

中野倉庫運輸株式会社厚木営業所納め

30 t 積大形荷物用エレベータ

30t Freight Elevators

松田 好正*
Yoshimasa Matsuda

吉田 弘*
Hiroshi Yoshida

中平等 明*
Akira Nakahira

要 旨

流通革新時代を迎えた今日、物的流通(以下物流と略記する)の結節点となる倉庫は、特に荷役の合理化を推進する必要に迫られている。従来から倉庫荷役の重要な設備として荷物用エレベータが広く活用されているが、今回開発した大形荷物用エレベータの設置によって、これまでの荷役方法の約2倍の効率化を図ることができる。本稿で解析した結果、今日の流通倉庫における物流コストの低減を果たす有力な設備として評価することができた。

1. 緒 言

産業経済の大形化を反映して物資の流通量は年々大幅な増加を続けている。これと並行して物流構造に対する改善が急速に進展しつつあり、物資輸送の拠点である流通倉庫に対しても、規模の適正化、荷役設備の充実などその近代化が強く要求されている。

近年、異常な地価上昇により倉庫の高層化が一般化しているが、荷物用エレベータは高層倉庫には不可欠の設備として広く使用されており、倉庫機能を高めるための最も重要な設備といえることができる。倉庫における荷物用エレベータは、フォークリフトとの関係により使用される例が一般的で、この方式により荷役効率を高めているが、倉庫規模の拡大と荷役量の増大によって、車両待機時間の延長、駐車場およびトラックバースなど地上面積の確保、さらに荷役労働力の増強などが必要となってくる。すなわち、量的拡大による荷役コストの低減をはばむ要因が増大し、これまでの荷役方法では荷役合理化の限界を示し始めている。大形荷物用エレベータは、こうした問題を解決するきわめて有効な設備として新たな関心を喚起しつつある。

2. 物資輸送と倉庫

近年の物資輸送は、自動車輸送の増加、物流革新の進展など質的な変化を示しながら拡大を続けている。自動車による貨物輸送の占める割合は図1⁽¹⁾に示すようにここ数年一貫して増大しており、輸送需要の増加は自動車依存の傾向を示している。特に最近では輸送コストの低減を図るため車両の大形化・高速化が進められ、大形トレーラや、コンテナ専用車による大量高速輸送が普及しつつある。

一方、都市部における大形車の交通事情は年々悪化しており、

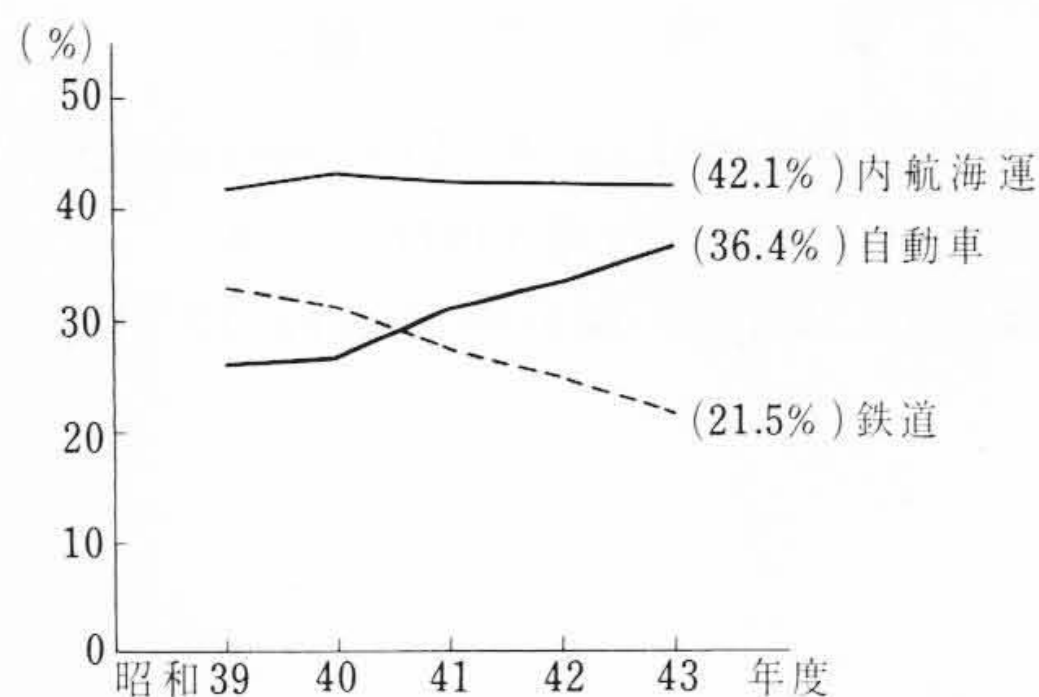


図1 輸送機関別国内貨物輸送トンキロ分担率⁽¹⁾注:運輸省資料による

* 日立製作所水戸工場

都市部の倉庫を拠点とする自動車輸送は著しい機能低下を招いている。このため都市部に散在する倉庫はしだいに都市周辺部の港湾、高速道路のインターチェンジ、流通団地など、輸送機関と直結する地域に転位している。同時に倉庫規模の適正化(大形化)、設備の充実による荷役の迅速化が図られている。このように輸送革新の一環として倉庫に対する合理化も急速に進展しており、これらは物流コスト低減のための政策として積極的に推進されている。すなわち、輸送機関と有機的に連係する流通倉庫として変容しつつあり、急増する自動車輸送を十分考慮した荷役の近代化が必要となっている。

3. 倉庫における荷物用エレベータ

3.1 荷物用エレベータの特長

倉庫の荷役は、取り扱う品目、重量、形状、荷姿などが一定の場合には、それに適した専用の荷役手段を採用することにより、荷役効率を高めることができる。しかし、特に営業倉庫においては、季節的変動、景気、あるいは社会的変動によって取り扱う品目が多種にわたるので、特定品目に対する専用荷役設備をあらかじめ固定化することはできない。高層倉庫における荷物用エレベータ普及の要因は上記のように、荷役における一般性と融通性にあるといえる。すなわち、

- (1) 品目、形状、荷姿などにとらわれず、広範囲の貨物輸送に対処できる。
- (2) クレーン、ホイストなど、他の荷揚げ設備と比較して、より高い安全性と信頼性により操作取り扱いが容易で、熟練専任者(クレーン運転員、玉掛け員など)が不要である。
- (3) 各階のフロアと同一床面上で積み作業ができるため、フロア側の荷役設備(フォークリフトなど)との関係性が良い。などが特長としてあげられよう。一方、エレベータは、トレーエレベータあるいはバッチカルコンベヤなどの持つ輸送の連続性に欠ける点があるが、これらの欠点も以下に述べるように運用面で十分補うことが可能である。すなわち高い安全性とあいまって総合的にすぐれた荷役設備といえよう。

3.2 エレベータの運用と荷役効率

エレベータとフォークリフトを使用して倉庫に貨物を入庫する場合は図2に動線で示す順序で搬入し、入庫量に応じてこれを繰り返す。図3は一つの実例について10tの貨物を入庫する場合のエレベータ、フォークリフト、待機車両(輸送トラック)の状態とその所要時間を示したものである。図3の(a)(b)(c)はエレベータとフォークリフトの運用のしかたをそれぞれ変えた場合で、当然

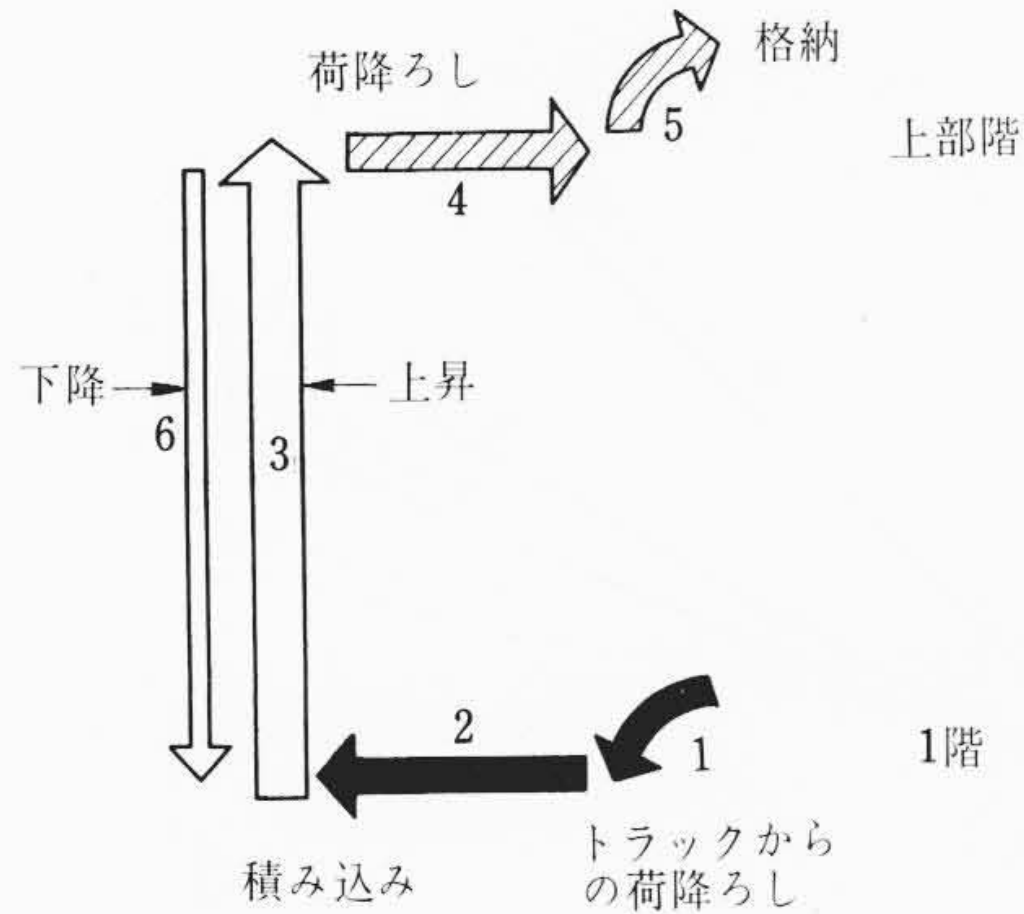
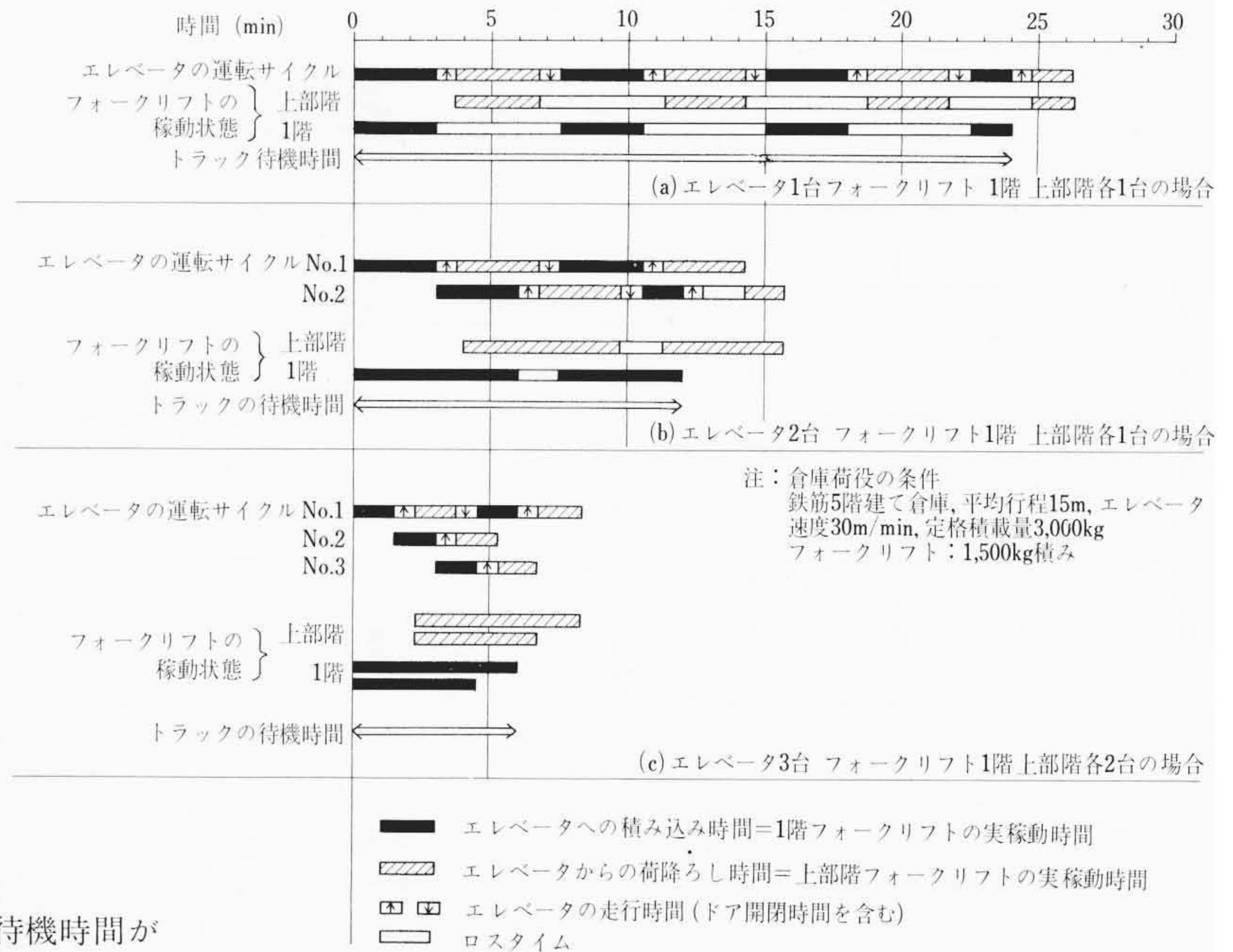


図2 エレベータとフォークリフトによる貨物入庫の荷役動線

図3 貨物入庫の場合のエレベータ、フォークリフトおよび待機車両の状態図



のことながら稼働台数の増強によって荷役時間、車両待機時間が短縮される。しかし、フォークリフト運転員の労働時間は(a)においてロスタイムが目だつのにに対し、(b)ではこれを大幅に短縮し、(c)ではロスタイムがほとんど除去され、同じ10tの入庫量で荷役労働時間が短縮されている。これはエレベータの輸送に連続性を付加した運用により荷役の密度を高めた効果である。図3に示す使い方において、フォークリフトの稼働時間（ロスタイムを含む荷役労働時間） T (min)は次式で算出することができる。

$$T = N_2 \{ 2(t_1 + t_2 + t_3) \cdot \left(\frac{n}{N_1} - 1 \right) + t_3(N_1 - 1.5) + 1.5t_4 + t_5 \} - k(t_3 + t_4) \quad (1)$$

- ここに、 t_1 : エレベータの上昇または下降時間 (min)
 t_2 : エレベータドアの開および閉時間 (min)
 t_3 : エレベータへの貨物積み込みまたは荷降ろし時間 (min)
 t_4 : 最後の端数貨物の積み込みまたは荷降ろし時間 (min)
 t_5 : エレベータの荷役待ち時間 (min)
 N_1 : エレベータ稼働台数
 N_2 : フォークリフト稼働台数
 n : エレベータの輸送回数

図4は(1)式により入庫荷役量とその労働時間の関係を表わしたものでEはエレベータ、Lはフォークリフト、数字はおのこの稼働台数を示している。点線は後述する大形エレベータの場合で、荷役労働時間あたりの荷役量が、EとLの組合せによって変動することを示している。すなわち荷役労働の効率を、荷役量/荷役労働時間の比で表わせば図5に示すようにその効率は運用によって大幅に高められることがわかる。

このように荷役の迅速性のみならず、荷役効率は設備の運用いかににかかっており、その管理はきわめて重要である。しかし荷役作業にはまだ多くの労働力が介在しており、運用による効率化にもおのずから限度がある。すなわち、これまでの検討でフォークリフトの稼働にほとんどロスタイムを生じないE₃、L₄の運用によってその効率化はほぼ限界を示しはじめる。これ以上の効率向上は、主としてエレベータ前後の貨物処理能力の向上（フォークリフトの大容量化など）によって図らねばならないが、荷役の安全性、作業性の面で大幅な能力の向上は困難である。したがって増大する荷役量に対処するために旧来の設備の単なる増強手段ではこれ以上の効率化は頭打ちの傾向となり、量的拡大によって果たすべき荷役のコストダウンは限界に突きあたることになる。これを打開するために、荷役労働力を大幅に節減できる大形荷物用エレベータ利用の大量一括輸送方式が生まれてきた。

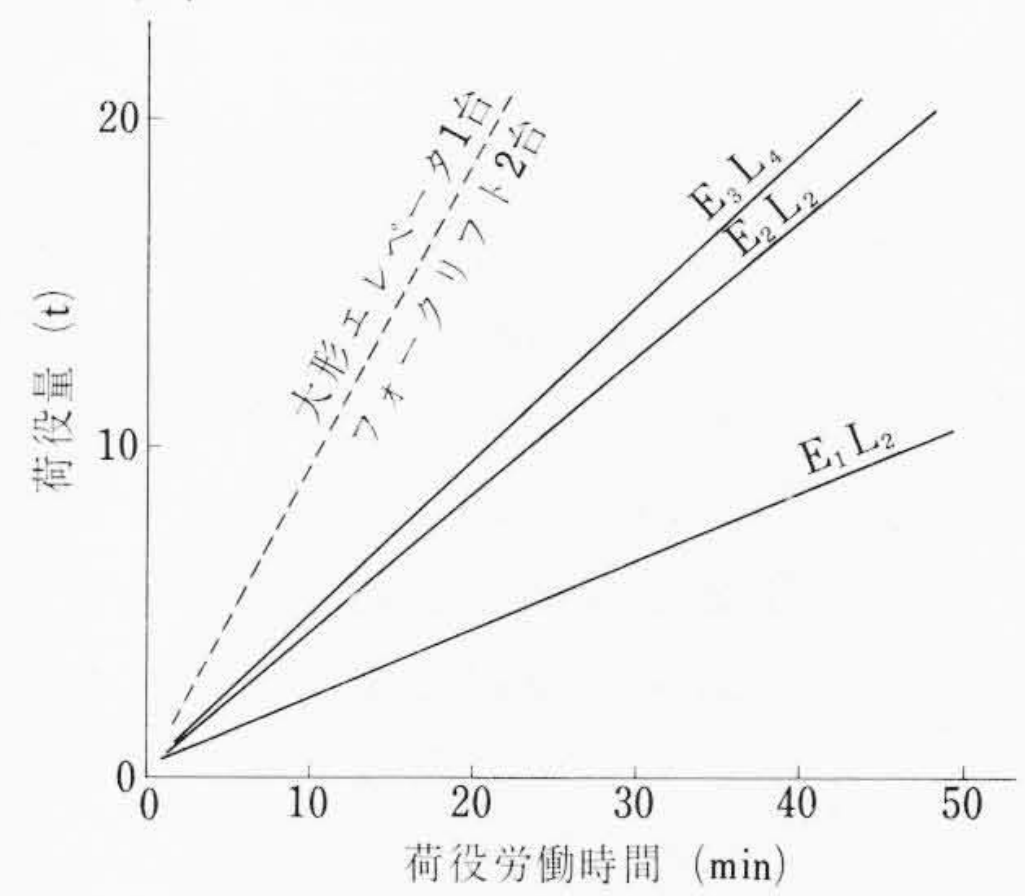


図4 荷役量と荷役労働時間の関係

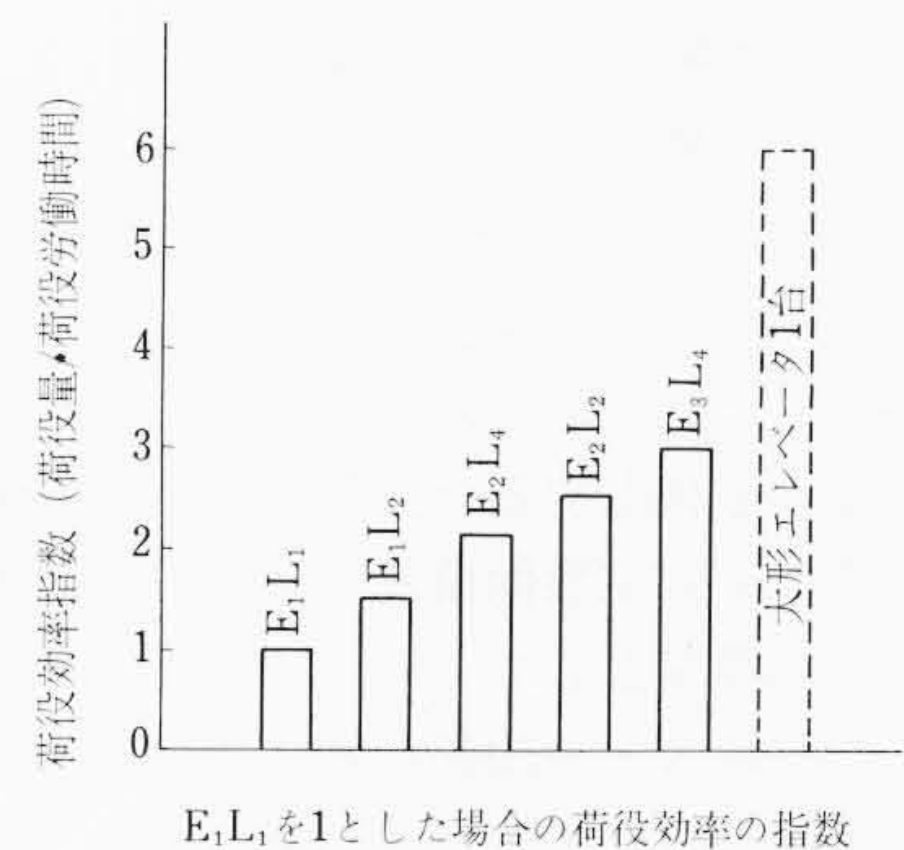


図5 荷役効率の比較

4. 大形荷物用エレベータ

4.1 大形荷物用エレベータの特長と有用性

荷役量の増大に対処する荷役合理化の問題点は先に述べたとおりである。大形荷物用エレベータはこうした問題を解決する次のような特長を備えている。

- (1) トラック、トレーラ、コンテナ車など、荷積みのままの大形車両を上部階に運び上げることができるため、1階における積み降ろし作業が不要となり、荷役の大幅な省力化と迅速化を図ることができる。
- (2) 車両を各階に格納しておいて荷降ろしができるため、各階における荷役の並行作業が可能となり、迅速化をさらに促進できる。
- (3) エレベータを利用して屋上を駐車場に活用できるほか、荷役作業を各階で行なうため、駐車場、バースなど地上の広い面積が不要となり土地の有効利用を図ることができる。

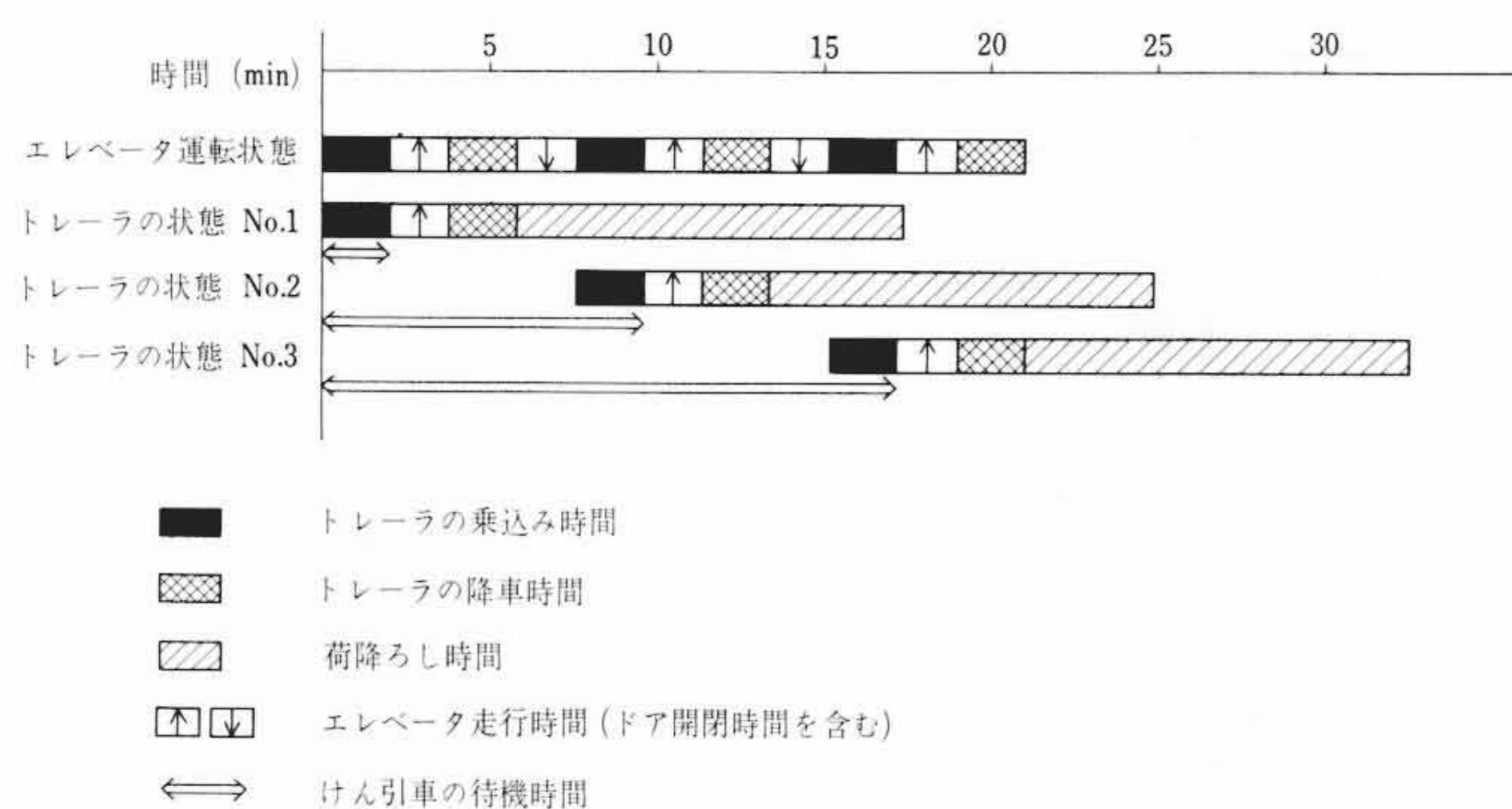


図6 大形荷物用エレベータによる貨物の入庫形態

(4) エレベータの積載量が大きいため、中小形エレベータのように積載量(3~5t程度)の制限を受けない。たとえば3t積みエレベータでは、3tを越えるフォークリフトを使用しても、あまり意味がないが、大形エレベータでは大容量の大形設備による荷役が可能であり、さらにいっそうの合理化を図ることができる。

図6は22tの貨物を積んだトレーラを30t積みエレベータ1台で入庫する場合のエレベータとトレーラの状態を示したものである。エレベータ速度を10m/min、上部各階に1,500kg積みフォークリフトを各2台配置した場合、トレーラの乗降時間はそれぞれ2分、ドア開閉時間は10秒+10秒=20秒となり、本図の結果が得られる。その他は3.2での検討と同じ条件を仮定している。これをグラフに表わすと図4の点線で示すようになり、大形エレベータの威力を如実に示している。荷役労働時間は、1階の積み降ろし作業が不要となるため、さきに述べたE₃、L₄の稼働方式に対して、さらに1/2の作業時間で済ませることができる。すなわち荷役労働力の効率を2倍に引き上げたことを示している。これは大形エレベータでのみ果たしうる効果である。

このような具体的効果のほかに、エレベータの占有面積、設備費あるいはさきに述べた駐車場、バスなどの所要地上面積についても検討を加える必要があるが、これらは個々の倉庫事情により相違し、定量的にとらえにくい。しかしこれまでの実例を基準に総括的な荷役費用を算出すると、荷役費=荷役量×(荷役量あたり人件費+経費)+荷役設備償却費となり、これをグラフに表わすと図7(a)に示す関係としてとらえることができる。図7(b)はこれを荷役量と荷役コストの関係に置き換えたもので荷役量が多い大形倉庫における荷役コストの低減は大形エレベータによって果たしうることを示している、この関係は図5に示す荷役労働の効率が飛躍的に向上することからも明らかである。実際には、その立地条件、荷役量、扱い品目など多くの条件と照らし合わせ、荷役コスト低減効果の分岐点xを見きわめることがたいせつである。

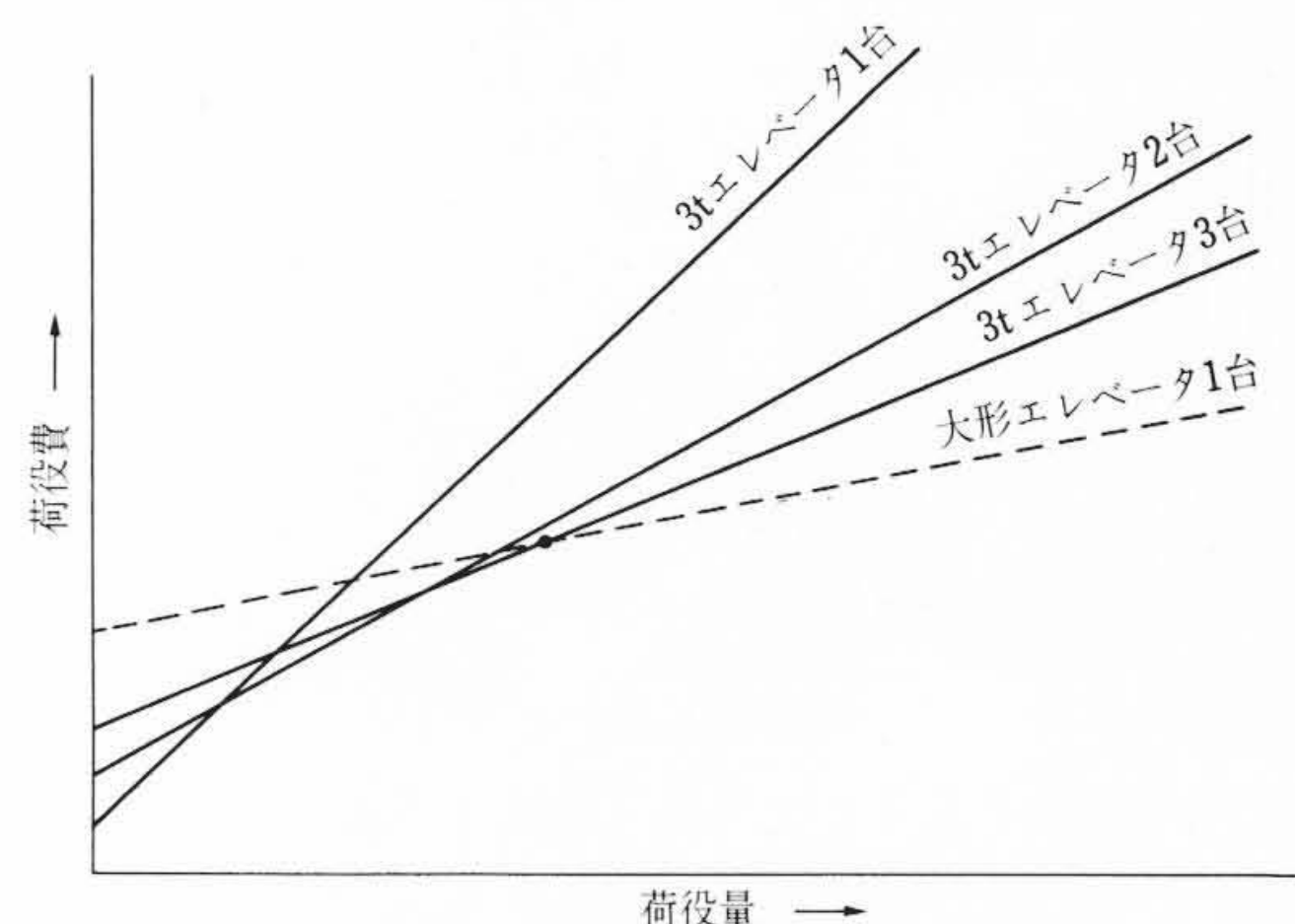
4.2 大形荷物用エレベータに必要な機能

荷物用エレベータの故障は倉庫機能を著しく低下させる。したがって荷物用エレベータには特に堅ろうさと高い信頼性および安全性などの諸性能が強く要求される。

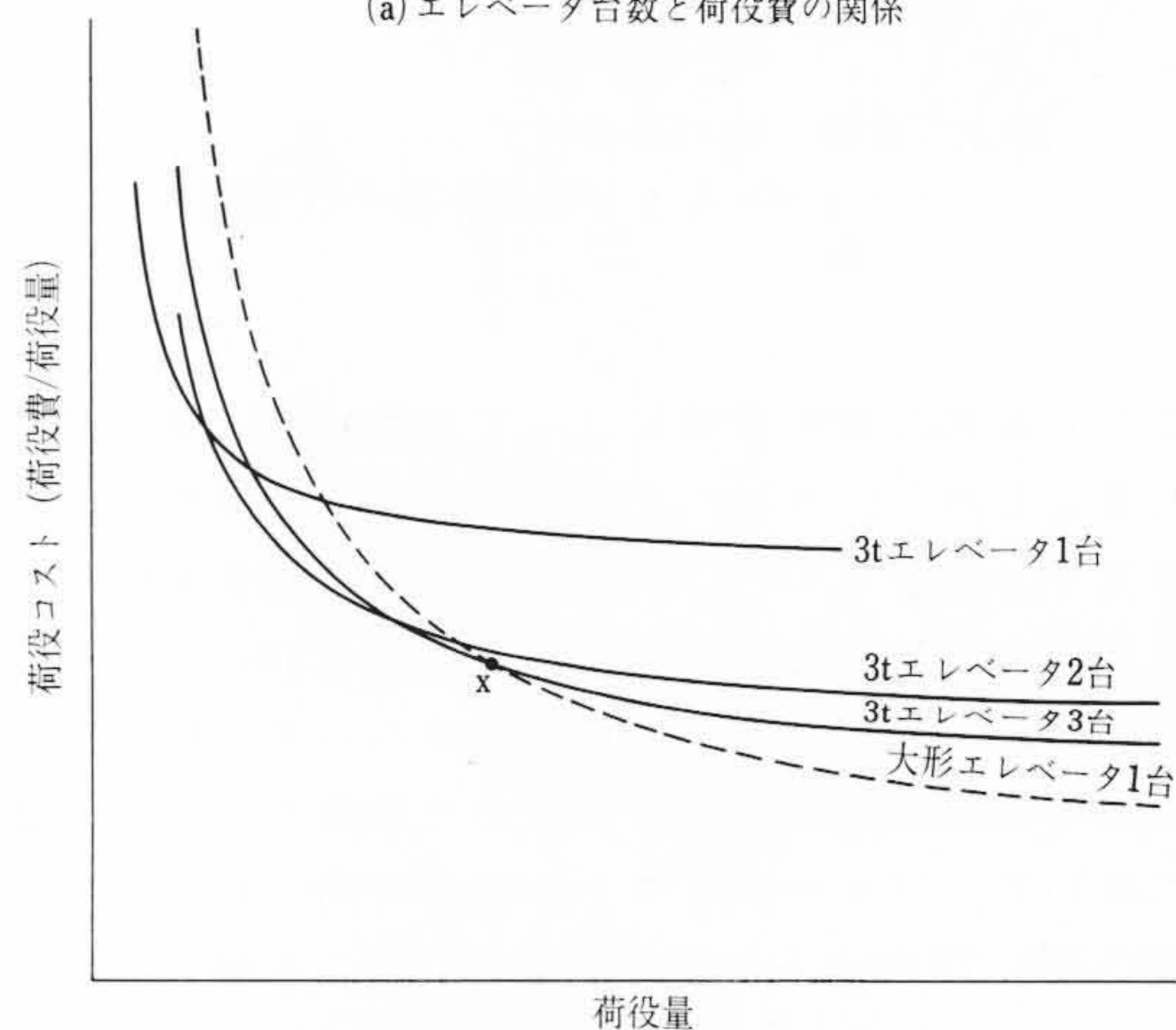
大形荷物用エレベータではこれに加えて、さらに次の機能を備える必要がある。

- (1) 大容量の輸送を行なうため、電力消費量を極力少なくするような設計とすること。
- (2) 車両の輪重による偏荷重、衝撃荷重、集中荷重に対して十分な強度を有すること。
- (3) かご寸法が大きいため、偏荷重走行の機会を生ずるので、偏荷重状態での走行に支障のない構造であること。

このような機能を満たすために、一般のエレベータとは異なっ



(a) エレベータ台数と荷役費の関係



(b) エレベータ台数と荷役コストの関係

図7 荷役量と荷役コストの関係

た観点から、その特殊性を十分に把握(はあく)して設計することが必要である。以下、中野倉庫運輸株式会社厚木営業所納めの30t積荷物用エレベータに関し、これら設計の概要について述べる。

5. 中野倉庫運輸株式会社厚木営業所納め 30t 積大形荷物用エレベータ

中野倉庫運輸株式会社は倉庫と運輸部門を持つ物流業である。

図8に示す鉄筋5階建ての厚木ターミナル倉庫は、東名高速自動車道路の厚木インターチェンジに直結し、東京~名古屋~大阪を結ぶ、貨物輸送には絶好の立地条件を備えている。大形のトレーラが頻繁(ひんばん)に発着する同倉庫は、日立30t積みエレベータを設置して荷役効率、車両の運転効率の大幅な向上を図っている。



図8 中野倉庫運輸(株)厚木ターミナル倉庫の全景

5.1 エレベータの概要

表1はおもな仕様を、図9は昇降路内の構造を示したものである。エレベータは倉庫の中央部に設置され、トレーラを荷積みそのまま地上から上層階まで一気に運び上げるものである。設計にあたっては、大形エレベータに付随する諸問題を十分に検討したうえで、特に次の構造を採用している。

- (1) ローピングは6:1と比率を大きくとり、巻上機の懸垂荷重の軽減と機械室における荷重の分散を図っている。
- (2) かごをローラガイド方式とし、走行抵抗の軽減を図っている。これにより巻上げ電動機の負担を軽減し、さらに偏荷重状態での走行も円滑に行なわれる。
- (3) 伝達効率にすぐれた平行軸歯車減速方式の巻上機を開発し、かごの走行抵抗軽減とあわせ電力消費量の節減を図った。
- (4) エレベータ出入口の開口寸法は従来になく大形であるが、車両昇降の迅速化を図るため、中央開きの電動開閉ドアを採用した。

なお、1階はトレーラを搭載した後、けん引車が背面から抜け出せるよう通り抜け階としてある。エレベータの使い方は、図10の(a)(b)(c)の順序に示すように、まず、貨物を積載したトレーラをエレベータ内にけん引しけん引車を切り離してトレーラ部分を自立させけん引車のみエレベータから降りる。

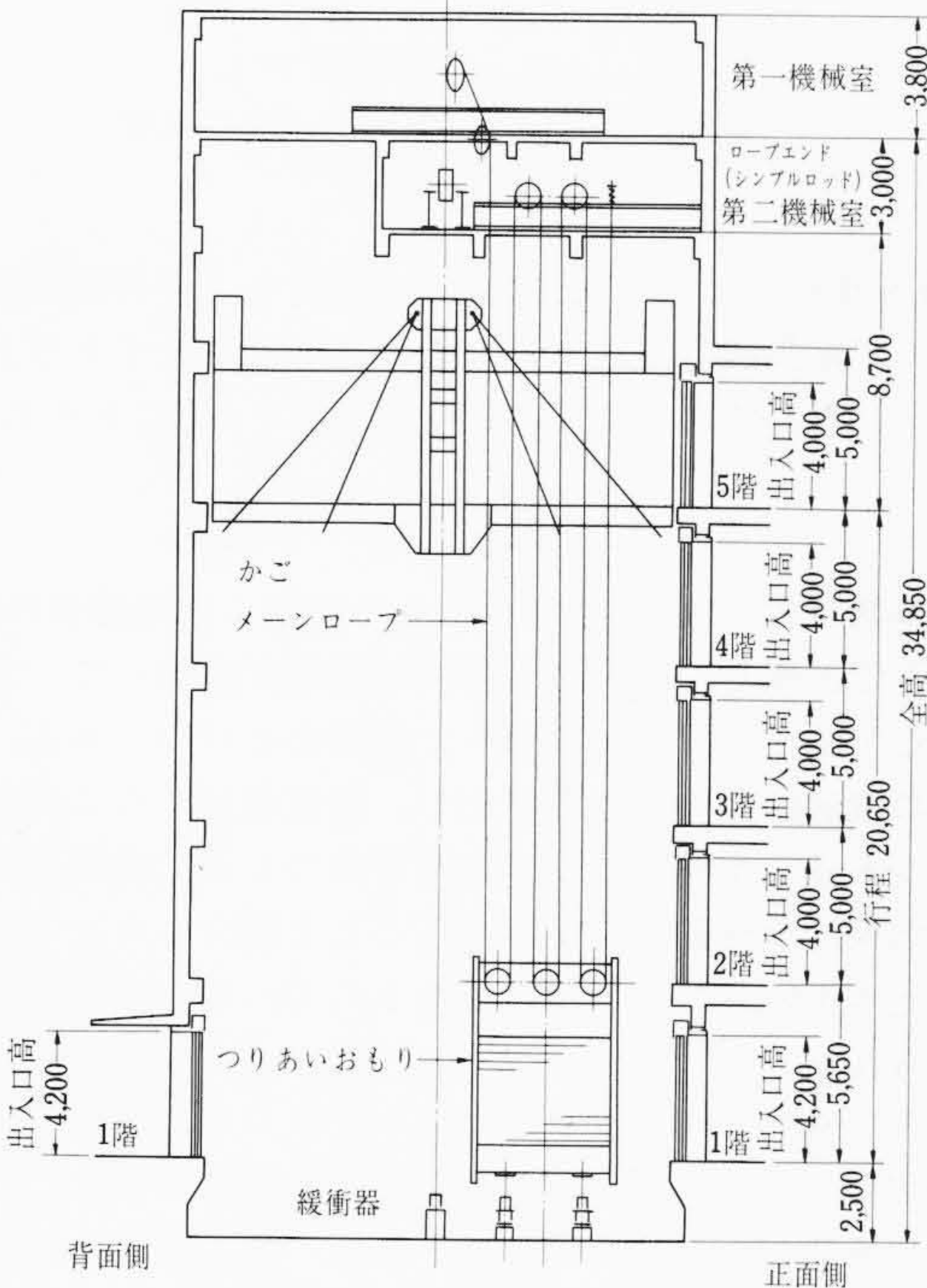


図9 昇降路内の構造

表1 おもな仕様

形 式	交流2段速度 荷物用エレベータ
運 転 方 式	ボタンスイッチコントロール、ハッチコントロール 併用式
積 載 量 (kg)	30,000
速 度 (m/min)	10
電 動 機 (kW)	AC 50
行 程 (mm)	20,650
停 上 階 床	1, 2, 3, 4, 5階
出 入 口 個 数	6個所 正面側 5個所 (1,2,3,4,5階) 背面側 1個所 (1階)
か ご 寸 法 (mm)	外法 間口 5,200×奥行 14,500 内法 間口 5,000×奥行 14,120
出 入 口 寸 法 (mm)	1階 (正背面側ともに) 幅 5,000×高さ 4,200 2～5階 幅 5,000×高さ 4,000
ド ア 開 閉 方 式	電動4枚戸 中央開
ロ ー ピ ン グ	6:1

けん引車は他のトレーラのけん引に応じ、エレベータはトレーラのみ上部階に運び上げる。上部階では万能フォークリフトによりトレーラをけん引し、エレベータから倉庫フロアに引き出して荷降ろしを行なう。これにより、1階での貨物積み込み作業は省かれ、荷役は上部階でトレーラから荷降ろしするのみで済まされている。

次に設計の具体的検討内容のうち、かごと巻上機について述べる。

5.2 かごわくの設計

かごわくは車両乗り込み時の衝撃荷重、集中荷重など過酷な条件の負荷を受ける。図11はこのような負荷条件を十分考慮して設計したかごわくの構造である。大形のかごわくを設計する場合考慮すべき多くの項目のうち、ここでは床の沈下に関する検討例について述べる。かごの床は車両乗り込みの輪重によって沈下現象を起こし、着床誤差とあわせて、倉庫フロアとエレベータの床に段差を生ずる。床の段差は乗降の円滑性を阻害するほか、衝撃荷重を増大させ、強度設計上も好ましくない。着床誤差による段差は、ここで問題にするほど多くはなく、この場合特に乗り込み時の沈下を重視しなければならない。大形のかごわくにおける床の沈下は、その弾性変形による影響が顕著であり、主としてタイロッドの伸びによるものである。沈下はこのほかにロープの伸びとシンプルロッドばねの変位が関係し、トレーラの後輪がエレベータの床に動的に作用した図12の状態で最大となる。現地の実負荷試験結果では図13に示すように12mmの沈下量に収まっており、実用上全く問題ないことを確認した。これにより主要強度部分の発生応力に対しても乗り込み時の衝撃荷重に対して、十分な強度であることを確認することができた。

5.3 平行軸歯車式巻上機の適用

大容量エレベータを駆動する巻上機の減速機構は、強力な荷重

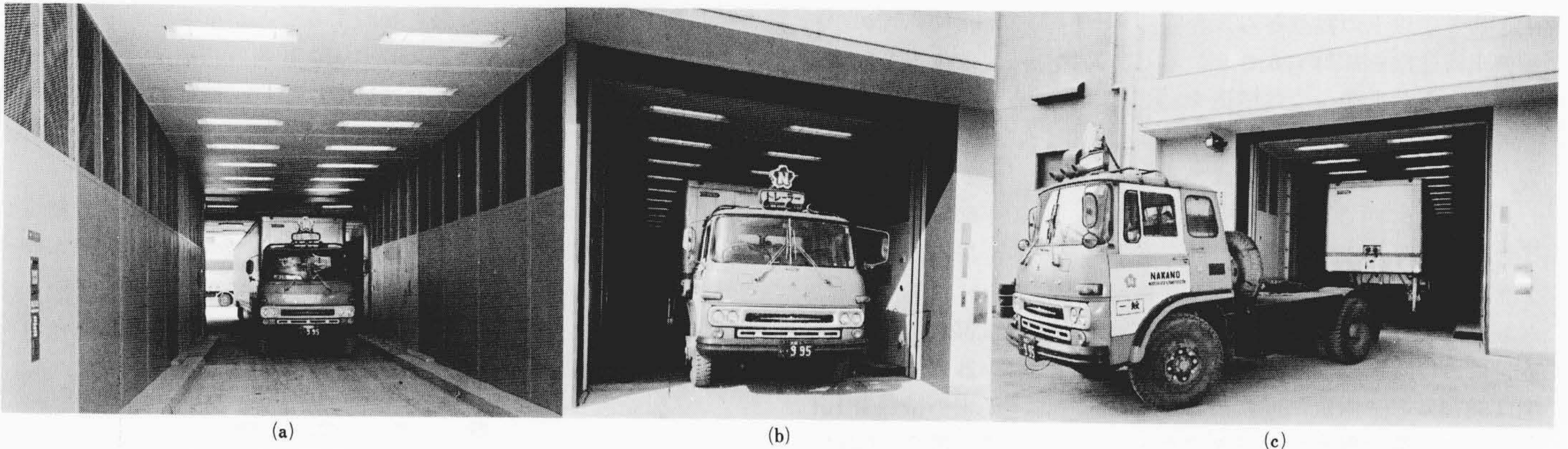


図10 中野倉庫運輸株式会社厚木ターミナル倉庫における大形エレベータへのトレーラ積載順序

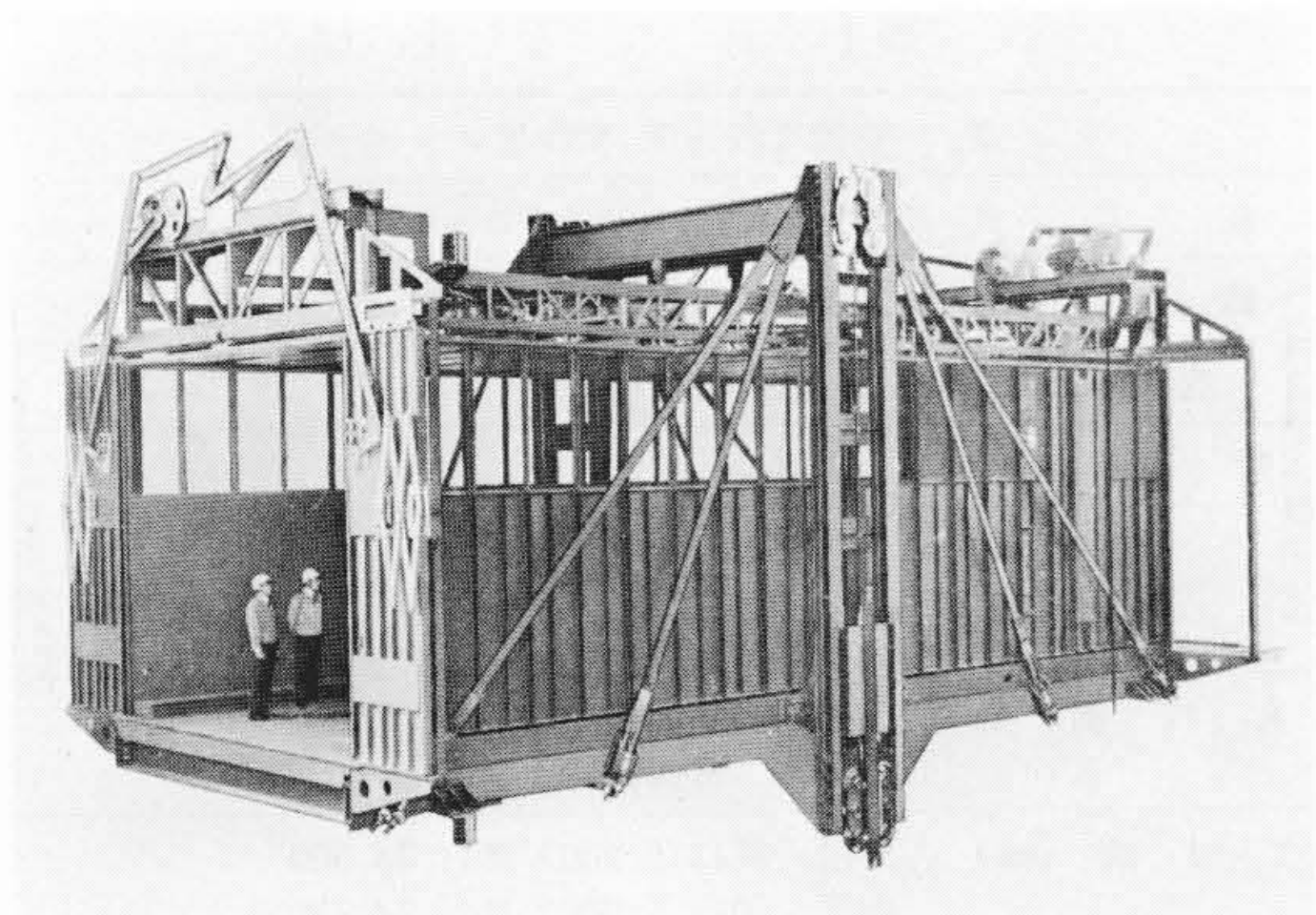


図11 かごわくの構造

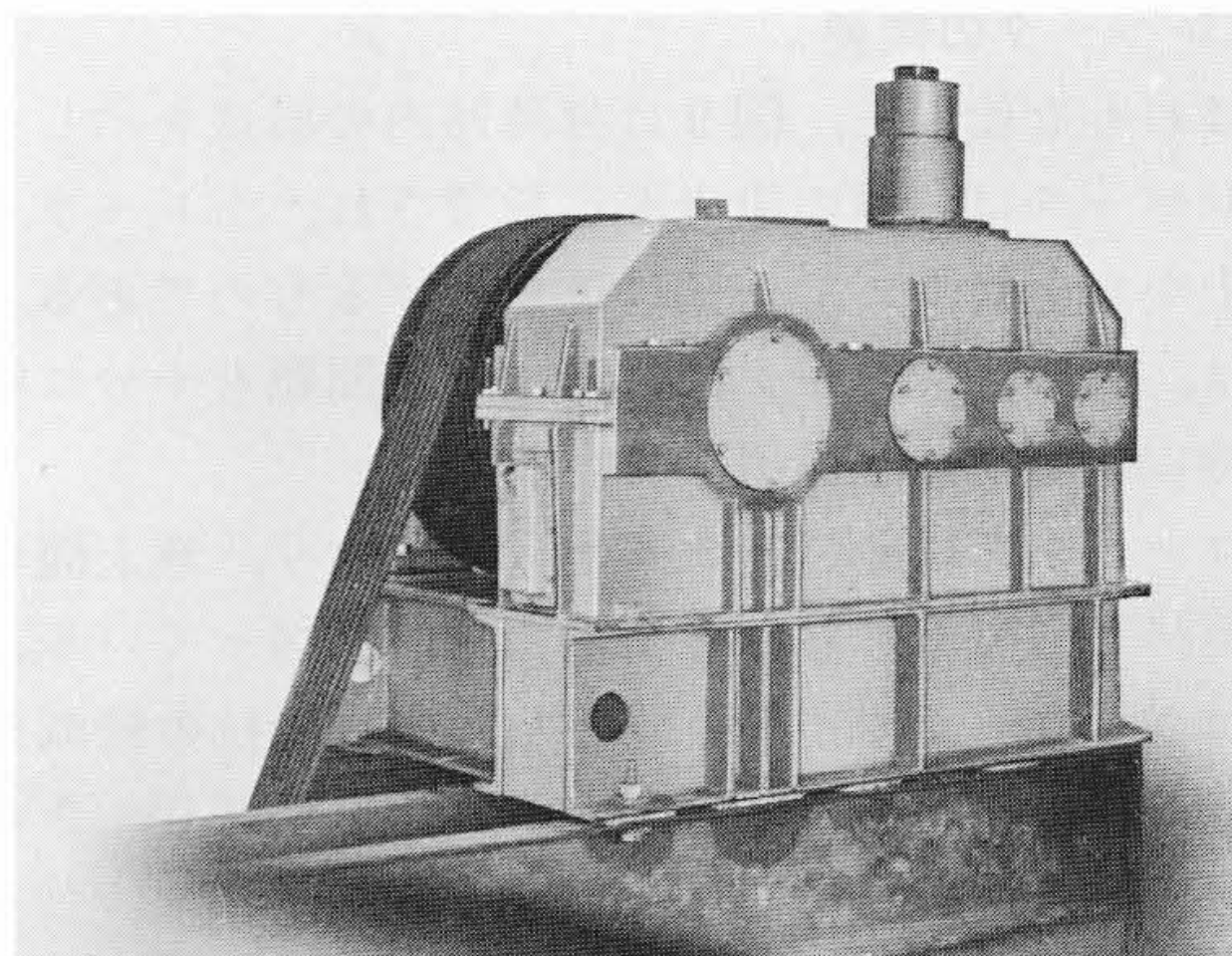


図14 巻上機の全体構造

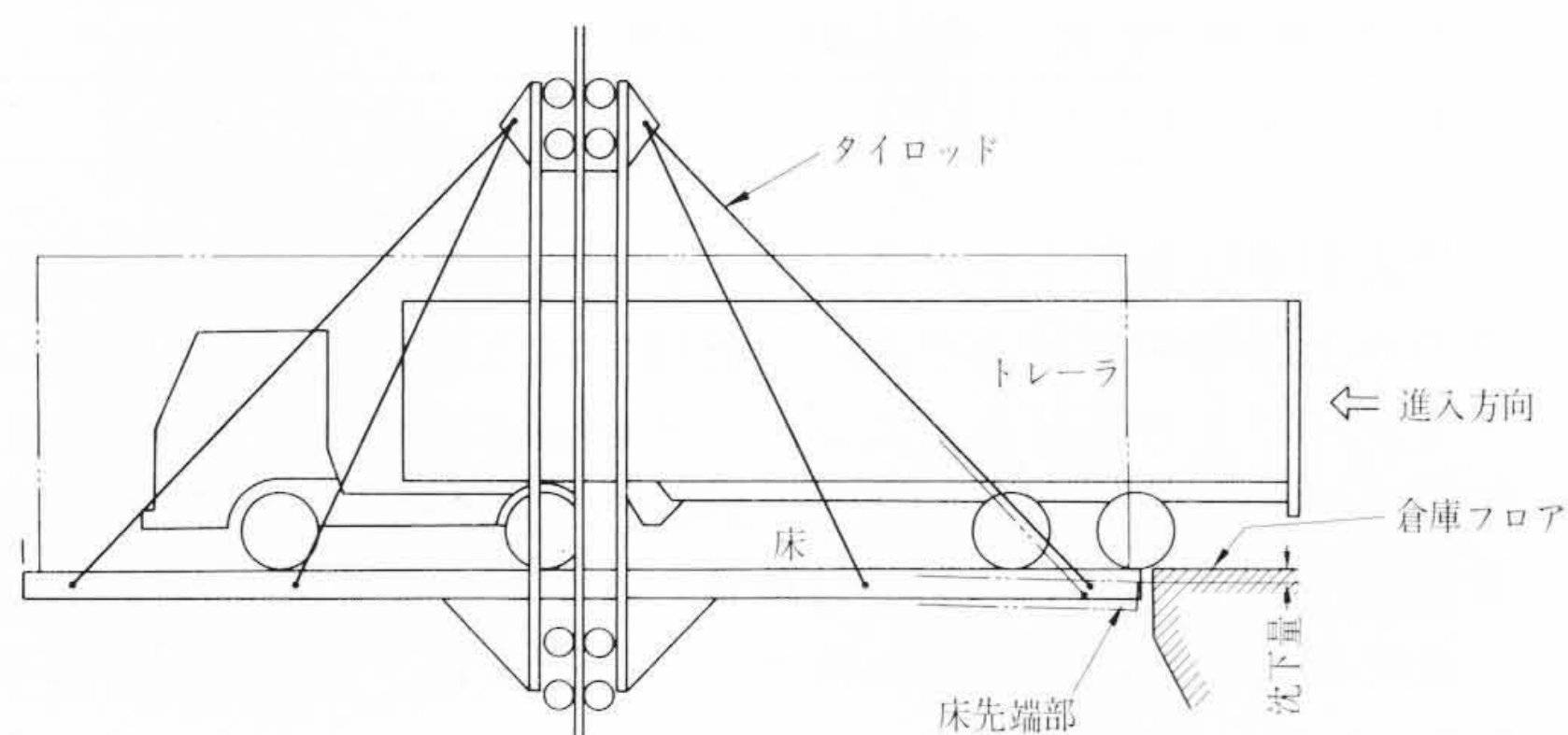


図12 車両乗込み時の負荷状態

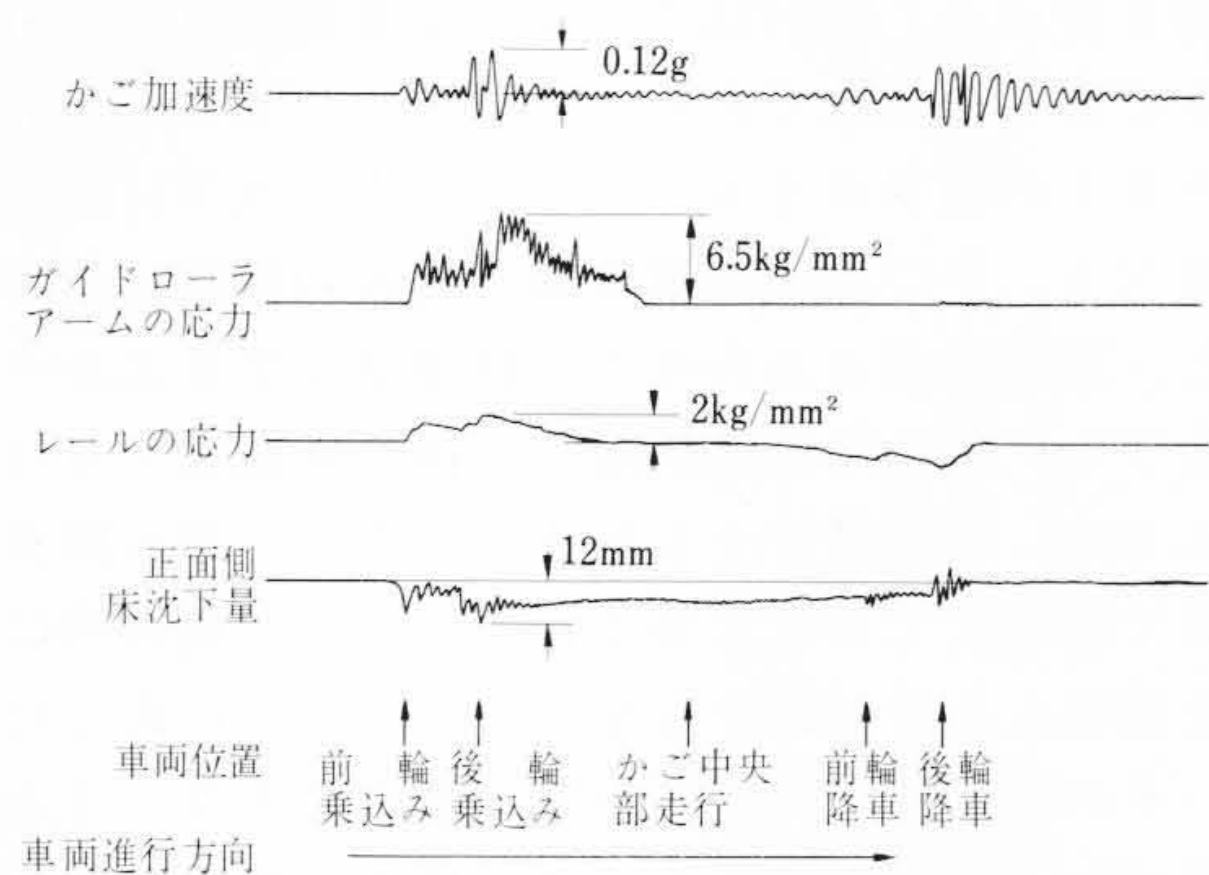


図13 車両乗込み降車時の測定結果

伝達能力を有し、しかも電動機所要kWの大容量化に伴って伝動効率の良否が電力消費量と電源設備に大きく影響するので、動力損失の少ない方式が特に必要となる。

一般のエレベータにおいては低騒音で、しかも高減速比が得られ、構造が簡単になる特長を有するウォームギヤによる減速方式が広く使用されている。はすば歯車による平行軸歯車方式は伝動効率が高く、しかも強力な荷重伝達能力を有しているので、大容量エレベータの巻上減速方式として最適の機能を備えていると考えられる。以上の観点から、今回、エレベータには初めての平行軸歯車減速機を採用することにした。図14ははすば歯車3段減速方式による巻上機の全体構造を示したものである。

エレベータの全効率に関係する多くの損失のうちギヤ効率の影響が大きいウォームギヤ方式の巻上機の場合、全効率42.5%に対し、平行軸歯車ではギヤ効率が高いため、全効率60%以上とすることが可能である。今回新設計の巻上機に対し、場内の試験塔により現地の稼動状態を想定した等価試験を行ない、性能の確認とともに、その効率を測定した。この結果、積載量30t、速度10m/minにおける電動機所要kWは図15に示すように42kWであり、効率は58.3%と予測値に近い値となった。一方、従来の積載量10t程度までの荷物用エレベータでウォームギヤ方式の場合、図14の実線で示す実績を得ており、これを延長して積載量30tにおける

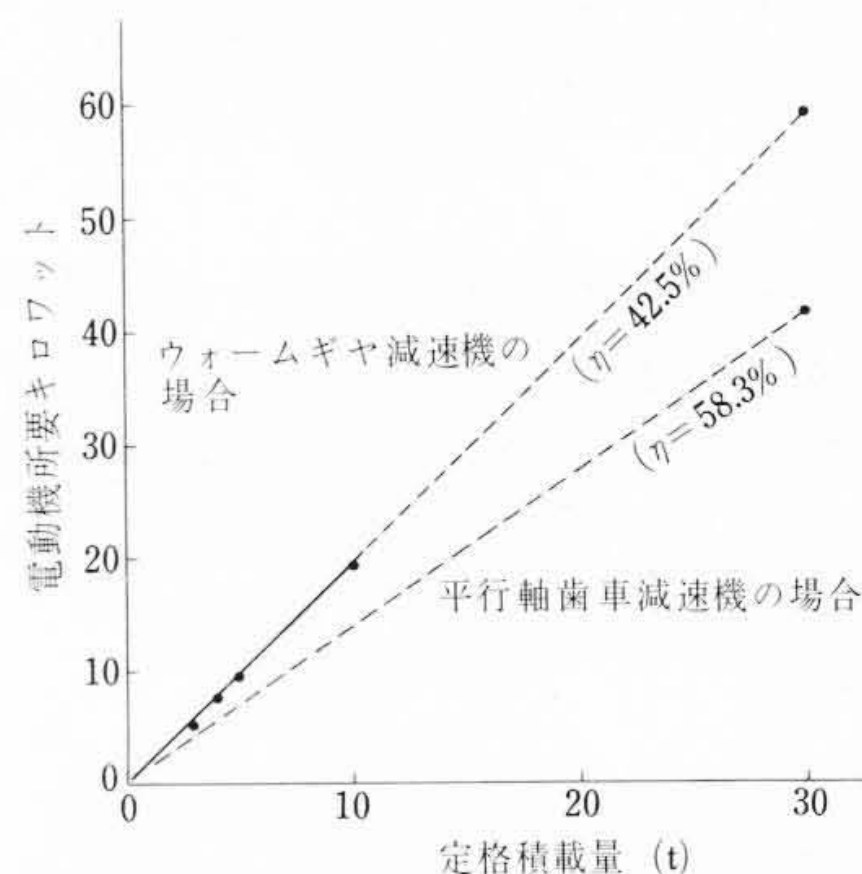


図15 電動機所要キロワットの比較

所要kWを求めると59kWとなる。すなわち、平行軸歯車方式の採用によって電動機容量は40% (17kW) 低減させており、大容量エレベータに対してはこの方式が特に有効であることを示している。

6. 結 言

物流革新時代における倉庫は、今や旧来の貯蔵保管の倉庫から、物資を管理把握し、これを情報処理機構と直結して、集荷、配送を一貫して制御する流通倉庫へと脱皮をとげつつある。これにより物資の流通はますます活発化し、荷役量はさらに増大の傾向を呈しつつある。本稿ではこうした背景のもとで大形荷物用エレベータが画期的な機動力を発揮することを紹介した。これらについては特定の実例について検討したもので、他にも同様の例が多いと考えられる。

特に大形荷物用エレベータについては、これからの流通倉庫の荷役合理化を果たすきわめて有力な設備と評価することができる。しかし倉庫規模、立地条件、扱い品目、輸送業者との関係、設備費、労働力など多数の条件が複雑にからみあっており、実際の計画にあたってはこれらの条件を十分に認識し、それぞれの倉庫事情に応じてその経済的効果を判断することが重要である。いずれにしても高層倉庫におけるエレベータ計画の巧拙は、倉庫運営の成否を決めるものといっても過言ではない。概括的ながら本稿での解析が、これからの倉庫計画におけるエレベータに対する考え方の一つの指針となれば幸いである。

中野倉庫運輸株式会社納めの30t積エレベータに引き続いて都内勝島に建設された宝組勝島倉庫においても、日立大形エレベータ (20t積2台) を設置し、その威力を遺憾なく発揮している。これら大形エレベータの製作実績とその技術力は、これからの流通倉庫近代化に大きく寄与するものと確信する。

参 考 文 献

- (1) 運輸省：運輸白書，昭和44年版，5大蔵省印刷局（昭44）