

芯材に波形鋼帯板を適用した BRB(RP-BRB)の実験的検討

○新日鉄住金エンジニアリング 正会員 山崎伸介
耐震解析研究所, 名古屋産業科学研究所 フェロー 宇佐美勉

名城大学 学生会員 加藤弘務

1. 緒言

本研究では、これまで検討してきた座屈拘束波形鋼板制震(BRRP)ダンパー^{1,2)}をブレース材へ一般化したBRB(Rippled Plate Buckling Restrained Braces, 以降 RP-BRB)の実験的検討を行う。ブレース化により、芯材は長尺化し、波形の個数も増えるため荷重変位履歴の不安定が懸念される。これに対し、既往の研究¹⁾でも用いられた間隔保持材を波形の詰まり現象の抑制を目的に導入し、実験によってその効果を明らかにする。

2. 実験概要

RP-BRB ダンパーは、図-1のように芯材として100mm幅の鋼板SN400B材をプレス加工した円弧状波形鋼板に座屈防止用の一對の拘束材を被せた構造をしている。実験供試体の波番号、寸法をそれぞれ図-2, 3に示す。実験供試体は、表-1に示す同一寸法の3体である。No.1では間隔保持材を使用しておらず、No.2は図-1に示すように6か所、No.3は全箇所計16か所に間隔保持材を設置した。芯材の長手方向中央には、拘束材とのずれ止め用突起が設置されている。No.1は、波形凹部⑧, ⑨に塑性ひずみゲージを添付しひずみも計測した。芯材の材質はSN400Bであり、プレス加工による残留ひずみに対して応力除去焼なましが行われている。間隔保持材は熱硬化型樹脂製とし加工後の波形形状に合わせやすいようにした。

載荷パターンは降伏変位 $\Delta_y=3\text{mm}$ とし、1サイクル毎に Δ_y 増加する漸増変位繰返し載荷であり、設計限界変位 40mm 到達以降は $\pm 40\text{mm}$ の一定変位振幅としている。

3. 実験結果

図-2に実験から得られたNo.1~No.3の水平荷重-水平変位曲線を示す。No.1は $\Delta_m = \pm 40\text{mm}$ 達成後、2ループ目の引張変位 $\Delta = -20\text{mm}$ 付近において、荷重の低下が顕著になったため載荷を終了した。実験終了後、芯材中央の固定端より波⑤で最大のき裂を確認した。この供試体では圧縮変位 $\Delta = -20\text{mm} \sim \Delta = -40\text{mm}$ で波の詰まり現象と見られる大きな荷重-変位曲線の乱れが見られた。これほど大きな荷重の乱れは他の供試体では

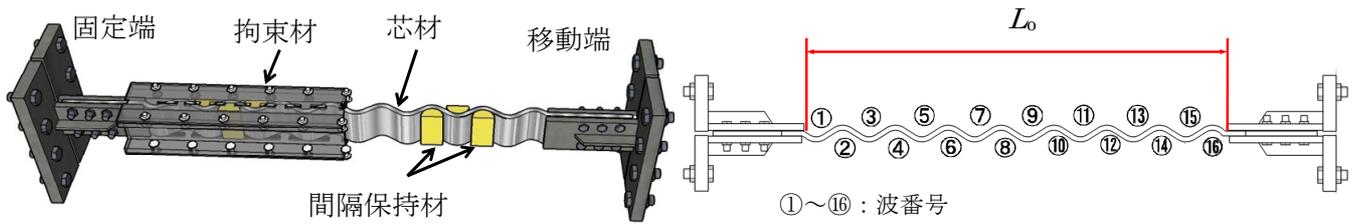


図-1 RP-BRBの模式図

図-2 変形部分長と波番号

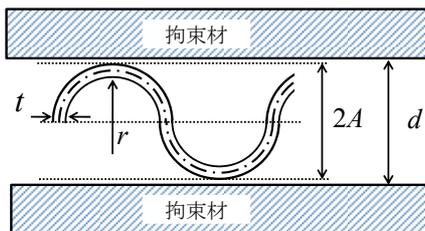


図-3 供試体寸法概略図

表-1 供試体一覧

No.	t (mm)	L ₀ (mm)	r/t	2A (mm)	d (mm)	Δ _m (mm)	間隔保持材
1	16	1040	2.5	40	46	40	なし
2							6箇所
3							全16箇所

Note: t=芯材の板厚, r=波形の内径曲率半径, L₀=変形部長, 2A=波形板中心線の波高, d=拘束材間の隙間, Δ_m=設計限界変位

キーワード 制震ダンパー, 座屈拘束, 波形鋼板, 実験
連絡先 〒293-0011 千葉県富津市新富 20-1 新日鉄住金エンジニアリング(株) TEL0439-80-4435

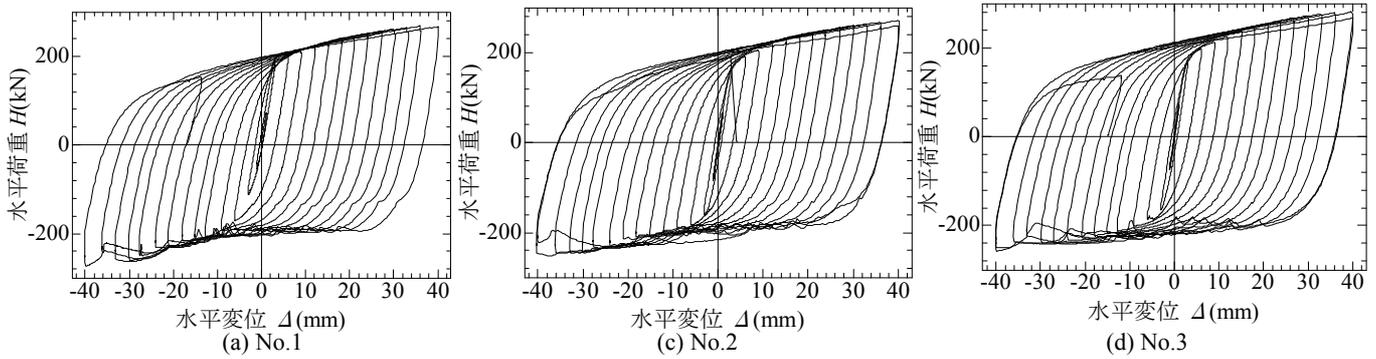


図-2 水平荷重—水平変位履歴曲線の比較

表-2 RP-BRB が保有する性能

No.	Δ_u/L_0	H_u	CID	$\Sigma E'$ (kN・m)	ΣE (kN・m)
1	0.039	-273	0.89	172	174
2		-252	1.03	169	201
3		-257	1.05	179	210

Note: Δ_u =最大水平変位(40mm), Δ_u/L_0 =最大平均ひずみ, H_u =最大圧縮水平荷重, CID =累積塑性変形, $\Sigma E'$ =最大変位までの累積エネルギー吸収量, ΣE =載荷終了までの累積エネルギー吸収量

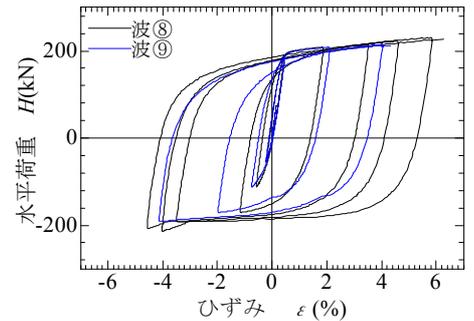


図-3 No.1の水平荷重—局部ひずみ履歴

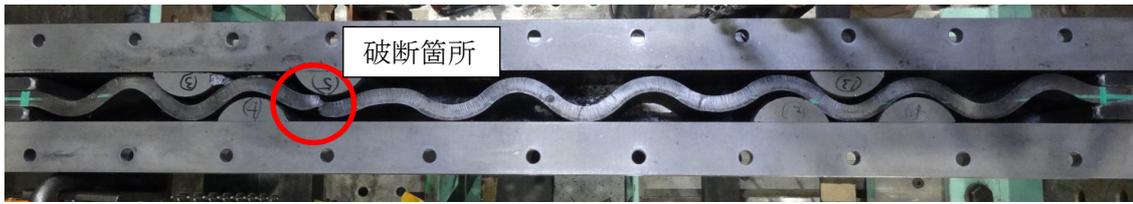


写真-1 実験終了後の芯材の破断箇所 (No.2)

見られない。図-3に水平荷重 H —局部ひずみ ϵ 履歴を示す。波⑧では変位 $\pm 16\text{mm}$ まで、波⑨では変位 $\pm 9\text{mm}$ までしか計測できていないが、約-4%~6%の局部ひずみの発生が認められる。No.2は $\Delta_m = \pm 40\text{mm}$ の3ループ目の引張時より荷重の低下は顕著なものとなったが、変位 $\Delta = -20\text{mm}$ 付近において荷重の上昇が始まったため載荷を継続した。しかし、引張変位 $\Delta = 2\text{mm}$ 付近で芯材が破断したため終了した。破断箇所は固定端側の波⑤であり、破断箇所を上面から見るとネッキングしていた(写真-1)。No.3は設計限界変位 $\Delta_m = \pm 40\text{mm}$ 達成後、 $\pm 40\text{mm}$ の2ループ目の引張変位 $\Delta = -30\text{mm}$ 付近において、大きな荷重の乱れを確認し、 $\pm 40\text{mm}$ の3ループ目の引張変位 $\Delta = -20\text{mm}$ 付近において、荷重の低下が顕著になったため載荷を終了した。No.2, No.3ともに間隔保持材は端部に微小な欠損を確認したが、概ね健全な状態で実験を終了した。表-2に最大平均ひずみ、吸収エネルギー、CIDを示すが間隔保持材の設置個数が多いものほどその値が大きくなる傾向が認められた。また、全ての供試体について、高機能BRBに要求される性能³⁾を上回っていることが分かる。

4. 結言

RP-BRBの性能実験を行いその性能を検討した。その結果、間隔保持材は波の詰まり現象に対し有効に機能し、低サイクル疲労性能にも改善が見られた。しかし、間隔保持材の適用箇所の最適化や、その機構については不明な点も多い。これらについては、解析的検討⁴⁾によって明らかにしていく。

参考文献

1)宇佐美勉ら：座屈拘束波形鋼板(BRRP)ダンパーの繰り返し弾塑性挙動, 構造工学論文集, Vol.60, 2014.3, 2)加藤弘務ら：実物大BRRP制震ダンパー開発のための基礎的研究, 構造工学論文集, Vol.61, 2015.3, 3)宇佐美勉：高機能制震ダンパーの開発研究, 第10回地震時保有耐法に基づく橋梁等構造の耐震設計に関するシンポジウム講演論文集, 2007.6, 4)加藤弘務ら：芯材に波形鋼帯板を適用したBRB(RP-BRB)の解析的検討, 平成27年度土木学会全国大会, 2015.9