道路斜面の振動特性の特徴と評価方法

愛媛大学大学院理工学研究科　フェロー○森 伸一郎
国土交通省中国地方整備局　正会員　堂上 祐治
愛媛大学工学部　正会員　河野 幸一

1. はじめに

大規模地震発生時における道路斜面の安全性評価で，ハザード指標としての地震動の取り扱いが明確でない．研究の多くは既往の研究を基に，岩盤あるいは第 1 種地盤の地震動を評価に利用しているが，この地震動は水平地盤を想定しており，斜面のどの位置の地震動を考えているかあいまいである．斜面の下方の岩盤内の入射波を想定するか，斜面表面の地震動を想定するかを明確にして議論をする必要がある．ここでは，斜面表面の地震動を対象として議論する．斜面の振動特性や地震動特性を考えるとき，幾何学的形状（地形）と空間的な速度構造が問題となるが，既往の研究には前者に着目したものが多い．本研究では，後者に着目する．

道路斜面の下部（道路面と同じ高さ）と上部の水平振動のスペクトル比が相対的な増幅特性を表すものと仮定する．本来は地震動観測データに基づけば理想的であるが，利用可能なデータがないので，常時微動を利用する．この利用の適切性には問題があるが，1 つの指標と考える．ここでは，愛媛県の松山管内の国道斜面の地震リスク評価 [1]に役立てるべく，同管内における 2001 年芸予地震での被災斜面，非被災斜面の属性と振動特性について 2006 年に測定した道路斜面の常時微動測定データ [2]を再吟味し・再検討した．

2. 調査地の選定条件および概要

防災カルテを利用し，道路斜面の地震リスク評価研究を 2005～2007 年度に行った [1]．その検討において斜面の地震動評価のために，(1) 芸予地震直後に点検が行われた箇所，(2) 松山管内の国道沿線の道路斜面，(3) 点検での着目点が落石崩壊・岩石崩壊である道路斜面，を対象として振動特性を調査した．2006 年の常時微動測定 [2]に加えて，2007 年度に地質別の検討ができるよう追加の測定を行った．図-1 に松山管内の主要国道に沿う斜面の常時微動測定箇所を示す．

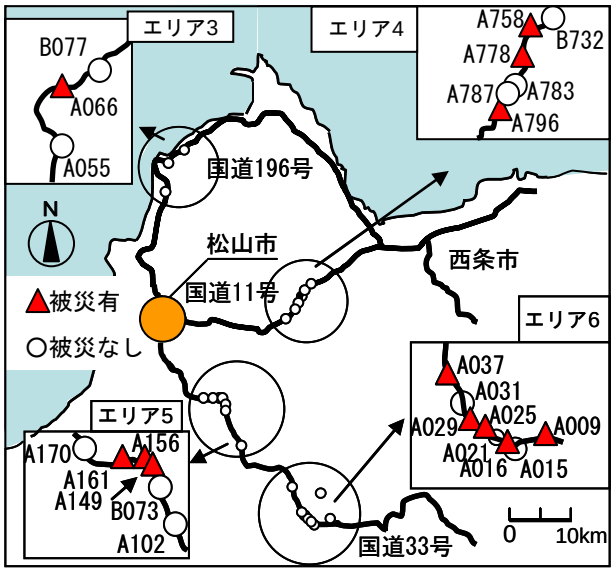


図-1 松山管内の主要国道斜面の常時微動測定箇所

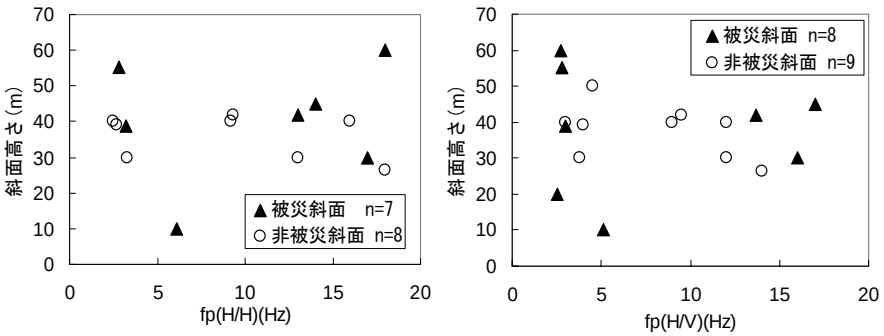
3. 斜面の常時微動測定と解析

常時微動測定は，道路斜面の上部と下部での 2 点同時で行い，サンプリング周波数 100 Hz で全成分 330 秒のデータを複数回採取した．複数回採取した測定データの中から通行車両の振動の影響が無い静寂な時間のみを抜き出し，フーリエ解析を行った．地盤の振動特性は，道路斜面の下部に対する上部の水平方向のフーリエスペクトル比（H/H）と下部および上部ではそれぞれ同地点の鉛直方向に対する水平方向のフーリエスペクトル比（H/V）の双方を求めた．1 次卓越振動数を fp，H/H フーリエスペクトル比の fp を fp(H/H)，H/V フーリエスペクトル比の fp を fp(H/V)と表記する．

図-2 に斜面上部における(a)斜面直角方向と(b)斜面平行方向の fp(H/H)と斜面高さの関係を示す．直角方向では，被災斜面での相関係数は 0.20，非被災斜面での相関係数は-0.35 であり，相関は高くない．斜面平行方向では，相関係数は，被災斜面では-0.02，非被災斜面では-0.42 である．非被災斜面におけるこれらの負の相関は，Tp=1/fp として卓越周期に置換すると正の相関に変わることを意味している．インピーダンスのコントラ

キーワード　斜面，振動，常時微動
連絡先　790-8577　愛媛県松山市文京町 3　愛媛大学 大学院理工学研究科　mori@dpc.ehime-u.ac.jp

ストのある基盤上の水平地盤では，H/V の卓越は表層地盤のレイリー波の卓越に起因する固有振動を反映していることから，同様のことが斜面で成立すると仮定すれば，斜面が高くなるほど卓越周期が長くなると言える．被災斜面は，被災後に対策が施されたものが多いと考えられる．



(a)斜面直角方向　　(b)斜面平行方向

図-2　斜面直角方向 fp(H/H)と斜面高さとの関係

図-3 は斜面上部における斜面直角方向の fp(H/V)と斜面高さとの関係を表層地質別に示したものである．異なった地質の卓越する各エリアで斜面高さによらず fp(H/V)の範囲が限られているのが特徴的である．

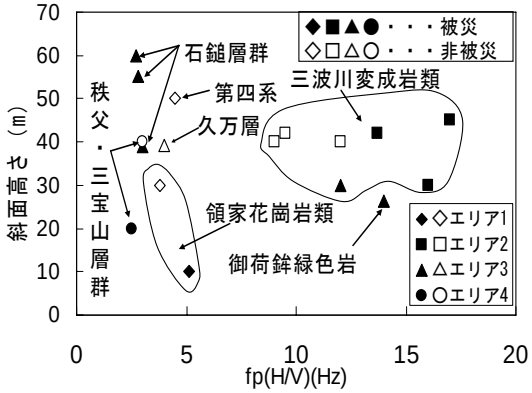


図-3　斜面上部の fp(H/V)と斜面高さとの関係（表層地質別）

図-4 に(a)斜面直角方向と(b)斜面平行方向の fp(H/H)と fp(H/V)との関係を示す．斜面直角方向では大きく外れている一点を除くと，fp(H/H)と fp(H/V)には，およそ 1:1 の関係が見られる．平行方向でも同様におよそ 1:1 の関係である．以上のことから，斜面の水平振動方向に関わらず，fp(H/H)と fp(H/V)はほぼ等しい．これは斜面下部を基準としたときの斜面上部の相対的な振動特性は，斜面上部の基盤上の表層振動で評価できることを意味している．また，斜面表層の下部にインピーダンスのコントラストのある面があることをも意味しており，斜面表層の風化層が検出されていると考えられる．

4. 結 論

(1)　斜面上部における斜面直角方向の微動の H/V の卓越振動数は，異なる地質の卓越する各エリアで斜面高さによらず範囲が限られている．

(2)　斜面の上部／下部の微動の水平振動スペクトル比 H/H の 1 次卓越振動数と斜面上部の H/V フーリエスペクトル比のそれは斜面の水平振動方向に関わらずほぼ等しい．斜面表層の風化層が検出できる可能性がある．

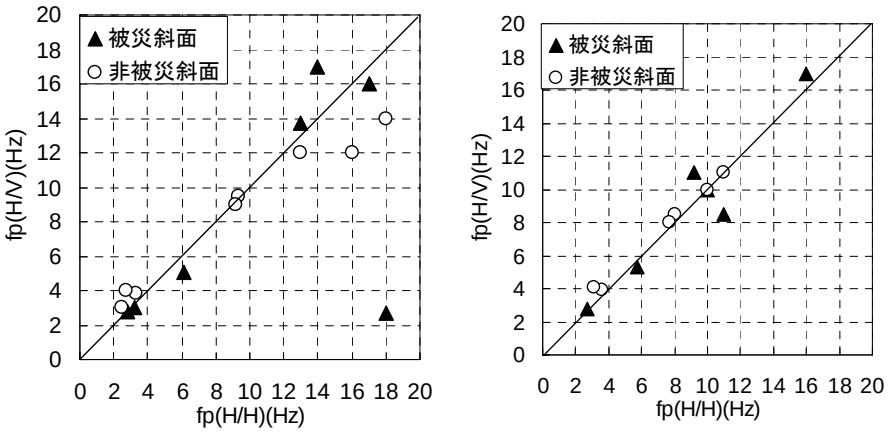
参考文献

1)　森 伸一郎，藤本 創士：道路斜面の豪雨に対する点検結果を利用した地震リスク評価の可能性，第 12 回日本地震工学シンポジウム論文集，pp.570-573，2006.11

2)　藤井 琢也，森 伸一郎：2001 年芸予地震で影響を受けた斜面の常時微動による振動特性，第 42 回地盤工学研究発表会平成 19 年度発表講演集，pp.1847-1848，2007.

謝　辞

松山河川国道事務所からは防災カルテを借用させて戴き，本研究は国土交通省四国地方整備局の受託業務の一環として実施したものです．



(a)斜面直角方向　　(b)斜面平行方向

図-4　斜面の卓越振動数 fp(H/H)と fp(H/V)との関係