

第III部門

初期せん断応力下で繰返し荷重を受ける不飽和まさ土の変形挙動

関西大学工学部 学生員 ○伊藤 潤
 関西大学工学部 正会員 西形達明
 関西大学工学部 正会員 西田一彦

1.はじめに

地震時における斜面の安定性を検討する場合、原地盤はほとんどが不飽和状態であることから斜面傾斜に対応した初期せん断応力を考慮した不飽和土の動的特性を知る必要がある。特に地震時の斜面の変形を考える場合、繰返し荷重下の変形特性と限界ひずみ量を知ることが非常に重要になる。そこで本研究では、不飽和まさ土斜面を対象とし、振動三軸試験による初期せん断応力下での繰返し荷重を受ける不飽和まさ土の動的特性について検討した。

2.試料の特徴と実験方法

本研究で用いた試料は、大阪府交野市にある地山で採取したまさで比較的、風化の進んだものである。表-1 にまさ土試料の物理的性質を示し、図-1 に粒径加積曲線を示す。図-1 中には、「港湾施設の設計上の基準・同解説」にある液状化の可能性がある範囲を破線で示しており、これより、まさ土試料が飽和状態で液状化の可能性があることがわかる。図-2 はまさ土試料の水分保持曲線を示している。この図-2 より、本研究ではサクションが急に低下し始める $S_r=80\%$ 以上を湿潤領域、サクションが急激に増加する $S_r=45\%$ 以下を乾燥領域、その両者間の状態を中間領域とし、サクションの発生傾向によって3つの領域に分けて考えることにした。

実験に用いた供試体は、試料を 2mm ふるいにかけた後、所定の飽和度に調整し、間隙比が 1.0 になるように直径 5 cm、高さ 10cm の円筒型のモールドに 5 層に分けて突き固めたものを用いた。飽和度は $S_r=36, 44, 55, 61, 69, 83, 100\%$ の 7 種類に設定した。実験方法はセラミックディスク付きペDESTALの上に供試体を設置後、サクション値が一定になるまで放置する。次に、等方圧密した後、平均有効主応力 σ_c が一定となる条件で初期せん断応力 $\tau_0=15$ および 30kPa を作用させた。この後、繰返し载荷を非排気非排水、周波数 0.1Hz の正弦波によって実施した。

3.実験結果

得られた実験結果より飽和度、初期せん断応力の違いによる軸ひずみの発生傾向の違いを図-3, 4, 5 に示した。図中の r は繰返し応力比を示している。図-3 は $S_r=83\%$ の湿潤領域の場合の繰返し载荷試験結果である。初期せん断応力が作用しない場合 ($\tau_0=0\text{kPa}$) では、徐々に伸張側にひずみ振幅が増大しており、ほぼ通常の液状化に近い挙動を示している。 $\tau_0=30\text{kPa}$ の初期せん断応力が作用する場合には、载荷初期からひずみ振幅を繰返ししながら圧縮側に徐々に変形しているが、いずれの応力比の場合も途中でひずみ速度が増加し始める状況が見られる。図-4 は $S_r=55\%$ の中間領域の場合の繰

表-1 まさ土試料の物理的特性

土粒子密度 $\rho_s(\text{g}/\text{cm}^3)$	自然含水比 $w_0(\%)$	最適含水比 $w_{opt}(\%)$
2.764	16.0	20.0
平均粒径 $D_{50}(\text{mm})$	細粒分含有率 $F_c(\%)$	粘土分含有率 $C_c(\%)$
0.37	11.8	5.3

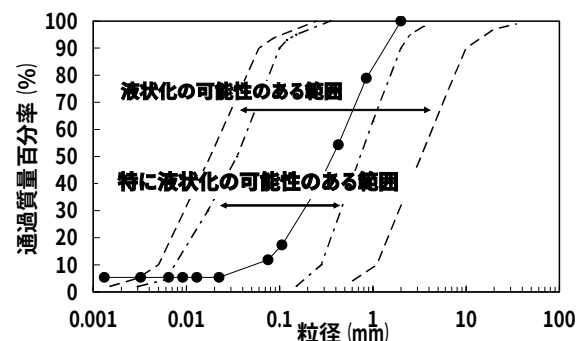


図-1 まさ土試料の粒径加積曲線

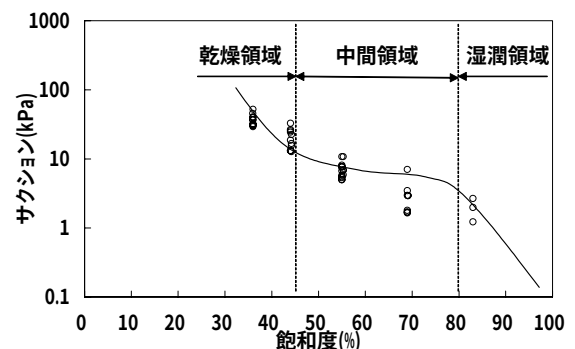
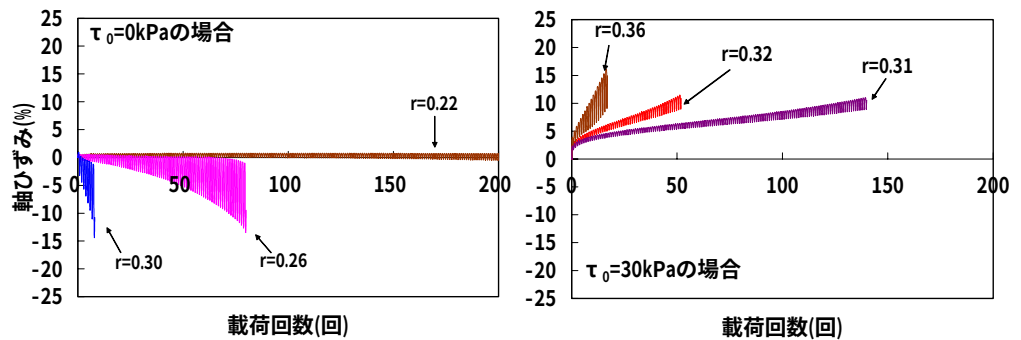
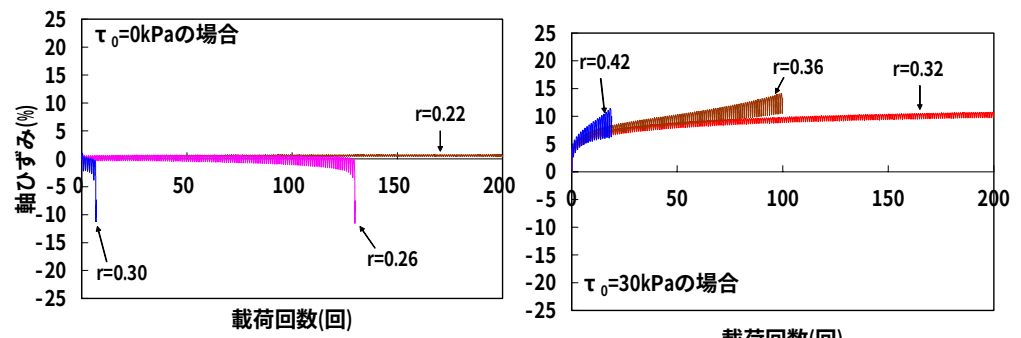
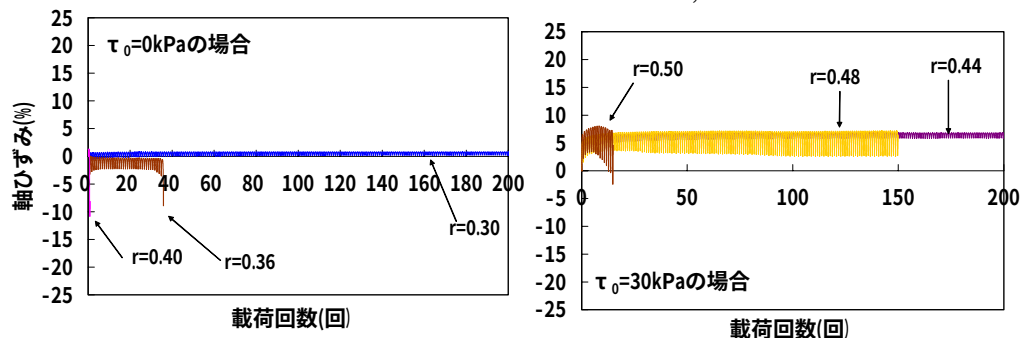


図-2 まさ土試料の水分保持曲線

返し载荷試験結果である。初期せん断応力がない場合は、ある载荷回数で伸張側に急激な軸ひずみを発生し、脆性的な挙動を示している。 $\tau_0=30\text{ kPa}$ では湿潤領域と同様に圧縮側にひずみが発生しているが、応力比の大きさにより途中でひずみ速度が増加する場合としない場合が見られる。図-5は $Sr=36\%$ の乾燥領域での繰返し载荷試験である。 $\tau_0=0\text{ kPa}$ の場合では、中間領域と同様に脆性的な挙動を示すが、1波目から大きな軸ひずみが発生し、その傾向は中間領域と比べてより顕著に表れた。初期せん断応力が作用する場合では応力比が低い場合にはひずみが全く進行しない。これは乾燥領域では繰返し応力比が小さくなると载荷の影響が締固めとなって現れたものと考えられる。

図3, 4, 5より飽和度及び初期せん断応力により繰返し载荷時におけるひずみの挙動は異なることがわかった。図-6は繰返し载荷試験結果から各条件下での繰返し载荷時の変形挙動の特徴をまとめたものである。初期せん断応力が作用しない場合では、軸ひずみはすべて伸張側に発生し、その破壊形態

は飽和度が高い場合の擬似液状化と低い場合の脆性的な破壊に分けられる。 $\tau_0=15\text{ kPa}$ ではひずみ発生方向が中間領域($Sr=69, 61\%$)で圧縮側から伸張側に変化する。 $\tau_0=30\text{ kPa}$ の場合では、すべての飽和度で圧縮側に軸ひずみを蓄積している。これは初期せん断応力の载荷により、繰返し初期の圧縮力が卓越し、その影響が大きく表れたためであると考えられる。以上のことから初期せん断応力が作用せず、高い飽和度では液状化に近い破壊状況を示す。これより飽和度が徐々に低下するに伴い、その破壊形態は脆性的なものへと変化する。次に初期せん断応力が作用すると、ひずみは伸張側から圧縮側へ移り、応力比の大きさによってひずみが蓄積することにより途中で破壊に至る場合と安定化する場合にわかれることになる。

図-3 ひずみの挙動 ($Sr=83\%$, 湿潤領域)図-4 ひずみの挙動 ($Sr=55\%$, 中間領域)図-5 ひずみの挙動 ($Sr=36\%$, 乾燥領域)

		飽和度Sr(%)						
		36	44	55	61	69	83	100
初期せん断応力 τ_0 (kPa)	0	伸張側						
		脆性			擬似液状化		液状化	
	ひずみ振幅小					ひずみ振幅大		
	15	伸張側			圧縮側			
		脆性		振幅増大型				液状化
	ひずみ振幅小			ひずみ振幅大				
	30	圧縮側						
		ひずみ蓄積型						
		ひずみ振幅大			ひずみ振幅小			
		乾燥領域		中間領域			湿潤領域・飽和状態	

図-6 飽和度、初期せん断応力と変形挙動