

中国初の重慶モノレールシステム

China's First Urban Monorail System in Chongqing

関谷 武利 *Taketoshi Sekitani*
平石 元実 *Motomi Hiraishi*

山崎 総一郎 *Sōichirō Yamasaki*
保 貴之 *Takayuki Tamotsu*



重慶市内を走行中の日立製作所が納入した1000形モノレール車両
市民の足として都市交通機関の役割を果たしている。

急な坂道が多い中国・重慶市の中心部は、バスやタクシー、一般車両などによる交通渋滞が著しく、大気汚染も進んでおり、これらを解決する公共交通手段として跨(こ)座型モノレールが導入された。重慶モノレールは中国で初めて導入された都市モノレールであり、2005年6月18日に開業した。

日立製作所は、プロトタイプ車2編成8両と量産車用

台車、電気品および本線分岐器を製作し、納入した。量産車19編成76両は、長春軌道客車股份有限公司が日立製作所との技術提携によって製作し、納入している。車両の主な特徴は、(1)大形都市モノレール車両、(2)酸性雨対策の全面塗装仕上げ、(3)VVVFインバータ制御、(4)繊維強化プラスチックいす、スタンプポール付きの車内などである。

1 はじめに

重慶市は、中国西南地方の最大の工業都市であり、長江上流の経済と交通の中心地である。1997年3月に中国政府の4番目の直轄市となった。市の面積は約8.24万km²、人口は約3,200万人、都市部の面積は315km²、人口は約330万人である。

都市部の公共用交通は、トロッポバス、バス、タクシーなどが主体であり、交通渋滞と排気ガスによる大気汚染の改善が急務であった。1992年にわが国からFS

(Feasibility Study) 調査団(JICA(国際協力機構))が派遣され、中国の専門家と共同調査・検討を行った。その結果、2号線ルートには、重慶の路線条件に適した、登坂能力が高く、急曲線走行が可能な跨座型モノレールの採用が決定した。

日立製作所は、中国で有数の鉄道車両メーカーである長春軌道客車股份有限公司と技術提携して車両を納入したほか、本線用の分岐器も納入した。

さらに、重慶空港と市の中心部を結ぶ3号線37kmの建設が着手されている。また、中国の他都市でも環境対

策や交通渋滞解消手段としてモノレールが注目され、検討が進められている。

ここでは、重慶モノレール2号線と、その特徴について述べる。

2 重慶モノレール2号線の概要

重慶モノレール2号線の路線略図を図1に示す。

営業路線は較新線(較場口 新山村間18 km)の一期分、較場口 動物園間12.5 km(13駅)の複線であり、高架10駅、地下3駅、平均駅間隔は約1 kmである。この路線の最小曲線半径は100 m、最急こう配は50%、車庫内の最小曲線半径は50 mである。総合庁舎は大坪駅高層ビル上部にあり、運転指令室その他の管理部門が入り、運営されている。また、地下3駅には、スクリーン式ホームドアが設置されている。

現在、2号線の動物園 新山村間の二期工事が進んでおり、完成すれば高架5駅、5.5 kmが追加となる。

想定乗客数(ピーク1時間1方向)は初期4両編成で1.26万人、中期6両編成にして2.3万人、将来は8両編成にして3.2万人を輸送するという構想である。駅ホーム長は、8両編成で停車が可能な120 mで建設されている。

3 重慶モノレール車両

3.1 車両の概要

車両は21編成(84両)製作された。プロトタイプ車2編成(8両)と量産台車10編成(40両)分を日本で生産し、量産車19編成(76両)の車体と9編成(36両)分の台車は

表1 車両の主要仕様

4両固定編成、アルミ車体として軽量化が図られている。わが国での都市モノレールの実績をベースにして重慶の特殊仕様を加えた車両仕様としている。

項目	主要諸元	
形式	大形跨座形モノレール	
車種	二軸ボギー電動客車	
編成	4両編成(2両1ユニット)	
定員	Mc車:151人, M車:165人(中国基準による)	
電気方式	直流1,500 V	
軌道寸法	幅850 mm, 高さ1,500 mm	
荷重	軸重(最大)1 t	
性能	直線加速度:3.0 km/h/s	
	減速度	常用最大 4.0 km/h/s 非常 4.5 km/h/s
最急こう配	60/1,000(設計値)	
最小曲線半径	50 m(軌道けた中心)	
主電動機	三相かご形誘導電動機(1編成当たり105 kW × 12個)	
制御装置	VVVFインバータ制御方式	
ブレーキ装置	回生ブレーキ併用電気指令式電磁直通空気ブレーキ	
信号保安	連続列車検知式, 車内信号現示自動列車制御方式	
通信設備	列車無線	
運転方式	ATP2人乗務方式	
低圧電源	85 kVA SIV(1編成当たり2台)	
集電装置	電車線側面接触式	
空調装置	屋根上搭載インバータ制御方式(1編成当たり8台)	
非常脱出具	「スローダン」(1両当たり1組)	

注:略語説明 M(Control Motor), M(Motor)
VVVF(Variable Voltage, Variable Frequency)
ATP(Automatic Train Protection), SIV(Static Inverter)

長春軌道客車股份有限公司に日立製作所が技術供与して製作された。車両の仕様は日本の都市モノレール車両を基本として、重慶の環境条件への配慮と中国国産化を考慮した仕様としている。

車両の主要仕様を表1に、形式・寸法を図2にそれぞれ示す。

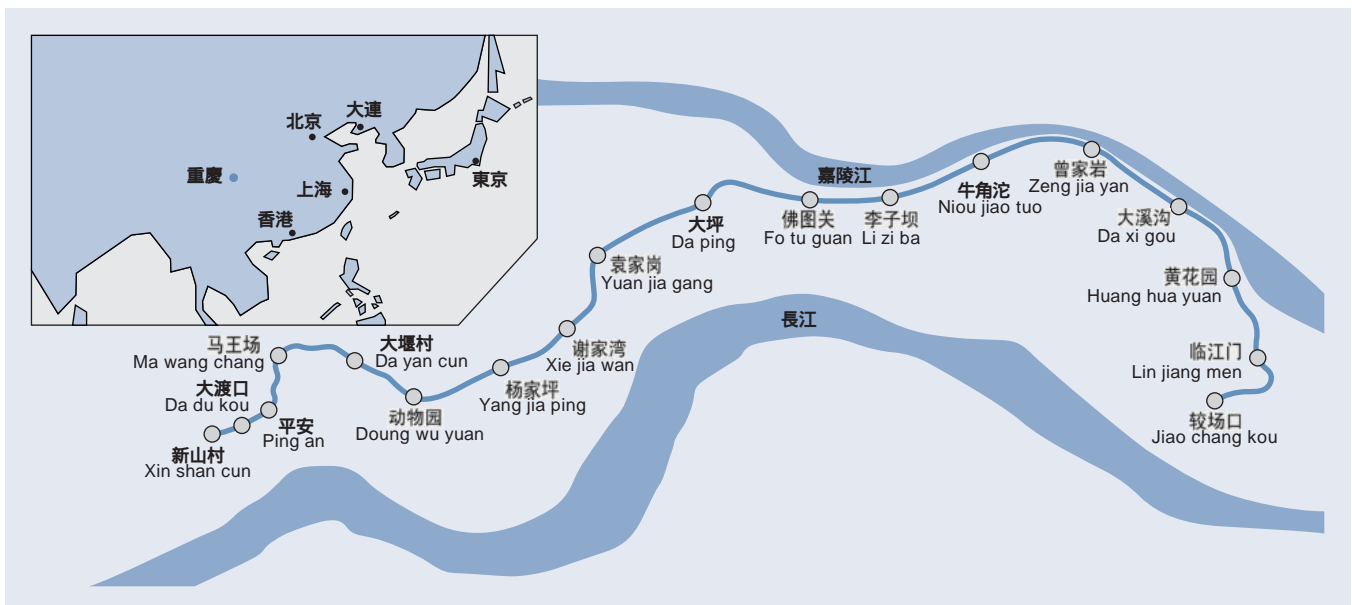
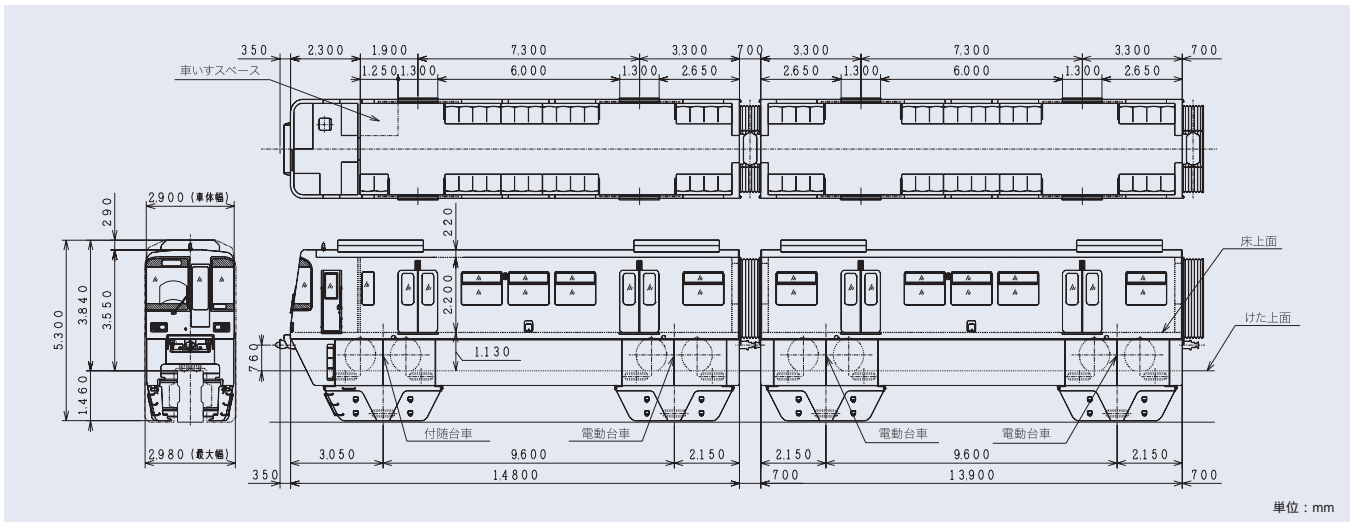


図1 重慶モノレール2号線の概略路線

2号線ルートは較場口から新山村まで18 kmあり、急峻(しゅん)な地形条件の下で選定されたルートに適した、登坂能力が高く、急曲線の走行が可能で騒音の少ない跨座形モノレールが選定された。



単位：mm

図2 車両形式と寸法

4両固定編成(Mc1-M2-M3-Mc2)の構成で全長約60 mである。交通機関としての役割だけでなく街の美観を向上させ、重慶を新しい都市へと変える期待も担っている。

3.2 車体

車体にはアルミ押し出し材を使用し、床はダブルスキン、側・屋根はシングルスキンで構成しており、外板は酸性雨対策のため全面塗装仕上げとした。

酸性雨対策では、塗料の選択だけでなく、塗装部の端面処理まで配慮した構造を採用している。

車内にはFRP(Fiber-Reinforced Plastics)製のロングシートとスタションポール(支柱にぎり棒)が取り付けられているのが特徴である。

空調装置としては、重慶の夏場の猛暑対策として、1台当たり冷房能力1万9,000 kcalのクーラを1両に2台搭載している。

3.3 台車

台車はわが国のモノレール用二軸ボギーボルスタレス台車を基本として、酸性雨対策に対応した塗装仕様を採用している。走行タイヤは窒素入りスチールコードゴムタイヤで、1軸当たり2輪を配置している。走行タイヤは、交換作業を容易にするため、台車枠に片持ちで支持されており、タイヤ内圧を検出するパンク検知装置とソリッドゴム製補助車輪も備えている。また、走行タイヤおよび水平タイヤは日本での実績品を採用している。

の影響の抑制を配慮している。

また、国内モノレールで蓄えた実績を反映した制御系とベクトル制御を採用し、トルク制御精度を向上させることによって、機械的振動が最も発生しやすい起動直後の出発抵抗の急変時でも、安定したトルク出力を実現している。

VVVFインバータ装置の主な特徴は以下のとおりである(図3参照)。

(1) 主電動機の接続は、VVVFインバータ装置1台に対して2台並列接続としている。このインバータ装置3台で1ユニットを構成している。

万一の故障発生時にも走行が可能のように、インバータ装置1台ごとに開放できるようにして冗長性を確保している。

(2) 車体が大地電位に対して絶縁されているモノレール車両では、信号装置などへの電磁障害(誘導障害)を低減するため、3レベルインバータ方式とし、低速時でのキャリア周波数の適正值選定により、発生ノイズを低減している。

(3) 保守作業を軽減するため、インバータ装置内に自

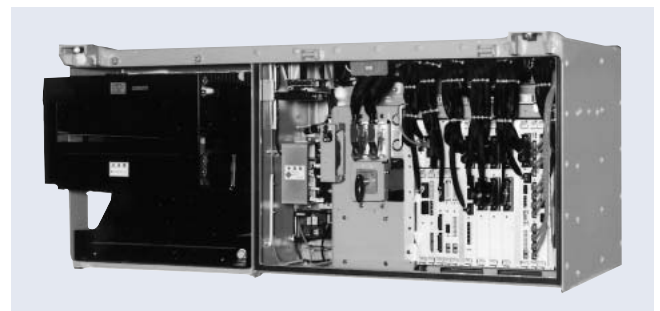


図3 VVVFインバータ装置の外観

主回路半導体素子にIGBT(Insulated Gate Bipolar Transistor)を用いたパルス幅変調方式3レベルインバータを採用した。台車単位でのきめ細かなトルクコントロールが可能なベクトル制御を用いて、乗り心地と粘着性能の向上を図っている。

4 主要電気機器

4.1 主回路制御装置

制御装置には、国内モノレールで実績があるVVVF(Variable Voltage, Variable Frequency:可変電圧・可変周波数)インバータ制御装置をベースに、酸性雨対策を施しているほか、駆動輪にゴムタイヤを使用しているモノレール向けとして、電動機からゴムタイヤ踏面までの弾性による機械的振動と、この振動による電気制御系へ

己診断機能を内蔵し、各種センサからの入力部と制御出力の確認を可能とし、検査効率を向上させている。

4.2 補助電源装置

空調装置などの交流電源のための補助電源装置には、85 kVA 静止型インバータ装置を採用している。

出力電圧は交流三相380 V、直流110 V、および直流24 Vの3種類で、車両内のそれぞれ異なる負荷に電力を供給している。

4.3 モニタ制御装置

車両内主要機器の動作状態・状態記録機能を備え、モニタ装置を採用している。

モニタ装置は、運転台に設けた表示装置、両先頭車に設けた中央処理装置、および中間車に設けられた端末装置から構成している。

中央処理装置と端末装置は、車両内主要電気機器とカレントループ伝送方式で接続され、各装置の状態データ・故障記録データの収集を行う。

収集されたデータは、運転台の表示装置に表示される。また、故障記録データは中央処理装置から保守作業員がパソコンで読み出しできるようにし、故障などの異常発生時の解析を容易にしている。

4.4 ATP/TD装置

このモノレールシステムでは、車内信号閉そく方式を採用している。その概要を以下に述べる。

(1) ATP受信器

ATP(Automatic Train Protection)受信器では、ATP地上装置で先行列車の位置条件や進路設定条件などを地上に連続的に設備された誘導ループ(ATP/TD Train Detection:列車検知)ループに制限速度信号として送信する。その信号を、車上に設備されたアンテナで連続的に受信解読し、車内信号機を点灯させるとともに、ATP制御装置に対して列車の速度制限、停止情報などを与える。

(2) TD装置

TD装置は、車上に設備されたアンテナから列車の走行位置を示す高周波列車検知信号を、地上に連続的に設備された誘導ループに送信する装置である。

(3) ATP制御装置

ATP制御装置は、先行列車との相対距離によって制御される地上の信号装置と連動して、その進路条件に応じたATP制限速度信号を車内に現示するとともに、列車速度を自動的に制限速度以下に制御または列車を停止させ、列車運行の安全を確保するための保安装置である。

ATP速度照査部では、速度発電機で検出した列車速度とATP受信器からのATP制限速度信号を比較照査し、列車速度がATP制限速度信号を超過した場合には、ATPブレーキ指令を出力し、列車を自動的に減速させる。

5 おわりに

ここでは、中国で最初の都市モノレールである、重慶モノレール2号線と、その特徴について述べた。

日立製作所は、長年にわたって国内のモノレールシステムのインフラ部およびインフラ外部について、システムインテグレーターとしての経験を蓄積している。今後は海外でも、これらのノウハウを生かしたモノレールシステムの普及を推進していく考えである。

終わりに、信号保安装置に関しては日本信号株式会社のご協力を、また、システム全般については社団法人海外鉄道技術協力協会(JARTS)のご指導をいただいた。ここに厚く感謝する次第である。

参考文献

- 1) 小澤, 外: 都市モノレール小倉線モノレールカー, 日立評論, 63, 11, 795-798(1981.11)
- 2) 渋谷: 中国・重慶モノレール建設プロジェクト, JREA, Vol.46, No.2(2003)
- 3) 池田: 重慶モノレールの電気設備, 鉄道と電気技術, Vol.16(2005.3)

執筆者紹介



関谷 武利

1969年日立製作所入社, 電機グループ 交通システム事業部 輸送システム部 モノレールSI部 所属
現在, モノレールプロジェクトの取組のために従事
E-mail:taketoshi_sekitani@pis.hitachi.co.jp



平石 元実

1974年日立製作所入社, 電機グループ 交通システム事業部 水戸交通システム本部 車両電気システム設計部 所属
現在, モノレール車両の設計取組のために従事
E-mail:motomi_hiraishi@pis.hitachi.co.jp



山崎 総一郎

1981年日立製作所入社, 電機グループ 交通システム事業部 水戸交通システム本部 車両電気システム設計部 所属
現在, 電車駆動用インバータの設計取組のために従事
E-mail:su-yamasaki-te@em.mito.hitachi.co.jp



保 貴之

1998年日立製作所入社, 電機グループ 交通システム事業部 水戸交通システム本部 車両電気システム設計部 所属
現在, 車上運転制御関連装置の設計に従事
E-mail:tk-tamotsu-te@em.mito.hitachi.co.jp