

都立大 山本 稔
佐藤工業 大野 一昭

I はじめに

土被りの浅い塑性地山を対象として、先に報告した落し戸の実験の応用を図ったものである。この実験はアーチ型に並べた6枚のアレートがそれぞれ落し戸を構成するようにして複合落し戸に関する実験であり、ロックボルト工によるトンネルの支保機構とブロッケン化効果によって説明するために行なつた試みである。実験はCase-1 ボルト長さを変えた場合、Case-2 土被り高を変えた場合、Case-3 あるアレートのボルトを短くした場合の3ケースについて行なった。

2 実験概要

実験装置は図-1に示すように、砂箱の底板にあげた矩形の開孔部にアーチ型落し戸をはめ込み、所定の高さまで砂を詰めした後、ジャッキによって降下しながら、アーチ型落し戸の反力、ボルトの張力、降下変位を測定した。

地山材料は粒径1~2mmの乾燥砂($C=0$, $\phi=44^\circ$, $\gamma_s=1.7$ g/cm³)を用い、ボルトは径6mmで全長にわたりネジを切り、全面接着式を規定した。アーチ型落し戸は4本のボルト(ただし、Case-3は6本)を取り付けた6枚のアレートをアーチ型(高さ300mmの半円)に並べたものである。各アレートの間隔は約4cmあり、金た力を伝達することではなく、ホール紙を当て砂の流出を防止した。

3 実験結果と考察

(Case-1) 図-2から落し戸が降下すると、その反力は急激に減少していくのは共通の現象であり、落し戸(幅160mm)の場合、 $L=40$ cmではじめて自立し、一方アーチ型落し戸の場合は $L=16$ cmで自立した。これは地山のアーチ作用によってボルトの定着力に寄与する(σ 接線方向力)は増加し、また各アレートに作用する土圧 σ_r (半径方向力)は減少するためであろう。

図-3はボルトの平均張力分布を示すが、ボルトが長いほど大きく、また側壁部ほど大きくなっている。前者はボルトの張力につり合うアレートの土圧はボルトの定着力の大小、即ちボルトの長短にたいて変化すること、また後者は土力の再配分によって各アレートに作用する土圧が変化し、これにつり合うボルトの張力にも同じ傾向が現われたことで説明づけられる。

自立状況は、側壁部のアレートがまず初めに自立し、最後に天端部のアレートが自立する。このことから、緩み領域は天端部ほど大きく、側壁部ほど小さいと考えられる。したがって、ボルトの定着長は側壁部ほど長く、有効に働いているものと考えられる。

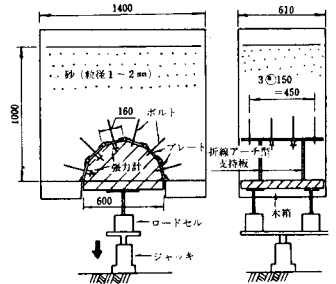


図-1 実験装置

Case	土被り高 (mm)	ボルト長 (cm)							
1	70	0	12	16	20	24	28	32	
2	50	0	16	20	24				
	30	0	16	20	24				
3	70	$L=20$, $L'=16, 12, 8$ cm							

表-1 実験条件

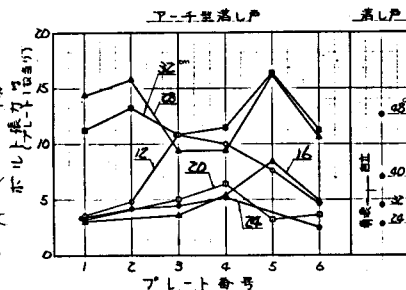


図-3 ボルトの張力分布(自立時は5mm降下時)

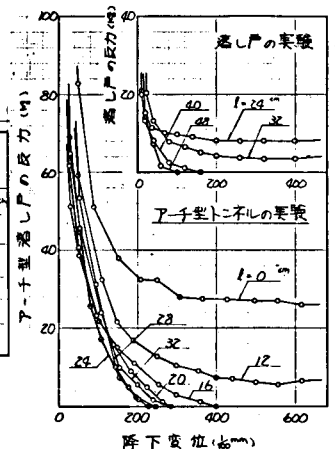


図-2 落し戸の反力 (Case-1)

(Case-2)

土被り高を低くすると、アーチ型落下に作用する土圧は大きくなり(図-4参照)、したがって自立するのに必要なボルト長はさらに長くなり、20cmとなった。(図-5参照)

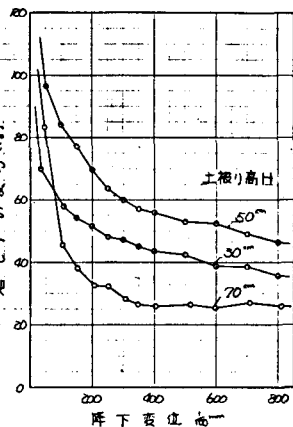


図-4 落下土の反力 (ボルトなしの場合)

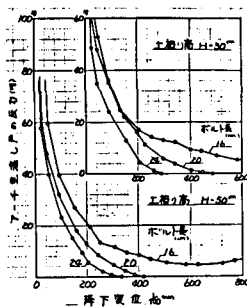


図-5 落下土の反力 (Case-2)

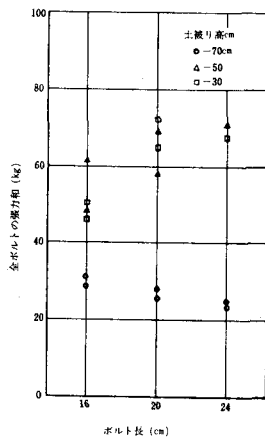


図-6 全ボルトの張力とボルト長の関係

金ボルトの張力

和も $H=70\text{cm}$ の場合より大きく、ボルト長が長くなれば、それだけ大きくなっていく。また $H=70\text{cm}$ の場合は逆の現象を示しているが、これは実験上の不備によるものであろう。

(Case-3) あるアレートのボルトだけを短くした場合、ボルトの定着力は同じボルト長でも全体と異なるボルト長の場合より小さくなり、そのアレートの変位だけが大きくなる。したがって、ロックボルトの効果と十分に発揮できず、長いボルトによって安定した部分とのずれを生じ、さらに周囲の地山の安定に対して大きく影響していくものと思われる。この傾向は天端部ほど大きい。

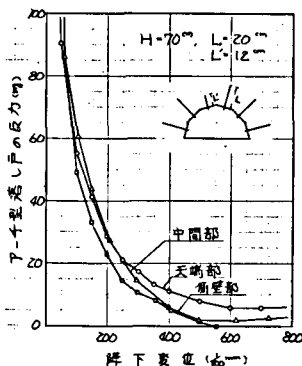


図-7 落下土の反力 (Case-3)

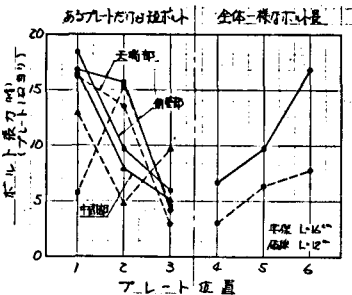


図-8 ボルトの張力分布 (自重のみで降下時)

(全体考察) アレートが徐々に変位することによって作用土圧は減少し、且つボルトの定着力が増加していく。そして、ある変位で両者が釣り合い、アレートは自立する。故にボルトの周りの地山はアレートと共に一体化し、アロック化効果が発現する。したがって、トンネルが安定する変形は作用土圧とボルトの定着力によって決定される。そして、その作用土圧はトンネル掘削による応力再配分によって変化し、しかも変位することによって減少する。一方ボルトの定着力は緩み領域以深の定着長部分における持線方向力(0度)によって決まり、応力再配分によって0度は増加し、その増加領域はボルト長さによって変化すると考えられる。

4おわりに

この実験はロックボルトの作用効果を自己つり合い作用によるアロック化効果によって把握し、トンネルに適用するため試みたが、実験上の制約あるいは不備により定量的な見解にとどまる結果となった。ロックボルトの挙動は地山の挙動、作用土圧、変位などから互いに複雑に関係し合い、あるつり合い点に達し、安定するものと考えられる。しかし、乾燥砂という地山条件においてもロックボルトを配設することにより、自立したことは注目し得るものと思う。

最後に、実験に協力して下さった山田裕君に感謝申し上げる。

参考文献 山本 祐: ロックボルトの作用効果について、土木学会論文報告集 第277号

山本 祐 大野 一昭: ロックボルトの作用効果について、第33回年次学術講演会