

デボンド異形鉄筋を用いたブレース型制振部材に関する研究

その4 フレーム実験による性能検証

正会員 〇五十嵐 泉^{*1}
同 島崎 和司^{*2}

RC 構造 デボンド ブレース
制振部材

1. はじめに

損傷制御型設計の一つとして、制振設計研究が進められ、種々の制振デバイスが開発されている。履歴型ダンパーの一つとして、鋼材などの弾塑性材の軸方向伸縮変形に伴って振動エネルギーを消費する軸降伏型履歴ダンパーが存在する。著者等は、デボンド化した異形鉄筋を用いたブレース型ダンパーの開発を目的とした実験的研究をすすめ、これまでに芯鉄筋の種類やデボンド材を変えて実験を行い、芯鉄筋の相違による性能の差異を把握し、報告した¹⁾。ブレース型ダンパーはいろいろな構造システムや耐震補強に用いることが可能であるが、本報では、図 1 に示したようなフレーム内に組み込むシステムを想定し、これまでに得られた成果をもとにブレースダンパーを RC フレームに組み込んだ場合の性能評価実験を行った。

2. 実験概要

対象とする建物を構造設計・部材断面集²⁾の 10 階建て純ラーメン RC 構造の事務所ビルとして、その 1 構面にブレースダンパーを組み込むこととして部材断面を設定した。試験体は、図 2 に示すように、柱-梁-ブレース接合部の応力状態を再現させるために、最下層部 1.5 層、1.5 スパンを取り出し、実建物の 1/3 程度のサイズで計画した。0.5 層分の端部は、柱は加力用鉄骨とピン支持、梁はクレビス支柱によるローラー支持とした。断面と配筋は、同図中に示した。ブレース部は、芯鉄筋の中央部付近で降伏させる為に、4-D19 を両端に 4-D13 を中央に配置し、両者を摩擦圧接した。中央部 D13 鉄筋の長さは 1250mm で、これは $R=1/250$ で降伏することを目標に定めた。ブレースとフレームの間隙は、 $R=1/40$ まで接触しないように 30 mm (片側 15 mm) とした。ブレース端部の鉄筋は、定着プレートにより、柱-梁接合部内で定着させている。2 階のブレース端部は、ねじ部に鉄骨治具をナットで取り付け、加力用鉄骨にボルトで接合した。異形鉄筋のデボンド処理は、D19 はワックスで異形鉄筋のくぼみを充填した後、D13 はそのままデボンドテープでコーティングした。表 1 に、使用材料の機械的性質を示す。

加力は上部に取り付けた加力鉄骨治具に水平アクチュエータを取り付け、変形制御により繰り返し加力を行った。加力サイクルは $R=1/700$ を 1 回、 $R=1/400$ を 3 回、 $R=1/200$ を 3 回、 $R=1/100$ を 6 回、 $R=1/67$ を 3 回、 $R=1/40$ を 1 回正負交互に繰り返し作用させ、 $R=1/33$ は正側に一

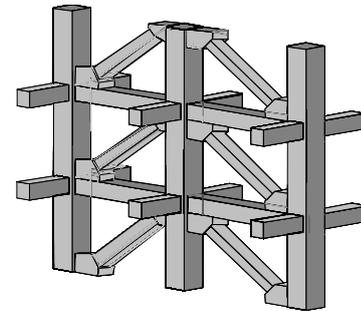


図1 ブレースダンパー構造システム

	柱	梁	ブレース
配筋	14-D13	12-D13	4-D13(中央) 4-D19(端部)
断面(mm)	255×255	180×240	180×160
断面図			

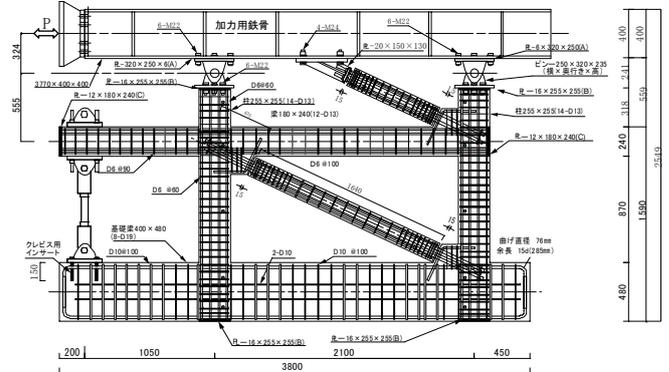


図2 ブレースダンパーフレーム試験体

表 1 材料の機械的性質

部材	鉄筋			コンクリート	
	呼び名	降伏強度 (N/mm^2)	引張強度 (N/mm^2)	圧縮強度 (N/mm^2)	ヤング係数 (N/mm^2)
ブレース	中央部芯鉄筋	D13 (SD345)	393	56.6	2.94×10^4
	端部鉄筋	D19 (SD345)	395		
フレーム	主筋(柱・梁)	D13 (SD345)	392	68.9	3.27×10^4
	せん断補強筋(柱・梁)	D6 (SD345)	366		

方向加力した。柱の軸力は、接合部にとって厳しい条件となるように無負荷とした。

3. 実験結果

$R=1/200$ で梁に曲げクラック、柱の脚部に曲げクラックが生じ、ブレース芯鉄筋の降伏も見られた。 $R=1/100$ では梁、柱脚部に曲げせん断クラックが生じた。 $R=1/33$ でブレースとフレームの間隙がほぼゼロになったが、ブレース

ス自体にはクラックはほとんど見られなかった。写真 1 に終了後の試験体状況を示すが、柱-梁-ブレース接合部の損傷は軽微であった。

図 3 に水平力-1 層相関変位関係を示す。非常に安定したループを描いている。正方向加力より負方向の水平力の方がやや大きい。正方向加力の場合、2 階のブレース荷重の力が、柱せん断力より大きく、梁が引張力を受けるため、ブレースに作用する変形量が異なったためと考えられる。

4. 実験結果の検討

荷重-変形関係の包絡線の算定として、フレーム解析にブレースの復元力を加えたものを図 3 中に記載した。図中で Frame と記載されている値は、一般的な弾塑性解析プログラムで算定した柱梁フレームの荷重-変形関係を示す。Brace と記したものは、ブレースの中央部鉄筋の応力-ひずみ関係を降伏時の荷重と変形点で折れ曲がるバイリニア-の弾塑性モデルとして評価したものである。

図 4 にブレースの端部鉄筋の定着部ひずみから推定したブレース軸力とブレース軸変位の関係を示す。圧縮側はコンクリートの負担があるのでひずみが小さく推定軸力も小さいが、引張側は推定できていると考えられる。ここに、想定したバイリニア-の復元力を重ね合わせると良い対応が見られる。ここでは、降伏後の第 2 勾配を弾性剛性の 7%と仮定している。このブレースの復元力を水平方向変位と層せん断力に変換したのが図 3 に示した値である。Frame+Brace は、両者を加えたものである。フレーム解析において、柱梁部材の降伏後の剛性を弾性剛性の 1/1000 としているため、解析値はやや低い値となっているが、良い対応を示している。

図 5 に加力サイクル毎の等価粘性減衰定数の推移を示す。図中には、限界耐力計算で用いられる RC 構造物の等価粘性減衰を、降伏点変形を 1/200 と 1/100 として示した。ブレースを取り付ける構面数によってこの値は異なる事になるが、一般的な RC 構造に比べ、高い減衰性能を示し、良好なエネルギー吸収能力があると言える。

接合部の損傷が少ない点に関しては、ブレースを取り付けるためにハンチを設けたため、接合部の断面が大きくなったこと、ブレースに引張力が作用するときには、接合部内の圧縮ストラッド内に定着され、圧縮力が作用するときは接合部内の引張力を打ち消す方向に力が作用することによるものと考えられる。図 6 に接合部内外のブレース端部鉄筋のひずみ履歴を示す。(b)の接合部外ではブレースの軸力に応じて圧縮-引張ひずみとなっているが、接合部内定着プレート近傍の(a)では、接合部内の応力状態の影響を受け、途中で逆転している。

5. 結論

ブレース型制振ダンパーの開発を目指して、検証試験としてのフレーム実験を行なった。RC 造ブレース型制

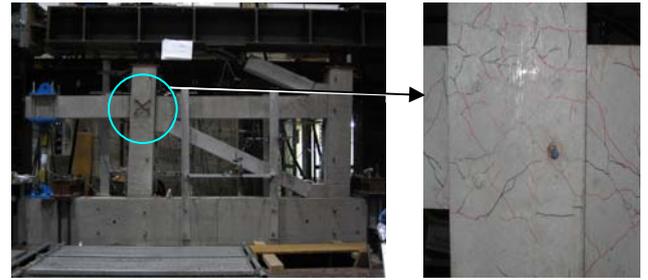


写真 1 最終状況

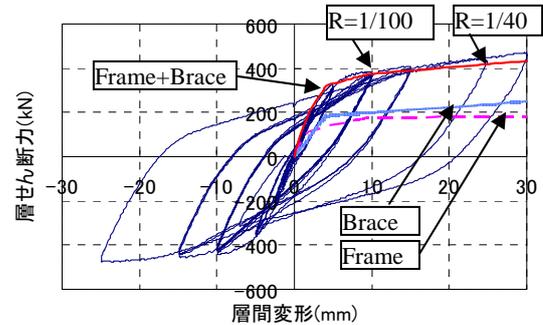


図 3 水平力-1 層水平変位関係

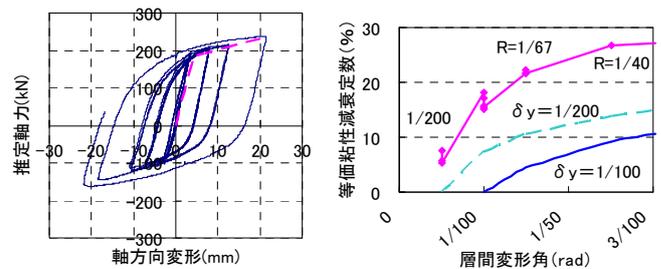
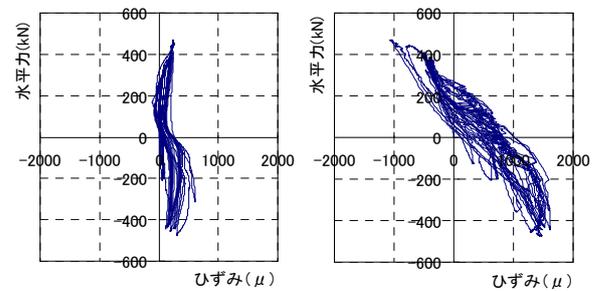


図 4 推定軸力-軸変位関係

図 5 等価粘性減衰係数



(a) 接合部内定着板近傍 (b) 接合部外ブレース側
図 6 ブレース端部鉄筋の接合部近傍のひずみ履歴

振部材は、フレーム構造に組み込んだ場合、 $R=1/33$ まで良好なエネルギー吸収能力を発揮し、接合部も大きく損傷することがなかった。これらのことから、本構法は新しい制振部材として実用可能であると考えられる。

今回の検証実験は片ブレースのみであったが、図 1 に示したような両ブレースの場合の接合部については、接合部のディテールなどについての検討が必要である。

<参考文献>

- 五十嵐ほか：デボンド異形鉄筋を用いたブレース型制振部材に関する研究、その 1, 2, 3 日本建築学会大会学術講演梗概集、C-2、2008, 2009 年
- 構造設計・部材断面集、(財) 日本防災協会、2007. 6

*1 神奈川大学 工学部 建築学科 主任技術員
*2 神奈川大学 工学部 建築学科 教授 博士 (工学)

Chief Technician, Kanagawa University.
Professor, Kanagawa University, Dr. Eng.