

制震構造による橋梁耐震補強の検討

中央復建コンサルタンツ(株) 正会員○栗山 真純
京都府 綾部土木事務所 濱側 裕久
中央復建コンサルタンツ(株) 正会員 中谷 武弘

はじめに

橋梁の耐震補強は、支承構造を水平反力分散支承あるいは免震支承に変えて、固有振動の長周期化を図り、さらに高減衰化により地震力を低減する手法を導入し、RC 巻立て工法など脚柱への直接的な補強規模を軽減する手法が一般的なものとなっている。しかしながら、単純桁構造が連なる橋梁において長周期化を図る補強手法を導入するためには、連続径間化が不可欠であるが、連続化が困難な場合があるほか、上部構造の改良を含めた補強コストの増大を招く恐れがある。本報告では、単純桁が連なる橋梁を対象として、高減衰化に重点をおいた制震構造の適用性と補強に関わる導入コストの軽減効果について検討結果を示した。

1. 耐震補強への制震構造の活用

橋梁の耐震補強は、地震時水平力分散構造または免震構造を適用することにより、橋梁全体系としての耐震性能を効果的に発揮しながら地震の影響を軽減する手法が広く適用されている。しかし、単純桁どうしを支持する橋脚は、設計振動単位が橋脚と固定支持する上部構造により構成される1自由度系の構造であり、直接的な脚柱の補強以外に免震構造など合理的な補強工法を適用しにくい形式である。このため、補強設計の自由度は非常に狭く、橋脚の現有耐力の程度によっては、橋脚補強の規模やそれに伴う基礎構造への問題が生じる場合がある。そこで、単純桁が連なる橋梁において、制震構造を活用することにより、橋梁全体系で地震の影響を軽減する工法について検討した。

制震構造は減衰性能を増加させることによって地震の応答を低減する構造であるが、そのためには、上部構造と下部構造を連結させる必要がある。本検討では上部構造を連続化せずに、デバイスにより連結する構造に着目した。連結するデバイスとしては支承が挙げられるが、常時の挙動が設計時と異なることにより構造的な不具合が発生する可能性があることから、履歴型ダンパーを設置した制震構造を対象とした。

本報告では、実在する橋梁を対象として、制震構造に改良した橋梁の地震時挙動や補強規模を、非線形時刻歴応答解析により把握しながら、本構造の適用性とその耐震補強の効果について検証した。

2. 検討例

2.1 対象橋梁

検討対象とした橋梁の概要は図-1 と表-1 に示すとおりである。本橋は昭和 56 年に竣工した橋梁であり、単純桁 2 連と直接基礎を有する両端橋台、張出し式橋脚により構成されている。なお、耐震設計は、昭和 46 年道路橋耐震設計指針に基づき実施されており、設計

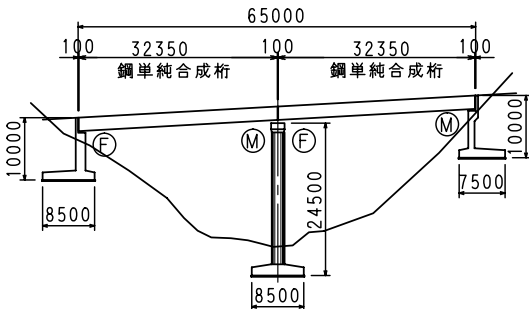


図-1 対象橋梁

表-1 橋梁諸元

上部構造	鋼単純合成鈹桁橋(4主桁)		
重量	上部構造合計： 590 t		
	下部構造合計： 1650 t		
P1橋脚固有周期	橋軸方向： 0.860 s		
	橋軸直角方向： 0.395 s		
地盤種別	I種地盤	設計水平震度	Kh=0.18
P1橋脚柱断面【既設断面】			

時の地震力は現行道路橋示方書¹⁾のレベル1地震動に相当するものである。

2.2 制震構造の適用性

図-2 に示すように各主桁と橋台ならびに橋脚とを履歴型ダンパーにて連結した構造に対して、耐震補強への制震構造の適用性について検討した。

履歴型ダンパーの規模については、期待する減衰性能と取り付け部の補強規模の関係を踏まえて合理的に設定する必要がある。本検討においては、現況構造物の取り付け部への影響を踏まえて、履歴型ダンパーの規模を落橋防止構造の設計荷重となる540kNを指標として制限値を設定した。

表-2 に、履歴型ダンパーの規模を変化させた場合の地震応答値を示す。また、図-3 にケース1、ケース3における橋脚天端の時刻歴水平変位量を示す。なお、各ケースとも橋脚、支承等は同じ性能を設定している。この結果、制震構造により移動量を大きく減少させる効果を確認でき、また、落橋防止構造に相当する履歴型ダンパーを設置することにより、現況の桁遊間と同程度に上部構造移動量を抑制できる結果となり、本例のような構造における耐震補強に制震構造を導入する有効性を示した。

2.3 検討結果と効果

制震構造を用いた耐震補強による橋脚補強断面を検討し、従来手法と比較した具体的効果を検証した。

従来手法による設計では、図-4 に示すように RC 巻き立て工法と鋼板巻き立て工法の併用により、曲げ耐力が既存構造物の4.54倍まで増加した。一方、制震構造を用いた場合には、橋軸直角方向に必要な最小限の補強規模となり、大幅に規模を軽減した RC 巻き立て(定着鉄筋なし)補強により耐震性能を確保でき、降伏曲げモーメントの増加率を1.04倍に抑制できた。この結果、制震装置を含めた補強に関わる導入費用は従来手法の約1/2に縮減できる効果を得た。

おわりに

近年では耐震補強にも制震構造を用いる事例²⁾が増加してきているものの、対象となる橋梁は、高橋脚を有する橋梁や多径間連続橋のような大規模橋梁における実績が多い。本検討では、中小橋梁においても制震構造による補強手法の導入により、補強コストを大幅に抑制できる優位性を示した。今後は大規模橋梁のみならず、広範囲における橋梁に対する有効な補強工法として活用できると考える。

【参考文献】

- 1) (社)日本道路協会：道路橋示方書・同解説 V 耐震設計編，2002. 3.
- 2) 廣瀬彰則，中谷武弘，門田克史他：震動制御技術を活用した既設橋梁の耐震補強，平成15年度建設コンサルタント業務・研究発表会，2003.10.

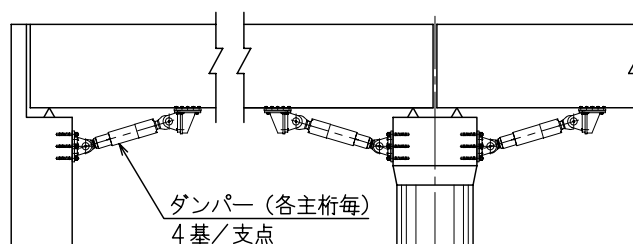


図-2 履歴型ダンパーの設置図

表-2 履歴型ダンパーの規模と最大応答値

	ケース1	ケース2	ケース3
制震装置	なし	300kN ×4基/支点	500kN ×4基/支点
応答加速度	4.91m/s ²	6.71m/s ²	8.05m/s ²
橋脚移動量	277.9mm	138.9mm	108.5mm
ダンパー移動量	—	136.0mm	103.5mm

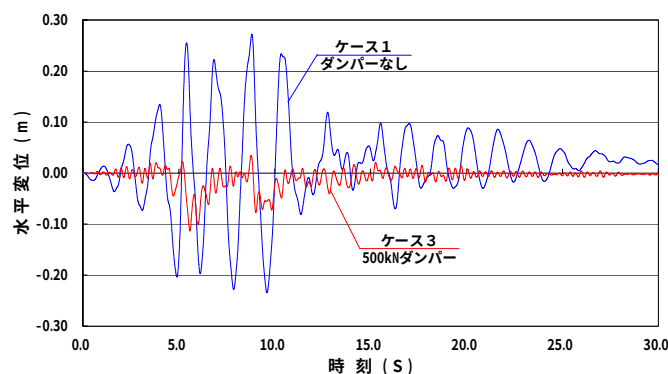
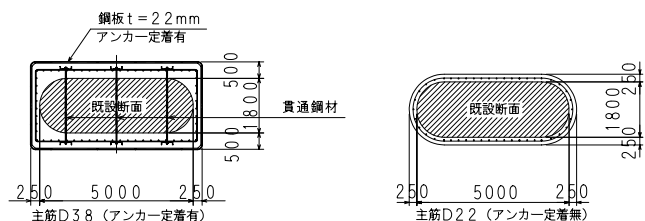


図-3 橋脚天端の時刻歴水平変位量



(a) 単柱モデル補強 (b) 制震構造による補強
図-4 橋脚補強断面