

航技研遷音速フラッタ試験設備の新システム設計*

第 I 部「機能編」

菊池孝男*¹, 江尻宏*¹, 玉山雅人*¹,
森田甫之*², 中道二郎*¹

System Design of the Renewed Transonic Flutter Testing Facility at NAL*

Takao KIKUCHI*¹, Hiroshi EJIRI*¹, Toshiyuki MORITA*²,
Masato TAMAYAMA*¹ and Jiro NAKAMICHI*¹

ABSTRACT

This is a report on the renewal of the Transonic Flutter Testing Facility (Flutter Wind Tunnel) at NAL which was conducted between FY1993 - FY1996. The report consists of three parts with a total of six chapters and four appendices.

Part I consists of Chapters 1, 2, 3 and 4, which provide an outline of the performance of the old as well as the new system. Chapter 2 provide an outline of the old system which was constructed in 1959. The concept design of the new system was produced by improving the basic design of the old system. Chapter 3 describes the purposes of the renewal, and the specifications and plans for the new system. The major aims were to reduce the turbulence of the flow in the tunnel and to improve outdated hard ware. Specifications aimed to use the old wind tunnel structures and concept as much as possible. The proposed specifications are summarized. Chapter 4 describes the design of the new system performance. Performance and utility concerns are focus on the view point of clients.

PART II corresponds to Chapter 5, and describes the design concept and technical investigations concerning various issues in the renewal design, including the design of the pressure valve, high pressure tubes, chambers, test section and prinum chamber. The design of these components takes into account not only aerodynamics but also structural dynamics factors.

PART III consists of Chapter six and four appendices, and explains the measurement systems of the present facility. While the measurement system of the tunnel is beyond the scope of the renewal, it inevitably appears in this report. The four appendices are attached to aid understanding of the design routines of the present wind tunnel, and are entitled Appendix I 'Numerical Wind Tunnel Model', Appendix II 'Pressure Losses in the High Pressure Tubes', Appendix III 'Method of Feedforward Control used in the new system', and Appendix IX 'Calibration of Pressure'.

As a result of the present studies, the renovation of the flutter testing facility was made possible by improvements in flow quality and renewal of hard ware bringing the new system up to a standard of performance as high as that of modern wind tunnels around the world.

The authors hope that this report will be of assistance to users and clients of the wind tunnel in the future.

Keywords : blowdown transonic wind tunnels, Renewal Transonic Flutter Testing Facility

* 平成 10 年 11 月 29 日受付 (received 29 November 1998)

* 1 構造研究部 (Structures Division)

* 2 元構造力学部 (before Structural Mechanics Division)

概 要

平成5年度から8年度にかけて行った航空宇宙技術研究所（以下「航技研」）の遷音速フラッタ試験設備の改修における風洞システム設計に関する報告である。第Ⅰ部、第Ⅱ部およびⅢ部で構成し、都合7章からなる。

第Ⅰ部は第1，2，3，4章から成り、改修前の旧設備の機能を概観し、新システムの機能設計について述べる。

まず、第2章では、1959年に設計された同設備の旧システムの概要を記す。新システムの設計に際し、機能向上を考えるに当たり基本となる項目を考察する。

第3章では、改修目的、計画と新システムに関する仕様を述べる。主たる目的は気流の低乱化対策と老朽化対策である。同システムの構造および形態を最大限に活かす方針で新システムに対する仕様を定めた。これらをまとめる。

第4章では、第3章を受け新システムの機能設計についてまとめる。主に、本設備のユーザーの立場から見える機能および利便性に焦点をあてる。前章の概念設計に基づき新システムについての概要は本章に集約されている。

第Ⅱ部は第5章のみである。新システムの設計、および技術検討について述べる。

第5章では、仕様に従い行った各部の基本設計および技術検討を記し、調圧弁の設計、高压導管、集合胴、測定部、抽気室の流体力学および構造力学の立場からの技術検討および設計の概要を記す。

第Ⅲ部は、第6章、第7章および4つのAppendixから成る。本設備の計測システムについての概略を示した後にまとめを述べる。さらに新システム設計時の参考資料および本設備での圧力較正に関する資料を添付する。

第6章では、計測システムについて記述する。今回の改修では、計測系は対象外であったが、本設備に関する報告としては欠かすことのできない項目である。

第7章ではまとめとして将来のフラッタ試験計画について述べる。さらに、付録として、主に第5章の技術検討、設計に関わる事項の理解を助ける意味で「数値風洞モデル」、「高压導管の圧力損失の推定」、本設備の制御系に採用した「フィードフォワード演算法」および「圧力自動較正要領」についての技術検討結果を添付する。

本研究の結果、気流の低乱化および設備の老朽化対策を目的とした改修が実施され、機能面においても最新の風洞に匹敵する程の改善が加えられた。本研究の妥当性が実風洞試験においても証明される結果となった。

本報告が、将来にわたり設備使用者にとって有益な資料になることを希望する。

第1章 はじめに

1-1 はじめに

平成5年より平成8年にかけて、航空宇宙技術研究所の遷音速フラッタ風洞の改修がなされた。本報告は同設備の改修に関するものである。

本設備は、我が国唯一のフラッタ試験専用の試験設備として、1959年（昭和34年）に建設された。1990年代に入ってから、特に老朽化が著しくその正常な機能の維持、健全な運営が困難となり、さらに運転の安全性に関しても危惧されるようになった。老朽化対策を主たる改修目的とし、平成5年度に改修予算を政府に要求を行った。同年度内に同設備改修（その1）を開始し、平成7年度の同設備改修（その3）、平成8年度の仕切弁設置に至るまで、3年弱の歳月を費やし改修を完成、工事は終了した。

航空機構造設計においては、構造重量を最小に抑える努力がなされる。それゆえに、航空機のフラッタを始めとする空力弾性問題は、実機の開発で最も重要な課題のひとつである。最近の我が国の航空情勢から、実機開発の機会に恵まれないが、過去、国産機開発時においても、初期設計段階よりフラッタに関する検討が開始され、かつ翼構造の設計変更がある毎に慎重な検討がなされつつ進められた。本設備においても、国産機C-1，T2，YXXの開発時には、それらの主翼、あるいは宇宙関連では、ラムダロケット等各種ロケットの安定板等のフラッタ試験を実施された。それぞれの年代で、国産機の開発に貢献してきた航技研の遷音速フラッタ試験設備（通称フラッタ風洞）の改修の概要、改修設計と、同設備の改修後の機能について述べる。また、改修によって旧設備のシステムの面影が多くの箇所において失われることとなった。冒頭において改修前のシステムについての概要を記

し、旧設備の記録とする。

1-2 フラッタ試験設備の基本機能

フラッタ試験においては、風洞模型として弾性翼を用いる。試験する翼模型は、その剛性分布および質量分布を目的の航空機の実機のそれらに合わせてある。いわゆる空力弾性相似模型である。空力弾性相似則を用いて模型のフラッタ速度あるいはフラッタ動圧から実機のそれらを確認することができる。試験の形態には大きく分けてふたつある。ひとつは、気流条件を空力弾性不安定領域にまで設定し、実際にフラッタあるいはダイバージェンスを発生させその限界値を確認する試験、もうひとつは、飛行条件範囲内で空力弾性不安定が生じないことを確認する試験である。前者は主に、研究的な立場からフラッタ計算法の検証等のデータを取得する場合であり、後者は、実機開発の際、翼構造が空力弾性不安定現象に関して問題が無いことを確認する場合である。いずれの場合も、試験中にフラッタが発生することを前提として試験することになる。風洞内の翼模型はフラッタによって破壊、破損に至ることがしばしばある。したがって、フラッタ試験設備では、第一には模型がフラッタを起こしても緊急に保護し得る装置が必要である。さらに、たとえば模型が通風中、風洞内で破壊、飛散に至っても風洞の機能、運転に支障を来してはならない。

また、フラッタ試験では、試験を効率よく実施するための工夫が必要となる。遷音速域でのフラッタ試験では、航空機の飛行高度および飛行速度に対応させて、風洞の気流条件のうち、マッハ数および動圧(空気密度)をパラメタとして変化させる必要がある。通常の静的空力試験では、これらのパラメタを気流条件として指定し、その条件でのデータを取得する。フラッタ試験で、模型の破壊、破損を回避しつつ、空力弾性不安定限界値を捕捉するためには、相当数の通風回数が必要となる。これを緩和するには、通風中に動圧あるいはマッハ数を連続的に変化させ得る機能を装備することが望ましい。

以上まとめると、フラッタ風洞に必要な特別な機能、構造として、

- ・通風中に気流のマッハ数を計画とおりに変化させる
- ・通風中に気流の動圧を計画とおりに変化させる
- ・フラッタ発生時に模型を破壊、破損から回避させる
- ・模型が破壊に至っても機能保持する

が必要となる。

上記機能の他、通常の風洞としての機能はすべて有することは勿論である。

第 2 章 既設の遷音速フラッタ試験設備の概要

本節では、遷音速フラッタ試験設備の旧システムの概

要を記す。旧設備に関しては、参考文献[1]～[3]に詳しいが、改修後、多くの部分は昔日の容姿を留めることは無い。1959年に建設された同設備について、概要をここに記し、その功績を称え、労をねぎらうことにしたい。旧システムにおける概要を後世に伝える目的もある。

旧システムは、1955年(昭和30年)に発足した航技研の第一次6カ年計画の一環として建設が計画された。第2次大戦後航空機の色度が急速に向上し、低速フラッタ試験から実機の色度速度を推定することが困難となった。圧縮性の影響を考慮してマッハ数を等しくしてフラッタ試験を行う必要が生じてきた。このような状況の中で1957年(昭和32年)より1959年(昭和34年)にかけて旧設備が建設された。

2-1 旧システムの基本仕様

まず、先のフラッタ風洞に必要な特殊な機能を勘案すると同時に、吹き出し式風洞は循環式風洞に比べ

(1) 建設費および維持費が安価

(2) 建設期間の縮小

等の利点があることから遷音速フラッタ試験設備の基本的な方式として吹き出し式風洞が選択された。

建設当時の諸元は以下のとおりである。

基本仕様

測定部断面	60cm × 60cm
マッハ数制御範囲	0.75 ～ 1.2
空気源圧力	2.1MPa abs
運転持続時間	30s
	(運転終了時の貯気槽圧力 784kPa)
レイノルズ数	6 × 10 ⁶ 以上
測定部の模型閉塞比	2 % 許容

計測系設備／装備

磁気テープデータ処理設備

磁気録音装置

計数型電子計算機(当研究所に設置された)

付属装置

フラッタ模型出入装置

スティングストラット(インターナル・ストレイン・ゲージ式6分力天秤)

側壁型ストレイン・ゲージ式3分力天秤

シュリーレン装置および計測装置

通風時間は、空気源2.1MPa abs(直径10 m球形貯気槽)の運転終了時の圧力784kPa absを許容して、30s以上、マッハ数範囲は0.8～1.3、レイノルズ数範囲は10⁶のオーダーが実現でき、測定部の寸法から、閉塞比2 %

まで許容すれば、小型機1/30の全機試験を実施可能を一応の目安となる。

さらに、通風中集合胴の総圧 P_0 を調圧弁開度を調節することにより連続的に変化させることができた。さらに、空力弾性模型は構造上脆弱であり、通風開始時の衝撃により、模型の破損があり得ることから、通風開始後気流が安定してから模型を測定部に射出し、また、フラッタ発生時には直ちに模型を風洞測定部外（抽気室内）に待避させるための模型出し入れ装置を装備していた。この装置の基本機能は新システムにおいても維持される。模型の射出、格納に関しては、観測窓からの模型の目視および測定部マッハ数の出力の安定を確認した後、制御系を介することなく手動により適宜操作がなされていた。

データの記録および処理に関しては、1960年代から当所に設置されていた磁気テープデータ処理設備を使用し、さらに当研究所に設置された当時としては最新の電子計算機で測定データが処理できるように磁気録音装置にも記録されることとなっていた。これらの計測系の大部分は、改修直前では、撤去されてしまったか、あるいは使用不能の状態であった。

2-2 構造形態

旧遷音速フラッタ試験設備の一般配置を図2-1に示す。貯気槽、高圧配管、高圧導管、調圧弁、集合胴、測定部、拡散洞および消音塔からなる基本形態である。高圧配管後半部から拡散洞までが試験設備建屋内になる。さらに、図2-2に風洞の建屋を含めた全景を示す(1960年頃)。風洞本体の大地への固定は、気流による構造物の伸縮

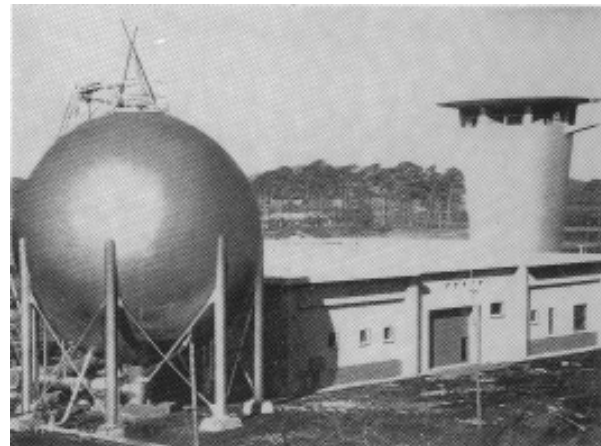


図 2-2 旧遷音速フラッタ試験外観図

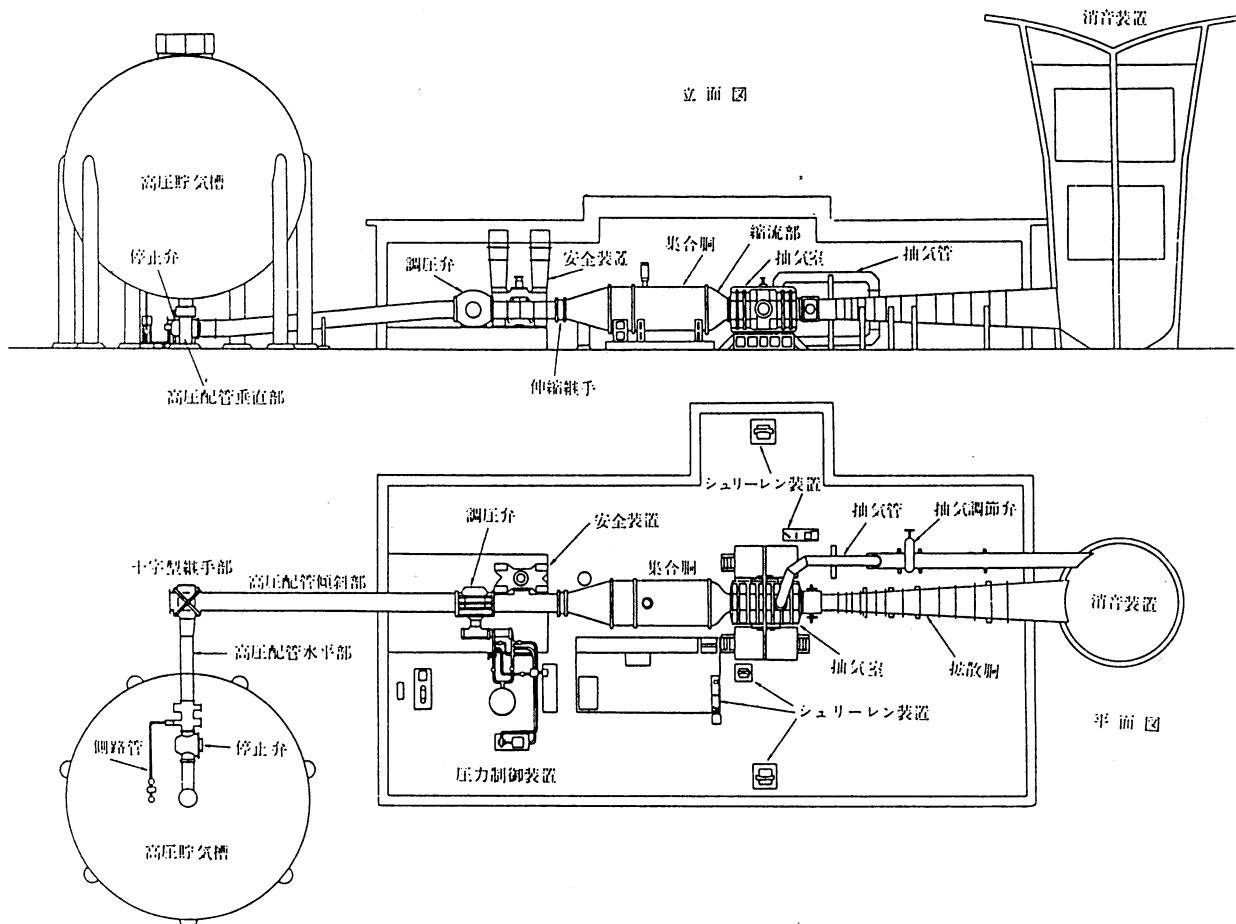


図 2-1 旧遷音速フラッタ試験設備配置図

を考慮に入れて計画された。気流による推力は圧力 2.1MPa absにおいて調圧弁の急全開時の直径700mmの管路で約784kNに達するが、この力はすべて調圧弁を固定している基礎で吸収した。また、温度変化による風洞各部の伸縮に対しては、調圧弁上流管路の十字型継手を基礎の鋼板上で風洞気流方向に躍動出来るように設計し、調圧弁より下流側の部分では、調圧弁と集合胴の間に伸縮継手を設けた。また、十字継手部分の躍動による貯気槽との間の曲げおよび伸縮は、貯気槽下部に取り付けられた伸縮継手によってとられる。構造面における基本的な設計思想は新システムにおいても変わるところはない。

2-3 高圧貯気槽

現在の貯気槽は、第3および第4球であり、それぞれ直径が12mおよび13mであるが、建設当初は第1球のみ（直径10m）であった（図2-1、図2-2参照）。改修に至るまでには、第2貯気槽の建設さらに30年の年月の経過の中で第1、第2貯気槽の老朽化、撤去の経緯を経て改修直前には、現在の第3、4貯気槽の2球体制となった。

貯気槽内には、熱容量を得る目的で、外径75mm高さ81mm、上下蓋に直径21mmの穴をあけた規格缶を約100万個（重量549kN）貯気槽容積の1.7%相当を充填している。理論的には、貯気槽内の空気が断熱膨張し初期温度が27℃、圧力が2.1MPa absから686kPa absまで低下した場合、空気温度は、約-70℃になるが、本風洞の運転では、初期温度25℃に対し、最終温度は、5℃で温度降下は約20℃であり、現在もほぼ同様の結果を得る。なお、空気圧縮機により貯気槽に空気を2.1MPa absに充填するのに要する時間は、概ね2時間を必要とする。

2-4 高圧配管部

貯気槽下部からは、直径500mmの高圧導管、さらに直径700mmの高圧配管に接続して調圧弁へと接続される。内径500mmの配管部には、高圧空気の元弁として有効径500mmのロート弁（図2-3）が取り付けられている。本部分は他風洞との共同利用設備としてたびたび改造されてきた。今回は調圧弁の更新、仕切弁の新設のためフラッタ風洞への分岐点より調圧弁まで改造した。

2-5 調圧弁および圧力制御装置

調圧弁の弁開度および集合胴の圧力を制御することは、吹き出し式風洞においてその機能を左右する重要な問題である。旧設備ではロート弁を用いてアスカニア油圧式圧力制御装置により制御している。

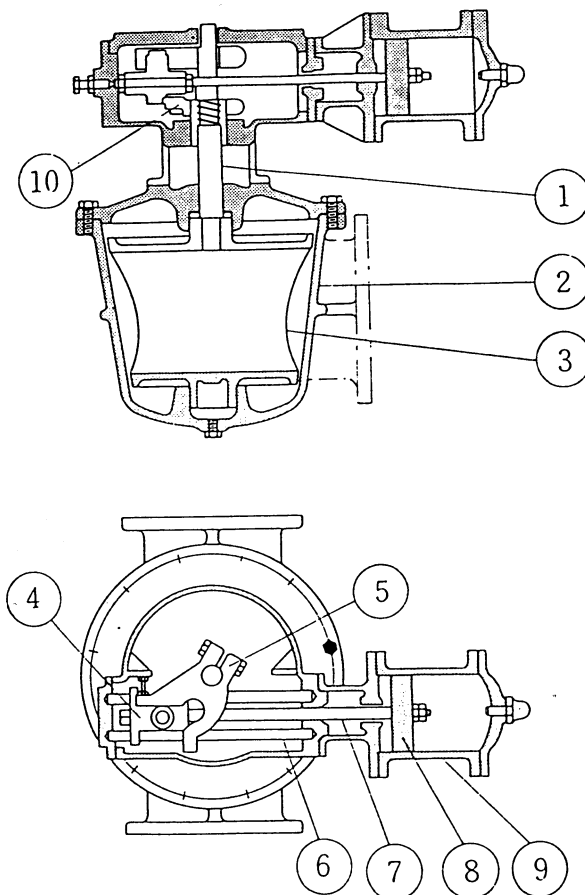


図2-3 ロート弁構造図

- ・ロート弁は駆動力が比較的小さくてすむこと
- ・弁駆動用ピストンのストロークに対する弁流量特性が、風洞の制御流量特性と近似しているので圧力制御が比較的容易なこと

等の長所があるので調圧弁として採用されていたが、弁下流側に流れの偏向があることが難点である。この欠点を補うため調圧弁と集合胴の間の管路を比較的最長と取り（図2-1）、また集合胴内には多孔板および整流格子、整流網を設けて気流を整流していた。調圧弁の有効内径は、700mm、弁駆動用シリンダー直径350mm、ストローク750mmで2.1MPa absの油圧によって駆動される。調圧弁下流側の流れの偏向に関する不都合は新システム設計時には、第一の改修項目として扱われることになる。

旧システムの圧力制御の動作方式は、調圧弁の急開動作と自動制御動作に分かれる。

- ・調圧弁の初期動作

自動制御用管路と別個の管路で、圧油筒の油圧を用いて調圧弁を駆動し、貯気槽圧力と集合胴設定圧に応じて、予め設定した初期開度まで弁を急開する。

- ・圧力制御

自動制御管路に自動的に切り替えて集合胴圧を検出しながら自動制御動作を行う方式。実際には調圧弁の急開

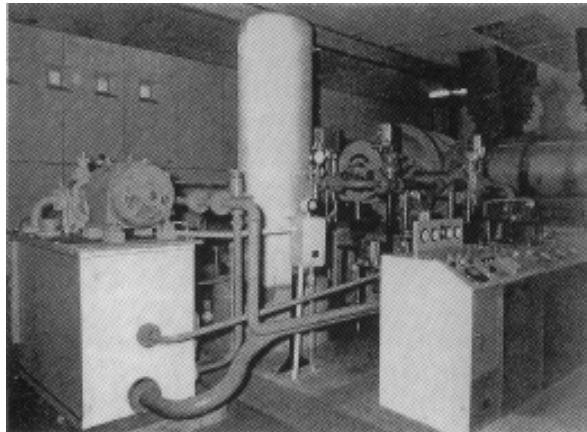
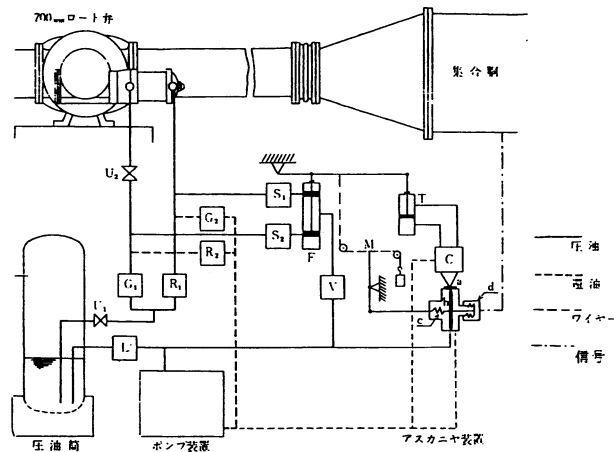


図 2-4 旧圧力制御装置

中も自動制御系は作動しており、切り替えは初期開度位置で急開管路を遮断することにより行う。また、設定値は、貯気槽圧力ー調圧弁開度ー集合胴圧力間の計算結果に基づき定められる。

自動制御装置(図2-4)は、圧力コントローラ、操作ピストン、および4方切り替え弁から構成されている。調圧弁の開閉操作は、集合胴圧および貯気槽圧力の変動に応じて、調圧弁の駆動シリンダに直結されている4方切り替え弁を自動的に開閉することにより行われる。この際の油圧は、ギア・ポンプから直接供給される。自動操作は集合胴圧を検知した圧力コントローラによって操作ピストンが駆動され、このピストン軸の運動がレバーを介して4方切り替え弁の弁軸に伝達する。なお、集合胴設定圧の範囲は、147kPa absより441kPa absで、圧力制御精度は設定値に対して絶対圧で1.0%以内に制御できることとなっていた。

アスカニア油圧式圧力制御装置は調圧弁更新に伴いすべて更新された。



2-6 集合胴および整流装置

調圧弁の下流側に長さ3 m、直径700mmの空気管および伸縮継手を経て、開き角約17.5°の第1拡散胴に至り、これに続いて直径1.88m、長さ4 mの集合胴平行部がある。今回の改修では、集合胴は昭和37年度に改造したものを改修して再利用し、調圧弁から第1拡散胴まで大幅に改造したので昔の面影はない。

整流装置として、図2-5に示されるような第1拡散胴に多孔板、平行部に整流格子および3枚の整流網を設け整流した。最上流側にある多孔板は、調圧弁の初期急開時に発生する強い圧力波の衝撃力を弱める目的のもので、平行部入り口にある整流格子は多孔板を通過した後の気流の方向を整流するとともに、圧力波の影響をさらに弱める目的のものである。整流網は集合胴内壁における気流の剥離を防ぎ、また、気流中に存在する擾乱を減衰させるためのものである。これらのシステムは低乱化の目的でさらに検討され、新システムとして生まれ変わる。

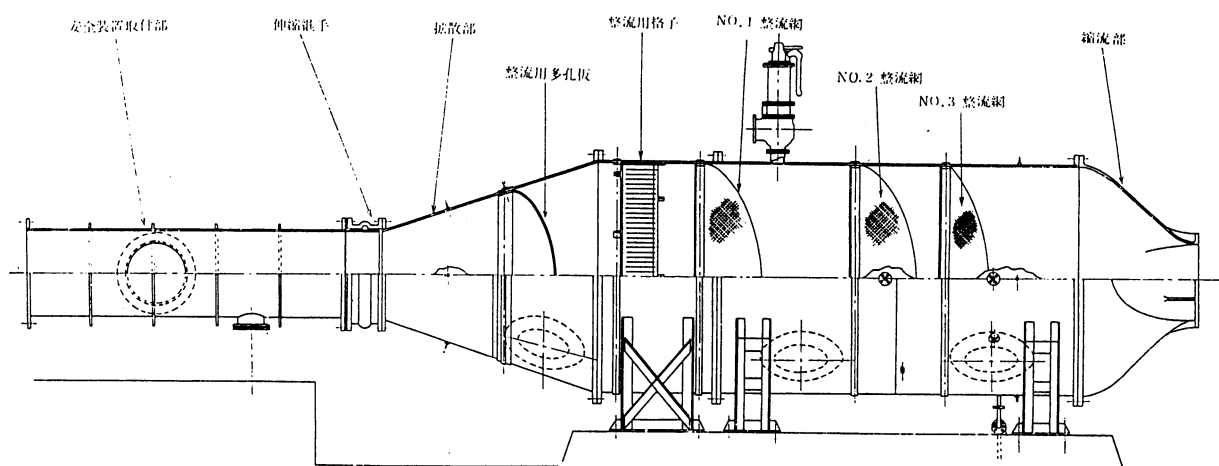


図 2-5 旧集合胴部

2-7 第1縮流筒

集合胴平行部下流には、第1縮流筒が続き集合胴円形断面から測定部の正方形断面に滑らかに接合している(図2-5)。第1縮流筒断面の形状は気流方向及び気流直角方向の断面で、円形より方形に移る曲線と直線が十分滑らかに連続するように考慮されていた。第1縮流筒の絞り比は約7.7で鋳鋼製である。

2-8 測定部および抽気室

測定部は(図2-6)、60cm×60cmの正方形断面で、幅1.6m、高さ1.6m、長さ2.6mの抽気室に収納されている。測定部の中心線は床上1.6mの水平面上にある。測定部の上下壁には板厚9mmの多孔壁が使用され、孔の径は4mm、ピッチは8mm、開口比は23.2%である。また、境界層の成長による気流方向の静圧勾配を考慮して、上下壁の上流端を蝶番とし、取付角度を±30°の範囲内で調節出来る構造になっている。左右壁は固定壁で、測定洞中央部に直径450mmの開口部があり、シュリーレン撮影用窓ガラス、側壁型3分力天秤、フラッタ模型出し入れ装置、2次元模型の支持金具等の取付に利用された。

遷音速域での風洞で、チョーク現象を防止する方法としていくつかあるが、本風洞では、多孔壁を用いる方法でチョーク現象を防止し遷音速流を得ており、多孔壁を通じての抽気量を調節することにより測定部のマッハ数を制御している。この際多孔壁を通じての抽気は、測定胴後方における主流の加速膨張による圧力低下を利用する方法と、主流の静圧が大気圧以上の場合、抽気室の上下から大気に解放されている抽気管により、大気圧と測定部静圧との差圧を利用する方法がある。前者の場合には抽気量の調節は上下多孔壁下流端にある前後フラップの開度調整によって行い、後者の場合は、抽気管に設けられた調節弁によって行うようになっている。なお、フラップを用いる場合、前部フラップは抽気室内で、また後部フラップは抽気室外から操作することになっている。

これらの装置は昭和37年度に改造したものを改修して再利用され、基本的なシステムは新システムでも維持される。

2-9 模型支持装置

3次元模型の支持装置は、スティング・ストラット型

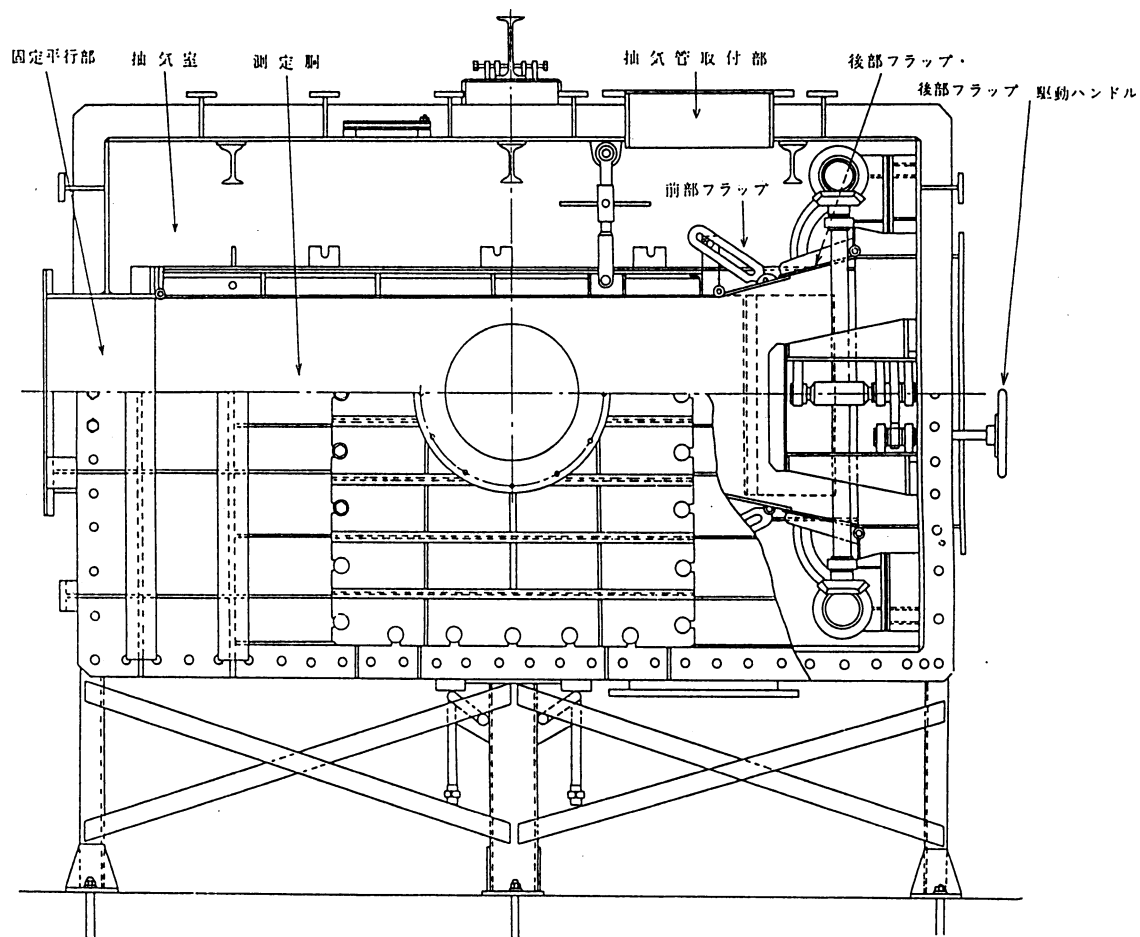


図2-6 旧測定部および抽気室

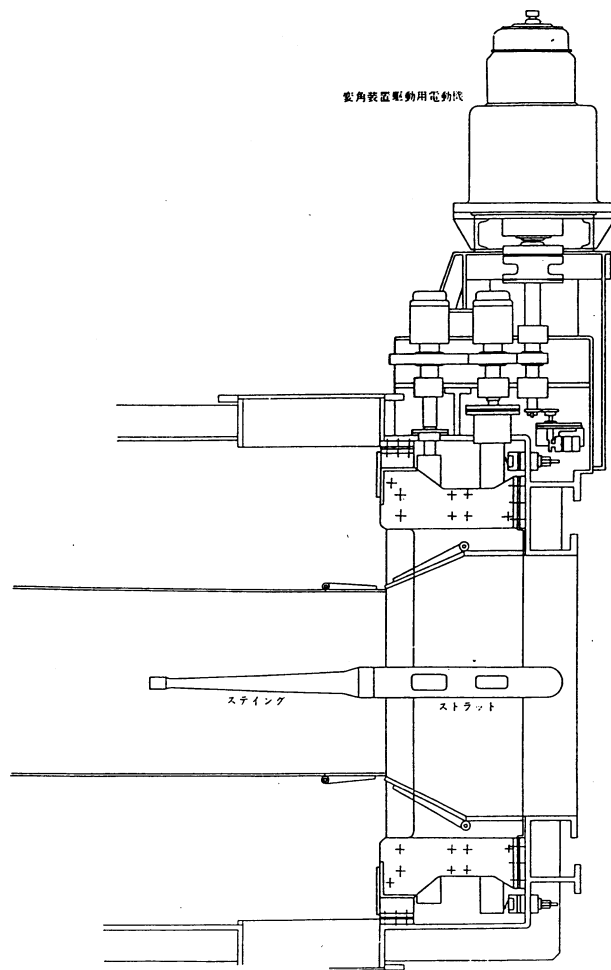


図 2-7 スティングストラット概略

式で(図2-7)、ストラットは抽気室の上下壁に固定され、測定洞後端の拡散部に位置している。模型の迎え角を変更する機構は、常に模型が風洞中心軸にあるような構造になっており、3馬力のギアード・モーターによって駆動される。迎え角の変更範囲は、 $\pm 11^\circ$ 、変更速度は約 $1^\circ/\text{s}$ で、風洞運転中も任意の位置に設定することができる。なお、横揺れ角の設定は手でスティングを回転させて行うこととしていた。

2次元模型および3分力天秤用模型は、それぞれ測定洞側壁の開口部に2次元模型支持装置、および3分力天秤を取り付けて、これに支持される方式をとっていた。

フラッタ模型は、フラッタ模型出し入れ装置を抽気室開口部に取り付けて、模型の出し入れを行った。この装置は、686kPaの空気圧によって駆動され、模型は気流に直角に出し入れされる。また、模型出し入れのストロークは、540mm、出し入れ時間は約0.5sであった。また、迎角を手動により $\pm 11^\circ$ 変更可能であった。なお、測定洞側壁の模型出し入れ口の寸法は、長さ430mm、幅60mmである。フラッタ模型は、翼根部にブロックを取り付けて模型出し入れ装置可動部先端の取付金具に押し

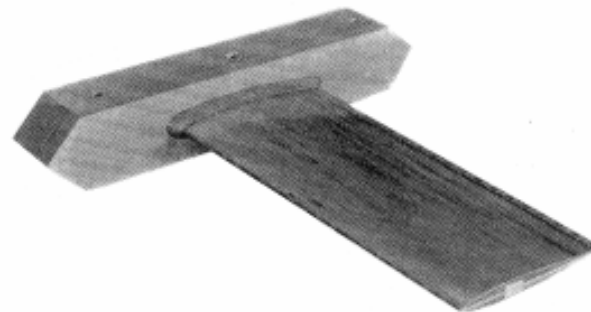
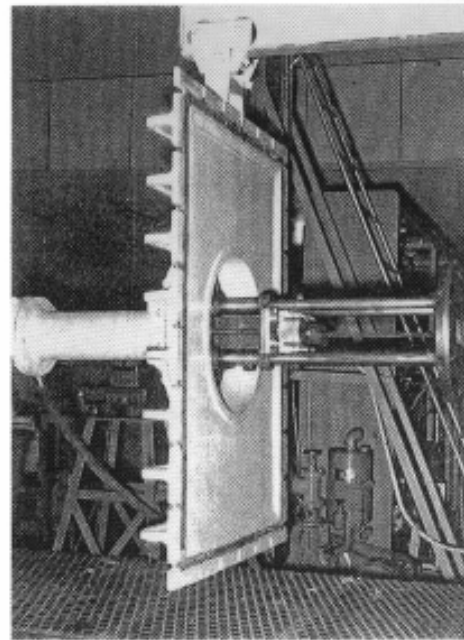


図 2-8 旧模型打ち出し装置

込まれる。旧装置を図2-8に示す。今回の改修では駆動系と角度検出装置を更新して再利用している。

2-10 第2拡散胴

測定部に接続して、断面積可変の第2縮流胴がありこれに固定の第2拡散胴が続いている。第2拡散胴の全長は8.2m、入口は80cm×60cmの矩形断面、出口は直径1.48mの円型で拡散角は約 5° である。第2拡散胴の出口には保護格子が設けられており、模型等の破片が風洞外部に飛散するのを防いでいる。保護格子は50mm角の格子で厚さ3.2mm、幅60mmの鋼板で製作されている。本部分は今回の改修で変更はない。

2-11 安全装置

調圧弁あるいは制御装置の故障や誤操作等によって、風洞の各部の圧力が異常に上昇をした場合を考慮して、調圧弁と集合胴との間に安全弁が設置されていた(図2-9)。安全装置は安全弁本体、空気排出用放風管および制御回路よりなっている。安全弁の有効直径は500mmで686kPaの空気圧で駆動した。作動は集合胴内圧および

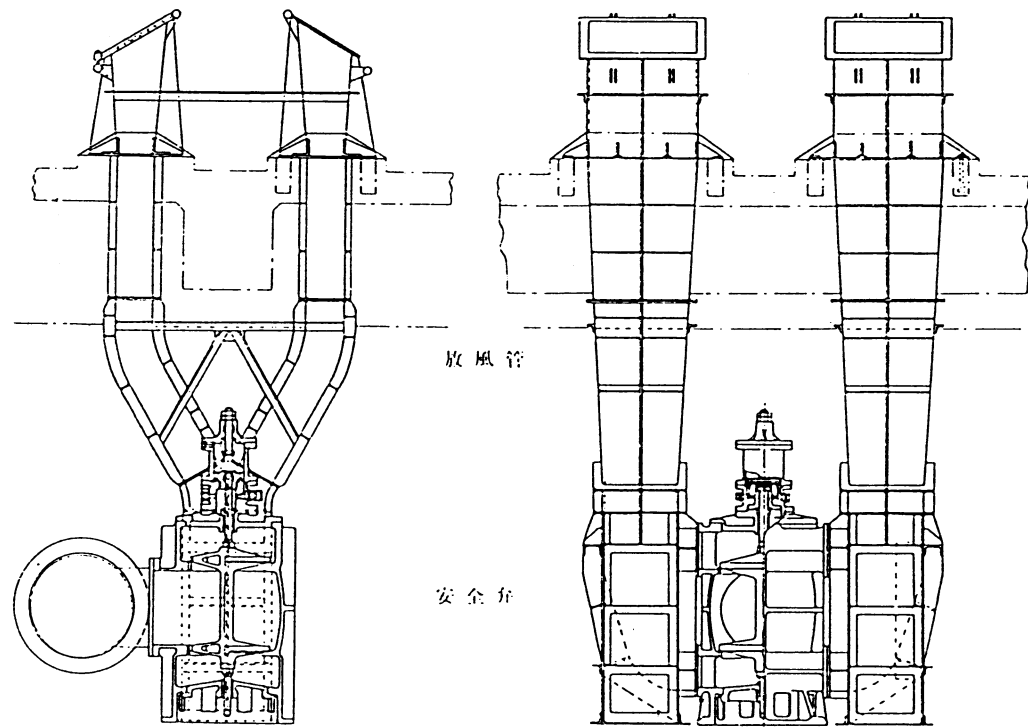


図 2-9 旧安全装置

測定部抽気室内圧が最大許容圧力に達した場合に、自動的にこれを検知して、制御回路を動作させる方法と、押しボタンによる方法、および停電時には手動で行なう方法の3系統が考えられていた。なお集合胴および抽気室の最大許容圧力はそれぞれ784kPaおよび441kPa(絶対)である。また安全弁以外に、集合胴あるいは抽気室の内圧が最大許容圧力に達すると、安全装置の自動操作と同時に、弁および調圧弁が急閉するシステムも併用された。本装置は改修に伴いすべて撤去、更新された。

2-12 消音塔

本風洞は、運転中にかなり高い騒音を発生することが予想されたので、風洞拡散胴の出口に消音装置を設け、かつ建屋の構造についても特に考慮された。風洞より発生する騒音が外部に伝わることを防止するために、調圧弁の上流から拡散胴の末端まで、すべて鉄筋コンクリート造の建屋内に収納した。天井および壁は吸音テックス張で、壁は更にこのテックスとコンクリート壁との間に吸音のために厚さ15cmの岩綿を充填していた。窓は採光のために最少限度にとどめて、かつ二重窓とし、出入り口は防音扉および防音シャッターを使用していた。

拡散胴出口に接する消音塔は(図2-1)、厚さ20cmの鉄筋コンクリート壁で、高さ14.6m、上部および下部の直径はそれぞれ7mおよび4.6mである。コンクリート壁の内面に厚さ10cmのガラス繊維材のマットを張り、また消音塔内にも総表面積約350m²、厚さ10cmの同じ

消音材をアングル材製の枠に入れ込んである。消音塔は1978年(昭和53年)に改修され、新システムで、そのまま用いられている。

2-13 付属設備

(1) 計測装置

計測装置は、圧力、温度、力および振動の測定系統よりなっていた。これらの記録計は集合胴前面の計測パネルに取り付けられ、中央の操作盤上で校正、検出部の切り替え、記録の発停止等の諸操作を行うようになっていた。(図2-10)

旧システムでの圧力測定系は、ストレイン・ゲージ式圧力変換器により、電子管式自動平衡指示記録計および

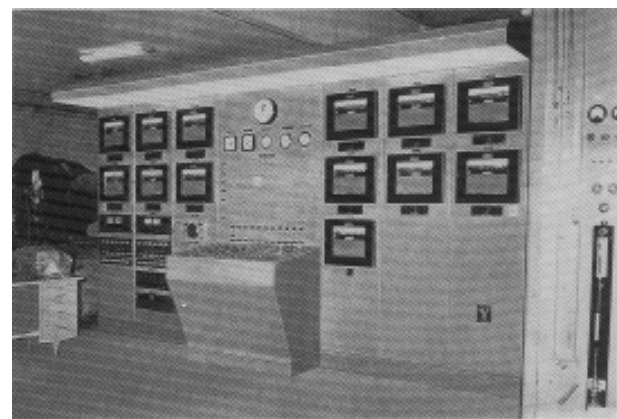


図 2-10 旧計測装置計器盤

動的歪み計を経て電磁オシログラフに記録した。また、圧力測定系には圧力校正装置を付属させ、電磁切換弁によって随時測定圧側と校正圧側とが切り換えられた。

旧システムでの温度測定系は、熱電対を用いて電子管式自動平衡型指示記録計に記録した。また、力測定系は6分力天秤ならびに3分力天秤を使用し、ともにストレーン・ゲージ式で、この出力を電子管式自動平衡指示記録計に記録した。振動測定系は、フラッタ模型に貼付したストレーン・ゲージの出力を動的歪計を経て、電磁オシログラフ（ビジコーダ）に記録した。これら測定系の検出部出力は、上記の記録系と平行して電磁記録装置に記録することができ、これらは当所に設置された磁気テープ、データ処理設備ならびに計数型電子計算機によって高速度で処理することができた。

(2) 天秤

天秤は先に述べたようにスティング・ストラット型6分力天秤と側壁型3分力天秤の2種を有していた。各天秤の要目は第1表のとおりである。両天秤とも迎え角の変更は旧計測パネルの操作盤上で行うことができた。天秤の校正は、6分力天秤は所内の共通校正装置を使用し、3分力天秤に関しては風洞抽気室内の校正装置を使用した。

現在、天秤は撤去されている。

(3) シュリーレン撮影装置

シュリーレン撮影装置は光学系は図2-11に示すとおりで、光源部、受光部、凹面鏡部よりなる。光源部は、クセノン灯、超高压水銀灯、スパーク光源およびタングステン灯を備え、受光部において任意に選択操作ができ

た。凹面鏡は2面あり、材質はパイレックス・ガラスで、反射鏡は有効直径550mmの球面、焦点距離は6.6mおよび4 mである。局面精度は1/8水銀波長、表面はアルミ蒸着処理を行っている。

本装置の大型ミラーは改修して再利用し、他は更新した。

2-14 測定部

測定胴の概略図を図2-12に示してある。静圧は多管式水銀マノメータにより、またよどみ点圧力はストレーン・ゲージ式圧力変換器により測定した。旧システムの後部フラップ角は全閉より約15°の範囲でのみ有効で、それ以上の開度では測定部のマッハ数は変化しない。測定部中央を含むX＝－400～200mmの間の静圧分布はほぼ一定で、低い亜音速の場合を除き静圧勾配も小さいことが確かめられていた。

第3章 フラッタ試験設備改修概要

3-1 改修目的

老朽化対策と風洞内気流の低乱化対策を主たる目的とする。旧システムの概要は前章に示した。建設以来34年の年月が経過している。集合胴・測定部（1962年（昭和37年））とマッハ数制御系（1988年（昭和63年））と消音塔（1978年（昭和53年））および計測系（1988年（昭和63年））は過去改修の経緯はあるものの、圧力制御系の大部分は建設当時のものを使用していたのでその老朽化は著しく、フラッタ試験設備としての機能の根幹に関わる圧力制御系統およびマッハ数制御系統等は一部、建設当初の性能を失うまでに至った。また、本設備に関し

表1 天秤の要目

摘 要	種 類	
	3 分力天秤	6 分力天秤
型 式	側壁型・ストレーン・ゲージ式	スティング・ストラット型 インターナル・ストレーン・ゲージ式
秤 量	第 1 揚 力 3920N 第 2 揚 力 3920N 抗 力 980N	第 1 垂 直 力 3336N 第 2 垂 直 力 3336N 第 1 横 力 1668N 第 2 横 力 1668N 軸 力 778N 横揺れモーメント 67.8N-m
精 度	各 要 素 最大荷重で± 0.25%以内 相互干渉 最大荷重で± 1.0%以内 温度補償 - 60℃～ 40℃で 最大荷重の± 0.5%以内	垂 直 力 最大荷重で± 1.5%以内 横 力 最大荷重で± 2.5%以内 相互干渉 最大荷重で± 2.5%以内 温度補償 - 34℃～- 32℃で 最大荷重の 1 %以内
その他	迎角変更装置付 迎角範囲 ± 15° 3点プリセット・連続変更可能	天秤直径 31.75mm

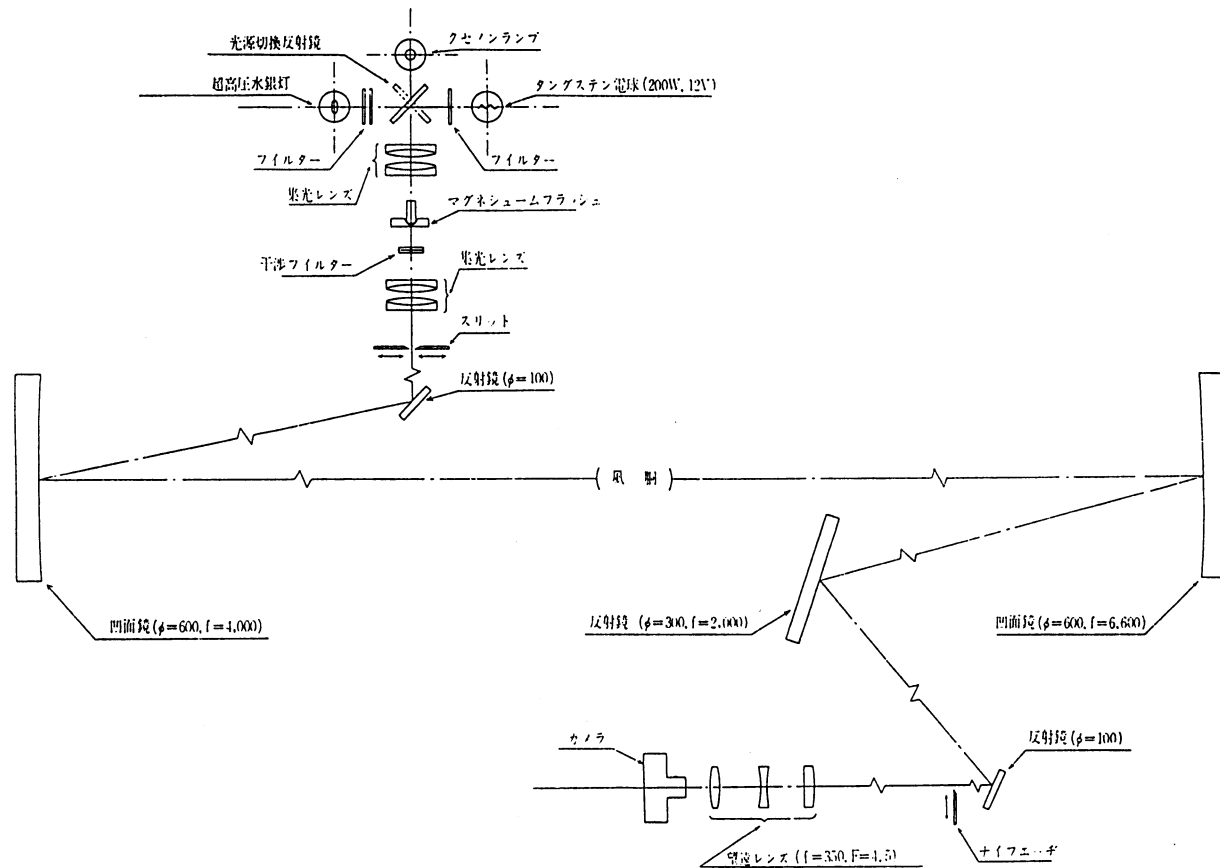


図2-11 シュリーレン装置

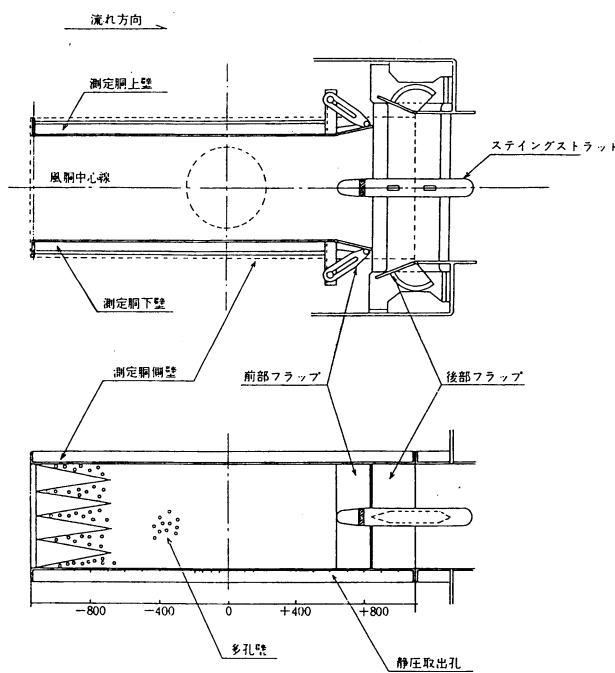


図2-12 測定部概略

では、建設当初から風洞内気流の乱れが他の風洞に比べて大きいことが指摘され、精度の高いフラッタ試験の実施が困難であった。この機会に、併せて気流の低乱化のための対策を講じ、将来の国産航空宇宙機の開発に備えることを目指した。

フラッタ試験では通常の風洞試験とは異なり集合洞圧力およびマッハ数を通風時間内に前以ってプログラムされた通りにスイープするのが効率的である。本設備はこのための特殊な機能を有する必要がある。本風洞の基本的動作に係わる可動部は調圧弁、前後フラップ、可動壁面(第2縮流胴)、および模型支持装置である。これらは圧力、マッハ数および模型の姿勢の設定、あるいは、指定した圧力範囲、指定したマッハ数範囲をスイープするため制御系を介して制御される。翼応答は翼桁の適当な位置に貼られた歪ゲージで翼の振動をモニタする。今回の改修では、気流の低乱化に併せて、圧力およびマッハ数制御、さらにそれらに関わる風洞の可動部に関して大規模な改修を行なった。

改修の目的ないしは新システムの計画に際しての目標課題を纏めると以下のとおりである。

1) 気流の低乱化

調圧弁として旧システムではロート弁が使用されてい

た。前章でも述べたとおり、ロート弁下流側の流れの偏向は、測定部内の気流の質に大きな影響を与える。ロート弁直下流の集合胴の流路設計に關しての努力にも拘わらず旧システムではこの不都合は解消されてなかった。調圧弁そのものの形式を含め、集合胴内の気流の整流に關しての改善を図ることとした。さらに、調圧弁から前部集合胴の流路形状を最適に設計し、且つ集合胴内の整流装置を改めることにより多重にわたり低乱化を目指した。

2) 調圧弁の制御方式の刷新

特に、調圧弁の圧力制御は、アスカニア油圧式制御を行っていた(図1-4)。このシステムは、機械的に動く部分が多いために精度の高い高速応答には向いていない。このため、調圧弁をプラグ弁に変更するに当たり高速応答が可能なサーボ弁を使用した制御方式を採用することとした。

3) 測定部アクセス性の改善

旧システムの測定部の概要を図2-6, 2-12で示した。模型の風洞への取り付け、試験中の模型の状況確認、計測系の配線、配管において多大な不便さがあった。特に模型打ち出し装置使用時には、抽気室の同装置取り付け側からの模型へのアクセスは不可能で、測定部上側を跨いでのアクセスが必要であった。また、スティングストラットによる模型支持では、模型へのアクセスは集合胴のマンホールから測定部へ侵入するしか術がなく、不便を極める状況であった。これらの状況を改善することとした。

4) 制御ソフトの改良

フラッタ風洞での試験効率を上げるためには、マッハ数あるいは総圧(動圧)の通風時の掃引が有効であることは、前述のとおりである。旧システムでは、これらを独立に掃引することは可能であったが、同時に双方を掃引することはできなかった。フラッタにとって最も危険な遷音速ディップの安定境界を効率よく、かつ模型の破損を避け、安全に補足する目的で、マッハ数および総圧の掃引に關する制御ソフトの改善が必要となった。

5) 安全対策

従来の方式は、集合胴圧の圧力の異常な増加を感知して、集合胴内空気を天井側に排出する方式をとっていたが、システムの老朽化に伴いその信頼性に問題が生じた。さらに、高圧貯気槽と測定部の間には、調圧弁が介するのみで、測定部での作業に關しての安全性は一系統のみであった。これを改善すべく、貯気槽と調圧弁の間に仕切弁を設置し、測定部での作業中の安全性を確保することとした。

6) 全般的な老朽化

建設以来30余年を経過し、システムの電気配線、配管、風洞本体の塗料の剥離、その他建屋の照明器具等の老朽

化がかなり進んでいた。

以上の諸不具合を勘案し、かつ旧システムの主たる機能の維持およびそれらの一部性能向上を目標とし、以下の改修仕様を計画した。

3-2 主な改修項目

改修項目は、調圧弁、運転制御系、模型支持装置、マッハ数制御装置、安全装置、および可視化装置、および仕切弁の新設である。具体的な変更点は以下のとおりである。

(1) 調圧弁

従来のロート式調圧弁からプラグ型調圧弁に交換する。プラグ方式はロート方式に較べ

- ①第一拡散胴内気流の乱れが少ないこと
- ②流量制御が容易であること
- ③閉状態で安全側の閉鎖力が働くこと

等の利点が挙げられる。ここでは、主に気流の低乱化の目的でプラグ型弁を採用することとした。

(2) 第1 拡散胴および集合胴

従来の急激な第1 拡散胴を撤去し調圧弁から集合胴に向けて、緩やかな拡散が可能な形状に変更し、集合胴部分を長くすることとした。集合胴内には、気流の低乱化の目的で、2枚の多孔板、スプリット型の消音器、ハニカム整流格子および5枚の整流網を設置することとした。

(3) 測定部

従来の作業性を改善すべく、測定部開閉扉を設置する。さらに、観測窓を追加し種々の可視化試験に対応することとした。

(4) 模型支持装置

従来の手動式を改め、模型打ち出し装置およびスティングストラットに、模型迎角の自動制御装置を設置することとした。

(5) マッハ数および圧力制御系

マッハ数制御は第2 縮流胴と後部フラップを用いる。動圧の制御には集合胴圧力と貯気槽圧のフィードバックにより調圧弁の開口比の制御によって行う。制御の形態は、マッハ数に対する測定部動圧のチャート上で、次の3種類が可能となるようにした。

- ①マッハ数一定の条件で測定部動圧のスイープ
- ②動圧一定の条件でマッハ数のスイープ
- ③マッハ数に対する動圧の線形関係を保ったスイープである。

(6) 可視化装置

集合胴内部に煙発生装置を設置し、測定部の模型周辺の流れを観察し得るように計画した。遷音速領域での煙

による可視化は世界的にも貴重な試みである。また、従来のシュリーレン装置は更新することとした。

(7) その他

風洞運転は、通風開始から計測を経て通風終了まで一貫して、コンピュータによる制御を行い省力化を行う。安全装置については、従来の機械的な安全装置からより信頼性の高い破裂板方式に更新する。さらに、貯気槽から調圧弁にいたる高压導管部に仕切弁を設け、作業の安全性を確保すると共に、作業効率を高めることとした。

以上の基本方針を基に改修仕様をまとめる。

3-3 改修内容および性能・機能

3-3-1 集合胴圧力制御系の改修

集合胴圧力制御に用いる調圧弁を従来のロート弁からプラグ弁に新規換装し、下記の改修を行う。なお、集合胴圧力制御装置については、3-3-4 運転制御装置の改修で述べる。

(1) 調圧弁の更新

調圧弁はロート弁より、プラグ弁に換装することとし、調圧弁の仕様は次の通りとした。

調圧弁の主要目

- 1) 型式：プラグ弁
(メカニカル・ロック付き)
- 2) 数量：1 台
- 3) 入口径：600mmφ
- 4) 出口径：2000mmφ
- 5) 駆動方式：電気油圧サーボ駆動
(油圧シリンダー駆動)
- 6) 圧力設定範囲：147 ～ 392kPa abs
- 7) 最大速度：1 秒／フルストローク
- 8) 設計圧力：2.0MPa

(2) 調圧弁制御用油圧源装置の更新

旧システムの油圧源装置はすべて撤去し、集合胴圧力制御機能および性能を満たすのに支障のない以下の仕様とした。

油圧源装置の要目

- 1) 油圧ポンプ
数量：1 台
型式：アキシアルピストンポンプ
定格圧力：210MPa
定格流量：10l / min
電動機容量：5.5kw
- 2) 油タンクユニット
数量：1 式
容量：400l
附属品：吸込ストレーナ

レベルゲージ

機側計器

弁配管類

3) アキュムレータ

数量：1 式

型式：縦形 N₂ ガス蓄圧式

容量：50l × 1 基

4) ストレーナ

数量：1 式

型式：ラインフィルタ

附属品：差圧指示器

なお、本油圧源には圧力異常と油温度異常警報装置を装備することとした。

(3) 高压導管の一部更新

風洞上流側の建屋入り口から、調圧弁までの既設高压導管を撤去し、新規製作の高压導管を取付け、高压導管部は気流の低乱化を達成するのに支障がないものとした。さらに、高压導管部は安全な風洞運転に支障がなく、かつ集合胴圧力制御機能および性能を満足するものとした。

(4) 伸縮継手の更新

旧システムの伸縮継手を撤去し、調圧弁と仕切弁の間に直管圧力均衡型伸縮継手を新設した。伸縮継手は安全な風洞運転に支障がなく、かつ集合胴圧力制御機能および性能を満足することとし、要目を以下のとおりとした。

数 量：1 台

型 式：直管圧力均衡型

口 径：φ600mm

許容伸縮量：軸方向 ± 10mm

ベローズ部材質：SUS304

設計圧力：2.0MPa

なお、調圧弁、油圧源装置、高压導管および伸縮継手の設置にあたっては、既設の基礎を撤去し十分な強度を有する基礎を新設した。

3-3-2 抽気室の改修

(1) ヒンジ式扉の新設

既設の抽気室の機能を維持し、模型支持装置へのアクセス等の作業性、および安全性を確保するため、既設抽気室用大扉および測定部側壁の片側を撤去し、ヒンジ式マンホール付大扉と片側の側壁にシュリーレン窓枠をヒンジ式扉としたものおよびスティングストラットの近傍にヒンジ式小扉を新設した。マンホールは人力操作による開閉としリミットスイッチ付とした。

(2) 小扉側測定部側壁に観測窓の新設

- 1) 観測窓は、測定部中心より上流側に 2 ヲ所と、下流側に 1 ヲ所設けた。
- 2) 観測窓の寸法を、上流側は $150 \times 200\text{mm}$ 、下流側は $150 \times 150\text{mm}$ とした。
- 3) ガラスの耐圧は 294kPa (最大壁差圧) とし、十分な耐熱性を有するものとした。

3-3-3 気流低乱化のための改修

下記の対策を講じることにより、測定部における気流の乱れを軽減し、かつ既存の運転範囲を確保する。その対策として、

(1) 既設第 1 拡散胴の更新と前部集合胴の新設

既設の第 1 拡散胴を撤去し、調圧弁から第 1 拡散胴、前部集合胴の流路形状を気流の低乱化を達成するのに不都合がないように新しく設計、新設した。

第 1 拡散胴の要目は以下のとおりとした。

数 量：1 台
入 口 径： $\phi 2000\text{mm}$
出 口 径： $\phi 2300\text{mm}$
材 質：SM400C
設計圧力： 1.4MPa
付 属 品：多孔板、マンホール
および同用リミットスイッチ、
破裂板取付座

さらに、第 1 拡散胴の下流、既設の集合胴上流に前部集合胴を新設した。調圧弁から第 1 拡散胴、前部集合胴の流路形状は気流の乱れの指定値を達成するのに十分な形状とした。

要目は以下のとおりである。

数 量：1 台
口 径： $\phi 2300\text{mm}$
材 質：SM400C
設計圧力： 1.4MPa
付 属 品：スプリッター型消音器、
マンホールおよび
同用リミットスイッチ

また、第 1 拡散胴、前部集合胴用基礎を新設した。

(2) 気流低乱化の実現に必要な改修

- 1) 既設集合胴の上流に前部集合胴を設け、スプリッター型消音器を内装した。
- 2) 前部集合胴の上流に多孔板付第 1 拡散胴を設けるとともに、調圧弁の出口にも多孔板を設けた。
- 3) 既設集合胴に設置されている整流格子 (格子寸法 40mm) をハニカム整流格子 (格子寸法 9.5mm) と交換した。
- 4) 既設の整流金網をさらに小さいメッシュの金網と交換した。

上記の整流装置の要目は以下のとおりである。

1) 整流金網

メッシュ：No. 1, No. 2 金網は 10 メッシュ
No. 3, No. 4, No. 5 金網は 20 メッシュ

線 径：No. 1, No. 2 金 $\phi 0.6\text{mm}$
ステンレス鋼線
No. 3, No. 4, No. 5 金網は
 $\phi 0.3\text{mm}$ ステンレス鋼線

2) 整流格子

型 式：アルミ製ハニカム整流格子
格子寸法： 9.5mm
格子板厚： 0.05mm
奥行寸法： 125mm

3) 多孔板

開口比： 40.3%
孔 径： $\phi 20\text{mm}$
板 厚： 16mm

4) 消音器

型 式：スプリッター型
スプリッター長さ： 1000mm
スプリッター巾： 80mm
スプリッター枚数：14

3-3-4 運転制御系の改修

運転制御系は、風洞の圧力、ならびにマッハ数および模型位置を運転制御するものであり、運転操作において、通風準備から通風制御まで一貫して制御できるものとした。さらに通風前に予め設定されたプログラムどおりに機器が動作することを確認できるようにした。運転制御を構成する各制御盤およびその機能を以下に記載する。

(1) 風洞操作卓の設置

既設運転制御装置は撤去し、風洞操作卓を設置した。風洞操作卓は、次の機器で構成した。

1) 操作卓

型式：屋内用 コントロールデスク型
機能：

- イ) 通風準備操作
- ロ) キーボードによる運転条件の設定
- ハ) 風洞の通風制御
- ニ) システムチェックおよび通風操作
- ホ) CRT による状態モニタ
- ヘ) 風洞緊急停止動作が可能
- ト) インターホンによる情報交換が可能

2) 運転制御コンピュータ

型式：工業用パーソナルコンピュータ

レーザプリンタ（A3 使用可）付 1 台
機能：つぎの設定／制御が行う。

- イ) 通風設定／制御
- ロ) 模型設定／制御
- ハ) 計測装置との信号インターフェース
 - ア) 計測装置への出力
 - ・風洞起動・停止信号 ON/OFF
 - ・模型打出し信号 ON/OFF
 - ・ブザー信号
 - ・起動準備完了
 - イ) 計測装置からの入力
 - ・計測準備完了
 - ・計測終了
 - ・計測可能

(2) 風洞監視盤の設置

圧力制御盤、マッハ数制御盤、抽気室扉制御盤ならびに模型制御盤の監視機能を一面に集約して、風洞および補機の運転監視を行う盤とした。

1) 風洞監視盤

型 式：屋内自律閉鎖型
付属機器：集合表示灯 1 式
アナンシエータ 1 式
グラフィックパネル 1 面
機 能：風洞および補機設備の監視
下記の関連設備との信号交換が可能なこととした。

- イ) 関連設備
 - ア) 当所遷音速風洞制御室
 - イ) 当所超音速風洞制御室
 - ロ) 当所 2 次元風洞制御室
 - ハ) 貯気槽機側操作盤
- ロ) 信号の種類
 - ア) 貯気槽／調圧弁／仕切弁／の開閉に関する情報

(3) 機側制御盤の設置

機器を制御するための機側制御盤を実験場（風洞室）に設置した。これらの各制御盤と制御室との間の信号伝達は多重伝送により行うものとし、主な機側制御盤の構成および機能は以下のとおりとした。

- 1) 圧力制御盤
 - 形 式：屋内自律閉鎖型
 - 収納機器：イ) 集合胴圧力制御装置
ロ) 調圧弁開度制御装置
 - 機 能：圧力制御盤ではつぎの制御を行うものとした。
 - イ) 集合胴の圧力制御

- ロ) 調圧弁の開度制御
- ハ) 上記イ)～ロ)に関するシーケンス制御

2) 模型制御盤

型 式：屋内自律閉鎖型
収納機器：模型位置制御装置
機 能：模型制御盤ではつぎの制御が可能なものとした。

- イ) スティング・ストラットの迎角設定
- ロ) 模型打出し操作
- ハ) 模型打出し装置の迎角設定
- ニ) 模型打出し状態での試験では、人と模型の安全を考慮したシステムであることとした。

3) マッハ数制御盤

型 式：屋内自律閉鎖型
収納機器：イ) マッハ数制御装置
ロ) 後部フラップ位置制御装置
ハ) 前部上／下フラップの位置制御装置
機 能：マッハ数制御装置盤ではつぎの制御が可能であることとした。

- イ) マッハ数のフィードバック制御
- ロ) 後部フラップの位置制御
- ハ) 前部上／下フラップの位置制御

3-3-5 圧力およびマッハ数制御

フラッタ風洞の重要な機能のひとつであるマッハ数および動圧のスweepは完全に運転用の制御コンピュータによって行うことにし、通風中、試験者の計画とおりにマッハ数および動圧のスweepが実施出来るようにソフトの導入を行ない、以下の機能を持たせた。

(1) 運転制御コンピュータにより、風洞操作卓および機側制御盤をとおして以下の設定、制御および操作が可能なものとした。

- イ) 集合胴圧力のスweep
集合胴の圧力を予め設定された圧力値に従って、単独でスweepさせることが可能なものとした。この場合、圧力の目標値は少なくとも 3 点まで設定可能とし、スweep速度も可変設定可能なものとした。

- ロ) マッハ数のスweep
第 2 縮流部の操作により制御できる範囲内において、マッハ数を単独でスweepさせることが可能なものとした。この場合も上記圧力の場合と同様に、マッハ数の目標値は少なくとも 3 点まで設定可能とし、スweep速度も可変設定可能なものとした。

- ハ) 動圧とマッハ数のスweep
圧力制御装置およびマッハ数制御装置のスweep設定機能を組み合わせることにより、動圧目標値の変化幅をマッハ数目標値の変化幅に比例させるよう

な設定が可能なものとした。この場合も、動圧とマッハ数の目標値の組み合わせは少なくとも3点まで設定可能とし、動圧目標値の変化幅とマッハ数目標値の変化幅の間の比例係数およびスweep速度については変更可能なものとした。

二) スweep制御のときのCRT表示

sweep制御を行った時の応答をCRTに表示可能とした。表示速度は風洞操作および試験を行うに支障のないものとした。また、通風後表示結果をプリントアウト可能なものとした。

(2) 圧力制御およびマッハ数制御は以下の性能を有するものとした。

イ) 圧力制御

(a) 制御範囲

147 ~ 392kPa abs

(b) 性能

定値制御：圧力設定精度は目標値の1%以内、定常状態での標準偏差は目標値の0.3%FS以内、整定時間は5秒以内とした。

sweep制御 sweep速度

最大 29.4kPa/sec

最小 0.882kPa/sec

標準偏差は目標値の5%以内

ロ) マッハ数制御

(a) マッハ数制御範囲

現運転範囲内 0.5 ~ 1.20

(b) 動圧設定範囲

$P_o = 147 \sim 392\text{kPa abs,}$

マッハ数は現運転範囲内 ($M = 0.5 \sim 1.20$)

3-3-6 マッハ数設定用フラップの改修

既設フラップ制御装置を更新した。

(1) 前部フラップ

イ) 前部下側フラップおよび上側フラップを電動駆動に更新するため、電動スクリュージャッキと位置検出器を新設した。また、風洞操作卓およびマッハ数制御盤よりモニタおよび制御が可能なものとした。

ロ) フラップ角の検出精度は、 0.01° とした。

ハ) フラップ駆動装置には、ウォーム減速機によるロック機構を有するものとした。

二) ジャッキ駆動用モーターの要目

モーター型式：ステッピングモーター

励磁最大静止トルク： $3.92\text{N}\cdot\text{m}$

フルステップ： $0.72^\circ/\text{ステップ}$

(2) 後部フラップの制御装置の更新

イ) 既設の駆動モーター、ベルト駆動部、制御盤および

回転角センサを撤去し、駆動用サーボモーター、減速機、制御盤および回転角センサを新設した。

ロ) 後部フラップの制御はACサーボモーターによる位置フィードバック制御とし、駆動装置の要目は以下の通りとした。

型式：ACサーボモーター

出力：4.5kw

ハ) フラップ角の検出精度は、 0.01° とした。

二) フラップ位置表示用のリミットスイッチを新設した。

ホ) 風洞操作卓およびマッハ数制御盤よりモニタおよび制御が可能なものとした。

3-3-7 模型支持装置の改修

既設模型支持装置に関して、既設のステイング・ストラット制御装置の駆動モーター、制御盤および減速機を撤去し、ステイング・ストラットの制御装置を改修した。

(1) 同制御装置の下記の項目を更新した。

イ) 駆動モーター

ロ) 制御盤

ハ) 回転角センサおよびリミットスイッチ

二) 減速機

(2) 迎え角の検出精度は、 0.01° とした。

(3) ストラットの制御はACサーボモーターによる位置フィードバック制御とし、駆動装置の要目は以下の通りとした。

型式：ACサーボモーター

出力：4.6kw

(4) 風洞操作卓および模型制御盤よりモニタおよび制御が可能なものとした。

3-3-8 既設模型支持装置の改修

(1) 模型打出し装置の改修

イ) 迎角駆動装置はステッピングモーター駆動とし、駆動速度は約 $0.15^\circ/\text{s}$ で、操作盤からの迎角設定とその表示が可能なものとした。

ロ) 迎角設定範囲は $\pm 20^\circ$ とし、通風中に迎角設定および設定変更は行われないものとした。

ハ) 迎角検出精度は 0.01° 以内とした。迎角設定精度は 0.01° 以内（迎角 $\pm 8^\circ$ の範囲）とした。

二) 同装置のオーバーホールおよびユニオン継手、消耗品の交換を行なった。

ホ) 模型打出し装置の取付ブロックと風路側壁との隙間を小さくした。

ヘ) 模型を任意の打出し位置で固定できるメカニカルロックを設けた。

(2) フラッタ緊急装置の更新

- イ) 模型からの信号をモニタし、指定された以上の振幅を感知した場合には自動的に模型を収納し得るものとした。
- ロ) 既設の模型格納システムは維持するものとした。

3-3-9 安全装置の改修

安全装置は、集合胴圧力を利用した破裂板方式とし、安全装置および同用ダクトを新設の第1拡散胴に取付けた。

安全装置の設計仕様は以下のとおりとした。

- 数 量：常設 1 枚（予備品 3 枚）
- 材 料：SUS, PTFE
- 破裂圧力：490kPaG
- 許 容 差：±5 %
- 口 径：φ850mm

本装置はJIS B8266「破裂板方式安全装置」他、諸規定に準拠し、風洞運用に当たって安全性を確保し得るものとした。

3-3-10 気流可視化装置の設置

(1) 煙吹出装置

集合胴内に煙吹出装置を設置した。仕様は以下のとおりとした。

- イ) 煙吹出装置及び煙発生装置を新設した。
- ロ) 煙吹出装置は後部集合胴内に設置し、取り外し可能なものとした。
- ハ) 煙発生装置及び煙吹出装置の要目は以下のとおりとした。

(a) 煙発生装置

1. 台 数：2 台
2. 空 気 源：外部空気供給型（流量計内蔵）
3. 燃料流量：0.8～80ml/min
(1 台当り参考値)
4. 使用オイル：プロピレングリコール系
5. プロブヘッド：φ44.5mm × 254mmL
(参考値)
6. ヒ ー タ：最大 1000W（1 台当り）
7. 安全装置：通常加熱防止用温度調整器内蔵

(b) 煙吹出装置

1. 台 数：1 台
2. ストラット：①流路内設置から楕円管等の抵抗の小さい形状とした。
②サイズ(350mmL × 80mmW × 1600mmH)（参考値）
③煙発生装置用プロブはストラットの下部に接続した。
④ストラットの取り付けは集合

胴に取り付け座を設けボルト止めとし、取り外し可能とした。

3. ノズル形状：①ノズル吹出口の形状は円孔形状とし、できるだけ均一に吹き出されるように計画した。

なお、本装置に関しては参考文献[4]を参照されたい。

(2) シュリーレン装置

イ) 既設シュリーレン装置のオーバーホールを行なった。オーバーホールの内容は次の通りとした。

- (a) 光源部および受光部の新規換装
- (b) 既設凹面鏡（2 個）の再研磨，コーティング
- (c) 既設平面鏡（φ300，1 面）の再研磨，コーティング

ロ) シュリーレン装置用光源部および受光部の要目は以下のとおりとした。

(a) 光源部

1. 光源筐
 - 1 KW キセノン連続光源およびストロボランプ光源
2. キセノンランプおよび電源

キセノンショートアークランプ：1 KW
1 本

電源装置：入力電圧 100VAC25A 1 式
3. ストロボランプおよび電源 1 式

閃光時間：0.9～1.8μsec
閃光周波数：5～1500HZ
5 レンジ切換え式

入力電圧：100V 約 1.2KVA
4. コリメータレンズおよびコンデンサーレンズ 1 式
5. ピンホールおよびスリット 1 式

ピンホール：ピンホール径（φ0.3mm, φ0.4mm, φ0.5mm, φ0.6mm, φ0.8mm, φ1.0mm, φ1.5mm の7種スライド選択式）

スリット：スリット隙巾（0.1～22mm 両開き可能）
読取り最小目盛（0.05mm）
スリット隙長（2～22mm, 2 mm ステップで可変）
6. 直視分光プリズム 1 個
7. 光学ベンチ 1 台
8. 光源部架台 1 台
9. 補助平面鏡 1 個

有効径：φ120mm 以上
面精度：1/4 光波長以上
表面処理：アルミ全反射蒸着，SiO₂保護膜付

(b) 受光部

1. 補助平面鏡およびホルダー 1 個

平面鏡

有効径: $\phi 120\text{mm}$ 以上面精度: $1/4$ 光波長以上表面処理: アルミ全反射蒸着, SiO_2 保護膜付

ホルダー

アーム式のスタンドで俯仰・旋回とも粗動および微動調整付。光学ベンチ上を摺動固定するスライダー型。

2. ビームスプリッター 1 個

有効径: $\phi 150\text{mm}$ 面精度: 表裏 $1/4$ 光波長

表面処理: 表面アルミ半透明蒸着,

 SiO_2 保護膜付

裏面反射防止膜付

ホルダー

アーム式のスタンドで俯仰・旋回とも粗動および微動調整付。光学ベンチ上を摺動固定するスライダー型。

3. 多色格子フィルター 2 式

4. ナイフエッジ 2 式

ナイフエッジは巾方向 $0.1 \sim 22\text{mm}$ 両開き式で, 最小読取り目盛は 0.05mm 。

5. ビデオカメラおよび制御装置 1 式

ビデオカメラ: シャッター機能付き 3 板式

CCD テレビカメラ

ズームレンズ: 焦点距離 $50\text{mm} \sim 286\text{mm}$

電動調整付

6. 光学ベンチ 1 式

7. 受光部架台 1 台

高さ調節: $\pm 30\text{mm}$

8. モニターテレビ

14 インチカラービデオモニター

9. タイトル表示装置 1 式

(f) 電 源: AC200V, 3 ϕ , 50Hz(g) 開閉速度: 開閉に要する時間は 200s 以下とした。

(2) バイパス弁

(a) 数 量: 1 台

(b) 弁 形 式: 電動式ゲート弁

(c) 口 径: 50A (d) 設計圧力: 2.0MPa

(e) 材 料: 鋳鋼

(f) 電 源: AC200V, 3 ϕ , 50Hz(g) 開閉速度: 開閉に要する時間は 40s 以下とした。

(3) 大気開放弁

(a) 数 量: 1 台

(b) 弁 形 式: 電動式ゲート弁

(c) 口 径: 40A (d) 設計圧力: 2.0MPa

(e) 材 料: 鋳鋼

(f) 電 源: AC200V, 3 ϕ , 50Hz(g) 開閉速度: 開閉に要する時間は 40s 以下とした。

(4) 仕切弁制御盤

次の仕様の屋内用仕切弁制御盤を設置した。

(a) 数 量: 1 面

(b) 形 式: 屋内用閉鎖垂直自立形, 自冷式

(c) 主回路電気方式: 三相 3 線式, 200V , 50Hz (d) 制御回路電気方式: 単相 2 線式, 100V , 50Hz

(e) シーケンス制御: ①操作場所の切り換えは, 仕切弁制御盤の切り換えスイッチで行う。

②機側操作の時は, 仕切弁制御盤のボタンスイッチ操作で各弁の開, 閉運転を行う。

③中央操作の 既設の風洞制御卓の各弁開閉指令信号に応じて各弁を開閉運転出来る。

④開閉操作に必要な表示, 警報およびインターロックを行う。

他設備との信号取り合い:

貯気槽現場制御盤へ仕切弁関係の信号を出力し, 関係風洞ならびに遷音速風洞制御室の制御盤に開閉表示を行う。

〔「インターロック用仕切弁全閉」は遷音速フラック試験設備の制御盤の電源が OFF でも出力する。〕

そ の 他: 操作/運転上の安全性を考慮したものとした。

3-3-11 仕切弁の新設

三つの風洞が高圧導管を共用しているので, 風洞内作業の安全性の確保, ならびに, 調圧弁の運転調整の為に調圧弁の上流側の高圧導管に仕切弁を設置した。

仕切弁, 補助弁, 仕切弁制御盤の主要目

(1) 仕切弁

(a) 数 量: 1 台

(b) 弁 形 式: 電動式ゲート弁

(c) 口 径: 600A (d) 設計圧力: 2.0MPa

(e) 材 料: 鋳鋼

3-3-12 風洞に関わるその他の改修

(1) 風洞本体

安全性を確保するため模型打出装置/スティングスト

ラット／調圧弁／貯気槽元弁、側路弁／フラップ／第2縮流胴の可動部を制御する制御盤にキースイッチを設置した。

1) 下記の既設リミットスイッチを更新または新設した。

- イ) 集合胴マンホール用 : 3個
- ロ) 抽気室大扉用 : 2個
- ハ) 抽気室小扉用 : 2個
- ニ) 模型打出し装置用 : 1個
- ホ) 消音塔チャンパー2の防音扉 : 1個
- ヘ) 前／後フラップ : 2個

2) その他

イ) 制御用圧力計の自動校正装置
通風運転前に制御用圧力計の自動校正が行えるようにした。

- ア) 計算機インターフェースを装備
- イ) 校正圧力レンジ：高圧／低圧の2レンジ
- エ) 圧力の方向：正圧および負圧の校正が可能
- オ) 校正精度 : 0.1%以内

ロ) 外壁、内壁の可能な範囲の塗装を行なった。
ハ) 風洞室にマッハ数と集合胴圧の表示を行なった。

ニ) 圧縮空気タンクと配管類の更新を行なった。
ホ) 既設第2縮流胴の可動部で外部からの給脂が困難な部分は、それが可能のように改造した。(但し、ウォームギア、ホイールは除く)

(2) 電気関連改修

イ) 1次側引き込みケーブルの更新
屋外のA開閉所からフラッタ試験設備までの1次側引き込みケーブルの内、未更新部分を更新した。

ロ) 変圧器の更新
AC200VとAC100Vの変圧器を各1台を更新した。
ハ) 分電盤の更新
屋内の分電盤を更新し、AC200Vを機器分電盤、AC100Vを照明用分電盤として集約した。各分電盤は本設備に対応し十分な容量を有するものとした。

3-3-13 関連法規

最後に、これらの改修に関わる関連規定、法規を以下にまとめておく。

(1) 法規、条令等

- ・労働安全衛生規則
- ・消防法諸規定
- ・高圧ガス取締り法
- ・電気事業法
- ・電気設備技術基準
- ・電気用品取締り規則

- ・東京都条令
- ・航空宇宙技術研究所諸規程

(2) 諸規格等

- ・日本工業規格 (JIS)
- ・電気規格調査会標準規格 (JEC)
- ・日本電気工業会標準資料 (JEM)

第4章 遷音速フラッタ試験設備改修後の機能

4-1 はじめに

改修の計画概要について前章に示した。これらに基づき具体的に基本設計、詳細設計がなされ、建設が進められた。改修後の機能性能はほぼ計画とおりに実現された。以下に改修後の遷音速フラッタ試験設備の主な機能について列記する。改修の全体スケジュールは以下のように進められた。

平成6年12月－平成6年3月	基本計画
4月－7年3月	基本設計
同7年3月－8年10月	詳細設計
8年6月－12月	工事期間
8年12月－9年3月	調整運転

仕様に基づき製作された各部の機能を記し、製作段階での記録を含め旧システムとの相違点についてまとめる。

4-2 改修後の機能

表2に改修前と改修後の機能および方式について纏める。以下、個々のサブシステムについて風洞使用者の立場からみた改修後の代表的な機能、改善項目についてまとめる。

4-2-1 風洞運転範囲

風洞の改修後の設計運転範囲を図4-2-1に示す。マッハ数 vs. レイノルズ数の図で、集合胴圧力および動圧、さ

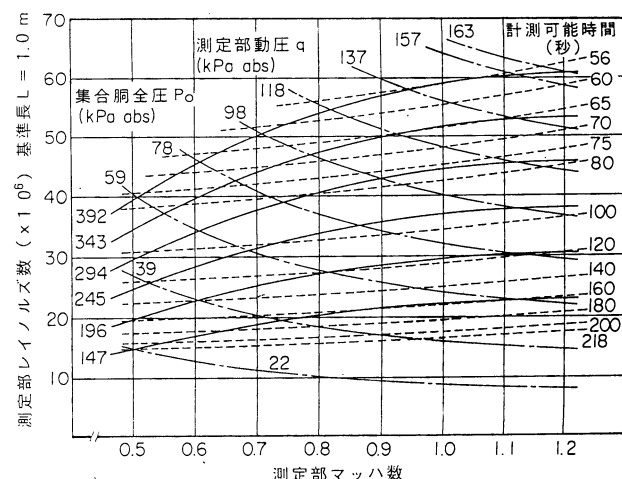


図 4-2-1 遷音速フラッタ試験設備改修後の運転範囲

表 2 改修後／前の諸元・機能の比較

項 目	改 修 後	改 修 前
測定部寸法	0.6m × 0.6m	
マッハ数	0.5 ～ 1.2	0.6 ～ 1.2
レイノルズ数	20 ～ 60 × 10 ⁶	
通風時間	120s	90s
貯気槽圧力	2.0MPa	
調圧弁	プラグ型	ロート型
集合胴	拡散胴 広がり角：10° 整流用多孔板 2 枚 開口比：40.3% ハニカム整流格子 格子寸法：9.5mm 格子板厚：0.05mm 奥行寸法：125mm スプリッター型消音器 整流網 10 メッシュ 2 枚 20 メッシュ 3 枚	拡散胴 広がり角：60° 整流用多孔板 1 枚 開口比：56% 整流格子 格子寸法：40mm 格子板厚：2.3mm 奥行寸法：300mm 消音器無し 整流網 5 メッシュ 2 枚 8 メッシュ 1 枚 10 メッシュ 1 枚 12 メッシュ 1 枚
マッハ数制御 ①第 2 縮流胴 ②後部フラップ	デジタルフィードバック制御 スウィープ、動圧比例 デジタルフィードバック制御 スウィープ無し、動圧比例無し	手動固定 フィードバック制御無し 電動、スウィープ
総圧制御	デジタルフィードバック制御 Moog のサーボ弁を使用した油圧制御装置	アナログフィードバック制御 アスカニヤ式油圧制御装置
風洞運転操作方法	自動シーケンス制御	手動シーケンス制御
シーケンスチェック	有り	無し
異常検出項目数	84 項目	10 項目
インターロック項目数	74 項目	10 項目
自動警告音	ブザー	無し
安全装置	破裂板方式	放出弁方式（圧力センサー＋電磁弁＋高圧空気シリンダーで作動する大口径弁）
抽気室 マンホール 測定部作業用扉 測定部小型観察窓	0.6m × 1.5m シュリーレン窓枠部 1 カ所 スティングストラット部 1 カ所 3 カ所	無し 無し 無し 無し
模型打出装置	迎角自動設定：± 20°，回転窓枠と連動 任意ストロークで固定	迎角手動設定：± 11°，回転窓枠無し
スティングストラット	迎角自動設定：± 11°	迎角電動設定：± 11°
可視光装置	煙発生装置 シュリーレン装置	シュリーレン装置

らに風洞通風時間をパラメータとして示してある。風洞通風時間は貯気槽圧を半分の1.0MPaまで減圧する時間を仮定している。マッハ数にして0.5～1.2程度、集合洞圧を147～392kPa（絶対圧）程度の範囲で変化させることにより、測定部動圧22～160kPa（絶対圧）の流れをつくる事が可能となる。計測可能時間は、諸パラメータおよび許容する貯気槽の吹き止め圧に依存するが、貯気槽圧1.0MPaまでの低下を許容するとすれば最高2分程度にまで至る。レイノルズ数は $20 \sim 60 \times 10^6$ (/m)である。

4-2-2 遷音速フラッタ試験設備の位置付け

上記機能を参考にして、我が国に在する代表的な高速風洞群の中での、本設備の位置付けを図4-2-2に示した。比較した風洞は、航技研遷音速風洞（2 m×2 m）、超音速風洞（1 m×1 m）、小型低温風洞、三菱重工3音速風洞（0.6m×0.6m）、川崎重工遷音速風洞（1 m×1 m）、富士重工3音速風洞（0.6m×0.6m）、および宇宙科学研究所の遷音速風洞、および超音速風洞である。さらに航技研の2次元風洞の作動範囲についても別途示した。本設備の役割は、フラッタ風洞としては勿論のこと、図に示された諸風洞の運転範囲を補うことにもある。

4-2-3 全体配置

図4-2-3に改修後の本設備の全体配置を示す。さらに、理解を助ける意味で、本設備の鳥瞰図も図4-2-4,5に示す。消音塔および貯気槽より仕切弁の上流にある高圧導

管のT字接続部までの高圧導管は、旧システムのままである（図4-2-3～5）。調圧弁が換装され上流側に移動したたことにより、高圧導管より集合洞に至るまでの流路が、旧システムに比べ断面積変化が緩慢となり測定部気流の整流に適した形状を保つことが可能となった。

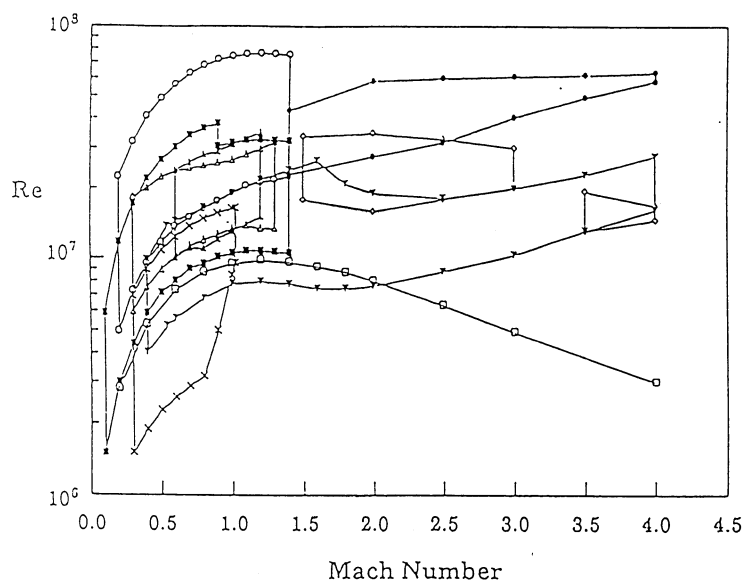
基礎の配置について、図4-2-6に示す。斜線部が今回新しく設計、設置された部分である。仕切弁、調圧弁、第1拡散洞および前部集合洞、その他油圧源等の基礎を新設した。

4-2-4 気流の制御パターン

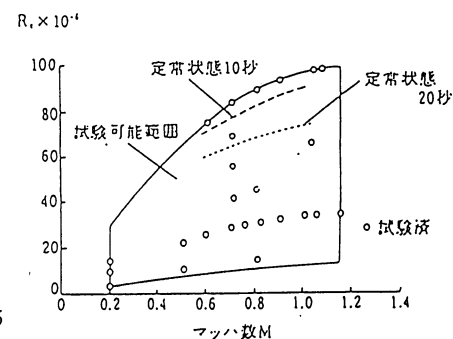
改修後本風洞で、測定部動圧およびマッハ数の計画的な掃引が可能となり、効率の良い遷音速域でのフラッタ限界の捕獲が可能となった。遷音速域では、いわゆる遷音速ディップを始めとし、遷音速での衝撃波の挙動、あるいは衝撃波／境界層の干渉による剥離に起因するフラッタ現象がある。これらのフラッタ境界は、マッハ数vs. 動圧線図においてマッハ数軸に垂直になる場合がある。これらのケースでは、総圧（動圧）スイープのみでは、安全性、つまり模型を破損に至らしめることなく、かつ効率良くフラッタ境界を捕獲することはできない。新システムでは、この点を勘案して、マッハ数および動圧を同時にスイープすることを可能にした。この方法の概念を図4-2-7に示す。

これらのスイープは運転用の制御コンピュータによって自動的に、試験者の計画とおりに実施出来る。以下の機能を持つ。

1) 集合洞圧力のスイープ



第1図 代表的遷・超・三音速風洞の作動範囲 (()内は表中の風洞番号)
 × NAL-TWT (A 06), ● NAL-SWT (C 03), ▲ NAL-FWT (A 03), × NAL-CWT (D 01), ▼ MHI-3 WT (D 01), □ FHI-3 WT (D 02), ○ KHI-TWT (A 10), △ ISAS-TWT (A 11), ◇ ISAS-SWT (C 06)



第2図 航技研二次元遷音速風洞の作動範囲

図4-2-2 遷音速フラッタ試験設備の位置付け

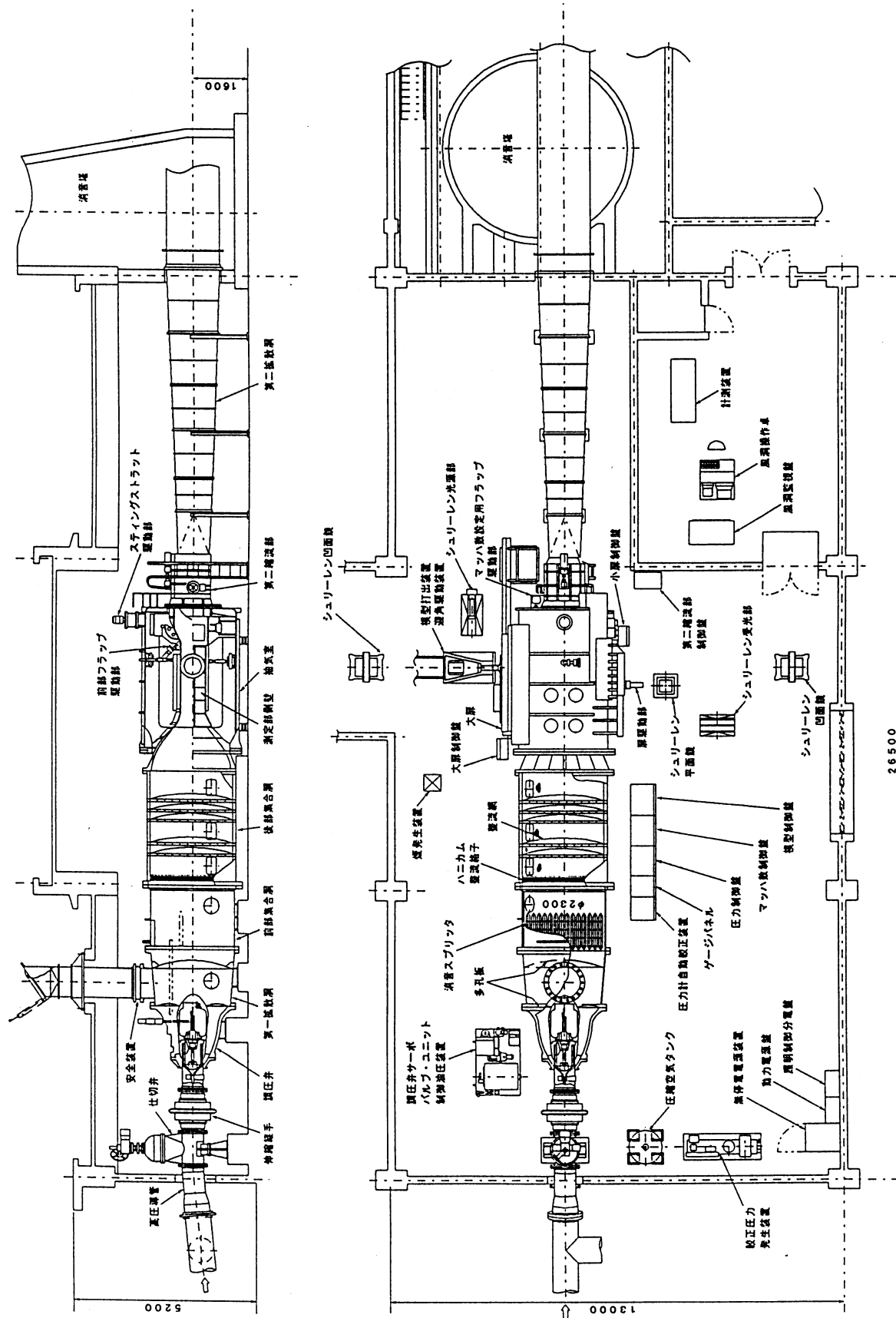


图 4-2-3 全体配置図

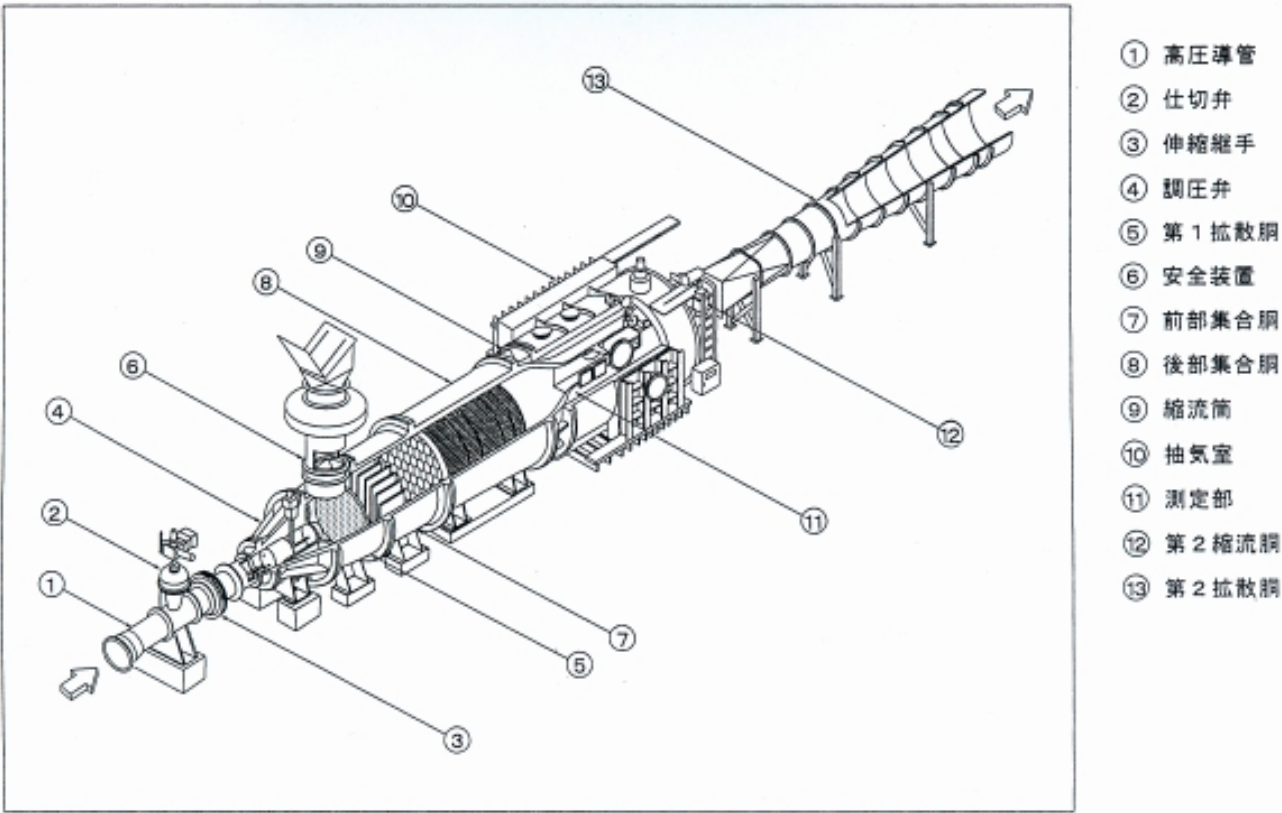


図 4-2-4 全体鳥瞰図 (1)

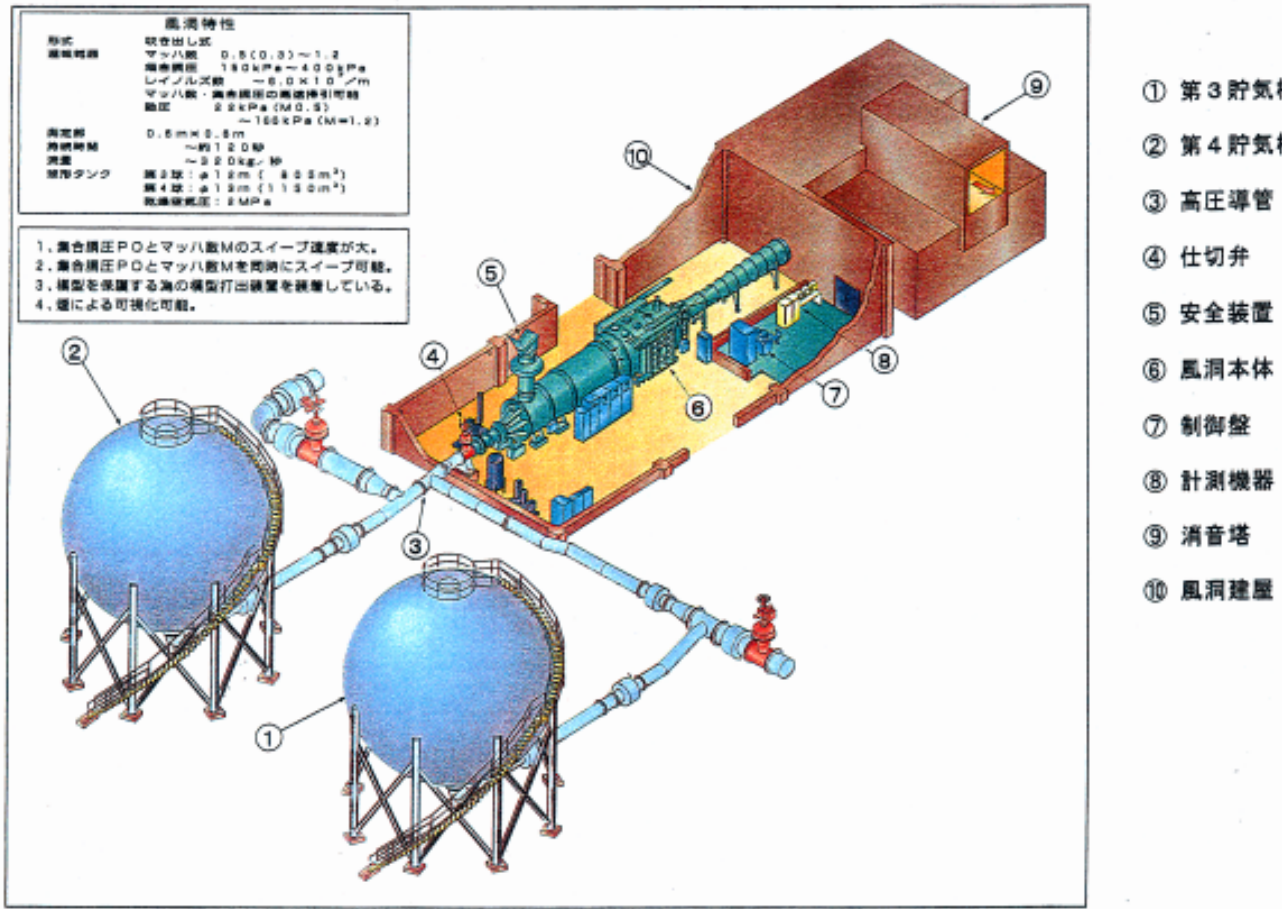


図 4-2-5 全体鳥瞰図 (2)

表 6 試驗結果

試驗項目	第一區	第二區	第三區	第四區	第五區	第六區	第七區	第八區	第九區	第十區	第十一區	第十二區	第十三區	第十四區	第十五區	第十六區	第十七區	第十八區	第十九區	第二十區	第二十一區	第二十二區	第二十三區	第二十四區	第二十五區	第二十六區	第二十七區	第二十八區	第二十九區	第三十區	第三十一區	第三十二區	第三十三區	第三十四區	第三十五區	第三十六區	第三十七區	第三十八區	第三十九區	第四十區	第四十一區	第四十二區	第四十三區	第四十四區	第四十五區	第四十六區	第四十七區	第四十八區	第四十九區	第五十區	第五十一區	第五十二區	第五十三區	第五十四區	第五十五區	第五十六區	第五十七區	第五十八區	第五十九區	第六十區	第六十一區	第六十二區	第六十三區	第六十四區	第六十五區	第六十六區	第六十七區	第六十八區	第六十九區	第七十區	第七十一區	第七十二區	第七十三區	第七十四區	第七十五區	第七十六區	第七十七區	第七十八區	第七十九區	第八十區	第八十一區	第八十二區	第八十三區	第八十四區	第八十五區	第八十六區	第八十七區	第八十八區	第八十九區	第九十區	第九十一區	第九十二區	第九十三區	第九十四區	第九十五區	第九十六區	第九十七區	第九十八區	第九十九區	第一百區	第一百零一區	第一百零二區	第一百零三區	第一百零四區	第一百零五區	第一百零六區	第一百零七區	第一百零八區	第一百零九區	第一百十區	第一百十一區	第一百十二區	第一百十三區	第一百十四區	第一百十五區	第一百十六區	第一百十七區	第一百十八區	第一百十九區	第一百二十區	第一百二十一區	第一百二十二區	第一百二十三區	第一百二十四區	第一百二十五區	第一百二十六區	第一百二十七區	第一百二十八區	第一百二十九區	第一百三十區	第一百三十一區	第一百三十二區	第一百三十三區	第一百三十四區	第一百三十五區	第一百三十六區	第一百三十七區	第一百三十八區	第一百三十九區	第一百四十區	第一百四十一區	第一百四十二區	第一百四十三區	第一百四十四區	第一百四十五區	第一百四十六區	第一百四十七區	第一百四十八區	第一百四十九區	第一百五十區	第一百五十一區	第一百五十二區	第一百五十三區	第一百五十四區	第一百五十五區	第一百五十六區	第一百五十七區	第一百五十八區	第一百五十九區	第一百六十區	第一百六十一區	第一百六十二區	第一百六十三區	第一百六十四區	第一百六十五區	第一百六十六區	第一百六十七區	第一百六十八區	第一百六十九區	第一百七十區	第一百七十一區	第一百七十二區	第一百七十三區	第一百七十四區	第一百七十五區	第一百七十六區	第一百七十七區	第一百七十八區	第一百七十九區	第一百八十區	第一百八十一區	第一百八十二區	第一百八十三區	第一百八十四區	第一百八十五區	第一百八十六區	第一百八十七區	第一百八十八區	第一百八十九區	第一百九十區	第一百九十一區	第一百九十二區	第一百九十三區	第一百九十四區	第一百九十五區	第一百九十六區	第一百九十七區	第一百九十八區	第一百九十九區	第二百區	第二百零一區	第二百零二區	第二百零三區	第二百零四區	第二百零五區	第二百零六區	第二百零七區	第二百零八區	第二百零九區	第二百一十區	第二百一十一區	第二百一十二區	第二百一十三區	第二百一十四區	第二百一十五區	第二百一十六區	第二百一十七區	第二百一十八區	第二百一十九區	第二百二十區	第二百二十一區	第二百二十二區	第二百二十三區	第二百二十四區	第二百二十五區	第二百二十六區	第二百二十七區	第二百二十八區	第二百二十九區	第二百三十區	第二百三十一區	第二百三十二區	第二百三十三區	第二百三十四區	第二百三十五區	第二百三十六區	第二百三十七區	第二百三十八區	第二百三十九區	第二百四十區	第二百四十一區	第二百四十二區	第二百四十三區	第二百四十四區	第二百四十五區	第二百四十六區	第二百四十七區	第二百四十八區	第二百四十九區	第二百五十區	第二百五十一區	第二百五十二區	第二百五十三區	第二百五十四區	第二百五十五區	第二百五十六區	第二百五十七區	第二百五十八區	第二百五十九區	第二百六十區	第二百六十一區	第二百六十二區	第二百六十三區	第二百六十四區	第二百六十五區	第二百六十六區	第二百六十七區	第二百六十八區	第二百六十九區	第二百七十區	第二百七十一區	第二百七十二區	第二百七十三區	第二百七十四區	第二百七十五區	第二百七十六區	第二百七十七區	第二百七十八區	第二百七十九區	第二百八十區	第二百八十一區	第二百八十二區	第二百八十三區	第二百八十四區	第二百八十五區	第二百八十六區	第二百八十七區	第二百八十八區	第二百八十九區	第二百九十區	第二百九十一區	第二百九十二區	第二百九十三區	第二百九十四區	第二百九十五區	第二百九十六區	第二百九十七區	第二百九十八區	第二百九十九區	第三百區	第三百零一區	第三百零二區	第三百零三區	第三百零四區	第三百零五區	第三百零六區	第三百零七區	第三百零八區	第三百零九區	第三百一十區	第三百一十一區	第三百一十二區	第三百一十三區	第三百一十四區	第三百一十五區	第三百一十六區	第三百一十七區	第三百一十八區	第三百一十九區	第三百二十區	第三百二十一區	第三百二十二區	第三百二十三區	第三百二十四區	第三百二十五區	第三百二十六區	第三百二十七區	第三百二十八區	第三百二十九區	第三百三十區	第三百三十一區	第三百三十二區	第三百三十三區	第三百三十四區	第三百三十五區	第三百三十六區	第三百三十七區	第三百三十八區	第三百三十九區	第三百四十區	第三百四十一區	第三百四十二區	第三百四十三區	第三百四十四區	第三百四十五區	第三百四十六區	第三百四十七區	第三百四十八區	第三百四十九區	第三百五十區	第三百五十一區	第三百五十二區	第三百五十三區	第三百五十四區	第三百五十五區	第三百五十六區	第三百五十七區	第三百五十八區	第三百五十九區	第三百六十區	第三百六十一區	第三百六十二區	第三百六十三區	第三百六十四區	第三百六十五區	第三百六十六區	第三百六十七區	第三百六十八區	第三百六十九區	第三百七十區	第三百七十一區	第三百七十二區	第三百七十三區	第三百七十四區	第三百七十五區	第三百七十六區	第三百七十七區	第三百七十八區	第三百七十九區	第三百八十區	第三百八十一區	第三百八十二區	第三百八十三區	第三百八十四區	第三百八十五區	第三百八十六區	第三百八十七區	第三百八十八區	第三百八十九區	第三百九十區	第三百九十一區	第三百九十二區	第三百九十三區	第三百九十四區	第三百九十五區	第三百九十六區	第三百九十七區	第三百九十八區	第三百九十九區	第四百區	第四百零一區	第四百零二區	第四百零三區	第四百零四區	第四百零五區	第四百零六區	第四百零七區	第四百零八區	第四百零九區	第四百一十區	第四百一十一區	第四百一十二區	第四百一十三區	第四百一十四區	第四百一十五區	第四百一十六區	第四百一十七區	第四百一十八區	第四百一十九區	第四百二十區	第四百二十一區	第四百二十二區	第四百二十三區	第四百二十四區	第四百二十五區	第四百二十六區	第四百二十七區	第四百二十八區	第四百二十九區	第四百三十區	第四百三十一區	第四百三十二區	第四百三十三區	第四百三十四區	第四百三十五區	第四百三十六區	第四百三十七區	第四百三十八區	第四百三十九區	第四百四十區	第四百四十一區	第四百四十二區	第四百四十三區	第四百四十四區	第四百四十五區	第四百四十六區	第四百四十七區	第四百四十八區	第四百四十九區	第四百五十區	第四百五十一區	第四百五十二區	第四百五十三區	第四百五十四區	第四百五十五區	第四百五十六區	第四百五十七區	第四百五十八區	第四百五十九區	第四百六十區	第四百六十一區	第四百六十二區	第四百六十三區	第四百六十四區	第四百六十五區	第四百六十六區	第四百六十七區	第四百六十八區	第四百六十九區	第四百七十區	第四百七十一區	第四百七十二區	第四百七十三區	第四百七十四區	第四百七十五區	第四百七十六區	第四百七十七區	第四百七十八區	第四百七十九區	第四百八十區	第四百八十一區	第四百八十二區	第四百八十三區	第四百八十四區	第四百八十五區	第四百八十六區	第四百八十七區	第四百八十八區	第四百八十九區	第四百九十區	第四百九十一區	第四百九十二區	第四百九十三區	第四百九十四區	第四百九十五區	第四百九十六區	第四百九十七區	第四百九十八區	第四百九十九區	第五百區	第五百零一區	第五百零二區	第五百零三區	第五百零四區	第五百零五區	第五百零六區	第五百零七區	第五百零八區	第五百零九區	第五百一十區	第五百一十一區	第五百一十二區	第五百一十三區	第五百一十四區	第五百一十五區	第五百一十六區	第五百一十七區	第五百一十八區	第五百一十九區	第五百二十區	第五百二十一區	第五百二十二區	第五百二十三區	第五百二十四區	第五百二十五區	第五百二十六區	第五百二十七區	第五百二十八區	第五百二十九區	第五百三十區	第五百三十一區	第五百三十二區	第五百三十三區	第五百三十四區	第五百三十五區	第五百三十六區	第五百三十七區	第五百三十八區	第五百三十九區	第五百四十區	第五百四十一區	第五百四十二區	第五百四十三區	第五百四十四區	第五百四十五區	第五百四十六區	第五百四十七區	第五百四十八區	第五百四十九區	第五百五十區	第五百五十一區	第五百五十二區	第五百五十三區	第五百五十四區	第五百五十五區	第五百五十六區	第五百五十七區	第五百五十八區	第五百五十九區	第五百六十區	第五百六十一區	第五百六十二區	第五百六十三區	第五百六十四區	第五百六十五區	第五百六十六區	第五百六十七區	第五百六十八區	第五百六十九區	第五百七十區	第五百七十一區	第五百七十二區	第五百七十三區	第五百七十四區	第五百七十五區	第五百七十六區	第五百七十七區	第五百七十八區	第五百七十九區	第五百八十區	第五百八十一區	第五百八十二區	第五百八十三區	第五百八十四區	第五百八十五區	第五百八十六區	第五百八十七區	第五百八十八區	第五百八十九區	第五百九十區	第五百九十一區	第五百九十二區	第五百九十三區	第五百九十四區	第五百九十五區	第五百九十六區	第五百九十七區	第五百九十八區	第五百九十九區	第六百區	第六百零一區	第六百零二區	第六百零三區	第六百零四區	第六百零五區	第六百零六區	第六百零七區	第六百零八區	第六百零九區	第六百一十區	第六百一十一區	第六百一十二區	第六百一十三區	第六百一十四區	第六百一十五區	第六百一十六區	第六百一十七區	第六百一十八區	第六百一十九區	第六百二十區	第六百二十一區	第六百二十二區	第六百二十三區	第六百二十四區	第六百二十五區	第六百二十六區	第六百二十七區	第六百二十八區	第六百二十九區	第六百三十區	第六百三十一區	第六百三十二區	第六百三十三區	第六百三十四區	第六百三十五區	第六百三十六區	第六百三十七區	第六百三十八區	第六百三十九區	第六百四十區	第六百四十一區	第六百四十二區	第六百四十三區	第六百四十四區	第六百四十五區	第六百四十六區	第六百四十七區	第六百四十八區	第六百四十九區	第六百五十區	第六百五十一區	第六百五十二區	第六百五十三區	第六百五十四區	第六百五十五區	第六百五十六區	第六百五十七區	第六百五十八區	第六百五十九區	第六百六十區
------	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	-------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	--------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	--------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	--------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	--------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	--------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	--------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	--------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	--------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	--------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	--------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	--------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	--------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	--------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	--------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	--------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	--------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	--------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	--------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	--------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	--------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	--------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	--------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	--------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	--------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	--------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	--------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	--------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	--------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	--------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	--------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	--------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	--------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	--------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	--------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	--------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	--------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	--------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	--------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	--------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	--------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	--------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	--------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	--------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	--------

(注) 上表のX、Y、Zは基礎荷重方向を示し、その方向は、平面内、平面外、と表わす。

值范

1. 同中の~~資料~~部分より、今回の改正を報告する。
2. 本委員会は、秋分前商討のしおりがあり、秋分前討議には、秋分の意義、及び秋分の日と関係する。

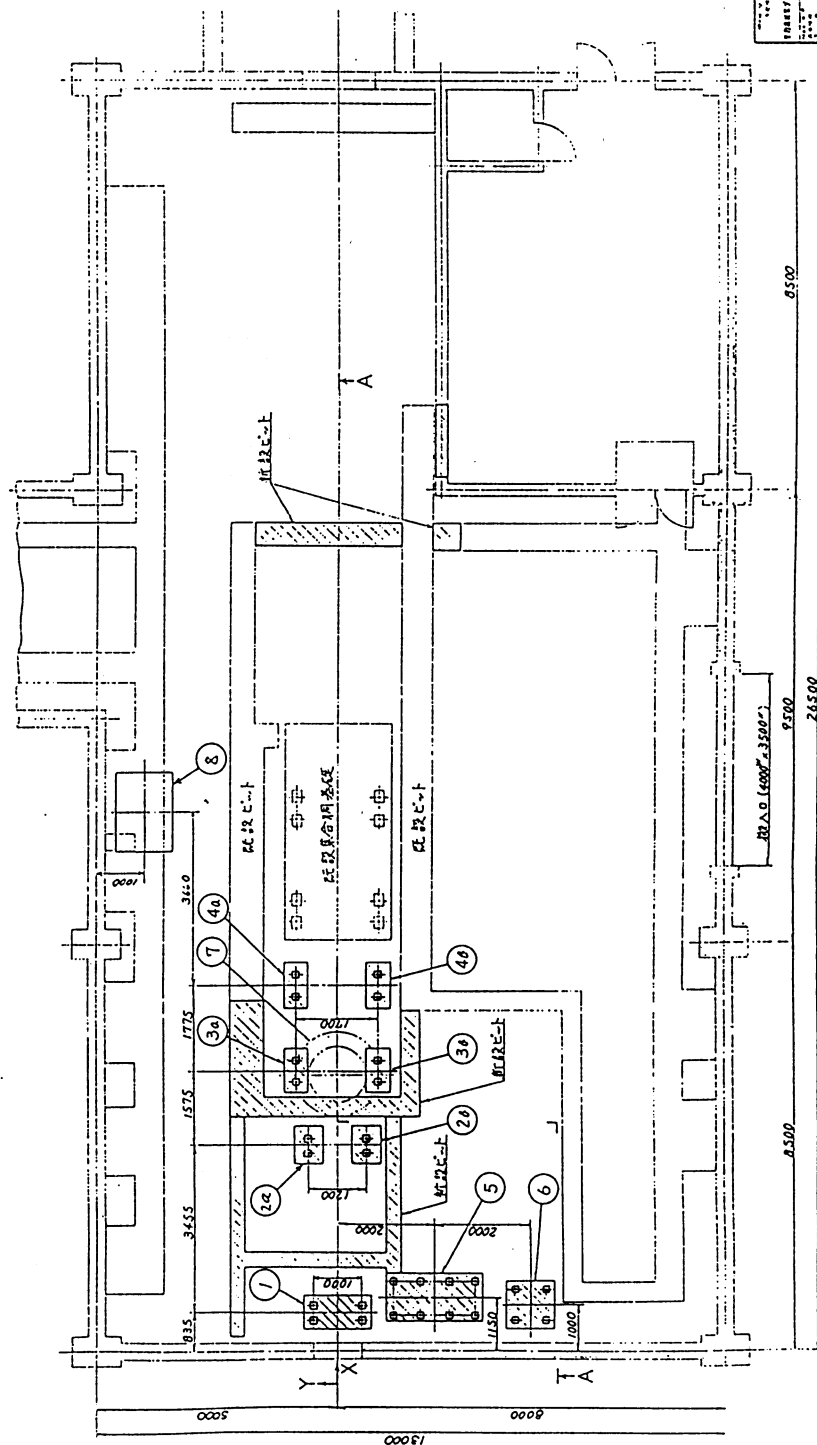
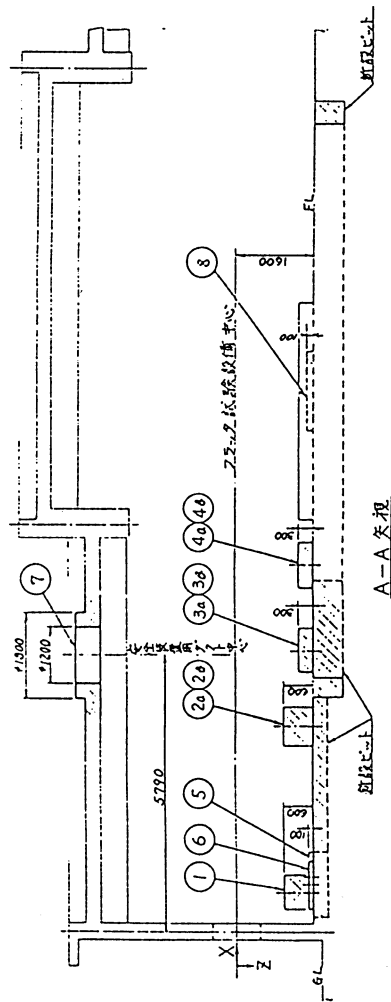
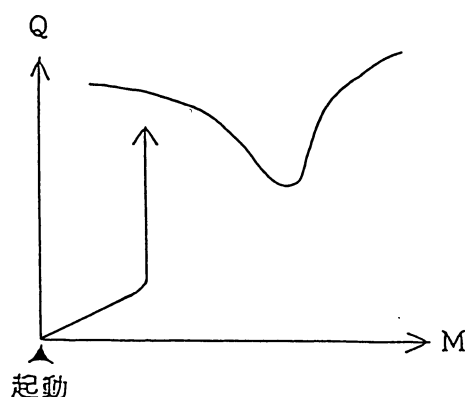
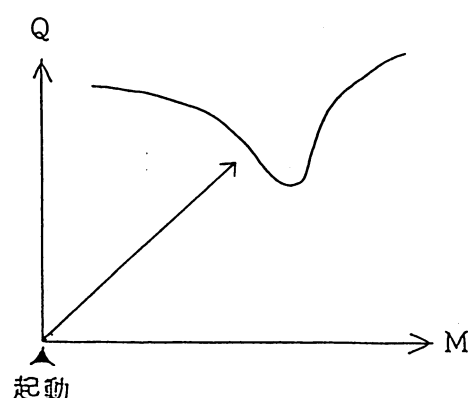


圖 4-2-6 風洞基礎配置圖

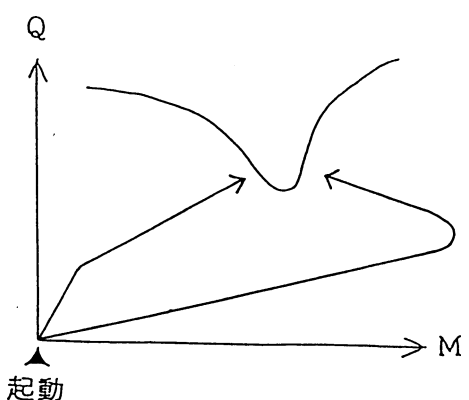
姓名	王德	性别	男	年龄	31	民族	汉	籍贯	湖南长沙	出生地	湖南长沙	文化程度	高中	职业	工人	工作单位	湖南长沙	联系电话	3143126	身份证号	3143126
婚姻状况	已婚	配偶姓名	李秀英	配偶性别	女	配偶年龄	28	配偶民族	汉	配偶籍贯	湖南长沙	配偶出生地	湖南长沙	配偶文化程度	高中	配偶职业	工人	配偶工作单位	湖南长沙	配偶联系电话	3143126
子女姓名	王小明	子女性别	男	子女年龄	5	子女民族	汉	子女籍贯	湖南长沙	子女出生地	湖南长沙	子女文化程度	幼儿园	子女职业	无	子女工作单位	湖南长沙	子女联系电话	3143126	子女身份证号	3143126
家庭成员	父母、兄弟姐妹	家庭成员姓名	王德、李秀英、王小明	家庭成员性别	男、女、男	家庭成员年龄	31、28、5	家庭成员民族	汉、汉、汉	家庭成员籍贯	湖南长沙、湖南长沙、湖南长沙	家庭成员出生地	湖南长沙、湖南长沙、湖南长沙	家庭成员文化程度	高中、高中、幼儿园	家庭成员职业	工人、工人、无	家庭成员工作单位	湖南长沙、湖南长沙、湖南长沙	家庭成员联系电话	3143126



① マッハ数一定の条件で集合胴圧力のスweep



② 集合胴圧力一定の条件でマッハ数のスweep



③ マッハ数および動圧の線形関係を保ったスweep

図 4-2-7 気流条件スweepの概念

集合胴の圧力を予め設定された圧力値に従って、単独でスweepさせることが可能。この場合、圧力の目標値は3点まで設定可能であり、スweep速度も可変設定可能である。

2) マッハ数のスweep

第2縮流部の操作により制御できる範囲内において、マッハ数を単独でスweepさせることが可能である。この場合も上記圧力の場合と同様に、マッハ数の目標値は3点指定でき、かつスweep速度も可変設定可能である。

る。

3) 動圧とマッハ数のスweep

圧力制御装置およびマッハ数制御装置のスweep設定機能を組み合わせることにより、動圧目標値の変化幅をマッハ数目標値の変化幅に比例させるスweep設定が可能である。この場合も、動圧とマッハ数の目標値の組み合わせは3点まで設定可能であり、動圧目標値の変化幅とマッハ数目標値の変化幅との間の比例係数およびスweep速度についても指定可能である。

4) スweep制御のときのCRT表示

スweep制御を行った時の応答をCRT表示で確認でき、通風後表示結果をプリントアウト可能である。

これらの、制御ブロック図を図4-2-7'にまとめる。

4-2-5 気流の低乱化

本改修の技術的目標のひとつに気流の低乱化が上げられる。低乱化対策として既設の調圧弁から拡散胴までを撤去し、調圧弁、第1拡散胴および前部集合胴の流路形状を気流の乱れの指定値を達成するのに不都合がないように新しく設計、新設し、その内部に低乱化対策を施した。

ロート調圧弁よりプラグ弁への更新は抜本的な対応である。ロート弁とプラグ弁の違いを、図4-2-8に概念的に示す。偏向の少ない気流が集合胴内に供給されることがわかる。実際のプラグ弁の構造を図4-2-9, 10に示す。整流用多孔板は1枚から2枚に増やし、従来の整流格子を撤去して、ハニカム整流格子およびスプリッタ型の消音器を装着した。さらに、下流の整流網に関しては従来の5枚の整流網よりも素線が細く、メッシュが細かい網に交換した。

新旧の調圧弁から集合胴までの構造の比較を図4-2-11に示す。さらに、新しく調圧弁から集合胴の間に施した低乱化対策の結果を鳥瞰図として図4-2-12に示す。さらに図4-2-13および図4-2-14に後部および前部集合胴の拡大した鳥瞰図を示す。

これらの低乱化対策を施したことにより、低乱化目標値として、圧力変動を1.5%以下にすることを目指した。多孔板、消音器、整流格子および整流金網についての仕様は第3章、第3-3-3項を参照されたい。

4-2-6 模型支持装置

旧システムでは、模型打ち出し装置およびスティングストラットの迎角設定は手動に頼っていたが、新システムでの模型打ち出し装置は、迎角が自動設定される。さらに、手動であるが、模型打ち出しストロークを任意に設定可能となった。また、スティングストラットに関しても自動迎角設定が可能である。

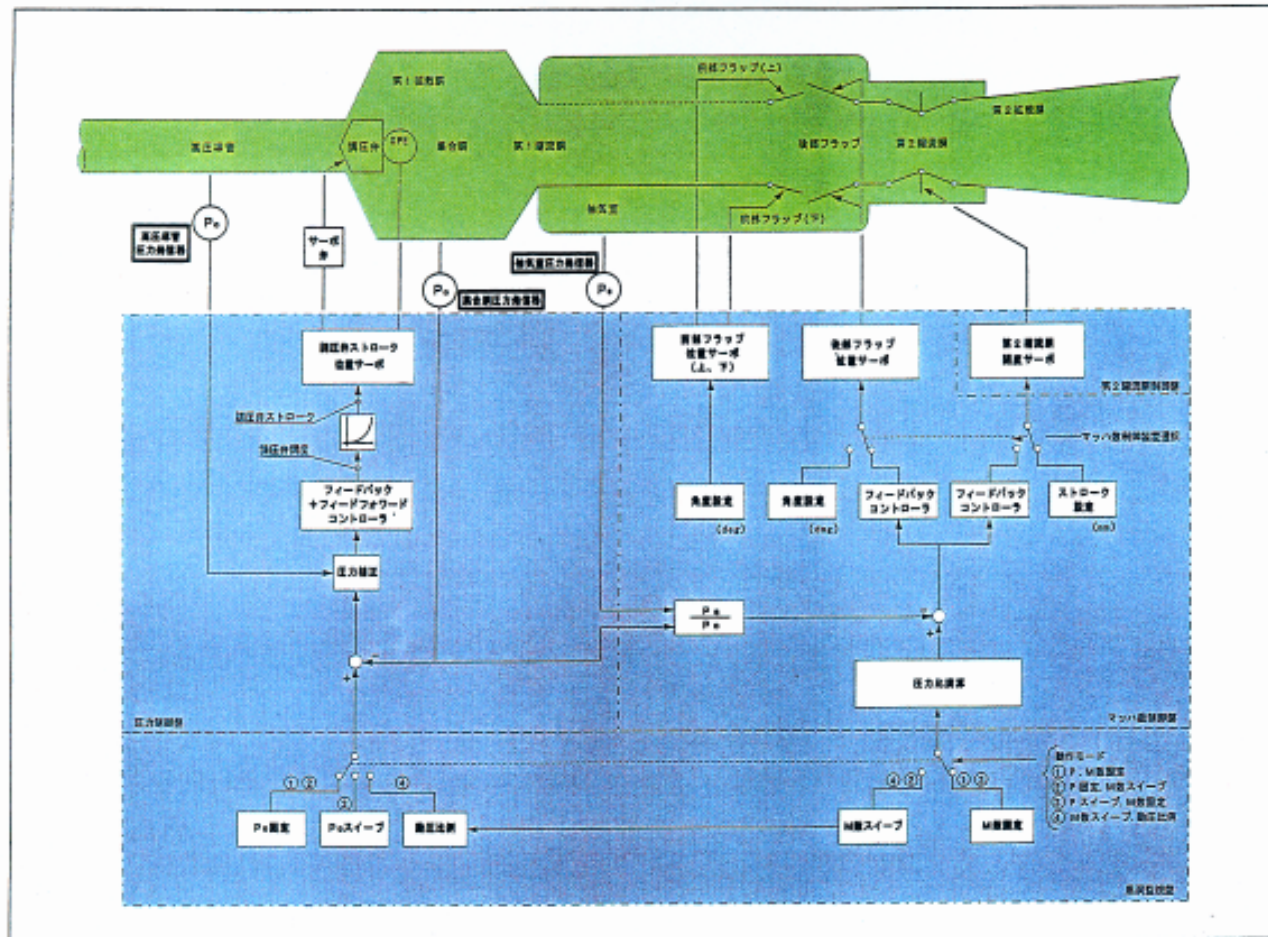


図4-2-7 集喉圧力・マッハ数制御ブロック

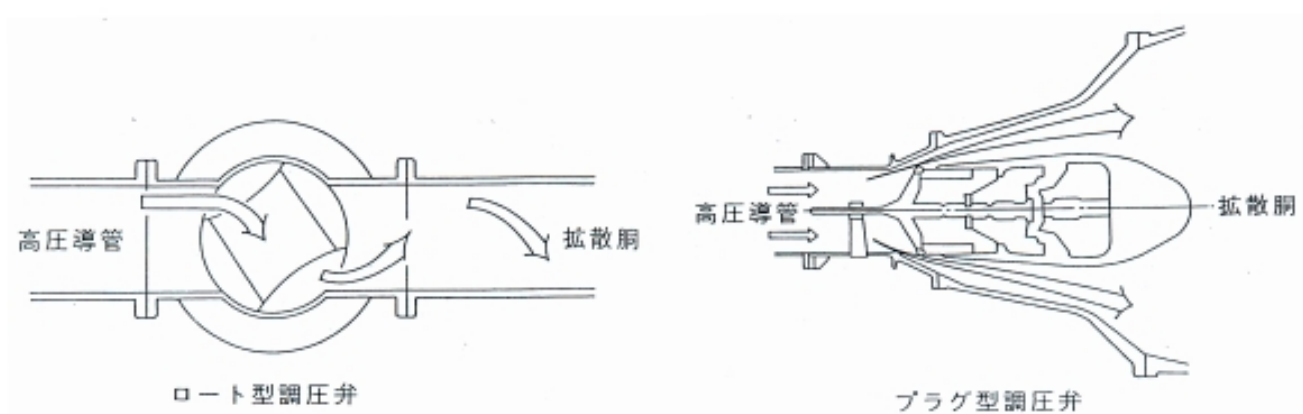
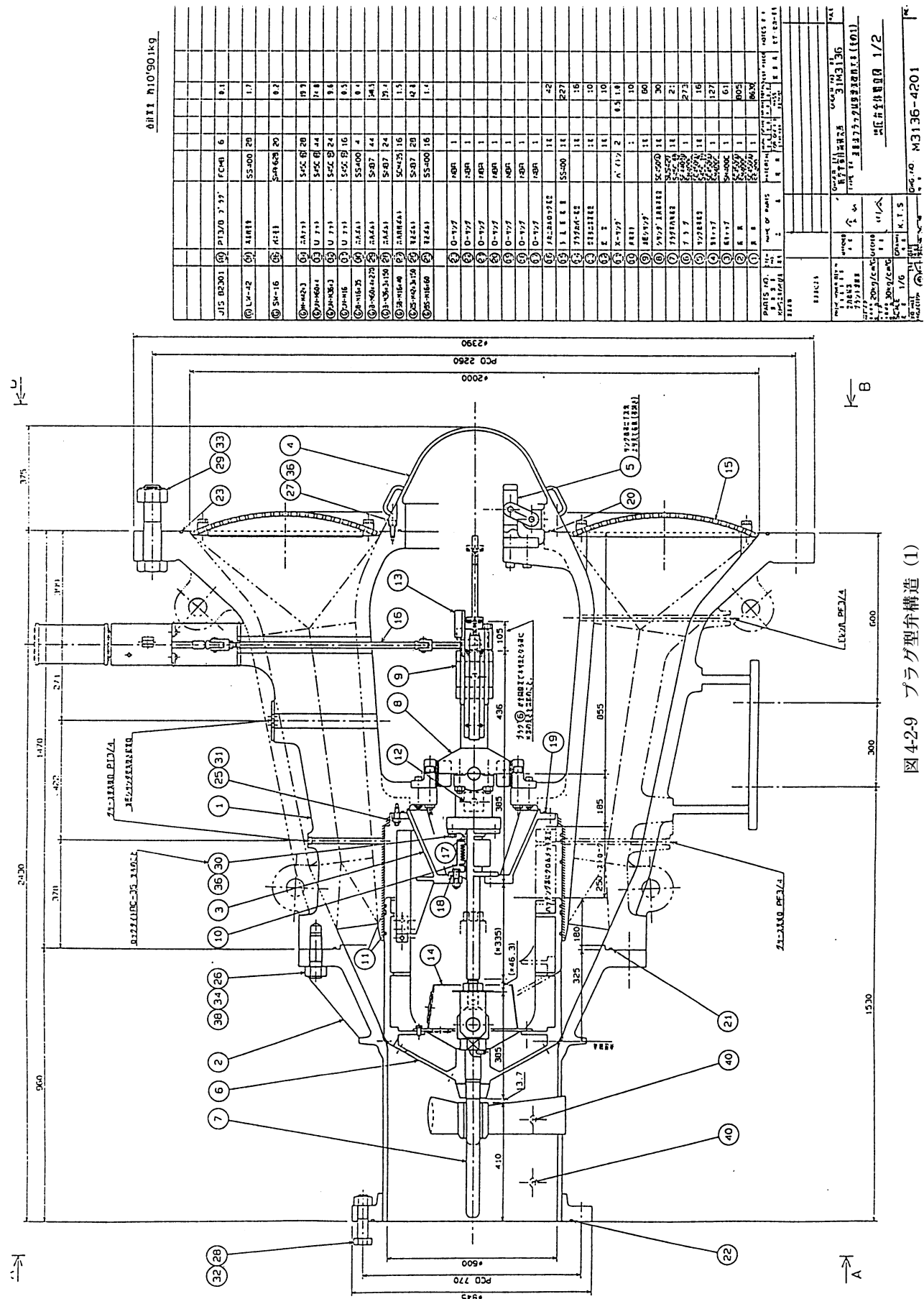


図4-2-8 調圧弁ロート型弁とプラグ型弁の相違



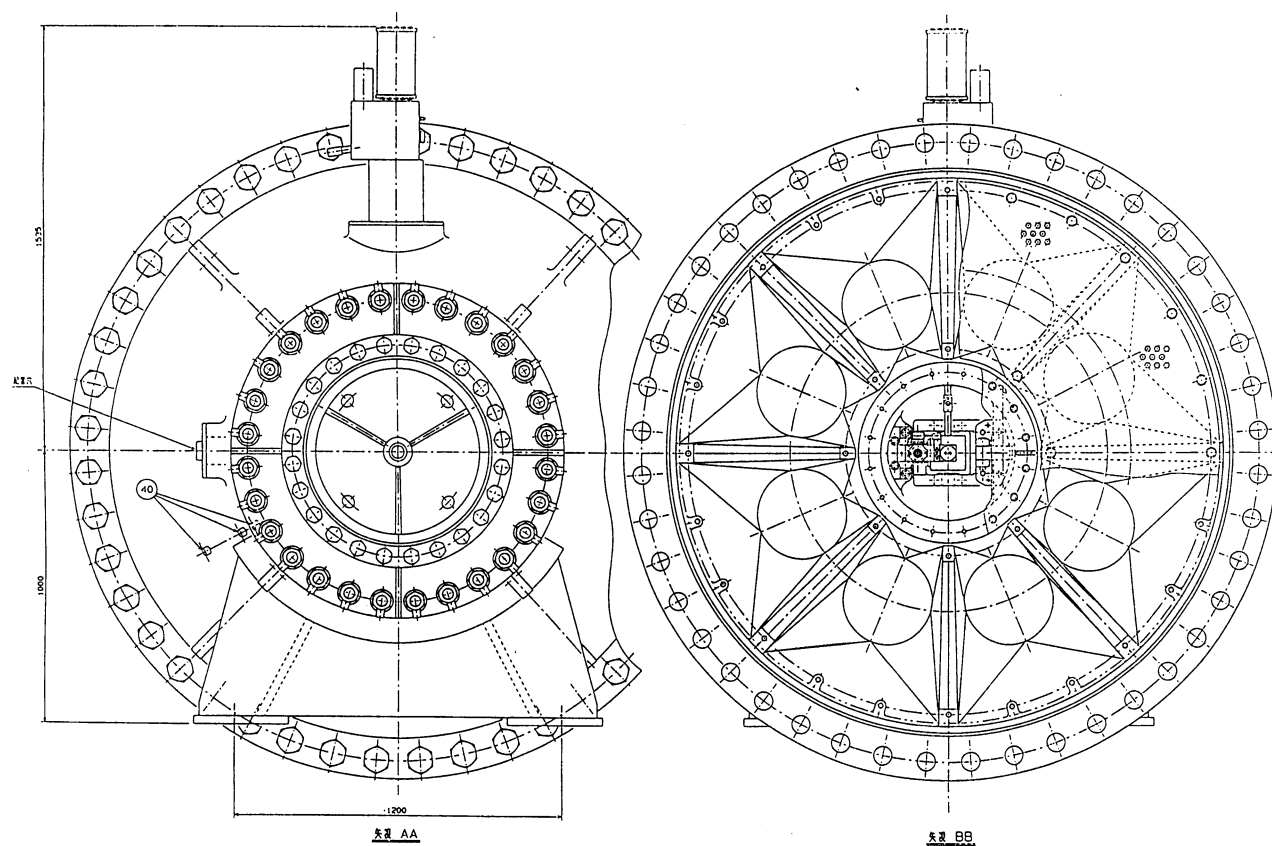


図 4-2-10 プラグ型弁構造 (2)

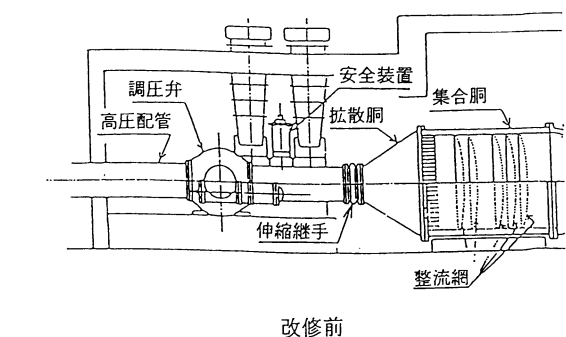


図 4-2-11 調圧弁一前部集合同部構造

改修後の模型支持装置での迎角設定範囲は $\pm 20^\circ$ であり、通風中に迎角設定および設定変更はできない。迎角検出精度は 0.01° 以内（迎角 $\pm 8^\circ$ の範囲）である。フラッタ緊急停止装置として模型からの信号をモニタし、指定された以上の振幅を感知した場合には自動的に模型を収納する。

改修後のスティングストラットの迎角検出精度は、 0.01° である。風洞操作卓および模型制御盤よりモニタおよび制御が可能である。外観を図 4-2-15、図 4-2-16 に示す。

4-2-7 各種運転制御盤の設置

(1) 風洞操作卓の新設

図 4-2-17 の②に示す風洞操作卓は風洞制御用の工業用コンピュータ (YEWMAC530)、保安停止押釦スイッチ（軽い故障で正規の手順を踏んで停止しても大事に至らない場合に使用する。）、緊急停止押釦スイッチ、ブザー停止スイッチ、および風洞監視盤集合表示灯のランプリセットスイッチとランプチェックスイッチから構成し、風洞制御装置の操作、通風準備、通風操作および風洞の状態監視等を 1 人でできるようになった。

操作は図 4-2-18 に示す工業用コンピュータの CRT 画面にキーボードを使って画面入力することによりおこなう。

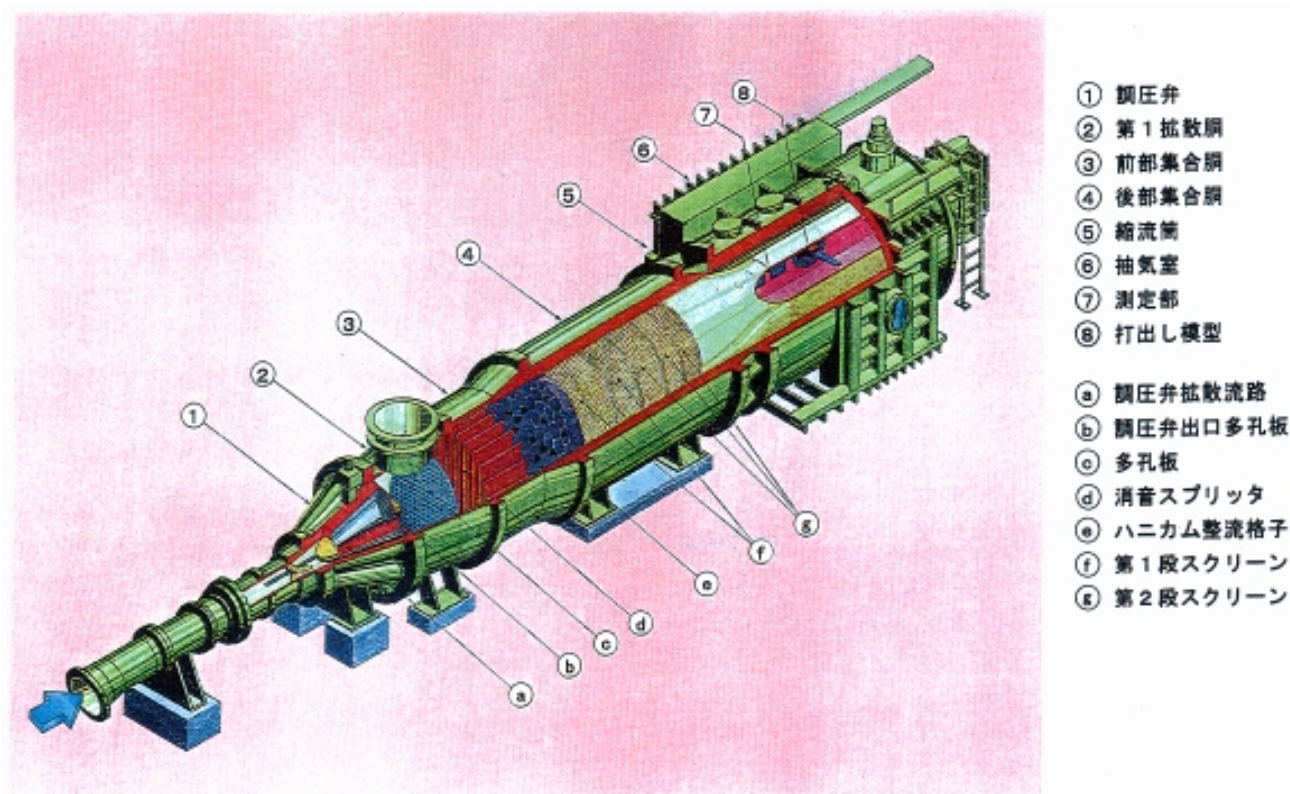


図 4-2-12 集合胴内構造

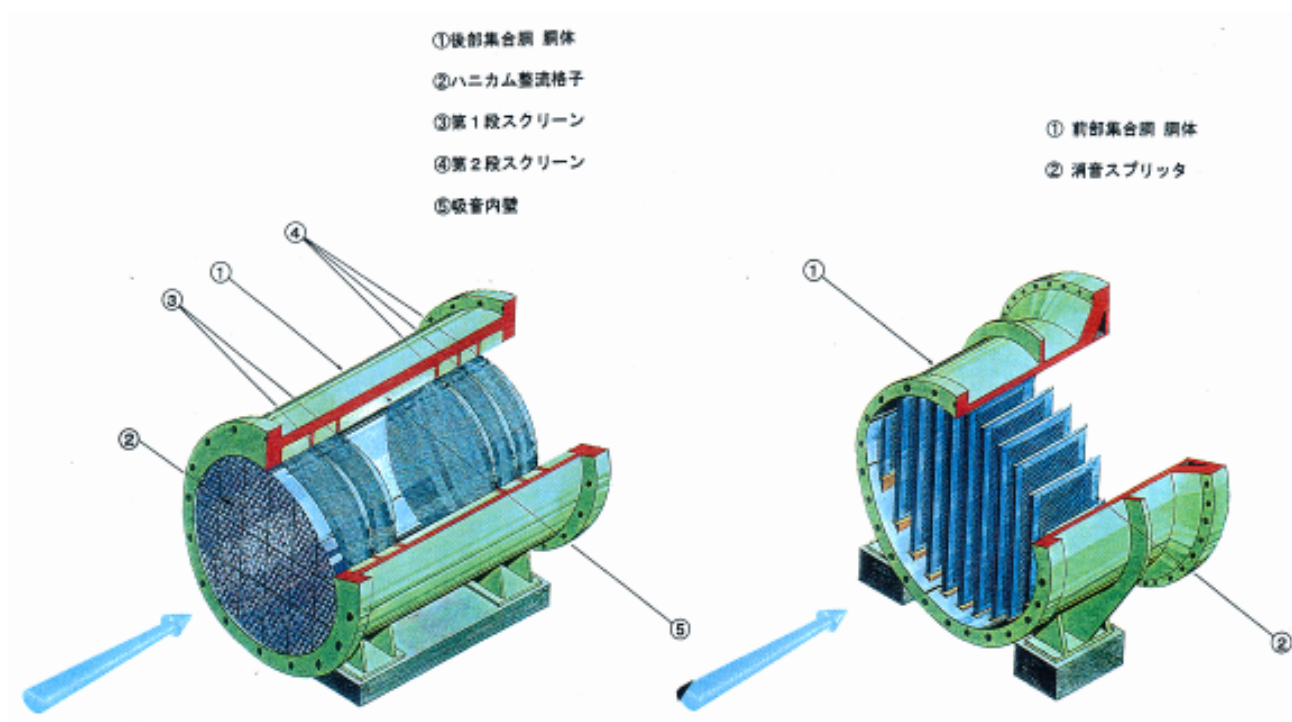


図 4-2-13 後部集合胴内構造

図 4-2-14 前部集合胴内構造

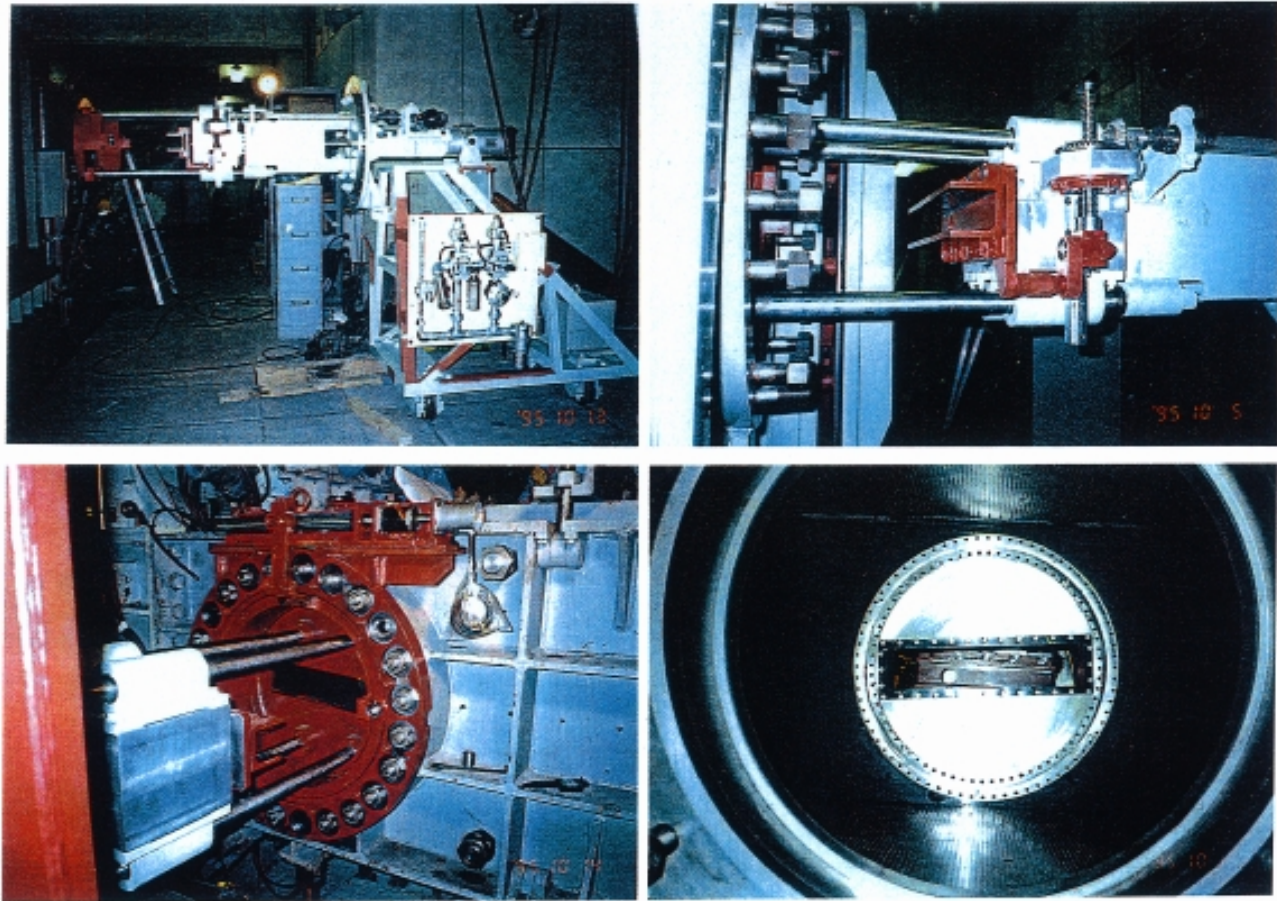


図4-2-15 模型打ち出し装置



図4-2-16 スティングストラット

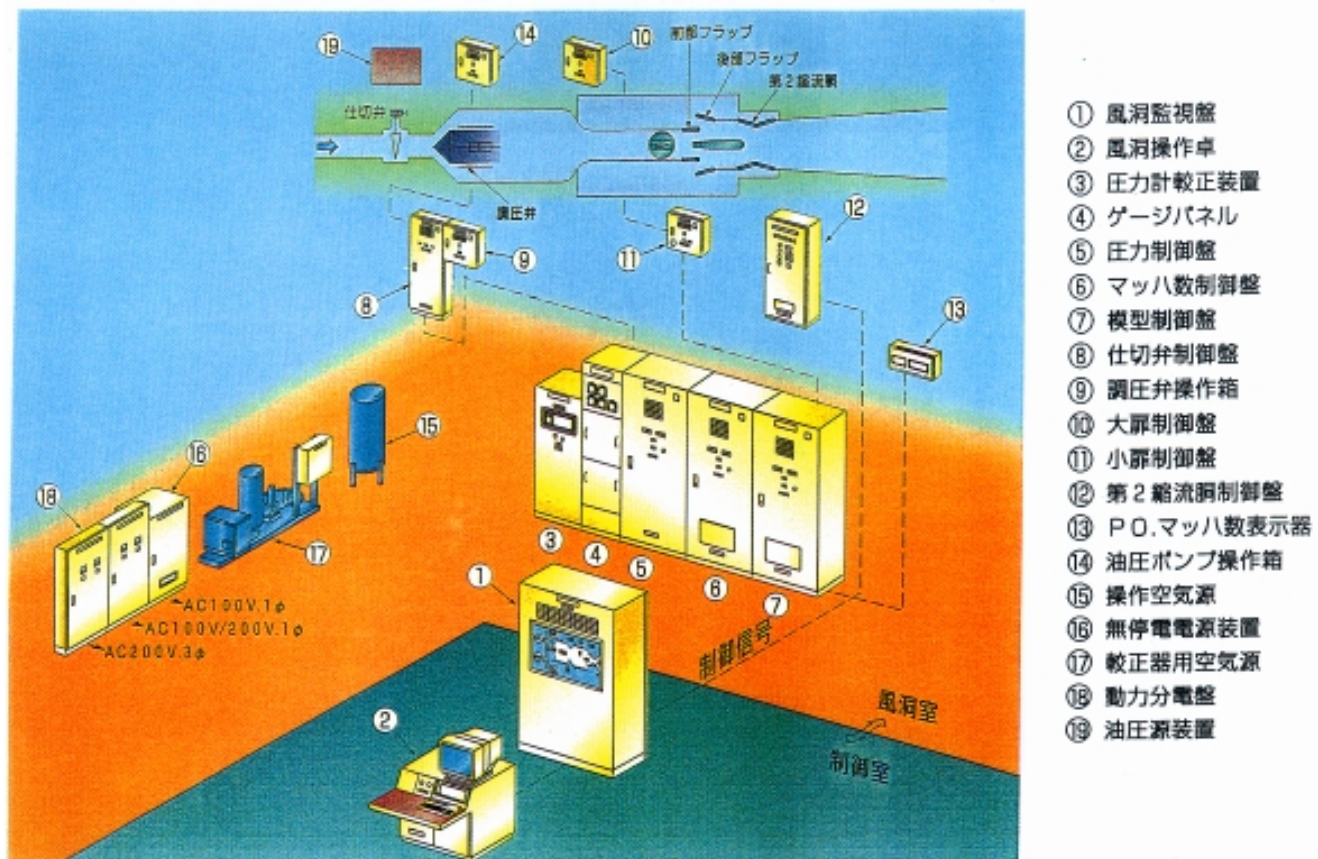
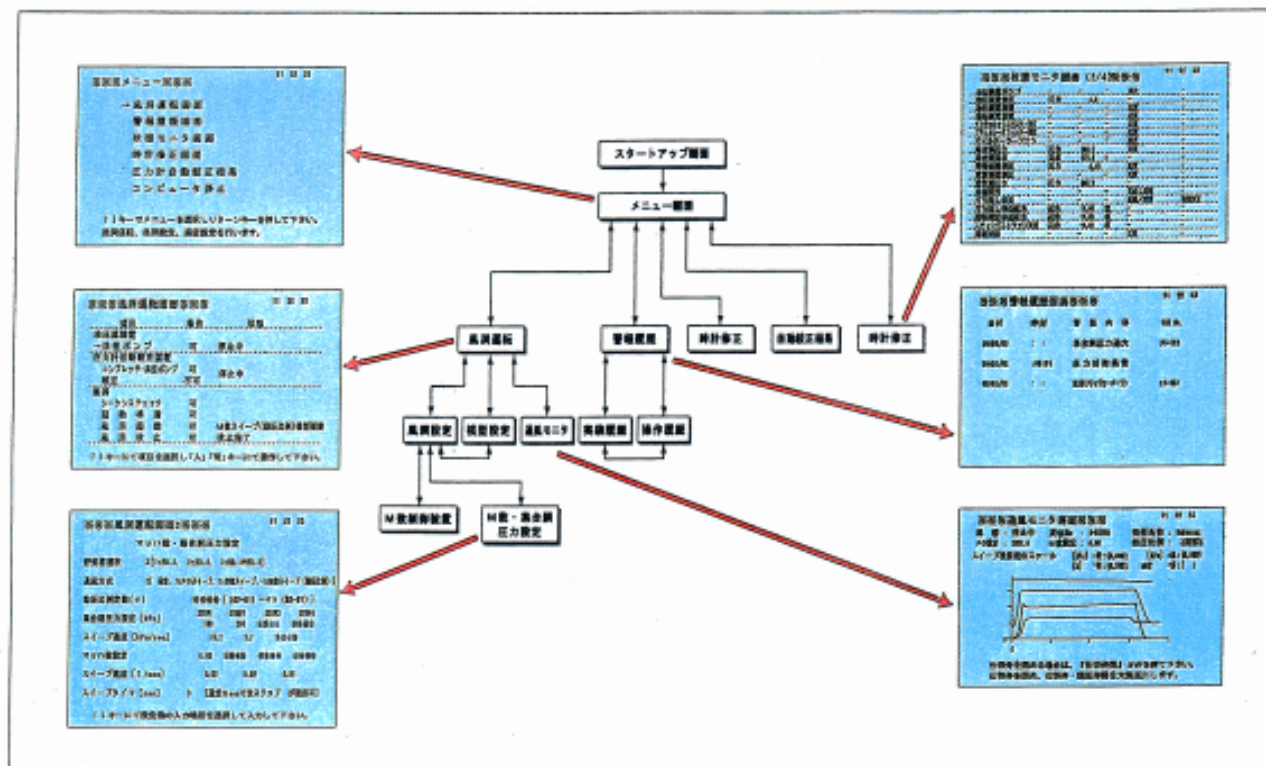


図 4-2-17 機側制御盤配置図



(2) 風洞監視盤の設置

風洞監視盤の概観を図4-2-17の①に、グラフィックパネルを図4-2-19に、風洞監視盤集合表示灯を図4-2-20にそれぞれ示す。グラフィックパネルには風洞システム全体の保安に必要とする主要な情報を表示している。貯気槽と集合胴の空気圧と測定部の気流の動圧、マッハ数および通風時間をデジタル表示し、弁類の開閉、模型支持装置とマッハ数制御装置の選択には、分かり易いようにランプを選択点灯することにした。また高压導管に高压空気が入っている場合には、高压導管のランプを点灯することにした。ランプは正常な場合、異常な場合それぞれに黄緑色と赤色が点灯するようにした。

風洞監視盤集合表示灯には風洞システム全体の保安に必要とする主要な情報を表示している。故障の程度によって保安停止と緊急停止分け、表示灯の色をそれぞれの場合に橙色、赤色が点灯する。

故障が発生した場合には表示灯の点灯と共にブザーが風洞室と制御室で鳴るようにしている。

(3) 機側制御盤と操作箱の設置

図4-2-17に示すように各機器の側に圧力制御盤、模型制御盤、マッハ数制御盤、仕切弁制御盤、第2縮流胴制御盤、小扉制御盤、大扉制御盤、調圧弁操作箱および油圧ポンプ操作箱を設置し、機側で機器の運転状況を見ながら単独運転を可能にして、機器の調整、あるいは風洞の中に入出入りすることを容易にできるようにしている。これらの各制御盤と制御室の風洞監視盤との間の信号伝達は多重伝送により行なっている。

その他の制御盤の機能については、第3章の対応項目を参照されたい。

4-2-8 抽気室

抽気室および測定部付近の見取り図を図4-2-21に示

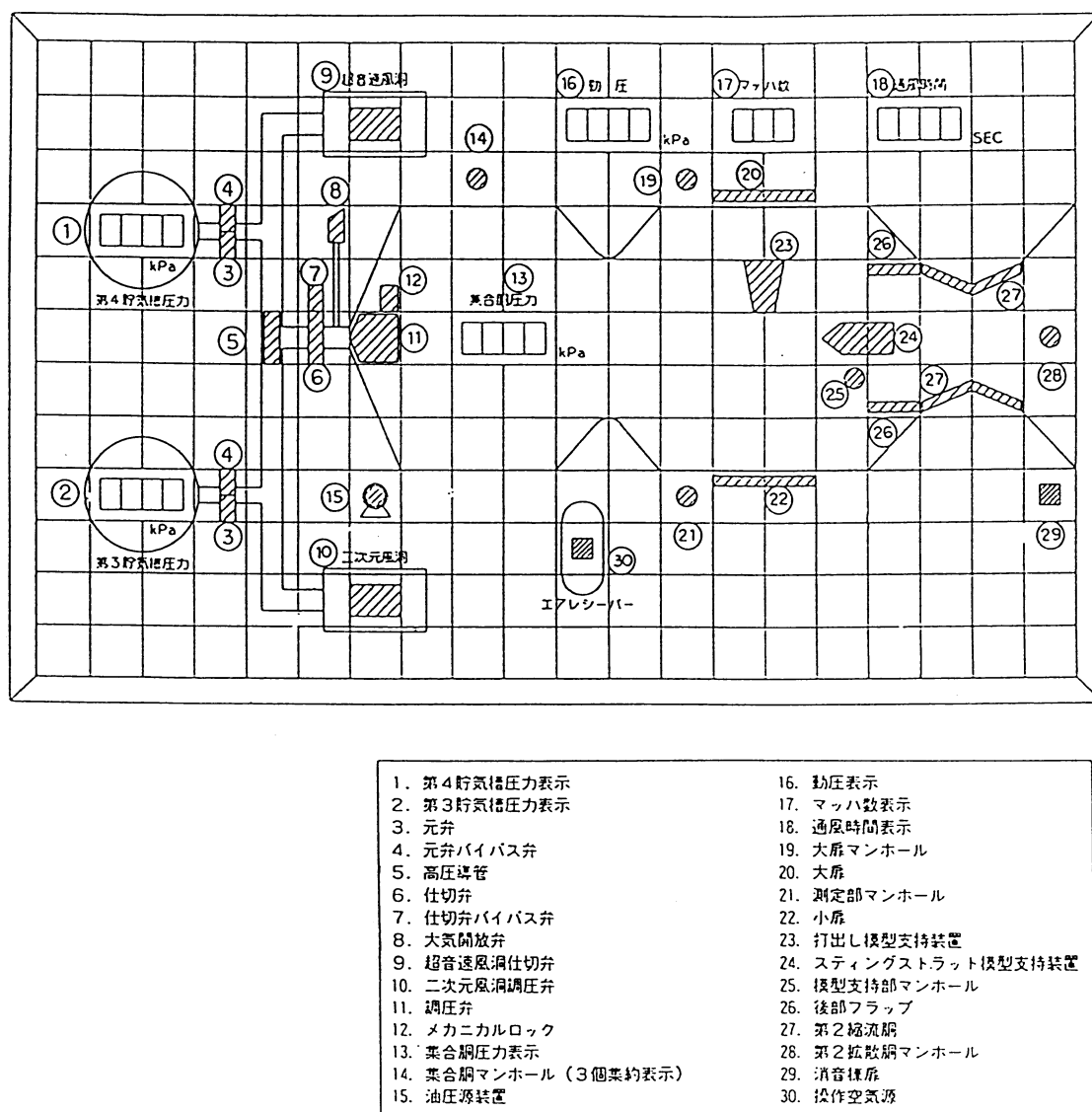


図4-2-19 風洞監視盤グラフィックパネル図

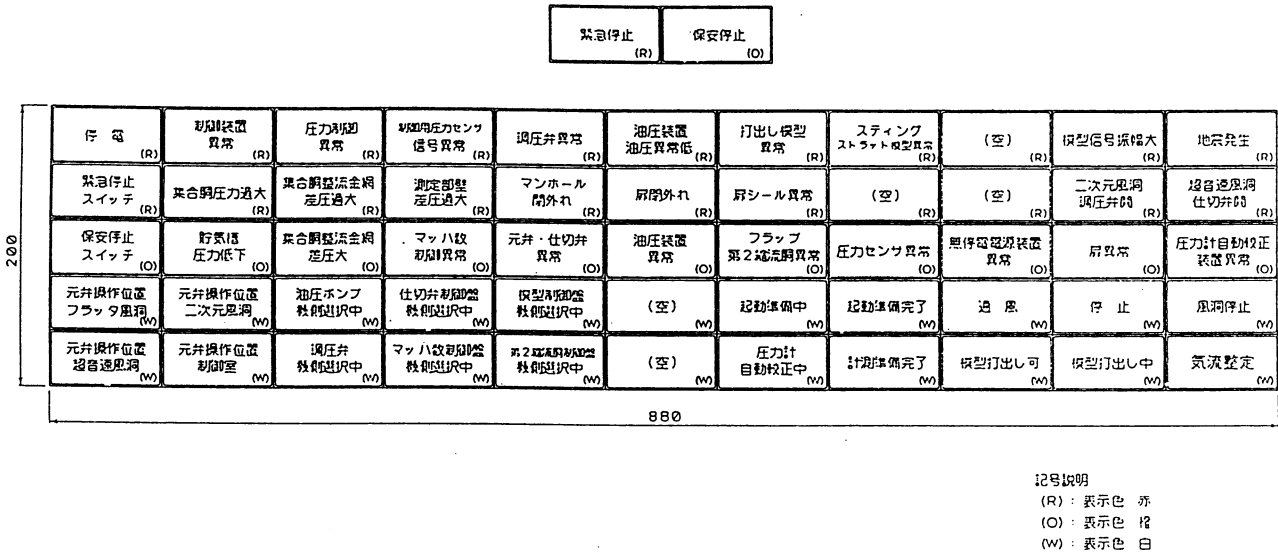


図 4-2-20 風洞監視盤集合表示灯図

す。

(1) 抽気室内部の模型打ち出し装置へのアクセスを容易にするため、抽気室大扉にハンドルで開閉出来るマンホールを設け、大扉が閉の状態でも大扉側から抽気室内への出入りが可能となった。

(2) 測定部内の模型へのアクセスを容易にするため、抽気室小扉側の測定部側壁にヒンジ式点検窓を設けた。このヒンジ式点検窓は、測定部シュリーレン窓部側壁とスティングストラット近傍の側壁に各々1箇所づつ設けられた。

(3) 最近の光学的計測方法の進歩と画像によるプレゼンテーションの必要性の高まりに対応して小型観測ガラス窓を3カ所に増設した。

4-2-9 気流可視化装置の設置

今後 CFD 等の計算結果の検証，比較の必要性が益々増大するものと考えられる。これらの要求を満たすためには、模型表面圧力分布の測定のみならず模型周辺の流れの模様を比較するためのデータ提供も重要な要素となる。この意味から新しいシステムでは、流れの可視化を可能とする装備を重要視した。ひとつには、既存のシュリーレン装置の一部換装、再整備、もうひとつは、気流の煙による可視化である。高速、特に遷音速域での煙による流れの可視化は、世界的にも例が少なく本設備で試みることにした。

(1) 煙吹出装置

遷音速に於ける煙による可視化はでは連続的に大量の煙を供給する必要があるため、ヒーターに圧縮空気を使用して煙の素になる液体を強制供給すると共に、集合胴内に設置した煙吹出装置の内に集合胴の気流を取り込み、煙と混合して煙のボリュームを瞬時に増大している。

煙吹出装置からの煙吹出しは集合胴の気流を取り込んでいるため、集合胴圧力よりも高い圧力で吹き出すには構造が複雑になる。そこで、単純で効果的な方法として、翼型断面をしている支柱の最大翼厚部の気流が加速して壁面圧力が集合胴圧力よりも低い部分に設けた煙吹出孔から吹き出す方法を採用している。

本装置の仕様は第3章を参照されたい。また、本装置については、別途参考文献にまとめる予定である。

(2) シュリーレン装置

シュリーレン装置は、基本的には旧システムの機能を維持することとし、光源部では光源をキセノンランプと非定常現象を観察するのに便利なストロボランプのみとした。また、受光部ではスチールカメラとテレビカメラの同時撮影を可能にするため、光りをハーフミラーで2分割する機能を追加した。また、光源部と受光部の支持台は将来新しい装置を導入した際のシステム変更を容易にするために定盤型の支持台に変更した。本装置の仕様については、第3章を参照されたい。

4-2-10 安全装置

旧システムでは、圧力検知により、集合胴内高压空気を大口径の弁を使用した安全装置により大気へ開放する方式を採っていたが、新システムでは、破裂板方式を新規採用し、安全性に関する信頼度を高めることとした。調圧弁と前部集合胴の間に設置された安全装置は図4-2-11に示されている。本装置はJIS B8266「破裂板方式安全装置」他、諸規定に準拠している。

4-2-11 マッハ数設定用フラップ

マッハ数設定用フラップの内、前部フラップについては、前部下側フラップおよび上側フラップを電動スクリ

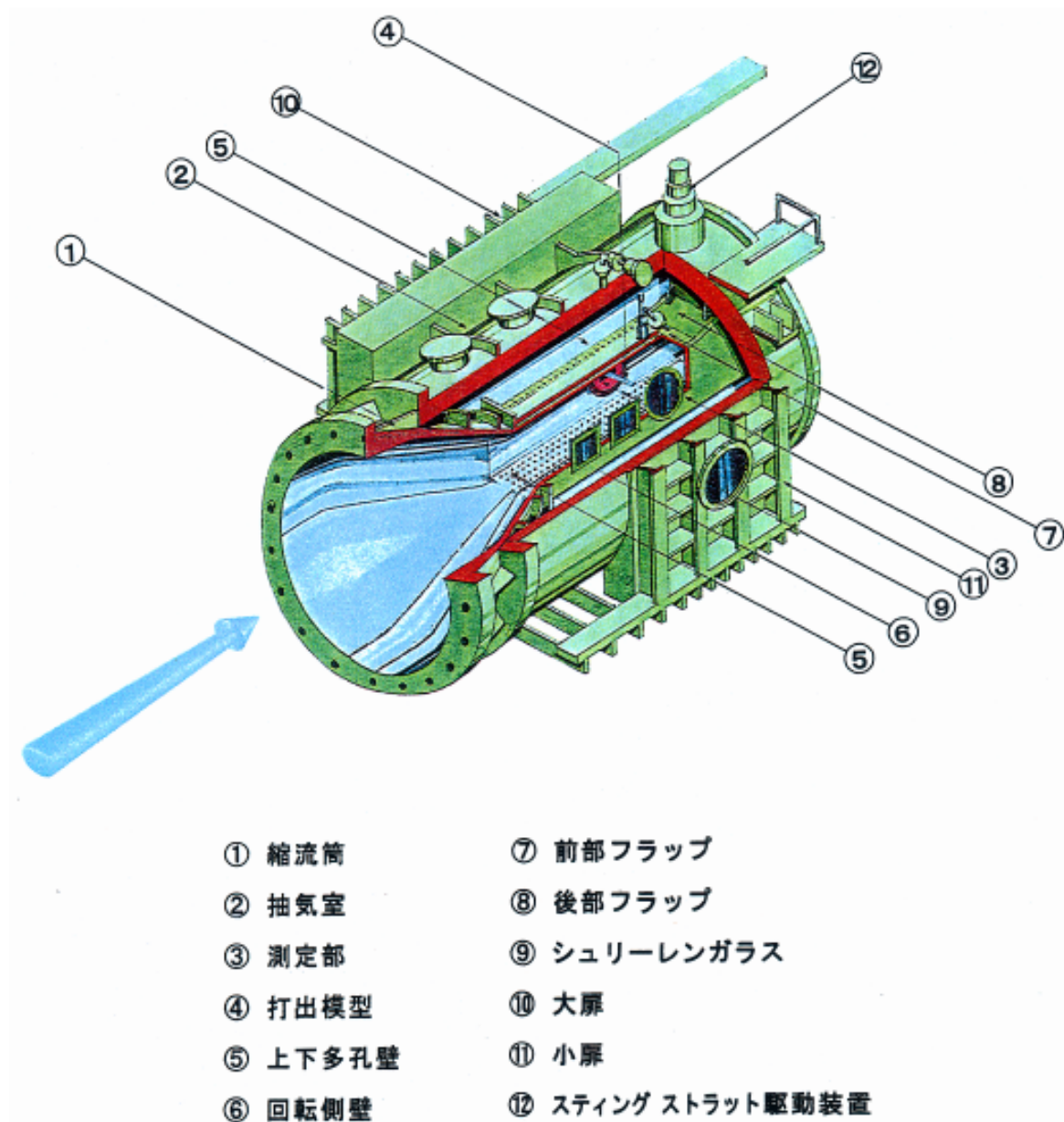


図 4-2-21 測定部外観

ユージャッキと位置検出器による電動駆動に更新した。また、風洞操作卓およびマッハ数制御盤よりモニタおよび制御が可能である。フラップ角の検出精度は、 0.01° である。

後部フラップについては、サーボモータ、減速機、および回転角センサを新設し、位置フィードバック制御とした。後部フラップ角の検出精度も、 0.01° であり、風洞操作卓およびマッハ数制御盤よりモニタおよび制御が可能である。

4-2-12 圧力計自動校正装置の新設

風洞制御に必要な圧力計の圧力計自動校正装置を新設し、圧力計の校正頻度を多く実施して、風洞制御の際に集合胴圧力と測定部のマッハ数を精度良く制御出来るようにしている。また、精度良く圧力を検出することは安全性の面からも必要なことである。操作は風洞操作卓から行ない、結果はプリントアウト可能である。

4-2-13 既設伸縮継手の更新

調圧弁と仕切弁の間に直管圧力均衡型伸縮継手を新設し、調圧弁と高圧導管の伸縮による応力を緩和している。

4-2-14 風洞に関わるその他の改修

(1) 風洞本体

安全性を確保するため模型打出し装置／調圧弁／貯気槽元弁、側路弁／フラップ／第2縮流胴の電動で動くものに対しては、各制御盤にキースイッチを設置して不用意に起動スイッチを押しても装置が動かないようにした。また、マンホール、扉、模型打出装置、調圧弁、フラップ、第2縮流胴等の開閉する部分にはリミットスイッチの更新と追加を行った。これらのON/OFF信号は風洞運転システムのインターロック回路に取り込まれており、風洞起動準備段階に自動的に信号が危険と判断されるとシーケンスを先に進めることが不可能になる。また、通風中であれば自動的に保安停止か緊急停止になる。これらの信号は、機側制御盤と風洞監視盤の表示灯で目視でもモニター可能であり、危険な状態では赤ランプが点灯し、ブザーが鳴るようになっている。

(2) その他

ゲージパネルを新設し、貯気槽圧力、空気槽圧力、高圧導管圧力、整流網差圧、集合胴圧力過大および測定部壁差圧力を小径の導管により導き圧力発信器に接続して圧力をデジタル変換して各部に転送すると共に、貯気槽圧力、空気槽圧力、高圧導管圧力はブルドン管式圧力計にも接続している。

4-2-15 電気関連の改修

(1) 1次側引き込みケーブルと変圧器の更新

屋外のA開閉所からフラッタ試験設備までの1次側引き込みケーブルの一部分と変圧器が更新された。

(2) 分電盤の更新

屋内の分電盤を更新し、動力用分電盤と照明用分電盤に分けて集約した。

(3) 無停電電源の新設

無停電電源は変電所側の要因で停電した場合に風洞停止操作が完了するまで制御系と照明系に電力を供給するのに十分な容量を持っている。

4-3 新旧設備の外観比較

新システムと旧システムの機能的比較は第3章および第4章で述べた。外観上の比較は、本章までに示した図からは比較が困難な部分もあった。また、多くの部分は改修完成後には、本体の内部に組み込まれ、外観は現れていない。本節では、改修中の各ステップでの組立記録写真を示すことにより、外観の比較に関する一助としたい。

以下

写真1 新旧の制御油圧源装置の比較

写真2 新しい調圧弁

写真3 新旧の第一拡散胴の比較

写真4 スプリッター型消音器

写真5 測定部流路の改造

写真6 第二縮流部の自動給油装置

写真7 新模型打ち出し装置

写真8 新大扉

写真9 煙吹き出し装置とコントローラ

写真10 新旧制御盤(1)

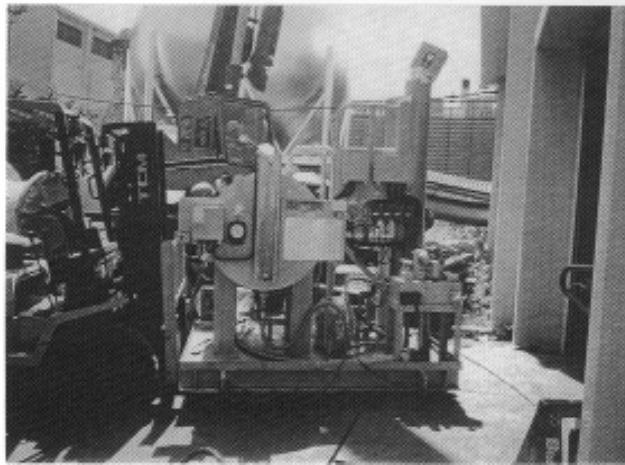
写真11 新旧制御盤(2)

を示す。

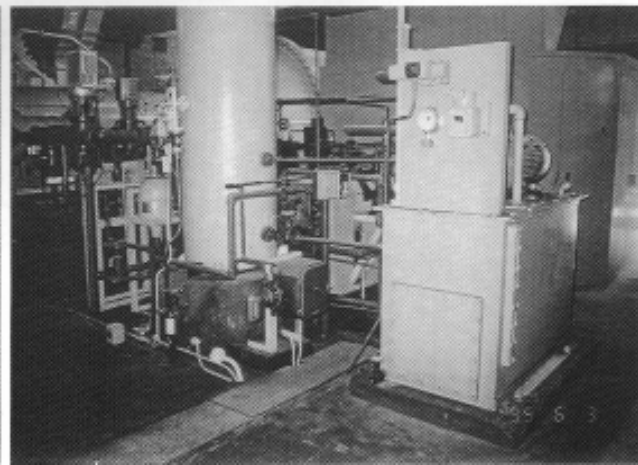
なお、計測系については、今回の改修作業の対象外である。

参考文献

- 1) 中井，橋爪，中村；航空技術研究所遷音速フラッタ試験設備の計画と整備試験，航空技術研究所報告TR-5（1960）
- 2) 中井，橋爪，高木，橋本；フラッタ試験設備測定部交換ノズルの予備試験，航空宇宙技術研究所報告TM-16（1963）
- 3) 中井，橋爪，安藤，高木；遷音速フラッタ試験設備の改造および整備試験，航空宇宙技術研究所報告TM-29（1964）
- 4) 航空宇宙技術研究所報告 TR-「遷音速フラッタ試験設備における煙による流れの可視化について」近々刊行予定

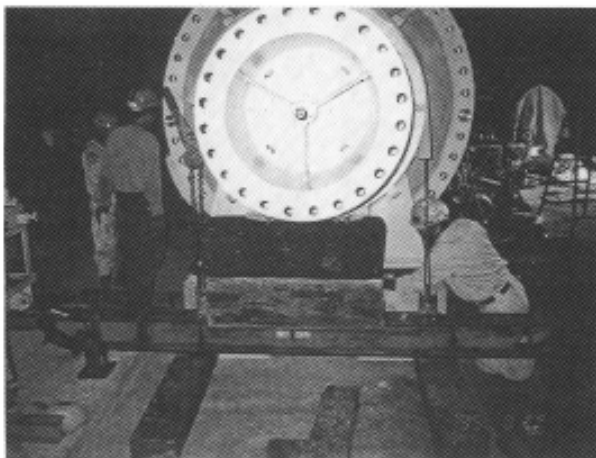
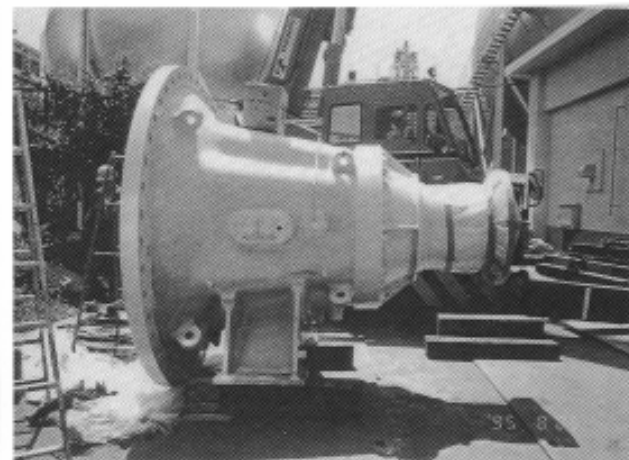
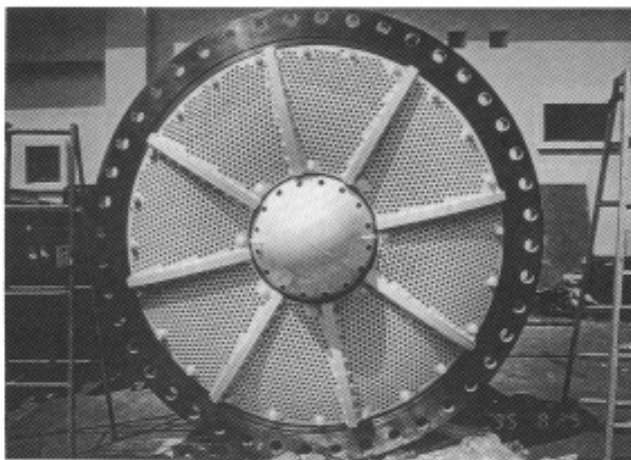


(新)
作動油圧：21MPa
特 徴：小型になる
(設置面積は旧型の約 1/3)



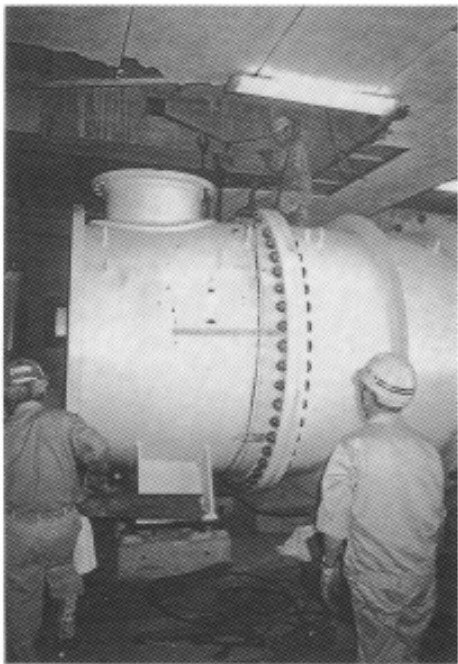
(旧)
作動油圧：2 MPa

写真 1 新旧の制御油圧源装置の比較

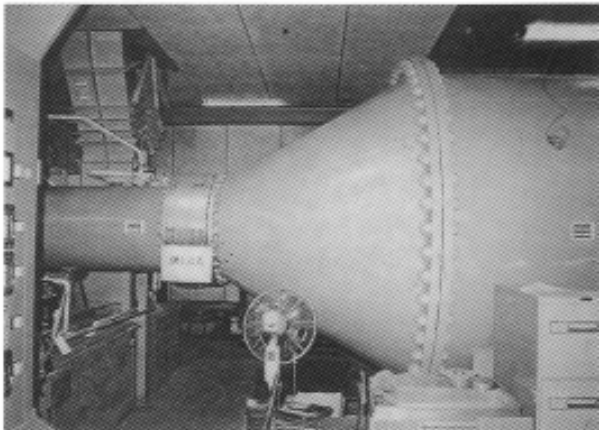


型 式：プラグ弁
入 口 径： $\phi 600\text{mm}$
出 口 径： $\phi 2000\text{mm}$
長 さ：2430mm
駆動方式：電気油圧サーボ駆動
最大ストローク：250mm
最大速度：0.25m/s
設定圧力：2 MPa
多 孔 板：穴 径 = $\phi 20\text{mm}$,
開口率 = 0.403

写真 2 新しい調圧弁



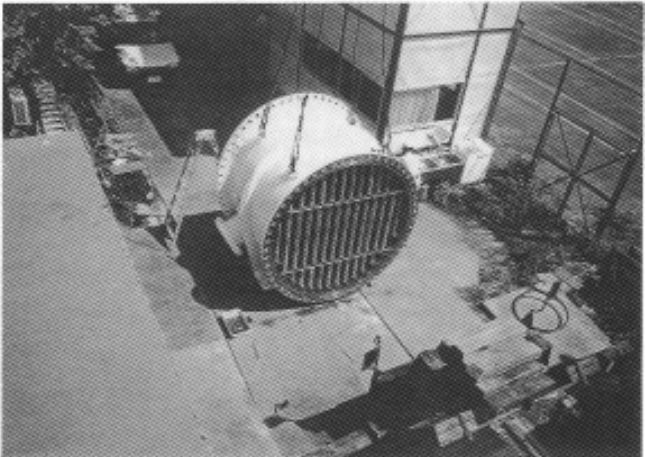
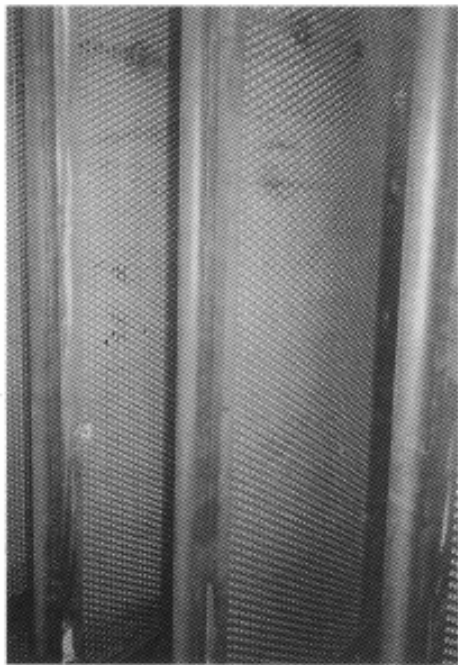
(新)



(旧)

	新	旧
入口径	φ2000mm	φ600mm
出口径	φ2300mm	φ2300mm
広がり角	10°	60°

写真3 新旧の第一拡散胴の比較



口 径：φ2300mm
長 さ：1900mm
スプリッター型消音器（拡大図・・・左）：
（スプリッターにはグラスウールをポーラスプレートで挟んだ物を使用している。）
長さ＝1000mm，幅＝80mm
スプリッター枚数＝14

写真4 スプリッター型消音器

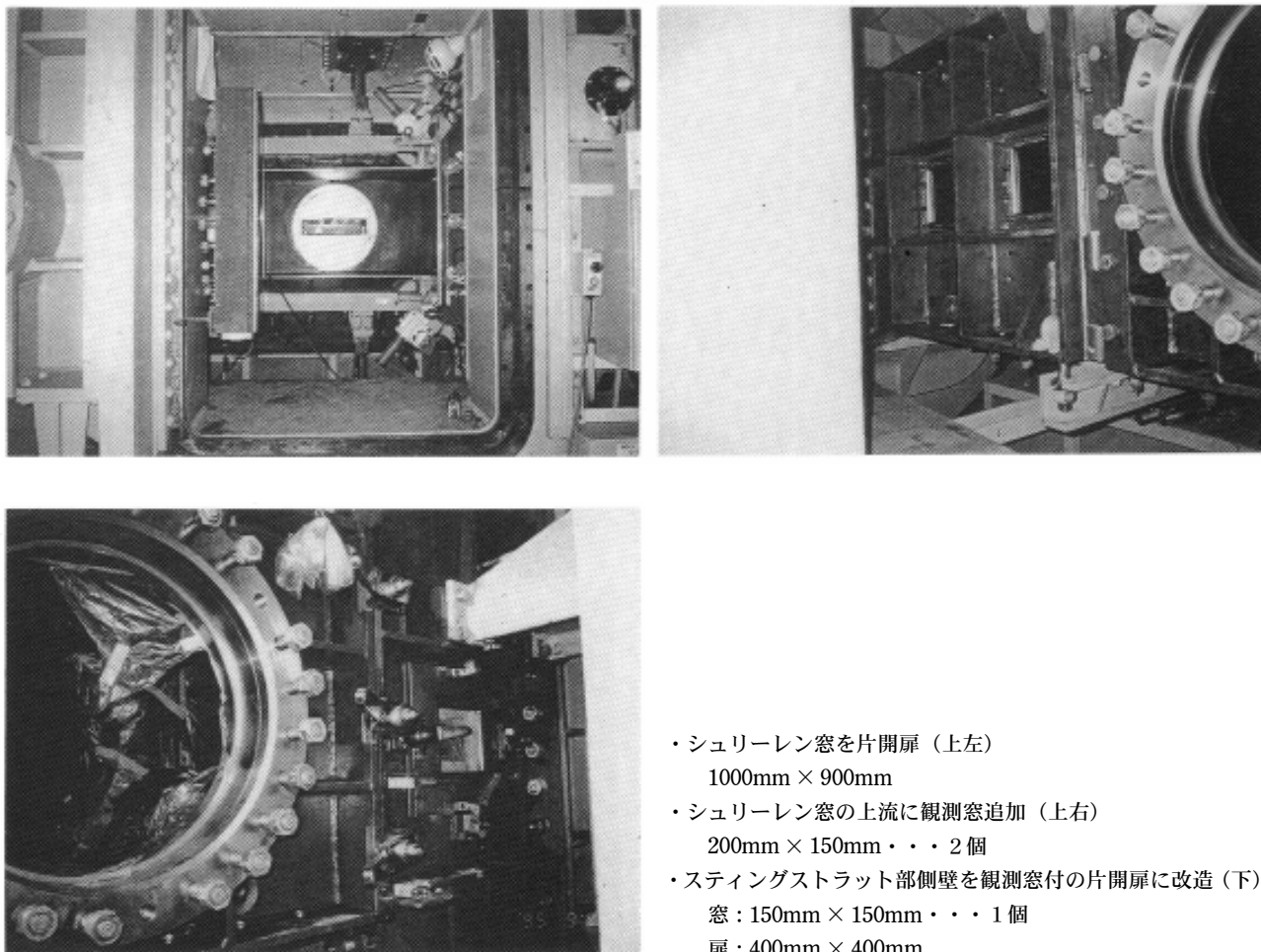
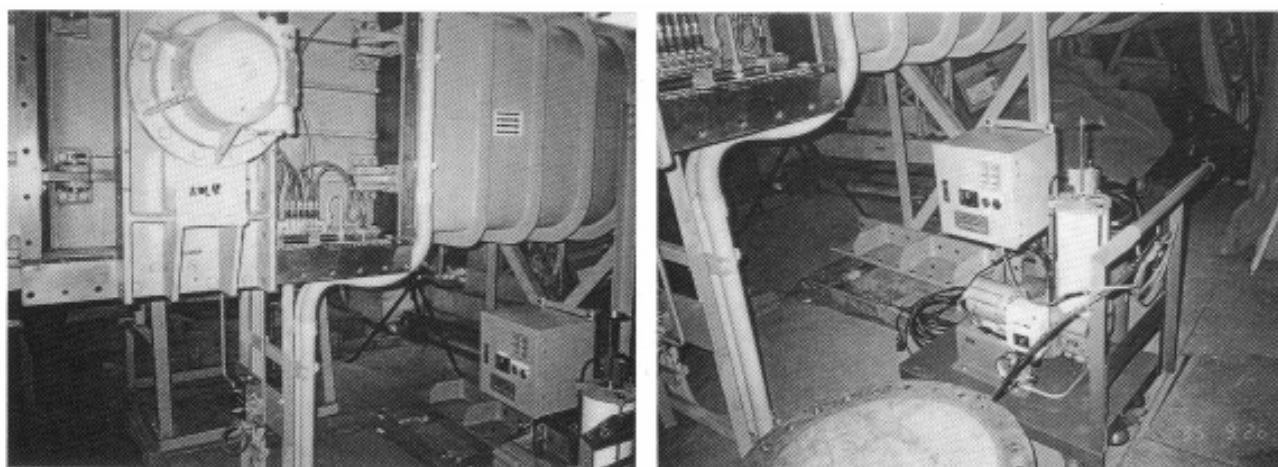


写真5 測定部流路の改造



自動給油装置

- ・給油圧：15MPa
- ・油：グリース
- ・給油口：24口

写真6 第二縮流部の自動給油装置

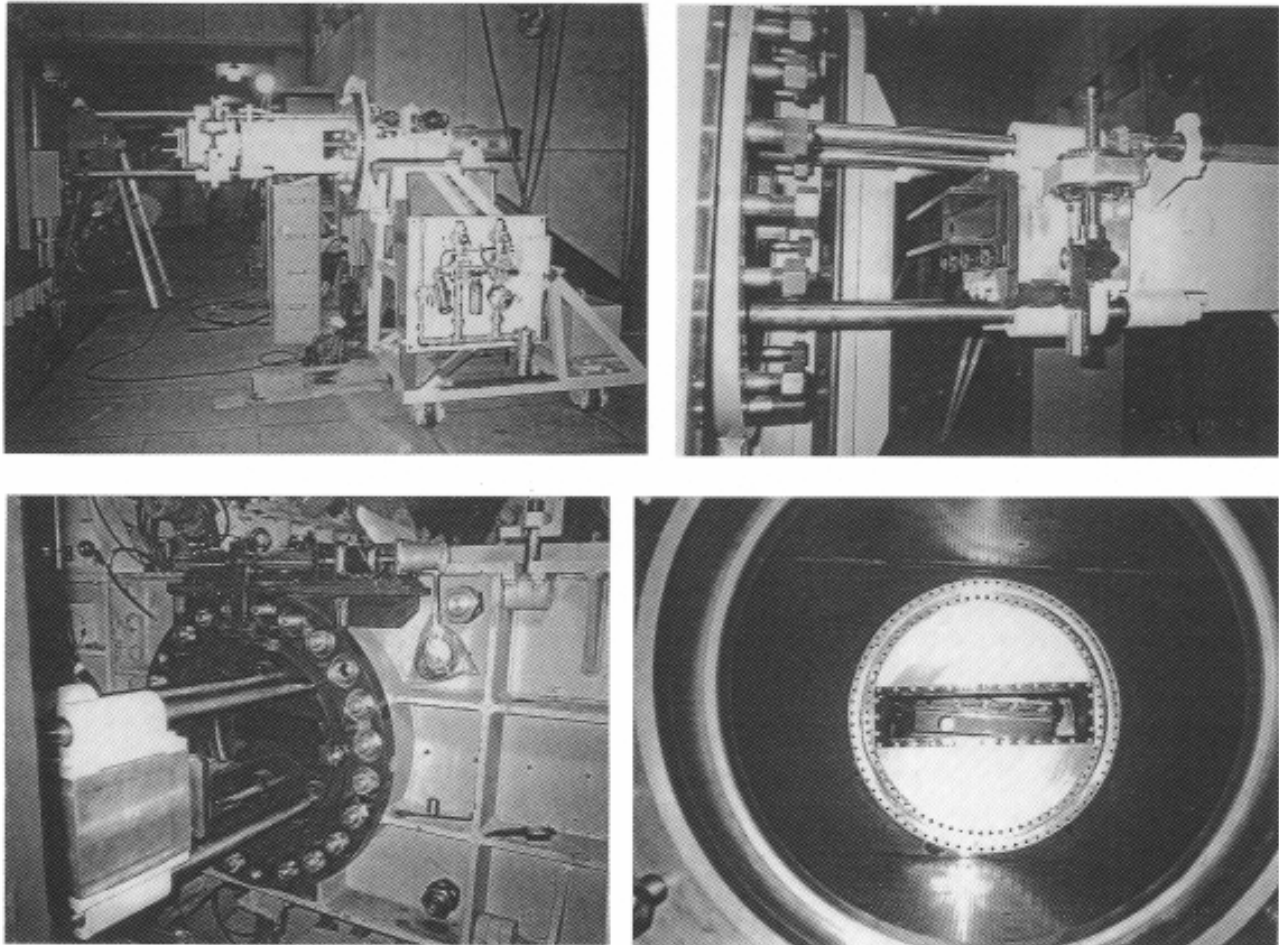
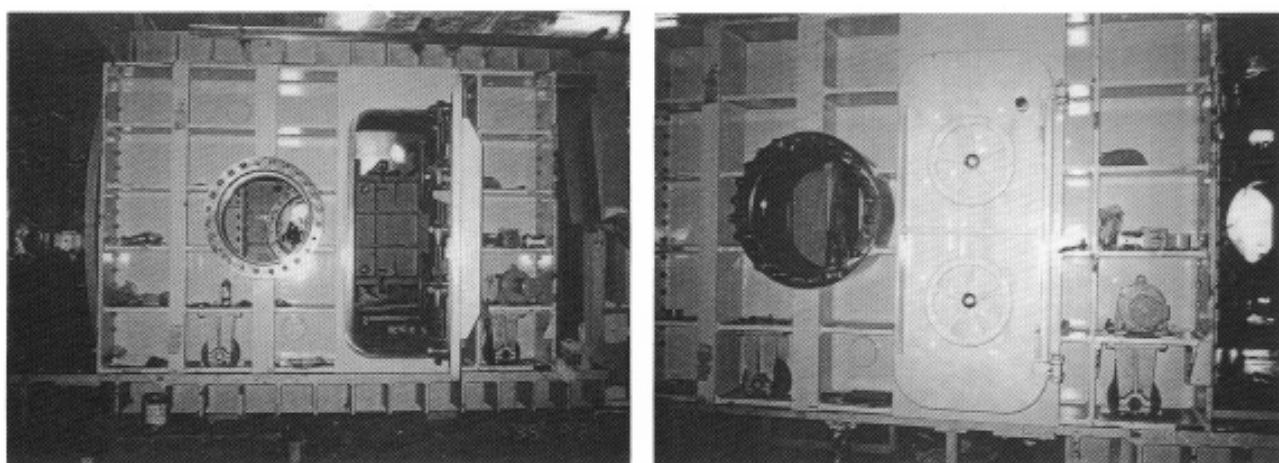


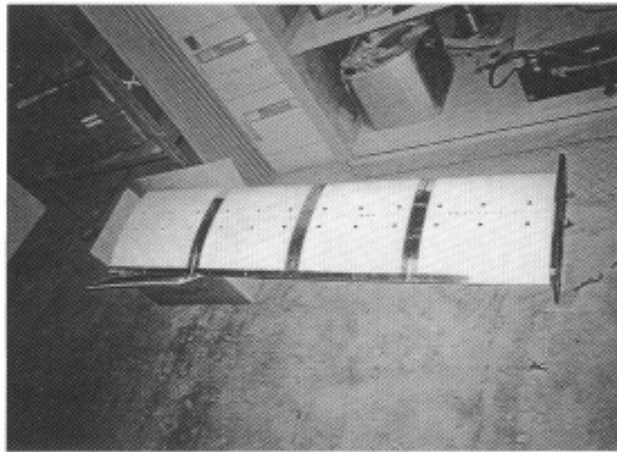
写真7 新模型打ち出し装置



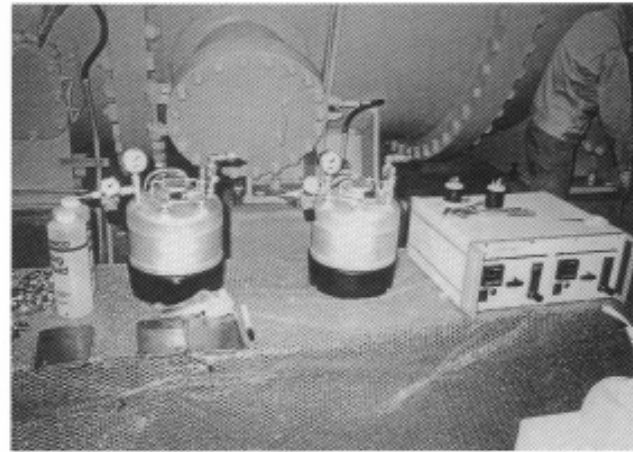
片開扉開状態

片開扉閉状態

写真8 新大扉

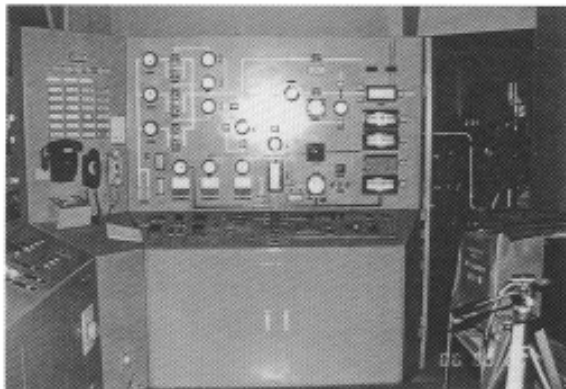


(a) 煙吹き出し装置

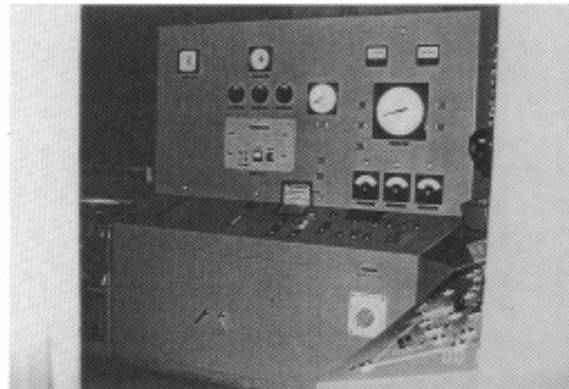


(b) 液圧送装置とコントローラー

写真9 煙吹き出し装置とコントローラ



(a) 圧力制御盤



(b) マッハ数制御盤と模型制御盤

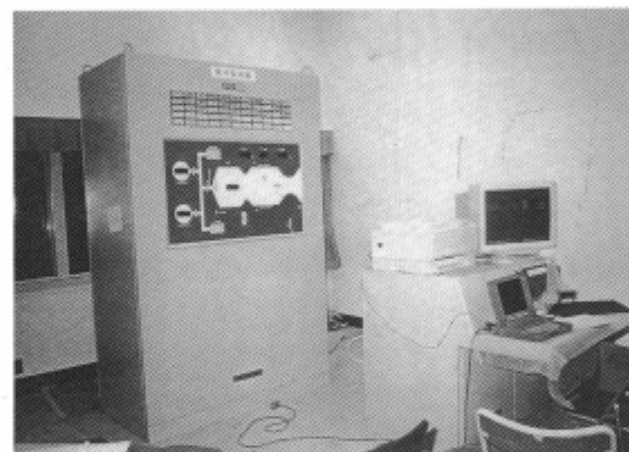
写真10 新旧制御盤 (1)



新しい機側制御盤

機側制御盤

- ・圧力校正装置
- ・ゲージパネル
- ・圧力制御盤
- ・マッハ数制御盤
- ・模型制御盤



新しい風洞監視盤と風洞操作卓

写真11 新旧制御盤 (2)