三軸試験による火山灰質砂質土盛土材の力学特性の評価

名城大学　学生会員　○児玉　直哉
名城大学　正会員　小高　猛司
中部土質試験協同組合　正会員　久保　裕一

1. はじめに

北海道胆振東部地震（2018 年）や熊本地震（2016 年）において，火山灰質土で築造された宅地盛土が崩壊している．火山灰質土は単純に粘土や砂に分類できない特殊土であるが，細粒分が適度に含まれていることも多く，盛土材として使用されている例は多い．一方，我々の研究グループでは，河川堤防土を対象として。河川土工マニュアルに従い適度に細粒分を含んだ築堤材料であっても，締固め度 95%程度なければ，浸透すべりに対する性能が得られないことを示してきた [1]．本報では，火山灰質土の盛土材料を対象として，供試体密度によって力学特性がどのように影響を受けるのかについて三軸試験を用いて検討した結果を示す．

2. 使用した盛土材料と試験条件

本研究では，北海道ニセコ町で採取された火山灰質砂質土を使用した．粒度分布を図 1 に示す．この試料の力学特性を調べるために，三軸試験機を用いて，CUB 試験と吸水軟化試験を実施した．三軸試験を実施するにあたり，粒径 9.5mm 以上の礫を取り除いたせん頭粒度調整試料を用い，適切な密度の補正を行った．供試体の大きさは直径 50mm，高さ 100mm の円柱供試体であり，外部の銅製モールドで 5 層に分けて作製した．供試体の含水比を 10%で統一し，締固め度を 90%，80%，70%の 3 パターンで締め固めた．作製した供試体を三軸試験機に設置し，二重負圧法で完全飽和させた後，所定の拘束圧で等方圧密した．その後，CUB 試験では非排水せん断条件で三軸試験を実施した．吸水軟化試験では，排水条件で載荷を行い異方応力状態にした後，所定の一定軸差応力で保ちながら間隙水圧を上昇させていくことで，供試体を破壊に至らしめた．

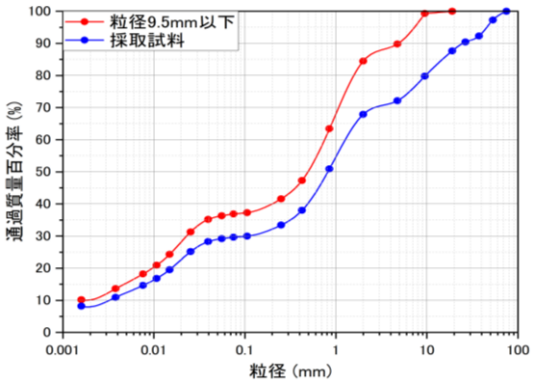


図 1　粒径加積曲線

3. 試験結果

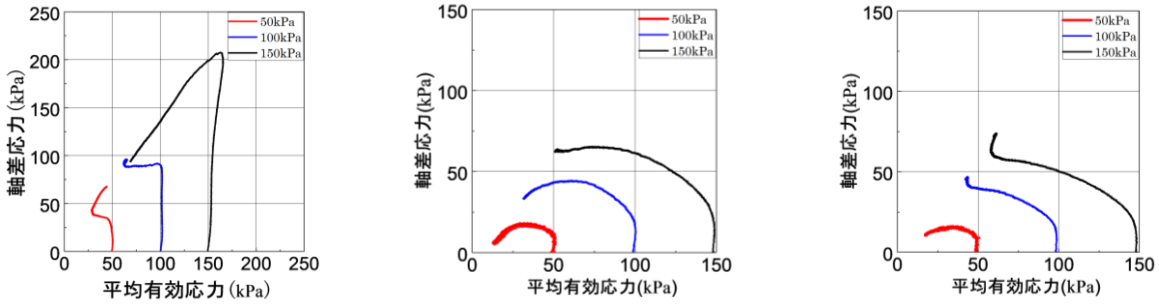
表 1 に試験条件と結果，図 2 に CUB 試験の有効応力経路，図 3 に吸水軟化試験の有効応力経路を示す．

CUB 試験では，締固め度 90%，80%，70%で供試体を締固め，それぞれに拘束圧 150kPa，100kPa，50kPa を与える，合計 9 ケースの試験を行った．図 2 に着目すると，(a) の締固め度 90%では，拘束圧の違いによる力学挙動の明確な統一性は得られなかったが，比較的やや密詰めの砂質土によくみられるような傾向となった．また，表 1 より粘着力 c'は 9kPa，内部摩擦角 ϕ'は 30°であり，盛土材として最低限のせん断強度を有していた．(b) (c) の締固め度 80%，70%では，全ての拘束圧でせん断初期から塑性圧縮挙動を示し，緩詰の砂質土によくみられる傾向となり，十分なせん断強度が期待できないことが示唆された．

吸水軟化試験では，締固め度 90%，80%，70%で供試体を締固め，それぞれに拘束圧 100kPa，50kPa を与える合計 6 ケースの試験を行った．拘束圧 100kPa では一定軸差応力 50kPa，拘束圧 50kPa では一定軸差応力 25kPa で維持したまま，崩壊に至るまで間隙水圧を徐々に増加させた．表 1 より，締固め度が低下するにつれて破壊応力比も低下していると分かる．また，図 3 に着目すると，供試体の破壊点（深紅色）は CUB 試験での供試体の破壊線（黒破線）より右側にあり，CUB 試験よりも低い応力比で破壊に至っていたことが視覚的にも分かる．つまり，この試料は低有効応力条件下で高いせん断強度が期待できず，豪雨等による浸透時には，すべり破壊への耐性は低い盛土材料であることが示された．

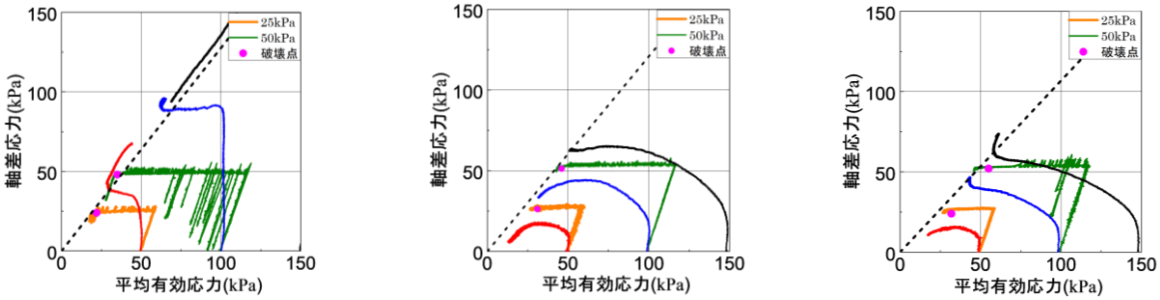
表 1　試験条件と結果

試験方法	含水比（%）	締固め度（%）	乾燥密度（g/cm³）	粘着力（kPa）	内部摩擦角（°）	
CUB試験	10	90	1.406	9	30	
		80	1.250	NP	NP	
		70	1.093	NP	NP	
				拘束圧（kPa）	一定軸差応力（kPa）	破壊応力比
吸水軟化試験	10	90	1.406	100	50	1.452
				50	25	1.213
		80	1.250	100	50	1.167
				50	25	0.921
		70	1.093	100	50	0.985
				50	25	0.834



（a）締固め度 90%　　（b）締固め度 80%　　（c）締固め度 70%

図 2　CUB 試験（有効応力経路）



（a）締固め度 90%　　（b）締固め度 80%　　（c）締固め度 70%

図 3　吸水軟化試験（有効応力経路）

4.　おわりに

本研究で使用したニセコ火山灰土と全く同じ試料を用いた小久井らの報告 [2] によれば，今回の締固め度 70%程度に相当する乾燥密度が，試料を採取した地山のせん断強度を再現する再構成試料における乾燥密度とのことであった．しかしながら，同様の乾燥密度で作製した供試体を用いて三軸試験を実施しても，小久井らが一面せん断試験で示した比較的密詰め傾向を示す力学挙動とは大きく異なる試験結果が得られた．これは，火山灰土を再構成するプロセスの違いによって，同じ乾燥密度であっても出来上がる土材料の特性が大きく異なることを示唆しており，火山灰土による盛土の性能評価にも影響を及ぼすと考えられる．今後は，採取試料の乾湿履歴，粒度調整，締固め方法の違いが，再構成された土材料の力学特性にどのような影響を及ぼすのか検討するとともに，液状化抵抗等にも着目していきたい．本研究を実施するのにあたり，茨城大学の安原一哉先生と小林薫先生から実験試料を提供していただいた．記して謝意を表します．

参考文献：1）例えば，藤田，小高，久保，李，早坂，道下：細粒分を含む築堤材料の締固め度によるせん断特性の違い，第 76 回土木学会年次学術講演会，Ⅲ-45, 2021. 2)小久井，小林，安原，大森，浅田：火山灰質砂質土のせん断強度特性における繰返し載荷および飽和度の影響，第 56 回地盤工学研究発表会，2021.