

三次元直交異方性粘弾性地山におけるかぶりの浅いトンネルの変形

大阪大学工学部 正 員 伊 藤 富 雄
同 上 正 員 〇久 武 勝 保

① はじめに

トンネル内面の変位は、支保工や覆工の応力に影響を与えることはもとより、施工上においても非常に重要なファクターのひとつである。しかしながら、地山の異方性、時間依存性といった地質特性や、トンネルの深さ、地表面の傾斜といった幾何学的条件が関係するので、その予測は非常に困難である。

本研究は、できるだけ現実の地質特性や幾何学的条件を考慮に入れて、トンネルの変形状態を把握するために、地表面境界を考慮し、かつ地山を三次元的に直交する異方性粘弾性体と仮定して、理論的にトンネルの変形を求めたものである。

② 解析の概要

本研究の解析手法はすでに報告しているので概略のみを以下に示す。すなわち、地山の時間依存性の解析への導入に対しては、弾性体と粘弾性体との間に成立する対応原理を利用し、多連結境界については、複素関数論における解析接続の手法を三次元直交異方性体に拡張して適用している。なお、Fig(1)などに示す、 $C_{ijkl}(t)$ は地山のクリープコンプライアンスであり、地山の初期応力は重力によって生じるとした。

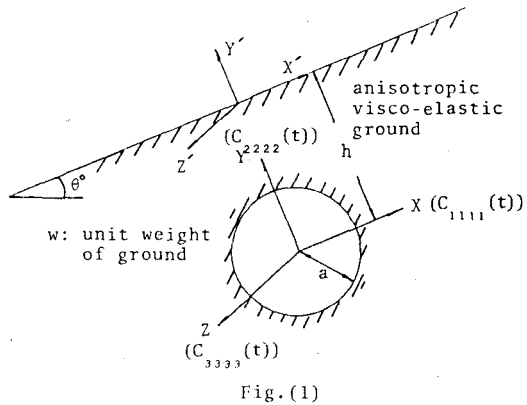


Fig. (1)

③ 解析結果及び考察

(1) 変形に及ぼす異方性の影響

Fig (2) は、地表面が水平であり、鉛直方向に異方性を示す地山にトンネルが開削された場合について、トンネル壁面の最大変位を示している。最大変位の無次元量 (図の縦軸) は異方性の影響を顕著に受けるが、図に示すかぶりの範囲内では、トンネルの掘削深さにあまり影響されないことがわかる。また、水

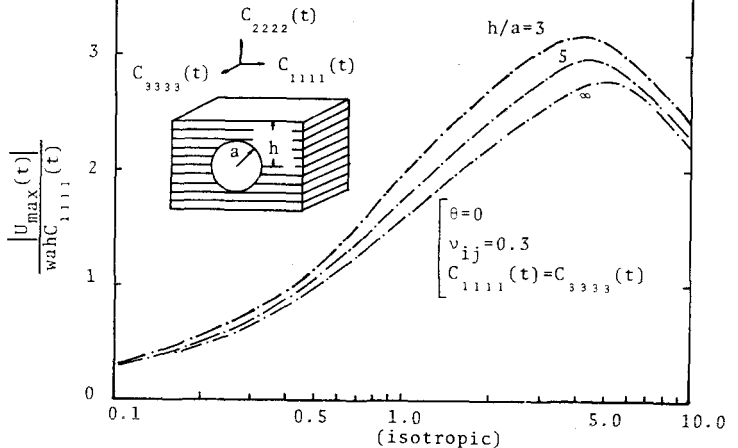


Fig. (2) $k = C_{2222}(t) / C_{1111}(t)$

平方向のフリー・コンプライアンスが鉛直方向のそれより小さくなり、その比が $K=C_{2222}(t)/C_{1111}(t)=4\sim 5$ を越えると、最大変位が減少する傾向にある（ただし、ポアソン比 $\nu_{ij}=0.3$ の場合）。これは、トンネルを開削する前の地山の初期応力のうち、鉛直応力 σ_v は地山の力学定数に無関係であるけれども、水平応力 σ_h はそれの影響を受けるためである。すなわち、 K の値が 4 より大になると、等方性の場合よりも σ_h は増大するため、トンネルの開削時に解放される地山応力のうち水平成分が卓越してくることに起因している。そして、最大変位の最大値は $K=4\sim 5$ において生じる。ただし、ポアソン比が 0.3 以外の値であれば、当然のことながら、この値は異なることに留意しなければならない。Fig.(3)は K の違いによるトンネルの変形モードを示している。 $K=4$ の場合に顕著な鉛直変位が生じており、それに対して水平変位は非常に少ない。また、 $K=10$ の場合には、最大変位は $K=4$ の場合よりも少ないが、側方からのはらみ出しが顕著となり、施工上の困難が予想される。このことより、Fig.(2)に示した最大変位とともに、トンネルの変形モードも異方性の影響を非常に受けることが理解される。

[2] 変形に及ぼす地表面の傾斜

Fig.(4)は地表面が傾斜している場合のトンネルの変形状態を表わす。地山の傾斜角 θ (Fig.(1))が増大するとともに、トンネルは山側から谷側方向に斜めに押しつぶされる様に変形することがわかる。特に、 $\theta=60^\circ$ の場合には、トンネルが外圧によってねじられるように変形し、斜面下のトンネル支保工が座屈変形を起こしやすいことを考え合わせると興味深い。

参考文献：(1)伊藤・久武：三次元直交異方性地山に開削されたトンネルによる地表面の変形について、土木学会第32回年次学術講演会講演概要集，第3部，PP372~373，1977。(2)伊藤・久武：トンネル掘削による地表面沈下の解析，第9回岩盤力学に関するシンポジウム，1975。

$$\left[\begin{array}{l} \nu_{ij} = 0.3 \\ h/a = 3 \\ C_{1111}(t) = C_{3333}(t) \\ C_{2222}(t)/C_{1111}(t) = 2 \end{array} \right.$$

$$U/[wahC_{1111}(t)/\cos\theta]$$

0 2 4 6
scale

Fig.(4)

