

III-257 斜めロックボルトの沈下抑止効果に関する基礎的研究 -室内実験-

（財）大阪土質試験所 正会員 村山 朔郎

近畿日本鉄道株式会社 正会員 澤田 守生

（財）大阪土質試験所 正会員 橋本 正 北村 明洋

1. まえがき

砂質地山において、NATM工法によりトンネルを掘削する場合、切羽前方の未掘削部分に先行沈下が発生し、その低減工として斜めロックボルトが用いられるケースがある。この論文は、斜めロックボルトの沈下抑止効果を検討するため室内土槽実験と現場計測¹⁾を実施したうちの室内土槽実験に関するものである。

2. 土槽実験の概要

a) 2次元横断面実験

実験に用いた土槽とトンネル模型を図-1に示す。トンネル模型は、初期直径が75.5mmでハンドルをまわすことによりその直径が収縮する仕掛けである。このトンネル模型に硫酸紙を巻き、紙やすり（240番）を板状に切ったものを取り付けることにより、吹き付けコンクリートとロックボルトのモデルとした。また、地山材料として乾燥砂（最大粒径 $\phi_{\max}=1.1\text{mm}$ 、均等係数 $U_c=1.64$ ）を用いた。表面の沈下はダイヤルゲージにより、地山内変位は実体写真により計測した²⁾。実験は、ロックボルト長を $L=0.15D, 0.3D, 0.6D, 1.0D$ (D : トンネル直径) およびロックボルトなしの、計5タイプについて行った。

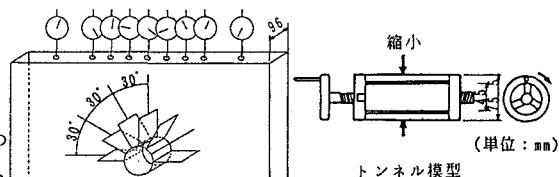
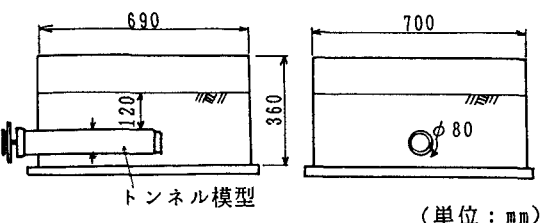


図-1 実験装置（2次元）



（単位：mm）



図-2 実験装置（3次元）

b) 3次元斜めロックボルト効果実験

実験に用いた装置を図-2に示す。トンネル模型を土槽内にセットし金属円柱をトンネル側へ、段階的に引抜くことによって切羽における応力解放をシミュレーションしようとするものである。地山材料およびトンネル材料は、2次元と同じものを用いた。実験は表-1に示すように、ロックボルト長 L とロックボルトの水平面からの傾斜角 θ をパラメータとした計11ケースについて行い、地表面沈下量を測定した。

表-1 3次元斜めロックボルト効果実験の種類

実験(1)	No.	ロックボルト傾斜角($^{\circ}$)
3次元斜め ロックボルト 効果測定実験 ($L=1.0D$)	1	$L=0$
	2	30
	3	45
	4	60
	5	90
実験(2)	No.	ロックボルト長(D :トンネル直径)
3次元斜め ロックボルト 効果測定実験 ($\theta=45^{\circ}$)	1	$L=0$
	2	0.15D
	3	0.3D
	4	0.6D
	5	1.0D
実験(3)	No.	ロックボルトの傾斜角($^{\circ}$)
3次元斜め ロックボルト 効果測定実験 ($L=0.6D$)	1	30
	2	60

3. 土槽実験の結果と考察

a) 2次元横断面実験

図-3は、トンネル断面縮小量と最大表面沈下量の関係である。また、図-4に実体写真計測により得られた地山内変位の鉛直方向等変位量線を示した。

表面沈下はロックボルトがない時は、ほぼ直線になりロックボルトが長くなるに従い、沈下が緩和されている。また、ロックボルト長 $L=0.3D$ 以上では沈下抑止効果が大きくなる。鉛直方向等変位量線を比較するとその形状に大きな違いが生じており、ロックボルトなしでは等変位量線の間隔が密で地山内の変形が急変していることがわかる。一方、ロックボルトがある場合は等変位量線の間隔が広くなり、特に肩部ロックボルト付近の0.2, 0.4mmラインの膨らみと変位勾配がゆるやかになっている。ロックボルト（特に、肩部のロッ

クボルト）により、トンネル付近の地山の変形の範囲を広くしさらにトンネル掘削による、変形量を減少させる効果がみられる。

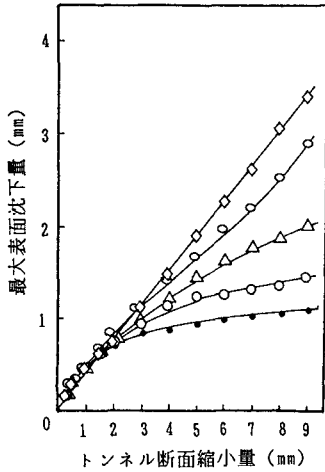


図-3 トンネル断面縮小量と
最大表面沈下量の関係

b) 3次元斜めロックボルト効果実験

図-5は、ボルト長 L が $1.0D$ と $0.6D$ のときのロックボルトの傾斜角と沈下体積比（地表面沈下体積／切羽の変形体積）の関係を表したものである。沈下体積比が小さいほど沈下抑止効果大きいことを意味する。 $L=1.0D$ の場合は $\theta=45^\circ$ のときに、 $L=0.6D$ の場合では $1.0D$ ほど明瞭ではないが $\theta=45^\circ$ 付近で沈下抑止が最大であることがわかる。図-6は $\theta=45^\circ$ のときのボルト長と沈下体積比の関係を表したものである。図中の破線は、曲線の急変する点を結んだものである。引抜き量が $\delta=5\sim 10\text{mm}$ では、 $L=(0.5\sim 0.6)D$ 以上のボルト長があると効果が大きい。

4. あとがき

- 1) 2次元横断面実験によりロックボルトの長さは、 $L=0.3D$ 程度で沈下の抑止効果が出始め、 $L=0.6D$ でかなりの効果が発揮されることがわかった。また、地山内の等変位量線図よりトンネル肩部のロックボルトに、顕著な抑止効果が認められた。
- 2) 3次元斜めロックボルト効果実験より、斜めロックボルトの沈下抑止効果は、ボルト傾斜角が 45° の時に大きく $L=0.6D$ 以上で効果が現れることがわかった。

参考文献 1) 村山 他：砂質地山トンネルにおける斜めロックボルトの効果に関する基礎的研究 - 現場試験 -，土木学会第45回年次学術講演会，1990。

2) 村山 朔郎・井上 治：ステレオ写真による砂のせん断時の変位測定，第13回土質工学会研究発表会講演概要集，PP. 409～412，1978年6月

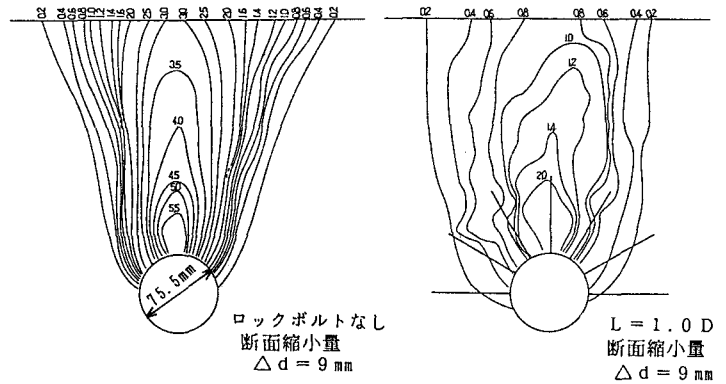


図-4 砂の変形量（鉛直方向等変位量線）

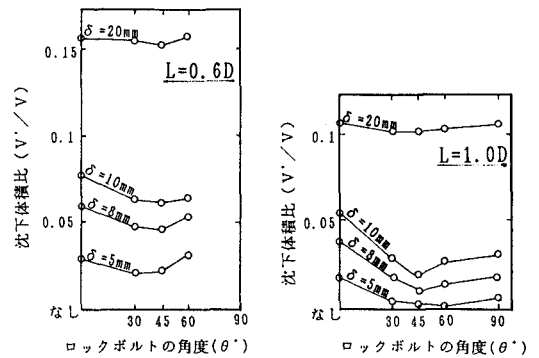


図-5 沈下体積比

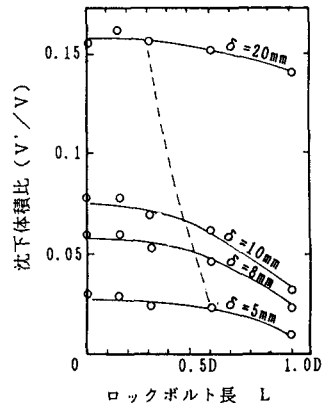


図-6 ロックボルト長と沈下体積比の関係