

表-3 楕円形トンネル周辺応力

θ	0°	15°	30°	45°	60°	75°	90°
σ_θ	-1.0	-0.598	0.5	2.0	3.5	4.598	5.0

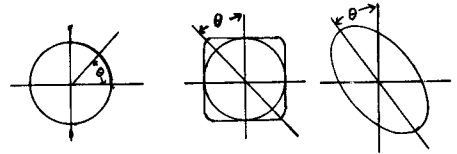


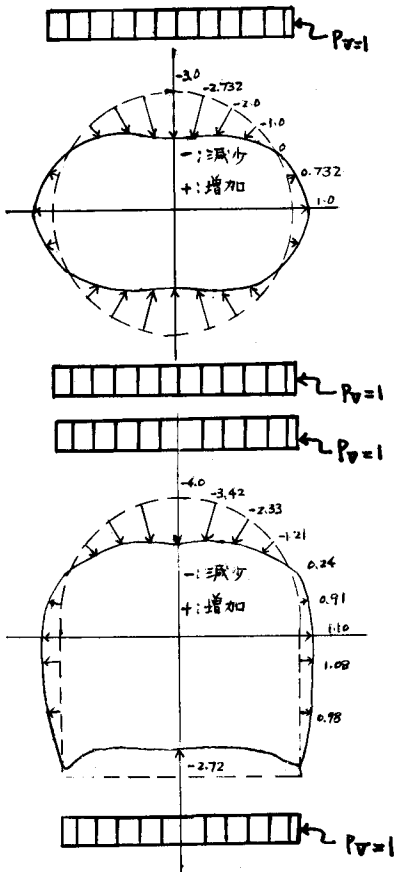
表-1は x, y 軸に対象な円形トンネル周辺応力で 90° 成分の和は常に一定である。表-2, 表-3は x, y 軸と z 軸に対象でない場合の正方形と楕円形の先端部分を回転させた場合のもので、 90° 成分の和は一定となっている。

6. トンネルの変形

トンネルの変形を求める場合は、トンネル半径方向ひずみとトンネル半径で積分することによって得られる。

トンネル半径方向ひずみはフックの法則により $\epsilon_r = \frac{1}{E} (\sigma_r - \frac{1}{m} \sigma_\theta)$

トンネル壁面ではトンネル半径方向応力は $\sigma_r = 0$ となっているからそのままではフックの法則を適用することはできない。したがって従来は応力関数を代入して積分する方法を取ったがここでは、 90° 成分の和は一定であるという性質をもちいると、 σ_r は σ_θ の 90° 成分を差えれば良いことになる。トンネルの形状が x, y 軸と z 軸とに対象である場合には直接 90° 成分をもちいても良いが、 x, y 軸と z 軸とに対象でないトンネル形状の場合には、荷重方向を 90° 変換したその裏における接線応力 σ_θ の成分になっている。以上の性質をもちいるとトンネル壁面においてフックの法則は成立し、トンネル壁面の周辺応力がわかれば直ちにトンネル半径方向ひずみを計算されるから、トンネル変形は簡単に求めることができ、任意の形状のトンネル変形にも適用できると考える。



例として表-1の結果を用いてトンネル周辺の变形を求めると、 $P_v \neq 0, P_\theta = 0, m = \infty, P_r = 1, E = 1, r = 1$ のトンネルの变形結果を図示すると、トンネル頂部は側壁の变形の3倍であることがわかる。検証として理論式をあげると、トンネル半径方向変位は、

$$u = \frac{P_v}{E} (1 - \nu^2) (1 - 2 \cos 2\theta) \quad 2)$$

$$u = \frac{P(1+\nu)}{2Er} \left\{ \frac{1-\nu}{1+\nu} r^2 + a^2 + \left(\frac{4a^2}{1+\nu} + r^2 - \frac{a^4}{r^2} \right) \cos 2\theta \right\} \quad 3)$$

計算結果と理論式の解とは完全に一致する。

次に耳形トンネルの变形を考察する。トンネル半径一定でないでここでは u のみで表示する。

参考文献

- 1). 土木学会論文集「基礎坑の強さに関する弾性学的考察(下)」岡本眞三 p/66.
- 2). 「トンネル技術者のための岩盤力学入門」E.イザクソン p 30.
- 3). 「応用弾性学」C.T.ワン p 235