

溶存空気量の異なる養生水で養生した気泡混合処理土の吸水特性

東亜建設工業(株) 正会員 ○永留 健
 港湾空港技術研究所 正会員 菊池 喜昭
 東亜建設工業(株) 正会員 佐藤 宇絃

1. はじめに

港湾工事では、軽量混合処理土の一つである気泡混合処理土¹⁾を主に水面下で使用するため、長期間経過後に気泡混合処理土が吸水して(気泡と水が置換して)、密度が増加することが懸念されている。この現象は、材料の吸水特性と深く関わりがある。このため、気泡混合処理土の吸水特性を把握することは、この材料の長期的な特性の変化を考える上で非常に重要な課題である。

筆者らは、気泡混合処理土の吸水特性に関する研究を続けており^{2), 3)}、気泡と水の置換現象は個々の独立気泡が水に溶解することによって発生する可能性について着目している。そこで、本研究は気泡混合処理土の吸水特性を詳細に把握するために、溶存空気量の異なる養生水で気泡混合処理土の水浸試験を実施し、試験期間中における供試体の内部状況の変化をX線CTスキャナによって調査した。これらの調査で得られたCT画像を解析して密度が増加している領域を把握し、気泡混合処理土内部での気泡と水の置換現象について検討した。

2. 対象試料および実験概要

今回対象とした気泡混合処理土の母材は、東京湾で浚渫された粘土($\rho_s=2.66\text{g/cm}^3$, $w_L=104\%$)である。固化材には、高炉セメントB種を用いた。起泡剤には、タンパク系のものを用いた。

試料は、浚渫粘土に海水を混ぜて所定の含水比($w=359\%$)としたのちに、固化材と気泡を混練りして作製した。対象とした試料は、湿潤密度が 1.05g/cm^3 、作製28日後の一軸圧縮強さが 400kN/m^2 となるように配合した。試料 1m^3 あたりの配合表を表-1に示す。この試料を直径50mm、高さ120mmのソフトモールドに100mm以上の高さに詰め、蓋で密閉し、温度 20°C 、湿度95%以上の養生容器に入れて28日間以上養生した。養生した試料をソフトモールドから取り出し、端面成形のみを行い、直径50mm、高さ100mmに成形して試験用の供試体とした。

水浸試験は、供試体周辺水を蒸留水とした場合と脱気水とした場合の2種類の環境で行った。試験は、10リットル用のポリバケツ2個にそれぞれの水を8リットル入れて、各バケツに供試体を2本ずつむきだしのまま浸け(1本は予備)、供試体の全ての方向から水が浸入する状態にして開始した。試験開始後は、所定の期間ごとにポリバケツから供試体を取り出してCT撮像を行った。同時に供試体の湿潤密度も測定した。試験期間中はバケツ内の養生水が空気と直接触れないように養生水と空気の接触面にラップを敷き、室温 20°C の実験室にバケツを放置した。水浸試験は開始して21日後まで行った。

今回の試験は、溶存酸素量を直接計測することが困難であったため、間接的ではあるが溶存酸素量を管理して試験を行った。試験前に各養生水の溶存酸素量(以下、DO値)の時間変化を把握するために、溶存酸素計を用いてポリバケツ内の養生水のみDO値の変化を調査した(バケツ内には供試体無し)。このとき、養生水と空気の接触面はDO値を測定した時間以外はラップを敷いたままである。図-1に各養生水のDO値の時間変化を示す。図をみると、蒸留水のDO値は 7.5mg/L 程度とほぼ一定値を示しているのに対し、脱気水のDO値は初期に約 2.0mg/L と低い値であったが、時間の経過とともに少しずつ増加していった。この結果をもとに、水浸試験は4日以内ごとに各々の養生水を入れ替えることによって養生水のDO値をできるだけ一定になるようにして管理して行った。

表-1 1m^3 あたりの配合表

	質量 (kg)	体積 (L)
乾燥土	211.5	78.4
海水	760.4	741.8
セメント	70.0	23.0
軽量材	8.1	156.8
全体	1050	1000

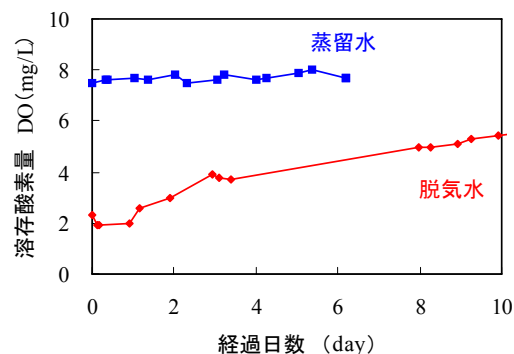


図-1 蒸留水と脱気水のDO値の変化

キーワード 気泡混合処理土、水浸試験、X線CTスキャナ、可視化、画像解析

連絡先 〒230-0035 横浜市鶴見区安善町1-3 東亜建設工業(株) 技術研究開発センター TEL045-503-3741

3. 実験結果

図-2 に、今回の試験期間中における各養生水の DO 値の変化を示す。図中の矢印は水を交換した時間である。図をみると、脱気水の DO 値は 2mg/L 前後をほぼ一定の値で推移しているのに対し、蒸留水の DO 値は水を交換するまでに少しずつ低下しており、水の交換を含めると 4~8mg/L の間を変動する結果となった。この結果は、図-1 の結果と異なる傾向であった。原因については今後詳細な検討が必要になるが、別途母材の浚渫土を蒸留水内に水浸させて同様に DO 値の計測を行ったところ、蒸留水の DO 値が大きく低下したことから(初期:7.2mg/L, 40 時間後:2.8mg/L)、今回の DO 値の低下には母材の浚渫土が何らかの影響を及ぼしている可能性があると思われる。試験期間における各ケースでの DO 値の平均値は、蒸留水が 6.2mg/L で、脱気水が 2.1mg/L であった。

図-3 に、各供試体の水浸試験における経過日数と湿潤密度の関係を示す。どちらの養生水のケースでも供試体の密度は増加しており、脱気水で養生した供試体の方が密度の増加量は大きかった。

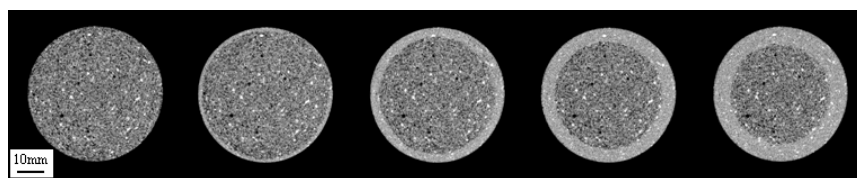
図-4 に、試験過程における供試体中央部(供試体高さ 50mm)付近の水平断面 CT 画像を示す。ここで、CT 画像は、明るいほど密度が高く、暗いほど密度が低いことをあらわしている。画像をみると、どちらの供試体とも時間の経過とともに明るい部分が供試体側面から中心に向かって同心円状に広がっている。この明るくなった箇所は、気泡と水が置換したことによって吸水した箇所であり、その速度は脱気水で養生した供試体の方が速かった。

図-4 の供試体中央部の水平断面画像を用いて、密度が変化している領域範囲(明るい部分)の外側面からの距離を求め、それを気泡が水に置換した距離(置換距離)として、置換距離と経過日数の関係を求めた。それらの関係を図-5 に示す。各供試体での置換距離が内側に伸びる速さは、水浸初期にやや速く、その後ほぼ一定の値を示す傾向であった。ここで、ほぼ一定となった速度を置換速度とすると、蒸留水で養生した供試体での置換速度は 0.2mm/day 程度であったのに対し、脱気水で養生した供試体の置換速度は 0.4mm/day 程度であった。以上のことから、空気溶解量の少ない脱気水で養生した供試体の方が気泡と水の置換現象が活発に起こっており、多くの気泡が水に溶けて置換していた可能性が考えられる。

4. おわりに

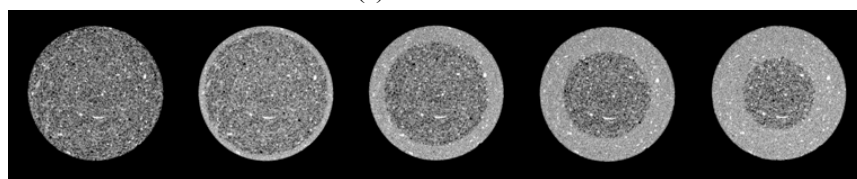
今回、気泡混合処理土の吸水特性を把握するために、溶存空気量の異なる養生水中で気泡混合処理土の水浸試験を実施した。その結果、脱気水で養生した気泡混合処理土が蒸留水で養生したものに比べ、気泡と水の置換現象が活発に起こっており、気泡が水に溶けて置換していく可能性が高いことがわかった。

《参考文献》1)沿岸開発技術センター：軽量混合処理土マニュアル，1999. 2)菊池ら：気泡量の違いによる気泡混合処理土の透水・吸水特性の変化，港湾空港技術研究所報告，第45巻，第2号，pp.29-49，2006. 3)菊池ら：覆土環境下における気泡混合処理土の吸水特性，第7回地盤改良シンポジウム論文集，pp.95-100，2006.



初期 1 日後 7 日後 14 日後 21 日後

(a) 蒸留水養生



初期 1 日後 7 日後 14 日後 21 日後

(b) 脱気水養生

図-4 水平方向断面画像

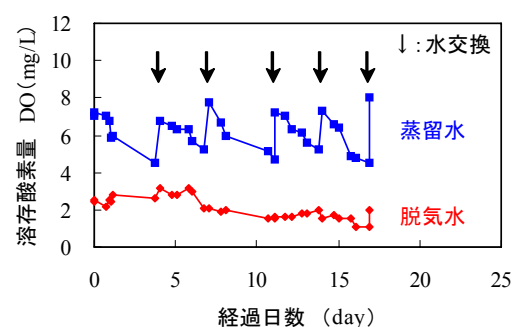


図-2 経過日数と DO 値の関係

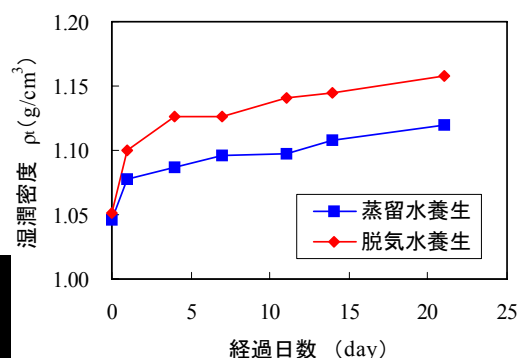


図-3 経過日数と湿潤密度の関係

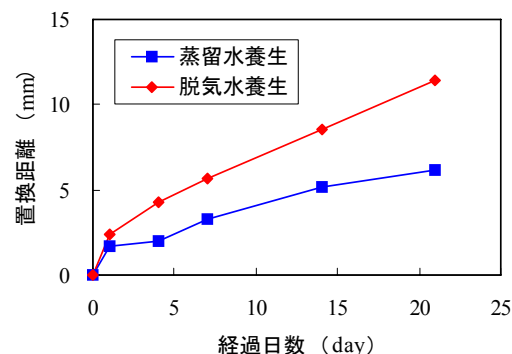


図-5 経過日数と置換距離の関係