

双設トンネルの覆工土圧について

大阪大学工学部 正員 伊藤富雄
大阪大学工学部 正員 久武勝保

1. はじめに 地中構造物の増加に伴ない、既設構造物と新設構造物との相互作用の解明が近年非常に要求されてきている。トンネルに關するこの種の問題のうち、素掘トンネルに隣接して建設される新トンネルの覆工土圧に対してはすでに理論的・実験的に明らかにして来た¹⁾。本報告は既設ならびに新トンネルの両方が覆工を有し、それらの施工時間・接近距離・トンネルの大小關係による覆工土圧の変化を粘弾性理論に基づいた積分方程式法によって明らかにしたものである。

2. 解析概要

単一トンネル S_a の覆工に作用する土圧に対しては既に報告してある²⁾、この土圧が最終値に達した後にトンネル S_b を開削するとすれば、 S_a 上では変位ベクトルが拘束され、 S_b 上では応力ベクトルが既知であることより、密度ベクトル F_1 は次の方程式を満足しなければならない。(ただし、ポアソン比は時間的に一定と仮定する。)

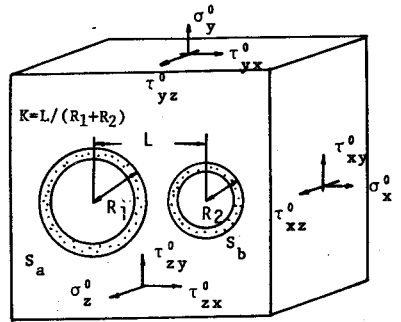


Fig. (1)

$$-\frac{1}{2}F_1(P) + \int_{S_b} T(P, Q) \cdot F_1(Q) dS = W_2(P) \quad (1)$$

$$\int_{S_a} \int_{-\infty}^t J_1(t-\tau) R(P, Q) \cdot \frac{\partial}{\partial \tau} F_1(Q, \tau) d\tau dS = 0 \quad (2)$$

ここに W_2 は既設トンネルの受働土圧による影響が考慮されている S_b 境界上の既知応力ベクトル、 J_1 は地盤のせん断変形に対するクリープ・コンプライアンス、 $\circ$ は内積、 T および R は三次元の場合に対して

$$T_{jk} = \left[-\frac{\partial r}{\partial n} \{ (1-2\nu) \delta_{jk} + 3r_{ij} r_{ik} \} - (1-2\nu) \{ m_{ik} t_{ij} - m_{ik} t_{jk} \} \right] / \{ 8\pi(1-\nu) r^3 \}$$

$$R_{ik} = \{ (3-4\nu) \delta_{ik} + r_{ij} r_{jk} \} / \{ 4\pi(1-\nu) r \}$$

である。ここに $r = \sqrt{(x_i - y_i)(x_i - y_i)}$, $r_{ij} = \partial r / \partial x_j$, n は外向き法線ベクトル、 δ_{jk} はクロネッカーのデルタである。ところで ν が一定の仮定より、式(1)(2)で与えられる境界条件に対しては解析地盤内の応力分布は時間的に変化しないこととなり、式(2)は

$$\int_{S_a} J_1(0) R(P, Q) \cdot F_1(Q) dS = 0 \quad (3)$$

となる。次に S_b を開削してから時間 $t=t_2$ だけ経過した後 S_b に覆工を施して地山の変位を拘束すれば、 S_a, S_b 上においては次式が成立しなければならない。

$$\int_{S_a} \int_{t_2}^{t_m} J_1(t_m - \tau) R(P, Q) \cdot \frac{\partial}{\partial \tau} F_2(Q, \tau) d\tau dS = 0 \quad (4)$$

$$\{ J_1(t_2 + t_m) - J_1(t_2) \} \int_{S_b} R(P, Q) \cdot F_1(Q) dS + \int_{S_b} \int_{t_2}^{t_m} J_1(t_m - \tau) R(P, Q) \cdot \frac{\partial}{\partial \tau} F_2(Q, \tau) d\tau dS = 0 \quad (5)$$

式(5)は受働土圧に対する境界条件であることより単独に解けて次式を得る。

$$F_2(P, t_m) = -\beta(t_m) F_1(P) \quad (6)$$

ここに、 $\beta(t_m) = \int_{-\infty}^{t_m} \frac{J_1^*(s)}{\{ J_1^*(s) \}} e^{\beta s} ds / (2\pi i)$, $J_1 = J_1(t_m + t_2) - J_1(t_2)$, $i = \sqrt{-1}$, β はラプラス変換子 * はラプラス変換を表わす。式(6)が式(4)を満足することは式(3)を用いることより容易に示される。次に式(6)と式(1)より新設トンネルの覆工に作用する土圧 β は

$$q(P, t_m) = -\beta(t_m) W_2(P) \quad (7)$$

となる。上式に含まれている時間に対するパラメータ $\beta(t_m)$ は既に報告した単一トンネルの場合や既設トンネルが素掘り場合に対するものと同じであることに注目されたい。

3. 解析結果と考察 以後の図においてトンネル開削から覆工を施すまでの時間と S_a, S_b のとりやめ、トンネルに対して t_1, t_2 とすれば、 $T_1 = J_1(t_1)/J_1(\infty)$, $T_2 = J_1(t_2)/J_1(\infty)$ とし示してある。

図-2 は既設トンネルが素掘りの時 ($T_1=1$) に、トンネル間距離をパラメータとした場合、図-3 は既設トンネルの覆工施工時間をパラメータとした場合、そして図-4 はトンネルの大小関係をパラメータにした場合の新設トンネルの覆工土圧を示してある。解析結果を要約すると以下の如くである。1) 覆工に作用する土圧はトンネルを開削しようとする所の初期応力ベクトル σ_x^0 とパラメータ $\beta(t_m)$ によって決定され、特に β はトンネル形状や数には関係せず、地山のクリープ特性と覆工施工時間のみに依存する。2) 等大トンネルの場合においてはトンネル中心間距離 L が $5R_1$ 以下となれば既設トンネルの存在が新トンネルの覆工土圧に影響を及ぼし始める。

3) 既設トンネルが素掘り状態であるか、あるいは覆工が施されてそれに土圧が作用しているかによって新トンネルの覆工土圧は相当変わる。4) R_1/R_2 が大程、新設トンネルの覆工土圧は既設トンネルの影響を受けやすい。

参考文献

- 1) 伊藤久武・高田 既設トンネルに近接して建設される新トンネルの覆工土圧について、土木学会第31回年次学術講演会講演集Ⅲ。
- 2) 伊藤久武・粘弾性地山中に構築した任意形状構造物に作用する圧力について、土木学会第30回年次学術講演会講演集Ⅲ。

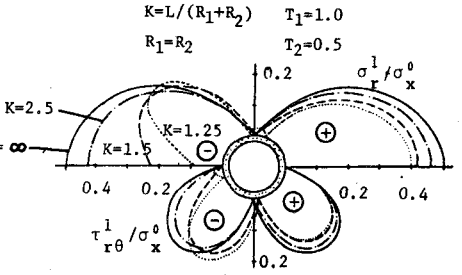


Fig. (2)

---: $T_1=1.0, T_2=0.5$
 - - - : $T_1=T_2=0.5$

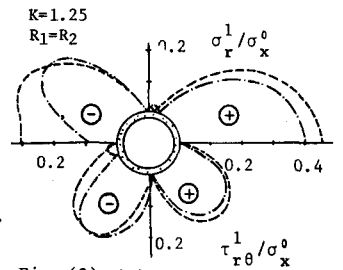


Fig. (3)-(a)

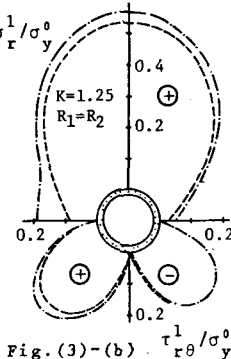


Fig. (3)-(b)

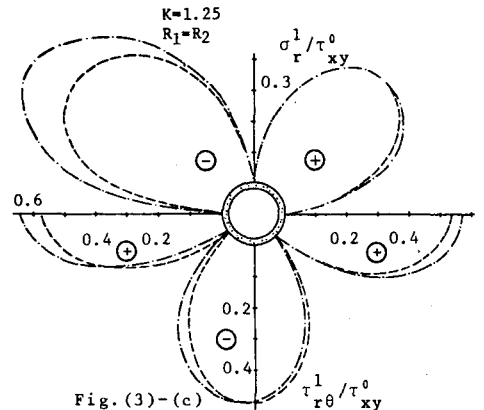


Fig. (3)-(c)

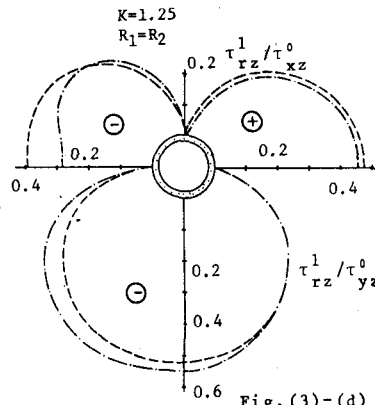


Fig. (3)-(d)

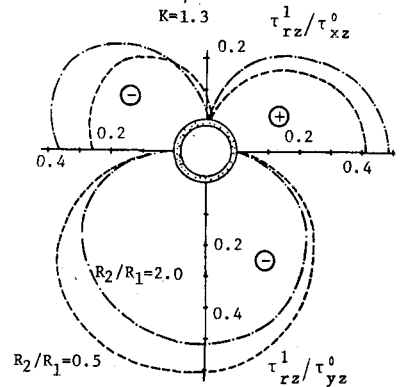


Fig. (4)