

500t積ガーダ式トレーラおよびトラクタの開発

Development of Girder Type 500-ton Trailer and Tractor

村田 師 男* 岩崎 文 雄* 谷 尚*

Norio Murata

Humio Iwasaki

Hisashi Tani

要 旨

このたび日本通運株式会社に納入した500t積みガーダ式トレーラおよびトラクタは、重量500t級、長さ14m、幅6mを最大とする超重量品機器を完成に近い組立状態で輸送するという要請に応じて開発したもので公道を走行するトレーラおよびトラクタとしては国産最大のものである。このトレーラの特徴は利用効率をあげるため、350t積み、250t積みに2分割できる構成であり輸送製品に応じて車体幅を変更しうるように設計されたもので、公道幅7m、回転半径12mと小回りのきく構造をもつほか、大形トレーラとしての性能向上、取扱い面の容易性など、各点につき考慮が払われている。本車両はすでに第3回目の輸送も無事終わり運転結果も良好である。

1. 緒 言

重量品機器の輸送は昭和34年に国産第1号車として開発された300t積みトレーラ出現を契機に発展の一途をたどり、いまや積載量を500tにしたガーダ式トレーラと、これをけん引するトラクタが要請されるようになった。本トレーラは1軸8輪、20軸、160輪の走行体に3種類の台車構成から成り、車体分離後は350t積み250t積みの2分割による使用を可能とし、車体幅の調整、固定軸のトレッド変更による安定性の増大、操舵(そうだ)性能の向上、また座屈を考慮した薄幅部材のガーダ構造の確立など、大形トレーラとしての多くのすぐれた点を有するものである。また500tトレーラの開発に必要なけん引力46t、第五輪荷重52tのトラクタには、高けん引力発生の2段プラネタリ減速機が採用されており前向き、後ろ向き運転室の採用など、大形トレーラ専用トラクタとしての新機軸が折り込まれている。以下この車両の構造、性能を中心に説明する。

2. トレーラおよびトラクタの概要

2.1 トレーラ

トレーラ設計にあたっては次の点に重点をおいた。

- (1) 積荷の種類に応じ、ガーダ内の幅寸法を6m、5mの2段階調整を可能とし、ガーダ先端部を先細りにして直角路走行時の道路占有幅をせばめうる。またガーダ薄幅部材の座屈防止の設計を確立すること。
- (2) 車体は組合せ台車の軸重配分が等しくなるようにすることおよびフレーム構造は簡素な形状で軽量であること。
- (3) 20軸構成による台車および車体の組み合わせは、路面変位に対し各接点が常に追従して過負荷を防止しうるものであり、各台車は単体状態でトレーラとしての機能を満足すること。
- (4) 積荷の種類と道路条件に応じ、転覆安定対策としての固定軸トレッドを拡大可能なものとする。
- (5) 各台車の操舵は組合せ姿勢において、自動および手動が可能なもので、操舵軸、シリンダ数を最少限にして装置を簡素化すること。
- (6) 操舵信号系に構造簡単な過負荷逃げ装置を採用するとともに、リンク系の自励振動発生を防止する。
- (7) 操舵油圧は1台車1ポンプ方式で、自動、手動操舵の切換

を自動化して運転操作を容易かつ確実なものとする。

- (8) 空制回路に特殊中継弁方式を採用して、制動効果を大きくし、主制動および駐車制動装置の構造、保守面に有利な油圧式を採用すること。
- (9) トレーラ組立時間の短縮を図るため、接続用ピンボルト類の統一ならびにガーダ組立用スティを設ける。

2.2 ト ラ ク タ

トラクタの設計に当たっては、次の点に重点をおいた。

- (1) 既存車両の約1.64倍のけん引力を得るため、ホイールハブ減速機に2段減速プラネタリを使用する。
- (2) カプラは日立製作所製300tトレーラ、210tトレーラと連結が可能で、しかも52tの第五輪荷重と46tのけん引力に耐えうるものとする。
- (3) 単車回送時比較的高速度での走行を可能にするため、2段減速プラネタリを直結に切り換えができるようにする。
- (4) トレーラけん引時に、1両は前向きけん引、他の1両が後ろ向きで押す形になるので、前向き、後ろ向きの両運転席を設けて運転操作を容易にする。
- (5) 前後2両でトレーラを同時にけん引するため、動力の同期性を確保するためエンジンとクラッチ間に流体継手を使用する。
- (6) トレーラけん引は公道走行のケースが多いうえに、エンジン最高回転で超低速度運転をするので、しゃ音、吸音構造のエンジン室を設けて騒音を低くする。
- (7) トレーラけん引時には車両を前後に移動させて方向を変えることが困難なので、操舵装置にパワーステアリングを採用して、トレーラけん引時の静的最大輪重約5tまでの据切りが可能なものとする。
- (8) 空気ばねの空気給排式前輪懸架を採用して、トレーラけん引時に排気して車両の左右安定性を増すほか、駆動制動時に発生するピッチングを防ぐ一方、単車回走時に空気ばねに給気して乗りごこちをよくする。

3. 諸 元 と 構 造

3.1 トレーラ

本トレーラの性能および取扱い面は、既納車をベースに種々改良を加えるとともに、本車独得の新機構を有するものである。図1はトラクタを含めた組立状態を示し、図2は全体図、表1はトレーラの仕様を示したものである。

* 日立製作所笠戸工場

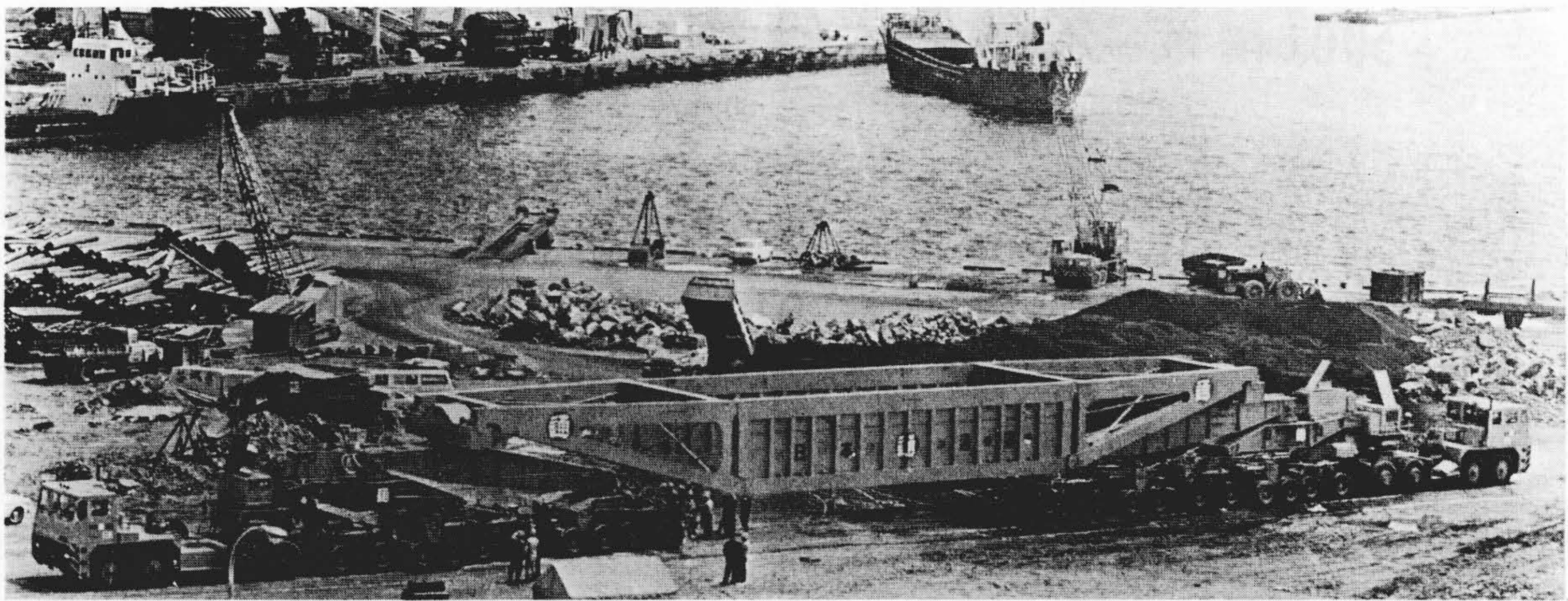


図1 500t積ガーダ式トレーラ、トラクタ

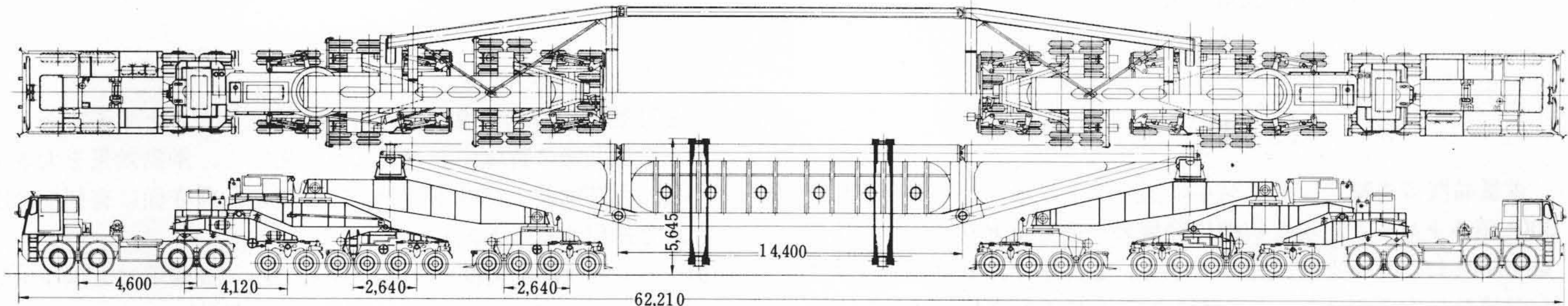


図2 500t積ガーダ式トレーラの連結全体図

(1) ガーダおよびフレーム

積荷はガーダポケット内で、荷受けはりを介したつり状態で中央ガーダに支持され、中央ガーダは積荷の横移動防止、座屈変形防止に有利な形状をもっている。前後ガーダは先細り形状でフレーム側まくらばりと接続し、幅調整は図3に示すまくらばり溝(みぞ)内に接続こまがスライド可能にはめ込みされ、所定位置での移動止めとしてスペーサが用いられている。一方、

前後ガーダの横はりは幅調整長さに合わせたはりを取り除くことにより、縮小できる。フレームは工作面に有利なI形断面を有するもので、形状そのものを単純にするため旋回体に高荷重用の固体潤滑材入り軸受材を使用して装置を小形にしている。また旋回装置は平形、球面形の心ざらを組み合わせて、フレームのひねり変形を防止し、フレームの組立作業を容易にしている。ガーダ、フレームの材料は軽量化の点から、高張力鋼材を

表1 500t積ガーダ式トレーラの主要諸元

車両形式	日立HT5003形	
最大積載量	500 t	
目重	約208 t	
車両総重量	約708 t	
最大表連結ピン間	49,300mm	
トラクタ含む	62,210mm	
最大幅	6,900mm	
最大高	5,684mm (積車時)	
積載物ポケット寸法	幅は2段調整可能	
最大長	最大時 14,000mm	縮小時 14,000mm
最大幅	最大時 6,100mm	縮小時 5,100mm
軸数	20軸	
輪数	160輪	
軸重	30 t	
輪重	3.75 t	
第5輪荷重		
空車時	13.4 t	
積車時	50.6 t	
タイヤサイズ	9.00-20-14PR (ID)	
懸架装置	機械式イコライズシステム	
操舵装置	油圧によるパワーステアリング、操舵軸10軸	
制動装置	主制動、空油圧併用式、駐車制動、機械-油圧併用式、制動軸10軸	
最小回転半径	12.0m (トラクタ連結時)	
適用トラクタ	日立HTH50 2台	
台車貨車輸送限界	特大貨物第2限界	

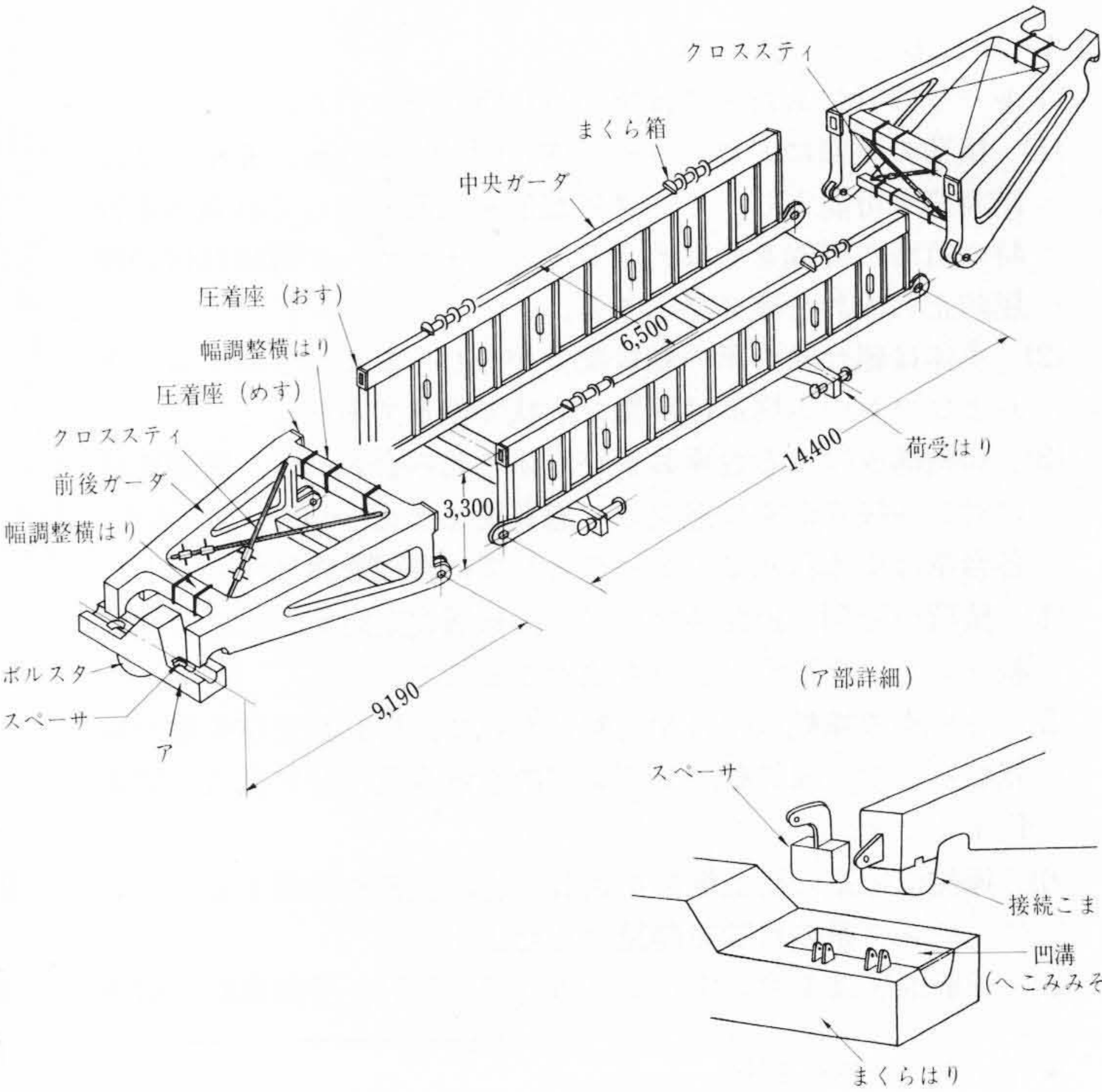


図3 ガーダ構成図

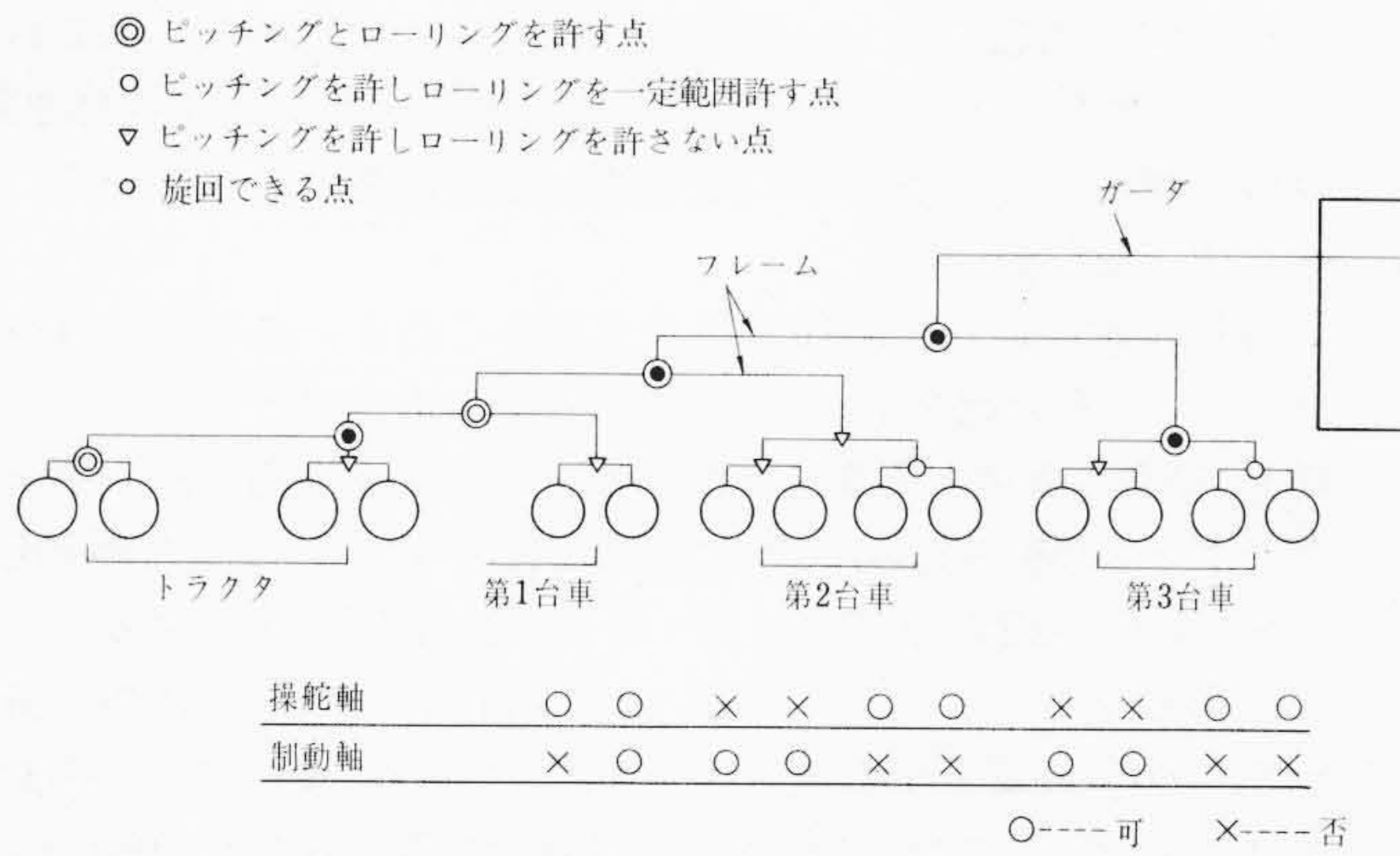


図4 走行装置、フレームの機能図

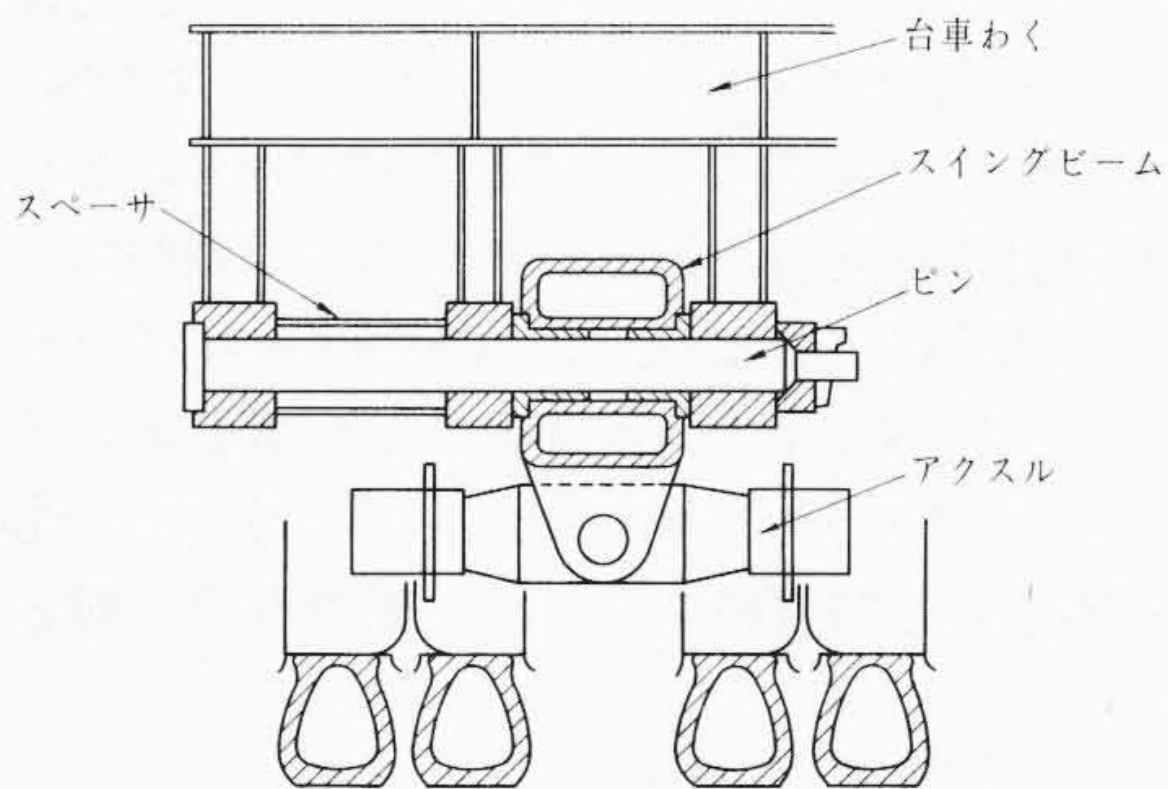


図5 トレッド拡大装置

主体に使用した。

(2) 台車および走行装置

片側ブロック10軸の構成は、3種類の台車に配分し、図4に示す機能をもたせるためである。各台車には横荷重に対するふんばり用固定軸と、操舵用軸に区分され、装置自体を簡素にしている。また第2、第3台車の固定軸には、図5で示すトレッド拡大装置を設け転覆に対する安定性を向上させた。なお、標準トレッド1,850mmは台車の貨車輸送限界より決定されるが、拡大トレッドは転覆向上値を約4度として2,630mmとした。拡大要領は簡素な構造を主眼とし、台車わくをクレーンつりによりスイングビームの取付面を変えうる方式としてある。

(3) 制動装置

図6の制御回路に示すように、一般空制部品の中継弁を組合せ台車の前位側に設け、後続台車の制動、ゆるめ作動を促進させる新たな回路を設けている。またトラクタ側にトレーラ抑速制動装置を設け、坂路降下時トレーラ側のみ減速走行を行なうものとし、制動エアの補給用にはトレーラパワーユニット内に340l/min容量のコンプレッサを設置している。主制動および駐車制動はいずれも油圧式で、油圧操作の切換は配管中のシャトル弁使用による自動切換が可能な回路であるほか、駐車用圧力作動部分に圧力補正を目的とした、イニシャルセットのコイルばねを内蔵させ、油圧ライン中の温度変化、継手類からの微小漏れなどに対応できるものとしている。図7は2連形駐車制動圧力発生装置である。

(4) 操舵装置(1)(2)

第1、2台車を1ブロックとし、トラクタとの連結点より相対変位角を検出して、これより油圧シリンダを作動させて自動操舵を行なうものと、運転者による手動操舵を行なう第3台車の組合せは、図8に示す仮定回転中心点をもつもので、トラクタ連結時12mの回転半径を満足しうる操舵角をもっている。なお、この操舵角が約3度以下の軸は、操舵機構のない固定軸と

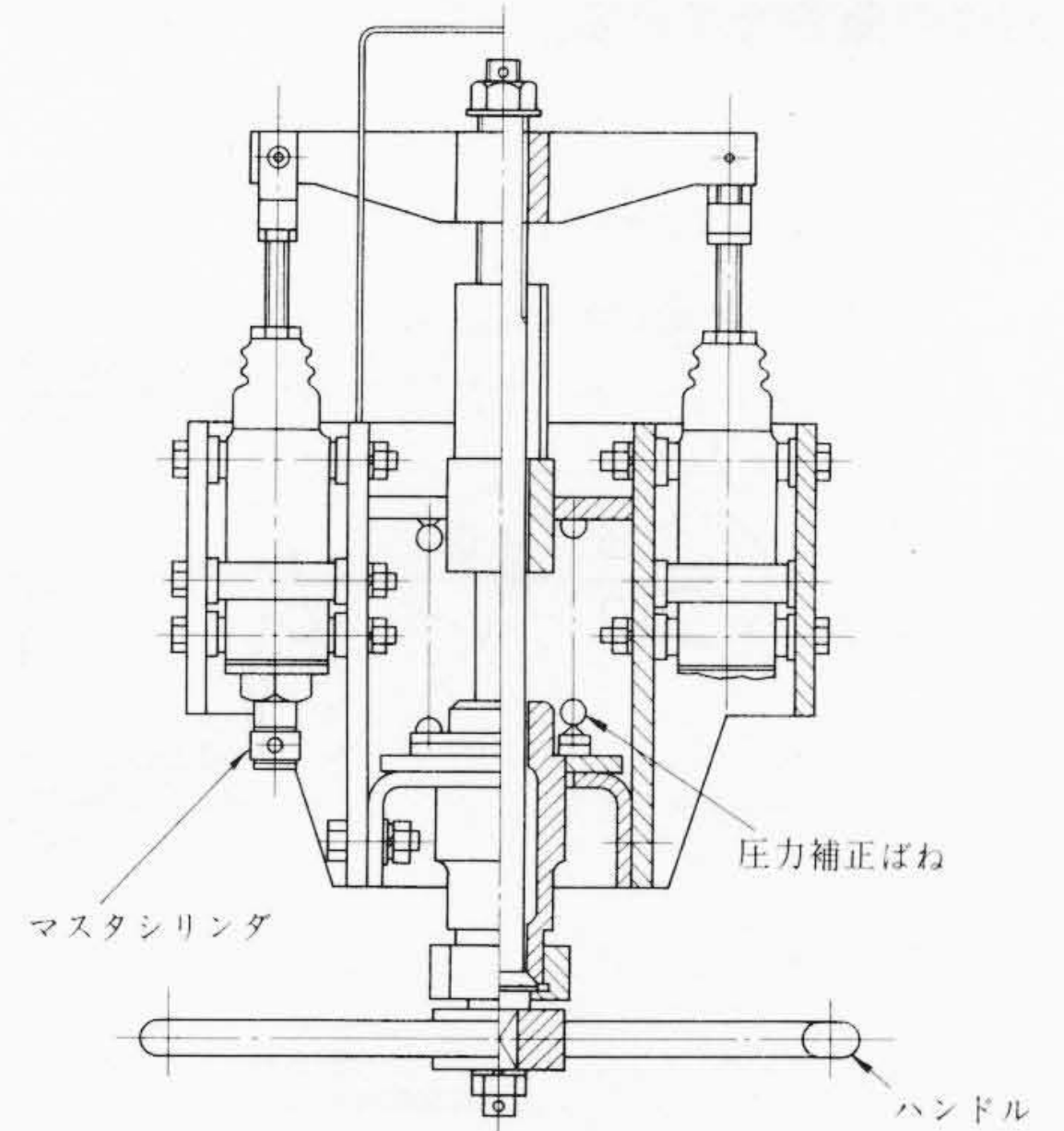


図7 2連形駐車制動圧力発生装置

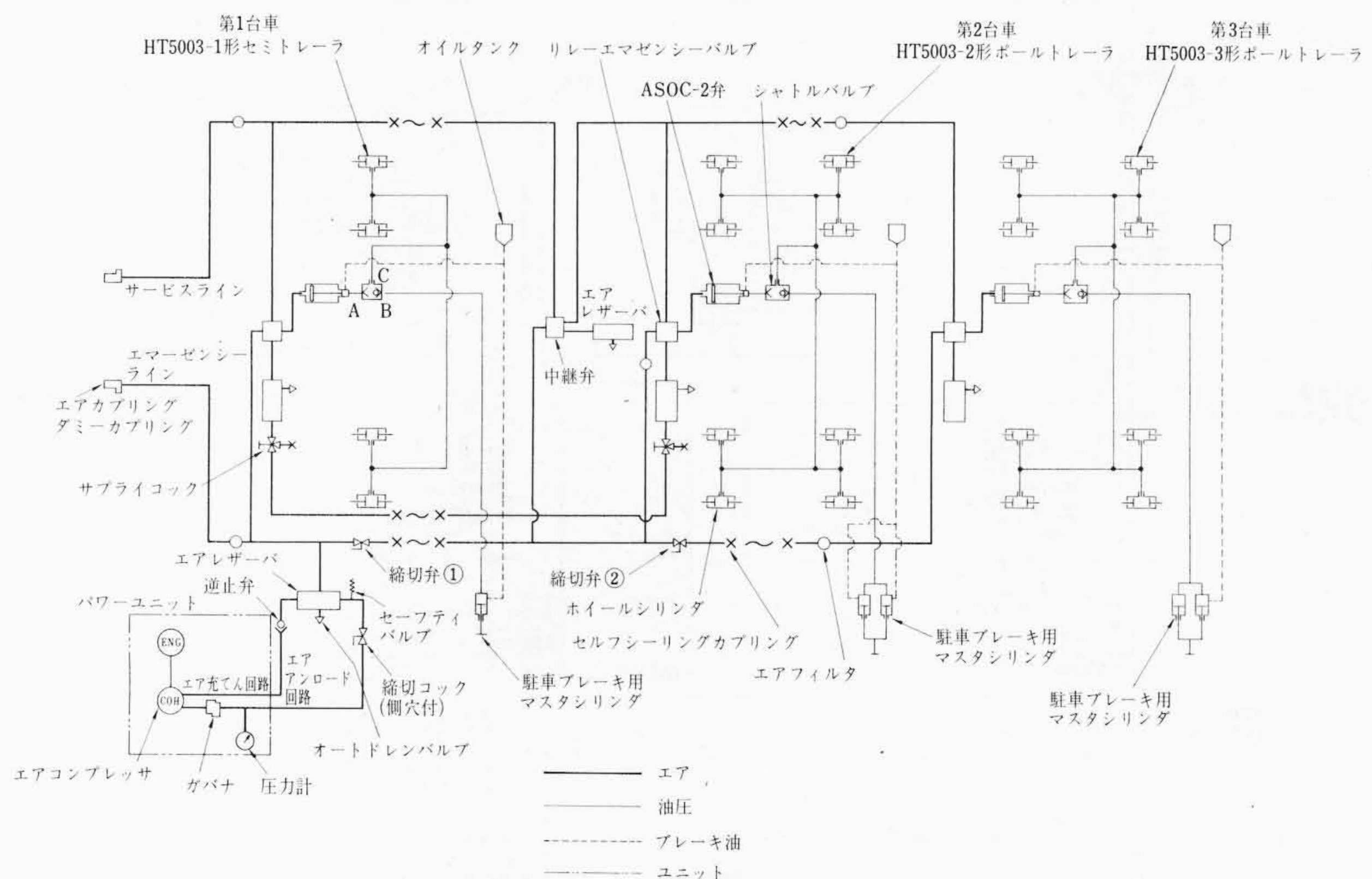


図6 トレーラの空制回路

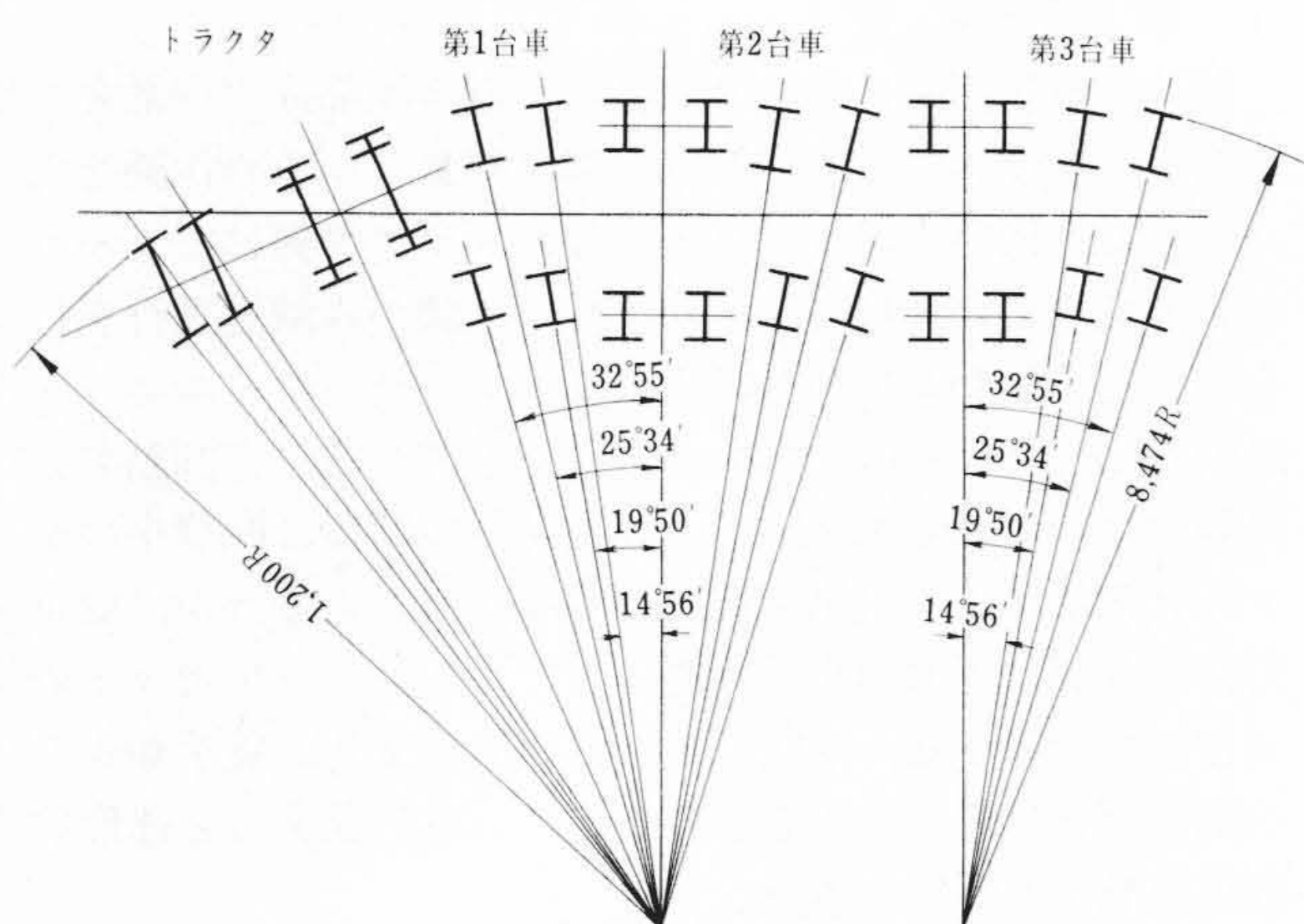


図8 トレーラの操舵角

してある。油圧シリンダはコントロールバルブを切り離し、左右軸を強力なリンクで結合しシリンダ個数を減少させている。信号伝達系統には各台車ごとに路面からくる異常負荷に対しての逃げ装置を図9に示す位置に設け、A点に過負荷を回転力で制限するトルクリミッタを設け、B点に両効(き)き圧縮ばねをロッド内に内蔵させている。

後ろ向き状態のトレーラは、上記説明による第1、第2台車ブロックのトラクタとの信号リンクを断ち、第3台車同様手動操舵を可能とし、各台車に構造簡単な運転席を設けている。

(5) 油圧装置

操舵用油圧回路は図10に示すとおりである。油圧源には少数ポンプによる分流タイプを避けて1台車1ポンプ方式を採用し、第1、第2台車用と第3台車用の2種のユニット内に同一形式のギヤポンプを組み込み、これを水冷形ガソリンエンジンで駆動している。第1と第2台車間の信号リンクには、油圧動作によるアンバランス負荷を与えないようなものとし、第1台車に100%流量、第2台車に80%流量とする流量比をもたせてある。また自動と手動操舵の切換については、運転操作の煩雑さを避けるため、手動バルブ操作時自動バルブの作動を完全にカットさせる回路としてセレクトバルブを設け、手動バルブとセレクトバルブを連動操作させるとともに、手動バルブ操作時セレクトバルブが常に先効きするリンク機構とし、容易な操舵運転を可能なものとしている。油圧操舵系の自励振動防止策としては、リンク系統のがたを小さくし、部品の剛性向上のほか、コントロールバルブのゲイン量を下げたものとしている。また、回路中の1台車1ポンプ方式を生かし、3個のポンプのうちいずれかの故障に対して、他のポンプより分流可能な非常時回路を設け、不慮の事故に即応できるもの

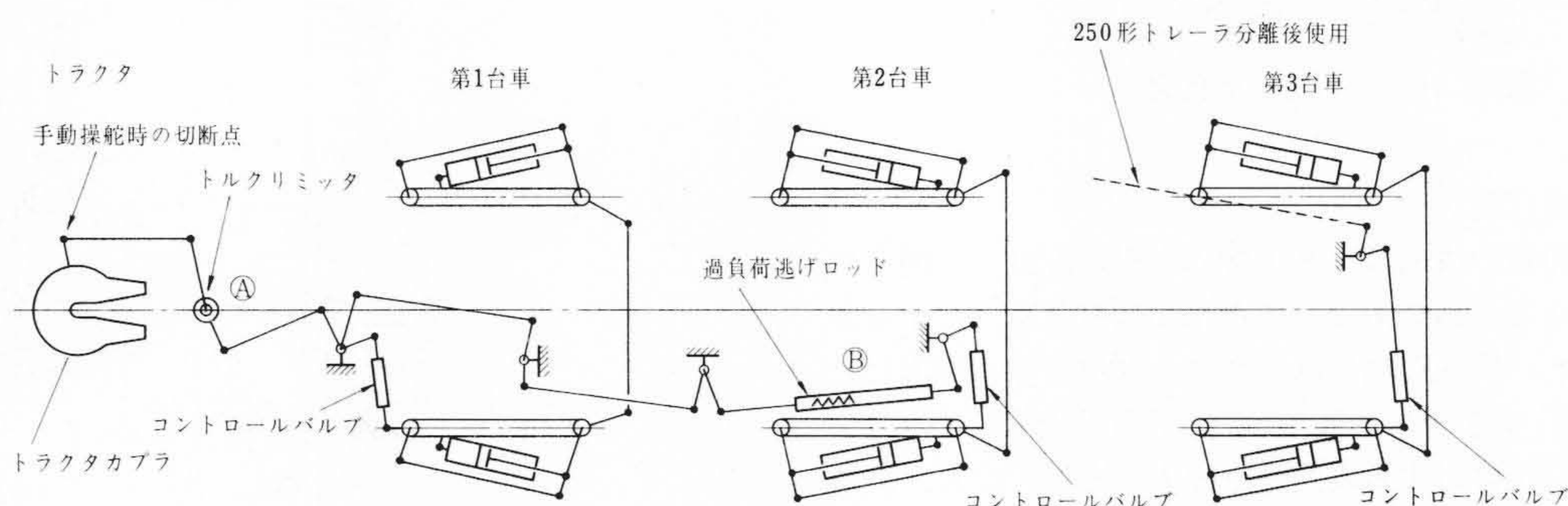


図9 操舵信号系統

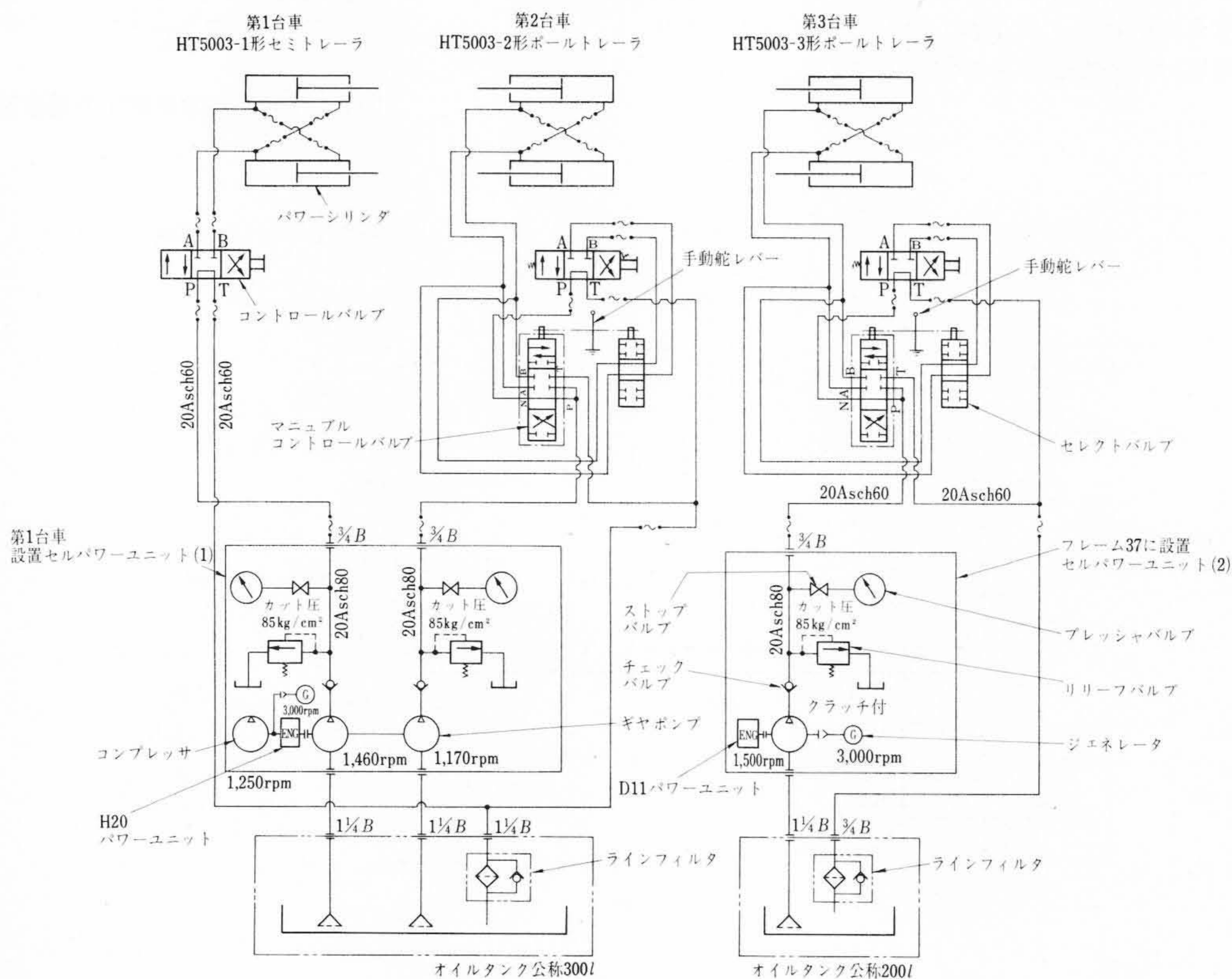


図10 操舵油圧回路

としている。

(6) ガーダの組立て

重量品輸送におけるトレーラ組立部品の点数は多く、しかも単品重量が20t前後といずれも大物であるから、組立てにも多くの時間が必要となってくる。図11に示すものはガーダ組立用治具スティであり、地上側で組み立てた前後ガーダをトレーラフレーム側に架装し、スティで仮支持した状態でトレーラブロックが後進走行して、中央ガーダと結合する方式で組立時間を短縮している。そのほか接続ピン、ねじ類の統一、引抜きねじ穴付ピンなど、細かな点を考慮している。

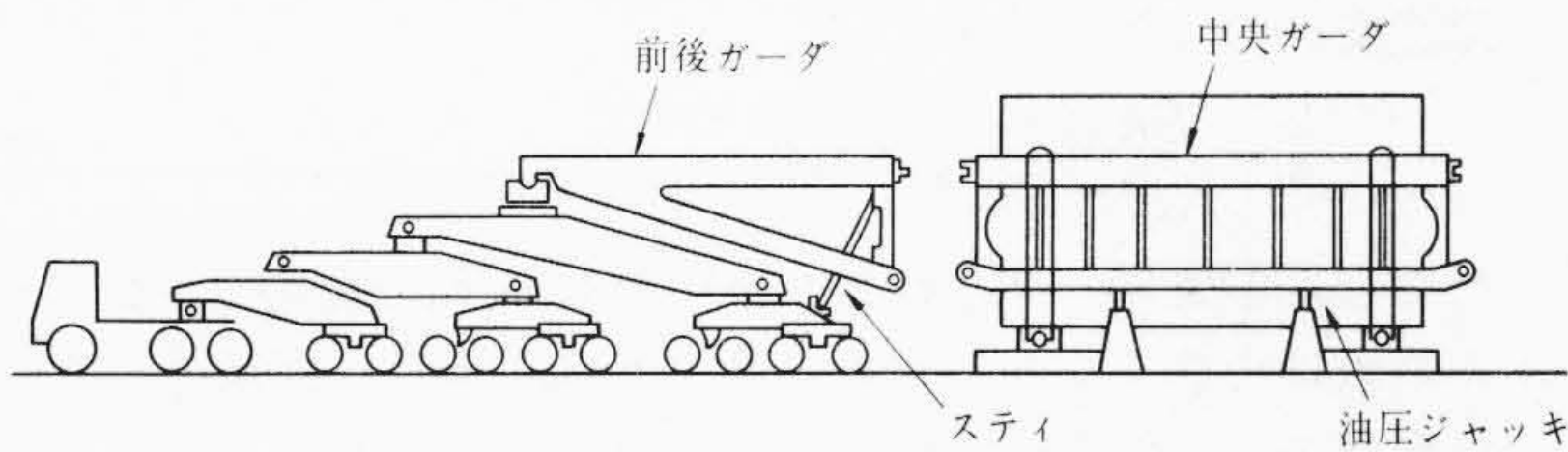


図11 トレーラ組立装置

3.2 ト ラ ク タ

本トラクタの仕様は表2に、走行性能曲線は図12に示すとおりである。以下にトラクタ独自の構造について説明する。

(1) ホイールハブ減速機

従来のホイールハブ減速機は1段減速プラネタリであったが、本トラクタでは従来の車両よりも大きなけん引力を得るため減速比を大きくとる必要がある。トランスファやデフの各ギヤユニットにかかるトルクが大きくなるのを避けるため、また最終段のプラネタリで限られたスペース内で、できるかぎりの減速比をとるために、2段減速プラネタリを開発した。トレーラけん引時はプラネタリ減速走行であるが、単車回送時の高速走行するような場合には、先端のカバーをはずし別のカバーを介してドライビングシャフトを内側に押し込み、シャフト先端のサンギヤがプラネタリキャリア内面ギヤとかみ合うことにより、ドライビングシャフトがホイールハブと直結される。この構造は図13に示すとおりである。

表2 トラクタの一般仕様

項 目	数 値	項 目	数 値
車 両 全 長	8,485 mm	変 速 比	③ 1.612 ④ 1.000 ⑤ 0.752 ⑥ 4.041
車 両 全 幅	3,370 mm	トランスファ形式	
車 両 全 高	3,350 mm	変 速 比	⑧ 1.000 ⑨ 2.547
ホイールベース	4,600 mm	差動歯車形式	ストレートベベルギヤ
トレッド (前)	2,840 mm	操装 歯 車 形 式	ボールナット式
トレッド (後)	2,350 mm	舵置 ステアリング形式	ブースタ形
車 両 重 量	23,900 kg	前 車 軸 形 式	逆エリオット形
同上分布 (前)	12,780 kg	後 車 軸 形 式	全浮動軸管式
同上分布 (後)	11,120 kg	主 ブレーキ形式	全空気、二重ブレーキ内拡式
乗 車 定 員	3 人	ブ ブレーキ胴径(前)	420 mm
最大積載量	53,500 kg (含むバンパーウエート1,500kg)	レ ブレーキ胴径(後)	506 mm
車 両 総 重 量	77,565 kg	ブレーキ弁形式	ピストン調圧式
同上分布 (前)	20,910 kg	制動空気圧	6~7 kg/cm ²
同上分布 (後)	56,655 kg	空気圧縮機形式	往復式、水冷式
エンジン形式	UDV8 (日産)	圧力調整器形式	スプリング式
最大出力	330PS/2,000rpm	駐車用ブレーキ形式	手動推進軸内拡式
最大トルク	122kgm/1,400rpm	前輪懸架方式	空気ばね車軸式
最高速度	27km/h(トランスファH)	後輪懸架方式	車軸式
プラネタリドライブ	92km/h(トランスファL)	連結装置形式	2軸カブラ
最小回転半径	10.0 m	ウインチ形式	横浜RM26形
流体継手	新潟21HC形	容量	8,000 kg
クラッチ	乾燥単板式	フレーム形式	はしご形全溶接構造
トランスミッション	機械式手動遠隔操作	最大断面形式	箱 形
操作方式		タイヤサイズ	14.00-24-20PR
変速比	① 4.289 ② 2.418		

プラネタリドライブ
大形トレーラけん引時

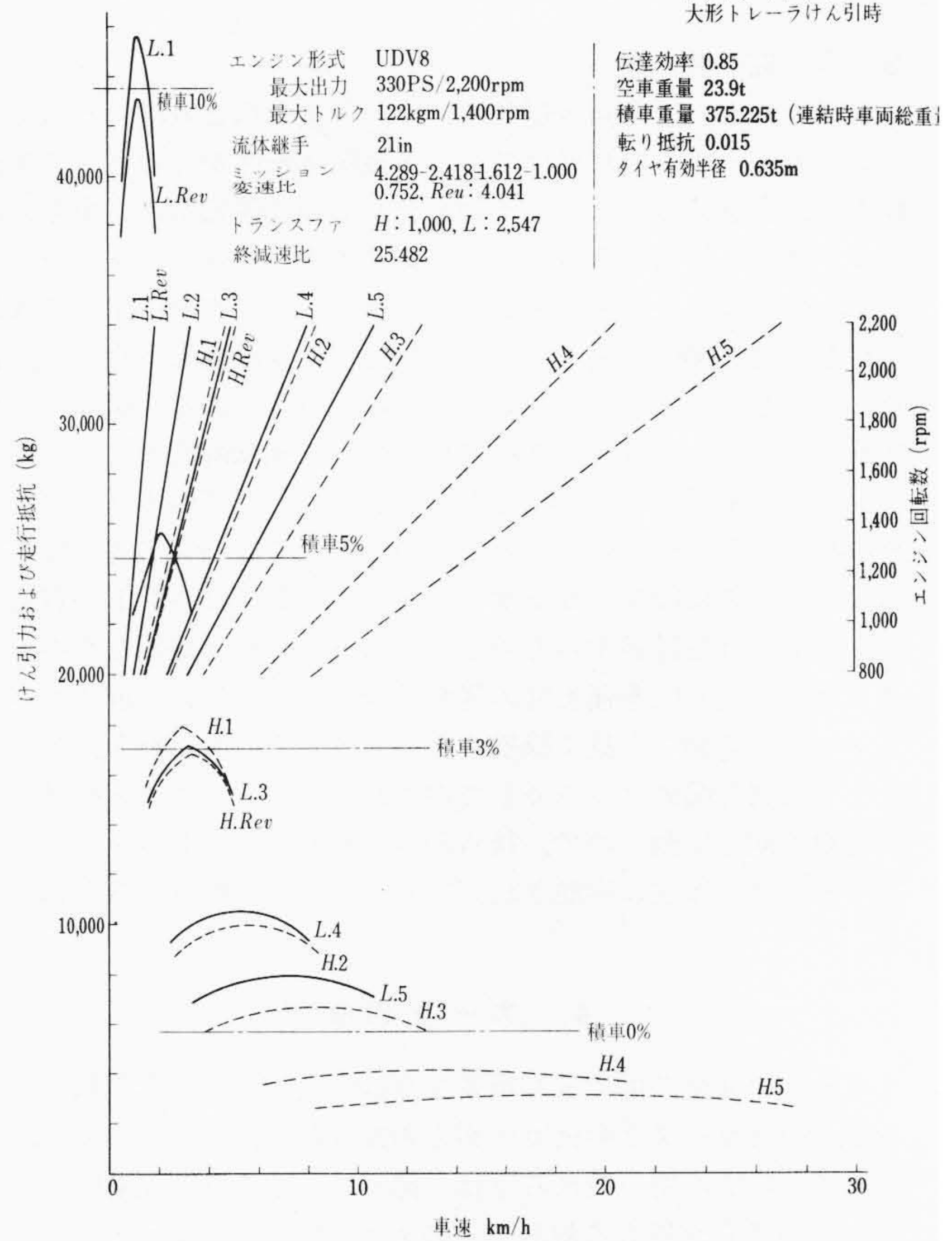
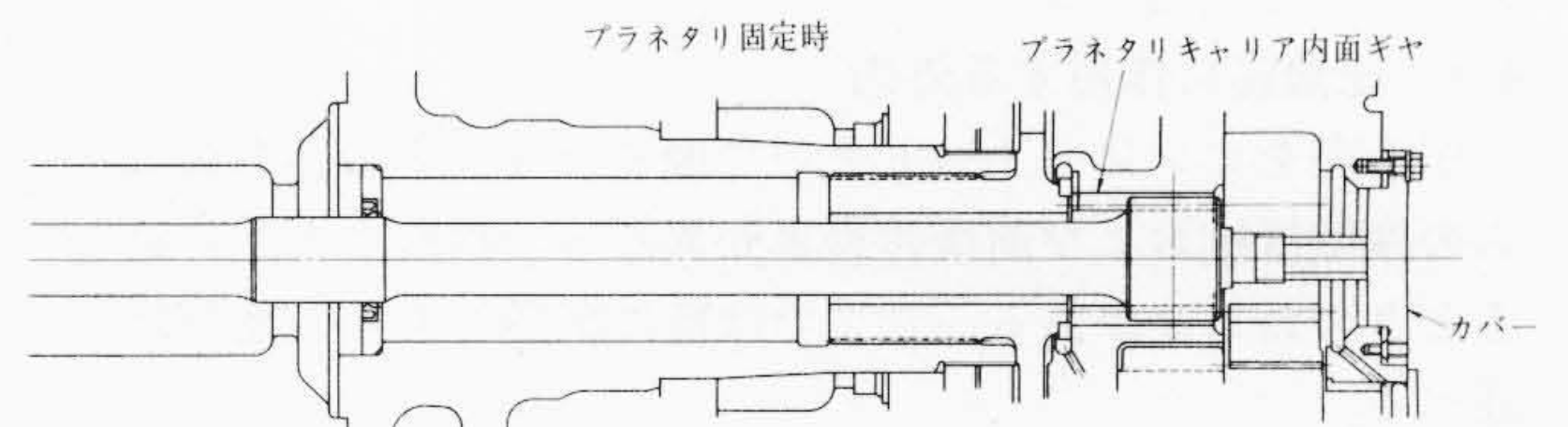


図12 走行性能曲線



プラネタリドライブ時

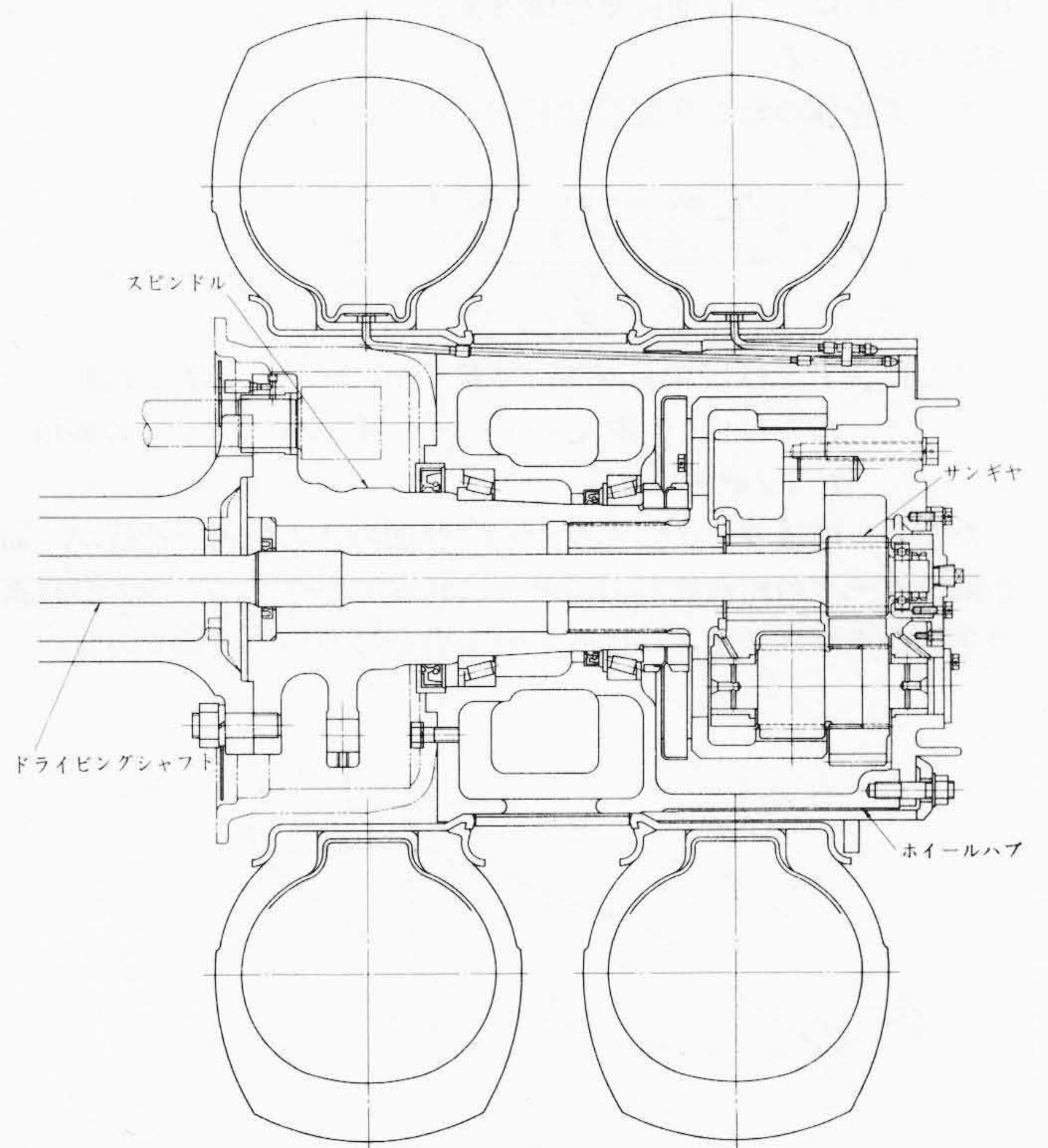


図13 ホイールハブ減速機

(2) 操 舵 装 置

前向きおよび後ろ向き運転席には、各歯車箱と直結したステアリングホイールを取り付けている。後部運転席からのハンドル操作力は、歯車箱よりプロペラ軸を介して前部運転席の歯車箱に伝わり、さらに下側にあるステアリングギヤ、ピットマンアーム、コントロールバルブを作動させ、パワーシリンダが作用して操舵される。なお、前部運転席のハンドル操作力は直接歯車箱より、プロペラ軸を介してステアリングギヤに伝わる。また、前後のステアリングホイールは直結されているので、運転時使用しない側のハンドルは乗員による誤操作がないよう、パイプ製のプロテクタを取り付けるものとしている。前向き運転ではハンドル操作方向側にトラクタは操舵されるが、後ろ向き運転ではハンドル右操作でトラクタは左操舵するものとしている。これは後部から押すトラクタでは後ろ向き運転席の運転手が操作する際に、前にあるセミトレーラの動きを見て操舵するためである。すなわち、セミトレーラは第五輪カプラを介して押されると、トラクタとの動きとは反対の向きに動くので、後ろ向き運転ではハンドルを右に回せば、トラクタは左に操舵され、トレーラは右操舵されるためである。

4. ガーダの強度

ガーダの強度の面で最も重要な点は中央ガーダの横倒れ座屈である。前後ガーダと中央ガーダとの接合部は、この種のガーダにおいて一般的に用いられる下はり部ピン、上はり部圧着座の方式で、この接合が外力に対してどのように働くか、前後ガーダの座屈に対する影響をどのように考えるかおよび座屈に関する要因について説明する。

4.1 圧着座に作用する外力

圧着座をピンジョイントとして働くようにする外力には、心ざらの摩擦抵抗および前後の台車が異なった横断こう配の路上にあるときのねじりがある。ここでは特に影響の大きい後者について述べる。

図14は単純化したガーダのスケルトン図であるが、この図で前後ガーダには三つの面にその面内変形に抵抗するクロススティは省略されている。

ガーダ全体のねじり変形は(1)式で示される。

$$T = \frac{2 \frac{EAab(a+b)}{(l^2+b^2)^{\frac{3}{2}}} + \frac{GI_p C}{ad^2}}{1 + \frac{c}{a}} \times \frac{2d^2}{2ac} \theta \dots\dots\dots(1)$$

ここに、 T ：ねじりトルク E ：ヤング率 θ ：ねじれ角
 I_p ：ねじりの慣性モーメント A ：クロススティの面積
 l ： $\sqrt{a^2 + (2d)^2}$

ただし、前後ガーダの上下矩(く)形面のせん断変形抵抗が、同じ前後ガーダの鉛直矩形面のそれに比べて小さく、かつ変形抵抗の主体がクロススティによっている場合についての式である。

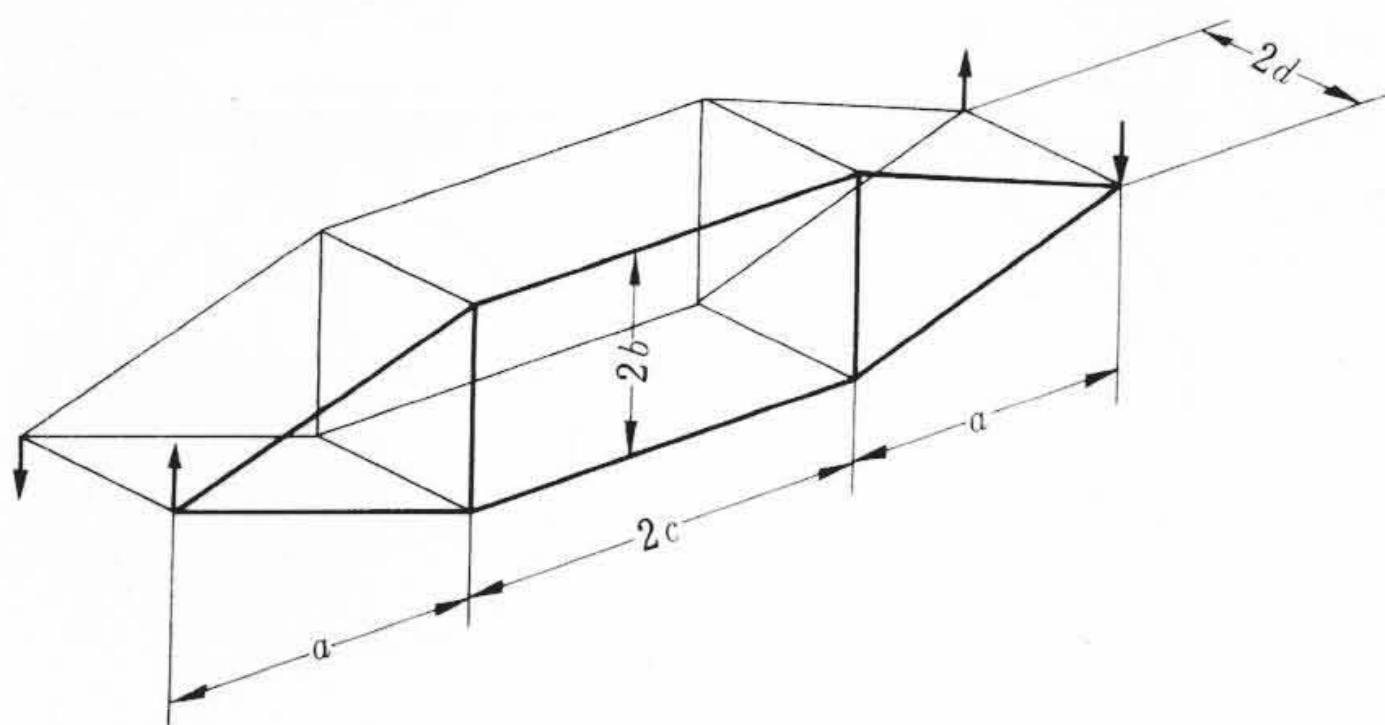


図14 ガーダのスケルトン図

この場合についてガーダ全体としての上はりの両端および圧着座の水平面上の位置4点と、上はりの剛性から圧着座部に加わる水平面内曲げモーメントを求める。このモーメントは今回の場合、圧着座に作用する圧縮軸力と、圧着座幅内での偏心量で決まる抵抗モーメントでじゅうぶん対応できる。すなわち外力に対してガーダ全長にわたる上はりには1本の溶接されたビームとして働き、ピンジョイントとして働くことはない。

4.2 前後ガーダのクロススティの働き

図15はガーダ上はりの車長全体にわたるモデル図である。すなわち、圧着座の部分で弾性支点をもつ圧縮はりという訳である。

弾性支点のばね常数の式

$$k = \frac{EA(2d^2)}{(l^2+b^2)^{\frac{3}{2}}} \dots\dots\dots(2)$$

ただし、中央ガーダがねじりを伴わないで、純横動きをするとき k の値は小さくなるのでこの値をとる。また、前後ガーダの鉛直矩形面のせん断変形抵抗は大きいので、上下面のクロススティが各1本ずつ同じ程度に有効である。

この k の値をある値以上にとれば中間弾性支点は剛支点として働き、またその際の座屈荷重は両端の短いスパンと中央の長いスパンをそれぞれ単純支持とするはりの圧縮座屈荷重の中間の値となる。

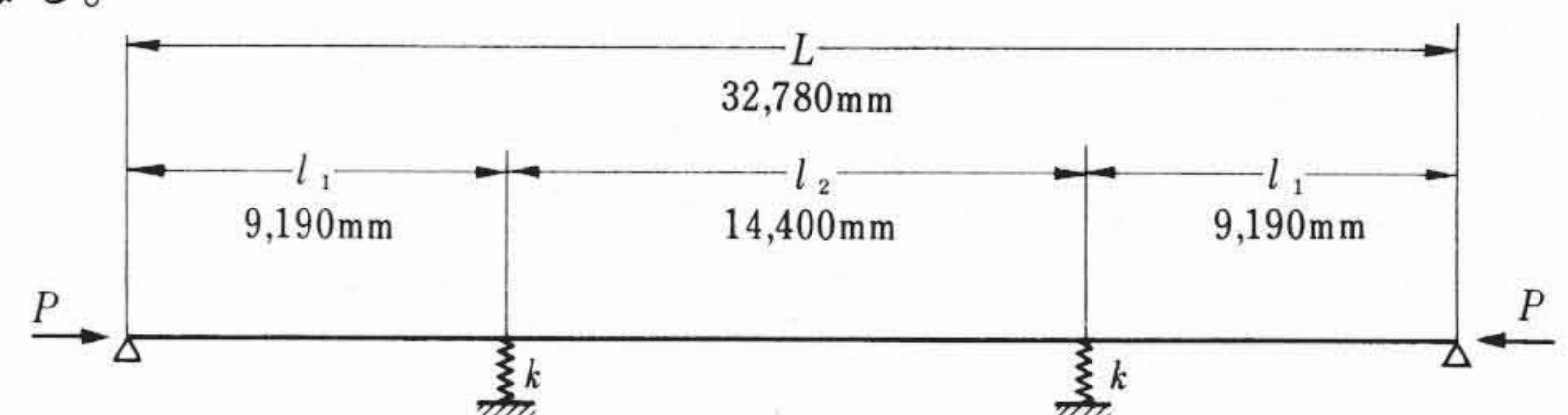


図15 ガーダ上はりの支持モデル図

4.3 ガーダの横倒れ座屈の因子の検討

中央ガーダでの荷重加荷点は上はり上にあるためけたの横倒れ座屈をしやすくする。そのほか製作精度と横荷重が影響をもつ。加荷点の影響については文献(3)に詳しいのでここでは後二者についての今回の考え方について述べる。

製作公差に相当するたわみを上はりに与える水平面内曲げモーメントと軸圧縮力の共存での曲げ応力と軸応力の和を材料の降伏点に対して安全率をもたせて押えることにした。また、横荷重はすべて下はりで受けるようにして取り扱うことにし、下はりはこの中央ガーダの両端を支点とする横曲げ応力と軸引張応力で降伏応力にじゅうぶんな安全率をもつよう材質をS M58にまで上げることにした。

5. トラクタの防音

5.1 エンジン室の構造と防音装置

エンジン室の構造は図16に示すとおりである。騒音源であるラジエータ、エンジン、流体継手、クラッチ、ミッションはエンジン室の上部および側面をキャブ床板、キャブ内点検カバーで囲みさらに下面もカバーでふさいでいる。エンジン室の暖気は主としてキャブ外点検カバー後部に設置した排気口より右側に排気され一部は後部フレーム内にあるプロペラ軸出口より排気される。防音装置としては上部側面部に軟質ポリウレタンフォームを張り付け、下面にはアンダーシールを適用している。

5.2 騒音測定方法

道路運送車両の保安基準に基づき定常走行騒音、加速走行騒音排気騒音を指示騒音計で測定した。防音装置の効果確認のためにエンジン回転状態で装置有無による定置車両騒音を1/3オクターブ周波数分析器と指示騒音計で測定した。図17はその測定点を示したものである。

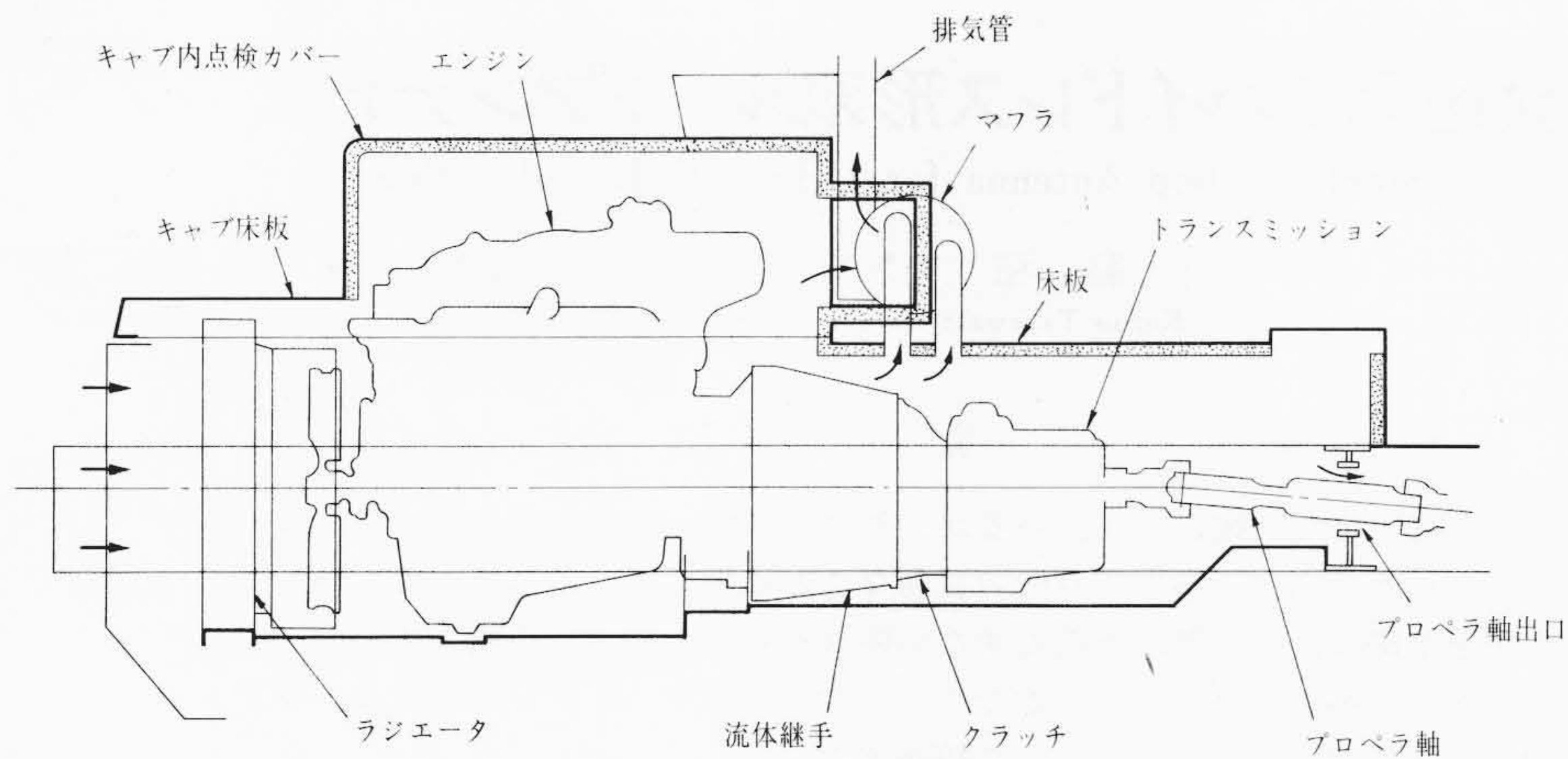


図16 エンジン室の構造

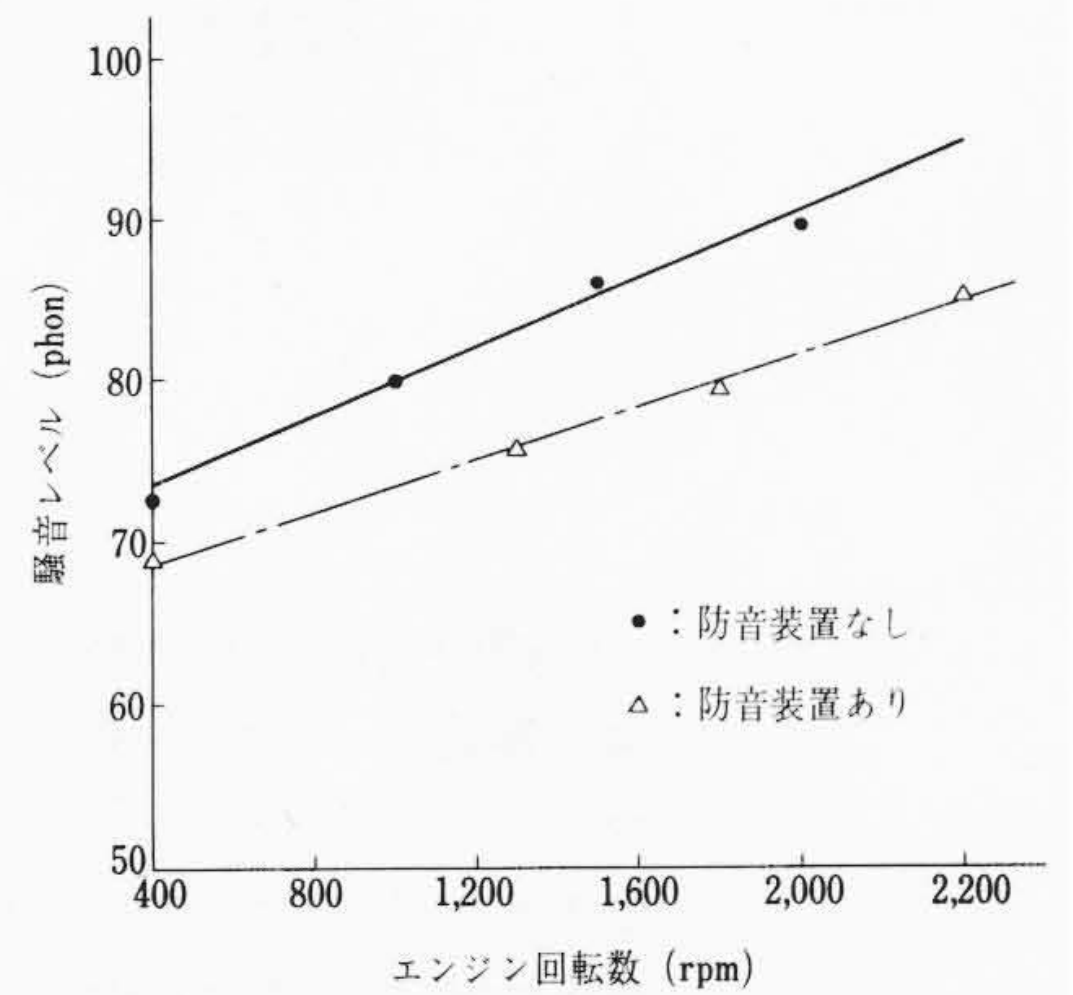


図19 測定点Aの定置車両騒音測定結果

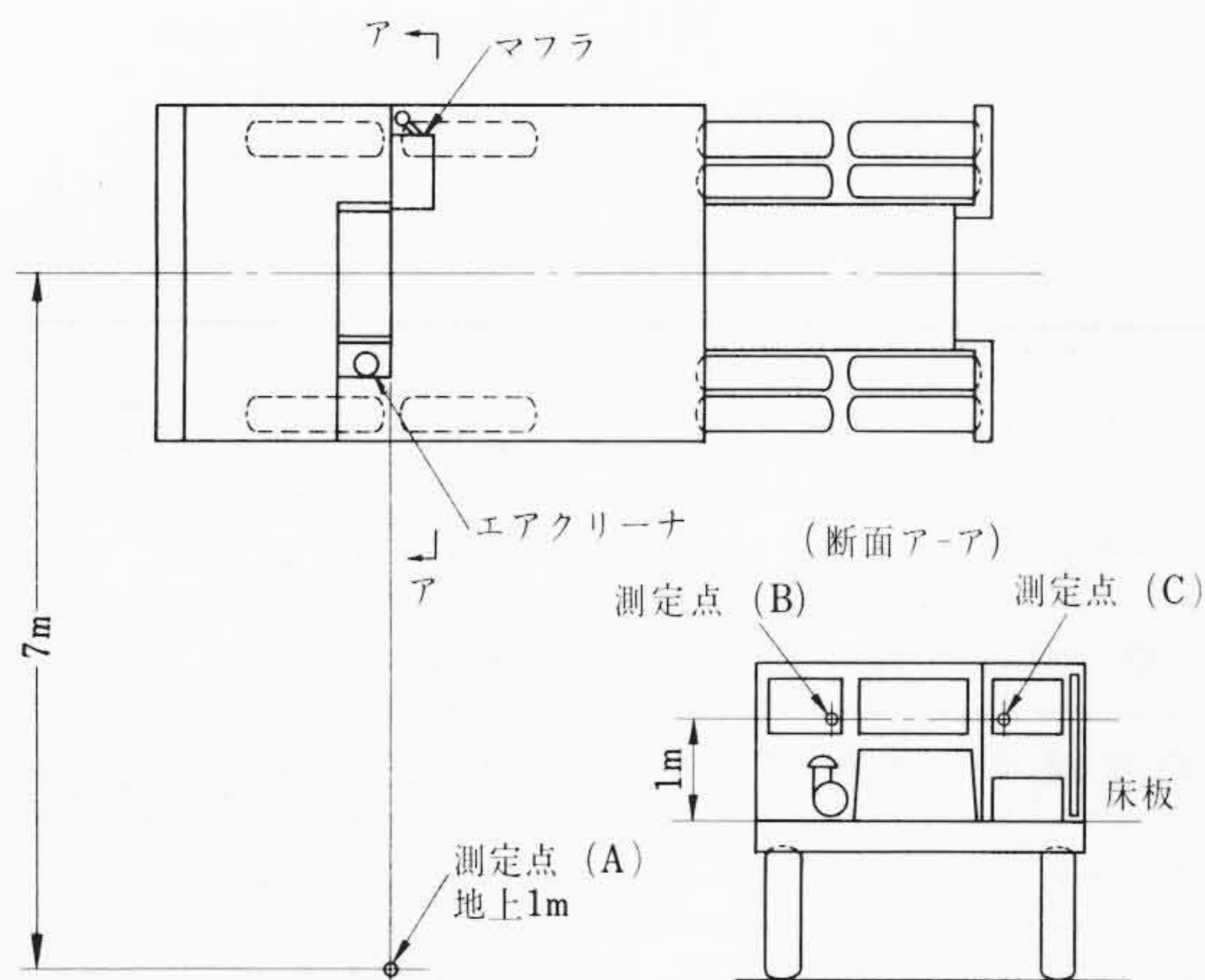


図17 騒音測定位置

○：下面カバーなし △：下面カバーあり

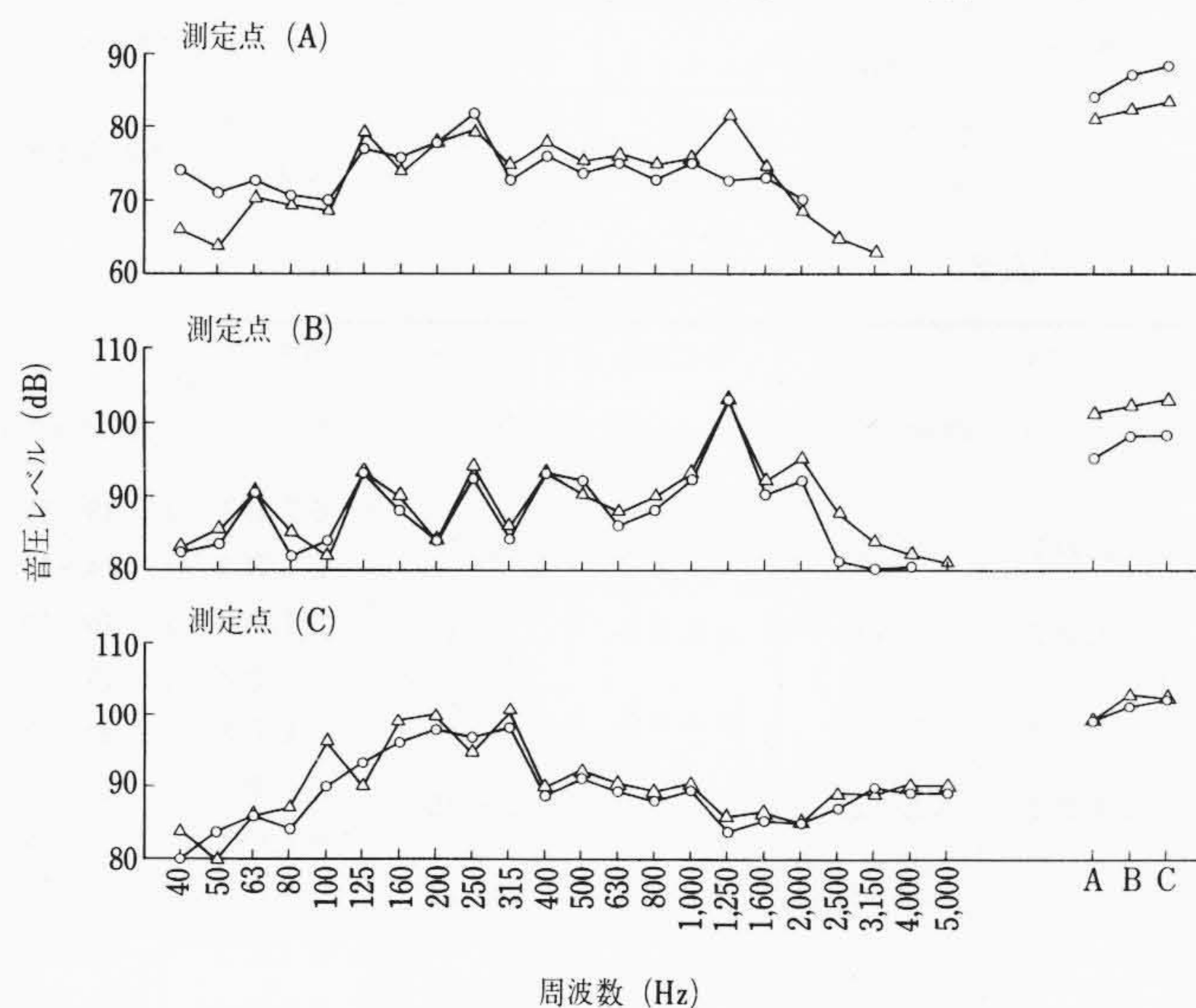


図18 エンジン1,800rpm時の周波数分析結果

5.3 騒音測定結果とその検討

定常走行騒音、加速走行騒音および排気騒音の測定結果は表3に示すとおりである。この結果より保安基準の規制値を満足することが明らかになった。次に図17に示す各測定点での周波数分析結果の一例は図18に、測定点Aの測定結果は図19に示すとおりである。図18より測定点Aの騒音は低周波域ではエンジンの燃焼音（1,800rpm時の基本周波数は240Hz）に、高周波域ではエアクリーナの吸気音に左右されていることが明らかに出ている。また、図19より防音装置取付けによる効果として、約8 phon程度の騒音の低下が示されている。

表3 定常走行騒音、加速走行騒音および排気騒音測定結果

	プラネタリ固定、トランスファL			
	速度 (km/h)	エンジン回転数 (rpm)	保安基準規制値	実測値
定常走行騒音	35	1,400	80	78.0
加速走行騒音	35	1,400	92	84.0
排気騒音	—	1,320	80	68.5

注：騒音単位 (phon)

表3に示す定常走行および加速走行騒音と図19の定置車両騒音を比較すると、定常走行騒音は車速に相応するエンジン回転数での騒音とよく一致し、また加速騒音はエンジン最高回転時の騒音とよく一致している。

6. 結 言

ガーダ式トレーラとトレーラけん引用トラクタの構造などについて紹介したが、これらを要約すれば構造上においては、

- (1) ガーダの軽量化と座屈防止、軸と台車の構成、転覆安定性の向上、組合せ台車使用による制動と操舵方式、またトラクタについては高けん引力と駆動方式、前向き、後ろ向きの運転装置、防音装置につき、特に考慮されていること、また強度および試験結果においては、
- (2) ガーダの薄幅部材採用による横倒れ座屈について、(1)、(2)式による考え方を採用したこと。
- (3) トラクタ騒音は認可基準値85phonを下回る防音技術を得たことのほか、トレーラ、トラクタの道路車両の規制値にじゅうぶん適合した性能を有することが各種試験で確認された。

終わりに、本トレーラ、トラクタの設計、製作、試験、納入に至る間、種々ご指導、ご協力を賜った日本通運株式会社関係各位に深く謝意を表する。

参 考 文 献

- (1) 村田, 中村, 坂井: 日立評論 41, 1638 (昭34-12)
- (2) 齊田, 坂井: 日立評論 44, 717 (昭37-5)
- (3) チモシエンコ: 挫屈理論 172 (昭28 コロナ社)