日本大学生産工学部における強震観測

ーその3 39号館における観測の概要-

日大生産工	○藤本 利昭	日大生産工	師橋	憲貴
日大生産工	下村 修一	日大生産工(院)	高畠	秩

1 まえがき

日本大学生産工学部津田沼キャンパスでは, 工藤らによって2007年にキャンパス内の建物 (5号館,37号館)および自由地盤上に強震計 が設置され,強震観測が開始された¹⁾。2013年9 月には4号館への強震計の新設と37号館の強震 計の再整備を行い,また37号館では,来校者や 在学生への防災意識の向上などを目的として, 強震観測結果を地震発生直後に学内で表示す るシステムも導入され,継続的に観測が行われ ている²⁾。

本年8月,防災活動の一環として,新たに39 号館(日本大学生産工学部60周年記念棟)に強 震計が設置されることとなった。本報告は,新 たに設置された強震観測システムの概要と観 測事例,ならびに39号館の振動特性について報 告する。

2 強震観測システム概要

2.1 設置建物および観測概要

写真1に39号館の外観写真を、図1にキャンパ ス内の強震計配置図を示す。39号館は、生産工 学部創立60周年を記念して、2012年3月に竣工 した新しい建物である。キャンパス内の西側に 位置し、地上6階建ての建物高さH=30.90m(軒



写真1 39 号館外観

高30.08m)の建物で、上部構造は鉄骨造(S造) の純ラーメン構造であり、建物の平面形状は、 南北約47m×東西約53mの長方形の比較的整形 な建物で、立面形状は6階西側がセットバック した形状となっている。



図1 津田沼キャンパス強震計配置図

Strong-motion Observation of College of Industrial Technology, Nihon University - Part 3 Outline of Observation of No. 39 building -

Toshiaki FUJIMOTO, Noritaka MOROHASHI, Shuichi SHIMOMURA and Satoshi TAKABATAKE

強震計(センサー)は、建物内の地上1階, 3階および6階の3箇所に設置し、建物の高さ方 向の振動モード形が観測できるように計画し た。

2.2 地震計概要

表1に設置した地震計の仕様を示す。採用した地震計はA/Dコンバータを内蔵したセンサー部と記録部で構成され,建物各部に設置した全てのセンサー部を1台の記録部に接続している。また各センサーの計測データの時刻同期はネットワークを介してNTPサーバにより行っている。観測記録は建物内で収録装置に記録され,ネットワーク回線を通じて,リアルタイムで遠隔操作によりデータを回収できるシステムとなっている。

センサー部					
セン	サー	静電容量式加速度センサー			
周波数	範囲	0.1~50Hz			
チャン	ネル数	3 チャンネル (水平 2 成分、鉛直 1 成分)			
A/D コン	バータ	24 ビット A/D コンバータ			
測定レ	ハンジ	±1.5G			
測定イン	ターバル	10msec			
分解	能	0.01 Gal(水平/鉛直)			
动作理培	温度	-10~+50°C			
到1F 現 児	湿度	20~80%Rh			
記録部					
トリガレベル		0~980gal, 1gal 単位			
プリトリガ時間		1~99 秒			
ポストトリガ時間		1~99 秒			
データ記録容量		標準 512Mbyte			

表1 地震計の仕様一覧

3. 観測結果

3.1 観測地震概要

本年8月末に本観測システムの運用を開始し, 約1か月間に習志野市で震度1以上を観測した 地震が5回発生している。39号館においてもそ れら全ての地震記録が観測された。観測した地 震の一覧を表2に示す。

最も大きな震度を観測したのが, No.4の2014 年9月16日(火)12時28分頃,茨城県南部を震 源地としたマグニチュードM5.6の地震である。 この地震の最大震度は5弱で,習志野市の震度は3であった。39号館1階における観測結果から求めた震度相当値も3(計測震度2.6)であった。

3.2 39号館の振動特性

(a) 各階における震度相当値の違い

表2に示した地震における39号館1階,3 階および6階での計測震度相当値の観測結果 を図2に示す。いずれの地震においても,1 階に比べ,3階および6階での計測震度相当 値が大きな値を示しており,同じ建物でも階 によって地震時の揺れ方が異なることがわか る。但し39号館では,3階と6階での計測震 度相当値の差異は僅かである。



(b) 固有振動数(固有周期)

最も大きな震度を観測した 2014 年 9 月 16 日 (火)の No.4 の観測記録に基づき, 39 号 館の振動特性について検討を行った。表 3 に 39 号館各階の観測値を示す。この地震におけ る 39 号館の最大加速度は 6F で 35.2gal, 3F で 34.7gal, 1F で 20.4gal であった。

観測記録をフーリエ解析し,基礎固定に相当する 1F と各階のスペクトル比(システム

番号	地震の発生日時	震央地名	緯度	経度	深さ	М	最大震度	習志野市震度
1	2014/08/24 17:26	埼玉県南部	36° 03.2' N	139° 47.6′ E	77km	M4.3	4	2
2	2014/08/26 11:22	茨城県南部	36° 24.3' N	$140^{\circ} 09.0' E$	108km	M4.2	3	1
3	2014/09/02 16:32	茨城県南部	36° 08.1' N	$140^{\circ} \ 00.7' \ E$	49km	M3.9	3	1
4	2014/09/16 12:28	茨城県南部	$36^\circ \ 05.6' \ N$	139° 51.8′ E	47km	M5.6	5 弱	3
5	2014/09/24 22:30	福島県沖	37° $32.1'$ N	141° 23.5′ E	51km	M5.1	4	1

表2 観測地震の一覧(2014年9月末現在)

関数)を求めた結果を図3に示す。なおスペクトルは全て Hanning ウインドウでスムージングを掛けている。図3から推定した1次~3次の固有周期(固有振動数)を表4に示す。

NS (短辺) 方向では, 0.908 秒, 0.304 秒, 0.187 秒にピークが見られ, それぞれ1次, 2 次, 3 次固有周期と推定される。また 0.764 秒に小さなピークがあるが, これは捩じれモ ードの周期と考えられる。EW (長辺) 方向 では, 0.947 秒, 0.325 秒, 0.192 秒にピークが 見られ,同様に1次, 2次, 3 次固有周期と推 定される。これら水平方向の固有周期は, NS 方向, EW 方向ともほぼ同様な値であり,既 報 (その1)²⁾で報告したS造8階建ての37 号館の固有周期 (NS 方向1次 0.975 秒, 2次 0.313 秒, 3 次 0.181 秒, EW 方向 1 次 0.987 秒, 2次 0.328 秒, 3 次 0.181 秒) とも近い値 であった。

一方鉛直方向の1次固有周期は0.151秒で あり,水平方向に比べ約1/6となっている。

建物を1質点系に置き換えた場合,建物の 固有周期は式(1)で表わされる。

$$T_h = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k_h}}$$
, $T_v = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k_v}}$ (1)

ここで, Th, T;それぞれ建物の水平方向, 鉛直方向の固有周期, m:建物質量, kh, kv: それぞれ建物の水平方向,鉛直方向の剛性で ある。建物質量が等しいとすれば,建物の鉛 直剛性と水平剛性の比は式(2)で表わされる。

$\frac{k_v}{L_h}$	² (2)
$k_h \left(T_v \right)$	

表3	39号館の観測値(2014/09/16)
10	

				/
	最大法	計測震度		
	NS(短辺)	EW(長辺)	UD(鉛直)	相当値
6F	24.0	24.0	35.2	3.4
3F	28.8	27.1	34.7	3.4
1F	20.4	14.4	8.5	2.6

表4	39号館の固有周期-	-覧
_		

方向	1次	2次	3次
NIC	0.908 秒	0.304 秒	0.187 秒
113	(1.10Hz)	(3.29Hz)	(5.34Hz)
	0.947 秒	0.325 秒	0.192 秒
	(1.06Hz)	(3.07Hz)	(5.20Hz)
	0.151 秒	0.074 秒	_
00	(6.63Hz)	(13.5Hz)	

()の数値は固有振動数

この関係から,39号館の鉛直剛性は水平剛 性の36.2~39.3 倍であり,建物の鉛直剛性は 水平剛性に比してかなり高いことがわかる。

(c) 既存建物の実測データとの比較

図4に39号館の1次固有周期と建物高さH



との関係を既存の建物の実測データ³⁾にプロ ットして示す。図中には耐震設計に用いられ る建物高さと固有周期との関係式T=0.03Hの 線も記入しているが、39号館はほぼT=0.03H の線と一致している。既存建物の実測データ と比較すると、若干固有周期は長めであり、 柔らかい建物であると言える。

同様に図5に1次固有周期と建物階数Nと の関係を示す。同図からも既存建物の実測デ ータと比較して固有周期は長い建物と言える。



(d) 振動形の検討

図6に1次固有周期と2次,3次固有周期 との関係を示す。図中には、連続体のせん断 棒⁴⁾の1次固有周期T₁と2次T₂,3次T₃固有 周期の関係を表すT₂=(1/3)T₁,T₃=(1/5)T₁の線 も示しているが、39号館はほぼそれらの線と 一致している。このことから39号館はせん断 型の振動モード系の建物であることがわかる。





4. まとめ

2014年8月に新しく設置した39号館の強震観 測システムの概要と観測事例について報告し た。今後は、本システムにより得られるデータ を活用して、キャンパス全体の建物の地震時挙 動について検討する予定である。

「謝辞」

本報告で用いた一般建物の実測データは,日 本建築学会構造委員会荷重運営委員会建築 物の減衰機構とその性能評価小委員会各種建 築物の実測データベースによる減衰評価WG によりまとめられた資料を使用させていただ きました。関係各位に謝意を表します。

「参考文献」

- 師橋憲貴, 浪花翔馬, 高橋和丈, 櫻田智之, 工藤一嘉: 強震観測から理解された日本大 学生産工学部津田沼キャンパス学館の地 震時振動性状 -2011年東北地方太平洋沖 地震時の非線形挙動に着目して-, 日本大 学生産工学部研究報告A第47巻第1号, pp.25-37, 2014年6月
- 2) 高畠秩,藤本利昭,師橋憲貴,下村修一, 桜田智之,工藤一嘉:日本大学生産工学部 における強震観測 -その1 観測システ ムの概要-,第46回(平成25年度)日本大 学生産工学部学術講演会建築部会講演概 要,pp.863-866,2013.12
 - 3)日本建築学会構造委員会荷重運営委員会建築物の減衰機構とその性能評価小委員会:建築物の減衰機構とその性能評価に関するシンポジウム,2013.3
 - 4)日本建築構造技術者協会:耐震構造設計 ハンドブック、オーム社、2008.10