

鋼ラーメン橋などの耐震補強に対する各種ダンパー等の適材適所な配置と併用対策

株式会社 復建技術コンサルタント 正会員 ○飯土井 剛
 株式会社 復建技術コンサルタント 正会員 橋田 明良
 株式会社 復建技術コンサルタント 正会員 水城 亨

1. 目的

鋼アーチ橋や鋼方杖ラーメン橋などの、いわゆる特殊橋梁でのレベル2地震動に対する耐震補強対策としては、ダンパーなどのエネルギー吸収装置による対策が有効であるが、橋軸直角方向のように部材間に大きな相対変位が生じない場合はブレースダンパーなどの設置対策単独では限界がある。本報告は、直角方向に対する橋台部に設けた固定壁での拘束と、上部工の水平方向変形により生じる桁端の開閉（ロッキング）に対し、この部位に橋軸方向兼用のダンパーを配置した併用工法の効果を報告する。

2. 対象橋梁と解析モデル

検討の対象とした橋梁を図-1に示す。本橋梁は昭和60年竣工の橋長107m、ラーメン支間69mの鋼方杖ラーメン桁橋である。適用基準が昭和55年道路橋示方書のため、耐震検討は現行道路橋示方書でのレベル1地震動程度により設計されている。耐震検討は、立体フレームによる時刻歴応答値解析法によるものとし、鋼部材はすべて線形の梁要素としてモデル化した。解析の入力地震波は、道路橋示方書に示される標準加速度波形（I種地盤）を用いた。

3. 現況解析結果

現況に対する動的解析結果を図-2に示す。降伏強度を超過する部材を太線で示しており、図中の比率は、発生応力度/降伏点応力度である。橋軸方向の解析結果では、本来安定した構造でもありラーメン剛結部付近での応力度超過を示すのみである。一方、橋軸直角方向の解析結果では、ラーメン脚部、特に付根付近で著しい耐力不足が見られ、またラーメン支承では、過大な引拔力が発生する結果となる。また、ラーメン脚を構成する横支材や斜材でも降伏強度に対し2～3倍の超過度となっている。

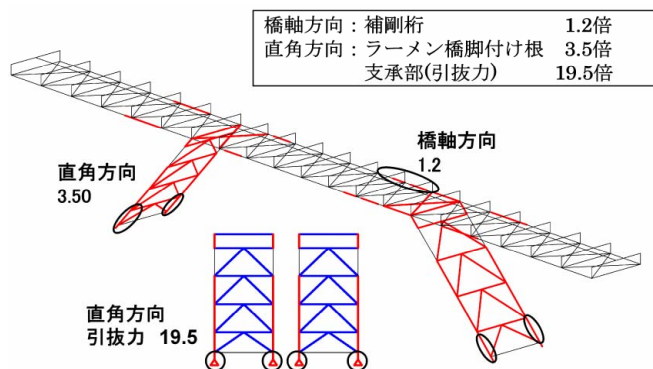


図-2 現況動的解析結果

4. 対策の組み合わせ

ダンパーは、大きな相対変位が生じる箇所に設置することで効果的にエネルギー吸収を行うことができる。橋軸方向の振動時には、図-3に示すように、補剛桁端部（橋台）で大きな相対変位が生じることから、この部分には温度変化による桁の伸縮に追従可能な粘性ダンパー（ビンガムダンパー）を配置することとした。検討モデルでは、降伏荷重1000kNのダンパーを1橋台あたり2基設置するものとしている。

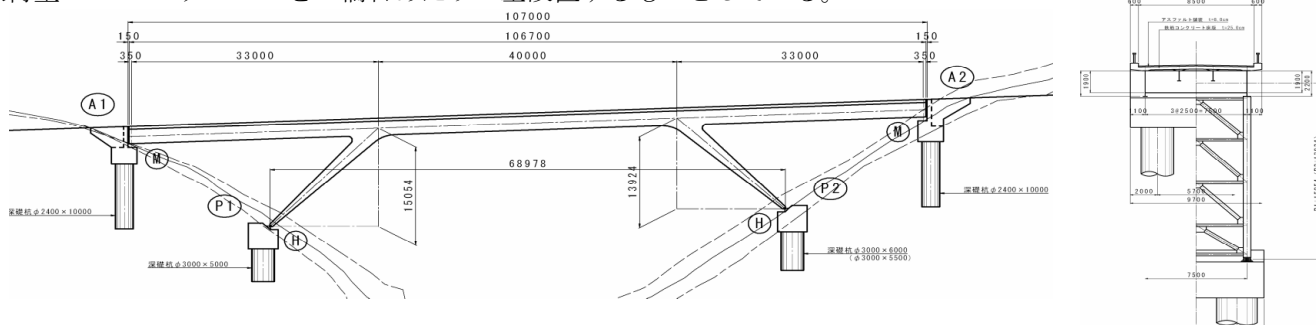


図-1 対象橋梁 側面図及び標準断面図

キーワード 特殊橋梁 耐震補強, ダンパー, ロッキング

連絡先 〒980-0012 宮城県仙台市青葉区錦町 1-7-25 株式会社 復建技術コンサルタント TEL 022-217-2032

橋軸直角方向の振動に対しては、ラーメン脚の変形が大きいことから、ラーメン脚を構成する斜材にエネルギー吸収部材を配置する(図-4)ことでその効果が期待できる。レベル2の大きな地震力以外に対しては、形状が保持されている必要があることから、履歴型ダンパー(座屈拘束ブレース)の配置が妥当である。配置する座屈拘束ブレースは斜材8本すべてを1本あたりの降伏荷重1000kNとしてモデル化した。

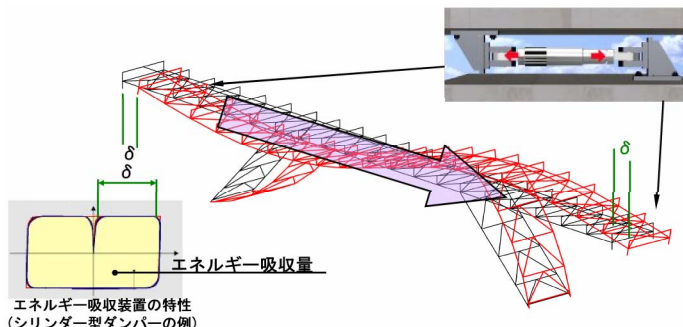


図-3 橋軸方向地震時の状態

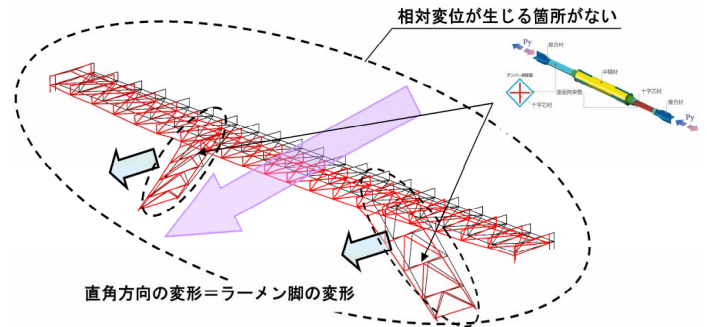


図-4 直角方向地震時の状態

さらに、橋台の直角方向を固定とし変位抑制と荷重の分散を図る。このとき、橋軸直角方向の地震時には、両端の橋台を支点として上部工が大きくたわみ、橋台の桁端部では、ロッキングにより左右で橋軸方向に開閉する(図-5)。橋軸方向に対して配置した1000kNのビンガムダンパーをここに配置すれば、この開閉によりエネルギー吸収の効果が期待できることになる。立体モデルのため平面位置を正しく入力してこの効果を評価した。

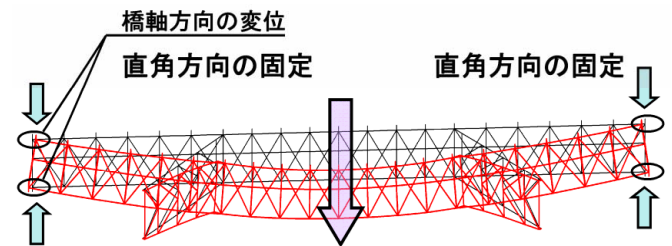


図-5 直角方向固定時の状態

5. 対策後の解析結果

橋軸方向では、橋台に設置したビンガムダンパーにより、変位や断面力が比較的容易に抑制できる。一方、直角方向では、座屈拘束ブレースの単独使用の場合は、発生断面力を座屈拘束ブレースの降伏荷重によりコントロールできるため、そのサイズダウンにより主構造の応力度を降伏応力度まで比較的容易に低減できるが、座屈拘束ブレースそのものの最大軸方向応答変位が大きく(32.4mm)なり、その許容変位(25.5mm)を満足せず、他工法の併用などにより応答値の低減が必要となる。この対策として、変位量抑制と荷重の分散のため、橋台の直角方向を固定としたモデルでは、座屈拘束ブレースの最大軸方向応答変位は、許容変位はまだ満足できないものの(27.7mmと85%)低減できた。さらにこのモデルに、桁端部の開閉によるダンパーの効果を加えると、座屈拘束ブレースの最大軸方向応答変位は(24.3mm)許容値(25.5mm)を満足でき、座屈拘束ブレース単独使用の場合の対策に比べ最大軸方向応答変位を75%にまで低減できる。

尚、これらの対策をとる場合は、ダンパーの設置や、直角方向の固定により橋台の負担が増えるため、グラウンドアンカー等による橋台の補強が必要となる。また、直角方向にダンパー固定したケースも検討したが、橋台を直角方向固定とした対策のほうが効果的であった。

6. まとめ

事例として鋼ラーメン橋を挙げたが、同規模の鋼上路鋼ローゼ桁橋でも同様な結果を得た。これらの橋梁は、橋台と補剛桁をダンパーで結ぶことにより、橋軸方向に対しては比較的容易に対策を講じることができる。しかし、直角方向に対しては座屈拘束ブレースや、橋台での直角方向固定、桁端開閉部へのダンパー配置など各工法の単独使用のみでは耐震補強対策として不十分な結果となる。本事例のように、適材適所を選んで各種工法を併用組み合わせることにより、鋼部材の塑性化という大きな損傷を許容しなくても減衰効果と分散によりレベル2地震に対して、ほぼ耐震性能1を満足する耐震補強が可能となる。

参考文献 1) (社)日本鋼構造協会, 鋼橋の耐震・制震設計ガイドライン, 2006.9