

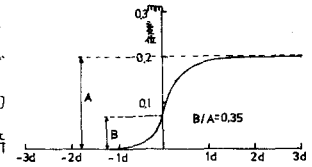
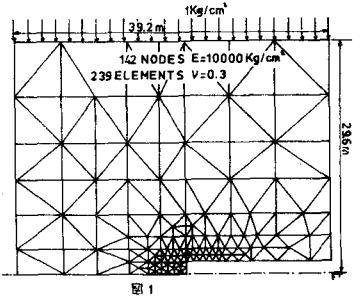
神戸大学工学部 正会員 桜井春輔
 株式会社地質調査事務所 “ ” ○西田和範

1. まえがき

トンネル支保工の時間依存性の力学的挙動は、地山の時間依存性の力学的性質の他に、支保工建設時期によってトンネル切羽の進行の影響を受ける。本文は、トンネル切羽の進行に伴う地山の3次元の挙動を2次元的に取り扱うために仮想初期地圧なる考え方を導入し、粘弾性粘弾塑性地山内に建設された支保工の力学的挙動について理論的に検討を加えたものである。

2. 仮想初期地圧の設定

弾性地山内の素掘トンネル切羽付近における掘削予定面のトンネル半径方向の変形を図1のモデルにより軸対称有限要素法を用いて解析した。結果を図2に示す。なお、ここで地山は等質等方性を示し初期地圧は静水圧状態とし、掘削前にすでに掘削予定面に生じていたひずみによる変位を差引いている。図から明らかのように掘削予定面上のある点に着目すると、その点における変形は切羽の進行に伴い増大する。このことは、その着目点において2次元的に考えれば地山からの圧力が切羽の進行につれて見掛け上増大すると考えることができる。切羽の進行は時間の関数であるから結局地山からの圧力も同様の時間関数で与えることができると思われる。この時間関数をかりに仮想初期地圧と呼ぶ。今、切羽前方における変形に対応した部分(図2斜線部分)の影響を無視すると、等質等方性地山における仮想初期地圧 P_0 を近似的に次のような指数関数で表わすことができる。



図から明らかのように掘削予定面上のある点に着目すると、その点における変形は切羽の進行に伴い増大する。このことは、その着目点において2次元的に考えれば地山からの圧力が切羽の進行につれて見掛け上増大すると考えることができる。切羽の進行は時間の関数であるから結局地山からの圧力も同様の時間関数で与えることができると思われる。この時間関数をかりに

仮想初期地圧と呼ぶ。今、切羽前方における変形に対応した部分(図2斜線部分)の影響を無視すると、等質等方性地山における仮想初期地圧 P_0 を近似的に次のような指数関数で表わすことができる。

$$P_0(t) = P_1 + P_2 \{1 - \exp(-t/f)\} \quad (1) \quad P_1 \approx 0.35 P_0(\infty), \quad f: \text{掘削速度に関するパラメーター}$$

3. 不均一な地山中の仮想初期地圧

堅岩に挟まれた比較的幅の薄い軟弱層に建設された支保工の挙動を上述の仮想初期地圧を用いて推定するために、ここでは堅岩に挟まれた軟弱層の変形の傾向を軸対称有限要素法により検討する。ただし簡単のため軟弱層、堅岩とも弾性体と考え、軟弱層はトンネル軸に垂直なもののみを考える。図3は軟弱層部および堅岩部のポアソン比を0.3とし、軟弱層部のヤング率および軟弱層厚を変化させたときの素掘トンネル内壁面における半径方向の変形を示したものである。また、このような幅の薄い軟弱層中のトンネル掘削予定面上の地点における仮想初期地圧を検討するため、それらの地点における半径方向の変形と切羽位置との関係を先と同様のモデルにより求めた。結果を図4に示す。なお、掘削は図4に示したように6段階に分けて行なった。

4. 粘弾性・粘弾塑性地山内の支保工の解析

上述の仮想初期地圧を用いた2次元の解析手法は、文献(1)の手法に準じたものであるのでここでは省略する。

5. 数値計算例

図5は支保工に作用する圧力の経時的变化を、 $t_0=0$ (t_0 : 掘削後支保工建込みまでの時間) の場合について切羽進行速度に関するパラメータ λ との関係において示したもので、 λ は支保工の剛性に関するパラメータである。なお、図中の点線は切羽の動きが停止したケースに対応する。図6は支保工に作用する圧力の経時的变化およびその終局値と、支保工建込み時期 t_0 との関係を示したものである。実線は粘弾性地山に対するもの、破線は弾塑性地山に対するもので、図中の c 、 λ はそれぞれ地山の粘着力および内部摩擦角を示す。図7は掘削直後に支保工を施した場合の支保工に作用する終局圧力と、支保工剛性に関するパラメータ λ との関係を示したもので、図中の実線は切羽の進行を考慮したもの、破線は考慮しない2次元的手法によるもので、両者とも $t_0=0$ としてある。図から明らかになるように、地山の粘性的性質が著しくなるほど、すなわち G^*/G が小さくなるほど切羽進行の影響は小さくなる。

参考文献(1)桜井：粘弾塑性地山内の円形トンネル覆工について、土木学会論文報告集181号、1970。

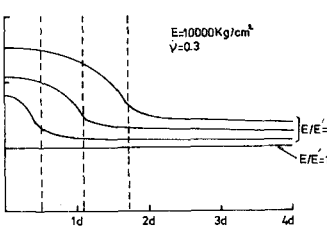
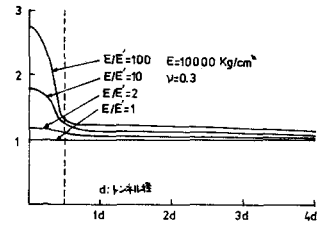


図 3

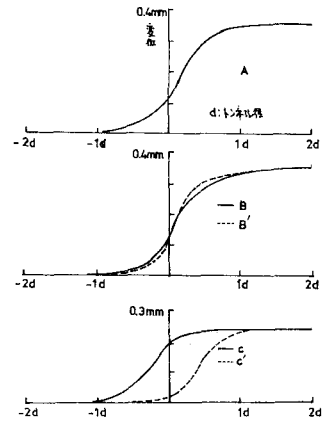
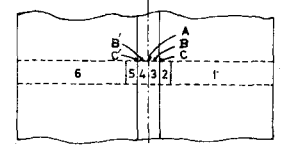


図 4

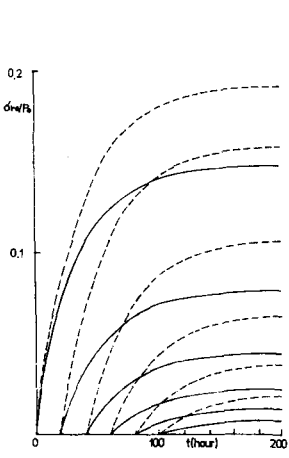


図 5

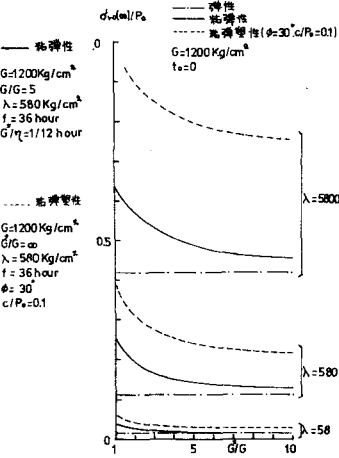


図 6

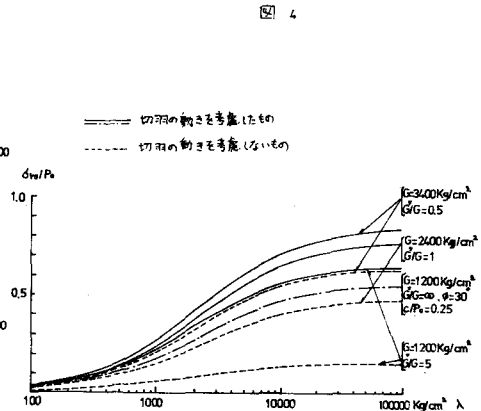


図 7