

(株) 間組技術研究所

○ 正員 五味 道義

正員 武内 滋

日本技研コンサルタント(株)

竹之内 康昭

1. まえがき

近年、都市近辺におけるトンネル建設の多様化にともない、近接構造物に対する影響や各構造物築造によって生じる土圧の相互作用を考慮した解析が必要となってきた。しかしながら、従来のトンネル覆工の設計にもちいられている地圧、すなわちトンネル覆工に作用する地圧は、Terzaghiのゆるみ土圧をはじめ、Protodyakonov, Bierbäumerらにより提案された土圧論的立場から算定されているが、これらの提案式は、境界条件でかばりの制約をうけることは周知のとおりである。

本論文は、二次元有限要素解析法に、O.C.Zienkiewiczの提案した¹⁾ "No-tension Method"を導入し、近接した三本のトンネルを逐次掘削した場合に発生する破壊領域およびそれらによるゆるみ荷重について述べたものである。

2. 解析条件

2.1 地盤定数

トンネル付近の地盤は、AおよびBの二層から構成されていて、それらの地盤定数は、表-1に示すものとする。

2.2 解析モデル

半無限地山に対して、境界条件の影響を考慮し、また偏圧が顕著にあらわれるように比較的土被り厚さが小さく、断面積の大きいトンネルを想定した。境界条件は、モデル下面では、X, Y方向を拘束し、両端を含む鉛直上では、X方向のみを拘束する。解析断面諸元および境界条件を図-1に示す。

表-1 地盤定数

地 盤	A	B
地盤定数		
単位体積重量(t/m^3)	1.90	1.85
弾性係数(kg/cm^2)	5,000	750
ポアソン比	0.38	0.35
31.3度強度(kg/cm^2)	3.0	2.0
粘着力(kg/cm^2)	7.0	9.0
内部摩擦角(度)	15.0	40.0

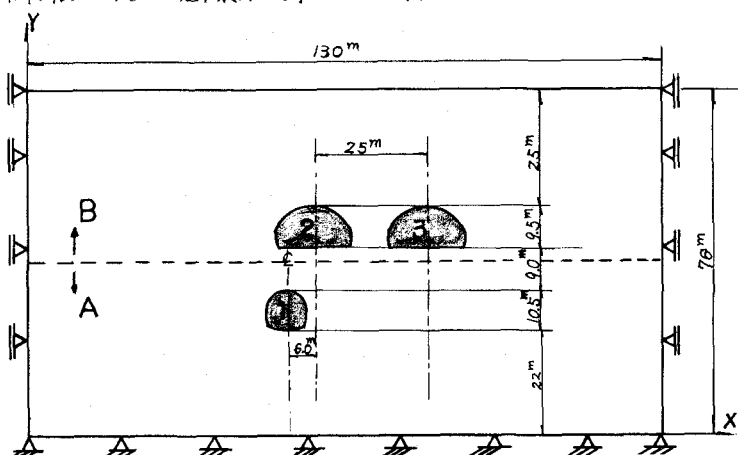


図-1 解析断面諸元図

3. 解析方法

3.1 解析のフロー

図-1に示した解析モデルをもとに概略の説明を行なう。まず、第1

段階は、トンネル(1)に対してNo-tension解析を行なう。第2段階は、トンネル(1)の覆工部の要素を追加した後、トンネル(2)に対して同様の解析を行なう。第3段階は、トンネル(2)の覆工要素を追加した後、トンネル(3)に対して同様の解析を行なう。つぎにこの第3段階までに得られた破壊領域の要素の自重を関係する各節点に分担させる。これを荷重として作用させることにより、トンネル覆工面におけるゆるみ荷重を算定する。なお、No-tension

解析は、計算時間の関係から3回の反復計算で打ちきった後、引張破壊領域の判定を行なった。

3.2 破壊領域について

通常の No-tension 解析 (掘削段階を考慮しない場合) では、引張破壊領域は、引張応力が収束しえない領域として求められる。しかしながら、今回のように掘削段階を考慮する場合、(i) 段階掘削後に発生する応力の σ_1 は、(i-1) 段階掘削の応力の σ_1 を初期応力として、No-tension 解析を行なうことにより算出する。そのため (i-1) 段階掘削後に発生していた引張応力を収束する過程をとる場合も考えられる。ゆえに、(i-1) 段階掘削で収束せず引張破壊領域と判定した部分の応力が (i) 段階目の解析過程で収束することも考えられる。これは現実の地盤における破壊の非可逆性を考えた場合、矛盾があり、本解析においては、(i) 段階目の引張破壊領域は、(i-1) 段階目までの引張破壊領域に (i) 段階目に新たに発生した引張破壊領域を累加したものとした。

4. 解析結果

図-2, 3 に解析結果を示す。図-2 によると、トンネル (1) 掘削後の破壊領域は、引張領域としてクラウン部に発生している。トンネル (2) 掘削後の破壊領域は、トンネル (2) のクラウン上約 60m まで発生しており、このうち、引張破壊領域は、上半周辺約 20m である。またトンネル (1) に対する影響として、クラウンから右方向へ引張破壊領域が進展している。トンネル (3) においてその掘

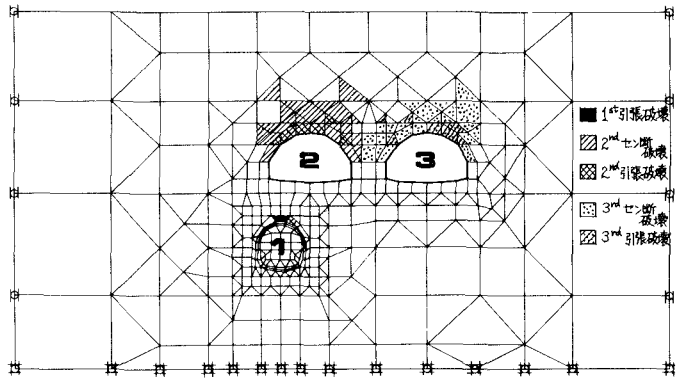


図-2. 破壊領域進展図

削段階の破壊領域は、クラウン上約 60m まで発生しており、このうち、引張破壊領域は、上半周辺約 20m である。この時のトンネル (1) への影響は、破壊領域の新たな進展としてはあらわれていない。

図-3 には、トンネル (2), (3) 掘削後、トンネル (1) に作用するゆるみ荷重を示した。これによると、鉛直方向の総荷重は、約 220t でありトンネル上半部には、約 $2.2 \times 10^4 \text{ kg}$ (約 12m のゆるみ高さに相当) 程度の応力であるが、荷重方向は、非常に複雑である。そのため、この各荷重に対して、多角形ラーメン構造として解析した場合、部分的に引張りの軸力が発生し、かなりの鉄筋量の補強が必要であることが判明した。

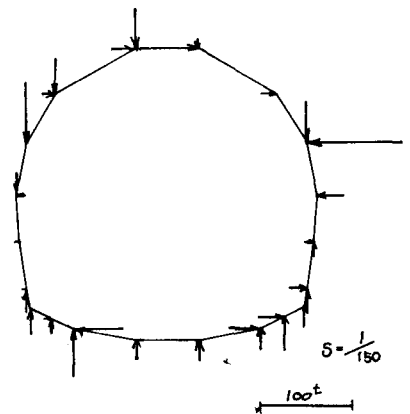


図-3. ゆるみ荷重図

5. あとがき

本論文は、偏圧の作用するトンネルをモデルとして解析を行なった。その結果、かなり荷重が、乱れており、このような、ゆるみ荷重、方向を算定することは、安定した構造物を築造するとき、不可欠のものである。これは一モデルの結果であり、今後、種々の境界条件のもとに研究を行なっていく予定である。

参考文献

- 1) Zienkiewicz, O.C. et al. : Stress Analysis of Rock as a 'No-tension' Material, Geotechnique, Vol. 18, 1968, PP. 56-66.