

飛島建設(株)土木技術部 正会員 ○近久 博志

飛島建設(株)技術研究所 正会員 福井 隆夫

飛島建設(株)土木技術部 正会員 山田 雄彦

1. はじめに

NATMにおいて、トンネル及び支保材(吹付コンクリート・支保工・ロックボルト)の挙動特性の把握、トンネル安定の確認及び施工管理を目的として計測が実施される。本報告においては、地山の変位による現場管理の一例を示すものである。

2. 内空変位と地中変位

内空変位は地中の全変位の総和として得られるため、地中変位との挙動は良く一致する(図1)。両者を変位速度で管理した場合の一例を示す(図2)。この計測結果に説明を加えると、変位は掘削作業時に急に増加するものの、その後のクリープ的挙動が短かく、数日ではほぼ収束しているのが窺える。変形は地質・地形状・施工法・断面形状・支保パターン等の要因から生じる具現であって、現場を説明する有用なデータとなり、通常、支保材の応力測定に比べて精度良く計測される。

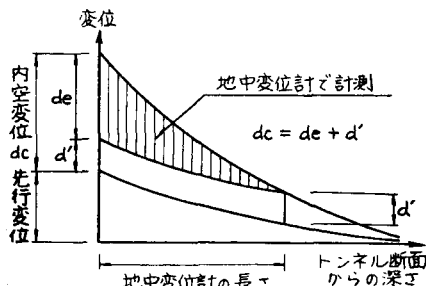


図1. 地中変位と内空変位の計測

3. 地中変位とロックボルト軸力

ロックボルトは打設後、地山が変形して初めて地山を拘束するように軸力が発生するので、地山の変形とロックボルト軸力とは大きな相関が認められる。従って、地中変位のデータから地山の変形パターンが分れば、容易にロックボルトの軸力分布が想定できる。ここでモルタル式全面接着型のロックボルトについて少し考察を加える。図3に種々な岩種の計測結果から得られたロックボルトの平均歪と同じ深さにおける周辺の地山の平均歪を比較する。尚、計測用ロックボルトと地中変位は、計測開始時期が同じである。

両者の歪の進行パターンから次の事が分る。

1) ロックボルトと地山が一体となって変形していると考えれば、その挙動は直線的になると考えられるが、実際には、i)地山が本来持っている性質、特にせん断特性。ii)穿孔による孔壁付近の強度及びモルタルとの付着力の低下、等の影響で線形関係は崩れる。

2) 施工・岩種が大きく違っているにもかかわらず、得られたデータは良く似た傾向を示している。

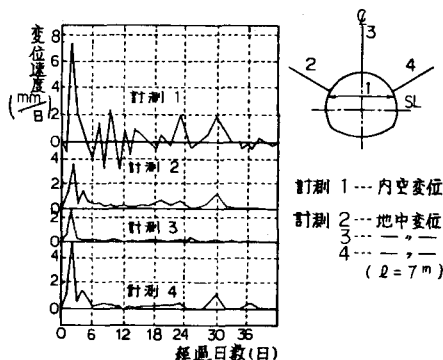


図2. 変位速度の経時変化グラフ

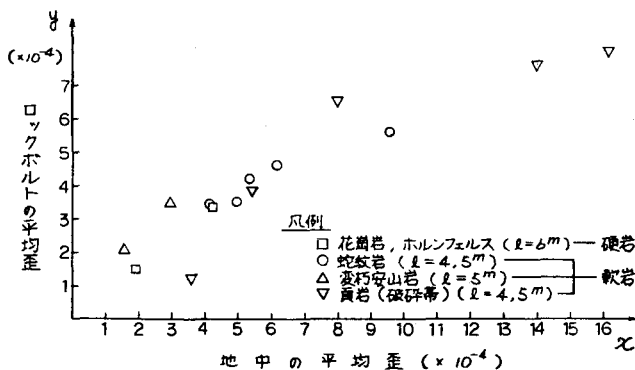


図3. 地中変位とロックボルトから求めた平均歪の相関

3) 地中変位計測結果から、*桜井の方法(1982)で、周辺地山の歪分布を計算すると、上記の相関からトンネル周辺のロックボルト軸力の発生パターンが推定できる。図4~6に実測値から計算される周辺地山の歪分布図、それを基に計算されるロックボルトの軸力分布、そして、実測値との比較図を示す。

4) FEMで解析する場合、地山の要素とロックボルトの要素をバネ要素(結合要素)で結合してボンドの効果を評価する事がよく行なわれているが、この曲線からバネ値を想定する事ができる(図7)。

4. 内空変位と吹付コンクリート、支保工応力

内空変位計測によってトンネル断面の形状の変化が把握されれば、吹付コンクリート・支保工の応力を変位から算定できる可能性がある。ただ支保工に比べて、吹付コンクリートでは、材令による力学特性の変化、クリープ挙動、施工の状況、吹付面及び吹付厚のばらつき、すの程度等の問題で形状の変化から応力を算定するのは、若干の困難を伴うと言われている。

しかし、*近藤らが述べるように、吹付コンクリートでも部材の伸縮と曲率の変化を測定する事によって、実用的な断面応力測定ができる。

5. おわりに

NATMの普及に伴なって数々の計測が実施されるようになったが、最近、多量の計測データの集積・管理を迅速に行う必要性から、現場にコンピューターを導入する事が多くなった。本報告書では、そうしたコンピューター(64 K byteクラス)を使って、現場でも簡単にできる変位の計測結果の現場へのフィードバックの方法について述べた。今後共、データの集積を行ない、特に、簡便な変形測定を通して、支保部材の応力を監視できる様な手法の確立に努めたい。

尚、紙面の都合上、詳しい説明は当日のOHPにて行なう。

<参考文献>

- 1) 桜井、トンネル工事における変位計測結果の評価法、土木学会論文報告集、Vol.317、Jan.1982.
- 2) 近藤ら、NATMトンネルにおけるカーボナータ、デフォーメータによる吹付コンクリート断面応力測定について、才14回岩盤力学に関する講演論文集(1982)

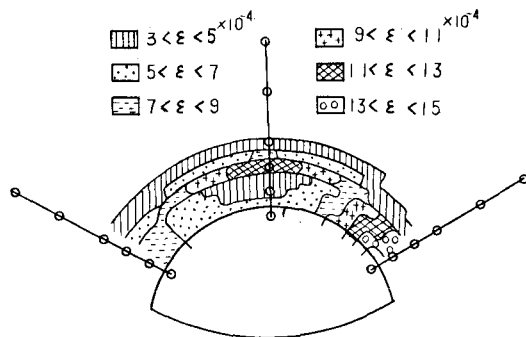


図4. トンネル周辺地山の歪分布

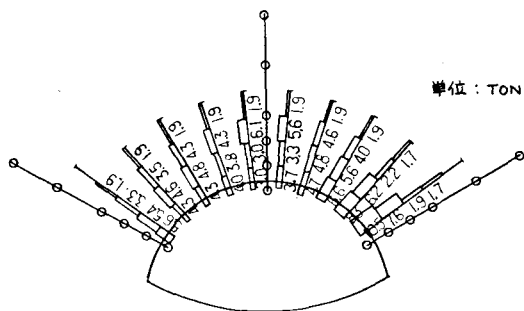


図5. ロックボルト軸力分布

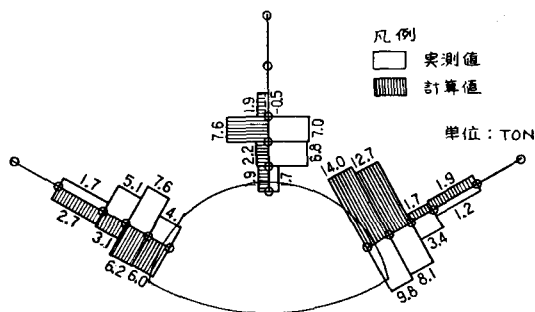


図6. ロックボルトの軸力の
実測値と計算値の比較

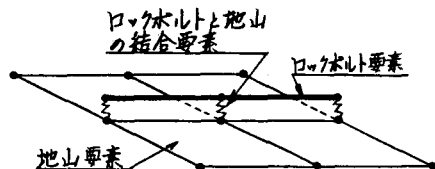


図7. FEMの結合要素の概念図