

波による構造物周辺地盤内応力分布特性

岡山大学工学部 正 員 名 合 宏 之
 岡山大学工学部 正 員 前 野 詩 朗
 水資源開発公団 正 員 舟 橋 弘 師
 岡山大学工学部 学 生 員 ○山 田 弘

1. まえかき 波浪時においては、防波堤などの海岸構造物周辺には強度の水面変動が発生しており、構造物の周辺地盤には絶えず変動水圧が作用している。この変動水圧による構造物周辺地盤の動的挙動は、海岸構造物の損壊現象と密接な関係があると考えられる。このような観点から、著者らは従来より、鉛直1次元および鉛直2次元モデルを用いて理論的かつ実験的な研究をすすめてきた。その結果、変動水圧作用下では、地盤内の間隙水圧が時間的・場所的に変化することにより、地盤が脆弱化あるいは液状化することを実験的に確かめ理論的に明らかにしてきた。以上の成果を踏まえ、本研究では、実際の海岸構造物の破壊の力学的機構を解明するための基礎として、図1に示してあるように構造物前面に波を作用させた場合の構造物周辺地盤の動的挙動を理論的に検討しようとするものである。

2. 理論解析法の概要 解析モデルとしては、図1に示されるような砂層モデルを対象とし、構造物前面では、図に示される完全重複波が発生しているものとしている。また、砂層モデルの解析に用いる基礎式は次式のように表わされる。

$$G\left(\frac{\partial^2 u_x}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u_x}{\partial z^2}\right) + \frac{G}{1-2\nu} \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{\partial u_x}{\partial x} + \frac{\partial u_z}{\partial z}\right) = \rho_w g \frac{\partial h}{\partial x}$$

$$G\left(\frac{\partial^2 u_z}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u_z}{\partial z^2}\right) + \frac{G}{1-2\nu} \frac{\partial}{\partial z} \left(\frac{\partial u_x}{\partial x} + \frac{\partial u_z}{\partial z}\right) = \rho_w g \frac{\partial h}{\partial z}$$

$$\rho_w g (\beta \lambda_w + \frac{\lambda_a}{P_0 + \rho_w g h}) \frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial t} \left(\frac{\partial u_x}{\partial x} + \frac{\partial u_z}{\partial z}\right) = k \left(\frac{\partial^2 h}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 h}{\partial z^2}\right)$$

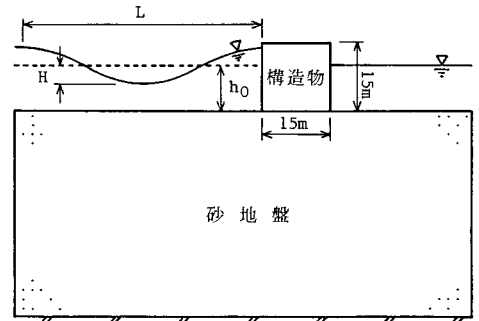


図1 解析対象モデル

ここに、 h および u_x, u_z 間隙水圧水頭および x, z 方向の変位であり、それぞれ初期状態からの変動分である。また、 β : 水の圧縮率、 g : 重力加速度、 P_0 : 大気圧、 k : 透水係数、 G : せん断弾性係数、 ν : ポアソン比、 λ_w, λ_a : 水および空気の体積含有率である。境界条件としては、構造物前面の地盤上には微小振幅波理論より次式で示される水圧 P を作用させている。

$$P = \frac{\rho g H}{\cosh m H_0} \cos m x \cos n (t - T/4) + \rho g h_0$$

ここに、 $m = 2\pi/L$, $n = 2\pi/T$, H : 波高、 h_0 : 静水面からの水深、 L : 波長、 T : 周期である。また、構造物背後では平均水位 h_0 を与えている。基礎式および波の諸定数としては

$\lambda_a = 0.003$, $\lambda_w = 0.4$, $k = 0.0015 \text{ m/s}$, $\beta = 44.6 \times 10^{-11} \text{ m}^2/\text{N}$, $G = 3.42 \times 10^8 \text{ N/m}^2$, $\nu = 0.48$, $H = 4.0 \text{ m}$, $h_0 = 10.0 \text{ m}$, $L = 92.3 \text{ m}$, $T = 10 \text{ sec}$ を用いた。具体的な計算は、図2に示されるように解析領域を三角形要素で分割し、カラーキン法による有限要素解析を適用することにより行なった。砂層内の応力状態を評価する方法としては、基礎式より求められる水平および鉛直方向の変位 u_x および u_z を用いて、応力-ひずみの関係により各応力 σ_x, σ_z および τ_{zx} を求め、モールの応力円より砂層内の応力状態を検討した。すなわち、モールの応力円の接線が σ 軸となす角度を(以下応力角と呼ぶ)より応力状態を検討した。

3. 結果および考察 図3は砂層内の変位を示したものである。これらの図より、構造物前面に波の峰かくる

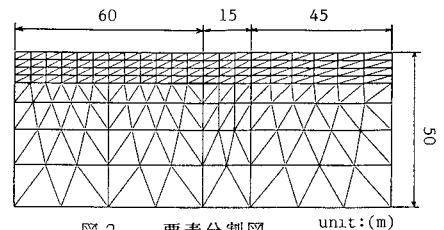


図2 要素分割図 unit:(m)

場合 ($t/T = 0.25$) 砂層内の変位は、波の節を中心として谷方向へ渦状に発生している。また、構造物前面に波の谷かくる場合 ($t/T = 0.75$)、波の節を中心として谷方向、すなわち、構造物方向へ渦状に変位が発生し、構造物直下では砂層を持ち上げる方向に変位している。図4は変動間隙水圧分布および応力角分布を示している。これらの図より、砂層内の間隙水圧は波の作用を受けて、構造物前面において急激に変化しているが、背後ではそのような変化はあまりみられず、波による間隙水圧の変動は構造物背後まで大きく伝播しないことがわかる。応力角についてみると、静水時 ($t/T = 0.0, 0.50$) においては構造物周辺の地盤内には応力角の大きな領域は発生しない。しかし、構造物前面に波の峰および谷かくる場合 ($t/T = 0.25, 0.75$)、構造物前面下端に応力角の大きな不安定領域が発生しており、その領域は構造物下部にまで広がっている。これらのことより、構造物前面に波の峰および谷かくる場合、構造物前面下端の地盤内には、応力角からみた不安定領域が発生することか認められた。今後は、より実的な現象を対象として検討していく必要があると考えている。

参考文献

名合宏之・前野詩朗・変動水圧作用下における構造物周辺地盤内の応力分布特性、第32回海講論文集(1985)

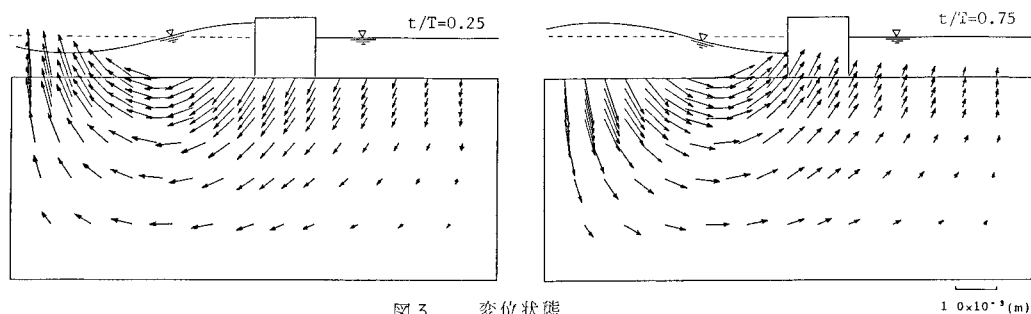


図3 変位状態

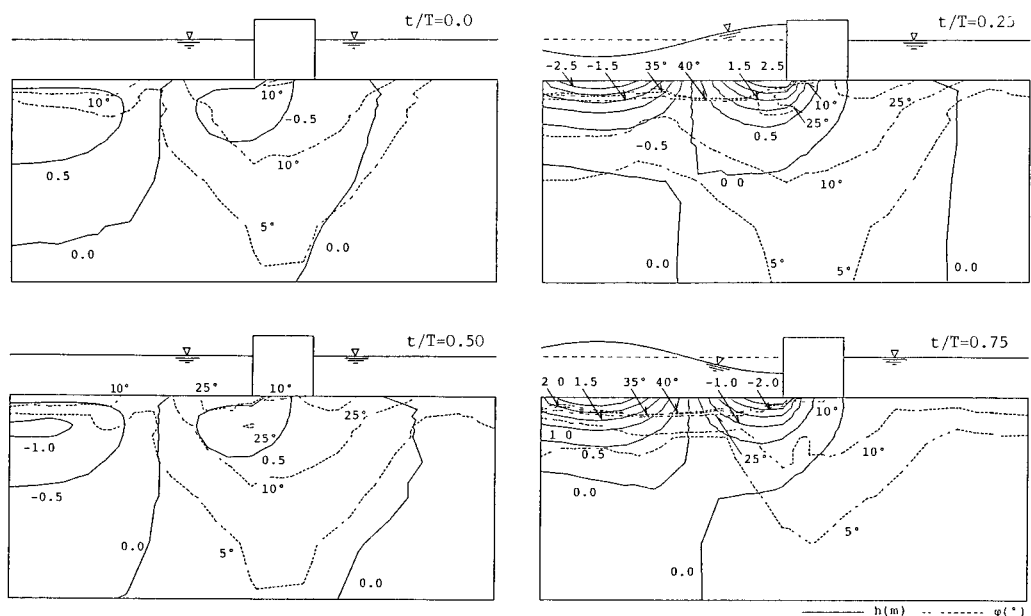


図4 間隙水圧および応力角の分布