

運輸省港湾技術研究所 正会員 大根田 秀 明

梅 原 靖 文

福 井 正 幸

樋 口 嘉 章

1. まえがき

粘性土地盤上に混成堤を建設する場合、波力作用時における地盤の支持力や円形すべりなどが設計上の重要な要素となる。これらの動的問題においては、粘性土の動的強度特性など多くの未解決の問題があるが、要素としての動的特性の他に構造系全体としての変形破壊機構などについても研究の必要があると考えられる。今回、単純なケースとして、マウンドなしの混成堤について繰り返し載荷模型実験を実施したので報告する。

2. 実験方法及び試料

図-1と2に実験装置及び実験方法の模式図を示す。モデルケーソン(20×39.5×25 cm)の中に鉄の玉を入れて鉛直荷重を調整し、波力としてベロフラムシリンダーによって片振りサイン波(周期2s)の水平力を、モデルケーソン底面より10 cmの高さに載荷した。なお鉛直荷重は実験中一定で、静的な支持力安全率2.5以上の範囲とした。鉛直変位はモデルケーソン上部中央で、水平変位は水平力載荷高の位置で測定した。土槽(200×40×60 cm)の端より50 cmの位置にモデルケーソンを据え、左右対称に2ケースづつステージテスト方式で実験した。水平力を各ステージ毎に500波載荷し、一時水平力をゼロにもどしてから次のステージの載荷をした。

なお、変位を計算する場合、水平変位 δ_H は各ステージ毎に水平力ゼロの時に初期として求め、鉛直変位 δ_V は鉛直荷重のみによって生じる初期の静的変位 δ_{Vs} を各ステージの変化量 δ_{Vd} に加えて求めた。また、模型地盤の強度では土槽中央付近でベーン試験を実施して求めた。

本実験では川崎粘土II ($G_s=2.68$, $\omega_L=53\%$, $\omega_p=27\%$, $I_p=26$, 粘土分41%) を含水比80%程度で十分に繰り返し、圧密後の層厚が約40 cmになるように粘土量を調整し、約7 kN/m²の圧力で圧密した。なお、粘土の上に「すべり止め」として厚さ1 cmで豊浦砂を敷いた。

本試料の動的強度比(動的強度 τ_d と静的強度 τ_{sf} の比)と波数の関係を図-3に示す。図の結果は動的単純せん断試験によるもので、実験方法などは文献(1, 2)に詳しい。図より波数 $N=500$ における動的強度は静的強度の約60%である。

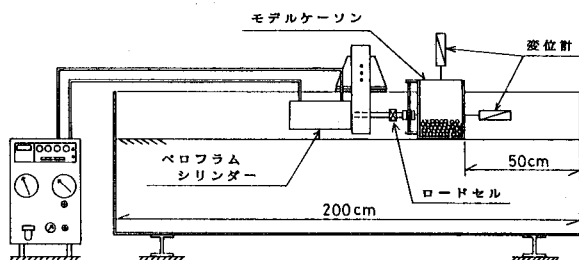


図-1 実験装置の模式図

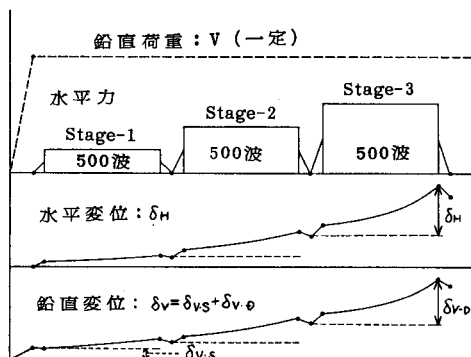


図-2 実験方法の模式図

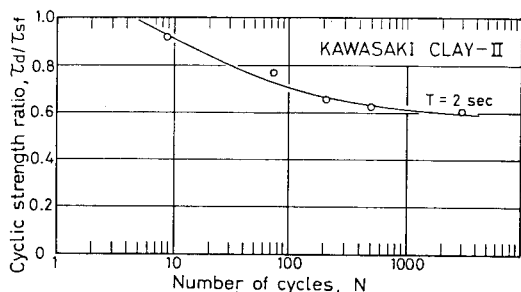


図-3 試料の動的強度

3. 実験結果及び考察

模型実験における荷重条件と水平力500波目の変位の最大値との関係について調べる。図-4は水平力をモデルケーソン底面積で応力 τ_f に換算し、地盤強度 τ_f で無次元化して水平変位 δ_H/B (B :モデルケーソン幅)との関係を調べたものである。水平力と鉛直荷重の比 m が0.25以上では平面すべりの条件、つまり τ/τ_f で支持力係数 N_c が決まるが、図中の白丸がこの条件に入るものである。図より τ/τ_f が破壊に対する1つの指標となることは明らかであるが、 $m \leq 0.25$ の場合、図中の曲線からずれることも予想される。また、 $\tau/\tau_f > 0.5$ で変位が急増しているが、本試料の動の強度比0.6と比較的近い値であり興味深い。

次に、現設計法の荷重分散法で検討される最大端趾圧 P_i (弾性支承と考えた場合の最大接地圧)の影響について調べる。図-5は鉛直変位と P_i/τ_f の関係を示したものであるが、図-4に比べてバラツキが大きく、 m による差もあるように思われる。これは P_i が水平力と鉛直荷重の両者によって変化する指標であるためと考えられる。そこで変形量についても水平と鉛直変位の両者の関数として変位 $\bar{\delta} = \sqrt{\delta_v^2 + \delta_H^2}/B$ を求め、 P_i/τ_f との関係を図-6に、また、図-7には $\bar{\delta}$ と水平力及び鉛直荷重の関係を示す。

本実験の場合、鉛直と水平の両方向に破壊する可能性があるため、構造系全体の破壊の指標として $\bar{\delta}$ は δ_v や δ_H より適当なものと考えられる。図-6では図-4,5に比べてバラツキがやや少なく m による差もないように思われる。なお、図中の曲線を静的支持力実験の荷重沈下曲線と等価なものと考えれば、降伏荷重として $P_i/\tau_f = 3$ と考えられる。また、図-7は水平力と鉛直荷重の座標系に、 $\bar{\delta}$ の値で結果を分けてプロットしたもので、図中の破線は本実験条件で P_i/τ_f 一定の軌跡を描いたものである。図より $\bar{\delta}$ と水平力、鉛直荷重及び P_i/τ_f の四者の関係がわかる。現設計法では P_i に対する安全率2.5で行うことが多いが、これは $P_i/\tau_f = 2.2$ に相当し、図-6,7から判断すると十分に安全であるといえる。しかし、図-7から分るように、本実験は限られた荷重条件及び構造についてのものであり、今後、より一般的な構造や荷重条件について実験し、種々の要素の影響について調べる必要がある。

〈謝辞〉 本実験を行うにあたり、柳生忠彦前設計基準室長はじめ、設計基準部、水工部の方々に貴重な御意見を頂いた。末筆ながら謝意を表します。

〈参考文献〉

- 1) 大根田, 梅原, 樋口 (1981), 第16回土質工学研究発表会
- 2) 梅原, 大根田, 樋口 (1982), 第17回土質工学研究発表会
- 3) 中瀬, 小林 (1970), 港研報告, 第9巻, 第2号
- 4) 日本港湾協会 (1979), 港湾の施設の技術上の規程・同解説

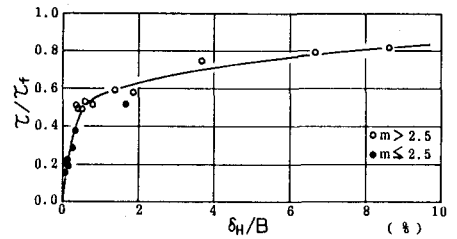


図-4 水平力と水平変位の関係

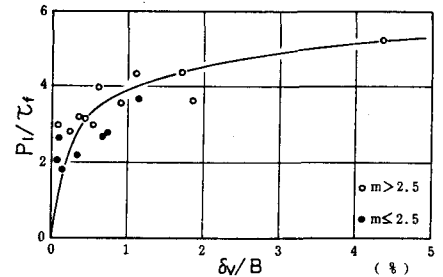


図-5 最大端趾圧と鉛直変位の関係

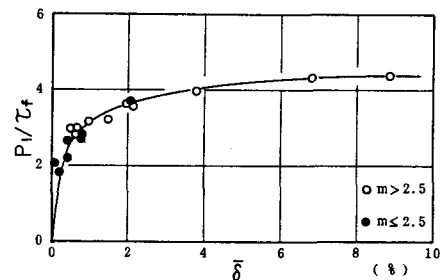


図-6 最大端趾圧と変位 $\bar{\delta}$ の関係

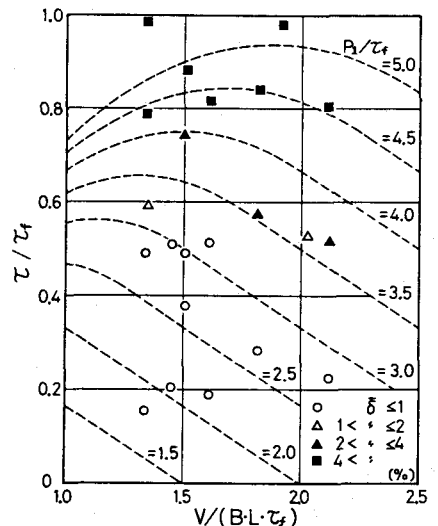


図-7 水平力と鉛直荷重と $\bar{\delta}$ の関係