

三軸試験による構造的砂質土の繰返し載荷時の力学特性の評価

名城大学 学生会員 ○山下隼史, 山下諒也
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
日本工営株式会社 正会員 李 圭太

1. はじめに

著者らは、細粒分を含有する砂質土において、供試体作製時の初期含水比を変えることによって、異なる骨格構造を有する砂質土（ここでは構造的砂質土と呼ぶ）の供試体が作製可能であることを示した¹⁾²⁾。本報では、液状化現象に及ぼす土の骨格構造の影響を検討するため、三軸試験で単調載荷、繰返し載荷試験を行い、構造的細粒土の強度および変形特性を評価する。

2. 試験条件

試験試料は、三河珪砂 4 号と 6 号、および野間精配砂を重量比 3 : 1 : 3 で配合したものである。図 1 に試験で使用した混合試料の粒度分布を示す。この配合割合は、実堤防の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。本実験では供試体作製時の初期含水比を 0%, 5%, 10%と変化させた。初期含水比 5%, 10%は、乾燥試料を所定の含水比になるように蒸留水を加水し、均一になるまで十分に攪拌した。その後、湿潤資料をモールド内で所定の密度となるように 5 層に分けて締固め、高さ 100mm、直径 50mm の供試体にした。一方、初期含水比 0%は三軸試験装置内にゴムスリーブを被せたモールドを設置し、乾燥試料を 5 層に分けて供試体を作製した。いずれの供試体も供試体作製時には含水比を変えるが、二重負圧法を用いて完全飽和させて CUB 試験を実施した。単調載荷試験の載荷速度は 0.1%/min であり、繰返し載荷試験の拘束圧は全て 100kPa、周波数 0.1Hz で繰返し載荷試験を実施した。

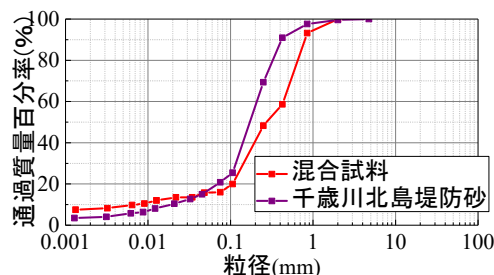


図 1 試験試料の粒度分布

表 1 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
単調載荷試験	0	50	0.676
		100	0.659
		150	0.657
	5	50	0.669
		100	0.676
		150	0.643
	10	50	0.674
		100	0.671
		150	0.667
繰返し載荷試験	0	100	0.661
	5		0.652
	10		0.671

3. 試験結果

図 2 に単調載荷試験の初期有効応力経路を示す。拘束圧 50kPa では、初期含水比 10%の供試体はピーク後の急激

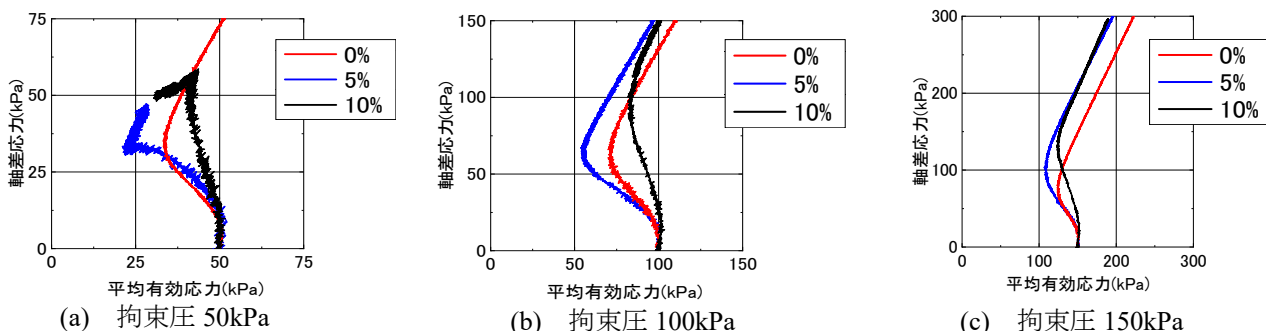


図 2 単調載荷試験結果

キーワード 三軸試験, 液状化, 土の骨格構造

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

なひずみ軟化傾向がみられ、0%と5%はひずみ硬化傾向を示した。拘束圧 100kPa, 150kPa ではすべての供試体がひずみ硬化傾向を示した。初期含水比 0%においては初期含水比 5%, 10%と比較して正のダイレイタンスを大きく発現させた。変相点で比較すると、初期含水比が高くなるにつれて軸差応力と軸ひずみ量の値が大きくなった。変相時にこれらの値が大きいほど土の剛性が高いと推察されることから、初期含水比が高いほど高位の骨格構造を形成し剛性が高まったと考えられる。

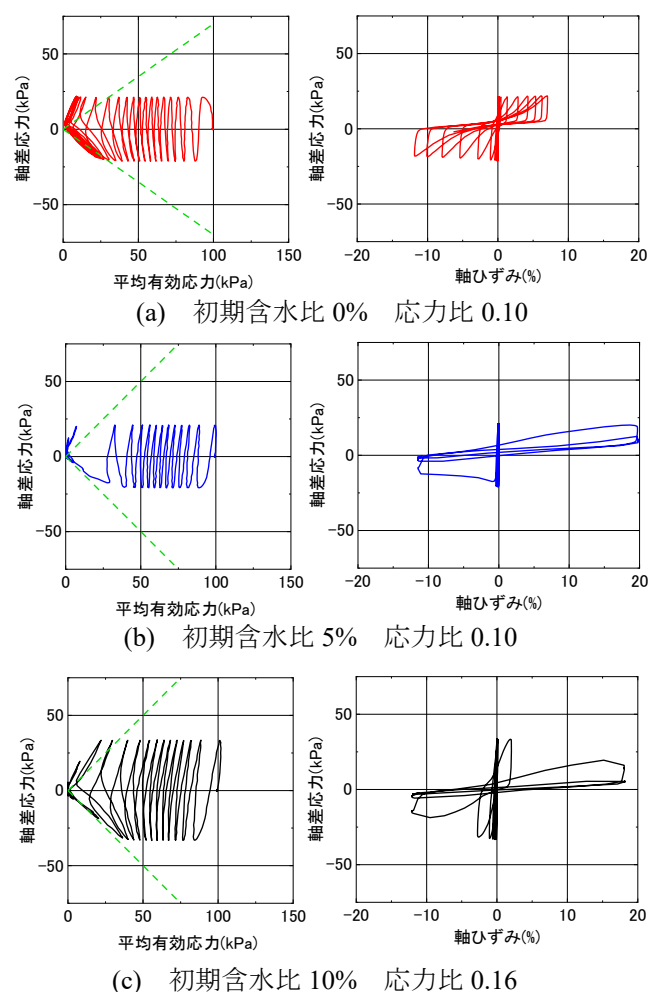
図3に繰返し载荷試験の有効応力経路、軸差応力～軸ひずみ関係を示す。液状化に至る繰返し回数が20回に近い応力比の試験ケースを比較する。初期含水比0%の供試体では明確なサイクリックモビリティ現象が発現している。初期含水比5%と10%の供試体では、繰返し载荷の後半で過剰間隙水圧が急激に上昇して液状化した。図4に両振幅ひずみ～繰返し载荷回数関係を示す。初期含水比0%と比較して5%, 10%は一気に軸ひずみ量が増加していることから、脆性的な破壊をしたと考えられる。図5に液状化強度曲線を示す。繰返し载荷回数 $N_c=20$ から液状化強度比 R_L を求めた。初期含水比0%は $R_L=0.095$, 5%は $R_L=0.090$, 10%は $R_L=0.155$ である。初期含水比0%で、繰返し载荷回数の少ないところで液状化強度曲線が顕著に立ち上がっているが、サイクリックモビリティ現象が発現し、見かけ上の液状化強度が増加したためである。

4. まとめ

供試体作製時の初期含水比を変化させることで構造的細粒土の骨格構造は大きく異なり、初期含水比を高めるにつれて高位な骨格構造を形成する。本報で示した単調载荷試験においては、変相に至る前のせん断初期においては剛性が高くなる傾向を示した。さらに、繰返し载荷試験の結果から、初期含水比0%の低位な骨格構造の供試体ではサイクリックモビリティを発現した一方、初期含水比が高い高位な骨格構造の供試体では、液状化強度が増加することが示された。ただし、脆性的な破壊挙動も併せて確認された。

原地盤からの凍結サンプリングによる不攪乱試料では、チューブサンプリング試料よりも液状化強度が高く評価されることが示されているが、本報の試験結果からも、その事実を類推することが可能である。

参考文献: 1) 御手洗ら：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的挙動に及ぼす影響，第72回土木学会年次学術講演会，2017. 2) 小高ら：三軸圧縮並びに単純せん断による構造的砂質土と疑似粘性土の力学特性の検討，第55回地盤工学研究発表会，2020.



有効応力経路 軸差応力～軸ひずみ関係
図3 繰返し载荷試験結果

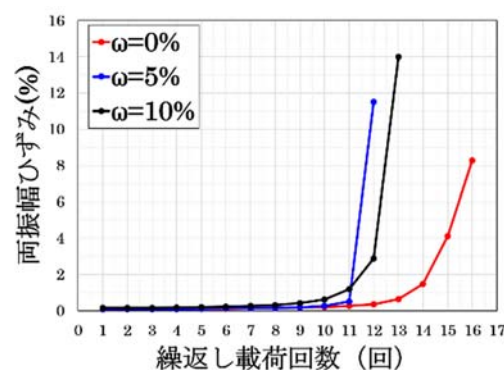


図4 両振幅ひずみ～繰返し载荷回数関係

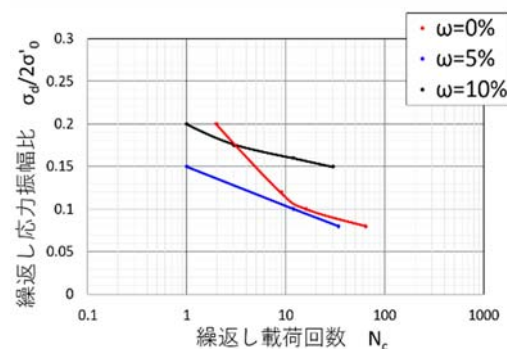


図5 液状化強度曲線