

京都大学防災研究所 正会員 ○足立 紀尚
京都大学工学部 正会員 田村 武

1. はじめに 海面下深く掘削されるトンネルでは水の存在による湧水や水圧が問題である。図-1に示すような条件にあるトンネルで、トンネル壁面から排水を許せば、 190 ton/cm^2 という水圧が覆工に作用し、他方、排水を許したトンネル壁面で水圧が大気圧に等しくすれば湧水量が増大する。したがって、トンネル壁面では水圧を減じ、かつ湧水量を減少させるために注入工法の採用をよめることになり、その注入の程度を注水を行えばいいが、すなわち適正圧注入半径はどの程度にしろいいかが一つの問題である。本報告は地山が有効応力のもとで Mohr-Coulomb の降伏条件に従う弾-塑性材料で、注入によって単に透水係数を減らすのではなく、透水係数は変化しないと仮定して、適正圧注入半径の大きさを推定したものである。

2. 解析方法 解析は昨年報告したものとほぼ同じであるが、その仮定は、①注入域を含め領域全体は有効応力に対して同一の力学定数をもつ弾-塑性体とする。②塑性降伏条件は Mohr-Coulomb 式を用い、必ず硬化は考慮しないが別に塑性ポテンシャル $q=0$ を設ける(図-2)。③掘削された岩盤の变形は無関係に独立に Darcy 則に従って流れるとするが、透水係数は地山 k_0 、注入域 k_g で、塑性域($< \rho$)ではそれを変化して k_{gp} 、 k_{po} とする。④問題は図-3のように厚肉円筒問題とし、内在 $p(a)$ 、外在 $p(b)$ 、外周における水圧を $u(b)$ としてそれそれ等し、 ρ_g を注入域半径とする。これらの仮定のもとで解析を行い、トンネル半径変位 $u_r(a)$ 、塑性域半径 ρ 等からトンネル単位長さ当りの湧水量 Q を求め適正規模の注入域を推定した。

3. 解析例と考察 ここでは例題として半径 $a=5 \text{ m}$ のトンネルを対象にしたものを示す。用いた力学定数と条件は $a=5 \text{ m}$ 、 b (仮定半径) $=100 \text{ m}$ 、 $p(b)$ (有効外圧) $=13 \text{ kg/cm}^2$ (a より 130 m 、海面より 190 m 、 $\gamma=2.0 \text{ g/cm}^3$)、 $u(b)=19 \text{ kg/cm}^2$ 、 $E=3,000 \text{ kg/cm}^2$ 、 $\nu=0.4$ 、 $\phi'=30^\circ$ 、 $c'=5 \text{ kg/cm}^2$ 、 θ (ポテンシャルパラメータ) $=0^\circ$ 、 $k_g=k_0/100$ 、 $k_{gp}=5k_g$ 、 $k_{po}=5k_0$ である。結果は $p(a)$ をパラメータに塑性半径 ρ 、トンネル半径変位量 $u_r(a)$ と湧水量 Q が注入域半径 ρ_g によつていかに変化するかと図-4として示してある。結論は湧水量を減少させ、かつ変位量と内在(支保工、覆工への土圧を想定) $p(a)$ をある範囲内にとらえるには $\rho_g \geq 3a$ が注入が必要となる。因中、解を示していない部分 $\rho > b$ とはり領域は塑性と見なすものである。

1) 足立、田村(1975) "水抜孔周囲にとらえるトンネル周辺の变形挙動、土木学会第30回年次学術講演会講演集、Ⅲ。

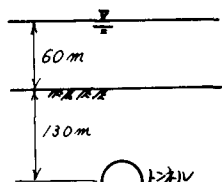


図-1

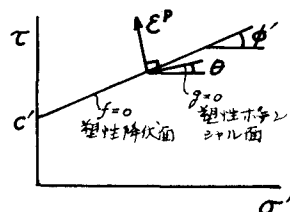


図-2

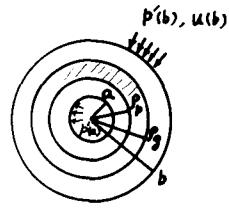


図-3

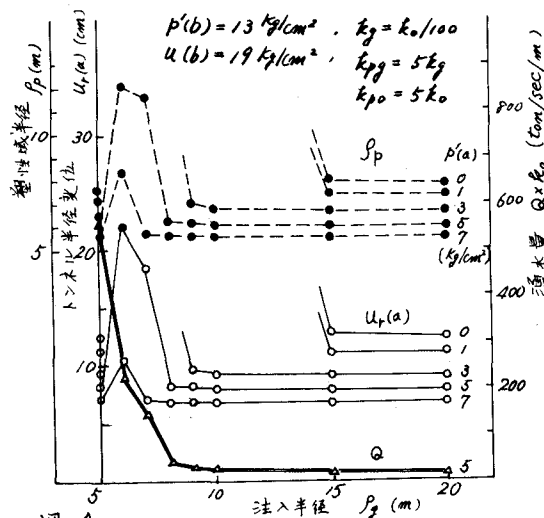


図-4