

# 送り出し工法の変遷

専務取締役 菅井 衛

### 【1】まえがき

今日採用されている架設工法の原型は、第二次世界大戦前にほとんど出尽くしたと言われている。しかし、急速な都市化の進展に伴う再開発や総合評価入札方式の導入によって新技術、新工法の提案が多く出てきた。これらは時間的・空間的な制約を受ける現場における急速施工法や、薄肉構造物の現場組立て技術に関する工法の開発、さらに多径間連続桁の送り出し工法、回転横引き工法等々、原型の工法に機械力を駆使したものや管理方法の確立によって架設方法に大きな変化が出た証拠である。その背景にはコンピューターやセンサーといったハイテク技術の進歩によるところが多く、より厳密な解析・検討が行われることによって、より安全でスピーディーな施工が期待できるようになった。失敗と成功を繰り返し社会資本の構築に貢献してきた団塊世代までの『経験工学』は、まさにハイテク技術者に引き継がれたといっても過言ではない。しかし、『蓄積技術の継承問題』と『マニュアル化社会に生きる若手技術者の育成問題』を歴史的・社会的背景から見たとき、『培った経験工学的蓄積技術とパソコンを駆使して作りだされるハードディスクデータ処理技術（言葉としては良くないが切り貼りの蓄積技術とも言える）』をどのように評価し組合わせていくか、大きな転換期にきていることは周知の事実である。

さて、『技術を継承するには、その歴史と技術の変遷を知る』ことはとても重要なことである。特に、その時代その時代の学問や文化の違いによって、機械・装置・道具（モノ）や技術者・技能者（ヒト）および技能・ノウハウ（無形情報）などに大きな開きがあり、その時代ごとに失敗を繰り返しながら経験を積み、それぞれの分野において理論や工法の原型を作り上げてきた。

そこで、本稿は、橋体工を橋軸方向に移動させる

架設技術について、どのような歴史があり、どのように技術が変遷されていったかをまとめ、そして現在はどうに桁を移動させているかをここにまとめるものである。橋梁と基礎（Vol.16, No.8, 1982）の架設特集に記載されている『架設工法の歴史』<sup>1)</sup>は大変良くまとめられているので、先に鉄道橋の送り出し架設のみを抜粋し下記に転記するものとする。なお、橋体工を橋軸方向に移動させる工法の呼び方には、橋体工を何で移動させるか、その種類によって『引き出し（引き込み）工法』、『曳き出し（曳き込み）工法』、『押し出し工法』、そして『送り出し工法』等々が使われてきた。たとえば、ウインチとローラーで橋体工を引く場合、陸上工事では『引き出し（引き込み）工法』、海上工事では『曳き出し（曳き込み）工法』といった具合に使い分けられてきた。しかし、最近は油圧ジャッキで橋体工を移動させる工事が多いことから『送り出し工法』と呼ばれることが多くなってきた。したがって、本稿では橋軸方向の橋体工移動はすべて『送り出し工法』に統一し、参考資料も同様に変更させてもらった。ただし、橋軸直角方向への移動は『横引き工法』と呼ぶことにした。

### 【2】昭和40年初期までの送り出し工法<sup>1)</sup>

写真-1は、明治34年（1901）、全径間に丸太足場を設置しその上に軌道を敷設し、桁を運び込んで架設している。また、径間の大きい所や橋脚の高い所は3m程度の間隔に鳥居を建て、軌条桁を架けてその上をトロリーで桁を送り出している。

明治41年（1908）、中央本線・大滝川橋梁において高井長次郎氏は、支間19.2mの上路プレートガーダー2連を連結し、後方にカウンターウエイトを載せてカンチレバーとして、機関車を用いて送り出し架設をした。足場を用いなくてプレートガーダーの

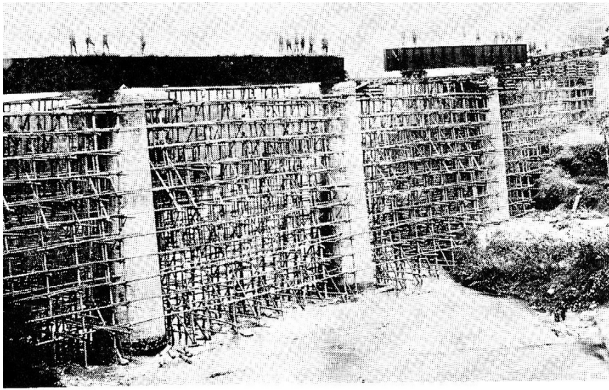


写真-1 ガーダーの足場式架設

架設を行ったものとしては文献に記録されているものの中では国内最古のものであると記している。

写真-2は、桁の後端を操重車の前方金具上に置き、前端をクレーンで吊ったまま前進し、先端が橋脚上に達してから先端をおろし、続いて後端をおろして架設する工法が開発された。この操重車による架設は能率がよく経費も少なく、合計600連にも達するプレートガーダーが架設され、その間無事故であったと記している。

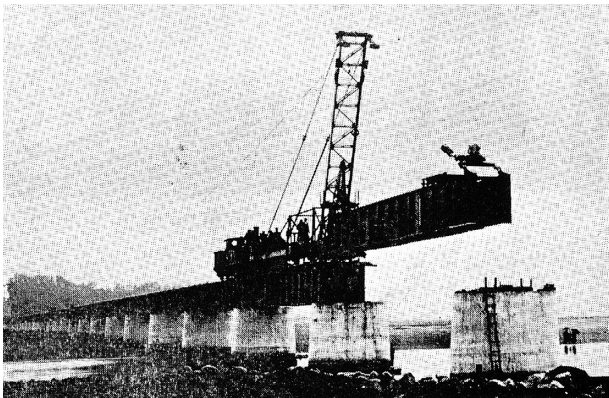


写真-2 操重車によるガーダーの架設

写真-3は、大木利彦氏が考案した帆柱式架設法で、昭和7年（1932）に総武本線の神田川橋梁で実施されたものである。この工法は大正9年（1920）に上越線・第二滝川橋梁スパン12.9mの上路プレートガーダーの架設で初めて採用された。先端に支柱を建てた補助桁を、架設しようとする桁の後に連結し、その支柱の頂点より両方の桁端にワイヤロープ



写真-3 ガーダーの帆柱式架設  
(総武本線・神田川橋梁、昭和7年)

を張り、トロリーに載せて前方に送り出して架設するもので、現在はピロン工法と呼ばれている。

写真-4は、大正11年（1922）に中原寿一郎氏が考案した手延べ機を用いて上越線・第一利根川橋梁の上路プレートガーダーを架設しているところである。手延べ機は桁スパンの約60%程度の長さを持つパイプ製の補助トラスで、ウインチで前進させて手延べ機の先端が前方の橋脚に設けたローラー上を乗り越すと順次取り外して作業を容易にし、桁が架け渡されるとジャッキダウンして正規の位置に据付け

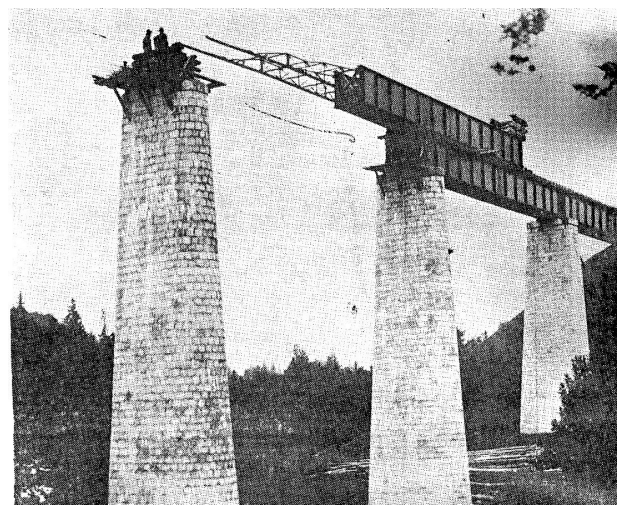


写真-4 ガーダーの手延べ式架設

られた。この手延べ機はスパン22.3mまでの桁に用いられたが、昭和9年（1934）に稲葉権兵衛氏はスパン31.5mまでの使用できる手延べ機を設計した。大正14年（1925）には隅田川の清洲橋で工事用の仮橋（約30mのトラス）を我が国で初めてポンツーンを用いて架設し、続いて言問橋の中央径間約36mのプレートガーダーを同じ方法で架設している。鉄道橋では昭和4年（1929）の長崎本線・六角川橋梁（スパン46.9mのトラス）、および翌年の同線塩田川橋梁（スパン62.4mのトラス）においてポンツーン工法を用いており、組立てたトラスの先端を**写真-5**のようにポンツーンに載せ、後部をトローリーに載せて対岸まで送り出し、潮位の変化を利用して橋台上に据え付けている。

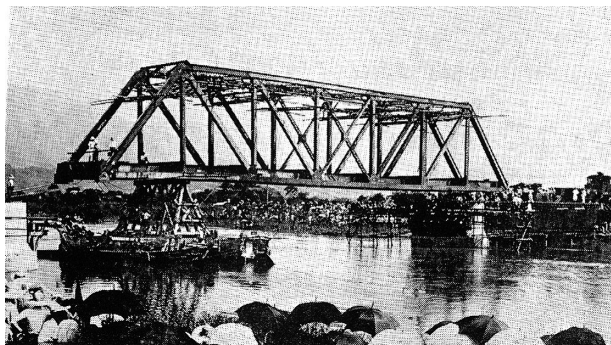


写真-5 ポンツーンによる引き出し架設  
（長崎本線・六角川橋梁、昭和4年）

**写真-6**は、昭和2年（1927）東北本線・荒川橋梁のスパン19.2mのプレートガーダー17連の架設で大河戸宗治氏は先端の桁に手延べ機を取り付け、桁をウインチで引き出しながら後方に順次桁を連結していき、最後には17連全部をつないだ状態で1分間約30cmの速度で送り出して架設した。この工法では、取付けの盛土を橋台面の高さに合せておき、橋脚上のローラを低く据えてジャッキダウンを避けたり、引き出し力を小さくするために橋脚上にコロを使用するなどの工夫がなされている。

**写真-7**は昭和3年（1928）、沼田秀雄氏は高井長



写真-6 ガーダーの連結式架設（1）  
（東北本線・荒川橋梁、昭和2年）

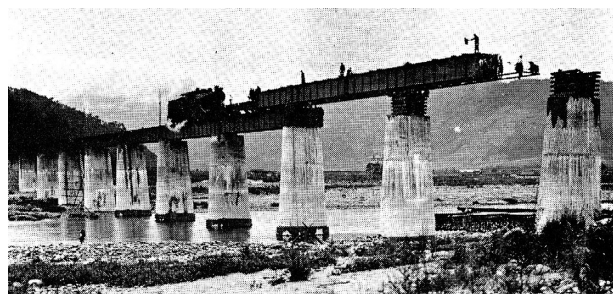


写真-7 ガーダーの連結式架設（2）

次郎氏が行った連結式架設法に改良を加え、土讃本線・吉野川橋梁のスパン19.2m、16連の送り出し架設に用いて好成績を収め、予讃線・重信川橋梁のスパン19.2m14連の架設にも用いた。

**写真-8**は、昭和12年（1937）、三江線・江川橋梁でスパン36.4mのプレートガーダに長い手延べ機を取り付けて架設された。それまでの手延べ機はパイプを用い、剛性が少なかったが、この手延べ機は形鋼で構成されていた。

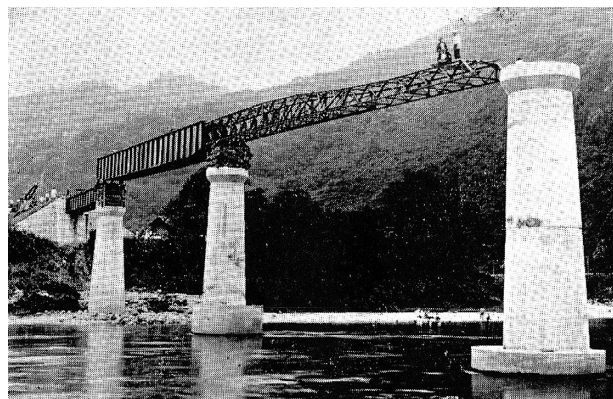


写真-8 ガーダーの手延べ式架設  
（三江線・江川橋梁、昭和12年）

写真-9は、昭和35年（1960）に橋桁架設用の操重車『ソ200型』が製作された。これは従来の操重車では電車架空線が支障するので、ブームを水平にださせるようにしたものである。これによって操重車による架設が急増し、昭和41年には更に改良した『ソ300型』も製作され（最大ブーム長12.5m、吊り荷重35t、ブームの旋回範囲4m）、双方で1500連以上の多数の架け替え実績を上げている。

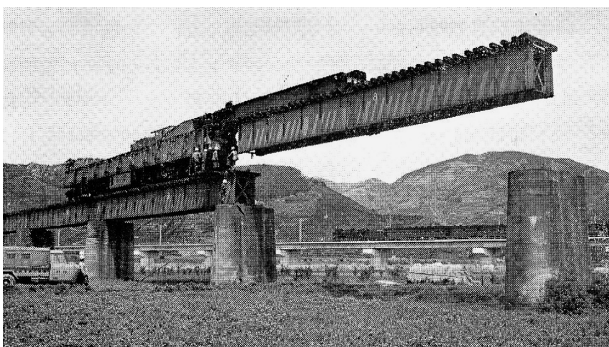


写真-9 ガーダー架設用操重車

写真-10は現在使用されている新型操縦車（鉄道クレーン）で、最大で64トンの重量のものを吊り上げることが可能で、橋梁架け替えや大規模な線路切り替えの際のポイント部分の軌道交換などに使用されている。通常のクレーンとは異なり、クレーン部分は架線下での作業などを考慮して前後・左右方向には動くものの上下方向には動かないようになっている。日本国内には数両しかいない珍しい車両



写真-10 現在の新型操重車  
（インターネットより）

で、JR東日本では「スーパービートル」の愛称がつけられている<sup>2)</sup>。

以上、明治34年から昭和41年までに架設された鉄道橋の送り出し工法を文献1) に従い紹介した。

### 【3】腹板座屈防止に向けた送り出し設備の開発と 昭和40年代以降の送り出し架設工法

腹板座屈という厄介な問題は、橋体工の受け点にローラー（写真-11）が使用されてきたことに起因する。その研究の先駆けは当時の国鉄施設局特殊設計室（友永氏・田村氏）と鉄道技術研究所（白石氏）によって行われ、昭和30年9月『プレートガーダーを補剛材のない点で支えた場合に腹板に生ずる応力』<sup>3)</sup> という論文の発表からである。これは東海道線安倍川橋梁（リベット式のプレートガーダー）の送り出し架設に対する検証でもあった。その後、構造物設計事務所の奈良一郎・田中勇両氏等は、東



写真-11 送り出し用二軸ローラー

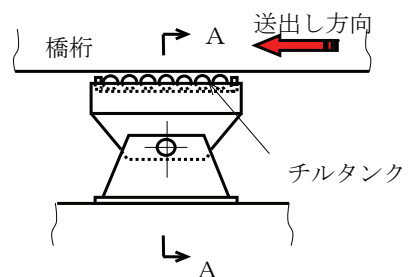


図-1 チルトタンクを用いての送り出し架設

海道新幹線安倍川橋梁その他の溶接桁において、ローラーで送り出したときの計算方法やローラー数、ローラー径ならびに下フランジ厚の補強方法等を構造物設計資料No.2<sup>4)</sup>で発表している。昭和48年12月、北陸自動車道：九頭竜川橋（JH金沢建設局）では、腹板座屈をDIN4114にて照査され、橋台上（30tローラー2本/組）、橋脚上（30tローラー4本/組）のローラー設備を決定し、桁移動時の計測結果と応力計算値を比較し座屈照査の計算方法をまとめている<sup>5)</sup>。その後、荒井利男・前田紘道両氏は『送り出

し装置を用いた架設工法』<sup>6)</sup>の論文を発表し、面支承としたときの腹板応力分布と応力集中部の座屈照査を有限要素法で解析している。また、三宅氏等は『送り出し架設工法の自動設計システム』<sup>7)</sup>を発表し、直線連続桁の送り出し工法における鋼桁断面検討システムをコンピュータ化している。このように多くの先人達は、桁送り出し時の腹板座屈の解析と実験、さらに現場検証を行っているが、今なお、座屈を完全に無くすことは出来ていない。その多くは現場作業時に発生しており、架設機材の運用方法や

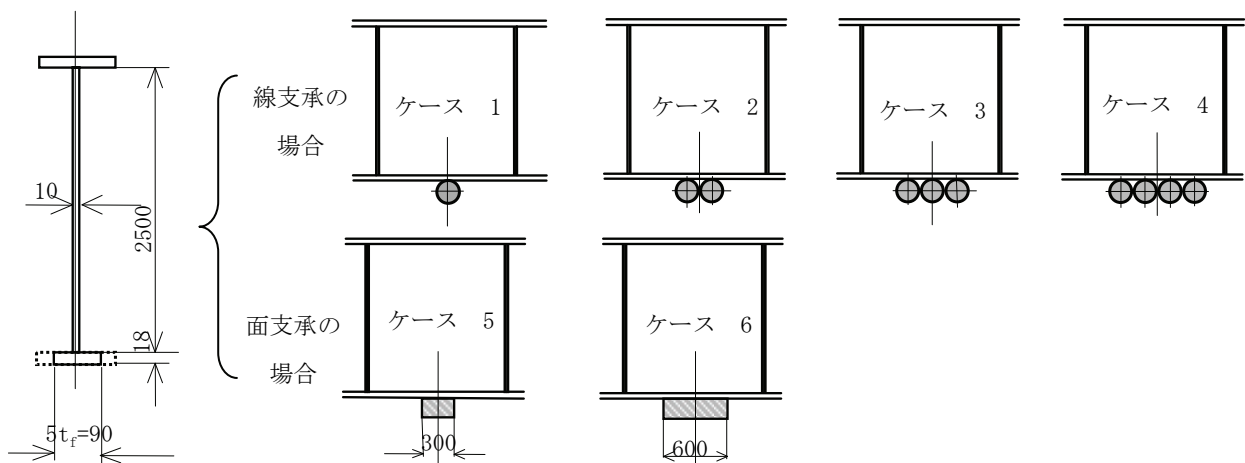
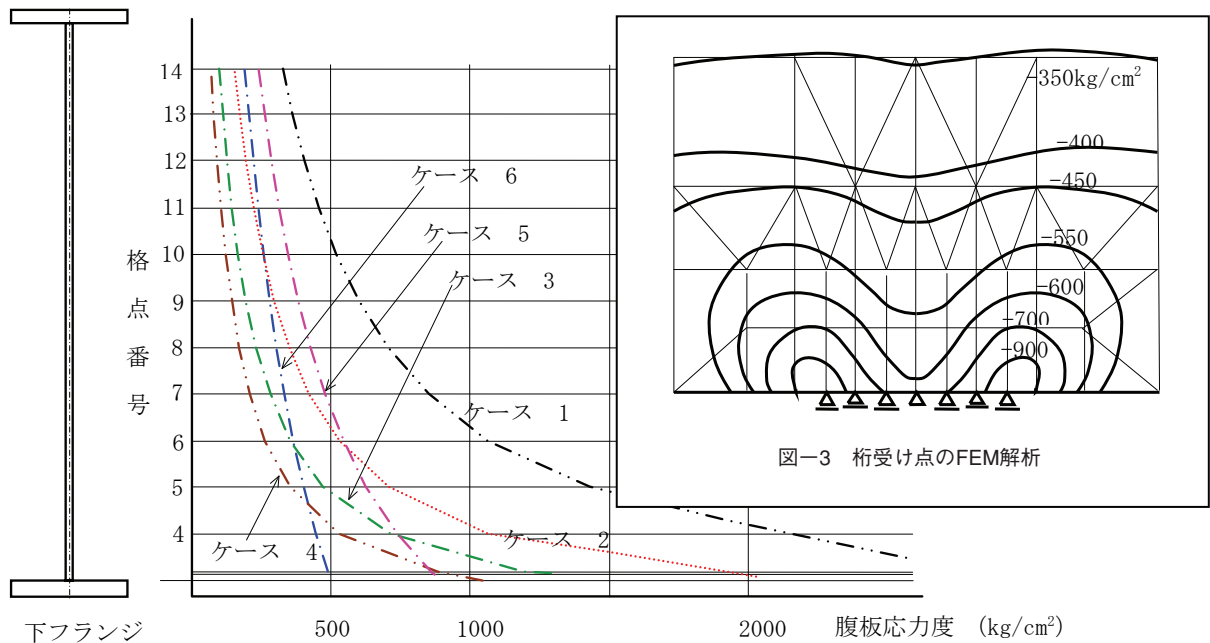


図-2 線支承と面支承の腹板応力度の比較

機材盛替え時の受け点ミス、さらに動く物に対する桁挙動と刻々と移り変わる受け点部の応力状況判断を監視する『監視技術』の欠如にあるといえる。長大化すればするほどその傾向は多くなり、経験不足からくる監視技術を見逃す『盲点』と、経験者に見られる『この程度なら』と思いつく『盲点』に配慮し、安全性の向上に努力しなければならない。今や、送り出し架設は安全かつスピーディーに当たり前のように行われているが、腹板座屈の恐ろしさを知る意味からも受け点部の機器の変遷を知ることは大変重要なことである。

当初の送り出し設備は、写真-11で示すようにローラーが主であった。1軸ローラー、2軸ローラー等の組合せで対処してきたが、大型橋梁の送り出しが現実化するにつれて腹板座屈との関係も深刻化し、ローラー数を増やしたり、図-1に示すチルト方式を取り入れたりして、その解決策を探ろうとしてきた。いずれにしてもローラー数を増やしても、それぞれの受け点は線支承であることからその効果は薄く、結局面支承構造にする方向に進んでいった。図-2はその比較図を示し、ローラー数を増やせばそれなりに圧縮応力度は減少するが、桁の張出力が大きくなるとタワミも発生し、両端のローラーには大きな圧縮応力が発生する。図-3はFEM解析の結果を示し、ローラーや面支承の両端には、大きな圧縮応力が発生していることが分かる。それに対し中間部には小さな応力しか作用しない。(この小さいところをジャッキで突けば受け面全体が同圧になる、いわゆるハイテク技術によるシンクロジャッキの登場となる)

いずれにしても、ローラーよりも面支承の方が有利であることは、図-2からも分かる。

昭和50年代初期、油圧ジャッキは耐圧ホースの進歩により高性能化および高品質化が図られるように

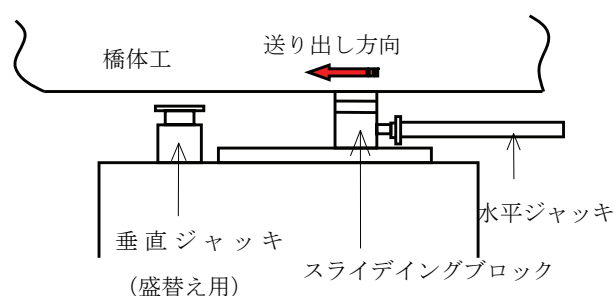


図-4 スライディングブロック付き送り出し装置

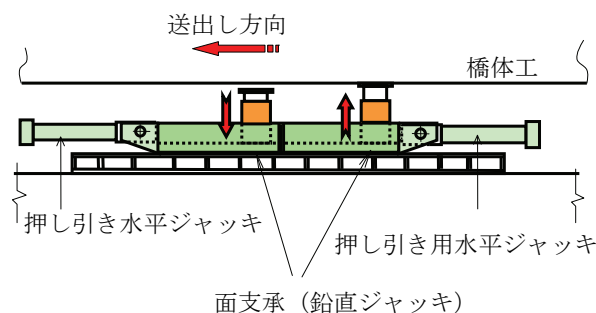


図-5 連動駆動式送り出し装置

なり、ジャッキヘッドそのものを面支承にする油圧式駆動装置の開発が行われるようになった。図-4は最初に登場した駆動装置である。水平ジャッキとスライディングブロックの組合せによって橋体工を移動させ、垂直ジャッキにて盛り替えるという簡単な方法がとられた。その後改良が加えられ図-5に示す送り出し装置が開発された。2台のジャッキを交互に『尺取虫』のように動かす、それを制御化することによって安全かつスピーディーな送り出し架設が望めるというものである。

図-6は昭和50年から52年頃にかけて開発されたキャタピラ式送り出し装置で新昭和大橋の架設に使用された(写真-12)。この装置は現在活躍している履带式ジャッキの原点となったもので、キャタピラ本体は桁勾配に追従できるようにバネとピボット沓によって構成されていた。

昭和54年、曲線橋をジャッキで送り出す方法が検討されたが、曲線軌条をどのように作りだすかという問題もあったことから、図-7に示すようにウイ

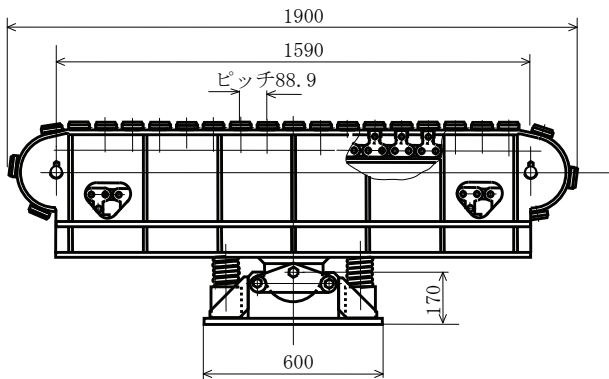
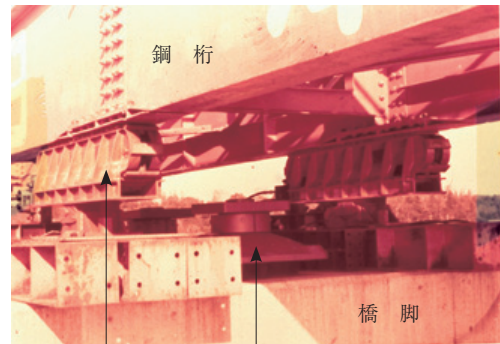


図-6 履帯式ジャッキの原点となった  
キャタピラ式送り出し装置



キャタピラ式送り出し装置

写真-12 キャタピラ式  
送り出し装置による桁架設

ンチで橋体工を送り出し運河中央で閉合させるという架設工法がとられた<sup>8)</sup>。曲線橋であるため送り出し用軌条は、図-8に示す幅広のステンレス板付き鉄筋コンクリート床版を採用した。その上にテフロン版付きスライディングブロックを置き、曲線桁橋が自由に送り出されるように工夫された。ドッキン

グに至るまでの軌道修正はスライディングブロックをジャッキで押すなどして行われた。鉄筋コンクリート床版は大荷重で割れるという問題があるので施工方法と据え付けには充分注意しなければならない。

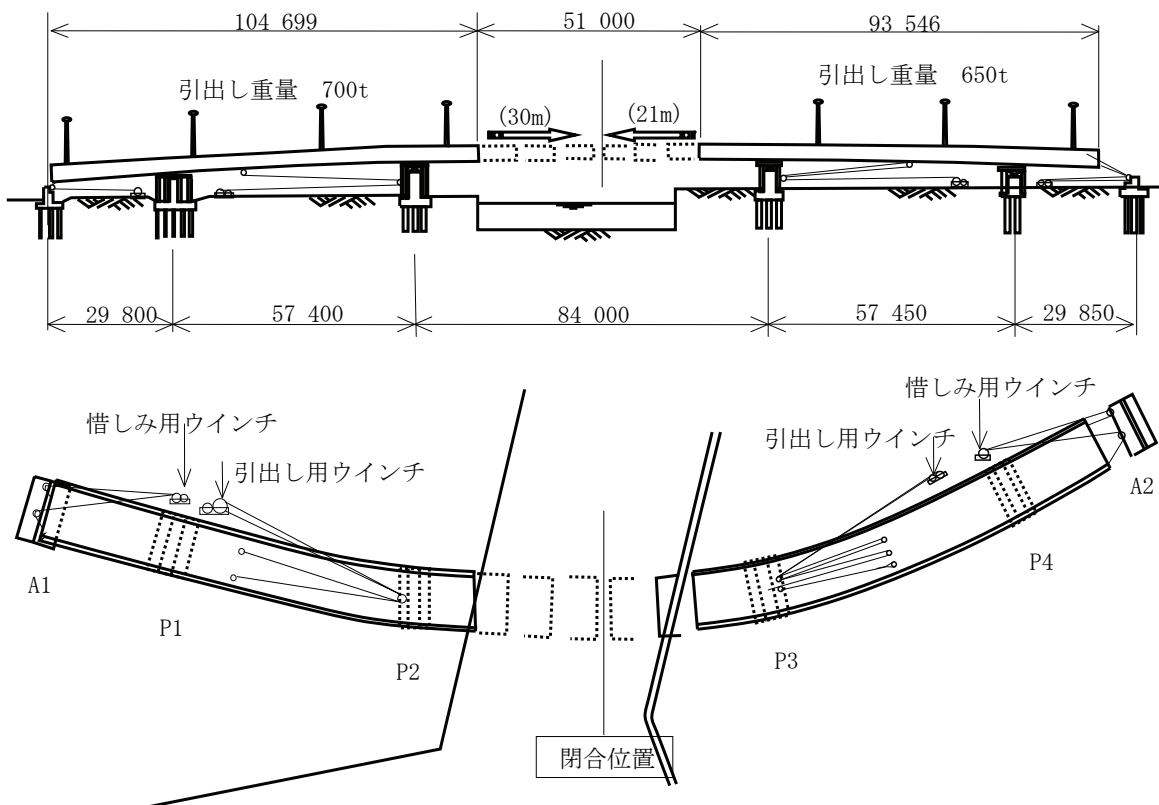


図-7 曲線橋の送り出し架設

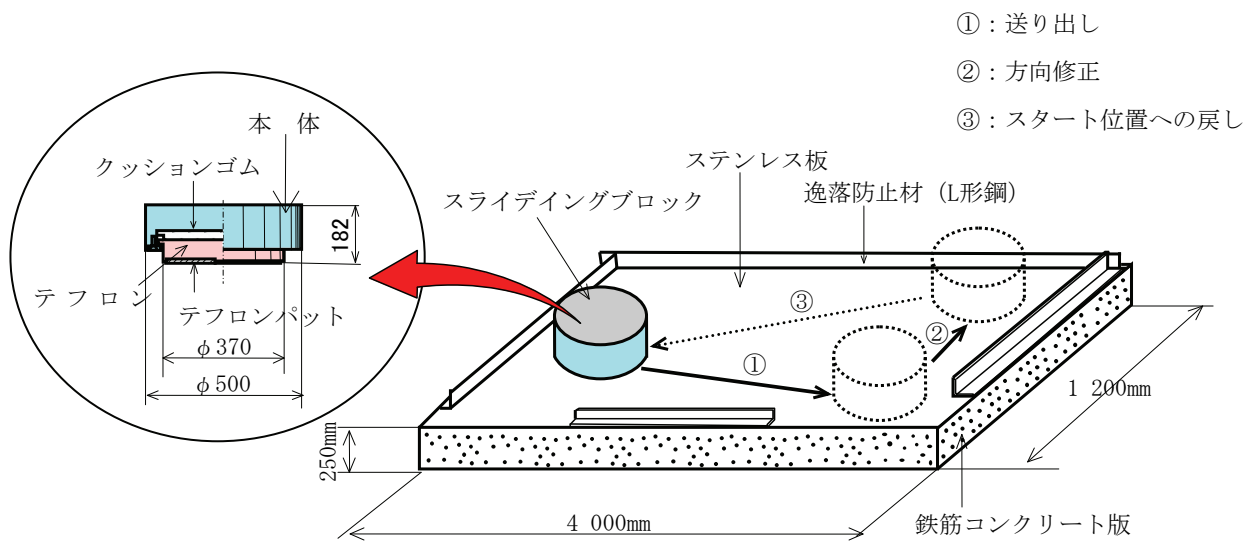


図-8 スライディングブロックと送り出し軌条

図-9は昭和55年、当時の首都高速道路公団湾岸線BC291工区3径間連続箱桁橋の送り出し架設に使用されたもので、『おちょこがテーブルの上を滑る』というヒントから開発された送り出し装置の一号機である。この装置は各橋脚上に2台セット、3橋脚に計6台設置し同時に駆動できるような電気系統であった。その電気系統は直列配線で、送り出しの準備が完了した橋脚から順にスイッチオン状態で待ち、遅れて準備完了したところでスタートボタンを押せば全てが同時にスタートする仕組みが採られ、当時にしてみればなかなかの制御システムであった。また、写真-13でも分かるように2台の送り出し装置の頭部は、横梁でつながれていなかった。この当時

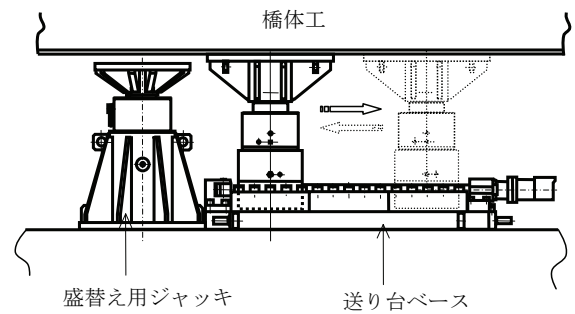


図-9 昭和55年に開発された送り出し装置

は送出し時の日照変化による桁のズレや駆動装置の微妙な速度違い、それによって生ずる装置間のズレ等は最小限に喰い止める方法で架設されていた。しかし、現在は写真-14のように橋軸直角方向に横梁を設置するなどして安全性を高める工夫がなされ



写真-13 BC291工区の送り出し架設



写真-14 現在の送り出し設備





写真-15 エアーキャスター

ている。1本目の送り出しが完了すると、送り出し装置6台を橋脚上で90°回転させ横引きするという工事が行われた。桁を1m動かすごとにレバブロックで装置を引っ張り、また1m動かすといった手順で約10m横引きされた。2本目の桁は所定の位置で送り出し架設が行われた。

平成14年、当時の日本道路公団静岡建設局の駒瀬川橋梁は、**写真-15**に示すエアーキャスターを用いて3径間連続2主桁桁・上下線2連が送り出された<sup>9)</sup>。**図-10**にその原理を示す。滑り面の条件が良いところでは0.001~0.005の摩擦係数が確保でき、重い橋体工も小さな力で動かすことができ、特に狭隘な場所での盛り換え作業や工場内の重量物を動かすのに最適な工法となっている。桁を多支点で受けることもでき、そのときの受け点反力が異荷重の場合でもトラスバック内の空気が微妙に変化するため腹板座屈への影響も少なくすることができる。

以上、昭和40年から平成14年頃までの送り出し工法の変遷をまとめてみたが、それ以降更なるハイテク技術をもった装置も開発されており、その装置の組合せによって多種多様の送り出し架設が行われるようになった。その中で当社で施工した2現場を紹介する。まず1現場目 (**写真-16~18**) は、平成22

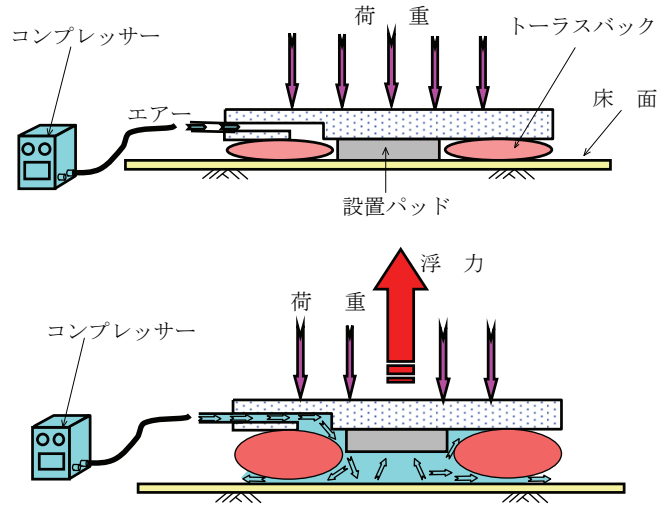


図-10 エアーキャスターの原理

年に実施された身延線第二東名Bo上部工新設工事である。

鋼8径間連続合成2主桁桁橋の内の上下線2径間分(支間101m+68m=橋長169m)がJR身延線を跨ぐため、送り出し架設が採用された。当初は、架設した6径間上で2径間分を地組み立てし、従来から使用されている(軌条+台車)方式で送り出す計画であったが、6径間上には既に床版用コンクリートが打設されており、従来案では耐力不足箇所があるので、既設桁上に250t耐力のエンドレスローラ36台、P7、P8橋脚上に400t耐力のエンドレスローラ8台、計44台で荷重を分散させることにした。さらに後方惜しみジャッキやクランプ類を設置した後、桁端に



写真-16 身延線第二東名Bo上部工新設送り出し架設工事

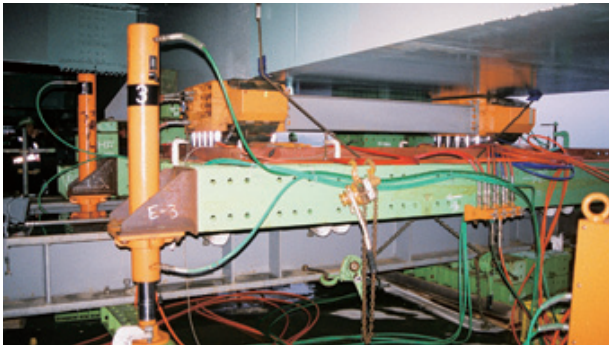


写真-17 250t (400t) エンドレスローラー



写真-18 50t引きエンドレスキャリア

取り付けた50t引きエンドレスキャリア4台にて送り出し架設を行った。すべての設備を同時に駆動させるための制御システムは複雑であった。また、仮受け設備盛替え用でトランオンジャッキを使用したリ、工夫を凝らした。写真-17はエンドレスローラーの据付状況と桁との関係を、写真-18に50t引きエンドレスキャリアの取り付け状況を示す。

次の2現場目は、非常に珍しい送り出し工法の実施例で、今回の技報にも掲載されている樺町Bo架設<sup>10)</sup>が挙げられる。張り出し側の桁を斜張橋のようにケーブルで引っ張り上げ桁を送り出していくピロン式架設工法である。ピロン柱に大きな力が集約され、その力が桁に伝わり送り出し受け点には大きな反力が作用する。そのため腹板座屈に対する照査は欠かすことの出来ない重要な要素となり、現場においても桁挙動にあわせて受け点の座屈監視は欠かされた。写真-19は送り出し用電動台車上に設置された桁受け点状況を示す。



写真-19 樺町Bo架設  
電動台車と桁受け点

#### 【4】横引き工法の歴史

昭和50年代以降、鉄道橋の架け替え工事は盛んに行われるようになった。既設橋梁の脇に新設橋梁の組立てを行い鉄筋コンクリート床版の打設、道床やレール敷設など、レールジョイント部を除いたすべて設備を完成させ、キ電停止時間帯に旧橋の撤去と新設橋梁の架け替え工事を行い、早朝開通させるという工事が頻繁に実施された。

図-11は、横取り工法の一例である。軌条桁は2ウェブ方式のH構造とし、その上にステンレス板が張り付けられている。アーム付き反力ジャッキと水平ジャッキ（ストローク300mm）および耐震非常用ジャッキはピン連結されており、1ストロークごとに全てのジャッキを交互に盛替えるという尺取虫方式が採られた。滑り沓は図-7で示した円形断面を矩形断面に替えただけで詳細は全て同じとなっている。橋体工は振動・騒音を極力少なくする目的から鋼構造は鉄筋コンクリートで複合化されたため、横

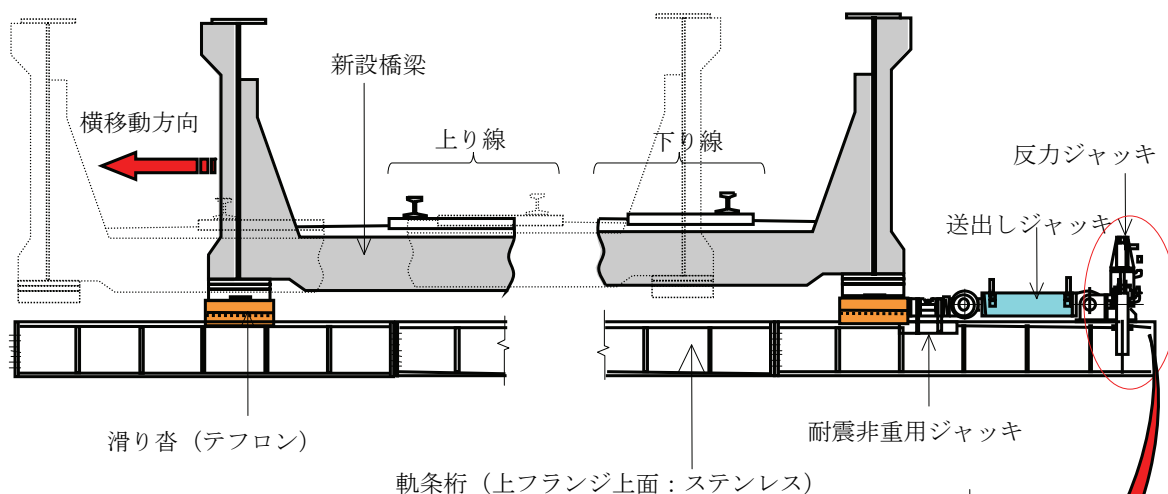
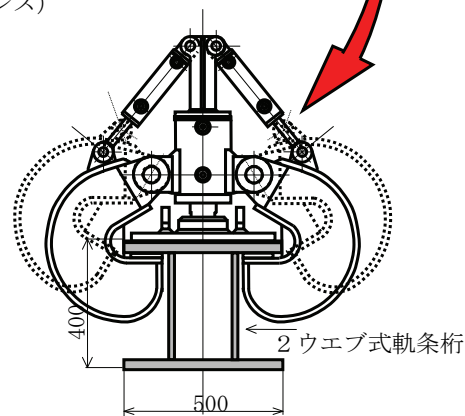


図-11 横取り工法の一例



引き時の腹板座屈は特に心配する必要はなかった。

昭和63年に実施された東海道新幹線箕輪架道橋工事<sup>11), 12)</sup>は一夜の内にそっくり軌道部を入れ替えるという画期的な新工法が用いられた。図-12~14にその概要を示す。図-12はその工事のステップ図で線路下の道床部に新設カルバートと道路を構築し、一夜にして道床を取替え、始発列車を通過させるという厳しい工事である。

図-13は、新設の格子桁を吊上げ、所定の位置まで横引きりするための設備図である。

図-14は横引き架台部の詳細を示し、滑り沓は円形のテフロン版で亀の子状になっている。横引き架台には鉛直ジャッキと押し引き用水平ジャッキ

(1.0mストローク)が取り付けられており、32mの横引き作業が短時間で可能な設備となっている。

このように当初の横引き設備(橋軸方向の縦移動も含め)は、ステンレスとテフロンの組合せであったが、近年は図-15に示すようにH鋼をクランプしながらスライドジャッキを押し引きし、橋体工を横引きする設備が利用されている。更に複雑な架設工

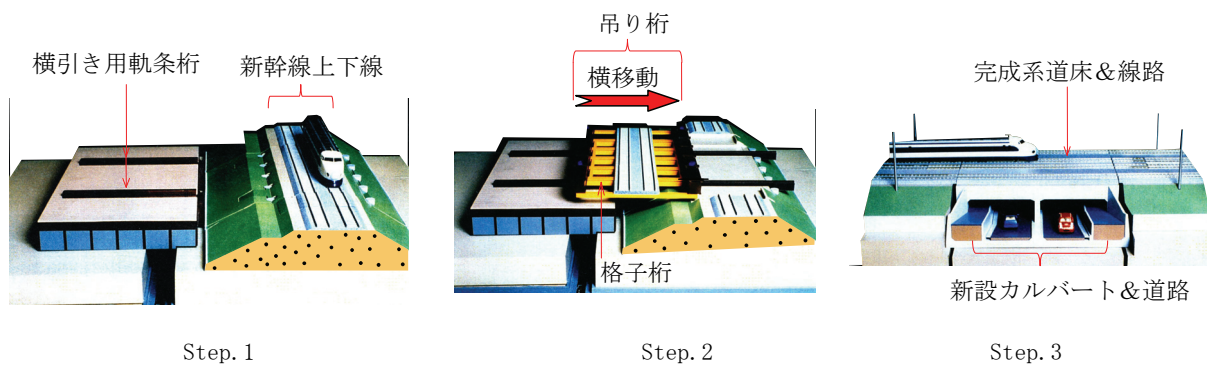


図-12 箕輪架道橋横取りイメージ図

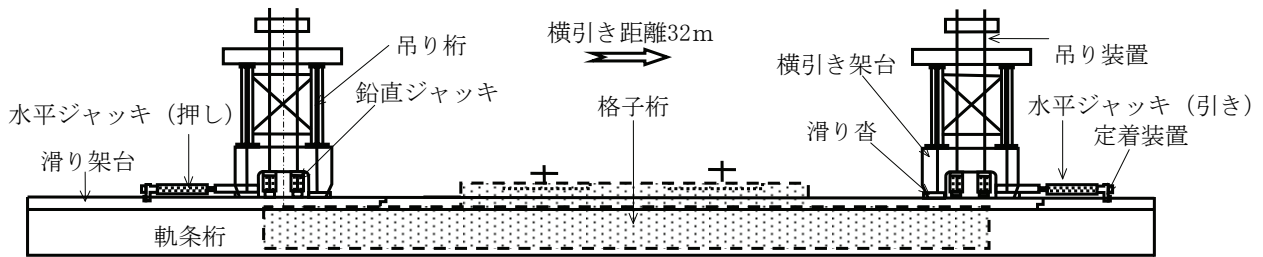


図-13 格子桁横引き構成図

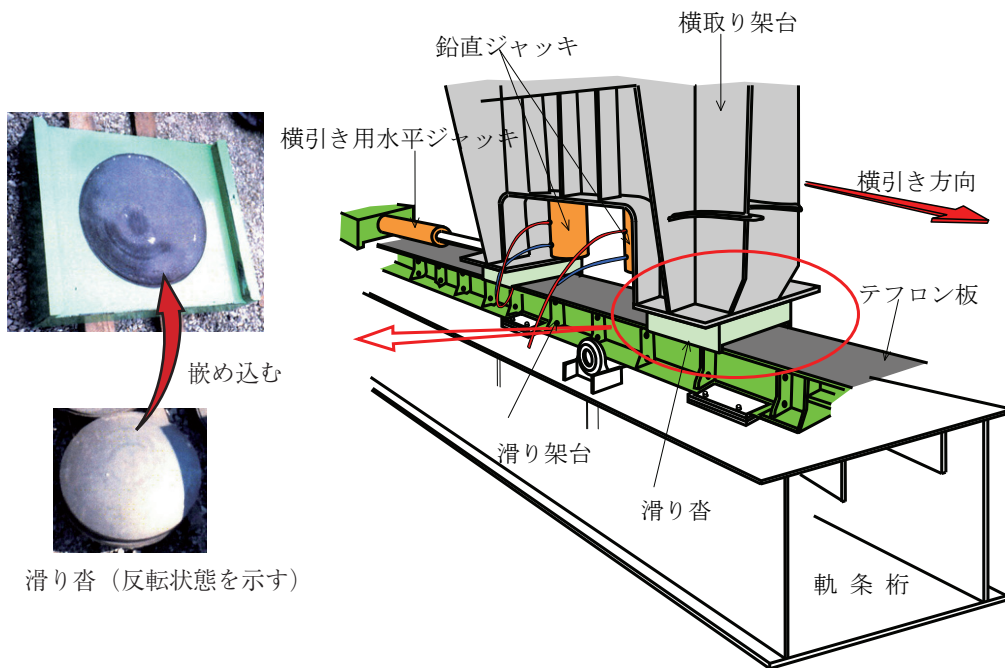


図-14 横取り架台部の詳細

法としては、図-16に示すように（横引き+桁の旋回）が同時にできる装置も登場した。この設備を使って架設されたのが近畿自動車道と第二京阪道路を結ぶ門真ジャンクションである<sup>13)</sup>。

### [5] あとがき

戦後ベビーブームに生まれた『団塊の世代』の定年もピークを過ぎ、長大橋建設や特殊構造物の建設に携わった技術者達の8～9割は現役を退いた。残された方々の蓄積技術と人しか持ち得ない経験工学を

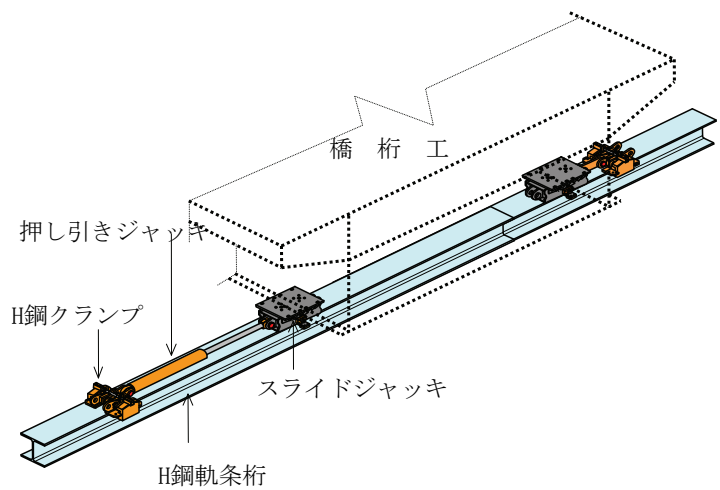


図-15 近年の横引き設備例（1）

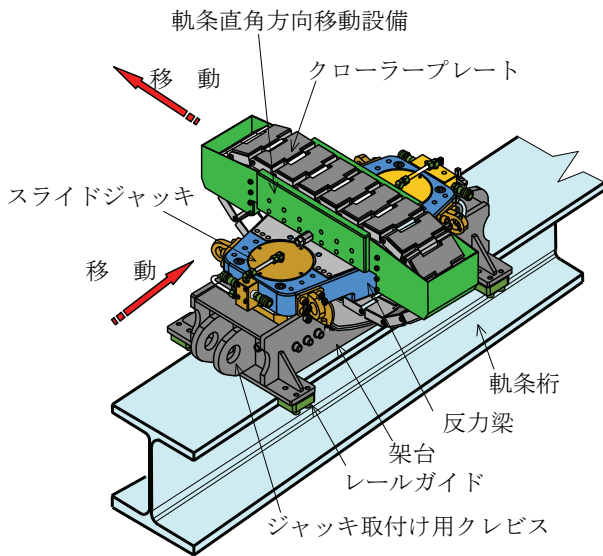


図-16 近年の横引き設備例 (2)

どのように伝承していくか、突き詰めれば技術伝承とは観察力・解析力・予測力・判断力・実行力等々をベースにした安全技術力そのものであるとするなら、これをどのように伝承するかではないか。送り出し架設だけをとっても分かるとおり、腹板屈曲が今なお無くならない原因は監視技術の低下、すなわち安全技術力の低下にあるといえる。それはIT技術の導入によって業務が分業化されたことにも起因するが、そのIT技術が支配的になっている現実をみたとき、それを使いこなす若手技術者の存在価値は非常に大きく、その力に依存せざるを得ないのもまた現状である。技術を継承された若い技術者に期待するところは2011年の震災後に見られる更なる技術革新の兆候、ここに『歴史の重み』を忘れず『裁量を貫き通す努力と現場密着型の新技術の開発』に挑戦され邁進されることを希望するものである。

#### 参考文献：

- 1) 阿部英彦, 中野昭郎：架設特集・架設工法の歴史, 橋梁と基礎Vol.16, No.8, 1982.
- 2) park2.wakwak.com/~genzo/takasakisen/coach/other.html

- 3) 友永, 田村, 白石ほか：プレートガーダーを補剛材のない点で支えた場合に腹板に生ずる応力, 鉄道技術研究所, 昭和30年9月
- 4) 奈良一郎, 田中勇：縦取架設のローラー支点のチェック, 構造物設計資料No.2, pp.65-68, 1965.6.
- 5) 町田裕, 手柴秀孝：一北陸自動車道一九頭竜川橋の設計と施工について, 橋梁, pp.28-36, 1974.8.
- 6) 荒井利男, 前田紘道：送り出し装置を用いた架設工法, 横河橋梁技報第1号, pp.138-146, 1972.
- 7) 三宅勝, 岡田道明, 平山徹, 杉野伊久男, 田崎博明：送出し架設工法の自動設計システム, 橋梁と基礎, Vol.17, No.10, 1983.
- 8) 清水健介, 岡本忠, 鳥海右近, 田村徹：大池橋の架設(曲線橋の引出し架設), 橋梁と基礎 Vol.14, No.3, 1980.
- 9) 寺田典生, 牧野卓也, 佐藤秀行, 高橋慶成, 松村達生, 清水健介：エアーキャスターを用いた鋼桁橋の送出し架設, 建設の機械化, 2003.10.
- 10) 渡邊和広, 千葉信宏, 池田浩, 稲田博史：ピロン柱(pylon)斜吊り併用送り出し架設の施工—椿町Bo架設工事報告—, 宮地技報No.26, pp.30-33, 2012.
- 11) 菅井衛, 藤居正裕, 桑原浩樹：新幹線盛土区間における架道橋の急速施工, 宮地技報No.5, pp.116-122, 1989.
- 12) 菅井衛：活線横取り工法による急速施工—東海道新幹線箕輪架道橋—, 橋梁と基礎Vol.26, No.8, pp.83-84, 1992-8.
- 13) 森添慎司, 浦田保：特殊架設工法による門真ジャンクションの施工, 宮地技報No.25, pp.56-62, 2010.