

(54) 生口橋の設計・施工
— 主として接合部について —

DESIGN AND CONSTRUCTION OF IKUCHI BRIDGE
— THE CONNECTION OF TWO TYPE GIRDERS —

多田 和 夫^{*} 山 岸 一 彦^{**}
Kazuo TADA, Kazuhiko YAMAGISHI

Ikuchi Bridge is a cable-stayed bridge on the Onomichi-Imabari route of the Honshu-Shikoku Bridge Project-Total bridge length and the center span length is 790 m and 490 m respectively.

The main girder of this bridge is a steel-concrete mixed structure which consisted of steel girder for the center span and prestressed concrete (PC) girders for both side spans. The steel girder was firmly jointed to the PC girder over an entire section near at the supports of the tower.

The connected parts between them were designed rationally by taking of the transmission mechanics of the stress, steel fabrication, actual construction method and so on. This paper is reported especially on the design and construction of the connected part between two type girders.

1. まえがき

生口橋は本州と四国を結ぶ尾道～今治ルート（西瀬戸自動車道）のうち、因島と生口島を結ぶ橋梁である（図-1）。本橋の特徴は、中央径間が鋼桁、側径間がプレストレストコンクリート（PC）桁の複合箱桁斜張橋であることである。これは中央径間長に比べて側径間長が短いため、側径間部をPC桁とし、自重を大きくすることにより負反力を生じぬようにしたものである。このように主桁を二種類の異なる材料で構成された斜張橋形式は国内では最初のものであり、国外でも数が少なく、この形式の斜張橋の規模としては最大級のものである。

ここでは、構造上重要であり、大きな特徴の一つである、鋼桁とPC桁の接合部に着目してその設計・施工の概要を述べたい。

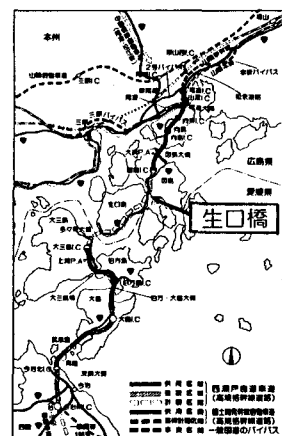


図-1 位置図

2. 構造概要

橋梁一般図を図-2に示す。架橋地点の地質は風化が著しく進んだ花崗

* 本州四国連絡橋公団第三建設局向島工事事務所所長

** 同 第一工事長

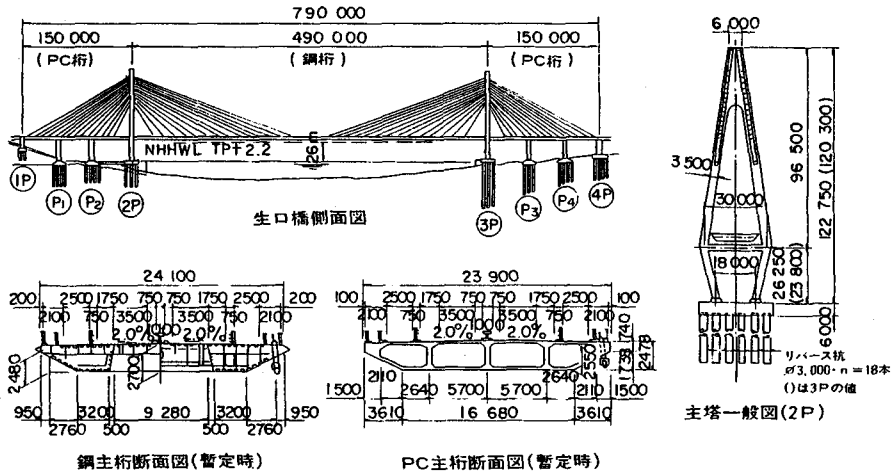


図-2 生口橋の一般図

岩であり、支持地盤が深いため、下部工の基礎形式にリバース工法による杭基礎が採用された。

塔は下を絞ったA型の鋼製タワーであり、製作工場で全体を3ブロックに地組立溶接される。

主桁は中央径間が鋼製2箱桁形式、側径間がPC4室1箱桁形式の、いずれも桁高の低いスレンダーな印象を与える扁平な断面である。

主桁の鋼桁とPC桁との接合部の位置は塔の部分より僅かに海側にでたところにある。

ケーブルの張り出し形状はファン形式マルチケーブル（14段）2面吊りのタイプである。ケーブルは工場で素線を集束し、ソケット

P C桁側径間はそれぞれ端・中間橋脚上で水平橋軸方向にゴム支承により弾性支持されており、地震時反力は各橋脚に分散される。

本橋の上部工の施工法はＰＣ桁がワーゲンによる張り出し架設工法および支保工による場所打ち工法であり、塔は大型起重機船による一括ブロック架設工法により行われる。塔は塔基部、下段部そして上段部の３ブロックに分割されて施工される。

鋼桁の施工は、架設ブロックを製作工場より台船に積んで架設現場まで曳航し、桁上のジブクレーンにより吊り上げ、桁間を接合する直下吊り工法とし、順次斜ケーブルを緊張しながら張り出していくカンチレバー工法を採用した。

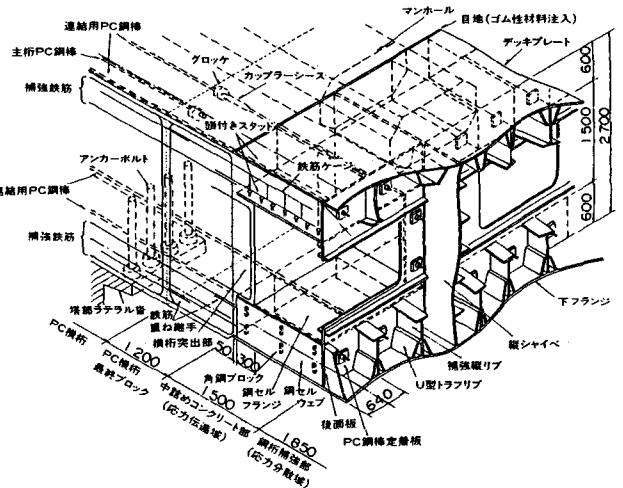


图-3 接合部模式图

3. 接合部の設計

3-1 接合部の概要

接合部では構造特性や材料特性が不連続に変化するので構造上の弱点とならぬよう応力の伝達機構を明らかにし、安全で合理的な設計を行う必要がある。また構造が複雑となることや施工が多工種にわたることなど、製作上や施工上の問題を配慮する必要がある。

接合部の構造形式としては種々の形式を検討した結果、応力伝達特性の優れた、鋼セル部より中詰コンクリート^{1), 2), 3)}を介してP C桁に応力伝達する形式を採用した。接合部の模式図を図-3に、断面図を図-6に示す。

3-2 接合部の設計方針

接合部の設計は図-4に示す流れにより行った。

3-3 接合部の基本寸法の決定

接合部の基本寸法は以下のようにして決めた。

(1) 鋼セル

鋼セルの幅はトラフ幅間隔とした。高さは鋼セルの製作性やP C鋼材、鉄筋の配置、中詰コンクリートの施工性、そして応力分散上の必要面積などを考慮した。長さは鋼セルより応力が中詰コンクリート内に一様に伝達されることや、ずれ止めが必要量配置できる長さであることなどを考慮した。

(2) 鋼桁補強部

鋼桁補強部は鋼床版、斜フランジ、および下フランジの応力を中詰コンクリート部に一様に分散させるために補強縦リブを設け、このリブをトラフリブに割り込ませる構造とした。長さは応力分散、横リブ間隔を考慮して決めた。

(3) ずれ止めの選定

鋼床版、斜・下フランジ、鋼セルフフランジおよび腹板にとりつけるずれ止めは鋼板とコンクリートの剥離を防止するために、引張力に抵抗できる頭付きスタッドとした。鋼セルウェブのずれ止めは鋼セルウェブが中詰コンクリートではさまれる構造であり、コンクリートとの剥離の問題はない。またスタッドは鋼セル組立上支障があるのでこの部分は角鋼ブロックとした。

3-4 設計断面力の設定

設計断面力の一例として常時の桁の断面力図を図-5に示す。曲げモーメントは鋼桁については全体に平均化されており、P C桁側は中間橋脚部、塔部で負の曲げモーメント

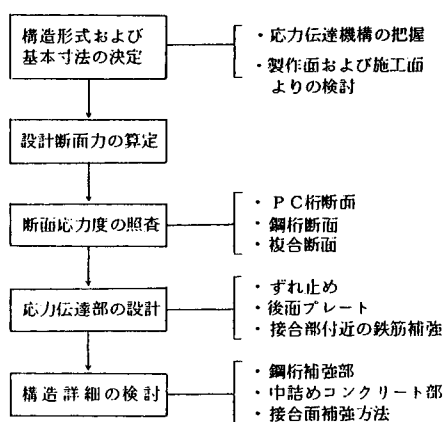


図-4 接合部設計フローチャート

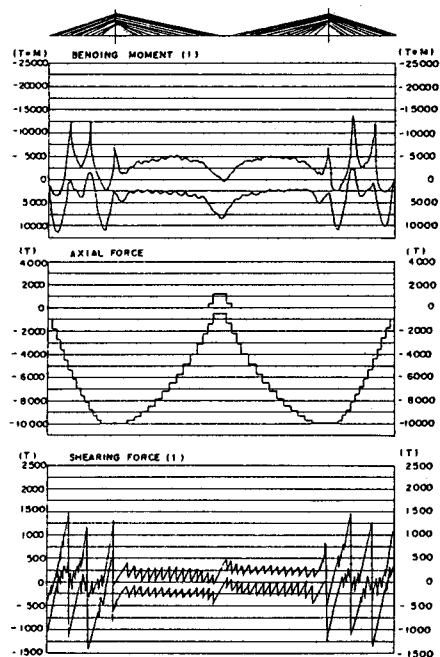


図-5 断面力図

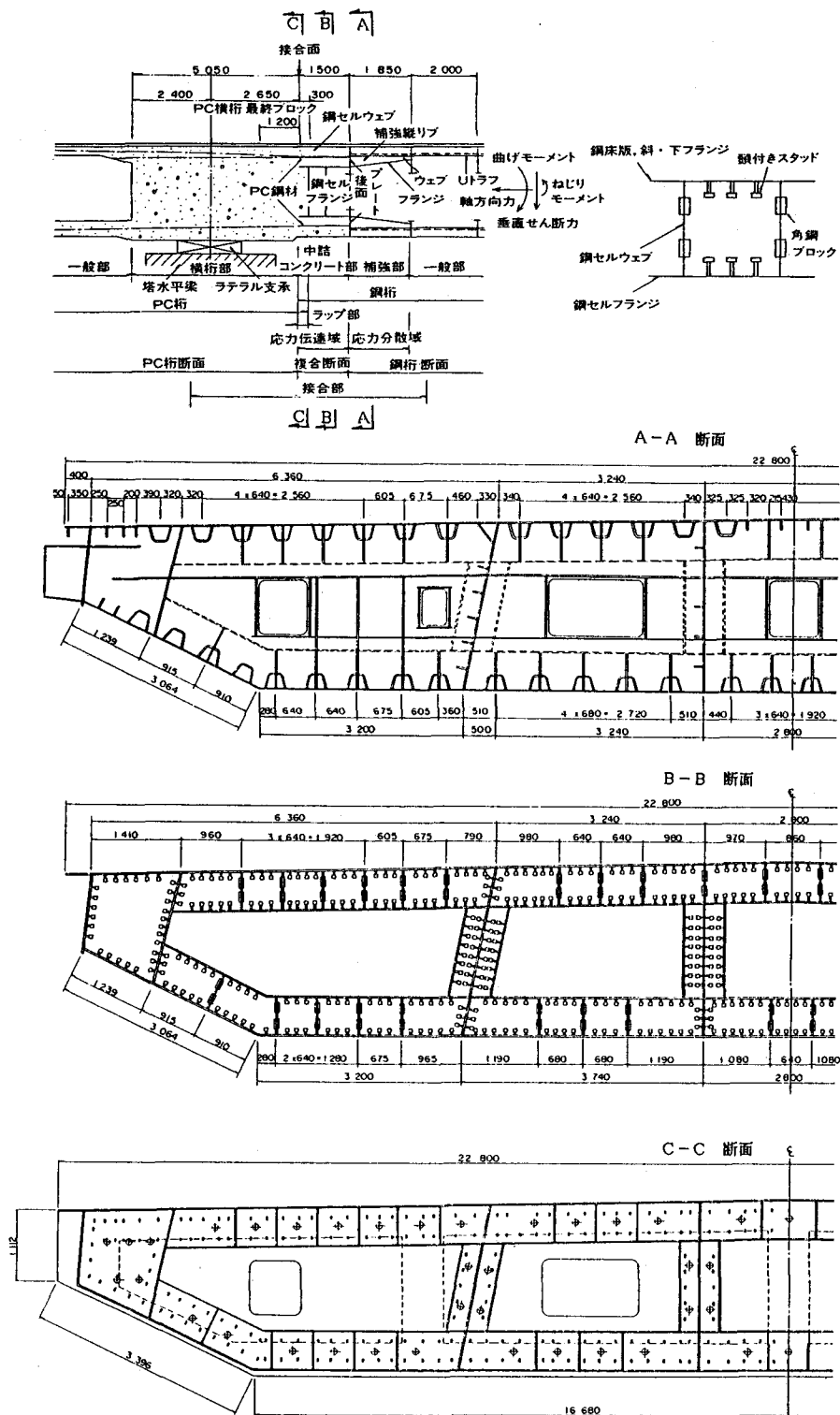


図-6 接合部断面図

トが卓越している。斜ケーブルによる桁の曲げモーメントの調整は主として剛性の小さな鋼桁に対して行った。軸力は斜張橋の特徴である塔部において最大となる。せん断力は側径間長の短い側径間部が大きな値を示している。接合部の設計断面力（常時）を表－１に示す。

3－5 応力伝達部の設計

接合部の各着目断面位置での応力度（常時）を表－２に示す。斜張橋の場合、軸圧縮力が卓越しているので、中詰コンクリート部の曲げによる引張力は小さい。

接合部での軸力の応力伝達機構は鋼桁一般部に作用する応力度が鋼桁補強部で分散し、中詰コンクリート部に伝えられる。中詰コンクリート部ではこれらの応力は鋼セルより①後面プレート、②ずれ止め、③鋼板とコンクリートとの摩擦力という３つの伝達要素により中詰コンクリートに伝えられると考えられる。そして、中詰コンクリートよりP C横桁に応力が伝えられる。

１セルを取り出したモデル実験によればこのような鋼セルより中詰コンクリートへの応力伝達はプレストレスの影響もあって、摩擦力による力の伝達割合がかなり大きいことが認められた。しかし本設計では摩擦力による力の伝達は、不確定の要素がまだ多いと思われることや、設計として安全側の判断となることから考慮しないこととした。

摩擦力を無視した中詰コンクリート部のF E M解析例を図－７に示す。後面プレートと鋼セルの溶接部には局部的に大きな支圧応力が生じるが許容支圧応力度を越えていない。鋼桁からの大部分の軸力は後面プレートとずれ止めとにより中詰コンクリートに平均的に分散され、先端部に大きな応力集中は生じていない（図－７(a)）。鋼セルの応力は先端部に行くに従い減少しており、ずれ止めにより応力が中詰コンクリートに分散されていく様子がわかる（図－７(b)）。これより頭付きスタッドの分担率は３５％とし、同様な検討により角鋼ブロックは５０％とした。

3－6 構造詳細の検討

(1) 接合面付近の応力

接合面では鋼桁の上下セル部からP C桁の横桁に圧縮力が集中的に伝達されていることから、この付近の応力の流れの検討を行った。注目すべき応力は図－８に示すように

- ①フランジ付け根部の支圧応力
- ②フランジ背面の割裂応力

表－１ 接合部の設計断面力(完成時/常時)

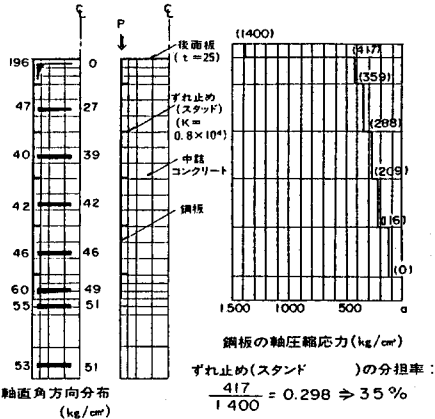
塔位置	MzMi,(t・m)	N (t)	Sy (t)
2 P 側 (因島側)	-7421	-9203	-838
3 P 側 (生口島側)	-7043	-9236	829

表－２ 作用応力度

(kg/cm²)

着目断面位置			上 縁		下 縁	
			作用 応力度	許 容 応力度	作用 応力度	許 容 応力度
PC桁 断面	2 P 側		-7.2	0	-71.3	-140
	3 P 側		-9.3		-89.5	
鋼桁 断面	2 P 側		133	1400	-1589	-2100
	3 P 側		85	(SS41)	-1550	(SMSOY)
複合 断面	鋼 桁	2 P側	45	1400	-329	-2100
		3 P側	35	(SS41)	-320	(SMSOY)
	中詰め コンク リート	2 P側	6.4	0	-48.1	-140
		3 P側	4.9		-46.8	

(引張りを正とする)



図－７ 中詰コンクリート応力伝達

③上下フランジ間すなわち横桁前面部に生じる剥裂応力。

であるこれらの箇所には必要に応じて補強鉄筋を配置することとした。

(2) 鋼桁先端部のコンクリート目地

鋼桁先端が直接コンクリートに接するとコンクリート側では大きな応力集中により局部的圧壊を生じる恐れがあるので、鋼桁先端部外周に目地を設けることとした。

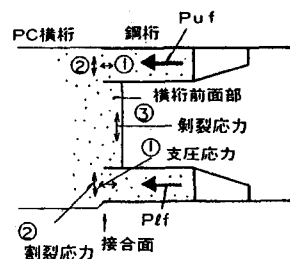


図-8 接合部の局部応力

4. 接合部の施工法

PC桁はワーゲンによる張り出し工法および支保工による場所打ち工法により施工しPC桁3径間として完成する。接合部の施工はPC桁の完成時期に合わせて斜ベント上に鋼桁接合ブロックを仮置き、PC桁の施工誤差を吸収できるため最終ブロックのコンクリートをPC3径間が完成した後に打設して接合する(図-9)。

鋼桁接合ブロックの中詰コンクリートは鋼桁製作工場であらかじめ打設する。コンクリートは鋼セルにより拘束された条件であることや、ずれ止めへのブリージングの影響を少なくするため無収縮コンクリートを用いるものとした。また、コンクリートの打ち込み方向はスタッドの支圧面(PC桁側)にブリージングが形成されて相対ずれ、残留ずれが大きくなるという悪影響を避けることができること、またコンクリート打設の施工性が良くなることからスタッドの支圧面(接合桁の支圧面)を上方向に向けて打設することにした。

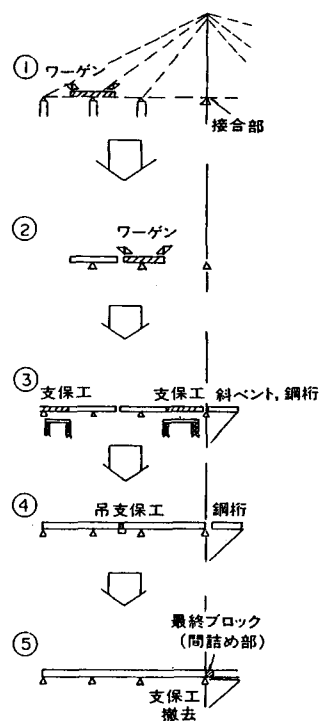


図-9 接合部架設順序

5. あとがき

本橋は現在、鋼桁の製作、塔およびPC桁の建設中であり、今後、鋼桁・ケーブルの架設を行って平成3年末に完成の予定である。接合部の検討については(財)海洋架橋調査会に設置された「生口橋主桁複合構造に関する調査研究委員会」(委員長埼玉大学田島教授)において有意義な御審議を賜わり、委員ならびに関係各位に深甚の謝意を表する次第である。

参考文献

- 1) 生口橋主桁複合構造に関する調査報告書 昭和60年度, 昭和61年度, 昭和62年度, 昭和63年度 (財)海洋架橋調査会
- 2) 森, 帆足, 木村: 生口橋接合部実験報告 本四技報 Vol.13 No.49
- 3) 土木学会: 鋼・コンクリート合成構造のガイドライン, P.189 平成元年3月