

改良土の室内配合試験における攪拌の影響に関する基礎的検討

佐賀大学理工学部 ○学 小柳涼太

佐賀大学理工学部 学 高谷和希

佐賀大学大学院工学系研究科 学 姫野季之

佐賀大学低平地沿岸海域研究センター 正 日野剛徳

1. はじめに 深層混合処理工法による改良柱の品質確認を行う際、多くの水平クラックを伴うボーリングコアが得られることがある。ボーリングの掘削メカニズムによる影響、ボーリング時におけるコアの地盤内応力からの解放に伴う影響、深層混合処理工法における攪拌翼の水平回転に伴う影響、セメントの低配合量に伴う影響、高水セメント比に伴う影響、などの原因が考えられているが、いずれも決め手に乏しい。このような改良柱における水平クラックのメカニズムの解明の一環として、本研究では、従来の室内配合試験とともに実施工の再現を試みた室内配合試験を実施し、得られた結果について検討した。

2. 水平クラックの事例と実験方法 写真-1 に、深層混合処理工法による改良柱から得られたボーリングコア

に多数の水平クラックが生じている事例を示す。水平クラックが卓越する部分はまるでコインを鉛直方向に積み重ねたようであり、圧縮・圧密に対する機能は保てても、変形・曲げに対する機能はないに等しい。有明海沿岸低平地に注ぐ六角川べりから採取した粘性土を 2mm ふるいで裏ごししたものを室内配合試験の試料として用いた。同粘性土試料の物理的性質については高谷ら²⁾を参照されたい。深層混合処理工法における実施工の状況を再現するために、ソイルミキサーおよび土の粒度試験に供する攪拌装置を用いた。ソイルミキサーを用いる場合、図-1 に示すように



ボウル内に粘性土とセメントスラリーを互層状に詰め、しかる後に JGS 0821-2009 に基づく 10 分間および 1 分間の攪拌時間の違い

写真-1 マイクロクラック 25mm

を設けた。攪拌装置の利用に際しては、あらかじめ $d25\text{mm} \times h100\text{mm}$ のサイズからなる塩ビ管を複数本用意し²⁾、図-2 に示すように粘性土とセメントスラリーを互層状に詰め、しかる後に攪拌装置による 200～300r/min の回転速度からなる水平攪拌の影響を与えた。カラーラボジャッキの上に粘性土・セメントスラリーを伴う塩ビ管を設置し、100mm/12sec からなる一定の昇降速度を保つように心がけた³⁾。いずれの実験においてもセメントの配合量は 100kg/m^3

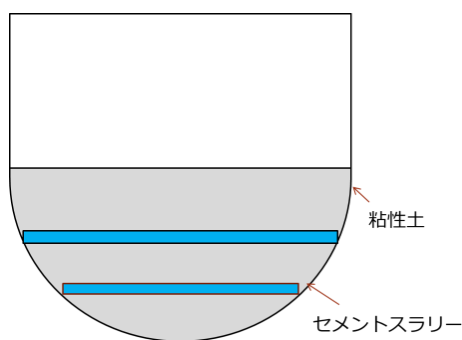


図-1 ボウル内の試料の状況

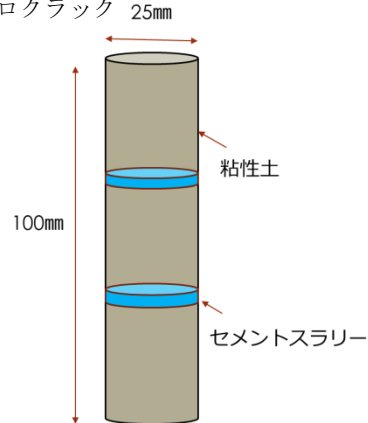


図-2 塩ビ管内の試料の内容

および 200kg/m^3 、水セメント比は 1 および 1.5、攪拌時間は 1 分および 10 分である。

3. 攪拌の影響に関する検討 図-1 は、ソイルミキサーにおける攪拌時間の影響に注目した一軸圧縮強さ q_u の関係である。同図の上部は配合量 100kg/m^3 において水セメント比 $W/C=1.0$ および 1.5、下部は配合量 200kg/m^3 において同様の W/C の関係に基づいて結果を整理している。これより、まず攪拌時間の違いに注目した場合、上部・下部いずれの結果においても攪拌時間が 1 分間より 10 分間のものが高い値を示す。また、

同図の上部における $W/C=1.0$, 攪拌時間 1 分間のものほどばらつきが著しい. 他方, $W/C=1.5$ の場合はばらつきを抑える傾向が認められる, 強度発現の視点に基づけば, $W/C=1.0$ の条件のもとで高い強度発現を示す. 図-4 は, 攪拌装置により水平攪拌の影響を与えた供試体, ならびに JGS 0821-2009 の基準に則り作製した供試体から得た q_u の関係を示したものである. 異なる配合量のもとで水平攪拌の影響を与えた供試体の場合, 総じて基準によるものに比べ半分以下の強度発現を示し, ばらつきの程度も著しい. 基準に基づく供試体の場合, 均質な強度発現を示す. 他方, 配合量の視点から図-4 の結果を俯瞰した場合, 水平攪拌の影響を与えた供試体からなる q_u のばらつきの程度は抑え

られないにせよ, 強度発現を向上させる効果が認められる. 写真-2 に, 水平攪拌の影響を与えた供試体の土構造を示す. 同写真においてグレーの色が卓越する部分は固化を表す. 他方, 白線で囲んだ茶褐色部分は軟らかく, クラックが生じている. 検討の過程で 経験してきたこととして, 攪拌時間が少ないほど, かつ水平攪拌の影響を与えるほど, 同写真に示すようなクラックの発生が示唆された. 同写真のような攪拌の影響に伴う固化材配合の不均質さが, 上述してきた q_u のばらつきを示すものになると考えられる. 深層混合処理工法における実施工の状況を想定した場合, 攪拌翼による混合の程度が改良柱の品質を左右することを再認識させられる実験事実を得た.



写真-2 水平攪拌の影響を伴う供試体の状況

4. まとめ 本研究で得られた知見を示すと次のとおりである: 1)

ソイルミキサーを用いた検討において, 攪拌時間の違いに注目した場合, いずれの結果においても攪拌時間が 1 分間より 10 分間のものが高い値を示す; 2) 水セメント比 $W/C=1.0$ の場合, 攪拌時間 1 分間のものほどばらつきが著しい. 他方, $W/C=1.5$ の場合はばらつきを抑える傾向が認められる; 3) 強度発現の視点に基づけば, $W/C=1.0$ の条件のもとで高い強度発現を示す; 4) 攪拌装置を用いた検討において, 異なる配合量のもとで水平攪拌の影響を与えた供試体の場合, 総じて基準によるものに比べ半分以下の強度発現を示し, ばらつきの程度も著しい; 5) 水平攪拌の影響を与えた供試体からなる一軸圧縮強さ q_u のばらつきの程度は抑えられないにせよ, セメント配合量の増加に伴い強度発現を向上させる効果が認められる.

謝辞: 本研究の実施に際し, 経済産業省九州経済産業局による平成 28 年度戦略的基盤技術高度化支援事業(サポイン事業)(研究代表者: 大久保博晃(ワイビーエム))による補助を受けた. 記して感謝の意を表します.

参考文献: 1) Chai et al.: Computers and Geotechnics, Elsevier, Vol.68, doi: 10.1016/j.compgeo.2015.03.014, pp.28-37, 2015.; 2) 高谷ら: 平成 28 年度土木学会西部支部研究発表会講演概要集, CD-ROM, 第三部門, 2017. (投稿中); 3) 土木研究センター: 陸上工事における深層混合処理工法設計・施工マニュアル, 改訂版, pp.118-164, 2004.

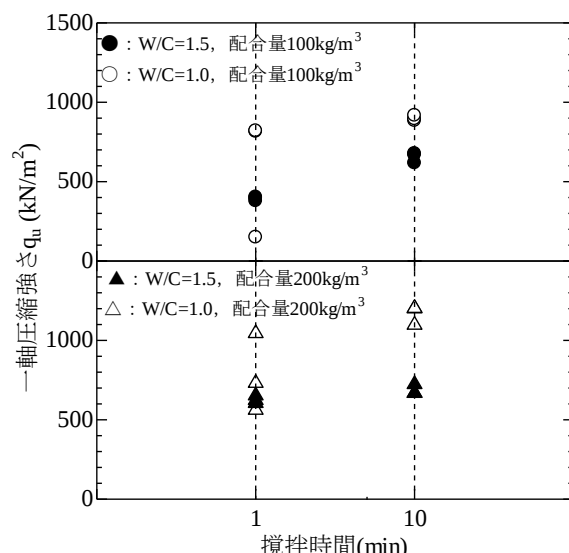


図-3 ソイルミキサーを用いた実験から得た一軸圧縮強さ

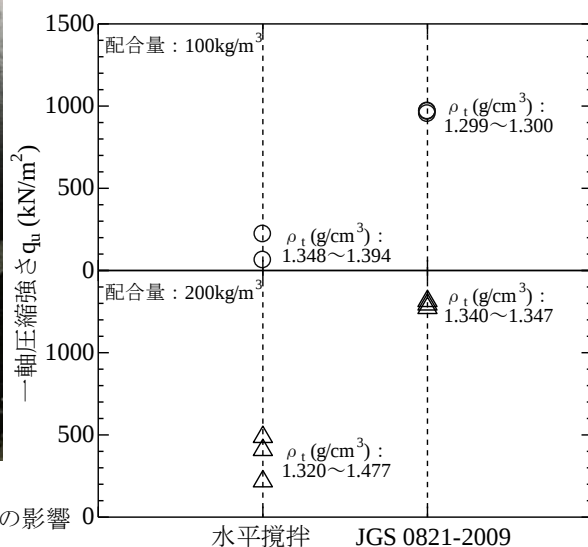


図-4 水平攪拌の影響を伴う供試体, および JGS 0821-2009 供試体から得た一軸圧縮強さ