

(15) 新渡橋 (P R C斜張橋) の設計・施工

佐賀県武雄農林事務所 非会員 田中 巖
 同 上 同 上 岡 昌弘
 新構造技術(株)東京支店 同 上 河原 史直
 鹿島・松尾・稲富組 J V 同 上 〇北国 秀一

1. まえがき

新渡橋は、広域営農団地農道整備事業の一環として佐賀県杵島郡白石地区内の六角川下流に建設される道路橋であり、架橋地点は、有明粘土と呼ばれる軟弱な沖積粘土層が十数mも堆積しており基盤岩までの深度は100mを越えるといわれている。本橋は、左右岸の堤防への取付け橋と河川部を渡る主橋部からなるが、このうち主橋部の構造形式は、地理的条件、環境条件および経済性等の諸条件を考慮してエッジガーダ断面を有する2径間連続P R C斜張橋となっており、構造上多くの特徴があげられる。

本論文は、エッジガーダタイプのP R C斜張橋の設計と施工について述べるものである。

2. 工事概要

本橋の工事概要は以下のとおりである。

工 事 名：広域営農団地農道整備事業白石地区
 新渡橋主橋部建設工事

工 事 箇 所：佐賀県杵島郡福富町、江北町

橋 種：プレストレストコンクリート道路橋

橋 格：1等橋(第3種2級 A交通)

橋 梁 形 式：2径間連続P R C斜張橋

橋長・支間割：189.8m (2×93.75m)

有 効 幅 員：車道部7.75m (歩道部1.5m)

平 面 線 形：R = ∞

勾 配：縦断5.0% (V C L = 200m)
 横断1.5%

基 礎 形 式：主橋部 鋼管矢板井筒型基礎
 (仮締切兼用方式)

両端部 杭基礎(逆T式橋台)

橋 脚：1室中空断面(小判型, R C構造)
 (主塔受梁部, P R C構造)

主 塔：H形(R C構造), 主塔高58m

主 桁：エッジガーダ断面(P R C構造)
 桁高1.2m

斜 材：準ハープ型, 2面吊り
 (ダブルケーブル)

支 持 形 式：フローチングタイプ

工 期：平成2年7月～平成6年3月

主要工事数量：表-1に示す

本斜張橋の全体一般図を図-1に示す。

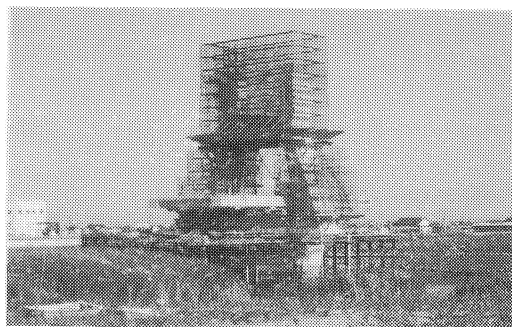


写真-1 施工写真

表-1 主要工事数量(上部工)

箇所	種別	仕様	単位	数量	備考
主桁	コンクリート	$\sigma_{ck}=400\text{kgf/cm}^2$	m ³	1 410	橋体工
	P C 鋼材	SBPR95/120ほか	tf	54	
主塔	鉄筋	SD35	tf	190	
	コンクリート	$\sigma_{ck}=400\text{kgf/cm}^2$	m ³	650	
斜材ケーブル	鉄筋	SD35	tf	240	
	斜材ケーブル	SEEE F-PH型	tf	99	
橋脚・主塔受梁部	コンクリート	$\sigma_{ck}=400\text{kgf/cm}^2$	m ³	370	
	コンクリート	$\sigma_{ck}=300\text{kgf/cm}^2$	m ³	480	
	P C 鋼材	SEEE F200	tf	1	
	鉄筋	SD35	tf	150	

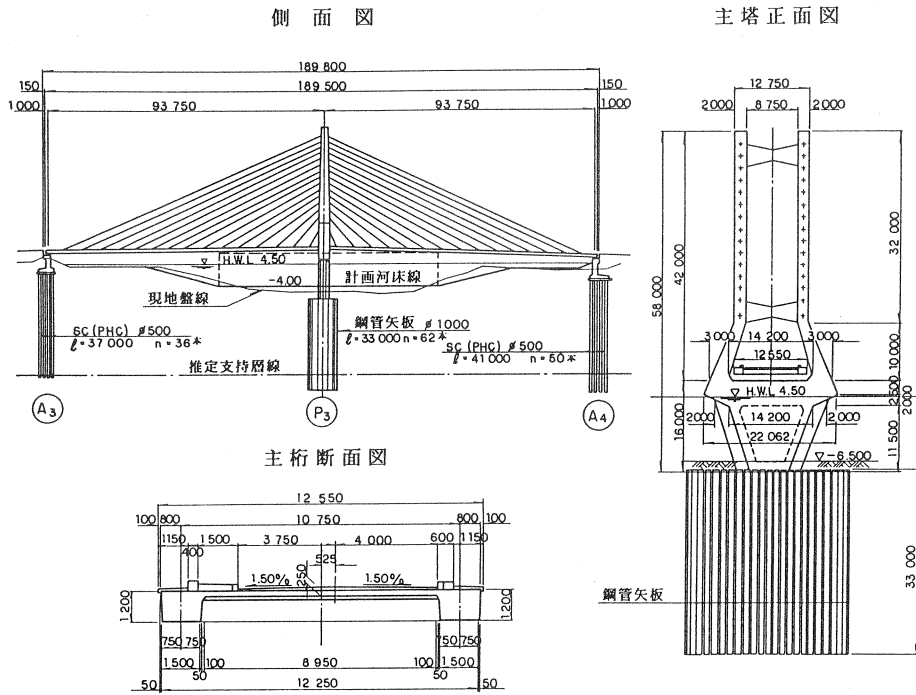


図-1 新渡橋主橋部全体一般図

3. 設 計

3.1 設計条件

3.1.1 荷 重

活 荷 重 : TL-20, 群集荷重

衝 撃 係 数 : $i=10/(25+L)$, L荷重

$i=20/(50+L)$, T荷重

(L : 支間長)

温 度 変 化 : 年変化 ±15°C

日変化 床版・主塔 +5°C

コンクリートと斜材 +25°C, -15°C

クリープ係数 : 基本クリープ係数 $\phi_0=2.0$

乾 燥 収 縮 : 基本乾燥収縮ひずみ $\epsilon_{s0}=25 \times 10^{-5}$

支 点 沈 下 : $\delta/2=2.5\text{cm}$ ($\delta \approx 5\text{cm}$)

(二次圧密を含む主塔部基礎沈下量)

終局荷重作用時の荷重組合せ :

「道路橋示方書・コンクリート橋編(昭和55年)」
(以下「道示」)の荷重組合せに以下の荷重を考慮
した。

D' : 死荷重によるクリープの影響(係数; 「道示」)

SH : 乾燥収縮の影響, (係数; 1.0)

SP' : プレストレス力による(不静定力+クリープ
の影響)(係数; 1.0)

S : 斜材調整力+斜材調整力によるクリープの影
響(係数; 1.0)

3.1.2 使用材料

主な使用材料については, 表-1を参照のこと。

3.1.3 許容応力度ほか

PC構造については「道示」に従うことを基本とし, PRC構造については「コンクリート標準示方書(昭和61年)」以下「標準示方書」および「PRC道路橋設計要領(案)(昭和61年)」以下「PRC要領(案)」等を規準として別途定めた。

3.2 設計の基本方針

本橋の設計に際し配慮した点を以下にまとめる。

- 1) 施工完了時の断面力が斜材吊点位置を支点とする連続桁の断面力状態(自重+橋面工荷重)とほぼ同値となる様、施工中の斜材調整力を決定した。また、張出し架設時の斜材の張力調整は先端斜材より各2段とし、主桁閉合後、全斜材の張力調整を行うこととした。
- 2) 主桁部材(PRC構造)に対する安全性の照査は「標準示方書」および「PRC要領(案)」を規準として主に次に示す条件を設定し行った。
 - ① P C鋼材の引張応力度の制限 : 設計荷重作用時(活荷重以外) $0.6\sigma_{pu}$, $0.75\sigma_{py}$
 - ② コンクリートの圧縮応力度の制限 : 設計荷重作用時(活荷重以外) $0.4f'_{ck}$
 - ③ 曲げびわれの検討における許容びわれ幅 : $w_s=0.004C$ (腐食性環境, $k_2=1.0$)
 - ④ 主桁の鉛直変位に対する制限(L-20) : $\delta \leq L/400$ (びわれによる曲げ剛性低下を考慮)
 - ⑤ 疲労の検討における鋼材の設計疲労強度 : 母材強度の70% (等価繰返し回数 $N=200$ 万回, $m=5$, L-20, 継手を考慮)
 - ⑥ せん断びわれの検討におけるスターラップの応力度の制限 : 設計荷重作用時 $1200\text{kgf}/\text{cm}^2$
 - ⑦ 施工時のコンクリートの引張応力度の制限 : 上縁 $-20\text{kgf}/\text{cm}^2$, 下縁 $-36\text{kgf}/\text{cm}^2$
 圧縮応力度の制限 : $0.5f'_{cd}$
- 3) 斜材張力の許容値は施工時 $0.6P_u$ (従荷重等を含む), 設計荷重作用時 $0.4P_u$ とした。
- 4) 地震に対する照査は応答スペクトル法による動的解析により行った。減衰定数は5%とし、加速度応答スペクトルとしては平均加速度応答スペクトル曲線群を包絡し単純化された設計用応答スペクトル曲線を設定した。
- 5) 耐風安定性に対する照査は阪神道路公団の「耐風設計における動的照査法(案)」に基づいて行い、限定振動, 発散振動とも問題のないことを確認する。

3.3 解 析

断面力の算出は基本的には橋軸方向・直角方向とも平面骨組構造解析により行い、橋軸方向については任意の構造系の変化と部材材令差によるクリープ・乾燥収縮の影響を考慮した(図-2参照)。また、活荷重(L-20)による断面力は影響線解析により算出した。なお、コンクリートの弾性係数は「標準示方書」の値を採用した。横桁に関しては、ウェブ、横桁および仮想床版部材を橋軸方向に一定区間取り出しモデル化し格子構造解析により断面力を算出した。また、エッジガーダタイプの比較的広いフランジと各斜材吊点位置および吊点間に横桁を有する斜張橋としての主桁の構造特性を解析し、簡易法による設計の確認を行う目的で、架設系および完成系について全橋モデルの三次元FEM解析を実施した(図-3参照)。なお、局部応力が問題となる箇所についても平面FEM解析を実施し補強鉄筋を配置している(図-4参照)。

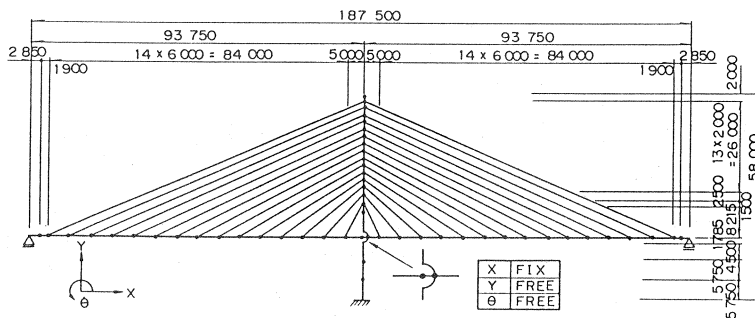


図-2 平面骨組構造解析モデル図

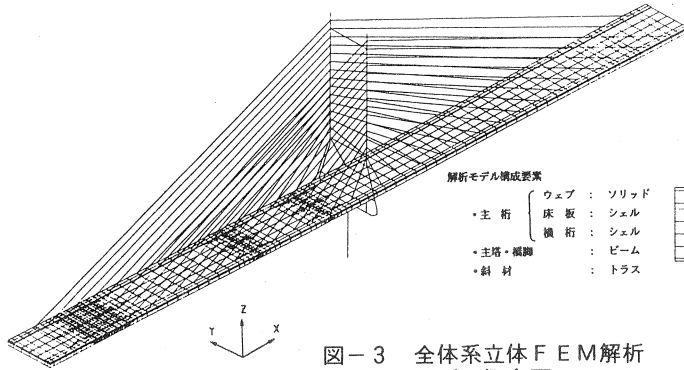


図-3 全体系立体FEM解析モデル概念図

解析モデル構成要素

・主桁	}	ウェブ	: ソリッド	
・主桁・縦筋		床板	: シェル	
・斜材		横筋	: シェル	
			ビーム	: トラス

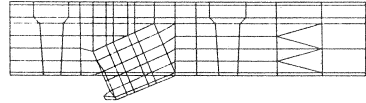


図-4 平面FEM部分解析モデル概念図

3.4 設計結果

3.4.1 主桁の設計

完成時および施工時の検討は、3.2の2)の条件設定に基づき行った。主桁P C鋼棒(SBPR 930/1180 ϕ 32)・主鉄筋(SD345 D32)の配置は半断面当り中間支点上で16本・15本、中間断面で26本・20本となっている(図-5参照)。

以下に主な結果をまとめる。

- 1) 曲げひびわれの検討において、許容ひびわれ幅 $w_a=0.026\text{cm}$ に対し、設計曲げひびわれ幅 $w=0.024\text{cm}$ ($\sigma_{s,c}=1\,230\text{kgf/cm}^2$)となった。
- 2) 主桁の鉛直変位はL-20載荷時、 $\delta=20\text{cm}$ ($<\delta_a=23.4\text{cm}$)であった。
- 3) 鋼材の疲労の検討において、設計疲労強度は主鉄筋、主桁P C鋼棒それぞれ $1\,220\text{kgf/cm}^2$ 、 $1\,250\text{kgf/cm}^2$ に対し、設計変動応力度は 900kgf/cm^2 、 650kgf/cm^2 となった。
- 4) せん断ひびわれの検討において、作用せん断力はウェブのコンクリートのみで負担しており、スタールップの配置はせん断力およびねじりモーメントに対する最小鉄筋量として1ウェブ当りD16ctc250(4本)とした。
- 5) FEM解析結果より、斜材張力による応力は斜材吊点位置の横筋付近より鉛直分力、水平分力とも有効となりほぼ均一に分布していることが判明した。
- 6) 完成系のFEM解析結果(弾性理論)を基に、①FEM解析結果による有効幅、②「道示」の式による有効幅、③全幅有効の3ケースについて主桁の有効幅に関する比較検討を行った結果、全幅有効として主桁応力度を算出してもよいことが判明した。
- 7) 施工系のFEM解析結果より、斜材張力等による橋軸直角方向の引張応力および水平せん断力に対しブロック先端の横筋付近の床版に補強鋼材としてD16ctc250を配置した。

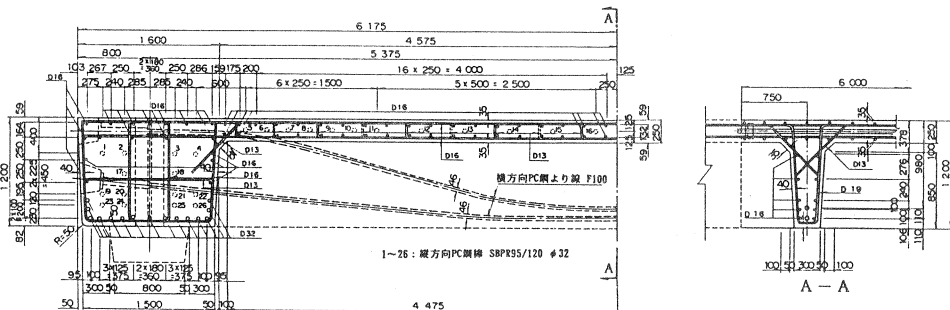


図-5 鋼材配置図(標準部)

3.4.2 横桁の設計

横桁の設計は「道示」に従って行い、活荷重についてはT-20(3台)および群集荷重を考慮した。P C鋼材は横桁1箇所当りSEEE F100を2本、スターラップはD19ctc250を配置した。なお、活荷重作用時(T-20)、横桁下縁のコンクリートの引張応力度は格子解析結果では -5kgf/cm^2 であり、FEM解析結果の -6kgf/cm^2 とほぼ同値となった。

3.4.3 床版の設計

橋軸方向の床版の設計は、主桁に作用する応力と床版に作用する応力とを合成して行ったが、FEM解析の結果、斜材張力による軸力がほとんど作用しない桁端付近の床版においても活荷重作用時(T-20)フルプレストレスとなっていた。橋軸直角方向については「道示」によりRC構造として設計を行い、D16ctc250を配置した。

3.4.4 主塔の設計

主塔は橋軸方向、直角方向ともに地震時で断面決定しており、直角方向の主鉄筋の配置は主塔片側当りD38ctc125(3段)となっている

3.4.5 主塔受梁部の設計

主塔受梁部の設計は、コーベル部材およびP R C部材として実施し、特に主塔受梁部上縁の引張力に関しては主塔から受梁部に作用する水平分力と受梁部から橋脚に作用する水平分力(主塔から受梁部に作用する鉛直分力のうち)を考慮した。また、平面FEM解析を実施して部材の安全性を確認した(図-6参照)。

鋼材の配置は、横締P C鋼材SEEE F200(6本)および主鉄筋D32ctc125(3段)とした。曲げびわれの検討において、許容曲げびわれ幅 $w_a=0.040\text{cm}$ に対し、設計曲げびわれ幅 $w=0.037\text{cm}$ ($\sigma_{se}=1360\text{kgf/cm}^2$)となった。

3.4.6 斜材の設計

斜材容量は完成時および施工時の両方で決定されており、施工時の斜材張力は施工管理、従荷重等の影響を考慮して施工時解析では 0.52pu 程度を目標とした。なお、活荷重による変動応力度は最大で 13.5kgf/mm^2 (全載)であり、疲労強度は疲労試験により 15kgf/mm^2 が保証されており十分安全であると考えられた。

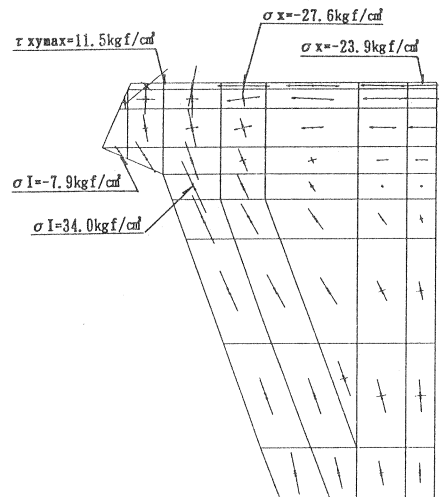


図-6 主塔受梁部主応力図(活荷重作用時)

4. 施 工

本橋の上部工の施工について以下にその概要を述べる(図-7参照)。

4.1 主桁工

主桁の張出し施工時は中間支点に仮固定を設けた剛構造とする。仮固定工は柱頭部の施工と併行して行い、側径間閉合後撤去する。柱頭部の施工は仮設栈橋を利用した支保工施工とし、ワーゲンによる張出し架設は主塔工、斜材工と併行して行う。なお、コンクリート打設はポンプ車にて行い、基礎の回転等を考慮してほぼ左右同時施工とする。

4.2 主塔工

主塔の施工は左右交互に行い、コンクリート打設はポンプ車にて行う。主塔鉄筋の内側には施工性を考慮し仮設部材としての鉄骨が配置されている。また施工は大パネル型枠によるジャンプアップ工法を採用している。

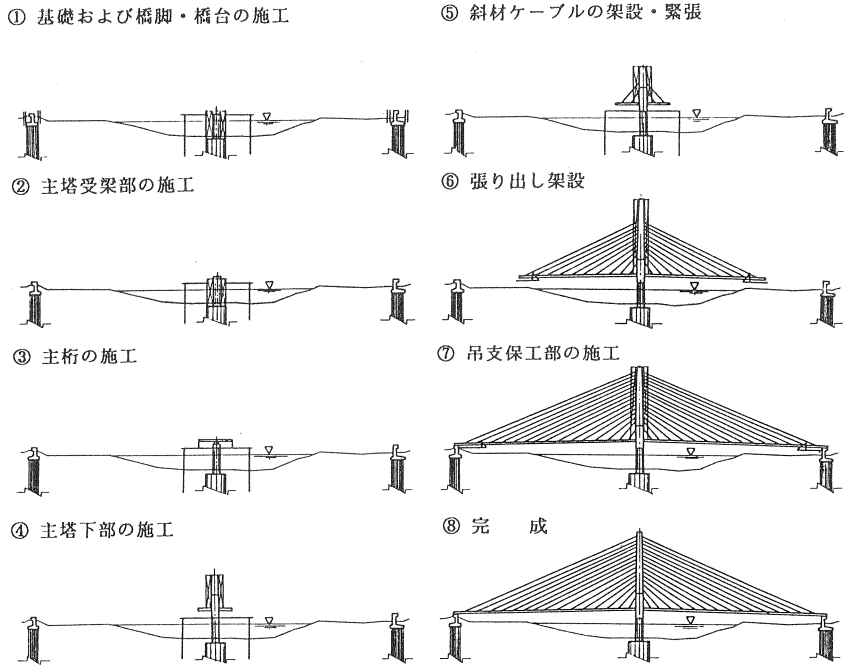


図-7 施工順序図

4.3 斜材工

斜材の架設は一括引上げ工法を採用し、斜材の緊張および調整は作業性を考慮して主塔側で行うこととした。緊張管理については圧力管理を基本とし、張力検定は振動法およびロードセルにて行う。また、主塔および主桁側に防振装置を設置している(図-8参照)。

4.4 施工管理

本橋の施工管理にはパーソナルコンピュータを用いた施工管理システムを用い併せて施工時管理計測を実施し、最適な上越し量、斜材張力調整量を求める計画である。

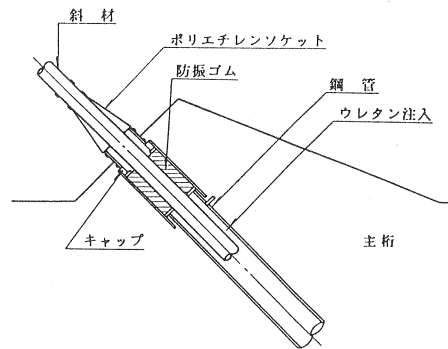


図-8 斜材防振装置

5. あとがき

本文ではエッジゲータタイプのPRC斜張橋ということで新渡橋の設計と施工についての概要を紹介した。

現在、平成6年3月の完成をめざし上部工の施工を実施中であり施工についての詳細は施工管理等を含め、今後別の機会に紹介できればと考えている。

最後に本橋の設計・施工にあたり適切なご指導ご協力をいただいた方々と関係各位に誌面を借りて深く感謝の意を表す次第です。

参考文献

- 1) PRC道路橋設計要領(案)財団法人高速道路調査会, 昭和61年2月
- 2) コンクリート標準示方書 改訂資料 土木学会, 昭和61年制定