

脇川大橋の設計・施工

——塩害指定域における PC 橋の設計・施工——

佐 川 和 夫*
 田 中 司 朗**
 寺 下 貢***

まえがき

脇川大橋は、新潟県北部の脇川漁港を横断する海上橋で、当地は冬の低気圧通過にともない NW, NNW 方向の厳しい季節風による海水飛沫の影響をまともに受ける地域であり、「道路橋の塩害対策指針(案)」(日本道路協会)の B 対策地域、対策区分工が最初に適用されて建設する道路橋と思われるので同指針(案)にもとづいて実施した上部工の塩害対策について施工を中心に報告する。

1. 工事概要

当地区は山がすぐ海に迫り、その狭小な地区に人家が密集し、それを縫うように海岸線に沿って曲折した狭隘な一般国道 345 号が通っている。この地区での通行状態はきわめて悪く、大型車の通行不能、小型車の時差一方通行規制等が行われており、これらの通行規制を解除すべく計画されたのが脇川大橋である。

用地確保に当たり、現道の拡幅は移転民家の代替地がなく、また山側は羽越本線と山が迫り用地確保が不可能であり、やむなく脇川漁港を横断せざるを得ない海側に建設用地を求めたものである。

橋梁の施工時、完成時に漁港の機能を損なうことなく、メンテナンス、塩害等を考慮して中央径間 120 m のプレストレストコンクリート箱桁橋をディビダーク工法で架設した。

工事概要は次のとおりであり、全体一般図、主要断面図を図-1 に示す。

工事概要

施 主：新潟県
 工 事 名：一般国道 345 号橋梁(脇川大橋)架設工事
 路 線 名：一般国道 345 号
 施工場所：岩船郡山北町大字脇川地内

* 新潟県村上土木事務所工務第一課

** ビー・エス・コンクリート(株)東京支店工事部

*** ドーピー建設工業(株)本社工事部

工 期：自昭和 59 年 10 月 15 日

至昭和 61 年 7 月 15 日

(冬期間施工休止)

形 式：プレストレストコンクリート 3 径間有ヒンジ T 形ラーメン箱桁橋および 1 径間単純箱桁橋

施工方法：ディビダーク張出し架設工法、固定式支保工架設

橋梁諸元：

橋 長；295.15 m

支 間；71.25 m + 120.0 m + 71.25 m, 30.0 m

幅 員；総幅員 10.75 m, 歩道 2.5 m, 車道 6.25 m

勾 配；縦断 4.5%, 横断 2.0%, 歩道 1.5%

設計荷重；TL-20

施 工：ピー・エス・コンクリート(株)・ドーピー建設工業(株)共同企業体

2. 塩害対策施工

設計上の塩害対策概要は、設計荷重に対して主桁および上床版橋軸直角方向はフルプレストレス PC 部材、上床版橋軸方向、下床版は RC 部材で死荷重作用時の鉄筋応力度を 1000 kg/cm^2 を目標として設計した。

各部材のかぶりは図-2 に示すとおり主桁で直接外気に触れる外側を 7 cm, それ以外は 3.5 cm とした。その結果、上床版張出し縁端部下側で 7 cm かぶりを確保するため、50 cm 長のレベル区間を設けた。地覆はすべて 5 cm として対処した。

一方、施工面では施工時、コンクリート内への塩分混入の防止、かぶりの確保、鋼材の防食方法およびチェックリストによる施工管理を中心として、

- 1) コンクリート内への塩分混入防止
- 2) 従業員の塩害対策施工教育
- 3) コンクリートの品質管理
- 4) かぶり内の異物の排除とかぶりの確保

- 5) 材料の選択
 - 6) 鋼材の保管管理の徹底
- の6重点目標について項目別内容について以下に記す。
- (1) コンクリート内への塩分混入の防止
- 施工時に海水飛沫による塩分の混入を避けるため、コンクリート打設時期を比較的気象の静穏な3月下旬～11

月末に設定し、冬期間は施工休止とした工程計画を作成した。その結果、気象にも恵まれ柱頭部を59年11月末、中央閉合部が60年10月中旬、単純桁が60年10月末でそれぞれの最終コンクリート打設を目標どおり終了した。

休止期間中における柱頭部の桁断面コンクリート表面

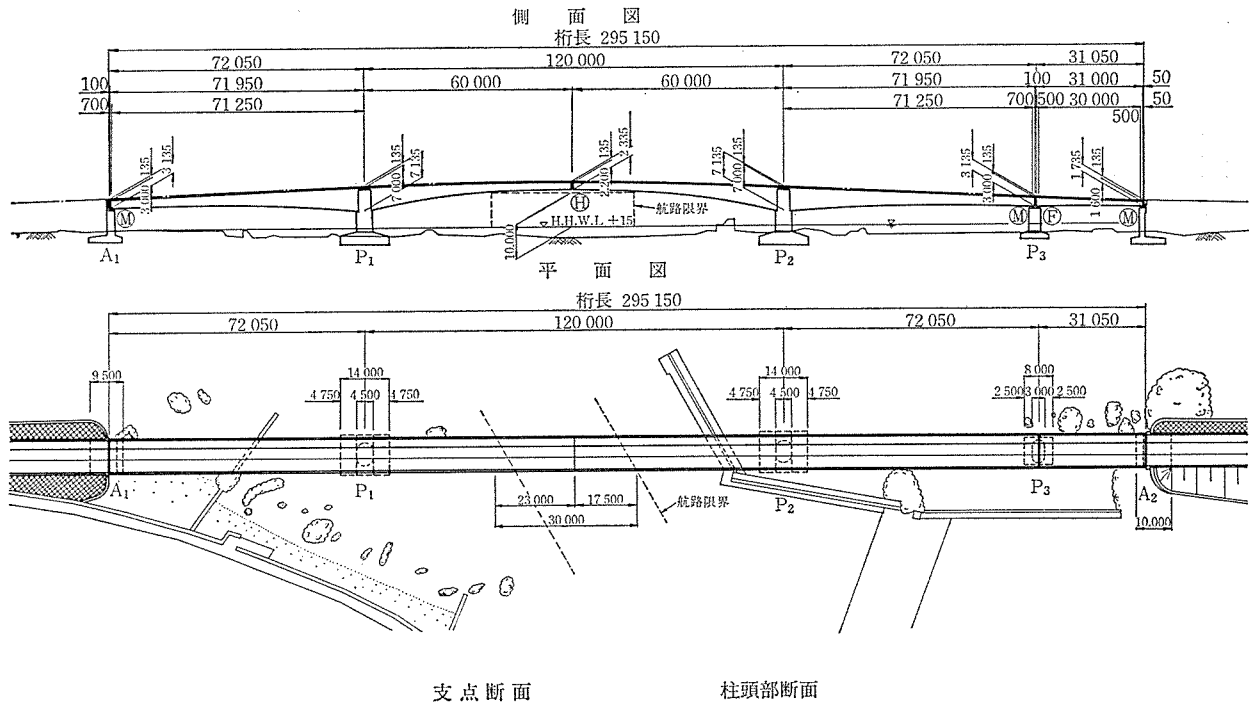


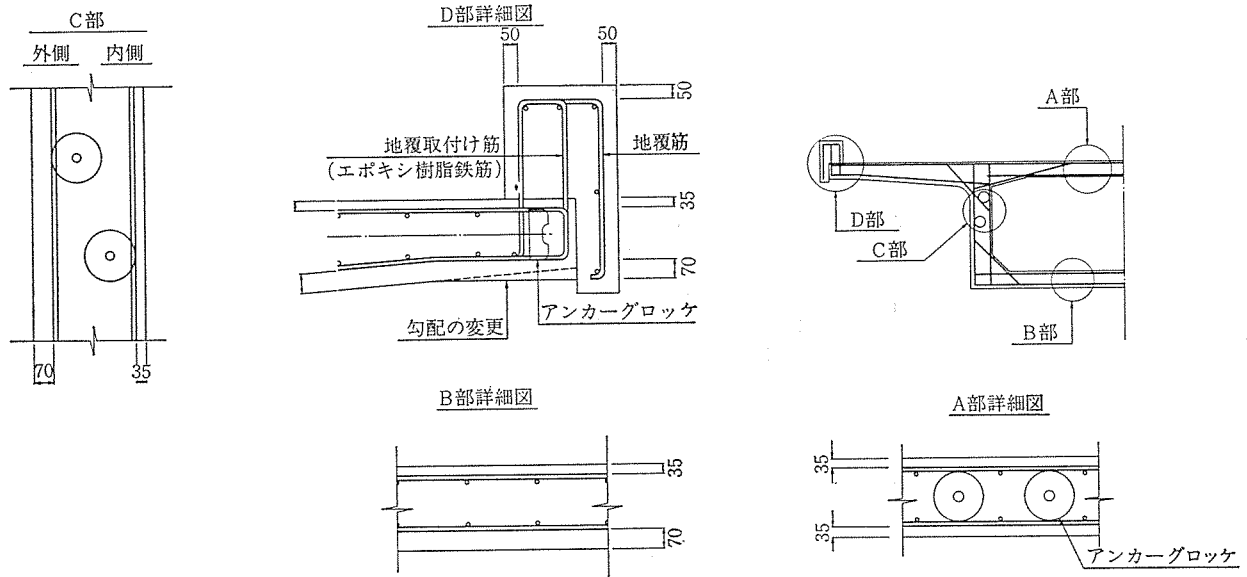
図-1 全体一般図, 重要断面図

◇工事報告◇

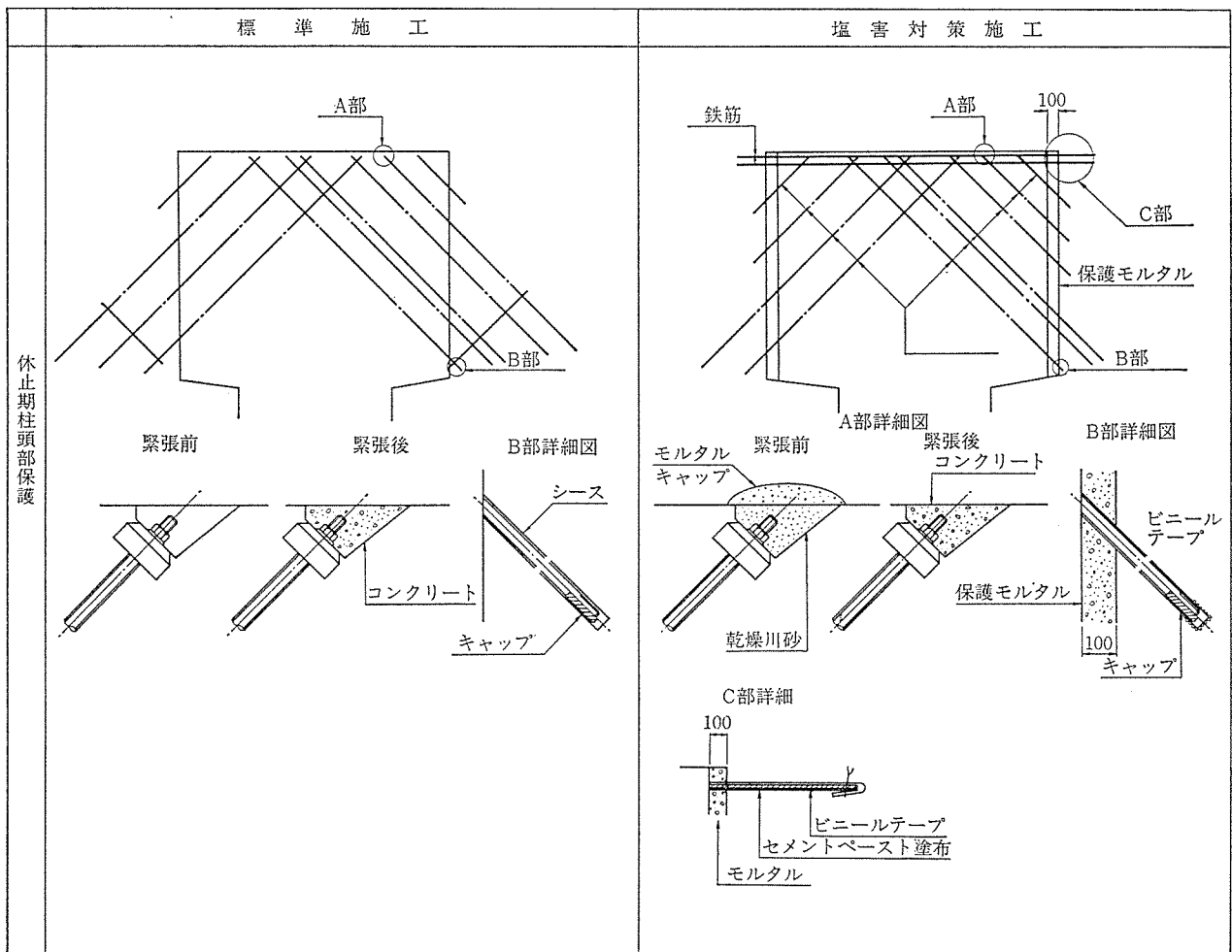
の塩分付着防止、突出鉄筋、PC 鋼棒の防錆処置を図一
3 に示すとおり行った結果、発錆はみられなかった。また
側径間および中央径間閉合までの約 1.5 か月間の張出

し施工終了後の桁端突出鉄筋、PC 鋼棒についても同様の
処理をした。

一方、主コンクリート材料の三面川産細骨材、練混ぜ



図一2 各部材のかぶり



図一3 柱頭部休止期間の鋼材、コンクリート断面の保護

水(地下水)について塩分含有量チェックを行った結果、NaCl換算重量比で細骨材が0.002%、練混ぜ水が0.005%であったので生コンクリート材料として合格と判定した。

また打込み時にはフレッシュコンクリートを試験紙によって塩分含有量を測定したが、判別できる塩分反応は現われなかった。

(2) 従業員塩害対策施工教育

構造物を造る際、設計図を理解することは勿論、施工に対する心構えが重要な要素であることは言うまでもないが、従業員それぞれが入念な施工を心掛けるように、施工に先立って、ビデオ、小冊子等の教材により塩害対策施工の指導、フリートーキングを工事関係者全員参加で開催して意識浸透をはかるとともに、安全大会等の機会をとらえ反復指導を行った。

(3) コンクリートの品質管理

① 生コンクリートの配合

さきに塩分含有量チェックを行った材料を用いて表-1に示す2種類の配合で試験練りを行った。その結果、設計強度、水密性等を考慮して記号Aに示すC=436kg/m³と若干の富配合のコンクリートを使用することとした。試験練り圧縮強度試験結果を表-2に示す。

打込み時にはフレッシュコンクリートの塩分測定、スランプ試験、空気量等の一連の試験を行い、同時に σ_2 、 σ_3 、 σ_4 、 σ_7 、 σ_{28} の5種類の圧縮強度用供試体を採取し、 σ_2 、 σ_3 、 σ_4 は現場、 σ_7 、 σ_{28} は標準養生により圧縮強度確認を行った。

② モルタルペースト漏れ防止

メタルフォームを形鋼で強固に組み上げた大枠を使用した。組払い回数を減らすことで型枠組立時の目違い等によるモルタル漏れを防ぐとともに、型枠と既設コンクリートの間にはスポンジテープを装着することにより万全を期した。

③ 入念な打設と養生

型枠内をコンクリート打設前に高圧水で水洗清掃を行い、異物の有無を確認したのち、一連の試験を終えた所定の品質を確認したフレッシュコンクリートをポンプ圧送した。打設時のコンクリートの分離を防ぐためシュート等によって落下高さを抑えるとともに、内部振動機によって十分締固めを行い、かつ型枠外側より木槌でコン

表-2 試験練り圧縮強度試験結果表

記号	スランプ (cm)	空気量 (%)	番号	圧縮強度 (kg/cm ²)				
				σ_2	σ_3	σ_4	σ_7	σ_{28}
A	9.5	3.9	1	243	298	332	396	456
			2	256	303	348	391	444
			3	258	306	337	387	458
			\bar{X}	252	302	339	391	453
B	9.0	3.6	1	275	327	358	430	488
			2	272	321	369	420	495
			3	267	330	363	427	483
			\bar{X}	271	326	363	426	489

クリートの充填音を確認しながら打設することによりジャンカ等の発生は見られなかった。打設後、緊張までの2日間は養生マットに散水を行い湿潤状態で養生した。なお養生水は簡易上水道を各柱頭部から橋面に配管し使用した。

(4) かぶり内の異物の排除とかぶりの確保

施工時一時的にかぶり内に入れる型枠補助材、インサート、ルールアンカー、コンクリート天端定規およびコンクリート打設足場等の使用時状態と撤去後の処理方法を図-4に示す。いずれも使用目的が終了後かぶり内に一切残らないこと、およびコンクリートの欠損断面が最小となるよう配慮した。ただし例外として排水管取付けボルトだけはかぶり内にステンレスボルトを残すこととした(図-5)。なおこれらの撤去後の後埋めは硬練りモルタルを叩き込む方法と無収縮モルタルを流し込む方法で充填した。以下にそれぞれの方法について概略説明する。

① 型枠組立金具

標準施工では後埋めモルタル使用型でもセパレーターの一部がかぶり内に残ることになるが、塩害対策施工としてロングナットに7cmコッターを使用することでそれらを解決した。

② 地覆型枠用インサート

7cmコッターを使用することでかぶり以上の内部へ埋め込むとともに、取付け時から使用終了時までの休止期間中に塩分、水分等が浸入しないよう切欠き部表面をプラグで栓をした。

③ 結束線余長

結束線余長処理方向として切断するか、鉄筋に巻き付ける方法が考えられる。前者は切断時に落としたり、落

表-1 試験練り配合表

記号	呼び強度 (kg/cm ²)	スランプ (cm)	空気量 (%)	水セメント比 (%)	細骨材率 (%)	単位セメント量 (kg/m ³)	単位水量 (kg/m ³)	単位細骨材量 (kg/m ³)	単位粗骨材量 (kg/m ³)	単位混和剤量 (kg/m ³)	備考
A	400	8±2.5	4±1.0	36.7	32.0	436	160	549	1188	1.090	早強セメント
B	400	8±2.5	4±1.0	35.8	32.0	453	162	541	1175	1.133	〃

	標準施工	塩害対策施工
① 型枠組立金具	<p>型枠組立時</p> <p>フォームタイ プラスチックコニン セパレーター</p> <p>脱型後</p> <p>プラグ</p>	<p>型枠組立時</p> <p>フォームタイ 軸尾 ロングナット セパレーター</p> <p>脱型後</p> <p>かぶり モルタル</p>
② インサート	<p>取付け時</p> <p>インサート プラスチックリング</p> <p>使用後</p> <p>プラグ</p>	<p>取付け時</p> <p>インサート コッター</p> <p>休止時</p> <p>プラグ</p> <p>使用後</p> <p>かぶり モルタル</p>
③ ワーゲン・レールアンカー	<p>ワーゲン施工時</p> <p>ゲビンデ接続法</p> <p>カップラー 接続面 切断面 ゲビンデ</p> <p>ワーゲン施工終了時</p> <p>コンクリートまたはモルタル</p>	<p>ワーゲン施工時</p> <p>かぶり カップラー 接続面 ウレタンフォーム ゲビンデ</p> <p>ワーゲン施工終了時</p> <p>無収縮モルタル</p>

図-4 (1) かぶり内施工補助材料の処理方法

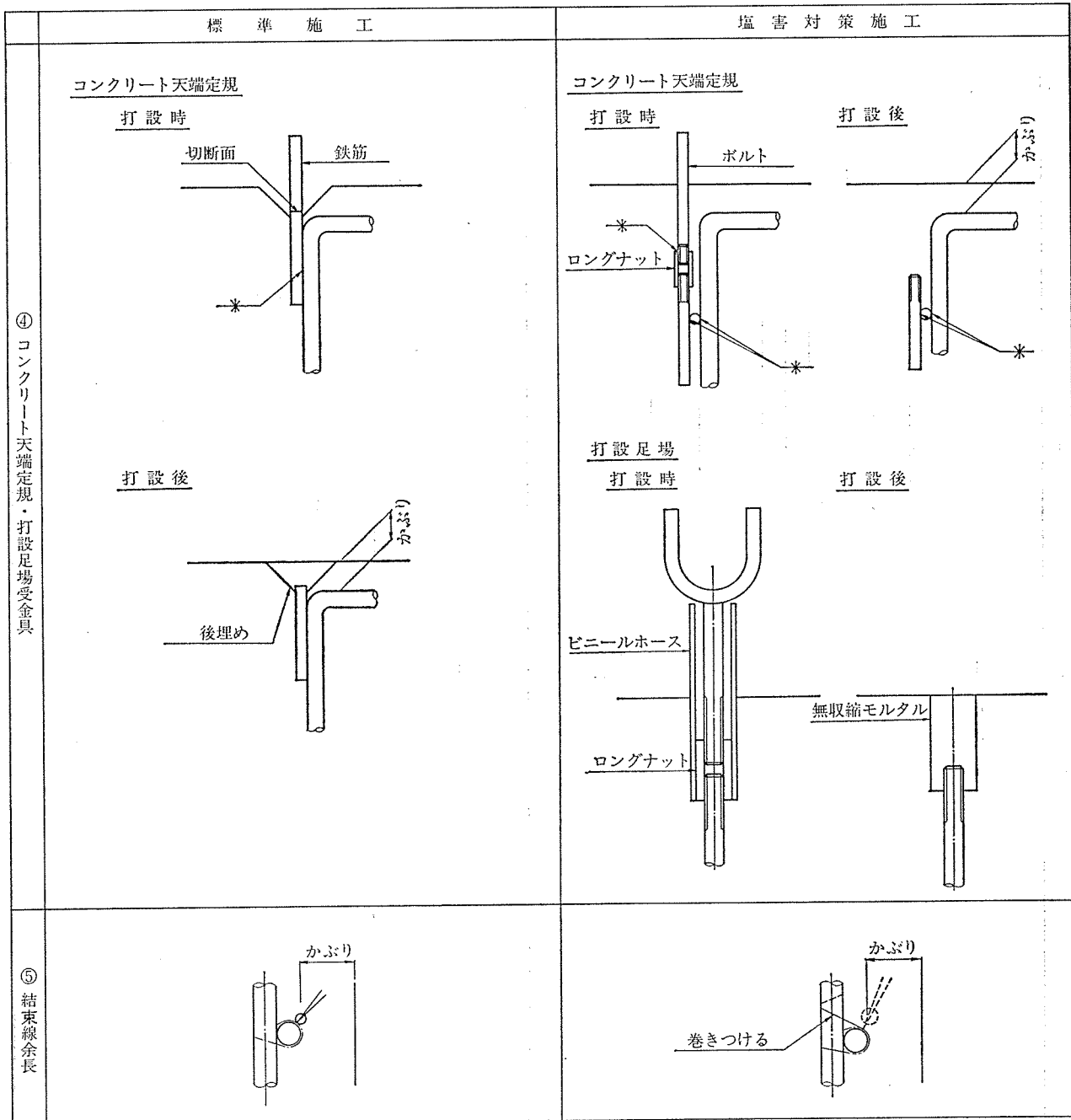


図-4 (2) かぶり内施工補助材料の処理方法

とした切断片を清掃時に見落とすことも考えられるので巻き付けることとした。

④ ワーゲン、レールアンカー

コンクリート欠損断面およびコンクリート表面仕上がりを考慮してカップラーの半埋込みとした。

⑤ コンクリート天端定規

コンクリート表面の切欠き、損傷をなくすためコンクリートがまだ固まらない状態で撤去できる金具とした。コンクリート表面均し時にボルトに上下動を加えながら撤去した。

⑥ 型枠吊材用穴抜き型枠

穴抜き用の型枠として亜鉛メッキシースを使用し、コンクリート硬化後には亜鉛メッキシースは撤去した。

⑦ その他

荒天後は、コンクリート打設前等に鋼材、型枠の水洗いを励行し、特に釘、結束線等の異物が残留していないか目視検査によって確認した。

(5) 材料の選択

長年外気に晒される支承、高欄、排水装置等については将来のメンテナンス費を減少させる方向で図-5に示す材質、構造とした。以下にそれぞれの方法について概略説明する。

◇工事報告◇

	標準施工	塩害対策施工
① 脊		
② 高欄アンカー		
③ 排水管および取付け金具		
④ スペーサー	防錆剤付き鉄線または モルタルスペーサー	<p>壁用スペーサー コンクリート打設時</p> <p>脱型後</p> <p>床用スペーサー</p>

図-5 塩害対策用材料

① 支承

沓はゴム支承も考えられるが、本橋は鋼支承とし、溶融亜鉛メッキ処理で防錆するとともに飛砂による沓本体の磨耗防止のため弾性ゴム被覆処理をした。

② 高欄

支柱、笠木等の高欄本体をアルミニウム合金材、ビス、ボルト類をステンレス材とし、ベースプレートはSS材に溶融亜鉛メッキ処理をして使用した。

埋込みポストの場合、アルミニウム合金とコンクリートの膨張率の違いにより地覆コンクリートにひびわれが生じる可能性があるため、本橋ではアンカーボルト式とした。ポストとベースプレートはさや管ジョイントとし、さや管の長さは試験により決定した。

③ 排水装置

排水装置は溶融亜鉛メッキ処理した排水桝とステンレス排水管取付け金具およびUP排水管の組合せとし、また金具取付け用インサートは後打ちコンクリートプラグによるコンクリート表面の損傷を避けるため先付けとした。

④ 伸縮継手

伸縮継手は損耗度が激しいことから、塩害対策とは別に将来交換しやすい型を採用した。

⑤ その他の材料

二冬外気に晒される地覆取付け筋の防錆方法は、柱頭部において三種類の試験をした結果からエポキシ樹脂鉄筋を使用した。その他の材料として亜鉛メッキシース、床用アスベストスパーサー等を使用した。

(6) 鋼材保管管理の徹底

PC鋼棒、シース、アンカーグロケ、カップラー等の主要材料および工事中補助金物の保管用としてA₁、A₂、両アバット背面付近にジャバラハウス(4m×20m×3m)、倉庫(2K×3K)をそれぞれ1棟ずつ設置し材料の塩分付着を防止するとともに、それぞれの材料の在庫管理の徹底を行い、保管期間を短くすることで鋼材の自然発錆を防止した。また鉄筋加工場も現場から10km遠方で海岸線から約500m離れた場所に移設した。それぞれの材料は使用の都度、施工個所へ必要数だけ小運搬を行った。

3. 施工費

標準的な施工と比較して、塩害対策を考慮した場合の

表-3 主なコストアップの要因

項目	要因
材料によるもの	<ul style="list-style-type: none"> エポキシ樹脂鉄筋(地覆筋の一部) ステンレスボルト、金具(高欄、排水管) 全支承の溶融亜鉛メッキと弾性ゴム被覆 亜鉛メッキシース アスベストスパーサー
補助金具によるもの	<ul style="list-style-type: none"> インサート 型枠組立金具 ワーゲン、レールアンカー コンクリート天端定規、打設足場受金具
作業によるもの	<ul style="list-style-type: none"> 結束線余長の処理 冬期間の柱頭部および張出し施工終了後の桁端突出鋼材の防錆処理 型枠、鉄筋等の水洗いの増加
施工管理によるもの	<ul style="list-style-type: none"> 鉄筋加工場の移設 ジャバラハウスの設置

コストアップに影響を与えている項目は、

- ① 新しい材料の採用によるもの
- ② 施工時の補助金具の改良
- ③ 入念な作業による歩掛アップ
- ④ 施工管理の充実によるもの

等に大別することができ、それぞれの項目別の主な要因をまとめると表-3のとおりであり、コストアップの合計は全体工費の4~5%になっているように思われる。

あとがき

本橋の施工にあたっては特に入念な施工を心掛け、どこまで塩害対策が可能かに挑戦したつもりである。

この結果は相当の年月を経て出たものであるが、施工に携わった者として十分自信の持てる構造物であると確信している。今回の塩害対策の基本は、かぶり増加で対処しているが、今後の課題として、

- ① エポキシ樹脂鉄筋の全面使用やシリカヒュームコンクリート等の採用による基本的塩害対策設計
- ② イニシャルコストに影響する材料、材質等の検討をする必要があると思われる。

施工に当たり、御指導いただいた建設省土木研究所ならびに実験等に御協力いただいた関係各社に対し誌面を借りて、お礼を申し上げますとともに、今後の施工の一助になれば幸甚である。

最後に、昭和59年10月から施工を始めた脇川大橋も無事故で昭和61年7月12日開通式を迎えたことを付記いたします。

【昭和61年6月2日受付】