

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（前編） – 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。前編では、U 型 PC 下路桁の特徴とその利点および設計コンセプトについて報告する。

キーワード：高架橋，地下鉄，プレハブ

1. はじめに

世界中の大都市の発展に伴い、効率のかつ立体交差を有する次世代型路面電車システム（以下、LRT）の必要性が著しく高まっている。発展途上国の都心部では、トンネルの建設に建設費と工期が非常にかかるため、これらの輸送システムの発展が遅れている。事業者は、長支間の高架橋に LRT の適用をたびたび決定するが、都市間に建設された高架橋においては景観、外観および騒音の影響に注意を払った環境配慮が要求される。そこで、以降に示す SYSTRA 社により開発された U 型 PC 下路桁が、都市発展の要求に見合った経済的かつ効率的な解決策となる。

2. U 型 PC 下路桁のメリット

2.1 概要説明

本コンセプトはパリの主要公共交通機関（以下、RATP）が都市景観と融合可能な地下鉄用高架橋を建設するために、1990 年代に開発された。U 型 PC 下路桁は 2 本の主桁とその間に配置される下床版で構成されている。両側の主桁はウェブと上フランジで構成され、軌道は下床版に支持されている。また、下床版とウェブの橋軸方向に PC 鋼材が配置されている。U 型 PC 下路桁は単線軌道（small-U）または複線軌道（big-U）を支持できる。この U 型 PC 下路桁の断面は一般的に支間長 36 m 以下の単純

桁の高架橋に使用されている（図 - 1）。しかしながら、すでに連続桁にも採用されており、より長い支間とするには、同様な形状を他の構造部材に組み込むことで実現可能となる。

2.2 レール高さの低減

地下鉄用高架橋の縦断面は一般的に下路桁下の建築限界を基に決定しており、レール高さはこの建築限界および下路桁底面からレールまでの高さから決定している。箱桁断面における下路桁の高さは約 1.25～2.00 m であるが、U 型断面では軌道下の構造高さが下床版厚 0.22～0.35 m に等しくなるため、レール高さの計画を 1.00～1.80 m 低くすることが可能となる。

U 型断面を用いる場合、水平力（列車による制動力、列車が受ける風荷重および地震力）の作用高さが低くなる。したがって、橋脚および基礎に作用する曲げモーメントが減少するため、部材のスリム化が可能となり、建設費を低減できる（とくに地震の多い地域）。また、高架橋による都市景観への影響を低減することも、U 型 PC 下路桁の主要なメリットの一つである（図 - 2）。

2.3 駅舎部の構造高の低減

上述したレール高さの低減により、駅舎部の構造高さも低減することができる。これにより橋脚や基礎に作用する風荷重や地震力が緩和されるため、建設費の低減につながる。また、桁下道路面からプラットホームまでの高さが低くなるため、乗客の利便性に優れる。

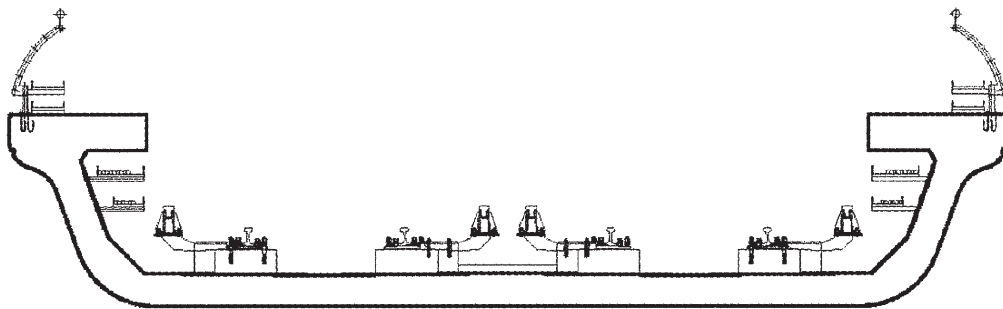


図 - 1 標準的な複線軌道用 U 型 PC 下路桁断面

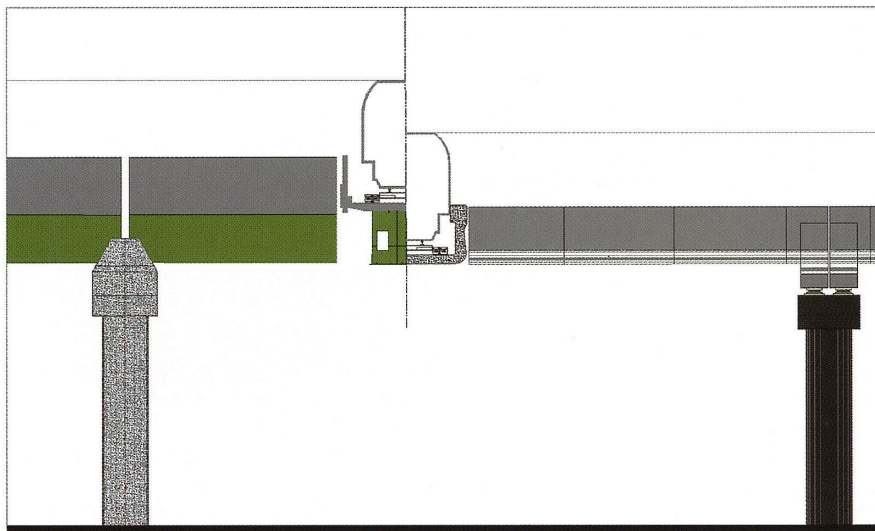


図 - 2 高架橋による都市景観への影響低減（左側：従来，右側：U型 PC 下路桁）

2.4 駅舎部を含めた高架橋の設計の標準化

駅舎では，一般的な高架橋と同じ下路桁断面で線路を支持することができる。一般的な「U型断面桁」は駅舎とは分離した構造であり，駅舎の建設に関わらず独立して施工できるため，駅舎を含めたすべての線路で桁断面を規格化することができる。脚頭部には，駅のプラットフォームと屋根を支えるためのコーベルがある。駅舎の残りの付属設備（屋根，発券所，設備管理室など）は，プロジェクトのクリティカルパスとは関係なく建設することができる。

2.5 システムを統合した構造

U型の構造は，システム全体にわたる各分野の門家チームによって初めて考案された。施工と維持管理の両方を考慮しながら，非常に便利で実用的な方法によって，システムのすべての付属設備（電圧ケーブル，信号および通信ケーブル，非常通路，遮音壁など）を経済的に統

合した優れた構造である（図 - 3）。SYSTRA 社が保有する国際特許にはU型断面のこの特徴が含まれている。

2.6 経済性に優れた構造

U型 PC 下路桁断面は上床版と下床版が1つの床版に統合されているため，一般的な LRT または都市高速鉄道（以下，MRT）の箱桁断面より小さくできる。さらに，レール高さの低減によって，橋脚および基礎に作用する曲げモーメントが緩和され，部材のスリム化が可能となるため，自重の低減に繋がり，地震の多い地域でとくに有益となる。全体的な建設費の低減割合は，従来の桁断面と比較して15～25%である。

2.7 機能性に優れた主桁

U型 PC 下路桁の主桁は主構造としての機能だけでなく，他の3つの機能も有している。1つ目は，車両に隣接しており，効率的な遮音壁となるため，通常は遮音壁を設置する必要はない。したがって，遮音壁が構造自体

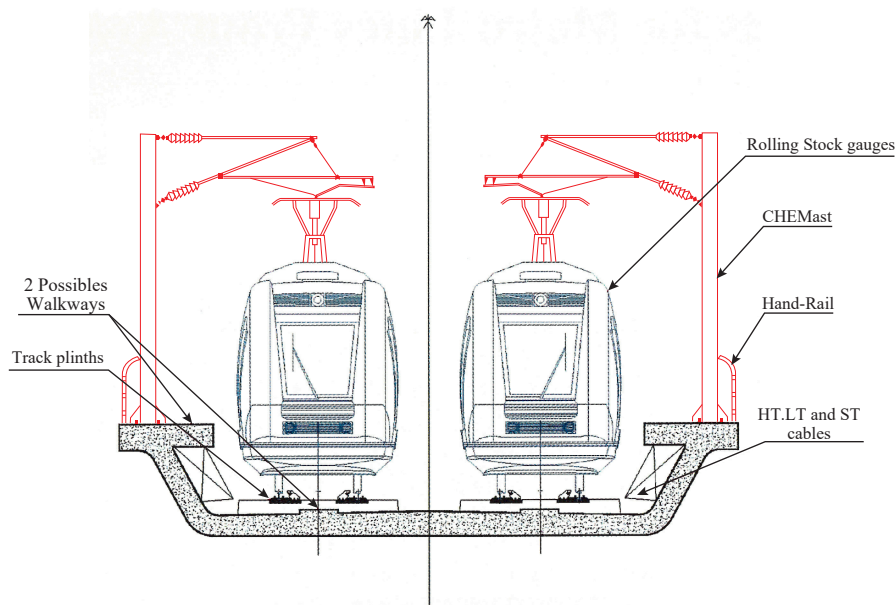


図 - 3 システムを統合した構造

に組み込まれているため、桁上に遮音壁が設置される従来の箱桁と比較して構造高さを低減することが可能である。2つ目は、脱線や地震時の転覆を防止できる。これは、一般的な遮音壁では不可能である。3つ目は、主桁の上フランジは、ほぼ車両の床面高さに位置しているため、緊急用または維持管理用の通路として使用することができる。

3. 設計のコンセプト

3.1 輸送システムの統合と U 型 PC 下路桁の設計

考えられるすべての LRT や MRT 輸送システムを比較すると、そのシステム構成は大きく異なっており、両者の違いは以下のとおりである。

- 1) 軌道型式：レールもしくはタイヤ
- 2) 電力供給方式：第三軌条方式もしくは架空電車線方式
- 3) 緊急時避難経路方式：車両の前後もしくは左右
- 4) 運転システム：手動もしくは自動

さまざまなシステム（高電圧、平均電圧、低電圧、情報伝達、電気通信、中央制御）があるなかで、ケーブル本数は種類によって異なっている。そのため、各種ケーブルを U 型 PC 下路桁断面の同じ場所に系統立てて配置することは不可能である。

車両の主な特性は床版の設計に影響し、車両と主桁との離隔は、下床版の幅と厚さに大きく影響している。曲線橋の場合、桁を曲線なりに製作するか、幅を拡張し直線スパンとする方法がある。前者の方法の場合、当該区間を複数のプレキャストセグメントで構成する場合に採択され、後者の方法の場合、当該区間を1つのプレキャストセグメントで構成する場合に採択される。もちろん

曲線状のプレキャストセグメントを製作し対応することは可能である。

活荷重強度は、許容たわみ値を満たすために必要な上フランジの面積、プレストレス、下床版の厚さなど、さまざまな特性に影響を及ぼす。車両速度は動的衝撃係数の値に、最大カント量は主桁と車両との離隔に影響を及ぼす。したがってこれらを包括して設計する必要がある。

このように上記要因のあらゆる組合せによる影響を受けるため、すべての LRT や MRT システムに適用できる床版の規格化は不可能である。

3.2 建築デザインについて

地下鉄用の高架橋は都市景観に影響を与えるため、計画時には建築上の細心の注意が必要である。建築デザインは、曲線形状が好まれる場合もあれば、直線的な形状が好まれる場合もあるため、各事業において、その都市の景観との調和や、物理的、文化的な側面を考慮する。

※ 3号へと続く

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1月24日受付】



刊行物案内

既設ポストテンション橋の PC 鋼材調査 および補修・補強指針

平成 28 年 9 月

本工学会「既設ポストテンション橋の PC グラウト問題対応委員会」において、ポストテンション方式の既設 PC 橋の実態把握（健全性・損傷事例の把握や規準等の整理）、PC グラウトの充填性調査手法の把握、PC 鋼材の健全性調査手法の把握、ポストテンション橋の健全性診断の方法検討、PC グラウト充填不足・PC 鋼材損傷の補修・補強の提案等の検討が行われ、その成果を指針としてまとめたものです。

定 価 4,800 円／送料 300 円

会員特価 4,000 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