砂質土の供試体作製時における初期含水比の違いが力学挙動に及ぼす影響

名城大学大学院　学生会員　○御手洗翔太
名城大学　正会員　小高猛司・板橋一雄
建設技術研究所　正会員　李　圭太
中部土質試験協同組合　正会員　久保裕一
横浜国立大学　正会員　崔　瑛

１．はじめに

河川堤防などの浸透条件下の地盤では，浸透流などによる細粒分の流失によって粒度分布が変化し，さらに密度にも変化が生じる。それらに起因して力学挙動にも変化が生じると考えられる。著者らは，実堤防の粒度分布を模擬した砂質土を用いて，細粒分を人為的に減らした供試体を用いて三軸試験を実施した。その結果，細粒分の減少率，間隙比，相対密度などが非排水せん断挙動に大きな影響を及ぼすことが示された [1),2),3)]。本報では，異なる初期含水比で作製した同じ間隙比の供試体を用いた三軸試験を実施し，初期含水比が砂質土の力学挙動に与える影響について検討した。

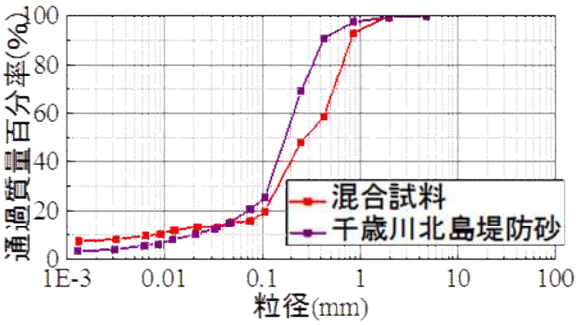


図１　試験試料と実堤防砂の粒度分布

表１　三軸試験に使用した各供試体の諸元

試験条件	初期含水比[%]	拘束圧[kPa]	圧密後間隙比
目標間隙比 e=0.65	0	50	0.594
		100	0.595
		150	0.586
	5	50	0.657
		100	0.642
		150	0.627
	10	50	0.616
		100	0.614
		150	0.622
目標間隙比 e=0.7	0	50	0.637
		100	0.614
		150	0.608
	5	50	0.679
		100	0.645
		150	0.651
	10	50	0.659
		100(1)	0.656
		100(2)	0.645
		150	0.638

２．試験条件

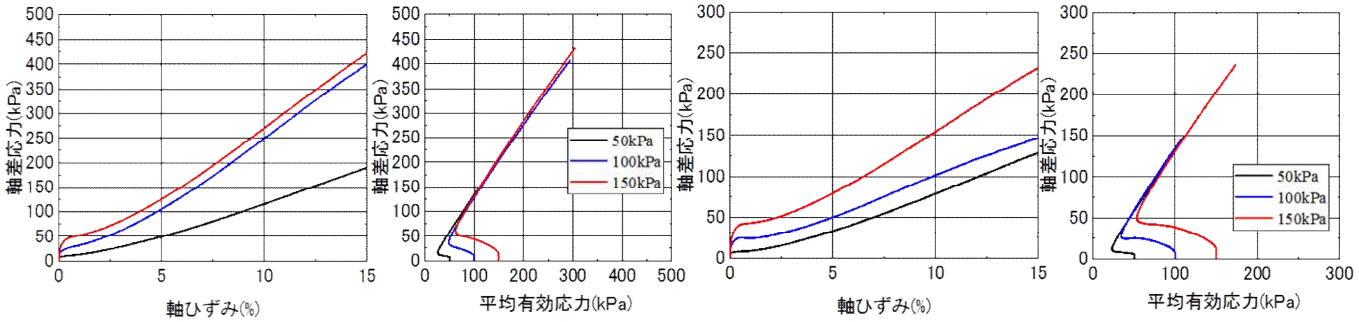
試験試料は，三河珪砂 4 号と 6 号，およびシルト分に富む野間精配砂を 3:1:3 の重量比で配合したものである。図 1 に試験に使用した混合試料の粒度分布を示す。この配合割合は，実堤防砂（千歳川北島堤防）の粒度に合わせて決めた。表 1 に本試験で使用した各供試体の諸元を示す。目標とする供試体間隙比は 0.7 および 0.65 とし，各初期含水比は 0%，5%，10%の 3 ケースで比較を行った。供試体作製においては，初期含水比 5%および 10%のケースでは，乾燥状態の試料を所定の配合で十分に混合した後に，所定の含水比になるように蒸留水を加水し，均一になるように十分に攪拌混合した。その混合試料をモールド内で所定の密度となるように 5 層に分けて締め固めて高さ 100mm，直径 50mm の供試体とした。一方，初期含水比 0%のケースでは，三軸試験装置にゴムスリーブを被せたモールドを設置し，乾燥状態の試料を空中落下させて供試体を作製した。いずれの目標間隙比においても，初期含水比 0%の空中落下法で作製した供試体の間隙比の方が，表 1 に示すように，圧密後の間隙比は若干小さくなっている。これらの条件で $\overline{CU}$ 試験を行った。

３．試験結果

図 2，3 および 4 に目標間隙比 0.65 の各初期含水比の試験結果を，図 5，6 および 7 に目標間隙比 0.7 の各初期含水比の試験結果を示す。図 2 および 5 の初期含水比 0%の有効応力経路に着目すると，せん断初期で塑性圧縮を伴う軟化挙動を示し，限界状態まで達した後にせん断終了まで軸差応力が上昇している。図 3 および 6

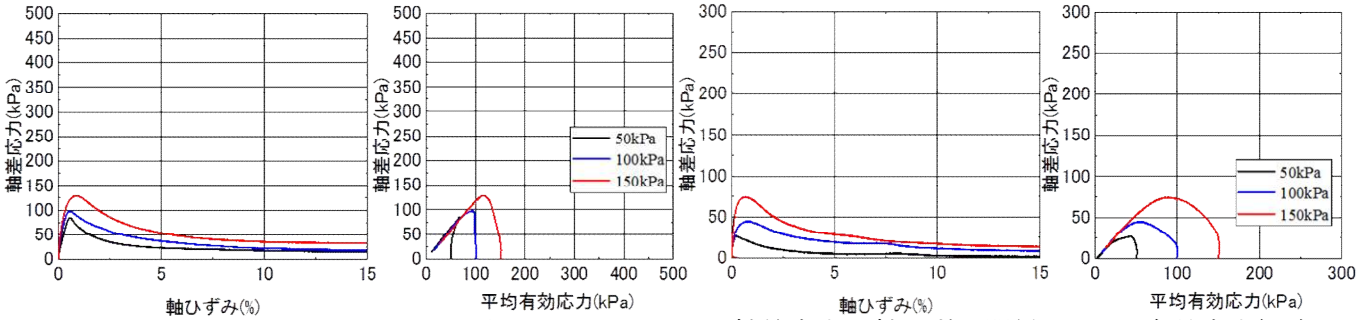
砂質土　三軸圧縮試験　構造　初期含水比
連絡先　〒468-8502 名古屋市天白区塩釜口 1-501 名城大学理工学部　TEL: 052-838-2347

の初期含水比 5%の有効応力経路に着目すると，0%の結果と同様に塑性圧縮を伴う軟化挙動を示した後，最終状態ではほぼ原点に向かっている静的液状化に近い状態となった。図 4 および 7 の初期含水比 10%の有効応力経路に着目すると，0%，5%より密詰め傾向であり，正のダイレイタンシーを発現した後，急激に塑性圧縮を伴う軟化を示していることがわかる。



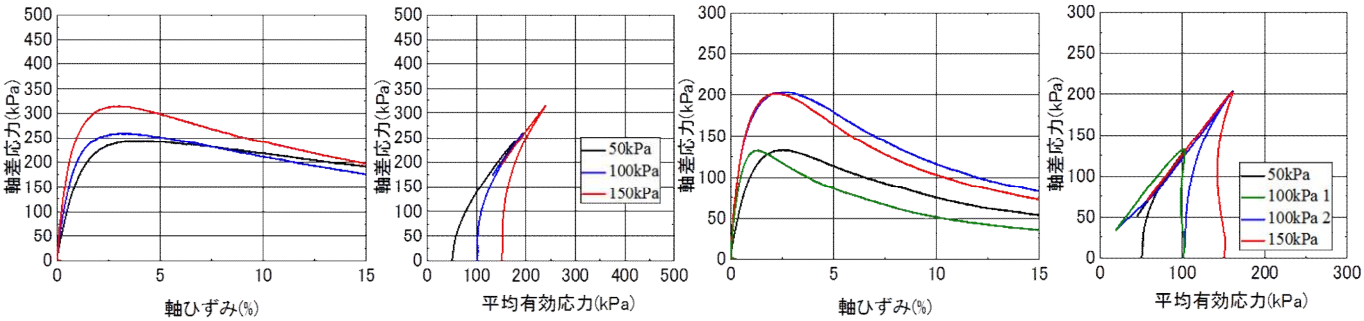
(a) 軸差応力～軸ひずみ関係　(b) 有効応力経路

図 2　目標間隙比 0.65　初期含水比 0%の試験結果



(a) 軸差応力～軸ひずみ関係　(b) 有効応力経路

図 3　目標間隙比 0.65　初期含水比 5%の試験結果



(a) 軸差応力～軸ひずみ関係　(b) 有効応力経路

図 4　目標間隙比 0.65　初期含水比 10%の試験結果

(a) 軸差応力～軸ひずみ関係　(b) 有効応力経路

図 5　目標間隙比 0.7　初期含水比 0%の試験結果

(a) 軸差応力～軸ひずみ関係　(b) 有効応力経路

図 6　目標間隙比 0.7　初期含水比 5%の試験結果

(a) 軸差応力～軸ひずみ関係　(b) 有効応力経路

図 7　目標間隙比 0.7　初期含水比 10%の試験結果

4．まとめ

初期含水比が 0，5，10%と増加するにつれて，せん断初期の弾性的な応答が明確に顕れるとともに，ピーク荷重後の脆性的なひずみ軟化も顕著になる。これは供試体作製時の初期含水によるサクションによって，粗粒分と細粒分がある種の「強固な」構造を形成するためと考えられる。初期含水比が 0%の供試体では，そのような構造が十分に形成されないために，間隙比は一番小さいにも拘わらず，せん断初期から大きく塑性圧縮を示す。しかし，変相後は過圧密性を発揮し，正のダイレイタンシーを発現して軸差応力は大きくなる。著者らは，細粒分が減少して粒度分布が変化した砂質土の力学挙動について，間隙比や相対密度を尺度として検討してきている [1)~3)]が，本報で示したように供試体の初期構造によっても力学特性が全く異なることも念頭において，砂質土が種々の条件下で形成している「構造」をベースに，総合的に試験結果を考察していく必要がある。

参考文献：1)小高ら：細粒分流出に伴う砂質堤体土の劣化に関する考察，第 28 回中部地盤工学シンポジウム，2016. 2) 御手洗ら：砂質堤体土からの洪水浸透時の細粒分流出を想定した三軸試験，第 71 回土木学会年次学術講演会，2016. 3) 小高ら：粒度変化と密度変化が砂質土の力学挙動に及ぼす影響，第 52 回地盤工学研究発表会，2017.