で終了とする。注入後、3 週間程度養生して圧縮試験を行う。【不攪乱注入試験】現地の不攪乱試料を透明なアクリル管等で採取した後、試験装置にセットし、以下同様に注入試験を行う。注入後、3 週間程度養生して圧縮試験を行う。図-2 に試験装置の概念図を示す。

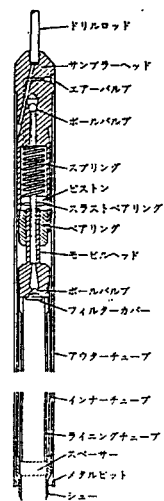


図-1 トリプルチューブサンプラーの構造図

表-1 注入条件一覧表					
番号	試験法	試料	透水係数 (cm/sec)	注入材料	注入圧 (kgf/cm ²)
①	従来の	豊浦標準砂	2.2×10^{-2}	懸濁型	2.0
②	注入試験	東京砂層	1.6×10^{-3}	懸濁型	2.0
③	不攪乱	東京砂層	7.3×10^{-3}	懸濁型	1.0
④	注入試験	東京砂層	3.7×10^{-3}	シリカゾル系 A	1.0
⑤		江戸川砂層	6.7×10^{-4}	シリカゾル系 B	2.0

表-2 超微粒子懸濁型材料の配合表

超微粒子懸濁型材料 (400 l)					
A 液	特殊水ガラス	100 l	B 液	CAS *	80 kg
	水	100 l		ゲルタイム調整剤	6 kg
CAS*: カシウムアルミシリケートを主成分とする超微粒子難溶性カシウム化合物				水	残り

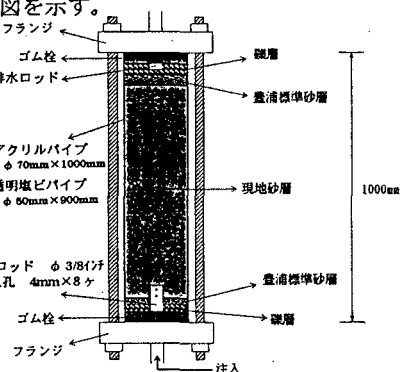


図-2 注入試験装置概念図

3. 試験結果

(1) 注入試験状況

従来の注入試験を行った①と②については、攪乱した砂であるため注入材の浸透速度も速く、注入状態は良好であった。そして注入管付近においては、注入圧が高いため割裂注入が見られるが、ほぼ試験体全体に懸濁型注入材が浸透している。一方、不攪乱試料を用いた場合の注入試験では、限界注入速度の試験結果を用いり、現地砂に適した注入圧力を 1kgf/cm^2 として浸透注入をはかった。③については、②に比べると注入圧が低く試料も均一でないため注入管付近に若干割裂が見られ、注入管から 45cm 位までについては注入状況は良好であった。④、⑤については、どちらも注入材は溶液であるが、透水係数の低い⑤については、注入圧力 1kgf/cm^2 では注入に時間がかかり困難であったため、 2kgf/cm^2 に上げて注入を行った。また④と⑤の注入材の違いについては、④の方が酸性が強いものである。

(2) 注入後の物性について

養生後の各試験体を切断し、それぞれの箇所において圧縮試験を行った。測定結果を図-3 に示す。従来の注入試験と不攪乱注入試験を比較してみると、やはり不均一な不攪乱試料の方が注入材が浸透しにくく、強度も小さい。また全体的に、注入口付近の強度に比べると注入口から離れるに従って、強度が小さくなることが分かる。特に懸濁型においては顕著であるが、溶液の場合より強度が大きいことも確認できた。

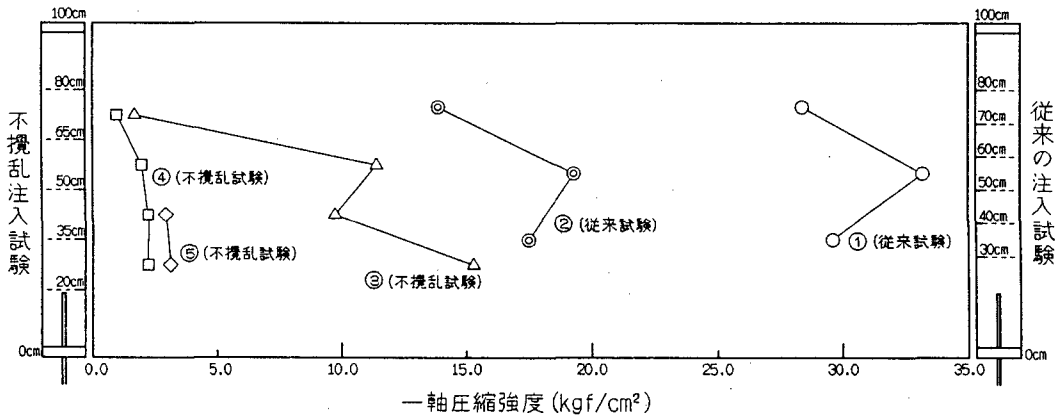


図-3 一軸圧縮試験結果 (試験体の番号は表-1 と同一)

(3) 超微粒子懸濁型注入材の試験結果について

グラウタビリティー比 $GR = D_{15}/G_{85} > 24$ (G_{85} : 注入材の 85% 粒径、 D_{15} : 地盤土の 15% 粒径)²⁾ から懸濁型注入材の浸透注入は可能と判断されていたが、今回の試験により東京砂層への浸透注入は、浸透範囲の制限はあるものの可能であると確認できた。

4. まとめ

今回の試験では試験数が少ないが、東京砂層程度の透水係数ならば、今回使用した超微粒子懸濁型材料で浸透注入が可能であることがわかった。

なお、今回の不攪乱試料への注入試験は、より現場に近いと考えられ、側圧を考慮できる試験装置、注入圧の設定、注入材の硬化速度、注入終了時点の判定等の課題が多くあるが、今後も検討を進めていきたい。また、この報文が高強度、高耐久性の注入材の適用範囲の拡大の一助になれば幸いである。

参考文献

- 1) 森、他：薬液の二段階注入による限界注入速度 q_{cr} の算定方法について 土木学会第 49 回年次学術講演会概要集(H6.9)
- 2) 土質工学会：薬液注入工法の調査・設計から施工まで p3
- 3) 島田、佐藤、多久：最先端技術の薬液注入工法