

III-189

沖合い海底地盤の動的応答と
護岸構造物の安定について京都大学大学院 学生会員 辻 泰志
同 工学部 正会員 赤井浩一

1. 序 最近わが国では、内湾の沿岸を遠く離れた沖合いに大規模な埋立を実施する施工例が見られるようになってきた。このような沖合いの海底地盤では、柔らかい沖積粘土層の下に過圧密比の小さい洪積粘土層が続き、また、構造物の支持層となるべき砂礫層はきわめて薄い、あるいは全く存在せず、clay-richな海型地盤となっている。そのため人工島やその上の構造物の設計に対する地盤条件が酷しくなるとともに、荒天時や地震時の海底地盤そのものの安定性の損失についても検討しておかなければならない。

2. 波浪に対する海底粘性土地盤の安定性

Dormieux¹⁾は深さとともに粘着力 C_u が直線的に増加するような海底の粘性土地盤について、二次元線形波理論と極限解析理論を組み合わせて検討した結果、最も苛酷な波浪荷重に対する水平な海底の安定にとって必要にして十分な条件は $\rho/\gamma_w \geq 0.225$ であることを示した。ここに、 γ_w は水の密度、 ρ は深さ z (m)に伴う粘着力の増加割合($C_u = \rho z$)である。海水に対して $\gamma_w = 1.02$ t/m³をとれば、 $\rho \geq 0.23$ t/m³が必要かつ十分条件となる。

ところで、大阪湾泉州沖に施工中の関西国際空港の人工島建設工事に関連して実施された土質調査では、図-1に示す一軸圧縮試験のデータ²⁾にもとづいて $C_u = 0.20z$ (tf/m²) が沖積粘土層の設計値として用いられている。しかし、原位置ベーンせん断試験やコーン貫入試験の結果を含めて詳細に検討したところ、 $C_u = 1 + 0.16z$ (tf/m²) (ただし、 $z=0$ で $C_u=0$ となるように海底面近くで低減する。) が、より実際に近いことがわかった。この強度増加係数 $\rho = 0.16$ t/m³ を用いて圧密による粘土の非排水せん断強度の増加率を求めると、 $C_u/p = \rho z/\gamma_w$ $z=0.16 \div 0.47 = 0.34$ (ただし、 γ' は沖積粘土層の平均有効単位重量) となり、これは正規圧密粘土試料の圧密非排水三軸試験の結果とよく斉合する。

いずれにせよ当該地点における沖積粘土層（厚さ10~20m）の深さともなう粘着力の増加割合 ρ はDormieuxのいう安定条件を満足せず、現実的な波浪荷重に対する繰り返し載荷実験による検討が必要となる。

3. 地震時の護岸構造物の安定性

関西国際空港建設地点で実施されたボーリング孔内PS検層の結果³⁾より、海底面直下の沖積層および以深の大阪層群洪積粘土層を含めて横波速度 V_s (m/s)は $V_s = 30z^{0.5}$ であり、せん断弾性係数は $G = 900 \gamma_w z = Kz$ (K :比例係数)で表される。すなわち、当該地点のような過圧密比の小さい($OCR=1.0 \sim 1.3$)沖合い海底地盤の G は近似的に深さ z に比例して増加することがわかる。

このような特性をもつ海底地盤に対する地震時の動的応答解析の手法と計算結果については別報⁴⁾に報告した。すなわち、基盤での地動加速度 $\ddot{u}_g(t)$ を受ける地盤の変位 u に関する振動の基礎方程式は、

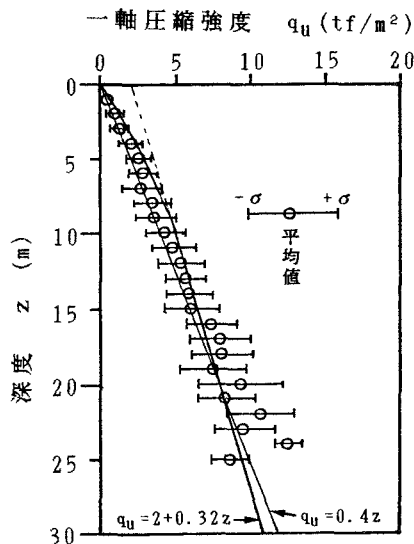


図-1 一軸圧縮強度と深度の関係

$$\rho \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} + c \frac{\partial u}{\partial t} - \frac{\partial}{\partial z} \left(Kz \frac{\partial u}{\partial z} \right) = -\rho \ddot{u}_g \quad (1)$$

であり、Duhamelの積分による応答加速度は次式となる。

$$\ddot{u}(z, t) + \ddot{u}_g(t) = \frac{K}{\rho \sqrt{H}} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{\lambda_n J_0(2\lambda_n \sqrt{z})}{\beta_n J_1(2\lambda_n \sqrt{H})} \times \int_0^t e^{-\alpha(t-\tau)} \sin\{\beta_n(t-\tau) + 2\gamma_n\} \ddot{u}_g(\tau) d\tau \quad (2)$$

ただし $J_0(2\lambda_n \sqrt{H})=0$, $\alpha = \frac{c}{2\rho}$

$$\beta_n = \frac{\sqrt{-c^2 + 4\rho K \lambda_n^2}}{2\rho} , \quad \gamma_n = \tan^{-1} \frac{\alpha}{\beta_n}$$

今回は、この結果を用いて人工島護岸の安定性を震度法を用いて検討することにする。

いま、泉州沖海底地盤において、地盤定数として密度： $\rho=1.7(t/m^3)$ 、減衰定数： $c=3.577(t/m^3 \cdot s)$ 、地震時のひずみ依存性を考慮して、前述の $G=Kz$ から計算される値の2/3倍である $K=1020(t/m^2 \cdot s^2)$ を用い、S-9砂礫層($H=97.3m$)を入力基盤とし、これに十勝沖地震(1968.5.16)の八戸での基盤上の加速度波形(最大加速度104.7gal)を地動として与えたときの応答解析による地盤内各深度の絶対応答加速度の最大値(図-2参照)から沖積層表面付近での水平震度を求めた。このさい、ごく短い時間だけ作用する荷重に対しては粘性土が静的なものより大きい強度を示すという性質を考慮して、この安定計算では設計震度として図-2の応答値を2/3倍に低減したものをを用いている。

計算結果の一例を図-3に示す。護岸全体を含むようなすべりが起こる可能性は小さいと考えられ、おもに後退性すべりに対する法先部の海底地盤の安定性を検討したが、図示のようにこの種のすべりが発生する可能性もあまり大きくないことが知られた。

京都大学土木系教室 田村武助教授と杉戸真太助手の教示を得たことを感謝する。

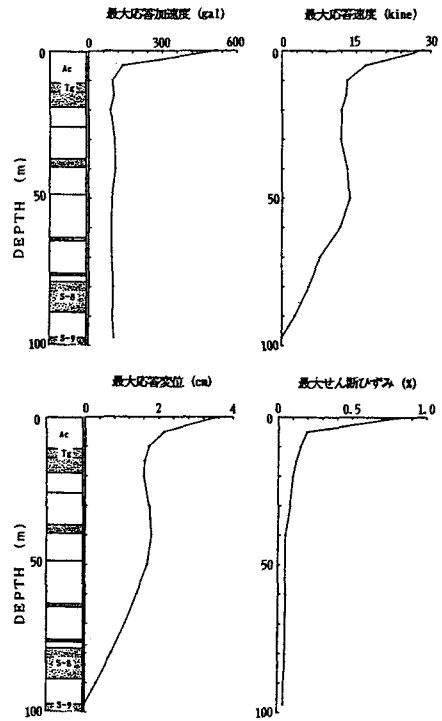


図-2 最大応答値の深度分布

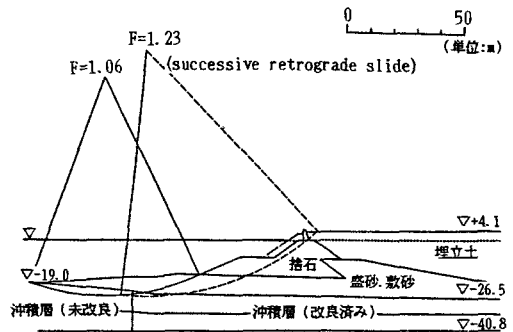


図-3 すべり面と安全率

- <参考文献> 1)Dormieux, R.:Stability of a Purely Cohesive Sea Bed Soil under Wave Loading, Geotech. , 38-1, 121-123, 1988.
- 2)福手 勲:関西国際空港におけるサンドドレーン改良地盤の圧密特性と沈下管理, 大阪湾海底の地盤研究委員会資料, 昭63.3.
- 3)中世古幸次郎・岩崎好規:大阪湾海底堆積地盤の弾性波速度に関する特性, 海底地盤に関するシンポジウム論文集, 79-84, 昭62.11.
- 4)赤井浩一・田村武:正規圧密またはそれに近い過圧密地盤の動的応答解析への一寄与(ノート), 土木学会論文集(投稿中)。