

バンコク パープルライン —システムとぎ装—

Thailand Bangkok Purple Line
— Equipment installation ,Cab arrangement and System configuration. —

鈴木久郎 Hisao SUZUKI
平林健一 Kenichi HIRABAYASHI
藤谷 晃 Akira FUJITANI
山本 徹 Toru YAMAMOTO

弊社ではタイ、バンコクパープルライン用オールステンレス製通勤用電車 21 編成 63 両を受注し、納品した。これは、J-TREC の海外向け sustina ブランドの車両第一号であり、さまざまな特徴を有している。本解説では、車両各所のぎ装に関して、機器配置の特徴と輸出車両の特殊構造について述べる。また、本車両のシステム構成について、主回路、ブレーキ、サービス機器などについて、その基本構成と概要について述べる。

パープルライン用車両のシステム設計の考え方ならびにぎ装方法は、EN 規格に準拠したインタナショナルスベックで設計されたものであり、今後の海外輸出通勤用車の基本となる位置付けの車両である。

1 はじめに

このたびタイ、バンコクに開業する新規路線、パープルライン向け車両を受注し、3両固定編成×21編成 計 63両を製造した。

本解説では、パープルライン車両のぎ装、およびシステムについての概要を述べる。

2 車両概要

パープルラインはタイの首都、バンコクの北部より中心部へ向かう路線であり、2016年に開業予定である。今回の開業は北部の高架鉄道部分であるが、将来はバンコク中心部に向け、地下鉄で延伸される計画である。

車両は、Mc-T-Mcの2M1T 3両編成で構成される。

なお、将来の旅客数増加を想定した中間車増備による4両編成、6両編成の組成対応、および将来の延伸区間である地下鉄区間での運行が可能な仕様となっている。

3 ぎ装

3.1 ぎ装概要

床下の空気配管は、客先仕様を満たしたステンレスシームレスチューブを採用し、継手はEN規格に適合したOリング式の継手を採用している。また管押さえはクリートタイプで上下からチューブを挟み込む形で、管を固定している。

ケーブルについては密閉の仕様から、可動部を除いてすべてフレキシブルコンジットに入れ保護している。

床下から室内へケーブルが通過する床立上り貫通管については、ファイアバリアの仕様要求により、貫通部に耐

火シールを施して火災時の焼損を抑える構造にしている。

なおこの構造は、仕様で要求されている火災テストを事前に受けて、パスしている。

使用している配線材料については、ノンハロゲンをはじめとする使用禁止材料の含有率を事前に確認したうえで選定し、また火災規格についても配慮をしている。

3.2 乗務員室

乗り心地についてはタイ人の5%タイルと95%タイルの体格を考慮した機器配置とし、また視野確認に関してもタイ人の体格を考慮した運転台として設計している。

運転台と車掌台は、最軽量化を施したオールアルミニウム製のコンソールと筐体構造を採用している。

乗務員室内の点検フタは扱い上、専用で設けたラッチを採用し、専用のカギを用いて開閉を行う構造としている。

運転台ユニットには、保安装置のDMI（ドライバマシンインタフェイス）、TCMSモニタ、CCTVモニタという3つのモニタを搭載し、それぞれ運転士が座ったまま操作が出来る位置に配置をしている（図1、図7）。



図1 運転台ユニット

3.3 床下

重量物の床下機器は、仮に吊りボルトが抜け落ちてもすぐに機器が脱落しない構造として、床下吊金具をサドルマウント方式としている。大型機器の吊りボルトは国際標準とされる計算方式に基づき高トルクで締結されている。また、ボルトと締結面は高トルクに適する表面処理が施されている。

各車両サイドの車側位置に、スティンガコネクタを配置し、車両がデポ内に入倉した際の外部給電をここから給電して車両移動等を行う。

T車には2重系のために、SIVとCOMPを2台搭載している。床下機器配置図を図8に示す。

EN規格の衝突要求に対応した台枠構造を備えることから、その構造と形状に対応した機器配置、ダクト配置、配管レイアウトとなるよう最適設計を施している。

3.4 室内

各ドアのカモイ部位置に、行先案内用のLCD表示器を搭載している。またドア間の位置にコンテンツ用のLCD表示器を配置し、1両あたり6ヶ所搭載している。

天井部分にはCCTVカメラを1両4台搭載し、車内の空間にカメラの死角が起こらないよう考慮された位置に搭載している。また非常時に非常通報器を操作している人の画像が確認出来るよう、カメラ位置を配置している。

腰掛下のケコミ内に、ブレーキ用アイソレーションコックを搭載している。なお、このコックは緊急時に乗務員のみ扱うことが出来るよう、カギ付き点検フタの中に収納され、カギが無いと扱えない仕様となっている。

3.5 屋上

屋上部には先頭車の先頭部分にCBTCアンテナを2台搭載している他、各車に空調装置を2台搭載している。第三軌条方式ということもあり、屋上は搭載機器が少ないシンプルなレイアウトになっている。

4 システム構成

4.1 車両システム概要

パープルライン車両は、DC750Vの第三軌条方式を採用している。両先頭車にCBTC車上信号装置と、主回路装置を搭載し、中間車には補助電源装置と電動空気圧縮機をそれぞれ2台搭載している。以降、各機器、システム構成について解説する。

4.2 主回路および補助電源装置

駆動装置として、Mc車に1C2M×2群のインバータを

搭載している。このインバータは編成で4群を有し、1群故障においても車両基地まで通常ダイヤ内で走行可能なシステムを有し、車両故障時の列車遅延等を防止している。また主幹制御装置にはワンハンドル無接点型マスコンを採用している。

補助電源装置は、T車にインバータを2台搭載している。これは、編成内の冗長系および、タイの気象条件に対する空調容量を満足するために構成されている。

また、制御電源にはDC110Vを採用し、1インバータあたり1台の整流装置、および蓄電池を組み合わせ、車両全体の電源システムを構成している。

これらインバータ等に対する地上からの給電は、各台車に搭載された集電靴（図2）により第三軌条により行われる。パープルラインの第三軌条は、日本で一般的に使用されるものと異なり、集電靴のすり板部を下方から第三軌条に押し当てる方式を採用している。



図2 集電靴

4.3 ブレーキ装置

ブレーキ装置は、各軸制御を行っている。また、主回路装置側では回生機能に加え、ブレーキ抵抗を搭載しており、電気ブレーキ優先の制御となっている。

本ブレーキ装置の特徴として、各台車に小型のブレーキ制御器を搭載しており、各々のブレーキ制御器はCAN-BUSをベースとするネットワークで接続されている。ネットワーク構成により、通常時には編成全体でのブレーキ力分担等を行っている。また、装置故障時には他の装置による編成統括でのバックアップを行うことが可能となっている。

主回路、制御回路とはPWM信号で接続され、ATO、主幹制御器や電気ブレーキとの連動を行っている。

また、空気元として、T車に2台のレシプロタイプ電動空気圧縮機ユニットを搭載し、無気圧からの急速充填、およびコンプレッサ故障時の運行停止を回避できるシステムを構成している。反面、3両編成において2台搭載と、過剰な供給能力を有することで、稼働率の低さによるオイル乳化などが懸念されるが、これらに対応するために、次の制御を加えている。

- ・通常1台を使用し、カレンダーにより交互運転を行う。
- ・稼働する側の空気圧縮機故障時には、自動的に待機側に切り替わる。
- ・車両立ち上げ時などに元空気圧が低下している場合には、2台の空気圧縮機の同時運転を行う。

これら回路側とのインタフェースにより、短編成での冗長系等を構成している。

4. 4 保安装置

CBTCシステムを採用しており、車上装置を両先頭車に搭載している。

本装置は、自動列車保護装置（ATP: Automatic Train Protection）機能に加え、有人式自動列車運転装置（ATO: Automatic Train Operation）機能を有している。

また、安全性を確保するため、故障時など、保安装置を開放した際には、主回路、ブレーキ装置において上限速度が35km/hに保たれるシステムを構成している。

その他、ホームドアと旅客扉の開閉動作の連動制御、およびこれに関連し車両の旅客扉の開許可指令の制御機能を有し、さらに停止状態、停止位置に応じた旅客扉の開閉許可司令を発行している。

4. 5 戸閉装置

旅客扉には、ラック&ピニオン方式を用いたドアオペレータ（図3）を採用し、一般的に開閉と機械式ロックのための2系統の駆動機構を中央にまとめ、部品点数削減による、ぎ装面、メンテナンス面での省力化を計っている。



図3 ドアオペレータ

旅客扉の開閉は、基本的に保安装置からの許可司令に基づき、ホームドアと連動しつつ開閉を行っている。扉閉案内として、旅客扉周辺に対して、ユニバーサルデザインの

観点から、視覚として赤色ランプ、聴覚としてブザーの鳴動による予告の後、扉が閉まる手順を踏み、旅客の扉への挟まりの予防を促進している。

各扉横柱部には、赤色に塗装された解錠ハンドル（図4）が装備され、非常時の旅客脱出に使用される。この解錠ハンドルでは、いったん操作すると専用のカギを用いなければ復位できない機能を有し、いたづら等を含めた操作の痕跡を残す機能を有している。また、走行時にはハンドルを引ききれない（解錠させない）よう、ドアオペレータ（LCU）にて制御している。



図4 車内解錠ハンドル周辺
（解錠ハンドル(左上) 非常通報器(左下) 戸閉案内(右上)）

旅客扉の車外からの解錠操作用に、1両当たり2箇所の限定された扉に対して側面に解錠ハンドルを搭載している。

旅客扉自身の安全性として、後述するSILによる安全指標、および前述した保安装置からの指令との連動により、安易な開扉が発生しないシステムを構成し、安全を確保している。

4. 6 サービス機器

車内および運転室の空気調和は、バンコクの気象条件にあわせ、1両あたり空調装置2台を屋上に搭載し、客室に搭載された空調制御装置により制御している。本装置は停電時、蓄電池からの給電で60分間外気を送風する機能も有している。

放送・連絡・案内装置として、表示器、放送装置、非常通報器、防犯カメラを統合した装置を搭載している。

旅客案内用として行先や次駅案内を客室内の各ドアのカモイ部に搭載したLCD表示器に表示し、音声を含めた広告

を扉間の客席頭上に搭載する22インチLCD表示器 (図5)で放送することができる。



図5 22インチLCD表示器

非常通報器 (図4参照) が1両4箇所 の扉横に搭載されており、乗客が非常時には乗務員や制御センタと直接通話できる。CCTVシステム (図6) が天井に搭載されたカメラ画像の映像を、運転台ユニットに搭載するCCTVモニタに表示するとともに、各車毎に搭載された記録装置に記録している。また、非常通報器と連動し、通報器が扱われた場合、該当箇所の状況を乗務員に音声だけでなく、映像で通知する機能を有している。



図6 客室内天井に搭載されるCCTVカメラ

これらシステムの接続には、主にイーサネットが使用されており、車両内配線、および、2車間渡りにおいては、火災規格に順ずるイーサネットケーブルを適用している。なお、2車間渡りにはフレキシブルコンジットを採用し、イーサネットケーブルを編成内に引き通している。

4.7 安全性

パープルラインのブレーキおよび旅客扉の安全性を確保するため、評価指標として、EN 50128 (ソフトウェア) EN 50129 (ハードウェア) に示されるSIL (Safety Integrity Level) に準拠した。適用を以下に示す。

SIL2 常用ブレーキ、旅客扉 (オペレータ及び回路)

SIL4 非常ブレーキ

ハードウェアでは、基本設計、FMECAの実施により故障率を規格の示す基準以下に収める数値レベルの検証を行うとともに、客先要求仕様やハザードに対する、照合 (Verification) と妥当性確認 (Validation)、およびその照合と妥当性確認作業の独立性についての要求を満たすことで、安全性を評価している。

また、同時にそれぞれの機器メーカーにおいてSILレベルに準拠し、車両システム全体としての安全性を確保している。

5 おわりに

パープルライン車両は、当社海外向けsustinaブランドの第一号である。タイ、バンコクにおける、安全、安定、そして環境にやさしい鉄道インフラの普及にこの車両が末永く役立つことを期待する。

またユーザからの日本製車両の快適性や使い心地の良さについての答えにも期待する。

著者紹介



鈴木久郎

生産本部
技術部 (ぎ装設計) グループリーダー



平林健一

生産本部
技術部 (システム設計) 主任技師



藤谷 晃

生産本部
技術部 (ぎ装設計) 主査



山本 徹

生産本部
技術部 (システム設計) 主査

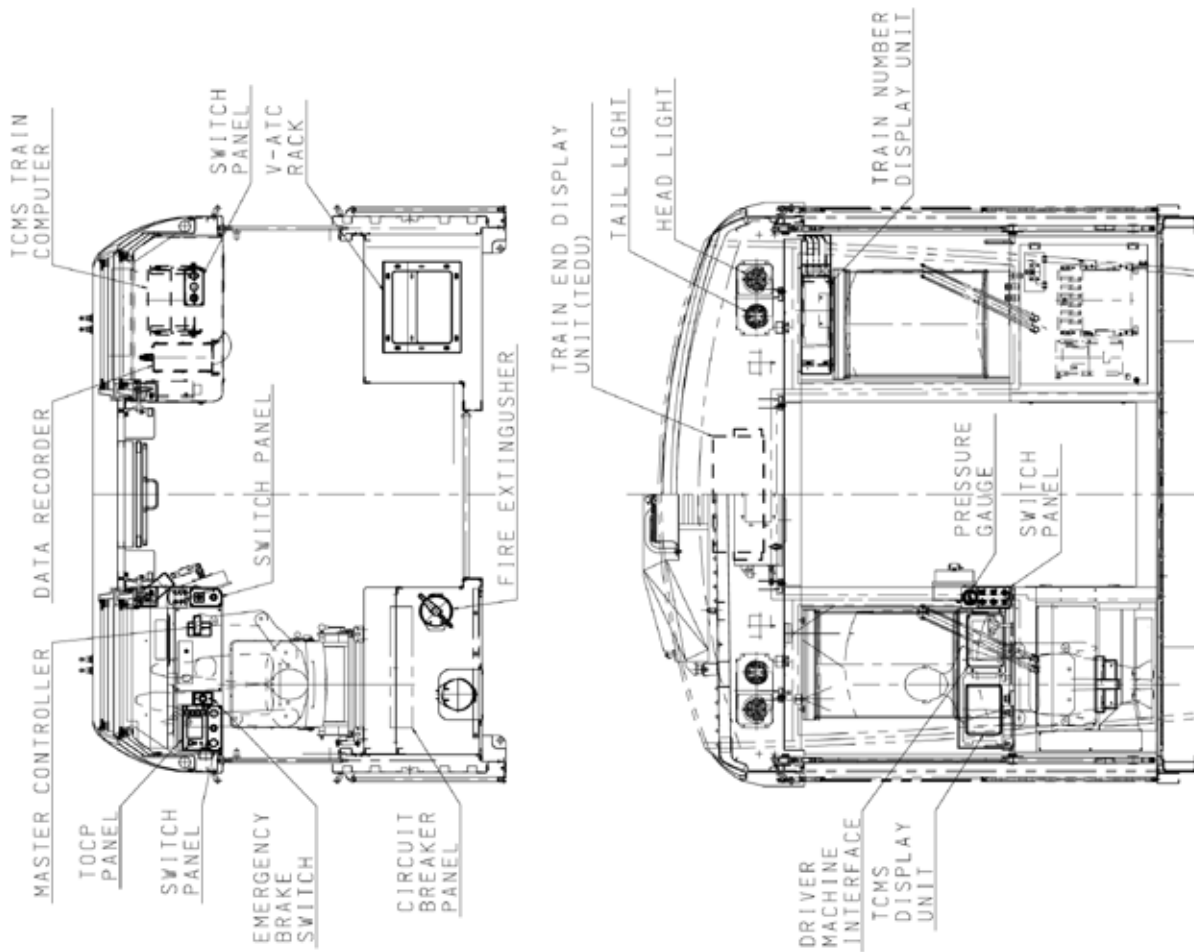


図7 乗務員室

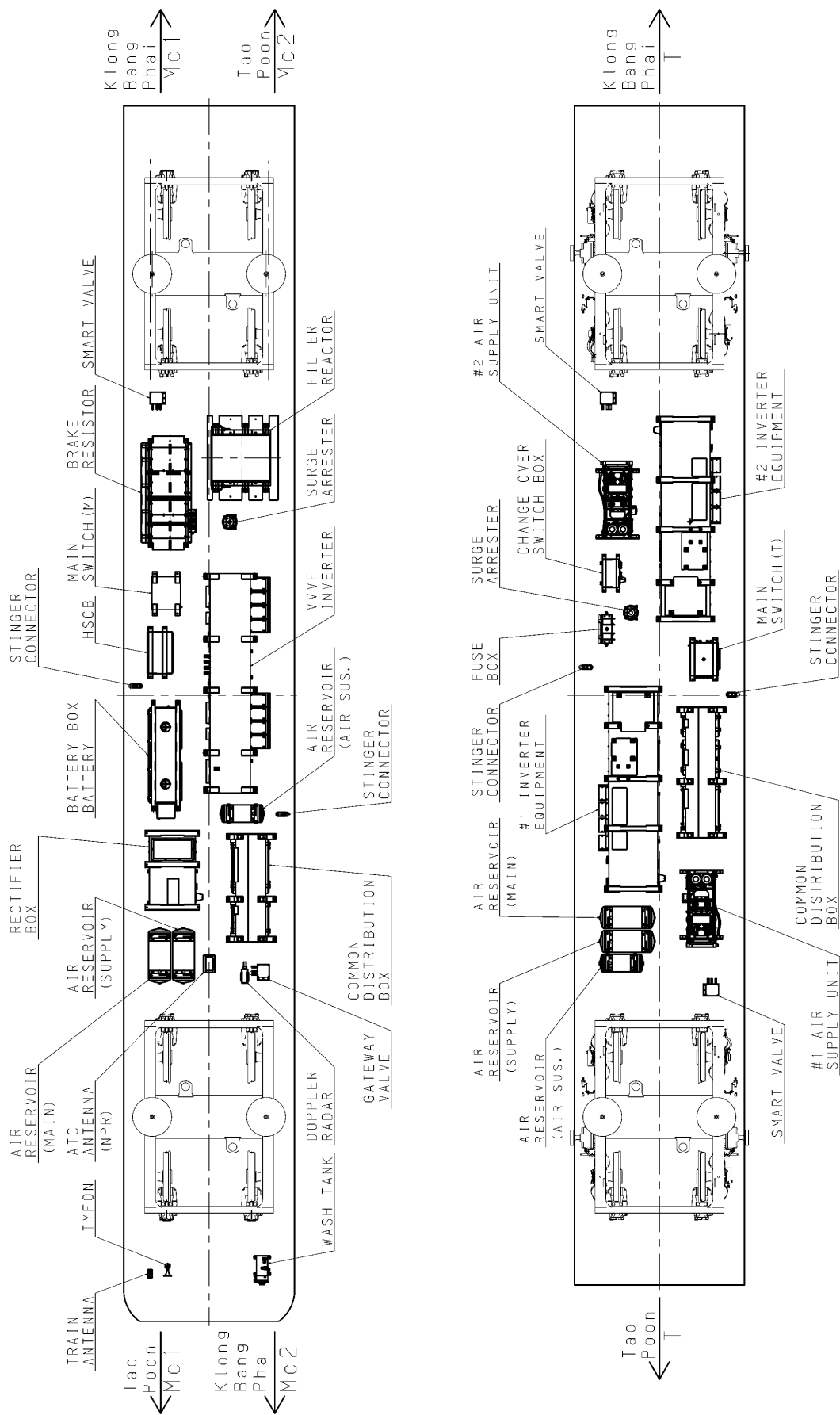


図 8 床下機器配置