制震デバイス構造を用いた鋼製橋脚耐震補強設計

ジェイアール東日本コンサルタンツ株式会社　正会員　○保　延　有　一
梅　本　喜　久

１．はじめに

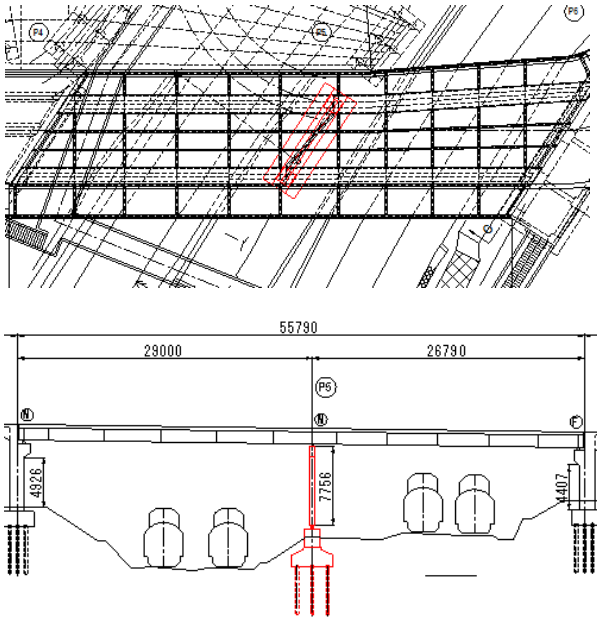
昨今，インフラの長寿命化，災害対策として既設橋りょうの修繕計画が各所で実施されている．橋りょうの橋脚部においては，大規模地震への対策が必要不可欠と言える．

中でも，鉄道と交差する跨線橋は線路内に橋脚が構築されている構造も多く，列車運行による作業時間の制約や，線路内の狭隘な箇所での施工を要する点から，大型重機を使用した架け替え等の大規模な修繕工事は非常に困難である．

そこで，線路内の既設鋼製橋脚の大規模地震対策として，制震デバイス（ブレース，ダンパー等）を用いた耐震補強方法に着目した．

これは，制震デバイスの非線形特性（塑性化）により，地震のエネルギーを吸収し，構造全体の揺れ及び柱，梁等の部材損傷を軽減させる方法である．従来の巻き立て補強や，構造物の免震化に比べ，施工性，経済性に優れている点から，施工事例が数多く紹介されている．

本稿では，鉄道と交差する跨線道路橋を支持する鋼製橋脚に対し，制震デバイス構造による耐震補強の基本設計の実施概要と検討結果について報告する．



図−１　対象橋脚配置図

２．対象橋脚

対象橋脚を**図−１**，**写真−１**に示す．本橋脚は両端の橋台に支持された跨線道路橋の中間橋脚に位置し、橋りょうに対して斜に設置されている．構造形式は，橋軸直角方向2柱式箱型断面のラーメン橋脚であり，支承は鋼製のピボット支承である．設計は昭和39年に実施されたものである．

写真−１　対象橋脚

３．耐震検討概要

「道路橋示方書 耐震設計編（日本道路協会）平成24年3月」（以下，道示・耐震設計編）によれば，鋼製橋脚の耐震設計において，レベル２地震動に対する橋脚の耐震性能は動的照査法によることと規定されている．これに準じ，対象橋脚の現状及び補強後の耐震性能を評価することとした．解析モデルを**図−２**に示す．動的解析は，橋軸直角方向の2次元フレーム解析とし，現況の解析を１ケース，制震デバイス構造により補強を行った解析を２ケース実施した．解析ツールにはＤＹＮＡ２Ｅver8.0.4を使用した．入力地震波形は道示・耐震設計編に規定されているレベル２地震動（Ⅱ種地盤）を用い，構造物の減衰特性はレーリー型減衰モデルを用いた．以上の条件により動的解析を実施し，得られた断面力に対し，各部材の断面照査を行った．

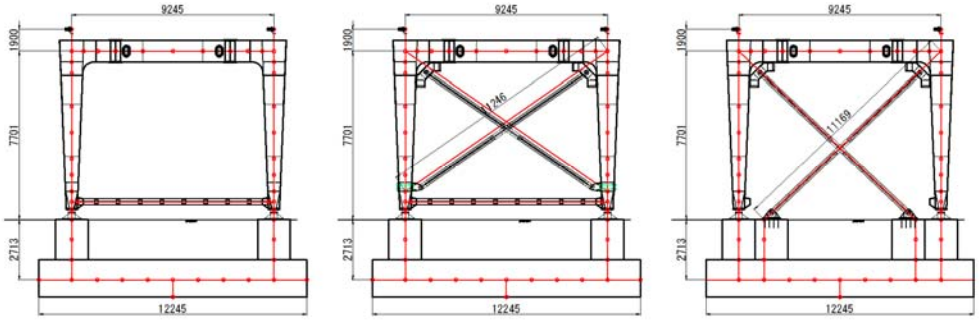
（１）橋脚部材のモデル化

既設橋脚のモデル化に際し，柱，梁部材は現設計の基準ディティールに合致しないため，部材の非線形特性を考慮しないこととし，線形フレーム要素でモデル化した．ピボット支承は鉛直方向及び水平方向を線形バネでモデル化し，基礎は線形の集約バネとしてモデル化した．減衰定数は道示・耐震設計編に準じ，橋脚を0.03，基礎を0.2とした．

（２）制震デバイスのモデル化

制震デバイス構造には軸降伏型の座屈拘束ブレースを用い，バイリニアの非線形バネでモデル化した．座屈拘束ブレースの履歴特性概要を**図−３**に示す．等価軸剛性を225KN/㎜，降伏強度を1500KNとし，降伏後の第2勾配

キーワード：制震デバイス構造，動的照査法，減衰効果
連絡先：〒171−0021　東京都豊島区西池袋一丁目11番1号 メトロポリタンプラザ19階　TEL：03-5396-7248



現状　　補強後①　　補強後②

図-２　橋脚の解析モデル

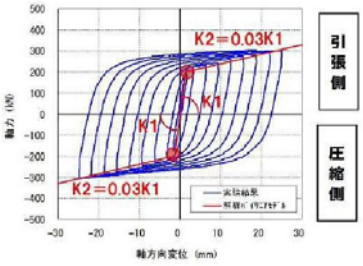


図-３　座屈拘束ブレースの履歴特性

は等価軸剛性の3%とした．座屈拘束ブレースの配置方法は，橋脚の上下部にX配置したケース（補強後①）と，橋脚上部と別の基礎構造にX配置したケース（補強後②）をモデル化した．

４．検討結果

動的解析により得られた結果を**表-１**に示す．表に示す数値は解析によって得られた応答値を示し，赤字で表記した応答値は部材の断面照査の結果，許容値を超過したものを示す．**図-４**は応答値の抽出箇所を示す．また，**図-５**は最大応答加速度スペクトル図に各解析ケースの応答値をプロットしたものである．

（１）現状

橋脚天端の最大応答加速度は2100gal となり，柱，梁，支承全ての部材において許容値を大幅に超過する結果となった．

（２）補強後①

座屈拘束ブレースを設置したことで，構造全体剛性が上がり短周期化するものの，座屈拘束ブレースの非線形特性が減衰効果に寄与し，最大応答加速度は800gal まで低減した．これにより部材の応答値を大幅に低減させることができた．しかし，支承部は応答値が大きく，許容値を満足しない結果となった．

（３）補強後②

座屈拘束ブレースを橋脚とは別の基礎構造に取付けたことにより，橋脚の最大応答加速度はほぼ同値の結果が得られ、且つ支承部への発生断面力を低減させることができた。地震力が座屈拘束ブレースを介し、基礎構造へと分散したことで，支承部への負担が軽減したと考えられる．これにより，支承部は発生断面力に対し許容値を満足する結果を得られた．以上より本設計においては，補強後②のケースを決定ケースとして採用した．

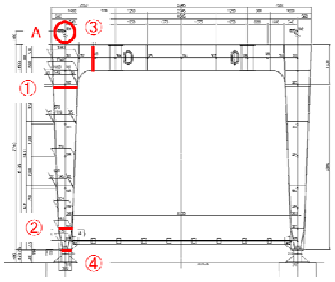


図-４　応答値抽出箇所

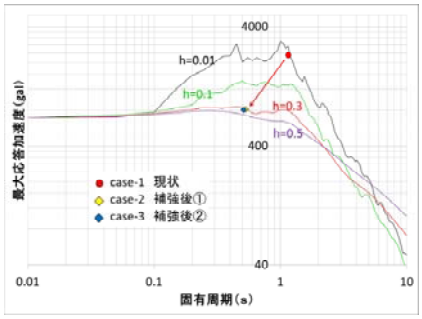


図-５　応答加速度スペクトル

表-１　検討結果

レベル2地震動応答値		case-1 現状	case-2 補強後①	case-3 補強後②
固有周期（1次モード）(s)		1.157	0.532	0.511
A点　最大応答変位（水平方向）(mm)		718.16	95.67	94.6
A点　最大応答加速度（水平方向）(gal)		2121	807	799
最大断面力(KN, m)				
柱①	軸力	11367	4866	4932
	せん断	4630	534	401
	曲げ	29477	2681	2506
柱②	軸力	11405	4915	4982
	せん断	4675	517	399
	曲げ	4402	1024	375
梁③	軸力	214	197	114
	せん断	9212	1286	1225
	曲げ	31417	4370	4330
支承④	軸力	11195	5770	4993
	せん断	4999	2029	401
	曲げ	0	0	0

※赤字は部材の断面耐力を超過したものを示す。

５．おわりに

今回の検討において，対象橋脚に対し制震デバイス装置による補強方法の有効性を確認することができた．但し本検討は，橋軸直角方向に地震が作用することを仮定した限定的なケースに対し得られた結果であり，補強方法の妥当性を深度化するためには，面外方向の作用に対する評価や，斜角の影響を考慮した検討を行う必要があると考える．

参考文献

１）道路橋示方書・同解説　Ⅴ耐震設計編　平成24 年3 月　日本道路協会

２）ＳＵＢ（座屈拘束ブレース）製品カタログ　株式会社　横河住金ブリッジ