

厳しい養生条件下での薬液改良土の長期耐久性に関する検討

鹿島建設(株) 正会員○斉藤潤 正会員 李済宇 正会員 山田岳峰
ケミカルグラウト(株) 正会員 渡邊陽介 正会員 高橋正光

1. 背景

薬液性能ならびに注入技術の向上¹⁾により、公益性の高い既設構造物の液状化対策として薬液注入工法が採用される事例^{例えは2)}が増加している。薬液改良土の長期耐久性に関する既往研究^{3)~5)}では、養生水を交換しない静水養生条件下での室内試験により、改良土の長期耐久性が確認されている。しかしながら薬液は一般に弱水溶性を有しており、劣化促進の観点から地下水の入れ替わりを考慮した養生条件で耐久性を確認することも重要である。そこで本稿では、代表的な2種の薬液を用い従来の養生条件と劣化促進上安全側となる厳しい養生条件で室内試験を実施し、薬液改良土の耐久性について考察する。

2. 試験内容

(1) 薬液改良土供試体条件

薬液は、特殊中性・酸性薬液エコリオン(以降、薬液 A)および耐久性グラウト(以降、薬液 B)の2種を用いた。シリカ濃度はともに約 6.0%である。供試体は、「薬液注入による安定処理土の供試体作製方法(JGS0831-2000)」に準拠し、薬液を満たしたモールド(ϕ 50mm、h100mm)に、珪砂 8 号(均等係数 $U_c=7.6$ 、 $D_{50}=0.11$ mm)を相対密度が 60%となるように落下投入して、作製した。

(2) 試験方法

試験条件を表-1 に、試験方法を以下に示す

a) 単純浸漬養生試験

薬液 A を用いた薬液改良土供試体を、既往研究^{4),5)}を参考に、供試体体積の 10 倍量の純水に浸漬させ、養生水を交換しない状態で養生し、所定浸漬日数において一軸圧縮試験を実施した。なお、事前に実施した予備試験より、供試体体積の 10 倍量の純水に薬液改良土供試体を浸漬した場合、およそ一週間でシリカの溶脱が収まることを確認しており、養生水の入替わりがない単純浸漬養生試験では、供試体からのシリカ溶脱量が抑制される可能性がある。

b) 交換浸漬養生試験

本研究では、純水よりもイオン濃度・組成が現実の地下水に近い水道水および人工海水を、養生水として採用した。交換浸漬養生試験は、薬液 A ならびに薬液 B の薬液改良土を対象に、各供試体をそれぞれの養生水に一週間に一回、養生水を交換しながら浸漬し、所定浸漬日数において一軸圧縮試験を実施した。本試験は、未改良域に隣接する改良土の耐久性試験をイメージしたもので、養生水を入れ替えることでシリカの溶脱を促進しており、単純浸漬養生試験に比べ厳しい養生条件下での試験である。

3. 試験結果

単純浸漬養生試験、交換浸漬養生試験の結果を、それぞれ図-1、図-2 に示す。図-1 により、単純浸漬条件では、薬液 A 改良土は養生初期に一軸圧縮強度 q_u が増加し、浸漬 91 日以降、 $q_u=330\text{kN/m}^2$ 程度で安定していることが分かる。一方、図-2 によると、交換浸漬条件では改良土の強度増加が緩やかになる。薬液 A 改良土の場合、浸漬日数 58 日～91 日で $q_u=260\sim300\text{kN/m}^2$ に達した後、浸漬 180 日で $q_u=200\text{kN/m}^2$ 程度を示す。また、養生水が水道水の場合に比べ、人工海水の場合の方が総じて強度は小さくなる。ただし、薬液 A 改良土は、全ての浸漬日数で、薬液 B 改良土より、高い強度を維持していることが分かる。

キーワード 薬液、液状化、長期耐久性、一軸圧縮強度

連絡先 〒182-0036 東京都調布市飛田給 2-19-1 鹿島技術研究所、TEL042-489-7003

所定日数浸漬後の供試体の写真を、表-2 に整理する。薬液 A 改良土の場合、交換浸漬の強度が単純浸漬より低下するが、単純浸漬・交換浸漬ともに外観の供試体表面は滑らかでほとんど変化がない。薬液 B 改良土の場合も同様で、供試体表面は滑らかである。

そこで、供試体表面ならびに内部の劣化状況を確認するため、針貫入試験を供試体の高さ方向中央位置断面で実施した。薬液 A 改良土の試験結果、図-3 を例に以下考察する。図-3 によると、交換浸漬 180 日の貫入抵抗は、供試体表面から約 4mm の位置では単純浸漬 540 日の貫入抵抗を下回るが、表面より 11mm～供試体中心の範囲では、同単純浸漬の結果とほぼ同様に高いレベルを示すことが分かる。以上から、厳しい養生条件を課した交換浸漬では、単純浸漬に比べ強度が低下するが、強度低下の原因は供試体表面の劣化であるものと推定される。その劣化範囲は、今回の試験条件では、最大 10mm 程度と極めて表面的な範囲に留まっていることが確認された。

4. まとめ

厳しい養生条件となる、地下水の入れ替わりを模擬した今回の交換浸漬養生試験結果より、薬液改良土の強度は浸漬日数が経過すると低下する傾向を示すが、その原因は供試体の極めて表面的な劣化と推察されること、ならびに特殊中性・酸性薬液エコリオン改良土は耐久性グラウト改良土に比べ同等以上の耐久性を有していることが確認された。今後、実際の薬液改良地盤について同様の試験を実施し、現場薬液改良土の長期耐久性について検討する予定である。

表-1 試験条件

	薬液	最大養生日数(日)	養生溶液 (pH、電気伝導度EC)	1供試体(200cm ³) あたりの養生溶液量(l)	溶液交換頻度(回/週)
単純浸漬養生	・薬液A	540	・純水(純水製造装置、ヤマト科学) (pH: 7.51、EC: 4.1×10^{-4} S/m)	2(10倍)	0
交換浸漬養生	・薬液A ・薬液B	180	・水道水(鹿島技研実験棟) (pH: 7.08、EC: 3.6×10^{-2} S/m) ・人工海水(アクアザルツ) (pH: 7.20、EC: 4.8 S/m)	2(10倍)	1

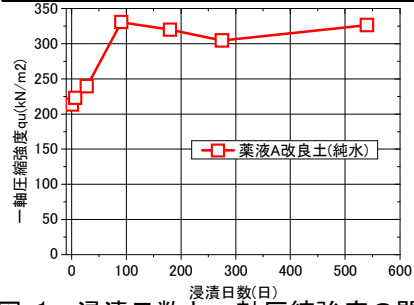


図-1 浸漬日数と一軸圧縮強度の関係
(単純浸漬養生試験)

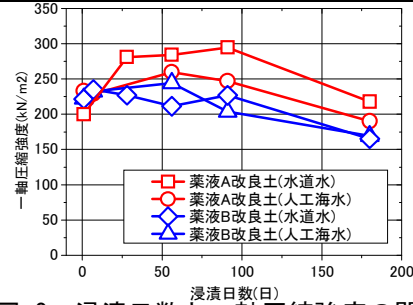


図-2 浸漬日数と一軸圧縮強度の関係
(交換浸漬養生試験)

表-2 薬液改良土供試体状況

薬液 A 改良土	薬液 A 改良土	薬液 B 改良土
単純浸漬 (540 日)	交換浸漬 (180 日)	交換浸漬 (180 日)

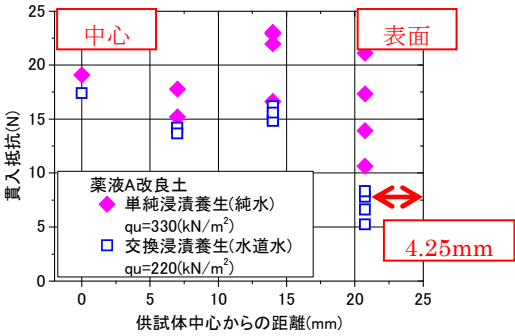


図-3 針貫入試験結果

参考文献

1)山崎ら(2004)：曲がりボ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、IV-62、p.89-99 2) 深澤ら(2010)：曲線ボーリングを採用した供用トンネル直下における液状化対策工事、土木学会第 65 回年次学術講演会(投稿中) 3) 鈴木ら(2004)：薬液注入による液状化対策を目的とした固結砂の長期耐久性について、土木学会第 59 回年次学術講演会、p.1035-1036 4) 米倉ら(2007)：恒久グラウト・本設注入工法-薬液注入の耐久性と耐震補強の設計施工-、理工図書 5) 沿岸技術研究センター(2008)：浸透固化処理工法技術マニュアル(改訂版)