# 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)	   十字型モデルに基づく間柱型ダンパーと周辺部財の簡易設計手法の提   案
Title(English)	A Proposal of Simple Design Method for Stud-Type Damper and Peripheral Members Based on Cross-Shaped Model
著者(和文)	佐藤弦太, 佐藤大樹, 北村春幸, 松田頼征, 山口路夫, 脇田直弥, 綿貫雄太, 山口慎吾
Authors(English)	Genta Sato, Daiki Sato, Haruyuki Kitamura, Yoriyuki MATSUDA, Michio Yamaguchi, Naoya WAKITA, Yuta WATANUKI, Shingo Yamaguchi
出典(和文)	│ 日本建築学会大会学術講演梗概集, vol. B-2, ,pp. 371-372
Citation(English)	, vol. B-2, , pp. 371-372
発行日 / Pub. date	2017, 8

#### 十字型モデルに基づく間柱型ダンパーと周辺部材の簡易設計手法の提案

			F() (	- 1-0442 442 10 1		1
			同	北村春幸 *3	同	松田頼征 *3
制振間柱	基本設計	十字型モデル	同	山口路夫 *4	同	脇田直弥 *4
簡易設計法	完全弾塑性型		同	綿貫雄太 *4	同	山口慎吾 *4

#### 1. はじめに

間柱型のダンパーでは周辺部材の剛性等に大きく影響 を受ける1)ため、基本設計時にダンパーの性能や設置数 等を決定することは困難である。基本設計では,設計者が 感覚的にダンパーおよび周辺部材を選択していることが 多い。基本設計時と本設計時に採用する部材断面の差異 が大きいほど,経済面や意匠面等で多岐にわたる修正が求 められるため、基本設計を簡便で素早く行う必要がある。

本研究では,基本設計時における要求性能等から,間柱 型ダンパーおよび周辺部材を簡易的に設計する手法の提 案を目的とする。本報では基礎的な提案として,間柱型ダ ンパーをスパン中央に連層配置した場合での提案を行う。

#### 2. 部分架構の概要

提案式の算出にあたり、図1 に示す十字型モデルを用 いる。図1に示す部分架構は、ダンパー接合部の部分架 構(以降,ダンパー十字)および隣接する柱梁接合部の部 分架構 (以降, 柱梁十字) である。ダンパー十字はダンパ 一取付き大梁,取付部材およびせん断パネル,柱梁十字は 大梁および柱によりそれぞれ構成される。せん断パネル の復元力特性は完全弾塑性型と仮定する。十字モデルに おける柱梁の部材長さは、反曲点位置より決定し、反曲点 位置は提案式の簡易化のため部材中央を仮定する。ダン パーの降伏前には、ダンパー十字を用いてダンパーのせん 断変形と周辺部材の関係について解き, ダンパー降伏後に は、層間変形の増分に伴うダンパー接合部の回転角の影響 を評価する。取付部材および主架構の降伏は考慮しない。



### 提案式の概要

ダンパー十字より, 仮想仕事法等を用いて, ダンパーを 架構に付与したことに伴う層剛性の増加AaK(以降,付加 層剛性)およびダンパー降伏時の層間変形 Ryを算出し,式 (1), (2) に示す。ダンパー降伏後の増分の層間変形に伴う せん断パネルの変形を柱梁十字によりたわみ角法を用い て算出した。せん断パネルの歪 p = C (定数) の際の層間 変形角 R(γ<sub>P=C</sub>) を式 (3) に示す。

A Proposal of Simple Design Method for Stud-Type Damper and Peripheral Members Based on Cross-Shaped Model

正会員	○佐藤弦太	*1	同	佐藤大樹	*2
同	北村春幸	*3	同	松田頼征	*3
同	山口路夫	*4	同	脇田直弥	*4
同	綿貫雄太	*4	同	山口慎吾	*4



ここで,h: 階高,l: スパン長さ,Q: せん断力,v: ポアソン 比である。各式における k<sub>M</sub>, k<sub>dG</sub>, k<sub>C</sub>, k<sub>G</sub>は, 両部分架構の層 間変形に対する各部材の剛性であり、式 (4a~d)に示す。

$$k_{M} = \frac{12EI_{M}}{h^{3} + 24h\frac{(1+\nu)}{\rho}\sqrt{I_{M}}}, \quad k_{dG} = \frac{24EI_{dG}}{h^{2}l + 96\frac{h^{2}}{l} \cdot \frac{(1+\nu)}{\rho}\sqrt{I_{dG}}}$$
$$k_{C} = \frac{12EI_{C}}{h^{3} + 24h\sqrt{I_{C}}}, \quad k_{G} = \frac{12EI_{G}}{h^{2}l + 24\frac{h^{2}}{l}\sqrt{I_{G}}}$$
(4a- d)

加えてρは、略算のため、せん断面積 As の二乗を断面二次 モーメント1で表す係数である。本報では、約300種類の H型鋼と約 140 種類の角型鋼管の部材断面から、最小二乗 法を用いてp=0.215 (H型鋼), 0.489 (角型鋼管)とした。式 (3) をかについて解き、ダンパー降伏後の層間変形角 R=C (定数)における pe(R=C)は、式 (5)と表せる。

$$\gamma_{P(R=C)} = \frac{\partial_{Py}}{H_{P}} + \frac{R - \left(\frac{1}{k_{M}} + \frac{1}{k_{dG}} + \frac{1}{k_{P}}\right)\frac{Q_{P}}{h}}{H_{P}} \left\{h + \frac{l - 48\left(\frac{1 + \nu}{\rho}\right)^{2}\frac{\sqrt{I_{G}}}{l}}{24EI_{G}} \cdot \frac{h^{3}}{\frac{1}{k_{C}} + \frac{1}{k_{G}}}\right\}$$
(5)

ダンパーの降伏せん断力  $Q_{Py}$ ,降伏変位 $\delta_{Py}$ ,せん断パネル 高さ H<sub>P</sub>より, R=C(定数) におけるダンパー 1 ループ分の 塑性変形エネルギーは式(6)と表せる。

$${}_{d}W_{P1}' = 4 \cdot \mathcal{Q}_{Py} \cdot \left(\frac{\gamma_{P(R=C)}}{H_{P}} - \delta_{Py}\right)$$
(6)

以降の検討では、階高を 4.2 m、スパン長さを 6.4 m、柱 を□-450×450×19,大梁をH-600×250×12×22 とする。 せん断パネルは降伏せん断力  $Q_{Py}=764$  kN, 初期剛性  $k_P=$ 

SATO Genta, SATO Daiki, KITAMURA Haruyuki MATSUDA Yoriyuki, YAMAGUCHI Michio, WAKITA Naoya WATANUKI Yuta, YAMAGUCHI Shingo



図2 提案式による各算出値と周辺部材の関係

945 kN/mm とする。図 2 に,式 (1)~(3),(6) と kac の関係 をそれぞれ示す。ここで,取付部材,ダンパー取付き大梁 のせいを H<sub>M</sub>, H<sub>dG</sub> = 600~1000 とする。図 2 より各算出値 において,ダンパー取付き大梁と取付部材の断面性能では, 取付部材の影響が大きいことが確認できる。

### 4. 提案式を用いた設計例とフレーム解析による検証

提案式による設計例および検証結果を示すにあたり,図 3 に示す 5 階建ての鋼構造建物を用いる。ダンパーの復 元力特性は全層で同じとし,設置数 sN = 50 基と仮定する。 最大層間変形角  $R_{max} = 1/100$  を想定し,この時のダンパー 一基あたりの 1 ループ分のダンパーの吸収エネルギー  $dW'_{Pl}>34.3$  kN·m とする。また, $R_{max}$ 時にせん断パネルの歪 度p<0.03 とする。これらを同時に満たす取付部材とダン パー取付き大梁の組み合わせは,図 2 (c),(d) より, $H_M =$ 900, $H_{dG} = 700$  の 1 組, $H_M = 700, H_{dG} = 900, 1000$  の 2 組の 計 3 組である。この内,図 2 (a) より, $\Delta_d K$ の最も高い $H_M =$ 900, $H_{dG} = 700$  を採用する。

続いて、各提案式とフレーム解析結果との比較を行う。 静的増分解析を行うにあたり、外力は Ai 分布に基づく。 地盤特性は、第 2 種地盤を想定し  $T_c = 0.6$ 、地震地域係数 は Z = 1.0 とし、1 次固有周期  $_{f1}$  は告示式に基づく。各階 では剛床を仮定して、主架構は弾性で部材は線材とし、剛 域は考慮しない。フレーム解析による算出値には、中間層 である 2,3 層の平均値を用い、断りのない限り、X5-X6 通 り間のダンパーを対象としている。

提案式およびフレームモデルの静的増分解析により算 出した $\Delta_d K, R_y, R_{(p=0.03), d}W'_{P1}$ を表 1 に示す。 $\Delta_d K$ の算出に あたっては、制振架構の層剛性から非制振架構の層剛性を



\*1 戸田建設(元東京理科大学) \*2 東京工業大学

\*4 新日鉄住金エンジニアリング

減じ,層のダンパー設置数 sN/N = 10 基で除して算出して いる。表 1 より,  $\Delta_{dK}$  は誤差 2%未満で良好に対応してい ることが確認できる。 $R_{y}$ ,  $R_{(p=0.03)}$ ,静的解析に比べ,15% 程度小さく評価しているが,簡易な検討方法としては十分 対応していると考える。 $dW'_{P1}$ では、75% 程度大きく評価 している。これは、式(6)が図 2(d)の●付近で傾きが大 きく,層間変形に対しても敏感な値であることとダンパー が降伏するタイミングが各層で異なるために、全層で同時 にダンパーが降伏する十字モデルの想定と異なったこと が影響している。

算出値	単位	提案式	フレーム解析	誤差
$\Delta_d K$	kN/cm	272.5	277.7	-1.9%
$R_{(\gamma P=0.03)}$	rad	1/98	1/85	-13.0%
$R_y$	rad	1/149	1/128	-14.5%
$_{d}W'_{P1}$	kN∙m	50.1	28.6	75.0%

#### 5. まとめ

本報では、間柱型ダンパーをスパン中央に配置した際の 付加層剛性 $\Delta_d K$ 、ダンパー降伏時の層間変形角  $R_y$ ,降伏後 の特定のせん断歪における層間変形角  $R_{(P=C)}$ ,1 ループ分 のダンパーの吸収エネルギー $_d W'_{P1}$ の式を提案し、これら を用いた設計例を示した。以下に得られた知見を示す。

- 各提案式による算出値が、静的増分解析による各算出値 と概ね対応することを確認した。
- ・各提案式による算出値は、ダンパー取付き大梁に比べ取 付部材の断面性能の影響が大きいことを確認した。
- ・提案式により、間柱型ダンパーおよび周辺部材を簡易的
   に設計できる可能性を示した。

#### 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

 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: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,日本建築学会大会学術講演梗概集(関東),pp.759-760,2015.9

<sup>\* 1</sup>Toda Corporation <sup>\* 2</sup>Tokyo Institute of Technology

\* <sup>3</sup> Tokyo University of Science

<sup>\*4</sup>Nippon Steel & Sumikin Engineering Co, Ltd

<sup>\*3</sup> 東京理科大学