

寒冷地トンネルの長寿命化における二次覆工コンクリートの基礎考察

○(株)ドーコン
北海道大学大学院
北海道開発局防災技術センター
(株)地崎工業
(株)エーティック

フェロー会員 岡田 正之
フェロー会員 三上 隆
正会員 川村 浩二
正会員 須藤 敦史
正会員 角谷 俊次

1. はじめに

北海道内では昭和 30 年代後半から山岳トンネルの整備が進んでいるが、現在の社会・経済状態では支保部材の老朽化に伴う補修・改修が増加するものと考えられる。一方、昭和 60 年以降 NATM の普及により、漏水や地山凍結の防止対策などの耐久性は改善されてきているが、今後は支保部材の劣化対策や新設トンネルの耐久性向上に関する検討が急務となっている。そこで北海道土木技術会ではトンネル研究委員会にトンネルマネジメント (TMS) 分科会を組織し、既設・新設トンネルに対する長寿命化およびライフサイクルマネジメント (Life Cycle Management: LCM) に関する技術的な検討を行っている。

本報告は Life Cycle Cost: LCC を目的とした二次覆工コンクリートの現状把握・劣化予測のための長期 B 計測およびコア抜き取り試験結果の一部を紹介する。

2. コンクリートの経年劣化について

経済的な安定成長が望めず、さらには環境負荷低減の必要性が望まれている現在の社会状況下においてトンネルなどの公共（土木）構造物は適正な維持管理を前提とした LCC を行い図-1 に示すように適切な補修・補強を施して残存の耐用年数を極力延ばすことが必要となる。

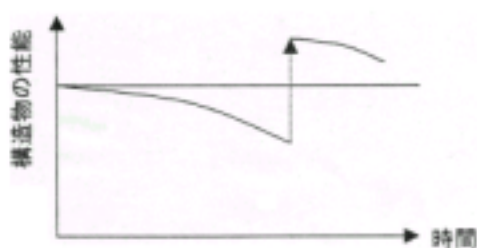


図-1 補強・補修と耐用年数の概念図

(1) コンクリートの劣化機構と劣化過程

既設トンネルの二次覆工コンクリートの長寿命化を考えると、現在における損傷・劣化状態を正確に把握し、さらに今後の劣化の進行を予測することが適切な補修・補強時期を判断する上で重要である。たとえば、コンクリート標準示方書¹⁾では、劣化機構を潜伏期・進展期・加速

期・劣化期と区別して定義している。

しかし、既設トンネルの二次覆工コンクリートが現在の程度の劣化状態にあるのか、また今後どの程度の速度で劣化が進展していくのかを客観的・合理的に評価・推定してゆくことは非常に難しい。

3. 二次覆工コンクリートの長期状況観測について²⁾

北海道のトンネルは冬期の間厳しい気象環境に曝されるため、二次覆工コンクリート（特に坑口）は低温状態による凍害・疲労などが懸念される。

そこで二次覆工コンクリートの中性化・凍害・疲労などの劣化評価および進展を定量的に把握（マルコフ過程における劣化の推移確率³⁾を観測値より同定）する目的で二次覆工コンクリートなど支保部材の長期計測を実施しており、以下に観測結果の一部を紹介する。

(1) トンネル坑口の覆工鉄筋に作用する温度応力

図-2 にトンネル坑口部における二次覆工コンクリート鉄筋の気温変動に起因する覆工鉄筋の作用する繰返し応力の観測値を示す。図-2 より外気温の変動に伴って覆工鉄筋の応力が変動しているのがわかる。

(2) 外気温の変動に起因するひび割れ幅

図-3 にトンネル坑内の二次覆工コンクリート表面に発生したひび割れの気温変動に起因した幅の観測値を示す。

図-3 より、二次覆工コンクリート表面のひび割れ幅は

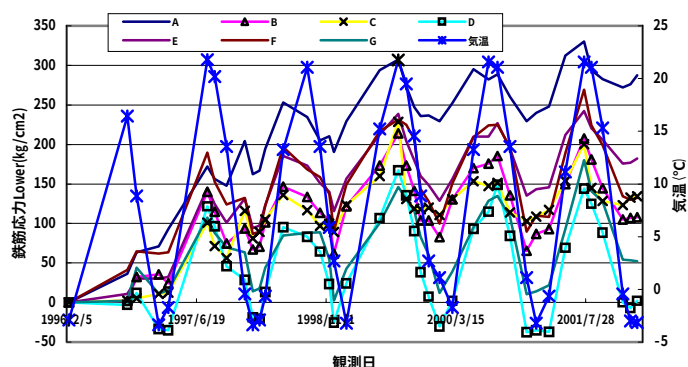


図-2 二次覆工鉄筋の気温に対する応力変動

キーワード： 山岳トンネル、寒冷地、二次覆工コンクリート、劣化、長寿命化、ライフサイクルコスト

連絡先（〒105-8488 東京都港区西新橋 2-23-1 TEL 03-3592-6955 FAX 03-3502-2646 E-mail 1714@chizaki.co.jp）

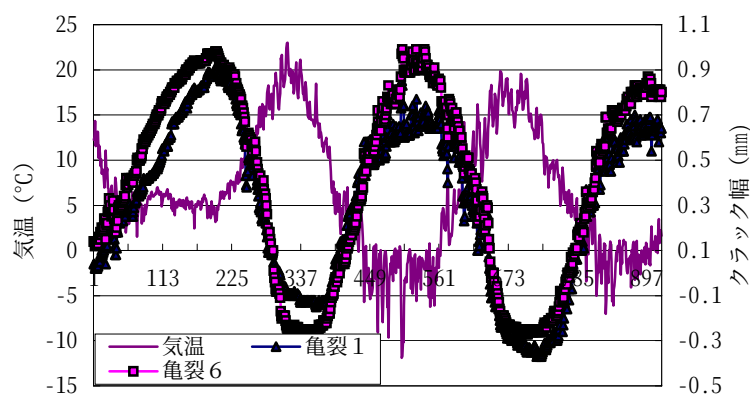


図-3 二次覆工コンクリートのひび割れ幅の変動

冬期には開き,夏期には閉じているのが分かる。

今後は気温変動と凍害・疲労および二次覆工コンクリート表面のクラック進展過程と寒気との関係を明らかにしてゆく予定である

4. 二次覆工コンクリート抜き取り試験について

次に,二次覆工コンクリートの劣化状況および劣化進行度の定量的な把握・評価(マルコフ過程における劣化の推移確率を観測値より同定)を目的として,表-1に示す建設年度の異なる道内4箇所の在来工法の(廃)トンネルにおいて二次覆工コンクリートの抜き取りを実施した。

ここに圧縮強度・中性化深度・推定配合の測定試験結果の一部を示す。

図-4(a),(b)より,経過年数に応じて二次覆工コンクリートの中性化深さは長くなる傾向を示しており,同様に推定水セメント比も大きくなる傾向,加えて一軸圧縮強度では小さくなる傾向を示しているが,まだ抜き取り試験の数が少ないため経年劣化の進行過程の同定には至っていない。

また,トンネル置かれている環境による影響検討も行わなければならない,今後の課題と考える。

5. ま と め

現在の社会的・経済的環境を考えるとトンネルの長寿

命化は必要不可欠であるが,点検・検査・維持管理技術の定量的評価が重要となるのは確実であるため,今後も上記に示した様々な調査・試験を続けていく予定である。

【参考文献】

- 1) 土木学会:2001年制定 コンクリート標準示方書[維持管理編],2001
- 2) 角谷俊次,三上隆,岡田正之,河村巧,須藤敦史:既設トンネルにおける完成後10年間のB計測挙動について,-TMS(旧凍結防止)分科会報告-,北海道土木技術会トンネル研究委員会,トンネル技術研究発表会論文集,2004.
- 3) 森村英典,高橋幸雄:トンネル解析,日科技連,1995.

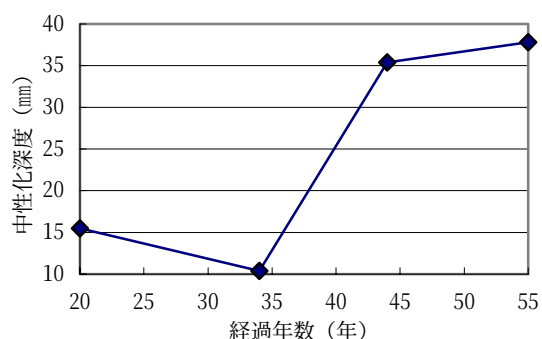


図-4(a) 中性化深さの経年変化

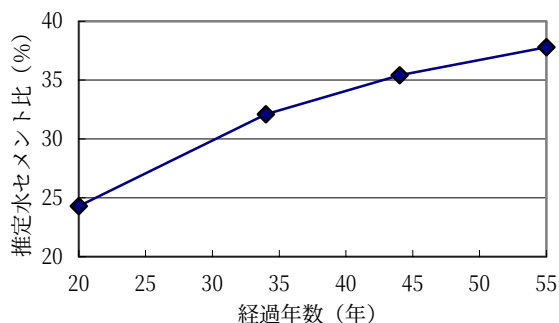


図-4(b) 推定水セメント比の経年変化

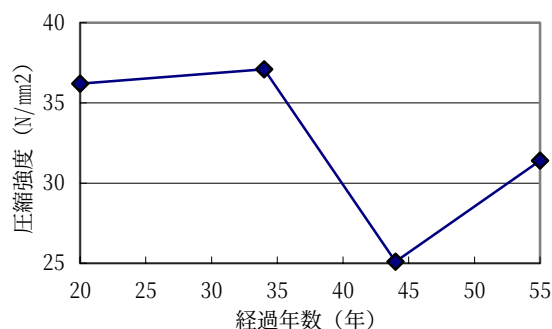


図-4(c) 一軸圧縮強度の経年変化

表-1 調査トンネルの経年数・位置

トンネル名	施工年 (経過年数)	採取箇所
Bトンネル	昭和27~37年 (50~60年)	健全部 起点~220m
		不良部 起点~70m
Kトンネル	昭和34~36年 (43~45年)	健全部 起点~347m
		不良部 起点~106m
Nトンネル	昭和44~45年 (34~35年)	健全部 起点~25m
		不良部 起点~30m
Kトンネル	昭和58年 (20年)	健全部 起点~64m
		不良部 起点~73m