

糸満高架橋施工における技術的工夫

三井住友・鹿島特定建設工事共同企業体 ○藤岡 泰輔
 三井住友・鹿島特定建設工事共同企業体 正会員 瓜生 正樹
 三井住友・鹿島特定建設工事共同企業体 山上 利昭
 三井住友・鹿島特定建設工事共同企業体 榎畑 智之

1. はじめに

糸満高架橋は沖縄県南部の海上部に位置し、橋長 331.0m の PC5 径間連続箱桁橋であり、塩害区分 S 地域に該当する。施工条件としては、海上部において移動作業車による張出し施工や軟弱地盤上での側径間施工などが挙げられ、耐久性向上に留意した品質確保を目的に施工方法や対策に技術的な工夫が求められた。

本稿では、これらの課題の対策として採用した技術的工夫について報告するものである。

2. 施工における課題

本橋の施工区間は図-1 に示すように、張出し施工区間（海上部）と側径間支保工区間（陸上部）に分けられる。海上部施工の主たる課題は、塩害である。とくに張出し施工の場合は、施工ブロックの繰返しとなるため、打継目箇所数が多くなり、弱点となりやすい。また、柱頭部横桁など少容量でもマスコンクリートとなる部位があり、有害な温度ひび割れは塩害に対して致命的な誘因となる。本橋では、打継目箇所数や打継目処理の管理方法、およびマスコンクリート部の温度対策に着目して技術的工夫を行った。陸上部の課題としては、側径間支保工の基礎形式の選定である。当地区は不発弾埋没の特殊事情が背景にあるため、磁気探査を実施するものの、杭基礎の施工には危険性を伴う。そのため、軟弱地盤上でも杭基礎と同等の耐力を有する直接基礎の考案に取組み、側径間支保工の基礎形式として採用した。

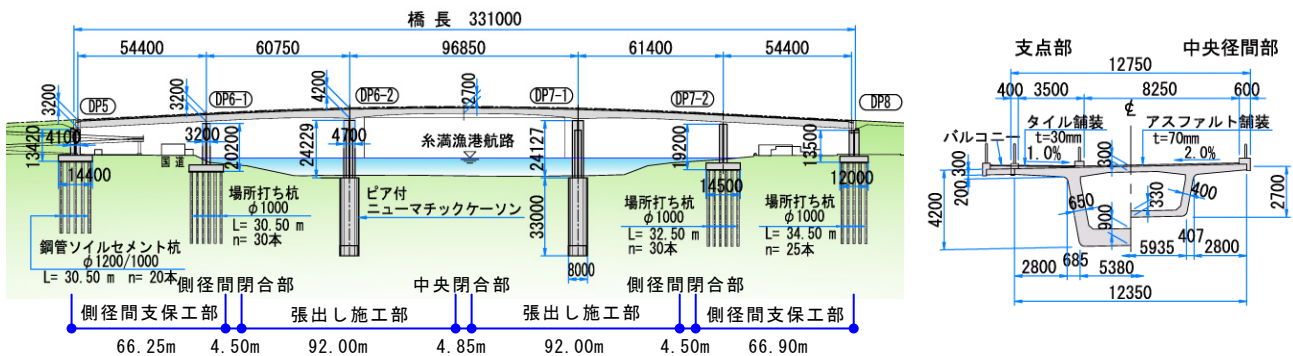


図-1 全体一般図および断面図

3. 課題に対する技術的工夫

3.1 張出し施工における打継目対策

(1) 大型移動作業車の採用による打継目箇所数の低減

本橋の当初計画においては、張出し施工区間に使用する架設機械は中型移動作業車を想定しており、ブロック割付は各橋脚ともに全 12BL であった。つまり、側径間部との閉合部を含め、本橋全体における打継目箇所数は 54 箇所設置されていたこととなる。そこで、中型移動作業車に替えて大型移動作業車（写真-1）を採用し、その打継目箇所数の低減により品質向上対策を図った。



写真-1 大型移動作業車による張出架設施工状況

表-1 ブロック割付による相違点

項目	中型移動作業車	大型移動作業車	増減
打継目箇所数	54 箇所	38 箇所	-16 箇所
BL割付(片側張出)	12 BL	8 BL	-4 BL
柱頭部施工延長	12.0 m	16.0 m	+4.0 m
中央閉合施工延長	4.0 m	4.85 m	+0.85 m
側径間閉合部施工延長	4.0 m	4.5 m	+0.5 m

表-2 移動作業車の性能比較

項目	中型移動作業車	大型移動作業車
自重	750 kN	1200 kN
能力	2000 kNm	3500 kNm
施工可能BL長	4.0 m	5.0 m

ここで、ブロック割付による相違点を表-1 に示す。大型移動作業車の組立てのため柱頭部施工延長を 12.0m から 16.0m に延長し、大型移動作業車の能力(表-2)を最大限に使用したブロック割付に変更し、閉合部施工延長を調整した。なお、架設機械の重量増加に伴い、主桁応力の許容値を満足するように、架設 PC 鋼材を 4 本追加配置して対応した。結果、大型移動作業車の採用により片側の張出しブロック数を 8BL で施工することが可能となり、打継目箇所数を当初計画の 7 割程度である 38 箇所に低減した。

(2) 打継目表面の凹凸を定量評価することによる一体性確保

打継目の処理については、フィルムタイプの硬化遅延剤を型枠に貼付け、コンクリート打設後に高圧水処理にて均一な表面処理を行った。その表面処理後に、コンクリート表面に撮影フレームを設置し 3D デジタルカメラにて撮影を行い(写真-2)、打継目評価システムにおいて画像処理を行い表面の凹凸を定量的に評価することで品質確保を図った。凹凸の定量評価の指標は平均深さであり、糸満高架橋では、その値を 2.0mm 以上として管理した。なお、平均深さと構造性能については独自で実施した「デジタルカメラを用いた打継性能試験」により評価基準を定めており、その原理と管理手法については別途報告を参照にされたい。ここで、打継目評価システムによる解析結果の一例を図-2 および表-3 に示す。撮影フレーム内の凹凸の最頂点を基準線(0.00mm)として解析 Line 上での凹凸座標を計測し、平均深さを算出する仕組みである。結果、解析プログラムを実工事に運用することで、従来評価されていない打継目の状態を定量的に把握することが可能となり、張出し施工ブロックの打継目の一体性確保に寄与した。



写真-2 表面処理後の撮影状況

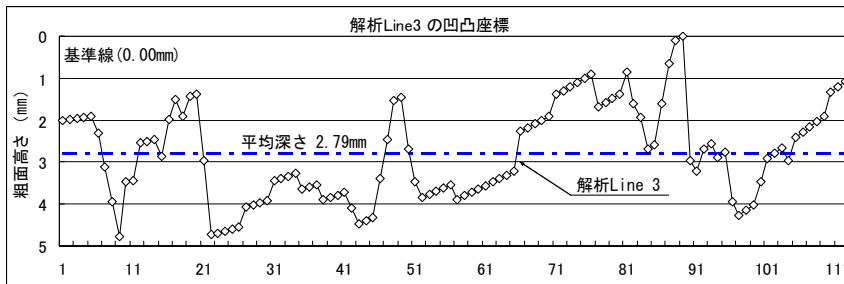


図-2 解析プログラムによる凹凸座標グラフの一例(解析 Line3)

表-3 平均深さ算出結果一例

LINE	平均深さ(mm)
1	1.71
2	1.42
3	2.79
4	1.78
5	2.29
6	2.09
7	2.36
8	2.10
9	2.42
10	2.54
平均	2.15 > 2mm

3.2 小容量マスコン部の簡易配温式パイプクーリングの検証

(1) 簡易配温式パイプクーリングの概要と検証内容

簡易配温式パイプクーリングとは、部材中心から表面に向けて配置されたクーリングパイプに冷水を通水し、クーリングパイプ内にて吸熱された温水を表面に配温して内外温度差を抑制すると共に、コンクリート全体の温度を抑制するマスコン部の温度対策の一手法である(図-3)。

本橋では、この対策工の効果の確認を脚頭部の第1リフト(B6700×L4700×H2330:V=73.4m³)(図-4)にて検証し

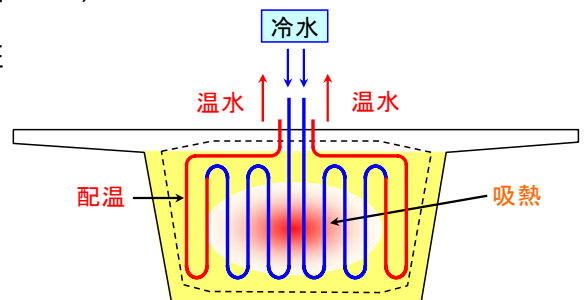


図-3 簡易配温式パイプクーリング概要図(特許-第4108544号)

た。検証内容としては、同一構造物において「対策工有り」と「対策工無し」の部位を設定し、2ケースの最高温度と内外温度差履歴を比較し、簡易配温式パイプクーリングの効果を確認することにある。

なお、本検証に際し、リフト高さを調整する等の対策により脚頭部における温度対策は不要であることが前提であり、実際、「対策工無し」の部位において温度ひび割れの発生は確認されていない。

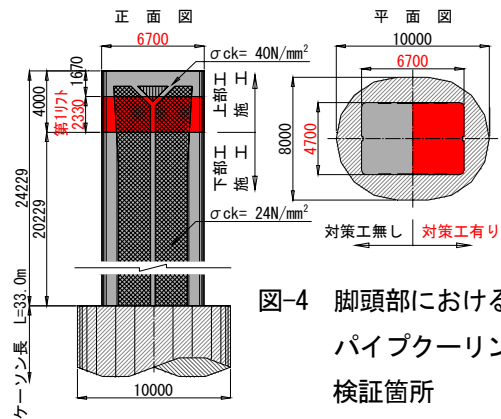


図-4 脚頭部におけるパイプクーリング検証箇所

(2) クーリングパイプ、温度センサー（熱電対）の配置

脚頭部におけるクーリングパイプ、温度センサーの配置図を図-5に示す。クーリングパイプは、内径19mmのグラウトホースを使用し、躯体中心部からコンクリート表面に向け、打設リフト高さの上下間を往来するように概ね500mm間隔で配置した。なお、クーリングパイプのコンクリート打設量当りの配管長は約3.5m/m³である。温度センサーは、躯体中心から350mm, 1100mm, 1850mm, 2600mm, 3350mmに配置し、「対策工有り」と「対策工無し」の部位で左右対称となるよう配慮した。

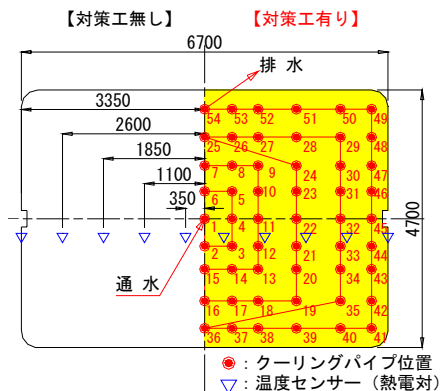


図-5 クーリングパイプ、温度センサー配置図

(3) クーリング水の通水と計測期間

クーリング水は、水タンクから高圧ポンプにて送水し、排水から水タンクに戻るまでに配置したグラウトホースにおいて空気と海水中を通過することで温度を下げる循環方式とした。通水期間は、打設直前より通水を開始し7日間循環させて停止した。温度計測は、打設開始時より材齢7日までの間、1時間間隔で全ての温度センサー位置の計測を実施した。

(4) 計測結果

「対策工有り」と「対策工無し」における内外温度（最高および最低温度）の計測結果を図-6に示す。躯体中心における最高温度は「対策工無し」で89.9℃、「対策工有り」で85.7℃であり、最高温度の抑制は4.2℃に留まった。しかしながら、各材齢における最高温度を比較すると、最大で15.8℃の差が生じていると共に、「対策工有り」では躯体全体の温度を早期に抑制する効果があることが確認できた。

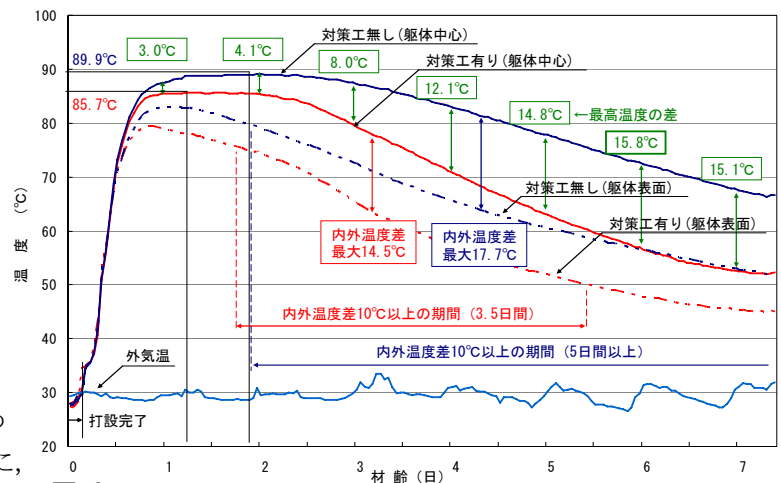


図-6 簡易配温式パイプクーリング実施による実構造物の温度履歴

次に、内外温度差については「対策工無し」で最大17.7℃、「対策工有り」で最大14.5℃の温度差を計測しており、内外温度差の抑制についても3.2℃に留まった。しかし着目すべきは内外温度差が10℃以上継続した期間である。「対策工有り」では材齢2日から材齢5.5日までの3.5日間、温度差10℃以上が継続したが、その後収束傾向であるのに対し、「対策工無し」では材齢2日から材齢7日（計測終了日）までの5日間以上、温度差15℃以上が継続し、その収束傾向は非常に緩やかであった。

以上より、グラウトホース等の簡易な循環型の配温式パイプクーリングの適用であっても、コンクリート

全体の温度と内外温度差を早期に抑制することが可能であることが検証された。

3.3 覆工板とH形鋼併用による高剛性直接基礎の考案

当地区は不発弾埋没が懸念される埋立て深厚 30m にも及ぶ軟弱地盤である (図-7)。そのため、側径間支保工の基礎については、磁気探査を実施した後にH形鋼による杭基礎形式が計画されていた。しかし、杭打設時の不発弾の危険性や、近隣への騒音、振動の問題等により杭基礎の採用には大きな課題があった。そこで、覆工板とH形鋼を併用した高剛性の直接基礎を広い面積に設置することで、地盤反力を小さくし、沈下量を少なくする工法を考案した (写真-3)。

一般的に支保工基礎の直接基礎工法としては、(1)鉄板基礎、

(2)鉄筋コンクリート基礎、(3)覆工板+H形鋼基礎などが考えられる。そこで、(1)鉄板基礎と(3)覆工板+H形鋼基礎において単位荷重を載荷したモデルで比較してみると図-8 に示すように最大地盤反力を 30%ほどに低減できることが分かった。また、(2)鉄筋コンクリート基礎については、広い面積に設置することを考慮すると経済的理由や産廃処理の問題から採用を見送った。

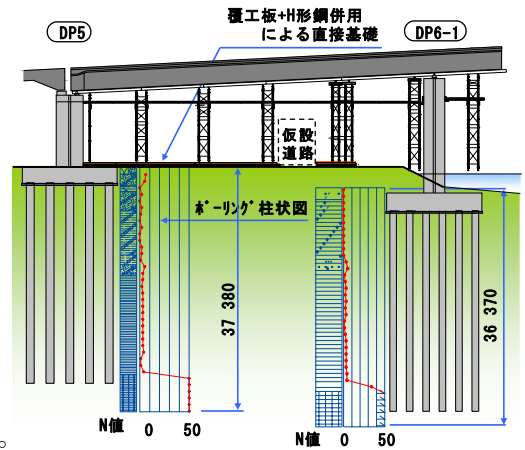


図-7 支保工基礎の地盤状況



写真-3 覆工板+H形鋼併用の直接基礎

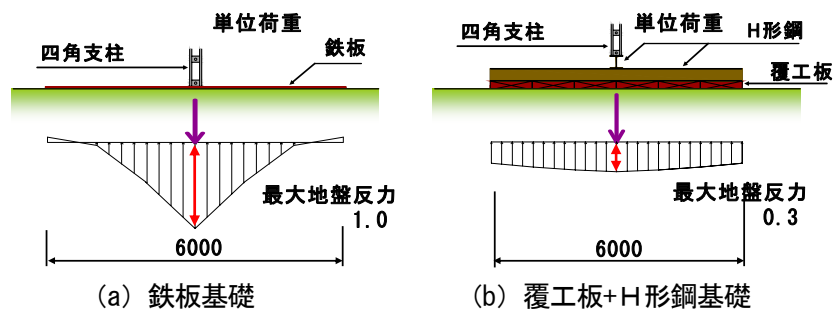


図-8 地盤反力の分布比較

実施工において観測した支保工基礎の沈下量は主桁構築中で 2mm であり、鋼材の継目変位量が 1mm 程度存在することを考慮すると、地盤沈下は殆ど発生せず、杭基礎と同等の耐力を有することが確認できた。

4. まとめ

糸満高架橋施工で実施した技術的工夫について以下にまとめる。

- (1) 大型移動作業車を採用することで、打継目箇所数を当初計画の 7 割程度に低減し、張出し施工における打継目の品質向上対策として大きく貢献した。
- (2) 従来評価されていない打継目の状態を定量的に把握することで、打継目の一体性確保に寄与した。
- (3) グラウトホース等の簡易な循環方式の配温式パイプクーリングの適用であっても、コンクリート全体の温度と内外温度差を早期に抑制することが可能であり、温度対策としての効果を確認した。
- (4) 軟弱地盤においても、覆工板+H形鋼併用による高剛性直接基礎を広い面積に設置することで、杭基礎と同等の耐力を有する基礎工法であることを確認した。

最後に、費用対効果の課題もあるが、技術的工夫に着目することで、より効果の高い結果を得ることが可能であり、構造物の品質確保に対して貢献できることを再認識することができた。

参考文献

- 1) 村上, 瓜生, 岡部, 山上: 矢部川橋梁における簡易パイプクーリングによるマスコンクリート温度抑制対策, プレストレストコンクリート技術協会第 17 回シンポジウム論文集, 2008. 11