

(110) 羽地ダム湖水橋の設計

沖縄総合事務局北部ダム事務所

川崎秀明

沖縄総合事務局北部ダム事務所羽地出張所

米須 勇

鹿島・鉄建特定建設工事共同企業体

正会員 山内明夫

同 上

正会員 ○大村恵治

1. はじめに

支間 100~200mクラスの橋梁で採用が増えているエクストラード橋の研究成果・施工実績に基づいて行った羽地ダム湖水橋の設計について報告する。

既往のエクストラード橋は、大偏心外ケーブル・低い主塔・塔頂のサドル構造の採用などの特徴を持ち、桁橋と斜張橋の中間的な構造系式の橋梁として位置づけられている。エクストラード形式の利点は、斜材の荷重分担が小さいことによる斜材安全率の低減と定着体の疲労強度の低減にあり、斜張橋形式と区別されてきた。¹⁾

本橋の設計においては、主桁の剛性を高め、エクストラード形式の利点を失わない範囲で主塔を高く設定し、斜材の偏向部に交差定着方式を採用した。結果的に斜材の荷重分担比率・活荷重による応力変動は既往のエクストラード橋の実績の範囲に収まった。

2. 工事概要

本橋の工事概要は以下の通りである。

工事名：市道羽地大川線 羽地ダム湖水橋工事	橋 長：200.0m
工事場所：沖縄県名護市田井等処先	支 間：109.3+89.3m
道路規格：第3種4級	幅 員：全幅員 11.3m
設計荷重：A活荷重	有効幅員 8.0m(車道 6.5m+歩道 1.5m)
構造式式：2径間連続PCエクストラード橋	平面線形：R=∞
	縦断線形：-0.704% ↘ ↙ 0.909%

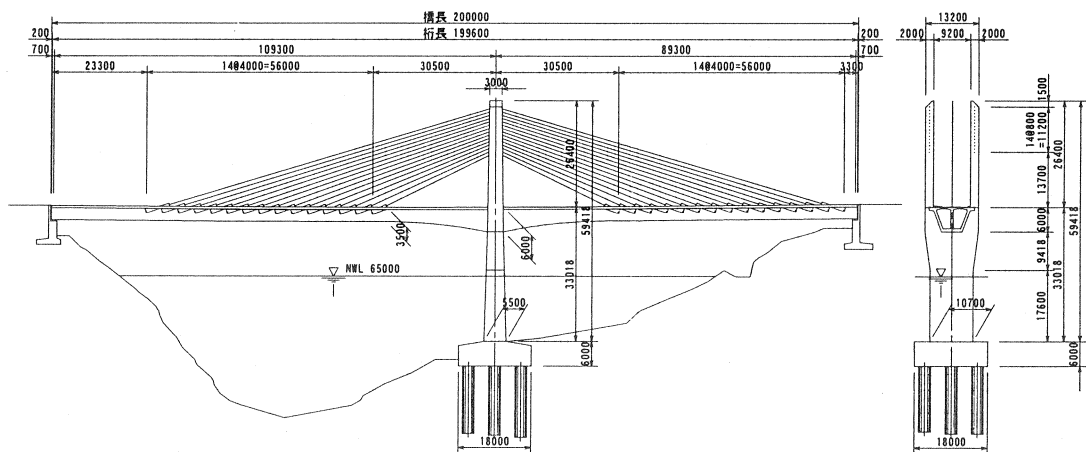


図-1 一般図

2. 設計的な特徴

本橋は既往のPCエクストラード橋と比較して以下の特徴を持つ。

- ①非対称支間(109.3m+89.3m)を持つ2径間連続エクストラード橋である。
- ②主桁は2室箱桁(桁高3.5m~6.0m)で、床版・ウェブ・底版をRC部材として設計している(図-2)。桁高は、標準部および柱頭部ともにMathivatの提案²⁾による最適桁高の比率に近い。主桁幅が狭いので、主桁高/主桁幅の比率を考慮すると既往のエクストラード橋の実績より剛性が高い桁と考えられる。

柱頭部主桁高(H)/換算支間長(L)=6.0m/110m×1.8=1/33 従来実績 1/30~35

標準部主桁高(H)/換算支間長(L)=3.5m/110m×1.8=1/57 従来実績 1/50~60

標準部主桁高(H)/主桁幅(B)=3.5m/11.3m=0.31 従来実績 0.14~0.26

- ③斜材はファン型2面吊、15段配置(27S15.2および19S15.2)とした。また、主桁側斜材定着間距離を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(φ32)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。

- ④過去のエクストラード橋の主塔の実績と比較して主塔がやや高い。

主塔高(H)/換算支間長(L)=26.4m/110m×1.8=1/7.5 従来実績 1/8~1/12

- ⑤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。(図-3)

本橋は、斜材を併用した張出し架設であるため、施工進度にあ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。

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。

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みなし、PC技術協会設計施工規準³⁾をもとに応力度増加として20kgf/cm²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。

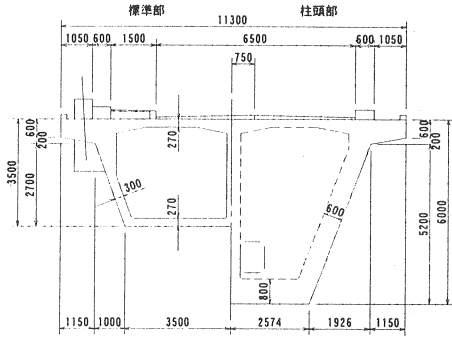


図-2 主桁断面図

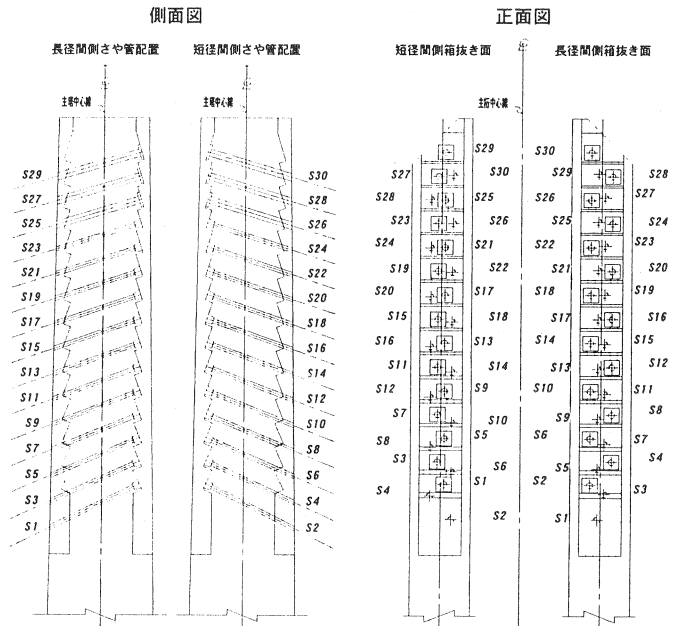


図-3 斜材偏向部(交差定着方式)

文献1)では、斜材と主桁の相対的な剛性比と活荷重による斜材の応力変動に着目し、斜張橋とエクストラード橋の実績比較が行われている。この文献において提案された評価法に基づいて今回の設計に適用したところ以下の値が得られた。

○鉛直荷重負担率 $\beta = \frac{\text{斜材の分担荷重}}{\text{全載荷荷重}} \times 100(\%) = 16(\%)$: 長径間側に等分布荷重を載荷して算出

○斜材の活荷重による応力変動 $\Delta\sigma = 1.2 \sim 2.9 \text{ kgf/mm}^2$: A活荷重

活荷重の種類、2径間であることなど設計条件が異なるため他の橋梁と単純な比較はできないが、主桁と斜材で荷重を分担する機能に着目すれば、本橋梁をエクストラード橋に分類できると考えている。

斜材の選定にあたっては、鉛直荷重負担率が十分小さく、斜材の応力変動が 5 kgf/mm^2 以下となったので、外ケーブルタイプの定着体を採用し、斜材容量は安全率を 1.67 (Pa=0.6Pu) として決定した。

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。

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。

3. 施工的な特徴

主要工事数量を表-1に示す。

本橋の施工的な特徴は以下の通りである。

- ①長径間側の張出し施工長は $L=94.5\text{m}$ となり、既往のエクストラード橋の実績と比較して最大となる。(図-4)
- ②2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げ越し管理の簡略化を図る。
- 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。

長径間側主桁の施工ブロックは、

- (a) Tラーメン張出し部 : 2~6ブロック $L=3 \times 3.5 + 2 \times 4.0 = 18.5\text{m}$ $H=6.0 \sim 3.5\text{m}$
- (b) 斜材定着張出し部 : 7~21ブロック $L=15 \times 4.0 = 60.0\text{m}$ $H=3.5\text{m}$
- (c) 先端張出し部 : 22~25ブロック $L=4 \times 4.0 = 16.0\text{m}$ $H=3.5\text{m}$

に分類される。すべて一般型3主桁の移動作業車を用いて場所打ち張出し施工を行う。斜材架設・緊張は、施工進度に合わせて最下段より順次行う。(b)(c)区間は標準断面としているため型枠の転用・鉄筋のユニット化が斜張橋並みに可能である。主桁剛性が高いことから施工途中のたわみ変化も小さく、上越し管理が桁橋並みの容易さで行える。しかし構造系として斜材の重要性が高いことから、緊張力が設計通りに導入されているかどうかを計測によって確認する必要がある。

表-1 主要工事数量

名称	材料	規格	数量	備考
橋脚工	コンクリート	$\sigma_{ck}=27, 30, 40 \text{ N/mm}^2$	3,143 m^3	脚頭部含む
	鉄筋	SD295	105.5 t	
	型枠	SD345	264.8 t	
主桁工	コンクリート	$\sigma_{ck}=40 \text{ N/mm}^2$	2,559 m^3	
	鉄筋	SD295	339.7 t	
	PC鋼材	SBPR930/1180 $\phi 32$	53.2 t	
	型枠	SWPR7B $\phi 15.2$	4.7 t	
主塔工	コンクリート	$\sigma_{ck}=40 \text{ N/mm}^2$	319 m^3	
	鉄筋	SD295	53.1 t	
	型枠		490 m^2	
斜材工	PC鋼材	SWPR7B $\phi 15.2$	88.7 t	15段 \times 2面吊

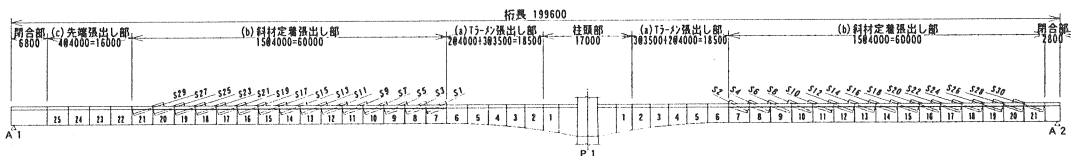


図-4 主桁施工ブロック割

同様の支間を持つ斜張橋と比較して設計・施工面で大きく異なる点は、エクストラードズ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いことである。本橋でも、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持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縮減を図ることができた。

本橋は、最大支間 110m であり換算支間長 198m で国内最大クラスのエクストラードズド橋となる。今回の設計で採用した主桁断面で、(b)区間の長短・斜材の段数によって張出し施工長 30m~100m 以上の橋梁への対応が可能である。一方、斜材が1段も無い場合は単純にTラーメン桁橋となる。桁橋とエクストラードズド橋の間には、構造的な連続性があり施工的にも共通部分が多いと考えられる。

柱頭部桁高の設定により(a)区間の施工長を、斜材の段数により(b)区間の施工長を、標準部桁高の設定により(c)区間の施工長をそれぞれ任意に設定することができる。標準部桁高が1ブロックの標準施工長と密接に関わっていることから、標準部桁高と(a)(b)(c)施工長の比率について最も経済的な比率が存在すると予想される。今回の設計ではそうした点を追求するには至っていないので、今後の課題としたい。

4. おわりに

本橋は、比較的高い主塔を持ち交差定着方式を採用している点で構造的・施工的に斜張橋に近い。しかし主桁の剛性向上・斜材配置ピッチ等を適切に設定すれば、Mathivat の提案による最適プロポーシオンやサドル構造等にとらわれずとも、主桁と斜材の鉛直荷重分担比率、斜材の応力変動を小さくすることができ、エクストラードズド橋の特徴を備える橋梁の設計が可能であることを示した。

参考文献

- 1) 岡 米男・春日 昭夫・山崎 淳：エクストラードズド橋の構造特性に関する一考察，プレストレストコンクリート vol. 39, No. 2 pp53~58 1997. 3
- 2) J.Mathivat: Recent Development in Prestressed Concrete Bridges, FIP Note, 1998. 2
- 3) 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