

III-203

孔内載荷試験装置を用いた
軟岩地盤の変形特性の評価

東京電力㈱ 正会員 ○藤谷 昌弘 安田 登
応用地質㈱ 正会員 小池 豊 西田 和範

1. はじめに

構造物の地震時における安定性を検討する上で、地盤の動的変形特性を把握することが重要である。筆者らは、軟岩地盤の動的変形特性をボーリング孔内載荷試験で把握する手法の研究を進めている。本報告では、均質な軟岩地盤を対象に、孔内載荷試験から求めたせん断弾性係数の測定結果を述べる。

2. 試験内容

試験は表-1に示す物性の新第三紀のシルト岩を対象とした。測定には軟岩用セルフボーリング型孔内載荷試験装置を用いた。この装置では、ゾンデ内のアームに収納したホール素子の出力電圧を換算して地盤の変位を求めている。変位の分解能は1/1000mmであり、きわめて高精度な測定が可能である¹⁾。また図-1に示す繰り返し荷重発生装置を用い、正弦波形の載荷圧を発生できるようになっている。載荷パターンを図-2に示す。③は通常の載荷試験で実施するような単調載荷・除荷を基本とし、その過程で細かい繰り返しを数回行うもの、④は正弦波の繰り返しで圧力振幅を徐々に大きくしていくものである。孔内載荷試験の単調載荷および繰り返し載荷で求める変形性は、それぞれ変形係数、弾性係数と定義されている²⁾。今回の測定では、単調載荷、繰り返し載荷で求めた変形性をすべてせん断弾性係数として整理し、室内試験である三軸圧縮試験、振動三軸試験と対比した。

表-1 試験地盤の物性一覧表

細粒含有率 F_c	68~82 %
湿潤密度 ρ_t	1.80 g/cm ³
軸差強度 $(\sigma_1 - \sigma_3)_f$ (CU)	27~28 kgf/cm ²

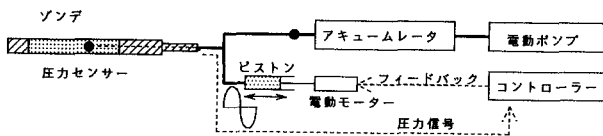


図-1 繰り返し荷重発生装置概要図

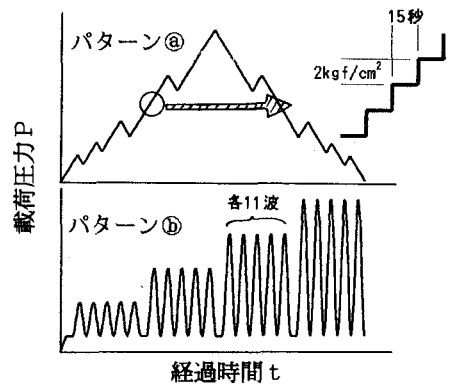


図-2 載荷パターン

3. 試験結果

3-1 孔内載荷試験の載荷圧 P ~ 孔壁ひずみ ϵ_c 曲線

図-3に載荷パターン③の場合、図-4に載荷パターン④の場合の $P \sim \epsilon_c$ の関係を示す。また図-4には繰り返し載荷の一部について、ヒステリシスループを抜き出して描いている。ホール素子を用いた変位計の採用の結果、大きな繰り返し、小さな繰り返しのいずれの載荷に対しても、精度の高い $P \sim \epsilon_c$ 関係を把握できた結果となっている。載荷パターン④の場合は、各ステップの最大載荷圧時のひずみの包絡線は、載荷パターン③の $P \sim \epsilon_c$ とほぼ同様な形状となっている。

3-2 孔内載荷試験と室内試験で求めたせん断弾性係数 G の関係

孔内載荷試験で求めた G の値を室内試験で求めたものと対比して図-5に示す。図の横軸は載荷圧ならびに軸差応力であり、試験結果を統一的に対比するため、それぞれ降伏圧ないし軸差強度で正規化している。また繰り返し載荷の場合は、載荷圧は繰り返し時の最大値とした。 G の値の特徴は次のとおりである。

(1) 単調載荷の場合： $P \sim \epsilon_c$ 曲線の割線勾配から求めた G の値（一）は降伏圧に至るまで大きく変化せず、ほぼ一定の値を示す。三軸圧縮試験結果と対比すると、 $\sigma \sim \epsilon$ 関係の初期接線勾配および軸差強度の半

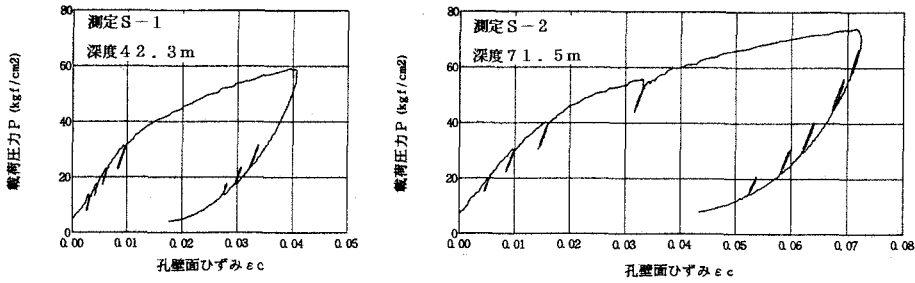


図-3 P～ εc 関係（載荷パターン⑧の場合）

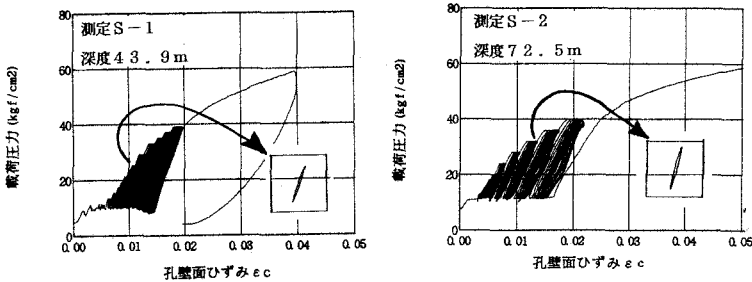


図-4 P～ εc 関係（載荷パターン⑩の場合）

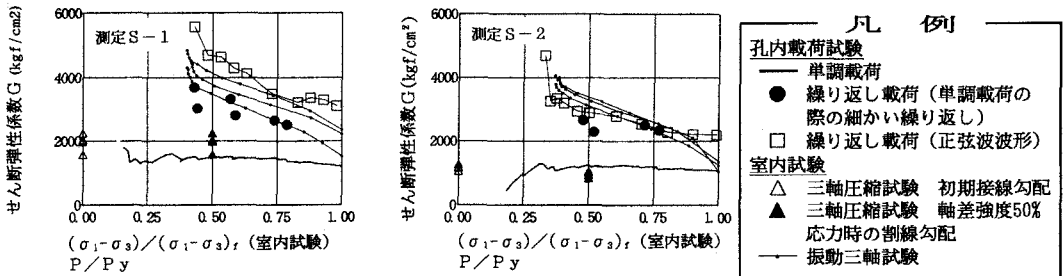


図-5 P～G、 σ ～G関係

分の割線勾配から求めたGの値（△および▲印）とほぼ一致した値となっている。

(2) 繰返し載荷の場合：繰返し載荷で求めたGの値は、単調載荷で求めたGの値に比べて大きく、載荷パターン⑧のとき（●印）では2倍程度、載荷パターン⑩のとき（□印）では、2～3倍程度となっている。いずれの場合とも、載荷圧が大きくなるに従って、Gの値が小さくなる傾向にある。特に載荷パターン⑩の場合には、載荷圧が大きいく程、載荷圧振幅も大きくなっているため、変形特性の非線形性を暗示させる結果となっている。振動三軸試験結果（・印）と対比すると、Gの値のみならず、応力の増大に応じたGの低減の傾向までが、良く一致した結果となっている。

4. まとめ

均質な軟岩地盤で、ホール効果素子変位計を利用した孔内載荷試験装置の適用して、精度の高い測定を行った。その結果、孔内載荷試験と室内試験で測定した地盤の変形性はきわめて類似した値を示すことが明らかとなった。詳細な試験条件の違い、それらの試験結果に対する影響については、なお詳細に検討する必要があり、その結果については別の機会に報告したい。

<参考文献>

- 1) 安田他(1993): プレッシュメータによる軟岩地盤の動的変形特性把握のための模型実験, 土木学会第25回回岩盤力学に関するシンポジウム, pp551-555.
- 2) 土木学会(1989): 孔内載荷試験法の現状と課題—指針化の試み—