

## セメント安定処理土の劣化進行に関する簡便予測手法

国土交通省 正 池上正春、佐藤英樹、正 一場武洋  
 東京工業大学 正 大即信明、正 西田孝弘  
 日建設計中瀬土質研究所 正 寺師昌明、正〇大石幹太

## 1. はじめに

筆者らは、改良地盤の強度の経年変化と耐久性という観点から、施工後20年が経過した横浜港大黒埠頭岸壁基礎の改良地盤を対象とした調査を進めてきた<sup>1), 2)</sup>。その結果、改良地盤内部では強度が経時的に増加すること、外環境に接した外周部の30~50mm厚さの範囲で強度低下が生じていること、劣化は安定処理土からのCa溶出に伴う骨格構造のポーラス化が原因と考えられることなどが分かった。なお、この限られた範囲の劣化現象は、改良規模・強度が大きい当該岸壁の安定性に全く影響を与えないことが確認されている。本調査では、暴露環境下でのCa溶出に伴う安定処理土の劣化進行に関し簡便な予測手法を検討する目的で、暴露養生実験（以下、暴露実験）と暴露実験の数値解析を実施した。

## 2. 検討方法

暴露実験では、室内で作製した処理土供試体をモールドごと暴露環境下に置き、開放面である供試体上端の暴露面からの劣化深さの経時変化を測定した。表1に暴露実験の実験条件を示す。供試体（ $\phi 50\text{mm}$ 、 $H100\text{mm}$ ）は大黒埠頭の原地盤粘性土（海成粘土）と普通ポルトランドセメントを用いて、養生28日の一軸圧縮強さ $q_{u28}$ が200kPa程度、600kPa程度となる配合条件で作製した。暴露条件は海水、淡水（水道水を使用）、粘土中とし、粘土中暴露はモールド内で処理土の暴露面に未改良土（海成粘土）が接する形で行った。暴露期間は1週、4週、15週とし、劣化深さは針貫入試験から求めた。なお針貫入試験では、図1に示すように暴露面から深さ方向に針を貫入させた。暴露実験の数値解析には、安定処理土からのCa溶出とそれに伴う劣化進行の予測手法として東京工業大学大即研究室で開発された解析手法<sup>3)</sup>を用いた。この解析手法では、共存イオンの影響と電気的中性条件を考慮したNernst-Plank式をイオン移動の基本式に適用し、Ca溶出に伴うセメント水和物（ $\text{Ca}(\text{OH})_2$ とCSH）の溶解及び空隙率の増加がモデル化されている。

## 3. 検討結果

## (1) 暴露供試体の劣化深さの測定

$q_{u28}$ ：228kPa、海水暴露条件での暴露実験を例として、針貫入試験からの劣化深さの算出法を示す。図1は針貫入試験で得られた荷重-貫入量の関係である。暴露面近傍の荷重-貫入量関係の勾配（針貫入勾配）は、供試体内部に比べ明らかに小さく、暴露面近傍で処理土の強度が低下していること、劣化領域が暴露期間と共に内部に進行している事が判断できる。この様

表1 暴露実験の実験条件

28日強度 $q_{u28}$	暴露条件			暴露期間
	228kPa	海水	淡水	
637kPa				

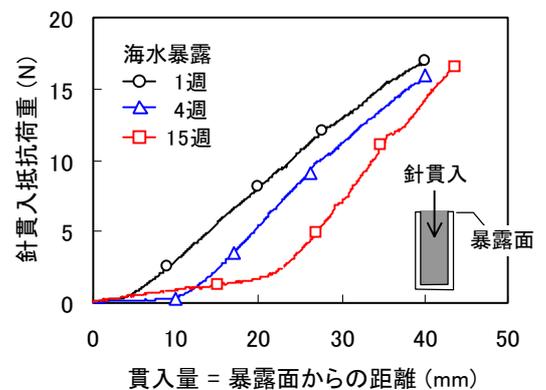
  


図1 荷重-貫入量関係

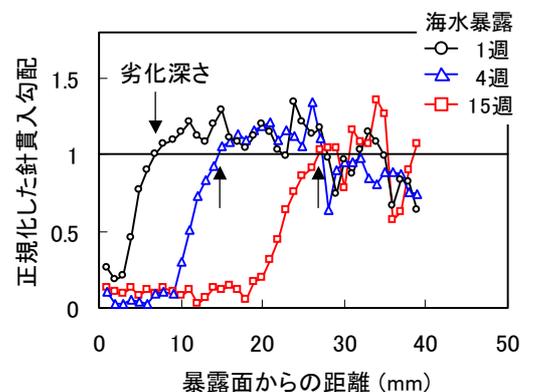


図2 針貫入勾配分布からの劣化深さの算出

安定処理土、劣化、Ca溶出、暴露実験

連絡先：212-0055 川崎市幸区南加瀬 4-11-1 日建設計中瀬土質研究所、Tel 044-599-1151、Fax 044-599-9444

に針貫入勾配から供試体内の強度分布が推定できることから、劣化深さを針貫入勾配分布から求める事とした。針貫入勾配分布は0-2、1-3mmと2mm幅での荷重-貫入量関係の傾きを順次求めたものであり、図2ではこれを供試体内部の健全部（図1より判断）での平均値で正規化している。正規化値1前後の部分は健全領域と判断できるので、暴露面近傍で正規化値<1となる領域を劣化部と定義し劣化深さを求めた。

(2) 劣化進行の特性と予測式

図3は暴露実験と数値解析で得られた海水暴露条件（ $q_{u28}$ ：228kPa及び637kPa）での時間-劣化深さの関係である。暴露実験、数値解析のいずれから、劣化進行は両対数軸上で1/2の勾配を持つ直線（図中の実線）で近似できる事が示唆されている。ここでは示していないが、同様の関係が淡水及び粘土中暴露条件でも得られている。図4は劣化進行に関する他の事例を示したものである<sup>4)</sup>。図中に示す処理土の28日強度 $q_{u28}$ は0.28~5MPaの範囲に跨るが、強度や暴露条件に関わらず劣化進行には図3と同様の関係が見られる。従って、劣化進行は式1または式2を用いて近似的に表すことが可能と考えられる。

$$\log(D) = \log(D_0) + 1/2 \times (\log(t) - \log(t_0)) \dots \text{式1}$$

$$D = D_0 \times (t/t_0)^{0.5} = A \times (t/1)^{0.5} = A \times (t^*)^{0.5} \dots \text{式2}$$

ここで、 $D_0$ ： $t_0$ での劣化深さ、 $A$ ： $t_0 = 1$ 年での劣化深さ

$t^*$ ：1年で除して無次元化した経過時間

図5には式2による劣化進行予測と暴露実験結果の比較を示す。ここでは比例定数Aを暴露4週（0.077年）での劣化深さの実測値から、 $A = D_{0.077} / (0.077/1)$ より算出した。式2の劣化予測と実験結果は、強度や暴露条件に関わらず非常に良く対応している。数値解析（図3）や他の事例（図4）でも劣化進行は長期的に式2で近似できることが示されており、暴露実験と式2による簡便な予測手法から長期的な劣化深さを予測することが可能であると考えられる。図5の表中に示す比例定数Aからは、高強度の処理土ほど劣化進行が遅くなる傾向が分かる。さらに暴露条件によっても劣化進行速度は影響され、本調査では海水>土中>淡水の関係が示されている。

4. まとめ

本調査から、劣化が近似的に時間の平方根に比例して進行しており、安定処理土の劣化進行予測に関し式2と暴露実験による簡便予測手法の適用性が示された。今後は、様々な条件（母材、安定材、強度）の安定処理土に対し、その有効性と汎用性を検証していくことが望まれる。

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。

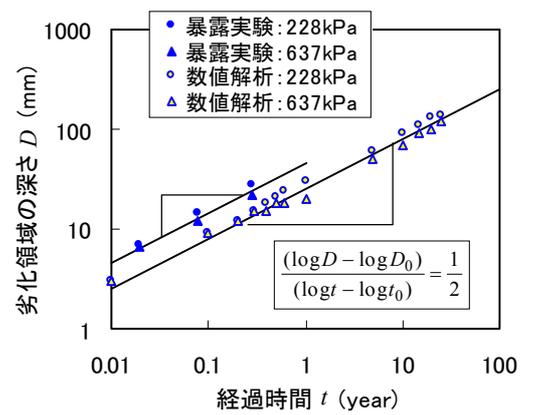


図3 実験と数値解析の比較

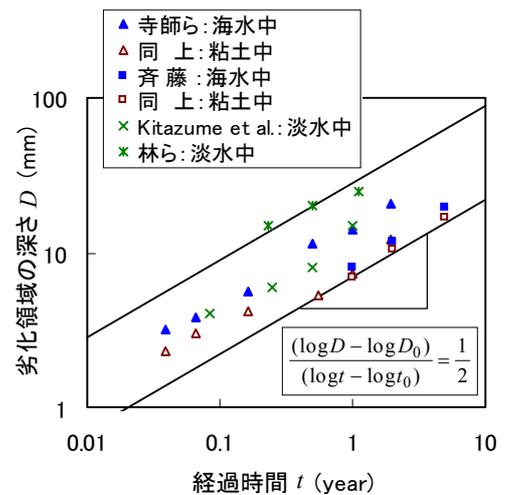


図4 劣化進行に関する他の調査事例<sup>4)</sup>

28日強度 $q_{u28}$	比例定数A		
	海水暴露	淡水暴露	土中暴露
228kPa	52.4	18.1	25.3
637kPa	43.3	14.4	19.9

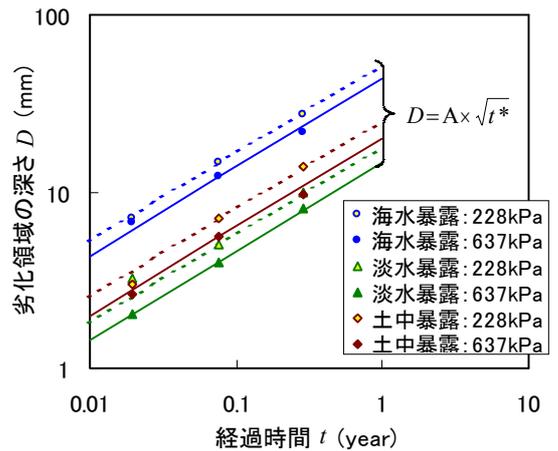


図5 暴露実験結果と劣化進行予測式

<参考文献>1) Ikegami et al. Long-term strength change of cement treated soil at Daikoku Pier, Proc. of Soft Ground Engineering in Coastal Areas, 2002 2) 池上ら：Ca溶出に伴う改良土の劣化と物性変化、土木学会第58回年次学術講演会、2003 3) 西田孝弘他、安定処理土からのCa溶出現象およびそれに伴う物性変化に関する予測、第29回セメント・コンクリート研究討論会論文報告集、pp.59-64 4) 林ら：DJM改良杭のCa溶出とそれに伴う強度低下の可能性、第39回地盤工学研究発表会、2004