

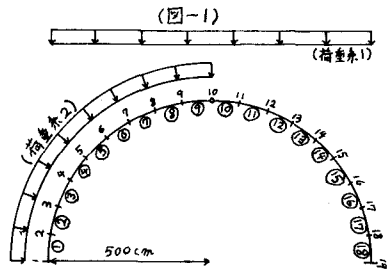
九州大学 正員 樗木 武
 運輸省 正員 山本 修司
 九州大学 学生員 ○能登原功

1. まえがき

支保工、覆工などのトンネル構造物は、外圍が地山と接しているため、空間に位置している構造物に比べて、その力学的取り扱いが非常に複雑となり、地山の力学的性状、荷重状態、構造物の支承条件、構造物と地山との初期空隙などがトンネル構造物の耐力に大きく影響する。本研究は上述のような諸要因が鋼製支保工の弾塑性挙動に及ぼす影響を及ぼすかについて考察したものである。

2. 解析方法

図1に示すように円形支保工（断面は100×100×7×5mmのH形断面とし降伏応力 $\sigma_y=3000\text{kg/cm}^2$ と仮定する）を18要素からなる直線部材要素に置き換え頂部は解析上ヒンジとし、また支承部はヒンジもしくは支点移動を許すものとして取り扱った。荷重は上方等分布荷重（荷重系1）と設計上きわめて危険視されている非対称偏圧荷重（荷重系2）について解析を行なった。降伏関数としては地山の拘束により軸力の影響が大きくなると予想されるのでこれを考慮した降伏関数として次式を用いた。



$$f = \frac{M}{M_p} \quad 0 \leq N < 0.15N_p \quad \text{ここで } M_p: \text{全塑性曲げモーメント}$$

$$f = \frac{M}{M_p} + 118 \left(\frac{N}{N_p} - 1 \right) \quad 0.15N_p \leq N \leq N_p$$

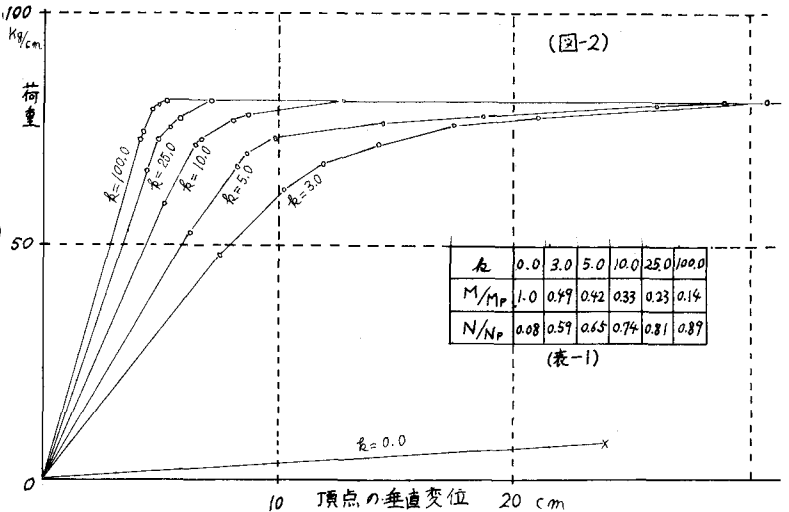
$$N_p: \text{全塑性軸力}$$

降伏後の部材端においては、型

性流動理論より求められた新しい剛性マトリックスとなり、部材端が降伏する毎に入れ換えて計算を行なう。また周辺地山に関してはWinkler地盤（地盤反力係数 $k=3.0, 5.0, 10.0, 25.0, 100.0$ (kg/cm²)）とし、分布する地盤反力を部材両端の等価節点力に置き換える方法により支保工-地山系の解析を行なった。

3. 地盤反力係数について

1) 支承部をヒンジと仮定して荷重系1を載荷した場合に最大変位は頂点に生じるが、その変化の様子を各荷重段階に対して示せば図2のとおりである。降伏点は長値に関係なく節点番号(2,18)(1,19)(7,13)(3,11)の順に発生しており、いずれも受動土圧の発生する範囲内にある。また部材要素①、⑮は、ほぼ全塑性軸力 N_p に達している。図2のようにトンネル支保工は空間に位置する円形アーチ($k=0$)に比べて著しく耐力が高められている。また長



値の相違による終局の耐力は計算上はすべて同じ値になる。しかしながら実際問題として支保工に大きな変形を許すことは望ましくない。そこで支保工の最大変位がその断面のはり高さに達した時をもってその耐力とみなせ

ば図2の結果から、 $l=20$ 以上では l 値が耐力には影響しないが、 l 値が小さくなるにつれて、その影響の度合が大々なることがわかる。なおオ1降伏点における内力比を見ると、 l 値が大きくなるにつれ軸力の影響が大々くなっている。(表1)

2)次に荷重糸2を載荷した場合には最大変位は節点番号5の点に発生し、その変化の様子を図3に示してある。この場合降伏点は荷重糸1の場合と異なり受動土圧の発生しない節点番号5,6の点に生じており、この為降伏点が発生すると変位は急激に増大してしまい、機構化に似た現象を示す。支保工の設計、施工の際このような非対称荷重が想定される場合には充分な注意が必要であろう。またオ1降伏点の内力比では、やはり l 値が大きくなるにつれて軸力の影響が大々くなっている。

4初期空隙について

施工上支保工と地山は完全な密着状態ではなく、ある程度の初期空隙が存在している。荷重糸1、 $l=25.0$ の状態に対して初期空隙 δ が0.05,1.0(cm)の場合についての計算結果を図4に示した。予想されるとおり δ が大きくなるにつれ変形は大々くなっているが支保工が変形して地山と接する毎に全体としての剛性は高められている。内力比をみると δ が大きくなるにつれモーメントの影響が大々くなっている。

5支保条件について

荷重糸1、 $l=25.0$ の場合について種々の支保条件を想定し解析したが、その結果は図5に示すとおりである。これより支保部に水平変位、垂直変位を許した場合には両端ヒンジの場合に比べて糸全体の剛性は小さくなり、変位が大々くなっている。

6結論

以上の計算結果により1)支保工は空間に位置する構造物と異なり、受動土圧の発生により軸力が大々くなり崩壊に大々く影響するがその耐力はきわめて大きい。2)偏圧による支保工の耐力は対称荷重よりも小さくなるので偏圧が予想される地山では充分な対策が必要である。3)支保工と地山との空隙は出来るだけ少なく受動土圧の発生を促すようにすべきである。4)降伏点の中には全塑性軸力に近いものもあり局部座屈の恐れがあるので面外への剛性を高める必要がある。

参考文献

- 軸力の影響を考慮した平面剛性滑節構造物の
 1. 星治雄, 尾崎孔行, 干尾潔 - 自動弾性解析, 土木学会論文報告集
 American Institute of Steel Construction 第202号, 1972年6月
 2. Specification for the Design, Fabrication and Erection of Steel for Buildings, 1961.

