

# ドバイメトロでの大型建設機械による 大規模歩道橋の急速施工

田部元太

ドバイメトロ、レッドラインでは23ヶ所の地上駅において、発注者の設計変更により駅へのアクセス利便性向上のため163スパンの歩道橋を設計施工することになった。厳しい工期の克服と、主要幹線高速道路を跨ぐ大規模歩道橋架設時の交通への影響を低減することを目的として、自走式多軸運搬車とステージジャッキを利用した一括架設工法を採用することにした。また、土木建築設備工事を一体として施工性向上を考慮した設計を行うことにより急速施工を実現させ、工期の短縮に大きく貢献した。

キーワード：急速施工、大規模歩道橋、一括架設、自走式多軸運搬車、ステージジャッキ、設計施工

## 1. はじめに

ドバイメトロ・プロジェクトは、急速に発展するドバイ市内の公共交通網の整備のため、27駅を含む延長52kmの第1期工事（レッドライン）と18駅を含む延長24kmの第2期工事（グリーンライン）を、それぞれ全体工期49ヶ月と45ヶ月で、土木建築設備、鉄道システム（全自動無人運転LRT）を設計・施工一括発注方式の契約で建設する工事である。

今回報告するレッドラインは、ドバイ市街地の地下部（約5km、地下駅4駅）及び、市街地と郊外の工業地帯を結ぶ主要幹線道路沿いの地上部（高架部、約47km、地上駅23駅）からなる。着工から鉄道の開業まで49ヶ月という非常に厳しい工期であったが、さらに駅の出入口及び駅への連絡通路を大幅にアップグレードする設計変更がなされた。この変更の目的は、鉄道利用者にバス・タクシーなど他の交通機関との乗換に快適なアクセスを提供するためであった。主要工事は歩道橋長の延伸、歩道橋に動く歩道の設置、出入口数の増加や大型待合室の建設などである。これらは、当初の設計を根本から見直すことを必要とした（表-1 工事概要参照）。

設計変更後の歩道橋は、地上部にある23駅に総延長3.8km（163スパン）を建設する工事となった。この中には主要幹線高速道路を跨ぐ大規模歩道橋43スパン（最大スパン長45m、最大スパン重量290t）が含まれている（写真-1）。動く歩道の設置により大型化し重量が増加した歩道橋の架設工事は、道路交通の遮断ができる週末6時間だけという厳しい道路規制

表-1 工事概要（歩道橋工事）

工事名称	ドバイメトロ・プロジェクトのうち第1期工事（レッドライン）
発注者	アラブ首長国連邦 ドバイ政府道路交通局（Road & Transport Authority）
工期（全体）	2005年8月～2010年4月（2009年9月部分開業）
主要工種（歩道橋）	橋梁下部工、橋梁上部工（鋼橋）、建築仕上げ、設備一式（動く歩道含む）
主要数量（歩道橋）	場所打ち杭：径2,200mm×139本、鉄骨製作組立：7,011t、163橋（総延長3,822m） 架設工：巾8.5m×高6.9m（動く歩道有り）×2,174m、巾5.1m×高6.6m（動く歩道なし）×1,648m



写真-1 ドバイメトロと高速道路上の歩道橋

制限を満足しつつ安全かつ急速な施工をすることが求められた。

この厳しい工期及び施工条件を克服するため、土木建築設備工事を含めた歩道橋の架設は、自走式多軸運搬車（Self Propelled Module Transporter, 以下SPMT）、ステージジャッキ（以下SJ）、500tトラッククレーンなどの大型建設機械を使った一括架設工法を採用した。ここでは、一括架設のための歩道橋の設計、架設準備工事、架設工事について報告する。

## 2. 施工条件と技術的課題

### (1) 主要幹線高速道路上での大規模歩道橋架設

今回の歩道橋工事の中で最も厳しい施工条件は、主要幹線高速道路の規制制限であった。主要幹線高速道路の規格は、片側4～7車線、制限速度80～120 km/hr、最大交通量毎時12,000台である。道路交通への影響を最小限にするため、通行止め規制は週末の夜間から早朝までの6時間に制限された。これは、作業前後の交通規制に要する各1時間を考慮すると、実際の作業時間は4時間であった。

従来工法で本工事の歩道橋架設を行うには、道路上の歩道橋架設位置に防護工を施し鉄骨を現地で組み立てる必要がある。厳しい交通規制制限と膨大な施工箇所数、工期及び安全性を考慮すると、従来工法は不相当と判断し、一括架設工法を採用することになった。

一括架設工法を採用するにあたり、以下のような問題点を解決する必要がある。

- ①一括架設には、動く歩道や主要な設備配管、さらに外装仕上げなどを含む。このため、従来工法で後工程となるはずの工事を、架設前に地組みヤードで終わらせる必要がある。これに伴い、架設場所近傍に広い地組みヤードを、長い期間にわたり確保する必要がある。
- ②長スパンで大規模な歩道橋のため、架設時の重量が非常に重くなる。架設作業時の振動や変形などを設計で考慮する必要がある。

### (2) 急速施工の課題

工事数量の増加と厳しい交通規制制限を遵守するため、設計を含め全ての工程で急速施工を試みる必要があった。このとき、以下のような問題点を解決する必要があった。

- ①設計において、建築・設備工事を含めた一括架設に適した設計を163スパン分、短期間で行うための合理的な手法の確立と業務の簡素化を必要とした。

- ②下部工のうち基礎杭打設や橋脚柱頭部コンクリート工事を、幅4mの中央分離帯内に安全かつ短期間で施工する計画を必要とした。

- ③施工には、主要幹線高速道路の車線占有や交通遮断等を必要とし、効率的な道路使用許可の申請や調整、占有帯の設置や開放等の交通規制の実施を必要とした。

## 3. 解決策と工事施工

### (1) 主要幹線高速道路上での大規模歩道橋の一括架設

- (a) 自走式多軸運搬車（SPMT）とステージジャッキ（SJ）による一括架設工法の採用

歩道橋の一括架設の計画で最重要となる点は、歩道橋の搬送と架設方法であった。最大スパン45mで最大重量が290tになる歩道橋を、地組みヤードから主要幹線高速道路上を架設位置まで運搬するのに、自走式多軸運搬車（SPMT）の利用を計画した。

一括架設には、大型トラッククレーン（300～500tクラス）2台の合い吊りで架設する方法を検討したが、本工事では、大型クレーンの現場搬入と組立、合い吊りによる架設、そしてクレーンの解体と搬出までの作業を、道路交通遮断時の実質作業時間4時間以内に完了することは非常に困難であると判断した。特に、歩道橋を合い吊りしているときの取り回しの難しさと、歩道橋を精度良く設置する位置決め作業に時間を要することが解決困難な問題点として残った。

その解決手段として「SPMTとSJの組合せによる一括架設工法」を採用した。その概略手順は、「SPMTにより歩道橋を架設位置横まで搬送し、SJで歩道橋をSPMT上でリフトアップする。次に、歩道橋を架設位置にSPMT自体の移動で合わせ、SJで歩道橋を降し水平ジャッキで位置の微調整をして架設を完了する。」というものである（写真—2, 3）。

このSPMTとSJ組合せの一括架設工法は、地組み



写真—2 橋桁運搬状況（桁は油圧サスペンションで水平保持）



写真-3 橋桁の架設状況

ヤードで鉄骨組立・耐火塗装・床版コンクリート・動く歩道の搬入・建築外装仕上げ・主要設備配管設置をあらかじめ施工した歩道橋を、効率良く架設することを可能にした。さらに、架設後の歩道橋施工は設備仕上げ及び建築内装仕上げの作業のみとなり、工期短縮のみならず第三者災害の防止を含む安全面、交通規制遵守の面からも大きな利点をもたらした。

SPMTにSJおよび架設用の工事桁を搭載した状況を写真-4に示す。以下に、一括架設に用いた機械及び各種装置の特徴を示す。



写真-4 SPMT (SJと工事桁を積載した状態)

### ① SPMT

SPMTは、大型重量物を安全かつ合理的に輸送・据付するために開発され、電子式ステアリング装置により前後左右に自在に自走走行が可能な運搬台車で、1軸(タイヤ4本)あたり40tの積載荷重能力を持つ。当工事の主要幹線高速道路上での架設作業では、歩道橋重量に応じて積載能力が960t(12軸×2台並列連結)および720t(9軸×2台並列連結)と、異なる2班を構成して施工した。

また本工事では、SPMTを毎週末の架設作業のため連続して使用しており、架設完了から次の架設箇所への移動が常に必要であった。本来であれば、SPMT

を架設後に解体分解して次の架設箇所まで搬送した後、再組立てする必要があるが、時間とコストがかかる。このため、架設完了後工事桁ともそのまま次の箇所へ、幹線道路上を安全かつ短時間で自走する方法を、関係各所と調整し承認を得て、作業量の縮小を実現した。

### ② SJ (ステージジャッキ)

SJは1組2台のSPMTに各2基搭載し、計4台(合計能力960t)で工事桁をジャッキアップして歩道橋を所定の位置へ架設した。本工事で適用したSJの最大の特徴は、通常時は高さ1.5mで、最大3mの伸張(高さ4.5mまで)ができる点であった。これは、高さ調整のための仮ベントと仮置き作業などを不要とし、工期短縮のために必要な装置であった(写真-5)。



写真-5 ステージジャッキ

### ③ 架設用の工事桁

架設用の工事桁はSJ上に固定され、歩道橋を運搬や架設時に仮受けする。図-1に架設用の工事桁使用状況を示す。歩道橋の長さが22mから45mまで変わる中で、設計で決められた架設時の仮受け点を守るため、また運搬・架設時の振動・変形を極力抑えるために、剛性が高く桁長を調節できる架設用の工事桁を採用した。

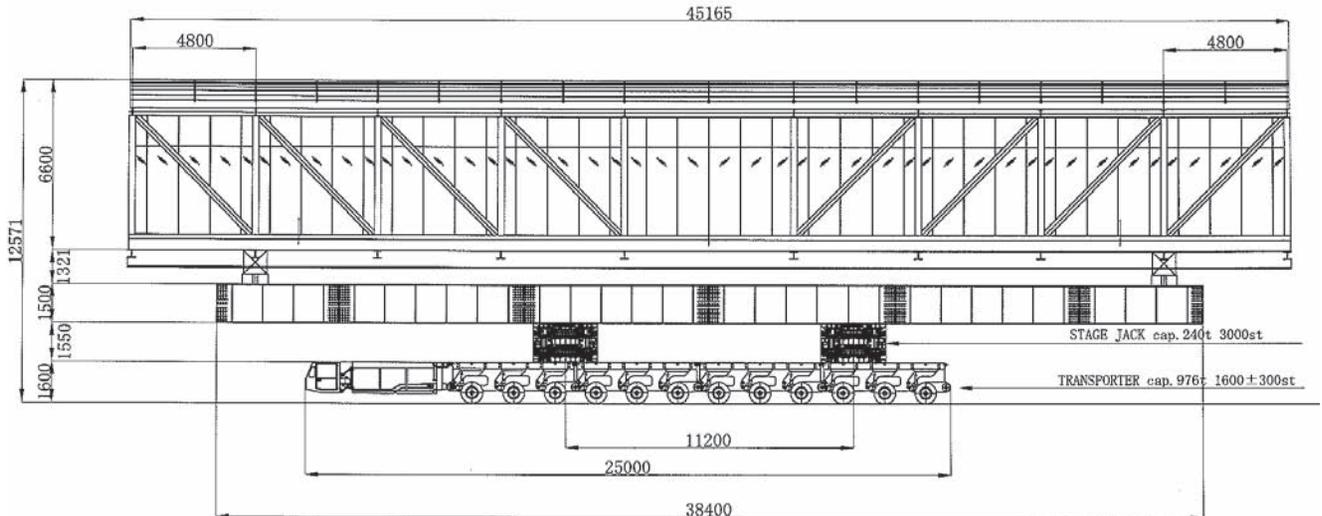
### ④ 水平ジャッキ

歩道橋を、道路交通制限時間内で水平許容誤差±25mm以内で架設するために、水平ジャッキを使用した。水平ジャッキは、架設用の工事桁仮支点部に各1個(全4個)設置し、歩道橋を直接受ける仮沓座を兼用する。人力式油圧ポンプにより桁位置を前後左右に微調整することができ、歩道橋を容易に許容誤差以内に架設することができた。

#### (b) 一括架設工法による課題の解決

##### ① 地組みヤードの確保

地組みヤードは最低2,000m<sup>2</sup>程度を確保するとし、19駅の近傍の合計34ヶ所に確保した。地組みヤ-



図一 1 架設用の工事桁の利用状況 (SJと歩道橋の間)

ドを確保するには、土地の選定・土地管理者からの許可・土地の整地などの準備作業が多い。このため、SPMTでの架設工程を早期に確定し、それに応じてすべての資材調達、準備作業、地組み作業を完成させるのに必要なヤード使用期間を設定した。架設には、道路管理者などからの承認も必要となるため、6ヶ月前から工程を決め、下部工、鉄骨の加工、動く歩道の製作、外装材の製作を進め、建築設備部門と工程の密な連携を取り合って問題を解決していった。写真一6に、地組みヤードでの施工状況を示す。



写真一6 地組みヤードでの施工状況

## ②架設作業時の歩道橋の振動及び変形対策

歩道橋架設時の重量、架設時の振動や変形などについては、設計の段階で架設時の状態を考慮した。SPMTとSJを用いた一括架設工法に架設用の工事桁を採用し、歩道橋架設作業中の管理を容易にした。

### (2) 設計施工工事における急速施工

#### (a) 設計の簡素化とスピードアップ

設計においては、厳しい工期を遵守するため簡素化

することを施主と協議し合意した。

基礎杭の設計は基本的に2.2m径の単杭の一種類で、最大荷重(45mスパン)に耐えられる設計で統一した。単杭は、杭頭のフーチング作業や埋設物移設を最少化でき、工期短縮効果があった(写真一7)。

橋脚柱頭部は、鉄道高架橋の柱頭部と同じ形状のプレキャスト部材を利用し工場製作による品質の安定と、主要幹線高速道路脇の狭い占用帯内の作業を最少にした(写真一8)。

歩道橋の鉄骨は単純なトラス構造とし、部材の仕様を橋長によって大きく分類し、パターン数を極力減少するよう工夫した。これにより、材料調達の簡素化、加工・組立てのスピードアップにつながった。歩道橋の設計で大きく影響を受けたのが、動く歩道で重量の大きい駆動部の配置であった。これもパターン化された歩道橋の構造で、効果的な位置に配置になるように動く歩道の長さを調整し、歩道橋の構造が複雑になることを避けた。外装仕上げ材の設計でも同様に、同じ外装部材をできるだけ使うことで施工性を向上させた。



写真一7 基礎杭工事状況(中央分離帯)



写真—8 柱頭部架設状況

以上のように設計段階から施工性を考えた結果、施工のスピードアップに大きく貢献した。

#### (b) 交通規制実施体制の確立 (写真—9)

主要幹線高速道路上での作業において重要になる交通規制作業に関しては、日本人工事長を長として専門班を組織し、計画・図面作成から交通規制申請・許可取得、現場での作業、最終の復旧作業までを全て行うこととした。夜間の限られた時間の中で、作業を安全に行うためには、交通規制に伴う時間をできるだけ短縮し、本作業に時間を当てる必要があるであった。交通規制実施作業班の編成にあたって、交通管理経験のない外国人スタッフや作業員に対し教育・訓練を実施した。交通規制班は、工事最盛期は最多で15の班が、それぞれの指揮者の下で同時に活動した。この交通規制で重要であったのは、道路管理者、警察との緊密な連携であった。交通規制計画の段階からドバイの関係各所と良好な関係を持つことで円滑な工事の進行を確保することができた。



写真—9 交通規制状況

## 4. 結果と今後への展開

歩道橋を、鉄骨組から建築設備工事まで地組みヤードで行い、SPMTにSJおよび架設用の工事術を組み

合わせた一括架設工法を採用したことは、工期短縮のみならず、品質や安全面の向上にも大きく寄与した。設計施工工事という特徴を生かし、工期短縮のため設計段階から施工性を考慮し、現場要望を反映させたことも成功した。表—2に示すように、歩道橋全体の工程では、この架設工法を採用したときに計画した当初予定より、実施工で3ヶ月の工期短縮を実現することができた。厳しい工期と施工条件、それぞれの課題や問題点を、一般の建設工事では馴染みは少ないが、既存の機械や技術を組み合わせ、工夫することで克服することが可能であることを示した。

表—2 歩道橋架設実施工程

	架設スパン数		
	単月	累計	当初予定
2008年6月	1	1	1
2008年7月	0	1	1
2008年8月	5	6	6
2008年9月	6	12	12
2008年10月	11	23	21
2008年11月	16	39	28
2008年12月	22	61	38
2009年1月	23	84	52
2009年2月	43	127	69
2009年3月	27	154	92
2009年4月	9	163	115
2009年7月			163

今回の工事では、プロジェクトの規模が大きいこともありSPMTを用いた一括架設が有効であったが、例えば工事規模が小さくても施工条件次第で非常に有効な架設方法であるといえる。また、SPMTやSJを単体で利用することで、工法の適用範囲を広くすることができる。今後も、橋梁の架設や撤去だけでなく、構造物を大型のプレキャスト化して施工するというアイデアは、発想の転換、工法の多様化、工期の短縮につながり、広範に適用される工法になると考える。

JICMA

[筆者紹介]

田部 元太 (たべ げんた)

株式会社

海外支店 ドバイメトロ工事事務所

総括工事長

