

# プレキャストスパン工法による高架橋架設

## —台湾新幹線の急速施工—

丸山 哲郎・山田 毅・定松 道也

19 km を越す高架橋工事において、桁架設に与えられる時間は18ヵ月。常識を超えた急速施工を遂行するに当たり、プレキャスト桁による一括架設工法（PSM 工法）が台湾新幹線高架橋工事に採用された。設計施工ベースの契約、未経験の施工法、膨大な施工ボリューム等、取巻く環境はやさしいものではなかったが、これらを克服し工事は最盛期を迎えている。本報文ではこの PSM 工法の概要と施工実績について報告する。

キーワード：橋梁，PSM，プレキャストスパン工法，ラウンチングキャリア（桁運搬架設大型台車），急速施工，プレキャスト桁，一括架設

### 1. はじめに

台北-高雄間約 340 km を結ぶ台湾新幹線は、BOT（Build-Operation-Transfer）プロジェクトの性格上、建設に与えられる期間は極めて短い。株式会社大林組（以下当社と略記）と台湾の互助營造との JV は 12 工区のうち最も台北よりの 2 工区（C 210 と C 215 工区、それぞれ、11.280 km、40.460 km）を設計施工契約ベースで受注した。

本報文で報告する施工区域は C 215 工区に属し、契約開始日から軌道工事への引渡し日までの期間は 3 年 9 ヵ月。現場組織のセットアップに始まり、設計業務、設計照査及び施主の設計承認、下部工、後向き橋面工事期間を踏まえると、わずか 18 ヵ月しか桁架設に当てることが出来ない。最盛期において一ヵ月当たり 36 スパンの進捗が要求された。

こうした状況下、PSM 工法が採用され、サブコントラクタである VSL-Rizzani de Eccher 共同企業体とともに常識を超えた急速施工に挑んだ。

### 2. 工事概要

高架橋工事の概要を以下に記す。

- 工事名称：Taiwan High Speed Rail Project Civil Works CONTRACT C 215
- 発注者：台湾高速鉄路股份有限公司
- 契約形態：設計施工
- 工事場所：台湾，桃園県-新竹県

- 工期：2000 年 4 月 1 日から 2004 年 9 月 27 日  
軌道工への引渡しは 2004 年 2 月 28 日
- 工事内容：C 215 工区総延長 40,018 m  
トンネル延長 6,706 m  
高架橋延長 29,372 m  
開削，切盛土 3,940 m

このうち、本報文で報告する工法は高架橋施工区間のうちの施工延長 19.339 km において採用された。

その構造物タイプ別の内訳は以下の通りである。

- P S M 単桁：16,499 m（桁長 30 m；480 スパン，桁長 21.5~28 m；83 スパン，合計 563 スパン）
- 場所打ち単桁：1,555 m（49 スパン）
- カンチレバー橋：1,165 m（中央径間 50 m から 100 m，合計 7 橋）
- 盛土区間：120 m

### 3. PSM 工法の概要

PSM 工法とは Precast Span Method の略で、イタリアや韓国における高速鉄道建設での実績を持つ施工方法である。

施工用地近傍に新設した桁製作ヤードにおいて総重量約 730 トンのプレキャスト桁（30 m 標準スパン）を製作し、ラウンチングキャリア（以下、LC、写真—1）と呼ばれる桁運搬架設大型台車によりプレキャスト桁は製作ヤードから高架上を通して桁架設場所へ運搬される。

架設場所には、架設桁（サポートビーム、以下 SB、



写真一 ラウンディングキャリア (LC)



写真二 サポートビーム (SB)

写真一2) があらかじめピア上にセットされており、LCはSBとの共同作業で自ら運搬してきたプレキャスト桁を所定の位置へ架設する。架設終了後、LCは製作ヤードへ戻り次の桁の運搬作業へ取掛かり、SBは自ら前方へラウンディングし、次の架設に備える。

この一連の作業を繰り返すことで、膨大な施工量を短期間に消化するものである。製作サイクルおよび運搬架設サイクルをいかに短縮するか、両サイクルタイムのバランスをいかにとるかが、施工計画のうえで特に留意された。施工が進むにつれ、運搬距離が遠くなることから運搬架設サイクルタイムは長くなるが、工期全体を通して常に桁製作がクリティカルになるような設備計画を行った。

#### 4. PSM 工法採用の背景

PSM 工法の採用に至った主な理由は以下の通りである。

- ① マスボリュームに対応できる急速施工が可能。
- ② 膨大な施工量に対応できる組織作りがやすく、マネジメントの効率化が図れる。
- ③ 安定した労務の需要により、労務の調達が比較的容易である。
- ④ 工場製作による集約的な品質、安全、施工管理が可能で、均一で高品質な構造物を製作できる。
- ⑤ 桁架設は桁下条件（道路、鉄道、河川等）の影響を受けにくいいため、工程の見通しがつきやすい。
- ⑥ 下部工のほとんどが直設基礎であり、工程遅れに対する懸念が少ないため、PSM 架設工が到達した際に橋脚が未完成であるリスクは低い。
- ⑦ 片押し施工のため、設計業務も片押し的な流れとなり、設計工程と施工工程のオーバーラップが容易となり、効率的な設計業務が可能となる。
- ⑧ 架設速度が速いため、一箇所での施工時間が非常に短く、近隣に対する迷惑が少ない。

#### 5. 桁製作ヤード

##### (1) 場所選定

施工区域の始点に製作ヤードを設けた結果、LCの延べ運搬距離は11,000 kmを越え、東京-大阪間を10往復以上する距離に匹敵した。運搬距離の面では不利な位置ではあったが、以下の理由により当地を採用した。

- ① 政府所有地で、借地料が民間に比べ安く、借地交渉窓口が1本化でき、ネゴシエーションの早期決着が可能。
- ② 施工区域端にある本設盛土を利用して、桁を地上から高架上へキャリアだけで運べる。高架上への桁荷揚げ設備が不要で、時間とコストを削減できる。
- ③ 立ち退きの終了した再開発地域に位置し、騒音による外部への影響が少ない。

## (2) 桁製作サイクルタイム短縮のための方策

設計、施工の両面から桁製作サイクル短縮へ向けて以下の方策を講じた。

- ① 各製作ラインに鉄筋組立てジグを設け、鉄筋プレハブ化により鉄筋加工組立て作業を桁製作サイクルのクリティカルパスから外す。
- ② 蒸気養生を導入し、桁製作サイクルで最も長時間を占めるコンクリート養生時間の短縮化を図る。
- ③ 製作サイクルタイムのクリティカルパス上にある桁製作ベッドにおけるプレストレス関連作業をプレテンション、ポストテンションの併用により他の作業ブロックに分散させる。
- ④ 標準スパン (30 m) を最大限に配置するスパン割りを設計へ反映し型枠段取替え回数を減らす。

## (3) 製作ヤードレイアウト

3m<sup>3</sup>練りのミキサを装備したコンクリートバッチャプラントをヤード内に新設し、時間当たり 90 m<sup>3</sup> の安定供給を確保するとともに、30 分以内の距離にある既設バッチャをバックアッププラントとしてスタンバイさせ、ヤード内バッチャのトラブル時や2ベッド同時に打設する際に使用した。

その他に、当社 JV とサブコントラクタそれぞれの現場事務所、材料保管倉庫、機電修理場、500 人収容の労務宿舎、プレキャストのパラペット製作ヤード、材料試験室などをヤード内に設け、その総面積は約 60,000 m<sup>2</sup> になった。PSM プレキャスト桁製作ヤードは No.1 と No.2 からなる。

### (a) No.1 製作ヤード

三つの製作ラインによりプレテンションとポストテンションの併用タイプの桁を生産する。それぞれの製作ラインは以下四つのブロックから成り、ストックヤードは共有された。

#### (i) 鉄筋加工ヤード

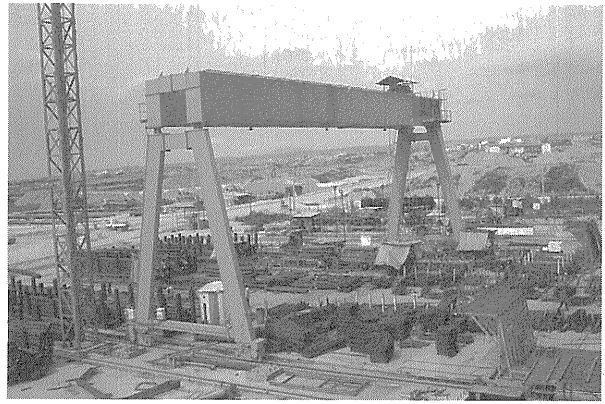
150 t・m タワークレーンと 4 台の 55 トン門型クレーンにて鉄筋のさばきを行う。加工設備は 1 日あたり 150 トンの能力を有する (写真—3)。

#### (ii) 鉄筋プレハブヤード

フルスパン用ジグと端横桁鉄筋用ジグを配置した。1 スパンあたり約 50 トンの鉄筋を 24 時間で組立てた。上記 55 トン門型クレーンの相吊りでプレハブ鉄筋を桁製作ベッドへ移動して、落としこんだ (写真—4)。

#### (iii) 桁製作ベッド

鋼製外型枠、固定式 RC 反力台と可動式鋼製反力台からなる。プレハブ鉄筋セット後、内型枠をひとつ前の製作済み桁より拔出し、鉄筋籠の中へ挿入する。内

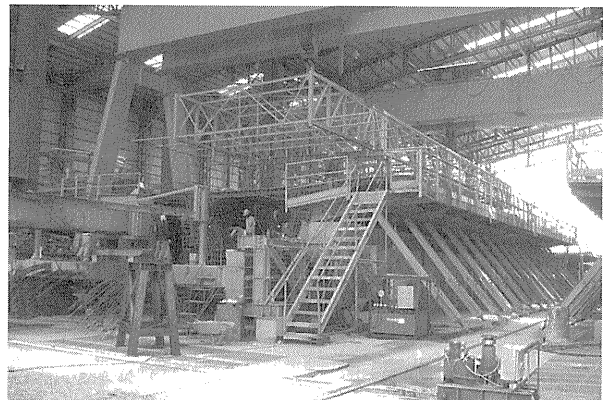


写真—3 鉄筋加工ヤード



写真—4 プレハブ鉄筋吊込み

型枠及び妻型枠セット後、プレテンション用ストランドを 2 台のモノストランドジャッキを用いて、1 本ずつの緊張作業に入る。98 本のストランド緊張終了時には約 2,000 トンの緊張力に達し、その反力受けには鉄筋コンクリートの固定式反力台と鋼製可動反力台を使用した。コンクリート打設後、蒸気養生 (最高温度 65°C、夏場で 8~10 時間、冬場で 12~14 時間) を施し、強度発現後 (緊張時 280 kgf/cm<sup>2</sup>)、可動式反力台に取付けた 4 台の 1,000 トンジャッキを開放させることで緊張力 (プレテンション) を導入した (写真—5)。



写真—5 桁製作ベッド

(iv) ポストテンションヤード

450トン門型クレーン2台による相吊りにより桁製作ベッドから運ばれてくる。残りの4本のポストテンション(22S15.2)緊張後、9スパン分のストックヤードに移動される(写真-6)。



写真-6 桁ストックヤード

(b) No.2製作ヤード

コスト削減のためLCを桁脱枠にも使用した。LCとプレテンション用反力台の干渉を回避するため、すべてポストテンションとした。二つの外型枠で一つの内型枠を共有し、鉄筋は直接型枠内で組立てることで、コンパクトなレイアウトを実現した。桁製作ベッドにて半分の緊張力導入後、LCにより脱枠した。ストックヤードへ移動後に残りの緊張を行うことで製作サイクルの短縮化に成功した(写真-7)。

(4) 製作実績

目標サイクルに達するまで時間を要したが、最終的には週あたり12本の製作スピードまで達した。このときの製作ベッドでのサイクルタイムは約48時間であった。

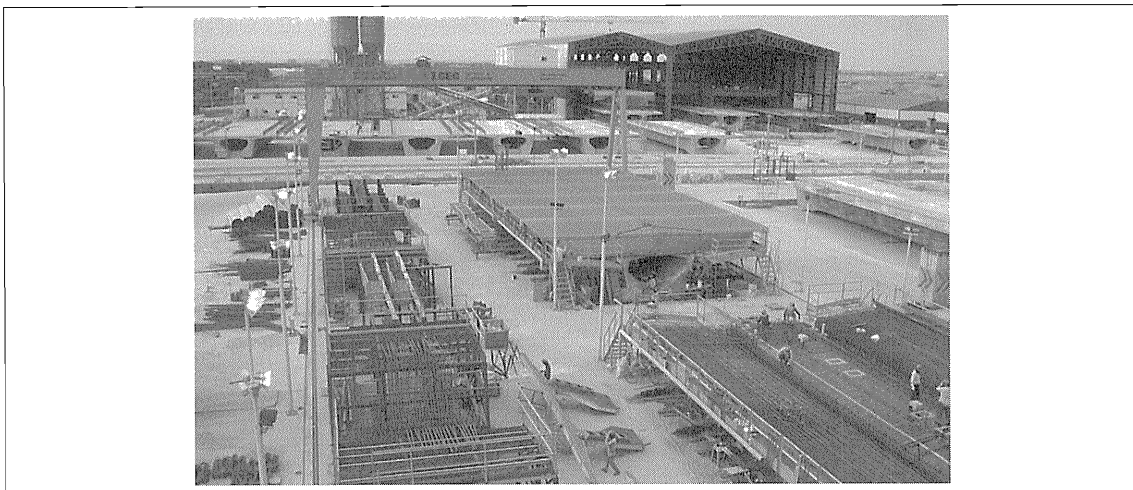


写真-7 No.2製作ヤード全景

6. 桁運搬及び架設

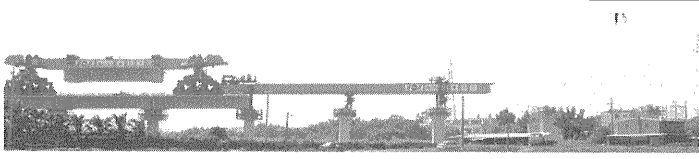

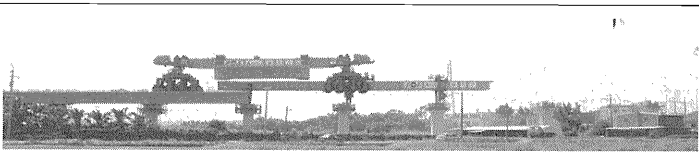
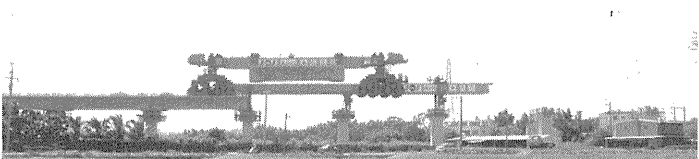
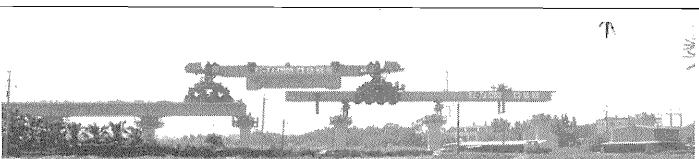
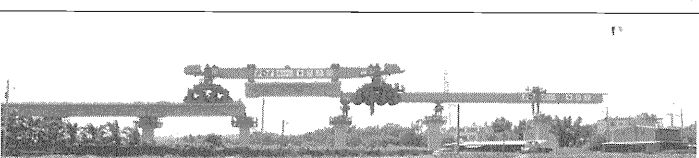
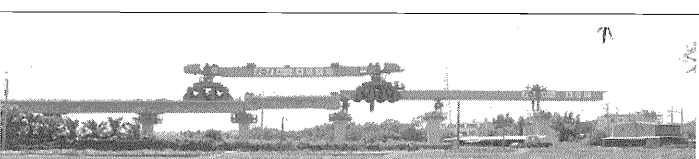
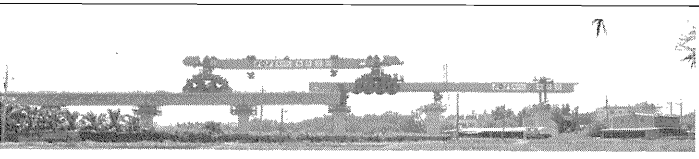
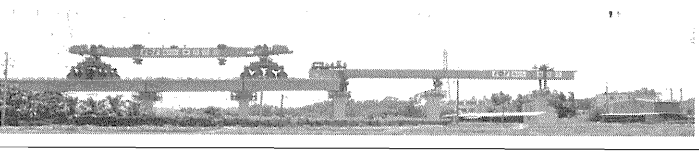
2台のLCを導入した。当工区の中ほどに(製作ヤードから10km地点)キャリアの待避所(写真-8)を高架脇に設け、架設場所が製作ヤードから遠く離れても、2台のキャリアが効率良く稼働するよう配慮した。桁運搬時は時速3.5km、空車時には安全上の理由から最大時速5kmでLC(諸元は表-1)は走行した。



写真-8 LC履行状況

表-1 LCの諸元

項目	諸元
長さ×幅×高さ(m)	59.20×8.43×11.35 (m)
自重	3,630 kN
速度	負荷時 3~4 km/h 無負荷時 8~10 km/h 実施 5 km/h
最大登板勾配	3%
最小平面半径	300 m
搭載エンジン	420 kW×2台
タイヤ	外径 2.7 m×16 輪 チューブレス 内圧 7 気圧
油圧ウィンチ	4台 吊揚げ速度 0.5 m/min

	作業内容	累積時間(分)	状況
1	LCが架設場所に到着	0	
2	LC前方駆動部をSB上の台車からジャッキアップ	15	
3	LC後方駆動部を使用しSB上を台車とともに移動	—	
4	架設位置到達	30	
5	SB自体の駆動装置によりメインビームを前方へ送り出す	—	
6	メインビームの送り出し完了	50	
7	LCの油圧ウインチによりプレキャスト桁吊り下ろし	70	
8	LC前方駆動部を接地させるため、メインビーム引戻し	80	
9	SB上の台車のジャッキダウン後、LCは製作ヤードへ戻る	90	

図—1 PSM桁架設フロー

架設フローを図—1に示す。

## 7. PSM採用時の留意点

立ちあがりには時間を要したものの、現在では50

スパン/月を記録し、予想を上回る進捗で完成へ向けて進んでいる。しかしながら、PSMは決して万能ではなく、条件、環境が揃って初めて能力を発揮する。PSMの抱える根本的な課題について以下に検証する。

① PSMの遅れを従来の工法でキャッチアップす

るのは困難である。PSMの1ヵ月の遅れは固定式支保工1セットによる施工の2年分に相当する。工期後半に発生した遅れに対してはほとんど無力である。バックアップ体制の充実が必須である。

- ② 大規模な機械設備等の固定費をペイするだけの施工ボリュームがあるか。
- ③ PSM架設に追いつかれない進度を下部工事が確保できるか。その際、不経済な資機材段取りとしないか。
- ④ 製作サイクルタイムの正確な想定が極めて重要である。サイクルタイムの数時間の誤差が全体工期では月の単位で現れる。
- ⑤ 数万m<sup>2</sup>にも及ぶ製作ヤードが適当な場所に確保出来るか。造成や借地にかかるコストインパクトはいかほどか。
- ⑥ プレキャストのメリットを生かすべく、単一規格の桁(桁形状、桁長)の桁レイアウト設計が可能か。
- ⑦ プレテンションとポストテンションのそれぞれの長所を十分生かしているか。

## 8. ま と め

PSMはその特殊性により、適用できるプロジェクト

トは極めて限られている。しかし、この常識を超えた発想とそれを実行に移すところに、土木技術発展の礎があるものと信じる。既成概念に捕らわれ、一步前に踏み出すことを躊躇した際に、このレポートが一助となればこのうえない幸いである。

JICMA

### 【筆者紹介】

丸山 哲郎(まるやま てつろう)  
株式会社大林組  
海外土木事業部  
部長



山田 毅(やまだ たけし)  
株式会社大林組  
台湾新幹線 215 工区  
所長



定松 道也(さだまつ みちや)  
株式会社大林組  
台湾新幹線 215 工区  
副主査



# 移動式クレーン Planning 百科

社団法人日本建設機械化協会機械部会建築生産機械技術委員会移動式クレーン分科会(石倉武久分科会長)では、約2年間の編集作業を終え標記の図書を刊行しました。

本書は、

- ・建築工事計画担当者、
- ・工事担当者、
- ・作業実施担当者、

にとって、短期間に移動式クレーン作業の要点を習得するのに最適な書物です。担当する建築工事に適合する移動式クレーンをより迅速に、より効果に選定・運用する際に大いに活用下さい。

A4判 159頁 定価2,000円(消費税別) 送料400円

## 社団法人 日本建設機械化協会

〒105-0011 東京都港区芝公園3-5-8 (機械振興会館) Tel.03(3433)1501 Fax.03(3432)0289