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)	履歴ダンパーを有する制振構造の応答予測精度評価手法の構築 その2 質点数の変動による影響と等価繰返し数の分析
Title(English)	Evaluation Method of Response Prediction Accuracy for Passive Controlled Building with Hysteretic Dampers Part2：Analysis of Influence due to Fluctuation of Degree of Freedom and Number of Equivalent Repetition
著者(和文)	岩森貴寿, 佐藤大樹, 北村春幸, 山口路夫, 脇田直弥, 綿貫雄太
Authors(English)	Takatoshi Iwamori, Daiki Sato, Haruyuki Kitamura, Michio Yamaguchi, Naoya WAKITA, Yuta WATANUKI
出典(和文)	日本建築学会大会学術講演梗概集, vol. B-2, , pp. 585-586
Citation(English)	, vol. B-2, , pp. 585-586
発行日 / Pub. date	2017, 8
権利情報	一般社団法人 日本建築学会

Powered by T2R2 (Science Tokyo Research Repository)

日本建築学会大会学術講演梗概集
（中国） 2017 年 8 月

履歴ダンパーを有する制振構造の応答予測精度評価手法の構築
その 2　質点数の変動による影響と等価繰返し数の分析

正会員　○岩森貴寿[*1]　同　佐藤大樹[*1]
同　北村春幸[*2]　同　山口路夫[*3]
同　脇田直弥[*3]　同　綿貫雄太[*3]

制振構造　履歴ダンパー　応答予測式
エネルギー法　鋼構造建物　等価繰返し数

1.　はじめに

その 1 では，解析モデルの概要と入力地震動の概要を示し，文献 3)で提案した予測精度評価手法に対して異なる固有周期が及ぼす影響を分析した。

その 2 では，予測精度評価手法に対して異なる質点数が及ぼす影響を分析する。また，等価繰返し数の分析を行うに際し，文献 8)では主架構が弾性設定した場合と主架構が弾塑性設定した場合を比較し，主架構の塑性化に伴う等価繰返し数の低下率について分析している。しかし，文献 8)では解析モデルに部材モデルを用いていた。本報では設計時においてよく用いられるせん断モデルを用いて，主架構の塑性化に伴う等価繰返し数の低下率の再検討を行う。

2.　異なる質点数が予測精度評価手法に及ぼす影響

本章では文献 3)で提案した予測精度評価方法に対して異なる質点数が及ぼす影響について分析を行う。

図 1 に異なる質点数を変動させた場合の累積損傷分布の最大予測誤差を示す。図 1 より，質点ごとでは最大損傷集中が大きくなるほど最大誤差が大きくなる傾向が確認できるが，質点数が少なくなるにつれて最大損傷集中が大きくなる傾向がわかる。そこで細かく分析をするために，異なる質点数で $_d\alpha_{yi}$ = 0.16, $_f\alpha_{yi}$=0.2，レベル 1，$_1T$ = 2.0 s となる解析ケースの累積損傷分布を図 2 に示す。図 2 より，質点数が少なくなるにつれてエネルギーを分担する層数が少なくなることによって，最大損傷集中と最大誤差が大きくなる。そのため，異なる質点数ごとで評価が異なることが分かる。

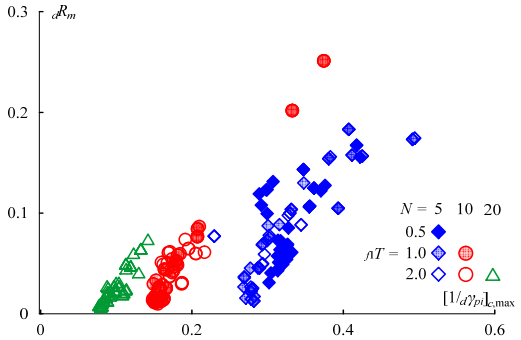
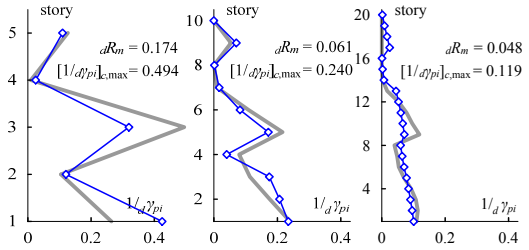


図 1　累積損傷分布の最大予測誤差



(a) 5 質点　(b) 10 質点　(c) 20 質点

図 2　累積損傷分布（$_d\alpha_{yi}$ = 0.20, $_f\alpha_{yi}$=0.3，レベル 1，$_1T$ = 2.0 s）

3.　異なる質点数に対応した予測精度評価手法の提案

前章までの結果より，質点数が少なくなるにつれてエネルギーを分担する層数が少なくなり，最大損傷集中と最大誤差が大きくなることが確認できた。そこで，本報では最大誤差と最大損傷集中に質点数を乗ずることにより，質点数によって変わるエネルギー分担に重みを付け，エネルギー法の累積損傷分布の応答予測精度評価を行う。

図 3 に質点数を乗じた累積損傷分布の最大予測誤差を示す。図 3 から，図 1 のように質点数ごとに最大損傷集中の分布が異なっていた傾向が質点数を乗じることによって改善されることが確認できる。

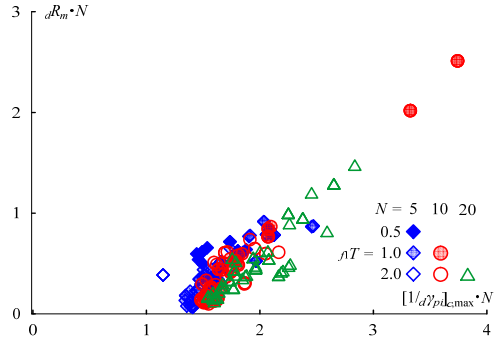


図 3　質点数の違いを考慮した累積損傷分布の最大予測誤差

4.　等価繰返し数の低下率と塑性変形倍率の関係

本章では文献 8)を参考に主架構の塑性化に伴う等価繰返し数の低下率の分析を行う。解析ケースは $_1T$=0.5 s の場合では N=5，$_1T$=1.0 s の場合では N=10，$_1T$=2.0 s の場合では N=20 を用いる。

ダンパーの等価繰返し数 $_dn_i$ は次式で算出される。

$$_d n_i = \frac{_d W_{pi}}{4 \cdot {}_d Q_{yi} (\delta_{\max,i} - {}_d \delta_{yi})} \tag{1}$$

ここに，$\delta_{\max,i}$：最大層間変形である。

主架構の塑性化にともなうダンパーの等価繰返し数の低下率 β_{ni} を次式で表す。

$$\beta_{ni} = {}_d n_{pi} / {}_d n_{ei} \tag{2}$$

ここに，$_dn_{pi}$：主架構が弾塑性設定した場合のダンパーの等価繰返し数，$_dn_{ei}$：主架構が弾性設定した場合のダンパーの等価繰返し数である。

Evaluation Method of Response Prediction Accuracy for Passive Controlled Building with Hysteretic Dampers
Part2：Analysis of Influence due to Fluctuation of Degree of Freedom and Number of Equivalent Repetition

IWAMORI Takatoshi, SATO Daiki,
KITAMURA Haruyuki, YAMAGUCHI Michio,
WAKITA Naoya, WATANUKI Yuta

主架構の塑性変形倍率 ${}_f\mu'_i$ は次式で算出される。

$$ {}_f\mu'_i = \frac{\delta_{\max,i}}{{}_d\delta_{yi}} - 1 \qquad (3) $$

文献 2)では ${}_dn_{pi}=1$, ${}_dn_{ei}=2.5$ を使用しており，いずれの塑性変形倍率 ${}_f\mu'_i$ でも β_{ni} は 0.4 であることを意味する。文献 8)では建物モデルと地震の種類に関わらず β_{ni} は低下し，${}_f\mu'_i=3$ 程度から 0.4 となる傾向にあると述べられている。β_{ni} と ${}_f\mu'_i$ の関係は次式で表される。

$$ \left.\begin{aligned} \beta_{ni} &= -0.2\cdot{}_f\mu'_i + 1 && {}_f\mu'_i < 3 \quad (4a) \\ \beta_{ni} &= 0.4 && {}_f\mu'_i \geq 3 \quad (4b) \end{aligned}\right\} $$

図 4 に β_{ni} を縦軸とし，横軸を ${}_f\mu'_i$ としたときの時刻歴応答解析結果を示す。本報では最大層間変形角が 1/75 以上（$\delta_{i,\max}$ > 5.6 cm）となる層があるケースを除外する。図 4 より，文献 8)と比較して ${}_f\mu'_i$ が 3 以下の範囲で式 4)に対するバラつきが大きいことが確認できる。そこで，3 章での検討に基づき，累積損傷分布の予測精度が低い $[1/{}_d\gamma_{pi}]_{c,\max}\cdot N=2$ 以上となるケースを除外の対象とした。図 5 に除外した後の主架構の塑性化に伴う等価繰返し数の低下率を示す。図 5 より，β_{ni} のバラつきが小さくなることがわかる。文献 8)の部材モデルによる β_{ni} と比較すると，図 5 の本報で用いているせん断モデルによる β_{ni} は全体的に低い値を示している。これは部材モデルが主架構の塑性化後も剛性を有しているのに対して，本報でのせん断モデルでは主架構を完全弾塑性型で復元力をモデル化していることが理由と考えられる。

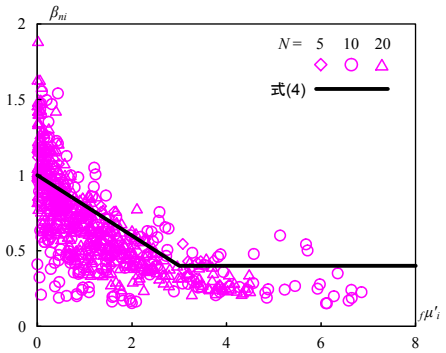


図 4　主架構の塑性化に伴う等価繰返し数の低下率

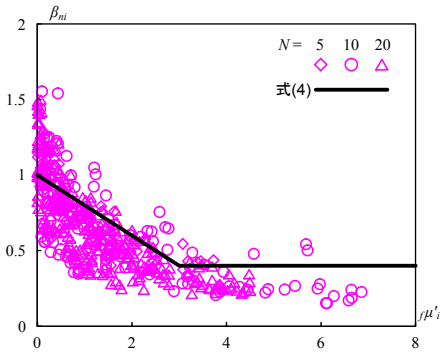


図 5　主架構の塑性化に伴う等価繰返し数の低下率
（$[1/{}_d\gamma_{pi}]_{c,\max}\cdot N=2$ 以上を除外）

5.　まとめ

その 2 では，文献 3)で提案した予測精度評価手法に対して異なる質点数が及ぼす影響と，文献 8)を参考に主架構の塑性化に伴う等価繰返し数の低下率の再検討を行った。

質点数が少なくなるにつれてエネルギーを分担する層数が少なくなるため，最大誤差と最大損傷集中に質点数を乗ずることにより，異なる質点数においても同様な評価を行うことが可能であることが分かった。

等価繰返し数の分析では，最大損傷集中が極端に大きくなる場合に等価繰返し数の低下率のバラつきが大きいことが確認できた。そのため，最大損傷集中が大きくなる場合は注意が必要である。

謝辞

本研究は，新日鉄住金エンジニアリング株式会社，東京理科大学北村研究室，東京工業大学佐藤研究室によるエネルギー法研究会の成果の一部を用いたものです。ここに記して感謝の意を表します。

参考文献

1) 秋山宏:エネルギーの釣合に基づく建築物の耐震設計，技報堂出版 1999.11
2) 北村春幸,財津和廉,馬谷原伴恵:主架構の塑性化を考慮した制振構造物のエネルギーの釣合に基づく応答評価,日本建築学会構造系論文集,第 599 号,pp.71-78,2006.1
3) 岩森貴寿,佐藤大樹,北村春幸,山口路夫,脇田直弥,綿貫雄太:履歴ダンパーを有する制振構造における累積損傷分布の予測精度,構造工学論文集,Vol.63B,pp.295-301,2017.3
4) 岩森貴寿,佐藤大樹,北村春幸,山口路夫,脇田直弥,綿貫雄太:質点数および固有周期の変動が累積損傷分布の予測精度に及ぼす影響の分析,日本建築学会関東支部研究報告集,(CD-ROM),2001,pp.265-268,2017.3
5) 佐藤大輔,北村春幸,佐藤大樹,佐藤利昭,山口路夫,脇田直弥,綿貫雄太:履歴ダンパーと粘性ダンパーを併用した制振構造のエネルギーの釣合に基づく応答予測法,日本建築学会構造系論文集,第 699 号,pp.631-640,2014.5
6) 栗林晃司,佐藤大樹,北村春幸,山口路夫,西本晃治:実効変形を考慮した履歴減衰型制振部材を有する鋼構造建物のエネルギーの釣合に基づく応答予測法,日本建築学会構造系論文集,第 661 号,pp.543-552,2011.3
7) 渋谷政斗,佐藤大樹,佐藤利昭,北村春幸,山口路夫,脇田直弥,綿貫雄太:ダンパーの損傷配分式の主架構とダンパーの剛性分布が異なる場合への拡張,日本建築学会大会学術講演梗概集,pp.773-774,2015.9
8) 松澤雄介,佐藤大樹,北村春幸,山口路夫,脇田直弥,松蔭知明:主架構の塑性化の程度を考慮したエネルギーの釣合に基づく第 1 層の応答評価法,日本建築学会大会学術講演梗概集,pp.1041-1042,2013.8

*1 東京工業大学
*2 東京理科大学
*3 新日鉄住金エンジニアリング株式会社

*1 Tokyo Institute of Technology
*2 Tokyo University of Science
*3 Nippon Steel & Sumikin Engineering Co, Ltd