

エレクトロスラグ溶接により施工された隅角部の損傷及び補修補強

Repair/Reinforcement of Corners by Electro Slag Welding on Expressway Piers

栗田 繁実*¹ 小林 裕輔*² 内田 賢司*³ 小 坏 毅*⁴
 Shigemi KURITA Yuusuke KOBAYASHI Kenji UCHIDA Tsuyoshi KOAKUTSU

Summary

On the metropolitan expressway, we conducted detailed surveys into fatigue cracks produced in the corners of steel-made piers, and carried out appropriate reinforcement/repair work for the damage detected during these surveys. This article reports the damage conditions, reinforcement, and repair method for piers in which electro slag welding was adopted for the corners of the square columns, along with the results of tests on this welding.

キーワード：角柱、大コア補修、エレクトロスラグ溶接、シャルピー試験

1. はじめに

首都高速道路株式会社では、およそ5年前より鋼製橋脚の隅角部に発生した疲労き裂に対して全線において点検調査を行い、損傷の激しい橋脚については、適切な補強および補修を行ってきた。

本稿で紹介する池452橋脚は、首都高速道路5号池袋線内で1969年12月に開通した区間であり、池袋駅周辺の繁華街に位置する角柱門型ラーメン構造の橋脚である。調査、点検の結果、隅角の起点、終点とも指示模様が確認された。また、外面のマクロ結果では、大きな溶接金属が確認され、既設図に記された多層盛り溶接ではなく、特殊な溶接が行われた形跡が確認された。後の追跡調査により、本橋脚の溶接にエレクトロスラグ溶接が採用されていることが判明した。

以下に、鋼製橋脚の隅角部溶接にエレクトロスラグ溶接を採用した構造の紹介、補強、補修、各種試験結果を紹介する。

2. 橋脚の概要

本橋脚は、図-1に示すような一般的な角柱門型ラーメン橋脚であるが、横梁が片側14mもあり、必要な強度を確保するため、梁フランジ及びダイヤフラムに板厚42mm、材質がHT60の高材質の鋼材を使用している

(表-1)。

板組は、柱フランジが通っており、そこへ梁フランジ

表-1 橋脚諸元

板厚 (mm)	柱フランジ	36mm	HT60
	梁フランジ	42mm	HT60
	ダイヤフラム	42mm	HT60
	ウェブ	25mm	HT60
供用年度	昭和44年		

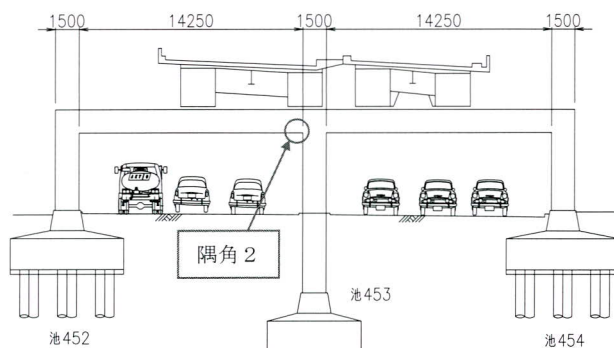


図-1 池452橋脚一般図

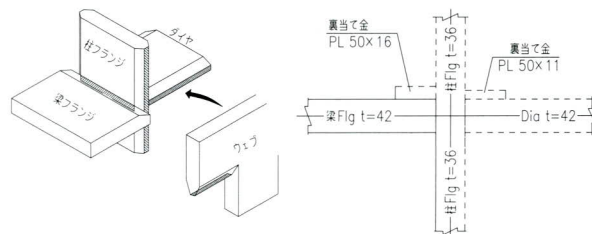


図-2 板組図

*¹技術本部保全部保全技術グループ

*²技術本部保全部課長

*³生産本部技術研究所生産技術グループ

*⁴宮地技工株式会社

とダイヤフラムが十字に溶接されている（図-2）。また、梁フランジおよびダイヤフラムには、裏当て金を設置されており十字継手は、完全溶け込み溶接として施工されたことが想像される。

また、臨時点検での磁粉探傷試験においては、隅角部外面に106mmの指示模様が確認された。

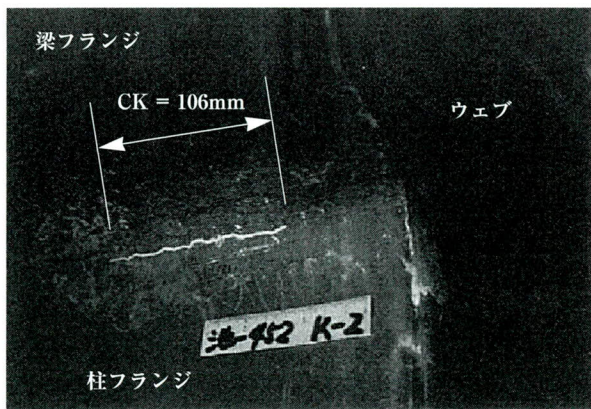


写真-1 池452点検結果①

3. 調査結果

(1) き裂調査結果

臨時点検結果を受け、き裂が確認された箇所を中心にマクロ試験及び磁粉探傷試験により再調査と切削を行った。写真-2は、臨時点検で確認された106mmの指示模様であるが、き裂端部を切削した結果、き裂は母材と溶接金属境部（BOND部）にそって進展していることが確認できた。

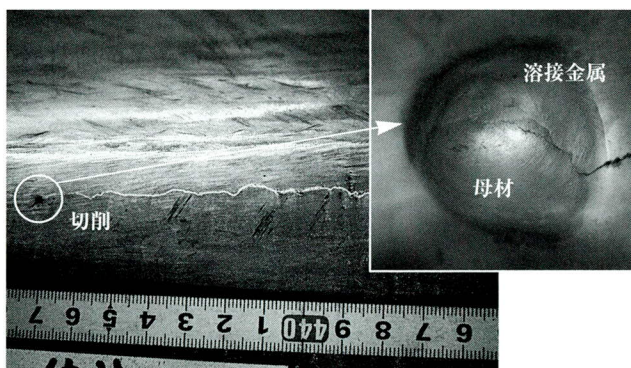


写真-2 池452起点側十字外面（調査結果）

また、同起点側のウェブ外面からの調査結果（写真-3）ではスラグ巻き込みなどの溶接欠陥が確認され、切削除去を行った。

この調査により、ウェブ面に大きな溶接跡が確認され、切削をおこなった孔からも大きな溶接金属が確認でき、本橋脚の溶接方法はエレクトロスラグ溶接にて施工されていることが判明した。

(2) 応力頻度計測結果

当該隅角部の応力頻度計測を行なった。計測位置を図-3に示す。3日間の計測による最大応力範囲は40MPaであり、比較的大きな応力が計測された。作用応力範囲とその繰り返し回数は、疲労損傷の原因として考えられるため、これら応力範囲もき裂発生要因の一つであると推測される。

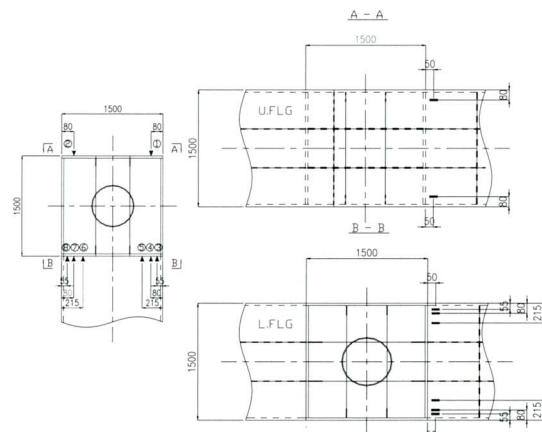


図-3 応力頻度計測位置図

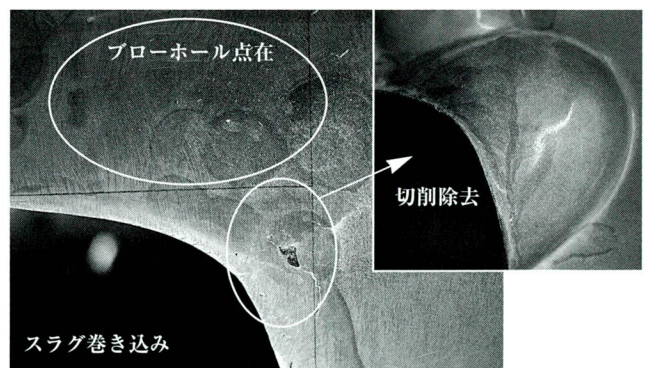


写真-3 池452起点側ウェブ面（調査結果）

表-2 鋼材の成分分析結果

	C	Si	Mn	P	S
SM570 (JIS)	0.18以下	0.55以下	1.60以下	0.035以下	0.035以下
試料 (HT60)	0.16 1	0.40 1	1.37 1	0.021 1	0.017 1

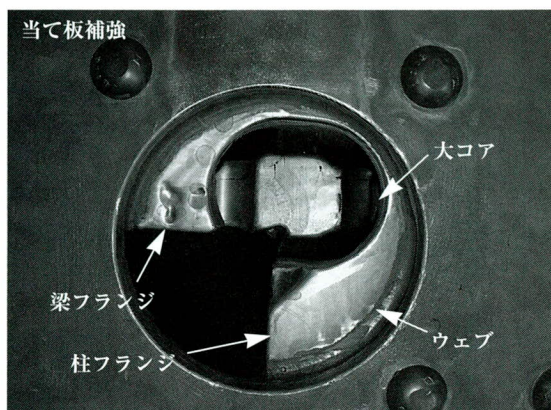


写真-4 大コア抜き補修

(2) 補修結果

a) エレクトロスラグ溶接跡について

補修結果として**写真-5**にエレクトロスラグ溶接のマクロ写真を示す。溶接金属は48×49mmと非常に大きく1パスで施工している様子が確認できる。さらに、特徴でも示した形状の整ったビードであり、十分溶け込みも確保できていることが確認できる。**写真-6**はエレクトロスラグ溶接部の磁粉探傷試験結果（以下、MT試験）で、エレクトロスラグ溶接部には指示模様は確認されないが、後述する裏当て金のBOND部にき裂が確認された。

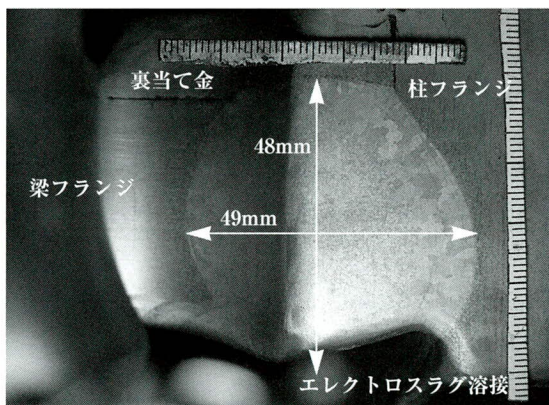


写真-5 エレクトロスラグ溶接跡マクロ写真①



写真-6 エレクトロスラグ溶接跡MT写真

写真-7では、大きな溶接金属であるのに比例して熱影響部（HAZ）が柱フランジ厚の1/3以上に達している様子が確認できる。熱影響部が約20mmあることから、大入熱による施工であることが分かる。

熱影響部については、高温に達した母材が一気に冷却されるため母材部に比べてじん性が大きく低下していることが想定される。そこで、切り出した大コア試料よりシャルピー衝撃試験を行った。結果については、6章にて示す。

b) その他溶接部の欠陥について

エレクトロスラグ溶接に着目した補修結果の他に、これ以外の箇所（裏当て金、多層盛溶接ビード）では、き裂を含む溶接欠陥が確認された。この中で、エレクトロスラグ側の裏当て金部溶接ビードに欠陥が集中している。本欠陥について**写真-8**にマクロ写真、**写真-9**にMT写真を示す。

裏当て金の溶接ビード1パス目にスラグ巻き込み、ブローホールなどの溶接欠陥がみられ、これらを基点に1～2mmの小さなき裂が確認できる。また、同裏当て金の溶接ビード2パス目のBOND部から母材にかけてき裂が確認できる。母材に見られるき裂は、圧延方向にステップ状に発生している様子からラメラテアであると推測できる。

図-7に本溶接部の状況スケッチを示す。スケッチから分かるように、エレクトロスラグ溶接自体の溶接金属は、美しいビード形状をしているが、エレクトロスラグ溶接部の損傷は、大入熱による収縮により裏当て金の溶接ビードおよび母材に発生し、裏当て金を起点とした小さなBONDき裂も発生している。

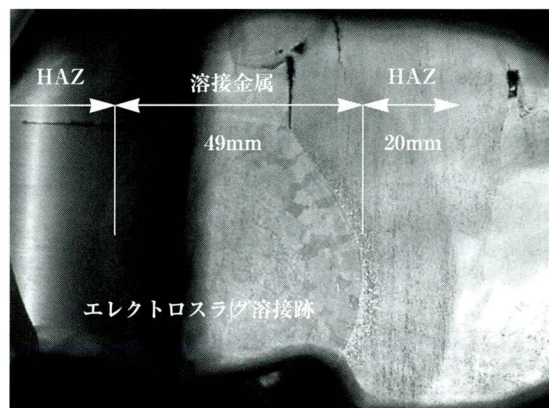


写真-7 エレクトロスラグ溶接跡マクロ写真②

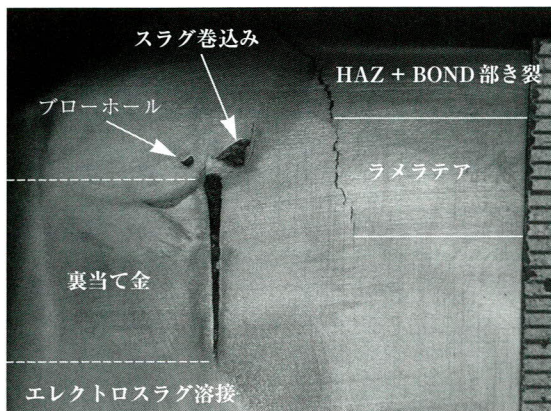


写真-8 裏当て金部マクロ写真

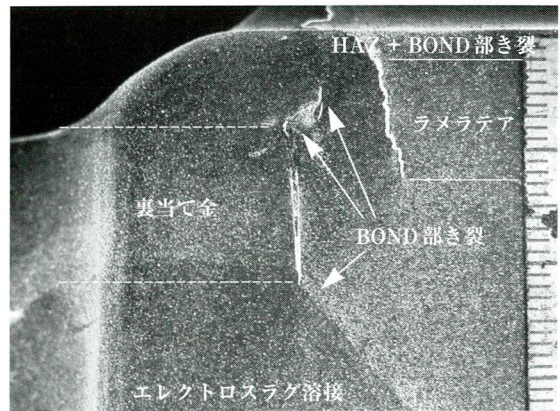


写真-9 裏当て金部MT写真

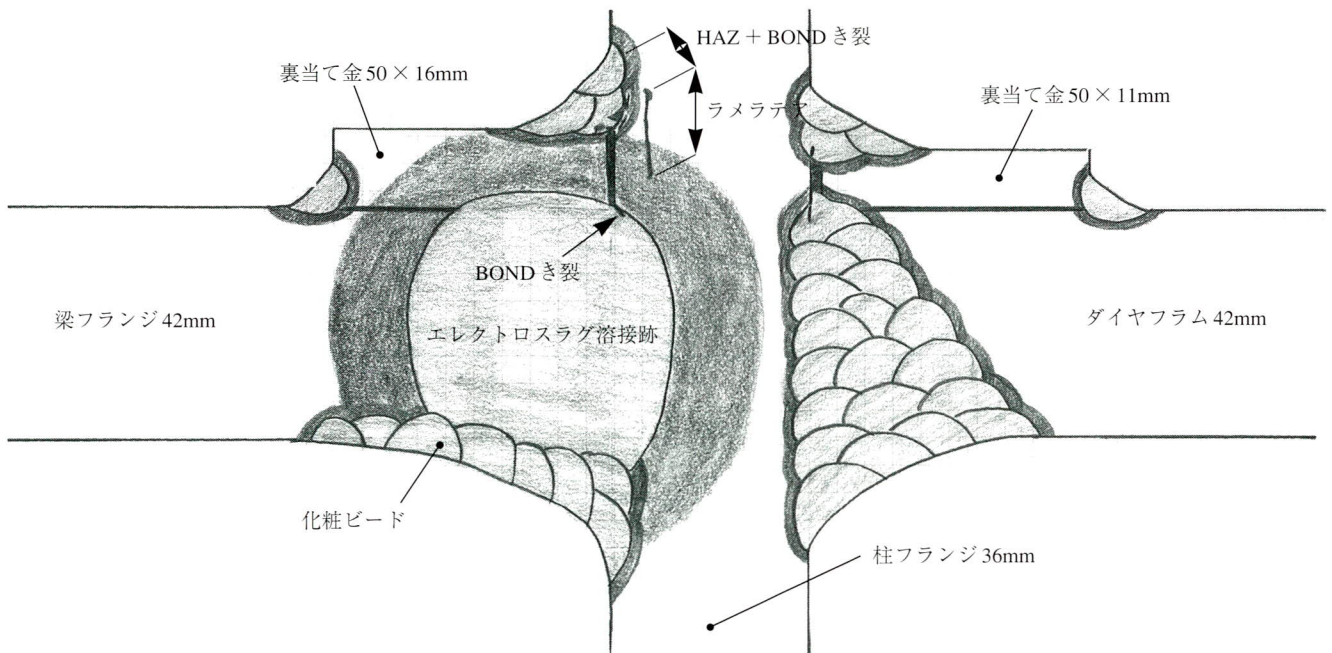


図-7 池452起点側エレクトロスラグ溶接部スケッチ

6. エレクトロスラグ溶接部の試験結果

(1) シャルピーの衝撃試験

大コア補修により採取したエレクトロスラグ溶接部の試料を使用して、シャルピー衝撃試験を行った。

試験片は、「JIS Z 2242」に準拠し、Vノッチを溶接金属部に設けた試験片とVノッチを熱影響部に設けた試験片を各3個作製した。写真-10に試験片採取位置を示す。

ここで、熱影響部における試験片1体（試験片No.H3）に溶接欠陥が確認されたため熱影響部の試験片は2体とした。

表-3にエレクトロスラグ溶接試料のシャルピー衝撃試験結果を示す。溶着金属は、ばらつきがあるものの平均値40Jであり、母材の規格値を満たしている。しかし、

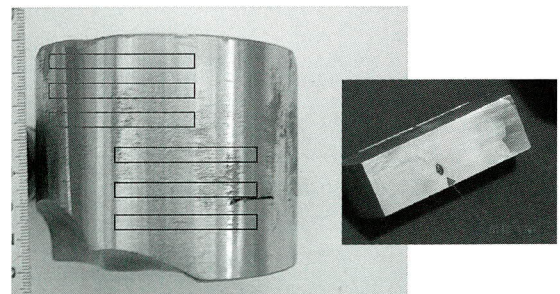
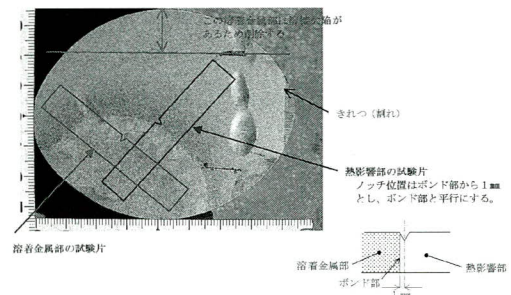


写真-10 シャルピーの衝撃試験 試験片採取位置

表-3 シャルピー衝撃試験結果

材質	板厚	ノッチ位置	試験片No.	試験温度	シャルピー吸収エネルギー (J)		母材の規格値 (J)
					各値	平均値	
HT60	36	溶着金属	D1	-5	35	40	≥23.5
			D2		42		
			D3		44		
		熱影響部	H1	-5	7	7	≥23.5
			H2		6		
			H3		-		

熱影響部は平均7Jしかなくじん性が極端に低下している。

(2) ビッカースの硬さ試験

大コア補修により得られた試料にて、硬さ試験をおこなった結果を図-8に示す。溶着金属→境界部→熱影響部→母材の範囲で、溶着金属は約220、境界部の前後で最も硬さが低下し約160で、160～220の範囲であった。JISでは、硬さと引張強度の関係を示しており。硬さ(HV10)160～220で引張強さ515～695(N/mm²)であり、熱影響部では強度が低下していると考えられる。

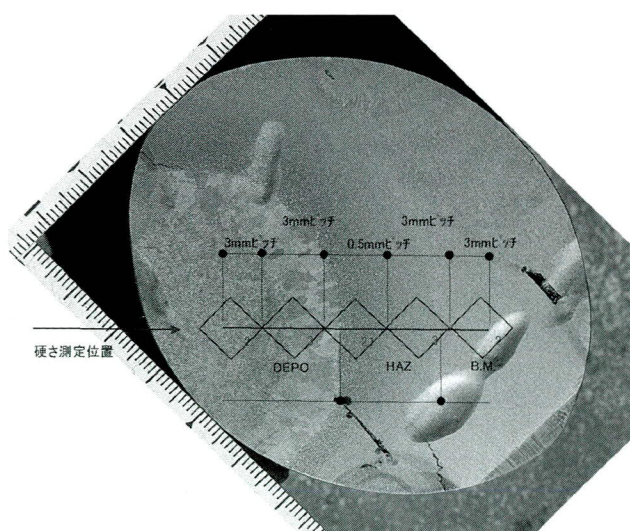
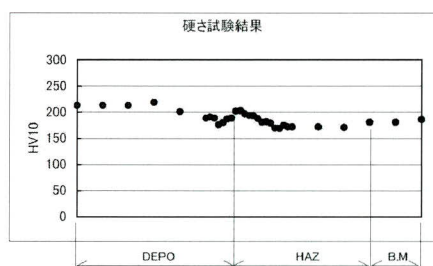


図-8 硬さ試験結果

7. 考察とまとめ

エレクトロスラグ溶接にて施工された橋脚の点検、補修により、以下のことが確認できた。

- ① エレクトロスラグ溶接は、溶接部の欠陥などは少なく、溶け込みもよい。
- ② 入熱量が大きいため、エレクトロスラグ溶接部近傍の溶接部。母材にき裂が発生するケースが見られる。(隣接するエレクトロスラグ溶接施工された橋脚すべてにおいて、裏当て金部のき裂が確認された。)
- ③ シャルピーの衝撃試験より、溶着金属は十分なじん性を有しているが、熱影響部はじん性が極端に低下していることが分かった。
- ④ 硬さ試験より、熱影響部では鋼材の引張強度が低下していることがわかった。
- ⑤ 池452脚に限り、エレクトロスラグ溶接のBOND部に裏当て金を起点とした小さなき裂が確認された。今後これらの結果を受け、じん性の低下により急激な

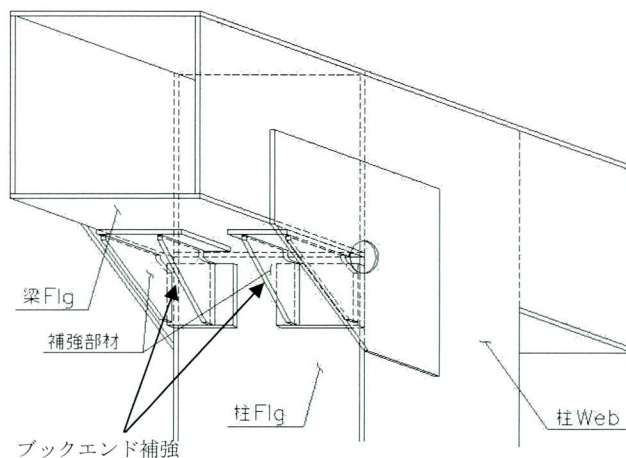


図-9 ブクエンド補強イメージ図

脆性破壊の危険性も想定されることから、当て板による補強に加え、ブックエンド補強を行うことも計画されている。図-9にブックエンド補強のイメージを示す。

<参考文献>

- 1) 日本規格協会：鉄鋼Ⅱ，p.397-p.405
- 2) 首都高速道路公団 保全施設部保全技術課：鋼製橋脚隅角部の補強設計施工要領（案），平成15年7月。
- 3) (社)溶接学会：溶接・接合・技術特論，平成15年3月10日。

2007.2.12 受付

グラビア写真説明

亀泉高架橋工事

本工事は設計・施工一括方式（D.B<デザイン・ビルド>方式）で発注され、下部業者との異工種JVにより施工した。D.B方式かつ異工種JVは、鋼橋上部では事例が少なく工事運営に労を要した。また、現地は上毛電鉄、県道・市道および河川と交差する条件下の架設工事であった。

上部構造について、小数主桁+鋼・コンクリート合成床版を提案した。特に維持管理の面では発注者主導による委員会が設置され、試験や検討を重ねて採用に至った。実際の施工では、コンクリートの充填性を確保するため現地で施工試験を行い、プロセス管理を行うことで品質管理に努めた。（清水 達也）

新白石大橋

新白石大橋は一般国道4号線白石バイパスにおける交通混雑の緩和、交通安全の向上を目的とした橋梁で、現道2車線を4車線に拡幅する為の工事でした。平成14年度に下部工工事が発注され、平成16年度には上部工の架設工事が完成致しました。現在では、4車線道路の下り2車線として供用されていますが、目的であった交通混雑は十分に緩和されており、交通安全も格段に向上しております。（加藤 太郎）

すんぷ夢広場

すんぷ夢広場はJR静岡から車で15分の江戸時代の町並みを再現したリゾート空間で、徳川ミュージアムを中心としたゾーン、温浴ゾーン、店舗ゾーンで構成され、駿河湾と周囲の自然をいかしたロケーションは訪れる人々を日常空間から夢空間へと導きます。

本橋はこの空間にマッチしたデザイン性を重視し木製床版・木製高欄を採用したレンズ型スペーストラス橋で非常に珍しい形式で設計・製作に苦労したが、十分な事前検討と関係者の努力の結果により良い製品を納めることが出来た。（尾崎 博昭）