

## 高齢化長大橋の補修・補強設計

## Design Project on Maintenance for a Long span Aging Truss Bridge

○廣瀬 彰則\*                      増田 寛四郎\*\*                      坂野 昌弘\*\*\*  
Akinori HIROSE                      Kanshiro MASUDA                      Masahiro SAKANO

**ABSTRACT** The design project on maintenance for long span aging truss bridges is described. The pacific war or several factor, lost a part of member on any span, the bridge had been in need of its strength, however, a steel member in about 85 years ago is not good to weld, reinforce plates were welded at the failure part. Since it was discovered that there is a part which is not penetration welded to the reinforcement part by the past welding by a non-destructive test besides X-ray photography, reinforcing with Steel Plates and High Tension Bolts, and Core opening of the place for verifying a non-destructive test result was carried out after reinforcement.

**Keywords:** 長大トラス橋, 溶着不良箇所, コア抜き  
*Long span truss bridge, section not penetration welded, Core opening*

## 1. はじめに

国土交通省近畿地方整備局 大阪国道事務所の管内には、昭和初期に建設され、既に80年以上供用され続けて高齢化を迎えた橋梁が数橋存在する。昭和40年代の団塊の世代の橋梁群とは材料も構造特性も異なり、しかも記録がほとんど残っていないこれらの橋梁に対しても長寿命化対策を進めていく必要がある。

そのような中で、新都市社会技術融合創造研究会<sup>1)</sup>の活動の一環として、これらの高齢化橋梁の中で特に重要な路線に架設され、また周辺の土地利用状況等から架け替えが困難な長大橋梁を対象として現状を把握し、健全性の評価・検証を行い、予防保全も含めた最適な補修・補強対策を提案し、その効果を検証した上で今後100年以上の長寿命化を目指した維持管理方新案を策定することを目



写真1 対象橋梁外観

的とした研究プロジェクト<sup>2)</sup>がある。

本稿はこの研究プロジェクトのうち、当該橋梁のひとつである淀川大橋の代表径間を対象として

\* 工博 株式会社エイト日本技術開発(〒532-0034 大阪市淀川区野中北 1-12-39)

\*\* 工修 国土交通省近畿地方整備局大阪国道事務所(〒550-0005 大阪市城東区今福西 2-12-35)

\*\*\* 工博 関西大学環境都市工学部(〒564-8680 吹田市山手町 3-3-35) 第2種正会員

補修・補強対策を提案し、工事に至った経緯について報告するものである。

## 2. 対象橋梁の概要

写真1 に対象とする高齢化を迎えた長大トラス橋梁「淀川大橋」の外観を、写真2 に補修・補強設計で取り扱う代表径間のトラス主構側面を示す。トラス主構はリベットによる小型材片型鋼の組立てによって構成されているが、溶接によってバイパス部材が取り付けられ、既往の斜材や鉛直材の一部分も溶接によって交換されていることが確認できる。



写真2 トラス主構側面

対象橋梁は、大正15年8月に道路・鉄道併用橋として架設された多径間の長大橋で、国道2号が淀川を跨ぐ位置に架かる幹線道路橋である。利用交通量は、23,454台（昼間12時間）うち大型車混入率は12.7%と、阪神間の重交通を担う道路の機能を支え続けている。このため、幾度かの補修・補強工事が実施され今日に至っており、主な補修・補強に関わる維持保守履歴を表1に示す。

## 3. 補修・補強設計の必要性

平成22年度に淀川大橋トラス桁部の現況調査を実施したところ、一部に不溶接部および亀裂が発見されたことから<sup>3)</sup>、早急な補修・補強の実施が求められている。主構トラス斜材部における過去の補修・補強箇所ならびに補強レベルは径間ごとに異なり、第二次世界大戦中に受けたと思われる機銃掃射により大きく断面欠損した斜材に沿わせてバイパス材を設置し、既設材損傷部を撤去後、残存既設材端部分に新設材を突合せ溶接し、その上に当て板を全周すみ肉溶接した構造となっている径間も存在する。この当て板に隠された突合せ溶接部に不溶着箇所が存在する可能性があることが判明したため、X線撮影<sup>3)</sup>（写真3）など

表1 維持補修・補強履歴一覧

年代	橋齢	補修・補強項目	内容
大正15年(1926)	誕生	—	中央に阪神電鉄国道線（軌道幅5.5m）が共存
昭和30年代～	—	—	嵩上げ後、軌道部の撤去
昭和34年(1959)	33	嵩上げ	沓の下にコンクリートブロックによる台座設置
昭和35年(1960)	34	桁補修	バイパス材を用いたトラス斜材の補修・補強 なお、バイパス材は補修後も残置
昭和50年前後(1975)	49	補強	沓座縁端拡幅：全下部工
昭和60年(1985)	59	塗装	塗り替え
平成2年(1990)	64	塗装	塗り替え
平成4年(1992)	66	補修	橋面防水、ノージョイント化、部材補修
		補強	支取替（ゴム支取への交換）
平成7年(1995)	69	補修・補強	橋面防水（歩道）、高欄・防護柵補修 ラーメン橋脚のクラック補修（炭素繊維シート）
平成16年(2004)	78	補強	落橋防止工事

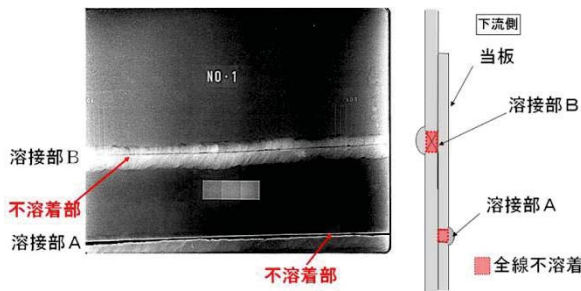
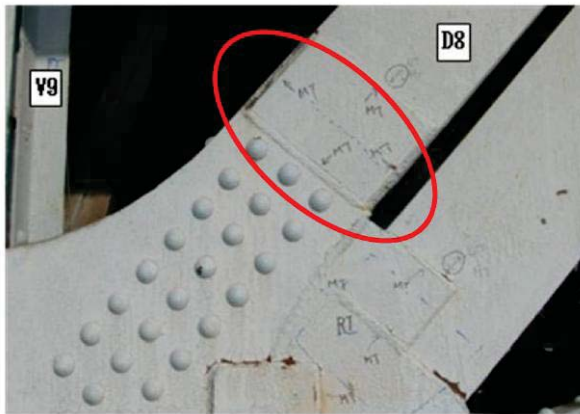


写真3 斜材突合せ溶接部(不溶着・融合不良)<sup>3)</sup>

非破壊検査による不良部位確定の後、新たな補修・補強策を講じたうえで、あわせて不溶着・不良判定部位のコア採取・分析を行なって、非破壊検査結果の妥当性確認と、過去の溶接補強箇所と同様の耐久性確認を実施するものとした。

なお、本橋の母材は大正時代の輸入鋼材である。別途実施した成分分析結果<sup>3)</sup>(表2)よりリンや硫黄の含有率が非常に高いなど、溶接に

適さない鋼材であるため、新たな補修・補強工法としては、当て板と高力ボルトによる摩擦接合を用いるものとした。

#### 4. 補修・補強部材の設計

補強部材の設計においては、橋梁の竣工図書と蓄積された管理資料に基づいて作成した復元設計図面を基本設計ベースとして使用し、補修・補強が必要なトラス格点接合部周辺のディテールについては、足場設置完了後に現橋部材寸法との整合性確保を目的として1/1縮尺図面(プラスチックマイラーペーパー出力図面)を持ち込み実測・微調整することとした(写真4)。

新設補強用当て板と高力ボルトの配置には既設当て板材の形状・ビード状況確認と周辺リベット配置の確認が不可欠であること、またこのような時代の橋梁は鋼材寸法の基本単位が inch であり



写真4 原寸図による細部確認

表2 対象橋梁の鋼材成分分析結果<sup>3)</sup>

部材名		分析値	化学成分 (wt%)								
			C	Si	Mn	P	S	Cu	Ni	Cr	Mo
縦桁	No.1 St1 (B10-B11間)	0.031	< 0.01	0.39	0.045	0.059	0.03	0.03	0.01	< 0.02	< 0.002
	No.2 St1 (B9-B10間)	0.044	< 0.01	0.48	0.11	0.09	0.03	0.04	0.04	< 0.02	< 0.002
斜材	No.7-1 G2-D9 (カハ・7°レト)	0.19	0.03	0.64	0.036	0.061	0.04	0.14	0.11	< 0.02	< 0.002
	No.7-2 G2-D9 (斜材腹板)	0.18	< 0.01	0.48	0.022	0.065	0.38	0.02	0.02	< 0.02	< 0.002
(参考)	JIS SM400A	< 0.23	-	> 2.5×C	< 0.035	< 0.035	-	-	-	-	-

型鋼を多用していることなどから、原寸レベルでの設計を目指す必要性に根ざしたものである。

#### 4. 1. 設計方針

補修・補強設計は以下の方針のもとに実施した。

① 既設リベットの撤去は行わない。

- ・ リベットを避けた当て板配置を行うものとし、やむを得ずリベット打設位置と競合する場合はリベット頭高さに相当するフィラーを用いるものとする。(図1)

② 突合せ溶接部近傍の高力ボルトは後施工と

する。

- ・ 突合せ溶接部には不溶着の疑いがあるため、溶接部に近接した高力ボルトの挿入は、他の高力ボルトの本締め完了後に行う。
  - ・ 表面に全周すみ肉溶接された既設補強板と母材に、新設補強当て板の計3枚を高力ボルト摩擦接合するものとした。
- ③ 新設当て板にコア採取用挿孔を設置する。
- ・ 非破壊試験において溶接不良が確認されている部分については、1/1原寸図面確認時にその位置を確認しており、新設当て

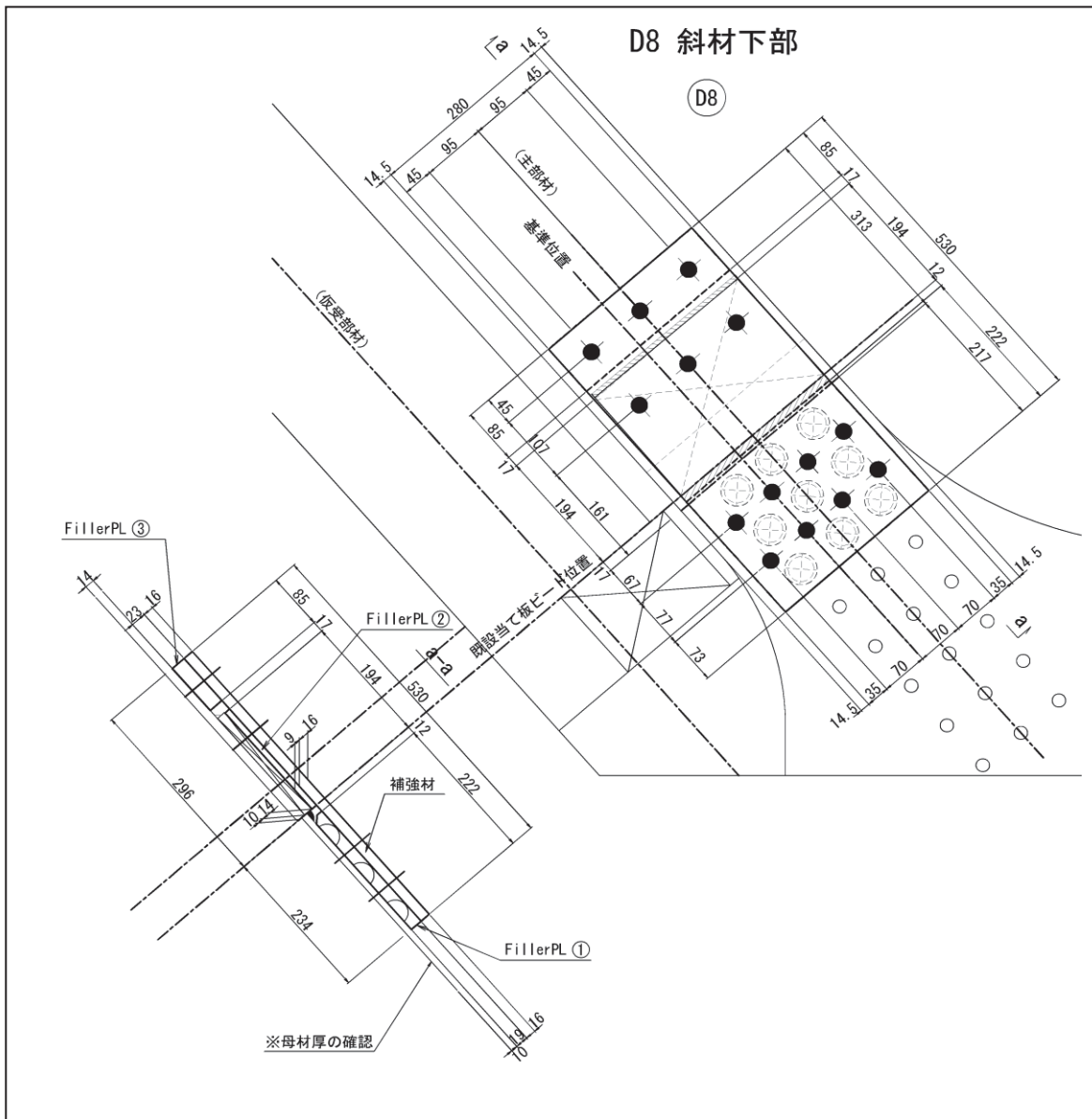


図1 斜材突合せ溶接部補強イメージ (設計例)

板に製作時点でφ40mm 搾孔を行うものとした。

- この搾孔は、高力ボルト接合後の既設補強当て板と突合せ溶接部を重ねてφ26mm コア採取することを目的としたものである。

#### 4. 2. 現橋部材寸法確認

写真4 に示す「原寸図による細部確認」は、一例として斜材にバイパス材が取り付けられている部分であり、補修履歴に基づいて作成した図面を現地に持ち込み確認しているものであるが、履歴資料の上では長年の間に相次いで実施されている補強部材の位置が重なっていたり、補強部材同士の間隔等が不明快となっている場合が多く存在した。それらの状況を全て1/1縮尺で図面に出力し、現橋部材と比較することで実設計に反映させ

るものとした。

一方で、現橋では実際に補強板が重なった状態で施工されていたり、近接した補強板が不均等な間隔ですみ肉溶接されている状況も確認されたほか、緊急性を伴う補強工事であったこともあり、補強履歴に示された設計部材より厚い鋼板が使用されている箇所も存在した。

また、過去に実施された補強板の全周すみ肉溶接についても、そのビード寸法が一定でないなど新たな高力ボルト配置に影響するものであった。

なお、この確認図面用紙にプラスチックマイラーを用いたのは、河川上であり強い風を受けることのほか湿度による伸びの影響を避けることに配慮したものである。

#### 4. 3. 工事指示図面の作成

工事指示図面としては、1/1設計原案をもと

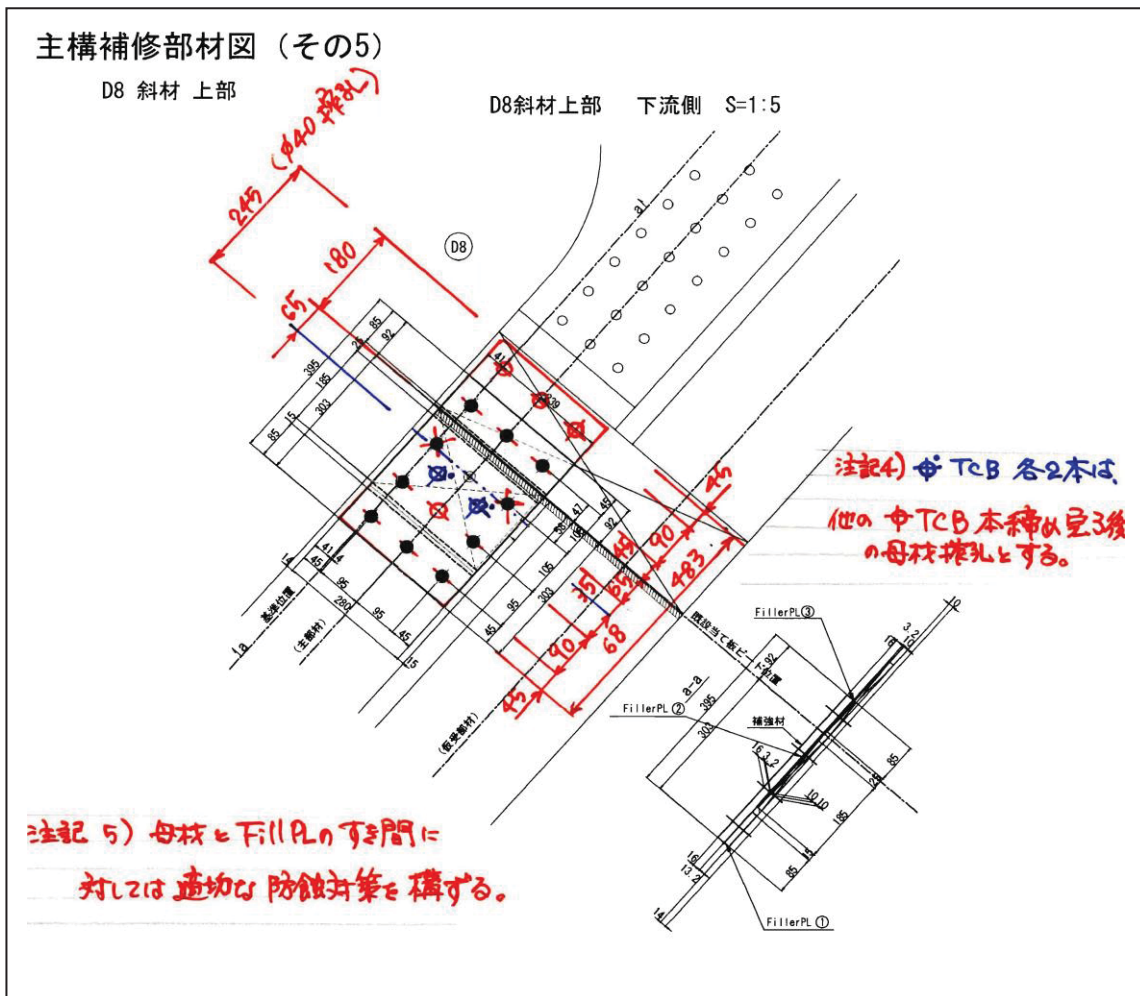


図2 工事指示図面 (部分)



写真5 母材ビード部確認用搾孔

に施工者によって作成された製作図面に対して溶接不良箇所のあるビードから適切に高力ボルトの離隔が保たれるよう、また場合によっては図2に示すよう、広くなりすぎるボルト間隔を調整するため、溶着不良箇所の両側で十分な耐荷力が確保された状況で追加ボルト(図中の青色)を打設するなど、全補強部位にわたって具体的な指示を行っている。

これらの結果、母材と既往の補強板、またその周辺の溶接部に手を付けることなく、異なる板厚の表面不整を現地調査で確認したフィラー板厚で調整し、写真5に示すように当て板と高力ボルトによる補修・補強を実施できた。当て板にはコア抜き用搾孔を設けて、不良箇所の溶接ビード(部分)のコアをサンプル確保できる構造としている。

写真は斜材突合せ溶接部補強後の正面であり、中央の搾孔(φ40mm)は母材の突合せ溶接部(非破壊検査により不溶着と判断された箇所)直上に位置している。これは、突合せ溶接部コア抜きの正確性を確保することのほか、作業空間と機材配置にあわせたコア抜き用ドリルの能力を検討した上でも必要と判断したものである。

この搾孔位置に近接した2本の高力ボルトは、図2に示す青色ボルトであり、他のボルトが有効となった後に、最大ボルト間隔を調整する目的で打設したものである。

## 5. まとめ

高齢化した長大トラス橋の補修・補強対策では、高力ボルト摩擦接合による当て板補強の施工図作成と現地での細部確認を伴う工事指示により、的確な補強工事を行うことができただけでなく、ビ

ード部確認用搾孔を行うことで、既設溶接補修・補強部の不溶着部確認用コア抜きが可能となった。このような事例は、同様の高齢化鋼橋にあって、すでに溶接補修等が施されている場合に対して参考になると考えられる。

橋梁個々の管理水準は異なり、全ての場合で竣工図書や図面などが管理されているとはいえない。そのような中であって、一定レベルの点検結果と調査データに基づくのみでは細部にわたった補強検討には限界がある。橋梁管理台帳などに基づく復元設計を行うことも有効な手段の一つとなるが、幾度となく補修・補強工事が行われている橋梁の復元設計は簡単ではない。

今後の同様の設計においても入念な現地調査は必要不可欠であり、場合によっては設計対象とする橋梁の実測も重要である。さらに、今回のような大幅な部材補強、溶接による部材交換などが実施されている橋梁では当初の一般寸法と実寸法等の間にずれを生じていることも十分考えられるほか、複数の補強材が異なる時期に複雑に取り付けられ、相互の関係が明示されている書類も存在しないなど、1/1図面確認のような調査確認は極めて有効かつ必要となることが明らかとなった。

今後は、今回の設計・施工を通じて採取できたコアの分析を通じて非破壊検査による不溶着推定値との比較検証、および補強部周辺の応力計測による補強効果の検証等を行い、更なる補修・補強設計の合理化についても検討する予定である。

## 【参考文献】

- 1) <http://www.kkr.mlit.go.jp/road/shintoshikenkyukai/index.html>
- 2) 坂野：高齢化を迎えた長大橋梁の診断と長寿命化に関する研究プロジェクト, 第66回土木学会年次学術講演会, CS-7-004, 2011.9
- 3) 河野, 増田, 夏秋, 坂野：淀川大橋補修溶接部の非破壊検査と鋼材の成分分析, 鋼構造年次論文報告集, 第19巻, pp.657-664, 2011.11