

前橋泥流堆積物の液状化強度と固結度の検討

群馬大学	学生会員	○中島	航
群馬大学	非会員	平野	瑛祐
(株)黒岩測量設計事務所	正会員	樋口	邦弘
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、現在の前橋市街地から高崎市街地及び伊勢崎市西部にかけての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地盤からなる。また樋口らの研究から¹⁾、Mf は土粒子間においてセメンテーションが発達し、弱固結した地盤を特徴とする。ここで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は、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、 N 値から算定される液状化強度比 R_L により液状化判定が行われてきた。Mf 地盤は低い N 値を呈することから軟弱地盤とみなされ、液状化判定を行うことが望ましいとされてきた地盤で、「液状化する」との判定がなされてきた。しかし、 N 値を用いた液状化判定は未固結な砂質土地盤を対象としているため、弱固結した Mf 地盤は対象地盤外であると判断される。さらに既往の研究⁴⁾から、Mf 地盤は高い圧密降伏応力を有する地盤であることが明らかになっている。以上のことから、 N 値では Mf 地盤の液状化強度特性を正當に評価できていない可能性があり、繰返し非排水三軸試験(液状化試験)の必要性が示されている¹⁾。

2. 研究の目的

これまで6地点の Mf 地盤でブロックサンプリングが実施され、7種類の液状化試験結果が報告されている⁵⁾。本検討では Mf 地盤の液状化強度と固結度の関係性を検討するため、これらの中から1地点のブロックサンプルをトリミングした「乱れの少ない試料」の液状化試験結果に加え、今回、同じ試料から作成した「再構成試料」による液状化試験を行い、試験結果を比較・考察する。

3. 試料採取地点および試験概要

試験に用いる試料の採取地点を図1の微地形区

分図⁶⁾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)⁷⁾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種類とする。「乱れの少ない試料」は直径100mm、高さ200mmの寸法にブロックサンプルよりトリミングを行い作成した。また、「乱れの少ない試料」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、比較的緩い供試体に分けられた。「再構成試料」は「乱れの少ない試料」をトリミングの際に発生する削りかすを用い、粒子破碎に留意しながら手で試料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5層に分けて突き固め作成した。また、「再構成試料」は試験機の都合のため、直径75mm、高さ150mmの供試体サイズである。各供試体寸法と乾燥密度 ρ_d を表1にまとめる。

4. 試験結果・考察

液状化試験の結果を表2および図2にまとめる。「乱れの少ない試料」は7つの供試体について結果が得られた。前述した供試体の硬さの違いにより試験結果の傾向に違いが見られたため、「乱れの少ない試料」の試験結果を硬質な供試体の試験結果Ⅰ、比較的緩い供試体の試験結果Ⅱの2つに区別してまとめた。なお供試体7は硬質および比較的緩い供試体の特徴が見られたため、試験結果Ⅰ、Ⅱどちらの結果にも含めている。液状化試験は繰返し周波数を0.1Hz、圧密応力を50kN/m³として行った。

図2より「乱れの少ない試料」と「再構成試料」の試験結果を比較すると、繰返し載荷回数 $N_c = 20$ のときの繰返し応力振幅比 $\sigma_d/2\sigma'_0$ の値、すなわち液状化強度比 R_L は表2のようになり、明確な差を読み取ることが出来る。固結度が高く、固結構造が土粒子間で保たれている「乱れの少ない試料」では、試験結果Ⅰで $R_L = 2.46$ 、試験結果Ⅱで $R_L = 0.625$ となり、得られた R_L から道示 V³⁾を参考に液状化に対する抵抗率 F_L 値を算出すると、 F_L 値はどちらも1を上回り、「液状化しない」判定

キーワード 前橋泥流堆積物、繰返し非排水三軸試験、固結

連絡先 (TEL0277-30-1622, 群馬県桐生市天神町1-5-1 群馬大学 理工学部環境創生理工学科 地盤工学研究室)

結果となる。「再構成試料」では、 $R_L=0.30$ となることから F_L 値は 1 を下回り、「液状化する」判定結果となる。以上のことから、Mf 地盤において、固結によって土骨格の構造が保たれた状態における液状化強度が、固結構造が崩れた状態においては発揮されないことがわかった。したがって、Mf 地盤は固結構造によって高い液状化強度が発揮されている地盤であると推察される。

また、試料採取地点でのボーリングデータより、採取深度 6.2m の N 値 4 から、 $R_L=0.157$ が算定される。これは、再構成試料を用いた液状化試験により求められる $R_L=0.30$ より小さい値となるため、標準貫入試験で得られる N 値では Mf 地盤の固結構造による液状化強度を評価できていない可能性が考えられる。

5.まとめと今後の課題

本検討から、Mf 地盤においてセメンテーションによる固結構造を起因とする高い液状化強度が発現している可能性が示唆された。また、「再構成試料」の試験結果とボーリングデータから得られる N 値から、 N 値では固結構造による Mf 地盤の強度を評価できない可能性が示された。

しかし、本検討では固結構造の有無による液状化強度の違いの検討に留まっている。ここで土田らの研究⁸⁾では、高温状態で土試料を処理することにより、セメンテーションによる年代効果を再現できることが実験的に明らかにされている。より詳細な検討のため、Mf においても、このような固結構造の発現過程を再現した条件のもとで液状化強度の検討を行う必要がある。

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。

参考文献

- 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.
- 公益社団法人地盤工学会：土質工学標準用語集，p70, 1996.
- 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.
- 公益社団法人地盤工学会関東支部「群馬の地盤」編集委員会 編：群馬の地盤：調査から設計・施工まで：コラムも語る群馬あれこれ，p101-106, 2007.
- 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.
- 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.

加筆

7) 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.

8) 土田孝，小林正樹，水上純一，田中政典：高温圧密による海成粘土の年代効果の再現，港研報告，Vol.28, No.1, 1989 年 3 月, pp.121-147.

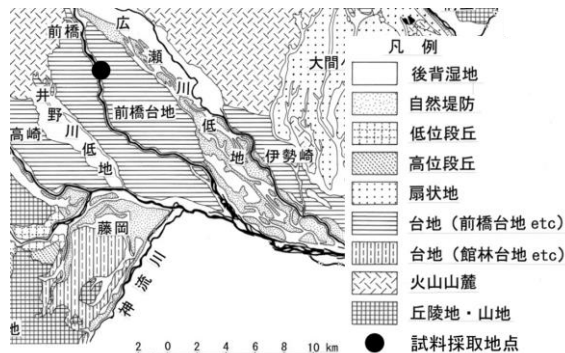


図 1：試料採取地点⁶⁾

表 1：各供試体寸法と乾燥密度 ρ_d

再構成試料							
供試体No	①	②	③				
直径(cm)	7.480	7.510	7.540				
高さ(cm)	15.04	14.67	15.22				
体積(cm3)	660.9	649.8	679.6				
乾燥質量(g)	981.0	965.0	972.0				
乾燥密度(g/cm3)	1.484	1.485	1.430				
平均乾燥密度(g/cm3)	1.467						
乱れの少ない試料							
供試体No	1	2	8	7	3	5	6
直径(cm)	9.940	9.858	9.903	9.950	9.920	9.914	9.846
高さ(cm)	20.01	20.03	20.06	20.01	20.00	20.04	20.13
体積(cm3)	1553	1529	1545	1556	1546	1547	1533
乾燥質量(g)	2385	2313	2388	2216	2292	2127	2294
乾燥密度(g/cm3)	1.536	1.513	1.545	1.424	1.483	1.375	1.496
平均乾燥密度(g/cm3)				1.482			

表 2：液状化試験結果

乱れの少ない試料の試験結果Ⅰ					液状化判定
供試体No	1	2	8	7	
両振幅ひずみDA=5%の繰返し載荷回数Nc	12	33	98	90	液状化しない
繰返し応力振幅比 σ_d/σ'_v	3.01	2.004	2.501	0.707	
液状化強度比R _L	2.46				
乱れの少ない試料の試験結果Ⅱ					液状化しない
供試体No	3	5	6	7	
両振幅ひずみDA=5%の繰返し載荷回数Nc	0.3	22	11	90	
繰返し応力振幅比 σ_d/σ'_v	3.572	0.384	0.803	0.707	
液状化強度比R _L	0.625				
再構成試料の試験結果					液状化する
供試体No	①	②	③		
両振幅ひずみDA=5%の繰返し載荷回数Nc	0.3	147	27		
繰返し応力振幅比 σ_d/σ'_v	0.452	0.227	0.336		
液状化強度比R _L	0.3				

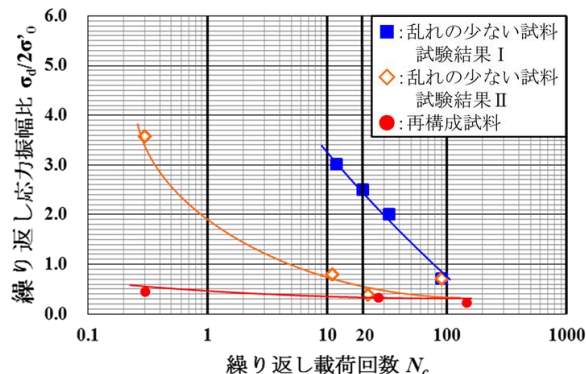


図 2：液状化曲線