

【技術ノート】

吊橋主塔の架設工法

Erection Method of Main Tower for Suspension Bridge

高橋 幸雄 *
Sachio TAKAHASHI

1. まえがき

吊橋の主塔は、橋台とともに、メインケーブルを所定の形状に保持し、ケーブルおよび補剛桁に作用する荷重をすべて下部構造に伝える重要な役割を果たしている構造物である。

その架設においては、いかにしてこの高い構造物を安全に、精度良く鉛直に、架設して行くかということに重点がおかかれている。このため、施工時には主塔基部面の仕上げ管理、架設途中における主塔のたおれ量管理、部材接続面の面タッチ率の管理等、細かな精度管理が要求され、これに対応する工法が採用されている。

本文は、この吊橋主塔架設工法を、特に長大スパン吊橋の主塔架設工法に焦点を合わせて述べる事にする。

2. 架設工法の種類と特徴

吊橋主塔の架設工法は、主塔の規模、形状、架設地点の地形条件、あるいは経済性などによりいろいろな工法があり、この架設工法の種類と各々の特徴を以下に述べる。

2-1 架設工法の種類

従来長大吊橋において採用された主塔の架設工法を分類すると、図-1の通りとなる。

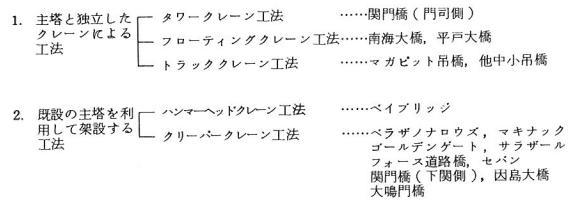


図-1 架設工法の種類

2-2 各工法の特徴

(1) タワークレーン工法

クレーン基礎を主塔と独立して橋台上に設け、主塔の

架設に合わせてタワークレーンもまた上方に伸ばし、完全に主塔とは独立したタワーより主塔ブロックを吊上げ、架設する工法である。

したがって、主塔部材には機械設備を取り付けることなく、架設途上における主塔の垂直性管理が容易である。しかし、他の工法に比べ、基礎工事やクレーンタワー・クレーン本体に巨大な設備が必要となる。

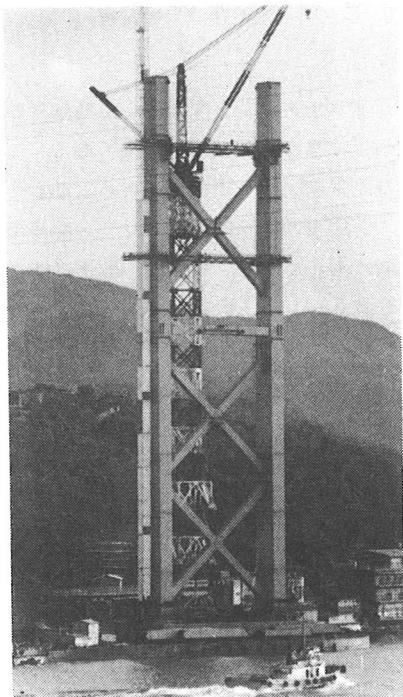


写真-1 タワークレーン架設

(2) フローティングクレーン工法

海上からフローティングクレーンにて、主塔部材を一括吊上げ、または大ブロック吊上げにて架設する工法である。

他工法に比べ、大幅に工期短縮が可能であり、そのメリットは大きいが、海上条件に大きく左右され、吊上げ揚程にも限度がある。

* 川田建設工務一部長大橋課課長

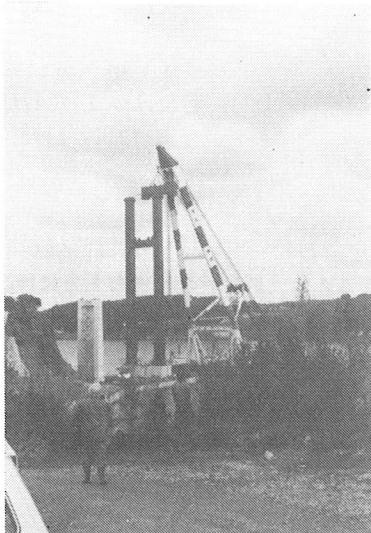


写真-2 フローティングクレーン架設

(3) トラッククレーン工法

塔基部より トラッククレーンにて、主塔部材を小ブロックにて積み上げながら架設する工法である。

架設設備の設置期間が不要であるため工期的に有利となる。また、使用設備も一般汎用クレーンを使用することから工費的にも安くなる。しかし、吊上げ能力に限度があり、揚程 80 m、吊上荷重 20Ton～25Ton (196 KN～245 KN) 程度 ≈ 300 Ton (2.94 MN) 吊クローラークレーン使用の場合長大吊橋の主塔架設にはあまり実施例がなく、中小吊橋の主塔架設に多く採用されている。

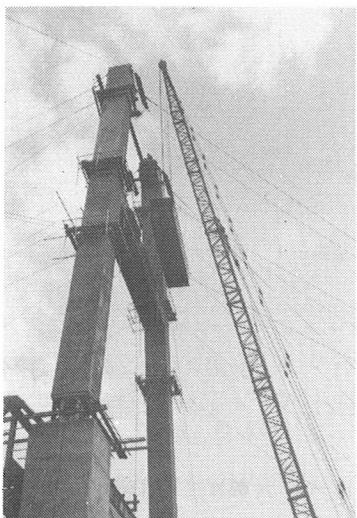


写真-3 トラッククレーン架設

(4) ハンマー・ヘッドクレーン工法

既設主塔の 1 主軸に 1 台づつハンマー型式クレーンを取り付け、このクレーンにて主塔部材を小ブロックにて吊上げながら架設を行う工法である。

この工法は従来の長大吊橋ではベイブリッジでのみ採用されており、工法としては特異な存在であり、また、斜材、水平材の架設に工夫が必要となる。

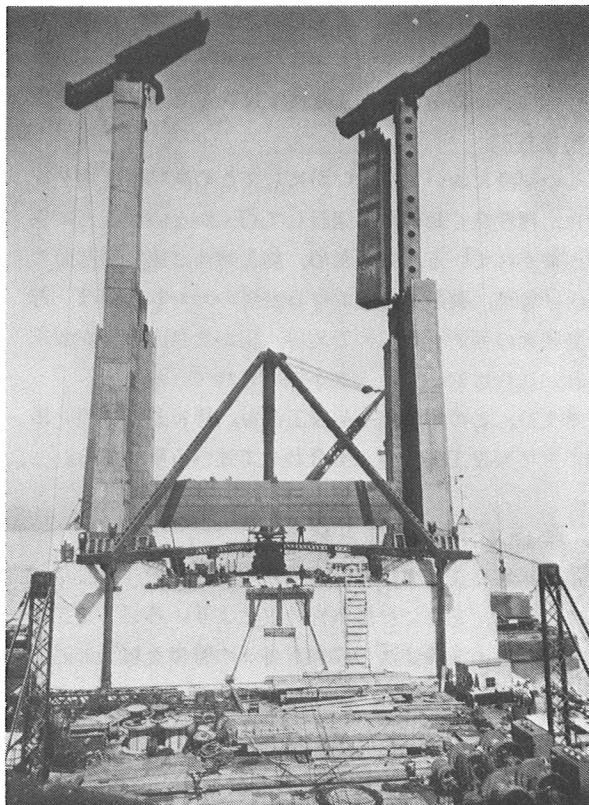


写真-4 ハンマー・ヘッドクレーン架設

(5) クリーパークレーン工法

既設主塔にクレーン部とこれを主塔に固定するステージング部からなるクリーパークレーンを取り付け、このクリーパークレーンが主塔に反力を取りながらクライミングし、主塔部材を小ブロックにて吊上げ、架設する工法である。

従来最も多く採用されている主塔の架設工法であり、クリーパークレーン重量は反力を主塔に取るため、比較的軽量となり、また、他の橋への転用も可能である。しかし、クレーン反力が常に主塔に作用しているので、架設途中における主塔のたおれ量管理が必要となる。

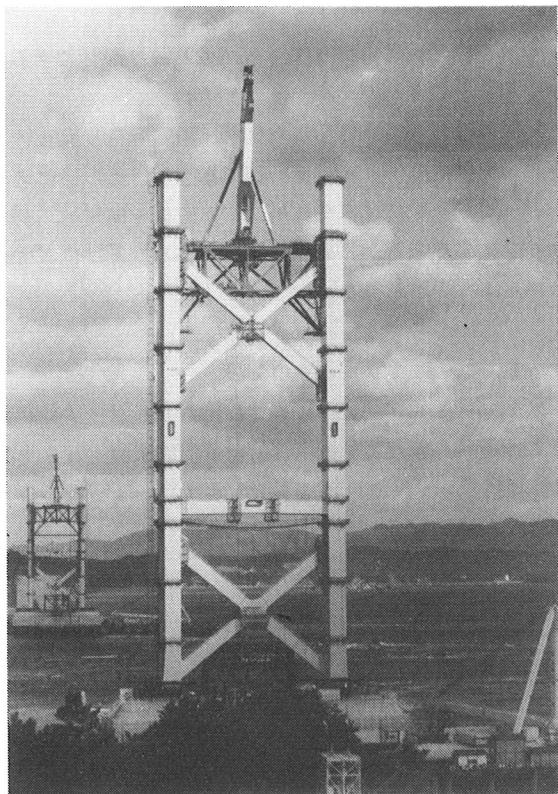


写真-5 クリーパークレーン架設

3. 主塔架設手順

主塔の架設は下部工完了後最初の上部工工事として始

められ、現場における作業は通常次の手順にて施工が進められる。

- (1) 主塔アンカーフレームの据付（通常は下部工施工時に施工される。）
- (2) 主塔基部の設置される橋脚表面（コンクリート面）の仕上げ
- (3) 本体架設用クレーンの設置
- (4) 主塔基部（底板等）の架設
- (5) 主塔ブロック、支材の架設
- (6) 塔頂サドルの架設
- (7) 本体架設用クレーンの解体
- (8) その他工事（制振装置取付け、主塔のセットバック、塗装、エレベーター工事、電気工事等）

以上のような手順にて主塔の架設は通常行われており、次に、長大吊橋の主塔架設において最も多く採用されているクリーパークレーン工法についてその概要を述べることとする。

4. クリーパークレーンによる架設工法

クリーパークレーンによる架設工法は前述のように長大吊橋の主塔架設において主流を占める工法であり、現在施工中である本四連絡橋の因島大橋、大鳴門橋の主塔についてもクリーパークレーン工法にて架設がなされています。以下にこのクリーパークレーン工法の概要を施工順序を追って述べる。

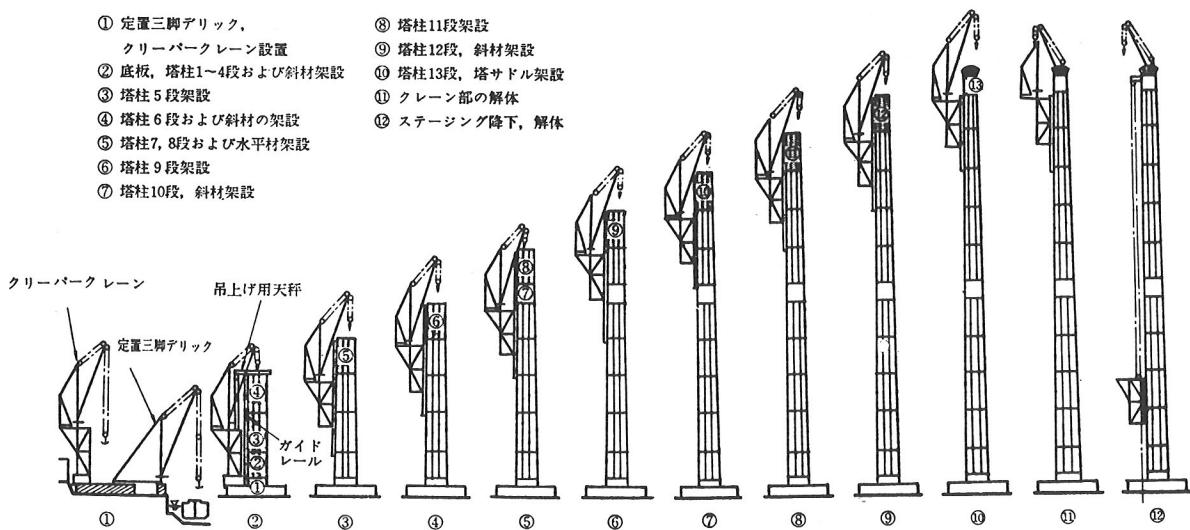


図-2 主塔の架設段階図

4-1 アンカーフレームの据付け

アンカーフレームの据付けは、主塔の架設精度に大きな影響をおよぼす最初の作業である。通常アンカーフレームは下部工コンクリート施工時にフローティングクレーン又はトラッククレーンにて据付けが行われ、微調整はジャッキにて位置、高さについて所定の精度となるよう行う。また、コンクリート打設により調整後のアンカーフレームが移動しないよう、あらかじめ埋込まれている金具と溶接により固定する。

4-2 橋脚天端コンクリート面の仕上げ

橋脚上面のコンクリート仕上げは主塔架設の基準面となるもので、その表面精度は主塔架設精度に大きく影響する。したがって、橋脚上面の処理には特に入念な施工を要する。

橋脚コンクリート上面を仕上げる方法としては、コンクリート天端をまず所定の高さより3~4cm高く打設し、荒仕上げ、中仕上げ、精密仕上げの順に、チス、ハンマー、ベルトグラインダー、サーフェースグラインダーなどを使って仕上げる方法が取られている。

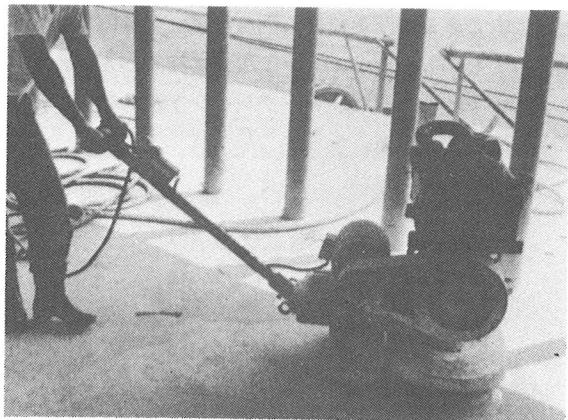


写真-6 橋脚コンクリート面の仕上げ

4-3 クリーパークレーンの組立

クリーパークレーンは、その現場の状況により、水切りクレーン、トラッククレーン、フローティングクレーンなどを用いて、ステージング部、クレーン部の順に組立てを行う。クリーパークレーンは通常、主塔の3~4段目までが架設されるまでは橋脚に固定して自立させておき、以降の架設はこのクリーパークレーンにて行う。

4-4 底板の架設

塔本体の架設に先だって、主塔最基部の部材である底板の架設をクリーパークレーンにて行う。

前述の要領で仕上げられた橋脚上面に乾燥したセメント粉末を厚さ2~3mm程度一様に散布し、その上にクリーパークレーンにて水平に吊上げた底板を据付け、ジャッキ等によりあらかじめマークしてある据付け位置に合致するよう調整を行う。

4-5 主塔第1ブロックの架設

第1段目主塔ブロックは自立したクリーパークレーンにて吊上げ、底板上に据付けを行う。第1段ブロック架設完了後センターホールジャッキにてアンカーボルトの締付けを行い主塔を橋脚に固結する。

4-6 主塔第2ブロック以降の架設

第2段目以降の主塔ブロックは前述のとおり、3~4段目までは自立したクリーパークレーンにて架設を行い、以降のブロックについては順次クリーパークレーンをせり上げ、既設塔柱に固定した状態にて架設を行う。

架設された主塔ブロックは既設下段ブロックとの接合面の密着度（メタルタッチ率）の測定を行い、また、架設完了部分のたおれ量測定等の管理を行い、HTボルトの締付けをする。

4-7 クリーパークレーンのせり上げ方法

クリーパークレーンは主塔ブロックの架設にともない順次せり上げを行うが、その手順は次の通りである。

(1) ガイドレールの取付け

ガイドレールを主塔本体の外側に添接部ボルト孔を利用してHTボルトにて取り付ける。

(2) せり上げ用吊り天秤の取付け

主塔上部のボルト孔を利用して、既設主塔の上部にせり上げ用吊り天秤をHTボルトにて取り付ける。

(3) せり上げ用ワイヤーロープの仕込み

クリーパークレーンのステージング部の上部と吊り天秤に滑車を取り付け、所定数ワイヤーロープの仕込みを行う。

(4) クリーパークレーンのせり上げ

前述各作業完了後、塔基部に据付けられた昇降用ワインチにてワイヤーロープを巻き上げ、ガイドレールとクレーンステージング部との固定ピンを取りはずし、クリ

一バークレーンを所定位置までせり上げる。

(5) クリーパークレーンの固定

所定位置までのせり上げ完了後、ガイドレールとクリーパークレーンのステージング部をピンにて固定を行う。

(6) 吊り天秤の撤去

クリーパークレーンがガイドレールに完全に固定されたことを確認したのち、主塔上部に取り付けてあるせり上げ用吊り天秤を撤去する。

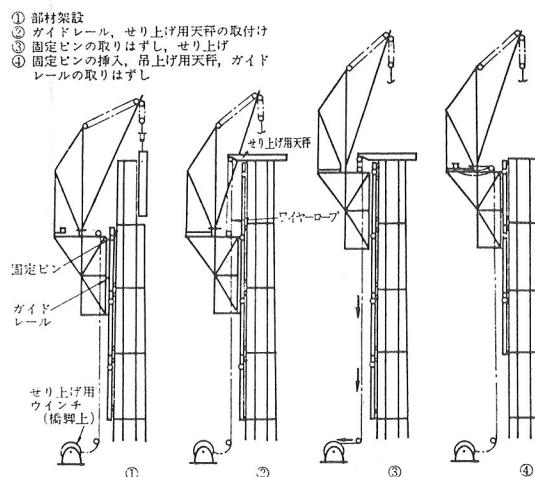


図-3 クリーパークレーンのせり上げ

4-8 塔頂サドルの架設

主塔本体部材の架設完了後、クリーパークレーンにて塔頂サドルを吊上げ、塔頂所定位置に据付けを行う。塔頂サドルはその構造上小さく分割して架設することが多い。このため、クリーパークレーンの吊上げ能力がこの塔頂サドル取扱い重量にて決定されることも多い。

4-9 クリーパークレーンの解体

クリーパークレーンは、主塔本体部材の架設、塔頂サドルの架設、塔頂クレーンの架設等の完了後次の手順にて解体を行う。

- (1) 塔頂クレーンにてクリーパークレーンのクレーン部の解体できる部分はできるだけ塔頂部にて解体し、地上に降ろす。（これは、クレーン降下時における重量をできるだけ軽くして降下用ワイヤーロープのくり込み数を少なくするためである。）
- (2) せり上げ時に使用した吊り天秤を塔頂に取り付け、

せり上げ時と同様の手段にてクリーパークレーンを吊り、塔基部まで降下させる。

(3) 塔基部において、トラッククレーン等によりクレーン部、ステージング部の解体、撤去を行う。

4-10 制振装置の取付け

吊橋の主塔が架設途中でまだ主ケーブルが張られていない状態では、上端自由の片持パリで、1次の曲げによる固有振動周期は比較的ゆったりしたものであり、低風速に対しても振動が発生しやすい。塔架設時にこのような振動が生じた場合、塔本体に生じる応力は小さくほど問題とはならないが、架設作業の能率低下をきたし、また、作業員に船酛現象が生じる可能性もあり危険である。このため、制振装置を設けてこれにより塔の振動エネルギーを吸収し、塔の振動を防ぐ手段が取られている。



写真-7 制振装置

4-11 主塔のセットバック

一般に吊橋においては、全死荷重が載荷された状態でケーブル水平力は中央径間側と側径間側とでつり合い、

基準温度のときに主塔は鉛直を保つ。

しかし、主ケーブルのみ架設された状態では、塔頂の理論位置においてはケーブル水平力はつり合わない。

ケーブル工事の施工上よりケーブルの水平力のつり合が要求されるので、この平衡状態を保つ位置まで塔頂を偏心させる必要があり、これを主塔のセットバックと称する。

セットバックの方法には、次の方法が取られている。

- (1) 塔頂において主塔とサドルを結合せず、あらかじめセットバック量だけサドルを変位させておく方法。
- (2) 塔頂にて主塔とサドルとを結合し、主塔自体をトラクションロープ、またはキャットウォークロープ等の外力にてセットバック量だけ変位させておく方法。

また、この主塔のセットバックについてはケーブル工事との関係が深いため、施工はケーブル工事として行われることが多い。

4-12 塗装、エレベーター、電気工事

主塔工事は、クリーパークレーンが撤去されると、塔外面工事として補修塗装工事、上塗り塗装工事が行われ、塔内工事としては、塔内エレベーターの取付け、塔内照明工事等が行われて、すべての主塔架設工事が完了する。

5. あとがき

従来我が国においては、長大吊橋の主塔工事はそのほとんどが、(1)工場製作時の製作精度管理・製作設備の面、(2)架設機械設備・工事実積の面から、橋梁会社でも造船メーカーにおいて施工されてきました。

しかし、当川田グループにおいても、製作は四国工場の設備、架設は川田建設の技術において、現時点でも充分に施工可能な技術力をもっております。今後、この長大吊橋の主塔工事においても、かならず、当社において施工する日が来るものと思います。その日のために今後も色々な面における勉強を怠らず、進めて行かなければならぬと思います。

今回は、吊橋主塔の架設工法について述べましたが、これは前2回の川田技報にて述べた吊橋施工工法(Vol. 1 吊橋補剛桁の架設工法, Vol. 2 吊橋ケーブルの架設工法)のシリーズであり、この3回の技術ノートを合わせて読んでいただければ、現在本四連絡橋において施工されている長大吊橋の上部工事が、どのようにして架設されているのかよく理解できるものと思います。

参考文献

- 1) 「関門橋工事報告書」 土木学会
- 2) 「関門橋」 日本道路公団
- 3) 「平戸大橋工事報告書」 長崎県
- 4) 「SAN FRANCISCO OAKLAND BAY BRIDGE」 U.S. STEEL
- 5) 「長大吊橋の架設」 長大橋技術研究会