

常時微動観測を用いた名古屋港の S波速度構造に関する検討

足立雅樹¹・川名太²・長尾毅³・紺野克昭⁴

¹運輸施設整備事業団 (〒239-0826 横須賀市長瀬3-1-1)

E-mail: adachi-m92y2@ysk.nilim.go.jp

²国土技術政策総合研究所 港湾研究部港湾施設研究室 (〒239-0826 横須賀市長瀬3-1-1)

E-mail: kawana-fy92@nilim.ga.jp

³国土技術政策総合研究所 港湾研究部港湾研究室 室長 (〒239-0826 横須賀市長瀬3-1-1)

E-mail: nagao-t92y2@ysk.nilim.go.jp

⁴芝浦工業大学 工学部土木工学科 助教授 (〒108-8548 東京都港区3-9-14)

E-mail: konno@sic.shibaura-it.ac.jp

サイスミック・ゾナーションを行うためには、地盤のS波速度構造を精度よく把握することが重要である。S波速度構造を調査するためのより経済的な手法の1つに常時微動観測が挙げられる。本研究では、名古屋港の各埠頭の埋立時期に着目し、港内の45地点で常時微動観測を行い、得られた結果から平均S波速度構造を求めている。各埠頭の平均S波速度構造を比較することにより、次の結論が得られた。同一の埠頭内においても埋立時期が異なると平均S波速度構造が変化し、埋立時期が古くなるほどVs30の値が大きくなる傾向がある。平均S波速度の深度方向の変化によりいくつか分類することができ、おおむね名古屋港内の地下構造と相関がある。

Key Words : Microtremors array observation, Average S-wave velocity profiles, deposit

1. はじめに

港湾構造物は、軟弱地盤上に建設されることから、表層地盤のS波速度構造を精度良く把握することは耐震のみならず防災の観点からも有用である。地盤の地下構造を把握するためにはPS検層結果があれば良いが、経済的な理由等により情報が地域によって限定されているのが現状である。より経済的に地下構造を調査するための一つの手法として常時微動観測が挙げられる。

土地の利用状況が時代によって変化するのは一般的である。港湾地域の埋立て地盤を例に取ってみても、同一の埠頭であっても埋立時期が異なることがある。長尾らは、常時微動観測により埋立時期の相違と地盤構造について調査し、鳥取県南西部地震の際の米子空港において埋立時期の違いが震害の差になって現れたことを示している¹⁾。

本研究では、名古屋港を対象としたサイスミック・ゾナーションを実施するにあたり、地盤のS波速度構造を把握する目的で微動アレー観測を実施し、得られた結果から平均S波速度構造を求めた。さらに、埋立時期や平均S波速度の深度方向の変化

およびH/Vスペクトルをもとに、名古屋港における埋立時期の異なる地盤構造およびエリア別の地盤構造の差異について検討した。

2. 観測および解析方法

常時微動観測は、名古屋港の各埠頭の埋立時期に着目して、港内の45地点で行った。

なお、埋立時期および観測地点は、後述を参照(図-6)されたい。図中の色分けは、埋立時期を示しており名古屋港北側は、比較的古い時期に埋立てられ、南側へ行くほど新しくなっている。

本研究では、表層地盤のS波速度構造を対象とすることから、アレー半径2m、5m、10mの正三角形アレーによる観測を行った。

解析は、得られた結果から空間自己相関法(SPAC法)を用いてRayleigh波の観測位相速度を算出した。観測位相速度は、アレー半径と観測可能波長の関係を考慮して設定している。次に、長尾・紺野²⁾の方法を用いてRayleigh波の特定波長における位相速度と平均S波速度の関係(表-1)から、地盤の平均S

表-1 平均S波速度と位相速度の関係

Vsx	C()	Vsx	C()
Vs10	C(15)	Vs40	C(55)
Vs15	C(20)	Vs45	C(60)
Vs20	C(30)	Vs50	C(70)
Vs25	C(35)	Vs55	C(75)
Vs30	C(40)	Vs60	C(80)
Vs35	C(50)		

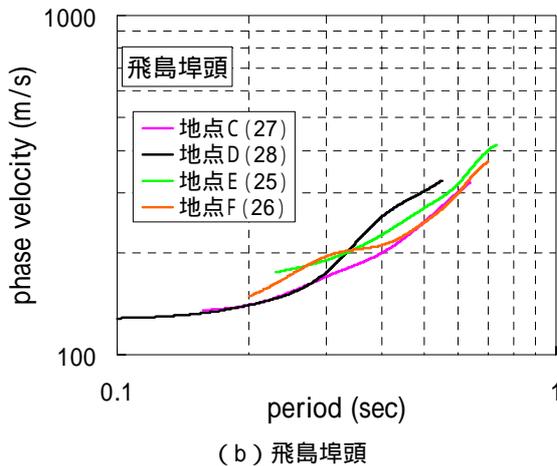
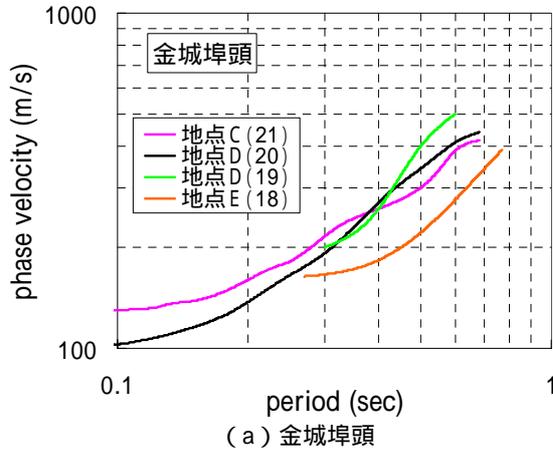


図-1 金城・飛島埠頭における観測位相速度

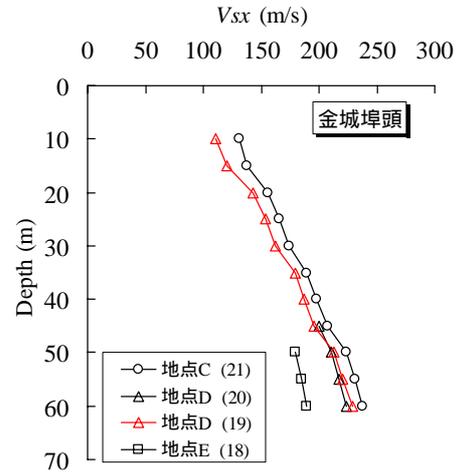
波速度構造を求めた。また、同時に行った3成分観測結果から水平成分と鉛直成分のスペクトル比(以下、H/V スペクトル)を求めた。

なお、観測に用いたセンサーは、サーボ型速度計 VSE-11G(東京測振製)で、0.2Hz ~ 30Hz の周波数帯域において、感度特性および周波数特性のいずれもがフラットである。アレー半径 2m、5m、10m の各場合に対して記録時間は、5 分間、7 分間、10 分間、サンプリング周波数は 500Hz、200Hz、100Hz とした。

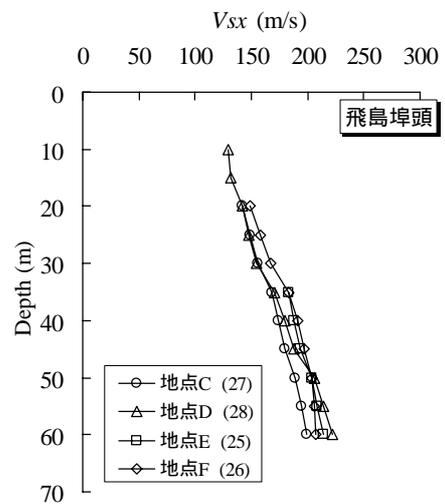
3. 解析結果

(1) 埠頭ごとの解析結果

上記2.の方法にしたがって、埠頭ごとの観測位相速度を算出した。その結果の一例として、金城埠頭および飛島埠頭について埋立時期の影響を示したのが図-1である。凡例の地点名は、埋立時期を示



(a) 金城埠頭



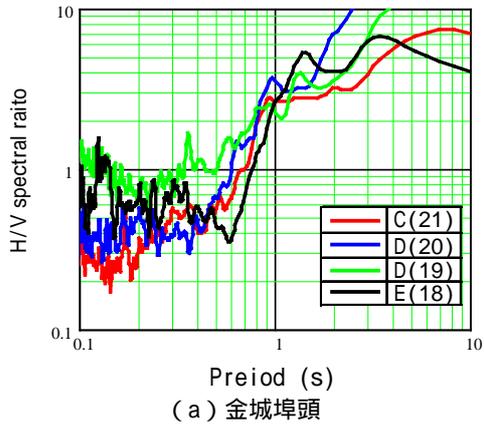
(b) 飛島埠頭

図-2 金城・飛島埠頭における平均S波速度の深度分布

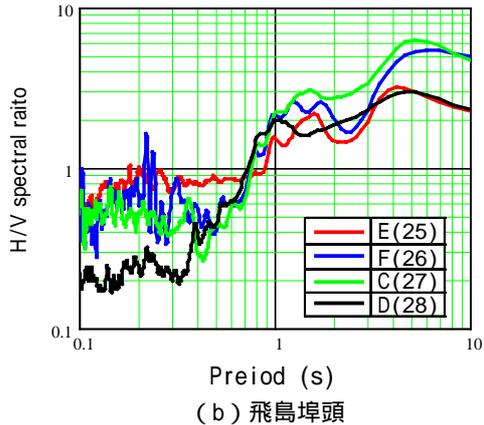
し、()内の数字は観測地点番号を示している。それぞれ、図-6 と対応している。

次に、長尾・紺野²⁾の方法を用いて表-1 に示す平均 S 波速度と位相速度の関係から、地盤の平均 S 波速度を直接読み取った。その結果として、金城埠頭および飛島埠頭について平均 S 波速度 V_{sx} の深度分布を図-2 に示す。金城埠頭では、埋立時期が C D E と新しくなるにしたがって平均 S 波速度は小さくなる傾向を示す。それに対して、飛島埠頭では、埋立時期による平均 S 波速度の相違はほとんど見られない。

次に、同じ埠頭について、H/V スペクトルの結果を図-3 に示す。この H/V スペクトルは、バンド幅 0.2Hz の Parzen ウィンドウで平滑化を行ったものである。金城埠頭においては、埋立時期 C、D では 0.9 秒付近に明瞭なピーク周期が見られ、埋立時期 E では 1.1 秒付近にピーク周期が見られる。一方、飛島埠頭においては、埋立時期 C、E、F では 1.1 秒付近に明瞭なピーク周期が見られ、D では 1 秒付近にピークが見られる。この結果は、平均 S 波速度の埋立時期との相関性の有無と同様の傾向である。



(a) 金城埠頭



(b) 飛島埠頭

図-3 金城・飛島埠頭における H/V スペクトル

(2)埋立時期ごとの解析結果

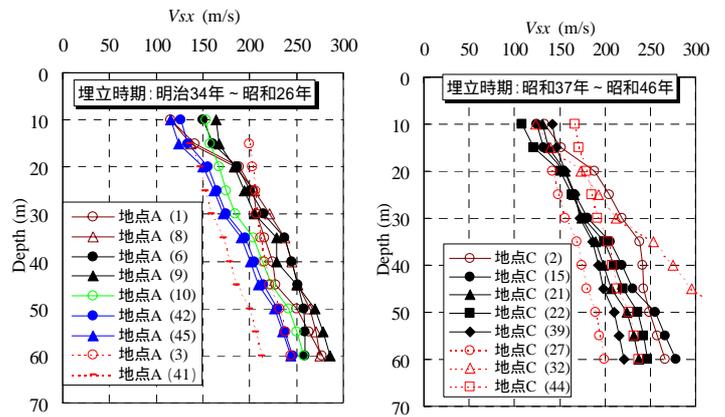
(1)と同様に求めた平均 S 波速度 V_{sx} の深度分布について、埋立時期ごとに整理した。その結果の一例として埋立時期 A、C、E の場合を図-4 に示す。また、表-2 には深度 30m における平均 S 波速度 V_{s30} について埋立時期との結果を示した。これより、埋立時期の最も古い A では比較的 V_{sx} のばらつきは小さいが、A C E と新しくなるにしたがって、 V_{sx} のばらつきが若干大きくなっていることが分かる。これは、埋立時期の古い方が圧密が進行して、より地盤が安定しているためと思われる。

(3)タイプ分けした解析結果

名古屋港における常時微動観測結果をもとにして平均 S 波速度によって以下の 5 タイプに分類した。

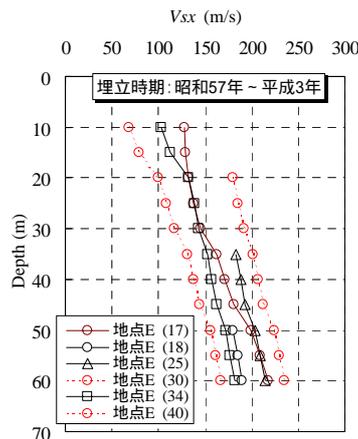
- タイプ は、凸型のタイプ
- タイプ、タイプ は、勾配がほぼ同じで、と平均 S 波速度が小さくなるタイプ
- タイプ は、タイプ、よりも平均 S 波速度の小さいタイプ
- タイプ は、深度方向に平均 S 波速度の変化が大きいタイプ

その分類の一例は、図-5 に示す通りである。このタイプ分けを名古屋港の埋立時期の平面図上にプロットし、さらに概略のエリア分けした結果を図-6 に示す。タイプ に分類されるエリアは、港湾奥に位置する埋立時期 A とほぼ整合する結果である。し



(a) 埋立時期 A

(b) 埋立時期 C



(c) 埋立時期 E

図-4 埋立時期 A、C、E の平均 S 波速度の深度分布

表-2 埋立時期と平均 S 波速度

埋立時期	V_{s30} (m/s)
A	160 ~ 221
C	155 ~ 220
E	116 ~ 191

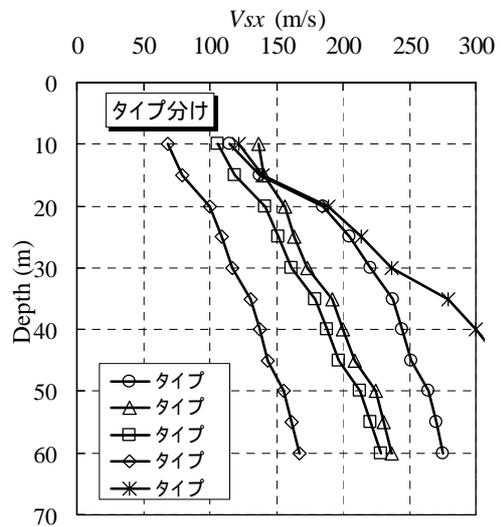


図-5 タイプ分けした平均 S 波速度の深度分布

かし、その他のタイプでは、埋立時期との整合と言うよりは、港湾奥から港湾口にかけてタイプ タイプ と推移している。特に、タイプ ~タイプ (平均 S 波速度が小さくなる) は、港湾奥~西側にエリアが推移している様子が分かる。この傾向は、港湾の東側(タイプ)から西側(タイプ)にかけて

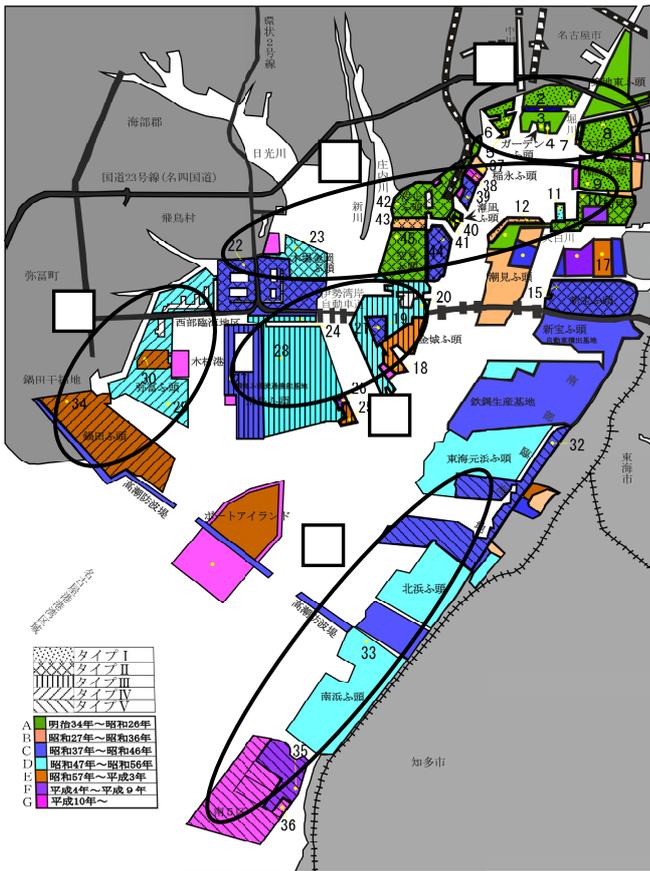


図-6 平均S波速度による名古屋港の分類

基盤が深くなっている³⁾ことと整合している。
次に、タイプごとのH/Vスペクトルのうち一例としてタイプ、の結果を図-7に示す。ピーク周期は、タイプでは1.0秒程度に、タイプでは1.1秒程度に、タイプでは0.3~0.8秒程度に見られる。このH/Vスペクトルの結果からも基盤深度と整合している³⁾と言える。

4. 結果

本研究は、名古屋港の各埠頭の埋立時期に着目し、港内の45地点で常時微動観測を行い、得られた結果から平均S波速度を求めた。その結果、各埠頭の平均S波速度構造を比較することにより、以下の結論が得られた。

- (1) 同一の埠頭においても埋立時期が異なると平均S波速度構造は変化し、埋立時期が古くなるほどVs30の値が大きくなる傾向にある。
- (2) 平均S波速度構造の変化により5タイプに分類することができ、これはおおむね名古屋港内の地下構造と相関があることが分かった。

なお、本研究は運輸施設整備事業団基礎研究制度の助成を受けて行ったものである。

参考文献

1)長尾 毅、西守男雄：常時微動観測による米子空港地

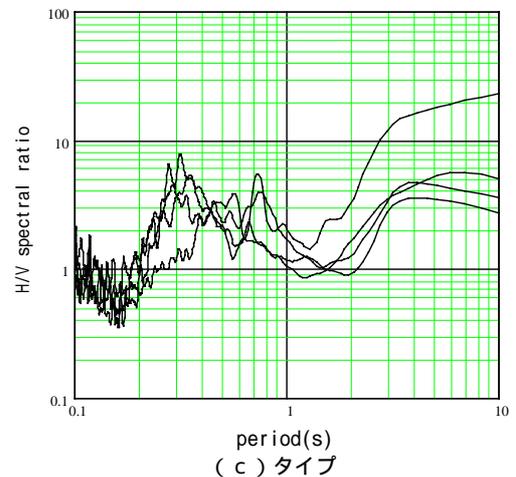
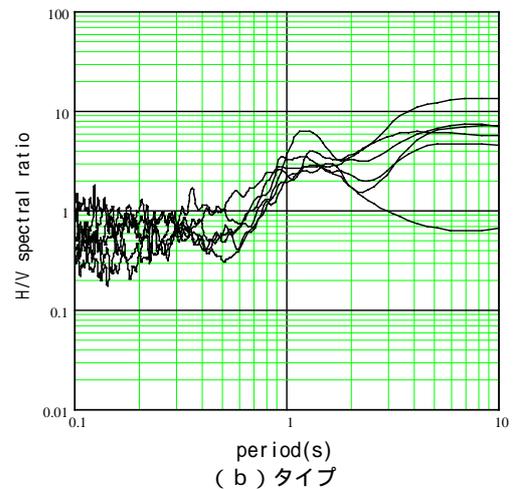
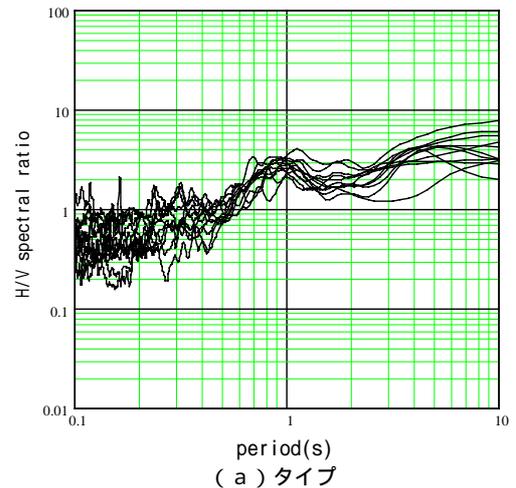


図-7 タイプ、におけるH/Vスペクトル

下構造と鳥取県西部地震被災の関係、土木学会第56回
年次学術講演会、pp.172-173、2001.

2)長尾 毅、紺野克昭：常時微動アレー観測に基づく表層地盤の平均S波速度推定精度に関する研究、土木学会論文集、No.696、-58、pp.225-235、2002.

3)文部科学省：2002年度活断層調査成果および堆積平野地下構造調査成果報告会予稿集、pp.79-87、2002.

(2003.9.12 受付)