

日立新形自走運搬車

Hitachi New Type Hydraulic Transporter

自走運搬車は、懸架機構の油圧シリンダにより荷台を昇降してセルフローディングができ、機動性が良いなどの特長があり、従来から工場構内での重量物運搬に活躍しているが、日立製作所は、更に性能を向上させて用途の拡大を図るために、仕様及び構造を刷新した新形自走運搬車を開発した。新形自走運搬車では、荷台の昇降量を大きくするため懸架機構をスイングビーム方式としたほか、駆動は油圧駆動方式として、車輪をユニット化し、必要に応じて複数台組み合わせて運行できる舵取り装置が組み込めるようにするなど新しい機能をもたせて、多様化する輸送形態に対応できるものにした。

今回、日立造船株式会社に新機構を採用した750t積自走運搬車を納入したので、これを基に新形自走運搬車について述べる。

田村直行* *Tamura Naoyuki*
高田嘉和* *Takata Yoshikazu*
岩本 昇* *Iwamoto Noboru*

1 緒 言

大形構造物を輸送するための自走運搬車は、輸送の形態に応じて車両の機能や性能が決定される。過去に日立製作所で製作した自走運搬車は、800t積自走運搬車¹⁾を除いて、大多数が造船所のヤード内で船こくブロックの運搬に使用されている。

その輸送形態は、工場建屋内で建造された船こくブロックを、建屋からドックサイドまで運搬し、それから後の荷役はクレーンに依存していた。これらの用途に合わせて製作された自走運搬車として、従来80t積、120t積²⁾、200t積³⁾、220t積及び400t積⁴⁾があり、造船業界の輸送合理化の一翼を担ってきた。

一方、一般に大形構造物、超重量品などと呼ばれている輸送物には、電力機器のトランス、ステータなどや、陸上機械、橋梁などがあり、更に近年は、原子力関係の機器、化学プラントでのモジュールなどが加えられている。

これらの輸送物を、従来の自走運搬車で輸送しようとする

- と次のような問題点があった。
- (1) 輸送物の底面積が自走運搬車の床面積に比べて小さいため、車枠が荷重に耐えられない。
 - (2) 輸送物の質量が大きすぎて、積載能力が不足する。
 - (3) 車輪の数が多くなると、機械式舵取り装置ではリンク機構が複雑となり、より多くの走行姿勢を組み入れることが困難となる。

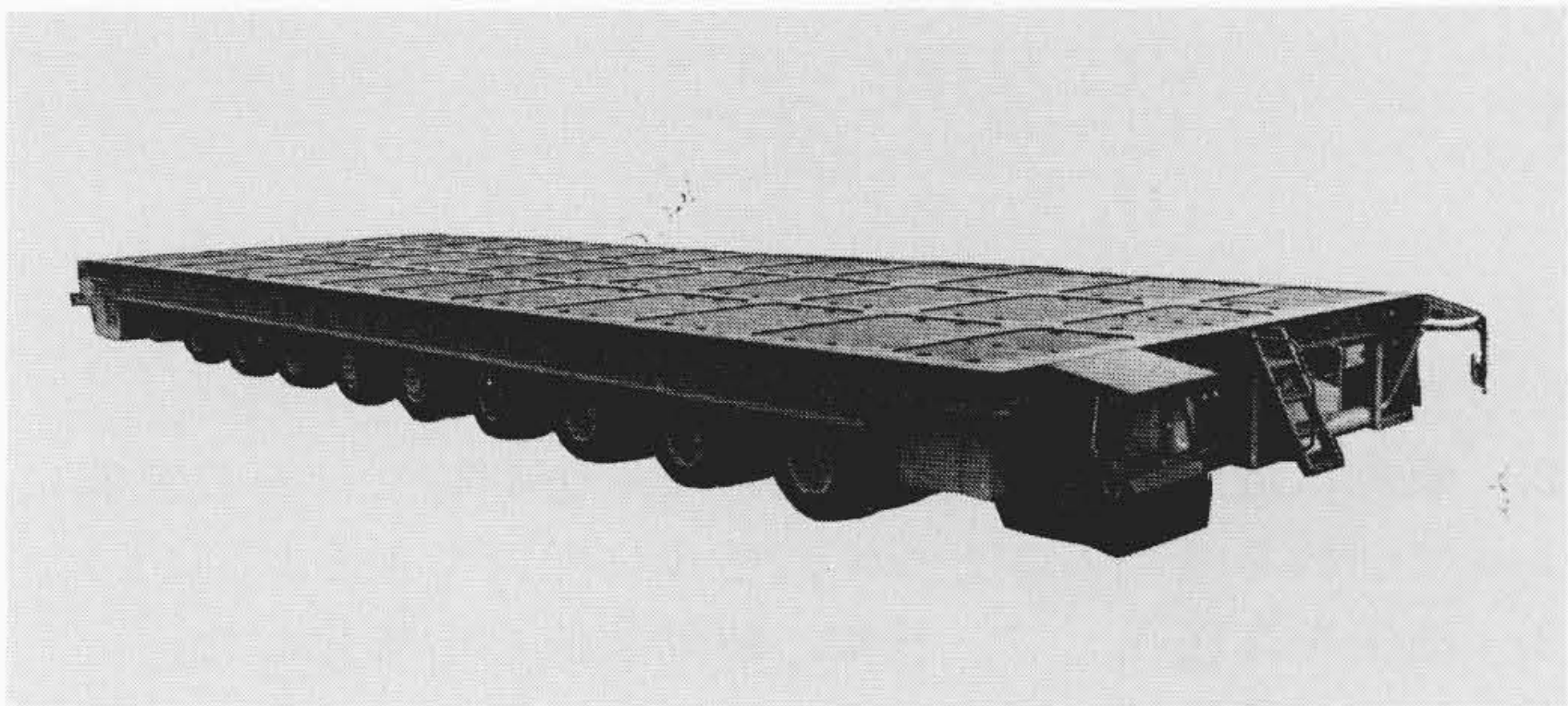


図1 750t積自走運搬車の外観 運転室は前後にあり、どちらからでも運転操作が行なえる。

- (4) ガード式輸送車の場合、輸送中の輸送物の下面高さが約1mであるのに対し、自走運搬車では2mを超えるようになり、輸送前後の輸送物のジャッキアップ、ジャッキダウンの作業が大変である。
 - (5) 輸送物を船積するとき、ジャッキストローク(荷台昇降量)が小さいためランプの通過ができない。
- これらの問題を解決するために、新形自走運搬車では、
- (1) 懸架機構にスイングアーム方式を採用し、車高を高くし

表1 要求される項目と新機能の関係 輸送形態の多様化に伴う要求項目に対し、新形自走車での対応策を示したものである。

要 求 さ れ る 項 目	新 機 能				新形自走運搬車の機能
	スイングビーム式 懸 架 機 構	油 圧 駆 動	油圧の高圧化	マイクロコンピュー タによる舵取り装置	
荷台高さを低く	○	—	○	—	タイヤサイズ12:00-20-16PR(1) のときMin. 1,500mm
ストロークを大きく	○	○	○	—	500~700mm
荷台単位面積当たり積載能力を大きく	○	○	○	—	約4 t/m ²
走行姿勢4種類以上	—	○	○	○	約10種類
数台組み合わせて運行	—	—	—	○	1~6台

注：○印は、新機能採用によって要求を満足。

* 日立製作所笠戸工場

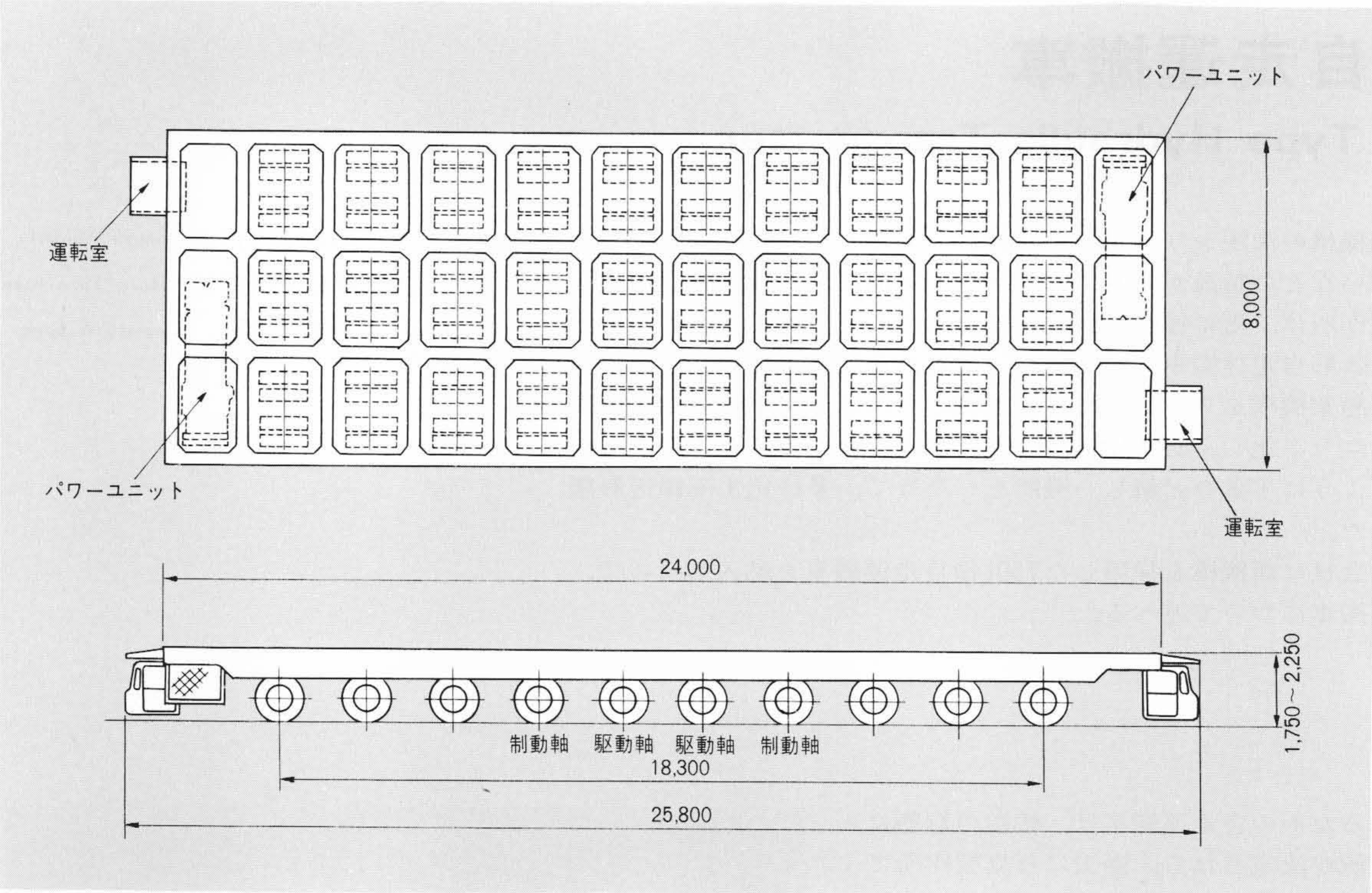


図2 750t積自走運搬車全体図 運転室、パワーユニットを車端部分に配置し、車輪が車両中央部に集中して配置してあることが分かる。

ないでジャッキストロークが大きくとれるようにした。
(2) 駆動に油圧駆動方式を採用して、駆動輪をほかの装置によって制約を受けることなく、任意に配置できるようにした。
(3) 油圧を高圧化して、懸架、駆動装置を小形化した。
(4) 舵取り装置は、従来のリンクによる機械式舵取り装置に加え、多様の走行姿勢や数台組み合わせて走行するなどの要求があるときは、マイクロコンピュータによって舵取り制御する方式を採用して、これに対応できるようにした。
などの機構の刷新を図り、機能を向上させて従来の自走運搬車では輸送することができなかった輸送物も輸送できるようにした。

自走運搬車に要求される項目と、新機能との関係は表1に示すようになる。要求される項目は、用途によって重要度が異なり、モジュールプラントなどの場合は、一般にすべての項目が要求され、底面積が小さくて質量の大きいものを運搬する場合は、荷台単位面積当たりの積載量が重要視される。日立造船株式会社納め750t積自走運搬車は、その後者に相当する。

2 750t積自走運搬車

単一の車両での積載能力750tは国内最大のものであり、この自走運搬車は1台に120本のタイヤを使用した超大形車である。この自走運搬車は、積載物の最小寸法が幅5m、長さ12mで、その質量に対して従来のものより小さいために、車両寸法を極力小さくする構造となっている。この750t積自走運搬車の外観を図1に、全体図を図2に、またその諸元を表2に示す。

この自走運搬車の特長は、次に述べるとおりである。
(1) 積載能力が単一車両で国内最大である。
(2) 懸架機構に、スイングビーム式の油圧サスペンションを採用したことにより、荷台高さが低いにもかかわらずジャッキストロークが大きい。
(3) 油圧駆動を採用したことにより、小形で強力な牽引力が得られる。

表2 750t積自走運搬車の主要諸元 駆動、終減速機、懸架装置などに新方式を採用している。

項目	諸元	750t積自走運搬車
寸法	全長	約 25,800mm
	荷台長さ	24,000mm
	全幅	約 8,000mm
	全高(空車時)	約 1,750~2,250mm
	軸距(駆動軸間) (その他の軸間)	1,900mm 2,050mm
	荷台揚程	約 500mm
	最低地上高	約 150mm(キャブ部) 約 100mm(走り装置部)
重量	車両重量	約203,000 kg
	最大積載量	750,000 kg
	車両総重量	約953,000 kg
性能	最高速度 750t積載、平坦路直進時 空車時(高速) 最小回転半径	約 2.5km/h 約 5.0km/h 約 27m
	形式	水冷4サイクルV形 ディーゼルエンジン
	最大出力	177kW{240PS}/2,200rpm
駆動	搭載台数	2台
	形式 ポンプ、モータ最高使用圧力	油圧駆動 34.3MPa{350kgf/cm ² }
終減速機	減速歯車形式	平歯車、遊星歯車
	減速比	1:72
舵取り装置	形式	パワーステアリング
	最大舵取り角	25°
走行装置	第 5, 6 軸	駆動軸
	第 4, 7 軸	制動軸
	タイヤ形式	ニューマチックタイヤ
	タイヤサイズ×本数	12.00-24-18PR(I)×120
ブレーキ装置	サービスブレーキ形式	機械式内括式ブレーキ
	駐車ブレーキ	スプリングブレーキ
懸架装置	形式	油圧ジャッキ兼用 油圧イコライズ式
	ジャッキストローク	500mm

- (4) 懸架機構の構成部品は、駆動軸、制動軸、従動軸共通で、部品の種類が少なく保守が容易である。
- (5) 前後いずれの運転席からも運転操作ができる。
- (6) 前後二組みのパワーユニットをもっており、万一いずれかが故障しても応急的な運行ができる油圧回路になっている。

3 新形自走運搬車の構造

3.1 車枠

車枠は、直接輸送物と接触する部分で、強度的に重要な部分である。従来の船こくブロック輸送の場合には、輸送物と車枠は床全面で接触していたが、モジュール輸送の場合には、モジュールのアンダフレームが梁で構成されるために、車枠と部分的にしか接触しないので、車枠に作用する荷重は集中荷重として作用する。そのために、車枠はより剛性の高いものが要求される。

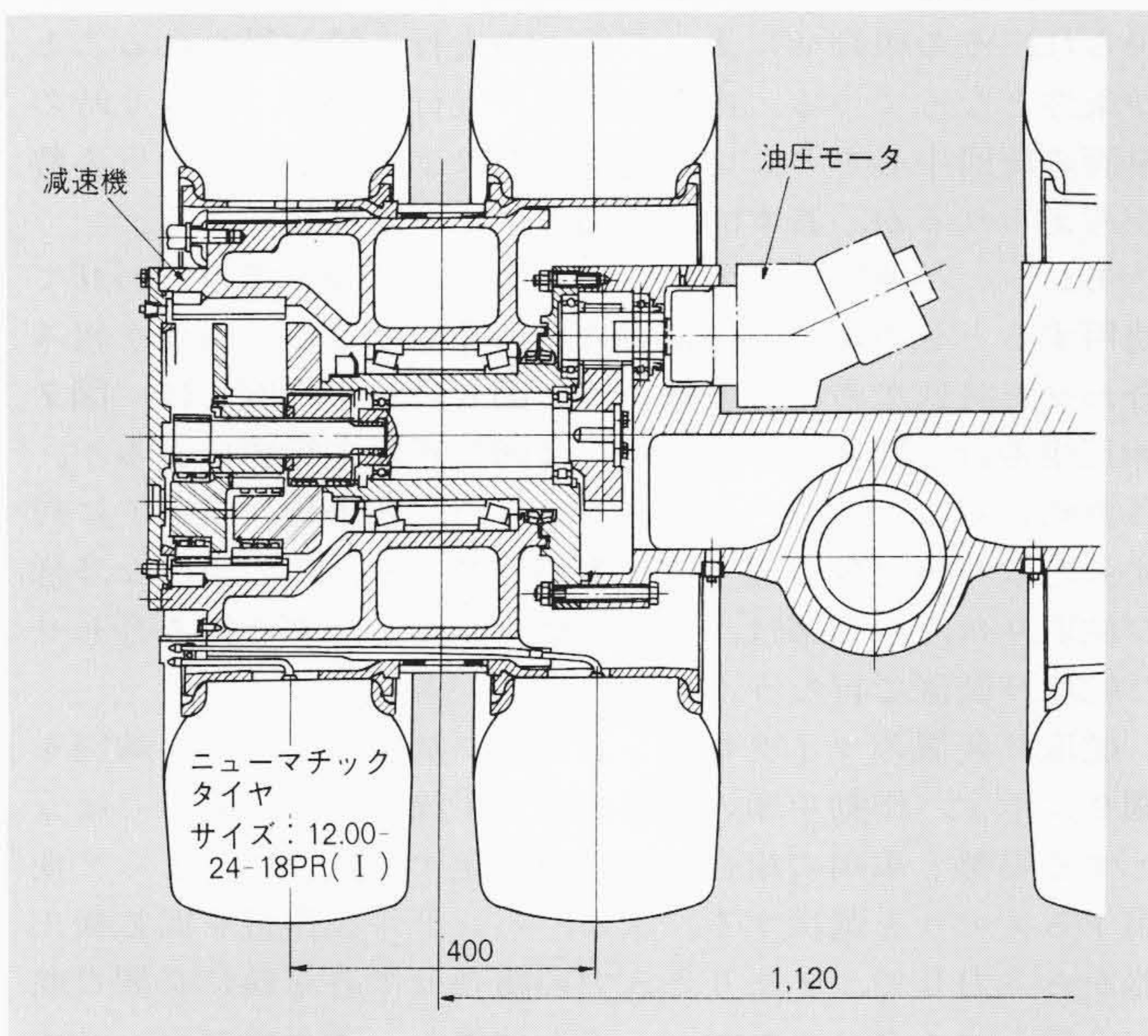


図3 終減速機全体図 全減速比1:72とし、油圧モータを汎用品でできるように配慮されている。

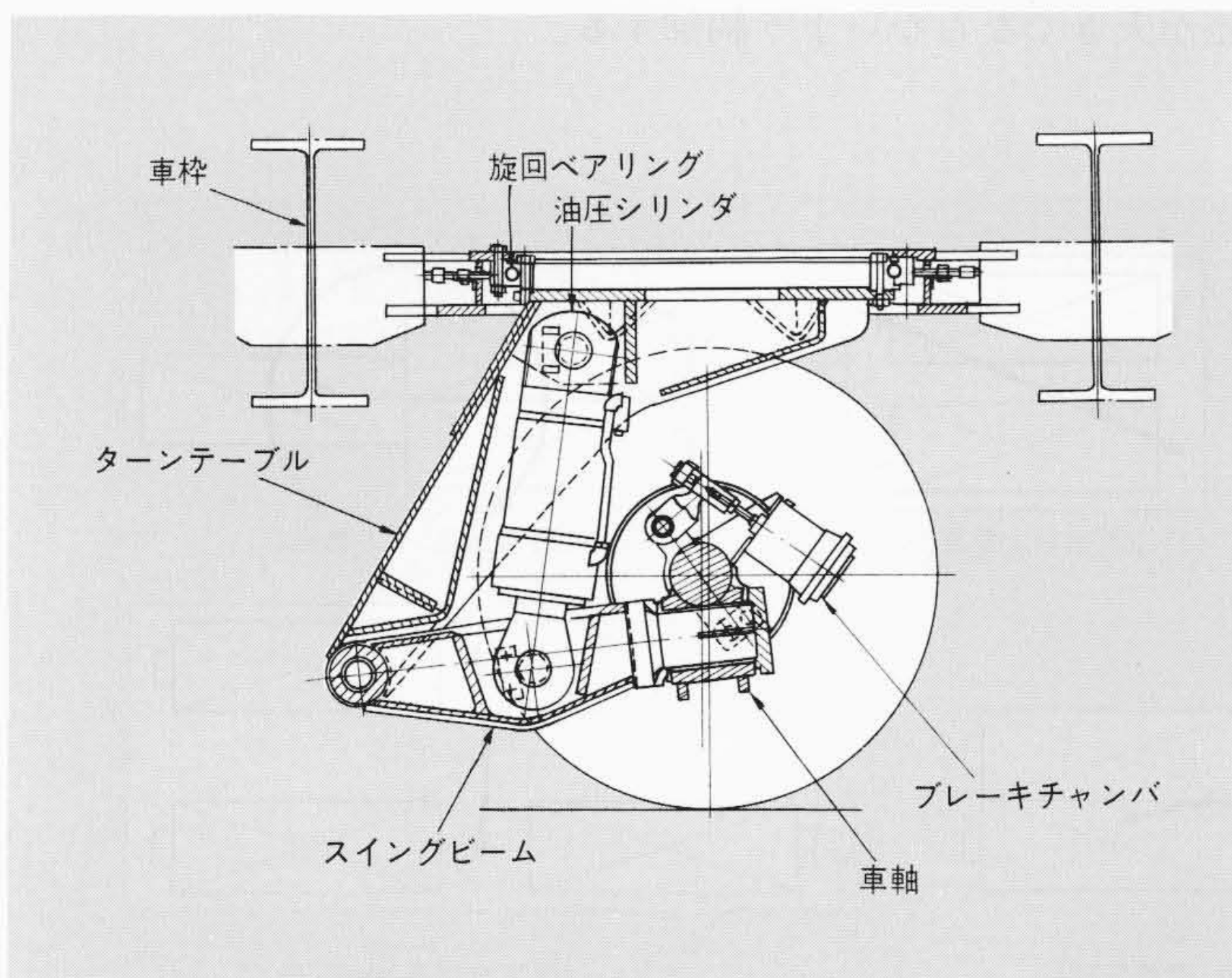


図4 懸架機構全体図 従来、車輪ユニット(4輪)に対して油圧シリンダを2本使用していたのに対し、油圧を高圧化して車輪ユニットに対して油圧シリンダを1本とした。

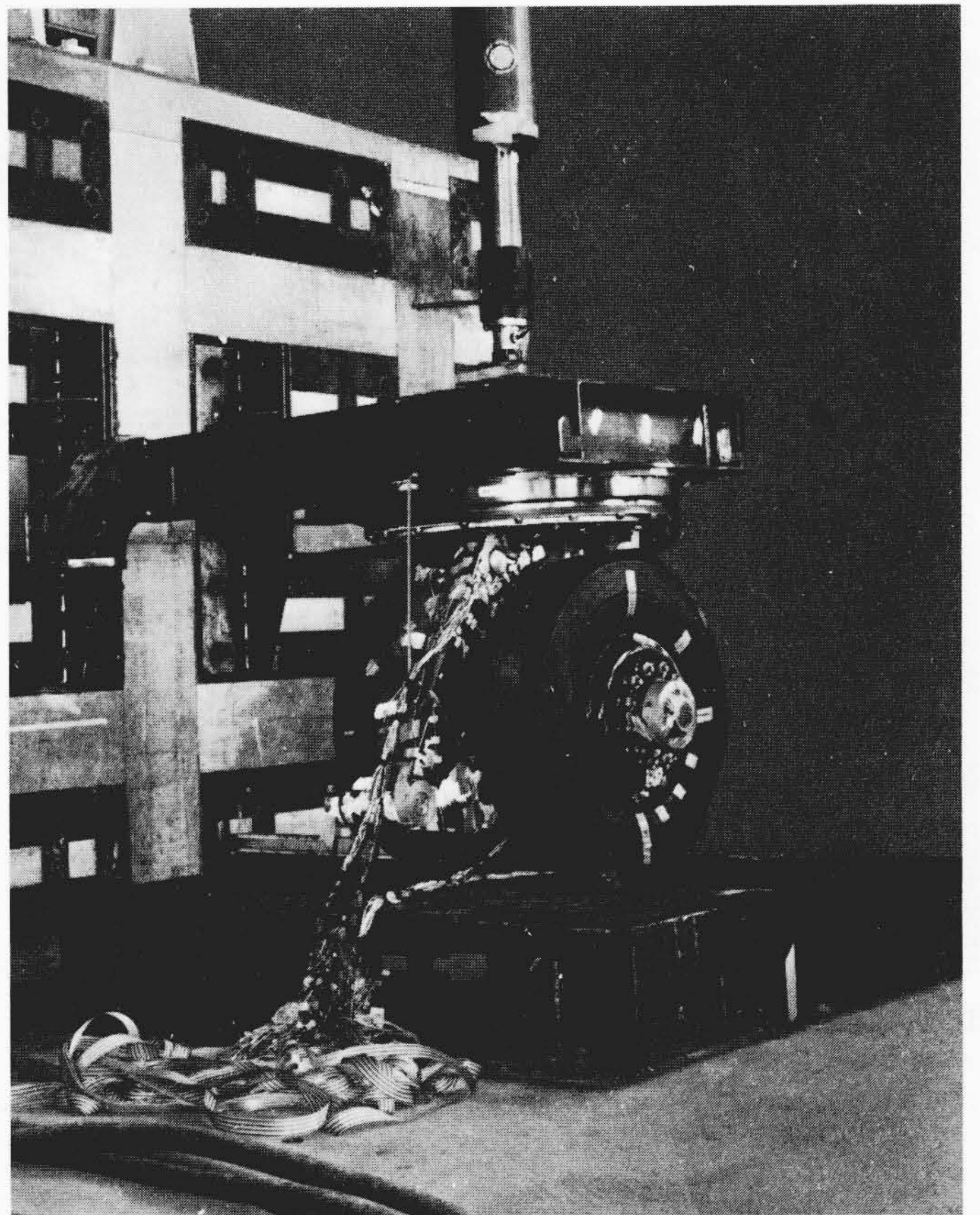


図5 懸架機構の試験状況 大形試験機により、上下314kN(32.0tf)の実荷重相当の負荷を与え、車軸、ディスクホイールを含む構成要素一式の強度確認試験を実施した(応力測定点総数165点)。

車枠は、有限要素法による面外ラーメンの解析を行ない、応力値及びたわみ量を解析して適正な部材選定を行なうが、一般には、たわみ量によって制約を受ける。このたわみ量はスパンの $\frac{1}{800}$ ⁵⁾を基準としている。主梁は変形を少なくし、溶接による強度低下防止のためにH形鋼を標準とし、ちなみに750t積自走運搬車では、呼びサイズH700mm×300mmの継目なし長尺材(24m)4本を主梁として使用している。

3.2 駆動装置

駆動装置は、ディーゼルエンジン、油圧ポンプ、油圧モータ、終減速機などで構成されている。図3は今回開発した終減速機で、汎用の油圧モータを使用して、超低速を得るために2段遊星歯車を採用し、平歯車と組み合わせて減速比を1:72にしている。

3.3 懸架機構

懸架機構は、セルフローディングのほか、最遠軸間距離(組み合わせで使用する場合も含む)35m以下、ランプ勾配4%以下の条件で、ロールオン、ロールオフができる大きなジャッキストロークが得られ、しかも車高はできるだけ低い構造とすることが必要である。この条件を満足させ、しかも軽量化を図るため新形自走運搬車では、図4に示す懸架機構を採用した。この機構の強度部材に使用する材料は、引張強さ589N/mm²{60kgf/mm²}以上の鋼材を使用し、溶接部の応力除去焼鈍を行っている。またこの機構の採用に当たっては、図5に示すように、アスファルト及びコンクリートの道路模型上で実物大の懸架機構模型に対し、油圧シリンダにより、上下あるいは舵取りの実負荷をかけ、十分な強度をもっていることを確認した。

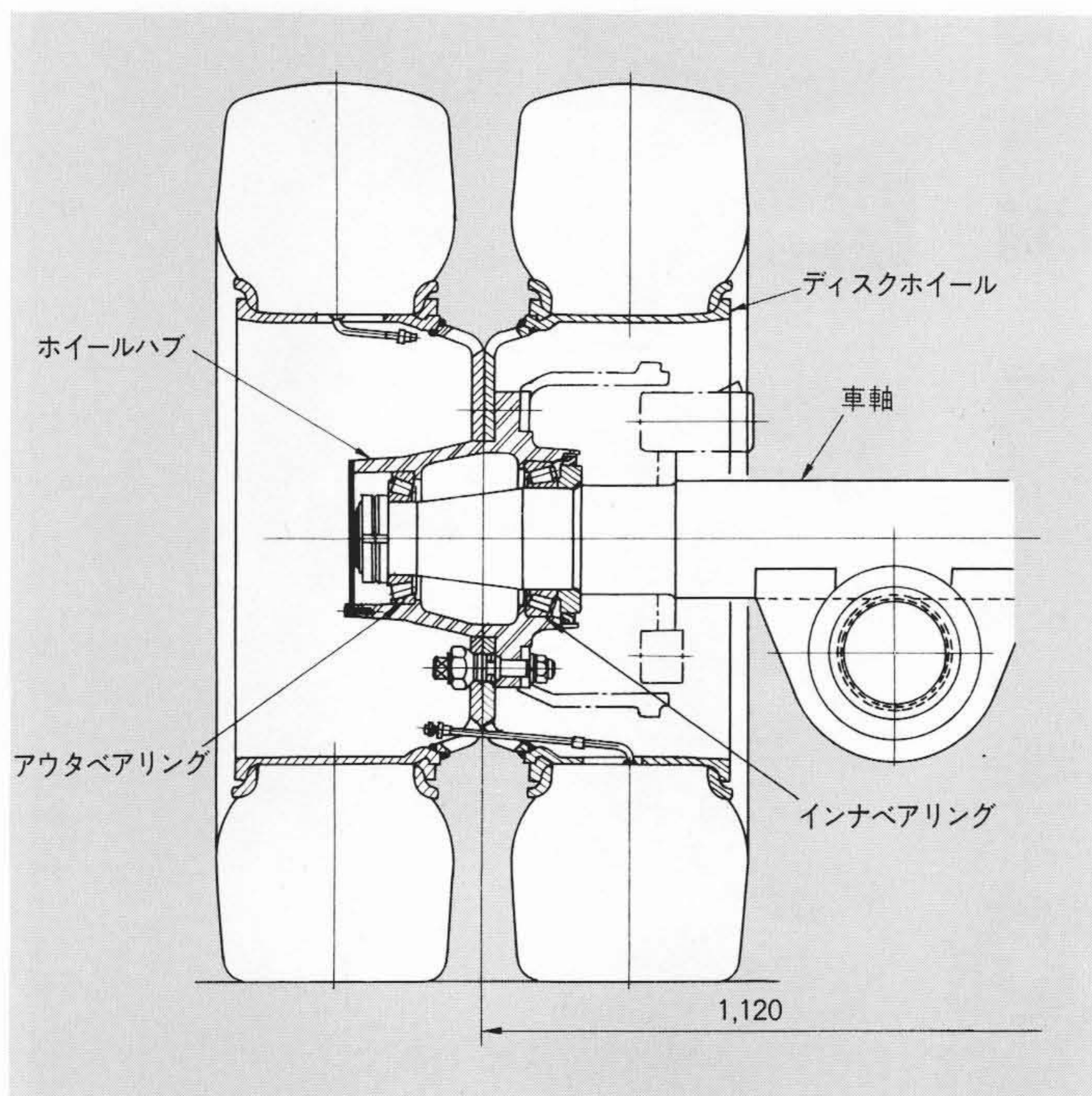


図6 従動軸全体図 懸架機構の変更に伴い、トレッドを従来の1,550mmから1,120mmに短縮し、車軸に作用する曲げモーメント及び舵取り抵抗を減少して軽量化を図った。

3.4 走行装置

駆動軸の車軸形状は、図3に示したように減速機と一体となっているが、図6に示すように、従動軸と制動軸は同様の構造として部品の種類を少なくした。トレッド(タイヤ間隔)は1,120mmで従来車に比較して430mm小さくし、車軸に作用する曲げモーメント及び車輪ユニットに必要な操舵トルクを小さくして部材を小形・軽量化した。このため、車輪ユニットの取付間隔が短縮でき、荷台面積当たりの積載能力を大幅に増加させている。

750t積自走運搬車の走行装置は1軸12輪(3ユニット)10軸で、全車輪数120輪で構成されている。全10軸中、中央部2軸が駆動軸で、その前後各1軸が制動軸、ほかの6軸が従動軸である。

3.5 舵取り装置

自走運搬車が、機敏に小回りの効く運行ができれば、運行のための用地が狭くて済み、用地を有効に活用できる。そのために、自走運搬車の舵取り装置はいろいろな舵取り角度が得られ、その組合せによって種々の走行姿勢が得られることが条件となっている。自走運搬車の走行姿勢は、舵取り時の車両の旋回中心をどこに設定するかによって多様の走行姿勢が考えられるが、基本的には図7に示す4種類である。

モジュール運搬などのように、数台の車両を組み合わせ使用するときの走行姿勢は更に多種多様となる。車両を組み合わせた状態での走行姿勢の例を図8に示す。例えば、図7(a)正規走行と図8(b)の正規走行は同じ正規走行ではあるが、各車両に対する旋回中心が異なるため、各車輪ユニットに対する舵取り角度は多種多様に変わってくる。このような多様な舵取り角度の制御は、マイクロコンピュータと組み合わせた舵取り装置で行なう。

舵取り装置のマイクロコンピュータ制御のブロック線図を図9に示す。作動手順の概略は、まず操作盤で、走行しようとする姿勢と車両の組合せの数を指定する。これによって使用するメモリを選択する。次に、ハンドル操作量を回転検出器から入力して、メモリと入力の組合せで各車輪に必要な舵取り量をマイクロコンピュータが演算し、各車輪ブロックの電気-油圧切換バルブを操作させる。車輪はブースタシリンダによって転向されるが、その回転量は別に検出され、マイクロコンピュータにフィードバックされ、指令と実転向角の誤差が大きくなるよう制御する。

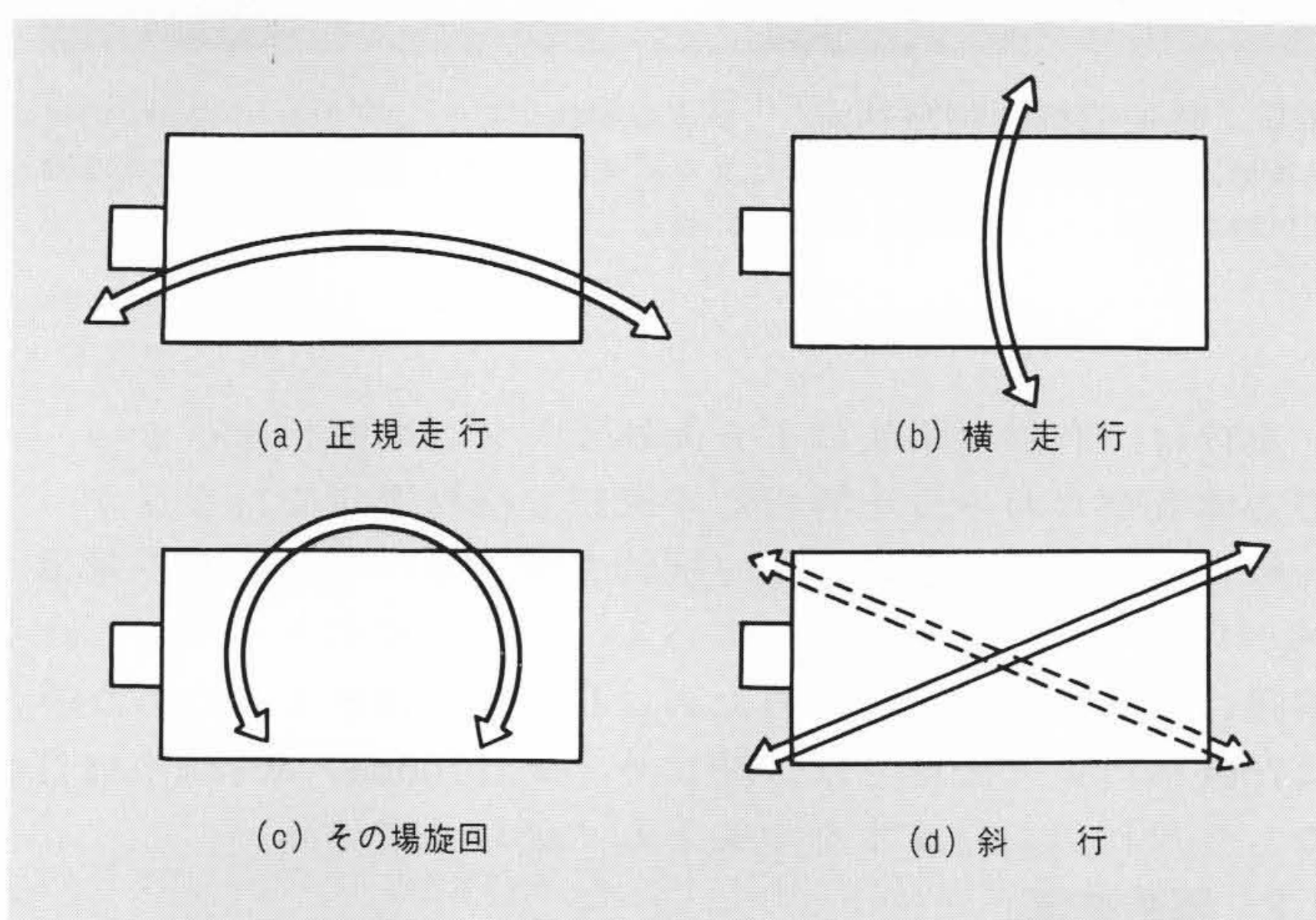


図7 舵取り姿勢の基本形 新しい機能として斜行を追加した。

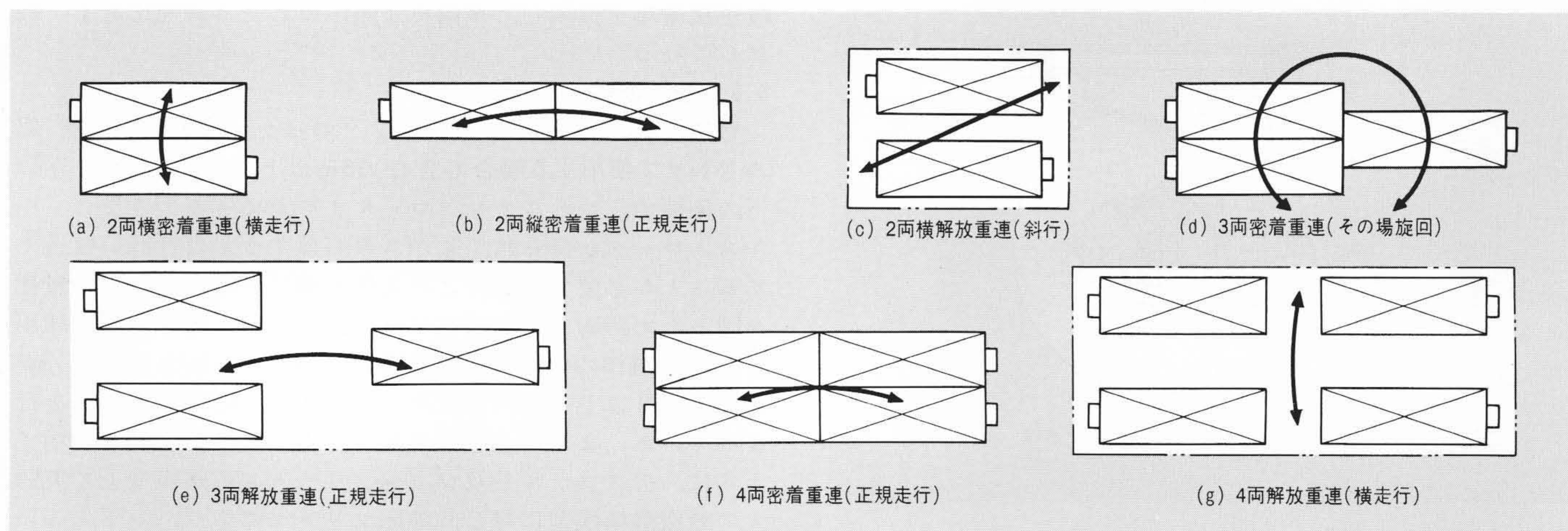


図8 組合せ状態での舵取り姿勢の例 舵取り姿勢は、輸送物の大きさ、輸送の方法などから決定されるが、ここではその代表例を示す。

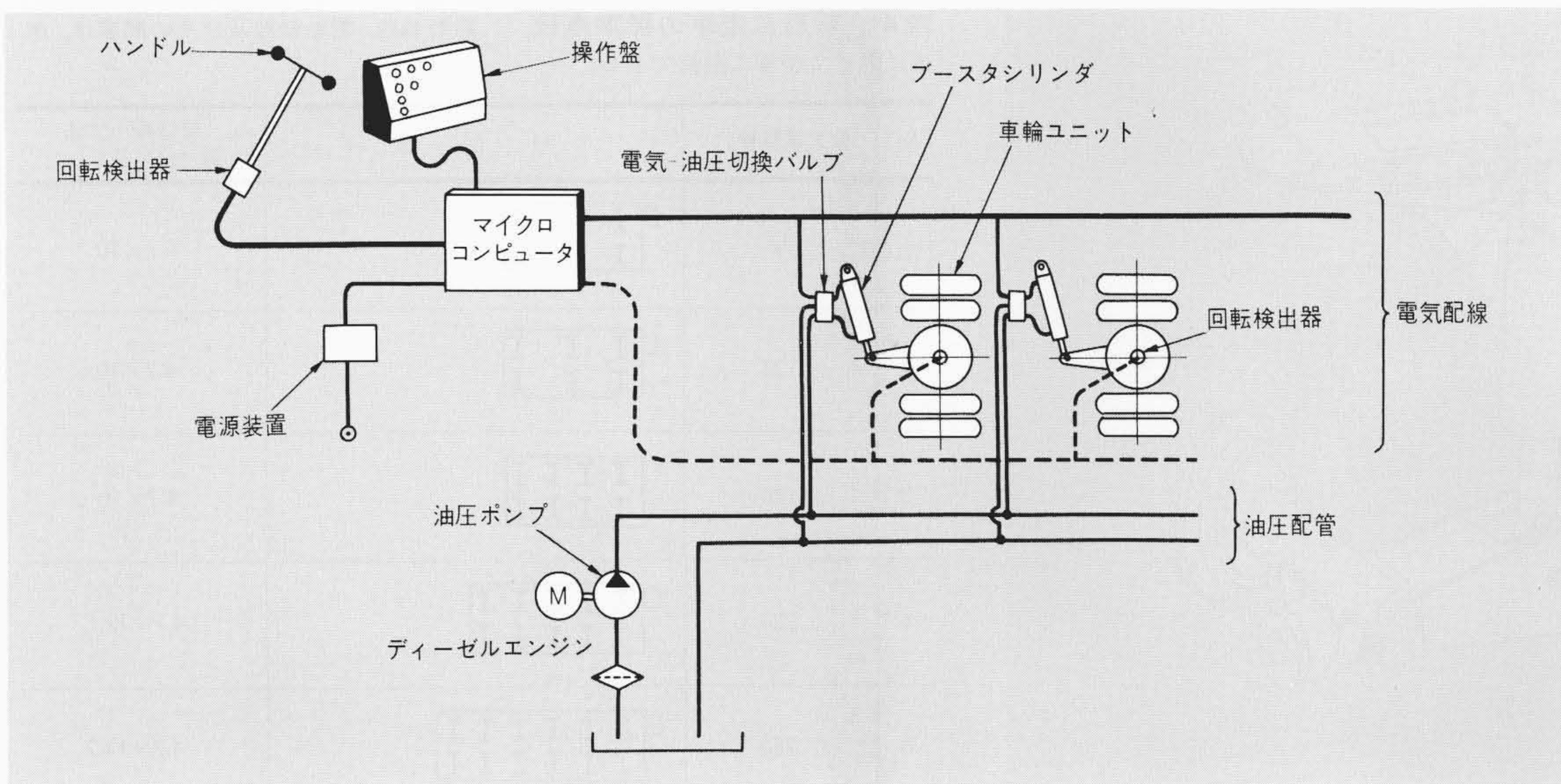


図9 マイクロコンピュータによる舵取り制御のブロック線図
何両かの自走運搬車を組み合わせて運行するときは、マイクロコンピュータ同士の回路を接続して、組み合わされた自走運搬車のすべてをワンマンで制御できる。

750t積自走運搬車は、1両だけで運行し、しかも運用上、走行姿勢が図7(a)に示す正規走行だけでよかったため、機械式舵取り装置を搭載している。

3.6 油圧回路

新形自走運搬車の油圧は、駆動、懸架及び舵取りの3系統で構成されている。従来、国内では20.6MPa{210kgf/cm²}が一般的であるが、今回、車両の小形化、軽量化のため駆動、懸架系統には最高使用圧力34.3MPa{350kgf/cm²}を採用した。また、舵取り装置には、24.5MPa{250kgf/cm²}を採用した。

油圧回路の継手については、高圧配管で油漏れ防止に最も有効と考えられる溶接形フランジ継手を主に使用し、クランプは車枠のたわみにより配管へ無理な力が作用しないように、剛性が低いものを使用して油漏れの防止を図った。また750t積自走運搬車は、パワーユニットを二組み搭載しており、万一いずれかのパワーユニットが故障したときでも、一方のパワーユニットで応急運行ができるような油圧回路が構成されている。

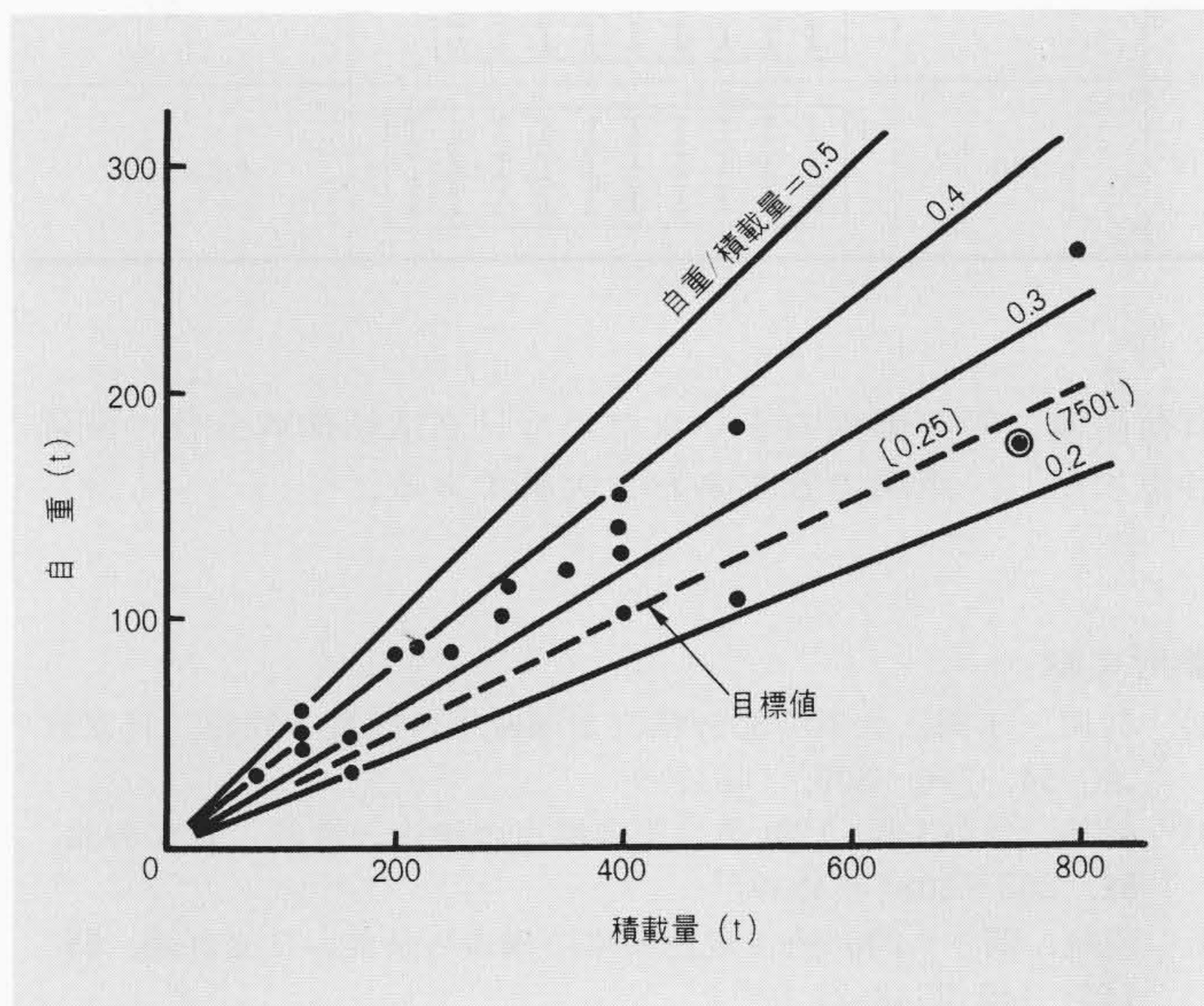


図10 自重-最大積載量線図 従来自走運搬車の自重は積載量の約0.35～0.40が一般的であった。750t積自走運搬車は目標値0.25を達成した。

3.7 その他

新形自走運搬車は前述のように軽量化を図ってきたが、それを評価すると図10に示すようになり、この新形自走運搬車が、従来のものに比べ軽量であることが分かる。

また、車両の小形化を評価するために、荷台単位面積当たりの積載荷重を比較すると図11に示すようになり、従来のものに比べて同じ積載量に対し、荷台面積が約半に縮小されている。

4 性能及び強度試験

750t積自走運搬車では、最小回転半径、走行速度、制動、荷台のジャッキアップなどの性能試験を行ない、所期の目標値を満足することを確認した。また、載荷試験では、750t載荷による試験のほか、900t載荷による120%負荷試験でも各機能が満足することを確認した。

強度試験では、図12に示す位置の750t積載時の実働応力値の測定を行なった。その結果は、表3に示すように実測応力値は十分低く、タイヤパンクなどによる不測の振動加速度を重力加速度の2倍程度と見込んでも、なお十分な強度をもっていることが分かった。

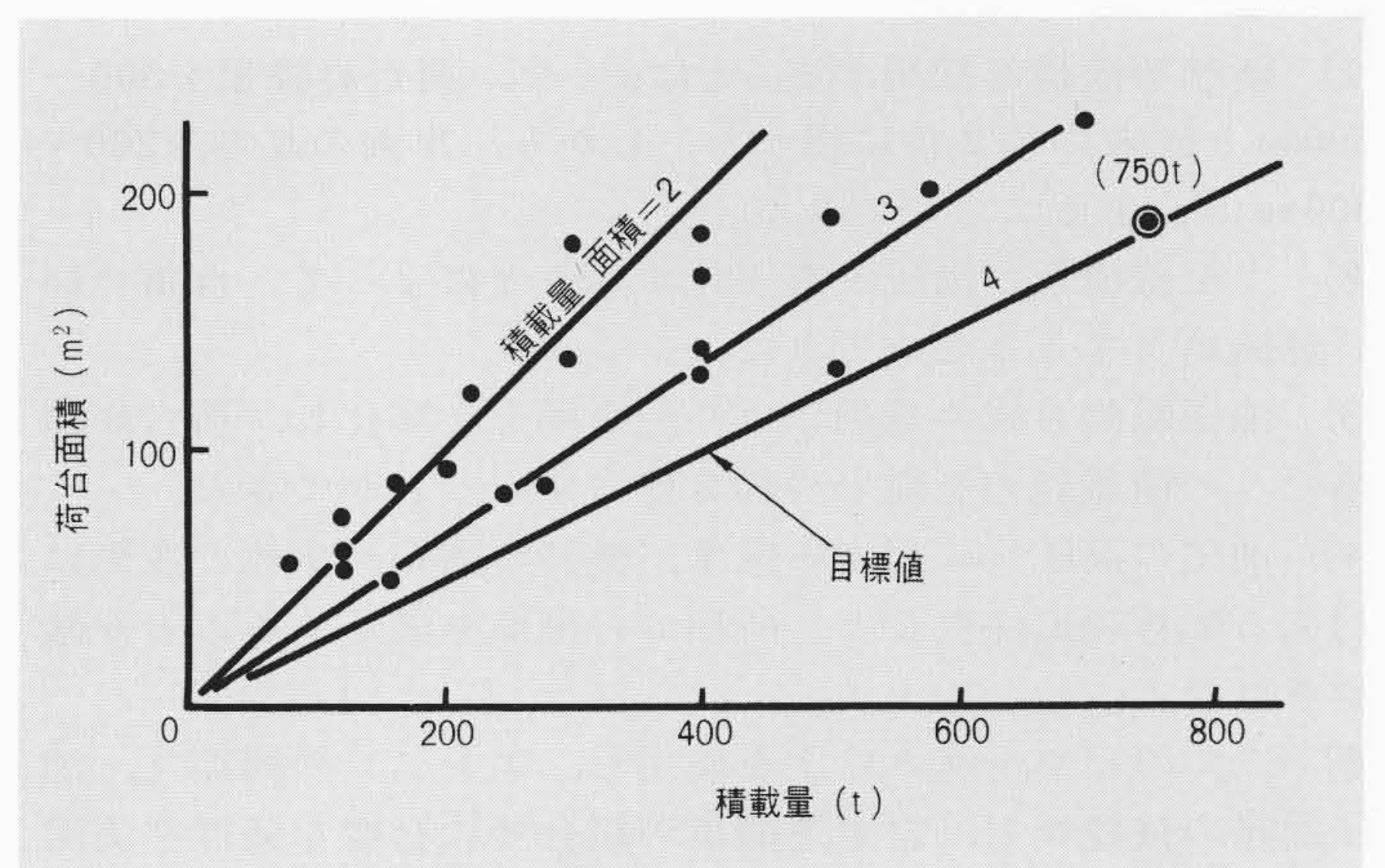


図11 荷台面積-最大積載量線図 750t積自走運搬車は、足まわりの保守、タイヤ交換のためのスペースを十分確保した上で、目標値4 t/m²に近づけることができた。

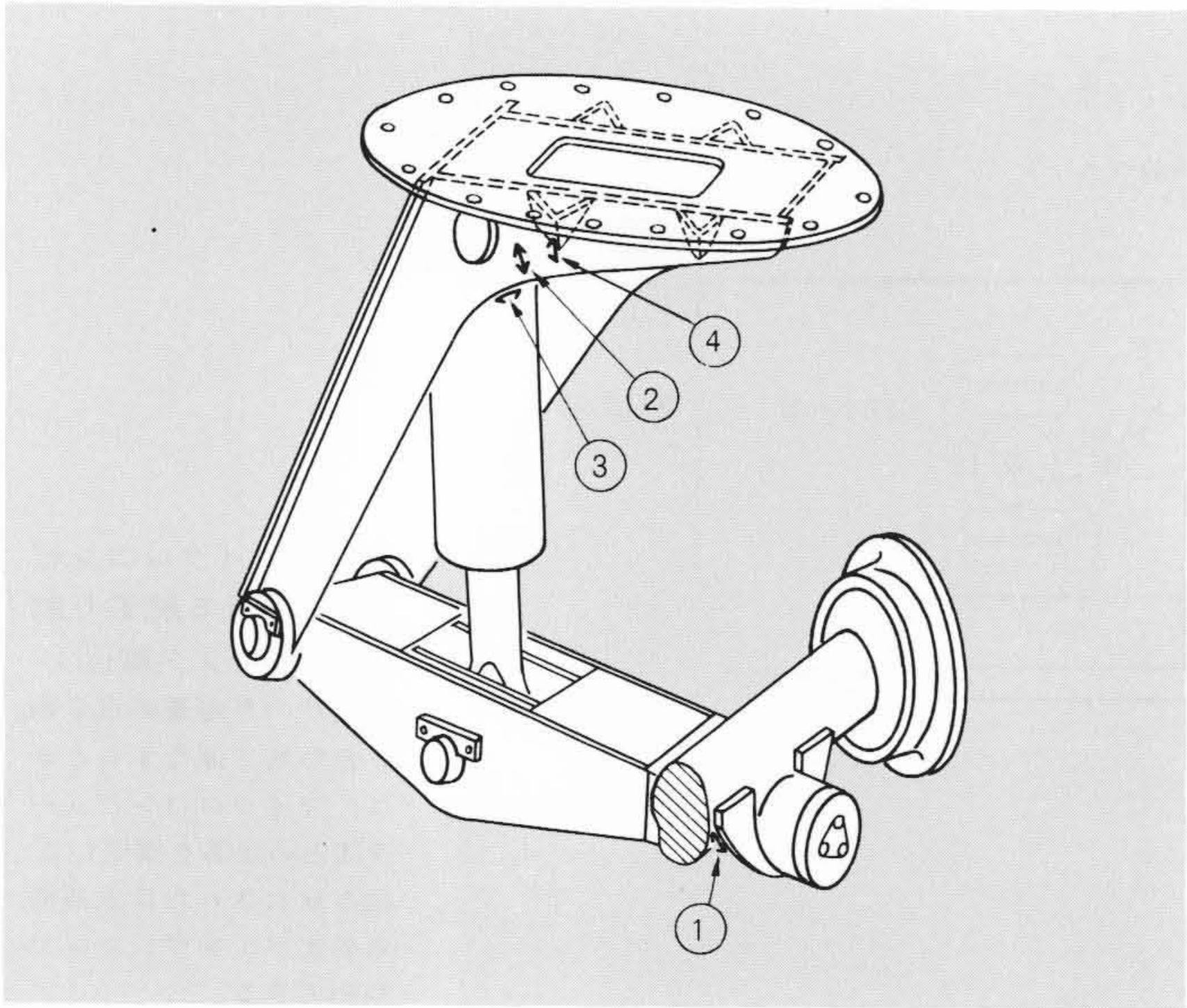


図12 応力測定点(主要点) 模形試験により測定点を選定し、実働応力を測定した(表3参照)。

表3 応力測定結果 各点とも疲労限度内で十分な強度がある(図12参照)。

測定点	実測応力 (N/mm ² {kg・f/mm ² })	材 料
①	+148 {+15.1}	S 45 C SM58A相当
②	- 40 {- 4.1}	
③	- 23 {- 2.4}	
④	-100 {-10.4}	

5 応用例

新形自走運搬車は、前述したように油圧駆動方式を採用しているので、機械式駆動のように、プロペラ軸あるいは差動機構などに対するスペース的な制約がない。したがって、駆動輪を任意に配置でき、駆動輪の数も任意に増減できる。

新形自走運搬車の標準車種は表4に示すとおりで、750t積自走運搬車はNo.14に相当する。

6 結 言

新機構、新方式を各所に採用した新形自走運搬車の構造、試験結果などについて紹介したが、これを要約すると、次に述べるとおりである。

- (1) 新懸架機構を採用することによって、荷台昇降量を500～600mmと従来の約2倍に増やし、しかも、車両の高さを200～300mm低くすることができた。
- (2) 上記機構及び油圧を高圧化することによって、自重の軽い運搬車とすることができた。
- (3) 油圧駆動方式の採用により、車両を小形化し、荷台面積当たりの積載能力を従来の約2倍にすることができた。
- (4) 油圧の高圧化に対する継手、機器の選定、車体の変形に対する配管の追従性など、所期の目標値を満足することが確認された。
- (5) 二つのパワーユニットを使用し、エンジンの同期化、油圧回路の接続など、自走運搬車の組合せに必要な条件を実用化し、モジュール運搬や小形・大質量の輸送物にも十分対応できるようにした。

終わりに、この新形自走運搬車の開発に関し、仕様の決定、

表4 新形自走車の標準車種 駆動軸数、制動軸数及びその配置は、用途に応じて任意に選択できる。

No.	最大積載量(t)	軸 配 置	荷台最小寸法 幅(m)×長さ(m)
1	90		4.7×10
2	125		4.7×10
3	180		4.7×10
4	224		4.7×12.1
5	280		4.7×14.2
6	315		4.7×16.3
7	335		6.8×12.1
8	370		4.7×18.4
9	400		4.7×21.8
10	400		6.8×15.5
11	500		6.8×17.6
12	560		6.8×19.7
13	630		6.8×21.8
14	750		6.8×24.0

負荷試験に際し御協力をいただいた日立造船株式会社の関係各位に対し、深謝の意を表わす次第である。

参考文献

- 1) 村田、永岡、大原：800t積自走運搬車の構造と性能、日立評論、54、796～800、(昭47-9)
- 2) 坂井、ほか3名：120t積自走運搬車の構造と性能、日立評論、52、803～808(昭45-9)
- 3) 岩崎、岡本：200t積自走運搬車の構造と性能、日立評論、55、145～149(昭48-2)
- 4) 中島、大原：400t積自走運搬車、日立評論、57、979～982(昭50-11)
- 5) 土木学会：鋼鉄道橋設計標準・解説、技報堂(昭46-2)