

(株) 熊谷組技術研究所 正員 大塚 本夫
 同 上 正員 上野 正高
 同 上 正員 畔高 伸一

1. はじめに

NATMにおいて吹付けコンクリートとロックボルトは重要支保メンバーである。しかしながら吹付けコンクリートは非常に剛性が高い変形に対して追従性は困難である。特にトンネル変形がトンネル半径の10%と越えると吹付けコンクリートがばらばらになってしまう。そのような状態でどの程度吹付けコンクリートの耐荷能力が初期のものに対して残留するかについては非常に興味のある問題であると思われる。我々の研究結果ではこのような場合に吹付けコンクリートの手助けとして、ロックボルトが存在しないがぎり、トンネル形状を保持できないという結論を得た。

2. 計算モデル

吹付けコンクリートの初期モデルとしてFig-1に示すものと考えた。変形が増加するにしたがってFig-2に示すような塑性ヒンジ点の多いモデルになってしまうことが考えられる。塑性ヒンジ点が増加すると不安定構造物としてきわめて変形が予想外に増加してもトンネル支保の能力の限界を越えてしまう。現実として、このような状態でもトンネルが保持できるのはロックボルトの存在以外に考えられない。したがって、Fig-3のようなモデルが考えられる。Fig-3のモデルでは大変形のために塑性ヒンジ点が増加して、ロックボルトが支保として重要な役割になってくる。ロックボルトは棒部材の固定モデルと考えている。トンネル壁面よりゆるみ領域が2.0 mある場合を考え単位荷重と作用させた場合に、ロックボルトの支保に反力が生じる。

この場合に地山の物性値を考慮するとロックボルトの引抜荷重に対して必要長は、式(1)で求めることができる。

$$T_p = \pi \cdot d \cdot \left(\frac{2}{3} \cdot \tau_{max} \cdot l \right) \text{ ----- (1)}$$

但し、 T_p : ロックボルトの軸力

π : 円周率

d : ロックボルトの直径

τ_{max} : せん断力の最大値

l : まだゆるんでいない領域のロックボルト長

Fig-1 ~ Fig-3のモデルを用いて単位荷重下における計算結果を上例することにより、大変形を及ぼすトンネル支保として吹付けコンクリートとロックボルトの支保の役割の負担率が明らかにされると考える。

但し、載荷重としては、 $P_v = 1.0 \text{ t/m}^2$ 、 $P_H = 0.67 \text{ t/m}^2$ と仮定する。

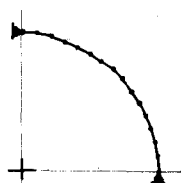


Fig-1

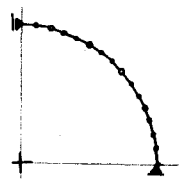


Fig-2

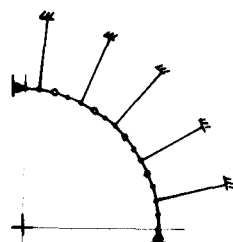


Fig-3

3. 数値計算

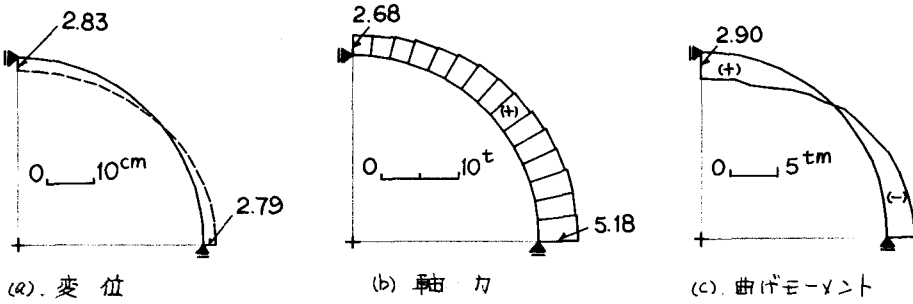


Fig-4. Fig-1 の計算結果

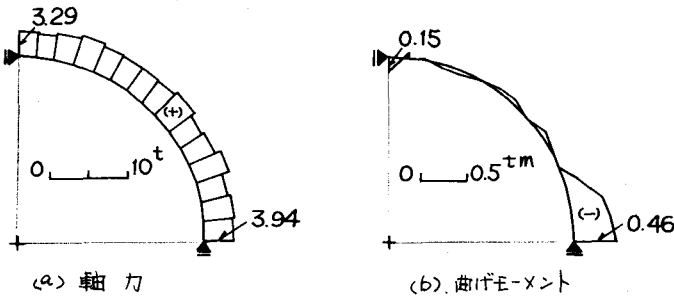


Fig-5. Fig-2 の計算結果

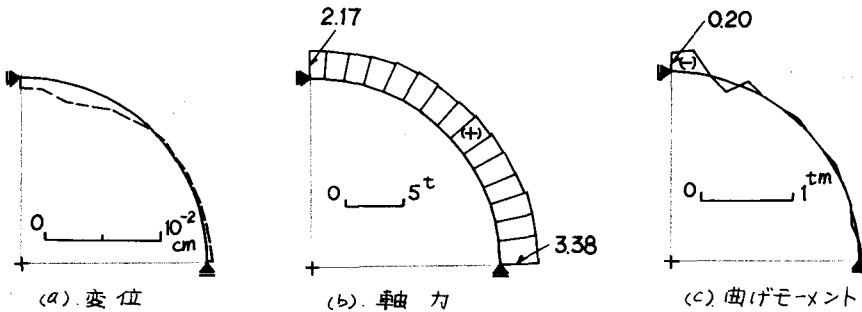


Fig-6. Fig-3 の計算結果

Fig-1 ~ Fig-3 のモデルについて数値計算を行なった。Fig-1 に示すモデルでは変位は小さいが大きな曲げモーメントが発生するので多くの塑性ヒンジ点が生じて Fig-2 に示すモデルに変換される。ロックボルトが施工されていないと支保としての機能は失われ、大変形を生じて崩落してしまう。ロックボルトが施工されている場合には Fig-3 に示されるモデルが考えられ、塑性ヒンジ点が Fig-2 に示すものと同じ個数生じても崩落しないで支保として自立することが考えられる。

4. 結論

塑性体地山で大変形を及ぼす場合の吹付けコンクリートとロックボルトに関する支保の役割について考察した。塑性ヒンジ点が増加すると、単独の支保としての吹付けコンクリートの機能は全く失われるのに対して、ロックボルトの施工があれば、たとえ吹付けコンクリートがばらばらの状態でも滞留の機能としては、維持することができる。参考文献；FIELD EXPERIMENT OF REINFORCED EARTH WALL By. Mosaid Al-Hussaini and Edward B. Perry, Members, ASCE (Journal of The Geotechnical Engineering Division P310)