

新形コンテナクレーン

New Type Container Cranes

近年、海上輸送のコンテナ化はますます進み、その取扱い量も増大の一途をたどっている。そのため、コンテナ船も大形化してきており、コンテナの荷役を行なうコンテナクレーンの大形化、効率化を望む声が高い。一方、基礎レールに加わる車輪荷重も低減する必要があり、クレーンの軽量化が必要となってきた。

このような背景から日立製作所では、パイプトラス構造の採用、つり荷の振れ止め装置付など、幾つかの特長を備えた軽量形で高効率の新形コンテナクレーンを開発した。これにより、クレーン質量の大幅な低減が得られ、トロリ停止後5秒でつり荷の振れ幅が5 cm以下となる振れ止め特性を確認したので、中折れ式起伏ガーダと併せて説明する。

1 緒 言

海上輸送の効率化のため、海上コンテナ輸送がアメリカを中心に導入されて約20年が経過した。現在、これまでコンテナ化が進んでいなかった地域へも急速に海上コンテナ輸送が採り入れられ始め、第2次コンテナリゼーションの時代を迎えている。コンテナの取扱い量も急速に伸びてきており、それを運ぶコンテナ船も大形化、高速化と、効率向上へ向けて進歩してきている。一方、このコンテナ輸送の陸上との中継点となるコンテナ埠頭では、大量のコンテナを短時間内に効率よく荷役する必要がある。特に、コンテナ船と地上のトレーラとの間でコンテナ荷役を行なうコンテナクレーンの役割が重要となっている。

コンテナ船の大形化に伴い、コンテナクレーンも大形化が要求される。特に荷を扱える範囲としての高さ(リフトと呼ぶ。)及び海側への張り出し(アウトリーチと呼ぶ。)の増大が必要となってくる。このようにコンテナクレーンが大形になると質量も増大し、岸壁に敷かれた走行レール上に加わる荷重も増大してくる。

一方、コンテナクレーンは既設の岸壁に設置される場合も多く、岸壁の基礎耐力との関係で、その質量を低く抑える必

牧野和央* Kazuhiro Makino
蒲原秀明** Hideaki Kamohara
野村 浩* Hiroshi Nomura

要があり、また新しく岸壁を設ける場合でも、施工費用との関係で質量を低く抑える必要がある。

このようにコンテナクレーンは、大形化とともに軽量化を図る必要性に迫られてきた。軽量化によって、各動作に要する仕事量も低減され、省エネルギーともなる。

2 新形コンテナクレーンの特長

このように、コンテナクレーンには高効率化、大形化、軽量化及び省エネルギー化の必要性が出てきた。これらの要件にこたえるべき新形コンテナクレーンとして、次に述べるような特長点をもたせた。

- (1) 海側及び陸側に張り出したガーダ部に、三角断面パイプトラス構造を採用した。これにより、コンテナクレーンの軽量化、とりわけ岸壁基礎に加わる車輪荷重を大幅に低減できるとともに、ガーダ部が受ける風荷重を低減し、特に暴風時の基礎への影響を軽減することができる。軽量化により各動作、特にガーダの起伏動作及び走行動作に要する電動機の容量を低減できる。
- (2) トロリにつり荷の振れ止め装置を取り付けた。この振れ止め装置により、高速荷役及び荷役の自動化が可能となる。こ

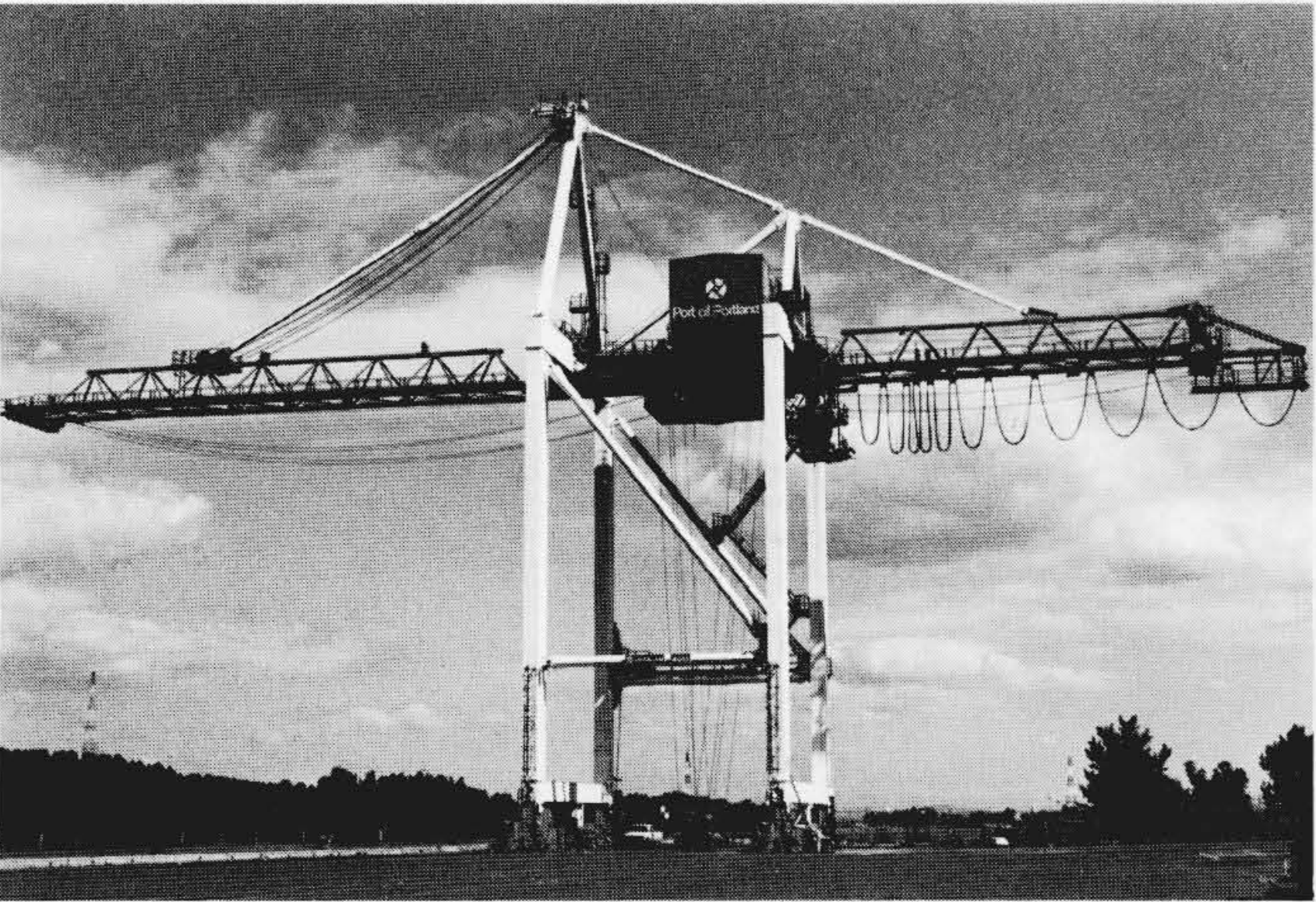


図1 新形コンテナクレーンの全体図 振れ止め装置付のトロリを載せたもので、陸側から見た写真である。

表1 コンテナクレーンの仕様例 代表的なコンテナクレーンの仕様を示す。

項 目		仕 様
コンテナ荷重		31.5 t
ス パ ン		15m
ア ウ ト リ ー チ		35m
バ ッ ク リ ー チ		15m
リ フ ト	レ ー ル 上	23m
	レ ー ル 下	21m
巻 上 速 度		45/110m/min
横 行 速 度		150m/min
起 伏 速 度		5 min/片路
走 行 速 度		45m/min

* 日立製作所笠戸工場 ** 日立製作所機械研究所

れは、つり下げたコンテナをトレーラ上に位置合わせする場合、及びコンテナ船内のハッチガイドに位置合わせする場合に短時間に振れを止める装置である。このつり荷の振れを急速に止める方法として、トロリの下側に傾動ビームを取り付けて、つり具から逆ハの字形に張られたロープをその上に結び付け、かつ傾動ビームの端部にダンパを取り付けて、つり荷の振れを急速に減衰させる。

(3) 巻上装置類をメンテナンスフリー化した。巻上装置や起伏装置、更には横行装置に用いられるギヤをすべて減速機内に収納し、また、自動ロープ塗油器を取り付けることにより、給油作業の手間を省き、メンテナンスフリー化を図った。

このような幾つの特長をもつ新形コンテナクレーンの概要を図1に、その主な仕様の一例を表1に示す。以下、個々の特長について説明する。

3 三角断面パイプトラス構造

図2に従来形のコンテナクレーンの全体図を示す。これからも分かるように、ガーダ部分はすべて2本の箱形断面構造となっており、その上に敷かれたレール上をトロリが走行する。起伏ガーダは4本のフォアステーで水平に支えられ、マストを介して後ろ側に2本のバックステーで支持されている。これに対し新形コンテナクレーンは、図1に示すように起伏ガーダ、及び陸側に張り出したカンチガーダ部が、3本の長手方向の主管と、それぞれの主管の間をつなぐ支管とから構成される三角断面パイプトラス構造となっており、下側の2本の主管の上にトロリが走行するためのレールが取り付けられている。この形状であると、構造上フォアステーを1本とすることができ、バックステーも1本となり、その間で支え

となるマストも単純な形状となる。

このような三角断面パイプトラス構造を採用することにより、起伏ガーダだけで、図2に示す従来形コンテナクレーンに比べて大幅な軽量化を図ることができ、そのほか、カンチガーダ、フォアステー、バックステー、マスト、更には脚反力の低減による脚の軽量化の効果をも含めると、全体で約30%軽量化できる。また、走行レール上加わる最大車輪荷重でみると、走行レール間隔にもよるが約20%低減できる。

起伏ガーダを船舶の出入り時に起伏させるための起伏装置の電動機容量も、起伏ガーダが軽くなった分だけ低減でき、省エネルギーとなる。

パイプトラス構造とすると、横風を受ける面積が、ボックス構造の場合に比べて約20%低減され、これと同程度の風荷重の低減となる。特に暴風時にその効果が著しく、岸壁基礎に加わる荷重を低減することができる。

三角断面パイプトラス構造及びその上を走行するトロリの詳細を図3に示す。トロリは下側の主管の上を走行するため、各部材には大きな変動荷重が加わる。図4は、トロリが起伏ガーダ上を走行したときの支管部に生ずる軸力の変動を示したものである。このように各支管には大きな変動力が生ずるため、各支管と主管との接合部の強度が重要となってくる。一般にパイプ同士を溶接した場合には、図5に示すように局部的な面外方向の曲げモーメントが生じやすく、公称応力の約10倍もの局部応力が生ずる場合もある。ここでは、主管と支管との間に支管方向に突起をもった突出した継手を用いて、力の流れを滑らかにし、局部的な応力集中率を3以下に抑え、溶接継手部の疲労強度を高めた。これにより、信頼性の高いパイプトラス構造とすることができる。

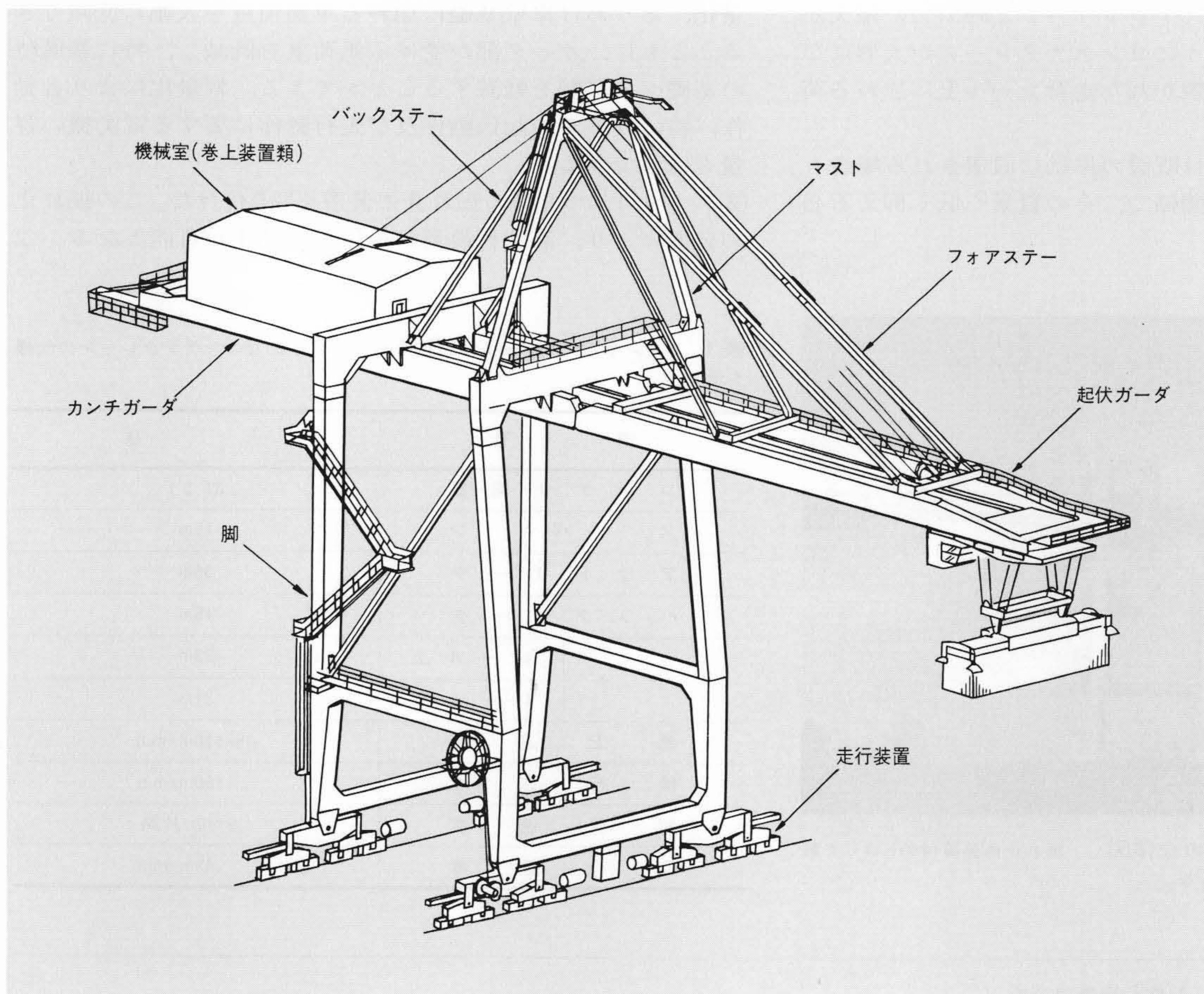


図2 従来形コンテナクレーンの全体図 振れ止め装置付のトロリを載せたもので、海側から見た斜視図である。

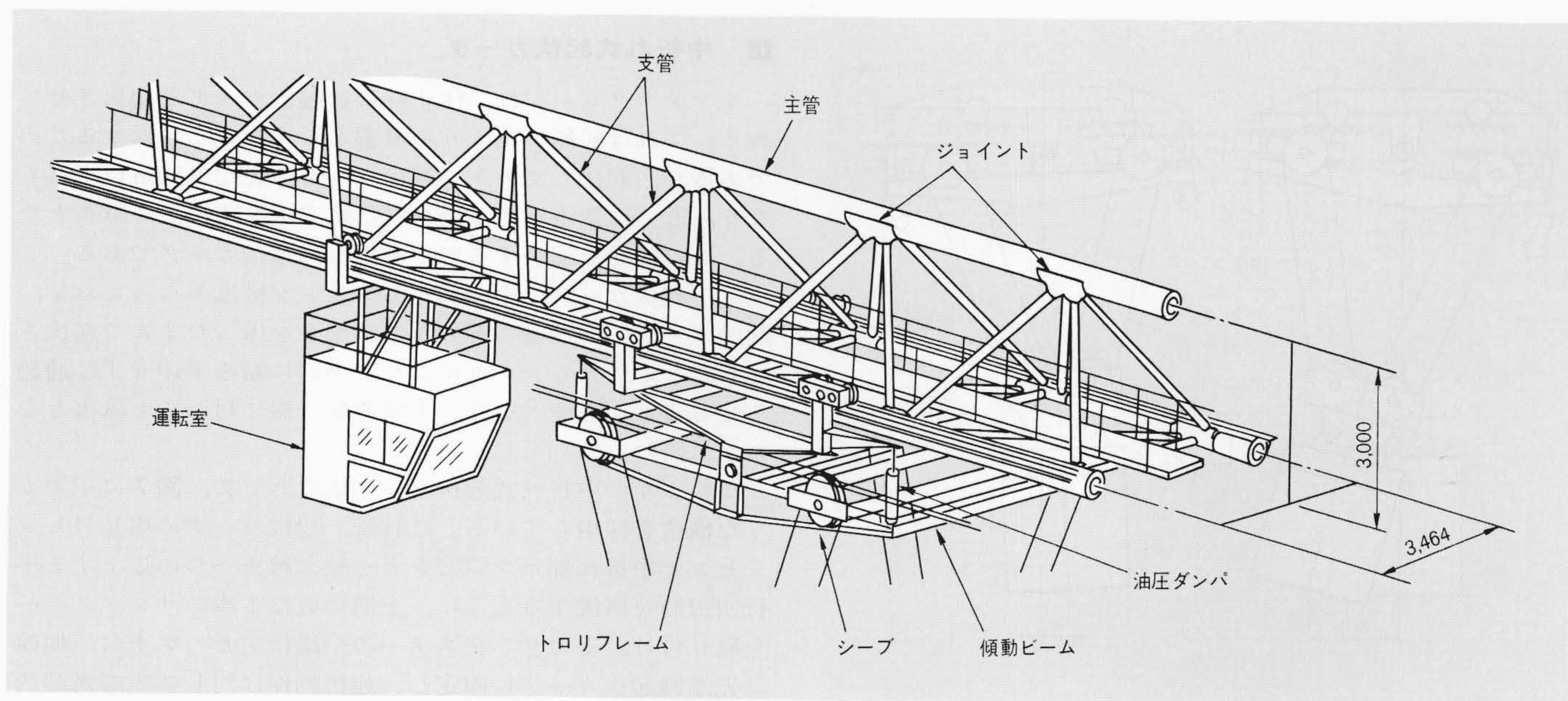


図3 三角断面パイプトラス構造及び振れ止め装置付トロリ 起伏ガーダの部分詳細図であり、正三角形を構成する3本の主管と、その間をつなぐ支管とから構成されている。

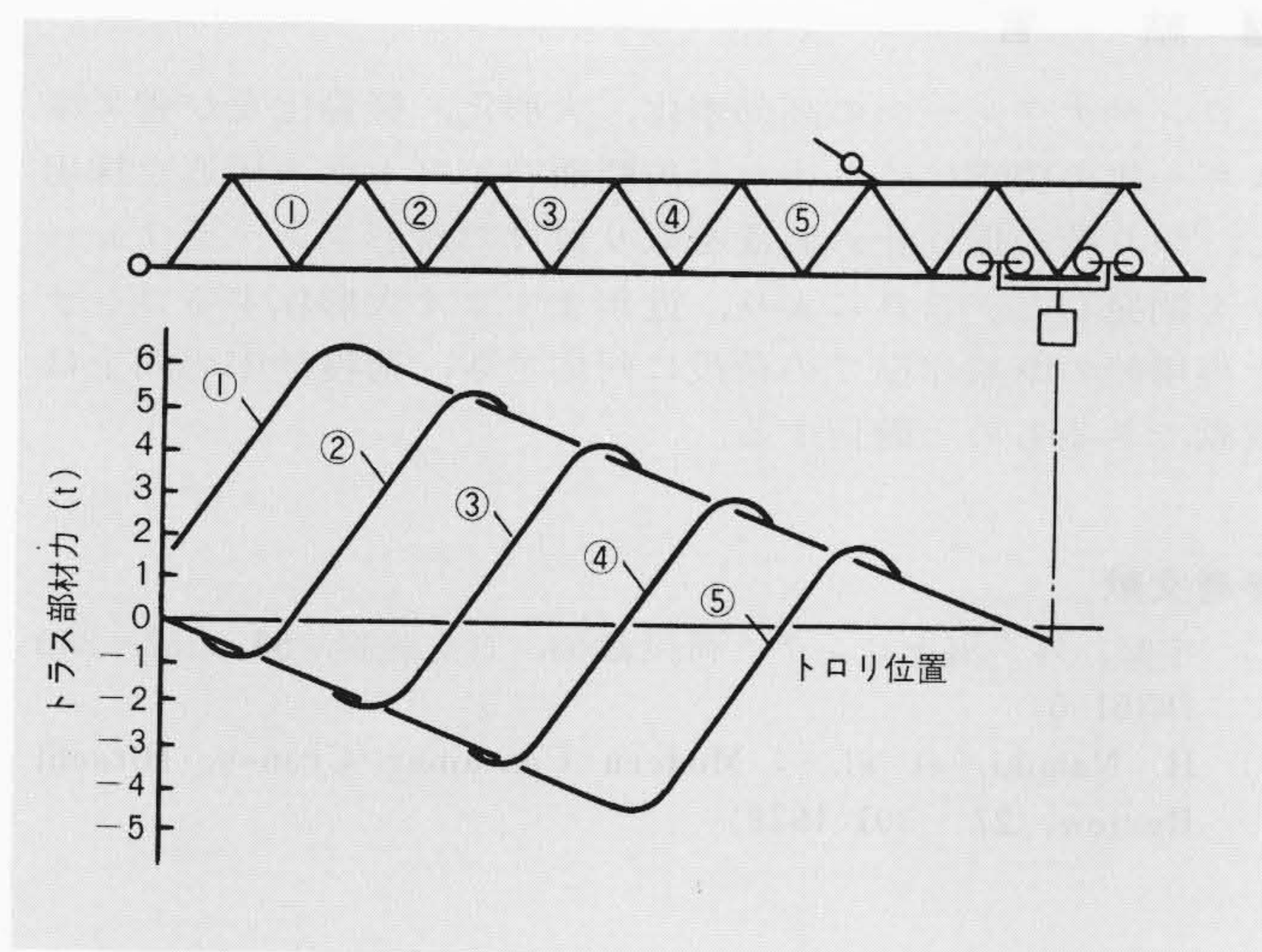


図4 トロリの移動により生ずるトラス部材力の変動 パイプトラス上をトロリが移動したときの5本の支管について、その部材力の変動を有限要素法により解析したものである。

4 つり荷の振れ止め装置

前述したように、コンテナ荷役の効率を上げるために、つり具及びつり荷の振れを短時間に止めて位置合わせをする必要がある。これまでは運転者の技量に頼っていたが、荷役速度の向上、取扱い量の増大により、つり荷の振れ止め装置に対する要求が高まってきた。しかも、その振れ止め性能もより高いものが望まれ、そのため日立製作所では、トロリ停止後5秒で振れ幅5cm以内に抑える高性能振れ止め装置を開発し、新形コンテナクレーンに取り付けた。

この振れ止め装置の原理を図6に示す。これは、つり具とトロリとの間にロープを逆ハの字形に配置し、かつトロリ側のロープの支点であるシーブを、両側に油圧ダンパを設けた傾動ビーム上に取り付けたものである。

トロリの加減速時に生ずるつり荷の振れにより、傾動ビー

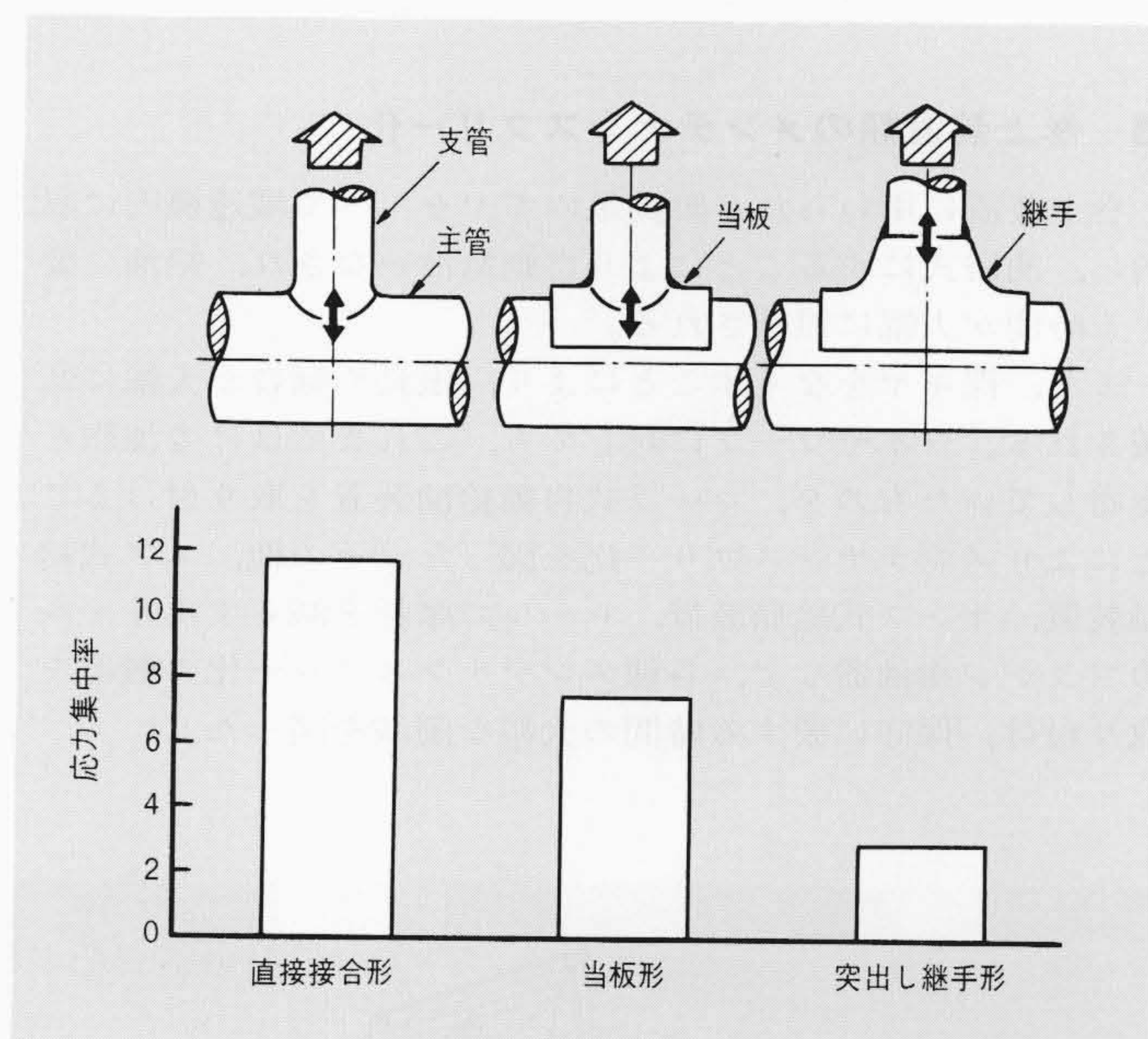


図5 パイプトラスの継手形式と応力集中率 主管と支管の接合部に、太い斜線入り矢印のような荷重を加えたときの黒い双方向矢印部に生ずる応力の公称応力に対する集中率を示す。

ムは逆ハの字形に張られたロープを介して傾動を始めるが、両側に設けられた油圧ダンパの働きにより、その動きが抑制される。その結果、つり荷の振れを抑制するように前後のロープに張力差が生じ、つり荷の振れを急速に減衰させる。その特性は、ロープの支点の配置と油圧ダンパの特性により決まるもので、最適特性はコンピュータによるシミュレーションによっても求められる。この方式によれば、約40tのコンテナをトロリ下25mにつり下げ、平均減速度 0.6m/s^2 で急減速させた場合でも、トロリの停止後5秒で最大振幅を5cm以下にできる。また、つり具だけの場合にも同様な特性を発揮し、荷重の変動に対しても安定した振れ止め特性をもつ。^{1),2)}これにより、大幅な荷役効率の向上が期待できる。

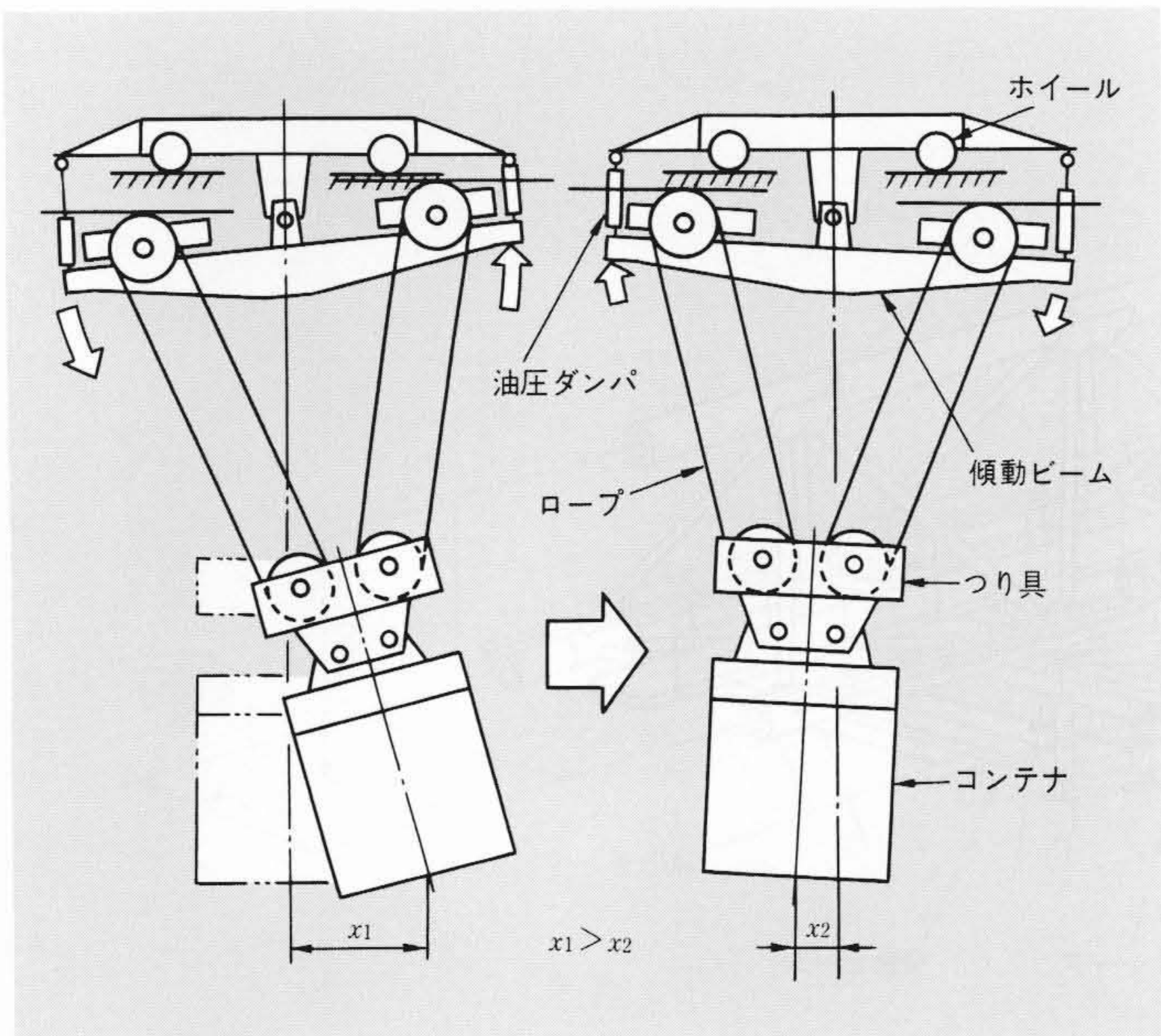


図6 つり荷の振れ止め装置の原理図 つり荷の振れにより、傾動ビーム端部に取り付けた油圧ダンパが動かされて抵抗力が生じ、つり荷の振幅が x_1 から x_2 へと急速に減衰する。

5 巻上装置類のメンテナンスフリー化

巻上装置に用いられる駆動系のギヤをすべて減速機内に収納し、油浴式にすることにより自動給油がなされ、給油に要する時間が大幅に短縮される。

また、裸ギヤをなくすことにより、振動や騒音が大幅に低減される。ワイヤロープに対しても、これまではけで油脂を塗布していたものを、ローラ式自動給油装置を取り付けることによりメンテナンスフリー化を図った。その他、エア式給脂装置、ポンプ式給脂装置、レールの摩耗を減らすホイールのフランジ塗油器など、各種メンテナンスフリー化の機器を取り付け、保守に要する時間の大幅な削減を図った。

6 中折れ式起伏ガーダ

コンテナクレーンは、休止時には起伏ガーダを起伏させておく。これは船舶の出入りの障害とならないようにするためであるが、起伏したときの起伏ガーダの先端は50m以上にもなり、近くに空港がある場合には航空機発着の際の障害となる。この問題を解決するのが中折れ式起伏ガーダである。これは、起伏ガーダの中間部がピンヒンジ構造となっており、起伏ガーダの先端側の部分がほぼ水平を保ったまま起伏させることができる。これにより、下側に船を干渉せずに通過させることが可能となり、上側の航空機に対しても障害とならずに済む。

このような中折れ式起伏ガーダ構造として、図7に示すような構造を採用している。これは、起伏ガーダの根元のヒンジピンと中折れ部ヒンジピンとを結ぶ線を一つの辺とする平行四辺形を構成するように、上側に更に1本のリンクステーを取り付け、そのリンクステーの一端は主ガーダ上に、他端は先端側起伏ガーダに固定し、起伏動作に対して先端側起伏ガーダが主ガーダと平行になるよう、すなわち水平位置を保ったまま起伏するようにした。このような機構にすると、複雑な制御などは不要となり、信頼性も高いものが得られる。

7 結 言

コンテナクレーンの高効率化、大形化、軽量化及び省エネルギー化の要求にこたえた三角断面パイプトラス構造を採用し、つり荷の振れ止め装置を取り付けた新形コンテナクレーンを開発した。これにより、近年ますます大形化するコンテナ専用船の既設岸壁での荷役に対応でき、荷役効率の向上に貢献できるものと確信する。

参考文献

- 1) 宇野, 外: 海上コンテナ荷役設備, 日立評論, 58, 357~360 (昭51-5)
- 2) H. Namiki, et al. : Modern Container Cranes, Hitachi Review, 27, 301(1978)

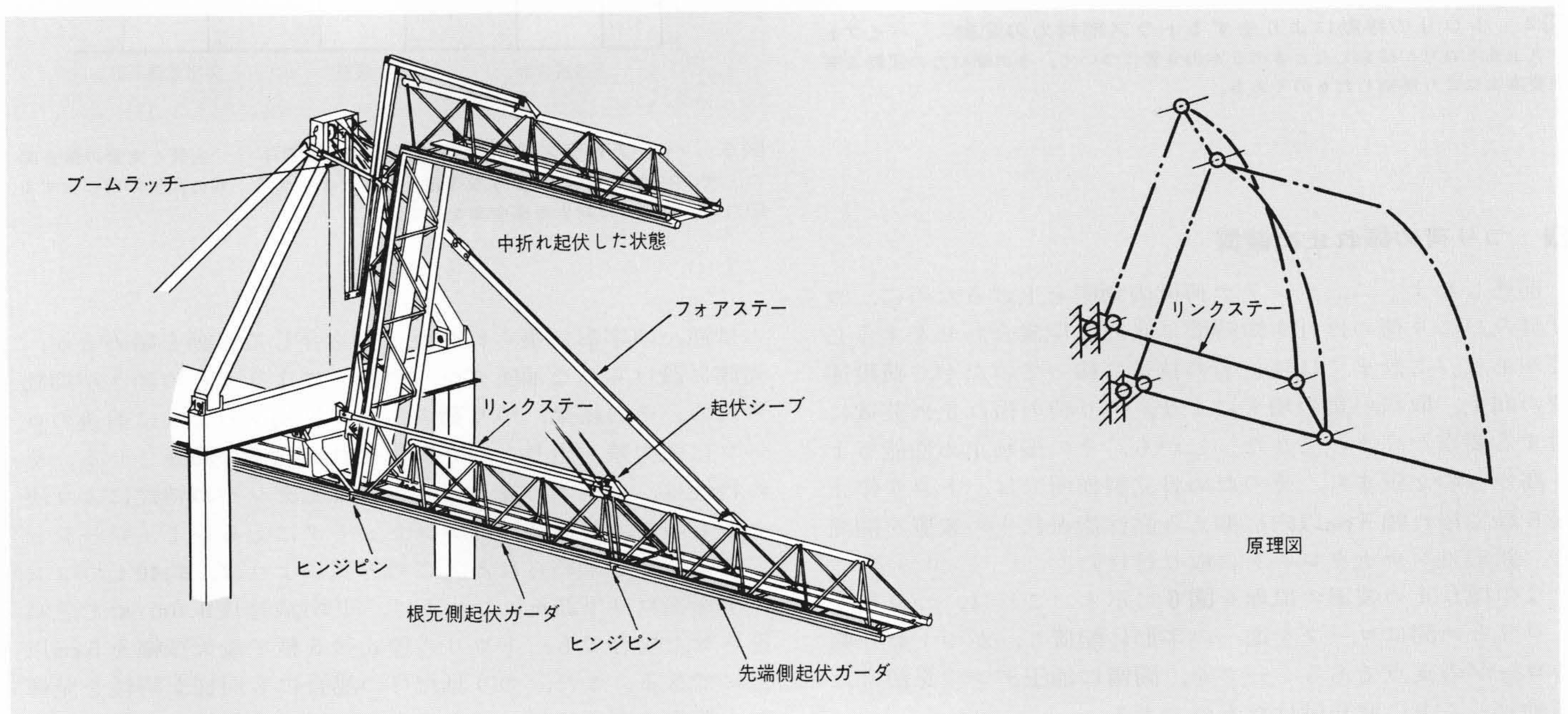


図7 中折れ式起伏ガーダ リンクステーにより平行四辺形のピン配置となり、先端側起伏ガーダは、水平状態を保ったまま起伏動作する。