

鶴川大橋拡幅工事の設計

玉田 和也¹⁾ 真嶋 敬太²⁾ 長谷川 敏之³⁾

中央自動車道では、上野原IC～大月JCT間20.7kmを現在の4車線から6車線に拡幅する工事を進めている。その一環である鶴川大橋の拡幅工事は、既設橋と新設桁を一体化することにより片側2車線から3車線に拡幅する工事である。

鶴川大橋は橋長約484mの上下線分離構造である。橋梁形式はバリエーションに富み、連続トラス橋、合成鈹桁橋、非合成鈹桁橋および切断合成鈹桁橋など9橋からなっている。拡幅する新設桁は、それぞれの形式に応じて拡幅ステップを考慮し、設計を行った。また、既設橋は昭和40年代の設計・施工であり、拡幅後に既設部で発生する応力度についても照査を行った。本文では、鶴川大橋の拡幅新設桁の設計と拡幅後の既設部の照査について報告を行う。

キーワード：拡幅工事，トラス橋，切断合成桁

まえがき

中央自動車道（上野原IC～大月JCT間）は、今から約30年前に建設され、その後の日本経済の急成長に伴い、予想をはるかに上回る交通量の増加を見せている。現在では、その交通量も容量の上限を超え交通渋滞を引き起こすなど、本来の高速道路としての機能を十分には果たし得なくなっている。日本道路公団では、このような状況下で高速道路の機能の拡充を目指し、鶴川大橋を含む上野原IC～大月JCT間で車線の拡幅工事を進めている。

鶴川大橋は、一級河川鶴川が桂川に合流する手前の河岸段丘地形に架かる橋梁である。そのため橋長も長く、河道部の橋脚は高さ約50mの高橋脚となっている。本橋の位置図を図-1に示す。

本文では、鶴川大橋の拡幅新設桁の設計と拡幅後の既設部照査について報告する。

1. 工事概要

鶴川大橋拡幅工事は、既設橋の隣に2主桁（2



図-1 位置図

主桁)の新設桁を架設し、床版を一体化することによって車線の拡幅を行うものである。本橋の橋梁諸元を表-1に、その側面図および断面図を図-2および図-3に示す。

(1) 鶴川大橋の構造的特長

鶴川大橋の構造的特長は、既設トラス橋が垂直材のないシングルワーレントラスであり、中間対

1) 橋梁設計部大阪設計一課係長 2) 橋梁設計部大阪設計一課 3) 橋梁設計部大阪設計一課課長

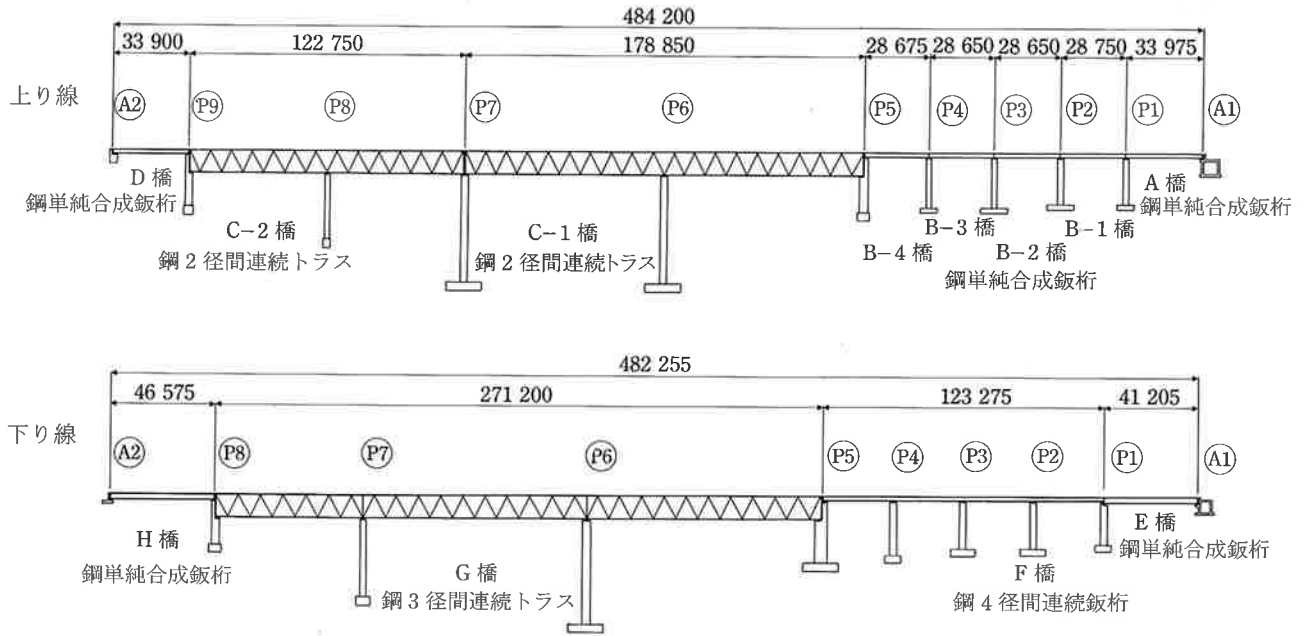


図-2 側面図

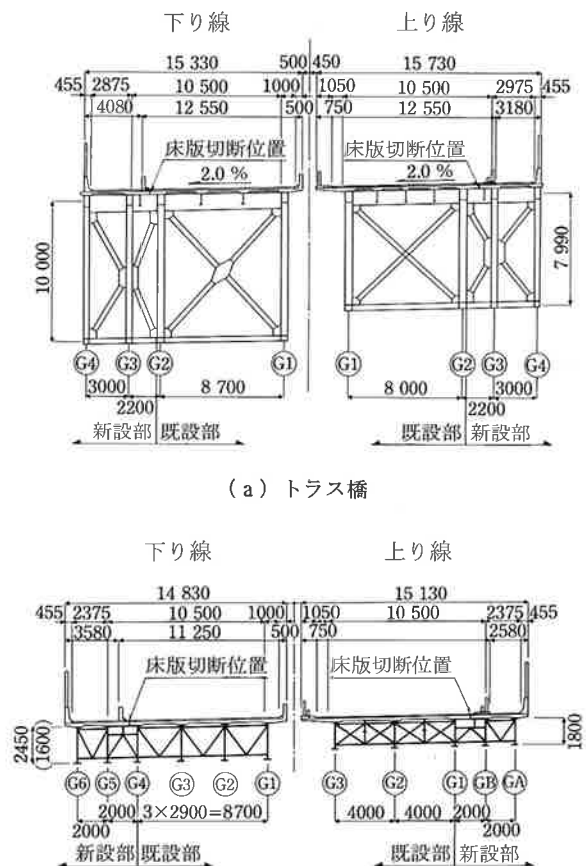
表-1 橋梁諸元

道路規格	第1種3級B規格
設計速度	80 km/h
設計荷重	B活荷重
橋梁形式	鋼3径間連続トラス 鋼2径間連続トラス(2連) 鋼4径間連続鈹桁, 鋼単純合成鈹桁(4連) 鋼単純合成鈹桁(切断合成鈹桁の拡幅桁4連) 跨道橋: 鋼・コンクリート複合斜材付π型 ラーメン橋, 単純合成鈹桁
橋長	上り線 484.200m, 下り線 482.255m
有効幅員	上り線 13.625m (拡幅 3.175m) 下り線 13.875m (拡幅 3.625m)
平面線形	曲線半径 R = 3500m
横断勾配	2.0%
縦断勾配	5.0% ↘, ↙ 0.3%
舗装(厚さ)	アスファルト舗装 (新設部: 50mm 既設部: 75mm)
床版(厚さ)	鉄筋コンクリート床版 (新設部: 上り線 250mm 下り線 250mm) (既設部: 上り線 190mm 下り線 200mm)

傾構も省略されている。そのため、拡幅後の挙動を把握するために立体骨組解析を行った。また、切断合成鈹桁は過去に拡幅した事例がなく、新設桁の構造形式などの検討が必要であった。

(2) 拡幅設計

既設橋は旧活荷重 (TL-20) で設計されているため、拡幅後の安全性の照査を現行のB活荷重を用いて行った。また、既設部の床版については将来、上面増厚による補強が計画されている。したがって、新設桁の設計および既設橋の照査では、



(a) トラス橋

(b) 鈹桁橋

図-3 断面図

現在の状態を表す「既設系」、拡幅後の状態を表す「完成系」、床版の増厚後の状態を表す「将来系」の3つの系を考慮した。

(3) 耐震設計

トラス橋は橋脚高50mを超えるフレキシブル高橋脚を有している。そのため、拡幅後の系に対し非線形動的解析を行い、地震時保有水平耐力レベルの地震に対して検討を行った。その結果、フレキシブル橋脚には炭素繊維補強を行い、橋軸直角方向のせん断耐力を増加させるとともに、免震支承を採用することにより、発生する水平力の低減を図る構造とした。それにより、トラス橋の支承を免震支承に取替える必要が生じた。この支承取替工事については機会を改めて紹介することとする。

(4) 桁端巻立コンクリート

車両走行による桁端部の騒音および振動を軽減するため、新設部および既設部ともに桁端をコンクリートで被覆することとした。その際、巻立コンクリートは、落橋防止構造のケーブルを定着する横梁としての働きや、落橋防止壁としての機能も兼用できる断面性能を持たせるようにした。

(5) 架 設

新設桁の架設について、トラス橋は上り線および下り線とも P6 橋脚を起点に、450ton クローラクレーンによるベント工法架設である。国道20号線を跨ぐA1～P1間の鈹桁は、中央自動車道の全面通行止めを行い、既設橋橋面からのトラッククレーンによる一括架設を行った。その他の鈹桁はトラッククレーンによるベント工法架設である。

その他、本工事には本線の拡幅に伴う新設跨道橋が2橋含まれている。そのうちの1橋は、本線通行止め時における短時間での架設を可能とした鋼・コンクリート複合π型ラーメン橋である。

2. 拡幅手順

(1) 基本方針

本橋の拡幅は「中央自動車道（改築）橋梁拡幅設計・施工指針（案）平成8年3月」の方針¹⁾に基づき設計を行った。基本方針として、新設桁による拡幅は、既設部への影響を最小限にするような施工方法および施工順序を考慮して設計することとした。

【用語の定義】

拡幅橋：拡幅を完了した橋梁の総称

既設橋：既存の橋梁（現橋）

既設部：拡幅橋のうち、既設橋を利用する部位

新設桁：拡幅用新設桁（新設橋）

新設部：拡幅橋のうち、新たに継ぎ足す部位

接合部：既設橋と新設桁の接合部分

(2) トラス橋の拡幅

トラス橋の拡幅は、基本方針を踏まえた上で図-4に示す手順で行うものとした。各STEPについては以下のとおりである。

STEP-1：既設橋にB活荷重を載荷した状態（既設系）。

STEP-2：壁高欄を撤去した側の主構が浮き上がる。既設橋の断面力、反力が変動する。

STEP-3：既設橋と新設桁は水平方向に仮つなぎするだけで、鉛直方向の挙動は独立している。そのためSTEP-3での荷重は全て新設桁が受け持つ。

STEP-4：接合部を本締めすることにより一体化される。これ以降の荷重は4主構で分配される。

STEP-5：既設部の床版を増厚する前の完成系。

STEP-6：既設部の床版増厚後の将来系。

(3) 鈹桁橋の拡幅

鈹桁橋の場合、新設桁と既設橋の間隔および新設桁の主桁間隔が2mであり、トラス橋に比べて狭くなっている。そのため、床版が張り出す形となり、STEP-3で壁高欄を打設すると、新設桁に大きな偏載荷重が作用する。その結果、新設桁の外桁と内桁の剛比が、床版の不等沈下による付加曲げモーメントが発生するほど大きくなり、床版厚に影響することになる。また、合成桁では、一次床版に負の曲げモーメントが発生する。そのため、鈹桁橋については、STEP-4で一体化した後に壁高欄を打設することにした。それ以外については、トラス橋の拡幅ステップと同様である。

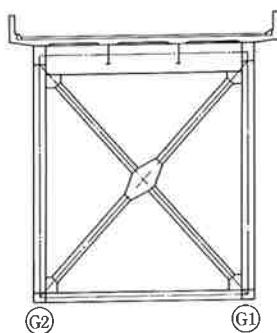
(4) 床版の拡幅

床版の拡幅は、既設床版の切断、新設一次床版の打設、接合部二次床版の打設の順に行う。

一次床版と既設部の床版ではコンクリートの材

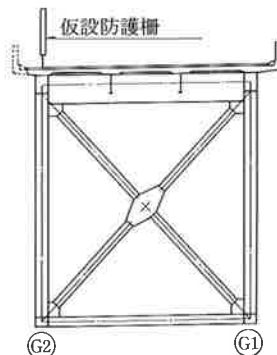
STEP-1

- 「既設系」
① 拡幅前



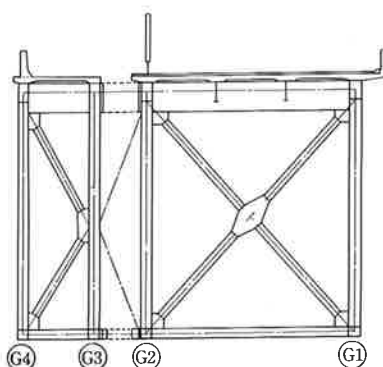
STEP-2

- ① 仮設防護柵の施工
② 既設地覆・高欄・張出し床版一部撤去
③ 新設用の取付部材設置



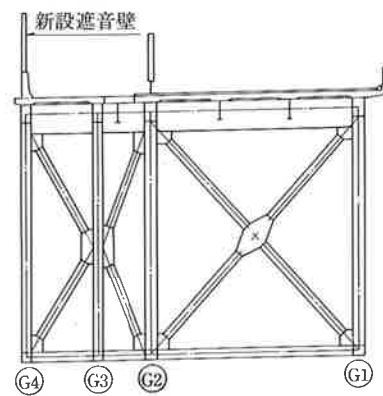
STEP-3

- ① 新設部トラス部材架設
② 横桁と仮つなぎ材で既設部と連結
③ 新設用の取付部材設置
④ 新設部床版・地覆・高欄施工



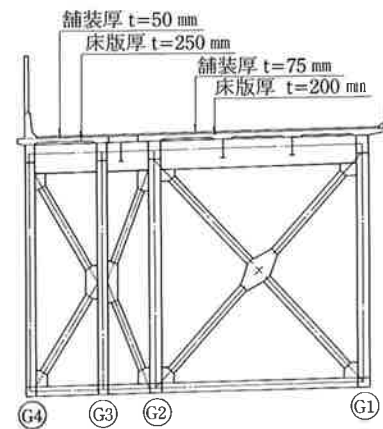
STEP-4

- ① 新設部・既設部の対傾構・横桁の本締め
② 二次床版の施工
③ 新設遮音壁の施工



STEP-5

- 「完成系」
① 新設部の舗装施工
② 仮設防護柵撤去
③ レーンマークの修正
④ 拡幅完成



STEP-6

- 「将来系」
① 既設部舗装はつり
② 既設部床版コンクリート10mmはつり
③ 既設部増厚床版コンクリート打設
④ 新設部・既設部舗装施工

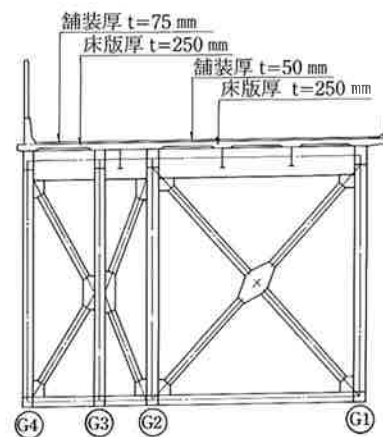


図-4 トラス橋の拡幅ステップ図

齢が著しく異なる。そのため、一次床版のクリープの影響などを既設部の床版に直接伝えないように、打ち継ぎ目としての働きを二次床版が担っている。また、二次床版はそれ自体のクリープおよ

び乾燥収縮を軽減させるために膨張コンクリートを使用する。図-5に床版の接合部詳細を示す。

3. 新設桁の設計

(1) 設計方針

新設桁は、架設ステップを考慮した死荷重断面力と、拡幅橋の有効幅員（既設部+新設部）にB活荷重を載荷した活荷重断面力に対して設計を行った。その際、完成系と将来系（既設床版増厚の前後）の最も不利な断面力を抽出し、設計断面力とした。全体の設計フローを図-6に示す。

トラス橋は、前述したように中間対傾構が省略

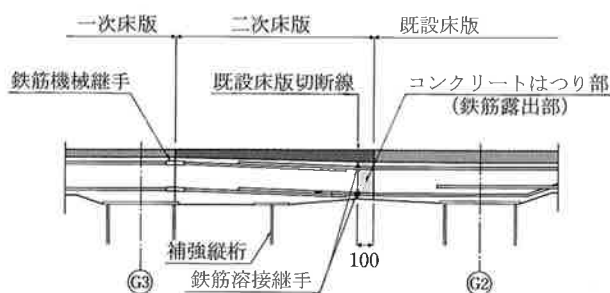


図-5 床版接合部

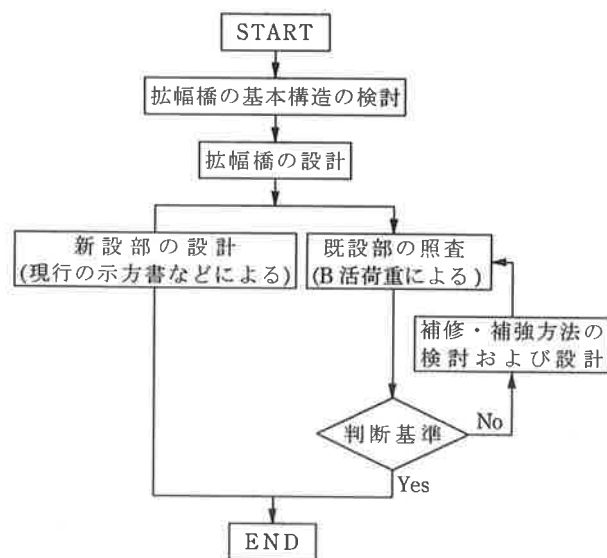


図-6 設計フロー

されており、拡幅後の荷重分配特性の把握が困難なため、立体骨組モデルを用いた構造解析を行った。また、トラス橋はベントを用いた張出し架設を行うため、架設時に発生する断面力に対しても断面が満足するように断面設計を行った。

鈹桁橋は格子計算による解析を行った。合成桁の場合、拡幅ステップごとに抵抗断面が変化することに留意した。

(2) トラス橋の設計

1) 主 構

一般の新設トラス橋と同様に、上弦材は立体解析による断面力の他に、床組としての断面力および断面重心軸の偏心によるモーメントなどを考慮した。下弦材は自重と断面重心軸の偏心によるモーメントを考慮して設計を行った。支点上対傾構の取付斜材および垂直材は対傾構部材としての断面力も考慮した。

支承部は弾性固定であるため、地震時の水平反力に伴う、支承とトラス軸線のずれによる曲げモーメントについても考慮した。

2) 対傾構および横構

新設部には、4主構断面の形状保持のため、斜材面の全パネルに中間対傾構を設置することとした。また、対傾構および横構ともに立体解析モデルに組込んで荷重分配させており、一次部材として設計を行った。面外方向の荷重（風、地震）に対し、横構および支点上対傾構は新設部と既設部の2組で抵抗すると考え新設部の設計を行った。

(3) 鈹桁橋の設計

1) 非合成桁

主桁は鋼道路橋設計ガイドライン（案）²⁾に基づき設計を行った。

2) 合成桁

合成桁の場合、一次床版打設後、二次床版打設後、床版増厚後によって床版の有効断面が変化する。そのため、各ステップでの応力度を算出し、応力度レベルでの足合わせを行う必要があった。

(4) 製作キャンバー

本工事において、路面線形は設計上、既設橋の線形を幅員方向に延長したものを使用している。一方、既設床版の切断による既設橋の跳ね上がりや床版増厚による死荷重の増加などを考えると、設計上の路面線形どおりに施工することは非常に困難である。

そのため、路面の平坦性を優先して新設桁の製作キャンバーは、拡幅ステップ（図-4）のSTEP-3の状態に既設橋の延長線上に新設桁がくるように設定した。それ以降の荷重については、一体化した拡幅橋が抵抗し、桁の変形は拡幅橋全体が剛体変形する。そのため、床版に悪影響を及ぼすこともなく、当初の設計路面高からの誤差を±10mmに抑えることができると考えられる。

(5) 切断合成桁の拡幅

【切断合成桁とは】

切断合成桁は連続合成鈹桁から派生した橋梁形式であり、最終的には部分死活荷重単純合成桁となる。工法としては、連続桁の状態に鋼桁架設および床版打設を行い、路面は連続の状態のまま、中間支点上の腹板と下フランジを切断し、死活荷重合成桁とする方法である。中間支点上の切断を行うことにより、連続桁に発生していた死荷重による負の曲げモーメントを開放し、単純合成桁に正の曲げモーメント（前死荷重分）を作用させることができる。そのため、現場では中間支点上での桁の回転が収まるまで、切断作業を繰り返し行う必要がある。図-7に切断合成桁の中間支点上部の構造を示す。

切断合成桁の拡幅に用いる新設桁の形式としては、①単純合成鈹桁、②切断合成桁、③連続非合

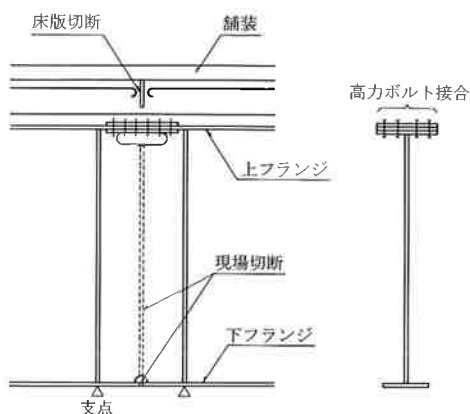


図-7 切断合成桁（既設橋）

成鋼桁が考えられる。③の場合、既設と新設桁の剛比が大きくなり、床版への悪影響が懸念された。また、中間支点でのたわみ角の差による支点付近の床版や対傾構への影響を考えると、採用は困難であった。②については、現場での施工が煩雑で、最近の施工実績がほとんどないことから採用を見合わせた。①の場合、既設と新設桁の剛比も大きくなく、中間支点の桁端では上フランジを連結板で連結することにより、既設橋と同じ構造形式にすることが可能である。

以上のことから、新設桁には単純合成鋼桁を採用した。中間支点部での床版も既設と同様に連続させることとした。

4. 接合部の構造

(1) 誤差吸収の方針

拡幅工事における接合部の誤差要因としては既設橋、新設桁それぞれの製作および架設誤差が考えられる。既設橋は事前に現場実測を行うが、計測のための足場の不備などにより計測誤差が発生する。そのため、ある程度の傾向がわかるものの、それを新設桁に反映するか否かは慎重に検討する必要がある。したがって、接合部では鉛直方向および橋軸方向の相対的な誤差（ズレ）の発生は避けられないと考える必要がある。

1) トラス橋

トラス橋では、仮組立の精度基準（日本道路公団 構造物施工管理要領³⁾）に示される支間の許容誤差に基づいて誤差の設定を行うこととした。支間長100mに対する許容誤差 $\pm 20\text{mm}$ が新設桁と既設橋のそれぞれで発生すると考え、

$\pm 40\text{mm}$ の誤差を仮定して検討を行った。

鶴川大橋は先にも述べたように垂直材がないため、中間対傾構を主構の斜材面に配置している。図-8に示すように、部材配置の関係で既設橋の上下弦材の格点部に対傾構のガセットが取付く。その際、ガセットは既設橋の斜材の中心に取付ける必要がある。そのため、新設桁側のガセットを現場溶接とし、誤差に対応することとした。

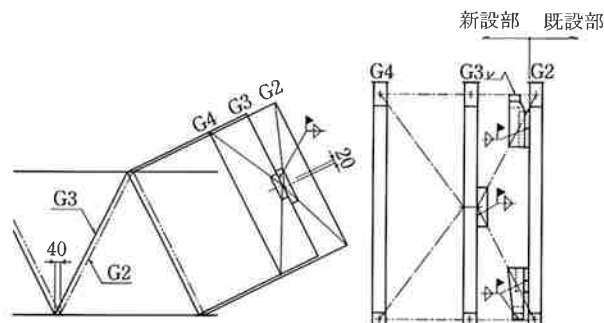


図-8 トラス橋中間対傾構の接合部

前記の中間対傾構の関連で、横桁についても既設橋の格点位置に合わせて取付ける必要があるため、新設側のガセットは現場溶接とした。また、接合部の横桁および中間対傾構の高力ボルト孔は拡大孔とした。上下横構および下支材は既設側のガセットを現場溶接および現場穿孔として誤差に対処することとした。

2) 鋼桁橋

鋼桁橋については、支間長が短いため橋軸方向の誤差は比較的少ないと考えられる。そのため、対傾構用の垂直補剛材および横構用のガセットは先行して既設橋に取付け可能であると判断した。

中間対傾構は、まず既設の高さに合わせて取付ける。次に一次床版を打設し、新設桁のキャンバーが降りてきた時点で接合部の対傾構と新設桁の垂直補剛材を現場穿孔にて連結する。横構については、既設側のガセットを現場溶接および現場穿孔とすることにより対処する。

(2) 現場溶接

既設橋への現場溶接の品質確保については「供用下における鋼構造物の溶接施工指針（案）」を参考とした。現場溶接する対象は主にコンプレートであり、溶接のタイプはすみ肉溶接および部分溶け込み溶接である。

施工に先立ち、既設橋の振動計測を行った上で現場溶接施工試験を行い、問題点の洗い出しを行った。その結果、堅固な足場を設置することにより、交通振動下においても良好な溶接が施工できることが確認できた。

5. 既設橋の照査

既設橋の照査については、橋梁拡幅設計・施工指針(案)¹⁾に基づき、架設ステップを考慮した死荷重断面力と拡幅橋の有効幅にB活荷重を載荷した活荷重断面力に対して行った。応力照査の内容は新設桁の設計と同様で、現行の道路橋示方書⁵⁾に基づいた。

合成桁については、新設桁の設計と同様に拡幅ステップごとの床版の有効断面を考慮した。

(1) 既設トラス橋の照査

下り線G橋(トラス橋)について照査を行った結果を表-2に示す。許容応力度を超過する部材は

全体の15.9%と当初の予想を下回る結果となった。このうち、許容応力度を20%以上超過するのは3部材だけであり、ほとんどの部材は10%未満の超過率に収まっている。

活荷重のL-20荷重からB活荷重への変更により、支間100m程度の橋梁の場合、曲げモーメントが約20%、せん断力が約30%の増加が考えられる⁶⁾。死荷重について、今回の解析では既設橋の鋼重には実鋼重を入力した。また、立体解析を行ったことで、橋面荷重の荷重分配は厳密に行われた。一方、既設橋の設計計算書では、若干重い仮定鋼重を用いて1-0法荷重分配による平面解析結果にて設計が行われていた。そのため、B活荷重による断面力の増加分を死荷重の精査により相殺するかたちとなり、上記のような結果になったものと考えられる。

応力超過部材の大半が中央分離帯側のG1主構の部材である。これはG2主構が4主構トラスの内桁となり、受け持つべき活荷重が新設桁に荷重分配された結果であると考えられる。

表-2 下り線G橋(トラス橋)既設部の照査結果

部材名称	部材総数	A		B		C		D		
		部材数	比率(%)	部材数	比率(%)	部材数	比率(%)	部材数	比率(%)	
上弦材	G1	27	2	7.4	0	0.0	2	7.4	4	14.8
	G2	27	0	0.0	2	7.4	0	0.0	2	7.4
下弦材	G1	28	3	10.7	0	0.0	0	0.0	3	10.7
	G2	28	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0
鉛直材	G1	4	0	0.0	0	0.0	1	25.0	1	25.0
	G2	4	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0
斜材	G1	54	21	38.9	5	9.3	0	0.0	26	48.1
	G2	54	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0
合計	226	26	11.5	7	3.1	3	1.3	36	15.9	

A : 応力度の超過が許容応力度の10%未満の部材
 B : " 10%以上20%未満の部材
 C : " 20%以上の部材
 D : 応力度が許容応力度を超過する部材

表-3 下り線E橋(鉄桁橋)既設部の照査結果

部材名称	断面総数	A		B		C		D		
		部材数	比率(%)	部材数	比率(%)	部材数	比率(%)	部材数	比率(%)	
G1	コンクリート上縁	7	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0
	上フランジ上縁	7	2	28.6	0	0.0	0	0.0	2	28.6
	下フランジ下縁	7	0	0.0	5	71.4	2	28.6	7	100.0
G2	コンクリート上縁	7	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0
	上フランジ上縁	7	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0
	下フランジ下縁	7	2	28.6	5	71.4	0	0.0	7	100.0
G3	コンクリート上縁	7	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0
	上フランジ上縁	7	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0
	下フランジ下縁	7	4	57.1	3	42.9	0	0.0	7	100.0
G4	コンクリート上縁	9	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0
	上フランジ上縁	9	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0
	下フランジ下縁	9	5	55.6	3	33.3	1	11.1	9	100.0
合計	90	13	14.4	16	17.8	3	3.3	32	35.6	

A : 応力度の超過が許容応力度の10%未満の断面
 B : " 10%以上20%未満の断面
 C : " 20%以上の断面
 D : 応力度が許容応力度を超過する断面

応力超過している部材をみると、その70%以上が斜材である。これは、曲げモーメントに抵抗する上下弦材よりも、せん断力を受け持つ斜材の方が活荷重の増加率が大きいためである。また、許容軸方向圧縮応力度の算出式が新旧の道路橋示方書^{5)・7)}で異なることも原因のひとつである。

上下弦材で応力超過している部材は、断面力の増加と旧道路橋示方書では局部座屈による許容応力度の低減がなかったことが原因となっている。

(2) 既設鉸桁橋の照査

下り線E橋（鉸桁橋）について照査を行った結果を表-3に示す。総数90断面のうち32断面が許容応力度を超過するという結果になった。このうち20%以上の超過率を示す断面は3つだけであり、その他はほとんどが10%程度の超過率である。

応力超過している断面をみると、そのほとんどが下フランジ下縁における照査で許容応力度を超過している。これは、既設橋が合成桁であり、上フランジは床版との合成作用を考慮するため、許容応力度に対して余裕を持った断面となっていることによる。これに対し、下フランジは許容応力度に対してほとんど余裕がない状態で断面決定されていたためであると考えられる。また、道路橋示方書の改訂に伴い、合成桁下フランジの許容応力度の割増に関する規定が、既設橋設計時に比べて厳しくなったことも原因のひとつである。

(3) 今後の対応

今回述べたような応力超過部材については、基本的に新設部と同等の耐荷性および耐久性を確保できるよう対策を実施すべきであるが、既設橋梁の補強工法について技術的に確立されたものは非常に少ない。適切な補強が行われない場合、逆に既設橋梁に損傷を与えるといった結果にもなりかねないうえに、コスト面においても非常に不利である。重要なことは、現状の損傷実態、実応力度などを的確に把握し、疲労損傷の発生やその進展に伴う長期的な耐荷（耐久）性能の低下を防止することであり、むやみに補強を行うことは避けた方が良いと考えられる⁸⁾。

また、橋梁拡幅設計・施工指針（案）に示される、既設橋における実発生応力の現場計測結果に基づいて、B活荷重の強度を60%とした場合、先の照査で応力超過していた部材は、そのほとんど

が許容応力度を満足する結果となった。

以上のような観点から鶴川大橋では、既設橋の点検の継続を実施し、当面は補強などの対策を行わないこととした。

おわりに

平成12年3月現在、鶴川大橋の拡幅工事は、来るべく21世紀の供用に向けて鉸桁橋の架設がほぼ終わりを迎え、トラス橋の架設の最中である。今後、一次床版の打設、新設・既設間の接合、二次床版打設、巻立てコンクリートの施工、橋面工と現場での作業は目白押しである。橋梁数が多く、高橋脚の上での作業が続くが、工事完了まで駒井鉄工・栗本鐵工所共同企業体一丸となり、無事故で竣工を迎えたいと考えている。

社会資本整備におけるコスト縮減が重要課題である今日、本工事のような拡幅工事を含む補修・補強工事は、既存ストックの効率的活用を促す意味でも今後増えてくるものと考えられる。その際、本報告が何らかの参考になれば幸いである。

最後に、鶴川大橋拡幅工事の設計を行うにあたり、ご指導をいただいた日本道路公団東京建設局構造技術課および上野原工事事務所の皆様をはじめ、関係各位に感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 高速道路技術センター：中央自動車道改築（上野原～大月間）橋梁拡幅検討報告書（その1～3），1994.3，1995.3，1996.3.
- 2) 建設省：鋼道路橋設計ガイドライン（案），1995.10.
- 3) 日本道路公団：構造物施工管理要領，1999.7.
- 4) 日本鋼構造協会：供用下における鋼構造物の溶接施工指針（案），1993.2.
- 5) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説，I 共通編・II 鋼橋編，1996.12.
- 6) 日本橋梁建設協会：A活荷重・B活荷重による鋼橋の解析，1995.3.
- 7) 日本道路協会：溶接鋼道路橋示方書解説，1967年追補，pp.85-88，1968.5.
- 8) 日本道路協会：鋼道路橋施工便覧，pp.213-214，1972.10.