

スリランカ ケラニ高架橋

～スリランカ初となる都市連続高架橋の建設～

海外事業委員会

井上 武也

松田 秀一

赤城 嘉紀



一般
社団法人

日本橋梁建設協会

Japan Bridge Association

- 1. はじめに**
- 2. 計画・設計**
- 3. 工事概要**
- 4. 製作**
- 5. 鋼コンクリート合成床版の設計・製作**
- 6. 現地架設**
- 7. プロジェクト管理**

主なトピックス

スリランカ初の**都市連続高架橋**

海外工事初の**SBHS500材**の使用

4カ国5工場で**2.1万t**の製作体制構築

夜間の**部分規制**にて架設。最大**1930t/月**

爆破テロとコロナ禍を乗り越えた**管理体制**

1. はじめに

1. はじめに



1. はじめに

国名	スリランカ民主社会主義共和国 Democratic Socialist Republic of Sri Lanka
面積	6万5,610平方キロメートル（北海道の約0.8倍）
人口	2,216万人
首都	スリ・ジャヤワルダナプラ・コッテ
民族	シンハラ人（74.9%）、タミル人（15.3%）、 スリランカ・ムーア人（9.3%）
言語	公用語：シンハラ語、タミル語 連結後：英語
宗教	仏教70.1%、ヒンドゥー教12.6%、 イスラム教9.7%、キリスト教7.6%
主な産業	農業（紅茶、ゴム、ココナツ、米作）、繊維業

出典：外務省HP

1. はじめに



出典：全てGoogle map

2. 計画・設計

2. 計画・設計

空港,港,中心部の3方向2路線の結節点

JCTを配置し、連続高架橋で連結

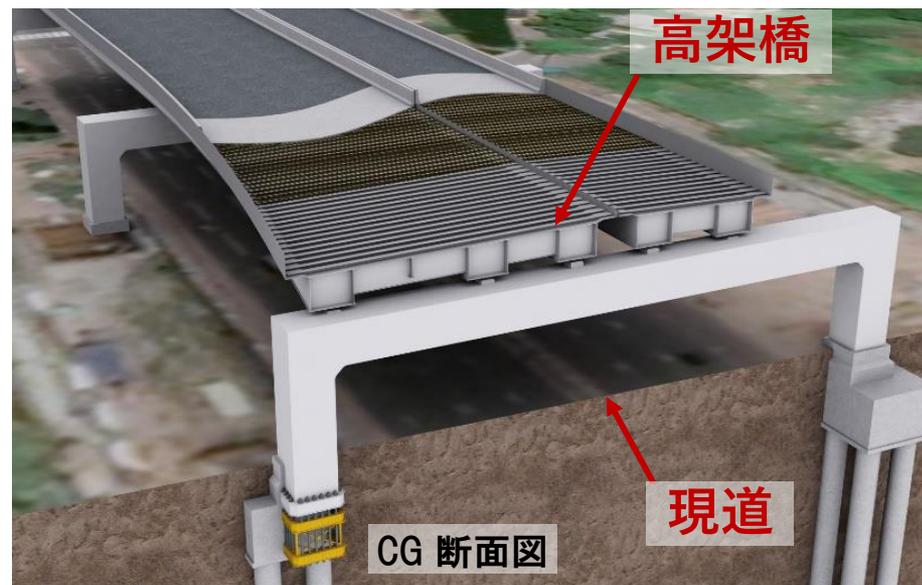
➡ スリランカ初の都市連続高架橋事業



2. 計画・設計

現道上空に設置 → 鋼製ラーメン橋脚
＋ 鋼箱桁橋を採用

埋設物調査を基に橋脚位置を決定
→ 多種多様な橋梁形式・支間割



2. 計画・設計

主な設計仕様

使用鋼材：SM400, SM490Y, SBHS500

3,700 t のSBHS500材が海外工事で初採用

床版タイプ：鋼コンクリート合成床版

現場添接：トルシア形高力ボルト（TCB）

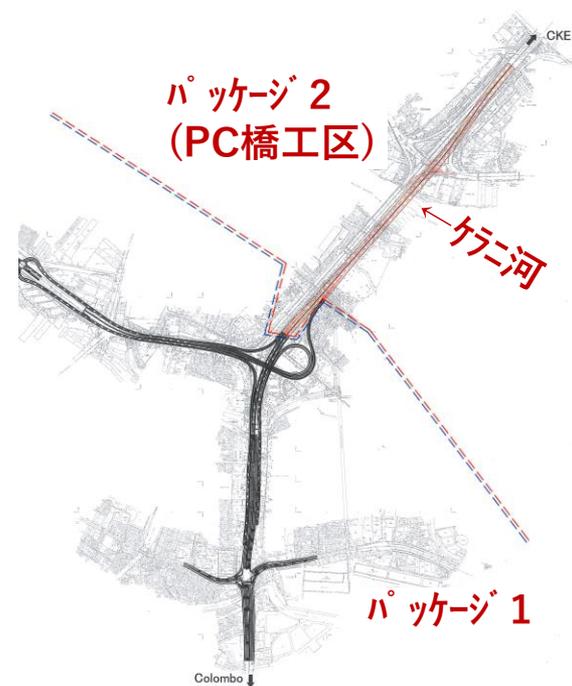
塗装仕様：（外面）C5塗装系（日本道路協会）

3. 工事概要

3. 工事概要

工事概要

工事名	ケラニ河新橋建設工事 パッケージ 1 鋼製橋梁工区 略称)ケラニ高架橋, ケラニ河新橋
発注者	スリランカ国 高速道路省 道路開発庁 (RDA)
エンジニア	(株)オリエンタルコンサルタンツグローバル・ (株)片平エンジニアリングインターナショナル等による共同事業体
施工者	JFEエンジニアリング・三井E&S・戸田建設共同企業体
契約時工期	2017年12月19日 ~ 2020年12月18日 (3年間)
開通時期	2021年11月
資金	日本政府ODA STEP事業



施工箇所図

3. 工事概要

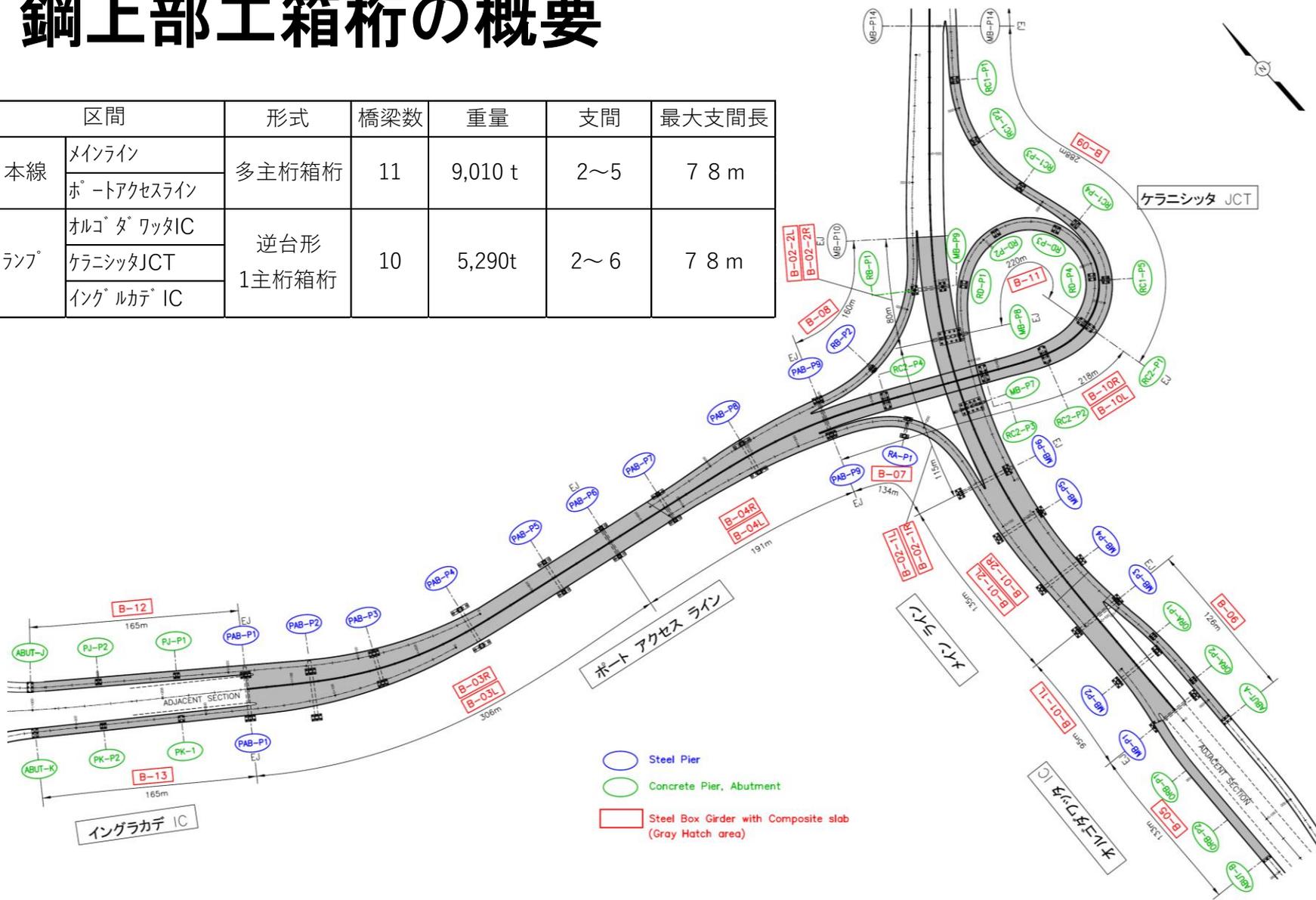
鋼構造物の施工数量

アンカーフレーム	33基
鋼製橋脚(17基) (門型16基、逆L字1基)	4,000t (TCB含む)
上部工箱桁(21橋梁) (本線橋11橋、ランプ橋10橋)	14,200t (TCB含む)
合成床版(21橋梁)	40,000m ²
支承	202基
伸縮装置	24基

3. 工事概要

鋼上部工箱桁の概要

区間		形式	橋梁数	重量	支間	最大支間長
本線	メインライン	多主桁箱桁	11	9,010 t	2~5	7.8 m
	ポートアクセスライン					
ランプ	オルコダワッたIC	逆台形 1主桁箱桁	10	5,290t	2~6	7.8 m
	ケラニシッタJCT					
	イングラカデ IC					

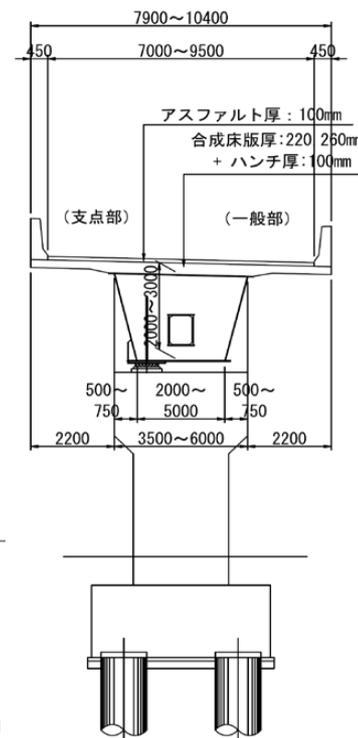
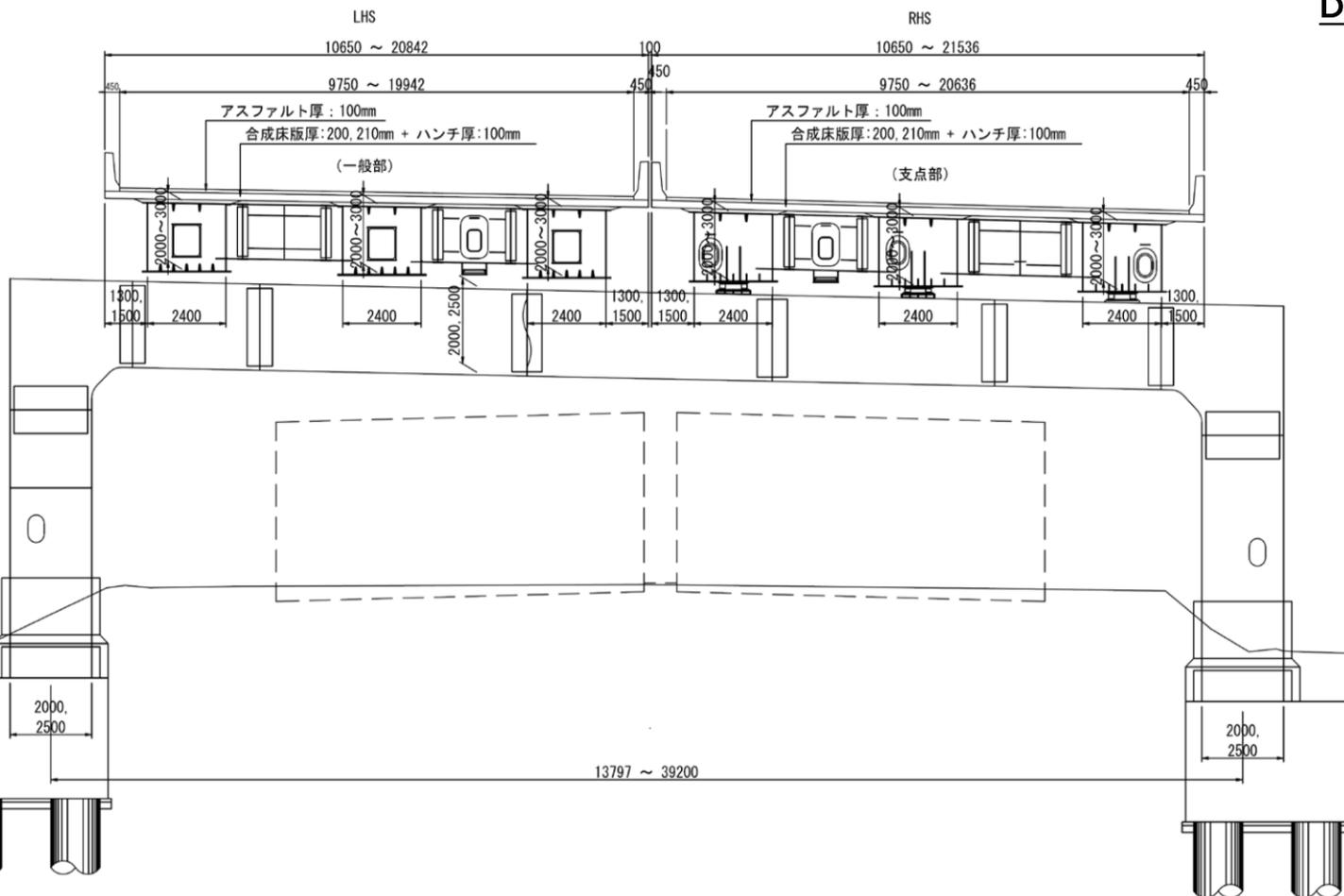


3. 工事概要

B-01橋～B-04橋 本線橋

B-05橋～B-13橋

ランプ橋



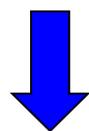
断面図

4. 製作

4. 1 製作全般

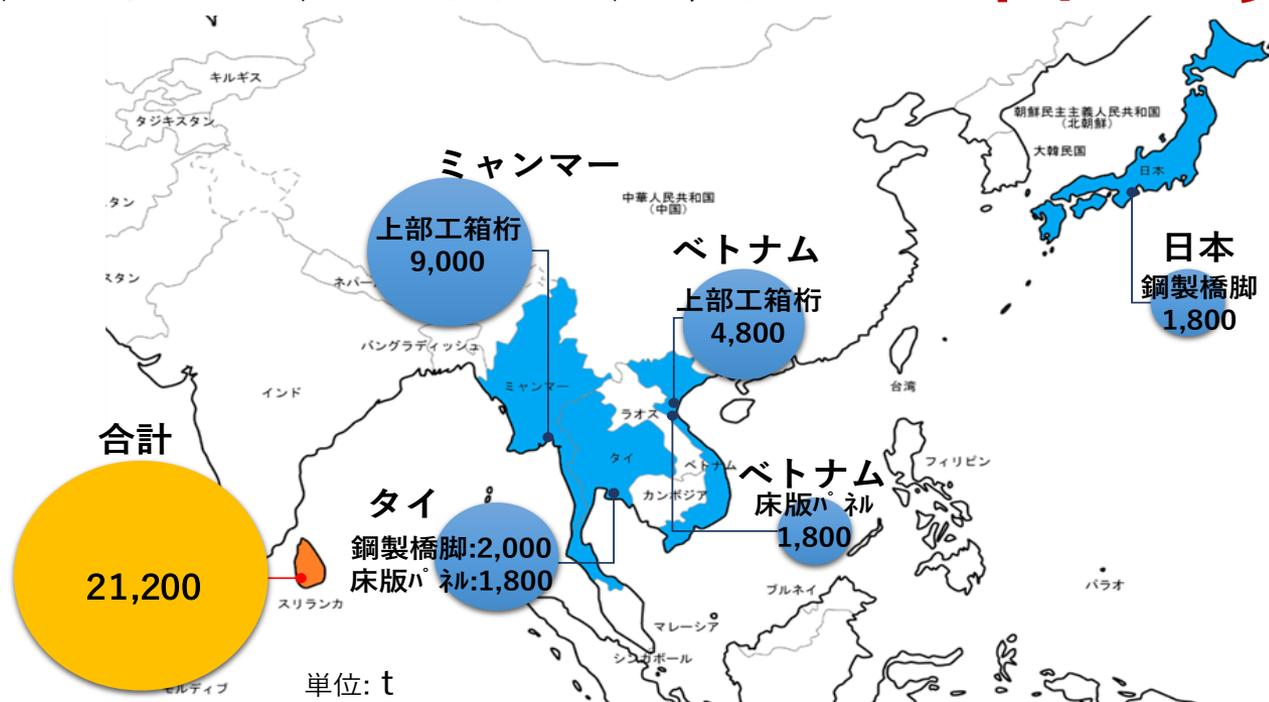
総加工重量：21,200t / 製作期間：約1年6ヵ月

1工場では対応不可能 ⇒ 分担施工が必要



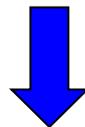
生産能力・輸送性等 考慮

日本、ミャンマー、ベトナム、タイの4カ国5工場で分担



4. 2 鋼製橋脚の製作

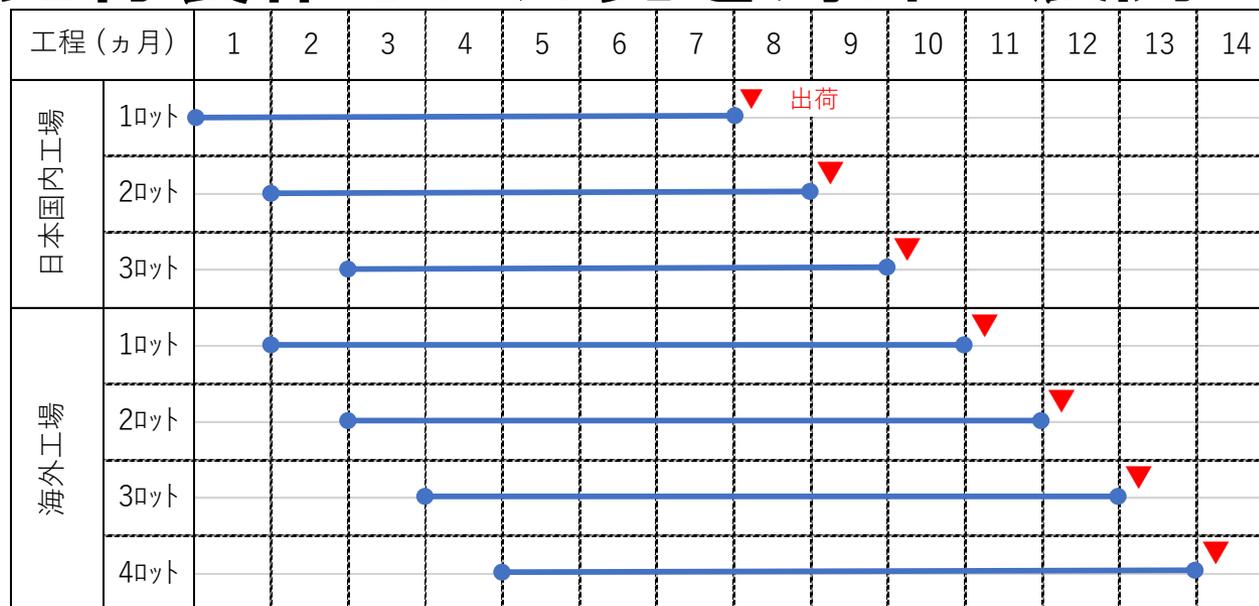
厳しい溶接品質管理と海外製作の両立



日本製作と海外製作にて分担

先行分を日本製作とし、海外製作工程を確保

先行製作した知見を海外に展開



製作工程のイメージ

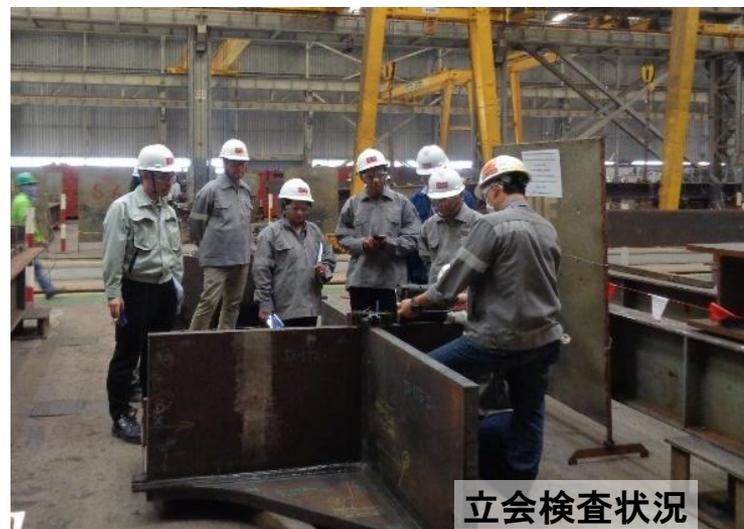
4. 2 鋼製橋脚の製作

3 線交差部の実寸大モックアップの製作

↓ 海外製作工場の施工能力の確認

↓ 溶接姿勢・条件・順序等の検討に使用

エンジニアによる立会検査を受検し品質を確認



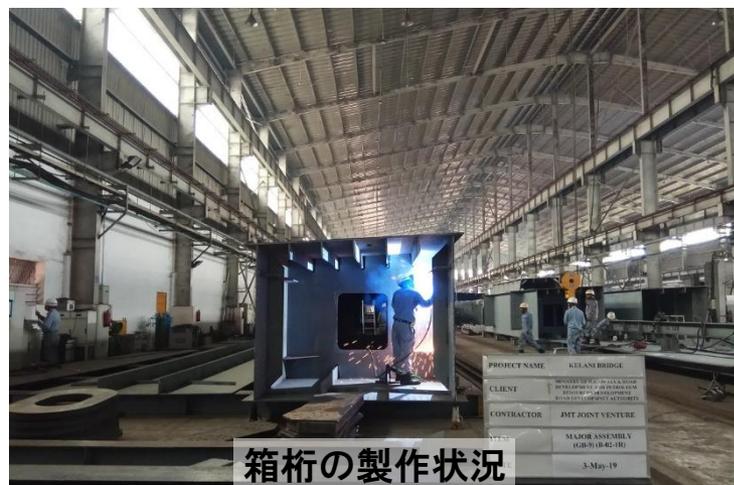
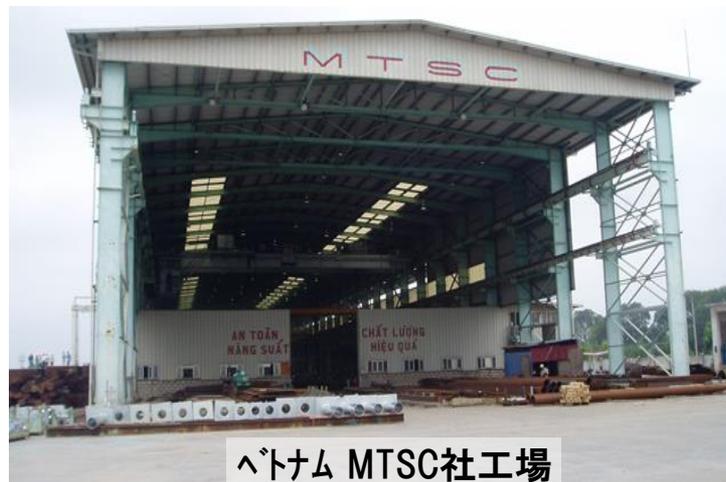
4. 2 鋼製橋脚の製作

日本人技師を含むチームが常駐し工程・品質管理
溶接等の技能指導者を日本から派遣



4. 3 鋼上部工箱桁の製作

ミャンマー・ベトナムにある関連工場(ODA実績有)
13.8千tの製作に対応、緻密な調整が必要



4. 4 ケラニシッタJCT部 ランプ橋の製作

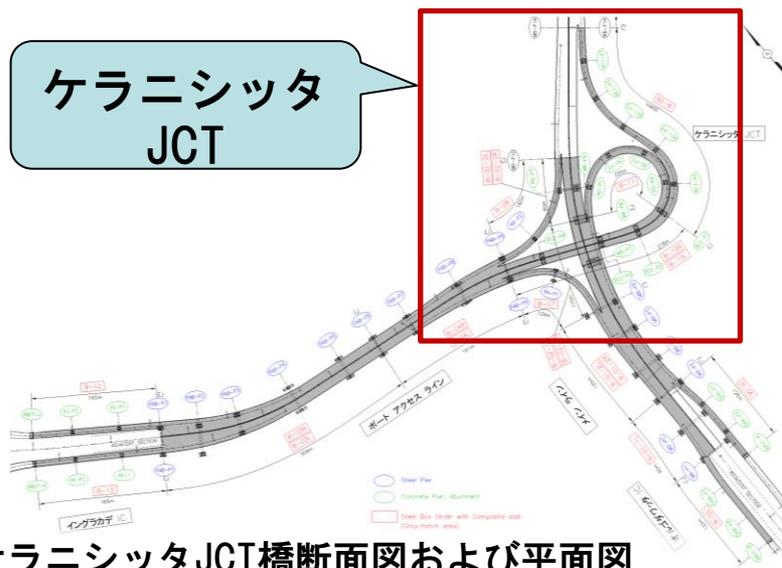
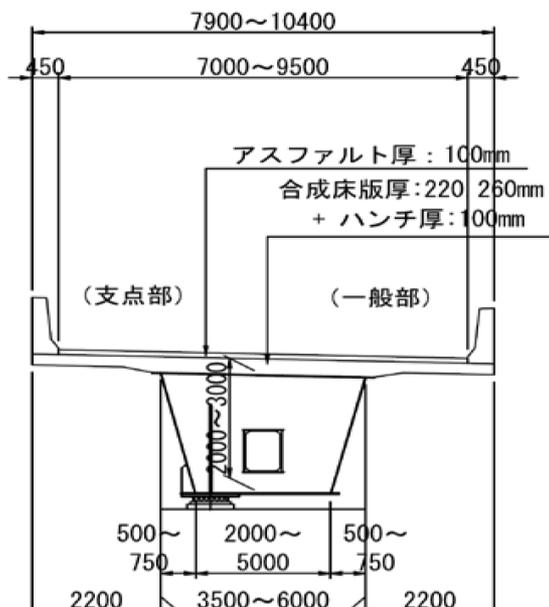
連節となるジャンクション部：6橋 3,810t分

曲率が大きい曲線橋（最小R=50m）

1 主桁多径間箱桁

ウェブが斜めになった逆台形断面

縦横断勾配の変化、桁高・桁幅変化あり



4. 4 ケラニシッタJCT部 ランプ橋の製作

2次元展開は、汎用プログラム使用。チェック強化。

ねじれを考慮：左右ウェブで別キャンバーを設定

アウトリガーを配置して負反力対策

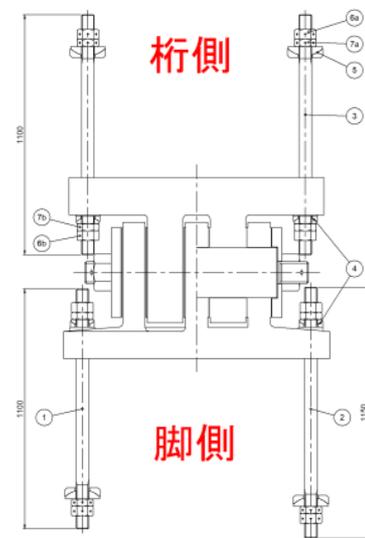
➡ B-07橋 1 支点のみ負反力対策支承を採用



ランプ橋仮組立状況



負反力対策支承 (B-07橋)

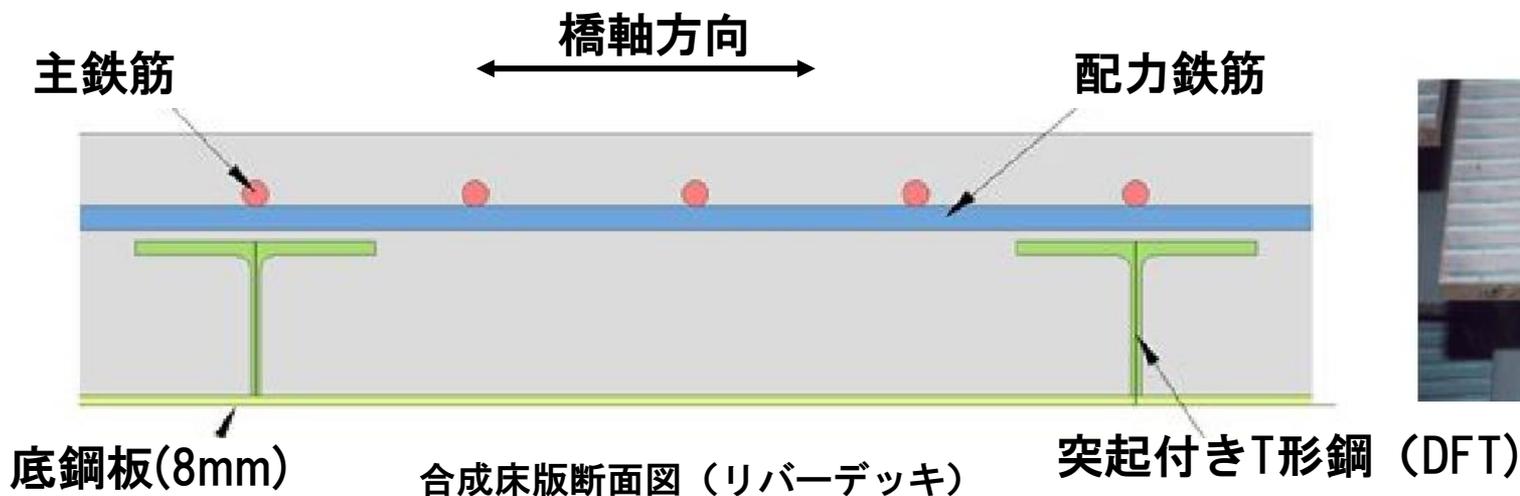


5. 鋼コンクリート合成床版の 設計・製作

5. 1 合成床版のタイプ

合成床版タイプ：リバーデッキ

突起付きT型鋼 (DFT)
を補強リブとジベルとする
合成床版



5. 2 活荷重断面力

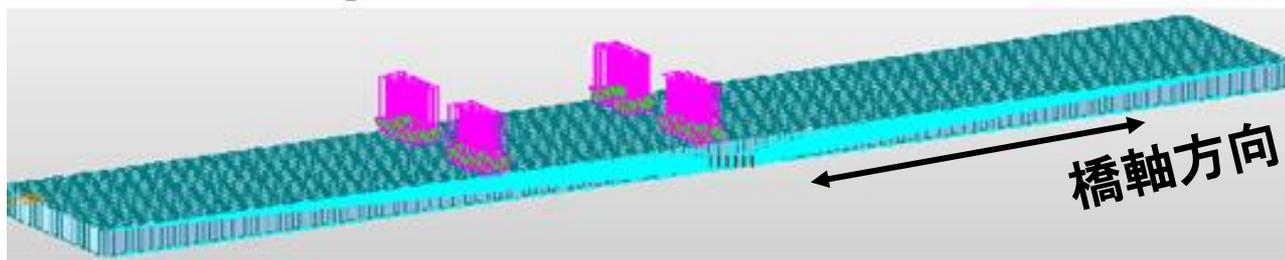
合成床版：道路橋示方書に準拠して開発・設計

設計活荷重：BS5400 HB-45 units

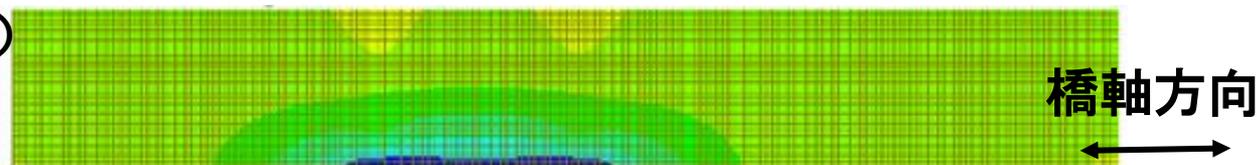
→ FEM解析にて道路橋示方書式と比較検証

→ 片持ち版 張出し長1.5m以上の主鉄筋方向の曲げモーメントでBSが大きい値

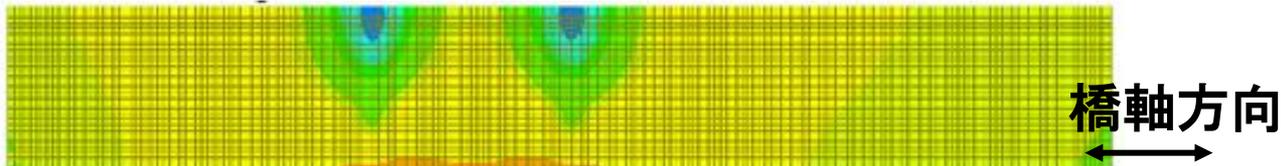
(FEM解析 荷重図)



(FEM解析結果)
(主鉄筋方向)



(FEM解析結果)
(配力鉄筋方向)



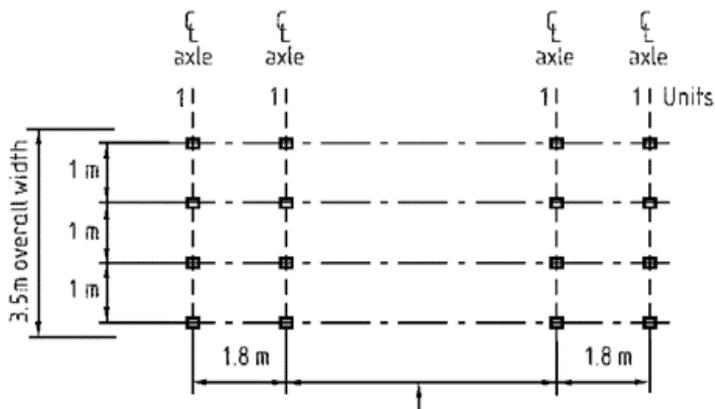
FEM解析例 (張り出し長1.5の片持ち版)

5. 2 活荷重断面力

表-9.3.1 T荷重（衝撃を含む）による床版の単位幅（1m）あたりの設計曲げモーメント

(kN・m/m)

床版の区分	曲げモーメントの種類	床版の支間の方向 曲げモーメントの方向 適用範囲	車両進行方向に直角の場合		車両進行方向に平行の場合	
			主鉄筋方向の曲げモーメント	配力鉄筋方向の曲げモーメント	主鉄筋方向の曲げモーメント	配力鉄筋方向の曲げモーメント
単純版	支間曲げモーメント	$0 < L \leq 6$	$+(0.12L + 0.07)P$	$+(0.10L + 0.04)P$	$+(0.22L + 0.08)P$	$+(0.06L + 0.06)P$
連続版	支間曲げモーメント	中間支間	$0 < L \leq 6$	$+(単純版の80\%)$	$+(単純版の80\%)$	$+(単純版の80\%)$
	端支間	$+(単純版の90\%)$				$+(単純版と同じ)$
片持版	支点曲げモーメント	中間支点	$0 < L \leq 4$	$-(単純版の80\%)$	—	$-(単純版の80\%)$
		端支点	$4 < L \leq 6$	$-(0.15L + 0.125)P$		—
	支点	$0 < L \leq 1.5$	$-(0.6L - 0.22)P$	$-(0.70L + 0.22)P$	—	—
	先端付近	$1.5 < L \leq 3.0$	$-(0.6L - 0.22)P$	—	—	—
		$0 < L \leq 3.0$	—	$+(0.15L + 0.13)P$	—	$+(0.16L + 0.07)P$



BS5400 HB荷重載荷位置

橋軸方向

(H24 道路橋示方書・同解説Ⅱより抜粋)

製作工程のイメージ

BS5400 HB 45units

1unit 2.5kN ⇒ 2.5 x 45 = 112.5kN

T荷重と比較して1車輪あたりの荷重に差がない

橋軸直角方向の車輪ピッチが1mでT荷重と異なる

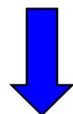
➡ 解析結果を元にして床版の設計を実施

5. 3 合成床版のパネル割

日本国内：関係法令により車両荷台幅以下

→ 通常 2.25 ~ 2.4 m のパネル幅で設計

全量海外製作：3 m のパネル幅で設計



継手数を**20%削減**することができた



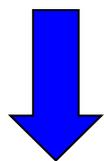
合成床版パネルの輸送(船への積み込み)



合成床版パネルの輸送(現地荷下ろし)

5. 4 ワンサイド高カボルトの採用

張り出し部のパネル継手にワンサイドボルトを使用



- ・ 架設前に予め設置
- ・ ボルト頭側の塗装まで完了

ジョイント足場のみの設置で作業が可能

- ・ 全面足場と比較し足場の省力化
- ・ 交通規制回数の削減



ワンサイド高カボルト設置状況



張り出し部の足場状況

5. 5 合成床版の製作

原寸展開：日本にて骨組モデルを作成して支給

出来形管理：仮組立を実施

曲線の対応：鋼製型枠は曲げ加工して作成



床版パネルの仮組立状況



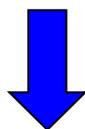
曲線部の設置状況

6. 現地架設

6. 1 現地架設全般

工法：トラッククレーンベント工法

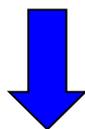
総架設重量：23,000t / 期間：約18ヵ月



エリアを分けてエリア毎同時施工

オールテレーンクレーン(200t吊) 最大3台,

クローラクレーン(200t吊)最大2台が同時稼働



月当たり架設重量：最大1,930 t

6. 1 現地架設全般

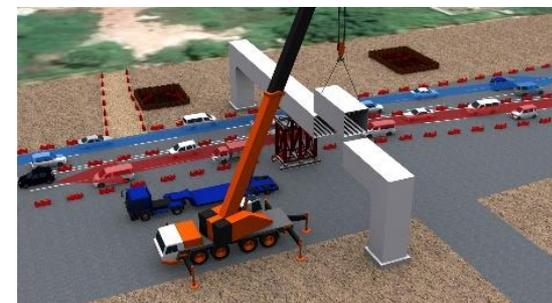
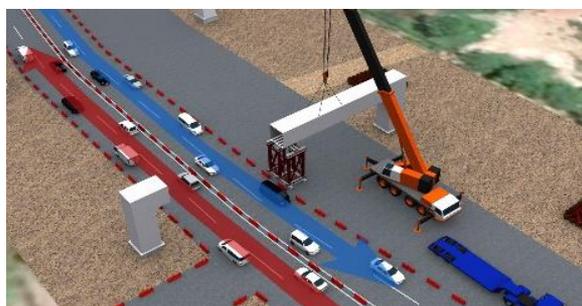
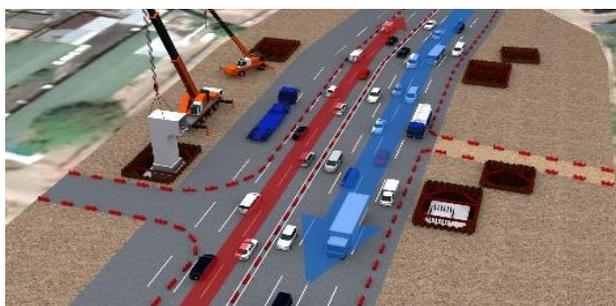
現地架設の特徴

- 架橋地点が主要幹線道路上、**完全通行止不可**
片側部分規制も**夜間(21時から翌朝5時)に限定**
- **仮設材・資機材・消耗品**の多くがスリランカ国内での**入手困難**、調達先の確保に苦勞
- 市街地のため**工事中占有用地が狭く**作業エリアの確保に苦勞
- 鋼橋自体あまり普及していない国のため、**熟練した作業者がいない**

6. 2 橋脚架設

鋼製橋脚：17基（門型16基，逆L字1基）

全て現道上空 ⇒ 部分規制を行い夜間架設
バント配置，張り出し，落としし込みブロックに留意



橋脚の架設ステップ



橋脚架設状況(柱部材建て起こし)

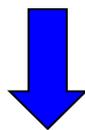


橋脚架設状況(閉合)

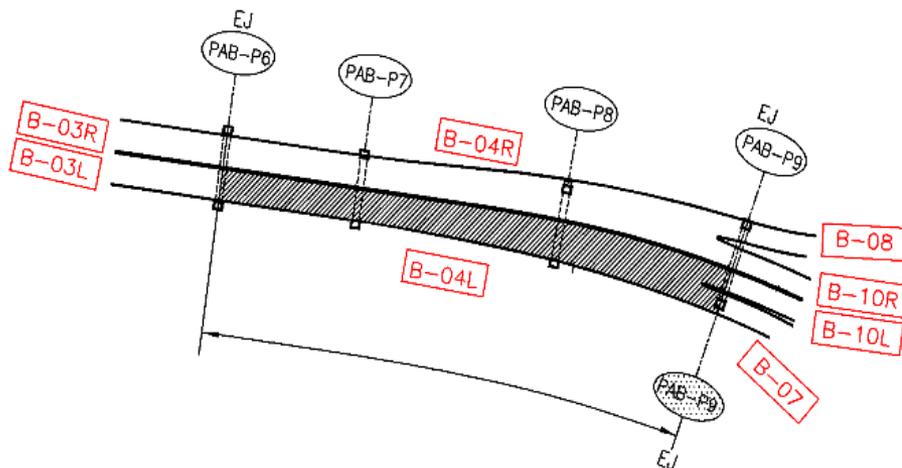
6. 3 キャンバー管理

鋼製橋脚の変位により支点が沈下する。

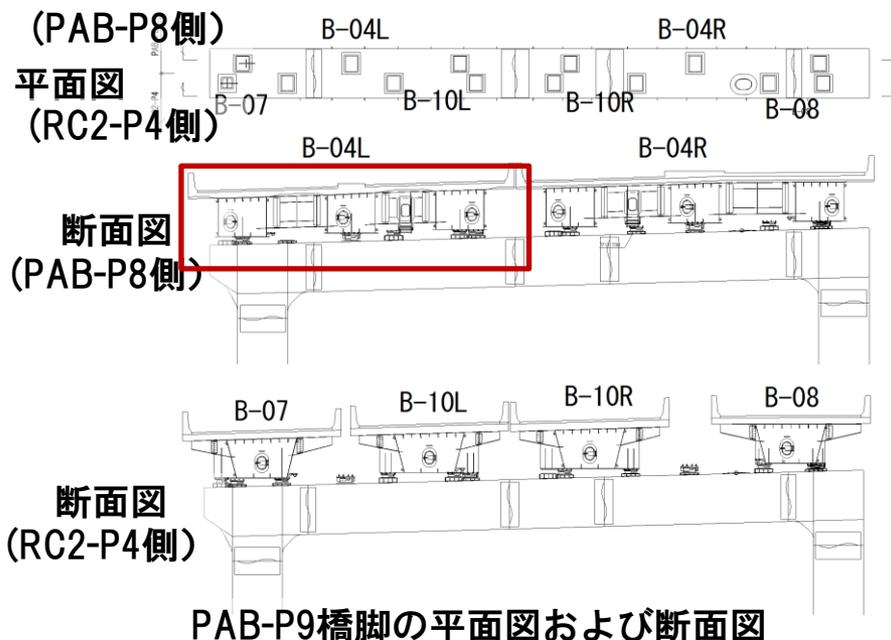
同じ橋脚上の隣接する橋梁の自重にもより支点は沈下する。



支点沈下の影響を考慮した施工高管理表を作成



B-04L橋の配置



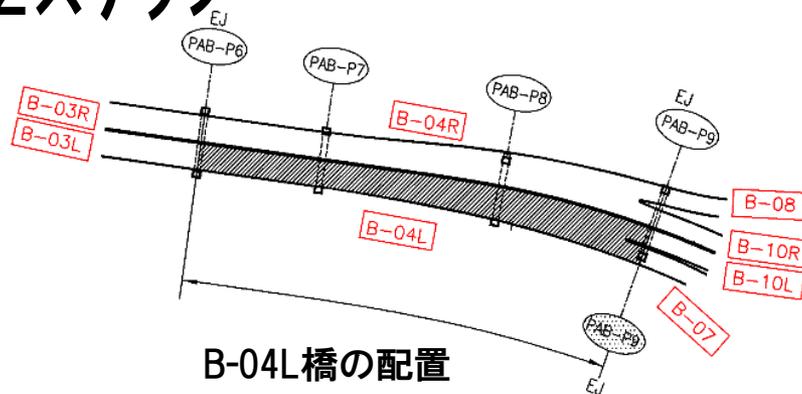
6. 3 キャンバー管理

例) B-04L 橋脚：橋脚を共有する橋梁：7橋

(8橋分) × (4ステップ) = 32ステップ

B-04L+共有する7橋

鋼重,
床版重量,
壁高欄重量,
舗装重量



PAB-P6橋脚		
支点位置	B04L G1	B04L G3
製作キャンバー	8	19
橋脚自重	1	1
B-03L	鋼桁	1
	床板	2
	壁高欄	0
B-03R	鋼桁	0
	床板	0
	壁高欄	0
B-04L	鋼桁	1
	床板	2
	壁高欄	0
B-04R	鋼桁	0
	床板	1
	壁高欄	0

PAB-P7橋脚		
支点位置	B04L G1	B04L G2
製作キャンバー	9	25
橋脚自重	0	1
B-04L	鋼桁	2
	床板	4
	壁高欄	1
	舗装	1
B04R	鋼桁	0
	床板	1
	壁高欄	0
	舗装	0

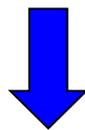
PAB-P8橋脚			
支点位置	B04L G1	B04L G2	B04L G3
製作キャンバー	12	29	38
橋脚自重	1	1	1
B-04L	鋼桁	3	
	床板	5	
	壁高欄	1	
	舗装	2	
B04R	鋼桁	0	
	床板	1	
	壁高欄	0	
	舗装	0	

PAB-P9橋脚			
支点位置	B04L G1	B04L G2	B04L G3
製作キャンバー	0	9	21
橋脚自重	0	1	2
B-04L	鋼桁	0	
	床板	0	
	壁高欄	0	
	舗装	0	
B04R	鋼桁	0	
	床板	0	
	壁高欄	0	
	舗装	0	
B-10L	鋼桁	0	
	床板	0	
	壁高欄	0	
	舗装	0	
B-10R	鋼桁	0	
	床板	0	
	壁高欄	0	
	舗装	0	
B-07	鋼桁	0	
	床板	0	
	壁高欄	0	
	舗装	0	
B-08	鋼桁	0	
	床板	0	
	壁高欄	0	
	舗装	0	

各上部工重量による支点沈下量

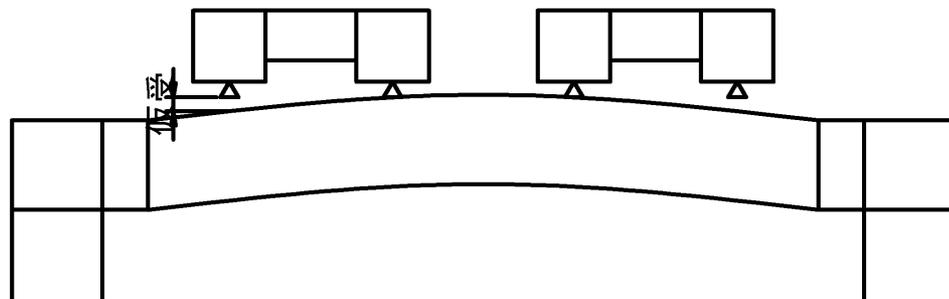
6. 3 キャンバー管理

上部工の製作キャンバーには支点沈下量は反映していない

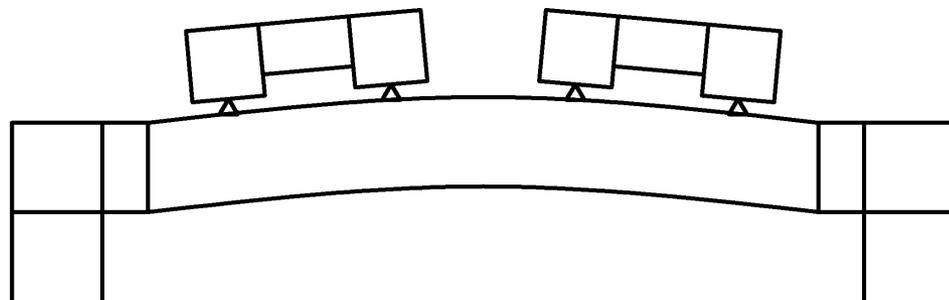


架設時は支点を仮受し高力ボルト締付け後にジャッキダウン

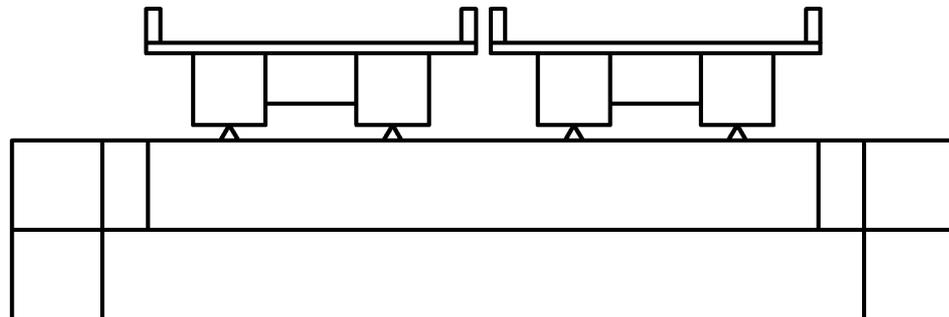
Step-1 架設時（多点支持）



Step-2 ジャッキダウン（ボルト締付け後）



Step-3 完成時（全死荷重載荷時）



架設時支点部支持ステップ

6. 4 ベント設備

新規製作, 簡易な構造⇒H型鋼により製作
昼間の車道確保のため工事桁を渡して門型形状



6. 5 ケラニシッタJCT (B-10橋)の架設

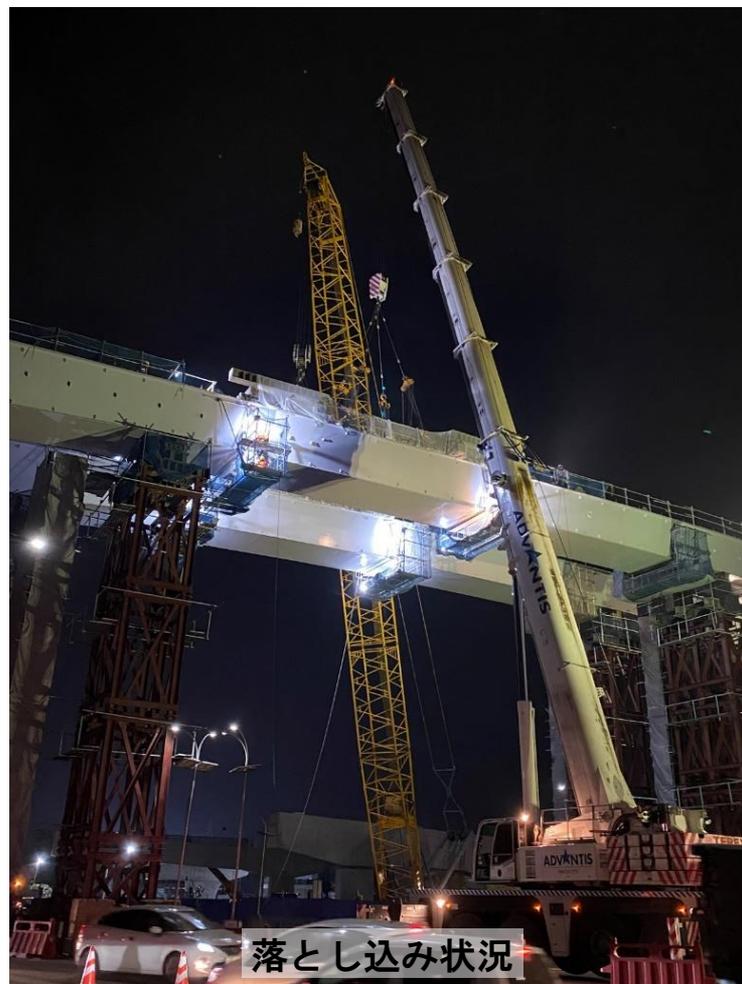
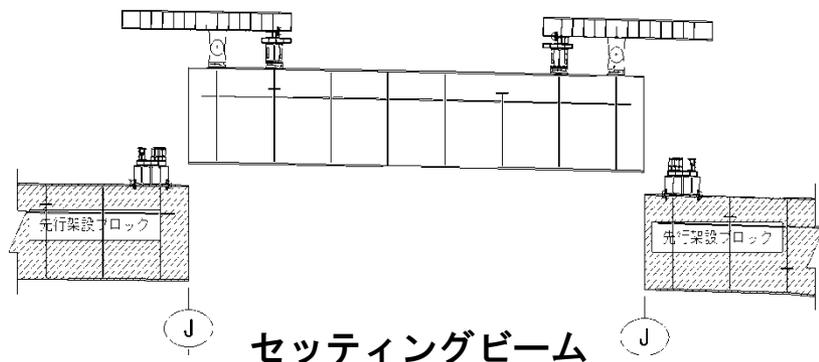
現道、本線橋、ランプ橋の3層構造の最上段
片押し架設⇒両側から同時架設に変更



6. 5 ケラニシッタJCT (B-10橋)の架設

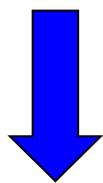
セッティングビームを設置して落とし込み

仕口形状、ジャッキ調整量は格子解析にて算出



6. 6 ポートアクセスライン(B-03, B-04橋)の架設

メインラインと比較し道路幅狭く, 占有地が小さい
横取り架設を検討



横取り架設を行う資機材がない
熟練した作業者がいない

通常のトラッククレーン工法



6. 6 ポートアクセスライン(B-03, B-04橋)の架設

昼間にJCT内のヤードにて地組

規制後ポールトレーラーにて架設地点に輸送



6. 7 合成床版の架設

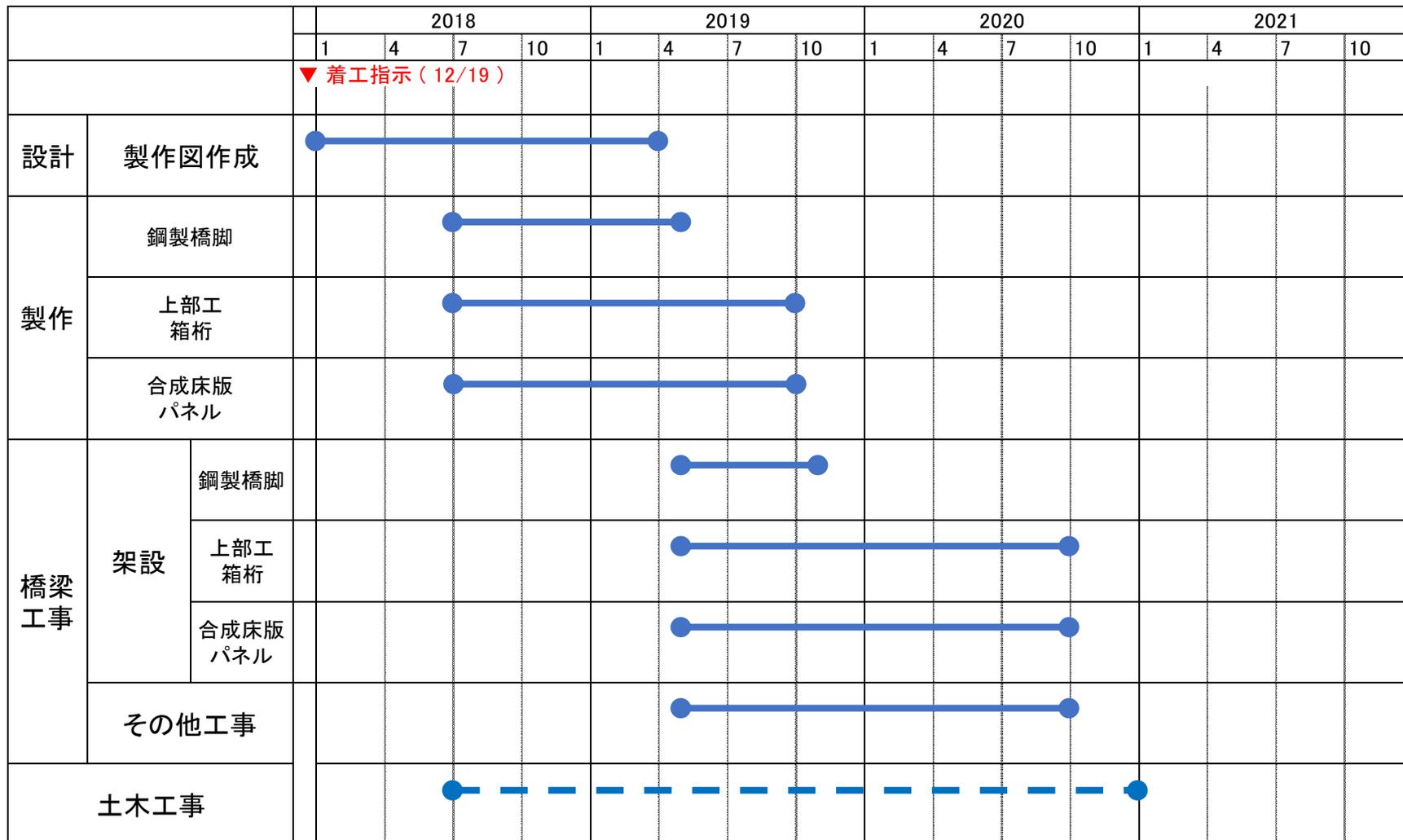
クレーンの旋回エリアを考慮しながらの架設



7. プロジェクト管理

7. 1 全体工程

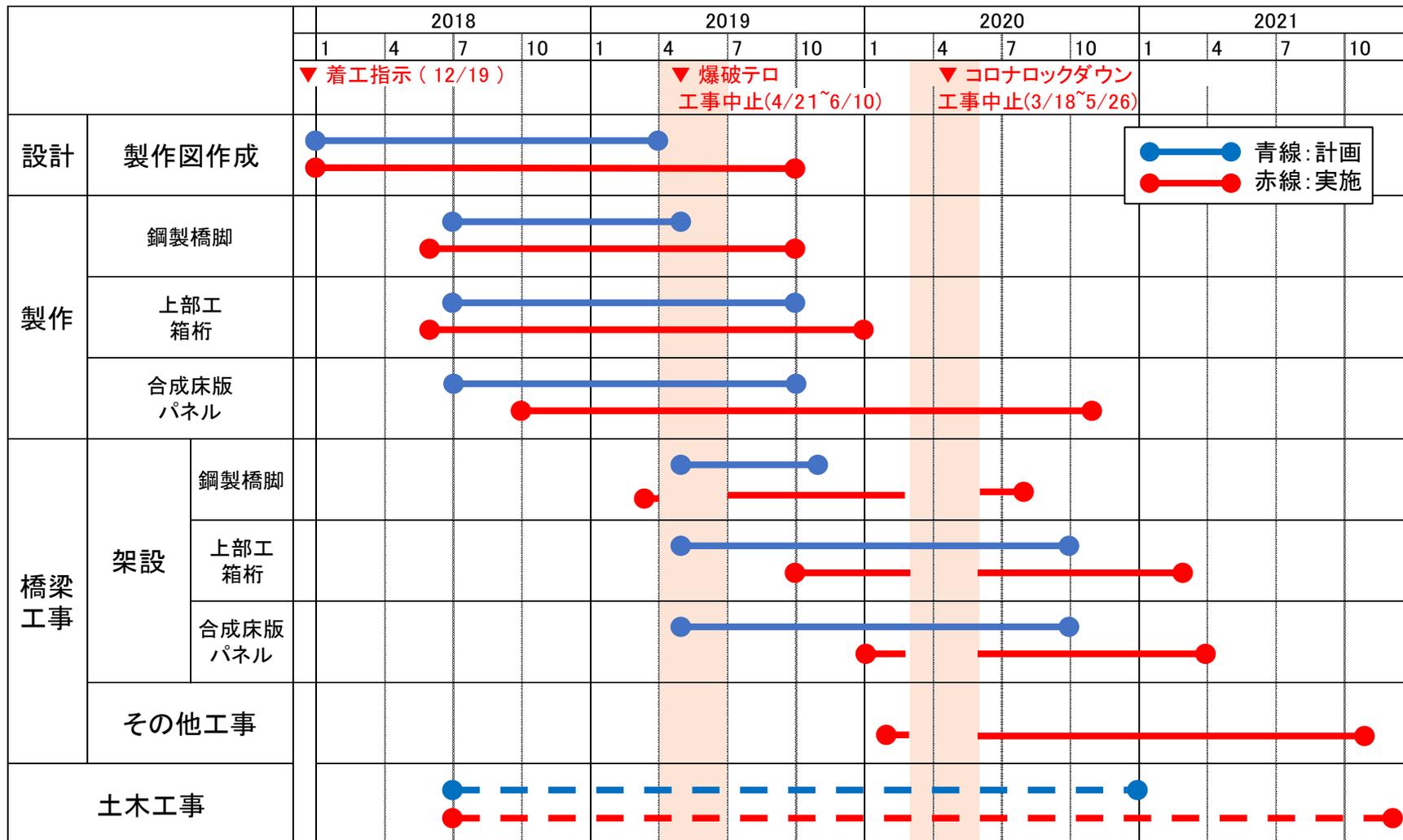
契約工期：3年（基礎～橋梁～土木）



製作工程のイメージ

7. 1 全体工程

連続爆破事件とコロナ禍ロックダウンの2度工事中止



7. 2 テロ対策



危機管理コンサルによる指導



監視塔設置・完成状況



危機管理コンサルによる指導



現場パトロール状況

7. 3 コロナ対策



入退場前の検温・記録



手洗い場を現場に複数台設置



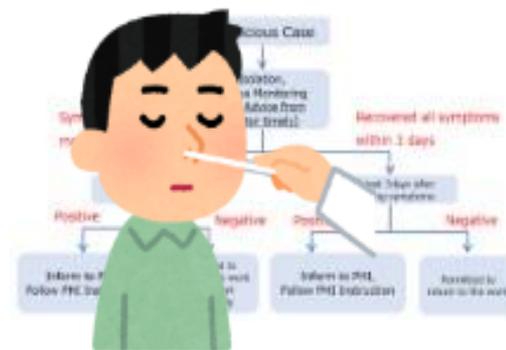
車両移動時の感染防止



現地警察・保険局との緊密な連携



作業員宿舎を建設
労働力を確保



コロナ疑い症状フローチャートの整備と遵守

完成写真①



完成写真②



完成写真③



ご清聴ありがとうございました。

