

固結度に着目した前橋泥流堆積物の力学特性の検討

群馬大学	学生会員	○平野	瑛祐
元群馬大学	正会員	中島	航
(株)黒岩測量設計事務所	正会員	設楽	信昭
群馬大学	正会員	若井	明彦
群馬大学	正会員	蔡	飛

1. はじめに

群馬県には、約2万年以上前の浅間火山の山体崩壊により生じた火山泥流が、現在の前橋市の北端付近を頭として扇状に広がり、15~18m前後の厚さで広い範囲に堆積している。この火山泥流は前橋泥流堆積物(Maebashi mudflow deposits 以降、Mf と表記)と呼ばれ、地下水で飽和した火山灰質砂質土からなる。また樋口らの研究から、Mfは微細な土粒子間においてセメンテーションが発達し、弱固結した構造を特徴とする。セメンテーションとは、土粒子間に存在する溶存物質や懸濁物質が長い年月を経て間隙に付着し、土粒子同士を物理・化学的に結合させる現象を示す²⁾。

これまで実務において、現行設計法で用いられている道路橋示方書・同解説V耐震設計編³⁾(以降、道示Vと表記)に基づきMf地盤に対してN値を用いた液状化判定が行われ、「液状化する」との判定がなされてきた。しかし、既往の研究⁴⁾においてMfのブロック試料を用いた繰返し非排水三軸試験(以降、液状化試験と表記)の結果が挙げられ、N値による液状化判定の結果に反して「液状化しない」地盤である可能性が示されてきた。

2. 研究の目的

本研究では、ブロック試料から作成した「乱れの少ない試料」と固結構造を解きほぐした「再構成試料」を用い、液状化試験を行うことで、固結構造が液状化強度特性に及ぼす影響について検討する。

またMfは、地盤の外見やN値の特徴だけでは判別が難しい地盤であり、Mfに関する知識が乏しい技術者にとっては、実務において他の地盤とMfを区別すること自体が困難な地盤である。そこで、ある地点で行われたボーリングによって採取されたMfのボーリングコアを用いて一軸圧縮試験を行い、その試験結果からMfであることを判断する指標についての検討を行う。

3. 液状化試験による検討

これまで試料の採取が行われた6地点を図1の微地形区分図に併せて示す。

試験方法は地盤工学会基準「土の繰返し非排水三軸試験方法」(JGS0541-2009)⁵⁾に準じて行った。供試体は固結度の異なる「乱れの少ない試料」と「再構成試料」の2種類とした。「乱れの少ない試料」は、図1の6地点において採取したブロック試料をトリミングし作成した

供試体であり、原位置における固結構造が保たれている試料である。供試体の寸法は、②大渡地点で採取されたものは、試料の大きさのため直径50mm、高さ100mm、それ以外については直径100mm、高さ200mmとした。また、⑥六供2で採取された試料は供試体により硬さの特徴が異なり、全体的に硬質なもの(六供2-1)と、比較的緩いもの(六供2-2)に分けられた。「再構成試料」は図1の⑥六供2地点で採取したブロック試料から「乱れの少ない試料」をトリミングする際に生じた土試料の削りかすを用いる。粒子破碎に留意し手で固結構造を解きほぐした後に、乱れの少ない試料と同程度の乾燥密度 ρ_d となるように5層に分けて突き固め作成した。「再構成試料」は試験機の都合のため直径75mm、高さ150mmの寸法とした。

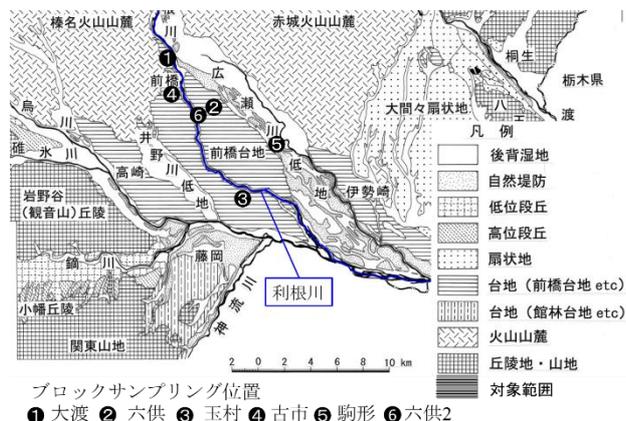


図1:試料採取地点⁶⁾

液状化試験の結果から得られた液状化強度比を表1に示す。表1より、「乱れの少ない試料」の試験結果から得られる液状化強度比 R_L は0.430~2.46と大きな値となり、「液状化しない」判定結果となる。また、「再構成試料」の試験結果から得られる R_L は $R_L=0.260$ と小さな値となり、「液状化する」判定結果となる。固結構造が保たれた「乱れの少ない試料」では高い液状化強度を発揮していると推察される。また、試料採取地点でのボーリングデータに記載されている試料採取深度6.2mでのN値4から、 $R_L=0.157$ が算定される⁴⁾。これは「再構成試料」の試験結果より求められる $R_L=0.260$ より小さな値であるため、N値ではMf地盤の固結構造により発揮される液状化強度を評価できていないと考え

キーワード 前橋泥流堆積物, 固結, 繰返し非排水三軸試験, N値

連絡先 (TEL)0277-30-1622, 群馬県桐生市天神町1-5-1 群馬大学大学院理工学府理工学専攻地盤工学研究室

られる。N 値を測定する標準貫入試験は衝撃を伴う試験であり、試験時に地盤の固結構造を破壊するため、N 値では Mf の固結構造による強度を評価できないと推察される。

表 1:各試験での液状化強度比 R_L

試料採取地点	液状化強度比 R_L	試料採取地点	液状化強度比 R_L
大渡	0.430	駒形	0.460
六供	0.690	六供2-1	2.460
玉村	0.570	六供2-2	0.625
古市	0.500	六供2(再構成試料)	0.260

4. 一軸圧縮試験による検討

試験方法は日本工業規格の「JIS A 1216:2009 土の一軸圧縮試験方法」⁷⁾に準拠した。供試体は固結度の異なる「乱れの少ない試料」と「再構成試料」の2種類の試料とし、Mf の分布範囲において実施されたボーリングにより採取されたボーリングコアを用いた。

「乱れの少ない試料」は、採取したボーリングコアの上下端面を成型し側面を円筒形にトリミングし、一日ごとにスプレーを用いて蒸留水を拭きつけ、ラップを巻いて水分の自然蒸発を防ぐことで含水比を調節し作成した。「再構成試料」は、試験後の「乱れの少ない試料」を炉乾燥させ、粒子破碎に留意しながら手で固結構造を解きほぐし、含水比を調整した後に「乱れの少ない試料」と等しい乾燥密度になるように5層に分けて突き固め作成した。また、供試体サイズはどちらの供試体に関しても直径 50mm、高さ 100mm を基準とした。

各供試体後との試験結果を一軸圧縮強さ q_u と飽和度についてまとめたものを図 2 に示す。図 2 より、60%以下の飽和度では、同程度の飽和度の「乱れの少ない試料」と「再構成試料」の q_u は大きな差があり、「乱れの少ない試料」の q_u は「再構成試料」の q_u と比較して約 4 倍の値を示す。これは、一軸圧縮試験時に低含水状態によるサクシオンが供試体に有効拘束圧として働き、供試体が固結構造によって圧縮に対する大きな抵抗性を示したため、 q_u が「再構成試料」と比較して大きな値となったと考えられる。一方、60%以上の飽和度では、「乱れの少ない試料」の q_u は急激に小さくなり、「再構成試料」と同程度の q_u を示す。これは、飽和度 60%では供試体の飽和が進み、供試体に有効拘束圧として働くサクシオンが失われたため、供試体が応力開放の影響を受け、固結構造による強度が発揮されなかったと推察される。

Mf の原位置における飽和度は 60~95%であるが、本実験で得られた供試体の飽和度と q_u の関係性では、飽和度 60~95%の「乱れの少ない試料」と「再構成試料」の q_u は同程度の値を示す。そのため、現在得られている試験結果から、採取後間もない試料の q_u がどの程度の値を示すかを推測することは困難であり、本検討で得られた供試体の飽和度と q_u の関係性を Mf であることを判断する指標の一つとして扱うことは、現時点では難しいと言える。高い飽和度においては、供試体が応力開放の影響を受けるために、「乱れの少ない試料」と「再構成試料」の q_u に違いが現れなかったと考えられる。今後は、ボーリング

コアから作成した試料を対象に、供試体に採取深度と同等の拘束圧をかけ、土の三軸圧縮試験を非圧密非排水の条件下で行うことで、Mf であることを判断する指標について、より詳細な検討を行って行きたい。また、採取後間もないボーリングコアを用いて試験を行うことも必要であると考えられる。

5. 結論

液状化試験結果による検討から、Mf は固結構造に起因した高い液状化強度を発揮していることが推察される。このことから、Mf の液状化強度を評価する際には、Mf の固結構造を考慮した評価方法を採用する必要であると考えられる。

更に、一軸圧縮試験による検討から、低い飽和度においては固結構造により「乱れの少ない試料」の一軸圧縮強さが増大していることがわかる。また、高い飽和度においては、供試体が応力開放の影響を受けるため、「乱れの少ない試料」と「再構成試料」の q_u に大きな差が現れないと推察される。供試体を受ける応力開放の影響が考えられることから、非圧密非排水の条件にて土の三軸圧縮試験を行うことなどが今後の課題として挙げられる。本論文の執筆にあたっては、前橋市水道局様に試料のご提供を頂きました。ここに謹んで御礼申し上げます。

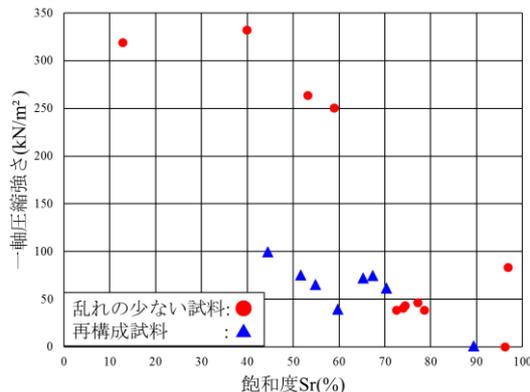


図 2:供試体の飽和度と一軸圧縮強さ q_u の関係

6. 参考文献

- 1) 樋口邦弘・設楽信昭・鶴飼恵三：前橋泥流堆積物の液状化強度と構造物基礎検討、日本応用地質学会、Vol.53、No.1、pp.12-20、2012.
- 2) 公益社団法人地盤工学会：土質工学標準用語集、p70、1996.
- 3) 社団法人日本道路協会：道路示方書・同解説 V 耐震設計編、1996.
- 4) 中島航・北村和輝・樋口邦弘・若井明彦：前橋泥流堆積物の固結度に着目した液状化強度特性の検討、土木学会 第 71 回年次学術講演会講演概要集、III-327、2016.
- 5) 公益社団法人地盤工学会：地盤材料試験の方法と解説、pp730-746、2009.
- 6) 公益社団法人地盤工学会：新・関東の地盤 増補地盤情報データベースと地盤モデル付(2014年版)、p.69、2014. に加筆
- 7) 日本工業規格：土の一軸圧縮試験方法、2009.