

# 中空ねじり試験機を用いた液状化強度試験

中部土質試験協同組合 ○ 久保裕一, 法安章二  
名城大学 小高猛司

## 1. はじめに

地盤工学会関東支部では「中空ねじりによる液状化強度試験の高精度化に関する研究委員会」が設立され「土の変形特性を求めるための中空円筒供試体による繰返しねじりせん断試験」JGS 0543-2020 (以下, 中空ねじり試験) での試験機を用いた液状化強度試験の基準化に向けて活動している。本報では, 密度の異なる豊浦標準砂を用いて実験を行ったので, 試験結果の一部を報告する。

## 2. 試験方法と使用試験機

試験機は空圧式サーボ, アクチュエーターを採用し, 回転はラックアンドピニオンギアにより, 水平方向の動きを鉛直軸回転方向に変化させる。フィードバックは応力制御, ひずみ制御のどちらかを選択可能である。各計測器具は, 鉛直軸変位に外部変位計 (最大15mm), 大回転計にポテンシオメーター (最大30度), 小回転計にギャップセンサー (最大2度) を使用した。材料は豊浦標準砂を使用し, 空中落下法により中空供試体を作成, 相対密度  $Dr=40, 60, 80$  の3種類。周波数は正弦波0.1Hz, 応力制御, ゴムスリーブ厚さ0.3mm 補正無し, 拘束圧は100kPa とした。

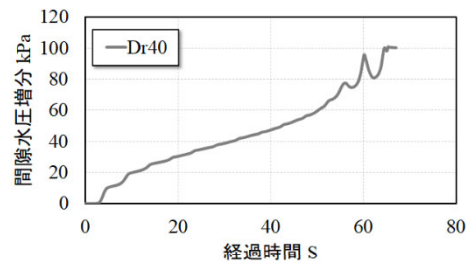
## 3. 試験結果

### (1) 間隙水圧増分～経過時間

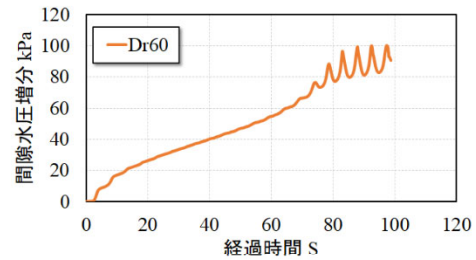
図-1に間隙水圧増分～経過時間を示す。図は各相対密度のせん断応力15kPa のみを示したものである。間隙水圧増分は, 全ての密度条件において, 载荷直後に大きく上昇。その後, 時間経過とともに小さな上下動で緩やかに上昇, 間隙水圧増分が80kPa 付近から急激に大きく変動し液状化に至る。この現象は特に緩詰の  $Dr=40$  で顕著で, 間隙水圧増分80kPa 付近から1波で液状化に至っている。また, 初期载荷でも他の密度と比較して上下動がやや大きいのが特徴である。この現象は他のせん断応力, 17.5kPa, 20kPa でも同様に観察された。

### (2) せん断応力～有効応力

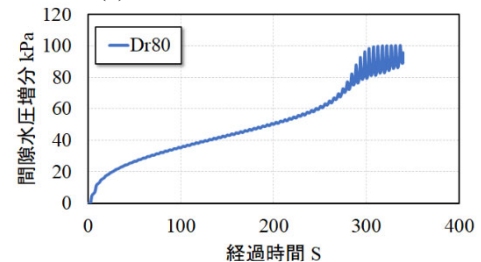
図-2にせん断応力～有効応力を示す。図は各相対密度のせん断応力15kPa のみを示したものである。有効応力は全ての密度条件において初期载荷で大きく低下, その後, 液状化前の20kPa 付近で再び大きく減少し, 液状化に至る。液状化前に大きく有効応力が減少する値はいずれも20kPa 付近で, 前述した間隙水圧増分が影響していると考えられる。せん断応力は左右均等に载荷され, 液状化に至る直前にやや低下する程度である。液状化前に観察される変相は比較的明瞭で, 大きく有効応力が低下した直後に現れている。この現象は他のせん断応力 17.5kPa, 20kPa でも同様に観察された。



(a)  $Dr=40$  での間隙水圧増分

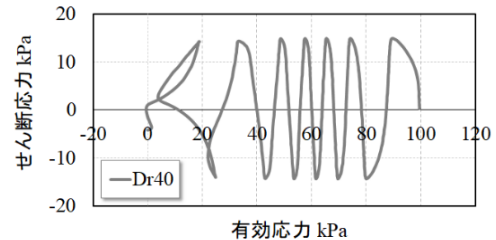


(b)  $Dr=60$  での間隙水圧増分

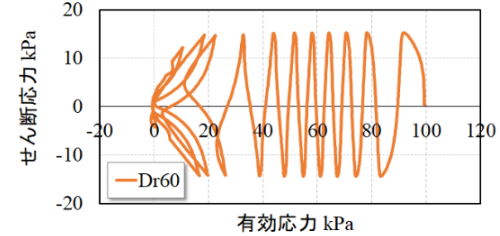


(c)  $Dr=80$  での間隙水圧増分

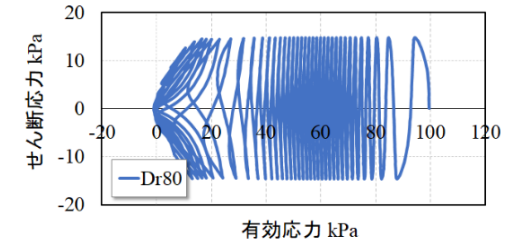
図-1 間隙水圧増分～経過時間関係



(d)  $Dr=40$  での有効応力



(e)  $Dr=60$  での有効応力

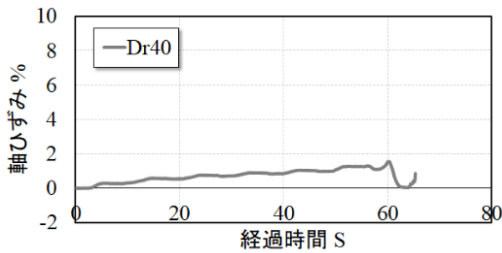


(f)  $Dr=80$  での有効応力

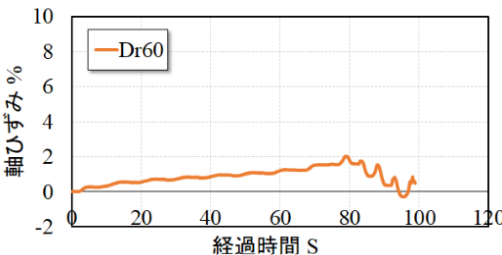
図-2 せん断応力～有効応力関係

(3) 軸ひずみ～経過時間

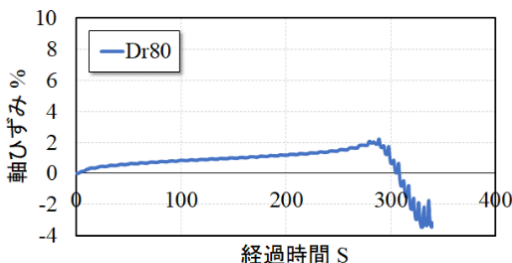
図-3に軸ひずみ～経過時間を示す。図は各相対密度のせん断応力15kPaのみを示したものである。軸ひずみは全ての密度条件において経過時間とともに圧縮方向（正の値）に徐々に増加し、ピーク後に伸張方向に転じ液状化に至る。この傾向は、密詰めになるほど顕著に現れ、Dr=80では最終的に初期状態より4%程伸張して液状化に至っている。Dr=40では沈下から伸張に転じ液状化するが、初期状態より伸張するまでには至っていない。これはダイレイタンスの影響であると考えられ、密詰めほど液状化時の伸張が顕著となっている。この現象は他のせん断応力17.5kPa, 20kPaでも同様に観察された。



(g) Dr=40での軸ひずみ



(h) Dr=60での軸ひずみ

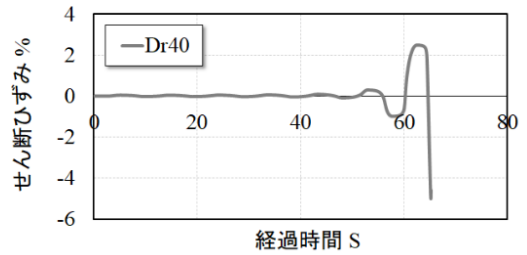


(i) Dr=80での軸ひずみ

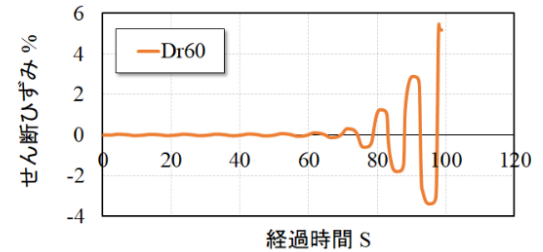
図-3 軸ひずみ～経過時間関係

(4) せん断ひずみ～経過時間

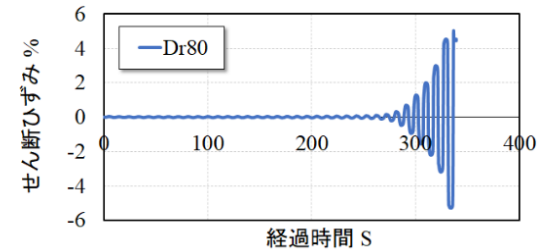
図-4にせん断ひずみ～経過時間を示す。図は各相対密度のせん断応力15kPaのみを示したものである。図から、全ての密度条件において、せん断ひずみは荷重初期から小さいひずみのまま進行するが、ある経過時間から大きく上下に変動し液状化に至る。Dr=40では、特に急激に液状化に至っている。せん断ひずみが増加し液状化に至る経過時間に着目するとDr=40で約60秒、Dr=60で約80秒、Dr=80で約280秒となり、図-3の軸ひずみのピークの経過時間とほぼ同調する。また、図-1の間隙水圧増分が変動する時間も同様である。これらの現象は他のせん断応力でも観察され、液状化に至る経過時間は、軸ひずみ、間隙水圧増分と深く関係することが推察できる。



(j) Dr=40でのせん断ひずみ



(k) Dr=60でのせん断ひずみ



(l) Dr=80でのせん断ひずみ

図-4 せん断ひずみ～経過時間関係

(5) せん断応力～繰返し回数

図-5に両振幅軸ひずみ7.5%で整理した、せん断応力～繰返し回数を示す。図から、三軸試験機を使用した場合と同様に、密度変化、せん断応力の増加に応じ、繰返し回数が減少し、中空ねじり試験機でも所定の繰返し回数の液状化強度を求めることが可能である。

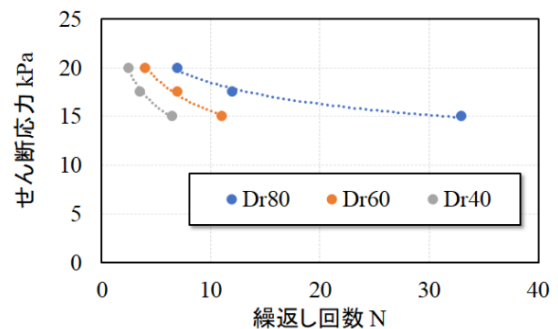


図-5 せん断応力～繰返し回数関係

4. まとめ

相対密度を変化させた豊浦標準砂を用い、中空ねじり試験機にて液状化強度試験を実施し、各計測データを報告した。中空ねじり試験機を用いることにより、現地盤に近い単純せん断モードでの繰返し荷重が可能であり、鉛直縦軸方向のひずみを計測する事が可能であることなど三軸試験機を用いるよりも多くの情報を得ることが可能であった。今後も本研究委員会のもと、基準化に向け積極的に活動していきたい。