

虹橋

(社) 日本橋梁建設協会
図 書 資 料

NO.2 虹橋一 61

61号

平成11年
秋 季

社団法人 日本橋梁建設協会

CONTENTS

目次

虹橋

61号

平成11年
秋・季

最近完成した橋 (1)

来島海峡大橋	1
第35回定期総会挨拶	(社)日本橋梁建設協会会長 武井俊文・2
巻頭言	京都大学大学院工学研究科教授 渡邊英一・4
特別寄稿	本州四国連絡橋公団長大橋技術センター長 北川 信・6

橋めぐりにしひがし～橋ものがたり～

茨城県の橋	茨城県土木部 技監兼道路建設課長 伊藤 剛・8
-------	-------------------------

技術のページ 床版特集

①鋼床版橋が生まれ変わりました！「合理化鋼床版橋」の誕生	22
②床版開発への実験的取組み	29
③鋼橋におけるプレストレストコンクリート床版の施工	56
④取替えコンクリート床版の紹介	74

ずいひつ 石橋供養塔

鋼橋の高性能化をめざして	日本道路公団試験研究所 道路研究部橋梁研究室長 紫桃孝一郎・87
--------------	-------------------------------------

地区事務所だより(架設現場紹介シリーズ)	北海道事務所・90 九州・沖縄事務所・93
----------------------	--------------------------

協会の組織

組織図・役員	95
協会の連絡先・会員	96
協会出版物ご案内	99

最近完成した橋 (2)

多々羅大橋	102
不動大橋、土曾川大橋	103
多摩都市モノレール、川西能勢口駅北ペデストリアンデッキ	104
アドベンチャーブリッジ、土室・日川林道橋第1号橋	105
横林大橋、常吉大橋	106
西中IC橋(Aランプ)、越路橋	107
豊田大橋、鬼怒川温泉ふれあい橋	108

●表紙 「来島海峡大橋」宮田豊恵氏(横河工事)作

BRIDGE

最近完成した橋



来島海峡大橋

発注者：本州四国連絡橋公団第三建設局

形式：2ヒンジ補剛箱桁吊橋3連

橋長：4,105m

有効幅員：19m

鋼重：約90,000 t

所在地：愛媛県越智郡吉海町～今治市

●本橋は本州四国連絡橋3ルートのひとつ尾道～今治ルート（通称「瀬戸内しまなみ海道」）の最南端に位置する世界初の3連吊橋です。本橋の完成により本四連絡橋3ルートは全て完成の運びとなりました。

第三十五回定期総会挨拶



(社)日本橋梁建設協会

会 長 武 井 俊 文

日本橋梁建設協会第三十五回定期総会を本日ここに開催しましたところ、建設省をはじめ皆様にはご多用中にも拘らず多数ご出席いただきまして、誠にありがとうございます。会員の皆様には、平素より当協会の事業に多大のご支援ご協力を賜りまして、厚く御礼申し上げます。

また当協会の活動が、順調に推移しておりますのもひとえに建設省はじめ関係ご当局の絶大なるご指導の賜であると、ここに改めて深く感謝申し上げます次第でございます。

平成10年度は、景気回復に向けた大型の経済対策を実施していただいたおかげで、鋼橋の市場規模も約八十五万トンとなり、当初の予測を大幅に上回りました。

これは、ひとえに関係ご当局のご尽力によるものと深く感謝申し上げます。

さて、日本経済はいくらかの改善がみられるものの、短期的な見通しはなお不透明であり、本格的な回復に向けてあらゆる手段で景気刺激策を継続していく必要があるかと思われます。バブルの本格清算を踏まえた金融ビッグバンの推進や、平成11年4月から部分的に適用が開始された国際会計基準の導入、さらに平成13年1月から実施が予定されている中央省庁再編など、さまざまな制度改革が待ち受けています。

当協会を取り巻く昨今の環境も、世界的「大競争時代」に入って、公共事業のあり方が問われてきており、入札制度やコスト縮減をはじめとして、さまざまな制度改革や構造改革が求められています。

私共としては、昨今の社会的ニーズである建設コストの縮減、安全施工、品質管理等への対応を早めて行政ご当局の事業の円滑化に資することは勿論のこととしまして、それが

成し得るよう個別企業ベースで経営体質の強化を図り、技術革新に努めていく必要があるかと存じます。

ところで政府は、平成11年度上半期の公共事業の前倒しに関し、平成10年度実績を一割上回る15兆円程度とする方針です。

私共協会としても、景気回復にむけて公共事業の切れ目のない発注を望むとともに、年度後半の事業の息切れ懸念に対し慎重な対応をお願いするところであります。

特に地方では財政状況の悪化から公共事業抑制の動きが広がっており、本格的な景気回復へ向け国と地方の事業が円滑に執行されるようお願いしてまいりたいと思っております。

さて、改めて申し上げるまでもなく、国民生活の向上と国民経済の発展を図るためには、長期的な視野に基づく計画的な社会資本への投資が必要であり、特に活力のある地域づくりと真に豊かな経済社会の構築には道路整備を強力に推進する必要があると考えます。

従いまして、その時々を経済・社会の発展段階に応じた橋梁を提供するという私共の責務は、いささかも減ずることはないと確信しております。

鋼橋建設ビジョンのアクションプログラムも今年の3月でまる3年となりました。関係ご当局のご指導並びに会員の皆様のご支援ご協力により合理化橋梁の技術革新をはじめとして、ISO9000シリーズの認証取得、建設CALSの推進など着実に前進している訳でございますが、本年度は更に床版に重点を置いたPR活動を積極的に推進してまいりたいと存じます。

会員の皆様におかれましては、当協会の業務に引き続きご支援ご協力を賜りますようお願い致しましてご挨拶と致します。

ありがとうございました。

以上

国際化・夢・元気・スピード



京都大学大学院工学研究科

教授 **渡邊 英一**

最近あるところで「国際化社会での設計法研究委員会」なるものを提案し、初会合を開いた。「国際化」という言葉は随所で良く耳にする言葉である。私ごとで恐縮であるが前京都大学総長井村裕夫先生のとき、私は工学研究科選出の委員として総長懇談会に出ていた。総長は京都大学への留学生の数がおおよそ1,000名であることに言及され、国際化の話をされた。しかし、ほとんどの日本の大学では十分な留学生の宿舎がないし、就中、京都大学はひどいものである。したがって大きな顔をして国際化などと言う資格は無いと申し上げたところ、総長がムッとされたのを覚えている。

また、私が学んだアイオワ州立大学の研究室仲間で、後ノースウェスタン大学で博士号をとり現在設計会社の社長をしているシカゴ在住の米国の友人から2ヶ月ほど前31年ぶりにメールを受けた。現在彼は長大橋の技術者を欲しがっており、アメリカ人の中にそのような人材はいなくなって久しいので、日本人でそのような仕事をできる人がいないか教えて欲しい。万難を排して日本に飛んでくるからと。以来私は悩み、いまだに返事ができないでいる。彼は、英語の力が豊かで、骨をシカゴに埋める覚悟があり、レオンハルト、スタインマンとまではいかなくても、独立して長大橋の仕事をこなせる人が欲しいようである。わが国では長大橋のプロジェクトは委員会、公団、設計コンサルタント、橋梁建設業などの組織力を動員し、これまで、他の国が追随できないほど多くの（大規模）長大橋を建設して来た。しかし、長大橋建設を1つのオーケストラに例えると、指揮者、バイオリン、ビオラ、チェロ、コントラバス、フルート、オーボエ、クラリネット、トランペット、パーカッション、などの奏者からなっている。どれかの楽器を自身でも一流の腕前で演奏

できる上に、指揮もできるような橋梁建設技術者が一体どのくらいおられるのであろうか。残念ながら、私の交友関係は狭すぎてこのような方と余り面識がない。

「国際化社会での設計法研究会」では世界中でいつでもどこでも素晴らしい音楽を演奏できるようなスペシャリストを世に送り出せるためには何をなすべきか、の戦略を考えたい。そのためには世界的に酷評されている日本人の語学力の改善、次世代を担う子供たちにアピールする橋づくり、プロとしての知的所有権（特許権）、世界の共通・独特の価値観の勉強、前例のないものは門前払いという悪癖からの決別、上部工のごく一部に満足せず、例えば、腹板の垂直補剛材の最適幅厚比のことばかりを考えるだけではなく、下部工をも含めた総合的な建設の視野を養成すること、細切れでなく、より大きな発注ロットへのアピール、PFI、BOT、BTO、CMなどの民活制度、設計思想をいつでも世にアピールできるような技術者のプレゼンテーション力の養成、スペックへの対応力、企業努力が十分に反映され、報われる業界への改革などを話題として取り上げたい。

合理化橋梁の話はいま、橋建協でも取り上げられ、2主桁橋、大型Uリブ、鋼床版の採用、横構の省略などを真剣に考えておられる。これによって、4～5%の経費節減をねらっているとのこと。しかし、果たしてこんな数%程度の可愛らしい目標でよいのか。100倍、1,000倍もの目標設定をする気構えが必要ではないのか。古代ローマ時代のVitruvius（ヴィトルヴィウス）は、広く仕事を手掛け、「用」・「強」・「美」を、土木学会初代会長古市公威は、広い視野をもって仕事を行い、極端な専門化を避けよと主張した。

アサヒビールの会長樋口廣太郎氏は昨今のアサヒビールの躍進の秘訣は「夢」、「元気」、「スピード」であり、歌手の天童よしみも「夢」、「元気」が成功の源であり、新人投手の松坂大輔も「夢の大目標」を立てて頑張っているという。Tiger WoodsもI want to see bigger pictures.（大きな目標を持ちたい）I want to do more.（もっともっと頑張りたい）と言っている。日本橋梁建設協会におかれても、間近に迫った次千年（millennium）に向けて「目標を大きく」「元気で貪欲に」「スピーディーな実行」活動を展開していただきたいものである。

特別寄稿

長大橋技術の継承



本州四国連絡橋公団

長大橋技術センター長 北川 信

すみきった快晴の平成11年5月1日、皇太子殿下並びに皇太子妃殿下ご臨席のもと、瀬戸内しまなみ海道の開通式が盛大に行われました。これをもって、本四連絡橋3ルート of 建設も概ね終了し瀬戸内3橋時代がスタートしたことになります。調査開始から約40年、最初の大三島橋の着工から四半世紀が経過した節目の年になったのです。今年は橋建協に所属する多くの関係者にとっても記念すべき年になったといえます。

今後、これら3ルートを末永く快適にご利用いただけるように、本四公団も3橋時代に対応した管理体制に組織が移行しました。この新体制の中で、新組織「長大橋技術センター」が作られました。センターでは長大橋梁群の維持管理を通じて予見できなかった事象への対応、構造物の健全度評価や長寿命化技術の開発などを行うことにしています。これらに加え、本四架橋によって世界最高レベルに達した我が国の長大橋梁技術を「継承し高度化する」こともセンターの大きな仕事の柱になっています。建設が一段落したことで、技術の散逸があっては今後の橋梁技術界にとってもゆゆしき問題だからです。

ここで言う「技術の継承」が、単に過去の技術書類を伝承するというのでは全く不十分と考えられます。本四プロジェクトの中で採用された設計、施工技術も良かった点ばかりでなく反省すべき点もあります。それらを現時点の目でレビューし、今時点でベストと考えられる設計、施工技術を集大成する事が将来への「技術の継承」につながると考えています。当然、コストに関するレビューも含まれるでしょう。さらなるコスト削減が将来のプロジェクトの重要な課題だからです。そのために、まず、本四橋の建設現場、管理現場の正確なデータを取りまとめることにしています。また、橋建協の方など事業に直接関っ

た経験者の率直な意見を聴取し、改善点を明らかにすることも必要になります。さらには、国内外長大橋の事例調査を行って本四橋との比較分析をすることも、レビューにとって大切な仕事といえます。これらのレビューによって、従来の技術レベルを超える新たな技術課題も生まれてきます。それに対する開発への取り組みが「技術の高度化」ということになるのです。

本四架橋を支える技術は官学民の多くの技術者の努力が結実したものといえます。これら技術者間に生まれたネットワークともいえるべき関係を活用することで、上で述べたレビュー作業を効率的に実施していくことが可能になると考えています。このような、「技術の継承と高度化」に関する組織的な作業を積み重ね、それによって得られた成果が将来に計画されている長大橋プロジェクトの技術検討に反映されることで、本四橋の経験と反省が生かされていくのです。

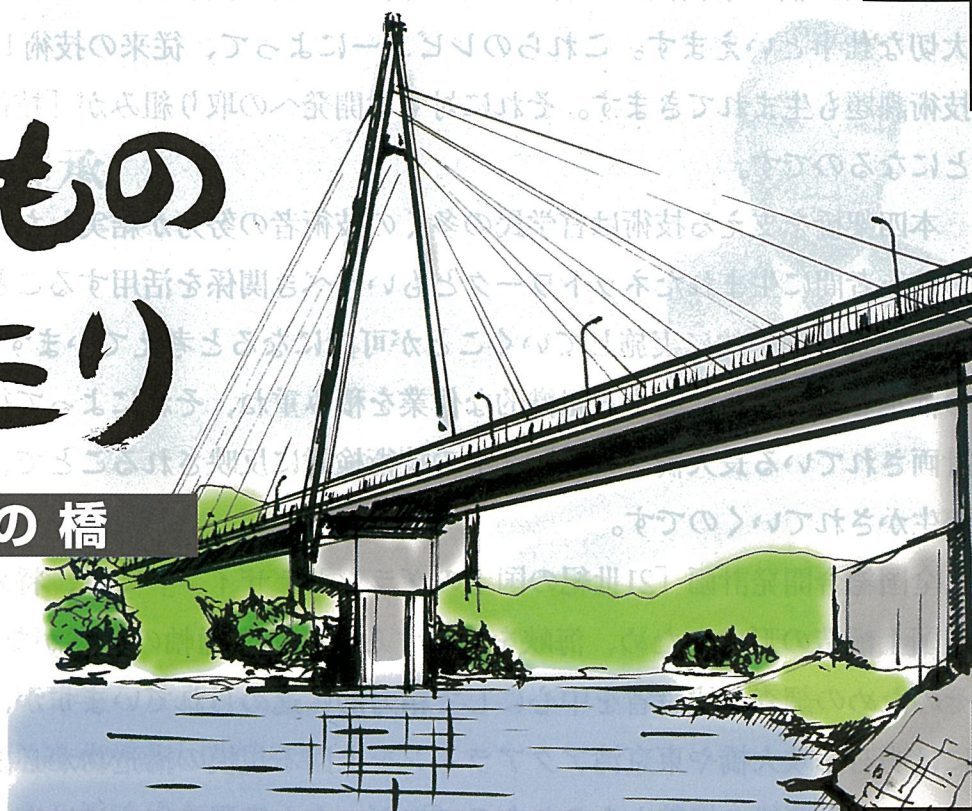
全国総合開発計画「21世紀の国土のグランドデザイン」では、将来の国土像である多軸型国土構造の形成のため、海峡を横断する新しい交通軸の提案がなされています。現在、そのための調査が建設省を中心にして精力的に進められていますが、これを実現するためには明石海峡大橋や東京湾アクアラインを上回る規模の構造物が必要になるとされています。一方、諸般の情勢からこれらのプロジェクト実現のためには大幅なコスト縮減が要請されており、それを可能とする新技術の開発が必要になっています。平成10年11月に建設省が策定した「新道路技術五箇年計画」の中でも、これを踏まえて、海峡を横断する構造物について、30—50%という大幅な工費縮減を目標とした技術開発が課題に挙げられています。

本四公団では長大橋技術センターが中心になって、海峡横断プロジェクトへの技術支援を通じて上記課題の解決に全力で取り組む所存です。適切なコストの架橋計画立案をめざし、これらプロジェクトの実現に寄与できることを祈念しております。関係各方面のご指導、ご鞭撻のほどよろしくお願いいたします。

橋ものがたり

茨城県の橋

茨城県土木部
技監兼道路建設課長
伊藤 剛



天下の副将軍、水戸黄門で有名な水戸を県都とする茨城県は、関東地方の北東部に位置し、東は太平洋、南北及び西部は千葉、福島、埼玉及び栃木の各県にそれぞれ接している。筑波山周辺の広大な台地や、霞ヶ浦・北浦などの湖沼、利根川下流の水郷地帯、北部は阿武隈山地、八溝山地が連なり多彩な自然をもつ県である。

かつては、農業が産業構造の中心となっていたが、鹿島コンビナートや筑波研究学園都市の建設、首都圏に近い地の利を生かしたニュータウンの建設等により、先進の気風溢れ、首都機能移転の候補地ともなっている昨今である。

本県の道路の特色は、なんと言っても道路延長が長いことであろう。北海道に次いで全国第2位である。これは可住地

面積が第4位と大きいことと無縁ではないが、歴史的に道路の発達を必要とする要件があったことによると思われる。

本県の大部分は、江戸時代、徳川御三家の一つ水戸藩の支配地であり、陸奥の国への連絡路にあたり、東北諸藩の参勤交代や公用による交通が頻繁であったと思われる。また、水運を基本とした物資運送の荷揚げ場を結ぶ陸路の整備等が進められた。このようなことが、道路の発達の大きな原因と思われる。事実、江戸時代に幕府により整備された基幹道路である五街道の一つ「奥州街道」が県西部を縦断し、「水戸街道」をはじめとする脇街道・小街道が、この時代に県内全域を縦横に結んで整備された。これらの街道が現在の県内の基幹道路である国道、主要地方道の前身となっている。

本県の橋梁の特色を道路統計の数値から見ると、橋梁の箇所数は、2,483箇所です。これは行政面積とほぼ同じ順位であるが、道路延長あたりの箇所数、及び橋梁延長は全国47位と最も少なくなっている。また、1橋あたりの

平均延長は、57.7mと全国14位になっている。これらのことから、本県は道路延長の割には橋梁が少ないが、比較的橋長の長い橋梁が多いということがいえる。

では本県の「伝説や謂われのある橋」を紹介いたします。

位置図





寿 橋

1

ことぶき

寿 橋

「国道6号」の前身である江戸時代の「浜街道」は、藩領型呼称を用いて、水戸以南は「水戸街道」、以北は「岩城相馬街道」といった。水戸藩は寛永2年（1625）、千波湖^{せんばこ}の東岸を埋め立て、田町と呼ばれる新開地を造成した。この地域が下町であり、上町の商人たちを移住させ城下の商工業の中心とした。この下町の中心となったのが本町で、前記街道の起点となった。

「岩城相馬街道」は、本町通から城下町特有の鈎^{かぎ}の手状に折れ曲がった通りの曲尺手町^{かぎのて}を抜け、那珂川畔の細谷村舟渡に出る。ここから対岸の枝川宿へ舟で渡っていたが、明治18年10月「濱路橋」が架けられた。木橋のため明治29年9月の那珂川洪水により流失し、しばらく渡船の時代が続いたが、地元の強い要望で、大正元年11月に「浜街道唯一の鉄橋」として全長95間（約173m）幅3間（約5.4m）の「寿橋」が架けられた。橋の名前は、当時の知事がめでたい名前ということで「寿橋」と命名した

と伝えられる。橋の完成は、兩岸の住民をたいへん喜ばし、活動写真や、芝居等が上演され盛大に祝賀会が催されたということである。

主桁はI型鋼、床版は木製、橋脚は鉄パイプで井筒基礎により支持されていた。これらの鋼材は英国から輸入されたものであった。

この橋は、当時としては珍しい鉄製橋脚のため、木橋には必ず付いていた“チリよけ”がなかった。これが住民の自慢のタネだったが、昭和13年の洪水で流されてきた先々代の「万代橋」が衝突し、一部が壊れてしまった。このため“チリよけ”が設置されたが、最近の橋ではかえってそれが珍しい橋となった。

その後、床版や高欄の取り替えといった補修工事はあったものの、何十回となく襲った洪水にも耐えてきた「寿橋」であったが、ついに昨年8月の集中豪雨により、流失破壊してしまった。人間で言えば米寿を目前にした大往生であった。現在、この「寿橋」に代わる新橋の建設に向け、調査設計を行っている。



水府橋

2

すい ふ
水府橋

「水戸街道」・「岩城相馬街道」は、明治5年4月太政官達第139号により、「陸前浜街道」と称し、明治18年2月24日内務省告示で国道表を示し、各々「第14号国道」「第15号国道」となった。その後、大正9年4月にこの路線は「国道6号」となり、この呼称が現在まで続いている。

時代の進展とともに、自動車の普及等により城下町特有の狭く、屈曲の多い道路は不便となり、また水戸駅周辺は鉄道との交差が3カ所もあり、新道の開通が求められた。この要求に

応じて、昭和7年5月25日にJR水郡線の上流に、「水府橋」が架けられた。

水府橋は、アメリカで学んだという技師が設計し当時としては最新式の橋で、橋長171m、左右に2mの歩道をもち、上部工は曲弦ワーレントラス構造という斬新なものであった。

その後、さらなる交通渋滞緩和のために、水戸バイパス「水戸大橋」が昭和46年3月に完成すると、水府橋経由は旧国道となったが、市街地中心部への流入交通量は依然として多く、朝夕は非常な混雑を呈している。



水戸大橋

水戸八景の一つ「青柳の夜雨」が那珂川河畔にある。この辺り一帯は旧青柳村で、古くからの重要な渡しがあった。この村は那珂川で鮭留（さけどめ）という網漁で鮭をとっており、水戸城中にも献上していたという。ここに永久橋が架けられたのは、先々代の橋が昭和13年の洪水で流された2年後の昭和15年である。橋長179.4m、幅員5.5mの長大橋であり、RCゲルバーT桁の立派な橋であった。橋名は木橋時代の名を受け継いで「萬代橋」と命名された。

昭和20年の水戸空襲にも耐え、水戸の戦後をみつめてきた。食料難の終戦直後、那珂郡や

久慈郡から米や野菜を水戸に運ぶ荷車が通った。今では水戸公設市場に出入りするトラックが駆け抜け、相変わらず水戸市民の胃袋を預かる橋であるが、交通量は桁違いに増え、主要渋滞ポイントになっている。

昭和61年8月の那珂川の洪水で、激甚災害対策特別緊急事業による河川改修工事と併せ、交通混雑緩和とともに沿道地域の新たな都市整備を目的に、新橋が建設された。新しい「万代橋」は、旧橋の上流120mに位置し、県内初の斜張橋型式を採用するとともに、バルコニーを設置し景観面での配慮をした。

万代橋



旧万代橋



萬代橋

4

かいもん
海門橋

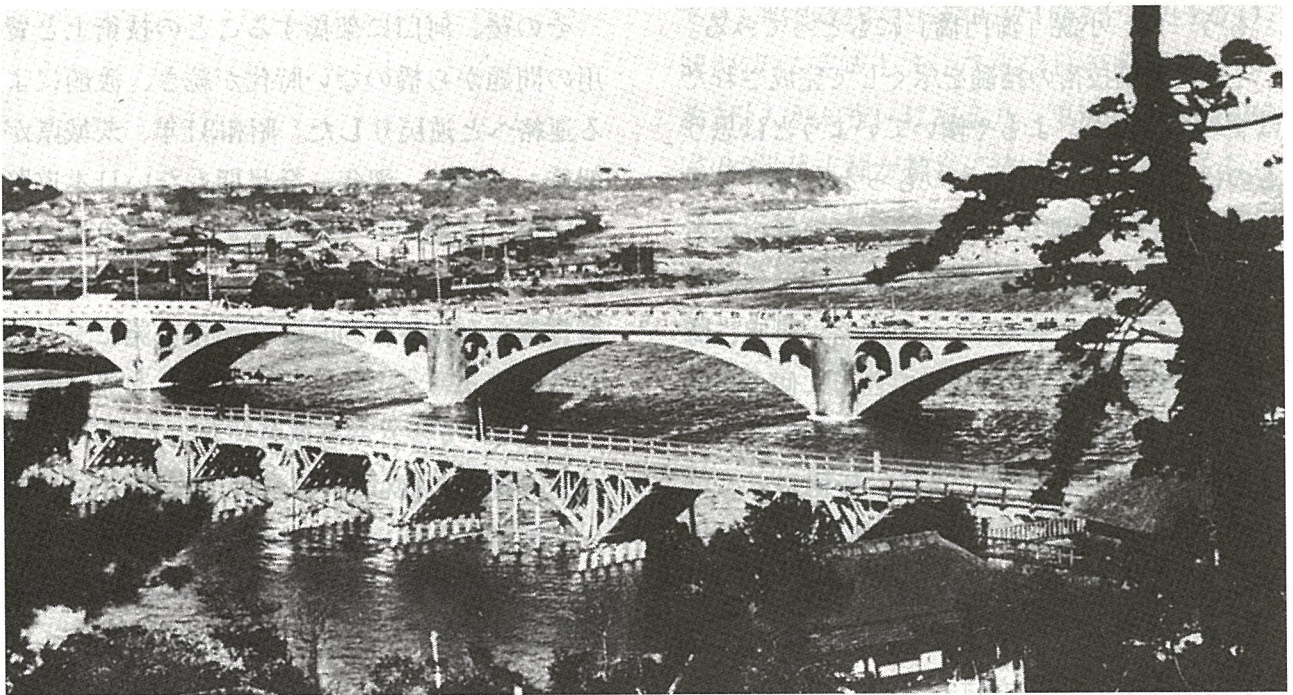
『磯節で知られた大洗に遊ぶ人は、那珂川の河口をまたいで、すばらしい四連のアーチリング（大拱環）をもって、にじのように西北にかかっている海門橋を見るであろう。橋長は二百メートルであるが、スパン（径間）の大きいことは日本一で、あるいは東洋に類があるまいといわれるコンクリート・アーチブリッジである。（中略）

最初、橋が架設せられたのは明治28年であったが、もちろん木橋で、翌29年には早くも流失してしまった。31年ふたたび架設されたが、これもまたいくほどもなく破壊流失している。（中略）平素はまことに美しいおだやかな川なのだが、雨季にはいり、一朝洪水となると、下野的那須岳を発した水はたちまち四十里を流れ下り、おびただしい岩礫を押し流し、7万立方尺の水量となって、一挙に河口に奔流してくるのだ。かけては流され、かけては流され、近くでは大正7年頃に上流十数間

のところに架設されたが、15年の9月にまたやられてしまった。それから30幾年ぶりで、地元の人々の長い間の要望がようやく達せられ、40万円の工費と約2年の歳月を経て、はじめて現在の海門橋が開通したのである。（後略）』

「橋」という名が付いた小説や、橋が情景として出てくる小説は、日本に数多くあるが、橋の建設やその技術者について正面から取り組んだ小説は、数少ない。昭和8年に書かれた、小山いと子の「海門橋」はその代表的なものである。冒頭に掲げたのはその一節であり、木橋時代からの経緯や昭和5年に完成した橋について詳しいので引用した。

那珂川河口の海門橋は、明治、大正年間に何度となく木橋が架けられたが、何れも洪水で流失してしまった。当時の架橋技術では、河口における自然条件が厳しすぎて、永久橋の建設が出来なかったのである。この小説の主題とな



昭和5年完成時の海門橋



海門橋

っている海門橋は、昭和5年になって架けられた鉄筋コンクリートの永久橋であり、4連のアーチがつらなっただけの見事な橋で、だれ言うとなか「虹のかけ橋」と呼ばれ、その完成に地元は歓喜したものである。堅固な鉄筋コンクリートの「虹の架け橋海門橋」は、今度こそどんな大型台風でも心配はない、と誰もが信じていた。ところが、昭和13年6月の洪水で架橋後わずか8年で崩落してしまったのである。

もう一度、小説「海門橋」にもどってみる。

『近代架橋技術の精髓を尽くして完成されたはずの海門橋が、よもや傾いていようとは思っているものはないであろう。そのもっとも沈下している二番目の橋脚に、あるいは気の付いた者があるとすれば、その人はたぶん、自分の目の錯覚に帰したに相違ない。(中略) 事実、海門橋は約5度の傾斜度を持って西方に傾き、北から2番目にあたるアーチリングが60センチほど低下していたのだ。当時、極秘のうちに報告を受け、調査におもむいた専門家たちは、ほとんど色を失ってしまった。(中略)』

「そんなアーチブリッジを、あの火山灰みたいな地盤に、あなたはどのようにしてやればいい

といわれるんです。一個のウェル（井筒）もケーソン（潜函）も用いないような脆弱な基礎工事が、コンクリートの全重量に対して……」 「きみはまたぼくに向かって学課のおさらいをするつもりかね。ふん、まだあれを、トラス（鋼構橋）かプレートガーダー（鋼板桁橋）にしなくては、というんだろう」

「いいえ、必ずしもそうでなくても、せめて基礎工事にもう少し……」』

その後、河口に架橋することの技術上と費用の問題から橋のない時代が続き、渡船による連絡へと逆戻りした。昭和31年、茨城県が架橋へと動き、翌年、発足間もない日本道路公団が引き継いで工事を進め、34年6月に完成した。前車の轍を踏まないように、慎重に地質調査が行われ、旧橋の20m上流に、下部工にはニューマチックケーソン、上部主構造はランガーガーダーを採用した。

完成後20年間は有料だったが、昭和54年からは無料となり、現在は茨城県が管理している。橋上からは、太平洋にたどり着いた那珂川最後の姿を一望することが出来る。



久慈大橋

5

くじ 久慈大橋

名だたる暴れ川であった久慈川の河口一帯は、かつては広々とした低湿地であった。久慈町と東海村を結ぶ交通路は、JR常磐線の上流にかけられていた木橋（留橋）によって結ばれていたが、たびたびの水害の発生、交通手段の発達や取り扱い荷物の増加などにより、不便が感じられてきた。

また、東海村に原子力研究所や原子力発電所等を中心とした施設を立地した結果、大型機械や部品の輸送のための港の設置が求められ、さらに工業都市日立市の発展による物資輸送の必要性に応じて日立港の建設が始まった。建設位置は、日立市及び久慈町の久慈川河口であり、久慈漁港と一体の改修・整備により昭和42年に開港した。

こうした物流を担う海岸道路として、県北の工業都市日立市と東海村、那珂湊を結ぶ「国道245号」の整備が計画され、産業道路と

して建設されるに至った。このとき東海村豊岡と日立市留町間の現在地に、久慈川を渡る橋として建設されたのが「久慈大橋」である。

橋長366m、幅員8mのワーレントラス橋であり、昭和32年から総工費4億2千万円をかけ、同38年に完成した。7月23日の開通式には、約2千人がお祝いに集まり、東海村照沼の川崎家の3世代夫婦が神官に続いて渡り初めを行った。松林の緑のなかに、赤く塗られた大橋はひときわ目立ち、地元の人々に、「久慈川の赤橋」と呼ばれ親しまれている。現在、上流の国道6号「^{さかき}榊橋」、常磐自動車道「久慈川橋」とともに、この地域の大動脈としての役目を担っている。

東海村石神外宿は村の最西端に位置し、ここを南北に貫く「国道6号」は、江戸時代の「岩城相馬街道」をほぼ継承している。この街道は、東海道、奥州東通などとも呼ばれ、水戸から陸奥岩沼へと通ずる道幅三間の大道であった。外宿には参勤交代の大名のための本陣もおかれ、15人、15匹の人馬が常備されて

いたほか、多人数の通行の際には、近隣の村々に助郷が課せられた。

石神外宿には、久慈川を渡る渡船場があった。渡船場の管理には、水戸藩の厳重な指示があったらしく、寛永11年（1634）、久慈川の渡し守から水戸藩へ、次のような証文が出されている。



「指上申手形之事

一、往来の衆上下によらず、夜中をかぎらず、又は大かたの風吹申候共、油断無く舟を渡し申す可事
 一、商人荷のうんちん、ぜん々より取来し外、壺せんもおほく取申まじく候事
 一、渡し舟常に油断無そうじ仕る可事
 右、仰付けられ候旨、少しも相そむき申まじく候、もし相そむき申候はゞ何様にも御法度仰せ付けらる可く、後日の為一札さし上申候、仍て件の如し」往来の人々の便宜のため、可



能な限り舟を出すこと、舟賃で暴利をむさばらない事、舟は常に清潔を保つこと、この三点が渡船場の掟として重視されたことが窺える。



渡り初め

明治28年6月、この渡しに橋が架けられた。木橋で洪水のたびに流失するので、昭和5年、鉄筋コンクリートの橋が完成した。石神の神と、対岸の日立市土木内町の木をとって、「榊橋」と命名された。欄干には、その名を象徴して榊の模様の鋳物の柵がはめこまれていた。以後70年近く風雪に耐えてきたこの橋も、今年の3月、新橋が下流に設置されその役目を終えた。

7

さきく 幸久橋・幸久大橋

水戸城下と常陸太田、岩城の棚倉を結ぶ「棚倉街道」は、常陸国と奥州を結ぶ交通路として古くから開け、古代には官道として使われたものであるともいわれている。奥州の諸大名は参勤交代の際、「奥州街道」を利用するのが正式の規定であったが、「棚倉街道」が用いられることもあった。安永7年（1778）に、仙台藩主伊達重村が江戸から仙台へ帰るのにこの街道を利用したときには、1,800人にも及ぶ行列であったとの記録がある。

このため、水戸藩も整備に力を入れ、道、橋のほか往来の家屋の普請や立木、やぶの処理にまで細かい指示が藩から出されたようである。

近代になっても、この道は茨城県北部の重要な動脈として活用されてきている。現在は、そのコースがほぼ「国道349号」となっている。その重要性は変わらず、各所でバイパス等改良工事が進んでいる。

この国道の、久慈川を渡るところに架かる橋が「幸久橋」である。架橋以前は、同位置に渡しがあった。天保5年（1834）徳川斉昭が、水戸徳川家の墓所である瑞龍山に墓参の折り、道沿いに山桜を植えさせたと伝える桜並木が、



万葉歌碑

「幸久橋」たもとの那珂町額田側にある。

対岸の、常陸太田側の久慈川畔に万葉歌碑が建てられている。碑は山形産の安山岩斜長石の正面を彫り凹めて、万葉歌を正面に刻んだ高さ4.647mのひよろ高いもので、天を突くように建っている。傍らに久慈川改修記念碑が並んで建ち、水神宮を祀った小祠がある。碑面には、「久慈川は 幸くありまて 汐舟に



幸久橋



手前よりJR水郡線鉄橋、幸久橋、幸久大橋

真かぢしじぬき わは帰り来む」と2行に川に向かって刻まれている。この歌は、ここを流れる久慈川のほとりに住んだ丸子部佐壮が、防人として召され、北九州の辺境へと旅発つにあたり、家族との別離の悲しみと惜別の情をうたったもので、万葉集巻二十に収められている。久慈川が万葉集に登場するのは、この一首だけである。歌意は、「久慈川は、幸せに無事で待っていてほしい。防人の任期が終わったら、海の大船に、左右そろった櫓をたくさん取り付けて、私は帰ってくるから」というのである。

「幸久橋」は、昭和9年に竣工した橋長285mの鋼桁橋で、常陸太田市上河合町と那珂町額

田を結んでいる。昭和29年まで上河合町一帯は幸久村であり、村名は万葉歌から引用したという。「幸久橋」という名も万葉歌に因んでつけられた橋名で、一説によると、野口雨情の伯父野口勝一が名付け親であったと言われている。

昨年3月、「幸久橋」の下流側に「国道349号常陸太田南バイパス」が開通した。久慈川に架かる「幸久大橋」は、取付高架部も入れると1,166mの長大橋であり、幅員は将来4車線で21m（暫定2車線10m）となっている。特色としては、河川流水部基礎工に無人化ケーソン工法を採用したことがあげられる。



幸久大橋



新三国橋

8

みくに 三国橋・新三国橋

「瀬戸井街道」は、江戸時代地方街道として道幅二間（約3.6m）の中道として整備され、上野の国邑楽郡瀬戸井（現群馬県千代田町）から常陸国の水戸城下を結んだ全長約28里（約120km）の街道であった。この道は、「水戸街道」と「結城街道」の中ほどを西から水戸へ通じる主要道で、特に瀬戸井が利根川に臨んだ河岸であり、対岸に渡ると約2里で中仙道の熊谷宿に着くことから、西国と水戸を結ぶという機能を持っていた。

この街道は、渡良瀬川を舟で渡っていたが、明治14年に初めて橋が架けられた。当時は、舟橋（多くの舟を並べて繋ぎ、その上に板を渡して橋とした浮橋）で有料であった。橋の架けられた場所が、古河から下宮（現栃木県藤岡町）さらにその向かいの川辺町（現埼玉県北川辺町）に渡り、下総国、下野国、武蔵国の三国にまたがる橋のため、「三国橋」と名付けられた。

昭和6年、舟橋の下流に鉄橋を建設、下総と武蔵の両国に架かることとなったが、長く親しまれた橋名はそのまま受け継がれた。老朽化で昭和43年に現在の「三国橋」に架け替えられ、埼玉、群馬、栃木に通ずる重要な橋となった。その後、高度経済成長期に入り、ますますこの橋の利用価値が上がるとともに、

慢性的な激しい交通渋滞を引き起こし、排ガス、騒音、振動の交通公害がクローズアップされるようになった。これの抜本的な解決策として、昭和61年度にバイパス、新橋の工事がスタートした。新しい橋は、現在の「三国橋」から約1km下流に計画され、名称も公募により「新三国橋」と名付けられた。工事は順調に進み、来年3月に完成、開通の予定である。

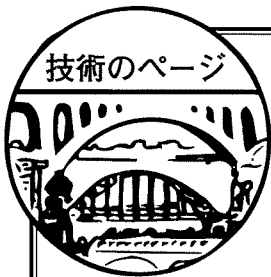
「新三国橋」は、ニールセンローゼの5連のアーチ橋であり、アプローチ橋は連続鈑桁である。アーチは内側に傾くバスケットハンドル型となっている。この橋は、レクリエーション空間としての河川敷をはじめ、堤防道路や町のあちこちから眺められる、“まち”と“かわ”のランドマークとしてのプロフィールをもつ橋である。色彩についても、渡良瀬川の風景にマッチするように、特に検討を加えている。



三国橋

本稿執筆のために、県内の橋梁について勉強する機会を得たが、「橋」に対する地元の人々の愛着、思い入れを改めて知る結果となった。現在でも、地元住民による完成祝賀の行事が催されるが、古い時代の方が娯楽の少ないこともあり、芝居や活動写真の上映等、より盛大に挙行されたようである。河川の中での難工事であり、予算の確保も大変厳しい中での橋の完成は、喜びもひとしおであったと思われる。

現代の橋の建設に携わる我々としては、今後とも、地元喜んでもらえる橋、長く愛される橋の建設を目指し、なお一層の努力、研鑽を積む誓いを新たにする次第である。



床版特集

—床版開発への取り組み—

技 術 委 員 会

21世紀の社会基盤整備に向けて、目下、第二東名・名神道路プロジェクトを始めとする各種プロジェクトが進められております。これらプロジェクトの推進のためには、経済性、耐久性、並びに維持管理に関する各種技術開発が求められております。

(社)日本橋梁建設協会では、上記課題に答えるべく、合理的な新構造・新形式橋梁の開発に取り組んでおります。

これらの検討過程におきまして、①床版構造の見直し、②床版構造と桁構造の一体化が上記課題に対する有力な回答であるとの結論に達しました。

すなわち、従来より鋼橋の床版として標準的に採用されていますRC床版を、PC床版並びに合成床版に置き換えることによって床

版の耐久性は著しく向上すると同時に、それを支持する鋼桁構造の設計自由度も高まり、橋梁構造全体として耐久性に富む経済的橋梁構造の実現が可能となります。

これに鑑み、平成8年10月に床版開発研究会を設け、主としてPC床版・合成床版に着目した開発研究を実施しております。

また、同時に設計部会では、鋼床版の合理化に着目した研究を、床版部会では床版開発研究会との連携の基にPC床版の施工に着目した各種研究を進めております。また、維持補修委員会では既設床版の取り替えに関する研究を進めております。

以下、本紙面をお借り致しましてこれら研究会・委員会・部会での成果に関しご報告させていただきます。

鋼床版橋が生まれ変わりました！

「合理化鋼床版橋」の誕生

技 術 委 員 会
設 計 部 会

1. はじめに

従来から、鋼床版橋は軽量で下部工にやさしい・現場工期が短い・桁高が低くできる、などの理由から、都市型橋梁・長大橋の分野で広く用いられてきました。一方、建設費が高くつく・重交通量下の橋梁における床版の疲労亀裂・舗装割れの事例があるなどして、改善すべしとの要望が寄せられていました。

このたび、いくつかの基礎的実験・研究のもと、同形式橋梁のもつ長所を生かしつつ、短所を克服した橋梁を開発したので、ここにその概要を報告致します。（詳しくは、当協会発行の「新しい鋼橋の誕生」および、「鋼床版2主桁橋設計例」をご覧ください。）

2. 「従来形鋼床版橋」の長所・短所

長 所

- ①コンクリート床版を持たないため、各種橋梁形式の中にあって最も軽量である。試算によれば、支承反力はコンクリート床版を持つ鋼箱桁橋のおよそ1/2、PC箱桁橋の1/3である。（「新しい鋼橋の誕生」4.支承と支点反力 参照。）
- ②全量工場製作のために、高品質な橋梁を提供できるばかりでなく、現地における施工の工期を大幅に短縮することが出来る。
- ③床版部分がコンクリート製（厚さ200～300mm）に比べて薄い鋼板（ $t=12\text{mm}$ 程度）によって構成されているので、桁の全高を低く抑えることが出来る。

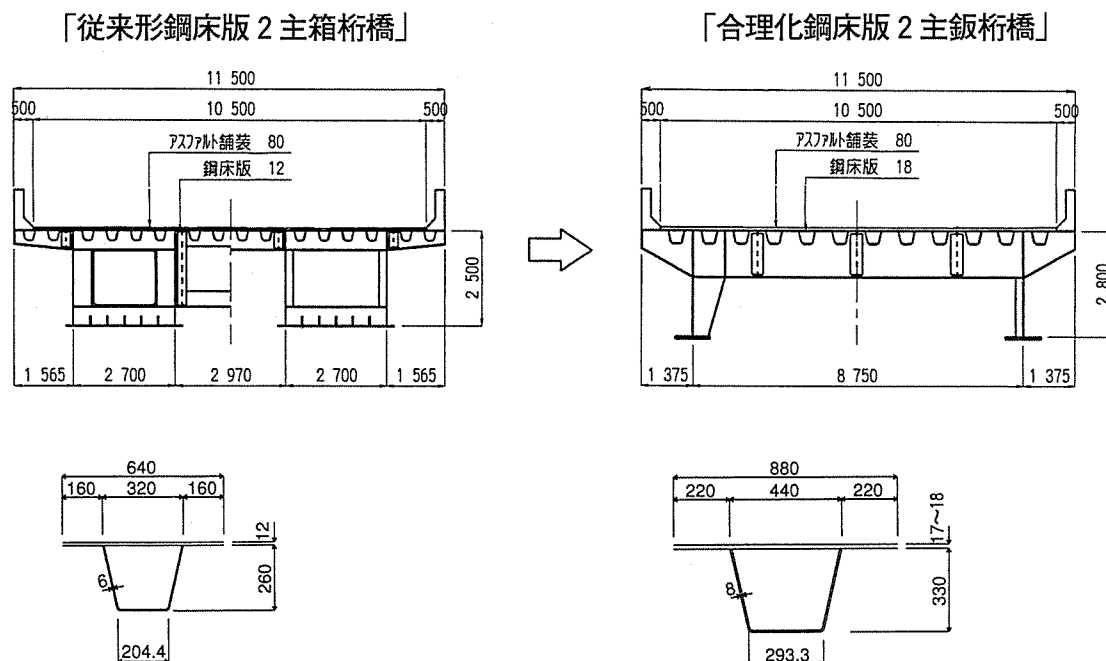
短 所

- ①桁を構成する材片数が多く、溶接延長も長いので製作費が高い。
- ②輪荷重を直接支持する構造のため、疲労による損傷を受けやすい。
- ③鋼床版が可撓性に富むため、橋面舗装が割れることがある。

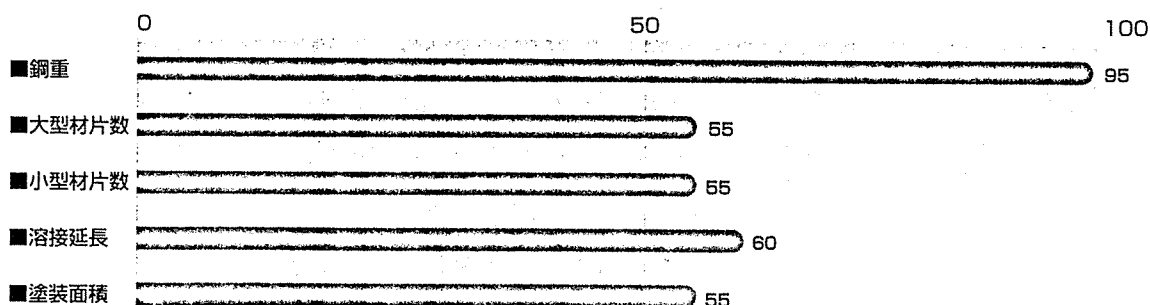
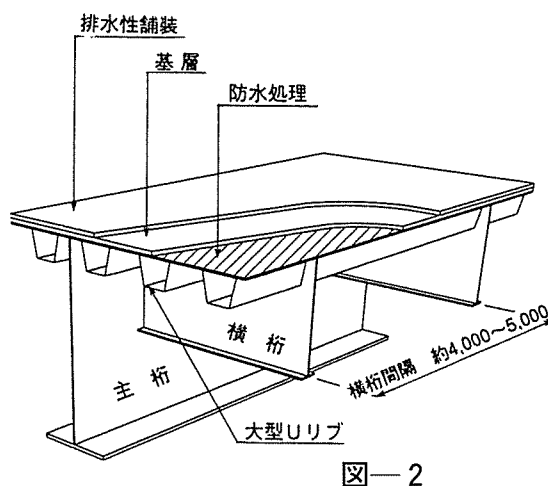
3. 「合理化鋼床版橋」の特長

前項で述べた「従来形鋼床版橋」の短所を改善したものが「合理化鋼床版橋」であるが、構造的にはデッキプレートを厚くし、かつUリブ断面を大型化することによって鋼床版自体の剛性を高め、舗装に与える悪影響を軽減するとともに、鋼部材の疲労強度の向上を図っている。また組立て材片数ならびに溶接延長が減ったことから、工場製作も容易になっている。

4. 「従来形鋼床版橋」と「合理化鋼床版橋」の比較



合理化鋼床版イメージ図



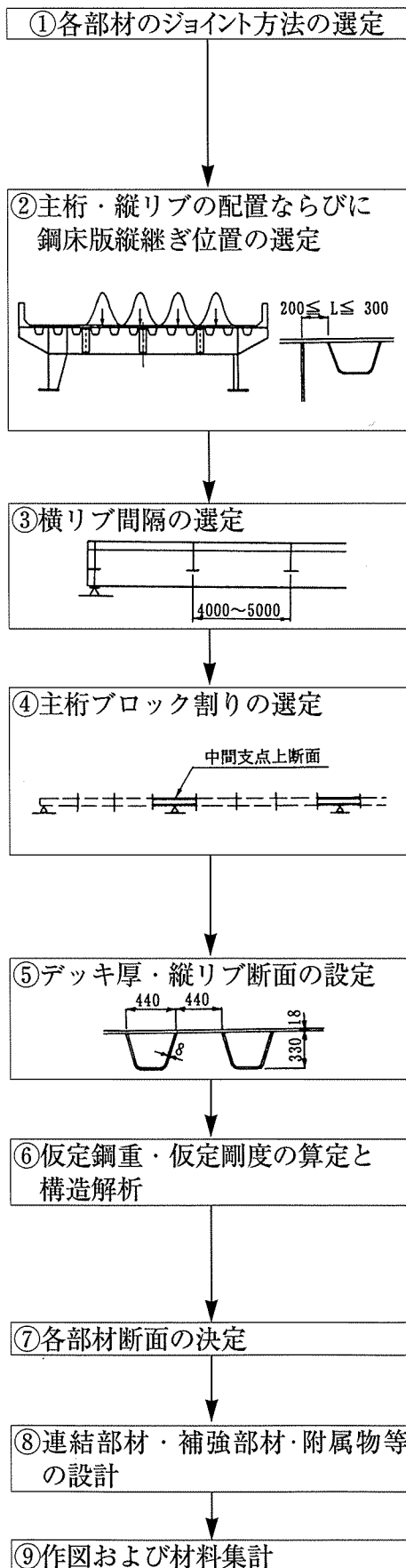
表—1

「新しい鋼橋の誕生」より

「従来形鋼床版 2 主桁桁橋」を100とした場合の「合理化鋼床版 2 主桁桁橋」の各項目比

5. 設計例

5-1. 設計の手順



①架橋地の状況・経済性・景観上の選択によって異なるがここでは、鋼床版：現場溶接、縦リブ：HTB、横リブ：HTB：主桁：下フランジは溶接、ウェブ：HTBとしている。

②主桁位置・横リブのジョイント位置は、輪荷重頻度分布の大きな所を避けることが望ましい。(事例では、輸送上の制約からやむをえず載荷頻度の大きな所に横リブのジョイントを設けている。) なお、腹板と隣接縦リブの離れは腹板直上デッキの局所曲げを抑えるためと、添接ボルトの施工性を加味して200~300mmほどに抑えるのがよい。

③横リブの位置の設定には、防音壁支柱など橋梁付帯設備との取合いを考慮しなければならないが、5mを上回らない範囲でなるべく大きくとるのが経済的である。

④中間支点上のブロック長は、寸法・重量面の輸送限界を考慮して決定する。(輸送限界はデザインデータブック参照。主桁のジョイント位置は、縦リブの継手位置〔横リブ間隔の1/4の点〕と一致することに注意を要する。) また、残部(左図破線部)についても、輸送限界を考慮した上でほぼ均等割りする。

⑤デッキ厚は道示Ⅱ6.2.5によって定めるが、事例では、疲労強度の向上、舗装ひび割れ防止への配慮から、若干の余裕を見て18mmとしている。

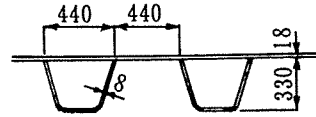
⑥仮定鋼重・仮定剛度はデザインデータブックならびに既設工事の諸データを参考にして求める。また、構造解析が終了した時点で活荷重たわみの照査を行っておく。

⑦主要部材の断面が決定した時点で、概算数量・部材剛度を算定し、仮定値との相違を調べる。また、場合によっては新たに把握した設計諸数値を以って、一連の設計手順に沿った修正設計を実施する。

5-2. 各部位の断面決定

(1) デッキプレート

道示Ⅱ.6.2.5「デッキプレートの最小板厚」によって定める。これによると、必要板厚： $tr=0.037 \times 440=16.3\text{mm}$ となるが、「疲労強度の向上」ならびに「舗装割れ防止」への配慮から若干余裕をもって決定する。



(2) 縦リブ

縦リブの諸条件によって、その最適形状が異なるのは当然であるが、通常の道路橋においては、製作コストの面からこれら実績のある寸法形状のものを採用しておくのが無難である。

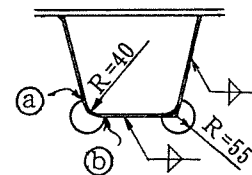
大型Uリブの使用実績

- ① U. 440×330×8×40
- ② U. 450×330×8×40
- ③ U. 454×332×9×45

図—3

(3) 横リブ

横リブと縦リブとのクロス部の切り欠き形状については、縦リブ・横リブの疲労特性を考慮して定めている。(U縦リブ下フランジと横リブウェブを溶接することによって溶接止端部 ①に発生する応力度を低減できる。) また、腹板については厚いほど ② ③ に生ずる局部応力を抑えたとの研究成果に基づき、多少厚めのもの(15mm)を採用するものとした。

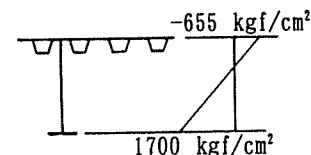


図—4

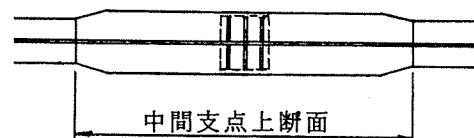
(4) 主桁

主桁は橋軸に沿って断面力が著しく変化するので、断面を変化させる必要があるが、製作施工性に配慮して一部材一断面とする。上フランジとなるデッキプレートについては(1)において定めた板厚を前提に、発生応力に照らして使用材質を検討することになる。

腹板の形状選定に際しては、水平補剛材の使用が一段以下になることを原則とする。ただし、一般に鋼床版橋では右図のように上フランジの側の応力度が小さくなることから、これを配慮に入れて補剛材を配置するものとした。



下フランジは、径間部においては幅一定とするが、端部および中間の支点部では断面構成の合理性ならびに支承などとの取り合いを考慮して決定する。



図—5

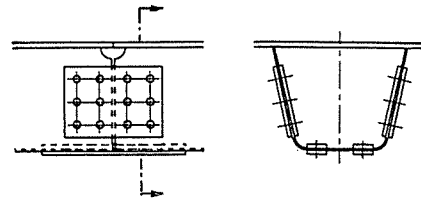
5-3. 部材の連結

(1) デッキプレート

死荷重の低減（ボルト継手を採用した場合、添接板とボルトの重量のみならず舗装が厚くなるので、死荷重は増大する。）、舗装敷設時の施工性、舗装打替時の剥離作業の施工性などを考慮して、デッキプレートは現場溶接によって連結する。

(2) 縦リブ

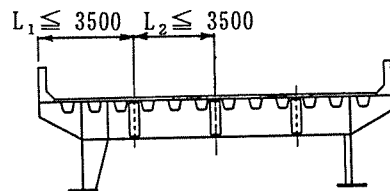
桁架設時の施工性ならびに疲労強度に対する弱点部を減ずる意味から、高力ボルトを用いた継手（右図）とする。また、よりスムーズなる応力の伝達に配慮して下フランジも添接するものとした。



図—6

(3) 横リブ

鋼床版の輸送上の制約から、3.5mを上限として添接部を設ける必要がある。上フランジであるデッキプレートの連結は溶接によっているが、腹板・下フランジについては現場での施工性を考慮して高力ボルトを用いた継手構造とする。



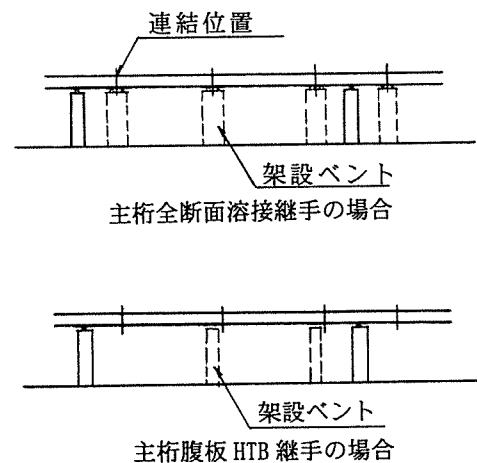
図—7

(4) 主桁

上フランジであるデッキプレートの連結は現場溶接である。

腹板の連結は高力ボルトを用いた添接方式とする。（腹板の連結に高力ボルトを用いることは、単に腹板連結の作業性を高めるのみならず、架設ベントの数ならびに幅を減ずることが出来るなどメリットが多い。）

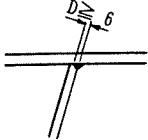
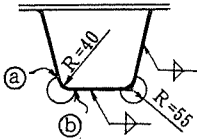
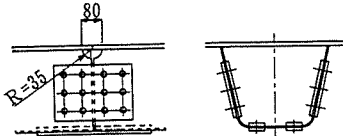
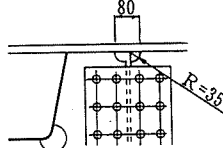
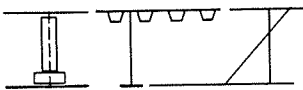
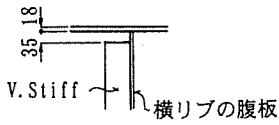
下フランジは、現場溶接によって連結する。（一般に2主桁構造では、下フランジはかなりの厚板となり、ここに高力ボルトを用いるとなると多列配置となり、構造上好ましいものではない。）



図—8

5-4. 構造詳細

「合理化鋼床版橋」では、構造ディテールの選定に際して、“コストの低減”“疲労耐力の向上”“舗装割れに対する環境改善”などを主眼に検討した。下表に改善を加えたディテールを示す。

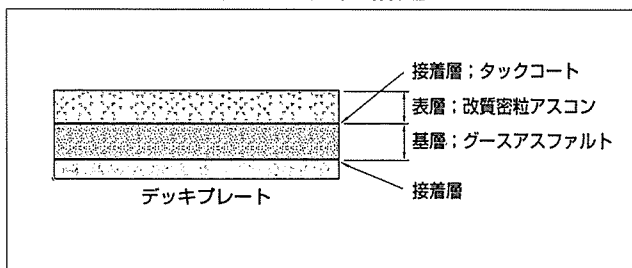
改善ディテール	備 考
デッキプレートと縦リブの溶接  $D \geq 0.75t = 0.75 \times 8 = 6\text{mm}$	溶接継手部の十分な溶け込みを確保して、疲労耐力の向上を図った。
縦リブが貫通する横リブのスカラップ 	縦リブ下フランジと、横リブ腹板を溶接することによって、溶接止端 ① の応力変動を抑える。
縦リブの継手構造 	疲労強度の向上を図るため、下フランジを連結する。 スカラップの幅を狭くして、疲労強度の向上を図った。
横リブの継手構造 	スカラップの幅を狭くして、疲労強度の向上を図った。
主桁腹板の添接形状 	応力分布に適合したボルト配置とすることで、材料の軽減ならびに現場での施工性の向上を図った。
横リブ・横桁の垂直補剛材の上端部形状 	垂直補剛材とデッキプレートは非接触とし、デッキプレートの局所曲げによる諸弊害を除去した。
主桁垂直補剛材の上端部形状 	同 上

6. 舗装の研究

「合理化鋼床版橋」は、従来の構造に比べれば剛性も高く舗装にやさしい構造になっています。したがって、舗装については本四架橋等で実績のある仕様（グースアスファルト）で施工すれば耐力性等は問題ありませんが、より一層の機能の向上ならびに経済性を追求するための検討が行われているので以下に一例を示します。

- ①表層は、走行安定性と騒音の低減効果が期待できる排水性舗装の適用を検討しています。
- ②基層は、従来から用いられてきた実績豊富なグースアスファルトに加えて、敷設時の

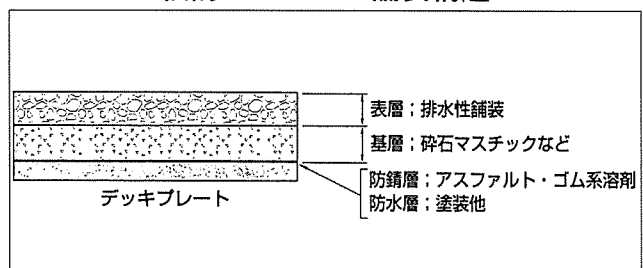
従来型舗装構造



温度が低く、橋体や塗装への影響が少ない舗装の適用を検討しています。

- ③また、同じく基層について、剛性が高いことによりわだち掘れが生じにくく、かつ防水性能に優れている、という特長を有する舗装についても検討しています。
- ④防錆層は、デッキプレートとの接着および防錆を期待したアスファルト・ゴム系溶剤の採用、または防水塗装などを採用することを検討しています。

検討されている舗装構造



図—9

7. おわりに

ここに報告する「合理化鋼床版橋」は、当協会が昨年から今年にかけて発行しました「新しい鋼橋の誕生」「同床版編」「鋼床版2主桁鉸桁橋の設計例」からの抜粋であり、詳細についてはこれらをご覧ください。

「合理化鋼床版橋」の開発に当っては、今までの蓄積された技術・資料を活用させて頂き、これを基に検討を重ね、FEM解析・試設計に取組み、一応の成果を生み出すことが出来ました。

「より良いものを後世に残す」との信念のもと、多くの人が労を惜しまず持てる知恵を、また技術資料を提供してくれたことを心より感謝申し上げます。

今後とも、少しでも改善の余地があればこれを取込み、より良い橋梁形式に育て上げて参る所存ですので、ご指導賜りますようお願い申し上げます。

床版開発への実験的取組み

技術委員会
床版開発研究会W/G

1. はじめに

床版開発研究会は、コンクリート技術、特にプレストレスト・コンクリート技術の鋼橋分野への適用並びに会員への普及を目指し、平成8年10月に設立された研究会です。

具体的には、P C床版の設計・施工技術の習得を目的に、後述のP C床版の耐久性検証のための実物大試験体の設計、製作管理を実施し、単に、耐久性試験による床版の特性を把握するだけではなく、実施工に向けた技術習得を図っております。

その他、少数主桁向けの長支間リブ付きプレキャストP C床版の開発、同じく合成床版の開発並びに各社開発の床版の標準化マニュアルの整備を進めております。また、会員へのP C技術普及を図る目的に、各種P C技術関連講習会を支援致しております。

本報告はこれらの活動成果の内、昨今、プレキャストP C床版の継手形式として定着しつつあります①「ループ継手」、並びに現場打ちP C床版を対象として②「プレストレスの度合いが床版の耐久性に及ぼす影響」に着目した移動輪荷重試験結果を、また、「橋軸方向にプレストレスしないP C床版を有す連続合成桁」の中間支点付近の床版の耐久性に着目した③「負曲げモーメントにより引張り力を受ける貫通クラックを生じた床版の移動輪荷重実験」、および、④「波形鋼板を外枠とした合成床版」の各種基礎試験結果について報告させていただきます。

但し、今回実施致しました実験は、限られた時間でのごく少数の供試体によるもので、これらの結果から一般性を云々するには危険も伴いますが、少なくとも既往の床版との対比においてP C床版、合成床版の高耐久特性は明らかになったものと考えます。

目下、各所におきまして数多くの関連研究が行われており、これら成果とともに本報告内容を参考にして頂き、より合理的な床版の開発並びに施工法の確立の一助となることを願い以下の技術報告をする次第です。

2. P C床版の耐久性試験

2.1 ループ継手を有するプレキャストP C床版の耐久性試験

2.1.1 実験目的

近年、工期の短縮と品質・耐久性の向上とを目的に、従来の場所打ちR C床版に代わり、プレストレスを導入したプレキャスト床版を採用する機会が増えている。プレキャスト床版に関する研究は、プレストレスを導入しない床版のみならず、プレストレスを導入した床版についても、諸外国をはじめ、わが国においても数多く行われ、実橋に適用された事例も多数報告されている。しかし、これまでのプレキャスト床版に関する研究は、静的耐力や設計手法に関するものが多く、損傷原因となる疲労耐久性に関する研究は、最近、輪荷重走行試験機の導入にともない、その研究事例¹⁾³⁾が増えているものの、今なお少なく、

十分なデータが得られているとは言い難い。本実験では、現場型枠が不要でかつ鉄筋継手長の低減が図られることにより、その施工実績が増えているRCループ継手を用いたプレキャストPC床版について輪荷重走行実験^{1),5)}を行い、本形式の継手部の疲労耐久性および最終破壊形状について確認した。さらに、継手を設けないプレキャストPC床版についても同様な実験を行ない、継手の有無による差を比較検討した。本実験は、(社)日本橋梁建設協会と建設省土木研究所構造橋梁部橋梁研究室との共同研究⁶⁾として行ったものである。

2.1.2 実験対象とするRCループ継手構造

本実験で採用した床版構造は、床版支間方向にプレテン方式によるパーシャルプレストレス（フルプレストレスの75%）で設計したプレキャスト床版を対象とし、継手構造にはRCループ継手を採用した。床版支間直角方向の補強鉄筋量は、配力鉄筋量の1/2とした。実験は床版支間3.2mの連続版を対象とし、正の曲げモーメント部分2.5mを取り出し、単純支持として実験を行った。輪荷重走行による載荷は、16tfより4万回往復走行毎に2tfずつ階段状に荷重を漸増する方法とした。床版厚は、道示の最小版厚とRCループ継手の鉄筋曲げ半径から決まる必要厚さを考慮し、かつ図-2.1に示すように床版厚と経済的なPC鋼材の配置間隔の関係を検討して決定した。床版支間3.2mの連続PC床版の最小版厚は19cmとなる。しかし、床版厚を極端に薄くした場合、必要とされるPC鋼材の配置間隔が小さくなり、PC鋼材量が増加する。一方、床版厚が23cmより厚い場合には、PC鋼材の配置間隔が変わらないため、床版厚を厚くすることは経済性につながらないことがわかる。したがって、床版厚と必要PC鋼材量の検討

結果より、支間3.2mの連続PC床版の経済的床版厚は23cmとなる。

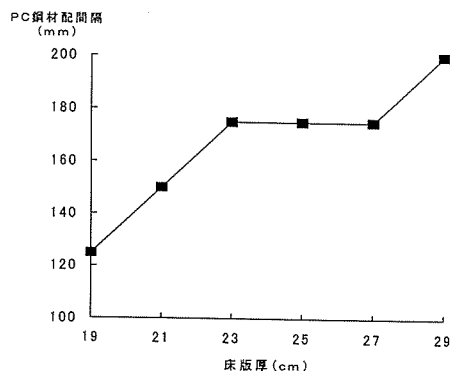


図-2.1 床版厚とPC鋼材配置間隔との関係

本実験で採用したRCループ継手の構造詳細を図-2.2に示す。図-2.3に継手なし実験供試体、図-2.4にRCループ継手を有する実験供試体の概要を示す。

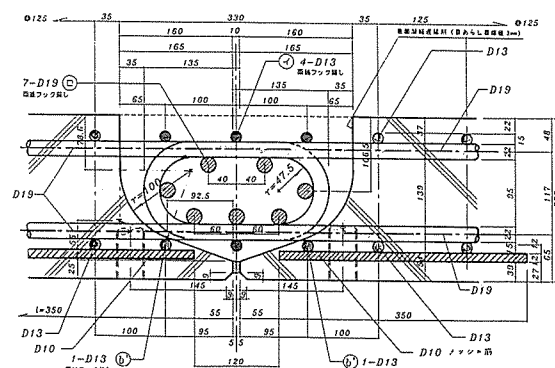


図-2.2 RCループ継手構造

2.1.3 実験供試体

(1)材料およびその性質

本実験に用いたコンクリートの配合を表-2.1に示す。コンクリートは早強ポルトランドセメントを使用し、設計基準強度の $\sigma_{ck} = 500 \text{ kgf/cm}^2$ 、スランプは12cm、空気量は4.5%を目標値とし、鉄筋はSD295A(D19, D13), PC鋼材はPC鋼より線SWPR7B 15.2φを使用した。表-2.2に実験時のコンクリート圧縮強度、弾性係数、ポアソン比、引張強度を示す、表-2.3に鉄筋およびPC鋼線の力学的特性を示す。

表-2.1 コンクリートの配合

水セメント比 (%)	細骨材率 (%)	空気量 (%)	スランプ (cm)	単位量 (kgf/m ³)				
				水	セメント	粗骨材	細骨材	混和剤
36	41	4.5	12	153	422	752	1,088	2.22

表-2.2 コンクリートの力学的特性

	圧縮強度 (kgf/cm ²)	弾性係数 (kgf/cm ²)	ポアソン比	引張強度 (kgf/cm ²)
RCループ供試体	479	2.71E+05	0.167	30.1
継手部コンクリート	525	2.88E+05	0.176	38.3
継手なし供試体	489	3.02E+05	0.156	28.7

表-2.3 鉄筋およびPC鋼線の力学的特性

	降伏荷重 (tf)	最大荷重 (tf)	降伏点応力 (kgf/cm ²)	引張強さ (kgf/cm ²)	伸び (%)	公称断面 (cm ²)
鉄筋 D10 SD295	2.74	3.99	3,836	5,599	18.5	0.713
鉄筋 D13 SD295	4.43	6.65	3,494	5,246	21.9	1.267
鉄筋 D19 SD295	10.54	15.62	3,678	5,453	18.6	2.865
PC鋼線 φ15.2mm SWPR7B	24.90	26.94	17,950	19,034	7.5	1.387

(2) 供試体

1) 継手なし供試体

図-2.3 にプレテン方式のパーシャルプレストレスを導入した継手なし供試体の一般図を示す。供試体の寸法は、これまでに建設省土木研究所で行われたRC床版に関する輪荷重載荷実験に合わせ床版支間2.5m、橋軸方向床版長4.5mとした。

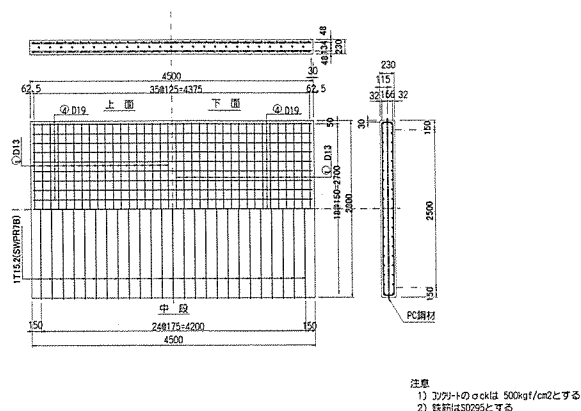


図-2.3 継手なし供試体 (単位:mm)

2) RCループ継手供試体

図-2.4 にRCループ継手供試体の一般図を示す。床版中央位置にRCループ継手を1カ所設けた供試体を製作した。RCループ継手部のコンクリートは、プレキャストパネルと同様のコンクリートを使用し、同強度のコンクリートを打設し、一体化した。

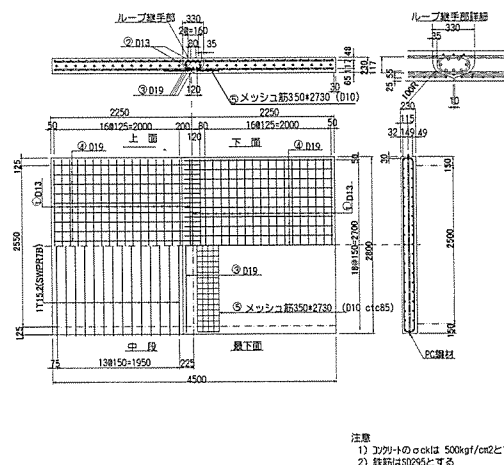


図-2.4 RCループ継手供試体 (単位:mm)

2.1.4 実験方法

(1) 載荷方法

輪荷重走行実験は、図-2.5 に示すように階段状荷重漸増載荷方法により、16tfより4万回毎に2tfずつ段階的に荷重を増加させ、供試体が破壊に至るまで行った。具体的な載荷方法は、以下に示すとおりである。

STEP-1: 輪荷重走行実験に先立ち、弾性範囲内における静的載荷実験を行う。載荷荷重は、0~16tfまで2tf刻みに増加させ、弾性挙動の計測を行う。

STEP-2: 輪荷重16tf載荷時と除荷した状態で各々計測を行う。

STEP-3: 輪荷重16tfより移動載荷を開始する、載荷回数100回、1,000回、5,000回、10,000回、20,000回、40,000回走行後に停止し、荷重を除荷し、残留たわみおよび応力の測定を行う。

STEP-4: 以後、載荷回数40,000回毎に、載

荷重を16tfより2tf刻み増加させ、供試体が破壊に至るまで繰り返し載荷を行う。各荷重段階で、荷重載荷時と除荷時の変位および応力の測定を行う。

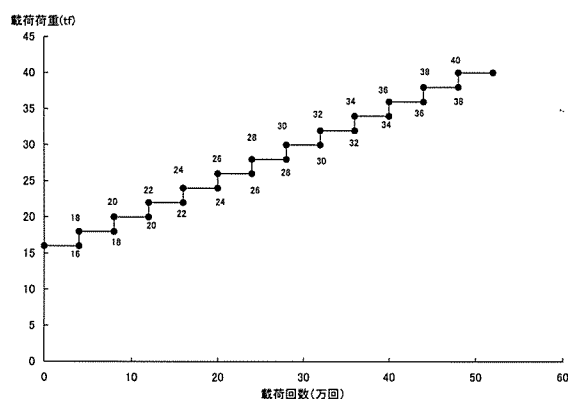


図-2.5 輪荷重走行実験載荷ステップ

本試験機には、24時間計測が可能となる自動計測システムが用いられており、ひずみ、変位等のデータを自動的にパソコンに取り込むとともに、床版下面に発生するひび割れに関しては、CCDカメラによる画像データを基に、ひび割れ幅、ひび割れ長さ、およびひび割れ密度を算出した。実験時には、常時、動的な変位と応力をモニターした。

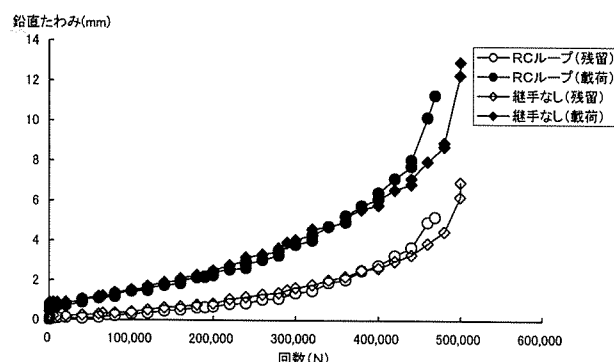
(2) 計測方法

輪荷重走行実験におけるPC床版の鉄筋ひずみはひずみゲージ、変位はひずみゲージ式変位計、クラック幅は π 型変位計により測定を行った。

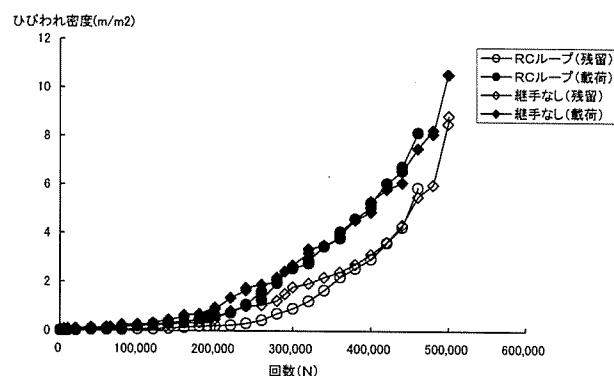
2.1.5 実験結果

図-2.6に床版中央のたわみとおよび床版下面ひび割れ密度の時系列変化を示す。ひび割れ密度の進展についても、図-2.7に示すようにほぼ同様な経過をたどった。破壊時の荷重は、継手なし供試体の場合40tf、RCループ継手供試体の場合38tfとほぼ同様な値となる。別途行われた平成8年道路橋示方書

(以下道示と呼ぶ)に準拠したRC床版の実験結果28tfに比べ十分な耐久性を有していることが確認された。載荷荷重の増加に伴い図-2.8に示すようにRCループ継手部中央位置に若干の段差が発生し、主鉄筋と配力筋との荷重分配性状に変化が認められるが、最終的には、図-2.9に示すように継手なし供試体、ループ継手供試体とも押し抜きせん断破壊を呈した。破壊性状から判断すると、ループ継手供試体は、継手部を含む一般部パネル位置で押し抜きせん断破壊し、最終破壊モードにおいて、ループ継手部が構造上の弱点となっていないことがわかる。



(1) 床版中央の鉛直たわみ



(2) ひびわれ密度

図-2.6 床版中央たわみ、ひび割れ密度の時系列変化

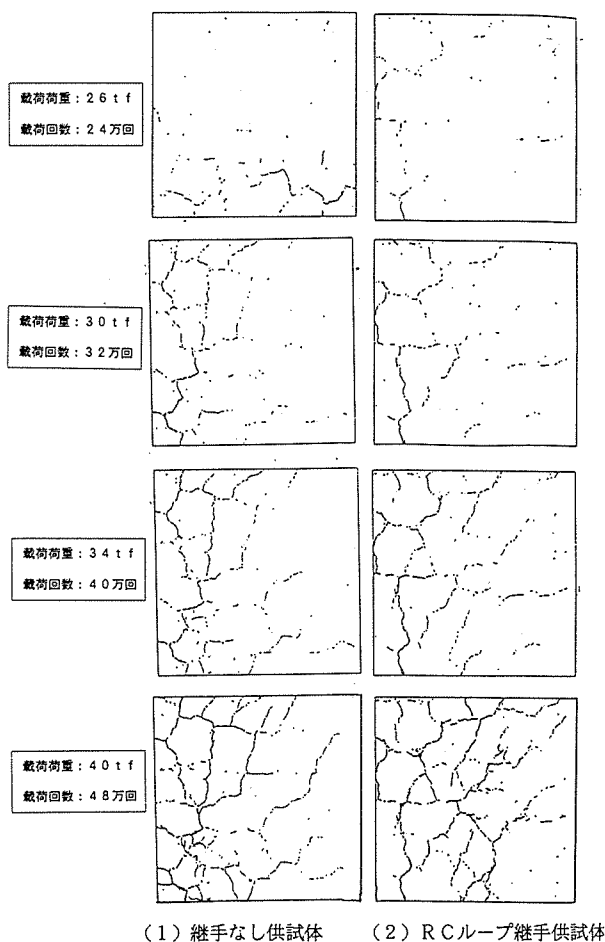
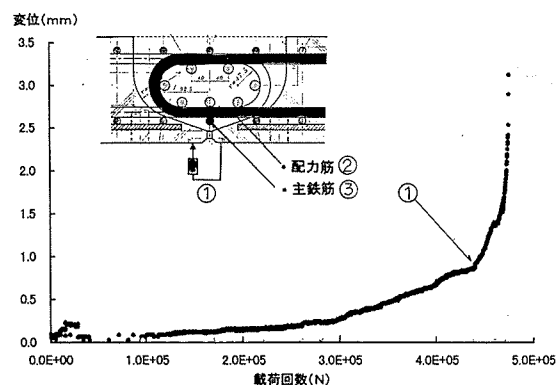
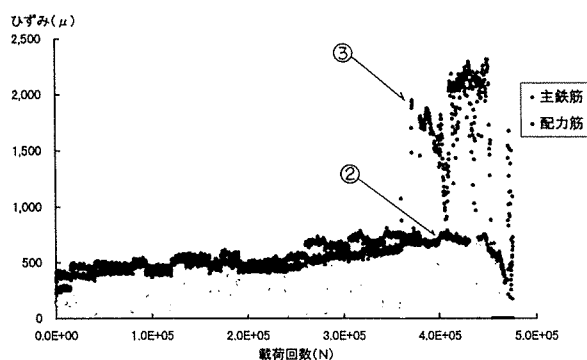


図-2.7 床版下面ひび割れの進展状況

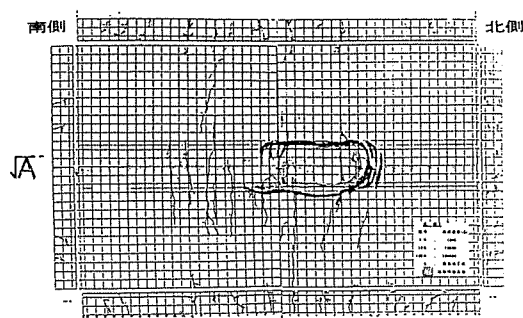


(1) RCループ継手部位差 (段差計振幅5分間)

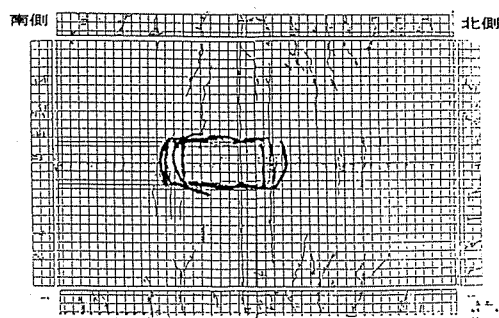


(2) RCループ継手鉄筋ひずみ

図-2.8 RCループ継手部の時系列変化



(1) 継手なし供試体



(2) RCループ継手供試体

図-2.9 最終破壊性状

2.1.6 まとめ

本実験は、プレキャストPC床版の現場施工の省力化、工期短縮の観点から、近年、施工実績の増えているRCループ継手構造について、輪荷重走行実験を行うことにより、本形式継手部の疲労耐久性と最終破壊性状の確認を行ったものである。今回のRCループ継手部に着目した輪荷重走行実験結果ならびに既往のRC床版に関する輪荷重走行実験結果を比較することにより、以下の結論が得られた。

- (1) 載荷荷重の増加にともないRCループ継手部のパネル間に若干の段差が発生し、主鉄筋と配力鉄筋との荷重分配性状に変化が認められるが、最終的な破壊性状はRCループ継手部を含む押し抜きせん断破壊を呈し、プレキャストパネルどうしの連続性が

確保されていることが確認された。

- (2)最終破壊荷重は、継手のない実験供試体で40tf、RCループ継手を有する実験供試体で38tfと僅少の差であり、RCループ継手部の損傷が破壊の直接的な原因となっておらず、また、既住のRC床版の輪荷重走行実験結果に比べ、破壊荷重は数段大きい値を示した。したがって、本形式の継手構造は、十分な疲労耐久性を有しており、実用上問題のないものと判断できる。

2.2 パーシャルプレストレスを導入したPC床版の耐久性試験

2.2.1 実験目的

近年、道路橋床版の損傷原因となる疲労強度に関する研究は、輪荷重走行試験機の導入にともない、その研究事例^{1)~3)}が増えているものの、今なお少なく、十分なデータが得られているとは言い難い。これまでの研究によると、床版支間方向にプレストレスを導入した1方向PC床版の疲労耐久性は、従来のRC床版に比べ飛躍的に増加することが報告⁴⁾されている。PC床版の現場施工においては、現場施工の省力化、現場コストの縮減、さらに工期縮減⁵⁾の観点からポストテンション方式PC床版の設計において、PC鋼線の緊張本数を低減し、かつ耐荷力、疲労耐久性の低下を極力小さく抑えることは有効であると考えられる。本研究は、単位長さあたりのP鋼線の緊張本数を変えることにより、導入プレストレス力をパラメータにしたパーシャルプレストレス床版（以下、PRC床版と呼ぶ）の輪荷重走行実験により、導入プレストレス力と疲労耐久性との関係を把握することを目的に、（社）日本橋梁建設協会と建設省土木研究所構造橋梁部橋梁研究室との共同研究⁶⁾として行ったものである。なお、本実験では、別途建

設省土木研究所で行っている昭和39年および平成8年道示に準拠して設計された既往のRC床版との比較検討も合わせて行うことにより、相対的な評価を加えている。

2.2.2 実験対象としたパーシャルプレストレスPC床版

本実験で採用した床版構造は、床版支間方向にパーシャルプレストレス（フルプレストレスの50%、25%）で設計したポストテンション方式のPC床版を対象とした。使用したPC鋼線は施工性の良さから最近施工事例の増えているプレグラウトタイプとした。床版支間に関しては、土木研究所におけるこれまでの一連のRC床版に関する実験に準拠し、床版支間3.2mの連続版を対象としている。プレストレス量をパラメータにした計算結果を表-3.1に示す。活荷重載荷時に床版下面に生ずる引張応力度は、パーシャルプレストレス50%の場合15.8kgf/cm²、パーシャルプレストレス25%の場合26.2kgf/cm²となる。

表-3.1 プレストレス量を変えたPRC床版の設計計算

項 目	パーシャル			
	フル 100%	75%	50%	25%
PC鋼材	径 1T 15.2	1T 15.2	1T 15.2	1T 15.2
	本数 8.5	6.5	4.25	2.25
ピッチ(m)	0.132	0.173	0.265	0.500
活荷重載荷時 合成応力度 (kg/cm ²)	5.3	-4.4	-15.8	-26.2

(3) 材料およびその性質

本実験に用いたコンクリートの配合を表-3.2に示す。コンクリートは、早強ポルトランドセメントを使用し、設計基準強度 $\sigma_{ck} = 500\text{kgf/cm}^2$ 、スランプは12cm、空気量は4.5%を目標値とし、鉄筋はSD295A(D19,D13)、

P C 鋼材はプレグラウトタイプ P C 鋼線 SWPR7B 15.2φを使用した。表－ 3.3 に静的実験および疲労実験時のコンクリートの圧縮強度、弾性係数、ポアソン比、引張強度を示す。表－ 3.4 に鉄筋および P C 鋼線の力学的特性を示す。

表－3.2 コンクリートの配合

水セメント比 (%)	細骨材率 (%)	空気量 (%)	スランブ (cm)	単位量 (kgf/m³)				
				水	セメント	最骨材	粗骨材	混和剤
42	45.3	4.5	12	153	365	814	990	4.02

表－3.3 コンクリートの力学的特性

	圧縮強度 (kgf/cm²)	弾性係数 (kgf/cm²)	ポアソン比	引張強度 (kgf/cm²)
PRC50% 供試体	580	3.09E+05	0.201	29.9
PRC25% 供試体	549	3.12E+05	0.178	33.3

表－3.4 鉄筋およびPC鋼線の力学的特性

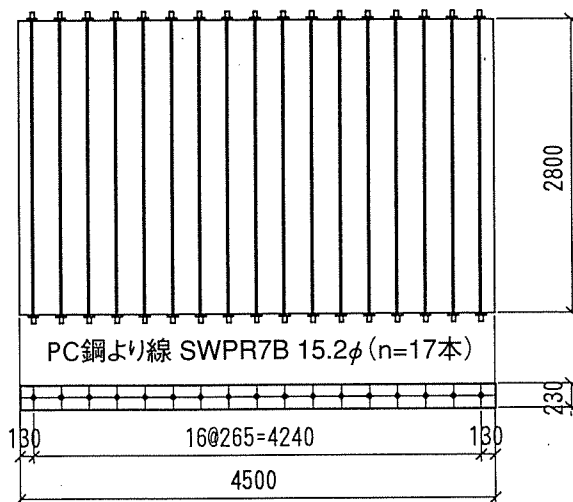
	降伏重 (t)	最大荷重 (t)	降伏点応力 (kgf/cm²)	引張強さ (kgf/cm²)	伸び (%)	公称断面 (cm²)
鉄筋 D13 SD295	4.54	6.73	3,583	5,314	19.2	1.267
鉄筋 D19 SD295	10.27	15.57	3,585	5,433	20.5	2.865
P C 鋼線 φ 15.2mm SWPR7B	24.29	27.04	17,513	19,495	7.6	1.387

2.2.3 実験供試体

1) PRC50%実験供試体

図－ 3.1 にパーシャルプレストレス50%として設計した実験供試体の一般図を示す。実験供試体の寸法は、これまでに建設省土木研究所で行われた一連の R C 床版に関する実験供試体に合わせ橋軸直角方向長2.8m（床版支間2.5m）、橋軸方向床版長4.5mとした。P C 鋼材は、プレグラウトタイプの P C 鋼より線 SWPR7B 15.2φを使用し、配置間隔は26.5cm

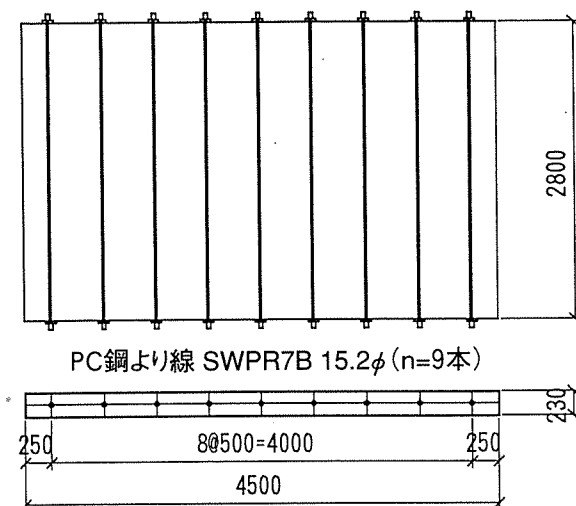
とした。



図－3.1 PRC50%実験供試体 (単位:mm)

2) PRC25%実験供試体

図－ 3.2 にパーシャルプレストレス25%実験供試体の一般図を示す。プレグラウトタイプ P C 鋼より線 SWPR7B 15.2φは、50cm間隔の配置となる。



図－3.2 PRC25%実験供試体 (単位:mm)

2.2.4 実験方法

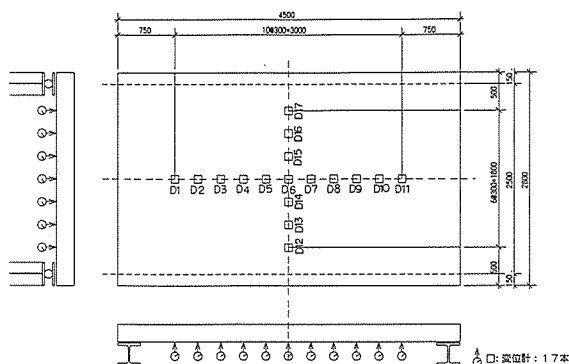
(1) 載荷方法

輪荷重走行実験は、前述の R C ループ継手の実験同様に段階的に載荷荷重を大きくすることにより変化を促進させる階段状荷重漸増載荷（以下、階段載荷）により行うものとした。本試験機には、24時間計測が可能となる

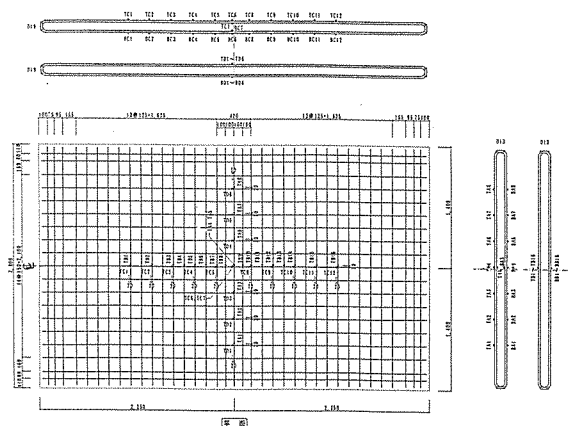
自動計測システムが用いられており、ひずみ、変位等のデータを自動的にパソコンに取り込むとともに、床版下面に発生するひび割れに関しては、CCDカメラによる画像データを基に、ひび割れ幅、ひび割れ長さ、およびひび割れ密度を算出した。実験時には、常時、動的な変位と応力をモニターした。

(2)計測方法

輪荷重走行実験におけるコンクリート床版の変位測定位置は、図－3.3に示すように床版中心位置から橋軸、橋軸直角方向とした。また、床版鉄筋ひずみの測定位置も図－3.4に示すように同様に決定した。各ひずみは、ひずみゲージ、変位はひずみゲージ式変位計、クラック幅は、初期クラックが発生した位置に π 型変位計を取付けることにより適宜測定を行った。



図－3.3 床版変位計の取付位置(単位:mm)

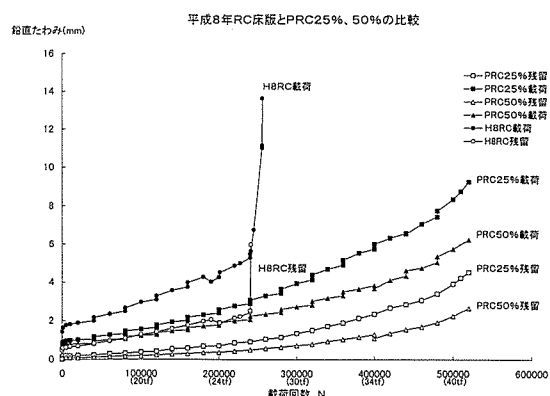


図－3.4 床版鉄筋ひずみゲージの取付位置(単位:mm)

2.2.5 実験結果

①床版中央位置における鉛直たわみの進展状況

図－3.5に床版中央位置における鉛直たわみと走行回数との関係を示す。導入したプレストレス力に応じて、荷重載荷時たわみと残留たわみが異なることが理解される。別途行った平成8年道示に準拠して設計されたRC床版(床版厚25cm)は、載荷回数26万回(載荷荷重28tf)で破壊に至るが、フルプレストレスの50%と25%を導入したPRC床版実験供試体に関しては、載荷回数52万回(載荷荷重40tf)まででは破壊に至っておらず、疲労耐久性の向上が確認された。



図－3.5 床版中央たわみと走行回数との関係

②床版下面ひび割れ密度の進展状況

図－3.6に床版下面ひび割れ密度と載荷回数との関係を示す。平成8年道示準拠のRC床版は、ひび割れ密度が 4 m/m^2 を超えた後、急激に破壊に至るが、PRC25%実験供試体は、ひび割れ密度が 8 m/m^2 を超えても破壊に至らない。さらに、PRC50%実験版供試体については、最終荷重ステップにおけるひび割れ密度は 3 m/m^2 とPRC25%実験供試体の1/2以下の値を示し、導入したプレストレス量に応じてひび割れ密度も小さくなる。

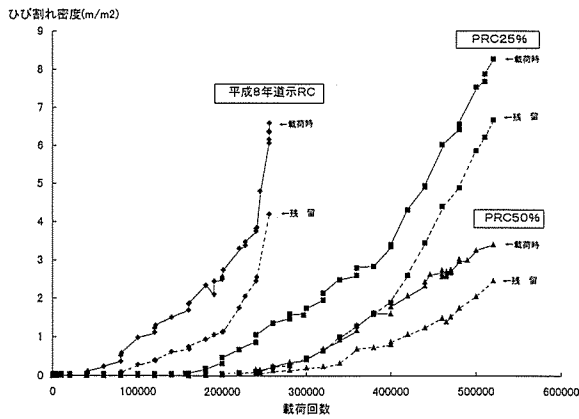
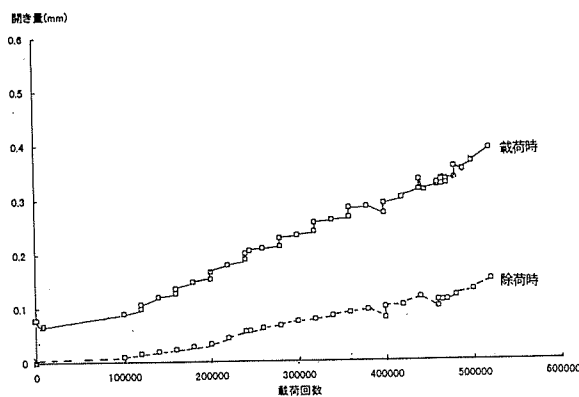
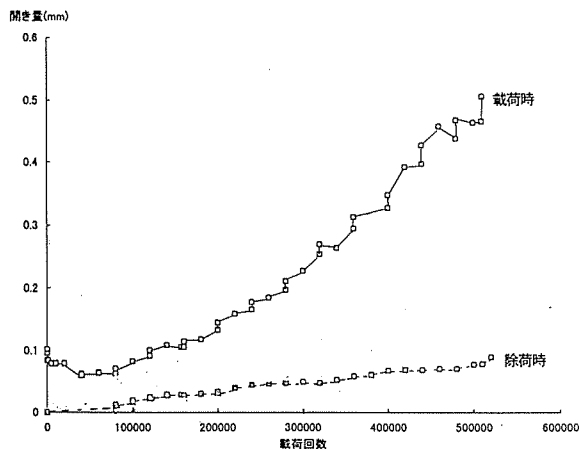


図-3.6 床版下面ひび割れ密度と走行回数との関係



(1) PRC50%実験供試体



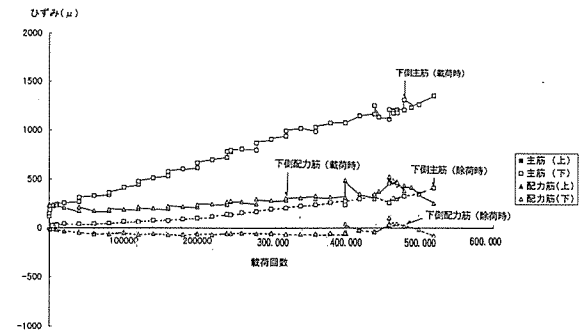
(2) PRC25%実験供試体

図-3.7 床版下面クラック幅と走行回数との関係

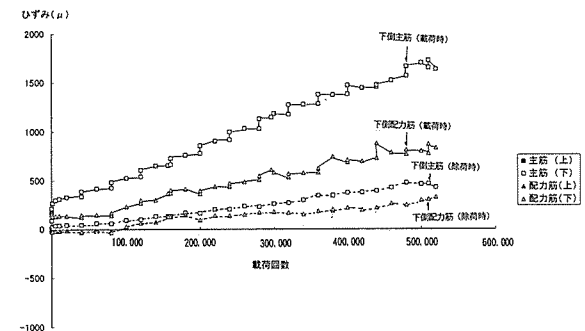
③クラック開口幅の時系列変化

図-3.7に床版中央位置の橋軸直角方向に生じたクラック開口幅の時系列変化を示す。載荷回数30万回（載荷荷重30tf）までは、PRC50%実験供試体、PRC25%実験供試体

ともに同様な傾向を示すが、載荷回数30万回を超えるとプレストレス導入量の少ないPRC25%実験供試体の開口量がやや大きくなる。最終荷重ステップ52万回（載荷荷重40tf）におけるクラック開口幅は、PRC25%実験供試体の場合、0.5mm、PRC50%実験供試体の場合0.4mmとなる。



(1) PRC50%実験供試体



(2) PRC25%実験供試体

図-3.8 鉄筋ひずみと走行回数との関係

図-3.8に床版中央位置の主鉄筋（補強筋）および配力筋ひずみの時系列変化を示す。PRC50%実験供試体における鉄筋ひずみは、PRC25%実験供試体に比べ導入プレストレス量の違いにより主鉄筋、配力鉄筋ともに若干小さめの値を示す。

④実験終了後の床版ひび割れ状況

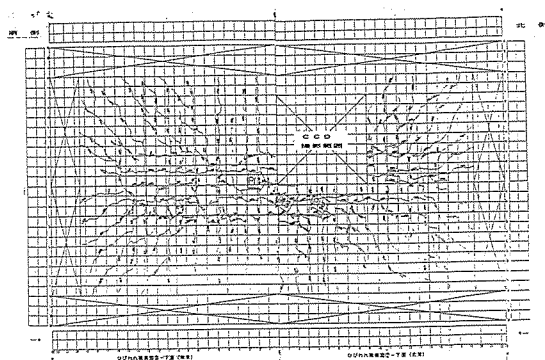
図-3.9に移動載荷実験終了後の床版下面の目視によるひび割れ状況観察図を示す。床

版下面の最終ひび割れ状況は、進展速度の違いはあるものの、ひび割れ発生位置、亀甲状のひび割れ形状の発生過程はほぼ同様であり、P R C 50%供試体は、P R C 25%供試体に比べひび割れの発生が遅れるが、ひび割れ状況にはプレストレス導入量による有意な違いは認められない。また、実験終了後の切断面におけるひび割れ状況にも有意な違いは認められなかった。P R C 25%の最終ひび割れ状況は、平成8年道示に準拠したR C床版のひび

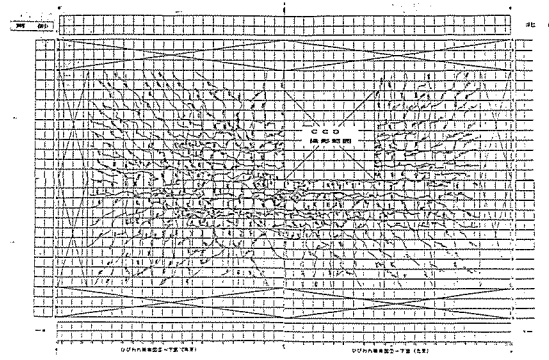
割れ状況に近づいたものとなり、R Cに近いひび割れ挙動を示すが、プレストレスの効果により破壊に至らないものと思われる。

⑤ 既往のRC床版輪荷重走行実験結果との比較

図-3.10に既往の昭和39年道示、平成8年道示準拠のR C床版輪荷重走行実験結果との比較を示す。P R C 25%、50%実験供試体は、既往のR C床版に比べ、プレストレス導入の効果により、飛躍的に疲労耐久性の向上が認められる。



(1) PRC50%実験供試体



(2) PRC25%実験供試体

図-3.9 実験終了後の床版下面のひび割れ状況

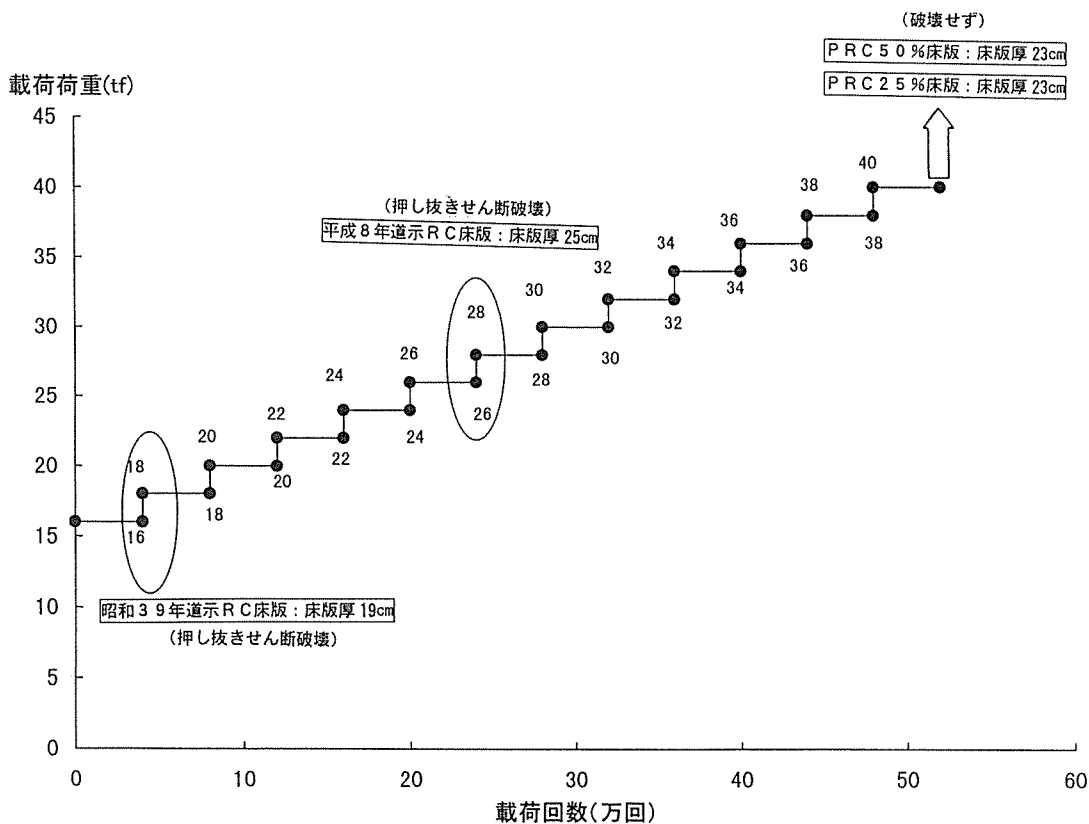


図-3.10 既往のRC床版輪荷重走行実験結果との比較

2.2.6 まとめ

本実験は、ポストテンション方式P C床版の現場施工の省力化・工費縮減の観点から、P C鋼線の緊張本数を低減することにより導入プレストレス力を変え、フルプレストレス設計に対し50%と25%に低減した実験供試体について輪荷重走行実験を行い、導入プレストレスと疲労耐久性の関係を把握したものである。今回の輪荷重走行実験結果ならびに平成8年道示に準拠したR C床版に関する輪荷重走行実験結果を比較することにより、以下の結論が得られた。

フルプレストレスに対し50%程度（P C鋼線の緊張本数を半減）のプレストレスを導入することにより、平成8年道示に準拠したR C床版に比べ飛躍的に疲労耐久性が向上する。プレストレスを導入することにより、平成8年道示に準拠したR C床版に比べ飛躍的に省力化、工費節減の観点から疲労耐久性を十分確保できる範囲で、単位長さあたりのP C鋼線の緊張本数の低減が可能と考えられる。ただし、P R C床版も最終的には押し抜きせん断破壊により破壊することを考えると、P C鋼線の配置間隔は、押し抜きせん断破壊線との関係を考慮して決定する必要があるものと思われる。

謝辞：本実験は、(社)日本橋梁建設協会と建設省土木研究所橋梁研究室との共同研究として行ったものである。

2.3 おわりに

本実験を遂行するにあたり適切なご助言を頂きました大阪大学松井繁之教授をはじめ日本道路公団ならびに(社)日本橋梁建設協会の関係各位に深甚なる謝意を表する次第である。

参考文献

- 1)松井繁之：床版の技術開発—耐久性の向上、施工合理化—、橋梁と基礎、97-8、pp.84-94
- 2)内田賢一・西川和廣・神田昌幸：輪荷重走行試験機による道路橋床版の疲労試験、土木学会第51回年次学術講演会、pp.998-999、平成8年9月
- 3)中須誠・安松敏雄・長谷俊彦：鋼少数主桁橋の長支間P C床版の移動載荷疲労試験について、土木学会第52回年次学術講演会、pp.346-347、平成9年9月
- 4)大西弘志・松井繁之：橋軸直角方向にプレストレスを導入した鉄筋コンクリート床版の疲労耐久性、構造工学シンポジウム、Vol.44A,1998.3,pp.1373-1382
- 5)西川和廣：ライフサイクルコストを最小にするミニマムメンテナンス橋の開発、橋梁と基礎、97-8,pp.68-69
- 6)八部・川畑・佐々木・内田・宮崎・西川：パーシャルプレストレスを導入したP C床版の輪荷重走行実験、土木学会第53回年次学術講演会、pp.28-29、平成10年10月

3. P C床版連続合成 2 主桁中間支点部床版の耐久性試験

3.1 実験目的

鋼連続合成桁において検討を要する項目のひとつは、負曲げモーメントにより引張力の作用する中間支点付近の床版の耐久性である。中間支点付近の床版の耐久性を保持するためには、有害なひび割れの発生、およびその伝播を防止する必要がある。この負曲げモーメントを受ける床版の現行設計方法には、積極的に橋軸方向へプレストレスを導入することにより、ひび割れの発生そのものを抑える方法と、ひび割れ発生は許容し、ひび割れ幅を制御する方法とがある。わが国で、1950年代から1960年代に建設された初期の鋼連続合成桁では、中間支点上の床版の負曲げモーメントに対して橋軸方向プレストレスの導入が一般的であったが、設計の煩雑さや現場作業工程が長くなるなどの不利な面があった。その後、これらの問題を解決する方策として、負曲げモーメントを受ける床版コンクリートに対してはコンクリートを無視し、鉄筋と鋼桁との合成断面で引張力に抵抗すると仮定したいわゆるプレストレスしない連続合成桁^{1)・3)}が検討され、1973年の道路橋示方書に取り入れられてからは、十数橋の鋼連続合成桁がプレストレスしない連続合成桁として設計されている。日本道路公団では、少数主桁橋への鋼連続合成桁の適用を目的としてプレストレスしない連続合成桁を対象とした種々の設計的検討および実験を行ってきた。とくに、平成6年度と平成7年度には、床版のひび割れ制御に関する設計法の確立を目的に2つの縮尺模型実験^{4)・5)}を実地し、ひび割れ制御の妥当性を確認した。以上の縮尺模型実験に引き続き、鋼連続合成桁中間支点部の実物大試験体を用

いて、ひび割れ制御で設計したP C床版に供用時の応力状態を再現した実験を実施し、中間支点付近の床版耐力に問題のないことを確認した。

3.2 実験内容

(1)実験対象

図-4.1に実験対象部位を示す。連続合成2主桁で設計された千鳥の沢川橋を対象橋梁とし、P2支点付近の中間支点部を実験対象とした。

(2)実験項目

- ①供用時の応力状態に相当する負曲げモーメントを静的に載荷し、主桁作用による床版・鉄筋・鋼桁の応力性状および床版のひび割れ性状を確認する。
- ②主桁に導入した負曲げモーメントを保持した状態にて、床版の移動輪荷重載荷実験を行い、主桁作用と床版作用との組み合わせを再現し、床版・主桁・鉄筋・鋼桁の応力性状およびひび割れ性状を確認する。

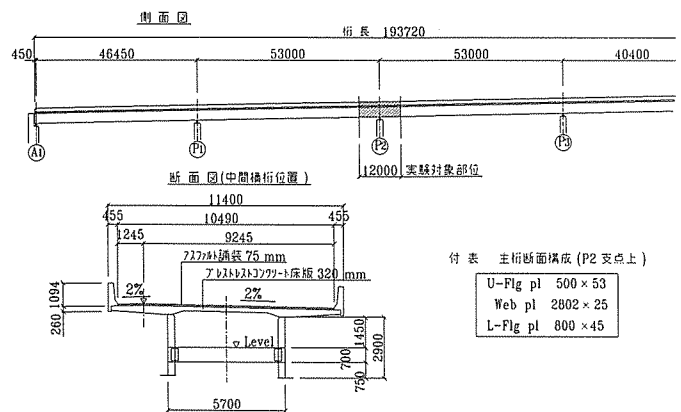


図-4.1 実験対象部位

(3)実験供試体の設計

実験供試体は、P C床版と鋼2主桁とから構成される中間支点付近を取り出した実物大試験体とした。図-4.2に実物大試験体を示

す。試験設備の制約から試験体桁高を変更したため、図-4.3に示すように中立軸位置の比較を一致するように、鋼桁断面を決定した。橋軸方向配力鉄筋比は2.0%とした。

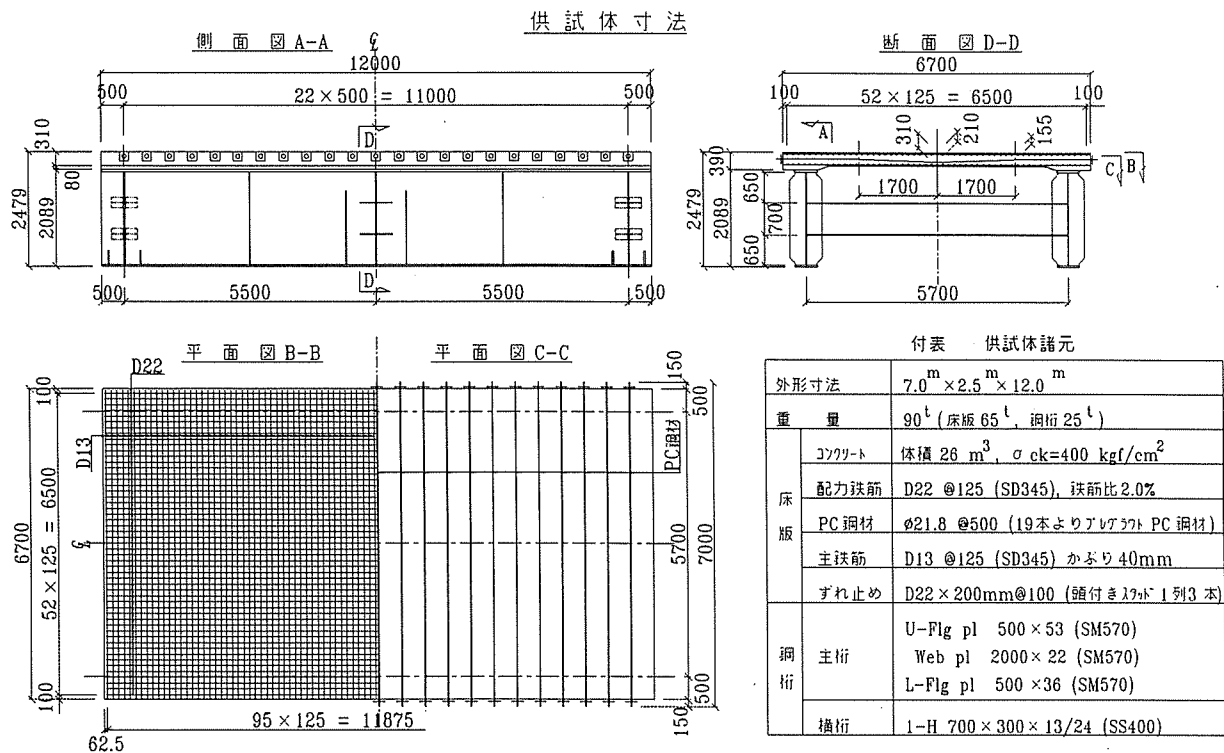


図-4.2 実物大試験体の寸法

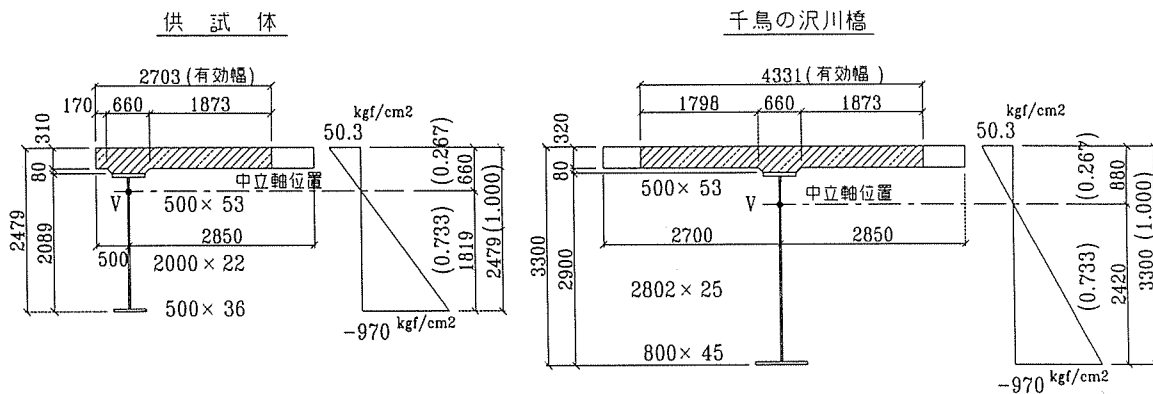


図-4.3 合成断面の中立軸位置

千鳥の沢川橋				供 試 体			
断 面 力	P 2 支点上の設計断面力(格点No. 23) (格点No. 23)			1) 設計荷重に相当する曲げモーメント		2) 活荷重 6 割相当の曲げモーメント	
	前死荷重	$M_d = -2279.2$ (tf・m)		負曲げモーメント (tf・m)	$M = -710$	負曲げモーメント (tf・m)	$M = -489$
活荷重	活荷重	$M_{vL} = -1367.6$ (tf・m)		ジャッキ力 (tf)	$P = 160$	ジャッキ力 (tf)	$P = 113$
	後死荷重	$M_{vd} = 629.3$ (tf・m)		床版応力度(kgf/cm ²)	$\sigma_{cu} = 50.3$	床版応力度(kgf/cm ²)	$\sigma_{cu} = 34.7$
床版 応 力 度	(kgf/cm ²) σ_{cu} σ_{su} σ_{sL}			(内訳) 後死+クリ-7°+乾燥収縮+鋼桁高温		(内訳) 後死+クリ-7°+乾燥収縮+鋼桁高温	
	1)合成前 — 2068 -1788			活荷重 100 % = 11.2		活荷重 60 % = 11.2	
2)合成後	死荷重	-18.0	-69	合成断面	鋼桁 + 鉄筋断面	合成断面	鋼桁 + 鉄筋断面
	活荷重	39.1	149	n = 7	n = 7	n = 7	n = 7
合 計	21.1	80	-407	断面 2 次モーメント(cm ⁴)	断面 2 次モーメント(cm ⁴)	断面 2 次モーメント(cm ⁴)	断面 2 次モーメント(cm ⁴)
3)クリ-7°	8.8	-115	-18	$I_v = 13308486$	$I_f = 8036570$	$I_v = 13308486$	$I_f = 8036570$
4)乾燥収縮	12.3	-145	-26	中立軸からの距離(cm)	中立軸からの距離(cm)	中立軸からの距離(cm)	中立軸からの距離(cm)
5)鋼桁高温	8.1	-175	-28	y vcu = 66.0	y ru = 109.5	y vcu = 66.0	y ru = 109.5
6)床版高温	-8.1	175	28	y vcl = 35.0	y rl = 90.3	y vcl = 35.0	y rl = 90.3
床版応力度 σ_{cu} が最大となる組合せ				y vsu = 27.0	y su = 76.4	y vsu = 27.0	y su = 76.4
1)+2)+3)	σ_{cu}	σ_{su}	σ_{sL}	y vsl = -181.9	y sl = -132.5	y vsl = -181.9	y sl = -132.5
4)+5)	50.3	1713	-2267	応力度 (kgf/cm ²)	応力度 (kgf/cm ²)	応力度 (kgf/cm ²)	応力度 (kgf/cm ²)
床版応力度の内訳 σ_{cu} (kgf/cm ²)				$\sigma_{cu} = 50.3$	$\sigma_{ru} = 967$	$\sigma_{cu} = 34.7$	$\sigma_{ru} = 667$
後死+クリ-7°+乾燥収縮+鋼桁高温				$\sigma_{cl} = 27$	$\sigma_{rl} = 798$	$\sigma_{cl} = 18$	$\sigma_{rl} = 550$
活荷重				$\sigma_{su} = 144$	$\sigma_{su} = 675$	$\sigma_{su} = 99$	$\sigma_{su} = 465$
				$\sigma_{sL} = -970$	$\sigma_{sL} = -1171$	$\sigma_{sL} = -669$	$\sigma_{sL} = -807$

表-4.1 負曲げモーメントと床版応力度の関係

(4) 載荷方法

① 負曲げ載荷方法

主桁の負曲げ載荷方法を図-4.4 に示す。設計荷重担当の床版応力度は中間支点上をジャッキアップすることにより導入する。表-4.1 に負曲げモーメントと床版応力度の関係を示す。

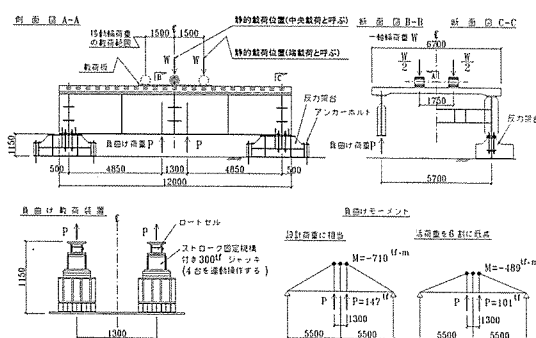


図-4.4 主桁系の負曲げ載荷方法

移動輪荷重は、一軸荷重を床版中央位置に載荷した。載荷パターンは、図-4.5 に示すように輪荷重20tfを4往復、32tfを30万往復、40tfを10万往復とした。この載荷荷重は、ひとつの試算では、一軸30tf換算で交通量が約3万台/日・レーンの道路で約50年分の通過軸重に相当する。

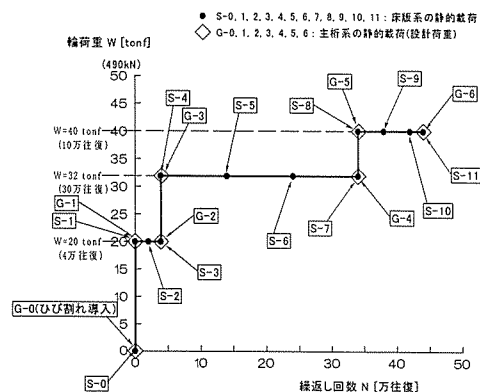


図-4.5 移動輪荷重の載荷パターン

② 移動輪荷重載荷方法

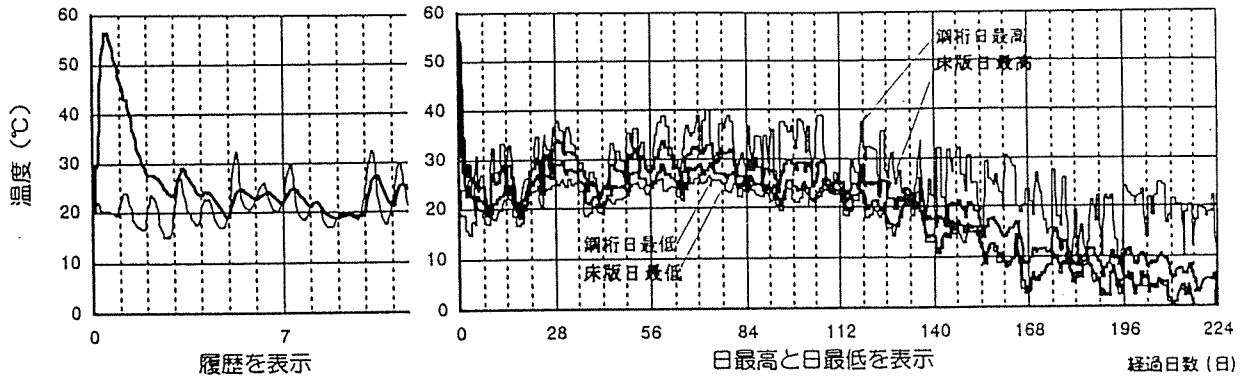
移動輪荷重載荷時の負曲げモーメントは、設計活荷重の発生頻度を考慮して、設計活荷重の6割相当の負曲げモーメントに低減した。

3.3 実験結果

(1) 長期計測結果

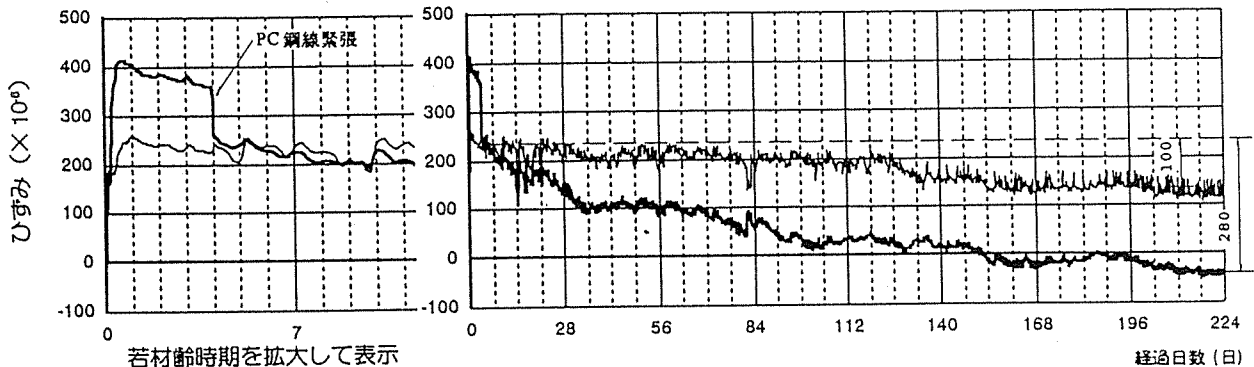
図-4.6に床版と鋼桁の温度および床版内に埋め込まれたひずみ計の長期計測結果を示す。コンクリート内部温度は、打設直後、反応熱により最大56℃まで上昇した。鋼桁と床版の温度差は10℃程度であり、概ね道示に規

定される温度差に近い値であった。橋軸直角方向の床版内のひずみは、材齢4日目のPC鋼材緊張時に約100 μ の圧縮ひずみが導入され、その後は乾燥収縮とプレストレスによるクリープで約280 μ 低下した。橋軸方向ひずみは、橋軸直角方向に比べ変化量は小さく、乾燥収縮ひずみは約100 μ 程度であった。



温度(℃)	打設前	打設後	PC緊張前	PC緊張後	材齢7日	材齢28日	材齢91日	材齢182日	最大値	最小値
計測点	日時	6/5 09時	6/5 15時	6/9 08時	6/9 15時	6/12 15時	7/3 15時	9/4 15時	12/4 15時	
TEMP-C	— 太線	19.6	36.5	23.3	23.9	24.4	31.6	27.1	8.3	56.3
TEMP-G	— 実線	19.7	20.5	18.8	22.1	26.8	36.5	29.1	19.1	-3.0
										-3.1

(1) 床版および鋼桁の温度履歴



ひずみ(× 10⁻⁶)	打設前	打設後	PC緊張前	PC緊張後	材齢7日	材齢28日	材齢91日	材齢182日	最大値	最小値
計測点	日時	6/5 09時	6/5 15時	6/9 08時	6/9 15時	6/12 15時	7/3 15時	9/4 15時	12/4 15時	
SIN-1-T	— 太線	0.0	245.1	358.3	245.6	224.2	151.7	44.8	-9.6	412.0
SIN-6-L	— 実線	0.0	183.0	229.0	235.9	244.0	235.6	206.0	159.6	-51.6
										0.0

(2) 埋め込み型ひずみ計の履歴

図-4.6 長期計測結果(床版と鋼桁の温度履歴および床版内埋め込み型ひずみ履歴)

(2) 材料試験結果

材料試験の供試体	材齢	日付	圧縮強度 [N/mm²]	引張強度 [N/mm²]	弾性係数 [kN/mm²]
標準	3日	1998年6月8日	33.3	2.80	—
	7日	6月12日	43.5	3.28	—
	28日	7月3日	48.7	3.53	—
	載荷前(243日)	1999年2月3日	72.7	4.63	32.98
	載荷後(306日)	4月7日	70.6	4.74	34.93
コアボーリング	載荷後(310日)	4月11日	52.7	2.92	28.98

(呼び強度 33N/mm²)

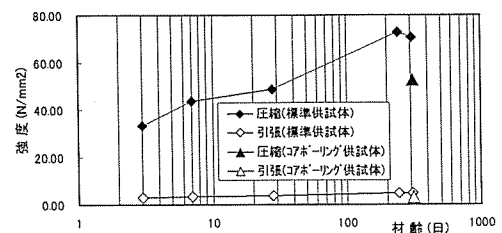


図-4.7 コンクリート材料試験結果

(3)負曲げ載荷試験結果

ひび割れ導入を目的とした負曲げ載荷実験を実施した。図-4.8に負曲げ載荷時の中間支点上断面位置④における床版ひずみを示す。G-1、G-2桁とも負曲げ荷重80tfで、床版上面ひずみに非線形性が現れ、この時点で初期ひび割れが発生している。図-4.9に負曲げ荷重と鋼桁変位との関係を示す。荷重と変位の関係は、ひび割れ発生以前には「床版+鋼桁」の計算値に近く、ひび割れ発生後は「鉄筋+鋼桁」の計算値に近づく。

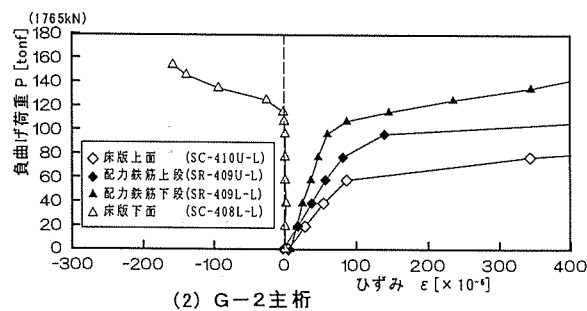
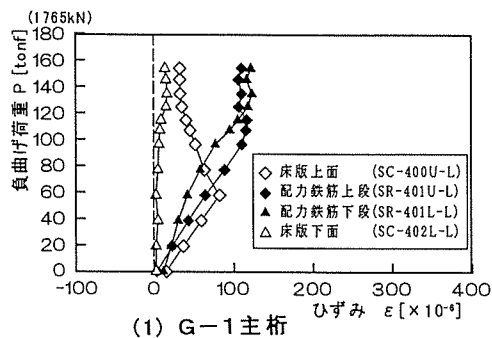


図-4.8 負曲げ荷重と床版および鉄筋ひずみとの関係 (載荷G-0、断面④)

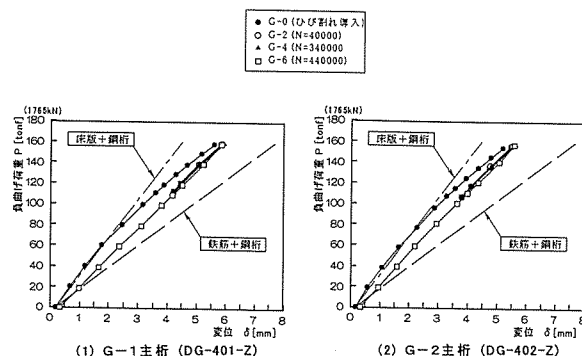


図-4.9 負曲げ荷重と鋼桁変位との関係 (断面④)

図-4.10に負曲げ荷重160tf載荷時の主桁系のひずみ分布を示す。移動輪荷重載荷後のひずみ分布も図中に示しており、G-1桁の中立軸位置は、移動載荷前では床版上面より761mmであったが、移動載荷回数が増えるにつれ下方に移行する傾向があり、移動輪荷重試験終了後の中立軸位置は916mmとなった。中立軸位置は、移動輪荷重載荷による床版下面ひび割れの進展により、「床版+鋼桁」の合成断面から「鉄筋+鋼桁」の断面に近づく。

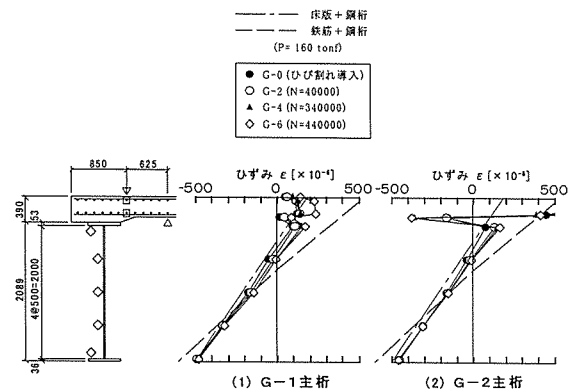


図-4.10 主桁系のひずみ分布 (断面④)

図-4.11に負曲げ載荷で発生する初期ひび割れ幅のπ型変位計により計測した結果を示す。初期ひび割れ幅の大きかったのは、各桁とも断面④位置であり、最大値はG-1主桁上で0.17mm、G-2主桁上で0.16mmとなった。

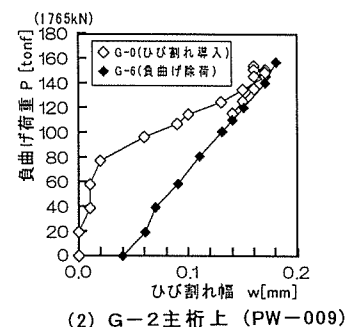
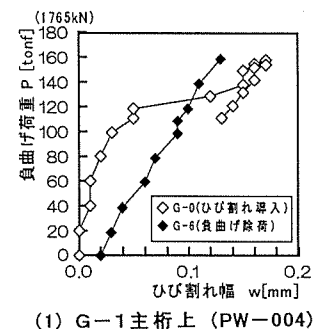


図-4.11 π型変位計による初期ひび割れの計測値

初期ひび割れ幅を有効に計測できた π 型変位計12個による計測値とHanswilleの計算値との比較結果を図-4.12に示す。計算値で用いる種々のパラメータは、乾燥収縮度については、長期計測で得られた $\varepsilon_{st}=-100 \times 10^{-6}$ とし、コンクリートの圧縮強度は実験終了後に床版からコア抜きした強度試験結果 $\beta_w=52.7 \text{ N/mm}^2$ を使用した。初期ひび割れ荷重の計算は109tfで、実験値の80tfに比べやや大きい。これは、乾燥収縮度、コンクリート引張強度、中間支点上床版のシヤールグの影響によるものと思われる。初期ひび割れ幅の計算値 $W_r=0.10 \text{ mm}$ は、計測された最大値に比べ小さいが、平均値には良く一致しており、Hanswilleの理論により、ひび割れ幅を精度良く推定できることが実物大供試体で確認された。

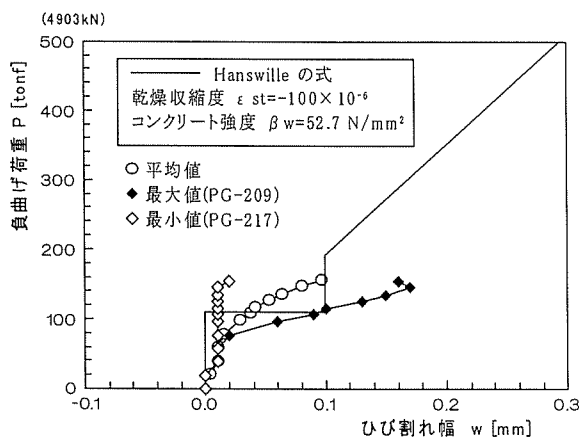


図-4.12 初期ひび割れ幅の計算値の実測値との比較

(4)移動輪荷重載荷試験結果

床版系の静的載荷時のたわみ分布を図-4.13に示す。主桁系の負曲げ載荷の前後で床版たわみに変化が見られるのは、負曲げによって生じたひび割れの影響である。ひび割れ発生前の床版中央位置におけるたわみは0.63 mm、ひび割れ発生後のひび割れは0.73 mmである。F.E.M.解析の値は0.73 mmであり、実験値はこの値に近い。移動輪荷重の載荷荷重、載荷回数の増加にともない床版たわみのわずかな増加が認められるが、移動載荷実験終了後でも0.78 mmであり、主桁系の負曲げ載荷によるひび割れの影響に比べて小さい。

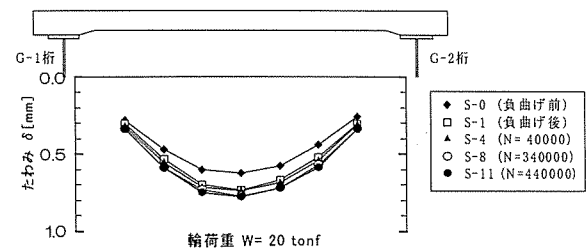


図-4.13 床版のたわみ分布の変化
(中央載荷、断面④)

床版上・下面ひび割れ密度の変化を図-4.14に示す。床版上面のひび割れは、主桁系の負曲げ載荷時に発生しただけであり、移動輪荷重載荷による進展は見られない。床版下面では、移動輪荷重の繰返し載荷回数14万回往復までは、載荷回数に比例してひび割れが増加するが、それ以降のひび割れ増加は少ない。実験終了後のひび割れ密度は 4 m/m^2 であり、既往の実験で床版たわみの急激な増加が見られる際のひび割れ密度 8 m/m^2 程度であることを考えると、本中間支点上PC床版は健全であり、残存耐力も十分であると判断できる。

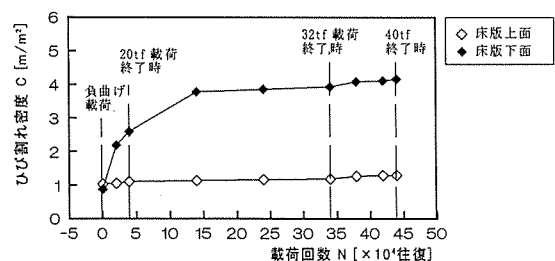


図-4.14 床版ひび割れ密度の変化

図-4.15に床版上・下面ひび割れの代表的な例を示す。床版上面のひび割れは、主桁系の載荷に反応し、床版下面のひび割れは床版系の載荷に反応する。移動輪荷重載荷の影響では、ひび割れ幅は増大せず、許容値0.2 mm以下の値となる。

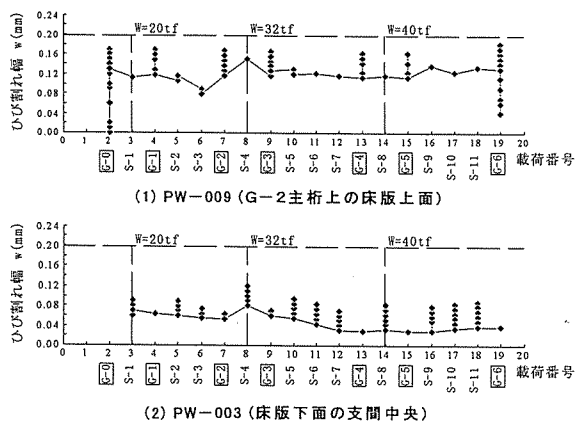


図-4.15 上・下面ひび割れ幅の変化

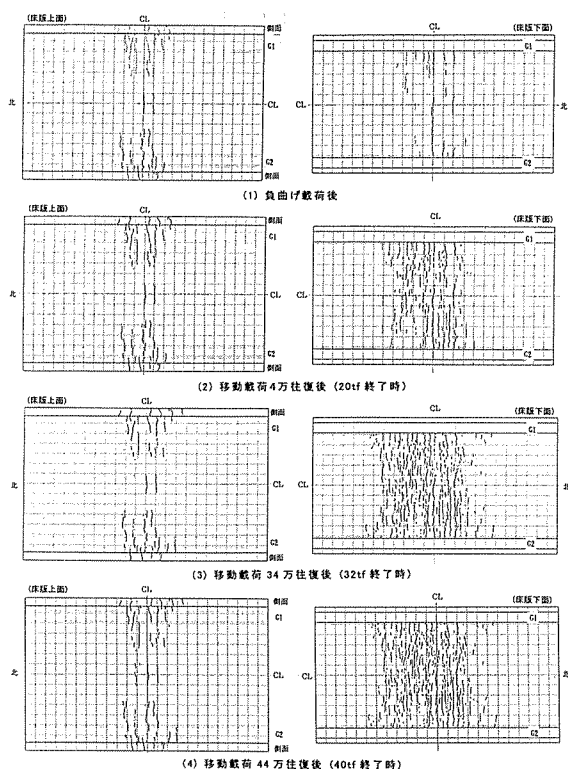


図-4.16 床版上・下面のひび割れ状況

3.3 まとめ

ひび割れ制御による連続合成桁の設計法の妥当性を確認するため、実物大供試体を用いた連続合成2主桁橋の中間支点上床版に着目した静的載荷実験ならびに負曲げ状態における移動載荷実験を行った。本実験で得られた結論は、以下のとおりである。

①連続合成桁の中間支点上床版では、負曲げモーメントによる初期ひび割れの発生ならび

にその伝播を橋軸方向配力鉄筋で制御可能である。

②ひび割れ制御により設計された床版では、初期ひび割れを有し、橋軸方向に引張応力状態にあっても、有害となる損傷は発生しない。

③連続合成2主桁橋における現行のひび割れ制御による設計方法は妥当であり、中間支点上床版の耐力に問題はない。

本実験は日本道路公団試験研究所の委託研究として行ったものであり、実験供試体の製作から移動輪荷重による実験までを平成10年5月より平成11年4月までの長期にかけて、建設機械化研究所において多数の関係各位のご指導のもとに実施致しました。紙面をお借り致しお礼申し上げます。

参考文献

- 1) 橘善雄：連続合成桁橋、理工図書、1966年
- 2) (著) K.Roik, G.Hanswille (訳) 伊藤鉦一、平城弘一：合成桁におけるひび割れ幅制御の問題、橋梁と基礎、pp.21~29、1988年5月
- 3) (著) K.Roik, G.Hanswille (訳) 伊藤鉦一、平城弘一：合成桁におけるひび割れ幅制御、橋梁と基礎、pp.33~40、1993年2月
- 4) 緒方・木曾・岩立：鋼連続合成桁の中間支点部床版に生じるひび割れに関する実験、第3回合成構造の活用に関するシンポジウム講演論文集pp.25~29、1995年11月
- 5) 緒方・中須・岩立・春日井・大野：鋼連続合成桁中間支点部のP C床版疲労実験、構造工学論文集、Vol.43A、pp.1277~1284、1997年3月

4. 波型デッキプレート合成床版の適用性検討

4.1 検討目的

適用が拡大する鋼 2 主桁橋の床版には一般的に横締めされた P C 床版が組み合わされている。P C 床版の高い耐久力は各種実験で確認されており 2 主桁橋の標準的な床版として認識されつつある。しかし、現場状況によっては P C 床版施工が適当とは考えられない場合もあり、P C 床版に代わる高い剛性を持った合成床版に対する需要が高まりつつある。このような需要に応えるべく各種合成床版が提案されている。本床版は波型形状をした鋼デッキプレートをコンクリートと合成し高い剛性、コストダウン、省力化が可能な合成床版として、日本道路公団と(社)日本橋梁建設協会が共同開発を昨年度より開始した。

4.2 波型鋼合成床版の特徴

波型鋼合成床版は以下の性能、コストを目標としている。1) 適用スパンは 6 mm 鋼板で 6 ～ 8 m 程度とする。2) 桁上にデッキを並べ、これを足場、コンクリート型枠に利用することで現場省力化、構造の簡素化を可能とする。3) 打替え補修の容易な床版とする。4) ロール型鋼材を使用し、デッキ材を型枠 + 鉄筋兼用とすることにより R C 床版に勝る低コスト化を実現する。本床版は建築分野では広く適用されているデッキプレートと類似の構造をもつが、6 m 以上の 1 級道路橋への適用を考えた場合、荷重の大きさ、繰返し数が格段に大きく断面性能、耐荷力は建築デッキプレートとは異質のものと考えられ、その性能の検証とともに設計法を確立する必要がある。

4.3 実験

(1) 実験概要

図 - 5. 1 に示す断面形状、定着方法の異なる波型デッキプレート梁の正曲げ静載荷試験をまず行った。タイプ 1 は逆台形、タイプ 2 は台形形状のデッキプレートを使用し、鋼板とコンクリートの定着方法を変えた供試体を作成した。全ての供試体は支点上に鉄筋受け用の定着ボルトを設けている。供試体はデッキ鋼板を鉄筋として断面に算入し、ひび割れ防止用鉄筋、配力筋を配置した。正曲げ梁載荷試験に断面に算入し、ひび割れ防止用鉄筋、配力筋を配置した。正曲げ梁載荷試験により推奨断面を決定し、この断面に対して、負曲げ断面、正曲げ繰返し載荷実験、更に鋼桁と接合された版供試体を製作し載荷実験を実施した。

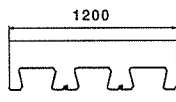
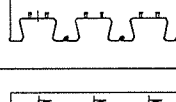
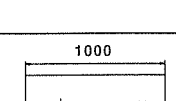
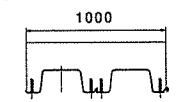
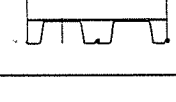
供試体	断面	定着方法	載荷試験状況	初期ひび割れ	剥離荷重	終局耐力
1a		なし	死荷重たわみ 14.5mm ひび割れは微細で分散	15.5t	31t	$P_{max}=63.7t$ $\delta=77.7mm$
1b		スタッド、3列 (@500)	ボルト溶接のため載荷前に大部分が剥離、終局状態まで荷重の減少はない	載荷前にひび割れあり	---	$P_{max}=74.7t$ $\delta=92.8mm$
1c		孔明きリブ	負曲げのみ			
2a		M18@500	ひび割れはボルト位置に集中して発生した。剥離発生後の残った荷重変位曲線の勾配がその後持ち直した。	5t	23tで大きな剥離音	40tで大きなひび割れ発生。 $P_{max}=51t$
2b		M18@250	2 a とほぼ同じ挙動を示す。	7t	24tで大きな剥離音	40tで大きなひび割れ発生。 $P_{max}=50t$
2c		鉄筋 D16@500	1.8 ～ 2.4 t 位で中央部除き剥離完了、終局状態では水平ひび割れが発生、コンクリートは圧壊しなかった。		18tあたり	39.55で大きな剥離音、 41.5t

図-5.1 供試体一覧

(2)正曲げ静载荷実験

床版支間 6 m の単純支持状態でタイプ 1 c を除く 5 つの供試体について写真-1 に示す 2 点曲げ载荷を行った。逆台形タイプ 1 b の供試体を図-5.2 に示す。打設時のたわみ、設計耐力 (1 m 幅あたり) の計算値を表-5.1 に示す。但し、耐力は材料を線形とし、圧縮側コンクリート応力で評価した。

载荷試験の結果得られた荷重変位曲線を図-5.3 に示す。载荷試験の結果タイプ 1 a とタイプ 2 全てが設計耐力近辺の 200 ~ 300 kN で鋼板とコンクリートが大きな音とともに剥離した。剥離の発生はデッキ上面にスタッドを打ったタイプ 2 b を除いてデッキプレート上側の面に発生し、剥離荷重は鉄筋定着タイプが最も小さく 180 kN 程度、ボルト定

	打設時たわみ たわみ(cm)	設計耐力 $\sigma_c = 10 \text{ MPa}$		終局耐力 $\sigma_c = 30 \text{ MPa}$
		戴荷荷重	たわみ(cm)	戴荷荷重
タイプ 1	1.4	243 kN	6.6 cm	728 kN
タイプ 2	1.7	238 kN	4.8 cm	688 kN

表-5.1 供試体設計耐力 (1 m 幅あたり)

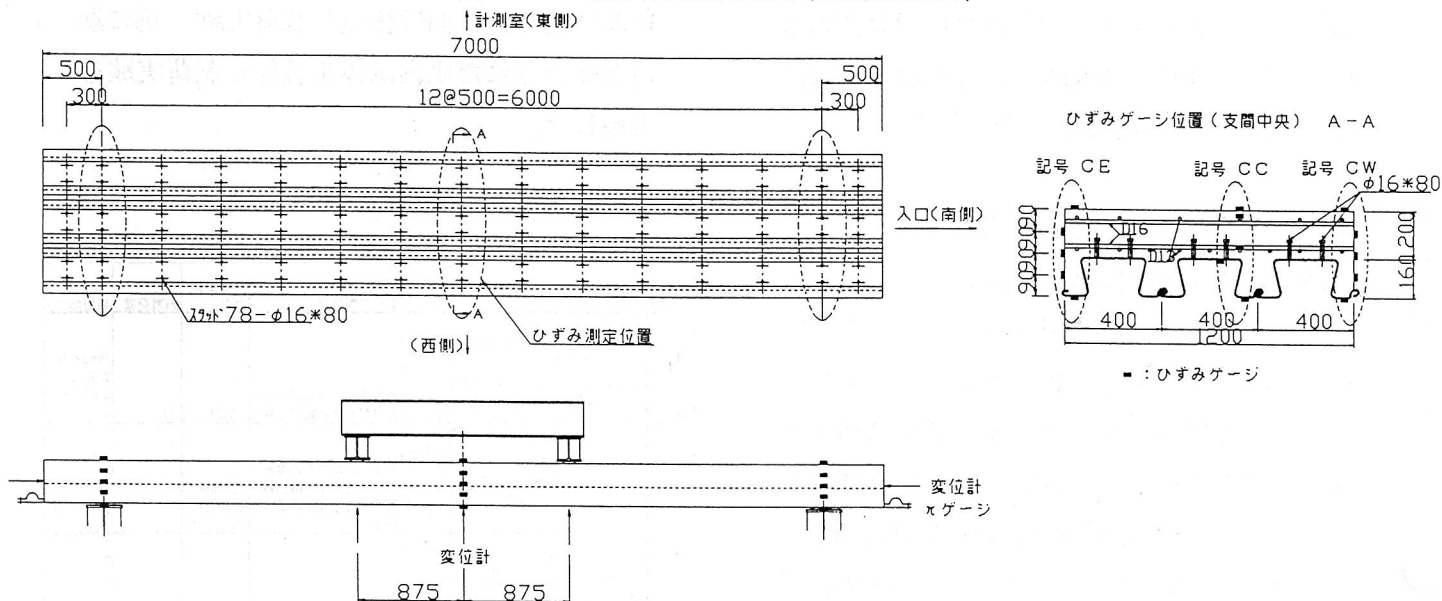


図-5.2 正曲げ実験供試体

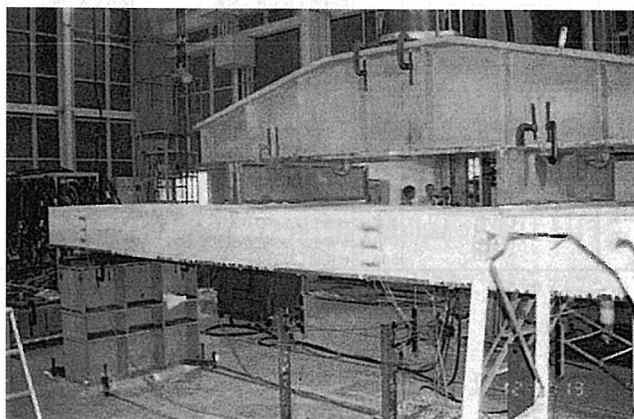


写真-1 供試体载荷方法

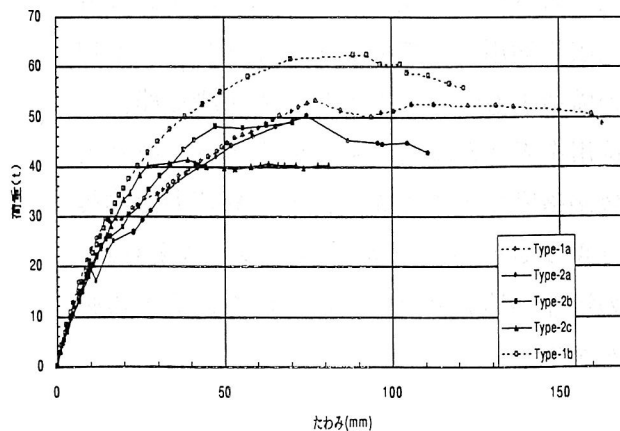


図-5.3 正曲げ荷重変位曲線 (中央たわみ)

着タイプ2 a、2 bは230kN、タイプ1 aは260kNであった。剥離荷重に達すると梁の1/4点近辺から剥離が一気に拡がり、剥離荷重+3~50kNではほぼ全域に広がった。但し、支点位置のボルト定着装置により、端部においてすべりがかなり拘束されている。剥離発生後に合成成果が減少、消滅し重ね梁的な挙動を示すようになった。この後、荷重変位曲線の傾きは緩くなり終局耐力は40~500kN程度で頭打ちとなった。剥離後の剛性は剥離荷重の大小とは逆にタイプ2 a、bより2 cの方が高くなった。タイプ2 a、bはボルトによりコンクリートが下フランジ面と合成されているにもかかわらず上面剥離後、剛性が急激に下がったのに対し、タイプ2 cは剥離後の剛性低下が少なかったがこれは上フランジの鉄筋がずれ止めとして有効に機能したためと予想される。このことからシェアコ

ネクタの取り付け位置はデッキ下フランジ側より上フランジ側とした方が合成成果への寄与が大きいと考えられる。又、タイプ1は終局たわみがタイプ2に比べ大きい。タイプ1 a、タイプ2全てで、端部定着装置のボルトは終局時に切断されており、破壊形態が剪断付着破壊（Shear bond failure）型と観測された。

スタッドをデッキ上側に打ったタイプ1 bは剥離は発生したが終局状態まで合成が切れず最終的には鋼材の引張降伏で終局に達した。図-5.4にタイプ1 aとタイプ1 bの支間中央の断面のひずみ分布を示すが、これをよく見るとタイプ1 bでは終局荷重まで鋼板とコンクリートがほぼ完全に合成していることがわかる。これに対し、タイプ2、タイプ1 aの構造では、コンクリートの圧縮応力が100kgf/cm²程度で剥離が発生し、この後も耐

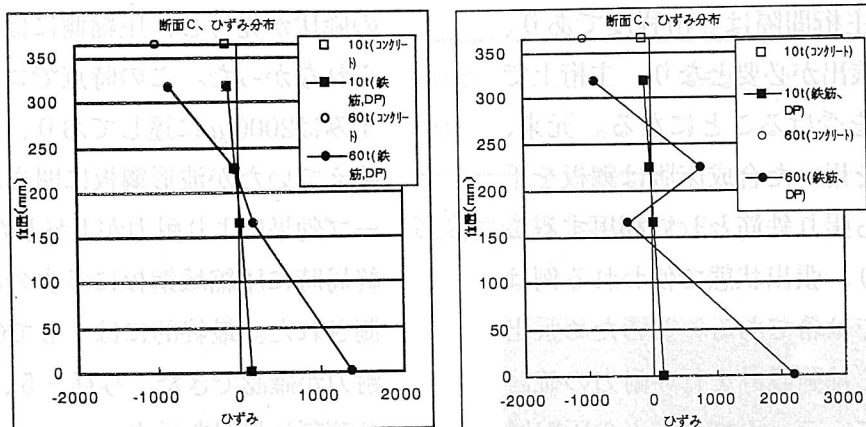


図-5.4 正曲げ試験梁中央ひずみ分布
(左:T1b、T1a)

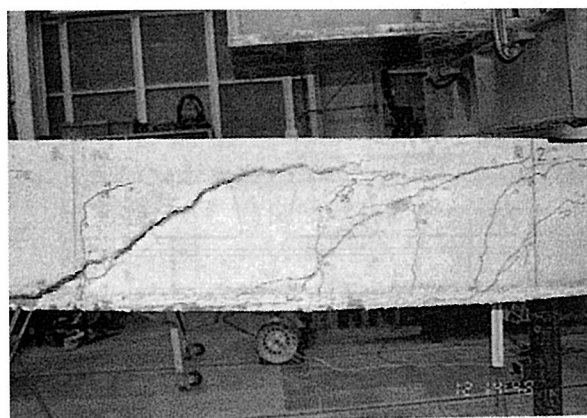


写真-2 タイプ1a終局時ひび割れ

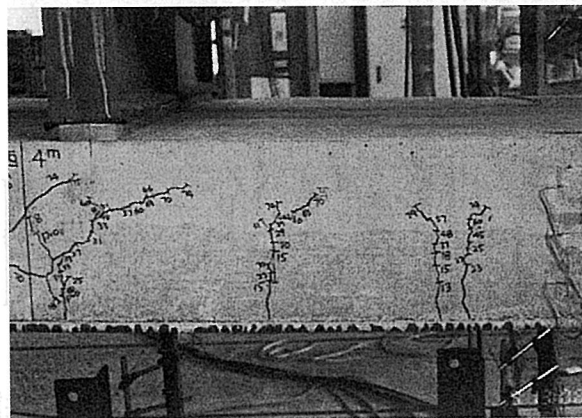
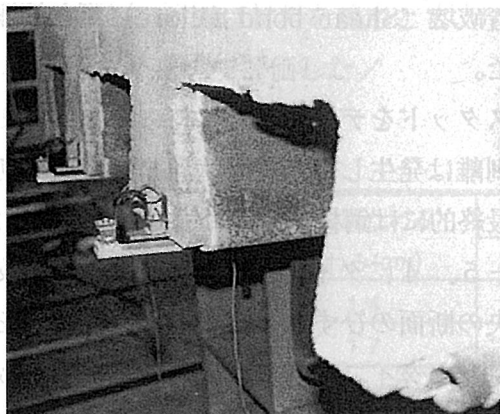


写真-3 タイプ1b終局時ひび割れ

荷力は上昇するが、構造系、剛性の変化が著しく剥離発生＝使用限界と判断した。

写真－2、3にタイプ1 a、1 bの終局時ひび割れ状況写真、写真－4にタイプ1 aの終局時のコンクリートと鋼板のずれの状況を示す。



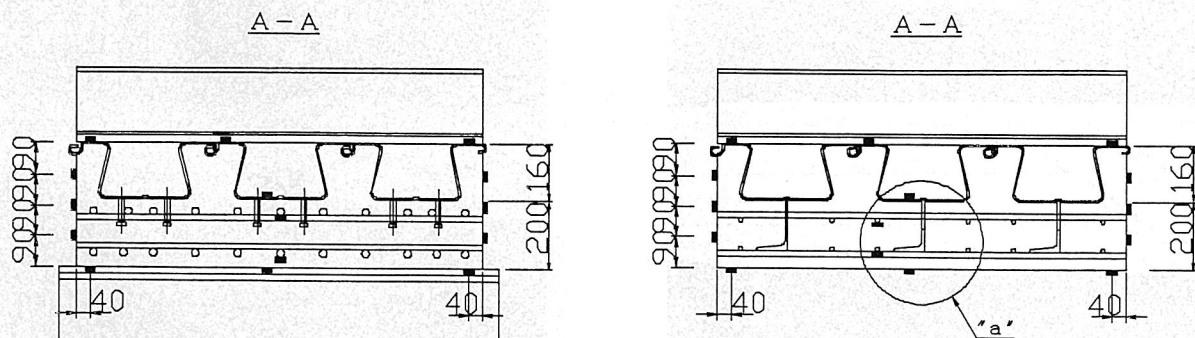
写真－4 タイプ1a終局時端部ずれ

(3)負曲げ実験

本床版を標準的な2主桁橋に適用することを考えた場合、主桁間隔は6 m程度であり、また2～3 mの張出が必要となり、主桁上では床版が負曲げを受けることになる。元来、デッキプレートを用いた合成床版は鋼板を正曲げに対する引っ張り鉄筋として利用することを想定しており、張出状態で使われる例は建築用デッキ等では希である。このため張出の負曲げに対する補強設計を行い耐力の確認を行なうとともに、デッキプレートの圧縮域での座屈に対する安全性も載荷実験にて確認

した。張出部負曲げに対する断面として表1のタイプ1 bの主鉄筋径を13 dから22 dに増加させた供試体とL型の型鋼をデッキ上面に溶接したタイプ1 cを準備した。負曲げ供試体断面を図－5. 5に示す。実験は試験体に負曲げを発生させるため天地を逆にして載荷した(写真－5参照)。

実験結果：たわみ曲線を図－5. 6に示す。ひび割れ間隔を見るとタイプ1 bは適度に分散したが、1 cは間隔が大きく1カ所当たりのひび割れ幅が大きくなった。これはリブに鋼断面を集中させ、ひび割れ鉄筋の量を減らしたことが原因と考えられる。鋼板とコンクリートの合成挙動については、観測からも、荷重変位曲線からも剥離による急激な剛性の変化は見られず、スタッドあるいは形鋼により両者の合成は終局状態まで維持されていたと考えられる。終局耐力付近では引張り鉄筋の降伏が先行し、圧縮側には大きな変化は見られなかった。この時点でコンクリートのひずみは 2000μ に達しており、圧縮側降伏点を越えていたが波形鋼板に囲まれている為、フープ効果により耐力が上昇したと考えられる。終局時に圧縮域鋼板に多少のはらみだしが観測された。最終的には1 bで $678\text{kN}\cdot\text{m}/\text{m}$ の耐力が確認できた。写真－5、6に載荷実験、ひび割れ状況を示す。



図－5.5 負曲げ試験供試体(左:Type-1b、右:Type-1c)

表-5.2 終局負曲げモーメント

	終局荷重 (tf)	中央たわみ (mm)	曲げモーメント (tf・m)	設計終局荷重 ($\sigma_c=300\text{kg/cm}^2$ 時)
1 b	79.6	98.3	89.6	69.2 tf
1 c	75.3	62.4	84.7	

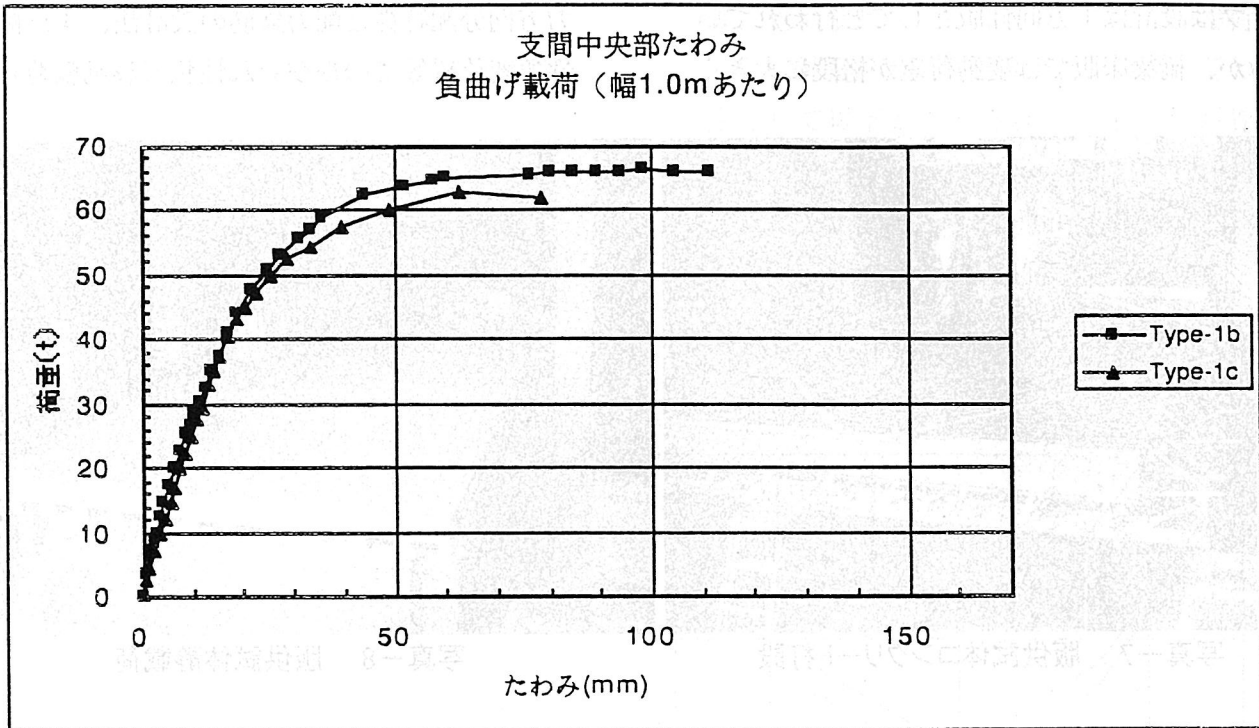


図-5.6 負曲げ荷重変位曲線 (中央たわみ)

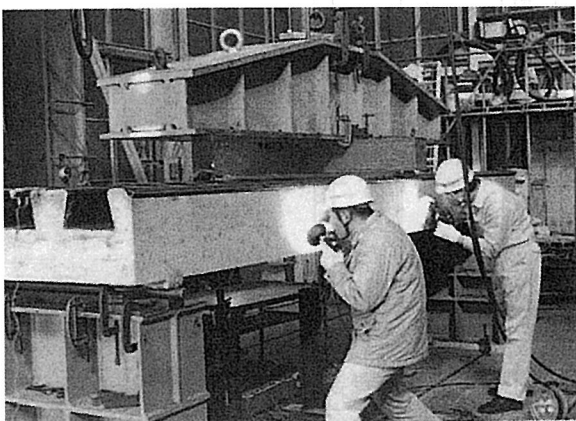


写真-5 負曲げ荷重試験状況

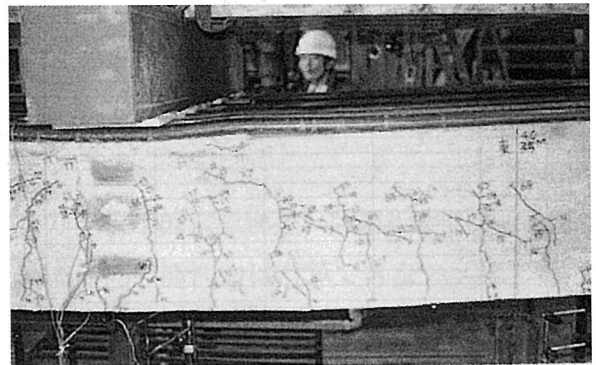


写真-6 負曲げ荷重試験状況

(4)版載荷実験

梁供試体実験により合成断面の基本性能を把握し、実橋に適用する構造を絞り込んだ。しかし本床版の大きな特徴として橋軸方向と橋軸直角方向の剛性の違い＝異方性があり、実橋への適用に向けて異方性版の耐荷性能を確認する必要がある。通常、建築用デッキスラブは設計は1方向性版としてと行われているが、橋梁床版では変動荷重が格段に大きく

かつ集中荷重として作用することから床版のある範囲が共同してこれに対抗する効果：分配効果が重要となる。このような理由から桁付き版供試体を作成し以下の特性を把握する目的で載荷実験を行った。

1) 輪荷重に対する橋軸方向の有効幅、2) 桁と合成度合い、3) 異方性の強い床版の配力方向分配特性と配力鉄筋の設計法、4) 剛性急変位置等でのひびわれ性状（移動輪荷重

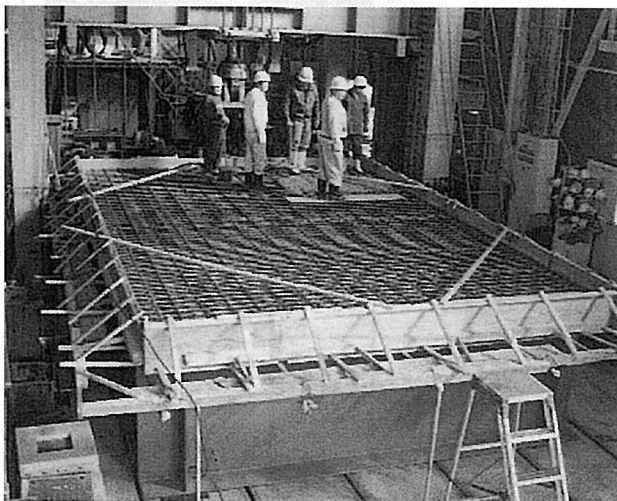


写真-7 版供試体コンクリート打設

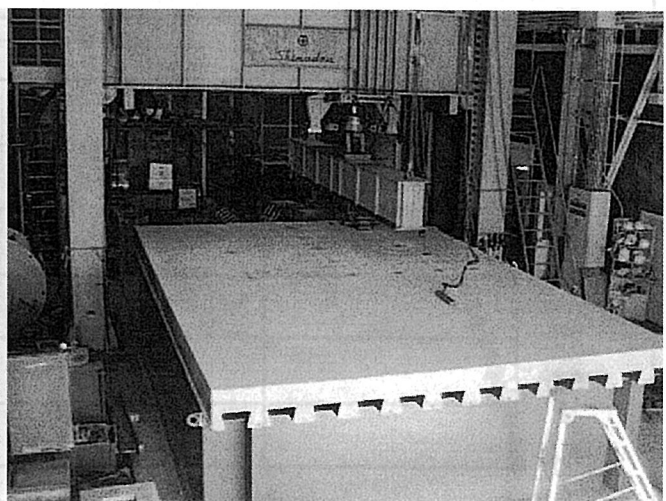


写真-8 版供試体静載荷

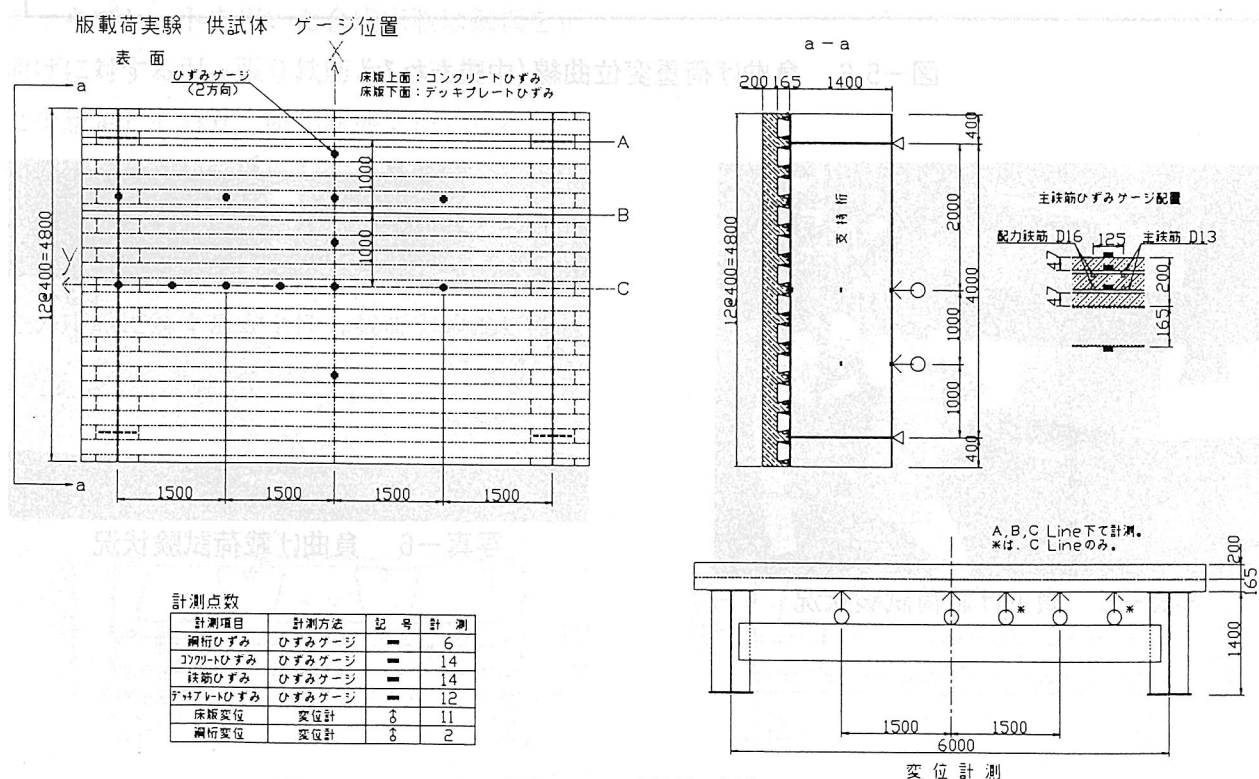


図-5.7 版供試体図

試験)を確認する。実験供試体は幅40cmのデッキを12枚橋軸方向に並べ、桁高1.4mの支持桁に結合している。写真-7・8及び図-5.7に供試体図を示す。静載荷試験は図-5.8に示す6点に載荷した場合のひずみを橋軸、橋軸直角方向あわせて版90点、鋼桁6点で計測した。また、スタッドの水平剪断力を計測する目的で8本のスタッドに各8枚のゲージを貼付した。本供試体は今年度に移動輪荷重試験に使用される予定であり、供試体の載荷は弾性範囲を大きく超えない範囲で行った。版供試体中央に荷重載荷した場合のたわ

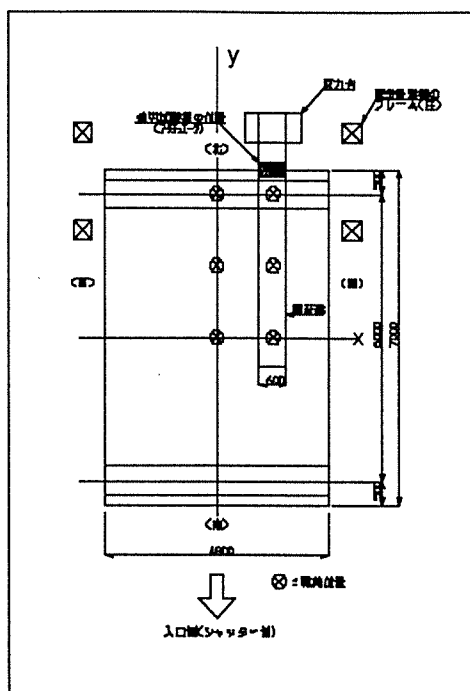


図-5.8 版供試体載荷位置

みを図-5.9に示す。同一荷重を1.2m幅の梁供試体にかけた場合と桁変位を差し引いて比較すると、版たわみは梁に比べ1/3.7に減少する。このことから版の有効幅は中央載荷に対して橋軸方向で $1.2 \times 3.7 = 4.44\text{m}$ 程度となると予測できる。版供試体実験結果についてはFEM解析とあわせて、現在データ解析中であり、結果は追って報告する。得られたデータより橋軸-橋直方向の荷重分担、桁との

合成度合いなどを把握し、異方性合成床版の設計データとして、設計曲げモーメント、配力方向鉄筋の決定、スタッドの設計等をまとめた上でマニュアル化を図る考えである。

4.4 設計要領

異方性の強い本形式床版の設計においては、道示など等力性版理論によらない輪荷重による断面力の算出が重要となるが、その方法として以下が考えられる。1) 平面骨組み：1方向性版として設計する場合に適用出来るが、橋軸方向の有効幅を決定する必要が

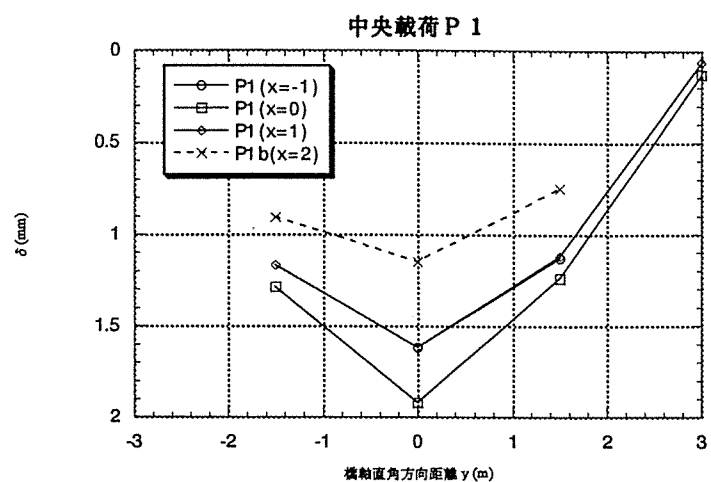


図-5.9 版供試体たわみ分布図 (P=20.3t)

あり、根本的には別途、版解析が必要となる。配力方向の断面力は計算できない。2) 格子解析：版としての特性を考慮し、影響線載荷を利用することにより設計断面力の計算が容易である。モデルの格点数、載荷パターンの制約の中でどれだけ実構造を再現した格子モデルが作成できるかがポイントとなる。この点ではFEMに劣ると考えられる。3) FEM：実構造を反映したモデル化に適する

が、引張り域のコンクリート等まで考慮したモデル化は難しく、設計への応用を考えると、簡易なモデルにより実挙動を反映したモデル化が必要である。実験結果と解析のキャリブレーションによりモデル化の正当性を検証する必要がある。

現状ではFEMについては実験結果をもとに板要素、ソリッド要素FEM解析結果の検証を進めている。設計には、取り扱い易さ、影響線載荷機能を考え格子解析を用いる考えであるが、モデル化、格子の分割、補正係数等について実験、FEM結果を反映させる考えである。図-5.10にFEMモデル例を示す。波型鋼板をシェル要素、コンクリートをソリッド要素によりモデル化し、引張り域のコンクリートのヤング率を通常の1/100としている。設計は以下の方針で進めている。

- 1) 橋軸方向、橋軸直角方向の設計をそれぞれ行う。
- 2) 床版自重は鋼板のみで支持する。合成床版に作用する荷重として、橋面工、高欄、遮音壁等の後死荷重と活荷重を考える。活荷重はB活荷重をT載荷する。
- 3) 設計照査位置は、橋軸方向には支間中央と中間支点上、床版支間方向については支間中央と主桁直上とする。

4) 主桁との結合はスタッドを採用し、現行基準により設計するが、合成床版の引き抜き耐力実験を行い耐力を確認する。

5) 床版の鋼コンクリート合成構造としての設計は土木学会基準、ユーロコードなどを参考にし、各種パラメータについて実験確認を行う。

6) 疲労耐力については移動輪荷重載荷試験にて確認する。

4.5 実橋適用

本形式床版はJH北海道高島川橋にて試験採用されることが決定され、現地工事が進められている。同橋は橋長189mの鋼4径間連続非合成桁橋で支間長は50.9m+2@51.7m+33.3m、幅員は10.5mの直橋である。床版支間は5.7mで張出が2.85mと大きく、死荷重により全断面に負曲げが発生する。当初設計では横締めPC床版が採用されていたが、波形鋼合成床版を採用し、壁高欄、鋼桁との取り付けなど細部詳細を変更した。例えば鋼桁フランジは床版横断勾配にあわせ傾斜をつけ製作している。また、床版下面が鋼板に覆われていることから雨水が滞留しないよう、床版上面に防水工を使用した。デッキ自体は本体にあわせ耐候性材を使用し促進処理を施して

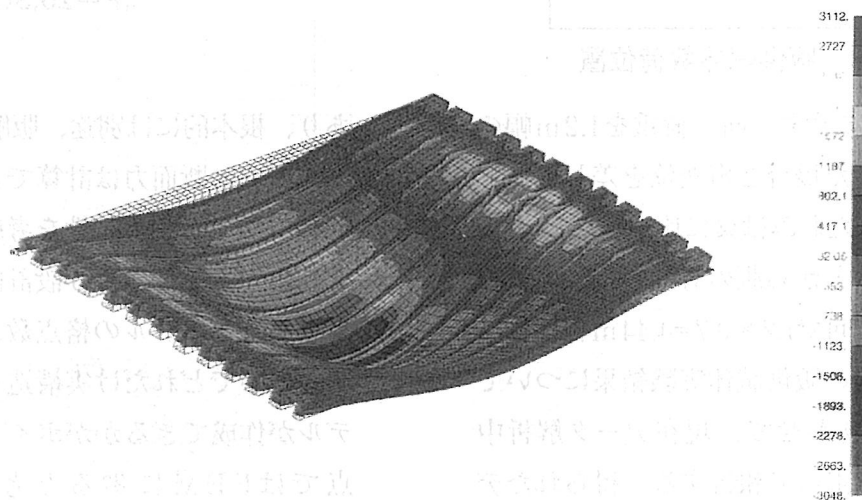


図-5.10 床版FEMモデル

いるが波型鋼板と鋼桁接触面には防錆を考慮して塗装を施している。

4.6 まとめ

正曲げ載荷実験の結果タイプ1 bが合成挙動に優れ高い耐荷力を持ち、設計荷重に対しても十分な余裕を持つことが確認できた。このタイプの合成形式床版について張出し部の負曲げに対する実験、定点繰返し載荷を行い、十分な性能を検証することができた。実験は波形鋼デッキプレート合成の実橋適用を目的としたため広範にわたり、全てをここで報告することが出来ない点をお詫びさせていただきたい。版供試体のデータ解析は現在実施中であり、今後予定される移動輪荷重による実験も耐久性の検証に重要と考えている。また、実験と並行して合成床版のFEM解析を行い、実験結果との比較を行い、これらのデータを元に異方性波型デッキプレート合成床版の設計を進めている。これらの結果を随時、報告していきたいと考えている。最後に本実験は日本道路公団試験研究所と(社)日本橋梁建設協会の共同研究として実施され、引続き関連実験を実施中である。実験は平成10年8月より建設機械化研究所にて行われており、その間多数の関係各位のご助言・ご協力を頂きました。紙面をお借り致しましてお礼申し上げます。

5 おわりに

以上、床版開発研究会にて行っておりますP C床版並びに合成床版に関する実験的研究成果についてご報告致しました。

冒頭でも触れましたが、これらは少数の試験体によるもので、かつ実験室内のものである事から、実車輛供用に対する耐久性を云々するためには、実施工された床版の追跡調査等、今後更なるデータの蓄積が必要である事は言うまでもありません。

当報告が、これからの新しい鋼橋床版としての技術の確立の一助となる事を願う次第であります。

なお、本件に関しましては、大阪大学 松井教授、建設省土木研究所 西川室長、日本道路公団 小川前課長、同試験研究所 多久和主幹、安松前室長はじめ多数の方々のご指導・ご協力を頂き実施する事が出来ました。紙面をお借り致しましてお礼申し上げます。

鋼橋における

プレストレストコンクリート床版の施工

架 設 委 員 会
床 版 部 会

1. はじめに

昭和30年代後半から昭和40年代前半に建設された鉄筋コンクリート床版の損傷が問題となり、昭和40年代から平成にかけて、床板厚の増大、設計輪荷重の増加、配力鉄筋量の増加、床板支間の縮小、鉄筋の許容応力度の低減など、さまざまな対策がとられてきた。

その結果として鉄筋コンクリート床版の損傷を低減することが出来たが、反面主桁の本数が増え、建設費が増大することとなった。

この様な経緯の中で鉄筋コンクリート床版の耐久性を損なわず、しかも建設費を削減するためPC床版を用いて、床版支持間隔を大きくすることにより主桁本数を少なくし横桁・横構などの構造部材を単純化または、省略して合理化をはかった少数主桁の構造が開発された。

PC床版は橋軸直角方向にプレストレスを導入した床版で、製作方法により、プレキャストPC床版と場所打ちPC床版に区別され、工期、平面線形、輸送、架設などの諸条件により選定されている。

2. 鋼橋床版の特性と課題

近年、鋼橋の構造形式および鋼橋を構成するすべての構造部位に関し、使用材料、設計法、および製作・架設・施工法等の種々な面からの見直しと新たな試みが積極的に進められている。この背景には、橋梁

の建設コストの縮減に対する社会の強いニーズ、ならびに、橋梁数の増加と既設橋梁の老朽化、および高齢化と労働人口の減少等への対応策である「ミニマムメンテナンス橋」の提案にみられるように、ライフサイクルコストを考慮した橋梁の具体化に対する要求が存在する。また、防災の面では、橋梁の耐震性能の向上も要求され、単純桁橋から連続桁橋への指向も強まっている。

ところで、鋼橋に最も一般的に用いられる鉄筋コンクリート床版に関しては、1960年代の後半にひび割れ等の損傷が見つかり、損傷メカニズムの解明や設計法の見直しが進められてきた。現在では、損傷メカニズムも概ね解明され、設計法も改訂されてきている。

近年活発に行われている種々な床版に関する研究開発は、上述の床版の損傷メカニズムの解明に関する研究成果に基づき、施工の合理化とともに床版としての疲労耐久性を確保することを前提とし、さらに鋼桁を含めた上部工全体としての建設コストの縮減を図ることを目標として進められてきている。その結果、これまで一般的に用いられてきた多主桁橋から少数主桁橋へと構造を変化させることにより、床版も含めた上部工全体としての建設コストの縮減が可能となった。具体的には、プレキャストPC床版あるいは場所打ちPC床版を用いた少数主桁橋であり、主として日本道路公団

において多用されてきている。これらの多くは、非合成連続桁橋として設計されているが、実際には合成桁としての挙動を呈するので、今後、追跡調査や研究が進み、合成構造としての耐荷性や各部の疲労特性およびPC床版の疲労耐久性等が十分であることが明らかになれば、連続合成桁への道も開けてこよう。さらに、これらの床版は、鉄筋コンクリート床版に比べて疲労耐久性が著しく高いことが明らかにされており、上述の「ミニмумメンテナンス橋」の具体化に対しても有用であるといえよう。

また、鋼橋の床版としては、上述のプレキャストPC床版、あるいは場所打ちPC床版だけでなく、鋼とコンクリートのそれぞれの長所を活かした鋼・コンクリート合成床版も考えられ、種々なタイプの合成床版の研究開発が積極的に進められている。この種の床版は、自重の軽減、じん性の向上、鋼桁との合成構造に対する適用性、複雑な線形への適応性、および桁下に対する安全性の確保等の面で、上述のPC床版に比べ優れた特長を有している。したがって、これら合成床版の特性を活かした少数主桁橋、あるいは連続合成桁橋等への適用についても検討を進める必要がある。

本章は、上述の鋼橋に用いるコンクリート系床版の種類、施工方法、設計上の課題、施工実績、および各種の実験等について、現有のデータに基づき整理・分析を加えたものである。

2-1 PC床版の設計上の課題

2-1-1 プレキャストPC床版

(1) プレキャストPC版間の接合構造と設計法

プレキャストPC版間の接合には、一般に、下記の方法が用いられている。

- ・ ループ継手による接合
- ・ プレストレスによる接合（PC鋼線、あるいはジャッキアップ・ダウン工法）

これまでに建設されたプレキャストPC床版を有する連続桁橋の多くは、非合成桁として設計されている。しかしながら、実質的には合成桁としての挙動を呈する。

したがって、連続桁における主桁作用の評価方法の開発とPC版間の接合部の設計法を確立することが課題といえよう。

また、十分な疲労耐久性を確保した上で、接合構造の簡略化を図り、施工性や経済性の向上を図る必要がある。

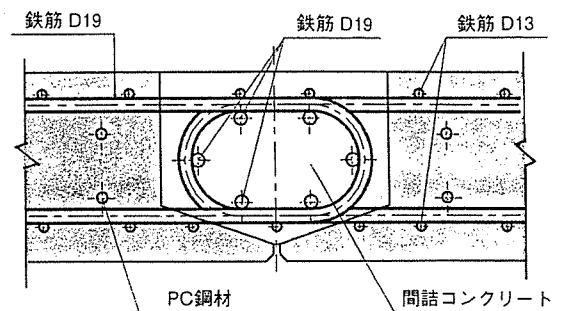


図1 RCループ継手構造

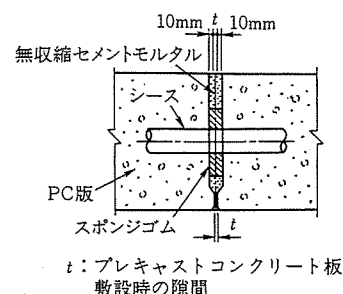


図2 PC鋼線を用いたプレストレスによる接合

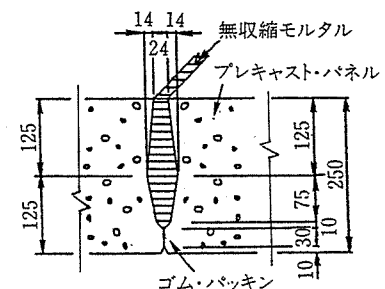


図3 せん断キーとプレストレス（ジャッキダウン等）による接合

(2)プレキャストPC床版と鋼桁との接合構造と設計法

一般に、プレキャストPC床版と鋼桁とは、予めプレキャストPC版に設けられているずれ止め用の孔に無収縮セメントモルタル等を充填することにより、鋼桁上フランジに溶植されたスタッドを介して接合される。プレキャストPC床版に設けるずれ止め用の孔は、床版の片持ち部を設計する際、断面欠損として取り扱われる。

したがって、スタッドを密に配置する必要がある少数主桁橋の支点上付近、あるいは合成桁の場合には、ずれ止め用の孔の間隔が小さくなり、床版の設計に問題が生じる可能性もある。また、場合によっては、床版コンクリートの合成作用を最小限に抑える等の目的で剛性の小さなジベルが必要になる場合も考えられる。

このような問題に対しては、グループ配置されたスタッドや剛ジベル、あるいは柔ジベル等に関しても研究開発を進め、この部分の体系的な設計法を確立する必要がある。

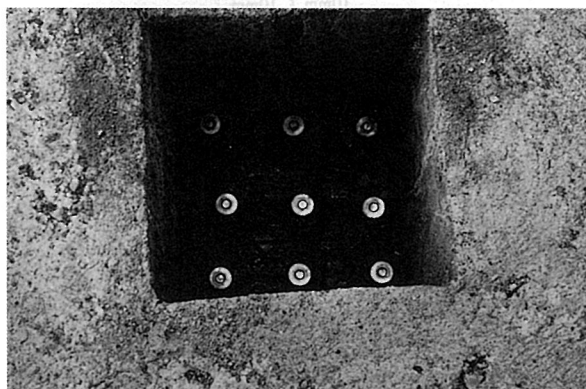


写真1 スタッドのグループ配置の例

(3)プレキャストPC床版のクリープ・乾燥収縮の影響評価と設計法

プレキャストPC床版の場合は、場所打ちPC床版と比較してクリープ・乾燥収縮の影響が小さい。しかしながら、PC鋼線

やジャッキアップ・ダウン工法により橋軸方向にプレストレスを導入する場合は、これらの影響を無視することができない。

したがって、プレキャストPC床版のクリープ・乾燥収縮の影響評価法と設計法を確立する必要がある。

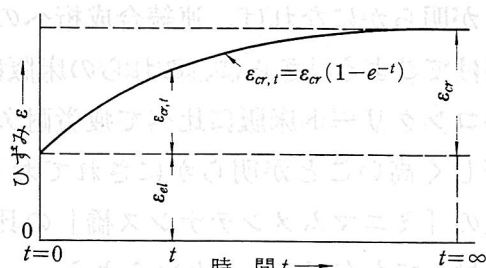


図4 コンクリートのクリープ曲線

2-1-2 場所打ちPC床版

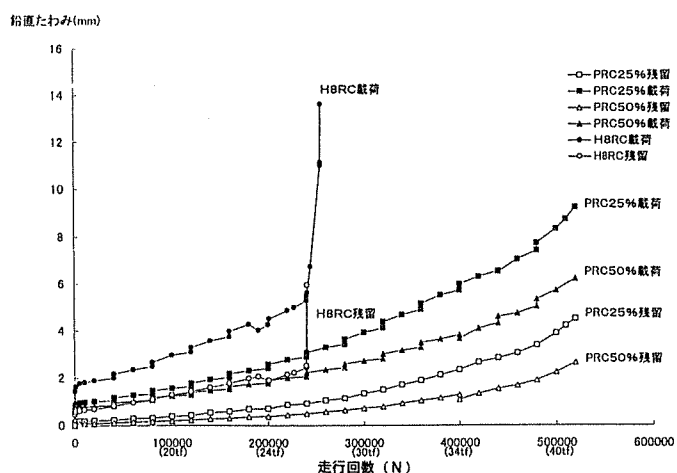
(1)コンクリートのクリープおよび収縮の影響評価と設計法

橋軸直角方向にポストテンション方式でプレストレスを導入する現場打ちPC床版では、コンクリートのクリープ・収縮が大きいので、その影響を適切に評価する必要がある。とくに、鋼桁の拘束が大きい箱桁等の場合には、鋼桁への断面力の移行が大きく、それに伴いプレストレスの損失も大きくなる。

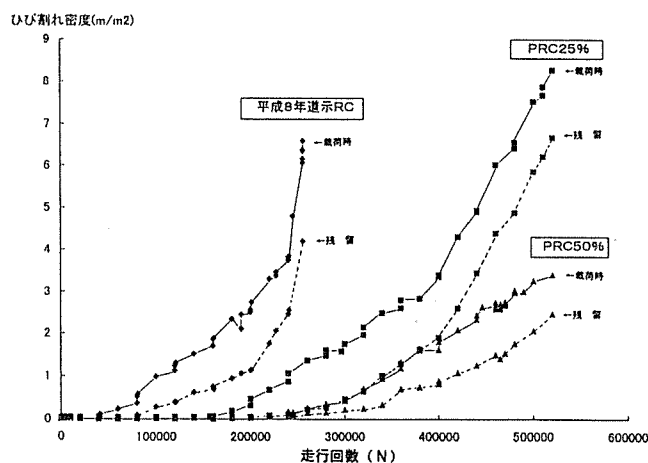
したがって、これらに対処できる鋼桁やずれ止め構造の検討、クリープ・収縮の影響評価法およびそれらを設計へ反映する方法の確立が課題といえよう。

(2)最適プレストレス量に関する検討と設計法

今後、より一層の建設費の縮減を図るためには、要求される機能を満足した上で、経済性向上の観点から最適なプレストレス量を定める必要がある。建設省土木研究所との共同研究もこのような観点に立って実施したものである。



(1) 床板中央たわみの時系列変化の例



(2) 床板ひび割れ密度の時系列変化の例

図5 場所打ちPC床板の疲労耐久性実験結果

(3)連続桁橋における床版コンクリート打設順序の検討・開発

少数主桁橋の床版コンクリート施工に移動型枠支保工を用いる場合においても、従来の連続桁橋におけるコンクリート打設順序に従っている。したがって、移動型枠支保工を移設するための時間が必要となり作業も複雑である。一方、橋梁の端部から、順次、中央に向けてコンクリートを打設することができれば、施工性や経済性の向上が期待できる。

したがって、ジャッキダウン工法等を用いて施工中のコンクリートのひび割れを防止し、作業の効率化が可能なコンクリートの打設順序の検討・開発を進める必要がある。

(4)床板コンクリートと鋼桁との接合構造と設計法

プレキャストPC床版の場合と同様に、接合部の体系的な設計法を確立する必要がある。

2-1-3 少数主桁と床版との接合部の長期耐久性の確保について

「たわみ・ねじり」等によるスタッドジ

ベルの溶接部の疲労損傷・接合部のクラック・雨水の浸透による腐食等

(1)スタッドの疲労損傷について

まず、橋軸方向の水平せん断力に関しては、道路橋示方書の規定に従ってスタッドを設計することにより、スタッドに生じるせん断応力が従来の多主桁橋のスタッドと同レベル以下となるようにしている。つぎに、床版支間の増大という少数主桁橋特有の問題に関しては、横桁取付け位置付近のスタッドに生じる引抜き力の照査を行うことが必要である。すなわち、現行の示方書に従って設計されている多主桁橋のスタッドの応力レベルを越えないように、少数主桁橋のスタッドを設計することにより、従来の多主桁橋と同様の疲労強度が確保されるものと判断している。

(2)ひび割れ・雨水の浸透の問題について

橋軸直角方向にプレストレスを導入した床版を用いることにより、貫通ひび割れの発生を防止し、床版としての疲労耐久性を確保できる。また、橋面防水層を施すことにより、スタッド部への雨水の浸透防止が可能である。

(3)上記に関する日本橋梁建設協会の
取組み(連続合成桁ワーキンググループ)

床版開発研究会の活動と共に

①スタッド(ϕ -25)の押抜き試験、スタッド

付き鋼板の疲労試験の実施 [H8/3]

②PC床版を有すプレストレスしない連続
合成桁・設計要領(案) [H8/3] の刊行な
どを行って来た。

コンクリート系床版の今後の課題と対策

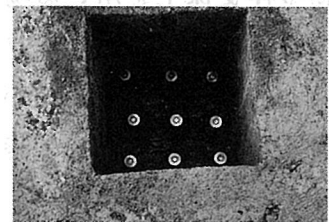
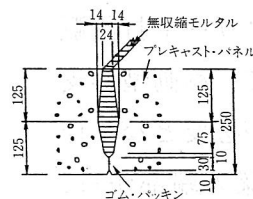
今後の課題

プレキャストPC床版

- ①プレキャストPC版間の接合構造
 - ・接合部の構造の簡素化による
施工性、経済性の向上
 - ・接合部の品質の安定化
 - ・連続合成桁における接合部の
設計法の確立
- ②プレキャストPC床版の鋼桁との
接合構造
 - ・ずれ止め構造の合理化と設計法
の確立
 - ・使用目的に対応したずれ止め
構造の検討
- ③クリープ、乾燥収縮
 - ・クリープ、乾燥収縮の影響
評価法と設計法の確立

対策

- ・せん断キー継手等の採用による構造
の簡素化の推進
- ・逐次ジャッキアップダウンにおける
工法等によるプレストレスの導入
- ・中間支点近傍におけるPC版間接合
部の設計法の開発
- ・グループ配置されたスタッドの設計
法の開発
- ・剛、および柔なずれ止め構造の開発
- ・実橋、あるいは実物大供試体の長期
計測の実施と設計法の開発

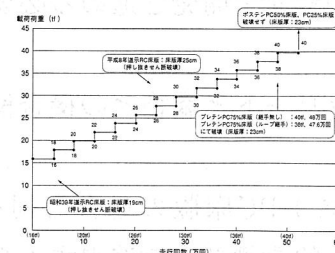


せん断キー継手の例 グループ配置されたスタッドの例

場所打ちPC床版

- ①床版コンクリートのクリープ・
乾燥収縮
 - ・プレストレスの損失と鋼桁への
移行力の評価法と設計法の確立
 - ・ずれ止め構造の設計法の確立
- ②最適プレストレス量
 - ・経済性、および疲労耐久性を
考慮した最適プレストレス量
- ③連続桁橋における床版コンクリート
の打設順序
 - ・打設順序の最適化による経済性
と施工性の向上

- ・実橋、あるいは実物大供試体の
長期計測の実施と設計法の開発
- ・剛、および柔なずれ止め構造の開発
- ・疲労耐久性試験結果に基づく設計法
の開発
- ・逐次ジャッキダウン工法等の併用に
よる打設順序の効率化



疲労耐久性実験結果の例
(建設省土木研究所との共同研究)

鋼・コンクリート合成床版

- ①鋼版の腐食対策
 - ・腐食耐久性の確保
 - ・塩害地区における耐用年数の
向上
- ②維持管理
 - ・底鋼板上面の滞水に対する
維持管理手法の確立

- ・防錆方法(耐候性鋼材、亜鉛めっき、
塗装等)の選択法の確立
- ・新しい防錆技術の研究開発
- ・滞水防止構造、点検手法の開発
- ・橋面防水材料の選定法の確立

3. P C床版の施工と管理

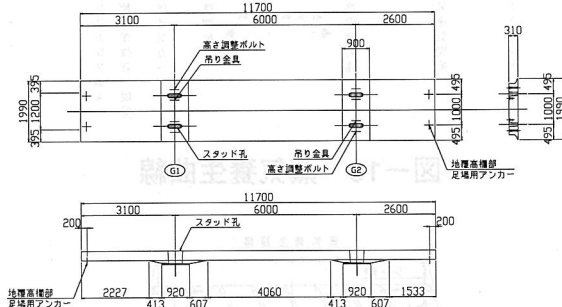
3-1 プレキャストP C床版の施工と管理

3-1-1 プレキャストP C床版の工場製作 工・輸送

(1)プレキャストP C床版の形状

プレキャストP C床版の形状は、橋梁形式、工場設備、運搬長、架設等の面より総合的に判断する。寸法は主桁の本数によって異なるが、幅方向の寸法は2 m、長さ方向の寸法は10～16m程度が標準である。また、現場での施工に必要な床版吊金具、高さ調整用治具、足場型枠用アンカーの取付け、スタッド部箱抜きを行う。

埋込み金物・箱抜きを図－6 に示す。



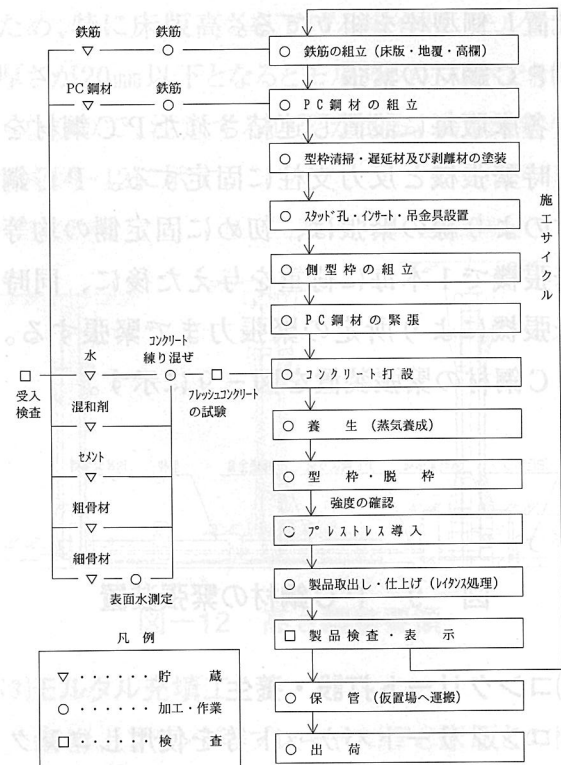
図－6 埋込み金物・箱抜き図

(2)工場施工サイクル

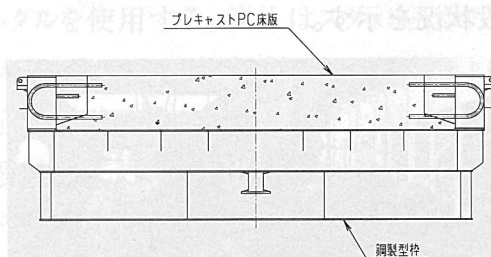
プレキャストP C床版の工場製作は、2～4枚程度の床版を製作するヤードを設置しサイクル施工する。標準的な工場施工サイクルを図－7 に示す。

(3)型枠製作

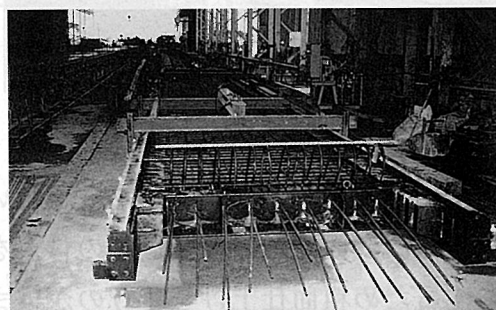
型枠は成形方法に適合した構造で、ハンドリング、締固めによる振動や圧力、養生などによって、形状が変化したり寸法に狂いが生じることのないもので、繰り返し使用に耐える堅固なものであると同時に、組立及び取り外しが簡単な構造でなければならない。鋼製型枠構造を図－8 と写真－2 に示す。



図－7 工場施工サイクル



図－8 鋼製型枠構造



写真－2 鋼製型枠組立状況

(4)鉄筋、P C鋼材、型枠設置

鋼製型枠の上に鉄筋組立を行う。P C鋼材については、コイル状にて搬入されるため、プレキャスト床版1枚毎の長さにて切断して配置する。各床版に配置されたP C鋼材を接続金具により床版型枠間で接続する。組立後、各埋め込み金具や箱抜き等を

設置し側型枠を組立てる。

(5) P C 鋼材の緊張

各床版毎に設置し連結された P C 鋼材を同時緊張機と反力支柱に固定する。P C 鋼材のより線の緊張は、初めに固定側の均等緊張機で 1 本毎に荷重を与えた後に、同時緊張機により所定の緊張力まで緊張する。P C 鋼材の緊張装置を図-9 に示す。

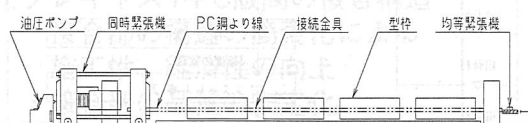


図-9 P C 鋼材の緊張装置

(6) コンクリート打設・養生

コンクリートバケット等を使用しコンクリートを打設する。写真-3 にコンクリート打設状況を示す。

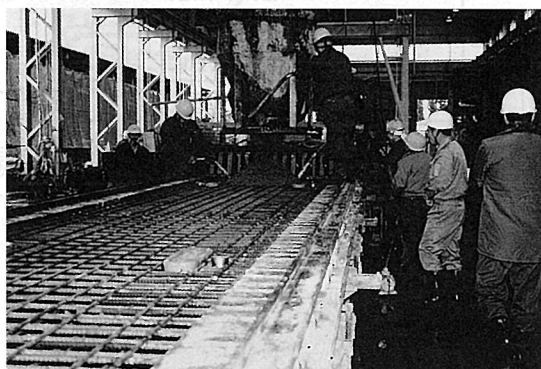


写真-3 コンクリート打設状況

締固めは、棒状のバイブレーターを用いて締固める。表面仕上げは舗装との付着を良好にするため粗面仕上げを行うのが望ましい。しかし、防水層を設ける場合は、防水工の種類に応じて適切な仕上を行う必要がある。

養生は促進養生を行うのが普通である。促進養生の方法は最も経済的である常圧蒸気養生が採用されている。常圧蒸気養生は、ボイラーで発生させた蒸気を型枠内のコンクリートに常圧状態で加温加湿する。蒸気

養生を行う場合は、コンクリートの練混ぜ後 2 ～ 3 時間以上経過してから行うものとし、養生温度の上昇は 1 時間につき 20°C 以下とし、最高温度は 65°C 以下とする。また、養生が終わったあとの急冷は避ける。蒸気養生曲線を図-10 に示す。蒸気養生設備を図-11 に示す。

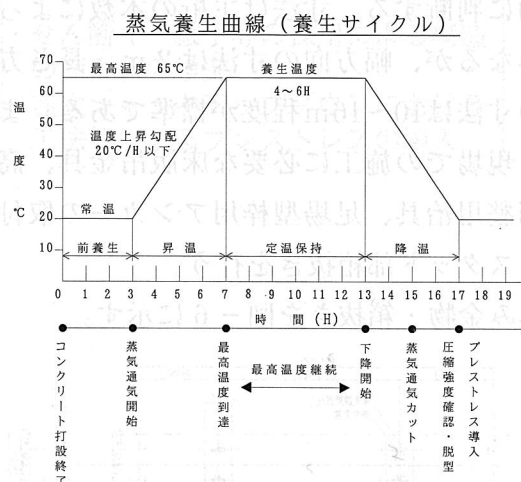


図-10 蒸気養生曲線

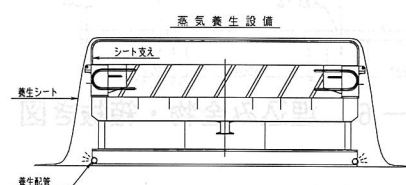


図-11 蒸気養生設備

(7) 仮置、運搬

仮置は、床版に損傷を与えないよう注意し下面が地面に接触したり床版がねじれないよう支持材を床版の所定の位置に配置し仮置する。また、運搬や荷降ろし途中でのひび割れ、欠け等の損傷を受けやすいので十分注意し必要に応じて養生、防護を行う。吊上や支持方法に注意し、たわみが生じないようにする。床版運搬状況を写真-4 に示す。

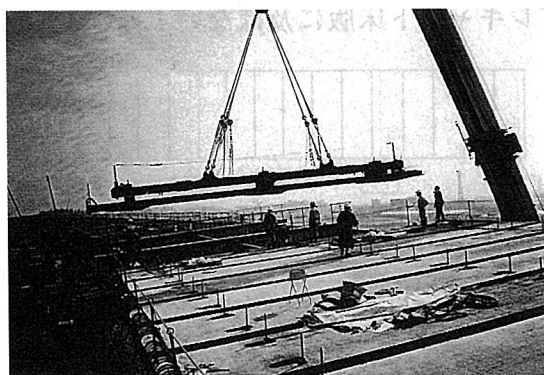


写真－４ 床版運搬状況

3-1-2 プレキャストPC床版の現場施工

(1) 架設工

プレキャストPC床版の架設はトラッククレーン等による架設が標準である。クレーンの能力は床版、吊具の重量より100～360 t吊能力の大型クレーンを使用する場合が多い。床版架設状況を写真－５に示す。また、大型クレーンの設置が困難な場合は、桁上を利用したトラベラークレーンやスライド装置による特殊架設工も採用されるが、特殊工法の場合は鋼桁に各架設用の治具等の取付が必要となるため、構造への反映が必要となる。

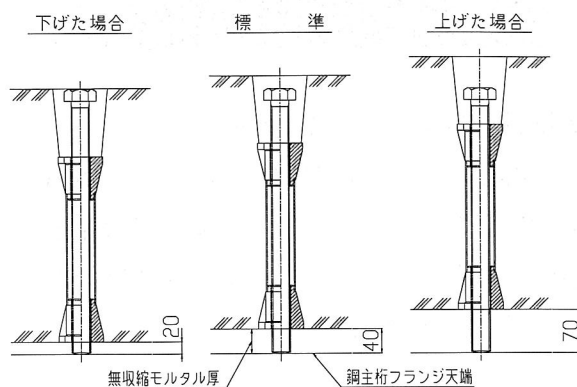


写真－５ 床版架設状況

(2) 高さ調整工

プレキャストPC床版架設後、床版製作時に埋め込みをした、高さ調整用治具を使用し調整を行う。調整は、鋼桁架設時の架設誤差及び床版の出来型誤差を治具調整ボルトにより行う。尚、調整量としてはモルタル代を使用する

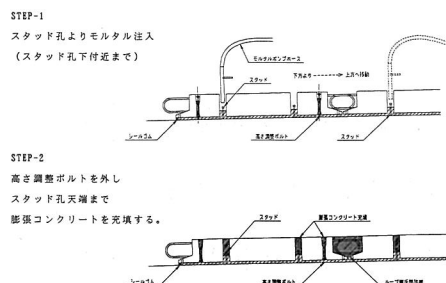
ため、特に床版高さを下げる場合は、モルタル厚さが20mm以下となるとモルタル注入ができなくなるので、注意する必要がある。高さ調整要領を図－12に示す。



図－12 高さ調整要領

(3) モルタル充填工

鋼桁上フランジとプレキャストPC床版との隙間にモルタルを充填する。モルタルは無収縮モルタルを使用する。注入はスタッド孔よりモルタルポンプのホース端を差し込み自然流下により行い、スタッド孔にモルタルが上がったことを確認する。また、高さ調整ボルト部及びスタッド孔部は継手部間詰め膨張コンクリートを打設する時、同時に充填する。モルタル充填要領を図－13に示す。



図－13 モルタル充填要領

(4) 継手工

1) 構造

① 橋軸直角方向継手

プレキャストPC床版の橋軸直角方向継手はループ継手構造が多い(写真－6)。床版設置後に通し鉄筋を配置し、コンクリートを打設する。

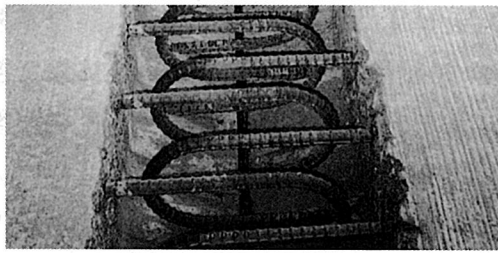


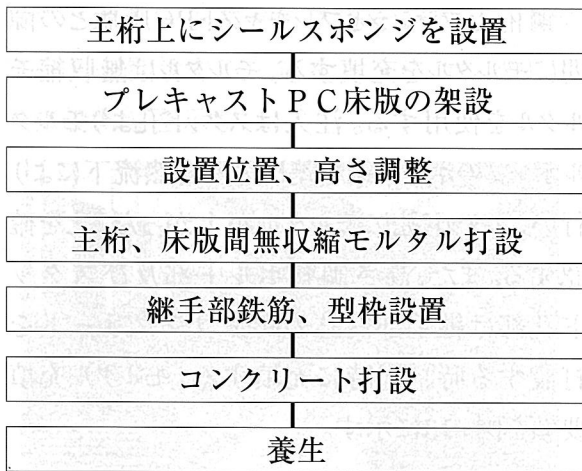
写真-6

②橋軸方向継手（分割パネル）

拡幅部、広幅員部には橋軸方向にも継手を設ける場合がある。この構造では重ね継手が一般的である。プレストレスは橋軸方向継手の施工後に導入する。

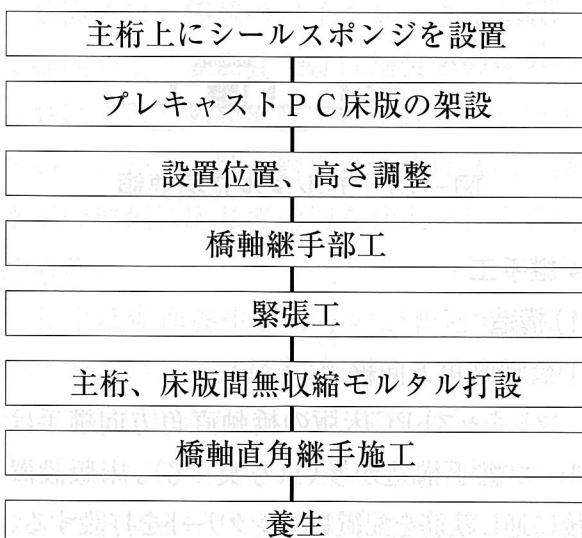
2) 施工手順

①一般部（橋軸直角方向継手のみの場合）



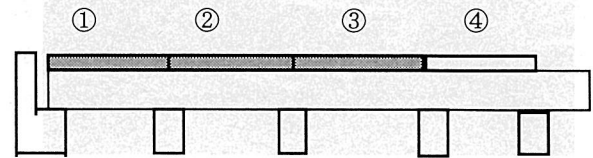
②分割部

（橋軸方向、橋軸直角方向継手有り）



3) 施工時期

継手部の施工は、後に架設する床版の継手部に与える影響を最小限にするため、図-14のようなサイクルで施工する。



ステップ1：①～③プレキャスト床版架設

ステップ2：①部継手部施工

ステップ3：④プレキャスト床版架設

ステップ4：②部継手部施工

図-14

(5)場所打ち部P C床版工

1) 施工箇所

プレキャストP C床版の平面線形、架設誤差を吸収するために、場所打ちP C床版部を設ける。一般的な場所打ちP C床版の施工位置は橋梁端部（伸縮装置取合部）、中間支点付近が多い（図-15）。プレキャスト床版との隣接部には橋軸直角方向に継手を設け、場所打ち部のプレストレスがプレキャスト床版に及ばないようにする。

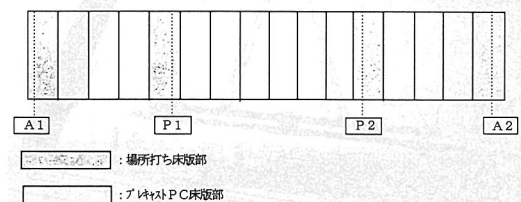


図-15

2) P C鋼材

①プレグラウトP C鋼材

場所打ち床版部ではプレグラウトP C鋼材を使用する場合が多い。P C鋼材の表面を未硬化の常温硬化性樹脂で覆い、異型のポリエチレンシースで被覆した構造である。特徴を以下に列挙する。

- ・樹脂の配合を変更することで硬化時間を

変更出来る。(工程に合わせて、プレストレス導入後に樹脂の硬化が始まるタイプを選定できる。)

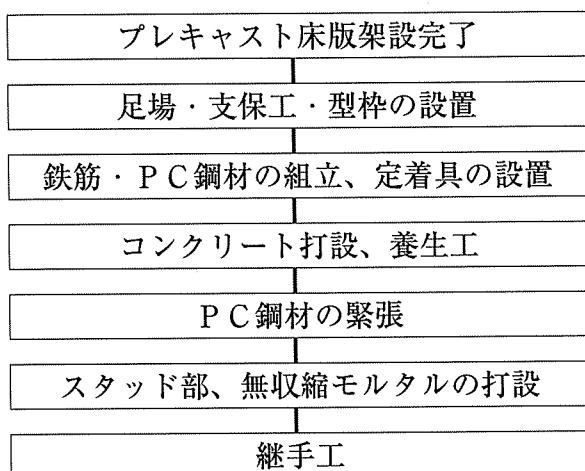
- ・緊張機器、定着具は通常のポストテンション用が使用できる。

② P C 鋼線、P C 鋼より線

分割プレキャスト床版の緊張には P C 鋼線、鋼より線を使用したグラウト充填タイプのポストテンション方式が使用される。

継手部施工時のシース管、排気、排出口の損傷、シース管内へのモルタル分の漏入は P C 床版構造の致命的欠陥になるので注意が必要である。

3) 施工手順 (プレグラウト P C 鋼材)



4) 型枠・鉄筋・定着用金具の配置

① P C 鋼材、定着金具の配置

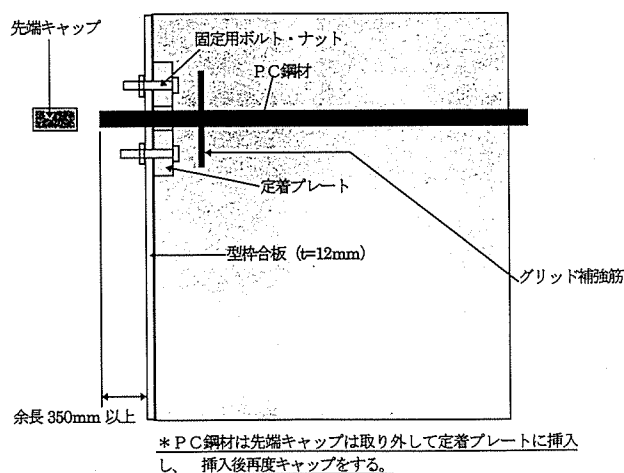


図-16

② 場所打ち P C 床版部型枠・支保工図

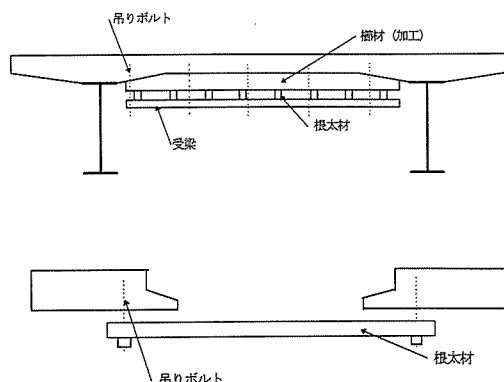


図-17

5) コンクリート打設

場所打ち P C 床版、継手部に使用されるコンクリートは、プレキャスト床版同等以上の強度のものを使用する。従って富配合で単位水量の少ない配合となる。非常に粘性の強いコンクリートになるため、実際に打設作業が出来るように配合、混和材の使用等を事前に検討する必要がある。

6) 養生工

① 仕上げ

表面仕上げは 2 回行う。2 回目は表面のひび割れを防止するために、ブリージング水が消失後、金コテを使用して行う。2 回目仕上げ終了後、表面に箒目仕上げを施す。

② 養生

コンクリート打設終了後、散水養生又は被膜養生をする。養生日数は普通セメント使用時 5 日間、早強セメント使用時で 3 日が標準である。



図-18

(6) 緊張工

1) 緊張順序

床版の橋軸直角方向の緊張順序は以下の順序で行う。

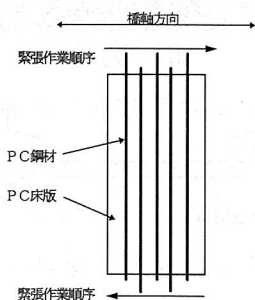


図-19

2) 緊張前のコンクリート強度の確認

プレストレス時のコンクリートの圧縮強度は、プレストレス直後にコンクリートに生じる最大圧縮応力度の1.7倍以上。工法毎に定着具付近のコンクリートの安全性について検討する。

3) 緊張作業手順

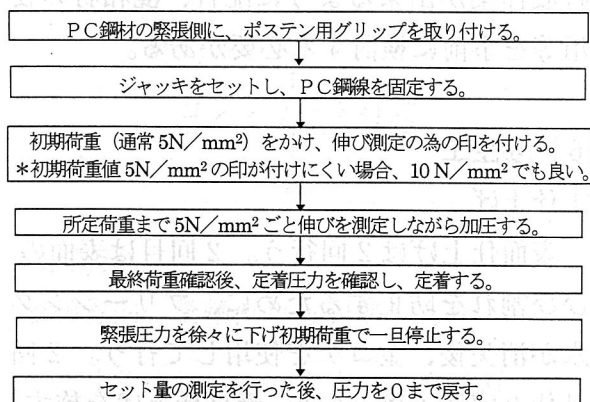


写真-7

4) 緊張管理

①ケーブル1本毎の管理

- 計算から、引止め点Aを求める。
- 実際に引き止め線まで緊張する。

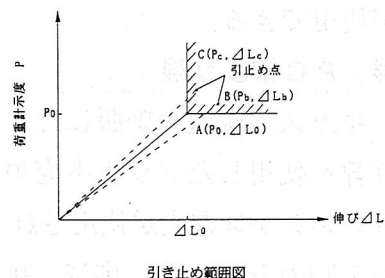


図-20(a)

- 最終荷重までの緊張結果で、各段階での伸び量が直線に乗ることを確認する。
- 最終伸び量 (m) から補正量 (δ) を平行移動した点と P1 を結ぶ直線が横軸と交わる点を O1 とし、O1 から原点までの距離を K とする。
- その直線を原点 0 点まで平行移動し、その移動した線の最終点が管理限界の中にあることを確認する。

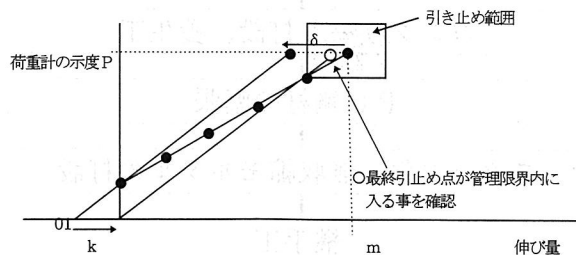


図-20(b)

$$\delta = \delta 1 + \delta 2 + \delta 3$$

δ 1 : 固定端めり込み量

δ 2 : ジャッキ内グリップ移動量

δ 3 : ジャッキ内 P C 鋼材伸び量

補正後の伸び量 (L) は $L = m - \delta + K$

②グループ管理

1 本ごとの緊張管理で得られた緊張力、伸び量のグループ内の差が、下表の許容誤差内に収まるか確認する。

組数	4	6	10以上
許容誤差	5%	4%	3%

3-2 場所打ちPC床版の施工と管理

3-2-1 場所打ちPC床版の施工法

(1)移動型枠工法

移動型枠工法とは、主桁部に移動式の型枠設備を設置して、床版をブロック単位（1回の打設ブロック長は通常10m～15m程度）でサイクル施工していく工法である。

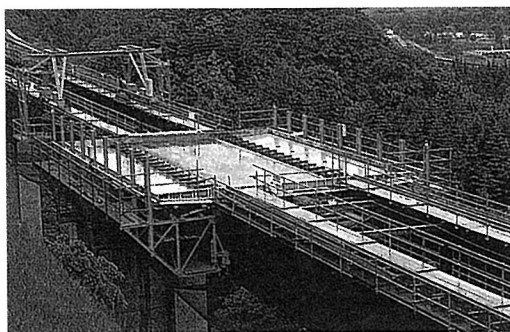
本工法を採用するにあたっては、下記の点に留意する必要がある。

- ・平面線形が単純で、また施工延長が比較的長いこと。（80m以上）
- ・主桁および横桁の設計時に、移動型枠の重量を考慮し、所要の強度照査を実施する。
- ・打設済みの床版コンクリートに悪影響を与えないように、打設長、打設順序等を検討する。
- ・移動型枠設備と橋台あるいは橋脚等との干渉（通過障害等）を照査する。
- ・横桁の配置（取付ピッチ、取付高さ等）と内型枠との関係も照査する。

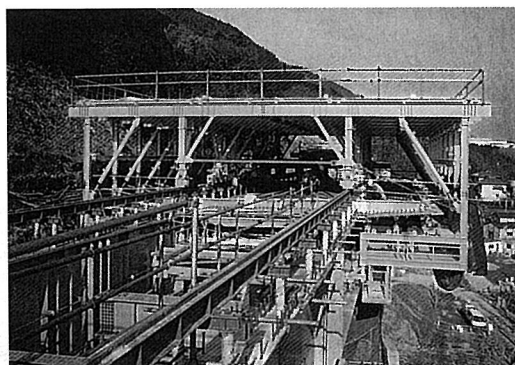
また、移動型枠設備において、外型枠には現在次のような型式があり、選定にあたっては、各々の特徴をよく勘案の上、現場条件に適合したタイプを選ぶ必要がある。

- ・サポートタイプ（写真－8を参照）
- ・ハンガータイプ（写真－9を参照）
- ・併用タイプ（写真－10を参照）

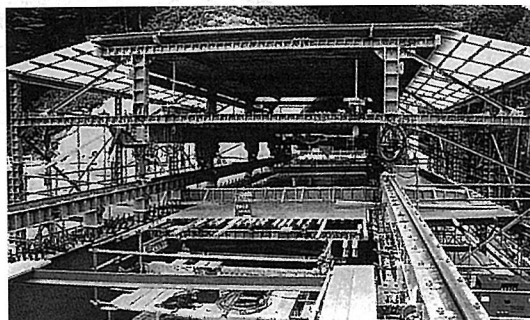
図－21に施工フロー（サイクル施工）を、図－22に移動型枠設備の構造図(案)を示す。



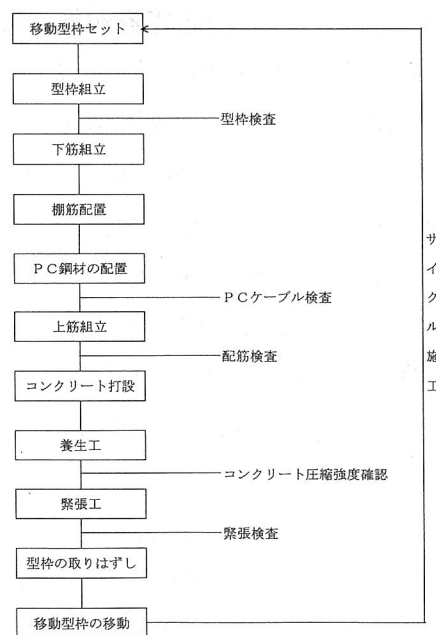
写真－8 (サポートタイプ)



写真－9 (ハンガータイプ)



写真－10 (併用タイプ)



図－21 移動型枠工法の施工フロー

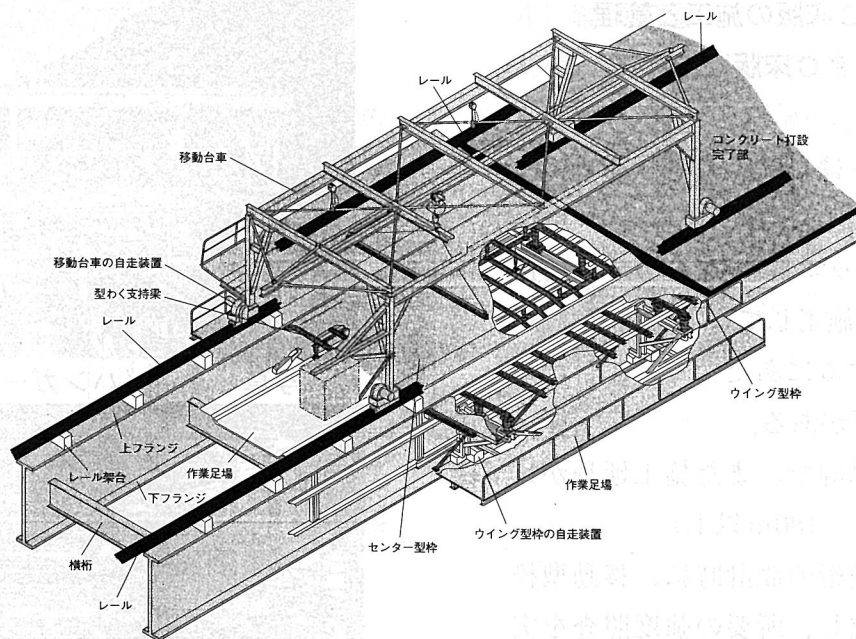


図-22 移動型枠設備の構造図（例）

(2) 全面型枠工法

全面型枠工法は、平面線形が複雑な床版、主桁間隔が変化する床版、また、施工延長が短い（80m以下）など、移動型枠工法の採用が困難あるいは不経済である場合に適用する。

型枠の基本構造は、従来のRC床版の場合と同様であるが、支保工の組立・解体に日数がかかるため、床版工期が長くなる。また、床版支間が大きい（主桁間隔が6m以上）場合、支保工設備が大掛かりになり施工が困難となる。

なお、移動型枠工法の場合と同様、コンクリート打設順序には十分留意する必要がある。

写真-11に全面型枠の設置状況を、図-23にその構造図および図-24に本工法の施工フローを示す。

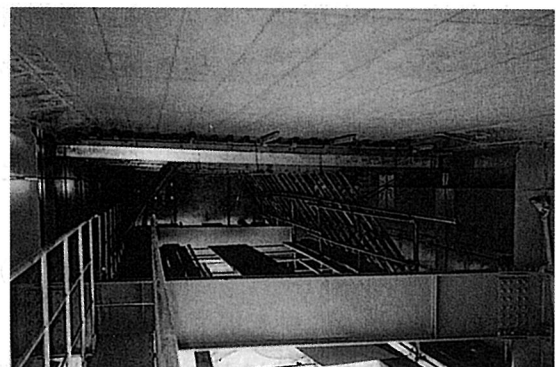


写真-11 全面型枠の設置状況

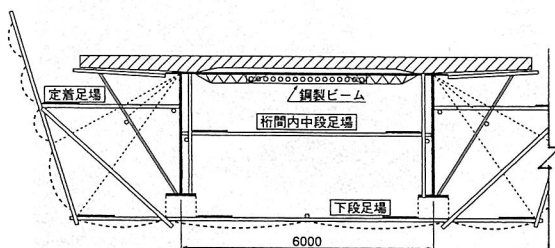


図-23 全面型枠の構造図

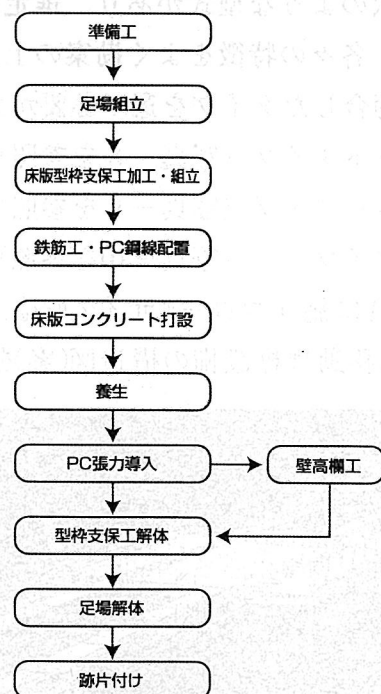


図-24 全面型枠工法の施工フロー

3-2-2 場所打ちP C床版の現場施工

(1)型枠の組立・解体

① 床面型枠の組立

床版面の仕上がり計画高よりハンチ高を決定し、床面およびハンチ部の型枠を組立てる。写真-12に床面型枠の組立状況を示す。

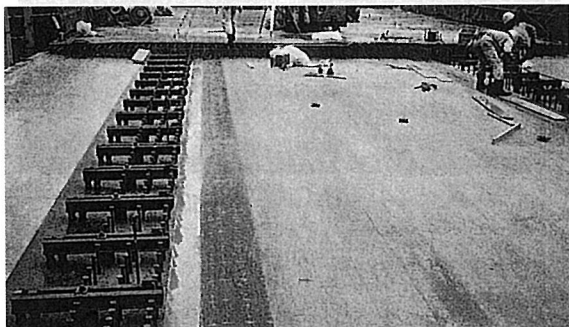


写真-12 床面型枠の組立状況

なお、型枠および支保工の許容たわみ； δa は、当設備の構造上の安全性および床版の仕上がり精度と密接な関係があることから、

$\delta a \leq 5\text{mm}$ （総たわみ量）とする。

② 裏面および側面（緊張端）型枠の組立

当該個所の型枠は、型枠パネルの継ぎ目からコンクリートが漏れ出さないように強固に組立て、型枠内面には遅延材を塗布する。図-25にその施工要領を示す。

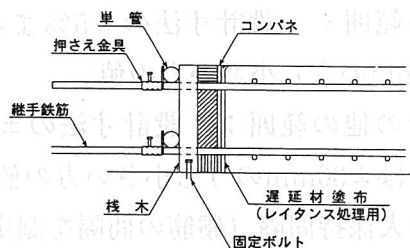


図-25 裏面および側面型枠の施工要領

また、型枠の撤去時期は、下記のとおりとする。

- ・裏側型枠； 概ね打設完了日の翌日とし、打継ぎ目のレイタンスを除去する。
- ・側面（緊張端）型枠； 緊張前

・床面型枠； 緊張完了後

なお、型枠組立の寸法精度は、「コンクリート構造物の出来形基準」によるものとする。

(2)鉄筋の組立

鉄筋組立の施工要領については、基本的には従来のR C床版の場合と同様につき、本文での記述を省略する。

鉄筋検査における管理基準は、下記のとおりである。（参考：日本道路公団 施工管理基準）

- ・かぶり 0～+10mm
- ・有効高さ $\pm 10\text{mm}$
- ・鉛直中心間隔 $\pm 10\text{mm}$
- ・水平中心間隔 $\pm 15\text{mm}$

なお、移動型枠工法によるP C床版施工の工期短縮を目的として、鉄筋をプレファブ化するという手法がある。しかし、プレファブ鉄筋を使用する場合、作業の流れが平準化でき、かつサイクル工程が短縮できる等のメリットがある反面、組立ヤードや架台および鉄筋架設用の機材（専用の架設機またはクレーン設備）が必要になるとか、鉄筋パネルの運搬・吊込み時の変形防止、各パネル間の継手部の施工性等に問題点もある。

したがって、採用にあたっては事前の十分な検討が必要である。

(3)P C鋼材の配置

③ P C鋼材の種類・タイプ

場所打ちP C床版に使用するP C鋼材の種類は、原則として次のものを標準とする。

- ・1 S21.8mm（プレグラウトタイプ）
- ・1 S28.6mm（プレグラウトタイプ）

また、プレグラウト仕様のグラウト材には

・通常タイプ ・暑中タイプ

・寒中タイプ ・高温対応タイプ

の4種類があり、P C鋼材の使用時期およびコンクリートの硬化熱等を考慮してタイプを選定し、使用する必要がある。

② P C鋼材の取扱い上の注意事項

プレグラウト仕様のP C鋼材の搬入、保管、取扱いにあたっては、以下の点に注意する。

・緊張作業前にプレグラウト材の硬化が始まらないように、使用する時期に合わせて現場搬入する。

・荷卸し時、ポリエチレンシース管を損傷しないように玉掛けにはナイロンスリング等を使用する。

・溶接熱等による被覆損傷にも注意する。

・直射日光があたらない通気性の良い場所に保管する。

・円状に巻かれたP C鋼材の結束をはずす場合は、周囲に十分注意して行う。

写真-13にP C鋼材の搬入状況を示す。

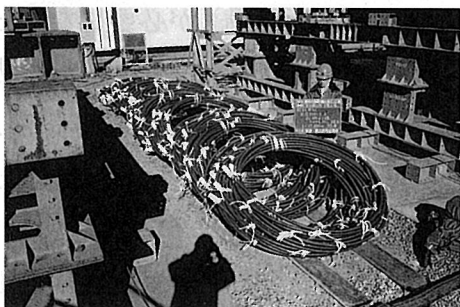


写真-13 P C鋼材の搬入状況

③ P C鋼材の配置

高さは、幅止め筋に設置される棚筋により所定の形状になるように管理する。

また橋軸直角方向に湾曲しないようにするとともに、緊張側および固定側に十分な余長を確保して配置する。床版の緊張作業

は一般に千鳥引きを採用するため、緊張側と固定側が交互になるように配置する。

写真-14にP C鋼材の配置状況を示す。

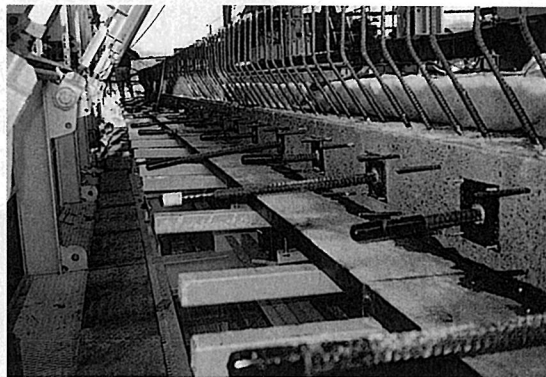


写真-14 P C鋼材の千鳥配置

④ 定着具の取付

定着板は、型枠の所定の位置にボルトまたは釘を用いて確実に固定する。

また、定着板はP C鋼材に対して直角に配置する。直角に配置されていない場合、局部曲げが生じるため破断や定着不能となる恐れがある。

⑤ P C鋼材の配置検査

PC鋼材設置完了後の検査項目を下記に示す。(参考:日本道路公団 施工管理基準)

イ) P C鋼材の中心と部材縁との距離

・主要な設計断面の両側で支間長の1/10の範囲； 設計寸法の $\pm 5\%$ または $\pm 5\text{mm}$ のうち小さい方の値

・その他の範囲； 設計寸法の $\pm 5\%$ または $\pm 30\text{mm}$ のうち小さい方の値

ロ) 最大保持間隔（棚筋の間隔を測定）

・P C鋼より線の場合 1m以内

(4) コンクリートの打設

① 生産工場の選定

レディーミクストコンクリート工場の選定にあたっては、R C床版施工の場合と同様、各種の調査・確認を十分に行って選定

する。

② コンクリートの配合設計

P C床版におけるコンクリートの配合設計の標準仕様を以下に示す。

- ・セメントの種類； 早強ポルトランドセメント
- ・圧縮強度； $\sigma_{28} = 40\text{N/mm}^2$
- ・粗骨材の最大寸法； 20mmまたは25mm
- ・混和剤； A E減水剤を使用
- ・目標スランプ； 8cmを原則
ポンプ圧送などでスランプを12cm以上とする場合は高性能A E減水剤等を使用
- ・空気量； 4.5%を標準
- ・水セメント比； 50%以下
- ・最小単位セメント量； 300kg/m³

(ポストテンション方式の場合)

- ・膨張材； 30kg/m³ (使用する場合)

③ 打 設

まず、コンクリート打込み前には型枠内を清掃し、異物が混入することを防止する。

コンクリートの練混ぜから打終わりまでの時間は、次のとおりとする。

- ・外気温が25℃を超える時 1.5時間以内
- ・外気温が25℃以下の時 2.0時間以内

打設順序は、ポンプ車の位置から遠い場所から順次手前に近づくようにし、横流しを避け、均等厚に水平に打込む。

写真-15に打設状況を示す。

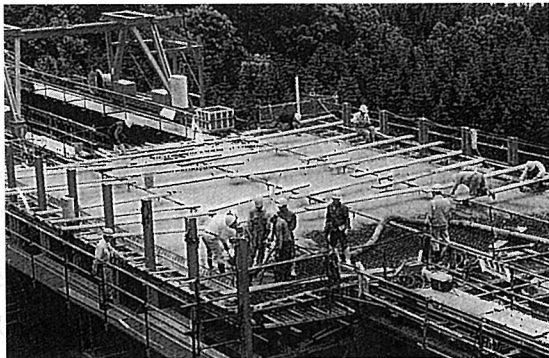


写真-15 コンクリートの打設状況

現場における日常品質管理試験は、下記の項目について実施する。

- ・スランプ試験； $\pm 2.5\text{cm}$
- ・空気量試験； $\pm 1.0\%$
- ・コンクリート温度；
寒中コンクリート 5℃～20℃
暑中コンクリート 35℃以下
- ・塩化物含有量試験； 300g/m³以下
- ・コンクリート圧縮強度試験； $\sigma_{7, \sigma_{28}}$

④ 締固め

コンクリート打込み直後に、棒状振動機等を使用して型枠および鉄筋の隅々まで十分に締固めを行う。

締固めに作業あたっては、材料分離を生じさせないように、また鉄筋やP C鋼材に直接当てて振動させないように、慎重に行う。

⑤ 打継ぎ目の処理

打継ぎ目は、橋軸直角方向（主鉄筋方向）に鉛直に設けるようにする。

端部妻側の型枠外しは、打設コンクリートの硬化後できるだけ早い時期に行い、直ちにワイヤーブラシや高圧洗浄機によりレイタンス、品質の悪いコンクリート、緩んだ骨材粒等を完全に除去する。

また、壁高欄との打継ぎ目等新旧の打継ぎ目は、表面をチップング等により粗面にして十分吸水させた後、モルタルやプライマーを塗布して新コンクリートを打継ぐようにする。

⑥ 表面仕上げ

表面仕上げの目的は、所定寸法に仕上げ、かつ外観を美しくするとともに、表面にひび割れのない緻密な層を形成して耐久性を向上させることにある。

手仕上げの場合の方法としては、

荒仕上げ→表面仕上げ→刷毛目仕上げ

の順に仕上げていく。

コンクリートの打設高さおよび仕上げ高さは、図-26に示すように、定規用鉄筋および検深棒にて管理する。

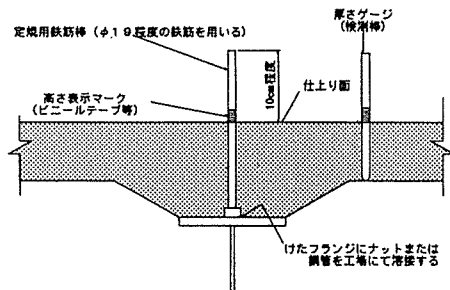


図-26 定規用鉄筋・検深棒

⑦ 養生

養生の目的は、打込み後硬化が進行し、十分な強度が得られるまでの間、有害な影響を受けないように保護することにある。

通常での養生方法を以下に示す。

- ・被膜養生； 合成樹脂やアスファルト系の膜養生材を表面のブリージング水が引き始めた時に散布する。
- ・湿潤養生； ぬらした養生マットなどで表面を覆い、散水して湿潤状態を保つ。

（早強ポルトランドセメントで3日間以上）

⑧ 出来形管理

床版の出来形寸法は、下記の許容値以下とする。（参考：日本道路公団 コンクリート構造物の出来形基準）

- ・橋 長； -25mm～+30mm
- ・幅 員； 0 ～+30mm
- ・床版、地覆高さ； -25mm～+25mm
- ・厚 さ； 0 ～+20mm
- ・床版、地覆の平坦性； 20mm

(5) P C 鋼材の緊張

① 準備工

緊張作業に先立って、下記の準備を行う。

- ・緊張装置のキャリブレーションの実施
- ・ジャッキ等の確認（潤滑剤を塗布）
- ・P C 鋼材表面の確認（異物の除去）

なお、緊張時期は、床版と同じ条件で養生した供試体によりコンクリート圧縮強度試験を行い、所定の強度を満足しているかを確認して決定する。

② 緊張順序

緊張順序は、可能な限り床版に均等な張力を導入できるよう、図-27に示すごとく片側から緊張を開始し、終点まで行けば反対側から返って来るようにする。

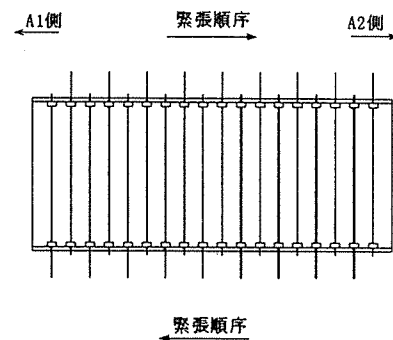


図-27 緊張順序

なお、次回床版打設時に近い部分の横締めは、原則として次回施工時に同時に緊張する。

また、排水弁の両サイドは、排水弁設置後に緊張する。（P C 鋼材のプレグラウト樹脂の硬化期間に注意を要する。）

③ 緊張作業

緊張作業は、下記の手順で行う。

- ・P C 鋼材の緊張側にポステン用グリップを取付ける。
- ・緊張用ジャッキをセットしてP C 鋼材を固定する。（以後、後面は立ち入り禁止）

- ・初期荷重（普通5N/mm²）をかけ、伸び測定のための印をつける。
- ・所定荷重まで10N/mm²毎に伸びを測定しながら加圧する。
- ・最終荷重確認後、定着圧力を確認し定着する。
- ・緊張圧力を徐々に下げ、初期荷重で一旦停止する。
- ・セット量の測定を行った後、圧力を0まで戻す。

写真-16にP C鋼材の緊張作業状況を示す。

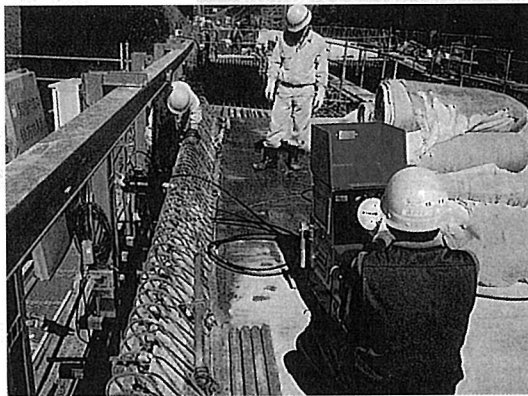


写真-16 P C鋼材の緊張作業状況

④ 緊張管理

P C鋼材の緊張管理は、ケーブル1本毎の管理とグループ毎の管理を行う。

イ) ケーブル1本毎の管理

各ケーブルの荷重計示度と伸び量を求め、その値の10%以内を引き止め範囲とする。

ロ) グループ毎の管理

引続き緊張された同じ組のP C鋼材について、1本毎の緊張管理で得られた緊張力および伸び量のグループ内の差が許容誤差内に収まっていることを確認する。（組数が10以上の場合の許容誤差は、3%以内とする。）

4. おわりに

以上プレストレスト床版の一般的な施工の現状と、注意すべき事柄について記した。参考にしていただければ幸いである。

取替えコンクリート床版の紹介

維持補修委員会
補修技術部会

1. はじめに

鋼橋では第二東名・名神に代表されるように、建設の合理化とライフサイクルコスト（LCC）の観点から耐久性を追求した新しい技術が採用されている。まさに「新しい鋼橋の誕生」の時代の幕開けと言っても過言ではない。

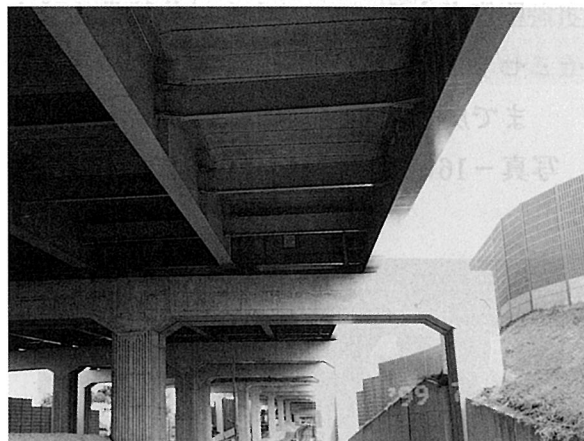
（写真－1）

その一方で、わが国の道路橋は橋長15m以上では12万橋以上に達している。今後さらにストックが増え続き、橋の高齢化が進む中で、経済性と長寿命化を目指した維持管理が重要な課題となっている。

鋼橋の損傷の代表的な事例としては、コンクリート床版（RC床版）の損傷と鋼桁溶接部の疲労損傷、そして腐食がある。ここではRC床版の損傷に対する補修・補強工法のうち、取替えコンクリート床版（取替え床版）について当協会会員各社が開発した製品を主体に紹介する。

2. RC床版の損傷

RC床版のひび割れやコンクリートの欠落などの損傷がクローズアップされてきたのは、昭和30年代後半に入ってからである。この時期はちょうど経済、社会の発展とともに、自



写真－1 第二東名高速道路

動車の数が飛躍的に伸びた時期でもあり、また道路整備も相次いだ5カ年計画で進展し、道路延長も伸びた時期と重なった。

床版損傷の主な原因としては交通量の増大、車両の大型化、コンクリートの品質の問題、設計の考え方などが挙げられる。また床版の設計は様々な技術の変遷を経て今日に至っており、既設の床版の多くは以前の基準で設計されたものも多い。

(1) 損傷の事例と傾向

床版は直接自動車荷重を受けるため最も損傷を受けやすい部位の一つである。建設省土木研究所資料「既存橋梁の耐久性評価・向上技術に関する調査研究」からRC床版の損傷事例に係わるものを一部紹介する。¹⁾

表－1は調査橋梁を適用示方書別に分類したものであるが、この結果から昭和39年以前

の旧基準により設計された橋梁に損傷が集中していることを示している。

表－２は調査橋梁を施工後25年以内の補修・補強工法別に昭和49年を境に比較したものである。この結果から床版の打替え（全面、及び部分）が増加傾向にあることを示している。

以上のことから、旧い基準で設計された床版ほど多くの問題をかかえており、老朽化によりライフサイクルコストの観点から全面打替えが増加する傾向にあることが判る。最近の動向としては、平成5年の道路構造令の改訂に伴い設計活荷重（A、B活荷重）も改訂され、改めて経年変化による劣化損傷や耐荷力不足が指摘されており、対応が急がれている。

(2) 損傷メカニズム

R C床版の損傷がクローズアップされて以来、その後の理論解析および疲労実験により、疲労損傷の主因は大型車による活荷重の移動繰り返し作用によるせん断疲労破壊であり、ほぼ図－１に示す６段階のプロセスを経て進むことが判ってきている。

以上のことから疲労耐久性を維持・向上させるためにはクラックの発生又は進展を阻止する事が重要であり有効な方法として以下の対応が考えられる。

- ① 点検による損傷の早期発見
- ② ひび割れを進展させない補強
- ③ 防水性の向上

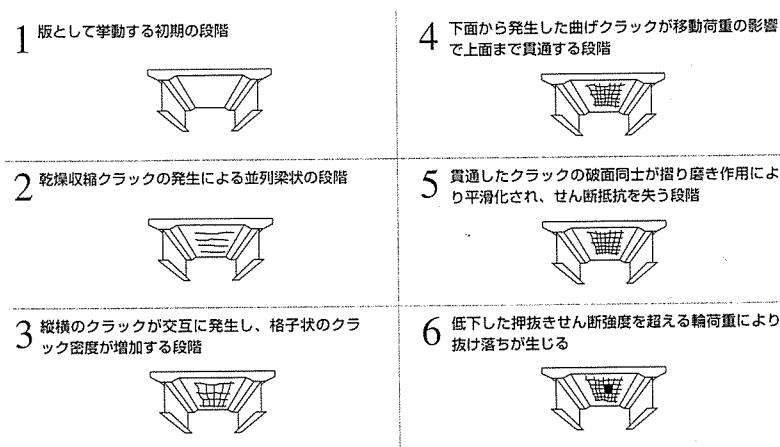
表－１ 適用示方書別調査橋梁数

適用示方書	大正15	昭和14	昭和31	昭和39	昭和48	昭和55	不明	合計
橋 梁 数	18	40	60	61	41	1	4	225
補 修 数	12	16	28	23	0	0	1	80
補修割合%	67	40	47	38	0	0	25	36

表－２ 補修・補強工法別件数

補修・補強工法	鋼板接着	縦桁増設	横桁増設	樹脂注入	FRP接着	部分打替	全面打替	床版増厚	併用工法	合 計
昭和48年以前	13	6	3	—	3	3	3	—	—	31
昭和49年以降	11	5	—	2	—	4	11	1	3	37

図－１ クラックの進展段階と床版構造の変化²⁾



3. R C床版の補修・補強

R C床版の補修・補強は大別して旧基準で設計された床版の耐荷力向上のための補強と、損傷した床版の機能維持のための補修・補強を基本としている。

補修・補強工法及び施工時期の選定にあたっては、点検・調査により損傷の進行状況や余寿命を把握し、これに交通事情及び経済性等を総合的に勘案して行われる。

(1)点検内容と判定基準

R C床版の点検（調査）は床版損傷の早期発見と損傷の状況把握が主な目的であり、維持管理上最も重要である。

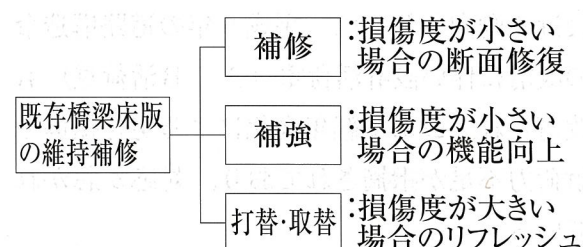
点検内容と頻度については、道路管理者である各機関で各々基準を定めているが差異が見られる。いずれもひび割れ、漏水および遊離石灰の発生等に着目して行われている。

点検結果は損傷度に応じてランク分けされ、各々補修の要否判断の基準は規定されているが必ずしも補修・補強工法の選定とリンクさせているとは限らない。

詳細点検は、接近しての目視が基本であるが、足場等が必要である。場合によっては橋梁下から赤外線センサー等による非破壊検査で代行する場合もあり、図－2に参考例を示す。

(2)橋建協の取替え床版

R C床版の維持補修方法は、一般的には点検結果に基づき行われ以下の3ランクに分類される。



表－3は既存橋梁床版の維持補修の体系と当協会における取替え床版の位置付けを示したものである。ここではR C床版の鋼床版化と他の形式の床版に取替えるものを取替え床版と定義している。

表－4は取替え床版のうち、施工事例から主なる製品についての構造の概要をまとめたものである。

図－2 非破壊検査による調査例

1. 赤外線センサーによる調査結果

2. 目視点検

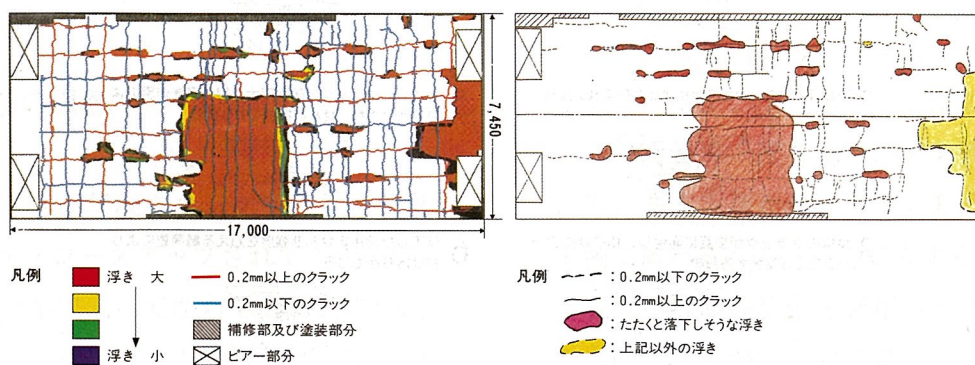
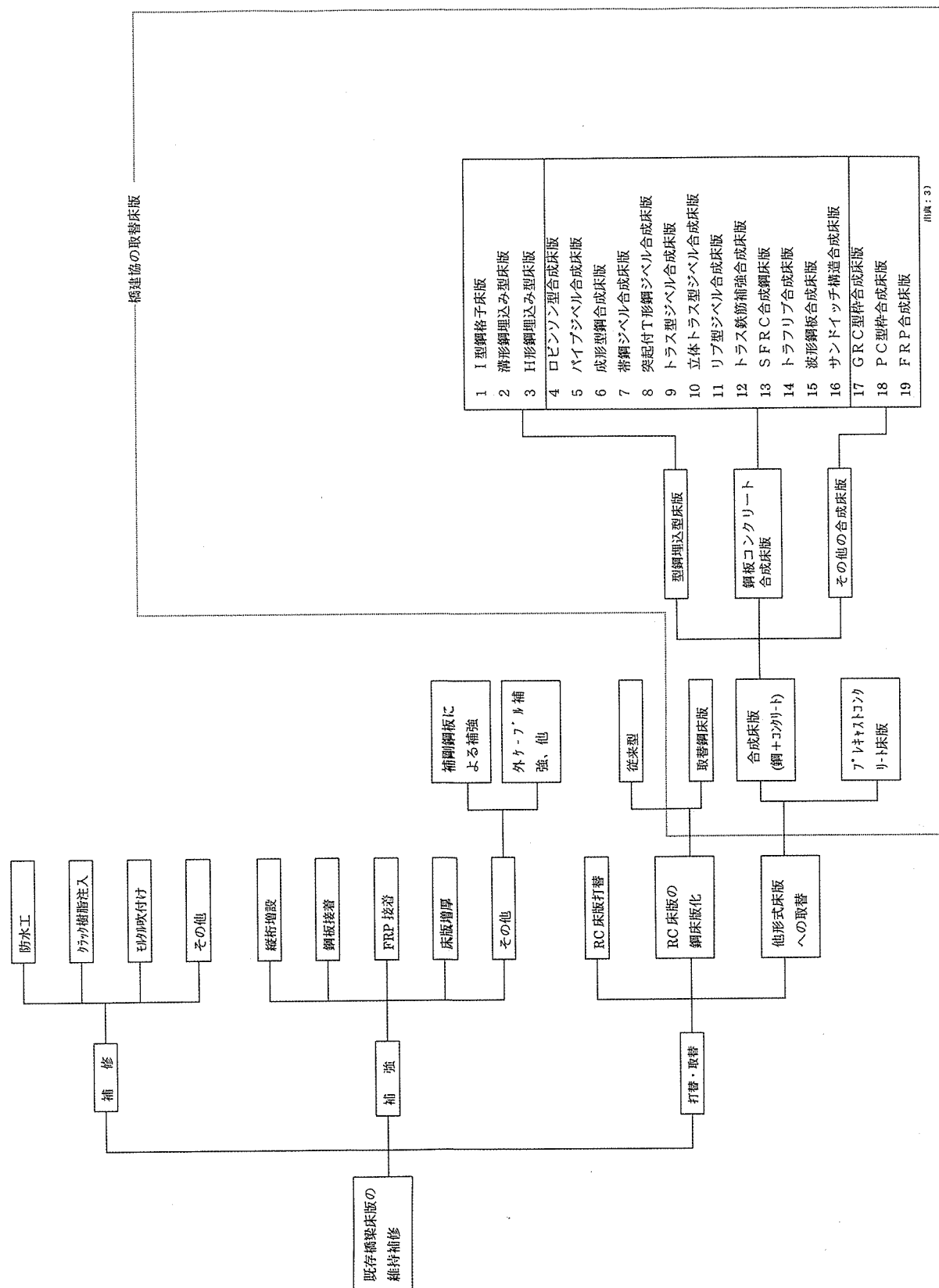
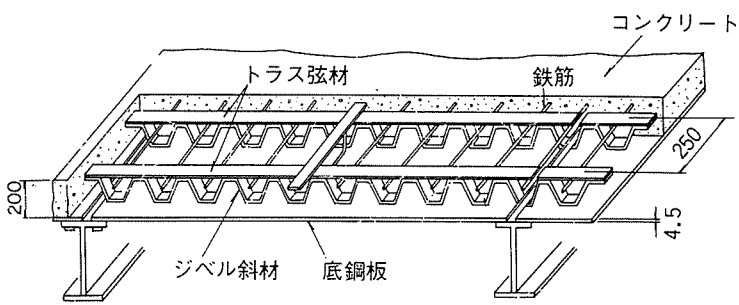
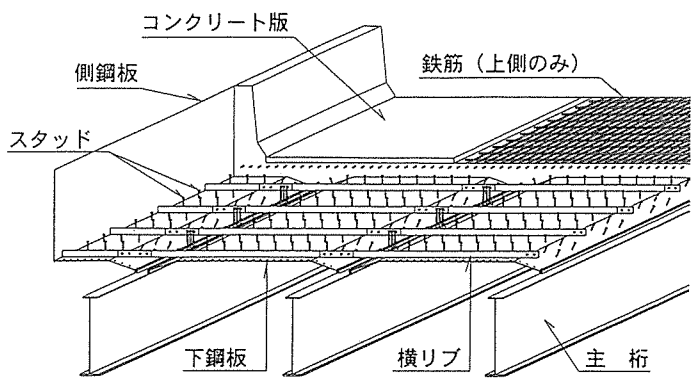
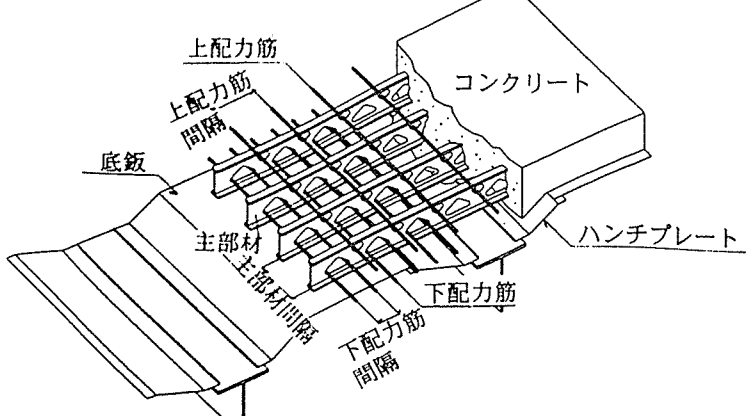
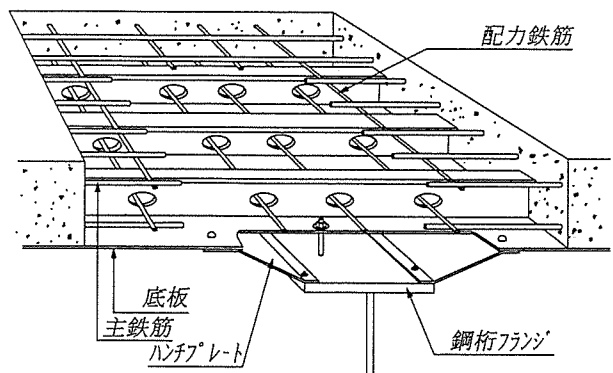
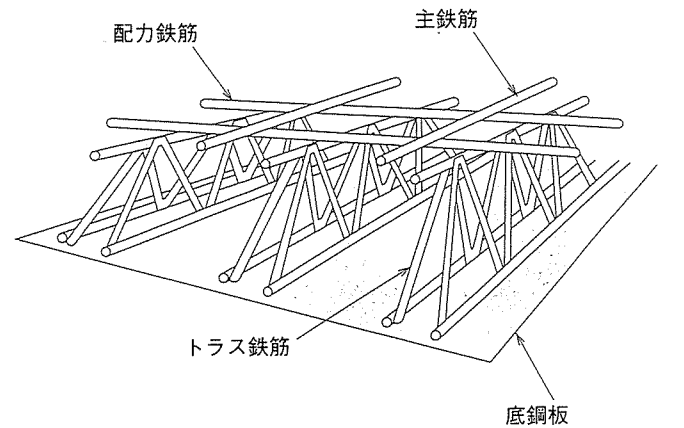
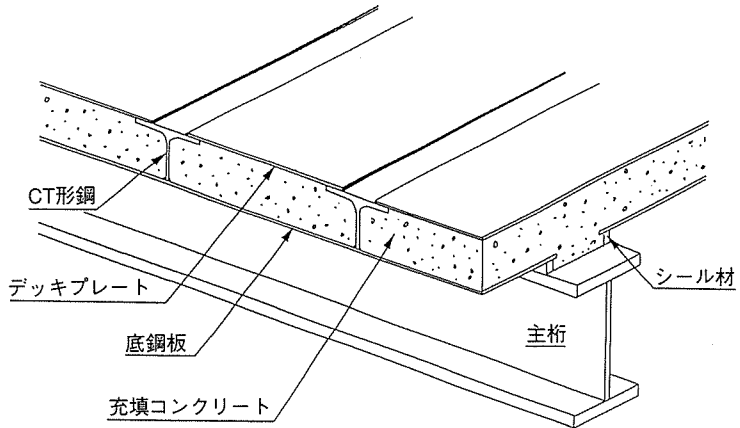
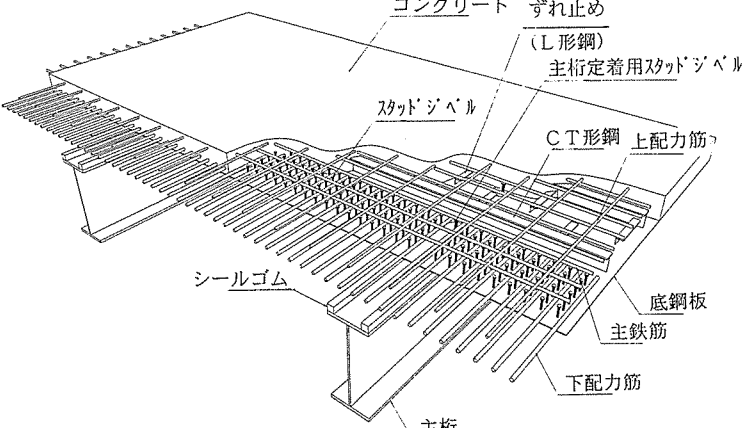
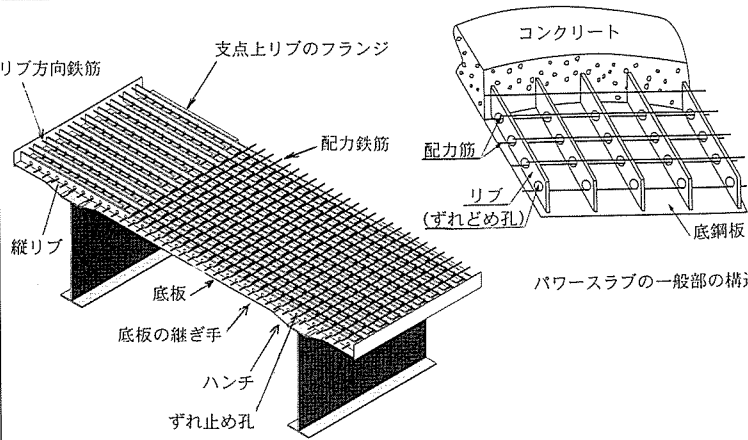


表3 橋建協の取替え床版



表－４ 取替え床版の概要

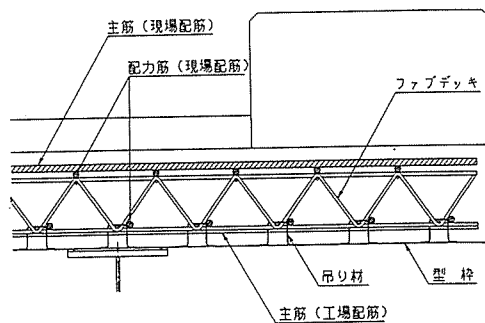
①トラス型ジベル合成床版 底鋼板に平鋼を加工したトラス型ジベルを溶接した合成床版 鉄筋は上側配力筋のみ配置	
②SCデッキ 底鋼板にスタッドジベルを溶植した合成床版 形状保持のための横リブを有する 鉄筋は上側のみRCと同様に配置	
③I型鋼格子床版 主鉄筋に代る主要部材として。I型鋼と型枠とからなる垂鉛鉄板を点付した合成床版 鉄筋はI型鋼ウェブにハンチ孔を設け、上側、下側共に配力筋を配置	
④FRP合成床版 軽量で耐蝕性に優れるFRPを型枠・支保工として使用し、さらに鉄筋コンクリートと合成させた床版	

⑤ T R C 床版 底鋼板とプレハブトラス鉄筋を溶接した合成床版 鉄筋は上側のみ R C と同様に配置	
⑥ サンドイッチ型複合床版 底鋼板に C T 型鋼をリブ材として溶接し、さらにデッキプレートを現場溶接にて塞ぎ、中詰めコンクリートを充填した床版 強度は鋼部材のみで負担する	
⑦ M E S L A B 底鋼板に L 型鋼を溶接した合成床版 継手は L 型鋼の代りにスタッドジベルを使用 鉄筋は上側は R C と同様に配置 継手部は補強鉄筋を配置	
⑧ パワースラブ 底鋼板に縦リブを溶接した合成床版 鉄筋は下側は縦リブを貫通して配力筋を配置、上側は R C と同様に配置	

⑨ユニデッキ

工場で下面型枠・下面鉄筋，トラス筋を一体化し，現場で上側鉄筋を組立てるRC床版

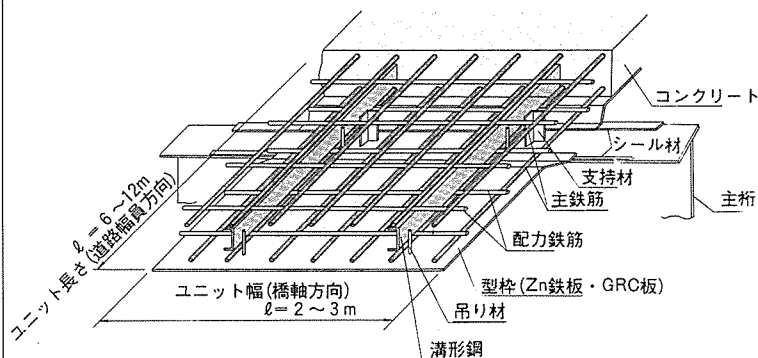
下面鋼板は型枠であるため構造はRC床版と同等



⑩ユニットスラブ

工場で下面型枠，形鋼，鉄筋を一体化したRCプレハブ床版

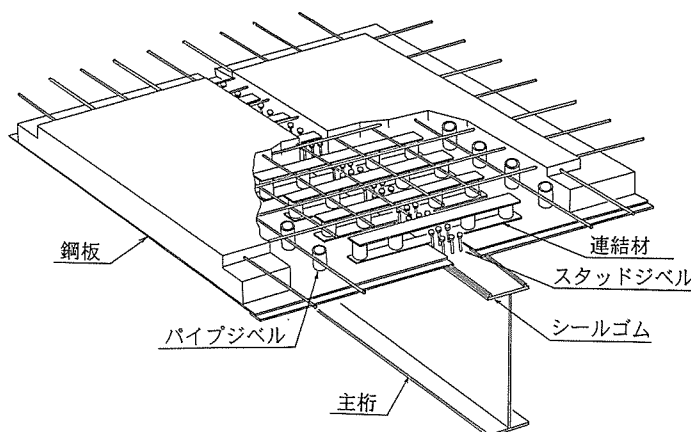
下面鋼板は型枠であるため構造はRC床版と同等



⑪コンポスラブ

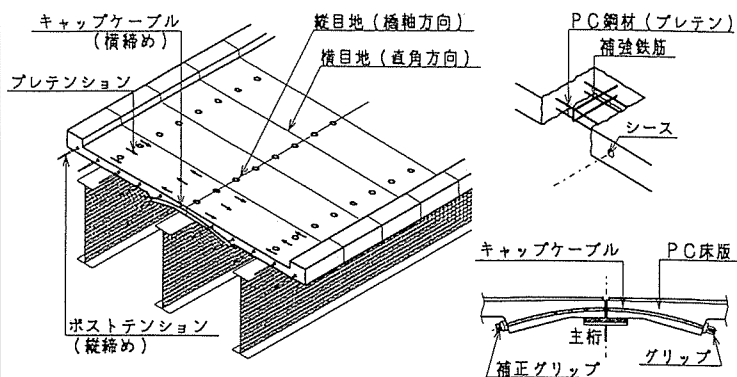
底鋼板とパイプジベルを溶接したプレキャスト合成床版

鉄筋は上側のみ配置



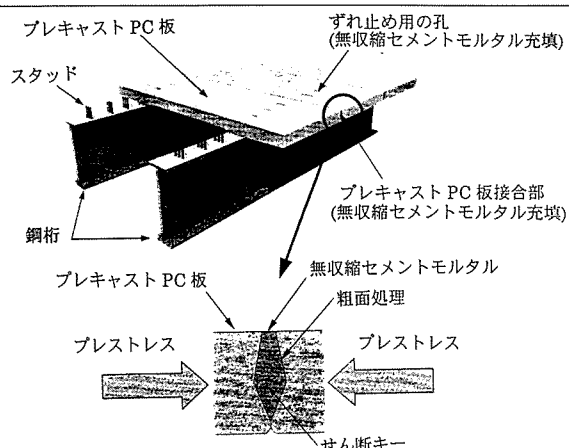
⑫YMスラブ

プレキャストRC床版を，半幅施工時の跡目地をプレストレスで緊結する事を特徴とするプレキャストPC床版



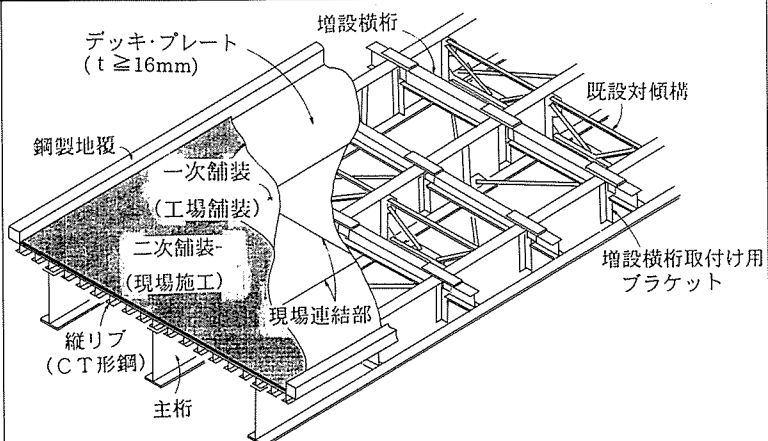
⑬ S P床版

プレキャストPC床版にジャッキアップ・ダウンによりプレストレスを導入し、目地部にせん断キーを有するプレキャストPC床版



⑭ バトルデッキ

既設主桁間に横桁を増設し、その上にCT型鋼の縦リブを有する鋼床版パネルを設置する取替鋼床版



(3)取替え鋼床版（HKスラブ）

前述の取替え床版の外にも、最近開発されたものがあり今後実橋への採用が期待されているものも多い。その中からここでは代表例として「HKスラブ」を紹介する。

「HKスラブ」は当協会が鋼橋ビジョンのアクションプログラムの一環として自主開発したものであり、鋼床版のもつ利点を最大限に生かせるよう設計されている。

図3-1は「HKスラブ」の一般図を、図3-2はパネル詳細を示す。

従来、鋼床版は現場での施工性・工期の短縮・主構造への荷重の軽減・形状の自由度等から有効な工法であるが、一方、次のような問題点が指摘され、橋梁全体の耐荷力の向上が期待されるにもかかわらず採用の機会が少ない。

すなわち別稿「合理化鋼床版橋の誕生」に記した様な問題点を有していた。

「HKスラブ」は、鋼床版の問題点を解決

するために開発されたユニットパネル構造の床版であり、以下のような特徴を持っている。

- (1)プレハブ化・規格化・厚板を使用したユニットパネル式鋼床版である。
 - (2)交通開放下の半幅施工と工期短縮を実現できる。
 - (3)舗装は工場施工の薄層舗装を基本としている。
 - (4)床版取替えのトータルコストの低減を実現できる。
 - (5)合成げたへの対応も可能である。
- 手引書も完備しているのでぜひ活用をおすすめしたい。

4. おわりに

R C床版をリフレッシュ（打替え、取替え）する事は道路の保全上、最も有効な手段であるが交通規制が必要である。

昨今の交通事情から、全面通行止めは不可能に近く、車線規制により交通開放しながら

図3-1 「HKスラブ」一般図

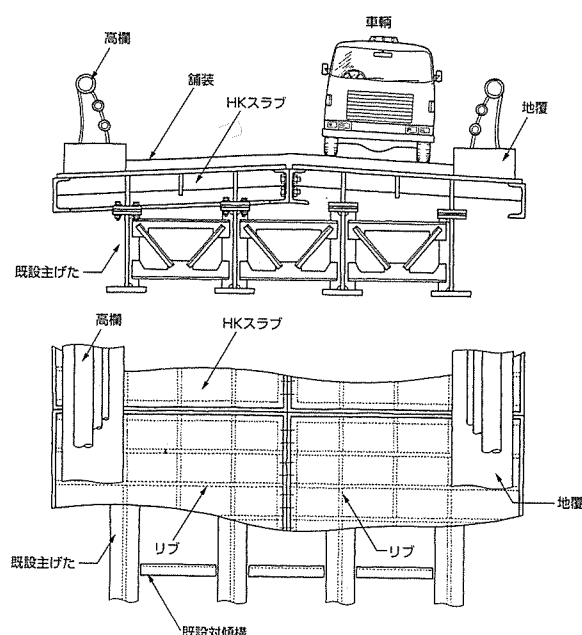
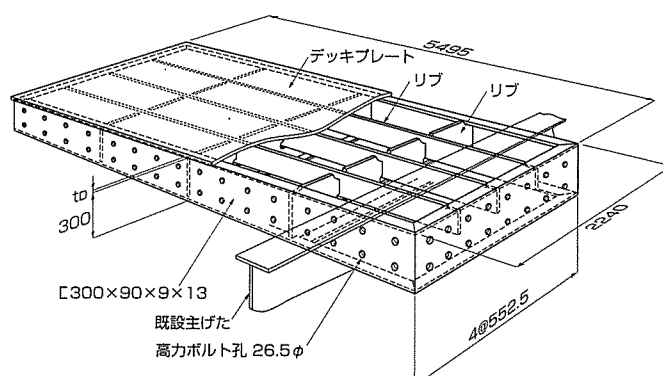


図3-2 パネル詳細図



の施工が不可欠となる。

こうした状況の中で取替え床版についても新たな技術展開がされており，その一端を紹介した。

また一方で，床版の解体技術の向上も重要な要素である事は言うまでもない。

写真－２はウォータージェットによる施工事例を示すが，まだ課題も残されておりさらなる開発が望まれる。

今後とも，社会的ニーズである「安全で安くかつ早く，さらに環境にやさしい」保全工法の確立が望まれる。

その中には製品の開発のみならず，点検機材の開発やシステム化および床版取壊し工法の改良・開発も含めて総合的に取組んでいく必要がある。

参考文献

- 1) 建設省土木研究所：「既存橋梁の耐久性評価・向上技術に関する調査研究」，昭和63年3月。
- 2) 橋梁と基礎 98-6 松井，西川，大田著「RC床版とその損傷(その2)」
- 3) 「第3回合成構造の活用に関するシンポジウム講演論文集」1995. 11 P.13大阪大学 松井他
- 4) 日本道路(株) 資料
- 5) (社) 日本橋梁建設協会：「新しい鋼橋の誕生」パンフレット
- 6) (社) 日本橋梁建設協会：「床版の設計の変遷と特性編」平成10年3月。
- 7) (社) 日本橋梁建設協会：「取替え鋼床版(HKスラブ)設計・施工の手引き」平成11年3月。



写真－２ ウォータージェットによるコンクリート舗装切削例⁴⁾



石橋供養塔

本間俊朗

いつも散歩する通り道に石橋供養塔が建っている。亡くなった人の冥福を祈る供養碑はたくさんあるが、橋の供養碑は聞いたことがない。その橋は呑川^{のみ}を渡る中原街道の橋である。(東京都大田区石川町) 呑川は巾十数mの川で、石橋は現存していない。珍しく貴重なものであるとして、大田区は石橋供養塔を大田区文化財に指定した。

供養塔は大人の背丈程の石碑である。正面に南無妙法蓮華經と大書され、その下に石橋供養塔と刻まれ、側面に日蓮宗 円長寺 住職日善の署名と花押がある。安永3年(1774)荏原郡雪谷村^{えばらごおりゆきがや}の淨心ら6名の本願主が石橋の安泰を願って建てた。日善も淨心も日蓮宗の僧で、雪谷村の寺院はいずれも日蓮宗であるという。

この地域は日蓮宗との縁が深い。中原街道の南に日蓮宗の大本山 池上本門寺がある。中原街道沿いに戸越というところがあるが、戸越という地名は、日蓮上人が江戸を越えてきたので、江戸越、そして江がとれて戸越になったという。中原街道に接して洗足池がある。日蓮上人が足を洗ったのでその名がある。また、上人が足を洗った時に袈裟をかけた袈裟がけの松がある。袈裟がけの松は新編武蔵国風土記稿によれば、文永の頃から650年程実際に存在していたが、明治になってから枯れてしまい、かわりの松を植えたが次々に枯れ、現在の松は平成8年に植樹した6代目である。戦前のことであるが、池上本門寺のお会式^え(日蓮宗の宗祖の忌日10月13日に営む法会)に中原街道を信徒達が四国八十八ヶ所めぐりのお遍路さんと同じような装束で、団扇太鼓^{うちわ}(一枚の皮を円く張り、柄をつけた太鼓)を打ちならし集団で行進していくのを見た覚えがある。集団で叩く団扇太鼓の響きは遠くまで聞こえる。” どんどんつくつくどんつくつく” と打ちならす一団が通り過ぎると次の集団の太鼓の音が遠くから聞こえてくる。だんだん音が大きくなり通り過ぎると音は小さくなっていく。これが夜を徹して続く。このような信仰心にささえられた行事は供養塔が建てられた江戸時代当時もあったのだろう。お会式は万灯行列があつて、数万人の人出で賑わうが、昔もたくさんの人で賑わい、夜店や見世物小屋もあって楽しく遊べる場所であったのだろう。

日蓮宗の各寺は石橋の完成に盡力したことだろう。また供養塔は日蓮宗の布教の目的もあったの

だろう。

江戸時代の橋といえば、歌川広重が描いた大はし（隅田川の新大橋）を連想する。荒川放水路（昭和5年完成）が無かった当時の隅田川は荒川の本川である。江戸時代に入る頃になってはじめて橋が架けられた。古い順に、千住大橋（1594）、両国橋（1658）、新大橋（1693）、永代橋（1698）、及び大川橋（吾妻橋ともいう、1774）である。

これらの橋は、洪水によってたびたび被災した。両国橋を例にとると、両国橋の創設の翌年7月、65間分が洪水の激流にさらわれた。寛文6年（1666）5月洪水により橋杭が押し流された。延宝8年（1680）8月にも洪水により両国橋は崩壊し、溺死7百余人とあり、その後も元禄7年（1694）、享保13年（1728）など洪水による大被害を被った。また江戸の橋は大火によってたびたび焼け落ちた。橋梁史的には、火災より水災の方が被害が多かったという。隅田川の橋のような重要な橋の架け替えや修繕の費用は例外はあるが原則として幕府が負担したが、その膨大な出費に幕府は苦しんだ。

江戸時代になってから、それまで橋がなかった隅田川に5つの橋がかけられたのは何故か。どのような歴史的社会的必然性があったのか。大石 慎三郎著「江戸時代」に次のような記述がある。

「“天下分け目”といわれた関ヶ原の戦い（慶長5年＝1600年）を中心とし、その前後約60～70年のあいだ、わが国の全歴史をとおしてみても他の時代に類例のないほど土木技術が発達し、それが日本の国を支えた時代である。」

「大河川に対する巨大土木工事がこの時期に集中しており、それまで洪水の氾濫平原として放置されたままになっていた大河川下流の沖積平野が広大肥沃な農耕地（主として水田）につくりかえられているのである。それはもしこれからのことがなければ江戸時代ひいては明治時代以降の国土状況はないといえる程のものである。」

「近世初頭の一世紀（17世紀）は大河川下流沖積平野の大改造に加えて、江戸その他城下町を中心とする大都市、五街道をはじめとする道路網、さらに海上、河川交通のための港湾・河岸等が建設された大社会投資の時代である。」

「これらの社会投資は、7公3民といわれる高率課税によって賄われた。この巨大投資が、17世紀半ばに終わると、空前絶後といえる巨大減税が始まった。そして五代将軍 綱吉の初世の頃には税率は3公7民まで低下した。庶民の手元に残った可処分所得は、庶民の生活水準を引きあげ、衣食住ともに日本人の生活様式を決定的に変えてしまった。」

戦国大名が精力的に進めた列島改造は、いわば昔の高度経済成長、大石 慎三郎さんのいわゆる“元禄の大繁栄”をもたらした。

庶民の暮らしは様変わりした。あるアメリカの歴史学者は、18・19世紀に人間に生まれるなら、貴族ならヨーロッパで、庶民なら日本で生まれるたいといっている。

江戸の町は人口百万人ともいわれる世界最大の都市になった。「江戸朱引図」は幕府の公式見解

として江戸の範囲を示したものであるが、これによると隅田川の東側の墨田区や江東区（夢の島など埋立地を除く）は江戸の範囲に入っている。松尾 芭蕉の深川芭蕉庵は、隅田川が小名木川につながるあたり、新大橋に近い武家屋敷街の一角にあった。隅田川にかけられた5つの橋は、インフラ整備が必要な時代を迎えてつくられたということがよくわかる。

中原街道は本門寺に参詣する人々が通るだけではなく、江戸市中に農産物を運ぶための重要な道路である。

荏原郡雪谷村の石橋の建設は、江戸の人々の生命線の一つともいえる中原街道のインフラ整備の一環であったのだろう。

佐藤鉄工株式会社 顧問

鋼橋の高性能化をめざして

(日本道路公団試験研究所からの便り)

日本道路公団 試験研究所
道路研究部 橋梁研究室長
紫桃 孝一郎

1. はじめに

試験研究所 (Expressway Research Institute) は、昭和32年に我が国で初めての高速道路の名神高速道路の建設にあたり、建設現場と直接結びついた試験機関として、「名神高速道路試験所」の名称で京都市山科に開設されました。

その後、東名・中央道の施工命令を機会に「高速道路試験所」となり、昭和39年9月に現在の東京都町田市に移転しました。

また、平成4年4月、研究体制の強化拡充を図るため、研究組織の再編を行うとともに「試験研究所」と改称され、更に平成10年7月、新たな技術開発とコスト縮減に向け道路研究部と交通環境研究部の2部体制に改編・強化され現在に至っています。



写真1 JH試験研究所

JHは、第二東名・名神や山岳道路が主体となる道路建設と、約6,500kmの高速道路と約

800kmの一般有料道路の管理に対する事業のより効率的な推進のため、一層の経費の節減と技術開発を目指しており、試験研究所はJHの研究開発の専門機関として、次の研究テーマに取り組んでいます。

- コスト縮減のための新技術・新工法の開発
- 道路構造物の耐久性向上のための技術開発
- 安全で快適な高速走行のための技術開発
- 新しい環境共生技術の開発
- 高度道路交通システム (ITS) の研究・開発

ここでは、これらの研究テーマに基づいて橋梁研究室が行っている研究・開発のうち、特に鋼橋に関する最近の取組みについて紙面を借りて紹介します。

2. 橋梁研究室の概要

橋梁研究室では、橋梁に対する新技術導入によるコスト縮減や、耐震性、耐久性の向上を目指して、材料の研究・開発、下部・基礎構造の合理的な設計法の検討、上部構造の新技術開発等の研究を行うとともに、既設構造物の補修・補強技術に関する研究・開発に取り組んでいます。

試験施設は、主にコンクリート関係の材料試験室と構造試験室を試験研究所内に、屋外暴露場を全国に3箇所（東京、北陸、沖縄）、および上部構造や補修・補強技術の新技術・

新工法の研究・開発のための疲労試験棟を、静岡県富士市の（社）日本建設機械化協会建設機械化研究所内に設置しています。

特に疲労試験棟に設置している移動載荷疲労試験機は、世界最大級の輪荷重による疲労試験機で、実物大の供試体（最大寸法：幅7m、長さ15m、高さ4m）の試験が可能。うえ、単輪・タンデム・一軸載荷により、最大50tonの移動荷重を載せることが可能です。また、載荷重の波形を任意に選べ、3mの移動載荷距離のなかで荷重を変化させることが可能であり、1ヶ月に150万回往復の載荷を行える特徴を有しています。



写真2 移動載荷疲労試験機

本試験機は、平成7年度末に設置して以来、年間約3,000時間程度稼働しております。

3. 鋼少数主桁橋の床版に関する研究

鋼少数主桁橋の長支間P C床版の疲労耐久性検証のため、平成8～9年度において、前述の移動載荷疲労試験機を用い、疲労試験を行いました。

試験は、従来のR C多主桁床版と同じ床版厚（ $t = 25\text{cm}$ ）となるP C床版（支間4m）を用い、疲労破壊するまで輪荷重走行試験を実施し、R C床版との相対比較により耐久性の評価を行うこととしました。

その結果、P C床版は押し抜きせん断疲労

に対し、R C床版よりも耐久性のあることが確認されました。

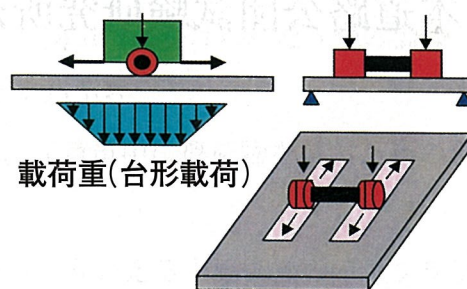


図1 移動載荷重疲労試験（P C床版）

鋼少数主桁橋および長支間P C床版は、すでに設計要領第二集に取り入れられていますが、今後は、より合理的な設計方法の確立を目指して行きたいと考えています。

4. 鋼少数主桁橋の連続合成桁化に関する研究

長支間P C床版を用いた鋼少数主桁橋の更なる合理性と経済性を向上させるため、非合成桁から、活荷重合成桁としての設計に移行することを考えています。

この場合の課題として、中間支点上の負の曲げモーメントによる床版の耐久性の低下が懸念されるため、1950年代から1960年代にかけて建設された中間支点上にプレストレスが導入された連続合成桁の損傷状況調査と、輪荷重走行疲労試験による中間支点上の床版の耐久性の検証を行っています。

既設橋の損傷状況調査からは、非合成・合成に関わらず、中間支点上の床版の損傷が特に激しいということは認められませんでした。また疲労試験結果からは、一旦ひび割れが発生すると剛性が若干低下するけれども、その後は剛性低下や床版上面のひび割れの進展はあまり見られないことがわかりました。

しかし、試験はあくまで乾燥状態によるもので、実際には降雨による水の影響等を受けることから、現在、中間支点上の設計レベルの検討と床版防水工の設計基準の見直し等を

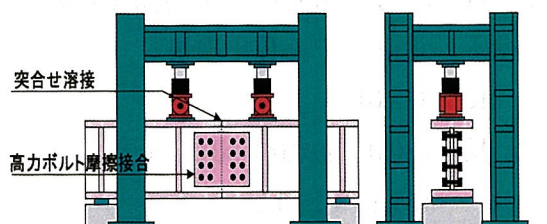
行っているところです。

5. 鋼橋の継手の合理化に関する研究

鋼橋の合理化設計に伴い、主桁フランジ断面が大きくなり、ボルト接合の困難さや経済性、景観等も考慮して、現場での全断面溶接接合の採用が増加してきています。

しかし、現場での全断面溶接は、シビアな品質管理と形状管理が要求され、工程も従来より長期化し、添接部のベント数も増大するなど改善すべき点もあります。

このため、現場施工の合理化や工程短縮、コストの縮減を目的に、ウェブをボルト継手、フランジ部を溶接継手とした併用継手の実験と解析を実施しています。



鋼橋溶接・ボルト併用継手構造
図2 併用継手（溶接・ボルト併用）

実験・解析結果をもとに、さらに検討を加え、併用継手の合理的な設計施工法の確立を目指していく予定です。

6. 鋼橋とRC橋脚の剛結構造に関する研究

鋼桁とRC橋脚を剛結する複合ラーメン構造について、設計・施工手法の確立を目指して接合部の最適構造について解析や試験検討を実施しています。

本構造は、支承を無くすことで経済性の向上と維持管理の軽減を図り、全体構造系として不静定次数を上げ、地震時における耐震性能を向上することが可能となるため、平成10年度に設計要領第二集に要領化いたしました。

しかし、鋼桁とRC橋脚の剛結構造については、接合部の合理化などの課題（少数主桁

橋への適用にはスタッドジベルの荷重分担が不均一）があり、平成10年度にスタッドジベルを配置した剛結部の力の伝達に着目した実験を行いました。

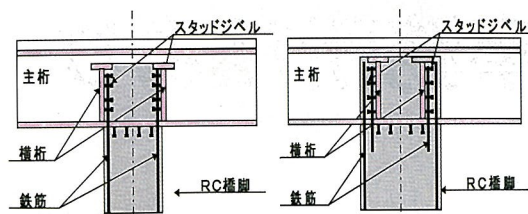


図3 鋼桁とRC橋脚の剛結構造

現在、より合理的な剛結部の構造およびその設計法を確立すべく、検討を行っているところです。

7. おわりに

日本道路公団試験研究所橋梁研究室における鋼橋の高性能化を目指した取組みについて、述べてまいりました。

誌面の都合上なかなか細部まで記載出来ず、散文により概要を述べた程度のもとなりました。

また、今回紹介しませんでした、波形デッキプレートを用いた合成床版に関する研究を（社）日本橋梁建設協会との共同研究で行っています。今後、当橋梁研究室は、更なるコスト縮減と構造物の耐久性向上に向けて取り組んでいく所存ですので、関係者の皆様方の一層のご支援とご鞭撻を頂きますようお願い申し上げます。

地区 事務所だより

北海道事務所

所長 **川村 隼**

「試される大地」北海道は、日本国土の約1／5を有し、212市町村があります。その中で北海道事務所は11名の幹事で広報活動、技術、安全講習会等に取り組んでいます。今、21世紀に向けて札幌では2000年に国際青年会議所世界大会、2002年に世界道路会議（PIARC）、ワールドカップ大会等、国際的イベントの開催が予定されており、その中で北海道事務所も国際的視野に立って事務所一同活動を進めて参りたいと思っております。

さて、今回の架設現場紹介シリーズのスタートにあたり雪解け早々より着工しております新平取大橋の現場紹介です。



一般国道237号平取町 新平取大橋上部工事 概要

発注者 北海道開発局 室蘭開発建設部

工事場所 北海道沙流郡平取町

橋 長 375.0m

支間長 (80.0+110.0+80.0) +
(51.15+51.15)

幅 員 車道8.5m+歩道3.0m

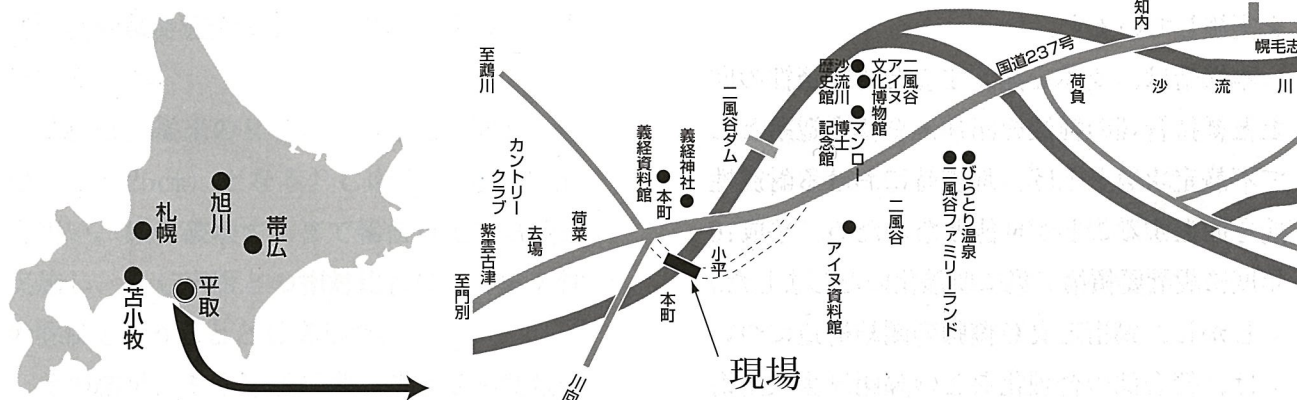
形 式 3径間連続鋼床版箱桁+2径間
連続鈑桁

工 期 自 平成10年 8月1日

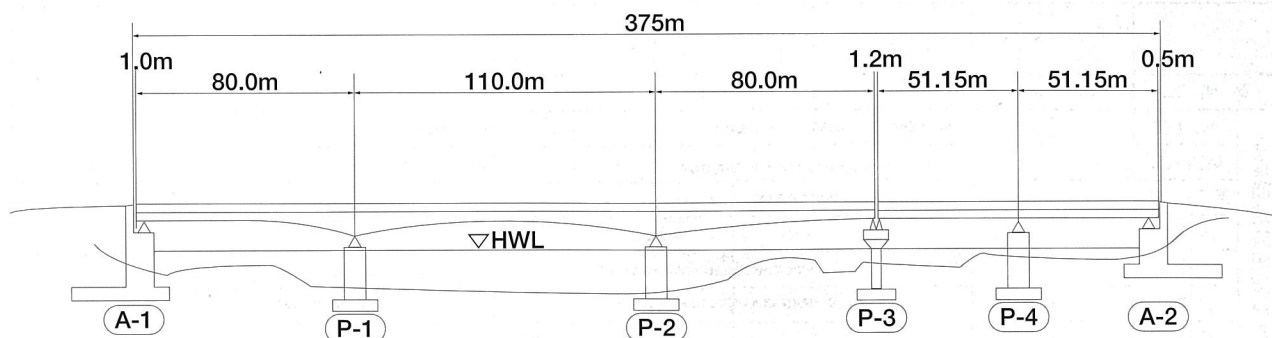
至 平成12年 3月15日

施 工 者 東京鐵骨・桜井・豊平JV

■位置図



■側面図



架橋概要紹介

新平取大橋上部工事共同企業体

現場代理人 高野 仁

当現場のある平取町は、道内の札幌、千歳、苫小牧などの主要都市を含む道央圏と帯広、釧路などの道東を結ぶ中継地点に位置し日高山脈を源とした沙流川がゆったりとした自然をそのままに太平洋に注ぐそんな旅情あふれる魅力的な川が流れる町です。

現在（6月）、現場周辺では山の頂の雪も溶け平野部には厳しい寒さに耐え北国にまた春がやって来る事を知らせるスズランの花が咲き清楚な輝きを見せており日々に短い夏に向け季節が移り変わる今日この頃です。

本工事は、平取町を流れる沙流川に架かる3径間連続鋼床版箱桁一連と2径間連続鈑桁一連総延長375mの鋼橋、製作・輸送・架設工事であります。

現況としては、製作は全て完了し現場工事は2径間連続鈑桁の架設が（写真－1）完了し3径間連続鋼床版箱桁の架設段取り（写真－2）を行っている状況です。現場の特徴としては、河川条件等を考慮し河川阻害構造物を最小限にする事で架設桁を使用し架設桁上に本桁を架設する工法を採用し又、低水部は、桁下使用困難のため本桁上にトラベラークレーンを搭載しての架設となります。今後の予定としては、全径間架設完了9月上旬を予定しており引き続き鋼床版の溶接を行い工事の完了を平成12年2月中旬と考えております。

現場工事も開始してから3ヶ月を経過し、雨天・河川増水等の影響はありましたがほぼ順調に進められております。今後も職員並びに作業員一丸となり安全作業で進めて行きたいと思っております。

（写真－1）

2径間連続鈑桁架設完了

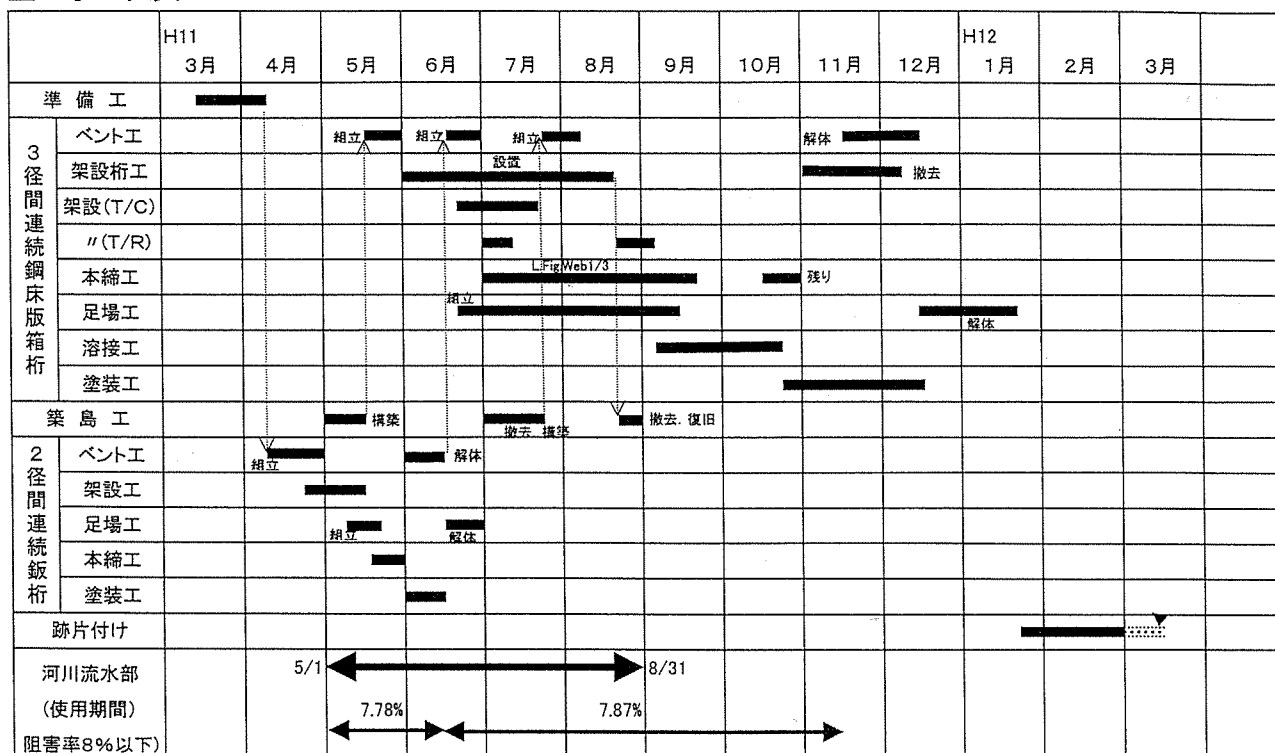


（写真－2）

3径間連続鋼床版箱桁架設段取り（架設桁架設状況）



■工事工程表



〈連絡先〉

新平取大橋上部工建設事務所
 〒055-0107
 沙流郡平取町本町157 番地15
 TEL 01457-2-2900

地区 事務所だより

九州・沖縄事務所
所長 深江和良



九州・沖縄事務所は新年度の事務所総会を終え、平成11年度のスタートを切ったところです。昨年度、橋建協として「新しい鋼橋」を提案し鋼橋の市場拡大に向けての活動を展開しましたが、今年度はこれに加え「床版編」ならびに「HKスラブ」の陳情に11名の幹事で力を合わせて活動しているところです。九州はPC橋の多いところで、この新しい提案が1橋でも多く採用され鋼橋のシェアが拡大されるよう粘り強く広報活動を進めていくつもりです。

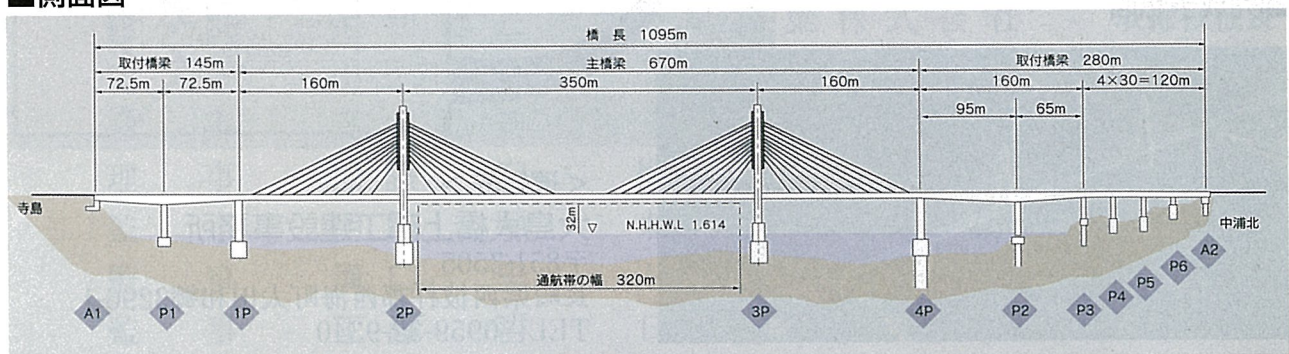
さて、今回は架設現場紹介シリーズのスタートにあたり、九州の西方、長崎県の大島大橋の現場を紹介致します。

大島大橋上部工工事

概要

発注者	長崎県道路公社
工事場所	長崎県西彼杵郡西海町
橋長	1,095m (主橋梁670m、取付橋梁425m)
幅員	車道7.25m、歩道2.50m
形式	主橋梁 三径間連続鋼斜張橋 取付橋梁 二径間連続鋼床版箱桁
施工者	三菱・佐世保・大島・辻JV

■側面図



架橋概要紹介

大島大橋上部工工事共同企業体

現場代理人 納富高明

九州西端部の西彼杵半島から約2kmの海上に浮かぶ大島諸島は寺島・大島・崎戸島からなり、造船・製塩・漁業などが盛んで約8千人の島民が生活しています。それぞれの島間の架橋工事は終了し、残るは約800mの海峡「呼子の瀬戸」を跨ぎ、本土と結ばれるのを待つだけとなっており、島民・島内企業から架橋の早期完成が待ち望まれています。

本工事の架設工事は工期短縮を主眼に

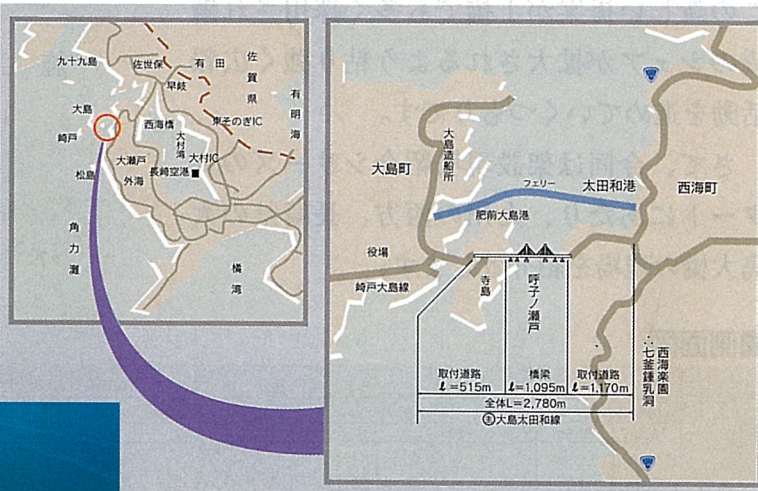
種々の検討を行い、①主塔基部のグラウト工法、②大型起重機船による大ブロック架設の採用（側径間6ブロック、主塔基部、下部、上部）、③中央径間直下吊上げ（19ブロック）、④集中形状管理の開発等を実施しました。また、仮設備においても大型中間ベントの基礎工事（水深30m、杭長50m）にプレキャスト版設置工法を適用するなど、外洋の厳しい気象・海象条件に対処しました。

現況は鋼橋部の架設は終了し、付属物取付け他の付帯工事を、無事故無災害の記録をのびしながら、今秋の開通に向け鋭意施工中です。

■工事工程表

項目	年 月	平成8年 7	平成8年 12	平成9年 1	平成9年 6	平成9年 12	平成10年 1	平成10年 6	平成10年 12	平成11年 1	平成11年 6	平成11年 12
製 作	主塔下部											
	主桁側径間											
	主桁中央径間											
	主塔上部											
架 設	主塔下部											
	取付橋梁											
	側径間											
ケーブル架設	中央径間											
	橋面工, その他											

■位置図



■完成予想図



<連絡先>

大島大橋上部工建設事務所

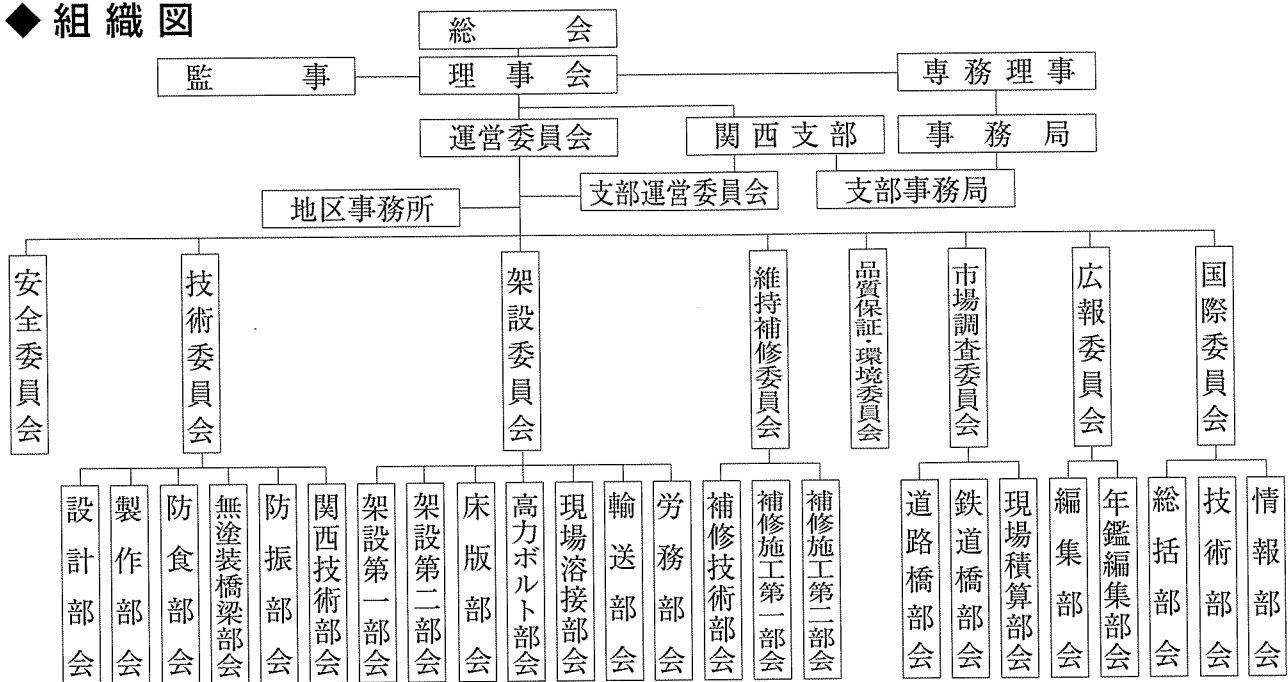
〒851-3505

長崎県西彼杵郡西海町太田和郷3296-1

TEL 0959-32-9340

協会の組織

◆ 組織図



◆ 役員

会長	武井俊文	石川島播磨重工業株式会社	取締役社長
副会長	澤井廣之	株式会社宮地鐵工所	取締役社長
副会長	原田康夫	株式会社横河ブリッジ	取締役社長
専務理事	伊東仁史	社団法人日本橋梁建設協会	
理事	水野和夫	川崎重工業株式会社	取締役
理事	多田勝彦	川田工業株式会社	取締役社長
理事	赤松惟央	駒井鉄工株式会社	取締役会長
理事	大谷孝彦	住友重機械工業株式会社	常務執行役員
理事	安藤武郎	高田機工株式会社	取締役社長
理事	瀧上賢一	瀧上工業株式会社	取締役会長
理事	島田穂積	株式会社東京鐵骨橋梁	取締役社長
理事	石井基生	日本鋼管株式会社	常務取締役
理事	横井勉	日立造船株式会社	取締役副社長
理事	毛利哲三	松尾橋梁株式会社	取締役社長
理事	小役丸純幸	三井造船株式会社	常務取締役
理事	高山弘美	三菱重工業株式会社	常務取締役
理事	加藤宏學	横河工事株式会社	取締役社長
監事	伊藤忠哲	東京大学	名誉教授
監事	溝口藤哲	トピー工業株式会社	常務取締役
監事	工藤哲	日本橋梁株式会社	相談役

協会の連絡先

本部

〒104-0061 東京都中央区銀座2-2-18
(鉄骨橋梁会館)
TEL 03-3561-5225 FAX 03-3561-5235
URL <http://jasbc.webcity.ne.jp/>

関西支部

〒550-0005 大阪市西区西本町1-8-2
(三晃ビル5F)
TEL 06-6533-3238・3980
FAX 06-6535-5086

関東事務所

〒104-0061 東京都中央区銀座2-2-18
(鉄骨橋梁会館)
TEL 03-3561-5225 FAX 03-3561-5235

近畿事務所

〒550-0005 大阪市西区西本町1-8-2
(三晃ビル5F)
TEL 06-6533-3238 FAX 06-6535-5086

北海道事務所

〒060-0002 札幌市中央区北2条西3丁目
(越山ビル)
TEL 011-232-0249 FAX 011-232-0249

東北事務所

〒980-0022 仙台市青葉区一番町1-8-1
(東菱ビル8F)
TEL 022-262-4855 FAX 022-262-4855

北陸事務所

〒950-0087 新潟市東大通1-3-1 (新潟帝石ビル)
TEL 025-244-8641 FAX 025-244-2566

中部事務所

〒450-0002 名古屋市中村区名駅3-28-12
(大名古屋ビル4F)
TEL 052-586-8286 FAX 052-586-8286

中国事務所

〒730-0017 広島市中央区鉄砲町1-20
(第三ウエノヤビル5F)
TEL 082-222-2658 FAX 082-222-2658

四国事務所

〒760-0023 高松市寿町1-1-12
(東京生命ビル6F)
TEL 087-823-3220 FAX 087-823-3220

九州・沖縄事務所

〒812-0011 福岡市博多区博多駅前2-2-1
(福岡センタービル)
TEL 092-431-1797 FAX 092-431-1797

会 員

(株) ア ル ス 製 作 所
 石川島機械鉄構エンジニアリング(株)
 石川島播磨重工業(株)
 (株) イ ス ミ ッ ク
 宇 野 重 工 (株)
 宇 部 興 産 (株)
 (株) エ イ チ イ ー シ ー
 (株) 大 島 造 船 所
 片山ストラテック(株)
 川 崎 重 工 業 (株)
 川 崎 製 鉄 (株)
 川 重 工 事 (株)
 川 田 建 設 (株)
 川 田 工 業 (株)
 川鉄テクノコンストラクション(株)
 (株) 釧 路 製 作 所
 栗 鉄 工 事 (株)
 (株) 栗 本 鐵 工 所
 (株) 神 戸 製 鋼 所
 駒井エンジニアリング(株)
 駒 井 鉄 工 (株)
 (株) コ ミ ヤ マ 工 業
 (株) 酒 井 鉄 工 所
 桜 井 鉄 工 (株)
 (株) サ ク ラ ダ
 佐 世 保 重 工 業 (株)
 佐 藤 鉄 工 (株)
 (株) サ ノ ヤ ス ・ ヒ シ ノ 明 昌
 山 九 (株)
 新 日 本 製 鐵 (株)
 住 重 鐵 構 工 事 (株)
 住 友 金 属 工 業 (株)
 住 友 重 機 械 工 業 (株)
 高 田 機 工 (株)
 瀧 上 建 設 興 業 (株)

瀧 上 工 業 (株)
 東 海 鋼 材 工 業 (株)
 (株) 東 京 鐵 骨 橋 梁
 東 綱 橋 梁 (株)
 東 日 工 事 (株)
 ト ピ ー 建 設 (株)
 ト ピ ー 工 業 (株)
 (株) 巴 コ ー ポ レ ー シ ョ ン
 豊 平 製 鋼 (株)
 (株) 名 村 造 船 所
 (株) 檜 崎 製 作 所
 日 本 橋 梁 (株)
 日 本 橋 梁 エ ン ジ ニ ア リ ン グ (株)
 日 本 鋼 管 (株)
 日 本 鋼 管 工 事 (株)
 日 本 車 輜 製 造 (株)
 日 本 鉄 塔 工 業 (株)
 函 館 ど っ く (株)
 (株) 春 本 鐵 工
 東 日 本 鉄 工 (株)
 日 立 造 船 (株)
 富 士 車 輜 (株)
 古 河 機 械 金 属 (株)
 松 尾 エ ン ジ ニ ヤ リ ン グ (株)
 松 尾 橋 梁 (株)
 丸 誠 重 工 業 (株)
 三 井 造 船 (株)
 三 井 造 船 鉄 構 工 事 (株)
 三 菱 重 工 業 (株)
 三 菱 重 工 工 事 (株)
 三 宮 地 建 設 工 業 (株)
 (株) 宮 地 鐵 工 所
 横 河 工 事 (株)
 (株) 横 河 ブ リ ッ ジ
 (株) 横 河 メ ン テ ッ ク

以上70社（50音順による）

事務局職員名簿

(本 部)					(関 西 支 部)				
事 務 局 長	酒	井	克	美	事 務 局 長	堀	江		昭
調査1部部長	渡	邊	諷	榮	事 務 員	藤	田	浩	子
調査1部課長	松	永	勝	治	同	喜	多	幸	代
調査2部部長	山	岡	勝	義					
業務部次長	澤	田		勝					
事 務 員	宇	野	波	子					
同	磯	野	文	子					
調 査 員	武	石	和	夫					
同	原		仁	文					

△▼△▼ 協会出版物ご案内 △▼△▼

NO	書 籍 名	西暦	発行年月	備 考
1	デザインデータブック（1997年9月改訂新版発行）	1997	改H9/9	
2	鋼橋伸縮装置設計の手引	1996	H8/2	
4	合成桁の設計例と解説（講習会用テキストNo.2）	1995	改H7/4	
6	鋼橋の設計と施工（講習会用テキストNo.4）	1991	H3/2	
7	床版工事設計施工の手引	1996	改H8/3	改訂中
8	床版工事設計施工の手引（塩害対策編）	1996	改H8/11	
9	既存床版工法調査書	1989	H1/10	
10	支承部補修・補強工事施工の手引き	1997	H9/6	改訂中
12	架設等工事における足場工防護工の構造基準	1996	H8/12	
13	鋼橋架設等工事における安全帯の使用要領	1997	改H9/3	
14	鋼橋架設現場に必要な安全衛生法等	1993	H5/3	
15	鋼橋のQ & A	1993	H5/12	
16	わかりやすい鋼橋の架設	1997	改H9/3	
17	高力ボルト施工マニュアル	1998	改H10/9	
18	輸送マニュアル（陸上編）平成8年度版	1996	改H8/8	
19	輸送マニュアル（海上編）	1993	H5/12	
20	鋼橋架設等工事における足場工防護工 数量計算書	1990	H2/3	
21	高力ボルトの遅れ破壊と対策	1990	H2/3	
22	橋と景観（景観マニュアル）	1995	H7/3	
24	溶融亜鉛めっき橋ガイドブック	1998	H10/2	
25	鋼橋の現場溶接	1993	H5/3	
26	無塗装橋梁の手引き	1998	改H10/3	
27	鋼橋付属物の設計手引き（講習会用テキストNo.5）	1991	H3/10	
28	トルシア形高力ボルト設計・施工ガイドブック	1998	改H10/3	
29	床版工法選定マニュアル（案）	1992	H4/2	
31	鋼橋海上（水上）架設工事マニュアル（技術編）	1992	H4/10	
32	鋼橋架設工事施工条件明示のためのガイドブック	1993	H5/2	
33	鋼橋の付着塩分管理マニュアル	1992	H4/12	
34	橋梁技術者のための塗装ガイドブック	1996	改H8/6	
35	輸送マニュアルハンドブック（陸上編）8年度版	1996	H8/12	
37	現場安全管理の手引き	1994	H6/4	
38	鋼橋海上（水上）架設工事マニュアル（積算編）	1994	H6/5	
39	鋼橋防食のQ & A	1994	H6/6	
40	鋼橋の架設に関する新技術	1996	改H8/12	
42	輸送マニュアルハンドブック（海上編）	1994	H6/12	改訂中
43	鋼橋の製作（講習会用テキストNo.7）	1994	H6/12	
44	I形鋼格子床版設計・施工の手引き（案）	1995	H7/1	
45	鉄筋コンクリート系プレキャスト床版設計・施工の手引き（案）	1995	H7/1	
46	プレストレストコンクリート系プレキャスト床版設計・施工の手引き（案）	1995	H7/1	
47	取替え鋼床版設計・施工の手引き（案）	1995	H7/3	
48	鋼道路橋点検マニュアル写真及び判定事例集	1995	H7/5	
49	A活荷重・B活荷重による鋼橋の解析（講習会用テキストNo.8）	1995	H7/3	
50	アクリルシリコン樹脂塗料の鋼橋への適用性に関する検討	1995	H7/3	

NO	書 籍 名	西 暦	発行年月	備 考
53	工法別架設計算例題集 送出し工法	1996	H8/12	
54	工法別架設計算例題集 トラッククレーンベント工法	1996	H8/12	
55	工法別架設計算例題集 フローティングクレーン工法	1996	H8/12	
56	鋼橋の計画・設計におけるチェックポイント	1997	H9/2	
57	鋼橋へのアプローチ（講習会用テキストNo.11）	1998	H10/2	
58	鋼製橋脚の弾塑性有限変位FEM解析マニュアル（テキストNo.10）	1998	H10/2	
59	床版講習会用テキスト No.1～5	1998	H10/3	
59	床版講習会用テキスト No.1床版設計の変遷と特性編	1998	H10/3	
59	床版講習会用テキスト No.2鉄筋コンクリート床版設計編	1998	H10/3	
59	床版講習会用テキスト No.3鉄筋コンクリート床版施工編	1998	H10/3	
59	床版講習会用テキスト No.4プレハブ・プレキャスト床版施工	1998	H10/3	
59	床版講習会用テキスト No.5少主げた橋梁の床版編	1998	H10/3	
60	工法別架設計算例題集 トラベラクレーン工法	1996	H10/3	
61	ガイドライン型 設計適用上の考え方と標準図集	1998	H10/5	
62	鋼橋のQ & A シリーズ コンクリート床版編	1998	H10/6	
63	特殊架設の手引き書	1998	H10/6	
64	工法別架設計算例題集 ケーブルエレクション工法	1996	H10/9	
65	鋼製橋脚の耐震設計マニュアル（講習会用テキストNo.12）	1998	H10/10	
66	鋼製橋脚の耐震設計マニュアル（資料編）	1998	H10/10	
67	耐力点法施行マニュアル	1999	H11/3	
68	既設橋梁落橋防止システム 設計の手引き	1999	H11/3	
69	既設橋梁落橋防止システム 現場施工の手引き	1999	H11/3	

NO	書 籍 名		在 庫	備 考
11	橋梁年鑑（S54～H2年版）		売り切れ	
13	橋梁年鑑（平成3年版）			
14	橋梁年鑑（平成4年版）		売り切れ	
15	橋梁年鑑（平成5年版）		売り切れ	
16	橋梁年鑑（平成6年版）		売り切れ	
17	橋梁年鑑（平成7年版）		売り切れ	
18	橋梁年鑑（平成8年版）			
19	橋梁年鑑（平成9年版）			
20	橋梁年鑑（平成10年版）			
21	橋梁年鑑（平成11年版）		未発行	

購入は（社）日本橋梁建設協会へお問い合わせ下さい。

「虹橋」表紙の絵募集

当協会会報「虹橋」の表紙の絵を会員から募集いたします。奮ってご応募下さい。

●募集要項●

1. 油絵、水彩画、クレパス画。鋼橋を素材として会報・虹橋に相応しいもの。
2. 大きさ F4号縦（但し表紙はA4判程度）
3. 応募資格 橋建協・会員会社の社員又はその家族に限る。
4. 締切り 平成11年10月末日必着
5. 送り先 （社）日本橋梁建設協会事務局
「表紙絵募集係」宛
6. ご応募いただきました方には薄謝を差し上げます。
7. 審査員 広報委員会委員
8. 応募作品の著作権は、社団法人日本橋梁建設協会に所属し、作品は返却いたしません。

編集後記

さる5月18日当協会の設立35周年記念式典が行われました。

思いおこせば高速時代の本格的な幕開けの昭和39年に設立された当協会も今年で35周年を迎えました。この間、わが国の社会資本整備は大きな進展を遂げ、それとともに橋梁建設技術も設計、製作、架橋技術の全般にわたって飛躍的に進歩を遂げ、本四架橋や東京湾横断道路など世界に誇ることでできる長大橋が数多く建設されました。発足当初27社であった会員は今では70社をかぞえ、現在8つの委員会、24の部会が技術課題の対応を始めとして活発な活動を展開しております。これもひとえにご関係の皆様のご指導とご協力の賜物であると心より感謝申し上げる次第です。『虹橋』も版をかさね、今回で61号を発行する事となりました。今回は技術のページを充実させ、「床版開発への取り組み」を特集した内容になっております。今後も皆様のご意見やご要望をどんどん反映させて、より良い『虹橋』の編纂に取り組んでゆきたいと考えております。

皆様の今後益々のご支援を賜りますようお願い申し上げます。

（広報委員会）



② 多々羅大橋

発注者：本州四国連絡橋公団第三建設局

形式：3径間連続斜張橋

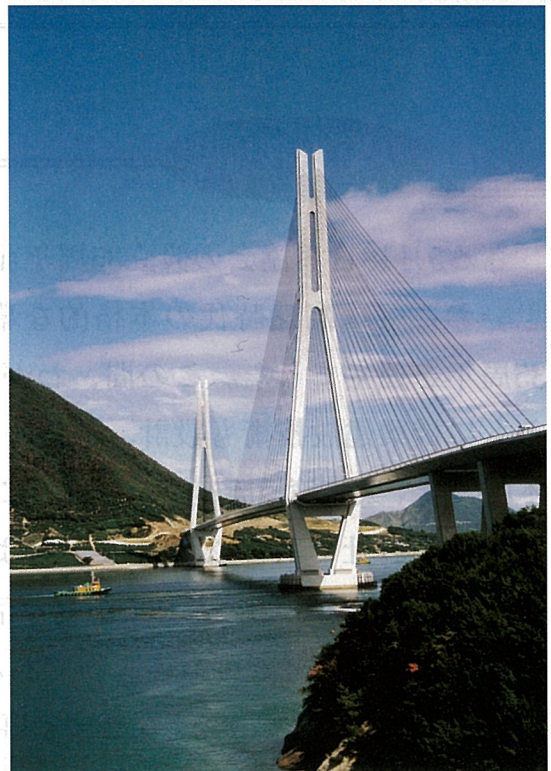
橋長：1,480m

幅員：30.6m

鋼重：37,300 t

所在地：広島県豊田郡瀬戸田町～愛媛県越智郡上浦町

●本州四国連絡橋・尾道～今治ルート(瀬戸内しまなみ海道)の広島県の生口島と愛媛県の大三島を結ぶ中央支間長890mの世界一の斜張橋です。この橋により広島県と愛媛県が結ばれました。





③ 不動大橋

発注者：花巻市不動上諏訪土地区画整理組合

形式：ニールセンローゼ2連

橋長：144.5m

支間長：70.7m + 70.7m

有効幅員：20.8m ~ 28.8m

鋼重：1,075 t

所在地：岩手県花巻市

●花巻市南部と市街地の間を流れる豊沢川に架かるニールセンローゼ橋です。周辺は桜の名所としても知られており、シンボル性と景観を考慮して、歩道中央部にはモニュメントアーチが設置されています。

④ 土曽川大橋

発注者：長野県

形式：6径間連続鋼桁
(耐候性裸仕様)

橋長：217m

幅員：11m

鋼重：163 t

所在地：長野県飯田市座光寺上郷

●主要地方道飯島飯田線は、国道153号の補完路線として重要な役割を担っていますが、近年の交通量の増大と車両の大型化に伴う対策として、本橋を含め飯島飯田バイパスが建設され、地域に大きく貢献しています。





⑤ 多摩都市モノレール (その3-22)

発注者：東京都
形式：鋼軌道桁
橋長：96m
幅員：5.7m
鋼重：290t

所在地：東京都立川市泉町地内他

●多摩都市モノレールは多摩地域における南北方向の公共交通を充実し、併せて多摩地域の自立性を高める為に、多摩センター～立川～上北台間、約16km区間に導入する跨座式モノレールです。写真は、一部開通した立川～上北台間における軌道桁の一部にあたります。



⑥ 川西能勢口駅北 ペデストリアンデッキ

発注者：兵庫県川西市
形式：単純鉸桁、単純箱桁
デッキサイズ：33.8m（直径）
鋼重：522t

所在地：兵庫県川西市栄町

●円形の鋼製歩道橋で、中央に独立した高さ25mの塔があります。「川西市都市景観形成条例」が制定され、市の玄関口にふさわしい「新しいまちの顔」として建設されたペデストリアンデッキです。



⑦ アドベンチャーブリッジ

発注者：栃木県宇都宮市

形式：単径間無補剛吊橋

橋長：150m

幅員：1.5m

鋼重：151t

所在地：栃木県宇都宮市塙田5丁目・大曾2丁目地内

●宇都宮市の八幡山公園内に架橋された、支間長150mの鋼製主桁の吊床版橋です。

本橋は公園の新しいシンボルとして子供に夢を与える橋となるように計画されました。

また、使用者に対する配慮から木製床版が採用されています。

⑧ 土室・日川林道橋第1号橋

発注者：東京電力株式会社

形式：方杖ラーメン橋

(耐候性裸仕様)

橋長：90m

有効幅員：6.45m

鋼重：197t

所在地：山梨県大月市七保町

●本橋は3橋ある同形式の橋の第1号橋梁です。近くには「緑と水のハーモニー」をコンセプトしたダムもあり、ひっそりと山間に佇んでいます。





⑨ 横林大橋

発注者：四国地方建設局

形式：変形式中路式ローゼ橋

橋長：115.5m

幅員：8.75m

鋼重：669 t

所在地：愛媛県東宇和郡野村町

●本橋はA1(高知)側が中路式、A2(大州)側が下路式となっている変形式中路式ローゼ橋です。黒瀬川を跨ぐ本橋及び坂石トンネル等の完成で国道197号鹿野川道路事業(L=6.7km)の全線が供用される事となりました。

⑩ 常吉大橋

発注者：大阪市

形式：3径間連続鋼床版箱桁斜張橋

橋長：340.8m

幅員：11.75m

鋼重：5,115 t

所在地：大阪市此花区常吉2丁目～北港白津2丁目

●舞州と此花区常吉地区とを結び、都市計画道路、正連寺川北岸線と接続する道路のうち、海上部約200mを渡る斜張橋です





⑪ 西中IC橋 (Aランプ)

発注者：愛知県
形式：2径間連続鋼床版箱桁
橋長：75m
幅員：7.125m
鋼重：170 t
所在地：愛知県知立市

●愛知県三河地方の南西部に位置する碧南、高浜、刈谷、知立及び豊田の各都市を縦貫し、衣浦臨海工業地域と自動車産業を中心とする内陸工業地域を結ぶ主要幹線道路が本橋の架かる衣浦豊田線（国道419号）です。本橋は一般国道23号との接続部分のOFFランプ橋です。

⑫ 越路橋

発注者：新潟県
形式：7径間連続箱桁
橋長：596m
幅員：11.8m
鋼重：1,495 t
所在地：新潟県三島郡
越路町大字地内

●信濃川に架かる越路橋が老朽化した為、その架換工事として完成したもので100m強もある長スパンが特徴です。物流の柱は鉄道であった為、本橋の完成は周辺道路の整備に大いに役立ちました。





⑬ 豊田大橋

発注者：愛知県豊田市
形式：バスケットハンドル型
ニールセンローゼ橋

橋 長：475m
幅 員：20～32m
鋼 重：8,147 t

所在地：愛知県豊田市白浜町～同市千石町
●矢作川の河川敷の白浜公園・千石公園と一体で市民が川辺で憩う空間を創出する計画がされました。景観を考慮した双子のバスケットハンドル型ニールセンローゼ橋を採用し、動物の骨格をモチーフとした独特の造形美を表現しています。

⑭ 鬼怒川温泉ふれあい橋

発注者：栃木県藤原町
形式：フィレンデール橋

橋 長：98.5m
幅 員：10m
支間割：32m+65m
鋼 重：539t

所在地：栃木県藤原町大字滝～大原

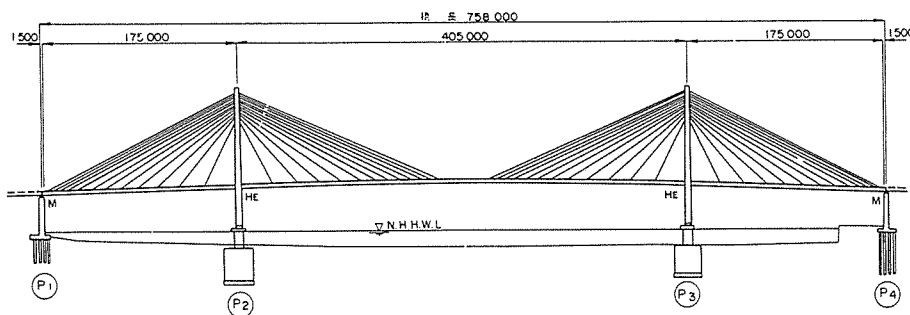
●鬼怒川温泉は、日光国立公園内に位置するわが国有数の観光地であり、鬼怒川に沿って温泉街が林立しています。本橋はその兩岸の温泉街を結ぶ交通の要として建設され、国立公園の豊かな自然と調和した新しい町のシンボルとなっています。



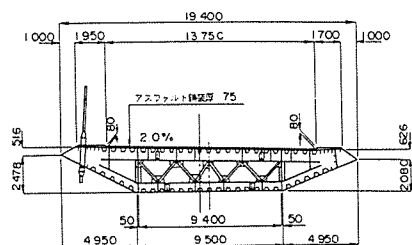
平成10年版

橋梁年鑑

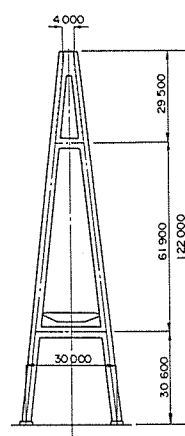
側面図



平面図



断面図



橋長	m	758.0	総鋼重	t	11.448
幅員	m	(車道) 13.75 (歩道) —	主径間一連分鋼重	t	11.010
支間割	m	(175.0+405.0+175.0)	主径間一連分内訳		
			70材以上	%	—
			60材	%	10
			50材	%	61
			40材	%	19
			その他	%	4
			ケーブル	%	6

16 アーチ橋

橋名	発注者	所在地	橋長 (m)	総鋼重 (t)	主径間(1連分)内訳 支間割 (m)
智鶴山良川大橋	京都府	京都	740.0	7,508	61.4+200.0+61.4
	和歌山県	福島	214.0	1,096	150.0
				245	78.2

17 ラーメン橋

橋名	発注者	所在地	橋長 (m)	総鋼重 (t)	主径間(1連分)内訳 支間割 (m)
★北千曲川橋	道路公団	長野	348.0	1,618	81.4+89.0+89.0+81.4
★O.M.17工区	首都公団	埼玉	268.2	3,473	45.0+45.2+86.0+45.0+45.0
★西山大橋	福島県	福島	102.5	472	12.7+70.9+17.8
★田島立体	関東地建	埼玉	303.4	3,119	39.0+39.0+40.2+67.0+40.2+39.0+39.0
★町谷立体	関東地建	埼玉	260.0	2,682	48.4+48.4+66.4+48.4+48.4

◎写真・図集 149橋

◇B5版

247頁

◎資料編 680橋

◇編集・発行

社団法人 日本橋梁建設協会

◎平成8年度内完工を型式別に分類して掲載

お申し込みは社団法人 日本橋梁建設協会事務局へ

虹 橋 No.61 平成11年秋季（非売品）

編 集・広報委員会

発 行 人・酒井克美

発 行 所・社団法人 日本橋梁建設協会

〒104-0061 東京都中央区銀座2丁目2番18号
鉄骨橋梁会館1階

TEL (03) (3561) 5225

FAX (03) (3561) 5235

URL <http://jasbc.webcity.ne.jp/>

関 西 支 部・

〒550-0005 大阪市西区西本町1丁目8番2号
三晃ビル5階

TEL (06) (6533) 3238・3980

FAX (06) (6535) 5086
