

バイパス工法による鋼添接部の 補修計画策定について

土佐国道事務所 工務課 青 江 匡 剛

国道55号(162k802～163k0003)の安田川に架かる安田川大橋側道橋(下り)は、1992年に供用開始し建造後26年を経過する橋長194.61mの5径間単純鋼床版(変断面)鉸桁橋である。

橋梁点検結果にて、添接部(10箇所)に腐食に伴う著しい「主桁と添接板の減厚、添接ボルトの先細り」を確認した。

本報告は、腐食原因の推定から特定、補修工法の選定に至るプロセスを報告するものである。

キーワード 塩害、バイパス工法、ボルト取替え、コスト縮減

1. はじめに

安田川大橋側道橋(下り)は、高知県安芸郡安田町にある安田川を横過する5径間単純鋼床版(変断面)鉸桁橋である。1992年に供用開始し、近隣の小中学校の通学路に位置し住民の生活基盤を下支えてきた。

本稿では、安田川大橋側道橋(下り)に生じている主桁添接部の抜本的解決を図るべく行った各種検討や決定に至ったプロセスについて報告を行うものである。

(3) 橋梁断面図



写真-2 現況写真

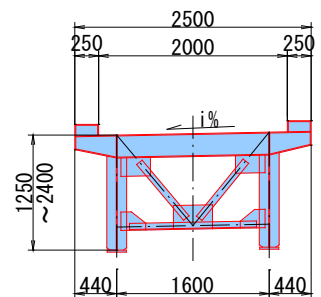


図-2 現況断面図

2. 橋梁諸元

(1) 橋梁位置図



写真-1 架橋平面写真

(4) 橋梁条件

表-1 橋梁諸元一覧表

橋 梁 諸 元	
荷重および橋格	側道橋(群集荷重)
橋 長	194.61m
支 間 長	36.493m+36.130m +46.226m+35.662m+36.502m
全 幅 員	2.5m(有効幅員W=2.0m)
構造形式	上 部 工 5径間単純鋼床版(変断面)鉸桁橋
	下 部 工 逆T式橋台、張出式橋脚
	基 礎 工 直接基礎、オープンケelson(φ6.5m～φ7.2m)
適 用 示 方 書	道路橋設計示方書、 立体横断施設技術基準

(2) 側面図

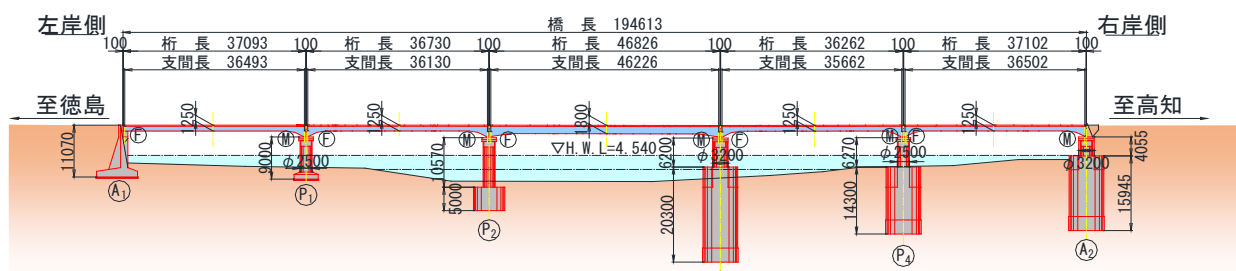


図-1 安田川大橋側道橋側面図

3. 損傷状況

(1) 損傷履歴の精査

H16年度より、橋梁点検は1回/5年で実施しており、損傷履歴がある。よって、ストックマネジメントの観点より損傷の進行などを時系列に把握することとした。

主桁添接部の損傷はH22年度に確認を行っている。当時は錆色が茶色であったことからRC-Ⅲによる補修塗装を計画していたものの、H24年度に補修塗装工事を実施したところ、対象橋梁が離岸距離が200m以内であり塩害による錆の進行が著しかったことから、添接部における腐食の抜本的解決が必要であると判断し、添接部に限り補修塗装を実施しなかった（主桁などは当初計画通りに補修塗装を実施）。以下に損傷の進展状況をまとめる。

a) 支承部

支承部の腐食は、H22年度にて「腐食度-e，対策区分-C判定」であり、H24年度補修塗装を実施し、H27年度点検時には、再劣化は生じていない。



写真-3 支承部

b) 腹板添接部

腹板添接部の腐食は、「腐食度-e，対策区分-C判定」であったものの、後述する「発錆の過程」から補修塗装では再劣化が生じ、発錆の抜本的解決が図れないと判断し、H24年度で補修塗装未実施としている。

現在では高力ボルト部を中心に発錆が広がっていると、茶色から黒茶褐色のうろこ錆へと変化している。



写真-4 腹板添接部

c) 主桁下フランジ添接部

滞水が生じやすい下フランジ部では、錆の進行が著しいことが顕著に分かる。錆が赤褐色から、黒褐色になり層状剥離に進展している。



写真-5 主桁下フランジ添接部

d) 高力ボルト部

鋼橋は、高力ボルト摩擦接合にて設計が行われていることから、高力ボルトの損傷や脱落は添接構造に影響し、橋梁の崩壊などに直結することから、高力ボルトに焦点をあてて考察した。



写真-6 高力ボルト部

写真-6より、ボルト部は水が溜まりやすい部位であることから、5年の間で「高力ボルトの先細り、ナットに花が咲くような割れ」が生じていた。

(2) 発錆原因の特定

添接部の発錆における抜本的解決を図るべく発生原因を考察した。(写真-7参照)

① 床版DECKと腹板の交差部(以下“a”部と称す。)に発錆が確認したものの、ボルト群の錆色と同程度かつ錆汁が桁下方向に伸びていない。

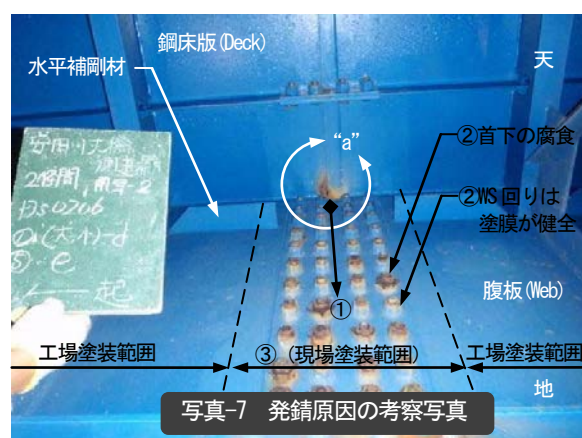
⇒ “a”部からの浸透水によりボルト群が損傷したのでは無い。また、錆汁が発生を誘発したとも考え難く、外的要因であると推定できる。

② 高力ボルトの首下から腐食が発生している。

⇒高力ボルトの締付け不足によるワッシャー(WS)回りからの漏水で無いと判断され、外部から水供給(降雨など)により発錆と推定できる。

③ 添接部以外の塗膜は健全である(塗膜劣化は生じていない)。

⇒建設時の現場塗装箇所に腐食が生じており、凹凸が多く塗装しづらい部位に集中的に腐食が生じていることから、下塗りから現場塗装を行うことが適していない環境であると推定できる。



上記①～③より、腐食原因は塩害かつ塗装を行いつづらな部位(添接部)を現場で実施したなどの環境下で生じた経年劣化であると特定した。

4. 補修対策工の検討

添接部にある腐食の抜本的解決を図るべく、以下の3案を策定し比較検討を行った。

＜検討条件＞

- ①通学路(片歩道)であるため、施工時も供用を前提とする。
- ②桁下余裕(H.W.L+5.0m程度)があるため通年施工が可能。

第 1 案 RC-I による部分再塗装案 (通年度補修設計案)					第 2 案 支保工による取替え案					第 3 案 バイパス工法による取替え案				
概 略 図	工 種	単 価	数 量	概算工事費	工 種	単 価	数 量	概算工事費	工 種	単 価	数 量	概算工事費		
	素地調整	8,000円	60m2	480,000円	支保工基礎	45,000円	200m3	9,000,000円	鋼部材 (材工、ぶ付含む)	800,000円	6.0t	4,800,000円		
	現場塗装	15,000円	60m2	900,000円	支保工 (鋼製ベント)	120,000円	160m	19,200,000円	バイパス材	800,000円	2.0t	1,600,000円		
	吊足場	6,000円	50m2	300,000円	鋼部材 (材工、ぶ付含む)	800,000円	6.0t	4,800,000円	現場塗装	15,000円	40m2	600,000円		
	ボルト取替え工	1,705円	1024本	1,746,227円	現場塗装	15,000円	40m2	600,000円	吊足場	6,000円	50m2	300,000円		
	小計① (補修工事1回目)			3,426,227円	吊足場	6,000円	50m2	300,000円	小計① (補修工事1回目)			7,300,000円		
経 済 性 (直接工事費)	小計② (補修工事2回目以降)			3,426,227円	小計② (補修工事2回目以降)			900,000円	小計② (補修工事2回目以降)			900,000円		
	LCC (100年) = ① × 5		(1.883)	17,131千円	LCC (100年) = ① × 2		(3.890)	35,400千円	LCC (100年) = ① × 2		(1.000)	9,100千円		
	選 定 案													

(1) 補修工法の決定

上記3案について、構造的・施工性・維持管理性・経済性について比較検討を行った。

結果、第3案 バイパス工法による取替え案を採用した。採用に至った、理由を以下に詳述する。

a) 構造・施工性

第1案は、減厚が生じている添接板を流用することから、構造的に劣る。また、第2案は、安田川に水中ベントを設置する必要があるため渇水期施工となるため、工期短縮の観点から望ましくないと判断した。

b) 維持管理性

H22年度点検で腐食を確認していることから、供用後約20年で腐食が発生している。よって、第1案のRC-Iによる部分塗装替え塗装を実施しても、ライフサイクル(=100年)を考えると、塗装替えを5回実施する必要があるため、維持管理性に劣ると判断した。

c) 経済性

供用目標を100年とした際の、経済性を算出した結果、バイパス工法が最も優位であった。

5. バイパス工法の詳細検討

(1) バイパス部材の設計

本橋は支間長が異なるとともに、変断面(桁高変化)を有する橋梁である(図-1、2および表-1参照)。

このような状況の中で、コスト削減の観点よりバイパス材を各添接部(10箇所)で流用できるように計画を行った。具体的には、

STEP-1: 最大支間長(P2-P3間)に発生する断面力を算出

STEP-2: 各支間の添接部の桁高を算出し、最小の桁高に合わせた垂直補剛材の部材計算を実施。この結果、約1,600万のコスト削減を図った。

(2) 使用高力ボルトの検討

仮設材の摩擦接合ボルトの流用が考えられるものの、締付け後にはボルト・ナットの伸びが生じるため、トルク係数が変わりトルク管理が行えないことより流用しないものとした。

(3) ボルト孔(垂直補剛材部)の閉塞検討

主桁添接部を取換えたのち、腹板にボルト孔が残置されることになる。

添接部の断面計算を行ったところ、せん断力(S)=70.57kNであり、孔明け数を除いた孔引き応力度(τ)=7.3N/mm²≤80.0N/mm²であった。

よって、腹板に孔明けした状態のまま残置しても、せん断力照査、腹板座屈を含めて問題なく現場塗装を行って完成することも可能である。

ここで、前述の発錆原因の特定より「現場塗装部からの劣化」に着眼し、応力的に問題無いものの、孔明け部の防食対策を行う必要があると判断した。

以下に、防食対策2案を記載する。

a) CASE-1. ストップ・ボルトによる防食対策

本案は、高力ボルトにより孔明け部を塞ぐ案である。腐食の再発を防止する観点から、溶融亜鉛メッキ高力ボルトをストップ・ボルトとして選定した。

なお、普通ボルトでは締付け力が一定で無く、管理値などを設けることができない、SUS製は異種金属による電位差により発錆の原因になるため検討から除外している。

b) CASE-2. シリコーン化粧ボルトによる防食対策

本案は、孔明け部をシリコーン化粧ボルトで塞ぐ案である。せん断耐力は0であるものの、水密性に強く1分間に40 /m²(240mm/時間の降雨量相当)を40分間噴霧し続け、圧力を735Mpa～2700Mpaと変化させても漏水しない

(JIS A 1517. 建具の水密性試験および参考文献-3)。なお、シリコンの耐久性は100年～150年であり耐久性も有している。

3) 検討結果

構造的、耐久性、安全性の観点より本橋は、CASE-1. ストップ・ボルト (F8T) 案を採用した。採用理由を以下に示す。

- ①耐久性、水密性は確保できるものの、温度変化への追随性が劣る。
- ②一次部材の設置であり、発錆により減厚が生じたとしてもせん断流を伝達できる構造とすることが望ましい。
- ③製品誤差が無く、同一の品質基準と管理が可能である。
- ④シリコンのヤング率は、40.3Mpa(最大値)であり鋼材の20%に満たないため、相関的な挙動にならない。

6. バイパス工法の施工検討

本工法は、管内に類が無い施工方法であるとともに、既設橋への補剛材設置など煩雑な施工となるから、模型を作成し部材の干渉などを確認するとともに、施工シミュレーションを行った。

なお、右記に示した施工STEPを反映した構造ディテールとなるように、バイパス材の計画へフィードバックを行った。

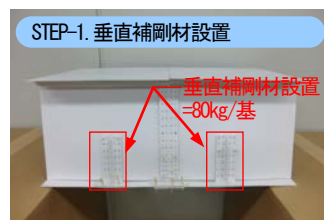
7. 今後の課題

今年度は、限られた時間の中で特異な添接板の取替え計画などを行った。

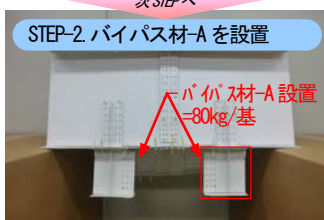
鋼橋と錆の関係は、切っても切り離せないものであり今後の維持管理を行っていくうえで、再劣化の防止や新設時における構造ディテールの配慮が望まれる。

今後、望まれる具体的取組みを以下に述べる。

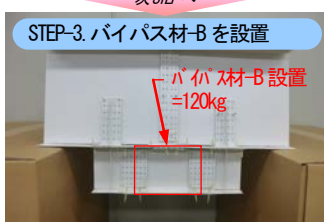
- ①今後、橋梁計画を行う際には標準図集にある1%放物線(最小水勾配)に捉われない計画を行い、歩行性を確保したうえで水勾配は可能な限り設置することが望ましい。
- ②材料選定を行ううえでは、材料特性(伸び、ヤング係数など)に配慮した計画を行うことが望まれる。
- ③補修計画では診断結果のみならず、健全度評価指標を設計の視点からも確実に実施し、「色の濃さ、供給源を含めた水みち、損傷(錆やひび割れ)の方向、構造的な応力特性(疲労、曲げ、せん断、合成応力)」などの総合的見地より補修対策工を検討することが望まれる。
- ④減厚や部材取替に至る前の、確実な予防保全対策の実施が望まれる。



【STEP-1】
垂直補剛材を腹板に設置したうえで、当揉みで孔明。



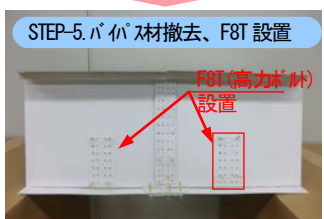
【STEP-2】
既設 L-FLG 下にバイパス材-A をチェーンブロックを介して設置し、当揉みで孔明。



【STEP-3】
バイパス材-B を STEP-2 同様に設置する。



【STEP-4】
既設の添接板を撤去した上で、1 種ケレンを実施。その後、新規添接板を設置



【STEP-5】
バイパス材および垂直補剛材を撤去したのち、ストップ・ボルト (F8T) を設置

四国は、沿岸と国道が並走する区間が長いという特有の道路環境にあることから、管内に同様の損傷を抱える橋梁があると考える。

本稿が、それらの補修計画の一助となれば幸いである。
-以上-

参考文献

- 1) 日本道路協会：立体横断施設同解説基準
- 2) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説
- 3) 第三回道路橋床版シンポジウム講演論文集：腹板孔明け工法による固定型枠支保工の駒瀬川橋床板工への適用