

またきな大橋における新しい設計施工手法

川崎 秀明*1・山内 明夫*2

1. はじめに

サミット主会場でもある名護市においてこの3月に完成した「またきな大橋（工事名：羽地ダム湖水橋）」は、県内第2位の貯水量となる羽地ダム建設事業における市道羽地大川線付替え改良の一部として施工された。橋の構造形式は、主塔と斜材ケーブルを有する斜張橋と、断面を大きくして主桁の剛性を高めた桁橋の双方の特徴を併せもつPCエクストラードロード橋であり、この形式は、支間100m~200mクラスでの優れた最新の橋梁タイプとして近年実施例が増えている。

このまたきな大橋の最大の特徴は、エクストラードロード橋でありながら斜張橋と既往のエクストラードロード橋との中間的な外観を有していることで、これは既往最大の張出し長110mをより経済的に実現するために、「エクストラードロード形式の利点を失わない範囲で2径間の特性を活かし、力学的に最適となるように主塔を高く設定した」結果生まれた。

また、土木構造物の付加価値を高めるものとして近年注目されている「風土工学」を当橋梁のハード&ソフトデザインに取り入れ、地元からも地域振興効果を期待されている。

そのほかに、防錆対策の徹底、斜材の偏向部への交差定着方式採用、鉄筋組みのプレハブ化などの施工上の工夫も当橋梁の特徴である。以上の技術的取組みの結果、当橋梁は優れた「力学特性、景観、経済性」を生み出すことができた。本稿では当橋梁基本構造をとくに「2径間高塔型エクストラードロード橋」と名付けている。

2. またきな大橋の技術的意義

またきな大橋は最新技術活用によって下記のような特徴



図-1 本島内位置図

表-1 またきな大橋の構造諸元

工事名称	市道羽地大川線 羽地ダム湖水橋工事
工事場所	沖縄県名護市田井等地先
橋種	プレストレストコンクリート道路橋
橋格	第3種第4級
上部工	2径間連続PCエクストラードロード橋
下部工	深礎杭 (P1)；直接基礎 (A1, A2)
橋長	200m (桁長：199.6m)
支間長	110m+90m (純支間109.3m+89.3m)
幅員	11.3m (車道部6.5m, 歩道部1.5m)
平面線形	直線, 横断線形：2.0%
縦断線形	-0.704% ↘ ↗ 0.909%
主塔	独立2本柱 H=26.4m
斜材	ファン型2面吊り (19S15.2~27S15.2)
工期	平成9年6月~平成12年3月



写真-1 またきな大橋の全景 (平成12年4月)

*1 Hideaki KAWASAKI：沖縄開発庁 沖縄総合事務局 北部ダム事務所 所長

*2 Akio YAMAUCHI：鹿島・鉄建共同企業体 羽地ダム湖水橋工事事務所 所長

を有している。

〈基本構造〉

- ① 「2径間高塔型エクストラード橋」の採用によって、既往最大級の張出し長110mと優れた耐震耐風特性を実現
- ② 斜材交差定着方式による定着部疲労の軽減
- 〈景観等〉
- ③ 風土工学導入による地域財産としてのハード&ソフト設計(景観, 名称, 意味空間化)
- 〈施工〉
- ④ 斜材における新開発材料採用も含めた防錆対策および風振動対策
- ⑤ 鉄筋組みユニット化, ノンセパ型枠採用などにより張出し施工以降は早期工期を実現
- 〈その他〉
- ⑥ 維持管理のメンテナンスフリー化の推進
- ⑦ 当初のPC斜張橋と比較して着実なコスト縮減を達成(約10%)

3. 基本構造

またきな大橋の基本構造は12年前の当橋梁検討委員会によって「経済性, 景観, 地域振興効果」などを総合的に勘案して2径間PC斜張橋が選定されたが, 平成9年に橋梁技術の進歩を反映して同径間のPCエクストラード橋に設計変更した。

3.1 エクストラード形式の利点

- ① 「死・活荷重を主桁が受け持つ, 主塔がより低い」などによって, 斜材の荷重負担率が高く主塔も高い斜張橋よりも施工管理と将来維持補修が容易となる。
- ② 斜材の応力変動が斜張橋よりも小さいため, 斜材の張力をより有効に活用できる。その結果, 偏向部疲労の問題が減じられ, PC鋼材の許容応力は斜張橋の0.4 P_u よりも大きい0.6 P_u (PC桁橋と同じ)を用いることができる。

P_u : 引張強度(斜材破断荷重)

- ③ 斜張橋と比較して経済性に優れている。

3.2 2径間での主塔高の最適化

Mathivat(エクストラード橋の最初の理論提案者)および既設エクストラード橋における諸検討は3径間以上を対象としており, 主塔高は10m~15mが一般的である。

一方, 両端が固定される2径間においては活荷重による斜材の応力変動幅 $\Delta\sigma$ が小さくなるため, 主塔をさらに高くすることができる(当橋梁の $\Delta\sigma=1.2\text{ kgf/mm}^2\sim 2.9\text{ kgf/mm}^2$: A活荷重)。

別途計算の結果, 主塔高がある程度高い方が斜材の鉛直荷重分担は小さくなり, 柱頭部での曲げモーメント絶対値も小さくなり, 斜材への応力負担を減らすことができた。当橋梁ではこの2径間特有の有利点を活かして経済的にかつ応力的に最も有利な主塔高を選定して, 従来のエクストラード橋の約2倍の主塔高(26.4m)を採用した。これは当初設計のPC斜張橋主塔高46.5mの約半分に近い値である。

なお, 斜材応力変動幅は主塔高のみで決まるものではな

く, 主桁高, 主桁支持・結合条件等によっても影響されるものである。

3.3 既設エクストラード橋との形状比較

- ① 主塔高 H と支間長 L : Mathivat提案の H/L は1/15であり, 従来実績の主塔高は支間長の1/10~1/13のものが多い。またきな大橋の $H/L=26.4\text{ m}/(110\text{ m}\times 1.8)=1/7.5$ はこれらと比較して大きく, エクストラード橋既往実績の中で最も主塔が高い。
- ② 主桁高 h と支間長 L : 従来実績の h/L は, 最大断面となる柱頭部で1/30~1/35, 標準部で1/50~1/60である。またきな大橋は柱頭部で $h/L=6.0\text{ m}/(110\text{ m}\times 1.8)=1/33$, 標準部で $3.5\text{ m}/(110\text{ m}\times 1.8)=1/57$ となり, 標準部, 柱頭部ともに平均的な位置にあり, Mathivatの提案による最適桁高の比率に近い。
- ③ 主桁高 h と主桁幅 b : 従来実績の h/b は0.14~0.26であるが, またきな大橋は標準部で $h/b=3.5\text{ m}/11.3\text{ m}=0.31$ と高めであり, 既往のエクストラード橋よりも桁剛性は高いと言える。

3.4 斜材ケーブルの許容応力

上述のように斜材ケーブルの許容応力は斜張橋 $0.4P_u$ に対してエクストラード橋は $0.6P_u$ の許容応力を採ることができるとされている。

またきな大橋での鉛直荷重負担率 β は16%, 斜材の応力変動 $\Delta\sigma$ は 2.9 kgf/mm^2 と両値とも表-2の既設橋と比較しても十分小さく, 斜材の応力負担はこれまでになく小さいと言える。よって, 斜材引張強度は既設橋と同様の安全率1.67($P_a=0.6P_u$)を用いることとし, 斜材量をより減じることができた。また, 定着体はPC桁橋で用いられている外ケーブルタイプを採用した。

3.5 エクストラード橋区分の根拠

エクストラード橋の斜材引張強度を $0.6P_u$ とする根拠として斜材応力変動が 5 kgf/mm^2 以下となる条件が有力とされているが, 図-2に示すようにそうでない例もあり, 明確ではない。

そのほかに, エクストラード橋区分の指標として鉛

表-2 完成エクストラード橋の実績

橋名	県名	径間数	最大支間長 L m	主塔高 H m	L/H	β %	$\Delta\sigma$ kgf/mm ²	完成年
小田原港橋	神奈川	3	122	10.7	11.4	19	3.8	1994
屋代南橋梁	長野	5	105	12.0	8.75	-	-	1995
屋代北橋梁	長野	3	90	10.0	9.0	-	-	1995
つくはら橋	兵庫	3	180	16.0	11.3	22	3.7	1997
蟹沢大橋	秋田	3	180	22.1	8.14	61	10.7	1998
唐櫃新橋西	兵庫	3	140	12.0	11.7	37	8.8	1998
唐櫃新橋東	兵庫	3	120	12.0	10.0	-	-	1998
第2マクタン橋	フィリピン	3	185	18.2	10.2	-	4.8	1999
三谷川第2橋	徳島	2	92.9	12.8	13.1	-	-	1999
またきな大橋	沖縄	2	110 *198	26.4	7.5	16	2.9	2000
土狩大橋	北海道	5	140	10.0	14.0	3	4.5	2000

注1) L/Hは最大支間長/主塔高。またきな大橋は2径間であるため, 換算支間長は $110\text{ m}\times 1.8=198\text{ m}$ に相当する。
 2) β は, 斜材の鉛直荷重負担率(%)を示す。 β =斜材の分担荷重/全載荷重 $\times 100$ (%)
 3) $\Delta\sigma$ は, 活荷重による斜材応力変動の最大値を示す。
 4) 主塔高は路面から塔先端までの高さ。

直荷重負担率 $\beta = 30\%$ 以下とする提案もあるが、例外もあり明確な区分とは言えない。

またきな大橋は、比較的高い主塔をもち交差定着方式を採用しているため構造的・施工的に斜張橋に近い点もあるが、上記の区分例を適用しても、既設エクストラードーズ橋の中でもとくに優れた力学的特性をもっていると言える。

3.6 その他の構造上の特徴

上記以外にも、またきな大橋は既往のエクストラードーズ橋と比較して以下の特徴をもつ。

- ① 主桁は2室箱桁(桁高3.5m~6.0m)で、床版・ウェブ・底版をRC部材として設計した。
- ② 斜材はファン型2面吊り、15段配置とした(27S15.2および19S15.2)。また、主桁側の斜材定着間距離を4mとして、斜材各段の容量を小さくし同時に、張出し施工の主鋼棒($\phi 32$)重量を低減した。斜材定着部は、主塔および主桁ウェブに突起定着とした。
- ③ 主塔はRC独立2本柱とし、主塔上半部に斜材定着体を千鳥配置した。また主塔が高い利点を活かして定着

を交差定着方式とし、非対称支間による左右の斜材張力差に対応した。

- ④ 主塔の設計は、定着切欠き部分を有効断面より控除してRC計算により配筋量を決定した。定着体は突起定着とし、切欠きによる主鉄筋の切断を避けた。その結果、切欠き補強筋の配置を省略できた。
- ⑤ 橋脚の設計は、震度法によるRC計算および保有水平耐力の照査を行い配筋量を決定した。
- ⑥ 当橋梁は、斜材を併用した張出し架設であるため、施工進度に合わせて構造系が変化する。構造解析は、各施工段階および完成系の2次元フレーム計算を行って断面力を算出した。ただし完成系の解析は、施工系のクリープ完了時点の断面力をそのまま引き継いで照査を行っている。
- ⑦ 各施工段階、完成系設計荷重時、地震荷重時、終局荷重時で全部材の照査を行い、PC鋼材量および配筋量の決定を行った。
- ⑧ 曲げに対する終局荷重作用時の照査においては、斜材を外ケーブル引張抵抗材と見なし、PC技術協会「設計施工規準」をもとに応力度増加として20kgf/mm²を見込んで解析を行った。すべての断面で曲げ破壊安全度1以上を確保している。

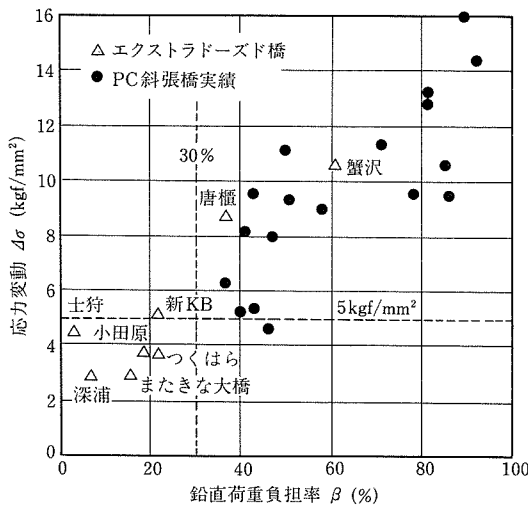


図-2 β と $\Delta\sigma$ の関係

4. 風土工学導入による景観等のデザイン

4.1 風土工学の適用

羽地ダム下流は昔から県下最大の水田地帯として知られ、豊かな自然と文化・歴史を有している。現在は北部中核都市である名護市街地に隣接する都市域として発展している。ダム湖周辺は名護岳と多野岳という北部を代表する2名峰に挟まれた急傾斜の自然景観豊かな地であり、湖面利用と周辺環境整備による地域活性化への地元の期待は大きい。また、名護市中心部から数kmと至近距離であるため市民の憩いの場としても期待されている。さらに、羽地ダム付替え市道によって西海岸と東海岸の観光拠点が繋がるた

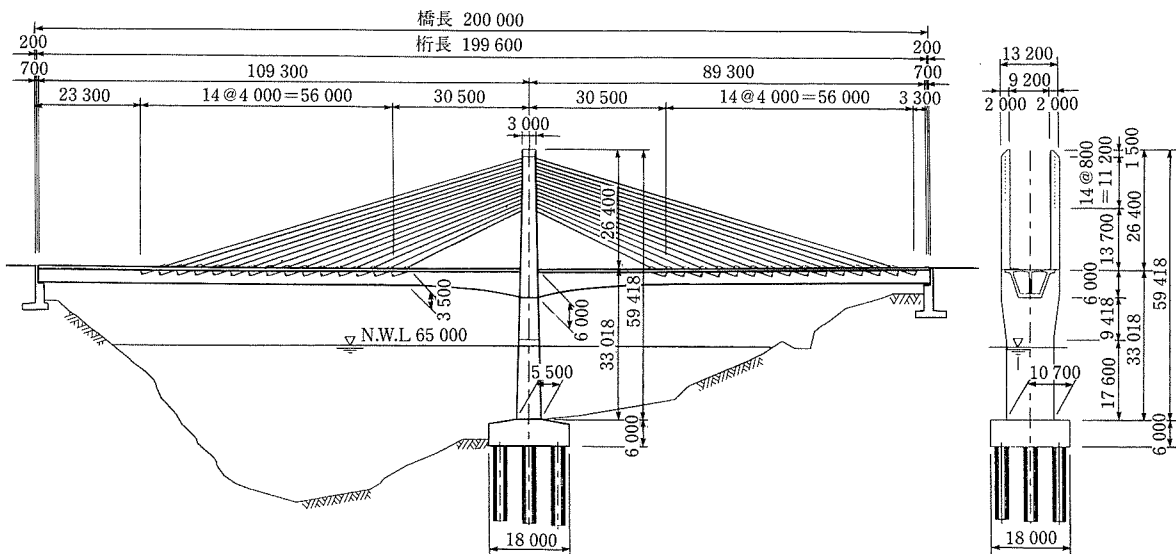


図-3 橋梁一般図

め周遊観光コースに組み込まれる可能性も高い。

このように、市民と観光客の多数の来訪が期待されることから、羽地ダムでは「地域に根ざし、未来に向けて新たな風土を創造していくダム」の観点に立ち、平成9年度から風土工学手法を導入し、有識者による懇談会を通じてダム周辺整備構想と命名案を取りまとめた。また大きな大橋についても最重要施設の一つとして風土工学によるソフト&ハードデザインを実施している。

4.2 またきな大橋の景観等デザイン

平野部や海岸部での景観シンボル性に優れる斜張橋だが、山岳地域では山岳と高い主塔が対立関係になりやすい。一方、通常のエクストラロード橋では主塔が低いため、斜材が山岳風景に埋没してシンボル性に劣る。

この点、またきな大橋の主塔は、両形式中庸のシンボル性を有しており、裾の広い堂々の斜材は当地の山岳風景とも調和しており、地元からも観光資源としての期待は大きい。

以下、風土工学的景観ポイントを列挙する。

- ① 主塔：横梁もなく適度な高さで直立した2本の主塔はシンプルな美を有している。水の守り神である龍の昇天をイメージさせる。
- ② 斜材ケーブル：緩やかに大きく広がった斜材はゆったりかつ堂々として見え、沖縄最大の穀倉地羽地に相応しい。なお、沖縄風水学（羽地がルーツ）上は「ヒンブン(屏風)のごとく気を集め主塔から天に放つ」と意味づけられる。
- ③ 主桁：中央で桁高が大きくかつ中央下り勾配のため、主桁が溪谷を踏ん張って渡している力強さがある。羽地に残る沖縄創世神話の天を押し上げた巨人、アーマンチュウをイメージさせる。
- ④ 色彩：斜張ケーブルは「日本で一番早く開花する名護の桜」に因む3種のサクラ色により上中下の5段ずつを色分けした。「赤味が強い、外側ほど色が濃い、下向きに咲く」の沖縄の桜の特徴を忠実に再現した。
- ⑤ 親柱・高欄：所内コンペで羽地ダムと山並みをデザインした親柱ならびに水面を表す青い手すりとは波形模様の高欄を採用した。橋名板の一つには琉球王朝時代の政治家かつ羽地大川大改修を陣頭指揮した蔡温の著書名から「架橋真秘」（直訳：橋梁工学）なる言葉を選び、風土に因んだ土木の心として刻んだ。
- ⑥ 当橋梁に接続する両岸に橋詰め広場を設置して当橋梁を引き立てるように整備する。とくに右岸側の広場は広大で湖面利用の拠点となる予定である。また、湖に映える当橋梁の姿を鑑賞する場として両岸の広場と正面に展望所を整備する。

4.3 黄金分割のプロポーション

黄金分割はピラミッドで用いられたように古来最も理想的なプロポーション比とされてきた。黄金分割の幾何学上定義は「1つの線分を大小2つに分け、小さい方の線分と全線分でできた正方形の面積と等しくする」であり、三角形の長辺と短辺が1:0.618 (=1.618:1) の比を黄金比という。

米国の金門橋等のプロポーションに優れた有名な橋はこの黄金比をもっている。またきな大橋も図-4のように黄金

比の組合せをもっており、中庸と調和の当橋梁構造美の素となっている。かつて当橋梁の周辺は黄金（くがに）とも呼ばれるシークワサー（小型のみかん）の産地であり、黄金に縁が深い。

4.4 橋梁名

橋梁が数橋ある場合、統一コンセプトのもとに命名すると全体の一貫性と付加価値が増す。羽地ダムに関わる市道付替え区間約5kmにおける道路構造物の命名はすべて旧地名に統一している（表-3）。

当橋梁の名称は直下流にかつて位置し、主要集落でもあった旧集落名から「またきな大橋」と名付けたが、「再び来なさい」の語感の良さもあり地元と有識者にも異論はなかった。

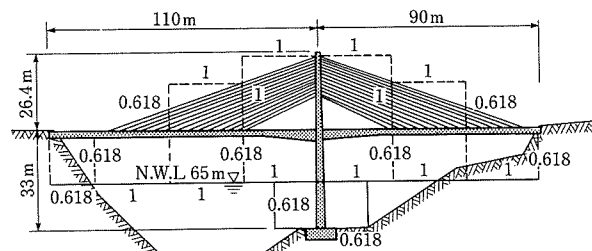


図-4 またきな大橋の黄金比

表-3 市道付替え区間の橋・隧道の名称

名称	延長	名称の由来
ミジマイ橋	57m	沢名：水が舞う
クルヤマ橋	98m	山名：黒い山
またきな大橋	200m	集落名：マタは沢、キナは開墾地
ウジュール橋	144m	沢名：つる科の植物
タクジ隧道	368m	坂名：地汙り堆積地

5. またきな大橋の施工

またきな大橋の施工は、平成8年度の深礎工による基礎工事の後を受けて、平成9年6月に発注された。その後、設計変更と準備を経て、10年1月に橋脚下部の現地工事が始まり、10年12月に柱頭部の構築開始、11年3月から主桁部の張出し施工が始まった。11年7月からは斜材設置が始まり、12年2月には長径間側の橋台との閉合がなされ、橋面工施工を経て12年3月に当初予定どおりに工事を終了した。

平成10年はとくに雨が記録的に多く、コンクリート打設が頻繁に妨げられて工事の遅延が懸念されたが、張出し施工以降の早期化によって工程上の遅れを取り戻した。

5.1 施工数量とコスト縮減

当初PC斜張橋と設計変更後のエクストラロード橋の主要工事数量の比較を表-4に示す。コスト縮減は主塔工で最も大きく、橋梁工事費の約10%が節減された。

5.2 施工手順

図-5にまたきな大橋の施工手順を示す。

- ① 長径間側の張出し施工長はL=94.5mとなり、既往のエクストラロード橋の実績と比較して最大となる。
- ② 2ブロックから21ブロックは左右対称張出し施工とし、施工断面の標準化と上越し管理の簡略化を図る。

表-4 主要工事数量

		エクストラロード橋 ①	斜張橋 ②	数量差 ②-①
主塔高	m	26.4	47	-20.6
主桁高	m	3.5	2.0	1.5
コンクリート	主桁 m ³	2 559	1 700	-326
	主塔 m ³	319	780	
	下部 m ³	3 376	4 100	
鉄筋	主桁 t	339.7	320	-76.9
	主塔 t	53.1	120	
	下部 t	370.3	400	
型枠	主桁 m ²	8 090	6 300	830
	主塔 m ²	490	1 100	
	下部 m ²	1 350	1 700	
主桁PC鋼材	t	57.9	95	-37.1
斜材	t	88.7	91	-2.3

③ 長径間側22ブロックから25ブロックの非対称張出し時には、短径間側17ブロックから21ブロック内部にカウンターウェイトを設置し、左右のアンバランスを解消しながら施工する。

④ 斜材緊張は、塔側より架設時に1回だけ行う。斜材を交換する場合は、桁側から緊張を行う。

主桁の施工ブロックは、以下の3区間に分類される。

a 区間：Tラーメン張出し部：2ブロック～6ブロック

$$L=3@3.5+2@4.0=18.5\text{ m} \quad H=6.0\text{ m} \sim 3.5\text{ m}$$

b 区間：斜材定着張出し部：7ブロック～21ブロック

$$L=15@4.0=60.0\text{ m} \quad H=3.5\text{ m}$$

c 区間：先端張出し部：22ブロック～25ブロック

$$L=4@4.0=16.0\text{ m} \quad H=3.5\text{ m}$$

すべて大型2フレームの移動作業車を用いて場所打ち張出し施工を行った。斜材架設・緊張は、施工進度に合わせて最下段より順次行った。b・c区間は標準断面としているため型枠の転用・鉄筋のユニット化を行った。

5.3 施工管理

同規模の支間をもつ斜張橋と比較して設計・施工面で大きく異なる点は、エクストラロード橋の斜材緊張が架設時のみであり、斜張橋で必須となる張力調整および最終斜材調整が必要なく、施工管理が容易となることである。とくに、計測関係は著しく軽減される。

当橋梁でも、斜材緊張作業の工数を大幅に減少させ、また斜材の安全率を低減して鋼材を効率よく使用し、外ケーブル並みの疲労強度をもつ定着体を採用したので、斜材工事費ひいては橋梁全体工事費のコスト削減を図ることができた。

また、主桁剛性が高いことから施工途中のたわみ変化が小さく、上越し管理も桁橋並みの容易さで行うことができた。

5.4 橋脚工

橋脚は、断面のスリム化と終局荷重時のじん性確保を両立させるために、主鉄筋はD38を125mmピッチで2段配置とし、フープ筋および中間帯鉄筋としてD22を150mmピッチで密に配筋している。また、鉄筋の組立て精度の確保と足場工の控えを取るために橋脚内部には、鉄骨を先行設置した。躯体構築は、1リフトあたり4.4m～4.9mとして6回に分けて施工した。

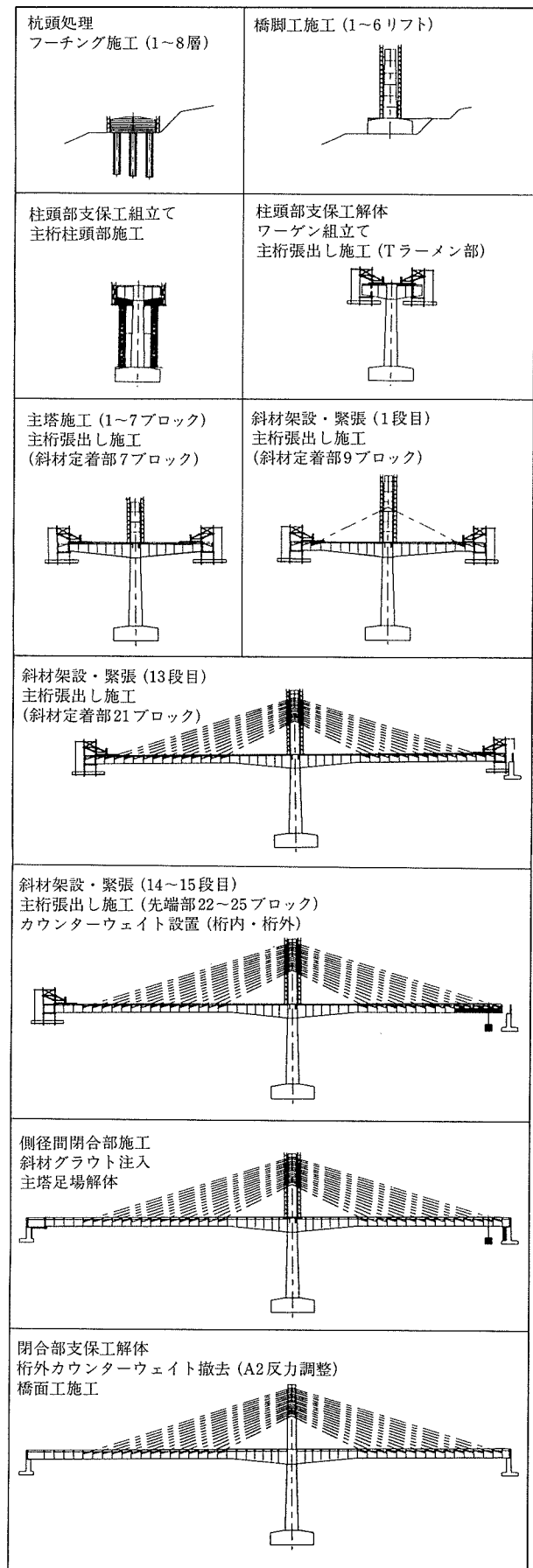


図-5 施工手順

5.5 柱頭部工

柱頭部ブロックは、ワーゲンの左右同時に組立て・設置が可能となるように施工長を17mとした。地上25mの高さに広いステージングが必要となるため支柱式支保工とし、3Sシステムのマルチベントを採用した。支柱頂部のステージ上では6mから4.8mまでの桁高変化に対応させるため3Sシステムによるオールステージングとした。コンクリート打設は、柱頭部横桁部・底版ウェブ部・上床版部の3回に分けて行った。



写真-2 柱頭部足場支保工

5.6 主桁張出し架設工

柱頭部施工後、上部ワーゲンフレームを橋面上に、下部踊り場を柱頭部施工で用いた支柱支保工頂部のステージにおいて地組みする。地組み後ワーゲンフレームから下部踊り場を吊り上げて、上下部一体となった状態でワーゲンを張出し施工位置まで前進させ、躯体の構築を開始する。

最初2ブロック～8ブロックまでは、斜材のないT形ラーメンの状態出張し施工を行う。9ブロック以降は、毎ブロック斜材の架設緊張を並行しながら張出し施工を行った。

5.7 主塔工

主桁張出し施工3ブロックを終了後、主塔の構築を開始する。1リフト4mとして7回に分けて構築した。4リフトからは、斜材定着体が交差で密集配置されるとともに、大きく一体化した緊張用箱抜きを設置した。

5.8 斜材工

当橋梁は、エクストラロード橋でありながら高い主塔をもつため、従来の総足場による斜材架設は不経済である。したがって斜張橋と同様に、外套管を直接吊り上げて架設することとした。ただし外套管の表面には、フッ素樹脂塗装により着色されているため、架設時に傷を付けないように、外套管の中にウインチワイヤーを通しておき、ウ

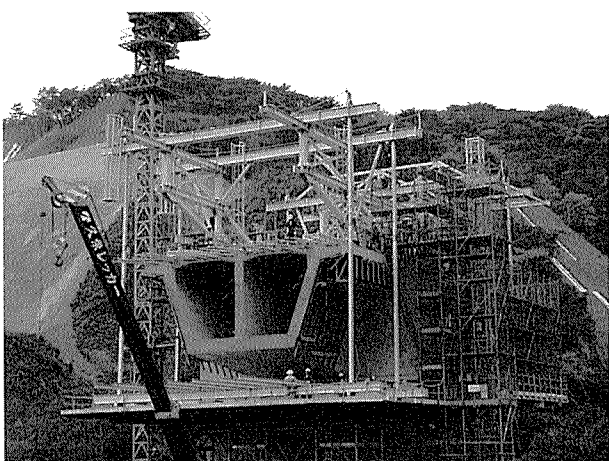


写真-3 ワーゲン組立て

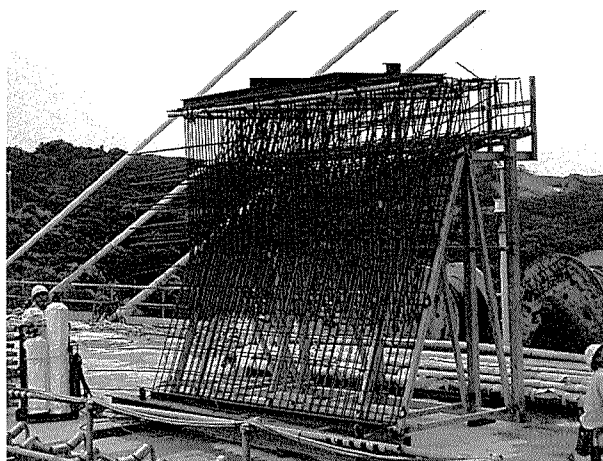


写真-5 プレハブ鉄筋

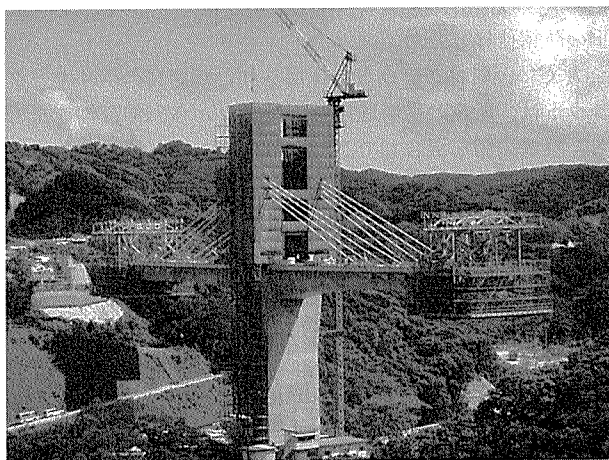


写真-4 張出し施工状況

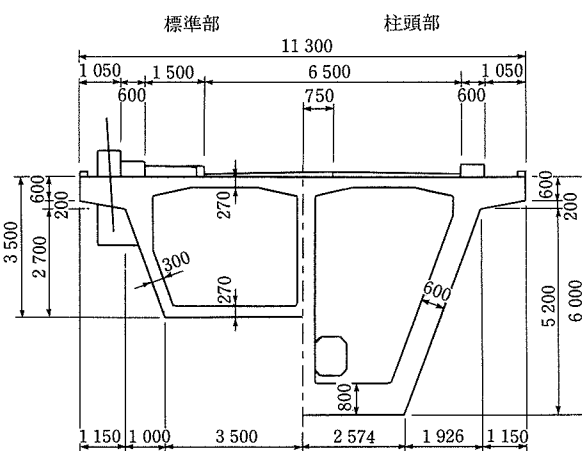


図-6 主桁断面図

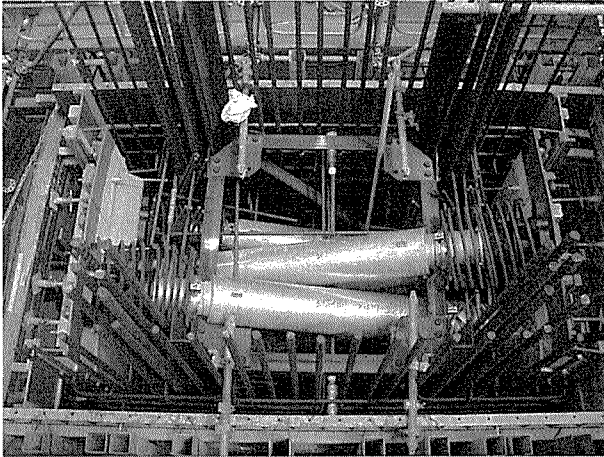


写真-6 主塔部定着体

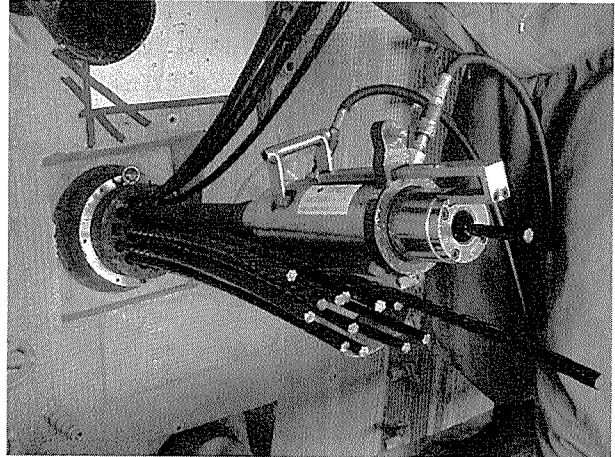


写真-8 シングルストランドジャッキ

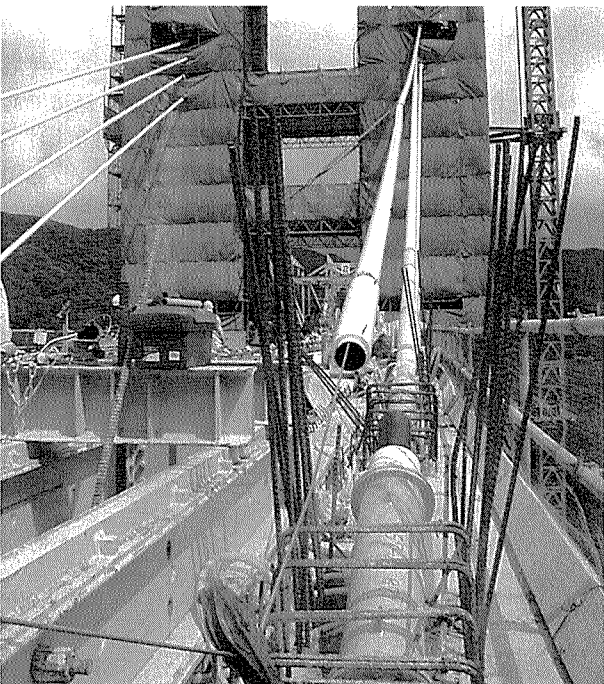


写真-7 外套管架設

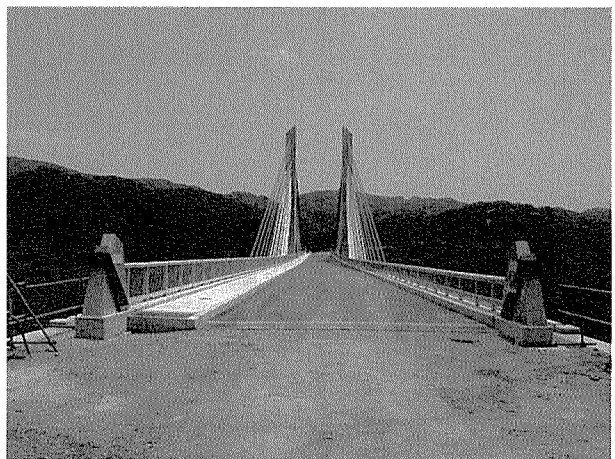


写真-9 橋面工施工

インチ巻取りによって2t程度緊張し、一気に外套管を引き上げる架設法とした。

〈架設・緊張手順〉

- ① 橋面上にてポリエチレン外套管の接続
- ② ウインチワイヤーの挿入
- ③ 主塔側端部のタワークレーンによる引上げ
- ④ ウインチ巻取りによる引上げ
- ⑤ 先行鋼より線の挿入・緊張(2本～3本)
- ⑥ ウインチワイヤーの張力開放・引抜き
- ⑦ 残りの鋼より線の挿入(17本～24本)
- ⑧ シングルストランドジャッキによる設計緊張力の導入
- ⑨ マルチストランドジャッキによる張力確認

なお、デビダーク外ケーブルシステム採用の斜材定着体は、リブキャストアンカータイプで取替え可能な2重管構造となっており、主塔・主桁構築時に所定の角度にセットした。

5.9 防錆対策

沖縄においては塩分付着による鉄筋腐食等によって構造物が痛みやすいという地域特有の問題があり、十分な防錆対策が必要である。内陸部においても台風や冬季の強風によって塩分が飛来し付着するため同様である。

当橋梁において、コンクリート部については鉄筋かぶりを厚くする(3cm→5cm)などの基本的対策を行い、斜材については、沖縄の高温・多湿・日照を考慮して「エポキシ被覆鋼より線、ポリマーグラウト、ポリエチレン外套管」の3重の防錆仕様とした。

とくに、斜材グラウトに採用された新開発のポリマーグラウトは、所定の材料強度を保持しながら、伸び性能をもち、軽量樹脂を混合してグラウト比重を20%軽量化している。その結果、斜材と外套管の間の充填性を向上させるとともに、風などの振動によるグラウトのひび割れを少なくし、斜材定着体への負担も軽減した。

5.10 施工効率化による工程短縮

主桁は、7ブロック以降の桁高・ウェブ厚が一定で断面形状が同一であることから、ウェブ鉄筋のプレハブ化とノンセパ型枠システムにより、施工サイクルを短縮した。

(1) ウェブ鉄筋のプレハブ化

図-7に示すハッチング範囲の鉄筋を、鉄筋組立て架台上に先行組立てする。架台は□-100×100およびL-50で躯体

形状と純かぶりを確保するフレーム架台を4基製作した。架台の前後左右から鉄筋の組立て結束ができるため、従来の型枠上へ直接組み立てるときと比較して50%以上の作業効率の改善ができた。

ただし、プレハブ鉄筋の高さが3.4mとなり、ワーゲンの桁下空間での吊り代を確保するためメインフレームを2m嵩上げる改造を行った。

完成したプレハブ鉄筋は橋面上へ仮置きし、ワーゲン移動後直ちに型枠上へセットする。型枠へのセットは、ワーゲン内部に設置したトロリー付き電動チェーンブロック(2.8t吊り)にてセットした。

(2) ノンセパ型枠システム

型枠組立て作業の省力化として、移動式ノンセパ型枠システムを採用した。外型枠・内型枠ともに剛性の高い支保工部材を用いて、大パネル化を実現した。

(3) 施工サイクルの短縮

鉄筋プレハブ化とノンセパ型枠システム等の設備拡充により施工効率化を図った結果、打設～脱型～ワーゲン移動～鉄筋組立て～打設の標準施工サイクルを約半分の8日まで縮めることができた。

5.11 計測工

計測は、主に施工中の躯体の応力状態および上越し管理のバックデータとなる施工管理計測と、斜材の振動を計測する風応答観測を行った。

施工管理計測では、以下の項目を計測した。

- ① 斜材張力(緊張時導入力・張力経時変化)
- ② 主桁橋面標高(施工ステップごと)
- ③ コンクリート応力度(主桁・主塔)
- ④ 傾斜(柱頭部高さ・主塔中間高さ)
- ⑤ 温度(主桁・ダミー斜材・気温)

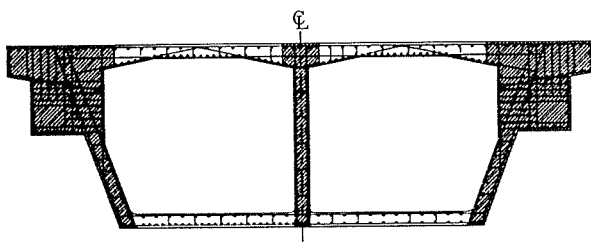


図-7 ウェブ鉄筋のプレハブ化

風応答観測については、斜材外套管内部のグラウトが終了してから風による斜材の振動を計測した。

6. 維持管理への対応

当橋梁は市道羽地大川線の一部として名護市が管理することになる。よって、できる限りメンテナンスフリーに近づくように下記の点に留意した。

- ① 主構造はコンクリート橋とした。
- ② 防錆対策を可能な限り行った(とくに斜材は3重の防錆対策)。
- ③ 主塔の高さ26.4mは高所作業車によって補修可能な範囲である。
高所作業車(Lift Car)は一般の機種で約30m高まで作業床を持ち上げることができる。県内高所作業車は25mが最大であり、当橋梁の最も高い斜材定着位置まで作業可能である。
- ④ 交差定着式採用によって応力疲労を軽減し、斜材寿命が長くなるようにした。
- ⑤ 縦断線形を中央下がりとして橋梁前後との繋がりを円滑にし、走行安全性を増した。

7. おわりに

「またきな大橋」が発注された平成9年はコスト縮減元年であり、そのための努力が大いに求められた。そのことが新たな技術挑戦へのきっかけとなり、当橋梁は九州沖縄初かつ既往最大張出し長のエクストラロード橋としてその

表-5 施工サイクルの比較

従来施工法	省力化	作業内容
1日目	1日目	コンクリート打設
2日目	2日目	養生, 内型枠脱型
3日~4日目	3日目	主鋼材緊張→ワーゲン移動→型枠ケレン
5日~7日目	4日目*	ウェブ鉄筋組立て・底版鉄筋組立て
8日~9日目	5日目	上床版型枠セット・上床版下筋組立て
10日目	6日目	斜材定着体・PC鋼棒組立て
11日~13日目	7日目**	上床版上筋組立て・内型枠組立て
14日目	8日目	型枠最終確認, 打設前検査
1日目	1日目	コンクリート打設
		以下同様

* 鉄筋プレハブ化, ** ノンセパ型枠システム

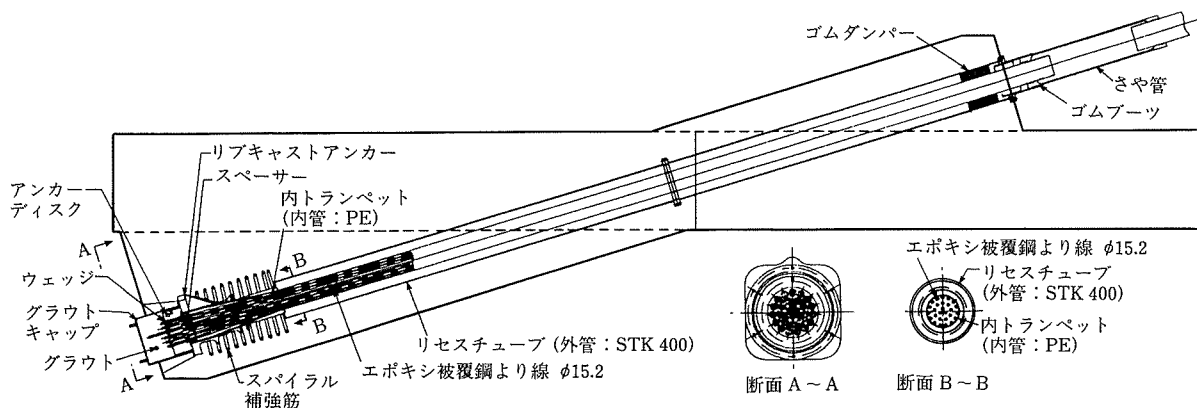


図-8 ディビダーク式外ケーブルシステム(27S15.2)主桁部

◆ 工事報告 ◆

雄姿をヤンバルの森の趣深い当地に現すこととなった。また、当初に斜張橋設計であったことが従来型よりも背の高い「2径間高塔型エクストラドーズド橋」という発想転換の設計のヒントとなった。なお、この新タイプのエクストラドーズド橋は径間と景観のうえでダム湖を渡るのに大いに利点を発揮しそうであり、北部ダム事務所では次のターゲットを定め、更なる長径間化に挑む予定である。

最後に、計画時より完成まで指導いただいた池田尚治 横浜国立大学教授、設計理論と施工に指導いただいた松下博通 九州大学教授、設計に尽力いただいた鹿島建設(株) 土木設計

本部に対して謝意を表する次第である。さらに、厳しい工程と度重なる設計変更の中で予定どおりに無事故無災害施工を完遂したことで関係者の努力に改めて感謝する次第である。

参 考 文 献

- 1) プレストレストコンクリート技術協会：外ケーブル構造・プレキャストセグメント工法設計施工規準(案)，1996.3
- 2) プレストレストコンクリート，Vol.39，No.2
- 3) 第8回プレストレストコンクリートの発展に関するシンポジウム論文集，羽地ダム湖水橋の設計，1998.10

【2000年2月23日受付】

◀ 刊行物案内 ▶

- 複合橋設計施工規準(案)
- PC構造耐震設計規準(案)
- PC斜張橋・エクストラドーズド橋設計施工規準(案)－抜粋－

(平成11年12月)

頒布価格：3点セット 5 000円 (送料600円)

社団法人 プレストレストコンクリート技術協会