

論文 / 著書情報
Article / Book Information

論題(和文)	絶対加速度および絶対速度最大値から推定される建物固有周期の変化と損傷程度の関係
Title(English)	Relationship between the change in the natural period of the building estimated from the maximum values of absolute acceleration and absolute velocity and the extent of damage
著者(和文)	久田翔俊, 佐藤大樹, Alex Shegay
Authors(English)	Takatoshi Hisada, Daiki Sato, Alex Shegay
出典(和文)	日本建築学会大会学術講演梗概集, , , pp. 179-180
Citation(English)	, , , pp. 179-180
発行日 / Pub. date	2023, 9
権利情報	一般社団法人 日本建築学会

絶対加速度および絶対速度最大値から推定される建物固有周期の変化と損傷程度の関係

正会員 ○久田翔俊 1*
同 佐藤大樹 1*
同 Alex Shegay 1*

RC 造建物 地震応答解析 伝達関数
損傷評価

1 はじめに

建物の健全性を判断する方法として、現在は被災建築物応急危険度判定や構造ヘルスマニタリングシステムなどが挙げられる。しかし、それらの方法では、多くの時間や労力、費用を要する。地震発生後に建物の健全性および使用の可否を早期に判断する際、センサーの内部での演算に使用されるメモリの消費量が小さく、安価なセンサーを用いることが必要である。

本報では、絶対加速度および絶対速度の最大値のみが得られるセンサーが建物の各層に設置されている場合を想定し、絶対加速度と絶対速度の最大値から推定される建物の固有周期の変化と建物の損傷の程度について分析する。

2 地震応答解析

2.1 建物モデル概要

建物モデルは、共同住宅を想定した地上5階、高さ14.3 mの5層と地上14階、高さ43.7 mの14層のRC造建物¹⁾(以降、それぞれ5Model, 14Model)とする。図1に5Modelの立面図および基準階平面図を示す。14Modelは5Modelと同じ平面図を有する。

柱はファイバーモデル、梁は材端剛塑性ばねモデル、耐震壁は間柱部分にファイバーモデルとしてモデル化した²⁾。解析対象はX方向とし、5Modelと14Modelの1次固有周期はそれぞれ0.46秒、0.85秒である。構造減衰は減衰定数 $\zeta=0.02$ の瞬間剛性比例型とする。

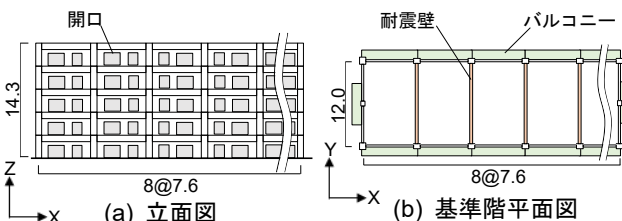


図1 5Model概要(単位:m)

図2に5Modelと14ModelのX方向とY方向の静的増分解析による層せん断力 Q と層間変形角 R の関係を示す。荷重は A_i 分布を用いた。図中に、各層のいずれかの部材にひび割れが発生した点(●)と各層のいずれかの部材に曲げ降伏が発生した点(●)を併せて示す。

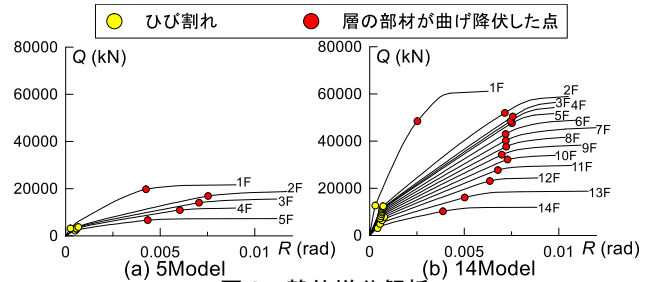


図2 静的増分解析

2.2 入力地震動概要

本報で対象とする入力地震動は、Hachinohe (1968) EW成分を位相特性とし、コーナー周期0.64 s以降で擬似速度応答スペクトル ${}_p S_V$ (減衰定数 $h=5\%$)が80 cm/sで一定となる告示波(以降、ART HACHI)とする。地震応答解析には、5ModelではART HACHIの0.1倍、0.5倍、1.0倍波、14Modelでは0.1倍、0.5倍、1.5倍波を用いる。図3にART HACHIの1.0倍波の $h=5\%$ の速度応答スペクトル S_V と $h=10\%$ のエネルギースペクトル V_E を示す。

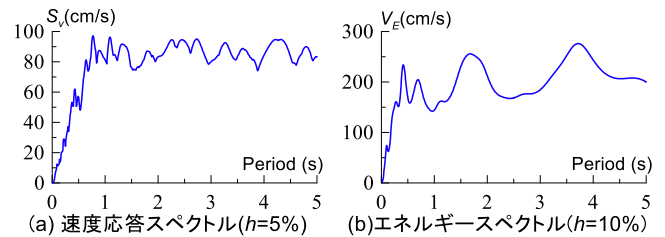


図3 入力地震動スペクトル(1.0倍)

2.3 解析結果

図4、図5にそれぞれ5ModelにART HACHIの0.1、0.5、1.0倍波を、14ModelにART HACHIの0.1、0.5、1.5倍波を入力したときの最大層間変形角 R と絶対加速度と絶対速度の最大値を用いて式(1)により求まる i 層における周期 T_{eqi} の高さ方向分布を示す。図4、5(a)に示す最大層間変形角の高さ方向分布には、図2に示す各層のいずれかの部材にひび割れおよび曲げ降伏が発生したときの層間変形角を併せて示す。

$$T_{eqi} = 2\pi \cdot PFV_i / PFA_i \quad (1)$$

ここで、 PFA_i 、 PFV_i はそれぞれ建物の i 層の応答波における最大絶対加速度および最大絶対速度である。

図4、5より、どちらのモデルでもART HACHIの0.1倍波を入力したときは多くの層で最初の部材にひび割れが発生した程度であり、0.5倍波を入力したときはすべての

Relationship between the change in the natural period of the building estimated from the maximum values of absolute acceleration and absolute velocity and the extent of damage.

HISADA Takatoshi, SATO Daiki, SHEGAY Alex

層でひび割れが発生しているが、降伏は発生しておらず、5Model では 1.0 倍波を入力したときおよび 14Model では 1.5 倍波を入力したときにすべての層で降伏が発生していることが分かる。また、図 4, 5 より、入力地震動の倍率が大きく、建物の応答および損傷が大きくなるほど、 T_{eq} が長くなる層が多いことが分かる。

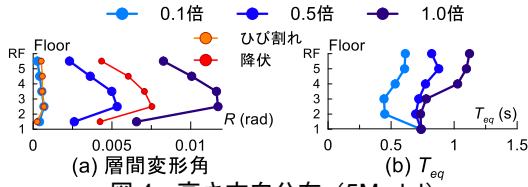


図 4 高さ方向分布 (5Model)

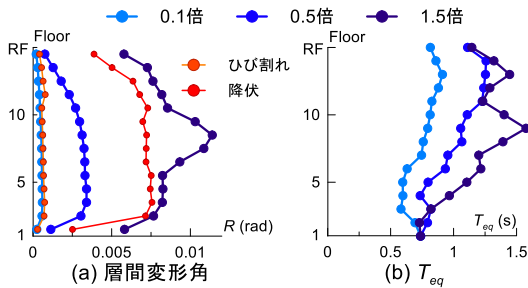


図 5 高さ方向分布 (14Model)

3 伝達関数の変化

図 6(a), (b)にそれぞれ 5Model と 14Model の最上階において入力地震動のフーリエ振幅 $F(\ddot{Z})$ に対する応答加速度波形のフーリエ振幅 $F(\ddot{X}_T)$ の比 (以降、伝達関数) を示す。図中には、各建物モデルの 1 次固有振動数 f_1 を示している。図 6 より、どちらのモデルでも ART HACHI の 0.1 倍波を入力したときは 1 次固有振動数で伝達関数が卓越していることが分かる。また、0.5 倍以上の地震動を入力したときは 1 次固有振動数以下で伝達関数が卓越しており、入力地震動の倍率が大きくなるほど、卓越する振動数および伝達関数のピークが小さくなることが分かる。

図 6 中の赤印のように、0.1 倍を入力したときは 1 次固有振動数付近、0.5 倍以上を入力したときは 1 次固有振動数以下で伝達関数が最大となったときの振動数の逆数を伝達関数から推定される周期を ${}_1T$ とする。図 7(a), (b)にそれぞれ 5Model の全階と 14Model の 2, 5, 8, 11 階および最上階における T_{eq} の変化と ${}_1T$ の変化の関係を示す。 λ_T は弾性時 (0.1 倍波入力時) の周期 T_e に対する塑性時の周期 T_p の比で表され (式(2))、塑性時の周期の変化を表す。

$$\lambda_T = T_p / T_e \quad (2)$$

T_{eq} による T_e および T_p から算出した λ_T を $\lambda_T(\text{予測})$ 、 ${}_1T$ による T_e および T_p から算出した λ_T を $\lambda_T(\text{FFT})$ と呼ぶ。図 7 より、5Model では全層で、14Model では応答が大きい 5 階や 8 階で $\lambda_T(\text{予測})$ が $\lambda_T(\text{FFT})$ を再現できていることが分かる。図 5(b)に示すように、14Model の 2 階では 0.5 倍波を入力したときの T_{eq} が 1.5 倍波を入力したときの T_{eq} よりも大きいので、図 7(b)に示す 14Model の 2 階では $\lambda_T(\text{予測})$ と $\lambda_T(\text{FFT})$ は相関がみられない。

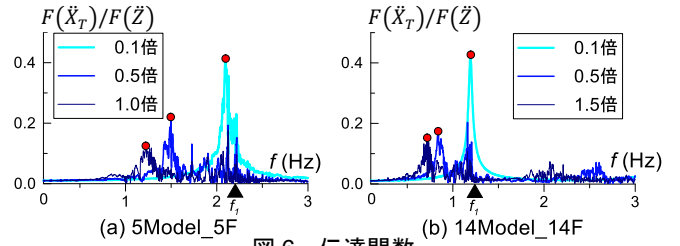


図 6 伝達関数

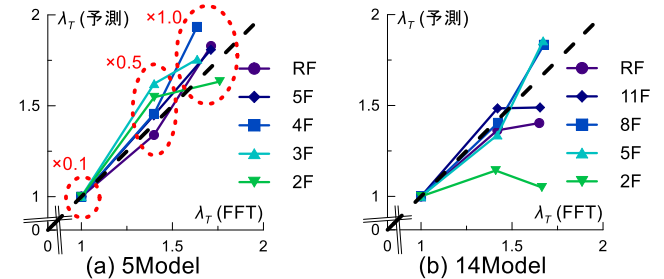


図 7 地震応答解析から得られる周期の比較

4 建物の固有周期の変化と建物の損傷の程度の関係

図 8(a), (b)にそれぞれ 5Model の全階と 14Model の 2, 5, 8, 11 階および最上階における $\lambda_T(\text{予測})$ と図 2 に示す各層のいずれかの部材に曲げ降伏が発生したときの層間変形角 R_y に対する R の比率の関係を示す。図 8(a)より、5Model の全階で ART HACHI の 0.5 倍波を入力し、ひび割れが発生しているとき、 $\lambda_T(\text{予測})$ は 1.5 前後となっていることが分かる。また、ART HACHI の 1.0 倍波を入力し、 $R/R_y = 1.5$ 程度するとき、 $\lambda_T(\text{予測})$ は 1.7~2.0 程度となっていることが分かる。図 8(b)より、14Model では応答が大きい 5 階や 8 階で 5Model と同様に、ひび割れが発生しているとき $\lambda_T(\text{予測})$ は 1.5 程度となっており、 $R/R_y = 1.5$ 程度するとき、 $\lambda_T(\text{予測})$ は 1.7~2.0 程度となっていることが分かる。

このように、小地震時に対する T_{eq} の増加の程度から、損傷の程度を推定することが可能であると考えられる。

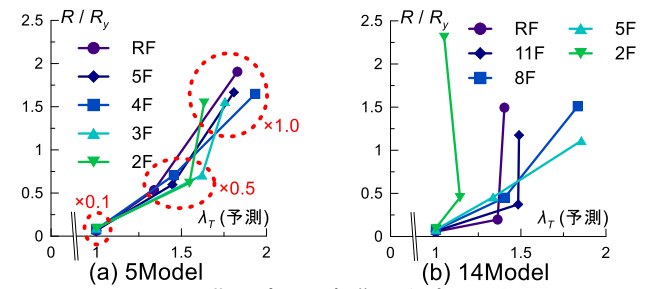


図 8 周期の変化と損傷の程度の関係

5 まとめ

本報では、最大絶対加速度と最大絶対速度から推定される建物の固有周期の変化と建物の損傷の程度について分析した。小地震時に対する最大絶対加速度と最大絶対速度から推定される各層の周期の増加の程度から、損傷の程度を推定することが可能であると考えられる。

参考文献

- 財団法人 日本建築防災協会『構造設計・部材断面事例集』, 2007
- 建築構造物の構造解析・振動解析プログラム RESP-D 利用者マニュアル (計算編)