

常時微動観測による松江市の地盤震動特性及び危険箇所の推定

松江工業高等専門学校 学生会員 ○渡部 龍正
松江工業高等専門学校 正会員 河原 莊一郎

1. はじめに

地震動はその地域の地盤の地層、地形によって大きく影響される。そのため地震が発生した場合、同じ市町村であっても場所により震度が大きく異なるため、地震の被害に大小の差が生じることがある。

本研究では、常時微動のH/Vスペクトル比を求めることにより地盤の卓越周期を検出し、松江市の地盤震動特性の推定を行うことを目的とした。また、前回の南北方向の観測結果¹⁾と今回の東西方向の観測結果を用いて、危険箇所の推定を行った。さらに、常時微動観測による地盤震動特性の推定の精度を確認するために、地盤のボーリングデータから求めた地盤特性値と卓越周期の比較を行った。

2. 常時微動観測

2.1 計測機器

計測機器として(株)物探サービスの可搬型データ収録・処理装置(GEODAS-10A-24DS)と速度計(CR4.5-2S 地表用微動計 1 台)を使用した。

2.2 観測地点および観測方法

前回計測を行った松江市内の観測地点を図 1 に示す。今回計測を行った松江市内の観測地点を図 2 に示す。今回計測を行ったのは春日町から西川津にかけての測線 D、中原町(松江温泉駅)から学園南(くにびきメッセ)にかけての測線 E、浜乃木 2 丁目から古志原にかけての測線 F の東西方向計 3 測線のデータ解析を行った。また、前回計測を行った黒田町から宍道湖にかけての測線 A、浜乃木 6 丁目から北堀町にかけての測線 B、西川津から西津田にかけての測線 C の南北方向 3 測線のデータも用いて、危険場所の推定を行う。

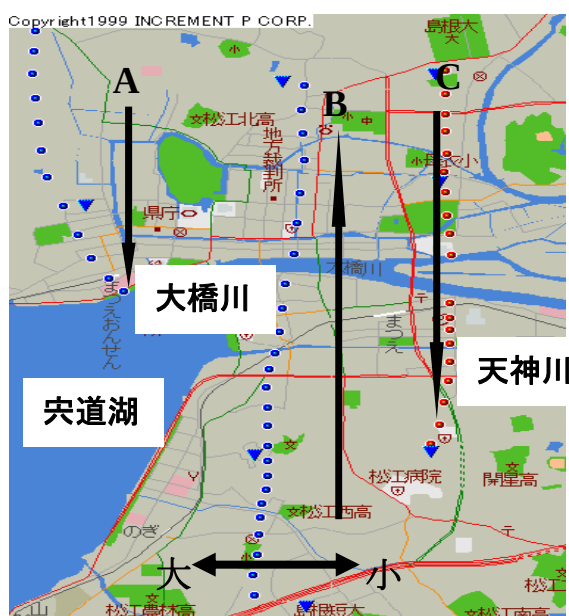


図 1 前回の観測地点¹⁾

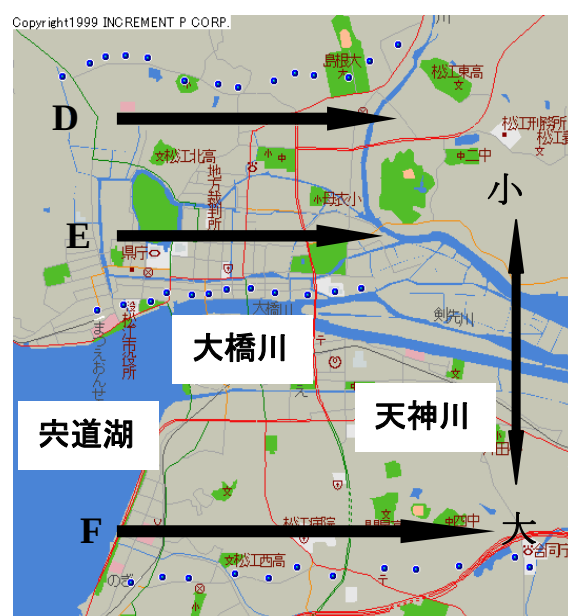


図 2 今回の観測地点

常時微動観測を行う時間帯は、本来、交通振動や人間の生活振動を受けにくい早朝が好ましいが、今回は昼間でも交通量が少なく、交通振動の影響を受けにくい午後 1:30~4:00 の間とした。また、コンクリートやアスファルトの地面を避けて、空き地などのできるだけ表面が土になっている場所で常時微動観測を行った。今回の測定では、表面が土、砂、砂利の場所で行い、前回の測定では、表面が土、砂利、アスファルト、コンクリートの場所で行った。

2.3 スペクトル解析

3成分常時微動速度波形を高速フーリエ変換(FFT)によって各周期のフーリエ・スペクトルを求め、バンド幅(平均をとる有効範囲)0.8Hzで平滑化を行い、さらに上下動と水平動のスペクトルの比を取ることで H/V スペクトル比を導出した。速度計が2秒計なので、0.5Hz以上で振動数の小さい方から、振幅1.5以上の最初の極大値を卓越振動数とし、その逆数を取り卓越周期を算出した。

3. 観測結果

3.1 卓越周期と距離の関係

図3は卓越周期と総延長距離の関係を表したグラフである。今回観測を行ったDEF測線について述べる。

測線Dでは、みしまや駐車場(春日町)のあたりでは用水路があるため地下水面の高さが地表面とほとんど変わらない。その周辺の地盤は軟らかく、地盤沈下によって駐車場や基礎の浅い建造物などが沈むこともある。そのため卓越周期が大きく現れたと考えられる。さらに東に行くとも卓越周期は0.4sと小さくなり、東奥谷町では0.8sと大きい。

測線Eでは、全体的に卓越周期が大きい。これは大橋川流域では軟弱な粘土層が15m以上に達するところがあるためと考えられる。

測線Fでは、東西方向の観測結果の中で平均卓越周期が最も大きい。乃木小学校周辺の地盤は粘土層が厚いため、卓越周期が大きく現れると考えられる。

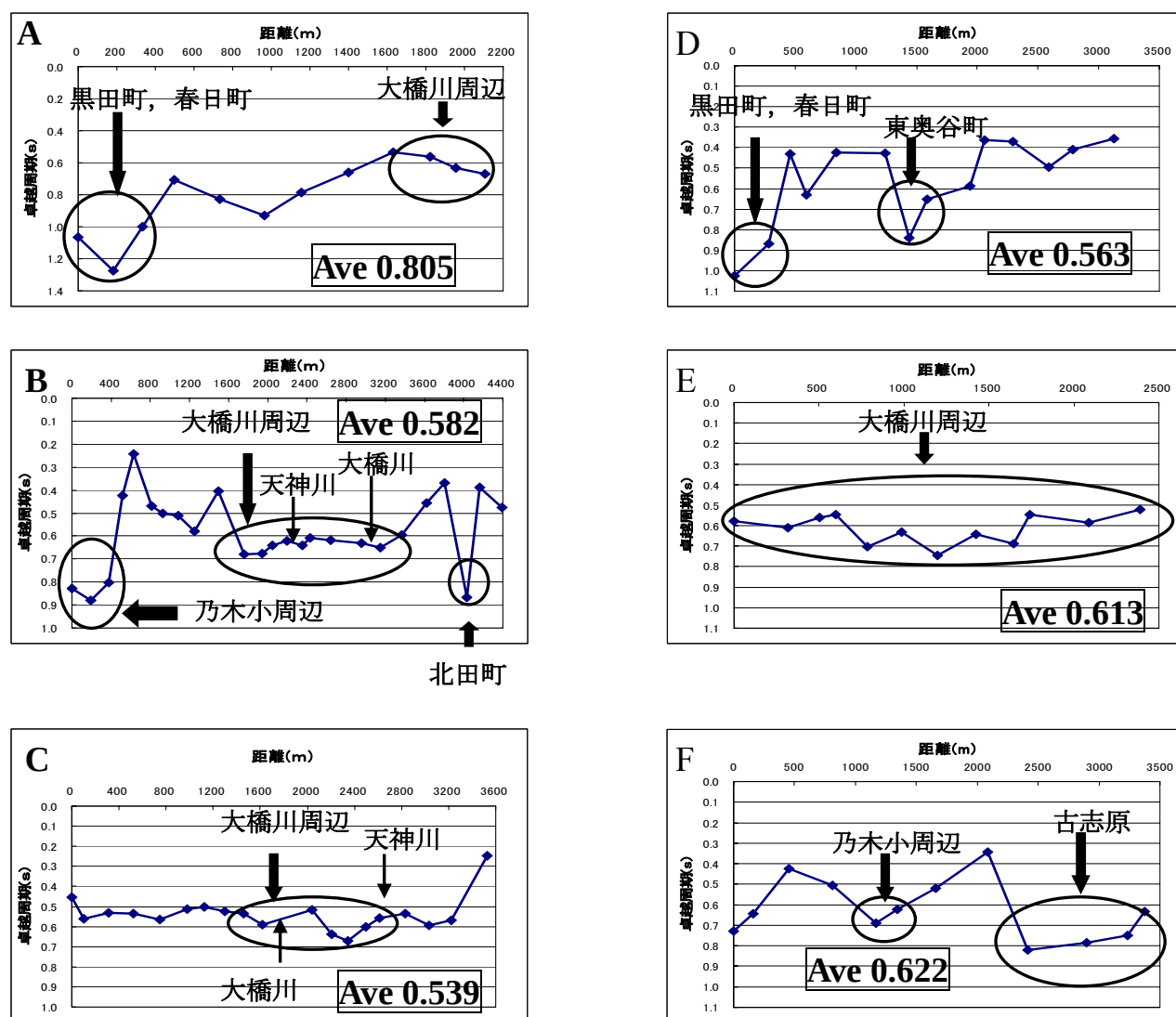


図3 卓越周期と総延長距離の関係

3.2 計測・解析を行った3直線の卓越周期の比較

図2の各測線の平均卓越周期を見ると大橋川から北に行くにつれて卓越周期は小さく、南に行くにつれて大きくなる。足立ら²⁾は、市街地の中心部と大橋川の周辺で周期が長くなると報告している。観測結果を見ると、市街地や大橋川周辺では卓越周期が周りとは比べ、大きくなっている。しかし、乃木小学校周辺では、大橋川周辺と卓越周期にあまり変化が見られないため、同じような地盤であり地震が発生した場合同じような揺れ方をすると考えられる。

3.3 南北・東西方向の観測結果

東西・南北方向の観測結果を総合してみると、黒田町、春日町ではA・D測線ともに卓越周期が1.0s以上と大きくなっている。一般に卓越周期が1.0sを越えると震度も大きく現れるので、軟弱地盤と考えられる。大橋川周辺と乃木小学校周辺は、B,F図を周りの観測点と相対的に見ると、卓越周期が大きくなっている。大橋川周辺は粘土層が厚く非常に軟弱で、卓越周期も周りとは比べて大きい。乃木小学校周辺は卓越周期が0.8s近くになっているので、軟弱だと考えられる。このことから、この3箇所を危険箇所とした。東奥谷町や古志原でも卓越周期が大きくなっているが、東西方向のデータのみなので、南北方向の規模が分からない。よって、この2箇所は除外した。

3.4 ボーリングによる地盤特性値と卓越周期の比較

ボーリングデータから地盤特性値³⁾を算出した際に使用した式を以下に示す。

$$T_G = 4 \sum (H_i / V_{si})$$

T_G : 地盤特性値(s)

H_i : i番目の地層の厚さ(m)

V_{si} : i番目の地層の平均せん断弾性波速度 { $N=0$ の場合、 $V_{si}=50(m/s)$ }

粘性土層の場合 $V_s=100N_i^{1/3}$ ($1 \leq N \leq 25$), 砂質土層の場合 $V_s=80N_i^{1/3}$ ($1 \leq N \leq 50$)

N_i : 標準貫入試験による地層の平均N値

ここで T_G について説明する。 T_G は耐震設計上の地盤種別としてI種地盤($T_G < 0.2s$), II種地盤($0.2s \leq T_G \leq 0.6s$), III種地盤($T_G \geq 0.6s$)の3つに分かれる。I種地盤は良好な洪積地盤および岩盤, III種地盤は沖積地盤のうち軟弱地盤, II種地盤はI種地盤およびIII種地盤のどちらにも属さない洪積地盤および沖積地盤に分類される。

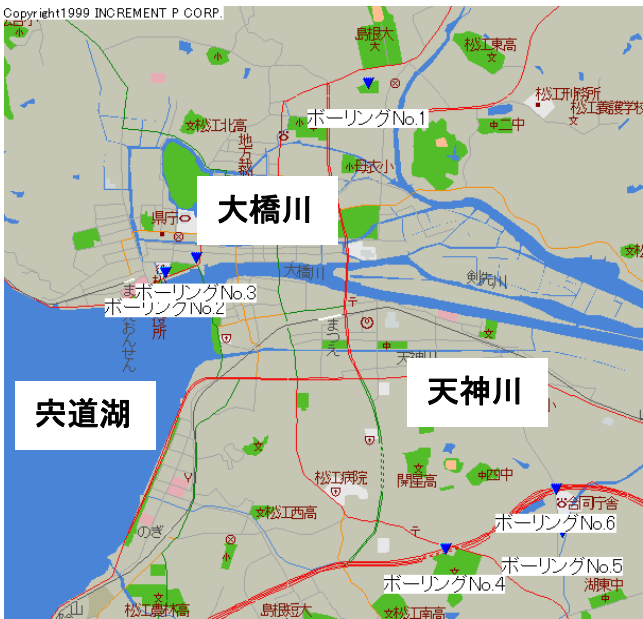


図4 ボーリング位置⁴⁾

表3 地盤の特性値と卓越周期の比較

ボーリング地点	土層種類	地層厚さ(m)	平均N値	平均せん断弾性波速度(m/s)	地盤特性値(s)	卓越周期(s)	差
No.1	砂質土層	0.30	0.00	50.000	0.418	0.454	0.036
	粘性土層	1.40	0.00	50.000			
	砂質土層	4.40	4.67	133.720			
	粘性土層	5.20	5.00	170.998			
	砂質土層	1.70	25.50	235.471			
No.2	砂質土層	5.30	8.75	164.851	0.513	0.562	0.049
	粘性土層	15.00	4.50	165.096			
	砂質土層	1.00	14.00	192.811			
No.3	砂質土層	1.30	0.00	50.000	0.505	0.547	0.042
	粘性土層	0.50	0.00	50.000			
	砂質土層	1.20	2.00	100.794			
	粘性土層	12.95	5.50	176.517			
	砂質土層	1.30	36.50	265.371			
No.4	砂質土層	0.35	0.00	50.000	0.368	0.342	0.026
	粘性土層	5.95	0.80	92.832			
	砂質土層	5.40	33.50	257.892			
No.5	砂質土層	1.70	3.00	115.380	0.215	0.632	0.417
	粘性土層	1.40	2.00	125.992			
	砂質土層	0.90	1.00	80.000			
	粘性土層	2.30	3.00	144.225			
	砂質土層	0.15	11.50	180.574			
No.6	粘性土層	9.00	1.63	117.567	0.306	0.632	0.326

常時微動測定による地盤特性の推定の精度を確かめるために、ボーリングによる地盤の特性値と比較を行う。図 4 に使用したボーリングの位置を示す。表 3 から、卓越周期はボーリングによる地盤の特性値とほぼ同じということがわかる。しかし、No.5, No.6 では地盤特性値と常時微動による卓越周期の差が大きい。No.6 は岩盤の上にすぐに N 値の小さい粘性土が乗っている。その地盤特性が現れたのが原因のひとつと考えられる。No.5 は岩盤の上に比較的 N 値の大きい砂質土が乗っているが、地層厚さが薄いため、その上の N 値の小さい粘性土の地盤特性が現れたと考えられる。しかし、本研究では常時微動観測を行った地点に近いボーリングデータを使用したためデータ数も少なくこれだけで判断することはできない。

3.5 危険箇所の地形

図 5 に危険箇所 3 箇所の地形図と平均卓越周期を示す。Ave は危険箇所の南北・東西方向の卓越周期を用いて算出した。松江市内の堆積物は主に粘土、シルトであり、宍道湖岸では表面に砂州として発達した砂層が分布している。この砂の下位には上部粘土層があり、極めて軟弱である。危険箇所の地形を見てみると、大橋川周辺では表面に砂州として発達した砂層が分布している。この砂の下位には上部粘土層があり、極めて軟弱であり、大橋川流域では上部粘土層が 15m 以上に達するところがある。危険場所と推定した黒田町、春日町、乃木小学校は三角州地帯であり、軟弱と考えられる。

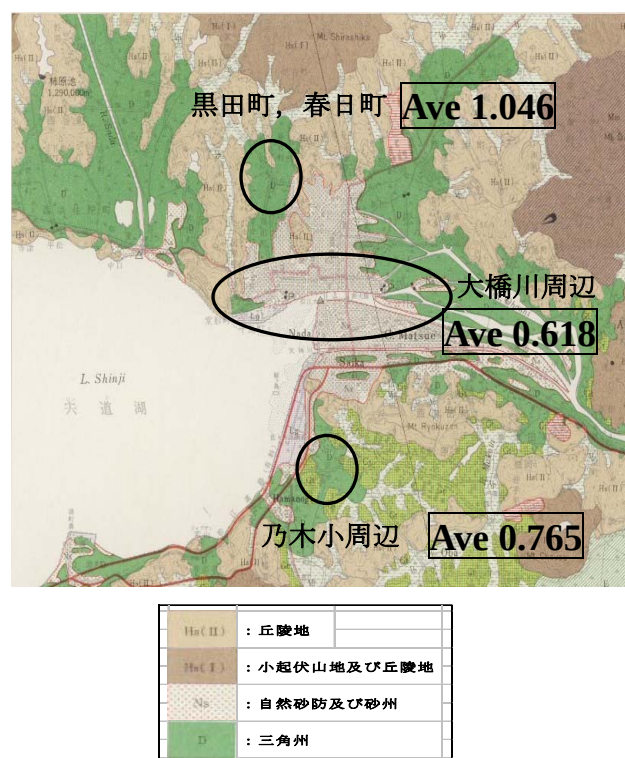


図 5 危険箇所の地形⁵⁾

4. まとめ

本研究では、地盤特性を知る上で経済的かつ簡便な常時微動観測を用いて、卓越周期を算出し、松江市の地盤震動特性を調べ、危険箇所を推定することを目的とした。その結果、以下の知見が得られた。

- ① 松江市では大橋川周辺、春日町、黒田町などの水路や川が流れていて地下水面の高い場所や乃木小学校などの三角州地帯は、卓越周期も周りの観測地点と比べ大きいため揺れやすい。
- ② 大橋川から北に行くにつれて卓越周期は小さく、南に行くにつれて大きくなるが、大橋川から南は、卓越周期にあまり変化が見られない。

以上のように、地盤震動特性には人工地盤、自然地盤といった地盤構造や河川など、また地下水位の高低により顕著な違いが現れる。

- 参考文献 -

- 1) 柴尾 享, 河原 莊一郎: 常時微動観測による松江市の地盤震動特性, 第 59 回土木学会中国支部研究発表会発表概要集, pp.35-36, 2007.
- 2) 足立 正夫, 元木 健太郎, 瀬尾 和大, 野口 達也, 西田 良平: 島根県松江平野の常時微動特性, 土木学会第 61 回年次学術講演会, I -237, 2006.
- 3) (社)日本道路協会: 道路橋示方書 V 耐震設計編, pp.25-26, 2002.
- 4) しまね地盤情報配信サービス: <http://www.shimane.geonavi.net/shimane/top.jsp>
- 5) 島根の地形: <http://www.tochi.nla.go.jp/tockok/tochimizu/F3/data/32link.html>