

論文 / 著書情報
Article / Book Information

論題(和文)	周辺架構の剛性が間柱型ダンパーの制振効果に与える影響の分析
Title	
著者(和文)	佐藤弦太, 佐藤利昭, 佐藤大樹, 渋谷政斗, 有間雄太, 北村春幸, 山口路夫, 脇田直弥, 綿貫雄太, 石井正人
Authors	Toshiaki Sato, Daiki Sato, Haruyuki Kitamura, Michio Yamaguchi, Naoya WAKITA, Yuta WATANUKI, Masato Ishii
出典 / Citation	日本建築学会大会学術講演梗概集, vol. B-2, , pp. 759-760
Citation(English)	, vol. B-2, , pp. 759-760
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: http://ci.nii.ac.jp/naid/110010005228

周辺架構の剛性が間柱型ダンパーの制振効果に与える影響の分析

鋼構造建物 制振構造 履歴型ダンパー
剛性 実効変形

正会員 ○佐藤弦太*1 同 佐藤利昭*1 同 佐藤大樹*2
同 渋谷政斗*3 同 有間雄太*1 同 北村春幸*1
同 山口路夫*4 同 脇田直弥*4 同 綿貫雄太*4
同 石井正人*5

1. はじめに

ダンパーによる制振効果は、ダンパー単体の性能のみならず、周辺架構の諸条件によって異なり、実務では設置位置の制限などの限られた設計条件下で、制振効果を最大限に発揮することが求められる。本研究は、間柱型ダンパー¹⁾を対象に、同一スパン内におけるダンパーの設置位置が制振効果に与える影響を分析した結果を報告するものである。間柱型ダンパーは、せん断変形に応じた応答低減効果を発揮するため、そのロスに当たる層間変形に占める曲げ変形の要因を弾性解析と時刻歴応答解析を基に調べた結果を示す。

2. 検討対象建物と間柱型ダンパーの概要

2.1 検討対象建物の概要

本報では、地上8階、階高4.0m、長辺(X)方向6.4m×5スパン、短辺(Y)方向8.0m×3スパンの鋼構造建物を検討の対象とする²⁾。図1に、基準階伏図とダンパー設置構面の軸組図を示す。検討方向はX方向で、主架構のみの1次固有周期 $fT_1=1.63$ sである。主架構は弾性で、各階に剛床を仮定する。構造減衰は、 fT_1 に対し $h=2\%$ となる剛性比例型とする。

2.2 ダンパー概要

間柱型ダンパーは、図1に示す通り、YC通りに1層あたり2基配置する。せん断パネルにはLY225材を用い、その復元力特性は完全弾塑性型とする。第1層におけるダンパーの降伏耐力 Q_{y1} は、次式より定める。

$$Q_{y1} = \alpha_{y1} \times \Sigma W \quad (1)$$

上式で、 α_{y1} :第1層のダンパー降伏層せん断力係数、 ΣW :建物の総重量を表す。以降では α_{y1} をダンパー量と呼び、全層で同じダンパー量を設定する。ダンパーの降伏変位は、0.773mmである。ダンパーの構面内配置は、図1(b)に示すような千鳥配置を基本とする。

間柱型ダンパーは、図2(a)に示すように、取付部材とダンパーで構成され、以降では両者を合わせて付加系と呼ぶ。間柱型ダンパーのモデル化は、図2(b)のようにダンパーと取付部材の特性の直列結合として評価する。取付部材の剛性は、水平変位に対する曲げせん断棒の剛性として評価した。取付部材には、ダンパーが先行降伏する強度の部材を用いる。図2(b)に示すように、スパン中央から柱までの距離の比をダンパー設置位置 x とし、全層で同じ値を設定する。

3. 実効変形比に基づく周辺架構の影響の分析

3.1 実効変形比と各曲げ変形成分の定義

本研究では、ダンパーの制振効果の評価に、層間変形 δ のうち、支持材を含むダンパー部に有効に作用する変形を実効変形 δ_e と定義し、その割合を表す実効変形比 α_e ³⁾を用いる。 α_e は、層間変形に占める曲げ変形成分を δ_b として、

$$\alpha_e = \frac{\delta - \delta_b}{\delta} = \frac{\delta_e}{\delta} \quad (2)$$

と表される。ここで、曲げ変形成分 δ_b は、さらにダンパー設

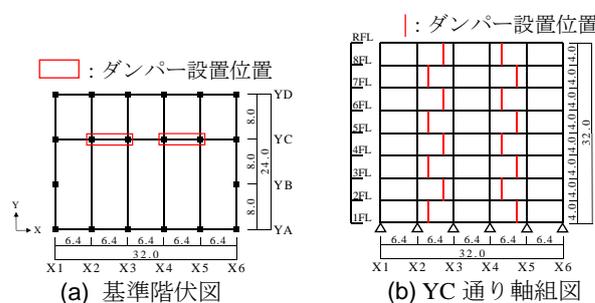


図1 検討対象建物の伏図および軸組図

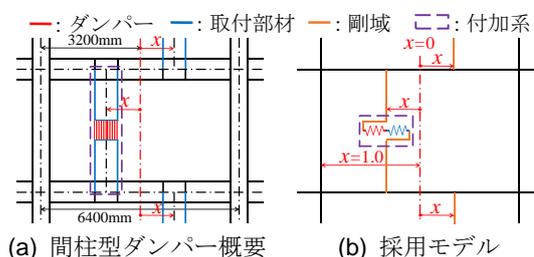


図2 間柱型ダンパーのモデル化概要

置梁の曲げ変形と全体曲げ変形による成分に分離され⁴⁾以降ではこれらを梁曲げ成分 δ_bG 、全体曲げ成分 δ_bV と呼ぶ。

3.2 分析方法の概要

周辺架構の影響は、図1(b)のYC通りを取り出した2次元フレームモデルによる弾性解析の結果を、実効変形比に基づき整理することで分析する。弾性解析には、検討対象建物の1次の刺激関数に基づく外力分布を用いる。

3.3 実効変形比および曲げ変形成分の変化

本節では、付加系の剛性とダンパーの設置位置の違いによる実効変形比の変化と曲げ変形成分に着目し、周辺架構の影響を分析する。図3、図4(a),(b)に付加系の剛性 $k_a=0\sim 2000$ kN/cmにおいてダンパー設置位置 x をスパン中央($x=0$)から、柱軸($x=1.0$)まで変化させた場合の実効変形比 α_e 、全体曲げ成分 δ_bV および梁曲げ成分 δ_bG それぞれの変化を示す。

図3より、 k_a の増加に伴い、 α_e が最大となるダンパー設置位置 x が柱側に近づき、 α_e の最大値が低下していく傾向が認められる。スパン中央に配置した場合は、ダンパーから梁に伝わる曲げモーメントが、上下階で増幅されるのに対し、千鳥配置では、上下階で打ち消し合い、曲げ変形を軽減するため、 α_e が向上するものと考えられる。一方、図4(a),(b)より、 k_a が大きいほど全体曲げ成分 δ_bV が増加し、梁曲げ成分 δ_bG の最小値が大きくなることからわかる。 α_e が最大となる x と δ_bG が最小となる x が、概ね対応していることが確認できる。これは、 δ_bV が δ_bG に比して小さく、 α_e に与える影響が δ_bG の方が大きいためと考えられる。 α_e が大きい x で、 δ_bV も大きくなっているが、 α_e の増加に伴い、ダンパーの負担せん断力が増加するため、上下

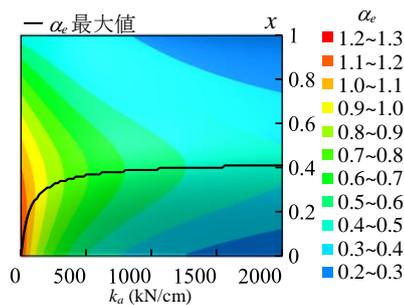
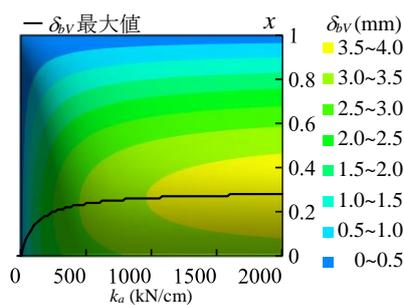
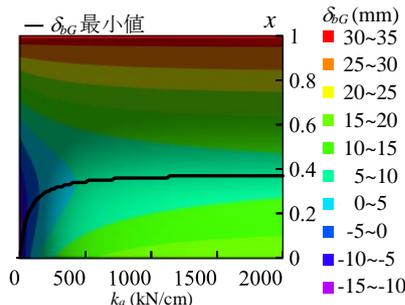


図3 付加系の剛性 k_a と設置位置 x 変化時の α_e



(a) δ_{bv}



(b) δ_{bG}

図4 付加系の剛性 k_a と設置位置 x 変化時の δ_{bv} , δ_{bG}

階のダンパーの連成により、全体曲げ変形を増幅させるためと推測される。これらの傾向は、 k_a が小さいほど顕著である。

以上により、検討対象建物のような全体曲げ成分の小さな建物において、間柱型ダンパーの α_e を大きくするには、梁の曲げ剛性を大きくする断面およびダンパー配置が重要となることがわかる。

4. 検討対象建物の時刻歴応答解析による検証

本章では、検討対象建物による時刻歴応答解析より、ダンパー量およびダンパー設置位置が建物応答に与える影響を検討し、3章の結果と比較する。

4.1 入力地震波概要

入力地震動は、コーナー周期 $T_c=0.64$ s 以降の領域で擬似速度応答スペクトル $pSv=100$ cm/s ($h=5\%$) となる位相特性 HACHINOHE 1968 EW (1968年十勝沖地震) の模擬地震動を用いる。

4.2 時刻歴応答解析結果

検討は、 $s\alpha_{y1}=0.01, 0.03, 0.05, 0.07$ における、ダンパー設置位置 $x=0, 0.2, 0.4, 0.6, 0.8$ において行う。ダンパー、取付部材および付加系の初期剛性を表1に示す。図5に最大層間変位 δ_{maxi} の高さ方向分布、図6に全層における最大層間変位 δ_{max} 、図7に入力エネルギー E に対するダンパーの吸収エネルギー sW_p の比を示す。図5より、 $s\alpha_{y1}=0.01, 0.03, 0.05$ において、各層で、 x がスパン中央側ほど δ_{maxi} が小さくなり、 $s\alpha_{y1}$ が多いほど、その差は大きくなった。一方で、 $s\alpha_{y1}=0.07$ においては、各層で δ_{maxi} の大小関係が異なる結果となった。 $s\alpha_{y1}$ が大きくなるに連れて、建物の応答特性への影響が大きくなることが伺える。図6より、全層の最大層間変位は、 $s\alpha_{y1}=0.01, 0.03, 0.05$ で $x=0$ において最小となるのに対し、 $s\alpha_{y1}=0.07$ では、 $x=0.8$ において最小となる。図7より、どの $s\alpha_{y1}$ においても、 x がスパン中央側ほど、 sW_p/E が大きくなることを確認できる。一方で、3章においては、 $s\alpha_{y1}=0.01$ ($k_a=262.7$ kN/cm) 以上で、 α_e が最大となる x は 0 以上となった。ダンパーが塑性化し、付加系の剛性が著しく低下した際に、 α_e が最大となる x が 0 に近づいたことで、3章における α_e の評価と sW_p/E の評価が一致しなかったと推測する。

5. まとめ

間柱型ダンパーを設置した中低層鋼構造建物において、周辺架構の剛性がダンパーの制振効果に与える影響について、検討を行った。以下に、得られた結果の要約を示す。

- ・実効変形比が最大となるダンパー設置位置は、付加系の剛性から一意的に定まり、概ね全層で一致する。

表1 ダンパーの初期剛性

$s\alpha_{y1}$	ダンパー	取付部材	付加系
—	kN/cm	kN/cm	kN/cm
0.01	2302.4	296.5	262.7
0.03	6907.3	625.0	573.1
0.05	11512.2	1084.0	990.7
0.07	16117.1	1603.0	1458.0

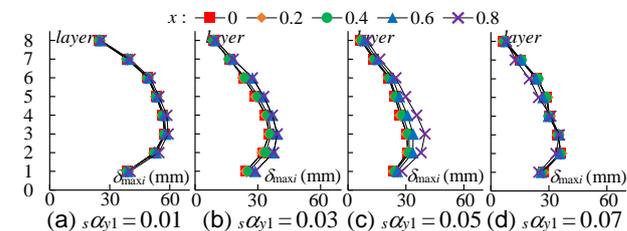


図5 最大層間変位の高さ方向分布

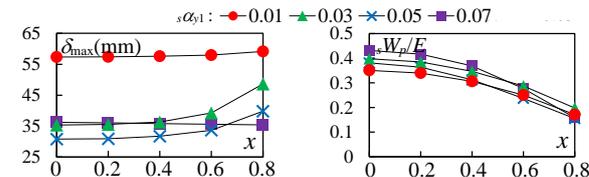


図6 設置位置と最大層間変位の関係

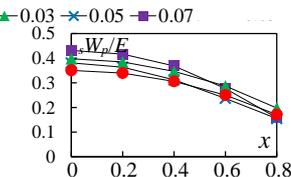


図7 設置位置とダンパーのエネルギー吸収率の関係

- ・付加系の剛性が大きいほど、実効変形比が最大となるダンパー設置位置は、スパン中央から柱側に近づき、その変化は剛性が小さいほど、顕著に表れる。
- ・実効変形比が高くなるとダンパーの負担せん断力が増大し、全体曲げ変形が大きくなる傾向にあるが、アスペクト比の低い建物においては、全体曲げ変形がとても小さいため、梁の曲げ変形を抑えるような架構およびダンパー設置位置を検討することが、実効変形比を高くする上で有効となる。

謝辞

本論文は、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) 林賢一, 佐伯英一郎, 五十嵐規矩夫, 鈴木敏郎: 管状補剛材付きせん断パネルダンパーの繰返し載荷挙動, 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp.1027-1028, 2010.9
- 2) 北村春幸, 宮内洋二, 福島順一, 福田良雄, 森伸之: 性能設計における性能判断基準に関する研究, 日本建築学会構造系論文集, 第 576 号, pp.47-54, 2004.2
- 3) 石井正人, 北村春幸, 和田章, 笠井和彦: 粘弾性型制振部材付き架構のモデル化に関する検討, 日本建築学会構造系論文集, 第 531 号, pp.55-62, 2000.5
- 4) 戸張涼太, 石井正人, 佐藤利昭, 北村春幸, 吉江慶祐, 宮崎充, 佐々木和彦, 岩崎雄一: 変形増幅機構を有する粘性制振壁を設置した制振システムの提案, 日本建築学会構造系論文集, 第 706 号, pp.1741-1750, 2014.12

*1 東京理科大学 *2 東京工業大学

*3 大建設計 (元 東京理科大学)

*4 新日鉄住金エンジニアリング *5 日建設計

*1 Tokyo University of Science *2 Tokyo Institute of Technology

*3 Daiken Sekkei, Inc *4 Nippon Steel & Sumikin Engineering Co, Ltd

*5 Nikken Sekkei Ltd