

ロケット機体構造試験装置の試作

森 大吉郎・植村 益次
中野 旭・今沢 茂夫

1. は し が き

ロケット機体の構造試験は、エンジンの地上燃焼試験と共に新機種の開発過程においては欠くことのできない重要な試験であり、従来ほとんど全機種について研究室の小規模な装置で実施されてきた。しかし機体の性能向上と大型化に伴い構造試験の内容も高度化して、通常の実験室設備では不十分となってきた。以上の背景からM計画の発足と共に大型の構造試験装置の計画が具体化してきた。計画にあたってはMロケットを直接の対象としたのはもちろんであるが、できれば一般の構造試験または機能試験にも使用可能な応用範囲の広い設備とするよう考慮した。

ロケット機体の構造試験装置といっても通常の航空機など軽構造のそれと大差はないが、下記の特長がある。すなわち

(a) 円筒(胴体)と平板(翼)形の構造体について試験し、

(b) 軸力・曲げ・剪断・内圧の総合負荷を加える

ことが骨子であるが、さらに

(c) 振動・衝撃・低サイクル繰り返し大負荷

(d) 空力加熱

という熱と動的負荷とが必要であるし、その上に

(e) ノーズコーンの取去り、各段切離し、アンテナ・プローブ等の突き出し試験などの機能試験も行なえることが望ましい。

そのため全体の構成については海外の諸設備を調べ、たとえば規模は大きいAerojet; Sacrament や Douglas; Huntington の装置を参考とし、それにわれわれの環境条件を考慮して本装置を計画した次第である。

建設は39, 40年の2年度にわたり、東京駒場の宇宙研5号館に設置された。以下に設備の内容を述べ参考に供する。

2. 試験方式と装置の構成

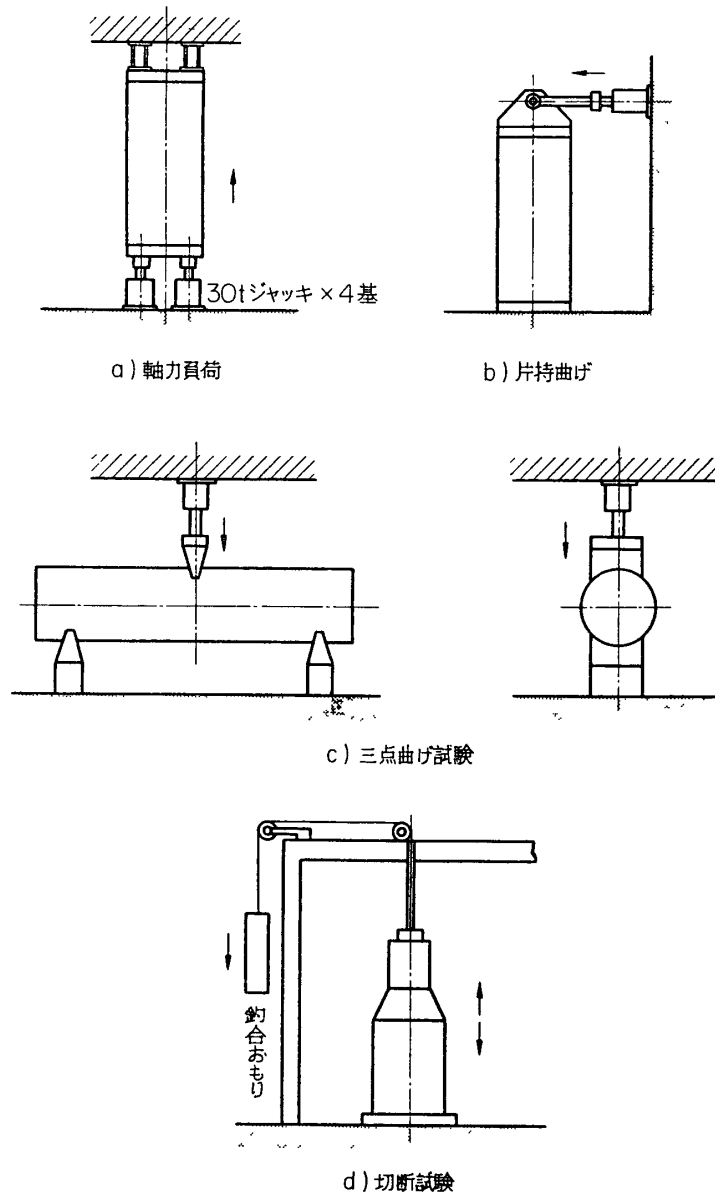
(1) 仕様決定の際検討された事項を以下に列記する。

A. 試験方式(第1図)

おもな項目と内容は以下の五種類であり、多項目の同時試験の場合もある。

a. 軸力負荷

- ・飛しょう中の推力と慣性力による圧縮の試験
- ・地上組立中の自重による圧縮



第1図 試験方式例

- ・補助ブースタ取り付け部の試験
- b. 片持曲げ
 - ・飛しょう中の風，制御等に起因する曲げ荷重の試験
- c. 三点曲げ
 - ・同上，試験体の寸法・形状により b. の代りに行なう
- d. 切断試験
 - ・段間切離し，補助ブースタ切離し等
- e. 内圧試験
 - ・エンジン・チャンバの内圧負荷

B. 試験体の大きさ

Mロケット第1段目のセグメントを想定し 1.4 m ϕ ×3 m を標準とする。

C. 試験荷重

Mロケットの飛しょう中に予想される各種荷重および地上組立時の荷重を検討した結果最大軸圧縮荷重 100 ton, 最大曲げモーメント 30 ton-m とした。

D. 負荷方式

負荷はすべて油圧によることとする。また静的、動的の両方式を備えることとし、動的負荷はプログラム制御を考える。

内圧試験には原則として油圧を直接加え、また

- ・引張り圧縮にはジャッキを使用する。
- ・動電型振動試験機も併設する。

(2) 上記の内容を検討し、全体の構成を次のように定めた。

A. わく組 試験体・ジャッキはすべてこのわく組に取り付け、試験は内力のみで行ない、建物・基礎には頼らないこととする。その他クレン、足場など作業に必要な補助設備を設ける。

B. 油圧装置 油圧源は3種とし、それぞれ静荷重試験用(低速繰り返し負荷可能)、動荷重試験用および内圧試験用である。ジャッキは30 ton 圧縮型4台、20 ton 圧縮10ton引張り型2台、10 ton 複動型サーボバルブ付1台、2 ton 複動サーボバルブ付1台の計8台とする。

C. 記録装置 一部は従来の装置を流用するが、多点ひずみ測定用のデータロガーを新設する。

3. 各部構成

(1) わく組

負荷用わく組は第2図のごとき形状で堅固な鋼板溶接構造のベッド、4本の柱、クロスビームより成る。

柱内法: 2.2 m×2.5 m ベッド面: 6.4 m×3.5 m

ベッド・クロスビーム間高さ: 4.8 m

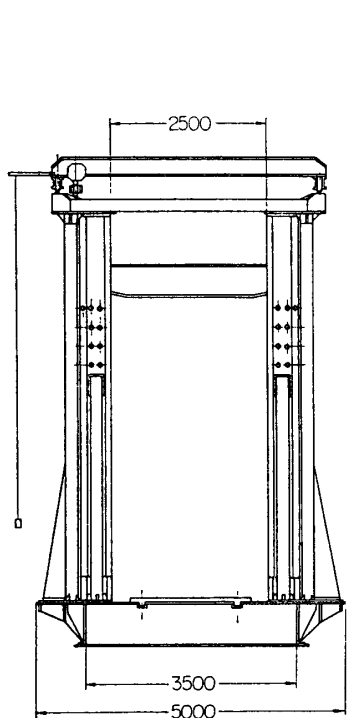
でありクロスビームは上下移動あるいは取りはずし可能である。

なお上部に3 ton 電動巻き上げクレン2基を設け、試験体・試験治具の運搬取り付けに使用する。また側方には組立作業用電動式リフトを設けた。

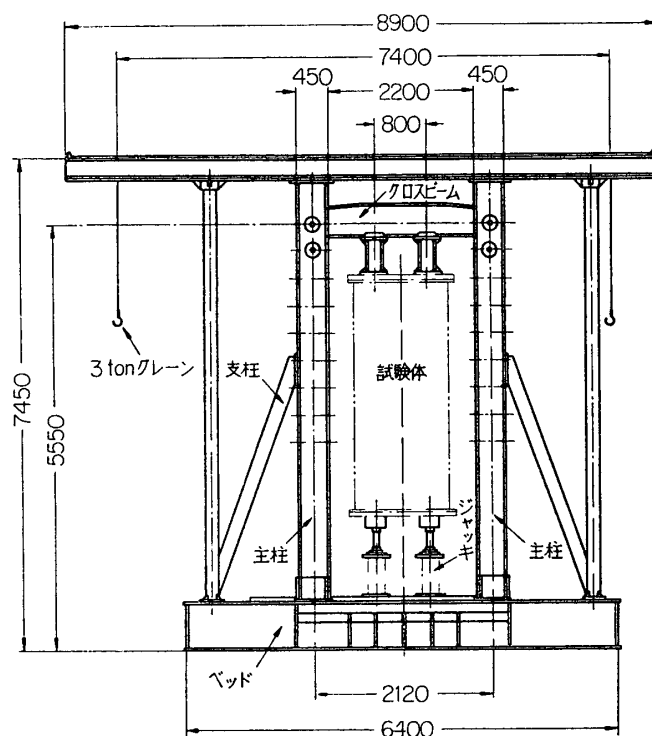
(2) 油圧装置

a. 静負荷用 ポンプ: 4 l/min, 常用圧力 250 kg/cm², 電動機 200 V, 2.2 kW

定荷重装置: 弁棒に加わる油圧力をレバー上を移動する重錘によって釣合わせる構造で、シリンダ油圧が上昇すれば弁棒が下がり、油圧を低下させ、あるいはこの逆を行なう。また重錘を移動させれば移動量に比例してシリンダ油圧を制御することができ、手動または電動で低速繰り返し負荷が可能である。荷重の最大値は重錘によって定まり、この組み合わせを変えることにより各ジャッキの荷重比率を変えることができる。



第2図(a) わく組正面図



第2図(b) わく組側面図

装置は4組あり、圧力制御範囲: $0 \sim 250 \text{ kg/cm}^2$ 、荷重保持精度: 最大値の $\pm 0.5\%$ 、
重錘移動速度: $1 \sim 10$ 分 (電動) である。

本装置は原則として 30 ton 圧縮, 10 ton 20 ton 複動ジャッキと直結して静的試験または低速の繰り返し負荷試験を行なう。

b. 動負荷用 ポンプ: 60 l/min , 最大圧力 210 kg/cm^2 , 電動機 22 kW

アキュムレータ: 内容積 38 l , 使用圧力 210 kg/cm^2

プログラム装置: $\text{DC} \pm 5 \text{ V}$, $\text{AC} \pm 5 \text{ V P-P}$

$0.1 \sim 10 \text{ c/s}$, 安定度 $\pm 0.1 \sim 0.2 \text{ V/hour}$,

精度: 最大値の 2% , 波形: 正弦波および台形波

電気制御装置: 交流および直流定電圧装置, 油圧制御用増幅器, サーボ増幅器

安全装置:

- ・ポンプユニット安全装置
油圧過大の際作用する。
- ・ジャッキストローク・リミットスイッチ
- ・試験体破壊の場合
プログラムとの差が一定値を超えた場合にポンプを停止させる。
- ・過負荷安全装置
- ・手動停止ボタン

サーボバルブ：最大 180 kg/cm^2 ，常用 160 kg/cm^2 ，流量 100 l/min (70 kg/cm^2 にて)
本装置はサーボバルブ付ジャッキまたは内圧試験体に接続し繰り返し負荷試験に使用する。

c. 内圧静負荷用

ポンプ： 2 l/min ，最大圧力 200 kg/cm^2

(3) ジャッキ

- a. 30 ton 圧縮用 4 基，ストローク 200 mm
 - b. 10 ton 引張り 20 ton 圧縮用 2 基，ストローク同上
 - c. 10 ton 複動サーボバルブ付 1 基，サーボバルブ 30 l/min ，ストローク同上
 - d. 2 ton 複動サーボバルブ付 1 基，サーボバルブ 6 l/min ，ストローク同上
- 毎分繰り返し数は 50/半振幅 (cm) 程度

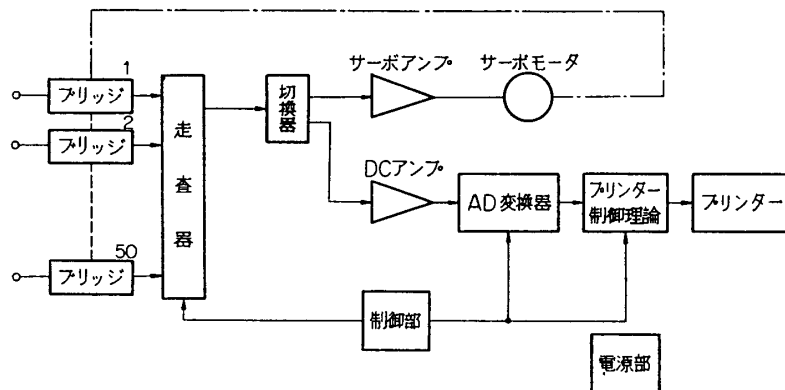
(4) 平板試験装置

試験板を底付四角わくの上部に周囲をボルトで固定しわく内に油圧を加えピンホールの検出，圧壊または疲労試験を行なう。

試験板の加圧面の大きさは $25 \times 50 \text{ cm}$ である。

(5) データロガー

多数点のひずみを自動的に計測・記録するための装置である。構成は第3図に示す。



第3図 自動平衡式データロガーの構成

自動Rバランス機構を備え，計測結果はAD変換器を介してデジタル化し，出力装置としては電動タイプライタを使用している。50点までの計測ができ所要時間は1点につきRバランスに約7秒，情報処理に約1秒である。精度はRバランスが $\pm 5\mu$ 相当，総合 $\pm 1\%$ (10000μ 以下) である。なお50点のうち10点は差動変圧器型変位計などが接続可能である。

(6) 振動試験装置

既存の加振力 100 kg の動電型振動試験機一式を本装置用に充当した。

4. 試 験 例

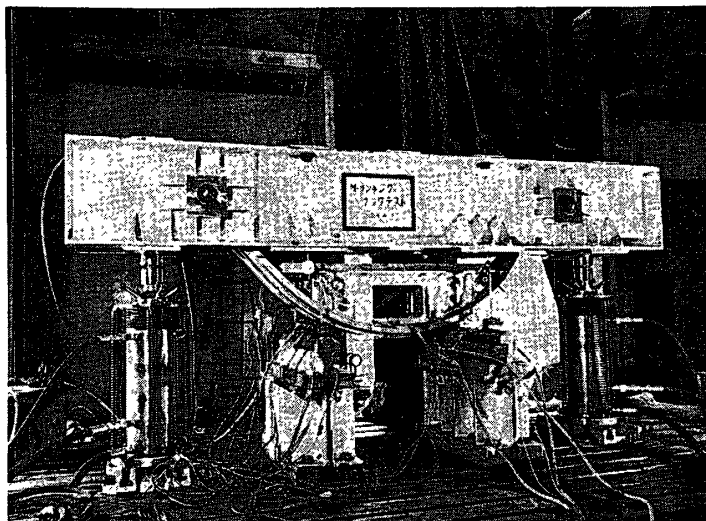
全装置の完成は41年3月，M-1-1号機飛しょう実験の7か月前であり，直ちに本機

関係の試験が相ついで行なわれた。

(1) M-1-1号機飛しょう前試験

a. ランチングフック強度試験：41年4月

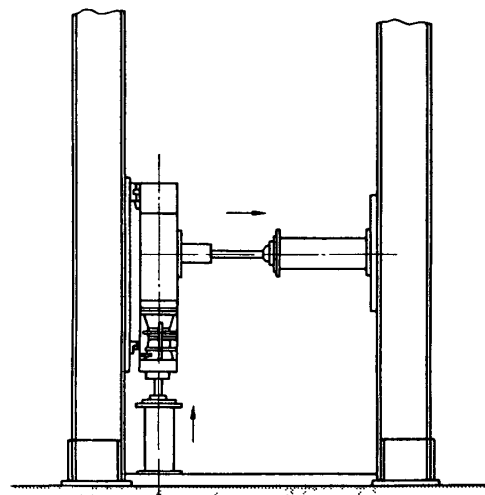
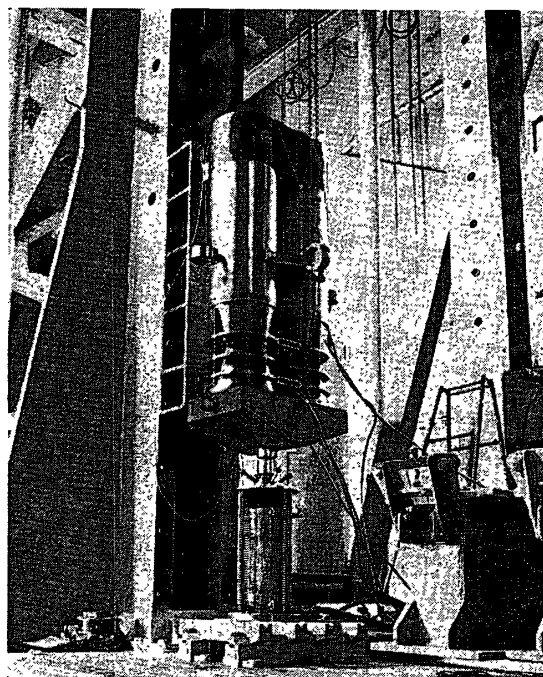
ランチャに水平につり下げた状態を想定して試験を行なった。30 ton ジャッキ2基使用（第4図）



第4図 ランチングフック強度試験

b. 補助ブースタ強度試験：41年5月

補助ブースタの推力は先端部の取り付け金具を介して中央エンジンに伝えられるが、

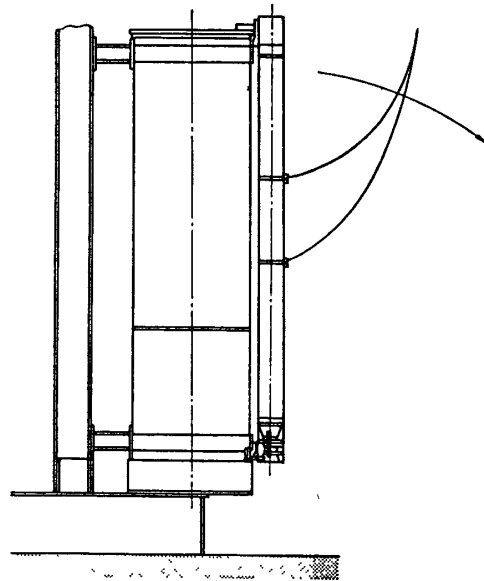
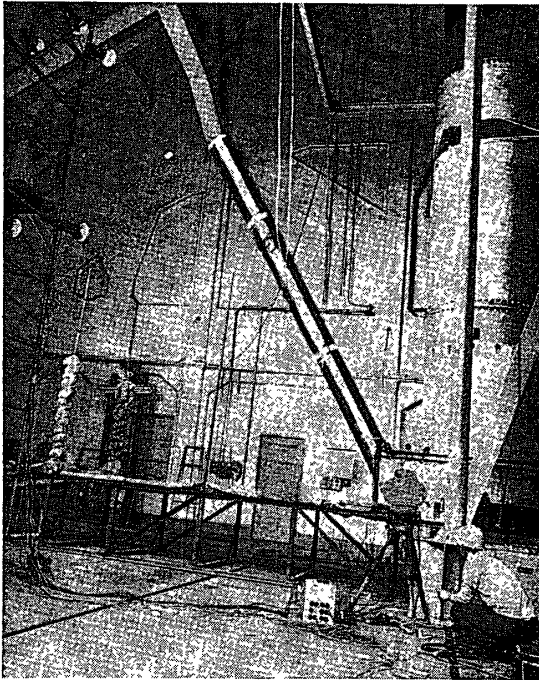


←第5図 ↑第6図 補助ブースタ強度試験

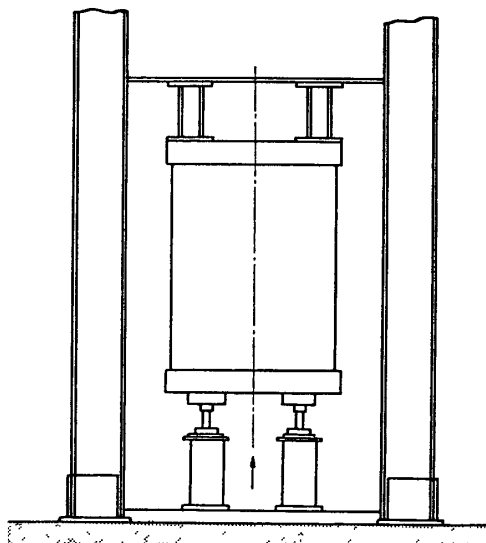
推力軸と一致しないため曲げ荷重を受ける。またある程度の横荷重も考える必要がある。(第5, 6図)

c. 補助ブースタ切り離し試験: 41年5月

これは機能試験の一種であるが、あわせて取り付け部の応力も測定した。(第7, 8図)



←第7図 ↑第8図 補助ブースタ切離し試験



第9図 尾翼筒圧縮試験

d. 尾翼筒圧縮試験: 41年6月

Mロケットはランチャ上で垂直に組み立てるため尾翼筒はロケットの全重量をささえる必要がある。30 ton ジャッキを使用し、各定荷重装置を連結して3基のジャッキで均等に荷重を加えた。(第9図)

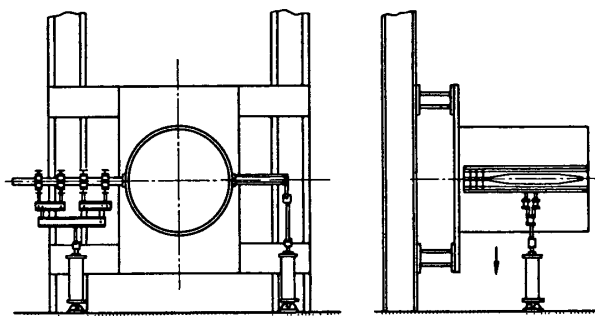
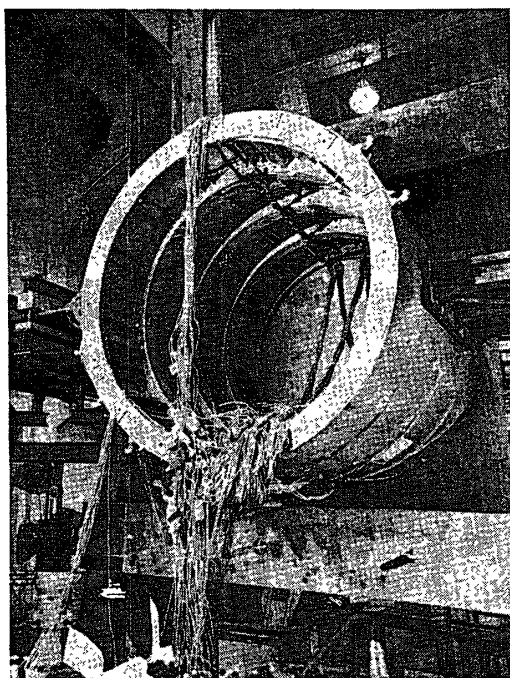
e. 尾翼・尾翼筒強度試験: 41年7月～

空力荷重に対する試験である。片翼はダミーとし10 ton 引張りジャッキ2基を使用し、ひずみの計測は約300点に及んでいる。(第10, 11図) 振動試験もあわせ行なった。

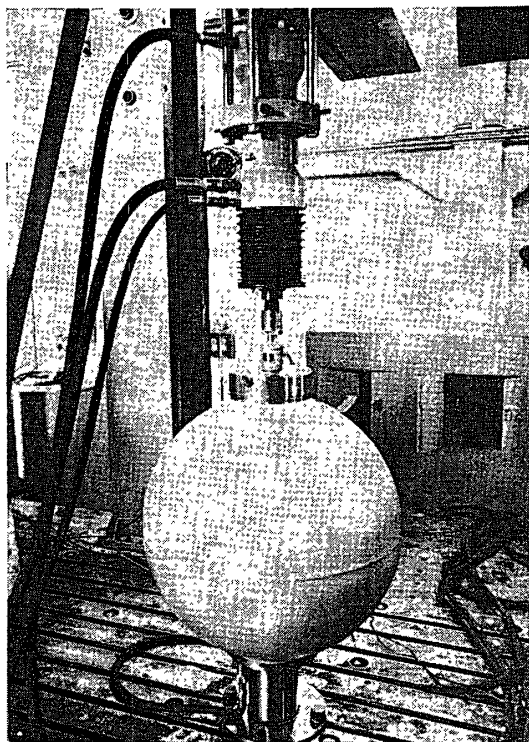
(2) その他

a. 球型チャンバ内圧軸力総合試験: 41年9月

M-4S型の4段目に予定されている780φ球型チャンバに内圧と軸力を同時に負荷し、



第10図 ↑ 第11図 尾翼，尾翼筒強度試験



第12図

人工衛星取り付け部の局部ひずみを計測し，十分な強度を有することを確認した。(第12図)

b. L型ロケット2，3段切りはなし試験：

41年11月

油圧装置は使用しないが，わく組を便利に利用して行なう機能試験の一例である。

c. FRP チャンバ内圧試験

現在開発・研究中のフィラメントワインディングチャンバの圧壊試験を数多く行なっている。

d. 平板圧壊試験：40年

HT-140材の開発研究の一部として平板試験装置を用いておこなわれた。

以上の諸試験において，本装置は細部については多少の不満や不足はあるが，大綱では所期の機能を果し，大型ロケット構造試験用として便利かつ必須のものでありまた機能試験にも活用されうることが認められた。

5. あ と が き

試験装置としての基本構造と基本負荷装置の設備はこれで終えたが、Mロケットの開発やラムダの性能向上用改造を控え今後なお効率よく試験運営ができるように動的試験装置、空力加熱装置、測定装置および諸二次設備の充実をしたいと思っている。

本装置の計画にあたっては工学部原子力工学科安藤良夫教授より多くの示唆を受けた。設計・製作は東京衡機、浦賀重工、松下通信の各社が担当された。また設置場所については当所池田教授、富田・砂川・三浦各助教授のご配慮を得た。ここに厚く謝意を表し、関係者一同今後の円滑かつ有益なる運営を期する次第である。

1967年1月31日 宇宙工学