

1. はじめに

四国は急峻な山岳地域であり、数多くの山岳トンネルが重要な社会資本として利用されている。しかしこれらの中には様々な素因・誘因により変状をきたし、安全かつ確実に利用できないものがある。

トンネルの変状原因としては、図-1 に示すように大きく区分して①地形・地質・気象等のトンネルを取り巻く環境の問題、②トンネル自体の構造物としての問題のふたつがあると考えられる。



図-1 トンネル変状原因の区分

本文は四国における山岳トンネルの補修事例を紹介し、特に構造的欠陥をもつトンネルの問題点について記述する。

2. 補修事例

①地すべりと凍害により変状したトンネル〔環境の問題：地形、気象〕

本トンネルは三波川帯の泥質片岩の地山からなり、坑口から約 15m の区間が滑動中の地すべりブロック内にある。坑口は標高約 970m に位置し、冬期の季節風が吹き込みやすい北西側を向いている。

覆工巻厚は設計巻厚を概ね満足しているが、地すべりの滑動、インバートの未設置、側壁支持地盤の支持力不足などにより、覆工に顕著なクラックがあるとともに、盤膨れも認められた。

地すべり対策はその規模が大きいことから別途考慮するものとし、トンネルの対策として当面安全かつ確実に利用できるように地山および空隙へのウレタン注入、鋼製支保工およびインバートの設置、高強度吹付コンクリートなどの補強工と補修工を実施した（図-2 参照）。

また一部の区間は、凍害により覆工が劣化し、ハンマーの軽打で簡単に崩れるほど脆くなっている。この区間の補修は、劣化した覆工を除去し、新たに覆工を構築することとした。覆工の材料は施工性と品質（耐凍結融解性）を考慮して混和材（シリカヒューム）を用いた高強度吹付コンクリートとした（図-3 参照）。

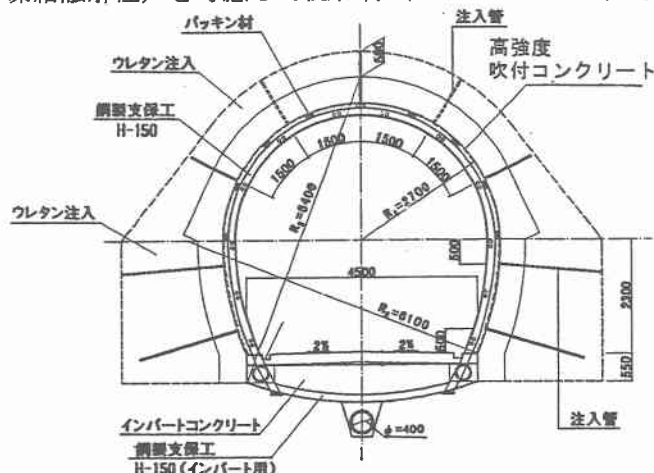


図-2 地すべり等による変状区間の対策

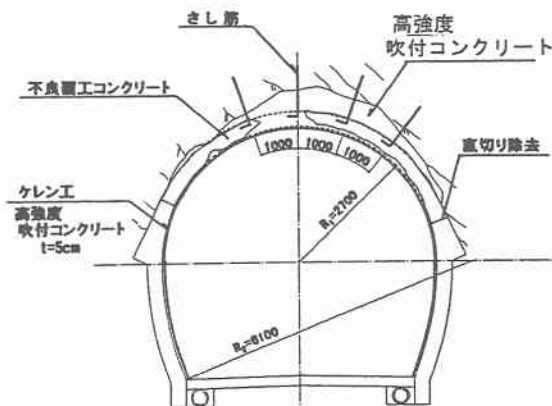


図-3 凍害による変状区間の対策

②施工時に発生したクラックと湧水のあるトンネル〔環境の問題：地形、構造物の問題：構造的欠陥〕

本トンネルは四万十帯の砂岩頁岩互層の地山からなり、坑口部は集水地形を呈している。トンネルの問題として漏水と覆工のクラックおよび覆工背面の空洞が存在した。調査の結果、覆工のクラックは施工時に発生したものと判断した。

補修工としては、漏水防止を兼ねた発砲ウレタンによる裏込め注入工、トンネル周辺の地下水位低下を目

的とした坑内からの水抜きボーリング工、覆工の補修として炭素繊維補強工を実施した（図-4 参照）。

③ 覆工巻厚不足と覆工背面の空洞をもつトンネル〔構造物の問題：構造的欠陥、部材的欠陥〕

本トンネルは、秩父帯のチャートを主体とした塊状硬質な地山からなり、覆工のクラックや湧水は少なく、維持管理上特に問題のないトンネルと思われた。しかし調査の結果、トンネル全線にかけて覆工巻厚が薄く、覆工背面に空洞が認められた。一部の区間では覆工巻厚が5cm以下で、その背面に1m以上の空洞が存在し、突発性の崩壊が懸念された。突発性の崩壊の問題は裏込め注入工を実施すれば解消されるが、覆工巻厚が薄く、裏込め注入時に覆工を破壊してしまう恐れがあった。

そこで補修工は、覆工のせん断補強を目的とした炭素繊維補強工、覆工、裏込め材、地山を一体化させることを目的としたロックボルト工を実施した（図-5 参照）。ロックボルト工は道路を片側通行させる必要から鉛直方向に打設した。なお裏込め注入時には覆工のサポートを目的として仮設鋼製支保工を建て込んだ。

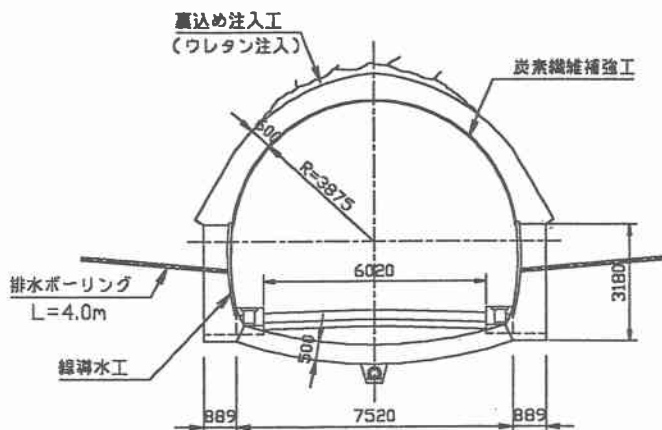


図-4 クラックと湧水の対策

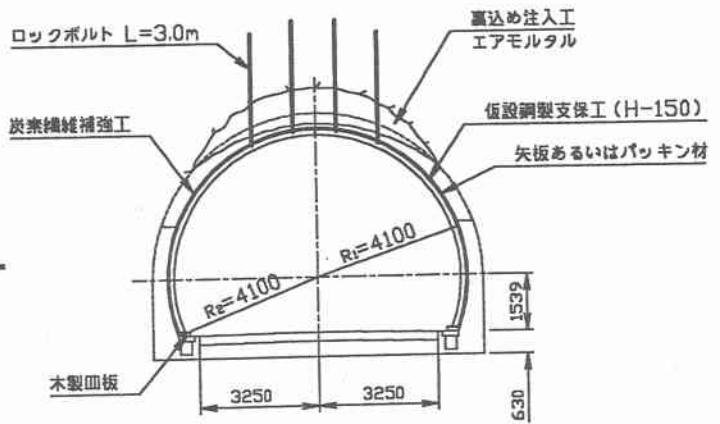


図-5 覆工巻厚不足と覆工背面の対策

④ 無支保のトンネル〔構造物の問題〕

本トンネルは四万十帯の砂岩頁岩互層の地山からなる。トンネルは坑口付近を除き無支保の状態であり、地山が層状岩盤でかつ不規則な節理面が発達していることから地山の崩落の懸念があり、安全に利用できない状況にある。

今後、吹付コンクリートとロックボルトによる対策を実施する計画である（図-6 参照）。なお、吹付コンクリートのせん断補強を目的とし、地山の凸凹との馴染みを考慮してFRP製補強筋を用いる計画である。

3. 構造的欠陥を持つトンネルの問題

一般に地形・地質といったトンネルを取り巻く環境が変状原因となる場合、2. ①に示したトンネルのように変状が顕著であることが多い。しかし良好な環境において施工されたトンネルの中には、2. ③に示したトンネルのように構造的欠陥を有するものがある。この

構造的欠陥は坑内の変状が軽微であることが多く、通常の点検管理では把握できないといった問題があるとともに、突発性の崩壊の危険を有することに留意する必要がある。

したがって、現在維持管理上問題がないとされているトンネルにおいても、再度、構造的欠陥に注意した点検・調査を実施し、必要に応じて適切な対策を行う必要があると考える。

また、環境の問題により変状しているトンネルは、構造物の問題（構造的欠陥、部材的欠陥）が複合していることが多く、変状対策を行う場合には構造物の問題について考慮する必要がある。

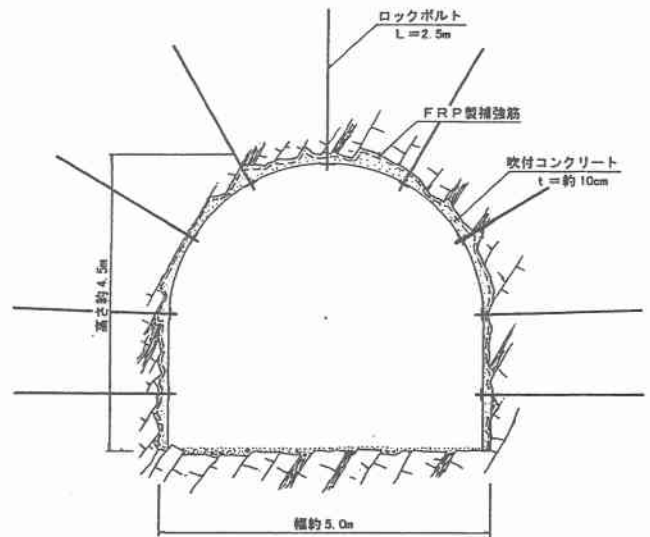


図-6 無支保トンネルの対策