

特殊架設機材の戦略的選定

— Management of Specialized Erection Equipment: Selection and Organization —

著：Elie H. Homsy and Stephen Cardwell

訳：山崎 啓治*

本文は特殊架設機材を用いたコンクリート橋の各種架設工法を論じるものである。メインコントラクターが具体のプロジェクトにおいてどの架設工法を採用するかという判断に至る思考過程についても概説する。

[訳者記] 国際競争入札によりコントラクターが決定されるような海外での橋梁工事は、わが国のそれとは異なり出件パッケージの大規模化が進められており、競争力ある入札価格を導くためには施工計画、とくに架設工法の選定、投入架設機材数の決定などがキーポイントとなる。橋梁上部工の架設工法を技術的に概説する報文は多数あるが、請負者であるメインコントラクター側の受注競争に勝つためには？の視点にたつて説明されたものは少なく、本文の翻訳を試みた。現在、東南アジア地域において多数の長大橋梁建設計画が進められており、本邦施工業者もそのうちのいくつかに参画できることを願っている。なお、ページ数の関係から場所打ち工法による架設工法の章の紹介を割愛した。プレキャストセグメント工法同様、示唆に富む文章であり、是非、原文を一読することをお勧めする。

キーワード：架設、工法、コンクリート橋、特殊架設機材、選定基準

1. はじめに

適切な特殊架設機材の選定は、施工計画や入札価格の見積りにおいて重要決定事項のひとつである。それは単純なものではなく、プロジェクトごと、コントラクター (contractor) ごと固有の多くの事情によって決定される。本文はコントラクターが考慮しなければならない重要事項や、ここで紹介する個々の工法・機材がそれぞれの課題をどう解決するかを見抜く洞察力を提供する。

まず、以下を理解しておかなければならない。施工方法 (construction methodology) の決定とは、現場配置 (site layouts) や契約条件 (contract conditions) のみに基づく唯一の解を導く科学的な検討というよりは、技術だけでなく、企業の施工実績、リスクに対する態度および保有機材ほか、資源の転用可否など、おそらくもっと重要な事項を含むより総合的なプロセスを経てなされる。ここでは、個々のコントラクターが同種工事に対して異なる工法を提案する、いくつかの事例を紹介する。

多くの主要橋梁建設プロジェクトは、コントラクターの関与なしに設計が進められるが、本文は発注者 (owner) および設計者 (designer) に対して、コントラクターが工法提案する際に踏む思考プロセスの洞察力を提供しようとするものである。さらに、橋梁の場所打ち工法 (in situ) およびプレキャストセグメント工法 (pre-cast segmental) それぞれの主要架設工法を概説する。

2. 架設機材選定において考慮すべき重要事項

2.1 設計の変更自由度

入札段階 (tender stage) において、最初に考慮すべき事項のひとつに、もし契約で認められていればだが、設

計の変更自由度 (design flexibility) があげられる。これは発注者や発注者雇用の設計者によって設計が実施され、逸脱が認められずまったく変更自由度がない場合から、設計・施工により出件し最終構造物に対して若干の付帯条件が付されているのみのようなほぼ自由な場合まで幅がある。

本文は主要橋梁建設プロジェクトに対して、最適な契約形態 (form of contract) に関する手引きの提供を目的としているわけではないが、設計およびその詳細化段階 (design and detailing process) にコントラクターを関与させることを推奨する。そうすることによって、過去のプロジェクトで経験した価値を次のプロジェクトへ真に反映できる。

もし、設計に変更自由度がなく、それが経済的に最適でない場合、代償を払うのは発注者である。このひとつの例が、押出し架設工法 (incremental launching) が適しているかもしれないのに、伝統的な固定式支保工 (scaffold) を前提として設計された延長の長い場所打ち橋梁があげられる。コントラクターに対して、より経済的に施工できる工法に設計を変更できる必要な自由度を提供できないと、バリュー・エンジニアリング (value engineering) や発注者のコスト削減機会を失う。

2.2 プロジェクトの竣工および施工期間

竣工日 (completion date) は一般的に契約書に規定され、これが施工方法の選定において重要な地位を占める場合がある。機材の必要セット数の決定に対してもそうである。たとえば、1セットの移動作業車 (form travellers) [訳者注*1] にて、1橋脚張出し目 (balanced cantilever) を施工、移動作業車を転用し、2張出し目、続けて3張出し目と施工していくことが全体工期上、余

裕が認められるような場合である。一方、同種工事だが工期が短い場合は3セットの移動作業車が必要となる。タワークレーン、コンクリートポンプそして施工管理 (supervision) および作業員 (labour) も同様である。施工工期は通常、契約で規定され、コントラクターは適切な施工方法および機材を適用し、契約上の義務を遵守しなければならない。もし工期のみが制約条件の場合、コントラクターは単純、低コスト、労働集約型の工法を見直し、架設場所以外でのプレハブ化 (pre-fabrication)、特殊機材を用いた架設のスピードアップ化および架設現場での作業員数削減に取り組むだろう。直線橋で10径間の等支間長の単純な高架橋を考えてみよう。架設工法としては、伝統的な固定式支保工、移動支保工 (moveable scaffold system : MSS)、押出し架設工法およびプレキャストセグメント工法またはフルスパンセグメント工法 (full span segmental) の選択が考えられる。サイクル工程でみれば、1支間あたり2週間の固定式支保工から、1支間あたり1週間の移動支保工および押出し架設工法、1支間あたり2日のプレキャストセグメント工法そして1支間あたり1日のフルスパンセグメント工法まで幅がある。事実、これらすべての架設工法が異なるプロジェクトに採用されている。このことは架設工法およびその機材の決定は施工期間によるということの意味している。

2.3 橋梁上部工の線形と設計

支間長、橋脚高、平面曲線、最大縦断勾配および横断勾配などを含む橋梁上部工 (superstructure) の線形 (geometry)、およびプロジェクト延長を通じたそれらの一貫性・規則性の度合いが架設工法の選定に多大な影響を及ぼす。支間長により押出し架設工法が適用可能かどうか決定されるし、スパン・バイ・スパン架設 (span-by-span) または張出し架設工法が適するかどうかも同様である。小規模発注のプロジェクトまたは非常に小さい曲率半径のものは、クレーン使用を必要とし、一方、支間配置の繰返しが多い大規模発注プロジェクトは、下支え式トラス (underslung truss) または頭上に設置される架設桁 (overhead gantry, 以下, OHG)、さらには大型機材によるフルスパンセグメント工法を用いたプレキャストセグメント工法の採用を好む。規模の小さいプロジェクトは、少ないセグメント個数に対してプレキャスト製作設備の設置コストが高価となり、通常は場所打ち工法が適用される。高橋脚を有するような渓谷上のプロジェクトでは固定式支保工は経済的でなく、押出し架設工法または移動支保工が適するだろう。橋梁延長の異なる区間に対して、特定の架設工法を適用することは不可能である。なぜなら、個々のコントラクターはそれぞれ異なる技術・機材を保有しているからである。あるコントラクターは減価償却している手延べ桁 (launching nose) や押出しジャッキを保有していることから、一般的には支保工施工がより適しているといわれるような比較的小支間の橋梁に対して、押出し架設工法を適用するかもしれない。同様にべつのコントラクターはMSSを保有してお

り、移動支保工を用いることによって早期工事着手ができ、プレキャストセグメント工法で必要となるコストおよび大段取りとなる設備設置に勝ると考えるかもしれない。

橋梁の構造設計そのものを考えるうえで、架設機材によってもたらされる追加の施工時荷重に対して上部工の能力が許容範囲なのかどうかを検証することが非常に重要である。地上または作業台船 (barge, 以下, バージ) 上に配置されるクレーンはわずかな施工時荷重を橋梁に及ぼすのみだが、OHGは施工中に、その後橋梁が経験しないような非常に大きな施工時荷重を作用させることがある。同様に架設中の仮設時状態 (temporary conditions) が本設構造物 (permanent works) の設計を支配することがある。とくに押出し架設工法の場合や、張出し長の大きい張出し架設工法において、張出し先端部が閉合部によって固定される前に風によるバフティングを生じるような場合がそうである。

2.4 現場条件およびアクセス

現場条件およびアクセスは、もっとも効率よい架設工法を決定するうえでおそらく最重要要因である。

地上での施工では、考慮すべき要因は湿地や動植物の保護などの環境問題から、付近の道路交通、近隣商業地区および鉄道交差などの地元条件にまで渡る。

海上での施工では、選定プロセスに影響を及ぼすような事項は以下のとおりである。

- 海域条件 (水深、流速、氷など)
- 許認可申請
- 橋脚位置までのアクセス設置の検討
- セグメント吊込み時の波力やバージの動揺
- プレキャストセグメントのマッチキャスト面やPCシース (PT duct) 内への海塩水の飛沫
- 運搬バージの適切な設計、解析および検査証明
- 揚重機とその許可取得

場所打ち工法に対しては、全作業箇所へのクレーンのアクセス、生コンクリートの調達および供給、気象および気候条件が含まれる。

プレキャストセグメント工法に対しては、プロジェクト地点近傍に製作ヤード (casting yard) に適した土地を確保できるかがセグメント架設および運搬方法に影響を及ぼす。製作ヤードから架橋地点までの距離が、運搬車両台数、中間仮置き場およびそこでのダブルハンドリングとなる吊上げ・吊下し作業、または架設地点でのバージ仮係留施設の必要性を決定する。2段積み (double stacking) を考慮するようなストックヤードがかぎられる場合には、仮置き中の荷重状態を照査し、不等沈下防止のための適切な地盤対策および敷き材設置が必要である。

製作ヤードから架橋地点までのルートが、運搬可能なセグメントの大きさやタイプを規定する。とくに、道路の建築限界や重量制限がある場合はそうである。製作ヤードの場所を選定する際には、現地の法令、許認可取得およびコストも考慮に入れる必要がある。

運搬ルートについては電線や陸橋などの高さ制限、ライフラインや暗渠などの地中構造物についても確認が必要である。

運搬車両の許可申請は、1地点に関わるものから広範囲に渡るものまで多岐にわたり、季節的な制約を受けるかもしれない。

2.5 架設機材の調達

新規製作か中古転用か、複数サプライヤーによる価格競争が起きるか、もしくは部材製作・改造業者 (steel fabricator) が手配可能かどうかなどクレーンを含む架設機材の調達可能性が、架設機材のコストおよびプロジェクトへの納入時期 (delivery schedule) に影響を及ぼし、ひいては入札作業にも影響を及ぼす。

新規製作特殊機材の輸送 (mobilization)、組立て (assembly) および調整・始動前検査 (commissioning) に関する追加コストおよび中古転用機材の改造コストは、入札段階でのコストおよび工期分析の主要事項であるので過少評価してはならない。

競争市場では、もっとも安価な工法を選定せよとコントラクターはいつもプレッシャーに晒され、2回目、3回目そして4回目転用中古機材が手配可能であれば、いつでもそれは魅力的な選択肢であるということは明らかである。そのような大型機材に関してひとつ重要な視点がある。一般的に架設機材は最初に投入されるプロジェクトに適合するように設計・製作される。これは、運搬 (transportation)・移設 (relocation)、プロジェクトが規定する吊上げ能力・支間長・形状・高さおよび機材と構造物間の固定方法の詳細などに対して最適化がなされていることを意味する。この機材が次のプロジェクトに転用される場合、それらすべての仕様が再検討され、改造などの手加えられはするが、コントラクターは新規プロジェクトに対して十分には適合していないような、生産性が落ちるかもしれない機材を使わざるを得ないかもしれない。以上のような検討の結果、個々のコントラクターが、新規製作か中古転用か、それぞれ異なる見解に行き着くことは至極当然である。

2.6 コスト

架設工法およびその機材選定の決定に最も影響を及ぼす重要な制約条件はコストである。コントラクターは前述のような重要事項と要求事項を天秤にかけ、もっとも経済的な解を導く。

一般的には、プレキャスト工法はプロジェクトの工期短縮をもたらすが、より大型かつ特殊な機材を必要とし、製作ヤードなどの架設現場から離れた施設設置も必要であるという短所を有する (もしくは、標準桁などのプレキャスト製品を現地サプライヤーから調達する)。プレキャスト工法を採用するかどうかの損益分岐点は一概にはいえないが、通常、橋長 1200 m 付近である。

より高価な特殊架設機材ほど、初期投資コストが大規模プロジェクトにより薄まり、規模の経済性によって利益をもたらす。

一方、場所打ち工法は、機材に対する投資は少なく

済むが、プレキャスト工法に比べれば長い施工期間、施工管理、補助的な機材および労務に関するコストが必要である。

2.7 安全

名声あるコントラクターにとって、公衆および現場内の安全は最大配慮事項である。本文で紹介するどの工法も、適切に計画および施工管理されれば、安全な作業環境および作業標準が提供される¹⁾。

唯一心配事といえば、大型機材の転用に関してである。コントラクター間で架設機材を売却・譲渡する際にどんな情報を伝達しなければならないかなどの規定がなく、既知の損傷や欠陥のある機材が引き継がれていく可能性が十分にあるということである。同様に世界的に展開している専門下請け工事業者 (specialist sub-contractor) 雇用の増加によって、アジア地域でのプロジェクト向けに設計・製作された機材がヨーロッパまたは北米に転用されている。そのような機材は国際的な基準に適合しているとはいいがたく、転用機材調達を考える際には、各国の規・基準の違いを考慮することが重要である。

2.8 プロジェクトチームと企業文化

発注者、設計者、設計照査者 (checking engineer) [訳者注*2]、コントラクター雇用のエンジニア (contractor's engineer) [訳者注*3] およびコントラクターからなるプロジェクトチームのそれまでの経験が、架設工法選定に影響を及ぼすもうひとつの重要な要因である。数々の実績を有するようなプロジェクトチーム、とくにコントラクターが、当該プロジェクトに対して最適であるとみなす洗練された工法採用に積極的である。

プロジェクト地点で熟練作業員を調達可能かどうかも複雑な架設工法選定において考慮すべきもうひとつの要因である。

大規模な橋梁工事の入札は、受注できるという保証または入札コストに対する報酬は無く、費用のかかる作業である。コントラクターは、入札作業に進む前にそれなりの受注チャンスがあるかどうか、自社の施工実績、知見および技術的総合力が発揮でき自由度が認められ、それが入札の争点なのか、入札推進決定会議 ("bid-no-bid" decision meeting) にて明確にしておく必要がある。同様に、大型架設機材に関わるプロジェクトの入札検討を行う際には、応札者リスト上にある他社の施工実績がより重要となってくる。最近の豪雨に関する大型架設機の崩壊事故をみるに、たとえ施工実績豊富なコントラクターおよび専門工事業者といえども巻き込まれている。それらコントラクターの多くは事故に学び、現状の業界水準をはるかに超えるトータルマネジメントシステムを導入し、洗練された QA 標準の一部を成している。もし、発注者が主要な橋梁架設機材使用の経験のないコントラクターを応募者リストに加えたとしても、発注者は名声あるコントラクターが代案を考慮し、限定された入札予算を使用することを決定しているということに対して驚かすことはないはずである。

入札すると決意したら、コントラクターはプロジェク

トが抱えるリスクに関する疑問と向き合わなければならない。これは未払い問題のようなコーポレートリスクからスタッフ・作業員の人的資源配置に関するものまで、さらに架設機材に関するような特定の事項も含まれる。通常考えられる重要リスクは以下のとおりである。

- ・ 選択した工法採用に対する技術的裏づけ（たとえば、自社施工または専門下請け工事業者雇用など）
- ・ 大規模工事への小規模専門下請け工事業者雇用に対するリスク
- ・ 工期遵守を可能とする機材の調達およびプロジェクトへの投入時間（lead time）
- ・ 設計変更およびその承認取得に対して誰がリスク（時間）を負うのか？
- ・ 工程が遅延した場合、どんな工程回復策が可能か？
- ・ 発注者/施工監理者は工法とその本設構造物への影響を理解するか？

以上に対してひとつでも否定的な反応があれば、コントラクターは入札価格に含めるリスク予備費（risk provision）を増やすか、さらに深刻な場合には入札を取りやめる決断をしなければならない。

3. 架設工法—場所打ち架設橋

3.1 スパン・バイ・スパン架設される橋梁の架設工法

- ・ 伝統的な固定式支保工
- ・ 押し出し架設工法（図 - 1）
- ・ 移動支保工（図 - 2）



図 - 1 押し出し架設工法と手延べ桁



図 - 2 移動支保工（MSS）

3.2 張出し架設される橋梁の架設工法

- ・ 標準的な移動作業車による張出し架設工法（図 - 3）
- ・ 下支え式移動作業車による張出し架設工法（図 - 4）



図 - 3 張出し架設工法を用いた Sandesund 橋の施工



図 - 4 下支え式移動作業車の組立て（Phu My 橋）

4. 架設工法—プレキャストセグメント橋

4.1 スパン・バイ・スパン架設される橋梁の架設工法

- (1) 地上または海上バージのクレーンを併用した下支え式トラスを用いた架設

地上または海上に十分な広さの場所およびアクセスがある場合、比較的経済的な工法である（図 - 5, 6）。

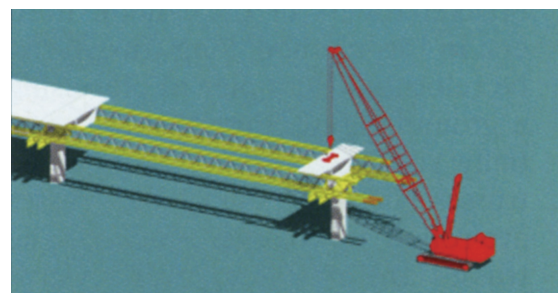


図 - 5 クレーン架設による下支え式トラスを用いたスパン・バイ・スパン架設

以下のような事前準備および事後作業のために、アクセス確保が必要である。

- ・ 基礎（foundation）および下部工（substructure）施工
- ・ 橋脚ブラケット（pier bracket）設置・解体
- ・ セグメント供給（segment delivery）
- ・ 架設クレーン移動と回転半径の確認



図 - 6 下支え式トラスを用いたスパン・バイ・スパン架設

- 材料供給
- 下支え式トラスの移動操作

架設期間中を通じてアクセス確保が必要である。海上施工の場合、仮設栈橋 (trestle) および、またはバージ・タグボートのコストがかかり、結果、コスト高になるかもしれない。

とくに海上施工の場合、気象条件に依存し、一方、地上施工の場合、交通規制の制約を受ける。

トラスを支える橋脚ブラケットは、繰返し転用され、先行する橋脚位置でクレーンによって設置される。

製作ヤードの場所と架橋地点からの距離が、架設作業に大きな影響を与える。もし適切なトラック台数にて継続的なセグメント供給を行えない場合、架設作業シフト時間外の運搬や架設地点付近の仮置きが必要であろう。このようなオペレーションはダブルハンドリングによる追加コストを発生させる。

(2) 橋面上のクレーンを併用した下支え式トラスを用いたスパン・バイ・スパン架設

以下のような作業のために、各橋脚位置へのアクセス確保が必要である。

- 基礎および下部工施工
- 橋脚ブラケット設置・解体

架設期間中を通じてアクセス確保が必要である。セグメントは、特殊運搬車両またはトラックにより既設橋面上を運搬される。クレーン (図 - 7) やセグメント運搬による施工時荷重が、上部工の能力内かどうかを検証しておかなければならない。

製作ヤードの場所と架橋地点からの距離が、架設作業に大きな影響を与える。橋長やセグメント運搬車両が橋面上をバックし戻ってくる距離も架設作業に影響を与える。

下支え式トラスでは、自身のトラスを用いて (self-launching) の橋脚ブラケットの解体・設置転用は困難で、地上または海上の別の揚重機が必要である。

(3) 頭上に設置される架設桁 (OHG) を用いたスパン・バイ・スパン架設

基礎および下部工施工のために、各橋脚位置へのアクセス確保が必要である (図 - 8, 9)。

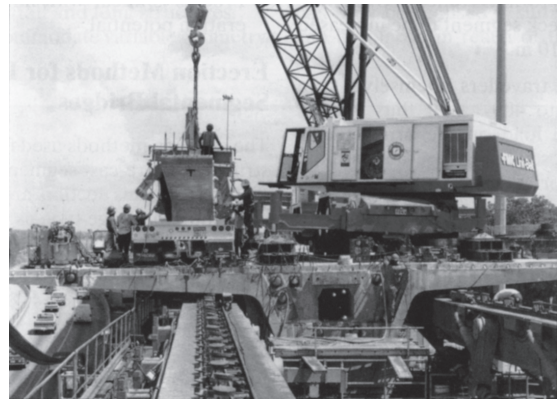


図 - 7 橋面上のクレーンを併用した下支え式トラスを用いたスパン・バイ・スパン架設

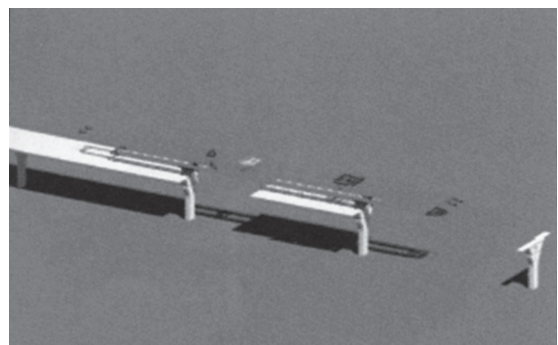


図 - 8 OHG を用いたスパン・バイ・スパン架設



図 - 9 OHG を用いたセグメント架設

OHG の設計にもよるが、主要セグメント架設作業は OHG または既設橋面上で行える。一般的には、OHG は下支え式トラスに比べ、より複雑で高価である。

セグメントは、地上・海上から、または既設橋面上から運搬される。セグメント架設作業のスピードアップ化のためには、架設されるセグメントをあらかじめ OHG 直下に仮置きしておく。

OHG を用いたスパン・バイ・スパン架設工法は、支間重量が比較的軽いライトレール (light rail) に対して向いているが、道路橋に対しても十分適用されている。

平面曲線の厳しい橋梁に適合するため、ヒンジ構造と

なっている OHG も存在する。OHG は通常、下方には問題ないが、陸橋や電線などの頭上の高さ制限に注意しなければならない。

もし、OHG が張出し架設工法のためにプロジェクトに投入されていれば、本工法は支間長の小さい支間および橋台に架かる端支間の架設にも用いられる。

橋脚から橋脚への OHG の移動は自走可能であるが、特殊な条件では、OHG の支柱移動のためにクレーンの補助が必要である。

(4) ウインチまたはストランド・ジャッキを用いたフル・スパン架設

以下のような作業のために、アクセス確保が必要である。

- 基礎および下部工施工
- (柱頭部などの) 上部工のコンクリート打設またはセグメント設置
- ウインチ組立て・設置および解体
- セグメントまたはコンクリート供給
- 施工機材のアクセス確保
- 材料供給
- 架設機材の移動

主桁は、最終架設地点直下の地上にて組み立てられる PC セグメント桁、または同様に直下で場所打ちされるかバージによって運搬される場所打ちフル・スパン桁である (図 - 10, 11)。



図 - 10 ウインチを用いたフル・スパン架設

吊上げ作業中の支間自重を支えるため、下床版に追加の仮設 PC 鋼材を必要とする。

(5) フル・スパン運搬車両・架設車両

基礎および下部工施工のために、各橋脚位置へのアクセス確保が必要である (図 - 12)。

このタイプの架設機材は、一般的に支間重量が比較的軽いライトレール・プロジェクトに対して用いられているが、より重量な構造物に対しても適用されている。

機材に対する初期投資コストは相当なものとなり、よって経済的に適用可能 (feasible, 以下、フィージブル) となるのは、機材のコストが多数スパンにより薄まる大



図 - 11 フル・スパン架設 (James River 橋)

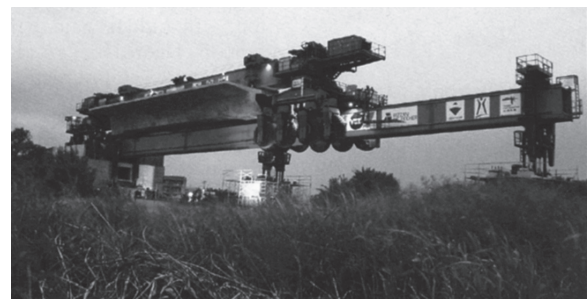


図 - 12 フル・スパン運搬車両・架設車両

規模かつ繰返しの多いプロジェクトに対してである。

(6) 固定支保工を用いたフル・スパン架設

以下のような作業のために、アクセス確保が必要である (図 - 13)。

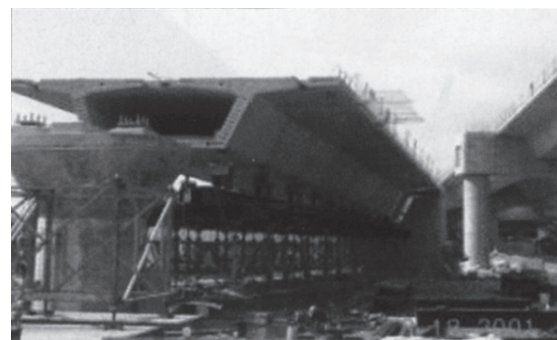


図 - 13 固定支保工を用いたフル・スパン架設

- 基礎および下部工施工
- 支保工組立て・解体
- セグメント供給
- 架設クレーン移動と回転半径の確認
- 材料供給

平面曲線の厳しい橋梁に適用可能である。市場で調達可能な足場材 (scaffolding) やクレーンを用いることで、

○ 海外文献 ○

特殊機材に対する投資を最小化し、小規模なプロジェクトに対して競争力のある工法となる。

支保工設置のための事前地盤準備 (ground preparation)、支柱基礎、支柱の組立て・調整、筋交い (bracing)、支柱上の梁材およびジャッキの設置、架設後の解体 (dismantling) および次の支間への移設などの労働集約的な作業がある。

1セットしか支保工を用いない場合はスパン・バイ・スパン架設工法に比較して施工速度は遅い。OHG またはトラスに追いつくには、少なくとも2セットの支保工が必要になる。

交通規制が課題でない場合にはフィージブルで、橋長の長い橋梁の延端部の支間など、とくに特殊支間の架設に用いられる。道路または鉄道上で架設にはより複雑な支保工システムが必要である。

4.2 張出し架設される橋梁の架設工法

(1) 地上または海上のクレーンを用いた張出し架設工法

以下のような作業のために、アクセス確保が必要である。

- 基礎および下部工施工
- 橋脚ブラケット設置・解体 (必要な場合)
- セグメント供給
- 架設クレーン移動と回転半径の確認
- 材料供給

地面または海上のクレーンを用いた架設工法としては、4.1(1)と同様な特徴がある (図 - 14)。



図 - 14 クレーンを用いた張出し架設工法

海上施工の場合、材料吊上げおよび吊下しのための特別な設備設置が必要で、人員、材料供給およびPC緊張作業 (post-tensioning) の作業効率が落ちる。

調達の容易な一般的なクレーンを使用できれば、地上からのアクセスが容易な張出し架設ではもっとも経済的

な架設工法となる。

上部工への施工時荷重の影響はもっとも小さい。

平面曲線および縦断勾配の厳しい橋梁へ適用可能である。

クレーン容量は、柱頭部セグメント (pier segment, 一般的にもっとも重い) の吊上げ能力で決定される (図 - 15)。

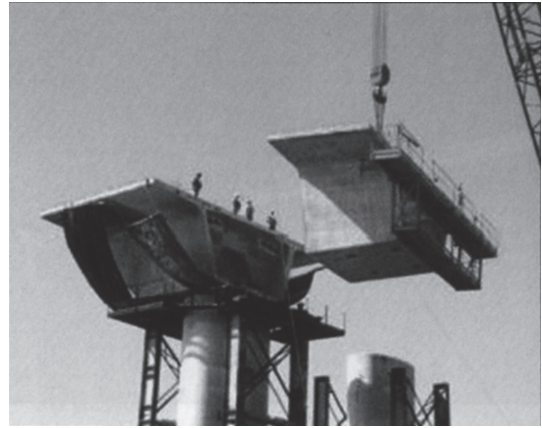


図 - 15 クレーンを用いた柱頭部セグメントの架設

通常、クレーン作業は張出し先端小口側で行われる (図 - 16)。とくに支間中央部のセグメント吊上げ時のクレーン作業では、ブームがぶつからないよう注意が必要である。



図 - 16 海上クレーンを用いた張出し架設工法

地上クレーンを用いる場合、閉合部のコンクリート打設 (closure pour) および連結鋼材のPC緊張作業を待つことなく、橋脚ごと順々に架設できる。

複数のクレーンを用いれば、複数の張出しを同時に架設できる。

特殊架設術やトラスとは異なり、それらクレーンは工事中のべつの作業に用いることも可能である。さらに、竣工後、べつのプロジェクトへの転用が可能である。

(2) 頭上に設置される架設術 (OHG) を用いた張出し架設工法

基礎および下部工施工のために、各橋脚位置へのアクセス確保が必要である。

OHG の設計にもよるが、主要セグメント架設作業は下記を含め OHG または既設橋面上で行える。

- 作業場所への作業員アクセス
- 橋脚ブラケット設置
- 柱頭部セグメント架設
- PC 作業用足場設置
- OHG 併設クレーン
- 材料供給
- 橋脚アクセス
- 閉合部コンクリート型枠、打設および脱枠のための足場
- 仕上げ作業

どのオプションが経済上寄与するかを決定するには費用・便益分析 (cost-benefit analysis) が必要である。

もし下記に当てはまる場合、コスト上優位な工法である。

- 繰返し支間を有する橋長の長いプロジェクト。
- 地上からのアクセスに制限を受ける (図 - 17, 18)。
- 最小限の改造にて保有 OHG が転用可能。

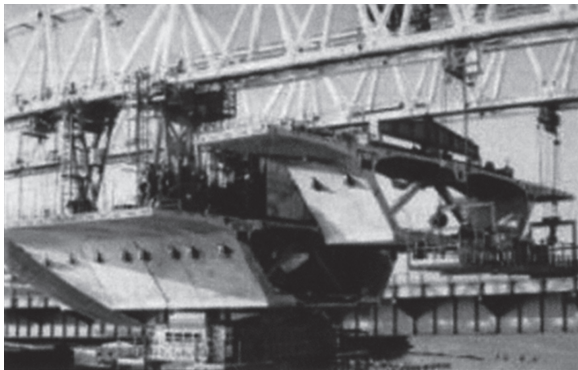


図 - 17 OHG を用いた張出し架設工法



図 - 18 鉄道営業線上での OHG を用いた張出し架設工法

また、将来のプロジェクト使用まで考慮に入れ OHG を設計すれば、中古転用の可能性が高まる。

電線や陸橋などの頭上交差条件に対する OHG 組立て作業場所を含むプロジェクト線形の確認が必要である。

OHG は海外調達のことが多く、船輸送、通関 (custom clearances) および現場への内陸輸送などの適切な期間を見込んでおく必要がある。

入手までに時間を要するので、主要予備部品は事前に注文し、準備しておく必要がある。

現地の電気工、油圧機械工およびパーツ類のサプライヤーを早期に探し、機器類の始動前調整作業に参加させるのがよい。

カスタムメイドである OHG の組立ておよび調整・始動前検査作業は、一般的に予想より、時間もコストも余計にかかる。

現場条件や施工手順の都合から、OHG が現場内で転用されることがあり、以下のような方法による。

- 解体、トラック運搬、再組立ておよび始動前検査
- 自走引戻しおよび次施工区間への再設置
- 次施工区間のための改造および始動前検査
- 特殊移動台車による OHG の一括運搬

(3) 架設梁とウインチまたはストランド・ジャッキを用いた張出し架設工法

以下のような作業のために、アクセス確保が必要である。

- 基礎および下部工施工
- セグメント供給
- 材料供給
- 支保工設置

架設期間中、アクセスの確保が必要である。各セグメントは吊上げられる最終架設地点の直下に供給する必要がある。もし、浅水域や地上の障害物があるような場合にはコスト高となる。

海上施工の場合、気象条件や海域条件の影響を受ける (図 - 19)。



図 - 19 架設梁とウインチを用いた張出し架設工法

バージによるセグメント運搬のために特殊揚重機が必要となる。

人員、材料供給および PC 緊張作業の作業効率は、OHG による施工より落ちる。

ウインチおよび架設梁を用いる場合、閉合部のコンクリート打設および連結鋼材の PC 緊張作業を待つことな

○ 海外文献 ○

く、橋脚ごと順々に架設できる。

ウインチおよび架設梁のセット数を増やせば、複数箇所同時に架設が行える。

本工法は、非常に重いセグメントを高所に吊上げ可能で、同等のクレーンまたはOHGによる工法より経済的である可能性が高い(図-20)。

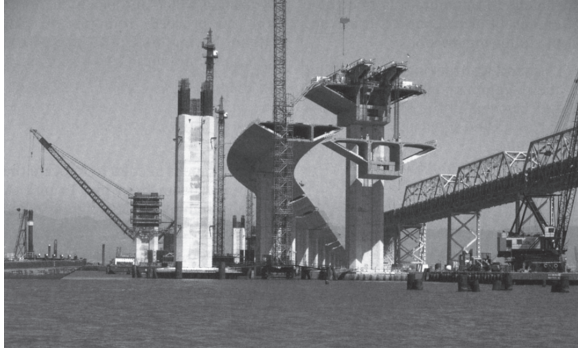


図-20 架設梁とウインチを用いた張出し架設工法(全景)

一方、別部隊による主桁柱頭部セグメントの架設または支保工上での場所打ち施工が必要である。

事前に橋梁上部工の架設機材による施工時荷重の影響を照査しておく必要がある。

プロジェクトの工程計画に、機材の設計および製作期間、始動前検査に要する期間を十分に見込んでおく。

(4) 特殊架設車を用いた張出し架設工法

以上紹介してきたような架設工法が、現場条件から適用できない場合がある。このような場合、特殊架設機材をプロジェクト対応として開発、設計および製作する必要がある。他の架設機材同様、適用可能な米国の規準に適合しているかどうかの照査を、資格を有する設計技術者によって行う必要がある。さらに、これら特殊架設機材は試作品であることが多く、より十分な製作、事前調整および修正時間を見込んでおく(図-21)。



図-21 特殊架設車

特殊架設機材を用いた場合の安全には以下が必要である。

- 十分訓練された作業員

- チェックリストおよび手順書
- 経験ある現場監督およびスタッフ
- 経験ある施工技術者

5. おわりに

橋梁架設には適用可能な種々の架設工法があるが、工法選択には以下のような要因がある。

- 設計
- 現場条件
- 工程
- 施工手順
- 機材の利用可能状況
- コントラクターの施工経験

コントラクターのニーズや高度な専門的知識を適用可能な再設計、バリュー・エンジニアリングを許容する設計・施工プロジェクト (design-build projects) および企業者設計の施工のみプロジェクト (design-bid-build projects) は、最適で創造的でさらに競争力のある入札をもたらす。

コントラクターが施工方法を最終決定する際、多数の選択・判断に直面するが、適切な入札価格を提示するのは基本的には実績豊富な経験あるコントラクターである。もしこの入札価格が受け入れられるなら、工期どおりに予算内で発注者に高品質な構造物を提供することが可能なのは、経験豊富なコントラクターであろう。

参考文献

- 1) Homs E.H. Management of Specialized Erection Equipment : Safety. Struct. Eng. Int. 2012; 22 (1) : 148-153

原典

Elie H. Homs and Stephen Cardwell : Management of Specialized Erection Equipment : Selection and Organization, Structural Engineering International, Vol.22, No.3, pp.349 ~ 358, 2012. Aug.

This article was first published in English in Structural Engineering International, SEI, Vol.22, Nr.3, 2012, pp.349-358, IABSE, Zurich, Switzerland, www.iabse.org

[訳者注]

訳者注*1: 移動作業車を用いた張出し架設工法とは、ひとつの橋脚上から主桁を橋軸方向に2~5mのブロックに区分し、左右に順次同時に張出していくプレストレストコンクリート橋の架設工法。1セットの移動作業車とは2台を必要とする。

訳者注*2: 詳細設計を実施した技術者以外の者が設計照査を行うことが一般的になってきており、本文では“checking engineer”を「設計照査者」と訳した。Design checker などとも呼ばれている。

訳者注*3: 海外の橋梁建設工事では、コントラクターが設計コンサルタントを雇用し、仮設構造物の設計、架設機材の照査および施工時計算を含めた施工時検討を担当させることが一般的であり、本文では“contractor's engineer”を「コントラクター雇用のエンジニア」と訳した。Erection engineer などとも呼ばれている。

[*: 山崎啓治 (鹿島建設(株) 土木設計本部)]

[2013年12月10日受付]