ダンパーブレースを用いた既設方杖ラーメン橋の耐震性向上策

三菱重工橋梁エンジニアリング　正会員　○上野　慶太
三菱重工橋梁エンジニアリング　　前川　勉
株式会社長大　正会員　森野　真之

1.まえがき

広島高速 1 号線平林大橋（上り線，下り線）は，1985 年及び 1995 年に建設された主径間 54m，鋼重約 200t の方杖ラーメン橋であるが，現行の道路橋示方書で規定される Level2 地震動に対する耐震性能向上を図るために，図-1 に示すように，ダンパー装置を用いた耐震補強を実施した。本設計では，橋軸直角方向の地震動に対して脚柱斜材にダンパー装置（以後，ダンパーブレース）を，橋軸方向の地震動に対して橋台部にダンパー装置を採用し，エネルギー吸収による地震時応答の低減を図っている。また，上記ダンパー装置と併せて①脚柱，主桁フランジへのカバープレート設置による補強，②コンクリート巻き立てによる脚柱基部の固定化を実施し，これら 3 つの補強を組み合わせることにより，効率的かつ経済的な耐震補強を実現した。本論文では，橋軸直角方向の地震動に対し有効に作用する，脚柱斜材に設置したダンパーブレースによる地震時応答の低減効果について述べる。

2.ダンパーブレースの特徴

ダンパーブレースは，図-2 に示すように，座屈拘束されたダンパー材（低降伏点鋼材）を繰り返し塑性変形させることにより，地震エネルギーを吸収し，耐震性能を向上させるものである。ダンパーブレースのエネルギー吸収性能の評価指標として，図-3 に示す累積塑性変形倍率（η）を定義している。これは，ダンパー塑性変形量の累積和を鋼の弾性限変形量で除した式（$\Sigma(\delta L(+)_{1\sim n} + \delta L(-)_{1\sim n}) \div \delta y$）で表され，実験[1)]の結果，その限界を$\eta$=700 としている。兵庫県南部沖地震は，$\eta$=200 程度であり，同程度クラスの地震に対して約 3 回その性能を発揮できる。

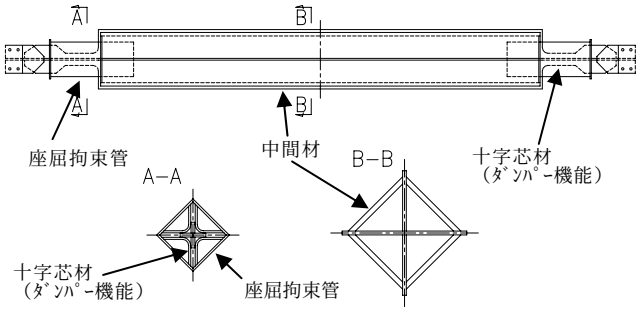

図-2 ダンパーブレース構造

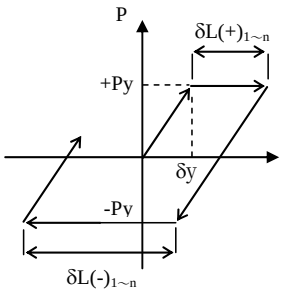

図-3 累積塑性変形倍率

3.動的解析

3.1 ダンパーブレースの設置位置と降伏荷重

本橋では，ダンパーブレースを橋軸直角方向の入力地震に対して有効に作用させるため，橋体の固有値解析を実施し，面外変形の卓越モードにおいて大きな変位を生じる箇所に設置することで，エネルギー吸収能

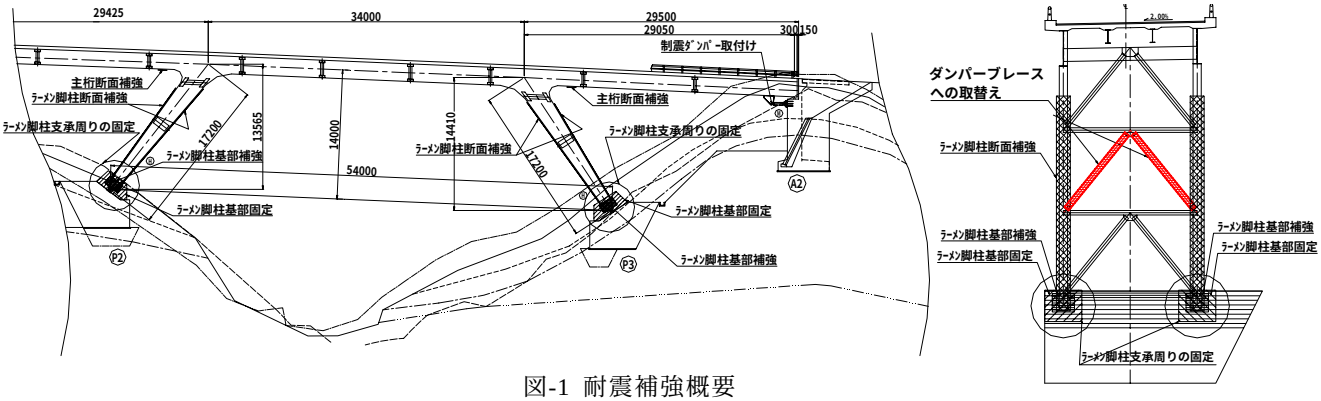

図-1 耐震補強概要

キーワード　ダンパーブレース，耐震補強，耐震性能，累積塑性変形倍率，エネルギー吸収性能
連絡先　〒730-8642 広島県広島市中区江波沖町 5-1　TEL 082-292-3124

力を大きく発揮させる。また，ダンパーブレースは，地震時以外の荷重条件下においては，通常の弾性部材としての機能を果たさなければならない。

本設計では，前述した補強方法と組み合わせて，パラメトリック解析を実施し，耐震性向上効果，及び経済性について，比較検討した結果，図-1 に示す脚柱中段に降伏荷重 730kN のダンパーブレースを適用することとした。ダンパーブレースの諸元を表-1 に示す。

表-1 ダンパーブレース諸元

降伏荷重 (kN)	材質	部材長 (mm)	ダンパー部材長 (mm)	重量 (kg)
730	LY225	6500	600	1866

3.2 解析条件

図-4 に示すように，3 次元骨組立体解析で用いるダンパーブレースの応力-ひずみ関係は，バイリニアの移動硬化則を用いた。また，解析で用いる地震動は，道示Ⅴ耐震設計編に示される地震動を使用し，3 波平均により算出された断面力を用いて照査を実施した。

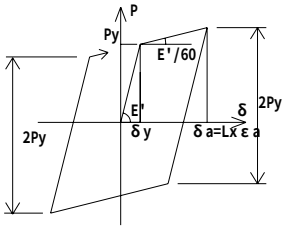

図-4 ﾀﾞﾝﾊﾟｰﾌﾞﾚｰｽの非線形履歴モデル

3.3 要求される耐震性能

耐震補強の設計を行う際には，特に，設計思想を明確にしておく必要がある。本耐震補強の設計では，道示Ⅴ耐震設計編に示される「耐震性能 2：地震による損傷が限定的なものにとどまり，橋としての機能の回復が速やかに行い得る性能」を目標とし，特に，橋軸直角方向の耐震性能に重要であるラーメン脚柱においては，柱部材の降伏及び座屈を許容しないこととした。

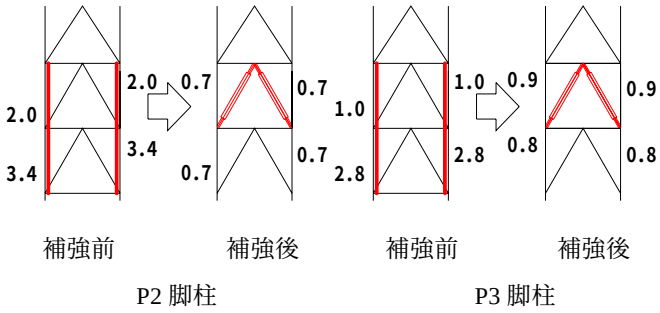

図-5 脚柱の応力度低減効果

3.4 応力低減効果

図-5 に耐震補強前後での部材応力度比の低減効果を示す。応力度比は，降伏・座屈応力度に対する発生応力の比率である。1.0 以下であれば，許容値に収まっていることを示している。ここで示される数値は橋軸直角方向の地震による応力度比である。

これより，脚柱の耐震補強後の応力度比は，1.0 以下となり，全て許容値内に収まる結果となった。

4. まとめ

本論文では，ダンパーブレースを用いた既設橋の耐震補強設計による地震時応答の低減効果について述べた。**3.4** に示した通り，ダンパーブレースを採用することで，地震時の減衰効果が大きくなり，各部材の応力低減，及び支承部に生じる作用力の低減に繋がり，効果的かつ経済的な設計が可能となった。ダンパーブレースは，斜材や横構などの 2 次部材に設置されることとなるため，取り替えも容易であることから，新設橋だけでなく，既設橋の耐震補強対策としても非常に有効な手法である。

写真-1 平林大橋ダンパーブレース設置状況
（脚柱中段に設置）

参考文献

１）森下邦弘，井上幸一，川島一彦，阿比留久徳，平井潤，本田誠“ダンパーブレースを組み込んだ上路アーチ橋部分構造の動的地震応答実験”, 土木学会論文集 No.766 / I-68,277-290, 2004.7

２）四條利久磨，森下邦弘，川島一彦，浦辻和幸，田中昭人“ダンパーブレースによる新王渡橋（仮称）の耐震性向上”，土木学会第 58 回年次学術講演会，I-033, pp65-66, 2003.9