

18mφ トラッキングテレメータアンテナ支塔の設計

丸 安 隆 和・中 村 英 夫

1. 概 要

鹿児島宇宙空間観測所に現在建設中の18mφパラボラアンテナの支塔の設計を行なったので、ここにその概要をまとめた。

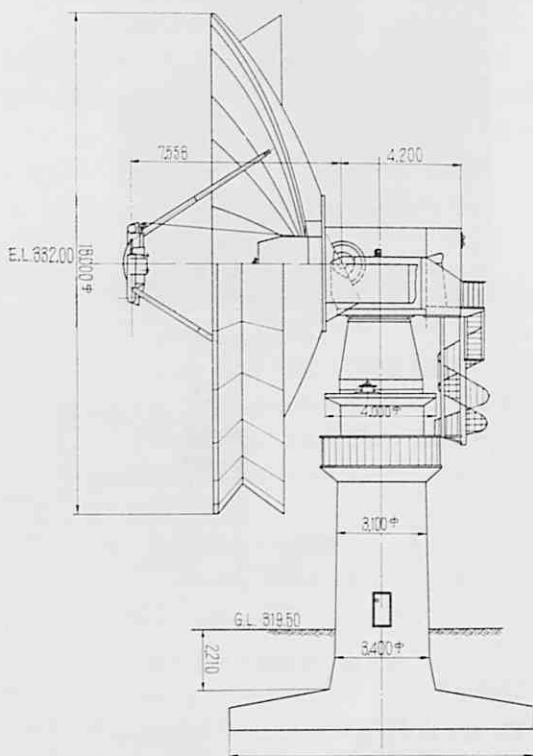
この設計に際して特に考慮したのは、つぎの諸点についてである。

- 1) 台風銀座といわれる大隅半島の、海に面した山の頂きに設置され、しかもアンテナにはドームもなく、風に対してむきだしの形となっている。そのため、台風の際にはきわめて大きな風圧力を受けることが予想され、台風に対する安全性についての慎重な考慮が必要である。
- 2) 工事地点はいたってへんびな土地であり、材料の入手、機械の搬入、熟練労務者の確保等に多くの困難があり、できるだけ施工容易な設計でなければならない。
- 3) この工事には高い精度の仕上げが要求される。すなわちアンテナ装置取付面の水平度を±1分以内、また弾性変形量はアンテナ装置取付面で10秒以内でなければならない。
- 4) 基礎地盤は調査の結果、意外に悪いことが判明したので、その対策特に将来不等沈下が絶対生じないように十分検討しなければならない。

2. 構成および構造



写真1 支塔コンクリートの施工



第1図 18mφパラボラアンテナ一般図

支塔は円筒形の鉄筋コンクリート構造とし、その最上面に基礎ボルトによりアンテナ装置を固定する。

アンテナは鉛直軸(AZ軸)のまわりには0°~360°回転し、水平軸(EL軸)のまわりには-9°~185°回転可能になっている。支塔下部には入口扉をつけ、その内部には昇降用螺旋階段および配線配管用ダクトを設ける。支塔上部には配電室をおき、その外側にテラスをつけ、さらにアンテナ装置固定室用梯子および回転室用扉を設ける(第1図)。

このような各装置、各設備の配置のため円筒コンクリート体の外径寸法、内径寸法にはともに限界がきめられてくる。

3. 荷重条件

1) アンテナ部重量

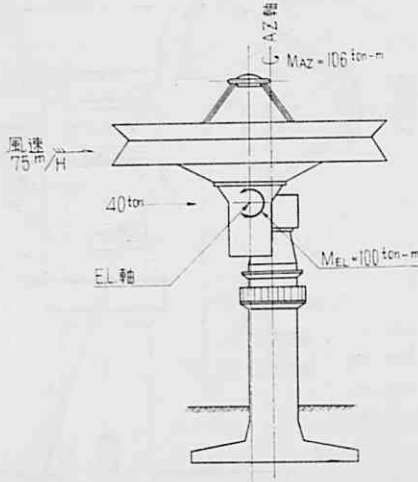
反射鏡重量(平衡錘を含む)	30.3 ton
回転室重量(梯子を含む)	27.7 ton
固定室重量	16.3 ton

2) 風荷重

アンテナ使用時においては風速 10 m/sec の風が水平方向 (EL 0°) を向いている反射鏡に正面から作用する場合を考え、三菱電機 KK により模型実験の結果、つぎの値を得たので、これを設計風荷重として用いた。

水平力	2.5 ton
EL 軸まわりのモーメント	40.8 ton-m
AZ 軸まわりのモーメント	20.4 ton-m

台風時においては、反射鏡を天頂 (EL 90°) に向けて固定装置により固定した場合を考え、実験の結果、つぎの値を得た (第2図)。



第2図 台風時の荷重状態

水平力	40 ton
EL 軸まわりのモーメント	100 ton-m
AZ 軸まわりのモーメント	106 ton-m

3) 地震荷重

水平震度 0.3
鉛直震度 0

なお雪荷重は考慮しない。

4. 使用材料



写真2 アンテナ固定装置取付用アンカーボルトとカラー鋼板

コンクリートは $\sigma_{28}=220 \text{ kg/cm}^2$ を目標として、配合設計を行なった。鉄筋は DACON35 を用いた。その他の構造用鋼については SS41 を用いた。

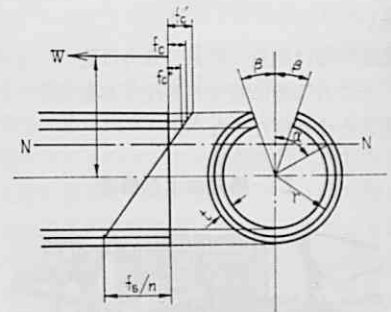
5. 設計の概要

1) アンテナ装置固定基礎ボルトおよびその取付部

アンテナ部からの上揚力および水平力に抵抗するためには 50 mmφ アンカーボルト 24 本を必要とする。このボルト埋込部の円筒コンクリートの肉厚は薄いので、このままでは強度上いたって不安である。このため L 型鋼によりリングを作り、これに全アンカーボルトをつなぎ、さらに軸鉄筋にこれを溶接して、円筒コンクリート中に埋め込むようにした。このようにすることにより、ボルトとコンクリートの付着を助け、力を分散して軸方向鉄筋へ伝えると同時に、高精度を要求されるアンカーボルト埋込みの施工が容易となる。またボルト埋込部のコンクリートには内外側ともに鋼板を巻いてカラーとし、コンクリートの局部破壊に抵抗するように図った。

2) 支塔本体

支塔本体は第3図のような円筒に軸方向力と曲げモーメントが作用した場合の応力状態を電子計算機 NEAC 2203 により計算して、その寸法および鉄筋量を検算した。すなわち図で中心角 2β の出入孔があいている断面に、偏心距離 e の軸方向力 W が作用した場合の中立軸のはさむ中心角 α はつぎの式で求められる。



第3図 円筒コンクリートの曲げ応力

$$\frac{e}{r} = \frac{(1-p)(\alpha - \sin \alpha \cos \alpha) - (1-p+np)}{2[(1-p)(\sin \alpha - \alpha \cos \alpha) - (1-p+np)]} + \frac{(\beta + \sin \beta \cos \beta - 2 \sin \beta \cos \alpha) + n p \pi}{(\sin \beta - \beta \cos \alpha) - n p \pi \cos \alpha}$$

いま支塔下部の入口扉の位置で計算してみると

$$r = 134 \text{ cm}$$

$$e = M/W = 611/184 = 332 \text{ cm}$$

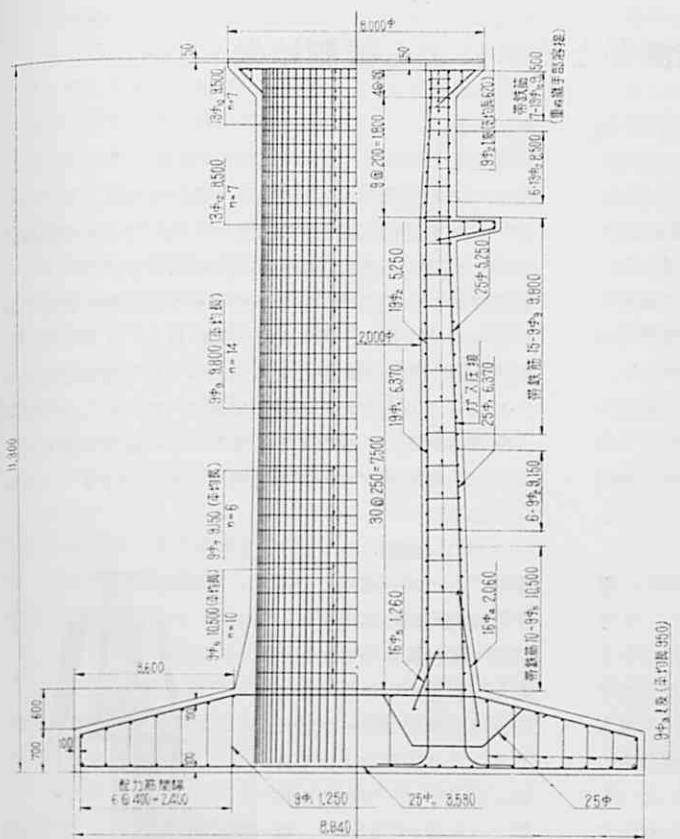
$$p = 0.00691$$

$$\beta = 16^\circ 20'$$

であるので

$$\alpha = 67^\circ 50'$$

これよりコンクリートの応力度を求めると円筒厚みの中央部では



第4図 円筒コンクリート配筋図

$$f_e = \frac{W(\cos \beta - \cos \alpha)}{2rt[(1-p)(\sin \alpha - \alpha \cos \alpha) - (1-p+np) * (\sin \beta - \beta \cos \alpha) - np\pi \cos \alpha]}$$

$$= 36.1 \text{ kg/cm}^2$$

円筒外縁では

$$f_e' = f_e \left[1 + \frac{t}{2r \cos \beta (\cos \beta - \cos \alpha)} \right]$$

$$= 61.2 \text{ kg/cm}^2$$

円筒内縁では

$$e'' = f_e \left[1 - \frac{t}{2r \cos \beta (\cos \beta - \cos \alpha)} \right]$$

$$= 11.1 \text{ kg/cm}^2$$

鉄筋の引張り応力度は

$$f_s = n f_e \left[\frac{1 + \cos \alpha}{\cos \beta - \cos \alpha} \right]$$

$$= 1273 \text{ kg/cm}^2$$



応力上は以上のような計算により安全であることはわかったが、扉部分は構造上最大の弱点となるので、その周囲を補強鉄筋により補強した。また円筒内部には可能な限り踏場兼用の床版を配置して剛性の向上を図った。第4図は円筒の配筋図である。

3) 基礎版および基礎杭

この工事地点は花崗岩の風化した砂質粘土が地表下7~8mまでつづいており、その中間に、ところどころ軽石がまじっている。地盤支持力は小さくこのような大きな荷重をうける重量構造物の架設位置としては適しているとはいえない。このため基礎調査を三木助教に依頼し、同氏の提案にしたがって、比較的強い砂層のある地表下4mの位置まで掘り下げ、できるだけ拡げた基礎版をもうけ、その下に径300mm長さ4mコンクリートパイルを1m~1.5間隔に打ち基礎杭とした。

6. 結 び

このような大口径パラボラアンテナのコンクリート支塔の工事はわが国で最初のものであり、したがって荷重条件、応力分布状態等疑問の点が少なくなかった。そのため現段階では解決不可能な点に関しては、かなり安全側になるような設計を行なわなければならなかった。

なおこのアンテナ支塔は現在KK銭高組の手により現地に工事中である。(1963年4月9日受理)