

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

群馬大学 学生会員 ○中島 航
 元群馬大学 非会員 北村 和輝
 (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

1. はじめに

今から約2万年以上前に浅間火山の水蒸気爆発により発生した火山泥流が前橋台地を中心に堆積している。この堆積物は前橋泥流堆積物

(Maebashi mudflow deposits 以降, Mf と表記) と呼ばれており, 地下水で飽和された火山灰質砂質土地盤から成る。また, これまでの研究¹⁾により, Mf は微細な土粒子間でセメンテーションが発達し, 弱固結しているという特徴が報告されている。セメンテーションとは, 土粒子間の間隙水に含まれる溶存物質や懸濁物質が長い年代を経て, 土粒子間の間隙に付着し, 土粒子同士を化学的に結合させる現象を指す。²⁾

Mf は洪積層に相当するが, 沖積砂質土地盤と同様に N 値が低く, 地下水で飽和された地盤であることから, 道示 V³⁾ に記されている設計基準に基づき, これまで「液状化する」という判定がされてきた。しかし, Mf のような弱固結地盤の液状化強度特性を N 値で評価することは難しいとされ, ブロックサンプルを用いた繰返し非排水三軸試験(以降, 液状化試験と表記)の必要性が挙げられている。

そこで本研究では, Mf の液状化強度特性と固結度の関係性を検討することを目的とし, ボーリングデータから算出した液状化強度と液状化試験の結果について比較・考察を行った。

2. 研究対象地点

本研究では, 図1に示した前橋台地を中心とした区域を対象範囲とした。また, 図1にはこれまでブロックサンプルを用いた液状化試験が実施されている計6地点を付記している。

3. N 値による液状化判定

図1に示した6地点におけるボーリングデータより得られた Mf の N 値から, 道示 V³⁾ を参考に, 液状化強度比 R_L と液状化に対する抵抗率である F_L 値を算出した。その結果を表1に示す。 F_L 値を求めるのに用いた試料採取深度における上載圧の算出方法は, 樋口らの研究¹⁾の計算を参考にした。 F_L 値が $F_L > 1.0$ であれば液状化しない判定となる。地震動は道示 V³⁾ を参考に, 発生する確率

は低いが大きな強度を持つ地震動をレベル2地震動とし, この地震動のうちプレート境界型の大規模な地震を想定した地震動をタイプI地震動, 内陸直下型地震動を想定した地震動をタイプII地震動に区別している。

N 値から算出した F_L は, 表1よりいずれの地点においても $F_L < 1.0$ となり, 「液状化する」判定結果になる。 N 値を求める標準貫入試験は, 土粒子間の結びつきを壊しながら貫入していくことが考えられる。このため, セメンテーションに起因する Mf の地盤構造を破壊して得られた N 値による液状化判定では, 「液状化する」判定結果になったことが推察される。

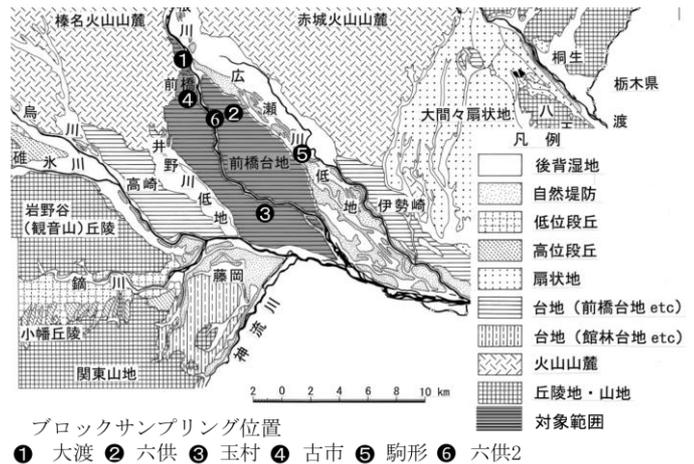


図1: 試料採取地点⁴⁾

表1: N 値より算出した R_L と F_L 値

試料採取地点	採取深度の N 値	N 値より算出した R_L	F_L 値	
			レベル2(タイプI)	レベル2(タイプII)
①大渡	5	0.152	0.416	0.244
②六供	5	0.201	0.476	0.317
③玉村	6	0.222	0.540	0.379
④古市	4	0.174	0.375	0.233
⑤駒形	7	0.255	0.732	0.553
⑥六供2	4	0.157	0.403	0.240

4. 液状化試験結果による液状化判定

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, 礫を多く含むことから直径100mm, 高さ200mmの寸法で作成した。ただし, 大渡のみ巨礫の影響で供試体の高さが制限されたため, 直径50mm, 高さ100mmの寸法で作成した。液状化試験は, 繰返し周波数を0.1Hz, 圧密応力を50kN/m³とした。

試験結果より得られた R_L と F_L 値, 供試体の初期間隙比 e_0 を表 2 にまとめて示し, 液状化強度曲線を図 2, 図 3 に示す。道示 V³⁾ より, $R_L > 0.4$ であればタイプ I 地震動とタイプ II 地震動で得られる F_L 値は変わらないため, タイプ I 地震動についてのみ結果をまとめた。ここで, 六供 2 の供試体において, 固結度が進んだ比較的硬質なもの (六供 2-1 と表記) と, 他地点と同様弱固結状態のもの (六供 2-2 と表記) に区別できたので, それぞれの供試体で液状化試験を実施した。

表 2 より, 各地点とも R_L が大きく $F_L > 1.0$ となり, 「液状化しない」判定になる。これは, 土構造の乱れが少ないブロックサンプルを用いた液状化試験の R_L は, セメンテーションによる地盤構造の強さが反映されたためだと考えられる。

5. 初期間隙比 e_0 から考察した液状化強度

Mf 地盤の土粒子間で強度を発揮しているとされる固結について検討を行うため, 液状化試験結果から算定された R_L と, 液状化試験に用いた供試体の初期間隙比 e_0 に着目した。

一般の砂質土地盤では, 間隙比が小さい程地盤が圧密されているため, R_L が高くなる傾向がある。しかし, 表 2 より Mf 地盤は, 緩く堆積した砂地盤と同程度の高間隙比を示すが, R_L は高い値を示しており, 一般的な砂質土地盤の特徴と合致しない。これは, セメンテーションの化学的作用によって高間隙状態を維持する構造が発達し, セメンテーションによる固結に起因する液状化強度の増大が起こるためであると考えられる。

6. 結論

液状化試験結果による液状化判定では地盤の固結度が考慮されているため, 「液状化しない」という判定となる。その一方, N 値による液状化判定では地盤の固結度を考慮されていないため, Mf の液状化強度を正確に評価できておらず, 「液状化する」という判定となると考えられる。これらのことから, 固結度の考慮の有無による液状化判定結果の違いを明らかにすることができたとと言える。

液状化強度比 R_L と初期間隙比 e_0 の関係から, Mf 地盤における液状化強度が, 固結により増大している可能性を示すことができた。しかし, 本検討では Mf の固結度を数値的に表すことはできず, 液状化強度特性と固結度の関係性を明確に示すことはできなかった。そのため, 今後は Mf の固結の程度の評価方法についても検討していく必要がある。

Mf の固結度と液状化強度の関係性の検討を進

めていくためには, データ数の不足が課題として挙げられる。そのため, 多様な視点から検討を行っていく必要がある。

本論文の執筆にあたっては, 前橋市水道局様に試験データをご提供頂きました。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.
- 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：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
- 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.

表 2：液状化試験結果

試料採取地点	液状化試験より得られた R_L	F_L 値	初期間隙比 e_0
		レベル 2 (タイプ I)	
大渡	0.430	1.17	0.761
六供	0.690	1.64	0.874
玉村	0.570	1.38	0.769
古市	0.500	1.08	0.871
駒形	0.460	1.32	0.855
六供 2-1	2.46	6.30	0.861
六供 2-2	0.625	1.60	0.916

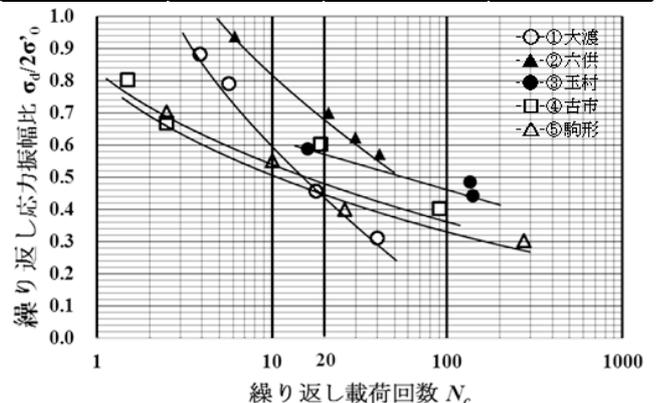


図 2：5 地点における液状化強度曲線

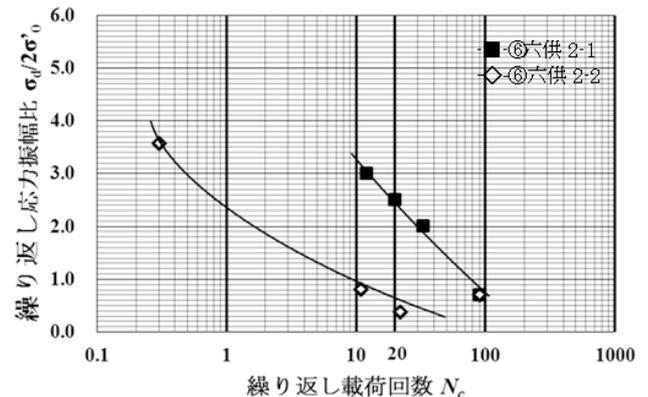


図 3：六供 2 の液状化強度曲線