

III-B 66

地山挙動とケーブルボルト挙動の相互作用について

三井建設（株）正会員 山地 宏志
 飛鳥建設（株） 浅野俊太郎
 飛鳥建設（株） 山田 雄彦
 三井建設（株） 家門 秀人

1. はじめに

ケーブルボルトのような新しいNATM支保部材のメカニズムを解明する上で、最も重要な観測項目は実地山に施工されたケーブルボルト挙動と地山挙動との相互作用であろう。無論、これは地山状況において千差万別なものとなることは十分に予想される。しかし、現在のところ、これを議論しうる基礎的資料が全く現存していない為、早速にこの観測を実施し、その観測結果を蓄積する必要に迫られている。本論文は湖沼性堆積物層中に掘削された比較的被りの薄いトンネルにおいて、当該計測を実施したその概要を記すものである。

当該計測結果においては、岩盤力学において論ぜられるべき2つの挙動、すなわち連続体的挙動と不連続体的挙動の典型的な例を得ることができたと思われるので、本論文においてはこれを中心に報告する。

2. 現場計測結果

図1及び図2にトンネル縦断方向及びトンネル横断面内のケーブルボルト打設配置と、ボルト軸力ないし地中変位計測の配置をそれぞれ示す。また、図3にはトンネル切羽進行に伴う地中変位分布の変化を示し、図4にはこれに対応する典型的なケーブルボルトの軸力分布の変化を示す。

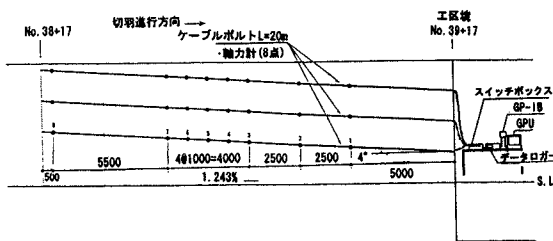


図1 トンネル軸方向配置図

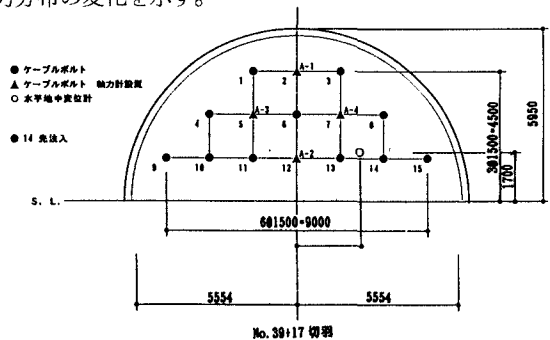


図2 トンネル横断面内配置図

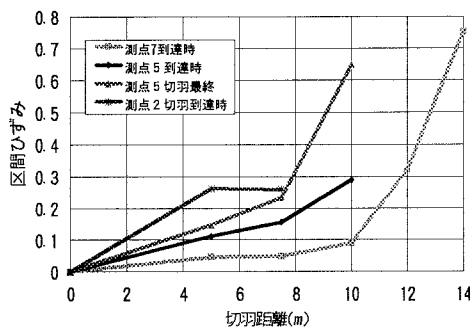


図3 各切羽位置毎の地中変位分布

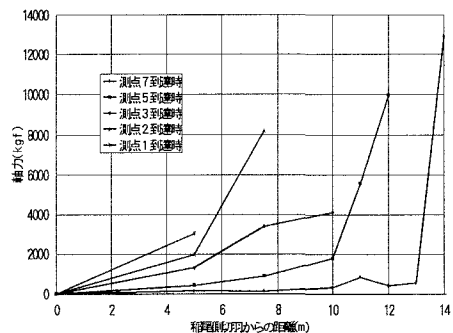


図4 各切羽位置毎のケーブルボルト軸力分布

これらの図表より明らかなように、ケーブルボルト軸力分布と地中変位分布はいずれの切羽位置においても明瞭な相関関係にあることが知られ、その分布は切羽位置から地山奥方向に向かいなだらかな分布形状を見せている。この分布は、連続体力学の知見から与えられる分布に従うものと考えられ、地山並びにケーブルボルトは巨視的に連続体挙動を呈しているものと評価されよう。一方、図5は計器番号5において計測された軸力分布を各切羽位置毎に示したものである。図より明らかなように、当該計測点では先に示した典型的軸力分布と明らかに異なる軸力分布を呈している。以下に、この計測結果に関する考察を実施する。

3. 局所的な不連続挙動

一般に、滑動や開口の挙動を呈する不連続面を貫いてケーブルボルトが打設された場合、ケーブルボルトの軸力分布は図4に示した分布と大きく異なることが予想される。すなわち、図6に示すケーブルボルト微小部分のつり合い式は次式で示される。

$$\frac{dP}{dx} = -\frac{2}{\pi a^3} \tau$$

ここで、 P はボルト軸力を、 a はケーブルボルト断面半径を、また τ はケーブルボルト周囲の付着抵抗を示す。

従って、図7(a)に示すような滑動や開口の挙動を呈する不連続面を貫いて打設されたケーブルボルトに沿う摩擦抵抗の分布は図7(b)の様に不連続面を境にその符号が異なるから、その軸力分布は図7(c)に示すようなパラボリックな分布が得られるであろう。

先に示した、図5の軸力分布はこのパラボリックな軸力分布と非常に良く一致しており、当該のケーブルボルト上には滑動もしくは開口の挙動を呈す不連続面が約7.5mの位置に存在するものと考えられる。すなわち、トンネル切羽位置がこの不連続面より手前に位置するとき、ケーブルボルトは不連続面挙動に抗するよう作用するため、その軸力分布はパラボリックとなるが、切羽位置がこの不連続面を通過した後は、その軸力分布は切羽側に向かって増大勾配を持つ通常の軸力分布に転移する。

4. まとめ

今回、計測されたケーブルボルト軸力並びに地中変位計測結果を基に、ケーブルボルトと地山の相互作用について考察を行った。不連続的な挙動に関しては、これと対応する地中変位計測結果が得られなかった為、ボルト軸力のみで考察を行ったが、ケーブルボルトが地山挙動を拘束するよう作用することは明らかであろう。

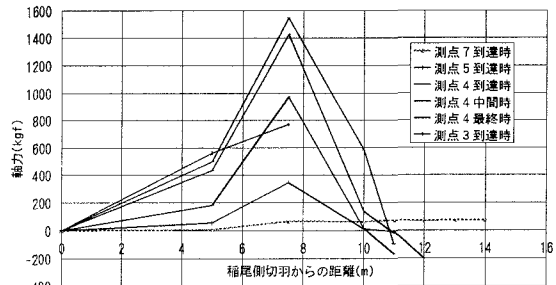


図5 不連続面に打設されたケーブルボルトの軸力分布
図5 不連続面に打設されたケーブルボルトの軸力分布

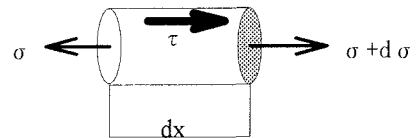


図6 ケーブルボルト微小部分

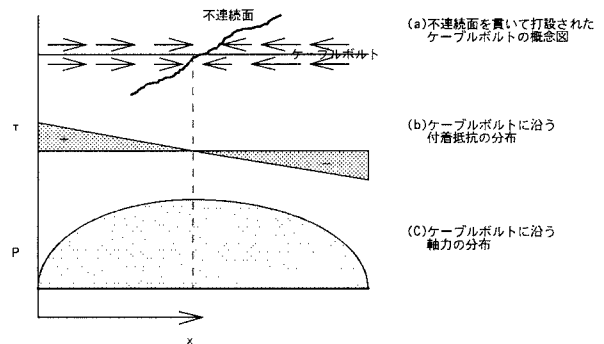


図7 付着抵抗、ボルト軸力分布概念図