

改良済粗粒材の内部構造と力学特性に関する基礎的実験

港湾空港技術研究所 正会員 ○水谷 崇亮

正会員 菊池 喜昭

横浜港湾空港技術調査事務所 正会員 小濱 英司

非会員 佐藤 隆二

1. はじめに

著者らは、重力式係船岸の改良工法の研究の一環として、ケーソン下部に位置する捨石マウンドの注入等による改良工法の検討を行っている。本稿では、その一部として実施した、砕石とセメントペーストで作製した供試体に対する力学試験の結果ならびに X 線 CT 装置による供試体内部の観察結果について報告する。

2. 実施内容

粗粒材料を注入等により改良した場合の内部の構造の極端なケースとして、図 1 に示すような 3 種の構造を想定し、これらの構造を有する供試体（直径 5cm、高さ 10cm）を作製して一軸圧縮試験、三軸圧縮試験、X 線 CT 装置による供試体の観察を行った。供試体 A は砕石間の間隙がセメントペーストによって部分的に満たされているケース、供試体 B は砕石間の間隙がほぼ完全に充填されているケース、供試体 C は砕石どうしが接していないケースである。

供試体 A は、底面に穴を設けたモールドにあらかじめ砕石を詰めた後、セメントペーストの入った容器にゆっくりと沈めて底面からセメントペーストを流入させ、その後容器からモールドを引き上げてモールド底面からペーストを排出させることにより作製した。供試体 B は、底面付近に注入孔を設けたモールドに砕石を詰め、注入孔からシリンジを用いてセメントペーストを注入した後に注入孔を塞ぐことでセメントペーストがモールド内に留まるようにして作製した。尚、供試体 A、B については、モールドに砕石を詰める際に、砕石を筒先内径 35mm の漏斗を用いてそっと積み上げた後、ランマー（重量 1.5kg、落下高 20cm）により供試体を 3 層に分けて締固めを行うこととし、締固め回数を 0、1、5 回とすることでセメントペースト注入前の間隙比が 1.05（間隙：大）、0.85（間隙：中）、0.71（間隙：小）の 3 種の供試体を作製した。一方、供試体 C は、あらかじめモールド内に 2.5cm 程度セメントペーストを流しておき、その中に手作業で砕石を沈めていくという作業を 4 回繰返して作製した。供試体 C についても、投入する砕石の量を変化させることで、セメントペースト部分を空洞と想定した場合の間隙比が 15（間隙：大）、11（間隙：中）、7.1（間隙：小）の 3 種の供試体を作製した。

使用した砕石は単粒度砕石（特 6 号）で主たる粒径範囲が 5～10mm であり、最大粒径 19mm、礫分 97.4%、砂分 1.0%、細粒分 1.6%であった。砕石の粒子密度は 2.656g/cm^3 である。いずれの供試体についてもセメントペーストの水セメント比を 0.6 とし、気中で 1 日養生した後、水中で 6 日間養生して、試験を実施した。

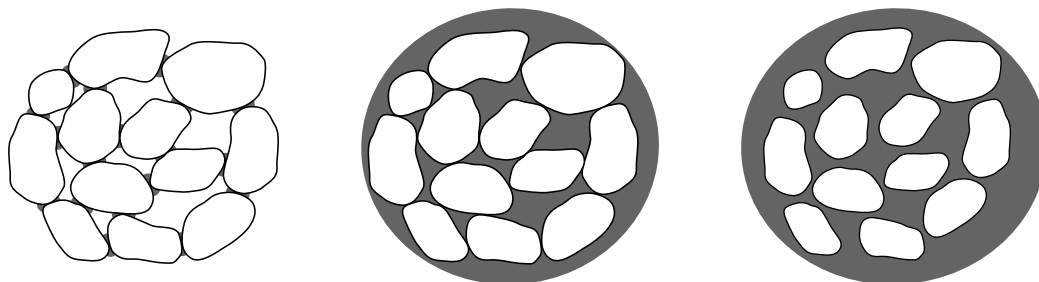


図 1: 供試体の内部構造（左端から供試体 A, B, C）

キーワード 捨石マウンド, 粗粒材, 地盤改良, 内部構造, X 線 CT

連絡先 〒239-0831 神奈川県横須賀市長瀬 3-1-1 港湾空港技術研究所 TEL: 046-844-5057

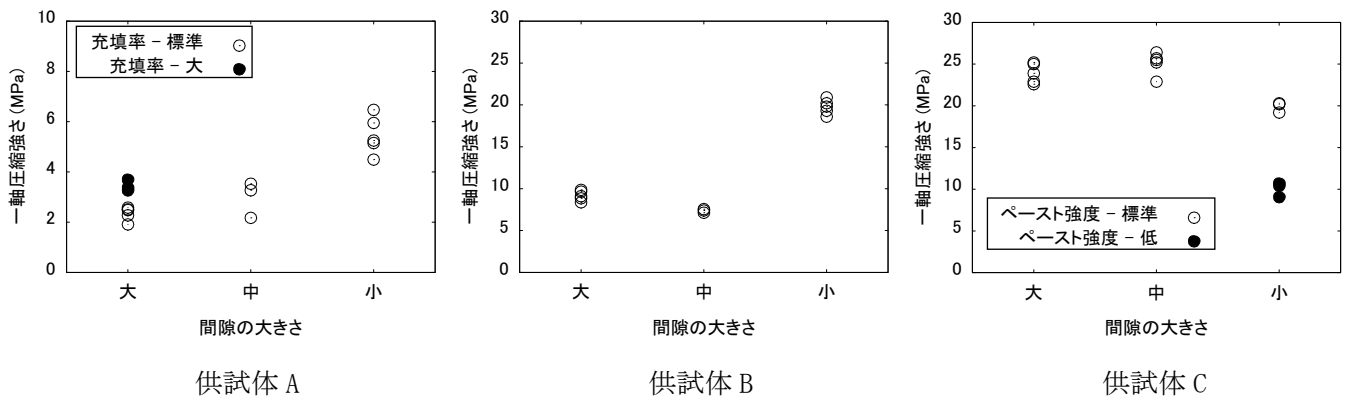


図 2: 一軸圧縮試験結果

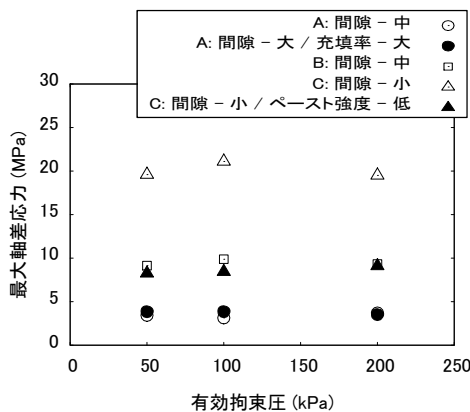


図 3: 三軸圧縮試験結果

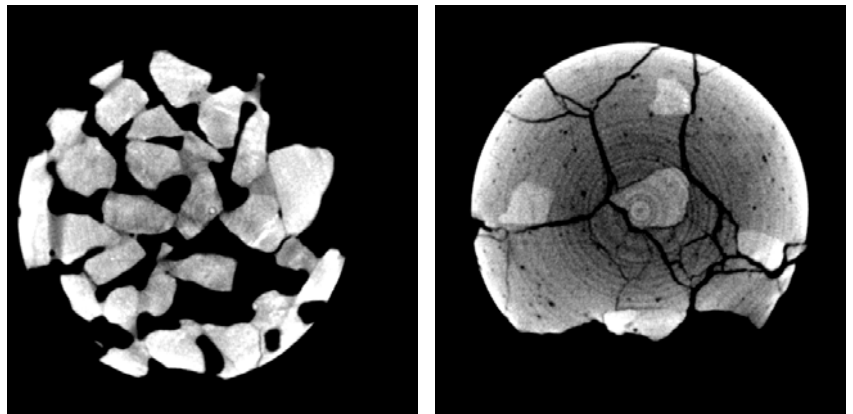


図 4: 一軸圧縮試験でピーク強度発現直後の供試体の X 線 CT 画像

3. 実験結果

一軸圧縮試験の結果を図 2 に、三軸圧縮試験の結果を図 3 に示す。図 2 より、供試体 A 及び B では、間隙が小さい供試体で一軸圧縮強さが大きいものに対し、供試体 C では間隙が大きい供試体の方が一軸圧縮強さが大きいことがわかる。また、供試体 A については、充填率が高い（セメントペーストの注入作業を 2 度実施）供試体の一軸圧縮強さが大きく、供試体 C については、セメントペーストの強度が低い（材齢が 2 日の供試体を使用）と一軸圧縮強さも小さくなった。一方、図 3 により、三軸圧縮試験の結果が拘束圧に依存しないことがわかる。これは、供試体のみかけ上の粘着力が非常に大きく、対して拘束圧が低かったためであると思われる。

図 4 に X 線 CT 装置で撮影した供試体 A と供試体 C の水平断面画像を示す。この画像は、一軸圧縮試験時に最大荷重を確認した時点で載荷を中止し、供試体を撮影したものである。供試体 A の画像では右下付近にクラックが見られ、碎石とセメントペーストが剥離していることがわかる。セメントペーストのみの一軸圧縮強さは 16~18MPa 程度であり、供試体 A では碎石とセメントペーストの接着面が弱面となっていることが考えられる。一方、供試体 C では、セメントペースト部にもクラックが見られる。これらのデータからは明確ではないが、クラックがまず弱面である碎石とセメントペーストの接着面、その後セメントペースト部に発生すると考えると、碎石とセメントペーストの間のクラック（剥離）を連結するようにセメントペースト中にクラックが進展する。従って、間隙の小さい（碎石が多い）供試体ほど碎石とセメントペーストの接着総面積が大きく、またそれらを連結するクラックも発生しやすい（碎石間の距離が短い）ことから、一軸圧縮強さが小さくなった可能性がある。

4. まとめ

人工的に様々な構造を有する改良済粗粒材の供試体を作製し、力学試験及び内部構造の観察を実施した。今後、クラックの進展等の経時的な変化について詳細な検討を進めたいと考えている。