

# 微動探査による島根県浜田市の地盤構造推定

野口 竜也<sup>1</sup>・足立 正夫<sup>2</sup>・田原 一志<sup>3</sup>・山下 毅<sup>4</sup>・西田 良平<sup>5</sup>

<sup>1</sup>鳥取大学大学院工学研究科 社会基盤工学専攻 (〒680-8552 鳥取市湖山町南4-101)

E-mail:noguchit@cv.tottori-u.ac.jp

<sup>2</sup>鳥取県立米子工業高等学校 (〒683-0052 鳥取県米子市博労町4-220)

E-mail:adachi\_ms1@mailk.torikyo.ed.jp

<sup>3</sup>今井産業 (〒697-0034 島根県浜田市相生町4250)

<sup>4</sup>NIPPOコーポレーション (〒104-8380 東京都中央区京橋1-19-1)

<sup>5</sup>放送大学鳥取学習センター (〒680-0845 鳥取市富安2-138-4)

E-mail:tottori-head@u-air.ac.jp

浜田市では1872年浜田地震(M7.1)の際、甚大な被害が発生したとの記録があり、特に市街地で被害が甚大であったとされる。そこで本研究では、浜田市街地において4地点の微動アレイ観測の実施ならびに既往の研究で得られている単点3成分観測記録を用いて地盤構造の推定を行った。微動アレイ観測記録の解析から、S波速度100~3200m/sの地下構造モデルを推定できた。浜田市内の沖積層のS波速度は100~150m/sであった。H/Vのピークは明瞭な単峰型が多く、その周期は0.2~0.8秒で浜田川沿いの市街地で周期が長くなることがわかった。S波速度構造、H/Vの特徴から軟弱な沖積層が市内全域に広く分布していることがわかった。基盤深度については、基盤岩( $V_s=800\text{m/s}$ 層)までの深さは最深部で約50mであり、地震基盤相当の最下層( $V_s=3000\text{m/s}$ 相当層)までの深さは、最大で約800mであることがわかった。

**Key Words :** microtremor, subsurface structure, S-wave velocity, Hamada City, 1872 Hamada Earthquake

## 1. はじめに

浜田市(図-1)では1872年浜田地震(M7.1)の際、大きな被害が発生したとの記録が残されており、特に市街地で被害が甚大であったとされる<sup>1)</sup>。地形・地質としては、東西約3km、南北約1kmの東西に細長い沖積平野であり、N値が小さい軟弱な堆積層が最大で厚さ50m存在する。よって、ローカルサイトの影響により被害が拡大したことが示唆される。そこで本研究では、浜田市街地において、4地点の微動アレイ観測の実施ならびに足立ら<sup>2)</sup>により実施された図-2に示した45点の単点3成分観測記録を用いて地盤構造の推定を行った。

## 2. 地形および地質

浜田市の地形としては、市内の中心部を流れる浜田川の堆積作用によって形成された東西2.7km、南北0.7kmの沖積平野である。この平野は第三紀の安山岩類を主とした山に囲まれた細長い谷地形を成している。平野内部の堆積層は概ね砂・粘土・礫からなる。浜田市役所付近では、堆積層の厚さが48mに



図-1 浜田市の位置



図-2 観測点位置



	地層名	岩層	凡例
第四紀	沖積層	礫・砂・粘土	a
	都野津層群	礫岩・砂岩	T <sub>1</sub>
新第三紀	大森層	安山岩溶岩および同質火砕岩(一部に岩脈を含む)	O <sub>1</sub>
	波多層	安山岩溶岩および同質火砕岩	H <sub>3</sub>
古第三紀	基盤岩類	流紋岩溶岩および火砕岩	Vr <sub>3</sub>
	貫入岩類	花崗岩	G <sub>3</sub>

図-3 表層地質図

もなり、地表から40mあたりまでN値が4~15程度と軟弱な地盤となっている<sup>3)</sup>。浜田市周辺の地質層序は、上層より第四紀の沖積層(礫・砂・粘土)・都野津層(礫岩・砂岩)、新第三紀の大森層(主に安山岩溶岩)または波多層(安山岩質火砕岩)、古第三紀の基盤岩類(流紋岩および火砕岩)または貫入岩類(花崗岩)となっている<sup>4)</sup>。図-3に表層地質図<sup>5)</sup>を示す。

### 3. 微動観測

微動アレイ観測点はボーリングデータの位置、周辺の状況を考慮して浜田高校校庭(HMK)、浜田市役所(SYK)、原井小学校(HRS)、浜田駅裏(HEU)の5地点を選定した。図2に観測点位置を示す。アレイ半径は各観測点の状況に応じて、半径3, 10, 30, 60, 125mで行い、4台(半径60, 125mは2台)のセンサーを用いた。センサーには半径3, 10mの観測ではジオフォン、半径30, 60, 125mの観測ではPK110(勝島製作所)を用いた。小アレイでは4点、大アレイでは2点による同時観測を。また、アレイの中心点およびK-net SMN010ではGPL-6A3P(アカシ)を用いて3成分観測を実施した。

### 4. 解析

4点同時観測記録はSPAC法、2点同時観測記録は2点SPAC法により位相速度分散曲線を求めた。地盤構造モデルの推定については、周辺の地質状況、K-

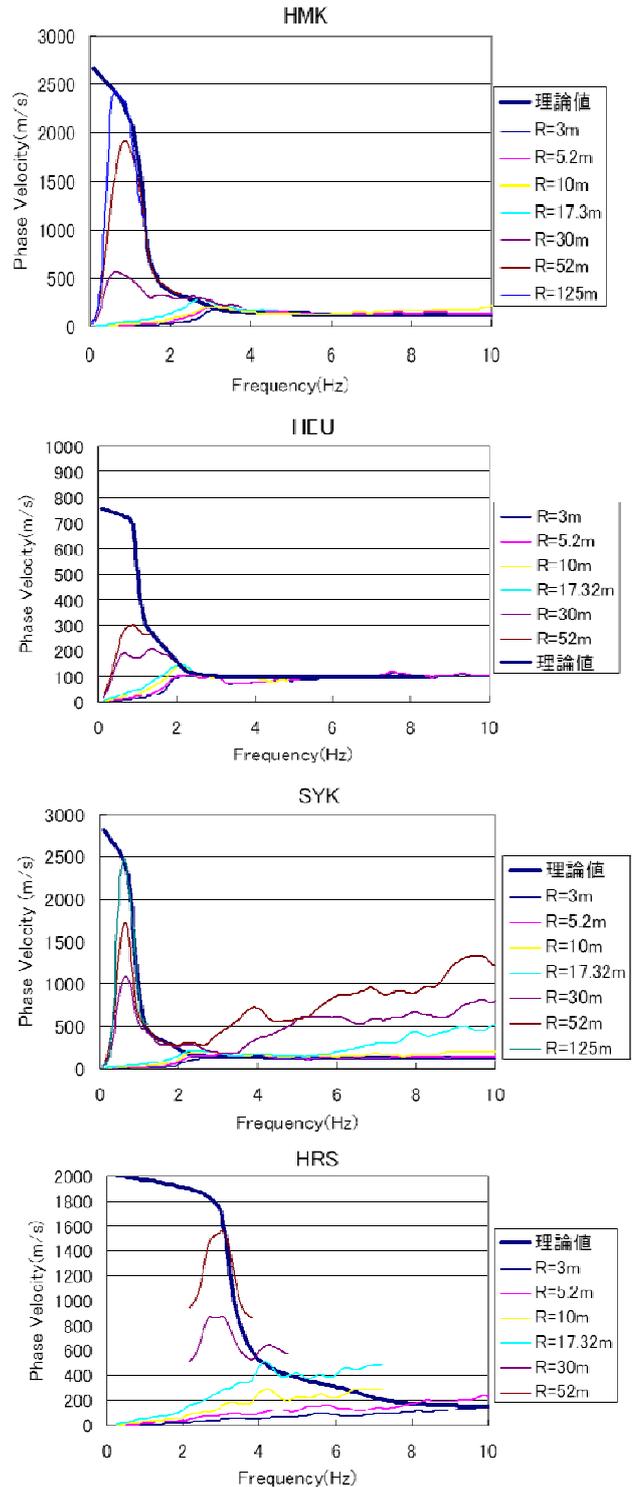


図-4 位相速度分散曲線

net SMN010, Kik-net SMNH06のPS検層、ボーリングデータなどを基にS波速度、P波速度を決め、層厚のみを変化させてフォワードモデリングで3~5層の地盤構造モデルを決定した。

なお、S波速度については最上層は最小位相速度を、2層目以下は地質層序を基にKik-net SMNH06のPS検層の値から、都野津層を800m/s、新第三紀の大森層・波多層を2200m/s、古第三紀の最下層を

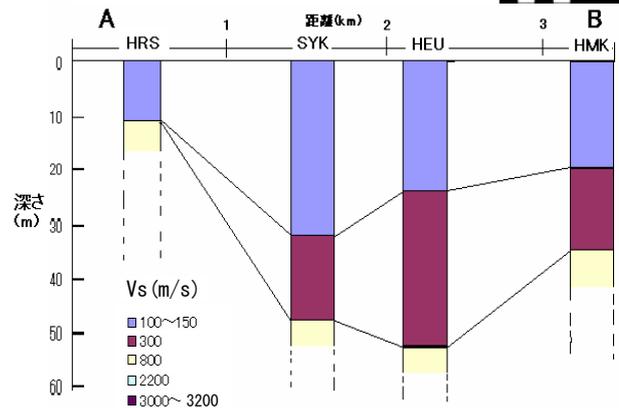
表-1 地盤構造モデル

HMK			
層厚(m)	$\rho$ (t/m <sup>3</sup> )	Vs(m/s)	Vp(m/s)
20	1.7	130	400
16	1.0	300	1600
100	2.2	800	2200
600	2.4	2200	3700
$\infty$	2.6	3000	4700

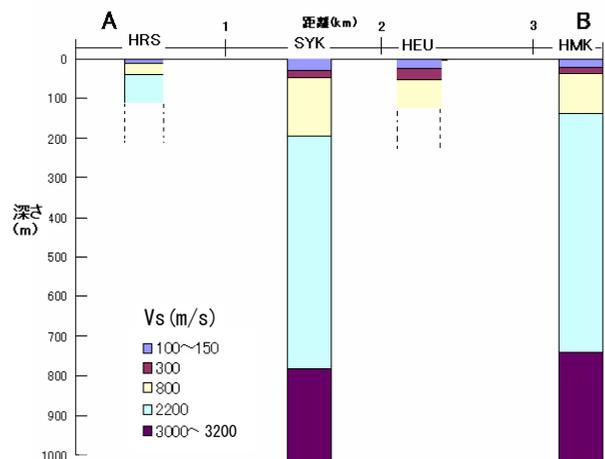
HEU			
層厚(m)	$\rho$ (t/m <sup>3</sup> )	Vs(m/s)	Vp(m/s)
11	1.7	150	1430
30	2.2	800	1600
$\infty$	2.4	2200	3700

SYK			
層厚(m)	$\rho$ (t/m <sup>3</sup> )	Vs(m/s)	Vp(m/s)
32	1.7	140	430
16	1.9	300	1600
50	2.2	800	2200
580	2.4	2200	3700
$\infty$	2.6	3200	5000

HRS			
層厚(m)	$\rho$ (t/m <sup>3</sup> )	Vs(m/s)	Vp(m/s)
24	1.7	100	400
29	1.9	300	1600
$\infty$	2.2	800	2200



(a) 浅部構造



(b) 深部構造

図-5 S波速度構造の柱状図

3000m/sもしくは3200m/sとした。P波速度については地質層序を基に、K-net SMN010, Kik-net SMNH06のPS検層の値を用いた。図-4に各観測点で得られた位相速度、推定したモデルから得られるレイリー波位相速度(理論値)の分散曲線、表-1に本解析で得られた地盤構造モデルを示す。また、図-5に東西方向のラインに投影させたS波速度構造の柱状図を示す。

この記録から得られたH/Vを図-6に示す。なお、足らら<sup>2)</sup>による単点3成分観測で得られたH/Vについてはピーク周期を読み取り、図-7に示すような分布図を作成した。

## 5. 地盤構造

表1の地盤構造モデルをみると、S波速度 100~1500m/s の沖積層厚は市街地(SYK,HEU)で最深部となり約 30m、S波速度 800m/s の基盤層までは最深部が 50mで、最下層の S波速度 3000m/s 相当層までの深さは約 800mに達することがわかる。図-5をみると浅部構造については、郊外(HRS, HMK)から市街地にかけて約 20~40m 深くなっている。また、深部構造については、SYKの方が HMKよりS波速度 800m/s 層が厚い分だけ、最下層までの深度が深くなっていることがわかる。

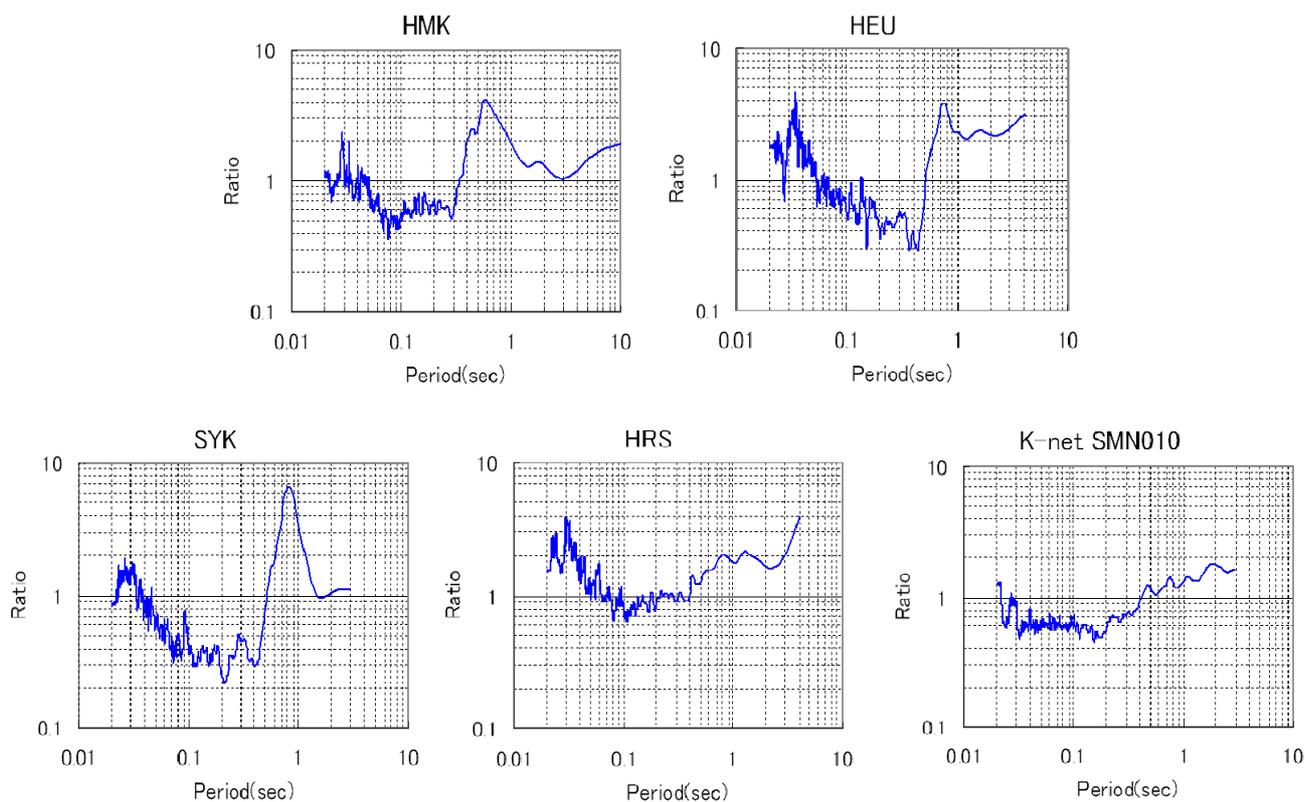


図-6 アレイ観測中心点および K-net SMN010 の H/V

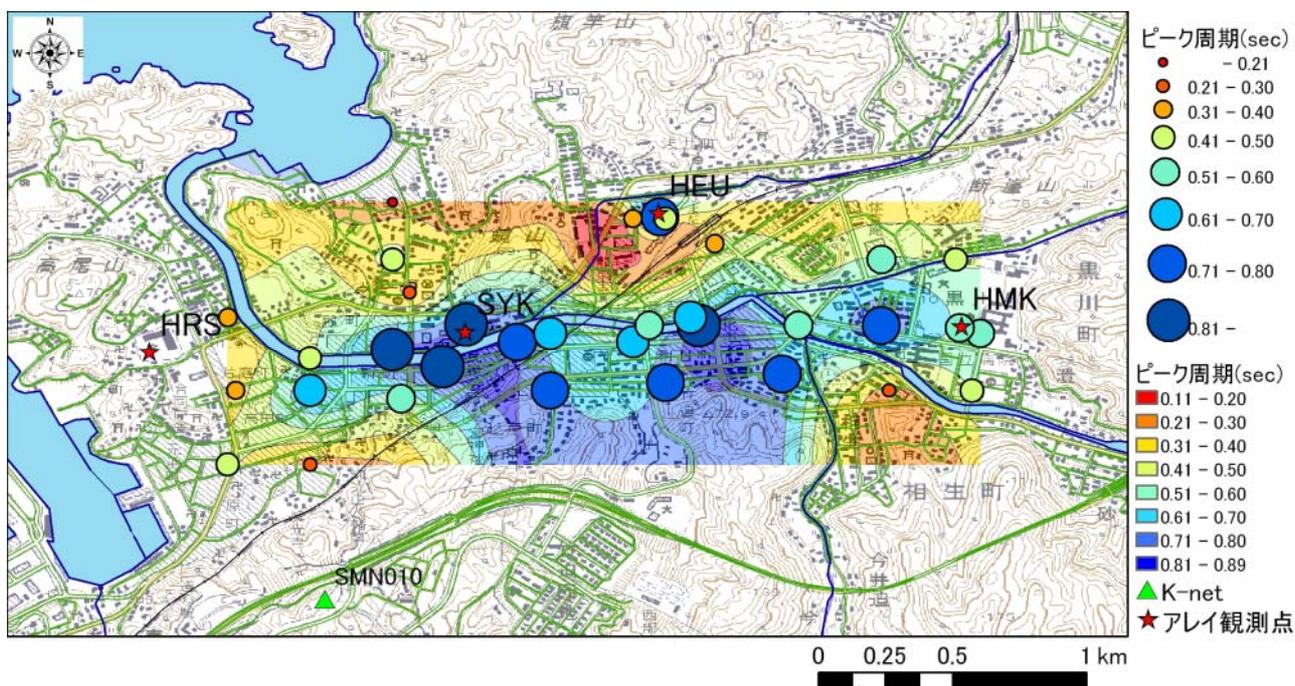


図-7 H/V のピーク周期分布図

図-6 より H/V の形状としては、浜田川沿いの市街地で明瞭な単峰型のピークを示している(HMK, SYK, HEU). 硬質な地盤上では長周期側で不明瞭になる(HRS, K-net). 図-7 よりピーク周期分布としてhは、周期 0.2~0.8 秒の範囲で、浜田川沿いで

周期が長くなる傾向がみられる. 沖積層の S 波速度が 100~150m/s であることから、この地域で軟弱地盤が広く分布していることが推測される.

## 6. まとめ

浜田市において微動観測を行い地盤構造の推定を行い、次のような結果を得た。

- (1) アレイ観測を実施した 4 箇所で  $V_s=100\sim 3200\text{m/s}$  の S 波速度構造を得ることができた。
- (2) 沖積層は  $100\sim 150\text{m/s}$  と遅くその深さは最深部で約 30m であり、洪積層を含めた  $V_s=800\text{m/s}$  の基盤層までは約 50m,  $V_s=3000\text{m/s}$  相当の地震基盤までは約 800m に達することがわかった。
- (3) H/V の形状として明瞭な単峰型が多く、その周期は 0.2~0.8 秒であり、浜田川沿いの市街地で周期が長くなることがわかった。

**謝辞：**解析にあたり、防災科学技術研究所のK-net およびKik-netの地盤データを利用した。また、当時鳥取大学工学部土木学科所属の森田正昭氏には解析の際に協力して頂いた。ここに、記して感謝する。

## 参考文献

- 1) 石田雅生：浜田地震報告, pp.12, 1912.
- 2) 足立正夫, 元木健太郎, 瀬尾和夫：島根県浜田市の常時微動特性, 日本地震学会講演予稿集, 2004.
- 3) 米子工業高等専門学校：島根県地盤図, pp.17-21, pp.64, 1985.
- 4) 中国地方編集委員会編：日本の地質7, pp.115-116, 1983.
- 5) 島根県地質図編集委員会：島根県地質図20万分の1, 1982.
- 6) Aki, K. : Space and time spectra of stationary stochastic waves, with special reference to microtremors, Bull.Earthq. Res.Inst. , 35, pp.415-456, 1957.
- 7) Morikawa, H., Sawada, S., Toki, K., Akamatsu, J., Nakajima, D., Ejiri, J., and Miyakoshi : K., Estimation of Phase Velocities from Microseisms Observed at Two Sites, Earthquake Geotechnical Engineering, A.A.Balkema, pp.119-124, 1999.

## DETERMINATION OF THE SUBSURFACE STRUCTURE OF HAMADA CITY, SHIMANE PREFECTURE USING MICROTREMOR EXPLORATION

Tatsuya NOGUCHI, Masao ADACHI, Kazushi TABARA, Tsuyoshi OHATA and  
Ryohei NISHIDA

Serious damages occurred by 1872 Hamada Earthquake in Hamada City, Shimane Prefecture. It is supposed that the damage influenced the subsurface structure. Therefore, microtremor observations were carried out to determine the subsurface structures of the Hamada City, Shimane prefecture. The subsurface structures were determined by S-wave velocity structure models obtained at the array observation 4 sites and predominant period distribution at 3-components observation 44 sites. The S-wave velocities of alluvial layers were 100-150m/s. The predominant period was 0.2-0.8 period that H/V were clear single peak models in areas along the Hamada River. It was found that soft alluvial layers were distributed whole area from S-wave velocity structure. Depth to bedrock (S-wave velocity is 800m/s layer) was about 50m maximum and the depth to a bottom layer (S-wave velocity is 3000m/s layer) was about 800m maximum.