

# シンガポール公共工事

## 40 m スパンの仮設鋼構造トラス橋（歩道）の解体・撤去

林 伸 幸・和 田 良 太・鈴 木 翔 太

シンガポールは1965年に都市国家として独立以来、経済成長と国際競争力の強化を目指す上で、高度な公共交通インフラの整備を重要政策項目の一つとして、現在にいたるまで積極的かつ安定した建設投資がなされている。特に鉄道公共交通の建設事業分野では継続的に新路線が建設され、2022年6月現在、トムソン・イーストコースト線の残り30%（地下トンネル）、ジュロンリジョン線（高架橋）、クロスアイランド線（地下トンネル）の大型プロジェクトがシンガポール国内で進行中である。弊社は2013年から2020年にわたり地下鉄トムソン線（トムソン・イースト線全5期のうち第2期）T212工区を請け負った。T212工区のシールドトンネル立坑の幹線道路上での構築のため、既設プレキャスト製歩道橋を切り廻す計画であったため仮設鋼構造トラス橋（歩道）が設置され、約5年間の共用機間を終えた。本報告書ではその解体・撤去の際に鋼トラス橋特有の構造的複雑性といった技術的課題への対応を報告するものである。

キーワード：シンガポール、道路土工、仮設構造物、鋼構造、長大トラス橋梁

### 1. はじめに

T212工区は、シンガポール官庁である陸上交通庁（LTA）が計画してきた新規鉄道事業 地下鉄トムソン・イーストコースト線のうち、地下2階構造の駅舎部（228 m長×21 m幅×20 m深）の構築および約4キロのシールドトンネル工事（泥水式シールド3基、立坑41×25×30 m深）を含み、その工事名称は「アップパートムソン駅及びトンネル工事」である。

図-1にT212プロジェクトのシンガポール国内での位置を示す。

当駅を含む6駅、トムソン・イーストコースト線の5区域のうち1区域（図-1参照）、が2021年8月28

日に開業した（写真-1）。

本報文はT212完了後に施工した復旧工事の一部工種に関するものである。埋戻し復旧完了したシールドトンネル立坑は幹線道路であるアップパートムソン道路上に位置していた。立坑構築以前の道路切回し時に設置した仮設歩道橋の撤去に際して、設置時は道路共用区域外であったが、共用区域内での作業であることがさらに複雑にした。図-2～4にその詳細を示す。

### 2. 仮設歩道橋の諸元

H鋼 杭基礎  
鋼構造 橋梁上部・下部工



図-1 プロジェクト位置図



写真-1 アップパートムソン駅プラットフォーム

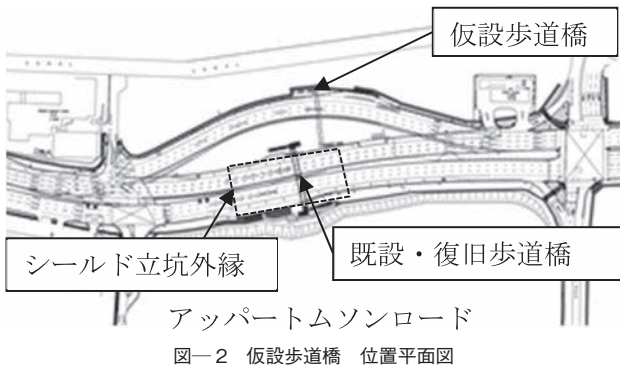


図-2 仮設歩道橋 位置平面図

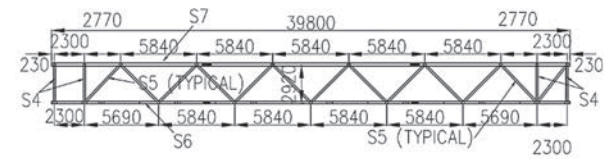


TABLE 1

STEEL MEMBER	SIZE	STEEL MEMBER	SIZE
S1	L 120x120x12mm	S8	UC 356X368X162 kg/m
S2	L 80x80x8mm	S9	L80x80x10mm
S3	UC 125x125x23.6 kg/m	R1	CUT FROM RHS 200x100x6mm (d = 100~190mm)
S4	UC 150x150x31.5 kg/m	R2	RHS 60x40x6mm
S5	UC 150x150x31.5 kg/m	R3	L100x75x10mm
S6	UC 203x203x46 kg/m	C1	SHS 80x80x8mm
S7	UC 250x250x72.4 kg/m		

図-3 鋼構造上部工詳細図

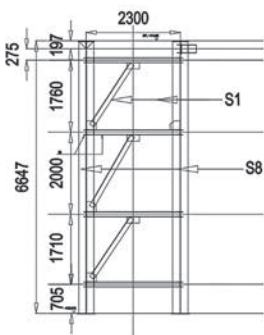


TABLE 1

STEEL MEMBER	SIZE
S1	L 120x120x12mm
S2	L 80x80x8mm
S3	UC 125x125x23.6 kg/m
S4	UC 150x150x31.5 kg/m
S5	UC 150x150x31.5 kg/m
S6	UC 203x203x46 kg/m
S7	UC 250x250x72.4 kg/m
S8	UC 356x368x162 kg/m
S9	L80x80x10mm
R1	CUT FROM RHS 200x100x6mm (d = 100~190mm)
R2	RHS 60x40x6mm
R3	L100x75x10mm
C1	SHS 80x80x8mm

図-4 鋼構造下部工詳細図

上部工 39.8 m 長 (支点間距離 37.0 m)  
 構造形式 1 径間トラス架構×2 (間隔 2.3 m)  
 総鋼材量 40.0 t (下部約 10 t, 上部約 30 t)

シンガポールにおいては、屋根や階段が付随するインフラ構造物には構造設計に加え、建築士による諸官庁への手続きが必要であり本工事でも提出している。現在は3年程度を超える期間据え置かれる仮設橋梁は本設インフラ扱いとなり、海上からの塩害の影響を受けやすい当地では鋼構造橋梁の許認可に所定の制限がかかる。

歩道橋の利用者は、近隣住宅地に住むバス停利用者であり、次の横断歩道まで約 200 m 程度の歩行距離が必要となるため、道路切り回しのどの段階でも歩道橋機能維持を要望していた (写真-2)。

### 3. コロナ禍での道路復旧工事の建設環境

シンガポール当局と工事継続に関するマネジメント対応が協議され、コロナ禍の作業は工事区域の明確な区分を行い感染発覚時の隔離作業員を限定する措置が継続的にとられた。2020年9月頃の作業区域図を図-5に示す。

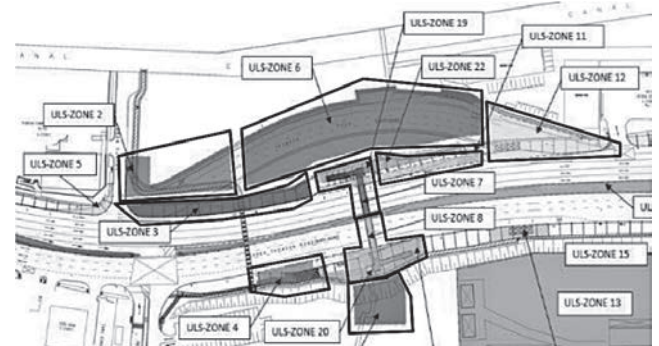


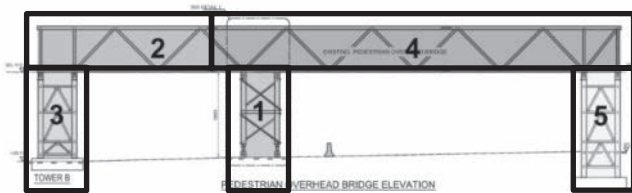
図-5 コロナ禍での作業区域図



写真-2 仮設歩道橋 遠景

#### 4. 当初計画における施工ステップ図

当初計画では、周辺環境制約により上部工を仮受けて一般道の共用を優先する二段階での解体予定であった。当初計画施工ステップ図を図一6に示す。



図一6 当初計画施工 ステップ図

施工ステップごとの施工内容を以下に列記する。(図中番号=ステップ番号)

- ステップ1：仮設中間支持架構の設置
- ステップ2：上部トラス架構の一部解体
- ステップ3：図中左の下部工の解体
- ステップ4：残りの上部トラス架構の解体
- ステップ5：図中右の下部工の解体



写真一3 下部工 近景



写真一4 上部トラス架構内 近景

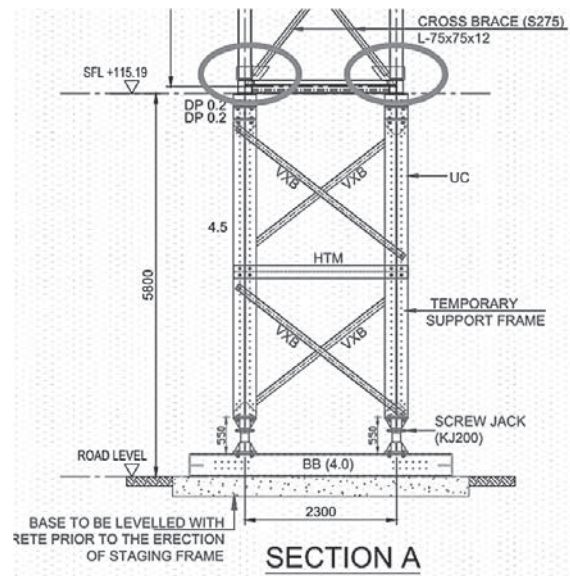
#### 5. 検討課題と技術的解決策

##### (1) ステップ1における構造形式の変更

共用状態の幹線道路上部の1径間橋梁に中間支点を設けると、短期間ではあるが、2径間連続橋梁へと構造形式が変更される。

施工前の長大スパンの上部工変位と下部工反力を2径間連続橋梁のものへと段階的に推移させて、次段階で各部材へ衝撃力がかからないようにする課題があった。追加する中間支持架構の天端に油圧ボタンジャッキを装備して上部工からの荷重が設計上の反力になることを油圧ゲージなどにて確認する対策が必要であった。

下記図一7の中間支持架構上部丸囲いの箇所である。



図一7 中間支持架構の油圧ジャッキ設置参考図

その他に、当初引張応力状態であったトラス部材が圧縮状態に遷移する箇所などがあり、各部材断面力、有効座屈長を再度検証して適切な補強が必要であった。また、上部にクレーン作業の障害となる既設上部工があるため、仮設中間支持架構は人力による組み立てにより施工効率と施工安全性を確保しなくてはならなかった。

##### (2) ステップ2における構造形式の変更

ステップ1において2径間連続桁構造となったあとで、ステップ2ではクレーンで吊った状態でトラス部材をガス切断などして解体する必要があった。つまり、再び1径間に戻す計画であった。

クレーンの吊り治具により撤去部材の弦材格点を全て支持したとしてもトラス部材の軸力はゼロにならないため、ガス切断時の段階的衝撃力に対する作業員の安全性を確保する課題があった。2列のトラス架構を上弦材において追加横桁にて剛結させて段階的衝撃力を分散させることや下弦材の格点をさらに地上より支保すること、ステップ3で撤去する下部工の水平力に対する補強をほどこすこと、重機にクラッシャーを装備してガス切断を避けるなどを検討した(図-8)。

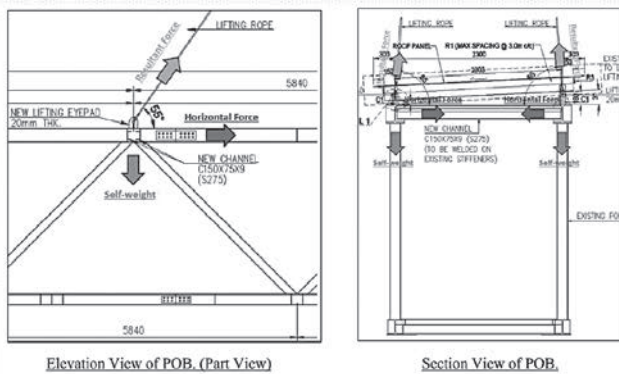


図-8 クレーン保持時の補強など参考図

この検討段階において、クレーン、下部工、仮設中間支持架構の反力および各部材にかかる衝撃力が各部材切断段階において複雑であることを加味してトラス架構 40 m スパン一括吊り下ろしに変更することとなった。

全スパン一括吊り下しのために、地域住民および道路管理者と協議をかさね安全上の問題が潜在していることを加味して歩道橋がない時間を別の地上歩道で代替することとなった。

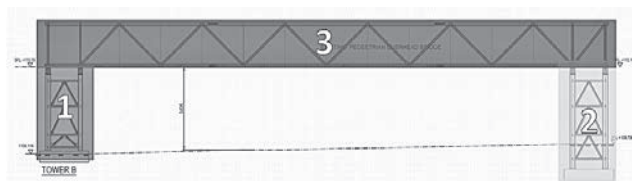


図-9 最終計画施工ステップ図  
ステップ3→ステップ1→ステップ2

以下、全スパン一括吊り下しでのさらなる検討を示す。

### (3) ボルト接合部の鋼材腐食の可能性

現地にて鋼構造部材を目視で確認したところ塗装が新品のままであり疲労変形している箇所は見当たらなかったが、下部工と上部工をボルト接合している箇所



写真-5 下部工・上部工接合ボルト近景

は塗装がなく腐食による付着の潜在的可能性があり衝撃応力に備えるといった課題があった。

対策として剥がれを促進するため1~2tの吊り荷重をかけて大ハンマーにより接合部付近をたたくことにした。また、段階的に吊り荷重を増やしていきクレーンコックピットの荷重計が10t(全吊り荷重約27tに対して)になってもはがれない場合、ガス切断に切り替える準備を用意しておいた。

### (4) 一般道路・歩道近接での長物の吊り荷作業

長物のクレーン吊り荷作業は、クレーンの旋回ではなく玉掛・合図者のガイドロープによる誘導が必須であるので明確な安全施工手順の確立が課題であった。

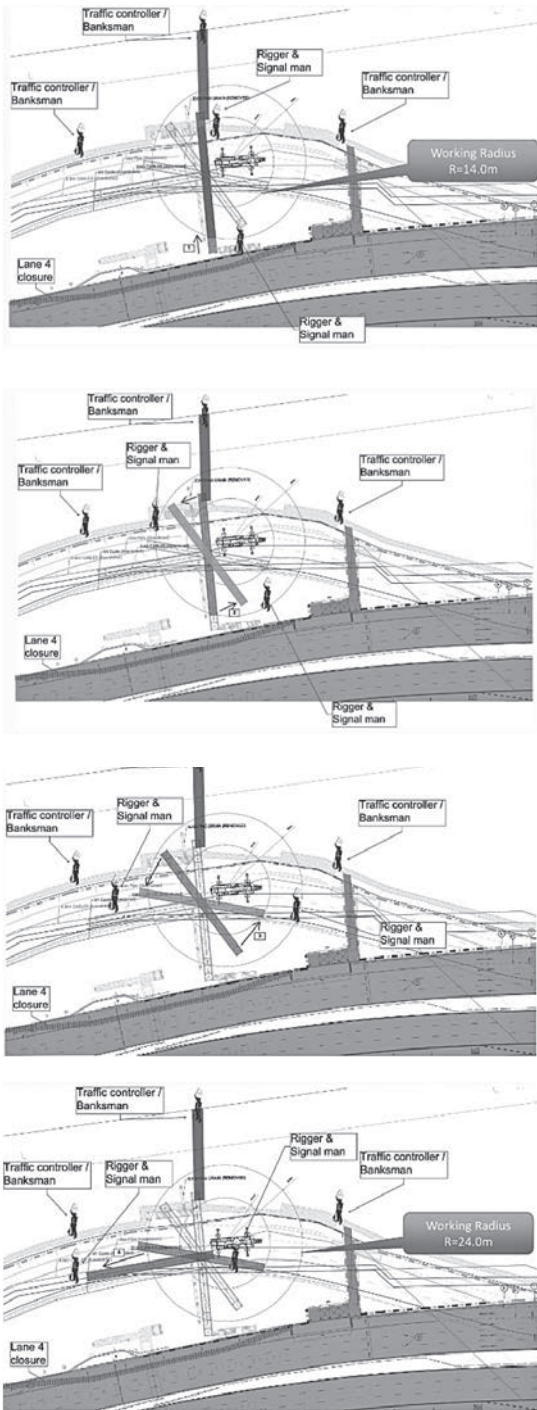
一つの端部に常時2名を配置すること、それら玉掛・合図者が移動する箇所の資材やフェンスを撤去し整地すること、吊り荷の回転時の役割分担を施工手順会で明確にすることなどを対策として実施した。

長物の吊り荷作業手順を図-10に示す。

### (5) クレーン計画

吊り荷重27t、発注者指定安全率1.3、最大作業半径24mを踏まえて、500tラフタークレーンを用いることを前提にクレーンアウトリガー部分の地盤の確認を平板載荷試験により実施した。また、地下埋設物図を参照し地盤沈下の可能性を確認した。

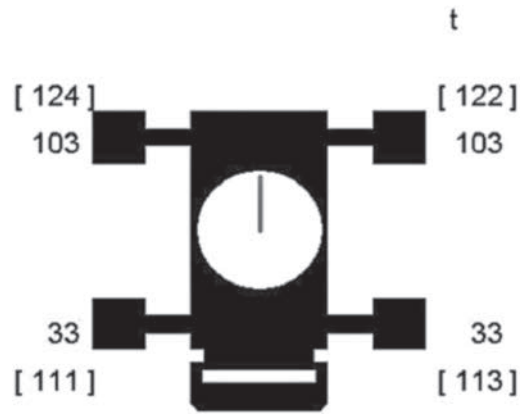
最大2mmの沈下に止まることを計測し、地盤耐力は十分であると判断した。



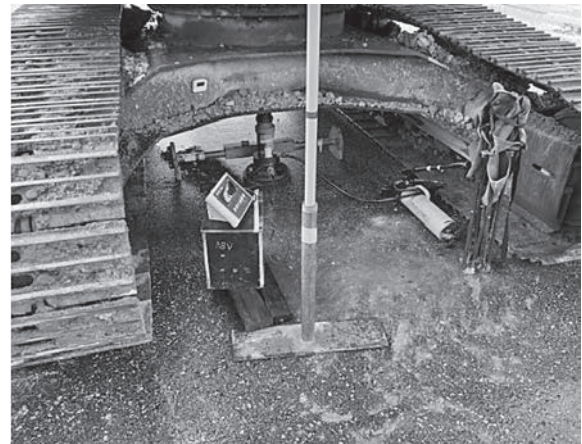
図一 10 長物の吊り荷作業手順



写真一 6 下部工接続部 確認状況



図一 11 アウトリガー設置圧



写真一 7 平板載荷試験状況

## 6. おわりに

シンガポールでは構造計算書等についてPE (Professional Engineer) による計算を行い、設計承認機関の承認をとることが前提である。

また、PE の計算は効力が強く、内容確認不足等がおこる場合がある。今回の施工手順の見直しにより、トラス構造から仮設鋼構造下部工に加わる荷重計算を確認した結果、風荷重の考慮等が抜けていたことが判明した。協力業者から提出された計算書および施工手順書をうのみにするのではなく、よく確認し、想定される設計条件等をしっかり吟味することが重要である。

各種検討のために施工時期の変更やステークホルダーとの協議により発注者の協力が必要となったが、一括スパン吊り下しが無事完了した瞬間には発注者から拍手を頂いた。弊社シンガポール事業では、橋梁架設にかかわる建設機械において次のような実績があり、継続した発注者からの技術的評価を頂けるよう今後も詳細検討に自ら参画すべきと筆者は考える。



写真-8 鉄道橋バランスキャンチレバーハンガーフレーム



写真-11 道路橋の現場打ちバランスキャンチレバー移動型枠

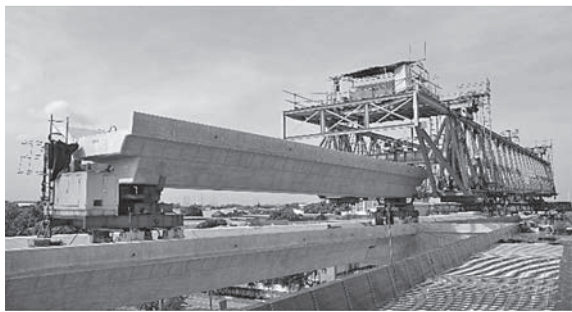


写真-9 鉄道橋 25m スパン PSPC 箱桁のエレクションガーダーと橋梁移動台車



写真-12 道路橋のスパンバイスパン工法エレクションガーダー



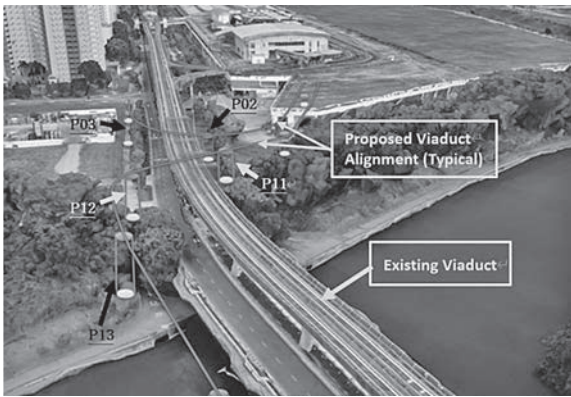
写真-13 道路橋のプレキャストバランスキャンチレバー移動式 PC 緊張吊り足場 (高速道路上部)



写真-10 道路橋の移動式 PC 緊張吊り足場



写真-14 ステンレスチール 2重らせん歩道橋の仮設門型クレーンと軌道支保 (海上)



写真—15 鉄道橋プレキャストバランスキャンチレバー工法 (2022年6月現在施工計画中)

JCMA

[筆者紹介]



林 伸幸 (はやし のぶゆき)  
 佐藤工業㈱  
 シンガポール支店 土木部  
 T212 作業所  
 所長



和田 良太 (わだ りょうた)  
 佐藤工業㈱  
 土木事業本部 設計部  
 副課長



鈴木 翔太 (すずき しょうた)  
 佐藤工業㈱  
 シンガポール支店 土木部  
 CAG ITBT 作業所  
 主任

