

松山市小坂における常時微動測定による地盤振動特性と地盤種別の関係

愛媛大学大学院 学生会員 ○久木留 貴裕

愛媛大学大学院 フェロー 森 伸一郎

愛媛大学大学院 学生会員 和仁 晋哉

1. はじめに

現在の道路橋示方書では、支持層よりも上の表層地盤の固有周期を地盤特性値 T_g として評価し、地盤種別に反映させている。地盤特性値 T_g は、橋梁の耐震設計や地盤振動評価で利用されている。松山市小坂において建設される鋼製高架橋と地盤との振動特性の関係が耐震設計や振動影響評価で検討された。これらの評価で用いられる地盤特性値と実際の地盤の振動特性を比較検討するため、既往の地盤ボーリング地点付近の地盤上で常時微動測定を行い、地盤の卓越振動数を H/V スペクトル比により調査した。

2. 対象区間の常時微動方法

図-1 に常時微動測定位置及び調査ボーリング位置図を示す。P6~P12 橋脚間で国道 33 号線小坂交差点を挟む約 270m の区間を合計 13 地点測定した。センサーは 3 成分の感振器が内蔵された振動計であり、水平 2 成分は、道路軸方向で北向き（松山側）を正 (X) と道路軸直角方向で東向きを正 (Y) に合わせた。1 箇所 1 回あたり、全成分 330 秒間のデータを取得した。測定は夜間に行ったが、国道沿いのため、測定点の近くを通過する車両は、地盤の固有振動を励起する以上に直接の起振源となるため不適切である。そこで、測定中は近くの通過車両や交通量に関して詳細なメモを取り、通行車両による大振幅部分のデータは除去して解析をした。すなわち、相対的に通行車両の影響の小さい時間帯から時刻歴データを 2048 個 $\times$ 1/100 秒 = 20.48 秒単位で切り出し、それを 1 セグメントとした。切り出したセグメントをつなぎ合わせたものをスペクトル解析対象時刻歴データとし、セグメントごとにフーリエ解析を行い、それを平均化して H/V スペクトル比を算出した。生の H/V 比から有意な卓越を判定し、バンド幅 1.0Hz の Parzen ウィンドウを施した H/V スペクトル比から卓越振動数を読み取った。図-2 にボーリングデータにより推定された小坂交差点周辺地盤の地盤断面図を示す。各橋脚基礎支持層としての砂礫層の上面は地表から深さ約 10~17m に存在し、松山側に進むにつれ表層の堆積層が厚くなっている。この地点周辺は支持層までの表層は薄く砂質土や砂礫が卓越して堆積している。

3. 常時微動測定結果と考察

図-4 に常時微動による H/V スペクトル比(道路軸方向)を示す。各測定地点の H/V スペクトル比からは、明瞭な 1 次の卓越が認められたのに加えて、系統的に並べて見ると不明瞭ではあるが 2 次の卓越が認められた。X 成分と Y 成分の平均値をその地点の地盤の卓越振動数とした。そこで、既往のボーリングデータから、支持層より上の表層地盤モデルを構築し、1/4 波長則により算定される地盤特性値 T_g と常時微動の H/V スペクトル比からの卓越周期を比較を行った。その際、地盤のせん断波速度 V_s は N 値を用いて道路橋の推定式 1) により算定した。

図-3 に小坂交差点周辺地盤における 1 次および 2 次の卓越周期の道路に沿う分布を示す。2 次のピークに

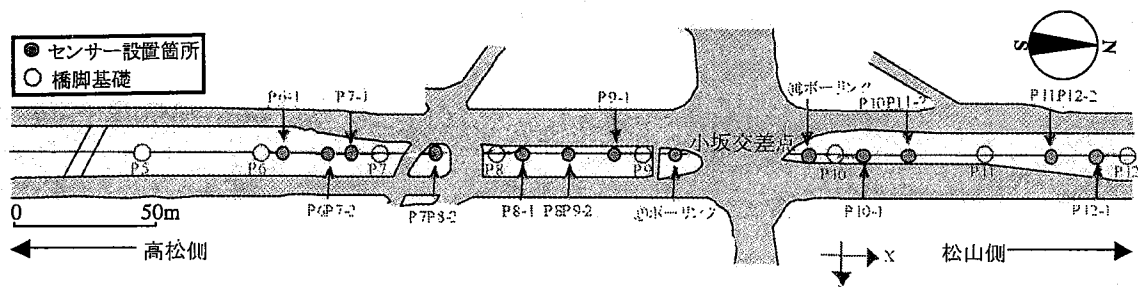


図-1 小坂交差点周辺地盤における常時微動測定位置図

対応する周期は 1/4 波長則により算定される地盤の固有周期 T_g とよく対応していることがわかる。つまり、この周期は礫層(支持層)の上面より上位の層が励起される振動モードに対応すると考えられる。一方、1 次のピークに対応する周期は 0.24~0.6 秒の範囲にある。P6-1 地点から P9-1 地点までの小坂交差点高松側は 0.24~0.31 秒程度であるが、ボーリング No.9 と No.10 の間に位置する小坂交差点付近で急激に変化して、それより松山側では 0.43~0.6 秒となっている。この卓越周期は、礫層(支持層)より深の岩盤上の堆積層全体の振動モードに対応する固有周期と考えられる。図-5 に森・俵 2) が 1998~1999 年に松山平野を全域にわたって微動観測を実施しており、当該地周辺での南北断面の卓越周期分布 2) を示す。これによれば、今回測定された 1 次卓越周期は既往の測定結果と調和しており、岩盤より上の堆積層の卓越周期であることが確認された。支持層より上位の 1/4 波長則により算定される地盤特性値 T_g による地盤種別は対象地点では 1 種地盤となるが、微動観測による卓越周期は 2 種地盤に相当することがわかった。

4. 結論

松山市小坂において地盤の常時微動測定により、実測による地盤の卓越周期と地盤特性値 T_g の比較検討を行った。得られた知見は以下の通りである。

- (1) H/V スペクトル比には 1 次のほか 2 次の卓越振動数認められた。
- (2) 1 次の卓越は、岩盤より上の堆積層の卓越周期に対し、2 次の卓越は、支持層より上の表層地盤の基本固有周期に対応し、地盤特性値 T_g に相当する。
- (3) 対象地点では、道路橋示方書によれば 1 種地盤に分されるが、微動観測による卓越周期は 2 種地盤に分類される。

したがって、道路橋示方書の地盤種別の適用には地域性を考慮することも必要な場合がある。

謝辞 本研究は、国土交通省四国地方整備局松山河川国道事務所による「小坂高架橋周辺地盤振動調査」の一環として行なわれたものである。常時微動測定では、同事務所及び横河・森組 JV の皆様、愛媛大学地震工学研究室の皆様には大変お世話になりました。記して感謝致します。

参考文献 1) 日本道路協会:道路橋示方書・同解説(V 耐震設計編),1996.2) 森 伸一郎,俵 司:常時微動による松山平野の三次元地構造の推定,構造工学論文集,土木学会,Vol.47,pp.529-538,2001.3.

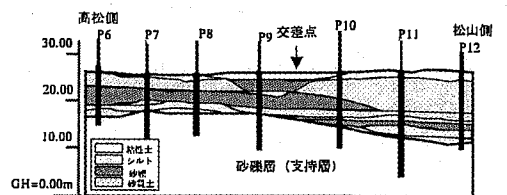


図-2 小坂交差点周辺地盤の地盤断面

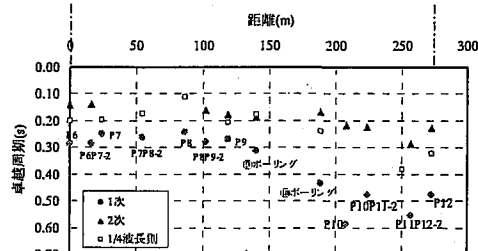


図-3 小坂交差点周辺地盤における 1 次および 2 次の卓越周期分布

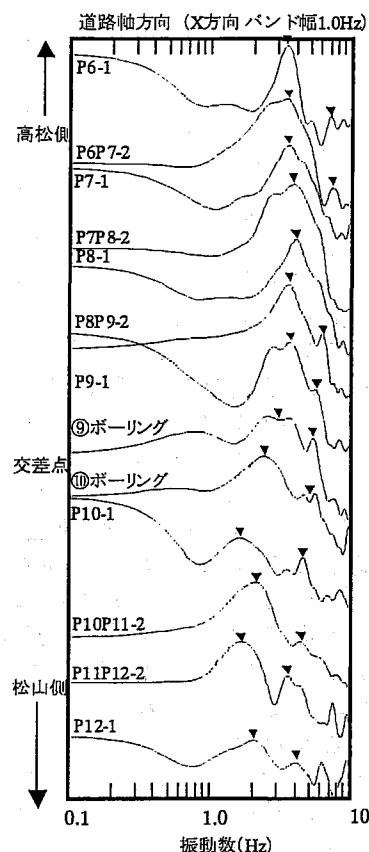


図-4 H/V スペクトル比(道路軸方向)

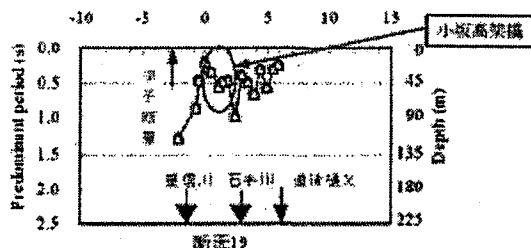


図-5 森・俵(2001)年による当該地点を通る南北断面の卓越周期分布 2)