

IV. 橋 梁

① メタル——長谷川縮一*

鋼橋の建設作業は、工場内での部材の製作作業と、架設現場での現場施工作業、その両者を結ぶ輸送に大きく分けられる。工場内での部材製作と現場での部材組立て作業では、その作業の内容も非常に異なり、省力化の要点も違うので、ここでは工場製作と現場施工に分けて話題を進めることとする。

工場での部材製作作業の主要なものは、① 鋼材購入と板取り、② 工作図の作成、③ 原寸図の作成、④ け書き、⑤ 鋼板・形鋼の切断作業、⑥ 開先加工、⑦ 穴あけ作業、⑧ 切削作業、⑨ 組立てと溶接作業、⑩ ひずみ取り、⑪ 仮組立て、⑫ 塗装、などである。

製作の省力化対策として、いままでとられてきた方法は、各製作段階ごとに製法を合理化することと、加工機械の近代化と自動化によって省力化を図ろうとする方法である。しかし、最近、各作業段階を通じてシステム化を図ることにより省力化しようとする動きが現われはじめている。

一方、現場施工のおもな作業は、① 部材を架設地点の所定の位置にすえ付ける運搬作業、② 部材の継手施工、③ 床版工事、④ 塗装工事、⑤ 付属設備の取付け工事、などである。

架設工事の省力化の方法として、プレハブ化、大型化、機械化などをあげることができるが、架設計画や、工程計画を合理的に立案することで省力化できる要素も大きい。

1. 工場製作における省力化

橋梁部材の工場製作は典型的な多品種少量生産で、近代加工産業におけるような、めざましい自動化による省力化は望めない。しかし、おのおのの作業段階ごとに加工法の合理化や、加工機械の近代化による省力化への努力はなされてきた。表-1 は最近橋梁建設協会が行った自動化・省力化の実施調査の一覧表である。

この表からもわかるように、各作業段階ごとに省力化を取り上げるのではなく、各作業段階をシステム化する

* 正会員 (株) 横河橋梁製作所 設計部長

表-1 橋梁製作における省力化、自動化一覧表

会社工場別	製作段階	1 鋼材購入板取り	2 工作図	3 原寸図	4 け書き	5 切断	6 開先加工	7 穴あけ	8 切削
A				○				○	
B		○	○	□	□	□		○	
C-1		○		○	○	○		□	
C-2		○	○	○	○	○		□	□
C-3				○	○	○	○		
D				○				○	
E				○				□	
F			□	□			□		○
G				○	○	□		○	□
H		○	○	○	○	□		○	○
I				○				□	
J		○	○	○				○	
K-1						○		○	
K-2								○	
L				○		○		○	
M		○		○		○	○	□	□
N							□	○	
O		□		○		□		○	
P				○				○	
Q							○	○	
R		○	□	○	○	○	○	○	○
S		○		○	○	○	□	□	○
T		○	□	○					
U						□		□	○

凡例：○ 実施 □ 計画中
 ○ ○ □ 一貫した自動化

ことによって効果的な省力化の実を上げようとする動きが現われている。こうしたシステム化は電子計算機の利用の普及によって現われた現象であるが、適用には多くの障害があり、まだ十分な効果を発揮するまでには至っていない。

(1) 鋼材購入と板取りについては、電子計算機を利用して鋼材仕分け、板取り表の作成が行われている。この場合、設計から一貫した作業として取り上げる方がメリットが大きい。

(2) 工作図を自動化している会社は少ない。ごく単純な構造物、例えば合成桁については設計図の段階から引き続いて自動化することを行っている会社もあるが、① 構造部分の設計の標準化が遅れていること、② 自動製図のためのソフトウェアの開発に手数と費用がかかるなどの理由によって普及が遅れている。

(3) 原寸図については、必要箇所のみ描いて、簡単な構造部分は省略するのが通例である。各社は原寸図の省略に努力を払っており、け書き作業のときに用いるいわゆるシナイの作成に特殊な NC 機を導入して、自動

的にシナイ取りを行っている会社がある。

また、一部では、自動作画機による縮尺図を描くことによって原寸作業を全く省略してしまう方法について研究し、それに取り組んでいる会社もある。

(4) け書き作業はほとんど手で行っているが、一部で拡大投影マーキングを併用したり、け書きを省略して直接 NC 切断機によって切断を行っている所も見受けられる。しかし、全面的に機械化するのは困難である。

(5) 切断作業のうち、鋼板のガス切断については、フレームプレーナーによる平行な切断を除いては、一部にアイトレーサーなどによる^ち倣い切断も用いられているが、大部分がけ書き切断である。中には NC ガス切断機を導入して切断を自動化しようとする試みもなされているが、切断中の熱変形に対する対策、切断作業量の変動に対する適応性などに問題があり、NC ガス切断機の導入台数はまだ少ない。

(6) 穴あけについては、相当多くの会社が NC セン孔機を導入して省力化を図っている。穴の配列の標準化が進めば多軸ボール盤の利用効果も上がり、より省力化が図れると考えられる。

(7) 組立て溶接作業は製作工程のうち最も人工を要する部分であるので、各社ともに省力化に力を入れている。

組立て作業については各社おのおのにくふうをこらし特殊な組立て治具を開発することにより省力化を図っている。

また、溶接作業はできるだけユニオンメルト法などによる自動溶接により、半自動溶接も可能な限り利用し、手溶接部分を少なくするよう努力が払われている。

溶接の自動化率は、構造物の種類や組立ての順序によって著しく異なるが、かなり古いデータであるが、名神高速道路木曾川橋梁では、自動溶接 41.4%、CO₂ ガスを使用した半自動溶接が 45.2%、合計して機械溶接法によったものは 86.6% に達し、また半自動溶接は手溶接の 2.5 倍の能率であったと報告されている。

また、ある製作工場における平均値は、1970 年現在で、自動 43%、半自動 6% というデータも報告されている。

(8) 仮組立ては屋外作業であり、人工もかかるので省力化を図りたいという希望は強いが、最も省力化が困難な部分である。しかし、部材の製作法と関連させて仮組みを省略することができれば、大きなメリットを上げることができる。構造物によっては、互換性工作法を採用することによって仮組みを一部分にとどめる、あるいは部材の寸度管理を向上させて仮組みを省略する積極的な姿勢が必要である。

(9) 温度・湿度の調節可能な完全な塗装施設を持つ

ているものは少なく、移動上屋を持つ塗装工場を備えたものも一部で、塗装についてはまだ省力化の実施される段階に至っていない。

省力化・自動化は設計を含めすべての段階で可能で、各段階ごとに今後も推進されるであろうが、いわゆる前加工段階、すなわち、原寸から穴あけまでの工程では一貫した自動化システムの採用の可能性の見通しが強い。しかし、こうした一貫した自動化を図る場合、設計段階で用いた情報を、そのまま製作に利用するのでなければ省力化の実を上げることはできない。詳細設計が自社設計でない場合には、工場製作のための情報を新たにインプットしなければならないので省力化につながらないこと、また一貫した自動化に踏み切ったとしても、現実には自動化ラインに乗るものと乗らないものとが混然と工場内を流れ、混乱が予想される。そうしたことが自動化を進める上で大きな障害となっている。

2. 現場施工における省力化

鋼橋の場合、部材は工場内で製作されるので、従来からプレハブ工法が取られていたといえる。工場から現場までの輸送可能な限り大きな部材として運搬するのが普通である。これを大型化したものが、最近の大ブロック工法である。現場での部材運搬を少なくすることと、継手の数を減少させることによって省力化が図れる。

機械化によるものとして、運転者の省力化を図るいわゆる省力機械によるもの、また特殊な、例えば床版のフィニッシャーのような単能機械の開発利用によって省力化を図ることが考えられる。

その他、現場施工は地形や気象などの外的な条件に影響されること、作業員の労務工程が流動的であることなどから、施工管理上の不手際による手戻り工事や手待ちをなくすよう工程計画を立てること、地理的条件に合った架設計画をたてることによって省力化できる余地は大きい。

(1) 現場作業を減らすには、工場で作られる部材単位を大きくするのがよい。車両制限令の強化は陸上輸送部材の大型化の歯止めになっているとともに、大型荷役設備の回送の防げになっているが、水上輸送が可能な場合にはフローティングクレーンや、リフトアップバジを利用した架設、また一括吊上げ工法を可能にし、省力化と現場工期の短縮になっている。最近の橋梁工事で大ブロック工法が採用された例をあげると表-2 のようになる。

大ブロック工法は架設工期が短いこと、長期にわたる架設設備が不要であることから経済的な工法であると考えられがちであるが、現実には種々の条件がからみ合っ

表-2 大ブロック工法の実例

ニュージ ーランド オークラ ンド新橋	W=400 t L=110 m B=11 m H=3.8~9.2 m	工場岸壁より 500 t フローティングクレーンで桁専用運搬船に積み込んで日本-ニュージ-ーランド間輸送、現地では 2 台のフローティングクレーンで大パージに仮置、小パージに移し替え架設位置に運搬し、同じフローティングクレーン共用で架設
岡山県 岡 岡 橋	W=320 t L=85 m B=9.8 m H=2.4~3.4 m	工場岸壁より潮位差とジャッキを利用してパージにシフト、外洋曳航後 1000 t フローティングクレーンにより架設
神戸市 神戸大橋	W=545 t L=41.5 m B=26 m H=10.3 m	工場岸壁より 1000 t フローティングクレーンにより吊上げ、曳航後架設
道路公団 広島大橋	W=590 t L=135 m B=10 m H=6.3 m	工場て組立て、パージで運搬 500 t, 250 t, フローティングクレーンで吊上げ架設
三重県 生浦大橋	W=845 t L=196 m B=12 m H=30 m	東京湾内岸壁で組立て、フローティングクレーンで、1 万 2 000 t パージに吊込み運搬、現場で潮の干満差を利用して架設

注：W：最大ブロック重量，L：最大ブロック長，
B：ブロック幅，H：ブロック高。

て、経済的でない場合も起こりうる。工場製作も含めた全体工期、台船、フローティングクレーンの使用料なども考え合わせると、省力化するなかち経済性となつながらない場合もある。

(2) 工事の発注規模を大工区にすれば、新工法の採用や、大型機械を利用する資金に余裕ができ、また、管理技術者も大工区の割合に少なくてすみ、省力化が図れる。現在の発注慣習からすれば、大工区工事を受注するにはジョイントベンチャー方式になる。南港連絡橋、関門橋、広島大橋などが例としてあげられ、それなりの効果はあげているが、計画、管理、使用器材などに重複があり十分な効果は上がっていない。今後、ジョイントベンチャーによる現場施工方法の研究が必要である。

(3) 橋梁の設計やもっとさかのぼって計画時に架設に対する配慮をすることが省力化につながることはいうまでもない。小橋梁では架設計画に先行して設計が進められることがあるが、大橋梁では架設計画と設計とが分離して考えられるようなことはなくなってきている。各架設段階ごとに、安定かつ十分余裕のある安全な構造物にすること、応力調整など複雑で管理の難しい工程をなるべく避けるようにする、作業性のよい断面形状を選定する、添接材などを取り付けて部材組立てができるようにする、足場防護工、型わく支保工の取付け金具などを設計時に考慮するなど、いろいろなくふうがなされるようになった。

また、床版用型わくを鋼製埋め殺しにする。I ビームグレーティングの床版への利用によって、配筋、型枠工

の手間を省くことなども採用されている。

(4) 機械化施工は省力化になる。架設に際して能率のよい作業機械を開発し、それを利用すれば従来のとび工、鍛冶工を主とした作業形態は機械運転工に移行でき、大きな省力化が図れる。こうしたことから、より能率のよい作業機械の開発と利用に努力が払われている。しかし、大型の省力機械の採用は、その損料算定と稼働率に問題があり、企業が架設用機械に投資するには大英断を迫られる状態である。構造部分の標準化規格化を進め、機械の汎用性を高めるとともに、損料算定方式を確立する必要がある。

(5) 今後の問題として、構造物の標準化があげられる。詳細部分の標準化はある程度可能であり、標準化されれば省力化ができる。例えば、主桁、縦桁間隔を一定にすれば架設用クレーンや床版コンクリート用フィニッシャーの汎用性が増し、床版型枠の標準化、さらにプレキャスト化が容易となる。継手の標準化によって、継手施工の省力機械も開発される可能性もある。

また、品質基準、検査方式の確立によって過剰品質になったり、品質が部分的にむらにならないようにして省力化を図ることも検討されなければならない。

以上、プレハブ化、大型化、機械化などの努力を払うとともに、管理上の不手際がないようにしなければ努力を無にするばかりか大きな損失を受けることとなる。管理上の問題として、① 調査・計画・設計の不手際、② 関連諸官公庁の調整不足、③ 用地買収不完全による時間の不連続と場所の不足、④ 住民対策不足による工事中断、⑤ 品質基準の不確定、⑥ 工事の追加発注による不手際、⑦ 発注時期の遅れによる突貫工事などがあげられる。

最後に、本文は橋梁建設協会技術委員会製作分科会、ならびに架設委員会において、橋梁の製作架設の省力化についてまとめたものから抜萃したものであることを付記する。

② コンクリート———今井 勤*

1. はじめに

省力化は人類の歴史とともに始まり、工業化の発展段階に応じて、その内容やシステムが異なっている。現在の省力化には、現在にふさわしいアイデアや革新性が必要とされる。省力化の必要性についてはすでに各位の述べられたとおりであり、現在および将来に対しては時

* 正会員 住友建設(株)土木部長

宜に適した手段と方策が 発注者、施工者、そして機械メーカーとの一致協力によって推進されることが何よりも必要なことである。もちろん、省力化の方策とは、労働力の不足に対処するだけではなく、技能の低下を補うものでなければならない。とくにコンクリートの橋梁においては、コンクリートそのものが現場生産されるだけに、その品質に対する信頼度が問題となる。高度に発達した設計計算理論と、コンピューターの使用によって設計そのものは非常にシビアになった。しかし、労働者の技能低下によって設計どおりの品質の確保が、そしてまた、労働者の不足によって工程の確保が困難性をましていることは否定できない。

通常、コンクリート橋の上部工において、工種的には型枠、鉄筋、コンクリート、架設などに大別できる。いま、この工種に着目して考えてみる。

① 型枠は工事費の約 15% ほどを占めているが、その単価内容は材料費 40%、労務費 60% と考えてよく、架設とともに最も省力化効率の高い工種であり、現場での省力化の重点もここにおかれている。すなわち、材料を繰り返し使用しつつコストを抑え、手間を省くことに重点を置くことが、大工賃金レベルの高騰と、熟練工の絶対的な不足などを補う意味において明らかに得策である。すなわち、省力化の方向は型枠の大型化・自動化をめざし、かつ構造設計そのものに複雑断面をさせて、型枠作業の単純化を図り、型枠を大型化・自動化しうるように配慮されてゆかねばならないであろう。そして、大局的には、その方がより経済的な橋梁をつくりあげうることを、設計者と施工者がともに考えてゆかねばならない。

② 鉄筋については問題が多少異なってくる。橋梁工事は、型枠→配筋→コンクリート打設→架設（支保工）の順を追っての作業であり、それぞれの職種の直列作業で並列作業がやりにくい。そのため、各職種の作業日程を極力圧縮して、遊びの出ないよう有効利用を図る必要がある。とくに、鉄筋作業は 1 本 1 本を運搬し組み立ててゆくため非能率的な作業であり、かつ、他の工程との並行作業は困難である。鉄筋作業の省力化は、異形鉄筋の出現によって、ある程度解消されたともいえるが、まだまだ残された問題であり、見方によっては最も深刻な問題ともいえる。結束は、結束線からクリップの使用へ、そして点溶接の採用へと指向せざるを得ないのではなからうか。また、鉄筋そのものをブロック化して、はりはり、床板は床板といったように、あらかじめプレハブ化して組み立てられたものをクレーンで型枠内にセットしていく方法などが研究されているが、このあたりになると学会規定ないしは仕様書の改訂の問題にまで発展する内容を含んでいる。しかし、現場のニーズから、

いずれはその方向に進まざるを得ないであろうし、また現場の立場からはそれを期待してやまない。

③ コンクリートは生コンの普及とポンプ打設によって、おおいに省力化は進んだ、省力化の余地の最も少ない分野であろう。今後望まれるものは、軽量小型の強力なバイブレーターと、表面仕上機の出現であろう。また、品質管理の観点と合わせてプレキャスト材の使用もすでに多くなっているが、これからもさらに研究してゆかねばならない。しかし、プレキャスト化は多量生産ということによって初めて経済的メリットの出るものであり、この点は発注者側の配慮をとくにお願いしたい。

④ 架設については、現場打ちの場合の支保工材は、早くから鋼製化・規格化が進んでおり、熟練とび工を必要としない場合も多い。しかし、プレキャスト桁の架設に目を転じた場合、とくに最近の国鉄における大型重量桁の架設には特殊な機材と熟練とび工が必要であり、その確保に非常に困難をきたしているのがいつわらざる実状である。ケーブルエレクションの手法は、熟練とび工の不足からすでにほとんどその姿を消した。そして、トラッククレーンかエレクションガーダーの使用による架設が主役となった。とくに重量桁に対しては、省力化に対応するエレクションガーダーのくふう・改良も進んできた。しかし、このほかに、これと別の省力化の有力な手段として移動支保工工法の採用が新機軸を生みつつある。これらの事例については後述する。このような架設機械の大型化によって省力化は進み、熟練労務者の必要度はある程度低下しうるのであるが、架設機械に投入する資金は億単位となり、小工事にはとうてい稼働させられないという実態も生んでいる。これらは、施工規模の拡大という必要性をもち、発注者側の理解と、それを受け入れる業界側の対応的努力が要請されるであろう。

以下、コンクリート橋の施工面における省力化の現状について、二、三例を述べることにする。

2. 集中管理方式

東関東自動車道は、成田新国際空港との関連により当初より早期完成を要望され、全工期を 24 か月弱、そのうち橋梁上部工工事を 12~18 か月で完成させることを要求された——実際には成田新国際空港の開港が大幅に遅れたので、無意味になった感があるが——。したがって、各工事の実質工期はいずれも 400 日前後となり、この短期間内に、土工、橋梁、舗装の各工事を施工することになった。このふくそうした現場状況下で、構造物の短期急速施工を行うことは、全体工期の短縮を図る上

でのキーポイントとなる。したがって、この一対策として、橋梁工事のうちとくにPC上部工に関しては、橋桁のプレキャスト化と、それに伴う集中管理方式が採用された。そして、道路延長約 35 km 間に、本線橋、跨高速道路橋をあわせて 49 橋のPC橋が2工区に分けて発注された。

集中管理方式とは、従来のように各橋梁別に施工態勢をたて、その管理を行う方式に対して、いくつかの橋梁を統合して1単位とした施工態勢を考え、その管理を一般的に統轄管理する方式である。したがって、極力プレキャスト化を図り、ひいては単純化・標準化を図ることが一大前提となる。このため、主要作業が1か所に集中され、単純化・標準化されるため、施主側監督員の立会検査などもやりやすくなり、ひいては所要人員の削減も図れる。東関東自動車道橋梁工事の場合、鋼橋 40、PC橋 49、合せて 89 橋を9名で賅った。同様に、施工業者技術職員の省力化も図ることができ、従来方式の1人当

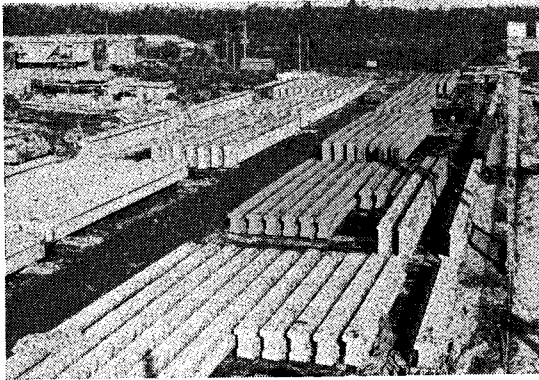
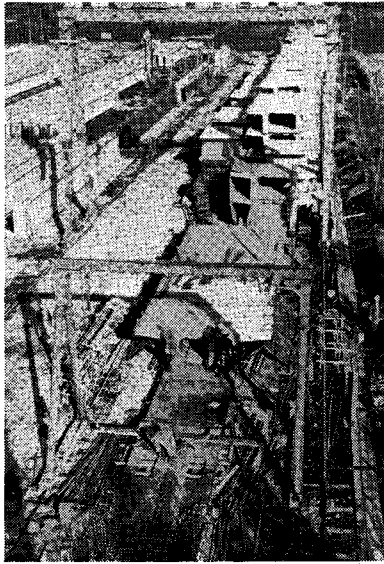


写真-1 プレキャスト桁製作(上)
とストックヤード(下)

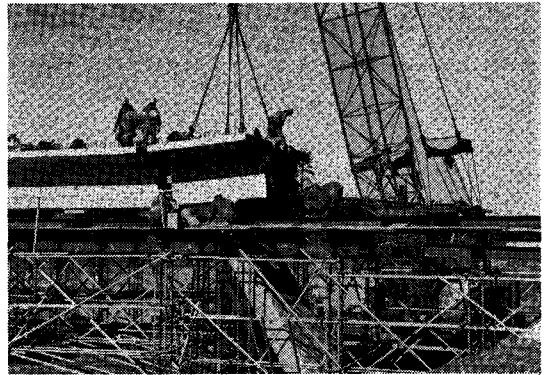
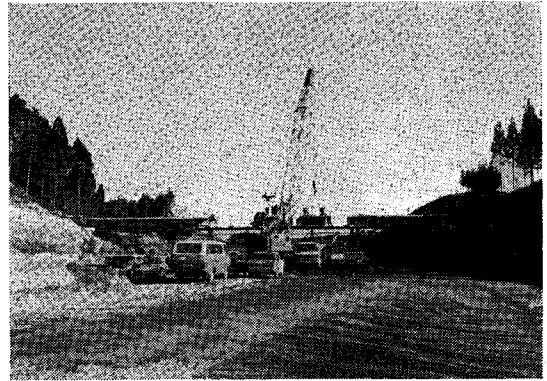


写真-2 プレキャストブロックの架設

り月生産高 30 t/人 に対して 43 t/人 と大幅にアップしている。

主要作業が1か所に集中するため、労務者の移動によるロスは少なくなる。作業が単純化・標準化されるため労務者の熟練度の向上が図れ、所要工数の削減も可能である。主桁製作ヤード内でのプレキャスト桁製作について検討してみると、労務者1人当りの生産高が1.1~1.2 t/人 となっており、全体工事歩掛りに対する生産高が0.25 t/人であることからみると、十分に省力化がなされていることがわかる。なお、主桁の製作を先行するため常時とピーク時とで所要人員の凹凸はあまりない。場所打ちを主とした場合には、当然ピーク時の所要労務者数が莫大なものになることが予想される。東関東の場合、もし場所打ち主体で施工するとすれば、ピーク時の労務者数は150~170人になるものと指定されるが、実際には月当たり平均50~60人、ピーク時110人程度ですんでいる。

3. 片持梁張出し架設法

昭和32年、神奈川県相模湖畔に架る嵐山橋^{らんざん}の架換えに初めて採用されて以来、わが国でも、とくに長大橋に関して片持梁張出し架設工法が多く採用されるように

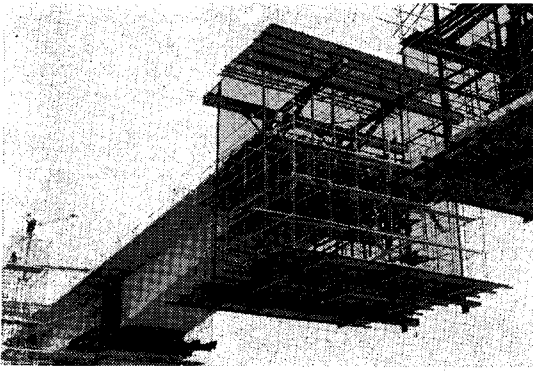


写真-3 フォルパワーゲンによる施工

なった。この工法の特徴は、支保工による施工などと異なり、架設作業車(以後ワーゲンという)によって2~5mぐらいつ張り出し架設してゆくところにある。

そして、現在では最大スパン240mの浜名大橋(日本道路公団)が架設中である。ときとともにスパンの長大化が進み、それにつれて、ワーゲンの大型化も進行し(当初使用していたワーゲンの能力は120~150t・mであったが、現在では200~400t・mのものまで使用されている)、さらに、構造的にも種々改良が加えられてきた。したがって、当初の1ブロック最大長3.5mが、現在では4.5~5.0mくらいまで施工できるようになった。ワーゲン内の作業工程においても、ワーゲン前進用の駆動装置、型枠の自動化などが図られ、省力化に向けて種々検討されてきている。したがって、ワーゲン2台の作業に必要な労務者数は、当初に比してかなり大幅に削減されてきている。

4. 移動吊支保工による架設

近年、コンクリート橋(とくにPC橋)の優れた特性が理解され、多くの橋梁が建設されてきた。なかでも、とくにコンクリート長大橋の施工には、前項で述べたディビダーク工法が一般化しているが、この工法は架設作業車を使用しての同一作業の繰り返して、順次、片持梁を架設していくため、支保工を必要とせず、直下の交通を妨げない工法として知られている。この架設作業車の考え方をさらに飛躍的に拡大し、直下の交通を妨げることなく、しかもスパン30~50m・幅員30mの橋梁の1スパン分をいっきに施工することのできる大型移動吊支保工が西ドイツにおいて実用化された。そしてわが国でも、首都高速道路公団の第576工区(その2)で試験工区として、わが国最初の移動吊支保工(ゲリュストワーゲン)施工が実施された。

このワーゲンでは、移動作業・型枠作業がすべて電動化・自動化され、十分に省力化が図られている。ワーゲ

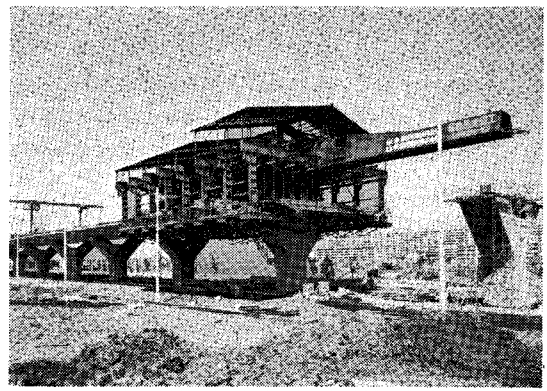


写真-4 組み上った移動吊支保工

ン自重約430t、その他の付属設備が約120t、合せて550tのワーゲン移動をわずか7名で、しかも8時間という短時間で移動・すえ付けることが可能である。なお、この工法の採用にあたっての最大の条件が、省力化と施工の急速化に絞られていたので、ワーゲンは油圧機器をはじめとして、きわめて機能的な架設機械となっている。さらに、この工法の先駆者である西ドイツをはじめ、ヨーロッパ諸国のワーゲンにも例を見ない型枠同時上下用装置や、吊支保工の懸垂装置などに、いろいろなアイデアが組み入れられ、型枠組立作業の省力化に予想以上の成果を収めているようである。

移動吊支保工工法と従来のステージング工法との省力化の度合を簡単に比較してみる(ただし、この数値はあくまで前述試験工区の結果によるものである)。これによると、1スパン(約500m²)施工に必要な全工数は、従来工法の850人に対し、ワーゲン工法では450人と60%弱で十分であった。

本例は企業者側のよき理解の下に、施工業者、機材メーカー三位一体の研究成果をあげた数少ない例であるが、今後の省力化工法を押し進めてゆくための手法として、貴重な三位一体の先駆的プロジェクトチームの成果であると信ずる。

5. 押し出し工法

従来、海上、河川上、峡谷のように支保工施工の難しい箇所に架橋する場合には、一般にカンチレバー工法かポストテンション桁架設工法が用いられてきた。

しかし、これらの工法は適応箇所によって省力化の観点からやはり適・不適の差が相当にあるのも当然のことである。とくに、山間の峡谷などにおいては、機械化そのものが困難である場合も多く、さらに加えて労務者確保が施工者側の一大難事であった。

押し出し工法は、これらの問題点を解決するために非常

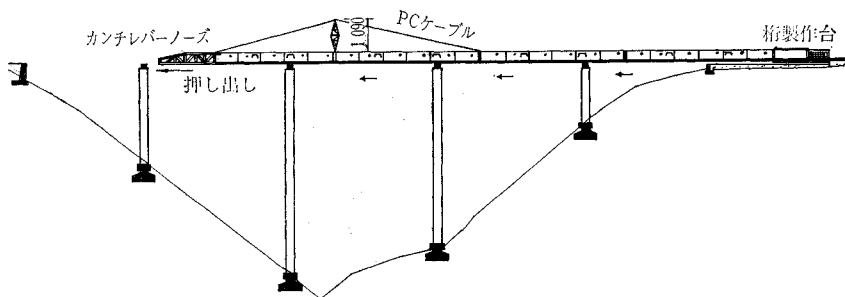


図-1 押し出しの原理

に期待されている一工法である。橋桁をブロック長約10m前後として、橋台後方に桁製作台をつくり、その上で桁を製作し、養生後、プレストレスを導入したのち前方空間にジャッキで押し出す。そして、それによって空いた製作台上でいま押し出したブロックに連続して次のブロックを製作し、同様に前方に押し出し、この作業を繰り返す。1ブロック長が比較的長く、製作台が1か所に集約できるため養生設備が比較的簡単にできることなどにより、工程は非常に短縮でき、4~6m/日のスピードで施工できる。もちろん、押し出し中の応力状態の変動に対応しうるように補助プレストレスの利用、仮ベントなどを計画しなければならないが、この工法は、他の工法に見られない急速施工、ひいては省力化の面で非常なる有効性を包含した工法と思われ、今後の発展が期待されているものである。

6. おわりに

われわれが省力化を進めなければならないことはもはや疑う余地のないことであり、その果たせないものは衰退していかざるを得ない。そして、それを進めるためには、大型化・自動化された機械の開発にメーカーと協力しつつ努力するとともに、設計作業において、すでに企業者側と施工者側が協力し合える態勢こそ最も理想的といえるのではなからうか。そのよき例を首都高速道路の移動吊支保工採用に見るのである。日本の請負制度の中でもやりうる方法は必ずあり、やる気になれば必ず道はひらけることを信じ、企業者、施工者、メーカー三位一体で、問題点を打破してゆけるよう各位のご理解を得たいと切望する所である。また、特殊職に頼らなくてもすむ設計上の配慮と、作業の単純化によって多能工という新しい職種（大工も鉄筋もコンクリートも架設もやれる人達）を生み出す努力に、筆者は業界自体が進まざるを得ないと考える。そして、施工者側も上部工だ下部工だという狭い意識を捨てて、本当の意味での省力化対策に真剣にならなければ、自縄自縛になってしまうことを考え直してみる必要があるのではなからうかと反省する

次第である。

③ 基礎 ————— 志 関 秀 雄*

1. はじめに

公共事業の拡大は建設工事のうち水陸の橋梁下部工事の増大となり、基礎構造も時代の要求にしたがって

- ① 在来以上に規模の大型のもの
- ② 在来以上に深度の大きいもの
- ③ 軟弱地層、複雑な地層地帯での施工
- ④ 風、波浪など気象条件のきびしい地帯での施工
- ⑤ 工期の短縮

が望まれてきている。

一方、基礎工事に従事する熟練作業員の絶対数の不足は深刻である。とくに橋梁下部工のように、河川での洪水期、海上での台風期をさけての施工するものなどから年度内に施工時期が集中的に限定されるものなどにおいてはとくに顕著である。建設業者にとって熟練作業員の確保が必須の条件であるにもかかわらず、きびしい状況下にあるのが現実である。

建設業界でも内外の重圧に耐えて、工事の機械化、省力化によって生産性の向上に努力が払われている。

以上の観点から考えると、基本計画、設計方法、施工方法の全体にわたって、一貫性をもつものであることが必要であろう。

以下に、基礎工事の省力化の現況について述べる。

2. 直接基礎

直接基礎は、フーチング、マット基礎が用いられるが根切りの浅い場合には機械化の余地がなく、鉄筋の事前組立てによる省力化が図れる程度である。

基礎底面までの根切りが深く、水底下となるとときには以下に示す施工例のように、構造上・施工上の機械化、省力化が行われている。

* 正会員 白石基礎工事(株) 常務取締役

(1) 基礎底面が深いとき

フーチングの構築上深い根切りを必要とするとき、一般には、土留壁を設置して掘削をするが、水圧、偏土圧などが大きくなると他の構造形式をとる方が有利となることがある。

日本道路公団の浦戸大橋建設工事では、底面寸法が 31.5×31.5 m のフーチング基礎を、ピアシャフトを含めた逆T形の空気ケーソンとして沈設させている。

設計の比較段階において、横方向の地盤反力に依存する函形のケーソンを採用すると根入りが大きく、工事数量の増大となるので底面積を大きくとるフーチング形式を採用した。

ピアシャフトをフーチングに接続して構築し、これを沈下させるので、沈下について施工精度確保の困難性はあるが、不安定な仮壁の設置と撤去および基礎の沈下後において、ピアシャフトを構築することによる工期の延長を防止している。

(2) 水底下に基礎を設置するとき

水底から割合に浅い位置に支持層があれば、砕岩船、グラブ浚渫船等によって支持地盤を露出させ平坦に仕上げ、あらかじめ陸上で組み立てた鋼製仮壁兼型枠をクレーン船で現場に運搬の上すえ付け、底面にプレパッドコンクリートを打設し、止水のうえ基礎としてのフーチングを構築する方法が日本道路公団の黒之瀬戸大橋、大島大橋の橋脚基礎の一部に採用されている。

いずれの施工地点も潮流が早いので有名であって、作業は“潮待ち”の短時間に集中的に行う必要から、鋼製型枠のプレハブ化と、大型作業船の使用による機械施工が「工事の省力化」に貢献している。

3. 杭基礎

杭の形式には、打込み杭、場所打ち杭があるが、省力化についての取組みは、両者に共通のものがある。

杭径を大きくして、1本の支持力を増加させフーチングを極小にとどめ、杭ラーメンの形態をとり、工期の短縮と省力化が意図されている。

(1) 打込み杭

大口径P C杭といわれるものは、プレテンション方法のとき、外径700~1800 mm が用いられている。

打込み方式のときディーゼルハンマーによるが、ラム重量4000 kg以上の能力をもつものが必要で、騒音規制による公害排除の目的から、実績の大部分が先端開放形の杭である。

あるいは、中空部の土砂を別の機械で排土させ沈下抵抗を除去し、打撃・振動によって地盤中に貫入させる方式もとられている。これは、いわば、場所打ちコンクリート杭のオールケーシング工法に類するものといえよう。

その他、鋼材杭の使用も省力化に通じるものである。

このほか、最近発展してきたものにヒューム管と同様に遠心力利用の製法によって、外径2000~3000 mm、長さを2430 mmとする、いわばウエルに相当するエレメントを工場製作し、現場で逐次P C鋼棒をカップラジョイントにて接続し、プレストレスを導入して長さ方向の一体化をとる工法がある。

施工上は中空部を掘削しウエルに相当する工法であるが、沈下の促進に周囲にローラーを保持する鋼製フレームによる位置の規正と反力杭による傾斜の修正、圧入装置を用いるのが特長である。

掘削には、クラムシェル、ハンマングラブ、リバースサーキュレーション(RCD)を用いている。

構築は工場製作によるエレメントを現場において沈下に応じて結合するので、プレハブ化に特長があり、工期の短縮、省力化に通じている。

そのほか、鋼管杭、P C杭の継手は工程上、クリティカルパスに相当すること、熟練溶接工が得がたいことなどから、半自動溶接、自動溶接工法が開発され、個人差による技術の不平等性の解消が進められている。

(2) 場所打ち杭

騒音による公害防止の見地から、ベント、アースドリル工法等が採用されてからかなり久しい。

この種のものでは、機械の関係から一応の限度を2000 mmとしている。RCD杭のみが上部に土砂崩壊防止のケーシングを用いており、あとは連続的にスラリーの排出を行うため、将来は口径5000 mm程度の削孔が地質条件によって可能とされている。

現在実績をもつ大口径RCD杭は3000 mmで、削孔後使用コンクリート量を減少させるため、中空断面となるように取外しが可能な内型枠を設置し、鉄筋かごを入れてコンクリートを打設している。コンクリートの養生期間をすぎたから内型枠を引き上げて、杭施工を完了させる。

使用機械は、ロータリーテーブルのトルクが3~8 t・mといくぶん大型となるほかは、一般のRCD杭に用いられるものと同程度に可能である。

作業においても内型枠の組払いの工程が増すが、大口径のRCD杭が口径1000 mmのRCD杭の3~4本の支持力に相当することを考えると、この工法も省力化に通じている。

4. オープンケーソン

小口径のオープンケーソンのプレハブ化ともいえる超大径杭においては前述したとおりである。

オープンケーソンのプレハブ化の一例として、日本道路公団の広島大橋の例がある。

(1) オープンケーソンのプレハブ化

広島大橋の施工地点は水深が平均 15 m で、海底部分では N 値が 0 の軟弱層が平均 15 m 堆積していて、岩盤は最深部で海面下 70 m にある。

以上の条件が考慮されて、陸上で直径 10 m、高さ 33 m、重量 1800 t のオープンケーソンを構築し、2000 t 能力のフローティングクレーンを用いてこれを吊り上げ曳航した。現場には位置を規正するガイド、傾斜修正用の反力受け、作業台を兼ねる支持枠を事前に準備して、これにオープンケーソンを一応の安定が得られる深さまで沈下させている。

あとはオープンケーソンと同一工程の三脚デリックと掘削用具による沈下が進められた。

航路の関係から作業栈橋の設置が許されないため、資材の海上運搬による構築を繰り返すか、プレハブ化による陸上で確実な施工管理のもとに構築をするか、両者を比較すると工期、工費ともに必要性に基づく省力化が行われたといえよう。

(2) 掘削、構築における省力化

掘削には大口径 RCD (ロータリーテーブルのトルクが $7 \cdot m$ 、削孔径 6.4 m) 掘削機にビットを付し、このビットをケーソンの中心に安定させる。また、スタビライザー、刃口下の先端抵抗を除去する拡底カッターの利用がある。この方法は載荷重を必要とせず、工期上からも有利であり、ケーソンの傾斜、周辺地盤への影響も小さいなど多くの利点がある。ただ、機械重量が大きく準備工事が大がかりであり、機械費が高くなるが、工期の促進で十分に補えるものと考えられる。

さらに、各種工程のプレハブ化、すなわち型枠の大型化、鉄筋の事前組立てによるユニットのクレーンを使用する取り付け、コンクリートポンプの利用など、一貫性をもつ省力化が行われている。

5. 空気ケーソン

小型のものは前述の大口徑杭にその位置をゆずってきているが、大型のものは、剛性、支持面積、安定度に優れていて、将来も大いに利用されよう。

工法としては、高気圧下の作業であるため、函内作業員は身体上の制限事項があり、あかり作業の労務要員の減少と同様に、この工法のネックになりつつある。

建設業界でも、この工法の機械化・省力化が急務として、下記に示す方法が採用されてきている。

作業室内の掘削には、電動油圧ブルドーザーを開発しエアロック、シャフトを通過できるよう分解して搬入できるものとしている。

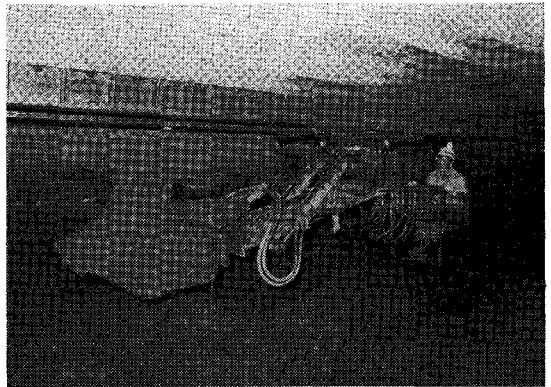


写真-3 ケーソン内で稼働する電動油圧ブルドーザー

軟弱地盤用には作業室天井に取り付けたレールに吊下げ、縦横に走行する油圧駆動のショベルによる土砂の掘削、土砂搬出用バケットへの投入を行っている。

土砂搬出の能率向上にはバケット容量を $1 m^3$ とすることが計画実施段階にある。これがためには、シャフト、エアロック、巻上げ能力など、一連の関係が保持されるようにすることが必要である。

また、高圧のウォータージェットでの掘削、スラリーにしての排土も試みられている。

作業気圧の軽減は、作業時間、ケーソン病の罹病率に関係することから、ディープウェルによる地下水位低下を行い、作業能率の向上を図り成果をあげている。

函内テレビ、自動気圧計、圧力警報装置なども、大型ケーソン工事では設置することが一般化している。

作業室内中埋めコンクリートの打設に、コンクリートポンプの使用がある。さらに構造上許されれば、ケーソン天端に仮壁を設置せずピアシャフト内にケーソン用のシャフトをとおして仮壁の設置を省略する方法がある。また、ケーソンを全く自動化した無人潜函掘削機が建設省中部地方建設局において開発され、すでにケーソン2基の施工を完了している。さらに改良を重ねて、有力なものとなることが期待されている。

6. 矢板式基礎

新しい基礎形式として、鋼管、H型を連続して打ち込

み、杭相互は特殊連結用の耳によって連結し、オープンケーソン相当のものとする工法が実用段階に入ってきている。打込みにより、仕上がり形状は、円形、小判形、長方形など任意で、上部を鉄筋コンクリートフーチングによって剛結している。

この工法の特長は、鋼材の打込みが可能な地盤であること、杭相互の連結材が完全であることが必須条件であり、打込み精度の確保が要求される。

7. 多柱式基礎

この工法は、本四連絡橋の調査段階に開発されたもので、実際施工に移されている。

日本道路公団の大島大橋で実施中のものは、岩盤中に直径 3.60 m を大口径岩盤掘削機によって削孔し、この中に鋼管によって補強されたコンクリート柱をたて、海面上で結合させ一体とする。

岩盤掘削機の重量が約 200 t、さらにこれを支持する

作業台も大型になるが、観点をかえれば、省力化・機械化の工法となっている。

8. あとがき

橋梁基礎の省力化は異種の基礎の比較において論じるもの、同一工法内での省力化の対策がある。

現在および、将来の労働事情を考えると、基礎工法はますます機械化、ひいては省力化の道をたどる以外に方法はないと考えられる。

また、工法内の省力化にも限度がある。

土木構造物の基礎は、先人のたどったある程度のマシブさをもつものが耐震的にも優れている。

構造物が耐震的であるためには、地盤が振動して基礎を動かし基礎が上部構造を引きまわすことを考えると、基礎全体にわたって、上下部の取合い部だけの力のやりとりだけにとらわれず、十分な強さをもち省力化をめどとする新しい基礎工法が開発されることが望まれよう。

水工学に関する夏期研修会講義集・在庫一覧

あとは絶版となりました

● 1965 ————— B. コース

B 5・180・1 500 円 (〒 140)

12. 波浪の推定に関する最近の研究/井島 13. 波浪スペクトラム論とその応用/浜田 14. 漂砂論/堀川 15. 漂砂測定法/福島 16. 波圧論/光易 17. 消波構造論/尾崎 18. 北海道における海岸および港湾の諸問題/穴釜 19. 海岸保全計画論/久保島 20. 河口密度流論/柏村 21. 津波理論/室田

● 1968 ————— A. コース

B 5・206・1 300 円 (〒 140)

1. 土木技術者の教育について/松尾 2. 波浪の数値予測/井島 3. 海岸計測論/光易 4. 沿岸潮汐の予知について/宮崎 5. 海岸保全/豊島 6. 特殊防波堤論/伊藤 7. 沿岸環境問題/和田 8. 河口安定論/吉高

● 1971 ————— A. コース

B 5・244・2 400 円 (〒 140)

1. 流出系モデルとその解析/高橋 2. 都市化による流出変化/金丸 3. 水理システムとシミュレーション/岩佐 4. 構造物周辺の流れ/中川 5. 移動床の抵抗法則/松尾 6. 自流水の水質/小林 7. 水質泥濁の現状/湯沢 8. 地下水(密度流的諸問題)/嶋 9. 中国地方の河川開発計画/山本 10. 流水中における物質の移流と拡散(特別講義)/林

● 1971 ————— B. コース

B 5・284・2 900 円 (〒 170)

1. 最近の波浪理論における境界値問題の解法とその応用/井島 2. 波浪に対する構造物の動的応答/岩垣 3. 瀬戸内海の海水交換/前川 4. 波の変形(とくに長期波の進入による港域水面の振動について)/室田 5. 海浜過程/野田 6. シンパースの設計と施工/島田・内野 7. 瀬戸内海周辺の港湾整備計画/北村 8. 波浪観測とその解析/土屋 9. 工場排煙の大気拡散理論と応用/井出 10. 津波特論(特別講義)/岩崎

● 1972 ————— A. コース

B 5・184・2 300 円 (〒 140)

1. ダムの水理/安芸 2. 各種流出モデルの比較/木下 3. 水理学水文学におけるシステム解析/日野 4. 河道平面計画/木下(良) 5. 治水史的にみた利根川の特性/高橋 6. 河口問題と現地調査/須賀 7. 土石流調査/奥田 8. 広域利水調査/中沢 9. 移動床流水における粗度/岸 10. 移動床流水の河床形態/芦田

● 1972 ————— B. コース

B 5・206・2 500 円 (〒 170)

1. 非線形の波動問題/椎貝 2. 越波とはい上がり/橋本 3. 日本の高潮/宇野木 4. 最近の漂砂対策工法/佐藤 5. 沿岸海岸における拡散予測/和田 6. 沿岸付近の流れ/堀川 7. 海洋性リゾートのデザイン序説/酒匂 8. 海岸構造物の諸問題/伊藤 9. 沿岸海洋に関する水理模型実験/樋口 10. クノイド波理論の実用化(特別講義)/岩垣

● 1973 ● 新刊 ————— A. コース

B 5・186・3 000 円 (〒 140)

1. 水資源計画方法論/室田 2. 水管理と環境/岩佐 3. 水量制御と貯水池操作/石原 4. 流域の変遷をめぐる人間と川/高橋 5. 最近の河川改修の動向—淀川を例として—/長尾 6. 都市河川の諸問題—寝屋川水系を中心として—/那智 7. 降水と流域斜面の安定/田中

● 1973 ● 新刊 ————— B. コース

B 5・201・3 000 円 (〒 170)

1. 密度流について/海洋における内部波—/梶浦 2. 碎波特論/樺木 3. 海岸土砂収支と海浜変形/土屋 4. 海岸浸食対策/豊島 5. 港湾構造物の設計の自動化/中山 6. 海岸堤防の水理/三井 7. 構造物の流体の弾性応答/小松 8. 船体振動と付加質量/松浦 9. 海中橋脚の諸問題/相良