

(31) S R I L A N K A - J A P A N
F R I E N D S H I P B R I D G E の 施 工

(株)日本構造橋梁研究所 正会員 小宮 正久
同 上 正会員 難波 浩
鹿島建設(株) 見留 一楨
同 上 ○新谷 毅

1. はじめに

スリランカ民主社会主義共和国(旧名:セイロン)は、インドと僅か29kmを隔てたインド洋上に浮かぶ北海道よりやや小さい島国で、セイロン紅茶は世界的にも有名である。日本との拘りも深く、第2次世界大戦中、日本海軍機により空襲を受け少なからず被害を受けた国にもかかわらずサンフランシスコの対日講和会議における対日賠償放棄の発表、あるいは戦後日本が初めて参加した国際機関であるコロombo・プランなど、戦後日本に果たした役割には大きなものがある。

この国の経済は、紅茶・ゴム・ココナッツの3大プランテーション作物および米を主産品とする農業を基盤としているが、最近では自由主義的経済政策を展開し外国の援助による大規模な公共投資を実施しており、繊維産業等、急速な発展が見られる。このため経済全般に活性化が見られるようになったが、国家財政と貿易収支は大幅な赤字が続いており、国民生活水準は徐々に向上しているものの決して豊かとは言えない。一方、見方を変えれば、天災はほとんどなく、気候は高温・多湿の典型的な熱帯性気候で年間を通じて変化も少なく、かつ自然からの恵みは豊富で衣食住に特に心配はなく、失業率が13%を上回るにもかかわらず餓死する人は一人もいないと言った豊かな国でもある。

この中において、日本の経済援助は2国間援助国の最大となっており、エネルギー関連、農村開発、通信施設及び水道の普及整備、ハイウェイ計画など幅広い分野で実施されている。

スリランカ国民は伝統的に親日的で、比較的親しみやすく、かつ穏健であると言われているが、生活環境や慣習の違い、あるいは今なおカースト制度が社会通念として残っているためなのか、彼らの行動、思考は非常に理解し難いのが実情である。

建設技術に目を向けると、徐々に建設機械は増えて来ているものの、竹の足場、支保工、コンクリートパンと呼ばれる器で人間コンベアーによるコンクリート打設技法が一般的で、橋梁建設の技術者は0に等しく、橋梁工事に携ったことがある人もほとんどいない状況である。

これらの状況の中で、スリランカ最初の本格的PC橋であるS R I L A N K A - J A P A N F R I E N D S H I P B R I D G E (以下、S J F 橋と記す)は、国内実績でも例の無いゴム支承を用いた押出し工法により架設を終え、無事竣工を迎えようとしている。

本報告は、このS J F 橋の施工について、開発途上国における海外橋梁建設工事という観点から、及びゴム支承を用いた押出し架設を中心に紹介する。

2. 工事概要

スリランカは16世紀に入りポルトガルの侵略を受け、そののちオランダ、イギリスなどの長い植民地時代が続いた。このため植民地時代の建築様式を今に伝える貴重な建物が数多く残っている。橋梁も約100年前

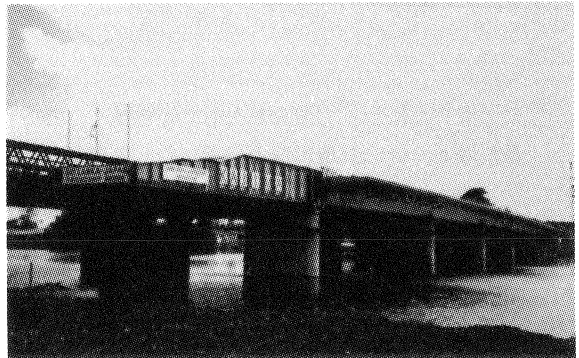


写真-1 工事状況

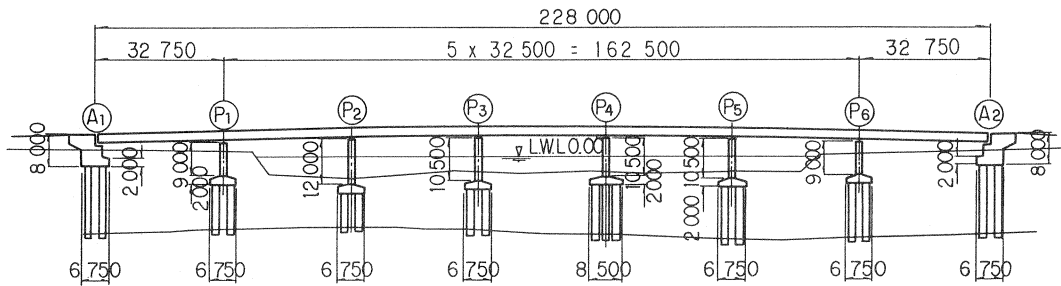


図-1 構造概要図

にイギリスによって造られたものが数多く、その使用年数は驚嘆の限りであるが、老朽化が進み最近の交通量の増大、特に大型車輛の増大に対して深刻な問題となっている。

スリランカ第1・第2の都市コロンボとキャンディー、及び空港方面への主要幹線の一部をなすケラニ川に架かるビクトリア橋(約90年前にイギリスが建設した鋼トラス橋)も老朽化が著しく、車輛通行制限を実施している状況である。本工事は、このビクトリア橋の架け替え工事で、日本政府の対スリランカ無償援助(グラントエイド)の一環として13.35m下流に新しく建設するもので、工事概要次の通りである。

工 事 名 ;	ビクトリア橋架け替え工事	橋 格 ;	1等橋, TL-20, TT-43
企 業 者 ;	スリランカ運輸道路省・道路開発公社	橋 長 ;	228.0m
設計監理 ;	(株)日本構造橋梁研究所	支 間 長 ;	32.0m + 5 × 32.5m + 32.0m
工事場所 ;	コロンボ市内・ケラニ川	PC工法 ;	ディビダーク工法, フレシネー工法
工 期 ;	'89年12月~'92年3月	架設工法 ;	集中式押し出し工法
構造形式 ;	7径間連続PC箱桁橋	施 工 ;	鹿島建設(株)

3. 計 画

3.1 設計

工事を計画通り実施する上で、応力的な検討はもとより、事前の現地の調査に始まり橋梁形式、工法の選定等、設計段階での配慮が重要なポイントを占める。このためスリランカの政治、経済、気候、建設地点の状況技術力等を十分調査分析し、設計段階より資材置場、作業ヤード及び車輛搬入路の確保を企業者に依頼する他、コンクリート橋、ゴム支承の採用を決定し、さらに伸縮装置、高欄等の細部構造に至るまで極力メンテナンスフリーを目指した。特に押し出し工法を採用することにより、以下に示す①~⑤の優れた特徴を活かし、橋梁建設の技術力が0に等しいこの国でも、工事が滞りなく遂行できるよう配慮した。

- ① 鉄筋・型枠・PC鋼材配置・コンクリート打設等の作業場所が製作ヤードに限定されるため、集中して技術指導が可能。
- ② 同様に作業の安全性の確保、品質管理が容易。
- ③ 作業自体が繰り返し作業が多く、未経験作業員の熟練度の早期達成に最適。
- ④ 大型鋼製型枠の採用や機械化により、現地作業員の技術力不足をカバーすることが可能。
- ⑤ 熱帯性気候特有のスコールに対しても、製作ヤード上に雨天設備を設けることで対応でき、気象条件に工程が左右されない。

3.2 資材搬入

開発途上国の建設工事では資材調達もまた工事の重要ポイントである。工事計画の立案に当り必要機器、資材を漏れなくリストアップし、現地調達の可・不可、電力供給設備、水道設備など十分現地調査をし資材

搬入計画を立てた。本工事は上・下部工事であり、工事開始と同時に第1船で下部工用資材、クレーン等の共通機械及び共通仮設資材(建設工具、機器、足場、支保工材料他)を搬入。上部工施工用の資材である手延桁、押出し装置、主桁型枠、P C関係等は、上部工工事の始まる1ヶ月前に現場到着できるよう第2船を手配した。

特にP C関係では防錆対策として水溶液オイルを原液状態で塗布し、工程に合わせ2回に分け搬入、さらに連続ケーブルは、押出し架設終了の1ヶ月前に現場到着とした。

3. 3 治安及び盗難、第三者傷害対策

生活環境、慣習の違い等により、外国人が現地作業員を直接管理することは、工事を遂行すること以上に非常に難しい問題である。特にこの国はシンハリ人、タミール人の長い歴史的経緯をもつ人種問題を抱えておりテロ行為も散発し、必ずしも政情は安定しているとは言えず治安面も懸念された。

この両者の対策としてサブコントラクターとして信頼できる現地建設会社を参画させ、作業員は政治的問題の無い者を採用させるとともに、作業員の種々の管理を全面的に任せることにした。

この国自体決して豊かではない。特に工事場所周辺は現地人でさえ避けて通る貧民窟で盗難の発生の多い地域である。さらに工事場所は既存の道路、橋梁に近接しており、交通規制も難しく、無職の貧民が群がる所である。このため資材置場全体を高さ3mのフェンスで囲み、現地警備員を配置して昼夜を徹して盗難防止に当らせるとともに、工事場所では第三者傷害対策を兼ね立入り禁止区域を設定し警備させた。

また、作業員と言ってもサロンと呼ばれる腰巻きスタイル、足元は裸足かサンダル履きが普通で、作業員本人の安全対策として、一般人との区別(第三者傷害対策)を含め、ズボン、くつ、ヘルメットの完全着用を工事開始に先立ち義務付け、これを厳守できない者の作業場内への立入りを禁止した。

3. 4 直接工事

工事計画を立案する上で、技術力レベルの問題、言葉の傷害、資材調達の難しさ等、国内では考えられないような事が重要な課題となる。技術レベルに至っては橋梁工事経験者は0、各種工種においても数名経験者はいるものの、鉄筋作業に携わるよう決められた者がバーベントナーであり、型枠作業に携わるよう決められた者がカーペンターであり、金槌や鋸ぎりを持っているわけではなく、何とも心許無い話なのである。

ここで重点を置いたのが、工種を極力少なくし、早く作業を理解し慣れてもらう事であり、手延桁の取付く①ブロックと最後の②ブロックを除き、標準の1.1mブロック2回と支点上横桁のある10.5mブロック1回の繰り返しパターンとなるブロック割りをして、標準ブロック、支点横桁ブロックで、各々、鉄筋、型枠は全て同じに、P C鋼材配置においても応力的に決定される本数の差異は別として、長さ、継手方法などすべて統一した。

4. 施 工

4. 1 仮設設備

押出しヤード、主桁製作ヤードを図-2に示す。押出しヤード、主桁製作ヤードは、A₁~P₁間は生活道路があり、かつ多量の降雨によりケラニ川が増水して冠水する危険性があること。A₂側は遥か上流の交通量の多いニューケラニ橋を回って資材運搬する必要があり、作業効率が悪く監視もいきとどかなくなると言う理由から、A₁橋台後方に設けることにした。この地点ケラニ川の氾濫

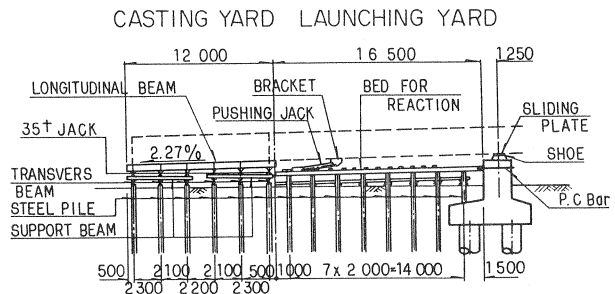


図-2 押出しヤード及び主桁製作ヤード

で堆積した難弱層が1.2m~1.8m続いたため支持地盤までH型鋼を打込み、その上に1.6.5mの押し出しヤードと1.2mの主桁製作ヤードを構築した。

(1) 押し出しヤード

押し出しヤードの長さは1回の押し出し作業がメインジャッキの取付け位置を盛替えることなく、自動的かつ連続的に作業が完了出来る最小長さとした。

(2) 主桁製作ヤード

本橋の縦断線形がR=5700mの曲線であるため、主桁製作ヤードは曲線に近似させて各ブロックの製作を可能にするためにジャッキ支持方式とし、2.2mの手延桁、5.3mの①ブロック、11.0mの②ブロックと各々長さの異なる初期段階には、①ブロック製作時2.023%、②ブロック製作時2.215%と勾配を変化させ、③ブロック以降は、11.0mブロック2回と、10.5mブロック1回の主桁製作ヤード位置での平均接線勾配である2.270%に固定し対応した。

また、コンクリート打設と表面仕上げ用の足場をH形鋼、単管、足場板で組み、組立の完了した型枠や鉄筋上に極力作業員を踏ませないようにした。スコールに対してはパイプ骨組のビニールシート巻取り方式で設置、取外しが簡単な構造の屋根を設けた。

4.2 主桁製作工

一番頭を悩ませたのが、型枠の製作・組立、鉄筋の加工・組立、PC鋼材の作工、配置及び緊張、グラウト作業等をいかに技術指導するかである。グラウト工事の目的の一つも技術移転であるが、我々にも約定期の厳守、品質保証という大命題があり、しかも橋梁工事経験者は0の状況なのである。彼らにとっては始めて見る資材、始めて手にする工具、機器がほとんどなのである。この中で技術移転と工程の確保の両者を遂行するため、次の方法をとった。

(1) 型枠工事

- ① 外型枠は焼付粉体塗装した鋼製型枠を日本から持ち込み、現地で組立。この外型枠は、主桁製作時の組立・解体がジャッキ操作のみで迅速・簡単に出来るよう機械化を図った。
- ② 内型枠のうち主桁断面の精度を左右する主要部材は、主桁断面に合わせ加工した角形鋼管を持ち込み、その他の木製型枠は、現地で極力大型パネルで製作させ、組立て手間が少なくなるようにした。
- ③ 木製型枠の製作に当たっては、全て製作図を作成して渡し、図面を通じてコミュニケーション及び技術指導の取り掛かりとし、彼らが理解して製作、組立が出来るよう努めた。

(2) 鉄筋工事

- ① 型枠と同様、全ての鉄筋加工表をブロック別に作成し、間違いなく加工出来るようにした。
- ② 組立てにはサポートバーを設けることにより、これを起点として組立てれば手もどりに容易に組立てるよう配慮するとともに、初期段階では現場に付きっきりで組立て手順を指導した。

(3) PC工事

- ① 型枠、鉄筋工事は経験者も数名いたが、PC工事は誰もが始めてであり、かつ主要工種である。このため下部工工事の作業状況を観察した結果から、10名を選抜して指導し、PC作業員を育てた。
- ② 技術指導は大型組立解説図を作成し、部品名の呼び方から始め、事前に組立ての練習を繰り返し実施し、訓練を通じて会得させた。
- ③ 緊張方法についても、ジャッキ、ポンプのキャリブレーションを兼ね、実際にジャッキの取付けやポンプ操作をさせ訓練した。なお実際の緊張作業では、緊張管理を正確に行う必要からポンプ操作は社員が携った。

実際の現場作業は、上記工種は単独に行なわれることなく複雑に組合わさっており、どれか一つが進みすぎても手もどりの原因となる。そこで表-1に示す組立て手順表を作成し、各々の工種の関連を明確にし指導した。しかし、彼らにとっては初めての仕事ばかりであり、現場状況を把握して次の段取りをすること

は難しく、自主的に出来るようになるまでに約2ヶ月を要した。それ以後は表-2に示すように、国内実績と同等以上の工程で進めることができ、主桁の押出し架設は当初予定を1ヶ月も短縮し完成に至った。

表-1 ASSEMBLING PROCESS

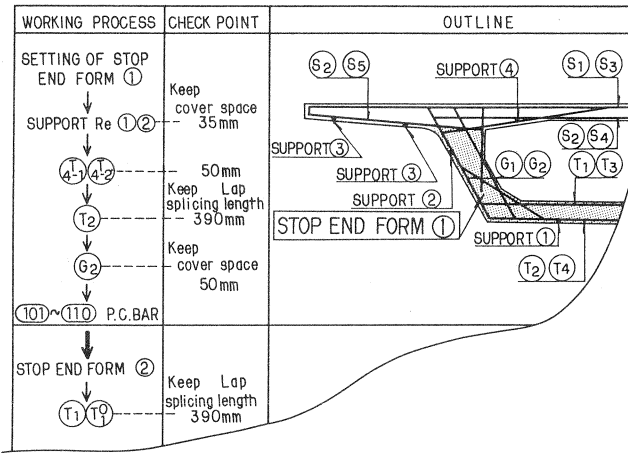


表-2 STANDARD CYCLE OF SEGMENTAL CONSTRUCTION

DAY	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
FORM WORK	outer	inner								
REINFORCEMENT WORK	lower slab	upper slab								
P. C. STEEL WORK	lower slab	upper slab								
CONCRETING										
CURING										
PRESTRESSING										
LAUNCHING										

4.3 押し出し工

本橋では、国内実績でも例のない本設ゴム支承上を橋桁を滑らせ押し出してゆく工法を採用した。これは、メンテナンスをほとんど必要としないゴム支承の特質に加え、架設専用の滑り支承を必要としないため経済性が図れるとともに、これまでの押し出し工法における支承設置の困難さを一気に解決したものと言える。

(1) 押し出し装置

押し出し装置は図-3に示すように、橋桁部反力台、油圧ジャッキ、およびヤード部反力台から構成される集中押し出し方式を採用した。押し出しジャッキの推進力はウェブ直下にP C鋼棒10本で緊結した橋桁部反力台(鋼製ブラケット)を介して橋桁に伝達される構造で、押し出しジャッキは、1台200tの推進力、1000mmのストローク、9cm/minの押し出し速度を有する油圧ジャッキで、左右1台ずつ取付けた。ジャッキの盛替えは、押し出しジャッキがフルストロークになると、3tの垂直ジャッキにより持ち上げ次の反力台に移動させる方式で、押し出しジャッキの推進力による反力は、ヤード部反力台と橋台とをP C鋼棒で緊結し橋台で取らせる構造とした。

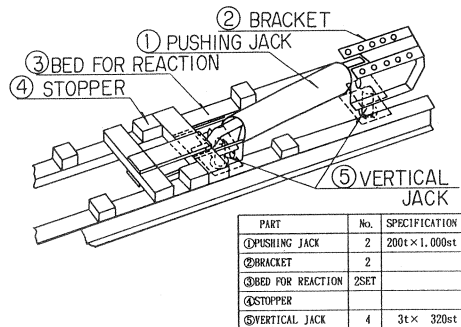


図-3 押し出し装置

(2) 滑り装置

滑り装置は支承上に設置した厚さ3cmの鋼板にテフロン板を圧着したサポートプレートと、厚さ0.8mmのステンレス板と8mmのゴム板から成るスライディングプレートで鋼製される。スライディングプレート厚は、技術力不足による橋桁下面の不陸及びブロック間の継目の角折れを吸収する目的で、国内実績より少し厚くした。また押し出し中のねじれ等によるスライディングプレートのダメージによる押し出し作業への影響を極力小さくする目的で、幅60cm長さ90cmの小プレートとし、ダメージが生じても押し出し作業を中止することなく、次のプレートで平常状態に復帰できるよう配慮した。このスライディングプレートは、1支承当り3枚、合計56枚(16支承分+予備8枚)を用意した。

(3) 支 承

国内実績では、押し出し架設中は本支承と別個に架設専用の滑り支障を設置する方式、あるいはBP支承等を改良した兼用支承方式が多い。これまでゴム支承が使用されなかった大きな理由の1つに、支承幅が大きくなり押し出し架設中にスラブ厚の薄い下床版下に支承が位置することが挙げられる。これに対し、本橋は完成時と架設時の反力差を利用し、ゴム支承2個1組を1支承として用いることにより、押し出し架設中はウェブ直下に設置した方の支承上を橋桁を滑らせる方式で、本設ゴム支承を押し出し架設中にも使用することを可能にしたものである。

図-4に示すように、押し出し架設中に使用する支承上には、前述のサポートプレート置き、前後に設置した鋼製ストッパーでサポートプレートを拘束することにより、押し出し時にゴム支承にせん断変形を与えないようにしている。押し出し架設終了後は鋼製ストッパーを撤去した後、ジャッキで橋桁を持ち上げ(本橋では200tジャッキ4台使用)、スライディングプレート、サポートプレーの順で取除き、静かにジャッキ圧力を下げれば、完成時の支承状態になるのである。このようにして、架設専用の滑り支承を使わず、かつ兼用支承方式のセットの難しさを解決したのである。

(4) 押し出し作業

橋桁反力台、押し出しジャッキ取付け位置の盛替え、鋼製外型枠の解放、スライディングプレートの手配等の押し出し作業の段取りはPC作業員を訓練して従事させた。スライディングプレートの挿入方法は、初期段階の滑り位置であるA、橋台で8名づつ社員付きっきりで指導。橋桁が長くなるにつれ訓練の修了した者から次の橋脚の担当へと移して行った。

橋桁の方向チェック及び修正は、押し出し中を通して前方の橋脚よりトランシットでセンター測量を行い、随時各橋脚に位置関係を連絡させ、橋脚端部に設置した横ぶれ防止装置と橋桁間に60cmで5mmの修正ができるキャンバーを挿入することによって行った。表-2に示したように押し出し作業で1.5日を要した。これは訓練した作業員といっても、この国の国民の特徴で責任感ほとんど期待することが難しく、押し出しの初期段階でスライディングリボンの過ラップ、ラップ不足、挿入方向のねじれ、入れ忘れ等トラブルが続発したため、社員がスライディングプレート挿入時に押し出し作業を随時ストップし、チェック確認に時間を当てたためである。彼らに責任感が芽生えると1サイクルでさらに1日工程短縮が可能となるが、これは非常に難しい問題である。

人員配置は押し出し装置の操作及び各支承位置でのチェック・確認・指導に社員5名、現地作業員は押し出しヤード部のチェックと作業に6名、スライディングプレートの挿入に各支承3名づつとセンター測量に2名当てた。

こうして、橋梁工事を初めて経験する作業員を技術指導と言うより叱咤を繰り返しながらも、SJF橋は、橋軸方向で0~+1cm、橋軸直角方向で±5mm以内の思いがけない精度で、押し出し架設を終えた。

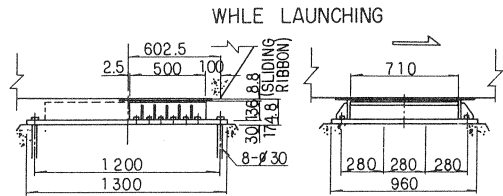


図-4 支 承 図

5. おわりに

本橋梁工事を通じて、現地作業員の製作技術は数段の進歩を遂げた。しかし、基礎知識に欠けるため図面等への理解力、創意工夫して作業する能力はまだ未だである。さらに残念なことに、彼らには本工事を通じて修得した橋梁建設技術を発揮する機会がこの国の現状では非常に少ないことである。しかしながらビクトリア橋と同様の老朽化問題を抱えている橋梁は数多くあり、願わくば橋梁建設計画が推進され、彼らの会得した技術が遺憾なく発揮されるようになることを切望する。