

III-90 急速な堆積の起こる海底斜面のすべり安定解析

東京大学 正員 東畑郁生
アジア工科大学大学院生 Kim Seung Ryull

1. まえがき

海底地盤で発生する斜面崩壊には多様な原因が想定されているが（H.U. Schwarz, 1982）、ここでは急速な堆積によるものに注目し、有効応力法による安定解析を試みた。

2. 圧密の数値計算

海底斜面に土砂が堆積すると、その水中重量を W' 、斜面の傾きを α として、堆積の瞬間から $W' \sin \alpha$ なるせん断力が発生する。一方地盤のせん断強度の増加は圧密が十分進行する迄たねばならない。つまり荷重の発生と強度の増加の間に時間遅れがあり、透水性の低い土では遂に破壊に至る可能性がある。時間と共に厚さを増す地盤を対象とした自重による圧密計算としてはOlsson(1953)、Gibson(1958)らの解析解があるが、これらと異なり土質定数を時間と共に変化させ得る有限要素解析を行った。方程式は

$$\frac{\partial \Delta u}{\partial t} = C_v \frac{\partial^2 \Delta u}{\partial z^2} + \frac{dp}{dt} \quad (1)$$

ここに Δu は過剰間隙水圧、 C_v は圧密係数、 dp/dt は堆積速度を表す。堆積土は地盤ではなく単なる荷重と見なしているが、地盤に比べてある程度厚くなるたびに有限要素を作り直して地盤に取り込んでいる。圧密の進行に応じて mv を小さく（間隙比 $e = 3.05 - 0.001 \log \sigma' \text{ (kPa)}$ ）、透水係数 k を減少（ $k = 9.15 \times 10^{-6} \cdot (1.34e - 11) \text{ cm/s}$ ）させた非線形解析である。なお、地盤の平均圧密度 U を次式で定義する。

$$U = \left[100 \times \frac{\text{有効応力}}{\text{全応力} - \text{静水圧}} \% \right] \text{ 深さ方向平均} \quad (2)$$

3. 安定解析

傾き一定（角度 α ）な一次元斜面を想定する。海底面から鉛直に測った深さが Z の点では斜面に平行なせん断力 $S = W' \sin \alpha$ 、強度 $R = [C' + (W' \cos^2 \alpha - \Delta u) \tan \phi'] \sec \alpha$ である（図1）。よって安全率 R/S が色々な深さで得られる。

4. 計算例

初期条件として堆積土の存在しない状態を使うが、水圧分布さえわかれば現実の地盤にも適用可能である。 $\phi' = 21^\circ$ 、 $C' = 0$ を用いて U の時間変化を計算したのが図2である。堆積が早い場合程 U の減少も著しい。破線は勾配 α の時の破壊を示すが、堆積が早い程、 α が大きい程、破壊し易い。現実には安定率が1に達さなくとも地震や波圧によってもっと早くすべりが発生する。図3は $\alpha = 2^\circ$ 、堆積速度が30cm/年の場合の、圧密度と安全率の深さ方向分布である。深さは刻々増加する地盤厚さで割って正規化してある。地盤の大体中央付近で安全率が最小になる事がわかる。図4は様々な堆積速度を想定して、破壊時の地盤厚さと勾配の関係を示したものである。発生するすべり面より上をUnstable, 下をStableと記述しているが、勾配に拘らずすべり面が中央よりやや上に発生する事がわかる。

5. 結論

急速に堆積の進む海底の緩斜面を対象に有効応力に基づくすべり安全解析法を開発した。ここで予測するすべりは純粹に静的荷重によるものであり、現実にはある程度安全率が小さくなった時点で地震や波浪によって崩壊する、と考えている。

6. 参考文献

- 1) Gibson, R.E. (1958) The Progress of Consolidation in a Clay Layer Increasing in Thickness with Time, *Geotech.*, 18, 171-182.
- 2) Olsson, R.G. (1953) Approximate Solution of the Progress of Consolidation in a Sediment, *Proc. 3rd ICSMFE*, Vol.1, 38-41.
- 3) Schwarz, H.U. (1982) Subaqueous Slope Failures-Experiments and Modern Occurrences, *Contributions to Sedimentology No.11*, E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, 105-116.

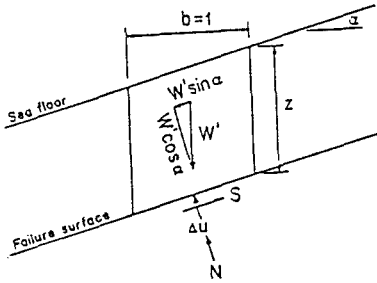


図1 海底地盤中のせん断力と強度

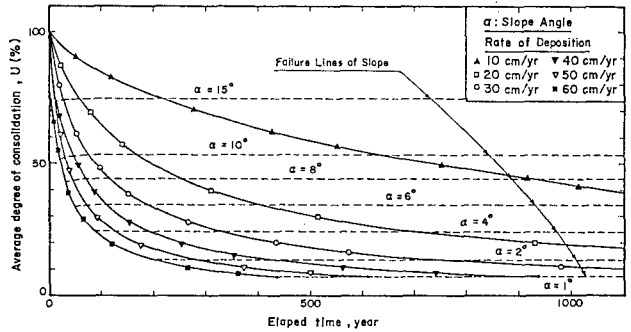


図2 圧密度の時間変化

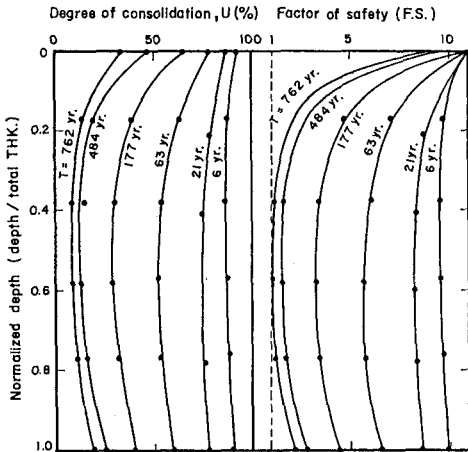


図3 圧密度と安全率の深さ方向分布

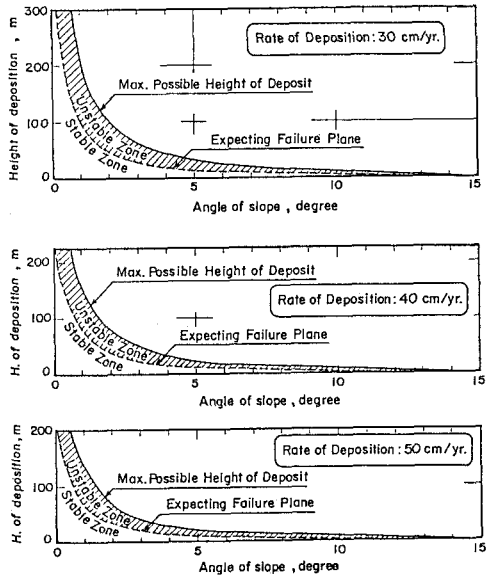


図4 発生するすべり面の位置