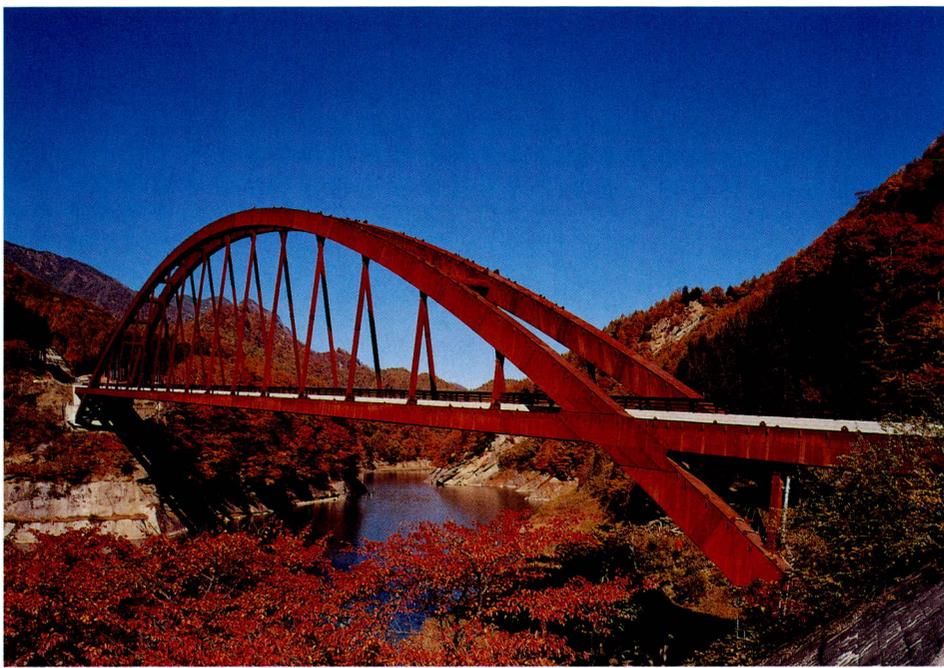


## 桂川橋

発注者 日本道路公団 関西支社  
 京滋工事事務所  
 形式 自動車専用部:4径間連続3主箱桁橋  
 一般国道部 :4径間連続2主箱桁橋  
 橋長 356.0m  
 幅員 自動車専用部:19.84m  
 一般国道部 :11.0m  
 鋼重 6,556t  
 路線 京都第二外環状道路  
 所在地 京都府乙訓郡大山崎町下植野  
 ~八幡市八幡八萩  
 竣工 平成15年6月  
 説明文 P30





### 奥裾花大橋

発注者 長野県  
 形式 鋼中路式口一ゼ桁橋  
 橋長 230m  
 幅員 6.5m  
 鋼重 1,730t  
 路線 林道大川線  
 所在地 長野県上水内郡鬼無里村  
 字曲尾  
 竣工 平成15年11月  
 説明文 P30

### 観音高架橋

発注者 中国地方整備局  
 広島国道事務所  
 形式 4径間連続鋼床版曲線箱桁橋  
 橋長 (上り) 174.841m,  
 (下り) 166.929m  
 幅員 (上り) 8.00~10.40m  
 (下り) 4.75~6.85m  
 鋼重 1,183.8t  
 路線 一般国道2号線  
 西広島バイパス  
 所在地 広島市西区観音本町一丁目  
 竣工 平成15年3月  
 説明文 P30



### たっぷ大橋 (岩見沢大橋架換)

発注者 北海道札幌土木現業所  
 形式 7径間連続鋼斜張橋  
 橋長 825.0m  
 幅員 12.5m  
 鋼重 9,085t  
 路線 主要道道岩見沢石狩線  
 所在地 北海道空知郡北村幌達布  
 ~石狩郡新篠津村  
 竣工 平成15年12月  
 説明文 P39



## 謙信公大橋

発注者 新潟県 上越土木事務所  
形式 単弦口ーゼ桁橋 2連  
橋長 241.4m  
幅員 28.8m  
鋼重 1,069t (A1~P1)  
路線 3・2・25号 中屋敷 藤野新田線  
所在地 新潟県上越市  
竣工 平成15年3月  
説明文 P39



## 檀紙北高架橋

発注者 四国地方整備局  
香川河川国道事務所  
形式 3径間連続鋼桁橋  
橋長 146m  
幅員 22m  
鋼重 804t  
路線 高松自動車道  
所在地 香川県高松市檀紙町  
竣工 平成14年7月  
説明文 P58

## 北千曲川橋

発注者 日本道路公団 北陸支社  
形式 鋼4径間連続  
非合成ラーメン箱桁橋  
(合成床版QS Slab)  
橋長 350.5m  
幅員 9.73m  
鋼重 1,894t  
路線 上信越自動車道  
所在地 長野県中野市大字牛出字矢嶋  
～下水内郡豊田村大字上今井  
竣工 平成17年3月  
説明文 P58





### 鷹野立体

発注者 関東地方整備局  
 形式 本線 鋼7径間連続2主桁桁橋  
 ランプ部 鋼2径間連続2主桁桁橋  
 橋長 本線 305.0m  
 ON 161.0m, OFF 165.0m  
 幅員 23.5~37.7m  
 鋼重 2,532t  
 路線 東京外環自動車道  
 所在地 埼玉県三郷市鷹野地先  
 竣工 未定  
 説明文 P73

### (上) 安里軌道桁

発注者 沖縄県  
 形式 鋼軌道桁  
 橋長 144.158m  
 幅員 3.7m  
 鋼重 505.817t  
 路線 国道330号  
 所在地 沖縄県那覇市安里  
 竣工 平成14年3月



### (下) 安里高架橋

発注者 沖縄県  
 形式 5径間連続箱桁橋  
 橋長 220.0m  
 幅員 7.25m  
 鋼重 512.0t  
 路線 国道330号  
 所在地 沖縄県那覇市安里  
 竣工 平成14年11月  
 説明文 P73

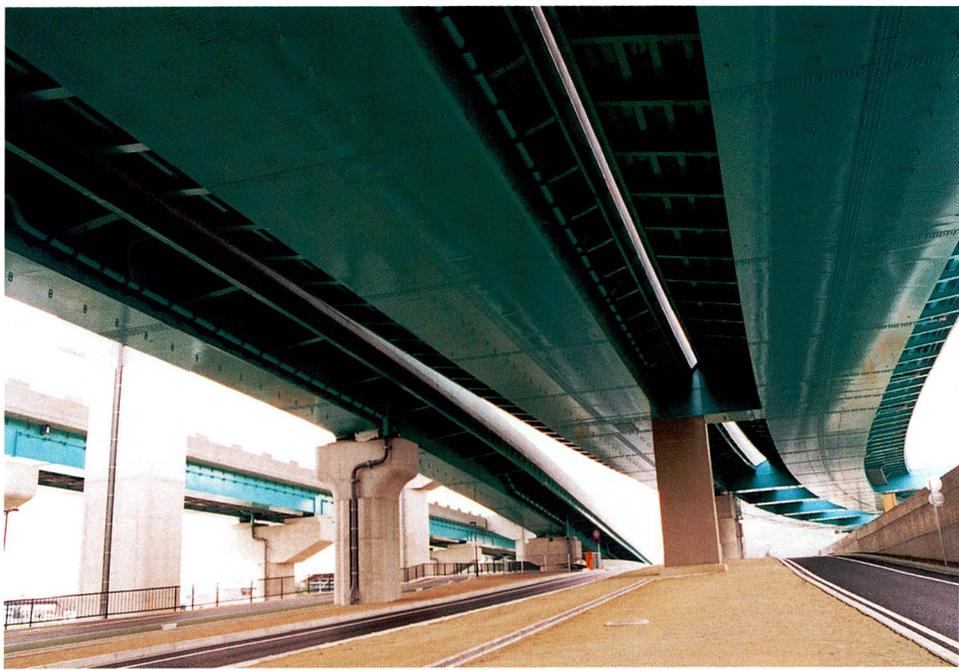
### 名古屋南インターチェンジKランプ橋

発注者 日本道路公団 中部支社  
 形式 Kランプ 鋼4径間連続箱桁橋  
 鋼5径間連続箱桁橋  
 鋼3径間連続桁橋  
 Cランプ 鋼5径間連続箱桁橋  
 鋼3径間連続桁橋  
 Iランプ 鋼10径間連続桁橋  
 橋長 1,581.5m  
 幅員 Kランプ 8.5~18.5m  
 C, Iランプ 7.0m  
 鋼重 4,500t  
 路線 第二東名高速道路  
 所在地 名古屋市緑区大高  
 竣工 平成15年4月  
 説明文 P73



## 西月隈高架橋

発注者 福岡北九州高速道路公社  
形式 4径間連続鋼箱桁橋3連  
(亘り線A,亘り線B,OFFランプ)  
2径間連続鋼桁橋3連  
(街路上り線,下り線,歩道部)  
橋長 4径間：160.0m,2径間：80.0m  
幅員 亘り線：8.5m,OFF：6.0m  
街路：19.48m,8.7m,4.3m  
鋼重 1,734t  
路線 福岡高速5号線  
所在地 福岡県福岡市博多区西月隈地内  
竣工 平成14年11月  
説明文 P82

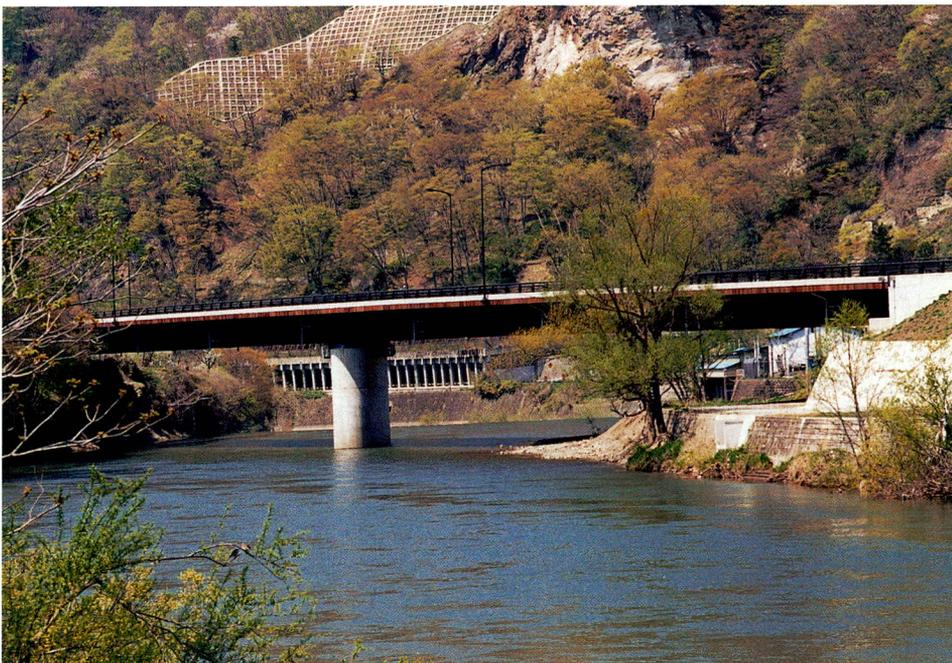


## みずとり大橋 (仮称)

発注者 福井県嶺南振興局  
小浜土木事務所  
形式 ニールセンローゼ桁橋  
橋長 108.55m  
幅員 12.0m  
鋼重 674t  
路線 都市計画道路3.4.2号  
多賀竹原松ヶ崎線  
所在地 福井県小浜市上竹原  
～水取 地係  
竣工 平成15年10月  
説明文 P94

## 下山井大橋 (仮称：上馬淵川橋)

発注者 東北地方整備局  
形式 2径間連続鋼床版箱桁橋  
橋長 160.0m  
幅員 14.5m  
鋼重 1,157t  
路線 一般国道4号  
所在地 岩手県二戸市金田一  
竣工 平成14年2月  
説明文 P94





椎津新田大橋（仮称：中台橋梁）

発注者 千葉県市原市  
 形式 バスケットハンドル型  
       ニールセンローゼ桁橋  
 橋長 127.0m  
 幅員 29.6m  
 鋼重 1,513t  
 路線 都市計画道路 八幡椎津線  
 所在地 千葉県市原市椎津地先  
 竣工 平成15年3月  
 説明文 P88

練馬ペDESTリアンデッキ



発注者 東京都練馬区  
 形式 鋼床版ラーメン箱桁橋  
 橋長 19.58～82.73m  
 幅員 4.6～12.4m  
 鋼重 657.404t  
 路線 区画街路一号線  
 所在地 東京都練馬区練馬一丁目地内  
 竣工 平成14年3月  
 説明文 P91



頓野大橋

発注者 福岡県  
 形式 単純非合成箱桁橋（合成床版QS Slab）  
 橋長 60.0m  
 幅員 8.75m  
 鋼重 296t  
 路線 国道200号線  
 所在地 福岡県直方市  
 竣工 平成15年3月  
 説明文 P95

## 当別川橋

発注者 北海道開発局 札幌開発建設部  
形式 2径間連続鋼床版箱桁橋、  
単純非合成箱桁橋  
橋長 333.0m  
幅員 12.25m  
鋼重 2,514t  
路線 国道337号  
所在地 北海道石狩郡当別町  
竣工 平成14年12月  
説明文 P95

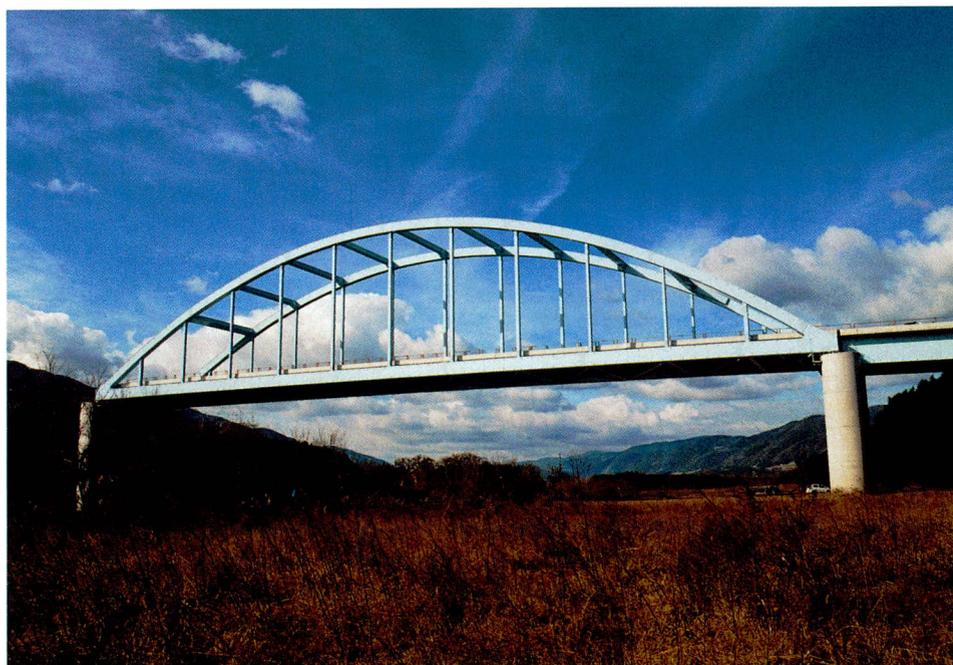


## 大出吊橋

発注者 長野県白馬村  
形式 単径間無補剛吊橋（歩道橋）  
橋長 38.4m  
幅員 2.5m  
鋼重 14t  
所在地 長野県北安曇郡白馬村字大出  
竣工 平成15年5月  
説明文 P95

## 角の浦橋

発注者 徳島県 池田土木事務所  
形式 鋼単純ローゼ桁橋  
橋長 111.4m  
幅員 14.3m  
鋼重 811t  
路線 一般県道 出口太刀野線  
所在地 徳島県三好郡三加茂町中庄  
～三野町太刀野  
竣工 平成16年3月  
説明文 P95





## JR東海ビル（東京）新築工事

施主 東海旅客鉄道(株)  
設計 黒川紀章建築都市設計事務所,  
織本匠構造設計研究所  
施工 大林・名工・JR東海 建設共同企業体  
構造 S造,地下3階,地上13階,PH2階  
鋼重 9,000t  
工期 平成13年4月～平成15年3月  
説明文 P95

## 明治生命館街区再開発計画

施主 明治生命保険相互会社  
設計 (株)三菱地所設計  
施工 竹中,大成共同企業体  
構造 SRC,S造,地下4階,地上30階,PH2階  
鋼重 30,000t  
工期 平成13年8月～平成16年8月  
説明文 P95



## 巻頭言

### 花の色は移りにけりないたずらに我が身世にふる眺めせし間に

— せめて大損しない高齢化インフラの保全に向けて —

京都大学大学院教授 渡邊 英一

21世紀に入って早くも4年目を迎えています。平穩に世の中が推移することが願わしいのですが、アフガニスタン、イラクでの戦争が完全に終結せず、イスラエル・パレスティナ、北朝鮮などを取り巻く国際情勢も緊迫したままです。サダムフセインが拘束されたのはついこの間でしたが、情勢は一向に改善される向きはありません。自衛隊のイラク派遣もほぼ確定し、米国を主要なターゲットとする世界的テロリズムの暗躍とそれに報復を加える国々の攻防が今後果てしなく続く情勢であります。国内では小泉純一郎首相の主導のもとでの「改革無くして進歩なし」という号令により、機構改革、特に特殊法人化、民営化へが強く求められております。総路線長9342キロメートルの国や自治体の直轄事業を含む高速道路整備計画、公団の民営化についても、政府・与党の道路四公団民営化案が決定されました。「保有・債務返済機構」と「新会社」の設立も本決まりの情勢です。

思えばあれはもう10年以上前になるのでしょうか。あるテレビ局により土木業界の内幕が意図的・スクープ的に取り上げられようとなりましたが和解が成立しました。その後土木学会創立80周年の記念事業が華々しく繰り広げられ、世の中に「テクノパワー」なる言葉が生まれました。司馬遼太郎氏にも特別講演を頂きましたし、CGを駆使した、土木の魅力を特集したビデオが頒布され、環境等も重視した「地球の彫刻家」としての技術者の姿が華々しく登場しました。山根一真氏も社会基盤に携わる人々のことをメタルカラーと呼びました。さらに、その直後、あの阪神淡路大震災が勃発しました。土木技術者達は寝食を忘れ、神戸等の復興のためその実力と存在感を遺憾なく発揮し、社会もその活躍に目を見張りました。マスコミも耐震関連の技術と研究者を大きく取り上げました。でも、よく考えますと、土木技術者という者は不幸が起こったときのみマスコミに登場することになっているようです。しかし・・・すぐに暗転。技術者に対する好意的世論は急速に失速するところとなりました。わが国では反土木のキャンペーンが始まりました。インフラなんて要らないよ。建設業界も急速に士気を失い無口となってしまっています。一体何が起こったのでしょうか。

さて、いよいよ少子高齢化が実感となって切実に感じられる世の中になってきました。街を歩いても電車、バスに乗っていても私と同年齢かもしくはそれ以上の人が目立つようになってきました。人間だけでなく、橋のような社会基盤（インフラ）についても本格的なケアを必要とする時代にいよいよ突入したようです。このインフラの整備に関しては総合的フィロソフィーのもとでのハードウェア、ソフトウェアの両面が等しく必要であるだけでなく、そのハイブリッド連携が大切であります。歴史的には、そもそも、ものづくりから産業が始まります。明治維新後の繊維・織物工業などの軽工業産業でありました。また、わが国は第2次世界大戦後の廃墟より立ち直りました。廃材を用いた物づくりの再出発でありました。トタン・ブリキ板、ジュラルミン材、鉄屑等々でありました。極めて簡単な製品がものづくりの原点でありました。これらの人々は日々必要としました。もうもうたる土煙

を上げながらバスが走っていました。舗装などは全く考えられませんでした。程なく特需のタイミングを得ました。寝食を忘れて頑張りました。見る見るうちに人々は元気になり、明治維新以来の日本の得意とする伝統的手法を繰り返しました。世界のトップの産業に目をつけよ。追い付け。つぎにこれを凌駕するのです。

バブルが頂点に達した頃には技術力世界一の日本といわれて有頂天となりました。橋の世界ではスペイン世界一を目指すことなどが生き甲斐でした。トヨタ、ホンダ、パナソニック、ソニーをはじめ、努力をして世界有数となった企業も少なくありません。ことのはじめは真に創意のあるものも少なくなかったのですが一般的に言って、手足・指先の器用さを精一杯に活用した、技術の改善が主力でありました。しかし、関係のない人までが、自分までも世界有数と錯覚したのが不幸の始まりだったのでしょうか。技術発展が日進月歩のものであり、かつての夢も常識となるとは気がつきません。例えばシャープが社運を賭けて十数年以上も前に開発した液晶ですが、今では当たり前のように皆思っていますし、韓国のサムソンは後発組だったのですが、この技術に着目し、今や世界一の生産量を誇っています。一方、折角物づくりの技術力を発揮して素晴らしいものを誕生させてもソフトウェアが不備であればハードウェアの性能が引き出されません。我が国ではことさらこのソフトウェアに弱かったようであります。例として鉄道を考えてみましょう。単独の社内路線においては世界的にも優れた性能を有するハード=車両が用いられ、そのソフト=ダイヤは正確無比、接続の連携は優れています。他の交通機関との連携となると全く不備と言わざるを得ません。橋梁界で言えば鋼構造、コンクリート構造が凌ぎを削ってきましたが、ハイブリッド構造の連携開発には世界的に遅れを取っていることも事実と言えます。

さて、国際化時代を迎えて日本の大学で学ぶ外国人留学生や日本を訪問する研究者が増加しています。受け入れ宿舎の不備には目を覆うばかりではありますが。我が国ではものづくり、理数系離れが進行し、例えば技能オリンピックでも昔のようなメダル獲得は困難となってきました。NHK番組によれば、驚くべきことに最近裁縫などのハードウェアの学習のため日本で学ぶ外国人研修生が急増しているとのこと。かれらは伝統的に日本の強かったハードウェアの技能の唯一の後継者であるようです。伝統的な「器用さ」ですら、わが国から急速に消失しようとしています。日本は一体何をベースにして生きると良いのかを考えると本当に恐ろしいことです。東京大学名誉教授で高知工科大学長の岡村 甫先生もかつて東京大学の留学生事情に言及しておられましたが、京都大学でも日本人が太刀打ちできないほどの優秀な留学生も増えてきています。これらの研修生、留学生は目的意識旺盛でかつ、基礎を何よりもみっちり学習する意欲に満ちています。優秀な学生が日本で学ぶことは極めて嬉しいことではありますが、その一方日本人学生に基本を学び取ろうとする覇気が感じられないのは気懸りであります。

昨今若者達の工学離れが顕著になりました。なかでも土木建築の分野が不人気であります。したがってパラダイムの転換も大きな課題になるのではなかろうかと思われるのであります。これまでは土木の技術者は新しい事業を手がける。そして立派になし遂げたかと思うとそこを去り、次の事業にとりかかる。つまり地球の彫刻家とでも言うべき存在であったのです。しかし、今後はその事業を居ながらにして見届け、管理をして行く時代になったわけです。私の大学でも文化・社会・環境といった大きな視点から持続型社会に向けた建築・都市空間創出、文化資産継承に向けた先端的知的資産創出、

少子高齢化社会における都市代謝システムを看板にした国際的教育研究を目標にして行こうとしております。つまり、多様性価値観を認識するとともにその価値観を高めるために夢・元気・スピードをもって先端的知識と技術を創出することが望まれています。早くしなければ手遅れとなる時代となりました。赤信号、みんなで渡れば怖くない方式、言い換えると護送船団方式、あるいはGP-IB方式は頓挫し、それからの離脱は緊急課題です。Tiger Woodsが言っている言葉に私の好きな言葉があります。

1. I want to play better.                   もっと上手くやりたい
2. I want to see bigger pictures.       より大きな視野を持ちたい
3. I want to do more.                   もっと積極的にやりたい

また、ノーベル賞受賞者が対談しておりましたが、小柴昌俊さんは夢の大切さ、野依さんはあこがれ、感動をもて、江崎玲於奈さんは違った視点で物事を考えなさいとっています。

今後社会基盤の整備の方向は「彫刻家」より「医師」の世界へ、すなわち、新規のインフラづくりより維持・管理・補修といった健康診断・内科・外科的手当のシステムの時代へと推移しています。モニタリング、データ収集、診断の各技術の確立には時代最先端のセンサー技術やリモートセンシング、GPS、GIS等を含む情報収集そしてデータベースの構築などが不可欠であります。何よりも人間ドックならぬ、「インフラドック」については正確な診断を下せるための力学の基本が肝要であります。世の中では、総合的ライフサイクルのフィロソフィーのもと、広範な科学技術に立脚したハードウェア・ソフトウェアそしてそのハイブリッド連携技術とが重要となってきました。昔は素晴らしい「彫刻」を作ることが動機となり、幾多の優れた人材が土木工学の分野で活躍してきました。しかし、現在は「インフラドック＝インフラのモニタリング、維持管理・保全」は地球環境の保全、調和の長期的な観点からいって新しいパラダイムであることは疑う余地がありません。このパラダイムに向けて有能な前途洋々たる若い人材を誘うことは私どもの義務ではないでしょうか。

このパラダイムを完成させるためには数多くの大きな垣根を越える必要があります。その必要性・魅力・楽しさを広くかつねばり強く社会広報・説得する努力せねばなりません。魅力・楽しさが無くどこに若人が集まるでしょうか。若人に限らず、労多くして誇りも何もなければ誰が来ましょうか。そういう意味では大学をはじめ、官公庁はまだ真剣に努力はしておりません。また、そのなかでも事業性を考えたときもっとも重要なことのひとつは「大損しない対価」の設定ではないでしょうか。いくら良いシステムを提案しても、そのために「たとえ火の中、水の中・・・」でも喜んで仕事をする業界と人材が必要です。はっきり物を申しますと、現状では対価が1桁ほど小さいようです。大損するのはいやなものだから現状ではだれもインフラの維持管理はやりたがりません。つまり、現状の対価方式ではまったくペイしないのです。これが今後のインフラ高齢化社会で通用するでしょうか。幸いにして近年我が国ではインフラを放置したことでその咎を受け、多くの人命が損なわれることはありませんでした。今後はそうはいきません。放置すると1000人が犠牲となった江戸時代の永代橋、30年前のアメリカオハイオ州でのポイントプレゼント橋（シルバブリッジ）、10年前韓国のソンスー橋のような崩落がきっと起こり得ます。表題は小野小町の作った歌ですが、世の中の人のほとんどが、修理をしなければならないのは設計・施工がまずかったからと思っています。そうではないのです。ど

んなに当初素晴らしくて完璧なインフラでも時間が経つと必ず劣化するのです。維持管理フリーのものはありません。私ども技術者ができることはその劣化度をソフト・ハード的に極力最小限度に抑えることです。このような情勢においてもここでもし努力を怠り不幸な事故が起これば、責任が大きく問われ、刑事罰を免れ得ないのが技術者の宿命です。冒頭に申しましたようにそのときはマスクミが待ち構えたように大きく取り上げます。

バブル経済の崩壊以降、我が国の事業活動は総じて自信喪失に陥っています。建設分野を下支えしてきた公共工事には落陽の感が否めず、我々が関与する鋼構造の分野においても悲観論が蔓延し始めています。デフレの世の中ですから、インフラを造ると将来借金の返済が大変な負担になると皆感じているのです。このような時代にあって、次世代の仕事を創生し、次世代の鋼構造技術者に託すべき仕事を考えていくことは、困難ではありますが、極めて重要なことではないでしょうか。そのためには、技術面はもとより、これまで鋼構造技術者には比較的疎遠であった事業を考えることなどが重要な位置を占めてくるものと考えられます。それも常識を破る夢・元気・スピードをもった意識変革が要求されているのではないのでしょうか。そこで私が述べておりますインフラの維持管理システムの構築を含め、地球温暖化防止、微生物による環境浄化、光触媒、太陽光発電、一般廃棄物処理、核燃料廃棄物管理、緊急事態管理、社会資本の再生、IT利用技術、ひずみセンサー技術、複合・合成構造物、浮体構造物、超長大橋、合理化橋梁、性能照査設計、規制緩和、国際化問題、事業化手法(PFI、BOT)、海外のプロジェクト創生、テーマパークなど私どもの関わる仕事は多岐にわたります。若い人々に残せる立派な仕事の間を作しましょう。

## 技術評論

執行役員 技術本部長 高橋 亘

公共事業のコスト縮減要請から社会資本整備の在り方が問われております。とりわけ道路整備はこれ以上の延長は無用であるかの様な論議があります。これは交通整備の水準をどこに置くかによって見方が変わりますが、都市対地方の問題に加えて交通手段選択に係わる課題などであり財政再建とバランスの取れた施策が期待されるところです。経済性追求は今始まった事ではなく工程・品質と共に社会的にも企業にとって永続的な命題です。厳しい事業環境の中、我々が為すべき事は顧客が満足出来る良質な製品を早く安価に提供することであり、そのプロセスと得られた成果を広く公開する事が求められております。

昭和61年に「宮地技報」第1号を発刊して今回で第19号になります。云うまでもなく「宮地技報」の目的は社員の意識向上と得られた成果を内外に発表する事で社会に貢献するものです。1年間の工事実績や研究成果をその都度整理する事を習慣にして積極的な投稿を期待しております。技術評論とは若干趣意が違うかも知れませんが、安定的な技術の継承と技術の変遷に関して、入社以来、設計・製造・工事と一貫して技術部門を経験した中で感じた事柄を年代順に整理して見ます。

昭和40年代は東京オリンピック後のまさに高度経済成長期は高速道路建設が中心でした。また、来たるべく本州四国連絡橋などの長大橋建設に胸を膨らませていた時代でもあり、関門橋はこの期間に施工されたものです。この期間の特徴として設計は最小鋼重を目的とした時代でした。鉄筋コンクリート床版の支間長は4mまで適用、鋼床版形式の実績は少なく、新潟地震の知見を踏まえた主桁の落橋防止装置の取り付けなどがあげられます。昭和50年代では宮城県沖地震・鉄筋コンクリート床版の劣化対策として多主桁プレートガーダー橋の適用・合成桁形式の見送り・鋼床版形式の本格的な採用・大鳴戸橋をはじめとする本州四国連絡橋架橋の開始などがありました。昭和60年代はそれまでの技術を集大成した時代でした。明石海峡大橋をはじめとする本州四国連絡橋やその他の超長大橋梁が建設されました。技術面では極厚高性能鋼材の開発・継ぎ手方法の進歩・ケーブル技術・解析プログラムの進歩・大型風洞設備・工場加工の自動化・溶接技術の進歩・非破壊検査方法・防錆技術の進歩・架設設備の大型化などが急激に進んだ時代でした。この時代までの設計・施工の規範は仕様書に定められた品質を満足すれば良いと云うもので、個別に設計基準を定

める長大橋梁を別にして、道路橋示方書の適用範囲内の橋梁には新たな技術提案が反映されにくい環境であったことも事実でした。技術規範も社会情勢と無縁ではあり得ず、平成になって限界状態設計法（荷重係数設計法）の理念を踏まえて新たな技術開発が活発に行われております。構造物に作用する外力（死荷重、活荷重、地震荷重、風荷重、その他）の見積り精度が向上し、材料の品質が安定していれば構造物の安全率を如何なる水準に保持すれば良いかが明らかになります。

平成14年の改訂道路橋示方書はこのような主旨に沿ったもので要求性能に対して見なし仕様で補完する形式を取っております。床版にプレストレストコンクリートや鋼・コンクリート合成床版を用いた合理化少数主桁形式は橋床構造の耐久性向上と建設コストの縮減を目指した構造ですが、これを一歩進めて床版と鋼桁を一体構造として再評価する動きが盛んです。簡単なスラブアンカーを取り付けただけの非合成桁でも確実に合成桁としての挙動をしていることが知られており、この現実を的確に評価してより合理性を追求しようとするものです。鋼材とコンクリートの材料特性を旨く組み合わせた合成構造は、施工性に若干難点があるものの材料の有効利用の観点からは理にかなったもので、当社は昭和30年代にユニークな合成構造（合成トラス）を施工しております（赤城根橋・中条橋）。

兵庫県南部地震の教訓から直下型地震動に対する構造物の挙動が明らかになって来ました。鉄道橋を別にして、道路橋では従来スタッドジベルや鋼床版など限られた部材にのみに疲労への配慮が為されておりましたが、建設後30年～40年経過した鋼構造物の疲労現象が徐々に明らかになっております。我々は謙虚にこの事実を受け止めると共に的確な補修方法や維持管理手法などの提言をして行く必要があります。

鋼材は品質が安定していることに加え、扱い安い材料です。材料特性を生かした鋼橋の新たな技術展開に向けて様々な提案が為されておりますが、ややもするとソフト面が先行しすぎているような気がします。各種のツールが非常に進歩したお陰で解析で現象を補足出来るようになりました。しかしながら、鋼材を加工して現地に据え付ける行為に変わりはありません。また、現場で維持管理や補修工事をする実態も変わりありません。

新たな技術開発も重要ですが、経験に裏付けされた基本要素技術を確かなものにするのもまた重要と考えます。

# 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（北千曲川橋）

## Installing Superplasticized Concrete on a Steel-Concrete Composite Structure in Winter (Kita-Chikuma-gawa Bridge)

桑山 豊六\*<sup>1</sup> 堀 大佑\*<sup>1</sup> 佐藤 正勝\*<sup>2</sup>  
*Toyomu KUWAYAMA Daisuke HORI Masakatsu SATO*

### Summary

The Kita-Chikuma-gawa Bridge on the Joshinetsu expressway has a structure in which the steel box girder and the RC pier are rigidly joined. To ensure that the joint of the girder and the pier were filled with concrete, we used superplasticized concrete on the capital because this concrete is for void-filling. To ascertain the void-filling property and workability of the concrete, we tested the concrete with a scale model before it was applied. Moreover, since the mass-concrete was placed in winter, which can lead to cracks from thermal stresses, a curing method for this case was studied through thermal stress analysis, and the actual work was performed to reflect the result of the study.

キーワード：複合構造，高流動コンクリート，充てん性，温度応力解析，冬期施工

### 1. はじめに

上信越自動車道北千曲川橋は、長野県北部の一級河川千曲川を横過する橋長350.55mの鋼4径間連続非合成ラーメン箱桁橋である。平成9年に完成し既に供用中のⅠ期線と、現在建設中のⅡ期線は共に連続桁の中間支点部でRC橋脚と鋼箱桁を剛結する複合ラーメン構造が採用されている。この構造は、中間支点部の沓を省略できるため経済的となるとともに、維持管理の軽減、耐震性の向上が期待できる点が特長である。Ⅱ期線の全体一般図を図-1に示す。

剛結される柱頭部のコンクリート施工においては、複合構造として所要の性能を満足するためにコンクリートが十分に充てんされる必要がある。しかし、柱頭部は剛結部鋼箱桁内が密閉構造となり、コンクリートの打込みや締固め作業が困難で、かつ充てん状況を後から確認することが不可能である。そこで自己充てん性を有する高流動コンクリートを用いることとした。剛結部の断面図を図-2に示す。

柱頭部のコンクリート施工は鋼桁の架設工程を湯水期施工とする関係から最も気温の低い1月から2月に行わなければならないが、高流動コンクリートを冬期施工し

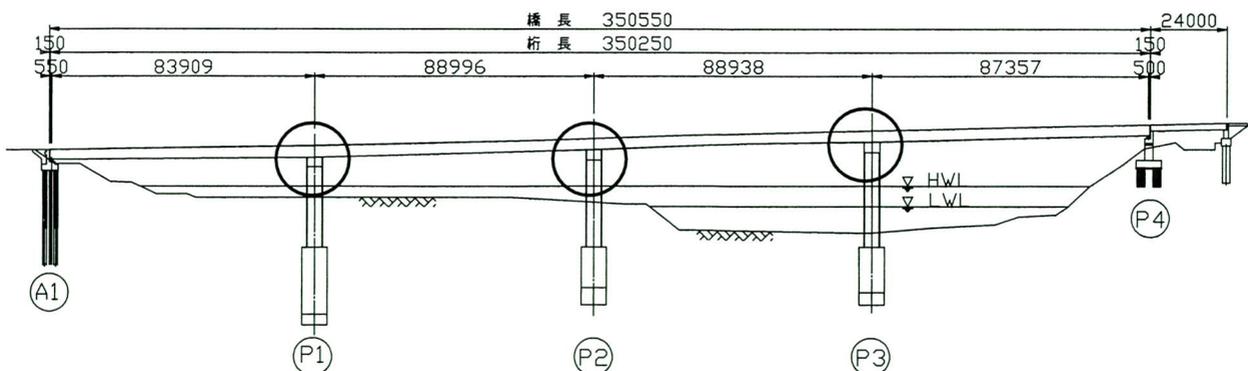


図-1 全体一般図

\*<sup>1</sup>技術本部設計部設計一課

\*<sup>2</sup>技術本部工事部

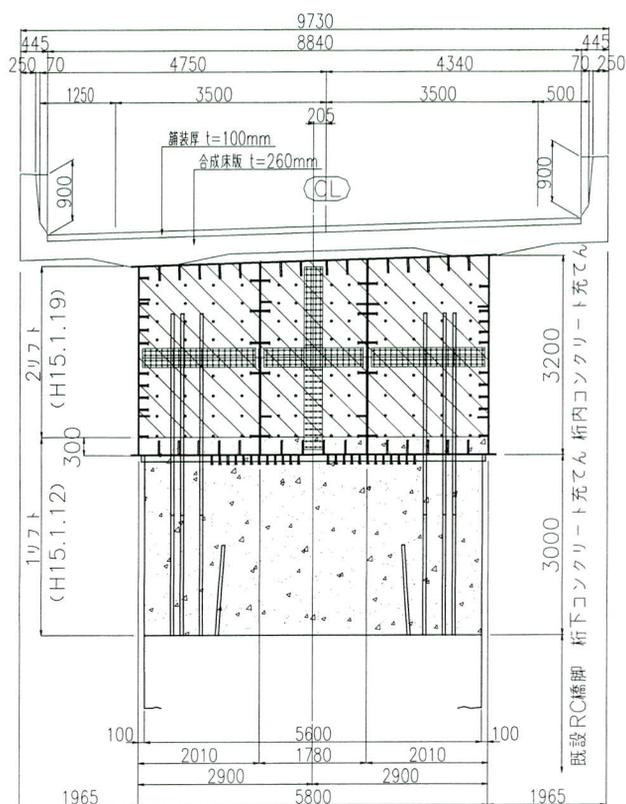


図-2 剛結部断面図

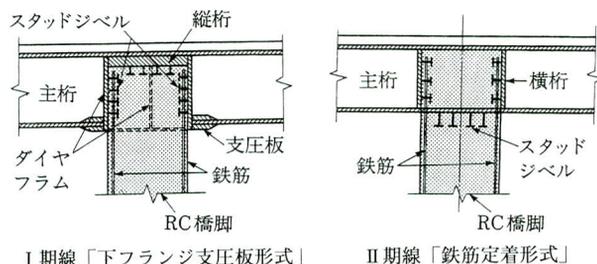


図-3 剛結部形式<sup>2)</sup>

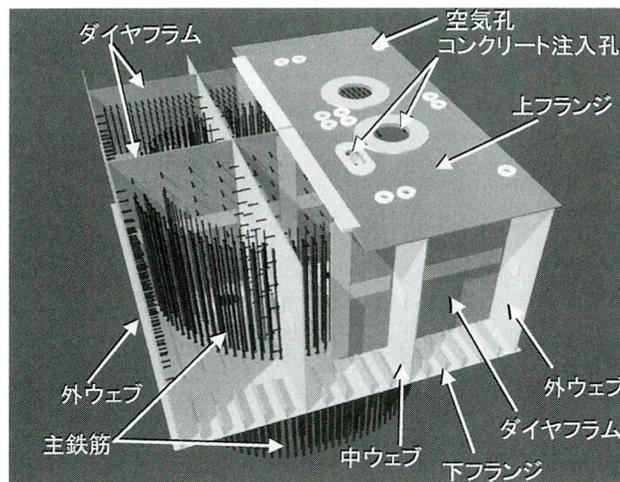


図-4 柱頭部構造概念図

た例は国内では報告されておらず、寒中コンクリートとしての施工対応について検討が必要となった。さらに柱頭部はコンクリートを連続して打込むためにマスコンクリートとして水和熱による温度ひび割れの抑制も同時に要求された。

そこで、これらの課題に対し、コンクリートの充てん性や施工方法を確認するための施工試験、養生方法を検討するための温度応力解析などを実施した。

本稿では施工試験や温度応力解析の結果と共に、これらを基にして行った実際の現場施工について報告する。

## 2. 工事概要および剛結構造の概要

北千曲川橋の橋梁諸元を以下に示す。

工 事 名：上信越自動車道 北千曲川橋（鋼上部工）工事  
 施工場所：長野県中野市牛出～下水内郡豊田村  
 橋梁形式：鋼4径間連続非合成ラーメン箱桁橋  
 支 間 長：83.909m + 88.996m + 88.938m + 87.357m  
 幅 員：（全幅員）9.730m、（有効幅員）8.840m  
 工 期：平成14年3月27日～平成17年3月10日  
 既に供用中である北千曲川橋 I 期線の鋼桁と RC 橋脚

との剛結部は、柱頭部の橋脚コンクリートを優先させ、主桁下フランジは連続させずに支圧板によって応力を伝達する「下フランジ支圧板形式」が採用されている。この接合部構造は、鉄筋組立て、コンクリート打込みなどの施工性に優れ、普通コンクリートを用いて十分な充てん性が保証されている。しかしながら、下フランジ支圧板形式は下フランジに引張応力が発生する場合には応力伝達機構が不明確となる。

これに対し II 期線は、平成14年の道路橋示方書改訂に伴い、大規模地震を想定した非線形動的解析を実施した結果、下フランジ側で引張応力が発生することが分かった。そこで耐震性の向上と引張応力の伝達のため、下フランジを連続させ鋼桁から RC 橋脚へは隅角部内に定着した鉄筋が応力伝達経路となる「鉄筋定着形式」を採用することとした。

図-3 に I 期線、II 期線それぞれの剛結部形式を示し、図-4 に II 期線の柱頭部構造概念図を示す。

写真-1 は II 期線の鋼桁架設および柱頭部コンクリートを施工前、写真-2 は施工後の状況を示す。下部工事では桁下3mまでの RC 橋脚コンクリート施工が完了しており、橋脚主鉄筋が突出した状態となっている。主鉄

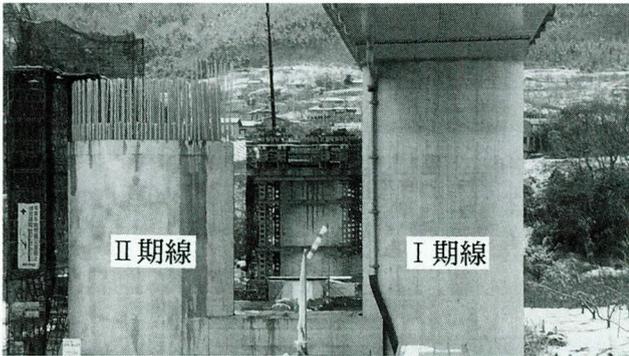


写真-1 II期線柱頭部施工前

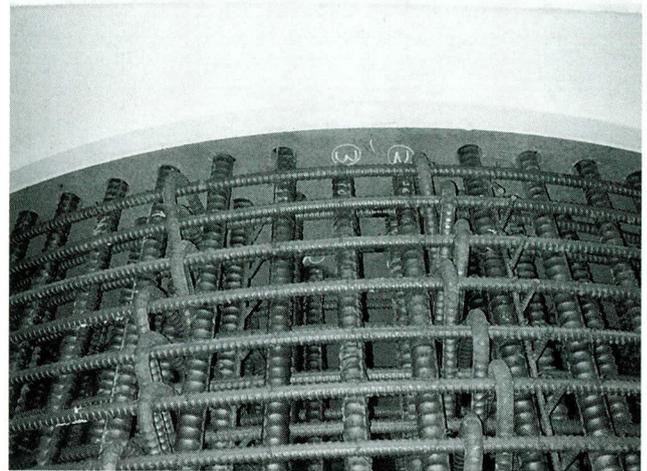


写真-3 下フランジ鉄筋貫通部



写真-2 II期線柱頭部施工後

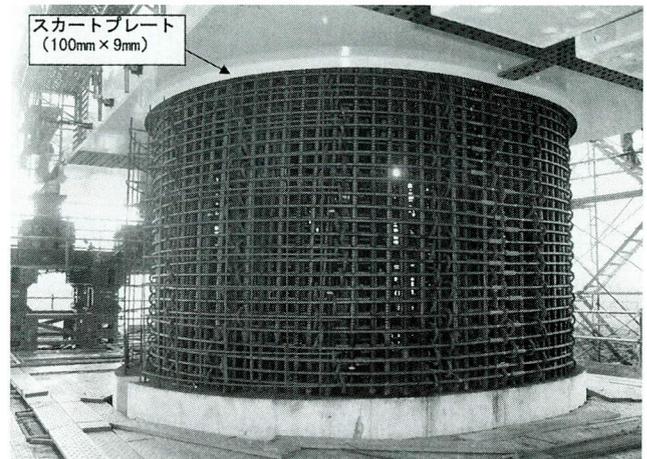


写真-4 柱頭部鉄筋組立後

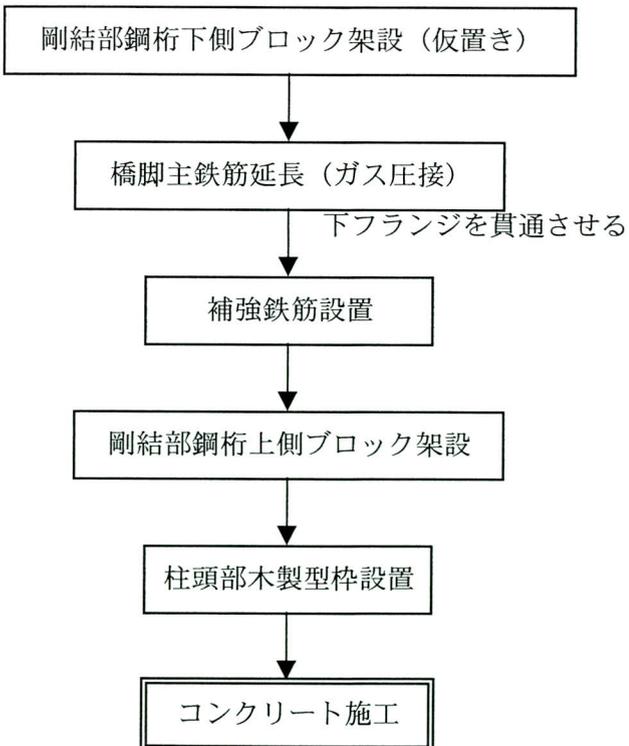


図-5 柱頭部の施工手順

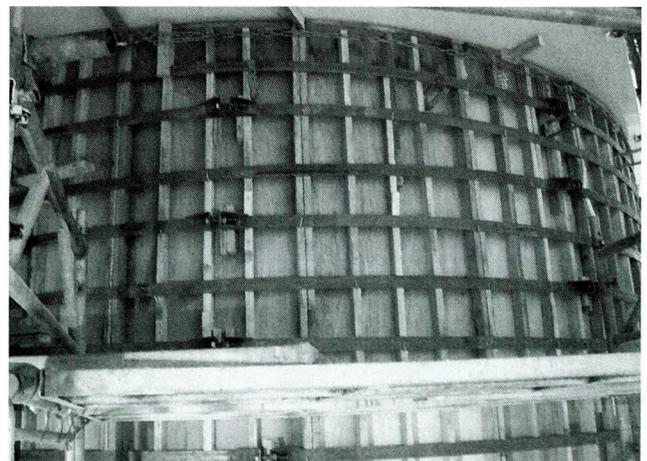


写真-5 木製型枠組立後

筋は剛結部鋼桁下側ブロックを架設後に上から落とし込み、下フランジを貫通させて桁下でガス圧接を行う。柱頭部の施工手順を図-5に示す。

また、下フランジ鉄筋貫通部、柱頭部鉄筋組立後、木製型枠組立後の状況をそれぞれ写真-3、写真-4および写真-5に示す。下フランジ下面にリング状に設置したスカートプレートは、木製型枠組立時の当て板となると共に、下フランジとコンクリートの境界面から水が侵入するのを防ぐ水切りの役割を担っている。

### 3. 柱頭部コンクリートの施工試験

#### 3.1 柱頭部コンクリートの仕様

鋼桁とRC橋脚との剛結部構造として「鉄筋定着形式」を採用する北千曲川橋のⅡ期線は、耐震性が向上し、主桁下フランジでの引張応力の伝達が可能となる一方で、柱頭部コンクリートの施工性および充てん性は不利なものとなる。したがって、確実な充てん施工を行うためには、自己充てん性を有する高流動コンクリートを用いることが不可欠であると考えた。

高流動コンクリートは、使用する材料の種類や量などの観点から一般に粉体系、増粘剤系、併用系の3種類に分類される<sup>3)</sup>。

粉体系は増粘剤を用いずに粉体量（混和材）の増加によって材料分離抵抗性を高めた高流動コンクリートであるが、混和材の使用量が多くなると、これに対応が可能なコンクリートプラントに限られる。さらに、結合材量が多いため、使用する結合材の種類によってはセメントの水和熱による温度ひび割れが問題となる場合がある。

これに対し増粘剤系は、増粘剤を使用し、その効果によって材料分離抵抗性を高めた高流動コンクリートであり、所要の流動性は高性能AE減水剤の添加によって得ている。プラントの対応も比較的容易であり、粉体量も低減できることから水和熱の抑制には効果的である。

併用系は増粘剤を用いるという点においては増粘剤系と同様であるが、その添加量は少なく基本的には粉体系と同様に材料分離抵抗性を単位粉体量の増加によってコンクリートに付与させ、高性能AE減水剤などによって流動性を高めている。増粘剤は材料の品質や状態の変動によるフレッシュコンクリートの性状のばらつきを小さくし、施工を容易にすることを目的として添加している。

本工事の柱頭部コンクリート施工においては、マスコンクリートのセメント水和熱による温度ひび割れが問題となること、コンクリートプラントの対応が比較的容易であることなどを考慮し、増粘剤系高流動コンクリートを用いることとした。施工試験における基本配合条件と

表-1 基本配合条件

種別	設計基準強度 $\sigma_{ck}$ (N/mm <sup>2</sup> )	スラブフロー (cm)	目標空気量 (基準空気量) (%)	セメントの 種類	最大塩化物 含有量 (g/m <sup>3</sup> )	単位 混和剤量 (%)
高流動 コンクリート	30	65.0±5.0	4.5±0.5 (4.5±1.5)	高炉セメント B種	300	C×2.0

表-2 基本配合

水セメント比 W/C (%)	細骨材率 S/a (%)	単位量(kg/m <sup>3</sup> )					
		W	C	S	G	AD	SFCA (g/m <sup>3</sup> )
37.8	48.0	170	450	786	861	9.00	200

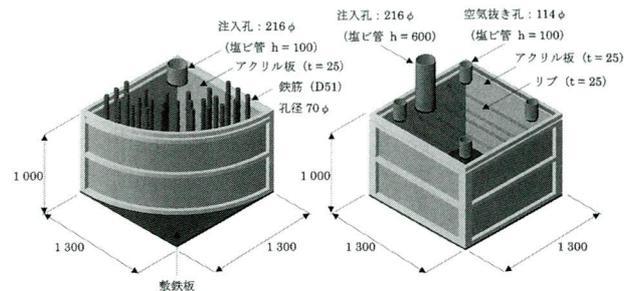


図-6 下フランジ側供試体

図-7 上フランジ側供試体

基本配合をそれぞれ表-1および表-2に示す。

#### 3.2 施工試験の目的

柱頭部の施工に高流動コンクリートを採用することとしたが、実施工においては施工後の充てん性の確認が非常に困難である。そこで実施工に先立ち柱頭部の約1/8の縮小模型を用いて、施工性と充てん性の確認を目的とした施工試験を実施した。

施工試験は箱桁下フランジ下面の充てん性に着目した「下フランジ側供試体（図-6）」と、箱桁上フランジ下面の充てん性に着目した「上フランジ側供試体（図-7）」の2供試体により行った。供試体のフランジには充てん性を目視確認できるように透明なアクリル板を使用し、フランジ部のコンクリート注入孔および空気孔には塩化ビニール管を設置して管の上部までコンクリートを打込み、そのヘッド圧によりコンクリートの圧入を行うとともに初期沈下の抑制を図った。

#### 3.3 施工試験結果

##### (1) 施工性

コンクリートの施工は、コンクリートプラント、コンクリートの配合、現地までの運搬経路およびポンプ車による打込み作業などの施工条件を実施工に合わせて行い、コンクリートの配合や施工性に問題がないことを確

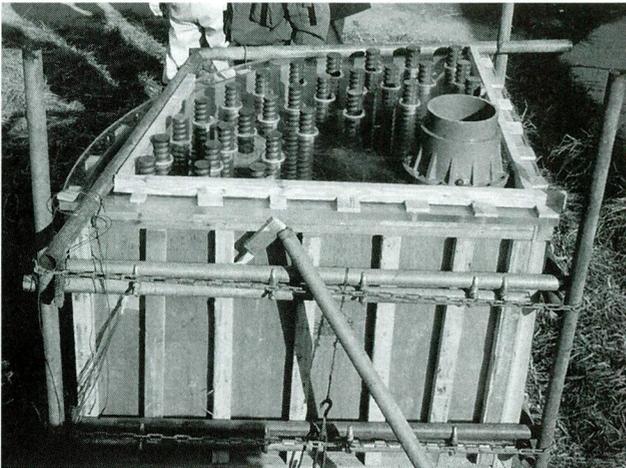


写真-6 下フランジ側供試体モデル

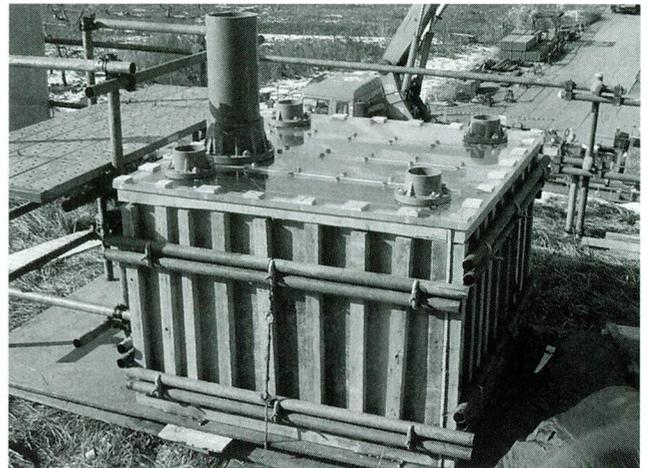


写真-9 上フランジ側供試体モデル



写真-7 下フランジ側供試体 コンクリートフロー状況

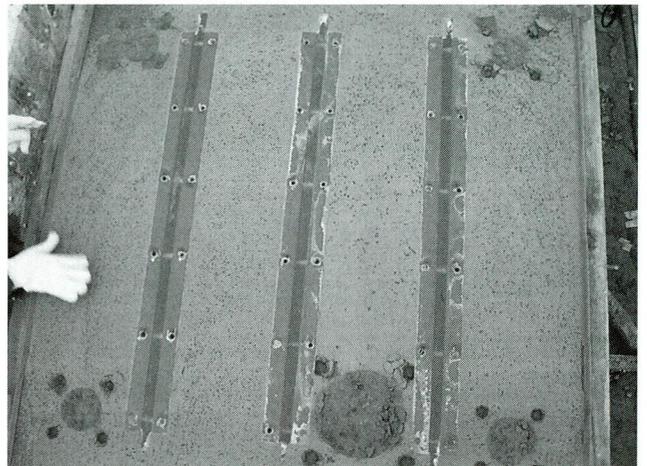


写真-10 上フランジ側供試体アクリル板撤去

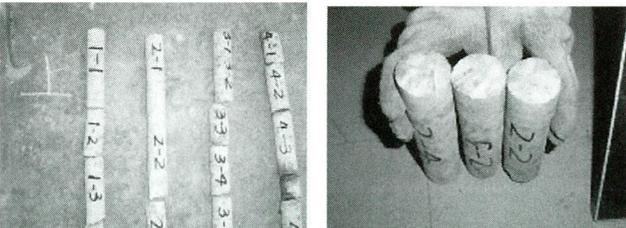


写真-8 コア抜きした供試体

表-3 コア密度測定結果表

単位: g/cm<sup>3</sup>

供試体 番号 枝番	1	2	3	4	平均	
-1	2.318	2.350	2.228	2.222	2.280	供試体上側 ↑ ↓ 供試体下側
-2	2.387	2.328	2.260	2.240	2.304	
-3	2.344	2.340	2.271	2.270	2.306	
-4	2.360	2.365	2.270	2.292	2.322	
-5	2.354	2.332	2.288	2.311	2.321	
-6	2.368		2.304	2.313	2.328	
-7			2.328	2.300	2.314	
平均密度	2.355	2.343	2.278	2.278	2.311	

認した。この時、運搬時間によってスランプフローに多少のロスが確認されたため、実施工では高性能 AE 減水剤の量を増加した。

下フランジ側供試体モデルを写真-6に示し、コンクリートが鉄筋貫通孔の隙間からフローする状況を写真-7に示す。

養生終了後、供試体からコンクリートのコア抜きを行い、目視確認および密度測定により供試体上下で材料分離が生じていないことを確認した。コア抜きによる確認の状況を写真-8に示し、密度測定結果を表-3に示す。

## (2) コンクリート充てん性の確認

コンクリートの充てん状況は、はじめに目視および打音検査により未充てん箇所のないことを確認した。上フランジ側供試体モデルおよびコンクリート硬化後にアクリル板を撤去した状況を写真-9, 10に示す。また、定

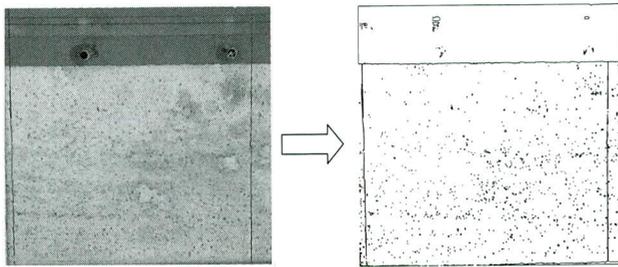


図-8 コンクリート表面の気泡および画像処理結果

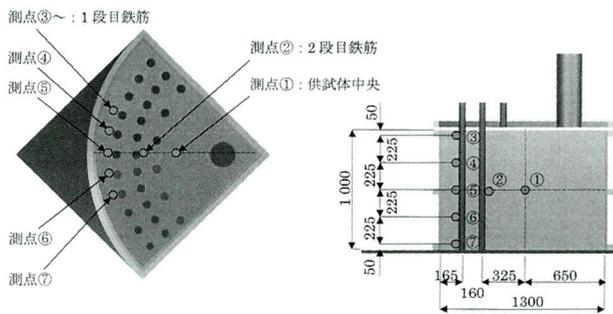


図-9 温度計測点

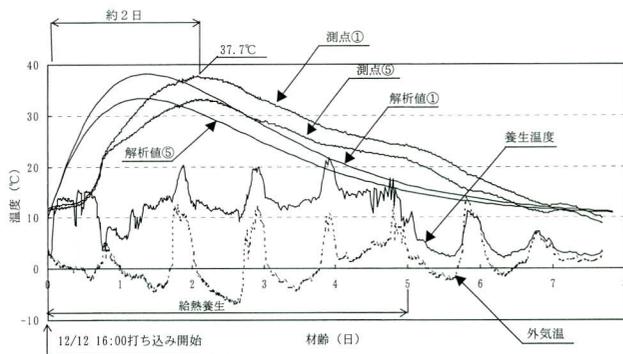


図-10 温度解析結果および実測結果

量的な充てん性の評価方法として、コンクリート表面に残った気泡の面積を計測し、全表面積に対する比率を計算した。図-8は、コンクリート表面の一部を写真撮影し、画像処理によって気泡の輪郭線を抽出したものである。その結果、気泡の面積率は約5%程度であったことから、フランジ下面とコンクリートが十分に密着していることが確認できた。

### (3) 温度計測

コンクリートの温度上昇特性を把握するために、下フランジ側供試体の温度計測を行った。温度計測点を図-9に示す。また、計測結果の検証のために、供試体モデルの温度解析を行った。着目点は、供試体中心の①と、外側主鉄筋位置の⑤とした。温度解析結果および実測結

果を図-10に示す。

最高到達温度については、解析値と計測値はほぼ一致しているが、最高温度までの到達時間は、解析の方が早目となる傾向となった。これは、解析において断熱温度上昇特性の条件にコンクリート標準示方書の式<sup>4)</sup>を用いて計算していることにより、材齢初期段階において解析誤差が生じたものと考えられる。

## 4. 温度応力解析

### 4.1 解析の目的

柱頭部コンクリートは、高流動コンクリートを採用したことで普通コンクリートと比較してセメント量が多い富配合なコンクリートとなり、かつ柱頭部はその部材寸法よりマスコンクリートとなるため、水和反応による発熱量が大きくなることが予想された。さらに冬期施工を余儀なくされることから、コンクリート内外での温度差も非常に大きくなると考えられた。コンクリート内外の過大な温度差は表面応力の増加を招き、温度ひび割れを誘発するおそれがある。そこで温度応力解析を行ってコンクリートの温度と応力を把握し、適切なコンクリート温度管理のための施工方法と養生方法の検討を行った。

### 4.2 解析手法

解析はコンクリートの非線形温度応力解析プログラム「ASTEAMACS」を用いて行った。モデル化においては①柱頭部鋼桁（内部コンクリート含む）、②柱頭部RC橋脚、③既設RC橋脚を3次元ソリッド要素にてモデル化した。また、構造物の対称性から、作成モデルは1/4モデルとした。図-11に全体解析モデル図、表-4に解析条件を示す。また、解析用配合条件は、施工試験の配合に準じて設定した。

解析は給熱養生温度、給熱養生期間、型枠存置期間お

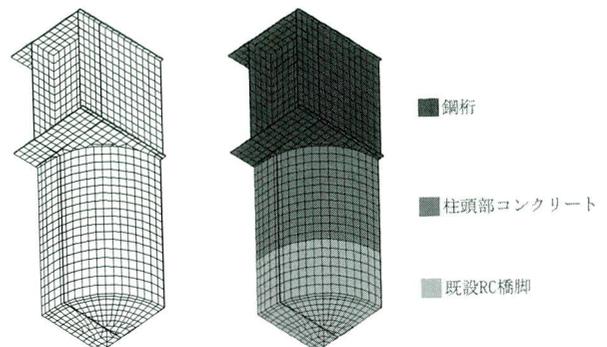


図-11 全体解析モデル図

表－4 温度応力解析条件

部材	物性値項目	記号	単位	物性値	備考
新設コンクリート	熱伝導率	$\lambda_c$	W/m°C	2.7	コ示[施工編]4.2.3より (デフォルト値を使用)
	密度	$\rho_c$	kg/m <sup>3</sup>	2350	
	比熱	$C_c$	kJ/kg°C	1.15	コ示[施工編]4.2.3より (デフォルト値を使用)
	断熱温度上昇量	$Q_{\infty}$	°C	63.5	コ示[施工編]より $Q(t)=Q_{\infty}(1-e^{-t/\tau})$
		$\tau$	—	0.70	ただし、高炉セメントB種を使用、打込み温度は10°Cとする。
	初期温度 (コンクリート打込み温度)	$T_{e0}$	°C	15	実計測値より
	圧縮強度	$f'_c(t)$	N/mm <sup>2</sup>	算出式	コ示[施工編]4.2.5より (設計基準強度を60N/mm <sup>2</sup> として算出)
	引張強度	$f_{tk}(t)$	N/mm <sup>2</sup>	算出式	コ示[施工編]4.2.5より
	ヤング率	$E_c(t)$	N/mm <sup>2</sup>	算出式	コ示[施工編]4.2.5より
	ポアソン比	$\nu$	—	0.18	デフォルト値を使用
	線膨張係数	—	/°C	$10 \times 10^{-6}$	コ示[施工編]3.2.7より
	乾燥収縮	$\epsilon_{cs}^+(t, t_0)$	—	算出式	コ示[構造性能照査編]3.2.8より
	自己収縮	$\epsilon_{ss}^+(t, t_0)$	—	算出式	コ示[構造性能照査編]3.2.8より (W:170kg/m <sup>3</sup> , C:450kg/m <sup>3</sup> )
既設コンクリート	熱伝導率	$\lambda_c$	W/m°C	2.7	コ示[施工編]4.2.3より (デフォルト値を使用)
	密度	$\rho_c$	kg/m <sup>3</sup>	2350	
	比熱	$C_c$	kJ/kg°C	1.15	コ示[施工編]4.2.3より (デフォルト値を使用)
	断熱温度上昇量	$Q_{\infty}$	°C	—	考慮しない
		$\tau$	—	—	—
	初期温度	$T_{e0}$	°C	0	養生は行わないため、外気温とする
	圧縮強度	$f'_c(t)$	N/mm <sup>2</sup>	30	設計基準強度を使用
	引張強度	$f_{tk}(t)$	N/mm <sup>2</sup>	2.41	コ示[施工編]4.2.5より
	ヤング率	$E_c(t)$	N/mm <sup>2</sup>	25743	コ示[施工編]4.2.5より
	ポアソン比	$\nu$	—	0.18	デフォルト値を使用
	線膨張係数	—	/°C	$10 \times 10^{-6}$	コ示[施工編]3.2.7より
	乾燥収縮	$\epsilon_{cs}^+(t, t_0)$	—	—	考慮しない
	自己収縮	$\epsilon_{ss}^+(t, t_0)$	—	—	考慮しない
鋼桁	熱伝導率	$\lambda_c$	W/m°C	25	
	密度	$\rho_c$	kg/m <sup>3</sup>	7850	
	比熱	$C_c$	kJ/kg°C	0.435	
	圧縮強度	$f'_c(t)$	N/mm <sup>2</sup>	570	
	引張強度	$f_{tk}(t)$	N/mm <sup>2</sup>	570	
	ヤング率	$E_c(t)$	N/mm <sup>2</sup>	200000	
	ポアソン比	$\nu$	—	0.3	
熱伝達境界	鋼桁 (メタルフォーム)	$\eta$	W/m <sup>2</sup> °C	14	コ示[施工編]4.2.2より (養生温度は15°C一定とする)
	新設橋脚 (木製型枠)	$\eta$	W/m <sup>2</sup> °C	8	コ示[施工編]4.2.2より推定 (養生温度は15°C一定とする)
	既設橋脚 (コンクリート)	$\eta$	W/m <sup>2</sup> °C	12	コ示[施工編]4.2.2より推定 (外気温は0°C一定とする)
養生	養生温度	—	°C	15	温度計測結果より
	湿度	—	%	70	試験施工時計測値より

表－5 解析ケース

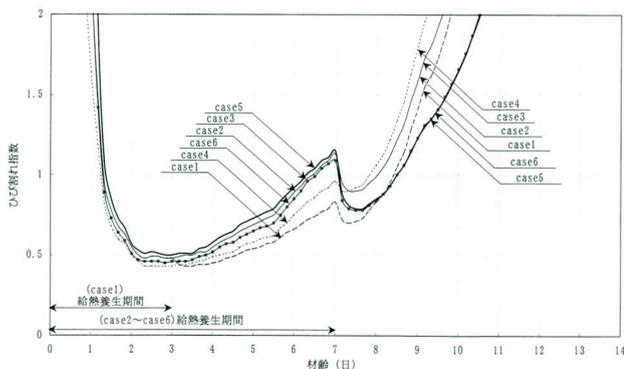
	給熱養生温度			給熱養生期間		型枠存置期間			膨張材	
	5°C	10°C	15°C	3日	7日	7日	14日	21日	なし	あり
Case 1		○		○		○			○	
Case 2		○			○		○		○	
Case 3		○			○			○	○	
Case 4	○				○			○	○	
Case 5			○		○			○	○	
Case 6			○	○	○			○		○

よび膨張材の有無をパラメータとして行った。表－5に解析ケースを示す。

### 4. 3 検討結果

解析結果から、各ケースの材齢とひび割れ指数 (引張強度/引張応力度) の関係を図－12に示す。ひび割れ指数は、養生温度15°C (Case5) で最大となり、5°C (Case4) で最小となる。また、3日間で給熱養生を終了したCase1ではさらにひび割れ指数が低下する結果となった。このことから、最適養生方法をCase5と考え、15°Cで7日間の給熱養生を行うこととした。型枠存置期間については、冬期施工では特に長くとる方が有効であることから、現地の架設工程を考慮して、ひび割れ指数が十分に大きな値となる14日間を設定することとした。

ここで、材齢3日前後のひび割れ指数を見ると0.5近くまで低下していることから、高い確率で初期ひび割れが発生することが考えられる。そこで、収縮補償として膨張材を添加することとし、Case6の解析を行った。しかし、解析結果では、膨張材を添加していないCase5よ



図－12 ひび割れ指数解析結果

りもひび割れ指数が低下しており、収縮補償としての効果を確認することはできなかった。これは、解析モデルでは型枠や鉄筋などによる拘束条件を適切に反映させることが困難であるためと考えられる。

## 5. 柱頭部コンクリートの施工

### 5.1 施工状況

コンクリートの打込み量は1脚あたり167m<sup>3</sup>である。高流動コンクリートの側圧と圧送時のエア巻き込みを考慮して、打込み速度は20m<sup>3</sup>/hとし、橋脚部と桁内の2リフトに分けて打込んだ。また、打継目は柱部に設けることは構造上望ましくないことから、下フランジから上へ約300mmの高さに設定した。(図-2)

コンクリートの施工状況を写真-11, 12に示し、下フランジ鉄筋貫通孔からコンクリートがフローしている状況を写真-13に示す。また、スランプフロー試験の

状況を写真-14, 15に示す。

### 5.2 温度計測結果

コンクリート打込み後、柱中心部の温度を計測し、解

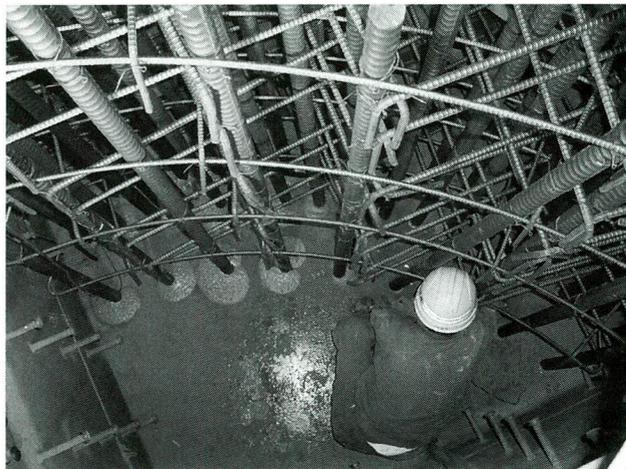


写真-13 下フランジ鉄筋貫通孔からのフロー状況

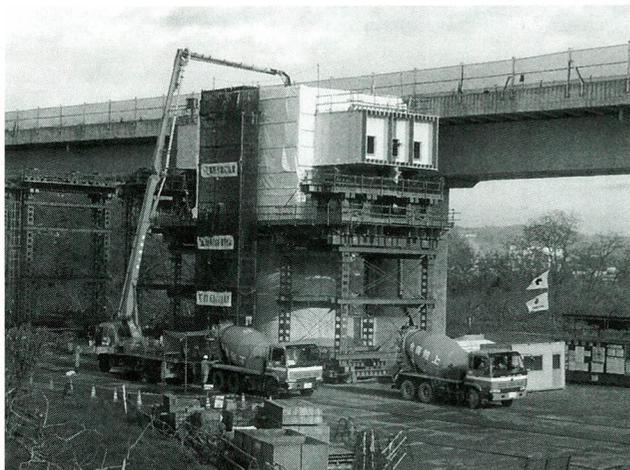


写真-11 柱頭部コンクリート打ち込み状況



写真-14 スランプフロー試験



写真-12 柱頭部コンクリート打ち込み状況

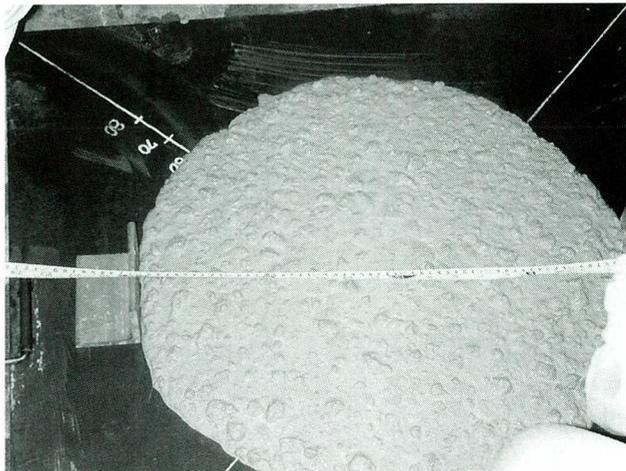


写真-15 スランプフロー試験

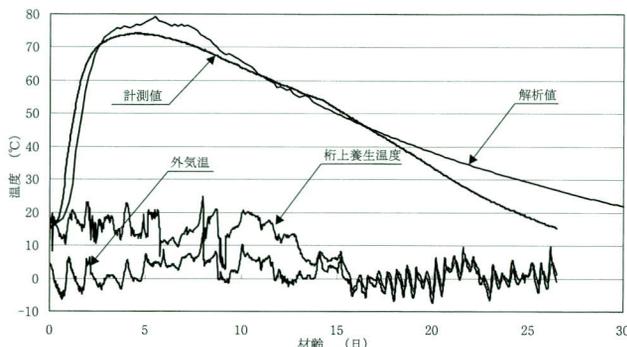


図-13 柱頭部コンクリート柱中心部温度の解析値と計測値

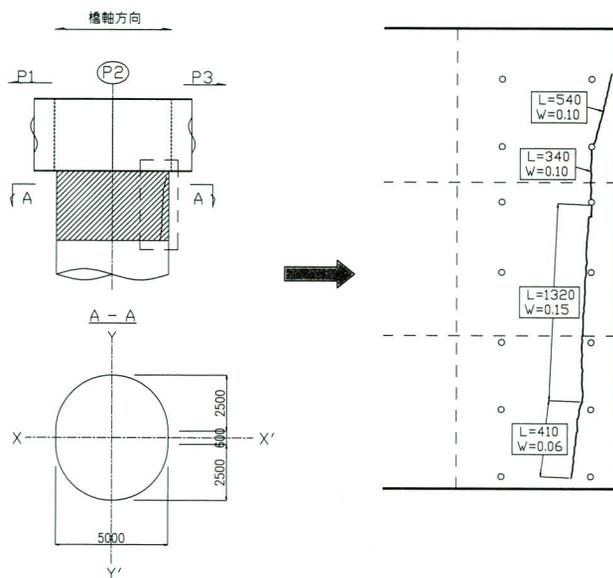


図-14 ひび割れ実測結果

析値との比較を行った。(図-13)

施工試験における温度応力解析では解析値と実測値で最高温度到達までの時間に誤差が生じたため、実施工では断熱温度上昇試験を実施して解析条件を検討した。その結果、計測値と解析値はほぼ一致し、検討段階で行ったひび割れ指数の傾向が計画通り推移していると予測できた。

### 5.3 コンクリート表面のひび割れ観察

材齢15日目に型枠を撤去し、柱部コンクリート表面のひび割れ状況を目視により観察した。観察結果を図-14に示し、その内容を以下にまとめる。

- ・最大幅0.15mm程度のひび割れが鉛直方向に約1320mm発生していた。(許容ひび割れ幅  $W_a =$

$$0.005 \times c = 0.55\text{mm})$$

- ・その他のひび割れ幅は0.10mm以下の微細なものであった。
- ・打込み後、約1ヶ月経過してから再度観察を行ったが、ひび割れの進展は確認されなかった。
- ・発生したひび割れは柱断面の直線区間に見られた。これは円弧部分では型枠固定により拘束されるのに対し、直線区間では拘束力が分散することによるものと考えられる。

以上より、発生したひび割れは軽微なもので、かつ進展性がないことから構造上問題ない程度であると判断し、ひび割れ補修材を用いて塗布工法にて補修を行った。

## 6. まとめ

北千曲川橋Ⅱ期線の剛結構造で採用した「鉄筋定着形式」は、柱頭部に高流動コンクリートを使用することにより、施工性や下フランジ下面へのコンクリート充てん性などの課題を克服することができた。また、冬期施工、マスコンクリートなどの条件による温度応力に起因するひび割れに対しては、温度応力解析による養生方法の検討を反映させることにより、所定の品質を満足する柱頭部施工を完了することができた。

最後に、本工事のコンクリート充てん施工試験および柱頭部の実施工にあたり、長岡技術科学大学の丸山久一教授、日本道路公団信越工事事務所の坂本所長、笹井工事長には多大なご指導を賜りました。ここに記して深謝いたします。

## <参考文献>

- 1) 角昌隆ほか：千曲川橋の複合剛結部の設計について，土木学会第51回年次技術講演会概要集，I-A451，平成8年9月
  - 2) 日本道路公団 設計要領第二集：9章 複合構造，平成10年7月
  - 3) 土木学会 コンクリートライブラリー93：高流動コンクリート施工指針，平成10年7月
  - 4) 土木学会 コンクリート標準示方書〔施工編〕：4章 施工段階におけるひび割れ照査，平成15年1月
- 2004.1.13 受付

# 鋼鉄桁とダブルRC床版による複合橋梁の開発研究（その1）

## Development of a Steel/Concrete Composite Bridge with Steel I-Girders and Double RC Decks :(Part 1)

内田 智文<sup>\*1</sup> 佐藤 徹<sup>\*2</sup> 能登 宥愿<sup>\*3</sup>  
Tomofumi UCHIDA Toru SATO Hiroyoshi NOTO

### Summary

With the aim of developing a bridge structure that has economy and mechanical rationality, steel-concrete composite bridges have been studied actively in recent years. Here the authors propose a steel-concrete composite rigid frame plate girder bridge with double RC decks as a new type for medium span bridges. In this paper, the structural features of such a bridge, the result of analytical investigation for characteristics of the structure by FEM analysis and economic comparison with conventional bridge types are reported. And feasibility of application to an actual bridge is also described.

キーワード：複合ラーメン橋，ダブルRC床版，FEM解析，試設計

### 1. はじめに

近年、経済性と力学的合理性を兼ね備えた橋梁構造の開発を目指し、鋼とコンクリートによる合成複合橋梁の研究が積極的に行われてきた<sup>1)</sup>。例として、鋼上部構造とRC橋脚を剛結する複合ラーメン構造は、ラーメン形式とすることにより、耐震性の向上が図れ、中間支点部や橋脚の断面力低減や支承の省略により初期コストとともに維持管理も低減されることが期待されている。また連続箱桁橋の圧縮領域となる中間支点部の下フランジ側にコンクリート床版を設ける二重合成箱桁橋は、コンクリートの特性を有効利用する合理的な構造として、研究が行われてきた背景がある<sup>2)</sup>。筆者らはこれまでに建設されたこれらの複合橋梁の特徴を研究し、中規模スパン橋梁としてより経済性・施工性・景観などに優れた新たな橋梁構造の検討を進めてきた。その結果、複合ラーメン鋼桁橋の中間支点部下フランジ側にもコンクリート床版を配置して合成させた構造（以下、新形式橋梁と記す）が、コスト縮減、支間の長大化、床版の耐久性向上などの観点から有望な構造であると考えた。

ここでは支間長80～100m程度の中規模スパン橋梁への適用を想定した複合鋼桁橋を提案し<sup>3)</sup>、この橋梁形式

の実橋への適用へ向けて実施したFEM解析による力学的特性の検討、試設計による経済性の比較および現場施工方法の検討結果について報告する。

### 2. 新形式橋梁の構造と特徴

ここで提案する新形式橋梁は、鋼鉄桁と鉄筋コンクリート橋脚とを柱頭部で剛結し、かつ中間支点部下フランジ側にもコンクリート床版を配置して合成させた構造である。この橋梁構造では、橋脚コンクリートとこの下床版とは一体化し、橋脚が柱の先端部で主桁方向へ連続的に広がるような形状となること、外観上の大きな特徴である。橋梁構造のイメージを図-1に示す。

この新形式橋梁では、下床版は中間支点付近の圧縮領域のみに配置し、部材断面の剛性に寄与しない支間中央付近の引張領域までは延長しない。そのため、下床版のコンクリートは常時圧縮部材となり、コンクリート断面を有効に活用することができる。従来形式である非合成鋼桁橋と比較すると、新形式橋梁の中間支点付近では鋼桁と下床版との合成作用により、鋼桁の断面構成を大きく変えることなく中間支点部の断面構成が可能となる。また、下床版は中間支点の近傍のみに配置し、かつ橋脚

<sup>\*1</sup>技術本部技術研究所技術開発課

<sup>\*2</sup>技術本部技術研究所技術開発課課長

<sup>\*3</sup>技術本部技術研究所所長

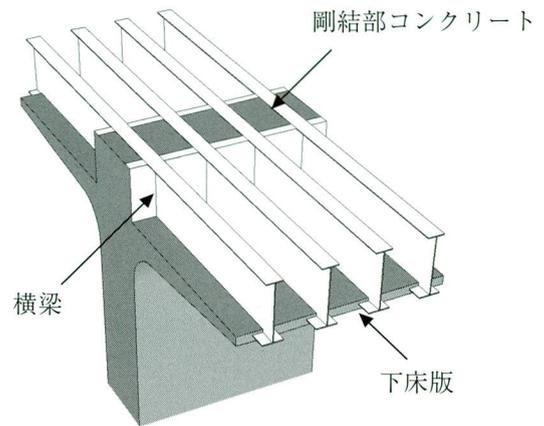


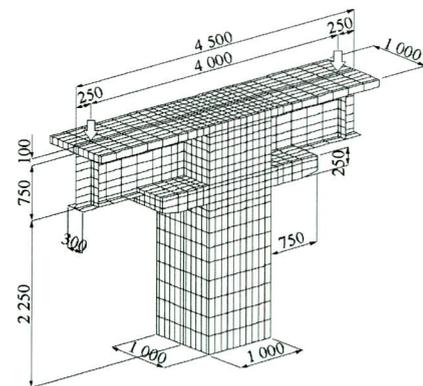
図-1 新形式複合橋梁の構造イメージと剛結部構造

と一体化することから、床版自重により上部工に作用する曲げモーメントは小さく、支間中央部の曲げモーメントも従来形式と比較して小さくできる。したがって、新形式橋梁の適用支間長を、従来形式の橋梁に対して大幅に伸ばすことが可能となる。そのほか、本構造は以下の特長を有すると考えている。

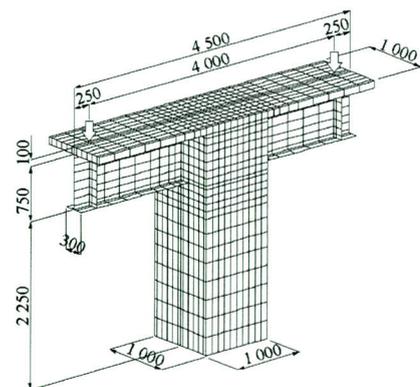
- ① 上部工と下部工の剛性のバランスが適切であれば、ラーメン構造として優れた耐震性を発揮する。
- ② 同じくラーメン構造であることから、主桁の剛性を高めることなしに活荷重たわみを低減できるため、低桁高化も可能となる。
- ③ 複合ラーメン構造の剛結部の応力伝達が、下床版により円滑となる。

このような橋梁構造を実橋に適用することができれば、従来形式と比較して経済的で機能的な橋梁の建設が可能となるものと考えられる。

鉄筋はトラス要素、コンクリートは材料の非線形を考慮した8節点ソリッド要素を用いてモデル化を行っている。なお、鋼板とコンクリートの要素同士は節点を共有せず完全に付着している条件とした。解析モデルは実橋の1/4程度のスケールで縮小した形状を想定しており、荷重は片側49kNづつ漸増載荷を行っている。



(1) Type-1



(2) Type-2

図-2 解析モデル図

### 3. FEM 解析による力学的特性の検討

#### (1) 解析の概要

本研究では、現在のところ載荷試験の実施を計画中であることから、事前検討として試験供試体をモデル化した3次元FEM解析を先行して行った。解析のモデルは図-2に示すように下床版を有するモデル (Type-1) と下床版のないモデル (Type-2) の2種類のモデルを用いた。両者のモデルの比較検討から、下床版の影響による構造物の耐荷特性の変化を確認する。

本解析には汎用有限要素法プログラム「MSC. Marc Version2001」を使用し、鋼板は4節点平面シェル要素、

## (2) 解析結果とその考察

解析結果の例として、下床版のないType-2の下フランジが降伏した $P = 588\text{kN}$  荷重時におけるデータを用い、考察を行うものとする。まず、荷重-変位関係については、下床版の効果によって桁の剛性が高まり、変位性状が改善されていることがわかる。また、終局耐力も向上している。(図-3)

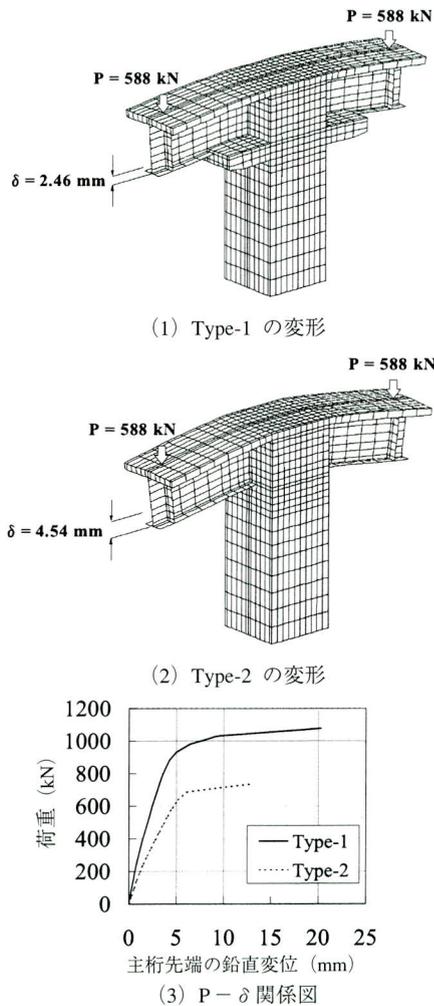


図-3 モデルの変形形状と荷重-変位 関係図

次に、同一荷重においてひずみ性状を比較した場合、Type-1のフランジひずみはType-2に対して小さく、特に鋼桁の下フランジひずみは橋脚近傍での応力集中が緩和され、滑らかに分布している様子がわかる。このとき、上床版でも剛性の違いによる影響が現われており、Type-1のコンクリートの引張りひずみは低下している。したがって、上床版のひびわれが抑制されることになり、実橋では床版の耐久性も向上するものと考えられる。なお、下床版には特に大きなひずみは生じていない。フラ

ンジのひずみ分布を図-4に、コンクリひずみコンター図を図-5に示す。このように、下床版を設けることにより、桁の耐荷特性および終局耐荷力の向上とともにひずみ性状も改善され、剛結部の円滑な応力伝達が行われることが期待できる。ただし、解析条件において鋼部材とコンクリートとは終局状態まで完全付着が保たれるものとしているため、設計または施工段階において、鋼とコンクリートとのずれ止めに十分な配慮を行う必要がある。

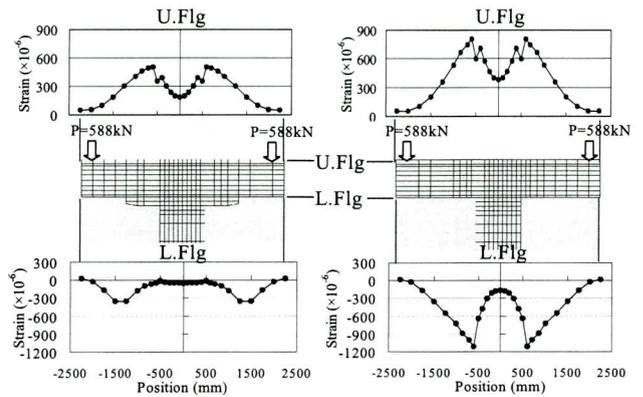
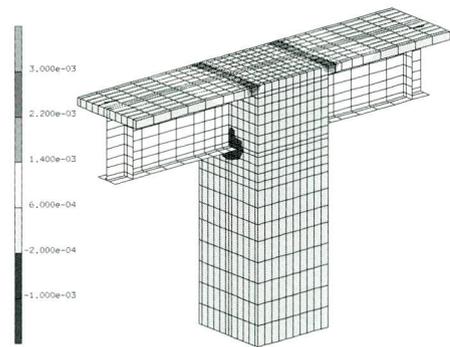
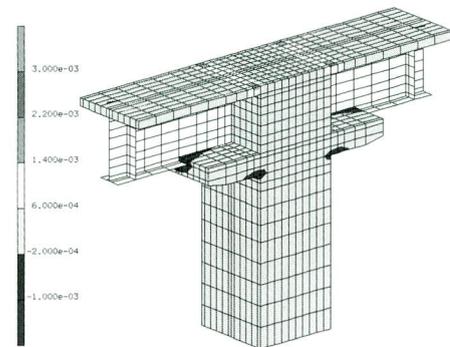


図-4 フランジの軸方向ひずみ分布



(1) Type-1



(2) Type-2

図-5 コンクリート要素主ひずみコンター図

#### 4. 実橋への適用に向けた検討

##### (1) 試設計による検討

###### 1) 試設計の概要

提案する新形式橋梁について試設計を行い、従来形式と比較することでその経済的特徴を明らかにしようと試みた。比較対象となる従来形式は、連続非合成鈹桁と連続合成鈹桁とした。設計計算は概略自動計算プログラムを用いて、概算費用の算出までを行った。新形式橋梁は連続合成鈹桁としての設計計算を基に、ラーメン構造であることは考慮せず断面力を同一と仮定して、中間支点上の断面のみを下床版の断面を有効とした断面の照査を行った。このとき下床版はその施工時期を上床版と同時期と仮定することで、後死荷重と活荷重については下床版を含めた合成断面で、前死荷重は鋼桁のみの断面で受け持つこととして応力度を算出し、クリープおよび乾燥収縮の影響は考慮していない。試設計の構造一般図を図-6に、主な設計条件を表-1に示す。

これまでに建設された橋梁の事例によれば、従来形式の適用支間長は60m～70m程度が一般的とされている。今回の試設計では新形式の構造がその適用支間の前後の

支間長での傾向を把握するために、支間長Lは40, 60, 80, 100mと4種類の場合について検討を行った。また下床版を設ける範囲については、連続合成鈹桁の設計において床版コンクリートを有効としない範囲である支間長の15%の範囲としている。

表-1 試設計の設計条件

橋梁形式	従来形式		新形式橋梁
	連続非合成鈹桁橋 : Type-A	連続合成鈹桁橋 : Type-B	連続合成複合鈹桁橋 : Type-C
支間長	0.8L : L : 0.8L : L=40,60,80,100 (m)		
主桁本数	4 (主桁間隔=2900mm)		
床版形式	鉄筋コンクリート床版 (t=250mm)		
活荷重	道路橋示方書 B活荷重 (日本道路協会)		

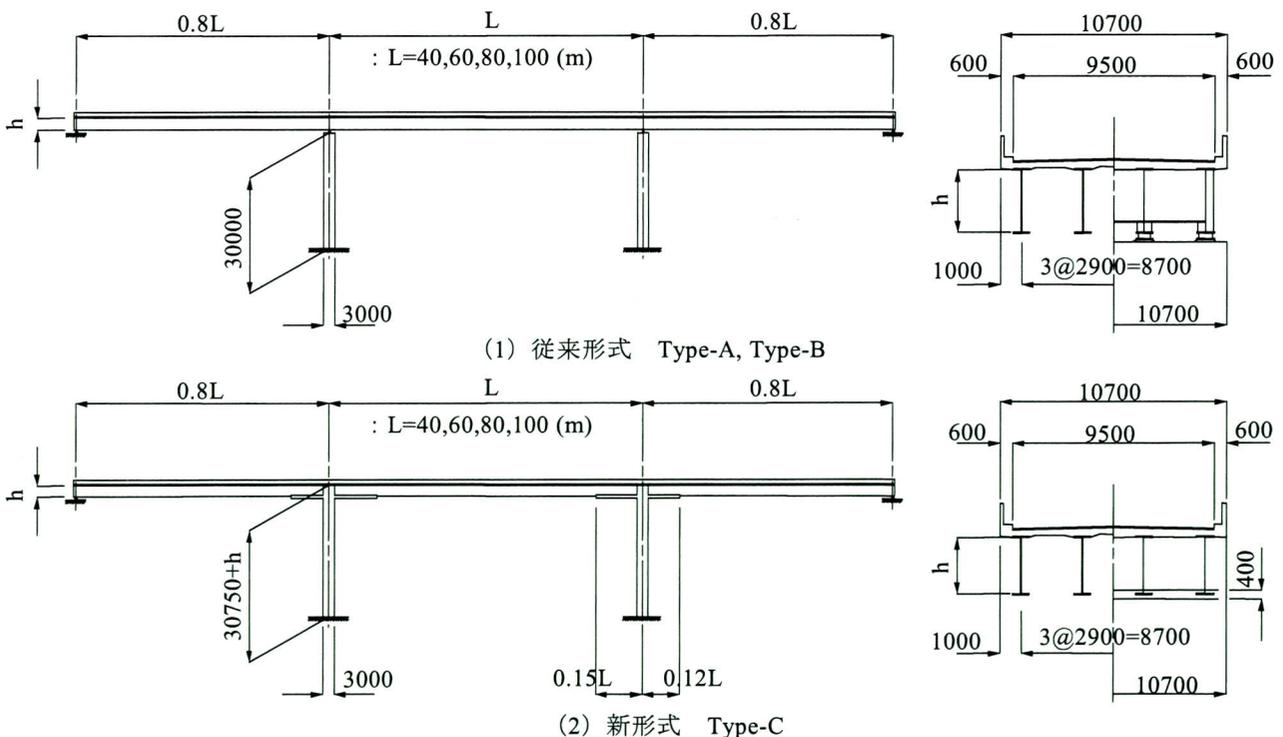


図-6 試設計の構造一般図

## 2) 試設計結果とその考察

試設計における断面構成の例として、支間長80mでの中間支点上外主桁断面を表-2に示す。従来形式であるType-A, Type-Bでは輸送幅の制限を考慮して腹板高を3.0mと設定したが、合成桁として設計しているType-Bでは、上側床版内の鉄筋を有効とする計算によりフランジ厚を小さくした断面構成となっている。さらに下側床版のコンクリート断面を有効とするType-Cでは、腹板高を10%低くした断面構成とし、フランジ断面は縮小できている。また、このような傾向はその他の支間長においても同様であった。

次に各橋梁形式の概算数量と概算工費の算出結果について、支間長との関係についてまとめたグラフを図-7および図-8に示す。算出結果は連続非合成桁 (Type-A) との比較としており、それぞれの支間長においてType-Aを1.0としたときの他形式との比で表している。はじめに、橋面積あたりの鋼重について述べる。表-2で示したように、新形式橋梁Type-Cは断面構成において鋼桁断面を従来形式よりも小さくできることから、橋面積あたりの鋼重もType-Aと比較して10~18%、連続合成桁であるType-Bとの比較では5~10%鋼重減となった。Type-B, Cとも支間長80m以上においては減少率は大きくないが、この検討では支間長/腹板高の比を一定とせず腹板高を3.0mに制限していることによる影響と考えている。次に橋面積あたりの工事費は、支間長の拡大とともに鋼重とは異なる傾向が現れており、新形式の場合、長支間での工費が減少している。今回は下部工を除き支承や下床版および、剛結部コンクリートまでを含む内容であることから、従来形式の支承の費用が反力に比例して増加するのに対し、剛結部コンクリートは変化

量が小さく全体的なコンクリート施工費の増加割合は小さいことが影響しているものと思われる。したがって経済性の観点からは、支間長が長い場合、より経済性が高まる傾向となるものと考えられる。

以上より新形式橋梁では鋼桁断面の縮小により、鋼重の減少、工事費の低下といった特徴が明らかになった。この橋梁形式を最も合理的なものとするためには、下床版厚の設定は重要であると考えており、

- ① 下床版厚を支間長に応じて変化させる
  - ② 下床版厚を下フランジ断面に応じて変化させる
- などの検討を行う必要があると考えている。

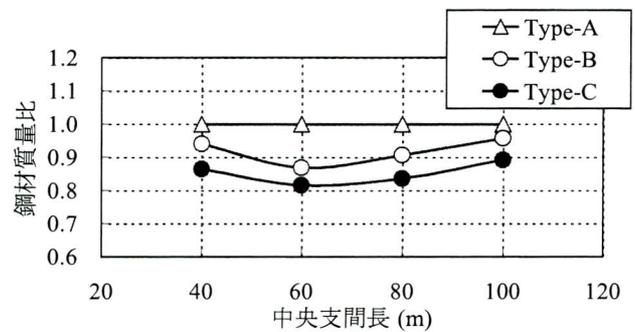


図-7 支間長-鋼材質量比 関係

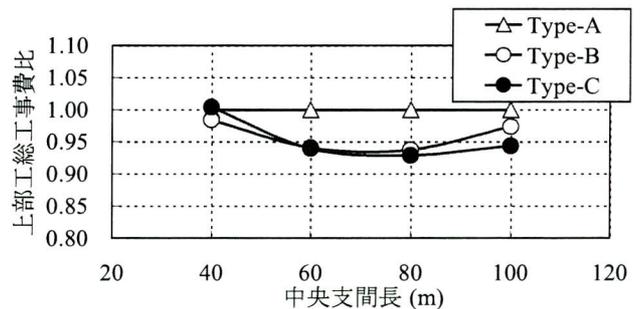


図-8 支間長-総工事費 関係

表-2 中間支点上断面構成の例

	連続非合成桁: Type-A	連続合成桁: Type-B	新形式橋梁: Type-C
中央支点断面構成 (中央支間80m)	<p>U.Fl: 1000×52 Web : 3000×15 L.Fl: 1000×55</p>	<p>U.Fl: 1000×46 Web : 3000×15 L.Fl: 1000×51</p>	<p>U.Fl: 900×55 Web : 2700×13 L.Fl: 850×43 下床版厚 400 (mm)</p>
鋼桁断面積 (Type-A比)	1520 cm <sup>2</sup> (100)	1420 cm <sup>2</sup> (93.4)	1212 cm <sup>2</sup> (79.7)

## (2) 現場施工法の検討

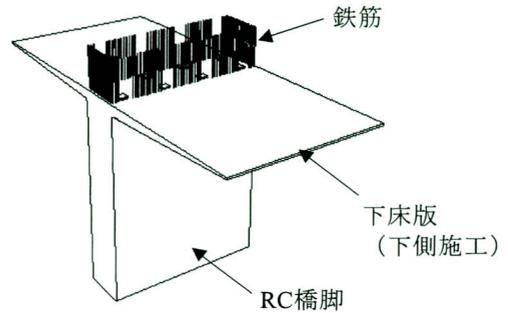
中間支点部の施工に関しては、橋脚および下床版の構築方法、鋼桁の架設要領、主桁と下床版コンクリートとの合成、剛結部コンクリート施工など、型枠支保工の計画も含めて検討すべき課題が多い。一般的には、上部工をトラックレーンベント工法で架設した後、下床版部のコンクリート施工を鋼桁からの吊り型枠を用いて行う方法が考えられるが、ここではより建設コストを削減できると考えられる施工方法の案を以下に示す。

提案する施工方法（図-9）は、下床版の一部を橋脚とともに先行して施工する方法であり、上部工の現場施工時には、下床版施工に伴う足場や型枠作業を大幅に軽減することができると考えている。この方法は、はじめに橋脚と下床版の一部として鋼桁下フランジ位置より下側まで、先行して中間支点部を構築する（図-9(1)）。次に剛結部から鋼桁を順次架設し（図-9(2)）、先行施工した下床版の一部を型枠代わりとして下床版コンクリートを施工する（図-9(3)）。鋼桁と下床版の合成の後、剛結部のコンクリート施工を行い（図-9(4)）、その後上床版の施工となる。

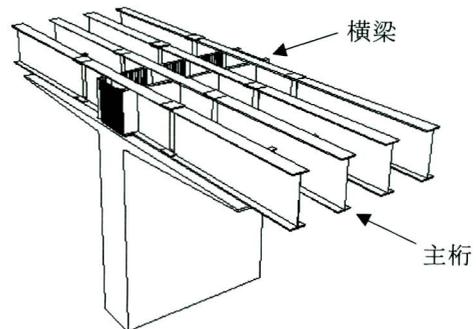
以上のように、この新形式橋梁の建設は十分に可能であると考えているが、前述の課題とともに、架橋地点の環境や地形などの条件に応じた検討も必要であるため、今後は施工要領の整備なども進めていきたいと考えている。

## (3) 下フランジずれ止め構造の検討

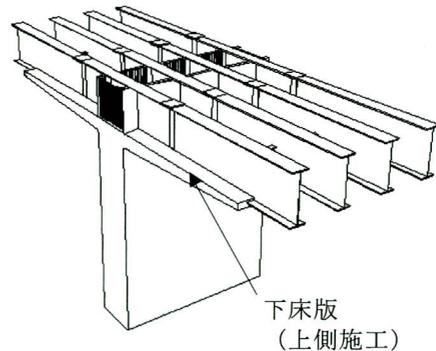
試設計および現場施工法で示したように、下床版コンクリートは下フランジを巻き立てるように配置することを基本と考えている。これは主に建設コストを抑制する観点から、下床版の下側コンクリートを先行施工することにより、後施工コンクリートの型枠を不要とすることを目的としている。下床版を主桁と合成するためのずれ止めは、通常はスタッドなどのシアコネクタを取り付ける方法が一般的と思われるが、図-10(1)に示すようなフランジに孔をあけ、孔あき鋼板ジベルを兼用させる構造も可能であると考えている。孔をあけることによる下フランジ応力度への影響は、図-4のFEM解析結果に示したように、フランジとコンクリートとが一体化している限り問題ないと考えられる。またこの場合、後施工コンクリート打設時の下フランジ裏側へのコンクリート充填性も良好となるものと思われる。その他、ウエブ下側の孔あき鋼板ジベルによる方法（図-10(2)）、ス



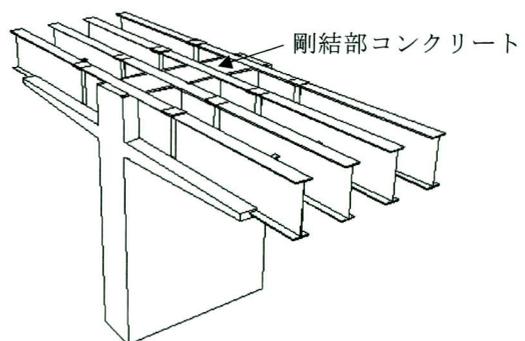
(1) 中間橋脚の構築



(2) 鋼桁架設



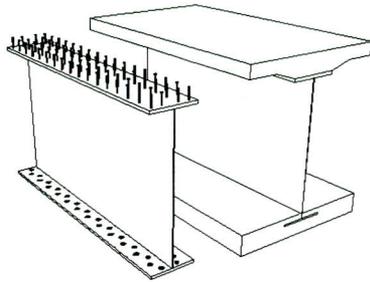
(3) 下床版コンクリート施工



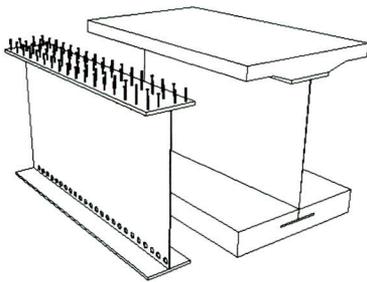
(4) 剛結部コンクリート施工

図-9 中間支点部の施工手順 (案)

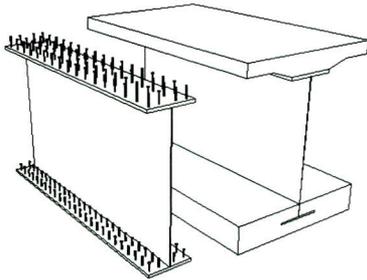
タッドによる方法（図-10(3)）も考えられるが、ジベル位置またはその高さの関係から、フランジに孔をあける場合と比較してコンクリートを厚くする必要があり、経済性に劣ることになる。これらずれ止め構造の選定に関しては、実験等による性能確認を行って検討したいと考えている。



(1) フランジ孔あきジベル案



(2) ウェブ孔あきジベル案



(3) スタッド案

図-10 下床版側のずれ止め構造（案）

## 5. まとめ

これまでの研究より得られた知見を以下にまとめる。

- ① 下床版を設けることにより、構造物の耐荷性状が向上する。
- ② 従来形式の橋梁構造と比較して、適用支間長の長大化、または低桁高化が可能である。
- ③ 上床版の引張応力度が低下するため、プレストレスを導入することなく、コンクリートのひび割れ発生

が抑制され、床版の耐久性が向上する。

- ④ 鋼主桁断面構成、橋脚および基礎断面の縮小により、建設コスト縮減に寄与する。

ここで提案した新形式橋梁は、力学的特性や構造形態が合理的であり、十分に実橋に適用可能であると考えている。しかしながら前述の下フランジずれ止め構造に加えて、下床版の厚さと橋軸方向に設ける範囲、設計計算におけるクリープや乾燥収縮の影響、下床版と鋼桁との合成時期に伴う荷重分担分の変化など、設計上の検討項目の追加とともに、施工要領の整備も行っていく必要がある。これらを解決することにより、この新形式橋梁によって経済的かつ機能的な橋梁建設に貢献できると考えている。

なお、本稿は鋼構造シンポジウム等に発表した論文<sup>3)~5)</sup>をまとめたものである。

最後に、本研究を実施するにあたり、日本鋼構造協会の鋼橋の性能照査型設計対応研究委員会、鋼橋の高性能化研究小委員会（委員長：中村俊一 東海大学教授）の委員の方々には、貴重なご助言を頂きました。ここに記して深謝いたします。

## <参考文献>

- 1) 橋梁と基礎：特集ハイブリッドの時代，2002 vol. 36 No.8，平成14年8月号，建設図書
- 2) 例えば，大山，栗田，渡辺：鋼コンクリート二重合成連続箱桁橋の断面構成比がクリープおよび乾燥収縮挙動に及ぼす影響，構造工学論文集 vol. 46A，pp. 1685-1692，2000年3月，土木学会
- 3) 内田，佐藤，中村，入部：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，鋼構造年次論文報告集第11巻，pp. 277-282，2003年11月，日本鋼構造協会
- 4) Sato, T. Nakamura, S. Noto, H. : A NEW STEEL-CONCRETE COMPOSITE RIGID-FRAME BRIDGE WITH STEEL I-GIRDERS AND DOUBLE RC DECKS, Proceedings of The 6th Japan-Korea Joint Seminar on Steel Bridges (JSSB-JK6), pp. 507-514, 2001
- 5) 佐藤，中村，入部，三浦：中スパンへの適用を目指した鋼-コンクリート複合鋼桁橋の提案，第56回土木学会年次学術講演会論文集，CS2-002，pp. 84-85，平成13年10月，土木学会

2004. 1. 3 受付

# 短期間立体交差化新技術「QS工法」の紹介

## Introduction of a New Technology for Short-term Construction of Multi-Level of Multi-Level Crossing 「QS Method」

奥村 恭司\*<sup>1</sup> 能登 宥愿\*<sup>2</sup> 菅井 衛\*<sup>3</sup> 酒井 久雄\*<sup>4</sup>  
Kyoji OKUMURA Hiroyoshi NOTO Mamoru SUGAI Hisao SAKAI

### Summary

We have developed a new technology called the QS method. This method enables a multi-level crossing to be completed in a short period of time and thus promises to alleviate traffic jams caused by bottleneck crossings. This method requires that the construction of the superstructure be done simultaneous with that of the substructure. The method was developed in collaboration with Tokyu Construction, a company with much experience in urban civil engineering and railway construction. This paper gives an overview of the above method.

キーワード：短期間立体交差化，上・下部同時施工，軽量盛土工法，リバース杭，回転圧入鋼管杭，コンクリート充填鋼殻フーチング，連続ラーメン構造，大型搬送車，リフトアップ装置

### 1. まえがき（開発の背景）

交通量の多い都市部の交差点では、日常的に交通渋滞が生じ、排気ガスや騒音・振動による周辺環境の悪化、市民生活の不便、物流の遅延、緊急車両通行の妨げなど、人的、経済的な損失は甚大であり社会問題にまで発展している。立体交差化はその有効な解決策のひとつであるが、従来までの立体交差化事業では、渋滞が慢性化している交差点を立体化するのに1～2年の工事期間を必要とした。さらに、作業スペースを確保するために通行規

制も広範囲に及び、交通渋滞の緩和を目的とした事業そのものが更に深刻な交通渋滞を生むという悪循環が懸念され、事業を断念するケースさえもあったという。

このような背景から、都市内の立体交差整備事業には、①短期間に完了する急速施工であること、②工事中の交通規制が最小限であること、③工事用地が最小限であること、④周辺環境への影響が小さいことなどの厳しい条件を満足する新工法が必要であった。

そこで、鋼橋の専業である宮地鐵工所・宮地建設工業と、都市土木の実績が多く鉄道の立体化工事を得意とする東急建設両者で、各々がこれまで培った技術を結集し、立体交差整備事業が要求する“狭いスペースの中で極めて短期間に完成させる”新技術『QS工法』を共同で開発した（図-1参照）。

すでに、本工法は2003年6月2、3日に東京都の主催で開催された「短期間施工立体シンポジウム」を初め各種技術フェアにて発表済みである。低構造高橋梁である鋼コンクリート合成型枠橋の「QSブリッジ」、鋼・コンクリート合成床版の「QSスラブ」に続くQSシリーズ第3弾になる。



図-1 QS工法概要図

\*<sup>1</sup>技術本部設計部設計二課課長  
\*<sup>2</sup>技術本部技術研究所所長

\*<sup>3</sup>宮地建設工業(株)鉄道・橋梁技術部長  
\*<sup>4</sup>宮地建設工業(株)鉄道技術グループ

## 2. 全体概要

本工法は上部工と下部工を同時期に施工することにより、短期間に高架橋とそれに接続するスロープ部を構築して交差点を立体化し、渋滞の解消を図る工法である。

立体化する方の道路が、地下に潜るアンダーパス工法に対し、主要道路の上を跨ぐオーバーパス工法である。オーバーパスの場合、地盤条件、地下埋設物等の影響はより小さいが、施工時の主要道路の通行規制を最小限に留め、二次渋滞の発生を回避することが課題となる。そのため、本QS工法では交差部桁ブロック接合時に十分な架設クリアランスを確保する工夫を施すなど、短時間の桁同士の接合を可能とし、主要幹線道路の通行規制を1晩のみとした。

また、全体工期短縮のため、工事規模、工事用地を最小化する高架構造の採用と部材のプレキャスト化を徹底し、現場工期を従来工法（トラッククレーンベント架設で上・下部同時施工を前提とした場合）と比べ約半分の3.5ヶ月（実日数）に短縮した。

## 3. 立体交差構造

### (1) スロープ部（アプローチ部）

スロープ部は、軽量で自立し、基礎杭と擁壁が不要となる気泡モルタル盛土を基本とする（軽量盛土工法）。気泡モルタル以外の盛土材として、現地の地盤状況に応じてEPS（発泡スチロール）、現地発生土を積極的に再利用する流動化処理土等の採用を考えている。

〈特徴〉

- ① 盛土材の軽量化を図ることで、擁壁および基礎杭が不要となる。
- ② 自立性の高い盛土材を使用することにより、橋台に側圧が作用しない構造としている。
- ③ 外壁となるプレキャスト板（型枠兼用）とプレキャスト高欄を使用することにより工期が短縮できる。
- ④ 重量の軽い鋼製橋台を使用することで、基礎部へ与える影響を低減できる。
- ⑤ 現地発生土を流動化処理土として再利用することで環境負荷を低減できる。

### (2) 基礎部

基礎部は都市部での一般的な地盤条件に配慮し、杭基礎を想定している。コンパクトなTBH削孔機を用いた

場所打ち杭（リバース杭）を標準とする。現場状況により、回転圧入鋼管杭（NSエコパイル等）の採用を考えている。また、良好な地盤が得られる場合を想定して、直接基礎形式での検討も進めている。何れも省スペース化が図れ、騒音・振動をできるだけ小さくできる工法である。

〈特徴〉

#### ○場所打ち杭（TBH削孔機）

- ① 小型機械を使用するため施工スペースが小さくて済む。
- ② 騒音振動が小さい。

#### ○回転圧入鋼管杭（NSエコパイル等）

- ① 無排土で振動・騒音が小さく、環境にやさしい工法である。
- ② 鋼管杭先端についた螺旋状の羽根の拡底効果により、大きな支持力が得られる。

#### ○直接基礎

- ① 杭打設工事が不要となるため、工期短縮・コスト削減が図れる。
- ② 騒音・振動が懸念される杭打設工事がなく、環境にやさしい工法である。

### (3) 下部構造

下部構造は、現場工期の短縮を図るため脚柱部およびフーチング部を工場製作の鋼製構造とする。鋼製の橋脚は、現場工期短縮、設置スペースの制約などの要件により都市内での採用事例が多い。フーチングは脚基部と一体化した鋼殻に現地でコンクリートを充填し、基礎杭と一体化するものであり、海上部で採用事例（東京湾横断道海峡部橋梁橋脚、関西国際空港連絡橋橋脚）がある。本工法ではその現場工期短縮効果を期待して陸上部で採用する。

〈特徴〉

- ① プレキャスト化を図ることで工期を短縮できる。
- ② 軽量化を図ることで基礎部へ与える影響を低減できる。
- ③ 鋼製脚はコンクリート製脚に比べ断面をコンパクトにでき、狭い設置スペースを有効に活用できる。

### (4) 上部構造

高架部の主桁構造は、軽量で下部・基礎部の負担を小さくでき、剛性が高く自身の構造高を抑えることのできる鋼床版箱桁とした。さらに、路面計画高を低くして全

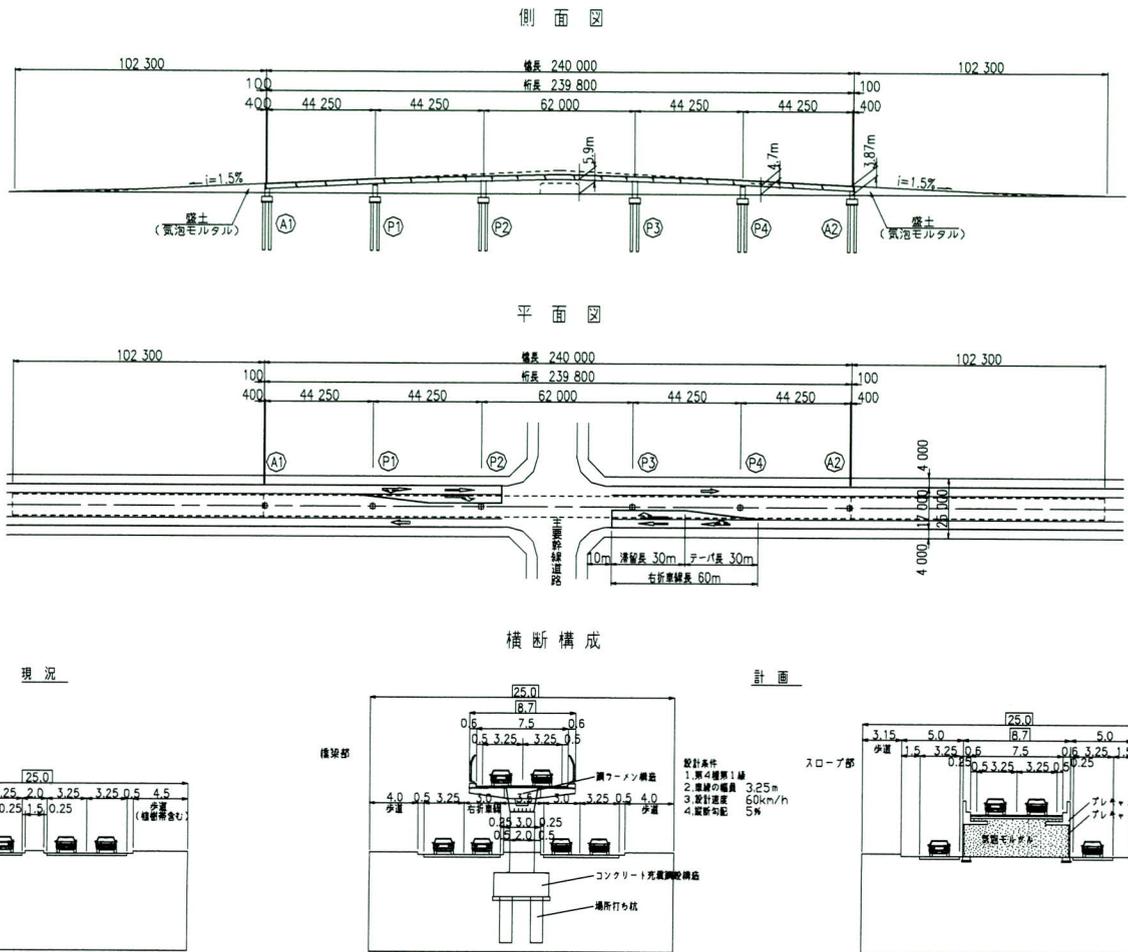


図-2 QS工法立体化構造図

体規模を小さくするため、支承や橋脚横梁が省略でき、桁下空間の確保に有利な鋼製脚柱と主桁が剛結する「連続ラーメン構造」を採用した。

〈特徴〉

- ① 構造高の最小化、支承・橋脚横梁等の省略ができ、路線高全体を最小限に抑えて工事規模を最小化（⇒現場工期短縮）することができる
- ② 各部材が工場製作のため、施工精度の確保と現場工期の短縮が図れる。
- ③ 軽量のため下部・基礎部へ与える影響を低減できる。
- ④ 軽量のため架設機材の所要能力を低減でき、一括架設も容易であること、架設した桁上を直ちに作業ヤードとして利用できるなど架設工法選択の自由度が高い。
- ⑤ 大きな張り出し構造の適用が容易で、都市内道路が要求する各種道路線形（縦・横断、平面）への対応

が可能である。

- ⑥ 都市内の狭小スペースで車線を確保するのに有利な1本柱構造の採用が可能であり、対象交差道路を跨ぎ右折レーンを確保するのに十分な支間長60m程度にも容易に対応できる構造形式である。

総幅員25mの4車線道路同士の交差部での完成予想図を図-2に示す。都市内幹線道路を想定した第4種第1級で、縦断勾配を道路構造令に準拠して最大5.0%としたものである。

#### 4. 施工要領

##### (1) スロープ部の施工

最初に橋台部の施工を行い、続いて盛土部の壁基礎の構築、型枠のプレキャスト板の設置、気泡モルタルを打設し、最後にプレキャスト高欄を設置する。両側の歩道

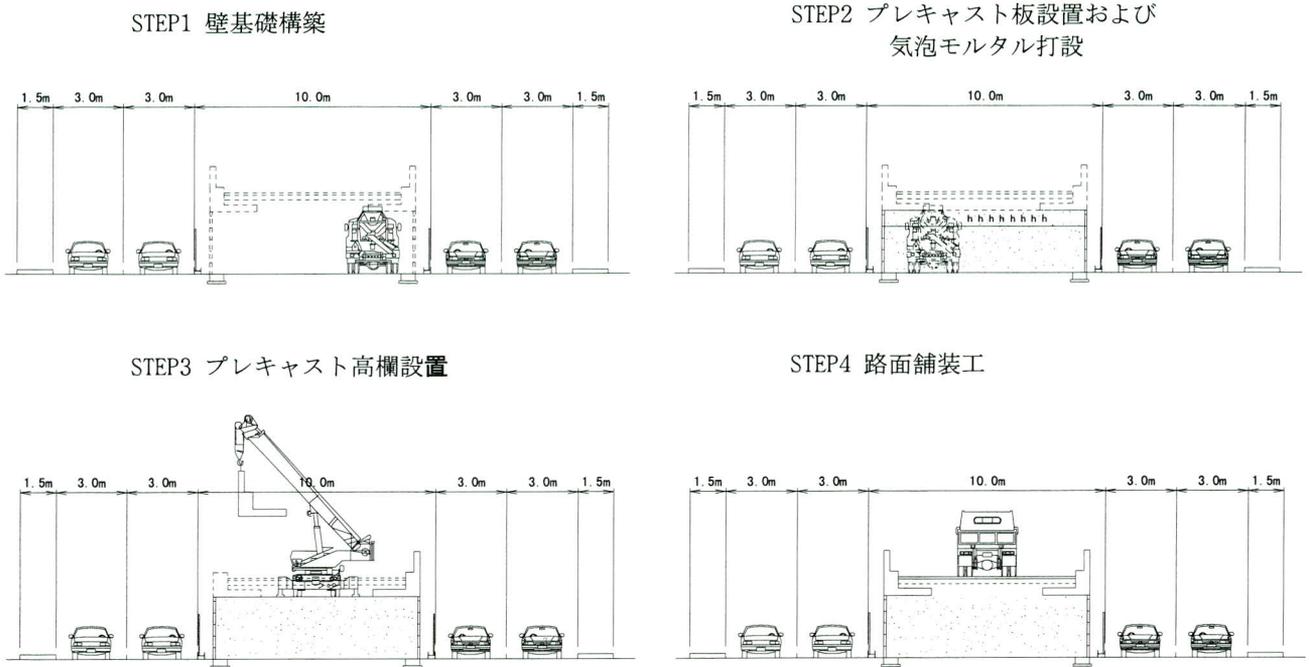


図-3 スロープ部の施工要領

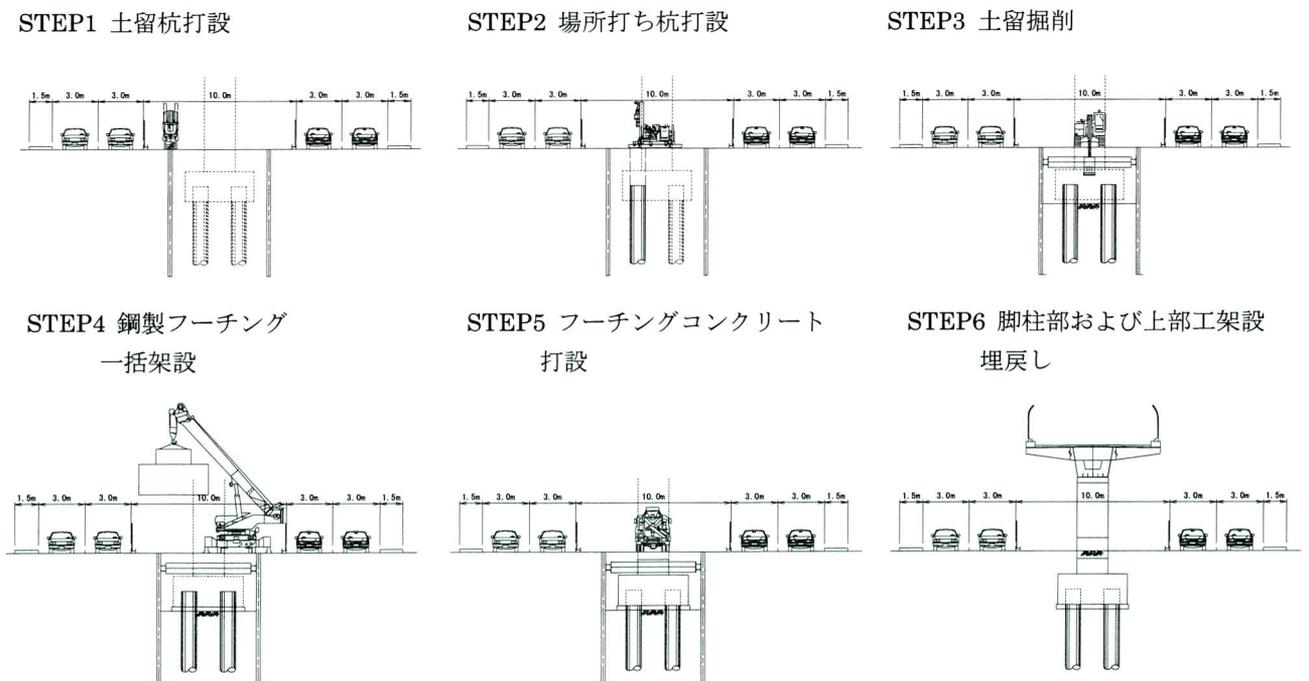
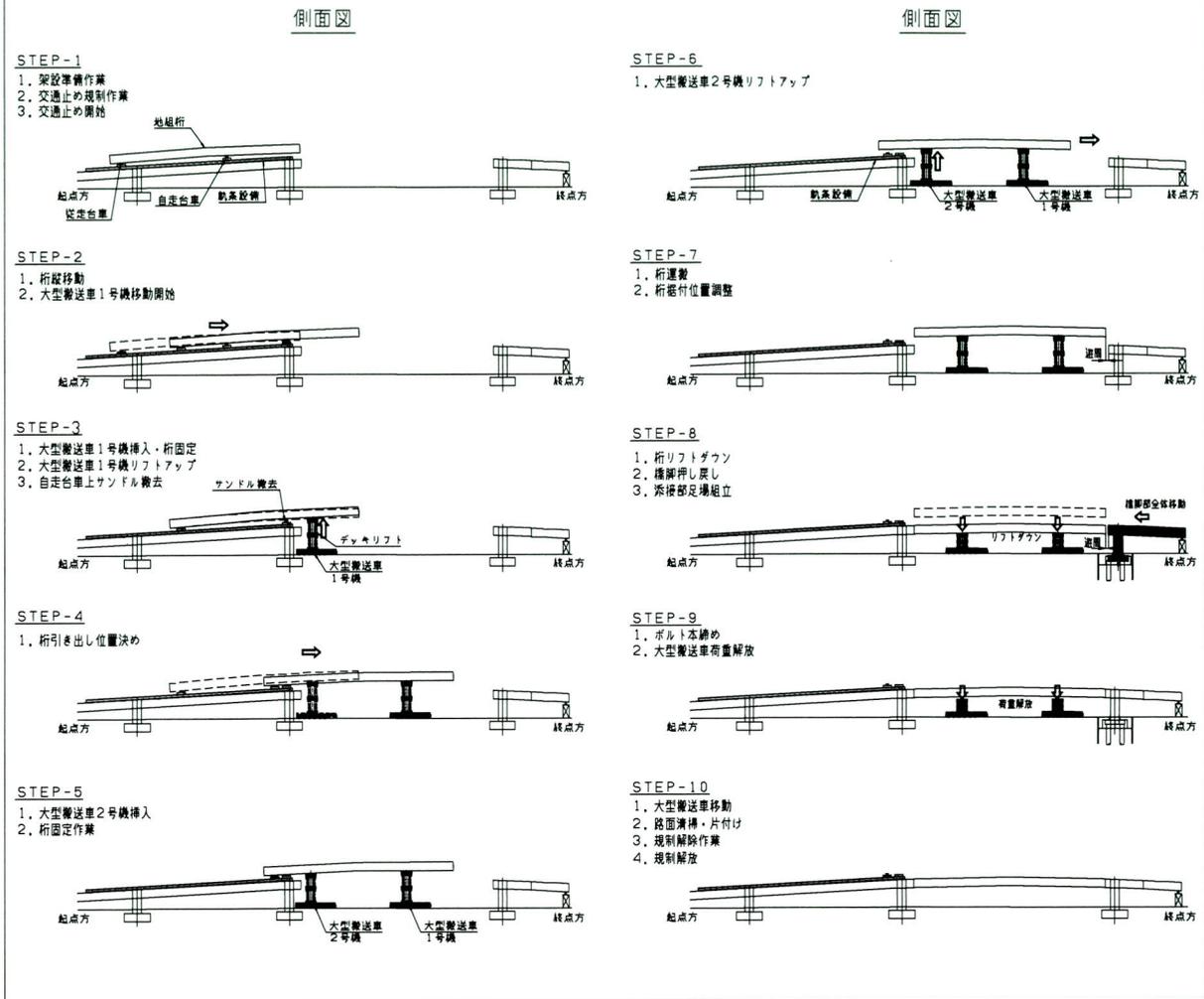


図-4 橋脚部の施工要領

# 交差点部一括架設ステップ



主要工種	時間 所要 時分	1												2		3		4		5		6		7		8		9		備考
		30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	360	390	420	450	480	510	540											
交通止めの作業	480分	[Bar]												[Bar]		計7時間														
側道 起点方方面	断続	[Bar]	大型搬送車両移動時																											
側道 終点方方面	断続	[Bar]																												
準備作業 規制設置	30分	[Bar]	STEP-1																											
桁縦移動	10分	[Bar]	STEP-2																											
大型搬送車1号機 挿入・受替作業	60分	[Bar]	STEP-3																											
桁引き出し位置決め	20分	[Bar]	STEP-4																											
大型搬送車2号機 挿入・受替作業	20分	[Bar]	STEP-5																											
大型搬送車2号機 リフトアップ	10分	[Bar]	STEP-6																											
桁運搬・位置決め	30分	[Bar]	STEP-7																											
桁リフトダウン 橋脚押し戻し・添接	90分	[Bar]	STEP-8																											
ボルト本締め 荷重解放	150分	[Bar]	STEP-9																											
後片付け 規制解放	60分	[Bar]	STEP-10																											

図-5 交差点部の一括架設ステップ

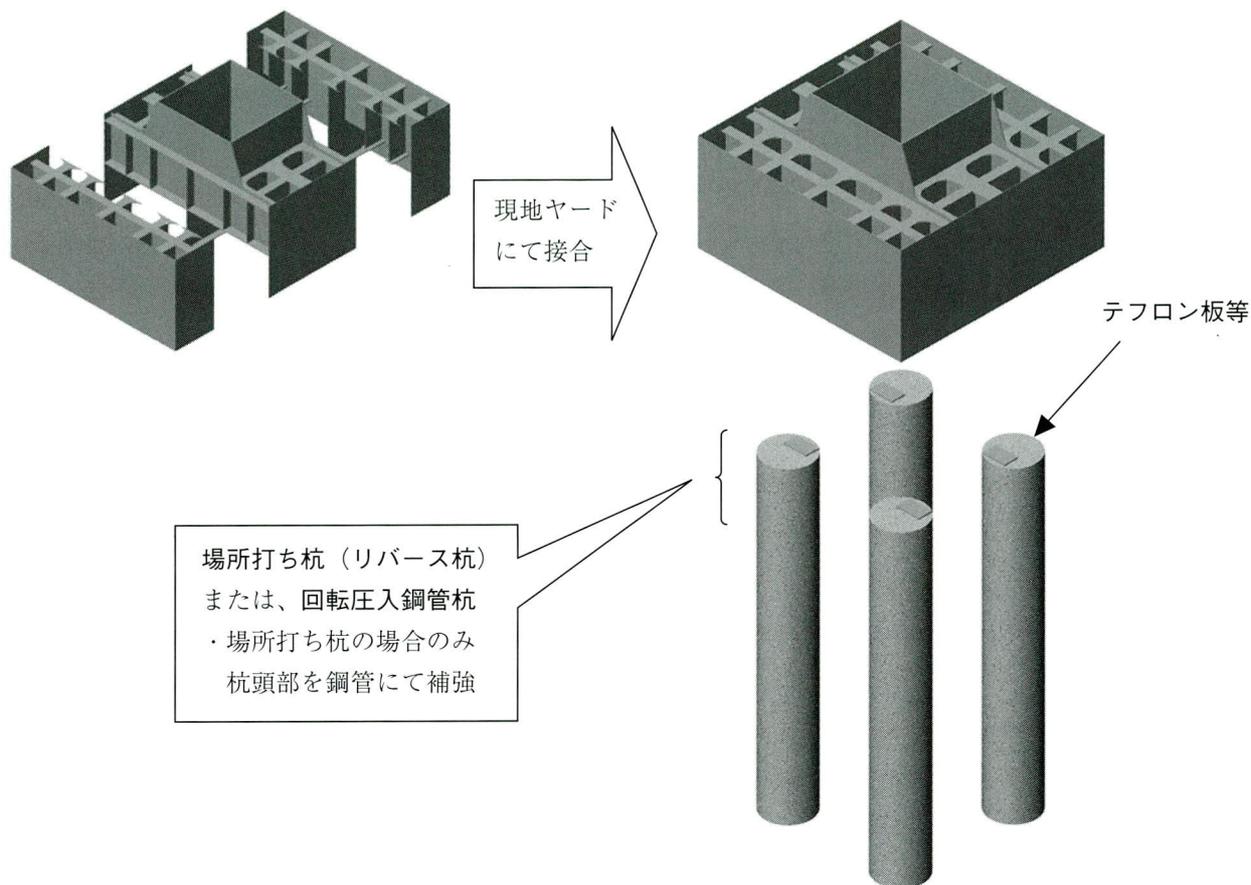


図-6 橋脚基部構造概要図

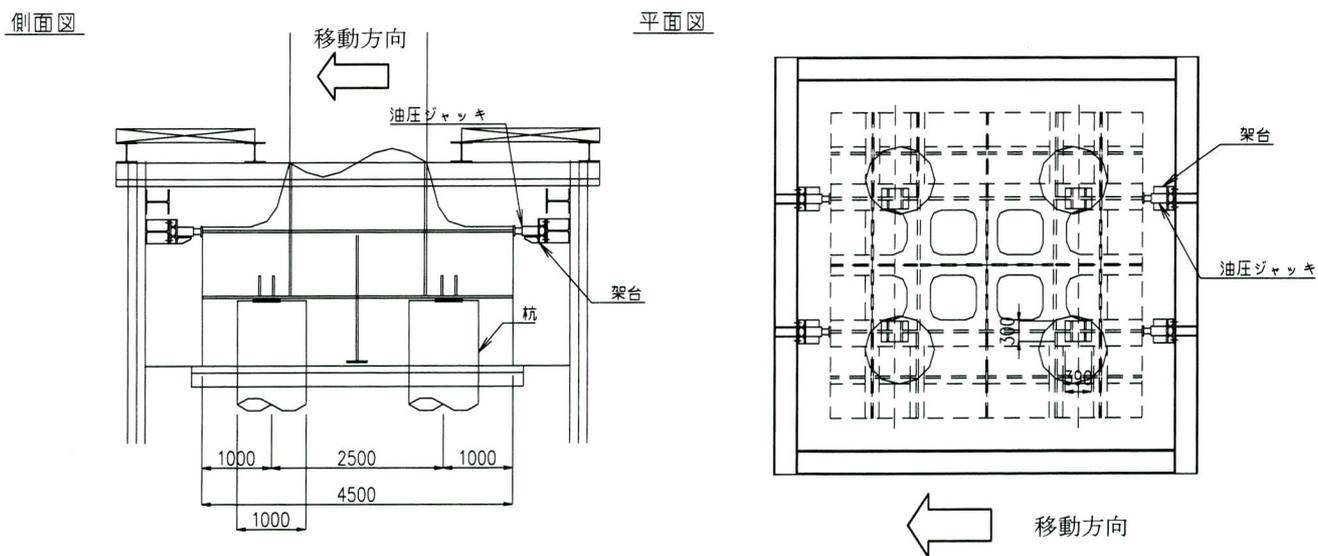


図-7 橋脚基部移動要領図

を縮小することで現状の車線数（4車線、25m 道路）を確保して行う。構築方法は以下の手順となる（図-3 参照）。

- ① 橋台部場所打ち杭の施工
- ② 鋼製橋台の設置
- ③ 橋台フーチング部のコンクリート充填
- ④ 外壁となるプレキャスト板基礎の施工
- ⑤ 外壁となるプレキャスト板の設置
- ⑥ 気泡モルタル盛土の打設
- ⑦ プレキャスト高欄の設置

## （2）橋脚部の施工

橋脚部の施工についても、両側の歩道を縮小することを前提に現状の車線数（4車線、25m 道路）を確保して行う。

構築方法は以下の手順となる（図-4 参照）。

- ① 土留め工
- ② 場所打ち杭の施工
- ③ 掘削
- ④ フーチング鋼殻（橋脚基部含む）地組立、一括架設
- ⑤ フーチングコンクリート打設
- ⑥ 脚柱部架設、埋戻し

## （3）上部工の施工

### 1) 架設順序

中央径間が交差道路を跨ぐ連続鋼ラーメン橋を架設する場合、以下の架設順序が考えられる。

- I 中央径間交差点部を先行架設し、両側径間部を架設
- II 片側から順番に架設
- III 両側径間を先行架設し、中央径間交差点部を架設  
本工法では以下の理由により、両側径間を先行架設し、中央径間交差点部を落とし込み架設する順序とした。

- ① 中央径間架設時の過大な桁変形を抑えることが出来、モーメント連結が容易である。
- ② スロープ部の施工時期が任意となること。
- ③ 架設済みの桁上を作業ヤードとして利用できること。

ただし、鋼連続ラーメン橋の中央部の桁を後架設する際には、両側の橋脚位置が固定されているため、非常に高い施工精度が要求される。また、この架設順序は2箇所以上の交差点を一気に跨ぐ場合には不向きである。

### 2) 交差点部の架設

交差道路を跨ぐ桁ブロックは、先行して架設した片方の側径間桁上で組立てて送り出し、一括架設する。最初に桁上を自走台車で送り出し開始し、張出した桁を用地内で組立てた2台の大型搬送車に順次盛り替え、所定の位置まで移動後、リフトアップ装置（大型搬送車の上に設置）により降下、両端を架設済みの桁間に挿入、接合する（図-5 参照）。

一連の作業を対象交差道路（主要幹線道路）の通行規制が一晩だけで済むように迅速かつ確実に行うため、片方の橋脚部を約100mmセットバックして設置しクリアランスを確保、所定の高さに桁ブロックを降下させた後、セットバックしてあった橋脚部全体を移動して接合する。移動は土留壁を反力壁として、油圧ジャッキにより行う。移動する橋脚のフーチング内にはコンクリートを充填せずに、鋼殻構造を基礎杭上のスライド板で支持する。基礎杭に場所打ち杭を採用する場合、杭頭部に鋼管を設置して補強する。（以上、図-6、7 参照）

なお、本工法は、この橋脚部全体の移動を可能にして施工精度の緩和を図り、施工の時間短縮と遅延リスクを回避することが際立った特徴（特許出願中）であるが、必要がない場合は、移動作業を省略することも考えている。例えば、交差点部桁ブロックの平面線形が曲線で、平面的にクリアランスが確保できる場合などである。

### 3) 側径間部の架設

側径間部の桁ブロックはトラッククレーンにより架設する。同作業は夜間限定とし、その間クレーンを設置する側の2車線は通行規制する。なお、クレーンを桁上に設置することなどにより、現状の車線数を確保しての施工も考えられるが、本工法では現場工期を短縮することを優先した。

## 5. 現場工程

現場工程を表-1に示す。図-2の構造規模の場合で実日数を示したものである。この場合A1～P2側径間桁上でP2～P3間交差点部桁ブロックを組立てることを想定している。同ブロック組立てと平行してP3～A2側径間桁架設を行う手順である。基礎杭の施工は、2セットで行うことを想定している。現場工程には、準備作業、舗装工、鋼桁の工場製作期間は含まない。

本工法は上・下部同時施工を前提として、現場工期の

表-1 現場工程表

工種	1ヶ月			2ヶ月			3ヶ月			4ヶ月			備考	
	10	20	30	10	20	30	10	20	30	10	20	30		
下部工	A1~P2施工	[Bar chart showing duration from 10/10 to 2/30]												TBH機械2セット
	P3~A2施工			[Bar chart showing duration from 2/10 to 3/30]										
スロープ部														
上部工	A1~P2間架設			[Bar chart showing duration from 2/10 to 3/30]										
	P2~P3間架設						[Bar chart showing duration from 3/10 to 4/30]							
	P3~A2間架設													

表-2 従来工法との比較表

工法名	所要月日	1ヶ月								2ヶ月								3ヶ月								4ヶ月								5ヶ月								6ヶ月								7ヶ月								8ヶ月								現場工期	全体工費	評価
		10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200	210	220	230	240																																											
新工法	Q S I 法	[Bar chart showing 2.3 months duration]																								3.5ヶ月	1.00	◎																																								
	下部工	[Bar chart showing 2.5 months duration]																																																																		
従来工法	トラッククレーン・セント工法	[Bar chart showing 6.0 months duration]																								6.0ヶ月	0.98	○																																								
	上部工	[Bar chart showing 3.5 months duration]																																																																		
工法	手延べ式送り出し工法	[Bar chart showing 6.0 months duration]																								7.7ヶ月	1.06	△																																								
	下部工	[Bar chart showing 5.7 months duration]																																																																		

上下部工同時施工を前提とする。

短縮を図っている。同時施工といっても、施工手順は下部工事が若干先行、施工可能となった段階で順次上部工事を開始、ほぼ同時期の施工期間を経て上部単独工事へと移行するものである。上・下部工事の各作業が狭い施工スペースの中で錯綜することも懸念されるが、重複するのは、全工程の1/3程度に過ぎない。

## 6. 従来工法との比較

本QS工法は従来工法と比較し、現場工期を半減したうえ、コストは同等に抑えることができる(表-2参照)。比較は従来工法も含めて上・下部同時施工を前提とした。さもないとすれば比較する前からその差が歴然としていたためである。その他の条件は、以下のように設定した。

- ① 上部工架設は、実績豊富なトラッククレーン・ベント工法と手延べ式送り出し工法の2工法
- ② 上部工形式は、工事規模・製作費を同等とするため、すべて鋼ラーメン橋
- ③ 従来工法のフォーミングは鋼殻なしの鉄筋コンクリート、スロープ部は盛土、橋脚柱はすべて鋼製

## 7. おわりに

本工法の特長は下記の通りである。

- ① 現場工期の大幅な短縮(上・下部同時施工を前提で従来工法の約半分の実日数3.5ヶ月)
- ② 最小限の交通規制(対象交差道路の交通規制は1晩のみ、下部工施工時でも現状の車線を確保でき、両

側径間部の上部工桁ブロック架設時に側道の一時的な部分規制を要するのみ)

- ③ 組立用地が不要 (本体構造の地組立、大型搬送車等の組立・解体は工事用地内で可能)
- ④ 工事費は従来工法とほぼ同等
- ⑤ すでに確立され実績のある各要素技術の集大成

また、周辺環境への配慮として、杭の施工に関して、振動騒音を低減できること、無排土基礎杭工法の採用も考えていること、全体施工に関して、最大限にプレキャスト化を図ることで建設副産物の発生を少なくできること、ユーザーへの配慮として、工事による二次渋滞を抑えて、短期間で立体交差化が可能である。

今後の検討課題としては、各種地盤条件や地下埋設物への対応、交差する道路の幅員が狭い場合、立体化する車線数の変化への対応など適用範囲の拡大、乗用車専用道路への対応を予定している。

日常的な交通渋滞は、経済活動にロスを生じさせ、か

つ安全で快適な市民生活を妨げる。ここで提案する交差道路の立体化は、交通渋滞を緩和し、良好な社会基盤としての交通ネットワークを作り出す重要なポイントになると思われる。

最後に、本工法の共同開発に当たり、ご尽力いただいた東急建設(株)の関係各位 (長澤氏、小澤氏、亀廻井氏、吉川氏) に心より感謝申し上げます。

## <参考文献>

- 1) 能登, 奥村, 長澤, 小澤: 短期間立体交差化新技術『QS工法』を共同開発, 橋梁&都市 PROJECT Vol.37 No7/2003
- 2) 奥村, 長澤: 短期間立体交差化新技術『QS工法』, 「建設技術展2003近畿」開発技術発表会論文集, 平成15年11月27日

2003. 12. 26 受付

## グラビア写真説明

### 桂川橋

本工事は、名神高速道路大山崎JCTから京滋BP久御山JCTを結ぶ路線事業及び、一般国道478号の道路整備事業の一環として桂川を跨ぐ橋梁です。架設ヶ所は、桂川・宇治川・木津川の3河川が合流して淀川となる地点よりも少し上流に位置しております。上部工概要として、自動車専用部の渡河部橋梁形式は、近接する宇治川橋と共に地域を代表し親しみのあるシンボリックな形で、市街地や自然のパノラマを背景に新しい風景を創出できるよう、V脚ラーメン形式とし、また色彩は縹色(はなだいろ)という藍だけで染め、人々に好まれる日本を象徴する色の一つとし、歴史的に意義深い当地域と、三河川合流部になじむ色彩になるように決められています。(清水 康史)

### 奥裾花大橋

奥裾花大橋は、奥裾花自然園入り口の奥裾花ダム湖上に位置する、林道にかかる日本最長の中路式ローゼ橋です。奥裾花自然園は、長野県鬼無里村を流れる裾花川の源流部にあり、ミズバショウの群生地として行楽シーズンには、多くの観光客が訪れますが、自然園に続く林道大川線は、道幅が非常に狭く、観光シーズンでの大型バスの片側交互通行が余儀なくされ、交通渋滞が発生します。奥裾花大橋は、林道大川線の一部として周辺の森林資源の開発と活用を図ると共に、交通渋滞を緩和することを目的としています。

現在奥裾花大橋は完成しました。いよいよ春の雪解けを待って自然園の開園とともに多くの観光客の目を楽しませてくれるでしょう。(山田 豊)

### 観音高架橋

広島西部地域からの交通を都市部に円滑に導入し、深刻な交通渋滞を緩和するために、西広島バイパス(2号高架)の都市部までの延伸約4.2kmが計画され、その中で本工事は国道2号・観音本町交差点部に架かる4径間連続鋼床版曲線箱桁の高架橋として施工されました。

1日に交通量70,000台を越える幹線道路上での高架橋架設工事であり、安全を重点とした架設計画に基づいて現場作業を実施することより無事竣工することができました。(山根 貞幸)

# 建築構造用高 HAZ 靱性鋼を用いたエレクトロスラグ溶接部の 衝撃特性に関する研究（その2）

## The Impact Toughness of Weld Metal Produced by Electroslag Welding Using High HAZ Toughness Steel for Building Construction (Part 2)

櫻井 謙次\*<sup>1</sup> 中野 秀二\*<sup>2</sup> 吉川 薫\*<sup>3</sup>  
Kenji SAKURAI Shyuuji NAKANO Kaoru YOSHIKAWA

### Summary

This part continues our study of the toughness of weld metal produced by electroslag welding. Using our results from Part 1, we verify the effect of the cooling rate of weld metal on the toughness. In addition, we report on the results of tests that were done to improve welding wire. We establish the optimum welding conditions so that the required toughness of welding metal can be obtained. The toughness can be obtained under a range of conditions, even when electric furnace steel FB is used for the backing strip and the heat input is above normal.

キーワード：衝撃特性，溶接金属，HAZ 細粒高靱性化技術，エレクトロスラグ溶接

### 1. はじめに

建築基準法の改正に伴い箱形断面柱に用いられるダイアフラムの板厚が厚くなる傾向がある。これによりエレクトロスラグ溶接（Electroslag Welding：ESW）の溶接入熱が更に増大し、溶接継手部の冷却速度の低下が金属組織の粗大化を招き、衝撃特性の劣化が懸念される。

第一報では、HTUFF 鋼（SA440C-HF，BT-HT355C-HF）と対応溶接材料である YM-55HF を用いて溶接継手部の衝撃特性の改善を目的として、①WM の酸素含有量による影響、②裏当金材質の相違による窒素含有量と溶接入熱量による影響、③裏当金の処理と組立状況による影響を変数とした試験を実施し、その影響の程度を確認した<sup>1)</sup>。

この結果を受けて、第二報では冷却速度が靱性に及ぼす影響を確認すると共に、裏当金に電炉材 FB を使用しても、また入熱が多少大きくなっても溶接金属に必要な靱性が広い条件範囲で安定して得られるように溶接ワイヤの改良および最適な溶接施工条件を確立することを目的として実施した試験の結果を報告する。

### 2. HTUFF 鋼と HTUFF 鋼対応溶接材料の概要

HTUFF 鋼は「HAZ 細粒高靱性化技術」（HTUFF：Super High HAZ Toughness Technology with Fine Microstructure imparted by Fine Particles）を用いて製造した大入熱溶接対応高性能鋼である。この HTUFF 技術は、より高温まで安定な酸化物や硫化物等の微細粒子を鋼中に多数分散させ、大入熱溶接においても HAZ 組織の粗大化を強力に抑制する技術である。更に、鋼材化学成分の最適化によって、HAZ における局部脆化組織を低減し、安定した大入熱 HAZ 靱性を確保する技術である<sup>2) - 8)</sup>。

前報で示したように、HTUFF 鋼の BOND および HAZ の衝撃特性は非常に良好であることが確認された。一方、大入熱溶接における HTUFF 鋼の HAZ と同等以上の性能を有する溶接金属（Weld Metal：WM）を得ることが可能な「YM-55HF」が ESW 用ワイヤとして開発されている。このワイヤは、従来広く使用されている YM-55A をベースに粒界フェライトの低減とオーステナイト粒の微細化を実現したもので、ESW のような大入熱溶接の条件下においても優れた WM が得られる<sup>9) - 10)</sup>。

本研究では、WM のさらなる高靱性化を図る目的でワイヤの化学成分を微調整した。

\*<sup>1</sup>松本工場品質管理部品質管理課

\*<sup>2</sup>松本工場品質管理部品質管理課課長

\*<sup>3</sup>松本工場製造部付課長

### 3. 試験計画と溶接記録

#### 3-1. 試験概要

表-1 に試験概要を、図-1 に試験体形状及び試験片採取位置を示す。また、表-2 に使用した鋼材の機械的性質と化学成分を示す。

試験体は、溶接長 600mm の T 形でスキンプレート (SP) とダイアフラム (DP) の板厚比 (SP/DP) が 0.73 ~ 1.67 と異なる A ~ H の 8 体とした。なお、D 試験体及び H 試験体のスキンプレートの板厚は、それぞれ 60mm、50mm を機械加工により片側から減厚し 40mm として用いることとした。

鋼材の組合せとして、スキンプレートは第一報と同成分の 2 種類の HTUFF 鋼とし、これらに対して一般的によく用いられる 3 種類の鋼材をダイアフラムに用いた。また、裏当て金も一般的によく用いられる FB-SN490B とした。

使用した溶接ワイヤは、YM-55HF に焼入れ性の改良を施した YM-55HF (M) を用いた。また、フラックスは YF-15I を使用した。

試験片採取については、シャルピー衝撃試験片を溶接線中央より溶接終端部側で行い、HAZ 試験片のノッチ位置は柱側の溶融境界部 (通称: BOND) より 1mm、3mm、5mm 離れた位置で採取することとした。

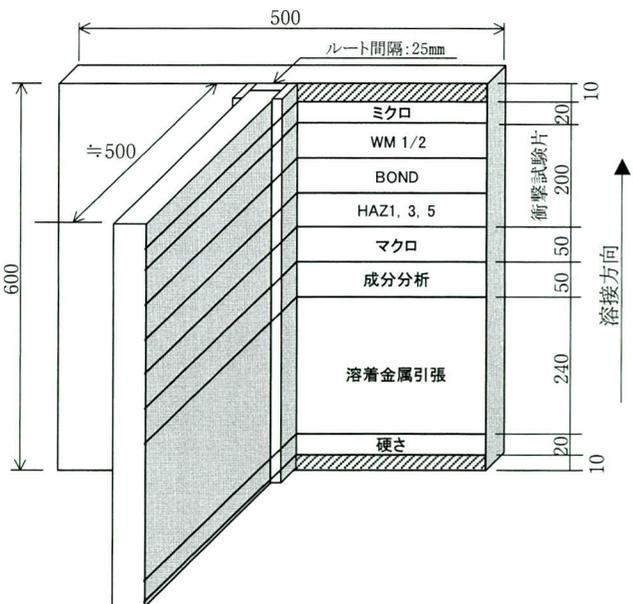


図-1 試験体形状及び試験片採取位置

#### 3-2. 溶接記録

表-3 に溶接条件を、図-2, 3 に表面温度の測定位置

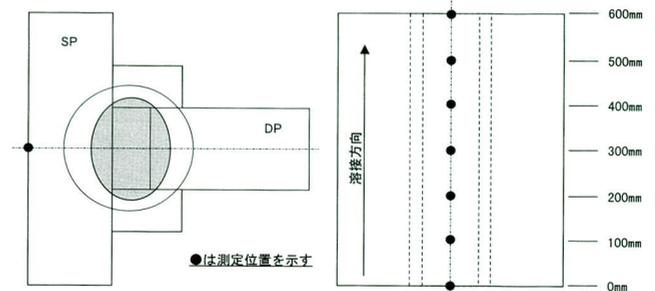


図-2 表面温度測定位置

表-1 試験概要

試験体 マーク	鋼材				溶接材料			試験項目	
	スキンプレート 材質	ダイアフラム 材質	裏当て金 材質	SP/DP 板厚	ワイヤ銘柄	フラックス	非破壊試験	機械試験	
A	SA440C-HF	SN490B	36	1.67	YM-55HF (M)	YF-15I	UT検査	成分分析 引張試験 マクロ試験	衝撃試験 硬さ試験 ミクロ試験
B		TMCP325B	45	1.33					
C		TMCP355B	55	1.09					
D		TMCP355B	55	0.73					
E	BT-HT355C-HF	SN490B	36	1.39	1.6φ	20×D	UT検査	成分分析 引張試験 マクロ試験	衝撃試験 硬さ試験 ミクロ試験
F		TMCP325B	45	1.11					
G		TMCP355B	55	0.91					
H		TMCP355B	55	0.73					

表-2 (a) 鋼材の機械的性質

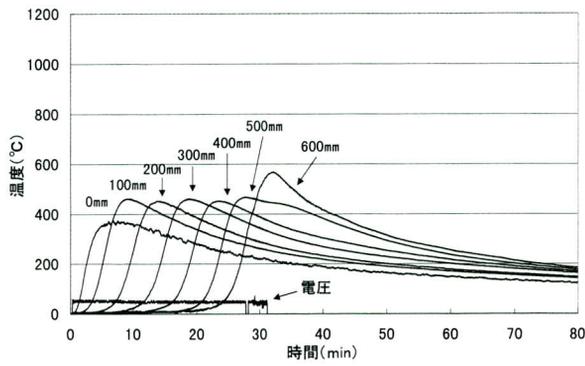
部位	材質	YP (N/mm <sup>2</sup> )	TS (N/mm <sup>2</sup> )	伸び (%)	vEo (J)
SP	SA440C-HF	450	622	32	236
	BT-HT355C-HF	440	581	27	340
DP	SN490B	383	530	29	210
	TMCP325B	396	519	32	395
	TMCP355B	425	551	33	332

表-2 (b) 鋼材化学成分

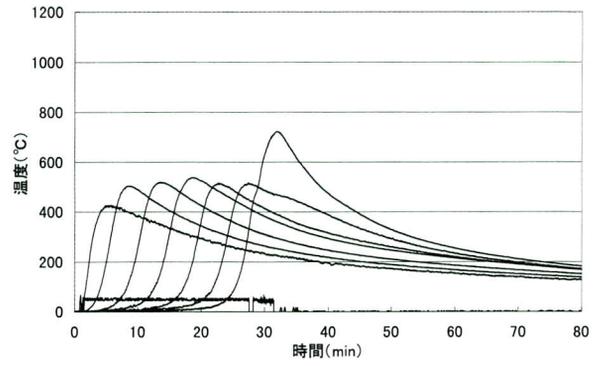
部位	材質	化学成分 (mass%)						
		C	Si	Mn	P	S	Cu	Ni
SP	SA440C-HF	0.10	0.16	1.56	0.006	0.002	0.56	0.59
	BT-HT355C-HF	0.12	0.26	1.40	0.010	0.003	0.01	0.02
DP	SN490B	0.17	0.36	1.37	0.016	0.004	0.00	0.01
	TMCP325B	0.14	0.35	1.23	0.010	0.002	0.01	0.01
	TMCP355B	0.14	0.35	1.35	0.007	0.002	0.01	0.01

表-3 溶接条件

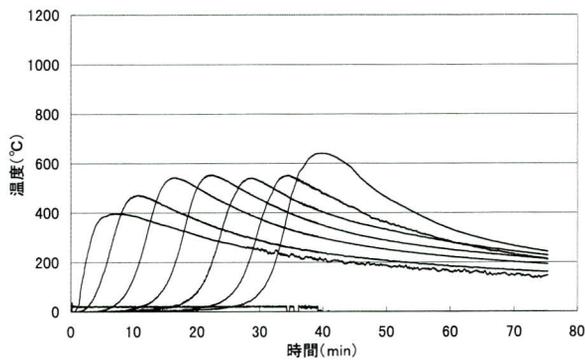
試験体記号	DP板厚 (mm)	溶接電流 (A)	溶接電圧 (V)	ノズル上昇速度 (cm/min)	入熱量 (kJ/cm)
A	36	380	48	2.20	497
B	45	380	50	1.75	651
C	55	380	51	1.44	808
D	55	380	51	1.42	819
E	36	380	48	2.16	507
F	45	380	50	1.79	637
G	55	380	51	1.43	813
H	55	380	51	1.40	831



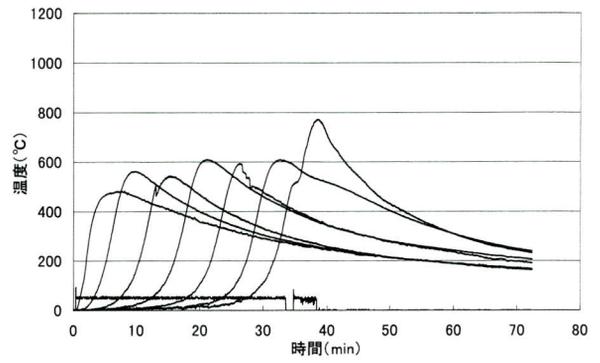
A 試験体 (SP/DP=1.67)



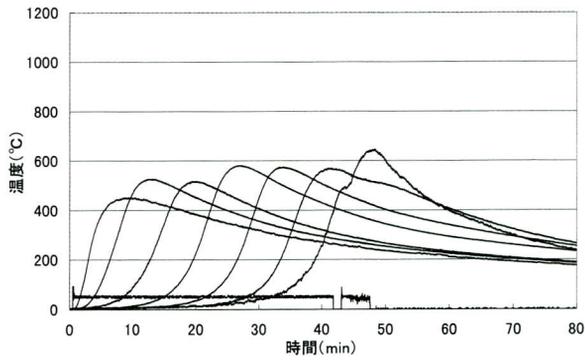
E 試験体 (SP/DP=1.39)



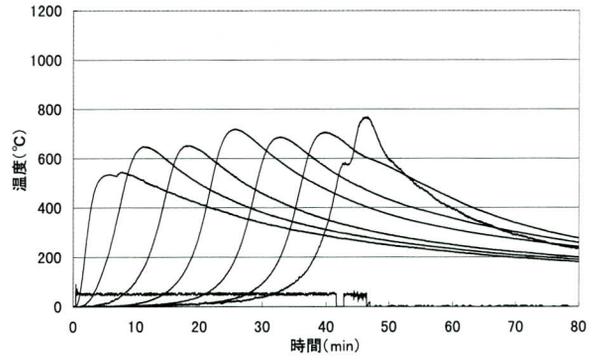
B 試験体 (SP/DP=1.33)



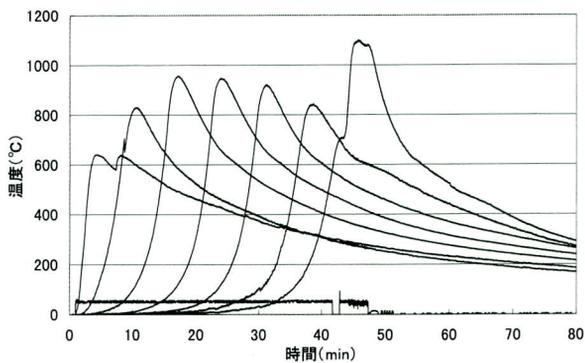
F 試験体 (SP/DP=1.11)



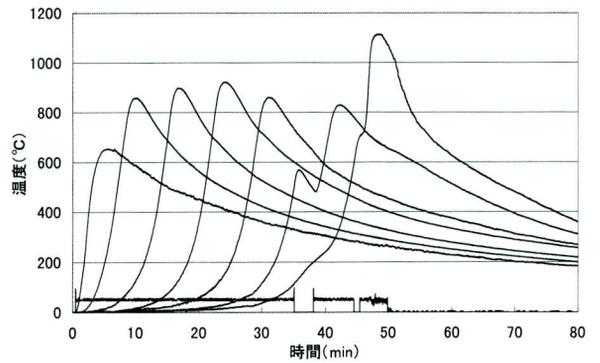
C 試験体 (SP/DP=1.09)



G 試験体 (SP/DP=0.91)



D 試験体 (SP/DP=0.73)



H 試験体 (SP/DP=0.73)

図-3 表面温度測定結果

置と測定結果を示す。溶接入熱量は、497～831kJ/cm となった。

表面温度測定には熱電対を用い、測定位置はスキンプレート表面で幅500mmの中央部を溶接方向に100mmピッチとした。このときスタート側を0mm、エンド側を600mmとした。表面温度は、SP/DPが1.0以上の試験体では、平均的に500～600℃程度であるのに対し、1.0以下では平均的に700～900℃程度と高い値を示した。

## 4. 試験結果

### 4-1. 超音波探傷試験結果

日本建築学会「鋼構造建築溶接部の超音波探傷検査規程・同解説（1996）」に基づいて試験を実施した結果、欠陥は無く、溶け込み幅も十分に確保されており、良好な結果が得られた。

### 4-2. 溶接部調査結果

#### (1) 溶接金属の化学成分

表-4に溶接金属の化学成分を示す。鋼材の化学成分を反映して、Si, Mn量にわずかに差はあるものの、試験体によらずほぼ同様の化学成分となっている。なお、N, O含有量はいずれの試験体も、健全な範囲内でほぼ一定となっている。

#### (2) 引張試験

表-5に引張試験結果を示す。それぞれの値の差は小さく良好な結果が得られた。

#### (3) 硬さ試験

表-5にスタート側の硬さ試験結果を示す。最高硬さ

表-4 化学成分分析試験結果

(mass%)

試験マーク	C	Si	Mn	P	S	Mo
A	0.09	0.36	1.52	0.008	0.003	0.55
B	0.10	0.37	1.48	0.007	0.004	0.55
C	0.09	0.37	1.49	0.005	0.003	0.59
D	0.08	0.35	1.53	0.005	0.003	0.55
E	0.10	0.40	1.43	0.009	0.003	0.57
F	0.09	0.40	1.42	0.008	0.003	0.61
G	0.10	0.40	1.44	0.008	0.003	0.59
H	0.10	0.40	1.45	0.008	0.003	0.58

表-5 引張試験・硬さ試験結果

試験マーク	YP (N/mm <sup>2</sup> )	TS (N/mm <sup>2</sup> )	EL (%)	Hv
A	509	733	26	238
B	495	727	25	239
C	508	731	29	243
D	496	729	23	239
E	509	731	26	243
F	507	721	28	243
G	497	721	28	232
H	493	732	30	239

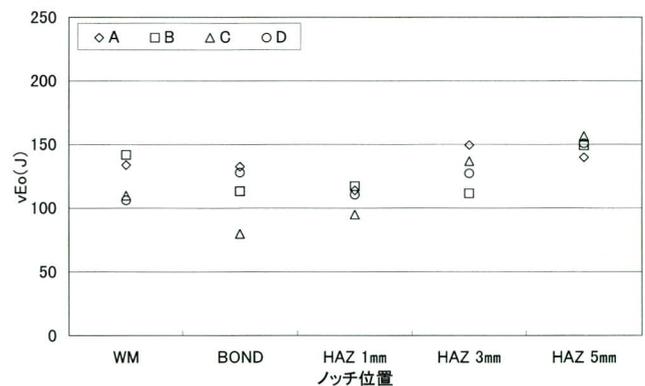


図-5a 衝撃試験結果 (SA440C-HF)

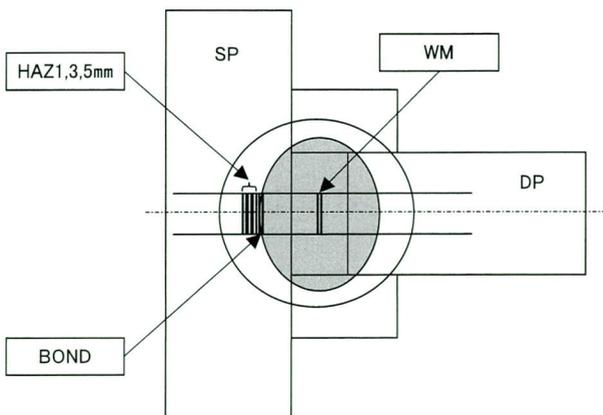


図-4 衝撃試験片採取位置

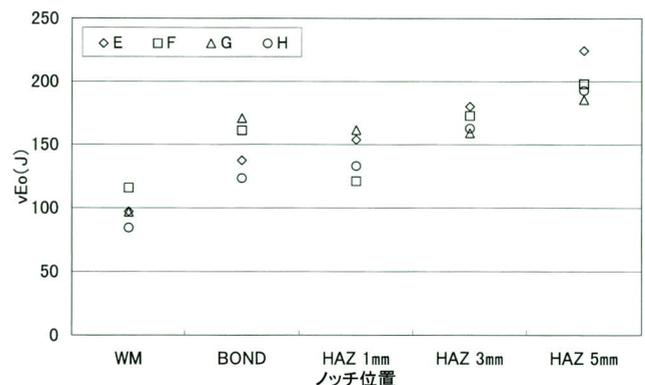


図-5b 衝撃試験結果 (BT-HT355C-HF)

に大きなバラツキはみられなかった。また、最高硬さはWMにおいて示され、SA440C-HFのC試験体、BT-HT355C-HFのE、F試験体で243Hvが最高値であった。また、過度の軟化はみられず良好であった。

#### (4) 衝撃試験

図-4に衝撃試験片採取位置を、図-5に衝撃試験結果を示す。全ての採取位置において衝撃特性はいずれも良好な結果であった。最も低い値でも、SA440C-HFのBONDで80J（入熱量808kJ/cm）、また、BT-HT355C-HFのWMで84J（入熱量831kJ/cm）であった。

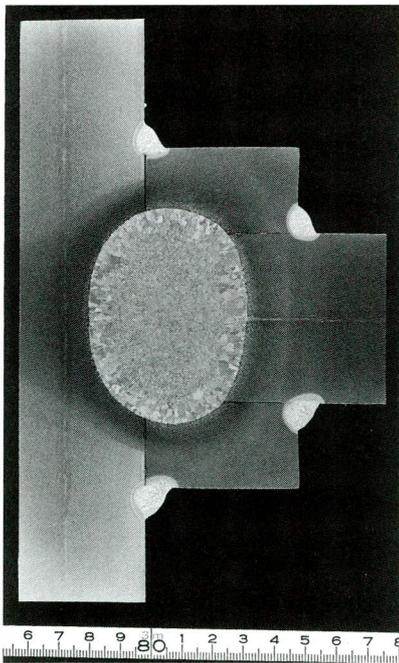


写真-1 マクロ写真（H試験体）

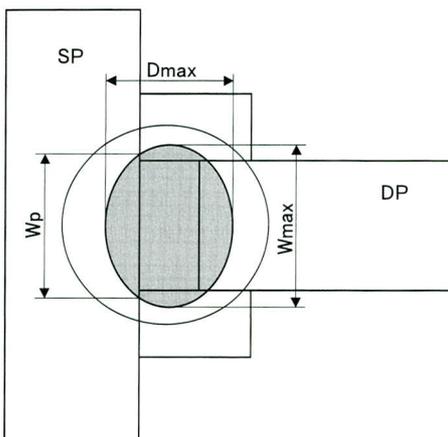


図-6 WMサイズ測定位置

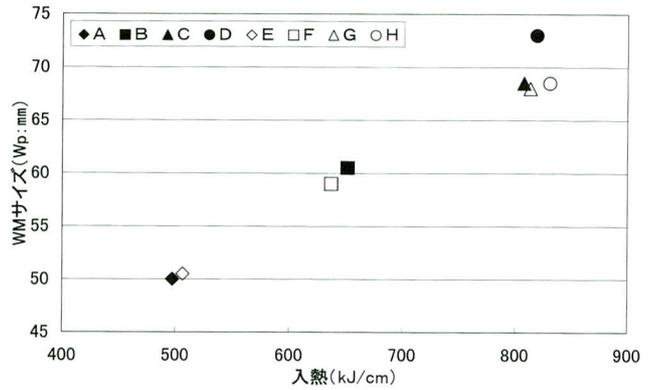


図-7 入熱量とWMサイズ測定結果

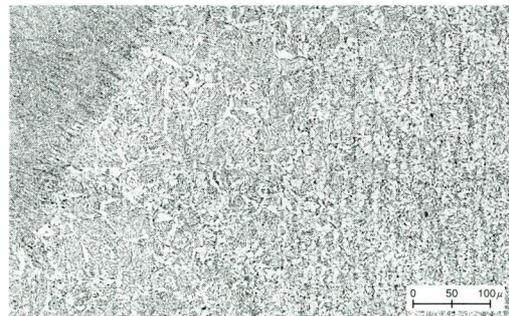
#### (5) マクロ試験

写真-1にマクロ写真を例示する。試験面に欠陥は検出されず良好な結果が得られた。

図-6にWMサイズ測定位置を、図-7に入熱量とWMサイズ測定結果との関係を示す。エレクトロスラグ溶接の条件的な性質から、DP板厚が厚くなるに従い入熱量は増大し、これに伴ってWMのサイズも増大する傾向となった。

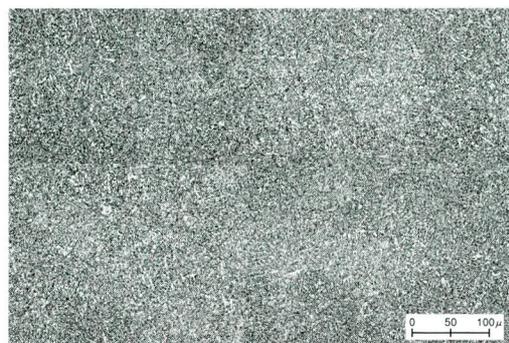
#### (6) ミクロ試験

写真-2にSA440C-HFを用いた試験体C、写真-3に



×100

写真-2 ミクロ写真（C試験体 BOND～HAZ）



×100

写真-3 ミクロ写真（H試験体 WM）

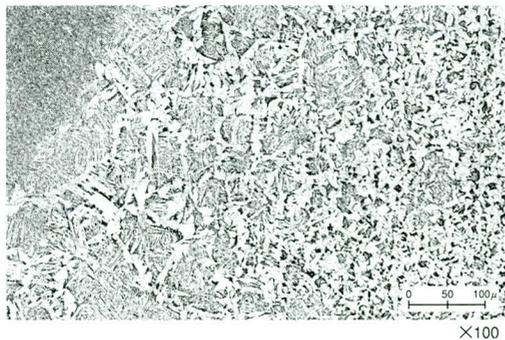


写真-4 ミクロ写真 (H試験体 BOND~HAZ)

BT-HT355C-HFを用いた試験体HのWM、BOND、HAZの組織を例示する。C試験体は、BONDで80J、HAZ 1mmで95J、H試験体はWMで84Jといずれも非常に高い値ではあるが、本試験体においての最低値である。これらはWM、HAZとも入熱によるミクロ組織の変化は小さく、WMは入熱、鋼材の種類によらず粒界フェライトが抑制された均一微細組織となっていて高い靱性を保っており、HAZはHTUFF技術による細粒効果によって靱性低下が抑制されている。

## 5. 考察

### 5-1. 衝撃特性に及ぼす入熱量の影響

#### (1) 入熱量とBOND、HAZ衝撃特性の関係

図-8にBOND、図-9にHAZ1, 3, 5mmの入熱量と衝撃試験結果の関係を示す。特に組織が粗大化するBONDとHAZ1mmでは、C試験体(入熱量808kJ/cm)のBONDで80J、HAZ1mmで95Jがそれぞれ最も低い値であるが、HAZ3mm、HAZ5mmの結果も含め、必ずしも入熱量の増大に伴って衝撃特性が低下するとは言えず、むしろ本試験の入熱範囲(約500~800kJ/cm)においては衝撃特性が平均的に100J以上という高い値を得られる結果となった。これは、熱影響部のミクロ組織観察の結果で示したように、HTUFF鋼の持つ性能(HAZ細粒高靱性化技術)により組織の粗大化が入熱量に関わらず顕著に抑制されており、特に、今回の入熱範囲では衝撃特性に悪影響を及ぼすと考えられている上部ベイナイトや疑似パーライトの生成量が少なかったためと考えられる。このように、HTUFF鋼の靱性レベルは入熱量にあまり依存せずに高靱性を維持すること、換言すると、本研究のようにSP/DPを0.73~1.67とかなり広い範囲で実用的に変化させた場合においてもそのBONDとHAZ

表-6 SP/DP値

SP (mm)	DP (mm)							
	28	32	36	40	45	50	55	60
28	1	0.88	0.78	0.70	0.62	0.56	0.51	0.47
32	1.14	1	0.89	0.80	0.71	0.64	0.58	0.53
36	1.29	1.13	1	0.90	0.80	0.72	0.65	0.60
40	1.43	1.25	1.11	1	0.89	0.80	<b>0.73</b>	0.67
45	1.61	1.41	1.25	1.13	1	0.90	0.82	0.75
50	1.79	1.56	<b>1.39</b>	1.25	<b>1.11</b>	1	<b>0.91</b>	0.83
55	1.96	1.72	1.53	1.38	1.22	1.10	1	0.92
60	2.14	1.88	<b>1.67</b>	1.50	<b>1.33</b>	1.20	<b>1.09</b>	1

はいずれも高靱性であることが確認されたわけである。

#### (2) 入熱量とWM衝撃特性の関係

図-10に入熱量とWM衝撃試験結果の関係を示す。平均的に100J以上という非常に高い結果となったものの、入熱量の増大に伴って衝撃特性が若干低下する傾向が見られる。これは、溶接金属の変態組織(アシキュラーフェライト、ベイナイト)が粗大化したことによるものと考えられる。

### 5-2. 衝撃特性に及ぼすSP/DPの影響

#### (1) SP/DP値とBOND、HAZ衝撃特性の関係

表-6にSP/DP値を示す。また、表中のハッチ部分は本試験のSP/DP値を示す。製作頻度の高い板厚となる28mmから60mmの範囲では、SP/DP値が0.47~2.14の範囲で変化することが確認できる。

図-11にBOND、HAZ1, 3, 5mmのSP/DP値と衝撃試験結果の関係を示す。SP/DPとBOND靱性及びHAZ靱性との間に明確な相関関係は認められず、本試験のSP/DPの範囲内であれば平均的に100J前後の良好な靱性を確保することが可能であると考えられる。

#### (2) SP/DP値とWM衝撃特性の関係

図-12にSP/DP値とWM衝撃試験結果の関係を示す。SP/DPとWM靱性との間に相関関係が認められ、SP/DPが小さいほど靱性は低下している。これは、WMの靱性に対しWMの冷却速度による影響があるものと考えられる。

### 5-3. 衝撃特性に及ぼす冷却速度の関係

#### (1) $\Delta t_{800/500}^{\circ}\text{C}$ とWM衝撃特性

図-13にWMの温度が800°Cから500°Cまで冷却される時間( $\Delta t_{800/500}^{\circ}\text{C}$ )をX軸とし、WMの衝撃値をY

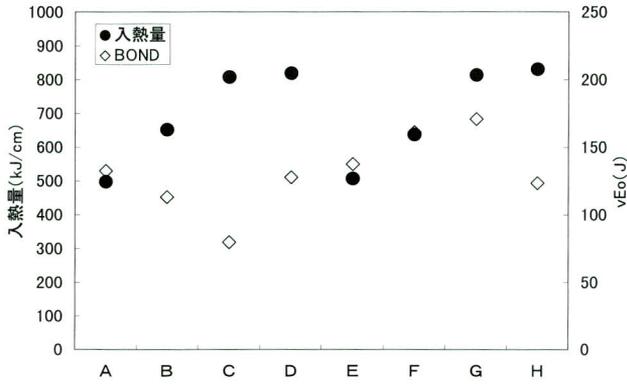


図-8 入熱量とBOND衝撃試験結果

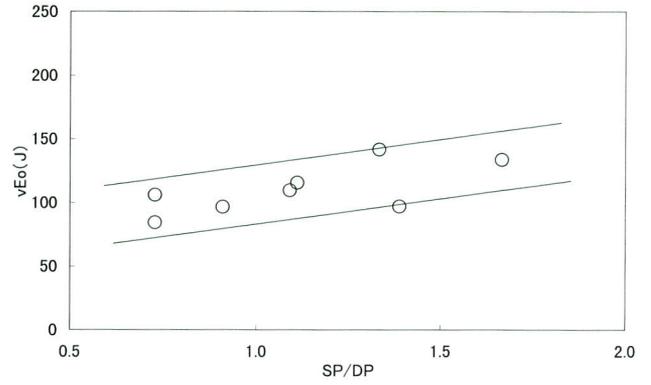


図-12 SP/DP値とWM衝撃試験結果

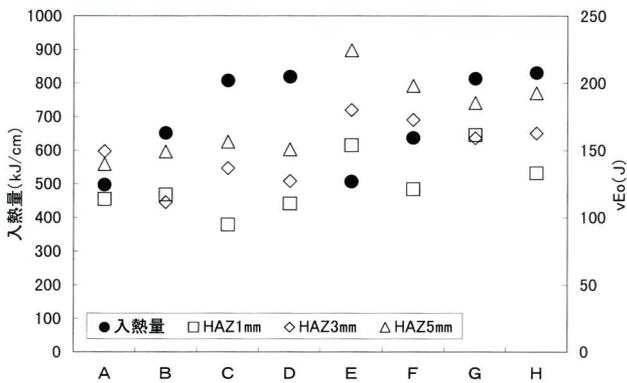


図-9 入熱量とHAZ1,3,5mm衝撃試験結果

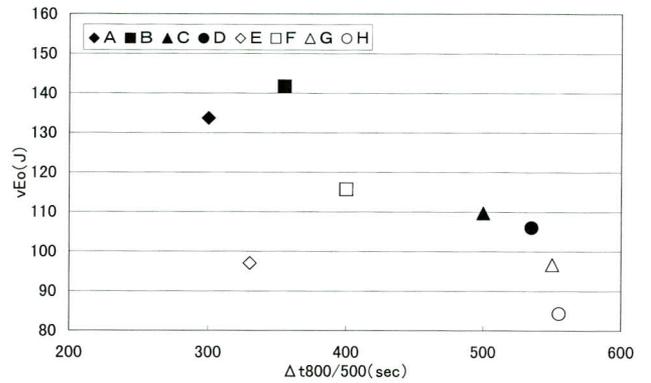


図-13 Δt800/500℃とWM衝撃試験結果

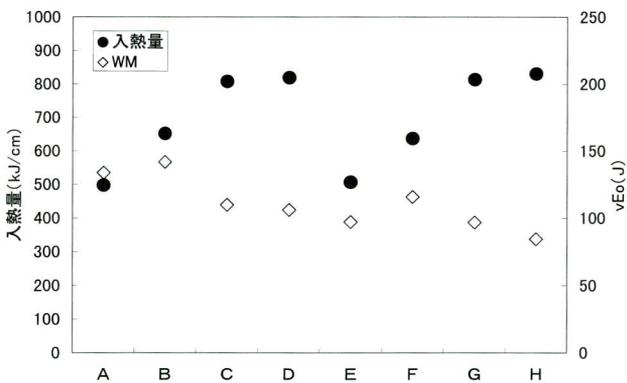


図-10 入熱量とWM衝撃試験結果

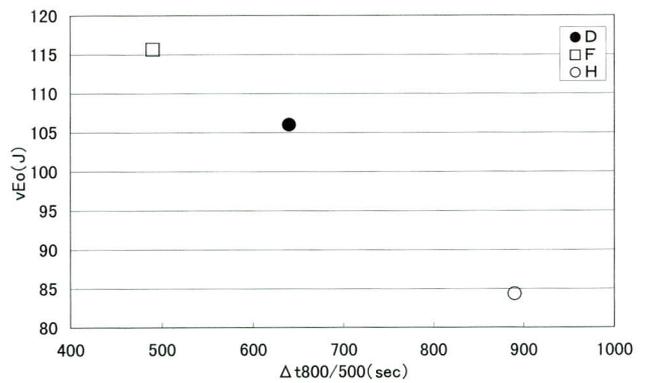


図-14 表面温度 (Δt800/500℃)とWM衝撃試験結果

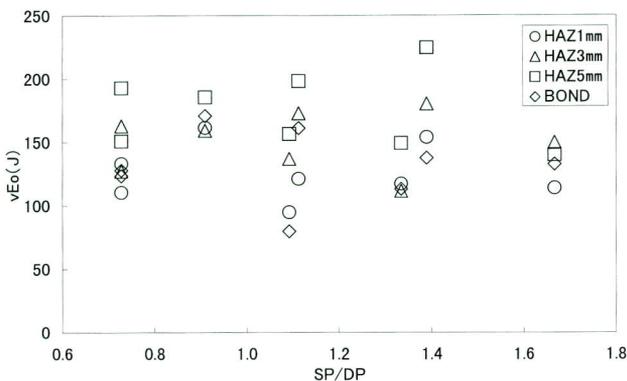


図-11 SP/DP値とBOND, HAZ衝撃試験結果

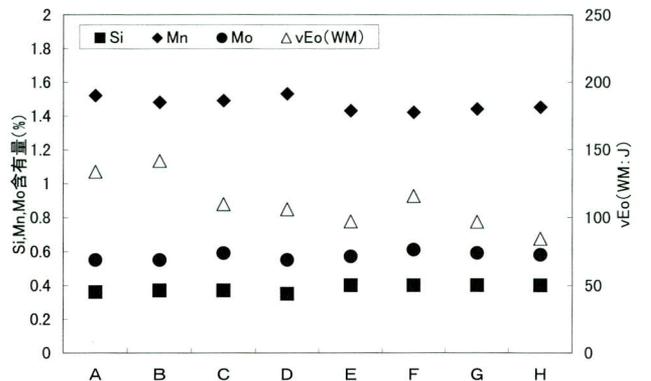


図-15 Si, Mn, Mo含有量と衝撃試験結果

軸とした関係を示す。なお、 $\Delta t_{800/500}^{\circ}\text{C}$ は市川ら<sup>11)</sup>が3次元差分法により推定した値を用いた。傾向として、冷却速度が小さいほど衝撃値も低下していることがわかる。本試験では、WMの組成に大きな違いがないことから、WMの組織への影響は、主として冷却速度によるところが大きく、冷却速度が小さいほどWMの変態組織が若干粗大化したことによるものと推定される。

## (2) 表面温度とWM衝撃特性

図-14に表面温度結果から読み取った $\Delta t_{800/500}^{\circ}\text{C}$ とWM衝撃試験結果の関係を示す。これらは、表面温度が $800^{\circ}\text{C}$ 近傍まで上昇した値から直接読み取ることができた3体について比較したものである。この結果、図-13と同様に冷却速度が小さいほど衝撃値が低下する傾向が認められる。

## 5-4. 衝撃特性に及ぼす化学成分

### (1) Si, Mn, Mo含有量とWM衝撃特性

図-15にSi, Mn, Mo含有量と衝撃試験結果の関係を示す。Si, Mn, Mo含有量とWM韌性との間に明確な相関関係は認められず、これらの合金元素含有量の範囲では、WMの韌性値の違いに対し大きな影響を及ぼしていないことが推定される。

## 5-5. ミクロ組織と衝撃特性

### (1) SA440C-HFのミクロ組織と衝撃特性の関係

平均的な粒径を評価した場合には明らかに入熱依存性があるものの、ミクロ組織的に大きな変化は認められない。しかしながら、部位によっては、結晶粒径が粗大化し、韌性に悪影響を及ぼすことが知られている粒界フェライトの粗大化や粒内に粒内フェライトに加えて、硬質相の上部ベイナイトの存在が僅かであるが確認された。BT-HT355C-HFに比較して、シャルピー吸収エネルギーがやや低いのはこのようなミクロ組織の影響を反映したものと推定される。

### (2) BT-HT355C-HFのミクロ組織と衝撃特性の関係

この場合もミクロ組織の結晶粒径には入熱依存性が認められるが、その変化代は同様に軽微である。一方、粒内の微細組織はSA440C-HFと同様に粒内フェライトと少量の上部ベイナイト組織となっているが、入熱が大きい場合には粒界フェライトの生成が助長され、しかも粒界フェライトの粗大化が局所的に進んでいることが確

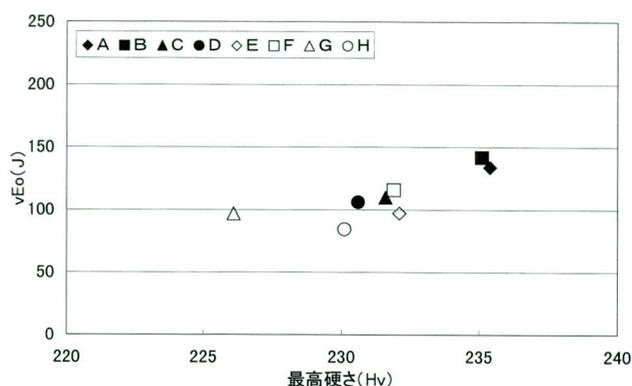


図-11 SP/DP値とBOND, HAZ衝撃試験結果

認された。その結果として粒界フェライトに沿って生成した疑似パーライト [黒く見える領域] 量が増大する傾向となっている。

## 5-6. 硬さとWM衝撃特性

図-16に最高硬さとWM衝撃試験結果の関係を示す。

WMの硬さと韌性との間に相関関係が認められ、硬さが高いほど韌性は良好となった。硬さの高いものほど組織が微細化していることを示唆しており、図-13, 図-14において、入熱の増加にともなって冷却速度が小さくなるほど韌性が劣化する理由が組織の粗大化によるものであることを裏付けている。

## 6. まとめ

本報では、HTUFF鋼と対応溶接材料のYM-55HFに焼入れ性を改良したYM-55HF (M)を用い、ダイアフラムと裏当て金は従来鋼という組合せにより、大入熱で溶接されるエレクトロスラグ溶接部の衝撃特性を主とした機械的性質について検討した。

この結果、WM, BOND, HAZのすべてにおいて衝撃特性は80J以上という非常に高い衝撃値が得られた。この理由として、WMについては、ワイヤの改良によりWMの化学成分が適正化されて組織が均一微細化されたことと、不純物元素を低減させたことによるものである。また、BONDおよびHAZについては、HTUFF鋼の特徴であるHAZ細粒化効果によってBOND近傍におけるHAZ組織の粗大化が顕著に抑制されたことと、さらにHAZ韌性に悪影響を及ぼす上部ベイナイトのような硬質第二相の生成が少ないためである。

しかし、本試験に用いたワイヤは試作段階であるため、

今後、製品への適用には低コスト化なども含めて早急な実用化を期待したい。

## 7. 今後の課題

これまで、大入熱で溶接されるエレクトロスラグ溶接部の冶金的な靱性低下機構の解明に努め、衝撃特性の確保という観点から試験を実施してきたが、ダイアフラム継手部が地震時にどのような応力状態にあるのかを明らかにすることにより、どの位置で、どのくらいの衝撃特性が必要となるのかを明確にしていくことが、今後の大きな課題であると考えられる。

本試験を実施するにあたり、御協力頂いた新日本製鐵株式会社の吉田氏、鶴田氏、渡部氏、植森氏、児島氏、市川氏、長谷川氏、磯田氏、日鐵溶接工業株式会社の木本氏、他、関係各位に心より感謝申し上げます。

## <参考文献>

- 1) 櫻井謙次ら：建築構造高HAZ靱性鋼を用いたエレクトロスラグ溶接部の衝撃靱性に関する研究(その1)，宮地技報No.18 (2002)，pp.53～60.
- 2) 児島明彦ら：まてりあ 第42巻 第1号 (2003)「新技術・新製品」，pp.67～69.
- 3) 児島明彦ら：日本建築学会大会学術講演梗概集，C-1 (2001)，pp.761～762.
- 4) 植森龍治ら：CAMP-ISIJ，14 (2001)，p.1174.
- 5) A.Kojima et.al：Proc. 20th Int. Conf. OMAE，(2001)，Rio de Janeiro，ASME，MAT-3241.
- 6) 石田浩司ら：溶接学会全国大会講演概要集，70 (2002)，pp.214～215.
- 7) 児島明彦ら：溶接構造シンポジウム2002講演論文集，平成14年11月19日，大阪大学，(社)溶接学会溶接構造研究委員会，pp.327～330.
- 8) 皆川昌紀ら：溶接構造シンポジウム2002講演論文集，平成14年11月19日，大阪大学，(社)溶接学会溶接構造研究委員会，pp.331～334.
- 9) 市川和利ら：エレクトロスラグ溶接の溶接金属の機械的性質の改善・エレクトロスラグ溶接部の熱履歴と特性 (第1報)，溶接学会講演概要集，第69集，pp.176～177.
- 10) 市川和利ら：エレクトロスラグ溶接の溶接金属の組織微細化機構・エレクトロスラグ溶接部の熱履歴と特性 (第2報)，溶接学会講演概要集，第69集，pp.178～179.
- 11) 市川和利ら：溶接構造シンポジウム2002講演論文集 (2002年11月)，p.57.

2003. 11. 14 受付

## グラビア写真説明

### たっぷ大橋 (岩見沢大橋架換)

本橋は、明治以来、人・物資の往來を渡船で行われてきましたが、昭和35年に待望の橋が完成。昭和44年に両側を延伸し現在に至るまで岩見沢大橋として活躍していましたが、近年の交通量増加に伴う老朽化、河川改修事業により移設が必要となり、交流ふれあいトンネル橋梁整備事業により、最新の技術を屈指し2代目岩見沢大橋として完成しました。橋名は、公募選考の上、たっぷ大橋と決まり平成16年度には、開通し地域のシンボリックな施設にもなります。

(齋木 敦)

### 謙信公大橋

本橋は、アーチが橋の中央に1本しかない単弦アーチ橋で、断面は台形、しかもこの断面がアーチ軸に沿って変化している非常に珍しい構造的特徴を持っています。また、近くにそびえる妙高連山と合う大小のアーチというデザインで、新潟県がグッドデザイン賞を受賞しました。このアーチから下へ伸びたパイプにより橋本体の重量、車の重量を吊り上げて支えています。アーチ部の架設は、取り付け道路部にて地組及び全断面溶接を行った後、自走多軸台車により運搬・架設を行いました。平成15年5月31日から供用開始したことにより近隣の渋滞が減少しました。

(伊藤 浩之)

# ドコモ大阪第二ビル（仮称）新築工事の内 鉄塔建方工事報告

## Erection of a Steel Tower during Construction of the DoCoMo Osaka No.2 Building

秦 孝\*<sup>1</sup> 松田 和人\*<sup>2</sup> 小林 学\*<sup>2</sup> 西垣 登\*<sup>3</sup> 広瀬 崇\*<sup>4</sup>  
 Takashi HATA Kazuto MATUDA Manabu KOBAYASHI Noboru NISHIGAKI Takashi HIROSE

### Summary

A 150-m tall steel tower was erected on the top of a 50-m-high building in the Osaka-Nanko Cosmo-Square district. This district is a very important business and amusement district of Kansai where the most distinguished network infrastructures are concentrated, and thus the area is a modern data center that can satisfy the needs of the next-generation mobile telecommunication system. The building has 12 stories above ground, and the steel tower on it is the cable type, the first of its kind in the world.

キーワード：ケーブル鉄塔，ケーブル（PWS）

### 1. はじめに

本鉄塔は、次世代移動通信対応の最先端データセンターの一環としての建物であり地上12階、軒高54.115mの建物上部に鉄塔150mのケーブル式鉄塔からなる建築物である。（参照：図-1全体図）

建物は、埋立地であるため免震建物の基礎として地中連続壁を格子上に配置した剛強な基礎に免震装置を用いてCFT柱を基本とした構造となっている。また、1F～5Fを早期に引き渡す中間引渡しのために屋上防水、インフラ引込み等の早期完成が必要不可欠であった。鉄塔部は、ケーブル構造からなる鉄塔であり世界でも類を見ない鉄塔である。

鉄塔の構造形式は、1本のマスト（φ1700）を8本のステイケーブルによって支持したケーブル構造でマストは軽量かつ高剛性とするため、ケーブル立体トラス（マスト軸芯・弦材・ストラット・鉛直ブレースによってシステムを構築）を採用した。ケーブルは、被覆パラレルワイヤーストランド（PWS）とし、7mmの160kg/mm<sup>2</sup>級の垂鉛メッキ鋼線を397～499本束ね、ポリエチレン被覆をしたものを採用しケーブル定着部のノーズピース・ケーブルリンク・スティ脚部・サドル部・マスト脚部のピボット支承・各プラットホームのブレース端部に鋳鋼品を用いた接合部を採用した。また、風に対する振動を

制御する制震装置としてPLOに多段積層ゴム制震装置

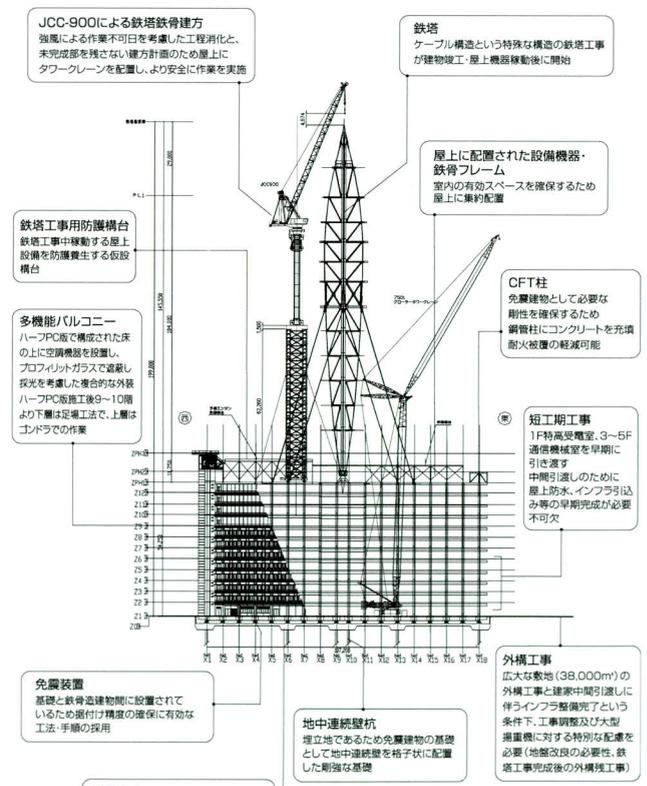


図-1 全体図

\*<sup>1</sup>宮地建設工業(株)建設事業部工事部建築・土木G. 所長  
 \*<sup>2</sup>宮地建設工業(株)建設事業部工事部建築・土木G.

\*<sup>3</sup>宮地建設工業(株)建設事業部計画部建築・土木G. リーダー  
 \*<sup>4</sup>宮地建設工業(株)建設事業部計画部建築・土木G.

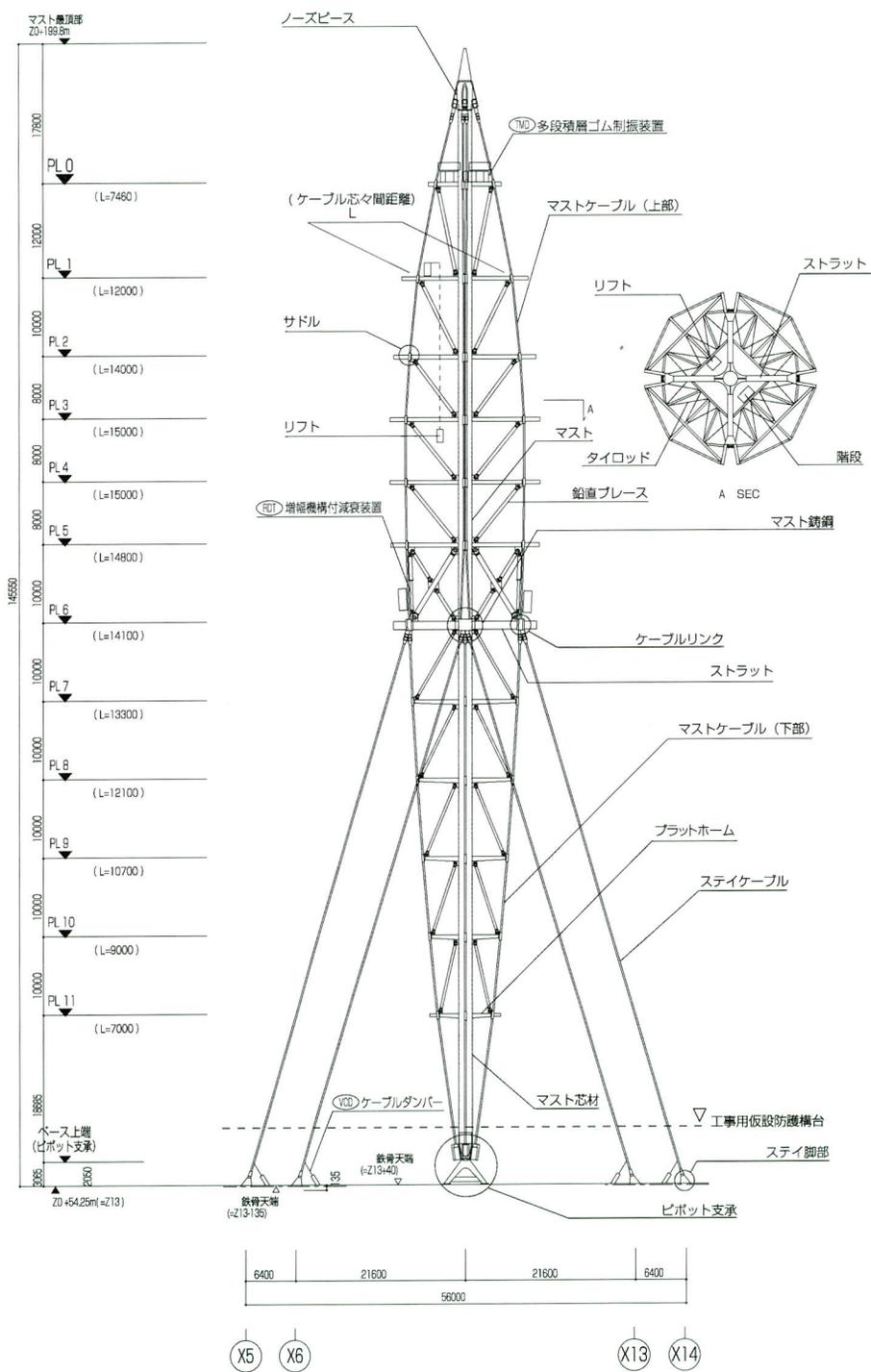
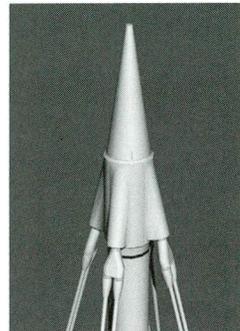
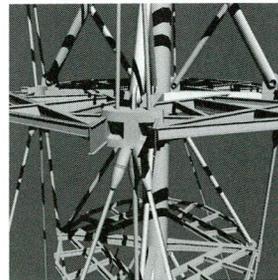


図-2 鉄塔概要図

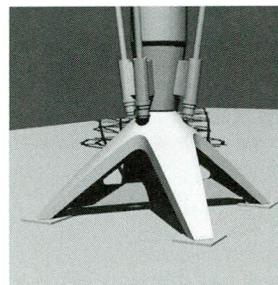
ノーズピース



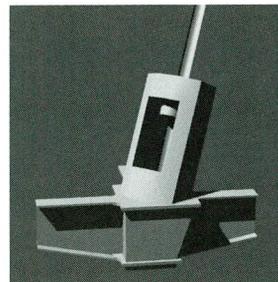
ケーブルリンク



ピボット支承



スティ脚部



(TMD)、PL6に増幅機構付減衰装置 (RDT)、スティ脚部にケーブルダンパー (VCD) を設置している。

そして、建物上部に建設することもあり鉄塔工事中稼動する屋上設備を防護養生するための防護構台を仮設で設置した。(参照：図-2鉄塔概要図)

本文は、ケーブル鉄塔建方の工事概要を報告するものである。

## 2. 工事概要

### (1) 構造物概要

建物名称：ドコモ大阪第二ビル (仮称)

所在地：大阪府大阪市住之江区南港北1丁目29番1

建築主：株式会社エヌ・ティ・ティ・ドコモ関西

用途  
設計  
管理  
工期

：第一種電機通信事業所用建物

計：株式会社エヌ・ティ・ティ ファシリティーズ 一級建築士事務所

理：株式会社エヌ・ティ・ティ ファシリティーズ 一級建築士事務所

期：(建物) 平成13年10月2日～

平成15年10月2日

(鉄塔・外構全般) ～平成16年10月4日  
中間引渡し

(1階特高受電室) 平成15年1月末

(3～5階部分) 平成15年5月末

(鉄塔) 平成16年6月2日

構造・規模：建物 鉄骨造 (免震構造)

地上12階、塔屋2階

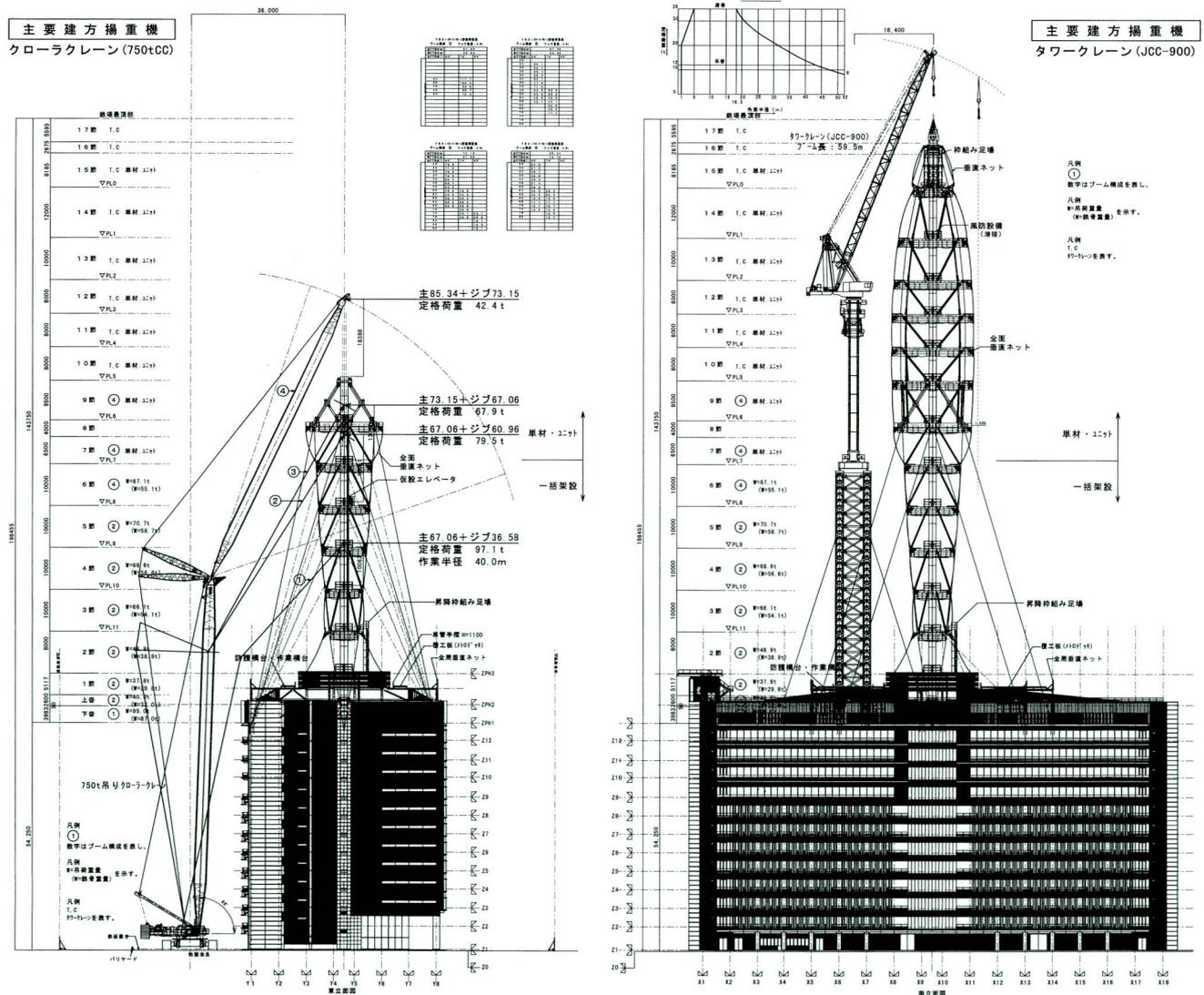


図-3 使用重機配置図

鉄塔 鉄骨造（ケーブル構造）

高さ：建物 最高の高さ GL + 55.100m  
（設計GL = Z0 = OP + 7.65m）

最高の軒の高さ GL + 54.115m

棟屋の最高高さ GL + 64.190m

鉄塔 GL + 170.0m（最上段プラットフォーム）  
GL + 199.8m（最頂部）

## (2) 施工概要

### 1) 使用重機

主要建方揚重機は、PL - 11 ~ 6までを地上より750t吊りクローラクレーン1台にてブーム構成を変更しながら施工し、地上より施工できなる範囲（PL - 5 ~ 0まで）を屋上に設置したタワークレーン（JCC - 900）1台にて施工した。

### (図-3 使用重機配置図)

### 2) 各プラットフォームの施工

各プラットフォームは、全部で12層に別れており各プラットフォーム間の高さが約10mで直径は各プラットフォームで異なるが約7m ~ 19mとなっている。

プラットフォームの構成は、マスト1本に大梁・斜材・床ユニットが各4ピース取付けられ円形状に構成されている。

二次鉄骨として導波管ラック・本設階段・本設エレベーターがマスト円周部分に取付けられている。

### (図-4 プラットホーム部材名称)

#### a) PL - 11 ~ 7の施工

マスト鉄骨建方形状は、PL - 11 ~ 7までについては

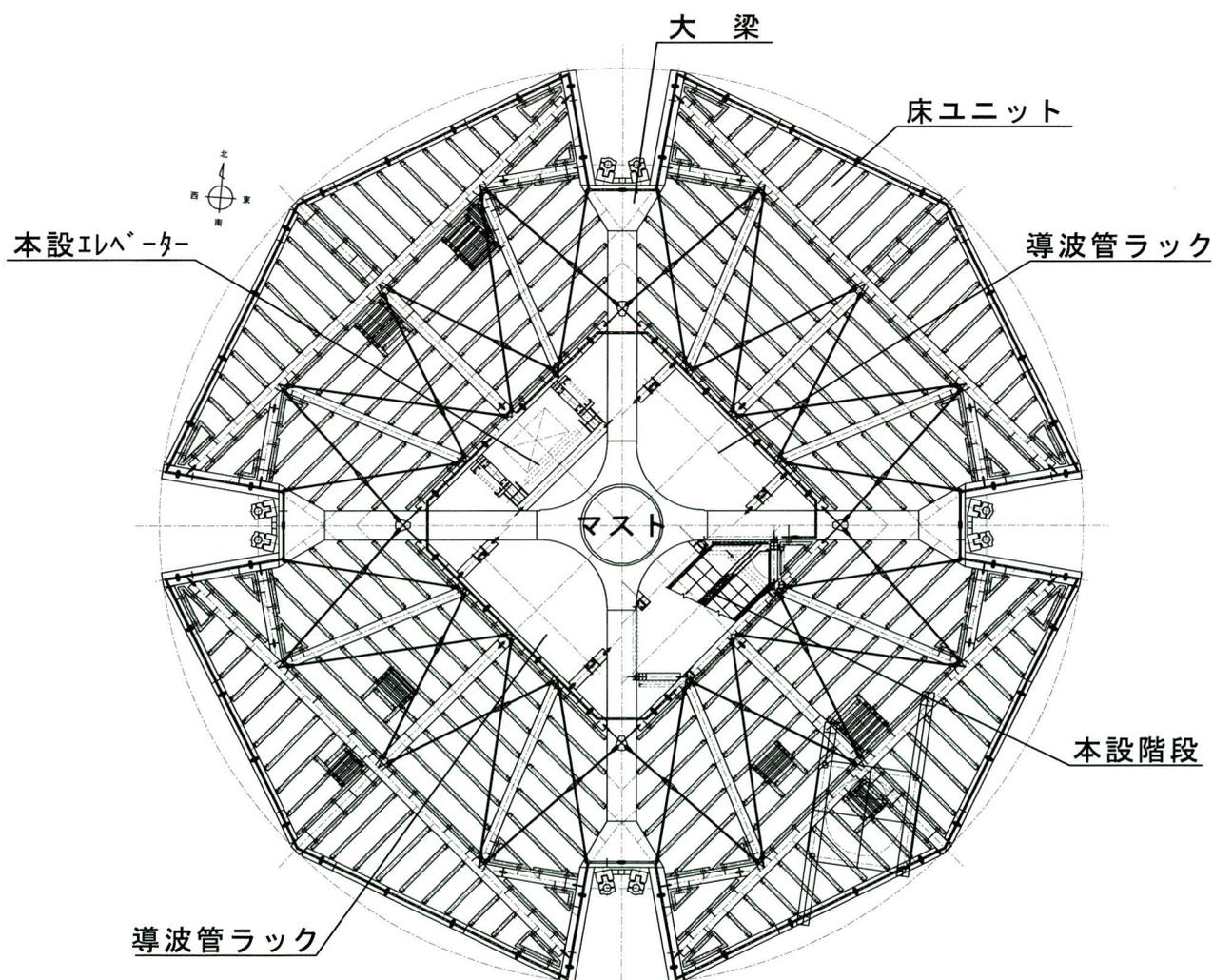


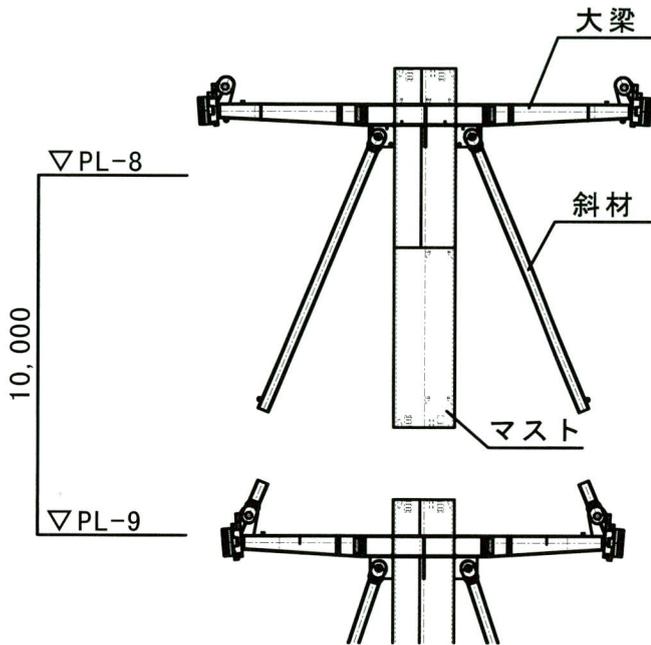
図-4 プラットホーム部材名称

大ブロックにて架設する。大ブロック形状として、マスト・大梁・斜材・床ユニットを地上で地組立し溶接・本締め・溶射まで行った形状とする。(最大ブロック重量 58.7t)

(図-5 施工形状①)

b) PL-6の施工

PL-6は、本設ケーブルがまとまるため鉄骨重量が非



常に重い。よって単材 (ユニット) による架設を行った。特にマスト及び大梁先端部については、鉄骨重量が約 30t 以上になるため、仮受支柱を設けて建方を行なった。(図-6 施工形状②)

c) PL-5の施工

PL-5は、第1回ケーブル工事をを行うのに必要となる部材 (マスト・斜材) を単材にて架設してケーブル工事

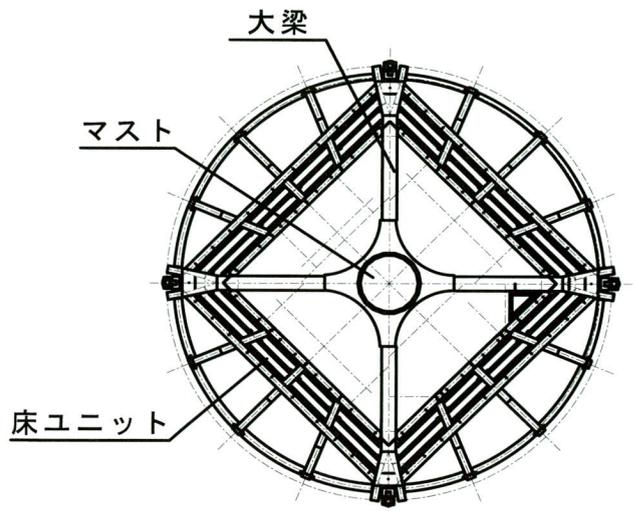


図-5 施工形状①

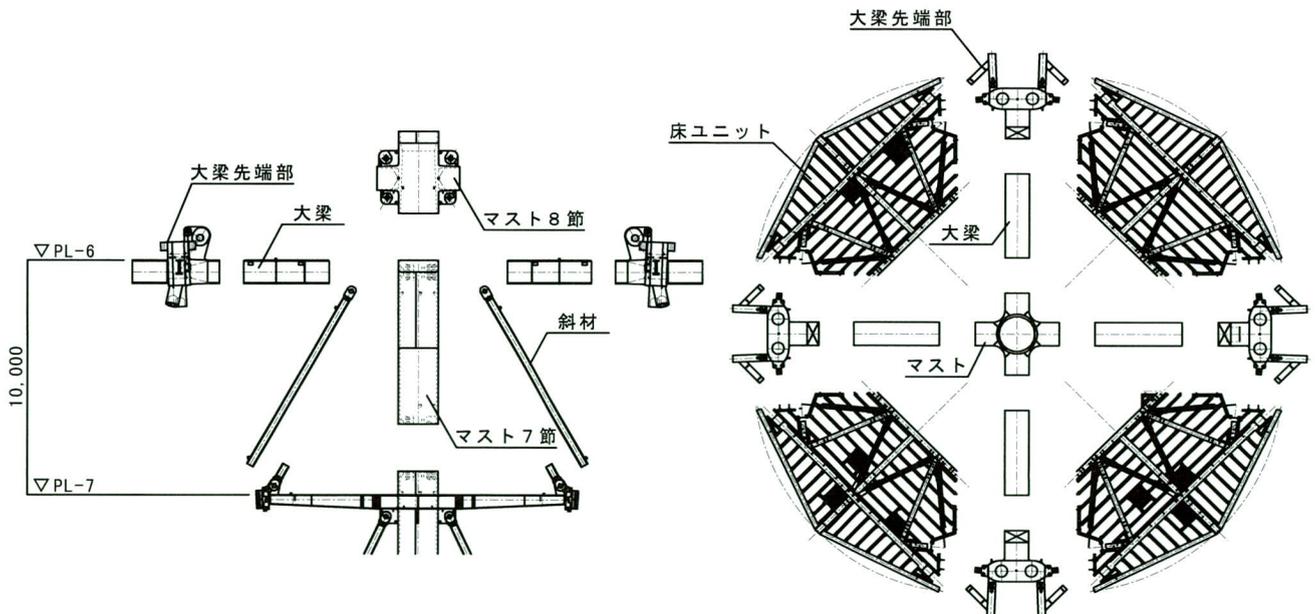


図-6 施工形状②

を行った。その後にPL-5の残りの部材を大梁と斜材は地組してブロックにし床ユニット鉄骨の順番で架設を行った。(図-7施工形状③)

d) PL-4~0の施工

PL-4~0は、クレーン能力からマスト・大梁斜材・床ユニット鉄骨を中ブロックにして架設を行った。

(図-8施工形状④)

### 3. 施工説明

(1) 建方フローチャート

図-9に鉄塔工事の全体建方フローチャートを示す。

(2) 敷きプレート・ゴム支承据付け

建物とマスト脚部ピボット支承の間には、敷きプレート

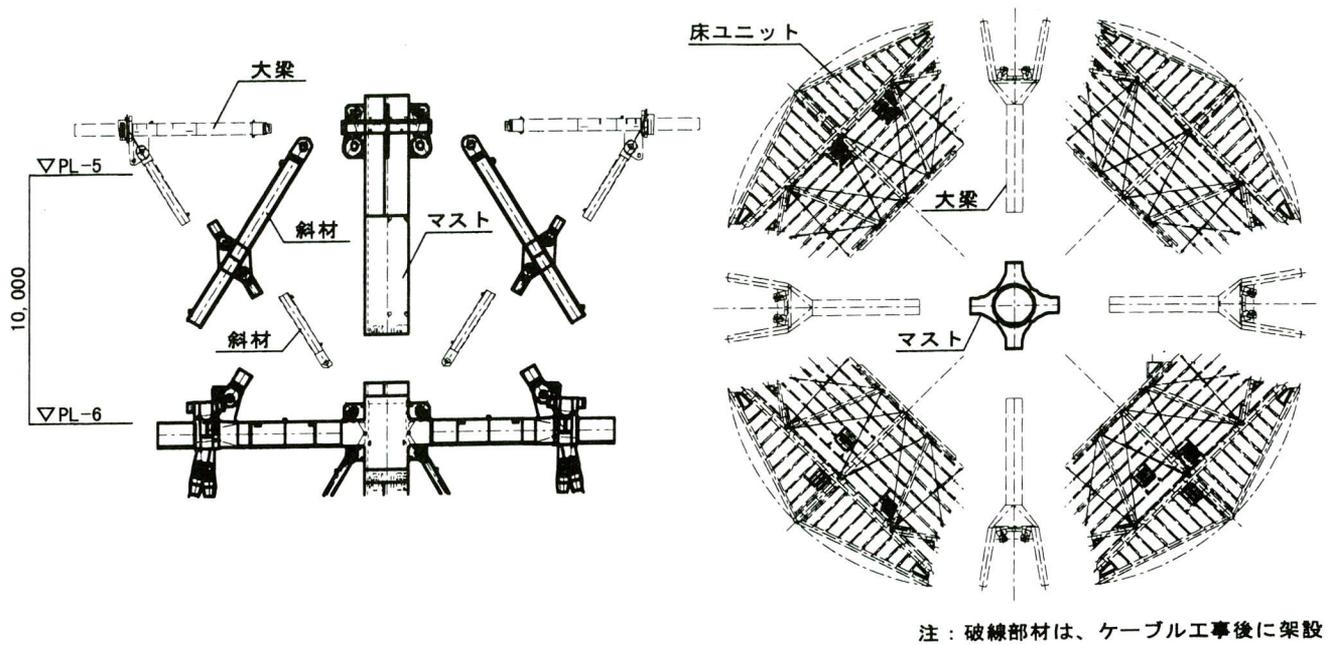


図-7 施工形状③

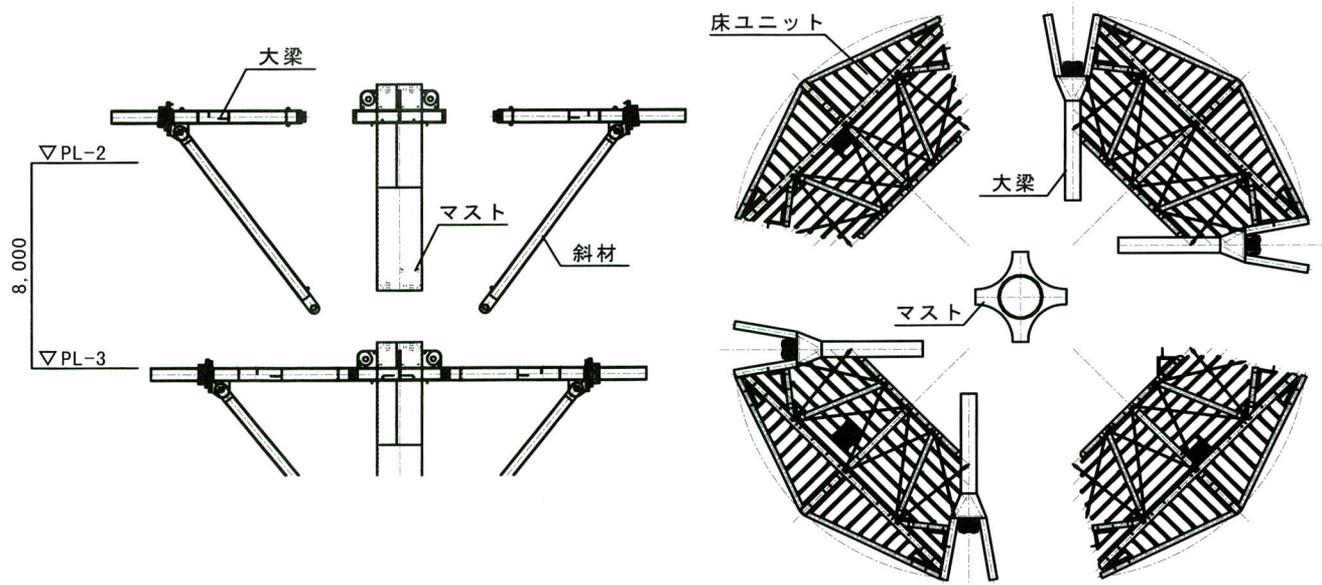


図-8 施工形状④

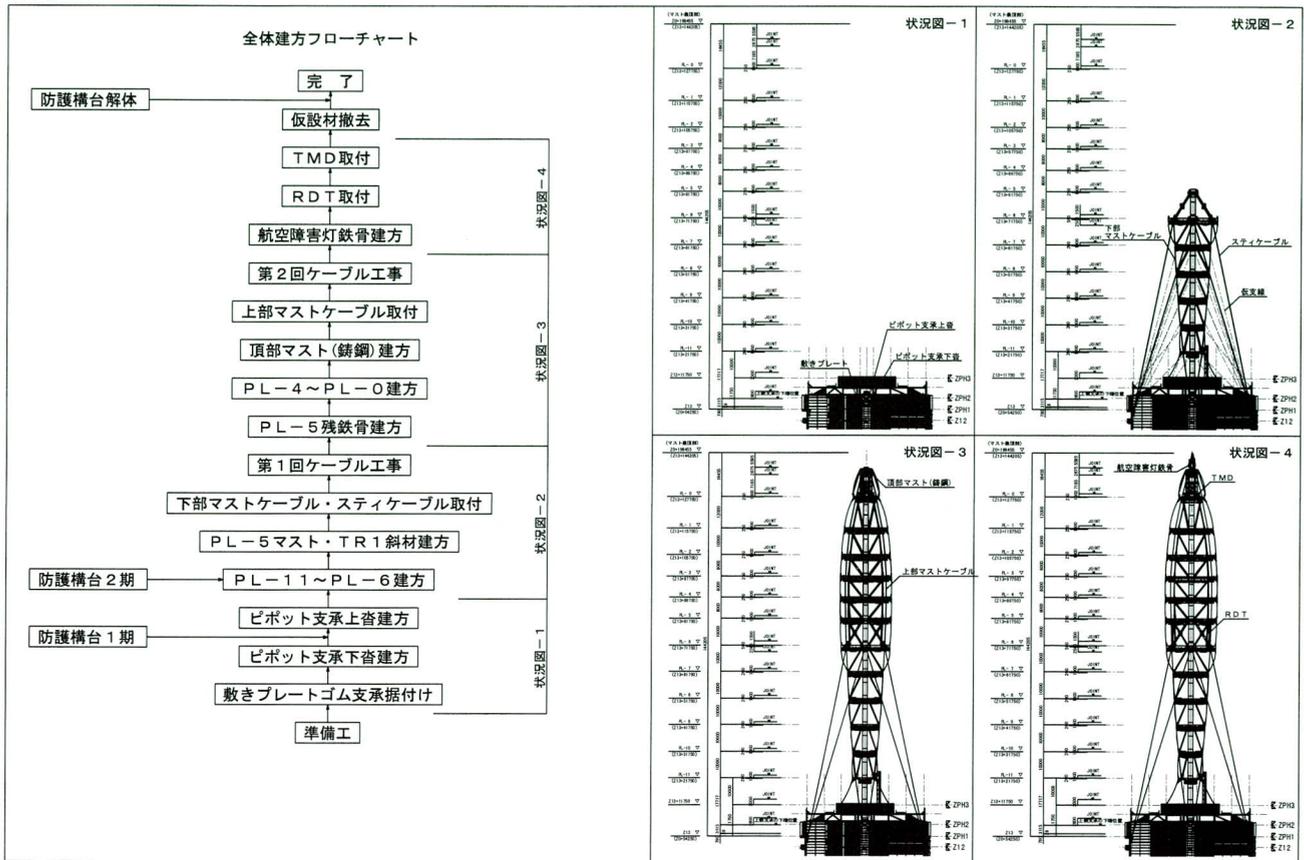


図-9 全体建方フローチャート

ト・ゴム支承を取付ける。敷きプレートは、建物の建入れ誤差を吸収して完全なレベルに調整する必要があり事前に三次元計測結果をもとに敷きプレートを工場にてフェイシング加工した物を据付けた。

(参照：写真-1 敷きプレート・ゴム支承据付け状況)

### (3) ピボット支承下沓

ピボット支承下沓は、約□4.8m×高さ約3.3m・重量約83tあり陸上輸送できないため北九州より大阪港まで海上輸送し水切り後大阪港から現場までの約2kmをユニットキャリアで夜間搬送し翌朝750tCCにて建方を行なった。

(参照：写真-2 水切り 写真-3 夜間搬送)

### (4) プラットホームの施工

PL-11~7までは、できる限り上空での作業を減らすために地上でマストに取り付く大梁・斜材・床ユニットを地組立して垂直ネットまで取付けた形状で一括架設を行なった。これにより上空での溶接作業を大幅に減

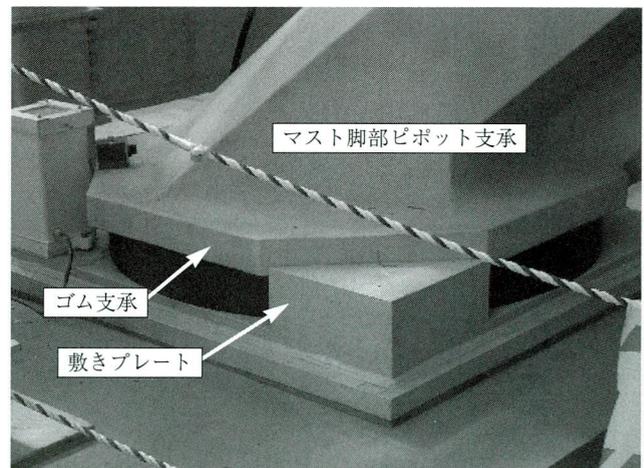


写真-1 敷きプレート・ゴム支承据付け状況

らす事ができた。また、各節建方時には、仮支線を設けて安定させて施工を行なった。

(参照：写真-4 地組立架台 写真-5 一括架設状況)

### (5) ケーブル工事

本工事の特徴であるケーブル工事は、ケーブルドラム

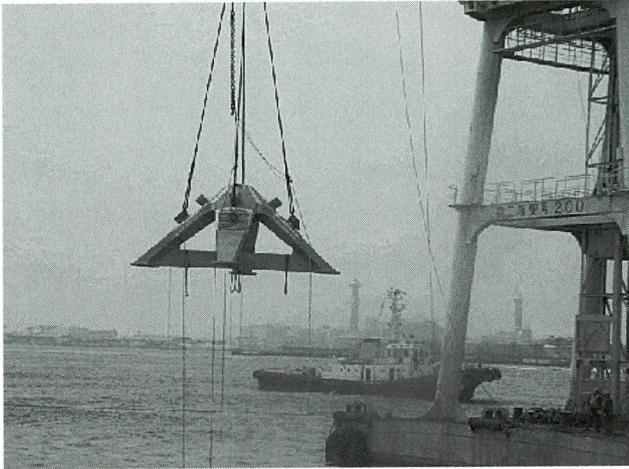


写真-2 水切り



写真-3 夜間搬送

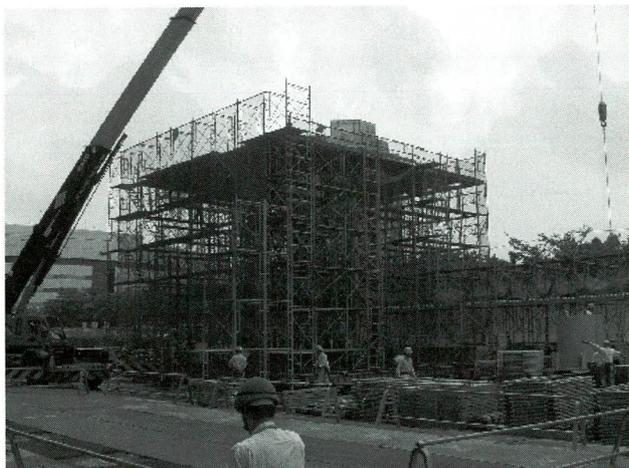


写真-4 地組立架台

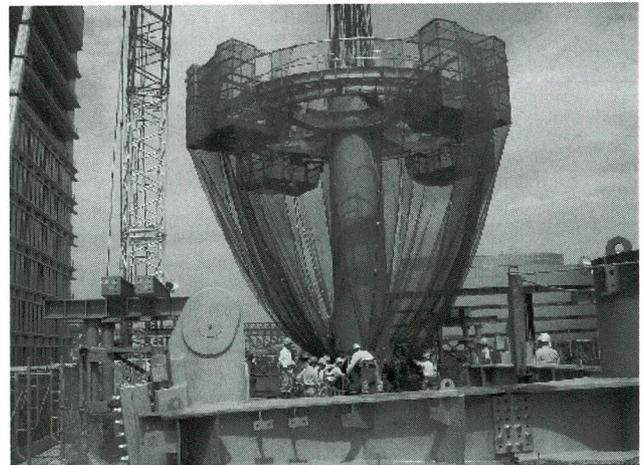


写真-5 一括架設状況

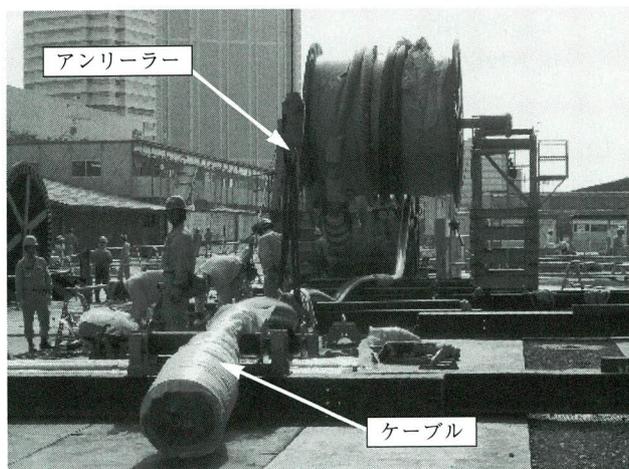


写真-6 ケーブル引出し

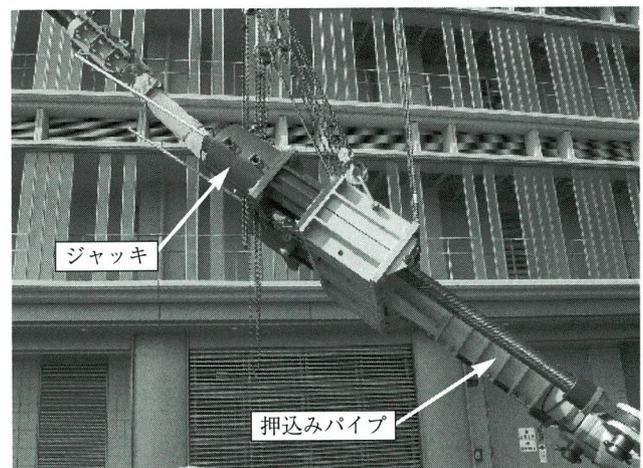


写真-7 押し込み設備

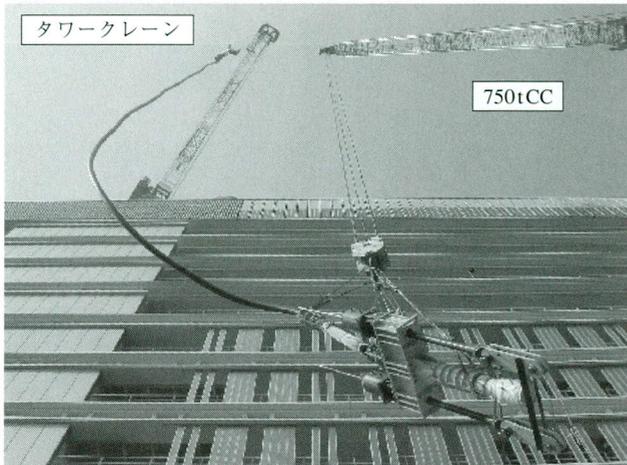


写真-8 ケーブル合吊り状況

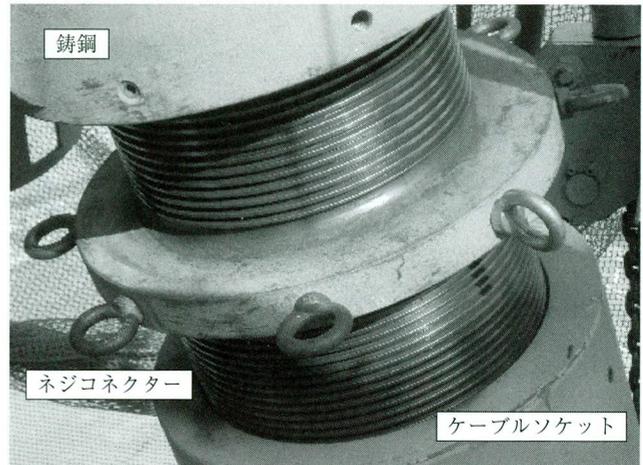


写真-9 ネジコネクター部

(直径約3.7m)に巻かれたケーブルを専用のアンリローにセットしてクレーンを使用して引き出す。(参照：写真-6 ケーブル引出し) 今回のケーブル端部形状は、一方が支圧板形式で他方がネジコネクターによる形状であったのとケーブルの納まりの関係でケーブル後方より引き込む事ができないためケーブルを押し込む方法を採用した。そのジャッキ設備は、1本あたり合計3t以上の設備となってしまう地上にて地組取付け後ケーブル取付け作業に入る。(参照：写真-7 ケーブル押し込み設備)

その後ケーブル取付け作業に入るがケーブル自重と押し込み設備で合わせて約17tにもなりケーブル長も約74mと非常に長いためにクレーンの合吊りで行なった。(参照：写真-8 ケーブル合吊り状況)

また、ケーブル一方のネジコネクター部の締込みは、逆ネジとなっているため鋳鋼側を50mm先行で差込みケーブル側ソケットをネジコネクター部分に当ててネジコネクターを回して接続する。この作業は、鋳鋼・ネジコネクター・ケーブルソケットが同一直線状にないとネジが噛んでしまいネジコネクターが回らないという非常に繊細な工事であった。

(参照：写真-9 ネジコネクター部)

### (6) ケーブル緊張工事

本鉄塔の架構は、マストと称する鋼管柱(径φ1700mm)とプラットホームと称する床と、その部材を連結し下部鉄骨へ力を流し、構造物として自立するための20本のケーブルで成立する構造である。

また、本鉄塔は、地上54mのビルの屋上より自立して

おり、最頂部で地上198mである。

このため、張力導入手順を決めるにあたっては、下記の要因を考慮した施工時解析を実施し、本鉄塔の施工時、及び完成時の安全性を十分に検証し手順を決定した。

- ・鉄塔本体建て方ステップによる施工時応力
- ・下記を考慮した最終鉄塔重量
  - 鉄塔本体重量 床パネル、階段、ラック、付属鉄骨重量
  - 鉄塔鋳鋼重量
  - ケーブル重量
  - 安全設備重量
  - 仮設ベント重量
  - 仮設補強材重量
  - 各種ダンパー重量
  - エレベーター重量
- ・下部鉄骨剛性
- ・施工時解析荷重(自重、風、地震、温度応力)

張力導入の手順として、大きく2ステージに分割して、張力を導入する。

第1回張力導入は、PL-6建て方後から頂部鋳鋼建て方完了までの、施工時検討用水平力に対して、PCB2、3そして4の張力が抜けない程度の張力を導入する。

第2回張力導入は、鉄塔完成系に必要なケーブル張力の導入である。

#### 1) 第1回ケーブル張力導入工事

第1回ケーブル張力導入として、PL-6までの建て方完了後、マストケーブル(PCB2)、ステイクケーブル

(PCB3、PCB4) のケーブルに張力を導入した。

導入ステップとしては、10ステップに分割し、下記張力まで緊張した。

PCB2 2,986kN (305ton) × 1本 × 4個所 4本同時緊張

PCB3 1,118kN (114ton) × 1本 × 4個所 4本同時緊張

PCB4 903kN (92ton) × 1本 × 4個所 4本同時緊張

今回使用したケーブル押込み設備 (PCB2・3・4) の写真を以下に示す。

(参照：写真－10、11 ケーブル押込み設備部 (1), (2))



写真－10 ケーブル押込み設備部 (1)

## 2) 第2回ケーブル張力導入工事

第2回ケーブル張力導入として、頂部鋳鋼建て方完了後、マストケーブル (PCB1、PCB2) ステイケーブル (PCB3、PCB4) を順次導入した。

導入ステップとしては、第1回ケーブル張力導入後の荷重より10ステップに分割し、下記張力まで緊張した。

PCB1 5,500kN (562ton) × 2本 × 1個所 8本同時緊張

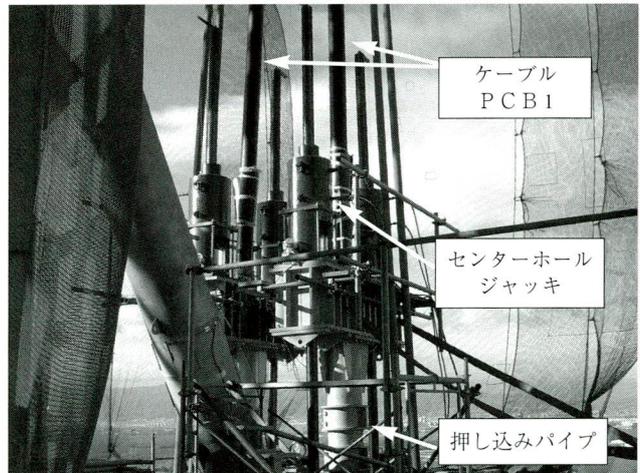
PCB2 5,000kN (510ton) × 1本 × 4個所 4本同時緊張

PCB3 7,500kN (766ton) × 1本 × 4個所 4本同時緊張

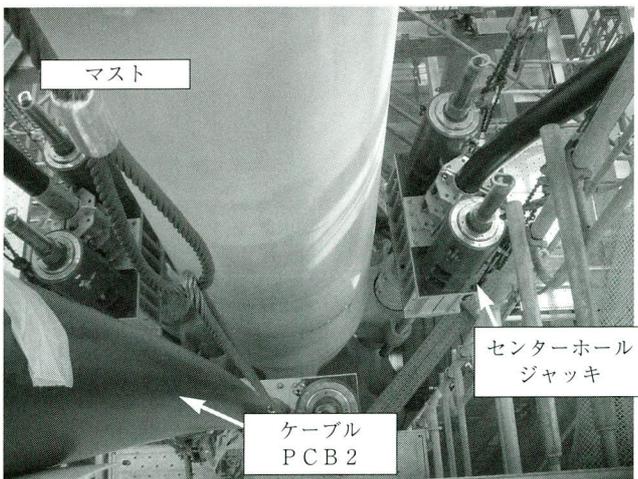
PCB4 6,000kN (612ton) × 1本 × 4個所 4本同時緊張

今回使用したケーブル押込み設備 (PCB1) の写真を以下に示す。

(参照：写真－12 ケーブル押込み設備部 (3))



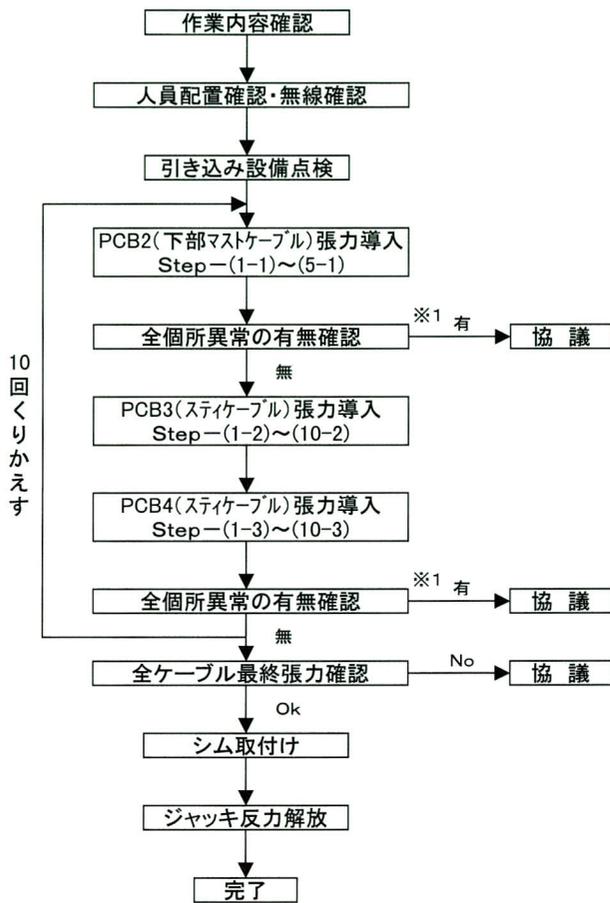
写真－12 ケーブル押込み設備部 (3)



写真－11 ケーブル押込み設備部 (2)

尚、以下にケーブル工事施工フローチャートを示す。

第1回ケーブル張力導入工事フローチャート



第2回ケーブル張力導入工事フローチャート

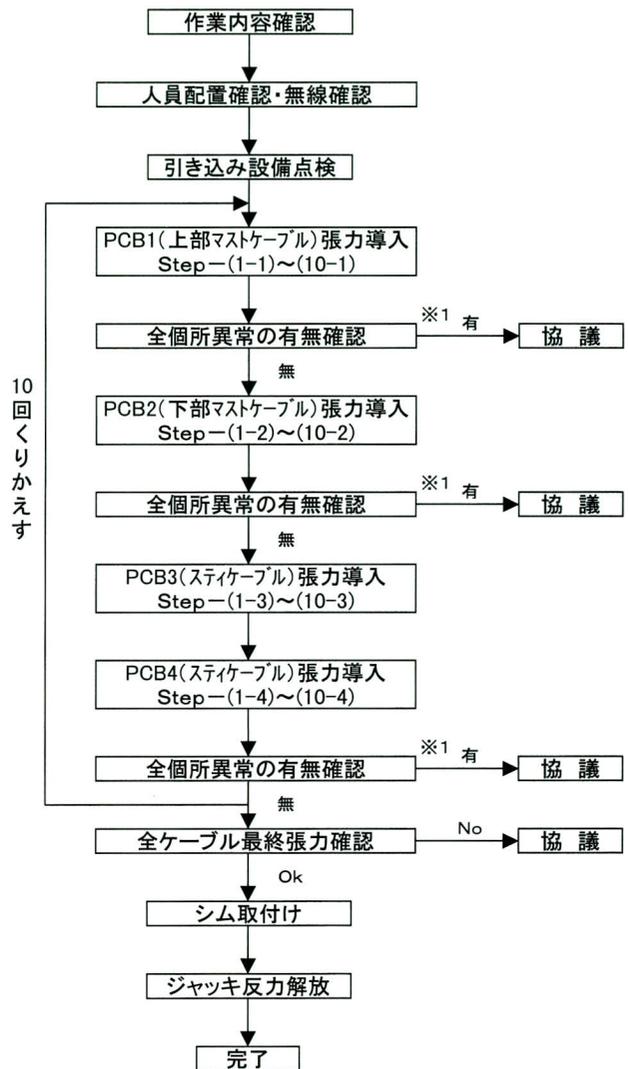


図-10 ケーブル工事施工フローチャート

(7) 精度管理

精度管理目標値として鉄塔建入れ精度を 1/1500 以下としケーブル張力を ±5% 以内とした。建入れは、鉄塔高さ H=150m なので頂部で 100mm 以下となるがケーブル鉄塔という特殊な建物でケーブル張力により容易に鉄塔が傾くためケーブル張力のばらつきが大きくなる可能性があった。

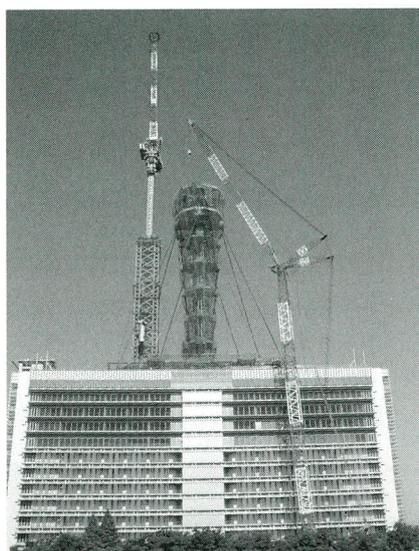
そのため、計測装置を各所に取付けデジタル的計測とアナログ的計測の両方を採用して各ステップ毎に計測を行なうことにより随時傾向と対策をして行なった。

計測装置として建入れ計測には、主として三次元計測器 (マンモス) を使用し、補助的に、トランジット・レーザー鉛直器・ピアノ線を取付けてのコンボックス計測を行なった。また、ケーブル張力は、油圧ジャッキの圧力をデジタル変換した数値を使用し補助的に、斜材・ST 梁・マストにひずみゲージを取付け設計荷重との比較により精度の確認を行なった。

その結果建入れ精度を ±10mm に納めながらケーブル張力を ±3% 以内に納める事ができた。これには、鉄塔自体の建方精度が非常に良かった面と各プラットホーム毎に工場で仮組検査を行なった成果と言える。

#### 4. 施工状況写真

各段階での施工状況を写真－13～15に示す。



写真－13 建方途中



写真－14 建方完了



写真－15 完成

#### 5. 施工数量

鉄塔施工数量を表－1に示す。

表－1 数量総括表

名称	形状	単位	数量
マスト	Pipe-φ1700	ton	1,000
大梁	Box-□1000		
	H600X400		
	H500X600		
小梁	H500X250		
	H400X200		
	H294X200		
ブレース	Pipe-φ300X22		
	Pipe-φ400X22		
	Pipe-φ600X32		
床ユニット		m <sup>2</sup>	1,200
鋳鋼		ton	550
ケーブル		本	20
ケーブルダンパー		台	8
RDT		セット	4
TMD		台	2

#### 6. あとがき

大阪南港コスモスクエア地区の一角に建設されたドコモ大阪第二ビル（仮称）は、次世代移動通信対応の最先端データセンターとして今後注目される施設である。建物の先行引渡しに伴い高所作業並びに大型重機での作業での安全作業が大重要視される工事であったが、長期にわたる検討により施工性、安全性を大幅に向上することができた。これもひとえに建築JV他、工事関係者の方々のご指導によるものと深く感謝する次第である。

2003.11.7 受付

# トラス橋の3車線化拡幅工事の設計 — 中央自動車道 小原第二橋 —

## Expanding a Truss Bridge into Three Lanes -Chuo Expressway Obara No.2 Bridge -

梅本喜久\*<sup>1</sup> 佐々木隆太\*<sup>1</sup> 小原洋介\*<sup>1</sup>  
Yoshihisa UMEMOTO Ryuta SASAKI Yousuke KOHARA

### Summary

The section between the Hachioji Interchange and the Sagamiko Interchange of the Chuo expressway is being widened from two to three lanes in one direction. In the Obara No.2 Bridge widening work, which is part of this widening, the number of lanes will be increased by connecting a new three-spanned, continuous deck bridge of the truss type to the existing bridge. This paper reports on the design of the new bridge that will widen the Obara No.2 Bridge and a checkup of the original bridge after it has been widened.

キーワード：拡幅工事，二次床版，トラス橋

### 1. まえがき

現在、中央自動車道は、交通量の増加に伴う交通渋滞により、本来の高速道路としての機能を十分に果たしていない状況である。そのため日本道路公団では、その機能回復を目指し、小原第二橋を含む八王子IC～相模湖ICの一部で片側2車線から3車線に拡幅する工事を進めている。

小原第二橋は、3径間連続上路トラス形式でJR中央線の上空を跨ぎ、その橋脚は高さ約45mの鋼製のフレキシブル橋脚となっている。本橋の位置図を図-1に示す。

本文では、拡幅する新設橋の設計および拡幅後におけ

る既設橋の各部材の照査について報告する。

### 2. 工事概要

小原第二橋拡幅工事は、既設トラス橋の隣に新設トラス桁（2主構）を架設し、その間に対傾構・横桁および横構を設置し、さらに既設床版と新設床版とを二次床版で連結することによって車線の拡幅を行うものである。その構造を図-2、3および本橋の橋梁諸元を表-1に示す。また、本橋は将来において既設床版の増厚（50mm）を実施する予定である。その構造を図-4に示す。

### 3. 設計方針

#### (1) 事前調査

設計を進めるに当たって、既設橋の損傷調査を実施し、問題がないことを確認した。また支間長・主桁間隔などの寸法実測を実施し、既設図面と比較し問題がないことを確認した。

また、既設支承の損傷などによる取り替えに関する検討については、A1側の支承（可動）は取り替え実施済みであり、その他の箇所についても、目視により損傷等が顕著に見られなかったことから、本工事においては、支承取り替えは実施しないこととした。

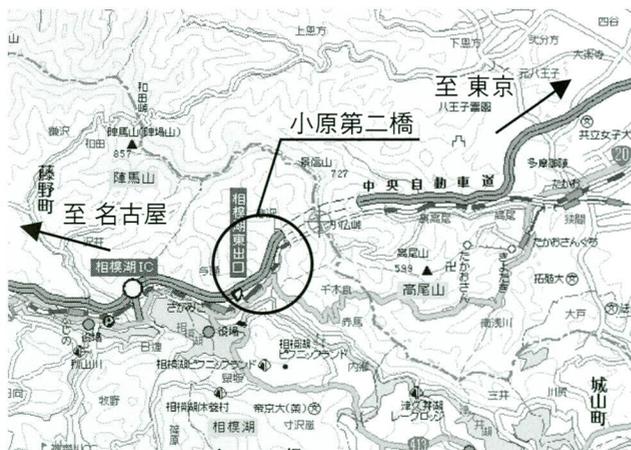


図-1 位置図

\*<sup>1</sup>技術本部設計部設計一課

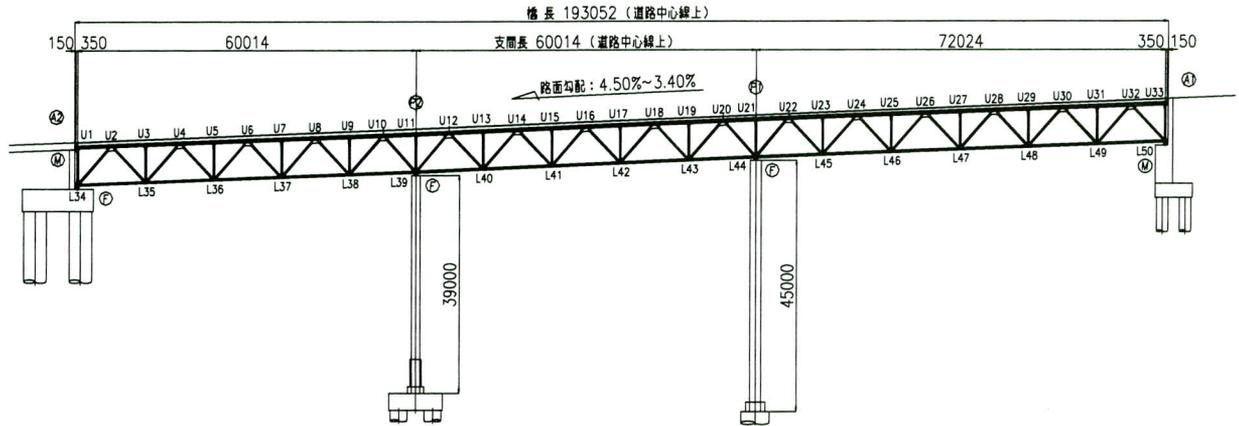


図-2 側面図

表-1 設計条件

形式	3径間連続トラス橋
道路規格	第1種3級B (v=80km/h)
橋長	193,052 m (道路中心線上)
桁長	192,752 m (道路中心線上)
支間長	60,014 m + 60,014 m + 72,024 m (道路中心線上)
幅員	14,000 m (車道)
全幅員	15,205 m (総巾幅 3,300 m)
完成系舗装厚	既設 アスファルト舗装厚 t = 75mm 新設 アスファルト舗装厚 t = 25mm
完成系床版厚	既設 鉄筋コンクリート床版厚 t = 180mm 新設 鉄筋コンクリート床版厚 t = 250mm
将来系舗装厚	既設 アスファルト舗装厚 t = 75mm 新設 アスファルト舗装厚 t = 75mm
将来系床版厚	既設 鉄筋コンクリート床版厚 t = 230mm 新設 鉄筋コンクリート床版厚 t = 250mm
活荷重	B活荷重
線形条件	平面線形 R=800 縦断線形 1.3% VCL=340m 4.5% , 4.5% VCL=340m 0.5% 横断線形 i = 4.000% (片勾配)
主要部材	SS400, SM400, SM490Y, SM570, S10T, SD345
設計水平震度	Kh = 0.20
適用基準	道路橋示方書・同解説 I, II, V (平成14年3月) 設計要領第二集 (日本道路公団 H10.7) 中央自動車道 (改築) 橋梁幅員設計・施工指針 (案) (日本道路公団 HB.3)

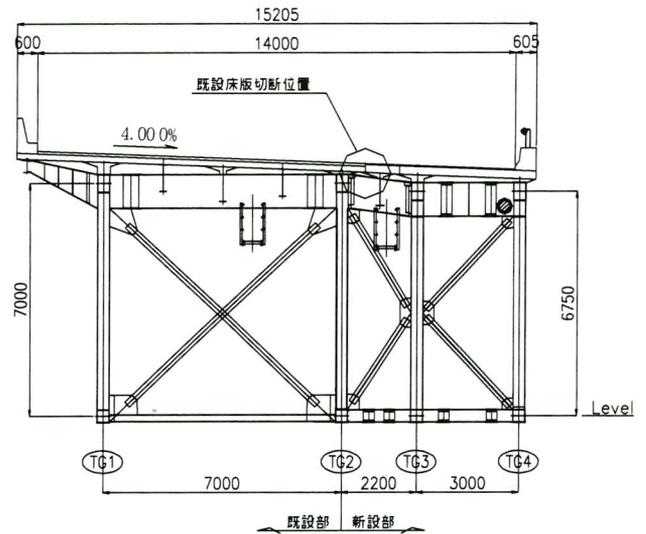


図-3 断面図

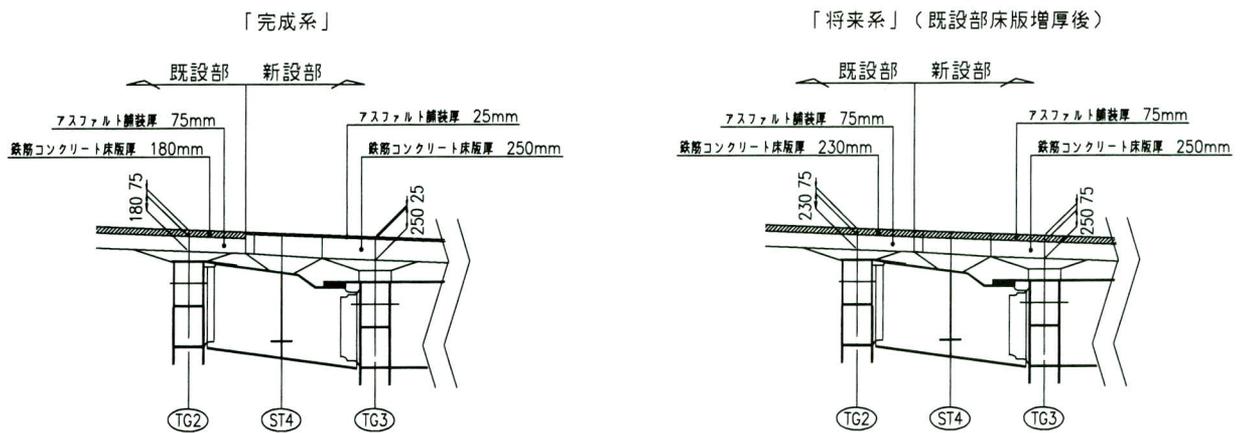
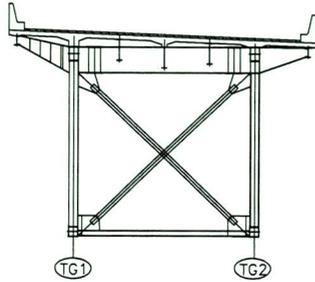


図-4 床版図 (完成系、将来系)

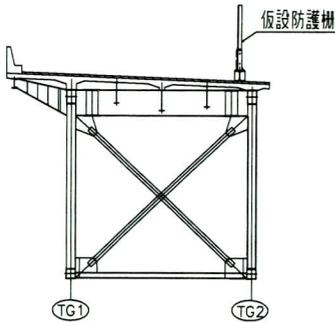
< 施工ステップ1 >

- 「既設系」  
① 拡幅前



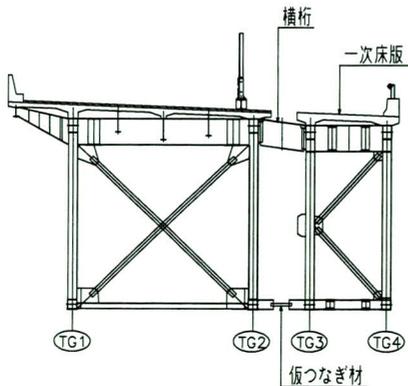
< 施工ステップ2 >

- ① 仮防護柵の施工  
② 既設地覆・高欄・張り出し床版の切断撤去



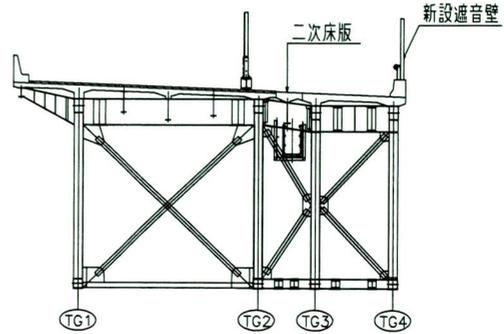
< 施工ステップ3 >

- ① 新設部トラス部材架設  
② 横桁と仮つなぎ材で既設部と仮連結  
③ 新設部一次床版・地覆・高欄施工



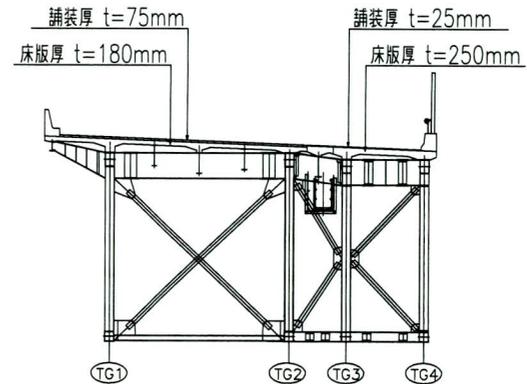
< 施工ステップ4 >

- ① TG2～TG3間の対傾構・横桁の本締め  
② 二次床版の施工  
③ 新設遮音壁の施工  
④ 新設検査路の施工



< 施工ステップ5 >

- 「完成系」  
① 新設部の舗装施工  
② 仮防護柵撤去  
③ レーンマークの修正  
④ 拡幅完成



< 施工ステップ6 >

- 「将来系」  
① 既設部舗装はつり  
② 既設部床版コンクリート10mmはつり  
③ 既設部増厚床版コンクリート打ち込み  
④ 新設部・既設部舗装施工

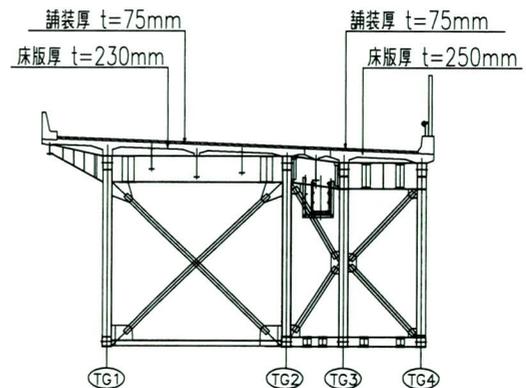


図-5 拡幅ステップ図

## (2) 拡幅設計

本橋の拡幅は上野原IC～大月IC間の拡幅工事に適用された「中央自動車道（改築）橋梁拡幅設計・施工指針（案）平成8年3月」<sup>1)</sup>に基づき設計を行なった。また、拡幅による既設部材への影響が小さく、架設時の安定性に優れていることから、2主構追加（完成時4主構）の構造を採用した。拡幅の施工順序を図-5に示す。

## (3) 架設

新設橋の架設については、P1～P2間はオールテレーンによるベント架設、またP1を起点にA1方向およびP2を起点にA2方向にトラベラークレーンによる張出し架設を計画している（図-6）。さらに本橋梁は、JR中央線の上空を跨ぐため「線路上空構造物架設計画の手引き」<sup>2)</sup>に基づき、架設時の地震動および風荷重などの異常時荷重に対しても安全性の照査を行った。

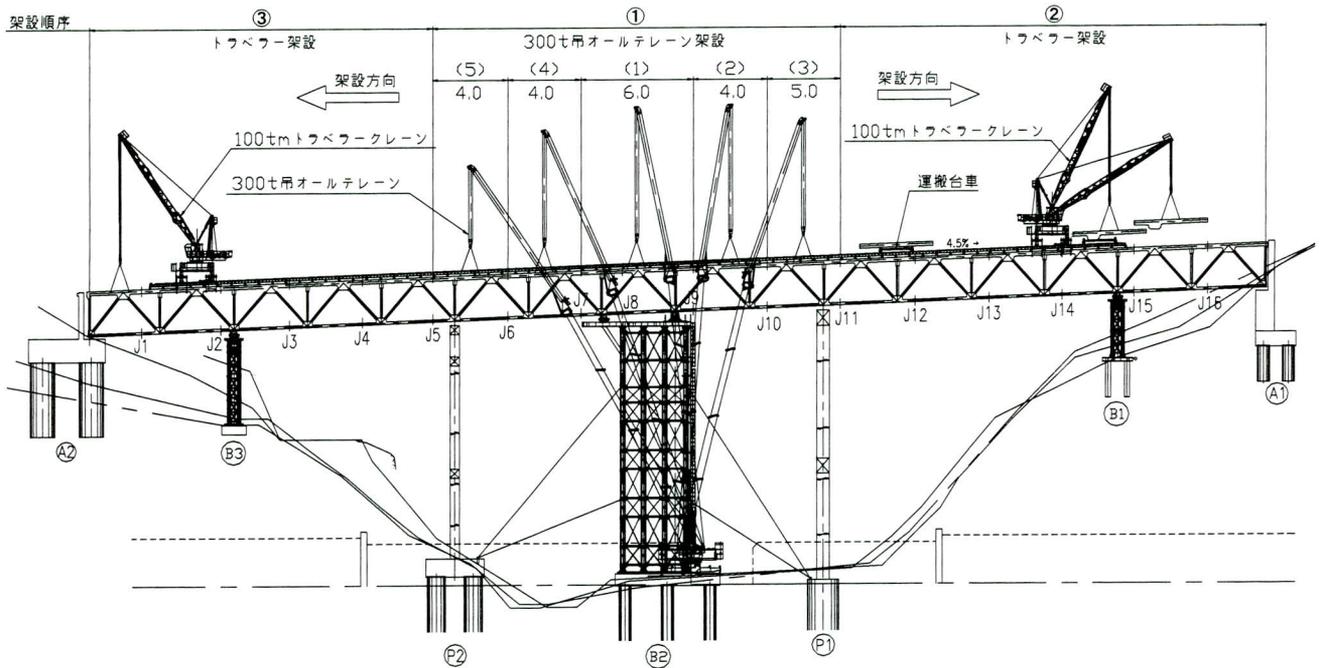


図-6 架設設計図

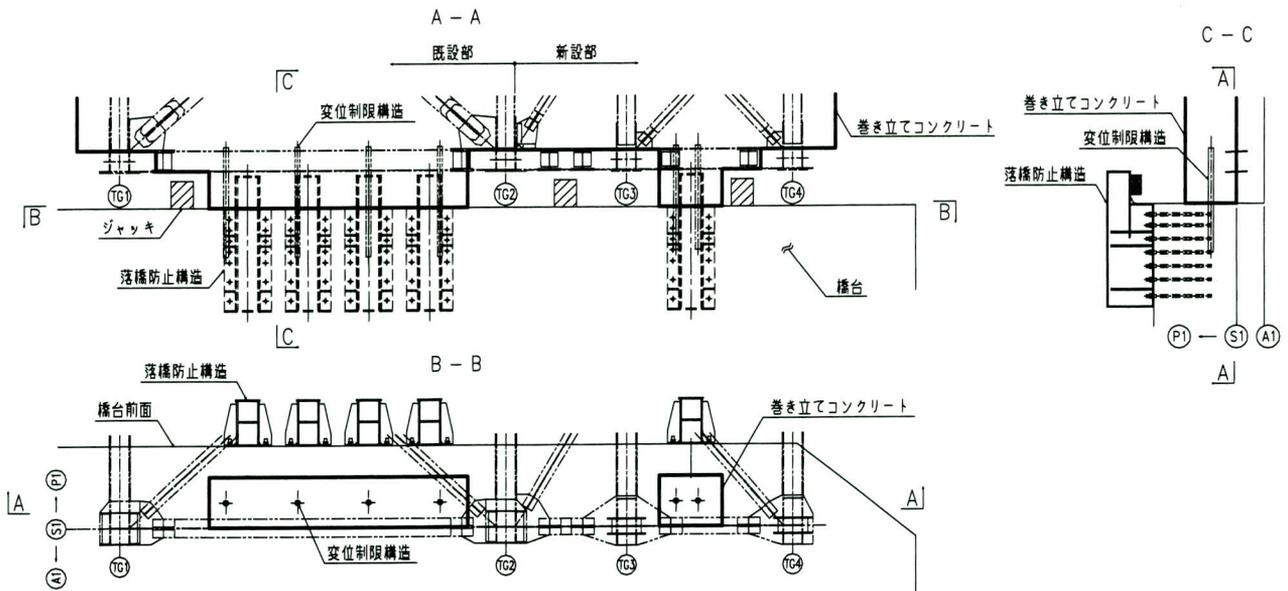


図-7 落橋防止システム

#### (4) 落橋防止システム

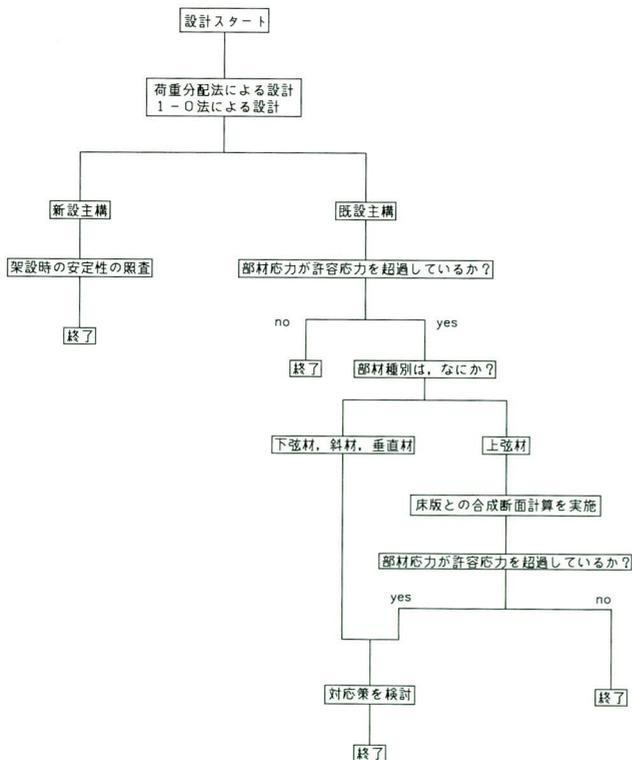
上述の(1)で述べたとおり、本工事では支承取り替えを実施しないことから、新設橋に採用する支承は、既設橋の支承と同形式であるタイプAの鋼製支承とした。したがって本橋の落橋防止システムとしては、端支点の橋軸方向には落橋防止構造および変位制限構造、橋軸直角方向には変位制限構造を設置し、中間支点の橋軸方向および橋軸直角方向には変位制限構造を設置することとした。

以上の機能を満足させるために、端支点および中間支点の横桁をコンクリートで巻き立て、これに落橋防止構造・変位制限構造を連結する構造とした。また、巻き立てコンクリートは、将来の支承取り替えを考慮して、ジャッキアップ可能な構造とした。この構造を図一七に示す。

### 4. 新設橋の設計

#### (1) 設計方針

新設橋の側径間は、トラベラークレーンを用いた張出し架設を行うため、各架設ステップを考慮するとともに、



図一八 設計フロー

拡幅ステップ(図一五)の施工ステップ3、5、6のうちで各部材に対して最も不利な断面力を抽出し、設計断面力とした。全体の設計フローを図一八に示す。

#### (2) トラス橋の設計

主構の設計は、「道路橋示方書 I 共通編・II 鋼橋編」<sup>3)</sup>および、「日本道路公団 設計要領 第2集」<sup>4)</sup>に基づき行なった。

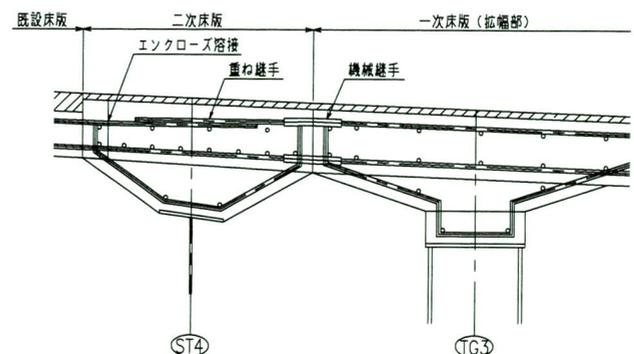
新設橋の死荷重は、その主構のみに載荷するものとし、二次床版・舗装および活荷重については、既設橋と新設橋の分配対傾構で連結した格子桁として荷重分配計算を行うものとした。

上弦材は、一般の新設トラス橋と同様に解析による断面力の他に、床組としての断面力および断面重心軸の偏心によるモーメントを考慮した。下弦材は解析による断面力の他に、自重と断面重心軸の偏心によるモーメントを考慮して設計を行なった。また、主構が中間支点で折れているため、主構の折れによる付加応力も考慮した。

#### (3) 既設橋への出来型反映

路面線形は設計上、既設橋の線形を幅員方向に延長したものとしているが、既設床版の切断による既設橋の変位や、既設橋および新設橋の架設誤差などを考えると、設計上の路面線形どおりに施工することは非常に困難である。

そのため新設橋の製作キャンバーは、拡幅ステップ(図一五)の施工ステップ3の状態で既設橋の延長線上に設定した。また、既設橋との最終的な高さ調整は、新設橋のハンチ厚を調整することで対応することとした。



図一九 床版接合部

## 5. 接合部の構造細目

### (1) 二次床版

床版鉄筋の接続は重ね継手とし、既設床版の鉄筋との接合にエンクローズ溶接、新設床版との接合に機械継手を用いることとした。

また、一次床版と既設橋の床版ではコンクリートの材齢が著しく異なるため、一次床版のクリープの影響などを既設床版に直接伝えないように打ち継ぎ目としての働きを二次床版が担っている。図-9に二次床版の詳細を示す。

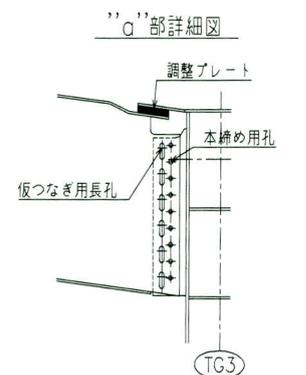
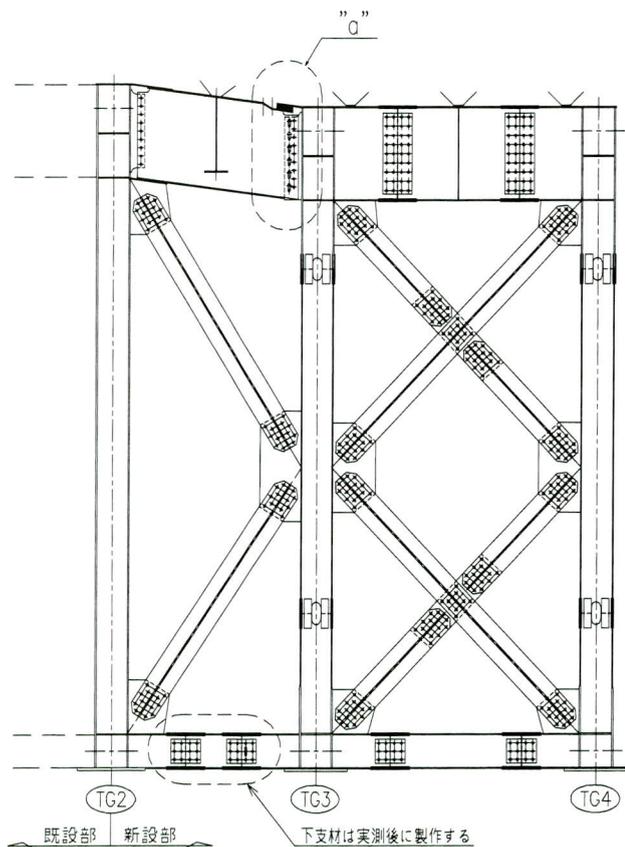


図-10 既設橋と新設橋の接合

### (2) 接合部の構造

拡幅ステップ(図-5)の施工ステップ3において新設橋には、その死荷重により鉛直方向の変位が生じる。これに対応するため、横桁にはその取り付けボルト孔を鉛直方向に長孔とし、上フランジの取り付けには調整PLを挿入することとした。下支材は、施工ステップ3の死荷重キャンバーダウン後に実測を行い、製作することとした。図-10に接合部の詳細を示す。

## 6. 既設橋の照査

### (1) 照査方針

既設橋は、昭和39年の道路橋示方書・同解説、I 共通編・II 鋼橋編<sup>5)</sup>に基づきTL-20によって設計されており、B活荷重を載荷した場合、さらに将来系において実施される床版増厚によって既設橋の各部材に発生する応力が許容値を超過することが予想される。そこで、拡

表-2 照査結果一覧表

上弦材		U1-U2	U2-U4	U4-U6	U6-U8	U8-U10	U10-U12	U12-U14
$\sigma$ (発生応力度) ① (N/mm <sup>2</sup> )		152.0	-258.3	-265.8	-281.5	-229.5	273.1	227.8
$\sigma a$ (許容応力度) ② (N/mm <sup>2</sup> )		185.0	-255.0	-255.0	-255.0	-185.0	255.0	185.0
超過率 ①/②		0.82	1.01	1.04	1.10	1.24	1.07	1.23
		U14-U16	U16-U18	U18-U20	U20-U22	U22-U24	U24-U26	U26-U28
		-225.7	-194.3	299.4	294.1	198.6	-225.0	-243.0
		-185.0	-185.0	255.0	255.0	185.0	-255.0	-255.0
		1.22	1.05	1.17	1.15	1.07	0.88	0.95
		U28-U30	U30-U32	U32-U33				
		-246.3	-237.9	152.0				
		-255.0	-255.0	185.0				
		0.97	0.93	0.82				
下弦材		L34-L35	L35-L36	L36-L37	L37-L38	L38-L39	L39-L40	L40-L41
$\sigma$ (発生応力度) ① (N/mm <sup>2</sup> )		-203.5	197.9	188.6	96.5	-229.7	-124.4	167.8
$\sigma a$ (許容応力度) ② (N/mm <sup>2</sup> )		-185.0	255.0	255.0	185.0	-185.0	-185.0	140.0
超過率 ①/②		1.10	0.78	0.74	0.52	1.24	0.67	1.20
		L41-L42	L42-L43	L43-L44	L44-L45	L45-L46	L46-L47	L47-L48
		201.7	-145.3	151.6	-142.0	161.5	290.4	294.7
		140.0	-185.0	185.0	-185.0	185.0	255.0	255.0
		1.44	0.79	0.82	0.77	0.87	1.14	1.16
		L48-L49	L49-L50					
		302.4	187.5					
		255.0	185.0					
		1.19	1.01					
斜材		L34-U2	U2-L35	L35-U4	U4-L36	L36-U6	U6-L37	L37-U8
$\sigma$ (発生応力度) ① (N/mm <sup>2</sup> )		-167.7	246.0	-139.8	148.5	-83.2	-114.4	228.4
$\sigma a$ (許容応力度) ② (N/mm <sup>2</sup> )		-125.0	185.0	-98.1	140.0	-66.1	-98.3	185.0
超過率 ①/②		1.34	1.33	1.43	1.06	1.26	1.16	1.23
		U8-L38	L38-U10	U10-L39	L39-U12	U12-L40	L40-U14	U14-L41
		-149.2	229.3	-140.3	-157.9	257.6	-165.4	156.3
		120.1	185.0	-118.6	-120.6	185.0	-116.9	140.0
		1.24	1.24	1.18	1.31	1.39	1.41	1.12
		L41-U16	U16-L42	L42-U18	U18-L43	L43-U20	U20-L44	L44-U22
		-73.9	-119.3	239.8	-120.3	248.0	-151.2	-173.5
		-93.2	-91.8	185.0	-97.5	185.0	-120.0	-142.6
		0.79	1.30	1.30	1.23	1.34	1.26	1.22
		U22-L45	L45-U24	U24-L46	L46-U26	U26-L47	L47-U28	U28-L48
		319.3	-160.4	233.4	-160.2	179.4	-108.6	-75.8
		255.0	-120.8	185.0	-122.6	140.0	-93.2	-93.2
		1.25	1.33	1.26	1.31	1.28	1.17	0.81
		L48-U30	U30-L49	L49-U32	U32-L50			
		236.4	-151.3	238.2	-144.1			
		185.0	-123.9	185.0	-121.0			
		1.28	1.22	1.29	1.19			
垂直材		A2支点	P2支点	P1支点	A1支点	中間部		
$\sigma$ (発生応力度) ① (N/mm <sup>2</sup> )		-22.7	-43.2	-57.1	-32.9			
$\sigma a$ (許容応力度) ② (N/mm <sup>2</sup> )		-189.1	-142.0	-142.0	-100.9			
超過率 ①/②		0.12	0.30	0.40	0.33			

幅ステップ（図-5）の施工ステップ6において既設橋の各部材に発生する応力を算出し、断面照査を実施した。

### (2) 照査結果

照査結果を表-2に示す。

### (3) 考察

(2)の結果より、応力超過部材が多く見られ、その超過率は許容値に対して最大で1.4倍程度であり、基本的には許容応力に収まるように対策を実施するべきである。

しかしながら、既設橋の安全性および耐久性を向上させるための補強工法について、技術的に確立されたものは少ないことから、むやみに補強を実施すると逆に安全性や耐久性を低下させることが懸念される。

また、過去に実施されたトラス橋の実橋応力測定の結果によると、上弦材については、床版との合成作用により設計応力と比較して実発生応力は非常に小さく、下弦材・斜材については設計応力の5割～6割程度の発生応力となっていることが報告されている。

以上のことから、本工事においては既設橋の補強は実施しないこととした。

段階である。JR中央線の上空や高橋脚上での作業などの条件の中、無事に工事を終えることを願います。

また、当社においては、このようなトラス橋の拡幅工事の施工は初めての試みであり、今後このような拡幅工事や補修工事などに本報告が、参考になれば幸いです。

最後に、小原第二橋拡幅工事の設計を行なうにあたり、ご指導をいただいた日本道路公団東京管理局西局保全部および八王子管理事務所の皆様をはじめ、関係各位に感謝の意を表します。

### <参考文献>

- 1) 日本道路公団：中央自動車道（改築）橋梁拡幅設計・施工指針（案），平成8年3月
- 2) 東日本旅客鉄道（株）建設工事部 設備部：線路上空構造物架設計画の手引き，平成11年5月
- 3) (社)日本道路協会：道路橋示方書・同解説，I 共通編・II 鋼橋編，平成14年3月
- 4) 日本道路公団：設計要領 第2集，平成10年7月
- 5) (社)日本道路協会：道路橋示方書・同解説，I 共通編・II 鋼橋編，昭和39年
- 6) 玉田，真嶋，長谷川：鶴川大橋拡幅工事の設計，駒井技報 vol.19，2000

## 7. おわりに

2004.1.9 受付

小原第二橋の拡幅工事は、いよいよその架設が始まる

### グラビア写真説明

#### 檀紙北高架橋

本工事は、高松自動車道 高松西IC～高松中央IC間を結ぶ事業のうち、檀紙交差点付近に架かる3径間連続鋼桁の橋梁です。高松自動車道は、高松西IC～高松中央IC間のみが繋がっておらず、その間の一般国道11号は慢性的な渋滞をおこしており、当事業が完成する事で、一般国道11号の慢性的な渋滞が緩和し、また高松自動車道最後の未開通区間が繋がることにより、隣接する徳島県・愛媛県との東西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)

#### 北千曲川橋

本工事は、信州中野～信濃町インター間の四車線化工事で、橋脚と橋げたを一体化させるなどの工法を採用し、耐震性・耐久性を向上させました。さらに床版に合成床版を採用することにより軽量化し、橋に作用する地震力を抑え、下部工への負担軽減を図りました。

また地元小学生を招いての桁架設やコンクリートの打設の見学会を開くなど交流を深めました。昨年12月には中野市長などご出席賜り、桁の締結式が行なわれました。

(増田 仁)

# 市街地における営業線近接鉄道トラス橋の解体

## Dismantling of a Truss Bridge between Two Commercial Railway Lines in an Urban Area

菅井 衛\*<sup>1</sup> 池田 博司\*<sup>2</sup> 越中 信雄\*<sup>3</sup>  
 Mamoru SUGAI Hiroshi IKEDA Nobuo ETCHU

### Summary

The present work is to dismantle and remove a truss bridge lying between two commercial railway lines in service. The intervals in which no train was running was so short that the work had to be done very efficiently during the available intervals. Moreover, the bridge was erected over a fairway with heavy ship traffic. Therefore, to ensure the safety, the bridge was dismantled by shifting navigation to the right bank side or to the left bank side of the fairway depending on the circumstances.

キーワード：トラス桁，解体，鉄道営業線近接作業

### 1. まえがき

本工事は、常磐新線築造工事の内、隅田川渡河部の旧橋撤去と新橋架設工事である。

常磐新線は、秋葉原を起点とし、つくば市に至る延長約 58 km の都市高速鉄道新線であり、別線施工にて施工済である常磐線に営業線を切り替え、現在の橋梁等を撤去したのち常磐新線を築造する手順となっている。

本編では、一連の工事の内、営業線切り替え後の旧橋解体撤去についての報告である。

先に架設した常磐線（計画線）の施工については、宮

地技報No.18で報告済みである。

### 2. 橋梁諸元

形 式：鋼下路曲弦ワーレントラス橋 2連  
 支 間：62.8m  
 主構間隔：9.1 m  
 鋼 重：718 t



写真-1 従来の常磐線  
 (今回工事で撤去するトラス)



写真-2 常磐線架設後  
 (新橋に営業線切り替え後撤去開始)

\*<sup>1</sup>宮地建設工業(株)建設事業部 鉄道・橋梁技術部部长

\*<sup>2</sup>宮地建設工業(株)建設事業部 工事部橋梁・鉄道G. 所長

\*<sup>3</sup>宮地建設工業(株)建設事業部 計画部橋梁・鉄道G. マネージャー

### 3. 現場環境

架設地点周辺の環境は次の通り。

- ①大型のマンション等が近接している住宅地である。  
(騒音、振動、および休日夜間作業は原則的に不可)
- ②起点方に近接して市道がある。(ヤード使用制約)
- ③流水部の水深は深い。(7.0m程度)
- ④河床にはヘドロ状の堆積物がある。(4.0m程度)
- ⑤大型のクレーン船は搬入不可。
- ⑥常磐線、営団日比谷線の列車は5分間隔程度に通過する。
- ⑦上下流に近接して営業線がある。

### 4. 工法選定

施工に際しての主な条件は以下の通り。

- (1) 架設作業に伴う電停止は原則的に行わない。
- (2) 列車が通過する際はクレーン作業等は中断(5分間隔程度で列車が通過する。)
- (3) 隅田川の全面航路閉鎖は行わない。

現地条件から、営業線への影響がより少ない工法で、両岸の作業ヤード使用スペースが少なくても出来る工法である必要があり、航路の常時確保が条件である。

この条件によれば、トラスそのものを動かさずに、所定位置のまま解体する工法に特定され、下記の3案程度に絞られる。

- (1) ケーブルエレクション直吊り工法
- (2) フローチングクレーンベント工法
- (3) 架設桁工法

(1) 案は、ケーブルクレーンのバックヤードが確保できず、(2) 案は、上流側にある営業線が支障してベント設置が出来ない。このため、解体するトラスの内側に架設桁を配置して、この桁でトラスを吊り込み、応力解放して小分割撤去をする(3) 案の工法を採用した。

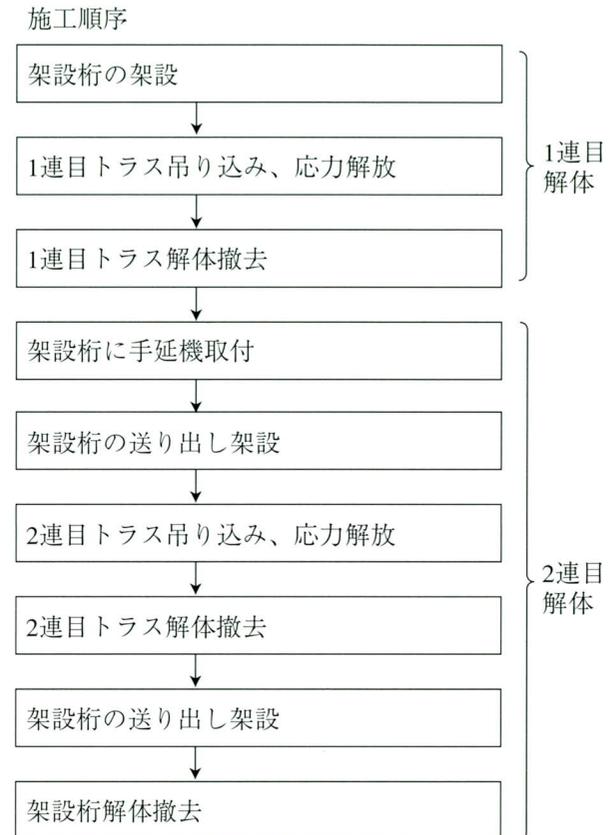


図-1 全体施工フローチャート

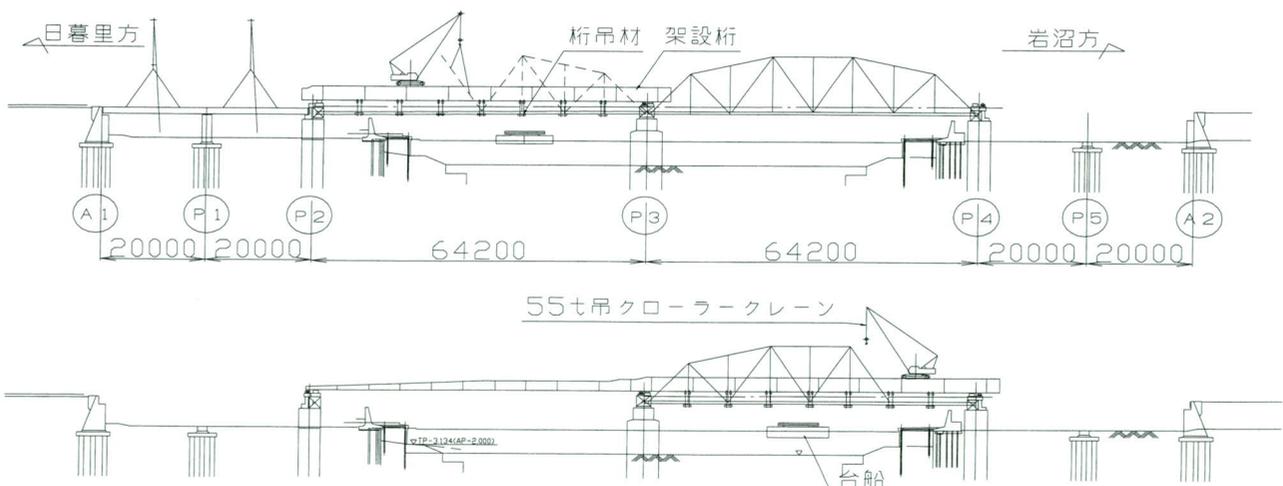


図-2 解体計画図

## 5. 施工要領

### (1) 架設桁の施工

本架設桁は、常磐線架設時にも使用したもので、本橋解体工事に使用することも考えて専用設計・製作したものである。トラス1連分の鋼重を64.2mの支間で支えることが出来る大規模な桁である。

架設桁は、日暮里方にて、旧橋のトラス上本線軌条に配置した運搬台車に乗せ、所定位置まで分割してトラス

架設桁諸元

形 式	鋼単純箱桁 (2主桁)
支 間 長	64.2m
鋼 重	400.0t (1主桁当り 3.0t/m)
桁 高	2.95m
ウェブ間隔	2.04m
支 承	600tBP 支承2基 300tBP 支承2基

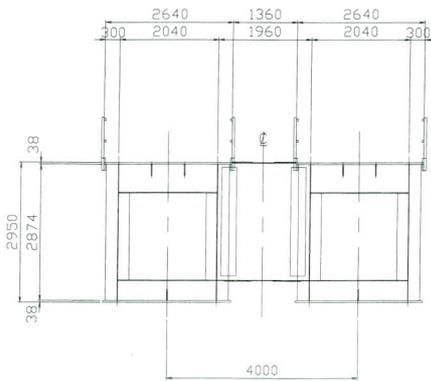


図-3 架設桁断面図

桁の中を縦移動した。本橋は、直線桁ではあったが、上下線の軌条の高さや線形を計測したところ、相対差があったため軌道調整を行ったのちに本作業に移った。縦移動作業時には、400tもの桁を本線軌条に乗せているため、列車荷重を大きく越えた集中荷重がトラス床組みに作用しないように分割して実施した。また、トラス桁の中であるため、架設桁が、橋門構などに当たらないよう事前に計測を行い最終的な縦移動台車の高さを設定した。



写真-3 着手前トラス桁状況



写真-4 架設桁縦移動架設中

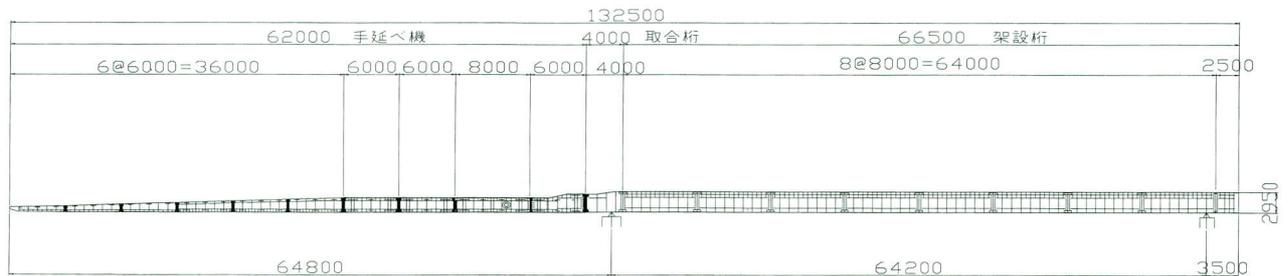


図-4 架設桁一般図

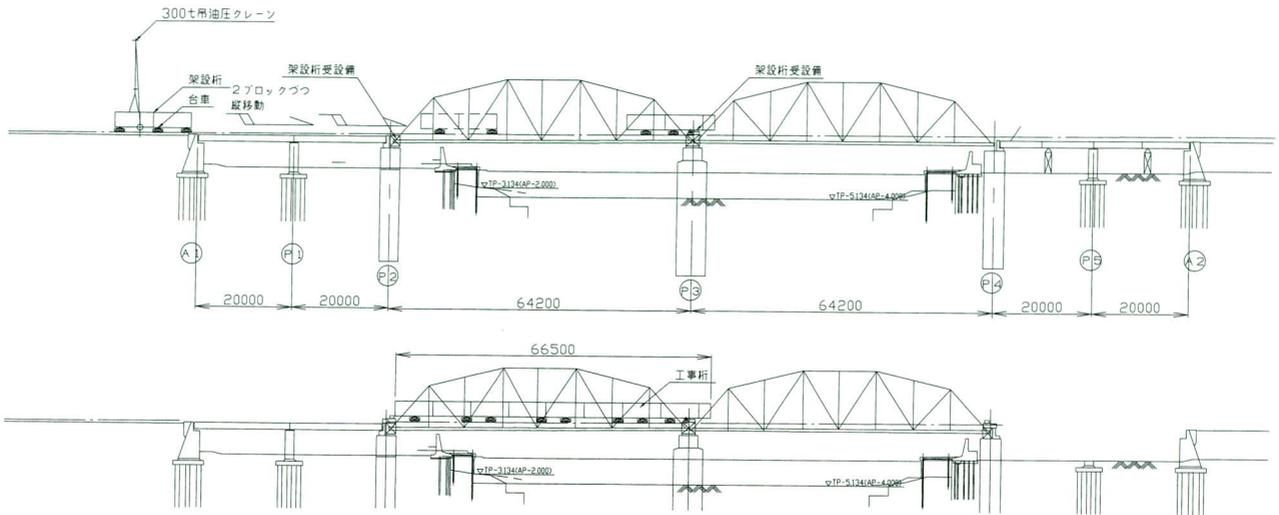


図-5 架設桁架設ステップ図

## (2) トラス吊り込み、応力解放

所定位置に配置された架設桁はP2橋脚とP3橋脚にて支持し、架設桁に取り付けておいた吊り込み装置にて、トラスを格点毎に吊り込んだ。これにより、トラスを多点支持し無応力状態とした。

吊り込みについては、下記の点に留意しておこなった。

- 1) 吊り込みについてはセンターホールジャッキを使用し反力の確認と微調整が出来るようにした。
- 2) ジャッキ反力をパソコン上に表示させ1カ所で集中管理が出来るようにした。
- 3) 横桁を吊り点としたため、横桁ウェブ支点補強を行い座屈防止措置をした。

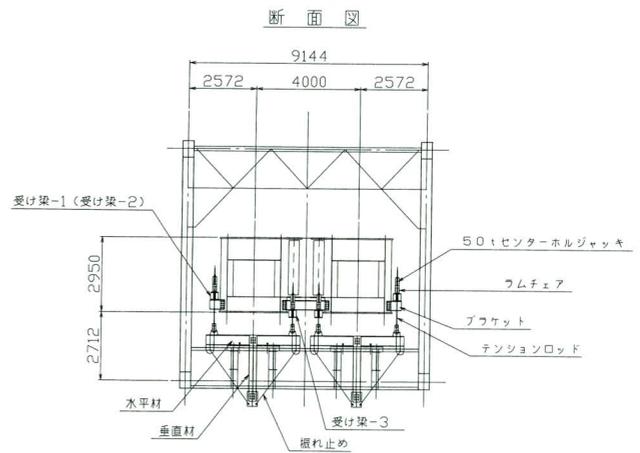


図-6 吊り込み設備一般図

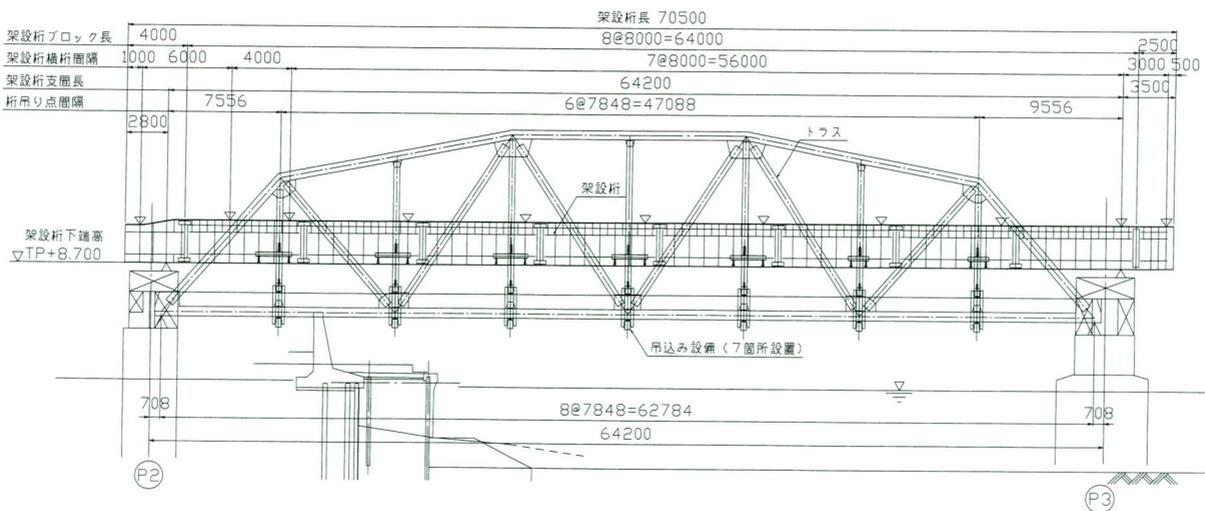


図-7 架設桁によるトラス吊り込み一般図

前出の通り、桁吊り込みの際設計値と同等の反力となるようジャッキにて調整した。しかしながら、多点吊りであり、日照等の影響で刻一刻と反力値が変化するので、適正值に収めることが難しかった。(想定不均等20%の内に収めることができた。)

反力が変化する理由としては、

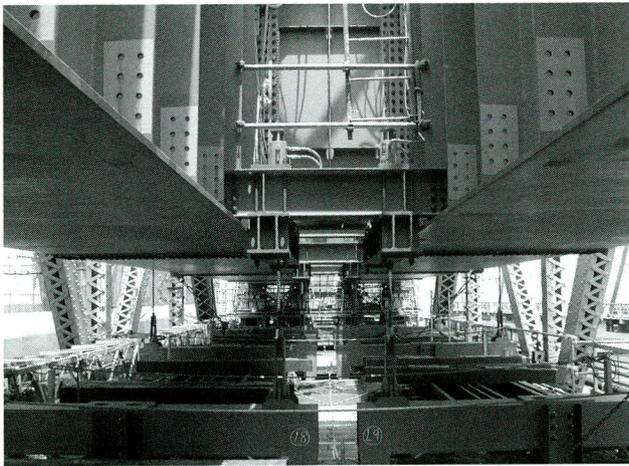
1) トラスと架設桁の温度伸縮量の違い。

(キャンバー変化)

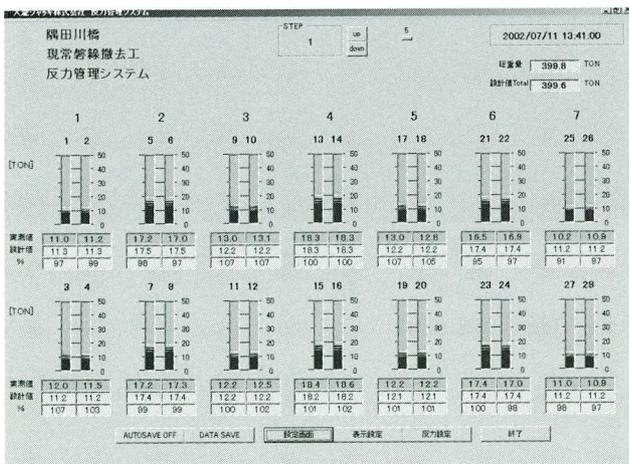
2) 油圧ジャッキ内の油圧の増減

(ジャッキストロークが変化する)

以上のようなことから、このような設備は、通常のベント設備とは異なり、安全率を高めにしておくことが必要であることを再認識した。



写真一五 桁吊り込み設備



図一八 トラス桁解体時反力管理システム

### (3) トラス上弦材解体撤去

解体作業は、トラスを適正荷重で工事桁に吊り込み(反力確認)、トラスが無応力状態になったのちに、最端部上弦材から始めた。初めの部材の撤去により本来のトラス構造系から架設桁支持の状態に移行する為、慎重に行った。

その後のトラス解体には下記の設備を架設桁上に配置し、上弦材と斜材・垂直材を解体した。

主要設備

- 1) クレーン構台 (55t吊クローラークレーン用)
- 2) 55t吊クローラークレーン
- 3) 解体材運搬台車
- 4) 上弦材撤去用足場 (移動防護足場)
- 5) 下弦材吊り込み天秤

部材切断作業は、ガス切断としたので、火の粉養生として、架設桁上に移動式の足場をもうけ、防炎シートで養生したうえ散水し営業線や航路上に飛散しないように留意した。解体作業時において、電車及び船舶通行時には、作業を中断し安全確保を行った。(列車見張り員及び警戒船を常駐させて監視した。)

### (4) トラス下弦材解体撤去

トラス下弦材は、上弦材同様架設桁上に乗せたクローラークレーンで吊り込み解体した。ただし、下弦材を架設桁上に乗せるのは非常に難しく、ガス切断作業を行う足場も確保しがたいためブロック解体とし、桁の直下に配置した台船上に、桁上のクレーン相吊りで吊り下ろした。これにより、ガス切断作業時の不安定な足場での作業を



写真一六 最初の上弦材撤去

極力少なくした。

台船上への吊り下ろし作業においては、潮位の変化や、航行船舶の通過による台船のゆれに注意しながら慎重に行った。

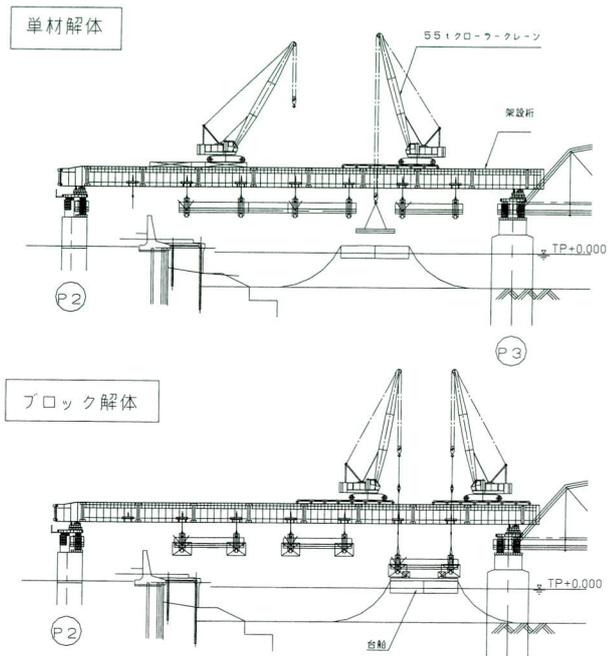


図-9 トラス下弦材解体要領

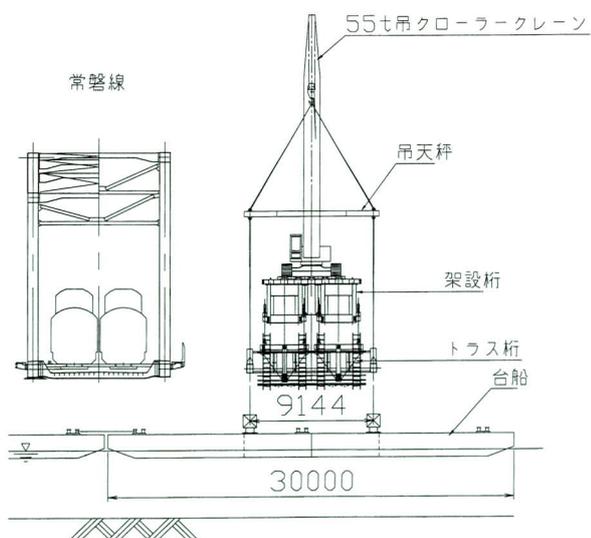


図-10 トラス下弦材吊り下ろし要領

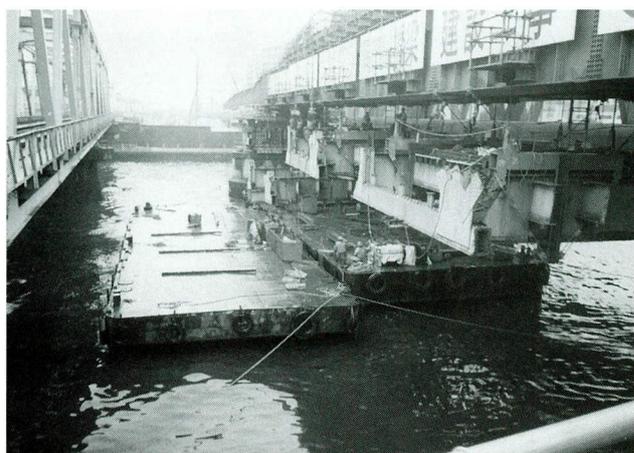


写真-7 下弦材吊り下ろし要領

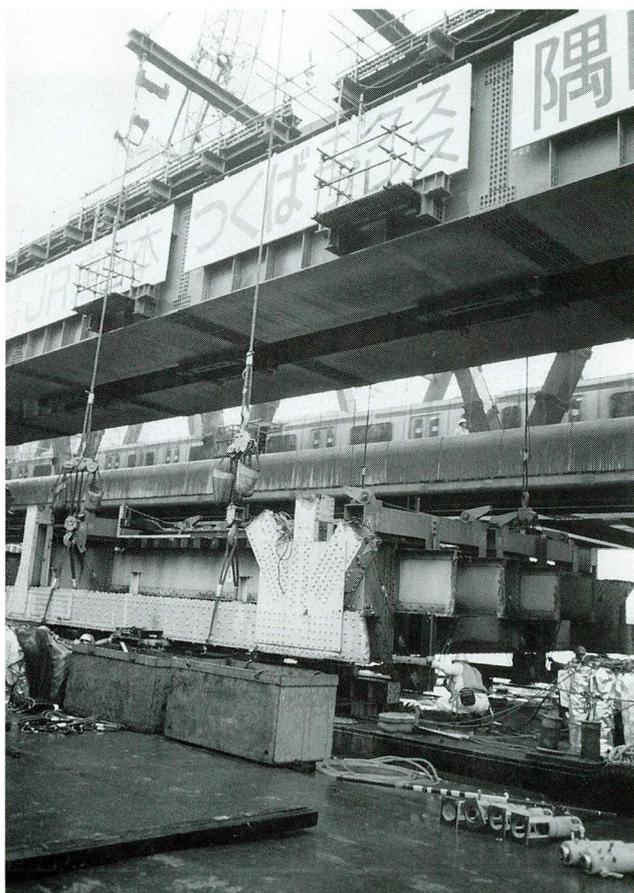


写真-8 下弦材台船搭載要領

### (5) 架設桁撤去要領

架設桁の撤去は、手延べ引き戻し工法とした。1連目のトラス解体完了時に、南千住側の架設桁端部に手延べ機を取り付け、2連目のトラス上に送り出し工法にて、移動させた。2連目のトラスが解体された後、架設桁は不要となるため、北千住方に引き戻し、架設時とは反対



写真－9 架設桁引き戻し状況



写真－10 撤去完了状況

### 工事工程表

年月	平成14年												平成15年	
	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	
準備工 軌条整備工	■			■										
A1～P2 桁解体			■	■	■	■								
P4～A2 桁解体			■	■	■	■								
架設桁架設				■	■	■								
P2～P3 トラス吊込 解体、搬出						■	■							
手延機架設、送り出し								■						
P3～P4 トラス吊込 解体、搬出									■	■				
架設桁解体、搬出											■	■		
跡片付け													■	■

図－11 工事工程表

岸の北千住方にて解体を行った。引き戻しには油圧式送り出し装置を使用した。

## 6. 解体作業を終えて

本工事は、ベント等を使用しないで実施したトラス橋の解体工事（航路上）としてはかなり大規模であり、営業線に囲まれた狭隘な空間で行われた市街地型工事として大きな支障もなく工事を遂行できたことは、大変喜ばしく感じるとともに、今後行われる橋梁の架け替え工事に際し、一つの指針となり得たのではないかと思います。今後につなげたいこととしては、

- ① 解体工事は、安全な足場をいかに最小限に設置する

かが大きなポイントであり、移動防護足場や、ブロック解体は是非採用していきたい要素であると思います。

- ② 前回工事（常磐線架設工事）で使用した大型架設桁の再利用により、大幅なコストダウンが出来たと思います。
- ③ パソコン等を使用した、反力管理により、安全管理に効果があったと思います。

最後に、本工事の計画施工に当たりご指導いただきましたJR東日本東京工事事務所、同常磐工事区並びに（株）銭高組の関係各皆様方に深く感謝し、紙上を借りてお礼申し上げます。

2004.2.9 受付

# 合成床版の止水性に関する施工試験 —大高跨線橋（鋼上部工）工事—

## Test of the Water Cutoff Property of a Steel/Concrete Composite Slab — Construction of the Oodaka Overbridge —

熱 海 晋\*<sup>1</sup> 佐 藤 徹\*<sup>2</sup> 鈴 木 義 孝\*<sup>3</sup> 内 田 智 文\*<sup>4</sup>  
Shin ATSUMI Toru SATO Yoshitaka SUZUKI Tomofumi UCHIDA

### Summary

A steel-concrete composite slab, also known as a QS slab, has been developed for construction applications. We did experimental studies of the slab for use in current construction projects, including a test on the void filling and water cutoff property of a composite concrete slab that was done during the construction of the Oodaka Overbridge (steel super-structure). To prevent water in the concrete from leaking out to the road under the overpass, we examined water cutoff methods. As a result, we identified a water cutoff method appropriate for the structure of the composite slab.

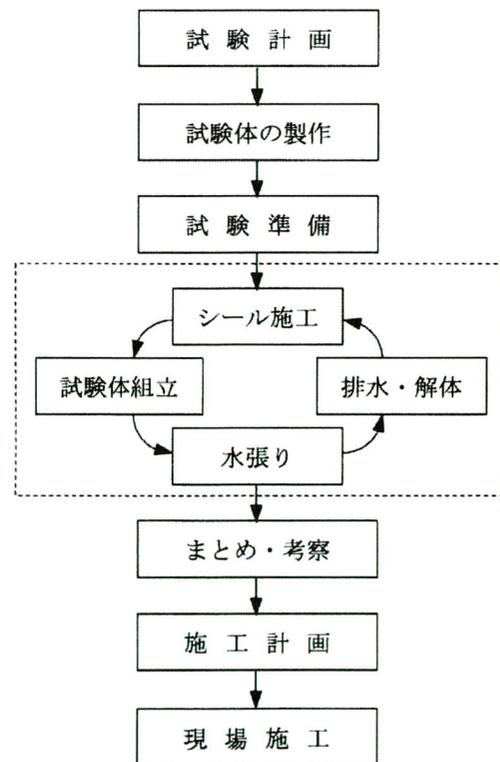
キーワード：合成床版，止水性，施工試験

### 1. はじめに

合成床版は、その部材構成の関係から多くの連結部を有しており、鋼板同士の取合い部には主にボルト接合が用いられている。各々の接合部は、製作または施工上の誤差を調整するために隙間が設けられており、また部材の材端部には加工時のひずみ等により変形やズレが生じている。これらのわずかな誤差による隙間が存在することにより、コンクリート施工時には水及びセメントミルクが漏れる恐れがある。この漏水を防止するために、一般的に高力ボルト接合部を除くボルト継手部は、ウレタンまたはゴム等の止水シール材を挿み込み、さらにシーリング材を塗布するなどの処置を行うことが標準となっている。

さらに跨線橋等の交差条件によっては合成床版のコンクリート施工時において、より確実な床版の漏水対策が求められることから、合成床版の高い止水性を確保するとともに、施工性及び経済性を満足する止水方法を検討する必要が生じた。

この事例として大高跨線橋（鋼上部工）工事の合成床版構造を取り上げ、試験体による施工試験を実施したのでその止水法と結果を紹介する。



※破線部：着目点毎に段階確認を行う

図-1 止水性確認試験フロー

\*<sup>1</sup>技術本部設計部設計二課

\*<sup>2</sup>技術本部技術研究所技術開発課課長

\*<sup>3</sup>技術本部設計部設計二課課長代理

\*<sup>4</sup>技術本部技術研究所技術開発課



③試験結果

特に漏水は見られなかった。(写真-2)

④留意事項

シール材は定尺の材料を繋ぐが、継手部には隙間を生じないように注意する必要がある。隙間を生じた場合は、シリコンシーリング材による補修を行うものとする。

(2) ハンチプレート-底鋼板取合部

①使用材料：弾性発泡シールパッキン材 (6mm×18mm)  
シリコンシーリング材

②シーリング要領

ハンチプレートおよびフィルアプレートのシールパッキン材の両面テープによる貼付け (図-5, 写真-3)

接合部のシリコンシーリング材によるシール施工 (写真-4)

③試験結果

シールパッキン材は、写真-3に示したように、取付ボルトを挟んで2列配置し、ボルト間で直角方向へブリッジする。また、パネル接合部の隙間は、シリコンシーリング材によるシール施工を行うことで、漏水を止めることができた。(写真-5)

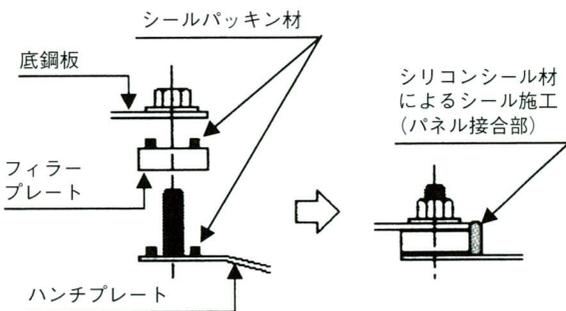


図-5 シーリング要領

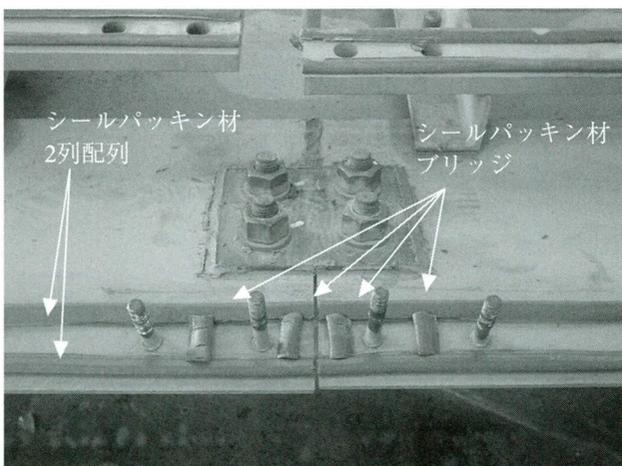


写真-3 シールパッキン材貼付け状況

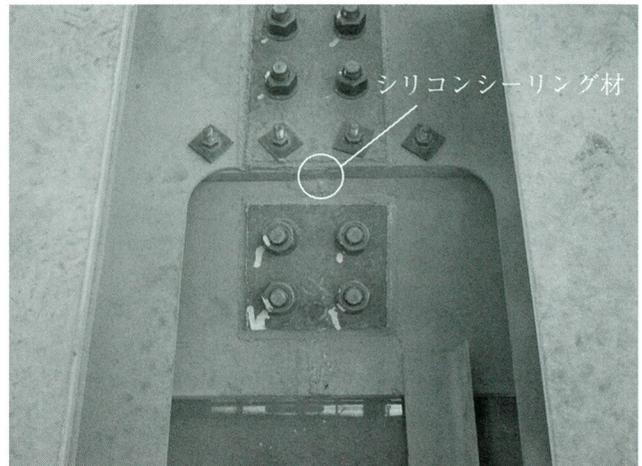


写真-4 シール施工状況

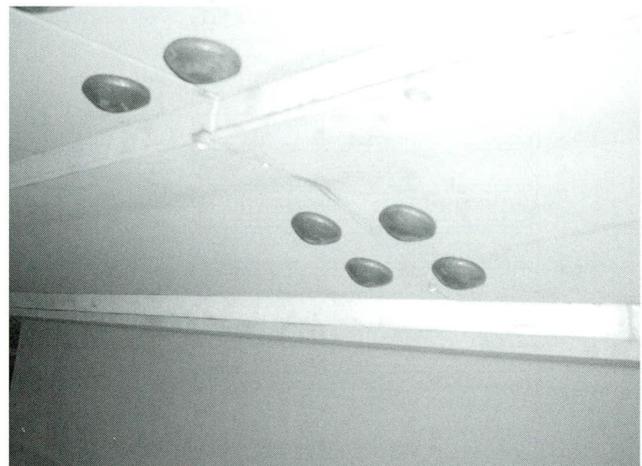


写真-5 水張り試験による確認

※破線部：入念なシーリングを要す

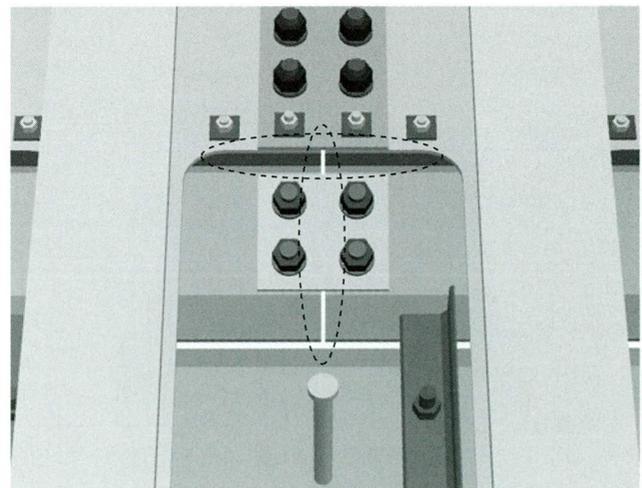


図-6 パネル接合部の処置

④留意事項

シールパッキン材2列配置+ブリッジ施工により、中

間部の漏水は防止することができる。ただし、パネル接合部（図-6）においてはハンチプレート、フィラープレート、底鋼板が重なり、継手部に隙間があることから、シール施工が不十分な場合、止水が非常に困難となる。したがって、この部位は特に入念なシーリングが必要である。

### (3) 底鋼板一側鋼板取合部

①使用材料：弾性発泡シールパッキン材（φ 12mm）

シリコンシーリング材

②シーリング要領

パネル接合部の添接板が重なる部位のシリコンシーリング材による先行シール施工（図-7, 写真-6）

ボルト継手部添接板周りのシリコンシーリング材による後シール施工（写真-7）

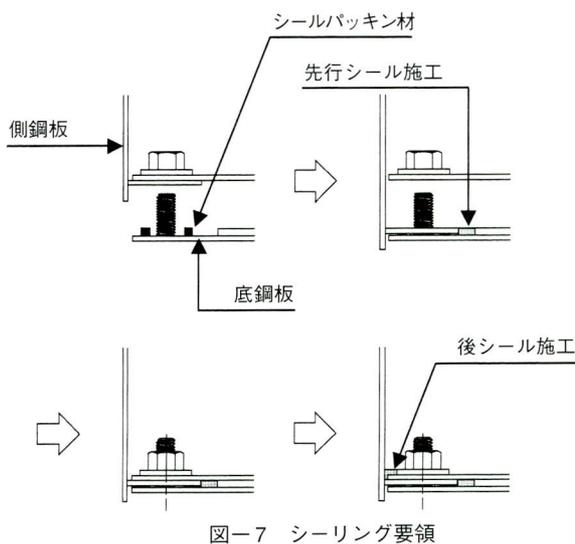


図-7 シーリング要領



写真-6 先行シール施工状況

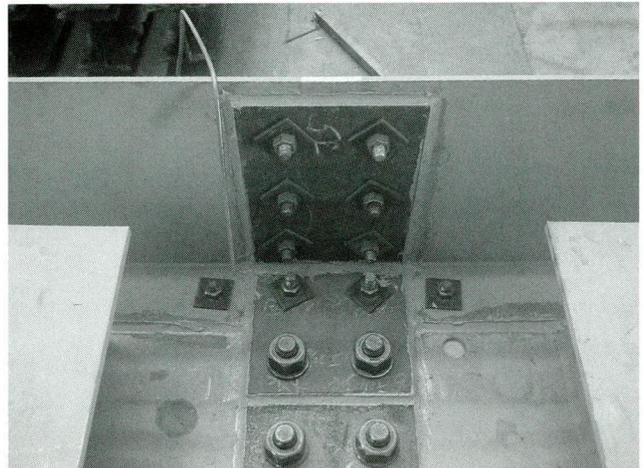


写真-7 後シール施工状況

③試験結果

シールパッキン材の配置は、ハンチプレートと底鋼板との取合部と同様に2列配置とし、ブリッジ施工を行った。

添接板が重なる箇所へは、シリコンシーリング材による先行シール施工を行った。この段階における水張り試験では、1分間に数滴の漏水が見られたが、止水性の要求性能としては満足されるものと考えている。その後、添接板まわりのシリコンシーリング材による後シール施工を行い、改めて水張り試験による確認をおこなったところ、ほとんど漏水は見られなかった。（写真-8）

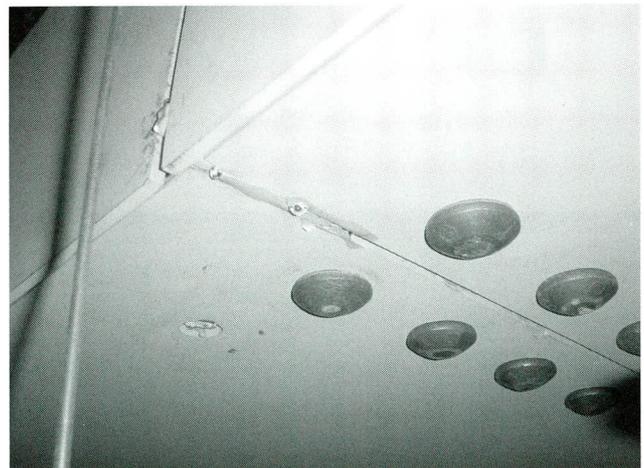


写真-8 水張り試験による確認

④留意事項

添接板が重なる箇所の事前処置が、止水性を確保する上での最大のポイントとなる。したがって、シールパッ

※破線部：先行シール施工を要す

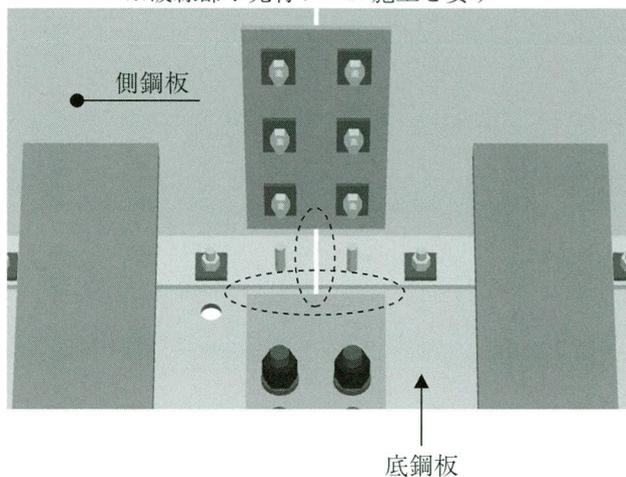


図-8 パネル接合部の処置

キン材の2列配置+ブリッジ施工に加え、先行シール施工(図-8)が不可欠であると思われる。さらに、後シール施工を行う事でより確実な止水ができる。

#### (4) 側鋼板-側鋼板取合部

①使用材料：防水テープ(透明クロステープ)

②シーリング要領

側鋼板内側から防水テープ貼付け(図-9, 写真-9)



図-9 シーリング要領



写真-9 防水テープ貼付け状況

③試験結果

側鋼板のパネル接合部の隙間を塞ぐように、内側から防水テープを貼ったところ、漏水はほとんど見られなかった。(写真-10)

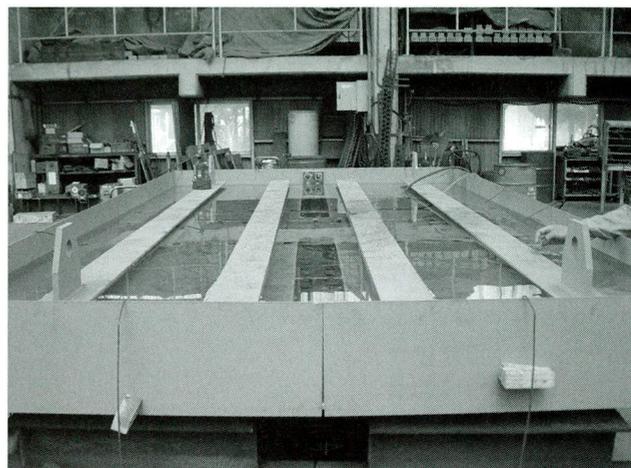


写真-10 水張り試験による確認

④留意事項

側鋼板のパネル接合部は、前項(3)の取合部と関連するため、施工時期を合わせてシーリングを行う必要がある。

防水テープによる止水効果は十分であり、特にシリコンシーリング材によるシール施工の必要はないと思われる。

#### (5) 底鋼板-底鋼板取合部

①使用材料：シリコンシーリング材

②シーリング要領

添接板周りのシリコンシーリング材によるシール施工(図-10, 写真-11)

③試験結果

添接板の周りをシリコンシーリング材でシール施工することにより、ほとんど止水することができた。(写真-12)

④留意事項

添接板間の隙間部は、注意してシーリングを行う必要がある。



図-10 シーリング要領

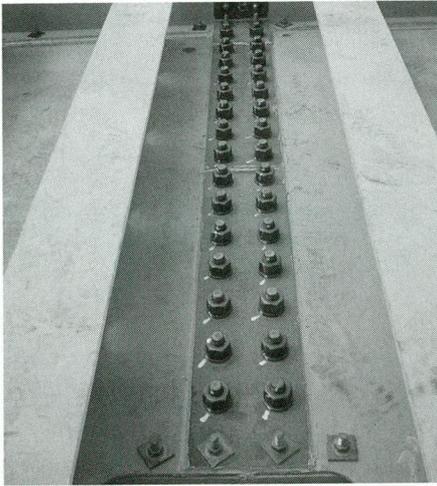


写真-11 シール施工状況

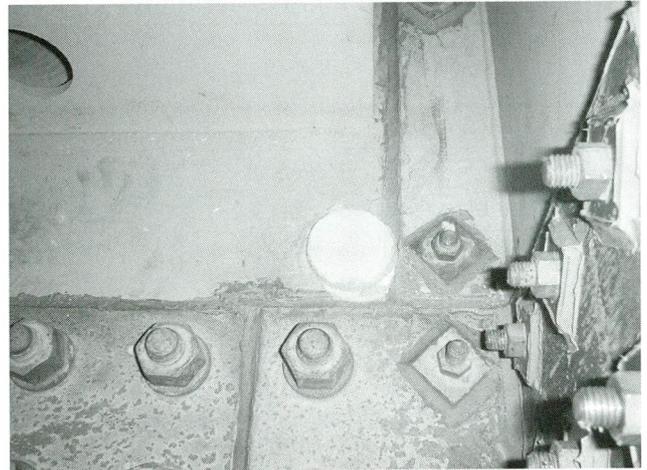


写真-13 モルタル施工状況

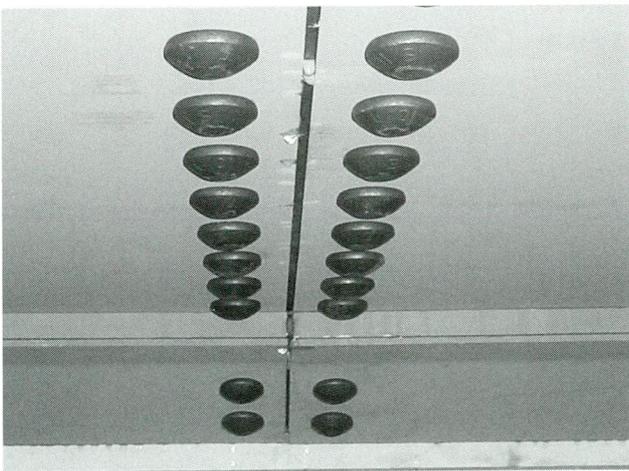


写真-12 水張り試験による確認

③試験結果

水張り試験により適度な漏水（1時間に数滴程度）が確認され、モニタリング機能を満足する結果であった。（写真-14）



写真-14 水張り試験による確認

(6) モニタリング孔部

①使用材料：モルタル

②シーリング要領

モニタリング孔へのモルタル打込み(図-11, 写真-13)

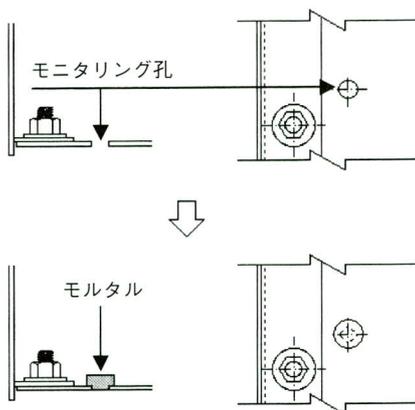


図-11 シーリング要領

④留意事項

工場、もしくは現場での施工時期を検討する必要がある。

4. まとめ

合成床版の止水性確認試験の結果から、実施工における標準的な止水要領をまとめて表-1に示す。

標準的な止水要領に加え、新幹線など重要構造物を跨ぐ区間には、より確実な止水が求められるため、表-2の絶対止水要領を適用するものとする。

表-1 標準止水要領

着目箇所	止水方法
(1)	・シール材の両面テープによる貼付け
(2)	・シールパッキン材2列配置+ブリッジ施工 ・シリコンシーリング材によるシール施工
(3)	・シリコンシーリング材による先行シール施工 ・シールパッキン材2列配置+ブリッジ施工 ・添接板周りのシリコンシーリング材による後シーリング施工
(4)	・防水テープ貼付け
(5)	・シリコンシーリング材によるシール施工
(6)	・モルタル先施工

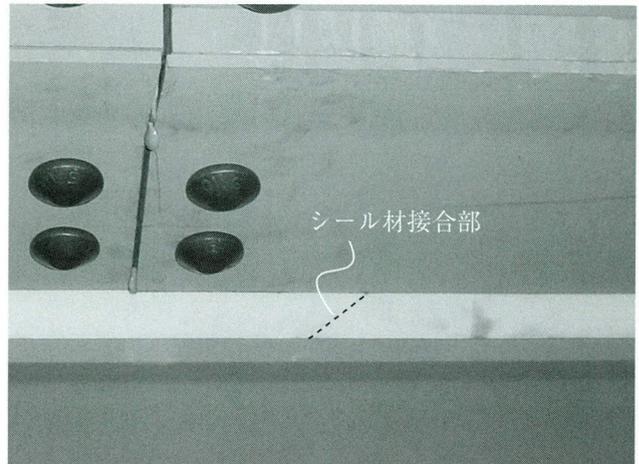


写真-15 着目箇所(1)のシール材接合部

表-2 絶対止水要領

着目箇所	止水方法
(1)	・シール材の両面テープによる貼付け ・シール材接合部のシリコンシーリング材による補修シーリング施工
(2)	・シールパッキン材2列配置+ブリッジ施工 ・シリコンシーリング材による入念なシーリング施工
(3)	・シリコンシーリング材による先行シール施工 ・シールパッキン材2列配置+ブリッジ施工 ・添接板周りのシリコンシーリング材による後シーリング施工
(4)	・防水テープ貼付け ・添接板周りのシリコンシーリング材による後シーリング施工
(5)	・シリコンシーリング材によるシール施工
(6)	・モルタル先施工

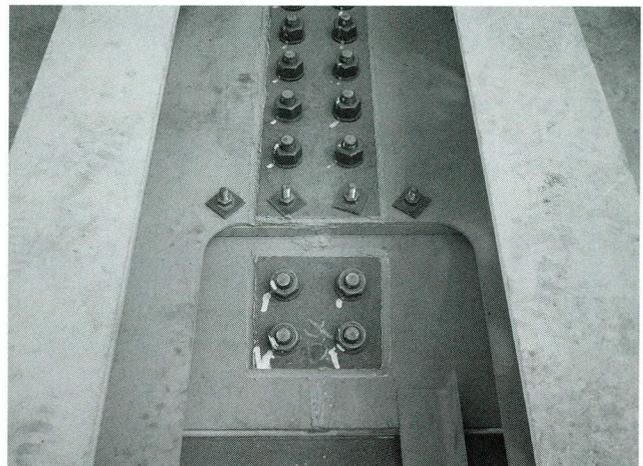


写真-16 着目箇所(2)の標準止水要領

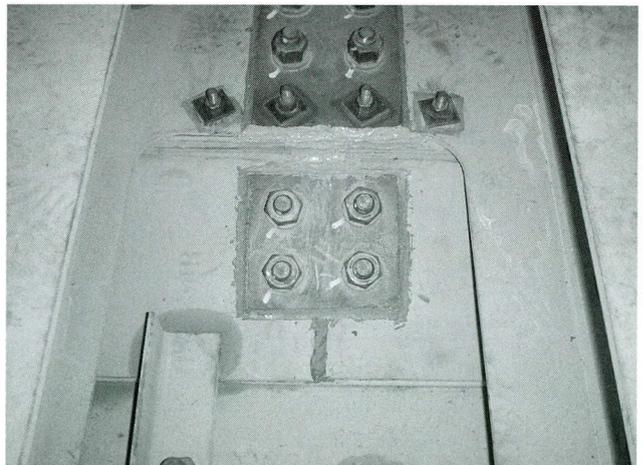


写真-17 着目箇所(2)の絶対止水要領

着目箇所(1)の支持桁-ハンチプレート取合部においては、定尺物であるシール材の接合部(写真-15)に明かな隙間が生じる可能性がある場合、シリコンシーリング材を用いて隙間を補修するものとする。

着目箇所(2)のハンチプレート-底鋼板取合部においては、特にパネル接合部のシリコンシーリング材によるシーリングを入念に行うものとする。シーリング施工の例として標準止水要領を写真-16に、絶対止水要領を写真-17に示す。

今後は、現場施工において試験結果と同等の止水性が確保されるよう、施工計画への反映を行うとともに、実際の現場施工を管理しその状況を鑑みながら、社内の設

計・施工マニュアルおよび品質管理マニュアルへの改訂へと繋げていきたいと考えている。

最後に、本試験の実施にあたり多大なる御指導をいただきました、日本道路公団中部支社東名古屋工事事務所の皆様、ならびに公団関係者の皆様には、紙面を借りまして深く感謝の意を表します。また、当社と共同企業体を構成する東日本鉄工株式会社の関係者、止水材料をご提供下さったメーカーの担当者、本試験の実施にご協力いただいた方々にも、厚くお礼を申し上げます。

### <参考文献>

- 1) 宮地鐵工所・東日本鉄工JV：大高跨線橋（鋼上部工）工事 合成床版止水性・充填性確認試験報告書，平成15年5月

2004.1.9 受付

## グラビア写真説明

### 鷹野立体

鷹野立体は埼玉県の三郷JCより延長中の外環自動車道国道に位置し、国道298号上に架けられ、都市計画道路草加三郷線とも交差する三重立体交差の要となります。構造は上下部一体の連続複合ラーメン構造です。また、契約時VE提案総合評価方式（工期短縮10日間）による受注のため、厳しい工程に追われております。工場および現場の文字通り会社を挙げての対応により、VE提案の規定を満たし、目下竣工に向けて全力を挙げているところです。

（粕谷義浩）

### 安里軌道桁

沖縄県待望の都市モノレール「ゆいレール」が平成15年8月に開業となりました。那覇空港駅から汀良駅までの12.9kmを27分で結びます。

沖縄県には、軌道系交通システムがなく、陸上交通の全てを道路に依存し、約8割を自動車による移動手段に頼っています。その中でも国道330号線の安里交差点付近は慢性的な交通渋滞が続き、那覇の市街地では一番の交通量が多い場所でもあります。安里交差点の軌道桁の架設は、夜間全線通行止めの規制を行い、市街地という条件、限られた施工ヤードと悪条件の中での架設となりました。モノレールの開通に伴い、今後交通の渋滞緩和や排ガス削減などの効果が期待でき、沿線開発による那覇市の都市機能の充実が期待されています。

（村島康文）

### 安里高架橋

本工事を通る国道330号は、沖縄市を起点として那覇市に至る延長26.7kmの幹線道路です。那覇市街では最も交通量の多い幹線道路であり、その中でも安里交差点から古島間における渋滞は最大長で1300mに達します。前高架橋は、琉球政府時代に架橋されましたが、近年の急速な自動車の普及に伴い、本線2車線高架部の交通容量不足、沖縄都市モノレールの建設、及び老朽化が著しいため、交通渋滞を緩和することを目的として今回4車線高架橋の安里高架橋の架け替えとなりました。

（村島康文）

### 名古屋南インターチェンジKランプ橋

本工事は、第二東名高速道路と名古屋高速3号大高線を接続するランプ橋の工事です。桁形式は製作・施工の省力化、合理化を目的とし、狭小箱桁や少数主桁を採用しました。供用中の国道や高速道路上で施工を行うため夜間作業が主であり夜間規制回数を極力少なくするため、架設工法は夜間通行止めによる送出し工法・横取工法・一括架設工法を採用し、床版形式は防食・耐久性及び水漏れ等を考慮したグレーチング床版や2.5m幅のプレキャストPC床版を採用しました。

（増田 仁）

# 磯子火力発電所更新工事の内 煙突解体工事

## Chimney Dismantling during the Isogo Thermal Power Generation Plant Renovation

安藤 正志\*<sup>1</sup> 西垣 登\*<sup>2</sup> 福田 豊\*<sup>3</sup>  
Masashi ANDOU Noboru NISHIGAKI Yutaka FUKUDA

### Summary

After World War II, demand for electric power in Japan grew continuously and thus many power plants were constructed to meet the demand. During this period, in 1965, the Isogo thermal power generation plant was constructed. This coal-fired plant was running for about 30 years and supplied electric power to Tokyo Electric Power and other electricity suppliers. The new No.1 power generation facility now produces electric power, while the new No.2 power generation facility is scheduled to start power generation in 2006. This work is part of the old power facilities renovation works that is indispensable to the construction of the new No.2 power generation facilities. During this work, No.1 and No. 2 chimneys, which are supported by a steel tower, were dismantled.

キーワード：煙突解体, リフトダウン工法

### 1. まえがき

本工事は鉄塔支持型煙突1号および2号の解体工事である。筒身の地上高さは1号が120m、2号が140mと比較的高層煙突であり、計画当初は大型クローラクレーンによる解体工法が検討されていた。しかし高所作業をできるだけ軽減したいという発注者側の考え方もあり、高所作業を軽減できる工法の比較および検討が行われた。

筒身の構造は円筒形（直径φ5000）の外周部を板厚7～11mmの鉄板で構成され、内部にライニングモルタルによる吹き付けが施されている。ライニングモルタルは長期間の使用で劣化が進み、補修工事を繰り返していることもあり、解体中に崩落する恐れが懸念された。

また筒身撤去には、鉄板部とモルタル部を別々に撤去する方法が考えられるが、高所作業の軽減から今回は採用を見送られている。よって鉄板部とライニングモルタル部を同じ位置で切断し、同時に撤去を行うという方法が条件付けとなった。

切断した筒身はライニングモルタルが付着しているため、重量が非常に重く、計算上約3.6t/m程度見込まれたが、補修工事によるモルタルの増加分もあり、筒身重量は約4.0t/mと予想された。そのため切断ブロックの重量

を軽量にすべく、切断長を短くするなどの対応から筒身の切断回数が増える傾向にあり、高所作業の増加が懸念された。



写真-1 煙突全景

\*<sup>1</sup>宮地建設工業(株)建設事業部工事部建築・土木G. 所長  
\*<sup>2</sup>宮地建設工業(株)建設事業部計画部建築・土木G. リーダー

\*<sup>3</sup>宮地建設工業(株)建設事業部計画部建築・土木G.

## 2. 工事概要

### 1) 構造物概要

工事名称	磯子火力発電所更新工事の内 煙突解体工事		
施工場所	神奈川県横浜市磯子区磯子町30-4 電源開発磯子火力発電所内		
工期	平成15年3月1日～平成15年10月30日		
用途	火力発電所煙突		
構造・規模	構造	鉄塔支持型煙突	
		1号	2号
地上高さ	筒身部	120m	140m
	鉄塔部	90m	115m
鉄塔スタンス	頂部	7m	25m
	基部	7m	28m
重量	筒身部	420t	495t
	鉄塔部	227t	343t

### 2) 施工概要

まえがきで述べたように、鉄塔支持型煙突という構造上の特性やライニングモルタルの崩落の危険性や高所作業の軽減化などから、筒身の解体はリフトダウン工法で行った。リフトダウン工法は一種のだるま落としのような施工方法で、筒身基部より約15m上部に反力板を現場溶接して取り付けた。反力板を通じて筒身をジャッキで吊り上げ、その真下の筒身(15m)を切断して台車で引き出し、その直後に筒身を切断した分だけリフトダウンするという手順で行った。また残筒身の撤去は鉄塔部の解体と併せて、クローラークレーンを使用したため、上から順々に切断しながらの解体となった。

支持鉄塔の解体は1号および2号ともクローラークレーンにより行われた。ただし現場内の重機運用上の理由により、2号は3節までの鉄塔において筒身最上部に設けた小型ジブクレーンにて解体した。またその段取用設備として筒身頂部から斜ケーブルを張り、2t吊りのケー



写真-2 2号煙突全景



写真-3 煙突頂部

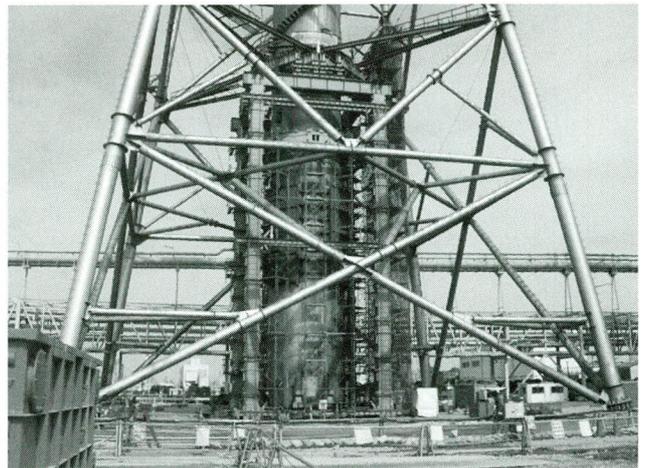


写真-4 リフトダウン架台

ブルクレーンを設置した。2号煙突の解体状況を写真2～4に、解体要領を図-1 2号煙突解体ステップ図に示す。

### 3. 工法比較

今回は筒身の解体工法にリフトダウン工法が採用されたが、他工法として代表的なものにクローラークレーン工法が挙げられる。

クローラークレーン工法はリフトダウン工法と比べ、設備が簡便なため、解体までの段取が比較的少なくて済

む。しかし筒身はライニングモルタルの重量を含めると非常に重く、切断長さが短くなり、切断回数は多くなる。必然的に高所作業も増える。またはクローラークレーンを大型化すれば上記の問題は改善されるが、国内最大級のクレーンが必要となるため、重機コストが大きくなる。100m未満の煙突や解体用地の広い場所に適している。

一方、リフトダウン工法はリフトダウンのための設備を必要とするが、ライニングモルタルを含めると非常に重い筒身の大半をリフトダウンすることで高所での筒身の切断など、高所作業を大幅に軽減できる。また解体用の重機を小型化できるメリットもある。100mを超える

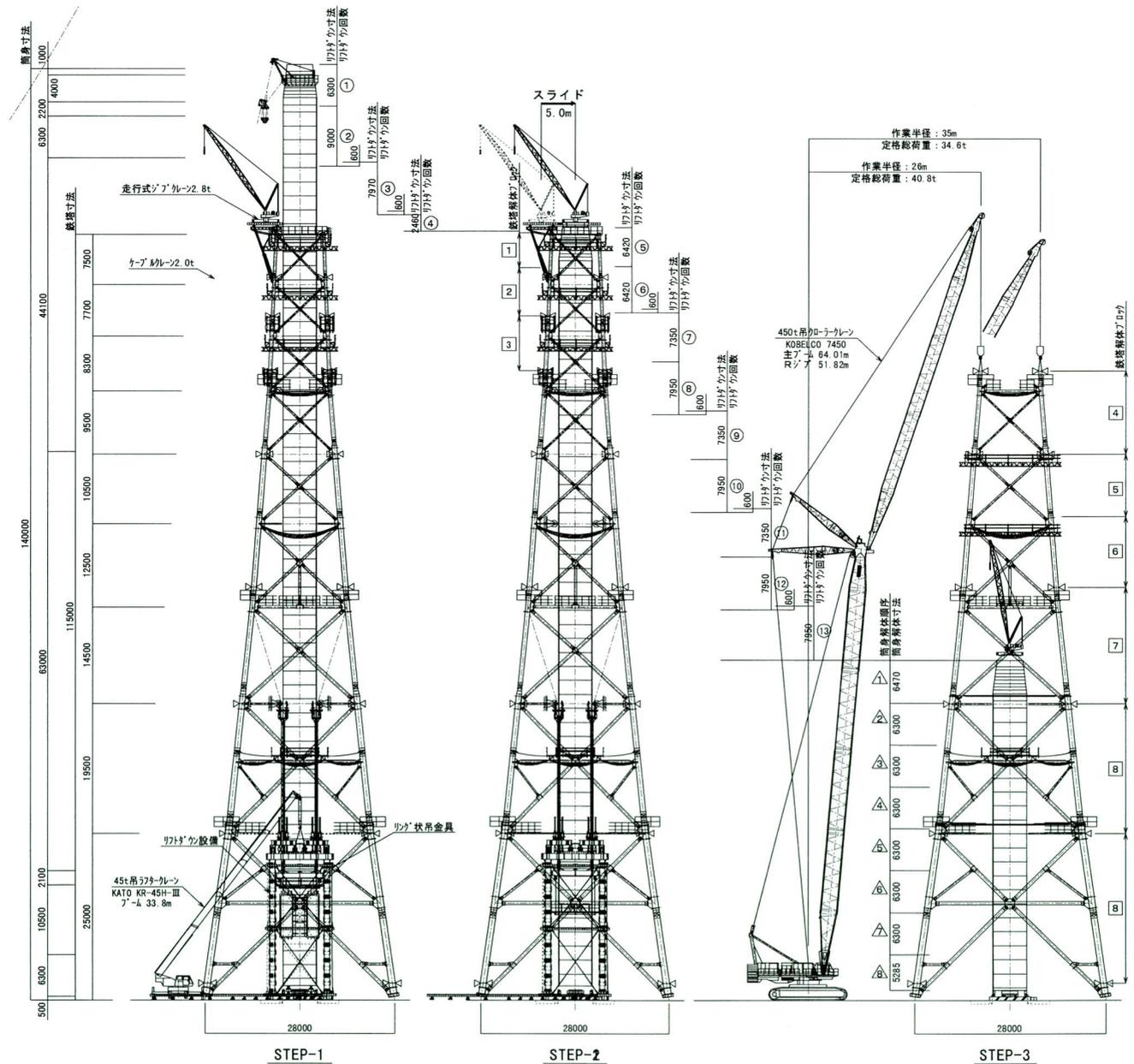


図-1 2号煙突解体ステップ図

高層煙突や解体用地の狭い場所に適している。

両工法を本工事の条件下で比較した結果を表-1 工法比較表にまとめる。

#### 4. リフトダウン工法

リフトダウン設備の主な構造として、筒身脚部に仮設のリフトダウン架台を設置した。また架台上部にはベア

表-1 工法比較表

項目		リフトダウン工法	クローラークレーン工法
作業性	筒身部	○	△
	鉄塔部	○	○
コスト	設備費	△	◎
	重機費	◎	△
工程	筒身部	△	○
	鉄塔部	○	○
安全	高所作業	◎	△
	足場の設置	○	△
評価		○	△

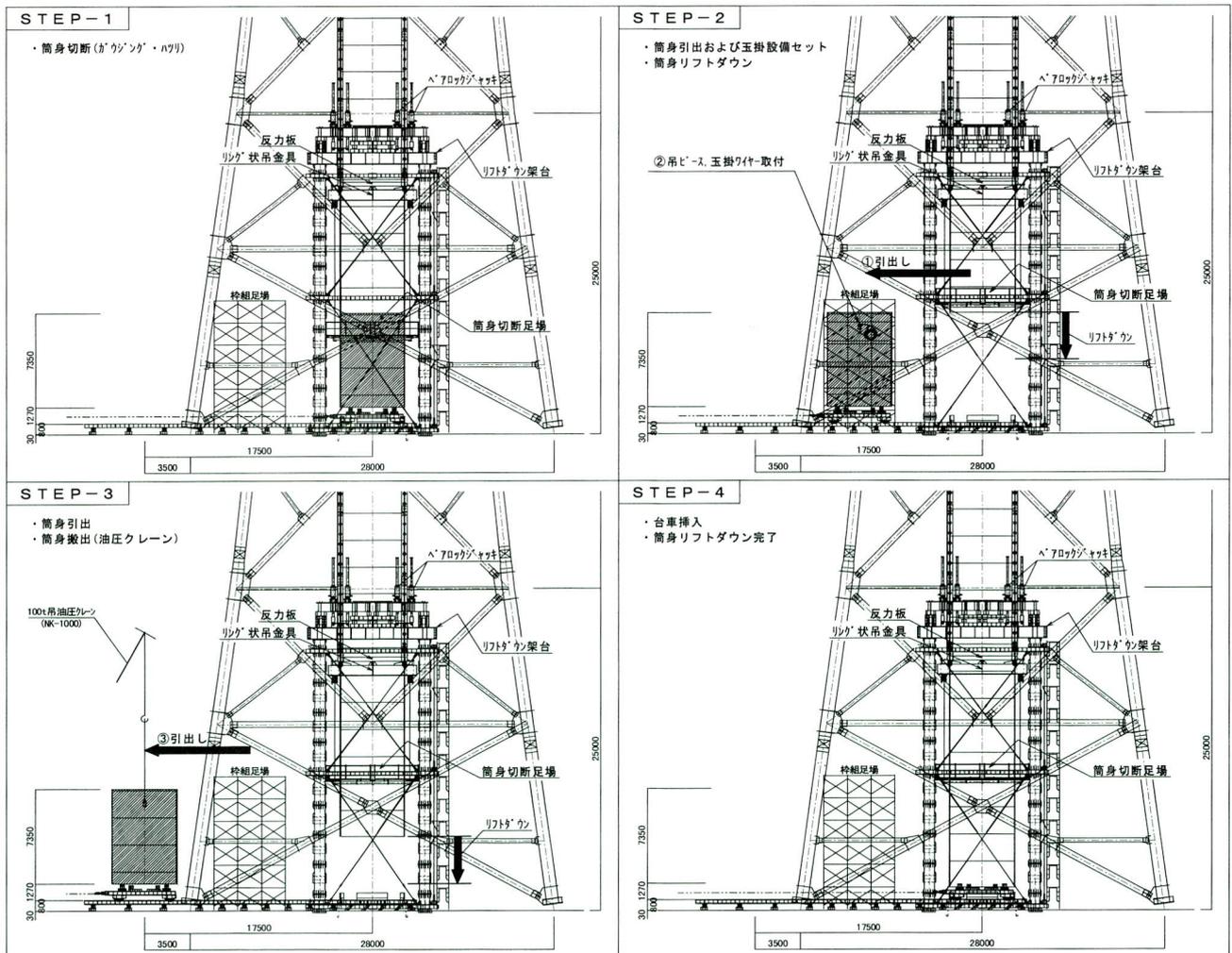


図-2 リフトダウンステップ図

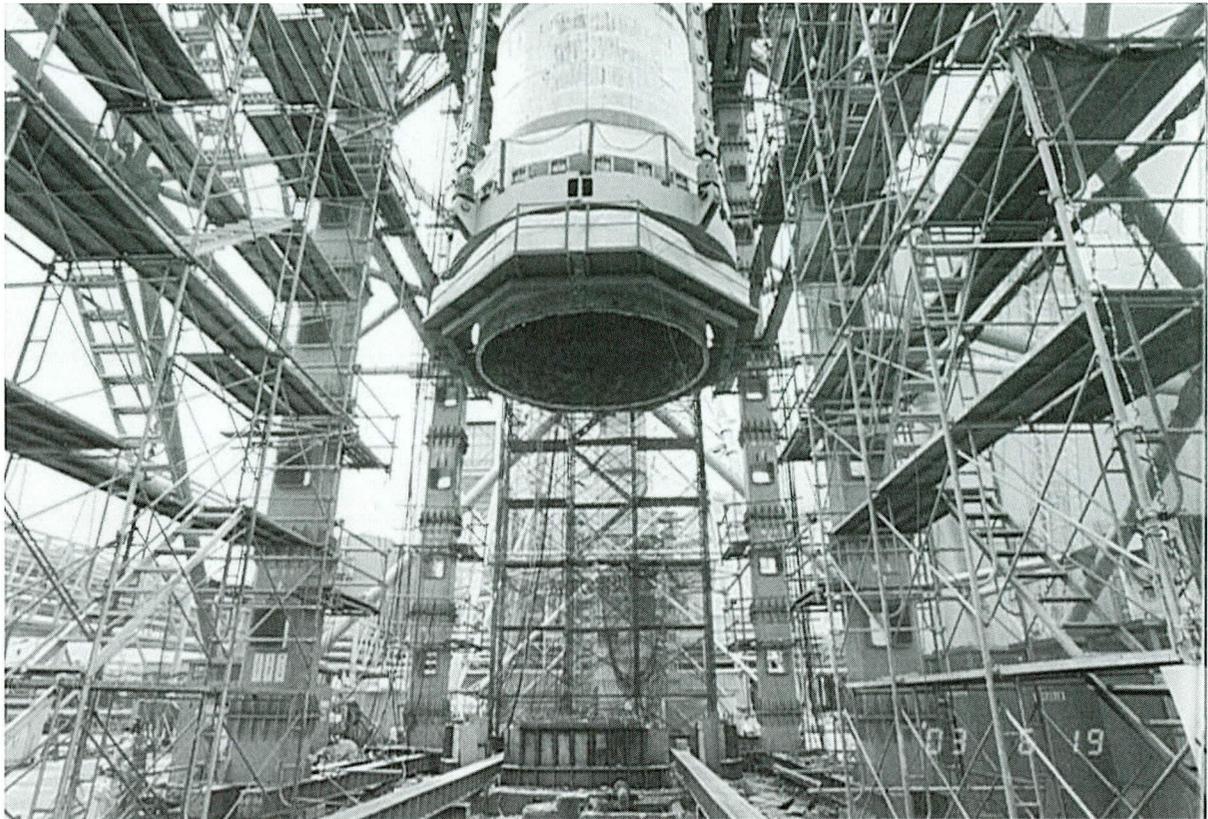


写真-5 筒身リフトダウン

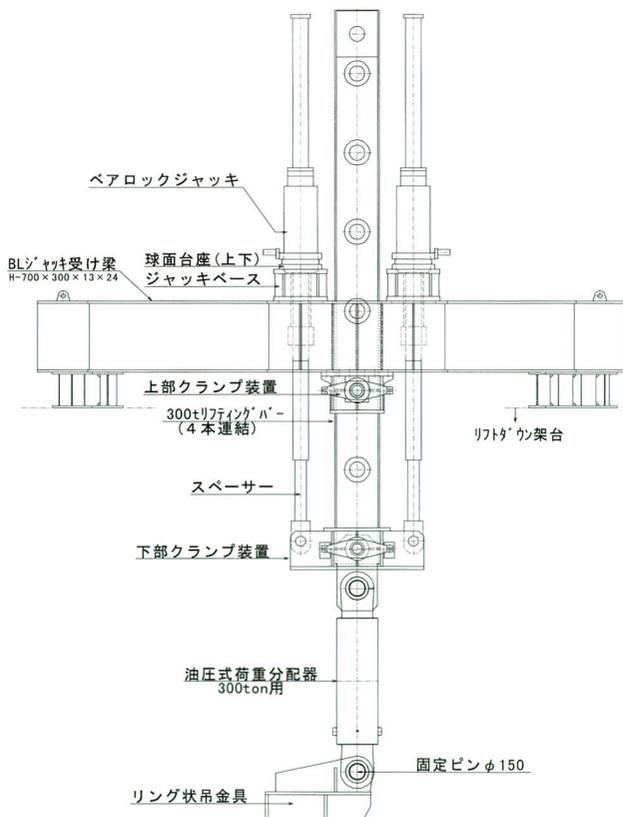


図-3 リフトダウンジャッキ設備図

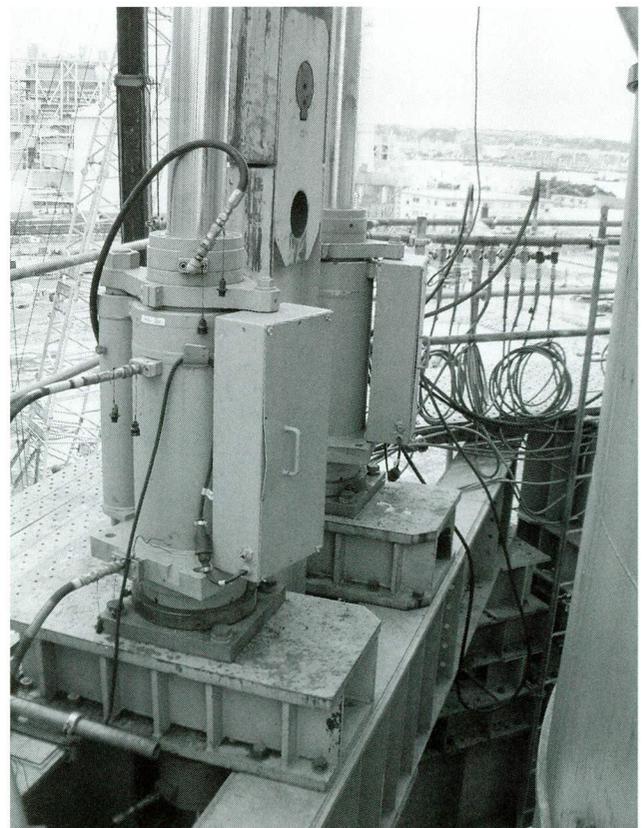


写真-6 ベアロックジャッキ設備

ロックジャッキ120tを8台搭載し、2台1組でステップバーを吊り下げた。リフトダウンの要領は、リフトダウン架台側に取り付けたクランプ装置（上ピン）とベアロックジャッキ2台と連結されたクランプ装置（下ピン）を使用し、尺取りの要領で上部ピンと下部ピンを交互に盛り替えながらジャッキを伸縮させ、長さ約24mのステップバー（6m×4本）を下げていく方法を用いた。ステップバーには800mmピッチにピンを挿入するための穴が開いて、1本あたり300tの使用耐力を有する。強度上、リフトダウン架台はリフトダウン荷重（吊り荷重）を500tとし、4箇所ジャッキ設備で受けるため、不均等を考慮し1カ所あたりで約160tの集中荷重がかかることを考慮して設計した。リフトダウンの要領を図-2リフトダウンステップ図、写真-5筒身リフトダウンにリフトダウンジャッキ設備を図-3リフトダウンジャッキ設備図、写真-6ベアロックジャッキ設備に示す。

筒身の吊り上げ部には6分割された反力板（FB-25t）を筒身の外周部に現場溶接し、吊上耐力を確保した。リング状吊金具と称した□-800×620×19の箱形断面でドーナツ状（内径φ5200）の仮設材を製作し、筒身に溶

接された反力板（FB-25t）を引っ掛けて使用した。リング状吊金具には24本のスライド式の押し上げ棒（H300×300×10×15）を取り付けてあり、多点受けできる構造とした。（写真-7筒身吊上部、図-4筒身吊上断面図）押し上げ棒は、設備を盛り替える際にクサビを外して外側へスライドし、干渉物を避けることで、盛り替えを可能にした。

リング状吊り金具の設計には筒身側の板厚が薄く剛性が弱いため、有限要素法による構造解析を実施した。その結果として、押し上げ棒の数を増やして下面には硬化ゴムをセットすることで、均等に荷重が伝達されるよう配慮するとともに、部材板厚をサイズダウンすることで初期段階の設計重量17tから11tへと約65%もの大幅な軽量化も可能となった。

リフトダウンは1号で11回、2号で12回実施した。リフトダウン量の合計は1号で71m、2号で88mである。基本となる1回のリフトダウンは筒身のサイズや重量からダウン量を約7.35mとし、点検からダウン終了まで半日程度の時間を要した。反力板は14.7mピッチで取り付け、リフトダウンを2回行った後に盛り替えるようにし

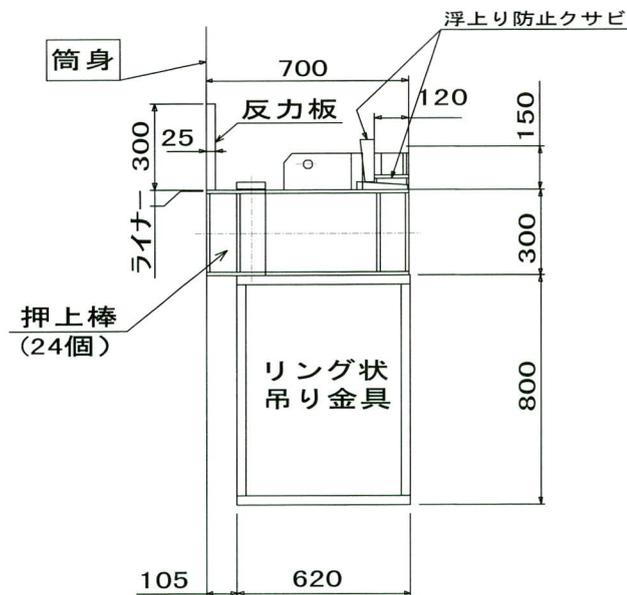


図-4 筒身吊上部断面図



写真-7 筒身吊上部

た。これを1サイクルとし、5日間のタクト工程で工事を進めた。しかし、実際は筒身に付く付属物や螺旋階段およびダクト解放部などがあり、不規則な切断長さになる箇所もあるため、表-2リフトダウン実績表にリフトダウン量の内訳をまとめ、図-5筒身リフトダウンステ



写真-8 集中制御室

ップ図(2号)に示す。

リフトダウンの制御は計測された荷重および変位を集中操作盤および制御用コンピューターに取り込み、8台のジャッキの荷重およびストロークを集中制御することで行った。(写真-8集中制御室) 荷重計測はステップバーの最下部に取付られた荷重分配器(300t)に内蔵されたロードセルを使用し、また変位計測は上部ピン下部ピン間に設置したロータリーエンコーダ4台を使用した。

### 5. ベアロックジャッキについて

本工事で採用した当社保有機材であるベアロックジャッキは、安全性が非常に高いことで知られている。

ベアロックジャッキはロッドを保持するために、ロックスリーブと呼ばれる弾性変形を利用したメカニカルロ

表-2 リフトダウン実績表

リフトダウン回数	2号煙突		1号煙突	
	反力板FB25取付	リフトダウン量	反力板FB25取付	リフトダウン量
	○	0.600m ↑	○	0.600m ↑
第1回		6.300m ↓		7.100m ↓
第2回		9.000m ↓		7.900m ↓
	○	0.600m ↑	○	0.600m ↑
第3回		7.970m ↓		5.800m ↓
	○	0.600m ↑	○	0.600m ↑
第4回		2.460m ↓		8.000m ↓
第5回		6.420m ↓		7.300m ↓
第6回		6.420m ↓		
	○	0.600m ↑	○	0.600m ↑
第7回		7.350m ↓		7.350m ↓
第8回		7.950m ↓		7.950m ↓
	○	0.600m ↑	○	0.600m ↑
第9回		7.350m ↓		7.350m ↓
第10回		7.950m ↓		7.950m ↓
	○	0.600m ↑	○	0.600m ↑
第11回		7.350m ↓		7.950m ↓
第12回		7.950m ↓		4.200m ↓
	○	0.600m ↑		
第13回		7.950m ↓		
合計	7セット	88.220m ↓	6セット	75.250m ↓



表-3 筒身切断工法

部 位	工 法
鉄板部	エアークガウジング工法
ライニングモルタル部	ハツリ工法

## 6. 筒身の切断方法

切断する筒身の直径は5mで、外周部が板厚7mm～11mmの鉄板、その内側が厚さ60mmのライニングモルタルの吹付けで構成されているため、ガス切断で容易に切断することができなかつた。また安全面でも切断作業は筒身の内側に入らず、外側から作業できるようにすることが条件としてあつた。

そのためにライニングモルタルを先行解体せず、筒身の切断も鉄板部とライニングモルタル部を一体とした解体ブロックごとに切断する必要があつた。しかしモルタルの付着した鉄板の切断は難しく、効率の良い切断工法を選定するための切断試験を下記の6工法で事前に行つた。

- ① ウォールソー方式
- ② アセチレンガス切断方式
- ③ エアープラズマ切断方式
- ④ エアークガウジング方式
- ⑤ スターカッタ方式
- ⑥ ランス棒方式

切断試験の結果から筒身の切断には、総合的にエアークガウジングが優れていることがわかり、筒身の切断工法として採用し、ライニングモルタルのハツリ工法と併用する方法で行つた。(表-3筒身切断工法)

切断要領は鉄板部を写真-9筒身切断状況のように、エアークガウジング工法にて上下に100mmの幅で複線の切り込みを入れるように切断する。その後、帯状



写真-9 筒身切断状況

の100mm幅の鉄板を撤去し、ライニングモルタル部をハツリ採ることで筒身を切断した。切断時間は実績で約2時間程であつた。

## 7. あとがき

過去において煙突の新設工事でリフトアップ工法は数多く採用されてきた。しかし今回のような老朽化した煙突をリフトダウン工法で解体し、しかもライニングモルタルを落とさず重い筒身の状態でリフトダウンを行つたが、当社もみならず、日本でも類をみない工法であつた。リフトダウン工法という特殊技術を用いて、高所作業を軽減し、安全かつ無事故で解体する事ができた。これもひとえに電源開発株式会社、JVおよび工事関係者の方々のご指導によるものと深く感謝する次第である。

2003.11.7 受付

## グラビア写真説明

### 西月隈高架橋

福岡都市高速道路は、これまでに1～4号線を供用し、交通混雑の緩和と郊外と都心を結ぶ動脈として機能しています。現在5号線の建設が進んでおり外環状道路として形成される事によって都心と福岡市西南部との連携が図られるなど、利便性の向上が一段と増すものと期待されています。本高架橋は2号線と5号線の接続部である月隈JCTに位置しており、御笠川を渡る部分に建設されました。5号線沿線は住宅地が多い為、環境対策や騒音対策に配慮した施工が求められました。

(渡部 陽一)

# 小規模吊橋用の新型ケーブルクリップの開発

## A New Type of Cable Clip for a Small-Scale Suspension Bridge

西岡 秀和\*<sup>1</sup>  
Hidekazu NISHIOKA

### Summary

Small-scale suspension bridges often use a pair of clamping pieces that use bolts to hold a main cable. These are used as a clamping device that connect a hanger rope to the main cable. In this paper, we describe a new type of clamping device that does not allow any slippage. This device is compact and has an excellent appearance. We also describe a loading test of the new cable clip device.

キーワード：小規模吊橋，クランプ装置

### 1. はじめに

小規模吊橋において、主塔間に架け渡すメインケーブルとハンガーロープとを連結するクランプ装置（ケーブルバンド）として、図-1および図-2の方式が多用されている。

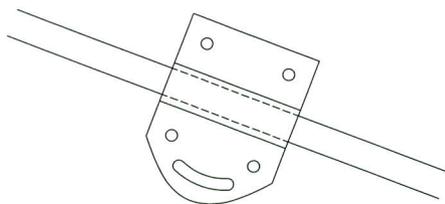


図-1 鋼板による挟み付け方式

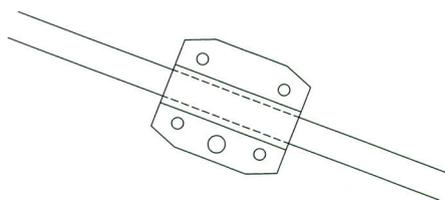


図-2 鋳鋼製品を用いた挟み付け方式

これらはいずれもケーブルを挟む2つのピースをボルトによって締め付けて、ピースとメインケーブルとの間の摩擦力を高めようとするものである。

ケーブルを用いた構造物では、ケーブル分岐の位置ズレを生ずると不測の変形が生じるばかりでなく、構造全体の機能をも失いかねない。そこで、従来のようにボルト

の締め付け力によって摩擦力を高める手法に代えて、幾何学的にズレを生じえず、かつコンパクトで景観的に優れたクランプ装置（図-3）を開発した。

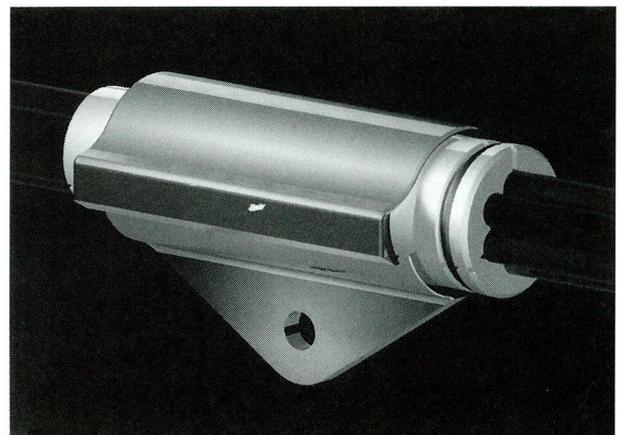


図-3 ケーブルクリップ

### 2. 構造概要

#### (1) 特長

##### 1) 従来の形式

従来のケーブルを挟む2つのピースをボルトによって締め付け形式では次のような短所があった。

- a) 締め付けピースとケーブル間に生じるリラクゼーション、載荷量によるケーブルの細りなどを加味したボルト締め付け力の管理が欠かせない。
- b) クランプ装置のボルト締結部がケーブルから突出し

\*<sup>1</sup>技術本部設計部

ていて景観性を損なう場合がある。

## 2) 新しいケーブルクリップ

今回開発したケーブルクリップは従来形式の短所を次のように改善した。

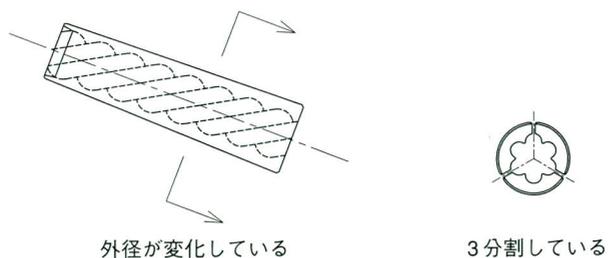
- a) ケーブル素線を平面で押えるのではなく、使用するケーブルのより形状と同じ形状の鋳鋼製円筒形ウェッジを使用することで、ケーブルと広い面で接し、ケーブル素線を傷つけない。
- b) 締め付けボルトを使用しないことで、着脱が容易となり、かつ、装着後はケーブルの軸方向のズレを生じない。
- c) ボルト類の使用を排除することで構造をコンパクト化し、すっきりとした外観を有し景観上優れたものとなる。

### (2) 構造詳細

ケーブルクリップは、**図-3**のようにメインケーブルの外周に被着される円筒形の「ウェッジ」と、このウェッジの外周に被着されて分岐ケーブルが取り付けられる円筒形の「外バンド」から構成される。

#### 1) ウェッジ

円筒形の内側は、固縛しようとするケーブルのより形状と同じ形状の溝を有し、外径は始端と終端で異なっている。また、現場の施工性を考慮して円周を3分割する形とした(**図-4**参照)。



#### 2) 外バンド

内径は組み立てられたウェッジの外形の勾配に沿って変化する円筒形とし、現場の施工性を考慮して着脱容易なように上下分割された、上バンドと下バンドで構成する構造とした。また、上下バンドの外殻形状は施工性のみならず景観性に配慮し、ボルトを用いない蟻溝での嵌め合い方式とした(**図-5**参照)。

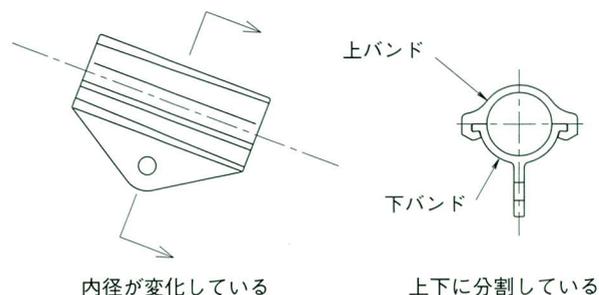


図-5 外バンド

### (3) 応力伝達システム

#### 1) ウェッジ

ウェッジは掴むケーブルと完全に一致する内溝を有しているため、施工後において組み立てられたウェッジが、ケーブルの周上を回転することなく、完璧にケーブルを固縛することができる。

#### 2) 外バンド

ウェッジの外勾配に合わせた内側勾配を有するので、ウェッジに外殻を嵌め込んだ場合、それぞれの周径が一致したところで止まり所定の形となる。外殻の役割は、ウェッジを締め付けて所定の形を保つことと分岐ケーブルを定着する構造を併せ持つ。また、逆に分岐ケーブルによって回転を拘束されているので、外バンドがウェッジの回りを回転することはない。

#### 3) ケーブルクリップ

ウェッジと外バンドを合体したものをケーブルクリップと称する。ハンガーロープから入った荷重をメインケーブルに伝える。ケーブルクリップは、1)、2)の理由によりケーブルの回りを回転することも固縛したケーブルの軸方向へズレが生じることもなく、十分にクリップの機能を発揮することができる。

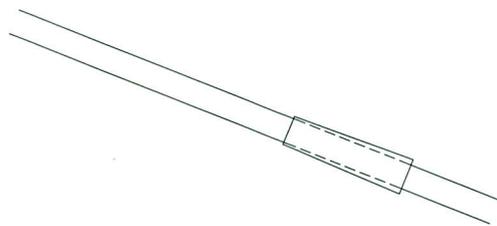
### (4) 施工手順

ケーブルクリップの施工手順を**図-6**に示す。

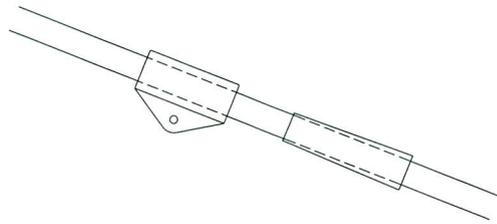
## 3. 載荷実験

### (1) 実験の目的

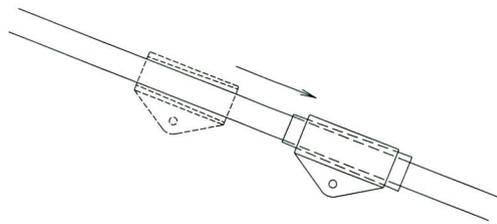
取り付けるケーブルクリップはケーブルの勾配がきつほど応力に偏りが生じ発生応力度も大きくなるので、**図-7**のように実際の吊橋で用いられる最大勾配を再現し、ハンガーロープを介してケーブルクリップに荷重を載荷して、強度を確認するとともに、外バンドの嵌め合い部等の応力伝達状況を調べ、設計法に関する知見を取



(a) ウェッジ (3つ割り) の取り付け



(b) 外バンド (2つ割り) の取り付け



(c) 取り付け完了

図-6 施工手順

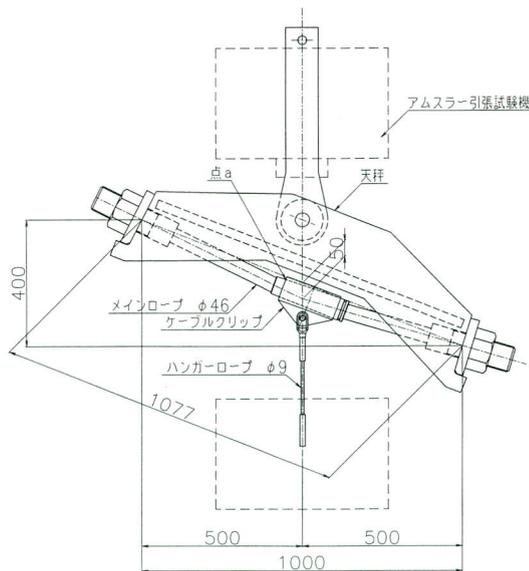


図-7 試験体形状

集した。

## (2) 実験の概要

### 1) 実験の着目点

実験では、次の各項目に着目した。

#### a) 上バンド

ケーブルの勾配がきつい場合、反力の作用点がクリップ中心より上側に偏り、クリップ端におけるケーブルの折れ角が大きくなる。このことによる外バンド上端 (図-7の点a) のまくれ作用に着目し、バンド端部のひずみ、全体変形を計測した。

#### b) 下バンド

試験体は、安全側を見て上バンドのフックで支持されている単純版として設計したが、実際には内蔵するウェッジからの水平力を得て曲げモーメントが大幅に軽減される。バンドのさらなる薄肉化を図るための手段としてケーブル軸直角方向のひずみを計測した。

#### c) 上下バンドの連結 (嵌め合い) 部

試験体は、安全側を見て多少余裕ある形状とした。しかしながら、この部位が大きいことは外観を損なう。形状改善の判断に資するため、ケーブル軸直角方向のひずみを計測した。

#### d) ケーブルクリップのずれ

荷重载荷によって生じるケーブルとウェッジとのズレ量、ウェッジと外バンドとのズレ量を計測した。

## 2) 試験体

試験体は小規模吊橋で多く用いられているメインケーブル ( $\phi 46$ )、ハンガーロープ ( $\phi 9$ ) を対象としたケーブルクリップからなる試験体を2体 (試験体A、B) 製作した。

なお、载荷実験でハンガーロープを介しての荷重载荷を基本とするが、ハンガーロープの破壊強度相当の荷重に対する性状を知るために、ハンガーロープより耐力のあるロッド ( $\phi 30$ ) も使用した。

試験体に使用した材料を表-1に示す。

### (3) 実験要領

载荷実験はロッドを用いてハンガーロープの破断強度の50kNまで载荷する引張試験を2回 (試験①、②)、ハンガーロープを用いた破断試験 (試験③) を1回実施した。なお、試験①は試験体A、試験②、③は試験体B、引張試験機はアムスラー2000kNを使用した。計測は次の要領で行った。

a) 各部位のひずみの計測は、1軸ひずみゲージを使用して5kN毎に計測。

表-1 使用材料

部 位	材 質	メーカ-
上バンド	SM490A	川口金属(株)
下バンド	SM490A	〃
ウェッジ	SS400	〃
メインロープ(φ46)	IWSC	神鋼鋼線工業(株)
ハンガーロープ(φ9)	IWSC	〃
ハンガーロッド(φ30)	SS400	〃

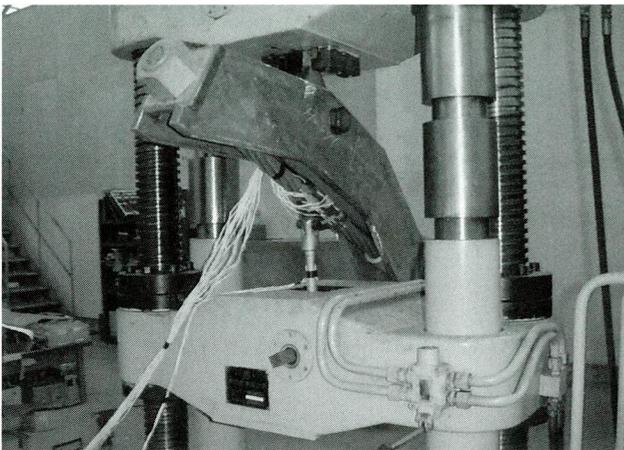


図-8 実験状況

表-2 バンド端面の変形結果

単位：mm

試験No	測定箇所	載荷前	載荷後	差
試験① 50kNまで 載荷	A	45.1	44.9	-0.2
	B	45.1	45.0	-0.1
	C	69.0	68.8	-0.2
	D	45.5	45.4	-0.1
	E	46.2	46.3	0.1
	F	69.4	69.3	-0.1
試験② 50kNまで 載荷	A	45.4	45.5	0.1
	B	45.3	45.3	0.0
	C	69.7	---	---
	D	45.2	45.3	0.1
	E	46.3	46.2	-0.1
	F	69.5	---	---
試験③ 60kNで破断	A	45.4	45.6	0.2
	B	45.3	45.3	0.0
	C	69.7	69.7	0.0
	D	45.2	45.4	0.2
	E	46.3	46.2	-0.1
	F	69.5	69.2	-0.3

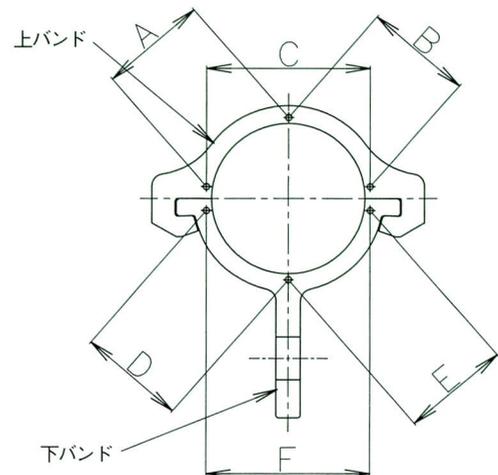


図-9 バンド端面の計測位置

b) バンド端部の全体変形量およびバンドのズレ量は、載荷前後にノギスにて計測。

#### (4) 実験の結果

##### 1) 上バンド

表-2 にバンド端面の変形結果、図-9 に計測位置を示す。バンド端面の載荷前と載荷後との計測値に差異はほとんどみられない。

図-11, 12 にバンド上端部のひずみ-載荷荷重の関係を示す。上バンド上端に発生する軸方向ひずみは最大で  $860 \mu$  (圧縮)、軸直角方向ひずみは最大で  $1278 \mu$  (引張) であり、許容応力度の 14% 以下である。

これらより、上バンド上端の変形がみられず、また、応力度もかなり余裕がある。

##### 2) 下バンド

図-13 に下バンド下端の軸直角方向ひずみ-載荷荷重の関係を示す。下バンド下端付近の計測位置に発生する軸直角方向ひずみは最大で  $699 \mu$  (引張) であり、許容応力度の 1 割以下であることから、載荷端部でも許容

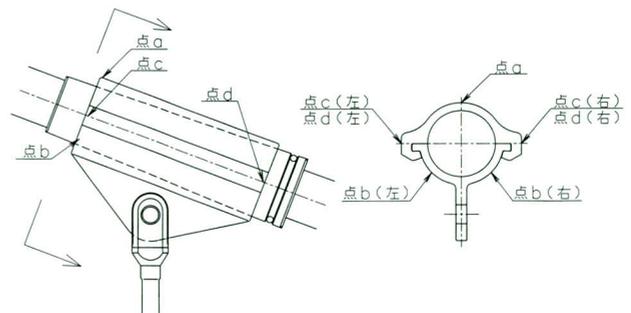


図-10 ひずみ計測位置

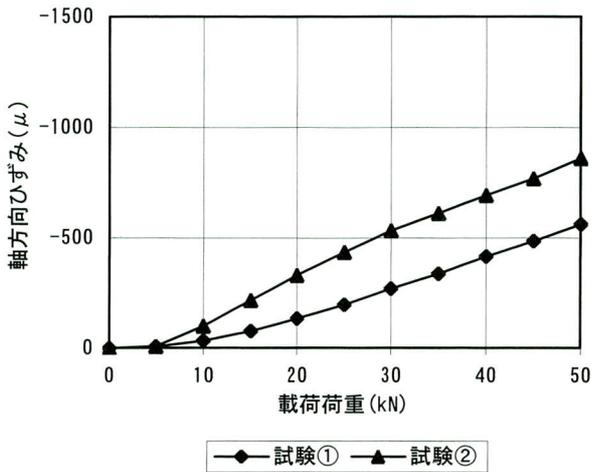


図-11 バンド上端(点a)の軸方向ひずみ-載荷荷重の関係

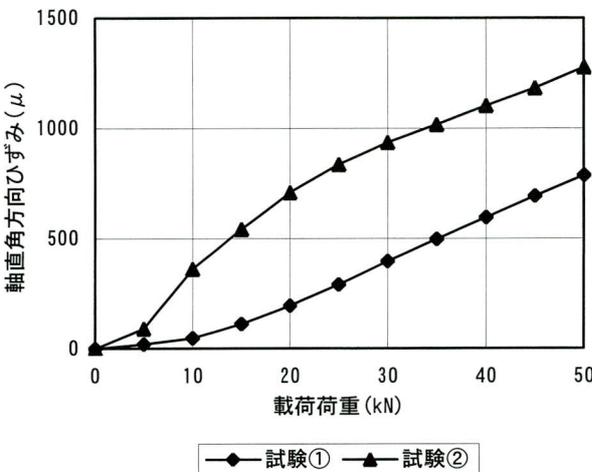


図-12 バンド上端(点a)の軸直角方向ひずみ-載荷荷重の関係

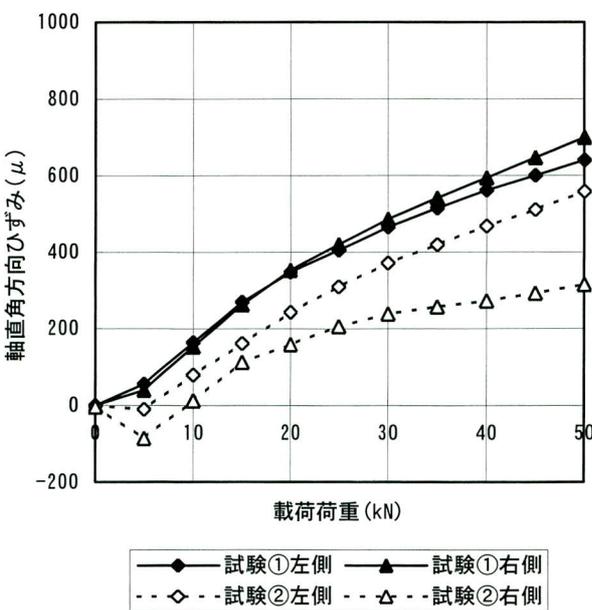


図-13 下バンド下端(点b)の軸直角方向ひずみ-載荷荷重の関係

応力度の2割以下と推定される。なお、試験①での左右のひずみはほぼ一致しているのに対し、試験②では左右のひずみに差が生じている。これは試験②のバンドへの載荷が偏心していたと考えられるが、使用した試験設備特有の現象であり実橋においてはありえないことである。

### 3) 上下バントの連結(嵌め合い)部

図-14に嵌め合い部の軸直角方向ひずみ-載荷荷重の関係を示す。嵌め合い部の軸直角方向ひずみは最大で631 μ(圧縮)で、許容応力度の7%以下である。

### 4) ケーブルバンド

表-3にウェッジおよび外バンドのズレ量、図-15にズレ量測定位置を示す。ケーブルとウェッジとのズレ量は2mm程度、ウェッジと外バンドとのズレ量は1mm程度である。

この値は、部材間の遊びが載荷により詰まったものがあるので、載荷によるクリップのズレは生じないと言える。

### 5) 破断試験

試験体B、ハンガーロープを使用して、破壊するまで載荷を行った。載荷荷重約60kNで、ハンガーロープが

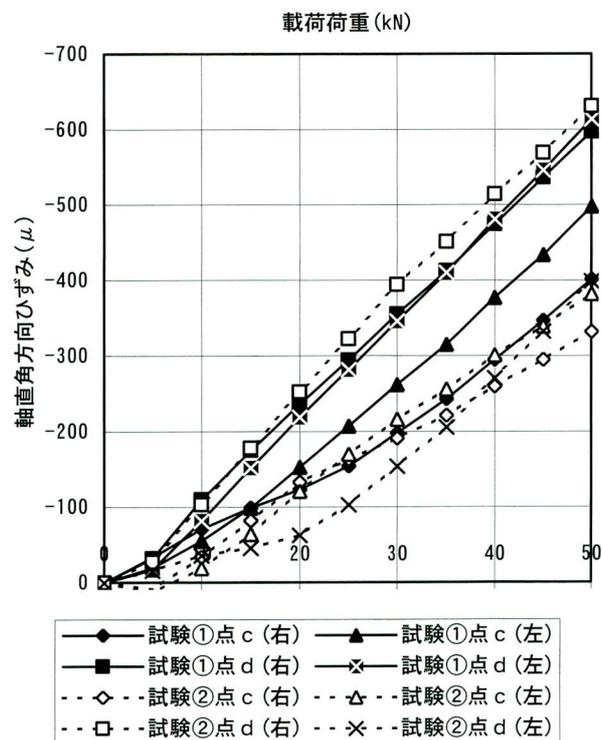


図-14 嵌め合い部(点c、点d)の軸直角方向ひずみ-載荷荷重の関係

表-3 ウェッジおよび外バンドのズレ量

単位：mm

試験No	測定箇所	载荷前	载荷後	差
試験①	A	24.5	27.0	-2.5
	B	16.0	17.5	1.5
	C	41.0	40.0	-1.0
	D	30.5	29.0	-1.5
試験②	A	12.0	14.5	2.5
	B	19.5	20.5	1.0
	C	40.0	39.0	-1.0
	D	44.0	40.5	-3.5

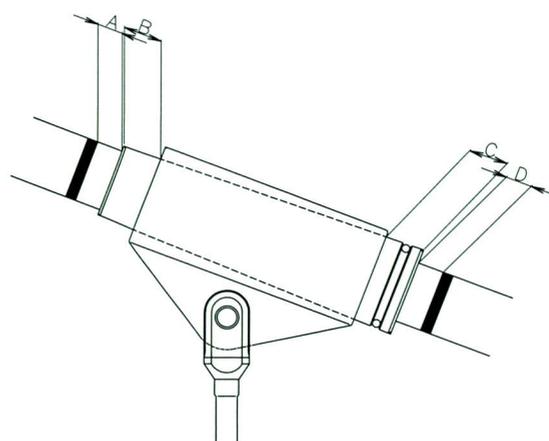


図-15 ズレ量測定位置

破断したが、ケーブルクリップ自体には、何も変化はなかった。

#### 4. 考察

本実験の結果は、ケーブルクリップ各部位が応力的に十分な余裕を有していることを示している。このことから、さらなる薄肉化を求める声もあるが、現状の製作方法（ロストワックス法）では、最小板厚の制約（ $t \geq 5\text{mm}$ ）があり、現形状もやむなしの所がある。

今後、別途実施したFEM解析の結果をも重ね合わせ、求められる性能に対して安全で美しく安価な寸法形状を算定するための設計マニュアルを作成する。



図-16 破断状況

#### 5. あとがき

製品に対する机上検討では、設計計算の結果から十分安全であることを承知していたが、設計解析と実発生応力を比較する目的で実験に踏み切ったものである。ともかく美しくあるため、防錆処理として標準とする溶融亜鉛めっきの他に、景観に優れ、高耐食性を示すディスプレイ処理もオプションとして用意している。

なお、当製品は、当社発案のものであるが、開発に際しては、川口金属工業(株)の廣瀬課長、神鋼鋼線工業(株)の田川課長に多大な協力を賜った。紙面をもって感謝の意を表したい。

2003. 12. 2 受付

#### グラビア写真説明

##### 椎津新田大橋（仮称：中台橋梁）

本橋は千葉市と袖ヶ浦市とを結ぶ延長約13.3kmの都市計画道路八幡椎津線(平成通り)の一部で、市原市椎津地先の中台堰を超える橋梁です。中台堰の自然環境を保全するため、構造形式はバスケットハンドル型ニールセンローゼ、また架設工法もケーブルクレーン斜吊り工法を採用しました。橋名は市原市民からの公募で決まりました。平成15年5月8日から供用開始したことで近隣の渋滞が減少し、国道16号を補完する幹線道路として活用されています。

(中野目 稔)

# PAS-1 溶接システムの再構築

## Reconstruction of the PAS-1 Welding System

百瀬 敏彦\*<sup>1</sup> 宮坂 淳一\*<sup>2</sup>  
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

\*<sup>1</sup>千葉工場製造部製造一課課長

\*<sup>2</sup>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。

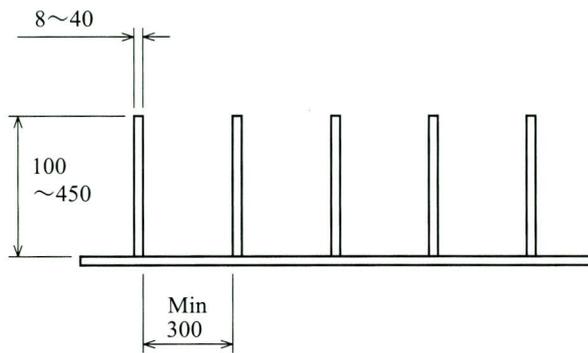


図-1 Iリブへの適用条件

(2) 使用溶接材料

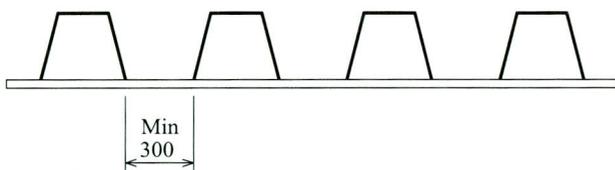


図-2 トラフリブへの適用条件

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

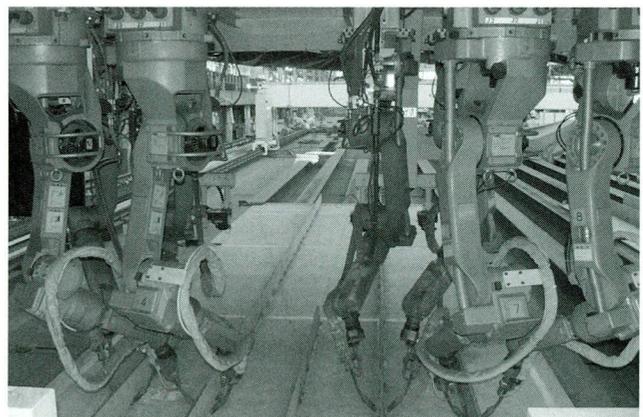


写真-2 ロボットの状況

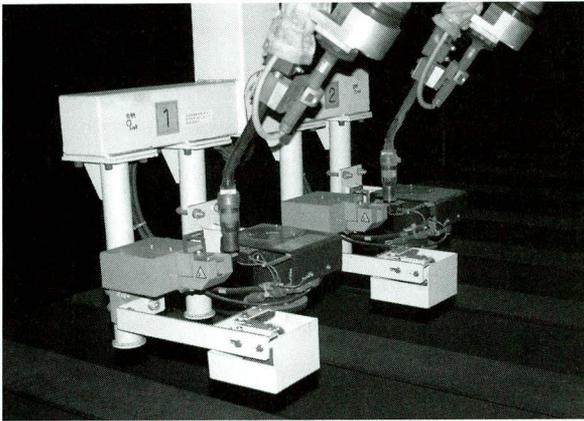


写真-3 ノズルクリーナーと自動ワイヤカッター作動状況

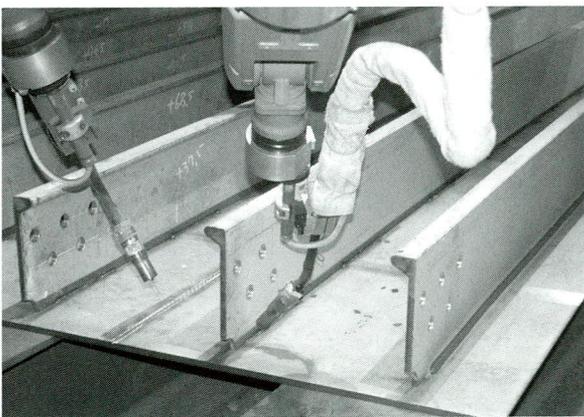


写真-4 センシングの状況

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、本システムには附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・稼動させてから約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

#### 練馬ペデストリアンデッキ

練馬駅北口にペデスト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デスト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\*<sup>1</sup>、能登 宥愿、梅津 健司\*<sup>2</sup>、太田 貞次\*<sup>3</sup>  
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\*<sup>4</sup>、河西 龍彦、高瀬 和男\*<sup>4</sup>、丸山 久一\*<sup>5</sup>  
pp.825 ~ 832

「鋼橋架設時の騒音測定」

岡村 美好\*<sup>6</sup>、中村 俊一\*<sup>7</sup>、小森 武\*<sup>8</sup>  
小池 明、宇都木 剛\*<sup>9</sup> 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\*<sup>10</sup>、張 健\*<sup>11</sup>、中田 知志\*<sup>12</sup>  
田中 伸尚、中井 博\*<sup>13</sup> 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\*<sup>10</sup>、張 健\*<sup>11</sup>、田中 伸尚  
明橋 克良\*<sup>14</sup>、中井 博\*<sup>13</sup> 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\*<sup>7</sup>、入部 孝夫\*<sup>15</sup>  
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\*<sup>1</sup>、河西 龍彦、林 暢彦、和内 博樹\*<sup>16</sup>  
松井 繁之\*<sup>17</sup> 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\*<sup>4</sup>、河西 龍彦、高瀬 和男\*<sup>4</sup>、  
小林 潔\*<sup>4</sup>、橋 吉宏\*<sup>4</sup>、丸山 久一\*<sup>5</sup>  
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\*<sup>1</sup>、長谷 俊彦\*<sup>1</sup>、坂根 秀和  
松井 繁之\*<sup>17</sup> 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\*<sup>18</sup>、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\*<sup>4</sup>、河西 龍彦、高瀬 和男\*<sup>4</sup>  
橋 吉宏\*<sup>4</sup>、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

**5<sup>th</sup> 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* <sup>1</sup> 、柘植 孝之* <sup>34</sup> 、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* <sup>1</sup> 、林 暢彦、河西 龍彦、柘植 孝之* <sup>34</sup> 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)」 榎原 和成* <sup>1</sup> 、有安 信裕、河西 龍彦、柘植 孝之* <sup>34</sup> 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* <sup>18</sup> 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* <sup>1</sup> 、坂根 秀和、河西 龍彦 永山 弘久、小塚 正博* <sup>34</sup> 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* <sup>1</sup> 、亀子 学* <sup>34</sup> 、永山 弘久 松村 寿男* <sup>34</sup> 、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* <sup>35</sup> 、稲熊 唯史* <sup>36</sup> 、寺田 喜昭 河西 龍彦 CS6-063, pp.277 ~ 278
--	---

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

## 編集後記

本号の巻頭言は京都大学の渡邊教授にお願い致しました。

これからのインフラ整備において大切なことは、広範な科学技術に立脚したハードウェア、ソフトウェアの開発だけでなく、さらに一歩進んだそれらのハイブリッド連携であることが述べられています。先生には御多忙のところ玉稿をお寄せいただき、誠にありがとうございました。誌面を借りまして厚く御礼申し上げます。

本号では編集委員会に異動があり、成宮専務から高橋執行役員へと委員長の交代がありました。後任の副委員長には、新たに能登常任参与にご就任いただきましたことを報告いたします。

また平成15年9月29日、株式会社宮地鐵工所と宮地建設工業株式会社は経営統合を行い、共同持株会社「宮地エンジニアリンググループ株式会社」を設立しました。この宮地技報が今後も宮地グループの技術の集大成として、さらに創造的で高度な内容となることを編集委員一同希望しています。

内容の一層の拡充を図るために時間が掛かりましたが、執筆者をはじめ多くの方々のご協力により、無事発刊することができましたことを心より感謝致します。

## 宮地技報編集委員会

委員 長	高 橋 亘						
副 委 員 長	能 登 宥 愿	太 田 武 美					
委 員	岩 下 宏*	佐 藤 浩 明	田 中 伸 尚				
	永 見 研 二	中 村 佐 吉	西 垣 登				
	牧 野 克 彦*	松 本 泰 成	宮 崎 好 永				
	宮 沢 智 明	百 瀬 敏 彦	矢ヶ部 彰				
	矢 崎 満	山 下 久 生*	吉 川 薫				

\*印 事務局兼務

## 宮地技報 第19号

発行日 平成16年3月15日

発行所 株式会社宮地鐵工所

〒103-0011 東京都中央区日本橋大伝馬町7番5号  
(豊和大伝馬町ビル) TEL 03(3639)2111(代)

印刷所 望月印刷株式会社