

埋立地盤における高密度常時微動測定による地盤特性の推定

芝浦工業大学 学生員 ○宮田涼平
 芝浦工業大学 正会員 紺野克昭
 宇都宮市役所 長嶋祐亮
 飛島建設 正会員 池田隆明

1. はじめに

常時微動測定を埋立地盤に位置する芝浦工業大学豊洲キャンパス内で実施した。対象領域は約 130×200m であるが、既存のボーリング資料(12ヶ所)から沖積層厚は 35~45m に変化していることが分かっている。本研究では高密度微動測定から得られる地盤特性と地下構造の関係を検討することを目的とする。

2. 常時微動を用いた卓越周期の推定

対象領域を 10m 間隔の格子状にし、全 95 地点で高密度微動測定を行った。微動計には GPL-6A3P(ミットヨ)を使用し、各地点の測定時間は 660s、サンプリング周波数は 100Hz とした。微動波形のスペクトル解析には 4096 個のデータを 50%重なりで 31 区間を抽出してフーリエ変換を行いスペクトルを求めた。平滑化にはバンド幅 0.25Hz の Parzen ウィンドウを使用している。卓越周期は水平動のスペクトルを上下動のスペクトルで除したスペクトル比(以下、微動 H/V スペクトル)から求めた。図 1 にクリギング法で作成したコンター図を示す。同図から卓越周期は 0.76~0.93s の範囲で、北東方向に向かって卓越周期が長くなる特徴が見られ、ボーリング資料の沖積層厚の変化と調和していることが分かった。

次に、微動から推定される卓越周期の検証として、PS 検層を実施した図 1 中の地震計 112 地点付近での微動 H/V スペクトルと PS 検層データ(表 1)に基づく重複反射理論の増幅特性を図 2 に示す。両者の形状は比較的似ているが、微動の卓越周期は若干短いことが分かる。また、図 3 にはボーリング地点での微動 H/V スペクトルから推定した卓越周期と同地点の標準貫入試験から得られた N 値に基づき、重複反射理論から推定した卓越周期の関係を示す。相関係数は、0.81 と比較的高い値を示しているが、PS 検層と同様に、微動から推定された卓越周期は、重複反射理論から推定された卓越周期より 0.1s 程度短い傾向が見られた。

3. 地震記録を用いた卓越周期の推定

図 1 の地震計 112(GL-0m)地点と地震計 119(GL-40m)

地点には強震計 CV-374(東京測振)が設置されている。

表 2 の地震記録を用いて地震動のスペクトルと伝達関数(112/119)の算出を行った。図 4、5 に地震計 112 の CH1, CH2 の地震動スペクトルを示す。図 6、7 に伝達関数(112/119)を示す。CH1 の伝達関数は CH2 に比べ、若干ばらつきは大きい傾向が見られるが、両方向とも、1 次モードは周期約 0.8s、2 次モードは約 0.3s であることが分かる。1 次モードについては、微動 H/V スペクトルの卓越周期とほぼ一致していること、CH2 の伝達関数の値は CH2 に比べて大きい傾向があることが分かる。

4. 各微動測定点と地震計 112 点のスペクトル比

地震計 112 脇に微動計を並べて微動の同時測定を行った。図 8 に同一方向のスペクトル比(微動計/地震計)を示す。なお、地震計 112 は連続観測を行っている。同図から、水平方向に関しては、周期 0.1~0.8s の範囲で両者の特性は概ね同一であることが分かった。そこで周期 0.1~0.8s まで 0.1s 刻みで、高密度微動測定記録と地震計 112 の同時刻の微動記録に対するスペクトル比を求めた。なお、このスペクトル比の物理的意味は明確ではないが、地震計 112 に対する揺れやすさの傾向を表していると考えている。図 9、10 に CH1, CH2 の周期 0.8s におけるスペクトル比(微動計/地震計)の値のコンター図を示す。値の範囲は CH1 方向で 0.74~0.94、CH2 方向で 0.79~1.59 と CH2 の方が大きい傾向が見られた。

5. まとめ

高密度微動測定から推定された卓越周期は地下構造と調和していることが分かった。次に、これらの微動記録と地震計 112 で得られた微動記録から、スペクトル比の分布を求めた。振動方向によってこれらの分布は異なり、不整形地盤の影響とも考えられる。今後、数値解析を通して、このスペクトル比の分布と不整形地盤の関係を検討していく予定である。

キーワード 埋立地盤, 常時微動測定, 地震観測, 地盤特性, H/V スペクトル

連絡先 〒135-8548 江東区豊洲 3-7-5, Tel 03-5859-8357, konno@sic.shibaura-it.ac.jp

表 1 PS 検層結果(地震計 112)

層番号	Vs (m/s)	層厚 (m)
1	120	1.00
2	180	2.00
3	190	3.40
4	220	1.90
5	170	3.70
6	140	5.00
7	160	9.00
8	110	3.00
9	170	3.00
10	250	2.50
11	410	1.65
12	160	0.95
13	480	2.90

表 2 解析に使用した地震の諸元¹⁾

地震 番号	地震発生時刻	深さ (km)	震央 距離 (km)	MJ	震央地域名	最大加速度 (gal)					
						地震計 112 (GL-0m)			地震計 119 (GL-40m)		
						CH1	CH2	CH3	CH1	CH2	CH3
EQ01	2012/11/16/17:25	30	134	5.5	千葉県東方沖	2.4	2.1	1.5	1.0	1.0	0.6
EQ02	2012/11/24/17:59	72	20	4.8	東京湾	27.1	18.5	16.0	14.9	16.5	4.0
EQ03	2012/12/07/05:32	67	34	4.6	千葉県北西部	3.7	2.7	2.8	2.4	1.8	1.1
EQ04	2012/12/07/17:18	46	469	7.4	三陸沖	29.2	26.4	17.1	14.2	11.3	6.2
EQ05	2013/01/22/04:46	16	106	5.1	千葉県東方沖	5.2	6.6	4.6	2.9	3.3	1.5
EQ06	2013/01/28/03:41	74	122	4.8	茨城県北部	4.1	5.2	3.6	2.4	3.5	1.1
EQ07	2013/02/01/23:06	71	22	4.4	東京湾	5.4	4.1	3.6	2.9	3.1	1.0
EQ08	2013/02/02/23:17	108	835	6.5	十勝地方南部	3.8	3.3	1.9	1.2	1.5	0.7
EQ09	2013/02/19/21:27	37	132	5.6	千葉県東方沖	2.8	3.1	2.0	1.1	0.8	1.0
EQ10	2013/02/25/16:23	3	139	6.3	栃木県北部	4.0	3.7	2.6	1.7	1.8	2.2
EQ11	2013/03/08/07:19	32	16	3.5	東京都 23 区	3.8	4.3	2.5	3.2	2.1	0.8

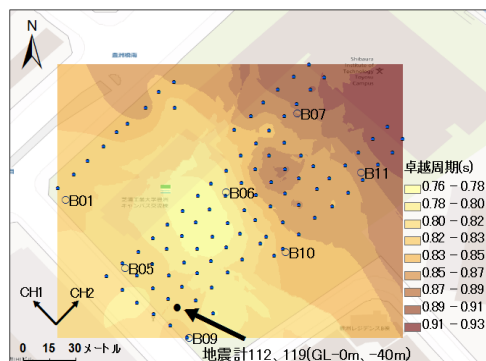


図 1 微動測定地点と微動 H/V スペクトルから推定した卓越周期のコンター図

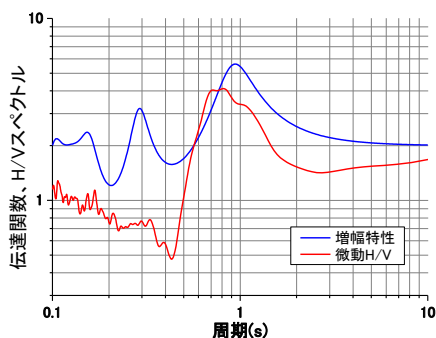


図 2 地震計 112 付近の微動 H/V スペクトルと PS 検層データに基づく増幅特性

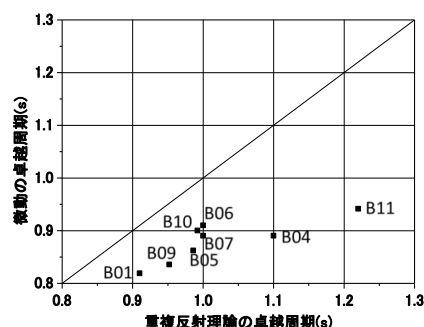


図 3 微動 H/V スペクトルと重複反射理論から推定した卓越周期の関係

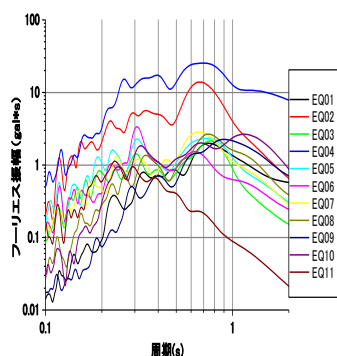


図 4 表 1 の地震における地震計 112 の地震動スペクトル (CH1 方向)

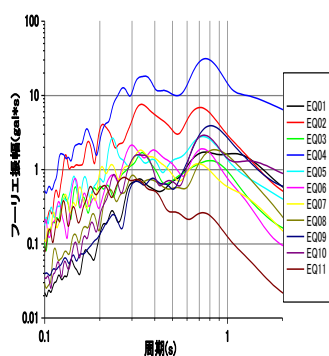


図 5 表 1 の地震における地震計 112 の地震動スペクトル (CH2 方向)

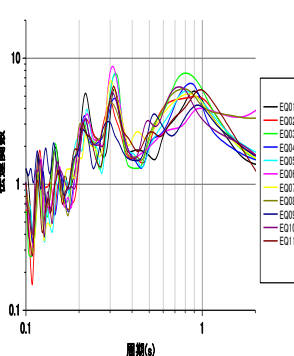


図 6 地震計 112 と 119 の地震動スペクトル比 (CH1 方向)

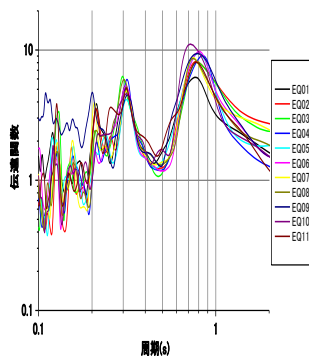


図 7 地震計 112 と 119 の地震動スペクトル比 (CH2 方向)

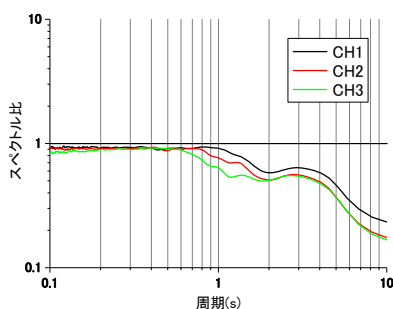


図 8 地震計 112 脇での微動計と地震計 112 の同時微動記録から得られたスペクトルの比 (微動計/地震計)

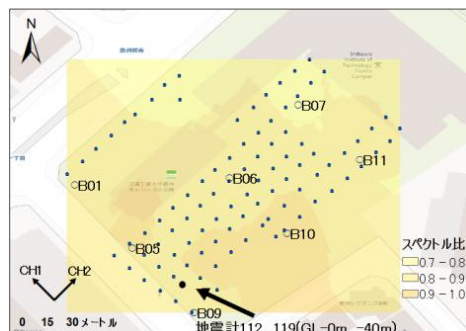


図 9 周期 0.8s における各微動測定点と地震計 112 点の微動スペクトル比のコンター図 (CH1 方向)

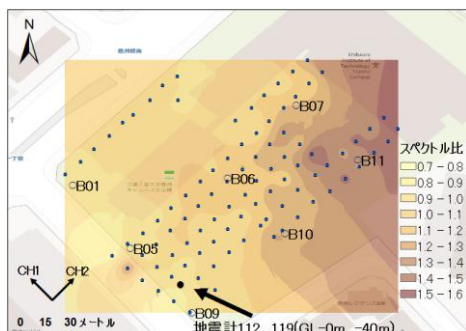


図 10 周期 0.8s における各微動測定点と地震計 112 点の微動スペクトル比のコンター図 (CH2 方向)

謝辞:本研究の一部は、平成 24 年度 文部科学省科学研究費補助金 基盤研究(C) (課題番号:24560595)(代表:池田隆明)および芝浦工業大学のプロジェクト研究の助成を受けています。記して感謝申し上げます。

参考文献: 1)気象庁:震度データベース検索 http://www.seisvol.kishou.go.jp/eq/shindo_db/shindo_index.html