

手押運搬車に関する二、三の実験

§ 1 序 言

運搬は工場経営における重要な一部門である。特に最近のように市場における競争が激しい時、その低コスト化をはかるため、作業場内の運搬を機械化し、その合理化をはかることが必要である。しかも運搬を機械化することの長所は能率を向上させるのみならず安全上からも極めて効果的な方法である。即ち全災害の40パーセント前後を占める物の取扱、運搬災害の幾割かは、運搬の合理化によつて防止出来る。

手押運搬車は一番手軽でその経費も安いために、我が国においては運搬用として最も広く用いられている。しかし現在使用中の運搬車の多くは、余りにも伝統的に無思慮につくられたものが多い。また一般にこの面における関心も比較的薄く、従つて参考になる文献も殆んど見当らない現状である。

一般に手押運搬車を設計、製作するに当つては、車自体の性能として、安全及び能率上から次の諸点に留意することが必要である。

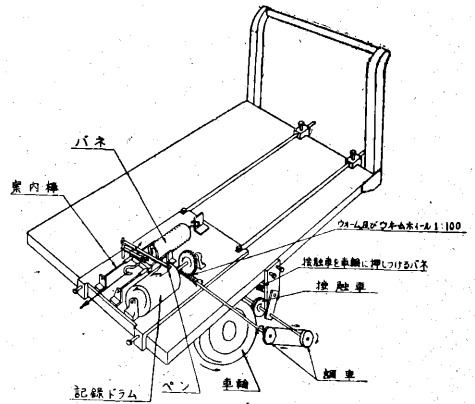
- (1) 積載荷重対自重の比の大きいもの。
- (2) 労働者に与える疲労の少ないもの。
- (3) 操作し易いもの。

(1)に関しては既にその使用上の注意とともに発表した処である。(2)は労働者に与える疲労の蓄積が能率を下げ結局は災害の原因になる故重大である。また(3)は我が国の工場におけるように狭隘な場所で作業する場合、殊に大切である。本報告は主として(2)、(3)についての実験的

研究結果を記述するものである。

§ 2 実験装置とその方法

第1図は手押運搬車を動かすための力、即ち手押力の



第1図 実験装置

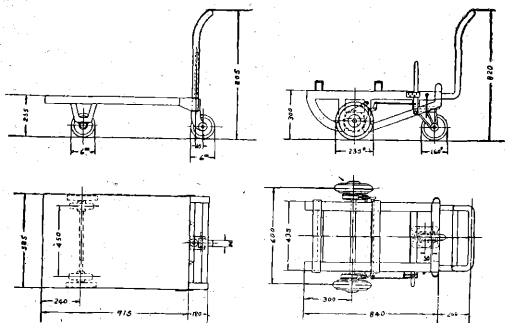
自記記録装置である。手押力は装置のバネを引張ることによつて運搬車に加えられ、その大きさはレバーによつて拡大されて記録ドラムの上にあられる。測定範囲は0~20kgである。一方、記録ドラムは運搬車の変位に比例して回転するから、各位置における手押力の変化を知ると共に、描かれた曲線内の面積は運搬車に加えられた仕事量をあらわすことになる。

調査の対象とした手押運搬車は第1表に示す8種類である。(第2図~第9図)

第1表 実験に使用した運搬車

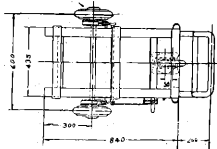
| No. | 会社名 | 運搬車型式 (括弧内は旋回輪) | 自重 | 常用積載荷重 | 用途 | 番号 |
|-----|----------|-------------------|------------|-----------|----------|-----|
| 1 | S (製作会社) | 3輪 (1輪) (新車) | kg 38.8 | kg 200 | 一般 | 第2図 |
| 2 | K (//) | 3 // (1 //) (新車) | 76.0 | 250 | ドラム缶 | 第3図 |
| 3 | D (使用会社) | 4 // (2輪, 実働車輪3輪) | 66.0 | | 管糸 | 第4図 |
| 4 | D (//) | 4 // (// //) | 95.2 | | 篠巻 | 第5図 |
| 5 | D (//) | 4 // (// //) | 53.0 | | ビーム | 第6図 |
| 6 | M (//) | 3輪 (1輪) | 31.3 | 100 | 一般雑貨(小型) | 第7図 |
| 7 | M (//) | 3 // (1 //) | 45.5 | 200 | // (中型) | 第8図 |
| 8 | M (//) | 4 // (2 //) | 84.5 | 300 | // (大型) | 第9図 |

上記測定装置を手押運搬車にとりつけて試験した結果を第10図～第17図に例示する。図中カーブの上下動揺は実験者の個人差、路面の状態によつてあらわれる。



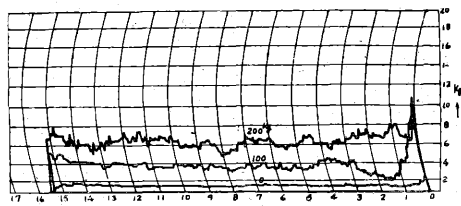
第2図

No. 1 型運搬車

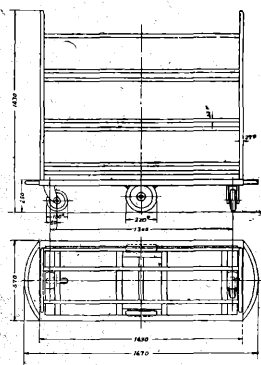


第3図

No. 2 型運搬車

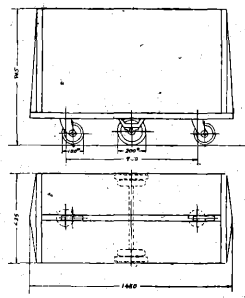


第10図 測定結果 (No. 1 型)



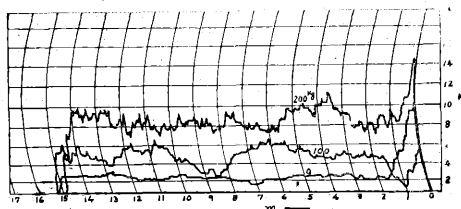
第4図

No. 3 型運搬車

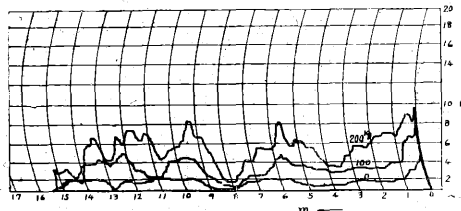


第5図

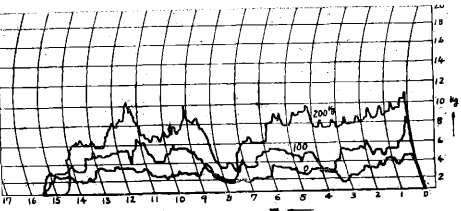
No. 4 型運搬車



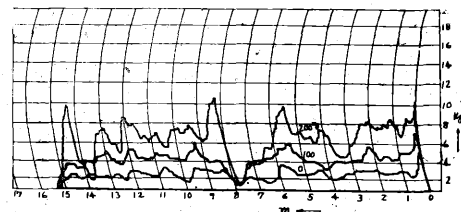
第11図 測定結果 (No. 2 型)



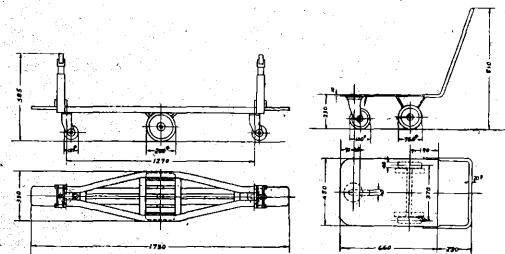
第12図 測定結果 (No. 3 型)



第13図 測定結果 (No. 4 型)

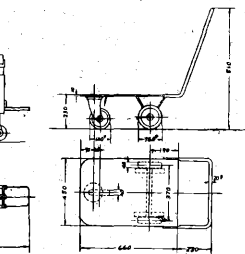


第14図 測定結果 (No. 5 型)



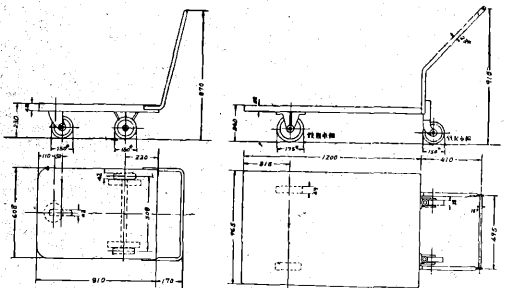
第6図

No. 5 型運搬車



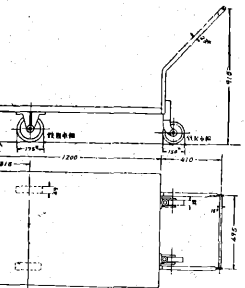
第7図

No. 6 型運搬車



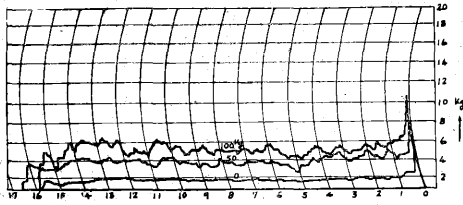
第8図

No. 7 型運搬車

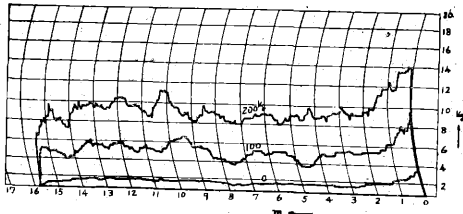


第9図

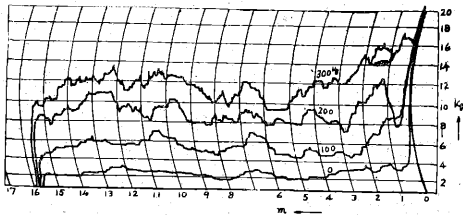
No. 8 型運搬車



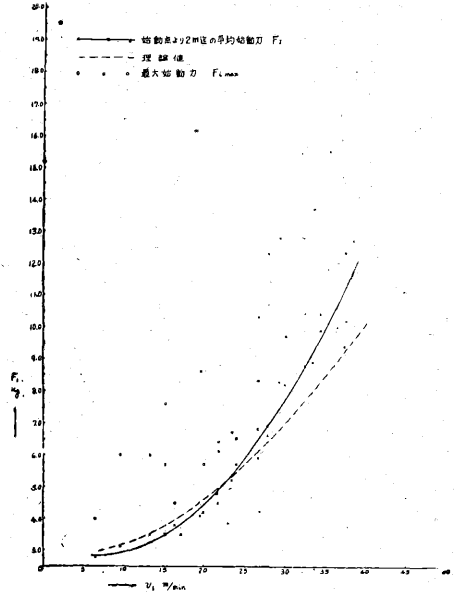
第 15 図 測定結果 (No. 6 型)



第 16 図 測定結果 (No. 7 型)



第 17 図 測定結果 (No. 8 型)



第 18 図 始動手押力

であらわすことが出来るとすれば

$$F_i = bl \left(\frac{l}{V_I} + \frac{m}{b} e^{-\frac{b}{m} V_I} - \frac{m}{b} \right)^{-1} + a$$

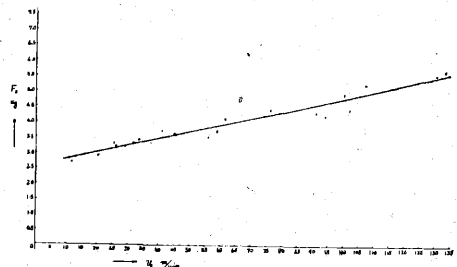
ここに、 l は前記一定距離である。この式に数値を代入すれば第 18 図の点線の通りであつて、 V_I の小さい部分では大略実験値に一致する。

$F_{i \max}/F_i$ の関係は第 18 図に示すように 2 以上の値を示すことがある。安全上はこの値の小さい方が好ましい。

3.2 平均手押力

労働者の疲労に影響するものとしては一応 F_s が問題となろう。 F_s は車輛の型式によつて相違することは勿論、積載重量によつて大幅に変化する。従つて疲労を防ぐためには、一定の積載重量に対し F_s の小さいのが好ましいことになる。

第 19 図は S 社製三輪手押運搬車に荷重 100kg をのせ板張面で定速状態にして試験した結果であつて、運搬速



第 19 図 運搬速度による F_s の変化

§ 3 結 果

3.1 始動手押力

手押運搬車の手押力は定格荷重で 30kg 程度以下でなければならない。しかし、始動力(動きはじめの手押力) F_i と、定速状態における手押力 F_s との間には相当なひらきがあり、特に F_i は手押速度によつて著しく増大する。 F_i は手押状態の差異によつてばらつきが多いが、始動点附近の一定距離を走行させるに要する仕事量、いいかえれば平均始動力 F_i を V_I その間の平均速度 V_I の函数としてあらわすと、比較的ばらつきの少ない曲線となる。S 社製三輪手押運搬車(荷重 100kg、板張面)に対する始動点より 2m 迄の F_i と V_I の関係は、一応次の式で近似され第 18 図のようになる。

$$F_i = 3.177 - 0.112 V_I + 0.00875 V_I^2$$

、但し、 F_i ; kg、 V_I ; m/min

いまかりに、

$$F_i = F_s = \text{const.}$$

として運搬車の運動を

$$m \frac{d^2 x}{dt^2} = F_i - (a + b \frac{dx}{dt})$$

但し、 m は運搬車及び荷重の質量

a, b は常数 (3.2 参照)

度 V_p に比例して手押力は増大する。
 一般に、

$$F_s = a + bV_p$$

で示されるが、本機の場合は、

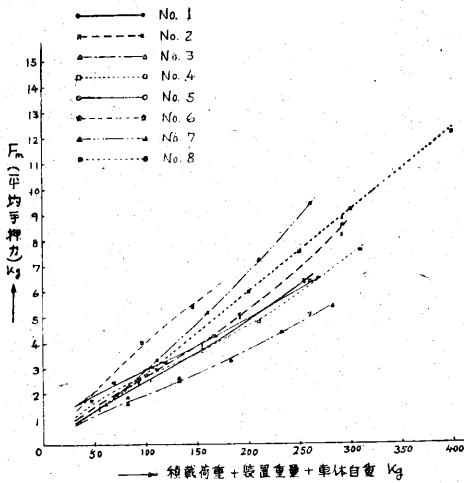
$$F_s = 2.577 + 0.0217V_p$$

但し、 F_s : kg V_p : m/min

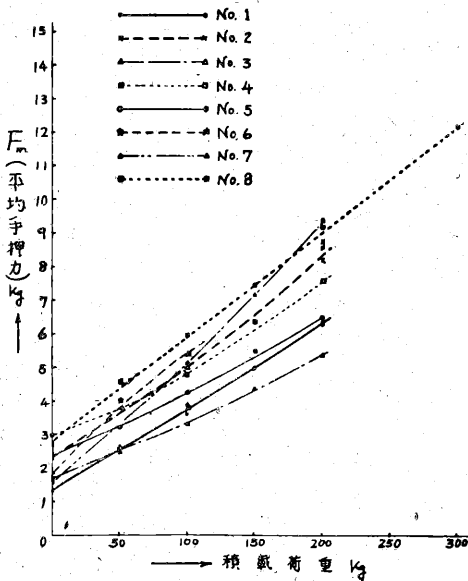
である。

実際の運搬では F_I と F_s が適宜に按配され、平坦な長距離の運搬には F_s の影響が大きく、狭い場所や短距離の運搬には F_I の影響が大きい。

車輛型式の相違による平均手押力 F_m の変化は第20図及び第21図に示される。平均速度 V_m は 30 m/min で、



第20図 車輛形式による F_m の変化 (その1)



第21図 車輛形式による F_m の変化 (その2)

板張面で始動点から 15m の距離を行つた。第20図は全備重量に対し、第21図は積載荷重に対する F_m の変化を示してある。D社使用のものが比較的すぐれていることが判る。

第21図によれば、同じ積載荷重に対し倍近くも F_m のかかるものがある。この状態で運搬車を使用することは徒らに労働者の負担を加重することになるのであつて、これらの違いの生ずる要素を考えてみると、構造的見地より、

- (1) 軽量のもの。
- (2) 車輪の種類 of 適当なもの。
- (3) 優れたベアリングを使用するもの。
- (4) 重心の位置 (形) の適当なもの。

等があり、別に管理面より、

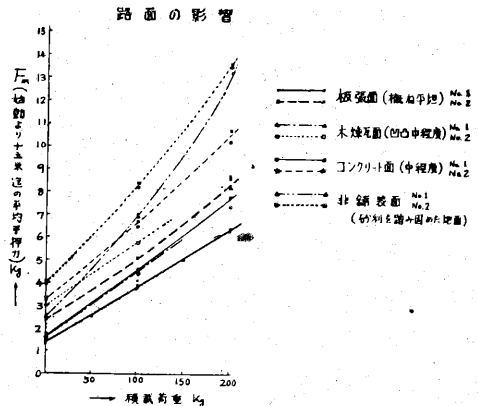
- (1) メンテナンスの良否
- (2) 運搬物の適否

が問題になる。

3.3 路面の影響

動力運搬車に限らず手押運搬車の場合も路面の影響は大きい。単に路面の凸凹は積載物の動揺等を起し危険性を増すほかに、著しく F_m の増加を惹起するものである。

第22図は2種の運搬車による実験である。非舗装面と板張面とを比較すれば前者は後者の2倍の手押力を必要とすることが判り、安全上、能率上より一考を要する問題である。

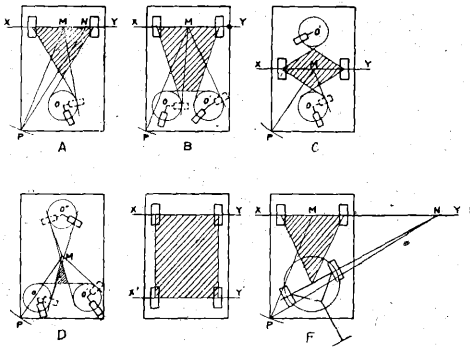


第22図 路面の影響

3.4 旋回性能

狭隘な通路の場合、旋回性能が重要である。第23図A~Cに示すような、固定輪と旋回輪をもつた運搬車に力とモーメントを作用させた場合、旋回輪の取付部Oは任意の位置に移動し得るに反し、固定輪のスラスト方向の抵抗は極めて大きいから、運動の瞬間中心は常に直線XY上にある。そして瞬間中心がNにある場合に、Nから

の最遠点Pまでの距離NPがそのときの運搬車の旋回半径である。従つてこれらの運搬車の最小旋回半径はMPで示され、同一機長の運搬車に対しては、CはA及びBよりも最小旋回半径が小さいから有利である。一方Dでは固定輪がないから、瞬間中心は任意の位置を占めることが出来、最小旋回半径はMPとなる。これに反し、固定輪のみのEでは旋回が困難であり、Fでは舵を動かさない限り旋回半径はMPに固定し、外力によつて運搬車を旋回させることは困難であつて、舵を動かすことによつて最小旋回半径をMPとすることが可能である。



第23図 最小旋回半径と安定限界

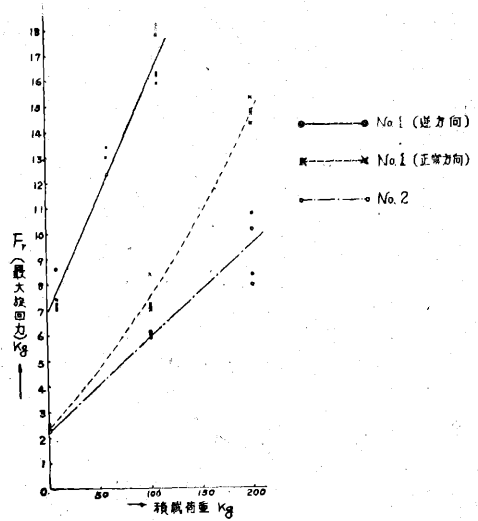
さて実際に、A～Dの運搬車についてMを中心として旋回せしめようとした場合、最初はかなり大きな力を必要とし、旋回輪が点線の位置をとるに至つて最小の力で旋回することが出来る。これは、Oは幾何学的には任意の位置をとり得るけれども、実際上はOにおける反力が旋回輪の方向によつて著しく異なるからである。従つて旋回輪の方向をかえるに要する力の大小が旋回の難易を決定し、運搬車の性能に重大な影響を及ぼす。この観点から次の実験を行つた。

旋回輪を固定輪と平行で、かつハンドル側に向け、ハンドルの中央に車体と直角方向の力を加える。力を静かに、一定方向に加えると、力の増加につれて車体は極めて徐々に旋回をはじめ、旋回輪は方向を変えるが、ある方向に達すると力が減少し、車体は急に旋回する。この最大値に達したときの力を最大旋回力 F_r と名づけ、その大小によつて旋回性能を比較した。

第24図は2種の運搬車についての実験である。

旋回輪がハンドルに近い側にあるか、あるいは反対側にあるかによつて、 F_r に何れ程の差があるかをしらべるため、S社製三輪手押運搬車について、ハンドルと反対側に車体から200mmの位置に着力点を設けて、同様の実験を行つた結果を第24図に「逆方向」として示す。前者の方が遙かに好ましい。

F_r は旋回輪にかかる荷重の大小、即ち運搬車の重心位



第24図 最大旋回力

置の変化によつて著しい影響を受ける。S社製三輪手押運搬車について、200kgの荷重を旋回輪に近い側と反対側にのせた場合の F_r の値は第2表の通りであつて、明らかに旋回輪にかかる荷重の小さいことが好ましい。

第2表 荷重位置による F_r の変化

| 荷重の位置 | 荷受台の中心から旋回輪の方へ22cm | 荷受台の中心 | 荷受台の中心から旋回輪と反対側へ22cm |
|-------------|---------------------|--------|----------------------|
| F_r (平均値) | 約22kg (測定限度をこえる) | 9.6kg | 4.3kg |

結局 F_r に及ぼす影響は、

- (1) 旋回輪及びハンドルの位置
- (2) 重心の位置。
- (3) 旋回軸ベアリングの良否、及びその保守。
- (4) 旋回輪の寸法、特にその偏心距離。

などである。

旋回輪をもつ運搬車の旋回性能を論ずるに当つて、安全上重要なことは安定性の問題である。第23図において運搬車の重心は斜線内に入るように定める必要があり、この重心の計算には単に運搬車及び積載荷重のほかに、作業者の体重などによる手押力を考慮しておかないと危険なことがある。

§4 結 言

以上の実験的研究により、手押運搬車の諸性能が明瞭に把握される。これらは、手押運搬車を試作、購入する場合、あるいはまた、労働者を指導する場合、一つの有益な資料となり得るだろう。