

地震時斜面崩壊における崩壊長と斜面高さの関係について

澤 田 知 之*・能 町 純 雄**

On the Relationship between Failure Length and Slope Height of a Slope Failure during a Earthquake.

Tomoyuki SAWADA and Sumio G. NOMACHI

要 旨

本稿は、斜面の地震時安定解析を行なう際の解析条件として斜面の崩壊長 (L) と斜面高さ (H) の関係について検討を加えたものである。

Abstract

When Slope failure is going to Occur, there is an important relationship between failure length and slope height during earthquakes.

1. 序

地球の密度は深さに比して大きくなる為に地震波の伝播は図-1の如くになり、横波であるS波の振動方向は震源が深い程、主として水平動となり震害への影響が顕著である。

伝播速度は、縦波 (P波)、横波 (S波)、表面波と言う順であるが、S波はP波に対して振幅が大きく、一方、表面波 (Rayleigh波、Love波) では、前者の伝播速度は $V_R = 0.92 V_S$ (ポアソン比 0.25) となり、分散性を持つ後者は表層の横波の速度が下層の横波の速度より小さい時に限り現われるもので層面に平行方向に振動する。よって耐震工学上重要とされるのはS波と言える¹⁾。

2. 崩壊長 (L) と斜面高 (H) の比の範囲について

地震の加速度が斜面の限界地震加速度を超える時、崩壊は生じる。これを崩壊長 (L) を斜面先から崩壊面の天端上での起点までの距離として斜面

高さ (H) とともにモデル化して示すと図-2の様を示すことができる。

地震波の伝播において震源が遠い程、横波 (S波) が重要となるからこの伝播速度を V_S とすると地震動は次式で表わされる。

$$y = a \cdot \cos \omega \left(t - \frac{x}{V_S} \right) \quad (1)$$

ここで

a : 振幅 (m) ω : 円振動数 (rad/sec)

t : 時間 (sec) V_S : 伝播速度 (m/sec)

x : 地震波 1 Cycle あたりの伝播距離 (m)

(1)式よりこの地震波の速度と加速度は次式の如くである。

$$\dot{y} = \frac{\partial y}{\partial t} = -a\omega \sin \omega \left(t - \frac{x}{V_S} \right) \quad (2)$$

$$\ddot{y} = \frac{\partial^2 y}{\partial t^2} = -a\omega^2 \cos \omega \left(t - \frac{x}{V_S} \right) \quad (3)$$

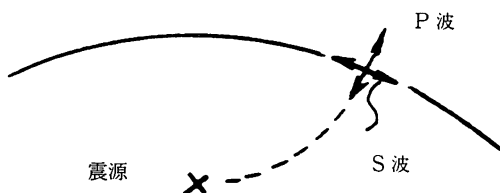


図-1

* 助数授 土木工学科

** 教 授 北海道大学工学部土木学科

但し $a\omega$: 地震速度振幅 $a\omega^2$: 地震加速度振幅

ここで $\omega \cdot \frac{x}{V}$ は地震波の位相ずれであるので1周期では

$$\frac{\omega \cdot x}{V_s} = 2\pi \quad \text{より} \quad x = \frac{V_s \cdot 2\pi}{\omega} = \frac{V_s}{n} \quad (4)$$

n : 振動数 (Cycle/sec)

よって、地震波の半波 (1/2 周期) では、弾性波である地震のS波は $V_s/2n \cdot m$ 進むことになる。

表-1 S波の速度標準値 単位: (m/s)

砂	60	砂 混り 礫	300~400
埋 立 土	100	礫	600
砂 質 粘 土	100~200	第 3 紀 層	1000以上
粘 土	250		

ここで、表^{おし}博士によるS波の速度の標準値²⁾を表-1に示す。これを参考にして斜面の地震時安定解析を行なう時、 $|a\omega^2|$ を入力値として使用する為、例として最大地震加速度が300 gal, 振動数: (n)を2 Hzの地震波で伝搬速度: V_s を300 m/secとすると1/2周期で75 m程地震波は進むことになる。表-1の色々な土について見ると1/2周期あたり15 m~250 mの範囲と考えられる。

本例の場合、斜面高: (H)を10 mの切、盛土又は小規模な自然斜面とすると L/H は1.5~25程である。

一方、解析対称構造は、一般に地表に分布する洪積層や沖積層であり、なかでも砂質粘土または粘土より構成される自然斜面であることが多い為、斜面高さは10 mを越えることは少ない。

よって図-3に示すように地震波における加速度が一定である範囲は100 m程度であり $L/H=10$ の範囲での解析法は妥当と考えられる。

今、斜面の解析結果の例³⁾を図-4, 5に示す。

図中、 α は2段斜面における上部斜面角、 β は斜面角、 ϕ は内部摩擦角、 N_s は安定数($\gamma H/C$)を示す。図は、斜面の限界地震加速度係数(K_c)と L/H の関係を示しており、 K_c は L/H の制約を単に順次大きくしたものであり、その解析結果 K_c は L/H が大きくなるに従って減少して行くことを示している。

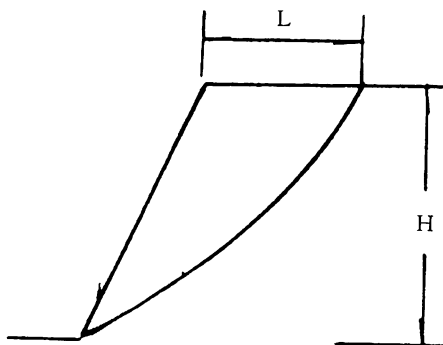


図-2 LとH

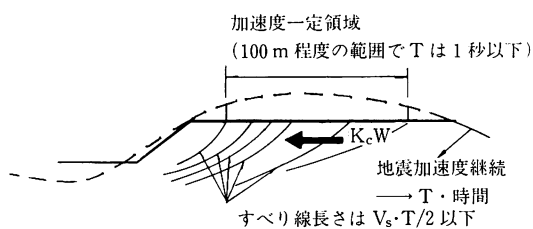


図-3

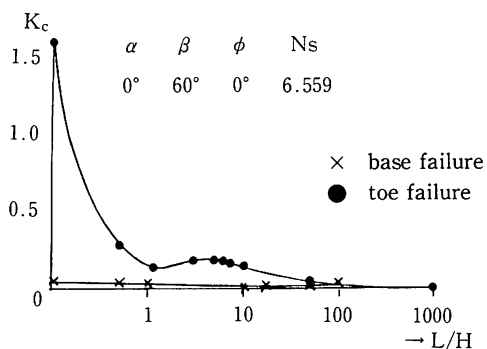


図-4 L/H と K_c との関係

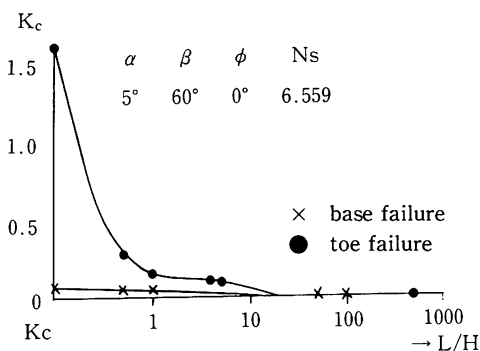


図-5 L/H と K_c との関係

よって、地震時斜面安定解析を最適化法等によって行なう場合は、この L/H を工学的見地からの制約条件とすることが必要であり、他の解析法を用いる場合でも L/H を何らかの条件として取り入れることが必要であると考えられる。

図-4, 5に示す例では、前述の理由により L/H を10以内と制約することにより、 L/H が1~10の間での極小値を最小値(解析解)として見つけ出すことになる。

参 考 文 献

- 1) 大原資生：耐震工学，森北出版（1984）
- 2) 岡本舜三：地震力を考えた構造物設計法，オーム社（1965）
- 3) SAWADA. T., NOMACHI, S. G. and CHEN, W. F. ; Stability of Slopes with Anisotropic Cohesion Strength against Earthquakes, Proceedings of 33th Theoretical and Applied Mechanics, pp417~432, (1984)

(昭和 59 年 11 月 30 日受理)

