

猿田川橋・巴川橋（上り線工事）の設計

(株)ピーエス三菱	正会員	○藤岡 篤史
中日本高速道路(株)		岩立 次郎
中日本高速道路(株)		宇佐美 惣
(株)ピーエス三菱	正会員	鈴木 宜政

1. はじめに

猿田川橋・巴川橋は、新東名高速道路のうち静岡 I.C.～清水 I.C.間（仮称）に位置し、静岡市北東部の山間部に沿って標高約 120 m の高さに計画された合計 1.1 km の橋梁である。本橋の特色は上部構造に PC 連続ラーメン複合トラス橋を採用していることである。この構造は、従来の PC 箱桁橋に対して以下の特長を有している。

- ① 透過性があり、圧迫感の少ない景観を創出することができる。
- ② 主桁の軽量化による下部構造および基礎構造を含めた橋梁全体の合理化が可能である。
- ③ ウェブの型枠・鉄筋組立てやコンクリート打設の不要による施工の省力化が可能である。

既に下り線は平成 18 年 1 月に完成しており、現在これに引き続き、上り線の施工を行っている。上り線では、下り線工事から得られた知見を活用することにより、更なる合理化に取り組んでいる。本稿では上り線工事での取組みについて報告する。

2. 工事概要

猿田川橋・巴川橋（上り線工事）の工事概要を下記に、橋梁一般図を図-1 に示す。

工 事 名：第 2 東名高速道路 猿田川橋（PC 上部工）上り線工事
 構造形式：（猿田川橋）PC7 径間連続ラーメン複合トラス橋，（巴川橋）PC5 径間連続ラーメン複合トラス橋
 橋 長：（猿田川橋）610.0 m，（巴川橋）479.0 m
 支 間 割：（猿田川橋）48.5 + 2@90.0 + 100.0 + 2@110.0 + 58.5 m
 （巴川橋）59.5 + 3@119.0 + 59.5 m
 幅 員：（全幅員）17.615 m，（有効幅員）16.500 m

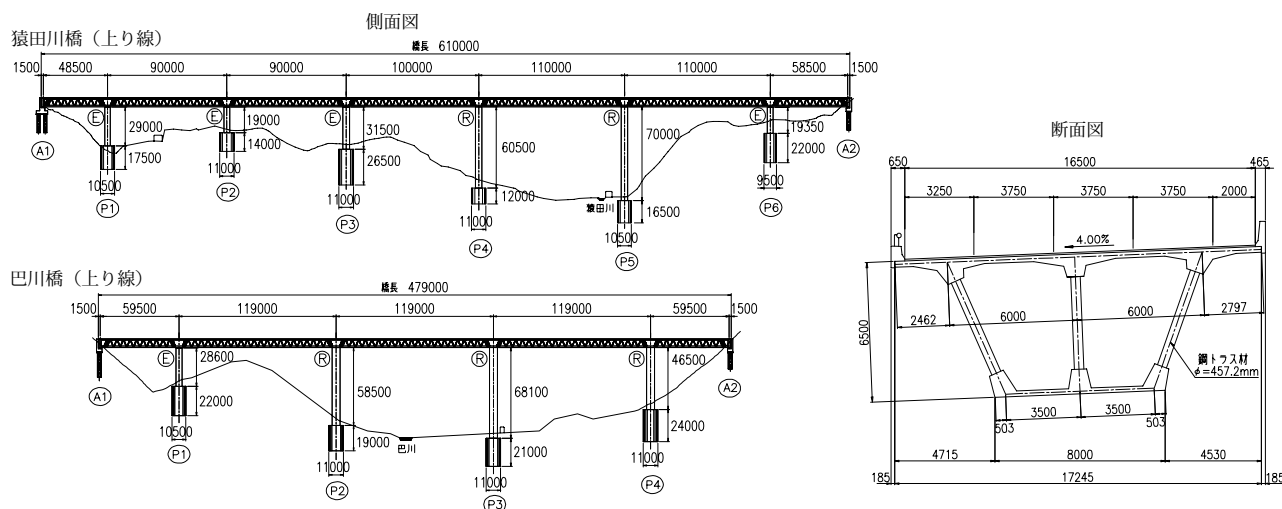


図-1 橋梁一般図

3. 主桁構造

図-2 に主桁概要図を、表-1 に使用材料一覧を示す。上・下床版は場所打ちコンクリート床版とした。移動作業車による張出し架設工法の施工能力から1セグメント長を5.0 mとし、ウェブにはワーレントタイプの鋼トラス材を橋軸方向に5.0 m間隔で配置した。一方、断面方向のトラス材配置には3主構を採用し、下り線工事での4主構から主構数を減ずることで合理化を図った。また、本構造形式の重要な部位である格点構造には、下り線工事に際して開発し、採用された『二面ガセット格点構造』¹⁾を全格点に採用した。

床版には「縦桁」と呼ぶコンクリートビームを橋軸方向に配置した。これにより、床版支持状態が格点部での点支持から縦桁での線支持となり、床版設計での支配的な支間方向を橋軸直角方向にすることができた。

本橋の有効幅員は新東名高速道路の標準である16.5 mと広幅員であるが、斜ウェブを採用し、下床版幅を8.0 mとすることで下部構造の縮小化を図った。また、桁高変化に対する主桁重量増減への影響が少ないという鋼トラスウェブの特性を活かして、施工性や景観性の観点から6.5 mの等桁高とした。最大支間に対する桁高支間比は、1/18.3（巴川橋）であり、トラス形式としては非常にスレンダーな形状となっている。さらに、背景に広がる山岳部の緑とトラス材の色を調和させることにより優れた景観性を創造している。

4. コスト縮減への取組み

4.1 コスト縮減方針

下り線工事では、その施工を通して解析的検討、模型実験、施工時計測および実橋載荷試験を実施し、設計の妥当性の確認を含め多くの知見を得ている。^{1),2),3),4)}今回上り線工事では、それらの知見を活用することによる更なるコスト縮減への取組みを行った。

図-3 に下り線工事における工費分析結果を示す。主要材料のうち鋼部材（トラス材・格点構造部材）が全体に占める割合は 29 %であり、最も高い割合となっている。したがって、鋼重を減らすことがコスト縮減につながると考え、以下の点について検討を行った。

- ①主桁断面形状の検討：主構数を 4 主構から 3 主構に減らすことによる構造の安全性
- ②格点構造の検討：格点構造のコンパクト化による鋼重の減少

本稿では、紙幅の都合から上記検討内容のうち、主構数変更に対する安全性確認の内容について報告する。

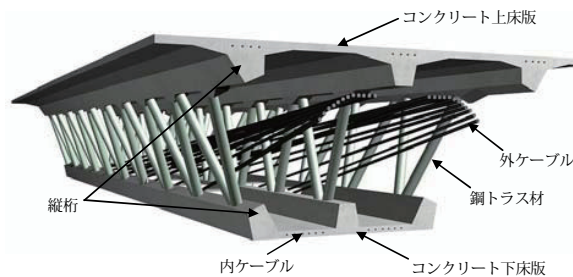


図-2 主桁概要図

表-1 使用材料一覧

項目	仕様	摘要
コンクリート	$\sigma_{ck} = 40 \text{ N/mm}^2$	
PC鋼材	12S15.2 (SWPR7BL)	内ケーブル
	19S15.2 (SWPR7BL)	外ケーブル (マルチ垂鉛めっき)
	1S21.8 (SWPR19L)	上床版横締め
	1S28.6 (SWPR19L)	横桁横締め
鋼部材	SM490YB, SM520C-H	鋼トラス材 (φ457.2)・格点構造

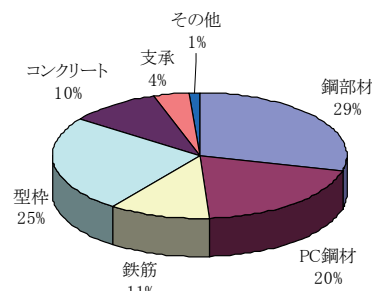


図-3 下り線の工費分析

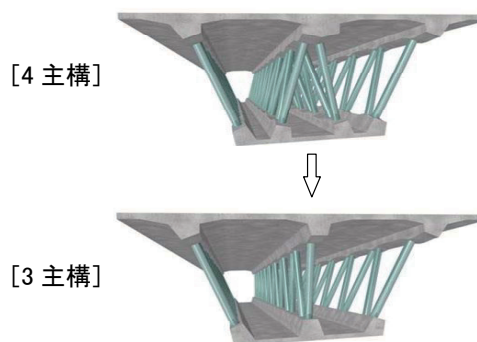


図-4 主構数変更概要図

4.2 主桁断面形状の検討

主桁断面を図-4 に示すように 4 主構から 3 主構に変更する場合の課題として、以下の項目が考えられた。

- i) 横方向断面剛性の低下
- ii) ねじり剛性の低下

PC 複合トラス橋はその施工事例が少なく、設計手法も確立されていない。しかしながら、下り線完成後の軸力測定等の結果から、適切な FEM 解析を行えば、実構造物の挙動は高い精度で推測可能であることが明らかとなっている。³⁾そのため、上記の課題に対して 3 次元弾性 FEM 解析を実施し、下り線の 4 主構断面との比較を行うことにより 3 主構断面の安全性を検証した。

(1)横方向断面剛性の検討

横方向の断面剛性の低下に対しては、3 次元弾性 FEM モデルにレベル 2 地震動に相当する横方向水平荷重を作用させた場合の断面変形量、および発生応力度の比較により検討を行った。解析モデルは図-5 に示すとおり、猿田川橋の最大支間長 110.0 m の径間を対象に 0.5 径間モデルとした。コンクリート部材はソリッド要素、鋼トラス材は梁要素でモデル化し、梁要素(鋼トラス材)を縦桁内に埋め込んだモデルとした。また、モデルの拘束条件は、支間中央側を対象条件より橋軸方向固定とし、柱頭部側は 3 方向を固定するものとした。

解析結果から得られた変形図を図-6 に、変位量と曲げ引張応力度の比較を表-2 に示す。変位量および曲げ引張応力度ともに 4 主構と 3 主構で有意な差は見られず、ほぼ同様の変形および応力性状を示す結果となった。これにより、主構数の減少に伴う横方向断面剛性の低下はほとんどないことが確認できた。

(2)ねじりに対する検討

ねじり剛性の低下に対しては、3 次元弾性 FEM モデルに B 活荷重半断面載荷相当のねじりモーメントを作用させた場合の断面変形量、および発生応力度の比較により検討を行った。解析モデルを図-7 に示す。解析モデルは、全長 50.0 m の片持ち梁とし、一端を 3 方向固定とした。

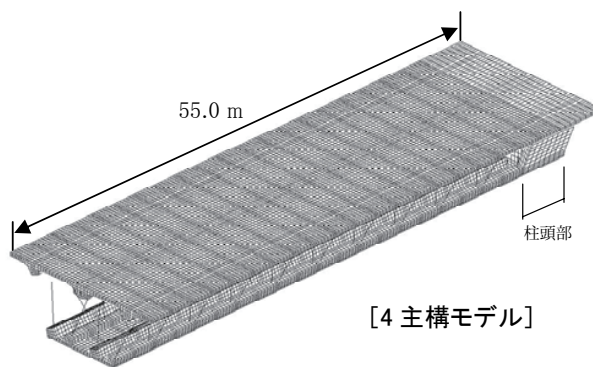


図-5 解析モデル (横方向剛性検討)

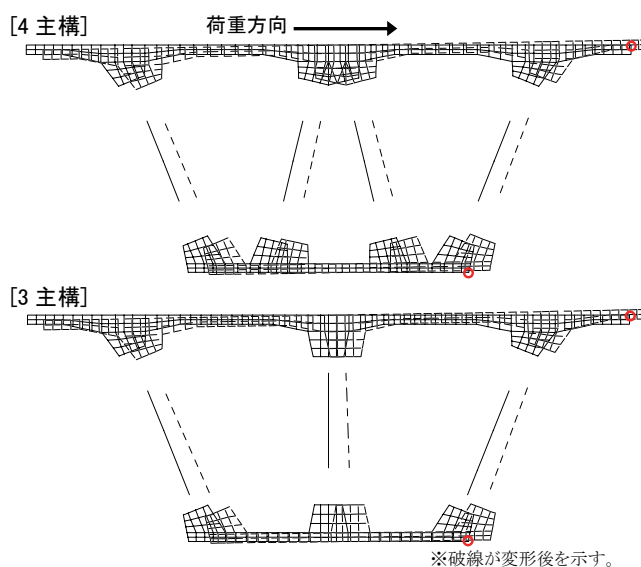


図-6 変形図 (径間中央)

表-2 変位量および曲げ応力度 (径間中央)

	位置	4主構		3主構	
		水平方向	鉛直方向	水平方向	鉛直方向
変位量 (mm)	上床版	9.9	3.0	9.7	3.3
	下床版	12.9	1.2	13.3	1.0
	変位差	3.0	1.8	3.6	2.3
曲げ応力度 (N/mm ²)	上床版	-3.1		-3.0	
	下床版	-2.0		-2.2	

表中の値は図-6 の○印の位置

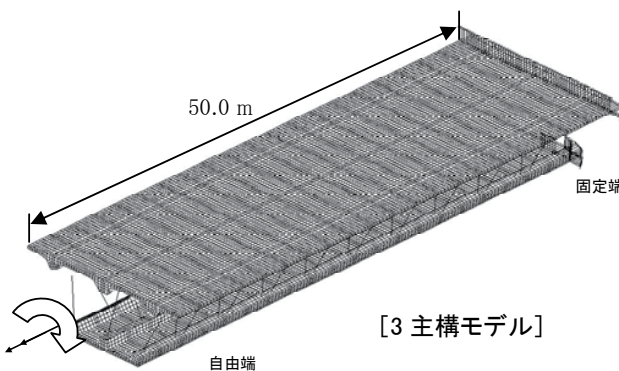


図-7 解析モデル (ねじり検討)

解析結果から得られたねじり角の分布を図-8に示す。ねじり角の分布は、3主構のねじり角の方が若干大きくなっているがその差は小さく、両者とも分布はほぼ直線状になった。

次に、そり応力度およびせん断応力度の解析結果を表-3に示す。下床版に発生するそり応力度およびせん断応力度は、3主構の方が若干大きな値を示しているが、その差はそり応力度で0.2～0.3 N/mm²、せん断応力度で0.02～0.03 N/mm²と小さい。また、発生せん断応力度も0.50～0.51 N/mm²であり、道示Ⅲ⁵⁾に示される設計基準強度 $\sigma_{ck}=40$ N/mm²の場合のコンクリートが負担できる平均せん断応力度($\tau_c=0.55$ N/mm²)より小さな値となっており、ねじり剛性の低下に対しても問題ないものと判断した。

4.3 コスト縮減効果

4主構と3主構の数量比較を表-4に示す。主構数の減少および格点構造のコンパクト化により、鋼部材重量で約3割の減少を達成できた。これにより、全体工事費を5%程度縮減できる予定である。

5. おわりに

本稿では、下り線施工時に得られた知見を活用することによるPC複合トラス橋の更なる合理化への取組みについて報告した。本橋は、平成21年秋の完成を目指し鋭意施工中（写真-1参照）である。最後に、本橋の設計・施工にあたり、適切な助言およびご指導を頂いた関係各位に深く感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 青木圭一・本間淳史・山口貴志・星加益朗：PC複合トラス橋の設計・施工—第二東名高速道路 猿田川橋・巴川橋—，コンクリート工学，Vol.42，No.8，pp.38-43，2004.8
- 2) 青木圭一・能登谷英樹・加藤敏明・高德裕平・上平康裕・山口貴志：第二東名高速道路猿田川橋・巴川橋の設計・施工—世界初のPC複合トラスラーメン橋—，橋梁と基礎，pp.5-11，2005.5
- 3) 青木圭一・長田光司・山口貴志・高德裕平：PC複合トラス橋の設計・施工報告—第二東名高速道路 猿田川橋・巴川橋—，プレストレストコンクリート，Vol.48，No.3，pp.23-30，2006.5
- 4) 長田光司・宇佐美惣・山口貴志・池田尚治：第二東名高速道路猿田川橋・巴川橋の設計施工，コンクリート工学，Vol.44，No.10，pp.48-53，2006.10
- 5) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説Ⅲコンクリート橋編，2002.3

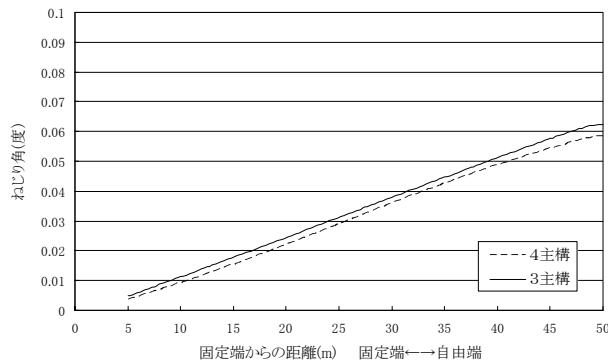


図-8 ねじり角分布

表-3 そり応力度およびせん断応力度

		位置		4主構	3主構
そり応力度 (N/mm ²)	上床版	格点部		0.3	0.3
		格点間		0.3	0.3
	下床版	格点部		1.3	1.5
		格点間		0.9	1.2
せん断応力度 (N/mm ²)	上床版	格点部		0.42	0.36
		格点間		0.36	0.36
	下床版	格点部		0.49	0.51
		格点間		0.47	0.50

※そり応力度は固定端付近，せん断応力度は中央付近の値を示す。

表-4 数量比較 (猿田川橋と巴川橋の合計)

			4主構	3主構	増減	
PC鋼材	12S15.2	ton	377.9	369.4	-8.5	
	19S15.2	ton	386.1	392.9	6.8	
鋼部材			ton	2857.8	2067.0	-790.8



写真-1 張出し架設中(平成20年6月)