低降伏点鋼板を用いたせん断パネル型制震ストッパー
その２　正負交番繰り返し載荷試験

㈱横河ブリッジ　正会員　○谷中　聡久，小池　洋平
川口金属工業㈱　正会員　鵜野　禎史，姫野　岳彦
高田機工㈱　正会員　佐合　大　，谷　一成

１．はじめに

筆者らは文献 1)で述べたとおり，制震効果が高く既設橋への適用性も良好で経済性にも優れた構造として，低降伏点鋼板を用いたせん断パネル型制震ストッパー（以下，制震ストッパー）を考案し，連続げた橋の動的解析を実施して制震ストッパーの設置効果を確認した．また，動的解析でモデル化した制震ストッパーの非線形特性については，静的載荷試験を実施し仮定した非線形特性と同等の変形性能を有することを確認した[2)]．

本稿では，地震時における制震ストッパーの低サイクル疲労耐久性を確認するために実施した，正負交番繰り返し載荷試験の結果について報告する．

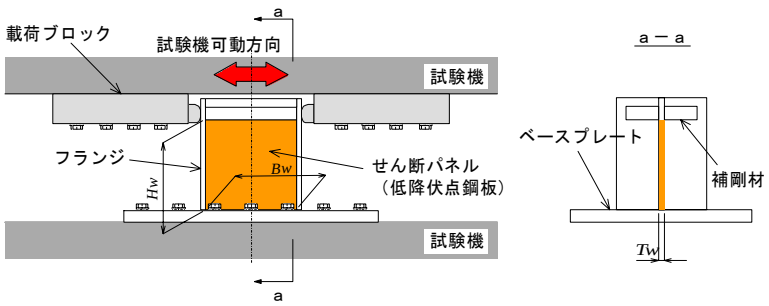
２．載荷試験方法

制震ストッパーは，図－１に示すようにウェブに低降伏点鋼板を使用した履歴型ダンパーである．橋梁への設置は，ベースプレートを下部構造に固定し，補剛材位置を上部構造に設置した横梁で挟み込む方法である．載荷試験は上記の設置方法を模擬するため，図－１に示すようにゴム支承の圧縮せん断試験機に試験体を設置し，橋軸方向の地震時強制変位を載荷した．強制変位は表－１に示した載荷振幅まで変位を漸増させ，一定の載荷振幅を繰り返し載荷した．

表－１に示した試験ケースは，低サイクル疲労耐久性の向上を目的とする改良構造のCase2シリーズと改良前構造のCase1シリーズの２シリーズである．Case1は図－１および図－２(a)に示すようにせん断パネルは単一構造である．Case2は図－２(b)に示すように，せん断パネル上下部に高材質の拘束パネルを溶接（本試験ではSM490Yを使用）し，フランジ溶接部の曲げ変形を拘束している．また，せん断パネルが座屈して耐力が低下することを防止するために，せん断パネルを増厚し幅厚比を低く抑えている．

３．載荷試験結果

拘束パネルを設置していないCase1-1～Case1-3は，

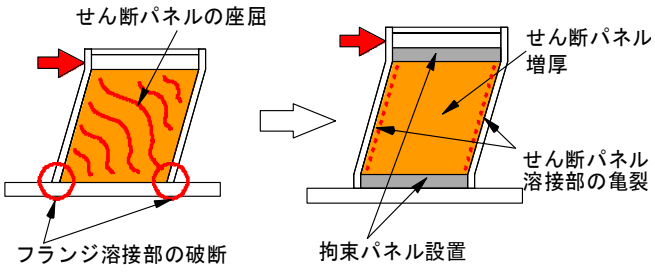


図－１　載荷試験概要

表－１　試験ケース

	せん断パネル			幅厚比 B_w/T_w	載荷振幅 γ（%）
	幅 B_w(mm)	高さ H_w(mm)	板厚 T_w(mm)		
Case1-1	150	150	9	16.7	4.9
Case1-2					9.9
Case1-3					8.2
Case1-4	350	350	9	38.9	9.9
Case1-5					5.2
Case1-6					10.2
Case2-1	250	250	16	15.6	11.8
Case2-2					12.3
Case2-3					12.3
Case2-4	250	250	22	11.4	12.1
Case2-5					5.7
Case2-6	350	350	16	21.9	12.1

γ（%）：（δ／H_w）×100
δ（mm）：せん断パネルの水平変形量
せん断パネル材質　：　LY225（Case1-1～Case1-3はLY100）



（ａ）改良前の損傷箇所　　（ｂ）改良点と改良後の損傷箇所

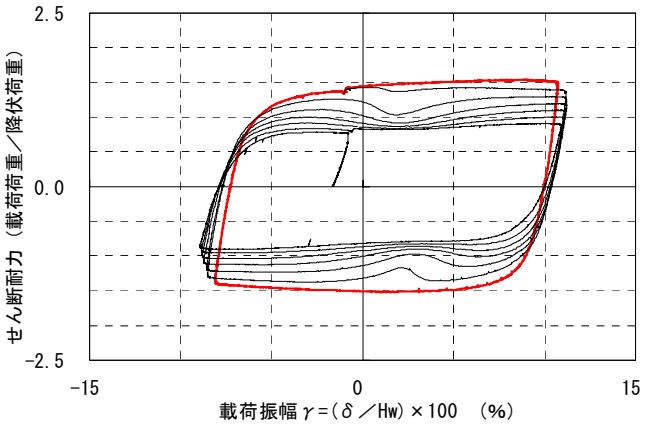
図－２　低サイクル疲労に関する改良点

キーワード　せん断パネル型制震ストッパー，低降伏点鋼板，履歴型ダンパー，低サイクル疲労
連絡先　〒273-0026　千葉県船橋市山野町 27 番地　㈱横河ブリッジ　TEL：047-435-6161

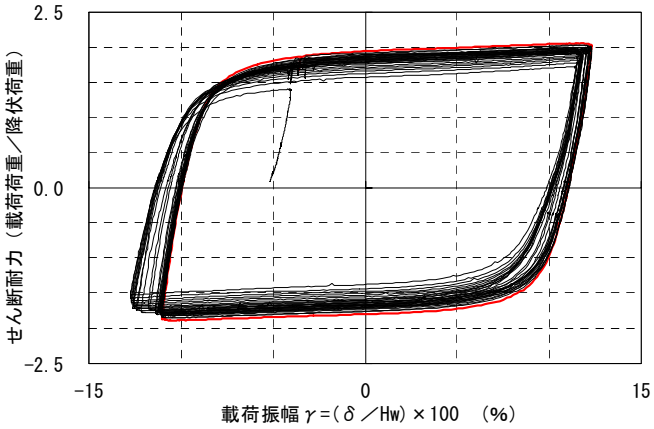
図－２(a)に示すようにフランジとベースプレート溶接部のフランジ側溶接止端から亀裂が発生し，せん断耐力が低下した．せん断パネル厚が薄く試験ケース中で幅厚比が最大のCase1-4～Case1-6は，図－２(a)に示すように，所定振幅の載荷直後からせん断パネルが座屈して斜張力場を生じ，交番載荷により斜張力場が交差して生じることでせん断耐力が低下した．図－３に示したCase1-4の履歴曲線においても，繰り返し載荷を開始してから載荷のたびにせん断耐力が低下し，履歴曲線により描かれるループが縮小することがわかる．

一方，Case2-1～Case2-6は，拘束パネルを設置しせん断パネルを増厚したため，フランジ溶接部の亀裂やせん断パネルの座屈が発生せずに，繰り返し回数が増加する傾向を示した．しかし，載荷を継続すると，図－２(b)に示したようにせん断パネルとフランジ溶接部のせん断パネル側溶接止端に亀裂が発生し，せん断耐力が低下した．図－４に示したCase2-1の履歴曲線では，１回～30回にかけてのせん断耐力の低下がCase1-4と比べて小さいことがわかる．

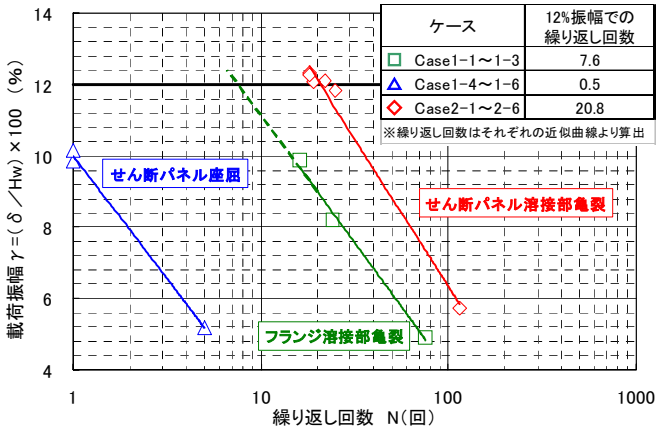
図－５に載荷振幅と繰り返し回数の関係を示す．図中の繰り返し回数は，繰り返し回数１回目に対して，せん断耐力が 90%に低下した段階の繰り返し回数を表す．また，せん断限界変位[1)]と試験結果の近似曲線との交点における繰り返し回数を示した．同図より，フランジ溶接部に亀裂を生じた Case1-1～Case1-3，せん断パネルが座屈した Case1-4～Case1-6，改良構造の Case2-1～Case2-6 はそれぞれ図中の曲線で近似される関係となった．すなわち載荷途中でせん断パネルが座屈する場合やフランジ溶接部に局部的な曲げ変形が生じる場合は，γ=12%の振幅に対して 10 回未満でせん断耐力が低下するが，改良構造とすることで 20 回程度の載荷に耐え，疲労耐久性を向上させることができた．



図－３　Case1-4 の履歴曲線（載荷回数 1～6 回）



図－４　Case2-1 の履歴曲線（載荷回数 1～30 回）



図－５　載荷振幅と繰り返し回数の関係

４．おわりに

地震時における制震ストッパーの低サイクル疲労耐久性を確認する試験を行い，改良構造を考案してその有効性を確認した．なお，本研究は，㈱横河ブリッジ，高田機工㈱，川口金属工業㈱の３社共同で実施しているものである．

【参考文献】　1）佐合　大，谷　一成，谷中聡久，小池洋平，鵜野禎史，姫野岳彦：低降伏点鋼板を用いたせん断パネル型制震ストッパー　その１　解析的検討について，第 61 回年次学術講演会講演概要集，2006.9.　　2）谷　一成，佐合　大，谷中聡久，小池洋平，鵜野禎史，姫野岳彦：低降伏点鋼板を用いたせん断パネル型制震ストッパーの研究，第 9 回地震時保有耐力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，2006.2.