

ケーススタディー

東栗子トンネル補修工事(福島県)

2.4 kmの全線を一度に補修

対象構造物 1966年から利用を始めた長さ2376mの道路トンネル

調査結果 目視調査の後、トンネル覆工のひび割れやはく離、覆工背面の空洞などを調査。トンネル上半部に外力が加わって変形していることが判明した

補修方法 変状の激しい計30mの区間については、NATM工法で覆工を打ち替えた。このほか損傷状態に応じて覆工背面の空洞の充てんなどを行った

先行する補修現場

劣化状況に合わせて計画的に補修工法を選定する体系をつくったり、標準工法の開発に取り組んだりするケースが増えてきた。まずは先行する補修現場の実例から、これから主流になりそうな診断や補修の方法をみていく。



油圧ブレーカーを使って覆工を取り壊しているところ。覆工内部にあった支保工はねじれ、矢板は折れ曲がっていた。右下の写真は、交通を確保するために採用した長さ73.2mのプロテクター。「高さ制限を上回る車の進入を阻止するのに気を使った」と建設省の新田課長は話す
(36ページまでの写真：建設省福島工事事務所)



福島県と山形県の県境をまたぐ国道13号・東栗子トンネルは、1966年に完成した幅員7mの道路トンネルだ。長さは2376m。築後30年以上が経過し、老朽化が進んでいた。

とりわけ、福島側から1500～1600mに位置する延べ30mの区間での変状が著しい。トンネルの水平方向から地圧がかかり、押しつぶさ

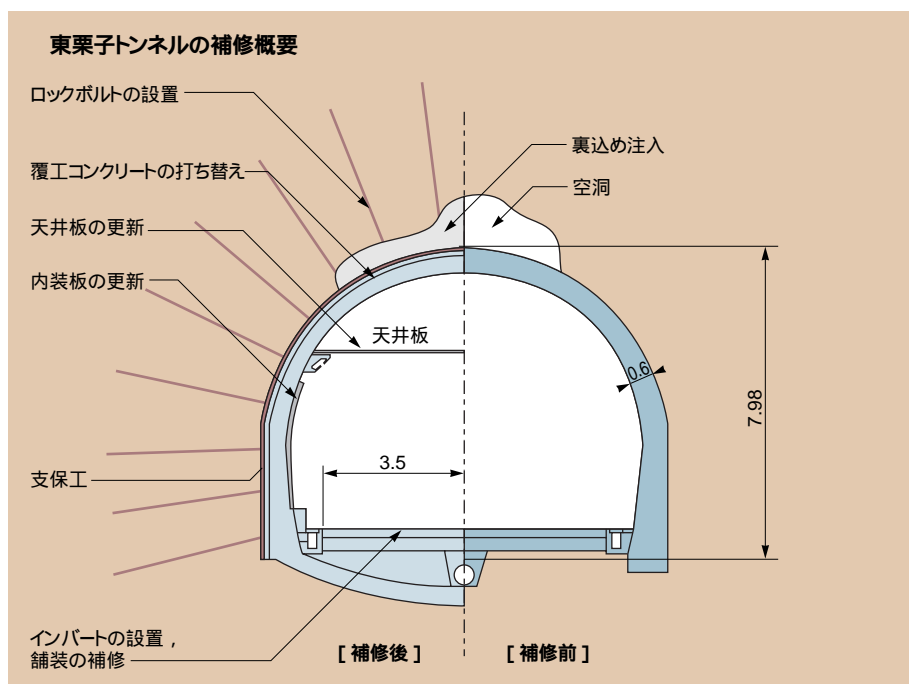
れるような形で、頂部の覆工にひび割れが入り、トンネルの幅は最大で18cmも縮んでいた。内部に設けられた天井板は盛り上がり、天井板を吊り下げる金具は座屈していた。

施工前に実施した調査の結果、地圧はトンネル上半部にかかっていることが判明。トンネルの変状は引き続き起きると予測された。「外力

に対して十分に耐えられるようにトンネルを造り替える必要があった」とトンネルを管理する建設省東北地方建設局福島工事事務所の新田定雄工務第二課長は振り返る。

既存技術を応用

そこで、傷みの激しい30mの区間については、既設の覆工を取り壊



覆工の二次吹き付けの様子。金網を取り付けた部分に、コンクリートを吹き付けた



長さ2376mのトンネルの天井板をすべて取り替えた。ALC（軽量気泡コンクリート）板を使った既存の天井板を撤去し（左の写真）、セメント押し出し成形板を約8000枚据え付けた（左下の写真）。右下の写真は、天井板の工事に用いた移動式のプロテクター。2基使った



して打ち替え，さらにインバートを新設する部分改築に踏み切った。「安全性と確実性という視点から，既存の技術を応用することに落ちついた。トラブルが起きてでも対処できる」と新田課長。従来のNATM工法を利用して補修することにした。

まず，覆工背面の空洞を充てんし，ロックボルトを打設する。次に，油圧プレーカーを使って既設の覆工コンクリートを取り壊し，コンクリートを吹き付ける。そして，支保工を立て込んで金網を張り付けた

後，再びコンクリートを吹き付ける。この作業をトンネルの上半部と下半部で繰り返す。

吹き付けを終えたら，スライドセメントルを据え付け，覆工コンクリートを巻き立てた。覆工を打ち替えた後，既設道路を掘削してインバートを新設。舗装を施して完了した。

覆工の巻き立て方法は，いくつか検討した。吹き付けは短い工期で施工できる半面，はく落する可能性がある。プレキャスト板は，工費面で劣ることがネックとなった。

「例のない長距離」

覆工の打ち替えを含め，延長2376mのトンネル全線にわたって補修している。「これだけ長い区間でトンネルを補修した例はない。交通を確保したまま，どうやって施工するかに頭を悩ませた」と新田課長。

東栗子トンネルのある国道13号は福島市と米沢市を結ぶ幹線道路だ。トンネルを通る車は1日当たり9300台余りで，近くにう回路はない。

当初，夜間通行止めにして施工す

「予想以上の覆工の薄さ」が判明

補修工法を選ぶにあたって、変状の状態や原因をしっかりと把握することが求められる。建設省福島工事事務所は97年、「栗子道路保全・管理検討委員会」（委員長：赤津武男日本大学教授）を設置。その中に設けたトンネル分科会が東栗子トンネルの詳細な調査に取り組んだ。変状の著しい福島側の入り口から1490～1570mの地点を中心に調べた。

主に調査したのは、覆工のひび割れやはく離の状態。目視でひび割れの状態や原因を確認した。91年に実施した調査結果に比べ、ひび割れの本数が増加していることが判明。1年間でひび割れの幅がどう変化するかをモニタリングしたが、特に広がるような傾向は認められなかった。

覆工の厚さや覆工の背面にある空洞についての調査も進めた。地中レーダーやコア抜きボーリングにより、設計よりも覆工の厚さが薄い部分があることが判明。例えば、損傷の激しい福島側から1519～

1531mの地点では、トンネル頂部の覆工の厚さは平均37cm。設計厚さの60cmと比べて60%程度しかなかった。覆工背面の空洞の高さも、平均で53cmに達していた。「建設当時の技術では設計通りに施工できないケースは考えうるが、予想以上だった」（福島工事事務所の新田課長）

覆工から抜いたコアを使って一軸圧縮強度を調べた。劣化の進んだ部分では、圧縮強度は14.1N/mm²。健全な部分の19.3N/mm²に比べてかなり小さい。

内空変位も測定した。断面形状は標準設計形状と比べるとトンネル頂部は盛り上がり、幅は最大で18cm縮んでいた。その後のモニタリングでは、変位に一定の傾向は見られなかった。また、周辺の岩盤に膨張性鉱物がないことも判明した。

「安定した地質での変状は意外」

委員会は、こうした調査結果をもとに、広域な活断層などの影響でトンネルに外

力が加わったのが原因である可能性が高いと推測している。

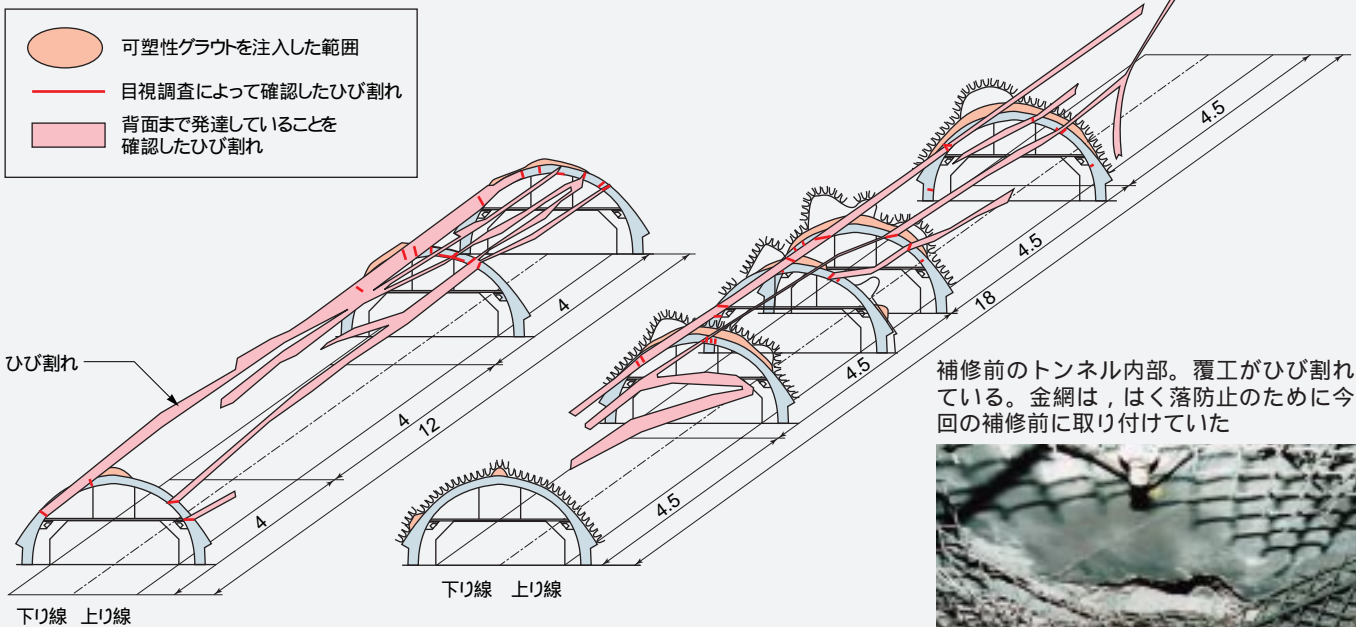
委員会のメンバーの一人である今田徹東京都立大学教授は「トンネル周辺の地質は安定しており、掘削時に問題はなかったようだ。そうした地質に造ったトンネルでも長期的に見ると、地圧で覆工にひび割れが入るような変状も起きうるというのが意外だった」と話す。

下の図は、覆工コンクリートを打ち替えた延べ30mの区間について、覆工のひび割れ状況を記録したものだ。

覆工の表面に見られる幅が2mm以上のひび割れの大半は、覆工の背面まで貫通していた。表面にひび割れがなくても、背面にひび割れが発生している個所も見つけた。さらに、ひび割れ面に沿って5～10cmの厚さで中性化が進んでいた。

既設の覆工コンクリートの内部にあった支保工はねじれ、トンネルに加わった圧力の大きさを物語っていた。

打ち替え部の覆工ひび割れの様子



補修前のトンネル内部。覆工がひび割れている。金網は、はく落防止のために今回の補修前に取り付けていた



る案も検討したが、周辺地域に対する経済的な損失が大きく見送った。

トンネル内の換気のために設置していた天井板が工事を難しくした。走行中の車に対して空気を補給する機能を生かす必要があり、天井板を壊せないからだ。

そこで採用したのが、プロテクターと呼ぶ通行車両の仮防護設備。覆工を打ち替えた区間に幅4m、高さ4.1m、長さ73.2mのプロテクターを使用。長さ6.1mの12基に分けてトレーラーで搬入し、1基当たり15分で所定の位置に据え付けた。

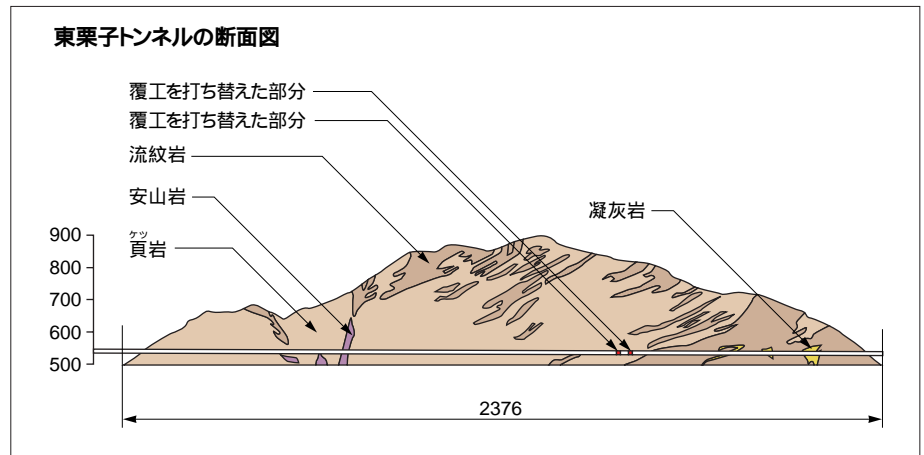
エアパックで裏込め充てん

残りの区間でも覆工の損傷状態に応じ、様々な補修工法を採用した。

例えば、覆工にせん断力によるひび割れが生じた場合は、ロックボルトを打設。幅2mm以上のひび割れがある場合は、エポキシ樹脂を注入した。表面が中性化などで劣化していた部分は、コンクリートをはった後、樹脂モルタルを塗布した。

併せて、覆工背面に生じた空洞に充てんした。可塑性のエアモルタルを使用したエアパックと呼ぶ工法を採用し、計3638m³のエアモルタルを注入した。充てん性がよく、水に希釈されない性質を持つ。

「いろいろな補修工法を実際に施工してみて、わかったことは多い」と建設省の新田課長は話す。例えば、樹脂モルタルの塗布による表面処理。変状が進むと予測されるこの現場では、樹脂モルタルがはく離する恐れがあることに加え、覆工の劣化状況を見ることができなくなるの



東栗子トンネルで実施した対策方法

補修工法	施工内容	施工距離
部分改築	NATM工法で覆工コンクリートを打ち替え、インパートを取り付けた	30m
ロックボルト	トンネル縦断方向にせん断力によるひび割れが入った部分に施工。損傷程度に応じて打設本数を変えた	726m
ひび割れ注入	幅2mm以上のひび割れに対し、エポキシ系の樹脂を注入。漏水防止が目的	1488m
断面修復	覆工をはった後に、樹脂モルタルを厚さ2～3mmで塗布。ジャンカや中性化で劣化した部分に施工した	102m
裏込め充てん	覆工背面の空洞に可塑性モルタルを充てん。他工法と組み合わせて施工した	216m



ロックボルトの打設状況。長さ4.5mのロックボルトを約3800本、使用した

覆工のひび割れに、エポキシ系の樹脂を注入して補修した

が課題になった。

こうした経験から、福島工事事務所では、劣化したコンクリートは原則的にたたき落とすだけとし、さらに補修が必要な場合は、ステンレスの板を当ててステンレスのボルトで留める方法を採用している。

【工事の概要】

名称 = 東栗子トンネル補修工事
 施工場所 = 福島県福島市飯坂町地内
 発注者 = 建設省東北地方建設局福島工事事務所
 コンサルタント = 日本建設技術社
 施工者 = 大成建設
 主な専門工事会社 = 寿建設(覆工打ち替え)、山柿工業(ひび割れ補修)、麻生フォームクリート(裏込め注入)
 工期 = 1999年2月～12月
 工費 = 22億4700万円