

海外の大型工事に於ける施工技術とプロジェクト・マネージメント

- 第2 ボスボラス橋・橋台基礎に於ける実例 -

石川島播磨重工業㈱ 本庄英夫、日大生産（院）清水健介、日大生産工 木田哲量

1. はじめに

日本の吊橋架橋工事は本四架橋をピークにその後大幅な減少傾向にある。その理由は主要な架橋候補工事が一巡した事と、市場の経済事情にある。

1988年にトルコ・イスタンブールに完工した第2 ボスボラス橋は、工事期間2.5年と通常の日本の吊橋工事に比較して半以下の工事期間で完成している。

今後の日本の吊橋工事を計画する上で、経済的な計画を追求する事によって、将来の国内の吊橋工事がより現実化する事を願って、ここに実例を述べる。

2. 日本の吊橋の橋台工事

これまで本州四国連絡橋をはじめとして、数多くの吊橋工事が架けられた。その橋台の下部工と上部工との施工手順は既に確立されたものになっている。

その大まかな手順は、

上下部共通の調査と計画

下部工、道路レベルまでの大掘削と
橋台の構造物掘削

下部工、橋台底部のコンクリート

下部工、メイン・ケーブルの定着用
アンカーフレームの組立

下部工、橋台躯体マスコンクリート

これまで2～3年かかり下部工事の
約90%、一旦上部工へ引渡す

上部工、準備工開始

上部工、サドル据付

上部工、メイン・ケーブル架設

上部工、ハンガーロープ架設

上部工、桁架設

ここで再び下部工へ戻される

下部工、橋台の仕上げ（メイン・ケ
ーブル室をふさぐ）

この後は上下工事の共仕上げ工事

橋面仕上げと取付道路舗装仕上げ

完成

今回ここで取り上げるのは、
メイン・ケーブルの定着用アンカーフ
レーム＝「仮設構造物」と

橋台コンクリートから 上部工準備
開始に至る＝「上部工と下部工の工程」、
この2つのポイントである。

3. 仮設構造物の考え方

「メイン・ケーブルの定着用アンカーフ
レーム」とは、吊橋のメイン・ケーブルを橋
台コンクリートにつなぎ込む鉄骨構造物で
あるが、その契約上の扱いは日本では「本
工事構造物」として、海外では「仮設構造
物」として扱われる。契約上、仮設工事（仮

Construction Technology in International Big Project and Project Management
Illustration of Bridge Anchorage on The Second Bosphorus Bridge

By Hideo HONJOH, Kensuke SHIMIZU And Tetsukazu KIDA

設工法)をいかに考えるかが日本と海外の工事は大きく違う。

その違いの理由は、契約までに至る過程を見ると明らかになる。

日本では仮設工事は企業者側(客先)の調査計画の段階、つまり入札段階より相当前から長時間かけ、施主側を含めて研究され、数工法の検討や実験工事後、絞り込まれてそれを入札書に「本工事構造物」として盛込まれる。仮設物でありながら本工事物としての扱いになっている。

一方海外の工事においては、企業者側のコンサルタントが概略計画を行うが、調査から入札まで比較的早いペースで進み、入札時に於いて、世界各国の入札者から経済的で妥当な価格と工法を選択すればいい事であるので、あくまでも仮設は「仮の物として目的の構造物を構築できればよい物」として扱う。従って、契約書には詳細記述もなく「一式」扱いされる事が多い。

4. 定着方式の設計と選択

海外ではよく採用され、日本での採用はまれなマカロイ・バー(プレストレスト鋼棒)を使用した定着方式がある。この方式は定着部前面で定着時の調整が可能なため、橋台後方に定着調整用の小部屋を設けることなく、橋台コンクリートを打設でき、その分工程を短く出来る。

さらにマカロイ・バーを取付ける鉄骨は全数量で400トン、一箇所あたり100トンあれば十分な定着施工ができる。第2ボスボラス吊橋でもこの工法を採用した。

一方日本の定着方式は、2000トンから3000トン鉄骨を用いてメイン・ケーブルのアンカーを止めるのが普通である。

その工事の工程を比較すると、鉄骨組立

だけで2ヶ月以上、さらにマス・コンクリート後方の定着調整の小部屋工事、数千トンの隙間を分割打設する煩雑さのロス、これまで含めると楽に3ヶ月以上の差が出てくる。

入札時にどの方式を選択して積算しても客先側が経済的で妥当と認め、契約まで行き着けばそれで良い。

しかし、これまで幾つかの海外吊橋工事入札があったが、日本勢が日本の方式を提案して入札に勝った実績は無い。つまり企業者側は、「不経済または、妥当ではない」と考えた結果とも言える。

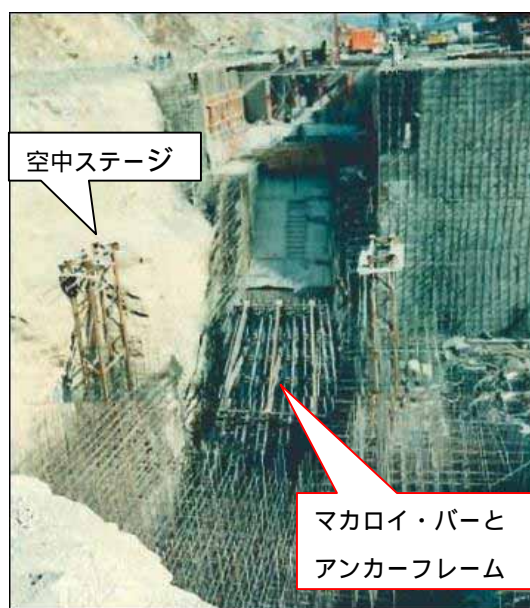


図1：定着アンカーフレームの架設、マカロイ・バーの設置、上部工用空中ステージ鉄骨の架設

5. 定着アンカーフレームの減量

先の手順で述べたように、日本の工事の場合約3000トンの定着用アンカーフレームの組立を完了してから橋台のマスコンクリート打設を開始する。

第2ボスボラス橋で採用した工法はマス・コンクリートを打設しながら逐次定着

用アンカーフレームの組立をし、マカロイ・バーを取付け、取付けた分だけのフレームとマカロイ・バーをマス・コンクリートで埋め込んでいく。

この工法は鉄骨のフリースタANDINGを低く出来るのでフレームの鋼材サイズを大幅に減少出来るし、マス・コンクリート打設後の次のリフト打設までに必要な養生期間に、次のリフトのフレーム組立、マカロイ・バーの据付が行える事でいっそうの工程の短縮が図れるメリットが生まれる。

6．上部工と下部工の工程

日本では一般的な手順で示したように、下部工が約90%完了した時点で上部工に引渡される。

一方海外工事は、入札者の自由な計画ではあるが、下部工が約60～70%完成した時点で上部工へ引渡しを行う。つまり現場はまだアンカレジのマス・コンクリート打設中で上部工に引渡される。

その差の20～30%の違いはどこから来るのか。企業者の分割発注方式による。

日本では全体の工事（下部工と上部工）を一つの会社またはJVで獲得する事は全く無い。必ず幾つかに分割発注をしているのが現状である。分割発注するが故に、各業者は企業者が決めた余裕のある工程を守ればよい事になる。

一方海外では分割発注をする方がまれで、一つの会社やJVまたはコンソーシアムに発注する。企業者（客先）にとって、同じ予算なら工程は出来るだけ短期間で開通させてもらう方が良く考える。

業者は入札時に出来るだけ短い工程を提案する事で契約を有利に進めようと努力する事になる。



図2：ケーブル・チャンバー内で
メイン・ケーブルの架設と
コンクリート工事を平行して施工

7．上下部工の錯綜作業

日本現場では、「上下作業をしない、させない」が安全の常識である。しかし上下作業でも、少し上下作業の位置をずらす事と、作業時間帯をずらす事でその問題を解決する事ができる。

つまり、作業の工程ではなく、場所が主体の3次元の詳細工程を作る事でそれを解決する事が出来る。

そのツールとして3D-Cadで時間帯ごとの作業を図化し、そのチェックを行う事で安全確認が有効にできる。

この安全を考慮した上下作業をする事で、30日～50日の工期の短縮が可能になる。

8．上部工の空中作業用ステージ

さらに、上部工と下部工の間で工期を短縮する方法は、まだ橋台コンクリートの底部を打設中に上部工のメイン・ケーブル架設の準備をするステージを早く作り渡す事である。

そのステージは、最終的には橋台の中の

ケーブル・チャンバー（ケーブル定着室）のコンクリート上にあるが、施工中の底部から見るとそのステージは空中に位置する。

空中部に上部工用のステージを設ける方法は、20m～30mの高さの柱状仮設鉄骨を底部の橋台コンクリートに埋め込み立てる事で解決できる。

橋台マス・コンクリートの1リフトの高さは日本では1.5m、一方海外の場合は2mから3mの高さで通常施工されている。

1リフトのマス・コンクリート打設サイクルは4日から5日、従って15リフトとすれば60～75日の工程錯綜が可能になり、その分短縮が可能になる。

9．工程の短縮の重要性

海外工事の間接工事費の中で人件費の占める割合は大きい。もし工期が短縮されれば、間接費はその分だけ減らせる。

一方直接工事費は、工期が短縮されても又逆に延びても、工数が変わらないので大きく変わる要素は少ない。

特にコストの高い日本人や欧米人が多く参画する吊橋工事の場合、工事の遅延は莫大な工事費超過を意味する事になる。

海外の工事で行われるのが、契約の中に工期短縮の見返りとしてボーナス条項を入れることである。第2ボスポラスの場合も結果として6ヶ月の工期短縮を実現させる事が出来た。当然その見返りも頂く事が出来た。このような契約に持っていくことが海外工事のマネジメントの醍醐味である。

10．その後の吊橋工事

第2ボスポラス吊橋工事では、今迄日本でやられていない工法に挑戦し、工期の短縮を果たせた。

その後、香港青馬吊橋1997年の完成、

さらにカザフスタンのイルティシュ河吊橋2001年の完成、を担当し更なる錯綜作業に磨きをかけ成功させている。

特に香港の青馬吊橋工事の場合、下部工から上部工への引渡し事に採用した工法は、第2ボスポラス吊橋で採用した工法とは違い、鉄骨を使わずその代わりにコンクリートを柱状に先に早く打ち上げる事でステージを作り上部工へ早く引渡した。

カザフスタンのイルティシュ河吊橋は、契約工期42ヶ月を12ヶ月短縮して30ヶ月で完成させ、古くなった危険な橋梁に変わって新しく安全な橋梁を市民により早く提供し非常に喜ばれた。勿論ボーナス条項が付いていた。

11．おわりに

これらを考えると、日本の吊橋工事には、まだまだ改善をする箇所が技術面でも、契約面でも残され、更に経済的に工事が出来る可能性を残している。

我々土木技術者は、どうせやるなら大きく面白い仕事をしたい。これまでの吊橋工事で得た技術を将来の技術者に継承させていくには吊橋工事が途絶えてはそれが出来なくなる。吊橋技術者が絶えてしまった米国の二の舞を演じてはならない。そのために我々には常に工法の革新が求められる。

参考文献

- 1．本庄英夫、トルコ第2ボスポラス橋の基礎工、カザフスタン・イルティシュ橋の基礎工事、基礎工、2004年2月号 PP51 - 54、PP43 - 46
- 2．宮田明 他、カザフスタン共和国イルティシュ河橋梁、IHI 技報、01年9月 PP148 - 157