

制振ダンパーによる既設水管橋の効果的な耐震補強

(株)復建技術コンサルタント 正会員 ○鈴木 勝浩
正会員 橋田 明良
正会員 野口 寛人

1. はじめに

水管橋の耐震補強は、送水機能確保という点で、地震時の変位量抑制効果の大きい粘性履歴型ダンパー設置が有効な補強方法となる。
本論文は、水管橋の耐震補強設計検討を行った約 50 橋の中から、典型的な構造形式である 3 橋の実施例により、制振ダンパーの効果的な配置について報告するものである。

2. 耐震補強基本方針

水管橋は、送水機能の確保が最重要であるため、伸縮可撓管(写真-1)の抜け出しによる漏水や、橋脚の倒壊、支承の破損による落橋を回避する必要がある。したがって、以下の点に着目し、耐震性能照査を行う。

- 大規模地震時に生じる伸縮可撓管部の変位量
- 支承の耐力
- 下部工の耐震性能

解析は、非線形時刻歴応答解析法とし、入力地震波形は、道路橋示方書の標準加速度波形を、水道施設基準にある加速度応答スペクトル図に合致するように、振幅調整して使用した。



写真-1.伸縮可撓管

3. 耐震補強対策実施例

3.1. トラス補剛形式水管橋

3.1.1. 橋梁諸元

形式：【上部工】単純トラス桁×6 連
【下部工】逆 T 式橋台、小判型橋脚
【基礎工】鋼管杭 φ600
橋長：L = 238.5m
径間長：40.250m+4@39.500m+40.250m
水管口径：φ300mm×2 条（添架形式）
竣工：平成 6 年 3 月

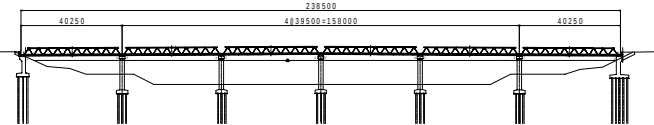


図-1.橋梁側面図(単純トラス桁橋)

3.1.2. 現況耐震性能照査結果

耐震性能照査結果、下部工の耐震性能は満足したが、伸縮可撓管の変位量が許容量を超過したため、地震時に伸縮可撓管の抜け出しによる漏水が懸念された。

3.1.3. 制振ダンパー配置による補強対策

伸縮可撓管の交換は断水を伴い、採用が困難であるため、地震時の変位量を抑制する必要がある。

対策工として、制振ダンパーによる地震エネルギーの減衰効果を利用し、地震時の変位量を抑制させるものとした。

制振ダンパーの取付位置は、三角型のトラス桁形式の水管橋のため、中間支点上のトラス上弦材位置とした（写真-2）。



写真-2.ダンパー取付位置

3.1.4. 補強結果

耐震補強結果、変位量は最大で4.0cm程度となり、許容変位量以内に収まる結果となった（表-1）。

表-1.相対変位量と許容変位量

	相対変位(cm)		伸縮可撓管 許容変位量(cm)
	現況	ダンパー設置	
P1橋脚	16.0	3.9	11.5
A2橋台	16.1	3.2	11.5

3.2. ランガー補剛形式水管橋

3.2.1. 橋梁諸元

形式：【上部工】単純トラス+単純ランガー×6 連
+単純パイプビーム
【下部工】逆 T 式橋台、小判型橋脚
【基礎工】ケーソン基礎
橋長：L = 618.4m
径間長：41.360m+68.500m+5@94.000+29.150m
水管口径：φ1000mm×1 条
竣工：昭和 53 年

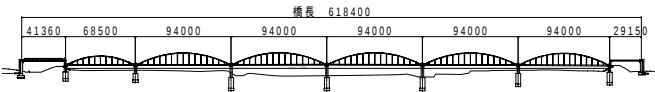


図-2.橋梁側面図(単純ランガー桁橋)

キーワード 水管橋、耐震補強、制振ダンパー、

連絡先 〒980-0012 仙台市青葉区錦町1丁目7番25号 (株)復建技術コンサルタント TEL022-217-2032

3.2.2. 現況耐震性能照査結果

一部下部工でせん断耐力不足が確認された。また、橋軸直角方向地震時に、上部工下横構が268箇所、座屈することが確認された。これは、全部材数(368箇所)の70%以上となる(最大応力度超過率390%)。

伸縮可撓管の変位量は、許容変位量以内となるが、支承部の変位量が許容変位量を超過する結果が得られた。

3.2.3. 制振ダンパー配置による補強対策

対象となる下部工は、堤内地に位置する橋台であり、補強が容易であるため、RC巻立て工による耐震補強を行った。

上部工は、座屈する部材全てを補強あるいは交換する場合、大幅にコスト増となることや施工性が非常に悪いことから、桁端部に制振ダンパーを設置することとした。

ランガー形式の水管橋のため、主構側面が開いていることから、鋼製ブラケットを設置し、制振ダンパーを取り付けた。この際、橋軸直角方向にも制振ダンパーの動きを拘束させないように、クレビスの回転軸を鉛直方向に配置した(図-3、写真-3)。



図-3. 制振ダンパー姿図



写真-3. ダンパー取付位置

3.2.4. 橋軸直角方向減衰効果

主構は、橋軸直角方向の地震に対し水平たわみが生じ、支承を中心に桁端部が回転(ロッキング)するため、左右の主構間隔は開閉する(図-4)。したがって、左右の主構に配置した、桁間部を連結したダンパーは、橋軸直角方向地震にも減衰効果を発揮する。

その結果、上部工下横構の補強量を最小限(32箇所)に抑えることが可能となった。

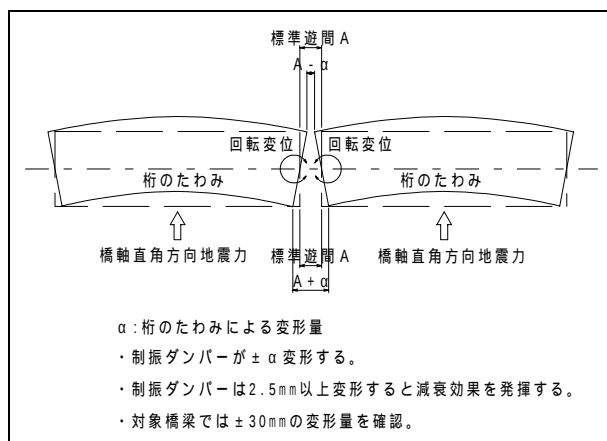


図-4. 直角方向水平たわみによる桁端部の開閉変位

4.3. パイプビーム形式水管橋

4.3.1. 橋梁諸元

形 式: 【上部工】3径間連続パイプビーム

【下部工】重力式、逆T式橋台、小判型橋脚

【基礎工】直接基礎

橋 長: $L = 97.4\text{m}$

径 間 長: $30.000\text{m} + 34.000\text{m} + 30.000\text{m}$

水管口径: $\phi 1100\text{mm} \times 2$ 条

竣 工: 昭和44年

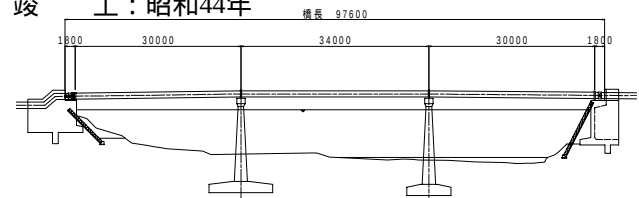


図-5. 橋梁側面図(パイプビーム桁橋)

4.3.2. 現況耐震性能照査結果

下部工の段落し部で、耐力不足が確認された。また、伸縮可撓管の変位量が13.6cmとなり、許容変位量8.0cmを超過する結果が得られた。

4.3.3. 制振ダンパー配置による補強対策

対象下部工は河川内に位置し、補強は大規模な仮設を伴う。そこで、制振ダンパーによる、慣性力及び変位量の低減を図ることとした。

パイプビーム形式の水管橋は、制振ダンパーの取付けスペースが水管本体へ限定されることが多い。しかし、水管本体への溶接は、水管内面ライニングに悪影響を及ぼすと考えられ、維持管理上問題が生じる。

そのため、樹脂系接着剤による接着工法を採用した(写真-4)。



写真-4. ダンパー取付位置

その結果、変位量は6.6cmとなり、許容変位量以内に収まる結果となった。また、下部工の段落とし部も、耐震性能を満足する結果となった。

5. まとめ

制振ダンパーによる耐震補強は、部材補強量を少なくさせる他に、抜出し防止対策も行え、サイズも比較的小型のもので良い。その反面、水管への溶接問題など、部材の取付け方法が難しいことから、これらの工夫が必要である。制振ダンパー設置は、水管橋の構造を踏まえ、適材適所に配置すれば、経済的で非常に有効的な耐震補強であることを確信した。

参考文献

- 1) (社)日本水道協会:「水道施設耐震工法指針・解説」(1997年版)
- 2) 日本水道管協会:「既設水管橋耐震補強の基本方針」(平成11年10月)
- 3) (財)海洋架橋・橋梁調査会:「既設橋梁の耐震補強工法事例集」(平成17年4月)
- 4) (社)日本鋼構造協会:「土木鋼構造物の点検・診断・対策技術」(2006年版)