

低層鉄骨造の損傷抑制用DIY制震補強に関する技術開発

-その2- 鉄骨柱梁接合部の慣性力载荷実験

正会員
同

曾田五月也*¹
花井勉*² 皆川隆之*³
宮津裕次*⁴ ○丸野悟司*⁵

低層鉄骨造 DIY 制震
慣性力载荷実験 摩擦ダンパ

1. はじめに

前報告(その1)では、DIY制震補強工法の概要および低層鉄骨造の柱梁部材へのダンパ取付け方法について考察した。本報告では、前報告で策定したDIY用接合方法であるドリルねじ接合によって摩擦ダンパを取付けた鉄骨柱梁接合部に対して慣性力载荷実験を実施した結果について報告する。

2. 実験の目的

低層鉄骨ラーメン構造の柱梁フレームに実際にダンパをドリルねじ接合によって取付け、その施工性を確認するとともに、動的な慣性力载荷実験によりダンパによる応答低減効果およびダンパ取付け部の挙動を確認する。なお、本実験ではダンパの取付け施工のばらつきが、ダンパの挙動及び応答低減効果に与える影響を確認する目的で、ダンパの取付け位置をずらした実験を繰り返すため、主構造の変形は弾性範囲内にとどめた。ダンパを取り外した状態でも同様の加振を行い、ダンパの効果を検証する。

3. 実験概要

3.1 実験システム

加振装置としては、1000kN級動的アクチュエータを使用した。試験体の梁両端部は治具を用いて加振梁にピン接合し、柱と錘は治具を介してピン接合した。錘は、反力フレーム上に固定したリニアガイドに設置しており、±400[mm]の可動範囲を持つ。錘の質量は2.3[t]、リニアの摩擦係数は0.0071である。

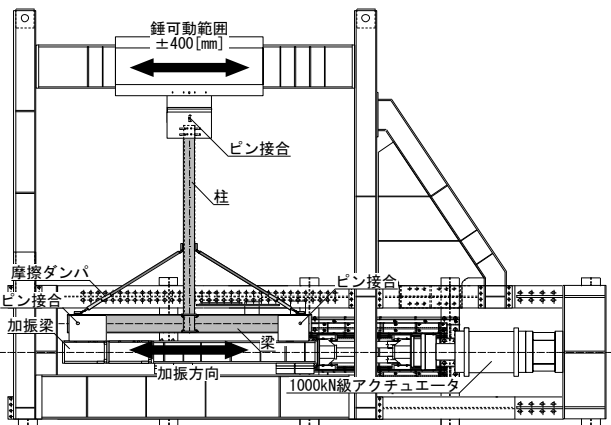


図1 実験システム

3.2 試験体の仕様詳細

試験体の仕様を図2に示す。柱梁の断面はシステムラーメンの2階建て相当の組合せ、接合方法はこの断面で用いる可能性のあるドリルねじ接合を採用した。ダンパは履歴性状の明確な摩擦ダンパを用いている。ダンパと柱・梁は取付け金物を介してピン接合とし、取付け金物と柱・梁の接合にはドリリングタップねじ(ねじ径5.5[mm]、長さ35[mm])を用いた。また、治具Aを用いてダンパ長さを調整した。

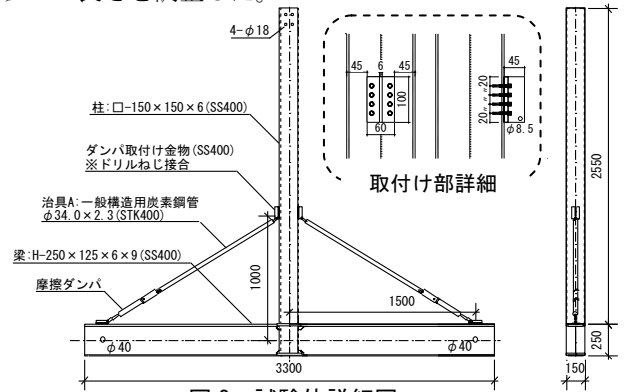


図2 試験体詳細図

3.3 摩擦ダンパの仕様

図3に本実験で使用するリング摩擦ダンパの外形を示す。シリンダーの外形は39.2[mm]、ロッドの径は17.5[mm]であり、両端には取付け金物に接続するためのピン孔を設けている。ピストンが中立位置にあるときのピン孔の中心間長さは500[mm]である。図4には、振動数0.5[Hz]、振幅1~40[mm]の正弦波を入力して得たダンパのピストン変位荷重関係を示す。最大荷重は15[kN]であり、安定した履歴を描いている。

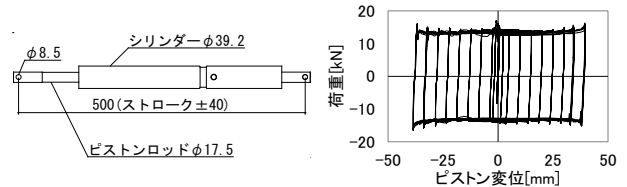


図3 リング摩擦ダンパ外形

図4 荷重変形関係

3.4 加力方法

本実験では、1995年兵庫県南部地震での神戸海洋気象台観測波南北成分を5%、10%、20%、30%、40%に規準化した地震動(以下 Kobe_ns*%規準化波)の入力を低レベルから順に行う。

4. 実験結果

4.1 ダンパによる応答低減効果の検証

図5～8には、Kobe_ns10～40%規準化波を入力した際の、ダンパを設置しない場合とダンパを設置した場合の荷重変形関係を重ねて示す。また図中の左上に示す数値は最大層間変形角であり、カッコ内にはダンパを設置しない場合に対する設置した場合の最大層間変形角の比を示す。入力レベルの大きい場合ほどダンパによる応答変形の低減は大きく、最大で60%程度である。図9には、ダンパの荷重変形関係を示す。ダンパ内部の機構に起因するガタにより、荷重ゼロの点で0.5[mm]程度スリップしているものの、全体として安定した履歴を描いている。加振後のダンパの取付け部分は、接合部のドリルねじの破断やダンパを取付けた部分の軸組材の損傷は認められなかった。図10に示す各部の累積吸収エネルギー量からは、入力レベルが大きくなるに従い試験体に入力される全エネルギーに対するダンパの吸収エネルギーの割合が大きくなることわかる。

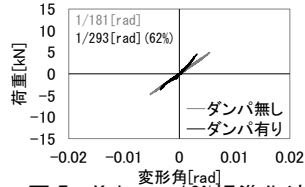


図5 Kobe_ns10%規準化波

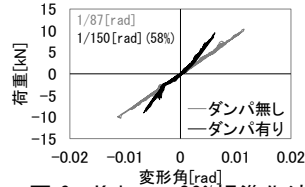


図6 Kobe_ns20%規準化波

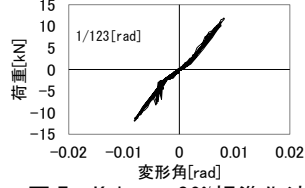


図7 Kobe_ns30%規準化波

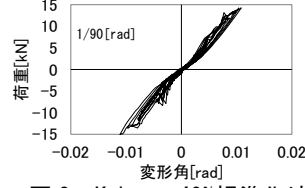


図8 Kobe_ns40%規準化波

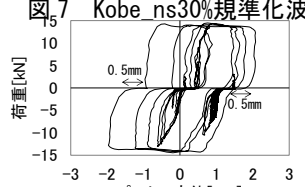


図9 ダンパ履歴

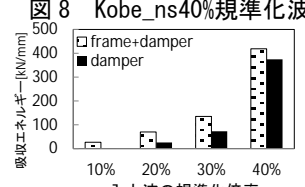


図10 累積吸収エネルギー量

4.2 ダンパの取付け施工のばらつきによる影響の検討

DIY方式施工時のダンパの取付け位置のばらつきがダンパの挙動及び応答低減効果に与える影響を検討するため、①ダンパの設置位置が想定通りの場合、②ダンパの設置距離が短い場合、③ダンパ取付け金物の接合位置が面外方向にずれた場合について同一の入力を行い、地震応答性状を比較する。本検討では設置誤差として、②については図11に示すように梁側の取付け金物を仕口側に10[mm]ずらし、③については図12に示すように柱側の取付け金物の位置を面外方向に20[mm]ずらして設置する。

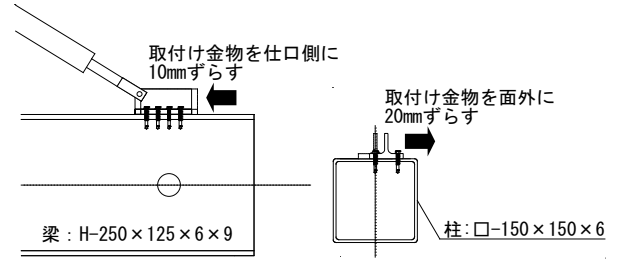
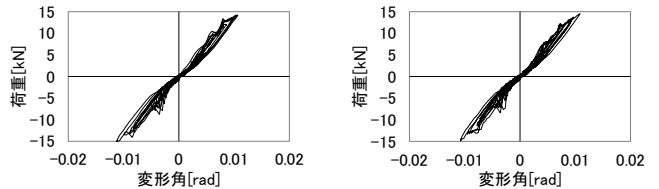


図11 設置距離が短い場合 図12 面外方向にずれた場合

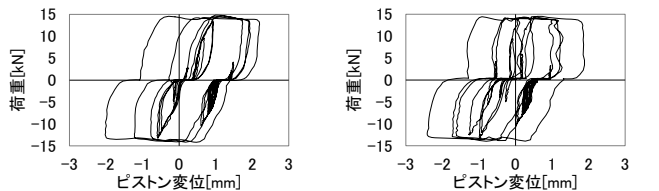
図13には、ダンパの設置距離が短い場合、及び面外方向にずれた場合に Kobe_ns40%規準化波を入力した際の荷重変形関係を示す。柱梁架構の荷重変形関係は、いずれの場合も図8に示した設置位置が想定通りの場合とほぼ同じであることを確認できる。また図14に示すダンパの荷重変形関係より、ダンパも概ね同じ挙動を示していることがわかる。以上より、施工のばらつきによる影響は小さく、取付け位置の若干のずれに対してもダンパは想定通りの効果を発揮できるといえる。



設置距離が短い場合

面外方向にずれた場合

図13 荷重変形関係



設置距離が短い場合

面外方向にずれた場合

図14 ダンパ履歴

5. まとめ

鉄骨柱梁接合部の慣性力載荷実験により、摩擦ダンパを設置することで応答変形を大幅に低減できることを確認した。ダンパの接合方法については、繰り返しの加振に対しても損傷は確認されなかったことから、ダンパの取付け金具の接合方法が妥当であることを示した。またダンパの取付け施工のばらつきが応答低減効果に与える影響は誤差として想定される範囲内では十分に小さいことを明らかにした。今後は、施工方法・設計マニュアルの整備及び構造性能の追加検証を行い、DIY用マニュアルの作成を行う。

【謝辞】本研究は平成23年度国土交通省住宅・建築関連先端技術開発助成事業費補助金の助成を受けて実施しました。

*¹ 早稲田大学創造理工学部建築学科教授 工博

*² えびす建築研究所代表取締役 博士(工学)

*³ えびす建築研究所

*⁴ 早稲田大学理工学研究所次席研究員 博士(工学)

*⁵ 早稲田大学創造理工学研究科修士課程

*¹ Prof., Dept. of Architecture, Waseda Univ., Dr. Eng.

*² President, Ebisu Building Laboratory Co., Dr. Eng.

*³ Ebisu Building Laboratory Co

*⁴ Junior Researcher, RISE, Waseda Univ., Dr. Eng.

*⁵ Graduate Student, Waseda Univ.