

継続的な地震観測から得た仙台大専専攻科棟の固有周期変化

仙台大専高等専門学校専攻科学生 大橋大樹
 仙台大専高等専門学校 藤田智己
 仙台大専高等専門学校 飯藤将之

1. はじめに

仙台大専名取キャンパスでは、東北地方太平洋沖地震の発生当日から地域住民の避難場所として使用され、その後続く余震活動に対する耐震性確保の重要性と、保有する耐震性を確認する必要性を改めて考えさせられた。本校では、2005年より仙台大専専攻科棟の1階と4階において継続的に地震観測を続けてきており、東北地方太平洋沖地震の地震記録についても集録に成功している。本報では、本校で観測できた東北地方太平洋沖地震の記録を紹介するとともに、過去の観測記録および余震記録を包括して、東北地方太平洋沖地震前後における建物の振動特性の変化について検討を行う。

2. 仙台大専専攻科棟の概要と被害

対象建物である仙台大専専攻科棟の南側立面を写真1に、1階、3階平面図を図1に示す。本建物は1999年に竣工した鉄筋コンクリート造地上4階建の直接基礎の建物で、隣接する高学年校舎(2001年竣工の鉄筋コンクリート造4階建)とエキスパンションジョイントを介して渡り廊下で結ばれている。規模はEW方向が6.5mの3スパンで19.5m、NS方向は1・2階が20.3m、3・4階が14.8m、GLからR階梁天端までの高さは16.2mとなっている。

東北地方太平洋沖地震による専攻科棟の被害は、構造躯体では見られなく、外壁のタイルが1部浮いた程度である。2階廊下では内壁に貼った大理石が一部剥落し、3階と4階の研究室では金物固定していた書架が南向きに転落し、パソコンの本体とモニターがほとんど卓上から落ちた。高



写真1 専攻科棟全景

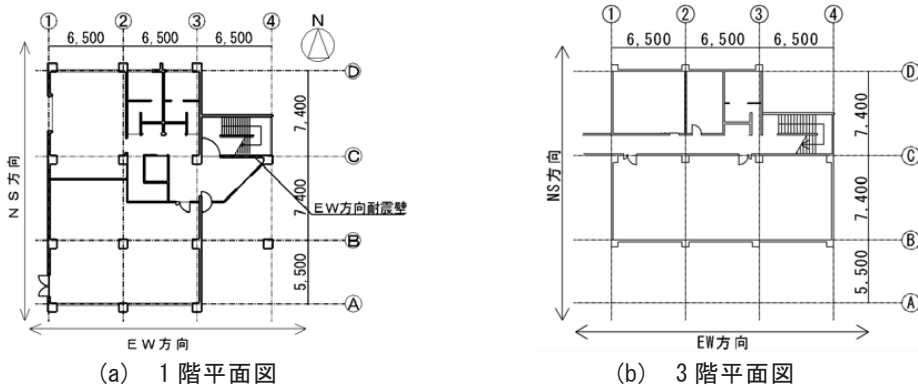


図1 専攻科棟平面図

学年棟と専攻科棟を結ぶ渡り廊下のエキスパンションジョイントに隙間が 7cm 程度生じ、繰り返す余震で徐々に 12 cm まで開き、仕上げ枠もはずれた。

3. 地震観測記録

地震観測は、2005 年から専攻科棟 1 階と 4 階に小型強震計 QDR を設置して行ってきた^[1]。これまでに観測された地震記録を図 2 に、代表地震波の最大加速度を表 1 に示す。また、図 3 に東北地方太平洋沖地震の加速度記録を、図 4 に表 1 に示す観測記録の速度応答スペクトル ($h=0.05$) を示す。図 4 には、第二種地盤を仮定した限界耐力計算の損傷限界と安全限界のスペクトルと荷重指針の 50kine 地震動のスペクトルも示している。

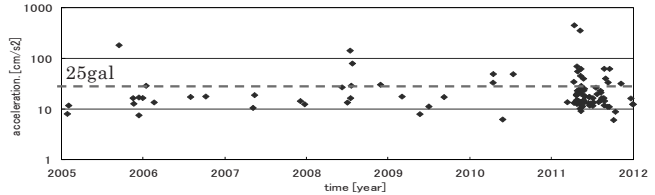
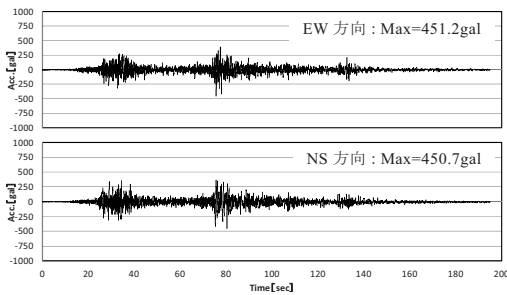


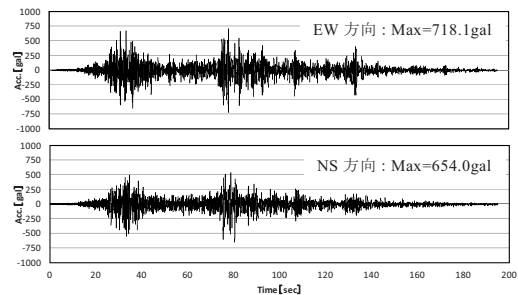
図 2 専攻科棟での観測記録

表 1 代表地震波の最大加速度 [gal]

発生日時	1 階		4 階	
	EW	NS	EW	NS
2005/8/16 宮城県沖地震	146.6	-182.3	271.0	328.0
2008/6/14 岩手宮城内陸地震	-142.9	-112.8	258.4	-183.0
2011/3/11 東北地方太平洋沖地震	-451.2	-450.7	-718.1	-653.5
2011/4/7 最大余震	-355.4	-330.5	-787.2	-608.3

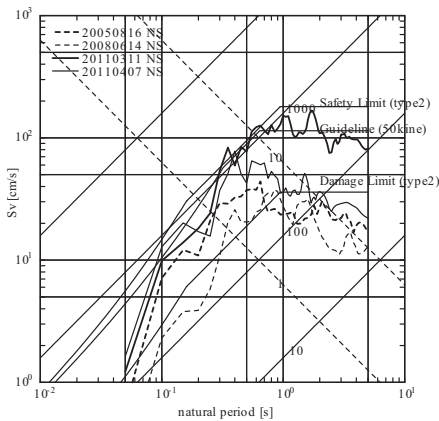


(a) 専攻科棟 1 階

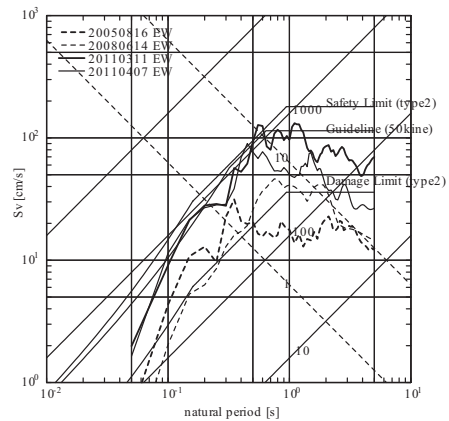


(b) 専攻科棟 4 階

図 3 東北地方太平洋沖地震の加速度記録



(a) EW 方向



(b) NS 方向

図 4 速度応答スペクトル ($h=0.05$)

表 1 と図 3 から東北地方太平洋沖地震は、過去に観測された地震波と比べ約 3 倍の加速度となっており、計測時間も約 180sec と長いことがわかる。また、速度応答スペクトルから 3 月 11 日の地震では EW、NS 方向ともに固有周期 0.3 秒から 2 秒にかけて 50kine 地震動を超える領域があり、固有周期 0.3 秒から 0.7 秒にかけて安全限界を超えていることが確認できる。4 月 7 日の地震は、固有周期 0.5 秒までの短周期領域では、3 月 11 日の地震とほぼ同じレベルであるが、固有周期が 0.5 秒以上になると速度応答が低下する。二つの地震ともに、全周期帯で 2005 年と 2008 年の地震の応答を上回っており、2005 年、2008 年の地震では建物への被害を免れた一方、3 月 11 日の地震では被害を回避できなかったことと対応する。

4. 専攻科棟の固有周期変化

観測記録から専攻棟の 1F と 4F のフーリエスペクトルを算出し、その比から 1 次の卓越周期を読み取った。フーリエスペクトルでは平滑化のため、0.3Hz の Parzen Window を使用した。対象とする地震記録は、表 1 に示す代表的な地震および図 2 に示す観測記録の 25gal 以上を記録した地震の計 17 波とした。代表的な地震波のフーリエスペクトルを図 5 に示す。また、2005 年からの固有周期の推移を図 6 に示す。東北地方太平洋沖地震前の記録地震動より得られた固有周期は、ほぼ一定であり EW 方向で約 0.25 秒、NS 方向で約 0.21 秒となっている。その間には専攻科棟 1 階で約 150gal を観測した岩手宮城内陸地震を経験しているが、その地震前後の観測記録における固有周期の変化が無いことから、弾性範囲の応答に留まっており、構造的被害を受けていなかったと言える。しかし、東北地方太平洋沖地震後には EW 方向で 0.34 秒、NS 方向で 0.25 秒に固有周期が伸びており、耐震壁が多く入る NS 方向では周期の伸び率が小さく、純ラーメン構造に近い EW 方向では周期の伸び率が大きい。

図 5 において、東北地方太平洋沖地震前より NS、EW 方向ともスペクトルの最大ピーク付近にいくつかのピークが見られ、ねじれ振動の影響と考えられる。このねじれ振動に関しては、以前、専攻科棟の常時微動測定^[2]を行った際にも確認されており、震災後、特に EW 方向で、ねじれ振動が顕著に表われるようになった傾向が見られ、偏心率の上昇が懸念される。

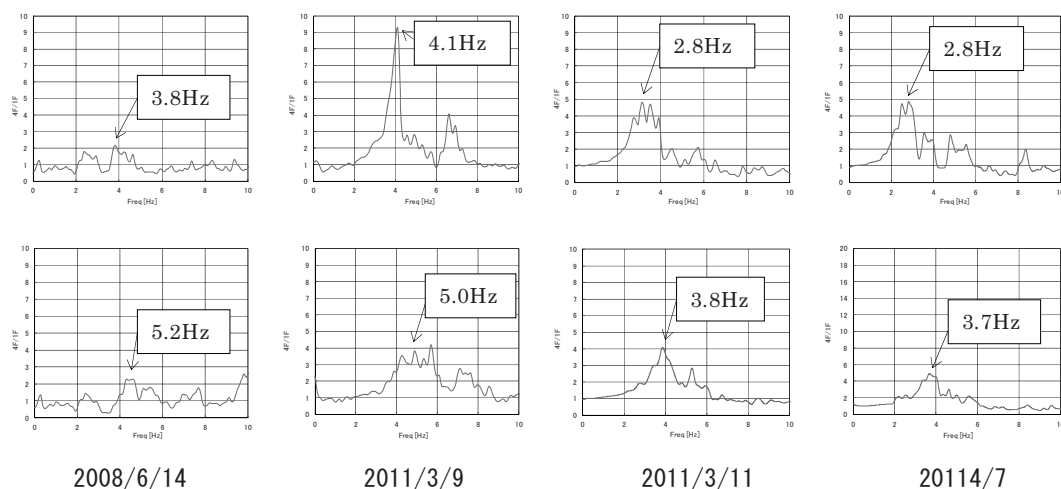


図 5 代表地震波のフーリエスペクトル（上段：EW 方向，下段：NS 方向）

固有周期と地震動強さとの関係を図 7、図 8 に示す。(a) の横軸は PGA、(b) の横軸は PGA × PGV である。なお、PGV は加速度記録を積分し求めている。東北地方太平洋沖地震を境に NS、EW 方向とも固有周期の伸びが確認でき、450gal を超える大地震に対しては、剛性低下が免れないことがわかった。周期を剛性に換算すると EW 方向で約 50%、NS 方向で約 30% の剛性低下に相当する。この剛性低下は目視による被害調査と照らし合わせると、非構造部材の被害に起因していると考えられるが、目視で確認出来なかった部位に損傷を受けている可能性も考えられる。今回の観測記録の範囲において、地震動強さを PGA と PGV の積として考えた場合、 $2 \times 10^3 \text{gal} \cdot \text{kine}$ まで弾性範囲に留まっており、データ数は少ないが最大余震が記録した $10^4 \text{gal} \cdot \text{kine}$ 程度から弾性範囲を超えて被害が表われるものと予想される。

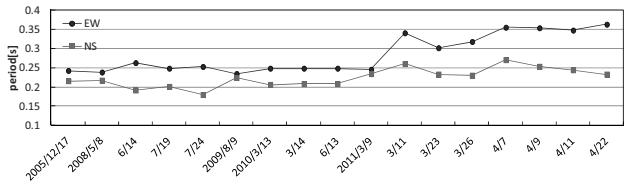
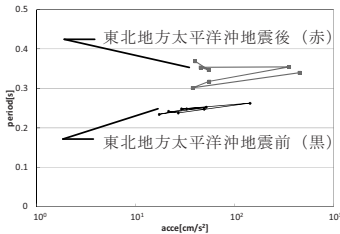
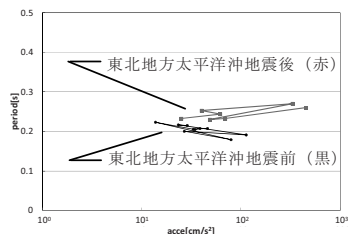


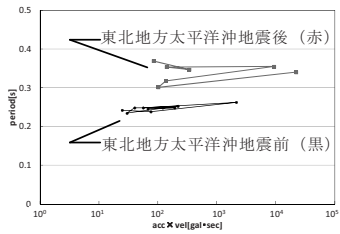
図 6 時間経過による固有周期の推移



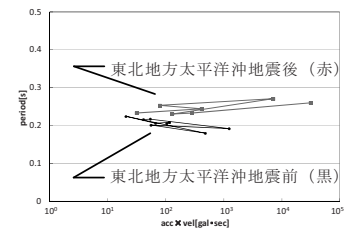
(a) PGA に対する表示



(a) PGA に対する表示



(b) PGA × PGV に対する表示



(b) PGA × PGV に対する表示

図 7 地震動強さと固有周期の関係 (EW 方向) 図 8 地震動強さと固有周期の関係 (NS 方向)

5. まとめ

継続的な地震観測のデータを用いて、本校専攻科棟の固有周期の変動について検討した。東北地方太平洋沖地震前後における固有周期の変化が確認でき、建物の被害状況と整合することを確認した。地震後における観測記録を用いた建物の保有耐力の検討は、簡易的に剛性評価を行い、詳細調査を行う判断材料として有効と考えられる。今後、データ数を増やし、地震動強さと被害対応との検討を更に進めていきたい。

参考文献

[1]飯藤将之、渋谷純一、宮城高専の強震記録と 1978 年宮城県沖地震の記録との比較、宮城高等専門学校研究紀要, vol.43, pp.9-14, 2007.3
 [2]高橋直生、飯藤将之、宮城高専専攻科棟の地震前後での微動実測、宮城高等専門学校研究紀要, vol.45, pp.251-254, 2009.3