

常時微動観測に基づくサイト増幅特性の推定精度の検証

国土技術政策総合研究所交流研究員 正会員 ○錦織勇人  
 国土技術政策総合研究所 正会員 福永勇介 正会員 宮田正史  
 港湾空港技術研究所 正会員 野津厚  
 (株)ニュージェック 正会員 山田雅行

1. 背景及び目的

港湾施設の耐震設計では、設計対象地点（以下、対象地点と呼ぶ）の工学的基盤におけるレベル1地震動を設定する必要があり、レベル1地震動の推定精度を向上させるためには、地震動に及ぼす影響が大きいサイト増幅特性を適切に評価する必要がある。サイト増幅特性の評価では、対象地点において地震観測を行うことが望ましいが、地震観測は地域によって数年間の観測期間が必要であるため、常時微動観測に基づく簡易的な評価手法が提案されている。常時微動観測に基づく評価は、地震観測に基づく評価よりも推定精度が低下すると考えられるが、その推定誤差を検討しておくことは重要である。よって、本研究では、サイト増幅特性と常時微動 H/V スペクトルの相関関係に基づき、サイト増幅特性の推定精度の検証を行った。

2. 常時微動観測に基づくサイト増幅特性の評価

常時微動観測に基づくサイト増幅特性の評価手法には複数のものがあるが、いずれもサイト増幅特性と常時微動 H/V スペクトルのピーク周波数及びピーク高さの相関関係に着目し、サイト増幅特性が既知である地点（以下、参照地点と呼ぶ）のサイト増幅特性をもとに対象地点におけるサイト増幅特性を簡易に推定する手法である。図-1は、常時微動 H/V スペクトルとサイト増幅特性の相関関係（全20地点）を検討した事例である<sup>1)</sup>。本研究では、参考文献1)では扱っていない、釧路港から大分港までの52地点を対象として相関関係の再評価を行った。

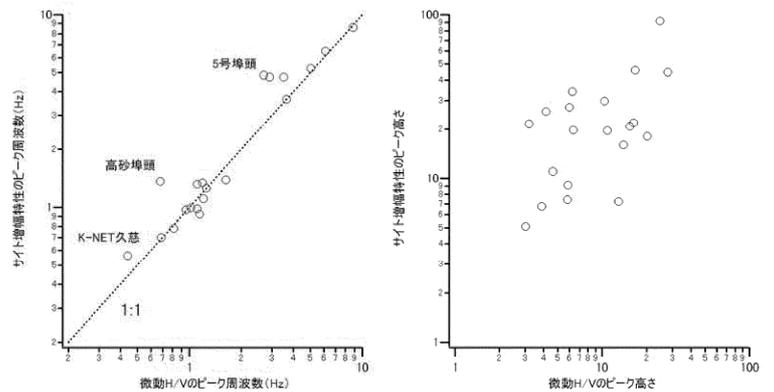


図-1 サイト増幅特性と常時微動 H/V スペクトルとピーク周波数及びピーク高さの関係<sup>1)</sup>

3. ピーク周波数の相関

図-2は、サイト増幅特性のピーク周波数と常時微動 H/V スペクトルのピーク周波数の相関図である。両者のピーク周波数の相関係数は0.97となり、両者に強い相関があることがわかる。図-3は、サイト増幅特性のピーク周波数に対する常時微動 H/V スペクトルのピーク周波数の比のヒストグラムである。図-3によれば、全体の94%を占める49地点において、ピーク周波数の比の値が0.90以上1.10以下の階級に含まれており、両者のピーク周波数は概ね10%程度の誤差の範囲に含まれることがわかる。なお、周波数の比の平均は0.99、変動係数は0.08であった。

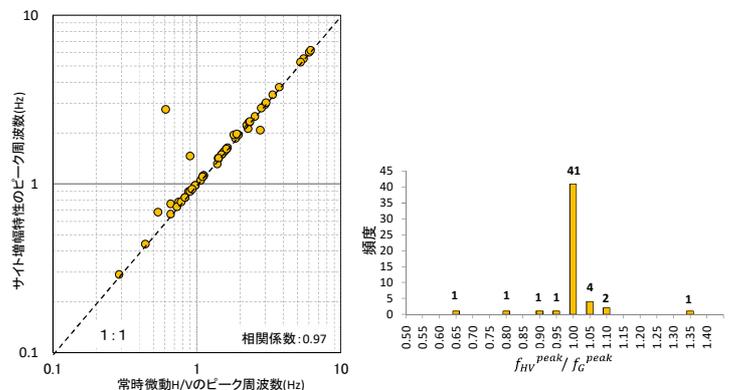


図-2 ピーク周波数の相関図 図-3 ピーク周波数の比

キーワード サイト増幅特性, 常時微動観測, H/V スペクトル, 照査用震度

連絡先 〒239-0826 神奈川県横須賀市長瀬3-3-1 国土交通省 国土技術政策総合研究所 TEL046-844-5029

### 4. ピーク高さの相関

図-4 は、サイト増幅特性のピーク高さと常時微動 H/V スペクトルのピーク高さの相関図である。両者のピーク高さの相関係数は 0.37 となり、ピーク周波数の場合と比べ弱い相関であることがわかる。図-5 はサイト増幅特性のピーク高さに対する常時微動 H/V スペクトルのピーク高さの比のヒストグラムである。図-5 によれば、両者のピーク高さの関係は分散が大きいため、ピーク高さの平均的な関係を用いて対象地点のサイト増幅特性のピーク高さを推定した場合、過大評価もしくは過小評価となる可能性が高いことが予想される。

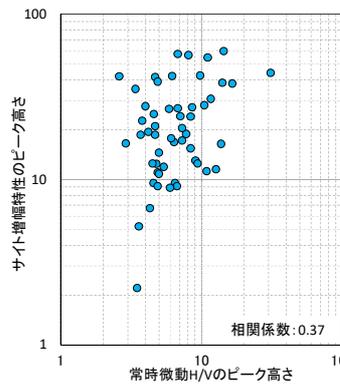


図-4 ピーク高さの相関図

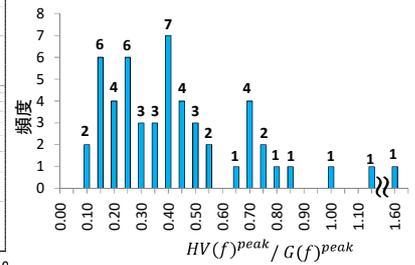


図-5 ピーク高さの比

### 5. 評価手法の選択

これまで、港湾施設の設計において、常時微動観測に基づくサイト増幅特性の評価手法としては複数のものが提案されてきた経緯がある。一つ目は参照地点と対象地点のピーク周波数の違いに着目し、ピーク周波数の補正のみ行う手法<sup>2)</sup>であり、この手法を「評価手法①」と呼ぶ。二つ目は、ピーク周波数の補正だけでは対象地点のサイト増幅特性を過小評価することが懸念される場合に、ピーク高さにも補正を加える手法<sup>2)</sup>であり、この手法を「評価手法②」と呼ぶ。評価手法②では、対象地点のサイト増幅特性を過大に評価する場合が見受けられたため、その代替手法として提案された手法<sup>3)</sup>を「評価手法③」と呼ぶ。ここでは、参照地点と対象地点の常時微動 H/V スペクトルのピーク高さが概ね等しい (2 倍以下) 場合、評価手法①を選択し、その他の場合は評価手法③を用いることとした。

### 6. 照査用震度によるサイト増幅特性の推定精度の検証

港湾の施設のレベル 1 地震動に対する耐震設計では、照査用震度が最も重要な指標であるため、サイト増幅特性の各種評価手法による照査用震度を比較し、推定精度の検証を行う。照査用震度の比較に用いる構造諸元は、壁高 7.5m の重力式係船岸とする。また、検証ケースは図-6 に示す 4 ケースである。図-6 は、地震観測に基づく評価により求めた照査用震度を真値とし、各評価手法による照査用震度の真値に対する比を示した図である。

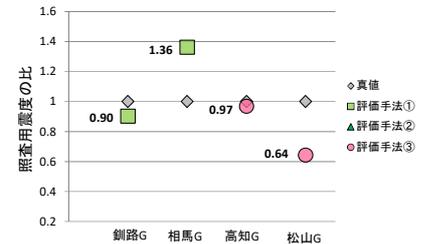


図-6 照査用震度の比較

釧路 G 及び高知 G のケースでは、若干の過小評価とはなっているが、精度よく評価できている。一方、相馬 G や松山 G については、約 40% 程度の過大及び過小評価となっている。このような大きな誤差が生じる一因は、図-4, 5 に示したように、サイト増幅特性と常時微動 H/V スペクトルのピーク高さの相関が弱いことにあると考えられる。また、照査用震度の算出では、2Hz 程度以下の広い周波数帯のサイト増幅特性の影響を受けるため、ピーク周波数以外の周波数帯におけるサイト増幅特性の推定精度も影響している可能性が考えられる。

### 7. まとめ

サイト増幅特性と常時微動 H/V スペクトルの相関関係を新たなデータにより検討した。その結果、従来から指摘されているように、ピーク周波数には強い相関が確認できたが、ピーク高さに関しては弱い相関しか確認できなかった。このため、常時微動観測に基づく評価では、ばらつき大きさを踏まえ、十分に安全側となるような評価を行うことが肝要であると考えられる。

### 参考文献

- 野津厚, 若井淳: 東日本大震災で被災した港湾における地震動特性, 港湾空港技術研究所資料, No. 1244
- 長尾毅, 平松和也, 平井俊之, 野津厚: 高松港における被害地震の震度再現に関する研究, 海洋開発論文集 第 22 巻, 2006
- 福永勇介, 野津厚, 山田雅行, 長坂陽介: 常時微動 H/V スペクトルを用いたサイト増幅特性の統計的な推定法の提案, 土木学会年次学術講演会, 第 72 回, 2017