

III-190

波浪の繰返し作用を受ける砂地盤上の構造物の安定に関する模型実験

運輸省港湾技術研究所 正会員 ○善 功企
同 上 正会員 山崎浩之

1. まえがき

近年、浚渫砂を用いた砂マウンド式混成防波堤開発の動きや、砂地盤上の異型ブロックのゆり込み沈下の問題など、海洋空間における波浪の繰返し作用を考慮すべきと思われるいくつかの土質工学的問題が提起されている。本研究は、このような背景から、波浪の繰返し作用を受ける海洋構造物の安定性を、構造物と基礎地盤との相互作用の観点から実験的に明らかにしようとしたものである¹⁾。

2. 実験概要

実験に使用した装置を図-1に示す。この装置の土槽部の寸法は、幅 200 cm、奥行 40 cm、高さ 60 cmで、側壁の前面は透明な強化ガラス製である。模型構造物の寸法は、幅 20 cm、奥行 39.5 cm、高さ 25 cmである。試料は、豊浦標準砂を用いた。地盤は、ターゲットを埋め込みながら相対密度が 50 %となるように水中落下法により作成した。繰返し水平力は、滑動が発生する最大荷重以下の振幅で、周期 2秒の正弦波を加えた。押し波および引き波を考慮して両振り载荷とし、荷重の作用点は底面からの高さ 10 cm、15 cmとした。いわゆるステージテストを行ない、1ケースの実験につき、各ステージごとに 500波ずつ、3ステージまで载荷した。実験数は、繰返し载荷12ケース、静的载荷4ケースである。模型構造物の変位、水平荷重の計測のほか、地盤中に 4 cmの格子状に埋設したターゲットを撮影し、地盤移動量を求めた。

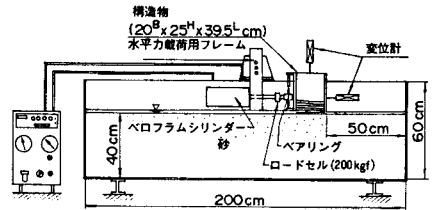


図-1 実験装置

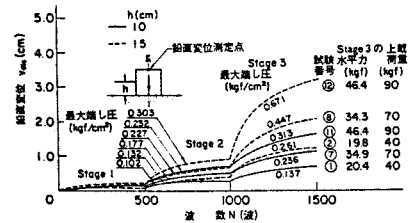


図-2 鉛直変位と波数

3. 結果および考察

図-2に模型構造物の鉛直変位 v_{dis}

と波数 N の関係を示す。同じ荷重作用高

さ h の場合には、水

平力（荷重振幅/2）

が大きいほど v_{dis}

も大きくなっている。一方、ほぼ同じ水平力の場合には、 h

が大きいほど v_{dis} も大きくなることわかる。ただし、図

-2中の最大端し圧は水平力と h から計算により求めた接地

圧であるが、 v_{dis} はこれらの最大端し圧に比例している。

なお、水平変位 u_{dis} は、鉛直変位に比較して1オーダー小

さな値であった。図-3は、地盤中のターゲットの移動状況を

写真から読取った一例で、図-4は、ターゲットの载荷直前

と载荷終了時の位置から格子の変形状況を描いたものである。

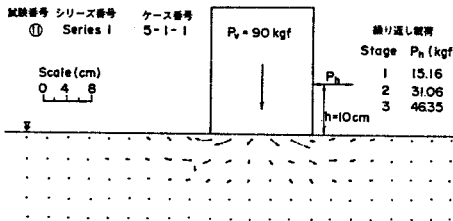


図-3 ターゲット移動状況

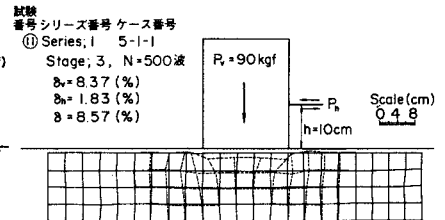


図-4 格子の変形状況

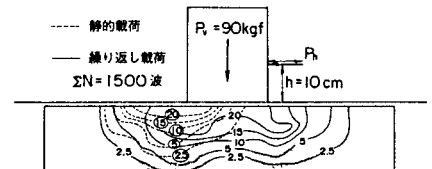


図-5 最大せん断ひずみ

図-3、図-4によると、载荷の影響範囲はほぼ基礎幅 B の $1/2 \sim 1$ 倍以浅に現れている。図-5は、同じ水平力に対する静的载荷、繰返し载荷の場合の地盤中の最大せん断ひずみの相違を示したものであるが、後者の場合が前者に較べて著しくひずみが大きくなっており、繰返し作用を考慮しない場合には、構造物の安定にとって危険側の結果を与えることになる。波浪の作用に対する構造物変位を検討する場合、大別して次の3つの要因を考慮しなければならない。すなわち、①波浪特性（波力、波数）、②地盤特性、③構造物形式である。これらのうち、③については、ケーソンのような矩形構造物を考えると、①、②について考察する。波力については、合力の作用点の問題があるが、図-2の説明で述べたように、地盤に伝達される波力を最大端し圧 p_1 で代表させることができるものと思われる。地盤特性については、ここでは、地盤のせん断強さ τ_{sf} で代表させるものとし、 $\tau_{sf} = \sigma'_v \cdot \tan \phi_d$ で求める。ここに、 σ'_v は有効上載圧、 ϕ_d は排水せん断抵抗角である。模型地盤の σ'_v はブシネスクの弾性論から計算し、図-3、図-4で述べた影響範囲を考慮して、構造物端部 ($x/B = 1/2$) の位置の深さが基礎幅の $1/2$ および 1 倍 ($z/b = 1/2, z/b = 1$) 以浅の平均値とした。 ϕ_d は、排水三軸試験結果から 相対密度 50 % に対して 38° が得られた。この τ_{sf} は、あくまでも指標的な値であるが、一応地盤特性を反映していると考えられる。図-6は、上記のようにして求められた p_1 と τ_{sf} の無次元量 p_1/τ_{sf} と構造物の無次元合成変位 $\bar{\delta}$ の関係の一例（波数 $N = 500$ のとき）を描いたものである。ここに、 $\bar{\delta} = \sqrt{u_{dis}^2 + v_{dis}^2}/B$ である。図-6から明らかなように、ある波数における p_1/τ_{sf} と $\bar{\delta}$ の間には相関性があり、これは、 $p_1/\tau_{sf} = a \cdot \bar{\delta} + b$ 、(a, b : 実験定数) の関数形で表される。図-7は、各波数に対して図-6と同様な関係を調べた結果で、図-7によると、 a, b は波数 N の関数となることが推測されるが、いかなる波数に対しても $\bar{\delta} = 0$ で $b = 3 \sim 4$ 程度の値となっており、 p_1/τ_{sf} の値がこれ以下であれば構造物の変位は発生しないことを意味している。図-8は、 $\bar{\delta}$ をパラメータとして、図-7を再整理したもので、 p_1/τ_{sf} と波数 N が確定できれば、構造物の変位を推定することが可能である。図-9は、図-8から推定した結果と実測値を比較したものである。

4. あとがき

本報告では、波浪の繰返し作用を受ける構造物の変位について模型実験を中心に調べ、比較的簡易に変位を推定する方法について述べた。今後、実際の構造物を対象に本手法の妥当性について検討を進めたい。参考文献: 1) 善他: 波の繰返し载荷を受ける砂地盤の安定性に関する模型実験、港研資料、No. 578、1987。

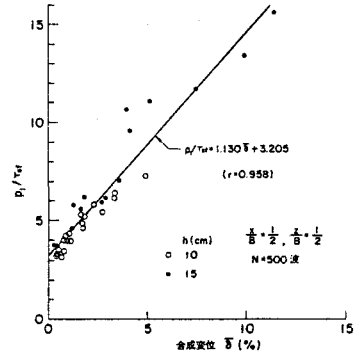


図-6 p_1/τ_{sf} と $\bar{\delta}$ ($N=500$ 波)

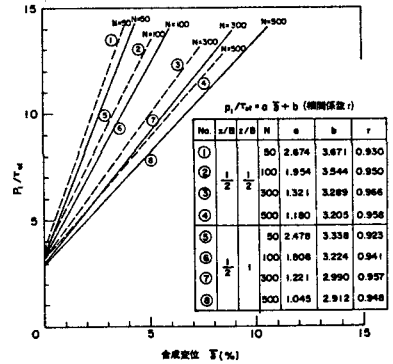


図-7 代表的波数での p_1/τ_{sf} と $\bar{\delta}$

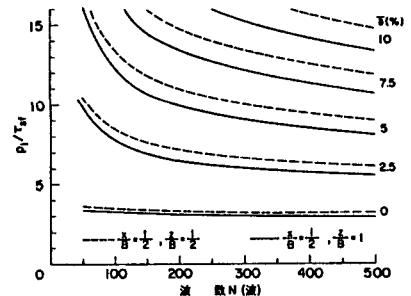


図-8 $p_1/\tau_{sf} \sim N \sim \bar{\delta}$

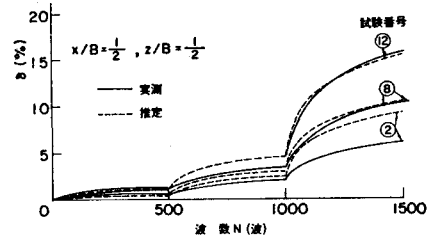


図-9 推定値と実測値の比較