

I-153 取水塔の応力解析について

名古屋大学工学部 正員 ○斎藤敏明

名古屋大学工学部 正員 川本勝夫

1. 緒言 岩盤内に立て込まれた取水塔に、波力によって生じる応力や変形状態の解析は、厳密には3次元応力状態として取扱われねばならない。しかし、取水塔と取水トンネルの接続部を考えないで、取水塔のみを解析の対称とするときは、それを軸対称構造物と考えることができる。そこで、取水塔が波力をうける場合を、非対称荷重が作用した回転体の問題として、周囲の岩盤条件を種々考慮して有限要素法を用いて解析を行なったので報告する。

2. 解析の条件 解析に用いた取水塔モデルおよび波力を第1図に示す。取水塔の材料であるコンクリートの弾性定数とポアソン比をそれぞれ $E_c = 21 \times 10^4 \text{ kg/cm}^2$, $\nu_c = 0.2$ とし、岩盤のそれを $E_r = 0.8 \times 10^4 \text{ kg/cm}^2$, $\nu_r = 0.3$ とした。波力は、取水塔の直径 $D = 17\text{m}$ より、取水塔上部で 120.4 t/m となり、海底面で 102.0 t/m となり、その間は直線的に変化するものとした。そして、これらの波力が図に示すように取水塔の直径にわたって等分布して外壁に作用するものとして解析した。この場合、波圧による外荷重は第1図に示した (r, θ, z) 座標を用いて次式のようにフーリエ展開できる。

$$F_r = p \left(\frac{1}{4} + \frac{4}{3\pi} \cos \theta + \frac{1}{4} \cos 2\theta + \frac{4}{5\pi} \cos 3\theta - \frac{4}{105\pi} \cos 5\theta + \frac{4}{315\pi} \cos 7\theta - \dots \right) \quad (1)$$

$$F_\theta = p \left(-\frac{2}{3\pi} \sin \theta - \frac{1}{4} \sin 2\theta - \frac{2}{5\pi} \sin 3\theta + \frac{2}{21\pi} \sin 5\theta - \frac{2}{45\pi} \sin 7\theta + \dots \right), \quad F_z = 0$$

今回の解析では、 $n=7$ まで6項の展開を採用して計算した。 F_r の $\cos 7\theta$ の係数は最大の係数 $1/4$ の 1.6% , F_θ の $\sin 7\theta$ 項の係数は 5.7% 程度となり、6項で打ち切っても十分な精度が得られると考えられる。第1表に、(1)式の各項の外荷重によって生じる取水塔上部の奥の r 方向の変位 u が示してある。

$n=5, 7$ による影響はほとんどなく、このような荷重条件では4項でも十分な精度が得られるものと思われる。なお、計算に用いたモデルの節点数は247、要素数415のものであり、6種類の荷重について解くため、計算時

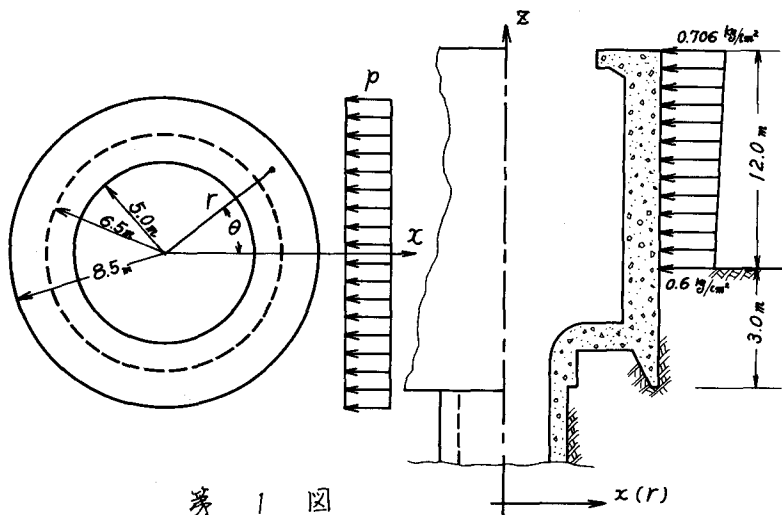
間は京都大学大型計算セ

ンター FACOM 230-60 で

約40分要した。

第1表

項	n	$u \text{ (mm)}$
1	0	-0.01627
2	1	-1.70528
3	2	-0.27849
4	3	-0.01030
5	5	0.00001
6	7	0.00001



第1図

----- $\theta = 180^\circ$
 ----- $\theta = 135^\circ, 225^\circ$
 ----- $\theta = 270^\circ$

----- $\theta = 0^\circ$
 ----- $\theta = 45^\circ, 315^\circ$
 ----- $\theta = 90^\circ$

----- $\theta = 180^\circ$
 ----- $\theta = 135^\circ, 225^\circ$
 ----- $\theta = 270^\circ$

----- $\theta = 0^\circ$
 ----- $\theta = 45^\circ, 315^\circ$
 ----- $\theta = 90^\circ$

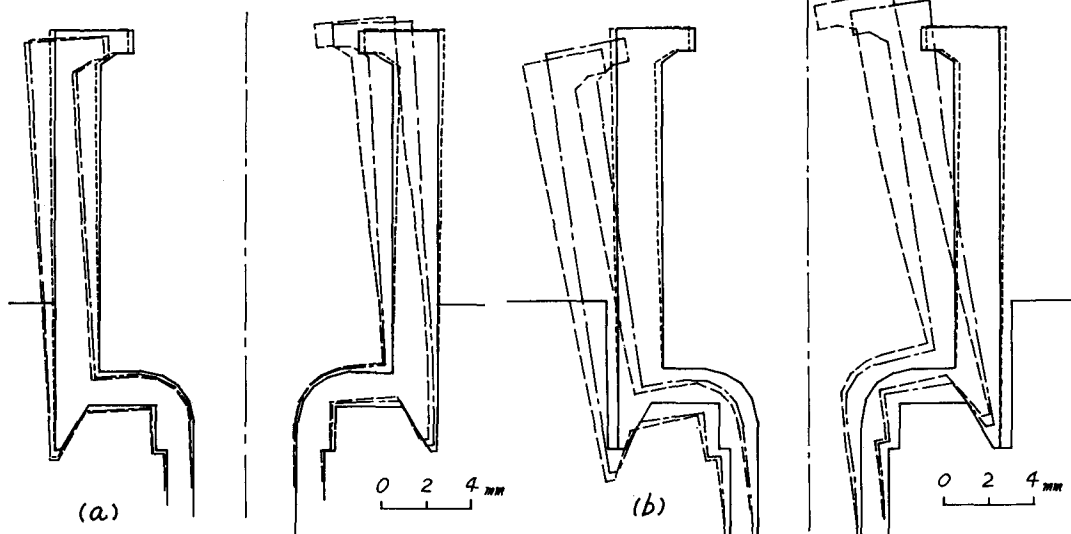


表 2 図

3. 計算結果 取水塔が岩盤内に入っている部分では、岩盤との間にすき間がないように施工されているだろうが、繰返し荷重をうけることによってすき間が生じる恐れがある。ここでは、完全に両者が結合されている場合と取水塔側壁と岩盤の間に空間が生じた場合の両極端の場合の解析を示しておく。表2図(a),(b)は、それぞれ岩盤と取水塔が結合されている場合とすき間が生じている場合の各断面での変形状態を示したものである。取水塔頂の最大変位は2.0~4.8 mm程度であり、外壁と岩盤との間に空間を生じることによって密着している場合の2~2.5倍程度まで増大する。また、 $\theta = 180^\circ$ におけるそれは、 $\theta = 0^\circ$ にくらべて(a)の場合約70%、(b)の場合約86%となった。

また、一例として、表3図(a),(b)に岩盤と側壁との間に空間を生じた場合の $\theta = 0^\circ$ 面の σ_z 、 σ_θ の分布をそれぞれ示した。図のように、液圧のかかっている側壁に圧縮応力が作用するこがわかる。

その他の岩盤条件のもとでの解析については当日発表する予定である。また、周囲の岩盤条件の非線形的な取扱についても検討を試みている。

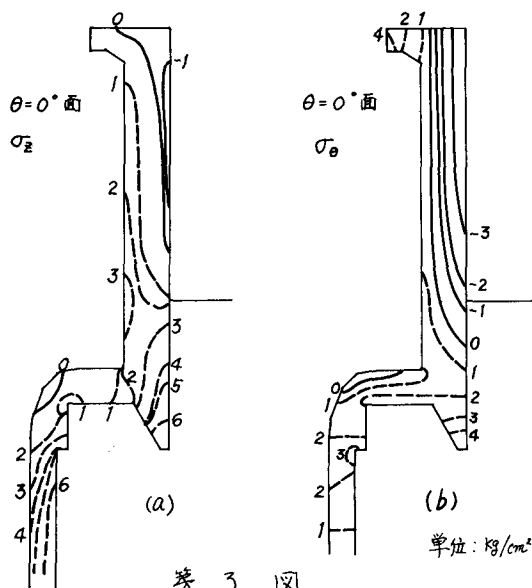


表 3 図

単位: kg/cm^2