

常時微動および地震観測記録に基づく造成地表層地盤の震動特性

日本大学 学生会員 ○松本 夏輝

日本大学 正会員 仲村 成貴

1. はじめに

我が国では高度成長期以降、住宅地開発を目的とした造成地が多数整備された。そのような造成地の谷埋め盛土は、地盤災害の発生危険度が高いとされる¹⁾。盛土地盤の震動特性は盛土厚さに依存するとされるが、土地条件図や地形・地盤分類図等では造成地のような局所的な地盤の改変は反映されない²⁾。表層地盤構造を詳細に把握する際、高密度に実施されたボーリングなどの原位置試験結果が参照されるが、全ての地域で十分な量の資料が得られるとは限らない。一方で、比較的容易に実施できる常時微動観測によって地盤震動特性を検討した例は多く、地盤構造のコントラストに依存するとの報告もある³⁾。本研究では、対象地域の盛土地盤構造を面的に把握することを目指して、地形・地盤分類図や原位置試験結果を補間するための常時微動の活用法を検討する。本稿では、まずベンチマークとなり得る資料を得るため、同一地点で得られた常時微動および地震記録によるH/Vスペクトル比と原位置試験結果を比較し、それらの整合を検討した。

2. 対象地点と観測概要

(1) 対象地点の概要

日本大学理工学船橋キャンパス内で実施されていた地震観測点D地点(図1)を対象とする。D地点およびその近傍では最深GL-156mまでのボーリング調査やサンプリング土試料の土質試験、地震観測(2005年~2013年)が実施されていた⁴⁾。なお、同キャンパスは1970年代に造成され、D地点は切土部にあたると推定される⁵⁾。

(2) 地震観測の概要

地表面に設置された加速度計(IMV(株)・VP-9462HHV)と速度計(株)東京測振・SF-101/102)のそれぞれ水平2成分(NS, EW)と鉛直成分(UD)を対象とした。表1に本稿で対象とした地震の諸元を示す。地震記録はマグニチュード5.0以上、震源深さ

150 km以深、震源距離150m以上で、PGAが20gal以上に該当する9事象を選択した。後述するH/Vスペクトル比の推定には地震波のコーダ部を対象とした。コーダ部として加速度時刻歴にて振幅絶対値を加算、累積曲線を作成して、累積値が80%に達した時点から20.48sを処理対象とした³⁾。

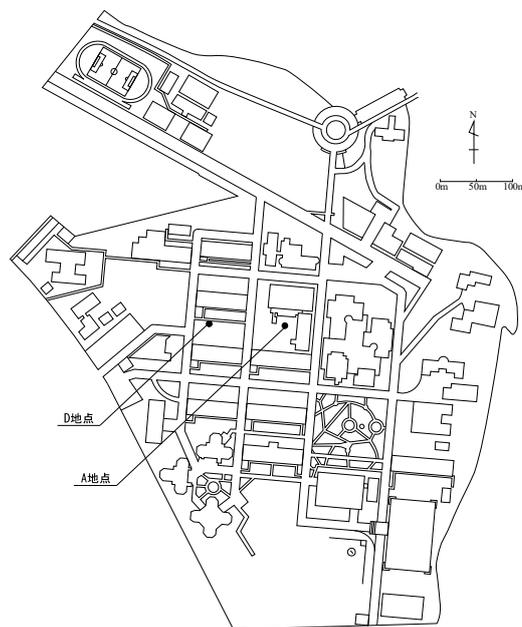


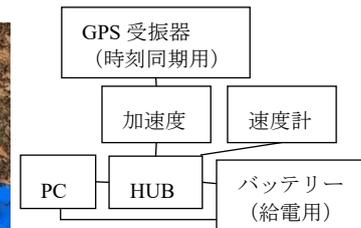
図1 日本大学理工学部船橋キャンパス地震観測点

表1 地震諸元

発生日	発生時刻	北緯 N			東経 E			震央距離 (km)	マグニチュード JMA	震源深さ (km)	震源距離 (km)	震央地名
		(°)	(')	°	(°)	(')	°					
2008.07.24	00:26:19.69	39	43.9	39.73	141	38.1	141.6	108.1	6.8	466.7	479.0	岩手県北部
2009.08.09	19:55:52.13	33	7.7	33.13	138	24.2	138.4	332.9	6.8	326.1	466.0	東海地方南方はるか沖
2011.04.07	23:32:43.4	38	12.2	38.20	141	55.2	141.9	66.0	7.1	321.4	328.1	宮城県沖
2011.04.12	14:07:42.2	37	3.1	37.05	140	38.6	140.6	15.0	6.4	156.6	157.3	福島県中通り
2011.04.28	18:27:46.7	37	24.8	37.41	141	46.8	141.8	44.0	5.7	242.7	246.7	福島県沖
2011.07.31	03:53:50.6	36	54.1	36.90	141	13.2	141.2	57.0	6.5	167.2	176.7	福島県沖
2011.08.12	03:22:04.7	36	58.1	36.97	141	9.6	141.2	52.0	6.1	169.9	177.7	福島県沖
2011.08.19	14:36:31.6	37	38.9	37.65	141	47.8	141.8	51.0	6.5	264.2	269.1	福島県沖
2012.01.01	14:27:52.0	31	25.6	31.43	138	33.9	138.6	397.0	7.0	497.5	636.5	鳥島近海



(1) 観測の様子



(2) 観測システム構成

図2 常時微動観測システム

キーワード 常時微動, 地震動, H/Vスペクトル比, 卓越周期, 原位置試験

(3) 常時微動観測の概要

図 2 に観測システムを示す。センサーにはサーボ型加速度計 ((株)東京測振・CV-374B) とサーボ型速度計 (同・CV-374BV) を併用した。水平 2 成分 (NS, EW) と鉛直成分 (UD) をサンプリング周波数 100Hz, 約 40 分間連続で同時観測した。周波数領域での重ね合わせによるノイズ低減効果を期待して, 連続観測記録を 20.48s の区間に分割して以降の処理を行った。

3. H/V スペクトル比

対象記録をフーリエ変換して周波数領域に変換し, バンド幅 0.5Hz の Parzen ウィンドウで平滑化した。さらに NS 成分と EW 成分の振幅スペクトルを相乗平均した水平成分スペクトルを鉛直成分スペクトルで除して, H/V スペクトル比を推定した。

(1) 地震記録

地震記録から得られた H/V スペクトル比を図 3 に示す。各事象のみによる結果を黒色で, 9 事象の平均を赤色 (加速度) または青色 (速度) で示している。同図(1)加速度と(2)速度のいずれも, スペクトル形状は事象ごとに平均周辺でばらつきがみられる。

(2) 常時微動記録

常時微動記録から得られた H/V スペクトル比を図 4 に示す。各区間のみによる結果を黒色で, 全連続記録の平均を赤色 (加速度) または青色 (速度) で示している。地震記録と同様に, 同図(1)加速度と(2)速度のいずれも, スペクトル形状は事象ごとに平均周辺でばらつきがみられる。

(3) 加速度記録と速度記録

図 3 および 4 の(3)に, 地震および常時微動観測で得られた加速度と速度の平均 H/V スペクトル比を示す。地震記録においては, 加速度と速度ではほぼ同じ卓越周期を得られた。常時微動記録においては, 短周期領域で加速度のスペクトル振幅にばらつきが多くみられるものの, 加速度と速度いずれも 0.2s 周辺にピークが確認できる。

4. 推定された卓越周期

表 2 に地震および常時微動記録から, 目視判読した卓越周期と, それらに対応する原位置試験 (PS 検層) 4) から換算した対応した卓越周期 6) を示す。いずれから概ね対応した値が得られた。

5. まとめ

造成地の震動特性を把握する第一段階として, 同

一地点で実施した地震および常時微動観測, 原位置試験からそれぞれ卓越周期を推定し, 概ね一致した結果を得た。今後は, キャンパス内で高密度な常時微動観測を実施する予定である。

謝辞 本研究の一部は, 科学研究費補助金 (19K04700, 代表: 酒匂敬明) の助成を受けて実施したものである。

参考文献 1) 釜井俊孝: 宅地崩壊 なぜ都市で土砂災害が起こるのか, NHK 出版, 2019., 2) 岩井哲, 神島和志: GIS による丘陵造成地の推定盛土深さと地震被害・常時微動との関連, 日本建築学会構造系論文集, 第 600 号, pp.61-67, 2006., 3) 荏本孝久, 石井匠, 山本俊雄, 杉本実: 微動および強震観測記録による H/V スペクトル比特性の比較検討, 日本建築学会大会学術講演梗概集 (関東), pp.87-88, 2006., 4) 日本大学理工学部地震動・耐震構造研究グループ: 船橋地域地震観測網の状況とデータ管理, 日本大学理工学研究所所報, 第 112 号, pp.139-157, 2006., 5) 日本大学理工学部地震動, 耐震構造研究グループ, 西松建設技術研究所: 習志野キャンパス地震観測システムによる地震特性に関する研究, 日本大学理工学部研究所速報, 第 19 号, pp1-24, 1995., 6) 公益社団法人: 道路橋示方書・同解説 V 耐震設計編, 2018.

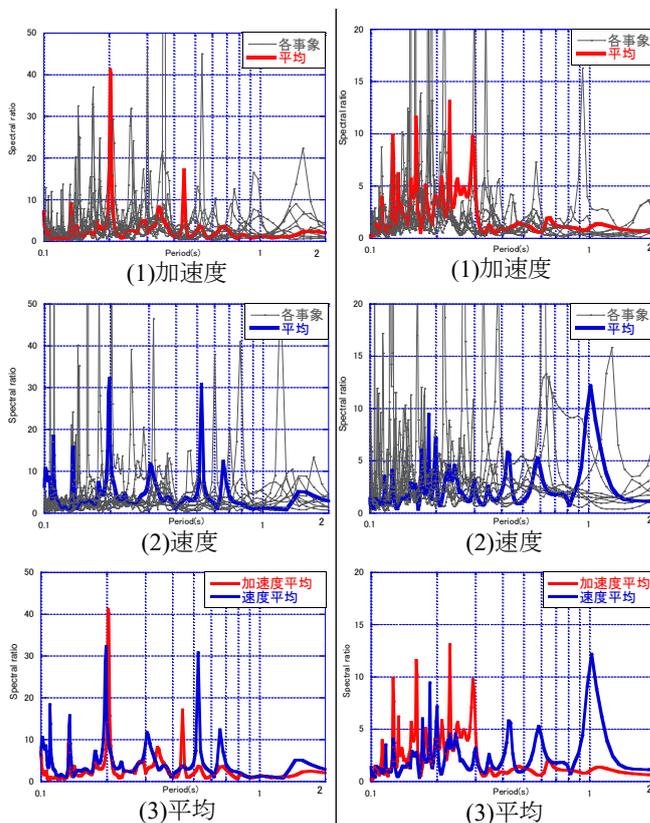


図 3 H/V スペクトル比 (地震記録)

図 4 H/V スペクトル比 (常時微動記録)

表 2 卓越周期の推定結果

単位: s

地震観測		常時微動観測		原位置試験 (PS検層)	
加速度	速度	加速度	速度	基準深さ	固有周期
		0.162	0.188	GL-6.20m	0.137
0.200	0.203	0.232		GL-10.3m	0.211
0.447			0.429	GL-31.4m	0.457
	0.528			GL-39.4m	0.534
			1.028	GL-85.3m	1.054