

繰返し荷重をうけた正規圧密粘土の構造形成と再沈下

西日本工業大学 正員 安原一哉

N G I

K.H. Andersen

1. 緒言 海底地盤上の構造物では、ストーム間の波浪の休止中に、繰返し荷重によって誘起された過剰間隙水圧が消散して、これが再圧縮沈下に繋がる可能性がある。しかし、一方、再沈下後の粘土地盤は、次のストームによる繰返し荷重に対し、以前より抵抗力を有すると考えられる。つまり、繰返し履歴前に比べると、再圧密によって粘土は新たな構造を形成しているためである。このような粘土のメカニズムをNGI型単純せん断試験によって詳細に調べた¹⁾。本文では正規圧密粘土に限って、その結果の一部を紹介する。

2. 実験概要 実験にはNGI型単純せん断試験機を用いた。試料はいずれも乱さないドラメン粘土($G_s = 2.76$, $w_L = 55\%$, $I_p = 27$, $w_n = 48 - 52\%$)であり、供試体は径6.68cm, 高さ16mmの円筒形である。 2) 载荷手順は、先の報告で述べた通りである。まず、段階载荷によって $\sigma'_{vc} = 392$ kPaまで先行圧密させる。各段階の圧密時間は60min 最終段階では24hrである。次いで、 τ_{hc}/τ_{sf} をパラメータとして繰返し応力 τ_{hcy} を等体積条件のもとで所定の回数($N=100$, $T=10$ sec/cycle)だけ負荷した後、破壊に至らない供試体に対し排水を許す。このとき、繰返し载荷によって累積した間隙水圧の消散によって供試体は再圧密する。このようなプロセスが5回繰返される。なお、実験条件は図中に示した。

3. 排水を伴う繰返し载荷による正規圧密粘土の構造形成

一般に繰返し荷重をうける粘土の間隙水圧は繰返し応力レベル τ_{hcy} / τ_{sf} と载荷回数 N との関数で表わされることから、実験結果からこれを関数表示したことがある¹⁾。この関数形はある連続した繰返し载荷と次の繰返し载荷との間に排水過程を有する場合にもほぼ同じ形で近似しうることになっている。

ところで、このように繰返し载荷後排水過程を伴うことによって、供試体の粘土構造は再形成されてより安定化することは松井らの繰返し三軸試験の結果で明らかになっている。この場合、長時間圧密を受けた粘性土のように次の繰返し载荷に対していちだんと抵抗力を増し、間隙水圧は生じにくくなることが予想される。図-1はこの種の実験結果の典型であるが、以上のような予想を裏づけている。すなわち、排水過程が増す毎に、次の繰返し载荷における間隙水圧およびせん断ひずみの载荷回数に伴う変化は、ともに次第に小さくなっており、粘土供試体は構造的により安定化していることがわかる。

図-1 は先のNo.4-2の実験と全く同じ応力条件のもとで、排水時間(60min - 24hr)が構造形

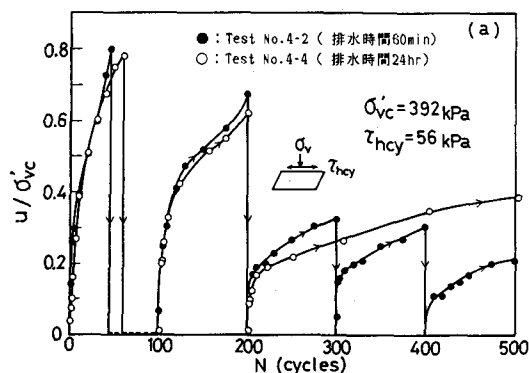


図-1(a) 排水過程を伴う繰返し単純せん断試験における間隙水圧

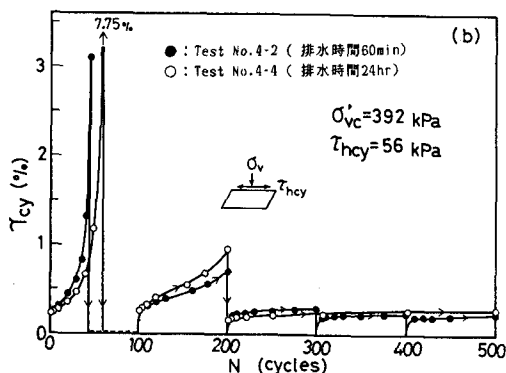


図-1(b) 排水過程を伴う繰返し単純せん断試験におけるせん断ひずみ

成に与える影響について調べた結果も併記している。これを見ると、間隙水圧、せん断ひずみともに余り排水時間の影響を受けないが、僅かに繰返し荷重に対する抵抗性が増していることがNo.4-4の第3回目の繰返し载荷過程の挙動からわかる。

4. 繰返し間隙水圧の消散に伴う再圧縮

先に述べたように、繰返し载荷によって生じた間隙水圧の消散には排水を伴ない、これが構造物の再沈下に連がる。この沈下は、通常の圧密と同様に有効応力の回復に依存すると考えられる。図-2はこのような再圧密による体積ひずみ ϵ_{vr} と間隙水圧比 u/σ'_{vc} との関係を示している。図には他の条件による実験結果も併記している。明らかに ϵ_{vr} は繰返し応力レベル τ_{hcy}/τ_{sf} や载荷回数によらず u/σ'_{vc} によってユニークに決まることが図から結論される。この体積ひずみ ϵ_{vr} を圧密試験における再圧縮係数 C_r を用いて

$$\epsilon_{vr} = C_r / (1 + e_c) \log (1 / (1 - u/\sigma'_{vc})) \quad (1)$$

のように表わせるとすると、問題は C_r の評価方法である。いま、みかけの過圧密比を

$$n_q = \sigma'_{vc} / \sigma'_c = 1 / (1 - u/\sigma'_{vc}) \quad \dots\dots (2)$$

と定義して、繰返し単純試験における鉛直応力変化のみに注目した圧密試験によって得られた $C_r/(1+e_c)$ と n_q との関係をまとめてみると、図-3のようになりこれから

$$C_r / (1 + e_c) = f(n_q) \quad (= 0.0122 n_q^{0.260}) \quad (3)$$

と表わせることがわかる。このことを考慮すれば式(1)は次式となる。

$$\epsilon_{vr} = f(n_q) \log n_q \quad \dots\dots (4)$$

結局、式(4)は、再沈下は繰返し载荷によって生じた間隙水圧の関数であることを意味している。上式による計算曲線は図-2の実線であるが、少なくとも $u/\sigma'_{vc}=0.75$ 付近までは計算値と実測値とは良く一致しているものの、これを超える領域では実測値は著しく大きくなっている事がわかる。繰返し荷重による間隙水圧がこのレベルでは、粘土供試体はほぼ破壊領域に近づいており、上記の差異はこのことと深く関わっているように思われる。

5. 結論 1)繰返し荷重をうける正規圧密粘土は排水を伴うことによって安定な構造状態に至る。このことは波浪荷重をうける海洋構造物の設計上重要な意味を持っている。 2)排水にともなう再圧縮は繰返し間隙水圧の関数であって、繰返し荷重のレベルや载荷回数にはよらない。 3)この再沈下は圧密試験から得られる再圧縮係数 C_r によって近似的に予測しうる。

引用文献

1)Yasuhara, K and K.H. Andersen : Post-cyclic recompression settlements of clay, NGL, Internal Report Project No. 51500-4 (in press). 2)Yasuhara, k. and K. H. Andersen (1987) : Clay behaviour under long-term cyclic loading conditions, Proc. 22th Conf. Japanese Society of SMFE, Vol.1, pp.635 - 658. 3) 松井・伊藤・小原(1980) : 飽和粘土の力学的性質に及ぼす動的応力履歴の影響、土木学会論文集、No.226, PP. 41 -51

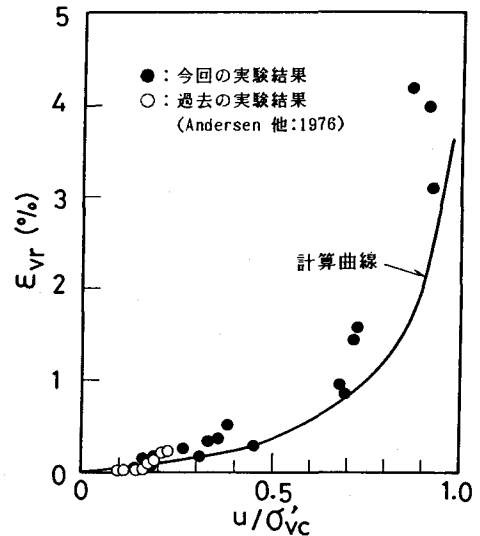


図-2 再圧縮による体積ひずみと繰返し間隙水圧の関係

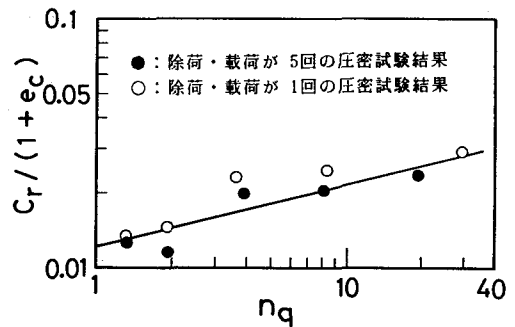


図-3 除荷・载荷を伴う圧密試験における再圧縮指数