

論文 / 著書情報
Article / Book Information

論題(和文)	梁端部を半剛接合とした中低層制振構造建物における主架構の塑性化に着目した残留変形角の検討
Title(English)	Study of residual deformation angle focusing on plastic of main frames in a low and middle-rise vibration control structure building with semi-rigid connection of a beam edge
著者(和文)	有間雄太, 脇田直弥, 山口路夫, 綿貫雄太, 佐藤利昭, 佐藤大樹, 北村春幸
Authors(English)	Yuta Arima, Naoya WAKITA, Michio Yamaguchi, Yuta WATANUKI, Toshiaki Sato, Daiki Sato, Haruyuki Kitamura
出典(和文)	日本建築学会大会学術講演梗概集, vol. B-2, , pp. 285-286
Citation(English)	, vol. B-2, , pp. 285-286
発行日 / Pub. date	2016, 8
権利情報	一般社団法人 日本建築学会

梁端部を半剛接合とした中低層制振構造建物における主架構の塑性化に着目した残留変形角の検討

中低層建物 制振構造 半剛接合
時刻歴応答解析 残留変形

正会員 ○有間雄太*1 同 脇田直弥*2 同 山口路夫*2
同 綿貫雄太*2 同 佐藤利昭*3 同 佐藤大樹*4
同 北村春幸*5

1.はじめに

2011年の東日本大震災以降、事業継続性（BCP）の観点より、耐震性能の向上を目的に高層建物のみならず、中低層建物にも制振構造を採用する事例が増加傾向にある¹⁾。また、想定される地震動レベルも年々高くなっており²⁾、中低層建物に適した、より合理的で耐震性能の高い制振構造システムの開発が求められている。

本研究は、4層の物流施設を対象に、一般的な制振構造より主架構の水平剛性を低くしつつ、主架構の弾性限界までの変位を伸ばすことで、地震時における主架構の損傷を低減するシステムを提案するものである。その一案として梁端部を半剛接合（例えば^{3),4)}とするシステムを採用する。

既報⁵⁾では、静的増分解析より、主架構の変形性能の変化を、時刻歴応答解析より応答および主架構の損傷に対して高い低減効果を示した。一方で、梁端部を半剛接合とし、主架構の剛性が低下した場合、ダンパーに対する主架構の負担せん断力比 r_q が低下し、残留変形が増大⁶⁾することが懸念される。よって本報では、梁端部の剛性、ダンパー量、地震動の入力レベルをパラメータとして本システムにおける残留変形の検討を行う。

2. 解析条件の概要

2.1 検討対象建物および制振部材の概要

検討対象建物は、物流施設を想定した地上4階、階高6.7m、高さ26.8m、長辺方向11.0m×8スパン=88.0m、短辺方向10.0m×3スパン=30.0mの鋼構造建物とする。図1、2に伏図および軸組図を示す。柱脚は、主架構の剛性を低くするため露出柱脚を採用する。本論文の解析は長辺方向を対象とし、構造減衰は、主架構の1次固有周期 $f_1 T_1$ に対して減衰定数 $h=0.02$ となる初期剛性比例型とした。

制振構造には、履歴型の制振ブレースを用い、Y1・Y4通りのX2からX4とX6からX8間に1層当たり16本配置する。1層のダンパー降伏せん断力 Q_{y1} は、建物の総重量 W に1層のダンパー降伏層せん断力係数 α_{y1} を乗じることで算出した。i層のダンパー降伏層せん断力 Q_{yi} は、1層の降伏層せん断力に最適降伏層せん断力分布に基づく設計用せん断力比を乗じることで算出した⁷⁾。以降、 α_{y1} をダンパー量と呼ぶ。ダンパーの降伏水平変形角は全層で約1/713とする。

2.2 半剛接合の概要

本検討対象建物では、ダンパー非設置箇所（Y2・3通り、Y1・4通りのX1-2、X4-6、X8-9間）の梁端部を半剛接合とする。一方、ダンパー設置箇所（Y1・4通りのX2-4、X6-8間）の梁端部の接合方法は、ピン接合とする。半剛接合としたモデルの軸組図を図3に示す。また、半剛接合は、耐力を部材断面と同じと

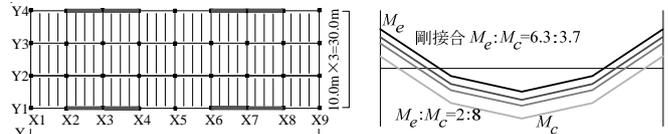


図1 伏図

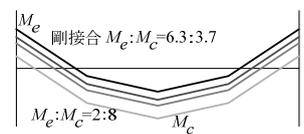
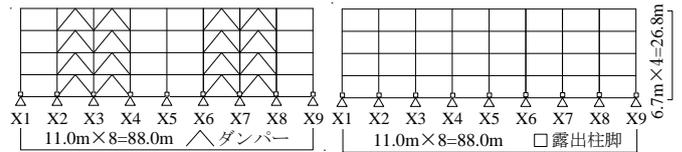


図4 長期応力図



(a) 外構面 (Y1・4通り) (b) 内構面 (Y2・3通り)

図2 軸組図

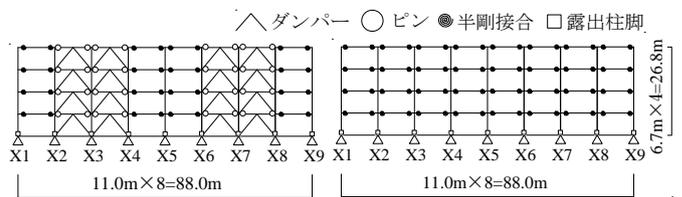


図3 軸組図 (半剛接合)

表1 モデル名と固有周期

	$M_e : M_c$	モデル名	固有周期
剛接合	6.3:3.7	rigid	1.70s
半剛接合	5:5	sr-55p	2.09s
	4:6	sr-46p	2.33s
	2:8	sr-28p	3.47s

し、剛性のみ変化するものとする。回転剛性は、図4に示すように、長期荷重による梁端部と梁中央の曲げモーメントの比率 ($M_e : M_c$) に着目して決定する。検討対象建物において、剛接合時は、 $M_e : M_c = 6.3:3.7$ 程度になるのに対して5:5、4:6、2:8となるように回転剛性を調整した。以上より、解析を行う検討モデルとその呼称および1次固有周期を表1に、静的増分解析結果⁵⁾を図5に示す。図5より剛性の低下に伴いヒンジ形成までの変形が伸びていることが確認できる。

3.時刻歴応答解析による残留変形角の検討

3.1 地震動の概要

検討に用いる入力地震動は、コーナー周期 $T_c = 0.64s$ 以降で、擬似速度応答スペクトル $\rho S_v = 0.5, 1.0, 1.5 m/s (h=0.05)$ が一定となる模擬地震動を用いる。位相特性は、HACHINOHE 1968 EW および JMA KOBE 1995 NS とする。以降、それぞれ ART HACHI 50, 100, 150, ART KOBE 50, 100, 150 と呼ぶ。図6に擬似速度応答スペクトル ρS_v を示す。

3.2 解析結果

図7にダンパー量 $s\alpha_{y1}$ と最大残留変形角 R_{resmax} の関係を、図8に全層における主架構の塑性率 $f\mu$ と残留変形角 R_{res} の関係を示す。主架構の塑性率 $f\mu$ は、下式より算出した。

$$f\mu = R_{max} / fR_y \quad (1)$$

ここで、主架構の降伏変形角 fR_y は、図9に示すように、静的増分解析より求められた層せん断力と層間変形角の関係を基に層間変形角 R が1/50で履歴面積が等価となる完全弾塑性型の復元力とした際の降伏変形角とした。なお、sr-28pモデルは、 $R=1/50$ で弾性となるため図8から除外した。図7より、 $pS_v=0.5, 1.0$ に対しては、sr-28pのダンパー量の少ない範囲では、 r_q の低下により残留変形角が増大しているが $R_{resmax} = 1/1000$ 程度と概ね問題ない値⁸⁾と考えられる。 $pS_v=1.5$ に対しては、ダンパーに対する主架構の負担せん断力比が最も小さいsr-28pモデルで残留変形角の増大が懸念されたが、 $pS_v=0.5, 1.0$ と同程度の値を示した。一方、rigidモデルは、ダンパー量が少ない範囲にて大きな値を示す傾向にある。これは、図8より主架構の塑性率が1.0を超えると残留変形角が大きく増大することがわかるように、ダンパーのみならず主架構が塑性化したことに原因があると考えられる。また、ART KOBE150においては、sr-55pモデルも主架構が塑性化したことに原因があると考えられる。以上より、残留変形角を微小範囲に留めるには、主架構を塑性化させないことが重要であり、主架構の弾性範囲が大きい本システムの有用性が示されたと考えられる。

4.まとめ

本報は、梁端部を半剛接合とした中低層制振構造建物の残留変形について検討を行った。残留変形は、半剛接合とすることにより、ダンパーに対する主架構の負担せん断力比が低下し、増大することが懸念されたが、概ね問題ない結果となった。また、入力レベルが大きい時は、半剛接合とし弾性限界までの変位を伸ばし、主架構の損傷が低減したことで、梁端部を剛接合とした場合より、残留変形角を小さい範囲に抑えることが可能であることがわかった。よって、本システムの有用性が残留変形の観点から示された。

謝辞

本研究は、新日鉄住金エンジニアリング株式会社、東京工業大学佐藤研究室、東京理科大学北村研究室によるエネルギー法研究会の成果の一部である。

参考文献

- 1) 脇田直弥, 松隆知明, 樋口公平, 中村秀司: エネルギー法による建物の構造設計~優れた耐震性と経済性を両立した設計手法の確立~, 新日鉄エンジニアリング技報, 第3号, pp.48-56, 2012.1
- 2) 国土交通省: 「超高層建築物等における南海トラフ沿いの巨大地震による長期地震動への対策案について」に関するご意見募集について, 2015.12
- 3) 秋山宏, 呉相勲, 大竹章夫, 福田浩司, 山田哲: 無補強角形鋼管柱・梁接合部のモーメント-回転角関係の一般化, 日本建築学会構造系論文集, 第484号, pp.131-140, 1996.6
- 4) 大井謙一, 近藤日出夫, 陳似一, 高梨晃一, 嶋脇興助, A.S.エルナシヤイ: 半剛接合部を有する鋼構造骨組の地震応答実験, 日本建築学会構造工学論文集, Vol.39B, pp.155-164, 1993.3
- 5) 有間雄太, 脇田直弥, 山口路夫, 綿貫雄太, 佐藤利昭, 渋谷政斗, 佐藤大樹, 北村春幸: 梁端部を半剛接合とした制振構造建物の応答評価, 日本建築学会

- 6) 秋山宏, 高橋誠: 地震時における柔剛混合せん断型多層骨組の残留変形, 日本建築学会大会学術講演梗概集(九州), B-2, pp.397-398, 1998.9
- 7) 秋山宏: エネルギーの釣合に基づく建築物の耐震設計, 技法堂出版, 1999.11
- 8) 日本建築センター: エネルギーの釣合に基づく耐震計算法の技術基準解説及び計算例とその解説, p.22, 2005.10

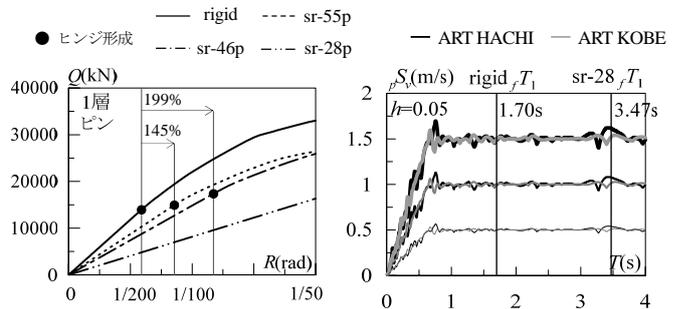


図5 静的増分解析

図6 擬似速度応答スペクトル

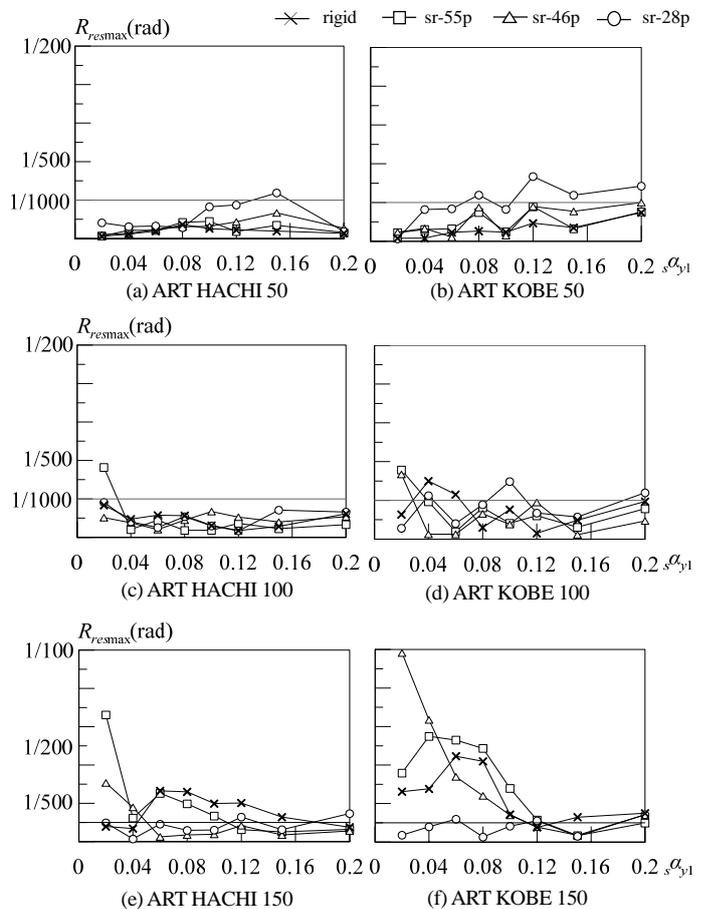


図7 ダンパー量と残留変形角の関係

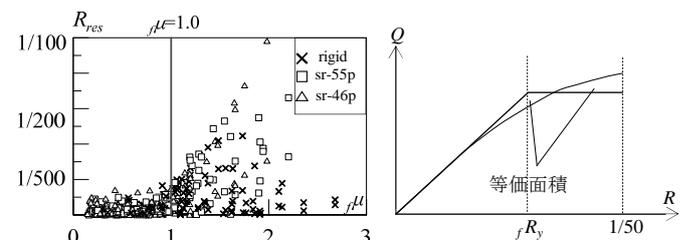


図8 主架構の塑性率と残留変形角の関係

図9 主架構の降伏変形角

*1 安藤ハザマ (元東京理科大学)

*2 新日鉄住金エンジニアリング

*3 九州大学大学院

*4 東京工業大学 *5 東京理科大学

*1 HAZAMA ANDO CORPORATION

*2 Nippon Steel & Sumikin Engineering Co.,Ltd

*3 Kyushu University

*4 Tokyo Institute of Technology *5 Tokyo University of Science