

# 多重セルを有するプレッシャメータによる原位置動的試験についての研究

株式会社 マスダ技建

○伊藤健 益田和夫

## 1. はじめに

多重セルを有するプレッシャメータは、ボーリング孔の孔壁に直接多重セルを通して動的繰り返し荷重をかけて、応力・ひずみ・間隙水圧の関係を計測する原位置試験機である。これにより地震時の地盤の液状化判定に利用可能な、せん断強度、粘土地盤の繰り返し軟化現象の検討、及び大ひずみ領域でのせん断剛性率Gのひずみ依存性についての研究が可能と思われる。本報告では、この内の動的せん断強度、及び繰り返し軟化強度についての実験結果を報告する。

## 2. 測定装置の概要

測定装置は写真-1に示すように、5連セルを有するプレッシャメータ(径10cm、長さ90cm)で、空圧方式によるポンプからの圧力水を各セルに送り、圧力と送水量の変化と合わせて自動制御のもとで記録を取るものである。特に5連セルの中央番セルの側壁部には間隙水圧計がセットされている。測定は最初に5連セル全体に静止土圧に相当する荷重を初期圧として孔壁にかけ、次に上から2番目と4番目のセルに動的繰り返し荷重を交互にかけ、セルの応力・ひずみの計測は勿論のこと、この結果により生ずるセル周辺のひずみ・間隙水圧の変化を計測し、これら全体の関係から地盤の液状化を含めた動的特性を検討するものである。



写真-1 5連セルとポンプ

## 3. 現場実験結果

実験は関東平野の江戸川沿い沖積軟弱地盤で行った。実験場所の土質柱状図を図1に示す。実験を行なったのはG L - 6~7m付近でのN = 15の砂層(実験結果は図2, 3)とG L - 9~10m付近でのN = 0のシルト層(実験結果は図4, 5)である。

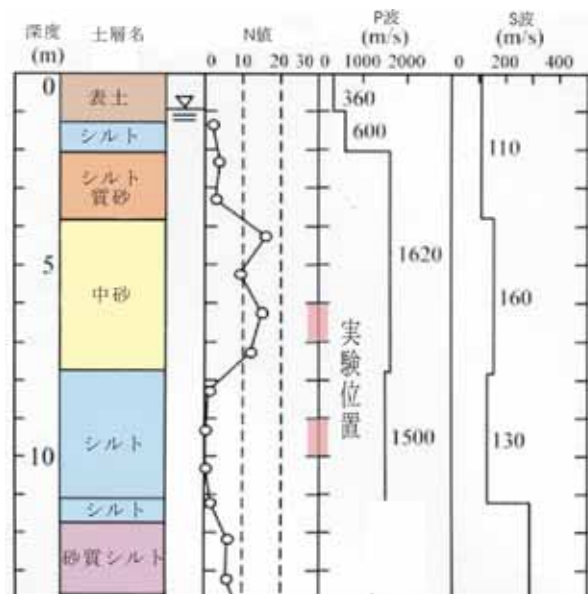


図 1 土質柱状図

まず、砂層の図2について説明する。図2の下のグラフはゴム圧と水位圧を補正した実際に地盤に伝わっている圧力(kN/m<sup>2</sup>)と時間図であり、中央が間隙水圧と時間図、上が変位(ひずみ)と時間図である。これらの図の中での縦の赤線が地盤が破壊したと判定した時点である。すなわち、間隙水圧の上昇を示す中央のグラフが過剰間隙水圧の発生状況を示し、これと変位のグラフとの関連から縦の赤線の時点で破壊したと判定した。換言すると砂層が過剰間隙水圧の上昇に伴い、有効圧の減少により破壊したものであり、液状化したものと判定した。また重要なことは破壊後に間隙水圧の低下が見られるが、これは液状化発生後に間隙水圧の消散現象と考えている。次に図4のシルト層の計測図も同様の見方をする。しかし、ここで砂層との最も異なる点は間隙水圧の変化である。すなわち、セルによる動的圧力を加えた後は、間隙水圧も上昇のみであり、セル周辺の破壊後も間隙水圧の上昇は続き、明らかに砂層での途中からの消散現象は見られない。

なお、破壊時のせん断応力(強度)は、破壊時のセルの圧力とセルの圧力の差(P)にプーシネスクの解を応用した分散係数0.2を掛けることで計算される(この分散係数に関しては、今後実験および解析などで特定して行く予定である)。この結果、図2の砂層ではP = 200-80 = 120(kN/m<sup>2</sup>)、 $\tau = 0.2P = 24(kN/m^2)$ 、このせん断応力が作用することで過剰間隙が発生し、液状化現象が生じることになる。図4のシルト層ではP = 200-130 = 70(kN/m<sup>2</sup>)、 $\tau = C = 0.2P = 14(kN/m^2)$ となり、軟化時のせん断応力(又は粘着力)が求まる。なおこのシルト層での粘着力はC = 28(kN/m<sup>2</sup>)であった。

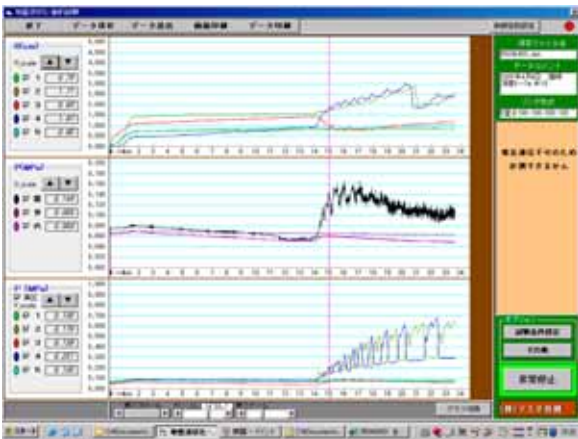


図 2 砂層の計測図

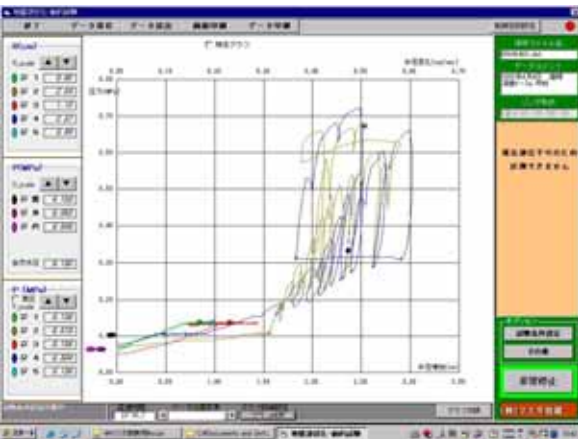


図 3 砂層の圧力～ひずみ図

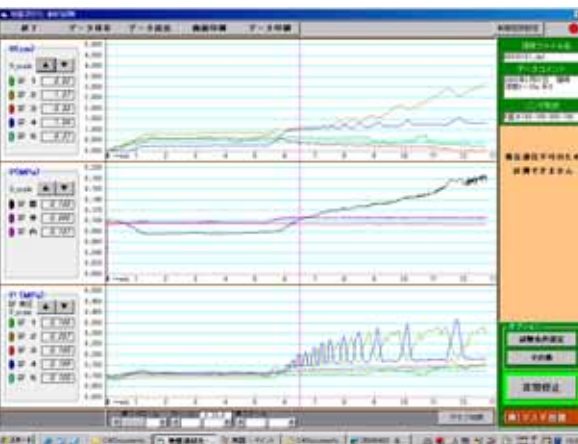


図 4 シルト層の計測図

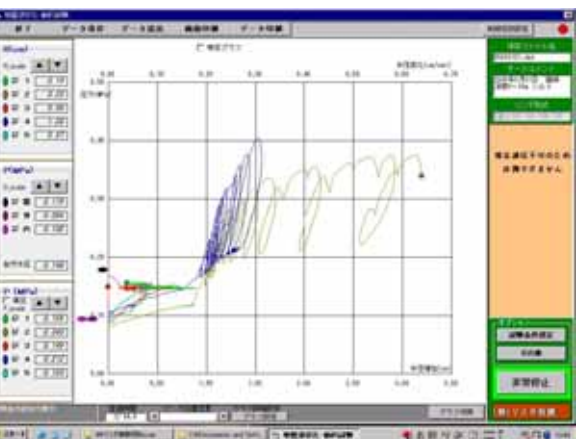


図 5 シルト層の圧力～ひずみ図

ちなみに、道路橋示方書の液状化判定式により図 2 の砂層 ( $G_L = 6.5\text{m}$ ,  $N = 15$ ,  $\sigma_v = 117.6\text{kN/m}^2$ ,  $\sigma_v = 69.1\text{kN/m}^2$ ,  $D_{50} = 0.23\text{mm}$ ,  $F_c = 5.3\%$ ) レベル 2、タイプ、種地盤という条件で液状化抵抗率  $F_L$  を計算すると  $F_L = 0.50$  となる。同様に判定式の分子である  $R$  の動的せん断強度比、原位置試験で求めた  $R_L = 2.4/6.91 = 0.35$  を代入すると、液状化抵抗率は  $F_L = 0.59$  となる。すなわち、従来方式の  $N$  値および粒度特性を使つての  $F_L$  とほぼ同程度の値となる。同様に砂礫地盤、シルトを混入する砂層などでこの両者の比較を試みたが、傾向として、両者が近似値になる場合もあるが、原位置試験での  $F_L$  が高く出る場合も多く見られた。

このように、繰り返し三軸強度に相当する原位置でのせん断強度が求めれば道路橋示方書や、建築基礎構造設計指針などでの液状化判定式の分子に相当する値を直接代入することができ、原位置試験の意義も大きいと思われる。

また動的せん断強度比の  $R$  も同様な傾向が確認され、「土質定数の低減」に関する値だけに注目できる。

4. 原位置動的試験より求まる地盤の動的特性のまとめ

- 1) 破壊時の、室と室の圧力とその差から動的せん断強度が求まる。
- 2) 動的せん断強度と試験深度の有効土被り  $\sigma_v$  との関係からせん断強度比  $R$  が求まる。
- 3) 粘性土層では動的作用による「軟化強度  $= C$ 」が求まる。
- 4) 応力と変位 (ひずみ) の関係図よりせん断剛性  $G$  あるいは減衰比などが計算されると考えるが、これらは今後の研究課題としたい。

5. おわりに

地盤の動的特性の最も典型的のものは地震時の液状化である。現状の液状化判定法は室内土質試験での繰り返し三軸試験でのせん断強度比、あるいは標準貫入試験での  $N$  値や粒度試験結果から地盤のせん断強度を計算で求め、液状化抵抗率 ( $F_L$ ) を計算している。

このような中で、原位置で直接地盤の動的せん断強度が求めれば、液状化判定の精度向上に役立つと考える。現在はまだ実験段階であり、今後多くのデータを取り、また、必要に応じて、室内繰り返し三軸試験結果と照らし合わせたりして、原位置試験結果との整合性を研究していくことが大切と考えている。

最後にこの研究開発に対してご指導いただいた東京理科大学の石原研而教授・塚本良道助教授に感謝の意を表します。