

日 本 国 有 鉄 道 納

DE50 形 液 体 式 デ ィ ー ゼ ル 機 関 車

Type DE 50 Diesel Hydraulic Locomotive for Japanese National Railways

石 川 正 三* 白 井 伸 明* 麻 場 貞 男*
Syôzô Ishikawa Nobuaki Shirai Sadao Asaba

要 旨

日本国有鉄道の動力近代化の一環として、大出力ディーゼル機関および液体変速機が開発され、このたびこの機関、変速機各1台をとう載したDE50形液体式ディーゼル機関車1両が完成した。この機関車は軽量大出力、保守費の低減、運転操作の容易さなどを目標として計画され、液体変速機に内蔵したダイナミックブレーキ装置や、他形式空気ブレーキ使用車との重連操作のできる圧力変換装置などが採用されている。また軽量化のため、車体台わくなどで大幅な重量軽減が行なわれ、軸重は14tに納まっている。本文はこれらの特長を主にして、機関車の性能、構造について述べている。

1. 緒 言

日本国有鉄道の本線用液体式ディーゼル機関車は、DD51形が活躍しているが、機関、変速機を各2台をとう載しているため部品数も多く、保守容易化の面からも機関1台をとう載した機関車の出現が望まれていた。

今回、日本国有鉄道の技術課題により、出力2,000PSのディーゼル機関およびこれと組み合わせて使用する入力1,800PSの液体変速機が開発され、各種の試験で機関車用としての実用化の見通しがつき、本機関車が計画された。この機関車は大出力機関1台をとう載することにより、部品数の削減と軽量化に成功した。また保守費の低減する構造とし、運転操作面でも人間工学的検討を加えるとともに、取扱いの容易な機器配置とするなど、従来の実績に数多くの改良が加えられている。

なお本機関車は、貨車および固定編成客車けん引用であり、蒸気

表1 機関車一般仕様

用途	本線用貨車および固定編成客車けん引用
機関車重量 (運転整備)	70 t
機関車重量 (空 車)	65 t
軸 重	14 t
軸 配 置	A・A・A-B
全 長×全 幅×全 高	15,950×2,967×3,925 mm
台 車 中 心 間 距 離	9,330 mm
車 輪 径	860 mm
連 結 器 高 さ	850 mm
最 大 引 張 力	($\mu=0.3$) 約 21,000 kg
最 大 力 行 速 度	95 km/h
デ ィ ー ゼ ル 機 関	DMP81Z 1 台
連 続 定 格 出 力 / 回 転 速 度	2,000 PS / 1,500 rpm
液 体 変 速 機	DW7 1 台
変 速 方 式	1速 2段4要素 2・3速 1段4要素、充排油方式自動3段切換、ダイナミックブレーキ付
空 気 圧 縮 機	C3000B 1 台
流 体 継 手	17.5 HUD-A 1 台
蓄 電 池	TRK 15-12 6 個
容 量	525 Ah / 5時間率
制 御 方 式	電磁および電磁空気式重連総括制御
ブ レ ー キ 装 置	DL15B 空気ブレーキ、ダイナミックブレーキ、および手ブレーキ
車 体 形 式	中央運転室ボンネット形
台 車 形 式	
3 軸 台 車	DT140
2 軸 台 車	DT131F

* 日立製作所水戸工場

発生装置はとう載されていないが、軽軸重のため支線区へも入線可能であり、DD51形に近い引張特性を有している。

2. 一般仕様および特長

一般仕様を表1に、引張特性曲線を図1に、機関車外観を図2に示す。性能および構造上の特長を要約すると次のとおりである。

(1) 台車は、粘着重量を確保するため5動軸とし、3軸と2軸の2台車とした。3軸台車は横圧軽減のため、A・A・A方式とし

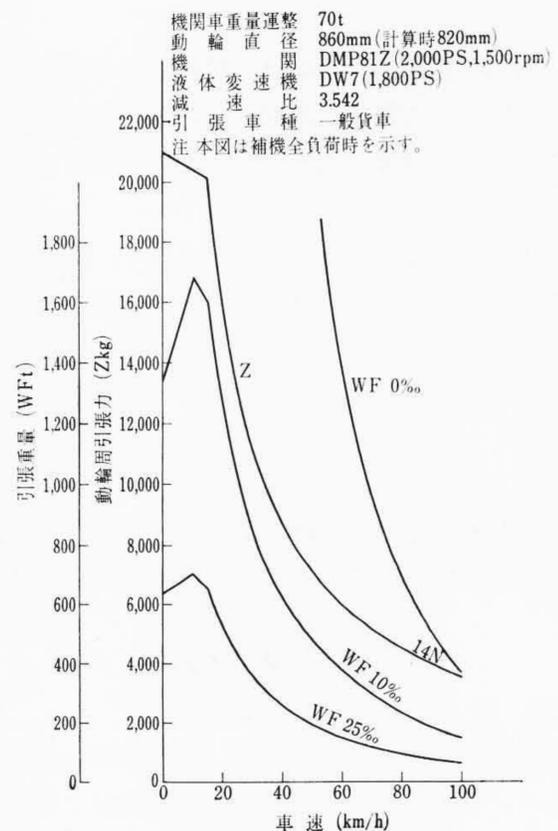


図1 引張特性曲線

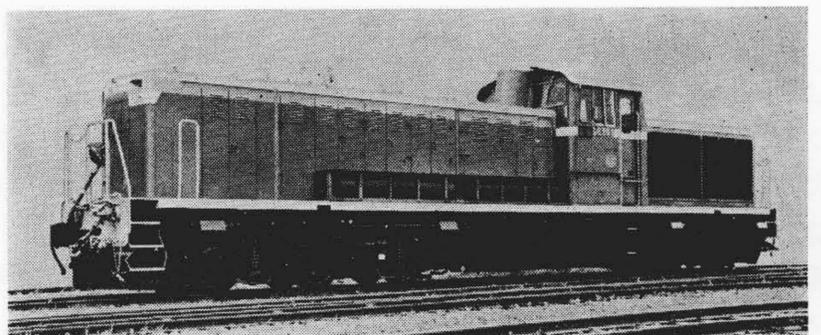


図2 機 関 車

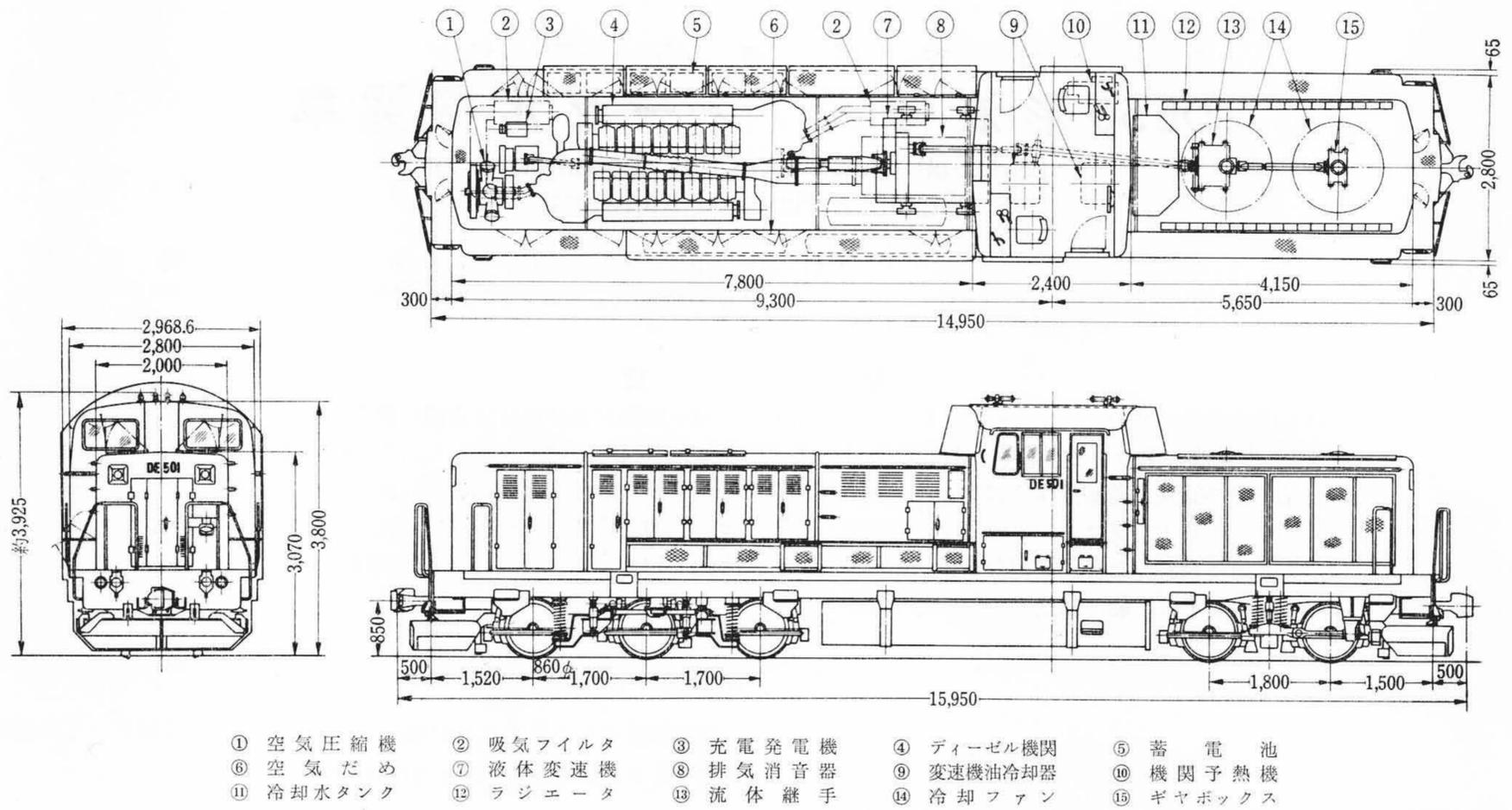


図3 外形および機器配置

て各軸が独自に動けるよう、台車わくを2分割した構造となっている。

(2) 車体台わくの軽量化には特に留意し、適切な部材の使用により、従来の機関車と比較し、単位長あたり重量で約75%におさまられている。

(3) 運転台の設計にあたっては、運転操作の容易さをねらいとし、人間工学的検討を加え、本線用機関車としては初めて、ブレーキ弁を右側に、主幹制御器を左側に配置するなどの改良が施された。

(4) 連続下りこう配線区での抑速用として、液体変速機に内蔵した流体継手によるダイナミックブレーキを装備している。

(5) 放熱装置冷却ファンの駆動には、DD 51形などのオイルポンプ、モータに代えて、機器配置上および保守上からも有利な流体継手を採用した。

(6) 空気ブレーキには、保守取扱いが容易なセルフラップ三圧方式のDL 15B系を使用し、DD 51形などツリ合管方式の従来車との単弁重連総括制御ができるよう逆圧制御装置を装備した。

3. 機関車の構造

3.1 機器配置

機器配置は図3に示すとおりである。本機関車は中央運転室ボンネット形であり、DD 51形、DE 10形などと類似の形状である。運転室をはさんで1端側は補機および機関室となっている。ボンネットは保守の便を考慮して3分割されており、2端側は冷却室となっている。

1端側先端の補機室には、空気圧縮機、充電発電機が配置され、これらは機関出力軸より結合された駆動軸により、Vベルトで駆動されている。またこの補機室の上部には、機関B列シリンダ側の吸気フィルタとその風道が配置されている。機関室には機関および変速機が配置され、変速機は推進軸の最大角度で規制されたため、一部運転室床下には入り込んでいるが、保守点検には支障のないよう考慮してある。また、変速機の上部には中央に機関の排気消音器、右側にA列シリンダ側の吸気フィルタ、左側に供給空気だめを取り

付けている。

運転室には前後方向に向いた運転台を設け、床板下部には2個の変速機用油冷却器、ユニット化されたブレーキ制御装置および機関予熱器をとう載している。2端側の冷却室には機関の放熱装置を配置し、2台の冷却ファンを駆動する流体継手とギヤボックスが、ファン下部に取り付けてある。長手方向中央部の車体台わく下面には、左右2組の燃料タンクが置かれている。タンク容量は合計3,800 lである。

3.2 台車

5動軸のため3軸台車と2軸台車の組み合わせとし、推進軸配置の関係でいずれも心血なしの構造とし、3軸台車には横圧を小さくするため、A・A方式の特殊機構を採用している。

3.2.1 3軸台車

台車わくは全鋼板溶接製で、前後軸では球形ゴムを介し、中間軸では角形ゴムを介して、前軸-中間軸減速機間に1組、中間軸-後軸減速機間に1組設けられている。車体荷重はまくらバネを介して台車わくに伝達され、まくらバネ上下には防振ゴムをそう入して横剛性を小さくしており、このため台車回転が無理なくできるようにしてある。上下動および左右動に対してはオイルダンパーを設けている。

各軸は八字形リンクにより連結されているから、曲線通過時には前後軸は、中間軸に対してある角度で傾くことにより、横圧を軽減することができる。引張装置には仮想回転中心が、常に台車中心近くになるような特殊リンク機構を採用している。

図4はDD 51形と同一条件で、社内で測定した横圧、軸重の値を示したものである。全軸距3,400mmの3軸台車であるが、DD 51形の2軸台車(全軸距2,200mm)を下回る横圧しかできていないことがわかる。

基礎ブレーキは2軸台車のものと共通しており、両抱制輪子式である。各軸1組の独立したブレーキダイヤフラムにより作動させるが、120mmのストロークを有するので制輪子摩耗による間隙(げき)調整は不要となり、保守は容易である。図5は3軸台車の外形を示したものである。

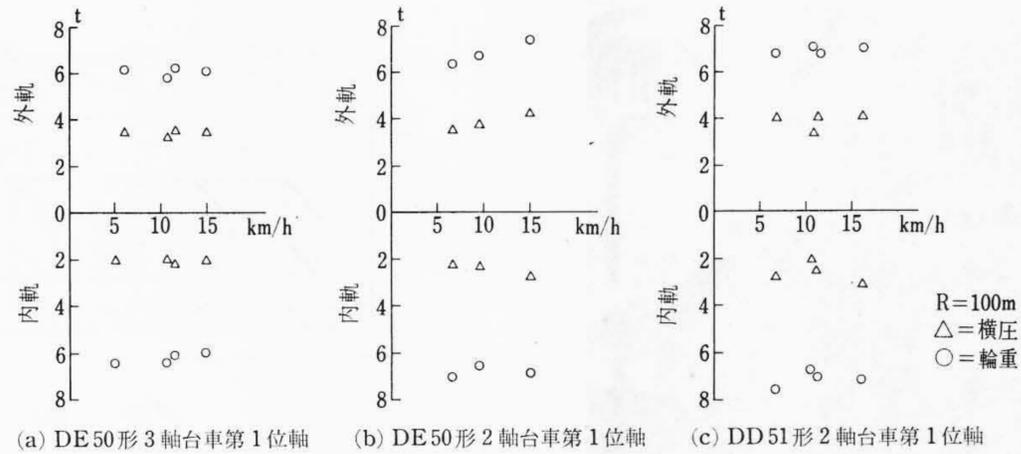


図4 横圧輪重測定結果

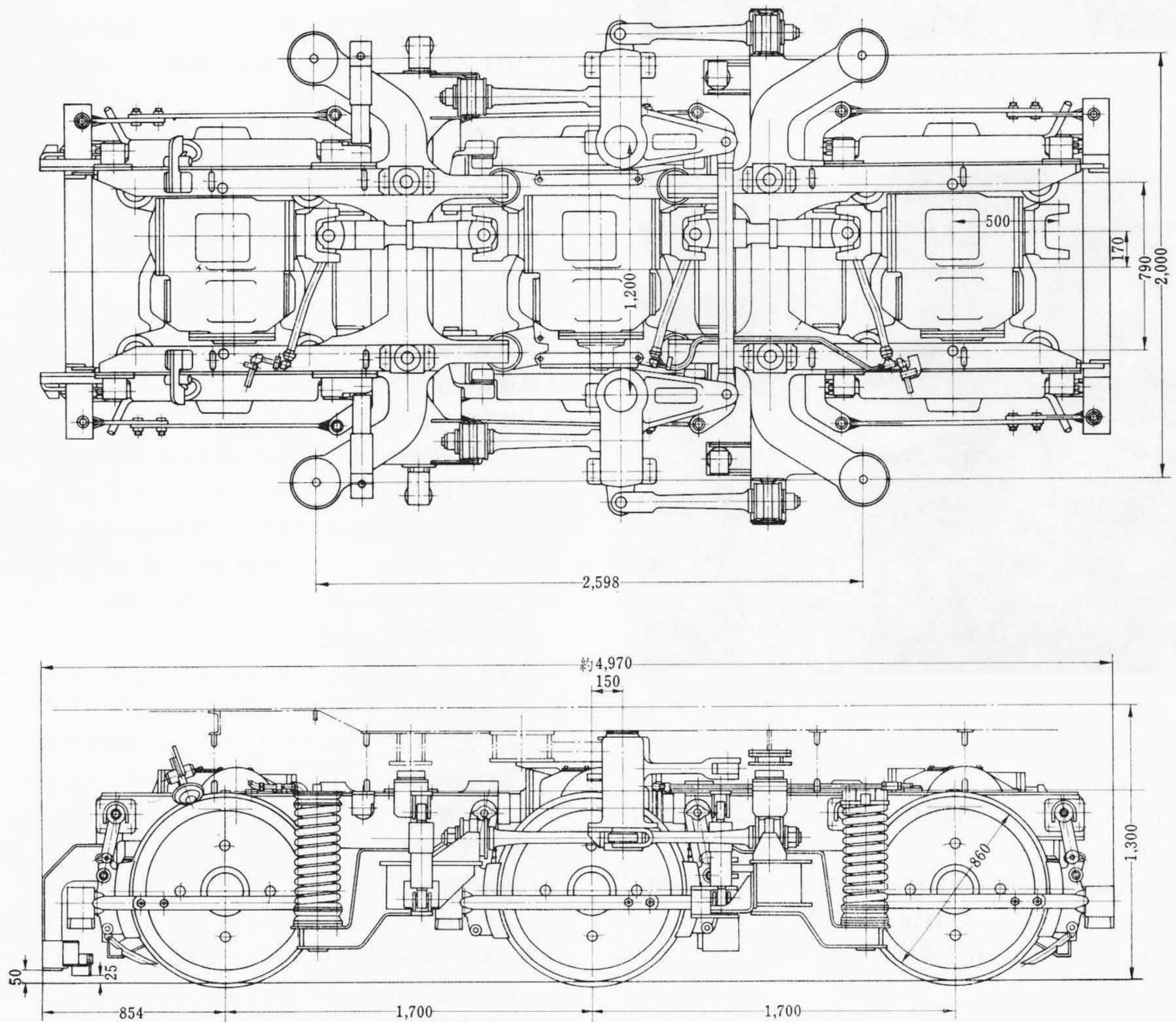


図5 3軸台車外形

3.2.2 2軸台車

台車側はりは鋳鋼製で、左右独立したものが平行に球形ゴムを介して減速機上に乗っており、各側はりは中央突出部の球形継手により連結されている。車体荷重は防振ゴム入りのまくらバネを介して揺れまくらから側はりに伝達される。

揺れまくら装置は、台車回転変位を吸収して引張力伝達を受けもつような特殊リンク機構であり、オイルダンパーを傾斜させて取り付けることにより上下動、左右動に対して有効に作用する。

3.2.3 動力伝達装置

輪軸のジャーナル軸受は減速機内におさめた内軸箱方式であり、減速機は、はすば歯車と曲りばかさ歯車による2段減速方式である。潤滑方式としては、歯車によるはねかけ方式をとり、油

切部にはラビリンスを設けて接触部をなくしている。

推進軸ヨークは、1/50のテーパによる焼ばめ圧入とし、従来のスプライン方式による摩耗などの問題点を減少させている。

3.3 車体

車体は、車体台わくのはぼ中央に溶接された運転室と、前後の取りはずし可能な機関室、冷却室などで構成され、両側面には点検とびらを設けて保守点検が容易な構造となっている。

従来のディーゼル機関車の全重量に対する、構体重量の占める割合は約20%であり、さらに構体重量中の70~75%は車体台わくが占めている。本機関車の計画にあたり、大幅な重量軽減が必要とされ、一機関方式となり部品数は削減されたが、大形化した機関、変速機および付属機器の重量増加が大きく、構体側の軽量化が強く要

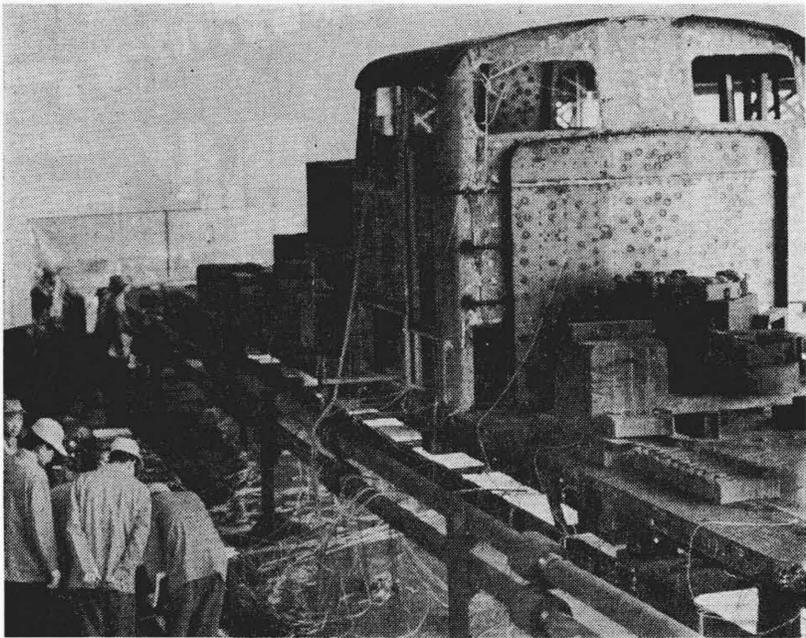


図6 車体台わく荷重試験状況

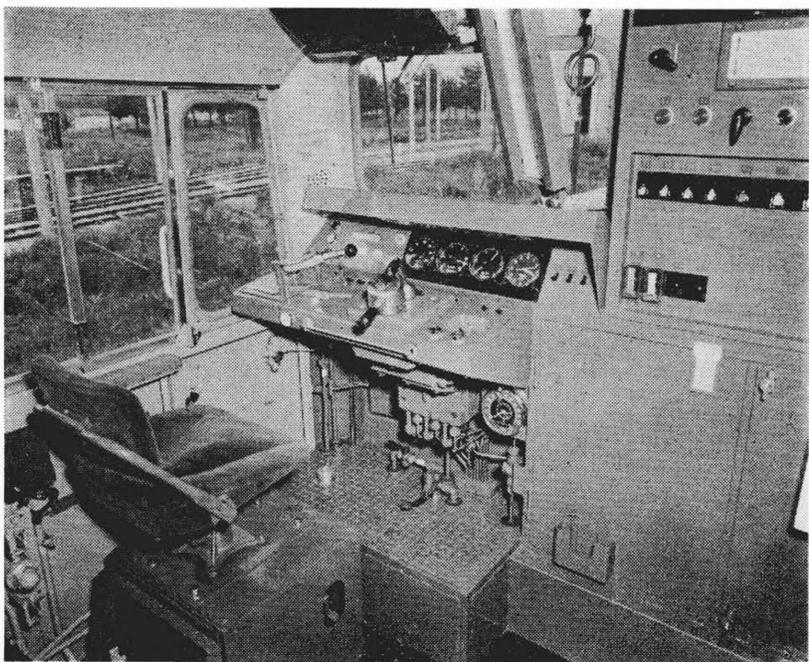


図7 運転台

求された。そこで車体台わくの軽量化に重点をおく方針としたが、このためのおもな手法としては次のような点があげられる。

- (1) 車端衝撃荷重は100 tを目標とし、連結装置のゴム緩衝器に、吸収エネルギーの大きいRD 18形を採用した。
- (2) 中はりには、軽量のH形鋼を採用し、横はりも同じH形鋼を使用して溶接量の低減を図った。
- (3) 上板は、全般的に従来車より薄くし、重量負荷部は形鋼を通して強化する構造とした。

これらの手法により構造の合理化を行なった結果、従来車と比べて単位長あたりの重量は25%の低減ができた。車体台わく完成後、使用条件にあわせた車端衝撃をはじめとする各種の荷重試験を実施し、たわみおよび応力の測定を行ない、強度についてはじゅうぶんな検討を行なった。図6は荷重試験の状況を示したものである。

3.4 運転台

本線用機関車のため、運転台は前後向きのもので、対角線上に設けられ、助手席は設けず運転士席を180度回転して使用する構造としてある。運転士席前面には右側にブレーキ弁、左側に主幹制御器を配置した。この配置は従来の本線用機関車とは逆であるが、微妙な操作をするブレーキ弁を右手側に置くのが、人間工学上からもすぐれており、後進運転時にも操作が容易なことを確認した。またそのほかの計器、スイッチ類は力行用、ブレーキ用と、それぞれ集約

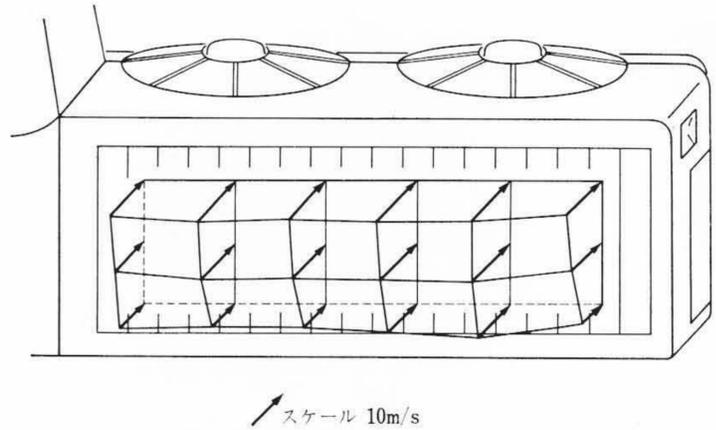


図8 ラジエータ前面風速分布

する方針をとり、時刻表と時計のように関連性のあるものは近づけて配置してあり、運転操作が容易な構造となっている。図7は1端側運転台を示したものである。

3.5 放熱装置

運転室の2端側が放熱装置をおさめた冷却室となっている。ラジエータには、日本国有鉄道標準のアルミ製EX 7 A形を使用し、主回路用29本、給気冷却回路用9本を配置し、じゅうぶんな冷却性能を有している。

冷却ファン用風道は、構造の簡易化、軽量化のため設けてないが、前面風速は図8に示すように9~10 m/sで均一化されており、所定の風量も確保できる。冷却ファンは2台使用され、この駆動には水温を検知して回転を制御する流体継手が採用されている。2端寄りのファンは流体継手の出力軸から延長した駆動軸より、ギヤボックスを介して同期駆動されている。またダイナミックブレーキを使用した場合、変速機油の冷却効果を高めるため、冷却水回路に電磁制御弁を設けており、ブレーキ使用時には、冷却水を変速機側へ大量に流し、機関側を制限する新しい機構も採用している。

3.6 空気ブレーキ装置

空気ブレーキ装置としては、DE 10形で実績がある、セルフラップ式ブレーキ弁と、三圧力式制御弁によるDL 15 B系を一部改良して使用した。このブレーキ弁は、ハンドルの操作角度に応じたブレーキ管の制御圧力を得ることができるもので、さらにカギを扱うことにより、制御電気回路の切入れ、運転台の切換えなどができ、操作が容易で、軽量小形化されているので、ぎ装上からも有利である。ブレーキ制御装置は、定圧空気だめ、ブレーキ管、ブレーキダイヤフラムの三圧力の、つり合いによって必要ブレーキ圧力を制御する機構のもので、各種の弁類がユニット化されている。また、本機関車には新しく逆圧制御装置を設け、釣合管も引き通して、制御管と釣合管の圧力変換作用を行ない、釣合管方式のブレーキ装置をもつ機関車との重連運転時の単弁総括制御ができる特長を備えている。

4. ディーゼル機関

この機関はDMP 81 Z形と称し、DE 10形で使用している1,350 PS、DML 61 ZB形を基本としており、シリンダ数を12から16に増し、出力を2,000 PSに増大したもので新潟鉄工所で製作された。各種の部品は基本形式との共通性を有しているが、クランク軸主軸受や接続棒大端軸受には、コロ軸受を使用したほか、自動弁すき間調整装置を使用するなど、保守容易化の構造となっている。このほか噴射ポンプを長手方向の中央に置き、高圧管を短くして燃焼系の改善を図っている。また給気冷却効果を上げるため、専用の冷却水ポンプが設置されている。

本機関は、完成後各種の台上試験を実施して性能を確認しており、UIC規格に基づく100時間の形式試験も実施された。

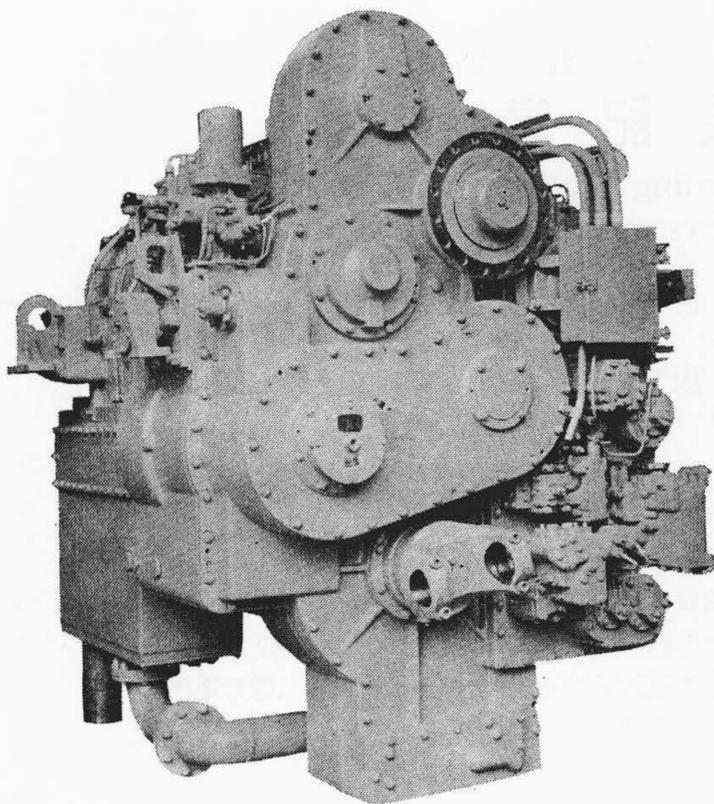


図9 DW7形液体変速機

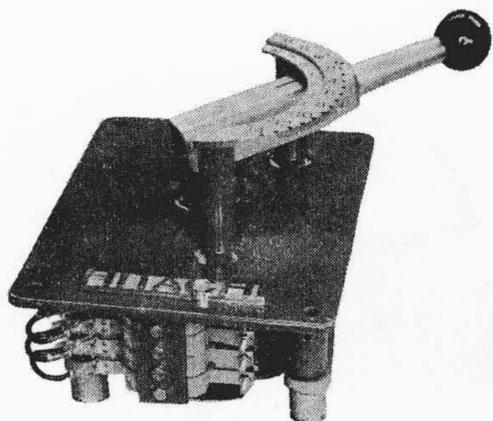


図10 主幹制御器

5. 液体変速機

本変速機は、従来のDW2系をもとに新たに開発されたもので、DW7形と称し、日立製作所亀有工場で作られた。本機は充排油方式の3個のコンバータと、逆転機を内蔵し、新しくダイナミックブレーキ専用の流体継手が3速軸に取り付けられている。このダイナミックブレーキ装置は、入力80%相当のブレーキ力を発生する性能をもっている。

制御方式では、従来電気制御方式であった回転検出や速度段切換えなどに、油圧方式を採用しており、車体側との電気指令の接続回路が大幅に減少した。さらに、入力軸にかみ合う補機駆動出力軸も設けられ、流体継手駆動用として使用されている。図9は変速機外観を示したものである。

6. 制御保護装置

制御保護装置は、日本国有鉄道の標準形式車のDE10形を基本とし、これにDD51形の思想を折り込んだほか、ダイナミックブレーキの制御保護回路を取り入れて設計されている。この機関車は、DE10、DD51形など同系統の機関、変速機をとう載した機関車との、

表2 機関車の保護と警報

	機関停止	力行 回路 断	表示 灯	ブ タ ザ ハ ー マ ル	非 ブ レ ー キ 常 キ	砂 ま き	笛	発 炎 筒
機関潤滑油不足	○	○	○					
変速機潤滑油不足	○	○	○					
冷却水温95℃以上		○	○					
冷却水温85℃以上			○					
変速機油115℃以上		○	○					
変速機油105℃以上			○					
空転滑走			○	○		○		
EB装置(警報サイクル)				○				
EB装置(ブレーキサイクル)		○		○	○	○		
ATS装置(警報サイクル)			○	○				
ATS装置(ブレーキサイクル)		○	○	○	○			
緊急ブレーキ	○	○			○	○	○	○
ATS電源入れ忘れ				○				

重連総括制御が可能であり、主幹制御器を除く電気品には、互換性を重視してほとんどがDE10形と共通のものが使用されている。

図10は主幹制御器の外形を示したものである。力行とダイナミックブレーキの制御は、主幹制御器の一つのハンドルで行なわれ、普通に回転させると力行となり、押し下げて回転させるとダイナミックブレーキが作動することとなる。主幹制御器から出る信号は、ブレーキと4種類のノッチ信号とで合計5種類あり、これにより力行14ノッチと、ダイナミックブレーキ7ノッチを得ることができる。

主幹制御器から出る4種類のノッチ信号としては、初めての試みである交番2進信号を採用した。機関やダイナミックブレーキの、ノッチ制御用電磁ソレノイドは、純2進信号で動作するので、従来は主幹制御器のセグメントも純2進方式であるが、ノッチ渡り時にとび離れたノッチにはいらないようにセグメントの製作や調整にかなり手間をかけている。これに対し、交番2進信号とすると調整が楽で構造も簡易化される。

変速機の3個の力行用コンバータの制御は、速度比を検知して切換えを行なう従来の手法と同じであるが、DD51形用DW2A変速機の場合は、半導体を使用した電気式速度比検出装置を採用しているのに対し、DW7形では油圧で制御されている。さらに回転検出装置にも油圧制御が採用されたため、電気回路から変速機に与える指令は、正転、逆転、力行、ブレーキおよびブレーキノッチ制御用の3種類の純2進信号だけとなり大幅に簡略化されている。

表2は機関車の保護と警報の一覧表である。

7. 結 言

本機関車完成後、日本国有鉄道において各装置の性能試験が広範囲にわたり実施され、いずれも所期の性能を有することが確認された。現在、中部地区の非電化区間で営業運転にはいっており、今後これらの試験結果と使用面での改善点を折り込み、量産される予定である。

終わりに、本機関車の設計製作にあたり、懇切なご指導を賜った日本国有鉄道車両設計事務所の各位に、深く謝意を表する次第である。