

オロフレ第6・第7覆道の設計と施工

鈴	木	允	勝*
菅	原	英	二**
森		哲	哉†
竹	本	伸	一†
尾	崎	房	夫††

1. はじめに

オロフレ峠は、北海道の観光地、洞爺湖と登別の両温泉を結ぶルートとして、国立公園内に位置している。

しかし、冬期間（11月上旬より翌年5月下旬）は積雪が多く雪崩の発生が多いため、通行止めになっていた。年間を通じての交通量が多く、特に観光シーズンになると両温泉地を中心に観光客が多く訪れるため、早くから通年通行が可能になることが望まれていた。

これらを解消するための工事として、長年にわたり道路整備が進められており、本工事はその一環である。

工事は2工区に分かれており、第6覆道は延長165m、 $R=60$ m、第7覆道は延長105m、 $R=40$ m、縦断勾配は、両工区ともに9%と従来のプレキャスト部材を使用した構造物として例を見ない道路線形および延長のものである。本稿は、オロフレ第6・第7覆道の設計および施工について述べるものである。

2. 構造概要

路線名：道道洞爺湖登別線

工事名：洞爺湖登別線防雪（第6・第7覆道）工事
覆道種別：スノーシェッド

構造形式：主梁 プレテンション方式単純梁
枕梁 ポストテンション方式
柱 ポストテンション方式
(柱・枕梁 門型ラーメン構造)

屋根勾配：10%

道路線形：平面線形 $R=60$ m, $R=40$ m
縦断勾配 $i=9.000\%$

有効幅員：6.500m

建築限界：4.700m

設計水平震度： $K_h=0.15$

* 北海道室蘭土木現業所登別出張所第一技術係長

** 北海道室蘭土木現業所登別出張所第一技術係

† ドーピー建設工業（株）札幌支店技術部

†† ドーピー建設工業（株）札幌支店工事部



写真—1 完 成

斜面勾配：45.0度, 51.34度

雪荷重：設計積雪深 1.60~2.00m

単位重量 0.35 t/m³

雪崩荷重：雪崩層厚 0.75m

単位重量 0.45 t/m³

動摩擦係数 0.30

PC鋼材：主梁 PC鋼より線 T12.4

柱 B種1号 (SWPR 95/110) $\phi 17$

枕梁 C種1号 (SWPR 110/125) $\phi 11$

(鋼棒は、アンボンド鋼棒)

工事竣工：昭和63年10月

3. 設 計

基本設計は、昭和60年に着手しその後、下部工の詳細設計を進め昭和62年に上部工の詳細設計を行った。

以下、基本設計と詳細設計について述べる。

3.1 基本設計

基本設計を進めるにあたって、国立公園内の構造物として、次のような制限事項が環境庁より示されていた。

- ① 国立公園内の構造物なので、周囲の環境にマッチしたものとする。
- ② コンクリートの色とまわりの色彩に留意をすること。必要があれば、着色または塗装を行うこと。
- ③ ドライバーの視野の妨げにならないように、柱間

◇工事報告◇

隔をできるだけ広くすること。

柱間隔：4.00 m 以上，純間隔 3.50 m 以上

柱道路直角方向厚さ：0.35 m 以下

柱道路方向厚さ：0.50 m 以下

- ④ コンクリート各部材を，できるだけ小さくすること。
- ⑤ 上部工架設に際して，交通を遮断することのないようにすること。

これらの問題については，以下のように検討を行った。

①について

他場所の国立公園内コンクリート構造物の実態を参考にした結果，大きな問題点はないと考える。

②について

コンクリートの色については，それなりに自然環境にあったものであるとの考えをもっていたが，環境庁側の要望にあわせ対処することとする。

塗装の場合については，用途により多種多様の製品があり十分に対応できる。

着色コンクリートについては，試験体を製作し，強度および発色の状態を実験検討することとする。

③④について

まず柱間隔を，4.00 m 以上にするための構造系を検討する。

- a) 片持ち梁式 (図-1)
- b) 谷側 RC 擁壁式 (図-2)
- c) 谷側柱逆L形 (図-3)
- d) 柱間隔 4.00 以上のラーメン構造 (図-4)
- e) 場所打ち RC 構造 (図-5)

以上の構造系を 表-1 に示すように比較した結果，図-4 に示す d) 柱間隔 4.00 m 以上のラーメン構造形式を採用することにした。

柱は工場製品の RC 構造とし，枕梁との結合のため

表-1 構造系対比表

	a)	b)	c)	d)	e)
谷側景観	◎	△	○	○	×
上部工重量	×	×	○	○	×
下部工規模	×	×	○	○	×
交通開放	×	○	○	○	△
工事期間	×	○	◎	○	×
露出面積	○	×	○	○	×
桁の運搬可否		○	×	○	
総合評価	不適	不適	不適	適	不適

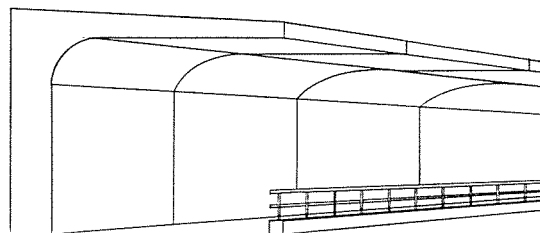


図-1 片持ち梁式

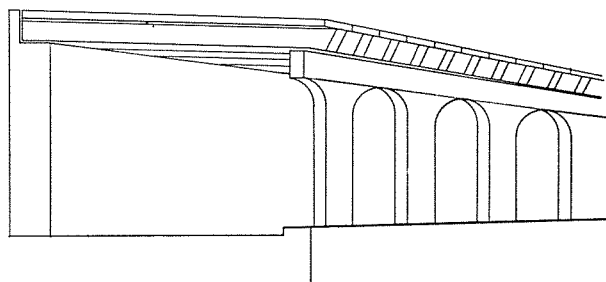


図-2 谷側 RC 擁壁式

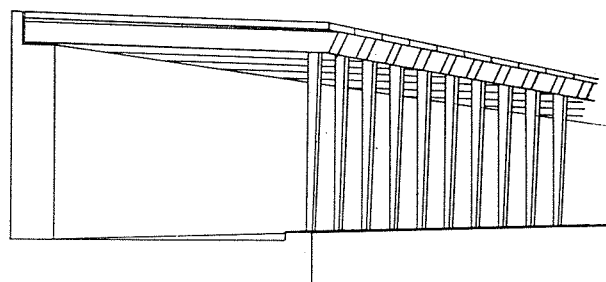


図-3 谷側柱逆L形

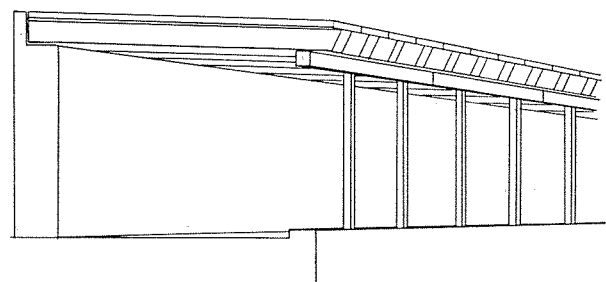


図-4 柱間隔 4.00 以上のラーメン構造

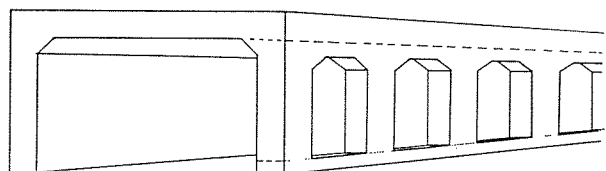


図-5 場所打ち RC 構造

に PC 鋼材を軸力となるように配置し，柱 2 本枕梁 1 本の門型ラーメン構造を形成することにした。枕梁は，道路線形に対応させるために平面線形にお

いて曲線となるため、PC 鋼材を部材にあわせ曲線配置にしなければならず、ポストテンション方式を採用することにした。

本設計において、枕梁断面を最小限にしぼりこむため、通常のグラウトシース方式の PC 鋼材では配置が困難なため、小口径のアンボンド PC 鋼棒の採用を検討し曲線に対応することにした。

主梁は、地震荷重の慣性力をできるだけ小さくし、柱にかかる負担を少なくするために、自重を少なくし、重心を下げるために桁高を低くなるように検討することにした。

⑤について

交通の遮断については、上部工の詳細が決定し、施工計画の段階において詳細な計画を立てることとする。

以下これらをふまえ詳細設計を行った。

3.2 詳細設計

(1) 設計概要

主梁の設計に当たって荷重の組合せは、表-2 のとおりとした。

主梁・枕梁・柱のコンクリート設計基準強度は、750 kg/cm² とした。許容応力度を決定するに当たっては、土木学会発行の“高強度コンクリート設計施工指針(案)”を参考にした。

主梁・枕梁・柱の設計は、図-7 の解析フローチャートに示す。

また、各断面力を算出する際には、道路方向・道路直

表-2 荷重の組合せ

	自重	積雪	雪崩	地震	α
常時	○				1.0
積雪時	○	○			1.0
雪崩時	○	1/2	○		1.5
地震時	○	1/2		○	1.5

α は、許容値の割増し率

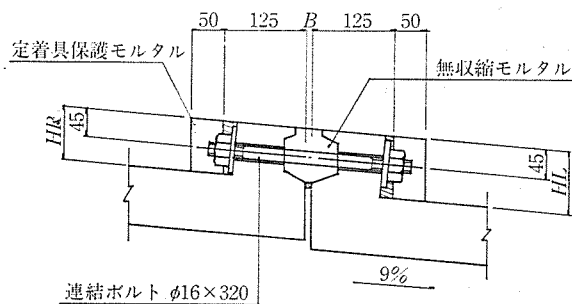


図-6 せん断キー部

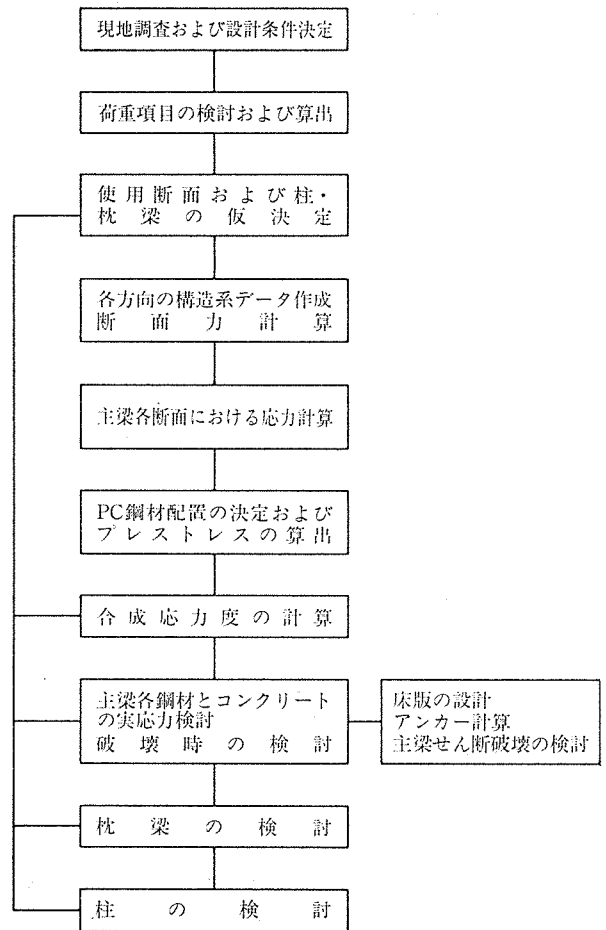


図-7 スノーシェッド解析フローチャート

角方向に、変位法解析を行った。

今回主梁間の連結方法として、従来の横締め工法をとらず、図-6 に示すように、主梁間にせん断キー部を設け、ボルトにより連結を行う工法をとった。

この工法により、平面曲線や縦断勾配における主梁の設計・施工が容易なものとなり、また、不測の事態において主梁を交換することも可能である。

(2) 各部材の設計

雪崩荷重については、“新防雪工学ハンドブック”を参考にした。地震荷重については、道路直角方向・道路方向に載荷させた。

(a) 主 梁

主梁は、雪崩荷重作用時において断面が決定された。桁高を低くおさえ所定の荷重に対応させるためには、通常のスノーシェッドに使用されている桁の下フランジを 250 mm から 400 mm に広げ PC 鋼材を下縁に集中しやすくし桁高をさげた。

桁自重を小さくするために、床版と下フランジの部分に設けるハンチをなくし、床版の厚さも 90 mm とした。

これら部材の断面を最小限におさえプレストレスを有

◇工事報告◇

効に生かすために、コンクリートは、設計基準強度 750 kg/cm² の高強度コンクリートを使用することにした。

道路縦断勾配に対応させるため床版に 9% の傾きをもたせた。

道路平面線形の変化に対しては、床版幅と主桁間目地を変化させて対応した。

使用 PC 鋼材は、PC 鋼より線 T 12.4 mm を使用し両端部下縁と中央部上縁に ボンドコントロールを行った。

(b) 枕 梁

枕梁は、線形に対応させるために 1 本ごとに曲率を変えて設計した。したがって PC 鋼材を曲線配置することになり、C 種 1 号 φ 11 mm アンボンド鋼棒を使用し、ポストテンション方式とした。アンボンド鋼棒は、グリスを注入したものを使用した。また曲線長 8.00 m 以上のアンボンド鋼棒を 10 本使用するの、下記に示す実験を行うことにした。

縦断勾配に対応するために、桁および柱との接合面には、レアーを設けた (図-8)。

(c) 柱

PC 鋼材は、B 種 1 号 φ 17 mm アンボンド鋼棒を使用した。ストレスは軸力となるように配置し、図-9 のように柱 2 本と枕梁を剛結させ、門型ラーメン構造とした。柱下端部では、曲げひびわれの検討を行い、雪崩



写真-2 変位実験

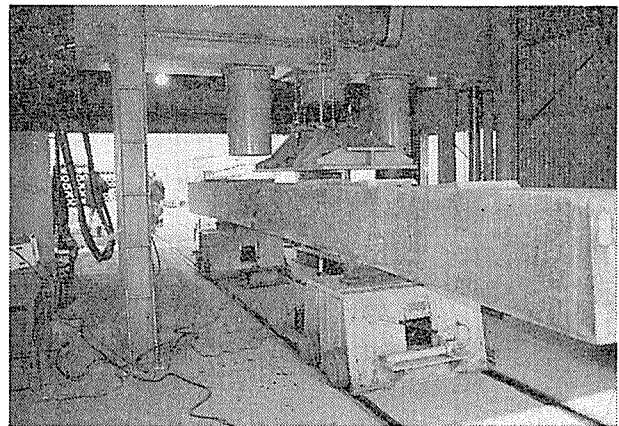


写真-3 荷重実験

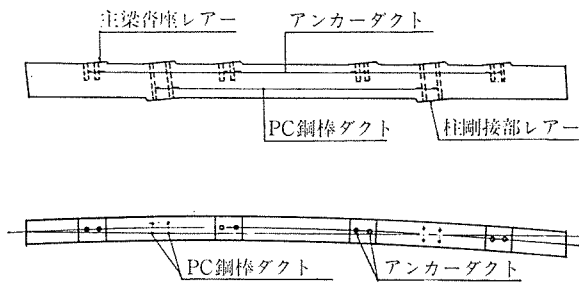


図-8 枕梁図

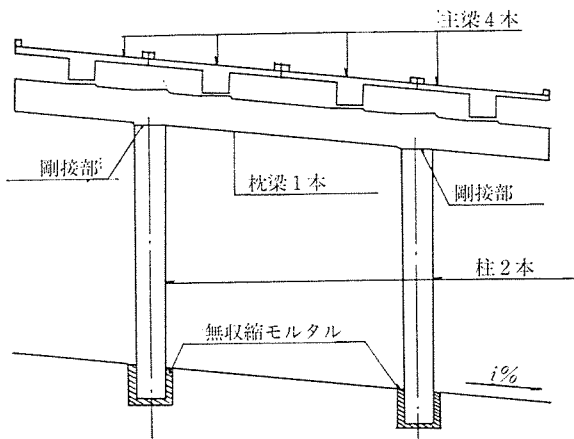


図-9 1セット当りの組合せ

荷重時の検討において、許容ひびわれ幅を満足していることを確認した。

(3) 実 験

部材の実験として、枕梁について 2 種類行った。

写真-2 は、0.35×0.50×8.00 m の曲線梁に導入したストレスによる影響を調べるもので、枕梁 1 本当りに 10 本配置されている PC 鋼棒の緊張順序を変えることによる部材の変位を測定したものである。

写真-3 は、ストレスを導入した枕梁に設計荷重時による荷重を載荷し曲げ試験を行った。

両実験において、異常は見られず満足する結果を得られた。

4. 施 工

4.1 概 要

本工事は、柱・枕梁・主梁の各部材を工場で製作し、適時現場に搬入し架設・組立てを繰り返して、構造物全体を一体化させるプレキャストブロック工法である。

主な工事内容は、大きく分けると下記の 9 項目である。

- ① 足場工：柱の建込み作業より塗装工までの全工程で使用する。

- ③ 支 承 工：擁壁側沓座施工およびゴム沓・アンカーバーのセット。
- ④ 架 設 工：柱・枕梁架設および主梁の架設。
- ④ 剛 接 工：柱・枕梁を PC 鋼材で緊結および柱根固め部の無収縮モルタルの施工。
- ⑤ 横連結工：主梁と主梁の横方向の連結。
- ⑥ 水 切 工：谷側部に場所打ち施工による側壁を設ける。
- ⑦ 排 水 工：主梁上の雨水等の処理をする設備を設ける。
- ⑧ 防 水 工：主梁と主梁の連結部および山側目地部の漏水を防ぐ。
- ⑨ 塗 装 工：国立公園内の構造物として、まわりの環境にあった色を構造物の外側に塗る（色については、環境庁の指定）

以上の項目の中で、架設工については、柱・枕梁および主梁架設の 2 工程に分けて施工した。

当路線は前記したように、洞爺湖と登別の両温泉を結ぶ主要なルートに位置しているため、観光期間中（6 月より 10 月）は、相当数の交通量があり、工程上同時期の架設作業は、円滑な交通を確保するため、ときどき作業を中断しなければならなかった。

構造部材は、柱 2 本・枕梁 1 本・主梁 4 本を 1 セットし、第 6 覆道は 19 セット、第 7 覆道は 14 セットである。施工手順は、図-10 に示す。

以下、施工上特に注意を要した架設作業を中心に記

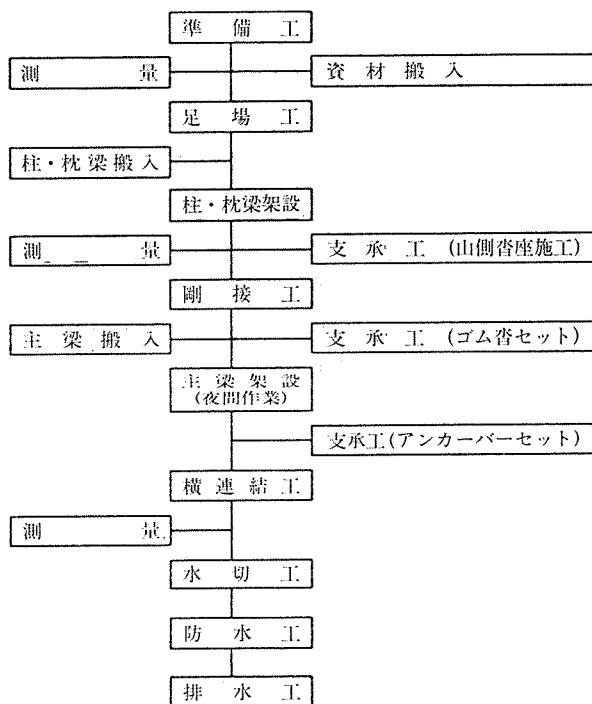


図-10 施工順序

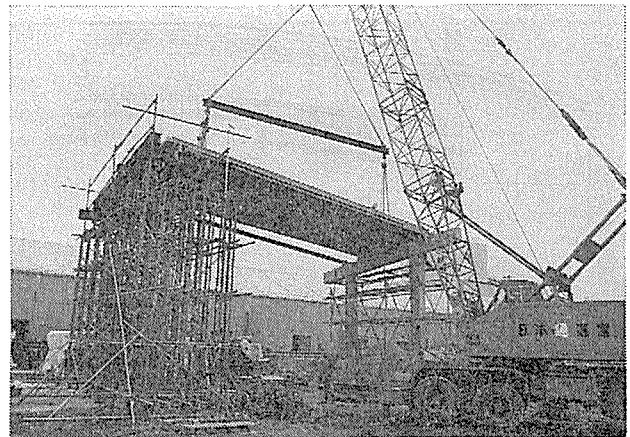


写真-4 架設実験

表-3 実施工程表

	第 6 覆道			第 7 覆道	
	5	6	7	8	9
	10 20	10 20	10 20	10 20	10 20
足場工	—			—	—
支承工		—	—	—	
架設工		—	—	—	
剛接工		—		—	
横連結工		—	—	—	
水切工			—	—	
排水工				—	—
防水工			—		—
塗装工				—	—
後片付け				—	—

す。

4.2 架設実験

現場での架設に先だち、施工過程で問題になると思われる点を把握するために、架設実験を行った（写真-4）。

実験に当たっては、現地の地理的条件（道路線形・交通規制等）を考慮し、できるだけ現場にあった状態をつくり、実物大の製品で同じ作業を繰り返し行い、施工上の問題点の解消および作業手順の見直しを行った。

4.3 実施工程

実施工程は、表-3 のとおりである。

7 月下旬より 8 月上旬にかけては、第 6 覆道と第 7 覆道を並行して施工した。

また、現地は標高 750 m の山岳地であり気象の変化がめまぐるしく、施工にあたり工程上の管理に非常に苦労した。

4.4 交通規制

架設工は、柱・枕梁架設および主梁架設の 2 工程に分

◇工事報告◇

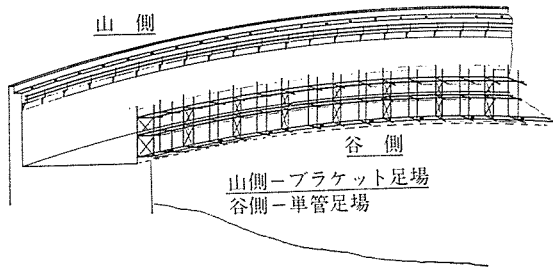


図-11 足場組立て工

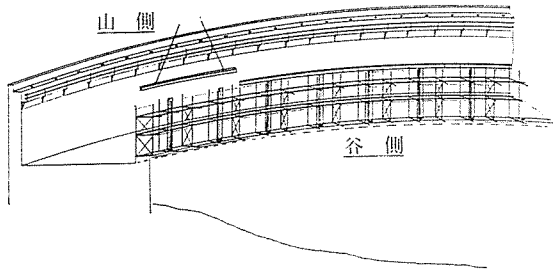


図-12 柱・枕梁架設工

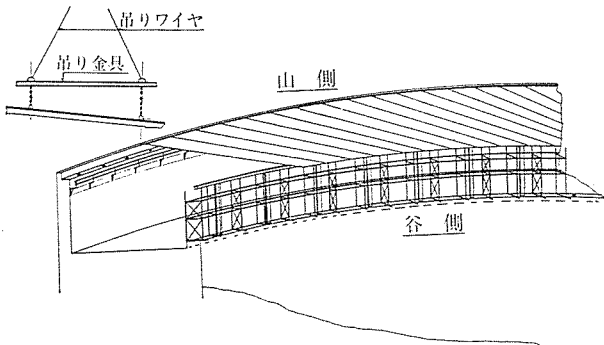


図-13 主梁架設工

けて行ったが、柱・枕梁架設に際して、日中は片側交差通行規制を行い、また主梁架設に際しては、夜間交通量が少なくなつてから全面交通止めを行い施工した。

また、時間帯によって交通量が上下線にかなりの差ができるので、片側交差通行規制は信号機を使用せず、交通誘導員を配置して対処した(写真-5, 6)。

4.5 架設工

構造部材は、柱2本・枕梁1本・主梁4本が1セットとなっており、架設においては、柱・枕梁の架設および主梁の架設2工程に分け、セットごとに順次組み立て架設を行った。

架設順序は、製作および施工等の誤差を吸収できるように中間ブロックより架設を開始し、両端部へと進めた。架設に使用したクレーンは、写真-7のように路面の縦断勾配が大きいこと、作業半径が小さく移動回数が多くなること、道路の全面交通開放が可能なこと等の理由により、比較検討の結果ラフタークレーンとした。

また、施工手順のように柱・枕梁架設と剛接工は、ほぼ同時施工であった。

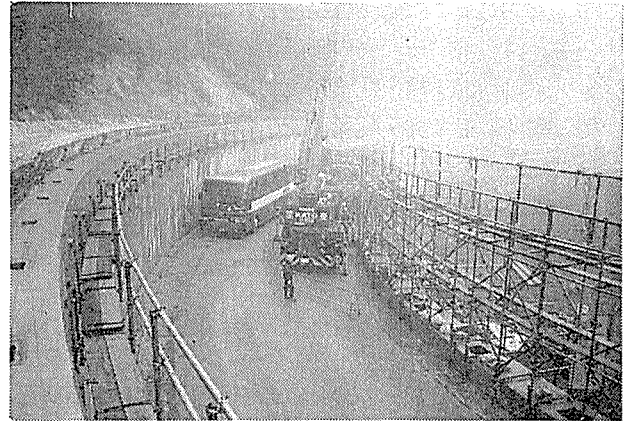


写真-5 架設時の交通規制

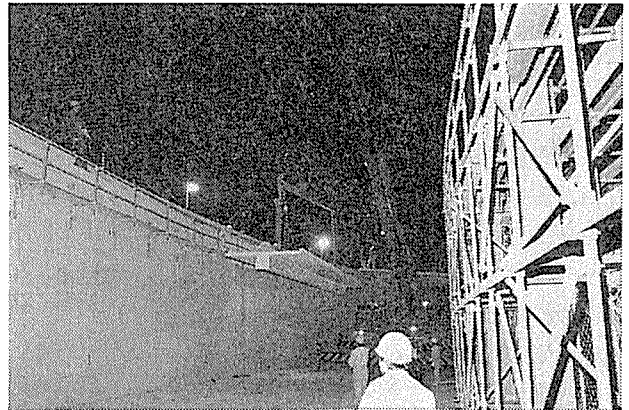


写真-6 全面交通止め

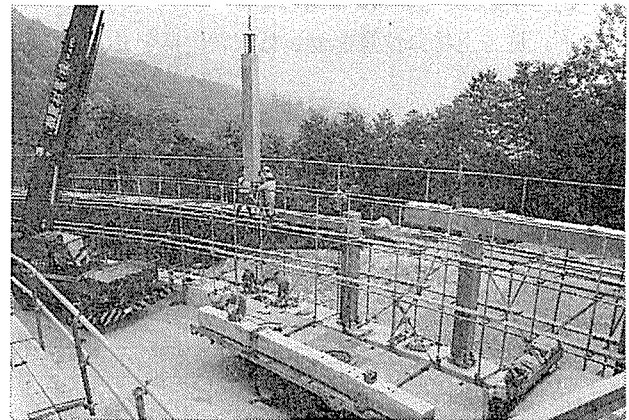


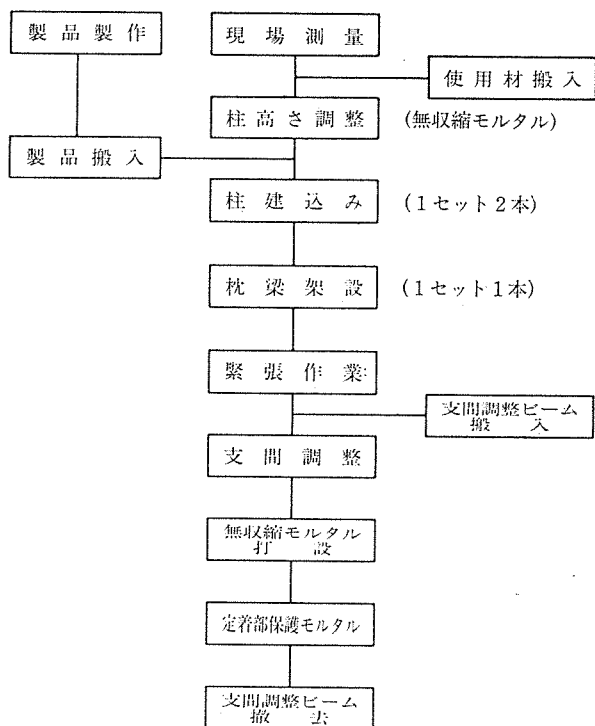
写真-7 柱の架設

(1) 柱・枕梁の架設および剛接工について(図-14)

柱と枕梁の構造形式は、ポストテンション方式門型ラーメン構造である。

〔施工順序〕

- ① 柱をクレーンにて吊り上げ所定の位置に建て込む。
- ② トランシットで柱の垂直を見ながら控えワイヤを張る(写真-7, 8)。
- ③ 柱下端部を木クサビにて固定する。



上記のサイクルを繰り返し谷側の柱・枕梁を全数組み立てる。

図-14 柱・枕梁架設1サイクル

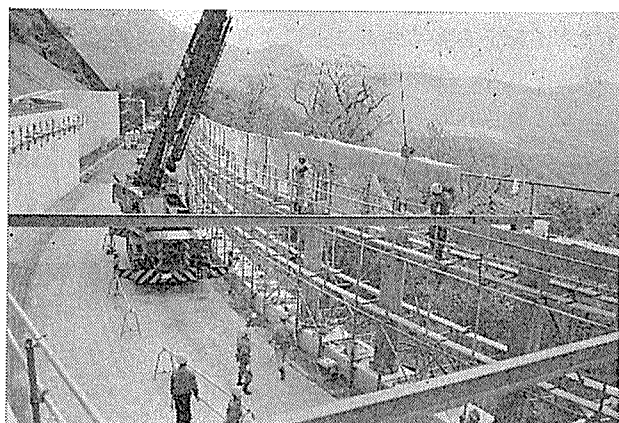


写真-8 枕梁の架設

- ④ 上記を繰り返して2本の柱を建て込む。
- ⑤ 枕梁を吊り上げ2本の柱上に架設する。
- ⑥ 柱の中にアンボンドで配置されているPC鋼棒(φ17mm)を枕梁上で緊張・グラウトし、柱と枕梁を剛結する(写真-9)。
- ⑦ 山側擁壁と枕梁との距離(主梁の支間長)の調整を行う。
剛結された1セットの門型ラーメン構造体と山側擁壁との距離の調整作業は、写真-10のように、1セット当たり2本の支間調整ビームにより調整を行った。
- ⑧ 支間の調整作業終了後、柱下端部に無収縮モルタル



写真-9 剛接工(緊張)

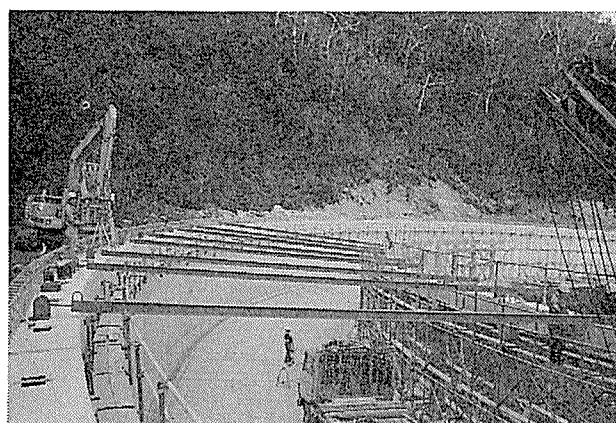


写真-10 剛接工(支間調整ビーム)

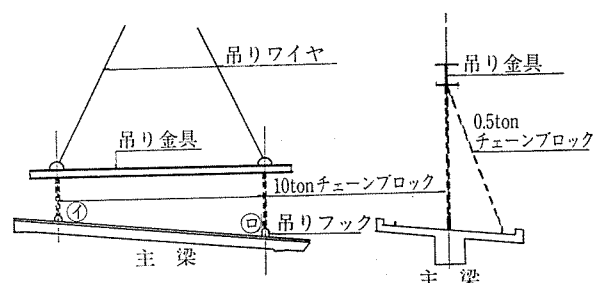


図-15 主梁吊り装置

を打設し、下部工と柱の剛結を行った。
上記の作業を連続的に行い、柱と枕梁の架設作業を終了した。

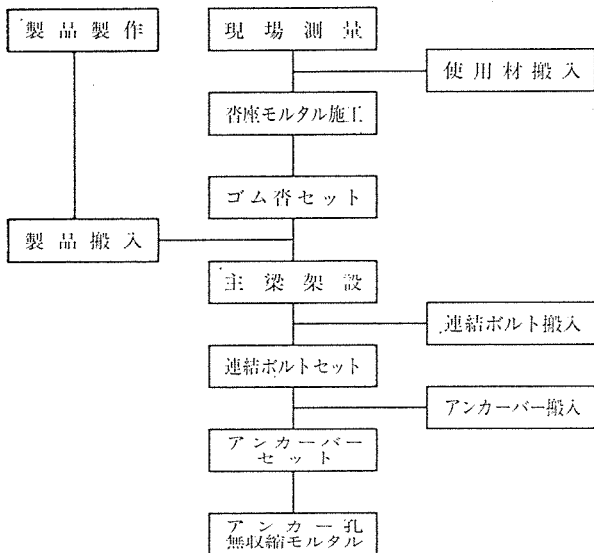
(2) 主梁の架設および横連結工について

主梁の構造形式は、道路直角方向に対して単純桁となっており、主梁間には10mm程度の目地を設けて連続的に架設し、主梁4本を1セットとして横連結工を施工する。主梁は、道路直角方向に10%、道路方向に9%の勾配があるので、チェーンブロックにより勾配を調整しながら架設を行った(図-16)。

〔施工順序〕

- ① 全面交通止めを確認した後、照明およびクレーン

◇工事報告◇



上記の手順で主梁全数の架設を終了する。

図-16 主梁の架設



写真-11 主梁の架設

を所定の位置にセットする。

- ② 主梁は吊り金具を使用してトラックより直接吊り上げる（写真-11）。
- ③ クレーンを旋回して主梁を所定の位置まで近づける。
- ④ 図-15 のチェーンブロック①②③を操作し、主梁をゴム沓に接しない程度まで降ろす。

- ⑤ ゴム沓が所定の位置にセットされていることを確認し、主梁をゴム沓に合わせて降ろす。
 - ⑥ 目地・アンカー孔等を確認のうえ、クレーンを開放する。
 - ⑦ 横連結ボルトを取り付ける。
 - ⑧ アンカー孔にアンカーバーをセットし、無収縮モルタルを打設する。
- 上記の作業を連続的に行い、主梁の架設作業を終了した。

5. あとがき

本工法は、一般的に施工されている谷側柱逆L形と異なり、柱間隔を広げるために、主梁と柱の間に枕梁を設けたところが特徴である。

当初、プレキャスト部材での施工が、平面線形と縦断勾配に対してどれだけ対応できるかが、設計上および施工上の大きな問題であった。

この問題に対して種々検討の結果、柱および枕梁の長さを一定とし、枕梁の曲率および主梁の長さや幅を変化させることによって、設計上の問題点を解決した。

また、施工上主梁と枕梁が一本ごとすべて変化しているので、複雑になることが予想されたが、各工程のチェックポイントを多くすることにより解消した。

構造形式は、主梁がプレテンション方式単純桁であり、柱と枕梁はポストテンション方式門型ラーメン構造であるが、実際に施工を行った結果、構造的および施工性において十分実用的なものであることが分かった。

今後、冬期間通行止めとなっている道路が整備されるに当たって、スノーシェッドの必要が生じた場合、有効な工法の一つになると思われる。

最後に、本構造物の設計・施工にあたり多大なご指導と御尽力をいただいた北海道土木設計（株）の方々、および関係各位に紙上をかりて心から感謝の意を表します。

【1989年4月14日受付】