

圧密試験における周面摩擦について

九州大学工学部 学○佐藤友也 同 正 落合英俊
 “ 正 林 重徳 “ 正 梅崎健夫

1. まえがき

固定リング式での圧密試験では、圧密リングと供試体との間に周面摩擦が存在し、載荷している応力が供試体底部に完全には伝わらない。また、圧密リングを用いて繰返し圧密試験を行う場合、載荷応力や載荷周期等の違いが、周面摩擦の発生に影響を及ぼし、特に低応力域においてその影響が顕著に現れる。本文は、供試体と圧密リングとの間に存在する周面摩擦力を、載荷応力と供試体底面で測定した応力との差として捉え、標準圧密試験ならびに載荷周期が異なる場合の繰返し圧密試験における周面摩擦の影響について検討したものである。

2. 試料および実験方法

試料は練返した有明粘土を用いた。その主な物理的性質は、 $G_s=2.583$, $w_L=107.2\%$, $I_p=56.0$ である。供試体は $420\mu m$ のふるい通過試料を液性限界の約2倍の含水比で練返し、所定の圧力で予圧密した後、直径6cm、高さ2cmに切出して作成した。また、圧密リングは壁面をテフロンでコーティングし、シリコングリースを薄く塗布したものを使用した。供試体上・底面の排水には、ろ紙の代わりに圧縮量の小さいマイクロボラスポリプロピレンフィルムを用いた。繰返し圧密試験は、 0.5kgf/cm^2 で24時間静的圧密した後、 0.5kgf/cm^2 の繰返し応力を載荷時間と除荷時間の等しい片振り矩形波で載荷した。載荷周期は $T=5, 20, 50\text{sec}$ の3種類とした。

3. 実験結果と考察 (a)静的圧密試験

予圧密応力 $p_0=0.6\text{kgf/cm}^2$ の供試体に対して、 $p=0.1\sim 6.4\text{kgf/cm}^2$ までの標準圧密試験を行った。図-1は周面摩擦力の経時変化である。載荷応力 p と供試体底面で測定した応力 p_b との差を周面摩擦力 $\Delta p_r (=p-p_b)$ とした。また、 p_s/p は、供試体の単位側面積当りの摩擦力 $p_s (= \Delta p_r / \text{供試体側面積})$ を載荷応力 p で除した値であり、 p_s/p を土圧係数で除した値が供試体と圧密リングとの摩擦係数となる。 p_s/p は載荷応力が大きくなるほど小さくなっている。 $p < p_0$ の領域では、周面摩擦は載荷して10分くらいまでは増加するが、その後は幾分減少する傾向にある。それに対して、 $p \geq p_0$ の領域では、周面摩擦は常に増加する傾向がある。載荷過程において $p < p_0$ の領域で周面摩擦が大きくなっている。このことについて門田らは、過圧密領域では供試体が膨潤しようとするためであると述べている。¹⁾

図-2は、載荷応力 p と周面摩擦力 Δp_r の関係を表したものである。載荷過程においては $\Delta p_r > 0$ であり、周面摩擦は載荷応力と反対の方向に働く。逆に除荷過程においては、 $\Delta p_r < 0$ であり周面摩擦は載荷応力と同じ方向に働く。図中の○印は、 $p_0=0.18, 0.56, 0.92\text{kgf/cm}^2$ で予圧密した供試体に対して、それぞれ $p=0.2, 0.6, 1.0\text{kgf/cm}^2$ の応力で別々に24時間圧密した時の結果である。この時は、標準圧密の場合に比べて周面摩擦

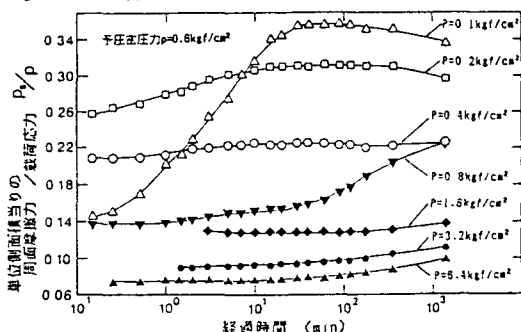


図-1 標準圧密試験における周面摩擦の経時変化

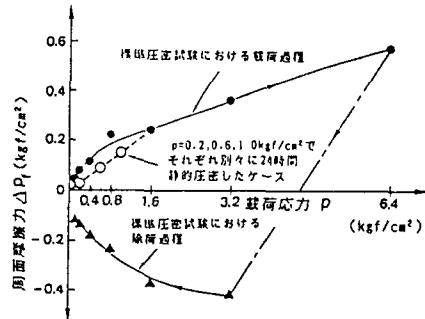


図-2 標準圧密試験における載荷過程および除荷過程の周面摩擦と載荷応力の関係

は小さくなっている。次に、除荷過程では、最初の除荷過程で
 載荷応力と同じ方向の周面摩擦がかなり大きく発生しているが、
 さらに除荷するにしたがい、この周面摩擦は次第に小さくなっ
 ている。図-3は載荷応力 p と供試体底面で測定した応力 p_b の
 比 p_b/p を載荷応力 p に対して表したものである。載荷過程に
 おいて、 $p < p_0$ の領域では p_b/p 値が大きい、 $p \geq p_0$ の領域で
 は載荷応力の増大とともに次第に減少する。しかし、一定値に
 収束するに留まっている。例えば、 $p=6.4\text{kgf/cm}^2$ の段階では、
 約10%の応力が供試体底面に伝わっていない。一方、図-2の
 ○印で示した試験の場合には、例えば、 $p=0.2\text{kgf/cm}^2$ の低応力域の場合でも載荷応力の85%が底面に伝わって
 おり、従来より言われてきた低応力域で周面摩擦の割合が大きい^{1), 2)}ということと異なっている。

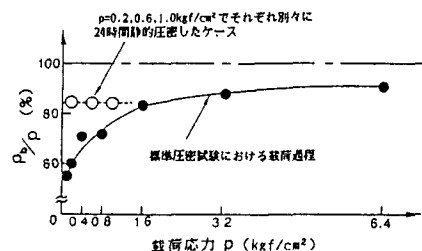


図-3 標準圧密試験における載荷過程の
 載荷応力に対する周面摩擦の割合

(b)繰返し圧密試験

図-4は繰返し圧密試験における p_b/p
 の経時変化である。載荷周期の違いによ
 り、周面摩擦の発生に明らかな傾向はみ
 られない。経時変化の傾向として、繰返
 し圧密試験の載荷時は、標準圧密試験の
 載荷過程における $p \geq p_0$ の場合と同様に
 次第に周面摩擦も増大している。一方、
 除荷時は、標準圧密試験の載荷過程にお
 ける $p < p_0$ の場合と同様、最初わずか
 に増加し、その後、幾分減少している。

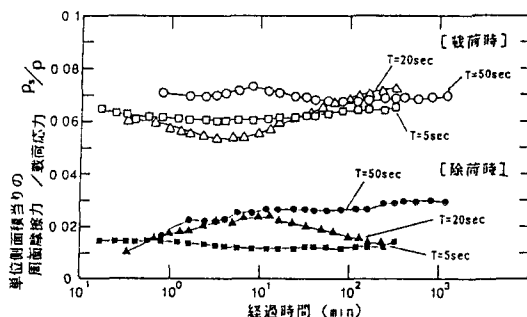


図-4 繰返し圧密試験における周面摩擦の経時変化

繰返し圧密において、供試体底面に実際に

伝わっている応力は、載荷時において約90%、除荷時において約104%
 である。供試体全体で平均してみると、載荷時で約95%、除荷時で
 約102%の応力が伝わっていることになる。図-5は載荷応力および
 供試体底面で受けた応力の波形を示したものである。底面で受けた
 応力の波形は、載荷してしばらくは矩形波に近いが、時間の経過と
 ともに矩形波とは異なってくる。 p_b は1サイクルにおける平均とし
 ているので、載荷周期が長くなるほど、その値は載荷時において小
 さく除荷時において大きくなる。したがって、載荷周期が長くなる
 ほど周面摩擦は大きくなる。例えば、 $T=50\text{sec}$ においてその変動は、載荷時において約0.037kgf/cm²で、
 除荷時において約0.015kgf/cm²であった。

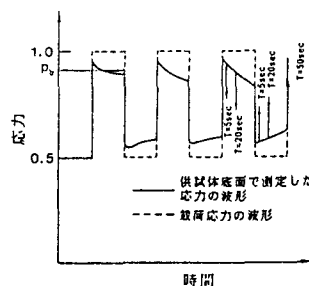


図-5 繰返し圧密試験における
 載荷波形

4. まとめ

標準圧密試験において、供試体成形時の乱れや低応力域での測定精度に問題はあるが、載荷過程において
 周面摩擦は載荷応力が予圧密応力より小さい場合($p < p_0$ の領域)に大きい。一方、載荷応力が予圧密応力より
 大きい場合($p \geq p_0$ の領域)においては、低応力域でも載荷応力は約85%伝わっている。

片振り矩形波による繰返し圧密において、載荷周期の影響は明瞭にはみられなかったが、時間の経過とと
 もに載荷波形と異なった波形が供試体に載荷され、この傾向は載荷周期が長いほど著しくなる。繰返し圧密
 試験の結果には、このことを考慮する必要がある。

参考文献 1)門田: CHARACTERISTICS OF SIDE FRICTION IN THE ONE-DIMENSIONAL CONSOLIDATION TEST, S&F
 , pp.11-41, 1969. 2)最上編著:「土質力学」第4章圧密(網干), pp. 452-453