

平板載荷試験における残留変位に関する研究

名古屋工業大学 学生会員 永田健
 名古屋工業大学 正員 長谷部宣男

1. はじめに

岩盤上や岩盤内に建設される構造物の設計にあたって、硬質岩盤の応力変位挙動を把握する必要がある。一般に硬質岩盤はさまざまな割れ目や不均質性を有し、この割れ目が変位挙動に対して支配的な因子である。また、岩盤を構成している岩石の応力 ひずみ曲線が線形弾性挙動を示すのに対し、岩盤の変形や応力の伝播状態は非線形の複雑な挙動を示す。このため、通常の方法のように室内実験によって得られた特性値を直接実際の設計に用いることはできない。そこで岩盤の支持力や変形量を知るために、重要構造物を建設するには、現地で岩盤に水平トンネルを掘りその中で原位置試験を行うことにより岩盤の変形係数やせん断強度を知りその値を基本として基礎設計が行われている。本研究では平板載荷試験における包絡線と各荷重段階において行われる除荷載荷の載荷曲線との関係に着目し残留変位について調べる。

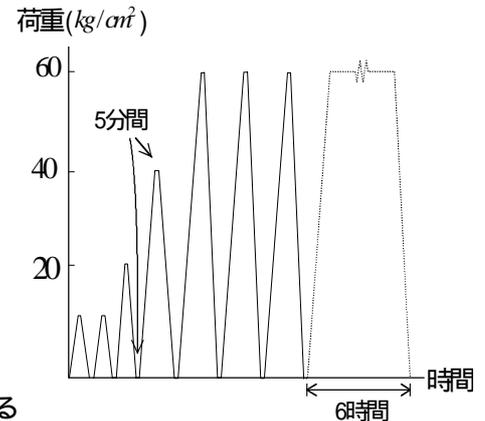


図1 載荷パターン

2. 原位置平板載荷試験

原位置平板載荷試験を行って図1に示す荷重の載荷除荷を与えることによって図2に示す荷重 変位曲線が得られている。岩盤に荷重を載荷、除荷して荷重を0 (kgf/cm²)にしても変位は0 (mm)にもどらずある変位量が残る。この変位を残留変位と呼ぶ。図3には平板載荷試験から得られた残留変位 C_{SP}' (後述) を横軸に除荷をはじめの荷重を縦軸にとった関係をしめす。岩級の低い岩盤ほど残留変位が大きい。これらの荷重と残留変位の関係について調べる。

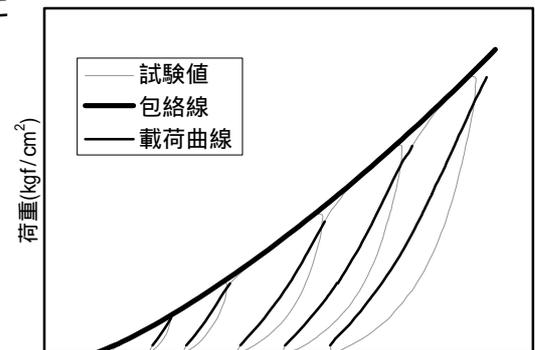


図2 包絡線と載荷除荷曲線 変位(mm)

3. 理論式の導入

硬質岩盤の応力変位曲線は以下の式で表される¹⁾。

・ 載荷曲線 (図2 参照)

$$V_{SP} = \frac{a(k+1)}{2G} \{c_1 P^m + (c_2 P + c_3)P\} + C_{SP} \quad \dots (1)$$

$$\equiv A_{SP} P^m + B_{SP} P + C_{SP}$$

・ 包絡線

$$V' = \frac{a(k+1)}{2G} \{c_1' P^m + (c_2' P + c_3')P\} + C' \quad \dots (2)$$

$$\equiv A' P^{m+n} + B' P^{1+n} + C'$$

ここに G, k はクラックを含んだ岩盤全体のせん断弾性定数とポアソン比による関数 (平面ひずみ), c₁, c₂ はクラックの形状に依存する係数, c₁', c₂' はクラック面に依存する係数である。また c₁, c₂ は荷重とともに変化する値であるので c₁' = c₁ Pⁿ, c₂' = c₂ Pⁿ と P の関数として表す。

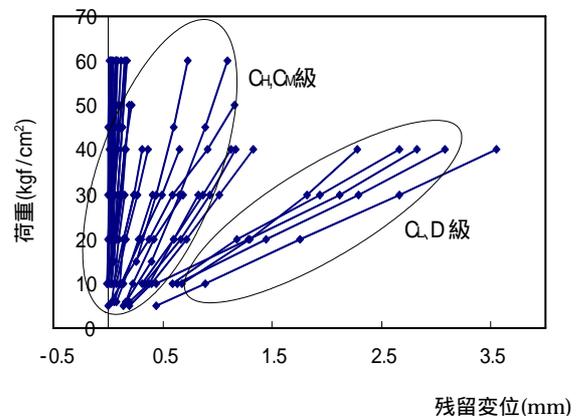


図3 各サイトの荷重と残留変位の関係

キーワード 岩盤 平板載荷試験 残留変位 載荷曲線 除荷曲線 包絡線

連絡先 名古屋工業大学 〒466-8555 名古屋市昭和区御器所町 TEL 052(732)2111

4. 載荷荷重と残留変位について

式(1), (2) を用いて残留変位の式を考える。図4は包絡線を式(2)で表したときの定数項 C' と実測による残留変位 C_{sP} を示す。残留変位は C_{sP} より各荷重レベルでの5分間の一定荷重時間に生ずるクリープ変位 V_p に関する量を引いた量で C_{sP}' で表すことにする。包絡線と載荷曲線ではともに圧縮荷重下にあることより $c_1=c_1'$ より以下の式(3)が得られる。($V_{sP} - V' = V_p, C_{sP} - V_p = C_{sP}'$ とおく)

$$C_{sP}' = \frac{a(k+1)}{2G} (c_2' - c_2) P + C' \equiv C_0 P^{1+n} + C' \quad \dots (3)$$

包絡線の式より実際に得られている n, C' を式(3)に代入し最小二乗法により C_0 を求めて図5-a, 6-aの解析値が得られる。これより解析値は試験値の値と全くは一緒にならなかった。

そこで包絡線の n のみを式(3)に用いて次式を定義する。

$$C_{sP}' = C_0 P^{1+n} + \dots (4)$$

C_0, n を試験値から最小二乗法で求める。図5-b, 6-bの結果が得られる。解析値は試験値の挙動をよく表している。包絡線から求めた n によって残留変位が表現されると言える。

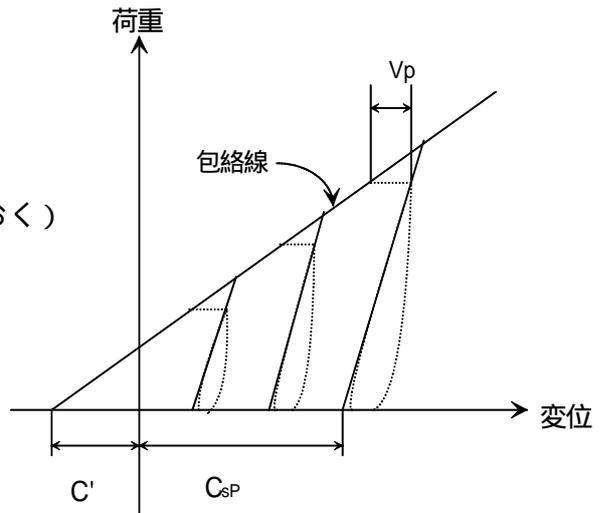


図4 荷重と変位の関係

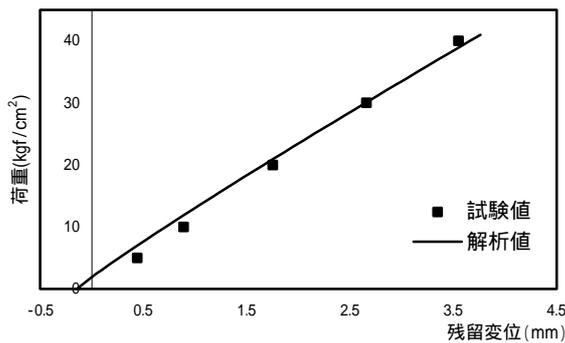


図5-a 荷重と残留変位の関係 式(3)

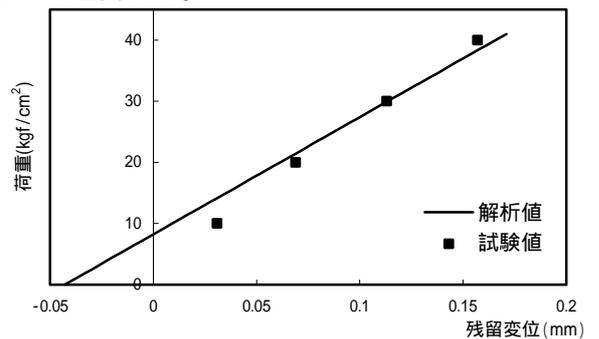


図6-a 荷重と残留変位の関係 式(3)

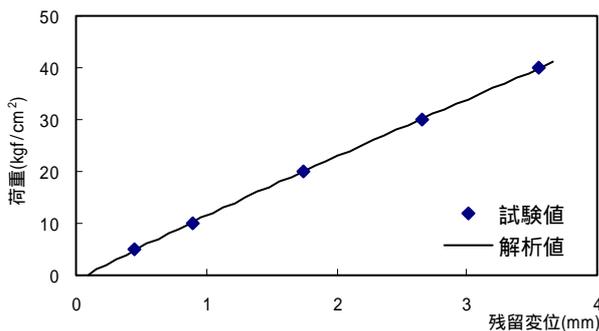


図5-b 荷重と残留変位の関係 式(4)

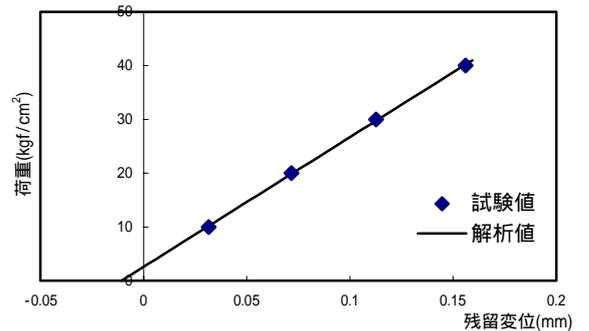


図6-b 荷重と残留変位の関係 式(4)

5. まとめ

載荷荷重と残留変位について理論的に求まる式(3)では試験値の挙動を正確に示すことはできなかった。そこで式(4)において包絡線から求まる n のみを用いて試験値とうまく一致させることができる。つまり残留変位は式(4)で表され n は包絡線の n の値を用いる。残留変位の式と包絡線の式より、任意の荷重からの除荷開始点、終点（載荷開始点）が求まり割線弾性定数が表現できる。

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 2001, pp.552-553