

本震記録のみによる建物動特性の振幅依存性の評価
Amplitude-dependency Evaluation of Building's Dynamic Properties
only by Seismic Main Shock Record

○池田 芳樹
○Yoshiki IKEDA

This paper proposes an effective use of vibration data recorded at a building structure under the main shock of earthquake to understand how the equivalent modal properties depend on the structural response amplitudes. The amplitude-dependency evaluation becomes significant information to predict the structural performance under the aftershocks. First, the online Least Squares Method with a forgetting factor is applied to the main shock to know the time-variances of natural frequencies based on ARX models. Next, histograms are made for the time-variant natural frequencies and seismic response amplitudes to obtain the corresponding exceedance probability distribution curves. These curves are utilized to approximately express the amplitude-dependent frequencies. The effectiveness of the proposed method is verified through the vibration data recorded at an actual high-rise steel building in Tokyo under the 2011 Great Tohoku Earthquake.

1. はじめに

2011年東北地方太平洋沖地震の本震と余震で建物の振動データが多数記録された。その分析は鉄骨造建物では数棟しか公表されていないが、地震ごとに等価線形的に評価した建物の水平方向1次固有振動数は、最上階の最大水平変位の対数と相関性が高く、変位振幅が大きいほど固有振動数が低下するという共通の傾向が認められた^{1), 2)}。この振幅依存性は、設計用入力地震動のある大きさまで建物を線形と仮定している従来の設計モデルでは、表現できないことも明らかになっている。この実現象を建物耐震性評価に利用する端緒として、多数の余震記録を用いずに本震記録だけで同等の振幅依存性を得る方法を提案し、それを東京都新宿区に建つ超高層建物の実記録で検証した。

2. 建物の等価モード特性の振幅依存性

工学院大学校舎は、地上29階、高さ127.8m、平面25.6m×38.4mの鉄骨造建物で、東北地方太平洋沖地震時の振動がデジタル値として公開されている³⁾。2011年3月11日14:46(本震)から4月26日21:12までの1階最大加速度が1cm/s²以上の記録94組を選び、等価線形系として同定した固有振動数の最大加速度への依存性を調べた(図1)。地上の6つの階で加速度記録が公開されているが、1階と29階の記録のみを用いた。文献1と2は最

上階の最大変位で整理しているが、最大加速度で整理しても振幅依存性は明瞭である。1次モードでは、振動数はモード応答との相関性がより高い。加速度を利用すれば分析は効率的になる。

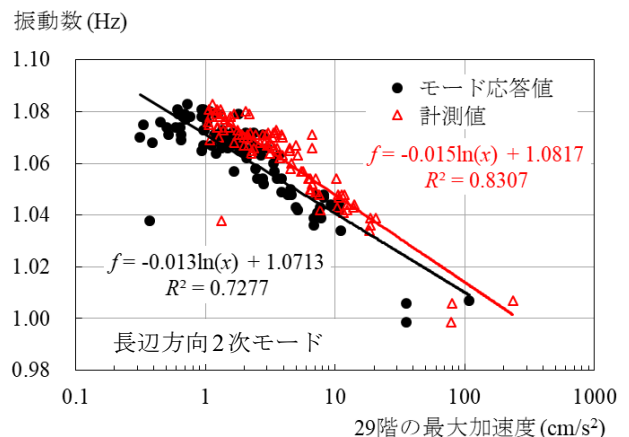
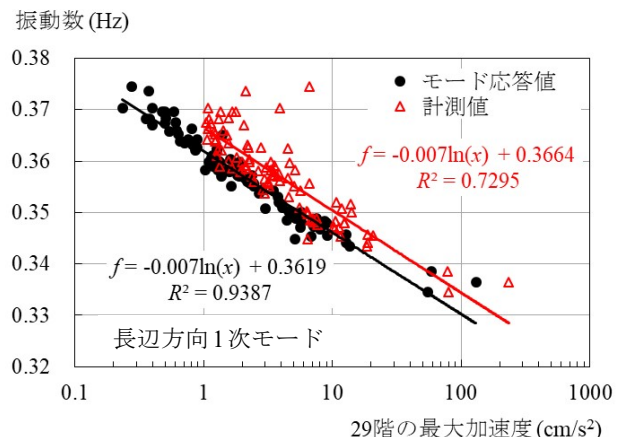


図1 等価固有振動数の最大加速度への依存性

3. 本震記録のみに基づく振幅依存性の獲得

図1では地震ごとに建物を線形系に仮定したが、実際には建物の固有振動数は変動している。ARXモデルを忘却係数付きオンライン最小二乗法で同定すれば、図2のように変動は評価できる。

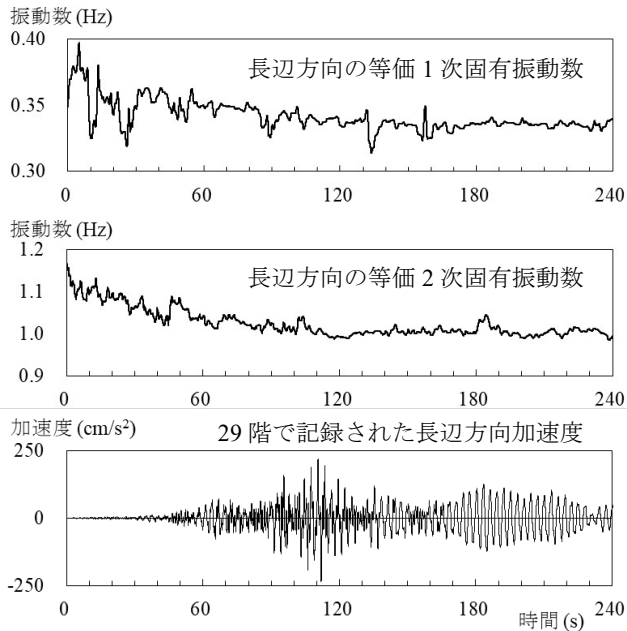


図2 本震時の等価固有振動数の変動と加速度応答

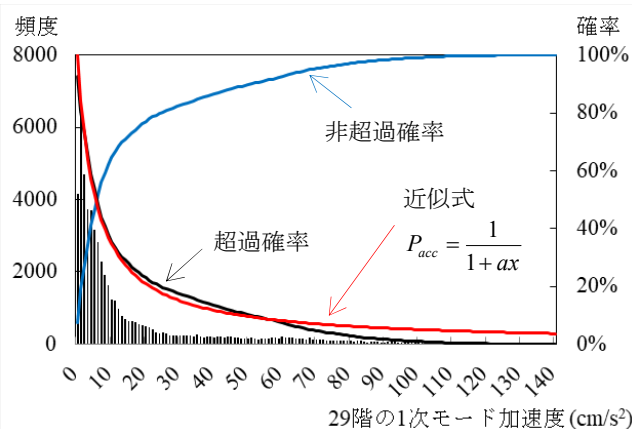
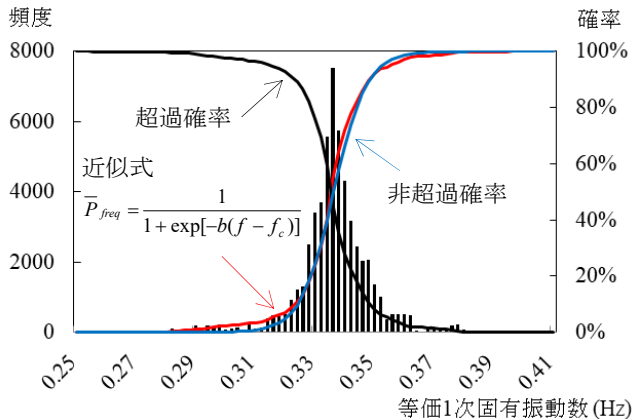


図3 等価1次モードにおける固有振動数と加速度の頻度分布と累積発生確率

ここで、図2の本震情報のみで図1と同じ振幅依存性を得ることを考える。固有振動数と加速度の

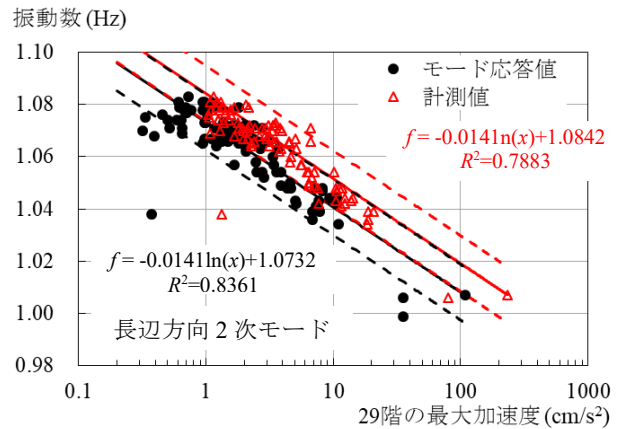
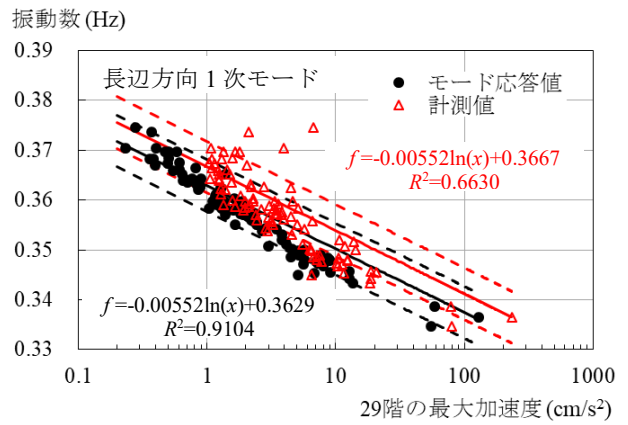


図4 本震のみから推定した固有振動数の振幅依存性

超過確率を頻度分布から算定し、同じ確率の現象に相関性が高いと仮定する。図3に示す近似式を仮定すると、固有振動数の振幅依存性は

$$f = -(\ln ax) / b + f_c = -\ln x / b - \ln a / b + f_c$$

として得られ、図1と同じ型となる。本震時の等価固有振動数は本震時の平均値周りで変動するため、勾配を同じにして本震時の応答から回帰直線を引くと、図4の精度(破線は標準偏差の±0.4倍)で振幅依存性を本震記録から得られる。

4. まとめ

本震記録のみによる建物動特性の振幅依存性の評価法を提案した。今後、実建物の振動記録で適用性を検討していく予定である。

参考文献

- 1) 建築研究所：長周期地震動に対する超高層鉄骨造建築物の耐震安全性に関する検討，建築研究資料160号，2014.7
- 2) 篠原達巳，風間宏樹：2011年東北地方太平洋沖地震を受けた日建設計東京ビルの地震記録（その2），日本建築学会大会学術講演梗概集B-2，pp.1151-1152，2012.9
- 3) 工学院大学・建築学部・まちづくり学科・久田研究室：工学院大学観測波形公開ページ <http://kouzou.cc.kogakuin.ac.jp/newhp/observation/shinjukutouhoku.html>
- 4) 池田芳樹：忘却係数付き逐次最小二乗法による建物動特性の地震時変化の評価，日本建築学会技術報告集，第38号，pp.51-54，2012.2