

函館開発建設部 ○桜田昌之  
池田兵十郎  
小山和憲  
磯田賢

### 1. はじめに

一般国道278号は函館市を起点とし、亀田半島東部を經由して森町に至る延長約11.6kmの路線である。この路線は恵山道立自然公園と大沼国定公園を最短で結ぶ観光路線であるとともに、海産物の輸送など沿道町村の産業基盤である水産業（マコンプ、ウニ、スケソウなど）を支える幹線路ともなっている。

このなかで南茅部町古部地区は、平坦部のない比高50m以上の海蝕崖が連続する海岸線にあり、これを縫うように現国道が走っているため曲線半径が小さく（ $R = 60\text{ m}$ ）幅員も狭い（ $W = 4.0\text{ m}$ 程度）。また背後に地すべり地帯を抱えているため連続降雨量 $100\frac{\text{mm}}{\text{m}}$ で交通止めになること、および昭和59年5月に古部トンネル崩落事故が発生したため早期改良が望まれていた。このため安全かつ円滑な交通の確保と併せ、海産物の高速・大量輸送の実現、沿道の環境改善などを目的として新たに路線計画が策定された。

古部大橋は古部漁港を横断し、昭和60年着工・61年に完成予定の古部トンネルにアクセスする全長186mの3径間連続PC箱桁橋として計画されている。本報告ではこの計画に関し、ルート選定から形式決定までの経緯を踏まえ施工法まで言及する。さらにはコンクリートの塩害対策および議論の踏み台として若干の景観設計についても触れてみたい。

### 2. 路線選定

古部市街の路線選定を下記の基本方針に沿って行なった。

- (I) 船揚場、干場の潰地面積が少ない平面線形とする。
- (II) 古部漁港の施設および機能を損なわず漁船往来に必要な桁下空間を確保する。
- (III) 古部トンネル（新設）の延長を短縮させる線形とする。

この結果、比較案として図-2の3ルートが浮上した。

(さくらだ まさゆき) (いけだ ひょうじゅうろう) (こやま かずのり)  
(いそだ けん)

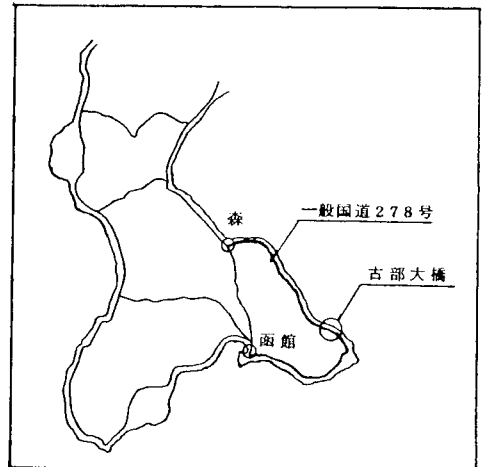


図-1 架橋位置

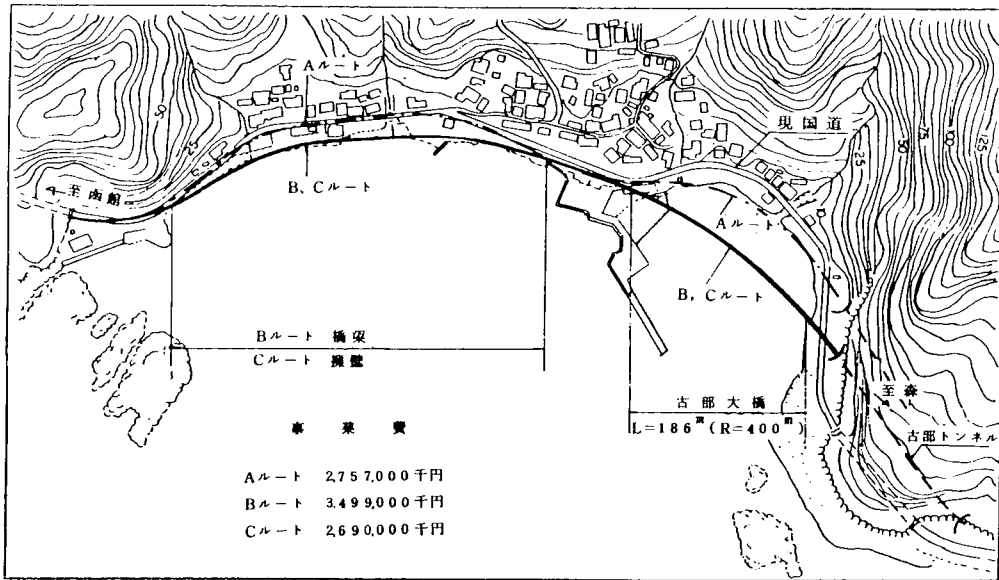


図-2 ルート比較図(古部市街)

- Aルート 現道拡幅案で現道敷地を最大限に利用できるが、潰地面積が大きく代替地の造成も困難な線形である。
- Bルート Aルートより代替地の面積は少ないが橋長が長くなるため事業費が最も高い。
- Cルート 潰地は多いが起点側の擁壁を冲出しし、計画線と現国道の間を埋め立てることにより代替地の確保ができる。Aルートよりトンネル延長が短くBルートより橋長が短いいため事業費が最小となる。

以上より計画線をCルートに決定した。

### 3. 橋長の決定

古部大橋の設計条件は以下の通りである。

構造規格	3種2級
設計速度	60 km/hr
交通区分	B交通
曲線半径	400 m

橋長の決定はすなわち橋台の位置を決定することであるが、本橋の場合以下の制約条件が挙げられる。

- (I) 起点側においてはA<sub>1</sub>橋台による船揚場の潰地面積を最小限にする。
- (II) 終点側では道路中心線と現国道の擁壁が交差しており、A<sub>2</sub>橋台をこれより起点側に出して橋長を短くする場合海岸擁壁の新設が必要となる。

(I)の条件からA<sub>1</sub>橋台については、橋台のパラペット前面が現道の路肩に接する位置とした。A<sub>2</sub>橋台の位置については図-5の3案が考えられた。

Case I 橋台の parapet を海岸擁壁前面に揃えた  
場合  $L = 194.5\text{ m}$

Case II 橋台施工の際に海岸擁壁を取り壊さないよ  
うにした場合  $L = 186\text{ m}$

Case III 橋台を大きく前方に出した場合  $L = 161\text{ m}$

上記の3案について概算工事費を算出し経済性を比較すると図-3のようになる。Case IIIは橋長が短いため上部工が最低であるが、海岸擁壁工、消波工などがかさみ全体工事費は最も高くなる。さらには漁港の面積を狭め工事中海水汚濁の可能性も大きい。Case Iは工事中の現道交通の支障となりやすく、Case IIより割高である。よって本橋ではCase IIを採用し橋長  $L = 186\text{ m}$  とした。

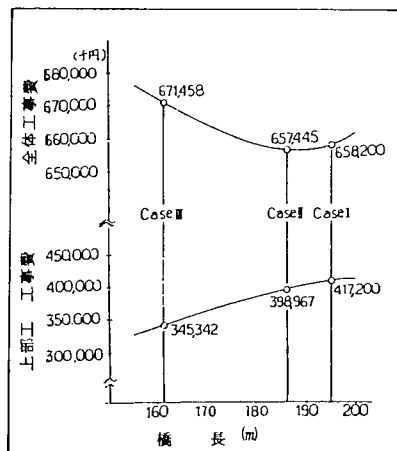


図-3 経済性の比較

#### 4. 橋梁形式の選定

##### (I) 上部工

決定された橋長に対し平面線形 ( $R = 400\text{ m}$ ) を考慮し図-4より適合形式を選定した。なお、地形、地質、海上橋としての維持管理、走行性などを鑑み、3~5径間のコンクリート系連続桁を橋種選定の第一条件とした。この結果3径間案が最も経済的となったが、この案は支保工の不要なカンチレバー工法を採用できるため施工に伴う海水汚濁が少なく、また美観、船舶の航行などの面においても有利である。

カンチレバー工法における構造形式については

- (1) 3径間連続PC箱桁 (2) 3径間連続PCラーメン (3) 3径間有ヒンジラーメン

などが考えられるが、(3)はヒンジ部の地震時挙動に不安があり走行性の面からも(1)、(2)に劣る。(2)の連続ラーメン形式は温度変化、乾燥収縮などの変形量を橋脚で負担する構造であるため、本橋のような橋脚が低いタイプでは下部構造が大きなものとなり不経済である。また、本橋では各支点の基礎形式が異なるためラーメン構造として構造解析する上で問題が多い。以上の理由により古部大橋はPC箱桁とした。なお、サイドスパン比については最も経済的といわれる  $1 : 1.3 \sim 1.4 : 1$  を用い  $55\text{ m} + 76\text{ m} + 55\text{ m} = 186\text{ m} (1 : 1.38 : 1)$  とした。

##### (II) 下部工

下部工の土質および支持層を調べるため図-4の4点においてボーリング調査を行なった。終点側のA<sub>2</sub>橋台、P<sub>2</sub>橋脚では硬質で良好な火山角れき岩(Vb層)が露岩しているため本層を支持層とする直接基礎とした。起点側はいずれも変質粘土化が相当深部まで及んでいるが、A<sub>1</sub>橋台は陸上部であるためあまり地盤を乱さない杭基礎を考え、支持層をN値が40以上の変朽安山岩強変質帯(Pr-a1層)とした。なお、A<sub>1</sub>橋台は民家および地すべり地帯に隣接していること、中間層が粘土化し軟弱であることなどの理由により低振動、低騒音工法であるオールケーシングによる場所打ち杭(ベント工法)を採用した。一方P<sub>1</sub>橋脚では

- (1) 土質試験の結果自然含水比が液性限界を越えており、一度地盤が乱されると強度が極端に

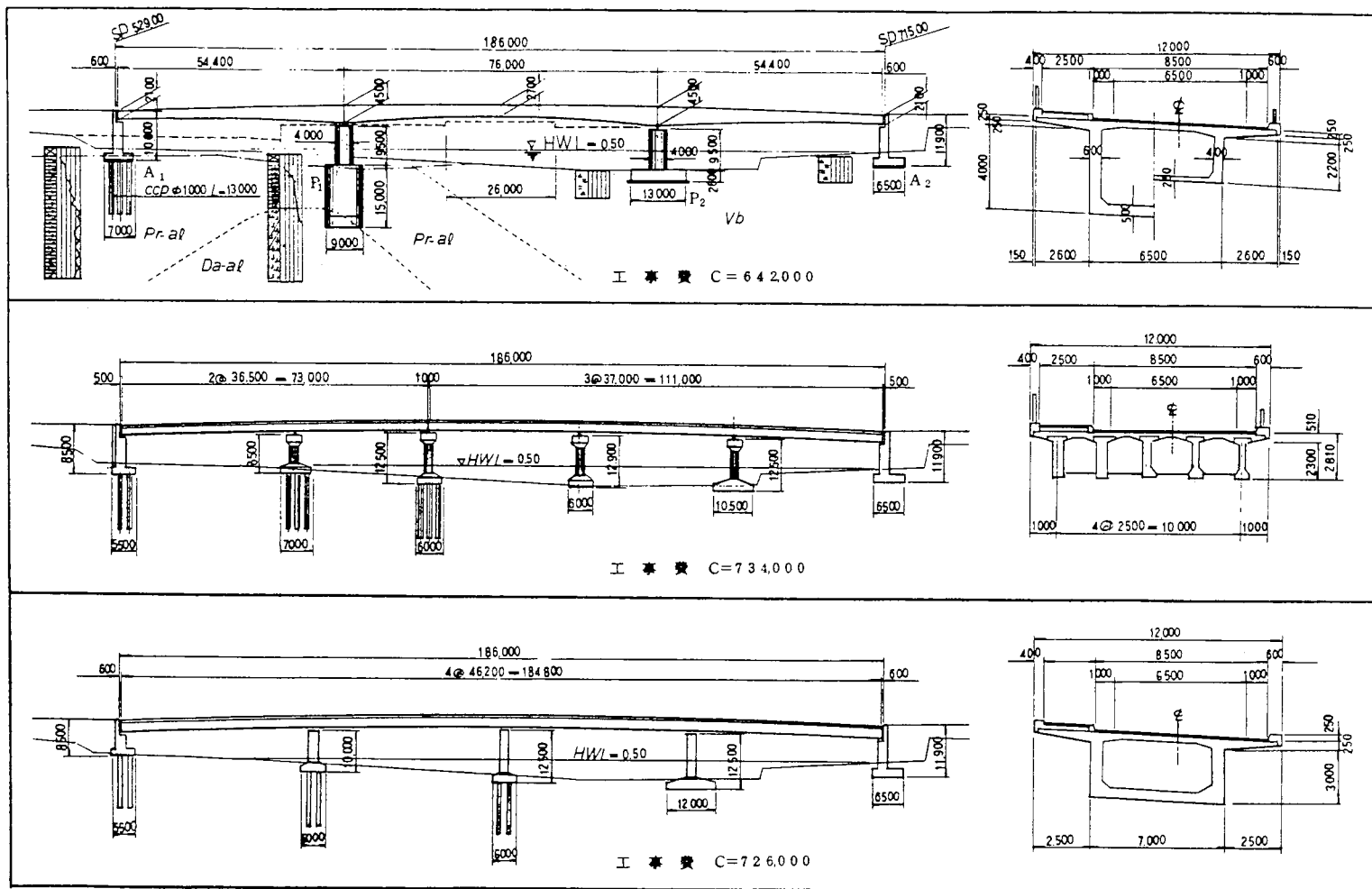


図-4 適合形式の選定

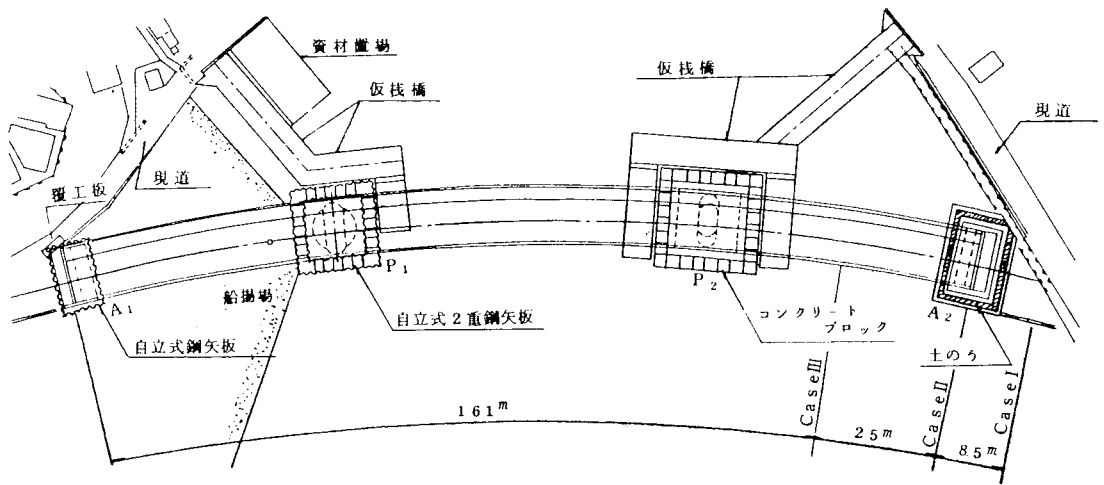


図-5 平面図

低下するおそれがある。

(2) 透水量試験の結果、透水係数は  $10^{-7} \text{ cm/sec}$  と小さく難透水性の地盤である。

などが明らかとなったためN値が50以上の石英安山岩強変質帯(Da-a1層)を支持層とするオブンケーソン工法を用いることとした。

### 5. 仮設構造物の検討

下部工の施工については図-5に示すような仮設構造物によって行なう。すなわちA<sub>1</sub>橋台については施工の容易な自立式鋼矢板締切によって土留を行う。また締切が現国道に及ぶ部分は路面以下まで鋼矢板を打込んだ後、路面覆工を施すかし堀りする。A<sub>2</sub>橋台については水深が浅いため土のうによる仮締切で十分である。一方、P<sub>1</sub>、P<sub>2</sub>橋脚はいずれも海上施工となるため現国道から仮栈橋を架設する。P<sub>1</sub>橋脚では一重締切で行うとケーソンの沈設に伴い周辺地盤が乱されるおそれがあるため、鋼矢板の二重締切による築島とした。P<sub>2</sub>橋脚の仮締切については露岩しているため鋼矢板の打込みが不可能であることから、止水性にやや難があるものの施工が容易なコンクリートブロック沈設による仮締切を採用した。なお、栈橋の基礎も露岩しているため右図に示すようなコンクリートブロックを基礎地盤上に据え付け、

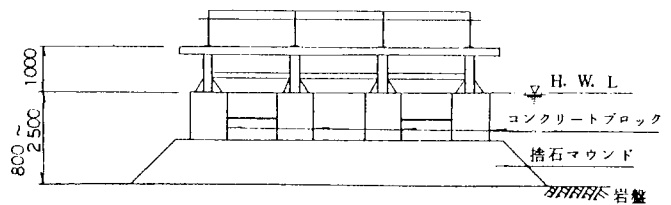


図-6 P<sub>2</sub>仮栈橋の基礎

その上にH型鋼を建て込む方法を考えている。この方法の利点としては海水汚濁の心配がなくかつ施工が容易であること、ブロックの自重が6 t程度であるためクローラクレーンによる手延方式での施工が可能、などが挙げられる。

## 6. 今後の検討課題

### (1)塩害対策

古部大橋は海上橋であるために設計、施工上種々の制約を受けるが、塩害対策もその一つである。ここではコンクリート（橋体）および沓について検討した。

#### (1)コンクリートの塩害対策

本橋は海上部にあるため「道路橋の塩害対策指針（案）」による対策区分Ⅰに該当する。このため指針に基づき以下の対策を施す予定である。

(ア) かぶりを従来より大きくとる。（桁・下部構造で7 cm）

(イ) ひびわれの発生を抑制するためフルプレストレスおよびPC床版として設計する。

(ウ) 水セメント比・スランプを抑えることにより密実なコンクリートとする。

但し、(ウ)のかぶり厚については、対策を要しない場合に比べ上部構造において倍の値となる。このため死荷重の増大による工事費への影響などを今後検討する必要がある。

この他の塩害対策として高炉セメントの使用が挙げられる。高炉セメントを用いたコンクリートでは他種のセメントに比べ塩素イオンの遮へい性能が優れている<sup>(1)</sup>ため、これは緻密な組織を有すること、塩素イオンを水和物中で固定化させる作用があることなどによる。しかし高炉セメントは強度の発現速度が遅いためPC構造特にカンチレバー工法には不向きであることから、本橋では橋台、橋脚のシャフト部への使用に限り検討を進めたいと考えている。

#### (2)沓の塩害対策

沓については橋体と同等以上の耐久性が要求される。このため塩害対策上有効な沓として以下の諸案を経済比較した。

(ア) 鋼製の通常沓を被覆	└─ 亜鉛メッキの上にタールエポを塗布 └─ 支承全体をゴム被覆	C = 3 7,9 6 0千円
		C = 3 5,5 4 6千円
(イ) 耐候性鋼材を使用した沓		C = 3 7,2 2 0千円
(ウ) ゴム沓	— リング沓（素材は天然ゴム）	C = 2 5,8 0 0千円

以上より最も経済的なのはリング沓である。本橋の上部工反力は1沓あたり1,200 t程度と見込まれるが実績(1,450 t)の範囲内であるためリング沓を採用したい。またこのタイプは他に比較し沓厚が薄いため構造系の安全性においても有利である。

リング沓の問題点として施工中上部工の荷重によって圧縮変形が生じるため、仮支承（図-7参照）の分担力が大きくなり撤去が困難になることが挙げられる。この解決法としては仮支承上にゴムを張る

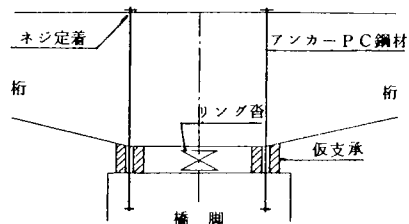


図-7 仮支承（海上施工の場合）

方法、仮支承を若干低めにセットする方法などを考えている。

## (II) PC鋼材について

従来カンチレバー工法にはPC鋼棒を使用するもの（ディビダーク工法）とPCストランドを使用するもの（FCC工法）の2種類がある。実績では圧倒的に鋼棒使用が多いが、本橋のような連続桁形式における比較ではストランド使用の方が若干経済的なようである。さらにストランド使用の場合

- (ア) 1ストランド当りの導入力が大きく本数を鋼棒より少なくできるため、コンクリートの打設、締固めが容易となり密実性が増す。
- (イ) プレストレスの不連続がないためひびわれが発生しにくい。
- (ウ) プレストレス直前にストランドを挿入するためそれまでの品質管理（サビの発生）がしやすい。

など塩害対策上の利点が多いため、本橋ではPCストランド方式を採用する方向で検討している。

## (III) 景観設計について

橋梁の景観に配慮することの主旨は橋梁を人々の生活空間のなかで捉えたとき、橋が人々の情操に資するものでなければならぬということである。この意味で景観的に良好な橋は橋が本来有する交通機能の上に付加価値を高めたものと言える。しかしこの付加価値は経済性という枠組のなかでは異端児として扱われることが多いため、思いきった配慮は困難であるのが現状である。よってここでは経済性の枠組を大きくはみ出さない範囲で古部大橋の景観設計を考えた。

近年、桁形式の橋梁の形状は面的に捉えられる形状より線的に捉えられる形状の方が評価が高いようである。すなわちよりスレンダーにみえる形状が好まれる傾向にある。ゆえに本橋ではより“スレンダーな橋梁”を主眼とした景観設計を考えている。すなわち本橋のような大支間の橋梁ではおのずと桁高が高くなるため、たとえ変断面桁によりリズム感・軽快さを与えているとしても鈍重な印象は避けられない。鈍重さを軽減する方法として

- (ア) 桁の張出しを大きくする。（あるいは台形断面にする）
- (イ) 高欄と主桁の塗装色を変えて色調のコントラストを与える。<sup>(2)</sup>
- (ウ) 水平線方向の連続を強調した高欄の採用（写真-2参照）



図-8 桁の張出し

などの方法が考えられる。本橋の場合のについては経済性より導かれた断面形である。イ) については、塩害対策上亜鉛メッキの高欄が一般的であるが桁と同系色になるため望ましい配色ではない。樹脂コーティングによる高欄などの検討を含め今後の課題としたい。

## 7. おわりに

古部大橋は橋梁形式としては比較的単純であるが、漁港区域内工事・海水汚濁の防止・飛沫帯での施工・現道交通の確保など厳しい条件下での施工となることが予想される。現段階すなわち机上

においては容易に解決できる問題も実施時に意外な困難さを伴うことが多いため、今後検討すべき課題を含め、函館開発建設部の叡知を結集して作業を進めてゆきたい。

なお、本計画ではフォトモンタージュ（写真-2）を作成したが再現性はかなり高いといえる。これにより架橋後の景観変化および橋梁全体像を具体的に把握できるようになった。今後多くの設計においても有用であり、活用すべきと考える。



写真-1 現況写真



写真-2 完成予想写真

最後になりましたが、本稿をまとめるにあたり御協力いただいた日本工営（株）河村技師に深く感謝の意を表します。

#### 参 考 文 献

- (1) 小林一輔 コンクリートの防食 土木施工25-11 P40
- (2) 日本道路協会 橋の美Ⅱ P31