

蟹沢大橋の設計と施工

菊池 稔^{*1}・三原 英之^{*2}・石井 精一^{*3}・立花 勝利^{*4}

はじめに

蟹沢大橋（仮称）は、秋田県2番目の空港として建設中の大館能代空港（平成10年開港予定）へのアクセス道路に建設される、橋長380m、最大支間180mを有する3径間連続エクストラドーズドPC橋で、この構造形式では、衝原橋とならんで国内最大支間を有している。

本橋の計画・設計・施工において、同種工事の実績が少ないことから、蟹沢大橋設計施工検討委員会により技術的な課題が検討され、その結果に基づいて設計が進められた。

本橋の計画に当たっては、新空港の西の玄関口にふさわしいランドマークとなること、180m程度の中央支間に適すること、平面曲線に対応可能なこと、およびアプローチ部との桁高の連続性を保つことが可能なことなどの条件を満足する形式として、3径間連続エクストラドーズドPC橋が選定された¹⁾。

本稿は、本橋の設計と施工の概要について報告するものである。

1. 橋梁概要

本橋の工事概要を以下に、全体一般図を図-1に示す。

路線名：主要地方道 鷹巣川井堂川線（3種2級）
 橋種：プレストレストコンクリート道路橋
 橋梁形式：3径間連続エクストラドーズドPC橋
 橋長：380.075m
 支間：99.275+180.000+99.275m
 幅員：全幅 17.5～23.0m
 有効幅員 車道9.5m、歩道3.0m×2
 平面線形：R=560m、A=250m～∞～A=200m、
 R=300m
 主桁形式：2室箱桁
 主塔形式：独立2本柱
 支持条件：主桁は橋脚上で反力分散支承により支持
 主塔は主桁に剛結

2. 設計^{2),3)}

2.1 設計概要

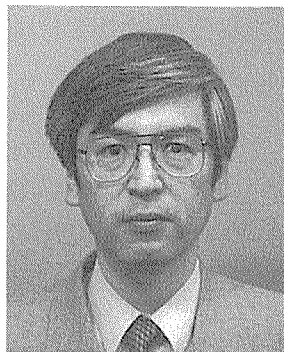
完成系の断面力は、詳細に施工段階を追って算出した。また、平面線形によるねじりの影響は、立体骨組解析により、斜材張力の応力伝達や各ウェブのせん断力の分布は、3次元FEMにより解析した。

2.2 応力伝達のメカニズム

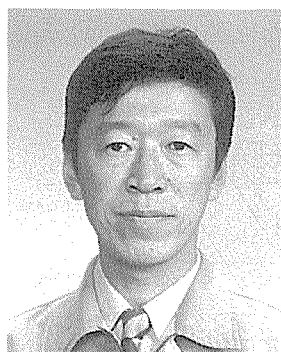
本橋は、斜張橋と異なり斜材定着位置ごとに隔壁を設けず、斜材を3主桁の両外ウェブに定着し、斜材張力を直接主桁に伝える構造となっている。そこで、立体



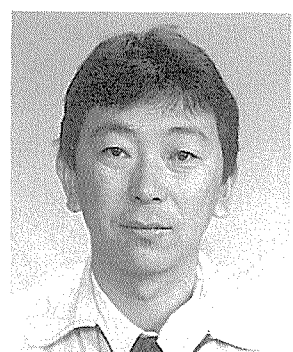
*1 Minoru KIKUCHI
秋田県
土木部道路建設課
課長



*2 Hideyuki MIHARA
日本建設コンサルタント(株)
技術五部
技術課長

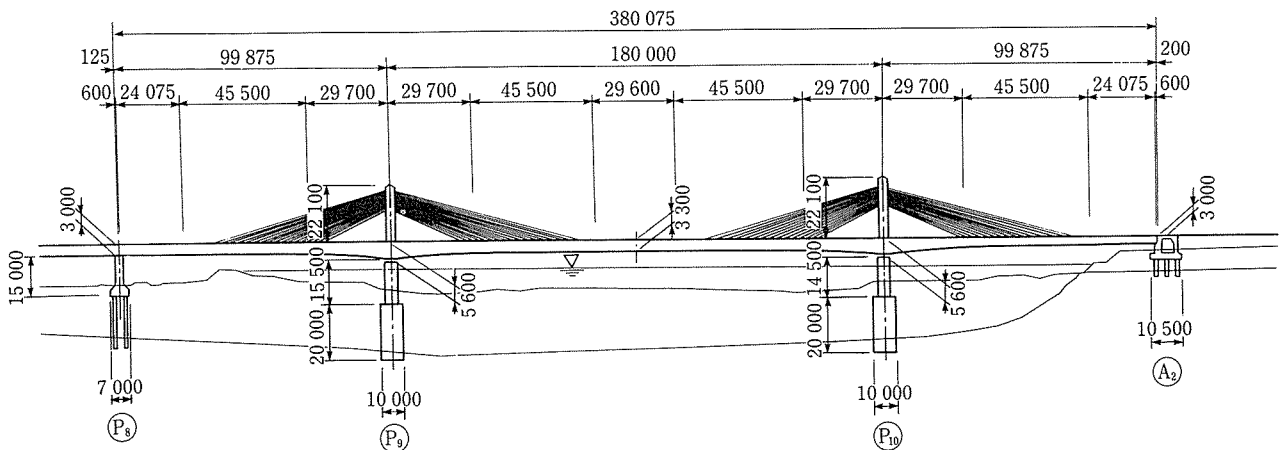


*3 Seiichi ISHII
住友・ドーピー建設工事
共同企業体
主任



*4 Katsutoshi TACHIBANA
錢高・オリエンタル建設工事
共同企業体
主任

側面図



平面図

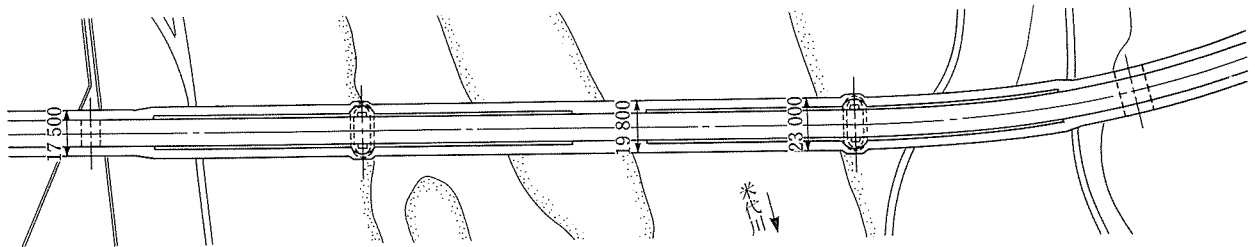


図-1 全体一般図

FEM 解析により、斜材張力の有効位置を算出し、さらに各ウェブのせん断力の分担率を算出した。

(1) 斜材張力の有効位置

図-2 に斜材張力の水平分力による軸方向応力度の伝達状態を示す。なお、梁部材モデルの応力を 100% とする。

応力度の伝達状況は、斜材張力作用位置の次斜材位置 ($L=3.5\text{ m}$) では各ウェブで応力差が見られるが、斜材 2 本離れた位置 ($L=7.0\text{ m}$) ではほぼ均等な状態になっている。

したがって、主桁全断面に有効となる位置は、斜材張力作用位置から斜材 2 本離れた位置 ($L=7.0\text{ m}$) とした。

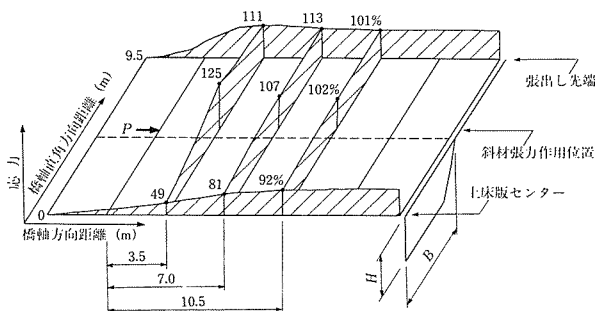


図-2 斜材張力の伝達状況

(2) 各ウェブのせん断力分担率

本橋の主桁断面は 3 主桁で、斜材が外ウェブ外側に定着された 2 面吊りの構造である。さらに、隔壁も斜材定着位置ごとには設けられていない。

そこで、各ウェブのせん断力の分担比率の解析を行った。

設計荷重時の分担率の変化を図-3 に示す。

解析結果から、斜材定着ブロックの割増し係数を 1.40 とした。また、斜材が定着されない標準ブロックは、割増し係数を 1.00 とした。

2.3 主塔側斜材定着部の設計

主塔における各斜材間隔は 0.5 m と非常に近接しているため、定着構造としてサドルを採用した。小田原ブルーウェイブリッジで実験されたサドル部の性能試験⁴⁾を踏まえ、本橋では、作用力(斜材の不均衡張力)に対する適切なソケット長の選定とサドル構造の持つ張力抵抗機構の把握を目的として、ソケット部の静的引抜き試験およびサドル模型実験を実施した。

これらの試験結果より、ソケット長は 600 mm 程度の長さが必要であること、およびサドル内部の摩擦力は摩擦係数換算で 0.1 以上あり、ソケット部の抵抗力と同時に働くことが確認できた。

この結果を踏まえ、景観や施工性を考慮し、本橋では

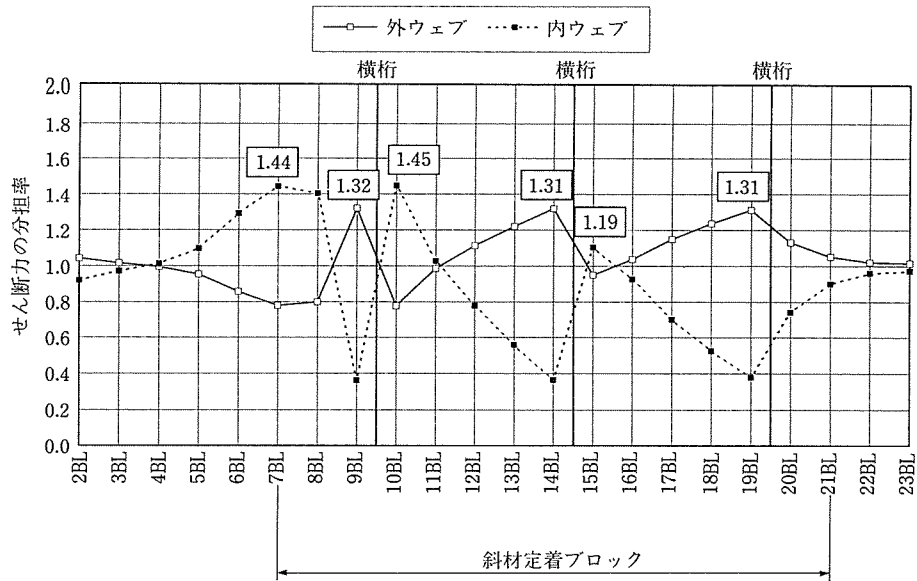


図-3 せん断力の分担率の変化

ソケットを主塔内に配置するソケット内蔵方式を採用した。本橋で採用したサドルシステムを図-4に示す。

本サドルシステムの特徴を、以下に示す。

- 1) ソケット部を内蔵し、ストランド相互の接触を防止するスペーサを、出口の1ヶ所だけに減らすことにより、ケーブル挿入の施工性を高めている。
- 2) ソケット端部は主塔出口より400 mm程度の突出長で収まり、景観が確保されている。
- 3) 内管を鋼管、外管をPE管からなる2重管構造として、斜材を取替え可能にしている。

2.4 斜材の設計

これまでのエクストラードPC橋は、活荷重による斜材の応力変動が小さい場合、一般的なPC鋼材と同様に斜材の許容引張力を $0.6 P_u$ (P_u : 引張強さ)としている場合がある(表-1⁵⁾)。

本橋は連続構造のため、活荷重による斜材の応力変動が 10.7 kgf/mm^2 と比較的大きい値になっていること

から、主荷重載荷時の斜材の許容引張力を斜張橋と同じ $0.4 P_u$ とした。

2.5 支承の設計

P_9, P_{10} の支点反力は最大12 000 tfである。支承形式は、地震時の橋脚への水平力分散などを考慮して、反力分散形式のゴム支承とした。また、3 000 tfクラスのゴム支承の施工実績により、橋脚上の支承は4個とした。

P_{10} 橋脚では、平面線形の影響により、支承を上部構造中心に対し左右対称に配置した場合、曲線の内側と外側で支承の反力に1.6倍の差が生じることとなった。そこで、支承の配置中心を600 mm曲線の内側に移動し、各支承の反力を調整した。

3. 施 工

3.1 施工概要

本橋の施工は、平成7年3月に下部工が施工を完了

表-1 活荷重による斜材の応力変動

エクストラードPC橋						
橋名	発注者	径間数	中央径間長 (m)	柱頭部支持形式	応力変動 (kgf/mm^2)	許容値 (kgf)
小田原港橋	道路公団	3	122.0	剛結	3.8	$0.6 P_u$
銜原橋	"	"	180.0	"	4.2	"
蟹沢大橋	秋田県	"	180.0	支承	10.7	$0.4 P_u$
斜張橋						
橋名	発注者	径間数	中央径間長 (m)	柱頭部支持形式	応力変動 (kgf/mm^2)	許容値 (kgf)
ツインハープ橋	北海道	3	140.0	支承	9.6	$0.4 P_u$
東名足柄橋	道路公団	"	185.0	"	12.8	"
青森大橋	JR東日本	"	240.0	"	13.2	"

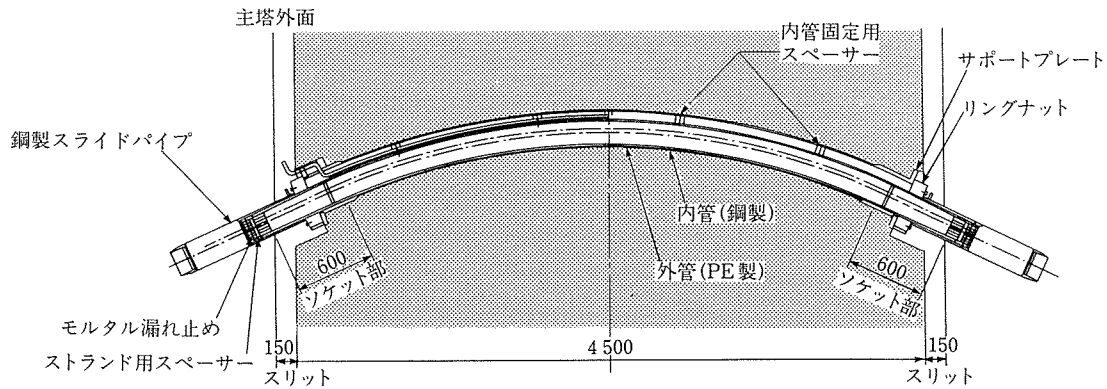


図-4 サドルシステム

し、同年11月から上部工に着手した。平成8年11月末現在、主桁の張出し施工は25ブロック中16ブロックまで、斜材の架設緊張は14段中8段までの施工が完了している。写真-1に、平成8年11月末現在の現場全景を示す。

3.2 施工の特徴

エクストラロードPC橋は外見は斜張橋に近いものの、施工的にはかなり桁橋に近い特性を持っている。

エクストラロードPC橋としての本橋の施工の特徴を以下に示す。

- 1) 主桁の剛性が高いため、基本的には施工中および桁完成後の張力調整が不要である。
- 2) 斜材定着ブロックに隔壁がないため、施工性が良く、一般の桁橋同様の施工が可能である。隔壁は、張出し架設部25ブロック当たり3箇所のみ設置されている。
- 3) 主塔高が低いため、主塔の施工性が良く、斜材の施工も、橋面上に設置した足場で行うことができる。さらに、主塔側斜材定着体としてサドルを採用し、工場でサドルと鉄骨をユニット化して現場に搬入し、定着体設置において省力化を図っている。
- 4) コンクリート養生中に斜材ストランドを斜材保護管に挿入し、桁内PC鋼材緊張・架設作業車移動後すぐに斜材を緊張できるため、斜材の施工がクリティカルとならない。

3.3 柱頭部の施工

本橋の中間支点の支持構造は、反力分散支承による連続構造である。したがって、張出し架設時は、仮固定コンクリート支承および仮固定PC鋼材(SBPR 930/1180φ32の140本)により剛結構造とした。

支承は、予備せん断型の反力分散支承で1橋脚上に4基設置した。設計反力は3220tfで、現時点で日本最大のゴム支承である。外形はゴム支承本体部分で2250×1900mm、全重量が約19tfあったため100tfクレーン

にて据え付けた。写真-2に据付け状況を示す。

柱頭部の施工は、冬期で降雪時期であったため、全天候型仮設テントで全面養生して行った。写真-3に施工状況を示す。

3.4 張出し架設部の施工

主桁は河川上での通年施工となることから、架設作業車による張出し架設を行った。張出し架設は、片側25ブロックでブロック長は2.5~3.5mである。斜材は8



写真-1 平成8年11月末現場全景

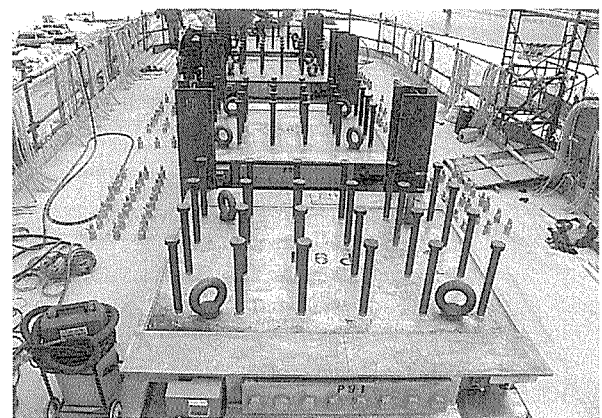


写真-2 支承据付け状況

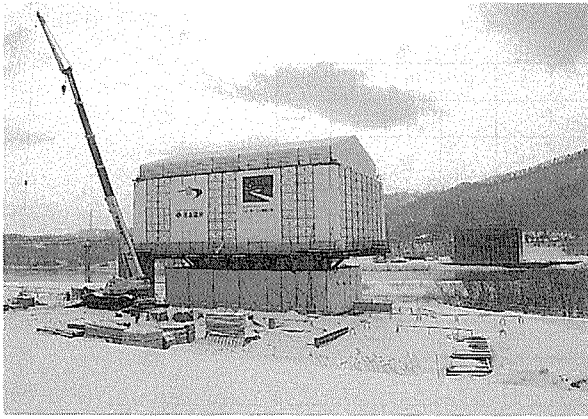


写真-3 柱頭部施工状況

ブロックから 21 ブロックまで連続して配置されており、毎ブロックで斜材を架設・緊張しながら張出し架設を進めた。また、7 ブロックまでは斜材のないブロックが続くため、仮斜材 4 本 (SEEE F 270) で柱頭部応力に対する補強を行っている。

架設作業車は、コンクリート打設量から 380 tf-m の能力が必要であり、3 主構の架設作業車を使用した。

3.5 主塔およびサドルの施工

主塔は塔高 22.1 m の独立 2 本柱で、架設作業車と主塔鉄筋の取合いから、主桁 2 ブロック完了後施工を開始した。

施工は、1 リフトあたり 2.1~3.6 m に分割し、全 7 リフトを総足場で施工した。主筋は D 51 が 2 段 (ctc 150) 配置されており、グラウト注入方式の機械的継手で接続した。主塔表面には、景観設計によりスリットが施されていることから、木製型枠を使用した。コンクリートは、設計基準強度が 50 N/mm² であり、ワーカ

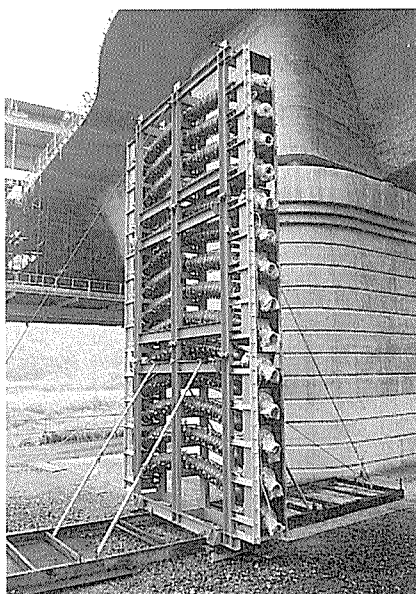


写真-4 サドル仮組み状況

ビリティの確保から高性能 AE 減水剤を使用した。

サドルは主塔 4~6 リフトに配置され、工場鉄骨フレームに組み込んで現場へ搬入した。サドルおよびサドルフレームは高さ 8.4 m、全重量で約 11.5 t (斜材 14 段分) あるため、3 分割し、1 基ずつ 100 tf クレーンを用いて据え付けた。主塔には、主鉄筋支持と兼用したサドルフレーム支持用の鉄骨を埋め込み、その天端に取り付けた高さ調整用ネジにより微調整を行ったため、簡易で精度の高い据付けを行うことができた。

サドルは 1 基の据付けが斜材 5 または 4 段分となり、省力化・高品質化を図ることができた。写真-4 に全部材を仮組みした状況を示す。

3.6 斜材の施工

斜材は、現場製作タイプで、37 S 15.2 である。斜材保護管には、景観を考慮し、シルバーメタリック色の FRP 管を採用した。また、主桁側の斜材定着システムには、ディビダークステイカブルシステムを使用した。

斜材は主桁の毎ブロックで配置および緊張となる。図-5 に斜材と主桁の施工フローを示す。斜材の施工は、基本的に主桁と並行作業が可能である。架設作業車移動後の型枠清掃作業中に斜材緊張を行うため、斜材の施工は、施工サイクル上クリティカルになっておらず、桁橋同様の施工の流れとなる。

斜材定着ブロックおよび標準ブロックの施工サイクルを表-2 に示す。

斜材保護管の架設は、橋面上に設置した足場上で行った。FRP 管架設後、プッシングマシンによりストラ

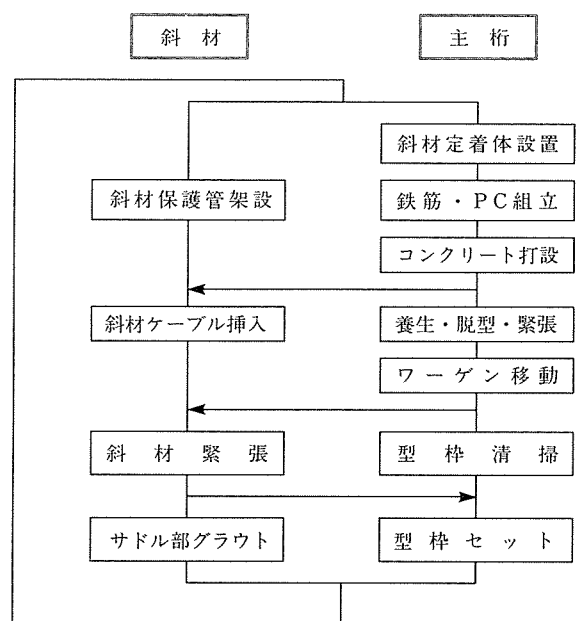


図-5 斜材と主桁の施工フロー

表-2 主桁施工サイクル

・標準ブロック 11.5日/サイクル		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
工種													
ワーゲン移動													
型枠組立・解体		型枠セット			内枠組立			脱型					
鉄筋・PC組立													
コンクリート打設													
養生													
PC鋼材緊張													

・斜材定着ブロック 14.5日/サイクル		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
工種																
ワーゲン移動																
型枠組立・解体		底型枠・側枠突起枠セット						内枠組立			脱型					
定着体セット 鉄筋・PC組立																
コンクリート打設																
養生																
PC鋼材緊張																
斜材保護管製作架設																
斜材ケーブル挿入																
斜材緊張																
サドル部グラウト																

ドの挿入を行った。ストランドは、挿入側の主桁部斜材定着体から送り出され、サドル部を経たのち反対側の定着体へ到達する。本橋では、サドルソケットのスペーサーを1箇所にし、また主桁側斜材定着体前面のウェッジプレートを引き出すことによって、ストランド挿入用先端保護キャップの交換回数と人員配置を削減し（橋面上での斜材定着体出口部は人員配置が不要）、施工性の向上に努めた。斜材挿入要領を図-6に、写真-5に主桁側斜材定着体部、写真-6にサドル出口部での挿入状況を示す。

斜材緊張は、680 tf ジャッキを用いて4斜材同時に行った。張力導入は、中央径間側と側径間側の斜材で不均衡張力が発生しないように油圧ポンプの圧力を10 kgf/cm² (12 tf) ずつ上げることにより行った。

緊張管理には精度を高めるためデジタル測定器を使用した。また、斜材張力の変動を管理するためにロードセルを上流側の各斜材に取り付けた。さらに、温度による斜材張力や主桁高の変化を補正するために熱電対を設置した。

斜材緊張後、サドルにグラウトを充填した。グラウト



写真-5 ストランド挿入状況（主桁定着体）



写真-6 ストランド挿入状況（サドル出口部）

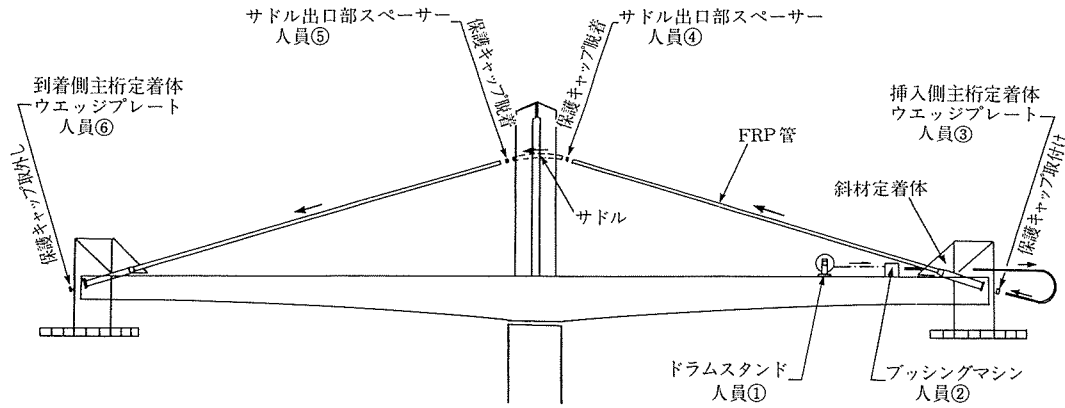


図-6 斜材挿入要領

材には、小田原ブルーウェイブリッジで実績のあるデンカスコンセメントを使用した。

4. おわりに

本橋の施工は、平成9年3月頃の最終斜材緊張に向けて最盛期を迎えている。来年春には、斜材用足場も撤去となり、主塔高を抑えた圧迫感のない優美な姿を現すことであろう。

最後に、設計、施工の諸課題に対して適切なお助言をいただいた蟹沢大橋設計施工検討委員会の委員の皆様に誌上を借りて厚く御礼申し上げます。

参考文献

- 1) 池田ほか：3径間連続エクストラードロードPC橋 蟹沢大橋，橋梁，1995. 10
- 2) 細野ほか：蟹沢大橋におけるサドル部の性能試験，PC技術協会第5回シンポジウム，1995. 10
- 3) 菊池ほか：蟹沢大橋の設計，PC技術協会第6回シンポジウム，1996. 10
- 4) 木水ほか：小田原港橋におけるサドル構造に関する研究，プレストレストコンクリート，Vol. 36, No. 5, Sept.1994
- 5) 小野寺ほか：エクストラードロードPC橋の計画と設計（西湘バイパス小田原港橋），プレストレストコンクリート，Vol. 35, No. 3, May. 1993

【1996年10月11日受付】