

個別挿入緊張方式による斜張橋ケーブルの施工

三井住友建設(株) 土木管理本部 PC設計部 正会員 ○永元 直樹
 (株)日本構造橋梁研究所 設計部 正会員 林 浩二
 清水建設(株) 土木技術本部 社会基盤統括部 正会員 土田 一輝

1. はじめに

PC 斜張橋は斜ケーブルにより主桁を斜めに吊り上げることによって主桁の自重他による鉛直荷重に抵抗するとともに、水平方向にもプレストレスを導入できる合理的な構造であり、その構造美とも相まって、1926年以來、世界中で建設されている。この一つであるバイチャイ橋^{1), 2)}はベトナムの首都ハノイ近傍にあるノイバイ国際空港から中国との国境であるモンカイまでを結ぶ国道 18 号線がハロン湾を横断する地点に建設された6径間連続1柱式1面吊りPPC斜張橋である。その中央支間長は435mであり、1面吊りのコンクリート斜張橋としては世界最長である。なお、斜ケーブル段数は各箇所28段、合計112段配置している。

この斜ケーブルの架設は現地にて保護管を設置し、その中にストランドを順次挿入、緊張していく Isotension system³⁾と呼ばれる手法により施工した。この手法は現地にてストランドを挿入、切断するため、施工誤差などの長さの調整が容易であること、保護管をはじめに配置してその中に順次、個別にストランドをウインチにて挿入するため、大型の架設機材が必要ないこと、緊張もシングルストランドジャッキにて行えるため、人力にて実施できるなど様々な利点がある。本稿は、バイチャイ橋にて行ったこの斜ケーブルの架設について報告するものである。

2. 斜ケーブルシステム概要

バイチャイ橋に用いられた斜ケーブルは高密度ポリエチレン製の保護管内に3重防錆を施したφ15.7mmストランドを35本から71本配置したシステムである。また、今回用いたシステムは、静的風荷重の低減のため、通常の斜ケーブルシステムより約2割外径の小さいコンパクトステイシステム(写真-1)と呼ばれるものである⁴⁾。橋梁内での斜ケーブルの配置概要を図-1に、ストランドの防錆仕様を図-2に示す。

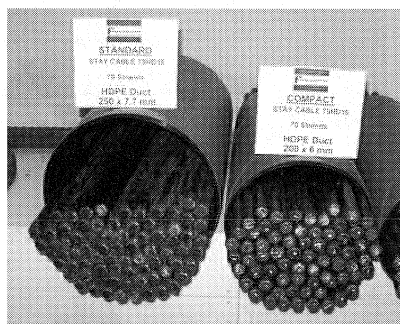


写真-1 コンパクトステイシステム

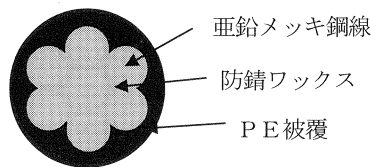


図-2 3重防錆ストランド

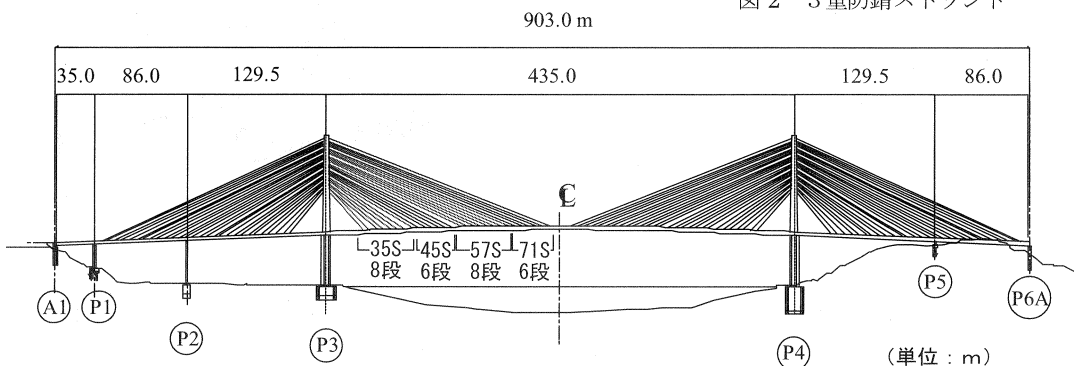


図-1 斜ケーブル配置図 (主塔と支間中央に対して対称配置)

3. 斜ケーブルの施工概要

(1) 保護管の接続, 架設

外側の保護管は、12mの長さで搬入されたポリエチレン管を現地にて溶着して製作した(写真-2)。所定の長さに溶着された保護管は温度の影響を考慮して検測し、同じく検測したマスターストランド(1本目に緊張されるストランド)を中に挿入した状態で吊り上げ、主塔側の定着体に固定した。この際、マスターストランドは所定の定着体内に挿入してウェッジにて定着し、保護管は主塔外側で主塔との間に施工スペースを確保して仮固定した。

その後、主桁側のマスターストランド端部を定着体内に挿入し、所定の緊張力まで緊張することによってたるみを取った(写真-3)。

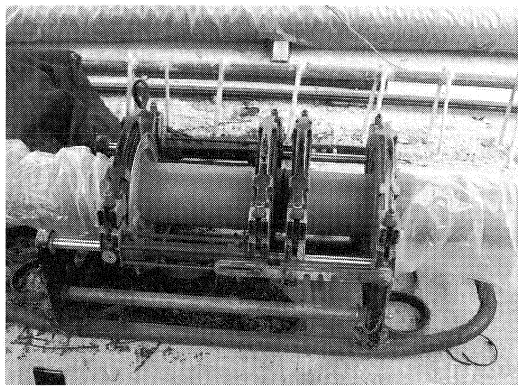


写真-2 保護管溶着状況

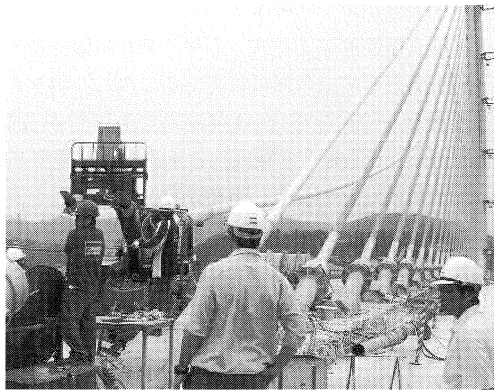


写真-3 保護管架設状況

(2) 緊張システム

前述のように、今回の施工では各ストランドを順次挿入、緊張する手法を用いている。よって、用いた緊張ジャッキはφ15.7mm用のシングルストランドジャッキである。また、個別に緊張するため、それぞれのストランド緊張力を一致させる管理が必要であり、各ストランド緊張によって緊張前に配置されたストランドの張力が減少していく。これらを計測するため、マスターストランドにはロードセルを配置し、その張力を逐次監視した。また、このロードセルとジャッキは電氣的に管理用の計測管理機器に接続されており、ジャッキの緊張力がマスターストランドのロードセルの張力と同一となったところで自動的に緊張が停止するシステムとなっている(写真-4)。なお、マスターストランドの緊張力は、その後のストランドの緊張による主塔及び主桁の弾性変形に起因する張力減少量を考慮し決定している。



写真-4 斜ケーブル緊張状況

(3) ストランド挿入, 緊張方法

保護管とマスターストランドの架設後、保護管内に主塔側からウインチワイヤーを通し、その端部にシャトルと呼ばれるストランド接続治具を設置した。さらにその治具の反対側に、主桁定着体側に配置したウイ

ンチのワイヤーを接続した。今回、ストランドは主桁側の定着体近傍、橋面から保護管内に挿入した。挿入にあたって、まず橋面上でストランドのドラムを受け架台内に回転できるように設置し、そのドラムからストランド端部を引き出し、先ほどのシャトルに接続する。ストランドは一度に2本挿入したため、2台のドラムから同時にストランドを供給した(写真-5, 6)。その後、主塔側のウインチを操作し、ストランドを接続したシャトルを保護管内で主塔側まで引き上げる。主塔側の端部からストランドが出たところで主塔内の定着体内から迎えている別のウインチに受け変え、定着体内にストランドを挿入、ウェッジにて固定する。その後、主桁側でストランド長を計測し切断、端部を主桁の定着体内に挿入、1本ずつ緊張する(写真-7)。挿入した2本のストランドの緊張後、主桁側のウインチを操作することによってシャトルを主桁側に下ろす。この操作を繰り返すことによって順次ストランドを挿入、緊張していく。

今回、最も長い斜ケーブルは最大容量である71本のストランドを配置しているものである。この斜ケーブルにおいても、マスターストランド以外の70本のストランドを挿入、緊張するのに要した期間は1日であった。また、今回は主桁の上越し管理と斜ケーブルの張力管理の正確性を期すため、2段階緊張とした。すなわち、1日目で全てのストランドを挿入、導入緊張力の80%の張力を導入した。2日目に主桁の形状の測量、および各ストランドの緊張力を計測し、最終緊張力を設定して再緊張した。この2次緊張もシングルストランドジャッキを用いて行い、要した時間はほぼ1~2時間程度であった。なお、各斜ケーブルの最終導入緊張力は、1%程度の誤差で管理することが出来た。



写真-5 シャトルへのストランド接続

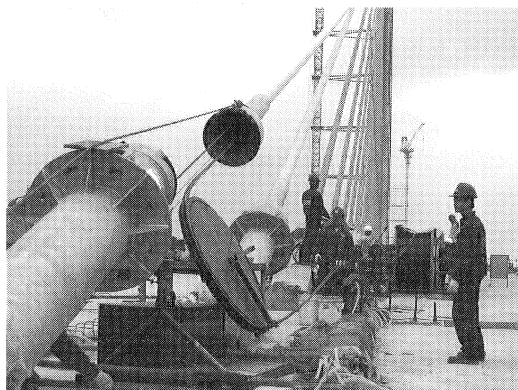


写真-6 ストランド挿入状況

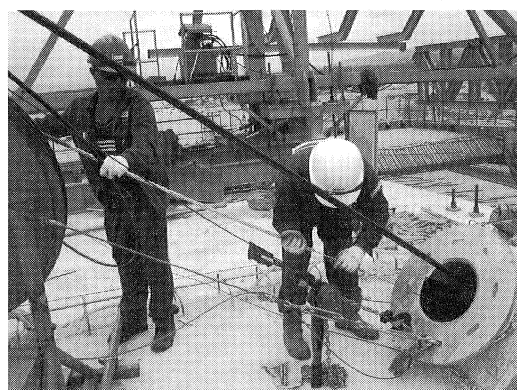


写真-7 主桁側定着体への挿入

(4) 張力調整方法

主桁連結後に、主桁の応力改善のため最上段斜ケーブルの再緊張を行った。また、完成系での斜ケーブル張力を設計荷重時の制限値以内とするため、側径間の13本のみ張力の微調整(200~400kN程度の解放)を行った²⁾。最上段の斜ケーブル再緊張は、それぞれ約1900kNの緊張力をさらに与えたが、その緊張もシングルストランドジャッキにて同様に行った。このため、最上段の斜ケーブルは、斜ケーブル初期緊張時に設置したマスターストランドのロードセルを存置し、再緊張時にも用いた。

一方、側径間側の13本における調整は張力を若干緩めるため、シングルストランドジャッキを用いて解放すると、ウェッジ定着による歯形部が斜ケーブル内部に入ってしまうこと、解放量が小さいため、2~4cm程度の解放となり、はじめの歯形の部分に次のウェッジの定着位置が重なってしまうことなどからリングジャッキにて一括して調整することとした。この調整は調整量が微小であることと、桁内で揚重設備を使用できないことなどを考慮し、ストロークが小さく、分割して人力にて配置できるタイプのジャッキを用いて行った(写真-8)。



写真-8 張力調整用のリングジャッキ

4. まとめ

バイチャイ橋の斜ケーブルの架設においては、保護管内に3重防錆のストランドを順次挿入、緊張する現地製作タイプの斜ケーブルシステムを用いて施工した。その結果、以下のように円滑な施工が行えた。

- 1) 今回用いた現地製作、個別緊張の手法を用いることにより、大型の設備を用いることなく斜ケーブルの架設が行える。
- 2) 緊張作業もシングルストランドジャッキを用いるため、人力での施工が可能である。
- 3) 各ストランドの張力管理はマスターストランドに取り付けたロードセルと、緊張ジャッキを電氣的に連動させることにより、高い精度で一致させることが可能である。
- 4) 現地にてストランドを順次挿入、切断、緊張するため、随時長さ調整が可能であり、工場における斜ケーブル製作時に長さが決まってしまう工場製作型の斜ケーブルと比べ、施工誤差などに左右されず、安定した斜ケーブルの架設が可能となる。

なお、本システムは完成後の斜ケーブル取り替えについても有効であり、架設の逆の順序、すなわち、ストランド1本ずつ緊張力を解放、撤去を行うことにより、斜ケーブル全体、あるいは一部のストランドを比較的容易に取り替えることが可能である。本施工においても、挿入後のストランドを取り外す試験施工を行ったが、非常にスムーズに緊張解放、抜き取りが行えた。また、2005年1月、本橋と同一の斜ケーブルシステムを用いているギリシアのリオン・アンテリオン橋において、落雷により1本の斜ケーブルが損傷した。この斜ケーブルの取り替えも早期に行われたとの報告がある⁵⁾。

国内ではまだ実績のない斜ケーブルシステムとその施工方法について報告した。本報告が今後の斜張橋建設において参考となれば幸いである。

参考文献

- 1) 小宮正久：バイチャイ橋の設計，橋梁と基礎2006年8月号，pp.189-195，2006.8.
- 2) 柳川春夫，吉田喜義，中村智樹，土田一輝，永元直樹：バイチャイ橋の施工，橋梁と基礎2006年10月号，pp.15-24，2006.10.
- 3) J. Stubler and B. Lecinq：Freyssinet High Performance Stay Cable System，Proceedings of High Performance Stay Cable System Conference，April 2004.
- 4) K. Hayashi，N. Phu Son，M. Komiya，K. Tsuchida and N. Nagamoto：Design and Construction of Bai Chay Bridge，Proceedings of International Conference on Bridge Engineering，November 2006.
- 5) A. Rousseau，L. Boutillon and A. Huynh：Lightning protection of a Cable-Stayed Bridge，Proceedings of 28th International Conference on Lightning Protection，September 2006.