T2R2 東京科学大学 リサーチリポジトリ
Science Tokyo Research Repository

論文 / 著書情報
Article / Book Information

論題(和文)	免震層初期残留変形が免震建物の地震応答に及ぼす影響
Title(English)	Effects of initial residual deformation of seismic isolation story on seismic responses of base-isolated buildings
著者(和文)	銭暁鑫, 佐藤大樹
Authors(English)	Xiaoxin Qian, Daiki Sato
出典(和文)	日本建築学会大会学術講演梗概集, , , pp. 643-644
Citation(English)	Summaries of technical papers of annual meeting, , , pp. 643-644
発行日 / Pub. date	2020, 9
権利情報	一般社団法人 日本建築学会

Powered by T2R2 (Science Tokyo Research Repository)

免震層初期残留変形が免震建物の地震応答に及ぼす影響

正会員 ○銭暁鑫*
同 佐藤大樹**

免震建物 残留変形 時刻歴解析
地震応答

1 はじめに

日本では，毎年のように台風と地震が複数回発生する可能性が高いことから，免震建物に対して，耐震だけではなく適切な耐風性能を確保することも必要である。しかし近年，免震建物の高層化に伴い，風力が大きくなるため，塑性化しやすい免震ダンパーに残留変形が生じている。既往研究では，村上ら [1]が強風時の観測記録に基づき，超高層免震建物の免震層に残留変形が発生していることを確認した。さらに，筆者ら [2]は超高層免震建物を対象とし，台風シミュレーションを用いた時刻歴解析により，免震層最大残留変形が 10 cm 程度の場合があることを確認した。このような残留変形が存在する場合，地震応答に影響を及ぼす可能性が考えられる。そこで本報では，免震層初期残留変形を有する超高層免震建物を対象とし，時刻歴解析を行い，免震層初期残留変形が地震応答に及ぼす影響について検討する。

2 解析モデルの概要および地震動の選定

Fig. 1 に示すように，解析モデルは，辺長比 $B/L = 1$，アスペクト比 $Ar = 4$ で，高さ $H = 50$ m と 100 m の 2 種類の免震建物に相当する 11 質点せん断型縮約モデルとする (H50-model，H100-model と呼ぶ)。上部構造は，固有周期 $T_u = 1.25$ s と 2.5 s (= 0.025H)，密度 $\rho_u = 250$ kg/m^3，減衰定数 $h = 2\%$とし，1 次固有モードが直線となるように設定した [3]。計算により得られた上部構造 i 層の質量 ${}_um_i$ と剛性 ${}_uk_i$ は Fig. 2 のようなプロットとなる。免震層は，固有周期 $T_0 = 2.5$ s と 5.0 s (=2T_u)，面密度 $\rho_0 = 3644$ kg/m^2 とする。なお，ダンパーのせん断力係数 α_{dy} は，0.02 および 0.03 としている。地震波は，Fig. 3 に示したように，観測地震波 [4] を 4 種 (EI Centro NS 1940, Taft NS 1952, Hachinohe NS 1968 と Kobe NS 1995) と模擬地震波 [5]を 2 種 (OS1 と CH1) 選定した。また，4 種類のモデルについてダンパー弾性時の固有周期は，Fig. 3 の破線で表記する。

3 時刻歴解析の結果

3.1 10 層の最大変位

Fig. 4(a)，(b)に H50-model における 10 層最大変位 Dis_{10max} を示す。横軸は免震層初期残留変形を表す。Fig. 4(a)の 4 種の観測地震波の結果より，免震層初期残留変形の変化に伴い，10 層の最大変位は軽微な変化をしている。しかし，2 種の模擬地震波 (OS1 と CH1) の場合，免震層初期残留変形の変化に伴い，10 層の最大変位が変化していないことがわかる。Fig. 4(b)についても，同様である。Fig.5(a)，(b)に H100-model における 10 層最大変位 Dis_{10max} を示す。Fig. 5(a) の観測地震波の結果より，初期残留変形の変化に伴い，最大変位は変化しているため，免震層初期残留変形による影響があることが考えられる。しかし，

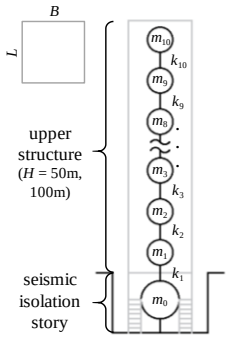


Fig. 1 Structural model

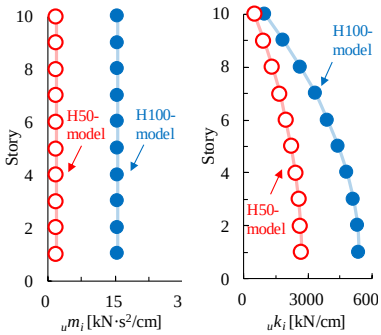
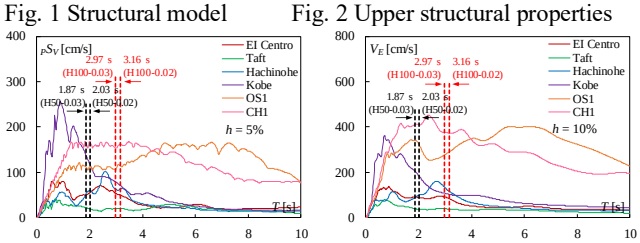
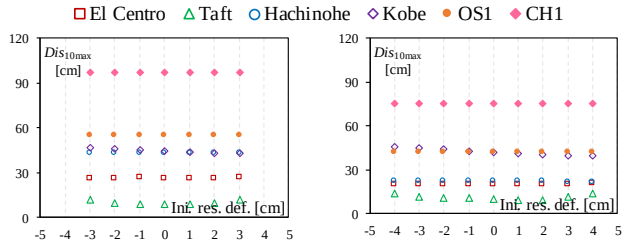


Fig. 2 Upper structural properties



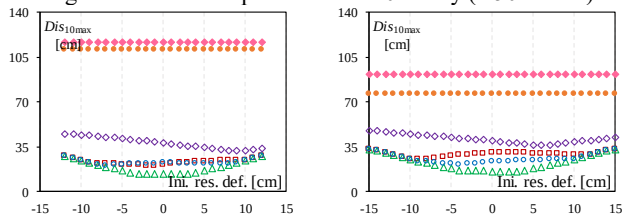
(a) pseudo velocity spectrum (b) energy spectrum

Fig. 3 Seismic response spectrum



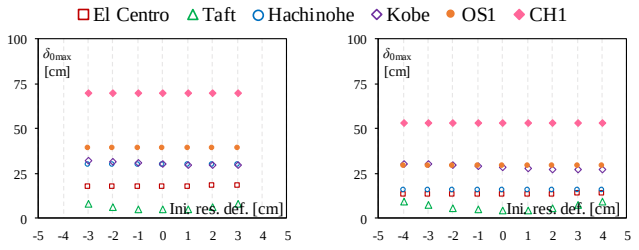
(a) $\alpha_{dy} = 0.02$ (b) $\alpha_{dy} = 0.03$

Fig. 4 Maximum displacement of 10th story (H50-model)



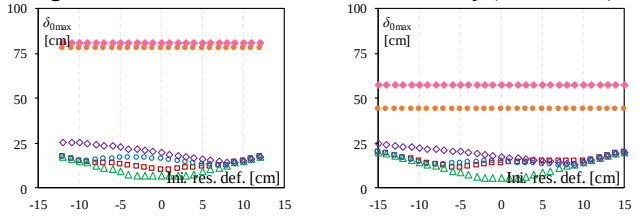
(a) $\alpha_{dy} = 0.02$ (b) $\alpha_{dy} = 0.03$

Fig. 5 Maximum displacement of 10th story (H100-model)



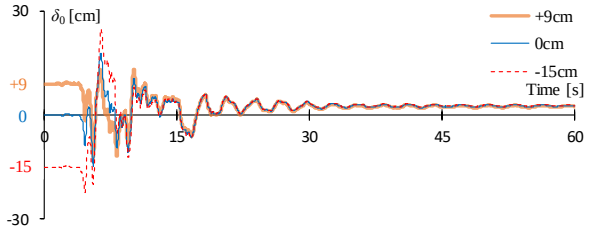
(a) α_{dy} = 0.02　　(b) α_{dy} = 0.03

Fig. 6 Maximum deformation of isolation story (H50-model)

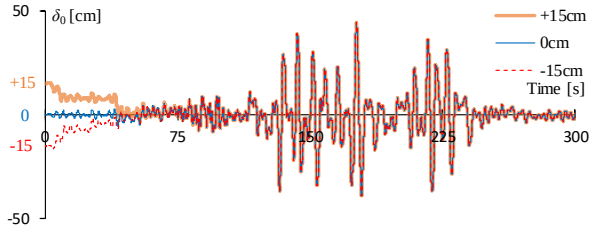


(a) α_{dy} = 0.02　　(b) α_{dy} = 0.03

Fig. 7 Maximum deformation of isolation story (H100-model)



(a) Kobe (+9cm, 0cm and -15cm)



(b) OS1 (+15cm, 0cm and -15cm)

Fig. 8 Time history of def. of isolation story (H100, α_{dy} = 0.03)

模擬地震波の場合，免震層初期残留変形による影響がないことがわかる。Fig. 5(b)についても，同様である。

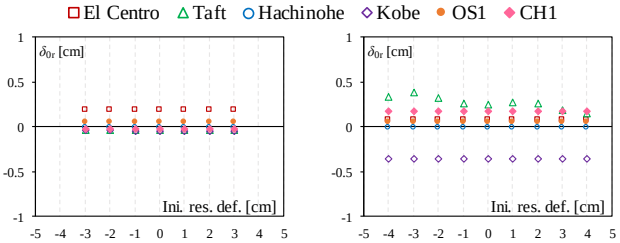
3.2　免震層の最大変形および残留変形

Fig. 6(a)，(b)に H50-model における免震層最大変形 δ_{0max} を示す。前節と同様に，観測地震波の場合，免震層初期残留変形による影響があることが考えられる。ただし，模擬地震波の場合，その影響がないことがわかる。Fig. 7(a)，(b)に H100-model における免震層最大変形 δ_{0max} を示す。初期残留変形による影響について，Fig. 6(a)，(b)と同様であることが言える。Fig. 8(a)，(b)の Kobe および OS1 における免震層変形の時刻歴を示す (H100-model，α_{dy} = 0.03)。Fig. 8(a) の Kobe の場合，免震層初期残留変形の違いにより異なる免震層最大変形を引き起こすことが考えられる。一方，Fig. 8(b)の OS1 の場合，異なる初期残留変形でも，免震層最大変形が変わらないことがわかる。Fig. 8(b)より，最初の 50 秒間において，3 波形は分離しているものの，50 秒以降は一致していることがわかる。そのため，　模擬地震波の場合，免震層初期残留変形が免震層最大変形に影響を及ぼしていないことが考えられる。

Fig. 9 と 10 に時刻歴解析の免震層末期残留変形 δ_{0r} を示す。観測地震波の場合，初期残留変形の変化に伴い，免震層末期残留変形は軽微な変化をしていることが見られる。しかし，模擬地震波の場合，免震層初期残留変形による影響がないことがわかる。

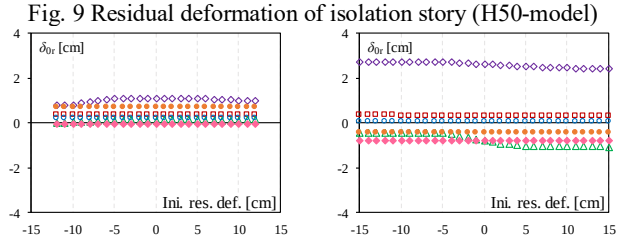
4　まとめ

本報では，免震層初期残留変形を有する超高層免震建物を対象とし，時刻歴応答解析を行い，免震層初期残留変形が地震応答に及ぼす影響を検討した。その結果，EI



(a) α_{dy} = 0.02　　(b) α_{dy} = 0.03

Fig. 9 Residual deformation of isolation story (H50-model)



(a) α_{dy} = 0.02　　(b) α_{dy} = 0.03

Fig. 10 Residual deformation of isolation story (H100-model)

Centro, Taft, Hachinohe と Kobe の場合，免震層初期残留変形による影響があるものの OS1 と CH1 の場合，その影響がないことがわかった。

謝辞

本研究の一部は、JST 産学共創プラットフォーム共同研究推進プログラム（JPMJOP1723）によるものです。

参考文献

1) 村上智一，佐藤大樹，田村哲郎，普後良之，吉江慶祐，笠井和彦，佐藤利昭，北村春幸：強風時の観測記録に基づく超高層免震建物の実挙動の分析，構造工学論文集，Vol. 62B，pp. 329-337，Mar. 2016
2) 銭暁鑫，佐藤大樹：台風シミュレーションに基づく免震層の残留変形評価，構造工学論文集，Vol. 66B，pp. 323-329，Mar. 2020
3) 佐藤大樹，笠井和彦，田村哲郎：粘弾性ダンパーの振幅依存性が風応答に与える影響，日本建築学会構造系論文集，第 635 号，pp. 75-82，2009.1
4) 一般社団法人建築性能基準推進協会：代表的な観測地震波 https://www.seinokyo.jp/jsh/top/ (1994 年研究助成版)
5) 国立研究開発法人建築研究所：長周期地震動対策に関わる技術資料・データ公開特設ページ http://www.kenken.go.jp/japanese/contents/topics/lpe/index.html (2016.6)

*東京工業大学　大学院生
**東京工業大学　准教授・博士（工学）
*Graduate Student, Tokyo Institute of Technology
**Assoc. Prof., Tokyo Institute of Technology, Dr. Eng.