

動的プレッシャメータによる非線形動的解析に資する土質パラメータの同定の可能性

（株）マスダ技建 正会員 ○益田 和夫

東京理科大学 正会員 塚本 良道

（株）エヌアイティーエルオー フェロー会員 中村 正博

1. はじめに

地盤に関するFEM解析の信頼性を向上させ、設計への適用をすすめるには、理論解析、室内試験、現場試験など幅広く重厚な研究が必要とされる¹⁾。また、地盤工学にとって有益な試験基準の確立のためには、現場の観測値、室内試験の計測値、さらには数値解析のそれぞれが相互補完的でなければならないとの報告もある²⁾。土構造物の地震時挙動、特に残留変形、変位の予測については、優れた土の構成モデル、よい土質調査、よい数値解析ツールが必要となるが、道路や盛土などの通常の土構造物では、これらの必要条件をほとんど満足していないとも報告されている³⁾。これまで基準化されている原位置試験や調査技術の多くは海外で開発されたもので、調査機器や試験機は買うものであるとの認識が強いことと、一企業が開発した機器類は容易に受け入れ難いものとされてきた過去が影響し、土質試験が土の性質・挙動を調べるための研究に頻繁に使われるのに比較して、原位置試験は経験的であるとの認識からやや学識的には嫌われる傾向があったが、国際的な観点からは、今後、我が国の土質に適合した調査技術や原位置試験が開発され、それがISO・JIS・JGS等として制定されることが、我が国の地盤工学の発展のための戦略の一つにもなり得ると報告されている⁴⁾。一方、原位置プレッシャメータ試験は、孔内を圧力バッグで水平載荷することにより応力・ひずみを計測可能で、ひずみに依存する地盤の物性値を評価するのに適した試験方法といえる。小ひずみ域から中ひずみ域を対象にするせん断剛性率Gのひずみ依存性の評価の可能性が示されてきている⁵⁾。筆者らは、多重セルを用いた特殊な試験装置を開発し、大ひずみ域を対象にした地盤の液状化強度の評価に適用できないかを検討してきたが⁶⁻⁸⁾、ここでは、動的プレッシャメータによる非線形動的解析に資する土質パラメータの同定の可能性について述べる。

2. 原位置試験の概要と結果

本原位置孔内水平載荷試験は、ボーリング孔壁を圧力ゴムバッグにより、0.1Hz程度の周期で繰り返し水平載荷することにより、応力とひずみと過剰間隙水圧との関係を計測可能で、ひずみに依存する地盤の動的物性値を評価するのに適した試験方法であるとともに、試験に要する時間も短くコストダウンにもつながる。

図-1に示すように、5連セルを有するプレッシャメータ（直径10cm、長さ90cm）を使用する。空圧方式によるポンプからの圧力水を各セルに送り、圧力と送水量の自動制御を行う。5連セルのなかの中央のセルには間隙水

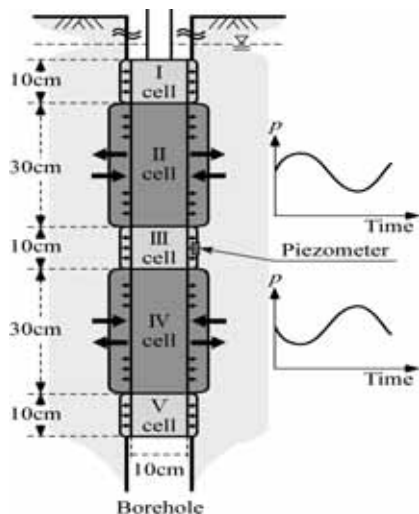


図-1 試験装置の概要

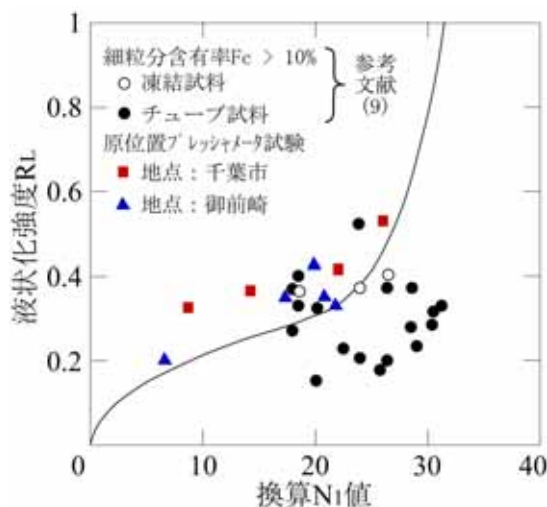


図-2 液状化強度 - N 値の関係

キーワード：孔内水平載荷試験、砂質土、液状化強度

〒422-8037 静岡県静岡市下島 258-1 (株)マスダ技建 Tel: 054-238-7778 Fax: 054-238-7779

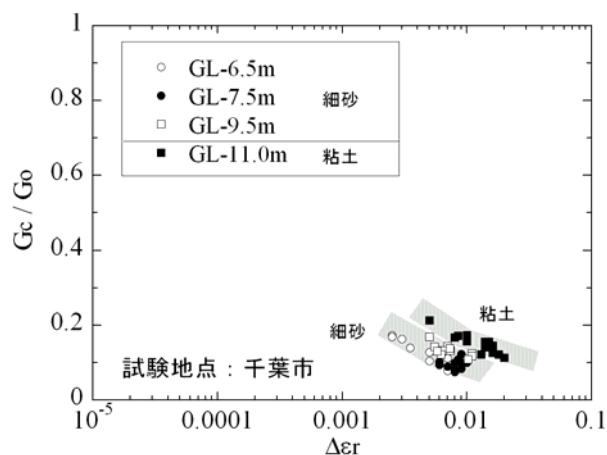


図-3 $G_c / G_o - \Delta \epsilon_r$ の関係のまとめ
(地点：千葉市)

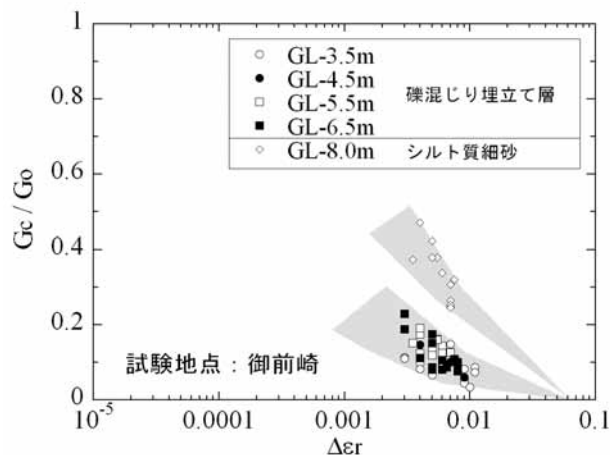


図-4 $G_c / G_o - \Delta \epsilon_r$ の関係のまとめ
(地点：御前崎)

圧計を設置し、間隙水圧変化の計測も行う。まず、全セル同時に地盤の静止土圧状態に相当する応力状態まで一様に側方載荷を行う。その後、長さ 30cm のセルを交互に圧力振幅を増加させながら動的繰返し載荷を行う。そのときのセルの圧力・半径変化量、セルの間隙水圧を計測する。本研究では、セルで計測している過剰間隙水圧が最大値を示す時点と、セルの押し戻し変位が生じる時点とのほぼ中間における時点を基準点として採用し、その時のセルの繰返し振幅圧を読み取り、土要素に発生しているせん断応力を計算し液状化強度とした。このようにして得られたデータを、換算N値と比較して図-2 に示す。既往のデータ⁹⁾と比べて原位置試験結果は安定側の領域に位置していることがわかる。圧力振幅を漸増させながら多数回繰返し載荷を行う交互繰返し載荷試験から得られるセル圧力・半径ひずみの傾きをもとに、せん断弾性係数Gの算出が可能である。求められるG値は試験深度における有効拘束圧に相当する値となるが、孔内水平載荷試験では、とくに側方に多大な圧力載荷を行っているため、この有効側方圧の影響を考慮した補正が必要となる¹⁰⁾。図-3 に、千葉市における補正Gc値をN値から推定したGo値で除した値 G_c/G_o を、半径ひずみ振幅 $\Delta \epsilon_r$ に対してプロットした結果を示す。図-4 は、御前崎における同様の図である。ひずみレベルの小さい領域においてデータ取得が困難であるため、今後の検討課題であるが、繰返し試験から得られるせん断剛性Gc値とGo値との比と半径ひずみ振幅 $\Delta \epsilon_r$ との関係は土層によって異なる動的特性が確認できる。本試験装置から減衰率パラメータの取得の方法についても現在検討中である。

3. まとめ

本研究では、静岡県御前崎と千葉県千葉市において実施した孔内繰返し水平載荷試験の結果をもとに、液状化強度及びせん断弾性係数 G のひずみ依存性の評価などの検討を行なった。減衰定数のひずみ依存性の推定も、今後の検討課題としているが、推定の方針は得ているので、これについては次の機会に報告したいと考えている。

参考文献：(1)太田秀樹：地盤に関する F E M 解析の信頼性向上、土と基礎、53-8、No.571、2005。(2)三浦清一：地盤に関する室内試験の役割と信頼性向上、土と基礎、54-2、No.577、2006。(3)中野正樹：ヘリテージレクチャー：日本における地震地盤工学の発展について（講演者：東畑郁生）土と基礎、54-3、No.578、2006。(4)福江正治：地盤調査方法の過去 10 年を振り返って、土と基礎、54-4、No.579、2006。(5)Clarke, B.G: Pressuremeters in Geotechnical Design, Blackie Academic & Professional.,1995。(6)益田和夫・長篠亮輔・塚本良道・石原研而：動的プレッシャメータによる砂質地盤の液状化強度評価の可能性について、土木学会全国大会第 60 回年次学術講演会講演概要集、- 470、2005。(7)Masuda,K., Nagatoh,R., Tsukamoto,Y. and Ishihara,K.: "Use of cyclic pressuremeter with multiple cells for evaluation of liquefaction resistance of soils", ISP5 - Pressio 2005, Vol. 1, pp.91 - 99, 50 years of pressuremeters, M.Gambin, J.-P.Magnan & P. Mestat (eds.), Marne-la-Vallee, 22 - 24/August/2005。(8)益田和夫、穴戸皓一、庄司光宏、塚本良道、石原研而：5 セル型プレッシャメータより得られる地盤の動的特性、第 41 回地盤工学研究発表会、投稿中、2006。(9)土木研究所耐震技術研究センター：地盤の液状化抵抗の評価に関するサバ・イング・サブリグ手法の実証実験報告書、1998。(10) Bellotti, R., Ghionna, V., Jamiolkowski, M., Robertson, P.K. and Peterson, R.W. (1989) Interpretation of moduli from self-boring pressuremeter tests in sand. *Geotechnique*, 39(2), 269 - 292 .