

セメント安定処理土の経時的強度増加と骨格構造の変化

国土交通省 関東地方整備局 正 池上正春、佐藤英樹、正 一場武洋
 沿岸開発技術研究センター 小沢大造、正 志村浩美
 日建設計中瀬土質研究所 正 寺師昌明、正 大石幹太

1. はじめに

セメント安定処理土（改良土）の長期特性に関しては、2つの異なる観点からの調査・研究がある。一つは長期に渡る経時的な強度増加であり、もう一つは強度低下を伴う劣化の進行である。筆者らは、これらの観点に基づき横浜港大黒埠頭岸壁基礎の改良地盤調査を実施し、施工後20年の間に改良地盤内部では強度が増加している一方で、外周部では強度低下が生じている事を既に報告した^{1) 2)}。この様な強度の経年変化については、他にも調査・研究事例はあるものの^{3)~7)}、そのメカニズムに関する研究はこれまでほとんど行われていない。そこで本調査では、改良土の強度が経時的に増加するメカニズムについて、特に改良土の骨格構造の経時変化に着目した検討を行った。

2. 試験方法

本調査では改良土の経時的な物性変化を調べるため、大黒埠頭岸壁基礎の改良地盤を模擬した改良土を室内で作製し（以下、室内配合改良土）一連の試験を行った。室内配合改良土は当該現場より採取した原地盤未改良土（液性限界86.9%、塑性限界31.6%）を用いて、改良地盤上層（標高-13~-24m）の改良土を再現するよう作製した。配合条件は、原地盤条件や改良土のCa含有量といった既存調査結果から実際のセメント配合量を推定し、未改良土の初期含水比87.5%、セメント量181kg/m³、水セメント比60%と定めた。供試体は直径50mm、高さ100mmのプラスチック製モールドで作製し、密封の上恒温・恒湿条件で養生、7, 28, 56, 84日の養生期間後に一軸圧縮試験、透水試験及び細孔径分布測定試験を実施した。なお、細孔径分布測定には水銀圧入型ポロシメーターを使用し、試料前処理は間隙水をアセトンで置換した後に常温真空乾燥する事で行った。

3. 試験結果

図1に一軸圧縮強度の経時変化を示す。室内配合改良土は養生84日まで経時的に強度が増加しており、その強度増加傾

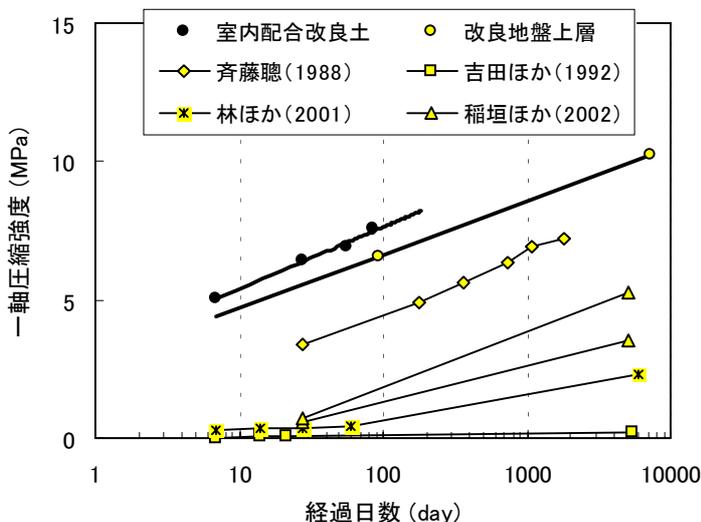


図1 改良強度の経時変化

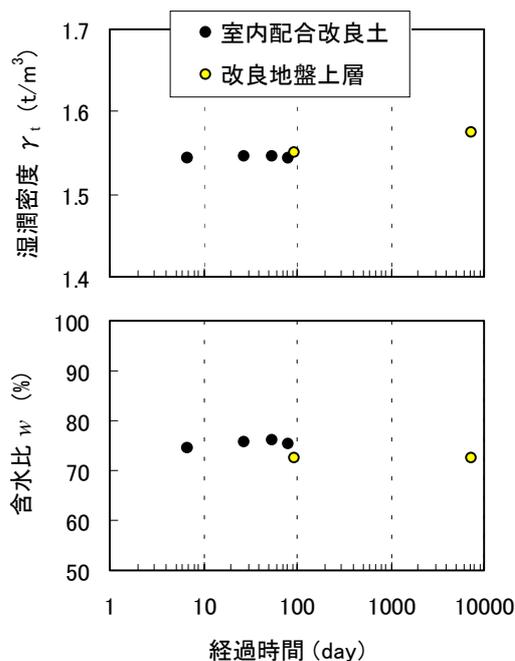


図2 改良土の物理的特性の経時変化

深層混合処理、長期強度、経年変化、細孔径分布

連絡先：221-0053 横浜市神奈川区橋本町 2-1-4 横浜港湾空港技術調査事務所、Tel 045-441-0742、Fax 045-441-0740

向は対数時間に対しほぼ直線的な比例関係を示している。また、その傾きは当該現場の改良地盤上層の93日から20年の間の強度増加とほぼ同じ傾きを示しており、実改良地盤においても打設後から20年程度の間は図中の実線のように対数時間に対して比例的に強度が増加していたと推測することができる。同図には他の同様な調査・研究事例も併記しているが、これらの事例も改良土の長期的な強度増加を示しており、長期的な強度増加傾向は改良土の一般的な特性であると考えられる。しかしながら一方では、図2に示すように改良土の湿潤密度や含水比といった物理特性には長期に渡って変化がなく、通常の土質試験では強度増加に繋がる要因を見いだすことは困難である。

図3は室内配合改良土の透水試験結果である。同図には寺師らによる既往の研究結果も併記した。室内配合改良土の透水係数は養生日数の増加、すなわち強度の経時的増加に伴い低下している。また、既往の研究結果と併せて考えると、透水係数は一軸圧縮強度とほぼ一義的な関係にあると考えられる。このことから強度増加の過程では、湿潤密度や含水比に有意な変化が無くとも、改良土には透水性が低下するような骨格構造変化が生じていると推測される。

改良土の骨格構造(間隙構造)の変化の測定には、水銀圧入法による細孔径分布測定試験を用いた。図4に細孔径分布の経時変化を示す。図中の未改良土とは30kPaで予圧密した原地盤未改良土、材令20年とは改良地盤上層より採取したコアの試験結果である。未改良土と改良土(材令7日~20年)とを比較すると、セメント安定処理により土の骨格構造には大きな径の間隙が減少し、小さな径の間隙が増加していることが分かる。さらに、改良土の材令が長期化し強度が増加するのに伴い細孔径分布のピークは小さな径に移行し、径の小さな間隙が増加する傾向を示している。これらはセメント水和反応等による生成物が間隙を細分化していった結果と考えられる。そして、この様な改良土の骨格構造の変化が強度の経時的増加及び透水係数の低下の要因となっていると推察される。

4. まとめ

改良土の経時的強度増加に伴う透水係数の低下、間隙径が小さくなる骨格構造の変化を定性的に確認することができた。骨格構造の経時変化については、水和反応及びポゾラン反応の継続的進行に伴い、反応生成物が骨格構造を密実化していく現象だと考えることができる。

なお、本調査は東工大 太田秀樹教授を委員長とする検討委員会のご指導のもと実施されたものである。

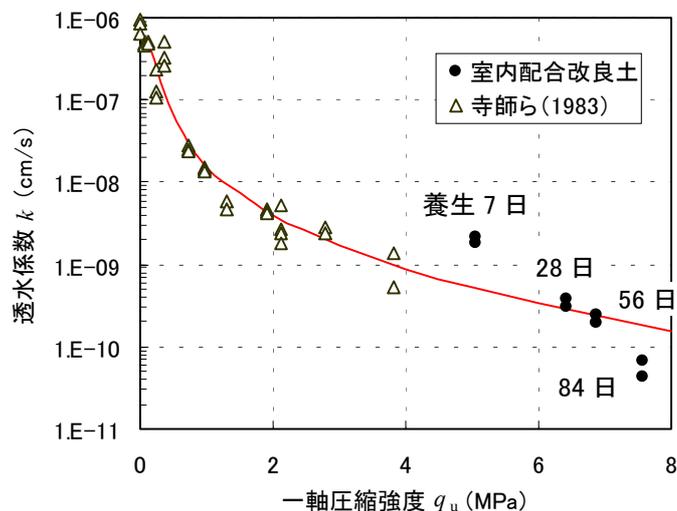


図3 一軸圧縮強度と透水係数の関係

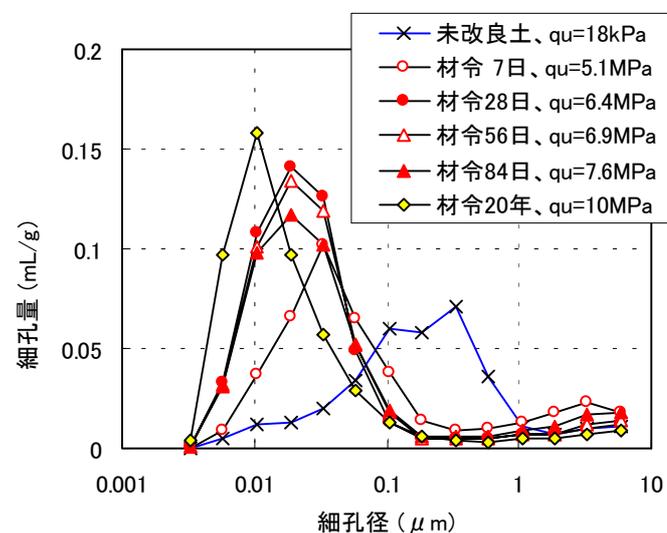


図4 強度増加に伴う細孔径分布の変化

<参考文献> 1) 池上ら(2002): 深層混合処理工法により改良され20年を経過した海底粘土の物理特性ならびに強度、土木学会第57回年次学術講演会講演概要集、-062 2) 池上ら(2002): 深層混合処理工法により改良され20年を経過した海底粘土の健全性、土木学会第57回年次学術講演会講演概要集、-061 3) 寺師ら(1983): 石灰・セメント系安定処理土の基本特性に関する研究(第3報)、港湾技術研究所報告、第22巻、第1号 4) 斉藤聡(1988): 深層混合処理工法によるセメント改良地盤の工学的性質に関する実験的研究 5) 吉田ほか(1992): 浅層改良地盤の15年後の追跡調査、第27回土質工学研究発表会講演集、pp2323-2324 6) 林ほか(2001): 深層混合処理工法による改良柱体の長期強度、土木学会第56回年次学術講演会講演概要集、-B、pp378-379 7) 稲垣ほか(2002): 供用後10年以上経過した高速道路盛土直下における深層混合処理改良体の品質、第37回地盤工学研究発表会講演集、pp1117-1118