

### 鋼3径間連続V脚ラーメン箱桁橋の耐震補強設計

株式会社オリエンタルコンサルタンツ 正会員 ○古賀 秀幸  
 株式会社オリエンタルコンサルタンツ 宮内健、安倍敦

#### 1. はじめに

東日本大震災の後、首都直下型地震、東海地震、東南海・南海地震等の大地震が切迫していると予測されている。このような状況下、既設橋の耐震補強は国および地方自治体の急務であり、特殊な構造の橋梁においても、必要かつ十分な耐震性能の確保が求められている。本稿では、特殊橋梁形式である「鋼3径間連続V脚ラーメン箱桁橋」の耐震補強設計例について報告する。

#### 2. 対象橋梁の諸元

対象橋梁の諸元を以下に示す。

- ・橋 長：80.464m
- ・全 幅 員：11.100m
- ・上部工形式：鋼3径間連続V脚ラーメン箱桁橋
- ・下部工形式：控え壁式橋台・基礎工形式：直接基礎
- ・竣 工 年：昭和43年(昭和39年鋼道路橋示方書)

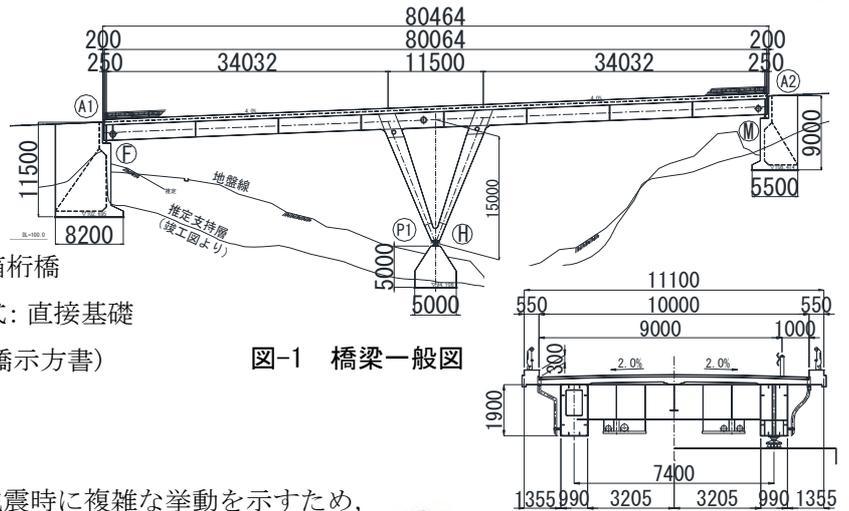


図-1 橋梁一般図

#### 3. 解析モデルと耐震性能照査

##### (1) 解析モデルと振動特性

対象橋梁は変形しやすい不静定構造物で地震時に複雑な挙動を示すため、解析方法は非線形動的解析(以降「動的解析」と呼ぶ)を適用した。解析モデルは上部工とV脚部を非線形要素(複雑な挙動から全方向の剛性評価が可能なファイバー要素)、床版および下部工を弾性要素とした全体系3次元フレームモデルとした。また、基礎底面地盤ばねや橋台背面地盤の抵抗、下部工剛性とその減衰を考慮した。対象橋梁の固有値解析結果を図-2に示す。本橋の固有周期として、橋軸方向は2次モード(0.356秒)、橋軸直角方向は1次モード(0.421秒)が卓越した。対象橋梁はI種地盤上にあり、「道路橋示方書・耐震設計編、H14.3(以降「H14道示」と呼ぶ)」の標準応答スペクトルによる応答は、TYPE Iでは最大値の70%、TYPE IIでは最大値( $k_{hc0}=2.0$ )となる。

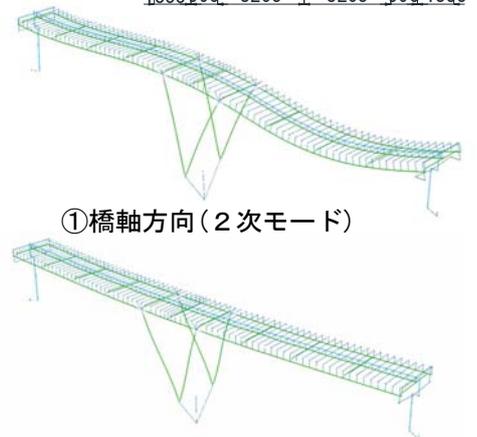


図-2 固有値解析結果

##### (2) 耐震性能の照査方法と要求性能

耐震性能の照査方法は、動的解析による橋軸・橋軸直角方向の3波平均のひずみを算出し、「鋼橋の耐震・制震設計ガイドライン H18.9<sup>1)</sup>」(以降「ガイドライン」と呼ぶ)によるひずみ照査法[変形性能(構造安全性)の照査、機能保持・復旧性(地震後の使用性)]を適用した。

対象橋梁は山岳地の重要路線に位置するため、地震時の損傷を限定し、通行機能を維持する必要がある。このため、目標とする耐震性能はH14道示の耐震性能2(ガイドラインも耐震性能2. なお、H14道示とは一部異なる)とした。また、ガイドラインに基づき、表-1に示す要求性能を照査した。

表-1 対象橋梁に適用する部材健全度と要求性能

部材名	健全度	要求性能
主桁 鋼製橋脚	部材健全度2	部材全体を限定的な損傷に留める(耐力・変形性能を確保/補修は可能) $\gamma \cdot \epsilon a)_{max} \leq 2.0 \epsilon y$
横桁等 二次部材	部材健全度4	部材全体の降伏、座掘を許容するが破壊しない(耐力・変形性能の限界/取替え) $\gamma \cdot \epsilon a)_{max} \leq \epsilon u$
制震 ダンパー	部材健全度4	部材全体の降伏、座掘を許容するが破壊しない(耐力・変形性能の限界/取替え) $\gamma \cdot \epsilon a)_{max} \leq \epsilon u$
支承	部材健全度2	支承を限定的な損傷に留める(耐力・変形性能を確保/補修は可能) $\gamma \cdot \epsilon a)_{max} \leq 2.0 \epsilon y$

キーワード 耐震補強設計, 鋼製V脚ラーメン橋, 非線形動的解析, 制震ダンパー, 支承交換

連絡先 〒980-0811 仙台市青葉区一番町4丁目6-1 (株)オリエンタルコンサルタンツ東北支店 TEL022-215-5522

**(3) 現況の耐震性能照査結果**

耐震性能は動的解析の最大応答ひずみを応答値  $\epsilon_a$  max とし、構造安全性は終局圧縮ひずみ  $\epsilon_u$  を、使用性は降伏ひずみ  $\epsilon_y$  の2倍を限界値として照査した。

動的解析によるレベル2地震時の損傷傾向(ひずみ分布)を図-3に示す。橋軸方向の損傷はV脚上端隅角部や固定支承付近に、橋軸直角方向の損傷はV脚上端隅角部とその付近に発生し、限界値を超過した。

上記より、V脚上端隅角部、桁端支承部を補強対象とし、主要部材等の  $2\epsilon_y$  以下の降伏部材は、ガイドラインより使用性に問題ないと判断し補強対象外とした。

**4. 耐震補強工法の検討**

**(1) 耐震補強工法の選定**

耐震補強工法として表-2に示す「当て板(部材補強)」、「支承交換」、「鋼製ブラケット(変位拘束)」、「制震ダンパー設置」、「座屈拘束ブレース」「水平力分担構造」を組み合わせた4案を比較検討した。その結果、補強規模が最小で、経済的な③案(当て板、制震ダンパー設置、支承交換、水平力分担構造)を選定した。

**(2) 補強工法の選定(制震ダンパーの設置と部材補強)**

橋軸方向の制震ダンパー設置は、橋軸方向加震時のエネルギー吸収ができ、主桁やV脚隅角部に効果的なひずみ低減が確認され、補強規模、コストとも有利なため採用した。桁端に鋼製ブラケットを設置する変位拘束工法では、変位を制限するだけではひずみ低減の効果は小さく不採用とした。橋軸直角方向ではエネルギー吸収を図る座屈拘束ブレースの設置を検討したが、V脚部の剛性が上がりV脚下端支承部に補強困難なアップリフトが生じるため、座屈拘束ブレースは設置せず当て板(部材補強)で対応した。

**(3) 支承交換と水平力分担構造の設置**

橋台の鋼製固定支承等は橋軸方向のダンパーを有効にするため、可動支承(タイプAゴム支承)へ交換すると共に、橋軸直角方向レベル2地震動に対する水平力分担構造(RC壁)を設置した(写-1参照)。また、支承交換が困難なV脚下端支承部は、鋼製ブラケットやアンカーボルトを設置し補強した。

**5. まとめと今後の課題**

本例は平成23年度(東日本大震災発生後)のH14道示による設計であるが、動的解析によるレベル2地震動に対し支承補強等を行っており、H24道示とほぼ同等の設計である。H14道示と比較し、H24道示では支承の補強規模が大きくなる。また、対象橋梁のV脚上端隅角部は地震力が集中し、当て板の補強規模が大きくなった。今後は補強規模拡大への対応から、支承構造と制振装置の共働効果、橋台背面地盤や基礎構造(地盤含む)の影響評価、適切なモデル化・解析、耐震性能の設定・照査により、最適な設計を目指す必要があると考える。

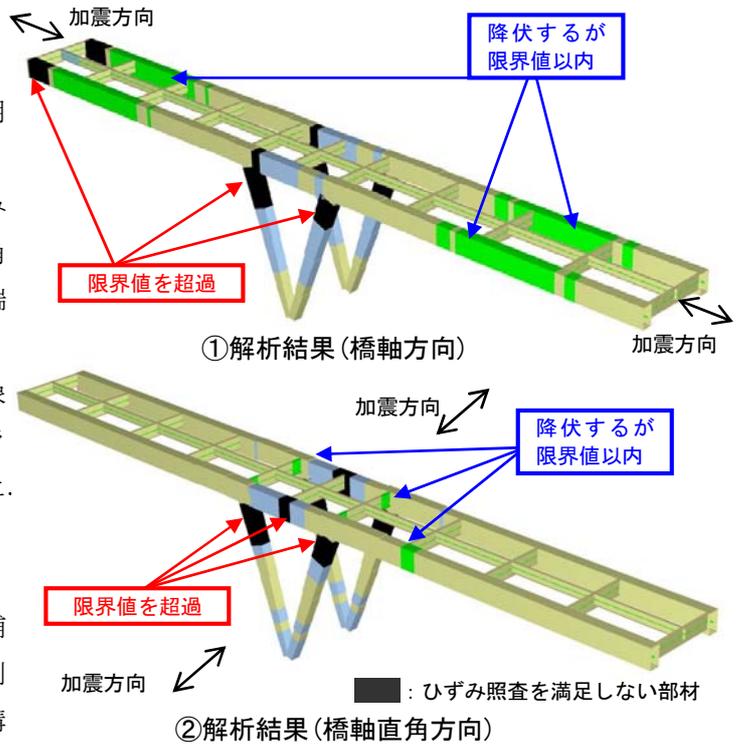


図-3 解析結果による損傷傾向(現況照査)

表-2 耐震補強工法の比較

耐震補強工法		工法概要	評価
①	橋軸	当て板補強+ 支承交換(タイプB)	△
	橋軸直角	当て板補強+ 支承交換(タイプB)	
②	橋軸	当て板補強+ 鋼製ブラケット	△
	橋軸直角	当て板補強+ 水平力分担構造	
③	橋軸	ダンパー設置+ 支承交換(タイプA)	○
	橋軸直角	当て板補強+ 水平力分担構造	
④	橋軸	ダンパー設置+ 支承交換(タイプA)	△
	橋軸直角	座屈拘束ブレース+ 水平力分担構造	



写-1 補強後の状況(A1橋台)

【参考文献】1) (社)日本鋼構造協会：鋼橋の耐震・制震ガイドライン，2006.9

2) (社)日本道路協会：道路橋示方書・同解説，2002.3(H14道示)，2012.3(H24道示)