

1.はじめに

局地的な地盤の特性は地震時における震動に大きく影響する。したがって、各種の地盤について実際の地震時挙動を観測し解析しておくことが望ましいが、そのような地震観測が可能な機会は極めて稀であり、事実上は非常に困難である。そこで、本研究では地震観測に代る方法として常時微動測定による地盤振動の観測を試みた。自然現象・人工的振動源によって発生した不規則な波動は、地盤の中を伝わっていく間に地盤固有の振動特性によって変調され、常時微動として現れる。よって常時微動は観測地盤の固有特性を反映していると考えられる。

2.常時微動測定

2.1 卓越周期の時間変化

夜間静寂時と昼間雑踏時で常時微動がどのように変化するか、その振幅と卓越周期について検討した。測定は水平 NS・EW と鉛直 UD の計 3 成分について、毎正時からの 10 分間測定を 24 時間継続して行った。測定結果に対して FFT 解析によりスペクトル分析を行い、水平方向成分のフーリエスペクトルの卓越周期を抽出した結果を Fig.1 に示す。1 次ピークは 24 時間を通じて 0.30 秒付近に分布している。また、2 次ピーク以降は 0.40～0.50 秒周辺に多く分布している。23～9 時の時間帯で 0.60 秒付近にも卓越が多く見られる傾向が認められ、原因として可能性が高いものは風の影響である。この影響は 1.00～2.00 秒の比較的長周期に現れる事が確認されているが、測定地点の近傍に風の影響を強く受けるような建造物がある場合には、建造物の固有周期に影響を受けた振動が測定地点に伝播する可能性もある。過去の研究によれば、測定地点近傍施設の中には 0.6 秒付近の固有周期を持つとされている建造物も存在する。

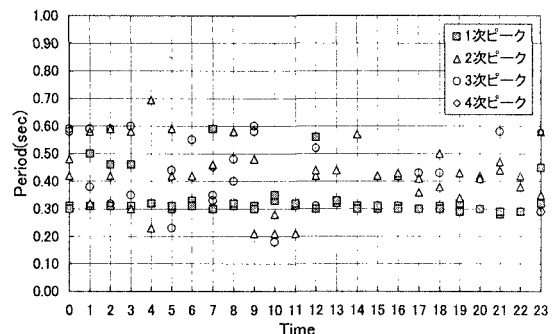


Fig.1 フーリエスペクトルの時間変化

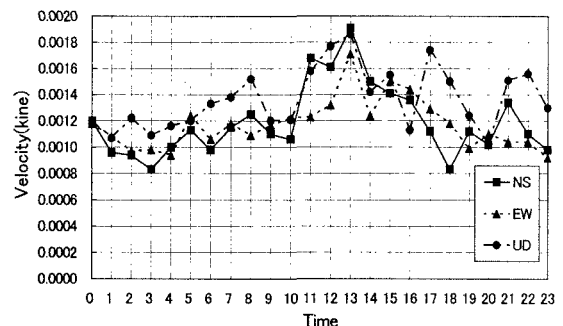


Fig.2 振幅レベルの時間変化

Fig.2 に 24 時間での振幅レベルの時間変化を示す。卓越周期と比較してその変化が大きく、最大時と最小時では値が 2 倍前後となる。すなわち、常時微動は振幅に関しては 1 日の中で大きく変化するが、卓越周期に関しては終日を通して一定であり、常卓越周期をその測定の主眼とした場合には、昼夜を特に問わずに実施可能であると言える。また、以下の地盤の固有周期 T_G の簡易算定式¹⁾ (1) を用いて、測点の固有周期を算出すると、

$$T_G = \sqrt{32 \times \sum_i \Delta H_i \times \frac{H_{i-1} + H_i}{2V_i^2}} \quad V_i = 89.8N_i^{0.341} \quad (1)$$

ここで、 N_i :第 i 層の平均 N 値、 V_i :第 i 層のせん断波速度(m/sec)、

H_i : 地表面から第 i 層下面までの深さ (m)、 ΔH_i : 第 i 層の層厚 (m)

$T_G \approx 0.32$ となり、フーリエスペクトルに表れた卓越周期とほぼ一致する。

2.2 草津市周辺地域でのライン測定

琵琶湖とほぼ垂直に走る国道一号線沿いにおいて、約 500 m 間隔に測点を設定して測定を行った。測定結果を Fig.3 に示す。横軸は測点ナンバーであり、そのまま測点の位置関係を表す。概ね右下がりの傾向が見られるが、測点 5～7 では特に短い卓越周期が確認されており、特異的な地盤が存在すると思われる。測定ライン周辺の沖積層厚さを検討すると、山側から湖岸にかけて厚さが徐々に増える傾向が見られる。測定結果は沖積層厚さとよい対応を示しており、常時微動の卓越周期が表層地盤の特性をよく反映していると言える。沖積層厚さが地盤被害に与える影響は大きいことから、常時微動測定が地震時の地盤危険度評価に対して有効な手段である事も確認された。

2.3 草津市周辺でのメッシュ測定²⁾

滋賀県草津市周辺地域において、500mメッシュの 64 ブロックを作成し測定を行った。水平方向成分のフーリエスペクトルの卓越周期を抽出した結果を Table.4 に示す。各測点の卓越周期をそれぞれの位置関係を反映する。左上の A1、B1、B2 付近に短い卓越周期が確認できる。また、B3、C1、C2、C3、C4、D1、E1 付近には多少長めの卓越周期が確認できる。また、F2、G1、G2、H1、H2、H3、H4、H5 付近に一地域、F7、F8、G7、G8、H8 付近にも一地域、長い卓越周期が確認される。

また、メッシュ内に含まれる地盤データを参照して幾つかの地点で 1 次元応答解析を行った。その一例として、メッシュ G4 及び H5 に含まれる地点の応答解析結果より求めた増幅率特性のスペクトルを Fig.4 に示す。メッシュ G4 では、水平方向フーリエスペクトルは 0.31 秒付近、増幅率特性では 0.25～0.30 秒付近が卓越しており、卓越周期は両者でほぼ同じである。

メッシュ H5 では、水平方向フーリエスペクトルは 0.40 秒付近、増幅率特性では実測と近い数値である。0.66、0.42 秒付近は小さな卓越にとどまっており、実測で確認できなかった 0.25 秒付近が大きく卓越している。

3.まとめ

- (1) 1 日 24 時間の中で常時微動の振幅は大きく変動するが、卓越周期には大きな変動はない。
- (2) 地盤の固有周期の簡易算定式 (2) で算定した固有周期が、常時微動測定で得た卓越周期や応答解析で得た増幅率のスペクトルの卓越と良い対応を示したことから、その有効性が実証された。また、同様の事項より、常時微動測定で得た卓越周期が地盤の固有周期と対応すると確認された。
- (3) ライン測定において、沖積層厚さと常時微動測定により得られた卓越周期がよい対応を示したことから、常時微動測定による地震時の地盤危険度予測が有効なアプローチである事が明らかとされた。
- (4) 沖積層厚さが厚いほど常時微動測定により得られた卓越周期が長いという傾向が確認されたことから、卓越周期の長周期化に伴い、地震時の地盤危険度が高くなるという 1 つの指標を得た。

参考文献 1) 福本和正・山肩邦男・岩崎好規：“滋賀県の地盤の地震動特性”第 23 回土質工学研究発表会、1984.6、pp.25-28 2) 早川清・足立憲悟：“常時微動測定による滋賀域地盤特性”平成 12 年度土木学会関西支部年次学術講演会、2000.6、pp.Ⅲ-31-1-Ⅲ-31-2

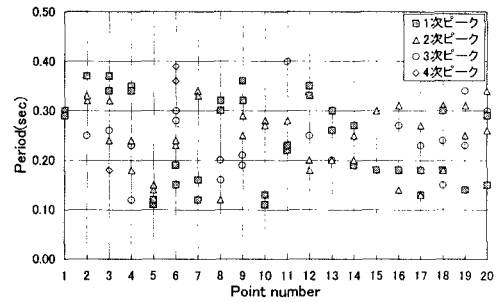


Fig.3 ライン測定におけるフーリエスペクトルの卓越周期

Table.1 フーリエスペクトルの卓越周期

	1	2	3	4	5	6	7	8
A	0.12	0.31	0.28	0.12			0.32	
B	0.14	0.12	0.36	0.31	0.34	0.39	0.33	0.39
C	0.43	0.40	0.39	0.40	0.35	0.18	0.33	0.31
D	0.36	0.31	0.40	0.36	0.34	0.33	0.33	0.37
E	0.40	0.22	0.33	0.36	0.33	0.36	0.21	0.28
F	0.31	0.39	0.33	0.32	0.32	0.33	0.38	0.35
G	0.38	0.35	0.31	0.33	0.32	0.32	0.35	0.36
H	0.40	0.34	0.36	0.35	0.40	0.32	0.32	0.36

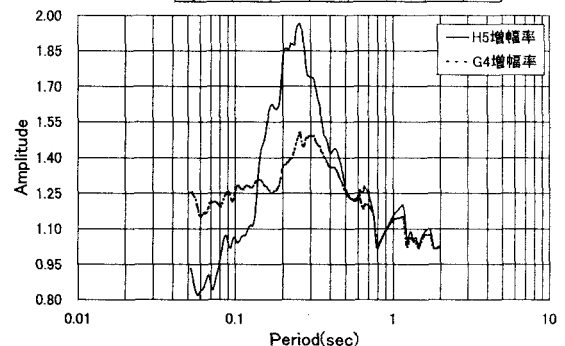


Fig.4 応答解析による増幅率特性