

## 総延長 300 km におよぶ世界各地の地下鉄用 U 型断面高架橋（後編） — 300 km of U-Shaped Viaducts for Metro Lines From Around the World —

著：Serge Montens, Jean-Charles Volley, Anand Pandey  
 訳：会誌編集委員会海外部会

1990 年代に、SYSTRA 社は地下鉄用高架橋に適用した U 型プレストレストコンクリート下路桁（以下、U 型 PC 下路桁）の特許を取得した。この U 型 PC 下路桁は単線軌道用（small-U）および複線軌道用（big-U）の 2 種類で設計されている。本コンセプトは、コンクリート使用量、施工性、輸送システムの統合、環境への影響および都市統合における多くの利点を有する。後編では、U 型 PC 下路桁の設計・施工と施工事例について報告する。

キーワード：高架橋，地下鉄，プレハブ

### 1. 床版の設計

いくつかの点で、U 型断面桁の挙動は従来の箱桁の挙動とは異なる。U 型断面桁は開断面であるため、複線軌道に作用する非対称な活荷重または平面曲線に作用する死荷重および活荷重によるねじれが、従来の箱桁と同様なサンブナのねじりと左右のウェブに発生する異なる曲げの組合せとして伝達される。この 2 つの挙動の割合は支点上のウェブのねじり拘束など多くのパラメータに依存する。

曲線橋では、上フランジの圧縮力により橋軸直角方向の力が発生する。この橋軸直角方向の力は、ウェブに橋軸直角方向の曲げを生じさせるだけでなく、上フランジに水平方向のせん断力や曲げを生じさせる。橋脚によりウェブのねじれが拘束されている場合、支間の大部分の下床版では橋軸直角方向に引張力が発生する。これらの理由から、3 次元モデルを用いた有限要素解析が必要となる（図 - 4）。

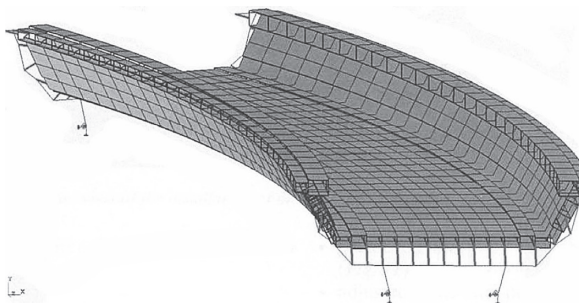


図 - 4 3次元有限要素解析モデル

### 2. 施工方法

長支間の高架橋にプレキャスト桁を適用することは非常に興味深い。単線軌道（small-U）で支間 30 m 以下の場合、1 径間の重量は 220 t 未満となり、1 径間すべてをプレキャスト化することが可能である。この場合、一般的に橋軸方向のプレストレス導入方法は、プレテンシ

ン方式が採用される。その理由は、定着具、シースおよびグラウトが不要となり、ポストテンション方式よりも経済的に優れるためである。2 台のクレーンを使用すれば、一晩で上下線各 2 径間の U 型 PC 下路桁を架設することが可能である（写真 - 1）。クレーンの移動および調整を含めて、U 型 PC 下路桁 1 本架設するのに要する時間は平均 1 時間である。密集市街地のようにプレキャスト部材の運搬が困難な場合には、架設桁架設工法により部材を水平に運搬し架設することが可能である（写真 - 2）。柱頭部は、一般的にプレキャスト部材を使用し、場合により PC 構造となる。

複線軌道（big-U）の場合、2 本のプレキャスト主桁を場所打ち床版にて一体化するか、またはマッチキャストセグメントのいずれかで桁断面の構築が可能である。後者がもっとも効率的な方法である。標準セグメントはロングラインで製作し、柱頭部セグメントはショートラインで製作する。U 型 PC 下路桁は、従来の箱桁と異なり複雑な内部型枠が不要なため、製作が非常に容易である。ロングラインでは、1 日あたり 2 つの標準セグメントの

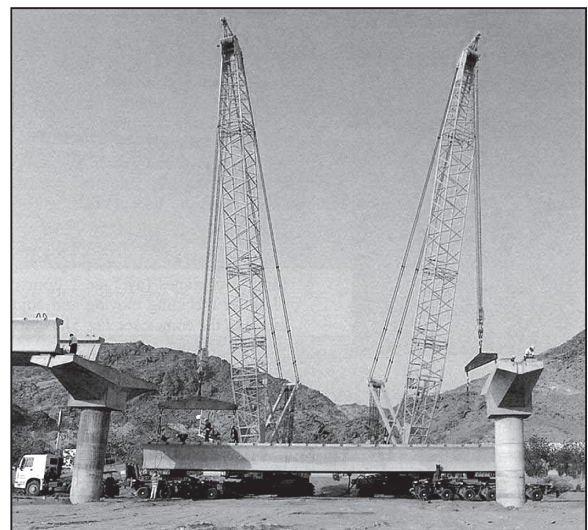


写真 - 1 クレーン架設状況



写真 - 2 架設桁架設状況

製作が可能である。セグメントの組立ては、一般的に自走式門形クレーンを使用して行われる。標準セグメントは、架設桁の下または完成した高架橋の上をトラックにて運搬する。開断面であるU型PC下路桁の組立て作業は、従来の箱桁よりも作業性に優れるため、組立てサイクルは1径間あたり2～3日である。ドバイの地下鉄では、66個の型枠を使用して合計16500個のセグメントが製作された。1日あたりの生産量は35～40セグメントであった。セグメントの組立て作業は、9台の自走式門形クレーンを使用して行われた。

### 3. 施工事例

一番初めに建設されたU型PC下路桁は、複線軌道(big-U)として、チリのサンティアゴ地下鉄5号線(写真-3)および4号線(写真-4)があり、単線軌道(small-U)として、台湾の台北捷運内湖線がある。

ほかにも、UAEのドバイ地下鉄アフマル線およびアフダル線(写真-5, 6)、韓国の議政府地下鉄、中国の上海地下鉄8, 11, 16, 17号線、サウジアラビアのメッカ・ホーリーサイト地下鉄(写真-7)、パナマのパナマ地下鉄にU型PC下路桁が使用された。

インドでも多くの路線で適用されている。複線軌道(big-U)として、デリー鉄道3号線、単線軌道(small-U)として、デリー空港線、ファリダーバード鉄道とその延伸線、ラクナウ鉄道およびムンバイ鉄道1号線が建設された。

2017年までに供用開始される高架橋は8か国の18路

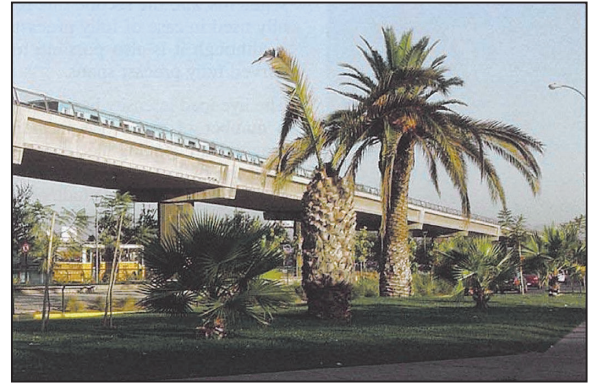


写真 - 3 チリのサンティアゴ地下鉄5号線



写真 - 4 チリのサンティアゴ地下鉄4号線



写真 - 5 ドバイ地下鉄、標準桁



写真 - 6 ドバイ地下鉄、長大支間

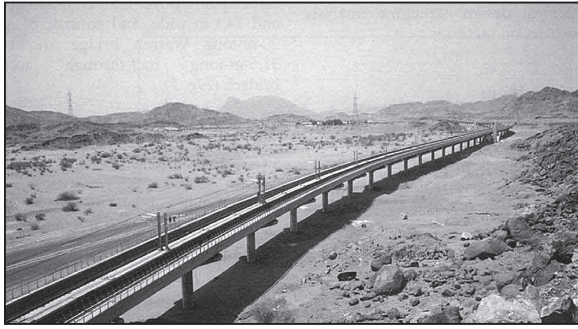


写真 - 7 メッカ・ホーリーサイト地下鉄高架橋

線にわたり、総延長 266 km におよぶ。現在は 46 km の高架橋が建設中であり（インドのガーズィヤーバード線、ノイダ-グレートノイダ線および、中国の上海線 8 路線の延伸線）、総延長 312 km が 2017 年末までに完成予定となっている。

そのほかにも、ベトナムのホーチミン地下鉄およびハノイの地下鉄、チュニジアのチュニス地下鉄、台湾の台中地下鉄の文心北屯線、インドのチェンナイ鉄道 1 号線の延伸線、ムンバイ地下鉄 2A 号線および 7 号線、UAE のドバイ地下鉄アフマル線の延伸線、インドネシアのジャカルタ 1～3 号線など、総延長 137 km の高架橋が建設中である。

さらに 460 km の高架橋が設計段階にあり、そのうちいくつかの路線（コロンビアのボゴタ地下鉄、サウジアラビアのメディナ地下鉄、メッカ・ホーリーサイト地下鉄、

ジッダ地下鉄、インドのムンバイ地下鉄 2B 号線と 4 号線、マレーシアのクアラルンプール地下鉄）が、近々建設される予定である。

#### 4. おわりに

1994 年より、総延長 300 km 以上におよぶ地下鉄用 U 型 PC 下路桁が設計・施工された。長期性能に関する不具合は報告されていない。U 型 PC 下路桁は、建設費を削減できるため、LRT 高架橋に関する興味深い設計コンセプトである。レール高さおよび駅舎部の構造高を低減できるため、U 型 PC 下路桁は、都市景観との調和を促進し、機能性、経済性および工期短縮に優れることを実証している。

*This article was first issued in SEI (Structural Engineering International), 2018, Volume 28, Number 2, page 123-127*

\*：会誌編集委員会海外部会委員  
堀田 尚史（首都高速道路(株)）  
渡邊 秀知（(株)ピーエス三菱）  
佐藤 千鶴（(株)銭高組）  
田中 慎也（(株)IHI インフラ建設）  
森田 遼（鹿島建設(株)）

【2019 年 2 月 8 日受付】



新刊案内

## コンクリート構造診断技術 コンクリート構造診断技術講習テキスト

2019 年 1 月

定 価 7,500 円/送料 300 円

公益社団法人 プレストレストコンクリート工学会