

高压下における砂の K_0 値特性

琉球大学農学部 正 新城 俊也

1. はじめに

地盤内の応力状態を推定することは掘削等に伴う地盤の変形を予測する上で重要であり、 K_0 値に関してはこれまで多くの研究および測定がなされている。一次元圧密容器による K_0 値測定手法の一つにリング壁面にストレンゲージを貼り、壁面の変位を利用して側方応力を測定することが行われている。しかしながら、この測定方法では K_0 値を決定するためにはリングの剛性の程度を考慮することが必要である¹⁾。特に深い地盤の K_0 値を求めるためには剛性の大きいリングを用いて高い応力レベルの試験が必要である。

本研究では比較的剛性の大きなリングを用いて一次元圧密装置による、低压から高压にまたがる広い応力域での砂の K_0 値特性を調べた。

2. 実験装置¹⁾

圧密リングは内径60mm、外径70mm、高さ25mmであり、リング上端部をリング状に拡幅し、その拡幅部を固定ベースに支持させている。また、供試体下方には底盤を介してロードセルを設置し、供試体底面における鉛直応力を測定した。圧密リングは、側方応力測定のため、リングの一部を肉厚3.5mmに加工し、その部分のリング底面より7mmの位置にストレンゲージを貼った。リングの許容側方応力は 180kgf/cm^2 (弾性変形限度内)であり、キャリブレーションはリング内壁に水圧を作用させて行った。

3. 実験方法

試料は豊浦砂を用いた。試験は緩詰めと密詰め砂について、載荷—除荷試験と載荷—除荷繰返し試験を実施した。載荷—除荷試験では最大上載圧力を $10\text{kgf/cm}^2 \sim 150\text{kgf/cm}^2$ に変化させてそれぞれ試験を実施した。載荷—除荷繰返し試験では除荷後の再載荷過程における最大上載圧力を $20\text{kgf/cm}^2 \sim 150\text{kgf/cm}^2$ に増加させている。これらの試験は段階載荷で行った。リング内の供試体の鉛直応力はストレンゲージの位置における値としてリングの周面摩擦の影響を考慮して次式で近似した。

$$\sigma_v = \sigma_L + 0.28(\sigma_v - \sigma_L) / (1 - \epsilon / 100) \quad (1)$$

ここに、 σ_v : 鉛直応力、 σ_L : 供試体上載圧力、 σ_v : 供試体底面における鉛直応力、 ϵ : 供試体の圧縮ひずみ(%)。このリングでは圧縮ひずみ50%まで適用できる。

4. 実験結果と考察

図1は載荷—除荷試験による側方応力 σ_H と鉛直応力 σ_v の関係を密詰めの場合について、また図2

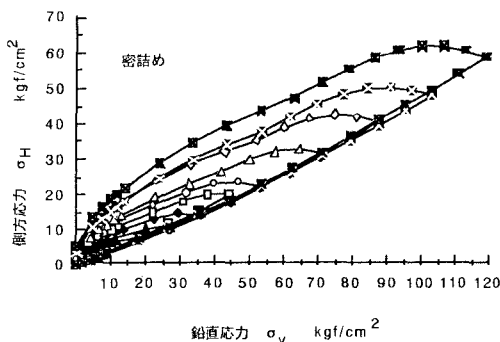


図1 側方応力と鉛直応力の関係 (除荷—載荷試験)

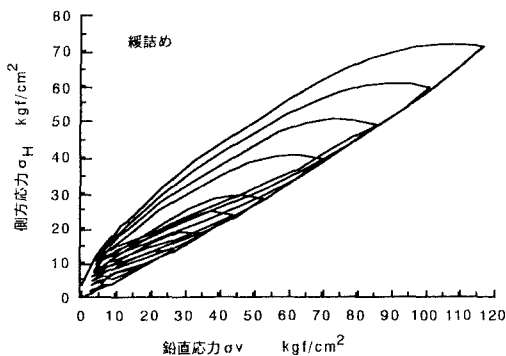


図2 σ_H と σ_v の関係 (載荷—除荷繰返し試験)

は載荷—除荷繰返し試験による関係を緩詰めの場合についてそれぞれ例示したものである。載荷—除荷試験による結果は再現性が良く、載荷過程での σ_H ・ σ_V 関係はそれぞれの試験結果で一致している。 σ_H ・ σ_V 関係は鉛直応力40kgf/cm²付近まで直線関係にあるが、その後傾きが増大している。一方、図示していないが、緩詰めでは鉛直応力の増加に伴って徐々に傾きが増加する傾向にあった。 $K_0 = \sigma_H / \sigma_V$ は密詰めでは鉛直応力40kgf/cm²付近まで一定で、その後増加している。一方、緩詰めでは密詰めより大きな値を示し、かつ鉛直応力の増加に伴って K_0 値は増加傾向を示した(σ_H ・ σ_V 関係は非線形を示した)。載荷—除荷繰返し試験による σ_H ・ σ_V 関係は載荷—除荷試験の結果とほぼ一致しているが、除荷後の再載荷過程における σ_H ・ σ_V 関係はいずれの再載荷過程においても除荷以前の載荷過程の σ_H ・ σ_V 関係付近まで直線関係にある。

図3は載荷—除荷試験における上載圧力140kgf/cm²までの試験について、載荷過程における任意の応力状態からの鉛直応力の増加に対する K_0 値の変化、すなわち $K_0' = \Delta \sigma_H / \Delta \sigma_V$ をそのときの鉛直応力に対して示したものである。密詰めでは、 K_0' 値は鉛直応力40kgf/cm²付近まで一定であるが、それ以上の応力域では80kgf/cm²付近まで増加を示し、その後再び一定値を示す傾向にある。緩詰めの場合も密詰めより大きな値を示しながら同様な増加傾向にある。

除荷過程における K_0 値; K_{00} についてはSchmidt²⁾は次の関係を与えている。

$$K_{00} = K_0 (OCR)^m \quad (2)$$

ここに、OCR：過圧密比(σ_{vmax} / σ_v)、 m ：除荷時のパラメタ。 m は個々の除荷過程に対し最小二乗法を適用して決定した。図4は除荷過程の最大鉛直応力に対するパラメタ m を示したものである。 m は密詰めの方が緩詰めより大きく、いずれも鉛直応力40kgf/cm²付近から減少する傾向にある。

図5は載荷—除荷繰返し試験による再載荷過程における σ_H ・ σ_V 関係の傾き n を再載荷開始時の過圧密比との関係で示したものである。 n は密詰めではほぼ一定であるが、緩詰めでは過圧密比の増加(鉛直応力の増加)に伴って増大する傾向にある。

5. まとめ

K_0 値は鉛直応力の増加に伴って増加する傾向を示している。

参考文献 1) 新城：一次元圧密容器による K_0 値の決定、平成7年度土木学会西部支部研究発表会、514-515, 1995. 2) Schmidts, B: discussion of "Earth pressure at rest related to stress history", Canadian Geotec. Journal, 3 (4), 239-242, 1966.

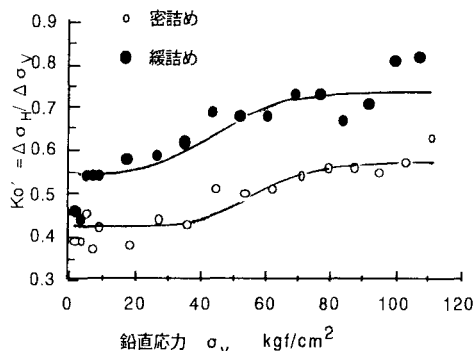


図3 鉛直応力の増加による K_0 の変化

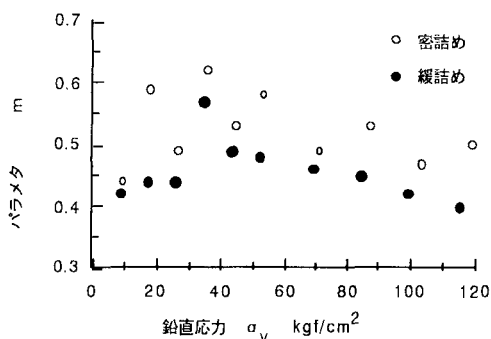


図4 除荷時のパラメタ

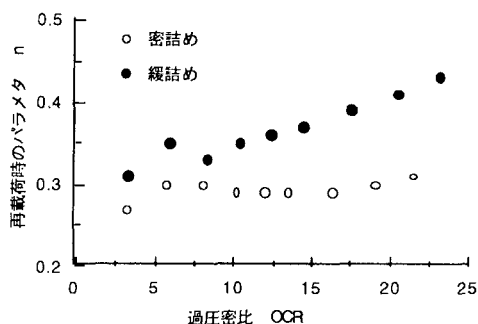


図5 再載荷時のパラメタ n