

## ロケット構造試験装置

小野田淳次郎・富澤利夫・中田 篤・橋元保雄  
今澤茂夫・市田和夫・森 大吉郎

(1986年8月15日受理)

## The Rocket Structural Testing Facility

By

Junjiro ONODA, Toshio TOMIZAWA, Atsushi NAKADA, Yasuo HASHIMOTO  
Shigeo IMASAWA, Kazuo ICHIDA and Daikichiro MORI

**Abstract:** This report presents the outline of the rocket structural testing facility constructed in Sagamihara campus of ISAS in 1984. The facility is composed of a) a 12 m long, 8 m tall, 6 m wide testing stand, b) a 2-channel 70 MPa hydropressure loading device with a control unit, c) a 600-channel strain/displacement measuring system, and d) a data acquisition, processing and display system. Although the planning of the facility was motivated by the structural testings required in the process of development of Mu-3SII launch vehicle, it was designed so as to carry out the various structural testing of various kinds of structures as flexibly and efficiently as possible.

### はじめに

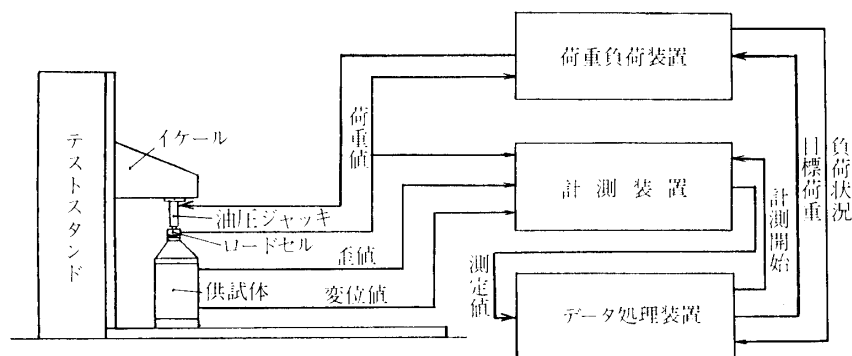
宇宙科学研究所の衛星打上げ用ロケット M-3S II型ロケットは、従来の M 型ロケットに比べて大型化したので、その開発の為に構造試験を実施するためには既設の試験設備では容量的に不十分となり、新たに構造試験設備を設置することが必要となった。本装置の設置はこのように M-3S II型ロケットが契機となったが、その計画の立案に当っては一般の構造試験および将来の各種試験にできるだけ柔軟に幅広く対応できること、また最新の計測、油圧機器、制御技術等を取り入れて省力化を計りつつ高度な試験実施が可能となるように考慮した。本報告は上記ロケット構造試験装置の概要と計画立案に当っての考え方を

報告するものである。

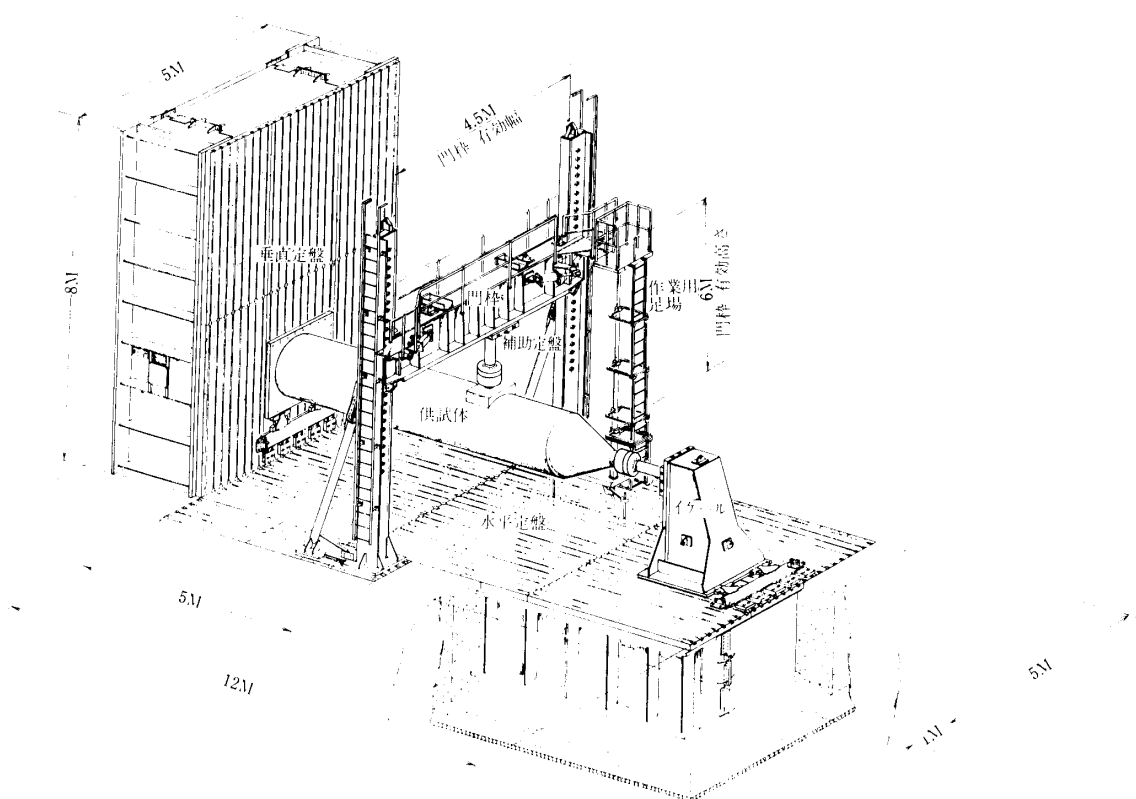
### 1. 本装置の構成

本装置はテストスタンド、荷重負荷装置、計測装置、データ処理装置等より構成されている。これらは互に連携して機能する事ができ又単独でも機能する。その全体構成を第1図に示す。

テストスタンドはL型定盤とこれを補う門枠、イケールおよび大、小の補助定盤で構成される。



第1図 装置の構成



第2図 垂直・水平定盤の寸法容量

荷重負荷装置は発生させた油圧力で油圧ジャッキを動かし荷重を負荷する。装置は 7 種類の油圧ジャッキ，ポンプ・バルブユニットおよび荷重制御操作盤から成り，データ処理装置の命令で荷重を負荷する。

計測装置は UCAM-88X (多点歪測定器) を中心に構成され，データ処理装置の命令で計測・処理を行い，結果はデータ処理装置へ転送される。

データ処理装置は FACOM-S-3300 (スーパーミニコン) を中心に固定ディスク，磁気テープ，ラインプリンタ，グラフィックディスプレイや X-Y プロッタを備えている。データ処理装置は荷重負荷装置，計測装置を制御し，負荷制御，計測・データ収録，解析，計測結果出力等の機能を備えている。

## 2. テストスタンド

### 2.1.1 L 型形状の採用

構造試験の実施に当っては，供試体を囲んでできるだけ多くの反力壁が使用できることが，供試体，負荷装置，計測装置等の配置や取り付けに便利であり，特に複合荷重の負荷の場合に威力を発揮する。反面数多くの反力壁は供試体の寸法形状に大きな制約を与えることになる。そこで本試験装置ではテストスタンドを第 2 図に示す様に L 型として直交する 2 壁面を作り，これに後述するイケールおよび門枠を必要に応じて配置することとした。これはテストスタンドの間口を広くとり，各種形状の供試体と各種荷重による試験に柔軟に対応しようとしたものである。

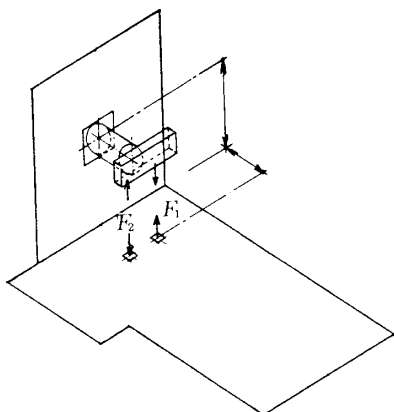
L 型定盤の寸法は，垂直部の高さ 8 m，水平部の長さ 12 m，幅は垂直，水平部共に 5 m である。但し，水平定盤の幅は垂直定盤との交線から 5 m 迄は 1 m 広く，6 m 幅とした。

### 2.1.2 性能

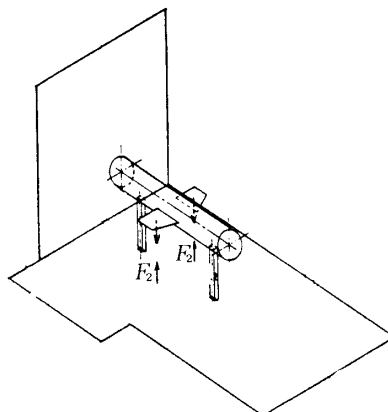
テストスタンドの性能諸元を第 1 表に示す。又使い方についての主だった具体例を第 3 図に示す。同図に示した使用方法以外にも多くの使い方が考えられ，またその変化の仕方

第 1 表 テストスタンドの性能諸元

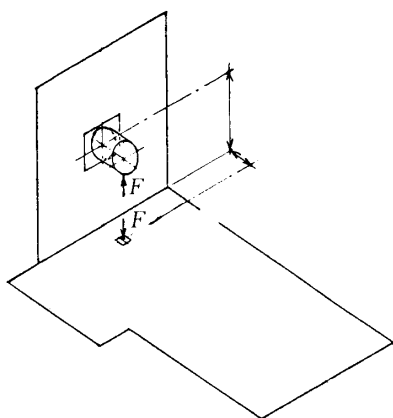
負荷容量		
曲げ：T 溝に直交し，定盤に平行な軸回り		200 ton・m
T 溝に平行な軸回り		100 ton・m
定盤面の引張り		380 ton/m <sup>2</sup>
定盤面の圧縮		625 ton/m <sup>2</sup>
精度		
定盤平面度	全面	3 mm
	1 m 当たり	0.5 mm
水平定盤の水平度	全面につき	5 mm
垂直定盤の垂直度	全面につき	4 mm
定盤表面粗さ		25 S



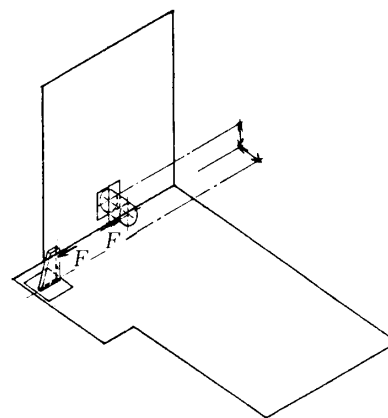
3-5 捩り試験



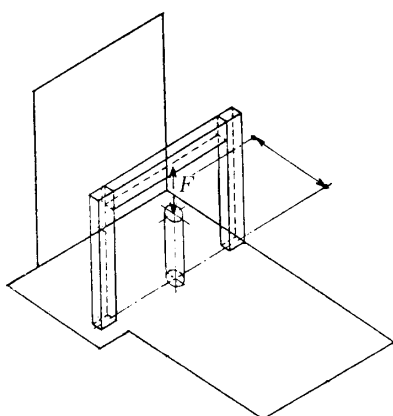
3-6 翼を含めた強度剛性試験



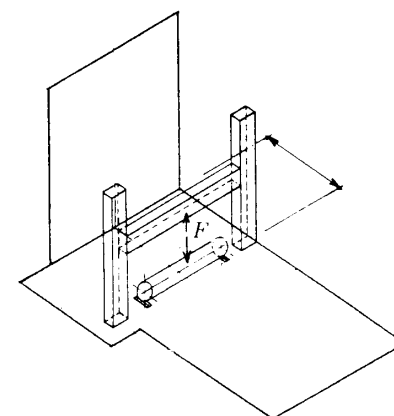
3-1 片持曲げ試験



3-2 イケールを用いた片持曲げ試験



3-3 門棒を用いた圧縮・引張り試験



3-4 門棒を用いた曲げ試験

第3図 テストスタンドの使用例

第2表 門枠の諸元

形状寸法	有効高さ	6 m	( 1.5～6 m 範囲で 200 mm ピッチで調節可能
	有効幅	4.5 m	
負荷容量	(中央から 1 m 以内の領域)		
	上向き	200 ton	
	下向き	100 ton	
重量	門枠梁	5 ton	
	門枠柱	3.5 ton	

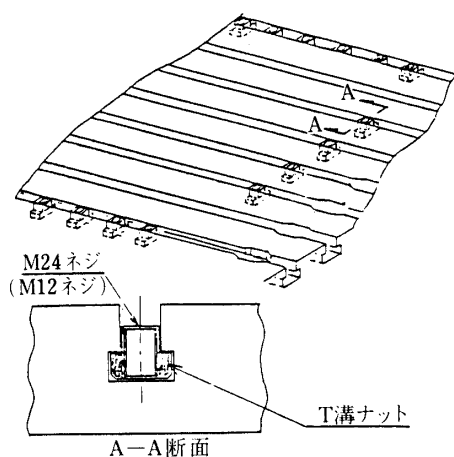
にも垂直定盤と水平定盤を互いに入れ替えて試験ができる場合も考えられる。この時は試験目的または条件により、①試験の精度、②セッティングの容易、等でどちらか一方が選ばれる。

### 2.1.3 T溝の採用（固定方式）

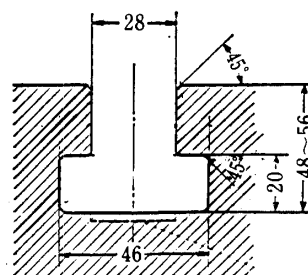
水平・垂直定盤に供試体や油圧ジャッキ等を固定するために T 溝および T 溝ナット、T 溝ボルトを用いる方法を採用し、これにより上記取付位置を連続無段階に調整できるように考慮した。T 溝は第 4、5 図に示す様に呼び寸法 28 (JIS B 1166-1974) とし、また T 溝間隔は駒場キャンパスのロケット構造静荷重負荷装置[1]等現有の他設備と同一の 200 mm として治具類に互換性を持たせた。

更に付属するイケールや門枠等にも L 型定盤と同じ規格の T 溝を設けている。

使用ボルトは M 24 と M 12 の 2 種で、M 24 の T 溝ボルトは 1 本当り 15 ton の引張力



第4図 T溝およびT溝ナット

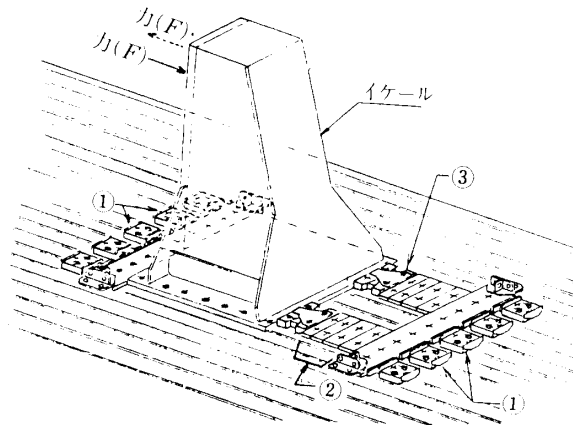


第5図 T溝の概要寸法

に耐える。

### 2.1.4 「滑り止め」の採用

T 溝を使用して固定された油圧ジャッキや供試体等に T 溝に平行な力が加わった時、そ



第6図 「滑り止め」の使用例

の力が摩擦力を越えた場合、油圧ジャッキや供試体に滑りを生じる。摩擦力のみに頼らず確実に固定する為に「滑り止め」治具を採用した。この治具は溝定盤をその基礎にある強度フレームに取付けるためのボルト孔を利用するものである。

「滑り止め」は第6図に示す様に次の三つから成り立つ。

- ① 上記のボルト孔にピンを挿入して固定するブロック。
- ② 厚いものから薄いもの迄数種類に亘るスペーサー。このスペーサーで定盤ボルト孔に固定されたブロックと油圧ジャッキならびに供試体等との間隙を埋める。
- ③ テーパー部を有してこれを出し入れし、間隙を連続的に微調整してスペーサーを補う役目をするブロック。

## 2.2 テストスタンドの補助品と性能

### 2.2.1 門枠

門枠柱を水平定盤にそのT溝を用いて固定し、次にこの柱に梁をピンで所要の高さに締結して組立てる。門枠梁取付ピンは圧縮空気により挿入される。さらに第7図に示すように梁の上方に遊隙調整ピンを挿入した後、調整ピンと梁の間の楔状遊隙調整ブロックを調整ボルトで締め上げて上部プレートを押し上げることで遊隙（ガタ）をなくす仕組みとなっている。

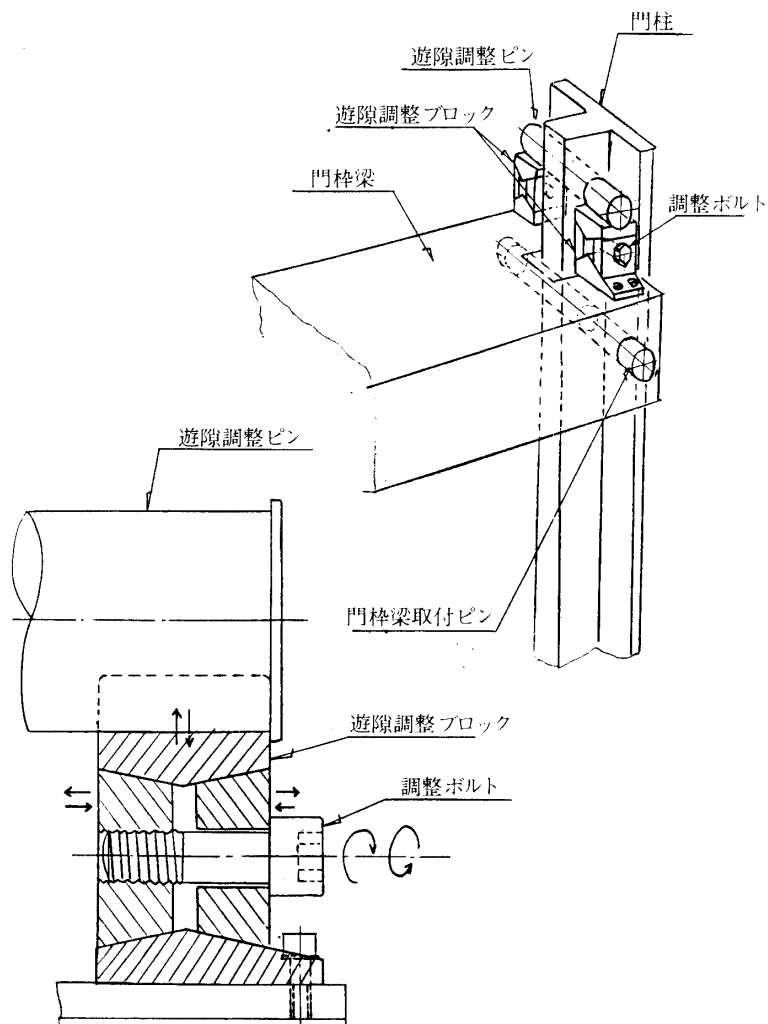
梁の下面は定盤と同規格のT溝3本を長手方向に有し、供試体や油圧ジャッキを固定する。門枠の諸元を第2表に示す。

### 2.2.2 イケール

イケールはテストスタンド本体の定盤面にイケールのT溝面を垂直に固定し、これに油圧ジャッキまたは供試体等を取付ける。イケールには主定盤のものと同規格のT溝を長手方向に3本設けている。イケールの諸元を第3表に示す。

### 2.2.3 補助定盤

補助定盤はT溝定盤面を持つ平板状の構造物である。これを必要に応じて主定盤面やイケール、門枠梁および他の補助定盤面にT溝を直交させて取り付け、ジャッキ等をこの補助定盤に取り付ける。これによりT溝に直交する方向にも連続的にジャッキ等の取り付け



第 7 図 門枠遊隙調整ピンの操作要領

第 3 表 イケールの諸元

寸法	高さ	2.5 m
	有効幅	0.6 m
負荷容量	定盤面の引張	380 ton/m <sup>2</sup>
	定盤面の圧縮	625 ton/m <sup>2</sup>
	曲げ	200 ton・m
重量		4.5 ton

位置調整ができるよう考慮したものである。T 溝が 3 本のものと 2 本のものと大小 2 種類を備える。各々の諸元を第 4 表に示す。

第4表 補助定盤の諸元

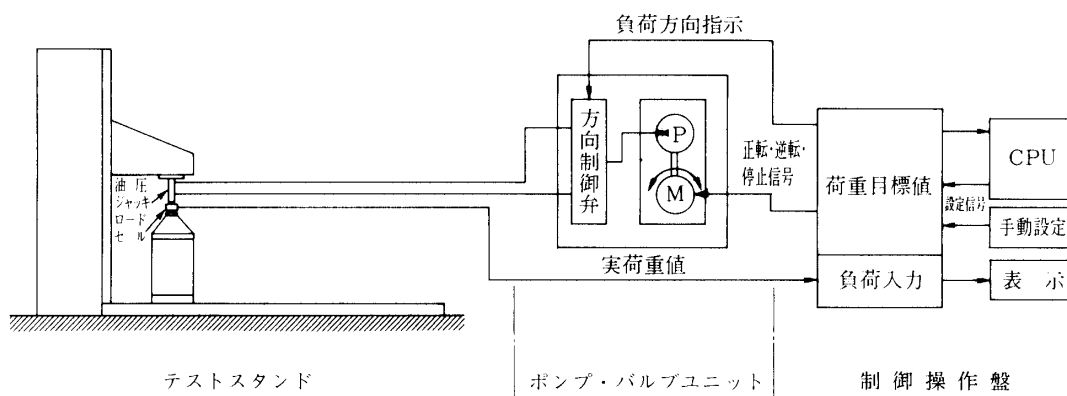
		大	小
寸法	幅	0.7 m	0.5 m
	長さ	0.7 m	0.5 m
負荷容量	引張り	380 ton/m <sup>2</sup>	157 ton/m <sup>2</sup>
	圧縮	625 ton/m <sup>2</sup>	313 ton/m <sup>2</sup>

### 3. 荷重負荷装置

#### 3.1 装置の構成

本装置は油圧ポンプにより圧力油を油圧ジャッキに送り込み荷重を発生する。装置の構成は第8図に示すように①数種類の油圧ジャッキ、②油圧を発生させ、加圧方向を切替えるポンプ・バルブユニット、③荷重が目標値になる様にポンプの回転とバルブを制御する制御操作盤から成り立つ。

荷重の検出は油圧ジャッキ先端に取り付けた歪ゲージ式ロードセルで行う。第5表に油圧ジャッキの種類と本数、ならびに対応するロードセルの容量と保有台数を示す。



第8図 荷重負荷装置構成図

#### 3.2 本装置の特徴

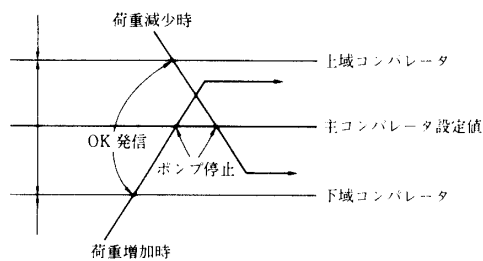
本装置の特徴は次の3つに要約できる。

- ① 700 kg/cm<sup>2</sup>の高圧の油圧系を採用して、油圧ジャッキの小型化を計り、作業性の向上に努めた。
- ② 発生させる荷重を外部機器（データ処理装置のCPUからの指令）により与えられる目標値に常に一致させる制御装置を内蔵する。この制御機構により到達荷重の精度を高度に維持する事が出来る。
- ③ 2系統の油圧系を持ち、これらを単独にもまた2系統を連携させて作動する事も出来る。

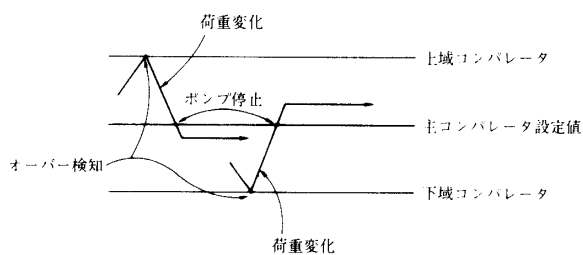


第5表 油圧ジャッキとロードセルの組合せ

油圧ジャッキ 押力(ton)×引力(ton)×ストローク(mm)×台数							ロードセル(ton)×台数		
200	×	97	×	500	×	1	200	×	2
200	×	97	×	300	×	1	100	×	1
50	×	25	×	500	×	1	50	×	2
50	×	25	×	300	×	1			
20	×	10	×	300	×	2	20	×	2
10	×	5	×	260	×	2	10	×	2
4	×	1.8	×	250	×	2	5	×	2
							2	×	2
							1	×	2



a. [荷重変動時]



b. [荷重保持時]

第9図 荷重制御

特徴について以下に詳述する。本装置では  $700 \text{ kg/cm}^2$  級の高圧油系の採用により油圧ジャッキの小形化による操作性の向上を可能としたが、反面  $700 \text{ kg/cm}^2$  級のサーボバルブの入手が困難であった。この為本装置では油圧ポンプの正・逆転を ON-OFF 制御することにより荷重制御を行う。

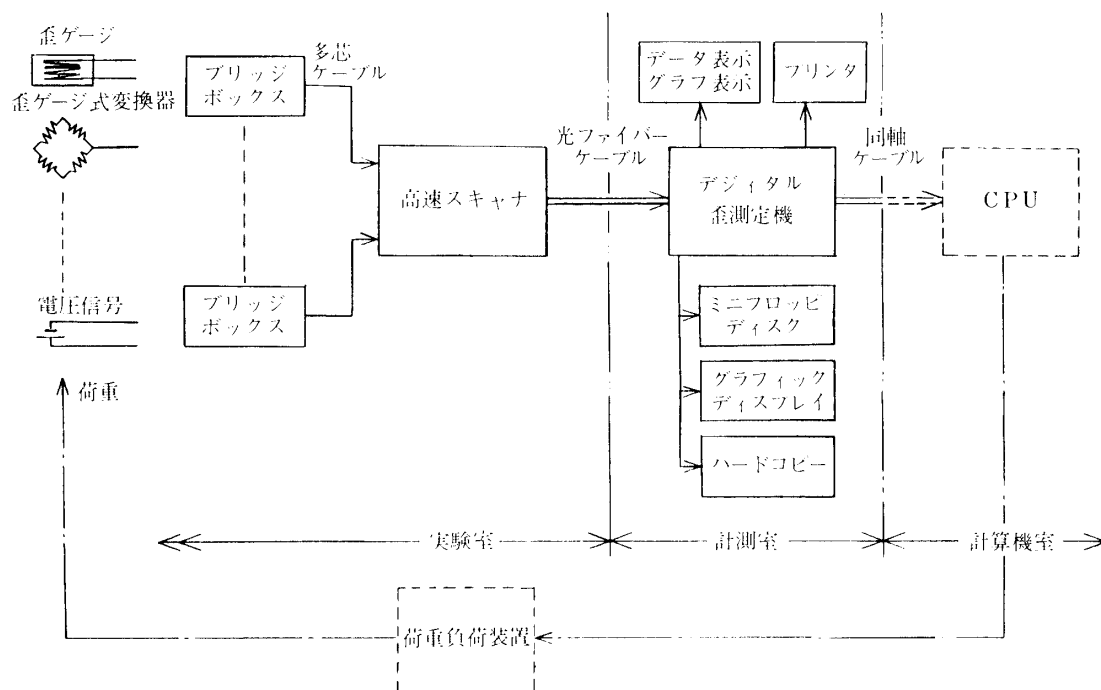
この荷重制御は目標荷重値よりわずかに上下の値に設定される上域および下域コンパレータの出力信号に基づき行なわれる。すなわち、第9図(a)に示す様に、実荷重が主コンパレータの目標設定値になれば油圧ポンプを停止する。第9図(b)に示す様に、ポンプ停止時に実荷重が降下又は上昇し、下域または上域コンパレータがこれを検知すれば実荷重値が目標に近づく方向にポンプを始動する。これにより実荷重を上域および下域コンパレータではさまれる範囲すなわち、許容誤差内で目標値に維持するものである。

本装置は2系統の油圧系を有するので、データ処理装置からの目標信号値変化を適宜プログラムすることにより、例えば2系統の力を常時比例させるなど、各種の負荷方法が可能となってくる。

#### 4. 計測装置

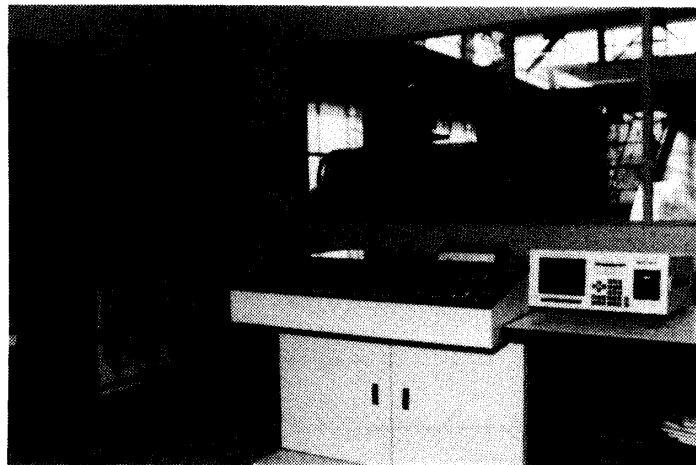
本装置は多数の歪ゲージ、歪ゲージ式変換器又はその他の各種電圧出力型センサーからの出力を順次切換えて計測し、計測データをデータ処理装置に転送するものである。第10図にブロック線図で構成を示し、内容について列記する。

- ① 供試体の近接位置にブリッジボックスを配置し、これに歪ゲージ、ロードセル、変位計等を接続する。ブリッジボックス1台に10チャンネルをつなぎ込むことができる。



第10図 計測装置構成ブロック線図

- ② ブリッジボックスとスキャナは多芯ケーブルで接続され、1 ラックのスキャナに 20 台のブリッジボックスを結合できる。現段階ではスキャナ 3 ラックを有し 600 点迄の計測が可能である。
- ③ 装置本体の UCAM-88 X（共和電業製）は荷重制御装置と並び、計測室に設置される。写真で第 11 図に示す。スキャナ～UCAM-88 X 間のデータ転送ならびに制御は光ファイバーケーブルを用いており、耐ノイズ対策に効果的である。また光ファイバーケーブル 1 本で測定点数 200 点を転送する。
- ④ 本装置は高速度の処理能力を有し、計測ならびにその処理時間は〔1000 点/2 秒〕以内である。
- ⑤ ミニフロッピーディスク装置を有し、計測データおよび演算データを収録保存することが出来る。
- ⑥ 表示データ、表示グラフは必要に応じてハードコピーすることができる。
- ⑤、⑥項の機能はデータ処理装置側も持っているが、計測装置を単独で使用する場合、計測装置側にも有することは効果的である。本装置の仕様諸元を第 6 表に示す。



第 11 図 計測室内、左よりスキャナ、負荷制御操作卓、デジタル歪測定器（UCAM-88 X）を示す

第 6 表 計測装置仕様諸元

測 定 点 数	600 点（1000 点迄増設可能）
測 定 範 囲	0 ～ ±8,000 × 10 <sup>-6</sup> ひずみ
測 定 精 度	フルスケールの ±0.15 % 以下
表 示 機 能	測定データの表示・印字 演算データの表示・印字 各種グラフ化

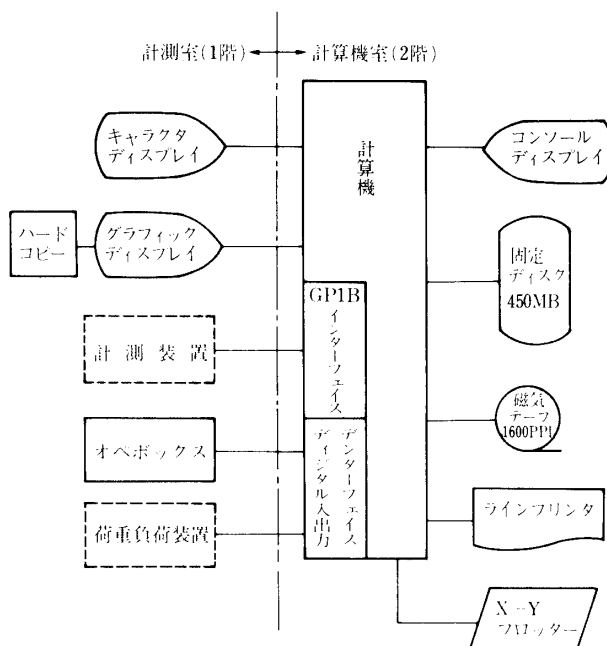
## 5. データ処理装置

### 5.1 装置の機能および構成

本装置は種々の構造物静荷重試験の自動化、試験状況の実時間把握および試験後のデータ処理の迅速化を目的としたもので、次の様な機能を備える。

- ① 荷重負荷装置に対する目標荷重の指示。2系統の目標荷重を指示し、あらかじめ指定したプログラムに従い2系統間の荷重比を一定に保ちつつ荷重を増減できる。荷重増減速度は原則として設定値に従うが、供試体の状況等により荷重負荷装置の能力がこれにおよばない場合には、負荷装置からの信号に従い自動的に減速される。
- ② 計測装置に対する計測チャンネルならびに計測モードの指示および計測の起動指示。
- ③ 試験中あらかじめ指示したチャンネルのほか、歪量が最大であるチャンネル、変位量が最大であるチャンネル、前荷重ステップ時に測定した歪または変位との差異が最大であるチャンネル等を上位から指示したチャンネル数だけ自動選択し、これらの計測データをリアルタイムで図形表示する機能。これにより試験実施中に供試体の状態が的確に把握できる。またこの処理に含めるチャンネルと除外するチャンネルの指定が柔軟にできるよう工夫されている。
- ④ 試験状況によって、試験中であっても操作員が割込みをかけ、試験条件および試験の流れを変更できる機能。
- ⑤ 試験後の敏速なデータ処理およびプログラム開発が簡単なこと。

本装置の機器構成をブロック線図で第12図に示す。本装置の中枢部にあたる計算機は32ビット系スーパーミニコンピュータ S-3300(富士通製)を使用し、主メモリ容量は5MB



第12図 データ処理装置構成ブロック線図

で、補助記録装置として容量 450 MB の固定ディスクおよび磁気テープ装置を備えている。そのほかにデジタル出力としてラインプリンタ、図形表示および出力としてグラフィックディスプレイ、X-Y プロッタを備えている。計測装置および GPIB インターフェイスで接続される。また荷重負荷装置およびオペボックス（試験中にオペレーターが試験状況によって、試験の流れを変更するときに、計算機に割込みをかけるスイッチボックス）とはデジタル入出力インターフェイスで接続されている。

## 5.2 処理概要

上述の機能を有するためのソフトウェアは下記の如く、試験条件設定、データ計測・表示、データ保存に大別される。

### 5.2.1 試験条件の設定処理

試験実施に先立つ下記の処理を行う。

#### 1) 計測項目設定処理

計測装置の入力チャンネルに対応して、計測項目名、係数（物理量に変換するときの係数）、単位（歪( $\mu$ )、変位(mm)、荷重(ton)) の設定をする。ただし最大 600 チャンネルである（増設により 1,000 チャンネル迄可能）。

#### 2) 試験方法

会話形式に以下の項目を設定する。

- ① 試験名
- ② データ計測チャンネル範囲
- ③ 負荷制御方法。負荷制御の有無、制御目標荷重、荷重増減速度、A、B 2 系の荷重比および計測開始の自動/手動の設定をする。
- ④ 結果出力方法。図形表示の有無および図形の種類（荷重に対する最大歪・変位、歪・変位変化量最大の図等）を設定する。
- ⑤ 計測チャンネル定数ファイルメンバー名。計測項目設定処理で設定されたファイル名を設定する。

### 5.2.2 データ計測・表示処理

試験条件設定処理により作成された計測条件ファイルを読み込み、以下の各処理を行うプログラム群により構成される。

#### 1) 負荷制御処理

試験条件に従って目標荷重値を負荷装置に設定する。

#### 2) データ計測・解析処理

計測装置に計測の起動を指示し、同装置からのデータを読み込むとともにこれらのデータを物理量（歪、変位、荷重）等に変換する。計測モードとしては次の 5 種類がある。

- ① 通常計測。試験前に設定された条件に従って行う計測である。
- ② 強制計測。試験状況により必要に応じ試験中操作員が強制的に行う計測である。
- ③ 緊急停止計測。緊急停止時、負荷装置から緊急停止信号を受けると起動される計測である。計測後は計測値を図形表示し、再起動待機状態となる。
- ④ リピート計測。試験中、供試体が破壊する徴候が見られた時等に、その進行状況を

集中的に記録するために、ほかの処理に優先して連続的に繰り返す計測である。

- ⑤ 1点計測。試験中、通常計測とは別に異常が認められるなど特に注目したい1チャンネルを指定して連続的に行う計測である。計測値は実時間で表示される。

3) 結果出力処理

この処理は解析されたデータを試験条件に従って実時間で図形表示する。

4) オペレータ介入処理

試験状況によって、オペレータ介入が必要になった時オペレータ・ボックスより割り込み起動し、以下の処理を指定することがができる。

- ① 試験条件の変更。
- ② リピート計測。
- ③ 1点計測。
- ④ 指定チャンネル表示。

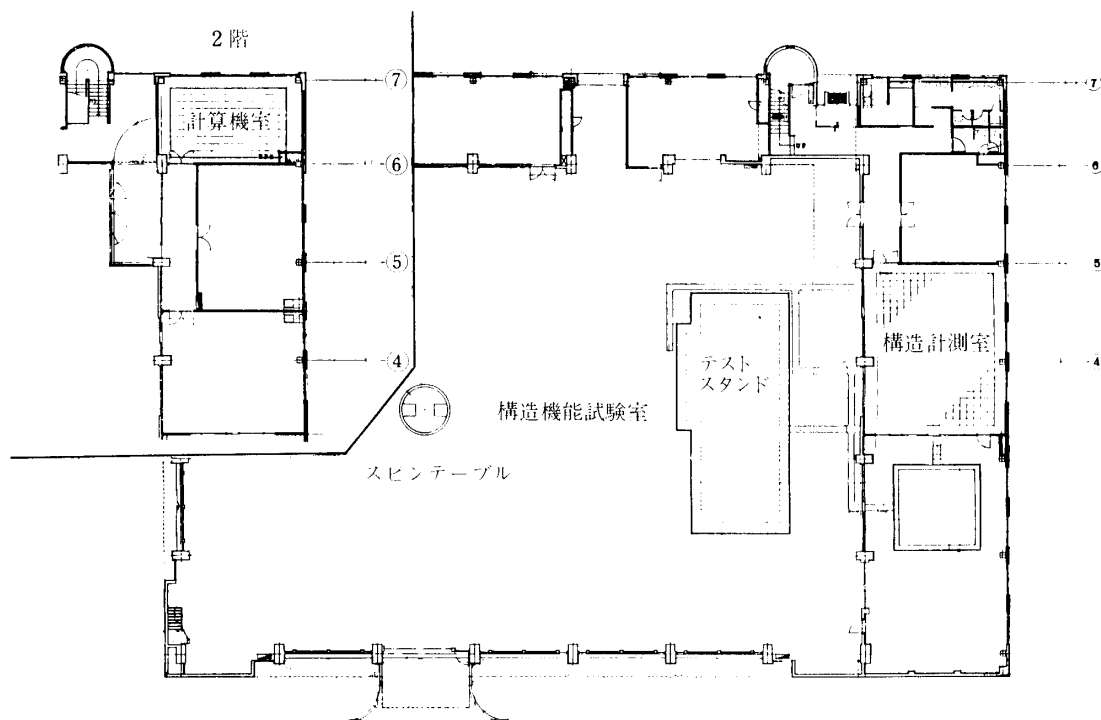
5.2.3 試験データ保存処理

試験終了後、試験データを磁気テープ上で保存する。

## 6. テストスタンドの建設

### 6.1 設置場所

本装置は相模原キャンパス構造機能試験棟内の構造機能試験室、構造計測室(1F)、計算機室(2F)に設置されている(第13図)。テストスタンドは容量4.8 tonのクレーン2基



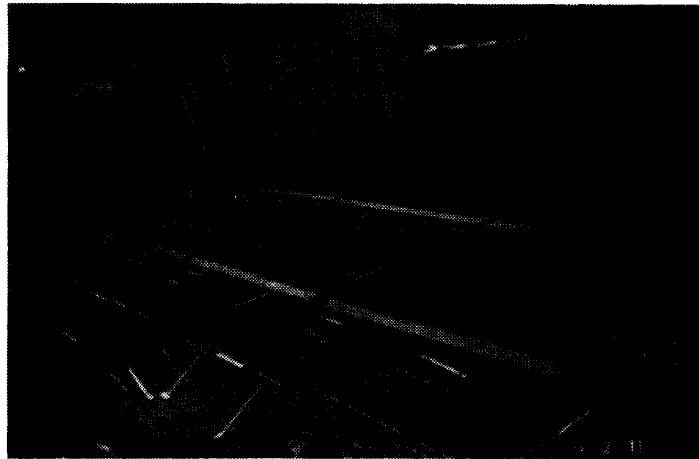
第13図 設置場所

を備える構造機能試験室の一面に設置し、これと監視窓で隣接した構造計測室には、計測装置、荷重制御卓およびデータ処理装置の一部を設置した。データ処理装置本体は 2 階の計算機室に設置されている。

## 6.2 建設経過

製作は、テストスタンド；川崎重工業株式会社，荷重負荷装置；理研機器株式会社，計測装置；株式会社共和電業，データ処理装置；ファコム・ハイタック株式会社がそれぞれ担当した。

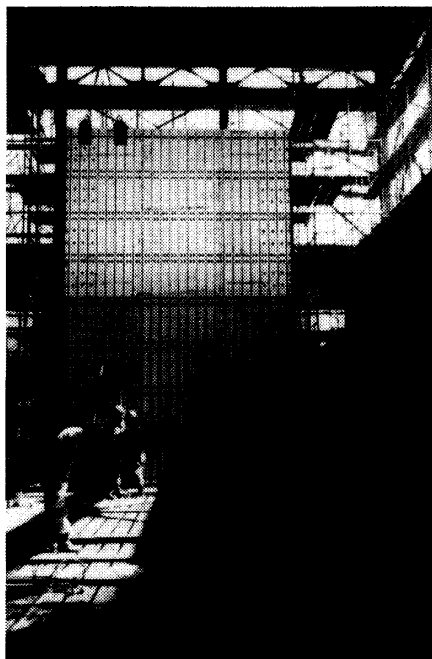
テストスタンドは昭和 58 年 9 月より製作を開始した。相模原キャンパスでの現地組立工事は構造機能試験棟の建設に合わせて基礎工事が昭和 59 年 2 月より始められ、フレーム搬入から据付，組立が順次行われた。製作工程を写真で第 14～16 図に示す。他の装置もスタンドの工期に併行して搬入，調整が行われた。完成後，昭和 59 年 5 月末に領収試験を行いその性能を確認した。



第 14 図 テストスタンドの基礎工事



第 15 図 フレーム組立作業



第16図 溝定盤取付作業

### 6.3 テストスタンドの領収試験

テストスタンドに対する要求性能のうち、強度および剛性に関するものを試験により効率よく確認できるように下記の3つのタイプの領収試験を行った(昭和59年5月)。

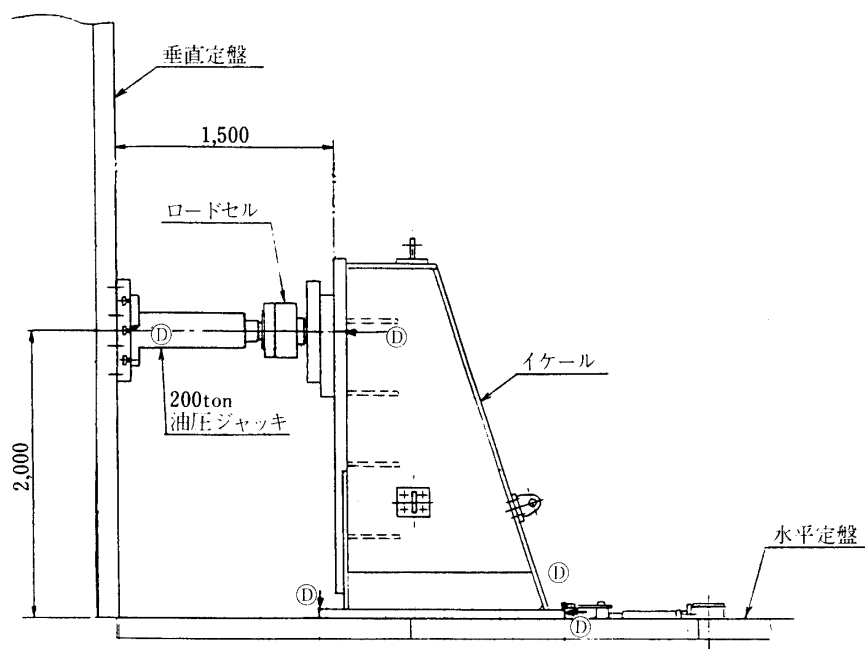
試験タイプI 第17図に示す様に水平定盤に立てたイケールに200 ton ジャッキを取付け、垂直定盤に200 ton・mの曲げ荷重を加える。この時のスタンドの変形を含めた負荷点の回転角 $\Delta\theta_1$ と変位量 $\delta_1$ が許容値以下であることを確認する。

試験タイプII 第18図に示す様に垂直定盤に取付けられたイケールと門枠の間に200

第7表 領収試験結果

回転角	変位量	許容値	測定(算定)値	試験タイプ
$\Delta\theta_1$		1/1000 rad	1/2913~1/2685 rad	I
			1/1209~1/1184 rad	II
$\delta_1$		2 mm	0.69 mm	I
			0.85~0.86 mm	II
			0.39~0.41 mm	III
$\delta_2$		5 mm	3.89~3.98 mm	II
$\Delta\theta_2$		2/1000 rad	1/1076~1/1063 had	I
$\delta_3$		3 mm	1.86~1.88 mm	I
$\delta_4$		0.15 mm	0.07~0.08 mm	III





第 17 図 テストスタンド領収試験，タイプ I ①：計測点

ton を負荷して門枠の垂直方向の変位量  $\delta_2$ ，スタンド本体の変形を含む負荷点の回転角  $\Delta\theta_2$  および同点の変位量  $\delta_3$  を計測し，許容値以下であることを確認する。

試験タイプIII 第 19 図に示す様に T 溝ボルト 1 箇に 15 ton の引張りを負荷し，定盤面の局部変位量  $\delta_4$  が許容値以下であることを確認する。但し， $\delta_4$  は着力点を中心とする半径 1 m の円周の平均変位に対する着力点の相対変位とする。

結果は第 7 表に示す様にすべて許容値を満足するものであり，テストスタンドは要求される性能を持つことが確認された。

## 7. 本装置で行った試験例

装置完成後，昭和 59 年 9 月迄に行った主な試験例をあげる。

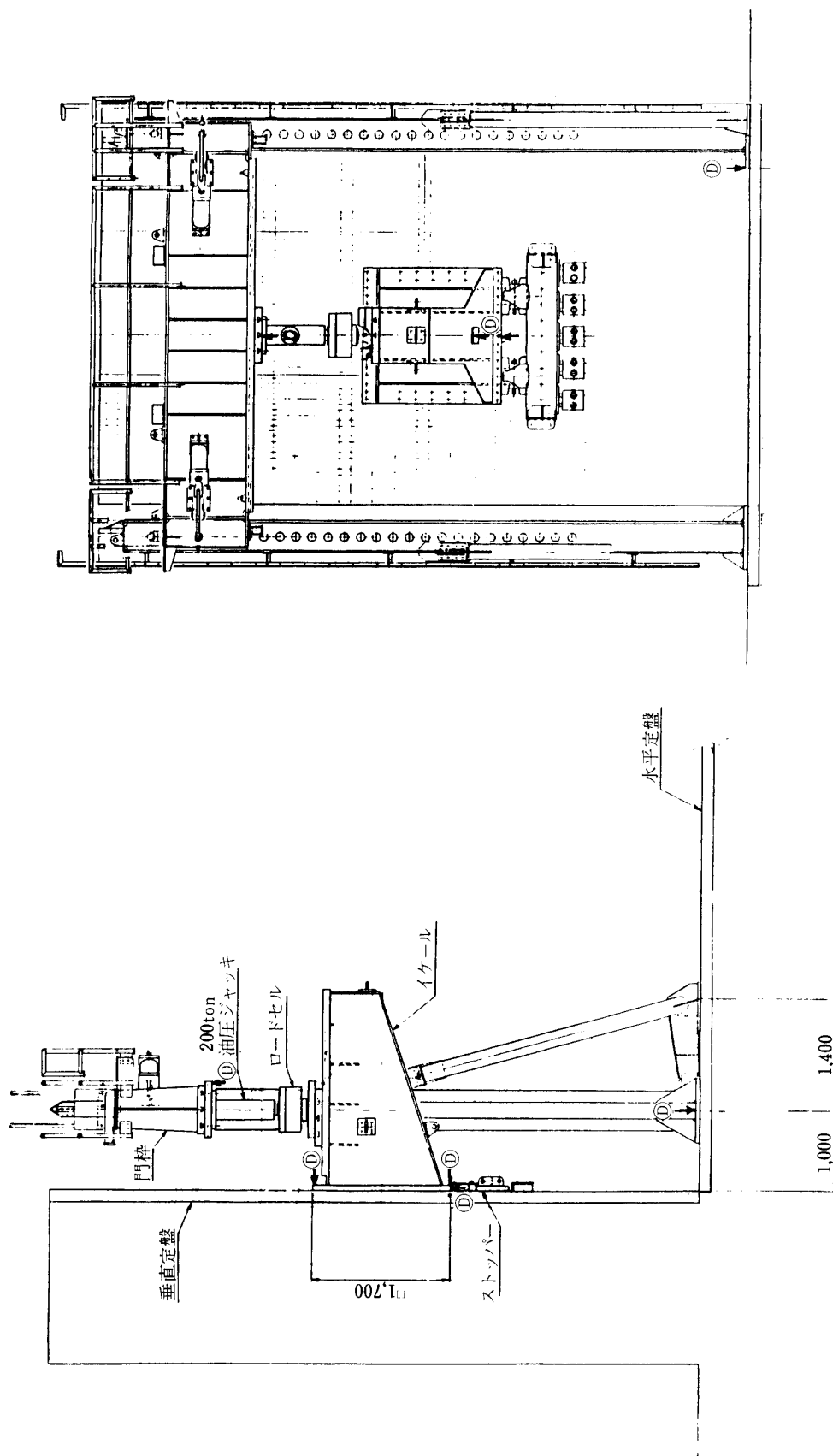
### 7.1 M-3S II型ロケット，1-2 段<sup>ツギテ</sup>接手破壊試験

本装置を用いての最初の試験で，その状況を第 20 図に示す。試験は水平定盤に固定した油圧ジャッキで接手部に圧縮荷重を負荷し，同時に垂直定盤に取り付けた油圧ジャッキで接手部に曲げ荷重を負荷して行った。

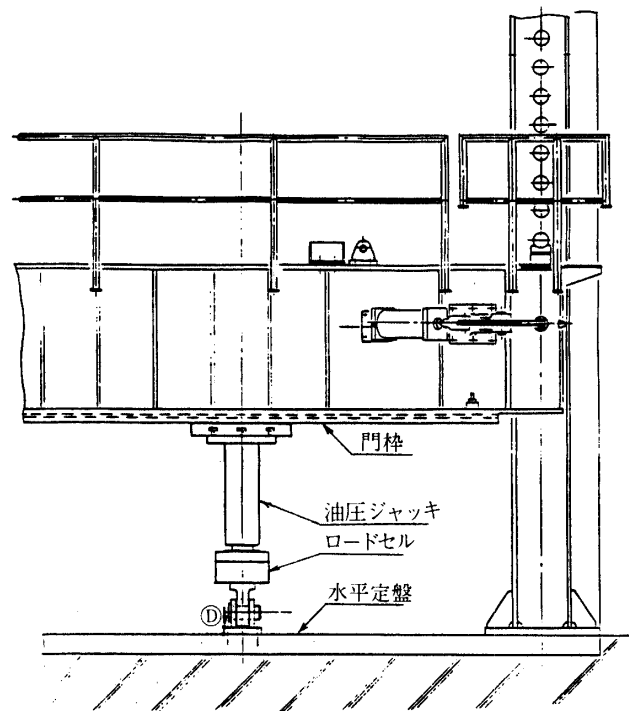
### 7.2 M-3S II型ロケット，尾翼筒破壊試験

駒場キャンパスに既設のロケット構造物静荷重負荷装置を用いて設計荷重の 100 % (90 ton) 迄の負荷試験は行ったが，破壊試験は装置の容量不足のため本装置の完成を待って行った。試験は第 21 図に示す様に垂直定盤に取り付けたイケールの下面に油圧ジャッキを固定し，水平定盤上に固定した供試体に圧縮荷重を負荷して行った。

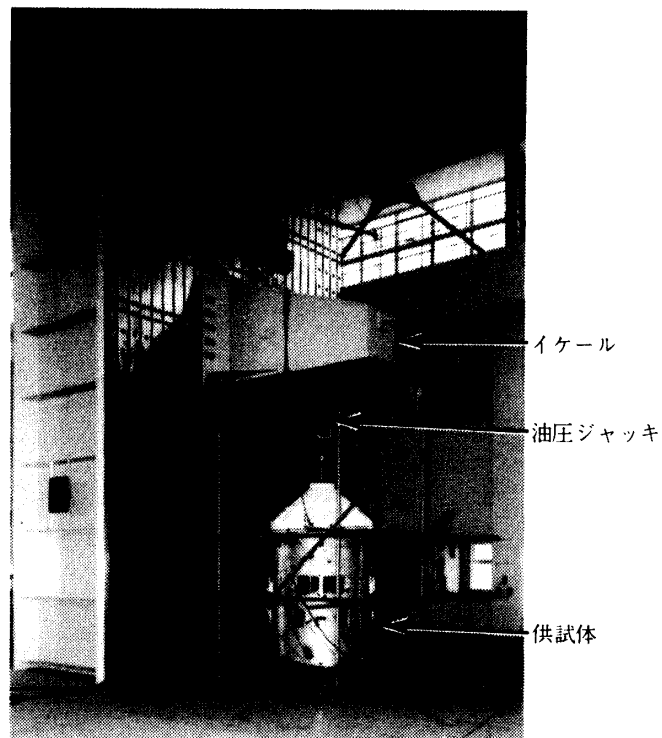
### 7.3 M-3S II型ロケット，ノーズフェアリング破壊試験



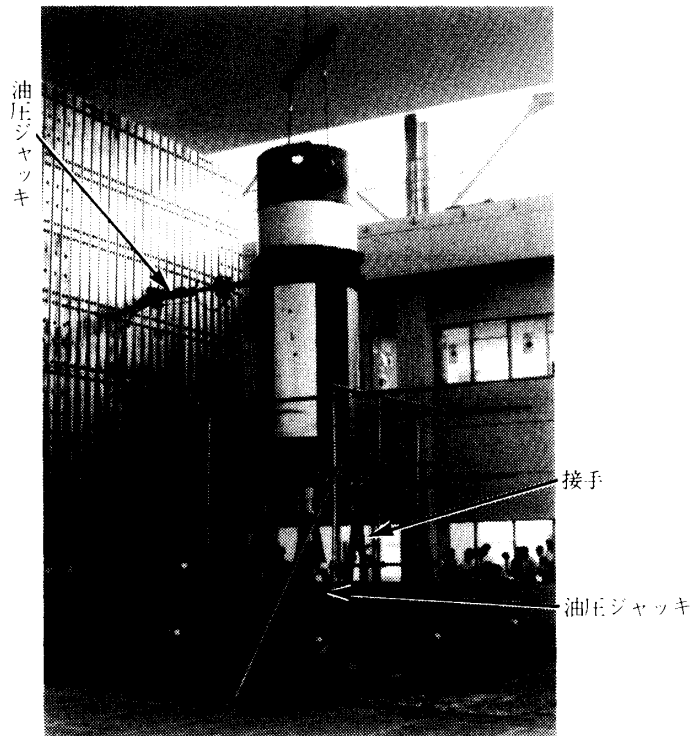
第18図 テストスタンド領収試験, タイプII



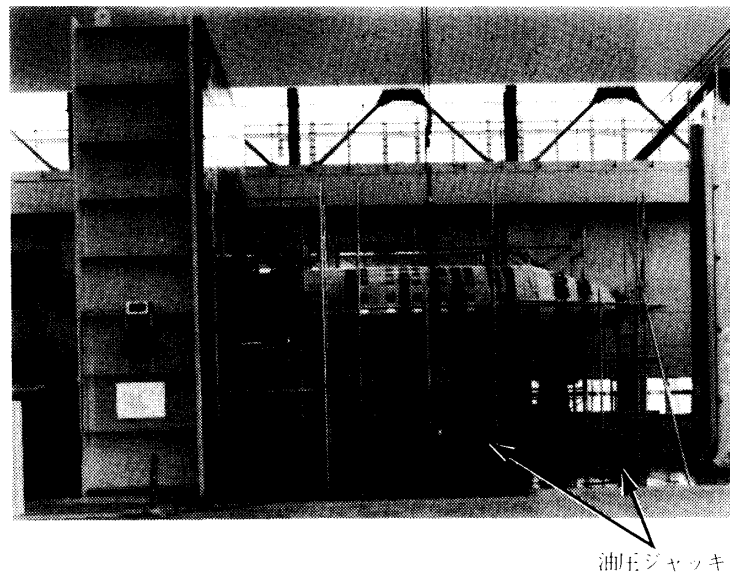
第19図 テストスタンド領域試験，タイプIII



第20図 M-3S II型ロケット，1-2 段接手破壊試験



第21図 M-3S II型ロケット，尾翼筒破壊試験



第22図 M-3S II型ロケット，ノーズフェアリング破壊試験

写真で第22図に示す様にノーズフェアリングを垂直定盤に固定し，2本の油圧ジャッキを水平定盤にセットして2系統の油圧を駆動して，ノーズフェアリングに曲げ荷重を負荷して試験を行った。

## 8. む す び

完成後の約 1 年で前述の 3 例をはじめとして数列の小実験も行い、それぞれに成果を得てきたが、今後もその使用法如何で広範囲の試験に対応できるものと期待される。

終りに本装置の設計・製作を担当された方々に深く感謝の意を表すものである。

## 参 考 文 献

- [1] 森 大吉郎・植村益次・中野 旭・今沢茂夫：ロケット機体構造試験装置の試作。東京大学宇宙航空研究所報告 3-1 (B) (1967), 192.