

火山灰質土の液状化強度に及ぼす供試体作製方法及び細粒分の影響

北見工業大学工学部 学生会員 ○荻原 慧
 北見工業大学大学院 学生会員 工藤 僚子
 北見工業大学工学部 正会員 山下 聡

1. はじめに

平成 30 年に発生した北海道胆振東部地震では、火山灰造成宅地において液状化被害が多く発生した。既報¹⁾では、液状化被害が発生した札幌市清田区里塚地区において採取した乱れの少ない試料や北見市周辺で採取した火山灰質土を用いて液状化試験を行った結果、乱れの少ない試料と再構成の試料の液状化強度に大きな違いはなく、また里塚地区と北見市周辺の火山灰質土との液状化強度の違いも見られず、いずれも砂質土に比較して液状化強度が低いことを報告している。一方で、里塚地区の試料に対して締固めを行った供試体では、締固め度が高くなるにしたがって液状化強度が大きく増加するという報告²⁾もある。そこで、本研究では里塚地区の火山灰質土を用いて突き固めをして作製した供試体および細粒分を取り除いた供試体で液状化試験を行い、供試体作製法および細粒分が液状化強度特性に及ぼす影響について検討した。

2. 用いた試料と試験方法

試験に用いた試料は、里塚地区のポプラ公園内において採取した攪乱試料（ポプラ公園土）である。ポプラ公園土は粒径 2mm 以下を用いている。また、細粒分の影響を調べる試験では、0.075mm 以下の細粒分も除いた試料（細粒分取除試料）を用いた。また、比較のため豊浦砂も用いた。試料の粒度分布および物理的性質を図 1 および表 1 に示す。

供試体作製法は、2 種類の方法を用いた。1 つは乾燥試料を漏斗を用いてモールド内に堆積させた後、電動バイブレータを用いてモールド側面に振動を与え、所定の密度に締め固める乾燥振動法（DV 法）である。もう 1 つは突き固め法である。突き固め法では、最適含水比になるように調整した試料をモールド内に 10 層に分けて締め固め、所定の密度になるよう作製した。突き固めに用いた用具は、先端が直径 5cm の円盤状になっており、その上に錘を載せることによって静的に突き固めを行った。供試体の直径は 70mm、高さは 150mm である。供試体作製後、拘束圧 30kPa のもとで CO₂ および脱気水により飽和させ、繰返し非排水三軸試験（液状化試験）を行った。有効拘束圧は $\sigma'_c=100\text{kPa}$ 、背圧は 100kPa（ポプラ公園土は背圧 200kPa）で等方圧密を行い、周波数 0.1Hz の正弦波で繰返し载荷を行った。また、液状化試験前にベンダーエレメント（BE）試験を行っている。

3. 液状化試験結果

図 2 は、豊浦砂とポプラ公園土を用いて乾燥振動法と突き固め法で作製した供試体の液状化強度を比較したものである。ポプラ公園土の突き固め法では 2 種類の密度で供試体を作製している。図 2(a) に示す豊浦砂では、乾燥振動法よりも突き固め法による供試体の強度がやや低くなっ

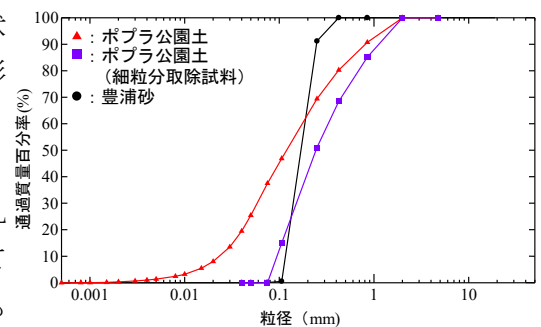


図 1 粒径加積曲線

表 1 用いた試料の物理的性質等

試料	ρ_s (g/cm ³)	F_c (%)	e_{max}	e_{min}	P_d^{max} (g/cm ³)	w_{opt} (%)
ポプラ公園土	2.345	37.5	1.976	1.174	1.08	38
ポプラ公園土（細粒分取除）	2.341	0	2.359	1.43	-	-
豊浦砂	2.635	0	0.964	0.613	1.634	18

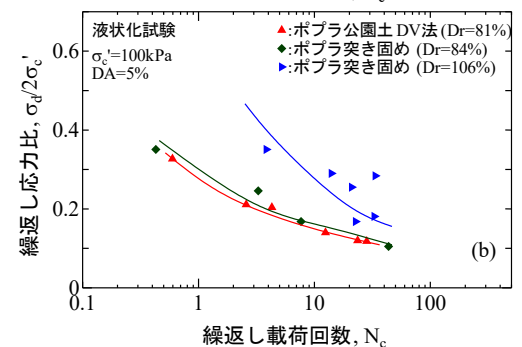
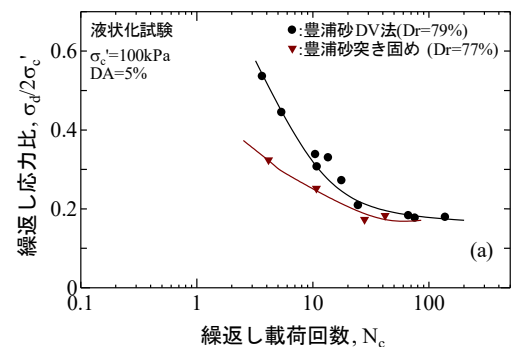


図 2 供試体作製法の影響

キーワード 液状化, 火山灰質土, 供試体作製法, 細粒分

連絡先 〒090-0015 北海道北見市公園町 165 番地 北見工業大学 TEL0157-26-9524

ている。一方、図 2(b)に示すポプラ公園土では、同程度の相対密度では乾燥振動法と突き固め法で強度に違いはあまり認められない。ここで、液状化試験時の相対密度が試料によって異なるので、载荷回数 20 回の繰返し応力比から求めた液状化強度比 R_{L20} と相対密度 D_r との関係を図 3 に示す。なお、図 3 には図 2 に示した液状化試験と異なる相対密度で行った試験結果も示している。図からポプラ公園土および豊浦砂において供試体作製方法の違いによる強度差はあまり認められない。また、ポプラ公園土では、相対密度 106%まで突き固めた供試体においては、液状化強度の増加が見られるものの、締固め度が高くなっても液状化強度が大きく増加することはなかった。

図 4 は、ポプラ公園土の細粒分の有無による液状化強度を比較したものである。供試体は乾燥振動法により作製している。図より細粒分取除試料では、強度の増加がやや認められた。図 5 は、载荷回数 20 回の繰返し応力比から求めた液状化強度比 R_{L20} と相対密度 D_r との関係を示したものである。細粒分取除試料においても液状化強度の増加が見られるものの、豊浦砂よりも低い結果となった。したがって、ポプラ公園土の細粒分が多いことが液状化被害が発生した要因の 1 つと言えるが、火山灰質土そのものの性質によって、液状化強度が低くなったものと考えられる。

図 6 は、豊浦砂とポプラ公園土供試体の BE 試験より求めた、せん断剛性率 $G(=pVs^2)$ と間隙比 e の関係を示している。豊浦砂の場合、突き固め法による供試体は乾燥振動法供試体と比較して、ばらつきが大きくなった。突き固め法では供試体内部の間隙が不均質となることが考えられ、そのためばらつきも大きくなったと考えられる。ポプラ公園土試料の場合、細粒分取除試料では間隙比が最も大きくなっているにもかかわらず、 G に大きな差は生じていない。したがって、細粒分含有試料よりも細粒分取除試料の方が液状化強度が高くなった原因として、細粒分を取除くことで間隙は大きくなるが大きい粒子同士で骨格を維持し、かみあわせの程度が高くなったため、液状化強度は増加したものと考えられる。

4. 結論

(1) 供試体作製法の違いによって、液状化強度に相違は見られたものの、締固め度の増加に伴う急激な強度上昇は認められず、ポプラ公園土の液状化強度は、供試体作製法によらず豊浦砂よりも低くなった。

(2) 細粒分を取り除いた試料では、細粒分を取り除かない試料と同じ相対密度で間隙比が大きくなっているにもかかわらず、液状化強度は細粒分を取り除かない試料よりもやや高くなった。

【参考文献】

- 1) 門傳賢太, 川尻峻三, 川口貴之, 山下聡: 北海道胆振東部地震で被災した札幌市里塚地区における原位置試験と液状化特性, 第 56 回地盤工学会研究発表会, 13-4-5-02, 2021.
- 2) 渡部要一, 須志田健, 佐々木将仁: 札幌市里塚地区の火山灰質盛土材の液状化強度に関する締固め度の影響, 第 55 回地盤工学研究発表会, 23-1-2-07, 2020.

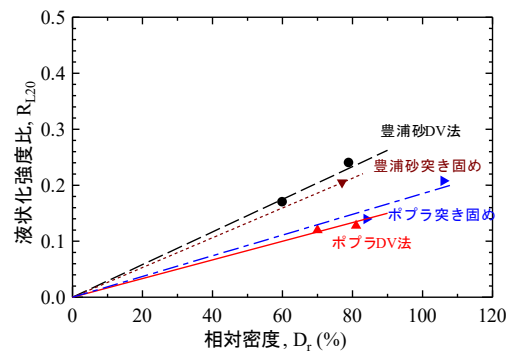


図 3 液状化強度比と相対密度の関係

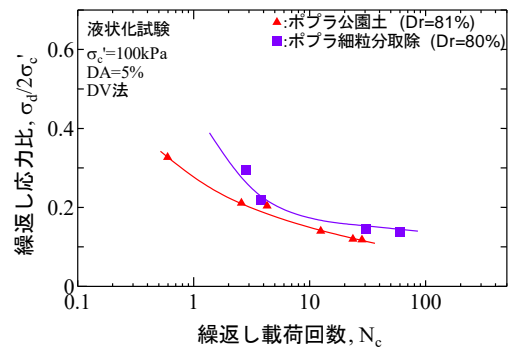


図 4 液状化試験結果(細粒分の影響)

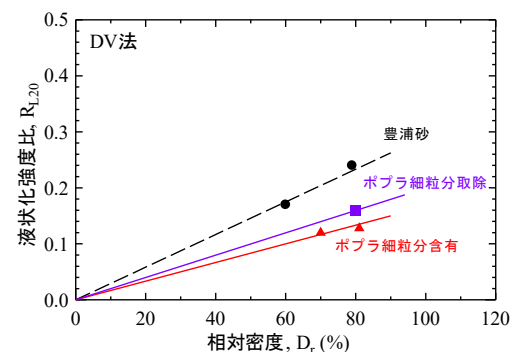


図 5 液状化強度比と相対密度の関係

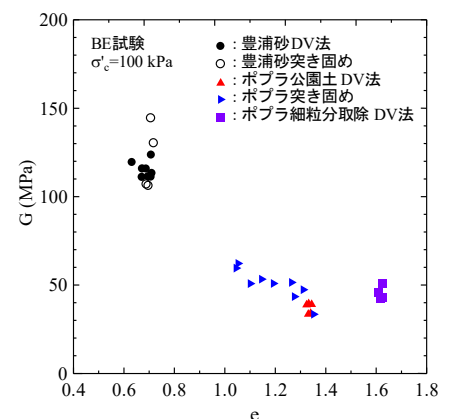


図 6 豊浦砂とポプラ公園土の BE 試験結果