# 座屈拘束波形鋼板(BRRP)制震ダンパーの開発研究

名城大学 学生会員 ○森 翔吾 太平工業(株) 正会員 今瀬史晃 新日鉄住金エンジニアリング 正会員 山崎伸介 新日鉄住金エンジニアリング 正会員 野呂直以 名城大学 フェロー 宇佐美勉

### 1. まえがき

制震橋におけるダンパーは、(1)既存の部材を置き換え る、(2)上部構造と下部構造をつなぐ、(3)隣接桁をつ なぐ等の方法により付与される.本研究は、(2)の方法に 用いられる履歴型制震ダンパーの開発を目指したものである. この種のダンパーにはせん断パネルダンパー(SPD)が用い られてきたが、本研究では、図-1に示す波形鋼板を芯材に 用い、面外座屈を拘束材で防止した軸力降伏型ダンパー

(Buckling restrained rippled plate damper, BRRP)を開発する. このダンパーの機能は、図-2に示すように、L1 地震動に対 して弾性、L2 地震動に対してはエネルギー吸収をする BRRP, それを越える地震動(L3)に対しては拘束材が SPD として機 能して余剰耐震性を担保する高性能ダンパーである.本研究 では、BRRP として機能するところまでの性能を対象とす る.

#### 2. 実験概要

実験供試体は**表**-1 に示す6体であり,供試体 No.1 (No.2 も同一)の概略図を図-3に示す.材質はSM400( $\sigma_y$ =287MPa), 板厚 t は 9mm, r/t (r=波形の内径曲率半径) は 2.4 または 5.0 である.供試体名の SR はプレス加工による残留ひずみを除 去した供試体, SPACE は間隔保持材 (鋼材)を供試体中央の 波とその両隣に挿入した供試体を示す.予備実験により,こ の種のダンパーは圧縮時に芯材である波形鋼板が膨れること





キーワード:波形鋼板制震ダンパー,低サイクル疲労,隙間量,CID 連絡先:〒468-8502 名古屋市天白区塩釜口 1-501 名城大学理工学部社会基盤デザイン工学科 TEL 052-838-2342



図-4 水平荷重—水平変位履歴曲線



写真-1 き裂発生状況とき裂発生個所近傍(No. 6)

表-2 最大ひずみと累積塑性変形

No.	$\mathcal{E}_{u}$	CID
1	0.0846	1.83
2	0.0740	1.38
3	0.0518	1.05
4	0.0518	2.22
5	0.0846	1.28
6	0.0846	4.36

より、心材と拘束材との隙間を適正に管理することが重要であることがわかった.そのため、芯材の設計最大変位  $\Delta_m$  (Case1,3 では 35mm, Case2 では 20mm) における膨らみ量を数値解析 <sup>1)</sup>により算出し、波板表面(山側) と 拘束材の隙間を決定した.載荷条件は、No.6 では定変位振幅繰り返し(低サイクル疲労実験),その他は変動変位 振幅繰り返しである.

## 3. 実験結果

(1)図-4(a)は No.1 供試体の水平荷重 H-水平変位  $\Delta$ 履歴曲線を示す. 履歴曲線はダンパーに要求される安定した紡 錘型の形状をしている. 圧縮側 ( $\Delta$ < 0) での荷重折り返し点近傍で荷重の乱れが生じているが,これは BRB にお いても見られた現象で,芯材が面外座屈 (蛇行変形と称する)を起こして荷重が低下した後に,拘束材と接触する ことで座屈が拘束され,荷重が再度上昇しているからである.  $\Delta$ =-35mm 以上で荷重上昇率が幾分増加しているが, これは先述のように,芯材の膨れ変形により芯材の一部が拘束材と接触したことに起因する. なお, SR 処理を施し た No.2 供試体の H- $\Delta$ 履歴曲線は予ひずみ除去により弾性域が拡がる以外は No.1 と大きな違いはなかった. (2) 図-4(b)は間隔保持材の影響を見るため No.1 と No.5 供試体の履歴曲線を比較したものである. 間隔保持材は,波形 形状を保持し,局所的な膨れ変形を防止する役目を果たすため, $\Delta$ =-35mm 以上の圧縮側の荷重上昇率の増加が緩和 されていることが分かる. (3)図-4(c)は低サイクル疲労実験を意図した No.6 供試体の履歴曲線である. 最大引張側 変位  $\Delta$ =+40mm の 1 6 回目の繰り返しにより波形頂部に疲労亀裂が生じ,実験を終了した (写真-1 参照). (4)表-2 は、変形性能として最大平均ひずみ  $\varepsilon_u$  (= $\Delta_u/L_0$ ,  $\Delta_u$ :最大変位,  $L_0$ : 供試体変形部の長さ),低サイクル疲労性能 として累積塑性ひずみ (CID)をまとめたものである. 高機能 BRB の目標性能<sup>2)</sup>である  $\varepsilon_u$ =0.03, CID)<sub>lim</sub>=0.7 を遙 かに超えた性能を持つことが分かる.

## 4. あとがき

試作した BRRP ダンパー供試体は, 高機能 BRB の目標性能<sup>2)</sup>を越えることが分かったが, 今後は, 実構造物の 地震応答解析を実施して要求性能を明確にし, それを上回る性能を保持する BRRP の開発を行う必要がある. 参考文献:1)今瀬史晃ら, 座屈拘束波形鋼板 (BRRP) 制震ダンパーの開発研究一解析, 第68回年次学術講演会, 2013.9 2) 宇佐美勉:高機能制震ダンパーの開発研究, 第10回地震時保有耐力シンポジウム講演論文集. 2007.2