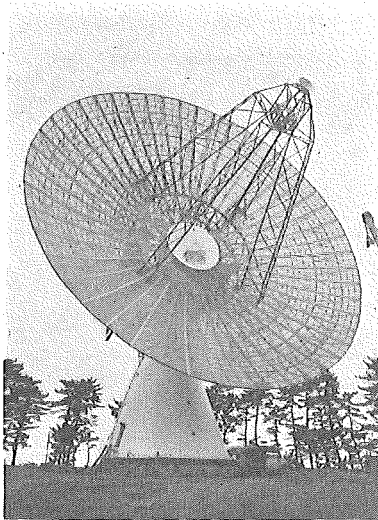


宇宙通信用 30 米アンテナ装置 (構造部)

大野孝*
 赤木喜男**
 中川豊***
 小幡英三****
 加藤藤靖男*****

1. 緒 言

東洋一の大きさを誇る宇宙通信用 30 米パラボリアンテナ装置一式を郵政省電波研究所のご注文により当社が設計製作し茨城県鹿島町に建設を進めておりましたが、いよいよ実用段階に入る態勢になりましたので、ここに機械構造部の調査、設計、製作および現地建設工事についてその概略をご報告いたします。(第1図)



第 1 図

* 電波機器事業部特定機器工場技術部第四課長
 ** " " " 設計製図課長
 *** " " " 第四課長代理
 **** " " " 設計製図課第一係長
 ***** " " " " 課員

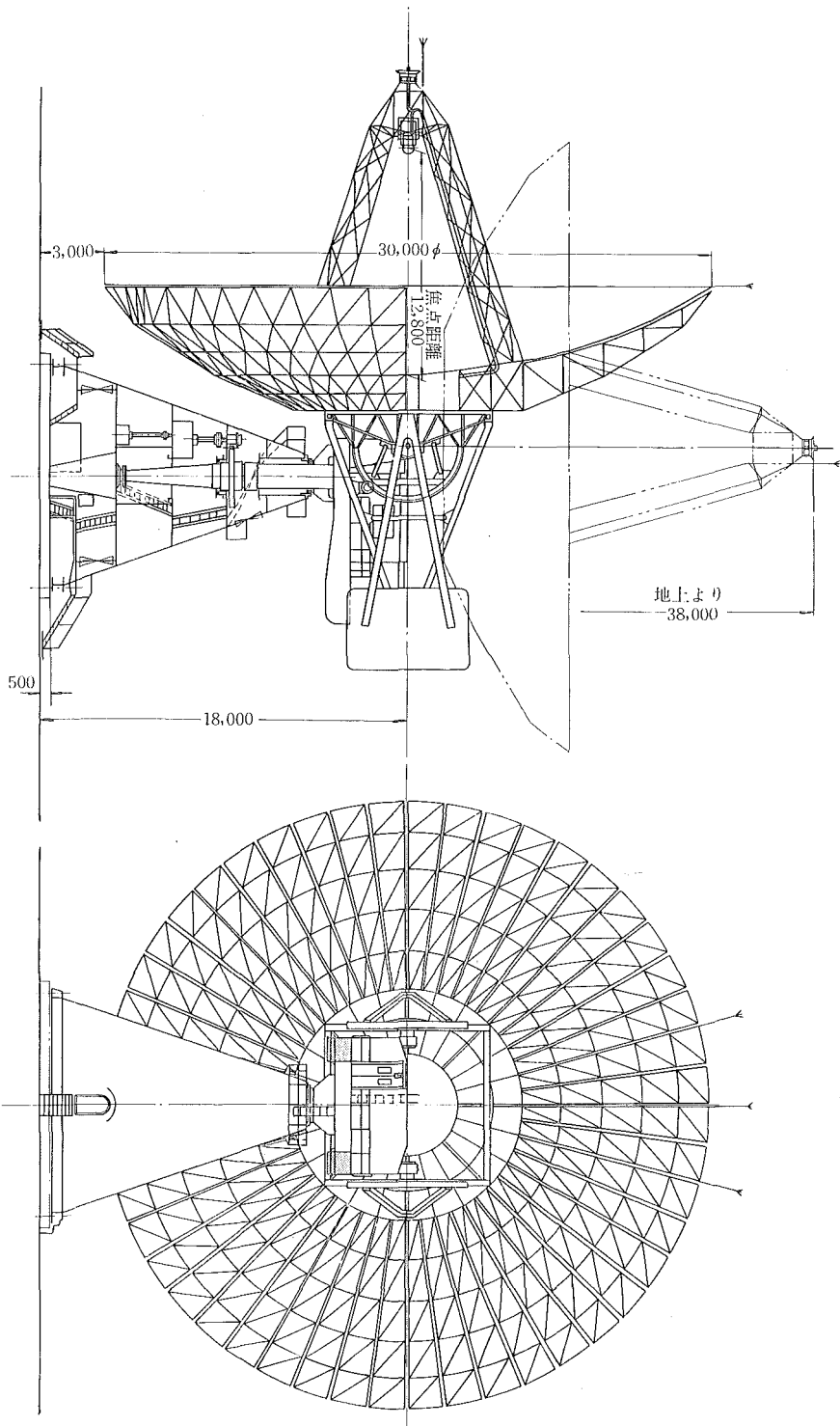
2. 特 長

- この装置のおもな特長は、つぎのとおりであります。
- (1) 直径30米のパラボリアンテナは東洋一の大きさを誇るものであります。
 - (2) パラボリアンテナは俯仰および旋回操作ができ、全天あらゆる方向に向けることができます。
 - (3) 設計・製作・据付けに亘る技術はすべて純国産のものであります。

3. 仕 様

この装置の機械構造部に関するおもな仕様はつぎのとおりであります。(第2図)

- (1) 耐風圧性 風速 25 米/秒の条件のもとで俯仰旋回駆動が可能。
 風速 60 米/秒の条件までは反射鏡を天頂に向け固定することにより耐える。
- (2) 追尾速度 俯仰に対し 0.001 度/秒~5.0 度/秒
 範囲 -1 度~+92 度
 旋回に対し 0.001 度/秒~7.0 度/秒
 範囲 360 度以上
- (3) 反射鏡 直 径 30 米
 焦点距離 12.8 米
 面 精 度 ± 5 耗以内
 中心高さ 基礎面上より 17.5 米
- (4) 最高地上高さ 約 35 米
- (5) 総 重 量 約 250 屯(基礎を除く)



第 2 図

4. 調査および基本設計

宇宙通信用大型パラボラアンテナ装置の調査に当り、直径 30 米の可動型アンテナに関する資料は、国内には全くありませんでしたので、外国文献を調査する一方、大型起重機、その他、苦干でも関係のあると考えられる建造物や鉄塔などの構造を徹底的に調査研究し、後述するような風洞実験および模型による荷重実験などの基礎研究を行なったのち、基本設計に着手いたしました。

この装置は、とくにつぎのような点を目標として方式および形状を定め、基本設計を推進しました。

A. 方位、俯仰型を選んだ理由

- (1) 自由な運動制御が容易にできる。
- (2) 計算機により自動追尾する場合に制御が容易である。
- (3) 高速度の運動に対し安全性が高い。
- (4) 部分的な改造や追加工事に際し制約をうけることが少ない。

B. 油圧式駆動方式を選んだ理由

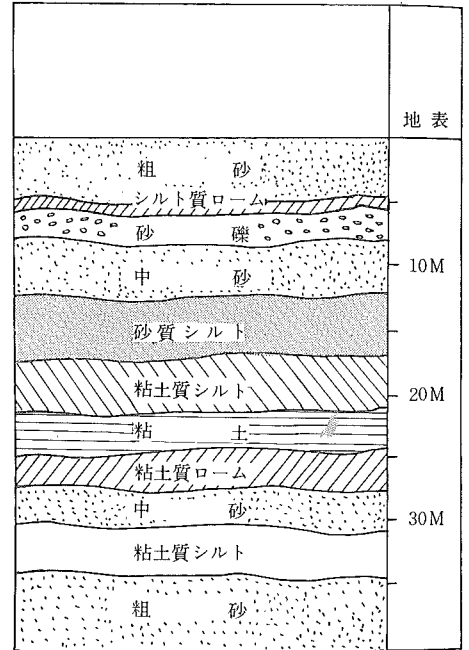
- (1) 電氣的雑音発生の心配がない。
- (2) 他の駆動方式より同出力の場合、容積重量が小さい。
- (3) 広範囲の連続的速度制御が容易にできる。
- (4) 油圧モーターおよびシリンダー部が自動的に制御装置となるので安全性が高い。

4.1 基 礎

建設地が決定致しますと、先ず第一に地質検査を行ない、その結果に基づいて基礎の設計を行ないました。

ボーリングは基礎建設予定地に 2 ヵ所、地表からの深さ 40 米まで、深度 1 米ごとに標準貫入試験を行ないつつ、地盤をボーリングし、またサンプリングボーリングをも行なって、その採取資料の分析を行ない、第 3 図に示すような推定土層断面図および地耐力その他の基礎の設計に必要な資料を得ることに成功致しました。

鉄筋コンクリート基礎はハンチ上の土砂重量をも含め総重量は約 2,800 屯で、完工後 1 年後において、不同沈



第 3 図 推定土層断面図

下は殆んどないというよい結果を得ることができました。また風速 60 米/秒以上の風が、パラボラ反射鏡の真正面から当たっても（強風のときは反射鏡は上向にしていますが）絶対に転倒しないよう十分な安全率をもって設計致しました。

4.2 支持塔

パラボラ反射鏡の支持塔はトラス構造の鉄塔、コンクリート塔、シエル構造塔などが考えられますが、剛性を高くし、かつ軽量であり、また内蔵する駆動装置に対する防水性、および防塵性などについて吟味した結果、シエル構造のものを採用することに致しました。

塔は高さ 11.5 米で 5 階建になっています。各フロアは方位軸の軸受や、旋回駆動装置の設置に利用し、4 階までは塔内階段を、それから上部機械室に昇るには塔外螺旋階段を使用するように設計致しました。

なおシエル構造の採用にあたって、もっとも問題になったのは、太陽熱による塔全体の変形で、これは、この構造が鉄骨構造に比較し、太陽を受ける面積が大きく、日向側と日影側との温度差による変形を極力少なくする

ため、種々の外面状態における温度差について実験を行ない、最も反射率のよい白色ペイントによる塗装を塔外に施しました。

しかし、これでも微量の変形は避けられないので、方位主軸の軸受の構造をとくに考慮し、塔の変形による傾斜が、それより上部に直接伝わらないようにしました。これは完成後の測定において、はっきり効果が確認できました。

4.3 反射鏡

あらゆる運動状態で高精度を保持し、かつ高速度の運動を容易ならしめるため、できるだけ軽量にし、また風速 60 米/秒を正面から受けたときに対処するため、反射鏡面は、風圧による抵抗を小さくするため中心部を除きラス網張りとなりました。しかしながら、それでも風速 60 米/秒のときには約 170 吨という荷重を受けることになります。また直径が大きいため、輸送の容易をはかるため、これを 58 分割組立式構造と致しました。

また反射鏡中心部には受信装置を格納する直径 5 米の小室を設けてあります。この小室へは、反射鏡を水平に向けたときに、方位主軸上部機械室より安全に出入できるように致しました。

基本設計を進めるに当たり、その空気力学的諸特性を知るために、東京大学航空研究所にて、直径 3 米の風洞に直径 1 米のパラボラ反射鏡模型を吊り下げて、抵抗係数 C_D 、モーメント係数 C_M 、揚力その他の特性を計測し、

基本設計に必要なデータを得、さらに実際の設計に当たっては直径 3 米の模型を製作し、風圧に相当する荷重試験を行なって各部材の応力を抵抗線歪計で、また、たわみをマイクロメータで計測し、強度計算の裏付けを行いました。(第 4 図、第 5 図)

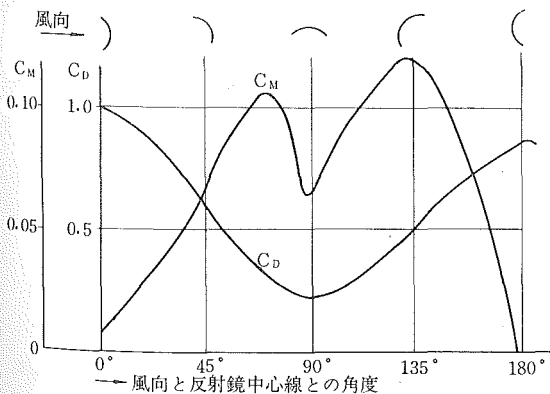
中心部は受信機のヘッド、テレビカメラ等を取付ける必要があり、また構造上周辺のすべての部材が中心部に集まるための応力集中をさける目的で、なるべく大きな面で各部材の力を受けるよう張殻構造としました。

中間部は反射鏡全重量を支持し、またこの部分の僅かなたわみは、外周部に大きなたわみを及ぼすため、大きな剛性が必要とされました。

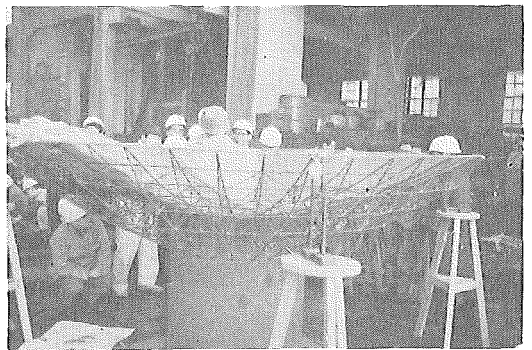
このため部材の数も増加し、また大きな部材を使用しなければならぬので、非常に複雑な構造となり、トラス部材としては理想的なパイプを使用すると、却って、接合部分の強度に難があるので、おもに型鋼による鉄骨構造としました。

外周部は、反射鏡全面積のほぼ 85% をしめるため、最も軽量にする必要があり、座屈に対して最も有利なパイプを使用したトラス構造と致しました。

反射鏡面は中心部直径 5 米の部分は、張殻構造の外板を、そのまま曲面とし、それより外側の部分は、すべて耐食アルミニウム合金のラス網張りとなりました。ラス網は力を受ける部材には直接とりつけず、ラス網取付枠をかいして部材に調整可能なように取付けました。



第 4 図 パラボラ反射鏡の空力学的特性



第 5 図 模型による荷重試験

一次放射器取付支柱は、あらゆる運動状態および、風の吹いている際に、一次放射器をパラボラ反射鏡の焦点位置に正しく保持するため、できるだけ丈夫にする必要がありますが、一方、電波の進行の妨害にならないようにするためと、反射鏡に無理な荷重とならないようにするためできるだけ細く、かつ軽量にする必要があります。

このため断面が二等辺三角形のトラス構造の柱4本を一次放射器の支持枠によって、先端でまとめて組み、できるだけこの支柱の反射鏡面に対する投影面積を少なくするよう注意致しました。

カウンターバランスは、仰角軸の不つり合いモーメントを少なくし、さらにパラボラ反射鏡が、つねに上向きモーメントを受けるようにその重量を算出いたしました。

これにより間接的に駆動歯車のバックラッシュを除去することにも役立ち、また、万一、駆動系に故障が生じたときに、自動的に反射鏡を上向けにし、最大風圧を避ける安全装置ともなっております。

5. 製作・輸送・建設工事

建設地の茨城県鹿島町までトラック輸送する以外には輸送方法がないので、製作はすべてトラックに積載する寸法および重量にしなければなりません。

5.1 基礎工事 (第6図)

測量・ボーリング・樹木伐採・飯場建設から始まり、



第6図 基礎

根伐、配筋工事・4回に分割したコンクリート工事・アンカーボルトの埋込工事・埋戻し工事など順調に進捗し、またコンクリートのスランプテストおよびテストピースによる強度試験なども平行して実施して、昭和36年春無事完工し、わが国の宇宙通信における力強い第一歩を築きました。

5.2 支持塔 (第7、8図)

40個のブロックに分けて工場で製作し、これをトラック輸送し、現地に30吨デリッククレーンを立て、これを用いて順次溶接して組立てました。

支持塔上面の直径1.8米の軸受取付面は、全溶接工事完了後、この面上に切削機械を取付け、地上11.5米の高い所で切削仕上げ工事も行ない、完全に水平を出すように致しました。

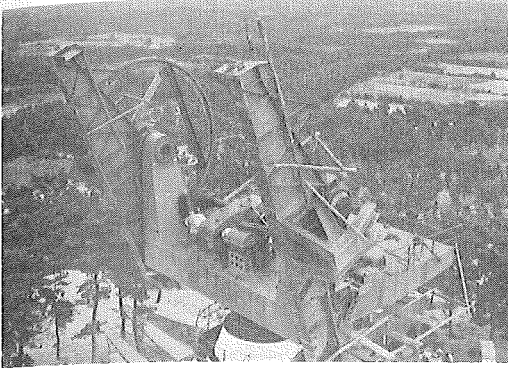
支持塔内上下軸受の芯出し工事は、この現地工事を通じてパラボラ反鏡の組立取付工事とともに、最もむずかしいものであります。

きわめて高い垂直精度を要求されましたので、支持塔の温度差による微小変形のない夜間に行ないました。

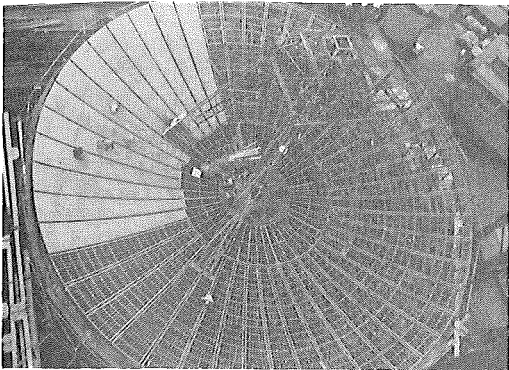
芯出し後、方位主軸をデリッククレーンにて吊り、上方から支持塔上下の軸受に挿入し、更に上部機械室を取



第7図 方位主軸の組込作業



第 8 図 上部機械室の組立作業



第 9 図 反射鏡の工場における組立作業

付けました。

仰角主軸の芯出しは、工場内にて一体のものとして機械加工が可能であり、十分な精度が保証できるので、現地では、これの確認のみにとどめました。

5.3 パラボラ反射鏡 (第 9、10 図)

パラボラ反射鏡は工場において仮組立を行ない、面精度測定および風圧に相当する荷重試験を行ないました。

面精度測定法は

- (1) 曲線ゲージによる方法
- (2) 基準平面をトランシットで設定し、その面から曲面までの距離を測定する方法
- (3) 航空写真と同様な原理によるオートグラフ法
- (4) その他の方法

ありますが、今回は (2) の方法により測定し満足すべき結果を得ることができました。

荷重試験は、ラス網面を損傷しないように、この面にベニヤ板を置いて保護し、最大風圧に相当する重量の砂のうを順次積載し、そのたわみをマイクロメータによって測定しました。

すべての検査が終了後これを分解し、約 70 台のトラックに分括積載して輸送しました。

反射鏡の組立作業は第 10 図に示すように順次行ないました。

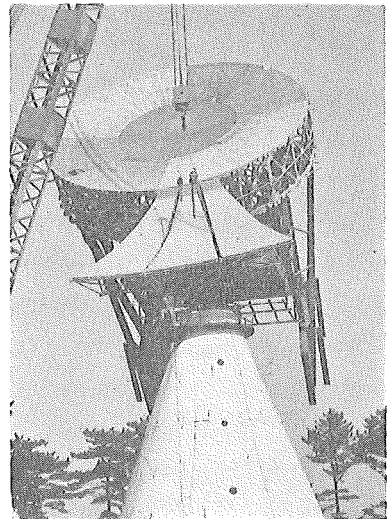
5.4 その他

(1) 避雷設備

パラボラ反射鏡が、いかなる方向を向いたときでも保護角 60 度の範囲にはいるよう突針を反射鏡周辺部に 3 本、一次放射器支柱の先端に 1 本取付け、また接地は総合抵抗が 10 オーム以下になるよう接地銅板を炭素粉とともに基礎の周辺 3 カ所に埋設しました。

(2) 荷役機械

方位主軸上部の機械室に機器を搬入するため 1 吨ホイスト、また一次放射器取付用に 0.5 吨ウインチ、および支持塔内部の機器搬入用に 5.0 吨手動チェンブロックをそれぞれ取付け、将来の保守に便利なように致しました。



第 10 図 反射鏡の組立作業

6. 結 言

以上宇宙通信用 30 米アンテナ装置の機械構造部の概要をご紹介しましたが、全工事を通じ、人身事故は皆無であったことをご報告申し上げます。

この装置の調査、設計および製作にあたり、御指導御鞭撻頂いた郵政省電波研究所の関係各位に、また、設計の当初ご指導下さった当社藤田部長および設計、製作にご協力頂いた浦賀重工の関係各位に厚くお礼申し上げます。