

内灘大橋 (PC斜張橋) の施工

鹿島 正会員 五十嵐 正
 鹿島 ○新保 弘
 石川県津幡土木事務所 二塚 保之
 石川県道路建設課 島山 邦夫

1. 橋梁概要

内灘大橋は石川県河北郡内灘町の河北潟放水水路を跨ぐ、橋長 344m、幅員 16.5mの3径間連続PC斜張橋である。建設地点は、日本海に面した延長約 20 kmに渡る内灘砂丘を人工的に切り開いて造成された、河北潟放水路上に位置しているため、冬季には日本海からの季節風により風速 15m以上の強風が頻繁に吹く。そのため、本橋では主桁の形状を扁平にして耐風安定性を高め、斜材の振動を抑制するために斜材制振装置を設置するなどの対策をとっている。また潮風による塩害の影響を抑制するために、鉄筋のかぶりを示方書の規定以上に厚くし、露出する金物の多くをステンレスもしくは亜鉛メッキ仕様とするなど、耐久性を重視した設計としている。

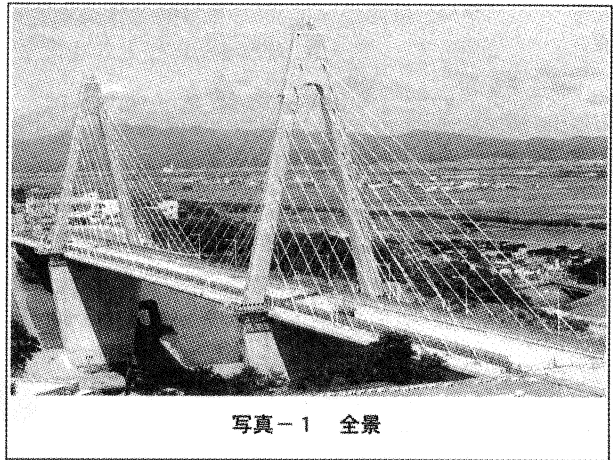


写真-1 全景

一方、地域のランドマークとして景観にも配慮して、主塔はA型構造を採用し、橋脚は正面と側面で逆テーパ形状となっている。また、主桁も含めてこれら躯体コンクリート外面のコーナー部の面取りは、すべてR仕上げとしている。さらに、斜材ケーブルには白色のフッ素樹脂塗装品を採用し、完成後には可変式の照明でライトアップするなど、意匠を凝らした計画となっている。

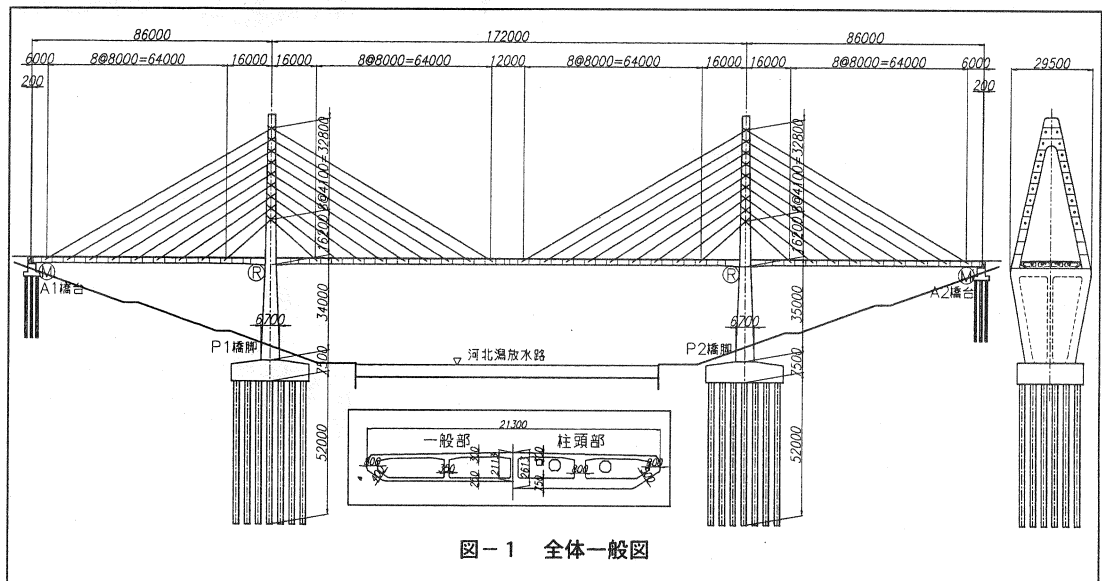


図-1 全体一般図

2. 工事概要

工事名 : 緊急地方道路整備 (橋梁架換B) 工事 (河北瀉放水路橋左岸側上下部工)

工期 : 平成9年12月17日~平成13年5月31日

道路規格 : 第3種 第2級

橋長 : 344m

支間長 : 85m+172m+85m

幅員 : 16.5m (歩道 2@3.500m+車道 9.500m)

勾配 : 縦断 0.5848% 横断 2.0%

斜角 : 90°

橋脚 : 中空RC壁式橋脚 H=34m

主塔 : A型2室中空断面RC構造 H=54m

主桁 : 4室扁平箱桁 W=21.3m H=2.1m

斜材 : 2面吊ファン型9段 HiAm163,187φ7 (ノングラウトタイプ)

3. 構造概要

全体一般図を図-1に示す。本橋はPC斜張橋としては中規模の支間長である。ただし、3径間連続斜張橋であるが、主桁-橋脚の接合部が支承支持でなく剛結のラーメン構造となっている。

4. 主桁工

主桁の張り出し施工は4mブロックを標準とした全39ブロックで、5フレームの一般型ワーゲンをを用いた。ワーゲンの組み立ては、地組み立てした部材を15t電動チェーンブロック4台で吊り上げた。また中央径間側の解体では放水路上に台船を浮かべ、ワーゲンを台船上に降ろした(写真-2)。

海岸が近いため、主桁の型枠にはステンレスの面板を採用して型枠の耐久性を高めた。また内型枠には、レールによる可動式のフレームを用いた支保工を採用して施工サイクルの短縮を図った。その結果、張り出し8ブロック目以降は、斜材定着部のない標準ブロックで実働9日、斜材定着ブロックで実働11日の施工サイクルであった。

本橋は耐風安定性と景観に配慮して、主桁の全幅21.3mに対して標準部の主桁全高で2.1mと非常に扁平な低桁高の断面となっているが、せん断鋼棒を配置しない設計となっている。

施工時の荷重として、ワーゲン移動時の反力や、次

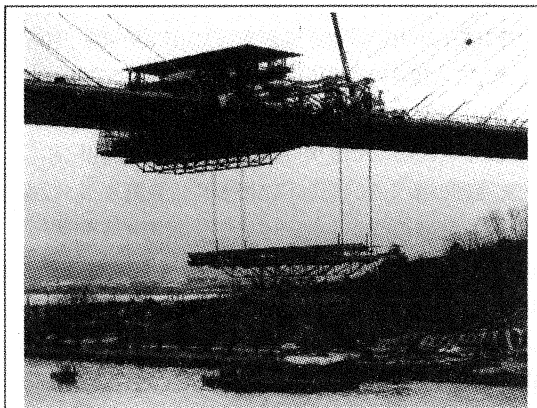


写真-2 中央径間側ワーゲンリフトダウン

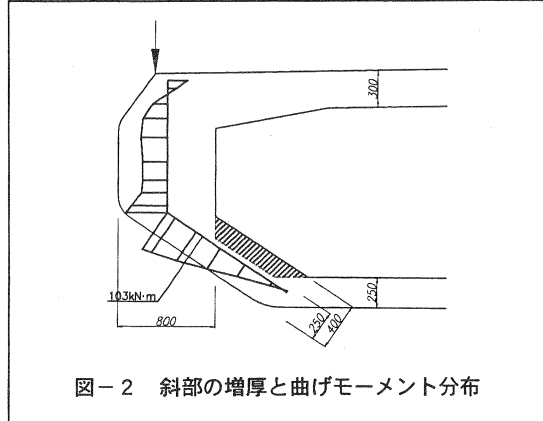


図-2 斜部の増厚と曲げモーメント分布

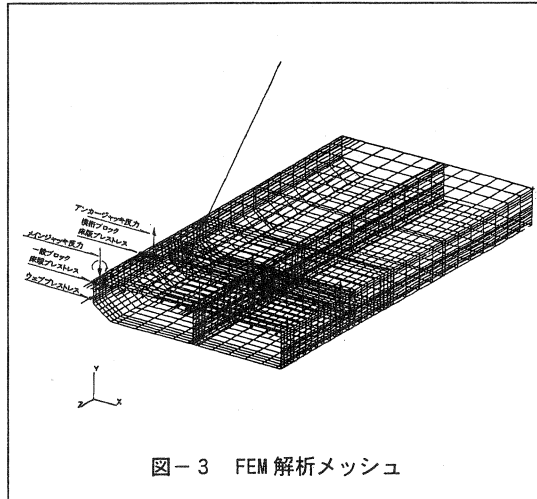


図-3 FEM解析メッシュ

ブロックのコンクリート打設時のワーゲン反力による荷重に対して照査を行ったところ、主桁外ウェブの斜部に発生する斜引張応力は最大 3.4N/mm^2 とかなり大きいことがわかった。そこで、施工時の斜引張応力の目標値を、コンクリート材齢に応じて、打設時で 2.0N/mm^2 、ワーゲン移動時で 1.6N/mm^2 に設定し、これを満たすように斜部の部材厚さを 250mm から 400mm へ変更した (図-2)。確認のため3次元のFEM解析を行い、応力度の照査を行った結果、斜め引張応力についてはワーゲン移動時、コンクリート打設時とも目標値以下となる結果が得られた。ただし、ワーゲン反力により、張り出しブロック先端付近に横方向の大きな曲げモーメントが発生して、鉄筋の応力度が許容値を超える可能性が高いことが明らかになったため、これに対する補強筋を追加した。

本橋は桁高が非常に低く、せん断力に対する有効高さを 1.1m としていることから、主桁のせん断補強筋が非常に密になっている。結果的に上床版上面には 125mm ピッチで 4-D22+D16 に加え横締め鋼材が、斜材定着ブロックではさらに定着部補強筋が配置されることになり、コンクリートの打設が困難になり品質上問題になる可能性が考えられた。そこで、せん断補強筋の加工形状をフープ状にしてかぶせ筋を省略し、組み立て手順を工夫することにより鉄筋のあぎと配置鉄筋量を確保した (図-4)。

本橋では、材料コストならびに維持管理コストの低減を目的として、柱頭部の脚と桁の接合部を剛結構造としている。ただし、全体系をラーメン構造とすることにより、中央支間のクリープ変形で橋脚下端に不静定曲げモーメントが発生する。一方、本橋は景観に配慮して、橋軸方向の断面高さを絞ったスレンダーな橋脚断面を採用しているため、設計上、この橋脚下端の不静定モーメントによる鉄筋応力がクリティカルとなった。原設計ではこれに対して、中央閉合前に支間中央に油圧ジャッキで突っ張り力を与えることにより、橋脚下端の応力を改善する計画となっていた。実施工ではジャッキ加力を省略する代わりに、最大張り出し時の側径間側にカウンターウェイト (解体後のワーゲン部材 100t) を載せて橋脚にアンバランスモーメントを与えた状態で側径間支保工部を施工した。これにより

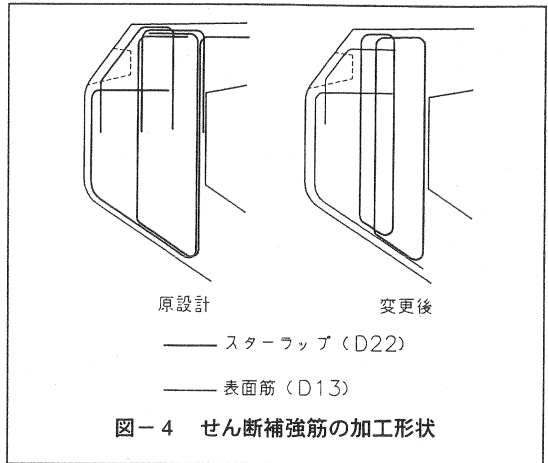


図-4 せん断補強筋の加工形状

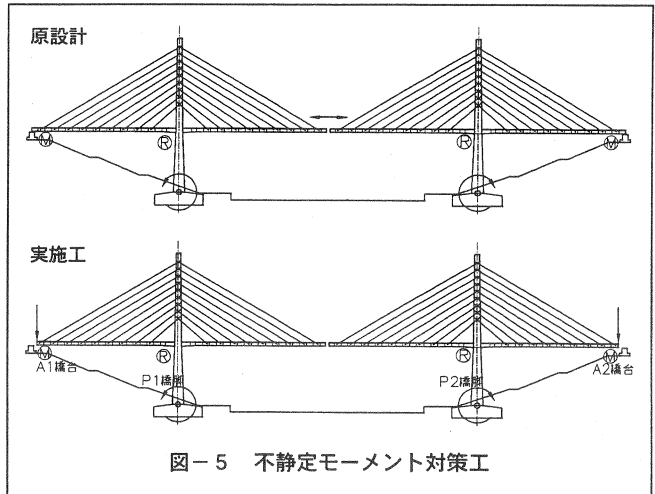


図-5 不静定モーメント対策工

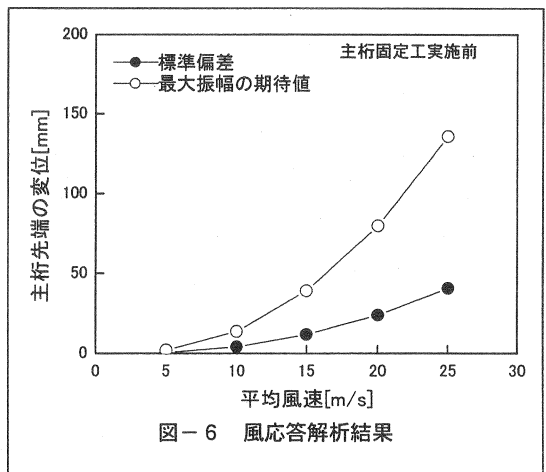


図-6 風応答解析結果

橋脚下端の曲げモーメントを改善し、鉄筋応力を許容値内に収めることができた。(図-5)。

側径間支保工部は最大張り出しの状態での施工となるため、一般には日照による斜材の温度変化により主桁が上下動することを防ぐ目的で、張り出し側の主桁を支保工等で固定して施工を行うことが多い。本橋では斜材が白色に塗装されているため、日照による温度変化の影響は比較的小さいものの、最大張り出し時が強風の吹く冬季となり、風による主桁の振動が懸念された。そこで風応答解析を実施し、強風時の主桁の応答変位を推定したところ、平均風速25m/sec 時の3 σ (1 σ =標準偏差)で ± 260 mmの変位となり(図-6)、これを固定した場合の反力が約883kNとなった。そのため、これに見合うカウンターウェイトとして45m³のコンクリートを打設し、これに四角支柱を介してPC鋼棒で主桁と緊結することにより主桁固定を実施した(図-7)。

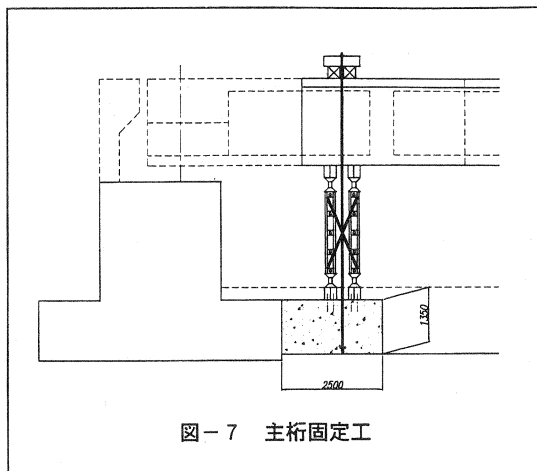


図-7 主桁固定工

実際に最大張り出しの状態の主桁固定前の強風時に主桁の振幅を観測したところ、平均風速15m/sec程度で約 ± 25 mmの振幅が認められたが、主桁固定工実施後には問題なく施工を行うことができた。

5. 主塔工

主塔はヤード内で仮設鉄骨に帯鉄筋と斜材のケーシングパイプを地組みしてから、タワークレーンにより所定の位置に架設し、主鉄筋を建て込んだ後、地組みした大型の型枠パネル設置後コンクリートを打設した。

主塔はA型で、第11リフトで併合するまでは傾斜した独立1本柱となるため、自重による曲げモーメントが発生する。そこでこれを改善する目的で山留め材(4-H400~2-H350)による仮設ストラットを3段配置した。ストラットは施工中のコンクリートに生じる引張応力が1N/mm²以下となるよう配置し、設置時の軸力導入と解体のために、ストラット端部には油圧ジャッキを設置した。確認のため、主塔下端にコンクリート有効応力計を埋設して主塔コンクリートの応力度を計測した結果、断面内の応力度はほぼ全圧縮状態を示し、構造的なクラックも見られなかった。

また、本橋は前述のように全体系がラーメン構造となっているため、完成後の主桁のクリープ・乾燥収縮による主塔の倒れこみ変形を考慮して、頭頂部で170mm程度、主塔を側径間側に倒して施工した。

6. 斜材工

建設地点は日本海に面しており、冬季は季節風による強風に常時さらされる状態になることや、雨と風の相互作用によるレインバイブレーションが発生し、斜材の振動が問題となる可能性があった。そこでこれを抑制するために、完成時の固有振動数が3Hz以下となる斜材について高減衰ゴムを内蔵した斜材制振装置を設置した(写真-3)。施工中の斜材制振装置設置前はレインバイブレーションと思われる状況で2回程度、比較的短時間ではあるが振幅の大きい振動が観測されたが、制振装置設置後は現在までのところ大きな振動は確認されていない。

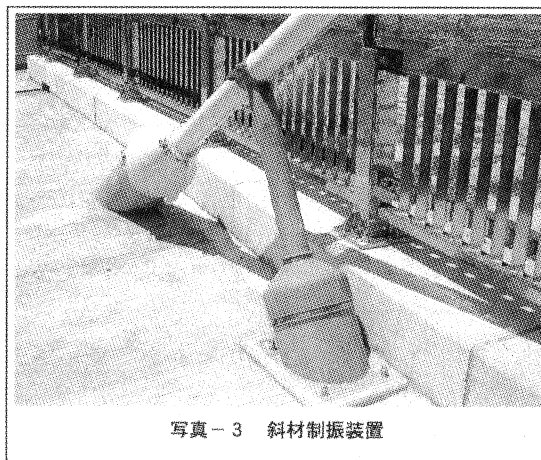


写真-3 斜材制振装置