

土質定数の不確定性および延長方向の相関を考慮した盛土の地震時信頼性

金沢大学工学部 正会員 ○池本敏和
 金沢大学工学部 正会員 北浦 勝

1. はじめに

土質定数の標本平均は、標本数が僅少な場合不確かさの生ずることが考えられる。ところで、主として盛土から成る道路の場合には、盛土が線状につながったシステム（以下においては、システムのうちある長さをもった盛土延長をリンクと呼ぶ。）として道路を把えることができる。現在のところ、これらの土質定数の不確定性が盛土の破壊確率やリンクの連結性に及ぼす影響について取り扱った研究は少ない。そこで本研究では、標本にもともと含まれているばらつきに加えて、標本数が僅少なために生じる標本平均の変動についても考慮した盛土の地震時信頼性解析を行うとともに、土質定数の延長方向の相関を考慮に入れたリンクにおいて、標本平均の不確定性がリンクの破壊確率に及ぼす影響について検討を行う。

2. 信頼性解析

土質定数や外力としての地震加速度には本来ばらつきが存在する。これらのばらつきを考慮した上で、盛土の破壊確率を算出する必要がある。本解析の詳細は参考文献1)に譲るが、以下のステップにより解析を行った。(1)盛土の安定解析を行い、最小安全率を有するすべり面を見つける。このとき解析には、簡便分割法による円弧すべり法を用いる。(2)すべり面上における各帯片について信頼性解析を行う。(3) (1), (2)で得られた個々の盛土の破壊確率を用いて、3. におけるリンクの破壊確率を算出する。モデル盛土の形状および土質定数の平均値を図1に、土質定数および外力の変動を表1に示す。盛土の破壊に関与する外力の要因としては地震による加速度を対象にする。なお本解析では、土質定数および外力の確率密度関数は正規分布で近似できると仮定する。ところで、(2), (3)においてPEM法²⁾を用いて解析を行う場合には、盛土の破壊確率の平均値 \bar{P}_F と標準偏差 σ_{P_F} が得られる。PEM法により得られた \bar{P}_F と $\bar{P}_F \pm \sigma_{P_F}$ の値をもとに土質定数の延長方向の相関を考慮したリンクの破壊確率を3. で検討する。

3. 延長方向の相関を考慮したリンクの破壊確率

盛土から成るリンクにおいては、一箇所でも盛土が破壊すると、そのリンクは全体としての機能を失う。ここでは、土質定数の延長方向の相関を考慮したリンクの破壊確率の算出を試みる。リンクの破壊確率の算出にあたり、破壊発生に対する単位区間長さを考える。また、リンク内での破壊の発生はポアソン分布に従うと考える。ランダムに発生しうる破壊の単位区間長さを過去の震害事例をもとに算定し、ここでは100mと仮定した。また、単位区間長さ内の土質定数の標本は同一として取り扱うことができるとした。リンクは単位区間の直列システムとして表わされる。したがって、このようなシステムに

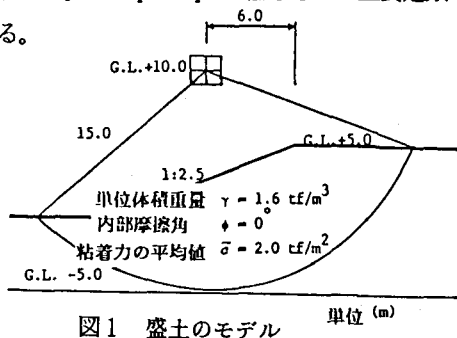


図1 盛土のモデル

表1 確率変数の平均値と変動係数

確率変数	水平震度	粘着力
平均値	0.2	2.0tf/m ² (19.6kPa)
変動係数	0.29	0.2
平均値の変動係数	0.15	0.1

対しては、多重積分による数値解析を行うことにより、リンクの破壊確率が求まる。外力としての地震震度 k_H と盛土の粘着力 c を不確定性としたときの解析結果を図2, 3に示す。図2の n は単位区間の数を、実線は $P_F(\bar{k}_H, \bar{c})$ を、1点、2点鎖線は $P_F(\bar{k}_H - \sigma_{k_H}, \bar{c})$, $P_F(\bar{k}_H + \sigma_{k_H}, \bar{c})$ の結果をそれぞれ表す。図2, 3を比較すると、外力による不確定性よりも粘着力によるその方がリンクの破壊確率に及ぼす影響が大きいといえる。さらに土質定数の延長方向の相関が高いときには、リンクの破壊確率は $n=1$ の破壊確率に近づく。また n が1より大きい場合には、相関の低いときのリンクの破壊確率は、高いときに比べて1オーダ近く大きく現れる可能性のあることがわかった。この傾向はリンクを長く考えることにより、さらに強まる。つぎに、外力と盛土の粘着力の不確定性が破壊確率の変動に及ぼす影響を図4に示す。この図より、 n が1より大きい場合には、土質定数の延長方向の相関が低いほどリンクの破壊確率の変動が小さいことがわかる。

4. まとめ

土質定数や外力加速度の不確定性を考慮した盛土の破壊確率のばらつきから、土質定数の延長方向の相関を考慮したリンクの破壊確率の算定を試みた。その結果、土質定数の相関の程度によっては差があるものの、土質定数や外力加速度の不確定性がリンクの破壊確率に対して与える影響についての解析例を示すことができた。今後は、さらに实际的に近い種々の盛土からなるリンクの破壊確率について検討を行っていく予定である。

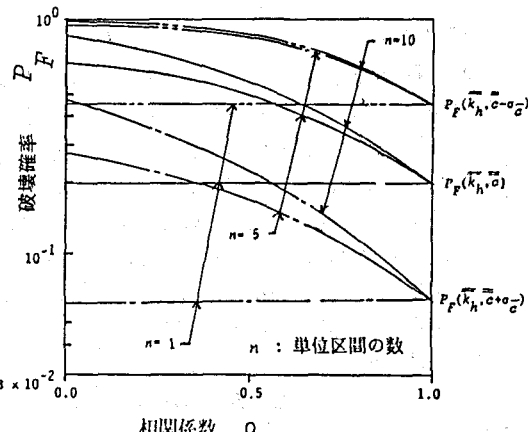
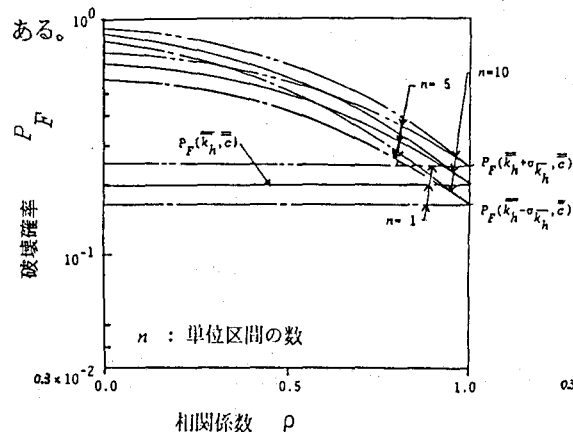


図2 土質定数の相関係数がリンクの破壊確率に及ぼす影響 (外力が不確定量の場合)

図3 土質定数の相関係数がリンクの破壊確率に及ぼす影響 (粘着力が不確定量の場合)

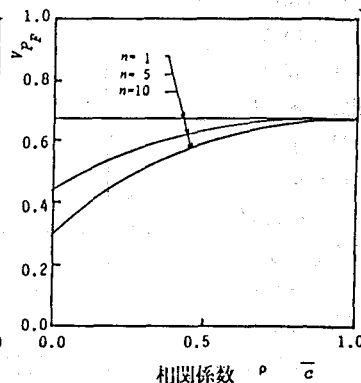
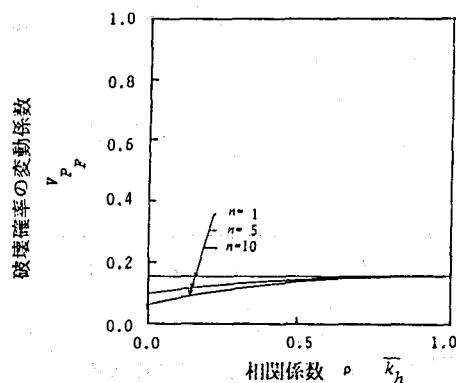


図4 リンクの破壊確率の変動係数と相関係数との関係

参考文献

- 1) 北浦 勝・池本敏和：土質定数と地震動強さのばらつきを考慮した盛土の信頼性解析。土木学会論文集，第400号，pp.151 ~ 158, 1988.
- 2) Rosenblueth, E.: Point estimates for probability moments, Proc. of National Academy of Science, Vol.72, No.10, pp.3812 ~ 3814, 1975.