

低降伏点鋼板を用いたせん断パネル型ダンパーの橋梁への適用性の解析的検討

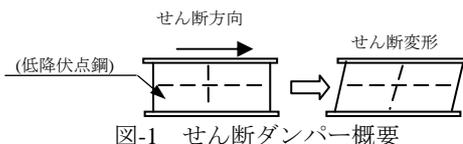
(株) 横河ブリッジ 正会員 ○八木 和也
 (株) 横河ブリッジ 正会員 谷中 聡久
 (株) 横河ブリッジ 正会員 尾下 里治

1. 目的

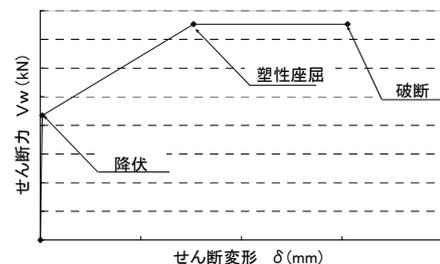
兵庫県南部地震以来、新設橋梁においては橋脚の耐震性能が高められ、さらに落橋防止システムの適用、反力分散構造や免震構造の採用などが図られている。一方既設橋梁においても、下部構造の補強や支承取り替えおよび落橋防止システムの付加などの耐震補強工事が実施されている。既設橋の場合は、施工条件が困難である場合や既設構造の耐力や遊間が不足する場合なども多く補強工事はいまだに完了していない。橋梁の耐震補強で用いられる反力分散構造や免震構造は支承を弾性支持構造とし、下部構造の水平反力を分散することや上部構造の固有周期を長周期化することで地震動との共振現象を避け、下部構造の負荷を減少させる方法である。しかし、それらの構造は橋脚の負荷を低減させるが上部構造の移動量が大きくなり桁遊間確保が困難となり、既設橋梁への対応が難しい等の問題がある。以上より、主に既設橋の耐震補強を対象とし、反力分散構造や免震構造の問題点を解消し、経済性に優れた構造として、低降伏点鋼板を用いたせん断パネル型ダンパー（以下せん断ダンパーとする）を提案し、ここではせん断ダンパーの橋梁への適用性について検討を行う。

2. せん断ダンパー概要

せん断ダンパーは図-1に示すように、低降伏点鋼パネルがせん断変形することによって、エネルギー吸収を行い構造物に発生する作用断面力を低減させる構造である。



せん断ダンパーの材料非線形特性としては、図-2に示す履歴特性¹⁾を有しており、特徴としては1次勾配がほぼ剛体として挙動し、2次勾配以降降伏してエネルギーを吸収する。



これらの特徴から、既設の固定支承部への適用が考えられる。常時、レベル1地震動に対しては従来どおり固定として挙動し、レベル2地震動に対してはせん断変形することでエネルギー吸収を期待できる。

図-2 せん断ダンパー履歴

3. せん断ダンパーの橋梁への適用性の検討

a) 解析モデル

解析モデルとして、2種類の橋梁形式について検討を行う。モデル1（図-3）として橋長176mの2径間連続2主箱桁橋、モデル2（図-4）として橋長172m、アーチ支間165m、アーチライズ25.6mの2ヒンジ中路式鋼アーチ橋を対象とする。モデル化についてはモデル1は上部工を線形梁要素、下部工は非線形梁要素（ $M-\phi$ ）、塑性ヒンジ部を非線形回転バネ要素（ $M-\theta$ ）にてモデル化し、中間橋脚支承部にせん断ダンパーを設置し非線形バネ要素にてモデル化する。モデル2についてはアーチ部材、補剛桁、吊材、支材等すべて線形梁要素でモデル化し、固定支承位置にせん断ダンパーを設置し非線形バネ要素にてモデル化する。

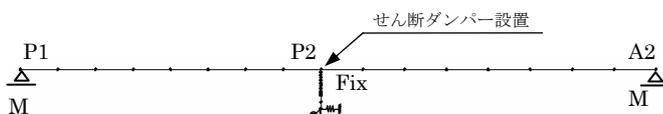


図-3 モデル1 箱桁橋

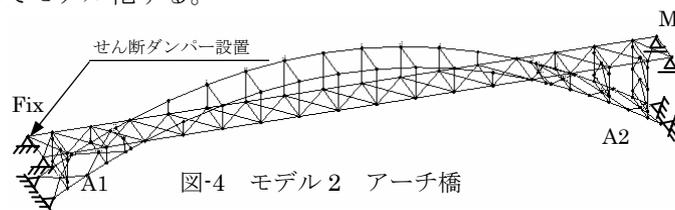


図-4 モデル2 アーチ橋

キーワード 耐震, ダンパー, せん断パネル型ダンパー, 降伏点鋼板

連絡先 〒273-0026 千葉県船橋市山野町27番地 横河テノビル (株)横河ブリッジ TEL047-435-6161

b) 解析条件

解析は非線形動的解析にて行う。解析手法は直接積分法（Newmark β 法 $\beta=0.25$ 積分間隔 0.002 秒）とする。

表-1 解析条件

モデル	入力地震動	加震方向	地盤種別	地震波	減衰	せん断パネル (mm)	ダンパー使用数	降伏せん断力 (kN)
モデル1	レベル2	橋軸	II種地盤	1・2・3波	レイリー	1000×600×16	4 (2主構分)	8680
モデル2	レベル2	橋軸	II種地盤	2波	レイリー	1000×500×22	1 (1主構分)	2860

注記：1) 解析条件を表-1に示す。せん断ダンパーの鋼材はLY225を使用する。

2) 地震波は道路橋示方書V耐震設計編 参考資料 2.5²⁾を使用する。

c) 解析結果

モデル1, 2についてせん断ダンパー設置前と設置後の発生断面力、変位について比較した結果を表2, 3に示す。モデル1で橋脚に発生する断面力を比較した結果、せん断ダンパー設置後10%程度の発生断面力の低減が見られる。塑性ヒンジ部の回転角については40%程度低減されており、橋脚塑性後の変形が大きく低減されている。上部工位置の変位についても10%程度低減されておりせん断ダンパー設置の効果が表れている。

モデル2についても、モデル1同様発生断面力の低減効果が表れている。アーチ部材の曲げモーメントについては40%程度低減されておりせん断ダンパー設置による発生断面力の低減効果は大きい。

表-2 モデル1解析結果

橋脚断面力	着目位置	解析ケース	M kNm	低減	回転角 θ	許容 θ	θ / θ_a	低減
	塑性ヒンジ部	既設:固定		97910	100%	0.02454	0.01420	1.73
せん断ダンパー			89867	92%	0.01398	0.01420	0.98	57%
柱基部	既設:固定		113730	100%	-	-	-	-
	せん断ダンパー		102940	91%	-	-	-	-

変位	着目位置	解析ケース	δ mm	低減
	脚天端	既設:固定		192
せん断ダンパー			114	59%
上部工	既設:固定		192	100%
	せん断ダンパー		177	92%

M: 曲げモーメント
 δ : 応答変位

表-3 モデル2解析結果

断面力	着目位置	解析ケース	M kNm	低減	N kN	低減
	アーチ頂部	既設:固定	14713	100%	-28484	100%
	最大M箇所	せん断ダンパー	8572	58%	-21848	77%
	アーチ基部	既設:固定	14587	100%	-27095	100%
	付近	せん断ダンパー	11344	78%	-22690	84%

反力	着目位置	解析ケース	H kN	低減	V kN	低減
	A1側	既設:固定	23929	100%	13567	100%
		せん断ダンパー	18763	78%	12014	89%

最大変位	着目位置	解析ケース	δ_x mm	低減
	アーチ頂部	既設:固定	76.4	100%
		せん断ダンパー	54.2	71%
	A2支承位置	既設:固定	108.6	100%
せん断ダンパー		99.5	92%	

M: 曲げモーメント
N: 軸力
 δ_x : 応答変位 (橋軸方向)

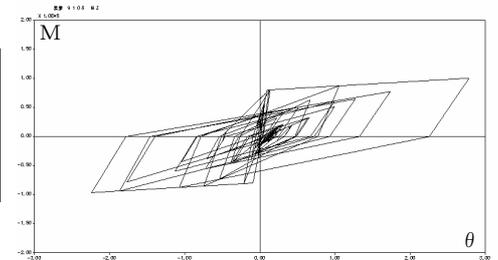
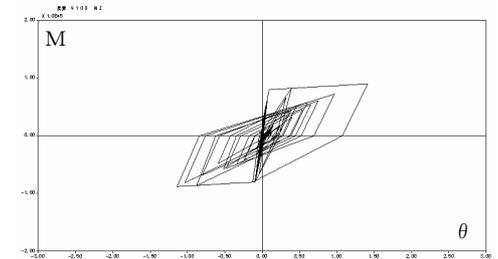
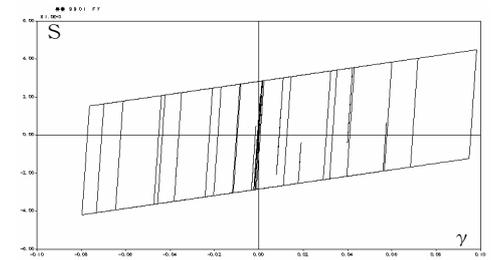
図-5 モデル1柱M- θ 関係(固定)図-6 モデル1柱M- θ 関係(せん断ダンパー)

図-7 モデル2せん断ダンパー履歴図

5. 今後の課題

本検討により、せん断ダンパーの橋梁への適用効果は確認できた。今後、その他の橋梁形式での効果の確認を行うとともに、せん断ダンパーの挙動確認のため本検討に用いたせん断ダンパーの断面性能にて実験を進め、本解析結果との比較を行いせん断ダンパーの性能を確認する。

参考文献

- (財)鉄道総合技術研究所、(株)大林組：ダンパー・ブレースを用いた鉄道高架橋の設計指針、(財)鉄道総合研究所、2000.1
- (社)日本道路協会：道路橋示方書・同解説V耐震設計編、(社)日本道路協会、平成14年3月