

研究の目的: ロックボルト工法が近年活発に研究対象として取り上げられているが, その対象を分類すると、(1)岩盤に施工されるロックボルトの効果, (2)砂質土に施工されるロックボルトの効果についてであり, この分野におけるロックボルトの設計法については, 各研究者の差は存在するも次第に確立されつつある。

対象を粘土即ちロックボルトの摩擦を全く期待できない地盤にロックボルトを施工する場合の効果については未知であり粘土地盤の掘削におけるアースアンカーの効果から粘土中のロックボルトの効果も推測する以外に定見がなく, 粘土中のロックボルトの効果の有無とその原理の解明がまたれる。

かかるトンネル工学の現状から, 筆者は粘土中のロックボルトの作用効果を解明するための簡単なモデル実験を計画し, 数種の実験を行ない, 粘土中のロックボルトの有効性について定性的な研究を行なった。

実験の概要: (1)寒天の性質: 粘着抵抗のみを有し摩擦抵抗のない粘土のモデルとして寒天を選んだ。寒天は多糖類が酸化されてできたポリウロン酸であり, 材料の製作が容易である。しかしながら, 粘土の如く水抜きによって締まるという性質は有していない。

寒天の性質を調査するため, 1%, 2%濃度の寒天について3軸せん断試験(UU)を行なった。表-1はこれらの結果をまとめたものであり, 温度10°C, 湿度95%以上で3日間養生した寒天は50~70 $\frac{g}{cm^2}$ の粘着力のみを有し, 内部摩擦角は0であることが確かめられた。

(2)実験の方法: 所定の方法で寒天の溶液を製作し, 図-1に示す如く, 50×50×40cmの試験槽の底に直径10cmのアクリル板の落し戸をセットし, もれ止めを行なった後, 寒天を流し込み, 温度10°C, 湿度95%以上で3日間養生し, 4日目に測定を行なう。養生終了後, 落し戸受台, ロードセル, ジャッキ, ダイアルゲージ等をセットし, 受台が落し戸に接した状態を初期状態とする。もれ止めと落し戸支え金具を取り除き荷重を受台を介してロードセルに伝え, これを測定する。垂直変位はジャッキの頭部を下げることにより与え, その速度は100mm/秒とした。これらの実験を1%, 2%濃度の寒天について2回ずつ行ない, 垂直変位と作用荷重の関係を求め, 図-2に示す。

また, ボルトの引抜き抵抗力を求めるため, 上面からのボルトの引抜き試験を行なった。図-3は1%寒天及び2%寒天中のφ6ボルト(φ20の鈎付)を引抜いた場合の例で引抜き荷重とボルト頭部の垂直変位の関係を示したものである。図-3の結果から, 1%, 2%の寒天材料の均質性を裏付けることができ, 寒天の強度の相異が明らかである。

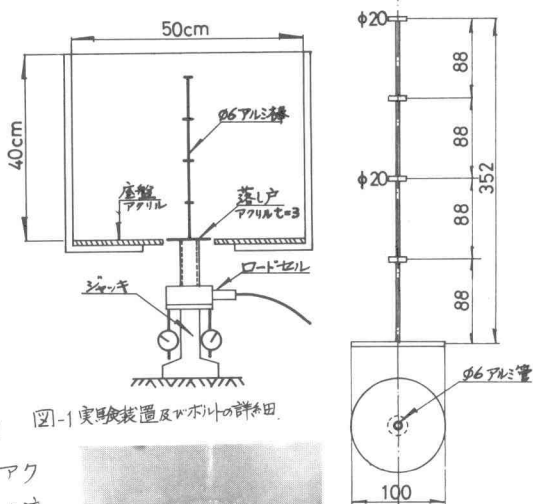


図-1 実験装置及びボルトの詳細

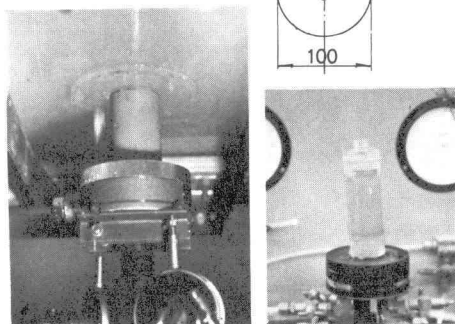


写真-1 落し戸, ロードセル

写真-2 3軸せん断試験のモデル

表-1 3軸せん断試験結果

	STRESS (1.0%)		STRESS (2.0%)	
	σ_1	σ_3	σ_1	σ_3
1	0.305	0.2	0.329	0.2
2	0.515	0.4	0.516	0.4
3	0.708	0.6	0.696	0.6
4	0.911	0.8	0.898	0.8
5	—	—	1.097	1.0
$C=0.05-0.06 \frac{k}{cm^2}$ $\phi=0^\circ$				
$C=0.05-0.07 \frac{k}{cm^2}$ $\phi=0^\circ$				

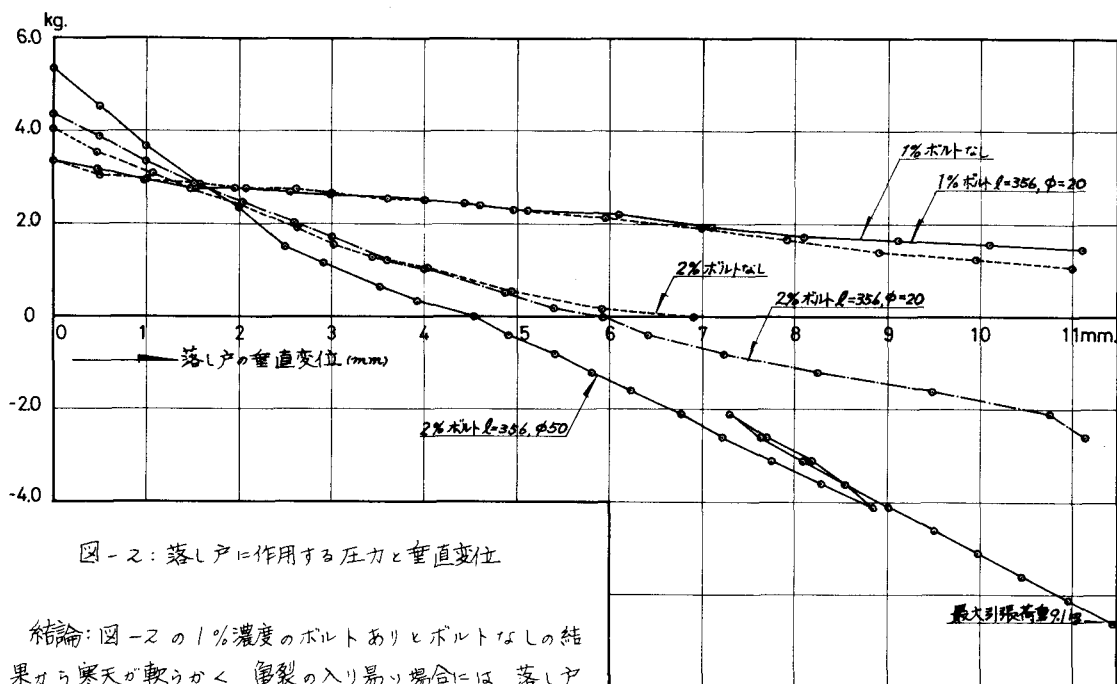


図-2: 落下に作用する圧力と垂直変位

結論: 図-2の1%濃度のボルトありとボルトなしの結果から寒天が軟らかく、亀裂の入り易い場合には、落下はボルトの有無に拘らず、自立できない。これは、寒天自体が圧壊されて流動化することによるものである。この結果は自明の理であり、がぶりが小さくしかも鏡面が自立できない粘性トンネル地山は地山の強度自体が小さいものと考えられ、1%寒天に対応し、かかる地山にロックボルトを施工してもボルトの効果を期待できないことを示唆しているものと考えられる。

2%濃度寒天のボルトありとボルトなしの結果から、自立に要する垂直変位は、ボルトなしの場合7mm、 $\phi 20$ mmの鍍付きボルトの場合には6mm、 $\phi 50$ mmの鍍付きボルトの場合には4.5mmであり、さらに、自立後の変位と引張力は、ほぼ直線的であり、引抜き荷重は、 $\phi 20$ mmの鍍付きボルトの場合には2.5kg、 $\phi 50$ mmの鍍付きボルトの場合には9.1kgであった。

これらの結果はボルトの粘着抵抗を増大させることにより地山安定に必要な変形を減少でき、自立後のボルトの耐力の増加も期待できることを意味している。従ってある程度の粘着抵抗を有し、流動化する恐れのない粘土地山中にロックボルトを施工する場合の有効性を定性的に示すものと言えよう。今後は実際のトンネル模型について同様の実験を行ない粘土地山中のロックボルトの作用原理を明らかにするつもりである。

謝辞: 本論文の実験は、明星大学応用化学研究室において昭和52、53年度卒業研究で行なわれたものとまとめたものであり、佐藤滋行、矢部利行、山口利治、岡山孝夫、飯田清、本木久文君等の努力と熱意の結果得られた事をここに記し、感謝の意を表します。

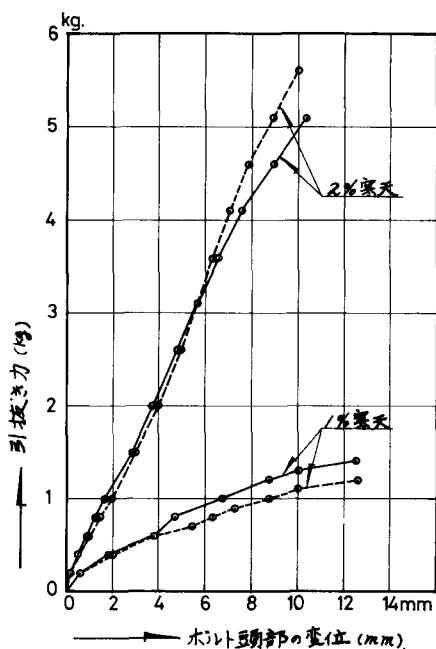


図-3: 引抜き力とボルト頭部の垂直変位