

波による海底地盤内過剰間隙水圧と波圧変化速度の関係

京都大学工学部 正 酒井哲郎、住友商事 正 ○裏本 賢

1. まえがき 多くの海岸、海洋構造物は、海底の地盤に直接置かれたり、杭等を地盤に貫通して支持されているが、それらを支持する海底地盤は陸上の地盤とは異なり、常に波という変動荷重が作用している。そしてこの波によって海底地盤中では間隙水圧や有効応力の変化が起こっている。実際、それらが原因と思われるパイプラインの浮上、海岸堤防、ブロックの沈下・崩壊の例が報告されている。このような特殊な状況にある海底地盤においては、海底地盤内の挙動を十分に把握する必要があると思われる。

本研究は、昨年度海岸工学講演会で発表された「波による海底地盤中の間隙水圧変動に関する現地観測」(中田ら, 1991)で、新潟西海岸で昭和61年より4年間にわたり実施された現地観測結果に基づいた事実「水圧変化速度とそのときに発生した過剰間隙水圧の負の最大値とが比例関係にある」について、理論的に妥当であるか否かを Mei and Foda(1981)の境界領域近似解を使って検討したものである。

2. 中田ら(1991)による現地観測結果 中田ら(1991)は、新潟西海岸の突堤、離岸堤、潜堤近傍(水深 $h = 2.0 \sim 7.7\text{m}$)で測定した、海底面波圧 p_b と地盤深度 $z = 0.9 \sim 4.0\text{m}$ の2点で測定された間隙水圧変動 p' の差すなわち過剰間隙水圧 $\Delta p = p_b - p'$ は、波の峰から谷へ水圧が急激に減少する時に負の最大値をとることを見いだした。そのことより、 Δp を規定するパラメータとして水圧変化速度 $V \equiv H_p / T$ を定義した。ここで、 H_p は海底面の変動水圧両振幅の水頭換算値、 T は波の周期である。図-1は、観測された個々の波についての V とそのときに発生した過剰間隙水圧の負の最大値 $\Delta p_{\max}$ の相関を示したものの例である。中田らは、この図から $\Delta p_{\max}$ と V には高い正の相関関係が成り立っているとした。さらに、 $\Delta p_{\max} = \text{const.} \times V$ とした場合の const. の値を決定している。その値は観測地点、深度および観測期間で異なるが、1.2 から 2.3 の間の値をとっている。

3. Mei and Foda (1981) の境界領域近似解による検討 Mei and Foda(1981)によると、海底面での波圧 p_b が微小振幅波理論

$$p_b = p_0 \cdot \cos(\lambda x - \omega t) = 1/2 \cdot \rho_w g H / \cosh(\lambda h) \cdot \cos(\lambda x - \omega t)$$

で与えられる場合の間隙水圧変動 p' は次の様に求められる。

$$p' = p_0 \cdot 1/(1+m) \cdot \exp(-2\pi z/L) \cdot \cos(\lambda x - \omega t) + p_0 \cdot m/(1+m) \cdot \exp\{-z/(\sqrt{2}\delta)\} [\cos\{z/(\sqrt{2}\delta)\} \cdot \cos(\lambda x - \omega t) - \sin\{z/(\sqrt{2}\delta)\} \cdot \sin(\lambda x - \omega t)]$$

ここで、 p_0 : 海底面での波圧振幅、 ρ_w : 海水の密度、 g : 重力加速度、 H : 波高、 λ : 波数、 x : 波の進行方向座標、 ω : 波の角周波数、 L : 波長である。パラメーター m および境界領域厚さ δ は、次式で与えられる。

$$m = n/(1-2\nu) \cdot G/\beta, \quad \delta = (KG/\beta)^{1/2} \cdot \{n \cdot G/\beta + (1-2\nu)/2(1-\nu)\}^{-1/2}$$

ここで n : 間隙率、 ν : ボアソン比、 G : 地盤骨格のせん断弾性係数、 β : 間隙水の有効体積弾性係数、 $K \equiv k/\rho_w g$ (k : 透水係数) である。

図-1を見て分かるように、各図に有義波高、有義波周期の値が示されている。実際には一波一波の波高、周期は変動しているので、ここでは周期と波高の2条件を変化させる。計算方法では、いずれか一方を一定にしてもう一方を変化させて行った。図-2はその結果の例を示したものである。他のパラメータの値は、以下の通りである。 $h = 6\text{m}$, $z = 2\text{m}$, $n = 0.33$, $\nu = 0.33$, $G = 1.0 \times 10^8\text{ N/m}^2$, $\beta = 1.0 \times 10^8\text{ N/m}^2$, $k = 2.8 \times 10^{-4}\text{ m/sec}$ 。

周期を一定にして波高を変化させた場合は、 Δp と V は比例していることがわかる。図では周期をそれぞれ 4, 8, 10, 20sec としているが、周期が大きくなるほど回帰直線の傾きが大きくなっていることが

Tetsuo SAKAI, Ken URAMOTO

わかる。一方、波高を一定にして周期を変化させた場合は正の相関関係は成り立っていない。図-2では、波高をそれぞれ 1, 2, 3, 4m とした場合を示しているが、 ΔP と V の関係は楕円の様な曲線を描くことがわかる。したがって中田ら(1991)の図での実測値にばらつきがある理由のひとつは、現地波浪の周期が一定していないためであろうと思われる。

4. 参考文献 Mei, C.C. and Foda, M.A. (1981), Geophys. J. R. astr. Soc., Vol. 66, pp. 597-631,
中田ら(1991), 海岸工学論文集 Vol. 38(2), 土木学会, pp. 811-815.

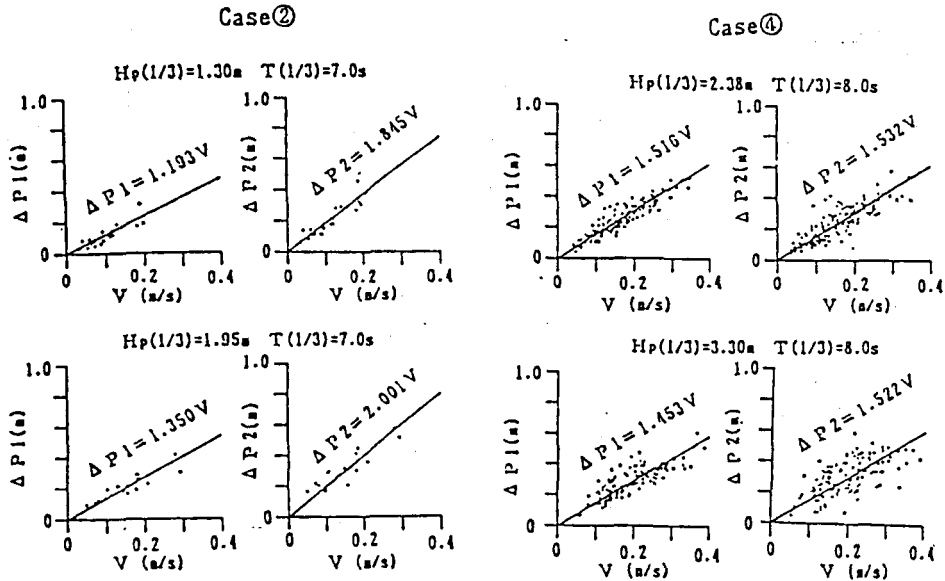


図-1 V と Δp の相関関係の観測結果の例 (中田ら(1991))

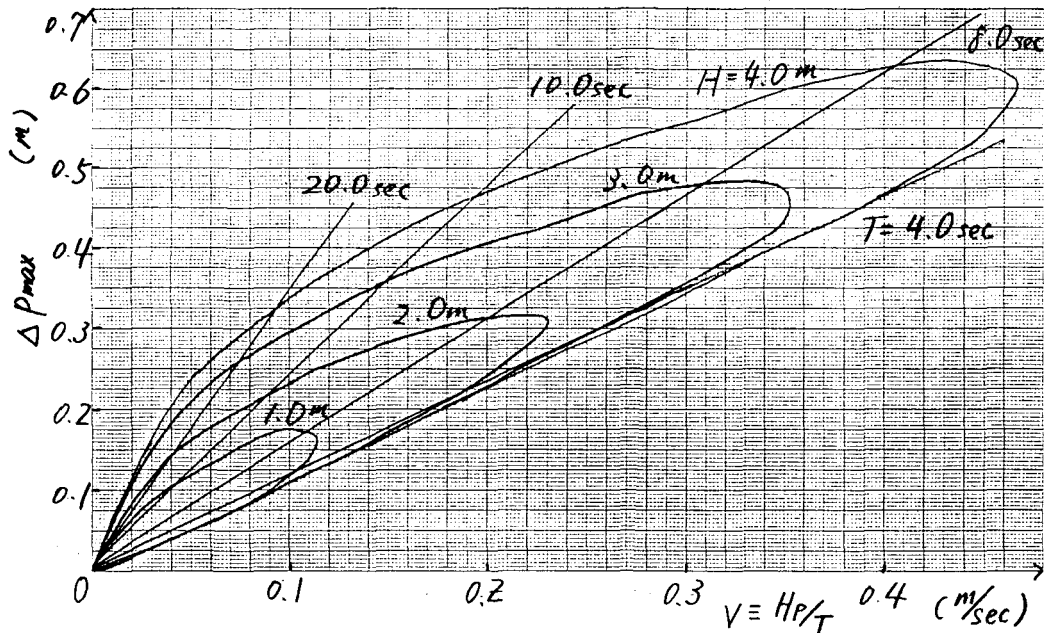


図-2 Meiら(1981)の解を用いた V と Δp の理論結果の例