T2R2 東京工業大学リサーチリポジトリ
Tokyo Tech 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
権利情報	一般社団法人 日本建築学会

Powered by T2R2 (Tokyo Institute Research Repository)

日本建築学会大会学術講演梗概集
（中国） 2017 年 8 月

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

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

制振間柱　基本設計　十字型モデル
簡易設計法　完全弾塑性型

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ー取付き大梁，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。

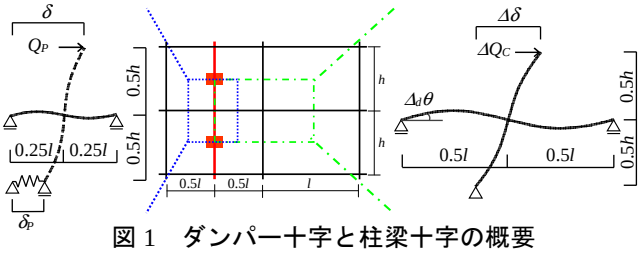


図 1　ダンパー十字と柱梁十字の概要

3. 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$\Delta_d K$（以降，付加層剛性）およびダンパー降伏時の層間変形 R_y 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 γ_P = C (定数) の際の層間変形角 $R_{(\gamma_P=C)}$ を式 (3) に示す。

$$\Delta_d K = \frac{1}{\frac{1}{k_M}+\frac{1}{k_{dG}}+\frac{1}{k_P}},\quad R_y = \left(\frac{1}{k_M}+\frac{1}{k_{dG}}+\frac{1}{k_P}\right)\frac{Q_{Py}}{h} \qquad (1), (2)$$

$$R_{(\gamma_P=C)} = \left(\frac{1}{k_M}+\frac{1}{k_{dG}}+\frac{1}{k_P}\right)\frac{Q_P}{h} + \frac{\gamma_P\cdot H_P-\delta_{Py}}{h+\dfrac{l-48\left(\dfrac{1+\nu}{\rho}\right)^2\dfrac{\sqrt{I_G}}{l}}{24EI_G}\cdot\dfrac{h^3}{\dfrac{1}{k_C}+\dfrac{1}{k_G}}} \qquad (3)$$

[左添え字]
d：ダンパー
[右添え字]
C：柱
G：梁
M：取付部材
dG：ダンパー取付き大梁
P：せん断パネル
y：降伏

ここで，h：階高，l：スパン長さ，Q：せん断力，ν：ポアソン比である。各式における k_M, k_{dG}, k_C, k_G 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。

$$k_M = \frac{12EI_M}{h^3+24h\dfrac{(1+\nu)}{\rho}\sqrt{I_M}},\quad k_{dG} = \frac{24EI_{dG}}{h^2l+96\dfrac{h^2}{l}\cdot\dfrac{(1+\nu)}{\rho}\sqrt{I_{dG}}}$$

$$k_C = \frac{12EI_C}{h^3+24h\sqrt{I_C}},\quad k_G = \frac{12EI_G}{h^2l+24\dfrac{h^2}{l}\sqrt{I_G}} \qquad (4a\text{- d})$$

加えてρ は，略算のため，せん断面積 A_S の二乗を断面二次モーメント I 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ρ = 0.215 (H 型鋼), 0.489 (角型鋼管) とした。式 (3) をγ_P 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$\gamma_{P(R=C)}$ は，式 (5) と表せる。

$$\gamma_{P(R=C)} = \frac{\delta_{Py}}{H_P} + \frac{R-\left(\dfrac{1}{k_M}+\dfrac{1}{k_{dG}}+\dfrac{1}{k_P}\right)\dfrac{Q_P}{h}}{H_P}\left\{h+\frac{l-48\left(\dfrac{1+\nu}{\rho}\right)^2\dfrac{\sqrt{I_G}}{l}}{24EI_G}\cdot\frac{h^3}{\dfrac{1}{k_C}+\dfrac{1}{k_G}}\right\} \qquad (5)$$

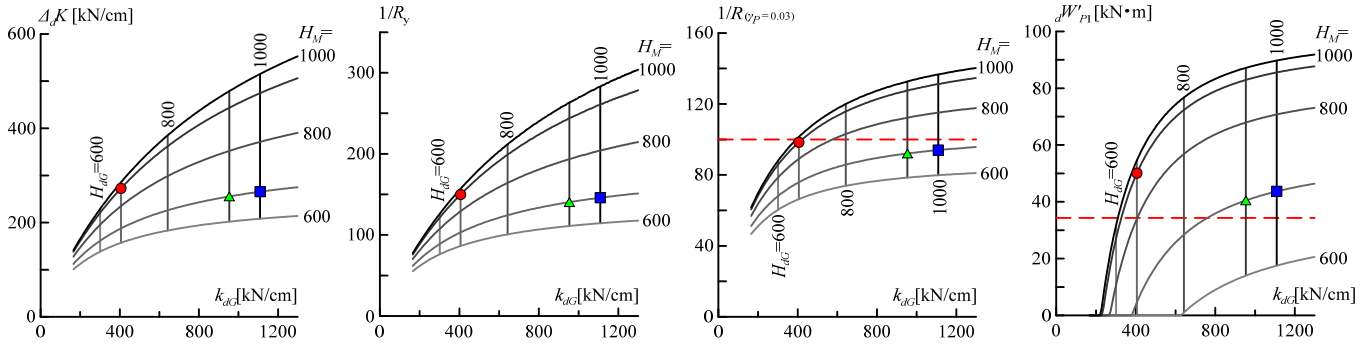
ダンパーの降伏せん断力 Q_{Py}, 降伏変位δ_{Py}, せん断パネル高さ H_P より，R=C (定数) におけるダンパー 1 ループ分の塑性変形エネルギーは式 (6) と表せる。

$${}_dW'_{P1} = 4\cdot Q_{Py}\cdot\left(\frac{\gamma_{P(R=C)}}{H_P}-\delta_{Py}\right) \qquad (6)$$

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 =

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

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



(a) 付加層剛性$\Delta_d K$　(b) ダンパー降伏時の層間変形角 R_y　(c) γ_P3%時の層間変形角 $R_{(\gamma_P=0.03)}$　(d) $_dW'_{P1}$ と周辺部材の関係

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 k_{dG} 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_M, H_{dG} = 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 $_dW'_{P1}$ > 34.3 kN・m とする。また，R_{max} 時にせん断パネルの歪度 γ_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 $_1T_1$ 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, $R_{(\gamma_P=0.03)}$, $_dW'_{P1}$ 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，$\Delta_d K$ 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, $R_{(\gamma_P=0.03)}$，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。

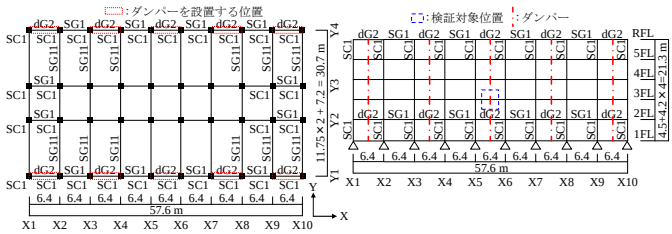


図 3　検討対象建物の伏図および軸組み図

表 1　静的増分解析と提案式の比較

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%
$_dW'_{P1}$	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 $R_{(\gamma P=C)}$，1 ループ分のダンパーの吸収エネルギー$_dW'_{P1}$ 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

1）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

*1 戸田建設（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 Toda Corporation　*2 Tokyo Institute of Technology
*3 Tokyo University of Science
*4 Nippon Steel & Sumikin Engineering Co, Ltd