

## 鋼単純上路式トラス橋と連続コンクリート橋の掛け違い部に着目した耐震補強検討

パシフィックコンサルタンツ(株) 正会員 ○鈴木 理絵 同左 正会員 富 健一  
 パシフィックコンサルタンツ(株) 正会員 井尾 伸太郎 同左 フェロー会員 新井 雅之

## 1. はじめに

2011年東北地方太平洋沖地震や2016年熊本地震では、主桁とパラペットが衝突する事例が複数の橋梁で見られた。隣接上部工相互の桁高が大きく異なり、上下部工が衝突した場合、パラペットが損傷し落橋する恐れがある。本稿では、鋼単純上路式トラス橋と両側の連続コンクリート橋が橋脚上で掛け違えている橋梁を対象とした、衝突回避のための非線形動的解析による耐震補強工法検討結果を報告する。

## 2. 対象橋梁

対象橋梁の概要図を図-1に示す。P1橋脚～P8橋脚は単柱式、P9橋脚～P15橋脚は二柱式橋脚である。上部工は上下線分離構造であるが、上部工形式・支間長・遊間量・支承条件は上下線で同一であり、A1橋台・P6橋脚・A2橋台の基礎は上下線で一体となっている。代表として、P1橋脚・P5橋脚・P6橋脚・P9橋脚の正面図を図-2に示す。設計上の地盤種別はA1橋台～P7橋脚がⅠ種、P8橋脚～A2橋台がⅡ種である。

## 3. 耐震補強概要

トラス桁の補強量低減のため、トラス桁の支承は免震支承への取替えとした。免震支承は主に橋軸直角方向に対する免震効果を期待しており、橋軸方向に対しては、トラス桁のP5橋脚側に粘性ダンパーを設置し、上部工の移動量を抑えた。また、基部曲げ耐力が不足する橋脚はアンカー定着ありのRC巻立て補強とし、段落とし部の曲げ・せん断耐力が不足する橋脚は連続繊維シート補強とした。なお、橋脚の剛性は各橋の固有周期および上部工の移動量に影響し、橋脚の剛性を調整することにより衝突を回避できる場合がある。このため、橋脚の補強方法は、隣接上部工間および上下部工間の衝突回避と下部工の耐力向上を考慮して選定した。

## 4. 解析概要

対象橋梁は上下線で一体の基礎を3基有するため上下線一体でモデル化し、上部工・橋台・固定支承は線形要素、橋脚・可動支承・免震支承は非線形要素とした。図-1の①～⑥に示す桁端部に仮想ばねを配置し、仮想ばねの時刻歴相対変位量が現況の遊間量を超過するかによって衝突の有無を判断した。なお、仮想ばねに衝突時の挙動は考慮していない。

本稿では、道路橋示方書<sup>1)</sup>の標準波形のレベル2地震動を入力したケースを検討対象とする。起点側と終点側で地盤種別が異なるため、橋梁全体にⅠ種地盤の地震動を入力したケースによりA1橋台～P7橋脚を照査し、Ⅱ種地盤の地震動を入力したケースによりP8橋脚～A2橋を照査した。

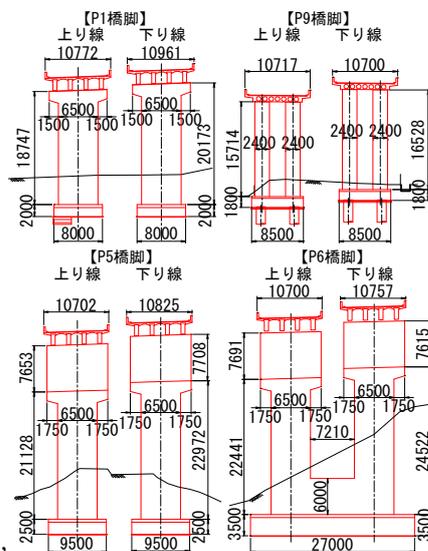


図-2 代表橋脚正面図

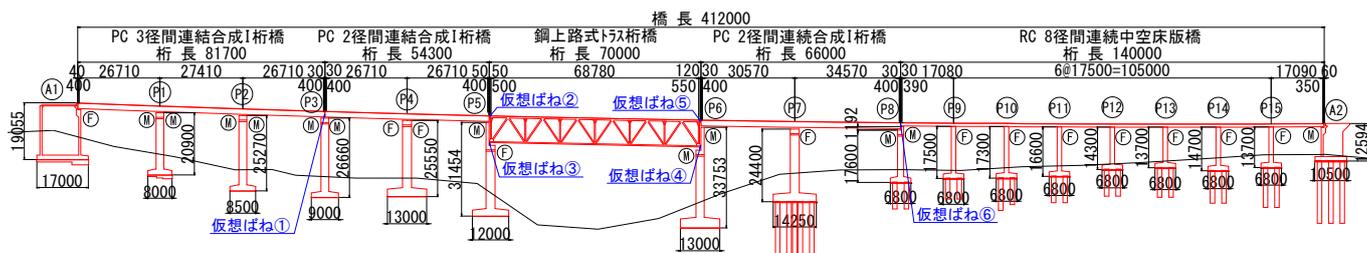


図-1 対象橋梁 現況側面図

※代表して上り線を示す。

キーワード 耐震設計, 鋼単純上路式トラス橋, 掛け違い部, 桁衝突, 非線形動的解析

連絡先 〒101-8462 東京都千代田区神田錦町3丁目2番地 パシフィックコンサルタンツ(株) TEL03-6777-4790

## 5. 掛け違い部に着目した耐震補強工法検討

本稿で検討対象とした現況・補強案 A・補強案 B の解析ケース概要および各橋の固有周期を表-1 に示し、掛け違い部に配置した仮想ばねの時刻歴相対変位量の最大値を表-2 に示す。表-2 は、上下線・タイプ I・II のうち最大値を示し、相対変位量が現況遊間量を超過する箇所を着色して示す。

現況では、起点側・終点側ともに一点固定である PC2 径間橋の移動量が大きく、ほとんどの掛け違い部で衝突が生じる結果となった。現況遊間量の少ない P3 橋脚・P8 橋脚での衝突を回避するため、補強案 A では P3 橋脚・P8 橋脚を固定支承とした。これにより P3 橋脚・P8 橋脚上の衝突は回避できたが、固定支承である A1 橋台・P3 橋脚に過大な水平力が発生し、新規設置を予定していた水平力分担構造が成立しない結果となった。また、トラス部は免震支承への取り換えて長周期化したことで移動量が増加し、起点側・終点側は橋脚の RC 巻立て補強により短周期化したことで、隣接橋間の固有周期差が大きくなった。この二点により、P5 橋脚・P6 橋脚上の相対変位量は現況より大きくなり、衝突が生じる結果となった。

補強案 B は、補強案 A から A1 橋台を可動支承とし、P1 橋脚・P2 橋脚を固定支承としたケースである。起点側の多点固定基数が増えたことで水平力が分散し、P1 橋脚～P3 橋脚上の水平力分担構造の設計を可能とした。また、RC 巻立て補強基数も増加したため、起点側の移動量は大きく抑えられた。さらに、A1 橋台の可動支承化により起点側が長周期化しトラス部との固有周期差が小さくなったことも寄与し、P5 橋脚上の相対変位量が小さくなり衝突を回避できた。P9 橋脚～P11 橋脚については、補強案 A では段落とし部補強で経済性に優れる RC 巻立て補強を採用していたが、基部補強が不要であるため連続繊維シート補強とした。これにより、終点側が長周期化しトラス部との固有周期差が小さくなり、P6 橋脚上での衝突を回避できた。

## 6. まとめ

本稿では、支承条件の変更や橋脚剛性の調整による橋脚上の掛け違い部での衝突回避について検討した。多点固定や RC 巻立て補強により橋梁の剛性を高め上部工の移動量を抑えることと、隣接橋との固有周期差を小さくすることを組み合わせることで、衝突を回避した現実的な耐震補強を行うことができた。

表-1 解析ケース概要および各橋の固有周期

上部工形式	起点側						トラス部			終点側							
	PC3 径間連結 合成 I 桁			PC2 径間連結 合成 I 桁			鋼上路式 単純トラス桁			PC2 径間連続 合成 I 桁			RC8 径間連続 中空床版橋				
下部工番号	A1	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9~P11	P12~P15	A2					
現況	支承条件	F	MM	MM	M	M	FF	M	F	M	M	F	M	M	F	F	M
	固有周期	0.75sec			0.77sec			0.84sec			0.98sec			0.88sec			
補強案 A	支承条件	F	MM	MM	F	F	FF	M	E+D	E	M	F	F	F	F	F	M
	橋脚補強	—	織	織	RC	RC	RC	RC	無補強	RC	RC	RC	RC	RC	RC	RC	—
補強案 B	支承条件	M	FF	FF	F	F	FF	M	E+D	E	M	F	F	F	F	F	M
	橋脚補強	—	RC	RC	RC	RC	RC	RC	無補強	RC	RC	織	RC	RC	RC	RC	—
	固有周期	0.59sec						0.96sec			0.83sec						

織：連続繊維シート補強      RC：RC 巻立て補強      太字：本文中着目箇所

※支承条件・固有周期は橋軸方向を示す。（橋軸直角方向の支承条件は全固定）

表-2 仮想ばねの時刻歴相対変位量の最大値

（単位：mm）

仮想ばね番号	①P3	②P5 上	③P5 下	④P6 下	⑤P6 上	⑥P8	
現況遊間量	60	100	100	150	150	60	
仮想ばねの 時刻歴相対 変位量	現況	303	133	固定支承	191	63	284
	補強案 A	固定支承	230	73	79	188	固定支承
	補強案 B	固定支承	98	44	48	110	固定支承

## 参考文献

- 1) 公益社団法人 日本道路協会：道路橋示方書・同解説 V 耐震設計編，2012 年 3 月