

原位置孔内載荷試験による硬質岩盤の応力変形特性に関する研究

(株)鴻池組

丸山征彦

名古屋工業大学 正会員

長谷部宣男

名古屋工業大学 学生員

永田健

1. はじめに

硬質岩盤の支持力や変形性は理論的には十分解明されておらず、定量的な評価方法が確立されてはいない。各種の岩盤試験法が提案され実施されているが、岩盤試験によって得られる力学的性質は一意的に定められるものではなく、その測定値は節理、層理、亀裂、断層などの不連続面や不均一性のためにばらつきが生じる。材料としての硬質岩盤は無数の割れ目や断層などの不連続面を有しており、それらが変形や強度に対して支配的であることはこれまでの研究により分かっているが、その性質のために鉄やコンクリートなど通常の土木材料のように、室内実験によって得られた特性値を実際の設計に合理的に反映させることが難しい。したがって実際に構造物を施工する原位置において、大規模な原位置試験が行われている。

本研究では原位置平板載荷試験と原位置孔内載荷試験の応力変形特性について基本式を導き、解析を行う。また両試験を同じ理論を用いて解析を行うことによって両試験の関連性を検討する。

2. 原位置平板載荷試験

原位置平板載荷試験結果は図1のように初期載荷部分を経て除荷曲線、載荷曲線、包絡線として得られる。これまでの研究により屈折クラックを有するモデル岩盤供試体の応力変位曲線の関係式は、以下のように表される。

$$u + iv = \frac{a(\kappa + 1)}{2G} \left\{ c_1 \phi_1 p^m + (c_2 \phi_1 + \phi_2) p \right\} \quad \cdots (1)$$

式(1)を原位置平板載荷試験から得られる載荷除荷曲線、包絡線へ適用するにあたって、残留変位 C_s, C_j, C_h を考え、また包絡線に関してはクラックの進展(荷重と共に破壊が進む)を考えると式(1)は以下の式で表すことができる。その結果を図1に示す。

$$\text{・載荷曲線} \quad V_s = A_s P^{m_s} + B_s P + C_s \quad \cdots (2)$$

$$\text{・除荷曲線} \quad V_j = A_j P^{m_j} + B_j P + C_j \quad \cdots (3)$$

$$\text{・包絡線} \quad V_h = A_h P^{m+n} + B_h P^{1+n} + C_h \quad \cdots (4)$$

また上式を用いて求めたその係数の比 A_s / B_s 等について整理すると、得られた m_s と A_s / B_s 等には図2に示す次式で表される関係がある。

$$f(m) = \frac{A}{B} = -e^{\alpha + \beta m} \quad \cdots (5)$$

図2をみると包絡線と載荷曲線の指数関係は極めて近いことが分かる。

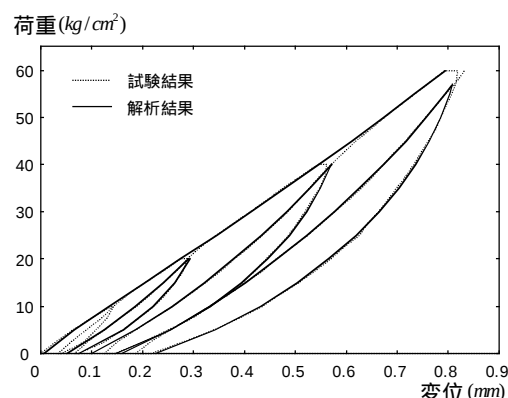


図1 平板載荷試験の解析結果

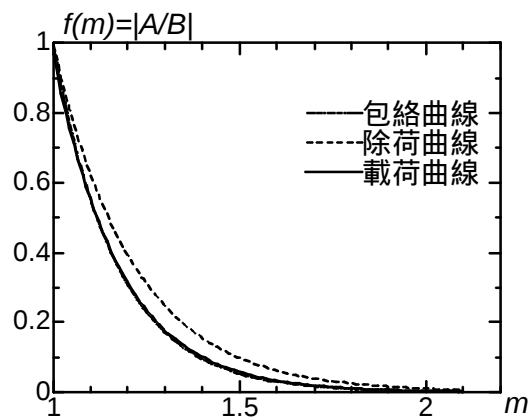
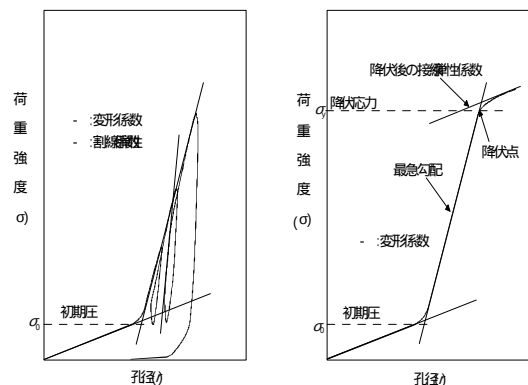


図2 係数の比の関係



(a) 降伏点荷重の場合

(b) 降伏点荷重の場合

図3 原位置孔内載荷試験概要

3. 原位置孔内載荷試験

上述する原位置平板載荷試験の理論を原位置孔内載荷試験に適用することを考える。図3に示すように原位置孔内載荷試験は階段載荷と単調載荷がある。階段載荷の場合は載荷除荷試験が行われるが、単調載荷の場合は包絡線のみとなる。階段載荷の載荷除荷部分は式(2),(3)を用いて図4のように表現できる。また、その試験結果の係数の比を平板載荷試験によって得られた指数関係にプロットすると図5,6のようになり、各係数も原位置平板載荷試験同じ $f(m)$ の関係がある。

次に包絡線に関しては大きな載荷荷重を考えるので孔内載荷試験の包絡線に関しては荷重と共に破壊するので式(6)で表される仮定のもとで解析を行う。

$$\phi_1 = \phi_0 P^n$$

$$\phi_2 = \phi_0' P^{l'} \quad \dots (6)$$

$$V_h' = A_h' P^{m+n} + B_h' P^{1+n} + C_h' P^{1+l} + D_h' \quad \dots (7)$$

包絡線の結果を図7に示す。ただし、 $n=l$ のとき平板載荷試験の包絡線式(4)となる。

4. まとめ

今回の研究では、これまで原位置平板載荷試験において得られた理論を原位置孔内載荷試験に応用することを試みた。階段載荷パターンにおいて、載荷除荷部分ではクラックが進展しないことから原位置平板載荷試験の基本式をそのまま用いて解析を行った。その結果図4のように応力変位曲線を式(2),(3)で荒らさず事が出来る。また、そこで得られた係数の比を原位置平板載荷試験によって得られた指数関係にプロットすると図5,6のようになる。したがって、ここで得られた係数についても原位置平板載荷試験と同じ関係があることがわかる。すなわち、原位置孔内載荷試験は原位置平板載荷試験同様に、クラックがその応力変形特性に支配的であることがわかる。

次に包絡線に関しては原位置平板載荷試験の基本式(4)をそのまま用いることができなかった。原因としては原位置孔内載荷試験は原位置平板載荷試験と比べ、より大きな載荷荷重を考慮するのでクラックの進展を考える際、より厳密な仮定を立てる必要がある。そこでクラックの進展と共に変わる係数を式(6)と仮定することで式(7)を導き解析を行った結果図7のようになり、よく表現できていることがわかる。

参考文献

- [1] 川平・長谷部等 第56回土木学会年次学術講演会第 部門 2001, pp.552-553
- [2] 長谷部・川平等 第56回土木学会年次学術講演会第 部門 2001, pp.554-555
- [3] 丸山・長谷部等 土木学会中部支部研究発表会講演概要集 第 部 2003 pp.315-316

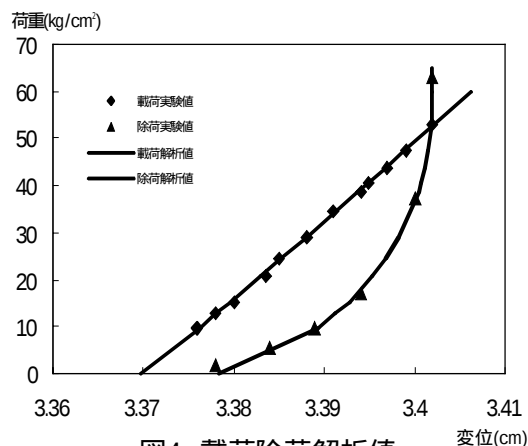


図4 載荷除荷解析値

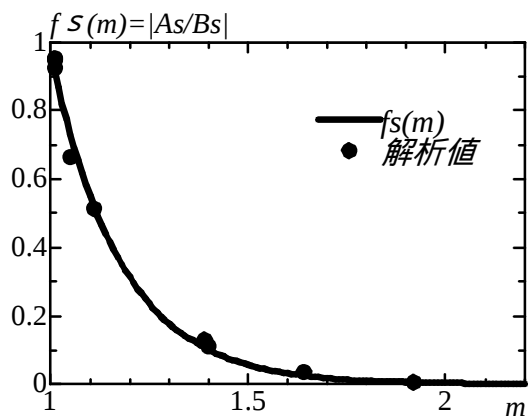


図5 載荷の $f(m)$

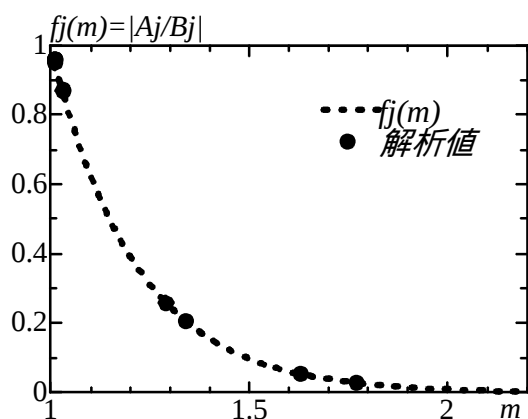


図6 除荷の $f(m)$

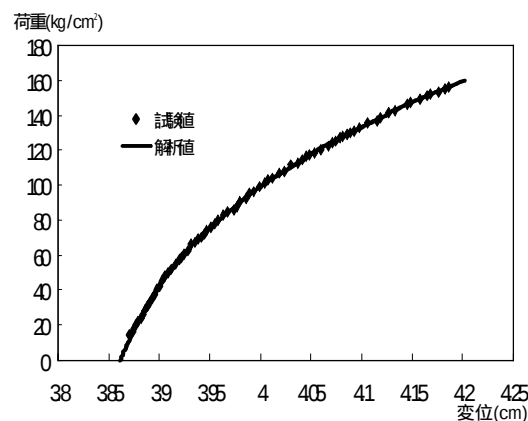


図7 包絡線の解析結果