

低降伏点鋼を用いた境界梁ダンパーの研究

その4 耐力・変形状

正会員 ○熊谷 仁志*1 同 神野 靖夫*1
同 戸沢 正美*2 同 刑部 章*2
同 徳田 浩*3 同 島崎 和司*4

境界梁ダンパー 低降伏点鋼 根巻き接合部

1. はじめに

本報（その4）では、前報（その3）に引き続き、低降伏点鋼（LY225）を組み込んだ境界梁ダンパーの耐力および変形状について検討した結果を報告する。

2. 最大耐力および計算値一覧

最大耐力（ $R=1/20$ 実験終了時のせん断力）および計算値の一覧を表1に示す。RC 根巻き部に作用するせん断力については、表1の説明図のように、鉄骨埋め込み部にて反力が根巻き部先端から $L_c/6$ （ L_c は根巻き部の長さ）梁端側に寄った位置に集中して作用すると仮定して計算した。各試験体の最大耐力時根巻き部せん断力は、せん断耐力計算値に達していない。このことは根巻き部がせん断破壊しなかったことと符合している。一方で、最大耐力は、中央パネル部のせん断耐力計算値の 1.3~1.5 倍（ウェブ強度に引張強度を用いた場合）に達している。この原因については4章で詳細に検討する。

3. 各部の変形・せん断力分担について

スタブに対する根巻き部先端の変位を計測し、これを根巻き部長さで除したものを根巻き部変形角とする。図1（試験体 No.6 の例）のように、せん断力と根巻き部変形角の関係は、ほぼ弾性的な挙動を示している。梁全体変形から両側根巻き部の変形を差し引いたものをパネル部変形とし、これを中央パネル部の長さで除したものをパネル部変形角とする。せん断力とパネル部変形角の関係は、紡錘形の復元力特性を示し、前報（その3）のせん断力と全体変形角の挙動と類似している。比較として、パネル部ウェブ中央に貼り付けた3軸歪ゲージの計測値から計算したせん断歪も併せて示している（歪ゲージは $R=1/50$ までしか計測できていない）。変位計で計測した値には鉄骨の RC 根巻き部へのめりこみ変形等が含まれているため、荷重ゼロ～再載荷付近でスリップ性状が見られるが、両者はおおむね同等である。

表1 最大耐力および計算値一覧

試験体	最大耐力 実験値 Q_{max} (kN)	同 根巻部 せん断力 Q_j (kN)	梁端 曲げ耐力 Q_{bu} (kN)	根巻部 せん断耐力 Q_{ju} (kN)	中央パネル部せん断耐力	
					設計式 Q_{pu1} (kN)	終局式 Q_{pu2} (kN)
No. 5	590	829	589	1258	274	385
No. 6	581	816	589	1258	274	385
No. 7	404	634	508	922	213	300
既報 No. 3	566	850	606	1074	314	415

$Q_{bu}=2 \times (0.9 \sum at \sigma_y d) / L_o$, $\sum at$: 主筋断面積, σ_y : 主筋降伏強度, d : 根巻部有効せい
 Q_{ju} : 靱性保証型耐震設計指針式によるせん断耐力、ただしアーチ機構は成立しないものとする
 $Q_{pu}=\sigma_w / \sqrt{3} \times t_w \times d_s$, σ_w : ウェブ強度（設計: 降伏強度 1.1 倍、終局: 引張強度）, t_w : ウェブ厚, d_s : フランジ芯間距離

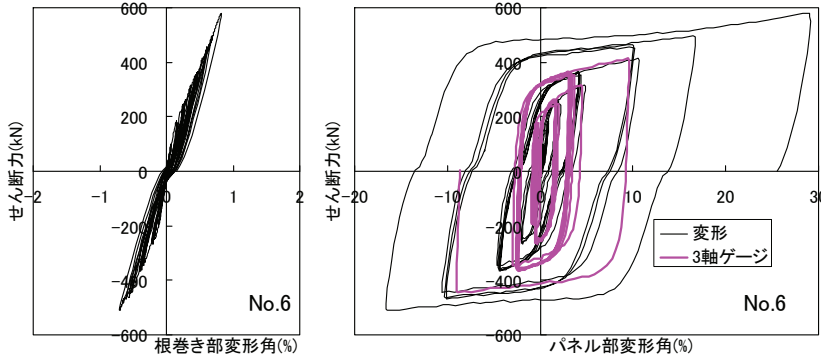


図1 せん断力と RC 根巻き部およびパネル部変形角の関係

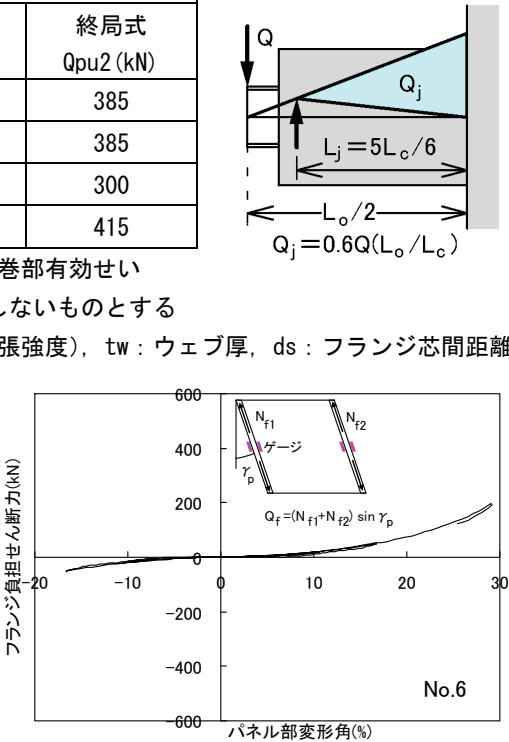


図2 フランジの負担せん断力の推移

図2は中央部のフランジに貼り付けた歪ゲージの計測値から計算したフランジの負担せん断力である（ただしフランジの個材曲げは考慮していない）。パネル部変形角が大きくなるとフランジの負担せん断力を無視できなくなり、試験体 No.6 の最大耐力時には約 1/3 のせん断力を負担していることがわかる。

図3は根巻き部変形が全体変形に占める比率を示したものである。弾性範囲では約半分を占めているが、変形角が大きくなるにつれて、根巻き部変形の比率が低下し、パネル部変形の比率が増加していることがわかる。また、根巻き部の長い試験体 No.5 と No.6 は他の試験体に比べて根巻き部変形の比率が大きい傾向が認められる。

以上のようにパネル部の変形比率は変形角によって変化する傾向はあるものの、図4に示すようにパネル部変形角と梁全体変形角は、ほぼ比例関係にあるとみなすことができる。図中の破線は、 $\gamma_p = 0.85 \times L_o / L_s \times R$ （ここで、 L_s は中央パネル部長さ、 L_o は梁内法スパン）によって求めた略算値である。この方法によって、梁全体変形角からパネル部変形角を簡易に予測することができる。

4. パネル部のせん断耐力について

せん断力から先述の方法で計算したフランジの負担せん断力を差し引き、これをウェブ内法高さと板厚で除して、パネル部のせん断応力度を求めた。せん断応力度とパネル部変形角の関係をスケルトン曲線で表したものが図5である。各試験体で根巻き部の長さや H 形鋼のせい異なるものの、同様のスケルトン曲線で評価できることが確認された。同図には、文献 1)の方法を参考にして、材料試験の公称応力度－公称歪関係を真応力度－真歪関係（ $\sigma - \varepsilon$ 関係）に変換し、これを $\tau = \sigma / \sqrt{3}$ 、 $\gamma = 2\varepsilon$ の関係で対応させた $\tau - \gamma$ 関係を示している。スケルトン曲線と $\tau - \gamma$ 関係はおおむね一致している。本試験体のように幅厚比が 15 程度と小さく、座屈や板厚のくびれが生じない場合には、公称引張強度から求めたパネル部のせん断耐力を上回ることを表している。

5. まとめ

本研究の境界梁ダンパーの最大耐力は、幅厚比が 15 程度と小さく座屈や板厚のくびれが生じないことや、大変形時にはフランジによって一部せん断力が負担されるため、材料試験の引張強度を用いて求めたパネル部せん断耐力計算値の 1.3～1.5 倍に達している。

このことを考慮した上で、適切に RC 根巻き部を設計すれば、中央パネル部の変形が卓越し、境界梁ダンパーとして優れた構造性能を発揮することができる。

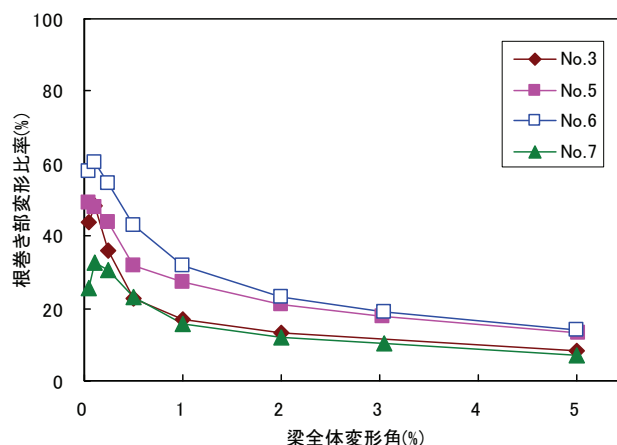


図3 根巻き部の変形比率の推移

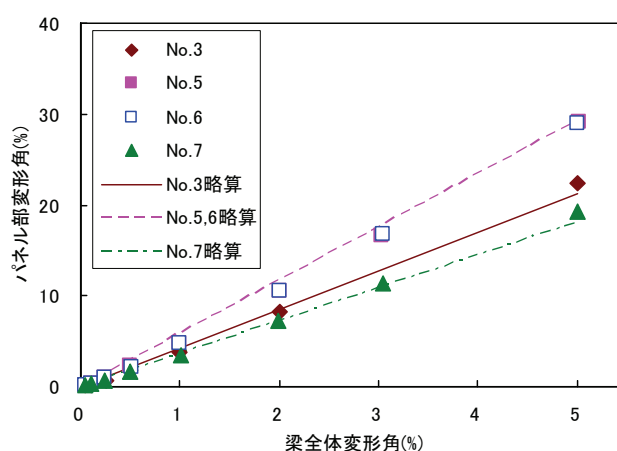


図4 パネル部変形角と全体変形角の関係

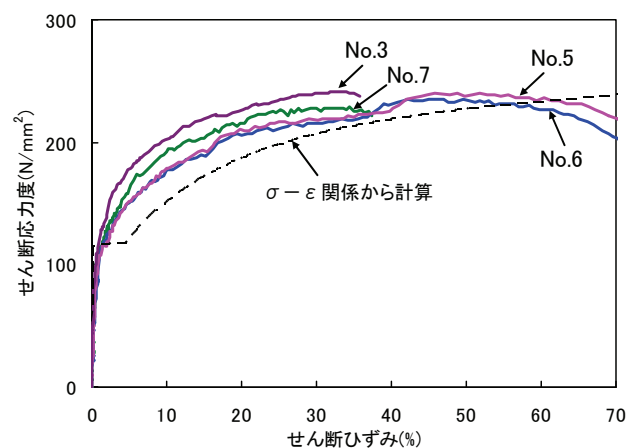


図5 パネル部の $\tau - \gamma$ スケルトン関係

参考文献 1) 香林・山崎・見波・石井：鋼素材の応力歪関係の数式表現、AIJ 大会学術講演梗概集 C-1、pp.859-860、2002

*1 清水建設㈱技術研究所

*2 清水建設㈱設計本部

*3 清水建設㈱生産技術本部

*4 神奈川大学工学部建築学科 教授 博士（工学）

Institute of Technology, Shimizu Corporation

Design Division, Shimizu Corporation

Construction Technology Division, Shimizu Corporation

Professor, Kanagawa University, Dr. Eng.