常時微動測定に基づく構造物と地盤の振動特性の推定

八戸工業高等専門学校　学生会員　○木村　萌
八戸工業高等専門学校　非会員　鈴木　南智
八戸工業高等専門学校　正会員　杉田　尚男
弘前大学　正会員　片岡　俊一

1.はじめに

2011 年に東北地方太平洋沖地震が発生し，今もなお余震活動が頻繁に確認されている．この地震による構造物の被害は数多く報告されているが，そのほとんどが津波によるものであったため，地震動による構造物の被害推定は困難である．しかし，今後起こりうる余震活動に対して構造物の被害推定は非常に重要であり，その第一歩として構造物や地盤の振動特性を把握する必要がある．そこで，当研究では八戸高専専攻科棟を対象に構造物と地盤の常時微動測定を実施し，振動特性を検討した．

2.対象構造物

測定対象とした写真 1，図 1 に示す八戸高専の専攻科棟は，平成 16 年 3 月に建設された RC 造の 3 階建であり，建物高さは 12.5mである．2 階部分が隣接する機械科棟とエキスパンションジョイントを介して渡り廊下（鉄骨構造）でつながっている．なお，測定するに当たって短辺方向を X，長辺方向を Y と仮定し，それぞれの振動特性を評価する．

写真 1　八戸高専専攻科棟

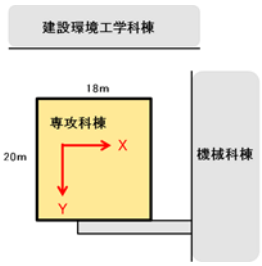

図 1　位置図

3.測定方法

3.1 常時微動測定

常時微動測定とは，自然現象や人間活動などによる微小な振動を測定し，構造物の振動特性を評価する手法である．今回は対象とする構造物の固有周期(固有振動数)を把握する目的で常時微動測定を行った．

3.2 測定機器

測定をするにあたって採用した微動計(地表受振計，CR4.5-2)は，XYZ の 3 軸方向の速度成分を出力する．サンプリング周波数は 100Hz で 200 秒測定した．

3.3 測定位置

微動計による測定は，複数箇所の同時測定が可能であるため，屋上と1階，屋上と地盤をそれぞれ3回ずつ同時測定した．測定によって得られたデータをフーリエ解析[1)]し，屋上と1階の同時測定のデータは，屋上/1階のスペクトル比を求め，建物のみの上部構造系の伝達関数とした．さらに，屋上と地盤の同時測定のデータから屋上/地盤のスペクトル比を求め，地盤を含めた全体系の伝達関数とし，上部構造系，全体系それぞれの固有周期，固有振動数を求め，構造物と地盤の相互作用を検討した．また，1階の両端を同時測定し，得られた波形データの水平方向と上下方向の位相からロッキング振動が生じているかを検討し，振動特性に与える影響を考察した．さらに，地盤のH/Vスペクトル比から得られた地盤の固有周期と全体系の固有周期を比較することで，構造物と地盤震動が共振する可能性を検討した．

4.解析手法

常時微動測定により得られた加速度成分をフーリエ解析し，H/V スペクトル法 [2)]によって振動特性を推定した．この H/V スペクトル法とは，常時微動測定における鉛直成分と水平成分のフーリエスペクトルの比を用いて，そのピーク値から固有周期（固有振動数）を求める手法であり，水平振動を鉛直振動で規準化することで振動特性を推定するものである．

5.解析結果

微動計によって得られた速度成分を波形処理ソフトで加速度に変換し，フーリエ解析を行った．屋上と 1 階の同時測定の結果の例として図 2 に計測 1 回目のグラフを示す．このグラフは，フーリエ解析の後，屋上/1 階のスペクトル比を上部構造系の伝達関数として表したものである．

キーワード：被害推定，振動特性，常時微動測定
連絡先：〒039-1104　青森県八戸市田面木字上野平 16-1　電話・FAX0178-27-7313

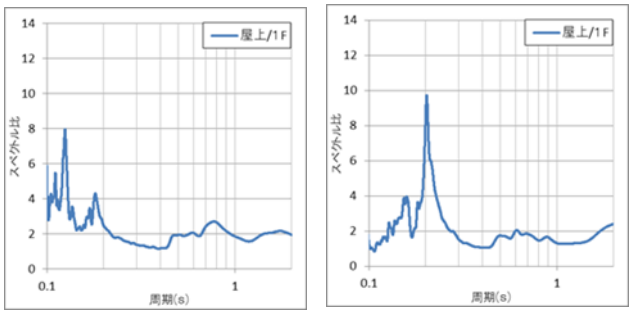

図 2　上部構造系の伝達関数(左:X 方向，右:Y 方向)

グラフからわかるように，X 方向 Y 方向共に明瞭なピークを確認することが出来た．Y 方向は 0.2 秒付近に明瞭なピークをもっているため，Y 方向の固有周期は約 0.2 秒と推定することが出来る．一方 X 方向は，0.12 秒付近に明瞭なピークをもっているが，その後 0.17 秒付近にも小さいピークをもつ．ここでは約 0.12 秒を X 方向の固有周期と仮定する．X 方向のピーク値が複数見られた原因として考えられるのが，渡り廊下の影響である．隣接する機械科棟につながる渡り廊下は X 方向に伸びている．そのため，微動測定の際，Y 方向と比較すると X 方向の振幅がやや小さいことが確認できた．つまり，今回の対象構造物の専攻科棟は完全に独立した構造物ではなく，渡り廊下によってつながっているために他の構造物の振動特性の影響が表れた可能性があり，特に X 方向が影響を受けたと考えられる．

次に，屋上と地盤の同時測定の結果も上部構造系のときと同様，フーリエ解析の後，屋上/地盤のスペクトル比を全体系の伝達関数として表す．

表 1 に上部構造系と全体系の固有振動数の関係を示す．固有振動数は，伝達関数による固有周期の逆数から求め，全体系の固有周期を T(s)，固有振動数を f(Hz)，上部構造系の固有周期を To(s)，固有振動数を fo(Hz)として表す．

表 1　固有周期と固有振動数の関係

		T(s)	To(s)	f(Hz)	fo(Hz)	f/fo
X方向	1回目	0.123	0.125	8.157	8.020	0.947
	2回目	0.130	0.124	7.715	8.066	
	3回目	0.128	0.112	7.813	8.914	
	平均	0.127	0.120	7.895	8.333	
Y方向	1回目	0.214	0.203	4.663	4.935	0.944
	2回目	0.216	0.204	4.620	4.907	
	3回目	0.214	0.203	4.669	4.935	
	平均	0.215	0.203	4.651	4.926	

表 1 から，全体系，上部構造系共に X 方向のほうが固有周期が短い傾向を示した．これも，X 方向に伸びる渡り廊下による影響であると考えられる．また，上部構造系と全体系を比較すると，X 方向 Y 方向共に上部構造系のほうが固有周期が短い．固有振動数の比 f/fo は約 0.94 を示し，上部構造系のほうが固有振動数がやや大きいことがわかる．このような現象は，専攻科棟の様なブロック型構造物に見られるロッキング振動に起因すると考えられる．ロッキング振動とは，構造物が両端を中心に回転運動を繰り返す振動をいう．この影響を検討するために，1階両端を同時測定し得られた波形データの水平方向と上下方向の位相からロッキング振動が生じているかを検討した結果，水平方向は比較的同位相の傾向が見られたが，上下方向は逆位相がよく見られた．つまり，わずかにロッキング振動が発生している．専攻科棟の基礎形式である直接基礎の構造物は，地盤との相互作用が働きやすいとされていることからも，ロッキング振動が構造物の振動特性に影響していると考えられる．

次に，地盤の H/V スペクトル比から地盤の固有周期を求め，全体系の固有周期と比較することで構造物と地盤震動が共振する可能性の検討をした．測定によって得られた地盤の H/V スペクトル比の結果の例として測定 1 回目のグラフを図 3 に示し，地盤の固有周期の平均を表 2 に示す．

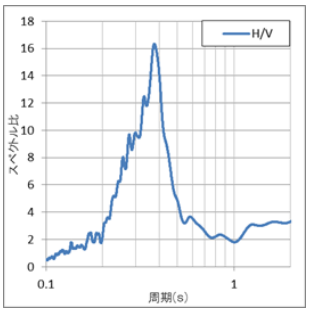

図 3　地盤の H/V スペクトル比

表 2　地盤の固有周期

	卓越周期(s)
1回目	0.377
2回目	0.363
3回目	0.395
平均	0.378

グラフから，地盤の固有周期は約 0.38 秒であり，表 1 に示した全体系の固有周期と比較すると，専攻科棟と地盤震動の共振の可能性は低いことがわかる．しかし，大規模な地震動が発生した場合，構造物の固有周期が伸びる可能性があり，今後必ずしも共振しないと断定するのは難しい．共振の可能性を検討するためには定期的に測定を実施し，固有周期の推移を把握する必要があると考えられる．

6.まとめ

八戸高専専攻科棟を対象に常時微動測定を実施した．測定結果から，現段階で専攻科棟と地盤震動が共振する可能性は低いということが明らかになった．

7.参考文献

1)　構造計画研究所　k-WAVE for Windows Ves6.1

2)　中村豊，2008.H/V スペクトル比の基本構造,物理探査学会地震防災シンポジウム