

最近発生した地震の際に港湾地域強震観測で観測された地震動と設計地震動の比較

港湾空港技術研究所 正会員 ○野津 厚

1. はじめに

2021年2月13日と3月20日の2回にわたり福島県沖と宮城県沖で規模の大きな地震が発生し港湾でも強い地震動が観測された¹⁾。本研究では、これらの地震動の耐震設計上の位置づけを明確化するとともに、港湾施設の設計地震動の妥当性の検討に資する目的で、特に相馬港で観測された地震動に着目し、設計地震動等との比較を行った。また、この過程で、等価線形解析の適用性についても検討した。

2. 観測された地震動¹⁾

2月13日に福島県沖で発生した地震(M7.3)では北海道から近畿まで28港湾で強震記録が得られた。このうち相馬港の鉛直アレーでは地表(相馬-O)で487Gal、地中(G.L. -16m, 相馬-OB)で329Galの地震動が観測された。3月20日に宮城県沖で発生した地震(M6.9)では北海道から東海まで20港湾で強震記録が得られた。このうち相馬港の鉛直アレーでは地表で254Gal、地中で94Galの地震動が観測された。

相馬港での鉛直アレー観測記録に基づく地表÷地中のスペクトル比を図-1に示す。スペクトル比の計算では、NS成分とEW成分のフーリエスペクトルの自乗和平方根を計算し、バンド幅0.05HzのParzenウィンドウを適用し、地表と地中の比をとった。図の黒線は地盤が線形の範囲で挙動している

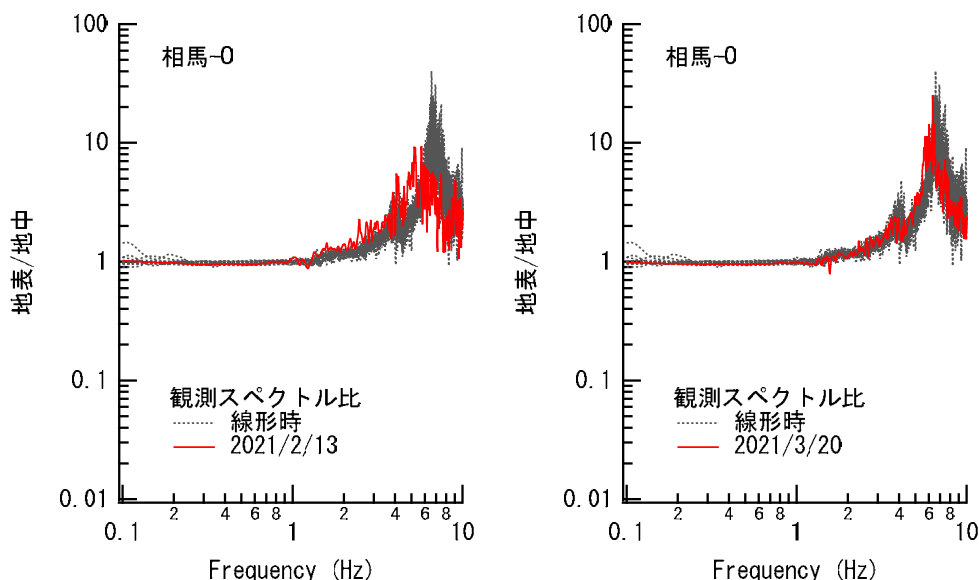


図-1 鉛直アレー観測記録に基づく地表÷地中のスペクトル比

弱震時のスペクトル比、左側の図の赤線は2月13日の地震のスペクトル比、右側の図の赤線は3月20日の地震のスペクトル比である。2月13日の地震では線形時に比べピーク周波数が明らかに低周波側に移動しており表層地盤が非線形挙動を示していることがわかる。3月20日の地震でもわずかながらピーク周波数の低周波側への移動が見られる。

3. 等価線形解析

観測された地震動をもとに工学的基盤での2E波を求めるため、等価線形解析²⁾を行った。相馬港鉛直アレー観測地点での標準貫入試験結果、PS検層結果¹⁾に基づいて表-1に示す地盤モデルを作成した。各層のひずみ依存曲線は北澤他³⁾が既存の実験結果を整理して求めたものを用いた。

表-1 等価線形解析に用いた地盤モデル

層厚 (m)	S波速度 (m/s)	密度 (10^3kg/m^3)
1.0	190.0	1.8
2.0	190.0	2.0
3.0	230.0	2.0
2.0	420.0	2.0
4.0	500.0	2.0
4.0	450.0	2.0
—	450.0	2.0

キーワード 強震観測, 鉛直アレー, 等価線形解析, 設計地震動

連絡先 〒239-0826 横須賀市長瀬 3-1-1 TEL 046-844-5058

等価線形解析（地表の波形を入力）に基づく理論伝達関数を観測スペクトル比と比較して図-2 に示す。左が弱震時の比較，中央が2月13日の地震についての比較，右が3月20日の地震についての比較である。等価線形解析が常にうまくいくわけではないが，この場合，等価線形解析により，強震時におけるピーク周波数の低周波側への移動とピークの低下の傾向とその程度がうまく表現できている。

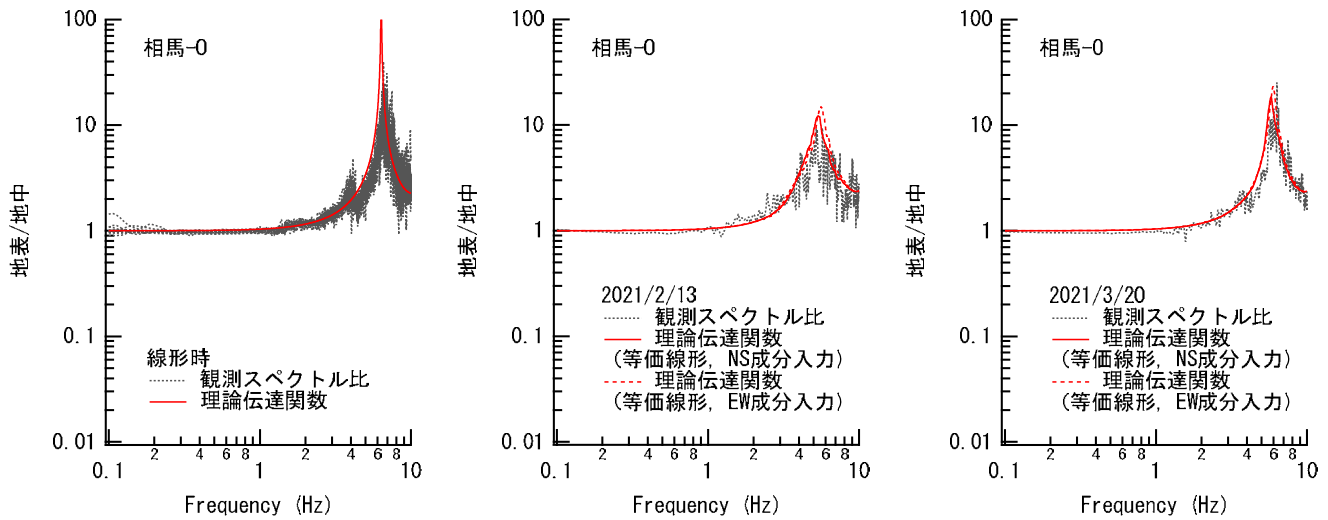


図-2 鉛直アレー観測記録に基づく地表÷地中のスペクトル比と等価線形解析による理論伝達関数の比較

4. レベル1地震動等との比較

等価線形解析（地表の波形を入力）に基づき表-1の地盤モデルの第7層上面における2E波を算定し，2011年東北地方太平洋沖地震（M9.0）の地震動（ただし推定結果）およびレベル1地震動との比較を行った結果を図-3に示す（工学的基盤2E波のフーリエスペクトルの比較）。東北地方太平洋沖地震の地震動は近隣の観測点の記録を元にした推定結果⁴⁾であり，レベル1地震動は国総研HPの9120番である。各プロットに付与されている数字はPSI値⁵⁾である。この結果によると，2月13日の地震の揺れはレベル1地震動を上回っていたのに対し，3月20日の揺れはレベル1地震動より小さかったと言える。観測スペクトルの山谷とレベル1地震動の山谷は比較的よく対応している。

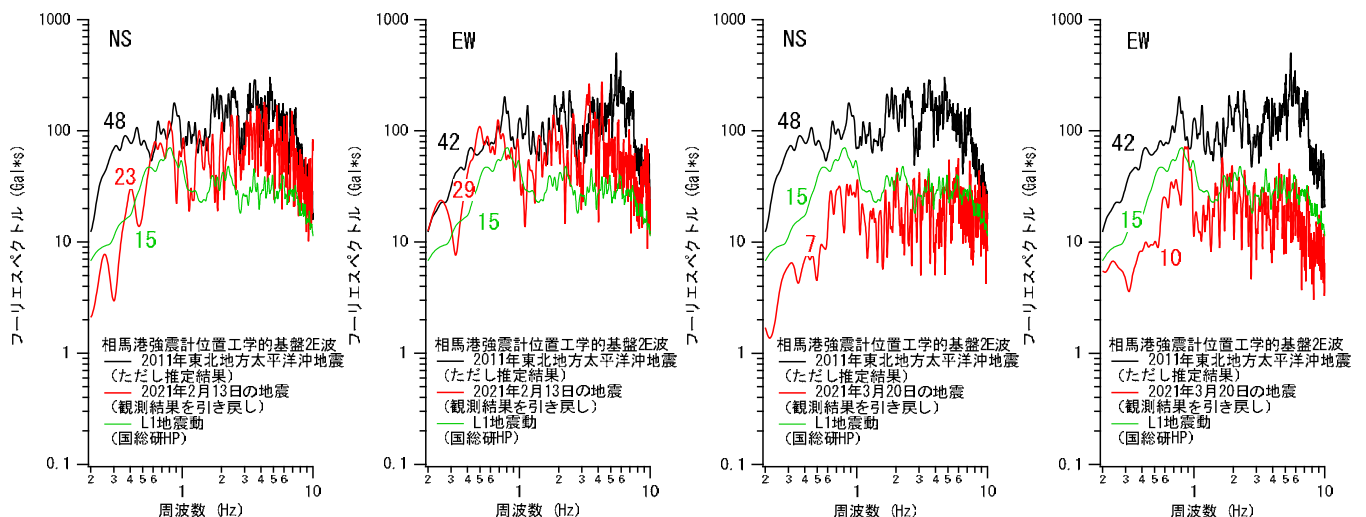


図-3 2021年2月13日の地震および3月20日の地震による相馬港の地震動と2011年東北地方太平洋沖地震（M9.0）の地震動およびレベル1地震動の比較（いずれも工学的基盤の2E波）

参考文献

1) 港湾地域強震観測ホームページ，<https://www.mlit.go.jp/kowan/kyosin/eq.htm>. 2) 杉戸真太，合田尚義，増田民夫：土木学会論文集，No.493/II-27，pp.49～58，1994. 3) 北澤壮介，桧垣典弘，野田節勇：港研資料 No.396，1981. 4) 野津厚，若井淳：港空研資料 No.1244，2011. 5) 野津厚，井合進：第28回関東支部技術研究発表会講演概要集，土木学会関東支部，pp.18-19，2001.