

# 既設鉸桁橋の拡幅補強設計

八千代エンジニアリング株式会社 筒井 幸司  
 仁山 康史  
 ○照屋 宏

## 論文要旨

本報告は、既設鉸桁橋に幅員（4m）の自歩道を一体化させた拡幅補強設計を、補強事例の1つとして内容紹介するものである。既設橋への負担軽減のため拡幅部にアルミ床版を採用したこと、同時に補強板による主桁補強（活荷重 25tf 対応）等を図ったことが特徴的である。

キーワード：鋼連続鉸桁橋、拡幅、橋梁補強、渋滞緩和

### まえがき

本橋は国道バイパスに位置する河川橋梁（橋長 420.3m、上下線分離構造、設計活荷重 TL-20）で、その形式は3区間連続非合成鉸桁（支間割 3@46.4m）の3連構造となっている。図-1にその全体一般図を示す。

本バイパスは供用以来30年余りの年月が経過しており、この間、沿道周辺の市街化が進み、その交通量は現在ではバイパスが対応できる限界に達し、渋滞や交通事故、騒音問題といった様々な地域社会の課題を抱えている。

これらの課題を解決するため、既存道路の効率的活用を基本理念としたバイパスのリニューアル計画が立ち上がった。これを上位計画として、本橋の上り線は現在の自歩道部分を、下り線については現在の側道部分をそれぞれ付加車線とする改築に取り組むこととなった。

一方、平成5年11月規制緩和の一環として車両の大型化が図られ、新設計活荷重（A活荷重、B活荷重）への改訂が

なされたが、本拡幅工事と同時にB活荷重への耐荷力補強を実施する機会を得ることとなった。

本報告は、拡幅して自歩道部分（有効幅員 4.0m）を移設する上り線の主桁補強、横桁補強を主として、その補強事例を紹介するものである。

### 1. 拡幅構造

拡幅構造には従来の鉄筋コンクリート床版や鋼床版に代えて、軽くて耐食性に優れたアルミニウム合金材を用いた床版（以下、アルミ床版）が採用された。

アルミ床版は鋼材に比べ軽量であることから、ブラケット構造による拡幅が可能となり、既設上部工の補強や橋脚・橋台への影響を最小限に抑えることができ、かつ架設の作業性が向上する等の長所を有している。

アルミ床版の具体的な設計内容については誌面の都合上、割愛させて頂くこととする。

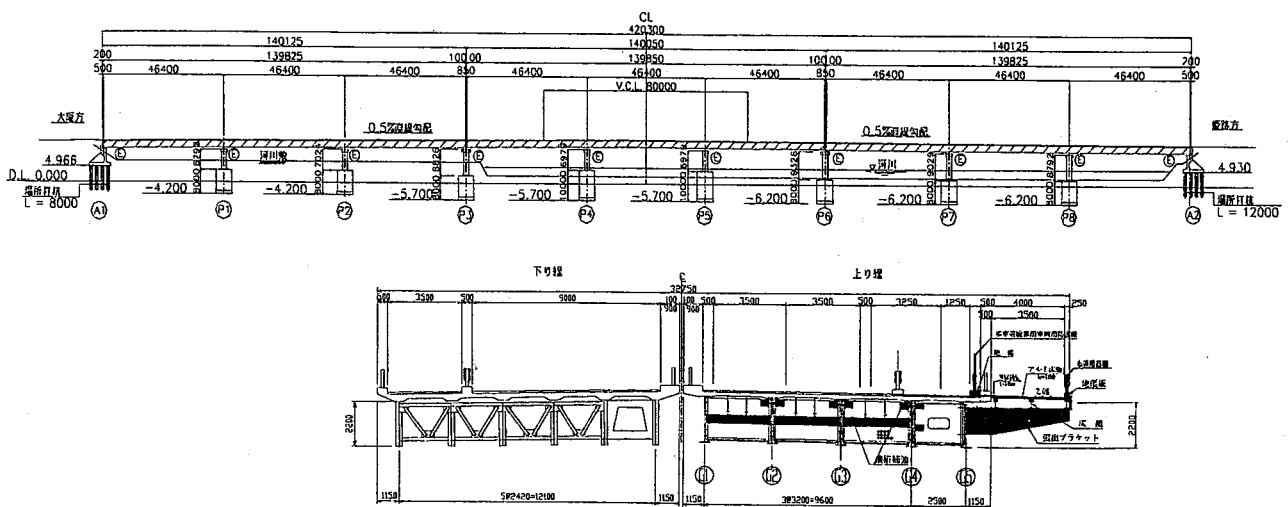


図-1 全体一般図

着色部：本業務で追加した部材

## 2. 主桁補強

既設橋梁の補強設計の多くは、耐荷力照査を「既設橋梁の耐荷力照査実施要領(案)」<sup>1)</sup>(以下、実施要領(案))に従って実施し、補強要否の判定を行った後に、補強が必要な橋梁に対しては補強工事を実施することとしている。

しかし、実施要領(案)は補強の必要性の目安を示すものであり、実際に補強を行うかどうかは、橋梁の損傷程度や交通の状況、路線の重要度等から総合的に判断されるべきものである。

そこで本橋においては、交通量の大きさを重視し、実施要領(案)における最終段階である実応力度の測定を行った上で、補強の要否を判定する運びとなった。

### 2-1. 応力頻度測定<sup>2)</sup>

実応力度の測定は、既設橋梁の補修補強要否の判定マニュアルである「応力頻度測定要領(案)」<sup>3)</sup>(以下、測定要領(案))に基づいて行われた。測定要領(案)には、設計活荷重と実際の交通現況に即した活荷重との差による余裕や構造解析の計算応力度と実応力度との差による余裕の評価、それらの余裕を安全照査に取り組む方法等が示されている。

本橋における応力頻度測定はA1~P1間の10箇所、計40点(支間中央付近1断面×5主桁×4点、中間支点付近1断面×5主桁×4点)で平日72時間の計測を実施された。

応力頻度測定方法の詳細については応力頻度測定結果を参照されたい。

ここでは補強要否の判定に必要な基礎データとなる実応力度と計算応力度の比率 $\alpha$ が算出されたので、その結果についてのみ報告する。

$$\alpha = \sigma_{\max} / \sigma_{L1}$$

ここに  $\sigma_{\max}$  : 応力頻度測定による実応力度

$\sigma_{L1}$  : L-20活荷重による格子解析より算出した計算応力度

$\alpha$ の算出結果は上フランジで0.5、下フランジで0.6であった。

格子解析の結果に対し、実応力度が小さくなった理由としては

- ① L-20と実荷重の差異
- ② 床版が合成桁的に主方向の抵抗断面として寄与
- ③ 既設床版補強縦桁の主桁効果
- ④ 横構が主桁下フランジの軸応力の一部を負担等が考えられる。

### 2-2. 補強要否の判定<sup>4)</sup>

拡幅後の活荷重による実応力度は、2-1.で算出した比率 $\alpha$ を用い下式で推定した。

$$\sigma_{L2'} = \alpha \cdot \sigma_{L2}$$

ここに  $\alpha$  : 計算値から実応力度を推定するための係数

$\sigma_{L2'}$  : B活荷重相当の実応力度(推定値)

$\sigma_{L2}$  : B活荷重による格子解析より算出した計算応力度

次にこの $\sigma_{L2'}$ を用いて補強要否の判定を下式で行った。

$$\sigma_{L2'} < (\sigma_a - \sigma_d - \sigma_g) : \text{補強しない}$$

$$\sigma_{L2'} > (\sigma_a - \sigma_d - \sigma_g) : \text{補強する}$$

ここに  $\sigma_a$  : 許容応力度

$\sigma_d$  : 死荷重応力度(計算値)

$\sigma_g$  : 群衆荷重による応力度(計算値)

上式において、群衆荷重とB活荷重が満載となる確率は小さいが、安全側の設計としてこれを考慮し判定した。

図-2は補強の程度が最も顕著なG5桁の設計曲げモーメント(拡幅後)と抵抗曲げモーメント(既設桁)の関係である。図中の着色部は補強が必要であることを示す。

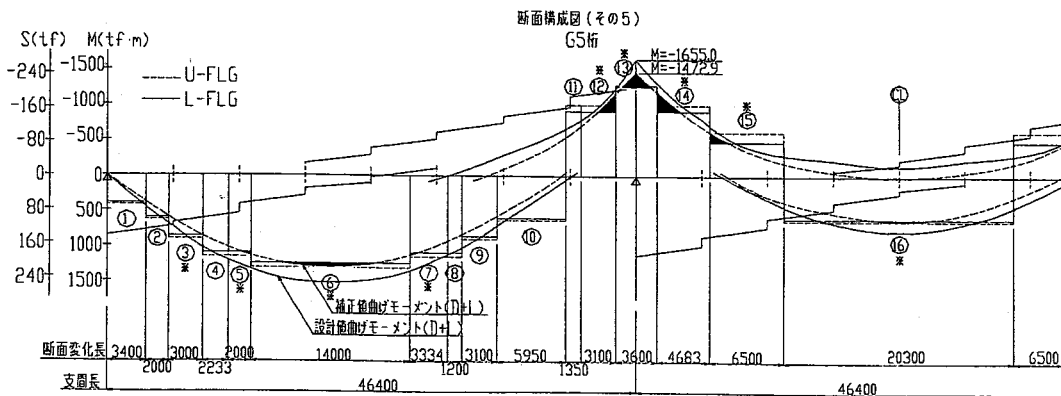


図-2 既設桁の断面抵抗と設計曲げモーメント(G5桁)

※印は、応力超過(NG)断面を示す。  
補正曲げモーメント(D+L)は、応力頻度測定結果を反映し、B活荷重による曲げモーメントを60%とした断面力を示す。

2-3. 補強方法の選定

表-1 に補強方法の比較検討結果を示すが、補強方法は施工性に優れ、実績の多い補強材工法を採用することとした。

これは本橋の現地条件を考えた場合、工事に対して大規模かつ長期の交通規制が困難であるので、供用下での施工に適合する補強工法を選定する必要があること、また補強の程度が局部的であるので、局部補強に適した工法でなければならないことより決定した。

なお、本橋のような鋼桁橋ではフランジへの補強が最も効果的であるが、下記の理由により補強材はフランジ近傍のウェブに取り付けることとした。

- ① 既設桁がすでに重ねフランジ（最大2枚）となっている。

- ② 補強部材の程度によっては、桁下空間に補強部材が突出する。
- ③ 引張領域でのフランジ補強は、孔引きによる断面欠損で補強板が大断面となる。

補強板の取り付けは高力ボルトによる接合とした。これは供用下の溶接が難しく、溶接は残留応力の問題や疲労の影響を受けやすいことを懸念したためである。

また既設橋梁の補強工事であり、既設橋梁との取り合いが品質確保上重要である。よって施工に先立つ現地計測が必要で、工場製作、現地施工に手戻りが生じないよう設計においてもこの点を配慮し、また吊り足場上の狭隘な桁間での施工となるため、補強板の材片重量を抑える等の注意が必要となる。

表-1 補強方法の比較検討

| 工 法        | 補強材工法  | 桁増設工法   | 外ケーブル工法   |
|------------|--|---|---|
| 主な適用目的     | 抵抗断面の増加による耐力の増大  | 構造系の変更による耐力の増大及び作用力の分配  | 抵抗部材の追加による耐力の増大   |
| 設計・施工法の概要  | 主桁断面に補強材を溶接、高力ボルトにより接合し、桁の耐力を増大させる   | 既設主桁に隣接させて、増設の主桁を並列配置し、荷重を分担する  | 既設主桁にケーブル（索張材）を配置し、プレストレスを導入                                      |
| 概略構造図      |  |   |   |
| 補強効果       | 大幅な耐力増とはなりにくい、局部的補強が可能   | 分配効果による作用力の低減<br>床版支間の短縮  | 主桁引張応力の低減<br>桁全体の耐力増に効果あり   |
| 経済性        | ○  | ×   | ○   |
| 施工性        | 規制   | 一時  | 長期  |
|            | 難易度  | 易   | 難   |
|            | 工期   | 短期  | 長期  |
| 適用上の留意点    | 補強時に既設部材を支持できない場合、補強断面は活荷重にのみ抵抗<br>溶接接合で補強した場合、局部的な残留応力やひずみの発生に注意  | 死荷重増加、支承数増<br>床版支間の短縮が主目的で主桁の補強効果としては、補強規模の割には期待できない<br>補強規模が大きく、経済的に問題     | PC ケーブルの張力管理等、煩雑となる施工手順の管理<br>PC ケーブル定着部等の構造の複雑化<br>プレストレス導入効果の特定 |
| 適用実績       | 最も一般的で実績も多数  | 実績は少ない  | 徐々に増えつつある（鋼橋では少ない）  |
| 問題点及び適合性評価 | 規制が少なく、且つ桁全体の補強ではなく、本工事の特色である局部的な補強に対応できるため、適している<br>桁下への補強部材の突出とフランジの孔明けの断面欠損による応力増加を避けるため、フランジ近傍のウェブ位置に補強材を取り付ける | 主要幹線であり、交通量も多く、長期の交通規制は不可<br>既に床版補強用の縦桁が増設されているため、主桁を増設するためには補強縦桁を撤去する必要がある | 桁全体にわたる耐力増大には適している  |
|            | ◎  | ×   | ○   |

2-4. 補強断面の算定

死荷重は既設断面で、拡幅死荷重および活荷重については補強後断面で抵抗することとし、それぞれの応力度の加算値が許容応力度以下であることを照査した。

ただし、活荷重についてはB活荷重載荷の格子解析計算応力度に、前述の比率 $\alpha$ をかけて実応力度を推定した。

既設桁が鋼重軽減のため断面変化していることを踏まえ、補強設計はその断面一定区間を1ブロックとし、1ブロック1断面の断面算定を行った。つまり、ブロック内の最大断面力発生位置の応力度が許容値を超過した場合は、1ブロック全長を同じ補強板による補強単位とし、構造の簡素化（製作、現場施工の省力化）を図っている。

図-3に補強板の取り付け方の基本断面を示す。補強板は平板形状を基本とするが、応力超過が非常に大きい断面はT型形状で対処した。

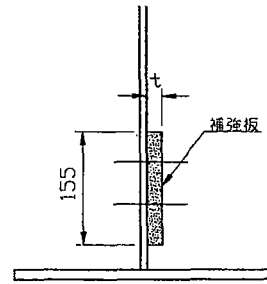
補強範囲の補足事項として、補強範囲の最低長は桁高の2倍+1.0m=5.4m以上（道示II鋼橋編8.3.3重ね合わせフランジの規定を適用）とし、また補強板は補強が不要となる位置から、次の補剛材パネルの終端位置まで延ばすことを原則とした。

補強板の1部材重量は200kg程度以下を目安とした。

高力ボルトは最大ピッチで割り付け、板幅方向は2列の配置を基本とした。またボルト接合に関する既設桁と補強板の断面一体化については、道示II鋼橋編4.3.5の曲げによるせん断力を受ける水平継手として照査した。

図-4にG5桁の主桁補強概要図を示す。

標準部補強断面



T型補強断面

(G5中間支点付近)

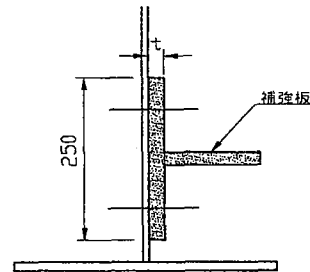


図-3 補強板の取り付け方

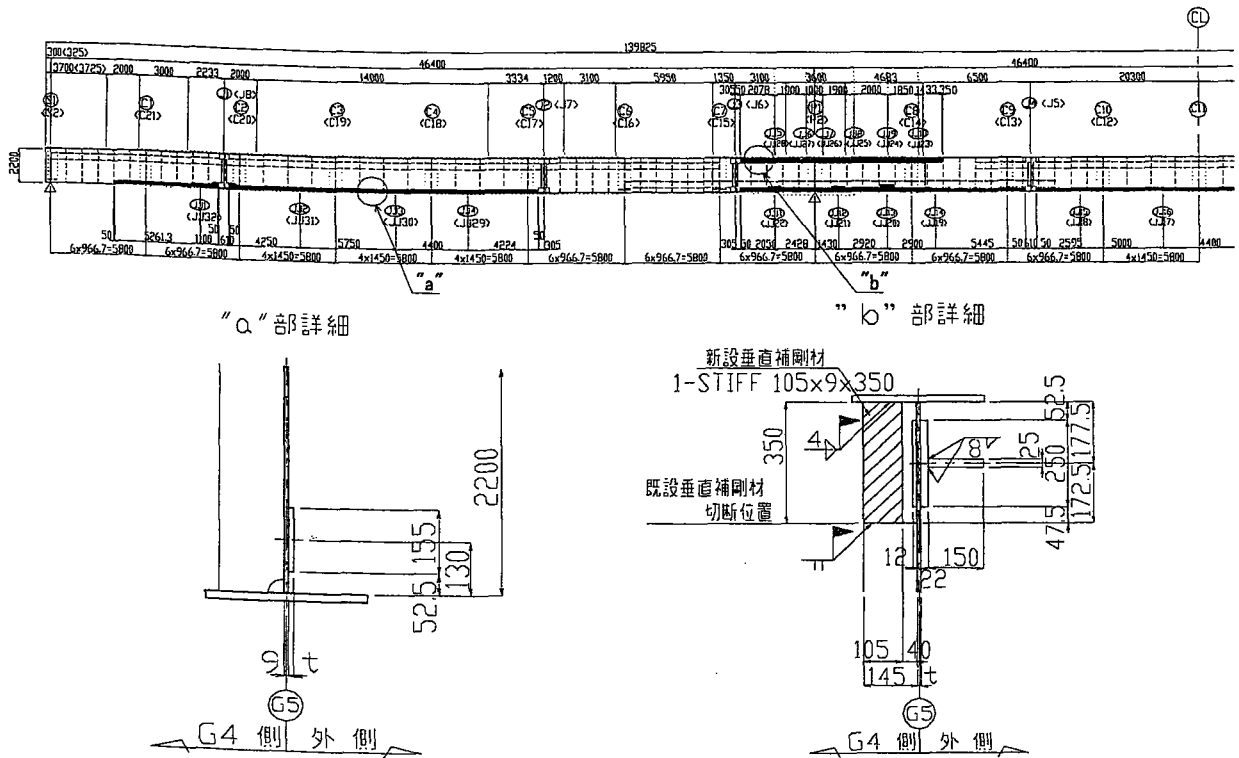


図-4 主桁補強概要図 (G5桁)

### 3. 横桁補強

本橋上り線は昭和 56 年に R C 床版の損傷対策マニュアル<sup>5)</sup>に基づいた床版補強が増桁工法で為されており、その際、補強増桁と建設当初の分配対傾構が干渉するため、分配対傾構の斜材等が撤去されている。

そこで建設当時の分配対傾構剛性に近づくよう、剛性の復元を考えた。

横桁補強は図-5 に示すとおり、既設の床版補強横桁の下に I 断面部材を付加させる方法とし、主桁との間は曲げモーメントを伝達できる構造とした。なお、曲げモーメントによって生じるフランジ力の伝達は、施工性を考慮し、高力ボルトによる引張接合方式を採用した。

分配横桁補強の配置数については、1 径間当たり 3 断面で十分な分配効果を期待できるが、格子解析の結果は分配横桁に作用する曲げモーメントが大きくなり、照査の結果は、既設床版補強横桁の上フランジ応力度が許容値を大幅に超過した。以上のことから、分配横桁は当初の対傾構間隔 (05.8m) と同じ間隔の補強配置とした。

I 断面部材の代わりに H 形鋼の使用を検討したが、既製の形鋼使用は、既設橋との取り合いで不具合を生じる可能性があり不採用とした。

#### あとがき

本橋の補強設計における応力度計算は、拡幅死荷重および活荷重に対して補強後断面で抵抗することとしたが、供

用下での施工を行って、補強効果が計算上仮定したレベルで現れるか否かの確認を行っておくことが望ましいと考えられる。

また B 活荷重の導入により、TT-43 で設計された特定路線以外の旧橋梁は、耐荷力の評価を許容応力度法で行う限り、比較的規模の大きい補強が必要となることが想定される。

これに対して本橋の場合は、主桁の実応力度を測定することで既設橋梁の現在保有する性能を評価し、設計に反映させることで、補強程度の低減を実現できた。

本報告が既設橋梁の効率的活用を図れた 1 事例として、今後の同種業務遂行の参考となれば幸いである。

最後に、ご指導、ご助言を頂いた本橋の関係各位に誌面をお借りし、深く感謝の意を表します。

#### 参考文献

- 1) (財) 道路保全技術センター：既設橋梁の耐荷力照査実施要領 (案), 平成 5 年 6 月
- 2) 国土交通省：本橋の応力頻度測定結果, 平成 14 年 6 月
- 3) (財) 道路保全技術センター：応力頻度測定要領 (案), 平成 8 年 3 月
- 4) 国土交通省：本橋の主桁補強の要否判定, 平成 14 年 7 月
- 5) 建設省近畿技術事務所：R C 床版の損傷対策マニュアル, 昭和 51 年 2 月

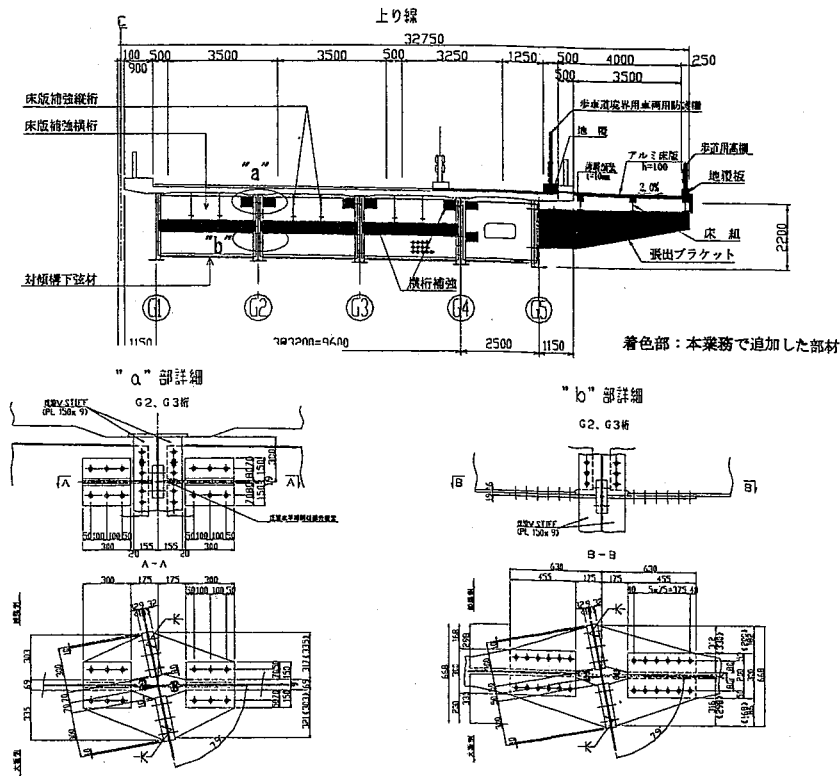


図-5 横桁補強概要図