

III-239 堆積軟岩の現場計測・原位置試験・室内試験による変形係数の比較(その2)

-原位置試験・室内試験-

東急建設(株)	正会員	越智健三
東急建設(株)	正会員	壺内達也
東京大学生産技術研究所	正会員	龍岡文夫
東京大学大学院	学生員	金 有性

1. はじめに

堆積軟岩中の掘削問題・構造物の変形問題の解析では、堆積軟岩の変形係数が重要となる。これまで、この変形係数は、主に、①. 現場挙動から逆解析によって得た値、またはいわゆる経験的値を用いる。②. Pressure meter 試験による値 E_{BHLT} (弾性波速度による値は、岩盤分類の為にしか用いない) を使用。③. 地盤を一樣と考え、不攪乱試料を用いた一軸圧縮試験等による値 (主に、いわゆる E_{50}) を使用。の方法で決められることが一般的であったようである。

しかし、これらには従来、以下の問題点があった。(a)これら値が不一致。(b) E_{BHLT} 、あるいは E_{50} を用いた FEM 等による変位・変形は実測値よりも大きすぎる。理由は、原地盤でのクラック、ジョイントの影響では説明できない(逆である)。したがって、不明とする場合が多い。そこで、この問題の発展的解決方法を見いだすべく、新第三期中津層の堆積泥岩を対象に、実証実験を開始した。(その1)¹⁾

本論文では、堆積軟岩では、原位置岩盤の不連続性の影響は、非常に小さいこと、従って、連続体に対する手法が適用でき、これらの値は、変形係数を正確に測定し、変形係数のひずみレベル依存性を考慮すれば基本的に一致することを示す。特に、弾性波速度から求めたいわゆる”動的変形特性”と静的載荷試験から求めた”静的変形係数”の関係を明らかにした。

2. 対象現場

(その1)¹⁾に示す現場で、現場で生じたひずみレベルは、 $10^{-3} \sim 10^{-4}$ であった。

3. 原位置・室内試験と逆解析¹⁾²⁾³⁾

原位置試験は、単調載荷及び繰返し載荷の Pressure meter 試験と弾性波速度試験(サスペンションPS 検層)である。室内試験は、サンプル採取深度の有効土被り圧とした三軸圧縮試験で、従来の外部変位計による測定方法と同時に LDT (供試体側面で直接変位を測定するゲージ)による測定を行った。²⁾逆解析は、(その1)¹⁾に述べた方法により、実測値を説明できる一樣地盤のヤング係数を求めた。

4. 変形係数のまとめ ($E_{sec} \sim \epsilon_1$ 関係)

結果を図1に示す。

- ①. Pressure meter 試験による値 (E_{BHLT}) : 単調載荷の変形係数は、平均で 6000 kgf/cm^2 であり、測定したひずみレベルは 10^{-2} レベルである。しかし、繰返し載荷部では、その測定ひずみレベルが 10^{-3} レベルとなり、変形係数は 20000 kgf/cm^2 程度となる。
- ②. 弾性波速度から求めた変形特性 (E_f) : サスペンションPS 検層から得られる変形係数は、 $20000 \sim 40000 \text{ kgf/cm}^2$ であり、平均的値は、 30000 kgf/cm^2 で、そのひずみレベルは 10^{-6} である。
- ③. 不攪乱試料を用いた三軸圧縮試験等による割線弾性係数 (E_{sec})_{lab} : ひずみレベルの広範囲にわたって得られるが、LDT と従来の外部変位測定では、値が3倍近く異なる。剛性率の大きい軟岩では、ベディングエラー等の試験誤差がかなり含まれていることが分かる。
- ④. 現場挙動から逆解析によって得たヤング係数 (E_{sec})_{field} : 値は、 12600 kgf/cm^2 で、現場で生じた最大のひずみは、 10^{-3} である。

以上の結果より次のことが分かる。

- (1). Pressure meter 試験・弾性波速度試験から得られた変形係数は、LDT で試験誤差を除去した三軸試験の E_{sec} 曲線でそれぞれのひずみレベルに応じて統一的に説明できる。すなわち、変形係数のひずみレベル依存性を考慮すれば、基本的に一致する事を示している。
- (2). LDT 三軸試験の変形係数は、 10^{-5} より小さいひずみレベルでは線形と見なされ、その最大値 E_{max} は、弾性波速度試験から得られた E_f と一致する。すなわち、このように線形と見なせる小さいひずみレベルでは、

いわゆる動的弾性係数と静的弾性係数は一致する。静的弾性係数をPressure meter試験や E_{50} とすることは、そもそも比較するひずみレベルが全く異なっている。

(3). E_{50} と単調荷のPressure meter試験値 (E_{BHLT}) は、それぞれ、ひずみレベルはオーダーが異なり、しかもピーク時のひずみをまたぐような関係であるにもかかわらず、同じような値となっている。しかし、逆解析値の半分程度の値である。

(4). 逆解析値は、 $E_f (E_{max}) \sim (E_{sec})_{lab} (by LDT) \sim E_{BHLT}$ 関係より、約20%小さい値となる。この理由は、以下の要因として現在検討中である。

- (a) 原地盤： 弱層の影響 (平均ヤング率のとり方、砂層の介在)
- (b) 試験法： 初期せん断 (E_{sec} の原点のとり方、掘削の段階的検討)
 クリープ (载荷速度) 影響 (現場の施工速度はクリープ試験並)
 拘束圧 (一軸のマикроクラックなど、この影響は小さいであろう)
- (c) 逆解析： 非線形の影響 (ヤング率一定の境界要素法に用いた平面部の実測のコーナー部のひずみを過小評価、ヤング率はコーナー部の値に近いであろう)

5. 原位置での変形係数を推定する方法の提案

弾性波速度から求めた変形特性 $E_f = E_{max}$ とPressure meter 試験による (E_{sec} , ϵ) 値を用いて、原位置での $E_{sec} - \epsilon$ 関係を予測する事ができる。それは、不攪乱試料を用いた三軸圧縮試験等による (E_{sec}/E_{max}) $lab - \epsilon$ 関係を、利用して (E_{sec}) $field = (E_f, E_{BHLT}) \times (E_{sec}/E_{max})_{lab}$ (ϵ の関数) として求める。ただし、計算法 (線形、非線形、ヤング率一様法、二次元または三次元) に対応した便宜的 (平均的) ヤング係数の決め方が必要である。特に、前節の(a)~(c)の要因の考慮が必要となる。さらに、線形計算では、設計 ϵ 値の設定が重要となろう。

<参考文献>

- 1) 中村・壺内・越智：堆積軟岩の現場計測・原位置試験・室内試験による変形係数の比較 (その1) - 現場計測と逆解析, 土木学会第46回年次学術講演会, 1991
- 2) 金・越智・龍岡・渋谷・佐藤：堆積軟岩の変形係数とそのひずみおよび応力レベル依存性, 第23回岩盤力学に関するシンポジウム, 1991
- 3) 越智・壺内・金・龍岡：堆積軟岩の室内・原位置試験による変形係数とその解析への応用, 第23回岩盤力学に関するシンポジウム, 1991

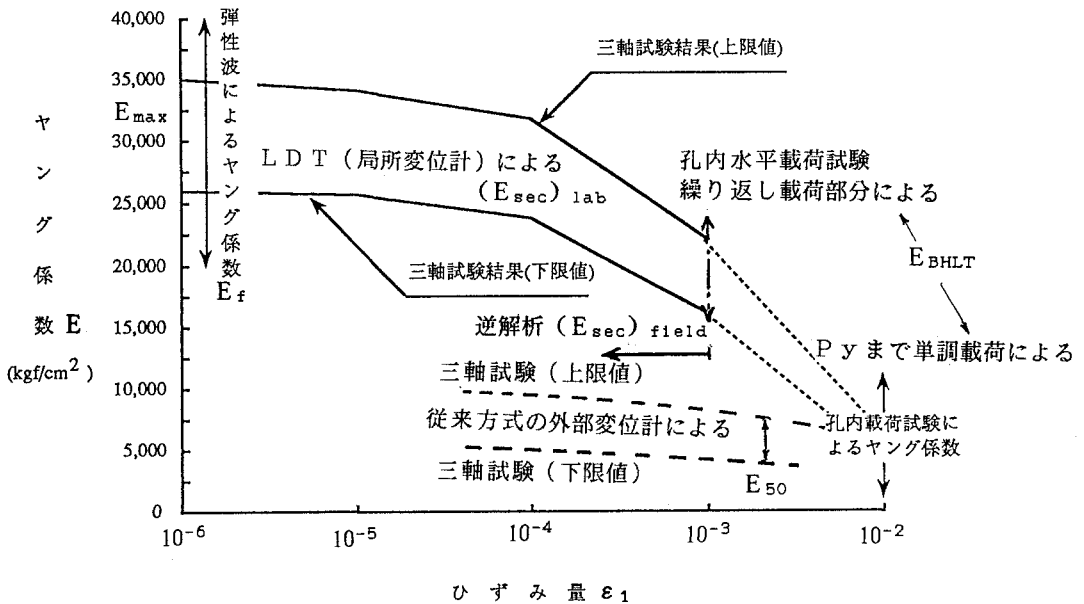


図1. ひずみレベルによる変形係数の違い