

## 第二名神高速道路 弥富高架橋の設計

角 昌隆\*1・森山 陽一\*2・河村 直彦\*3・中島 豊茂\*4

### 1. まえがき

第二東名高速道路・第二名神高速道路は、その事業費が膨大となること等から、新技術・新工法の導入等による経費の節減・省力化・工期の短縮等が大きな課題である。日本道路公団では、この課題を解決するべく種々の検討・試験施工等を行っているが、橋梁・高架橋の上部構造に関しては、鋼少数主桁橋とPCプレキャストセグメント工法の採用を計画し、現在、実施工の段階となっている。

日本道路公団名古屋建設局で計画ならびに建設中の第二東名神の中で、特に現東名高速道路に接続する豊田JCTから現東名阪自動車道に接続する四日市JCTに至る延長約50kmの区間(図-1)は、一部のインターチェンジを除き、橋梁・高架橋が連続した道路構造となっている。

当該区間のうち第二名神高速道路鍋田IC付近より川越IC付近までの陸上部高架橋においては、本線に隣接または近接して大規模な桁製作・ストックヤードの確保が可能であり、かつ大型特殊トレーラーによる輸送が可能である箇所については、前述した2つの新技術・新工

法のうち、プレキャストセグメント工法によるPC箱桁橋を採用している。この工法は、日本道路公団においては既に松山自動車道・重信高架橋<sup>1)</sup>等数例の実績があるが、第二名神においては、この実績をふまえさらに改良を加えて従来にない大規模な発注単位での工事を計画している。

その最初の工事である弥富高架橋(PC上部工)工事は、本線橋上下線6連、ランプ橋2連で、平成8年7月に発注を行い、平成9年5月現在、詳細設計、施工計画立案、ならびにヤード整備を終え、セグメント製作をすすめている段階である。本文では、弥富高架橋の計画概要と設計について報告するものである。

### 2. 計画概要

#### 2.1 本橋の特徴と架橋条件

弥富高架橋は、図-2に示すとおり、主要地方道名古屋西港線と一部の区間を除いて重複しており、かつ現況2車線で交通量約8000台/日の交通を確保しながら、4車線に拡幅する県道工事を同時施工で行う計画である。

したがって、下部工施工までに県道の4車線化を完成

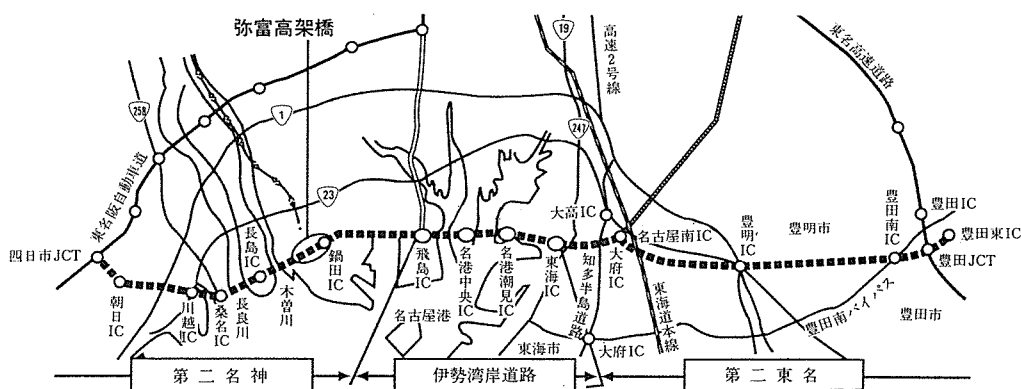


図-1 弥富高架橋位置図

\*1 Masataka SUMI: 日本道路公団 名古屋建設局 名古屋工事事務所 所長

\*2 Yoichi MORIYAMA: 日本道路公団 名古屋建設局 名古屋工事事務所 工事長

\*3 Naohiko KAWAMURA: オリエンタル・ピーエス・安部JV

\*4 Toyoshige NAKAJIMA: オリエンタル・ピーエス・安部JV

◇設計報告◇

し上部工施工時には県道を2車線に切り廻したうえで、反対側車線上の桁架設を行う必要がある。

以上のような架橋条件以外にも、交差する道路・河川の条件から標準部に比べて支間の大きな箇所があること、さらにはインターチェンジ部に位置していることから、ランプ接続に伴う拡幅があること、といった特徴を有している。

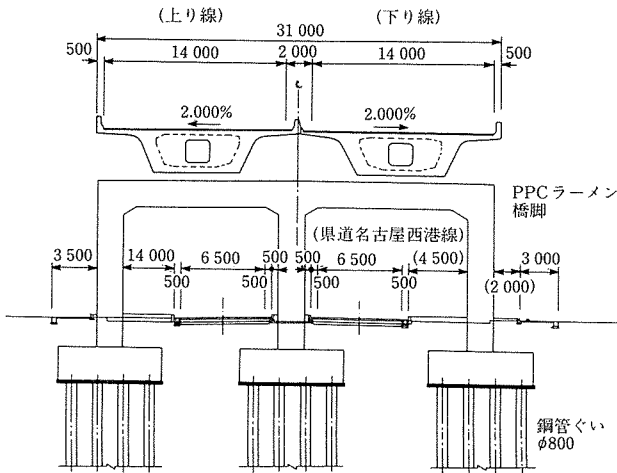


図-2 標準断面図

2.2 橋梁概要

本橋の概要を以下に示す。

工事名：弥富高架橋（PC上部工）工事

道路規格：第1種第2級A規格

設計活荷重：B活荷重

構造形式および支間長：

PC12径間連続箱桁橋（上り線・下り線）P4～P16

48.0+10@49.0+48.0m

PC11径間連続箱桁橋（上り線・下り線）P16～P27

44.5+9@45.5+37.0m

PC7径間連続箱桁橋（上り線・下り線）P27～P34

48+74.5+87.5+55+50+66+55 m（上り線）

38+74.5+87.5+65+50+66+55 m（下り線）

PC3径間連続箱桁橋（A・Dランプ）AA1～P16

48.25+49.0+48.0 m

橋 長：1 519m（本線橋）

147m（ランプ橋）

有効幅員：14.565～22.765m（上り線）

14.605～23.405m（下り線）

7.000m（ランプ橋）

橋面積：44 471m<sup>2</sup>（本線橋）

2 058m<sup>2</sup>（ランプ橋）

工 期：平成8年7月26日～平成11年12月7日

2.3 橋梁形式の検討

橋梁形式の選定にあたっては、下記に示す前提条件のもとに検討を行った。

- 1) 日本道路公団で従来一般的に採用している橋梁構造・形式と比較して、工費の節減が可能であること。
- 2) 省力化・工期の短縮が可能であること。
- 3) 現道路橋示方書により設計された橋梁と比較して、同等程度以上の耐荷力及び耐久性を有していること。
- 4) これまでの新技術・新工法に関する試験・研究の成果を十分に生かした合理的な構造であること。
- 5) 大規模な単位での発注が可能であり、仮設資材・機械等の転用や反復作業による省力化等により、合理的・経済的であること。

また、当該地区、弥富高架橋特有の特徴として、

- 1) 隣接して北側に競馬場トレーニングセンター、南側に野鳥公園および野球場があり、騒音・振動・景観といった周辺環境への配慮が必要であること（写真-1）。



写真-1

- 2) 港湾地域、埋立て地であり、支持層が深く、全体工費のなかで下部工・基礎工の占める割合が高いこ

年 月	1996年(平成8年)			1997年(平成9年)												1998年(平成10年)												1999年(平成11年)													
	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
詳細設計	[Shaded bar]																																								
製作ヤード整備工	[Shaded bar]																																								
セグメント製作工	[Shaded bar]																																								
セグメント架設工	[Shaded bar]																																								
架設桁によるスパンバイスパン施工 (P4～P28)	[Shaded bar]																																								
ガーダー組立・解体工	[Shaded bar]																																								
セグメントの架設	[Shaded bar]																																								
エレクションノーズによるキャンチレバー架設 (P29, P30)	[Shaded bar]																																								
固定支保工によるスパンバイスパン施工 (P30～P34, ランプ部)	[Shaded bar]																																								
橋面工	[Shaded bar]																																								
跡片付け工	[Shaded bar]																																								

図-3 施工工程

と。

- 3) 本線に隣接または近接して、大規模な仮設ヤードの確保が可能であること。
- 4) 供用中の県道の交通を確保可能で、支障とならないこと。
- 5) インターチェンジ部に位置していることから、ランプ接続に伴う拡幅があること。

以上の条件により、次の2案を比較検討対象とした。

(第1案) 鋼少数主桁鈹桁橋 (長支間部は鋼箱桁)

(第2案) PC箱桁橋 (プレキャストセグメント工法)

なお、平均支間は50m程度とし、下部工は3柱式ラーメン橋脚となることから、PRC構造の梁と高強度コンクリートを採用し、部材の軽量化と工事費の削減を図っている。これらを従来案の鋼鈹桁橋 (平均支間は40m程度) と対比した。

検討の結果、表-1に示すとおり、全体工費で従来案に対し30%、鋼少数主桁鈹桁橋に対しても6%程度経済的なPC箱桁橋 (プレキャストセグメント工法) を採用することとした。

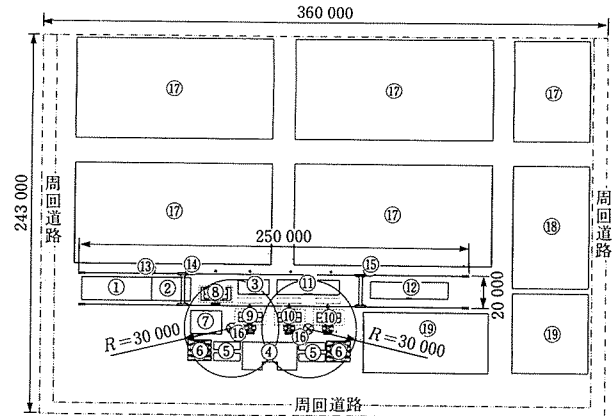
表-1 橋梁形式および工費比較(従来案を1.00とした比率)

	従来案	第1案	第2案
上部工	鋼鈹桁+箱桁 1.00	鋼少数鈹桁+箱桁 0.85	PC箱桁 0.70
下部工 基礎工	RC橋脚 鋼管杭 1.00	PRC橋脚 鋼管杭 0.55	PRC橋脚 鋼管杭 0.70
合計	1.00	0.76	0.70

### 2.4 施工の概要

セグメントの製作方法は、ショートラインマッチキャスト方式である。径間部セグメントと柱頭部セグメントとで別ラインとし、径間部セグメントは3基のショートライン設備、柱頭部セグメントは1基の専用ラインで製作することとしている(図-4)。

架設方法は、スパンバイスパン工法を基本とするが、径間長の長い部分等が存在するため、カンチレバー工法や固定支保工工法も併用する(図-5)。



番号	名称	番号	名称
	資機材置き場および加工場	⑪	拡張セグメント二次施工ヤード
①	資機材置き場	⑫	セグメント検測・床版横締めヤード
②	型枠加工場		
③	鉄筋加工機		クレーン
④	メッシュ筋置き場	⑬	橋型クレーン軌道
⑤	鉄筋ユニット組立場	⑭	5tf橋形クレーン
⑥	鉄筋籠置き場	⑮	80tf橋形クレーン
⑦	型枠置き場	⑯	150tf・mタワークレーン
	セグメント製作場		セグメントストックヤード
⑧	セグメント製作台(柱頭部)	⑰	ストックヤード(標準部)
⑨	セグメント製作台(ランプ部・拡幅小セグメント部)	⑱	ストックヤード(ランプ部)
⑩	セグメント製作台(本線標準部)	⑲	ストックヤード(拡幅部)

図-4 セグメント製作ヤード

### 2.5 主要材料数量

本橋の概算数量のまとめを表-2に示す。

表-2 主要材料数量まとめ

項目	規格	単位	数量			摘要
			本線部	ランプ部	合計	
コンクリート		m <sup>3</sup>	32 000	1 800	33 800	$\sigma_{ck}=500\text{kg/cm}^2$
型 枠		m <sup>2</sup>	124 100	7 100	131 200	
鉄 筋	SD345	t	4 580	260	4 840	
PC鋼材	19S15.2	kg	721 550	37 800	759 350	外ケーブル
	12S15.2	kg	381 150	18 600	399 750	内ケーブル
	1S28.6	kg	458 400	1 400	459 800	横締め
	φ32	kg	20 800	2 300	23 100	支点横桁鉛直締め
PC構造物 の架設	架設重量	t	78 900	4 400	83 300	
	セグメント数	個	1 199	100	1 299	

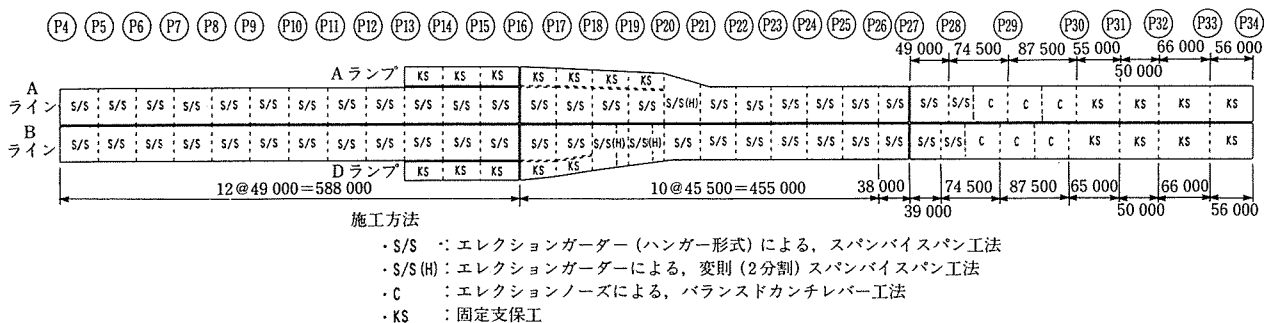


図-5 架設方法一覽

### 3. 主方向の設計

#### 3.1 セグメント割

本橋ではセグメントは運搬の制約より最大重量80t, 最大長さは3.0mとした。

- 柱頭部セグメントと径間部セグメントとの間には、
- 1) 製作ラインを別ラインとすることにより、製作の合理化・簡略化を図る。
  - 2) 架設工程の短縮を図る。

といった目的で、150~200mmの無筋目地を1径間につき2ヵ所設けることとした(重信高架橋は50cm~1mの有筋構造である)。標準径間のセグメント割を図-6に示す。

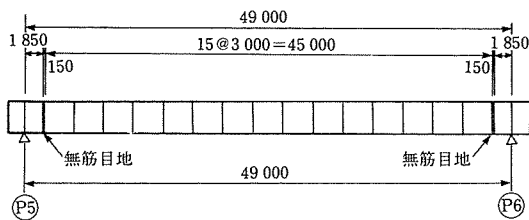


図-6 セグメント割付図

#### 3.2 スパンバイスパン架設部の設計

##### (1) 内外ケーブル比率の決定

本橋のスパンバイスパン部、固定支保工部では施工性を考慮して外ケーブルを配置可能な範囲内で最大限配置し、不足分を内ケーブルで負担する方針とした。この結果、外ケーブルは1断面あたり10本となった。12径間連続桁橋での内外ケーブル配置を図-7に示す。

内外ケーブル比率は、12径間連続桁橋で25:75、11径間連続桁橋で16:84となり、外ケーブル比率はわが国の実績において最大となっている。

##### (2) 終局荷重時の検討

内外ケーブル併用方式では、終局荷重時の検討における破壊抵抗曲げモーメントの算出方法が問題となる。本橋では、過去の同形式の構造と同様に外ケーブルは引

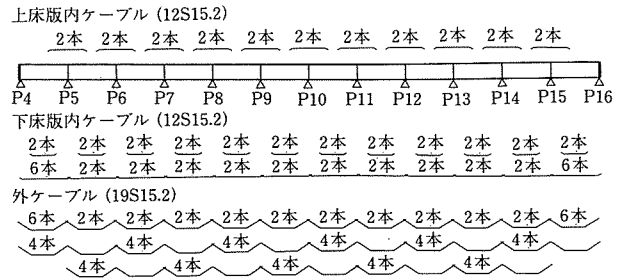


図-7 12径間連続桁橋の主方向PC鋼材配置

張抵抗材として検討を行うこととし、過去の実験例<sup>3)</sup>や提案式、PC技術協会設計施工規準<sup>4)</sup>等をもとに、外ケーブルの応力度増加量として20kgf/mm<sup>2</sup>を見込むこととした。この結果、外ケーブル比率が大きくなっているにもかかわらず、すべての断面において曲げ破壊安全度を確保することができた。

#### 3.3 カンチレバー架設部の設計

カンチレバー部は、通常は架設ケーブルとして内ケーブルを利用するが、本橋ではより施工の合理化を進めるという観点から、外ケーブルも利用することとしている(図-8)。

#### 3.4 支承の設計

支承は反力分散型ゴム支承とした。重量の制限により柱頭部が2分割されるため、支承は桁内に埋め込まれるソールプレート部を2分割する構造とした。

### 4. セグメントの設計

#### 4.1 上床版の設計

標準断面図を図-9に示す。本橋の床版純支間は最大7.3mであり、道路橋示方書の適用範囲を超えている。そこで活荷重によるモーメントは、FEMを使用して輪荷重の影響線載荷を行い、これをもとに算出した。

横締めPC鋼材はプレテンション方式とポストテンション方式が考えられるが、本橋で比較検討した結果、

- 1) 床版支間が大きいと、プレテンション方式による軸力配置では鋼材量が大幅に増加する。
- 2) 拡幅部では分割されたセグメントを横締めにより

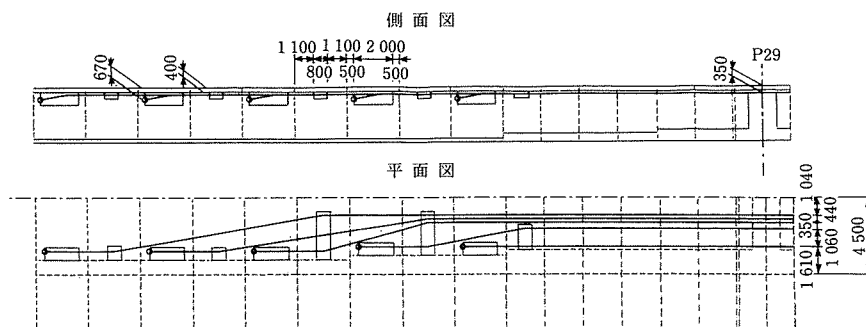


図-8 カンチレバー架設用外ケーブル

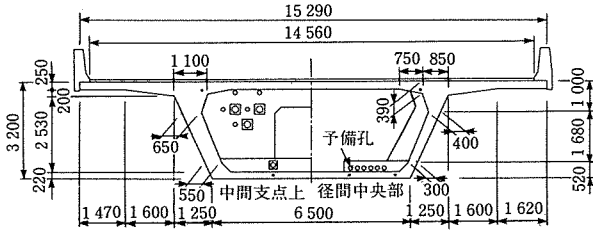


図-9 弥富高架橋標準断面図

一体化するため、ポストテンション方式でなければならない(後述5. 拡幅部の設計参照)。

3) カンチレバー部では上床版に内ケーブルが多数存在するため、プレテンション方式では配置が困難である。

等の理由により、ポストテンション方式を採用した。使用鋼材は1S28.6とし、拡幅部等の一部を除きアフターボンド仕様としている。鋼材配置は標準断面部でctc500mmとなっている。プレテンション方式とポストテンション方式との比較のまとめを表-3に、鋼材配置を図-10、図-11に示す。

4.2 デビエータの設計

デビエータの配置方法には集中配置と分散配置が考えられるが、本橋では分散配置を採用した。これは、デビエータを分散させることによって

- 1) 1カ所あたりの曲げ上げ本数を減らすことにより、デビエータ製作の簡素化が可能となる。
- 2) 型枠形状の統一化が可能となり、すべてのセグメントを1個/1日/1ラインで製作することが可能である。

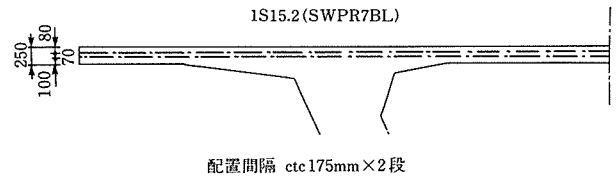


図-10 プレテンション方式での鋼材配置

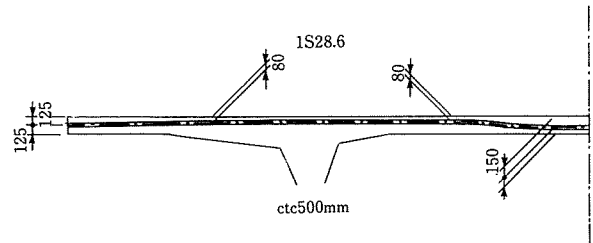


図-11 ポストテンション方式での鋼材配置

等による。

デビエータの形状は突起形式とし、またウェブにはデビエータ分力に対する補強リブをすべてのセグメントに配置した。また、このリブに孔を設けて、架設時には引寄せアンカーとして使用することとした。

デビエータの設計は、FEM解析により作用応力度を算出して鉄筋により補強している(図-12)。

4.3 支点横桁の設計

本橋では外ケーブルはすべて支点横桁に定着させる

表-3 横締め方式の比較

項目	プレテンション方式	ポストテンション方式	
構造特性	プレストレスの有効性	● 直線配置となり、ボス騰に比べ有効性に劣る。	● 曲線形状とすることにより曲げモーメントの分布に合わせた配置が可能である。
	縦横断勾配への対応	● 拌み勾配や横断勾配の変化区間では、調整コンクリート・舗装厚での調整が必要となり、荷重増や舗装の不均一性につながり好ましくない。	● 片勾配・拌み勾配にかかわらず縦横断勾配への対応が可能で、3次元対応のセグメント製作ができる。
	張出床版のそり量	● 横締め鋼材が直線配置のため軸力配置に近く、そり量はボス騰に比べ少ない。 ● 若材令での緊張のため、クリープ変形量はボス騰に比べ大きい。	● 横締め配置を曲げモーメントに合わせた曲線形状とするため、そり量はプレテンより大きくなる。 ● クリープ変形量はプレテンより少ない。
	架設時支持方式の影響	● ウィングサポートタイプの場合には軸力配置に近いプレテン方式が有利である。	● ウィングサポートタイプの場合には不利であるが、ハンガータイプの場合にはウェブ直上で支持するため、特に両者の差はない。
施工性	製作工程への影響	● PC鋼材の配置、緊張および緊張後の処理などが製作工程に追加される。	● PC鋼材の配置作業のみでよい。
	養生設備	● プレストレス導入時圧縮強度の早期確保が必要となり、蒸気養生等の促進養生が必要である。	● 型枠の脱型強度を確保すればよく、特別な養生設備を必要としない。
	PC鋼材の配置	● 配線作業はPC鋼材のみの直線配置であり、容易で省力化につながる。	● シース・PC鋼材および定着体の取付け作業があり、また、シース保持金具の配置等、作業は繁雑となる。
	緊張工	● 大型ジャッキによる同時緊張が可能であり、プレストレスを均一に導入できる。	● 一本毎の緊張管理となり、作業性に劣る。
	緊張設備	● 大規模な反力台設備が必要となる。	● 特に設備を必要としない。
	施工の配慮	● 運搬時には床版にプレストレスが導入されているため、ひびわれの発生を抑制できる。	● プレストレス導入まではRC構造となるため、ひびわれに対する対策が必要である。
PC鋼材の防錆工	● グラウト等、防錆作業が不要で、省力化がはかれる。	● グラウト方式の場合にはグラウト作業が必要となるが、アフターボンドの採用によりこの工種は不要となる。	

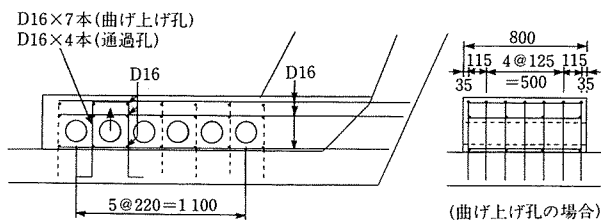


図-12 デッキ配置図

こととした。そのため、支点横桁は外ケーブル緊張力、支点反力等が複雑に作用することになり、適切な設計が必要となった。そこで、FEM解析を使用して作用する応力度を算出し、それに対してPC鋼材および鉄筋で補強することとした。図-13に端支点横桁のFEM解析結果を示す。

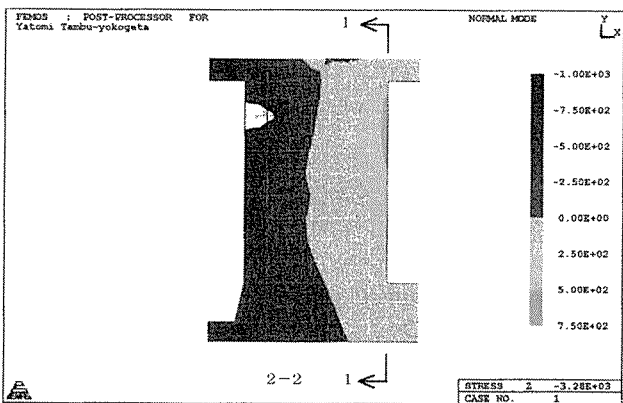
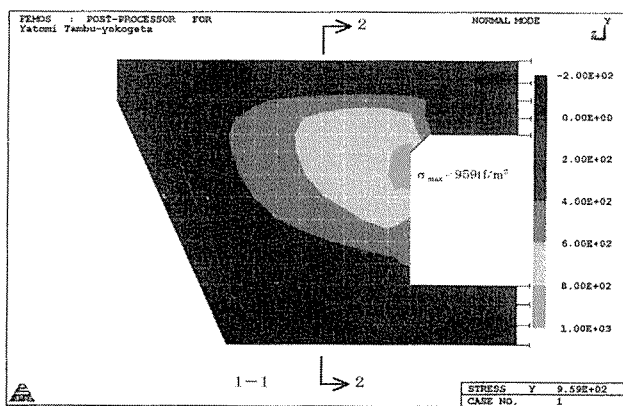


図-13 端支点横桁FEM解析結果

## 5. 拡幅部の設計

### 5.1 拡幅部の概要

本橋はランプへの流入流出部が存在するため、11径間連続桁橋において拡幅部が存在している。拡幅部は通常は現場打ちで対応されるが、本橋ではすべてプレキャストセグメントで対応することとした。

拡幅部は、図-14のように、幅員にしたがって2室2箱桁構造 (A-A)、2室1箱桁構造 (B-B、C-C)、1室

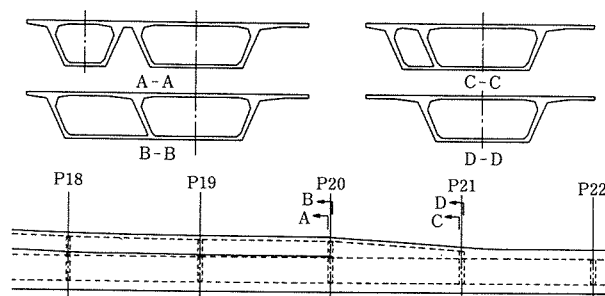


図-14 ランプ拡幅部の主桁形状

箱桁構造 (D-D) としている。

架設は、2室2箱桁部では本線部セグメント部、拡幅部小セグメント部をそれぞれ架設した後、横締めにより一体化させることとしている。また、2室1箱桁部では、後述するように2分割スパンバイスパン方式とした。

### 5.2 2室2箱桁部の検討

#### (1) 主方向の設計

2室2箱桁部では大小セグメントを別々に製作・架設するため、両者の応力状態は異っており、これを考慮した検討を行っている。

#### (2) 横方向の設計

横方向の設計では、ボックスラーメンモデルにより大小セグメント目地部がフルプレストレスとなるように横締め鋼材を配置している (図-15)。

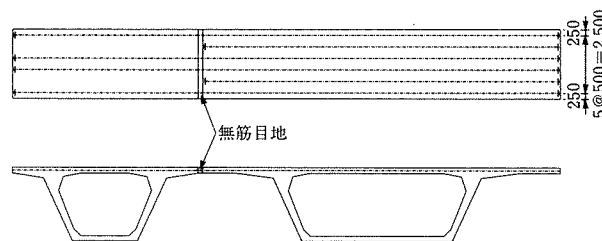


図-15 2室2箱桁部横締めPC鋼材配置例

このほか、

- 1) 製作・架設時期の違いにより生じる残留クリープによるたわみ差
- 2) 活荷重の偏載荷

により目地部床版に曲げが発生するが、これらに対する検討も行い、安全であることを確認している。

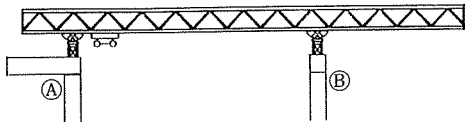
### 5.3 2室1箱桁部の検討

2室1箱桁部の製作方法は、まずショートライン設備で標準断面部の製作を行い、ヤード内の別の場所において拡幅部を継ぎ足して一体化することとしている。

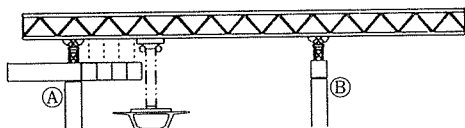
架設方法は、セグメント重量が重くなるため通常のスパンバイスパン工法では対応が難しい。そこで、架設ガーダーが対応可能な部分をカンチレバー状態とし、そ

の後に残りの部分を架設する2分割スパンバイスパン方式とした(図-16)。このため、架設ケーブルとして上床版に内ケーブルを配置している。

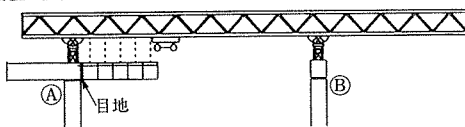
STEP 1: ガーダーの据え付け



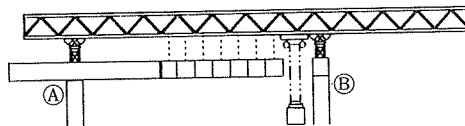
STEP 2: セグメントの吊り上げ



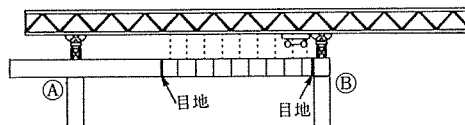
STEP 3: 目地施工後、主ケーブルの緊張



STEP 4: セグメントの吊り上げ



STEP 5: 目地を施工



STEP 6: 外ケーブルを緊張

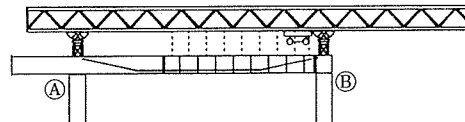


図-16 2分割スパンバイスパン架設

## 6. 今後の検討課題

### 6.1 無筋目地に対する検討

弥富高架橋は、わが国で初めて150~200mmの無筋目地を1径間につき2カ所設ける構造としたため、この部

分の安全性、特に

- 1) 直接輪荷重が作用する、上床版の対疲労特性
- 2) ウェブでのせん断力伝達特性

を確認する必要がある。前者については実物大供試体による輪荷重移動載荷疲労試験、後者についてはせん断力伝達試験を予定している。

### 6.2 デビエータの安全性の確認

本橋はデビエータを突起形式としたため、デビエータでの外ケーブル分力が下床版やウェブにも作用する。これについてはFEM解析により形状、配筋等を決定しているが、さらに実物大供試体を製作して載荷試験を行うこととしている。

### 6.3 ノングラウト・防蝕鋼材の検討

本橋では外ケーブルに数種類のノングラウトタイプの防蝕PC鋼材を使用する予定であり、施工性、防蝕性能、取換え・維持管理性能等を総合的に判断することとしている。

## 7. おわりに

本橋は平成9年4月よりセグメントの製作を開始し、また平成10年春からの架設に向けて検討をすすめている段階であり、セグメントの製作および架設・各種実験結果については別途報告することとしたい。

本報告が内外ケーブル併用・プレキャストセグメント工法による橋梁の設計および施工に参考になれば幸いである。

### 参考文献

- 1) 松田, 湯川, 木水: 内外ケーブル併用プレキャストセグメント橋の概要と破壊試験 - 松山自動車道 重信川高架橋 -, プレストレストコンクリートVol.38, No.2, pp.29-39
- 2) 松田, 木水, 岡田, 大浦: 外ケーブル併用プレキャストセグメントラーメン箱桁橋の設計, コンクリート工学Vol.34, No.6, pp.52-61
- 3) 松田, 湯川, 河村, 井谷: 外ケーブル併用プレキャストセグメントラーメン箱桁橋の模型試験, コンクリート工学Vol.34, No.6, pp.25-33
- 4) プレストレストコンクリート技術協会: 外ケーブル・プレキャストセグメント工法設計施工規準(案), 1996年3月
- 5) 森山: 弥富高架橋, 橋梁1996年11月号pp.42-49

【1997年5月12日受付】