

土構造物の地震時信頼性解析

金沢大学大学院 学生員○若林 慎司  
 金沢大学工学部 正 員 北浦 勝  
 金沢大学工学部 正 員 池本 敏和

1. はじめに

土構造物に作用する入力としての地震はその強度に大きな不確実性を有する現象であり、一方土構造物の抵抗強度にも不確実性が存在する。ところで、土構造物の破壊には地震時に発生する過剰間隙水圧の上昇も大きく関与していることが明らかにされている。そこで、本研究では地震時における盛土の信頼性解析に過剰間隙水圧上昇を考慮するとともに、過剰間隙水圧上昇に伴い地表面加速度が盛土に伝わりにくくなることをも考慮する。盛土地表面に作用する加速度は震源からの距離を考慮して与え、加速度のばらつき、あるいは距離が盛土の破壊確率の平均に及ぼす影響について検討する。つぎに、地震の発生確率を考慮した場合の盛土の破壊確率の算出結果について若干の検討を加える。

2. 盛土の安定解析モデルと破壊確率の算出

本解析に用いたモデル盛土の諸数値を Table 1 に示す。盛土の安定解析には Fig.1 に示すような簡便分割法による円弧すべり法を用いた。従って盛土の安全率  $F_s$  は次式のようにになる。

$$F_s = \frac{\sum_{i=1}^n [c_i l_i + (w_i(1-k_{V_i}) \cos \alpha_i - W_i k_{H_i} \sin \alpha_i)(1-u_i) \tan \phi_i]}{\sum_{i=1}^n [W_i(1-k_{V_i}) \sin \alpha_i + W_i k_{H_i} \cos \alpha_i]} \quad (1)$$

- $c_i$  : 帯片の土の粘着力
- $l_i$  : 帯片の長さ
- $w_i$  : 帯片の重量
- $\phi_i$  : 帯片の土の内部摩擦角
- $k_{H_i}, k_{V_i}$  : 帯片の重心に作用する水平震度、鉛直震度
- $\alpha_i$  : 帯片の土の底面が水平軸となす角度
- $u_i$  : 帯片の土の底面に作用する間隙水圧比

盛土に作用する加速度は建設省土木研究所より提案さ<sup>1)</sup>れている次式に距離とマグニチュードを与えて算出する。

$$A = 34.1 \times 10^{0.308M} \times (D + 10)^{-0.925} \quad (2)$$

- $M$  : マグニチュード
- $D$  : 震源からの距離

破壊確率の算出にあたっては、土の粘着力の平均、内部摩擦角の平均、加速度の平均の不確定性を考慮するため、Point Estimate Method のうち2点推定法を用いる。ここで、土の粘着力および内部摩擦角の分布をいずれも正規分布で取り扱い、それぞれの平均値の変動係数として<sup>2)</sup>0.30, 0.22を与えた。

Table 1 Material constants in model embankment.

Maximum depth at circular arc surface $z_s$	-3.0 (m)
Thickness of ground $H_0$	10.0 (m)
Depth of water table	0.5 (m)
Height of embankment $H_1$	4.0 (m)
Gradient $I$	1.5

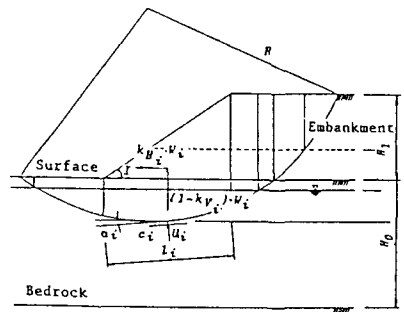


Fig.1 Model of embankment at circular failure arc surface.

3. 結果と考察

Fig.2 に過剰間隙水圧上昇を考慮した場合としない場合の盛土の破壊確率の結果を示す。また、過剰間隙水圧上昇に伴い地表面加速度が盛土に伝わりにくくなるというより現実的な解析を応答係数  $RC$  を用いて行った。 $RC$  を変化させることによって得られた結果も Fig.2 に示す。これより過剰間隙水圧の上昇を考慮することにより、小さな加速度でも盛土の破壊が起こる可能性が高いと考えられる。また、 $RC$  を考慮した場合、破壊確率はやや低くなっているもののそれほど大きな影響を与えるものではないと思われる。

Fig.3 に式(2)より得られた加速度を平均値とし、そのばらつきと破壊確率の関係を示す。加速度の平均値の変動係数は破壊確率よりもその変動に対して影響を及ぼす重要な要因であることが認められる。

次に、震源からの距離と破壊確率の関係を Fig.4 に示す。これより震源からの距離が短いほど破壊確率に与える影響は大きいことがわかる。従って、例えば盛土からなる道路網などでは近い距離内で地震が発生した際、同じ特性を持った盛土であっても距離によりその破壊確率は大きく異なるものと考えられる。

Fig.5 に盛土の破壊確率とその時に作用する加速度の発生確率を示し、各々を乗じた値を破線で示している。すなわちこの破線は地震が発生した場合に盛土が破壊するという条件つき確率を示すものである。地震の発生確率を考慮した場合、マグニチュード6付近で最大の破壊確率を示し、そのあとは減少していく結果となった。このように破線は設計段階において各マグニチュードに対して耐え得る設計を行った場合のより現実的な破壊確率を示しているものと思われる。

参考文献

- 1) 建設省土木研究所：新耐震設計法(案)，土木研究所資料，第1185号，1977。
- 2) 北浦勝他：過剰間隙水圧の上昇を考慮に入れた土構造物の地震時信頼性解析，第7回日本地震工学シンポジウム概要集，pp.703-708.1986。

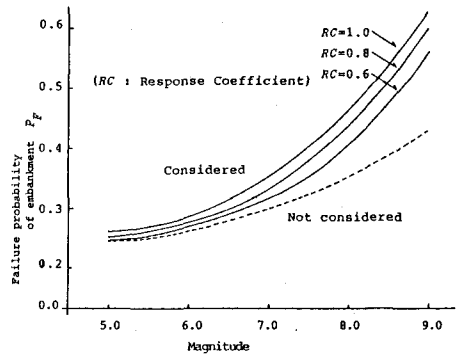


Fig.2 Relationship between  $P_F$  and magnitude (in case that  $D = 50\text{km}$ ).

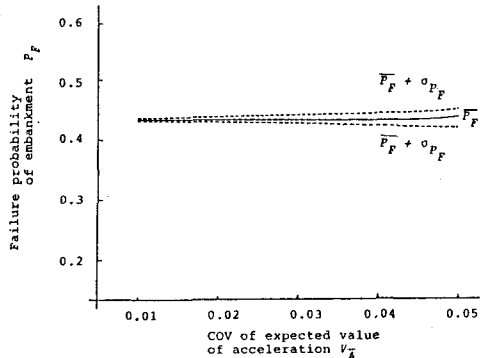


Fig.3 Relationship between  $P_F$  and  $V_A$  (in case that  $D = 50\text{km}$ ,  $M = 8$ ).

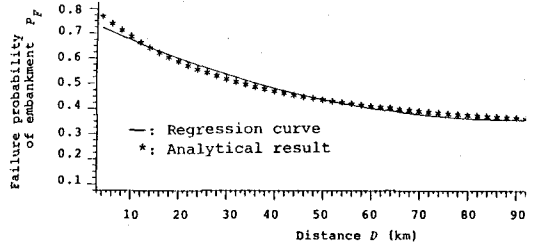


Fig.4 Relationship between  $P_F$  and  $D$  (in case that  $M = 8$ ).

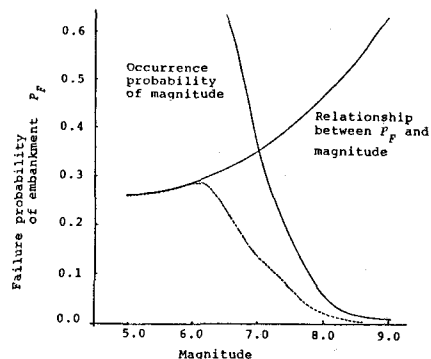


Fig.5 Relationship between  $P_F$  and magnitude (in case that  $D = 50\text{km}$ ).