

# III-175 受働荷重を考慮したトンネル覆工の応力解析

信州大学工学部 正 長 尚  
信州大学大学院 学 小 林 真 和

## 1. まえがき

筆者は先K, 受働荷重の発生を考慮したトンネルの覆工の一計算法を提案した。これは、覆工の支点の変位を考慮し、さらに覆工の山側への変位の一部に比例して受働荷重が発生するものとした計算法である。本文は、この方法を国鉄新幹線型に近いトンネルのアーチ覆工(図-1参照)に適用して、受働荷重の発生、覆工応力、覆工厚などについて考察を行なったものである。

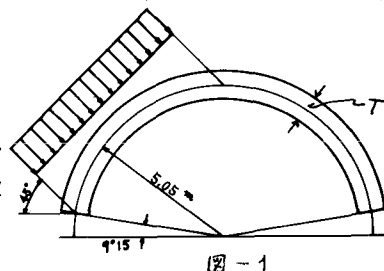
## 2. 計算例

図-1に示す覆工に対して、主働荷重は主として斜め $45^{\circ}$ 方向から作用するものを用いて計算した。これは一般に覆工は偏圧を受ける場合が危険であると考えたからである。計算種別は、覆工の厚さ(T)3種(30, 50, 70 cm), 地山の拘束係数(K)3種(2000, 20000, 200000  $\text{t/m}$ , 20000  $\text{t/m}$ がほぼ $25 \text{ kg/cm}^2$ の反力係数に相当する), 主働荷重の大きさ3種(2.5, 5.0, 10.0 m 垂直ゆりみ高さの荷重強度を $45^{\circ}$ 方向から作用させた)とした。なお地山の受働荷重が期待できるのは、覆工がある程度山側に変位してからと考えられるので、覆工と地山との間には数mm程度の空隙( $\delta_0$ )があるものとした。計算結果の一部を図-1~7に示す。図-2, 4は地山の拘束係数 $K=20000 \text{ t/m}$ (反力係数 $K$ 換算すると $25 \text{ kg/cm}^2$ に相当), 地山と覆工との間の空隙 $\delta_0=1 \text{ mm}$ , 主働荷重2.5 mゆりみ高さ相当値で、覆工厚が30 cm, 50 cm, 70 cmの場合の上下縁応力図と曲げモーメント図である。図-3, 4は主働荷重が図-2の場合の4倍になったときの応力と曲げモーメントである。図-5は $K=20000$

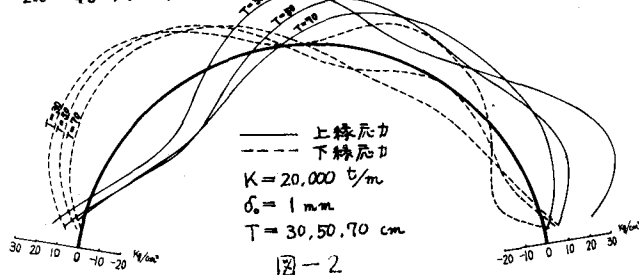
$\text{t/m}$ , 主働荷重2.5 mゆりみ高さ相当値,  $T=30, 50, 70 \text{ cm}$ で、空隙がないと考えた場合と、 $\delta_0=1 \text{ mm}$ とした場合の、発生した受働荷重を示したものである。図-6は2.5 mゆりみ荷重がそのまま垂直方向に主働荷重として、片側半分K作用した場合と全部に作用した場合の受働荷重を示したもので、 $K=400000 \text{ t/m}$ ,  $\delta_0=0$ の場合である。図-7は、空隙の量と発生する受働荷重、覆工厚、拘束係数の関係を見よためのもので、縦軸は発生する受働荷重の総和をとっている。

## 3. 考察

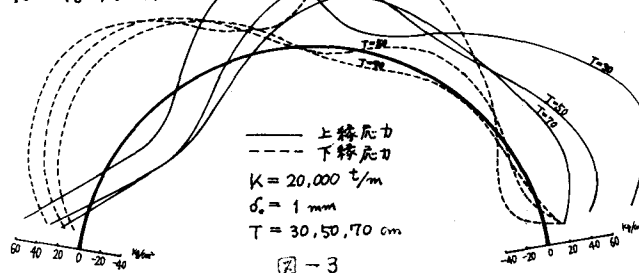
図-2, 4にみられるように、発生する引張応力は、むしろ覆工厚の小さい方が少ない。これは、覆工の変形剛性が覆工厚の



2.5 m 45°ゆりみ荷重の場合



10 m 45°ゆりみ荷重の場合



小さいものは小さく、したがって変形しやすいので受働荷重が多く発生し、図-3にみられるように曲げモーメントが非常に小さくなるためである。この傾向は地山と覆工コンクリートの空隙が多いとさらに顕著となる。つまりこのことは、弾性範囲で考えるかぎり、場合によっては覆工厚は厚いものより薄いものの方が有利であるということを示している。次に図-2と3を比較すると、主働荷重が4倍となっても発生する応力は4倍とならず、その増加率は低い。これも、地山と覆工コンクリートの間に空隙を考えているためで、主働荷重の小さい程、空隙によって受働荷重の発生が阻まれる率が高くなるからである。図-5によると、地山と覆工コンクリートの間に空隙を考えた場合とそれがないとした場合とで、発生する受働荷重はかなり違ってくることがはっきり分かる。さらに覆工厚の厚い程受働荷重の発生が少なくなることも示されている。これらのことは図-7からも明らかで、厚いもの程空隙の影響を大きく受けており、覆工厚が70 cm の場合は空隙が1 mm 以上になると受働荷重の発生は期待できないことを示している。1~2 mm 程度覆工が変位するまでは地山の拘束、すなわち受働荷重が発生しないと考えることは、実際の状態からして妥当と考えられるから、厚さが厚くなると、主働荷重だけで覆工の設計を行なう必要があるといえよう。図-6は垂直半載主働荷重の場合でも、受働荷重が発生して、結果として、対称に近い荷重系となることを示している。

#### 4. おわりに

以上はここに示した図をもとに考察を行なったのであるが、この他の沢山の計算結果も含めて、一般的な結論を述べると次の如くである。

- (1) 弾性の範囲内では必ずしも覆工厚が厚い方がよいとは限らない。
- (2) 覆工厚が厚くなると受働荷重の発生は期待できない。
- (3) 地山の反力係数が25  $\text{kg/cm}^2$  程度以上の地山では拘束係数の変化は受働荷重の発生に余り影響を与えない。
- (4) 覆工厚が薄い場合には主働荷重の増加に比例して応力は増えない。

参考文献 長 尚：受働荷重の発生を考慮したトンネル覆工応力の一計算法、昭和47年度土木学会中部支部発表会

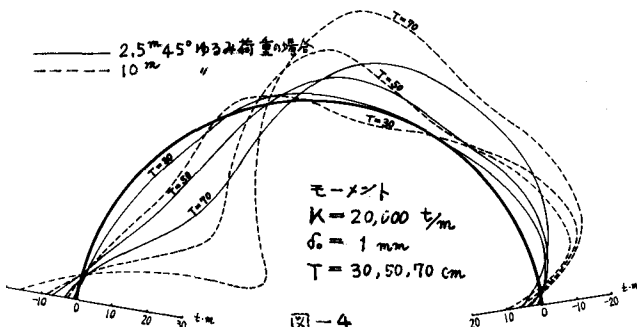


図-4

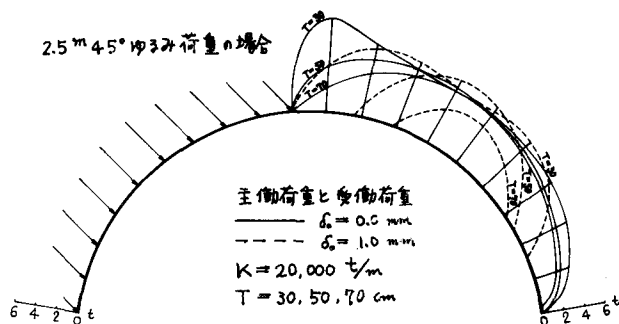


図-5

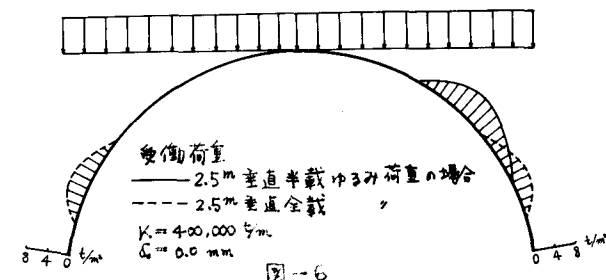


図-6

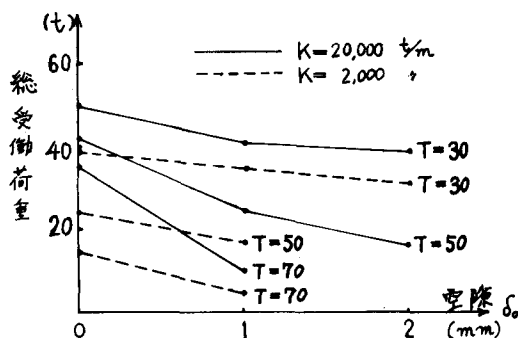


図-7