

1. はじめに

本報では、液状化の進行に伴う過剰間隙水圧や応答加速度の時間的な変化を応答解析によって算定し、その結果から護岸の安定性の時間的な変化を評価する1つの方法を示した。

今回、図-1に示すケーソン式の護岸を対象とし、図-2に示すF₁値が1以下の比較的ゆるい埋立て砂層が護岸背後に存在するものとした。応答解析では、図-2に示した基盤に最大加速度120 galまで増幅した“TAFT-EW”の地震波を入力した。

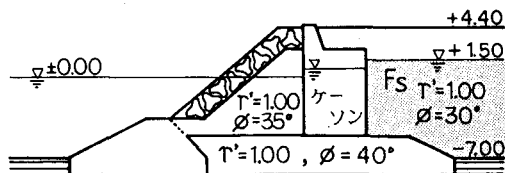


図-1 検討護岸断面

まず、一次元の集中質点系モデルを用いた直接積分法により、過剰間隙水圧の上昇に伴う地盤のせん断剛性の低下を考慮した応答解析を行った。この応答解析によって応答加速度と過剰間隙水圧上昇量の時刻歴を求め、これを単位時間（1秒間）ごとに分割し、各時間間隔での過剰間隙水圧上昇量と最大加速度を求め、それに基づいた静的な解析（震度法）によって、ケーソンの滑動、転倒に対する安全率を求めた。静的な解析に用いる作用震度は、野田ら¹⁾が提案した次の式を用いて、F₀層の各深度での最大加速度を平均した値から換算し、過剰間隙水圧上昇に伴う土質定数の変化は有効応力に比例するものとした。ただし、応答解析に用いるせん断剛性は初期値の1%を下限とした。

$$k_e = \alpha / g \quad (\alpha < 200 \text{ gal})$$

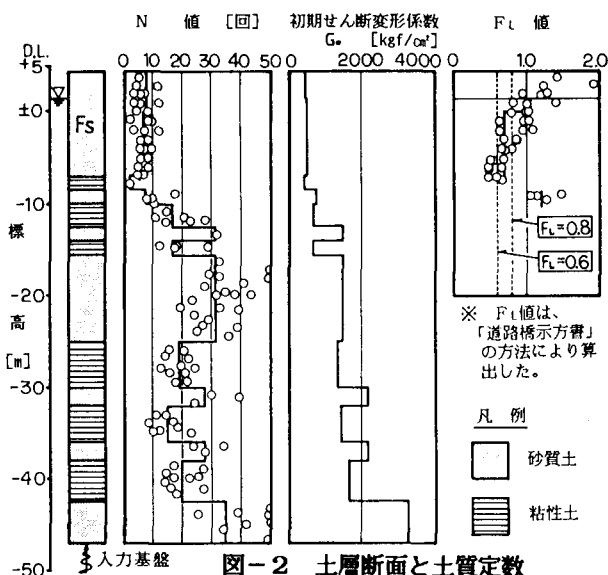
$$k_e = \frac{1}{3} \cdot \left(\frac{\alpha}{g} \right)^{1/3} \quad (\alpha \geq 200 \text{ gal})$$

ここに、 k_e ：作用震度、 g ：重力加速度
 α ：地盤最大加速度 [ga]

その他、地盤の非線型モデルとしては、Davi-denkovモデル²⁾を用い、過剰間隙水圧モデルとしては、Seedらの等価繰返し回数に基づく実験式³⁾を用いた。

4. 検討内容と検討結果

本検討では、ケーソン背面地盤(Fs 層)での過剰間隙水圧上昇量 Δu が護岸の安定性に対して支配的な役割を果たすことから、Fs 層での過剰間隙水圧上昇量 Δu に着目して安定性を算定した。



応答解析から得られた各時間間隔におけるF_s層での換算震度 k_e と過剰間隙水圧比 $L_u (= \Delta u / \sigma_{vo})$ の時間変化および過剰間隙水圧比の深度分布の時間変化を、それぞれ、図-3(a)、3(b)に示す。

予め、震度 k_e とF_s層での水圧比 L_u に関する安全率の図表(図-4)を作成し、それに図-3に示した各時間間隔での k_e と L_u の値をプロットした。この図から k_e と L_u の時間変化によって滑動と転倒の安全率が時間的にどのように変化するかを知ることができる(図-5)。

すなわち、作用震度は3.0~4.0秒の間に最大となるが、その時点では過剰間隙水圧はほとんど発生していないため、その後の6.0~7.0秒の間で、作用震度は低下するものの間隙水圧の上昇により、滑動、転倒いずれの安全率も最低となる。この例では、間隙水圧の上昇がない最大震度加わる状況での安全率は所要の安全率を満たしているが、その後、作用震度は

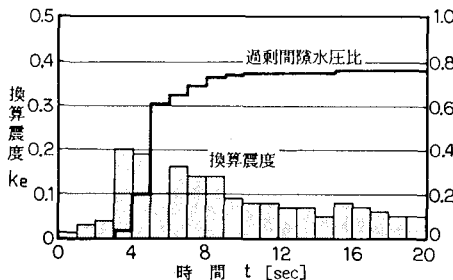


図-3(a) F_s層での換算震度と過剰間隙水圧の時間変化

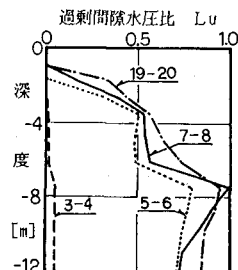
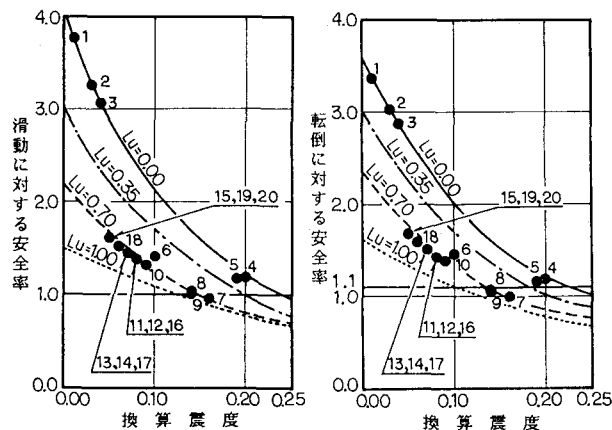


図-3(b) 過剰間隙水圧の深度分布(数字:経過時間(秒))



(図中の数字 5 : $t = 4.0 \sim 5.0$ 秒)

図-4(a)

滑動に対する安全率

図-4(b)

転倒に対する安全率

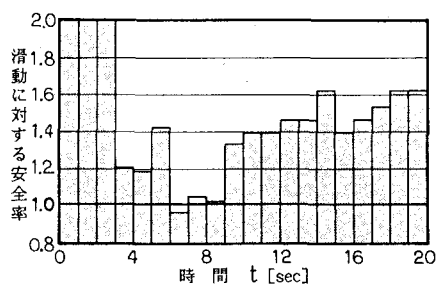


図-5(a) 滑動に対する安全率

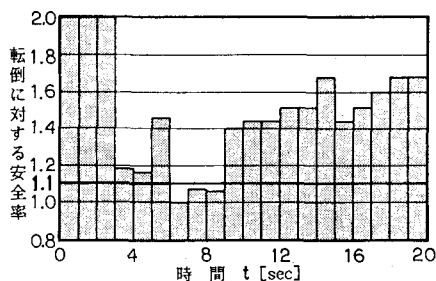


図-5(b) 転倒に対する安全率

小さくなるものの間隙水圧が上昇してきた状況では所要の安全率を割っている。

5. おわりに

以上、地震継続中の安定性の変化を経時的に捉える方法とその計算例を示した。今後、適切な時間間隔など検討すべき点がいくつか残されているが、通常の設計では評価が困難な地震動の途中の段階(地盤加速度 $a > 0$ 、過剰間隙水圧 $\Delta u > 0$)での安全率を比較的簡便に評価できる見通しが得られた。

- 参考文献: 1) 野田節男、上部達生、千葉忠樹、「重力式岸壁の震度と地盤加速度」、港湾技術研究所 報告 第14巻 第4号、1975年。
2) Martin, P.P. and H.B. Seed, "MASH, A Computer Program for the Non-linear Analysis of Vertically Propagating Shear Waves in Horizontally Layered Deposits", Report No.EERC 78-23, University of California, Berkeley, 1978年。
3) Seed, H.B., P.P. Martin and J. Lysmer, "Pore - Pressure Changes during Soil Liquefaction", J. GED, ASCE, Vol.102, No.GT4, 1978年。