

# 芯材に波形鋼板を適用した座屈拘束ブレースの履歴曲線の安定化に関する検討

加藤 弘務<sup>1</sup>・山崎 伸介<sup>2</sup>・宇佐美 勉<sup>3</sup>・葛 漢彬<sup>4</sup>

<sup>1</sup>学生会員 名城大学大学院 理工学研究科建設システム工学専攻 (〒468-8502 名古屋市天白区塩釜口1-501)  
E-mail: 100425075@ccalumni.meijo-u.ac.jp

<sup>2</sup>新日鉄住金エンジニアリング(株) 建築・鋼構造事業部 (〒141-8604 東京都品川区大崎)  
E-mail: yamazaki.shinsuke.f5g@eng.nssmc.com

<sup>3</sup>フェロー 名城大学 総合研究所 (〒468-8502 名古屋市天白区塩釜口1-501)  
E-mail: usamit@meijo-u.ac.jp

<sup>4</sup>フェロー 名城大学 理工学部社会基盤デザイン工学科 (〒468-8502 名古屋市天白区塩釜口1-501)  
E-mail: gehanbin@meijo-u.ac.jp

本研究では、橋梁の横構・対傾構などに用いられる座屈拘束ブレースとして芯材を波形鋼帯板としたBRB(RP-BRB)の適応性を検討する。本研究で用いられる芯材は、長尺かつ波形の数が多いため、荷重変位履歴の不安定化が懸念される。そのため、既往の研究でも用いられた間隔保持材の設置に加え、芯材の中心軸に突起を設置することによって、芯材の局所的な変形を抑制し、履歴曲線の安定化を図っている。これらの機構を設置した供試体を製作し、変動変位振幅載荷を行うことによって、荷重変位履歴に及ぼす影響を明らかにしようとしている。

**Key Words** : elasto-plastic behavior, rippled plate buckling-restrained brace, seismic damper

## 1. はじめに

制震橋における制震ダンパーに、既存の部材・部品を置換する等の方法により既設橋梁に付与されるものがある<sup>1)3)</sup>。その場合、鋼材、アルミニウム合金、形状記憶合金等の金属の塑性変形によって地震エネルギーを吸収・消散させる履歴型ダンパーが多く用いられ、その中の一つとして、橋梁の横構・対傾構などの2次部材を置き替える軸力降伏型の座屈拘束ブレース (BRB)<sup>4)</sup>が多用されている。

このような履歴型ダンパーの高機能性<sup>3)</sup>として、橋梁の供用期間中に渡り取り替えが不要であることが挙げら

れ、そのためには、安定した履歴曲線、高い変形性能と低サイクル疲労性能を有することが必要である。

これまで筆者らは、芯材に波形鋼板を適用した高機能制震ダンパーとして、制震橋における上部構造と下部構造をつなぐ履歴型ダンパーであるBRRPの検討を行ってきた<sup>5)6)</sup>。そこで波形鋼板は、次のような特徴を持つことが分かった。

- 1) 耐力が極端に大きくならない
- 2) 高い変形性能を有する
- 3) 局所ひずみが小さく高い低サイクル性能を有する
- 4) 芯材の接合はすべてボルト接合である

そこでこれらの結果を踏まえ、本論文では、芯材に波

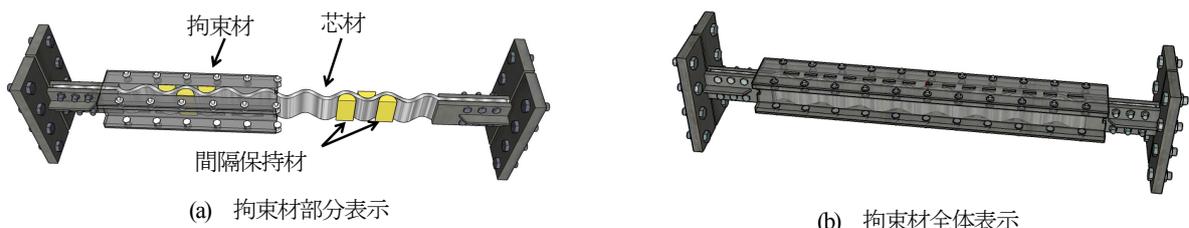


図-1 RP-BRBの全体図

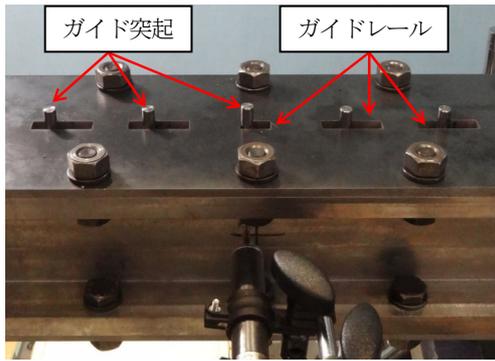


写真-1 ガイドレールとガイド突起

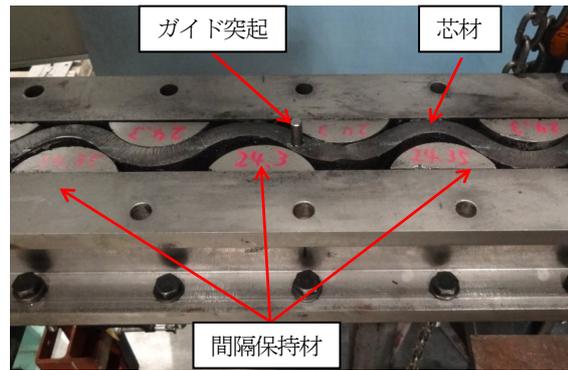


写真-2 間隔保持材

表-1 波形座屈拘束ブレース(RP-BRB)供試体諸元

No.	供試体名	$L_0$ (mm)	$2A$ (mm)	$r/t$	$t$ (mm)	隙間量 $d$ (mm)	$\Delta_m$ (mm)	ガイド突起 (本数)	間隔保持材 (個数)
1	BP-BRB-tension	1040	24	2.5	16	-	-	-	-
2	BP-BRB-guide-1					46	40	1	0
3	BP-BRB-guide-3							3	0
4	BP-BRB-guide-A							15	0
5	RP-BRB-space-6					1	6		
6	RP-BRB-space-A					1	16		

Note:  $L_0$ =変形部材長,  $2A$ =波形板中心線の波高,  $r$ =波形の内径曲率半径,  $t$ =芯材の板厚,  $d$ =拘束材間の隙間,  $\Delta_m$ =設計上の最大変位

供試体名について, 例えば RP-BRB-space-□の場合, RP-BRB: 波形鋼板制震ブレース, space: 間隔保持材あり, □: 間隔保持材の個数(A=all: 全波に設置の意味)

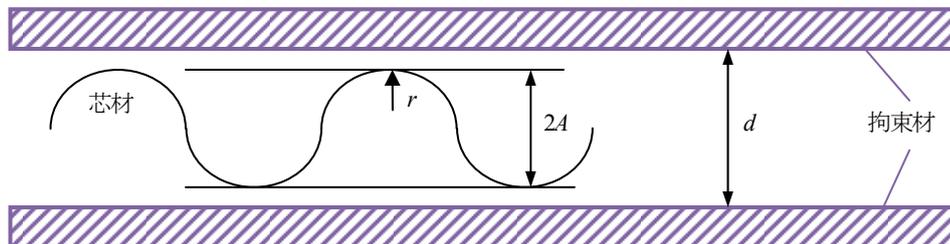


図-2 RP-BRBの概念図

形鋼板を適用し, 面外座屈を拘束材で防止した BRB(Rippled Plate Buckling Restrained Brace, RP-BRBと称する)の検討を行う(図-1). RP-BRBはBRRP<sup>3)</sup>と比較して芯材は長尺化し, 波形の個数も増えるため荷重変位履歴の不安定化が懸念される。これに対し, ガイド突起およびガイドレール(写真-1), 間隔保持材(写真-2)を設置することによって, 芯材の局所的な変形を抑制し, 荷重変位履歴の平滑化と性能の向上を図っている。本検討では, これらを設置した供試体を製作し, 変動変位振幅載荷を行うことによって, 荷重変位履歴に及ぼす影響を明らかにしようとしている。

## 2. 実験概要

### (1) 実験供試体

RP-BRB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対の拘束材を被せた構造をしている。本研究で使用した供試体の概要とRP-BRBの概念図をそれぞれ表-1と図-2に示す。ここで,  $L_0$ =変形部分長,  $2A$ =波形鋼板中心線で測った波高,  $r/t$ =芯材の内径曲率半径 $r$ を板厚 $t$ で除した値,  $d$ =拘束材の隙間量(拘束材内面間距離),  $\Delta_m$ =設計限界変位,  $\Delta_0$ =載荷時に用いる降伏水平変位(定義は(4) 載荷方法で述べる)である。供試体の名称はそれぞれ, RP-BRB(座屈拘束波形鋼板制震ブレース)-guideまたはspace(ガイド突起, 間隔保持材の有

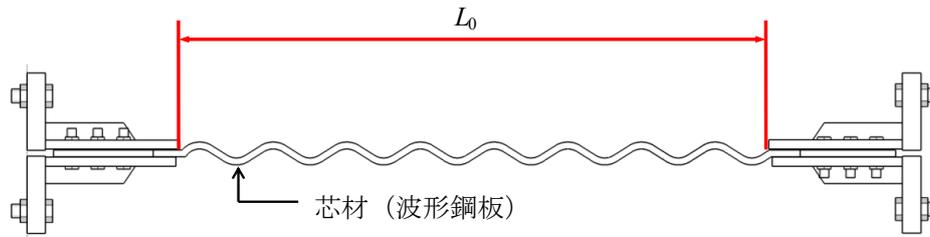
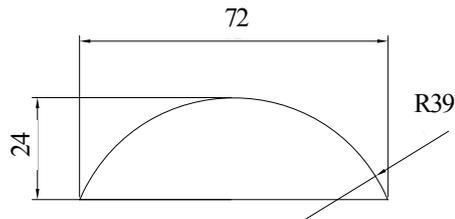


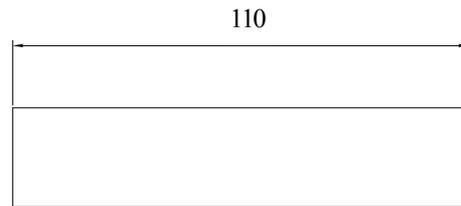
図-3 変形部分長



(a) 間隔保持材設置図



(b) 間隔保持材断面図



(c) 間隔保持材側面図

図-4 間隔保持材の設置図と寸法(単位: mm)

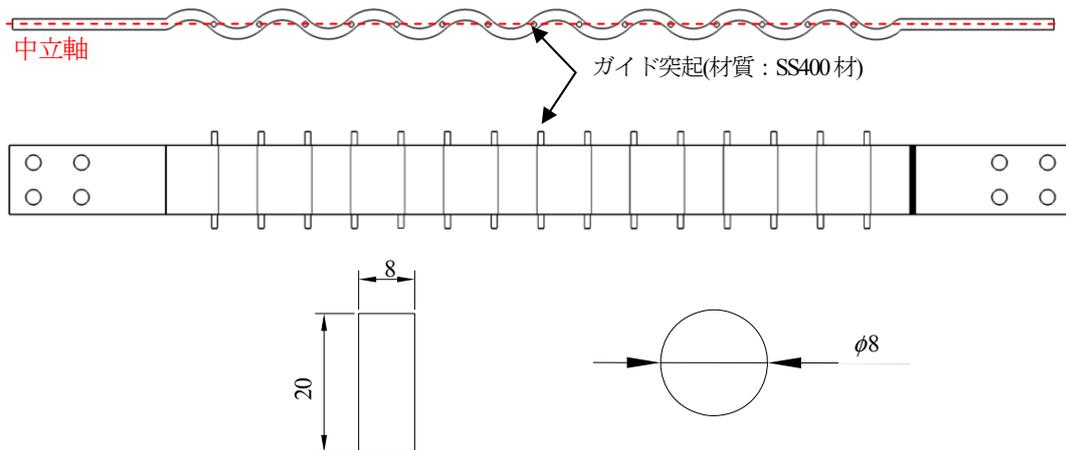


図-5 ガイド突起の設置図と寸法(単位: mm)

無) -A (ガイド突起, 間隔保持材の数) を示している。また, -tensionは芯材単体で行った単調引張載荷試験片である。全ての供試体はプレス加工によって生じた残留ひずみを焼きなまし (SR) 処理によって除去している。

供試体の幅  $b$  はすべて 100mm である。変形部分長  $L_0$  は, 図-3 に示すように, 波形鋼板の両端を挟み込んだ取付け治具の先端から先端までの距離としている。

既往の研究から, この種の芯材は圧縮時に波形形状が潰れることにより面外方向に膨らむ現象が生じ, 膨らみによる変形が拘束材にまで達すると芯材の軸方向に動かなくなり荷重が急上昇する「詰まり現象」が生ずることが分かっている<sup>9)</sup>。そのため, 芯材の設計限界変位 $A_m$ に至るまで芯材と拘束材が接触しないように, 予備解析か

ら隙間量 $d$  (表-1) を決定した。

間隔保持材は熱硬化樹脂を材質とし, 各供試体のすべての設置箇所において同一寸法(図-4)の物を用いている。波形鋼板の凹側と拘束材の隙間に間隔保持材を挟み込むことで圧縮時に波形が過度につぶれ, 膨らむような変形を回避するようにしている。

ガイド突起は図-5のようにSS400の棒であり, 芯材の中心軸にガイド突起を設置し, 拘束材に開けられた溝(ガイドレールと称する)から突起を出すことにより芯材の面外変形を抑制し, 変形の局所化を回避することを意図している。RP-BRB-guide-1, RP-BRB-space-6, RP-BRB-space-Aは芯材の長手方向中央に拘束材のずれ止めを兼ねたガイド突起が設置してある。RP-BRB-guide-3は波形の2

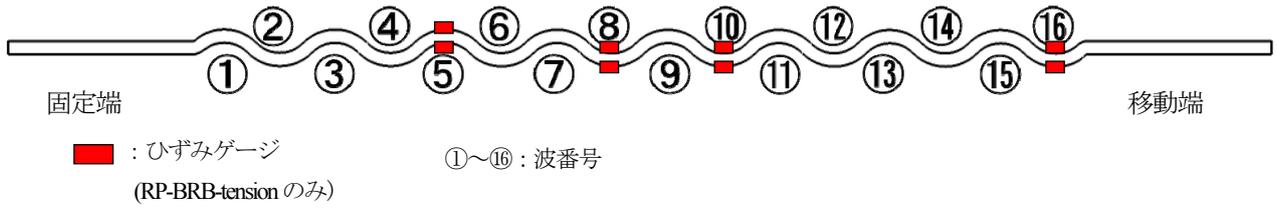


図-6 波番号とひずみゲージ貼り付け位置

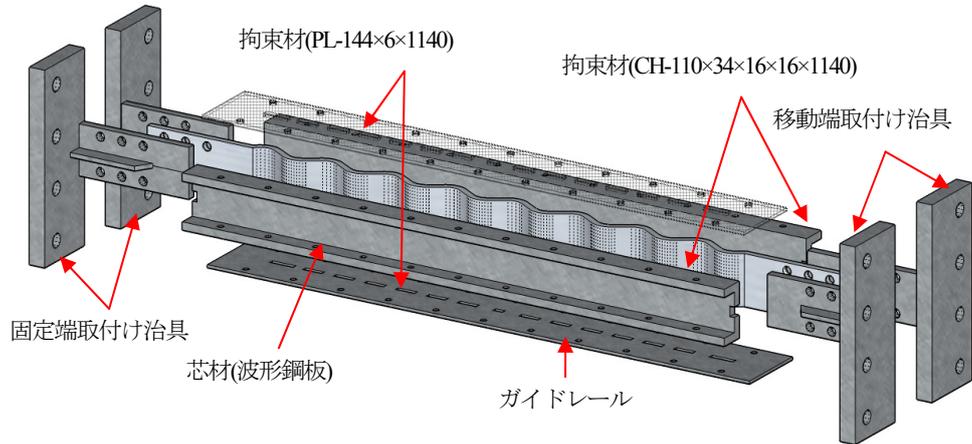


図-7 供試体組立図

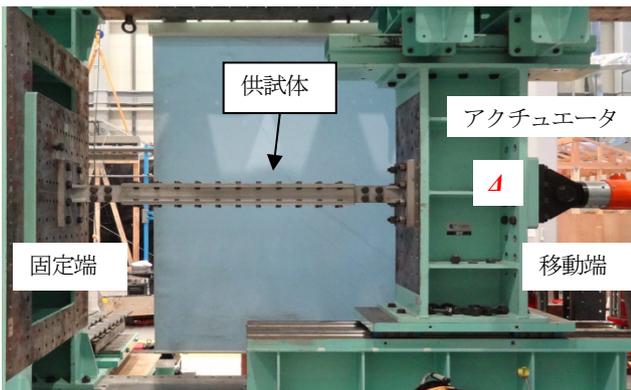


写真-3 実験装置の全観

波長ごとに合計3箇所，RP-BRB-guide-Aは波形の半波長すなわち円弧の間ごとに合計15箇所ガイド突起が設置されている．間隔保持材は，RP-BRB-space-Aでは全箇所合計16箇所，RP-BRB-space-6では図-1(a)に示すように6箇所設置している．

## (2) 実験装置概要

実験は名城大学構造耐震実験室で行った．用いた実験装置の全観を写真-3に示す．水平方向荷重  $H$  は荷重フレームの柱に固定されたアクチュエータ ( $\pm 1000\text{kN}$ ) により，供試体幅方向の中心線上に荷重されている．なお，本検討ではフレームと接続した側の治具を移動端，反対側を固定端と呼称することとする．変位計は，取付け治具によってはさみ込まれた，移動端および固定端の芯材

に設置した目標の荷重方向水平変位を2箇所ずつ（上下端1箇所ずつ）， $1/200\text{mm}$  および  $1/100\text{mm}$  ダイヤルゲージで測定した．移動端の水平変位測定値の平均値から固定端の水平変位測定値の平均値を差し引くことにより，固定端の変形を除去した波形鋼板水平方向変位  $\Delta$  の真値を算定した．

荷重軸方向のひずみの計測は， $2\text{mm}$  の塑性ゲージ (YFLA-2) を使用した．ひずみゲージは波頂部の両面の幅方向の中心に貼り付けられており，測定箇所を図-6に示す．なお，図-6には後の説明に用いる固定端から数えた波の番号も示されている．

## (3) 供試体の設置

図-7に供試体の組立て図を示す．RP-BRBの面外変形拘束の目的で用いられている拘束材は，平板 (PL,  $b=110\text{mm}$ ,  $t=6\text{mm}$ ,  $l=1140\text{mm}$ ) と溝形鋼板 (CH,  $h=110\text{mm}$ ,  $b=34\text{mm}$ ,  $t_w=16\text{mm}$ ,  $t_f=16\text{mm}$ ,  $l=1140\text{mm}$ ) から構成されており(図-8)，鋼種はSN400Bである．平板のガイドレールは，両端近傍では $l_3=50\text{mm}$ ，中心は芯材とのずれ止めを目的に $l_1=20\text{mm}$ ，その他は $l_2=40\text{mm}$ であり，すべて幅 $b=10\text{mm}$ である．

供試体の設置方法は，(1) 実験装置に両端取付け治具を高力ボルト(M24)で接合，(2) 芯材を端部取付け治具に高力ボルト(M16)で接合，(3) 芯材にアンボンド剤としてのモリブデン入りリチウム万能グリスを塗布し，拘束材の所要隙間量 $d$  ( $46\text{mm}$ ) を確保した上で，拘束材

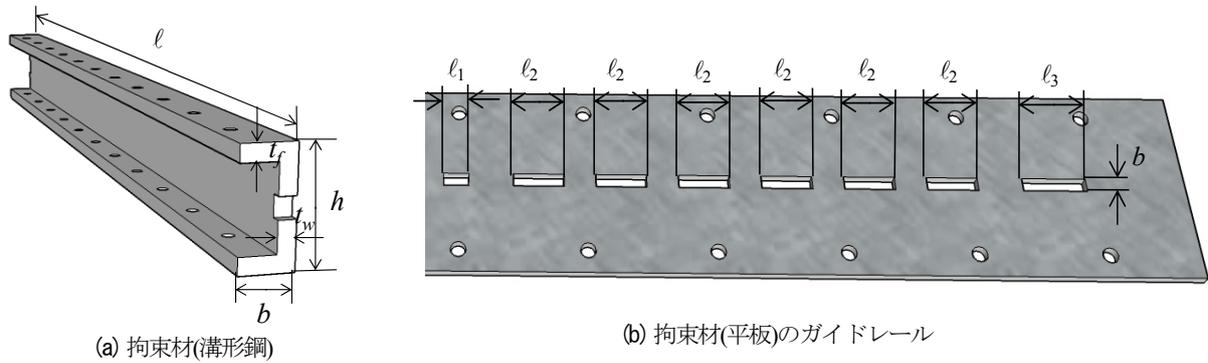


図-8 拘束材概要

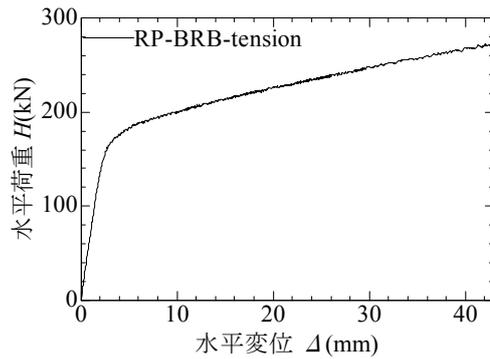


図-9 単調引張載荷試験の水平荷重-水平変位関係

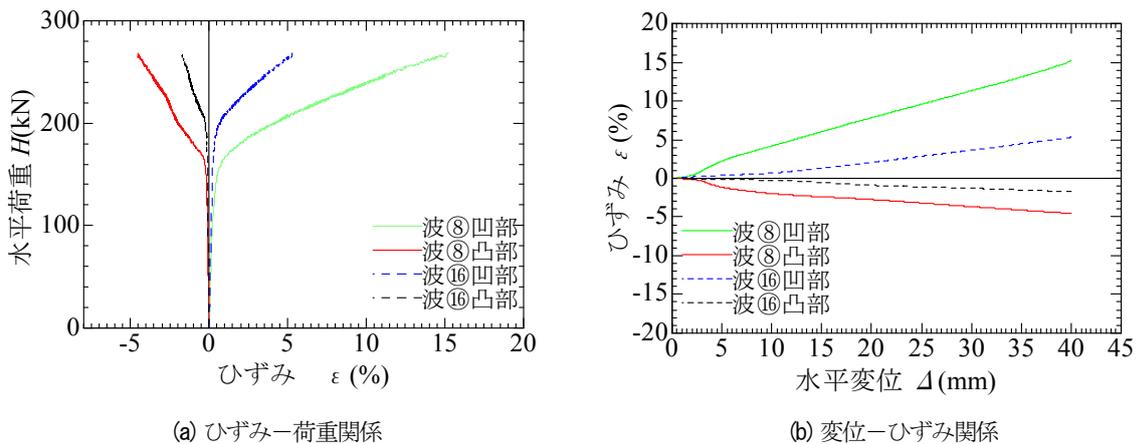


図-10 RP-BRB-tensionのひずみ履歴 (波番号は図-6 参照)

を被せて高力ボルト(M10)により摩擦接合する。なお、間隔保持材を用いた実験については、各波形凹部に間隔保持材を差し込んだ後、他の実験同様に組み立てる。

なお、RP-BRB-tensionでは、ひずみゲージを取り付けることを目的に、拘束材を付けずに実験を行った。

#### (4) 載荷方法

RP-BRB-tensionでは単調引張載荷を、その他の供試体では設計限界変位 $\Delta_m$ まで1サイクル毎に $1/4_0$ 増加する漸増変位振幅繰り返し載荷を行った。 $4_0$ は実験において、1ループ目の引張側への載荷時に水平荷重-水平変位関係が、弾性域での解析解との比較を基に、非線形となることが確認された点の水平変位とし、本検討では全ての供

試体で $4_0=3\text{mm}$ とした。 $\Delta=-36\text{mm}$ 以降は設計値限界変位である $\Delta=\pm 40\text{mm}$ の一定変位繰返し載荷とした。

### 3. 実験結果

#### (1) 単調引張載荷試験

RP-BRB-tensionの水平荷重 $H$ -水平変位 $\Delta$ 履歴を図-9に、ひずみ履歴を図-10にそれぞれ示す。図-10では、波⑤、波⑧、波⑩に取り付けられたひずみゲージの値がほとんど一致したため、代表的に波⑧と波⑬のみ示している。単調引張載荷に対して、局所ひずみは凹部では引張、凸部では圧縮となり、その大きさは凹部の方が大き

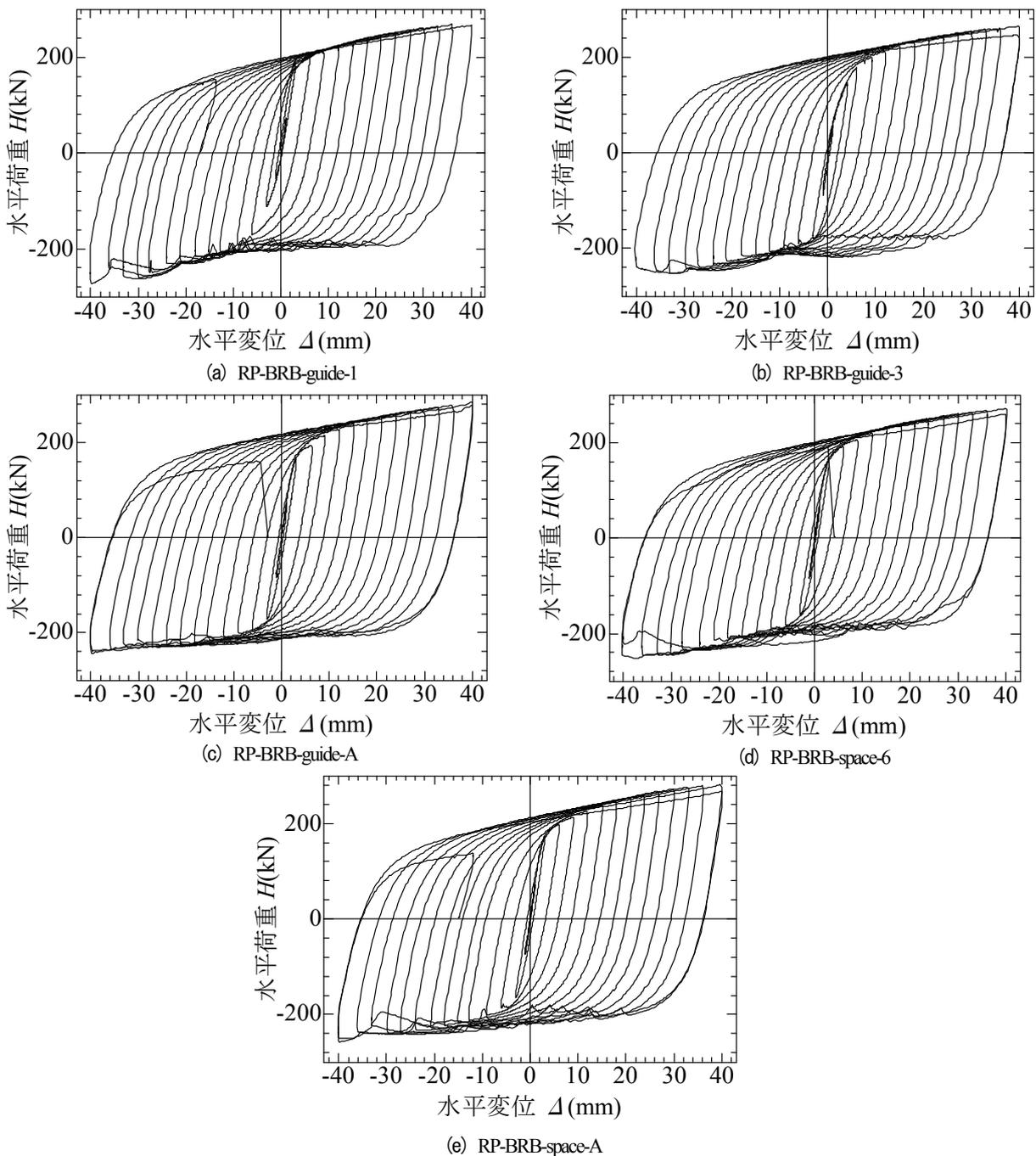


図-11 変動変位繰返し載荷実験の水平荷重—水平変位履歴曲線

いことが分かる。平板部に一番近い波⑩では、他波と比較して小さくなり、設計限界変位  $\Delta_m (=40\text{mm})$  では 5% 程度だが、波⑧では 15% 程度であった。

## (2) 繰返し載荷試験

変動変位振幅の繰返し載荷を行った供試体 (No.2~6) の水平荷重  $H$ —水平変位  $\Delta$  履歴を図-11に示す。  $H$ 、  $\Delta$  は供試体に引張力が生ずる方向を正、圧縮力が生ずる方向を負としている。同図より、全ての供試体で目標とした設計上の最大変位である  $\Delta_m = \pm 40\text{mm}$  を達成していることが分かる。また、ガイド突起と間隔保持材の数が多い

程、水平荷重  $H$ —水平変位  $\Delta$  履歴は安定した対称な紡錘形となり、圧縮域でも荷重の乱れが少なくなる。

これらのことより、芯材の過度な面外方向変形を防ぐガイド突起および間隔保持材は、荷重変位履歴の平滑化の手段として有効であると考えられる。

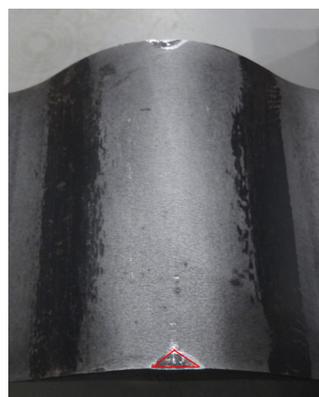
## (3) 供試体の損傷状況

### a) 芯材波形頂部の損傷

芯材は拘束材に接触すると写真-4 の様に削れた損傷状況となる。この削れた領域は、接触力が大きい程大きくなると考えられる。そのため表-2 に示すように、接



(a) 削れた領域



(b) 近似した三角形

写真-4 接触により削れた芯材の波頂部

表-2 接触面積

(単位: mm<sup>2</sup>)

波番号 供試体名	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩	⑪	⑫	⑬	⑭	⑮	⑯
RP-BRB-guide-1	13	150	6	190	296	94	0	184	179	25	202	129	0	152	237	46
RP-BRB-guide-3	18	95	0	108	122	16	109	99	-	181	0	68	203	34	130	26
RP-BRB-guide-A	16	20	41	54	29	19	0	47	-	134	45	35	0	6	49	32
RP-BRB-space-6	0	72	61	134	-	75	0	56	111	29	120	103	54	40	274	0
RP-BRB-space-A	0	66	0	0	214	52	0	187	189	64	112	15	0	58	122	0

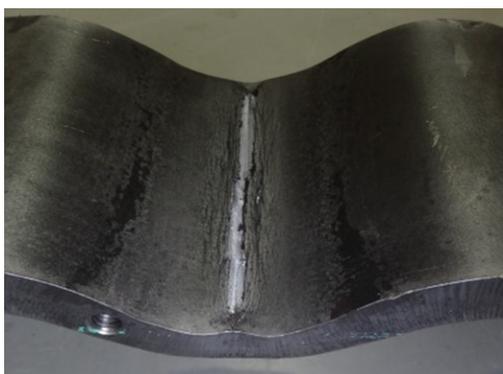


写真-5 き裂発生箇所(RP-BRB-space-A, 波⑨)



写真-6 破断面(RP-BRB-space-6, 波⑨)

触力の分布を推測することを目的に、芯材頂部の削れた領域を三角形に近似し、接触面積として計測を行った。表では、破断箇所など波形形状が大きく変化してしまったため、正確な計測が行えなかった箇所は「-」としている。表より接触面積は、座屈の1次モードの頂点(波⑧、波⑨)と座屈の2次モードの頂点(波⑤、波⑮)に集中する傾向が見られた。特に、波⑮では RP-BRB-guide-A を除く供試体で、100mm<sup>2</sup>を超えており、接触力の集中が著しかったと考えられる。移動端近傍で接触力が高くなり、そこより移動端側での変形が大きくなり、荷重が急上昇するため、荷重変位履歴の乱れにつながったと考えられる。RP-BRB-guide-A では他の供試体と比較して接触面積が小さい傾向が確認されたため、他の供試体と比較して接触力も小さかったと推察される。

#### b) 芯材波形凹部のき裂

全実験供試体で、き裂の発生は写真-5 の様に芯材波形凹部で発生し、破断面は写真-6 の様にネッキングしていたため、終局状態では曲げ変形だけではなく、軸引張り変形も影響していたと考えられる。き裂発生箇所およびき裂長さの計測結果を表-3 に示す。表では、同じ波に複数のき裂が発生していた場合、最も大きなき裂の長さを示している。芯材の荷重方向中央付近(波⑧、波⑨)では RP-BRB-space-6 を除く全ての供試体でき裂が発生するという結果であった。このことから、圧縮時における座屈の1次モードの影響による面外方向の接触力と、圧縮時における圧縮応力の集中があると考えられる。

RP-BRB-guide-A では波⑧、波⑨、波⑩、波⑪、RP-BRB-space-A では波⑤、波⑧、波⑨、波⑯、波⑮におい

表-3 き裂発生箇所およびき裂長さ

(単位：mm)

波番号 供試体名	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩	⑪	⑫	⑬	⑭	⑮	⑯	
RP-BRB-guide-1	-	-	-	-	89	-	-	29	23	-	-	-	-	-	-	68	-
RP-BRB-guide-3	-	-	-	-	14	-	-	36	84	-	-	-	-	-	-	-	-
RP-BRB-guide-A	-	-	-	-	-	-	-	16	破断	69	19	-	-	-	-	-	-
RP-BRB-space-6	-	-	-	10	破断	-	-	14	-	-	-	5	-	-	-	54	-
RP-BRB-space-A	-	-	-	-	12	-	-	13	89	31	-	-	-	-	-	21	-

表-4 RP-BRBの保有する性能

No	供試体名	$\Delta_u/L_0$	$H_u$ (kN)		CID	$\Sigma E$ (kN・m)	±40mmの ループ数
			引張側	圧縮側			
2	RP-BRB-guide-1	0.039	269	-273	0.89	174	1
3	RP-BRB-guide-3		265	-252	0.96	188	1
4	RP-BRB-guide-A		284	-244	1.05	213	2
5	RP-BRB-space-6		271	-252	1.03	201	2
6	RP-BRB-space-A		281	-258	1.05	210	2

Note :  $\Delta_u$ =実験での最大変位,  $L_0$ =変形部分長 (表-1 参照),  $\Delta_u/L_0$ =平均ひずみの最大値(保有変形性能),

$H_u$ =最大荷重, CID=累積塑性変形 (保有低サイクル疲労性能),  $\Sigma E$ =載荷終了までの累積エネルギー吸収量(kN・m)

て 10mm を超えるき裂が発生しており, その他の供試体と比較して特に中央部分でのき裂発生箇所が分散していることが分かる。これはガイド突起および間隔保持材が有効に作用し, 芯材の過度な面外変形と膨らみ変形を抑制したことで, 各波形への変形が分散したためであると考えられる。

また, 今回の実験では⑤波目, ⑮波目でも多くの供試体でき裂を確認した。先に示したように, 波頂部での損傷が大きいため, 芯材の面外方向への変形が大きかったと考えられる。

これらのことより, 芯材の過度な面外方向変形と膨らみ変形を防ぐガイド突起および間隔保持材は, 変形の局所化の防止に寄与していたと考えられる。

#### (4) RP-BRBが保有する性能

各供試体について, 変形性能の尺度としての最大平均ひずみ  $\Delta_u/L_0$ , 圧縮側と引張側の最大荷重  $H_u$ , 低サイクル疲労性能の指標としての累積塑性変形 CID, および累積エネルギー吸収量 (履歴曲線が囲む総面積)  $\Sigma E$  を RP-BRB が保有する性能として表-4 に示す。

CID は, 塑性変形  $\Delta_p$  を供試体長さ  $L_0$  で除し, ひずみとして表現している。塑性変形は各ループの折り返し点の変位  $\Delta_i$  から降伏変位  $\Delta_y$  を引くことによって算定できる。そこで本検討における降伏変位の算定は, 文献 6) に倣い行った。すべての供試体で, 高機能 BRB の目標性能<sup>3)</sup>である  $\Delta_u/L_0=0.03$ ,  $CID)_{lm}=0.7$  を超えている。RP-

BRB-guide-A と RP-BRB-space-A でもっとも高い CID と  $\Sigma E$  となり, CID に関しては RP-BRB-space-6, RP-BRB-guide-3, RP-BRB-guide-1 の順となった。

引張側の最大荷重が最も大きい供試体は RP-BRB-guide-A であり, その値は  $H_u=284$ kN であった。SN490B の降伏応力  $\sigma_y=325$ MPa を用いると, 最大荷重を平板部の降伏軸力で除した値は 0.49 となり, 最大荷重が極端に大きくならないといえる。既往の研究<sup>3)</sup>より, 圧縮側の最大荷重が大きいものほど, 波の変形の局所化が進行し, 芯材と拘束材間での摩擦力が大きくなっていったと考えられる。RP-BRB-guide-A や RP-BRB-space-A のように圧縮側の最大荷重が小さいものほど, 引張り側の最大荷重と CID は共に大きくなっていることから, ガイド突起と間隔保持材をそれぞれ多く適用したほうが, 変形の局所化を抑制することができたため, より高い性能を有していたと考えられる。RP-BRB-guide-A と RP-BRB-space-A では引張り側の最大荷重と CID は同等程度であるが, 圧縮側の最大荷重は RP-BRB-space-A のほうが 6%ほど大きく, わずかであるがエネルギー吸収は RP-BRB-guide-A のほうが大きい。このことは, RP-BRB-guide-A が最も波の変形の局所化を抑制し, 荷重-変位関係に乱れが少なく安定した紡錘形に近い履歴を示すことを意味する。

#### 4. おわりに

本検討では, これまで行われてきた BRRP の研究成果

<sup>5)</sup> <sup>6)</sup>を踏まえて、橋梁の横構・対傾構などに用いられる座屈拘束ブレースとして芯材を波形鋼帯板としたBRB(RP-BRB)の適応性を検討した。

本研究で用いられる芯材は、長尺かつ波形の数が多いため、荷重変位履歴の不安定化が懸念される。そのため、荷重変位履歴の安定化のために、間隔保持材とガイド突起機構を設置した供試体5体を製作し、変動変位振幅載荷実験を行うことによって、これらの影響を検討した。また、RP-BRBと同一寸法で拘束材を取り付けない引張試験供試体1体を製作し、単調引張試験より、局部ひずみの計測を行った。

以下に本研究で得られた知見を示す。

- 1) すべての供試体において、設計限界変位(40mm)まで載荷が行えることができた。
- 2) ガイド突起を全箇所を設置、または間隔保持材の適用により、荷重—変位曲線の安定化と載荷ループ数の増加を確認することができた。
- 3) ガイド突起と間隔保持材の適用箇所が増えるほど、圧縮域でも安定した、対称な紡錘形の荷重変位履歴となることを確認した。
- 4) 最大のき裂と破断の発生した箇所は波⑤または波⑨であった。
- 5) 破断箇所の断面は、ネッキングが生じていたため、終局状態では曲げ変形だけではなく、軸引張り変形も影響していたと考えられる。
- 6) 波頂部の接触面積と波凹部のき裂発生箇所は、座屈の1次モードの頂点と2次モードの頂点に集中する傾向

が見られた。

- 7) 単調引張載荷を行った RP-BRB-tension の設計限界変位(40mm)における局部ひずみは15%程度であった。
- 8) ガイド突起と間隔保持材の適用箇所が増えるほど、CIDおよびエネルギー吸収量は高くなった。
- 9) 最大荷重を平板部の降伏軸力で除した値は0.49程度であり、耐力が極端に大きくはならない。

#### 参考文献

- 1) 宇佐美勉編著, 日本鋼構造協会編: 鋼橋の耐震・制震設計ガイドライン, 技報堂出版, 2006.9.
- 2) 土木学会: 交通ネットワークを支える免震と制震の技術, 丸善, 2012.6.
- 3) 宇佐美勉: 高機能制震ダンパーの開発研究(特別講演), 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, 土木学会, pp.11-22, 2007.2.
- 4) 宇佐美勉, 葛漢彬, 日沖賢治, 路志浩, 河野豪: 制震ダンパーによる鋼アーチ橋の耐震性向上—橋軸直角方向地震動に対する検討—, 土木学会論文集, No.766/1-68, pp.245-261, 2004.7.
- 5) 宇佐美勉, 山崎伸介, 森翔吾, 野呂直以, 今瀬史晃, 野中哲也: 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.60A, pp.335-348, 2014.3.
- 6) 加藤弘務, 宇佐美勉, 山崎伸介, 森翔梧, 野呂直以, 葛漢彬: 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.61A, pp.211-223, 2015.3.

## STUDY ON STABILIZATION OF HYSTERESIS CURVE OF RIPPLED PLATE BUCKLING-RESTRAINED BRACES

Hiromu KATO, Tsutomu USAMI, Shinsuke YAMAZAKI and Hanbin GE

Based on previous studies on BRRP (Buckling-Restrained Rippled Plate) dampers, a new type of BRB named RP-BRB (Rippled Plate Buckling-Restrained Brace) is investigated. The core member of RP-BRB is a rippled plate strip instead of a wide rippled plate in BRRP. As in ordinary BRBs, RP-BRBs are thought of being used as seismic dampers installed as a form of lateral or diagonal bracing members in steel bridge structures. Contrary to BRRPs, RP-BRBs possess long and multiple-wave core members. Thus special care must be given to prevent the unstable load-deformation characteristics due to local/overall buckling of the core members as well as friction effects between the core member and the restraining members.

In this study, RP-BRB specimens with two special devices are tested: 1) a pair of projecting bars bolted to both sides along the core member (the guide series test) and 2) semi-cylindrical shape spacers set inside the ripples (the space series test). The projecting bars play a role of preventing the core member's transverse displacements, and the spacers keep the ripple form. Cyclic loading tests are carried out using test specimens possessing various numbers of either the projecting bars or the spacers. Then loading and deformation capacities, hysteretic characteristics, local strains occurred in the core members are examined.