

(18) 傾斜面の下深く掘ったトンネルの周辺応力について

徳島大学工学部土木教室

小 田 英 一

二次元弾性問題を解く Muschelisvili の複素函数の方法は各応力の状態に対して応力と変位成分が容易に決定される2つの解析函数を求めることにある。この方法はまた物体力をうける応力の問題をとくのに適用される、地山は弾性体とみなされる岩石よりなり、その表面は傾斜していて、その下深い地奥にトンネルを素掘する。トンネルの形は *rounded-cornered square* を含めた *general ovaloid* の形をもつものとする。この場合の素掘トンネルの周辺の応力を求める。物体力としては地山の重力が作用し、トンネル周縁上では外力は零である境界条件によりこの問題をとく。トンネルの形は次式できめる。

$$\begin{aligned}x &= [(1+m) \cos \theta + n \cos 3\theta] K \\y &= [(1-m) \sin \theta - n \sin 3\theta] K\end{aligned}$$

ただし $m=0, n=0$ のときトンネルは半径 K なる円を表わし、 $n=0$ のときは楕円を表わし、 $m=0$ のときは *rounded corners* のある正方角となる。トンネルの中心を原点とし、横軸を x 軸、縦軸を y とし、 θ は $+x$ より反時計方向に測ったものである。

トンネル周縁上における接線方向の直応力 $(\tau_{\theta\theta})_{\rho=1}$ は次式となる。

$$\begin{aligned}(\tau_{\theta\theta})_{\rho=1} &= \frac{4}{1+9n^2+m^2+2m(3n-1)\cos 2\theta-6n\cos 4\theta} \left\{ B \right. \\&\quad + \left\{ \frac{Bm(1+n)+B'}{n-1} \right\} m + 3Bn - \left\{ mB + \left\{ \frac{Bm(1+n)+B'}{n-1} \right\} \right. \\&\quad \left. (1-3n) \right\} x \cos 2\theta - 3Bn \cos 4\theta - wK \left\{ \frac{1-m^2-3n^2}{2(K+1)} \right. \\&\quad \left. (1-m+2mn-6n^2) + \frac{m^2-5mn-m^3+6n^2n+15n^2-21m^2}{2} \right\} \sin \theta\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& + \frac{C'}{n+1} (1+3n) \sin 2\theta + WK \left\{ \frac{m-3n-m^2+4m^2n+9n^3}{2} \right. \\
& - \frac{(1-m^2-3n^2)n}{2(n+1)} \sin 3\theta + WK \left(\frac{3n-4mn+3m^2n}{2} \right) \sin 5\theta \\
& \left. - WK \frac{3n^2}{2} \sin 7\theta \right\} + 2WK \left\{ (1-m) \sin \theta - n \sin 3\theta \right\}
\end{aligned}$$

ただし

$$B = -\frac{\omega d}{4} \left(\sin^2 \phi + \frac{m'}{m'-1} \cos^2 \phi \right)$$

$$\begin{aligned}
B' = -\omega d \sqrt{\left(\frac{\sin^2 \phi - \frac{m'-2}{m'-1} \cos^2 \phi}{2} \right)^2 + \sin^2 \phi \cos^2 \phi} \\
\cdot \cos \left[2\phi - \tan^{-1} \left\{ \frac{2 \sin \phi \cos \phi}{\sin^2 \phi - \left(\frac{m'-2}{m'-1} \right) \cos^2 \phi} \right\} \right]
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
C' = \omega d \sqrt{\left(\frac{\sin^2 \phi - \frac{m'-2}{m'-1} \cos^2 \phi}{2} \right)^2 + \sin^2 \phi \cos^2 \phi} \\
\cdot \sin \left[2\phi - \tan^{-1} \left\{ \frac{2 \sin \phi \cos \phi}{\sin^2 \phi - \left(\frac{m'-2}{m'-1} \right) \cos^2 \phi} \right\} \right]
\end{aligned}$$

ω : 地山の単位容積当り重量

d : トンネル中心深さ

m' : 地山のポアソン数

ϕ : 地山地表面の傾斜角

$$K = 3 - \frac{4}{m'}$$