

ひがし めい ほん

# 東名阪自動車道 PC連続ラーメン橋の施工

近畿自動車道名古屋亀山線は、東名高速道路名古屋インターチェンジと、東名阪自動車道とを結ぶ自動車専用道路であり、国道302号(名古屋環状2号線)敷地内に複断面構造で計画されている。

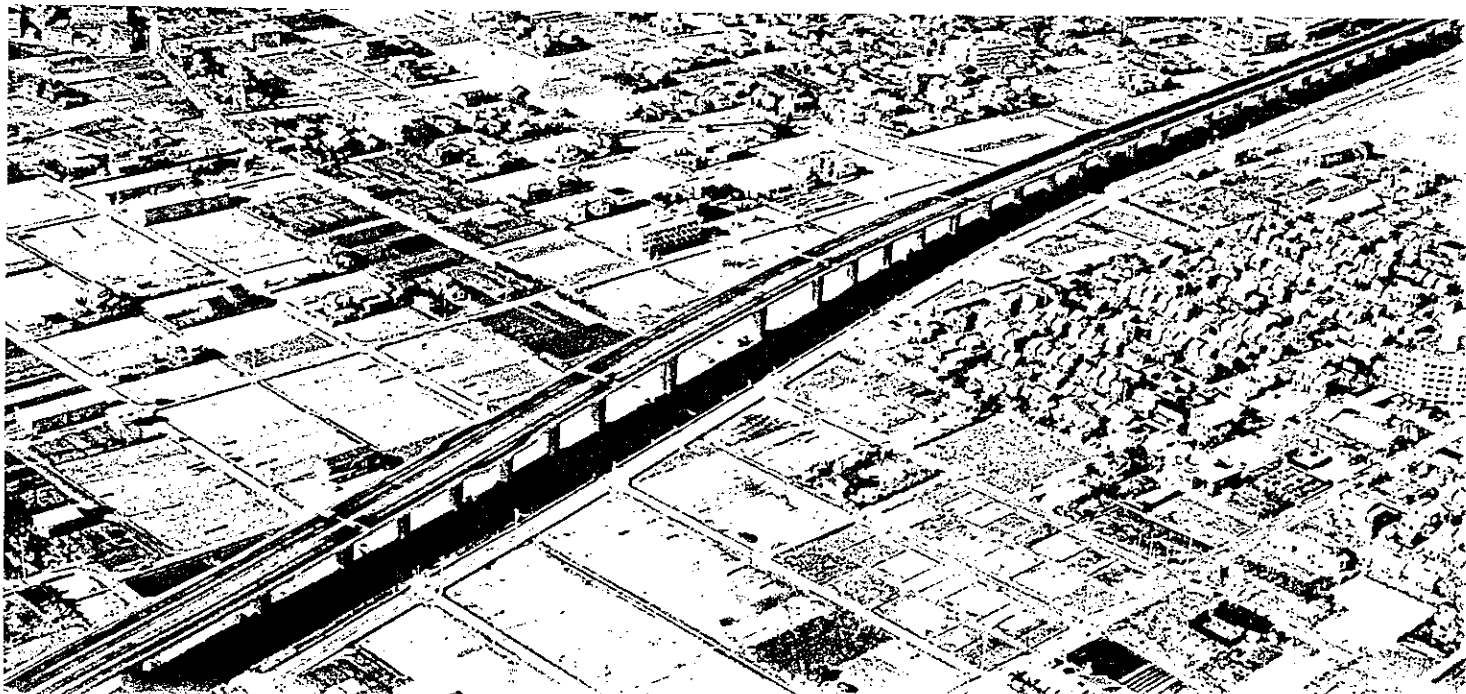
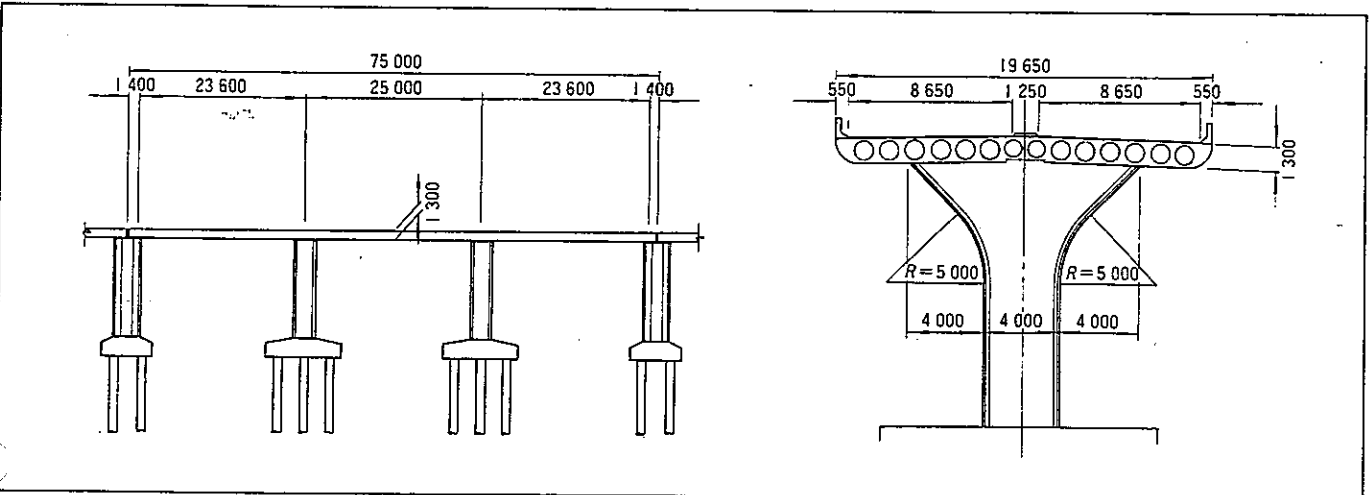
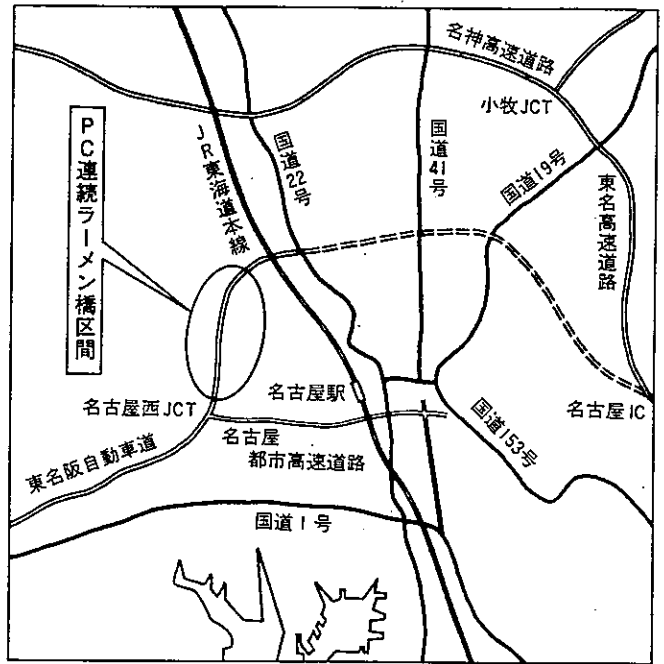
本橋の特徴は、都市内高架橋としてメンテナンスフリーを目指して剛構造としたこと、景観にも重点がおかれ曲線を基調とし、下部工との一体化を図ったデザインとなっていることである。

現在、東名阪自動車道名古屋西ジャンクションから清洲東インターチェンジまでが部分開通しており、引き続き施工中である。

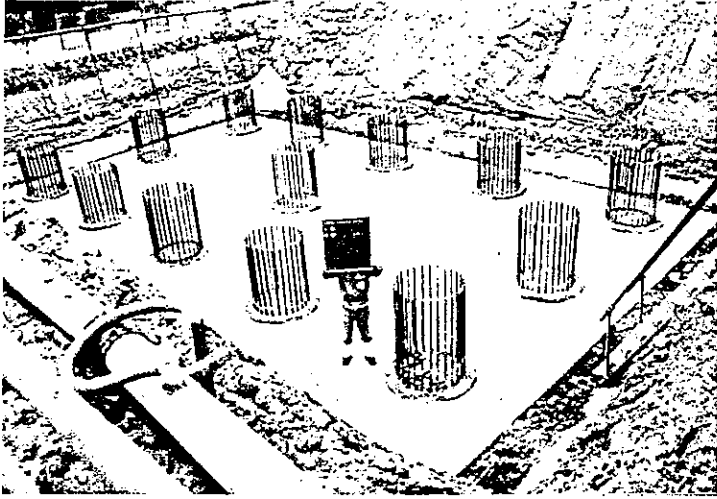
## 工事概要

- 形 式：PC3～5径間連続中空床版ラーメン橋  
 PC3径間連続箱桁ラーメン橋  
 PC3, 4径間連続中空床版橋(ランプ部)  
 PC3径間連続箱桁橋(ランプ部)

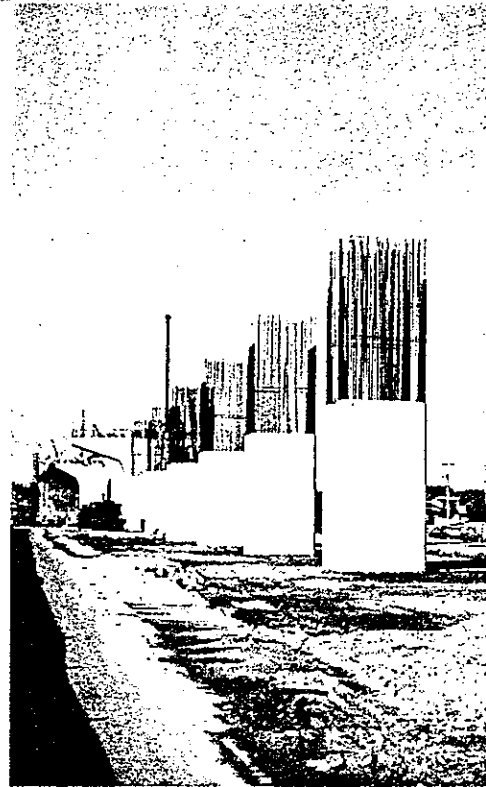
- 橋 格：1等橋(TL-20, TT-43)  
 標準支間構成：3 @ 25m(中空床版ラーメン)  
 有効幅員：2 @ 8.5m(上下線一体構造)  
 PC区間延長：6600m



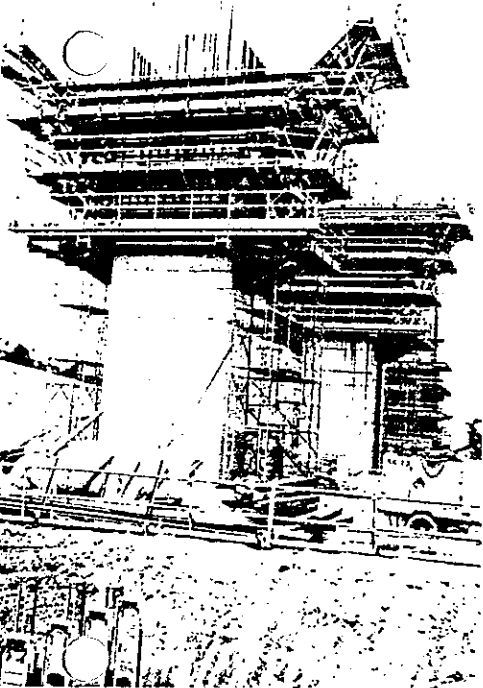
〈東名自動車道の連続アーチ橋の施工〉



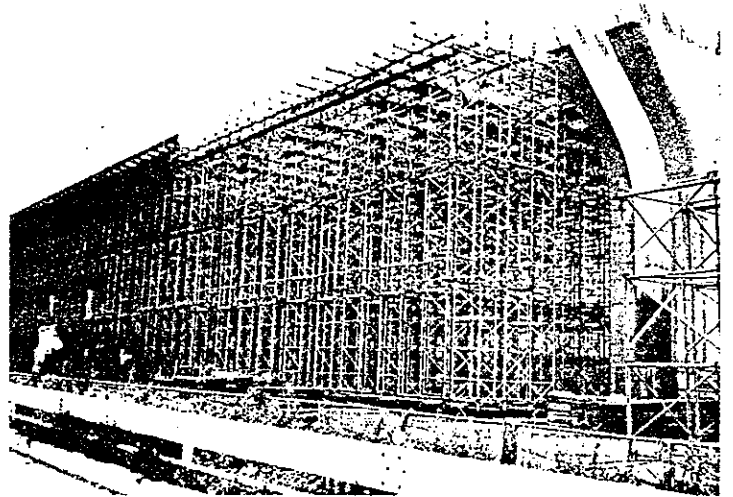
1) 場所打ち杭基礎



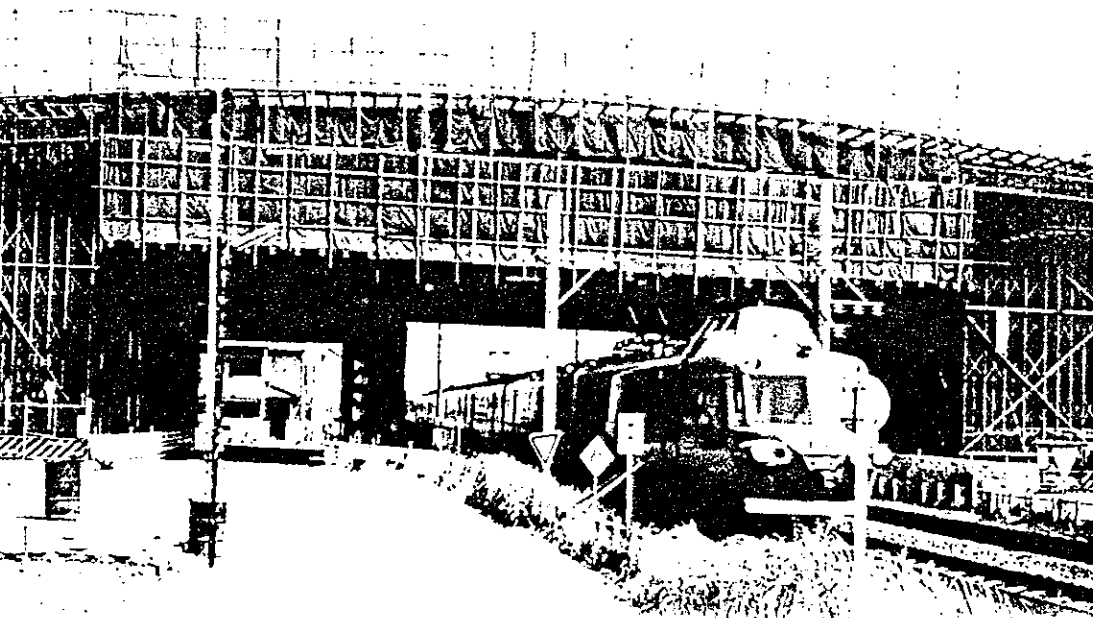
2) 下部工完了



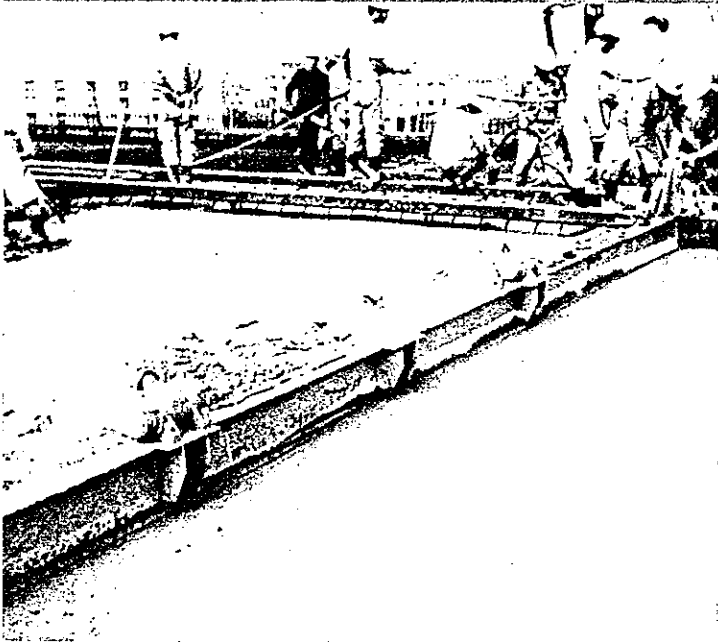
3) 柱頭部の施工



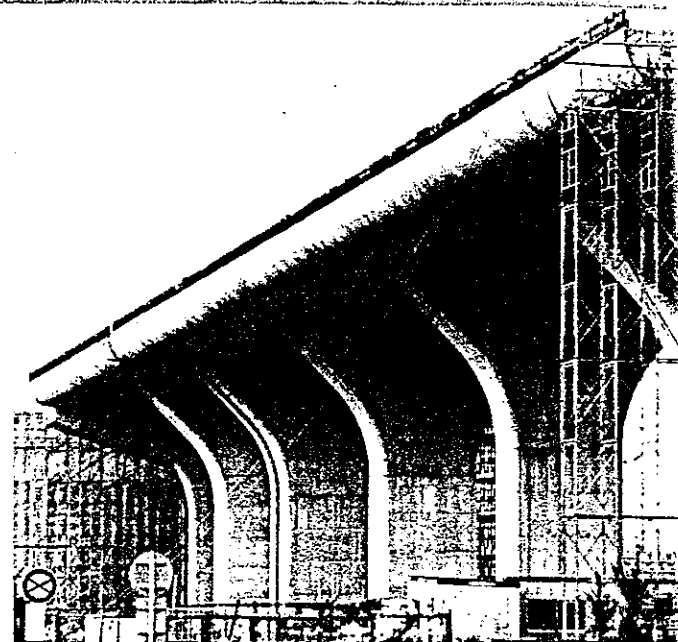
4) 支保工の組立て(標準部)



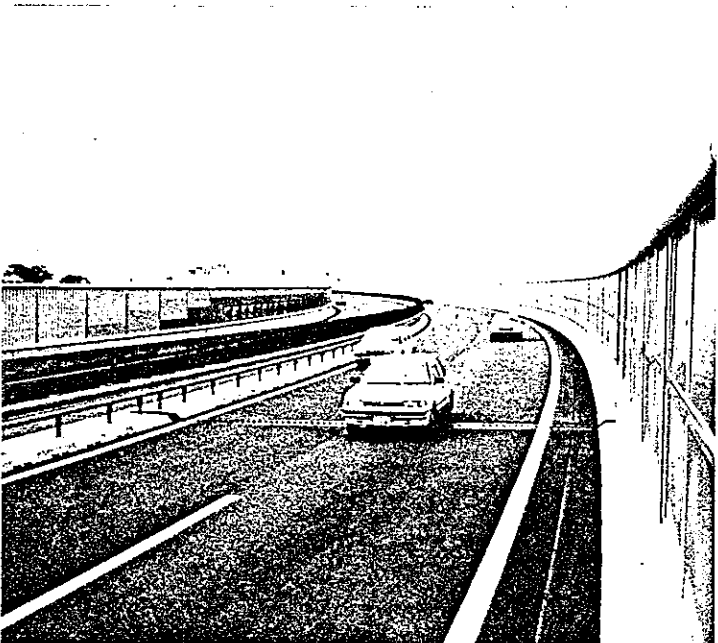
5) 支保工の組立て(交差部)



6) コンクリート打設



7) 上部工完了



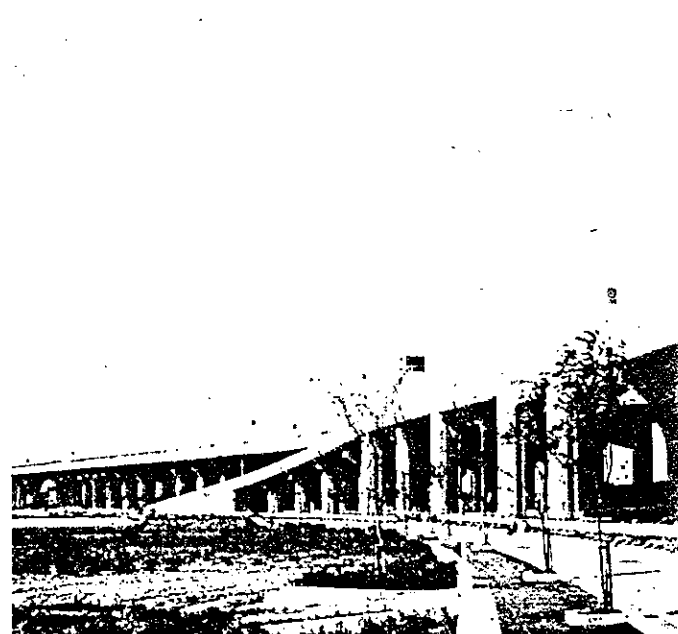
8) 供用風景



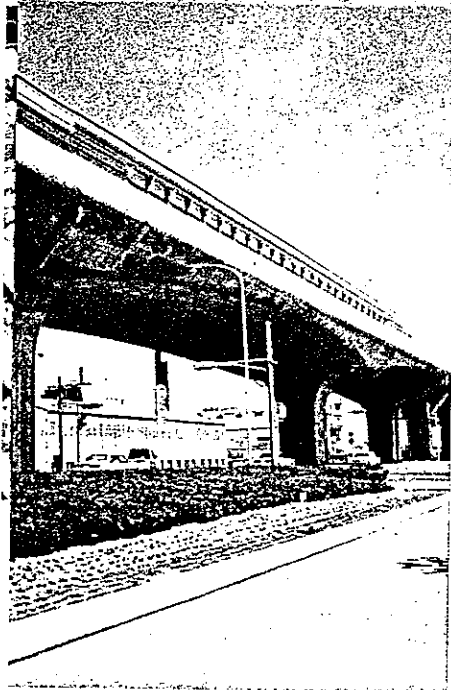
9) 料金所付近



10) シルエット



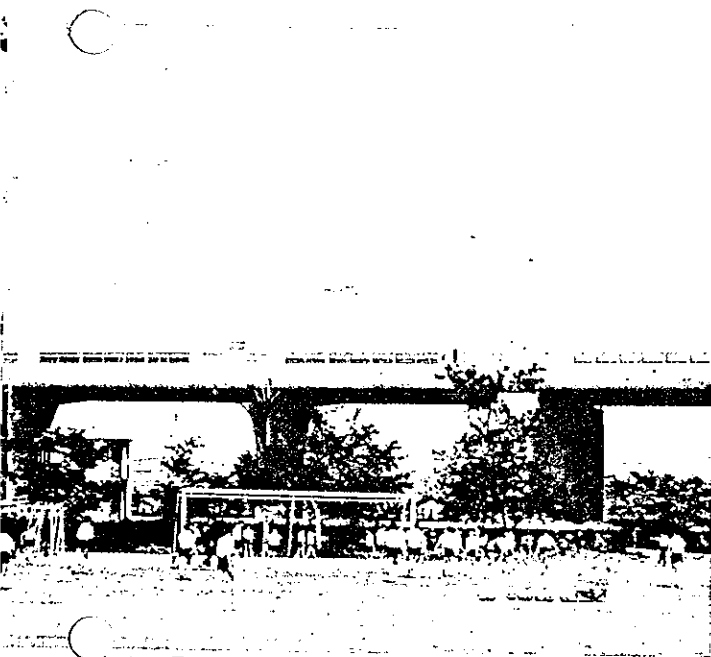
11) インター付近



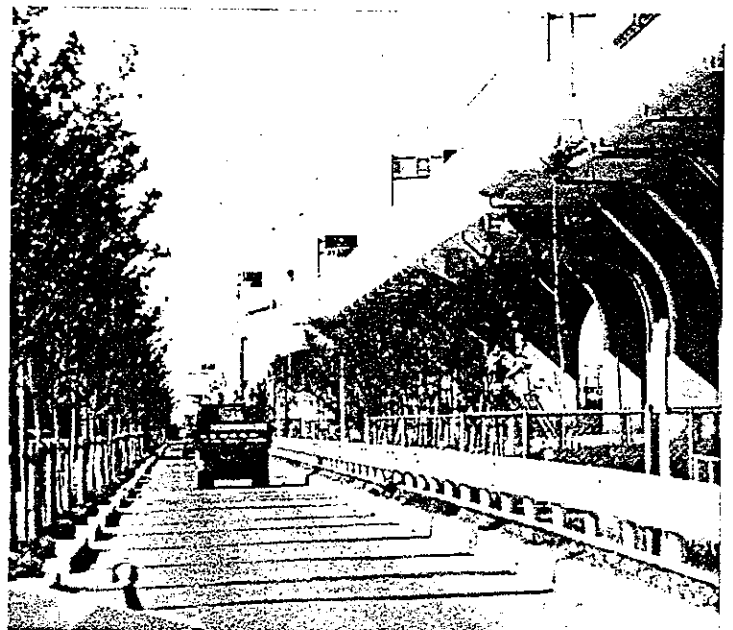
12) 交差点付近



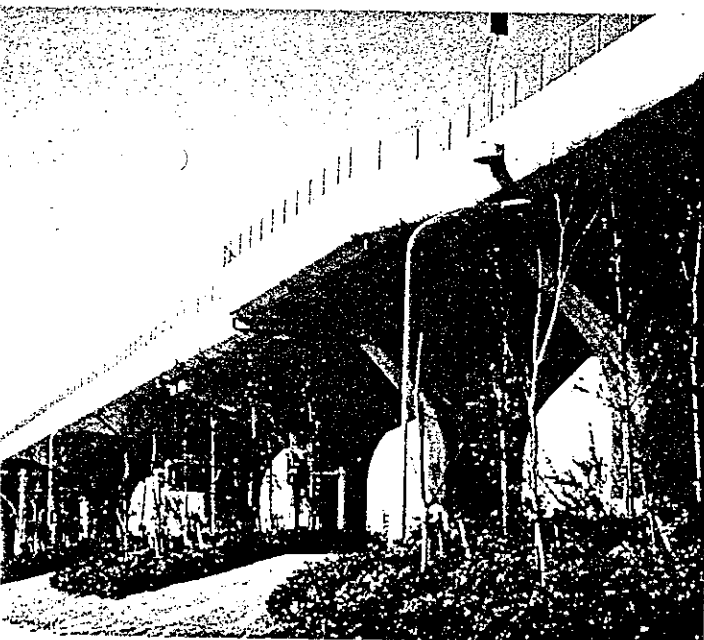
13) 国道302号より望む



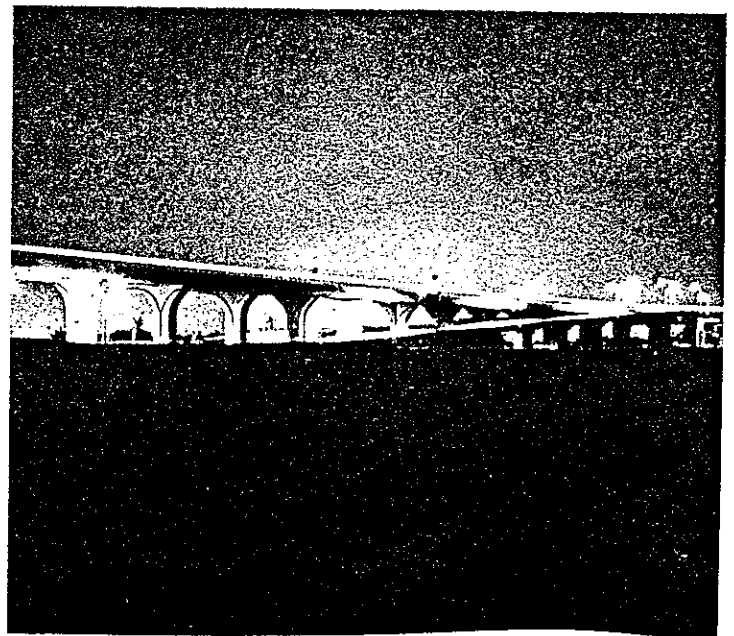
14) 遠景



15) 地先道路より望む



16) 植樹帯



17) ライトに浮かぶ夜景

報告

# メンテナンスフリーを目指して

——東名阪自動車道 PC 連続ラーメン橋——

今川 史郎\* 石橋 彰\*\*\*  
牧浦 信一\*\*

## まえがき

名古屋市を中心とした東西約15km、南北約20km、総延長66kmの環状道路である名古屋環状2号線は、自動車専用道路と一般道路の複断面構造より成っている。一般道路については昭和44年に一般国道302号として路線指定され、自動車専用道路のうち北側半周分は、近畿自動車道名古屋亀山線（名古屋市名東区～中川区間28.3km）として昭和53年基本計画が決定、昭和58年8月施行命令が日本道路公団に出された。

本路線は、一般国道19号・41号・22号等の放射状幹線道路を一般国道302号を介して連結するとともに、名古屋高速道路公社で建設中の名古屋都市高速道路と相互に連絡しあって都市内交通の分散化を図る役割りを担っている。同時に、東名高速道路名古屋インターチェンジと既供用の東名阪自動車道を直結し、全国的な高速道路のネットワークの一翼を形成するとともに、名神高速道路のバイパスとしても期待されている。

本路線のうち一般国道22号に連絡する清洲東インターチ

ェンジから既供用の東名阪自動車道に連結する名古屋西ジャンクションまでの延長8.5km間については、昭和63年3月23日供用された。本報告においては、図-1に示す6.6km区間（74連）に採用されたPC連続ラーメン橋の設計および施工について述べる。

## 1. 路線概要

- ① 路線名 高速自動車国道近畿自動車道名古屋亀山線
- ② 区間 自) 名古屋市名東区猪高町  
至) 名古屋市中川区富田町
- ③ 規格 第2種1級
- ④ 設計速度 60km/h
- ⑤ 設計荷重 TL-20, TT-43
- ⑥ 車線数 4車線
- ⑦ 幅員 (1.25+2@3.5+0.75) m×2

## 2. 形式選定

橋梁形式は、橋脚高が高く交差道路、鉄道等が比較的多

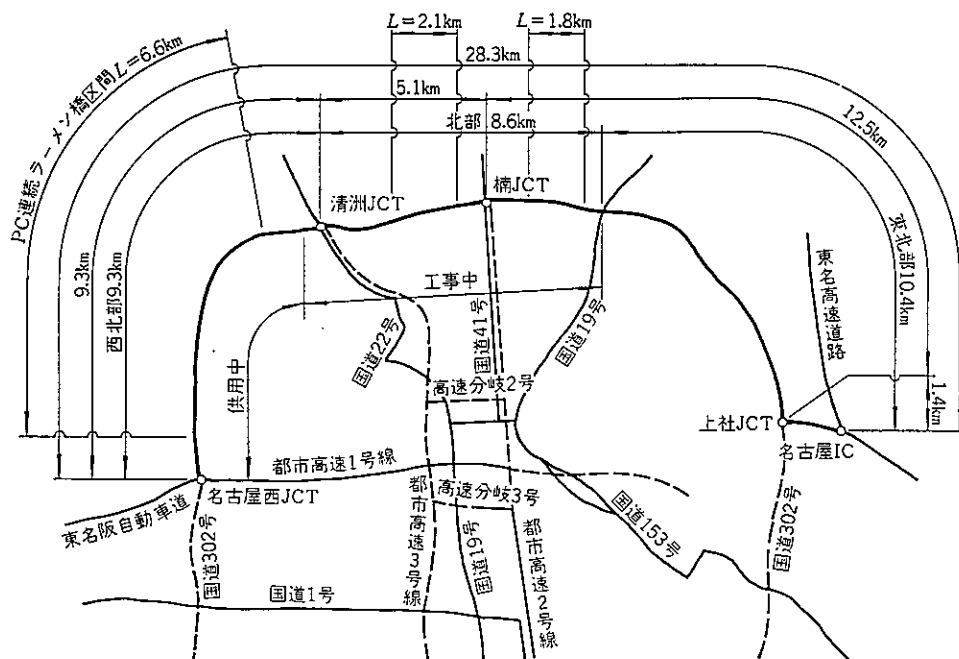


図-1 名古屋環状2号線の路線図

\* 日本道路公団 名古屋建設局 名古屋工事事務所 工務課長  
\*\* " " " " 構造技術課長代理

\*\*\* 日本道路公団 名古屋建設局 企画調査課

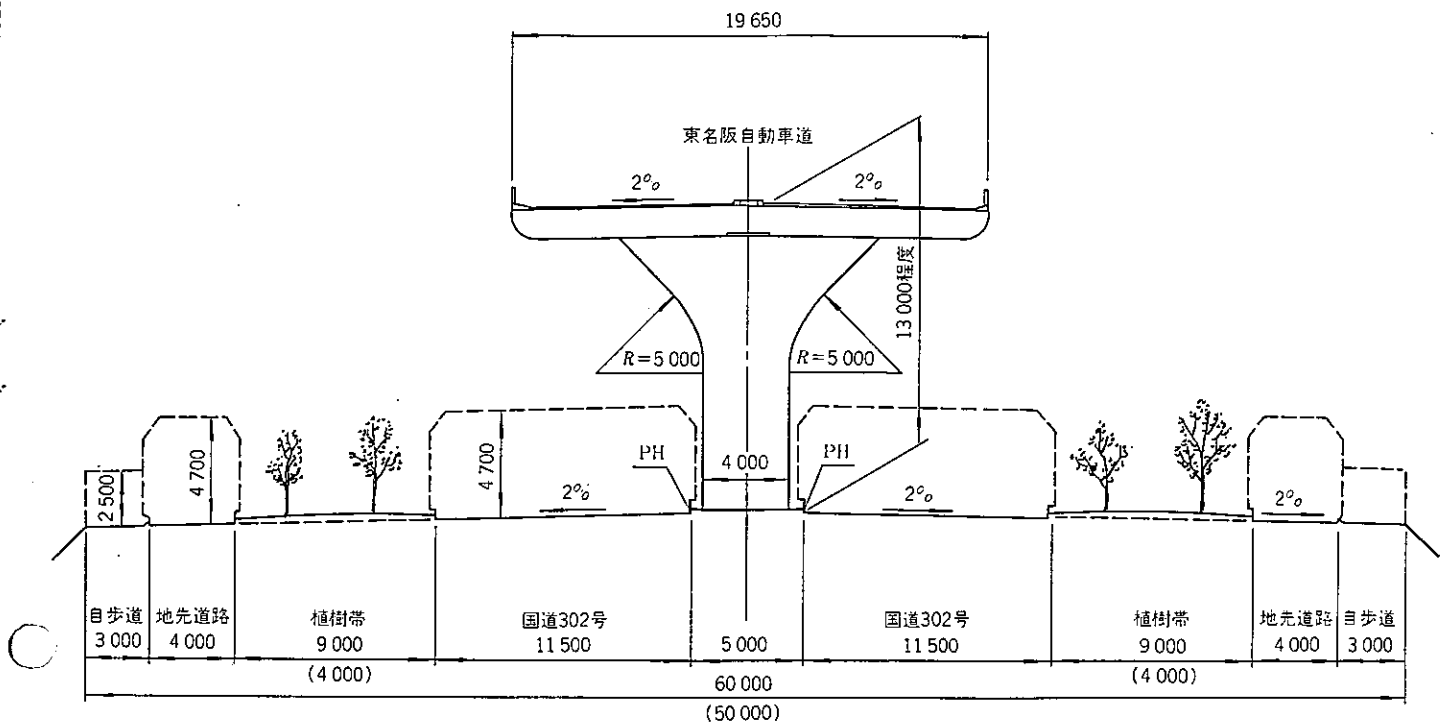


図-2 標準断面図

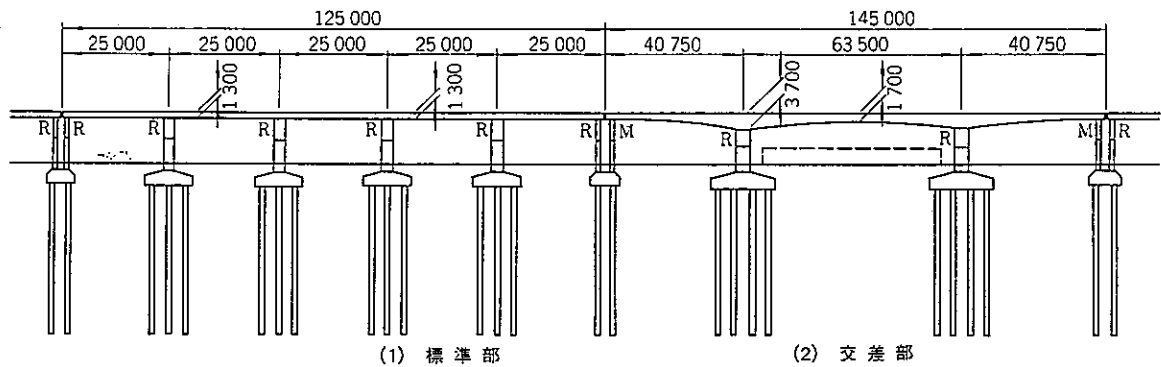


図-3 PC ラーメン橋の一般図

いこと、および短区間で幅員変化が大きいことから名古屋西および清洲ジャンクション部分は鋼橋としたが、中間区間6.6kmは下記の理由によりPC連続ラーメン橋とした。このうち、道路等との交差部は支間長が約40~60mとなるためPC3径間連続箱桁ラーメン橋で、標準部は支間長約25~30mのPC3~5径間連続中空床版ラーメン橋である。中空床版ラーメン橋については、経済性の面から3径間連続を基本とした。

ラーメン橋の特長は以下のとおりである。

- ① 不静定次数が高く耐震性に優れる。
- ② 支承を有さないためメンテナンスフリーの構造系である。
- ③ 上下部一体構造にすることにより橋脚の梁が不要となり、桁下空間がスッキリする。
- ④ 上下線一体構造にすることにより図-2に示すような橋脚を一般国道302号の中央分離帯に設置する1本柱構造に対応できる。
- ⑤ 支障物件を避けうる径間長20m以上の形式において経済的である。
- ⑥ 景観的に優れている。

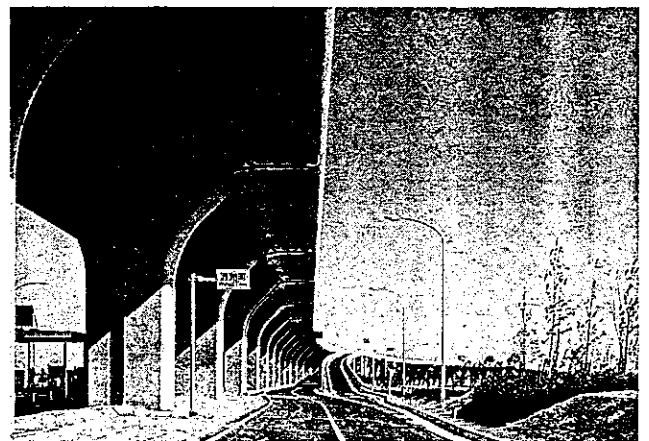


写真-1 完成したPC連続ラーメン橋

- ⑦ 同一形式を採用することにより連続性が保たれ、設計施工面でも有利となる。
- 計画上の特色は以下のとおりである。
- ① 中空床版ラーメン橋は全橋脚上下部工を剛結構造とすることにより、地震時水平力の分散を図るとともに、メンテナンスフリーの観点から沓をなくした。

箱桁ラーメン橋は中間橋脚2脚を剛結としたが、端支点については温度および乾燥収縮による応力軽減のため可動柵（ゴム柵）を設けた。

- ② 中空床版ラーメン橋の掛違ひ橋脚は、温度および乾燥収縮を逃がすため2枚壁とするとともに、ジャッキスペース（1.5m）を壁間に確保した。
- ③ 中空床版主桁形状は、張出し部分をなくすとともに、床版側面に曲線（ $R=1.1m$ ）を用いた。また、床版下面センターにスリット（ $W=2m$ ,  $H=10cm$ ）を設けアクセントとした。
- ④ 箱桁主桁形状も前後の中空床版と連続性を確保するため、張出し部を有さない逆台形とし中空床版に桁高（中空床版桁高  $H=1.3m$ ）および形状を3次放物線ですりつけた。
- ⑤ 橋脚形状は、主桁形状との調和を図るため、バチ型（ $R=5m$ ）とするとともに、 $R=300mm$ の面取りを行った。

### 3. PC ラーメン橋の構造系としての検証

3径間連続中空床版ラーメン橋において、脚柱拘束力によるプレストレスの減少および脚柱変位を算出し、ラーメン構造の妥当性を検証した。

#### 3-1 拘束によるプレストレスの減少量

脚柱拘束力によるプレストレスの減少量は中間支間部（図-4 ケース1）で最大1.28%の減少であり、脚柱下端を固定（図-4 ケース2）としても最大1.84%の減少となる。通常の連続桁におけるクリープおよび乾燥収縮によるプレストレスの減少量15%程度を考慮すると量的に非常に小さいといえる。

#### 3-2 プレストレスによる脚柱変位量

プレストレスによる脚柱変位量は44ケーブル（12T12.4）の導入力によっても端橋脚で3.28mm、中間橋脚で1.14mmと極めて微小であり問題ないとする。

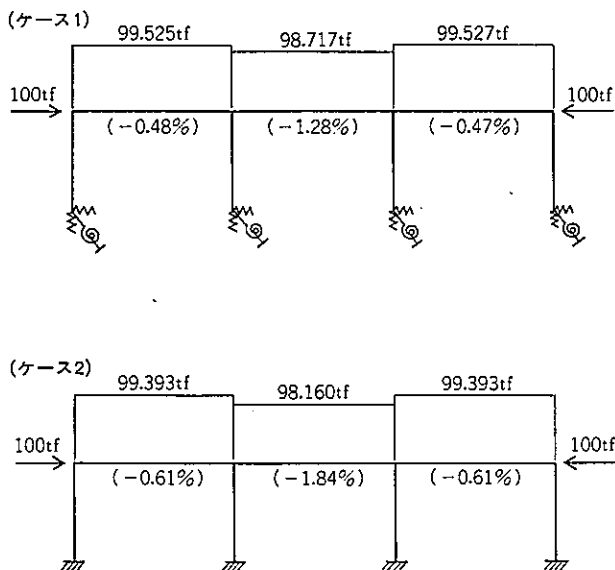


図-4 脚柱拘束力によるプレストレスの減少（中空床版ラーメン橋）

### 4. PC ラーメン橋の設計

PC ラーメン橋の解析手法は、平面骨組・平面格子・立体格子・平面 FEM・立体 FEM による解析結果を比較検討し、表-1 のとおり平面骨組および平面格子解析を組み合わせて断面力を算定することとした。

#### 4-1 平面骨組解析

- ① 平面骨組解析は立体格子解析に比較して表-2 に示すとおり、地震時脚柱下端橋軸方向曲げモーメントがラーメン中空床版橋については小さい値を示すので、平面骨組解析により算出された断面力を中間橋脚で15%、端部橋脚で5%の割増しを行った。

これはバチ型橋脚として主版との剛結を図ったが、橋脚天端と主版幅が異なっており、このような結剛状態を平面骨組において正確にモデル化することが不可能なためと考えられる。

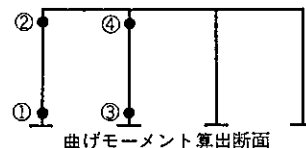
表-1 断面力の解析手法

着目点	解析法	PC中空床版ラーメン		PC箱桁ラーメン	
		平面骨組 (固定荷重)	平面格子 (影響線)	平面骨組 (固定荷重)	平面格子 (影響線)
主桁	死荷重	○		○	
	プレストレス2次応力	○		○	
	温度	○		○	
	活荷重		○		○
桁地	地震（軸方向）	○		○	
	地震（直角方向）	○		○	
	死荷重		○		○
	プレストレス2次応力				○
横桁	温度				○
	活荷重		○		○
	地震（軸方向）				○
	地震（直角方向）				○
脚柱	死荷重	○	○*1	○	○*1
	プレストレス2次応力	○		○	
	温度	○		○	
	活荷重	○	○*1	○	○*1
支点反力	地震（軸方向）	○		○	
	地震（直角方向）	○		○	
	死荷重			○	○*2
	プレストレス2次応力			○	

注) \*1 直角偏心モーメント

\*2 支承用

表-2 地震時曲げモーメント（中空床版ラーメン橋）



解析法	橋軸方向			橋軸直角方向		
	平面骨組 (tf·m)	立体格子 (tf·m)	平面骨組 立体格子	平面骨組 (tf·m)	立体格子 (tf·m)	平面骨組 立体格子
①	569.6	605.5	0.94	-2503.7	-2503.8	1.00
②	-639.6	-637.8	1.00	-18.8	-12.7	1.48
③	4825.8	5599.1	0.86	-7200.7	-7205.9	1.00
④	-3672.3	-2910.8	1.26	-23.7	-87.8	0.27

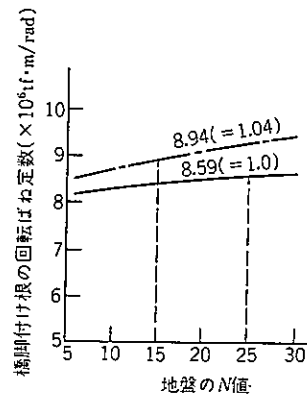
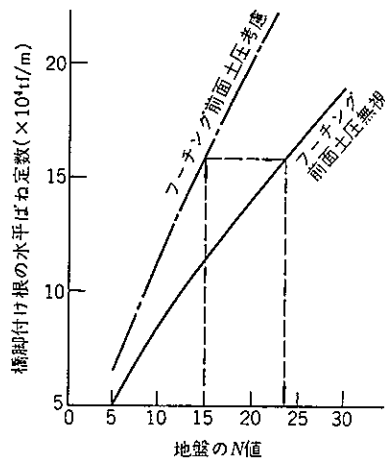
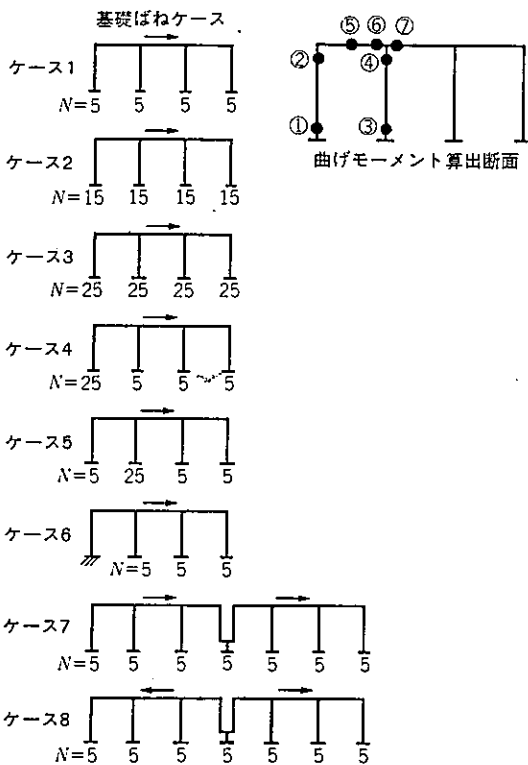


図-5 フーチング前面土圧の橋脚水平回転ばねへの影響(中間橋脚)  
表-3 平面骨組解析による曲げモーメント(中空床版ラーメン橋)



(a) 各ケースにおける曲げモーメント(tf-m)

ケース \ 断面	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦
1	809	- 932	4 413	-3 978	-340	-1 613	2 365
2	774	- 880	4 487	-3 992	-358	-1 596	2 396
3	782	- 860	4 550	-3 940	-356	-1 572	2 368
4	1 069	-1 188	4 278	-3 941	-253	-1 695	2 247
5	702	- 842	5 564	-4 577	-541	-1 924	2 653
6	1 396	-1 366	4 154	-3 881	-187	-1 740	2 140
7	776	- 836	4 436	-3 702	-372	-1 498	2 149
8	1 387	-1 363	4 157	-3 883	-189	-1 740	2 142

(b) 曲げモーメント比率

ケース \ 断面	①	②	③	④
ケース 1 / ケース 2	1.05	1.06	0.98	1.00
ケース 3 / ケース 2	1.01	0.98	1.01	0.99
ケース 4 / ケース 2	1.38	1.35	0.95	0.99
ケース 5 / ケース 2	0.91	0.96	1.24	1.15
ケース 6 / ケース 1	1.73	1.47	0.94	0.98

② 基礎のばねが全体系にも影響を与えるラーメン構造のため、ばね支持で解析を行った。ラーメン構造においては地盤ばねを小さく仮定することが各部材にとって必ずしも安全側の設計とはなりえないため、地盤ばねに幅を設定し設計した。

平均  $N$  値は15とし、最小  $N$  値は地盤のバラツキと流動化を考慮して5と設定した。また最大  $N$  値については、フーチングが一般国道302号の路面下に入るため土かぶりが1.5mと大きいこと、路床として地盤改良が加えられることを考慮し、道路橋示方書IV8.5.2(2)『特殊な条件におけるくい設計』の手法で検討した。フーチング前面土圧の影響を考慮すると図-5に示すとおり、基礎杭のばねのみを考慮した場合の  $N=25$  に相当することがわかった。

なお現地において橋脚の水平載荷試験を行い前面土圧の影響についても検証した。

③ 中間および端部橋脚でフーチング形状が異なり前面土圧によるばねが異なること、地盤は必ずしも均一でないこと、一般国道302号の計画に影響を受けることより各脚のばねを変化させ検討した結果を表-3に示す。ケース2を基本ケースとして解析し、危険側になる箇所については断面力を比率で割り増すことにより対応した。

④ 端部掛違い橋脚(2枚壁)については、掛違い橋脚のばねの1/2とした(表-3ケース1, 7より)。

逆位相の場合は固定でモデル化した(表-3ケース6, 8より)。

#### 4-2 平面格子解析

① 橋軸直角方向に上部工が偏心する場合は、平面格子解析の反力による偏心モーメントを脚柱の直角方向作用力に加えた。橋軸方向については2軸曲げで考慮した。



- ② PC中空床版ラーメンは脚柱のモデル化を下記のとおりとした。鉛直・回転ばねとも脚柱のみのばねを考慮し格子解析の支持点で等分した。なお、ばね支持する範囲の横桁剛度は無限大とした。
- ③ PC箱桁ラーメンについては、両端支点を単純支持とし、中間橋脚は橋軸方向・橋軸直角方向について各々の曲げ剛性のみを持つ2要素に分解して考慮した。

## 5. 細部計画

当初に述べたように本区間は街路上の高架橋でありメンテナンスフリーとするため、下記のような対策も行った。

### 5-1 排水管

平野部であり縦断勾配が基本的には0.3%と小さいため、橋面排水については路肩部の舗装厚を図-6に示すように変化させて排水断面を確保し、各橋脚位置の排水柵まで導いた。これにより橋軸方向への排水管を撤去することができた。

### 5-2 伸縮継手

伸縮継手には鋼製フィンガージョイントを採用した。なお弾性シール材を充填した非排水タイプとし、将来弾性シール材の補修を考慮し、車線ごとにフェイスプレートを取り外せる構造とした。

### 5-3 支 承

PC箱桁ラーメン橋の端部支承については耐久性・防食性に優れたステンレス板を用いた積層型ゴム沓を採用した。

## 6. PC ラーメン橋の施工

本工事区間は木曾川・長良川・揖斐川およびその支川によって形成された濃尾平野の南部低地帯であり、標高もTP-1~+5 m程度である。地層は第三紀鮮新世の砂礫・砂・シルトを主体とする矢田川累層を基盤とし、第四紀更新世の洪積層、第四紀完新世の沖積層からなっている。矢田川累層は南西に向かって緩傾斜の単斜構造を呈している。洪積層は、下位より唐山層・八事層・熱田層・第一礫層の層順で分布し、N値30~50程度の熱田層または第一礫層を基礎杭の支持層とした。

### 6-1 基礎杭の施工

基礎杭は長さ30m前後の場所打ち鉄筋コンクリート杭とし、主としてベント工法によって施工した。一部沿線の土地利用状況を勘案し、リバース工法も採用した。杭施工

による騒音・振動の防止については施工時間帯の制限を行うなど十分配慮した。また、現場周辺には多くの農業用水路もあるので、杭施工により発生する強アルカリの汚泥は、スラッジタンクに貯留沈殿させ産業廃棄物として専門処理を行った。なお上澄水はpH濃度を調整処理した。

### 6-2 構造物掘削の施工

全線にわたり平坦で、地盤は地表よりシルト質粘土・細砂層で構成されており、地下水位も常時GL-0.2~2.0 m付近に分布している。フーチングの施工基面はGL-3.0~5.0 m付近であり、細砂層に位置している。細砂層はN値も10以下と比較的低く均等係数も1~5の範囲の単粒砂から成っている。掘削面付近の透水係数は $1 \times 10^{-2} \sim 1 \times 10^{-3} \text{ cm/sec}$ 程度であり、本線工事に先立って現地において試験掘削を実施したが法勾配1:0.8および1:1においてもシルト層と細砂層の境界付近より100~600 l/minの湧水が生じ、パイピングにより法面の安定が得られなかった。トレンチシートによる止水も試行したが湧水は止められないため、施工可能な工法を検討し、経済性と施工実績が付近で多いことからウエルポイント工法を採用した。

ウエルポイント工法を採用したことで、工事工程の順調な進捗をみたほか、掘削法面の安定、掘削作業の安全性に大きく役立った。ウエルポイント工法の施工上の問題点として、

- ① 強制排水した冷水が稲作に与える影響
- ② 田圃の用水枯渇、周辺地盤の沈下

が当初より予想されたが、前者については、稲作時期は独自の水路で最寄りの河川へ排水した。また後者についても水位観測を常時行って施工したが、一部の田圃の用水が枯れ水中ポンプによって用水を補給する必要も生じたが、大きな被害とはならず完了することができた。

本区間は連続高架橋であり、土工区間が皆無のため構造物掘削と基礎杭掘削土の残土処理が問題となった。沿線は低湿地が多く内水排除にも苦労している土地柄のため、容易に埋土する土地がないため、近隣行政における公共事業と調整を図り土捨て場を確保した。今後とも都市近郊における工事では残土処理が非常に大きなウエイトを占める課題である。本工事においては関係諸機関のご協力が得られたため、無事第9次五カ年計画内供用が達成できたと言える。

### 6-3 躯体の施工

フーチングおよび橋脚で一時に多量のコンクリートを打設せざるを得ないため、複数の生コンプラントからコンクリートを搬入した。については、極力均質な品質のコンクリートが得られるようセメント・骨材の材料を合わせるなど調整を図った。

型枠は、橋梁設計当初から橋脚形状をほぼ統一したため、型枠・支保工材および労務員の効率的な転用が行えた。

### 6-4 上部工の施工

上部工の施工は、すべてステーキングによる場所打ち工法を採用し、道路交差点部・鉄道線路上も梁式支保工により開口部を設けて施工した。

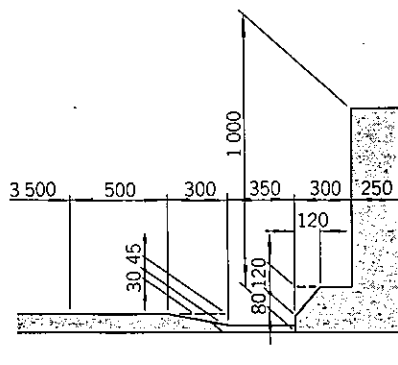


図-6 路肩部の詳細

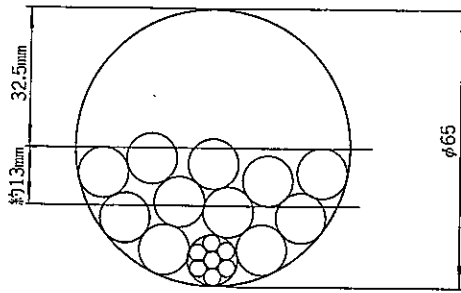


図-7 シース内の偏心量(12T12.4mmケーブル)

以上、上部工工事が完了するまでには、下部工工事に着手してからわずか2年弱の歳月が流れたのみであった。

### 6-5 PC鋼材の緊張

#### 1) シース配置

シース配置の軸線は通常設計において緊張材と同一として設計・施工されている。しかし現実にはシースの内空断面には余裕があるため、図-7に示すように曲線配置部において緊張材はシースの軸心より偏心する。本橋の場合、検討の結果、設計上の桁中立軸からの偏心量が10mm以上減少することとなる。このことは、設計計算上と合致しなくなるため、図-8のシース配置を行った。長所を以下に示す。

- ① 設計偏心量を正確に確保できる。
- ② PC鋼材の角変化 $\alpha$ が正確に再現できる。
- ③ ジャッキとPC鋼材の軸線が合うため、マノメータ示度が正確になる。
- ④ グラウト材のブリージングから緊張材を遠ざけることができる。
- ⑤ PC鋼材の長さ1mあたりの摩擦係数 $\lambda$ をより0に近づけられる。

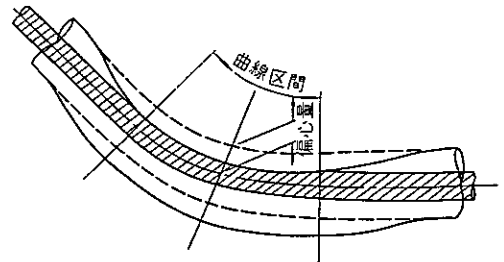


図-8 改良シースの配置

#### 2) 緊張管理

緊張管理において一番の問題点は、桁端における緊張力はジャッキのマノメータ示度により間接的とはいえ把握できるものの、桁内部任意断面の導入力の確認および人為的な制御は不可能な点にある。そのため設計計算においては、PC鋼材の角変化1 radあたりの摩擦係数 $\mu$ に幅をもたせて包括設計を行った。現場においては、当初設計で設定した摩擦係数の幅内にあることを伸び等により確認し定着することとした<sup>2)</sup>。

#### あとがき

東名阪自動車道は名古屋西JCT・清洲東ICの既供用区間に引き続き、一般国道19号タッチまでの区間が全面下部工工事中である。昭和63年度中には上部工工事も全面着手の予定であり、今後とも名古屋に新たな息吹を吹き込むべく工事を進めるつもりである。我々の構造物が名古屋市のメインゲートとして人々に愛され親しまれることを願ってやまない。

#### 【参考文献】

- 1) 井上, 吉岡, 前田: 連続ラーメン橋における水平バネの評価, 土と基礎, 投稿中
- 2) 安井: プレストレス導入における摩擦係数の再検討, プレストレストコンクリート, Vol.30 (昭63.3)

技術専門書から楽しい読み物まで、建設図書は25年の信頼と誇りをもって皆さまにお届けいたします。

時代のトレンドに流されず乗り遅れず——  
イグゼクティブな橋梁技術者ならいつもそばに建設図書の本。

## 建設図書の単行本

**だれが  
タコマを  
墜としたか**

川田 忠樹 著  
A 5判 236ページ  
定価2,500円 (送料300円)

853m, 世界第3位の径間長を誇ったタコマ・ナロウズ橋は、供用後わずか4ヵ月で死のダイビングを演じてしまった…。いったいなぜ!? 専門家以外にも楽しめる話題の書。

**ボーモンの卵**

—テイ橋落橋  
事件の真相—

川田 忠樹 著  
新書判 144ページ  
定価800円 (送料250円)

1,000mもの鉄橋が列車もろとも一瞬にして吹っ飛んだ! 「タコマ」に続く「橋梁読み物第2弾」。ポケットにすばっと入る新書サイズ、通勤の電車では是非ご一読を。同時収録: セバーン橋の栄光と悲劇他1編

**歴史と  
伝説に  
みる橋**

W.J. Watson, S.R. Watson 著  
川田貞子訳 川田忠樹監訳  
A 5判 272ページ  
定価2,000円 (送料300円)

ふんだんに盛り込まれたエピソードや詩を通して、橋と人とのさまざまなかかわりを描く、さし絵も楽しい一冊。  
目次の一例: 虹の橋、橋上のパレード他