

耐震補強校舎での地震観測 Earthquake Motion Observation in Retrofitted Buildings

○林直毅¹, 井出隼吾¹, 仲村成貴²

*Naoki Hayashi¹, Jyungo Ide¹, Masataka Nakamura²

Abstract: Earthquake observation had been carried out in Funabashi campus on purpose of grasping dynamic characteristics of ground and retrofitted buildings. This paper presents the outline of earthquake motion records observed at the campus. The number of subject record is 145 events, and the peak ground accelerations (PGA) is 1.75-111.61 gal range. It was confirmed that the horizontal peak accelerations on the roof of No.3, No.8 and No.14 building is smaller than PGA.

1. はじめに

地盤や耐震補強校舎の震動特性を把握するための資料を得ることを目的として、日本大学理工学部船橋キャンパスの耐震補強校舎や地盤にて地震観測が行われた。本稿では、微小～中規模地震時における耐震補強校舎での地震動記録の特徴を把握することを目的とする。

2. 観測点の概要

Figure1 に船橋キャンパス内で行われていた地震観測点を示す。ここでは耐震補強校舎（2, 3, 8, 14 号館）と地盤観測点（D 地点）での観測記録を対象とする。対象校舎の概要を Table1 に示す。いずれの校舎も短辺は NS 方向、長辺は EW 方向とほぼ平行に配置されている。2, 3 号館は地上 4 階地下 1 階建て RC 造、8 号館は地上 4 階建て RC 造、14 号館は地上 5 階地下 1 階建て SRC 造である。各校舎の基礎はいずれも RC 杭基礎であり、2, 3, 8 号館は GL-10m 付近、14 号館は GL-26m を支持層としている。耐震補強法として、2 号館には柱組み鉄骨ブレース補強、3 号館には地下 1 階と 1 階の間に免震層を設けた中間層免震、8 号館と 14 号館にはトグル型制震がそれぞれ採用されている。地盤観測点の D 地点は、最深部 GL-46.5m から地表面まで 6 深度に地震計が埋設され、鉛直地盤アレーを構成している。耐震補強校舎と地盤を対象としたこの地震観測網は 1993 年から順次整備され、2013 年まで観測が行われていた。

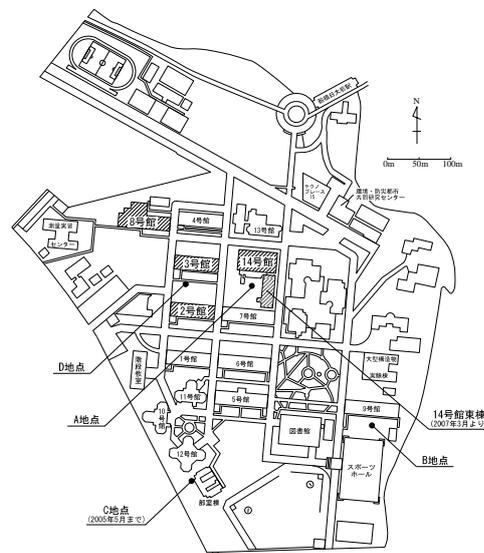


Figure 1. Funabashi campus

3. 地震観測記録の概要

建物の地震時挙動は水平挙動が卓越することが知られている。本研究では水平 2 方向（NS（建物短辺）、EW（建物長辺））を検討対象とした。各校舎での地震応答を比較するため、全ての校舎で記録が得られた事象を抽出した結果、2006 年 1 月 14 日から 2013 年 11 月 17 日までの 8 年間に観測された 145 事象が該当した。これらの D 地点での地表面最大加速度 (PGA) は 1.75～111.61gal であり、最大の PGA が観測された事象の震源地は千葉県北西部（震央距離 35.0km）

Table 1. Profile of retrofitted buildings

校舎	2号館	3号館	8号館	14号館北棟	14号館東棟
種別	RC造	RC造	RC造	地下RC造 地上SRC造	地下RC造 地上SRC造
階数	地上4階地下1階	地上4階地下1階	地上4階	地上5階地下1階	地上4階
竣工年	1965	1965	1968	2004	2004
耐震補強法	鉄骨ブレース	中間層免震	トグル制震	トグル制震	トグル制震
耐震補強実施年	1997	1998	2001	2004	2004
建物短辺方向方位	MN9°E	MN9°E	MN9°E	MN9°E	MN9°E
地震計種別	加速度	加速度	加速度	加速度	加速度
地震計設置位置	・地下1階床 ・地下1階天井 ・4階天井	・地下1階床 ・地下1階天井 ・4階天井	・1階床 ・2階天井 ・4階天井	・地下1階天井 ・杭基礎 ・3階天井 ・5階天井	・地下ピット天井 ・3階天井 ・1階天井 ・2階天井

1：日大理工・学部・土木 2：日大理工・教員・まち

である。今回の対象記録には千葉県北西部で発生した近距離地震（震央距離 4.8km）や、十勝地方南部で発生した遠距離地震（震央距離 822.3km）を含んでいる。それぞれの事象の PGA を各校舎屋上での最大加速度と対応させて Figure2 に示す。いずれの校舎においても方向に依らず PGA が大きくなるに従い屋上の最大加速度も大きくなる。校舎間で比較すると、PGA の大きさに関係なく 2, 3, 8, 14 号館の順に大きな加速度が得られる傾向にある。2 号館については、PGA よりも大きい加速度応答が生じる傾向がある。

4. 校舎の増幅特性

1 階を基準とした屋上の伝達関数を事象ごとに推定した。さらに伝達関数のピーク振幅が生じる振動数を卓越振動数とみなし、PGA と対応付けて整理する。伝達関数はスペクトルをバンド幅 0.3Hz の Parzen ウィンドウで平滑化した後に H_v 推定を用いて推定した。一例として、1 階を基準とした屋上の増幅率を Figure3 に示す。3 号館と 8 号館の EW（長辺）方向では同程度のピーク振幅が複数生じるが、他では最低次のピーク振幅が卓越する。伝達関数において最大振幅を示した振動数を卓越振動数とみなし、全 145 事象について各校舎の卓越振動数を判読した。得られた卓越振動数を PGA に対応させて Figure4 に示す。いずれの校舎の卓越振動数も PGA に依らず一定値を示す。RC 造の 2, 3, 8 号館は SRC 造の 14 号館よりも卓越振動数が高い。14 号館は両方向で卓越振動数はほぼ同様の値をとるが、2 および 8 号館では NS（短辺）方向より EW（長辺）方向の卓越振動数の方が高い。Figure5 は卓越振動数での増幅率を PGA に対応させてプロットしたものである。ばらつきが大きいものの、PGA とは相関が無いといえる。増幅率の大きさは、NS（短辺）方向では 14, 2, 3, 8 号館の順に大きく、EW（長辺）方向では 2, 14, 3, 8 号館の順に大きい。

5. おわりに

船橋キャンパス耐震補強校舎での地震観測記録について、最大加速度や卓越振動数、増幅率を地表面最大加速度と対応させて整理し、以下の特徴が確認された。

- 1) 3, 8, 14 号館屋上での最大加速度は地表面最大加速度よりも小さい傾向がある、
- 2) 観測された地震動レベルでは振幅依存性は認められない、
- 3) 振幅レベルに依らず各校舎の震動応答は顕著に異なる。

今後は、観測記録から地盤の物性値や校舎の振動特性を推定し、地震動レベルとの関連を調査する予定である。

参考文献

[1] 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.1-16，2006.

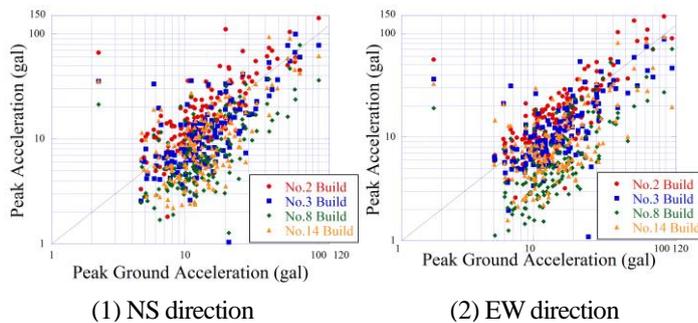


Figure 2. Peak acceleration at Roof floor

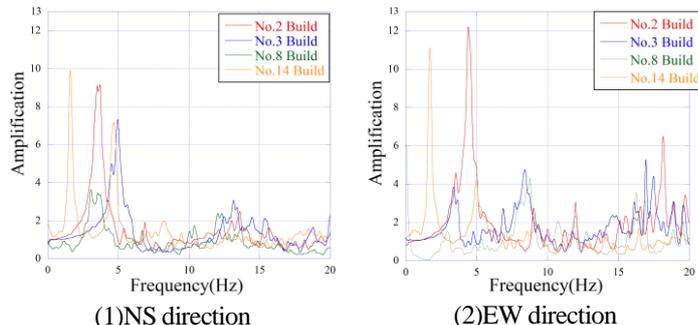


Figure 3. Transfer functions

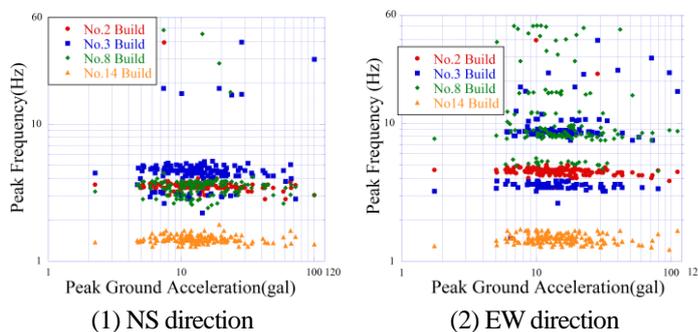


Figure 4. Dominant frequency

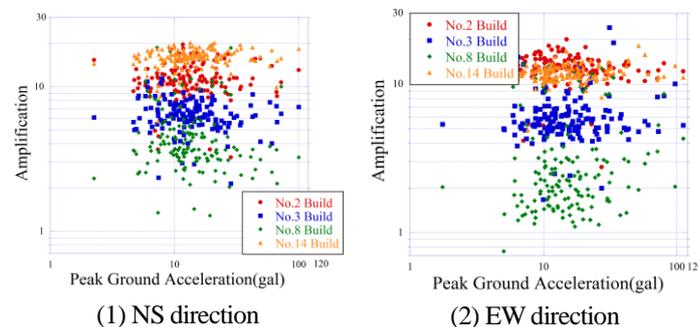


Figure 5. Amplification at dominant frequency