

論文 / 著書情報  
Article / Book Information

論題(和文)	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
Title	
著者(和文)	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
Authors	Daiki Sato, Toshiaki Sato, Haruyuki Kitamura, Michio Yamaguchi, Naoya WAKITA, Yuta WATANUKI
出典 / Citation	日本建築学会大会学術講演梗概集, vol. B-2, , pp. 773-774
Citation(English)	, vol. B-2, , pp. 773-774
発行日 / Pub. date	2015, 9
rights	日本建築学会
rights	本文データは学協会の許諾に基づきCiNiiから複製したものである
relation	isVersionOf: <a href="http://ci.nii.ac.jp/naid/110010005235">http://ci.nii.ac.jp/naid/110010005235</a>

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

制振構造 鋼構造建物 履歴減衰型ダンパー  
時刻歴解析 エネルギー法 損傷配分

正会員○ 渋谷 政斗<sup>\*1</sup> 同 佐藤 大樹<sup>\*2</sup> 同 佐藤 利昭<sup>\*3</sup>  
同 北村 春幸<sup>\*3</sup> 同 山口 路夫<sup>\*4</sup> 同 脇田 直弥<sup>\*4</sup>  
同 綿貫 雄太<sup>\*4</sup>

1. はじめに

制振構造の応答評価法の1つに、秋山によるエネルギーの釣合に基づく応答評価法<sup>1)</sup>(以後、エネルギー法)がある。エネルギー法は、主架構とダンパーの剛性分布が等しいことを前提として確立されている。筆者らは、この前提が成立しない場合へのエネルギー法の拡張を目的に、下式に示す主架構の剛性を考慮したダンパーの最適降伏せん断力係数分布  $\overline{\alpha}_i$  を提案し<sup>2)</sup>、ダンパーの損傷配分式を構成要素ごとに検討してきた<sup>2),3)</sup>。

$$\overline{\alpha}_i = \alpha_i \cdot \frac{s k_i / (f k_i + s k_i)}{s k_i / (f k_i + s k_i)} \quad (1)$$

ここに、 $\overline{\alpha}_i$  : 秋山による最適分布<sup>1)</sup>,  $f k_i$  : 主架構の初期剛性,  $s k_i$  : ダンパーの初期剛性である。

本報では、ダンパーの損傷配分式を主架構とダンパーの剛性分布が異なる場合へ拡張し、高さ方向に剛性が不均一な主架構に  $\overline{\alpha}_i$  に基づくダンパーを適用した制振構造を用いて、応答解析結果および既往の損傷配分式との対比から、拡張した損傷配分式の有効性を検証する。

2. ダンパーの損傷配分式の拡張

主架構とダンパーの剛性分布が等しい場合における第  $k$  層のダンパーの損傷配分  $W_{pk} / W_p$  は、基準状態の損傷配分を表す  $s_i$ <sup>1)</sup>、最適分布  $\overline{\alpha}_i$  からのダンパーの降伏せん断力係数分布  $s \alpha_{yi} / s \alpha_{y1}$  の隔たり度合を表す強度低下率  $p_i$ <sup>1)</sup>、 $\overline{\alpha}_i$  からの  $s \alpha_{yi} / s \alpha_{y1}$  の隔たりによって生じる損傷集中を表現する損傷集中指数  $n_i$ <sup>1),4)</sup> を用いて下式より評価される<sup>1)</sup>。

$$\frac{s W_{pk}}{s W_p} = \frac{s k \cdot p_k^{-n_k}}{\sum_{i=1}^N s_i \cdot p_i^{-n_i}} \quad (2)$$

ここに、 $N$  : 全層数である。両者の剛性分布が異なる場合として、最適分布の  $\overline{\alpha}_i$  から  $s \alpha_i$  への拡張に合わせて、 $s_i, p_i$  を下式のように拡張し、それぞれ  $s_i, p_i$  と称する<sup>2),3)</sup>。

$$s_i = \left( \sum_{j=1}^N \frac{m_j}{M} \right)^2 \cdot \frac{\overline{\alpha}_i^{-2} \cdot s k_i}{s k_i}, \quad p_i = \frac{s \alpha_{yi} / s \alpha_{y1}}{s \alpha_i} \quad (3a, b)$$

ここに、 $m_i$  : 質量,  $M$  : 総質量である。 $n_i$  には、文献4の評価式を用いる。以後、(2)式に文献1の  $s_i, p_i$  を適用したものを既往式、(3a, b)式を適用したものを拡張式と呼ぶ。

3. 応答解析による拡張式の検証

3.1 検討建物およびダンパー概要

高さ方向に剛性が不均一な主架構として、物流施設を模擬した5層鋼構造建物を想定する<sup>2)</sup>。図1に検討建物の基準階伏図、図2に軸組図を示す。本報では、X方向について検討する。検討建物の基準となる階高を1階7.5m, 2~5階6.5mとし、高さ方向に剛性が不均一な建物とするため、図2に示すように1つの階高を4.0mとする。検討建物を階高を低くした階からそれぞれL1, L3と呼ぶ。図3に、主架構の初期剛性  $f k_i$  の高さ方向分布を示す。図3より、階高の低い層の  $f k_i$  は、上下の層と比べ2~3倍程度大きいことがわかる。表1に全重量  $W$  と1次固有周期  $f T_1$  を示す。解析において、検討建物を各階を剛床と仮定した3次元立体骨組でモデル化し、主架構は弾性とする。構造減衰は、 $f T_1$  に対して減衰定数  $h = 0.02$  となる剛性比例型として主架構のみに与える。ダンパーは、軸材にLY225を使用した座屈拘束ブレースを想定し、図1, 2に示した位置に1層につき16基ずつ付与する。ダンパーの降伏耐力  $s Q_{yi}$  は、 $\overline{\alpha}_i$  ((1)式) を満足させるため、図4のように設定する<sup>2)</sup>。第2層のダンパーの降伏せん断力係数  $s \alpha_{y2}$  をダンパー量と呼び0.04~0.20の範囲で与える。

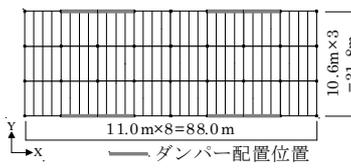


図1 基準階伏図

	$W$ (kN)	$f T_1$ (s)
L1	142264	1.83
L3	131041	1.89

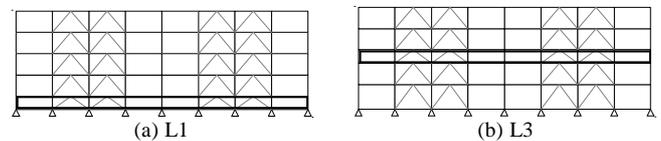


図2 軸組図

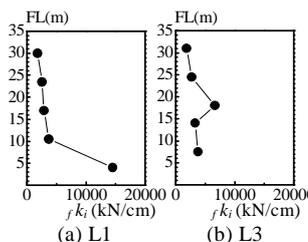


図3 主架構の初期剛性  $f k_i$

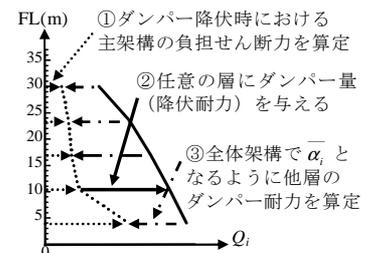


図4  $s Q_{yi}$  の算定手順 (L1)

Extension of the damage distribution formula of dampers in the case that stiffness distribution between main frame and dampers is different

Masato SHIBUYA, Daiki SATO, Toshiaki SATO,  
Haruyuki KITAMURA, Michio YAMAGUCHI, Naoya WAKITA  
Yuta WATANUKI

### 3.2 入力地震動概要

入力地震動は、コーナー周期 $T_c = 0.64$  s以降で擬似速度応答スペクトル $pS_v = 1.0$  m/s ( $h = 0.05$ ) となる模擬波 2 波を用いる。位相特性は、1968 年の十勝沖地震における HACHINOHE EW成分と 1995 年の兵庫県南部地震における JMA KOBE NS成分を採用する。以後、これらの模擬波を ART HACHI, ART KOBE と呼ぶ。

### 3.3 検証結果

はじめに、3.1 節で示した提案最適分布 $\overline{s\alpha_i}$ に基づく制振構造について検討する。入力地震動は ART HACHI とする。図5に、ダンパー量 $\alpha_2 = 0.10$  におけるダンパーの損傷配分 $sW_{pi}/sW_p$ を示す。図5より、応答解析結果の $sW_{pi}/sW_p$ には、主架構の初期剛性 $f_k$ が大きく影響し、 $f_k$ が高い層で小さく、 $f_k$ が低い層で大きい傾向にある。拡張式はその傾向と良く対応している。既往式は、層の強弱を秋山による最適分布 $\overline{\alpha_i}$ を基準としているため、 $f_k$ が高いことで、ダンパーの降伏耐力 $Q_{yi}$ が小さく設定される層（図4参照）を弱層と判断し、第1層の $f_k$ が極端に大きいL1モデルにおいて、特に大きく評価を誤っている。

続いて、 $\alpha_2$ を変化させた場合について検討する。図6に、L1モデルの $\alpha_2 = 0.04, 0.20$  における $sW_{pi}/sW_p$ を示す。図6より、拡張式は、 $\alpha_2$ が小さいほど応答解析結果と良く対応し、 $\alpha_2$ が大きいほど応答解析結果との差異が生じる傾向にある。既往式は、 $\alpha_2$ が小さいほど応答解析結果との差異が顕著となる。 $\alpha_2$ が大きくなると拡張式と既往式は一致に向かう傾向にあるが、これは、 $\alpha_2$ が大きいほど、ダンパーの降伏せん断力係数分布が $\overline{\alpha_i}$ に近づくため、 $\alpha_2$ が小さく設定される層への弱層の度合いが小さく評価されるためである。

最後に、ダンパー諸元が $\overline{s\alpha_i}$ から外れた場合について検討する。 $\overline{s\alpha_i}$ から外れた制振構造は、 $\overline{s\alpha_i}$ に基づく制振構造を基準とし、ある層について、①ダンパーの初期剛性 $k_i$ を固定し、 $Q_{yi}$ のみを 0.8 倍、② $Q_{yi}$ を固定し、 $k_i$ のみを 1.25 倍、③ $Q_{yi}$ と $k_i$ の双方を 0.8 倍の 3 通りを設定する。図7に、L1モデル、 $\alpha_2 = 0.10$  において第2層のダンパー諸元を①~③のように変化させ、相対的弱層とした場合（それぞれQ, K, QKと表記する）の $sW_{pi}/sW_p$ を示す。図7より、拡張式は、応答解析結果を精度良く捉えており、ダンパー諸元の変化に対して高い追従性を示している。既往式は、 $Q_{yi}$ が変化するQ, QKにおいて、応答解析結果とおおむね対応したが、 $k_i$ のみが変化するKにおいて、応答解析結果と大きな差異が生じている。

以上の検討より、拡張式が既往式に比べ、応答解析結果と良好な対応関係を示したことから、拡張式の有効性が確認されたものとする。なお、入力地震動を ART

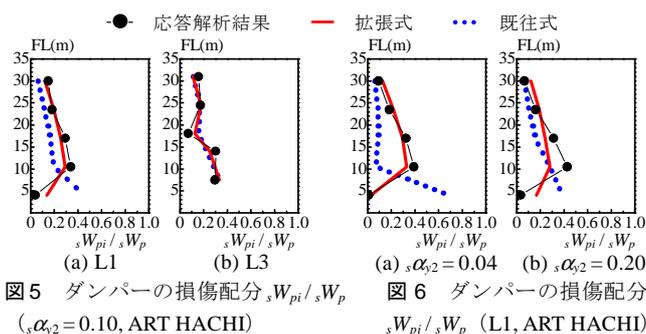


図5 ダンパーの損傷配分 $sW_{pi}/sW_p$  (L1,  $\alpha_2 = 0.10$ , ART HACHI) 図6 ダンパーの損傷配分 $sW_{pi}/sW_p$  (L1, ART HACHI)

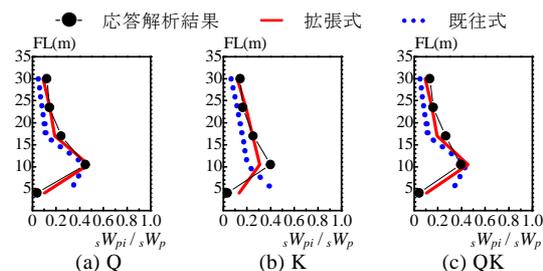


図7 第2層を相対的弱層とした場合のダンパーの損傷配分 $sW_{pi}/sW_p$  (L1,  $\alpha_2 = 0.10$ , ART HACHI)

KOBEとした場合、文献 2, 3 に示した 2 つの階の階高を低くした 2 種類の主架構を用いた場合においても、本検討結果と同様の傾向となることを確認している。

## 4. まとめ

本報では、ダンパーの損傷配分式を主架構とダンパーの剛性分布が異なる場合へ拡張し、高さ方向に剛性が不均一な主架構に提案最適分布 $\overline{s\alpha_i}$ に基づくダンパーを適用した制振構造を用いて、応答解析結果および既往の損傷配分式との対比から、拡張した損傷配分式の有効性を検証した。

## 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。ここに記して謝意を表します。

## 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) 渋谷政斗 他：主架構との剛性比が各層で異なる履歴ダンパーの最適強度分布に関する検討（その1, 2），日本建築学会大会学術講演梗概集 2014（構造II），pp.677-680, 2014.9
- 3) 渋谷政斗 他：エネルギー法の主架構とダンパーの剛性分布が異なる場合への拡張に向けた検討（その2：ダンパーの強度低下率の評価とダンパーの損傷集中指数の検討），日本建築学会関東支部研究報告集，2015.3
- 4) 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法，日本建築学会構造系論文集，第599号，pp.71-78, 2006.1

\*1 大建設計（元 東京理科大学）

\*2 東京工業大学 \*3 東京理科大学

\*4 新日鉄住金エンジニアリング

\*1 Daiken Sekkei Inc.

\*2 Tokyo Institute of Technology \*3 Tokyo University of Science

\*4 Nippon Steel & Sumikin Engineering Co, Ltd.