

常時微動による推定地震動の差異の定量的評価

広島大学大学院工学研究科 学生会員 ○角 礼雄
広島大学大学院工学研究院 正会員 一井 康二
国土交通省 中国地方整備局 広島港湾空港技術調査事務所 正会員 保利 修

1. はじめに

構造物に対する振動制御のため、構造物設置地点の地震観測データを利用した地震動予測を検討することは重要である。しかし、地震観測点は至る処に存在している訳ではなく、数ある少ない地震観測点に対し同一な地震動と推定できる範囲はどこまでなのか、実際の地震計と構造物の位置のずれによる地震動のずれの程度を評価する必要がある。そこで、本研究では異なる2地点における推定地震動の差異を定量的に評価する手法を提案した。具体的には常時微動 H/V スペクトルのピーク振動数の差異に着目し、既往の研究結果における推定地震動の差異と常時微動 H/V スペクトルのピーク振動数の差異とを比較した。そして、地震動の差異の程度を常時微動 H/V スペクトルのピーク振動数のずれにより定量的に評価する。また鳥取県の境港において常時微動計測を実施し、提案手法の適用性を検証した。

2. 応答スペクトル比に基づく評価指標

地震動の精度評価において、本研究では応答スペクトルに着目した指標を提案する。具体的には、例えば推定した地震動 B と観測された地震動 A の2つの地震動の応答スペクトルの比(B/A)をとる。つまり、推定波の応答スペクトルを観測波の応答スペクトルで除することによって比を求める。これらの2つの地震動が全く同じであれば2つの地震動の応答スペクトルの比率は1.0になるが、実際には若干のずれが生じる。そして、基準となる比率(=1.0)を基にして、基準比率からどの程度応答スペクトル比がずれたか、その間の面積を求めて精度の指標とする(図-1)。なお、面積は両対数軸上(周期:構造物の被害に影響を及ぼす範囲の0.5sec~2sec)で計算し、曲線を直線で近似して、台形の小面積を累積することで近似値としての面積を求めた。

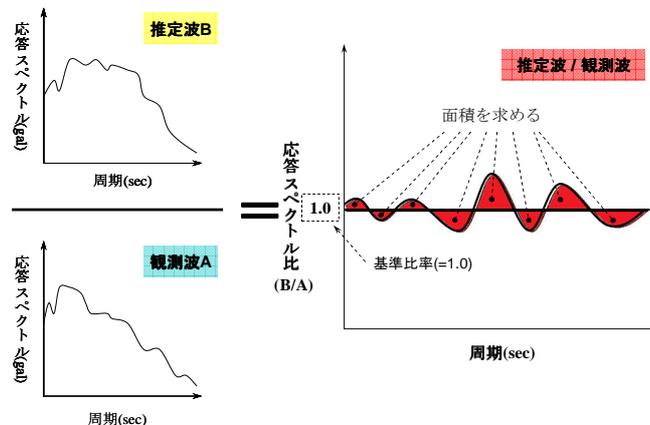


図-1 応答スペクトル比の基準比率からのずれの面積に基づく評価指標

3. 常時微動 H/V スペクトルの差異と推定地震動の差異

まず、2009年の駿河湾の地震における地震動推定結果²⁾を基に、地震観測結果をもとに地震動を推定した場合の地震動の精度評価を行った。図-2に示す12の強震観測点に対して、秦ら²⁾が断層モデルに基づく手法により地震動を推定している。そこで、観測された観測地震動の加速度応答スペクトルと、推定した地震動の加速度応答スペクトルの比率をとった(図-3参照)。なお、土構造物の変形などに比較的影響を及ぼす0.5Hz~2Hzの振動数帯に限定した検討とした。

12地点のNS・EW成分に対して、上述の応答スペクトル比による評価平均を求めると、0.0316という値が得られた。この値は強震観測点における地震動推定の精度を示しているが、地震観測によりサイト特性を考慮する高度な手法で推定した場合でも、この程度の誤差が生じるという定量的な指標として解釈することができる。

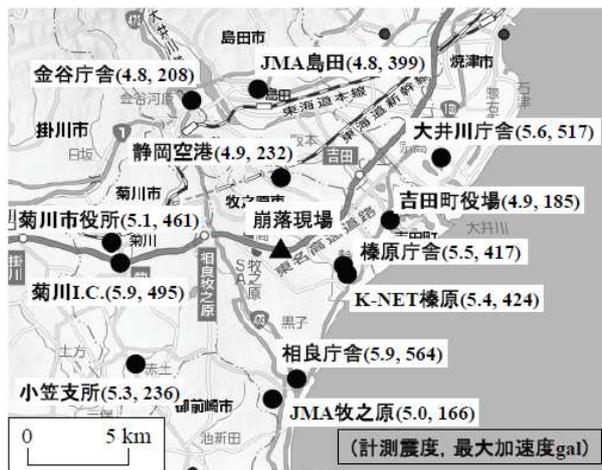
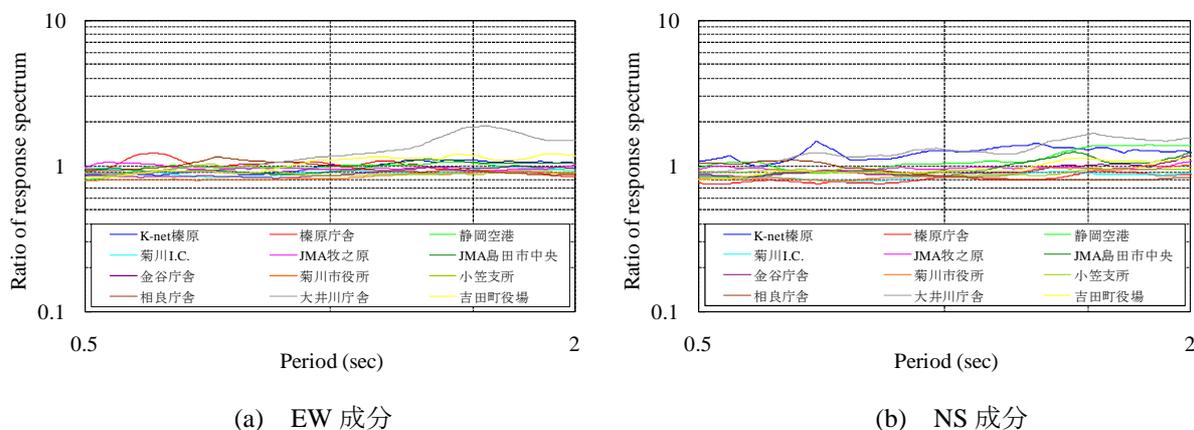


図-2 被災地周辺の12の強震観測点(東名)²⁾



(a) EW 成分

(b) NS 成分

図-3 加速度応答スペクトルの比率[推定波/観測波]²⁾

次に、地震観測点が存在しない地点における応答スペクトルの推定誤差の検討を行った。その検討対象として、2007年の能登半島地震において被災した能登有料道路を、計4つのゾーンに分割し、常時微動H/Vスペクトルを利用して地震動を推定している秦らの研究成果¹⁾を用いた。秦らは、各ゾーンの地震観測点(図-4に示す：縦-9、盛-10、縦-10、縦-38)のサイト特性をベースに、常時微動計測H/Vスペクトルに基づき、サイト特性の補正を行う竹補正³⁾による手法を用い、常時微動計測地点におけるサイト特性を求め、地震波形を求めている。

そこで、地震観測点と、竹補正を適用した地点の対応関係(図-4 参照)に応じて、地震計設置地点と地震動を推定した地点の常時微動H/Vスペクトルのピーク振動数の差異と、それぞれの地点の地震動の差異を求めた。これにより、常時微動H/Vスペクトルのピーク振動数の差異と、推定された応答スペクトルの差異の関係が評価できると考えられる。図-5に評価した結果を、駿河湾地震における推定精度とあわせて示す。ここで、駿河湾の地震動推定結果から得られた推定精度の値は、現状の地震動推定で生じ得る誤差のレベルを示している。つまり、たとえH/Vスペクトルのピーク振動数のずれにより、地震動を補正して推定精度を向上させたとしても、この程度の誤差は避けられないと考えられるレベルの

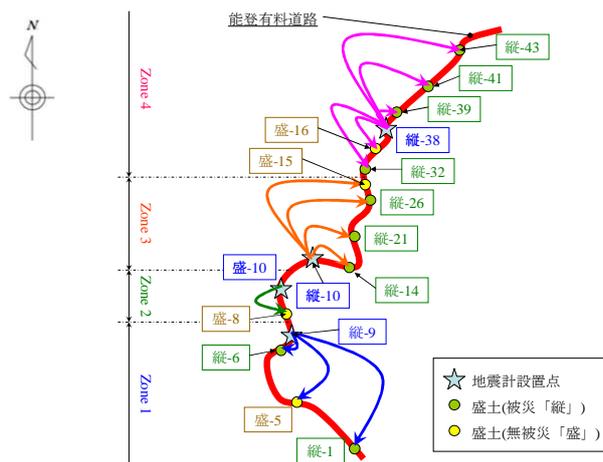


図-4 各ゾーンにおける地震動の比較(能登)

図-5に評価した結果を、駿河湾地震における推定精度とあわせて示す。ここで、駿河湾の地震動推定結果から得られた推定精度の値は、現状の地震動推定で生じ得る誤差のレベルを示している。つまり、たとえH/Vスペクトルのピーク振動数のずれにより、地震動を補正して推定精度を向上させたとしても、この程度の誤差は避けられないと考えられるレベルの

値である。

なお、2地点間のH/Vスペクトルのピーク時の振動数のずれが0のときは、竹補正においてサイト特性の補正が行われないため、応答スペクトル比による指標の値は0になる。そこで、図-5の結果は原点を通る直線で近似することとした。ただし、理論上、これらの関係が原点を通ることは確かであるが、直線となる保証はない。データ数が少ないため、あくまでも単純化のための仮定である。

図-5に示すように、ある程度の大きさのH/Vスペクトルのピーク振動数のずれであれば、推定地震動の差異が小さく、現状の地震動の推定精度と比べて差異が評価できないレベルとなる。このとき、現状の精度からすると、2つの地震動は同一とみなしても、特段の問題が発生しないといえる。ただし、この時に、同一の地震動とみなせるH/Vスペクトルのピーク振動数のずれの値は、サイト特性の形状に依存する。能登有料道路のケースでも図-6に示すように、A(0.166Hz)とB(1.42Hz)の2通り存在することが分かる。

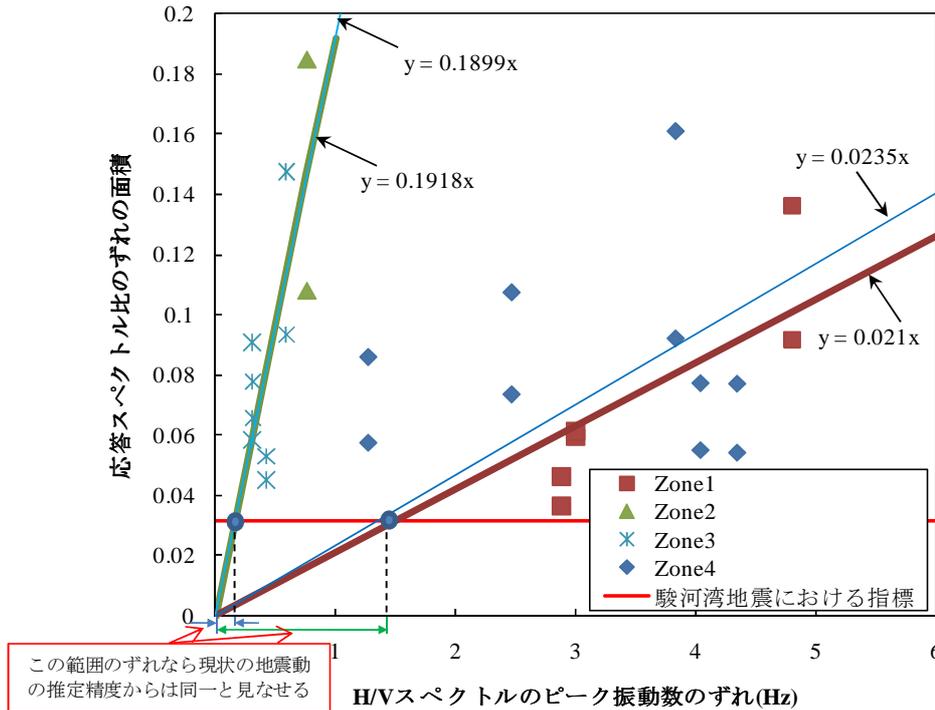
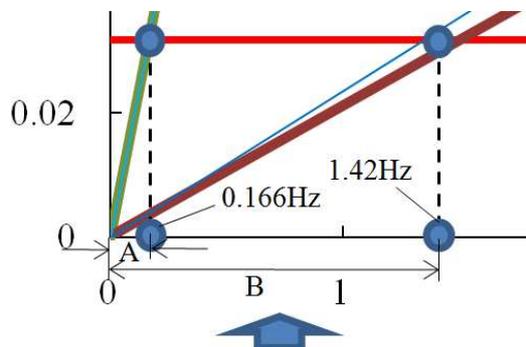


図-5 推定地震動の差異とH/Vスペクトルのピーク振動数の差異との比較



地震動の差異を評価できない範囲

図-6 同一の地震動とみなせる範囲

4. 境港における推定地震動の差異の評価

鳥取県の境港において常時微動計測を実施し、提案手法が実現場に適用可能かどうか検証した。図-8 に図-5 の A の場合の検証結果を示す。ここで A の場合とは、図-5 における Zone2 と Zone3 の直線の傾きがほぼ等しいため、これらを平均した傾き(0.191)を用いて 1 本の近似直線(直線 A : $y=0.191x$)としたものである。

図-7 の地点 C には地震計が設置されているが、この地点 C の H/V スペクトルのピーク振動数を基準として、各計測地点の H/V スペクトルのピーク振動数のずれを求め、等高線を描いた結果を図-7 に示す。ただし、A-1-1、A-1-2、A-2-1、A-2-2 の地点は、埠頭用地(図-7 の破線部)が建設途中段階のため、他地点と異なる結果となり除外した。なお、図-7 における各計測地点の隣の数字は、その地点での H/V スペクトルのピーク振動数を示している。また、この等高線に基づいて、各地点の推定地震動と地震観測地点の推定地震動の応答スペクトル比の指標を評価し、図-8 に示す。図-8 において、駿河湾地震における推定精度の値である 0.0316 のラインから北側は地震観測点 C と地震動が同一とみなすことができ、反対に 0.0316 のラインから南側は地震動が同一ではないとみなすことが妥当であると考えられる。

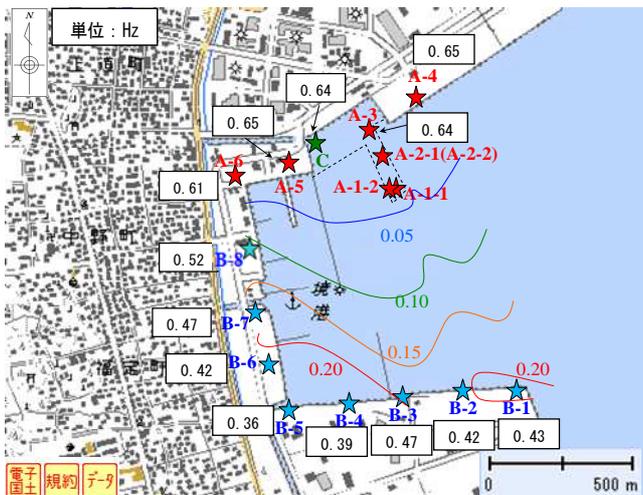


図-7 H/V スペクトルのピーク振動数のずれ分布(境港)

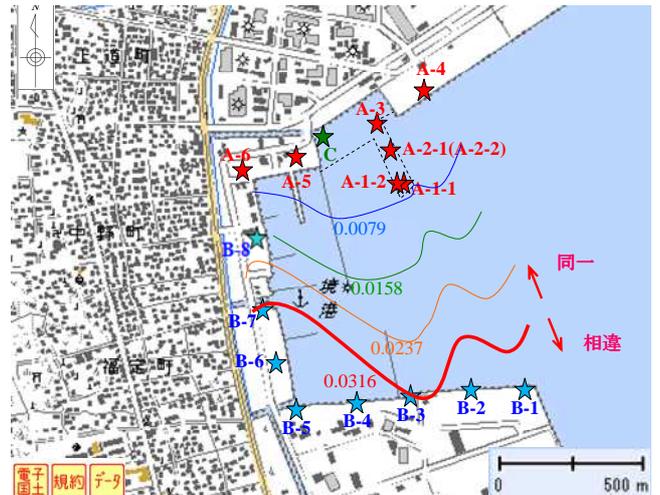


図-8 応答スペクトル比のずれ分布(境港)

5. まとめ

- 1) 地震観測点で観測した地震動と、推定した地震動との 2 つの地震動の応答スペクトルの比による、地震動の差異の指標を提案した。
- 2) 既往の地震動推定結果¹⁾²⁾から、地震動の差異と常時微動 H/V スペクトルのピーク振動数の差異の関係を示し、H/V スペクトルのピーク振動数のずれから地震動の差異を評価する手法を提案した。
- 3) 境港で常時微動計測を実施した結果に提案手法を適用し、地震動の差異の評価を試算した。

【参考文献】

- 1) 秦吉弥，一井康二，村田晶，野津厚，宮島昌克：経験的サイト増幅・位相特性を考慮した線状構造物における地震動の推定とその応用—2007 年能登半島地震での道路被災を例に—，土木学会論文集 A, Vol.66, No.4, 2010.
- 2) 秦吉弥，一井康二，野津厚，古川愛子，常田賢一：経験的サイト増幅・位相特性を考慮した 2009 年駿河湾の地震における東名高速道路盛土崩落地点での地震動の推定，土木学会論文集 A, Vol.66, No.4, 2010.
- 3) 国土交通省港湾局監修，港湾の施設の技術上の基準・同解説(上巻)，pp.330-361，平成 19 年 7 月