

長大トラス橋の耐震補強設計 ―関越自動車道 片品川橋―

東日本高速道路(株) 高崎管理事務所

正会員 金子 謙一郎

(株)オリエンタルコンサルタンツ 国土基盤事業部 正会員 審良 郁夫

(株)オリエンタルコンサルタンツ 国土基盤事業部 正会員 梅林 福太郎

1. はじめに

関越自動車道片品川橋（図1）は、鋼3径間連続トラス3連から成り、主構トラスは上下線一体の2主構で主構間隔は16mに達し、主構高も14mから最大25mとなる全長1,033.85mの橋梁である。本橋は、1985年3月に完成し、同年10月に供用を開始した。

本文では、片品川橋で実施した耐震補強設計のうち、主に上部工補強の内容について報告する。

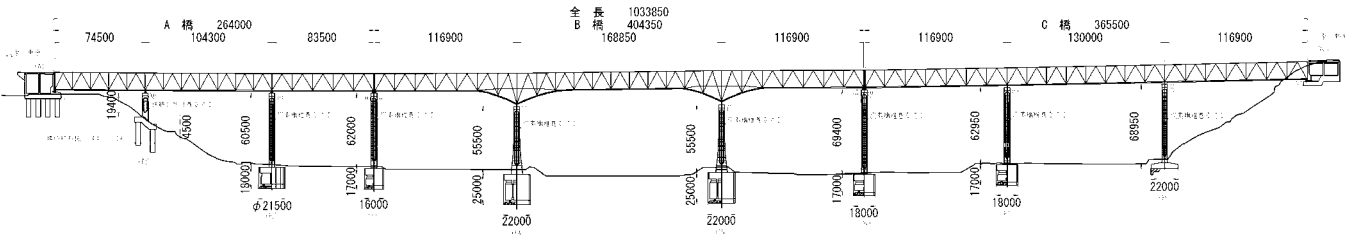


図1 片品川橋全体一般図

2. 耐震補強検討

本橋では、地震力を伝達するトラス構造の剛性及び部材に発生する断面力を正確に評価するため、上部工のトラス部材をモデル化した立体骨組みによる非線形動的解析を行い、その解析結果に基づいて、上部工及び下部工の補強方法の検討と補強設計を行っている。また、Ⅰ種地盤とⅡ種地盤が混合している地盤条件に対応するため、Ⅱ種地盤上に位置するP4橋脚及びP5橋脚の地盤を多点入力モデルとして評価した。

表1 各補強対策による補強部材数の増減

部材名	全部材数	①現況照査	②座屈拘束ブレースのみ		③支承交換+座屈拘束ブレース		
			数量	増減 (2)-(1)	数量	増減 (3)-(2)	増減 (3)-(1)
上弦材	134	13 (10%)	-	-	-	-	-13
下弦材	128	88 (69%)	64 (50%)	-24	8 (6%)	-56	-80
垂直材	134	130 (97%)	53 (40%)	-77	101 (75%)	48	-29
斜材	256	144 (56%)	105 (41%)	-39	8 (3%)	-97	-136
上横構(直材)	131	13 (10%)	-	-13	-	-	-13
上横構(斜材)	256	35 (14%)	5 (2%)	-30	-	-5	-27
下横構(直材)	131	105 (80%)	1 (1%)	-104	-	-1	-105
下横構(斜材)	256	184 (72%)	2 (1%)	-182	16 (6%)	14	-168
中横構(直材)	14	3 (21%)	-	-3	-	-	-3
中横構(斜材)	40	20 (50%)	-	-20	-	-	-20
中間支材	40	30 (75%)	-	-30	5 (13%)	5	-25
対傾構	146	88 (60%)	4 (3%)	-84	4 (3%)	-	-88
合計	1,666	853 (51%)	234 (14%)	-619	142 (9%)	-92	-711

2.1 座屈拘束ブレースの採用

表1の①欄は、橋軸方向の地震力により現況照査した結果である。すなわち、1666部材（床組部材を除く）中853部材（51%）で許容値を超過しており、下弦材、垂直材、下横構及び中間支材の超過率は70%を超えている。

このため、支点上近傍の垂直材及び下横構に集中する圧縮力を緩和するとともに、二次部材である下横構及び対傾構にエネルギー吸収・消散能力を期待するため、支点付近の下横構（斜材）及び対傾構を座屈拘束ブレースに交換して解析した。この結果、表1の②欄に示すように、許容値を超過する部材数が全1666部材中234部材（14%）まで削減した。

2.2 免震支承への変更

下横構（斜材）及び対傾構の一部を座屈拘束ブレースに交換しても、下弦材は128部材中64部材（50%）が許容値を超過しており、A1橋台付近の応答値は許容値に対して2倍程度の値となっている。

このため、一部の橋脚（A1～P3、P6、A2）の支承を免震支承に変更して解析した。なお、免震支承は支承寸法を小さくできる機能分離型支承とした。この結果、表1の③欄に示すように、下弦材について128部材中8部材（6%）まで低減した。また、A1橋台付近の応答値は許容値を十分満足する程度まで低減した。

キーワード：耐震補強、連続トラス橋

2.3 II種地盤の評価

本橋の地盤はI種地盤とII種地盤が混合しており、全3連のうち両側（P1～P3 橋脚、P6～P8 橋脚）はI種地盤、中央（P4～P5）はII種地盤で構成されている。道路橋示方書¹⁾によれば、下部工の位置によって地盤種別が異なる場合には、各々の地盤種別に対する地震動を用いて動的解析を行い、影響の大きい値を用いて照査を行うものとされている。しかし、本橋では、より実挙動に近似した解析を行うため、II種地盤を集中質点にモデル化し、相互作用バネで基礎と連結し、工学的基盤面（I種地盤）に反射の影響を考慮したI種地盤の地震波を入力した²⁾。

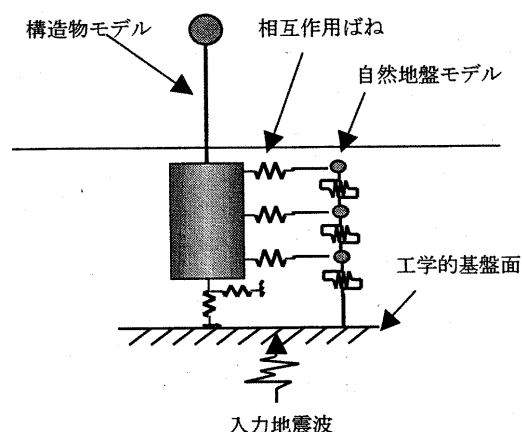


図2 II種地盤のモデル化

3. 上部工の補強

上部工の補強は、上記2. の検討結果を踏まえ、橋軸方向及び橋軸直角方向の地震力に対して、作用する断面力に対する応力度の不足度合いにより、当て板及び座屈低減ストラットにより補強することにした。表2に部材毎の補強部材数を示す。結果として、全1666部材中321部材（19%）で補強（取替を含む）が必要となった。

以下に、上部工の補強構造を概説する。

(1) 発生応力の大きい部材

部材に発生する応力度が圧縮または引張にかかわらず大きい部材においては、ウェブまたはフランジ面に補強板を設置する。本橋では下弦材、垂直材、斜材、下横構（直材）及び中間支材合わせて689部材中144部材をこの方法で補強する設計とした。

(2) 全体座屈強度が不足する部材

軸方向圧縮力を受ける部材において、有効座屈長が長く全体座屈強度が不足する場合には、部材間にストラットを設けて有効座屈長を短くする。

本橋では鉛直材134部材中43部材をこの方法で補強する設計とした。

表2 補強数量

部材名	全部材数	補強量			合計	
		当て板補強	座屈防止ストラット	座屈拘束ブレース	数量	%
上弦材	134	-	-	-	-	-
下弦材	128	9	-	-	9	7
垂直材	134	72	43	-	115	86
斜材	256	8	-	-	8	3
上横構(直材)	131	-	-	-	-	-
上横構(斜材)	256	-	-	-	-	-
下横構(直材)	131	31	-	-	31	24
下横構(斜材)	256	-	-	70	70	27
中横構(直材)	14	-	-	-	-	-
中横構(斜材)	40	-	-	24	24	60
中間支材	40	24	-	-	24	60
対傾構	146	-	-	40	40	27
合 計	1,666	144	43	134	321	19

4. 下部工の補強

下部工の補強は、その経済性から一般には鉄筋コンクリート巻立て工が選択されるが、本橋においては、コンクリート巻立て厚を25.0cmとして、レベル1地震動により基礎工の照査をしたところ、P2～P8橋脚の杭体が許容応力度を満足しない結果となった。このため、橋脚高さの低いP1橋脚（H=20.5m）をコンクリート巻立て補強とし、それ以外のP2～P8橋脚（H=55.5～69.4m）は炭素繊維巻立て工により補強する設計とした。

5. おわりに

冒頭に述べたように、本文では主に上部工の補強内容について報告した。なお、限られた紙面で部材数の多いトラス橋の補強効果を表現するため、部材断面力や変位による評価ではなく、補強部材数により評価した。

【参考文献】

- 1) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説 V 耐震設計編、平成14年3月、pp.110
- 2) 土木学会：橋の動的耐震設計、平成15年3月、pp.P112