

PAS-1 溶接システムの再構築

Reconstruction of the PAS-1 Welding System

百瀬 敏彦*¹ 宮坂 淳一*²
Toshihiko MOMOSE Jun-ichi MIYASAKA

Summary

The PAS -1 welding system was designed for automatic assembly and welding of the steel-deck flanges and web panels. It was introduced in 1984 and has been in use for about 20 years. Recently, a “panel welding method using a hanging-type articulated robot,” named “new model PAS -1,” was developed to replace the original PAS-1 system. The new model PAS-1 has been in practical operation since June 2003.

キーワード：ロボット，パネル溶接工法，オフラインティーチングシステム

1. まえがき

昭和59年に鋼床版フランジおよびウェブパネルの組立、溶接する自動化装置としてPAS-1を導入し、いわゆるパネル組立工法推進の中核として20年に渡りフル稼働を続けてきた。生産に大きく寄与してきた装置であるが、老朽化と共に稼働不能となる危険性も考えられることから、再構築することとした。

再構築にあたり次の点を基本構想とした。

- ①設置場所、基礎、レール等は可能な限り現状のまま使用
- ②対象とする継手部材を鋼床版パネル（トラフリブ深溶込み）、フランジパネルおよびウェブH/Vパネル
- ③脚長8mmまでのシングル溶接
- ④隣り合う縦リブの同時溶接施工
- ⑤最大4継手（8電極）の同時溶接
- ⑥自動スタート・自動終了
- ⑦廻し溶接機能（溶接残しを極力減らす）

よって、上記の基本構想に基づき検討した結果、「吊り下げ式多関節ロボットを搭載したパネル溶接工法」、通称「新PAS-1」を開発し、平成15年6月より稼働を開始した。

本溶接システムは小型アーク溶接ロボット ARCMAN-SR3R:8台を搭載するガントリー式移動溶接装置と、この装置の溶接を含む動作プログラムを原寸CADデータ

(以下FLデータ)およびオンラインティーチングデータから自動作成する、オフラインティーチングシステムにより構成している。

また他に溶接電源、ロボット制御盤(パソコンを含む)、移動装置制御盤、ヒューム回収用集塵機も搭載している。

2. 新PAS-1工法の概要

新PAS-1ラインは組立装置2台と溶接装置1台で構成し、長さ方向X軸（レール走行方向）47900mm・横方向Y軸 10300mmのワークスペース内の任意の場所でパネルの組立及び溶接を行うことが可能である。写真-1に本ラインの稼働状況を示す。

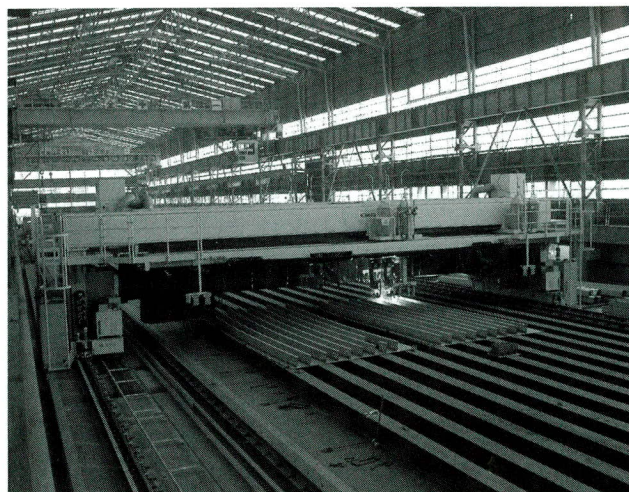


写真-1 新PAS-1稼働状況

*¹千葉工場製造部製造一課課長

*²千葉工場製造部製造一課

表-1 使用溶接材料

	鋼種	銘柄	パス	脚長
50 キロ 級	一般	MX-Z200	1パス	4~8
			2パス	9~12
	耐候性	MX-50W	1パス	4~8
			2パス	9~12
60 キロ 級	一般	MX-60F	1パス	4~8
			2パス	9~12
	耐候性	MX-60W	1パス	4~8
			2パス	9~12

(ワイヤ径はいずれも 1.4 φ を使用)

(1) 対象部材と各リブ種類別の適用

本溶接システムの対象とするワークは、フランジパネル（Iリブ/トラフリブ）及びウェブパネル（Hスチフナ/Vスチフナ）であり、フランジパネルでは最大8電極（8台の溶接ロボット）、ウェブパネルでは片側最大4電極（4台の溶接ロボット）で隣り合うリブを含む同時溶接が可能である。なお、各リブ種類別の適用については図-1および図-2に示す条件を目安としている。

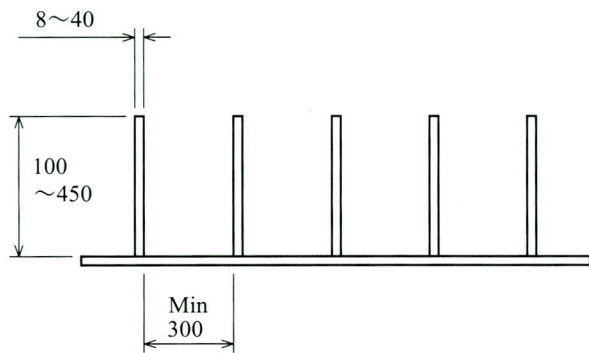


図-1 Iリブへの適用条件

(2) 使用溶接材料

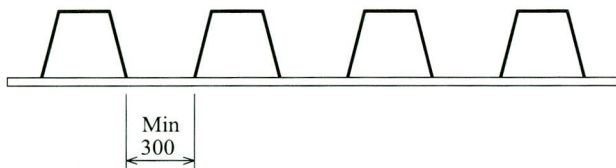


図-2 トラフリブへの適用条件

溶接ワイヤは300kgfパックを使用（いずれも神戸製鋼所製）しており、ガントリー上に8パックを配置している。施工は表-1に示す4種類の溶接ワイヤを使用し、脚長8mmまでは1パス溶接、脚長9~12mmは2パス溶接で行っている。

(3) 自動運転プログラム

本溶接システムの動作は橋梁CADシステムのデータ（FLデータ）*を利用して、溶接する教示プログラム（動作軌跡）を自動作成するオフラインティーチング方式と、FLデータのないワークに対応するために台車上のカメラを利用し溶接線を認識させながらデータを作成するオンラインティーチング方式からなっている。

*：日本構研情報株式会社（当時）の定めたインターフェイス形式に準拠

(4) 自動運転のながれ

制御盤上のパソコンから該当する予め作成されたFLデータを読み出し、対象パネルの対角を台車上のカメラを利用して2点シフトする。次に溶接線のサイクル指定を行うとロボットの自動運転プログラムにより自動的に作成される。

スタートボタンを押すと自動運転を開始し、以降全ての動作をロボットシステムが行い溶接完了と共に自動終了する。写真-2にロボットの状況を示す。

ロボットは溶接開始前に溶接ノズルクリーナーにより

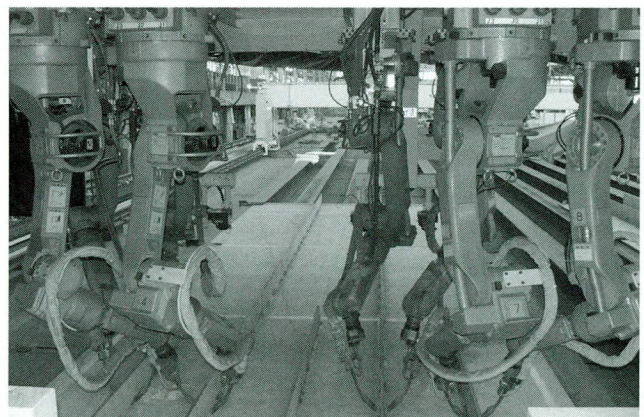


写真-2 ロボットの状況

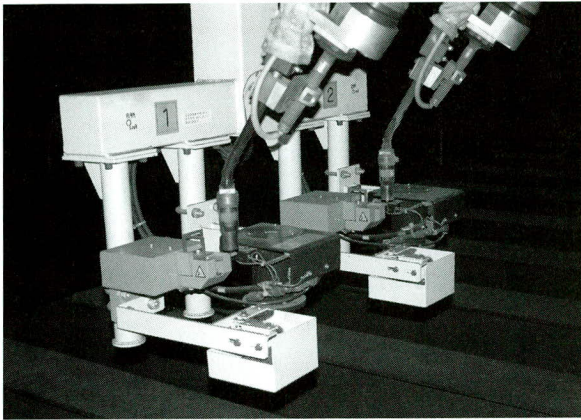


写真-3 ノズルクリーナーと自動ワイヤカッター作動状況

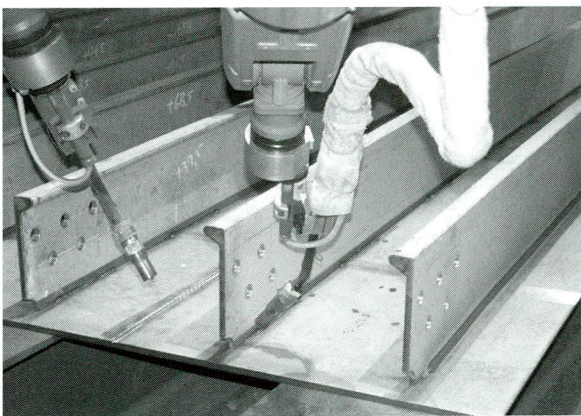


写真-4 センシングの状況

ノズルチップの付着物を除去し、次にワイヤ突き出し長さを自動切断する。写真-3にノズルクリーナーと自動ワイヤカッター作動状況を示す。

その後、溶接線の終端部及び始端部をタッチセンシングにより認識し、自動的にアークスタートする。このタッチセンシングによりワークの動作点を補正する。なお、自動運転中（溶接作業中）の動作軌跡およびワイヤ狙い位置はアークセンシングで補正するようになっている。写真-4にタッチセンシングの状況を示す。

なお、本システムには追加機能として廻し溶接（R35以上のスカラップ、スニップ、ノーマルカット）機能の他、水抜き孔の手前でアークを停止、通過後再スタート

する機能を搭載し、更なる全自動化を図っている。

また、運転中には不慮のワーク接触から装置を守るための機能として各種センサーが搭載されている。

3. あとがき

昭和59年に旧PAS-1を導入・稼働させてから約20年、本機はそのリプレース版として誕生した。旧機に比べ大幅な生産性向上が図られているものと確信している。特にこれまで6電極のセミオート式であったが、新機では8電極とした上で実適用脚長は8mmまでの1パス溶接、脚長13mmまでの2パス溶接および廻し溶接機能、縦横溶接機能を追加し、ほとんど全ての動作を全自動化している。また、アークセンサのリアルタイムの微い機能により安定した鋼床版トラフリブの深溶け込み溶接が可能となっている。

おわりに新PAS-1ロボット溶接システムの検討・開発・導入にあたり株式会社神戸製鋼所溶接カンパニーの関係者の方々に対し、この紙上を借りて感謝を申し上げます次第である。

<参考文献>

- 1) 成宮隆雄,青木清：橋梁製作における自動化システムの実用化例（パネル自動組立溶接ライン）,宮地技報No.2,pp.133-136,1986
- 2) 成宮隆雄,伊東孝：橋梁製作におけるパネル組立工法と自動化システム「PASシリーズ」（仮組立省略を目標とした部材の寸法精度向上を目指して）,宮地技報No.5,pp.87-99,1989
- 3) 成宮隆雄：多様化する鋼構造部材製作に関する考察と提言,宮地技報No.18,pp.168-179,2003
- 4) 株式会社神戸製鋼所：PAS-1システム用オフラインティーチングシステム操作説明書

2004.2.15 受付

グラビア写真説明

練馬ペDESTリアンデッキ

練馬駅北口にペDESTリアンデッキを当社と総成建業(株)とのJVで平成13年3月より施工を進めてきました。製作・架設でいろいろ苦勞がありましたが、工期内に収めることができ、平成14年3月に無事竣工いたしました。竣工後上部仕上げを行い駅前広場とペDESTリアンデッキとして平成15年4月1日より新しい練馬駅北口として利用できるようになりました。

(武井 智彦)

2003年 対外発表論文紹介

構造工学論文集 Vol.49A

発刊 2003年3月

主催 日本学術会議メカニクス・

構造研究連絡委員会構造工学専門委員会、
(社)土木学会、(社)日本建築学会

「複合トラス橋の鋼上弦材とPC床版の接合部の構造特性に関する実験的研究」

池田 博之*¹、能登 宥愿、梅津 健司*²、太田 貞次*³
pp.799 ~ 808

「有限要素法解析による長支間場所打ちPC床版の施工時における応力評価に関する研究」

倉西 幸宏*⁴、河西 龍彦、高瀬 和男*⁴、丸山 久一*⁵
pp.825 ~ 832

「鋼橋架設時の騒音測定」

岡村 美好*⁶、中村 俊一*⁷、小森 武*⁸
小池 明、宇都木 剛*⁹ pp.867 ~ 874

鋼構造論文集 Vol.10、No.37

発刊 2003年3月

主催 (社)日本鋼構造協会

「ハイブリッド鋼桁における補剛材の効果」

清水 茂*¹⁰、張 健*¹¹、中田 知志*¹²
田中 伸尚、中井 博*¹³ pp.43 ~ 50

「ハイブリッド鋼桁の耐荷力挙動に関する実験的研究」

清水 茂*¹⁰、張 健*¹¹、田中 伸尚
明橋 克良*¹⁴、中井 博*¹³ pp.51 ~ 60

鋼構造年次論文報告集 第11巻

発刊 2003年11月

主催 (社)日本鋼構造協会

「鋼I桁とダブルRC床版による複合ラーメン構造に関する研究」

内田 智文、佐藤 徹、中村 俊一*⁷、入部 孝夫*¹⁵
pp.277 ~ 282

第三回 道路橋床版シンポジウム講演論文集

発刊 2003年6月

主催 (社)土木学会

「T型リブを用いた鋼・コンクリート合成床版の開発と施工」

佐藤 徹、能登 宥愿、山下 久生、岩下 宏
内田 智文 pp.67 ~ 72

「鋼橋におけるPC床版の合理的断面形状に関する解析的研究」

本間 淳史*¹、河西 龍彦、林 暢彦、和内 博樹*¹⁶
松井 繁之*¹⁷ pp.109 ~ 114

「膨張剤の効果を考慮した場所打ちPC床版の施工時FEM解析」

倉田 幸宏*⁴、河西 龍彦、高瀬 和男*⁴、
小林 潔*⁴、橋 吉宏*⁴、丸山 久一*⁵
pp.127 ~ 132

「場所打ちPC床版の温度応力に関する解析的研究」

河西 龍彦、本間 淳史*¹、長谷 俊彦*¹、坂根 秀和
松井 繁之*¹⁷ pp.133 ~ 138

コンクリート工学年次大会論文集

発刊 2003年7月

主催 (社)日本コンクリート工学協会

「低添加型膨張材の場所打ちPC床版への適用に関する研究」

河西 龍彦、保利 彰宏*¹⁸、坂根 秀和、上原 正
2118, pp.703 ~ 708

「膨張コンクリートによる構造物の高機能化／高耐久化」に関するシンポジウム

発刊 2003年9月

主催 (社)日本コンクリート工学協会

「膨張コンクリートを用いた道路橋PC床版試験体の長期計測結果」

高嶋 豊*⁴、河西 龍彦、高瀬 和男*⁴
橋 吉宏*⁴、永山 弘久 023, pp.135 ~ 142

「仕事量一定則に基づく鋼橋床版の膨張ひずみに関する一考察」

内田 大介*4、塩永 亮介*4、高瀬 和男*4、坂根 秀和
029, pp.175 ~ 180

5th Japanese-German Joint Symposium on Steel and Composite Bridges : 第5回日独シンポジウム論文集

発刊 2003年7月
主催 大阪大学大学院

「Study of Thermal Stress and Cracks in Cast-in-place PC Slabs」

T. KASAI, A. HOMMA*1, S. MATSUI*17
P2, pp.635 ~ 646

「FEM Analysis of Cast-in-place PC Deck Slab Construction Taking the Effects of Expansive Additive into Account」

Y. KURATA*19、T. KASAI、K. TAKASE*20
P3, pp.647 ~ 654

橋梁 & 都市 PROJECT Vol.39、No.7

発刊 2003年7月
発行 科学書刊

「短期間立体交差化新技術『QS工法』を共同開発」

能登 宥愿、奥村 恭司、長澤 勝*21、小澤 靖一*21
pp.35 ~ 40

コンクリート工学 Vol.41、No.11

発刊 2003年11月
発行 (社)日本コンクリート工学協会

「鋼・コンクリート複合構造部における高流動コンクリートの冬期施工-上信越自動車道 北千曲川橋-」

坂本 香*1、笹井 幸男*1、桑山 豊六、堀 大佑
pp.63 ~ 68

「建設技術展 2003 近畿」開発技術発表会 論文集

発刊 2003年11月
発行 建設技術展近畿 実行委員会
「短期間立体交差化新技術『Q S工法』」
奥村 恭司、長澤 勝*21

pp.25 ~ 28

第58回 土木学会年次学術講演会概要集

発刊 2003年9月
主催 (社)土木学会

「曲げ引抜き力を受けるずれ止め構造に関する実験的研究」

鈴木 永之*1、長田 光司*1、辻 幸佐、谷中 聡久*4
倉田 幸宏*4 I-486, pp.971 ~ 972

「鋼橋の橋脚隅角部・桁端切欠き部・支承受台部の疲労損傷に対する大規模対策」

石丸 浩司*22、増田 高志、佐々木 靖彦*23
小西 拓洋*24、渋谷 敦 I-545, pp.1089 ~ 1090

「開断面箱桁橋架設系における垂直補剛材の必要剛度について」

川村 暁人、西村 宣男*17、小野 潔*17
玉田 和也*20、加藤 久人*25 I-568, pp.1135 ~ 1136

「開断面箱桁橋架設系の曲げ耐力算定式の提案」

玉田 和也*20、西村 宣男*17、川村 暁人
小野 潔*17、加藤 久人*25 I-569, pp.1137 ~ 1138

「上路式アーチ橋の耐震補強工事と補強効果確認のための現場試験報告」

鳩澤 弥*26、山下 久生、太田 貞次*3
I-729, pp.1457 ~ 1458

「合成2主桁橋の減衰能に関する実験同定とエネルギー的評価方法に基づく考察」

飯野 元、山口 宏樹*27、松本 泰尚*27
I-732, pp.1463 ~ 1464

「アイデアコンペ参加による橋梁デザインに関する一考察」

杉山 和雄*28、永見 豊*29、大波 修二*30
久保田 善明*19、熱海 晋、杉山 達彦*31

「落橋防止構造のデザイン性について」

齊藤 展生*32、黒島 直一*9、熱海 晋
杉山 和雄*28 VI-319, pp.637 ~ 638

「実橋における I 形鋼格子床版の漏水対策」

小原 洋介、生駒 元、望月 真哉*33、安中 順策
CS6-039, pp.229 ~ 230

「長支間場所打ち PC 床版の実橋長期計測 (第二東名高速道路 藁科川橋)」

本間 淳史*1、河西 龍彦、林 暢彦
柘植 孝之*34 CS6-056, pp.263 ~ 264

「2主開断面箱桁橋における場所打ち PC 床版の長期計測 (第二東名高速道路 藁科川橋)」

長谷 俊彦* ¹ 、柘植 孝之* ³⁴ 、河西 龍彦、林 暢彦 CS6-057, pp.265 ~ 266 「長支間場所打ちPC床版鋼2主桁橋のスタッド実橋計測 (第二東名高速道路 藁科川橋)」 中村 和己* ¹ 、林 暢彦、河西 龍彦、柘植 孝之* ³⁴ CS6-058, pp.267 ~ 268 「1m 供試体を用いた膨張コンクリートの長期計測 (第二東名高速道路 藁科川橋)」 榊原 和成* ¹ 、有安 信裕、河西 龍彦、柘植 孝之* ³⁴ CS6-059, pp.269 ~ 270 「1m 供試体を用いた低添加型膨張材の性能確認試験」 生駒 元、河西 龍彦、坂根 秀和、上原 正	保利 彰宏* ¹⁸ CS6-060, pp.271 ~ 272 「3主桁橋における長支間場所打ちPC床版の温度応力解析 (第二東名高速道路 中ノ郷第一高架橋)」 長谷 俊彦* ¹ 、坂根 秀和、河西 龍彦 永山 弘久、小塚 正博* ³⁴ CS6-061, pp.273 ~ 274 「3主桁橋における長支間場所打ちPC床版の設計曲げモーメント (第二東名高速道路 中ノ郷第一高架橋)」 長谷 俊彦* ¹ 、亀子 学* ³⁴ 、永山 弘久 松村 寿男* ³⁴ 、河西 龍彦 CS6-062, pp.275 ~ 276 「半壁高欄プレキャスト型枠の開発」 村田 茂* ³⁵ 、稲熊 唯史* ³⁶ 、寺田 喜昭 河西 龍彦 CS6-063, pp.277 ~ 278
--	---

*¹日本道路公団、*²住友建設(株)、*³高松工業高等専門学校、*⁴(株)日本橋梁建設協会、*⁵長岡技術科学大学、*⁶山梨大学、*⁷東海大学、*⁸(株)サクラダ、*⁹大日本コンサルタント(株)、*¹⁰信州大学、*¹¹研究当時、信州大学大学院、*¹²佐藤鉄工(株)、*¹³福井工業大学、*¹⁴(株)横河メンテック、*¹⁵(株)東京鉄骨橋梁、*¹⁶(株)CRCソリューションズ、*¹⁷大阪大学大学院、*¹⁸電気化学工業(株)、*¹⁹石川島播磨重工業(株)、*²⁰駒井鉄工(株)、*²¹東急建設(株)、*²²首都高速道路公団、*²³住友重機械工業(株)、*²⁴首都高速道路技術センター、*²⁵JFEエンジニアリング(株)、*²⁶国土交通省、*²⁷埼玉大学、*²⁸千葉大学大学院、*²⁹(株)長大、*³⁰三菱重工業(株)、*³¹(株)オリエンタルコンサルタンツ、*³²パシフィックコンサルタンツ(株)、*³³宮地・東日本共同企業体、*³⁴宮地・瀧上共同企業体、*³⁵瀧上工業(株)、*³⁶東海コンクリート(株)

グラビア写真説明

みずとり大橋 (仮称)

本橋は、福井県嶺南地方の小浜市中心地近くに位置し、一級河川北川、江古川を渡る福井県初のニールセン橋です。本橋のほかにもう1連のニールセン橋とアプローチ部にPC橋が、市街地の交通混雑の解消と良好な市街地の形成を図るために建設されています。小浜市は古くから近畿地方とのかかわりが深く、京都への海産物の輸送路として有名な「鯖街道」の起点であり、お水取りで有名な奈良二月堂へ水を送る「お水送り」の神事を行う神宮寺、国宝明通寺など古寺も多く、歴史を感じさせる都市です。平成15年秋には「若狭路博2003」も行われ、多数の観光客が小浜市を訪れました。本橋はこうした歴史と文化に恵まれた場所に架橋されたため、塗装は自然と調和する薄いページュとし、シンプルなデザインの高欄、アーチリブに灯具を組み込んだ照明などさまざまな工夫がこらされています。また、床版の施工においては、材料や構造の検討やコンクリートの一括打設等、クラックの予防に細心の注意を払っています。(藤田 弘樹)

下山井大橋 (仮称：上馬淵川橋)

一般国道は東京を起点とし、終点は青森までの東日本における大動脈の国道であります。一般国道を通る岩手県二戸市金田一地内の現道は、大規模露岩地、急崖部直下にあり、土砂崩落等があり再三にわたり交通止めを与儀なくしたことがありました。平成8年度において、恒久的な防災対策として、岩盤斜面崩落危険箇所を迂回するルートで金田一バイパスの事業化が進められました。当社で施工した下山井橋は、金田一バイパスの区間内にあり、平成11・12年度で下部工を施工し、平成12・13年度で上部工を完成したものであります。本橋梁は上馬淵川に架かる橋梁のため架設時期は渇水期施工となり鋼床版現場溶接は冬季の作業となり現場では大変苦労したかと思えます。平成14年11月24日には地元住民の大歓迎による開通式を行いました。最後に、等橋梁区間を含む金田一バイパスが開通し安全で信頼性のある危険箇所・狭小区間も解消され、大動脈である一般国道4号の交通円滑化と、地域活性化に寄与することに期待するものであります。(佐々木 眞)

グラビア写真説明

頓野大橋

本橋は、当初RC床版にて発注されていましたが、メンテナンスフリー長期耐久性床版として弊社のQS Slabを技術提案し、採用して頂く様働きかけてきました。採用に至るまでは、紆余曲折があり様々な技術資料の提出及び数回に及ぶ打ち合わせ・議論等がありましたが、“前例に囚われずに新技術を採用しよう。”という客先の熱意にも助けられて弊社QS Slabが採用されました。直方市の郊外を通り九州自動車道八幡ICと直結する国道200号バイパスは、地域の主要幹線道路として整備されており、2車線から4車線化への工事が着々と進んでいます。（渡部 陽一）

当別川橋

本橋は、千歳市を起点とし小樽市に至る地域高規格道路である道央圏連絡道路当別バイパスの当別川に架かる、最大スパン134m、桁高が3.4m～6.8mに変化する変断面の形状を有する長大橋です。平成15年3月に開通し地域ネットワークの一翼を担っています。（斎木 敦）

大出吊橋

大出吊橋は、長野県白馬村中心部を流れる姫川に架かっております。白馬村は、長野冬季オリンピックの開催地であり、ウインタースポーツのメッカであります。この吊橋は、老朽化にともない新しく作りなおしましたが、昔の面影を壊さぬようコンクリート製のタワーに木床版、木高欄を使用しており、地元住民の憩いの場となっております。

またここ大出から吊橋を望むと、そこには雄大なアルプスの山々が見え、さらに萱葺き屋根の小屋がこの地の風情を醸し出してくれます。そのため多くの写真家や美術家が、全国からこの地を訪れます。

新しくなった大出吊橋はこれからも地域住民のため、多くの芸術家のため、この地をずっと見守ってくれるでしょう。（山田 豊）

角の浦橋

本工事は、三加茂町中庄の国道192号から、三野町太刀野の鳴門池田線に至る延長約1.2kmの一般県道出口太刀野線のバイパス事業のうち、吉野川を跨ぐ鋼ローゼ橋です。一般県道出口太刀野線は、三加茂町と三野町を結ぶ通勤・通学道路として、また両町間の文化・経済交流を担う幹線道路として重要な役割を果たしています。当事業が完成することにより、県西部の南北道路網の強化が図られ、三加茂町・三野町はもとより県西部の交流が一層活発化し、地域経済の発展が期待されます。（清水 康史）

JR 東海ビル（東京）新築工事

東海旅客鉄道㈱が民営化後、東京に本格的なオフィスビルを計画していたもので、東京駅日本橋口に建設したものである。狭い場所に高い容積率を確保した為、全体がオーバーハングした構造となり、難度の高い鉄骨製作となった。1,500×1,000;t=80mmのBOX柱の製作、1,000×800;t=70mmのBOXトラス梁の製作、三次元からなる雲形の大庇等々、現在の鉄骨製作に関する全ての高レベル技術が求められる工事であった。ビルの中へ新幹線が入ってくる構造になっていた為、現場作業は電車の動かない夜間作業になった。数々の厳しい条件を克服して無事工期内に納める事が出来た。（西原 英次）

明治生命館街区再開発計画

当建物は、昭和初期日本に輸入された洋式建築の代表的建築物であり、現在は重要文化財にもなっている《明治生命館》の隣に、現代にマッチした商業施設や高度通信技術に対応したオフィスを設けようとして計画されたものである。皇居外苑を望む日比谷通りと東京駅から有楽町駅まで続く丸の内仲通りに面した好立地にある。

最近の超高層ビルの鉄骨柱の製作に当っては、シャルピー規定値の確保が重要事項になってきている。当工事では、シャルピー規定値の確保に対応した高靱性鋼を使用した初めての工事であった。（西原 英次）