

(1) 支保工施工

種々の制約の中で新工法を含む以下の工法を採用した。

- ① 大型移動吊支保工
- ② 支柱式梁支保工
- ③ 全ベティ支保工
- ④ 特殊ガーダー式支保工
(大型可動支保工横取り方式)

(2) 塩害対策

試験施工を含む数多くの塩害対策施工を行った。

- ① エポキシ樹脂塗装鉄筋試験施工
- ② 連続繊維強化複合板試験施工
- ③ コンクリート塗装試験施工
- ④ 細部にわたる塩害対策施工

(3) 工程管理と労務管理

上下部工事の競合の中での工程管理と、作業ヤードが他工事と競合することによる安定管理、また、大規模短期工程であることによる労務集中への対処。

(4) 海岸保全工事ほか**2. 工事概要****(1) 主要諸元**

工 事 名：北陸自動車道

インターチェンジ
青海 I.C. 高架橋(PC上部工)工事

施 工：日本道路公団新潟建設局魚津工事事務所

工事場所：新潟県西頸城郡青海町

工事範囲：上部工一式(舗装・施設を除く)

工 期：昭和61年1月10日～昭和63年7月27日
(930日)

施 工 者：住友建設(株)・川田建設(株)共同企業体

橋 格：本線橋 第1種3級-B規格

ランプ橋 第2種3級-B規格

橋 種：プレストレストコンクリート道路橋

鉄筋コンクリート道路橋

橋 長：本 線 上り線(住友建設(株)施工)

953.8m

下り線(川田建設(株)施工)

953.8m

ランプ A・Bランプ(住友建設(株)施工)

479.5m

C・Dランプ(川田建設(株)施工)

282.0m

有効幅員：本 線 17.31m～9.25m

ランプ 5.50m～

形 式：PC 3 径間連続箱桁橋

PC 4 径間連続中空床版橋

PC 3 径間連続中空床版橋

PC 2 径間連続中空床版橋

RC 2 径間連続中空床版橋

RC 2 径間連続ラーメン中空床版橋

活 荷 重：TL-20, TT-43

平面線形：R=15m～5 300m～∞

横断勾配：-0.5～+2.0%

縦断勾配：0.5～6.0%

(2) 主要材料概略数量

コンクリート：P₃₋₂ 23 200m³

B₀₋₁他 2 700m³

鉄 筋：SD30B 2 000t

PC 鋼 線：フレシネー 618t

SEEE 115t

支 承：鋼 製 319t

合成ゴム製 11m²

飛雪防止網： 1 400m

伸 縮 装 置：鋼 製 81t

検 査 路： 63t

型 枠：内・外枠 35 000m²

円筒枠 14 600m²

3. 支保工の計画・施工**(1) 大型移動吊支保工**

海浜部の本線で等幅員区間については、大型移動吊支保工を使用した。本橋では、下部工形式などの理由によりハンガータイプの大型移動吊支保工を用い、15径間分のPC中空床版橋の施工を行った。

大型移動吊支保工は、写真-1に示すようにメインガーダーおよびこれに支持された開閉足場・型枠などで構成されており、橋脚上の架台によりすべての荷重を支持するものである。付帯設備として、全天候型の養生上屋、天井クレーンおよび型枠上下、開閉装置などを備えている。そのため、各作業がパターン化され、良好な工程管理・品質管理を行うことができる利点がある。



写真-1 大型移動吊支保工

a) 施工手順

PCケーブル緊張後、移動架台を所定の位置に移動据え付けし、油圧装置により型枠と作業足場を開閉して橋脚を通過させる。

移動完了後、型枠上下装置により型枠を吊り上げ、吊鋼棒の調整により型枠調整を行う。

型枠調整と同時に、後方橋面上にてPCケーブルの切断、シースの接続などの準備作業を行う。型枠調整後、鉄筋シース、PCケーブル、円筒型枠を門型クレーンと天井クレーンにて移動、支保工内に搬入し順次組み立てを行う。

b) 六脚柱による施工

本橋の場合、写真-2に示すように架台の受台として通常採用される沓上ブロック方式でなく、厚肉鋼管を柱とした六脚柱により直接橋脚より支持をとる方法を採用した。その理由として以下の項目が挙げられる。

- ① 下部工を追いかける工程となるため、本来先行作業であるはずの柱頭部施工工程を全体工程の中に組み込むのが困難であること。
- ② 断面力の大きな支点付近に打継目を設けずにすみ、六脚柱箱抜きによる主版の応力にも大きな影響を与えないこと。
- ③ 本工法で用いた大型移動吊支保工あるいは主版における支承配置、ケーブル配置の構造上、最適寸法の位置に六脚柱をセットできること。

六脚柱の施工においては、その据え付けに最も注意を



写真-2 六脚柱

払った。六脚柱の支点にはネオプレンG10を用い、弾性支点として変形による不均等荷重に対応する方法をとった。また、水平力はゴム支承の摩擦により抵抗させた。六脚柱施工の立案・計画・設計はすべて当社が担当し、細心の注意を払って本計画を推進した。現場では移動吊支保工の重心の高さに十分配慮し、厳密な施工管理で満足のいく成果を得られた。

c) 工事工程

本工事では、資材ヤードがまったくなく、下部工5JV(共同企業体)との競合作業であり、またインターチェンジであることによるラーメン橋脚(P₅₃)を越さねばならなかった。そのため、工程が軌道に乗ってきたところにワーゲンの吊部材から下の部材、フレーム、足場などを一部解体し、橋脚(P₅₃)越えが完了した時点でそれらを再び組み上げ、再始動するという悪条件であった。

当初、組立工程が制約の中での作業となり、2週間程度の遅れがあったが、上記の中間組み払い工程や解体移動工程を短縮することにより予定通り9カ月間で移動支保工を上り線に引き渡すことができた。

標準的な施工サイクルを図-3に示す。

工種	日数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
緊 張 工													
支保工移動据え付け工													
型 枠 工													
鉄 筋 工													
PC ケーブル配置工													
円 筒 型 枠 工													
コンクリート打設工													
養 生 工													

図-3 標準サイクル工程

(2) 支柱式梁支保工

大型移動支保工の使用が不可能なインターチェンジの拡幅区間においては、基本的に図-4および写真-3, 4に示す支柱式梁支保工を用いた。

親不知では秋から春の期間にかけて毎年約7mの波高を持つ波が押し寄せる。そのため越冬問題が生じ、かつ、砂浜上の支保工を採用した場合、T.P.4.0m以上に支保工の基礎部を設ける計画が必要となった。下部工施工時の状況により、基礎となる地盤には直径1m以上の転石が非常に多く、ときには直径3m以上のものも見られた。そのため、支持杭(H350)を岩盤層まで打ち抜くには、ロックオーガーによる先行掘削が必要であると判断された。

本支保工は、ロックオーガーによる先行掘削の後、バイブロハンマーでH鋼杭を約10m打ち込み、岩を支持層とした。杭頭処理を施した上に、四角支柱を建込み、H588による主梁をかけ、ビディ枠にて線形の調整を行う構造を基本的構造とした。

当社が施工した下り線は、山側(国道8号、盛土部側)にあたり、本支保工区間全線にわたって海岸擁壁(波返し壁)が施工中であった。そのため基礎部の支保工形状は複雑なものとなり、下部工との競合作業もひんばんに行わざるをえない状況で作業を開始した。

支保工の構造計算は入念に行った。特に水平力の検討、ブラケットにおけるボルトの検討、杭の支持力の検討な

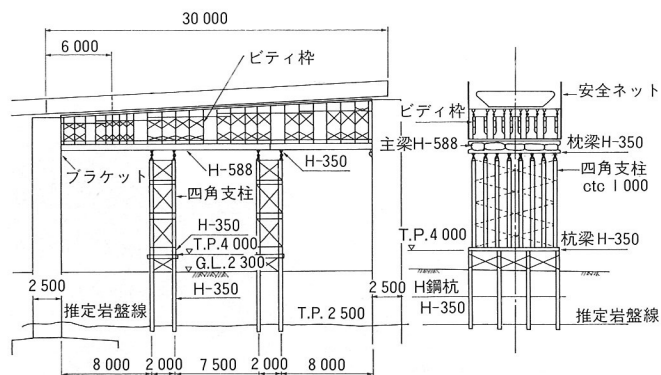


図-4 支柱式梁支保工

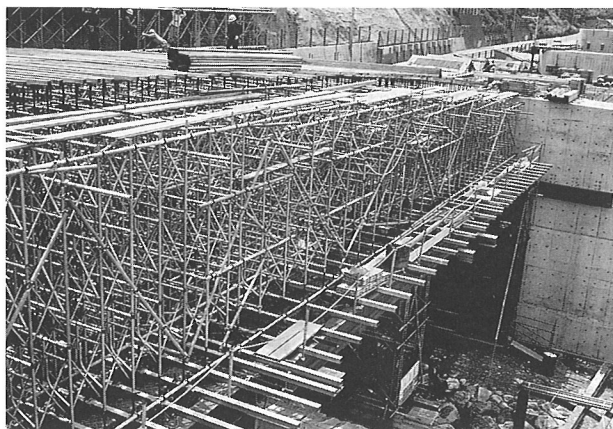


写真-3 箱桁部支保工

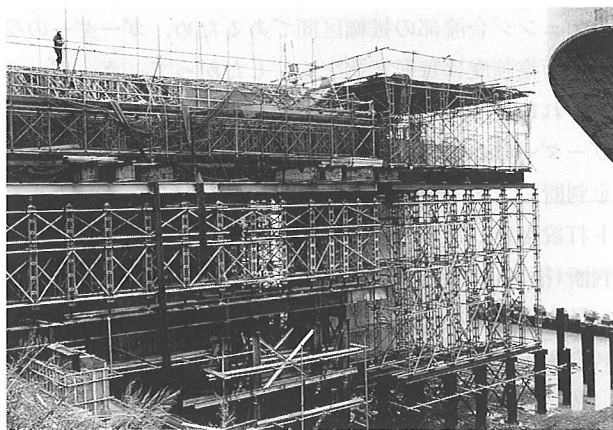


写真-4 中空床版部支保工

どに着目し、当時、全国で多数発生した支保工の崩壊事故を教訓として、構造計画・施工管理を行った。

(3) 全ビティ支保工

全ビティ支保工は、CランプPC部、写真-5に示すCランプRC部、Dランプに使用した。その中でも特にCランプRC部は橋体の線形が複雑であり、直接基礎による支柱式支保工との併用形式とした。

CランプRC部は写真-6に示すように最小平面曲線R=15mを持つ、いわゆる、ねじれた線形をもつ橋梁である。そのため型枠の構造や鉄筋の組み立て(鉄筋はエポキ

シ樹脂粉体塗装鉄筋を用いた)に苦慮し、この橋梁に関しては大幅な工程のズレが生じた。しかし、入念な下部工事との打ち合わせにより、全体工程の中でのクリティカルにはならなかった。

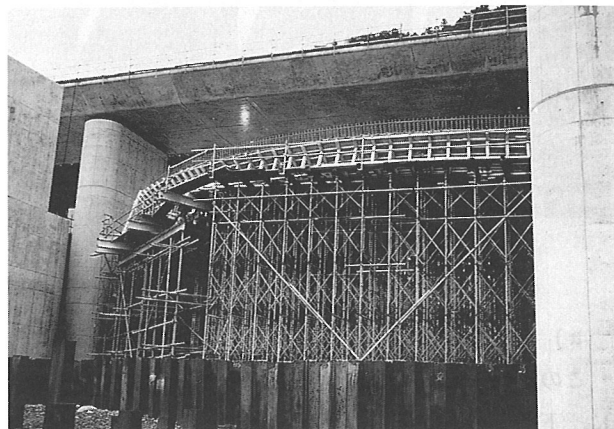


写真-5 CランプRC部支保工



写真-6 CランプRC橋

(4) 特殊ガーダー式支保工(大型可動支保工横取り方式)

特殊ガーダー支保工とは、以下の工程を1サイクルとする写真-7および図-5に示す特殊支保工である。

- ① 橋脚に埋め込まれた埋込H鋼にブラケットを取り付け、その上にゴム沓を据え付ける。
- ② 橋軸直角方向へ枕梁(H900, $l=42\text{m}$)を架設する。
- ③ 枕梁上へ $l=27.2\text{m}$ の特殊ガーダー(SM50)を3本架設し、主梁とする。
- ④ 特殊ガーダー上に橋軸直角方向へ横梁(H250)を架設し、型枠フレームとする。
- ⑤ 側枠を組み立てる。
- ⑥ 下り線橋体工緊張後、ガーダージャッキダウン、上り線へ横取りし、位置調整、線形調整を行う。
- ⑦ 上り線橋体工緊張後、ジャッキダウン、横取りし、型クレーンにて取りおろし、次径間へ移動する。

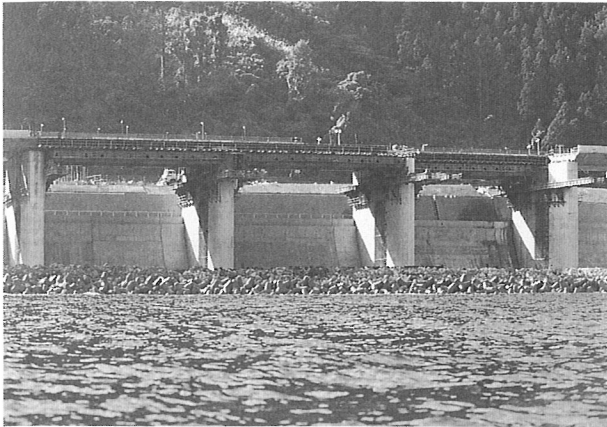


写真-7 特殊ガーダー支保工



写真-8 支保工架設状況

a) 工法選定理由

この支保工形式が採用された理由は、上部工施工時期に、下部工の擁壁工事、ブロック積工事、盛土工事、路盤工事、料金所工事などが重なる工程となり、どちらもクリティカルとなることが予想されたからである。そのため、上下部工事の並行作業を余儀なくされ、その結果支柱式支保工は不可能となり、この工法が考案、実施された。

なお、ガーダーを含む支保工は3径間分用意し、工程の促進に努めた。

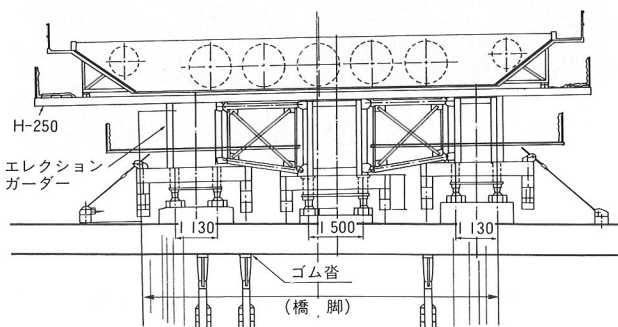


図-5 特殊ガーダー支保工の断面図

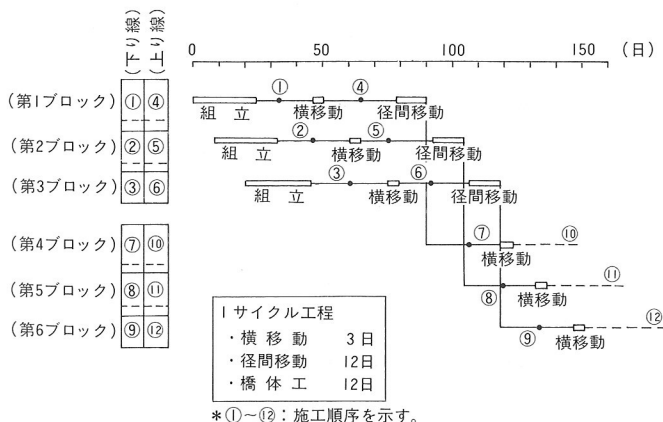


図-6 工程表

b) 工事工程について

本工法は昭和62年3月～昭和62年10月までの240日間の工程を目標とした。当初、組立工程は越波により遅れたが、橋体工の労務を上下線一式で行ったこと、支保工の横移動工程、縦移動工程がスムーズに行えたことなどにより、予定どおり工程を進めることができた。

c) 施工管理について

実際の施工は、詳細設計で算出された数値と常に比較しながら、施工時の数値管理(応力管理、たわみ管理など)を行って施工した。

① たわみ管理・反力管理

本工法区間は橋体幅が19.2m～10.65mまでのインターチェンジ合流部の拡幅区間であるため、ガーダーの受ける荷重強度は毎回変化する。したがって、ガーダーのねじれによる反力の変動を把握するため、支間中央でのガーダーのねじれを測定し、即時に反力バランスの具合を判断し、アンカー部の検討を行いながら、コンクリート打設を行った。また、ゴム沓の反力をその変形量から判断(推定)するために、ダイヤルゲージを用いて常に変形量を監視しながら、コンクリート打設後の反力バランスの変化を確認し、施工した。

② 安全管理

本工法区間内は、大型移動吊支保工施工区間と同様に、上下部競合作業区間であった。そのため、落下物の防止には極力注意を払った。また、複雑で細かい作業を要する支保工の移動・組立・解体に至っては細心の注意で打ち合わせを行い、危険状態に陥らない方法での各作業手順の検討に努めた。

4. 施工時の塩害対策

(1) 密実なコンクリートの施工

密実なコンクリートの施工は、確実な鋼材かぶりの確保、塩分の浸透速度の抑制などによる構造物の耐久性向上の基本的な条件である。そのためには、十分な締め固

めをした均一なコンクリート打設が重要となり、配合上も水セメント比の低減、単位セメント量の増加などを検討し、施工した。

(2) 使用材料の養生

使用鋼材(PC鋼材、鉄筋、円筒型棒)は、加工時や保管時の塩分付着を少なくするよう管理した。PC鋼材と鉄筋の保管はシートで覆い、円筒型棒なども含めてコンクリート打設前に高圧洗浄を行い、付着塩分を洗い流した。また、鉄筋加工場は海岸から2 km以上離れた現場外に設け、必要量を計画的に現場搬入するという方法をとった。

また、型棒などもコンクリート打設前に入念に洗浄して使用した。

現場で水洗いによる鉄筋付着塩分の除去効果について測定した結果を表-1に示す。

表-1 水洗いによる鉄筋付着塩分の変化

	水洗前 (g/t)	水洗後 (g/t)	変化率 (%)
A	20.7	8.8	-58
B	11.8	5.6	-53

(3) コンクリート打継部の処理

施工上生じたコンクリート打継部は、塩分浸透の弱点となるため、幅10cmで含浸式塩分浸透防止剤を塗布した。

また、伸縮継手後打ちコンクリート、六脚柱による箱抜き部後打ちコンクリートなどは、膨張コンクリートを使用し、ケミカルプレストレスを入れ、打継部にクラックが入らないよう対処した。膨張性混和剤はCSA #10(電気化学工業株)を用いた。

(4) 越冬対策

長期間露出する鉄筋の防錆対策として、エポキシ樹脂粉体塗装鉄筋を橋面工に使用した。また、橋体部は、エッチングプライマー(長ばく型)を使用して防錆に努めた。

P₄₆₋₄₅(中空床版4径間連続分割施工の1径間目)の越冬においては、プレストレスを調整し次径間での引越しが生じないように対処するため1径間のみの先行グラウトを実施した。

(5) シース・円筒型棒の防錆対策

シースおよび円筒型棒は、非常に錆びやすいことから、亜鉛メッキ鋼板を用いて製作した。また、カプラーシースなどはエッチングプライマーにて防錆を行った。

(6) スペーサー・セパレータ

スペーサーは、外気に触れる部分にはすべてモルタル製を使用し、プラスチックコーンは、純かぶり70mmのものを使用した。

プラスチックコーンの後埋めは、接着剤処理したのち、無収縮モルタルにて行った。

(7) 支 承

鋼製支承は、亜鉛メッキ(HDZ55)を施した上にシリコンゴム塗装(4層270 μ m)を行った。施工中キズをつけた部分は、接着剤塗布ののちタッチアップ処理をした。

合成ゴム支承は円形のものゝ矩形のものをを用いたが、支承内部の鋼板には、双方ともSUS316鋼板を使用した。

(8) その他の対処

附属物および排水枡、伸縮継手、検査路などについては、HDZ55による溶融亜鉛メッキを施し、耐震連結装置には、SUS316棒鋼、またはアンボンド鋼棒を使用して防食を行った。

また、ステンレスと亜鉛メッキ鋼板が接する部分にはイオン差による電蝕が発生するのではないかという問題提起がなされ、研究機関を利用してCAS試験を行った。その結果、初期段階でステンレスにはその境界面付近で白錆が発錆するが、その後長期にわたって、その酸化被膜がステンレス本体を保護する効果があることがわかった。それを根拠として、附属物のアンカーはすべてステンレス製のものをを使用することとした。

5. 塩害対策試験施工

(1) エポキシ樹脂粉体塗装鉄筋

インターチェンジ部のRC橋のうちCランプ橋は標高が低く、まさに海塩飛沫を直接受ける位置にあり、曲率が大きいので(R=15m)、ねじりの影響などを考慮して、鉄筋応力度を1 000kg/cm²(死荷重時)とし設計を行った。しかし、設計荷重時には1 800kg/cm²の応力度に及ぶことから、写真-9に示すように鉄筋自身に防錆度の極めて高いエポキシ樹脂塗装を施し、全面的に採用することとした。

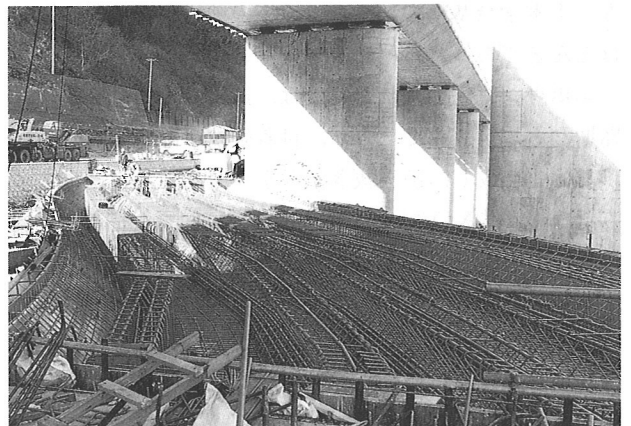


写真-9 エポキシ鉄筋施工状況

施工に際しては、特にエポキシ塗装の塗膜損傷を少な

くするため、次の配慮を行った。

- ① 曲げ加工はウレタンライニングローラを用いて行った。
- ② 運搬に伴う吊込みにはナイロンスリングを用いた。
- ③ 組み立て時に鉄筋のひきずりのないよう配慮した。
- ④ 結束線はビニル被覆線を用いた。
- ⑤ バイブレータを直接鉄筋にあてないようにコンクリート打設を行った。

また、塗膜損傷については詳細に調査を行い、補修塗りを確実に行った。今回調査したエポキシ鉄筋の塗膜損傷データを図-7に示す。

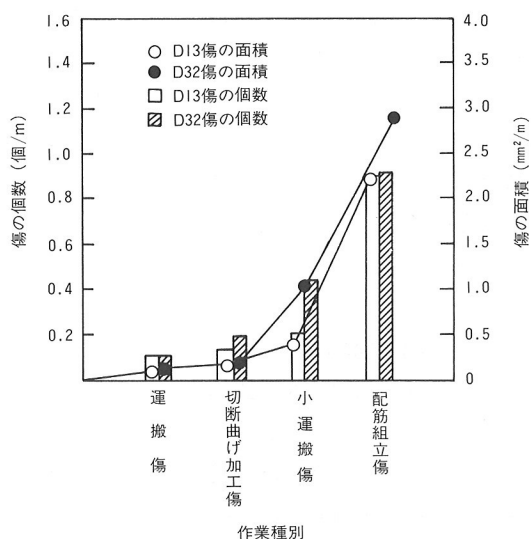


図-7 塗膜損傷状況

また、エポキシ鉄筋の全表面積からの塗膜傷の面積率をみると0.1%以下であり、ASTM-A775による塗膜傷の許容値2%を十分満足した。1個あたりの傷の大きさも、土木学会基準の10~15mm²以下の補修を要しない傷がほとんどであった。

エポキシ鉄筋の重ね継手長は、通常の無塗装鉄筋の20%増しと規定されているが、付着強度を確認するために供試体を作成し、引き抜き試験を行った。測定は動ひずみ計を介してX-Yプロッタに荷重変位曲線を描き、各変位量ごとに荷重を読み取り付着強度を算出した。その結果、現場塗装鉄筋は、無塗装鉄筋より約2割、工場塗装鉄筋より約1割付着力が落ちていることがわかった。

今後、エポキシ鉄筋の使用頻度はますます多くなってくると予想されるが、その使用にあたっては現場の状況に合った組み立て計画はもちろん、コストの面でも高価なものとなるため、詳細な使用計画が必要であると思われる。

(2) 連続繊維強化複合板(防食パネル)

インターチェンジ部のRC橋のうち、ABランプ合流部橋と移動支保工区間の壁高欄には、写真-10に示すような、遮塩・遮水性に優れたポリマーセメントモルタルを使用した防食パネル型枠($t=10\text{mm}$)を埋設型枠として使用した。

ポリマーセメントは、硬化に伴い、ポリマーフィルムをその内部に形成して遮塩効果を発揮するもので、腐食要因である酸素などの透過率が普通コンクリートと比べて1/30程度となっている。また、防食パネルの基準形状は1m×2m、重量50kg/枚であり、パネル内部にはポリエチレンネット(漁網)10層を配置し、これによりパネルの靱性の改良をねらっている。



写真-10 防食パネル型枠

パネルの脱落防止に関しては、パネルのコンクリート付着側に小砂利を散布し付着性を高めるとともに、円筒枠の浮き上がり防止アンカーおよびセパレータアンカーを利用して、脱落防止アンカーとしている。

パネルの加工は、丸ノコにダイヤモンドカッターの刃を取り付けを行った。また、アンカー用の孔は電動ドリルにコンクリート用キリを取り付けを行った。

取り扱いには細心の注意を払ったが、セパレータの締め付け時にはその周辺に細かいクラックが入り、対策を検討したが良い方法は得られなかった。そのため補修方法として、パネル間目地処理と同様に弾性シーリング材(シリコン系)により充填作業を行い対処した。

(3) コンクリート塗装

本橋では、鋼材かぶりの増加だけでは塩分浸透による塩害対策として不十分であると考えられ、試験施工としてコンクリート塗装を行った。しかし、塗装工法については種々のものが考案され、材料などの種類も多い。また、現段階では耐久性に関しても実橋試験的な段階であり未確認の状況にある。

したがって、本橋では将来コンクリート塗装による対

策の必要が生じることを前提として、その効果や耐久性などの基礎資料を得ることを目的に施工を行った。

6. その他の品質管理

以上、述べてきた事のほかに、多くの品質管理の向上を図った施工がなされており、その一部を紹介する。

(1) 型枠

塩害地域での長期間の使用となるので、表面処理(パネルコーティング)したメタルフォームを使用した。

(2) コンクリート

膨張コンクリート、流動化コンクリートについて各種試験を行い、使用方法などを検討した。

(3) 緊張計算

限界範囲緊張管理を行った。緊張管理にあたっては、各設計断面についてすべての場合の緊張計算を行い、所定の導入力を確保する方法をとった。

(4) グラウト

長期間の施工であるため、気象条件の異なった時期のグラウトの注入作業を行わねばならず、配合に幅をもたせて($W/C=40\sim45$)、施工時状況を判断して、その中で自由な配合を用いることとした。

また、注入方法としてはダクト中にエアポケットが生じないように逆注入などの対策を行った。

7. あとがき

親不知海岸高架橋の施工は、昭和61年4月工事着手以来、海象条件による限られた期間と狭いヤードの中で厳しい安全管理・工程管理を要求された工事であったが、工事関係者の努力により無災害(288,000時間)で完成させることができた。これは特殊工法を採用し、大量の架設機材を投入し、計画どおり施工できたことによるものである。

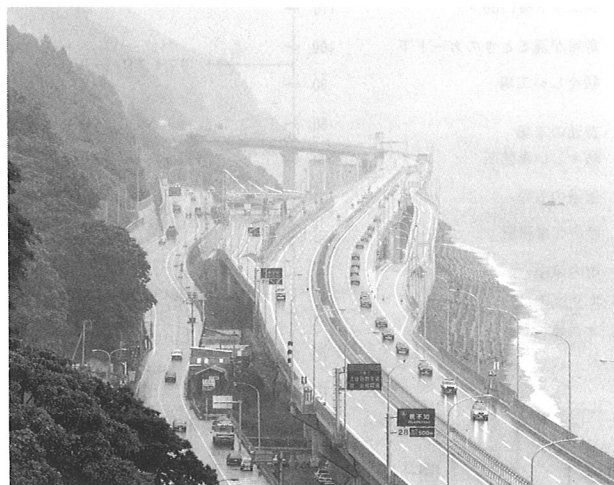


写真-11 全景(開通式)

本橋では、特に海岸高架橋としての塩害対策に力点をおいた計画・設計・施工を実施した。本橋で採用した各種塩害対策は、コンクリート橋の耐久性向上にあたって共通する手法と考えられる。

工事期間中(915日間)、最大波高6.9mの越波被害に遭遇したが、全員一致の努力により克服できた。

最後に本橋の計画・設計・施工にあたってご指導いただいた日本道路公団の方々に対し、心より感謝いたします。

参考文献

- 1) 青山實伸：道路橋における塩害対策，コンクリート工学，Vol.25，No.11，pp.74～79，1987年11月。
- 2) 平山嘉一・青山實伸：北陸自動車道親不知海岸高架橋の設計と施工(上)(下)，橋梁と基礎，Vol.25，No.4，5，1988年4月，5月。
- 3) 青山實伸・柴田 康・田中 武・杉田圭司：親不知海岸高架橋の設計・施工，プレストレストコンクリート，Vol.29，No.6，1987年11月，12月。
- 4) 平山嘉一・青山實伸・柴田 康：北陸自動車道・親不知海岸高架橋の概要，橋梁，Vol.23，No.7，1987年7月。