

1. はじめに

平板載荷試験において載荷板に荷重が加えられたとき、板の下方の土は鉛直方向に圧密されるとともに水平方向に側方からの土圧に逆らって変位を生じ、これによって板の沈下が起こる。また一般に行われている排水三軸圧縮試験においても、平均主応力の増による圧密とともに供試体が側圧に抗して側方ひずみを生ずることによって軸ひずみが生れる。これらはともに主としてせん断変形によって加力方向の変位を生ずる現象であるので、いま載荷板の下方に仮想の供試体を想定して後者によって前者を疑似し、荷重-沈下関係の定式化を試みる。この際すべり面の形の相違、箇所による応力の変動等は巨視的に集約されているものとする。

2. 平板載荷試験の三軸圧縮試験による疑似

平板載荷試験を三軸圧縮試験で疑似した場合後者の載荷キャップが載荷板に概当するが、仮想の供試体の材長並びに側圧として作用する水平応力の変化は以下の考えによる。

載荷板の径を変えて行われた平板載荷試験での沈下量が、一般に載荷板の径に比例して増していることは周知の事実となっている。板の下方の地盤内の応力分布が板の径に対して相似形を保つとした場合、このことより仮想の供試体の材長は載荷板の径に比例した大きさを持っているものと見なしてよいであろう。

軸対象の三軸圧縮試験においては軸応力 σ_1 、側圧 σ_3 がそれぞれ最大、最小主応力と一致することからこれらの比 σ_1/σ_3 を主応力比と呼ぶことができるが、これに準じて載荷板の下方の仮想の供試体での鉛直応力、側圧の作用をすると考えられる水平応力の比を仮想の主応力比と呼ぶものとし、前者と同様な性格を持つものとして取扱う。

筆者はかつて三軸試験でのせん断変形時の軸応力-軸ひずみ関係において、一定の主応力比の増による軸ひずみの増は主応力比が1増す毎に同じ割合で増していつていることを認めた。また平板載荷試験の荷重-沈下曲線においても、一定の荷重の増に対する沈下量の増が、荷重が一定量増すごとに同じ割合で増していつていることを認めている。これらのことより、平板載荷試験においては仮想の主応力比の増は荷重の増と対応して増大するものと考えることが可能となる。あるいはまた鉛直水平応力比に揃えて、一定数である初期の水平応力に対する荷重による鉛直応力の比と、仮想の主応力比の増が比例していると云うことができる。

いま仮想の供試体において、側圧として作用する水平応力を σ_3 、載荷による鉛直応力を p 、初期の鉛直応力を σ_{10} 、同じく側圧として作用する水平応力を σ_{30} とする。このとき仮想の主応力比の増が、載荷による鉛直応力の σ_{30} に対する比に比例している関係は

$$\frac{p + \sigma_{10}}{\sigma_3} - \frac{\sigma_{10}}{\sigma_{30}} = k \frac{p}{\sigma_{30}} \quad k: \text{定数} \quad (1)$$

と表せる。これより σ_3 は

$$\sigma_3 = \frac{p + \sigma_{10}}{k p + \sigma_{10}} \sigma_{30}$$

のように p とともに増してゆくことになる。

3. 荷重-沈下関係式

三軸試験での土のせん断変形時の軸応力-軸ひずみ関係が、主応力比の増 $\sigma_1/\sigma_3 - 1$ を指数とする次式 $\epsilon_1 - \epsilon_0 = \epsilon_0 (K^{\sigma_1/\sigma_3 - 1} - 1)$ (2) ϵ_1 : 軸ひずみ、 ϵ_0 : 理想化された拘束圧による圧密軸ひずみ、 K : 定数 で表し得ることを筆者は提唱している。⁽¹⁾

式(2)を以下のように平板載荷試験の荷重-沈下関係に転用する。 $\epsilon_1 - \epsilon_0$ はせん断変形過程のひずみ量を表しているのので、これに仮想の供試体の材長を乗じて沈下量 S に置き換える。また仮想の主応力比の増加は式(1)により $k p / \sigma_{30}$ と表されるので、 K の代りに定数を含めた $K_1 = K^{k/\sigma_{30}}$ (3) なる係数を用いるものとする。このとき荷重-沈下関係は $S = D (K_1^p - 1)$ (4)

D, K_1 : 定数 と表すことができる。

ただ載荷試験開始時に荷重、沈下量の 0 点を揃えることが難しいことや、リバウンド等の為圧密過程が若干荷重－沈下曲線に含まれていることなどから、試験結果に式（4）を適用するときにはせん断変形開始点に合せて座標移動量 C を考慮する。

4. 荷重－沈下曲線への式（4）の適用

載荷試験の荷重－沈下曲線に式（4）を適用し、計算値を丸印で記入する。図－1 は東京都池袋の下部東京礫層での試験結果で、式（4）中の係数の値は $D = 0.536$ 、 $K_1 = 1.10$ 、 $C = +0.48$ である。図－2 は東京都港区港南町の粘土質シルト層の場合で、係数の値は $D = 0.463$ 、 $K_1 = 1.09$ 、 $C = 0$ となっている。

通常用いられている 30 cm 径の載荷板での試験で荷重による応力 p を kgf/cm^2 単位としたときの係数 K_1 の値は、一般に構造物の基礎が置かれる砂質土層や洪積粘土層では 1.2 前後が多く、1.5 以下となっている。その他の地盤では、関東ローム層で 2～3、沖積粘土層で 5～10 の K_1 値が多く見られる。

式（4）は式（2）に基づいて作られているので、 D は主として圧密量、 K_1 は主としてせん断すべりに関する係数であるが、仮定の供試体についてのものであるから係数の値は式（2）の場合より複雑な要素を含んでいる。詳しくは各土質について吟味されねばならない。

式（3）が示すように係数 K_1 の値は初期の側圧 σ_{30} が大きい程小さくなる。これは応力履歴をも含めてのことであるから、大きな拘束圧を受けていたと思われる堅硬な地盤程 K_1 値が小さくなっている。

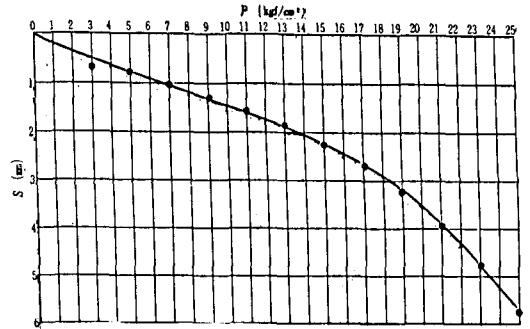
図－3 はイギリス、ノーフォークの白亜層での孔中で行われた 8.64 cm 径の平板載荷試験結果⁽²⁾ で地表で行われる一般の載荷試験の場合とは若干性質を異にするが、深度が増す程圧密量に関する係数 D の値が増した拘束圧が大きくなることより K_1 の値が減少しているのが表で見られる。土質等級は数が多い程軟かくなっている。試験 4.7 は曲線で見られるとうりその深度を代表する土質ではないようである。

表 式（4）の係数の値（図－3）

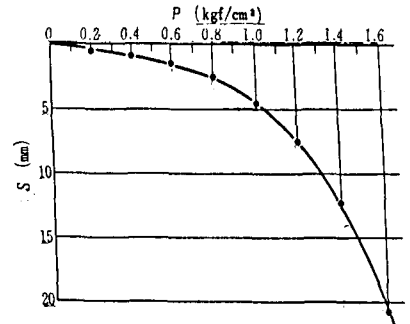
試験番号	深度 (m)	土質等級	D (mm)	K_1
4.2	5.97	4	0.0073	2.25
4.3	7.77	4.3	0.0156	1.65
4.5	13.56	2	0.346	1.0583
4.6	16.52	2	1.49	1.020
4.7	19.50	2	0.0689	1.174

参考文献

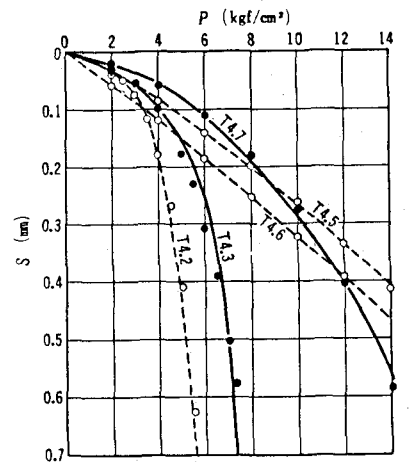
- 1) 山下暢雄：粒状体のせん断変形時における応力－ひずみ関係の一定式化、第21回土質工学発表会、pp. 269-272, 1986.
- 2) Ward W.H. and Gallois R.W., 'Geotechnical Assesment of a Site at Mundford, Norfolk, for a Large Proton Accelerator, Geotechnique, Vol. 18, No. 4, pp. 399 - 431, 1968.



図－1 荷重－沈下曲線（砂礫層）



図－2 荷重－沈下曲線（粘土質シルト層）



図－3 荷重－沈下曲線（白亜層）