

Ⅲ-B71

補強されたトンネル周辺地盤の変形挙動に関する研究

東京工業大学 学生会員 本多 剛 川口 喜孝
東京工業大学 正会員 高橋 章浩 桑野 二郎

1、はじめに

近年、都市域における地下構造物の建設が増加しているが、地下構造物を建設する上で地上構造物など周辺構造物への影響が問題となる。桑野ら⁽¹⁾はトンネルの周辺粘土地盤を soil nail で補強し周辺の地盤の変形挙動を調べるため、遠心模型実験を実施している。本研究では、さらに soil nail の挿入パターンを変えて実験を行った。

2、実験方法

図1に模型地盤概要を示す。本実験では地盤材料としてカオリン粘土を用い、予め270(kPa)で予備圧密を行った。予備圧密後1G場でトンネル（直径D=50mm,土被り2D）を掘削し、トンネル内から端部にエンドプレートをつけた模型 nail(ギター弦φ=0.58mm)を所定の角度で放射状に挿入した。表1に挿入パターンを示す。次にトンネル内にゴムバックを入れ、100Gでの遠心圧密時には土被り圧と釣り合う空気圧を与えた。遠心圧密後ゴムバック内の空気圧を低下(除荷速度:19.8kPa/min)させることでトンネル掘削を模擬した。また、地表面の沈下は変位計で、地盤内の変位は約360個のターゲットの写真計測によって計測した。

3、実験結果と考察

図2に変形後の写真を示す。トンネル内圧を除荷していくと地表面は図3に示すような沈下形状となり、これは式(1)の正規分布曲線でしばしば近似される⁽²⁾。

$$S = S_{\max} \exp \left(-\frac{x^2}{2i^2} \right) \quad (1) \quad \text{ここで、} S \text{ は地表面の沈下量、} S_{\max} \text{ はトンネル軸上における地表面の沈下量、}$$

x はトンネル軸からの距離、 i はトンネル軸から変曲点までの距離である。また沈下によってできた体積は volume loss[式(2)]と呼ばれ、これを初期のトンネル体積で割ったものが volume loss 比[式(3)]である。

$$V = \sqrt{2\pi} \cdot i \cdot S_{\max} \quad (2) \quad v(\%) = V / V_0 \quad (3) \quad \text{ここで、} V \text{ は volume loss、} v \text{ は volume loss 比、} V_0$$

は初期のトンネル体積である。急速除荷中の飽和粘性土地盤は非排水条件とみなせるため、この volume loss はトンネル内の体積減少に等しくなる。

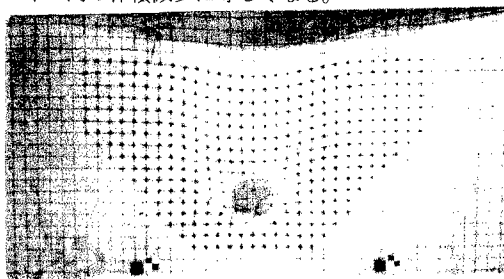


図2 変形後の写真(CASE3, $\sigma_t=0$)

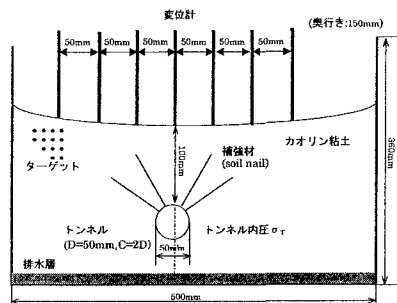


図1 模型地盤概要

実験 No.	補強方法
CASE1	無補強
CASE2	補強、長さ $l=80\text{mm}$ 、方向 $@30^\circ, 60^\circ$ トンネル軸方向間隔 20mm
CASE3	補強、長さ $l=40\text{mm}$ 、 方向 $@30^\circ, 45^\circ, 60^\circ, 75^\circ$ トンネル軸方向間隔 20mm

表1 実験条件

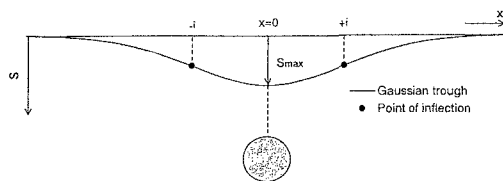


図3 沈下形状の概要

遠心模型実験,粘性土地盤,トンネル,soil nail

〒152-8552 東京都目黒区大岡山 2-12-1 東京工業大学土木工学科,TEL03(5734)2592

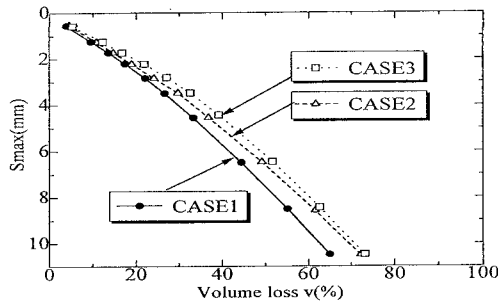


図4 volume loss 比と S_{max} の関係

そこで、本研究では同じ volume loss が生じているときの沈下形状を比較検討する。図4には volume loss 比と S_{max} の関係を示す。図4から同じ volume loss が発生しているときのトンネル軸上における地表面の沈下量 S_{max} は変形の初期の段階から $CASE1 > CASE2 > CASE3$ の順で小さくなっている。また volume loss 比が30%程度までは v と S_{max} の間には直線関係が見られる。この直線の傾きは $(\nu_0 / \sqrt{2\pi}) \cdot 1/i$ であるので、 i はほぼ一定値であり、補強地盤の i の方が大きくなっている。さらに、volume loss 比が30%を超えて変形が進むと、 i が小さくなり沈下 trough の幅が狭くなる。図5は volume loss 比がほぼ30%のときの各ケースでの沈下形状である。無補強地盤に比べて補強地盤の方が S_{max} は小さく、変曲点間の距離が広く、沈下勾配が緩やかになっていることが分かる。また、補強地盤では CASE2 に比べ CASE3 の方が高い補強効果が得られた。

図6～8に S_{max} が11(mm)のときの地盤内に生じた最小主ひずみ分布(ϵ_3)を示す。(ただし、volume loss は $CASE3 > CASE2 > CASE1$ の順に小さくなっている。)この図から、無補強地盤ではトンネルから放射状に引張りひずみを生じ、それが45°付近で大きくなっている。

CASE2 では補強材(soil nail)を疎に配置しているため、補強材間隔の広い範囲で、すり抜けるように大きなひずみが生じている。CASE3 では補強材が短いものの密に補強されているため、全体的にひずみが小さくなっており、特に補強された領域ではひずみが抑えられていて、すり抜けるような変形は見られなかった。

4、まとめ

本実験から、次の結果が得られた。(1)補強された地盤は、未補強地盤に比べて変曲点間の距離が長く、緩やかな沈下形状となっている。また、この傾向は地表面での変形が小さい変形初期の段階から見られる。(2)長さ80(mm)の nail をトンネル断面内に疎に挿入したものより、長さ40(mm)の nail を密に挿入した方が補強効果は高かった。また、前者では nail の間隔が広いと、その部分で大きな変形が生じている。

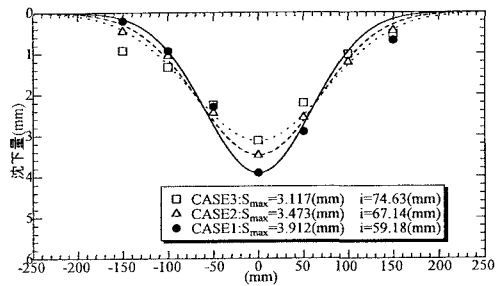


図5 地表面の沈下形状

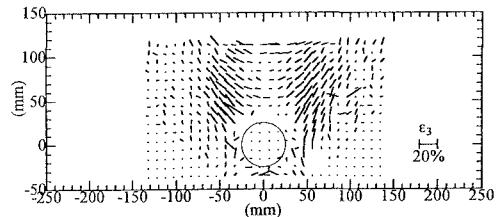


図6 最小主ひずみ分布(CASE1)

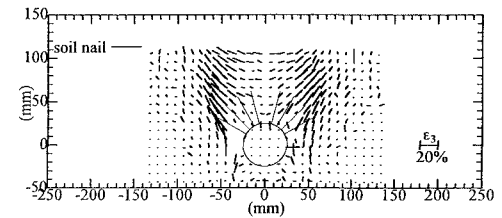


図7 最小主ひずみ分布(CASE2)

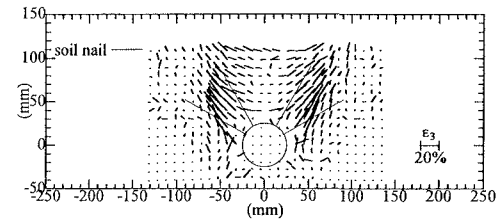


図8 最小主ひずみ分布(CASE3)

5、参考文献

- (1) 桑野二郎, R.Neil Taylor, Richard J.Grant : Soil nail により補強された粘土地盤内のトンネル周辺地盤変形に関する遠心模型実験, 第32回地盤工学研究発表会, pp2147-2148, 1997
- (2) Peck, R.B : Deep excavation & tunneling in soft ground, 7th ICSMFE, Mexico, State of the Art volume, pp226-290, 1969