

中央橋の計画・設計

— 地域に配慮したエクストラードズド橋 —

椋木 洋子*1・鷺見 英信*2・古閑 徹也*3

中央橋は、一般国道403号が長野県飯山市内において、一級河川千曲川を渡るPC4径間連続エクストラードズドラーメン箱桁橋である。本橋では、主桁に50 N/mm²の高強度コンクリートを用いたエクストラードズド橋とすることで橋梁端部の桁高を低くし、既存住宅地への影響を最小に抑えることができた。河川条件によって制約される不利な支間割のもと設計上の工夫により剛構造を成立させ、維持管理の軽減、耐震性の向上を図った。積雪の影響を考慮して、主塔の形状、構造細部を滞雪しにくいよう計画し、斜材についても被覆外径が小さい鋼材を選定した。また、主塔形状の決定にあたっては簡易パースや模型を作成し、歩行者への圧迫感を低減をできる形状を検討した。架設では、河川内の施工期間が限定されるため、大型ワーゲンの採用により、施工ブロック長の長尺化を図り、柱頭部施工時に主桁1ブロックを先行施工することで、できるかぎりブロック数を低減する施工計画とした。この中央橋の計画・設計について報告する。

キーワード：エクストラードズド橋、高強度コンクリート、工期短縮、大型ワーゲン

1. はじめに

一般国道403号は、飯山市から木島平村、山ノ内町北志賀高原を通り、中野市から小布施町に通じる重要な幹線道路であり、平成26年度には北陸新幹線が開通し、飯山市に新しく飯山駅ができることから、アクセス道路として期待される路線である。中央橋は一般国道403号が長野県飯山市内において、一級河川千曲川を渡る橋長365m、両側に歩道を有する2車線の橋梁であり、既設橋の老朽化、幅員狭小、河川条件を満たしていないことから、既設橋の30m程上流側に架替えが計画された。写真-1は現況の大型車の通行状況、図-1は新橋の完成予想図である。



写真 - 1 大型車の通行状況

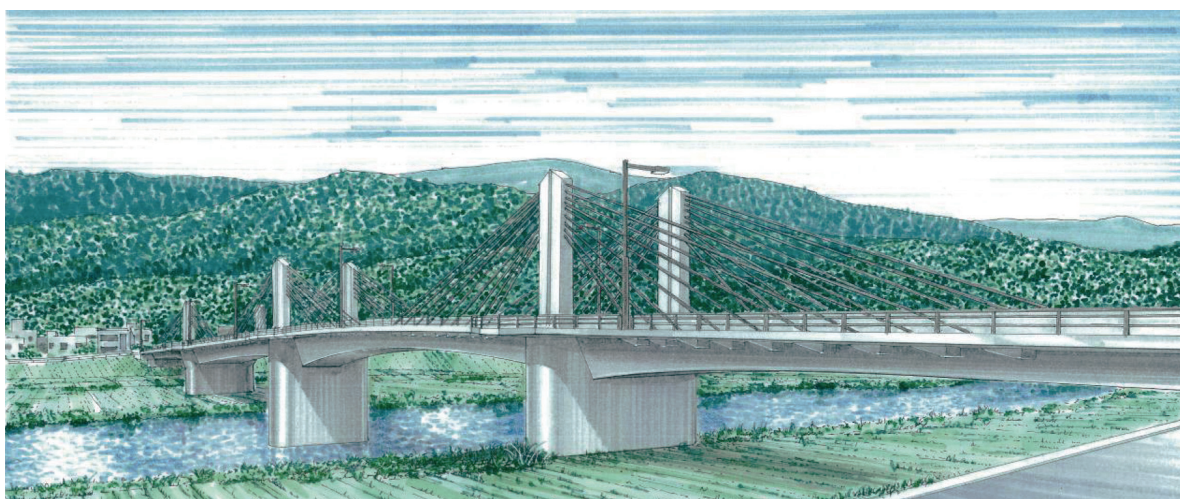


図 - 1 完成予想図

*1 Youko KABAKI：(株)エイト日本技術開発 構造事業部 構造橋梁分野統括

*2 Hidenobu SUMI：(株)エイト日本技術開発 構造事業部 東京支社 構造部

*3 Tetsuya KOGA：(株)エイト日本技術開発 構造事業部 東京支社 構造部

○ 設計報告 ○

なお、現橋は支間 60 ～ 61 m の鋼単純下路式アーチ橋 6 連である。

地元では、この架替え計画着手にあたり、平成 18 年 6 月から公募された委員と行政が PI（パブリックインボルブメント）方式による「中央橋架け替えに伴う計画協議会（以下、計画協議会という）」を設置、4 回の会議と地元説明会が実施された。そのなかで、架替えルートや桁高について多くの意見や要望が出されるなど、本橋梁の計画に対する市民の関心の高さがうかがわれるものであった。

以下では、こうした地元要望や各種橋梁条件を踏まえた橋梁の計画・設計の概要を報告する。

2. 橋梁概要

2.1 橋梁概要

本橋の概要を以下に示す。また、全体一般図を図 - 2

に、主桁断面図を図 - 3 に示す。

道路規格：第 3 種第 2 級

設計速度： $V = 50 \text{ km/h}$

橋長：365.0 m

支間割：62.0 + 121.0 + 121.5 + 58.5

幅員：標準部 16.3 m、主塔部 18.3 m、拡幅部 19.3 m

斜角：A1： $76^\circ 40' 52''$ 、A2： $76^\circ 00' 00''$

活荷重：B 活荷重、群集荷重

雪荷重： 1.0 kN/mm^2

上部工形式：PC 4 径間連続エクストラードロード箱桁

下部工形式：逆 T 式橋台、壁式橋脚

基礎工形式：SC 杭 $\phi 800$ 、ニューマチックケーソン基礎

設計震度：II 種地盤 $Kh = 0.25$

2.2 本橋の制約条件

長野県は計画協議会や、地元説明会のなかで、地元への

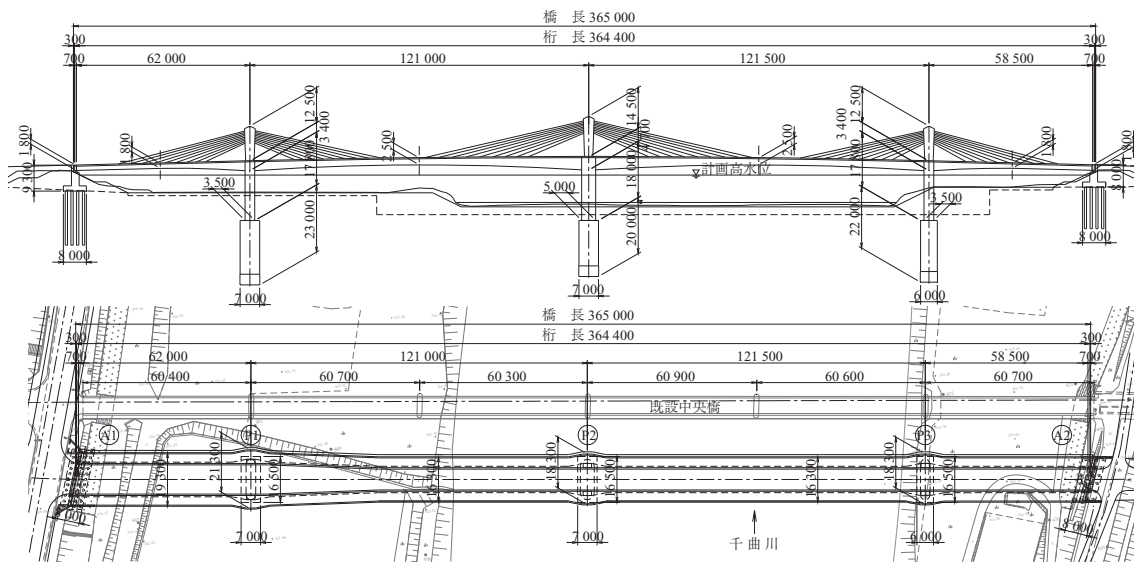


図 - 2 全体一般図

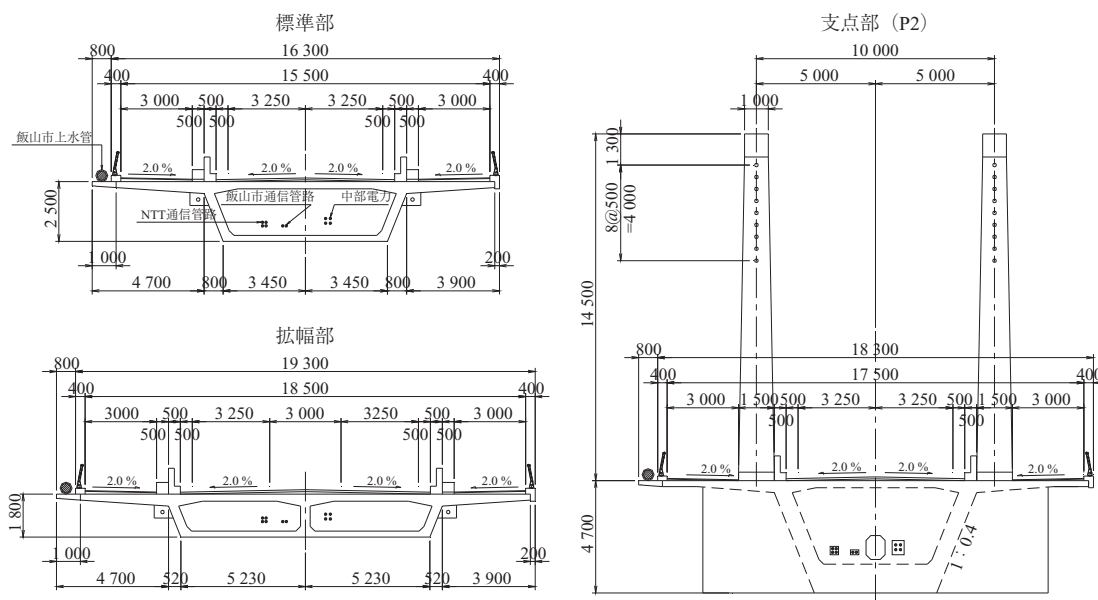


図 - 3 主桁断面図

事業計画の周知を図るとともに、架橋位置や橋梁条件に関する意見聴取を実施した。

この結果を考慮し、架橋位置の計画条件（道路、地形地質、河川、周辺環境）のほか、地元からの要望事項の反映が橋梁計画の前提条件となった。以下に、本橋における制約条件を示す。

(1) 道路条件（地元要望）

地元要望として、「桁高を極力低く（取付道路縦断線形を低く）抑えて、現道へのすり付け長を短くし、周辺家屋への影響を抑えること」があげられた。

(2) 河川条件

本橋は既設中央橋の上流約 30 m の位置に平行して架橋し、その後、既設橋を撤去する計画としているため、近接橋の適用は受けない。ただし、実際工事着手から既設橋撤去までの工事期間は 5 年以上と見込まれるため、新設橋の橋脚は既設橋の見通し線上に設けた支間割とする必要があった。また、河川協議の結果、橋脚の方向は既設橋脚方向に合わせるが、河川の流向と P1、P3 橋脚の方向が一致しないことから、河積阻害率（完成時 5%）の算定時には橋脚幅に対し、斜角を考慮する必要があった。

(3) 周辺環境条件

飯山市は長野県北部に位置し、県内でも有数の豪雪地帯であり、既設中央橋の上弦材に積雪が落下して通行止めになったこともある。したがって、路面の凍結や落雪を避ける構造とする必要があった。

(4) 景観性（地元要望）

計画協議会の要望事項として、「橋の色彩・機能、土地利用など景観や生活環境にも配慮すること」があげられていた。加えて、本橋は飯山市内の中心部に位置し、毎年夏

には架橋地のすぐ下流側で花火大会が催されるなど、市民から注目される橋梁であることを考慮し、景観性に優れ、街のシンボルとなるエクストラードロード橋が選定された。

(5) 施工性

河川内の施工期間が非出水期（11 月～3 月）の 5 か月間に限定されるなかで、平成 26 年度北陸新幹線新駅開業に合わせた早期供用に向けて、全体工期の短縮が必要であった。

3. 設 計

3.1 主 桁

(1) 断面形状

上部工は主桁に高強度コンクリート（設計基準強度 50 N/mm²）を採用し、両側歩道であることを利用して床版張出しを大きくし、斜めウェブの採用により、できるだけ断面を小さくすることで上部工重量の軽量化を図った。

また、地元要望である道路縦断を極力低くするために、両端部の桁高をマンホールを考慮した 1.8 m まで絞ることとした。支点上の桁高は、道路縦断と河川の計画高水位より、確保可能な高さである P1、P3 上では 3.4 m、P2 上では 4.7 m とした。

(2) PC 鋼材配置

本橋は最大支間長 121.5 m であるため、57.5 m を最大張出し片持ち架設とした。このために必要な張出しケーブルとして、P2 柱頭部では内ケーブル 12S15.2 × 54 本、斜材 19S15.2 × 18 本を配置した（図 - 4）。なお、A1-P1 間では A1 橋台背面に交差点があり、右折車線を付加するために拡幅が必要ことから、この区間においては 2 室箱桁断面としている。中間ウェブにも鋼材を配置する計画として

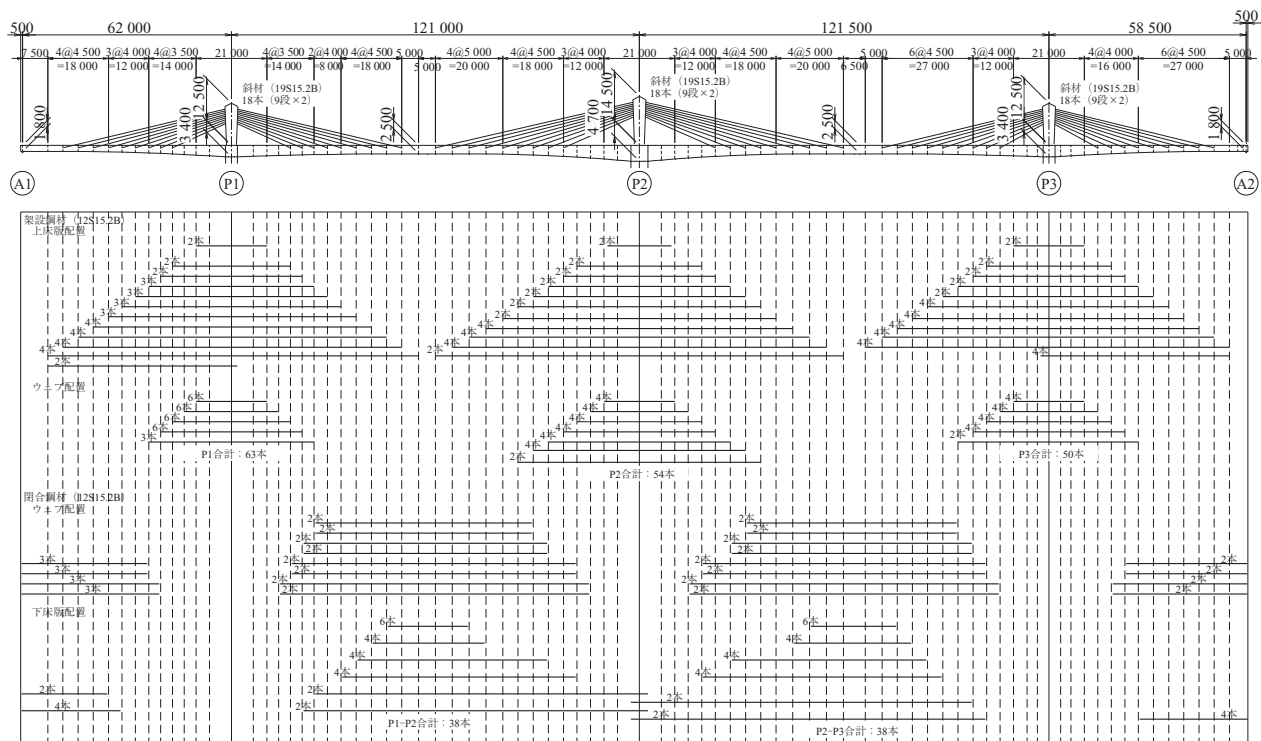


図 - 4 PC 鋼材配置概要

○ 設計報告 ○

いるため、P1 柱頭部でのケーブル量が最も多くなっている。

3.2 ブロック割

本橋において供用開始を新幹線開業に間に合わせるためには、上部工は2カ年で施工すること、かつ河川内の施工期間が非出水期に限定されることより、大型ワーゲンによる片持ち張出し架設を採用した。なお、大型ワーゲンを採用した場合においても、1非出水期では張出し施工を完了させることが困難となるため、柱頭部を施工する非出水期1年目に支保工により、主桁1ブロックを先行施工することで、非出水期2年目のブロック数を低減するよう計画を行った。図-5に片持ち張出し架設部のブロック割を示す。

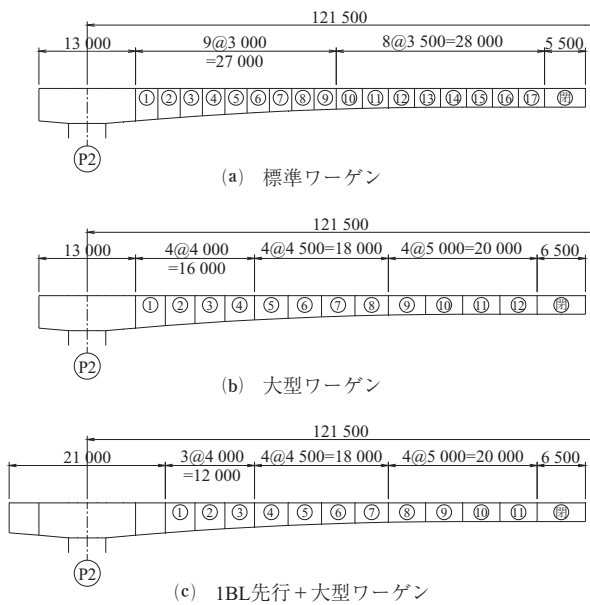


図-5 片持ち張出し架設部のブロック割

3.3 橋脚

本橋は予備設計の段階にて耐震性、維持管理の観点から剛結構造を採用しているが、既設橋の見通し線上に橋脚を設置するという制約上、長くならざるを得ないP1-P3間の固定支間長に対し、相対的に橋脚高が低いため(図-6)、端部の橋脚に非常に大きな不静定力、温度時水平力が作用する。一方で、不静定力軽減のために橋脚柱断面を小さくすると、地震時に橋脚の柱断面を構成できないという課題があった。

そこで、本橋では上部工重量の軽量化と予備設計時より斜材をランクアップし、主塔高を高くすることで、主桁のPC鋼材量を減らし、不静定力軽減を図った。下部工ではできるかぎり端部のP1、P3橋脚の壁厚とケーソンの軸方向幅を薄くし、断面剛性を小さく抑えることで、死荷重時の不静定力と温度時の発生断面力を軽減した(図-7)。中間のP2橋脚は不静定力と河積阻害率への影響が少ないため、壁厚を厚くすることで地震時水平力の分担を大きくし、各橋脚での地震時発生断面力の均等化を図った(表-1)。さらに、高強度材料を使用し、鉄筋や型枠の組立

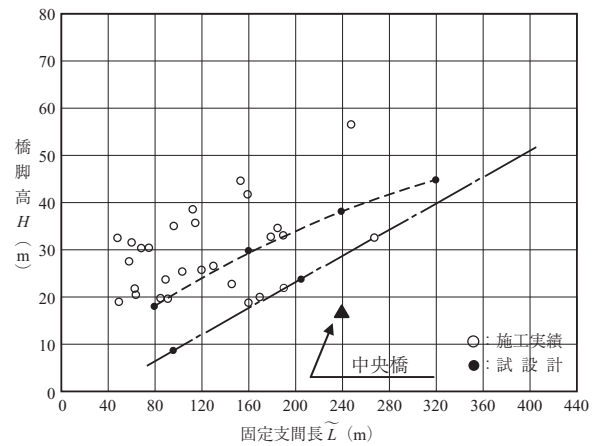


図-6 固定支間長と橋脚高の関係²⁾

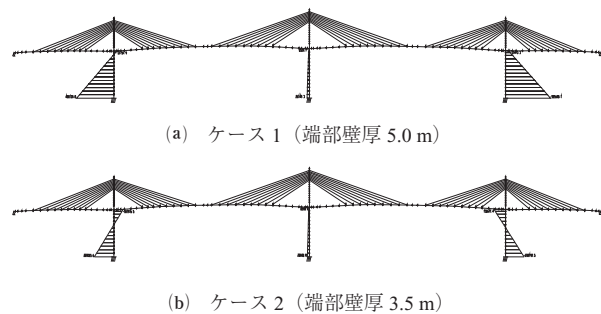


図-7 曲げモーメント分布(死荷重時)

表-1 橋脚柱基部発生断面力

		P1	P2	P3
曲げ モーメント (kN・m)	死荷重	-176 631	-14 611	157 028
	地震時→	-211 845	-315 647	-192 167
	地震時←	211 845	315 647	192 167
	地震時分担率	0.294	0.439	0.267
	死+地震	-388 477	-330 258	349 195
	比率	1.176	1.000	1.057

省略による省力化が期待できる鉄骨コンクリート複合構造橋脚構築工法(REED工法)を採用し、柱断面を縮小するとともにじん性、耐震性、施工性の向上を図った。結果として、河積阻害率は既設橋撤去前で6.8%、撤去後は4.3%となった。

3.4 主塔

(1) 主塔形状

主塔は積雪の影響を考慮して、横梁を設けない独立2本柱形式とした。主塔形状は斜材ケーブル配置の制約から、中間部で橋軸方向幅3.5mを必要とし、小判形橋脚との取合いを考慮し、図-8のような形状とした。

形状の決定にあたっては、簡易パース(図-10)や1/100模型(写真-2)を製作し、主塔や柱頭部の見え方などを検討した。検討の結果、正面形状は主塔の重厚感を軽減できるように鉛直方向にテーパを設け、側面形状は脚頭部との取合いから逆テーパを設けた。なお、主塔基部でも橋軸方向幅が3.0mとなるため、スリットを設け、歩行者への圧迫感低減を図った。また、塔頂部には滞雪対

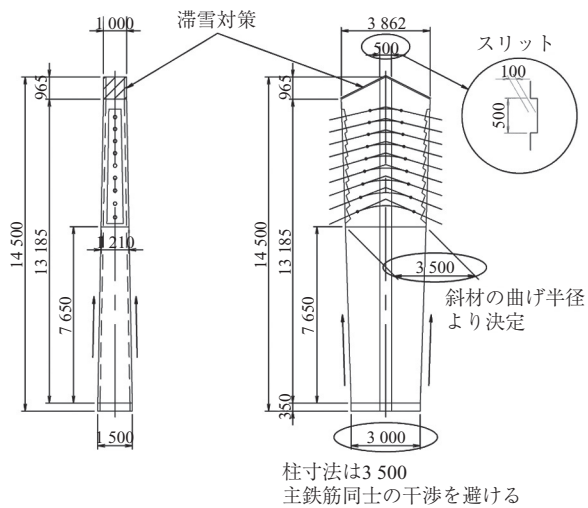


図 - 8 主塔形状 (P2 橋脚部)

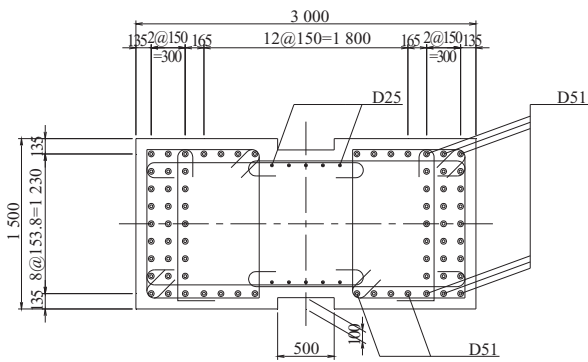


図 - 9 P3 主塔基部断面 (CASE 2)

策として、橋軸方向に約 30° のテーパーを設け、テフロン板を設置する計画とした。

(2) 主塔設計

主塔断面諸元は動的解析によって得られた断面力を基に表 - 2 の 3 案を比較検討した。通常の SD345 では鉄筋本数が過密になるため、高強度鉄筋 SD490 を含めた検討を行い、最終的に CASE2 を採用した。図 - 9 に主塔基部の断面を示す。

表 - 2 P3 主塔断面の比較

	発生曲げ モーメント M (kN・m)	降伏曲げ モーメント My0 (kN・m)
CASE1 : PC 縦締め + SD345 案	81 130	85 178
CASE2 : SD490 案		83 898
CASE3 : PC 縦締め + SD490 案		84 233

□ は採用案を示す。

3.5 斜材

斜材は積雪の影響を考慮して、被覆外径のコンパクト化が可能なノングラウトタイプの工場製被覆ケーブル (SEEE F500PH) を採用し、落雪対策を図るとともに施工性、耐久性を確保した (表 - 3)。

斜材定着部については、斜材張力による主桁への影響、斜材定着部付近の応力状態を把握するために FEM 解析を行った。モデル化は対象構造であることから境界条件を用いた半断面モデルとし、橋軸方向は境界条件の影響を少なくするため、桁高の 5 倍程度の部分モデルとした。解析の結果、ウェブでは鉛直方向に最大 5.3 N/mm² の引張応力が発生することを確認した (図 - 11)。この引張応力に対しては、補強鉄筋を配置することにより対処することとし、最

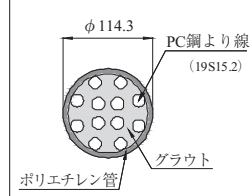
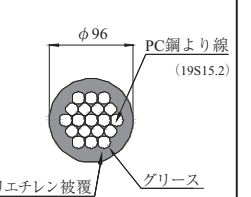


図 - 10 主塔形状パース図



写真 - 2 1/100 簡易模型 (P2 橋脚部)

表 - 3 斜材比較

	グラウトタイプ (一般PC定着工法外ケーブル)	ノングラウトタイプ (SEEE工法F-PHケーブル)
概要図		
防錆仕様	ポリエチレン管, セメントグラウト	ポリエチレン被覆, グリース

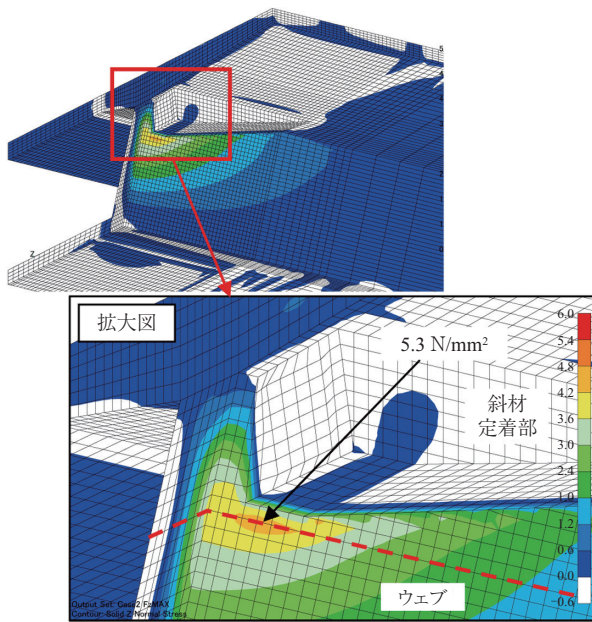


図 - 11 FEM 解析結果 (ウェブ鉛直方向応力度)

大 D22 の鉄筋を 125 mm 間隔で配置した。

3.6 施工計画

上部工の施工は、河川内での工事となるため、移動作業車を用いた張出し施工により計画した。前述のとおり、大型ワーゲンを採用している。具体的な施工は、第 1 非出水期に橋台、橋脚を全基一斉に施工し、橋脚施工後の第 2 非出水期に柱頭部、主塔と主桁 1 ブロック分を枠組支保工で施工する。第 3 非出水期では移動作業車を用いて、張出し施工を行い、その後、吊支保工にて閉合を行う計画とした。上部工の施工ステップを図 - 12 に示す。

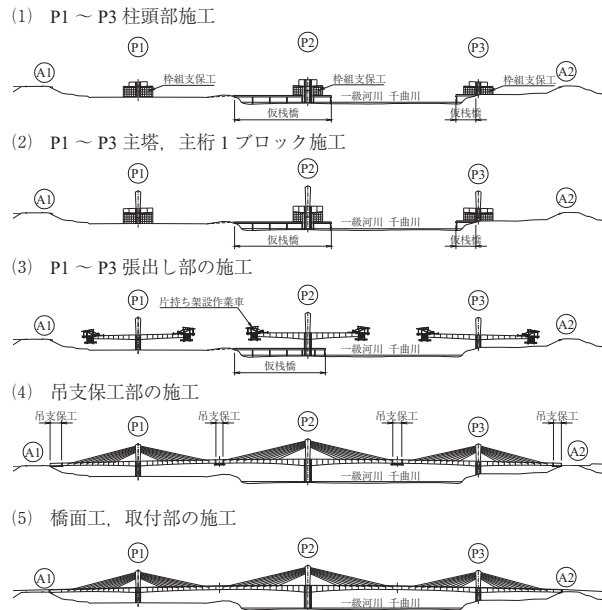


図 - 12 上部工の施工ステップ

4. おわりに

本稿では、早期に開催した計画協議会によって、地元住民との合意形成を図り、地元住民の要望を取り入れた橋梁の計画・設計について報告した。本橋の最大の特徴の一つは厳しい河川条件や支間割の制約を受けつつも、地元住民からの要望に応える橋梁を実現した点にある。また、厳しい条件ではあるものの剛構造を採用したことで維持管理の軽減や耐震性の向上により、社会資本として必要な性能を確保することができた。

橋梁計画では経済性のみを優先させる傾向にあるが、今後は経済性に加え、地元住民の意見や周辺環境および景観性への配慮も求められていく。橋梁計画への住民参加により、供用後も末永く愛され、親しまれる橋となることにより、橋梁の長寿命化が実現することを期待したい。

なお、中央橋は 2011 年 11 月から下部工工事に着手している。厳しい施工条件ではあるが、地元住民の期待に応えられる橋が完成することを祈念するものである。

参考文献

- 1) 小林, 鷺見: 中央橋の架け替え計画, 土木学会年次学術講演会講演概要集, 第 65 回, CS4-014, 土木学会, 2010.8
- 2) プレストレスト・コンクリート建設業協会: PC 多径間連続ラーメン橋に関する研究報告書, 1998.5

【2011 年 11 月 17 日受付】