

山岳トンネル維持管理における変状予測に関する研究

長崎大学工学部 正会員 棚橋 由彦 長崎大学工学部 正会員 蔭 宇静
 長崎大学大学院 学生員 ○竹下 揚子 長崎大学工学部 学生員 藤井 崇博

1. はじめに

近年、コンクリート構造物の安全性低下が問題となっており、特にトンネルにおいては剥落事故の発生等で、既設構造物の維持管理の在り方について議論されている。しかし、トンネルはその特殊環境から設計や維持管理が経験に基づいて行われており、明確な変状把握と適切な時期での補修が行われていないのが現状である。そこで本研究では、長崎県内のトンネルについて過去の維持補修データの収集・分析を行い、変状の傾向及び対策費用等トンネル変状の現状を把握する。また岩盤強度の経時的変化を考慮した解析を用い、維持管理の指標となる変状予測手法の提案を行うものである。

2. トンネル変状の現状

長崎県内において平成 14 年現在開通しているトンネルは 97 本である。鉄道トンネルの剥落事故に伴い、全トンネルを対象に緊急点検を行った結果、内 38 本が詳細点検及び補修・補強が必要と判定された。現在、補修済 4 本、調査済 12 本であり、本研究ではそれら 16 本(A~P)を対象とし調査及び補修データの収集・分析を行った。図-1 にその概要を示す。経過年数 10 年未満の 2 本は NATM 工法で、残り 14 本は矢板(在来)工法で施工されたものである。

変状については、すべてのトンネルにおいてクラック、背面空洞、浮き等が多く生じている。一例として図-2 に覆工背面空洞のトンネル延長に対する割合を示す。NATM 工法で施工されたものには空洞は確認されていないが、在来工法のものを経過年数に関わらず発生割合が高い。一方、変状形態からその発生要因を推定し、経過年数との関係に着目すると、年数が経つほど土圧の作用(塑性圧等)が原因の多くを占めるようになっていく。覆工背面空洞は塑性圧を助長させることから、供用から 20 年以上が経過している在来工法の場合は、今後変状が更に進行するものと思われる。

3. 変状対策費用の現状

維持管理をより合理的なものにするため、補修検討を行ったトンネル 13 本について、その直接工事費に着目した。図-3 に経過年数と直接工事費及び直接工事費の延長に対する割合を示す。年数が経過するほど延長に対する工事費用は増しており、早期対策がコストを低減させることになる。次に、補修・補強対策項目ごとの工事費に占める割合を図-4 に示す。供用からの年数が経過するほど覆工補強工の占める割合が多くなって

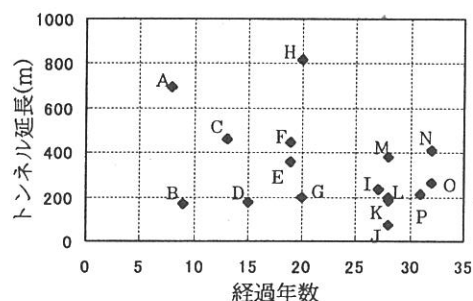


図-1 対象トンネルの経過年数と延長

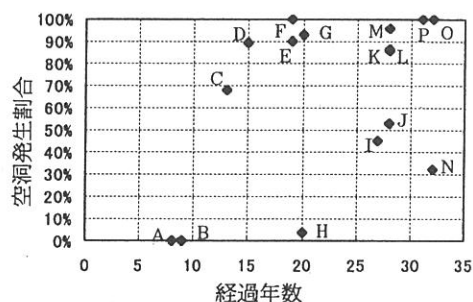


図-2 経過年数と延長に対する空洞の割合

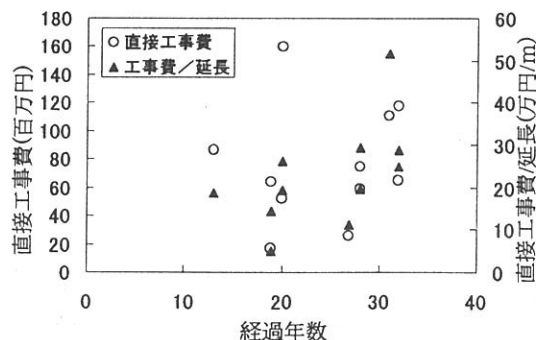


図-3 経過年数に対する直接工事費と延長に対する工事費割合

いることから、時間とともに覆工耐力が劣化して
いることがわかる。

また、全体的に覆工背面空洞対策(裏込め工)の
占める割合が多い。これは在来工法で施工された
ものは空洞が生じやすいためであり、現在のN A
T M工法で施工されているものはこれらの費用が
低減されるものと思われる。各工事費単価は、年
を重ねるごとに安くなる傾向にあり、トータルコ
ストを考える際には市場価格の変化を考慮する必
要があるといえる。

4. 経時変化を考慮した岩盤挙動予測

山岳トンネルは近年、軟岩地山に施工されるケ
ースが増加している。軟岩は時間依存性やひずみ軟化特性
を示し、地山の変形により時間とともにトンネル変状が進行
するケースが多い。そこで軟岩のクリープ挙動を図-5に
示す粘弾塑性モデルとして表し、さらに岩盤強度の経時的
低下³⁾(図-6)を考慮し、有限差分法解析を行った。

図-7に軟岩地山に支保・覆工を打設し、その覆工を弾性
体としてモデル化した場合と塑性体としてモデル化した場合
の内空変位の経時変化を示す。後者については、掘削直
後に発生したモーメント最大値の1.5倍を塑性降伏モーメ
ントとして与えている。その結果、変位量に大きな差が生
じ、また時間を追うごとに内空変位量は増加傾向を示
した。経年による覆工耐力の劣化の傾向を把握して
おり、これを用いることで変状予測が可能となる。

5. おわりに

今後は、解析を用いた変状予測と変状対策施工費
用を重ね合わせることで、合理的な維持管理時期の
提案を行う。さらに、現在のトンネル覆工耐力の表
現方法及び工事価格の変動、補修工法の改善・改良に
よるコストの変化をどのように加味するかを検討し
ていく。

【謝辞】長崎県庁土木部道路維持課小山田氏、(株)CRC
ソリューションズの中川光雄氏から多大なる協力をいた
だいた。ここに記して感謝を表す。

【参考文献】

- 1) 中川光雄、蔣宇静：軟岩トンネル周辺地山の時間依存
性を考慮した有限差分法解析、第32回岩盤力学シン
ポジウム、2003
- 2) 道路トンネル維持管理便覧：社団法人日本道路協会、1993
- 3) 植本ら：膨潤性地山における変形挙動と対策工の効果、
土と基礎、Vol.36, No.5, pp.43-48, 1998

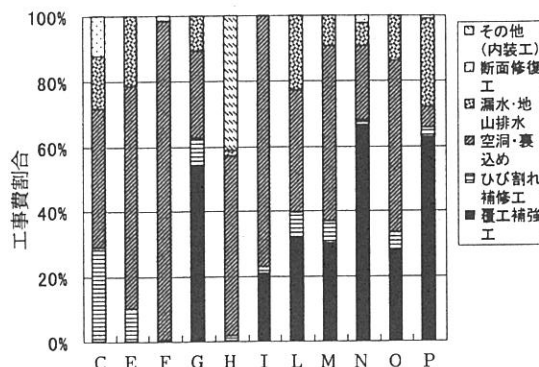


図-4 各トンネルと工事費割合

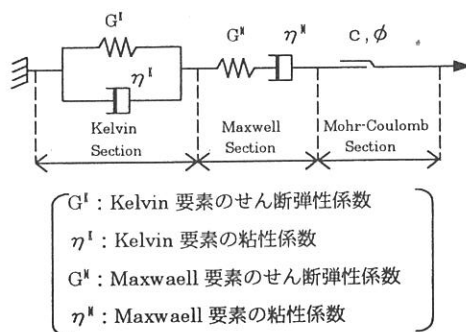


図-5 粘弾塑性モデル

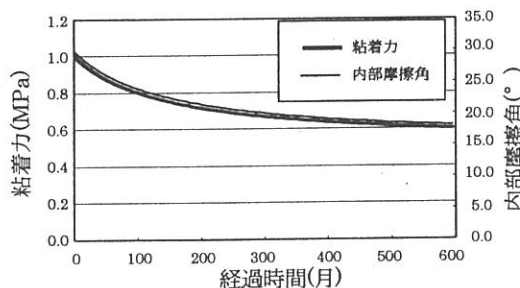


図-6 強度低下の経時変化

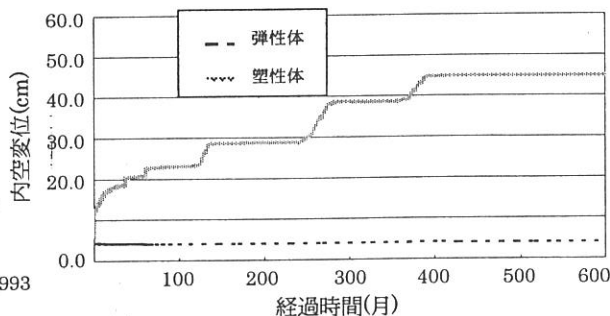


図-7 内空変位の経時変化