

カルシア改質土で造成された土構造物の
破壊メカニズム及び安定性評価に関する遠心模型実験

九州工業大学大学院 学生会員 ○副島真一 正会員 廣岡明彦 永瀬英生 非会員 田中美帆
(一財) 沿岸技術研究センター 正会員 春日井康夫 (株) 日建設計シビル 正会員 片桐雅明
九州地方整備局北九州港湾・空港整備事務所 非会員 樋口晃

1. はじめに

近年、港湾では泊地・航路の増深や航路維持により大量の浚渫土が発生しており、処理が問題となっている。そこで、浚渫土の活用技術として転炉系製鋼スラグを成分管理・粒度調整したカルシア改質材を混合したカルシア改質土の開発が進められている。本研究では、改質土を土砂処分場の護岸の腹付け材に用いることを想定しているが、改質土を腹付け材として活用した際の強度特性等について未だに十分な知見が得られていないため、改質土の力学特性を把握することは重要である。そこで、小型模型でも自重の効果を与えられる遠心模型実験と同時に室内配合試験を行い、所定の形状の改質土がどのように破壊していくのかを求め、破壊時の安定性を評価するための諸量を求めることを目的とする。また、破壊メカニズムは地盤材料の特性に依存するため混合直後の流動性の高い（A シリーズ）と構築後ある程度固化した状態（B シリーズ）を対象とする。

2. 実験方法

本研究では、表 1 に示すように、開始時間、浚渫土の初期含水比、改質材の混合率を変えた計 6 ケースを実施する。改質土は、人工海水を用いて所定の初期含水比になるよう加水調整した浚渫土に、所定の改質材を投入し、容量 20L のミキサーで 2 分間、底部に堆積した改質材を混ぜ返した後、再び 3 分間の合計 5 分間攪拌することで作製し、各種室内配合試験を行う。図 1 に実験システム図を示す。本研究では実験土槽（内寸：幅 450mm×高さ 350mm×奥行 145mm）内に所定の盛土を構築し、これに継続的に付与する遠心加速度を増加させていき、盛土に明確なすべり破壊が確認できたところで遠心载荷を終了する。盛土模型の寸法は全長 400mm、天端 100mm、高さ 150mm、幅 145mm、法面勾配は 1:2 である。盛土作製方法に関しては、一層目は 30mm 厚の台形型枠を、二層目以降は 20mm 厚の台形型枠を設置し所定量の改質土を流し込み、締め固めて成形する。これを既定の高さになるまで繰り返すことで作製する。盛土の変形挙動を確認するために、法肩及び法面中央にレーザー変位計を、正面、法面、天端の 3 点にビデオカメラレコーダーを、土槽のガラス面側及び天端に乾麺を、天端及び法面にまち針を設置した。また、混合直後の初期含水比、遠心実験前の含水比、遠心実験後の含水比を測定した。実験終了後の含水比に関して、遠心加速度の自重による盛土下部での含水比の変化を危惧して、天端において 3 点から柱状に採取し、採取した試料から鉛直方向に 5 等分し、計 15 点測定した。

3. 結果及び考察

実験時の含水比について、遠心加速度の付与による盛土上部での脱水及び自重の増加に伴う盛土下部での圧密による含水比の変化を危惧していたが、測定する深さによって実験直後の含水比にばらつきはあるものの大差ないと評価できた。また、深度方向の含水比は、初期含水比付近に位置していたため、実験中の短時間で水は排水されおらず、本研究において、模型盛土は非排水状態で破壊に至ったと評価してよいと考えられる。

表 1 実験条件

ケース名	浚渫土 含水比 (%)	改質材 混合率 (%)
A-1(直後)	200	25
A-2(直後)	150	25
A-3(直後)	150	30
B-1(1日養生)	200	25
B-2(1日養生)	200	20
B-3(1日養生)	200	15

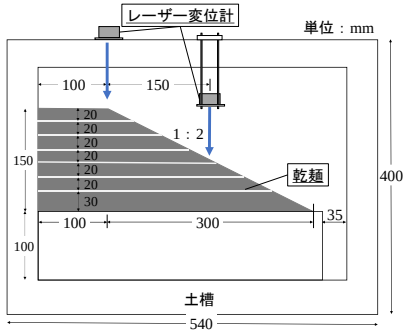


図 1 実験システム図

キーワード 遠心模型実験, カルシア改質土, 浚渫土

連絡先 〒804-8550 福岡県北九州市戸畑区仙水町 1-1 (九州工業大学) tel : 093-884-3113

写真1にAシリーズの実験終了時の上面の写真を示す。A-1はクラックが少ないのに対して、A-2とA-3はクラックが多数発生し、土塊ごとに破壊している。よって、浚渫土の含水比が高い改質土は、含水比が低い改質土と比較してクラックが入りにくい特性を有していることが明らかになった。これは、自立高さが低いことに起因していると考えられる。また、写真2にB-1の実験後の法尻部分の拡大図を示す。実験後の写真を確認すると、盛土内部において法尻付近で斜めに、それ以外の箇所では鉛直方向に細かいクラックが多く発生しており、最終的にそれらが繋がることで必ずしも天端を横切らない円弧状の大きなすべり面が生じたと考えられる。したがって、改質土は時間の経過により粘着成分が増加するが、遠心場での自重の増加により引張クラックが発達し、円弧滑りに至ると考えられる。また、法面下部では盛土が膨れ上がっていたため、法面上部の沈下と併せて、最終的に剛体の円弧がすべるという破壊メカニズムに近いと判断できる。

図2、図3にA-1、B-1の法肩及び法面中央における加速度に対する鉛直変位を示す。流動性の高い状態では法肩で沈下、法面中央では隆起し、ある程度固化した状態では法肩、法面中央ともに沈下しているのがわかる。また、A-1、B-1での最大沈下量はそれぞれ15.1mm、5.2mmとなっており、固化した状態の方が変位量は小さく、変形しにくいことが確認できる。よって、改質土は時間の経過とともに粘着成分が増加する材料だということが分かる。

本研究では、テイラーの安定図表により盛土の安定性の照査を行った。図4、図5にAシリーズ及びBシリーズの安定図を示す。流動性の高いAシリーズでは、遠心载荷終了時の安定係数が、盛土内に円弧すべり破壊が生じるという仮定の $nd=1$ 線よりも上方に、クラック発生時は $nd=1$ 線周辺に位置している。一方、Bシリーズでは、実験終了時に天端からの崩壊ではなく、法面の途中から発生していることを踏まえて地盤高さを13cmとした場合及び、クラックが内部にも多数発生することから、急激に沈下増分が変化する点を降伏時としてプロットした(図3参照)。降伏時の安定係数は $nd=1$ 線より下方に位置し、13cmの盛土とした場合の遠心载荷終了時の安定係数は、 $nd=1$ 線よりも上方に位置した。以上のことより、実験終了時とクラック発生時及び降伏時の間ですべり破壊が発生したと考えられる。また、テイラーの安定係数は、剛塑性体の円弧すべりが基本となっていることから、改質土を用いた盛土の安定検討には、円弧すべり手法で評価できるのではないかと考えられる。

4. まとめ

本研究では改質土からなる土構造物の破壊メカニズムと破壊時の安定性を評価するための諸量を求めることを目的とし、遠心模型実験及び配合試験を行った。改質土を用いた盛土は、初期の固化が進んでいない状態であれば、クラックが拡大し、流動的に破壊が進行する。一方、固化が進んだ状態であれば、粘着成分の増加により、盛土内に多数のクラックが発生するもののブロック的に崩壊する。しかし、両者ともテイラーの安定図表でその安定度を説明できることから、安定性を円弧すべり計算で評価できるものと考えられる。

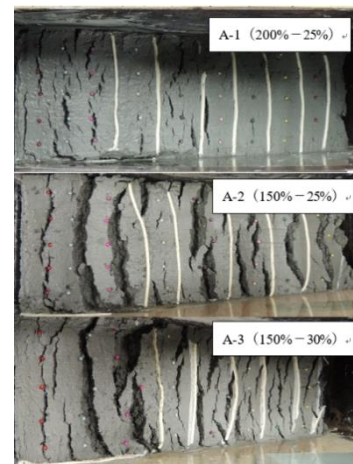


写真1 実験終了時の上面



写真2 法尻の拡大図

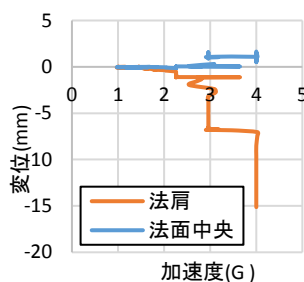


図2 加速度-変位関係(A-1)

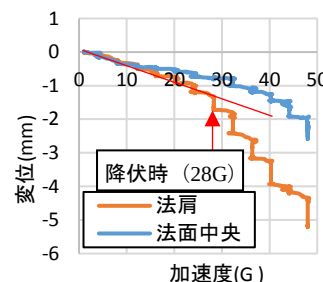


図3 加速度-変位関係(B-1)

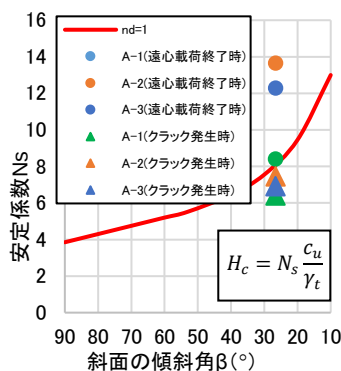


図4 安定図(Aシリーズ)

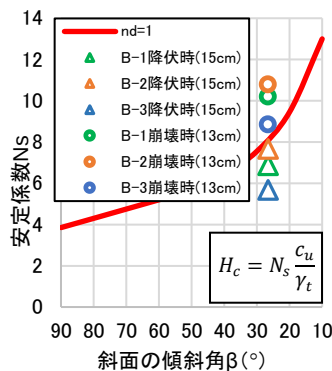


図5 安定図(Bシリーズ)