

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

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

1. はじめに

兵庫県南部地震以降、免震支承など分散構造を用いて上部構造の慣性力の低減を図る構造が一般的となってきたが、桁遊間の増大や、常時負反力が作用する橋梁では適用ができない問題点も残されている。本研究では、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）の適用を提案する。制震ストッパーは、鉛直荷重を支持する可動支承と組合せた機能分離型支承の一部で、常時およびレベル1地震時には固定、レベル2地震時には制震部材としてエネルギーを吸収し、慣性力、移動量の低減を期待する構造である（図-1, 2）。本稿では、動的解析を実施し制震ストッパーの橋梁への適用性について検討を行った。

2. 制震ストッパーの橋梁への適用性の検討

支間 40m の 2 径間連続 I 桁橋、3 径間連続 I 桁橋の 2 種類の橋梁を対象に制震ストッパー設置時の効果について検討を行った。また支承部の水平力-水平変位の比較を行うため、支承条件を①固定可動、②反力分散構造、③免震構造、④制震ストッパーとした。制震ストッパーの設置位置による違いを確認するために橋台と橋脚にそれぞれ設置した場合による比較も行った。

制震ストッパーの断面決定は、常時・レベル1地震動に対して固定支承として挙動し、レベル2地震動に対しては制震ストッパーが降伏しエネルギー吸収を行うことから、レベル1地震動では、降伏しないように断面を設定した。

モデル化は、図-3のようにA1・A2橋台、中間橋脚、上部工を梁要素でモデル化した。上部工・橋台は線形とし、橋脚は、基部に塑性ヒンジを設け非線形回転バネ要素でモデル化し、復元力特性は武田モデルとしている。制震ストッパーは支承位置に非線形バネ要素でモデル化し、せん断降伏、せん断座屈発生を折れ点とするトリリニア型とした。なお、ウェブの塑性座屈耐力に関する評価式は、文献1)に従い算出した。

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、動的解析、機能分離型支承

連絡先 〒556-0011 大阪市浪速区難波中2丁目10番70号 高田機工(株) TEL: 06-6649-5170, FAX: 06-6649-2439

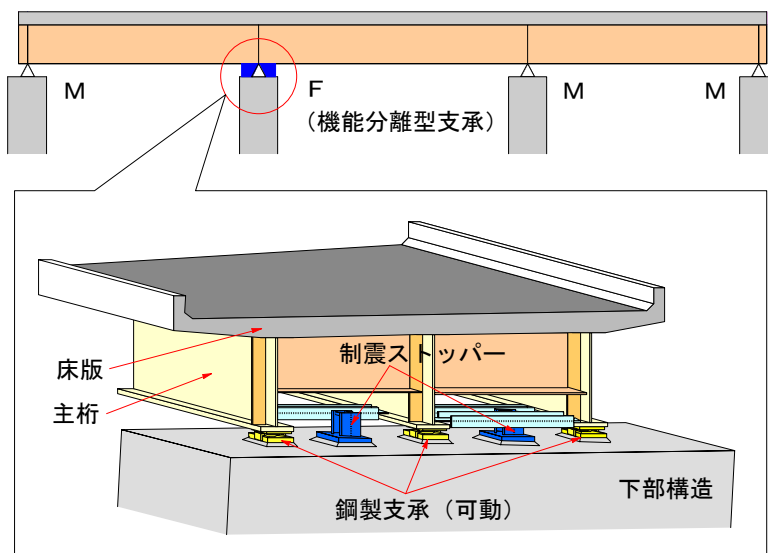


図-1 制震ストッパーの適用例

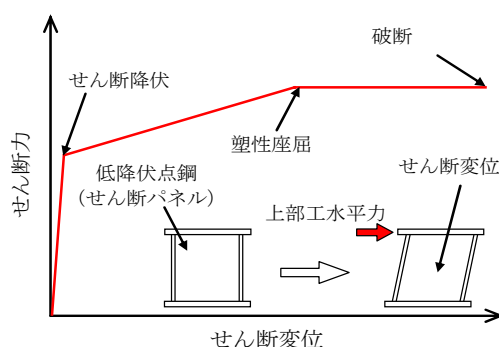


図-2 制震ストッパーの非線形特性

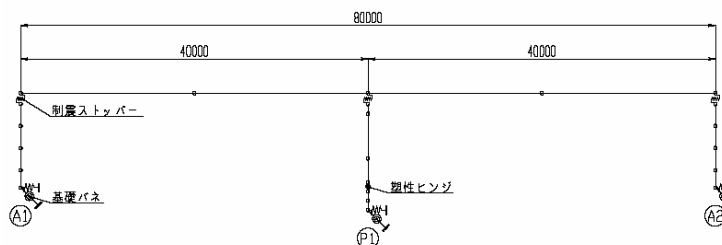


図-3 解析モデル

表-1 支承部の水平力-水平変位

(a) 2径間連続 I 桁橋

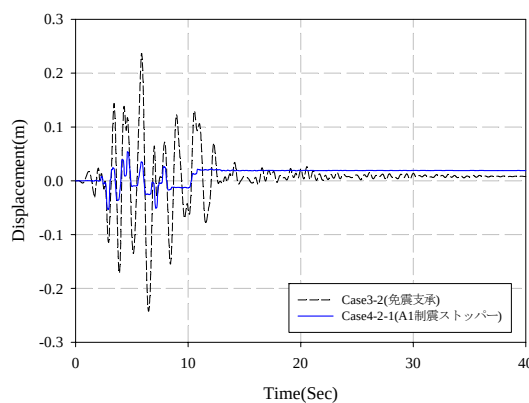
	Case1-2-1 (A1橋台固定)		Case1-2-2 (P1橋脚固定)		Case2-2 (分散支承)		Case3-2 (免震支承)		Case4-2-1 (A1橋台ストッパー)		Case4-2-2 (P1橋脚ストッパー)	
	水平力 (kN)	水平変位 (m)	水平力 (kN)	水平変位 (m)	水平力 (kN)	水平変位 (m)	水平力 (kN)	水平変位 (m)	水平力 (kN)	水平変位 (m)	水平力 (kN)	水平変位 (m)
A1橋台	15,751	-	-	-	6,006	0.389	2,171	0.277	7,483	0.059	-	-
P1橋脚	-	-	9,214	-	7,750	0.274	5,135	0.218	-	-	7,532	0.059

(b) 3径間連続 I 桁橋

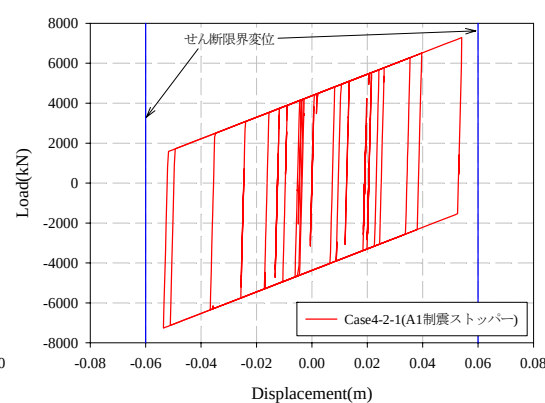
	Case1-3-1 (A1橋台固定)		Case1-3-2 (P1橋脚固定)		Case2-3 (分散支承)		Case3-3 (免震支承)		Case3-3-1 (A1橋台ストッパー)		Case3-3-2 (P1橋脚ストッパー)	
	水平力 (kN)	水平変位 (m)	水平力 (kN)	水平変位 (m)	水平力 (kN)	水平変位 (m)	水平力 (kN)	水平変位 (m)	水平力 (kN)	水平変位 (m)	水平力 (kN)	水平変位 (m)
A1橋台	25,477	-	-	-	7,080	0.437	2,347	0.259	11,128	0.058	-	-
P1橋脚	-	-	10,733	-	7,585	0.316	4,709	0.211	-	-	10,168	0.053

3. 解析結果

Type II 地震動における水平力-水平変位の最大応答値について3波平均値の比較を表-1に示す。2径間連続I桁、3径間連続I桁のケースにおいて橋台に制震ストッパーを設ける



(a) 時刻歴応答変位



(b) 荷重-変位関係

図-4 制震ストッパーの解析結果(2径間連続 I 桁橋)

と固定・可動に比べて、50%程度水平力が減少している。変位量は制震ストッパーでは最大で60mmと、分散支承(最大440mm)、免震支承(最大280mm)に比べて小さくなる結果となった。中間支点到制震ストッパーを設けると、2径間連続I桁橋では、固定・可動に比べて20%程度、3径間連続I桁では5%程度と径間数が増えるに従い効果が低い結果となった。そのため、中間橋脚に制震ストッパーを設置する際には橋脚の水平耐力を十分に確保することにより制震ストッパーの効果が期待できる。

図-4(a)には2径間連続I桁の時刻歴応答変位図を示す。制震ストッパーを用いることにより変位量が免震支承に比べ非常に小さくなっていることが確認できる。しかしながら、制震ストッパーが降伏するため残留変位は20mm程度生じ、免震支承よりも大きい結果となった。図-4(b)には、制震ストッパーの荷重-変位関係を示し、せん断限界変位(12%せん断ひずみ)以内に収まっているのが確認できる。なお、せん断限界変位12%という値は、建築関係で一般的に使用される変形に対して大きな値であり、低サイクル疲労耐久性が懸念されるが、文献2)の正負交番繰返し載荷試験を行った結果、十分な低サイクル疲労耐久性を有しており大地震に耐えることを確認している。

4. おわりに

橋梁への制震ストッパーの適用を目的に動的解析を実施し、その有効性を確認した。なお、本研究は、(株)横河ブリッジ、高田機工(株)、川口金属工業(株)の3社共同で実施しているものである。

【参考文献】

- 1)高橋, 品部: せん断降伏型薄鋼板の復元力特性に関する実験的研究, 日本建築学会構造系論文集, 第494号, 1997.1.
- 2)谷中, 小池, 佐合, 谷, 鶴野, 姫野: 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 正負交番繰返し載荷試験, 第61回年次学術講演会, 2006.9.