

栃木県東部に存在する凝灰質砂岩の強度特性と盛土の安定解析

宇都宮大学工学部	非会員	○渡部	和也
宇都宮大学大学院院工学研究科	正会員	今泉	繁良
宇都宮大学工学部技術部	正会員	吉直	卓也
宇都宮大学工学部	非会員	大塚	昂

1. 目的

栃木県東部にある八溝山地付近に分布する凝灰質砂岩を破碎し、その破碎特性・物理特性及び強度特性を求めるために三軸試験などの基礎実験を行った。そして、この凝灰質砂岩碎石を用いて盛土を行うと想定し、試験結果を基に Bishop 法を用いて、安定解析を行い、盛土斜面を安全に構築することができるかを検討した。

2. 破碎方法

破碎方法は、アスファルトの上にビニールシートを敷き、その上に試料をあまり厚くならない程度に適量置く。その上に $90 \times 38 \times 1.2\text{cm}$ の鉄板を置いて試料を挟み、重量 2185kg の車両で試料を潰した。前タイヤで鉄板の上を通過し、その後戻り、この作業を 12 回続けを行った。図-1 左は破碎後の写真。右は破碎後の試料の電子顕微鏡写真（200 倍）である。

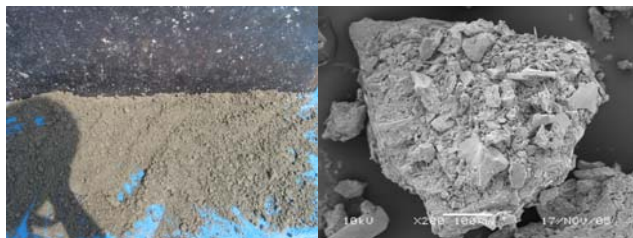


図-1

3. 物理特性

粒度試験の結果は図-1 に示す。粒度分布はあまり良いとはいえない。自然含水比は 61.5% であり、破碎後のアッターベルク試験の結果は、NP（非塑性）、土粒子密度 $\rho_s = 2.379\text{g/cm}^3$ であった。締め固め試験は A-c 法で行い、締め固め試験の結果から、最大乾燥密度 $\rho_{dmax} = 0.942\text{g/cm}^3$ 、最適含水比 $w_{opt} = 57.7\%$ を得た。締め固め前後の粒径加積曲線の結果を図-2 で比較すると、

締め固め前後の曲線に大きな差はなく、A-c 法での締め固めエネルギー程度ならば、繰り返し使用可能な試粒であることがわかった。

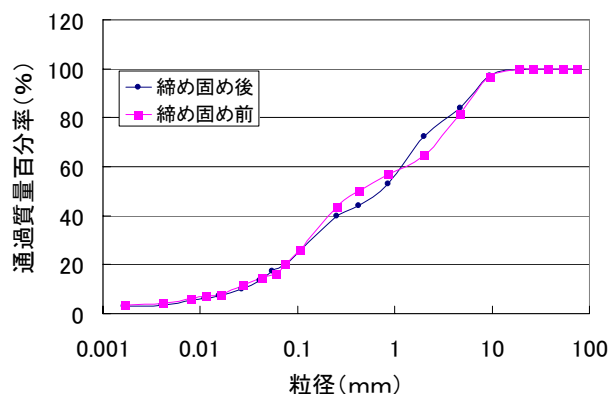


図-2 締め固め前後の粒径加積曲線

4. 三軸試験実験概要・結果

凝灰質砂岩試料の強度特性 c' ・ ϕ' を求めるために、圧密非排水三軸試験を行った。飽和方法は、バックプレッシャーで通水する方法と、二重負圧状態で通水する方法の 2 種類で実施した。圧密時間を 90 分とし、軸圧縮時の载荷スピードは、 $0.1\%/min$ とした。供試体は、締め固め度は 100% となるようにした。

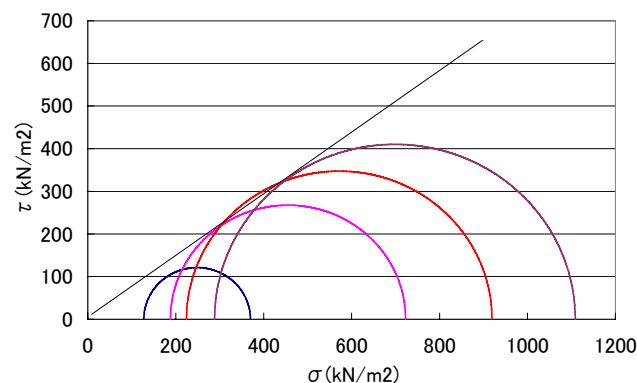


図-3 モールの応力円

キーワード 凝灰質砂岩 安定計算 ビショップ法

連絡先 〒321-8585 栃木県宇都宮市陽東 7-1-2 宇都宮大学工学部建設学科地域施設学研究室 Tel 028-689-6218

図-3 のモールの応力円から内部摩擦角 $\phi' = 37.5^\circ$ 、粘着力 $c' = 0$ を得た。

5. 繰り返し三軸試験

次に、液状化問題の視点から、盛土にこの凝灰質砂岩試料を用いて、安全な斜面を構築できるかを検討するための目安のひとつとして非排水繰り返し三軸試験を行った。飽和方法に二重負圧法を採用した。供試体条件は静的三軸試験と同じである。軸ひずみ ε_a が 2, 5, 10% のときの応力比と繰り返し载荷回数の関係を図-4 に示す。

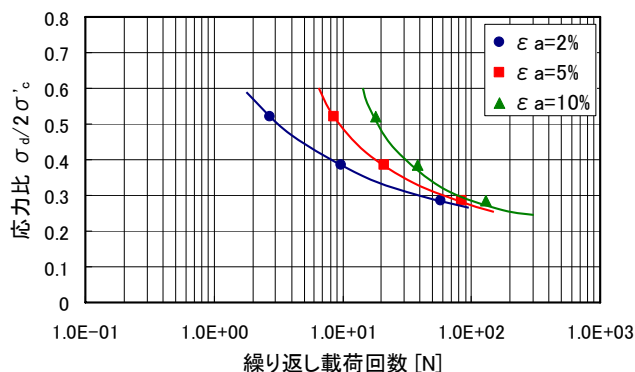


図-4 応力比と繰り返し载荷回数の関係

$\varepsilon_a = 5\%$ のときの繰り返し回数が 20 に対応する応力比を液状化強度と定義すると、液状化強度はおよそ 0.38 である。これは、豊浦砂の相対密度 90% の $\varepsilon_a = 10\%$ での液状化強度 0.35 程度に相当する⁽¹⁾。本実験で扱った試料は締め固めてはいるものの粒度分布が悪いため、粒度を調整すればさらに液状化強度の高い試料になると考えられる。

6. 斜面の安定解析

盛土斜面にこの凝灰質砂岩だけを用いる際、安全に構築されるかどうかを内部摩擦角 $\phi' = 37.5^\circ$ 及び $c' = 0$ と Bishop 法を用いて検討する。式は、

$$F = \frac{1}{\sum W \sin \alpha} \sum \frac{c' l \cos \alpha + (W - ul \cos \alpha) \tan \phi'}{\cos \alpha (1 + \tan \alpha \tan \phi' / F)}$$

である⁽²⁾。間隙水圧はゼロとした。盛土形状は高さ 20m、勾配 1:2 である(図-5 参照)。図-5 の数字は、その数字の中心をすべり円弧の中心としたときの最小の安全率である。また、図中の楕円は、同じ安全率の点を結んでできたものである。この楕円の形状から

最小安全率は、斜面中点を通る垂線付近にあり、 $F \approx 1.70$ 程度であると推測される。

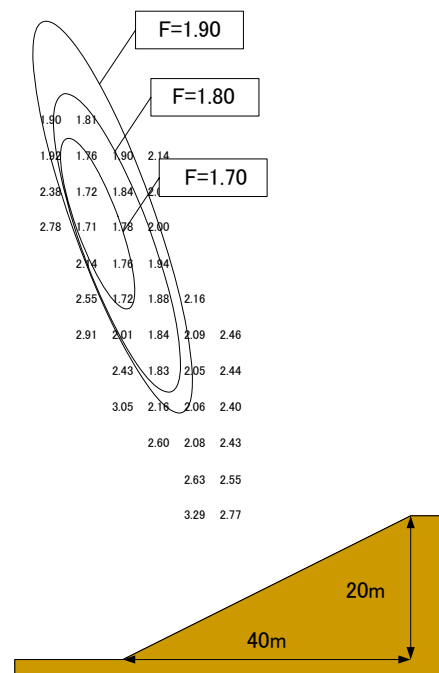


図-5 斜面形状と各円弧からの中心の最低安全率

7. まとめ・今後の課題

以上の結果をまとめると、

- ・ この凝灰質砂岩は細粒分の多く、試料最大乾燥密度 $\rho_{dmax} = 0.942 \text{ g/cm}^3$ 、最適含水比 $w_{opt} = 57.7\%$ であった。
- ・ 静的三軸試験より $\phi' = 37.5^\circ$ 、 $c' = 0$ を得た。
- ・ 液状化強度はおよそ 0.38 であった。
- ・ Bishop 法による斜面の安定解析より、本研究で仮定した盛土斜面の最低安全率はおよそ 1.70 となった。

今後の課題としては、試料の破碎方法や粒度の調整による締め固め度の向上。三軸試験の精度を高めること(飽和方法のさらなる確立、軸圧縮の速さによる結果への影響)。液状化強度を用いた地震時における斜面の安定解析が必要である。

(1)山本陽一：粘性土および砂質土地盤の地震時挙動とその評価に関する研究 三井建設技術研究報告別冊第9号 pp58-59

(2)河野伊一郎・八木則男・吉国洋：土の力学 技術堂出版 pp181-182