

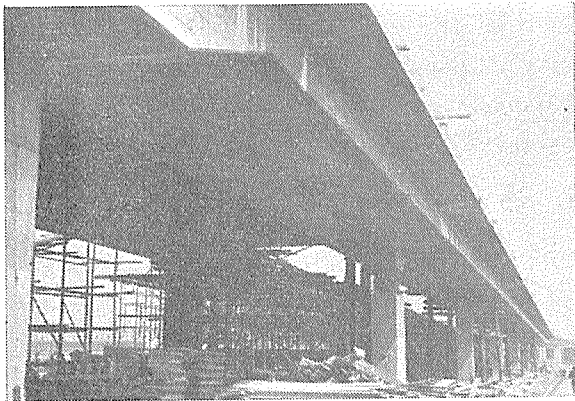
首都高速道路のPC橋の計画・設計

首都高速道路公団工務部

1. まえがき

首都高速道路は8放射線と1環状線で構成され、その延長は69kmの計画である。全路線は4車線巾員16m設計速度は60km/hとしている。各路線とも主として高架構造が採用され、用地買収の困難性から民有地を極力さけて、公有地、河川敷または平面街路を利用している。このため橋脚の巾が制限をうける。例えば、平面街路上に計画される高架の橋脚は街路の分離帯1.5mの中に巾1mに制限され、巾員16mに対して2本の柱構造の橋脚が期待されるだけである(写真-1)。

写真-1 115工区 連続桁とラーメン



加えて、高速道路の性格から走行に支障を与える伸縮継手を極力減らすことを考えると連続型式が望ましい。この場合の地震時の水平力をうける固定橋脚の設計が型式、スパンのすべてを決定させるのである。

また、計画に当って都内の交通量の多い現場であるから、交通に障害を与えないことが施工の第一条件となる。これらの事情から場所打ちのPC連続桁は鋼橋に比して経済的となるにもかかわらず、特に交通量の多い箇所では、さげざるをえないのである。

ここに各方面の協力によって設計され、工事着手されている連続箱桁型式のPC橋を主体として設計計画の基本的な問題点について略述する。なお、これらの個々については別の機会に詳細発表する予定である。

2. 設計の規準

設計の規準は、すでに詳細報告^{1),2)}されているので、内容説明は省略するが、PC設計施工指針の改訂案によっており、特別な事項については次のように規定している。

(1) 荷 重

活荷重はTL-20、載荷は鋼道路橋設計示方書のとおり衝撃係数*i*は $i=10/25+l$

(2) 許 容 応 力

パーシャルプレストレッシング15kg/cm²まで認め生じた引張力を鉄筋でとることとしている。

地震時は、鉄筋、コンクリートともに降伏点を越えない条件のもとに80%の割増しを認めている。

(3) 有 効 巾

主としてDIN 1078の規定によっている。

3. 114工区高架橋³⁾

図-1 114工区 連続ラーメン一般図

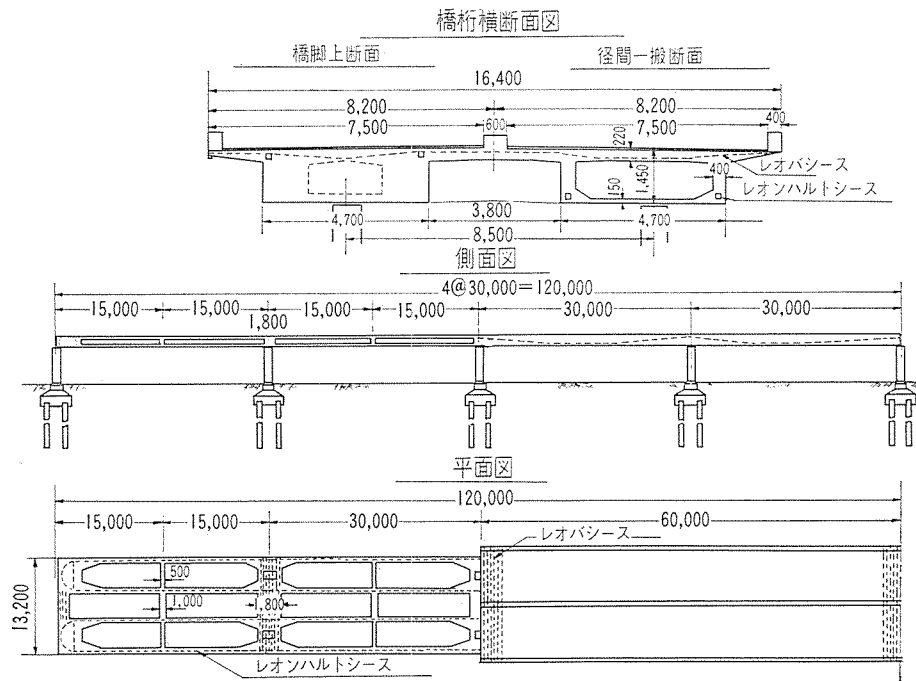
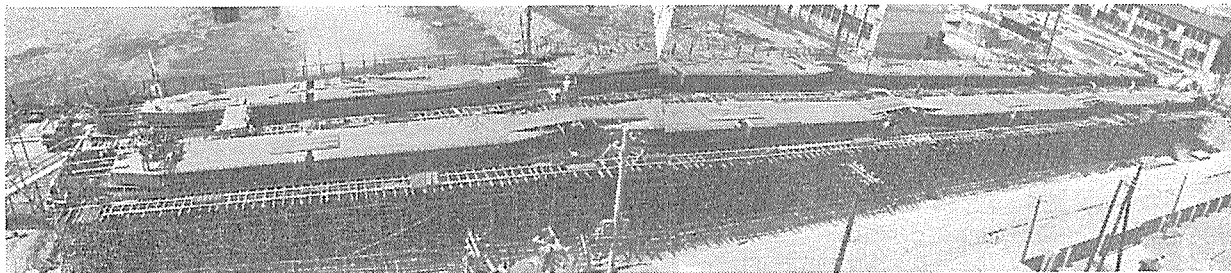


写真-2 114 工区 連続ラーメン



(1) 計画の概要

平面街路上の高架であるので、橋脚巾 1m の制限をうけるので、地震時の水平力を分散して各橋脚で分担するように、この工区ではラーメン型式を採用した。スパン 30m、4スパン連続ラーメン橋 4連で、橋長 480m である(図-1、写真-2)。主桁はレオンハルト工法(写真-3)、横桁・床版はレオバ工法(写真-4)によっている。

設計条件としては、コンクリート $\sigma_{28}=350 \text{ kg/cm}^2$ を用い、 $\sigma_{ca}=95 \text{ kg/cm}^2$ としている。PC鋼線は 7本より 9.3mm ストランドで 9.1t の引張強度を有する。

クリープ係数 $\varphi=2.0$ 、乾燥収縮係数 $\epsilon=1.2 \times 10^{-5}$ 、温度変化 $\pm 10^\circ \text{C}$ 、地震の震度は水平 0.25、鉛直 0.10 としている。

写真-3 レオンハルト定着部鋼材

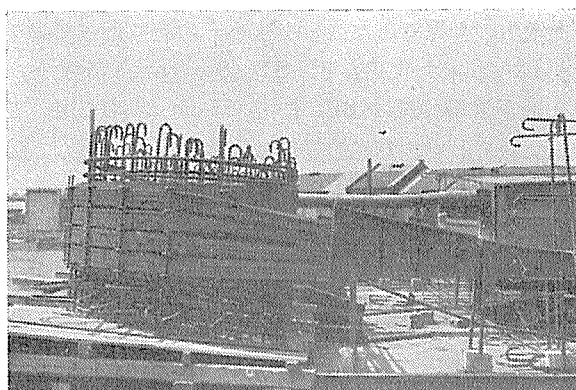
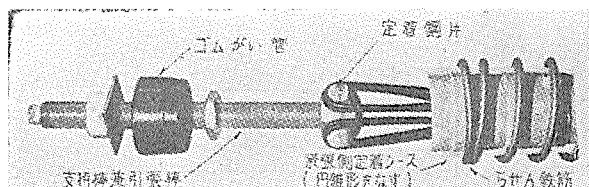


写真-4 レオバ工法詳細



(2) 設計の概要

プレストレス導入時は桁と橋脚との結合部をきりはなしで、仮のすべり支承構造(図-2、写真-5)として、プレストレスによる弾性変形を自由に生ぜしめ、クリープ乾燥収縮の一部を除去するようにした。このため、ラーメン結構後であっても桁のプレストレスおよびラーメンとしての死荷重による橋脚部(写真-6は橋脚の配筋状

図-2 架設時仮シュー

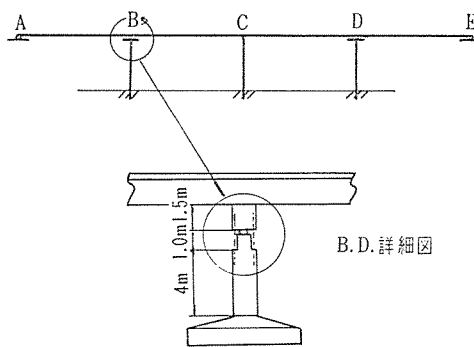


写真-5 ラーメン部の仮シュー

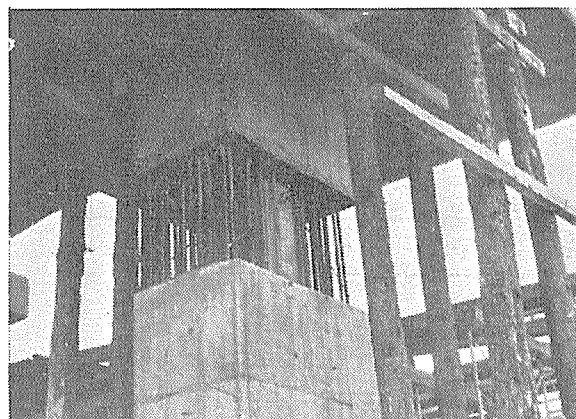
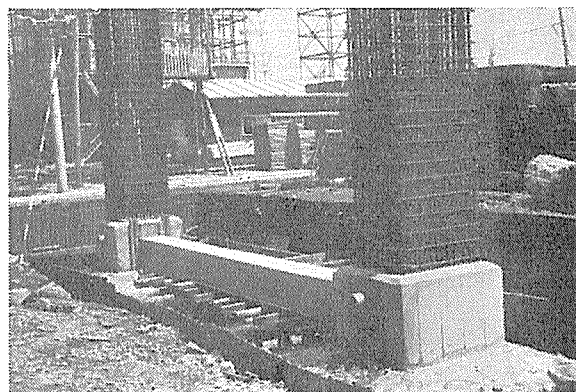


写真-6 ラーメン橋脚の鉄筋



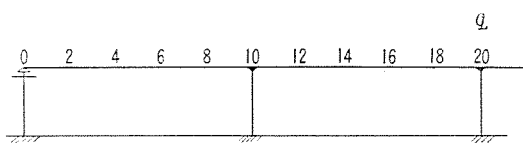
況を示している)の曲げモーメントをなくし、地震時の曲げ抵抗を、できるだけ大きく保持する構造とした。また、ラーメン結構はプレストレス導入後3カ月後に施工するものとして設計クリープ係数の3/4が残留する。しかし脚のクリープはこのクリープ力を減ずる方向に働

表-1 主桁の曲げモーメント

箇 所	曲げモーメント(t-m)					応力度(kg/cm ²)			
	死荷重	活荷重		合 計		max		min	
		max	min	max	min	max σ_0	max σ_u	min σ_0	min σ_u
2	627	327	-42	954	595	57	4	37	36
4	790	454	-85	1 254	706	58	1	30	43
6	562	402	-127	964	435	59	-3	31	42
8	590	196	-170	137	-229	51	9	-0	41
10 ^l	-1 070	55	-367	-1 019	-1 441	27	47	5	94
10 ^r	-1 070								
12	-193	183	-201	10	-395	41	16	24	53
14	257	354	-164	611	93	51	0	24	44
15	352	378	-145	730	207	50	1	24	43
16	333	360	-147	693	186	50	1	26	40
18	17	206	-165	223	-148	40	15	23	44
20 ^l	-693	113	-344	-580	-1 037	31	28	4	74

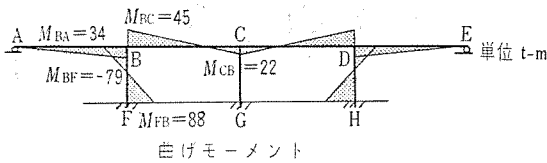
したのである。

主桁の荷重分配については、当初荷重分配横桁を用いなくて、床版のみによる分配を考えていたが、詳細計算の結果、このことにより分配効果が軽減されることと、さらに2箱桁であるので、相互のたわみ差により床版に大きな曲げモーメントを生ずるため、径間中央に荷重分配の横桁を1本用いる構造とした。後述する414工区の連続桁は、このための十分な検算を行なって横桁を削除している。いずれにしても、大きな仮定を必要とする計算による理論値が

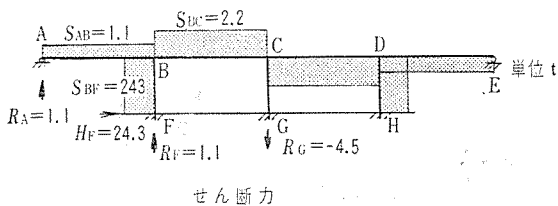


き、1/3に減ずるものと考えた。したがって、ラーメン構成時のクリープ係数は設計クリープ係数の1/4を用い、解析にあたっては橋脚のクリープは考えないものと

図-3 クリープによる曲げモーメント、せん断力

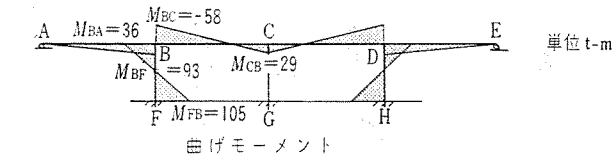


曲げモーメント

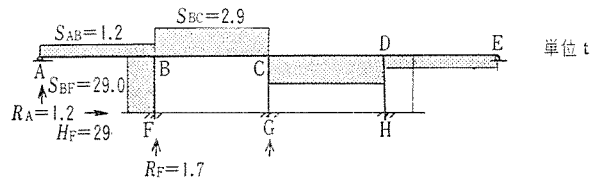


せん断力

図-4 温度変化による曲げモーメント、せん断力



曲げモーメント



せん断力

安全側な値を示すか否かにあるので、実測を予定している。曲げモーメントおよび、せん断力は表-1、図-3、4、5に示す。

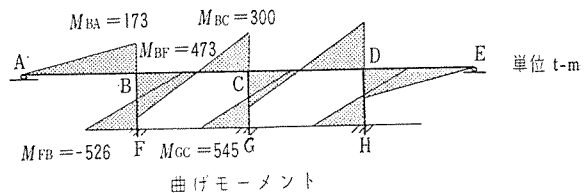
曲げモーメント、せん断力の計算にあたり、死荷重は4径間連続桁として計算し、活荷重については桁部と脚部の結合部は断面が急変するため、完全なラーメン作用を期待することが困難と考えられるので、連続桁、ラーメンの両方で計算し、その大きな値をもって設計した。

上床版の計算にあたり、プッハーの表によった。プレストレスはレオバ工法で、S33(8-φ8mm)1ケーブル当り設計許容強度3.81t/本を75cm間隔に用いている。プレストレス方向の鉄筋は床版の自重によって設計し、活荷重による床版引張応力にも十分とした。配力鉄筋については床版曲げモーメントの1/4を用いて設計している。

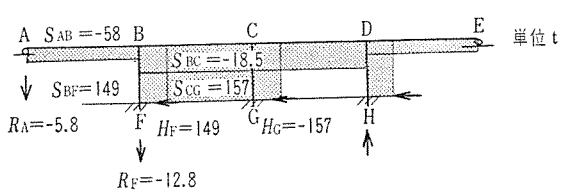
ウェブの鉄筋は、上床版片持部の活荷重曲げモーメントによって設計している。

径間中央横桁は、2主桁間の荷重分配による曲げモー

図-5 地震による曲げモーメント、せん断力



曲げモーメント



せん断力

メントによって設計している。支点上横桁は、橋軸直角方向に対しては、橋脚と一体となった門型ラーメンとして設計し、ウェブとの取付箇所は橋軸方向曲げモーメントの1/2のねじりに対して設計している。

ラーメン一連分の使用材料は次のとおりである。

桁コンクリート	1 086 m ³	(0.58 m ³ /m ²)
鉄筋	148 t	(79 kg/m ²)
PC鋼線(縦縮)	24.1 t	(12.9 kg/m ²)
PC鋼線(横縮)	13.1t	(7.0 kg/m ²)
型わく	4 350 m ²	(2.3 m ² /m ²)

なお請負工費は 210 000 000 円である。

4. 117 工区高架橋⁴⁾

(1) 各工法による比較設計の概要

117 工区において1本橋脚上のPC連続桁を計画し、現在日本に導入されているPC工法の4種による比較設計を計画し、それぞれの特色を發揮した設計を求めべく、各社に依頼してその成果をえたので、ここにまずその概要を述べる。

一辺 3.0 m の断面をもつ1本柱の橋脚をもつスパン 40 m、巾員 16 m の4径間連続桁が設計可能となったのは、SU ダンパ方式^{5),6)}を使用したためである。このダンパ方式により各橋脚に地震の水平力を分散しないかぎり、平面街路の要請からくる建築限界内にたてられうる固定橋脚の設計は不可能である。

SU ダンパ方式について略述すれば、全支承を可動にし、その脚と橋体をバネに相当するPC鋼材で結び、地震力に抵抗できるが、温度変化などに対しては比較的小さい水平力を下部橋脚に与えるだけで可動の効果を發揮

するのである。SU 部材と称する材料は高張力鋼材を用い、あらかじめ温度変化量だけのプレストレスを導入しておけばよいのである。

比較的低工費で下部工事費の節減と、合理的耐震的設計が可能となる。わが国ではじめて、この工区でSU ダンパ方式を使用した。

図-6 に各工法による概略設計の断面、主要材料を示す。それぞれの特色を略述する。

まず主桁プレストレスについて、ディビダーク工法ではPC鋼材の減少が、コンクリートの減少より大きく経済性にひびくので、桁高を他の工法より比較的高く、2.25 m として設計している。他は 1.80 m の桁高としている。連続桁の端径間の曲げモーメントが中間径間のそれに比して大きいので、レオンハルト工法ではその差の分だけ鋼線を端径間に余分にループさせて、プレストレスを導入しているため、鋼線量は最少となっている。街路上の高架であるので、現場の交通量が多いこと、交通を止めないで施工することを条件としているので、ディビダーク工法は4mブロックの突出し架設を採用しているため、他工法に比して鋼材量が多いのは止むをえない。この場合、移動式の支保工を用い、街路上から支保する構造としている。BBRV工法は、カップリングによる連結できる特色を活かし、1スパンごとに施工してゆく方法をとっている。

断面形状からみると1-Cell から3-Cell といろいろであるが、それぞれのコンクリート量はあまり大きい差はない。ディビダーク工法は移動式型わくであるので箱桁ウェブ巾を一定にしたため、せん断力の大きい部分は斜鋼棒を使用して補強している。BBRV工法では筆者が考えたT型橋脚を採用している。これは、1本脚であるので、転倒に対する安全性を増大するためとSU ダンパ装置をとりつけるため、下床版から箱桁内部に橋脚天端をつつこんだ構造となり、このために支点上の床版を厚くして、せん断力を伝えている。他の設計に比して転倒に対する安全度は高いが、支点上で箱桁が開断面となることに問題はある。

床版の計算については、一応片持部はビットナーの表を、その他はプッハーの表を用いるように指定した。レオンハルト工法では床版にT型リブをつけたものを提案している。剛性が大で、PC鋼線量の軽減に役立っている。この考えについて2案あり、I案では上床版に、II案では下床版に

図-6 117 工区 比較概略設計

工 法	断面図	主 要 材 料								
		コンクリート	鉄筋	PC鋼線	SK式	斜鋼棒	下部工(1基当り)	PC鋼線		
1	Ereysinet	1489	4154	117.7	48.0	18.4	<4.7			
2	Dywidag	1473	9950	81.0	76.3	22.2	横桁 9.6 斜鋼棒 16.1 SK式 7.1	49.7	71.1	3.0
3	B.B.R.V	1400	5794	49.5	64.6	8.7	SK式 6.5	69.4	87.5	3.8
4	Leonhardt I	1454	7472	83.3	33.9	9.8		31.4	54.0	2.5
5	Leonhardt II	1473	7322	76.4	44.6	9.2		34.2	54.6	2.5

このリブをつけて設計している。設計上では確かに経済的な結果がでているが、施工の複雑性に問題があると思う。ディビダーク工法における床版の考え方は、断面をボックス ラーメンと考えてkaniのモーメント分配法を用いて計算を行なっている。この方法によると相当量のモーメントがウェブにも分配され、張り出しの大きい床版では当然この影響をうけ、ウェブの補強が必要であることがわかる。この方法によると固定度を考えたことになり、従来の80%を考慮するよりは、いくぶん理論的といえよう。

地震の影響については、すべてSU方式によっているが、フレシネ工法では、SU方式とフレッシュパッドを用いて、橋脚への水平力をさらに軽減しているが、パッドの減衰効果も考えると、耐震構造としてもよい設計であると考えられる。PC構造のように鋼構造に比して死荷重の大きい構造物は、耐震的に考慮しなければ、下部工事費の不経済性をさけることができないのである。

(2) 計画の概要

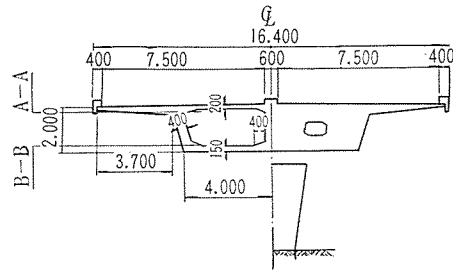
前述のように各工法の設計はそれぞれの特長を發揮した長所があり、その工法を決定しかねたので、それぞれの長所を折り込んだ設計仕様書を作成し、もちろん、設計各社の参加のもとに入札により、BBRV工法(北海道ピー・エス・コンクリートKK)が決定し、目下詳細設計中である。

まず設計にあたって考慮した大きな問題は前述したように地震についてであった。そしてSUダンパ方式を採用することを決定して、PC連続桁に踏み切ったのである。そして、SUダンパ方式をもつ連続桁の固有振動周期を求め、この地点の卓越周期から求めた、公団震度決定方法¹⁰⁾により、水平震度を軸方向0.2、直角方向0.3、垂直震度を0.1とした。詳細設計後耐震計算を行ない、オイルダンパによる減衰装置を施し、より耐震的に設計する予定である。SUダンパ方式のみであると変位が大きくなると、これをおさえる力は支承の摩擦のみであるが、摩擦が大きくなると逆に橋脚に与える水平力が大となり好ましくない。しかし従来の震度法であれば、そのような問題は表面化しないのであるが、最近の傾向として地震時の構造物の応答を動的に考察することが、耐震設計として必要なので、われわれも十分に検討しなければならないのである。

(3) 設計の概要

実施設計の断面は図-7のとおりで、ランプに接続するために拡巾された側径間をもつ4径間連続桁と、標準型の4径間連続桁、および3径間連続桁の3連が、この工区の設計対称である。この3径間連続桁の1橋脚は2本の脚柱を橋体と剛結にして一体としており、このバネ

図-7 117工区 実施断面



常数と、もう一つの中間橋脚にとりつけられたSUダンパ方式のバネ常数を同一にして、下部基礎のウェルに伝える地震の水平力を同一にするような分配を考えた。この連続桁はラーメンとして解いても連続桁として解いても大差なく、橋脚には桁からの曲げモーメントが伝達されないので、連続桁として応力解析を行なっている。

他の4径間連続桁は中間の3橋脚に、それぞれSUダンパ装置をとりつけて、水平力を分散している。

荷重分配については下床版を切断した開断面としたギヨン・マソナーの方法でも、全面載荷としても大差なく全面載荷として解いている。有効巾についてはブレンデルの方法⁷⁾により、支間と支点上の有効巾をそれぞれ算出している。

コンクリートを順次打設しながらプレストレスを平行的に導入して行くので、主桁の曲げモーメントは左右対称とはならず、この施工によって変化する荷重状態について検討しなければならない。

床版については、片持部の曲げモーメントが大部分ウェブに分配され、異形鉄筋φ16を15cm間隔としている。このため、上床版の横締めをRC構造におきかえることも考えたが、床版の片持も長く、桁とのせん断力の伝達からもRC構造はこの場合疑問であり、横締めをすることにしてはいる。ただし、ウェブはRC構造でさしかえない。

支承については、橋脚天端が制限された大きさなので、支圧面積を大きくとることができず、また計算上支圧面積を少とする方がシュー自体を経済的にするので、シューの直下のコンクリートを砂鉄モルタルなどの高支圧強度を有するコンクリートにおきかえて補強し、その経済性をはかっている。

SUダンパ方式のバネについてはBBRVのケーブルを使用し、途中桁の内部にロッカーをおき、橋体と橋脚とに定着して、温度変化の補正分を考慮してプレストレスを導入し、地震時に常に作用させるようにしている。

なお転倒に対する安全率は、2.0としている。中間橋脚3本はこの安全率をとれるが、反力の少ない端橋脚では当然不可能なので、支承シューに上揚力をとめる構造として安全にしている。

図-8 414 工区 一般側面図

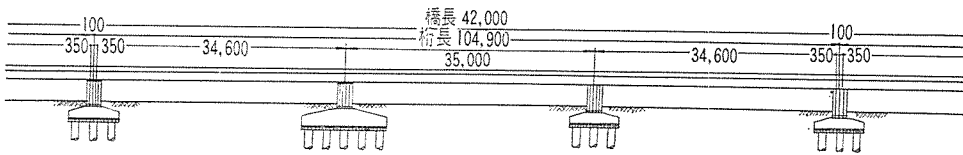
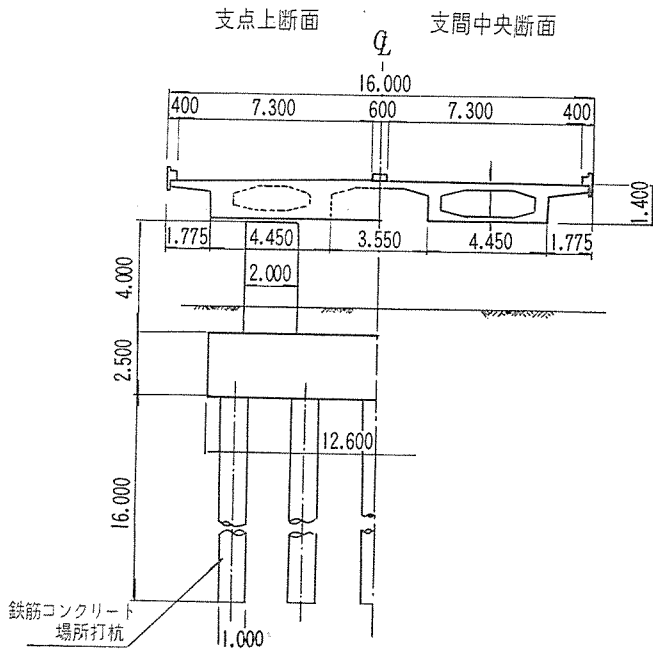


図-9 414 工区 断面図



5. 414 工区の高架橋^{8), 2)}

(1) 計画の概要

本工事は国鉄中央線に沿って千駄ヶ谷一代々木間 420 m の箇所に新設される高架で、その構造は BBRV 工法によるスパン 35 m をもつ 3 径間連続 PC 箱桁で、4 連である (図-8, 9, 10, 11, 写真-7)。

本設計の特長としては床版自身の剛性により、横桁の機能を発揮することができるものと考えて施工上などから中間横桁を削除した方が好ましいとして、本設計では

中間横桁をなくして設計していることである。このことについては、荷重載荷により実物測定を行ない十分に検討する予定である。プレストレス導入時の有効巾

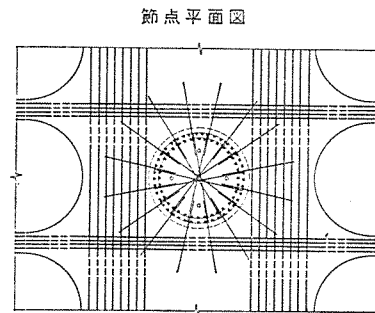
などについても、そのつど測定をしている。

(2) 設計の概要

スパン 4 m の床版は、前述のような荷重分配もなるので、その設計には慎重を期し、床版についての 3 種類の計算方法によりその比較を行ない、その中の最大値をとって断面算定を行なった。その 3 種類とは、

- a) 鋼道路橋設計示方書による法
- b) プッターの表によって求める法
- c) 北大横道博士「2 辺自由の長方形板の近似解法」により

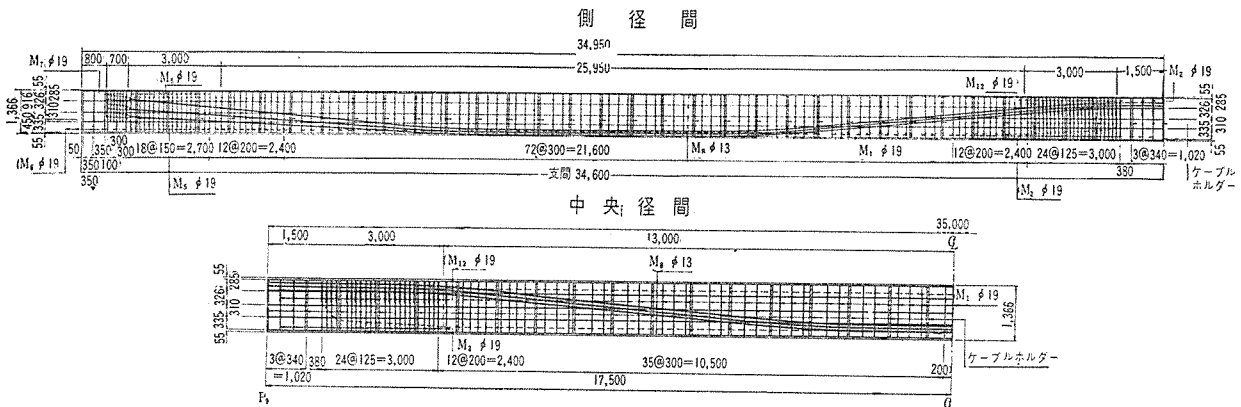
図-11 414 工区 節点平面図



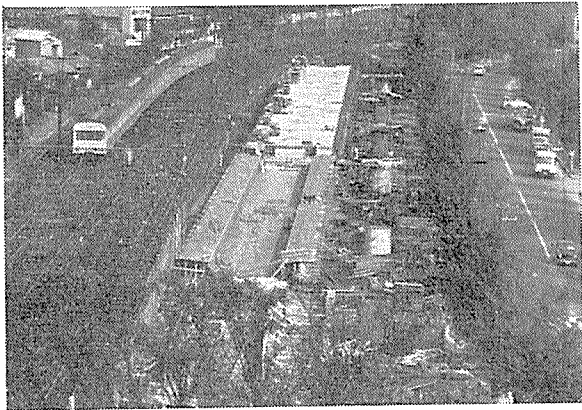
より橋軸方向の荷重分布有効巾 e を求め、それにより単位荷重を求め、桁支間中央点の単位巾について、横断面方向に対してウェブ下端で弾性支持されている連続ラーメンとして解く法

の 3 種類であった。しかし、この方法は床版のみの計算であって、荷重分配についてはさらに考えなくてはならない。この場合については偏載荷重による床版支点上の曲げモーメントについて十分な検討が必要な

図-10 414 工区 主桁



写真—7 414 工区 連続桁



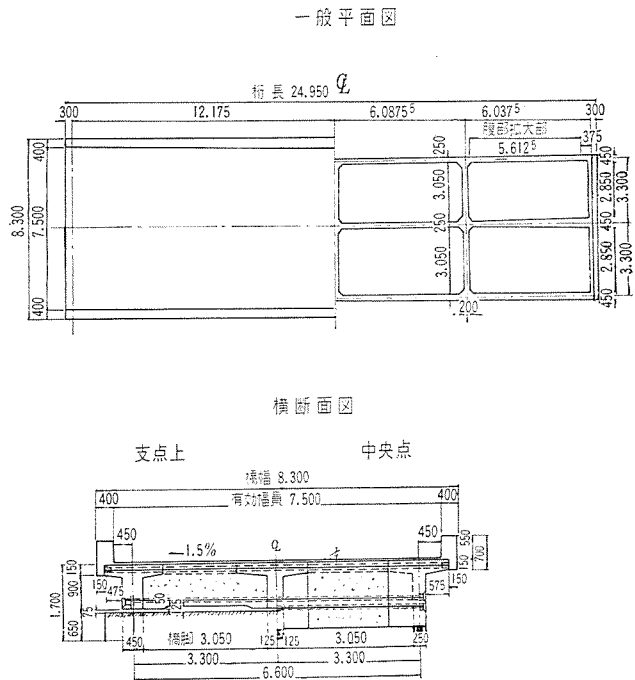
のである。

つきに主桁について述べる。従来は、まず荷重分配影響線を求めたが、本橋では床版についての c) の方法により、床版モーメントを求めると同時にウェブに作用する弾性反力を求めることができるので、その反力値により荷重分配影響線を求めればよい。しかし、この方法も最初の式をたてるにあたり、かなりの仮定が入るので、実用計算としては便利であるが、安全のために、第2の法として影響面による法⁹⁾によりモーメントを求めた次第である。この方法は鉄筋コンクリートT断面で2主桁の場合、床版自身の剛性で全体の剛性を保つべく解析されている。以上の2方法により計算した結果、そのモーメントの値は3%程度の差しかなかった。なおプレストレス導入時の有効巾としては全巾を有効とし、設計荷重作用時は、支点上で90%、支間中央では全巾を有効とした。

6. 116 工区高架橋

いままで述べたのはすべて連続型式であったが、高速道路の116工区から117工区にかけてPCポステン単純桁を計画し目下工事中である。この工区は芝浦ランプがあり、センターランプの型式上、巾員は16mから24mとなり、平面街路上の高架としてこの橋脚を処理しなければならない。そこで、下部橋脚は鉄筋コンクリートの門型ラーメンとして、最も低工費であるPC単純桁に踏み切ったのである。前述のPC連続箱桁が橋面積1m²あたり25000~30000円/m²であったのに比し、本工事の上部工費は平均して18400円/m²であった。スパンは18m, 24m, 29mの3種である。

図—12 116 工区 PC 単純桁一般図



標準のスパン24m、橋長25m、巾員7.5mの桁(図—12)についての主要材料を表—2に示す。図からも知られるように、最も経済的な桁高をとり、ウェブ巾を最少にした経済的設計である。

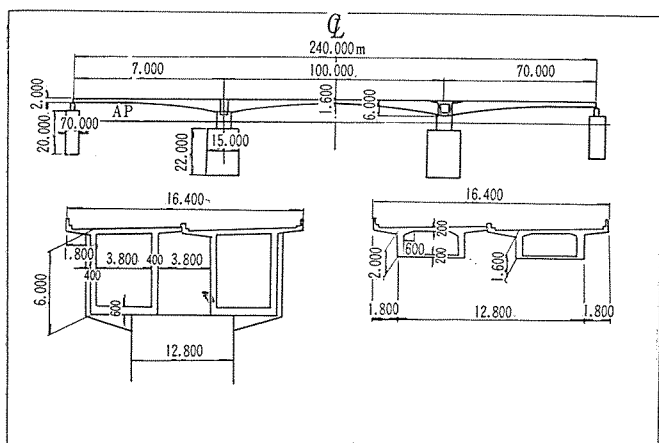
7. 102 工区 森ヶ崎橋梁

高速道路1号線が森ヶ崎で海橋となり、航路巾30mをふくむ約100mの運河を渡るとき、運河軸線とはかなりの傾斜角をつけた曲線橋となるので、橋長は240mとなり、中央スパンは100mにして航路限界がとれる

表—2 116 工区主要材料表 (橋長 25 m, 巾員 7.5 m)

種 別	材 質	単 位	1 桁 当 り		1 連 当 り	橋 面 積 1 m ² 当 り
			I (外)	II (中)		
コンクリート 現場打コンクリート 計	$\sigma_{28}=450 \text{ kg/cm}^2$	m ³	18.33	18.81	55.5	0.42
	$\sigma_{28}=330 \text{ "}$	"			23.5	
		"			79.0	
型 わ く " (現場打) 計		m ²	120.2	124.4	364.7	2.86
		"			171.2	
		"			535.9	
PCケーブル(主桁) " (横縮用) 計	12φ7mm	kg	734.92	734.92	2 204.75	15.50
	12φ5mm	"			714.10	
		"			2 918.85	
鉄 筋 (主桁) " (") " (")	φ 9	kg	269.21	237.34	775.76	
	φ 13	"	788.69	816.40	2 393.78	
	φ 16	"	695.04	434.42	1 824.50	
鉄 筋 (現場打) " (") 計	φ 13	"			1 016.08	34.90
	φ 9	"			537.92	
		"			6 548.04	

図-13 森ヶ崎 P C 橋梁一般図

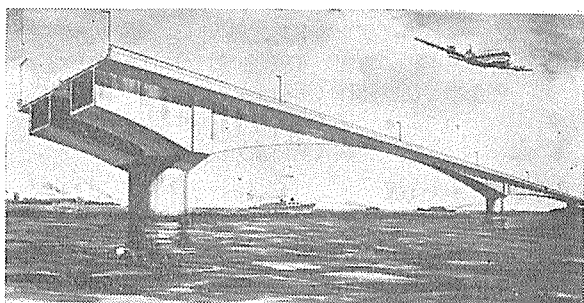


のである。

基礎は少なくとも 18m 以上の根入れを必要とするので、設計仕様を定め、上下部の設計をふくめた鋼橋とディビダーク工法 P C 橋(図-13, 写真-8)との比較競争設計を求めた。P C 橋としては架設工法と、従来の長大径間の実績からディビダークを選んだわけであるが、その結果は 表-3 に示すように、上部工は P C が 20% も経済的であるのにもかかわらず、下部工の大差により工費は逆転し、鋼橋を採用することにした。

もちろん、筆者は当初概算によって上下部をふくめて工費を算出したとき、P C、鋼ともにほとんど接近した金額であったので競争設計を計画したが、下部工におけるこのような大差は予想しなかった。

写真-7 森ヶ崎橋梁仮想図



ディビダーク工法は地震の水平力に対しては中間 2 橋脚に分散した、突出架設により中央にヒンジを有し、側径間の一部は支保工上で施工する 3 径間連続桁である。これに対して鋼橋は 3 径間連続の部分合成桁で、地震の水平力を SU ダンパ方式とオイル ダンパ方式とによって 4 橋脚に分散させている。ここに死荷重の差に加えた大きな差が生じたのであった。今後の参考のためにも、あえて概説したのである。

表-3 102 工区 森ヶ崎橋梁比較設計

	鋼 橋	P C 橋
橋 長	72 m + 96 m + 72 m = 240 m	70 m + 100 m + 70 m = 240 m
型 式	部分合成連続箱桁	Dywidag
総 工 費	337 000 000 円 (90 000 円/m ²)	385 000 000 円 (103 000 円/m ²)
上 部	232 000 000 円 (62 000 円/m ²)	195 000 000 円 (52 000 円/m ²)
下 部	105 000 000 円	190 000 000 円
鋼 重	845 t(226 kg/m ²)	—
ケーソン	4@ 7.3 m φ × 18 m 断 面 長	2@ 15 m × 15 m × 22 m 2@ 7 m × 7 m × 20 m 断 面 長
工 期	18 カ月	22 カ月

8. む す び

ここに述べたほかにすでに工事完了しているフレシネ方式の連続桁およびラーメンについては、すでに詳細報告²⁾されているので省略した。各方面の協力によって設計され、施工されているこれら P C 橋について記述すべき点は多々あるが、その要点だけを拙文により記したので、十分に表明できなかったことをお許し願いたい。

かなりの勇気をもって計画してきたこれら橋梁に対する理論的裏づけについては、十分に実測、ないしは実験により、検討してゆく方針である。

諸賢の御批判を迎ぐ次第である。

(筆責：上前行孝)

参 考 文 献

- 1) 松崎・上前・宮崎：首都高速道路の高架構造 土木施工 1961.3.
- 2) 宮崎：首都高速道路における P C 連続箱桁橋の計画施工について、土木学会 1961.8.
- 3) 高島：P C 連続ラーメン橋の計画について 第 6 回日本道路会議
- 4) 小村：P C 連続箱桁の各種工法による 比較設計について 第 6 回日本道路会議
- 5) 上前：ダンパ方式による 耐震構造 第 5 回地震工学研究発表会(土木学会)
- 6) 上前：橋梁の耐震構造の新提案 第 6 回日本道路会議
- 7) G. Brendel：“Die Mitwirkende Plattenbreite” nach Theorie und Versuch B.u.S.B. 1960. 8
- 8) 角田・他：中間横桁のない 2-Box 型式による P C 連続桁の設計について 第 6 回日本道路会議
- 9) Dr.Ing. Heinrich Bechert：Einfluß flächen Zweistelligen Plattenbalken B.u.S.B. 1957. 1
- 10) 宮崎・大久保：公団構造の耐震の考え方 第 5 回地震工学研究発表会(土木学会) 1961.11.7・受付