

論文 / 著書情報
Article / Book Information

論題(和文)	外付け制振補強された既存RC造建物の耐震補強設計手法に関する研究 その4 ロス変形に着目した制振補強効果の検討
Title	
著者(和文)	住岡良紀, 小林清一, 向井智久, 森田高市, 長谷川隆, 前田泰史, 佐藤大樹, 北村春幸
Authors	Daiki Sato, Haruyuki Kitamura
出典 / Citation	日本建築学会大会学術講演梗概集, C-1, , pp. 91-92
Citation(English)	, C-1, , pp. 91-92
発行日 / Pub. date	2009, 8
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/110007979679

外付け制振補強された既存 RC 建造物の耐震補強設計手法に関する研究

—その 4 ロス変形に着目した制振補強効果の検討—

RC建物	外付け制振補強	履歴型制振ブレース	正会員	○	住岡 良紀 ^{*1}	同	小林 清一 ^{*2}
ロス変形	エネルギー吸収		同		向井 智久 ^{*3}	同	森田 高市 ^{*3}
			同		長谷川 隆 ^{*3}	同	前田 泰史 ^{*4}
			同		佐藤 大樹 ^{*5}	同	北村 春幸 ^{*5}

1. はじめに

本研究は外付け制振補強された崩壊形の異なる RC 架構の静的繰返し載荷実験を行い、崩壊形による RC 架構の破壊性状の違いを確認するとともに、ブレースの変形性能を低下させる要素と、その影響について明らかにすることを目的とし、その 3 では、実験概要と実験結果として、外付け制振補強されることによる各崩壊形の破壊性状の違いと荷重-変形関係について述べた。本報では、ブレースの変形性能低下について明らかにし、その影響度と補強効果について考察するとともに、梁端部のねじれ応力に着目した接合部耐力について評価を行う。

2. 各ロス変形

ブレースのエネルギー吸収性能低下の要因として考えられるロス変形として、梁端部ねじれ、面外曲げ変形、定着板滑り変形、定着板浮き上がり変形、ピンのガタ、本実験においてはロードセルのガタの要素が考えられる。図 1 に各ロス変形にブレース変位を加えた値と幾何学的変位(=層間変位から幾何学的に求まるブレース軸方向成分)を層間変形角ごとに示す。ここで、ねじれ変形のブレース軸方向成分は式(1)から算出した。

$$\delta_t = \frac{b}{\theta_t} \left(1 - \sqrt{1 - \theta_t^2} \right) \cos \phi \quad (\text{mm}) \quad (\theta_t = 0 \rightarrow \delta_t = 0) \quad (1)$$

ここに、 b : 梁の幅(mm)、 θ_t : ねじれ回転角(rad)、 ϕ : ブレース取付角度(°)

なお、下部ガセットのずれ変形は、幾何学的変位に対して 0.2% 程度であったため除外した。

全試験体ともブレース変位とロス変形の和が概ね幾何学的変位とほぼ一致した結果が得られた。その中でも、接合部のロス変形の要素としては、梁端部のねじれ変形、定着板の滑り変位、ピンのガタが幾何学的変位に対して最大 20%におよび、支配的であることが確認できた。また、図 2 に PC 鋼棒軸力保持率と層間変形角の関係を示す。図 1 と図 2 を比較すると、ねじれ変形、定着板滑りの増加と、PC 鋼棒軸力保持率の減少が対応

している。つまり、ねじれ変形が増加することで PC 鋼棒の軸力が減少し、定着板の圧着度が減少し、定着板滑りが増加することがわかった。

3. エネルギー吸収

図 3 にフレームとブレースのエネルギー吸収量(W_f, W_b)を 1 サイクル当たりでの算出結果を棒グラフ(右軸)で、全体に対するフレームとブレースのエネルギー吸収割合($W_f/W, W_b/W$)を線グラフ(左軸)で層間変形角ごとに示す。図 4 にブレースの制振補強効果を表す指標として、ブレース軸方向変位の水平成分と RC 架構の層間変位との比率(実効変形比)を層間変形角ごとに示す。

Cb は、図 1 から、最もロス変形が少なかった試験体であり、図 4 から、実効変形比が最も高い割合を示し、図 3 から、ブレースのエネルギー吸収量が最も多い結果となり、補強効果も高かったといえる。

Gb は、図 4 から、他の試験体に比べ $R=1/150\text{rad}$ を超えるとダンパーの実効変形比の上昇する割合が小さいことがわかる。これは、図 1 より、梁端部のねじれ変形、また、それに伴う定着板の滑り変形により、ブレースの変形性能が低下したものと考えられる。図 3 のエネルギー吸収量を見ても Cb に比べブレースのエネルギー吸収量は $R=1/150\text{rad}$ から少なくなっており、ある変形以上から補強効果が低下している。

Cs は、ピンのクリアランスが他の試験体に比べ大きいものを用いたため、図 4 より、小変形時の実効変形比が最も低い結果となったが、 $R=1/75\text{rad}$ までで見ると、最終的に 8 割まで上昇していることと、図 3 のエネルギー吸収量としては、Gb 相当の結果が得られていることがわかる。また、南柱がせん断破壊した $R=1/100\text{rad}$ 後もブレースの性能は低下していないことがわかる。このことから、梁部材のねじれ余裕度が高く、かつ柱が軸力保持能力を有していれば、ある程度の補強効果が得られることになる。

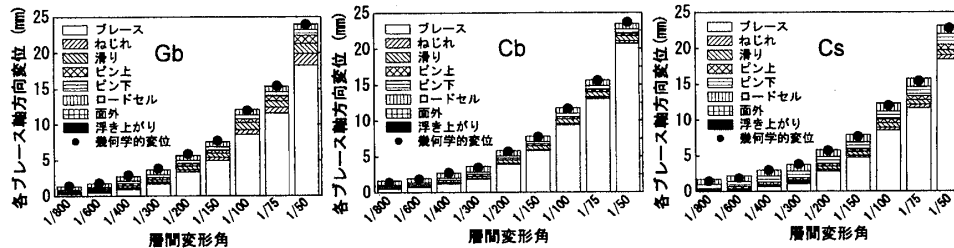


図-1 ロス変形

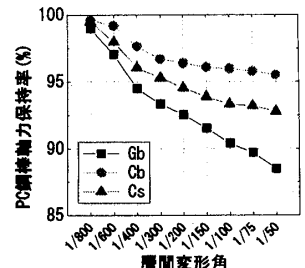


図-2 PC 鋼棒軸力保持率

Design Method for Seismic Retrofit of Existing R/C Buildings Using Energy Dissipative Brace
Part.4 Study on Seismic Performance with Loss-Deformation at Beam-to-Brace Connection

SUMIOKA Yoshinori, KOBAYASHI Kiyokazu
MUKAI Tomohisa, MORITA Koichi
HASEGAWA Takashi, MAEDA Yasushi
SATO Daiki, and KITAMURA Haruyuki

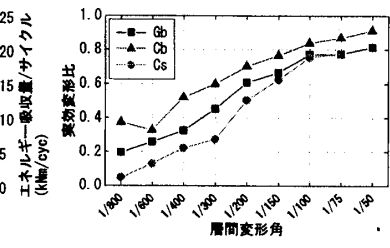
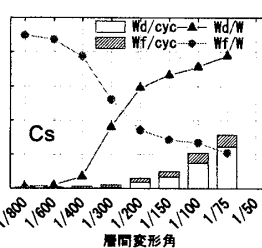
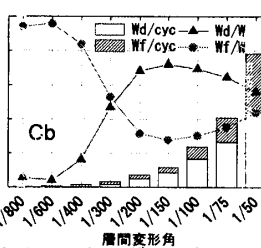
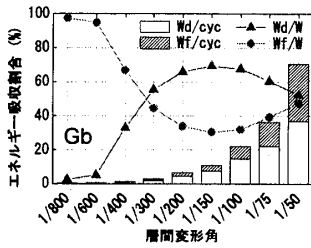


図-3 エネルギー吸収量, 割合

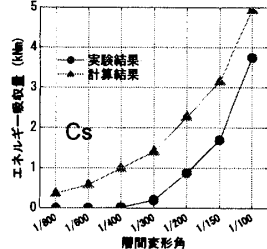
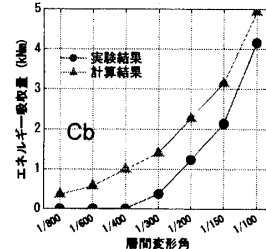
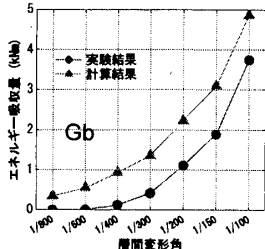


図-5 ブレースのエネルギー吸収量(実験結果とガタ=0とした結果との比較)

図-4 実効変形比

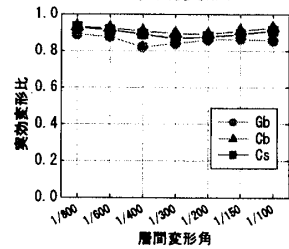


図-6 実効変形比(ガタ=0)

全試験体共通して、 $R=1/50rad$ までブレースは図3から、エネルギー吸収割合で全体の50%以上、図4から実効変形比で80%以上であり、十分な制振補強効果が得られている。

4. ロス変形の違いがエネルギー吸収性能に与える影響

本実験において、設計段階ではブレースが $R=1/1000rad$ で降伏するよう設計されていたが、実際に降伏したのはピンのガタ(本実験においてはロードセルのガタも含む)の影響を受け、 $R=1/400\sim 1/300rad$ であった。そこで、ピンのガタがない場合を仮定して、エネルギー吸収性能の違いを実験結果と比較する。

ロス変形を考慮する際、ねじれ変形や定着板滑り変形は無視できない。図1において、ピンのガタとロードセルのガタが全てブレース変位として変位したと仮定すると、少なくとも $R=1/800rad$ の時点で全試験体において、ブレースが降伏変位に至っていることがわかる。このことから、ピンのガタを考慮することにより、ブレースの早期降伏が可能であることがわかる。

図5に実験結果とピン、ロードセルのガタを0として計算した、ブレースの1サイクルあたりのエネルギー吸収量結果を層間変形角ごとに示す。また、図6にピン、ロードセルのガタを0とした、ブレースの実効変形比を示す。ねじれ変形、定着板滑り変形は実験結果を用いて、図7に示すような簡便なブレースの復元力特性を用いてエネルギー吸収量を算出した。図6より、小変形時から実効変形比は約9割であり、図5より、エネルギー吸収量をみても補強効果が大きいことがわかる。このことから、接合部を設計するにあたり、ロス変形の影響は無視できないことがいえる。

また、今回試みた計算では、ねじれ変形、定着板滑り変位の実験結果を用いたため、小変形からブレース応力が大きくなることに伴うロス変形の増大分を無視していることから、今後より詳細なロス変形の構造特性を評価する必要がある。

5. まとめ

本研究より以下の知見を得た。

(1) 各崩壊形架構に関して以下の事がいえる。

- *1 元東京理科大学 修士(工学)
- *2 元東京理科大学
- *3 (独)建築研究所 博士(工学)
- *4 新日鉄エンジニアリング(株) 博士(工学)
- *5 東京理科大学理工学部建築学科 博士(工学)

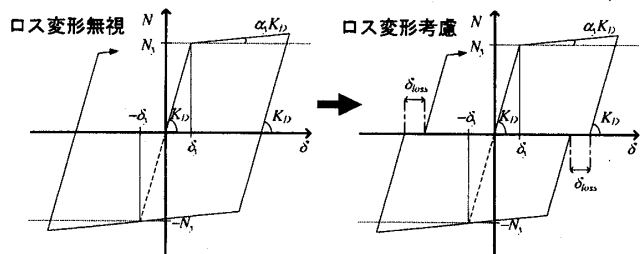


図-7 ブレースの復元力特性

- ・梁曲げ降伏型試験体は、梁端部の曲げ耐力が他の試験体に比べ低いために、梁曲げ降伏時点以降の変形レベルで、梁端のねじれ変形および梁端のひび割れ損傷が大きくなり、PC 鋼棒の軸力が低下することに伴う定着板の滑り変位が卓越し、ブレースによるエネルギー吸収性能が低下する。
 - ・柱曲げ降伏型試験体は、梁が十分なねじれ耐力を有していたため、安定したブレースのエネルギー吸収が確認できた。
 - ・柱せん断破壊型試験体は、柱のせん断破壊後も柱が軸力保持能力を有していれば、ブレースのエネルギー吸収性能は確保される。
- (2) ブレースのエネルギー吸収性能に影響を及ぼす接合部のロス変形は、ピンのクリアランス、梁のねじれ変形、定着板の滑り変位が支配的である。
 - (3) ブレースの早期降伏を妨げ、エネルギー吸収性能を低下させるロス変形は、接合部設計において無視できないため、各ロス変形の詳細な構造特性評価が必要である。

謝辞

本検討は、(独)建築研究所の研究課題「耐震化率向上を目指した普及型耐震改修技術の開発(H18-20)」の鋼構造分科会(主査:北村春幸)にて行われました。分科会委員各位に感謝の意を表します。
なお、本研究課題を進めるにあたり、(社)日本鉄鋼連盟より補助を受けました。

参考文献

- 1) 箕輪田翔ほか: 外付け制振補強された既存RC造建物の耐震補強設計手法に関する研究, 日本建築学会学術講演梗概集(中国), pp.651-654, 2008.9
- 2) 向井智久ほか: 梁端部のねじれ挙動を考慮した外付け制振補強RC梁に関する実験的研究, 日本建築学会構造系論文集, No.584, pp.139-146, 2004.10
- 3) 日本建築学会: 鉄筋コンクリート終局強度設計に関する資料, 1991.9
- 4) 建築物の構造関係技術基準解説書編集委員会: 2007年度版 建築物の構造関係技術基準解説書, 全国官報販売同組合, 2007.8

Tokyo University of Science, Mr.Eng.
Tokyo University of Science
Building Research Institute, Dr.Eng.
Nippon Steel Engineering Co., Dr.Eng.
Professor, Tokyo University of Science, Dr.Eng.