

港湾地域鉛直アレー強震観測記録を用いた 地震時の地盤非線形特性に関する解析的研究（その2）

国土交通省港湾技術研究所 正会員 佐藤幸博

国土交通省港湾技術研究所 正会員 長尾 毅

1. はじめに

強震観測記録をもとに基盤入射地震動を検討する際、重複反射理論に基づく地震応答解析が用いられるが、解析にあたっては地盤の非線形特性の正確な把握が重要である。しかしながら、経済的な観点から動的変形試験が実施されることは少なく、既往の非線形特性提案式を用いざるを得ない場合がほとんどである。港湾地域においては、善ら¹⁾による提案式が一般的に用いられているが、動的変形試験に基づく実験式は多数の研究者によってこれまで提案されてきている。本研究においては、 10^{-3} 以下のせん断ひずみ振幅領域に着目し、等価線形重複反射理論を用いた地震応答解析を行う際の適合性の高い非線形特性について検討することを目的とする。このため、川崎港、宮崎港、横浜港及び四日市港における港湾地域鉛直アレー観測記録を用いて、善ら¹⁾(ケース1)、柴田・ソラルノ²⁾(ケース2)、木幡ら³⁾(ケース3)、国生ら⁴⁾(ケース4)の非線形特性提案式を適用して地震応答解析を実施し、観測記録との適合性について検討した。本稿では、このうちの横浜港及び四日市港における結果について報告する。川崎港、宮崎港については前報⁵⁾で報告している。

2. 解析内容

四日市港、横浜港の地盤構成を図-1に示す。適用した非線形特性は上記の通りである。解析に用いた地震は、四日市港が4地震(8波形)、横浜港が7地震(14波形)であり、一覧を表-1,2に示す。解析は、SHAKEにより地表記録を基盤に引き戻し、基盤観測点における最大加速度振幅の適合性について検討した。

3. 解析結果

四日市港、横浜港における観測と解析の基盤最大加速度を図-2,3に示す。前報⁵⁾とは異なり、今回の解析範囲では、ひずみレベルが 10^{-4} 程度と小さいため非線形特性の違いによる影響は小さい結果となった。四日市港では、yki4nsを除いてはよい一致を示す。四日市港の基盤での観測と解析のフーリエスペクトルを図-4に示す。解析のスペクトルは、前報⁵⁾において最も適合性の高かった国生ら⁴⁾による特性としている。yki1~3は、2-3Hz付近が卓越しているのに対して、yki4は4-5Hzの高周波数成分が卓越する波形で、そのような場合に最大振幅の再現性が低下するのは、前報⁵⁾と同様の傾向である。ただし、図-5に示す最大振幅レベルの異なるyki3(小)及びyki4(大)の伝達関数において、せん断ひずみレベルが 10^{-5} 程度のyki3の2次モードで適合性がよくないことから、速度検層で得られたS波速度が適切でない可能性も考えられる。横浜港においては解析値が観測値より多少大きくなり波形によってはやや差が大きい、これも3Hz以上における不整合が原因であり、周波数に依存しないSHAKEにおいて信頼性の高い結果が得られる領域として2Hz以下がひとつの目安となると考えられる。

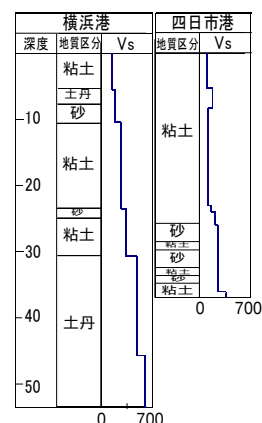


図-1 地盤構成

表-1 四日市港の解析記録名

解析名	発震年月日	深さ(km)	マグニチュード	地表面最大加速度
yki1	1998/4/22	10.1	5.4	54.2gal(EW)
yki2	1999/3/16	12.1	4.9	33.1gal(NS)
yki3	1999/8/21	69.1	5.4	13.4gal(NS)
yki4	1999/11/29	50.1	4.7	63.9gal(NS)

表-2 横浜港の解析記録名

解析名	発震年月日	深さ(km)	マグニチュード	地表面最大加速度
ym1	1987/12/17	57.9	6.7	132Gal(EW)
ym2	1989/10/14	21.2	5.7	60.7gal(EW)
ym3	1995/7/3	122.1	5.2	61.6gal(EW)
ym4	1988/10/28	75.5	5.1	23.9gal(EW)
ym5	1989/7/9	3.4	5.5	20.6gal(EW)
ym6	1989/3/6	55.7	6.0	8.8gal(NS)
ym7	1998/1/16	57.2	4.6	9.9gal(NS)

キーワード：非線形特性、重複反射理論、アレー観測

〒239-0826 神奈川県横須賀市長瀬 3-1-1 TEL：0468-44-5028 FAX：0468-44-0839

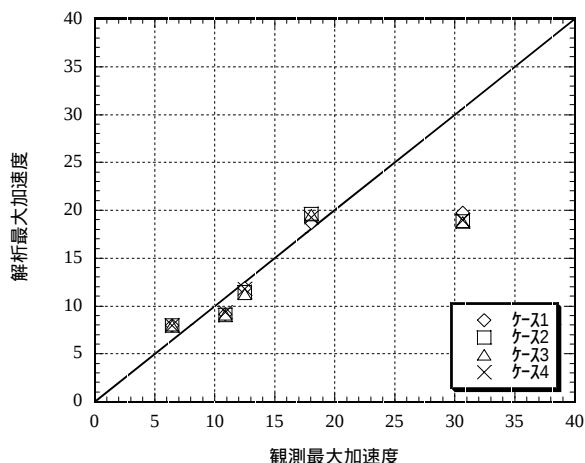


図-2 基盤最大加速度の相関（四日市港）

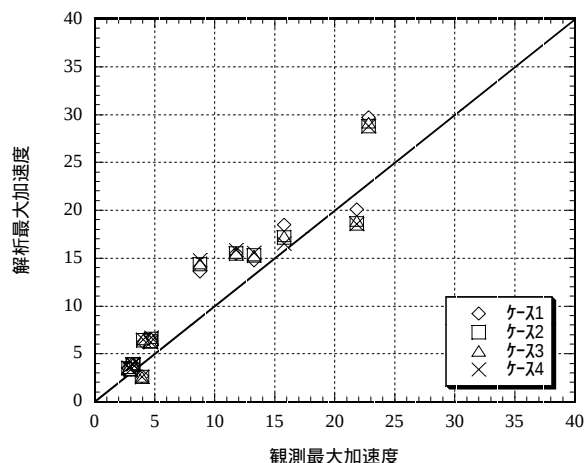


図-3 基盤最大加速度の相関（横浜港）

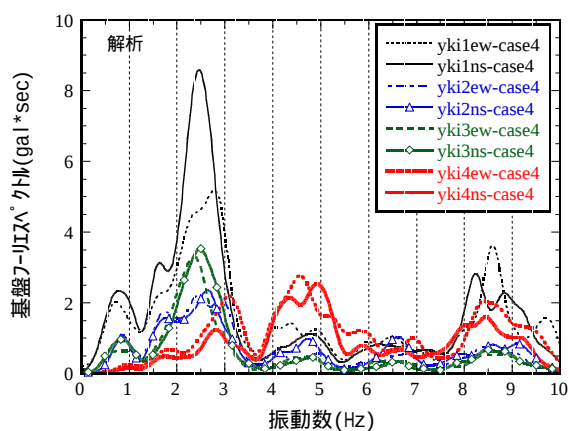
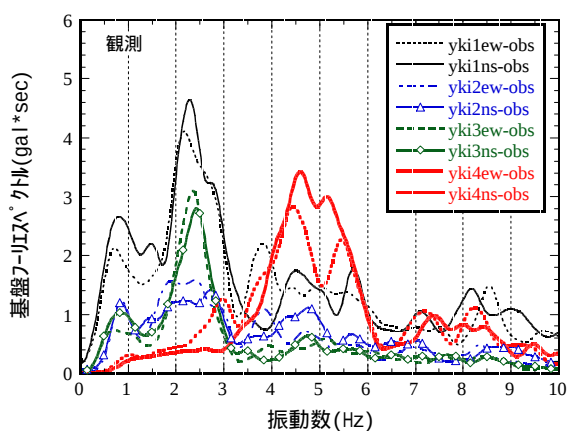
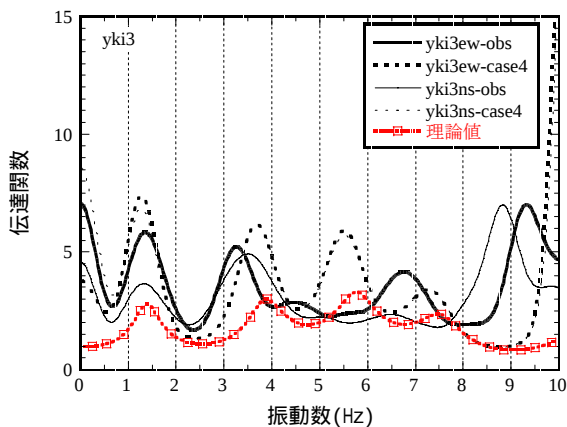
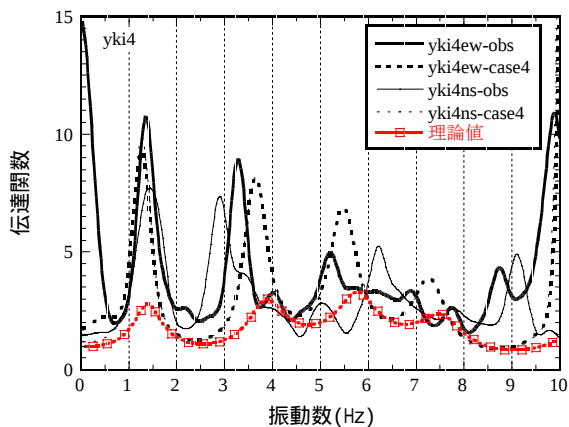


図-4 観測と解析の基盤フーリエスペクトル（四日市港）



(1)加速度（小）



(2)加速度（大）

図-5 観測と解析の伝達関数（四日市港）

<参考文献>1)善 功企・山崎浩之・梅原靖文：地震応答解析のための土の動的特性に関する実験的研究，港湾技術研究所報告，Vol.26，No.1，pp.41-113，1987，2)柴田 徹，Soelarno, D. S.：繰返し載荷を受ける砂質土の応力・ひずみ特性，土木学会論文報告集，第239号，1975，pp.57-65，1998，3)木幡行宏・村田 修：せん断剛性比のひずみレベル依存性に関する定式化，土木学会第55回年次学術講演会，-A98，pp.196-197，2000，4)国生剛治・本山隆一：等価線形解析の大ひずみレベルへの適用の試み（せん断剛性比，減衰定数のひずみ依存性の定式化），第33回地盤工学研究発表会，pp.773-774，1998，5)佐藤幸博・長尾 毅：港湾地域鉛直アレー強震観測記録を用いた地震時の地盤非線形特性に関する解析的研究，第36回地盤工学研究発表会，投稿中