

## 張出し施工されるリブ付き床版橋の設計と施工

—東名高速道路（改築）新鍛冶屋敷橋工事—

関尾阿大角  
島部塚谷  
孝和一  
幸之雄務<sup>††</sup>

表—1 主要工事数量

項目	単位	種別	上部工	下部工	小計	合計
コンクリート	m <sup>3</sup>	$\sigma_{ck}=240 \text{ kg/cm}^2$	237	1716	1953	6477
		$\sigma_{ck}=300 \text{ kg/cm}^2$	—	950	950	
		$\sigma_{ck}=400 \text{ kg/cm}^2$	3574	—	3574	
鉄筋	t	SD30B	—	500	500	1152
		SD35	652	—	652	
PC鋼材	t	SBPR 80/105 $\phi$ 32mm	292	—	292	333
		SBPR 95/120 $\phi$ 32mm	22	—	22	
		SWPR 1 12 $\phi$ 7	19	—	19	

## 1. まえがき

新鍛冶屋敷橋は、東名改築事業の一環として大井松田 IC、御殿場 IC 間に建設される橋長 264 m の PC 3 径間連続ラーメン箱桁橋であり、現東名高速道路上を横過している。

2 基の橋脚のうち 1 基は現道上り線・下り線の間に位置し、その間隔が制約されているため 3 車線道路橋としては比較的にスレンダーな橋脚

形状が要求された。このため、補強リブ付き RC 床版形式を用いた 1 室箱桁断面を採用し上部構造自重の軽減を図った。また本橋の施工は現東名上での張出し施工となるため、上部工施工に先立ち、現道上に仮設屋根の設置等高速車輛に対する万全な安全対策を実施した。

本論文では、上記テーマに的を絞ってその設計と施工につき概要を述べる。

## 2. 工事概要

工事名：東名高速道路（改築）新鍛冶屋敷橋工事

工事場所：神奈川県足柄上郡山北町

工期：昭和 62 年 3 月～平成 2 年 2 月

橋種：プレストレストコンクリート道路橋  
(補強リブ付き RC 床版)

橋格：1 種 2 級 A (1 等橋 TL-20, TT-43)

構造形式：PC 3 径間連続ラーメン橋

橋長：264 m

\* Kiyoshi SEKI：鹿島建設（株）・（株）銭高組共同企業体  
所長

\*\* Takayuki OJIMA：鹿島建設（株）・（株）銭高組共同企業体副所長

\*\*\* Kazuyuki ABE：鹿島建設（株）・（株）銭高組共同企業体主任技術者

† Kazuo OTSUKA：鹿島建設（株）土木設計本部設計主任技術者

†† Tsutomu KADOTANI：日本道路公団 東京第一建設局 松田工事事務所構造工事長（現：本社技術部構造技術課 課長代理）

支間割：79.2 m + 104 m + 79.2 m

有効幅員：14.5 m

平面線形：最小曲線半径  $R=5000 \text{ m}$

縦断線形：最急縦断勾配 0.3%

発注者：日本道路公団東京第一建設局

施工者：鹿島建設（株）・（株）銭高組共同企業体

主要工事数量：表—1 に示す

## 3. 補強リブ付き床版構造の概要

## 3.1 補強リブ付き床版構造形式の採用

P<sub>1</sub> 橋脚位置は、現東名高速道路が約 13 m で上下線がセパレートしている極めて狭い場所であるため、施工余裕幅を考慮すると橋脚幅は最大 7 m に制限された。本橋のように 3 車線を有する橋梁の主桁断面形状は、一般的に道路橋示方書を適用して 2 室箱桁断面とするが、上部工を軽量化して下部工に対する負担を軽減する目的から、図—2 に示すように、主桁断面の下床版幅を橋脚幅に合わせた 1 室の逆台形箱桁断面を採用することとした。

## 3.2 補強リブ付き床版構造の基本概念

通常の PC 橋で床版を PC 構造とする場合でも、床版支間（ウェブ間隔）は道路橋示方書を適用した場合には 6 m が限度であり、これと張出し床版長と合わせた全幅員は 1 室箱桁橋の場合 12 m 程度が限度とされている。これ以上の広幅員の橋では、従来ウェブ本数・室数の増加で対処していた（図—3 参照）。

◇工事報告◇

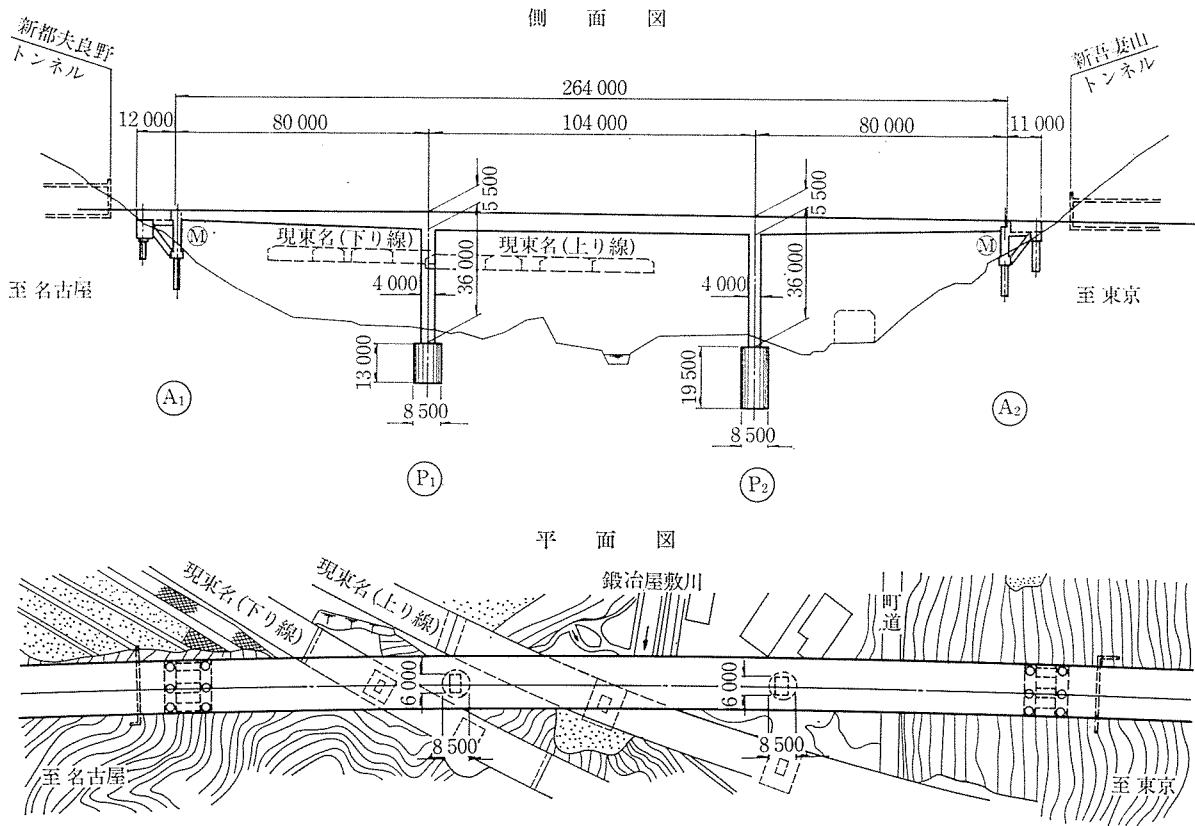


図-1 全体一般図

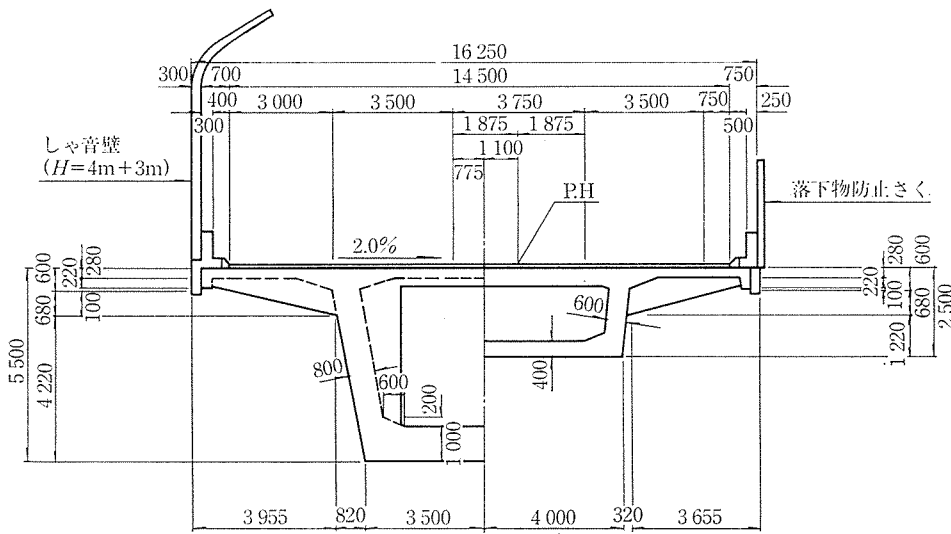


図-2 主桁断面図

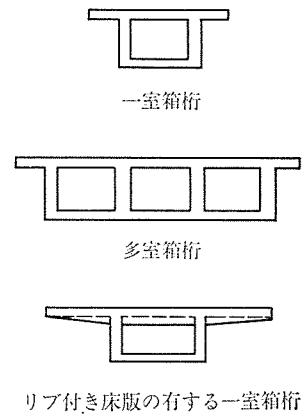


図-3 各種主桁断面

欧米の広幅員橋ではリブ付き床版橋の施工実績が多くあるが、近年我が国においても自重およびPC鋼材量の軽減を目的としてリブ付き床版形式が採用されるケースが増えている。

新鍛冶屋敷橋のリブ付き床版構造の詳細は図-4に示すとおりである。従来の箱桁橋の床版はウェブで支持される連続版で、床版応力を主として橋軸直角方向で負担する構造となっている。これに対してリブ付き床版構造では、橋軸方向に等間隔にリブを配置することによ

り、床版応力を橋軸方向と橋軸直角方向の2方向で分担できるという特徴があり、その分だけ従来よりウェブ間隔を広くでき、床版厚を小さくできる。また張出し床版先端部に橋軸方向のリブ(縦リブ)を設けることにより張出し床版長をより大きくできる。

本橋の例では16.25mの全幅員に対し、従来では2室箱桁断面となるが、リブを設けることによって1室箱桁断面が可能となった。

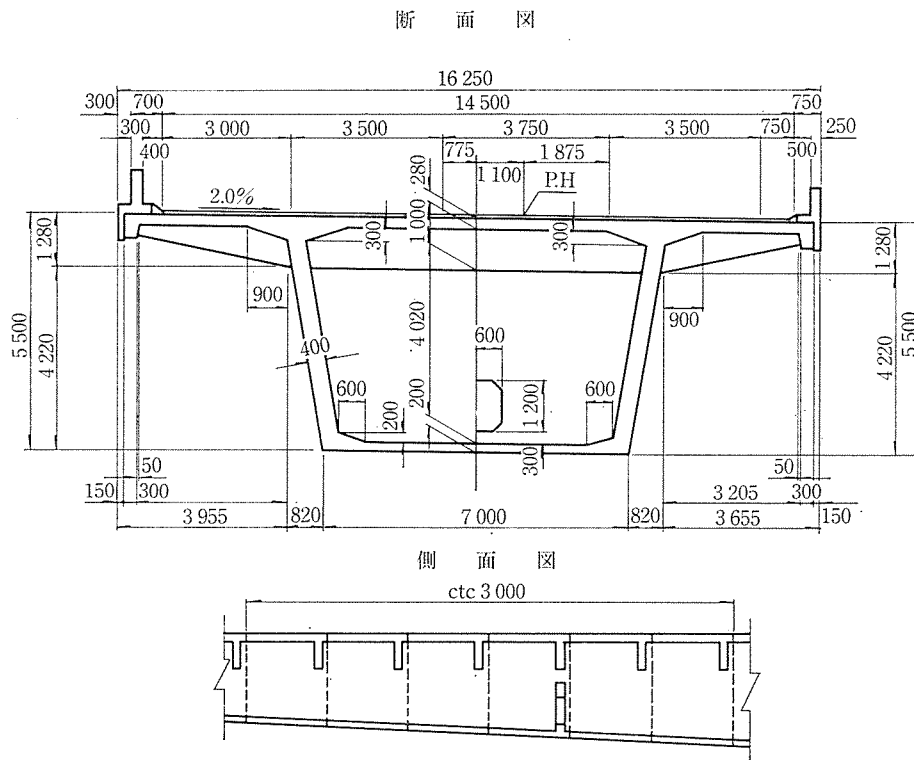


図-4 リブ付き床版構造詳細図

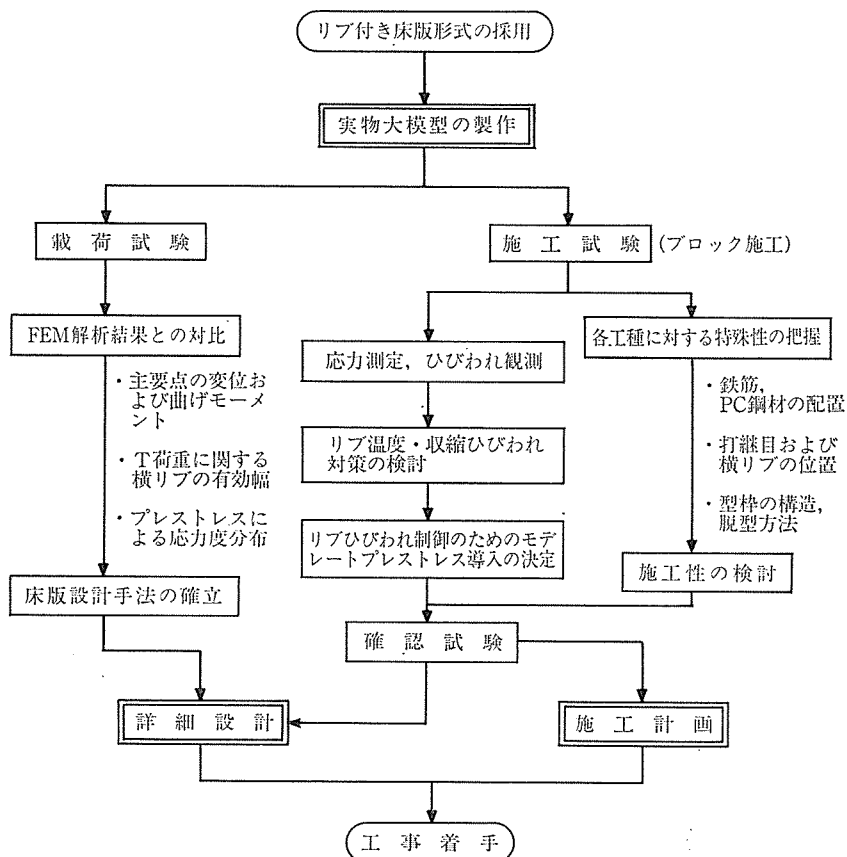


図-5 事前検討フロー

## 4. 実物大模型実験

### 4.1 実験の目的

先にも述べたように、リブ付き床版構造は道路橋示方書の適用外であり、その設計法は我が国では確立されていないこと、およびリブによって拘束された上床版やリブ本体はコンクリート打設に伴う温度や乾燥収縮により、複雑な応力状態となることが予想されたこと等から、実物大模型実験を行うこととした。この実験では、リブ付き床版の実物大模型を実際の施工条件に近い形で製作し、施工性試験・載荷試験を実施し、図-5のフローでその成果を実橋の詳細設計・施工計画に反映することとした。

### 4.2 施工性試験

図-6に供試体の一般図を示すが、まず①～③ブロックを製作し、以下の項目に着目し施工性を検討し、実橋の施工に反映した。

- 1) リブ部の配筋、型枠構造、型枠の脱型方法
- 2) コンクリートの打設、締固め方法
- 3) リブの位置

本試験ではリブに相当量のひびわれの発生が認められた。このひびわれは、打ち継いだ新しいブロックの打継目付近のリブに発生しており、垂直方向等間隔で断面を貫通していた。脱型時にはヘアークラック程度であった

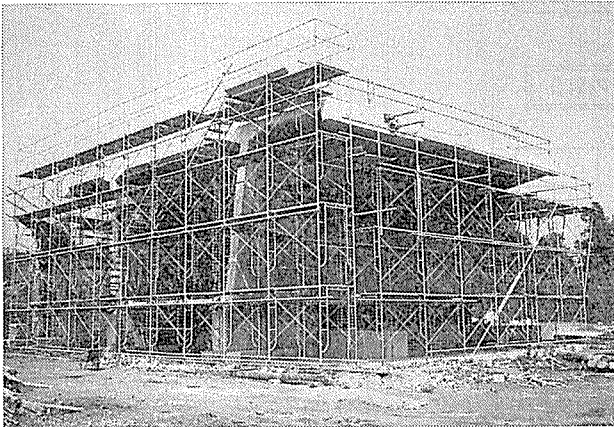


写真-1 供試体の外観

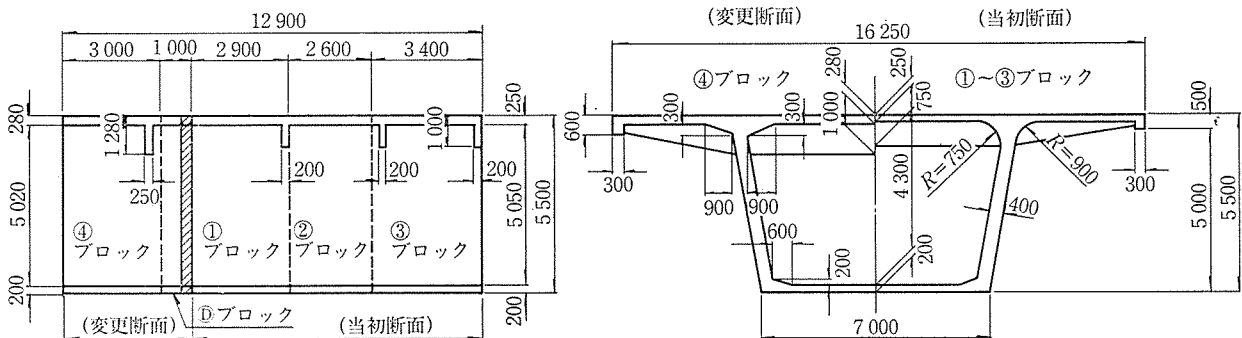


図-6 供試体一般図

ものが、打設後 20 日後位から顕著となり、最終的には最大 0.2 mm 程度のひびわれ幅に達した。この原因としては、コンクリート打設時の温度応力や乾燥収縮の影響と考えられた。これによるひびわれを制御する目的で、リブには若材令時にプレストレスを導入（モデレートプレストレスング）することとした。プレストレス量は、ひびわれ観測結果から  $15 \text{ kg/cm}^2$  とし、これに見合う PC 鋼線 (SWPR 1 12  $\phi$  7) を 4 本軸力配置した。

以上の対策を検討した後、新たに ④ ブロックを施工し、この効果の確認試験を実施した。この結果ひびわれ数および規模が大幅に減少し、対策の効果が確認できた。なお ④ ブロックは設計的なリブの基本構造の見直しをも行っているため、①～③ ブロックとは構造を若干変更した。

### 4.3 載荷試験

載荷試験は T 荷重を想定し、床版に 1 点集中荷重を載荷し、床版応力および横リブフランジの有効幅に着目することとした。実験結果と FEM 解析の比較検討を行い、両者はよく整合性がとれており、FEM 解析による値は応力の実態をよく表わしていることがわかった。

## 5. 設計

### 5.1 設計法

リブ付き床版構造の簡易的設計法としては上床版をウェブとリブで固定された四辺固定版とし設計することも考えられるが、リブはウェブに対して剛度がかなり小さいため、この方法では、リブの沈下の影響を評価できない。したがって設計では、図-8に示す部分モデルによる立体 FEM 解析を実施し、この影響を把握して上床版の設計を行うことを基本とすることとした。このほかに平版理論および道路橋示方書によっても照査し補強量決定の際の参考値とした。

### 5.2 基本構造

リブ付き床版の基本構造は以下の条件により決定した。

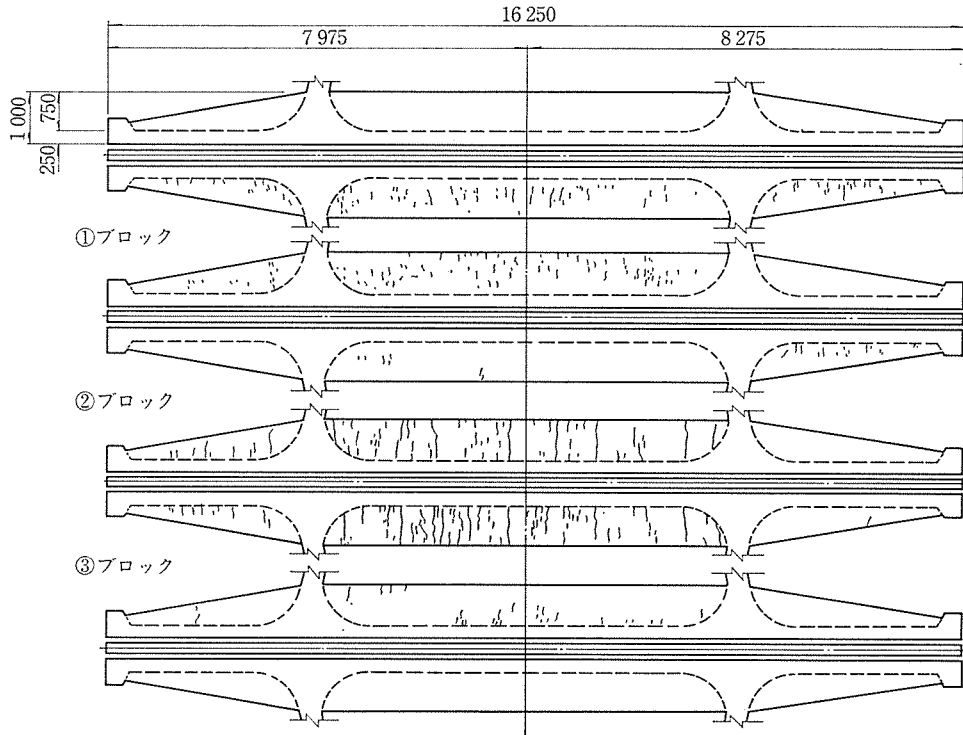


図-7 横リブのひびわれ状況

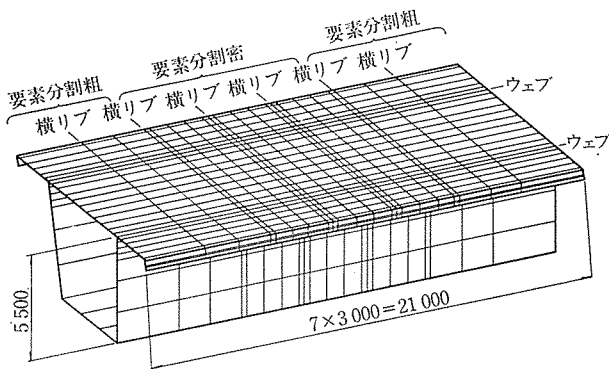


図-8 立体 FEM 解析モデル

- 1) 上床版厚は道路橋示方書の鉄筋コンクリート床版の最小厚を守るものとし 28 cm とした。
- 2) リブ間隔は 1 施工ブロック (3 m) ごととし、リブ位置は以下の理由からブロック後方で既設ブロックから 20 cm の位置とした。
  - ① 1 ブロックごとに型枠の組ばらしをしなくて済み、施工性に優れている。
  - ② リブを他の位置に設けた場合、床版にひびわれが発生する可能性がある。
  - ③ 床版の曲げモーメントが厳しい所で打継目を設けることは好ましくない。
- 3) リブ高は床版に生ずる正の曲げがリブの沈下により卓越しないような剛度を確保するため 1 m とした。
- 4) 横リブ厚はひびわれ制御用 PC 鋼材の配置上 25

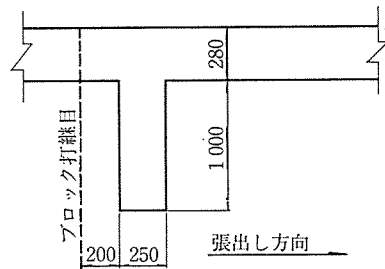


図-9 横リブ断面図

cm とした。

### 5.3 設計方針

主な設計方針は以下のとおりであった。

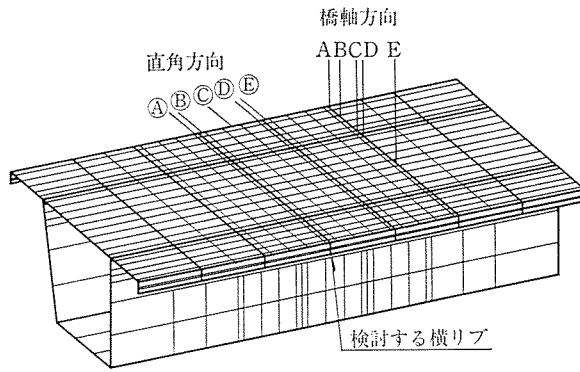
- 1) 立体 FEM 解析により設計することを基本とし、道路橋示方書および平版理論によっても検討する。
- 2) 道路橋示方書の床版の設計曲げモーメントは理論値に対して、10~20% の余裕量を見込んでおり、FEM 解析により床版を設計する場合には、これを考慮して応力度に余裕をもたせる。
- 3) RC 床版の健全度を確保するため上床版の鉄筋ピッチは 125 mm とする。
- 4) ウェブおよび下床版は通常の箱桁橋と同様にボックスラーメンとして設計する。

### 5.4 設計結果

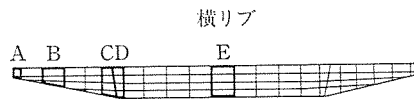
#### 5.4.1 FEM 解析結果

上床版・リブともに部分モデルによる立体 FEM 解析により設計することを基本としたが、これは基本設計

	検 討 位 置
上 床 版 橋軸方向	A 張出し床版 先端部
	B 張出し床版 中央部
	C 張出し床版 付け根
	D ボックス部 付け根
	E ボックス部 中央部
上 床 版 直角方向	Ⓐ リブ付近
	Ⓑ リブ付近
	Ⓒ リブ間
	Ⓓ リブ付近
	Ⓔ リブ付近
	検 討 位 置
横 リ ブ	A 張出し床版 先端部
	B 張出し床版 中央部
	C 張出し床版 付け根
	D ボックス部 付け根
	E ボックス部 中央部



(a) 床版



(b) リブ

図-10 FEM 解析検討断面

表-2 全断面有効時応力度

床版応力

橋軸方向引張応力度 リブ間断面 (◎)		A~E, ①~⑮ は 図-10 (a) に対応 (t/m <sup>2</sup> , 圧縮正)									
設 計 断 面	A		B		C		D		E		
	上 縁	下 縁	上 縁	下 縁	上 縁	下 縁	上 縁	下 縁	上 縁	下 縁	
最大引張応力	-	-114	-76	-153	-47	-	-46	-3	-	-283	
(荷重ケース)	圧縮	(12)	(3)	(23)	(13)	圧縮	(13)	(12)	圧縮	(12)	
橋軸直角方向引張応力度 リブ間断面 (◎)		(t/m <sup>2</sup> , 圧縮正)									
設 計 断 面	A		B		C		D		E		
	上 縁	下 縁	上 縁	下 縁	上 縁	下 縁	上 縁	下 縁	上 縁	下 縁	
最大引張応力	-480	-473	-280	-82	-284	-	-279	-	-81	-164	
(荷重ケース)	(3)	(2)	(3)	(2)	(15)	圧縮	(15)	圧縮	(13)	(13)	
荷重ケース		① $D-D_0+D_1$ ⑤ $④+T$ ⑨ $④+T-W/2$ ⑬ $⑩-W/2$ ② $D+W$ ⑥ $④+W/2$ ⑩ $D+L_{min}$ ⑭ $⑩+T+W/2$ ③ $D-W$ ⑦ $④-W/2$ ⑪ $⑩+T$ ⑮ $⑩+T-W/2$ ④ $D+L_{max}$ ⑧ $④+T+W/2$ ⑫ $⑩+W/2$									

リブ応力

リブ引張応力度		A~E は 図-10 (b) に対応 (t/m <sup>2</sup> , 圧縮正)									
設 計 断 面	A		B		C		D		E		
	上 縁	下 縁	上 縁	下 縁	上 縁	下 縁	上 縁	下 縁	上 縁	下 縁	
最大引張応力	-484	-569	-290	-220	-232	-	-234	-105	-90	-486	
(荷重ケース)	(3)	(2)	(3)	(2)	(15)	圧縮	(15)	(2)	(15)	(12)	
荷重ケースは床版のケースと同じ											

モデルによる FEM 解析結果と実物大模型載荷試験結果とがよく一致していたことから妥当であると判断した。

ただし、すでに述べたように、FEM 解析値から得られる上床版等の設計曲げモーメントはそのまま設計に用いるのではなく、道路橋示方書で見込まれている余裕量を考慮して補正した。

結果を図-10 に示す検討断面につき表-2 に応力度で示すが、上床版については RC 構造であるが、目標としていた全断面有効時の引張応力度が土木学会コンクリート標準示方書に規定されている設計曲げ強度以内におさめるという条件を満足していた。

5.4.2 各種設計法との比較

FEM 解析, 平板理論, 道路橋示方書で求まる上床版

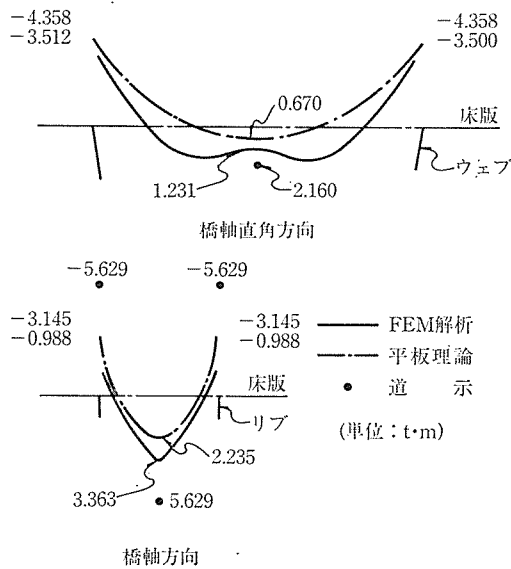
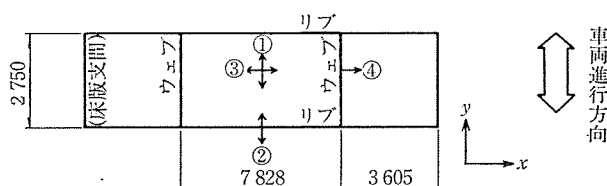


図-11 活荷重による曲げモーメント図

表-3 上床版配置鉄筋量の決定

		橋軸方向 下側引張	橋軸方向 上側引張	直角方向 下側引張	直角方向 上側引張
		①	②	③	④
FEM 解析	曲げモーメント (t·m)	3.727	-1.565	2.098	-11.368
	必要配置鉄筋量 (cm <sup>2</sup> )	D 19 ctc 125 22.92	D 13 ctc 125 10.14	D 13 ctc 125 10.14	D 19 ctc 125 22.92
	応力度 $\sigma_s$ (*) (kg/cm <sup>2</sup> )	843	808	949	1 019
配置鉄筋量		D 19 ctc 125	D 16 ctc 125	D 16 ctc 125	D 19 ctc 125

(\*)  $\sigma_{sa} = 1 200 \text{ kg/cm}^2$



の活荷重による曲げモーメント（道路橋示方書の余裕量を考慮）の比較図を図-11 に示す。FEM 解析による値は、橋軸方向・直角方向の2方向で応力を負担するため道路橋示方書の値より小さくなっている。また平板理論と比較すると、リブの沈下の影響により正の曲げが大きめになっている。

5.4.3 上床版配置鉄筋量の決定

上床版各方向の曲げモーメント, 鉄筋応力度, 配置鉄筋量を表-3 に示す。橋軸方向上筋および直角方向下筋の必要鉄筋量は D 13 ctc 125 であったが、道路橋示方書鋼橋編 6.1.6 の規定に従い、断面内の圧縮側には引張側の鉄筋量の少なくとも 1/2 の鉄筋量を配置するものとし、床版の健全度を確保することとした。

6. 施 工

6.1 概 要

本橋は、先にも述べたように、現東名高速道路の上を斜めに横過し、張出し架設工法により架設される PC 3 径間連続ラーメン箱桁橋であるが、架設地点の立地条件から、現東名高速道路の基礎工に隣接しての大口径深礎杭の施工、現東名高速道路上り線と下り線がわずか 13 m の間隔でセパレートしている間に立ち上げる橋脚の施工、およびこの橋脚頭部に構築される柱頭部の施工、ワーゲンにより現東名を横過して張出しされる上部工の施工等、すべて現東名高速道路に近接、あるいは上空での工事であり、日本流通経済の大動脈である現東名の安全をいかに確保して工事を進めるかが最も重要な要素となった。

したがって工事に当たっては、安全設備には十分留意し、特に危険と考えられる箇所については二重の安全設備とした。

深礎杭は、NATM 工法により、ジャイアントブレイカーおよび発破工法を併用して施工したが、極力発破工法を少なくするよう考慮し、橋脚施工は、4 mm のスプリングメッシュで全面覆い、かつ現東名上に出る部分にはアサガオを設置した。型枠は大型パネルを採用し荷揚げ作業工程を極力少なくするように配慮した。

上部工の施工では、柱頭部は本線防護工を兼ねる大型のブラケット支保工を採用、張出し施工時は、現東名高速道路をシェルターで覆う本線防護工を計画採用した。また、中央連結の位置およびワーゲン解体の位置、時期について設計上からも考慮し、現東名に対する安全を確保した。

上部工は、3 車線を有する大幅員の橋梁であ

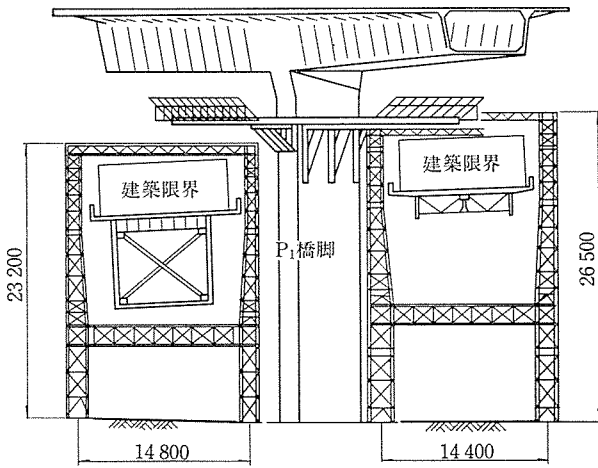


図-12 東名防護工概念図

るが、1室箱桁断面の補強リブ付き RC 床版で設計されており、この種の橋梁ではあまり実績がない。これらのことをふまえ、この節では、リブ付き床版の施工と、本線防護工について述べる。

### 6.2 リブ付き床版の施工

リブ付き床版橋の張出し架設では、通常の箱桁橋の場合と比較し、特に以下の点に特徴があった。

- 1) リブ位置が、施工ブロックの前方または後方に位置するかにより、施工性に大きく影響する。本橋ではワーゲン移動、型枠構造および組立、解体等を考慮してブロック後方に設置することとした。床版支間が長いこと、および張出しブロック先端にはリブが設置されていないので、従来のように既設ブロックから型枠を吊り下げると、上床版は施工時に過大な応力が生じるため、これをワーゲンから吊り下げる構造にワーゲン改造して対処した。
- 2) リブのひびわれ制御対策が必要であった (4.2 参照)。
- 3) リブ構造のため、張出し1ブロック当たりの施工サイクルは、一般的な張出し施工の標準サイクルと比べて 1.5 日～2 日程度余分に費やす結果となった。
- 4) 張出し架設に使用するワーゲンは、橋梁規模 (施工幅員、主桁数、桁高) により、標準化されたものを軽微な改造により使用するのが一般的であるが、本橋は 16.25 m と大幅員で1室箱桁の特殊な断面構成をしているため、標準型ワーゲンの大幅な改造を行った。

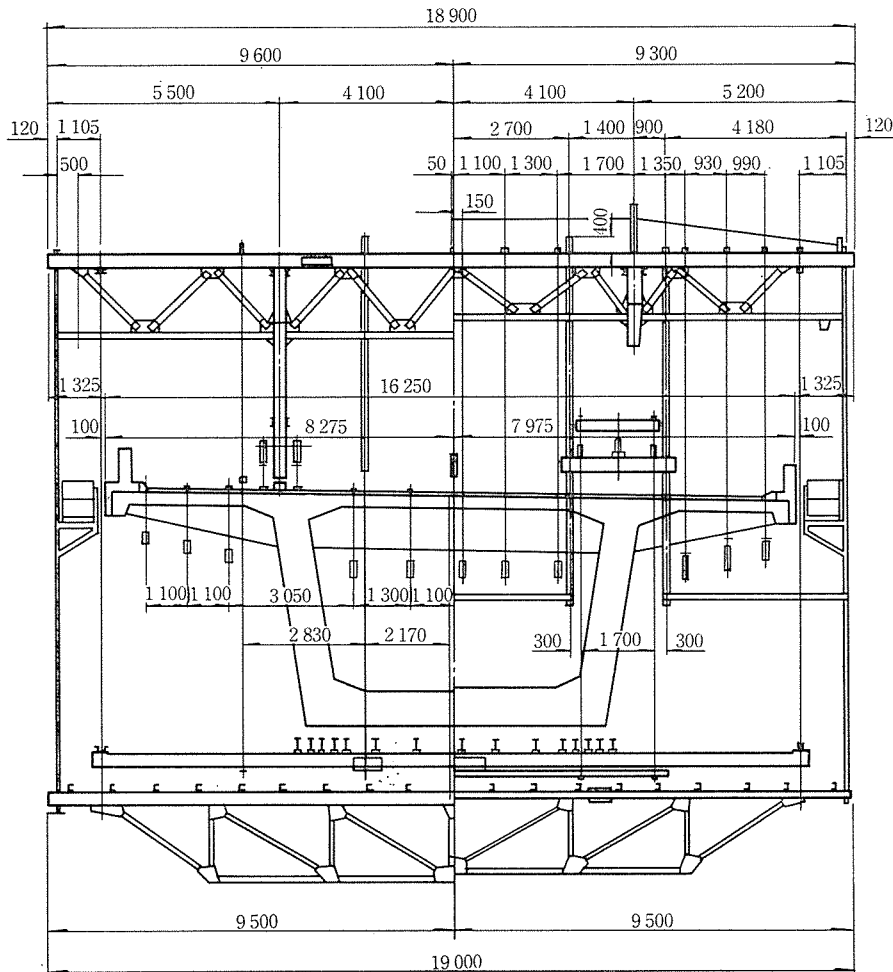


図-13 ワーゲン標準断面図



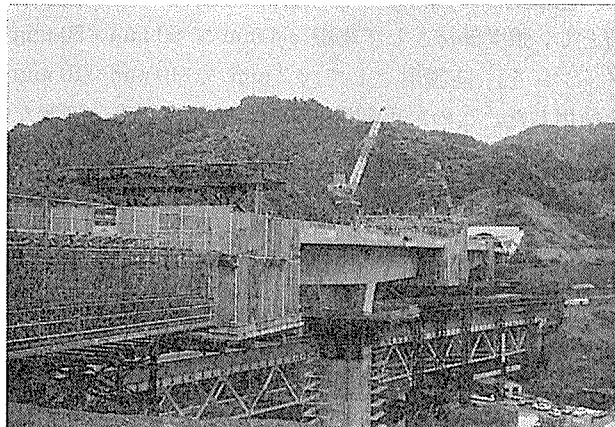
### 6.3 防護工

当桥梁の張出し施工に伴い、当初本線防護として、ワーゲンを覆うことにより対処することとし、現東名高速道路に特別な防護工を設置しない計画であったが、幹線

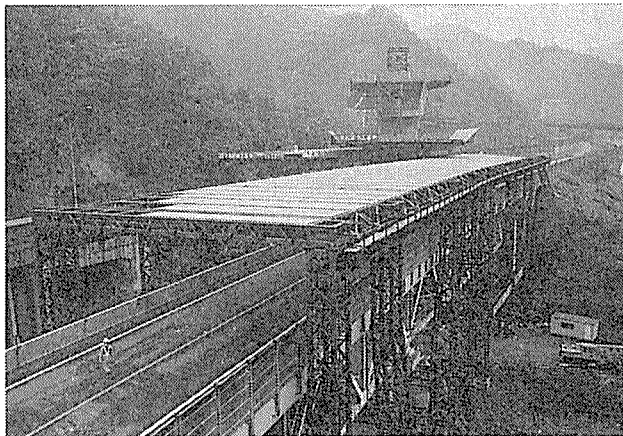
としての重要性を考慮し、このほか二重の安全設備として、現東名高速道路をシェルターで覆う防護工を設置した。この本線防護用シェルターの形式は、架設地点が、現東名の桥梁区間に位置し、地形も、砂防河川として指定された鍛冶屋敷川が蛇行して流れる狭隘で、しかも複



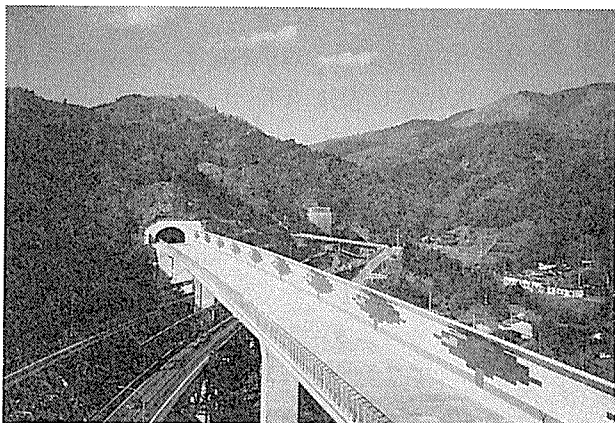
写真—2 防護工架設状況



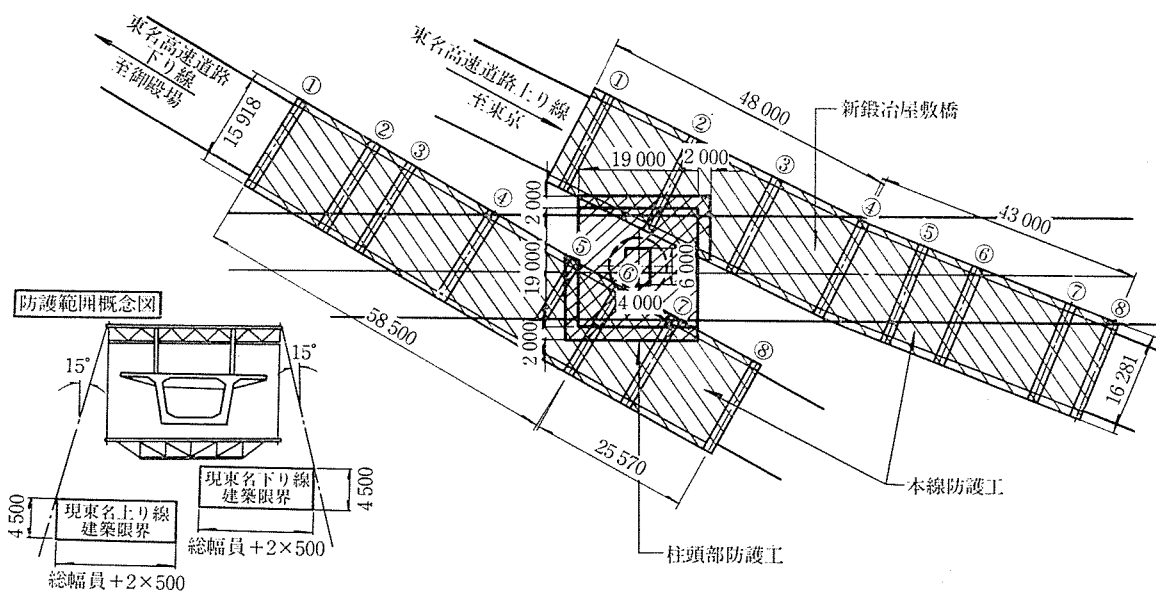
写真—4 張出し架設状況



写真—3 防護工全景



写真—5 全景写真



図—14 防護工設置範囲図

## ◇工事報告◇

雑にいりこんでいることから、種々検討した結果、地上より支柱を立ち上げる形式とし、立体多層ラーメン構造とした。ラーメンを構成する部材は、軸圧縮、軸引張に対し、軽く断面性能の適した角パイプ（□200×200）を主材とし、形鋼（L75×75）で構成したトラス部材とした。屋根上は、風荷重等を考慮し、金網を二重に張る構造とし、強度部材として素線φ4mmで50mm×50mmメッシュを、防護用としてφ2mmで10mm×10mmを使用した。この二重網構造に対する耐力照査は適度な計算方法がないため、実物大の模型を製作し落下衝突実験（施工時に起こりえる物体を想定し、重さ70kgの物体を12mの高さより落下）を実施し、その耐力性能を確認している。使用鋼材重量は、下部部材400t、屋根部材300t、計700tとなった。設置範囲は、当橋梁施工に伴って生じる落下物に対する影響範囲を15°と仮定し、この範囲にある現東名をカバーする条件とした。

架設は、現東名高速道路を単線規制して行う作業を極力少なくすることを最大の制約条件とし、進入路およびヤードをできるだけ確保する計画とし、部材ピース重量も設計の段階から考慮した。屋根部材は、春秋の年2回実施される現東名高速道路の夜間全面交通止を利用して一夜で架設した。

本線防護工の設計条件を示せば次のとおりである。

- ① 風荷重： $v=40$  km/sec
- ② 雪荷重： $w=30$  kg/cm<sup>2</sup> ( $h=10$  cm)
- ③ 地震震度： $k_v=0.1$
- ④ 衝突荷重：シェルター支柱を壁高欄より30cm以上離すことにより考慮しない

[適用基準等]

- |                          |        |
|--------------------------|--------|
| ① 道路橋示方書（Ⅰ）、（Ⅱ）          | 日本道路協会 |
| ② 建築物荷重指針 同解説            | 建築学会   |
| ③ 鋼道路橋施工便覧               | 道路協会   |
| ④ クレーン等各構造規格の解説          | クレーン協会 |
| ⑤ BS 5400, 5.3 Wind Load |        |

## 7. あとがき

現在本工事は本体工事を完了し、平成2年2月の竣工をめざして付帯工事を進めているところである。本橋ではリブ付き床版構造という新しい構造形式の試みがなされたが、本橋で得られた経験を生かし、さらにリブのプレキャスト化の可能性等の技術的検討を行っていけば本構造の一層の発展が期待できると考えられる。

本論文が同形式の橋梁の設計・施工に対して何らかの参考になれば幸いである。

## 参考文献

- 1) 小川, 角谷, 中尾: 新鍛冶屋敷橋の設計・施工, 橋梁, 1989年6月
- 2) 小泉, 角谷, 中尾, 関, 阿部: 東名高速道路改築における新鍛冶屋敷橋工事に伴う防護工, 建設の機械化, 1989年7月
- 3) 竹之内, 国広, 川村, 小川: PC補強リブ付き箱桁橋の模型実験と解析(その1), 土木学会第43回年次学術講演会 V-259 (昭和63年10月)
- 4) 角谷, 黒岩, 松本, 大熊: PC補強リブ付き箱桁橋の模型実験と解析(その2), 土木学会第43回年次学術講演会 V-260 (昭和63年10月)

【1990年1月23日受付】

## ◀刊行物案内▶

### 日本原子力発電敦賀2号機 PCCV

本書は、プレストレストコンクリート第28巻の特別号として発刊されたもので、我が国で初めて採用されたプレストレストコンクリート製原子炉格納容器（日本原子力発電（株）敦賀発電所2号機）に関して、その各種模型実験、設計・施工に至る各分野にわたり詳述した貴重な資料です。今後ますます多く採用されるであろう、この種PCCVを取り扱う関係者にとって、必携の図書と確信します。

在庫限定につき、ご希望の方は至急代金を添え（現金書留かまたは郵便振替東京7-62774）プレストレストコンクリート技術協会宛お申し込みください。

体 裁：B5判 128頁  
定 価：3000円 送料：150円