

低降伏点鋼を用いた境界梁ダンパーの研究 (その2 実験結果の評価)

鉄筋コンクリート構造 損傷制御設計
境界梁 低降伏点鋼 根巻型接合部

正会員 佐藤 宏貴*1 同 黒瀬 行信*2
同 熊谷 仁志*3 同 島崎 和司*4

1. はじめに

本報告はその1に引き続き、地震応答の低減を目的とした境界梁ダンパー部材に関するものである。その2ではその1の実験結果を詳細に検討し、境界梁ダンパー部材の設計時の評価方法について考察する。

2. 実験結果・考察

1) 荷重 - 変形関係の包絡線と計算値の比較

図1に荷重 - 変形関係の包絡線と計算値の比較を示す。最大荷重は No.4 試験体が大きい。これはフランジ断面が他の試験体よりも大きいためと考えられる。図中の計算値は境界梁を単一の梁と考え、初期剛性を SRC 梁とし、RC 梁としてのひび割れ荷重、降伏荷重、剛性低下率を鉄筋コンクリート構造計算規準¹⁾を参考に計算し、RC 梁の荷重 - 曲げ変形関係を求め、それにダンパー部の曲げ変形、せん断変形を加えることにより算出したものである。計算値1はダンパー部ウェブの降伏後のせん断剛性を0、計算値2(規格降伏点強度) 計算値3(実降伏強度)は1%としたものである。根巻部主筋降伏後の剛性は0とした。モデルとしては、梁端の鋼材断面を無視した No.3 試験体に近いと考えられる。計算値2では荷重が約550kNの位置で根巻主筋が降伏しているが、実験結果では根巻主筋は降伏していない。計算値2,3で本試験体の荷重 - 変形関係が設定できると考えられる。

2) 荷重 - ダンパー端部水平変形関係

図2に荷重 - ダンパー端部水平変形関係を示す。変形はダンパー端部30mmの位置に水平方向に取り付けた変位計により計測した。ダンパー支圧によるめり込み変形、ダンパー引き抜きによる回転変形、ダンパー端部曲げ変形・せん断変形が含まれるが、主にダンパー端部のせん断変形と、支圧によるめり込み変形から成ると考えられる。この図ではスリップ性状が顕著に顕れていることから、荷重 - 変形関係のスリップ性状はダンパー支圧によるめり込み変形、ダンパー引き抜きによる回転変形が主因であると考えられる。

3) 軸方向変形

図3に軸方向変形を示す。ダンパー部軸方向変形はダンパー区間の鉛直変形を測定したもので、ダンパーの拔出し、ウェブの伸びが計測値に表れていると考えられる。根巻部軸方向変形はスタブ間の鉛直変形からダンパー部軸方向変形を引いたもので、根巻部の軸方向変形、および根巻・スタブ接合部での軸方向変形が含まれていると考えられる。全試験体で軸方向に伸びているのが確認できる。伸びは No.1~No.3 試験体はほぼ同程度であるが、ベースプレートとアンカーボルトが有る No.2 試験体がやや小さい。No.4 試験体は大きく伸

びており、アンカーボルトの伸びによる拔出しが原因であると考えられる。No.3、No.4 試験体は No.1、No.2 試験体に比べ根巻部の伸びが若干大きい。全試験体ほぼダンパー部で伸びている事がわかる。ダンパー部軸方向変形の割合の違いは、ベースプレート・アンカーボルトの有無、根巻部断面形状の違いによると考えられる。

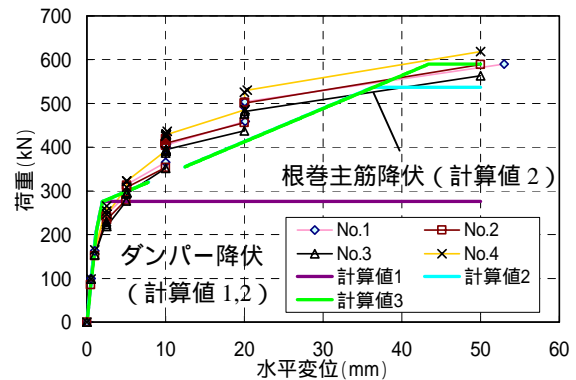


図1 荷重 - 変形関係の包絡線と計算値の比較

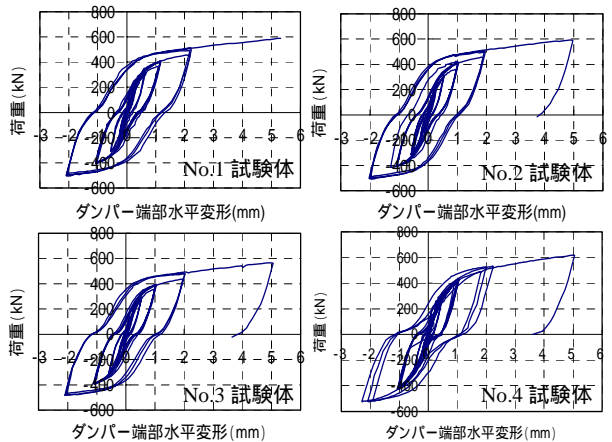


図2 荷重 - ダンパー端部水平変形関係

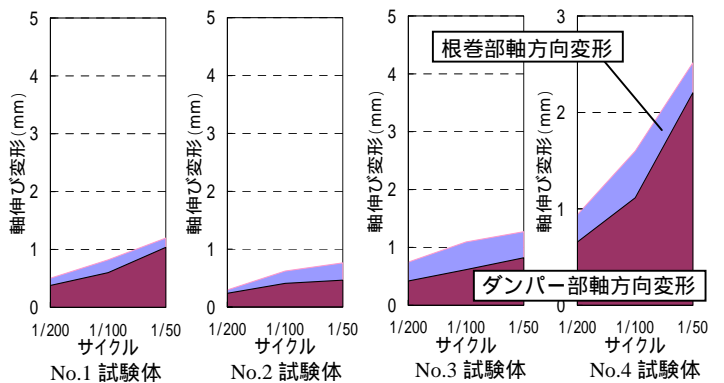


図3 軸方向変形

4) ひずみ分布

図 6 にウェブ・せん断補強筋ひずみ分布 (3 サイクル $R=1/400$) を、図 7 に鉄骨フランジ・アンカーボルト、根巻主筋ひずみ分布 (9 サイクル $R=1/100$) を示す。各歪分布横軸は歪測定位置参照図に示すように、ダンパー中心を基準位置 0mm とし、根巻部が 100mm から 500mm、それ以降がスタブ (耐震壁) になっている。ウェブは主ひずみの値をとった。図 6 では全試験体でダンパー部が降伏 (降伏点ひずみ約 1000 μ) している。また、せん断補強筋は中子筋のひずみとの平均であるが、全試験体ほぼ等しい値をとっている。No.4 試験体は鉄骨の埋め込みが無く、すべて RC でせん断力を負担するため、根巻頂部でせん断補強筋のひずみが大きい。図 7 では、No.1、No.2 試験体は No.3 試験体に比べ、根巻内鉄骨フランジのひずみが大きく、根巻主筋のひずみが小さいことから、鉄骨部分での負担応力が No.3 試験体より大きいと考えられる。また、No.2 試験体は鉄骨端部にベースプレート、アンカーボルトが取り付けられているため、鉄骨端部でひずみが大きくなっている。No.3、4 試験体では根巻主筋のひずみが大きくなっており根巻部の変形が大きくなっていると考えられる。No.4 試験体のフランジ・アンカーボルトは大きなひずみになっている。

5) 変形成分比

図 8 に変形成分比の変形量に伴う変化を示す。ダンパー支圧によるめり込み変形は実測値、ダンパー部変形は上下根巻頂部の水平変位差から、根巻部曲げ変形は曲率から、根巻部せん断変形は根巻部変形から根巻部曲げ変形を引く事により求めた値である。図 8 では、根巻部の鉄骨埋め込み長さの減少に伴い、No.4 試験体に向かうほど曲げ変形の割合が増加している。その分ダンパー部の変形が少なくなり、履歴形状に影響を与えていると考えられる。また、No.4 試験体ではダンパー端部の支圧めり込み変形成分が大きくなっている。

6) 等価粘性減衰定数

図 9 に等価粘性減衰定数 (h_{eq}) を示す。比較のため同図中にアンボンド X 型配筋梁²⁾の等価粘性減衰定数 (h_{eq}) を示す。大変形時 (部材角 $R=1/100$ 、 $1/50$) のエネルギー吸収能力は X 型配筋梁と変わらないが、中地震程度からのエネルギー吸収を想定した $R=1/200$ 変形角では倍以上のエネルギー吸収能力を有している。くり返し時にはスリップ性状が大きくなる事で h_{eq} が低下している。

3. まとめ

本試験体の復元力特性は合成部材として算定が可能であると考えられる。荷重 - 変形関係では大きな違いは見られないが、応力伝達や変形成分では各試験体でやや異なり、ダンパーの抜け出し・支圧による変形がスリップの要因となる。

【参考文献】

- 1) 日本建築学会：鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説 1999
- 2) 島崎他：損傷低減を目的としたエネルギー吸収型 X 型配筋梁の開発 (その 2 - その 3)、AIJ 2002 大会
- 3) 熊谷他：鉄骨梁および鋼材ダンパーで連結された連層耐震壁架構に関する研究、AIJ 工学年次論文報告集 21-1、pp.355-360、1999

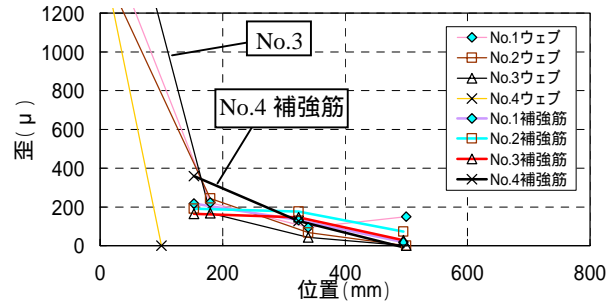
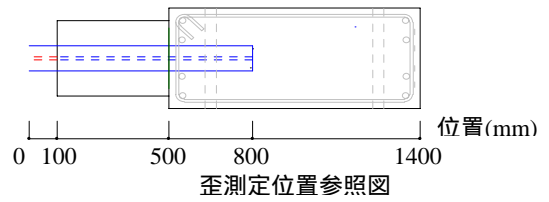


図 6 ウェブ・せん断補強筋ひずみ分布 (3 サイクル $R=1/400$)

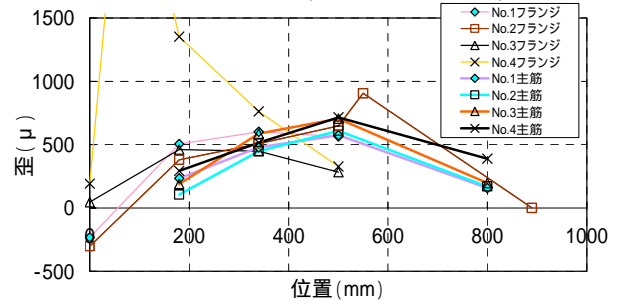


図 7 鉄骨フランジ・アンカーボルト、根巻主筋ひずみ分布 (9 サイクル $R=1/100$)

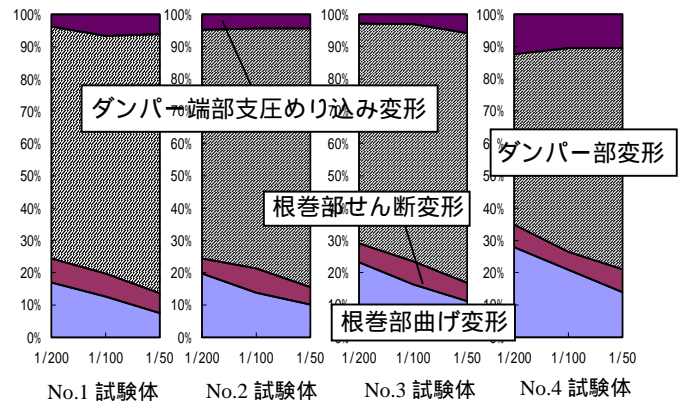


図 8 変形成分比

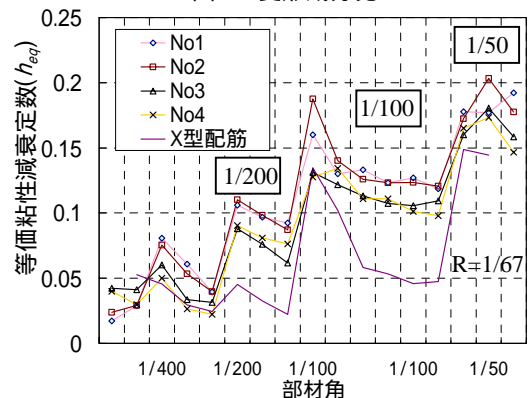


図 9 等価粘性減衰定数 (h_{eq})

*1 神奈川大学 工学部建築学科
 *2 清水建設 (株) 設計本部 副部長 博士 (工学)
 *3 清水建設 (株) 技術研究所 主任研究員
 *4 神奈川大学 工学部建築学科 助教授 博士 (工学)

Graduate Student, Kanagawa University
 Deputy General Manager, Design Division, Shimizu Corporation, Dr. Eng.
 Senior Research Engineer, Institute of Technology, Shimizu Corporation
 Associate professor, Kanagawa University, Dr. Eng.