

論文 / 著書情報
Article / Book Information

論題(和文)	粘弾性系制振間柱型ダンパーを適用した中低層鋼構造建物の地震応答性状
Title(English)	Seismic Responses Characteristics of Low and Middle-Rise Steel Structural Building with Viscoelastic Stud-Type Dampers
著者(和文)	八戸孝聡, 佐藤大樹, 松田頼征, 北村春幸, 宮川和明, 戸張涼太, 植木卓也, 村上行夫
Authors(English)	Takaaki Hachinohe, Daiki Sato, Yoriyuki MATSUDA, Haruyuki Kitamura, Kazuaki Miyagawa, Ryota TOBARI, Takuya Ueki, Yukio MURAKAMI
出典(和文)	日本建築学会大会学術講演梗概集, vol. B-2, , pp. 593-594
Citation(English)	, vol. B-2, , pp. 593-594
発行日 / Pub. date	2017, 8
権利情報	一般社団法人 日本建築学会

粘弾性系制振間柱型ダンパーを適用した中低層鋼構造建物の地震応答性状

間柱型制振構造 粘弾性ダンパー 鋼構造建物
中低層建物

正会員 ○八戸孝聡*1 同 佐藤大樹*2 同 松田頼征*3
正会員 北村春幸*3 同 宮川和明*4 同 戸張涼太*4
正会員 植木卓也*5 同 村上行夫*5

1. はじめに

近年、南海トラフ地震などの巨大地震の発生が懸念される中、物資運搬の要となる物流倉庫は地震発生後も継続して事業を行うことが求められている¹⁾。事業継続のニーズに応えるため、物流倉庫に制振構造を導入する事例が増加している。中でも、間柱型制振装置は平面計画を損なわず、広い空間を効率的に使用できるので物流倉庫に適切であると考えられる。しかし、間柱型制振装置は大梁などの周辺架構の影響を受けやすく、個々の構造物に応じた制振部材の選定・配置が必要である。

本報では、基礎研究として、中低層鋼構造建物に粘弾性系間柱型ダンパー(以降粘弾性ダンパーと呼ぶ)を用いる際の、層間変形角等の応答性状を把握し、ダンパーの設置条件について検討する。具体的には、粘弾性ダンパーの粘弾性体面積と各層のダンパー数を変数とし、最適な組み合わせを把握する。その後、支持部材剛性を変数とし、検討対象のモデルにおけるダンパー数、剛性等について検討した結果を述べる。

2. 検討対象モデルの概要

検討対象モデルの主架構は、物流倉庫を想定した平面：67.2m×41.6m、階高：7.5mの地上4階建ての鋼構造建物である。図1には基準階伏図と検討に用いる長辺方向のダンパー設置構面の軸組図を示す。各層あたりのダンパー数は、各層あたり4基、8基、12基、16基、20基とし、配置は図1、図2に示す。柱は基準強度が700 N/mm²のものを使用し、部材断面は□-400×400×22~28を採用する。梁はSN490材を使用し、部材断面は長辺方向に、H-700×300×14×22、短辺方向にH-700×250×14×28を採用する。検討対象モデルの主架構のみの1次固有周期 f_1 は3.06 sで、建物重量 W は140022 kNである。減衰は、主架構の1次固有周期 f_1 に対して減衰定数 $h=2\%$ となる初期剛性比例型の減衰を主架構のみに与える。

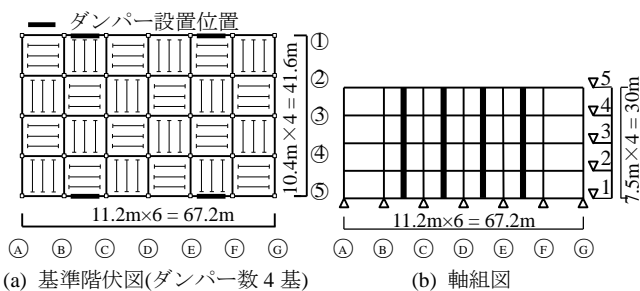


図1 基準階伏図と軸組図

3. 粘弾性ダンパーの概要およびモデル化

粘弾性ダンパーは、図3(a)に示すように、上下梁芯間の中央に粘弾性体を鋼板ではさんだダンパー部を有する。粘弾性体面積は、0.2500m²、0.5625m²、1.0000m²、1.5625m²の4通りとする。上下の支持部材はH形鋼から成り、部材断面はH-600×300×16×32である。ダンパー部と支持部材はガセットプレートで接続されている。ダンパーの解析モデルは図(b)に示すように、応力が変形に比例する貯蔵剛性 ${}_dK$ と、速度に比例する粘性係数 ${}_dC$ の並列ばね(Voigtモデル)に、支持部材の等価せん断剛性 ${}_cK$ を直列に繋いだものとする。 ${}_dK$ 、 ${}_dC$ は、式(1)、(2)で求める。

$${}_dK = {}_dG \cdot (A_t / t_r) \quad (1) \quad , \quad {}_dC = {}_d\eta \cdot {}_dK / \omega \quad (2)$$

ここに、 ${}_dG$ ：ダンパーのせん断弾性率、 A_t ：粘弾性体せん断面積、 t_r ：ゴム厚さ(=20mm)、 ${}_d\eta$ ：ダンパーの損失係数、 ω ：主架構の一次固有円振動数(=2.08 Hz)である。本報では、 ${}_dG=489$ kN/m²、 ${}_d\eta=0.744$ とする。支持部材の等価せん断剛性 ${}_cK$ は、大梁の部材心からダンパーまでの長さのH形鋼の、一端を固定端、もう一端を自由端とした曲げせん断棒の剛性マトリクスを水平方向に縮合することで評価し、式(3a)、(3b)により求めた²⁾。

$${}_cK = \frac{3EI}{(2+\gamma)L^3} \quad (3a) \quad , \quad \gamma = \frac{6EI\kappa}{GAL^2} \quad (3b)$$

4. 時刻歴応答解析

4.1 解析用入力地震動の概要

解析用入力地震動は、1968年十勝沖地震 HACHINOHE EW成分と1995年兵庫県南部地震の JMA KOBE NS成分を位相特性に使い、コーナー周期0.64s以降で擬似速度応答スペクトル ${}_pS_v$ ($h=5\%$)が80cm/sで一定の告示波を使用し、ART HACHI、ART KOBEと呼ぶ。擬似速度応答スペクトルとエネルギースペクトルを図4に示す。

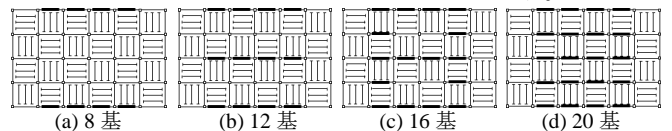


図2 ダンパーの配置(ダンパー数8~20基)

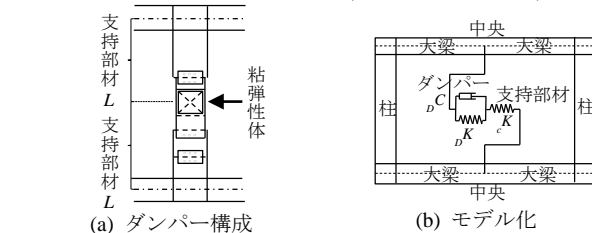


図3 粘弾性ダンパー

4.2 粘弾性体断面積，各層のダンパー数を変数とした場合

本節では，粘弾性体面積が異なる4通り（0.2500m²，0.5625m²，1.0000m²，1.5625m²）で，各層のダンパー数が異なる5通り（各層4基，8基，12基，16基，20基）の計20通りを対象とする。支持部材剛性は9.82kN/mmで一定である。図5には，1層のダンパーの最大層せん断力係数 $d\alpha_1$ の変化による，2層の最大層間変形角 R_{max} ，実効変形比，ダンパーと主架構のエネルギー吸収率 w_d/E ， w_f/E の変化を示す。なお，ART HACHI および ART KOBE を入力地震動として解析を行ったが，応答傾向が類似していることから本節では，ART HACHI 入力時のみを示す。

ダンパー数の増加に伴いダンパーの負担せん断力が大きくなるので， R_{max} は小さくになると考えられるが，図5(a)より，本検討においてはダンパー数が16基で頭打ちとなっていることがわかる。また，1基あたりの粘弾性体面積が大きくなるに従い，ダンパーのエネルギー吸収率が大きくなるため， R_{max} は小さくなることわかる。図5(b)より，実効変形比はダンパー数の増加による大きな変化は見られないが，面積を大きくするに従い減少していることがわかる。図5(c)より，粘弾性ダンパーのエネルギー吸収率 w_d/E は，ダンパー数の増加に従い大きくなり， R_{max} の場合と同様に16基の時で頭打ちとなっている。以上より，検討した20通りでは，粘弾性体面積1.0000m²，各層のダンパー数16基の組み合わせのとき，最大層間変形角 R_{max} が最小となり，実効変形比がある程度大きい。

4.3 支持部材剛性を変数とした場合

本節では各層のダンパー数が16基，粘弾性体面積が1.000m²の組み合わせで，支持部材剛性を変化させた場合の応答性状を把握する。支持部材剛性 K はこれまでの検討に用いた9.82kN/mmをベースとし，1~32倍の7通りに変化させる。また，各場合でダンパー部分の貯蔵剛性 dK を48.90kN/mm，粘性係数 dC を17.49kN・s/mmとする。図6には，2層での R_{max} ，実効変形比， w_d/E ， w_f/E の変化を示す。図6より，支持部材剛性の増加に伴い， R_{max} は小さくなり，実効変形比と w_d/E は大きくなる傾向にあるが，支持部材剛性4倍付近で頭打ちとなっている。

5. まとめ

本報では粘弾性系間柱型ダンパーを用いた中低層鋼構造建物に対して時刻歴応答解析を行い，ダンパー部の粘弾性体面積と各層のダンパー数，支持部材剛性に着目し応答結果をまとめた。限られた範囲での検討だが，以下に得られた知見を示す。

- 1) 粘弾性ダンパー数の増加に伴い，最大層間変形角は小さくなるが，ある程度の基数で頭打ちとなる。
- 2) 粘弾性ダンパーの粘弾性体面積が大きくなるのに従い，ダンパーのエネルギー吸収率が大きくなるので，最大層間変形角は小さくなる。
- 3) 支持部材剛性の増加に従い，実効変形比は大きくなり，最大層間変形角は小さくなる。

参考文献

- 1) 内閣府防災担当：事業継続ガイドライン第一版—わが国の減災と災害対応の向上のために—，2005.8
- 2) 松井征生，渡辺泰成，佐藤大樹，佐藤利昭，戸張涼太，北村春幸，宮川和明，植木卓也，村上行夫：間柱制振部材における粘弾性ダンパーと支持部材が応答に及ぼす影響，日本建築学会関東支部研究報告集 pp.541-544，2016.3

支持部材剛性 ○ 1倍 □ 2倍 ▲ 4倍 ▼ 8倍 + 16倍 × 24倍 ◇ 32倍

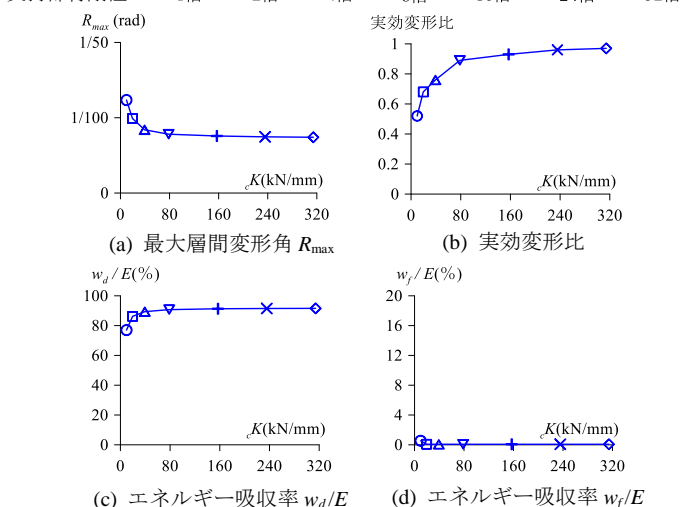


図6 支持部材剛性を変数とした解析結果

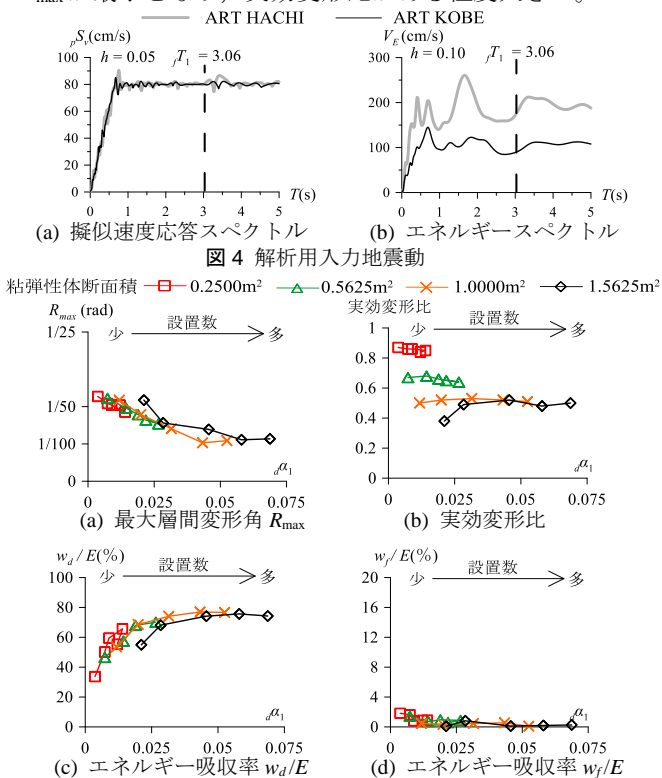


図5 粘弾性体面積，ダンパー数を変数とした解析結果

*1 筑波大学（元東京理科大学） *2 東京工業大学
 *3 東京理科大学 *4 JFE シビル株式会社
 *5 JFE スチール株式会社

*1 University of Tsukuba *2 Tokyo Institute of Technology
 *3 Tokyo University of Science *4 JFE Civil Engineering & Construction Corp.
 *5 JFE Steel Corp.