

日本大学生産工学部における強震観測

- その8 キャンパス内建物の地震入力に関する研究 -

日大生産工(院) ○中島 拓哉 日大生産工 藤本 利昭

1. はじめに

2011年に発生した東北地方太平洋沖地震ではマグニチュードM9.0が観測された。1900年以降に世界で発生した大規模な地震の中で4番目に大きな地震であり、日本に甚大な被害をもたらしたり。このような地震被害を減少させるためには、建物の振動性状を把握し、耐震安全性の向上を図ることが重要である。

本学部津田沼キャンパスでは、2007年から2015年に4号館と5号館 (RC造)、37号館と39号館 (S造) の建物4棟と自由地盤 (Free-Field) 上に強震計を設置し、継続的に観測を行っている²⁾。

本研究では、建物の屋内外で同時観測された強震観測記録を整理し、建築規模や構造の異なる4棟の地震入力について検討を行った。

2. 建物概要

表1に対象4棟の構造概要、図1に対象建物と自由地盤の配置、図2に対象建物の平面図、断面図と強震計配置と共に示す。表1中の固有周期は過去の観測記録から求めた値を示している。

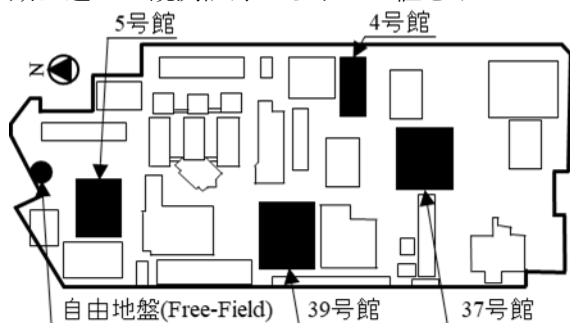


図1 対象建物4棟と自由地盤の配置

る。なお、東北地方太平洋沖地震以前から観測している5号館と37号館の2棟では、当該地震の前後で固有周期が変わっているため、【】内に地震前の値を示している。

各建物の入力動は1階床上に設置した強震計観測値を使用した。なお、4号館は地下階床にあるが、地下階柱頭の値を1階床上の記録として評価した。

3. 地震概要

建物4棟および自由地盤上の5か所の強震観測を開始した2014年8月末から2020年7月までの間に観測されている強震記録のうち、設置した全ての強震計で記録が得られた計4回の地震を用いて検討している。

対象とした地震の概要を表2に示す。対象地震は小笠原諸島西方沖、茨城県南部と千葉県北西部を震源とする地震である³⁾。また、2020年

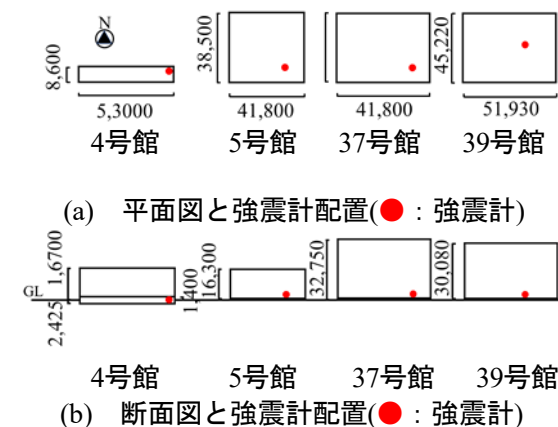


図2 対象建物の平面図、断面図と強震計配置

表1 構造概要

構造	構造形式	建築面積 (m ²)	階数	建設年	軒高 (m)	固有周期 (sec)	強震計位置 (地表面)	強震計位置 (基礎上)	使用強震計
4号館	RC造 NS: 耐震壁付ラーメン EW: ラーメン	1335	4階 地下1階	1962	16.7	NS 0.38 EW 0.36	GL-2.2m	B1F	SMAC-MD
5号館	RC造 NS: 純ラーメン EW: 耐震壁付ラーメン	1655.18	4階	2004	16.3	NS 0.21[0.20] EW 0.18[0.17]	GL+0.3m	1FL	SMAC-MDU
37号館	S造 純ラーメン	1815.17	8階	2003	32.75	NS 0.92[0.85] EW 0.95[0.91]	GL+0.3m	1FL	SMAC-MD SMAC-MDU K-NET95
39号館	S造 純ラーメン	2702.26	6階	2014	30.08	NS 0.94 EW 0.99	GL+0.2m	1FL	SU201

にFree-Fieldで観測された地震の中で地震規模が大きい5月6日の加速度波形を図3に示す。

小笠原諸島西方沖を震源とする地震は、マグニチュードM8.1、震源深さ682km、最大震度は5強で、震源距離が875kmである。地震の規模は大きい震源が深く距離も離れている。

茨城県南部を震源とする2つの地震は、マグニチュードM4.6、震源深さ50km弱、最大震度3と4で、震源距離は約70kmである。また、千葉県北西部を震源とした地震は、マグニチュードM5.0、震源深さ68km、最大震度4で震源距離が68kmである。これら3つの地震は、規模は大きくはないが比較的近距离で発生した地震である。

何れの地震も、本キャンパスのFree-Fieldの観測値より求めた震度相当値は震度2から3で、Free-Fieldの最大加速度は2020年5月6日に発生した地震のEW方向が20Galを上回ったものの、

表2 地震概要

震源日時	震央	M	震源深さ (km)	最大震度	計測震度相当値	震源距離 (km)
2015年5月30日 20時23分	小笠原諸島 西方沖	8.1	682	5強	2	875
2017年8月2日 7時15分	茨城県 南部	4.6	48	4	3	76
2017年8月3日 13時45分	茨城県 南部	4.6	46	3	2	72
2020年5月6日 1時57分	千葉県 北西部	5.0	68	4	3	68

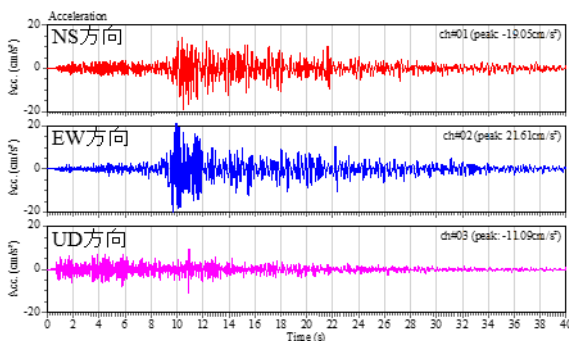


図3 2020年5月6日の加速度波形

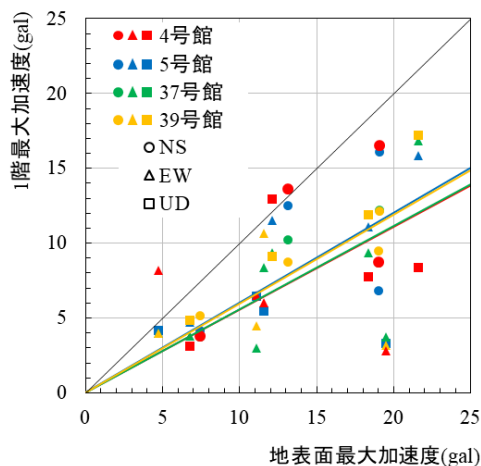


図4 1階最大加速度と地表面最大加速度

他の地震は20Galを下回る地震記録である。

4. 地表面と建物1階の比較

4.1. 最大加速度、最大速度による検討

地表面と各建物1階における相互作用を把握するため、最大加速度と最大速度を比較する。

図4に各建物1階と地表面の最大加速度の関係、図5に各建物1階と地表面の最大速度の関係を示す。○、△および□印は、それぞれNS、EWおよびUD方向の観測値である。図中に、各建物の回帰直線を、表3に回帰直線の傾きを示す。

図4、5より、最大加速度と最大速度は地表面の値に比べ建物1階が低減されている傾向であり、入力低減が認められる。

表3より、最大加速度の回帰直線の傾きは4号館と37号館が約0.55、5号館と39号館が約0.60となっている。また、最大速度の回帰直線の傾きは4号館が約1.0、5号館、37号館と39号館が約0.90となっている。最大速度に比べ、最大加速度の低減割合が大きくなっているが、最大加速度、最大速度共に低減していることが確認できる。

安井ら⁴⁾は、兵庫県南部地震において、強震地域の建物基礎上で同時観測された5棟と地表面で観測された観測記録を使用し検討していた。基礎応答の最大値は地表面に比べ、最大加速度が7割、最大速度が9割に低減されることを報告している。本研究の結果と比較すると、図4、5より各建物において最大加速度は約6割、最大速度は約9割に低減していることから、兵庫県南部地震のような大地震でなくても入力低減が認められることが明らかとなった。

表3 回帰直線の傾き (1階/地表面)

	4号館	5号館	37号館	39号館
最大加速度	0.554	0.601	0.558	0.595
最大速度	0.997	0.906	0.920	0.892

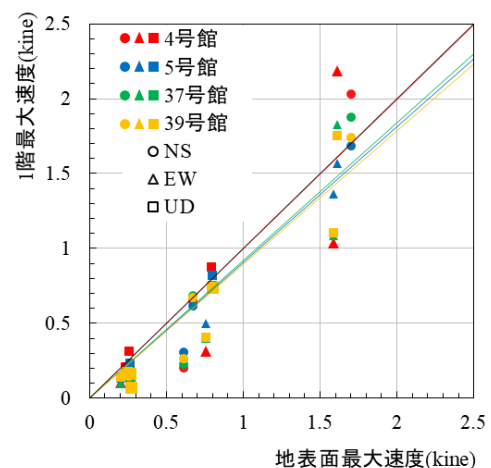


図5 1階最大速度と地表面最大速度

4.2. 周期における検討

図6に対象建物1階とFree-Fieldで観測された強震記録に基づくNS, EWおよびUD方向の等価粘性減衰定数 $h=5\%$ とした加速度応答スペクトルを示す。図中のNS, EW方向には表1に示した各建物の1次固有周期も示している。なお、対象とした地震は2020年5月6日とした(表2参照)。また、図中の実線はFree-Field, 破線は各建物の加速度応答スペクトルを示している。

● Free-Field

図6より、Free-Fieldで観測された地震動はNS, EW方向共に約0.2秒近傍、UD方向は約0.1秒近傍でスペクトルのピークが確認できる。

● 4号館

図6(a)より、4号館のNS, EW方向は約0.3秒近傍より短周期で各建物1階がFree-Fieldより入力低減していることが確認できる。また、NS, EW方向は1次固有周期近傍から短周期でスペクトルが減少している。一方、UD方向はFree-Fieldより増加していることが確認できる。

● 5号館

図6(b)より、5号館のNS, EW方向は約0.3秒近

傍より短周期で各建物1階がFree-Fieldより入力が低減していることが確認できる。また、NS, EW方向は1次固有周期近傍から短周期でスペクトルが減少している。一方、UD方向はFree-Fieldより増加していることが確認できる。

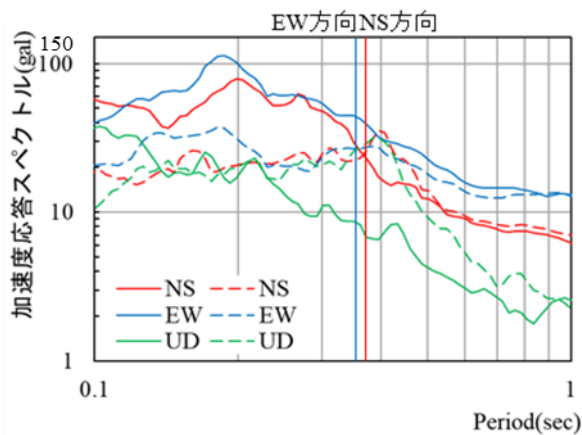
● 37号館

図6(c)より、37号館のNS, EW方向とUD方向は全体的に各建物1階がFree-Fieldより入力が低減していることが確認できる。また、NS, EW方向は1次固有周期が1秒に近いため、加速度の値も小さいが、その低減割合も僅かである。

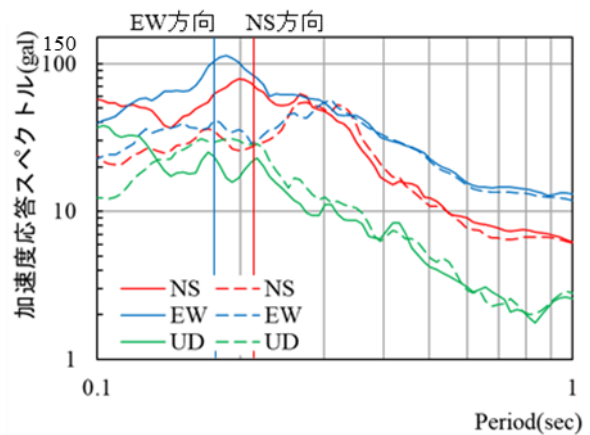
● 39号館

図6(d)より、39号館のNS, EW方向とUD方向は全体的に各建物1階がFree-Fieldより入力が低減していることが確認できる。また、NS, EW方向は1次固有周期が1秒に近いため、加速度の値も小さいが、その低減割合も僅かである。

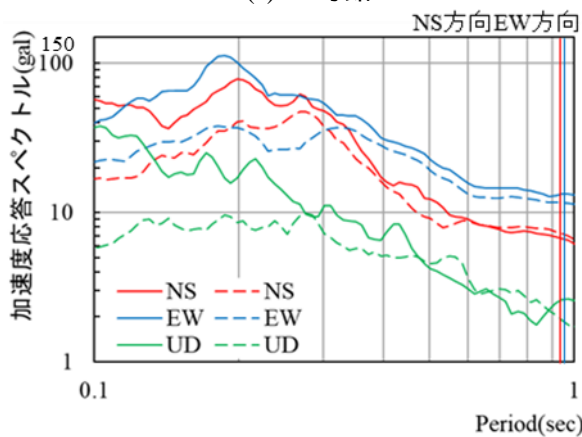
このことにより、各建物は地表面に比べ短周期で加速度応答スペクトルが低減している。また、4号館と5号館は1次固有周期近傍から短周期でスペクトルが減少している。一方、37号館と39号館は1次固有周期が1秒に近いため、加速度の値も小さいが、その低減割合も僅かであった。



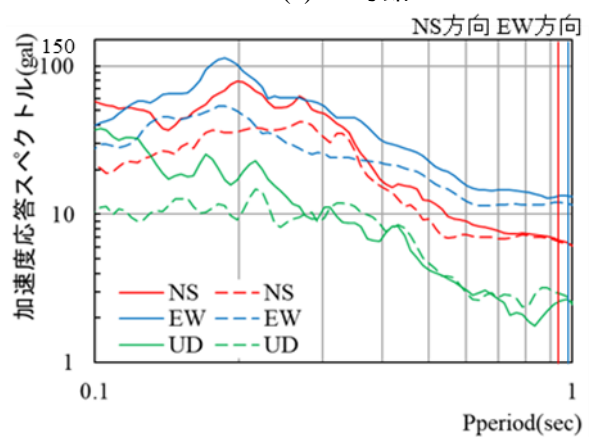
(a) 4号館



(b) 5号館



(c) 37号館



(d) 39号館

図6 2020年5月6日の加速度応答スペクトル

4.3. 振動数による検討

振動数領域による建物4棟を検討するため、自由地盤に対する建物1階のフーリエスペクトル比(1F/Free)をNS, EW およびUD方向を図7に示す。フーリエスペクトルは2020年5月6日の強震記録をフーリエ変換し求めた。なお、スペクトルの平滑化にはバンド幅0.2HzのParzen Windowを使用した。

図7より、NS, EW方向では、全ての建物で約3Hz近傍より低振動数と約6Hz近傍から約7Hz近傍で1を上回っているが、約4Hz近傍から約6Hz近傍の間で1を下回っている。一方、UD方向は4号館と5号館は全体的にスペクトル比が1を上回っているが、37号と39号館は1を下回っている。

5. まとめ

キャンパス内の建物4棟について、建物の地震入力を検討した。得られた知見を以下に示す。

- 建物1階の最大加速度と最大速度は地表面の値に比べ低下する傾向が認められ、速度より加速度の低減割合が大きい。
- 1次固有周期が長いS造の2棟では、加速

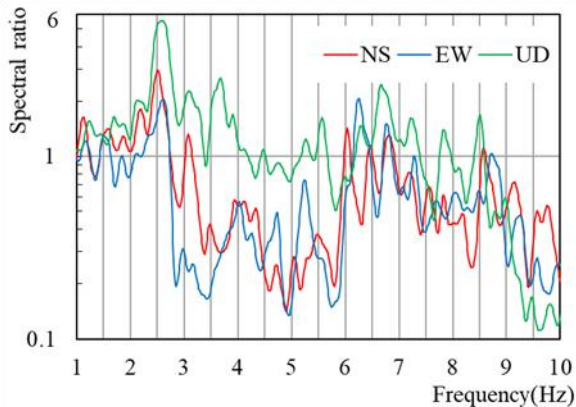
度応答スペクトルの低減が僅かであるが、1次固有周期が短いRC造の2棟では、1次固有周期より短周期で加速度応答スペクトルの低減が認められる。

- 自由地盤に対する建物1階のフーリエスペクトル比では、S造の2棟は全体的に3方向で1を下回り、RC造の2棟は全体的に3方向で1を上回っている。

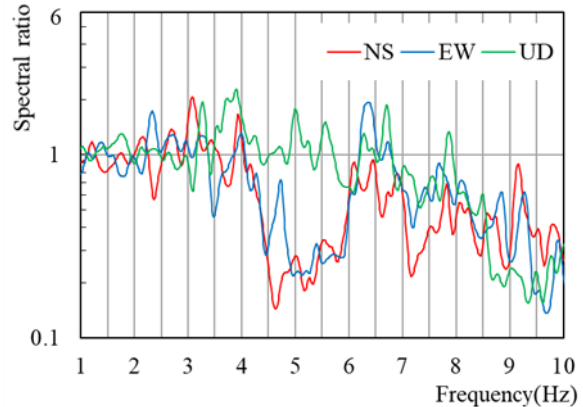
今後は、地震動を増やし、建物の上部構造の応答を検討する予定である。

参考文献

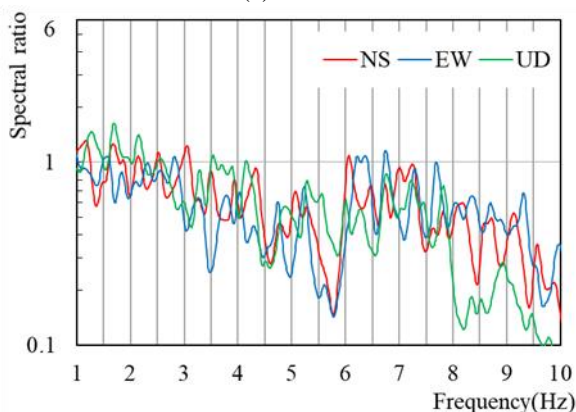
- 1) 気象庁ホームページ 知識・解説：
<https://www.jma.go.jp/jma/kishou/known/faq/faq7.html>
- 2) 中島拓哉, 藤本利昭, 伊藤洵: 日本大学生産工学部における強震観測—その7 津田沼キャンパス4,5,37,39号館における地震入力に関する研究—, 日本大学生産工学部 第52回(令和元年度)学術講演会講演概要, pp.25-28, 2019.12
- 3) 気象庁ホームページ 各種データ：
<https://www.data.jma.go.jp/svd/eqdb/data/shindo/index.php>
- 4) 安井譲ほか: 1995年兵庫県南部地震における基礎有効入力動に関する考察, 日本建築学会論文集 第512号, pp.111-118, 1998.10



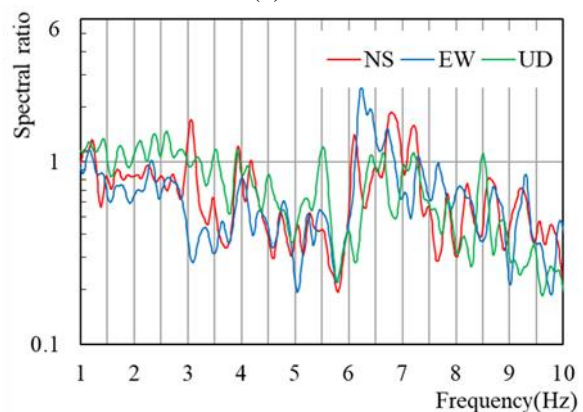
(a) 4号館



(b) 5号館



(c) 37号館



(d) 39号館

図7 2020年5月6日のフーリエスペクトル比