

自然地震観測による土構造物の地震動応答特性の把握

(公財)鉄道総合技術研究所 (正)○岩田直泰 (正)伊藤賀章 (正)是永将宏 (正)野田俊太 山本俊六

1. はじめに

地震動は周波数領域において、震源特性・伝播特性・サイト特性の積で表されるが、鉄道などの地震防災対策を事前に検討するには、サイト特性(表層地盤による地震動の応答特性)を事前に把握することが特に重要となる。さらに、走行列車の地震時挙動や安全性を検討する場合には構造物の応答特性を考慮した地震動を用いる必要がある。著者らは構造物応答特性を直接観測する目的から、これまで(公財)鉄道総合技術研究所が所有する宮崎リニア実験線(宮崎県都農町・日向市)の高架橋(桁式高架橋およびラーメン高架橋の2箇所)の地盤上と構造物上において自然地震観測を行っているが、本研究では土構造物を対象として、高千穂高原鉄道跡地(宮崎県延岡市)にて自然地震観測ならびに常時微動測定を行い、その応答特性を検討したので報告する。

2. 土構造物における自然地震観測

鉄道の実土構造物による地震動の応答特性を直接観測するため、盛土高さ約2m(ここでは低盛土と呼ぶ)と約4m(ここでは高盛土と呼ぶ)の地盤上と構造物上および切通区間の路盤上に地震計を設置し、自然地震の観測を行った。なお、地震計設置位置は起点側から低盛土・切通・高盛土の順であり、約400mの範囲内にある。

観測機器は、データロガーに白山工業(株)のLS-8800、加速度センサーに(株)ミツトヨのJEP-6A3を用い、100Hzサンプリングで連続的にデータを記録した。なお、地震計の極性は線路方向と線路直角方向に合わせている。低盛土区間の地震計設置状況を図1に示す。

設置した3箇所・計5台の地震計で観測された波形例(2011年10月5日、23:33、熊本県熊本地方の地震、M4.5、震源深さ10km)を図2に示す。図2の高盛土と低盛土での地震動を比較すると、地盤上では低盛土の方が最大加速度が大きいことが分かる。高盛土と低盛土の地震計設置位置の直近で表面波探査を行った結果、高盛土の表層地盤厚さは8m程度、低盛土では14m程度と推定されており、軟弱層が厚く堆積している低盛土区間の方が地震動の増幅が大きいと考えられる。

3. 地震動と常時微動の応答特性の比較

土構造物の地震動応答特性をより簡易に抽出することを目的に、地震計設置位置において常時微動測定を実施した。図3と図4には低盛土と高盛土の常時微動と地震動の構造物上H/Vスペクトルを示す。なお、常時微動と地震動のH/Vスペクトルの算出は、60秒間のデータを用いており、フーリエスペクトルは時間領域でウィンドウ処理を行った後、中心周波数の20%幅で平滑化を行い求めている。図中の太線は、解析に用いた全データの対数平均を表す。

筆者らは、これまで地盤上やコンクリート構造物上(桁式高架橋およびラーメン高架橋)での地震動と常時微動のH/Vスペクトルが類似することを確認しているが、これらの図によると土構造物である盛土上でもH/Vスペクトルの凸部や凹部の周波数や振幅比は線路方向、線路直角方向とも概ね一致していることが認めら



図1 地震計の設置状況(低盛土)

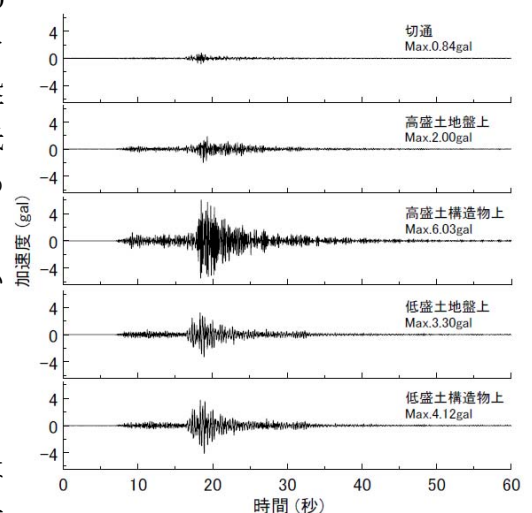


図2 観測波形例(線路直角方向)

キーワード 土構造物, 盛土, 切通, 自然地震, 常時微動, H/V スペクトル

連絡先 〒185-8540 東京都国分寺市光町2-8-38 (公財)鉄道総合技術研究所 地震防災 TEL042-573-7273

れる。これより、測定が簡易な常時微動データを用いて地震時における土構造物の応答特性を推定できると考えられる。

4. 地盤と構造物の地震動応答特性の抽出

2章に示した通り、3箇所の地震観測地点は近接しており、震源がある程度離れた地震について、基盤へ入力される地震動はほぼ同一とみなすことができる。また、切通区間は岩が露出しており、のり面が自立し風化も少ないことから、この区間に設置した地震計は基盤での地震動を観測していると考えられる。ここでは切通区間の地震動と盛土上の地震動のスペクトル比をとることにより、表層地盤と構造物の両方を含めた地震動応答特性を抽出した。

図5の(a)と(b)に示すこの応答特性を図3の(b)および図4の(b)の構造物上H/Vスペクトルと比較すると、3~4Hzの凸部の形状は線路方向、線路直角方向とも類似しており、表層地盤ならびに構造物の地震動応答特性は常時微動のH/Vスペクトルから推定できることが裏付けられた。なお、図5の(a)と(b)の10Hzより高い周波数帯域には、図3の(b)および図4の(b)のH/Vスペクトルでは見られない凸部がある。この違いの原因の一つとして、切通区間で観測された地震動の高周波成分が、地形効果などにより周辺の基盤入力波と完全に一致していないことが考えられる。

一方、地盤上と構造物上のスペクトル比をとることにより、構造物だけの応答特性を抽出した結果を図6の(a)と(b)に示す。これらの図によると低盛土では10Hz程度まで特性がほぼ変化しない一方、高盛土では6~9Hzにかけて凸部があり振動が増幅している。

これより、構造物応答特性は盛土の形状等に依存し変化するものと考えられる。なお、この特性は常時微動データからも把握できることを別途確認している。

5. おわりに

高千穂高原鉄道跡地において自然地震観測を行い、土構造物による地震動の応答特性を直接計測した。また、地震計設置位置において常時微動測定を行い、常時微動データより地震時の土構造物の応答特性を把握できることを確認した。なお、本研究は国土交通省の鉄道技術開発費補助金を受けて実施した。

謝辞

本研究を行うにあたり、延岡市企画部企画課には多大なるご協力を頂きました。記して感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 伊藤賀章, 岩田直泰, 山本俊六, 是永将宏, 野田俊太: 常時微動による地盤・構造物連成系の地震時挙動の把握, 日本地震工学会・大会-2011 梗概集, 128-129
- 2) 岩田直泰, 山本俊六, 是永将宏, 野田俊太: 常時微動を用いた地震動H/Vスペクトルの推定手法, 日本地震工学会・大会-2011 梗概集, 476-477

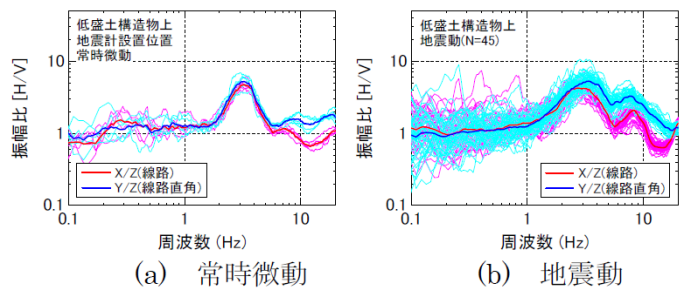


図3 H/V スペクトルの比較(低盛土構造物上)

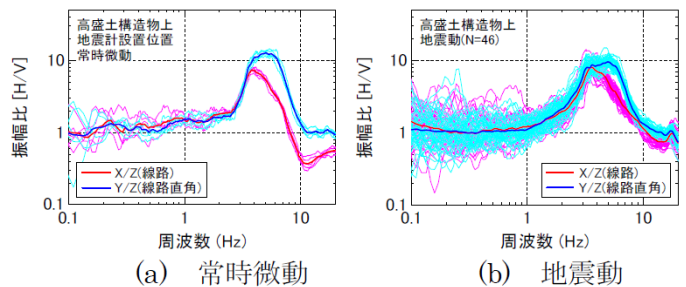


図4 H/V スペクトルの比較(高盛土構造物上)

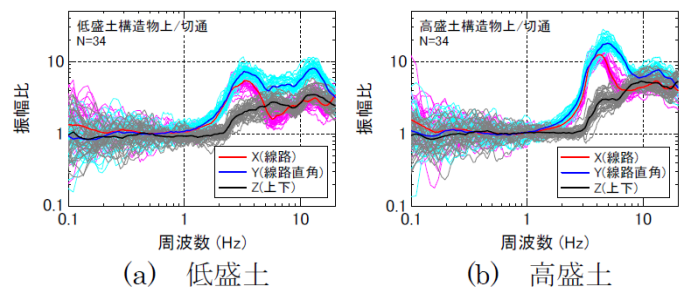


図5 スペクトル比の比較(地盤・構造物応答)

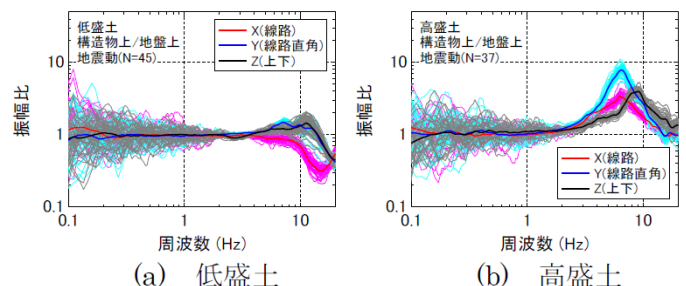


図6 スペクトル比の比較(構造物応答)