

鋼管のねじりを利用した鋼材ダンパーの開発

(株) 横河ブリッジホールディングス 正会員 ○清川 昇悟 正会員 谷中 聡久
(株) 横河ブリッジ 正会員 尾下 里治 正会員 佐野 泰如

1. 目的

橋梁に用いる制震ダンパーのうち鋼材ダンパーは、鋼材の塑性変形によって地震エネルギーを吸収するその機構ゆえに限界変位が概ね 100mm 以下であり、粘性ダンパーやオイルダンパーが有する 200～300mm といった大きなストロークに対応するダンパーは少なかった。この問題を解決するために、鋼管のねじりを利用した新しい鋼材ダンパー（以降、ねじりダンパーという）を開発し、その性能と効果を載荷実験と地震応答解析により検討した。

2. ねじりダンパーの構造

ねじりダンパーの構造を図-1に示す。このダンパーは低降伏点鋼管のねじり変形による弾塑性履歴エネルギー吸収により地震応答を低減させるダンパーであり、鋼管と、構造物の相対変位をトルクとして鋼管に伝達するためのアーム、鋼管軸を中心に回転可能なアーム、そしてそれぞれのアーム同士をつなぐ連結部からなる。アームを介しているためその長さに応じて変形量が増幅され、小さなサイズで大きなストロークへの対応が可能となっている。このようなねじりを利用したダンパーはこれまでもあった^{1),2)}が、今回開発したねじりダンパーは重ねられるアームどうしにそれぞれ逆方向の力が作用するため、鋼管に作用する曲げモーメントとせん断力を低減することができ、効率的にねじりモーメントだけを鋼管に伝達することができる。これにより鋼管が座屈しにくくなり、地震エネルギー吸収の効果がさらに高まるように工夫されている。

3. 載荷試験による性能確認

正負交番繰り返し載荷実験により確認した、ねじりダンパーの基本性能について述べる。写真-1に実験状況を、図-2に実験より得られた履歴曲線を示す。設計曲線と履歴曲線の変曲点とは非常に精度良く一致しており、設計どおりの復元力特性を発揮できていることがわかる。また、限界変位で交番載荷した際の最大荷重と繰り返し数の関係を図-3に示す。限界変位とは設計で定める要求性能を保証するダンパーの最大変位である。繰り返し数 28 回まで最大荷重は設計値の±10%以内に収まっており、安定して大きなエネルギー吸収性能を有しているといえる。なお、繰り返し耐久性能の目安である累積塑性変形倍率 η は、橋梁の支承部に適用する場合にレベル2地震動1回分に対して500～1000程度で設定されるが、設計での要求性能は $\eta=3000$ としており、これは限界変位での繰り返しでおよそ10回分に相当する。

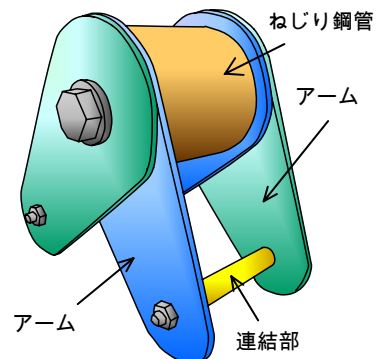


図-1 ねじりダンパーの構造

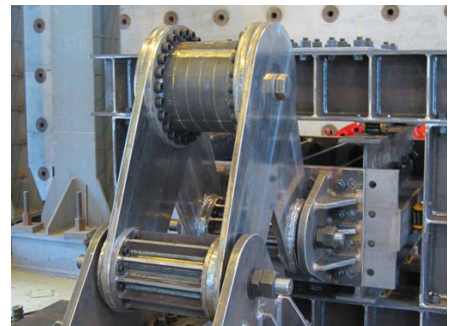


写真-1 ねじりダンパーの載荷実験

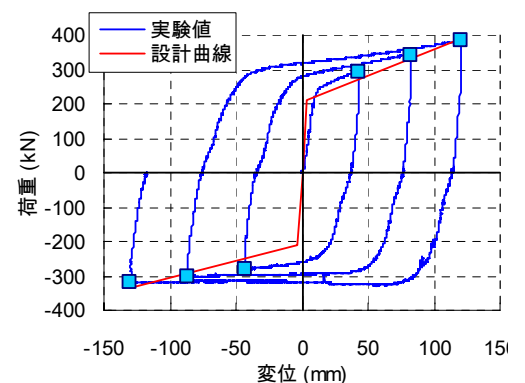


図-2 ねじりダンパーの履歴曲線

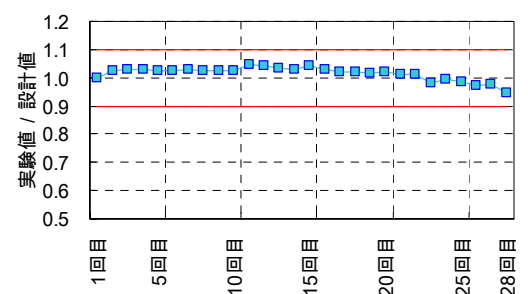


図-3 実験における最大荷重と繰り返し数

キーワード 制震ダンパー、鋼管、ねじり、低降伏点鋼

連絡先 〒273-0026 千葉県船橋市山野町 27 (株)横河ブリッジホールディングス 総合技術研究所 TEL:047-435-6161

4. 動的解析による検討例

非線形動的解析を行い、ねじりダンパーを既設橋梁の耐震補強に適用した場合の効果について検討した。解析モデルは支間長 55.7m の 3 径間連続鋼桁橋である。解析モデル図を図-4 にしめす。また、解析の主な条件を表-1 にしめす。

支承条件は、補強前モデルは P 6 橋脚が固定でその他は可動であるが、ダンパー適用モデルでは P 6 橋脚にダンパーを設置し、その他を可動とした。ダンパーは非線形ばね要素でモデル化している。復元力特性はバイリニア型、硬化則には移動硬化則を用いた。図-5 にダンパーの復元力モデルをしめす。

図-6 に解析結果である P 6 橋脚基部の曲げモーメント M と回転角 θ の関係をしめす。ねじりダンパーを用いた場合、橋脚の最大回転角 θ は補強前モデルの約半分まで小さくなっている。これにより、橋脚の回転角を許容値 θ_a 以下とすることができ、P 6 橋脚の補強が不要となる効果が得られた。図-7 にはダンパーの履歴曲線をしめす。ダンパーの最大応答変位 δ_{max} は限界変位 δ_u 以下であり、累積塑性変形倍率 $\eta=285$ であった。

表-1 動的解析の条件

上部工重量	23220 kN	入力地震波	レベル 2 Typell の 1 波形
地盤種別	III 種地盤	地震波入力方向	橋軸方向
地域区分	B 地域	数値積分法	Newmark- β 法

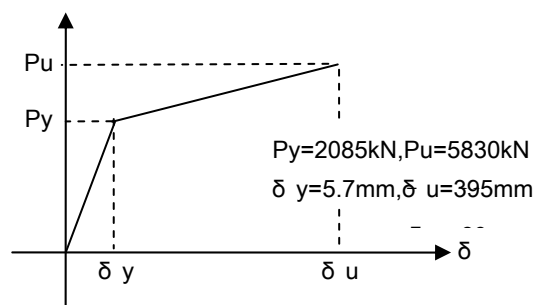


図-5 ダンパーの復元力モデル

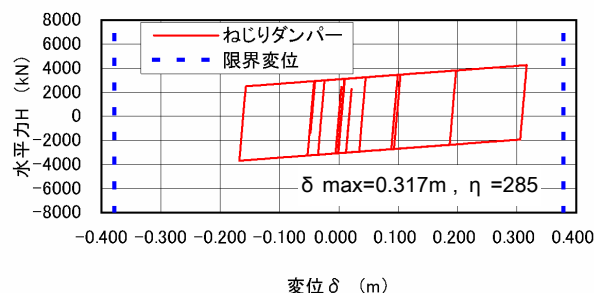


図-7 ダンパーの履歴曲線

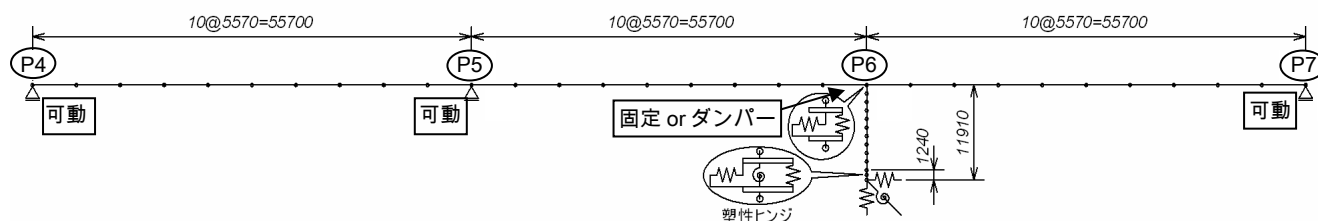
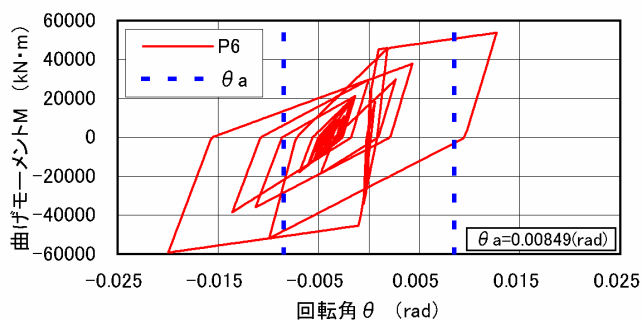
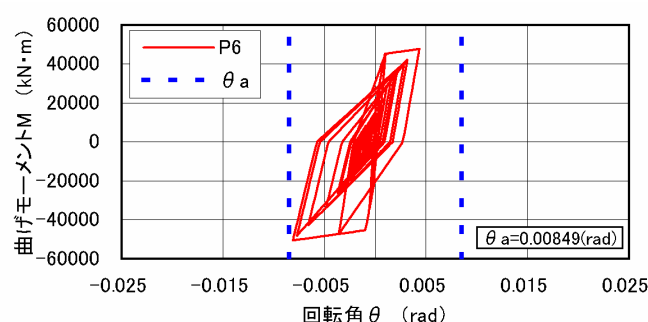


図-4 動的解析モデル



(補強前モデル：P 6 橋脚固定)



(ねじりダンパーモデル：P 6 橋脚ダンパー)

図-6 P6橋脚基部の曲げモーメント-回転角 θ の関係

参考文献

- 1) 青木・鈴木：鋼管を用いた弾塑性ねじりダンパー特性に関する実験的研究、構造工学論文集 Vol. 44 A、pp. 899-905、1998 年 3 月。
- 2) 木村・西村・池内：極低降伏点鋼鋼管の塑性ねじりを利用した吸振装置の橋梁システムへの適用、第 3 回鋼構造の非線形数値解析と耐震設計への応用に関する論文集、pp199-204、2000 年 1 月。