

論文 / 著書情報
Article / Book Information

論題(和文)	2071 履歴減衰型ブレースにより外付け制振補強されたRC架構の静的繰り返し載荷実験：-その1-実験概要と結果の検討(構造)
Title	
著者(和文)	小林 清一, 向井 智久, 住岡 良紀, 佐藤 大樹, 北村春幸
Authors	daiki sato, Haruyuki Kitamura
出典 / Citation	日本建築学会関東支部研究報告集 I, , No. 79,
Citation(English)	, , No. 79,
発行日 / Pub. date	2009, 2
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/110007453924

履歴減衰型ブレースにより外付け制振補強された RC 架構の静的繰り返し載荷実験 —その1—実験概要と結果の検討

構造—振動

準会員 ○ 小林清一^{*1} 正会員 向井智久^{*2}
 正会員 住岡良紀^{*3} // 佐藤大樹^{*4}
 // 北村春幸^{*5}

RC 建物 履歴減衰型ブレース 外付け制振補強
ねじれ

1. はじめに

1995年の阪神大震災を受けて耐震改修促進法が制定され、2006年に同法の改正により今後10年間で耐震化率を向上すること目標・計画された。そこで耐震化率の向上を目標とした普及型耐震改修技術の開発の一つとして、既存RC造建物に対して効果的にエネルギー吸収を可能とする制振部材を用いて既存建物を高性能化させることは有効であると考えている。具体的には、内側補強工法に比べ簡易に取付けられる図1に示すような、既存RC建物の外周部に制振ブレースを定着板及びグラウトを介してPC鋼棒圧着により外付けする工法(外付け制振補強工法)は有効である。これまでに、外付け制振補強したRC架構の静的繰り返し載荷実験や制振ブレースとRC架構の接合部(以下接合部)を取り出した要素実験を行い、制振補強効果や、RC架構部の破壊性状を明らかにしてきた¹⁾²⁾。

RC架構の応答変形制御型の補強工法は小変形からブレースが有効に働くことが重要であるが、ブレース端部のピン接合によるガタや、梁端部のねじれ変形などによるブレースの変形性能が低下する要因については明確に検討されていない。

そこで、本研究は外付け制振補強された崩壊形の異なるRC架構の静的繰り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1では実験概要とRC架構の破壊性状の違いについて述べる。

2. 実験概要

2.1 試験体計画

表1に試験体概要、および各耐力、表2に各材料特性、図2に試験体配筋例および寸法を示す。試験体は1層1

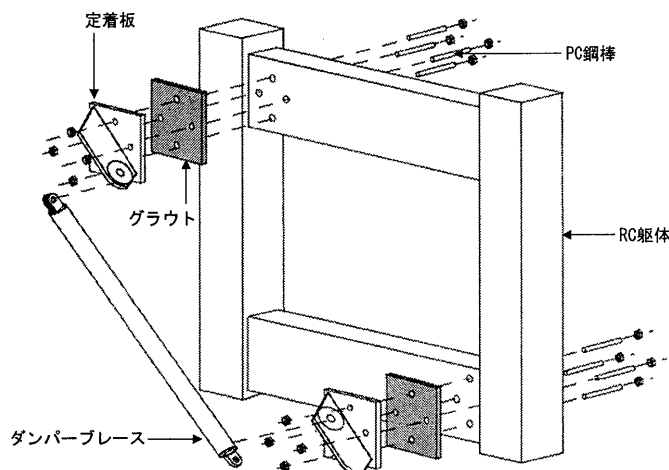


図1 外付け制振補強工法

表1 試験体概要

	初期導入軸力 (kN/本)	梁曲げ降伏型(Gb)			柱曲げ降伏型(Cb)			柱せん断破壊型(Cs)			垂れ壁
		216.0			231.3			231.3			
梁断面	Mu (kNm)	81.5	150.5	264.0							
	Qu (kN)	161.8	195.1	358.5							
	b × D	200 × 425		200 × 425	200 × 425		60 × 387.5				
	上下端筋	6-D16(SD345)		6-D22(SD345)	6-D22(SD345)		2-D6(SD295)				
	あばら筋	2-D6(SD295)@50		3-D6(SD295)@50	3-D6(SD295)@50		1-D6(SD295)@200				
Pw (%)	0.64		0.96	0.96		0.27					
備考						垂れ壁付		Csの梁のみ			
柱断面	Mu (kNm)	106.7	108.7	108.7							
	Qu (kN)	135.8	152.3	128.0							
	b × D	300 × 300		300 × 300	300 × 300						
	主筋	6-D19(SD345)		6-D19(SD345)	6-D19(SD345)						
	帯筋	2-D6(SD295)@75		3-D6(SD295)@75	2-D6(SD295)@300						
Pw (%)	0.28		0.43	0.07							
備考											
oMu (kNm)	27.9		60.6	108.7							
Tuo (kNm)	30.9		44.3	44.3							

表2 各材料特性

コンクリート			鉄筋		ブレース	
試験体名	圧縮強度 (N/mm ²)	ヤング係数 (× 10 ⁴ N/mm ²)	試験体名	降伏強度 (N/mm ²)	試験体名	降伏強度 (N/mm ²)
Gb	24.0	2.19	D6(SD295)	352.7	LYP225	221.3
Cb	25.7	2.26	D16(SD345)	398.3		
Cs	25.7	2.25	D19(SD345)	375.3		
			D22(SD345)	380.7		

スパンラーメンを実大の1/2に縮小したモデルで、崩壊形の異なる3体(梁曲げ降伏型Gb、柱曲げ降伏型Cb、柱せん断破壊型Cs)を製作した。各試験体とも250kN程度の層せん断耐力を目標に設計している。いずれも梁部材は、ブレース応力によりねじれ破壊しないよう設計

している。また、Csはたれ壁を設けてF値1.0相当となるよう設計している。柱・梁の曲げ終局強度 M_u 、せん断終局強度 Q_u 、梁端部の面外曲げ終局モーメント oM_u 、ねじれモーメント T_{uo} は表2の材料特性を用いて文献3), 4)より求めた。また、ブレース取付角度は全試験体共通して45°である。

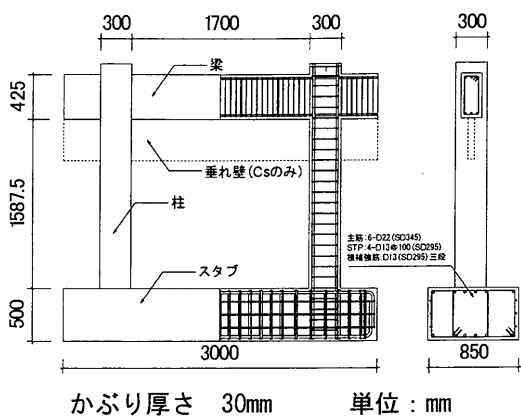


図2 試験体配筋例

2.2 加力計画

図3にRC試験体を含めた加力装置、図4に载荷プログラムを示す。水平方向の载荷は両端のアクチュエータを同時に同方向に稼働させることで、RC架構のみの加力を想定した場合に梁に軸力が作用しないよう考慮した。各柱にはオイルジャッキを用いて軸力比(=負担軸力/(柱断面積×コンクリート強度))が0.1(既存RC造4層建物の2階中柱の長期軸力相当)となる初期軸力を作用させた。载荷はRC梁中央に設置した変位計(D39)により算出した層間変形角($R=D39/1587.5\text{mm}$ (Csは1200mm))で制御し、 $R=1/800, 1/600$ を1回ずつ载荷し制振ブレースが降伏荷重に達した後、制振ブレースの履歴エネルギー吸収に期待するレベルとして、 $R=1/400, 1/300, 1/200, 1/150, 1/100$ を同一変形で5回繰り返し载荷を行う。その後RCフレームにもエネルギー吸収を期待するレベルとして、 $R=1/75, 1/50$ で2回繰り返し载荷を行う。また、ブレース引張载荷時を正载荷とした。

2.3 計測計画

測定項目は、载荷装置の荷重、ブレース軸力、試験体各部の変形、主筋、せん断補強筋、PC鋼棒のひずみである。図5に変位計の設置位置、ひずみゲージの貼付位置を示す。本実験においては、ブレースのロス変形を計測するために、D45でロードセルのロス、D49、D50でピンのロスを直接計測している。また、変位計より算出す

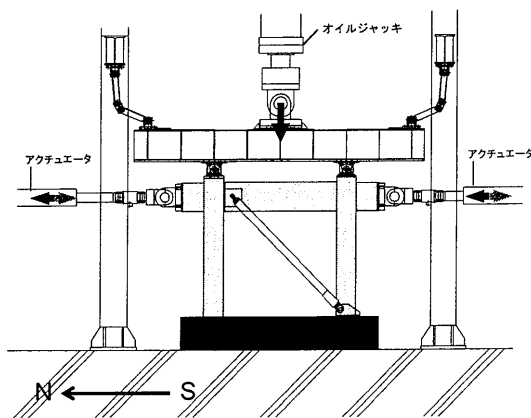


図3 加力装置

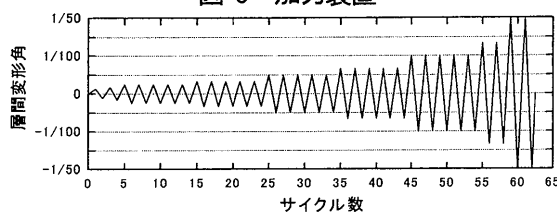
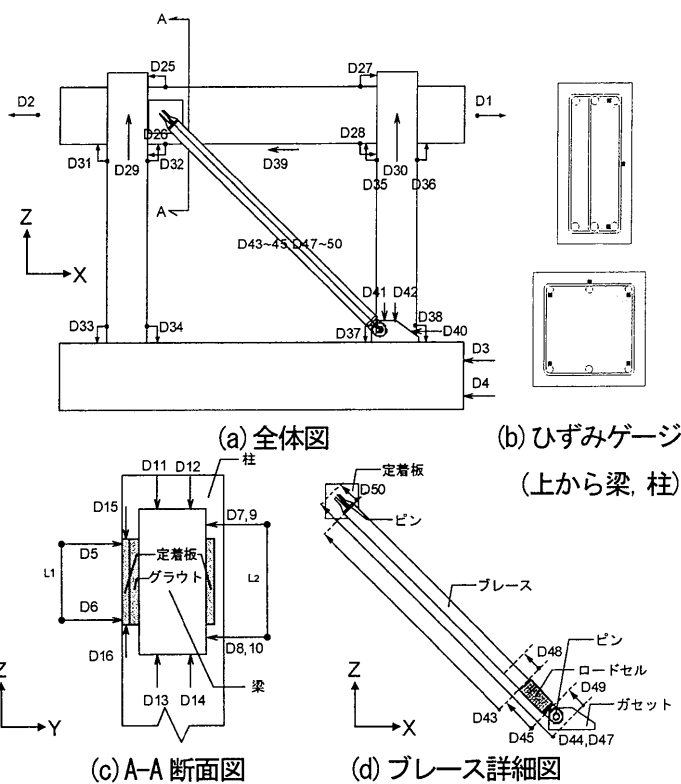


図4 载荷プログラム



記号	計測内容	記号	計測内容
D1,2	アクチュエータ変位	D31~38	柱端部回転変位
D3,4	スタブ変位	D39	試験体水平変位
D5,6	定着板浮き上がり変位	D40	ガセット滑り変位
D7~10	梁端部ねじれ変形	D41,42	ガセット浮き上がり変位
D11~14	梁端部鉛直変形	D43,48	ブレース軸方向変位
D15,16	定着板浮き上がり変位	D44,47	両端ピン間変位
D25~28	梁端部回転変位	D45	ロードセル変位
D29,30	柱鉛直変位	D49,50	ピン変位

(f) 変位計計測内容

図5 計測計画

るねじれ回転角 θ_t , 定着板浮き上がり回転角 θ_{ul} , 定着板滑り変位(RC-グラウト間, グラウト-定着板間の変位, グラウトのせん断変形とする) δ_{sl} は式(1)~(3)による。

$$\theta_t = (D9 - D10)/L_2 \quad (1)$$

$$\theta_{ul} = (D5 - D6)/L_1 - \theta_t \quad (2)$$

$$\delta_{sl} = (D15 - D16)/2 - (D11 + D12 - D13 - D14)/4 \quad (3)$$

3 試験体の破壊性状及び各荷重-変位関係

図6に各試験体のひび割れ状況(制振ブレース取付状態での最終ひび割れ), 図7に全体(プロットは各降伏点), ブレース, フレームの各荷重-変位関係を示す。フレーム荷重は層せん断力からブレース荷重水平成分を除いたものと定義した。また, 図7の破線は各試験体のメカニズム時保有耐力を表す。

はじめにGbの実験結果について述べる。 $R=1/400$ rad第1サイクル負荷荷時にブレースが降伏し(O), 次いで梁端部付近にて曲げひび割れが見られた。 $R=1/200$ radでは, 第1サイクル正載荷時に北側梁端部の主筋が降伏した(①)。 $R=1/150$ radでは, 第1サイクルの負載荷時に両柱脚部の主筋が降伏した(②, ③)。 $R=1/75$ radでは, 梁端部のねじれ変形が進行し梁中央にねじれによるひび割れが顕著に現れた(図6-(b)Gb)。 $R=1/50$ radでは, 南側梁端部の主筋が降伏し(④), メカニズム時保有耐力に達し想定した梁曲げ降伏型の崩壊機構に至った。その際,

梁端部のねじれ破壊には至らなかった。また, 北側と南側の梁端部の比較より, ブレースを外付けすることにより, 梁の損傷度合いが変わることも確認した。

次にCbの実験結果について述べる。 $R=1/400$ radの第1サイクル正載荷時にブレースが降伏し(O), 北側梁端部付近にてひび割れが見られたが(図6-(a,b)Cb), その後はひび割れが進行するが大きな幅のひび割れは見られなかった。 $R=1/100$ radの正載荷時に両柱脚部の主筋が降伏し(①, ②), また北側の梁端部にねじれ変形によるひび割れが見られたが, Gbと比較すると損傷度は少なかった(図6-(b)Cb)。 $R=1/75$ radの第1サイクル負載荷時に北柱頭の主筋が降伏(③), $R=1/50$ radの第1サイクル正載荷時に北柱頭の主筋が降伏し(④), メカニズム時保有耐力に達し想定した柱曲げ降伏型の崩壊機構に至った。その際, Gbと比較すると梁端部の損傷は少なかった。

最後にCsの実験結果を述べる。Csは他の試験体に比べクリアランスの大きいピン(± 0.6 mm)を用いたため, $R=1/400$ radではブレースが降伏しなかった。 $R=1/300$ radでブレースが降伏し(O), 柱頭, 柱脚部でひび割れが見られ始めた。 $R=1/200$ radではせん断ひび割れが見られ, $R=1/150$ radでは付着割裂を伴うせん断ひび割れが発生した。 $R=1/100$ radでは南柱のせん断補強筋が降伏し(①), その後破裂音と共にせん断補強筋が破断し, せん断破壊を起こして急激な耐力低下が見られ, その際, 北柱では

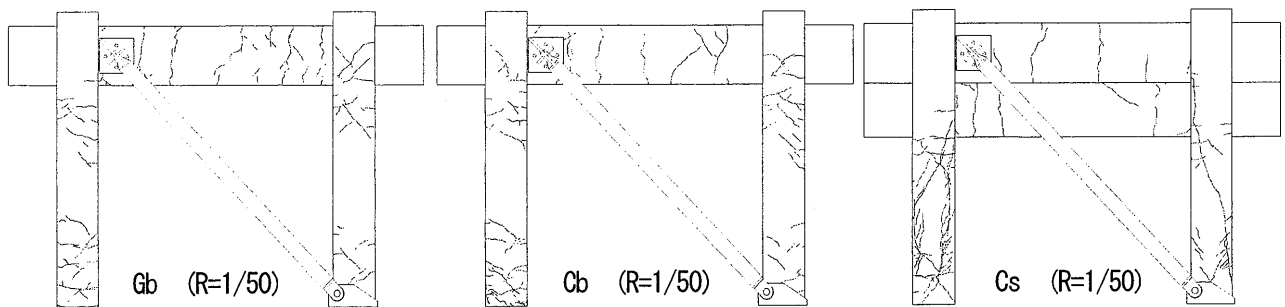


図6-(a) 西側ひび割れ図

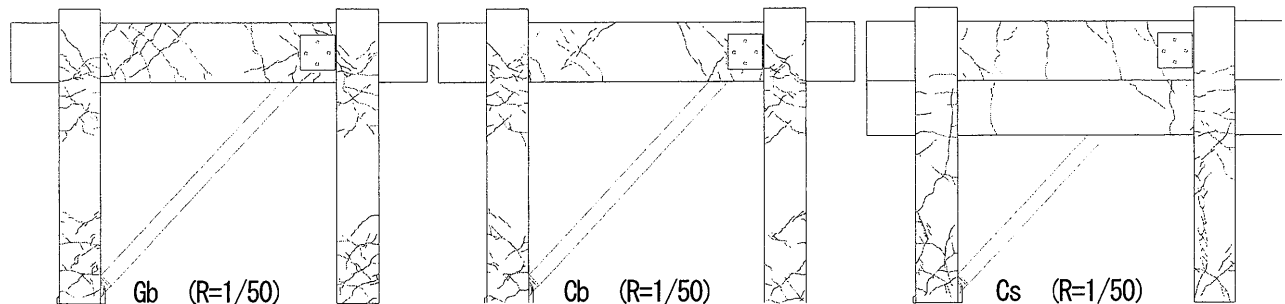


図6-(b) 東側ひび割れ図

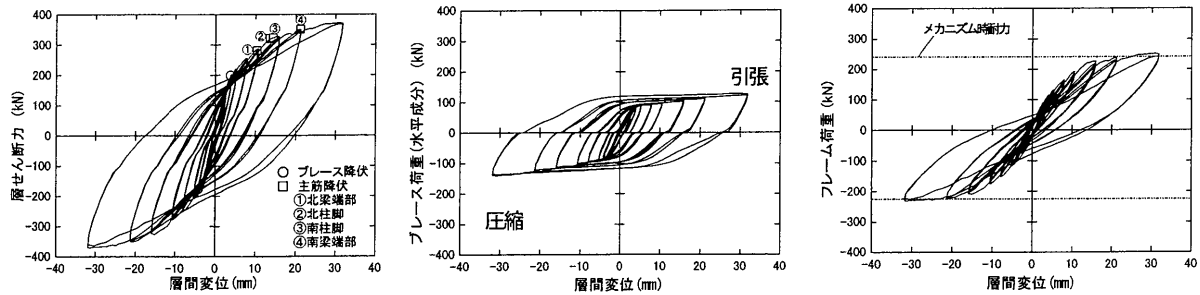


図7-(a) 各荷重-層間変位関係 (Gb)

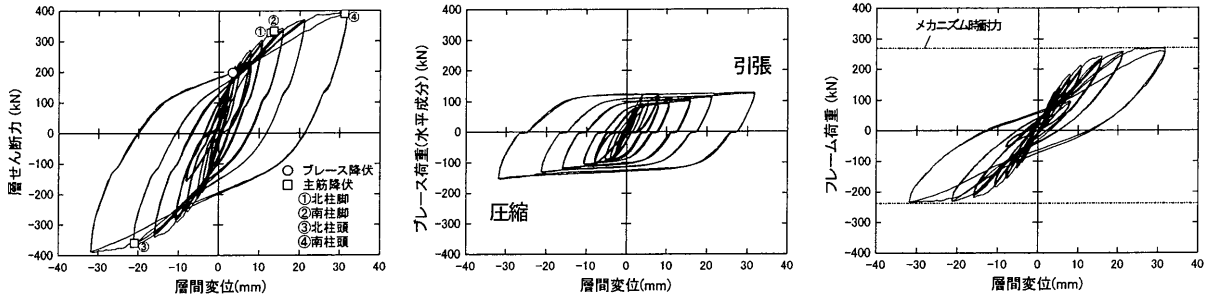


図7-(b) 各荷重-層間変位関係 (Cb)

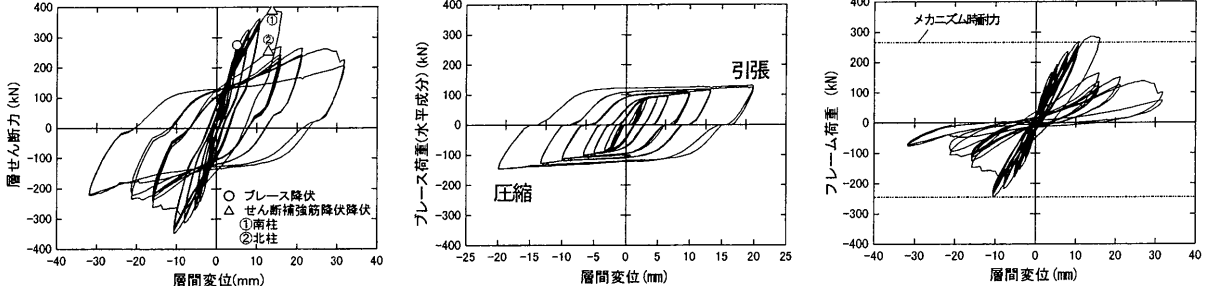


図7-(c) 各荷重-層間変位関係 (Cs)

付着割れを伴うせん断ひび割れが顕著に見られるようになった(図6-(a)Cs)。 $R=1/75rad$ で北柱のせん断補強筋も降伏し(②), また, 南柱ではせん断補強筋の破断が1回, $R=1/50rad$ でも1回発生し, せん断ひび割れは亀裂のようになり, さらに耐力の低下が進み, $R=1/50rad$ の2サイクル途中で柱の軸方向に縮む変形が増大し, 軸力保持限界状態に至ったため载荷を終了した。しかし, 柱のせん断破壊後から $R=1/50rad$ の1サイクル目までは, ブレースはエネルギー吸収を行った。また, 梁の損傷はCbと同程度と小さかった。

また, 全試験体に共通して, ブレース取付裏側の梁せい面でねじれひび割れが見られた。

4. まとめ

外付け制振補強されたRC架構各試験体の破壊性状を崩壊形ごとに確認した。

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)にて行われた。分科会委員に謝意を表す。

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) 田中豊延ほか: 静的繰返し載荷実験に基づく制振ブレース付RC架構の破壊性状と変形性能評価, コンクリート工学年次論文報告集, Vol.26, No.2, pp.1285-1290, 2004.6
- 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, 全国官報販売協同組合, 2007.8

- *1 東京理科大学 理工学部建築学科
- *2 独立行政法人 建築研究所 主任研究員 博士(工学)
- *3 東京理科大学 理工学研究科建築学専攻
- *4 東京理科大学 理工学部建築学科 助教 博士(工学)
- *5 東京理科大学 理工学部建築学科 教授 博士(工学)