

港 湾 技 研 資 料

TECHNICAL NOTE OF
THE PORT AND HARBOUR RESEARCH INSTITUTE
MINISTRY OF TRANSPORT, JAPAN

No. 97 Mar. 1970

原型載荷槽および原型走行荷重車の製作について

—空港舗装研究用施設—

須 田 潔



運輸省港湾技術研究所



原型載荷槽および原型走行荷重車の製作について

— 空港舗装研究用施設 —

目 次

要 旨	
1. は じ め に	3
2. 原 型 載 荷 槽	6
2・1 載荷槽の大きさ	6
2・2 載荷能力	7
2・3 給排水能力	8
2・4 原型載荷槽の各部名称および機能	8
2・5 載荷梁や反力梁などの安全度	17
2・6 軟弱ローム路床の製作	18
3. 原 型 走 行 荷 重 車	24
3・1 原型走行荷重車の開発経緯	24
3・2 原型走行荷重車の各部名称と機能	26
3・3 原型走行荷重車トレーラー部の安全度	27
3・4 荷 重	30
3・5 原型走行荷重車の使用上の諸注意	30
4. お わ り に	33
参 考 文 献	

Report on Large Scale Loading Equipment
and Traffic Test Load Cart

Hiroshi Suda *

Synopsis

This paper presents planning, design and capacity of large scale loading equipment and those of traffic test load cart for the studies on airport pavements.

The loading equipment has testing tank which is 12m in length, 10m in width, 4.5m in depth and it is 200 tons in capacity of statical loading.

The load cart is powered by Mitsubishi 6W-210R tractor and has 100 tons leg load with dual tandem wheel arrangement (as on DC-8-63 aircraft).

It has four 50-ton oil jack at four corners of the load cart and is able to carry out statical loading test in site by lifting the body of load cart.

* Chief, Runway Laboratory, Soils Division

原型載荷槽および原型走行荷重車の製作について

— 空港舗装研究用施設 —

須 田 熙 *

要 旨

本報告書は、空港舗装研究用施設として製作された、原型載荷槽および原型走行荷重車の設計・製作の経緯や機能・性能などについてとりまとめたものである。

原型載荷槽は、長さ12 m、幅10 m、深さ4.5 mの槽であって、この中に、2 m厚の軟弱路床が作られており、路床上に、任意の厚さに舗装などを製作し、槽の上にかへ渡した載荷梁とオイルジャッキにより、200 tonまでの静的荷重を、舗装に加えることができる。

原型走行荷重車は、トレーラ部とそれを牽引するトラクター部とから成り、トレーラには、大型航空機DC-8シリーズの1脚4輪が主車輪としてついている。このトレーラの上に、荷重を積んで、主車輪の脚に100 tonまでの荷重をかけて、試験舗装や、実際の空港の舗装上を、15Km/h程度の速度で走行できるものである。このほか、トレーラの4隅についているオイルジャッキにより、自動的にトレーラ全体を持ち上げ、主輪の車軸の下に試験用オイルジャッキを挿入して、舗装のLCN試験(静的載荷試験)も行なえるような装置となっている。

1. はじめに

国内および国際航空機輸送の活発化、航空機の大型化により、飛行場施設の急速な整備拡充が要請され、昭和42年度より空港整備事業5ヶ年計画が発足すると共に、千葉県成田地区に、新東京国際空港が建設されることになった。このような時期にあたり、空港土木施設の諸問題点の研究を行なうべく、滑走路研究室が、昭和41年6月に、港湾技術研究所内に新設された。種々の調査の結果、滑走路研究室の当面の研究課題としては、空港土木施設の主要な部分を占める空港舗装について、近い将来出現する超音速機や巨人機を主たる対象として、舗装構造に関する設計法の合理化を目標とすることに決定した。このためには、空港舗装よりも、研究の面において、より広範囲に深く、しかも歴史も古い道路舗装における諸研究の成果を取り入れる必要があることはいまでもない。しかし、道路舗装における研究の成果を、そのまま、空港舗装に応用することは、空港舗装上を走行する

ものが自動車ではなくて、航空機であるという点において難点がある。すなわち、道路舗装と空港舗装との相違点を列挙すれば次のようになる。

(1) 荷 重

a) 総重量

航空機の総重量は、空港舗装に対して、直接関係はないが、脚や車輪の数、配置、荷重に影響をおよぼす。すなわち、総重量が大きくなれば、1車輪当りの荷重を従来より大きくしないように、脚や車輪数を増すのが普通であるが、それにも限度があり、どうしても輪荷重が増すようになる。また、あとでも述べるように、多脚多車輪の配置如何では、荷重が互いに、舗装に対して作用し合うようになる。また、航空機が、暗渠やトンネルや橋の上を走行する場合には、総重量の影響が大きい。現在の最大機種は150~180 tonであるが、将来は300~400 tonになるであろうから、自動車荷重T-20の15~20倍となる。

* 土質部 滑走路研究室長

b) 車輪の配置と脚荷重

自動車では、複車輪の場合でもタイヤ間隔は狭く、舗装に対しては単車輪と見なし得るが、大型航空機では、1脚の車輪が4個のものが多く、将来は6個以上の車輪系が出現しそうである。しかもこれらの車輪は、自動車に較べて大きい間隔で配列されているので、舗装に対して、単純に単車輪とは考えることができないし、相互に複雑に作用し合う。また航空機の重量が200 tonをこすようになると、脚の数が現在の2本から4本へと増して行くが、脚の相互間隔が狭い場合は、脚荷重同志が舗装に対して同時に作用し合うことになる。このように、航空機荷重の作用は複雑であるばかりでなく、1脚当りの荷重が70 ton 前後もあり、自動車荷重T-20の約10倍で、このことは、空港舗装を道路舗装よりもかなり厚くする必要のあることを意味している。

さらに航空機の特徴として、着陸荷重が離陸荷重の65~85%程度であることが挙げられる。これは、着陸時の安全性を高めるために設けられた規定であるが、同一航空機で重量が変化するので、舗装に対しても2種の荷重を考える必要があることを示している。

c) 車輪の接地面積

T-20程度の自動車では車輪接地面積は、600~800 cm^2 であるが、大型航空機では1車輪当り1,000~1,300 cm^2 であって、自動車の約2倍となっている。このために車輪荷重は、自動車の場合よりもより深く広く舗装の内部やその下へ作用する。

d) 車輪の接地圧

自動車車輪の接地圧が4~7 Kg/cm^2 であるのに対し、大型航空機では10~14 Kg/cm^2 というように自動車の約2倍となっている。接地圧が大きいことは、舗装の浅い部分に悪影響を与える。

e) 高速走行荷重

大型航空機では、着陸時の速度は約250 km/h 、離陸時には350 km/h 前後に達する。このような高速荷重に対しては、舗装の安定性、耐久性、平滑度が強く要求される。しかしその反面、高速で走行する場合は、航空機に揚圧力が働き、舗装に加わる荷重は減少する。したがって、滑走路の中央部は、端部に較べて薄い舗装で良いことになる。

f) 振動荷重

滑走路の端部では、ジェット航空機はエンジンを全開しジェットを噴射するが、この時に生ずる振動荷重は、舗装の下の地盤の沈下をもたらす恐れが多い。

g) 摩擦力

着陸接地時や制動時に、車輪と舗装の間に生ずる摩擦

力はかなり大きいものと思われ、舗装表層に剝離が生じ、時には、表層がずれてクラックが入ることもある。

h) 衝撃力

着陸接地時の衝撃力は、着陸時脚荷重の1.5~2倍と考えられているが、これは舗装表層に悪影響を与える。

i) ねじり力

航空機が舗装上で方向転換を行なう際に、大きなねじり力を舗装に与える。エプロンなどでは方向転換が多いので、一般に、コンクリート舗装が好ましいとされている。

j) 荷重の繰り返し

道路では4~5 tonの複車輪荷重を、1日最高1,000~2,000回うけるが、東京国際空港の例では、DC-8級の大型機の離発着回数は1日約120回であって、車輪荷重のくり返し作用回数は、道路よりもはるかに小さい。この点においては、空港舗装の方が道路舗装よりも荷重条件が激しくない。

(2) 交通分布

a) 滑走路

舗装横断面の中央帯附近に車輪が繰り返して集中走行することは道路と異なっている。したがって中央帯は厚く、縁端帯は薄くという舗装断面になって良いが、車輪走行の少ない縁端帯は、アスファルトの老化が激しい。

b) 誘導路、エプロン

走行場所や駐機場所が指示され、しかも除行するので、一定の場所に荷重が集中する。

(3) その他

a) 漏油

航空機は、特に給油の行なわれる場所では、多くの油を舗装上にまきちらす。これによりアスファルト舗装の表面が痛んだり、コンクリート舗装の目地剤が損傷する。したがって、一般にエプロンなどは、油による損傷の度合いが少ないコンクリート舗装が良いとされている。

b) プラスト

滑走路の末端部やエンジン調整場などでは、高温高速のジェット爆風が舗装面に作用する。大型ジェット機では、エンジンの後方15 mの地点でのプラスト(爆風)は、100℃、120 m/sec程度である。したがって長時間このプラストが吹きつける場所では、舗装に悪影響がある。滑走路末端部などは、この点において、コンクリート舗装が好ましいと言われている。

c) 舗装の維持補修

道路の場合は片側を通行止めにして、舗装の維持補修を行なうことができる。しかし、ことにわが国のように用地の獲得が困難なため、1本の滑走路しか有しない空

港の多いところでは、維持補修のためにその空港を一時閉塞しなければならなくなる。したがって滑走路舗装には耐久性の良いものが望まれるわけである。しかし、耐久性や静荷重に対する強さという点ではコンクリート舗装よりも劣る、アスファルト舗装が、維持補修のし易さ、不等沈下に対するなじみ易さ、経済性などの面から、滑走路や誘導路に多く使用されている。特に、材料費が安く、対象航空機も小さい地方の空港では、空港舗装のほ

とんどがアスファルト舗装で施工されて来たが、今後は、耐久性や静荷重に対する強さという点も重要視され、コンクリート舗装もその長所が活かされて使用されることが多くなるものと思われる。

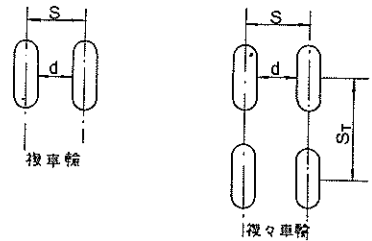
表-1には、現行の航空機および近い将来出現を予想される大型航空機の諸元が示されている。表-2は、これらの航空機の車輪配置を、さらに詳しく示したものである。

表-1 航空機諸元

航空機名	国名	総重量 (満載)	1脚あたり 車輪数	主脚数	1脚あたり荷重	タイヤ空気圧	1車輪あたり 接地面積	乗客数	巡航速度	航続距離
ボーイング B-747	アメリカ	308.0 ton	4ヶ	4本	75.1 ton	14.6kg/cm ²	1290cm ²	400人	—	6,000 km
ボーイング B-2707(S-S-T)	アメリカ	272.0	4	4	—	13.0	—	300	2.7マッハ	5,550
コンコルド (S-S-T)	イギリス・フランス	159.0	4	2	—	13.4	—	135~145	2.2マッハ	5,930
ダグラス DC-8-63	アメリカ	158.8	4	2	73.9	14.0	1348	249	—	—
ダグラス DC-8-55	アメリカ	147.4	4	2	67.1	12.5	1348	132~144	952 km/h	8,530
ツポレフ Tu-114	ソビエト	180.0	4	2	—	—	—	120~220	800	10,000
ボーイング B-707-320B	アメリカ	148.8	4	2	69.2	12.7	1245	131~144	965	7,600
ボーイング B-727-100	アメリカ	73.0	2	2	34.0	10.5	1613	94~113	933	2,700
コンペア Cv-880	アメリカ	83.9	4	2	39.5	10.0	1032	88~110	990	5,150
ボーイング B-737-200	アメリカ	49.0	2	2	22.0	10.1	1090	—	—	—
フレッドシップ F-27	オランダ	19.7	2	2	8.9	5.6	716	40~52	485	1,260
YS-11	日本	23.5	2	2	10.6	5.5	985	52~60	483	1,070

表-2 車輪の配置諸元

航空機名	d (cm)	S (cm)	S _T (cm)
ボーイング B-747	82.1	111.8	147.3
ボーイング B-2707(SST)	64.8	96.5	142.2
ダグラス DC-8-63	49.1	79.5	139.7
ダグラス DC-8-55	44.4	76.2	139.7
ボーイング B-707-320B	57.2	86.4	142.2
ボーイング B-727-100	48.0	86.4	—
コンペア Cv-880	33.0	54.6	114.3
ボーイング B-737-200	48.8	86.4	—
フレッドシップ F-27	20.0	46.5	—
YS-11	—	64.0	—



このように、空港舗装に作用する外的条件は、道路舗装とはかなり異なるが、舗装構造特に厚さや締固度や多層の組合せなどに影響をおよぼす荷重やその作用のしかたについては、空港舗装と道路舗装とは、決定的に違

っている。一方、舗装構造について、模型実験を行ない、その結果から実際の舗装の挙動を予測することは、相似律が多くの場合には成り立たないから困難である。したがって、前者は道路舗装の研究成果を、そのまま空港舗装

に適用することに難点があることを示し、後者は、模型実験が好ましくないことを指している。しかし、現在、我々に課せられた空港舗装に関する研究課題は、早急に解決を迫られている問題である。ここに我々は、当面の研究課題をできるだけ早く解明するためには、実物大実験を行なうのが最も確実で好ましい方法であると判断した。

空港舗装構造に関して、実物大実験を行なうには、走行実験（動的実験）が最良であることは言うまでもない。しかし、走行実験には、多くの経費と時間がかかる。そこで、次善の策として静的な実物大載荷実験が考えられる。舗装構造についてのいろいろな問題の内、この静的実験によって解決されるものも多い。しかも静的実験は、走行実験に較べて経費や時間も少なく済むし、上屋があれば天候や気温にも左右されず、また、軟弱路床の製作も容易となる。さらには、走行実験よりも一段と大きい荷重を舗装に加えることもできる。このような理由から、まず、静的な載荷実験槽を作ることにした。しかし、静的実験だけでは解決できない問題も少なくないし、実際の空港舗装上で、各種の走行試験や載荷試験を行なって見る必要性が、研究上のみならず、現場からの要請となって現われて来ているので、実物大の走行荷重車をも開発製作することに決定した。

本報告書は、以上述べた、二つの施設について、その設計製作の過程や性能などをとりまとめたものである。

原型載荷槽の細部設計は日本港湾コンサルタントが行なった。施工の監督や管理は、当所管轄係 池田俊春係長、石田勝亮・阿部正幸各技官、元滑走路研究室研究員 岩淵哲治・藤本憲久各技官が担当した。地盤の土質調査は、土質試験課で実施した。関係各位に対し、ここに謝意を表する次第である。

原型走行荷重車トレラー部の細部設計と製作は、東急車輛製作株式会社が実施した。その内、車輪とタイヤについては、横浜ゴム株式会社が設計製作を行なった。基本設計にあたり、当所機材部機械課長 武下芳治氏および元材料研究室長 赤塚雄三氏には、有益な御助言を頂いた。製作にあたっては、当所管轄係 阿部正幸技官が監督を担当した。以上の諸氏に深く感謝申し上げる。

また、原型走行荷重車の予算措置の面で、運輸省航空局および運輸省第二港湾建設局のひとかたならぬ御援助を受けた。ここに、関係各位に対し、厚く御礼申し上げます。

さらに、本施設の発注と検査のさいに御協力頂いた関係各位に謝意を表する次第である。

なお原型載荷槽は、昭和42年8月着工43年3月に

完成し、43年8月には、軟弱関東ローム路床を製作した。44年7月現在、この路床上に実物大舗装を製作し、載荷実験中である。原型載荷槽の総工費は、上屋や電機水道、ホイストなどの附属施設も含めて、約20,000千円であった。原型走行荷重車は、昭和43年5月に着工し、44年1月に完成、44年4月から6月にかけて試験滑走路の走行実験に始めて使用された。44年8月には、東京国際空港において、エプロンや滑走路の撓み量試験およびLCN試験に使用した。この荷重車の総工費は、トラクター部約7,500千円、トレラー部約13,000千円であった。

2. 原型載荷槽

2.1 載荷槽の大きさ

(1) 載荷槽の深さ

載荷槽は、その中に貯水もできるように、底は水密なコンクリート版で作られている。したがってその上にある路床や舗装は、剛体上の弾性体の挙動に似てくる。すなわち、路床や舗装の厚さが薄いと、その中に生ずる応力や変位は、下の剛体の影響を大きく受ける。故に、路床や舗装は、下のコンクリート版の影響が無視でき得るような厚さにしなければならない。剛体上の弾性体の表面変位 W_{co} は、次式で表わされる。（図-1参照）

$$W_{co} = \frac{p \cdot a}{E} \cdot I_{co}$$

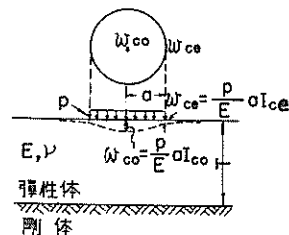
W_{co} : 円形等分布荷重による、中心点表面変位

p : 荷重強度

a : 荷重の半径

E : 剛体上の弾性体の弾性係数

I_{co} : 変位係数



$$I_{co} = W_{co} / \frac{p}{E} a = f(T/a, \nu, \text{接面の条件})$$

ここに、 W_{co} : 円形等分布荷重の中心点における変位

a : 円形等分布荷重の半径

図-1 剛体上の弾性体模式図

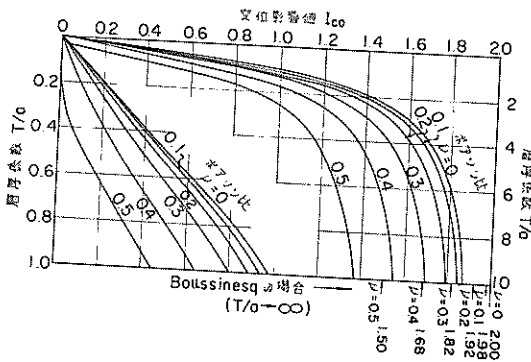


図-2 剛体上の弾性体上に円形等分布荷重が
 載荷する場合の荷重 中心点の変位係数 F

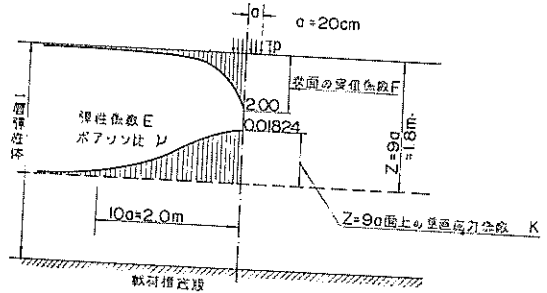
変位係数は、図-2¹⁾に示すとおりである。

大型航空機の1車輪接地面積は、円に換算すると、半
 径約20cm程度である。一方図-2において、変位係数
 I_0 がほとんど変化しなくなるのは、 T/a が15~20以
 上の上である。したがって舗装厚と路床厚の合計が、
 $20\text{cm} \times (15 \sim 20)$ すなわち3m~4mならば、舗装の
 表面変位は、下のコンクリート版の影響をほとんどう
 けなくなるものと考えて良いであろう。本載荷槽の深さは、
 このような理由と、工費の面をも併わせ考えて、舗装予
 定表面から3mに決めた。

(2) 載荷槽の幅と長さ

載荷槽の幅と長さは、同時に実施できる試験の数や、
 舗装の挙動におよぼす側壁の影響などを考慮して決めら
 れなければならない。図-3は、舗装と路床を1層の弾
 性体と仮定した場合に、舗装表面の変位量と路床中の垂
 直応力(ここでは深さが舗装表面から約1.8m程度の面
 上の垂直応力を考えている。)の平面分布状態を調べた
 ものである。これによると、表面変位も垂直応力も、載
 荷円中心点から約2.0m以上離れた地点では、ほとんど
 無視できるほど小さくなるのが分る。したがって、側
 壁を、載荷円の中心から少くとも2.0m程度は離す必要
 がある。大型航空機の代表的な車輪配置として、図-
 4に示すようなDC-8-63型航空機の1脚あたり車輪
 配置を選べば、表面変位や垂直応力の影響範囲は、少く
 とも4.8m×5.4mにわたるであろう。一方、載荷実験
 は、1回の試験舗装の製作で、数多く実施できることが
 望ましい。しかし、余りに大規模な試験舗装では、工費
 や労力もかさみ実際のでない。以上のような理由から、
 同時に製作する試験舗装の種類は最大4種類とし、また、
 いくらか問題は残るが、1つの試験舗装の大きさを、最

小5m×6mにとることとした。したがって、図-4に
 示すように、載荷槽は幅を1.0m、長さを1.2mに決定
 した。



$$\text{表面変位 } w_z = p \frac{1+\nu}{E} \cdot a(1-\nu F)$$

$$\text{垂直応力 } \sigma_z = pK$$

図-3 一層弾性体の表面変位および垂直応力分布

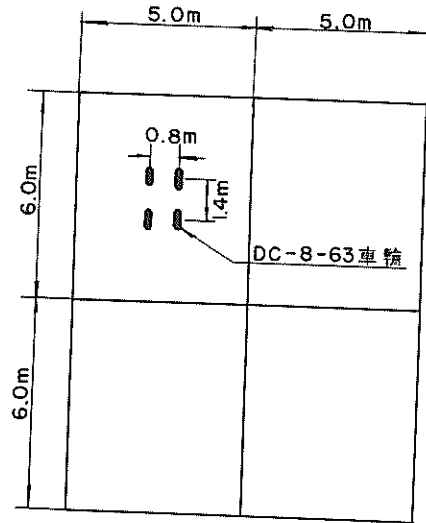


図-4 載荷槽の幅、長

2.2 載荷能力

大型航空機の1脚あたりの荷重は表-1にも示したよ
 うに、70ton前後である。しかし将来は、さらにこの値
 が増加して行くであろう。また、実験上、2脚同時に載
 荷させる必要が生じて来るかも知れない。一方コンクリ
 ート舗装などでは、破壊の安全率を2.0にとることもあ
 るし、アスファルト舗装をも含めて、舗装が破壊するま

で載荷するものとすれば、破壊荷重は、通常の脚荷重の2倍ないし3倍程度になることが予想される。

このような理由から、試験舗装に加えることのできる最大の荷重を200 tonに決定した。

2.3 給排水能力

試験舗装の路床として、載荷槽内に砂を入れる場合、水締めが必要が注じたり、また、粘性土を入れる場合は、ある期間、水位を一定に保って養生させる必要がある。さらには、軟弱路床の典型として、地下水位の高い場合の実験もあり得るし、また実験期間中、路床に同一の性質を保たせるためには、路床上を水で湿潤させておくことが好ましい。

これらの理由から、載荷槽内に、水を均一に給水したり、槽内の水を速やかに排水させたりすることのできる給排水施設を備えつけることにした。

2.4 原型載荷槽の各部名称および機能

写真-1は、竣功直後の空の状態の載荷槽である。載荷槽の上に、横に渡してある梁は、載荷梁と称しているが、これはオイルジャッキにより舗装に載荷する場合に、オイルジャッキの反力を支えるものである。図-5は、

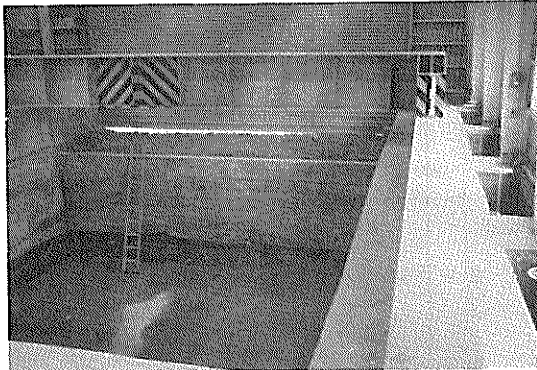


写真-1 空の状態の載荷槽

原型載荷槽の一般平面図および形状図である。これを見ても分かるように、載荷槽は4ケつづの水槽を有する2本の幅広い横側壁と、厚さの薄い2枚の縦側壁および1枚の底板から成り立っている箱状のものである。横側壁の上には、壁に平行に、2本のH型鋼がアンカーボルトで留められている。これは先に述べた載荷梁の受け台の役目を果たすもので、反力梁と称している。載荷梁と反力梁の詳細は図-6に示すとおりである。載荷梁の両端には、これと直角に、長さ2 mのT型の梁が取り付けられている。

このT型梁が反力梁の上に乗って、図-7に示してある締結金具により反力梁に固定される。反力梁は、図-6のように、長いアンカーボルトによって横側壁に取り付けられている。したがって、オイルジャッキの反力は、載荷梁を通じて反力梁に伝達し、さらにアンカーボルトによって横側壁を持ち上げようとする。横側壁は、この反力に対して自重で抵抗するだけの重さを有している。試験舗装上に、大型航空機の車輪を置き、この車輪と載荷梁の間に200 tonのオイルジャッキをはさんで、舗装に載荷している状態を写真-2に示す。また載荷梁と反力梁の締結状態を写真-3に示す。

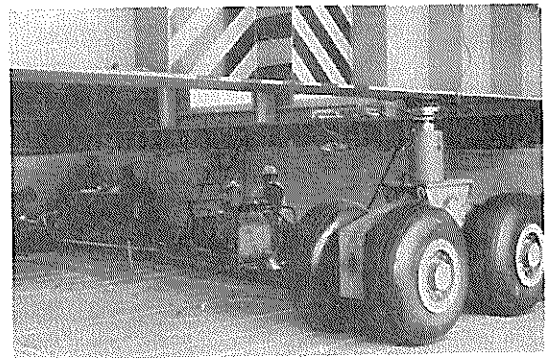


写真-2 載荷試験

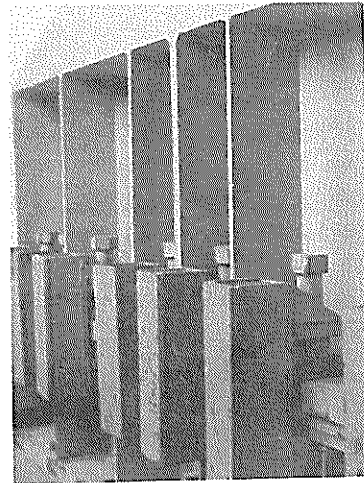
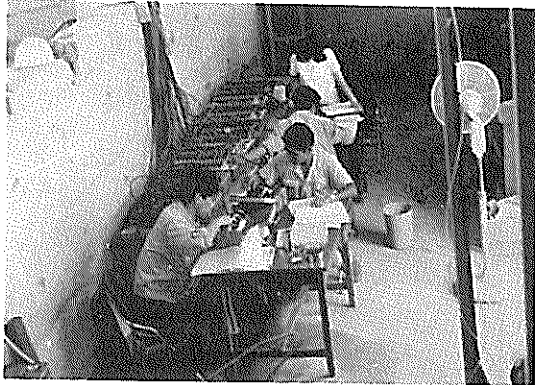


写真-3
載荷梁と反力
梁の締結状態

載荷梁を任意の位置に移動したい場合は、まず締結金具をはずして、小型のオイルジャッキにより載荷梁の片側のT型梁を約20 cm程度持ち上げ、載荷梁のT型梁の下に、図-7に示す載荷梁移動装置をさし込み、載荷梁を降す。他端についても同様な操作を行なう。載荷梁の両端がこの移動用のコロの上ののったならば、図-5に示してある、反力梁両端の手巻きウインチとワイヤーに

よって載荷梁を任意の位置まで引張って移動させる。この位置に載荷梁を固定させるには、前に述べた操作を逆に行なえば良い。



写真－４ 測定中の状態

試験舗装の中に埋込む各種計器の測定は、図－５に示す後縦側壁の外側の場所までコードを引いて来て行なう。写真－４は、測定中の状態を示す。

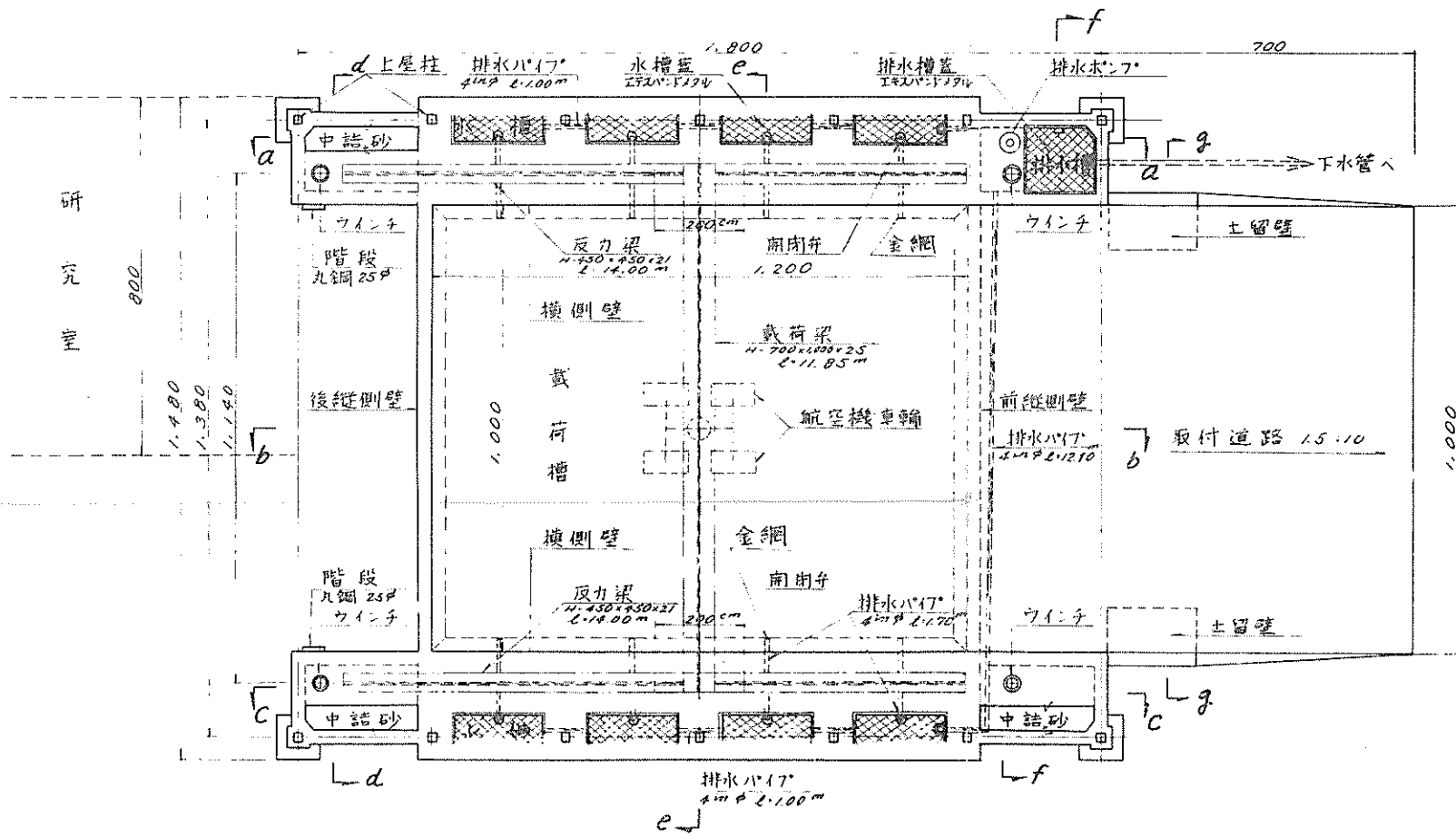
載荷槽の中に水を入れたい場合は、各水槽についている蛇口から水を出せば、水槽の下の管を通して載荷槽の中へ水が入り込むようになっている。水の出入を止めるには、水槽上のハンドルをまわして、開閉弁を操作すれば良い。(図－７参照)排水したい場合は、排水ポンプを作動して強制的に載荷槽内の水を排水することができる。

舗装面を規定の面(約 $+0.5$)よりもかなり高くしたい場合は、載荷梁のT型梁と反力梁の間に、図－７に示す高さ 1 m の載荷梁台をさし込んで、載荷梁の位置をあげることもできる。

また載荷槽を覆った上屋の天井には、吊上げ能力 3 ton のホイストが設置しており、反力梁直上および載荷槽中心線上(横側壁に平行)を、S字型に走行することができる。

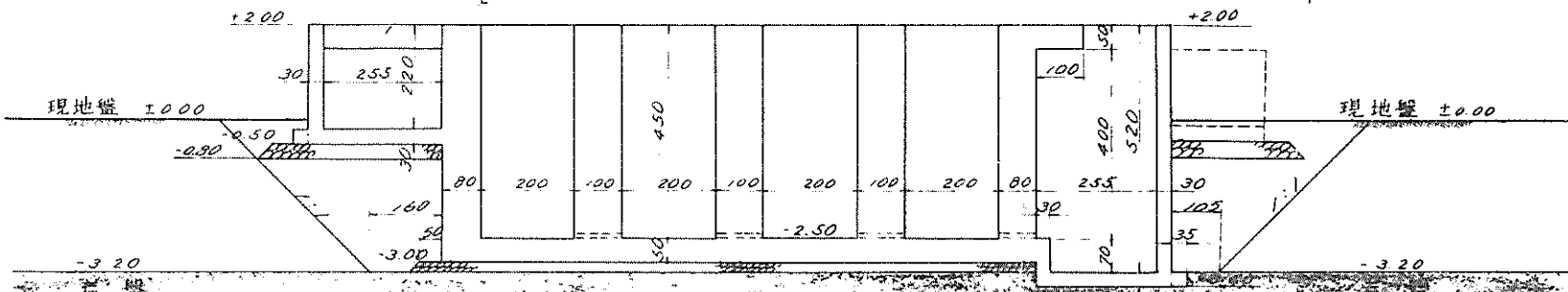
一般平面図

S=1/100 U:cm

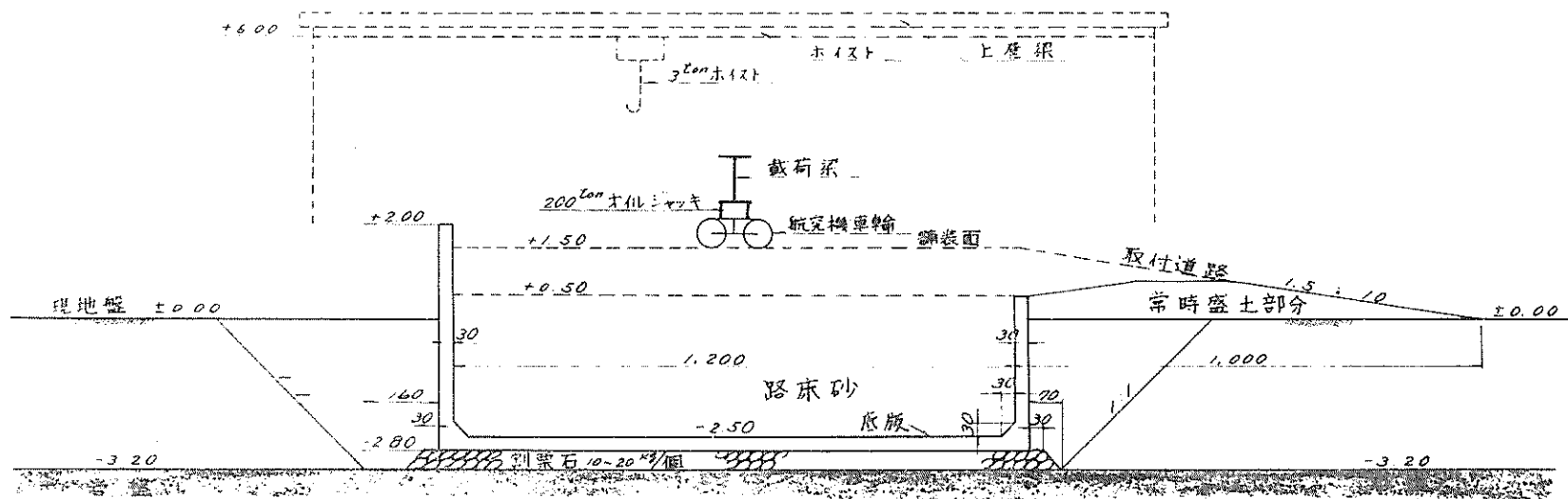


d-d 断面

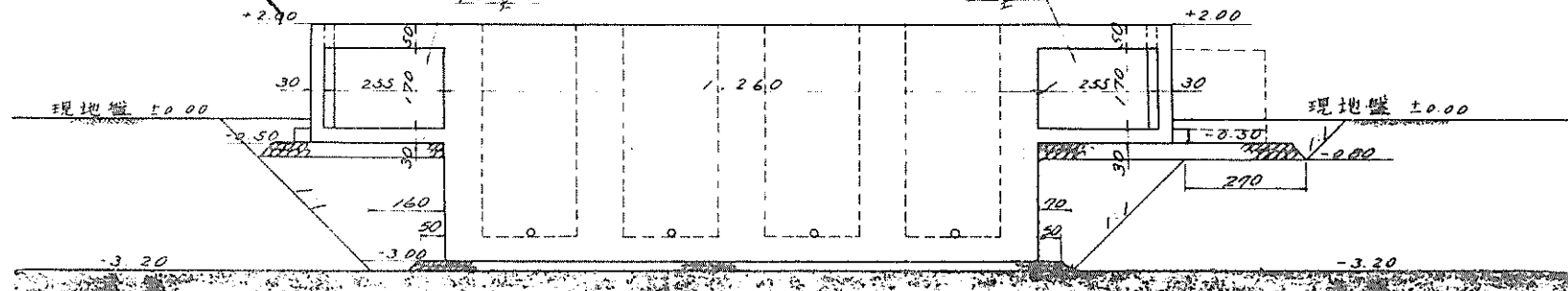
a-a 断面

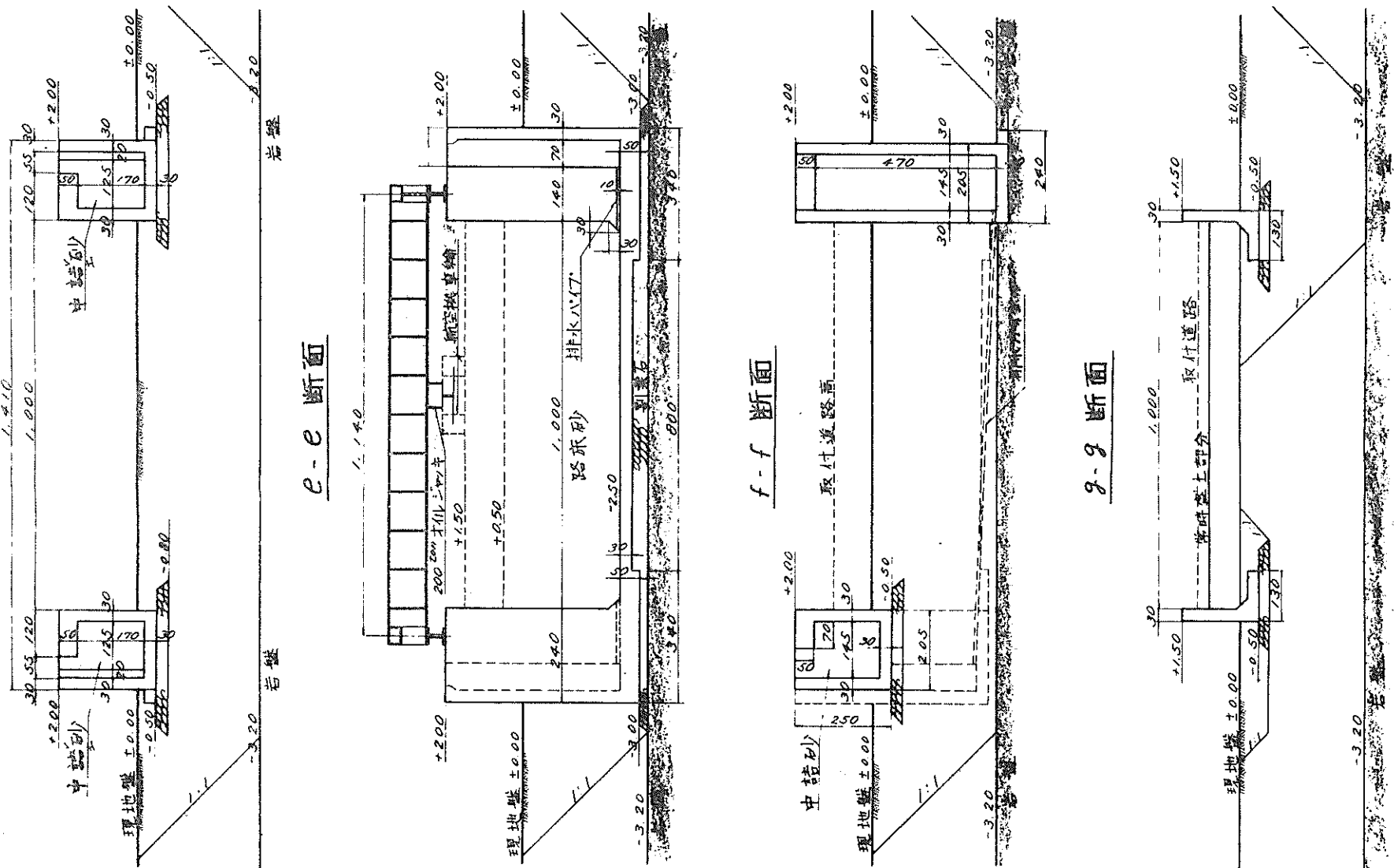


b-b 断面

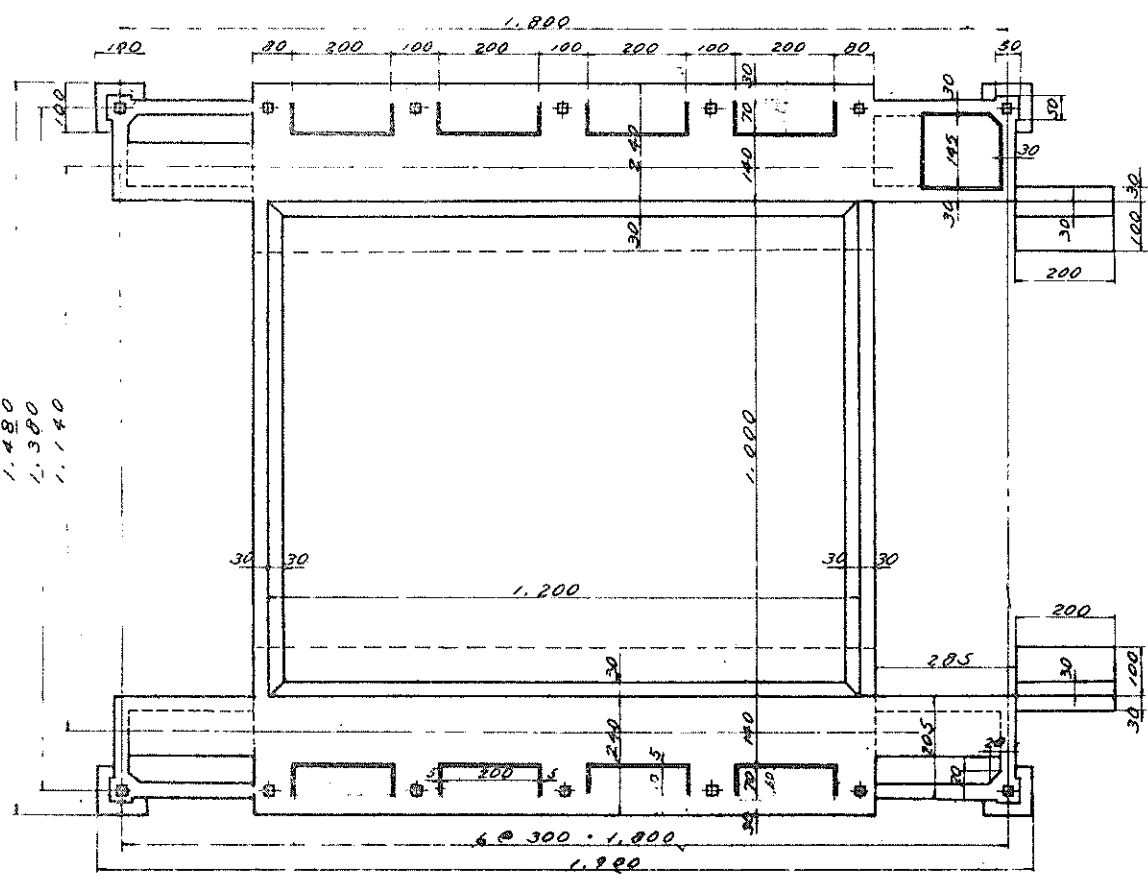


c-c 断面





構造図 $s = 1/100$ 11:cm



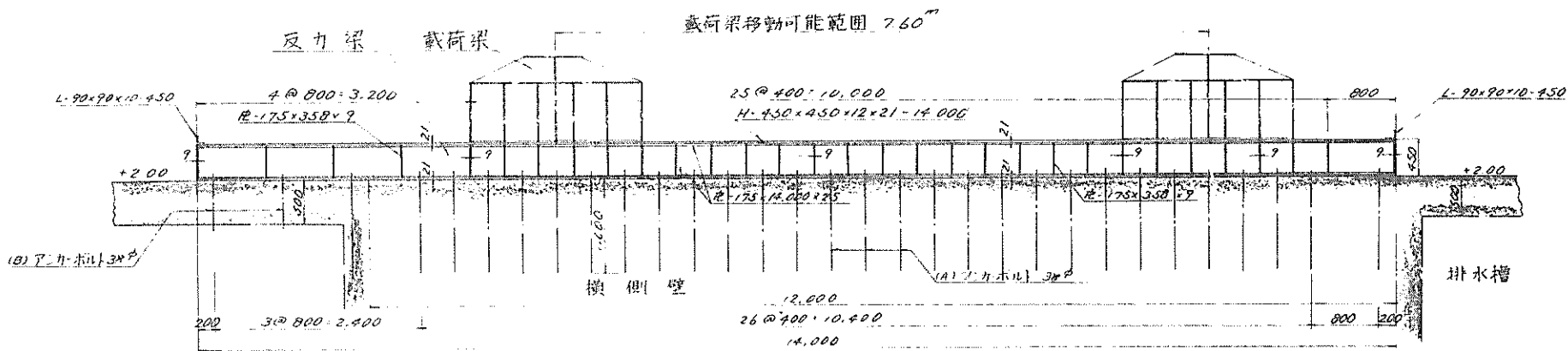
附帯設備表

設備名	数量
ウインチ	4台
開閉弁	10個
金網	8ヶ所
排水槽蓋	1枚
水槽蓋	8枚
階段	2ヶ所
排水ポンプ	1台
排水パイプ	1式

図-5 原型载荷槽一般断面図

反力梁及びアンカーボルト取付位置図

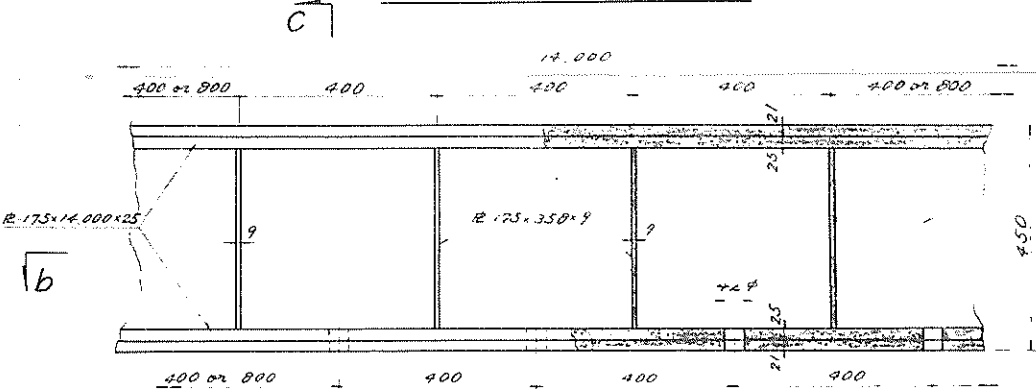
S = 1/5 U; mm



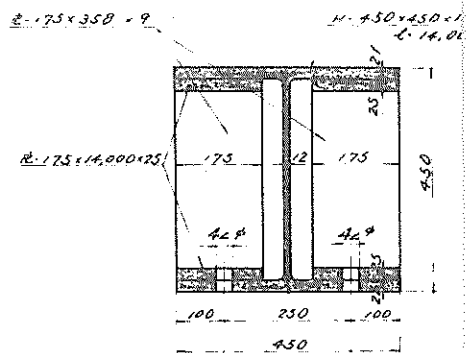
反力梁形状図

S = 1/10 U; mm

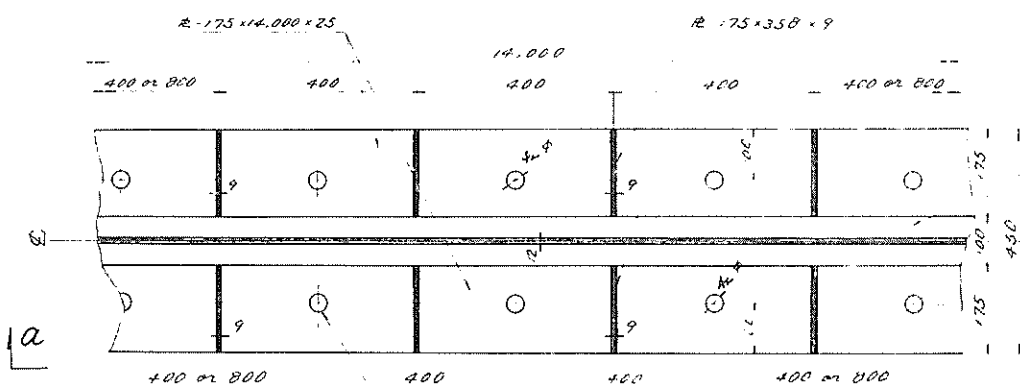
a-a 断面 (側面図)



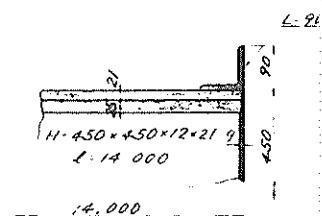
C-C 断面



b-b 断面 (平面図)



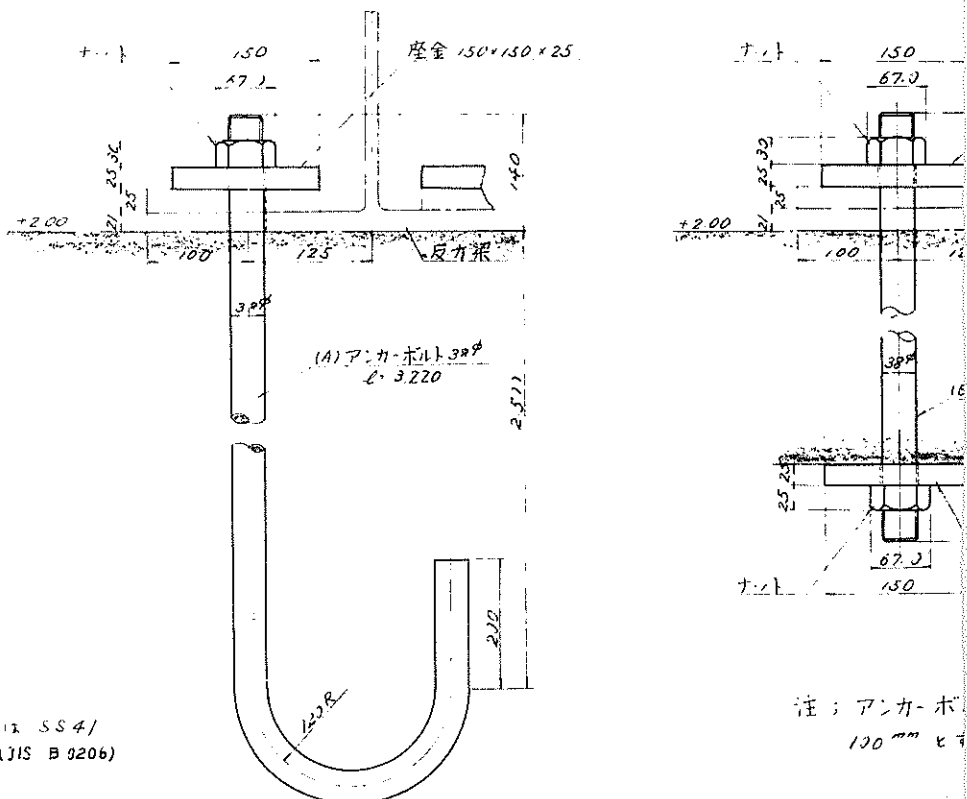
端部詳細図



アンカーボルト形状図

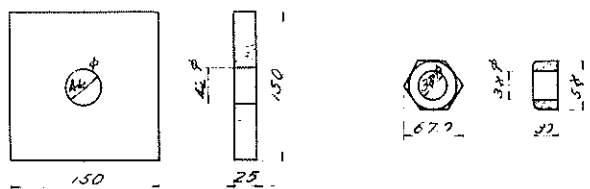
(A) アンカーボルト

(B) アンカーボルト



座金・ナット形状図

S = 1/5 U; mm



反力梁材料表

(1本1/1)

種別	形状寸法	1枚(本)の重量(kg)	枚(本)数	重量(kg)
H形鋼	H-450x450x12x21	14,000	2	28,000
鋼板	R-175x14,000x25	480	4	1,920
山形鋼	R-175x350x9	9,226	62	572,012
山形鋼	L-90x90x10	450	2	900
計			4	28,920
合計				289,200

注: 鋼材の材質は SS41 溶接はすべて全周溶接による場合とする。

アンカーボルト材料表

(反力梁 2本用)

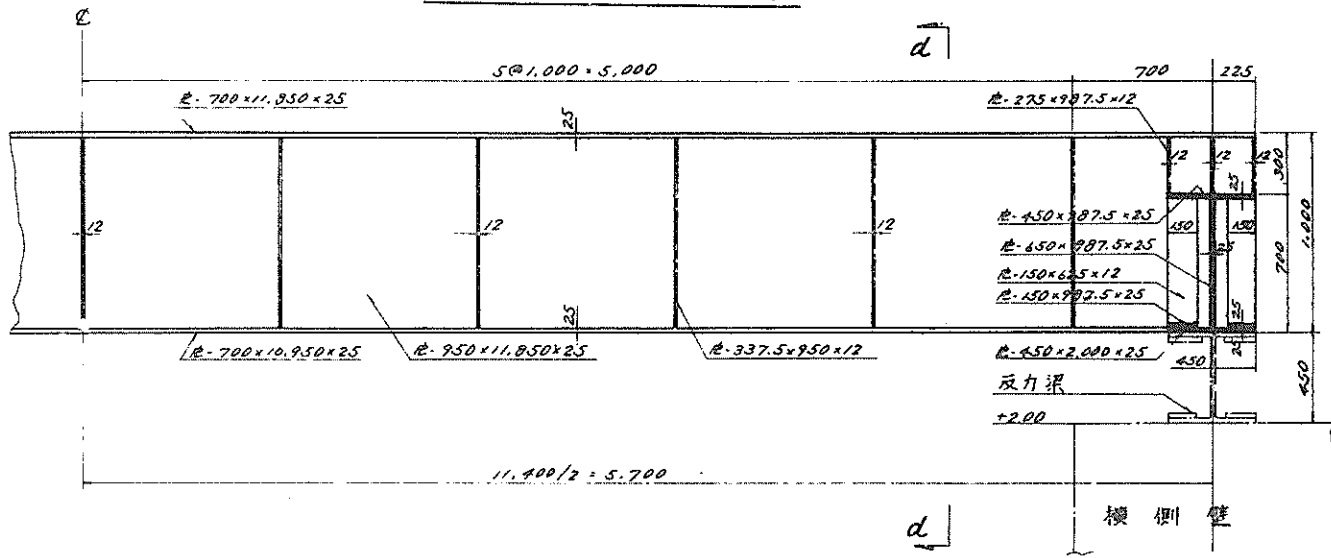
名称	形状寸法(mm)	本数	摘要
(A) アンカーボルト	3φ, 3,220	116	ナットを含む
(B) " "	3φ, 700	8	" "
座金	R-150x150x25	132	" "

注: 鋼材の材質は SS41
インサートボルト (JIS B9206)

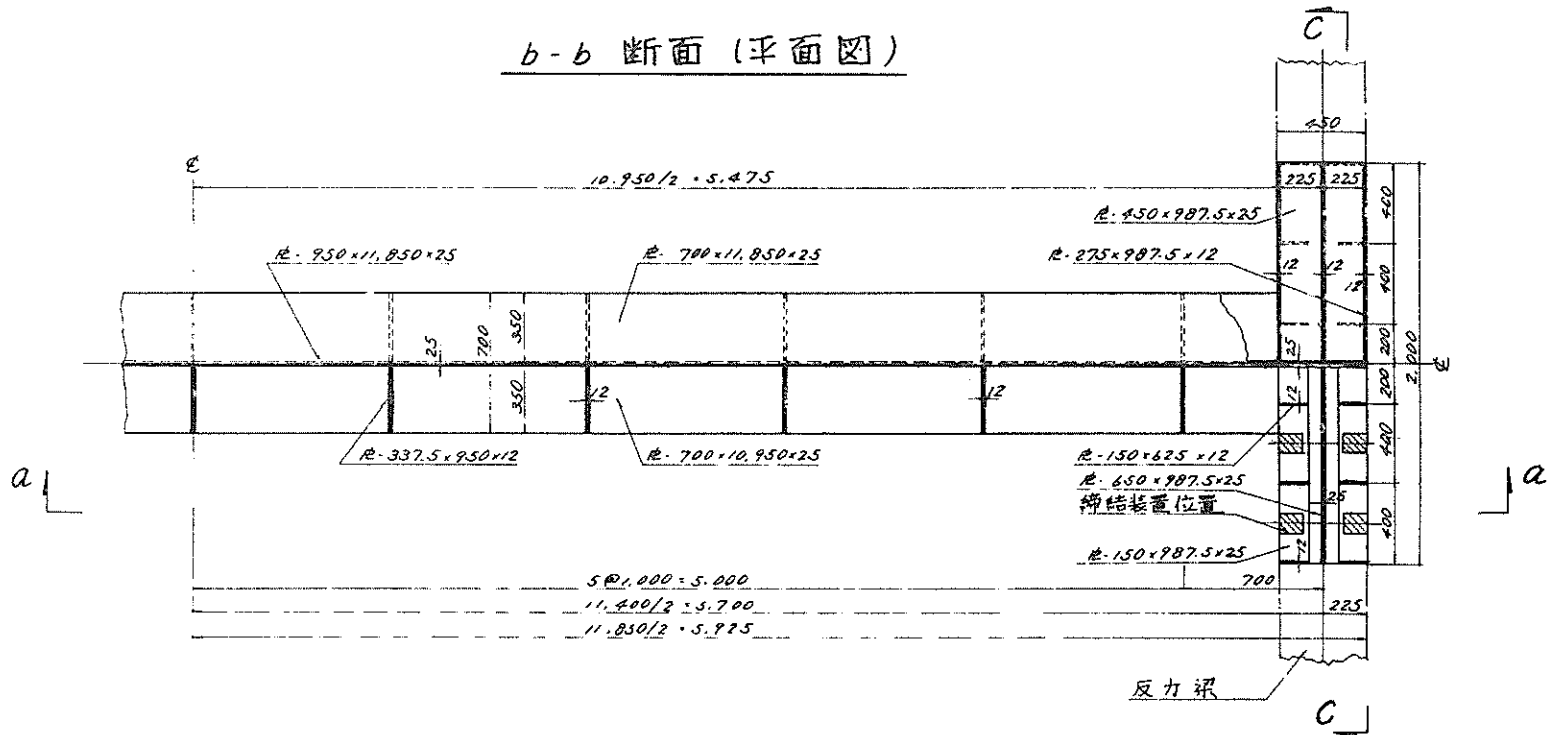
ボルトの高さ 2.711mm 外径 4.2333mm 山数 (25.4mm K73) b, 谷の丸味 0.581mm

載荷梁形状図 $s = 1/25 \text{ U; mm}$

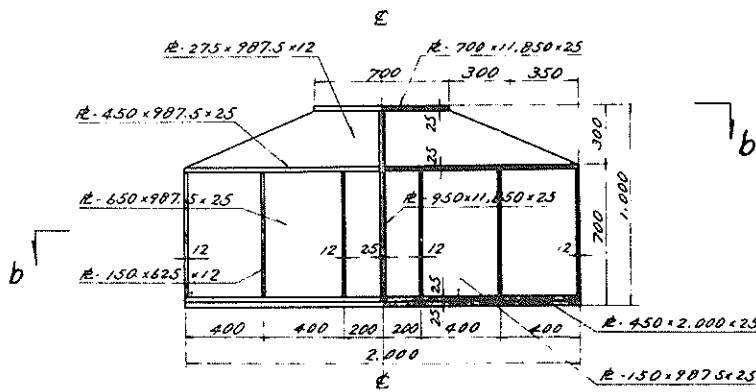
a-a 断面 (側面図)



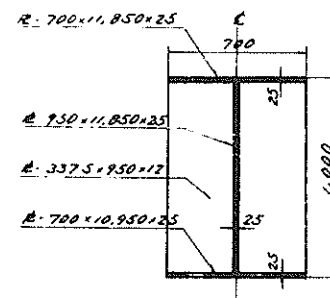
b-b 断面 (平面図)



C-C 断面



d-d 断面



載荷梁材料表

種別	形状寸法 (mm)	枚の重量 (kg)	枚数	重量 (kg)	摘要
鋼板	R-700x11,850x25	1,625.894	1	1,625.894	主桁
"	R-700x10,950x25	1,504.256	1	1,504.256	"
"	R-950x11,850x25	2,209.284	1	2,209.284	"
"	R-337.5x950x12	30.203	22	664.463	"
"	R-450x987.5x25	87.709	4	348.836	T型梁
"	R-450x2,000x25	176.625	2	353.250	"
"	R-650x987.5x25	125.968	4	503.872	"
"	R-150x987.5x25	29.070	8	232.560	"
"	R-150x625x12	8.831	24	211.950	"
"	R-275x987.5x12	17.162	12	205.944	"
計				7,960.309 kg	

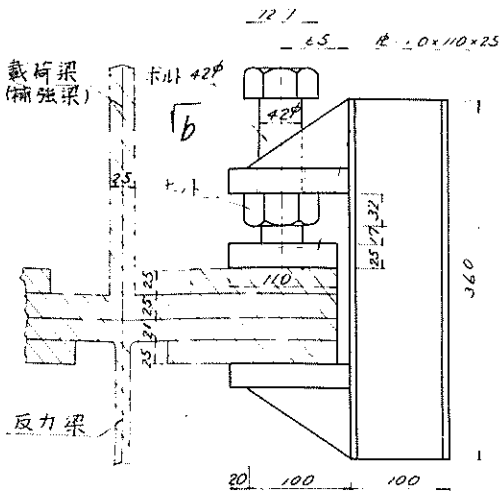
注: 鋼材の材質は溶接性高強度鋼材 (WEL-TEN55)
溶接はすべて全周溶接による接合とする。

図-6 原型載荷槽の載荷梁
および反力梁

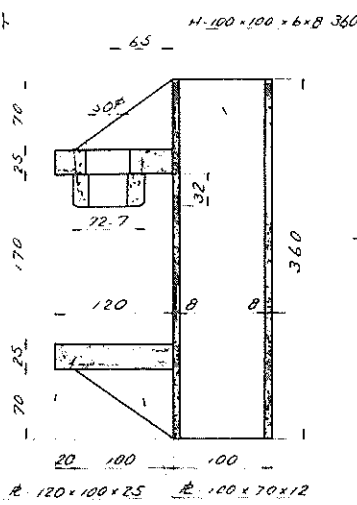
締結装置形状図

S = 1/5 U; mm

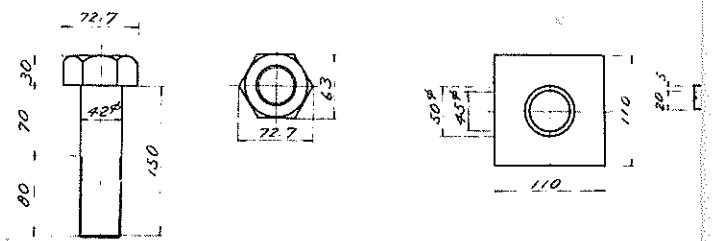
a-a 断面
(側面図)



C-C 断面



ボルト



鋼板

締結装置のボルト鋼板材料表 (1個当り)

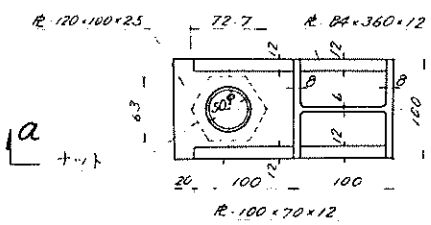
種別	形状寸法 (mm)	1枚の重量 (kg)	枚数	重量 (kg)
鋼板	R-110x110x25	2.375	1	2.375
ボルト	#22-150		1	
合計	鋼板 2.375 x 36 = 85.500		ボルト x 36 = 36本	

注: 鋼板

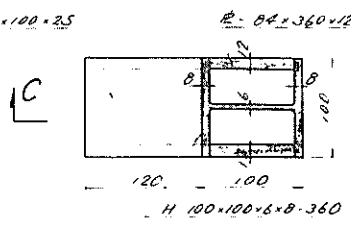
載荷梁台形状図
(参考図)

S = 1/25

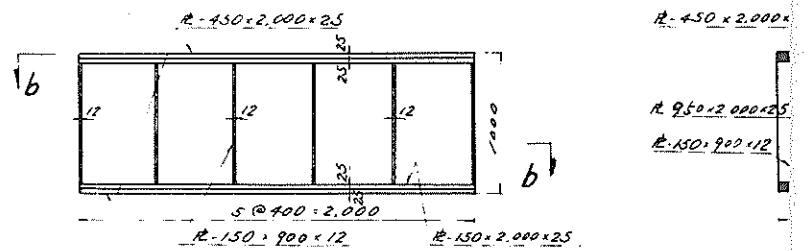
b-b 断面
(平面図)



d-d 断面



a-a 断面 (側面図)



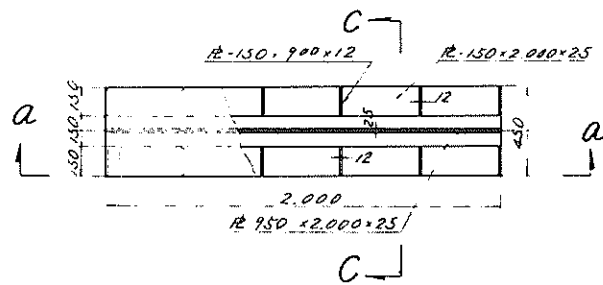
締結装置材料表

(1個当り)

種別	形状寸法 (mm)	1枚の重量 (kg)	枚数	重量 (kg)
H形鋼	H-100x100x6x8-360	6.192	1	6.192
鋼板	R-84x360x12	2.849	2	5.698
	R-120x100x25	2.355	2	4.710
	R-100x70x12	0.330	4	1.320
合計				17.920

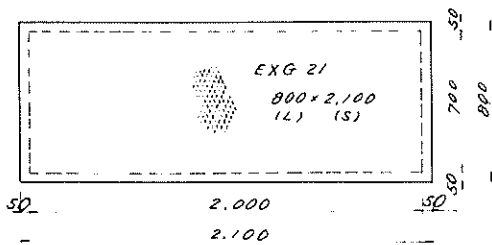
注: 鋼材の材質は溶接性高張力鋼材 (WEL-TEN SS)
溶接はすべて全周溶接による接合とする。

b-b 断面 (平面図)

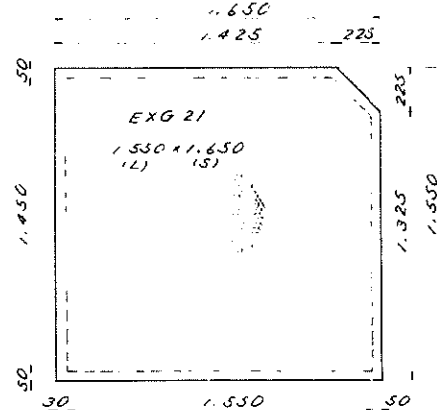


水槽および排水槽蓋形状図

水槽蓋



排水槽蓋



載荷梁台材料表

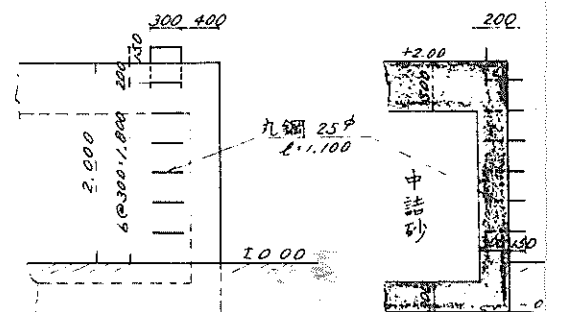
種別	形状寸法 (mm)	1枚の重量 (kg)	枚数	重量 (kg)
鋼板	R-450x2,000x25	176.625	2	
	R-950x2,000x25	372.875	1	
	R-150x2,000x25	58.875	4	
	R-150x900x12	12.717	12	
合計				1114.229 x 2 = 2228.458

注: 鋼材の材質は溶接性高張力鋼材 (WEL-TEN SS)
溶接はすべて全周溶接による接合とする。

階段

正面図

断面図



水槽および排水槽蓋材料表

(全体当り)

種別	形状寸法 (mm)	1枚の重量 (kg)	枚数	重量 (kg)
エキスパッド	EXG 21 800(L) x 2,100(S)	23.016	0	184.128
	EXG 21 1,550(L) x 1,650(S)	35.038	1	35.038
合計				219.166

注: 鋼材の材質は SS41

階段材料表

(1ヶ所当り)

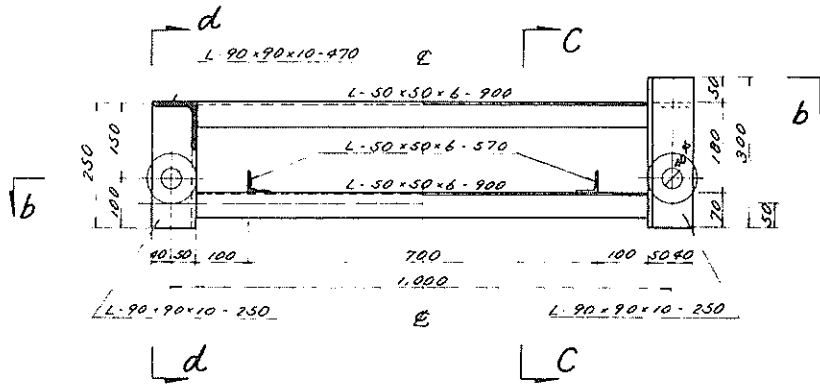
種別	径 (mm)	長さ (mm)	1枚の重量 (kg)	枚数	重量 (kg)
丸鋼	25φ	1,100	4.235	7	29.645
合計					29.645 x 2 = 59.290

単位	mm
T	1.5
M	7.0
S.M	36.0
L.W	101.6

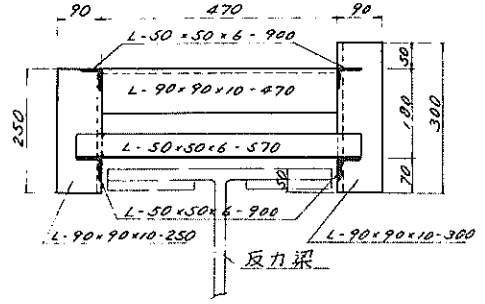
載荷梁移動装置形状図 (大3図)

S=1/10 U; mm

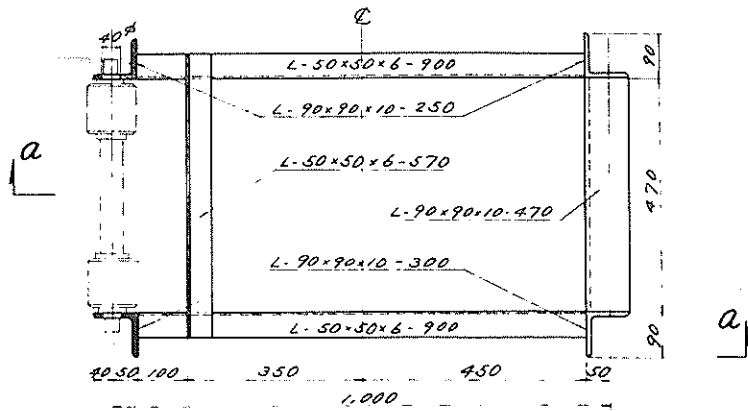
a-a 断面 (側面図)



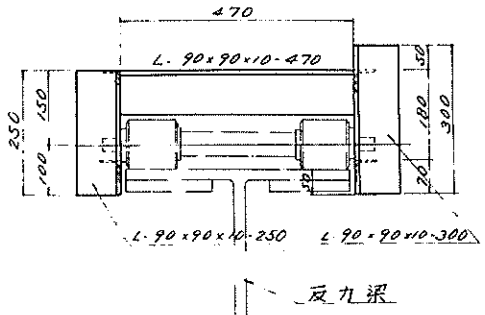
C-C 断面



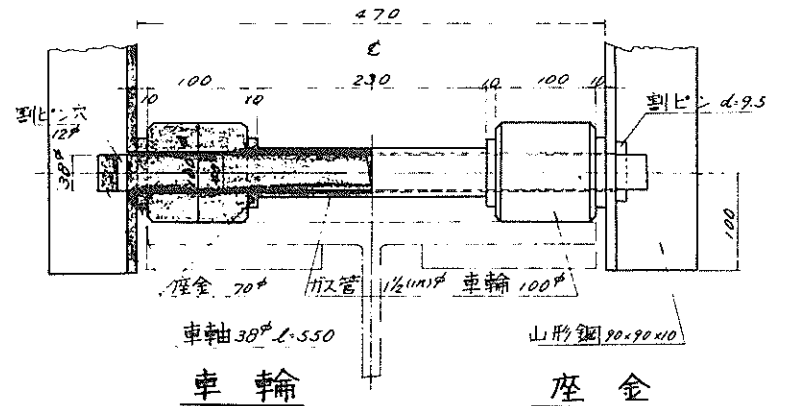
b-b 断面 (平面図)



d-d 断面



車輪関係詳細図 S=1/5 U; mm

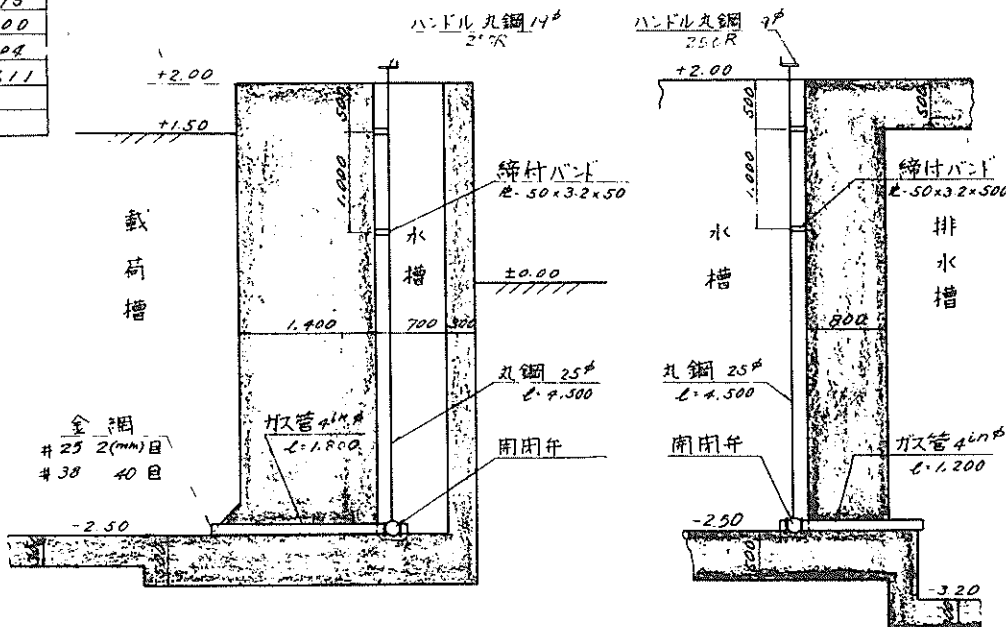


載荷梁移動装置材料表 (1台当り)

種別	形状寸法 (mm)	体の重量 (kg)	本数	重量 (kg)
山形鋼	L-90x90x10-300	3.990	2	7.980
"	L-90x90x10-250	3.325	2	6.650
"	L-90x90x10-470	6.251	2	12.502
"	L-50x50x6-900	3.987	4	15.948
"	L-50x50x6-570	2.525	2	5.050
計				48.130
合計	48.130 x 2 = 96.260			

注; 鋼材の材質はSS41. 溶接はすべて全周溶接による接合とする。

開閉弁関係図 S=1/50 U; mm (参考図)



車輪関係材料表 (台車2台当り)

名称	形状寸法 (mm)	頁数	摘要
車輪	100φ - 100	8	SS41
車軸	38φ - 550	4	SS41
ガス管	1 1/2 Lφ - 230	4	"
座金	70φ x 10t	16	SS41
到ヒ	φ.5φ - 100	8	"

注; ガス管と座金は溶接による接合とする点溶接も可

開閉弁関係材料表

名称	形状寸法 (mm)	数量
開閉弁	φ14用 配管	10 個
丸鋼	25φ - φ.500	10 本
ハンドル	1.φ - φ.5.R	10 個
締付バンド	R-50x3.2x50φ	20 枚
アソカホルト	9φ - 20φ	40 本

排水パイプ材料表

種別	径 (mm)	長さ (mm)	本数	摘要
ガス管	4	1,000	6	水槽と水槽間
"	4	1,100	8	" と 載荷槽間
"	4	1,200	2	" と 排水槽間
"	4	12,100	1	"

金網

平織金網 (亜鉛メッキ) #25. 2"目 平織金網 (真鍮) #38 40目 と重お合せのものを用いる。

図-7 原型載荷槽の附属施設

2.5 載荷梁や反力梁などの安全度

この載荷槽では、試験舗装に最大200tonの荷重を加える予定になっている。したがって、オイルジャッキの反力は、十分安全に支持されなければならない。オイルジャッキの反力はまず載荷梁に伝達し、次に、載荷梁両端のT型梁と締結金具を通じて反力梁を引きあげようとする。これに対し、反力梁は、横側壁に埋込まれたアンカーボルトを通して、横側壁の自重によって反力に抵抗する。したがって、安全性の検討は、載荷梁、T型梁、締付金具、反力梁、アンカーボルト、横側壁についてそれぞれ行なわれなくてはならない。荷重の加わる条件が、図-8のようなA、B、C、Dの4ケースに

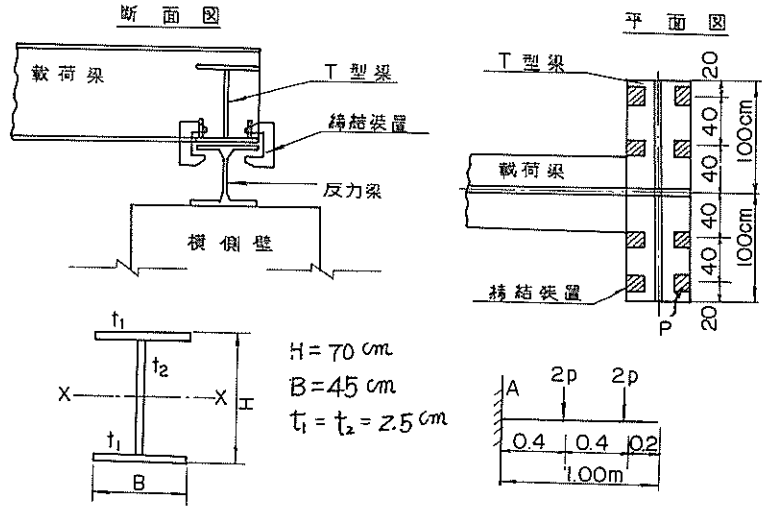


図-9 T型梁の締結位置と、梁の曲げ

いて、各部材の安全度を検討したが、その結果を表-3に示す。

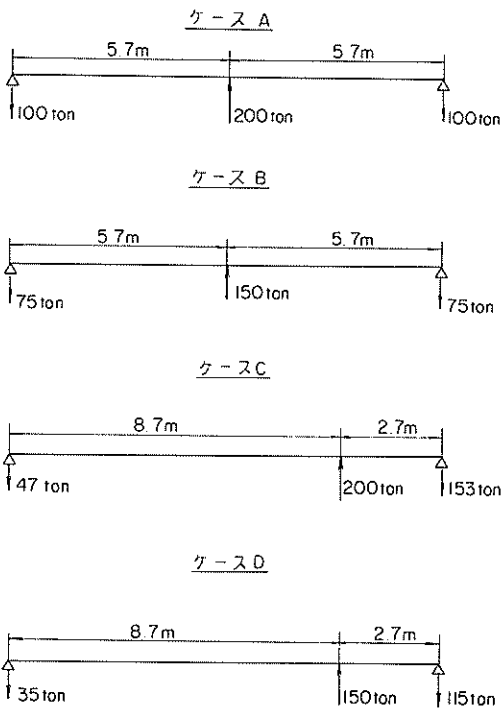


図-8 載荷のケース

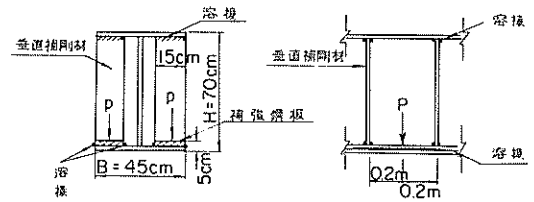


図-10 T型梁フランジの曲げ

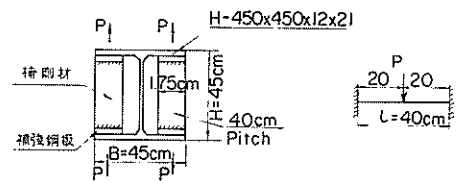


図-11 反力梁フランジの曲げ

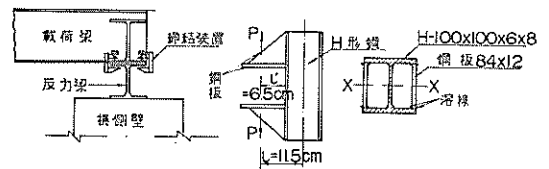


図-12 締付金具の曲げ

表-3 載荷時の各部材の安全度

部材名称	検討項目	載荷条件				使用材の材質など	参考図書
		A	B	C	D		
載荷梁	梁の最大たわみ量 (cm)	2.91	2.18	1.52	1.14	—	—
	梁の最大曲げ応力度 (kg/cm ²)	(2820)	2120	2040	1520	* $\sigma_s = 6,000 \text{ kg/cm}^2$, $\sigma_r = 5,000 \text{ kg/cm}^2$, $\sigma_c = 2,400 \text{ kg/cm}^2$	—
	梁の最大剪断応力度 (kg/cm ²)	170	128	260	195	* $\sigma_s = 1,200 \text{ kg/cm}^2$	—
	垂直補剛材の必要間隔 (cm)	366	650	156	278	実施した間隔は100cm	—
T型梁	梁の最大曲げ応力度 (kg/cm ²)	670	503	1025	770	* $\sigma_s = 2,400 \text{ kg/cm}^2$	図-9
	梁の最大剪断応力度 (kg/cm ²)	130	97	198	149	* $\sigma_s = 1,200 \text{ kg/cm}^2$	図-9
	フランジの最大曲げ応力度 (kg/cm ²)	1000	751	1225	1150	* $\sigma_s = 2,400 \text{ kg/cm}^2$	図-10
	フランジの最大剪断応力度 (kg/cm ²)	167	125	256	192	* $\sigma_s = 1,200 \text{ kg/cm}^2$	図-10
	垂直補剛材の引張応力度 (kg/cm ²)	694	522	1065	800	* $\sigma_s = 2,400 \text{ kg/cm}^2$	図-10
反力梁	フランジの最大曲げ応力度 (kg/cm ²)	1020	763	1240	1170	$\sigma_s = 1,400 \text{ kg/cm}^2$	図-11
	フランジの最大剪断応力度 (kg/cm ²)	156	117	238	179	$\sigma_s = 1,000 \text{ kg/cm}^2$	図-11
	垂直補剛材の引張応力度 (kg/cm ²)	794	597	1215	914	$\sigma_s = 1,400 \text{ kg/cm}^2$	図-11
締付金具	H型垂直部材の最大圧縮応力度 (kg/cm ²)	1438	1304	(2656)	2003	* $\sigma_s = 5,000 \text{ kg/cm}^2$, $\sigma_c = 2,400 \text{ kg/cm}^2$	図-12
	突出部の最大曲げ応力度 (kg/cm ²)	1770	1310	2690	2020	* $\sigma_s = 2,400 \text{ kg/cm}^2$	図-12
	突出部の最大剪断応力度 (kg/cm ²)	910	683	(1390)	1050	* $\sigma_s = 1,200 \text{ kg/cm}^2$	図-12
	ボルトの圧縮応力度 (kg/cm ²)	1100	830	(1690)	1270	$\sigma_r = 2,800 \text{ kg/cm}^2$, $\sigma_c = 1,400 \text{ kg/cm}^2$	図-12
アンカーボルト	引張応力度 (kg/cm ²)	843	635	1295	974	$\sigma_s = 1,400 \text{ kg/cm}^2$	図-13
	必要埋込長 (cm)	100	75	153	115	実施した埋込長 250cm	図-13
横側壁	片側必要重量 (ton)	100	75	153	115	横側壁長さ1m当り重量 30 ton	図-14

注1) 検討は、全て、締付金具が、載荷梁片側につき8ヶの場合で行なった。

- (2) σ_s は、一般に使用されている許容応力度である。
 σ_r は、降伏点応力度である。
 σ_c は、破砕点の応力度である。
(3) () は許容応力度を超えるものである。
- *印は River Ace 60, 他は SS41 材である。

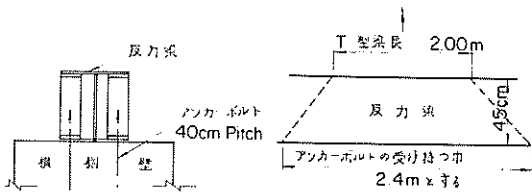


図-13 アンカーボルトの引抜き

2.6 軟弱ローム路床の製作

(1) 路床土の土性諸元

試験舗装の路床として、軟弱な粘性土を使用することにした。このため、神奈川県の高橋、茅ヶ崎(小出)、藤沢(石川)の3ヶ所の関東ロームを試験し、自然含水比および塑性指数の最も大きい高橋の関東ロームを、軟弱路床土の製作に適するものとして採用した。

この土の土性諸元は、表-4のとおりである。また粒径加積曲線を図-15に示す。

(2) 路床の施工

軟弱路床の厚さは、将来の試験舗装の厚さと載荷梁の関係なども考慮して、載荷槽底版上2.0mとした。底版

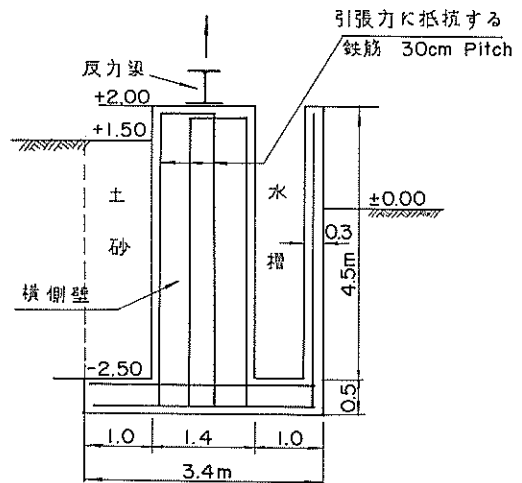


図-14 横側壁の引上げ

の上には、直接給排水用の敷砂を20cm厚に施工するの

表-4 鴨居関東ロームの土性諸元

土 性	試 験 結 果
自然含水比	125%
液性限界	138.5%
塑性限界	70.2%
塑性指数	68.3%
比 重	2.753
三角座標分類	粘 土
関東ローム層別分類	武蔵野ローム
突固め試験の湿潤密度	* 1 1.342 gr/cm ³
突固め試験の乾燥密度	0.596 gr/cm ³
突固め試験供試体のコーン指数	* 2 4.6
現場土の湿潤密度	* 3 1.235 gr/cm ³
現場土の乾燥密度	0.622 gr/cm ³
現場土の飽和度	95%

- * 1 : 自然含水比125%の土, CBRモールド, 2.5kgランマー, 3層77回
- * 2 : コーン底面積6.45cm², 先端角30°
- * 3 : 自然含水比120.9%

で、軟弱路床の厚さは、結局1.8mになる。これらの概略を図-16に示す。

施工に先立って、施工機械の締固め性能などを知るために、5m×5m四方の試験盛土を野外で行なった。敷均し厚は40cmとして、その上から、自重2.5tonのタンデムローラで締固めた。その結果、転圧回数と飽和度および乾燥密度の関係は、図-17のようになった。試験施工は7月末の晴天時の日中なので、土の自然含水比はかなり低くなった。しかし、飽和度や乾燥密度についてみれば、仕上り厚の下半分は、上半分に較べてかなり小さく、層中の均一な転圧効果が期待できない。したがって、路床の施工は、各層15cmづつの仕上り厚で、合計12層程度で転圧することを目標にした。

路床の施工は、昭和43年7月28日から8月14日にかけて行なった。まき出した直後の土は、軟かいので、2.5tonのタンデムローラでは転圧できない。このため、ビブロプレートを使用して、軽く転圧後、木板を敷いて、その上から2.5tonローラで転圧し、土が充分締固まった後に木板を除去して、2.5tonローラで、直接仕上げの転圧を行なった。土のまき出し厚さを20cmにした結果、実際の施工層数は11層であった。各層ごとに転圧終了後、土の乾燥密度と飽和度を測定した。その結果を表-5に示す。

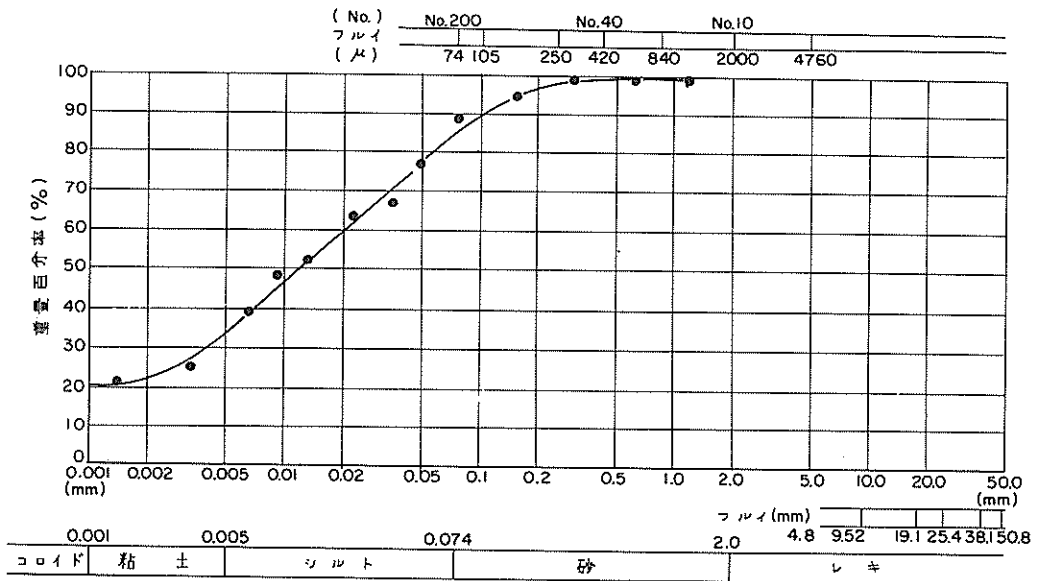


図-15 鴨居関東ロームの粒径加積曲線

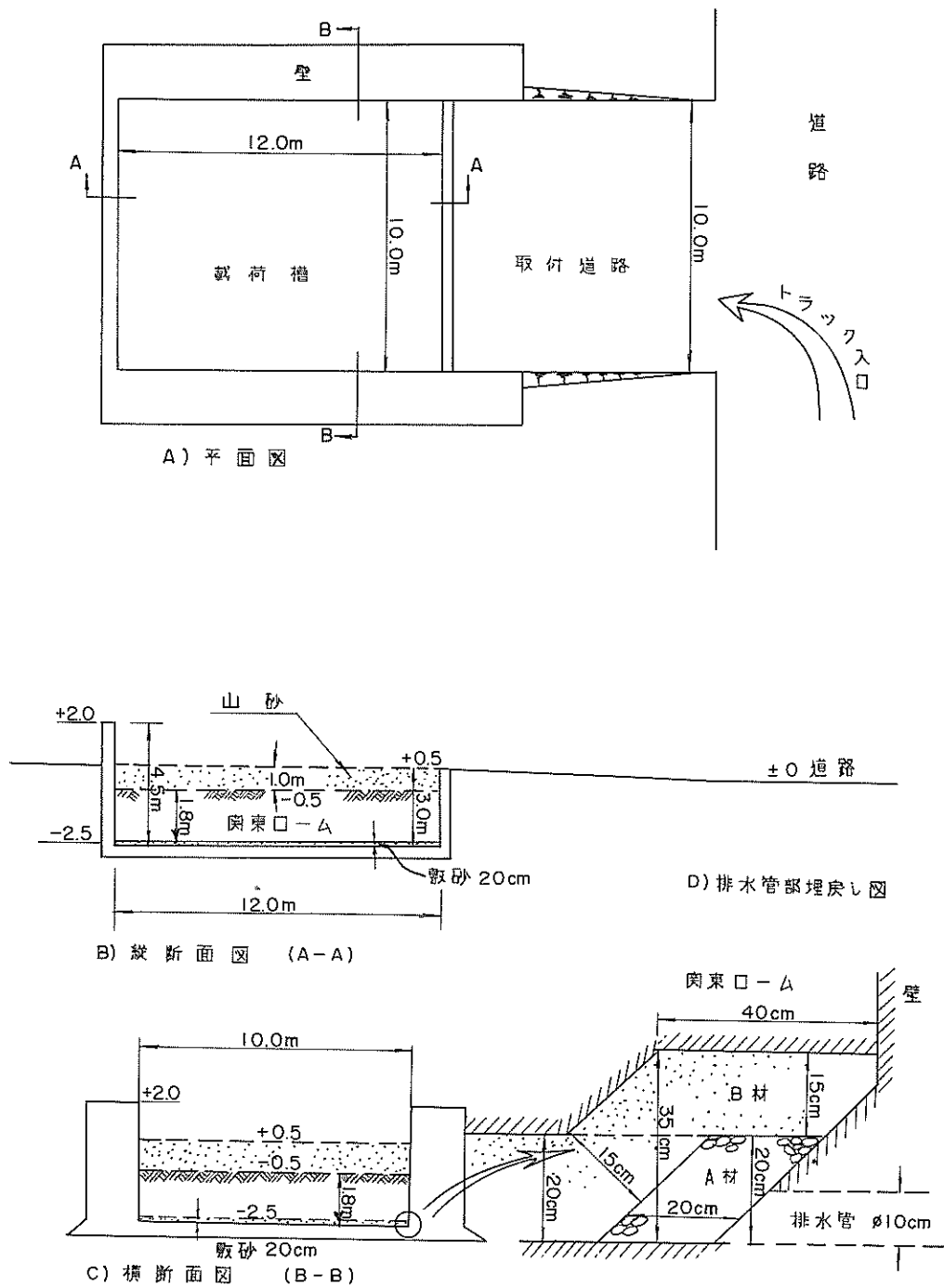


図-16 軟弱関東ローム路床施工概略図

路床施工完了後、路床表面から乱さない土を採取して圧密試験を実施したが、その結果を図-18, 19, 20に示す。

次に、路床表面で、現場CBR試験を4点行なった。その結果、表-6のように、2.5mm貫入時のCBR値は平均3.00%、5mm貫入時のCBR値は平均4.25%であり、期待どりの軟弱路床が完成した。

仕上がった関東ローム路床を、十分に養生するために、施工後直ちに山砂を路床上に1mの厚さで置土し、載荷槽内の水位を、ほぼ山砂置土の表面の高さに保って、約8ヶ月間放置した。(43年8月~44年4月)。この後、試験舗装を製作するために、山

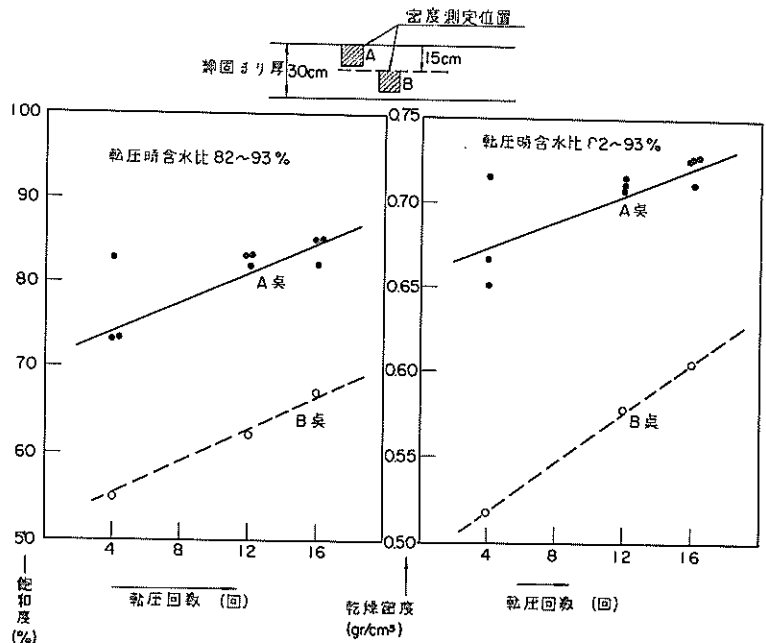


図-17 試験盛土の結果

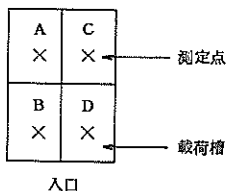
表-5 路床土各層の乾燥密度および飽和度

層序	A 点			B 点			C 点			D 点		
	含水比	乾燥密度	飽和度	含水比	乾燥密度	飽和度	含水比	乾燥密度	飽和度	含水比	乾燥密度	飽和度
2	90.5%	0.762 g/cm³	95.0%	87.7%	0.789 g/cm³	97.0%	90.8%	0.771 g/cm³	97.3%	92.1%	0.790 g/cm³	100%
3	91.4	0.532	60.2	92.4	0.541	62.2	92.5	0.542	62.4	92.9	0.556	64.9
4	94.2	0.739	95.3	96.3	0.725	94.5	94.1	0.750	97.0	99.3	0.768	100
5	95.8	0.690	87.3	97.5	0.715	94.2	99.7	0.696	93.0	97.5	0.715	94.2
6	92.7	0.740	93.7	96.1	0.739	97.3	93.7	0.745	95.8	96.0	0.680	86.9
7	92.2	0.742	94.0	88.9	0.764	94.1	92.2	0.714	88.8	91.6	0.752	94.7
8	80.0	0.822	93.6	87.8	0.735	88.0	83.8	0.772	89.8	83.0	0.770	88.7
9	93.5	0.764	98.6	91.2	0.774	98.2	88.0	0.793	97.7	91.0	0.768	96.6
10	99.7	0.664	87.0	96.2	0.705	91.1	91.5	0.718	89.0	97.9	0.694	91.0
11	93.7	0.720	91.5	91.5	0.725	90.0	92.4	0.717	89.5	92.3	0.728	91.4

注 1) 層序は、下からの順である。含水比は転圧終了後のものである。

2) 1層目は置砂があるため転圧できず、2層と同時に施工した。

3) 測定点は下図のとおりである。



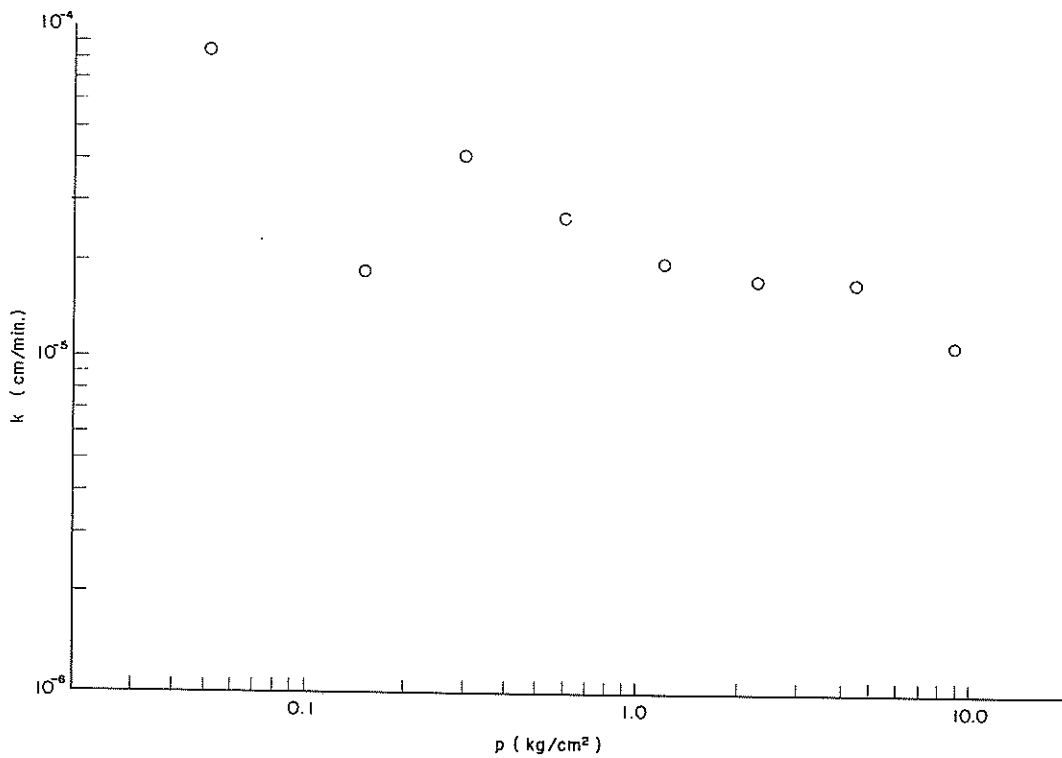


図-18 路床土の透水係数 k

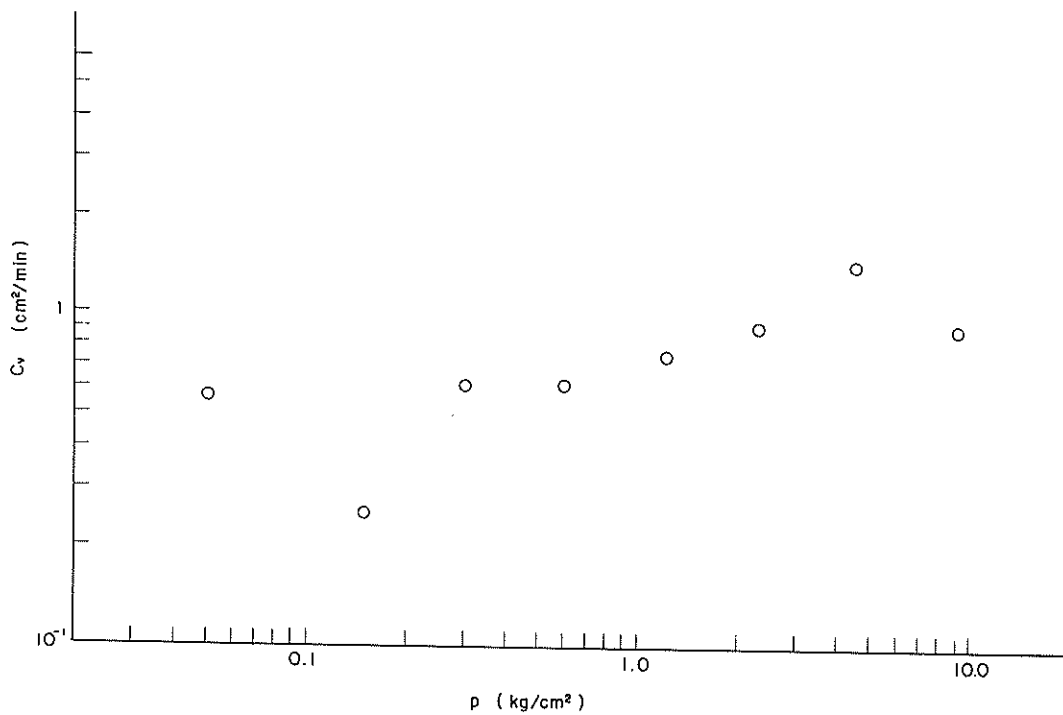


図-19 路床土の圧密係数 C_v

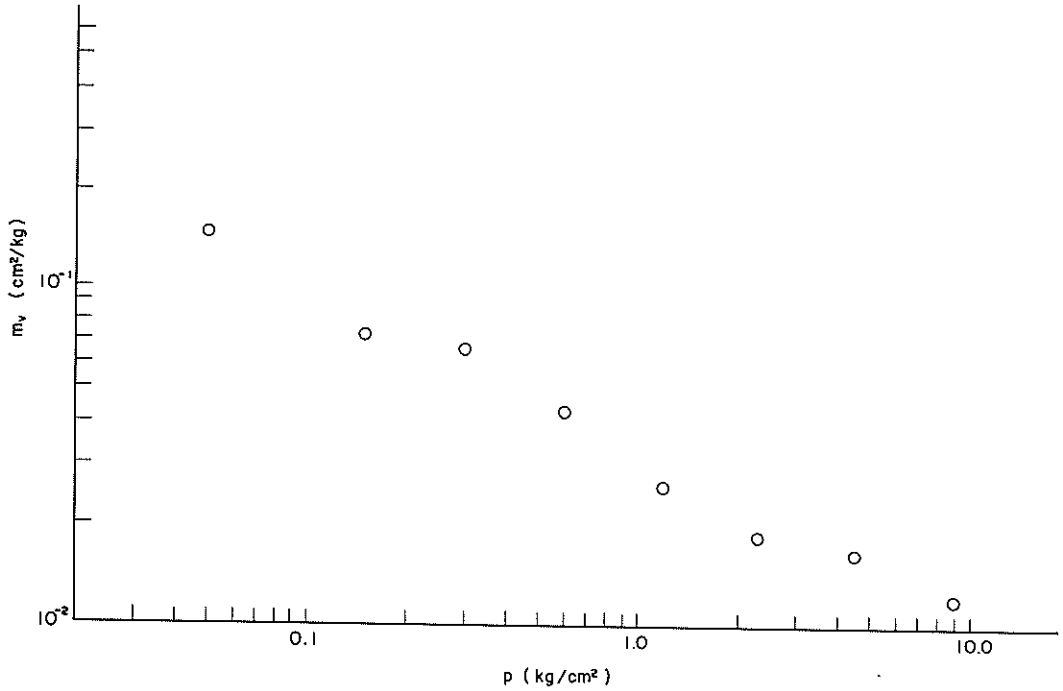


図-20 路床土の体積圧縮係数 W_v

表-6 路床土の現場CBR試験結果

測定点	現場 CBR	
	2.5m 貫入時	5.0m 貫入時
A	3.5 %	5.5 %
B	3.5	4.0
C	2.5	4.0
D	2.5	3.5
平均	3.0	4.25

注1) 載荷重は5kgである

注2) 測定点は下図のとおりである

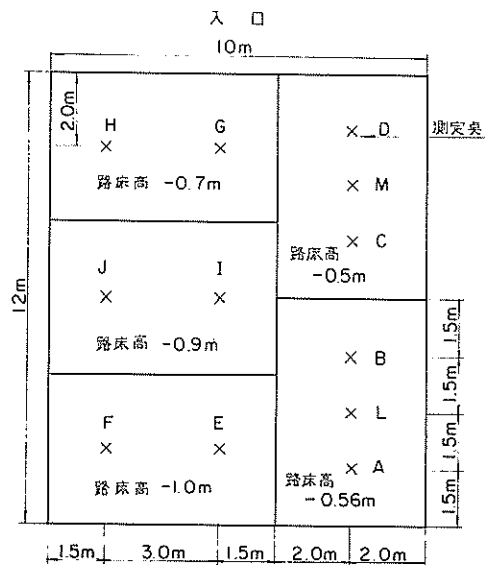
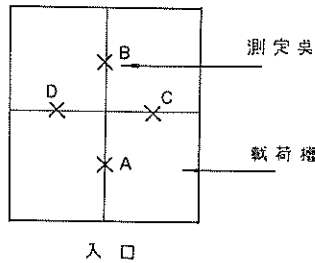


図-21 8ヶ月養生後の路床土試験位置

砂を除去して、路床土の現場CBR試験および平板載荷試験を実施したが、試験位置を図-21に、また、試験

結果を表-7に示す。それによれば、CBR値は、平均して、施工当時の3.0%から、4.8%に増加している。

表-7 8ヶ月養生後の路床土の現場CBRおよびK値

試験位置	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
現場CBR	4.75%	4.89	3.70	2.70	5.87	4.45	2.56	4.01	7.74	7.74

平均 4.84%

注) 現場CBR値は、2.5mm貫入時の値である。(載荷重は5Kg)

試験位置	L	M
直径30cm載荷板のK値	4.64 Kg/cm ²	6.00 Kg/cm ²
直径45cm載荷板のK値	3.44	4.00
直径75cm載荷板のK値	2.16	2.72

3. 原型走行荷重車

3.1 原型走行荷重車の開発経緯

空港舗装の研究を行なうにあたって、実物大の走行荷重車を開発する必要性のあることは、先に述べた。空港舗装の研究は、世界でも数少ないが、最も大規模で、かつ、その結果が設計に広く使用されているのは、米国防軍工兵隊(Corps of Engineers, U.S. Army Engineer Waterways Experiment Station)における各種の研究である。^{2),3),4)} この研究グループは、3種類の走行荷重車を有している。その第1は、写真-5-1および写真-5-2に示すように、大型ジェット旅客機B-707の1脚車輪配置にほぼ等しい複々車輪を主車輪とする走行荷重車である。⁵⁾ 主車輪は、32 Ply-56×16タイヤ4ケの複々車輪であって、タイヤ中心間隔は94cm、車軸中心間隔は152cm、タイヤ空気圧は22.8 Kg/cm²、タイヤ接地面積は1,810 cm²、タイヤ接地圧は20.4 Kg/cm²である。この主車輪には、荷重箱の

中に鉛の塊を入れることにより脚荷重として最大150 tonまで許せるようになっている。

第2の荷重車は、写真-6のように、軍用爆撃機B-47の主車輪に相当する複車輪2組を有するものである。^{6),7)} 主車輪は、24 Ply-56×16タイヤ2ケの複車輪であって、タイヤ中心間隔は92cm、タイヤ空気圧は14.1 Kg/cm²(最大21.1 Kg/cm²)、タイヤ接地面積は1,720 cm²である。この複車輪には、通常50 ton(最大75 ton)の脚荷重を加えることができる。B-47に似せるために、この荷重車には、写真-6のように間隔8.2mの2組の複車輪が前と後についている。(実際のB-47の前後複車輪間隔は11m)

第3の荷重車は、写真-7、および8に示すように、軍用爆撃機B-52の主車輪に相当する車輪を有するものである。⁸⁾ この車輪は写真-8のように、2組の複車輪が横並びについている。1組の複車輪のタイヤ中心間



写真-5-1 米国防軍工兵隊の荷重車(1)

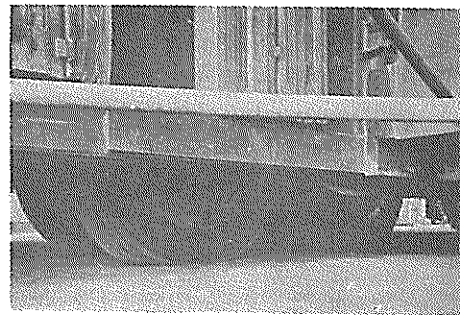


写真-5-2 荷重車(1)の主車輪



写真-6 米陸軍工兵隊の荷重車(2)



写真-7 米陸軍工兵隊の荷重車(3)

隔は94cm、2組の複車輪の中心間隔は252cmである。タイヤは、32 Ply 56×16であって、空気圧は18.7 Kg/cm²となっている。これらの主車輪には、脚荷重として最大97tonが作用するようになっている。

さて、舗装上を、航空機荷重と等しい重量の車輪荷重を走行させる方法には、上に述べた、トラクター牽引方式のほかに、ウインチによって牽引する方法も考えられる。この方式は、トラクター牽引方式に較べて、正確に同一場所を走行できることや、試験舗装の広さや形に無関係に走行させることができるなどの利点はあるが、ウインチの動力として電気を使用するにせよ、ディーゼルエンジンを使用するにせよ、動力の設備や牽引装置などが

その場所に固定化してしまうので、手軽に、いろいろな場所に荷重車を移動させて使用することが困難である。しかし実際には、研究所内のみならず、空港でもこれを使用することが十分に予想される。したがって、走行荷重装置としては、トラクター牽引方式を採用した方が、利用面が広いので、この方式に決定した。

また、先に述べた米国の各種荷重車は、単に走行試験にのみ使用されている。一方空港舗装に関しては、LCN試験(静的荷重の繰り返し載荷試験)が、舗装の強さの評価法として、各地で実施されている。しかしこの試験に要する荷重は、50tonから100tonにもおよぶので、荷重装置を準備するのが一苦勞である。したがって

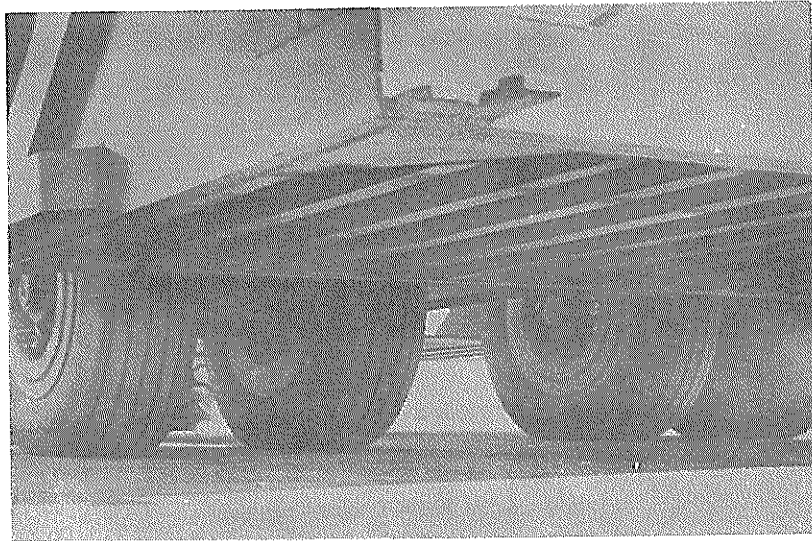


写真-8 荷重車(3)の主車輪

実際にLCN試験を行なうと、1点で、10万円から15万円程度の経費がかかる。もしも、走行荷重車を利用して、このLCN試験ができるのならば、走行試験とLCN試験の二つの試験を同じ車で行なうことができるわけで、利用面もさらに広がる。このような理由から、原型走行荷重車の開発方針としては、走行試験およびLCN試験の両者を行なうことのできるものを製作することにした。

このような条件のもとで開発製作した原型走行荷重車の全景を写真-9に示す。

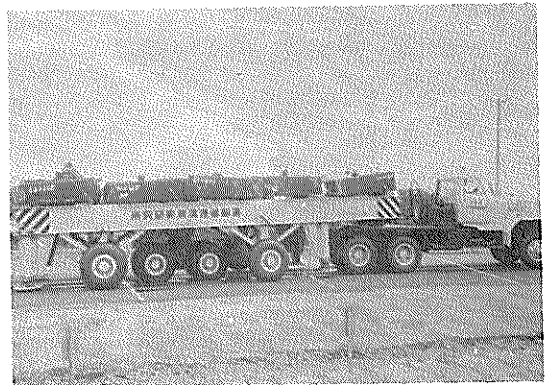


写真-9 原型走行荷重車全景

3・2 原型走行荷重車の各部名称と機能

(1) 各部名称

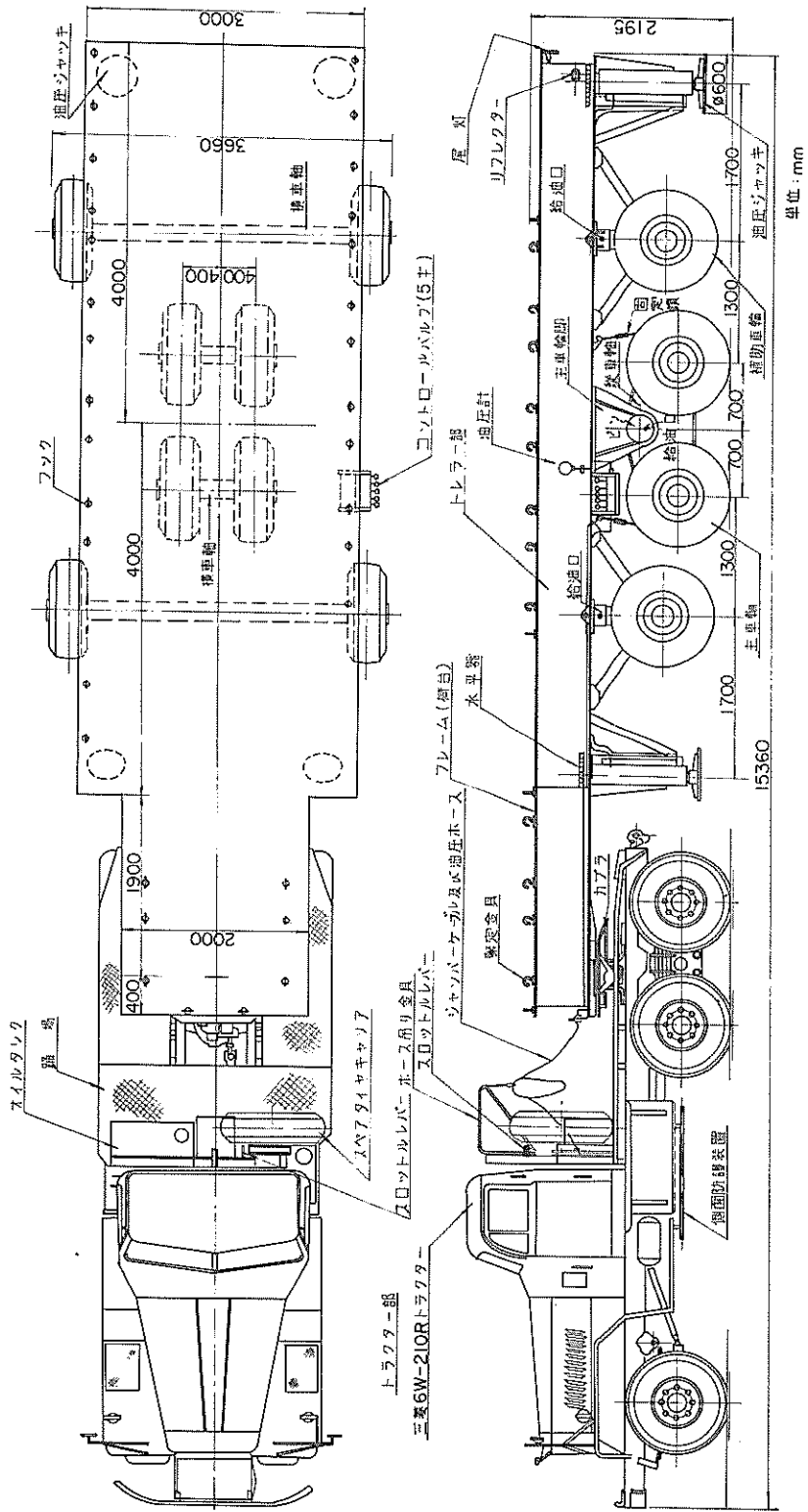
図-22には、原型走行荷重車の全体図と各部名称が示してある。

(2) トレラー部

表-1でも分かるように、大型ジェット機の脚荷重は、現在予想されるところでは最大75ton程度である。しかし過去の例から見ても、除々に脚荷重は増える傾向にある。また、LCN試験のさいには、最大100ton程度の荷重が必要となる。一方、トラクターの牽引能力から考えて、余り大きい荷重は好ましくない。このような理由から、原型走行荷重車の許容脚荷重を、最大100tonに決めた。この脚荷重が、図-22の主車輪4ケに平等に配分される。

主車輪としては、タイヤ中心間隔80cm、横車軸間隔

140cmの複々車輪を使用した。この配列は、DC-8シリーズの大型ジェット旅客機とほぼ等しい。タイヤには、DC-8用のタイヤすなわち、28Ply-44×16 (Type III TL) のチューブレスタイヤを使用している。これら4つの車輪の2本の横車軸は、1本の縦車軸(ウォーキングビーム)で結ばれているが、縦車軸に対して横車軸は、自由に左右に回転が可能となりつけてある。また縦車軸は、荷台のフレームに対して、ピンでとりつけられているから、前後に回転が可能である。したがって、主車輪は、前後左右に回転が可能であり、無理な力が、車軸に加わらないように、また、脚荷重が均等に各車輪に配分されるようになっている。



単位: mm

図-22 原型走行荷重車全体図

荷台に荷重をのせた場合、主車輪は、前後左右に回転が可能なおよび、タイヤの中心間隔が80cmという狭さのため、トレラー部が傾いて転倒する危険性が多分にある。このため、図-22のように、主車輪を囲むようにして、4ヶの転倒防止用補助車輪がついている。この車輪には、主車輪と同じタイヤとホイールを使用している。補助車輪は2ヶずつ、横車軸で結ばれており、横車軸は、35cmのストローク（空車時の補助車輪タイヤの下端の位置が、舗装面上10cmにあるものとして、これを標準位置と名づければ、これより上に5cm、下に30cmの昇降が可能。）で、荷台の側壁にとりつけられたスクリュージャッキを人力でまわすことにより、簡単に昇降が可能である。したがって、荷重をかけて走行する場合には、この4つの補助車輪を、地上すれすれまで下げて置くことにより走行中の転倒を防止することができる。

トレラー部の荷台の4隅には、油圧ジャッキが4本ついている。このジャッキは、LCN試験などのように、静的な載荷試験を行なうさいに使用する。すなわち、4つの油圧ジャッキによりトレラー部を持ち上げて、主車輪が、宙に浮いたならば、主車輪の縦車軸の真下に、手動の、試験用オイルジャッキや載荷板を挿入し、縦車軸をジャッキの反力受けにして静的な載荷試験を行なう。4隅の油圧ジャッキは、ゴムホースによって、トラクターのエンジンと直結している。すなわち、トラクターのエンジンの回転により油圧ジャッキは駆動する。具体的には、トレラー部荷台の側壁にとりつけられたコントロールバルブを操作することによって、4つの油圧ジャッキを簡単に昇降させることができる。（4つのジャッキの連動による昇降および各個別々の昇降が可能である。）油圧ジャッキのストロークは60cmであって、最も縮んだ場合は、その下端面が空車時において、舗装面から約40cm上の位置に、また、載荷時には舗装面から約30cm上の位置に来る。したがって、LCN試験時には、最大約30cmだけ、トレラー部を、持ち上げることができる。この状態で油圧ジャッキを1日以上放置しても、ほとんど下らない。油圧ジャッキの下端には、直径65cmの載荷板がついていて、荷重を舗装面に広く分散するようになっている。油圧ジャッキによる舗装面の変形が、主車輪下の試験ジャッキによる舗装面の変形に影響を与えないように、油圧ジャッキと主車輪中心との間隔は3.7mと広くとってある。LCN試験を実施中の状態を写真-10、および写真-11に示す。

以上述べたような性能を有するトレラー部の空車時全重量は23tonであって、この内、21tonが主車輪に、

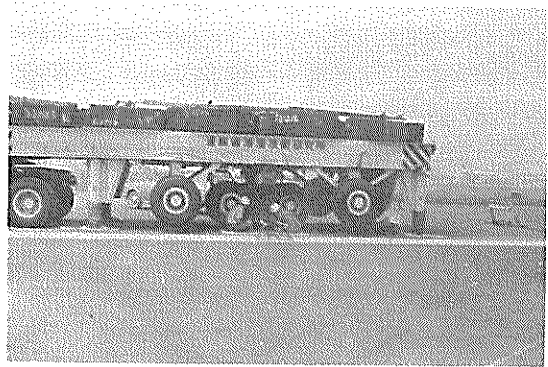


写真-10 原型走行荷重車によるLCN試験(1)

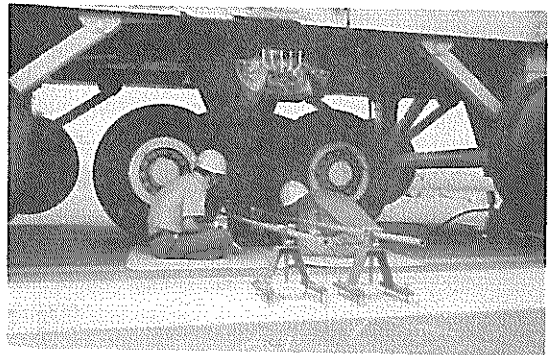


写真-11 原型走行荷重車によるLCN試験(2)

残りの2tonがトラクターとの連結部（カブラ）に加わる。したがって、100tonの脚荷重にするには、主車輪を中心として、荷台上に79tonの載荷を行えば良い。

(3) トラクター部

(2)で述べたトレラー部を牽引するトラクターには、三菱6W-210Rを使用した。トレラー部の主車輪に加わる最大荷重は100tonであるから、静止した状態のものを動かすには、車輪の静止摩擦係を0.1とすれば（通常使われている係数）約10tonの牽引力が必要となる。舗装の勾配なども考慮して、安全のために必要牽引力を15tonとすれば、この条件を満たす大型トラクターの牽引力は、わが国では、三菱6W-210Rの17.45tonおよび4W-220Rの28tonの二種類である。4W-220Rの値段は、6W-210Rの約2倍であるので、原型走行荷重車のトラクターとしては、6W-210Rを使用することに決定した。

このトラクターの車体寸法および走行性能曲線を図-23に示す。また、これの主要な仕様は、表-8のおお

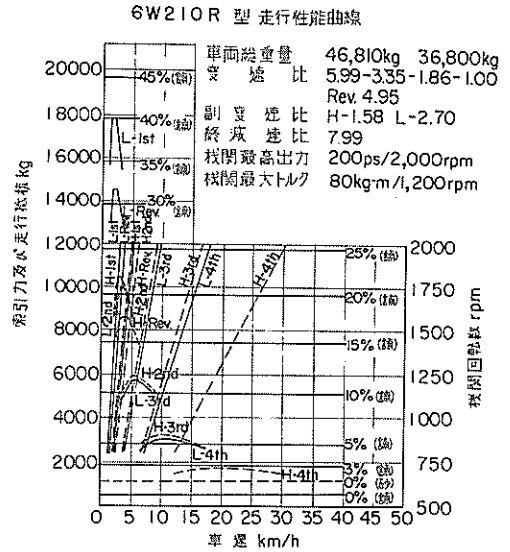
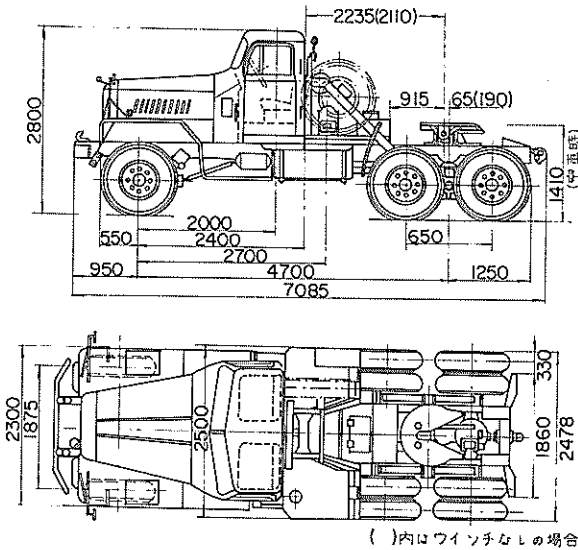


図-23 トラクター車体寸法および走行性能曲線

表-8 トラクター仕様

型式	三菱-6W-210R
キングピン上の許容鉛直荷重 (第5輪荷重)	14.5 ton
乗車定員	2名
車輛重量	9.9 ton
最大牽引力	17.45 ton
最高速度	30 Km/h
最小回転半径	11 m
エンジン	三菱DH 21W型ディーゼル, 200PS/2000rp·m
変速機	撰択摺動式, 前進4段, 後進1段
足ブレーキ	エヤーブレーキ
手ブレーキ	プロペラ軸緊縛式
タイヤ	11.00-20-14PR
バッテリー	12V-150AH 4ヶ
燃料	タンク容量260ℓ, 軽油用

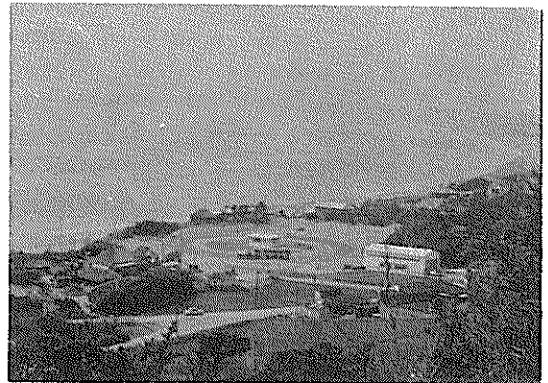


写真-12 走行中の原型走行荷重車

ターエンジン部と油圧ジャッキをつないでいる油圧ホースは、トラクターをトレーラー部から引き離すさいは、簡単に取り外すことができるようになっている。

試験舗装上を走行中の原型走行荷重車を写真-12に示す。

りである。

一般に、トラクターとトレーラーを連結する場所、すなわち、カブラーは、自由に回転可能な構造となっている。しかし原型走行荷重のトレーラー部が左右にローリングするのは危険であるから、カブラー部が前後にだけ回転し、左右には回転しないように改良を加えた。また、トラク

3.3 原型走行荷重車トレーラー部の安全度

トレーラー部の主要部材の安全度は、表-9に示すとおりである。部材の安全率としては、一般のトレーラーの安全率と同程度のものを使用している。

表-9 トレー部主要部材の安全度

	部 材 名	作用応力など	使用材の強さなど
主 車 輪	スピンドル根元(横車軸のホイール内側部)	曲げ応力度 1205 Kg/cm ²	SCM 3種, 引張強さ 9500 Kg/cm ² , 降伏点応力 800 Kg/cm ²
	トラニオン中央部(横車軸中央部)	曲げ応力度 645 Kg/cm ²	SCM 3種
	ウォーキングビーム中央部(縦車軸中央部)	曲げ応力度 445 Kg/cm ²	SS41, 引張強さ 4100 Kg/cm ²
	ウォーキングビーム先端部(縦車軸と横車軸接触部)	曲げ応力度 426 Kg/cm ²	SS41
	ベアリング寿命 タイヤ	— 通常の空気圧 14~20 Kg/cm ²	許容走行距離 2720 km 規定最小破壊圧 52 Kg/cm ² (計算値は 93.1 Kg/cm ²)
補 助 車 輪	スピンドル根元	曲げ応力度 1150 Kg/cm ²	SCM 3種
	外筒部(昇降装置)	圧縮応力度 231 Kg/cm ²	SS41
	内筒部(昇降装置)	圧縮応力度 386 Kg/cm ²	SS41
	フィードスクリュー(昇降装置)	圧縮応力度 565 Kg/cm ²	SS41
	タイヤ	通常の空気圧 14~15 Kg/cm ²	規定最小破壊圧 52 Kg/cm ² (計算値は 93.1 Kg/cm ²)
油 圧 ジャッキ	—	—	耐力荷重 50 ton/1本
荷 台 フレーム	—	一般トレーと同程度の 安全率を採用した。(許容応力 800 Kg/cm ²)	SS41

- 注(1) 主車輪には、100 tonの脚荷重が加わるものとした。
 (2) 補助車輪には25 tonの脚荷重が加わるものとした。
 (3) 曲げ応力度の計算では、切欠係数を1.32にとって、計算値を割増している。
 (4) 主車輪、補助車輪共安全率は、一般のトレーの安全率と同程度にしている。

3.4 荷 重

先にも述べたように、トレー部の主車輪脚に加わる自重は、21 tonである。したがって、大型航空機に匹敵する脚荷重を得るためには、トレー部の荷台上に、荷重を加えてやらなければならない。この荷重としては、

図-24に示すような、1ヶ
3.5 tonの鋼塊を使用している。7.7 tonの脚荷重を得るためには、16ヶの鋼塊を、主車輪を中心として、対称的に、一段に荷台上に並べてワイヤロープで固定する。(写真-9参照)この鋼塊の箇数を増減することによって、主車輪の脚荷重を任意の値に

することができる。

荷重の積卸しや設置は、トラッククレーンを使用して、運送業者に行なわせるが、16ヶの鋼塊を、トレーの荷台上の所定の位置に積んで固定するために要する作業時間は、約2時間である。

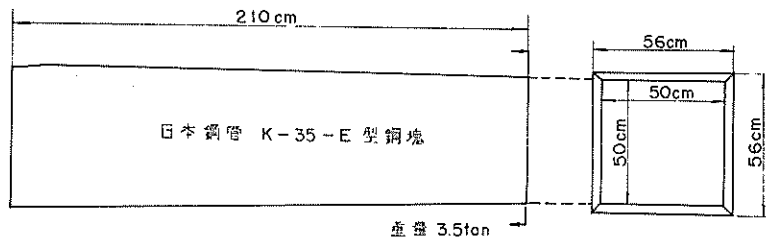


図-24 荷重鋼塊

3.5 原型走行荷重車の使用上の諸注意

- (1) トラクター性能概要
 - (a) 名称：三菱 6W-210 R
 - (b) カプラに加わる許容荷重(第5輪荷重)：14.5 ton
 - (c) 車輛重量：9.9 ton
 - (d) 車輛寸法：全幅 2.5 m, 全長 7.085 m, 全高 2.8 m
 - (e) 最大牽引力：17.45 ton
 - (f) 最高速度：30 Km/h
 - (g) 最小回転半径：11 m
 - (h) エンジン：200PS/2000 r.p.m
 - (i) タイヤ：11.00-20-14PR
 - (j) 燃料：タンク容量 260 l, 軽油使用
- (2) トレー性能概要

- (a) 空荷全重量：23 ton (トラクタ連結部に2 ton、主車輪脚に21 tonが加わる。)
- (b) 全幅：3.66 m (補助車輪外側幅)
- (c) 荷台幅：3.00 m
- (d) トラクター+トレラー全長：15.36 m
- (e) 主車輪脚許容荷重：100 ton (自重21 tonを含む)
- (f) 主車輪タイヤ型式：DC-8-55 用タイヤ、44×16-28PR
- (g) 主車輪タイヤ破壊圧：規格最小値 52 Kg/cm^2 、計算値 93.1 Kg/cm^2
- (h) 主輪タイヤ使用空気圧： 14 Kg/cm^2 前後
- (i) 補助車輪許容荷重：25 ton/1ヶ
- (j) 補助車輪タイヤ型式：主車輪と同じ
- (k) 補助車輪上下移動量：35 cm
- (l) 油圧ジャッキ耐力荷重：50 ton/1ヶ
- (m) 油圧ジャッキ上下移動量：60 cm
- (3) 原型走行荷重車の運搬
- (a) トレラーは空荷であることが必要である。
- (b) 油圧ジャッキは一番上まで引込めて置く。
- (c) 補助車輪は、転倒防止のため地面より上数cmまで下げておかなければならない。
- (d) 運搬時の速度は20 km/h以内とする。
- (e) 路面の凹凸により、油圧ジャッキが地面と接触して破損しないように注意する。接触する恐れのある場合は、まず油圧ジャッキによってトレラー全体を持ち上げ、補助車輪をできるだけ下まで降し、次に油圧ジャッキを一番上まで引込めてから補助車輪によって走行する。凹凸箇所を通過したならば、元通りに補助車輪を上げて、主車輪によって走行する。
- (f) 運搬前、運搬後には、必ず主車輪および補助車輪のタイヤ空気圧を点検する。空気圧は、 14 Kg/cm^2 程度でなければならない。
- (g) 主車輪および補助車輪のタイヤ空気入れバルブ(ムシ)は、ホイールの面よりも、少し外側に突き出ているため、ほかの物と接触し易い。したがって、接触によりバルブが破損し、タイヤをパンクさせないように注意しなければならない。
- (4) 荷台部への積荷
- (a) トラクターのカブラの上には、荷重として約7 tonの積荷を行なう。(ただし、トレラー部からの自重2 tonは含まない。)
- (b) 荷台上の積荷重は、主車輪の中心位置に対して、前後、左右対称でなければならない。
- (c) 積荷はできるだけ一段積みにして、ロープで緊結する。
- (d) 積荷時における補助車輪および油圧ジャッキの位置は、運搬時と同じ位置とする。((3) b), c) 参照)
- (e) 積荷後に、トレラー部の後ろから見て、両側の補助車輪が、両輪共、できるだけ地面につかないように積荷する。(対称積荷)
- (f) 積荷作業中に、車輪のタイヤのバルブを破損しないように注意する。((3) g) 参照)
- (5) 油圧ジャッキの操作
- (a) トラクターのエンジンをスロー回転させた状態で、トランスファ・レバーを“N”の位置におく。次に、トランスファPTOレバーを“ON”に入れ、さらに、トランスミッション・チェンジ・レバーを第3速に入れる。運転室後部外側の下にある、オイルポンプへの駆動軸がまわったならば、これはトラクターのエンジンとオイルポンプが連結したことを示す。各レバーを動かす場合は、必ずクラッチを切るようにする。
- (b) 油圧ジャッキの昇降を早くしたい場合には、運転室後部外側の上にあるスロットルレバー(物干バサミ状)を右側に少しづつ移動させれば、それにつれて、オイルポンプの回転は次第に早くなる。
- (c) 油圧計の指針が 135 Kg/cm^2 を指していることを確認してから、油圧ジャッキ昇降用のレバーを操作しなければならない。
- (d) 昇降用レバーは、必ず1本づつ操作する。
- (e) 油圧計の指針が 135 Kg/cm^2 (赤色のマーク)以上を指しているような場合には、直ちにトラクターのエンジンを停止させる。
- (f) 油圧ジャッキを舗装の上に降す場合には、その下に、1 m四方程度の板を敷く。
- (g) 定期的に、油圧作動油の油量と汚れを点検し、油量不足の場合には補充し、汚れがひどくなっている場合には、作動油の交換を行なう。作動油としては次の油の内1種類のみを使用し、2種類以上の油が油圧系統内に入らないように注意する。(補充用油は、先に入っている油と同じものを使用する。)
- 丸善石油：スワループRO-300またはこれの相当品として
- シェル石油：シェルテラスオイル No. 33

昭和石油：フジルプ J-H 1060

(6) 原型走行荷重車の載荷走行

- (a) 走行前には、油圧ジャッキで支えている状態でタイヤ空気圧を点検し、所定のタイヤ圧かどうかを調べる必要がある。(14 Kg/cm²程度以上)
- (b) 載荷走行時の直線部走行速度は、15 Km/h 以下とする。
- (c) 載荷走行時の曲線部走行速度は、5 Km/h 以下とする。
- (d) 走行時には、油圧ジャッキが一番上まで引込め、補助車輪は、地面上数cmのところまで降しておかなければならない。
- (e) タイヤのバルブの破損に注意する。(3)g 参照)
- (f) 載荷したまま走行荷重車を静置しておく場合は、油圧ジャッキ4本と主車輪4ケとで全荷重を分担して支えるように、油圧ジャッキを降す。油圧ジャッキの下には、1 m 四方程度の板を敷く。主車輪には必ず歯止めをかませる。また、トラクターには、空気ブレーキおよびハンドブレーキをかける。

(7) LCN 試験(静的載荷試験)

- (a) LCN 試験のさいには、試験用オイルジャッキが主車輪軸(縦軸)の下に入り得る程度まで、油圧ジャッキによってトレラー部全体を持ち上げる。載荷試験中の安全を確保するために、補助車輪は地表面まで降して置く。他の地点に移動する場合には、補助車輪を走行時の位置まで戻す。
- (b) LCN 試験時には、トラクターに空気ブレーキおよびハンドブレーキをかけておく。そしてトラクターのエンジンが停止した後でなければ、測定員は、トレラーの車体の下に潜ってはならない。

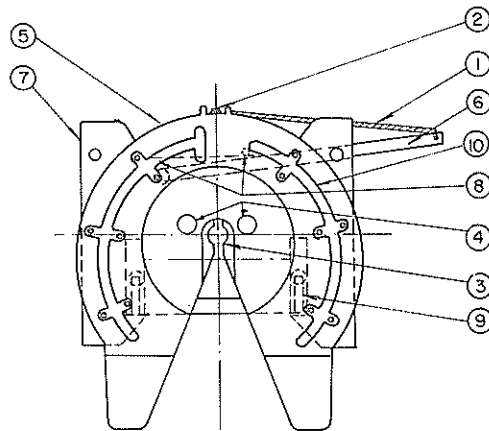
(8) トラクター部とトレラー部の連結および

切り離し

- (a) トラクター部とトレラー部の連結および切り離しは、空荷の状態で行なう。

(b) 連結

- i) 図-25のロックワイヤを引き、レバーを前方にとまるまで動かせば、ロックが抜けて、ジョーはフリーになる。
- ii) トレラーの車輪に歯止めをかけ、トレラー前面に向かってトラクターを後退させ、トレラー前部下面についているキングピンを、カブラベースの上面とV型開口の案内で、ジョーの中に入り込ませる。
- iii) このさい、トレラーの置場所とトラクターの進路は整地をえらび、トレラー前部下面がトラクター後端のフレーム面より高く、かつ、カブラ上面より低いように置かれていることが必要で、トラクターの接近にさいし、このことを監視しながら連結させる。
- iv) トラクターは、トレラーと激突させてはならない。結合後、慣性による動きをできるだけ少なくするため、後退速度を結合直前に特に遅くし、また結合のショックを感じたならば、すぐにブレーキをふむ。トレラーのキングピンがジョー



番号	名称
1	ロックワイヤ
2	ロックプレート
3	ジョー
4	ジョーピン
5	カブラベース
6	レバー
7	サブベース
8	グリースニップル
9	アジャスタインダウエッチ
10	油

図-25 カブラ平面図

にあたると、ジョーは閉じてレバーが戻り、ロックプレートが垂直になるので、この状態になるまでトラクターを後退させることが必要である。

V) 確実にロックしない場合には、ロックプレートが垂直に下らないから、その時は、再度トラクターを少し前進させ、すぐにまた後退させて、カブラとキングピンが軽く衝突する程度に入り込ませる。

VI) 次にトラクターを僅かに前進させて結合を確認する。

VII) 最後に、トレラーとトラクターの間の油圧ホースと電気ケーブルの接続を行なう。

(c) 切り離し

i) 連結する場合のことを考えて、適当な位置に車を止める。

ii) 油圧ホースと電気ケーブルをトレラーから切り離し、トレラーの主車輪に歯止めをする。

iii) ロックワイヤを引き、レバーを前方に押し、ロックが引掛って戻らなくなる位置でとめる。

iv) トレラーの主車輪に歯止めがしてあることを確認の上、トラクターを前進させれば、キングピンはジョーから抜けて、トレラーとトラクターは離れる。

(9) 維持補修その他

(a) 原型走行荷重車を発進させるさいには、トレラー部の車体の下や周囲に、人間がいないことを確認する。

(b) 人間がトレラー部の車体の下に潜る場合には、トラクターには空気ブレーキおよびハンドブレーキをかけ、エンジンを停止させる。

(c) 主車輪および補助車輪には、定期的に、給油口からシャシグリースを給油する。グリースは、二硫化モリブデン系のもので、“モリコートBR-2”グリースを使用するのが好ましい。

(d) トラクターの運転は、大型トレラーによる貨物運搬や、大型トレラーの陸送などを専門とする業者に委託する。

(e) トレラー部の車輪タイヤの空気圧が所定の値よりも下った場合には、備え付けの圧縮空気ポンプ（空気圧最大150Kg/cm²、空気量8m³）を使用して、空気を圧入する。

(f) パンクなどによりトレラーのタイヤが破損した場合は、タイヤ交換の専門業者に依頼して、車

輪およびタイヤの交換を行なう。（車輪の重量は1ヶ約400Kgである。）車輪の取外しや取り付けを行なう際は、油圧ジャッキにより、トレラー部車体を持ち上げて、車輪を浮かせた状態で作業を行なう。1ヶの車輪の取り外しには作業員3名で約1時間半、取り付けには約2時間を要する。

4. おわりに

昭和41年6月に滑走路研究室が発足して現在まで約3年、ようやく、研究施設が完成し、44年度から、本格的な研究に着手している。研究室員は、室長以下4名で、極めて少ないにせよ、このような態勢を整え得たことは、ひとえに、関係各方面からの絶大なる御援助の賜物と深く感謝すると共に、今後共、空港土木技術発展策の一環として、私共の研究に対し御協力と御鞭撻を御願ひ申し上げる次第である。

(1969,12,26受付)

参考文献

- 1) 植下協, G・Gマイヤホフ:「岩盤上土層表面における弾性変位について」土木学会論文集 143, 42年7月, pp9~15
- 2) 倉田進, 須田熙:「米国およびカナダにおける空港土木の現況」港湾技術研究所, 1967年1月, 52pp, 附図附表(別刷)144pp.
- 3) 須田熙:「空港瀝青舗装の舗装厚設計法に関する調査研究」港湾技術資料 52, 43年6月, 103pp.
- 4) 須田熙:「空港瀝青舗装の材料および施工に関する調査研究」港湾技術資料 53, 43年6月, 105pp.
- 5) Corps of Engineers, U.S. Army:「Pavement Mix Design Study for Very Heavy Gear Loads」Technical Report 3-594, Feb., 1962.
- 6) Corps of Engineers, U.S. Army:「Total Thickness and Compaction Requirements for Flexible Pavements to be subjected to Channelized Traffic」Technical Report 3-610, Nov., 1962.
- 7) Corps of Engineers, U.S. Army:「Demonstration Test of Performance of Heavy Load Airfield Pavement」Technical Report 3-459, June, 1957.
- 8) Corps of Engineers, U.S. Army:「Proof Test Section Columbus Air Force Base」Technical Report 3-490, Dec., 1958.

港湾技研資料 No.97

1970・3

編集兼発行人 運輸省港湾技術研究所

発行所 運輸省港湾技術研究所
横須賀市長瀬3丁目1番1号

印刷所 日本青写真株式会社
東京都内神田2-5-6

Published by the Port and Harbour Research Institute
Nagase, Yokosuka, Japan.