

長大フィーレンデール桁を適用した 橋上駅的设计および施工

水上博之¹・寺田雄一郎²・大野靖和³・山本美穂⁴・北出啓一郎⁵

¹正会員 パシフィックコンサルタンツ（株）交通技術本部鉄道部（〒163-0730 東京都新宿区西新宿2-7-1）

²正会員 京王電鉄（株）鉄道事業部工務部（〒206-8502 東京都多摩市関戸1-9-1）

³正会員 京王電鉄（株）鉄道事業本部工務部施設管理所（〒191-0031 東京都日野市高幡1032-1）

⁴正会員 （株）大林組 京王永福改良土木JV（〒168-0064 東京都杉並区永福2-54-4）

⁵正会員 （株）大林組 東京本社土木本部都市土木技術部（〒108-8502 東京都港区港南2-15-2）

京王線桜上水駅は、2面4線および留置線を併設する駅で、鉄道敷地として約40mの幅をもつ。当工事では既設駅をバリアフリー化するとともに南北自由通路を橋上駅舎と一体で構築することにあたり、橋上駅舎としては今までに適用の例がないフィーレンデール桁の設計および施工をおこなった。なお、施工にあたってはベント等を使用しない一括架設を行っている。本報告は、橋上駅舎としては日本ではじめてフィーレンデール桁を適用した設計の経緯、比較設計、構造計画、当工事で実施した大型クレーンでの桁の一括架設をはじめとする施工実績について示したものである。

キーワード：橋上駅舎、バリアフリー、フィーレンデール、一括架設、大型クレーン、工期短縮

1. まえがき

京王電鉄では、原則として 2010 年度の全駅のバリアフリー化を目標としている。本報告の対象となるのは、そのうち京王線桜上水駅である。

京王線桜上水駅は、2007 年度実績で一日乗降人員が約 37,000 人であり、島式ホーム 2 面 4 線を有し、さらに引き上げ線も併設しており、鉄道用地幅が 30m 以上の急行停車駅である。また、特急および準特急の通過駅であることから、ホーム上で通過待ちをする乗客に対する安全性が課題となる。現在は、地下駅舎であるが、ホーム幅が 4～5m と狭く、ホームへの連絡地下通路の天井高も低く、現状の地下駅舎のままではバリアフリー化が困難な状況であることが判明したため、新たな橋上駅の計画を行った。

新設の橋上駅舎を構築することでエレベーターやエスカレーターを設けバリアフリー化するとともに、これに併せ南北自由通路の施設整備を図ることができる。

一般にフィーレンデール桁は、橋梁として使用されることがほとんどであり、橋上駅舎として使用された例はない。今回の報告は、橋上駅舎として日本ではじめてフィーレンデール桁形式を採用するに至った比較設計および構造設計、さらには桁の一括架設による施工方法について述べるものである。

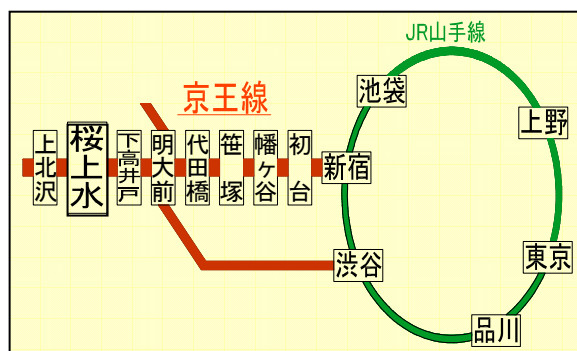


図-1 路線図



図-2 工事位置図

2. 工事概要

以下に、工事概要を示す。

工事名：桜上水駅改良工事

発注者：京王電鉄株式会社 鉄道事業本部

設計者：パシフィックコンサルタンツ

施工者：大林・清水・京王・鴻池共同企業体

施工場所：東京都世田谷区桜上水

工 期：

平成 18 年 10 月 30 日～平成 20 年 9 月 30 日

工事内容：

基礎杭工 Φ1500+1900 L=15m 深礎杭 8 本
TBH 杭 6 本 杭コンクリート 701m³

鉄骨製作運搬・鉄骨架設工 920t

2F 床板コンクリート工 1180t

敷地面積 5637.29m² 建築面積 1174.59

最高高さ 11.7m 軒高 10.7m

フィーレンデール桁構造：

SN490 支柱□500×1000×36 コラム柱

中柱□500×500×22 コラム柱

2F 主桁 BH500×1000×36



写真-1 事業着手前の桜上水駅



写真-2 事業完了後の桜上水駅

3. 比較設計

一般に橋上駅舎を計画する場合、ホーム上に柱を設置し、上路桁形式を適用することが大半である。しかし、本駅のホーム幅は 5m と狭く、ホームに新たな柱を計画すると、工事中はもとより完成後も乗降客に対する安全性が低下する。また、公共事業の命題として事業効果の早期発現があげられるが、上路桁形式を選択すると、ホームの仮ホーム化、ホーム下にての基礎の構築、柱の建て方、桁架設等、ほとんどの作業が線路閉鎖・き電停止間合いの工事となり、全体工事工程が長くなる傾向にある。上記のことを踏まえ、設計に要求される事項として特に重視した点を表-1 に示す。

表-1 設計に関し特に重視した事項

社会的要求	乗降客の安全性
	利便性向上
	工期短縮
立地条件	地域環境との調和

比較設計の対象とする構造物は、表-2 に示すように上路桁形式、トラス形式の 2 種類およびフィーレンデール形式の 4 案である。上路桁形式では、前記の理由で乗降客への安全性が低下すること、フィーレンデール形式に比べ工事工程が 20% 程度長くなること等に課題がある。一般にフィーレンデール形式では斜材がなく垂直材のみであるため、トラス形式と比較すると経済性で劣る。そこで、トラスの上弦材の上面を歩行面とする場合（トラス形式 A）、トラスから床組を吊り、その床組みを歩行面とする場合（トラス形式 B）について比較を行った。トラス形式 A、B およびフィーレンデール形式では、ホームに柱を設置しないので、乗降客の安全性は確保できる。トラス形式 A では、地上面と橋上駅舎歩行面との鉛直移動距離が長くなり、利用者の利便性が低下することになる。トラス形式 B では、橋上駅舎全体が高くなり、道路斜線の制限を越えることから、建築基準法を満足しない。また、トラス形式 A、B は上屋骨組みの建て方が、主桁架設後の別途工事となるためフィーレンデール形式に比べると工期がやや長くなる。一方で、フィーレンデール形式は、下弦材の上面を歩行面とし、桁の内部空間の利用が可能となるため、トラス形式 A および B の欠点を補うことができる。そこで、フィーレンデール形式を採用して構造計画の深度化を行うこととした。

表-2 構造形式比較表

構造形式	上路桁形式	トラス形式A	トラス形式B	フィーレンデル形式
概要図				
乗降客の安全性	× ホームの有効幅が狭くなる	○ ホーム幅が現状を確保できる	○ ホーム幅が現状を確保できる	○ ホーム幅が現状を確保できる
利便性向上	△ 利用者の鉛直移動距離がやや長くなる	× 利用者の鉛直移動距離が長くなる	○ 利用者の鉛直移動距離が短い	○ 利用者の鉛直移動距離が短い
工期短縮	× 夜間工事が多く工期が20%長くなる	△ 上屋骨組み架設は、主桁工事後となる	△ 上屋骨組み架設は、主桁工事後となる	○ 上屋骨組みを省略でき工期短縮
地味環境との調和	○ 特問題ない	○ 特問題ない	× 構造物が直線連続となる	○ 特問題ない
総合評価	△ 安全性・利便性・工期・課題	△ 利便性・工期・課題	× 建築基準法を満足しない	○ 適用性が最も高い

4. 構造計画

フィーレンデル形式の構造形式、特に垂直材の配置を計画するにあたり、最も注意を要することが、機能的な駅舎のレイアウトであること、乗降客の動線を阻害しないことである。従来のフィーレンデル形式では、垂直材の配置を等間隔にすることが一般的であり、その配置では、駅としての機能を十分に満足しないばかりか、乗降客の動線が阻害されることになる。そこで、レイアウトと乗降客の動線の動線を最優先事項として垂直材の配置は不等間隔になるものの、構造的には主部材の構造を調整することで設計として成立することを確認した。

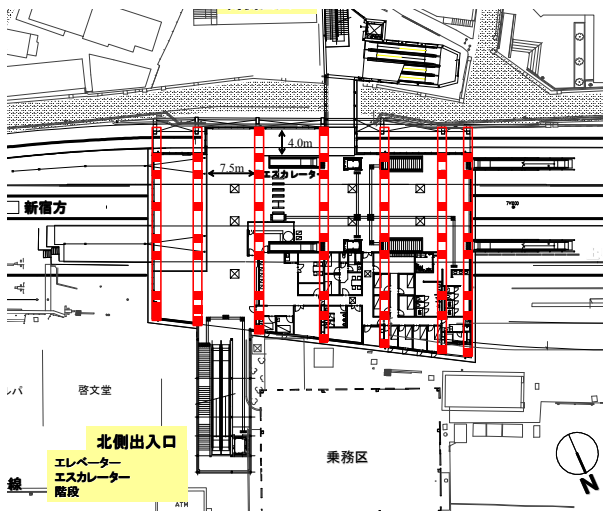


図-3 駅舎平面図

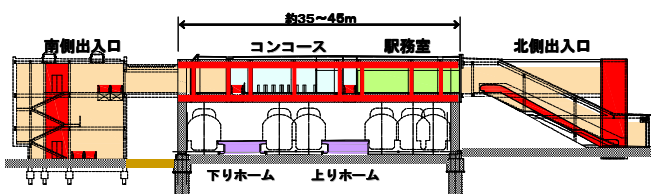


図-4 駅舎断面図

また、乗降客の通路に設置される柱の形状は、円形の垂直材であることが望ましい。一般のフィーレンデルの垂直材は、主部材の形状にあわせて、H鋼または箱型鋼であることが多い。しかし、本桁では、弦材をH鋼とし仕口部分を細工することで、垂直材に鋼管柱を採用することとした。一般の上路桁形式等の橋上駅舎では、上屋を支持する梁および柱は、主構造部材とは別に設ける必要があるが、フィーレンデル形式では、上弦材および垂直材が、その代用となり、その分経済的になるという利点もある。なお、鋼材は塗装仕様の耐候性鋼材を採用し、維持管理が最小限となるように配慮した。

図-3、4に駅舎平面および断面図、写真-3、4に線路直角方向および線路方向の駅舎内部を示す。



写真-3 駅舎内部（線路直角方向）



写真-4 駅舎内部（線路方向）

5. 施工における課題

スパンが長い橋上駅舎の桁架設時には、ベント等の仮受けをすることが多い。しかし写真-5のように既存ホームが狭い当現場では、施工時に乗降客の動線に支障が生じるため、ホーム内にベント等の仮受をせずに大型クレーン等で一括架設を行うことが命題であった。



写真-5 ホーム状況

また駅用地が狭く、周辺は写真-6のように住宅密集地であり、南側は生活道路が近接し、桁の地組みやクレーン設置ヤードは北側にのみしか確保できない状況であった。さらに周辺主要道路から現場へのアクセス道路はすべて4t規制道路であり、国道20号からの搬入はアクセス道路が一方通行により昼間の大型重機、資材の搬入は不可能であった。



写真-6 駅周辺状況

6. 施工方法

(1) 桁（大梁）の一括架設

大梁は、基本的に550tクレーン1台で一括架設を行い、550tクレーンで吊れない箇所は550 t クレーンと200tクレーンの合吊りで行った。

本工事では、短時間（120分間）の停電時間内で架設・位置調整・本締までを実施、完了する必要があった。さらに桜上水駅は留置線を抱え終電の車庫線となっていたため、終電が遅れると路線閉鎖・停電時間も遅くなるため、大梁架設には図-5に示す施工フローチャートを作成し、作業工程ごとに終了目的時間を決め、桁架設を実施した。

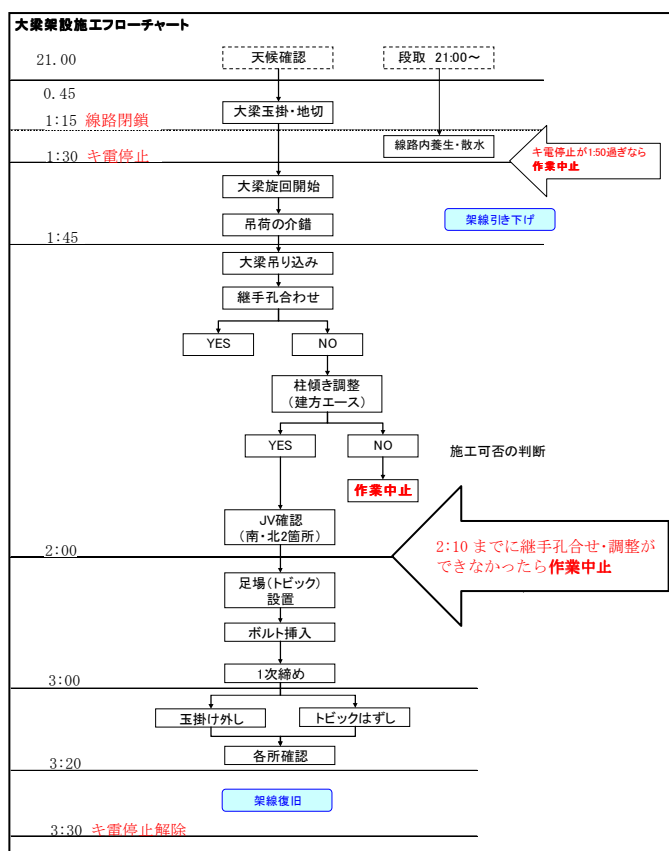


図-5 大梁架設時施工フロー



写真-7 大梁架設状況

(2) 柱ブロック化による桁架設重量の低減

当初、桁の鉄骨梁、柱部材はすべて4t車に積載できるサイズでボルト接合・溶接接合で計画されていた。そこで道路埋設業者、所轄警察署、通行道路周辺の近隣の同意を得て15t大型搬入車両の搬入を実現させ、鉄骨分割数を低減し、地組した時の一括架設重量を低減させた。それでも現地に搬入可能な最大揚重能力を持つ550tクレーンで一括架設するにはさらに桁架設重量を低減する必要があった。

そこで写真-8に示すような両端の柱の張出量を多くする「柱ブロック化」を行い、中間部のフィーレンデール桁（以後大梁と呼ぶ）の全長を短くして桁架設時重量を低減した。



写真-8 柱ブロック立柱状況

図-6に桁の地組寸法、図-7に施工ヤード図を示す。

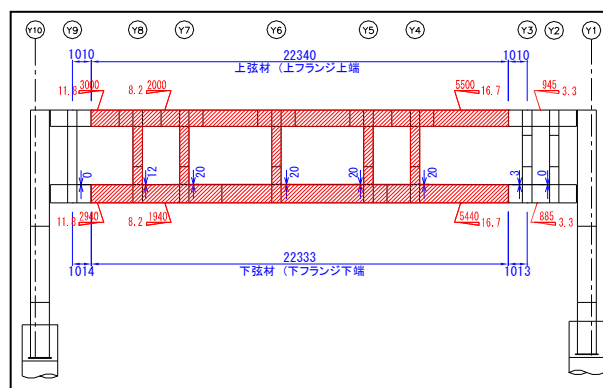


図-6 桁の地組寸法



写真-9 桁の地組状況

(3) 桁の地組と寸法管理

桁架設にあたっては、写真-9に示すようにあらかじめ工場から分割納入された鉄骨を現場内のヤードで横梯子状に地組みをし、550t、200tクレーンで一括架設した。大梁の地組時には、デッキコンクリート打設時の自重たわみを考慮し最大3cmのキャンバー（むくり）をつけて鉄骨を組むため、大梁鉄骨の上弦材と下弦材の寸法誤差に注意しながら地組を行った。

大梁地組時に苦労した点は、工場検査でクリアしたはずの製品誤差であった。大梁を構成する各梁部材の製品誤差がすべてプラス側にある場合、地組すると全体では10mm以上伸びてしまうからである。両端の柱はほとんど誤差0で建柱しており、大梁架設の余裕シロは両端のジョイント部の空き（10mm+10mm=20mm）しかない。さらに地組で10mm以上伸びてしまうと両端のジョイントが収まらないため、小部材同士の連結部の調整や調整材の用意をして寸法管理を行った。

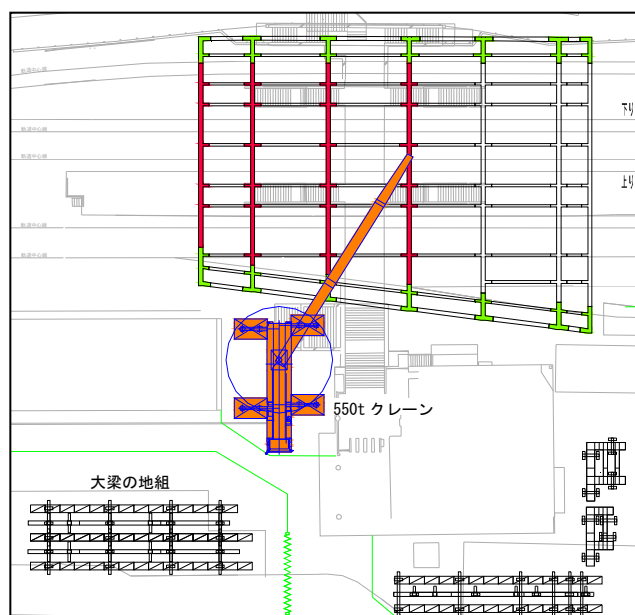


図-7 施工ヤード図

(4)550tクレーンの搬入計画・現地組立

大梁架設で使用する550tクレーンは、車幅はクリアーできたが、重量的な問題から2t規制4t規制道路の通行が不可能であった。したがって着工当初から半年かけて警察署と協議をかさね通行許可を習得し、写真-10に示すように国道20号から150m区間の世田谷区區道（一方通行路）を逆送して搬入させた。



写真-10 550tクレーン搬入状況

また、550tクレーンは、クレーンキャリア1台、大型トレーラ10台、10t車3台にて分割搬入し、夜間4日間（逆送可能時間2:00～4:00）で組立を行った。図-8に550tクレーンの組立工程、写真-11に組立状況を示す。

工種名	9月9日	10月10日	11月11日	12月12日	13月13日	14月14日	15月15日	16月16日	17月17日
仮閉鎖替工			新築ゲート撤去						ゲート復旧
クレーン組立							北口ヤード内通行		
専用鉄板搬入・敷設							夜間 ×		昼間 通行可
550tクレーンキャリア搬入								夜間 ×	
上部旋回体搬入・搭載									
メインブーム搬入・搭載									
550tクレーン本体搬付									
メインフック アシストジャッキ搬入・取付									
カウンターウエイト搬入・取付									
ジブブーム搬入・組立									
搬入車両台数									
(1 商店街逆送するもの)									
クレーンキャリア			1						
トレーラー			1	2	4	3			
小計 1			2	2	4	3			
(2 逆送なし：東玉水道路から)									
50tラフタークレーン			1						
50tラフタークレーン				1					
10t車				1			1		3
小計 2				1			1		3

図-8 550tクレーン組立工程



写真-11 550tクレーン組立状況

7. まとめ

本件は、都市部の利用者数の多い営業線線路上空での橋上駅舎化工事であり、設計および施工上の制約条件も多く、難易度が極めて高い工事である。これにあたり鉄道工事の特殊性を十分考慮した上で独創的な発想で既往の要素技術を融合させ、列車運行、乗降客の動線の確保および周辺道路交通への影響を最小限に抑え、橋上駅舎を完成させたことは、今後の駅周辺整備事業に対して大きく貢献するものと考えられる。

本件により、今回採用した設計および施工技術の有用性が証明されたことから、フィーレンデール形式の新たな適用範囲を拡大したことになる。そこで、今後、営業線線路上空での同様な施工条件における橋上駅舎工事においても本工事の実績が評価され、この構造形式の採用が増加するものとする。

今後、橋上駅のみならず人工地盤、ペデストリアンデッキなどの多くの事業で当工事での実績が参考になれば幸いである。

参考文献

- 1) 水上，寺田，北出：橋上駅舎にフィーレンデール形式を適用した設計，土木学会第 64 回年次学術講演会概要集，第VI部門，2009. 9
- 2) 寺田，大野，水上，山本：営業線近接上空における橋上駅舎フィーレンデール桁の一括架設施工，土木学会第 64 回年次学術講演会概要集，第VI部門，2009. 9