

# 原位置試験を考慮した新しい三軸液状化試験

地盤工学研究室 白幡翔

## 1. 研究背景と目的

地震時に発生する砂質地盤の液状化は、構造物の沈下や傾斜を引き起こす地盤災害である。液状化特性の評価には非排水繰返し三軸試験が広く用いられているが、従来の試験では側圧一定条件下で軸方向に繰返し载荷を行うため、地震時に地盤に作用する応力と異なることが指摘されている。

既往研究では、粒子配向性が液状化強度に影響を及ぼすことが報告されている。しかし、図1と図2に示すように、三軸液状化試験と振動台試験とでは、粒子配向性と液状化強度の関係に逆の傾向が確認されている。この差異は、試験方法の違いによる最大主応力方向と粒子配向方向の相違に起因すると考えられている。

擬し、側圧を時間的に変動させる横方向繰返し载荷を導入した新しい三軸液状化試験（以下、CPM三軸液状化試験）を開発する。本研究の目的は、この载荷方法が液状化挙動および液状化強度に及ぼす影響を明らかにし、原位置 CPM 試験で得られる結果を、通常三軸液状化強度に変換できるようにすることである。

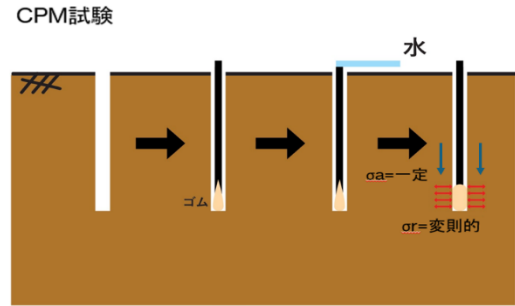


図3 原位置 CPM 試験模擬図

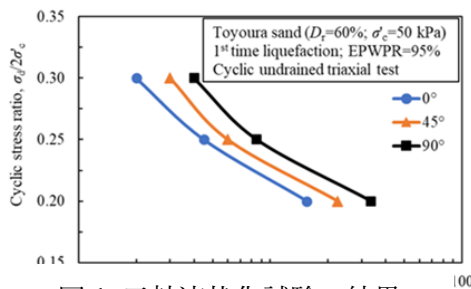


図1 三軸液状化試験の結果

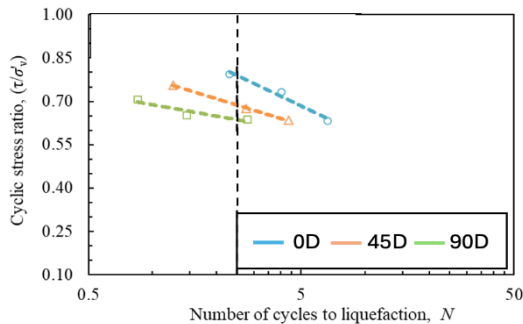


図2 振動台試験の結果(D<sub>r</sub>=60%)

図3に原位置繰返しプレッシャーメータ(CPM)試験の概要を示す。ボアホール内に、プレッシャーメータを配置し、その圧力でボアホール側面に繰返し応力を与え、液状化させようとするものである。そこで本研究では、原位置 CPM 試験を模

## 2. 研究方法

試験には、相対密度40%に調整した豊浦砂供試体を用いた。供試体を十分に飽和させた後、等方有効応力50 kPaで圧密した後、非排水条件下で繰返し载荷を実施した。CPM三軸液状化試験では、軸方向応力を一定に保持しつつ、側圧を一定速度で増加、減少させることで供試体に繰返しせん断応力を作用させた。なお、側圧減少は、初期等方応力状態で止めた。図4に通常三軸液状化試験とCPM三軸液状化試験の概念図を示す。通常三軸液状化試験では、側方方向一定のもと、繰返し軸応力(両振り)载荷、CPM三軸液状化試験で

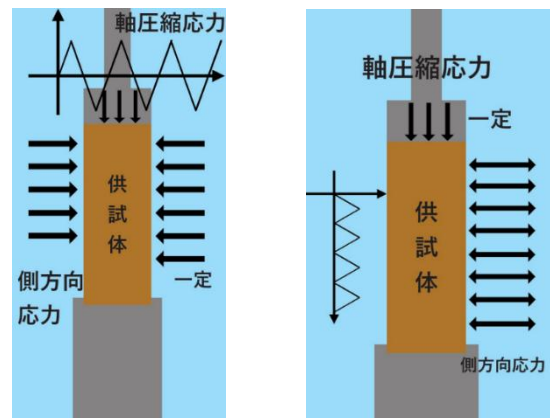
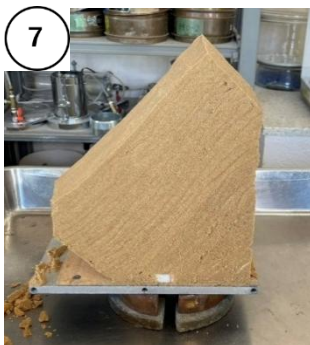
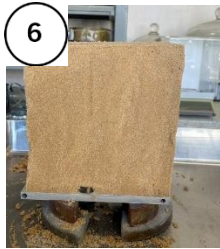
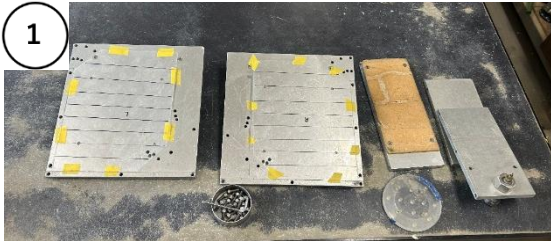


図4 各試験法の概念図

は、軸応力一定のもと、繰返し側方行応力(片振り) 载荷であることが分かる

液状化判定は残留軸ひずみ 5%到達時とし、そのときの繰返し载荷回数を液状化回数  $N_c$  と定義した。試験中は軸ひずみ、偏差応力および有効応力を連続的に計測した。



次に供試体作製方法について説明する。写真 1 は、可傾式モールドを分解した状態を示す。

写真 2 は、可傾式モールドを組み立て、接続部分をガムテープで覆ったところである。

これは接続部から水の侵入を防止し、供試体を均一に保つためである。

写真 3 は、空中落下法で砂層から 10 mm 離して砂を堆積させている状況を示す。落下高さが異なると相対密度に影響を及ぼすため、所定の距離を正確に保持することが重要である。図 5 には空中落下法の詳細を示す。

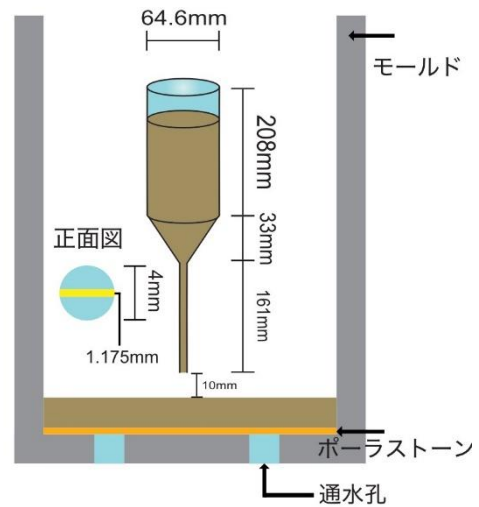


図 5 空中落下法の詳細図

写真 4 は、試料の水浸過程である。通水は必ず下部から徐々に行い、砂層表面に水が到達した時点で停止し、30 分間静置する。その後排水し、さらに 30 分間静置することで安定化を図る。

写真 5~7 は、それぞれ粒子配向角 0 度、90 度、45 度の試料作製状況を示す。

写真 8 は、供試体のトリミング作業を示す。所定の供試体寸法（直径 50 mm 高さ 120 mm）に

なるように正確に削り出す必要があり、特に上下端面は水平を確保する。これは試験時に作用する応力分布が均等になるようにするためである。

写真9は、供試体を三軸試験機に設置し、メンブレンを装着した状態を示す。供試体の破損や偏心を防ぐため、設置作業は慎重に行う必要がある。

### 3. 研究結果

CPM 三軸液状化試験結果を図6と図7に示す。

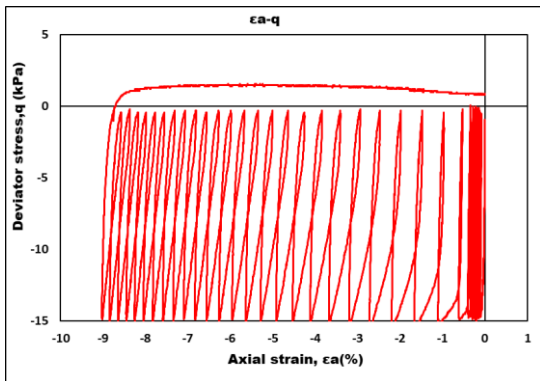


図6 軸ひずみ-軸差応力

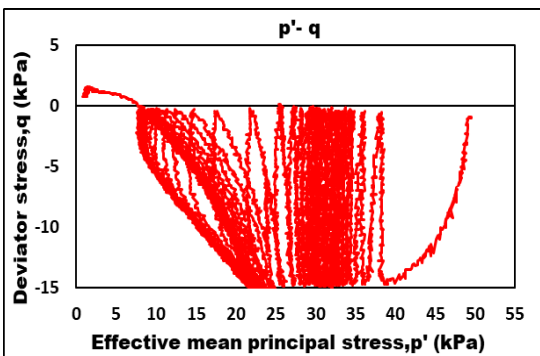


図7 有効応力経路

CPM 三軸液状化試験では、繰返し载荷の進行に伴い軸ひずみが徐々に伸長方向に累積する挙動が確認された。有効応力経路については、平均有効応力の低下が徐々に進んでいるが、片振り载荷であるため、有効応力ゼロには到達していない。液状化強度について、繰返し応力比と液状化回数  $N_c$  の関係を整理した結果を、図8に示す。

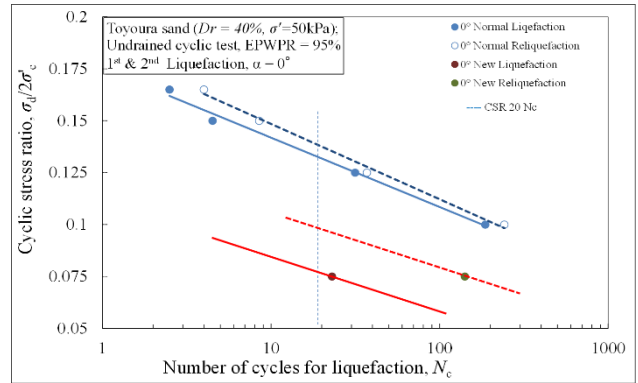


図8 繰返し応力比と液状化回数

CPM 三軸液状化試験結果は1点しかないため、通常の三軸液状化試験と平行線を引いてある。CPM 三軸液状化試験では、同一の  $N_c$  に対して必要な繰返し応力比が通常の三軸液状化試験よりも小さくなる傾向が確認された。すなわち、横方向繰返し载荷を導入した場合、より小さな応力比で液状化に至る結果となった。

### 4. 結論と今後の展望

本研究では、原位置 CPM 試験を模擬した新しい三軸液状化試験を開発し、横方向繰返し载荷が液状化強度に与える影響を検討した。その結果、CPM 三軸液状化試験では、通常の三軸液状化試験に比べて小さな繰返し応力比で液状化に至る傾向が確認された。この結果は、本試験法は原位置 CPM 試験結果を通常の三軸液状化強度に変換できる基礎データになると考えられる。今後は、試験条件を変化させて、試験数を増やすことにより、粒子配向性と液状化強度の関係を体系的に検討していく予定である。