

# 2011 年東北地方太平洋沖地震の強震記録における SRC 造建築物の振動特性の変化

国際地震工学センター 上席研究員 森田 高市、主任研究員 鹿嶋 俊英

## I はじめに

建築研究所では、建物の耐震安全性の向上に関する研究活動の一環として、全国 74 カ所に強震計を設置し、観測を行っており、東北地方太平洋沖地震では多くの貴重な記録が得られた<sup>1)2)</sup>。本報告では、東北地方太平洋沖地震とその前後に、SRC 造建築物で得られた強震記録を用いて、建物の固有振動数と剛性の評価を行い、さらに解析データとの比較を行い、建物の損傷程度の推定を行う。

## II 対象建物の概要

対象の建物は国土交通省国土技術政策総合研究所・都市防災センター<sup>3)</sup>であり、建物の概要を表 1 に示す。加速度計は近傍の地盤、地下 1 階、1 階、2 階、5 階、8 階に設置した。これらのうち、本検討では、地下 1 階、1 階、2 階、5 階、8 階の加速度計の記録を用いた。

表 1 建物の概要

建物名称	国土技術政策総合研究所都市防災センター
階数	8 階建て、ペントハウス 1 階
床面積	5050m <sup>2</sup>
高さ	30.9m
主体構造	SRC 造
基礎構造	直接基礎

## III 適用した同定手法

加速度記録の入出力データに対して ARX モデル<sup>4)</sup>によるパラメータ同定を適用し、固有振動数と刺激関数を求め、これから剛性行列を求める。剛性行列は以下の式により求めた。

$$[K] = \text{PINV}([\Phi]^T)[\Lambda]\text{PINV}([\Phi]) \quad (1)$$

ただし、 $\text{PINV}[A]$ は一般化逆行列<sup>5)</sup>、 $[\Phi]$ は質量基準化モード形マトリックス $[\Phi]([\Phi]^T[M][\Phi]=I])$ 、 $[\Lambda]$ は円振動数の対角マトリックスである。

剛性行列に右側から各層の層間変位が 1 になるような変位

ベクトルをかけることにより層剛性を求める。

なお、本検討では地下 1 階、1 階、2 階、5 階、8 階の加速度計の記録を用いていることから、4 質点系のモデルを仮定して各物理値を同定している。

## IV 振動特性の同定結果

### ① 2011 年東北地方太平洋沖地震中の振動特性変化

2011 年東北地方太平洋沖地震で得られた強震記録を 30 秒ごとに 10 分割して、区間ごとに固有振動数と層剛性を求めた。同定結果を図 3 に示す。図 1 では、上から 1 次固有振動数、層剛性、入力地震動を示している。固有振動数と剛性は 200 秒くらいまで小さくなり、その後若干回復する傾向が見られる。固有振動数は地震の最中に初期値に比べて 40%程度低下している。

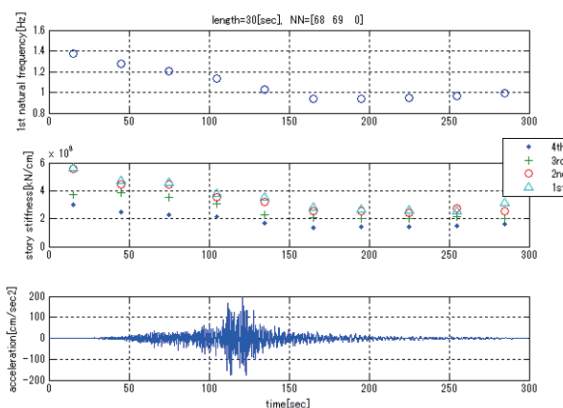


図 1 本震における振動数・剛性の変化

### ② 2011 年東北地方太平洋沖地震前後の振動特性変化

本建物においては、建物竣工直後の 1998 年 6 月より継続的に強震観測を行っており、東北地方太平洋沖地震本震を含め多くの記録が得られている。これらの記録のうち比較的加速度の大きな記録を選び、システム同定を行い、建物における固有振動数と剛性の時系列変化を、図 2 と図 3 に示した。竣工直後より固有振動数と剛性は低下する傾向が見られるが、2005 年付近より 2011 年東北地方太平洋沖地震の直前までお

おむね一定になっている。固有振動数と剛性ともに、東北地方太平洋沖地震本震を境に大きく低下しており、地震後はほぼ一定になっている。

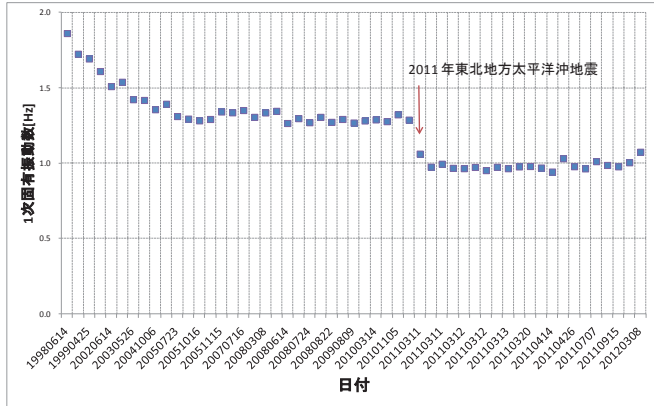


図2 東北地方太平洋沖地震前後の固有振動数の変化

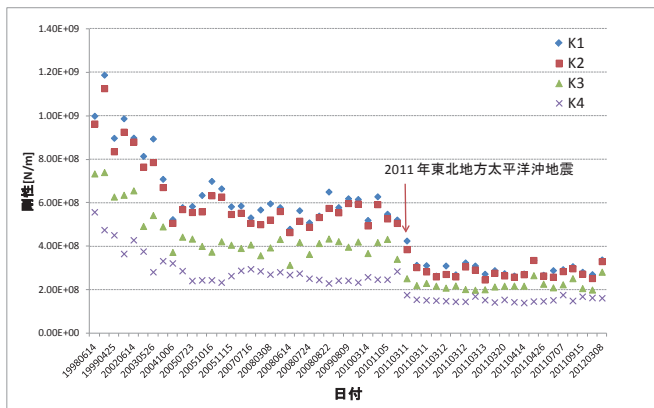


図3 東北地方太平洋沖地震前後の剛性の変化

## V 建築物の設計データに基づく解析モデルとの対応

外力分布を  $A_i$  分布と仮定して、対象建築物の静的荷重増分解析を実施した。図4に層間変位-層せん断力図を示す。図4より、5階床から8階床に相当する層間変位-層せん断力の関係を算出し、図5に観測された地震前後の剛性との比較を行った。地震前後の剛性は地震前、地震後のそれぞれの5波の平均値をとった。図5を見ると、鉄筋の降伏には至っていないと考えられるが、ひび割れ等の損傷が生じていると考えられる。地震後の実際の建物においては、雑壁や耐震壁等に多くのひび割れ等が確認されている。

## VI まとめ

東北地方太平洋沖地震とその前後に、SRC 建物で得られた強震記録を用いて、システム同定により建物の振動特性の評

価を行い、以下の知見を得た。

- 1) 東北地方太平洋沖地震の最中に1次固有振動数と剛性は低下しており、固有振動数は40%程度低下していた。
- 2) 東北地方太平洋沖地震の前後で1次固有振動数と剛性はともに低下しており、固有振動数は地震前に比べて30%程度低下していた。
- 3) 2)の結果と静的荷重増分解析の結果を比較したところ、鉄筋の降伏には至っていないが、ひび割れ等の損傷が生じていると推測された。

## 参考文献

- 1) 国土交通省国土技術政策総合研究所，独立行政法人建築研究所：平成23年（2011年）東北地方太平洋沖地震調査研究（速報）（東日本大震災），2011.5
- 2) 鹿嶋俊英：2011年東北地方太平洋沖地震の建築研究所建物の強震記録，日本建築学会大会学術講演梗概集（関東），B-2分冊，pp.319-320，2011.8
- 3) 鹿嶋俊英，北川良和：強震記録に基づく進化戦略手法による建物の振動特性評価，日本建築学会構造系論文集，No.602，pp.145-152，2006.4
- 4) 足立修一：MATLABによる制御のためのシステム同定，東京電機大学出版社，1996
- 5) 柳井晴夫，竹内啓：射影行列・一般化逆行列・特異値分解，東京大学出版，1983

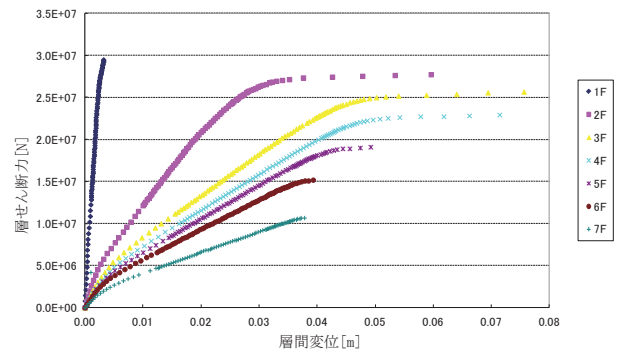


図4 各層の層間変位-層せん断力関係

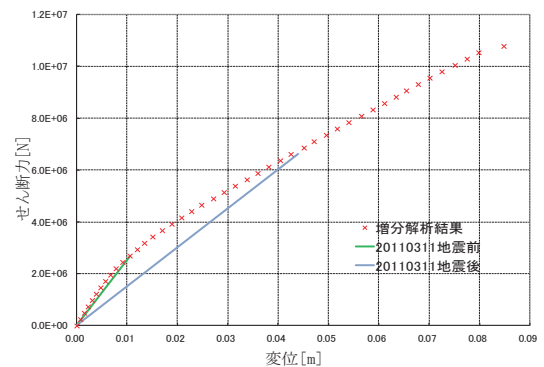


図5 解析値と地震前後の剛性の比較