

(77) 早川高架橋(海浜部)の設計・施工

日本道路公団小田原工事事務所 小野寺 勇
 オリエンタル建設(株)東京支店工事部 正会員 松田 耕一
 オリエンタル建設(株)東京支店工務部 正会員 ○石川 善信
 ピーシー橋梁(株)東京支店工事部 正会員 入江 晃弘

1. はじめに

本橋は、西湘バイパスの交通量増加に伴い、現在の西湘バイパスと国道135号線の真鶴方面とを直結する約2Kmの西湘バイパス改築事業のうち、海浜部の約640m区間である。この区間は、海岸線付近にあって波しぶきや潮風の影響を受ける環境にあることから、耐久性に富み維持管理の少ないコンクリート橋で計画された。

近年の橋梁計画においては、良好な走行性の確保を目的として多径間化が図られている。本橋の構造形式には、9径間および8径間連続2室箱桁橋が採用された。橋脚間の距離は37.75mと一定であり、橋脚高さもほぼ一定(約10m)であるため、本橋の支承には、水平力分散方式積層ゴム支承(予備せん断型)を用いた多脚固定方式が採用された。施工方法には、工事中的波浪の影響および台風の影響、また隣接工事として港湾工事が同時に施工されるため、これらの条件を考慮して大型移動吊り支保工が採用された。

2. 工事概要

本橋の工事概要は以下のとおりである。

工 事 名：西湘バイパス(改築)早川高架橋

(PC上部工)東工事

路 線 名：一般国道1号線

道路規格：第1種第3級B規格

橋 格：一等橋(TL-20)

橋 長：641.750m

構造形式：9径間連続2室箱桁橋

(36.85m + 7037.75m + 36.85m)

8径間連続2室箱桁橋

(36.85m + 6037.75m + 36.85m)

有効幅員：9.500m

縦断勾配：\ 3.80% / 0.59% (8径間)

/ 0.59% / 0.28% (9径間)

横断勾配：2.0%

平面線形：R=2200m~R=1250m

定着工法：アンダーソン工法

支 承：水平力分散方式積層ゴム支承(予備せん断型)

水平震度：橋 軸 方 向 Kh1=0.16

橋軸直角方向 Kh2=0.20

架設工法：大型移動吊り支保工による場所打ち分割施工

発 注 者：日本道路公団東京第一建設局

主要材料：表-1に示す。

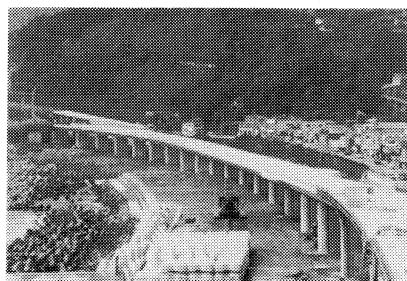


写真-1 完成写真

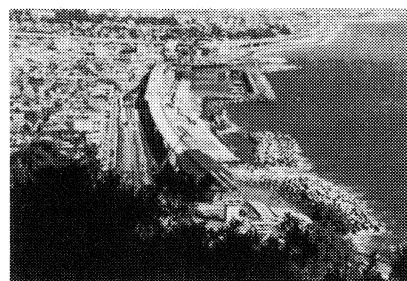


写真-2 施工中の写真

表-1 主要材料

種 別	橋 体
コンクリート	m ³ 5,253
P C 鋼 材	tf 124
鉄 筋	tf 831
支 承	m ² 28.8

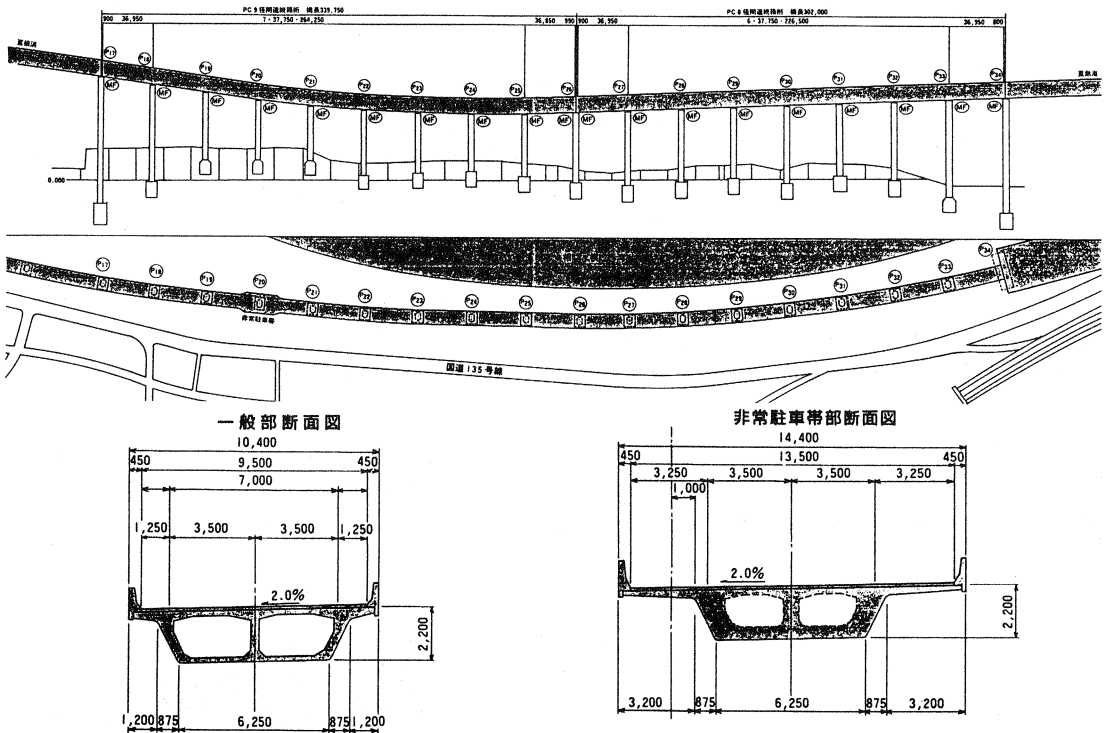


図-1 全体一般図

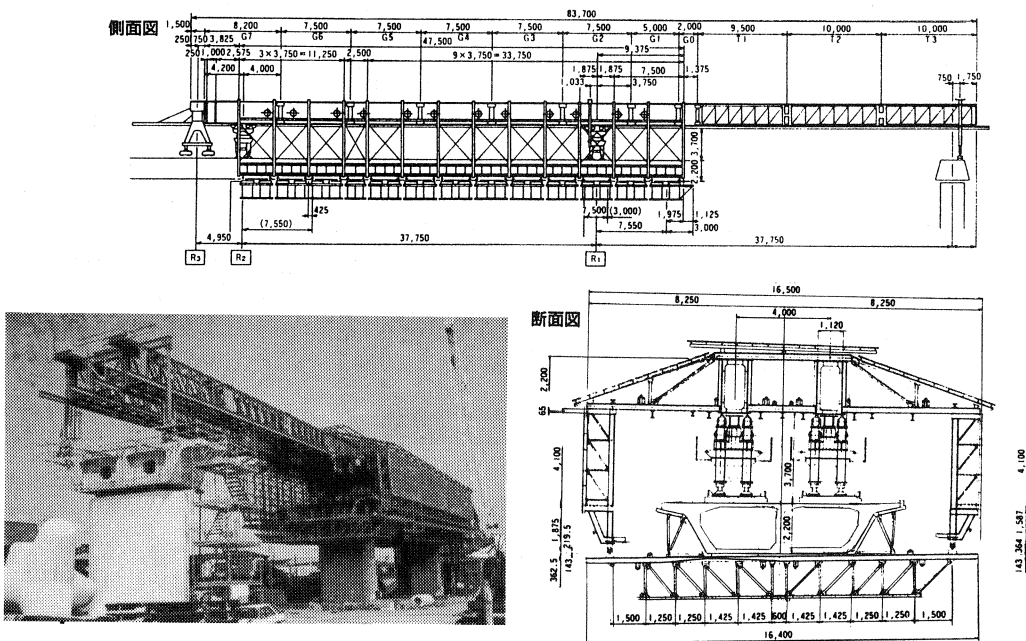


写真-3 移動支保工

図-2 移動支保工一般図

3. 設 計

1) 設計概要

移動支保工は1径間毎の分割施工のため、各施工段階時の応力検討が必要となる。これは、移動支保工移動とともにワーゲンの支持台が主桁上を移動し、この支持台反力により生じる断面力にて主桁の応力検討を行うものである。完成時においては、構造系の変化によるコンクリートのクリープ断面力の変化を考慮して設計を行った。断面力の算出にはバネを考慮した梁理論により、活荷重の偏載によるねじりモーメントは、格子理論によった。主方向には、P C鋼より線 1 2 S 1 2. 4を使用し、片引き緊張でプレストレスの導入を行う。施工目地において接続具により接続し順次施工する。横方向は、R C構造であるが、非常駐車帯部の床版のみP C構造とし $\phi 32$ (SBPR930/1180)を配置した。支承には、ゴム沓による水平力分散方式とした。

2) 水平力分散型ゴム支承の特徴

水平力分散型ゴム支承は、ゴム自身のバネ弾性を利用し、鉛直荷重を支持する支承機能と、ゴムのせん断バネ定数(支圧面積、ゴム厚)の調整により容易に可能である。一般に、このせん断バネ定数は、地盤を考慮した下部工換算バネ定数の約 $1/10$ 以下となることから、水平力の分散率を決定する合成バネ定数に対して下部工剛性の相違があまり影響せず、設計で想定した分散効果を期待できるという利点がある。

3) 水平力分散構造の設計概要

設計手順は、各橋脚上のゴム支承の設計を行い、次に構造物の地震時の検討を行う。設計手順を図-3に示す。本橋における設計上の特徴を以下に列記する。

- ①ゴム厚については、まず端部橋脚上でも中間橋脚上でも地震時挙動が同じとなるようにする。これは、各橋脚に作用する地震時水平力や橋脚下端の曲げモーメントをほぼ同じとすることである。予変位として、上部構造の施工段階を考慮して計算したコンクリートのクリープ、乾燥収縮の影響、有効プレストレス力等による経時的な水平変位と等価で逆方向の変位をゴム支承に与えるものとする。(予備せん断)
- ②所要弾性ゴム厚さの仮定において、常時と地震時における照査の他に架設時の施工直後($T=0$)、クリープ進行途中($T=\infty/2$)を追加した。施工直後の許容せん断ひずみは、常時(70%)の1.25倍(87.5%)とした。また、水平力分散の計算において地震時の許容せん断ひずみは、常時、地震時共に $400/1.5=266\%$ 以下とした。NR(天然ゴム)の伸びは500%であるが、安全サイドとして400%とした。
- ③一般に水平力分散型ゴム支承を用いると長周期化し、道路橋示方書V編に示す固有周期別補正係数(C_t)が、1.0以下となるが、今回の設計ではゴム支承を免震構造としてではなく、水平力分散構造として使用するため、 $C_t=1.0$ に設定した。本橋はI種地盤のため、固有周期が1.6秒程度となるようにゴム厚を決めて、合成バネ定数を決定した。

4) ゴム沓のバネ定数

設計のバネ定数と実測のバネ定数値との比較を表-2に示す。ゴム支承の製作時期の違いによる材料のバラツキによって生じるせん断バネ定数の誤差は、+8.3%~4.1%であった。これらの実測せん断バネ定数を用いて各橋脚の分散率を求め、固有周期、設計水平震度($K_h=0.16$)を確認し地震時水平力を求めた。各橋脚の抵抗モーメントより求めた橋脚天端の作用限界水平力と比較した結果を表-3に示す。これによると実測バネ定数を用いて算出した地震時水平力は、橋脚の作用限界水平力を十分満足しており、製作時期の違いによる材料のバラツキによって生じるせん断バネ定数のバラツキに対しては問題がないと言える。

5) 橋の固有周期

基礎地盤を考慮した橋梁全体の固有周期は、

$$T = 2.01 \sqrt{\mu}$$

$$\text{但し、} \mu = \frac{\sum R_d}{\sum K}$$

ここに、T：設計振動単位上の固有周期

$\sum R_d$ ：全死荷重反力

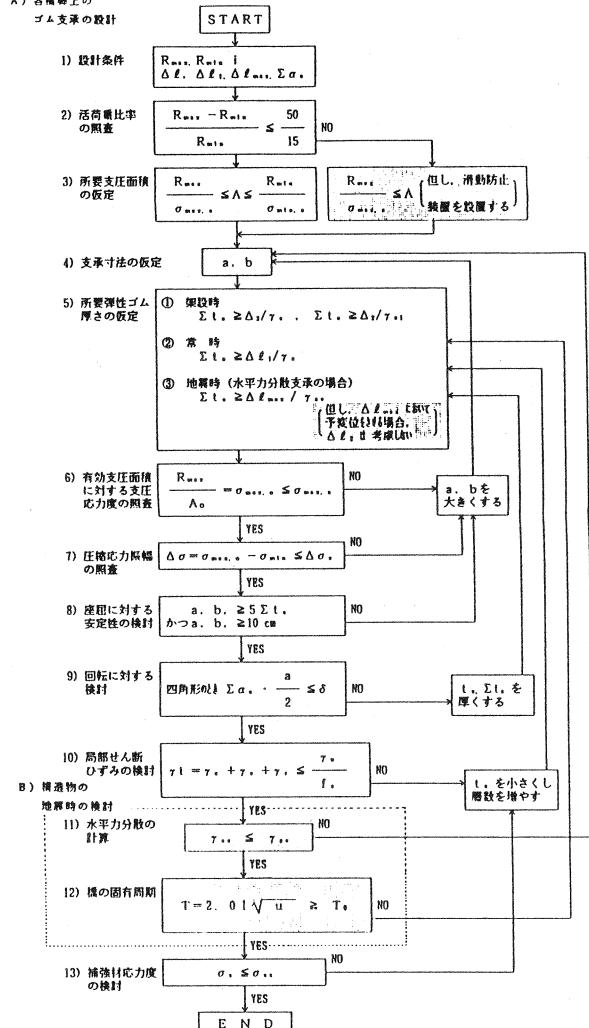
$\sum K$ ：総合成バネ定数

$$\begin{aligned} T &= 2.01 \sqrt{\frac{\sum R_d}{\sum K}} \\ &= 2.01 \sqrt{\frac{8309.6}{135.105}} \\ &= 1.576 \text{ sec} \approx 1.6 \text{ sec} \end{aligned}$$

表ー2 せん断バネ定数の比較

	設計バネ値	実測バネ値	バラツキ
	tf/cm	tf/cm	
P17	6.616	6.856	3.6
P18	15.726	16.596	5.5
P19	15.488	16.659	7.6
P20	16.702	18.002	7.8
P21	15.488	16.308	5.3
P22	15.488	15.188	-1.9
P23	15.488	14.848	-4.1
P24	15.488	14.928	-3.6
P25	17.726	17.568	-0.9
P26	6.616	6.626	0.2

A) 各橋脚上の
ゴム支承の設計



図ー3 ゴム支承の設計計算

表ー3 実測バネ定数を用いた場合の橋脚に作用する地震力

	積層ゴム	橋脚	合成バネ	分散率	地震力	作用限界	設計地震力	増加率
	tf/cm	tf/cm	tf/cm		t	水平力(t)	t	
P17	6.856	137.752	6.531	0.0468	62.3	< 212.4	63.0	-1.05
P18	16.596	198.334	15.315	0.1098	146.2	< 274.6	144.0	1.52
P19	16.659	594.884	16.205	0.1161	154.7	< 174.5	149.0	3.81
P20	18.002	830.565	17.620	0.1263	168.2	< 202.7	162.0	3.82
P21	16.308	1074.114	16.065	0.1151	153.3	< 216.7	151.0	1.55
P22	15.188	634.115	14.833	0.1063	141.6	< 178.6	149.0	-4.98
P23	14.848	801.925	14.578	0.1045	139.2	< 194.4	150.0	-7.23
P24	14.928	892.061	14.682	0.1052	140.1	< 201.2	150.0	-6.57
P25	17.568	699.790	17.138	0.1228	163.6	< 191.6	152.0	7.62
P26	6.626	892.857	6.577	0.0471	62.8	< 288.5	65.0	-3.41
			139.543	1.000	1332.0			

4. 施 工

1) 大型移動吊り支保工

本工事で用いた大型移動吊り支保工の一般図を図-2に示す。大型移動支保工の基本構造は、箱形断面を有する2本の主梁(メインガーダー)と、主梁から肋骨上に配置された横梁・吊り材・型枠トラスおよび主梁を支える支持台の3つの部分から構成されている。以下に大型吊り支保工の特徴を列記する。

- ① 高度に機械化された支保工と型枠を用いて施工するため支保工の変形、耐力の信頼性が高く、安全で確実な施工管理ができる。
- ② 1径間の施工日数は21日程度であり、他の工法と比較して施工速度が早く、工期が短縮される。
- ③ 桁下の地盤条件、河川、交通路線等の条件に左右されない。
- ④ 全天候型の移動式工場であり、各作業がサイクル化されているため良好な工程管理、品質管理を行うことができる。
- ⑤ 機械化による労務の省力化と各作業のサイクル化、単純化により一定数の労務者の安定雇用につながり、労務者の熟練度も早く、安全設備が完備されているためより安全に作業ができる。

2) 沓上ブロック

大型移動吊り支保工のメインガーダーを橋脚上で支えるため、あらかじめ沓上ブロックと呼ばれる支点上横桁の一部を先行して施工する必要がある。通常、沓上ブロックは支点横桁の一部をサイコロ形状で作成するが、本橋の場合は幅員の関係上主桁断面なりに作成した。(写真-5)

3) 型 枠

平面線形がある場合移動支保工では、主桁は直線としブロック目地部にて折れる形で施工し床版を平面線形なりに施工するのが一般的であるが、本橋の場合海浜部であり、国道に平行しているため美観を特に重視し主桁を平面線形なりのR=2200mにて側型枠を制作した。内型枠についても、回転効率、組立て脱型作業の省力化を図るため鋼製型枠を使用した。

4) 施工工程

主桁制作の1サイクルの標準工程を表-4に示す。

表-4 標準工程

1サイクル工程表																						
No	工 程	日														月						
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
1	型 枠 組 立																					
2	型 枠 脱 型																					
3	型 枠 閉 鎖																					
4	支保工（移動、据付）																					
5	型 枠 閉 鎖																					
6	床版内部型枠組立																					
7	鉄筋・P.C鋼材組立																					
8	コンクリート打設																					
9	養 生																					



写真-4 移動支保工組立

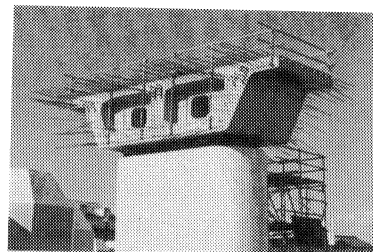


写真-5 沓上ブロック

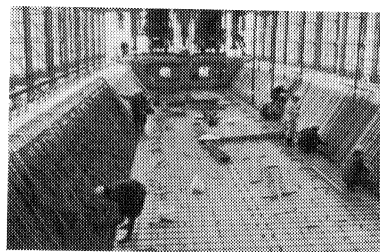


写真-6 鉄筋組立状況

5) 移動支保工の移動手順

① コンクリート打設および脱型

R1、R2支持台にセットされた大型移動支保工を使用して、コンクリートを打設する。R1、R2支持台のメインジャッキを降下し、型枠(側型枠、底版)を脱型する。

② R1支持台移動

R1支持台の荷重を仮受支持台にもりかえ、R1を次の橋脚に移動する。

③ R2支持台移動

R2支持台の荷重をR3支持台にもりかえ、R2支持台を仮受支持台の位置まで移動する。

④ 型枠解放(底版)

型枠開閉装置を使用して、底版を左右に解放する。

⑤ 移動

移動走行装置を使用して、支保工設備および型枠を一体で次の径間に移す。この時支保工設備は、支持台R1、R2のローラ上、R3は橋面のレール上を走行する。

⑥ 据え付け

所定の位置まで移動を完了した時R1、R2のメインジャッキ(各330tf、4台)で支保工設備の高さを調整固定する。更に、型枠開閉装置で型枠の組立調整を行い据え付けを完了する。

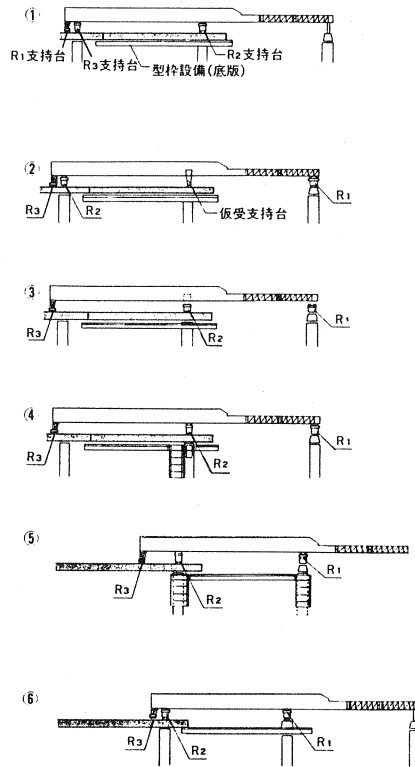


図-4 移動支保工による施工手順

6) 施工中における支承の管理

支承の予備せん断はクリープ、乾燥収縮、プレストレスによる弾性短縮、据え付け時の気温等を考慮して工場においてあらかじめセットし、現場に搬入する。架設時の地震を考慮して施工時において橋脚の常に半分が仮固定となるようにした。仮固定は支承のサイドブロックにスペーサーを設置して行う。また、地震時には固定となり常時には可動となるようサイドブロックとスペーサーの間に若干の隙間を生じさせた。施工中、沓の移動に伴いスペーサーを入れ替える作業が生じ、常に支承の管理を行った。

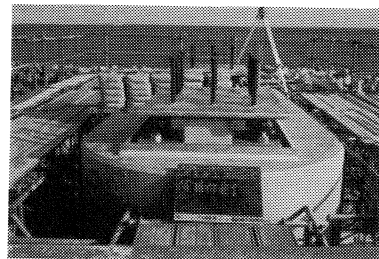


写真-7 予備せん断沓

5. あとがき

多径間多脚固定形式の早川高架橋の設計・施工について述べた。本橋の特徴は、構造的には予備せん断型積層ゴム支承を採用したこと、施工的には、大型吊り支保工を用いたことである。多径間多脚固定形式は、耐震性、走行性の向上を図るうえでも有効な形式であると思われる。ゴム自体の製作時期の違いによるバネ定数のバラツキが多少発生するが支承便覧による誤差(±1.5%)を見込めば十分安全側である。また、大型吊り支保工によるPC連続桁橋の施工については、機械化による労務の省力化、各作業のサイクル化、単純化がなされ、動く工場として作業環境が整備されるにより、確実な工程、品質、安全管理に大きく寄与された。本工事は、平成6年5月に無事竣工をむかえることができた。最後に、本橋の設計・施工にあたり多大な御指導、御尽力を頂いた関係各位に紙上をお借りし感謝の意を表する次第です。