

鹿島建設技術研究所

庄子 幹 雄

〃

正会員 ○佐々木

猛

1. まえがき

比較的被りの深い岩盤中に、大断面空洞を掘削する場合、一般に逐次掘削で施工される。掘削の初期でアーチライニングを行い、逐次盤下げて施工する時、ライニング内の応力変化と、それが周辺岩盤にどのような影響を与えるかを知ることが重要となる。これらの要因として、掘削によって生じる空洞形状の幾何学的変化による応力の再配分、周辺岩盤の応力解放によるクリープ現象が考えられる。これらの点に着目して有限要素法により簡単なモデルを解析した。

2. 材料の非線型特性及びクリープの取扱い

材料の非線型特性の詳細は参考文献1),2)を参照されたい。ここではそれらを簡単に述べる。岩盤の破壊規準が、モール又はクーロンの破壊包絡線に従うものとして、最も安定な応力状態を静水圧状態とし、応力円が破壊包絡線に接するか、交差する時を緩み状態と定義する。これらの安定状態を示す指標として、1～0間の値を持つ破壊接近度を定義する。変形係数を、最も安定な静水圧状態と破壊状態で測定値等から求め、その間を破壊接近度と媒介指標を求めて近似する。ポアソン比についても、これと同様に扱った。したがって、各応力状態における変形係数、ポアソン比を連続した曲線に近似して求めることができる。クリープは、各掘削ステージの応力変化量に対して生じるものとした。四要素のBurgers型モデルで近似したが、ここでは時間に比例する二次クリープの項は0とした。

3. 解析モデルの設定及び結果の検討

Fig.1に示す対称モデルで、掘削は3ステージで行なわれるものとした。アーチライニングの効果及びクリープの影響を明らかにするため、Table-1に示す4 Caseについて計算を行った。非線型方程式はNewton-Raphson法を用い、各ステージで3回の収束計算を行った。Case1～4まで、それぞれ裸空洞でクリープのない(Case-1)、ある(Case-2)場合、アーチライニン

Case	1	2	3	4
粘着力 (T/M ²)	480	480	480	480
引張り強度 (T/M ²)	60	60	60	60
変形係数 (T/M ²)				
x	150×10 ⁴	150×10 ⁴	150×10 ⁴	150×10 ⁴
y	100×10 ⁴	100×10 ⁴	100×10 ⁴	100×10 ⁴
ポアソン比				
x	0.2	0.2	0.2	0.2
y	0.25	0.25	0.25	0.25
せん断係数 (T/M ²)	50×10 ⁴	50×10 ⁴	50×10 ⁴	50×10 ⁴
アーチライニング				
弾性係数	—	—	200×10 ⁴	200×10 ⁴
ポアソン比	—	—	0.2	0.2
クリープ係数				
α	—	0.2	—	0.2
β	—	0.4	—	0.2
破壊包絡線(モール)	$\sigma^2 = 480^2(1 - \frac{\sigma}{60})$	H	H	H

Table-1 解析モデル物性

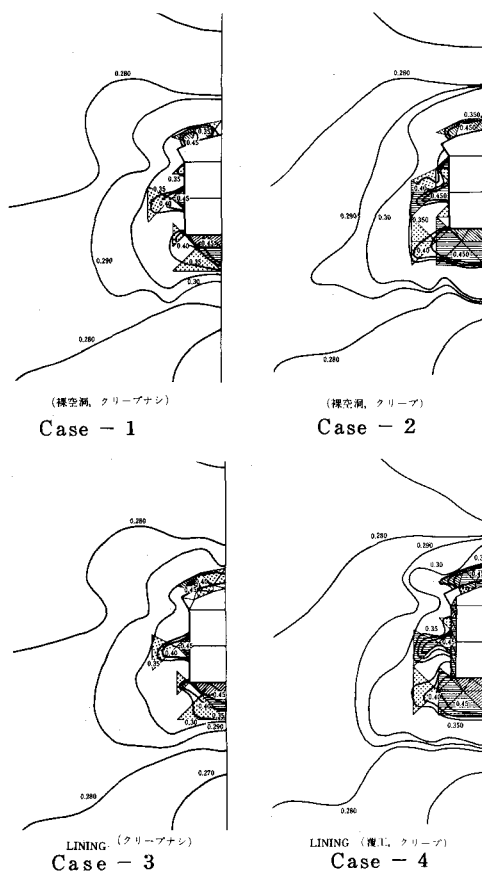


Fig. 1 空洞周辺のポアソン比分布

グをして、クリープがない (Case-3) , ある (Case-4) 場合について計算を行った。Fig.1 の Case 1~4 はそれぞれの場合のポアソン比分布を示す。ポアソン比は、静水圧状態で 0.25 , 破壊状態で 0.45 とした。したがって例えばポアソン比が 0.3 を示す場所は 25 % 緩んだことを意味する。アーチライニングは 1 ステージの掘削が終了直後に施工されるものとする。緩み領域に対するアーチライニングの効果は、特に空洞上部で顕著に改良されており、特にクリープのある Case 2, 4 では空洞下部側面においてもその効果があることを示している。Fig.2 はアーチは鉛直変位を示す。ライニングは、Case 2, 4 の両方でアーチアクション効果を示すが、この場合にもクリープに対して顕著である。Fig.3 は空洞側壁の水平変位を示す。ここで特に Case 1, 3 を比較すると、アーチライニングは、空洞の上半まで側壁の変位を抑えているが、空洞縦横の比率が 1 致する点 (正方形) から縦長 (長方形) になる点で、その傾向は逆となり、むしろ大きくなっている。またクリープに対しては、空洞上部で 35 % , 中央部で 25 % , 下部で 8 % 程度変位が小さくなっている。Fig.4 は Case 3, 4 についてのアーチライニング内の応力変化を示す。最終的なライニング内の最大主応力は、両者を比較すれば、クリープを考慮した場合、約 3.3 倍となっている。しかし、アーチ頂部は、約 8 % 小さくなっている。

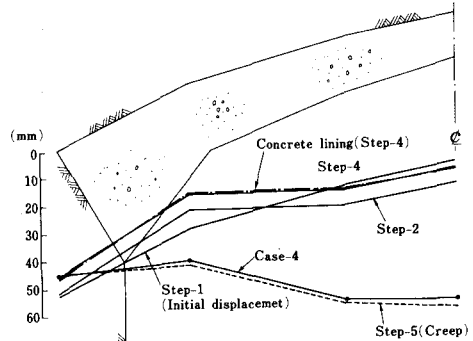


Fig.2 アーチ部鉛直変位

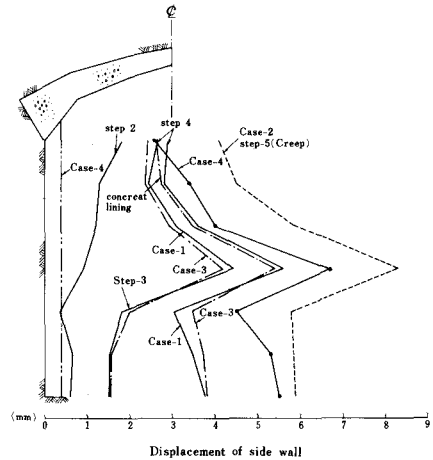


Fig.3 側壁水平変位

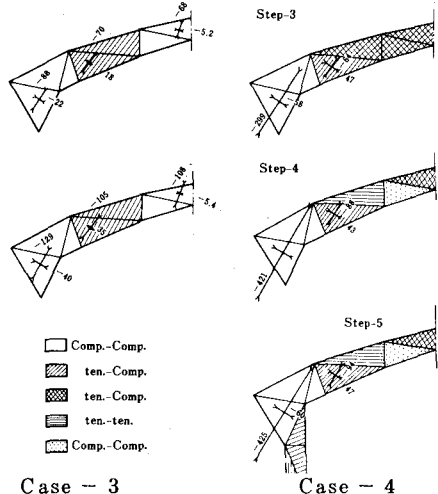


Fig.4 ライニング内応力変化

4. むすび

ここで取扱った簡単なモデルの結果から、空洞掘削におけるアーチライニングの効果は、当然のことながら特に、クリープ現象の大きな岩盤に対して有効である。側壁の安定に対しては、空洞の縦横比が 1.0 (正方形) の点までは効果が見られるが、それ以降、縦長になるにしたがって、その傾向は逆となり、施工上注意を要する結果が得られた。これらは定量的に絶対のものではないが、定性的に実際の現象を良く表現していると考えられる。

参 考 文 献

- 1) 谷本, 佐々木; 岩盤, 断層, 破砕帯の各変形特性の試料の強度による表現に関する試みとその検討, 鹿島技研年報, Vol. 22
- 2) 庄子, 他; 岩盤特性の一表現法とその有限要素法非線型解析への導入ならびに二, 三の解析例, 第 9 回 岩盤力学シンポジウム論文集, 昭 50 年, pp 106 ~ 110
- 3) 庄子, 佐々木; ニュートン・ラプソン法による材料非線型有限要素解析, 土木学会年次講演会論文集, 昭 49 年, I-61
- 4) 庄子, 他; 有限要素法による地下構造物の非線型解析; 鹿島技研年報, Vol. 22 (1974), pp 113 ~ 120