

連層鉄骨ブレースで補強された鉄筋コンクリート造骨組の破壊性状に関する実験的研究

(その2 実験結果の検討)

鉄筋コンクリート 耐震補強
浮き上がり回転 全体曲げ破壊

連層鉄骨ブレース
変形性能

正会員 ○加藤弘行*1
同 佐藤照祥*2
同 北山和宏*3
同 岸田慎司*4

1. はじめに

その1に引き続き、実験で得られた結果から、履歴特性、ブレース負担せん断力、最大耐力、骨組の変形性能及びエネルギー吸収性能について報告する。

2. 履歴特性

層せん断力-変形角関係を図1に示す。破壊形式によりループ形状に違いが見られ基礎回転破壊はひょうたん型、全体曲げ破壊では紡錘型の履歴ループを描いた。

No.1(基礎回転破壊)は、最大耐力を迎える4サイクルまでは基礎の浮き上がりによる剛性低下は顕著ではないが、6サイクル(R=2%)以降に明確に生じた。

No.2(全体曲げ破壊)は、R=2%までは紡錘形の安定したループを描くが、8サイクル以降は圧縮力を受ける側柱主筋の座屈により柱脚のコンクリートが圧壊し、耐力が急激に低下した。柱主筋は座屈と引き伸ばしを繰り返すため破断したが、破断による急激な耐力低下は確認されなかった。

3. 鉄骨ブレースの負担せん断力

図2に鉄骨ブレース斜材に添付した歪ゲージの出力応力変換して求めた鉄骨ブレースの負担せん断力と、層せん断力-変形角関係を示す。全体曲げ破壊を起こす試験体 No.2 では試験体 No.1 の2.7 倍の引張り軸力がブレース斜材に作用し、その水平成分は最大耐力の

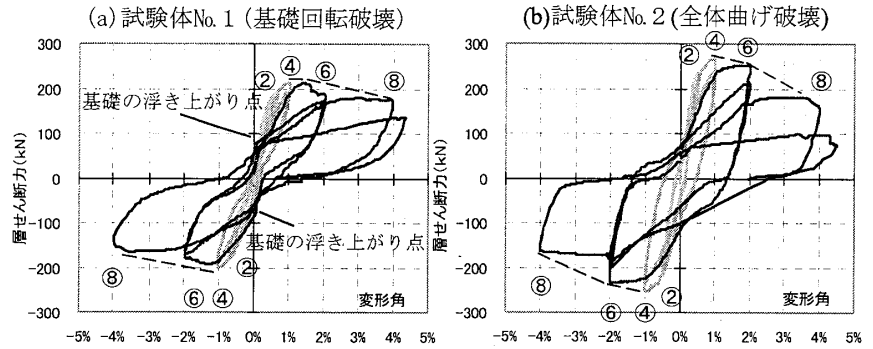


図1. 層せん断力-変形角関係

60%に達した。No.2 は、側柱主筋が降伏するため、両端の垂直方向アンカー筋は降伏ひずみに達しており、アンカー筋は曲げ変形に抵抗する重要な要素となる。基礎梁にアンカー筋の抜け出しによる水平方向のひび割れが4サイクル時(R=1%)に発生し、そのためアンカー筋は4サイクル以降引張力を負担できず、側柱主筋に引張力が集中した。試験体 No.1 では基礎浮き上がり以後、鉄骨ブレースに作用する軸力が一定となるため、その水平成分は最大耐力の38%であった。

4. 最大耐力の検討

実験時における最大耐力 Q_{max} と計算による最大耐力 $Q_{cal} (=Q_{su} + Q_{sc1} + Q_{sc4})$: ここで、 Q_{su} : ブレースで補強された中央スパン(以下、補強架構と言う)の保有耐力、 Q_{sc1} 、 Q_{sc4} : 独立柱1、4の負担せん断力の比較を行った。

Q_{su} は、図3に示す補強架構への力の関係から以下の式で求める。——(基礎回転破壊)——

$$Q_{su} = (\sum M_x + 0.5 \cdot N \cdot lw) / H$$

ここで、 $\sum M_x$: 境界梁による曲げ戻し効果、 N : 連層ブレースに加えた軸力、 lw : 両側柱中心間距離、 H : 基礎梁の中心から最上階の梁の中心までの高さ。

(全体曲げ破壊) ——

$$Q_{su} = (\sum M_x + 0.5 \cdot N \cdot lw + Ag \cdot \sigma_y \cdot lw) / H$$

ここで、 Ag : 引張側柱主筋断面積の合計、 σ_y : 主筋降伏強度 Q_{max}/Q_c (実験値/計算値)は1.04(試験体No.1)・1.1(試験体No.2)となり、計算結果は実験値とほぼ一致した(表1)。

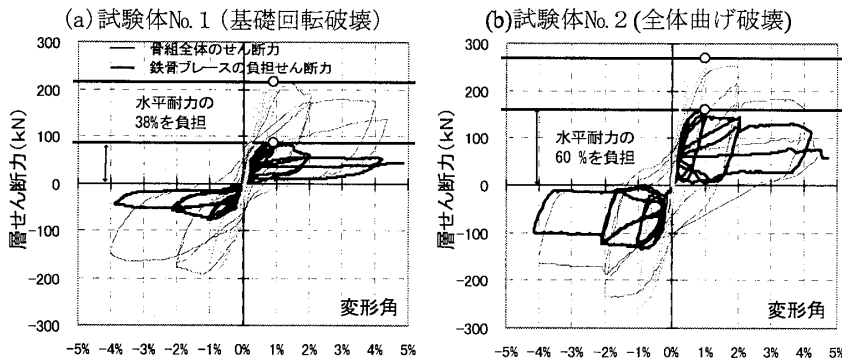


図2. ブレース負担せん断力-変形角関係

Experimental Study on Failure of Plane RC Frame Strengthened by Multi-story Steel Brace
Part2: Discussion of Tests Results

KATO Hiroyuki, SATO Teruyoshi
KITAYAMA Kazuhiro and KISHIDA Shinji

表1 実験値と計算値の比較

	最大耐力実験値	基礎回転破壊	全体曲げ破壊	Qmax/Qcal
試験体No.1	215kN	205.1kN	305.1kN	1.05
試験体No.2	269.8kN	—	246.2kN	1.10

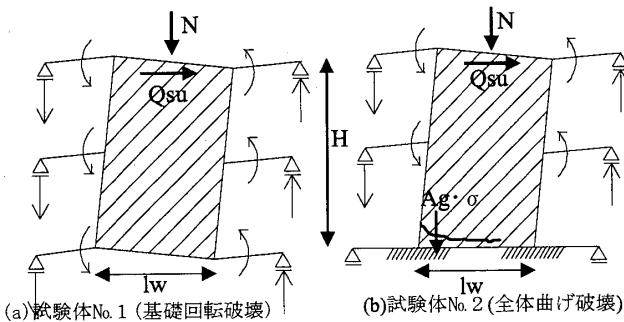


図3. 補強架構の力の釣り合い

5. 骨組の変形能力

図4は耐震診断基準¹⁾に準じて、境界梁の影響を考慮して算定したF値から、降伏変形角Ruを1/150と仮定して逆算した終局変形角Rmuと、各試験体の限界変形角をプロットしたものである。限界変形角は繰り返し変位での第一サイクルの最大点を結んだ包絡線上(図1の破線上)で、最大耐力の80%に低下したときの部材角と定義した。限界変形角はR=4%(試験体No.1)、R=2.8%(試験体No.2)だった。計算したF値より求めた終局変形角Rmuは、試験体No.1で1.04%、試験体No.2で1.11%となり、実験における限界変形角を過小評価した。

6. エネルギー吸収性能

6.1 等価粘性減衰定数

両試験体の各サイクルにおける等価粘性減衰定数(heq)を図5に示す。等価粘性減衰定数はNo.2がすべてのサイクルでNo.1を上回っており、全体曲げ破壊は高いエネルギー吸収性能を示した。

No.1は、全ての境界梁が降伏する以前のR=1%まではエネルギー吸収性能が低く、heqは10%を越えない。その後、境界梁の降伏による剛性の変化が顕著となるR=6サイクル以降にheqは高くなった。

No.2は、R=0.5%時に側柱の全主筋が降伏するため、変形の小さい低サイクル時のheqが、No.1よりも高くなった。側柱主筋降伏後は、変形が進むにつれ境界梁が降伏していき、その後独立柱が降伏するR=2%からはheq25%を超えた。

6.2 累積エネルギー吸収量

累積エネルギー吸収量を図4に示す。試験体No.2の

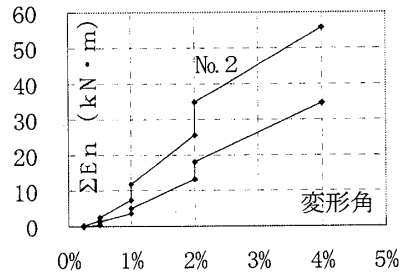


図4 累積エネルギー吸収量

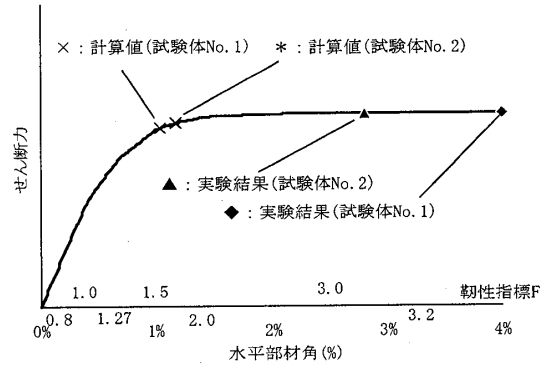


図4. 限界変形角とF値の関係

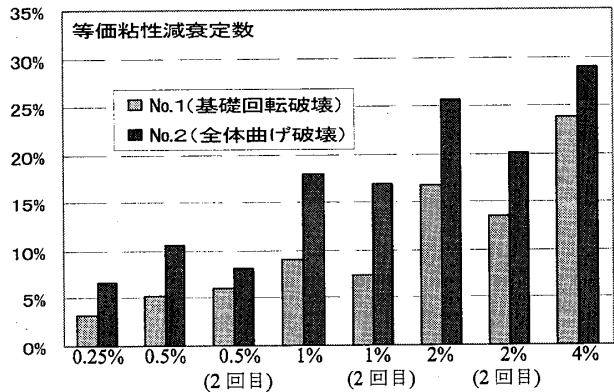


図5. 等価粘性減衰定数

エネルギー吸収量は常に試験体No.1を上回った。限界変形角(最大耐力が80%に低下したときの部材角)時累積エネルギー吸収量を比較すると、No.2はNo.1の1.3倍のエネルギーを吸収した。

4. まとめ

- 1) 基礎回転破壊した試験体No.1は、最大耐力までの基礎の浮き上がりによる剛性の変化が小さく、エネルギー吸収性能が低い。その後、R=2%からエネルギー吸収量が増大した。
- 2) 全体曲げ破壊した試験体No.2は、R=0.5%に側柱全主筋が降伏し、エネルギー吸収性能高い紡錘型の履歴ループを描いた。
- 3) No.2ではNo.1の2.7倍の引張り軸力がブレース斜材に作用し、その水平成分は最大耐力の60%に達した。
- 4) 計算により求めたF値による終局変形は、浮き上がり時の変形性能を安全側に評価した。

参考文献

- 1) (財)日本建築防災協会：既存鉄筋コンクリート造建築物の耐震診断基準・同解説 2001
- 謝辞)本研究は、日本学術振興会の科学研究費補助金(基盤研究C)によって実施した。

*1 (株)設計室 修士(工学)
 *2 東京都立大学大学院
 *3 東京都立大学大学院工学研究科 助教授・工博
 *4 東京都立大学大学院工学研究科 助手・博士(工学)

*1 Rui Design Room Co.Ltd.
 *2 Graduate School, Tokyo Metropolitan University
 *3 Associate Prof., Graduate School of Engineering, Tokyo Metropolitan Univ., Dr. Eng
 *4 Research Assoc., Graduate School of Engineering, Tokyo Metropolitan Univ.