トンネルの維持管理【点検編】
～作ったものは大切に～

土木設計室　山崎　邦広
那須　友昭

1. はじめに

急峻な地形が大半を占める我が県では、道路や鉄道などの交通網の整備にあたり、トンネル・橋梁などの構造物が占める割合が大きくなる。このような構造物は、我々の社会生活において大切な基盤となるものであり、これらの構造物を的確に維持管理を行うことは、生活基盤の維持において非常に重要なテーマとなっている。トンネルにおいては 1999 年の新幹線トンネルの覆工コンクリート剥落事故を契機とし、トンネルの機能や品質、施工方法や健全度評価について再検討されており、最近では、構造物の建設においてイニシャルコストのみを抑えるのではなく、構造物の供用期間中において費やされる維持管理費も含めたトータルコスト（ライフサイクルコスト）を抑える気運が高まっている

当社でもトンネル施工時の安全対策、建設後の点検業務を行なっているが、ここで維持管理の手順について再度整理することにより、今後の業務遂行の参考となるようにまとめた。

2. トンネルについて

トンネルの施工方法は大きく分けて、山岳工法、シールド工法、開削工法の 3 つに分類される。今回は、島根県内で最も多く採用されている山岳工法を施工年度別に紹介する。

①. 1874 年～1950 年代ごろまで

日本における山岳トンネルは、1950 年度以ごろまで、木製支保工を用いて頂設導坑方式で施工されていた。下図は、その当時用いられていた支保工の一例である。覆工としては 1930 年ごろまではレンガ積み、石積み、コンクリートブロックが用いられている。これらを覆工材料として使用したトンネルでは、母材の劣化に加え、目地材（漆喰やモルタル等）の劣化に注意する必要がある。

1930 年頃からは場所打ちコンクリートが覆工材料の主体となっている。

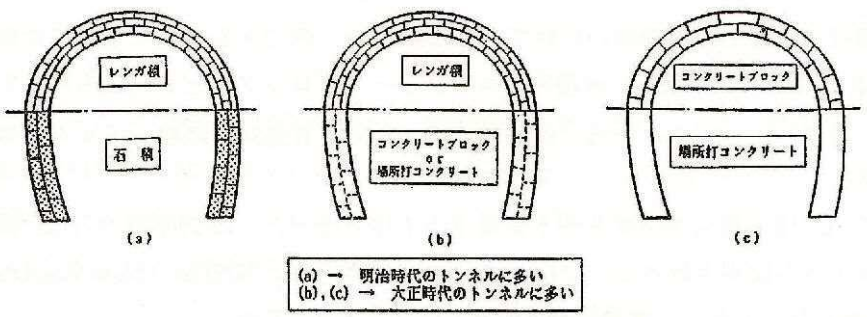
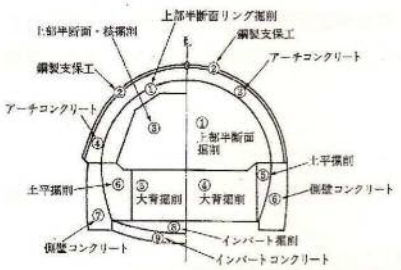


図　1874 年～1950 年代ごろまでの覆工

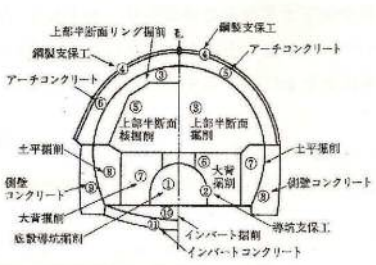
②.1950 年代～1980 年ごろ

1950 年代から鋼製支保工を用いた現在でも見られる矢板工法が採用されるようになっている。矢板工法における代表的な掘削方法を下図に示す。この内、上部判断面掘削工法と底設導坑先進上部半断面掘削工法は、覆工を逆巻きで施工することから、上下の覆工打ち継ぎ部の止水性が悪く、この部分からの漏水が多く発生している。また、側壁導坑先進上部半断面掘削工法は側壁の後にアーチ部のコンクリートを打設する順巻きの工法であり、側壁部の覆工が厚いのが特徴である。

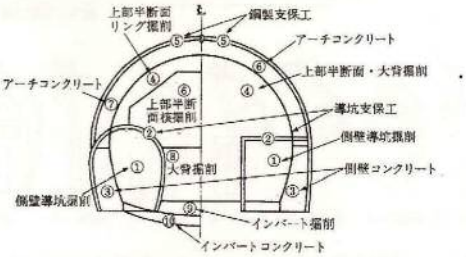
この年代の工法の覆工コンクリートは、トンネル外周の緩み土圧を支える機能を有しており、一般的に地山の良い区間では無筋コンクリート、坑口部や軟弱な区間では、補強鉄筋を入れたコンクリート構造となっている。また、1 本のトンネルで地山の良否により覆工厚が大きく変化している。また、矢板工法では矢板と地山の間に空洞が発生しやすく、巻厚不足やひび割れ等の不連続面が存在する場合には維持管理上特に注意が必要となる。



上部半断面先進工法[4]



底設導坑先進上部半断面工法[4]



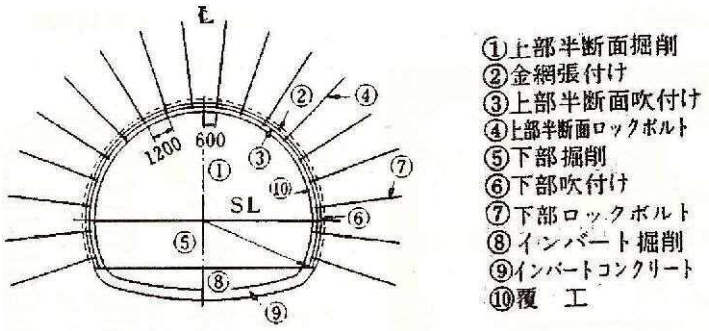
側壁導坑先進上部半断面工法[4]

③.1980 年ごろ～現在

1980 年ごろから現在最も採用されている NATM（New Austrian Tunneling Method）が採用されている。

NATM は吹付けコンクリートとロックボルト、鋼製支保工を支保部材とし、地山と一体で安定性を確保している。NATM でも覆工を設置するのが一般的であるが、山岳部のトンネルでの覆工の機能は美観目的や付加耐力の確保などであり、常時のトンネル構造の安定性を確保するのは基本的に支保工である。そのため、坑口部等の土被りの薄い区間でのひび割れ防止的な目的で補強鉄筋を行う以外では、無筋コンクリート構造であり、1 本のトンネルの巻厚も“ほぼ”一定である。最近では覆工打設技術の向上により、矢板工法のような背面空洞は比較的少なくなっており、更に防水シートの採用が標準となっており、漏水も矢板工法と

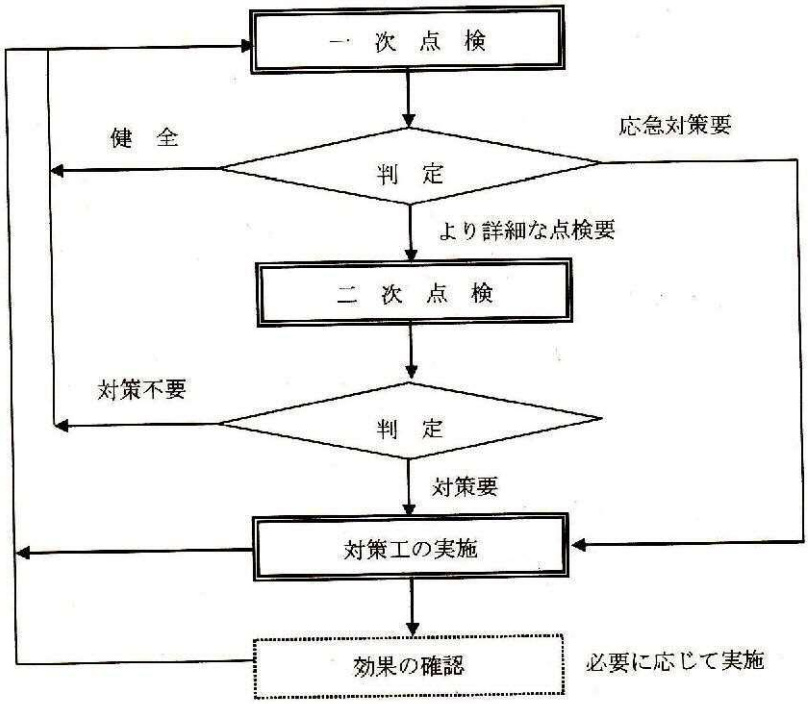
比較し少なくなっている。



NATMによるトンネル[1)]

3. 維持管理の手順

一般的にトンネルは完成後の改築が困難であることから、長期間にわたり使用する必要があり、維持管理の役割は非常に重要なものとなっている。トンネルについての一般的な維持管理フローを下図に示す。



(1) 一次点検

一次点検の頻度は、各事業者により若干異なるが、概ね 2～5 年に 1 回である。これを他のコンクリート構造物と比較すると、トンネルの点検の頻度は高いと判断される。例えば、土木学会の「コンクリート構造物維持管理指針（案）」(1995) によれば、港湾構造物では 3～10 年、道路橋では 5～7 年に 1 回程度である。これは、使用用途によっては落下に対する判定が必要であることや、覆工背面の地質が場所によって異なるため外力の想定が難しいなどの理由によるものと推測される。

一次点検においては、変状の現れを早期に捉えてその状態を把握することが主な目的である。したがって、その方法は覆工表面を直接観察する目視調査とハンマーで覆工表面を打撃しコンクリートの剥離状況等を調べる打音調査が主であり、これらの点検により変状が認められた場合は点検日時や位置、範囲、種類等について記録し、その後実施する二次点検における基礎資料にできるよう変状写真とともに変状展開図等に記録整理するというのが一般的である。また、トンネルの用途によっては、変状の場所および進行性等を管理する目的から、点検日時およびひび割れ、剥離・剥落の範囲等について、チョーク等を用いてトンネルにマーキングする場合もある。

以下に、一次点検の種類や目的、頻度、検査方法等について述べる。

a）初期点検

初期点検とは、構造物完成後の初期段階での状況を把握することを目的として、供用開始前に実施するものである。実施方法は足場や点検車等を用いて、近接目視および打音により行うことを基本とし、さらに構造物建設時の変状や補修履歴などの記録も収集整理する。また、初期点検は、供用後に改良工事等で新規に構造物が建設された場合や、構造物の構造系が大きく変更された場合も同様に実施している。

b）日常点検

日常点検とは、変状などの早期発見を図るために、道路の通常巡回の際に併せて実施するトンネルの全延長を対象とする目視調査をいう。道路上を走行しながら、車中から視認できる範囲のトンネルの状況ならびに道路の利用状況を目視または車上感覚によって把握し、覆工の剥離・剥落、路面等の異常、異常湧水などのトンネル利用者の安全生快適性などに問題が生じてくる可能性のある変状などを早期に発見することを目的とする。なお、必要に応じて車から降りて損傷やその原因を具体的に把握するよう努める。

C）定期点検

定期点検は、トンネルの保全を図るために定期的に実施するものをいう。主に目視および簡易な点検器具を用いてトンネルの全延長を対象とし、例えば、一般国道においては、初回の定期点検については建設後2年以内、その後の定期点検は2年から5年に1回、日本道路公団においては、1年に1回の頻度で実施することとしている。

この点検は、大きなひが割れの発生、ひび割れの急激な進行などのトンネルの耐久性に問題が生じる可能性のある変状の発見等を目的とする。したがって、基本的には徒歩による目視を主体とするが、路面からの目視で確認できない箇所や変状が発見された際には、できるだけ接近して状況を確認するとともに、簡単な点検器具などにより詳細に観察する。また、過去の点検の中で注意が必要とされた箇所に対しては、点検時の記録等を把握の上、異常や進行性の有無を確認することも必要である。

点検の結果は、スケッチ・写真などにより、変状箇所の位置、変状の状況・種類やその時系列的変化などがわかるように整理する。

d）異常時点検・臨時点検

異常時点検・臨時点検とは、日常点検では対応が困難な場合や、地震後および異常気象時の前後など必要な都度行う点検をいい、点検が必要と判断されるトンネルを対象として行う。点検の実施内容や方法は定期点検に準ずる。

e）詳細点検

日本道路公団における詳細点検とは、全ての対象構造物について足場や点検車を用いて、それまでの点検結果や補修履歴を参照して、新たな損傷の発見や損傷等の進行状況を、近接目視および打音調査で把握するもので、交通への影響度等を勘案して5年間隔を標準として実施する。

(2) 二次点検

二次点検は、一次点検で確認された変状に対して、その原因、対策の要否および対策の時期を判定する目的で実施され、個々の変状により実施されるために調査方法も異なっている。

(3) 判定

点検時の変状程度の判定方法は､各事業者により異なるが概ね 3～6 段階に分類されている。その中には定量的基準に基づいて分類できるようになっているものもあるが、多くは定性的基準に基づく分類となっている。

4.最後に

トンネルに限らずであるが、その用途や使用環境・構造条件等により、点検から補修・補強までの維持管理におけるプロセスや留意点が異なる。トンネルの構造・周辺状況を把握することにより、マニュアルによる点検よりも、よりそのトンネルにあった点検を行うことにより、長期使用に耐えるトンネルを維持管理できるものと考える。

当社も今後維持管理に力を注いでいくためには、点検する対象物の知識を深め、業務遂行、維持管理業務の提案を行うことが必要であると考える。

参考文献：トンネルライブラリー第 14 号　トンネルの維持管理：土木学会