

III-593

地震応答解析による円弧すべり法と震度法による円弧すべり法の比較

(株)鴻池組 木佐一 伸
 近藤 道男
 宮辺 啓輔
 吉村 篤志

1. まえがき

これまで、地震時におけるゆるい砂地盤上の盛土等土構造物の安定性は、震度法等による静的解析から地盤の状態を設定し、円弧すべり法を用いて検討してきた。この際に考慮する要素は①繰り返し荷重により生じる過剰間隙水圧の上昇や、②地震応答加速度(震度法では設計震度 k_h で表現する)があり、通常どちらか一つの要素を考慮して検討を行い、重要構造物では①、②両方の影響を考慮して安全性の検討をおこなってきた。しかし、地震中に発生する地盤内の過剰間隙水圧は集中して発生する箇所が盛土構造物の形状によって異なり応力集中による過剰間隙水圧の上昇を考慮しないで設計すると危険な設計となることがある。さらに応答加速度が盛土等土構造物や地盤内各箇所により異なるため、従来の震度法のように盛土全体を同一加速度とする考え方では現実と合致しないと思われる。

近年、種々の研究機関で有効応力液化解析手法が開発され、地盤内の応答加速度や過剰間隙水圧分布の経時変化が詳細にわたり算定できるようになり、その解析結果の信頼性も高まってきた。しかし、この解析方法では地盤内の局部的破壊を算定することはできるが全体的な安定性について定量的な判断をすることが困難であった。本報告では、有効応力液化解析方法を用いて、地震時の地盤内応力状態を算定し、この結果を円弧すべり法にフィードバックし安定性を算定するとともに、従来の安定計算方法と比較し、その適用性を調べた。

2. 比較検討の条件

(1) 解析モデル

解析モデルは図-1に示すゆるい砂地盤上の高さ8mの盛土構造物とした。

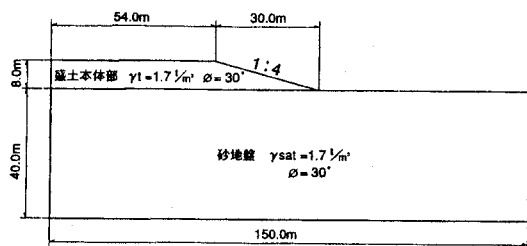
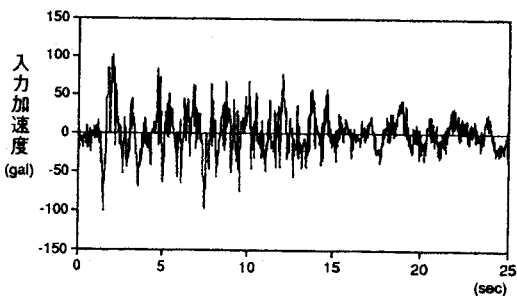


図-1 解析モデル図

図-2 入力地震加速度 α_x

(2) 入力地震加速度

地震応答解析に用いる入力地震波形は、図-2に示す宮城県沖地震(1987)修正開北橋記録(最大加速度: $\alpha_{max}=102\text{gal}$)を用いた。

また、震度法に使用する設計震度は、従来からの慣行と経験上の事実を総合したうえで定められた標準設計水平震度 k_{h0} を用いて地域、地盤、重要度に関わる係数で補正して求め $k_h=0.17$ とした。

(3) 過剰間隙水圧

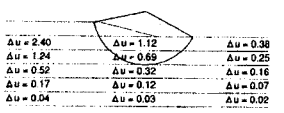
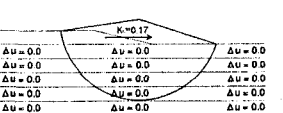
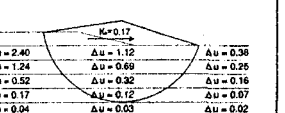
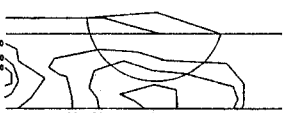
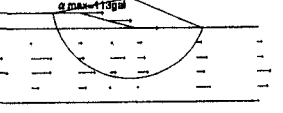
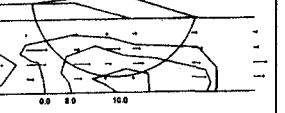
従来法における地震時に発生する過剰間隙水圧の算定は、道路橋示方書耐震設計編に基づいて行い、過剰間隙水圧の発生量 Δu は、非排水繰り返し三軸試験の結果から近似的に表される、液化化に対する抵抗率 F_L との関係式

$$Lu = \Delta u / \sigma' = \begin{cases} FL^{-7} & (FL \geq 1) \\ 1 & (FL < 1) \end{cases} \quad \text{により算定した。}$$

3. 比較検討結果

震度法と地震応答解析を地震時に考慮する要素（a. 間隙水圧のみ考慮、b. 震度のみ考慮、c. 間隙水圧と震度を考慮）別に、安全率で比較した結果を表-1に示す。

表-1 各種解析方法による比較検討結果

	a. 間隙水圧のみを考慮	b. 震度のみを考慮	c. 間隙水圧、震度を考慮
震度法	$F_s = 2.94$ 	$F_s = 1.87$ 	$F_s = 1.64$ 
地震応答解析	$F_s = 1.08$ 	$F_s = 2.41$ 	$F_s = 0.96$ 

地震応答解析結果から、過剰間隙水圧、地盤内応答加速度、安全率の経時変化を図-3、図-4、図-5に示す。

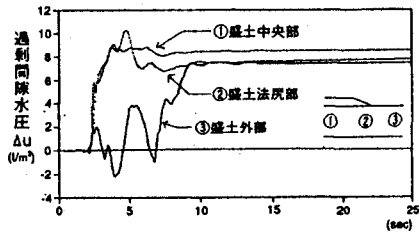


図-3 過剰間隙水圧の経時変化

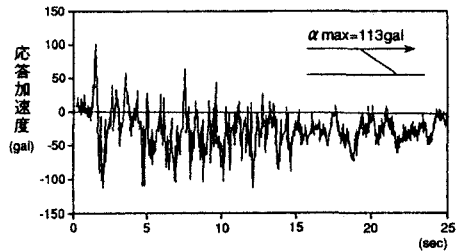


図-4 応答加速度の経時変化

4. まとめ

表-1 からわかるように地震応答解析の方が震度法よりも安全率が小さくなる傾向がある。その理由は、地震応答解析では最大応答加速度は113galであったが、設計震度 ($k_n = 0.17$) に相当する地盤内加速度が167galと大きいことによる。特に、表-1 a に示す過剰間隙水圧の分布図にみられるように盛土法灰部下において大きな過剰間隙水圧の発生があるためと考えられる。

有効応力液化解析法を用いた円弧すべり法は、地盤内の応答加速度や過剰間隙水圧分布の経時変化が詳細にわたり算定できるため、①種々の地震波形の地盤内の応答加速度や過剰間隙水圧の分布状況が把握でき、これに基づく斜面の安定計算ができる。②地震時の円弧すべりに対する安全率の時刻歴や過剰間隙水圧分布の状況がわかり、対策工を施す場所や方法を検討しやすくなるという利点があり、今後この解析方法は有効に利用されていくと思われる。

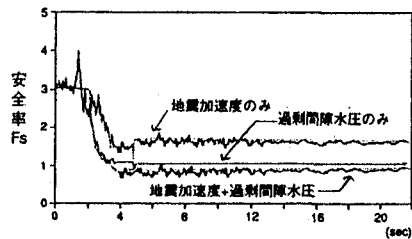


図-5 安全率の経時変化