

千代田大橋の被災から新橋建設まで

帯広開発建設部 帯広道路事務所 ○柴田 康紀
 倉西 秀夫
 神馬 強志

まえがき

幅員 6m、橋長 706m と狭く長い千代田大橋は、昭和 29 年に架設された老朽橋である。同橋は平成 15 年十勝沖地震により、支承周辺部・橋脚（7 基）が被災し、一部の橋脚ではかぶりコンクリートの剥落によって鉄筋がはらみ出すなどの致命的な被害を受けた。被災後は直ちに復旧計画を策定し、地震発生から 1 年 4 ヶ月を経て復旧工事を終えた。しかしこれは、早期復旧、工事費等の観点から現況の耐力までに戻すことが主目的の応急的な復旧であった。一方、狭小幅員のため大型車両同士の円滑なすれ違いが困難であるとともに、歩道がないことから歩行者などの安全確保にも支障がでている状況であった。

このような中、同規模以上の地震が発生しても安全に通行することが可能となる新橋の架替え事業が平成 16 年度より始まった。同事業により耐震性が向上するとともに大型車両同士のすれ違い困難等の問題も解消されることとなった。

応急復旧後の地震時に備えた管理体制が継続的に敷かれている状況下での架替え事業であることから、新橋建設の最も重要な課題は早期完工であった。

本報告は、平成 20 年に供用開始予定である千代田大橋新橋の工期短縮・コスト縮減や景観設計について報告するものである。

1. 平成 15 年十勝沖地震の千代田大橋被災状況

千代田大橋旧橋は、一般国道 242 号の池田町と幕別町の間を流れる十勝川に昭和 29 年、十勝川を渡る 3 番目の道路橋として完成した。まず、主径間部の 5 連曲弦ワーレントラス桁は昭和 29 年に架設、その後河川改修に伴い、昭和 41 年に側径間部（5 連～2セット）のポストテンション方式 PCT 桁が架設され、全体橋長 706m で現在に至っている。

平成 15 年十勝沖地震（震度 6 弱）では、低水路部のトラス桁部の橋脚橋座と、PCT 桁部の橋脚壁部材に大きな被害が生じ、通行止めとなった。

被災状況を図 1-1～図 1-3 に示す。

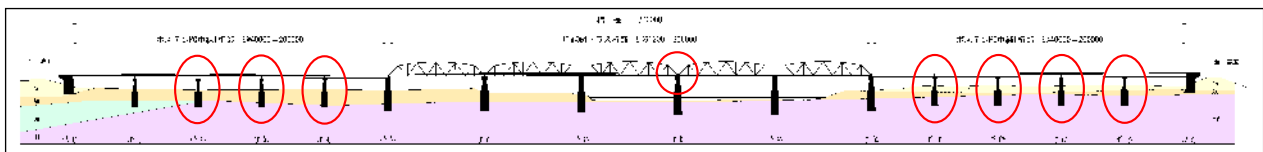


図 1-1 主な被災箇所



図 1-2 P8 橋脚橋座の被災状況

図 1-3 P13 橋脚柱の被災状況

通行止め解除を目的とした緊急の応急復旧においては、被害の大きいP13橋脚の鋼板巻立て、P8橋脚沓座部の補強を実施し、片側交互通行にて供用。その後、PCT桁部全損傷橋脚の鋼板巻立てを実施し、被災から10日後で通行規制解除に至った。

これらの効果を確認するために、『制動加震実験』『FEM解析による被災シミュレーション』を実施した。その結果、P8橋脚ケーソンの損傷の可能性があることが報告された。

以上より、恒久的な復旧にはケーソン基礎の損傷状況の確認とその補修・補強が必要である。しかし、施工箇所、方法、期間、費用などの面から補修、補強が極めて困難であると判断し、落橋防止の強化、橋脚補強に加え、地震計を用いた管理体制の高度化を行い、規定(200gal)以上の地震が発生した場合に通行規制を知らせる警報表示板を設置し管理している状況である。

2. 千代田大橋新橋計画

新橋を計画するにあたり、安全な道路をいち早く構築するための『工期短縮』が命題となった。さらに、風景創造を担うための『景観設計』、『ライフサイクルコスト(以下LCC)の縮減』に対する要求を満足させる必要がある。

上部工構造の計画にあたっては、開発が進む新技術・新工法を取り入れ、工期短縮とコスト縮減が図れる鋼・コンクリート合成床版を用いた細幅箱桁を採用した。さらに、シンプルな構造を最大限生かし『LCCを考慮した景観デザイン』を実施した。

2-1. 細幅箱桁

(1) 細幅箱桁の概要

在来箱桁は、RC床版の最大支持間隔(3m以下)の制約により、比較的大きな箱幅(2.4m)の箱桁を用いる必要があった。また、床組(縦・横桁)が必要になるとともに、箱桁フランジを補剛するための縦リブの配置が必要となる。これにより、材片数(溶接延長)の増加による製作コストの増加、さらに、薄板に多くの溶接を要することによる残留応力(疲労強度の低下)の影響を受けやすい構造であった。

一方、細幅箱桁は、長支間対応可能な合成床版等を用いることで、床版支間の制約を受けずに箱幅を細く出来る。その結果、床組の省略、縦リブの低減が可能となり、コスト縮減が図れる構造である。さらに、合成床版の採用により、床版施工用の足場が省略でき工期短縮が図れる。(表2-1)

表 2-1 在来形式と細幅箱桁の概要図

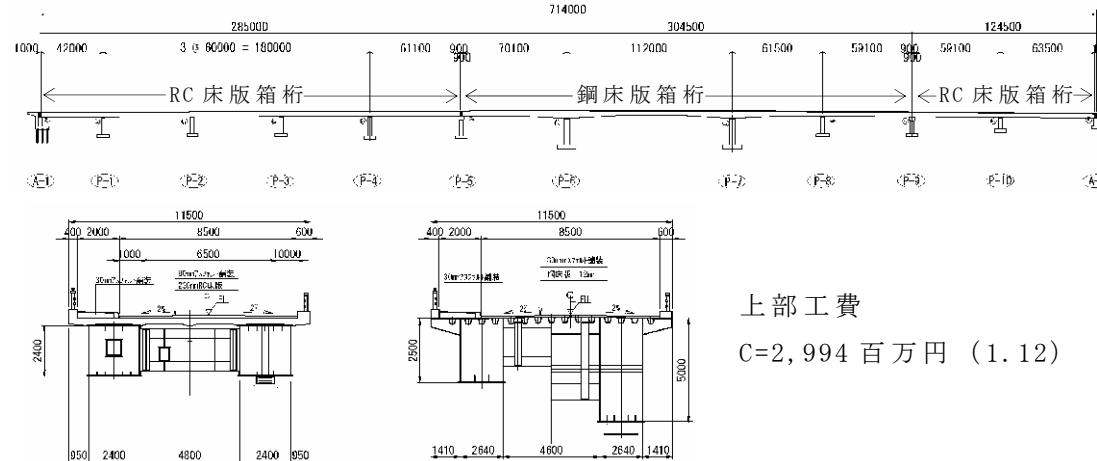
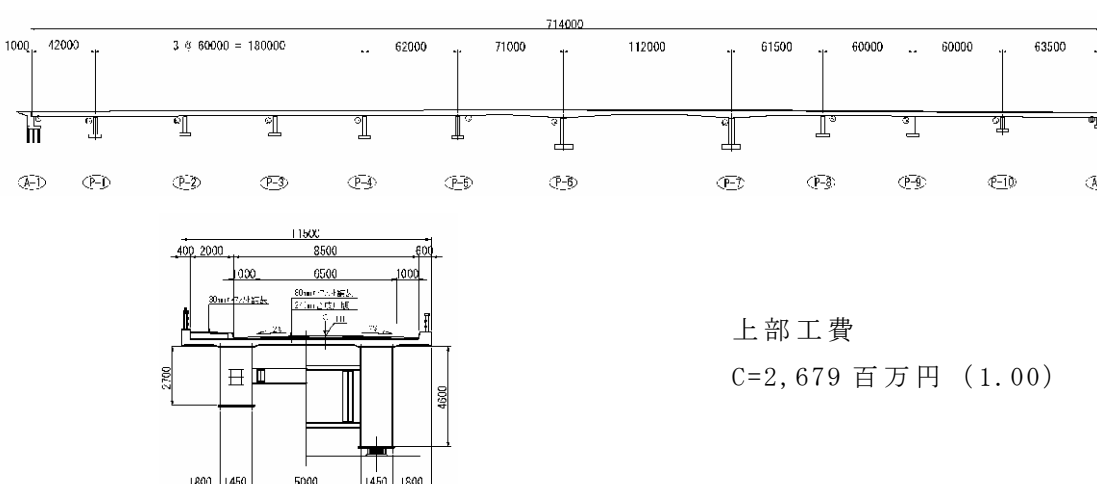
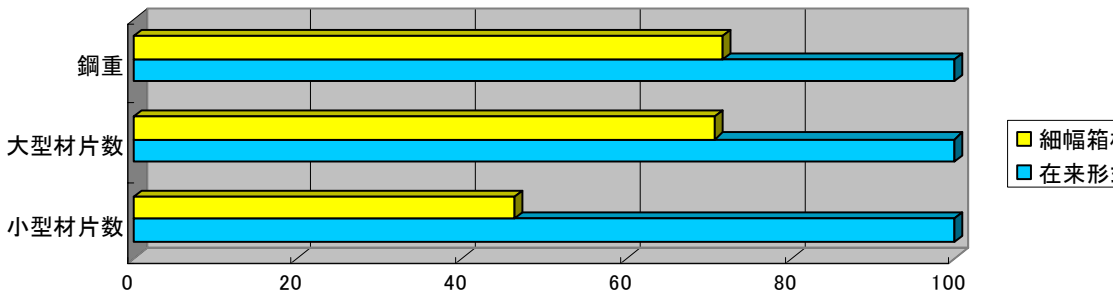
	在来形式	細幅箱桁
概要図		

(2) 経済比較

千代田大橋は、河川条件より支間割（37+3@60+62+71+112+61.5+2@60+59.5）が決定された。在来形式として適用可能な形式は、RC床版箱桁＋鋼床版箱桁となる。

在来形式を用いた場合と細幅箱桁を用いた場合の経済比較を表 2-2 に示す。

表 2-2 在来形式と細幅箱桁の比較

<p style="writing-mode: vertical-rl;">在来形式</p>	 <p style="text-align: right;">上部工費 C=2,994 百万円 (1.12)</p>
<p style="writing-mode: vertical-rl;">細幅箱桁</p>	 <p style="text-align: right;">上部工費 C=2,679 百万円 (1.00)</p>
<p style="writing-mode: vertical-rl;">内訳</p>	 <p style="text-align: center;">(在来形式を 100 とした時の各項目比率)</p>

以上より、細幅箱桁のコストに対する影響度は、小型材片の減少（床組の省略，縦リブ低減）によるものが多い。これにより、製作の省力化により製作工程の短縮が可能となった。

2-2. 景観デザイン

千代田大橋は開放的な河川空間を伸びやかに跨ぐ 700m を越える長大橋梁である。本橋に対する可視範囲は広く、鉄道や広々とした堤防など多くの視点場がある。また、地域の人々が慣れ親しんだ旧橋のイメージが強いため、本橋の建設によって地域の風景が大きく変わるといった印象は避けられない。スケールが大きいだけに、景観計画に際しては、将来の地域景観と文化形成に責任を負う「風景創造」が必然的になされる。

架橋地点の地域特性・景観特性や構造特性を考えると、橋の存在感を一方的に誇示するのではなく、現在の雄大な風景との融和を目指すことが望ましい。圧倒的な大きさの構造物であっても、違和感のないバランスやプロポーション、美しいディテールなどへの配慮を重ねることで、それは十分に実現可能であると考えられる。

以上のことから、常に視点場の位置と視野を考慮に入れ、構図的なバランスと心理的影響を検証することで、構造デザイン（構造そのものによる美的表現）を造形の基本としながら、景観検討を行う。テーマは「雄大な風景との融和」である。（図 2-3）



図 2-3 架橋位置の状況

(1) 構造デザイン

1) 細幅箱桁の構造の特徴

本橋は、シンプルな構造にすることで材片数を低減し合理化を図れる『細幅箱桁+合成床版』である。デザイン上の特徴は、①桁裏がすっきりしていること、②張出部が 1.8m と大きく構造がコンパクトに見えることである。（図 2-4）

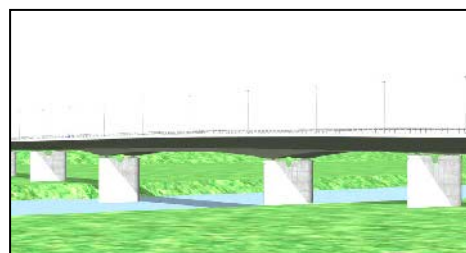


図 2-4 陰影効果

中央径間が 112m と大きいいため上部工構造高が高くなる。その結果、橋の存在感が大きくなるとともに、桁下越しに見える背景の緑も中央径間部で分断気味となってしまう。しかし、合成床版の採用によって張出部を大きく (1.8m) できる構造であるため、その陰影効果によって構造高を低く、そして構造物が主張しないようにすることが可能である。（図 2-5）



図 2-5 側面図

2) フェイシア（最外縁の面）処理

合成床版の水切りは、通常図 2-6 のような形状にするが、本橋では維持管理と橋台部との連続性を考慮して図 2-7 の形状のコンクリート製の地覆とする。

橋が大地とのつながる点、すなわち橋台部は、構造のみならず視覚的にも橋梁にとって非常に重要な意味をもつ、橋梁のフェイシアを橋台まで連続させることによ

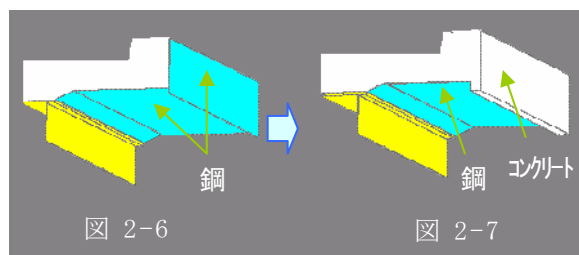
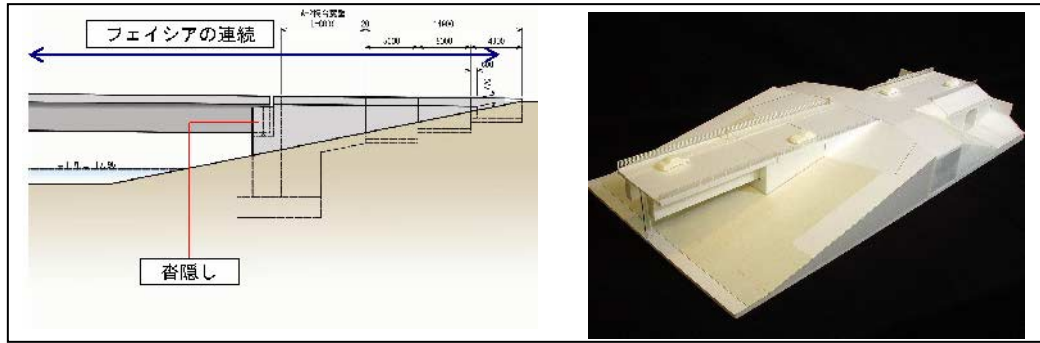


図 2-6

図 2-7

って、陰影のある表情を与えて『大地との一体感』『桁と橋台の滑らかな接続』を図る。（図 2-8）



(2) 色彩計画

図 2-8 フェイスアの連続性

1) 基本方針

①彩度・明度は背景の山々や木々の緑よりも低くする。

図 2-9 のように背景を美しく見せるため低彩度の色を採用する。

図 2-10 のように暗い色を使うことにより形状を引き締めてみせるため低明度を採用する。

②フェイスアを強調する色彩を設定する

形の輪郭がはっきりと認識できる物体は、引き締まって見える。伸びやかなシルエットを有する本橋では、地覆コンクリートと桁とのコントラストが強まる色彩を選定し、フェイスアのラインを際立たせることが効果的である。(図 2-11)

2) 色彩比較

基本方針を踏まえ、色彩比較を机上および現地確認を行い「グレイッシュオリーブ」を採用した。(図 2-12)

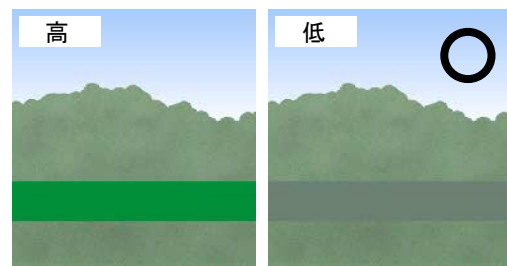


図 2-9 彩度

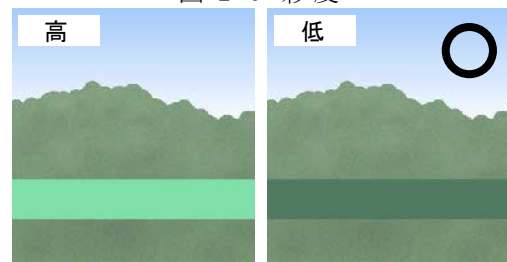


図 2-10 明度

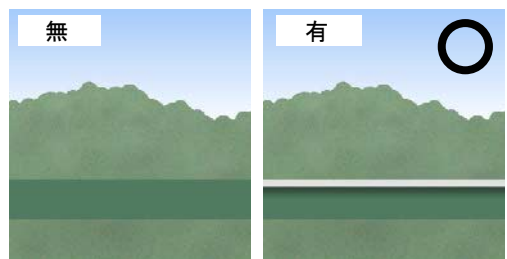


図 2-11 フェイスアの有無

	A案：グレイッシュオリーブ	B案：なまりいろ	C案：ライトベージュ
パース			
評価	周辺環境の基調色に近い色相で、かつ彩度が低いいため、風景を引き立てる	明度・彩度が低いため風景を引き立てる効果がある一方で、A案より人工物としての自身の存在感を出している	背景となる樹林よりも明るいため、その存在感は大変大きく感じられる
	◎	○	△

図 2-12 色彩比較

(3) 防錆方法

桁に色彩をつける場合、一般的には塗装が採用されている。しかし、塗装は塗替えを必要とし LCC が増加する。このように、色彩と LCC は両立させることが困難となることから、最小限のコストで最大の効果を生む防錆方法を検討した。

以下の4案で、初期コストおよび塗替えコストを加味した LCC を比較する。

第1案 耐候性鋼材裸仕様：最も LCC に優れた案ではあるが、色彩の自由度はなく、むしろ、初期の錆ムラは景観的に好ましくない。

第2案 耐候性鋼材+外面安定化処理（景観仕様）：上記案と同様であるが、外面に色彩可能な安定化処理を施す案である。（図 2-13）

第3案 耐候性鋼材+外面塗装：本橋の視点場が、主に遠景であることから、人目に付き易い外面のみ C 系塗装を施す案である。（図 2-13）

第4案 普通鋼材+全塗装：一般的に、彩色が要求される際の案である。

上記4案の LCC 比較を図 2-14 に示す。

塗装を用いた第2案および第4案は、塗替えを必要とするため、LCC では不利な結果となる。

色彩を可能とする第3案に対して、景観的に不利となる第1案の全体工事費に対するコスト比は、1%程度となる。

費用対効果を鑑みると第3案が、低コストで最大の効果を可能にする案となり本案を採用した。

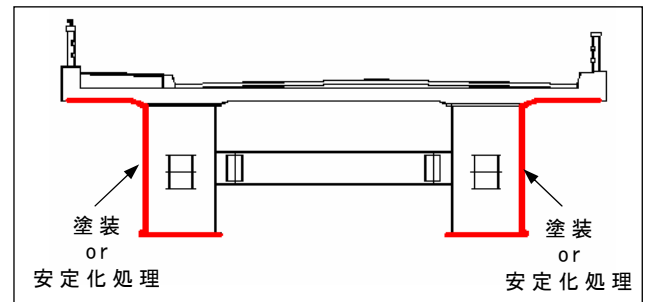


図 2-13 景観対策範囲

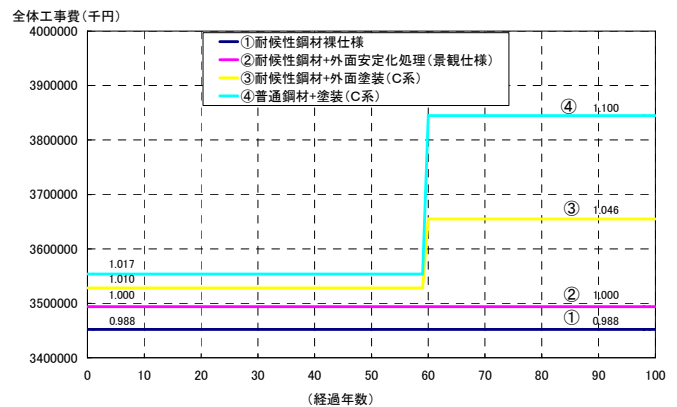


図 2-14 LCC 比較

3. 施工方法

3-1. 上部工架設工法

上部工の架設計画にあたっては、旧橋と新橋を投影した河川の阻害率およびさけの遡上に対する施工上の制約を満足すると同時に工期を短縮する必要があった。

側径間部の架設は経済的なトラッククレーンベント工法が可能であるが、低水路となる中央径間部は、桁下空間が使用できない。そのため、桁下に依存しない『張出し架設+送出し架設』工法とした。

さらに、工期短縮・コスト縮減に配慮し以下の方法を採用した。

- ①送出し架設の軌条設備は、先に架設した桁上を利用する。
- ②上記により、設備のコスト縮減・工程の短縮を図る。
- ③中央径間長は 112m あり、112m 全長を送出すのは断面および工程的にも困難であるため、張出し架設と送出し架設を組合せる。
- ④送出し架設の範囲は、完成系曲げモーメントのインフレクションポイント付近とすることで、架設系と完成系の構造系変化を最小とする。これにより、架設時の補強を最小化し経済性の向上を図る。
- ⑤合成床版底鋼板を送出し桁に載せて架設することで、工期短縮を図る。

以上を踏まえた架設ステップを図 3-1 に示す。

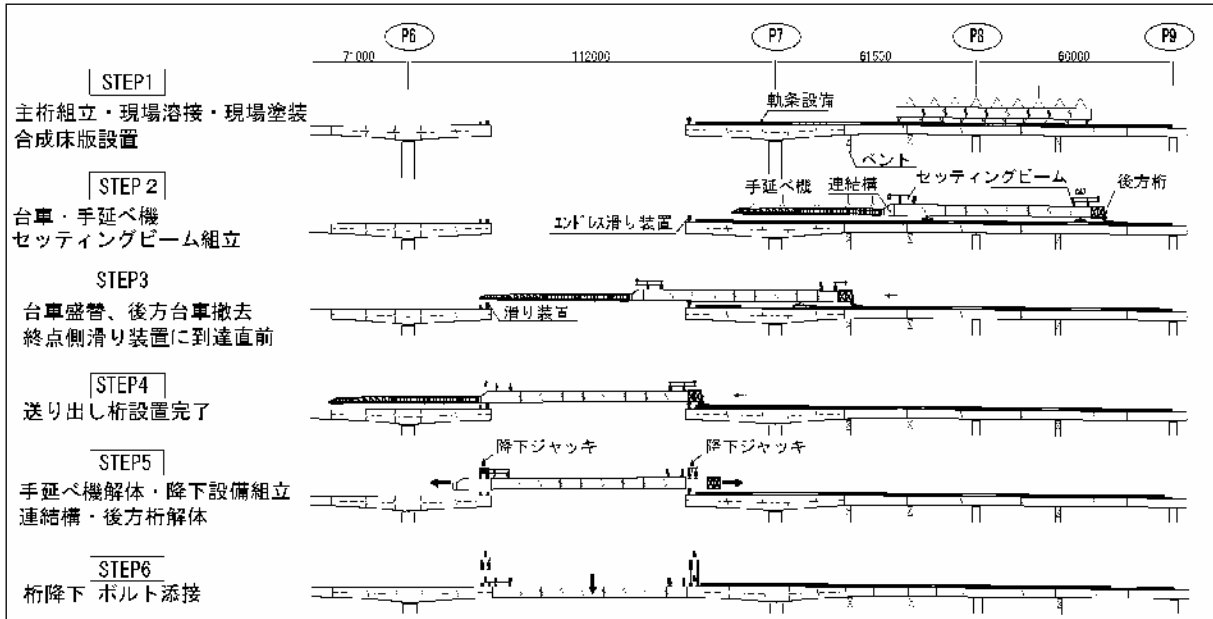


図 3-1 架設ステップ

本橋の送出し架設に対する主な特徴を以下に示す。(図 3-2, 図 3-3)

- ①送出す桁の設備を含めた総重量は 540 t、送出し長 123m の架設となった。送出し作業は推進力 cap20t の油圧水平ジャッキを 4 台使用して行った。
- ②降下作業は、この地域の特性（地震が多い）を考慮し、設備に時間を要するが安全かつ短時間での降下作業を遂行するため、通常のスンドル降下を止め、降下ジャッキによる降下（5.5m/h）とした。
- ③送出し側受け点側共に支点より 26m 張出した鋼桁上であり、送出し時の支点反力の移行により大きく鋼桁が撓み高さが変位する。送出しの精度は、変化する支点高と反力の移行に左右されるため送出しを 1 m 毎に反力と変位を解析した送出しステップ表により、送出し架設の精度を高めた。



図 3-2 降下設備



図 3-3 降下状況

3-2. 現場溶接

送出し桁の鋼材は、厚板となりボルト列数が基準を満足できないことから、現場溶接を採用した。板厚が大きくなると強度を確保するために炭素当量を高くせざるを得なく、結果として溶接性が低下する課題があった。

本橋の厚板鋼材には、靱性の向上・溶接性の向上が図れる TMCP 鋼（熱加工制御鋼）を採用した。TMCP 鋼は、圧延の過程で鋼材の冷却と圧延を適切に制御することで、炭素当量を抑え、ミクロ組織の細粒化による強度と靱性の向上を図った鋼材である。溶接性の指標となる P_{CM} （溶接割れ感受組成）は 0.17% となり、在来の調質鋼材の 0.29% を大きく低減でき溶接性向上が図れた。

3-3. 合成床版施工

本橋の床版は、長支間に対応でき高耐久性が図れる合成床版を採用した。合成床版は、足場・型枠が省略でき工期短縮が図れる。本橋は底鋼板を構造部材として見込み下面配置の鉄筋を省略し、更なる工期短縮を図った。底鋼板を構造部材とするため板厚 8mm とし連結は高力ボルトを使用した。その結果、鉄筋量が 497t から 207t に低減でき工期を大幅に短縮できた。

あとがき

千代田大橋は、平成 20 年に供用開始を予定している。被災から 4 年 5 ヶ月で完全なる災害復旧が成し遂げられ耐震性の向上が図られると同時に、地域の悲願であった狭小幅員の解消および歩行者が安全に渡れる橋の完成が待たれる。

本橋は、コスト縮減を図りつつ、高耐久性で安全・快適に通れる美しい橋梁を後世に残そうと言う目標の基、効果の早期発現を進めてきた。これらトレードオフに対して、『新技術採用によるコスト縮減』『コストを最小とする景観の創出』『工期短縮を図った架設』により目標を達成できたと考える。

参考文献

- 1) 山口忠男・山口賢治・水尾隆：2003 年十勝沖地震における被災橋梁応急復旧報告について、一般国道 242 号池田町千代田大橋、第 48 回北海道開発局技術研究発表会
- 2) 日本橋梁建設協会：細幅箱桁橋のコンセプトと計算例 平成 16 年 12 月