

特集 / コンクリート構造物の耐久性向上に向けた取組み

東北地建管内の トンネル補修・補強・改築の事例

建設省東北地方建設局道路部道路管理課長

やま と つね や
大和 恒哉

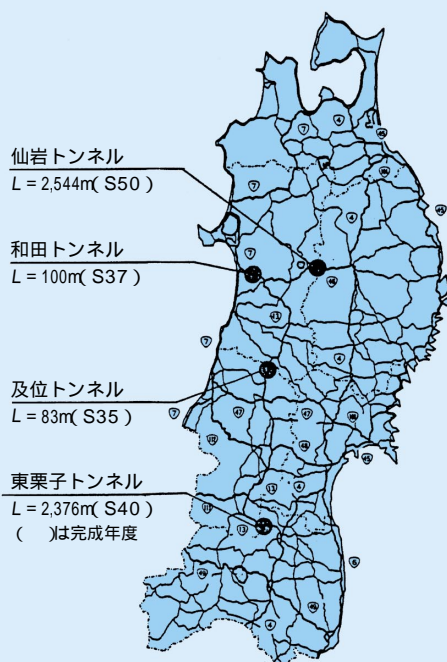
1. はじめに

東北地方は、広大な土地、豊富な水・緑などの自然環境にめぐまれているが、その反面、南北にいくつかの山脈が連なり、しかも全面積の約8割

が豪雪地帯と厳しい自然環境下に位置している。

東北地建管内では約2,600kmの国道管理のうち約73km、131カ所のトンネル（延長の5割近くが1,000m級以上の長大トンネル）を管理しており、これらの約8割は従来（矢板）工法により施工されたもので、6割のトンネルが完成から25年以上の経過で老朽化も進み、維持管理コストも年々高くなる傾向にある。特に、福島・山形県境の東・西栗子トンネルや岩手・秋田県境の仙岩トンネル、三陸地方の急峻な沿岸部のトンネル群は、大規模な補修・補強、付属施設類の更新を実施しており、本文では、補修・補強について、改築事例も含め報告する。

図 1 位置図



2. 事例報告

(1) 一般国道13号 東栗子トンネル (L = 2,376m)

供用されてから30年以上を経過してきた結果、各種施設の老朽化が著しく、一部区間では外力の影響と思われる覆工コンクリートの変状・せん断クラックを含む多数のひび割れが発生し、天井板隆起による吊り金具の座屈等が確認され、「栗子道路保全管理検討委員会」を設置し検討を進め、

補修・補強等を実施した。

① 変状と原因

覆工コンクリートには、ほぼ全長にわたり亀裂が見受けられ、一部には側壁部が内側に变形（最大変位約18cm）し、天端部が押し上げられる状態となり、変状が最も顕著な区間ではアーチクラウン部の圧さをはじめはく離が進行し、覆工コンクリートが一部破壊され、これにより天井板も変形していた。これらの変状要因の特定は難しいが、地山の側圧に伴う覆工変状発生の可能性が高く、具体的には、施工時直後のトンネル周辺の応力状態が安定・不安定の限界的状態の中で、矢板工法による覆工天端部の充填不足による空隙が残り、時間的経過とともに緩みが進行、アーチ部サイドの押出しにより天端部に応力が集中、塑性領域（破壊・ゆるみ領域）を拡大し強度の劣化を生じさせたことが考えられる（図 2、写真 1、2）。

② 補修計画

日交通量が1万台近い重要な幹線道路であり、近くに迂回路がないことから最低限の交通確保が必要なこと、豪雪地帯での冬期施工を避ける必要があること、補修工事に最低8カ月を必要とすることなどから、降雪期を避けた期間（4～11月）での集中工事を実施した。

写真 1 天井板が突き上げられ、吊り金具が挫折・変形

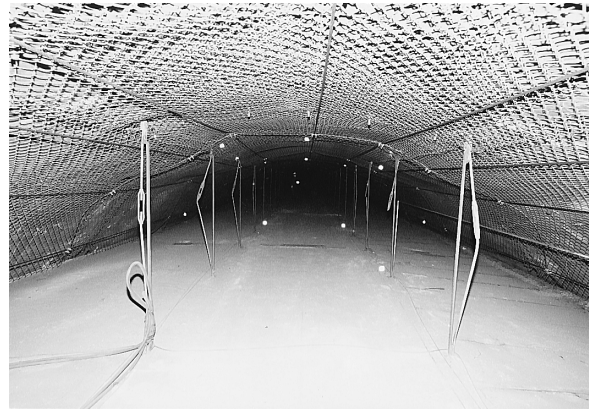


写真 2 覆工亀裂の著しい箇所は落下防止ネットで防護してから工事を実施



③ 対策工法

「道路トンネル維持管理便覧」の変状対策工法選定の目安によれば、裏込め注入工、ロックボルト

図 2 変状イメージ図

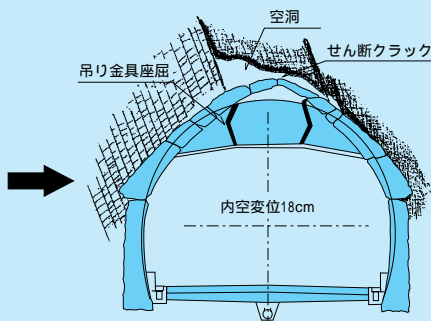


図 3 対策工断面図

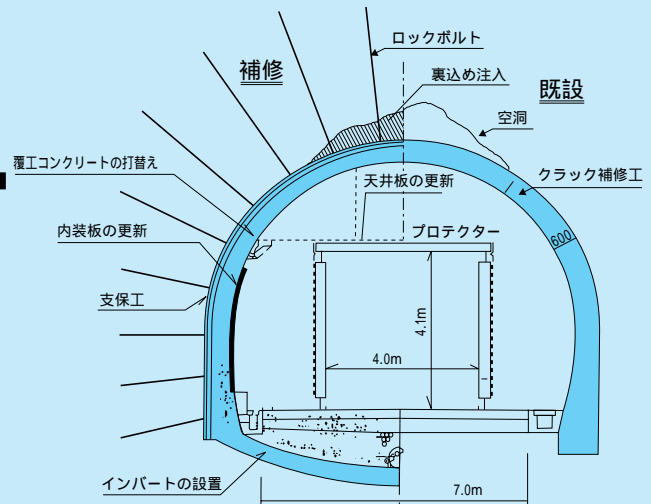


表 1 東栗子トンネルで実施した対策

補修工法	施工内容	施工延長
部分改築	NATOM工法で覆工コンクリートを打ち替え、インバートを設置	30m
ロックボルト	せん断クラック部分に施工	726m
ひび割れ注入	エポキシ系樹脂を注入	216m
断面修復	ジャンカや中性化での劣化部分に樹脂モルタルを塗布	102m
裏込め充填	覆工背面の空洞に可塑性モルタルを充填	1,488m

写真 3 油圧ブレイカーでの覆工取壊し状況



ト、インバート工が有効と考えられるとしているが、その効果を期待できない程度までアーチ部覆工が変状している30mの区間については、施工前に実施した調査結果で、地圧によるトンネル変状は引き続き起きうると予想されたため、外力に十分耐えられる恒久的な対策が必要とされた。そのため、裏込め注入とロックボルトを先行施工した後、既設覆工を取り壊し、NATOM工法による全面打替え+インバートの構築を実施した。

④ 交通対策

覆工の打替えを含め、延長2,376mのトンネル全線にわたる補修を実施することから、特殊車両の通行規制と終日片側交互通行規制を約8カ月間連続で実施した。全面打替えや天井板更新には、施工の安全性や通行車両防護のためのプロテクターを使用し、交互通行時における通行車両前後には先導車を配置することで通行車両の安全対策を確実なものとするとともに、事前広報(テレビ、

写真 4 交通を確保するために採用したプロテクター



ラジオ等)を幅広く実施した。また、交通規制を最少限に抑えることとし、「栗子道路リフレッシュ工事」と名打って、換気・照明等の付属施設の更新、舗装修繕工事を同時実施した。

(2) 一般国道46号 仙岩トンネル
(L=2,544m)

奥羽山脈を縦断する有数の豪雪地帯に位置し、供用から20年以上経過した現在、せん断クラックを含む多数のひび割れ発生や路面・監査路の浮き上がりも一部に見られることから補修・補強を実施した。

① 変状原因と対策工法

一部の劣化や脆弱化した地層部において、クラックや側壁とアーチ部の継ぎ目のずれが発生、監査路・路面にも浮き上がり(最大約10cm)が発生し、これらの原因として地質不良層を貫いていることに起因するところの偏土圧や膨張性土圧の作用、粘土化による支持力不足、背面空洞の影響が考えられることから、土圧の増大や盤膨れ等への対策としてインバートによるトンネル閉合、緩み領域の拡大防止策として裏込め注入を行った。また、インバート施工時の既設トンネル不安定化防止のため、ロックボルトを施工した。

② 交通対策

特殊車両の通行規制と終日片側交互通行規制を約7カ月間実施したが、短区間単位での施工が可能であったことから、一般的な交通規制形態にとどまっている。なお、付属施設等の更新については、東栗子トンネル同様に同時実施した。

図 4 対策工断面図

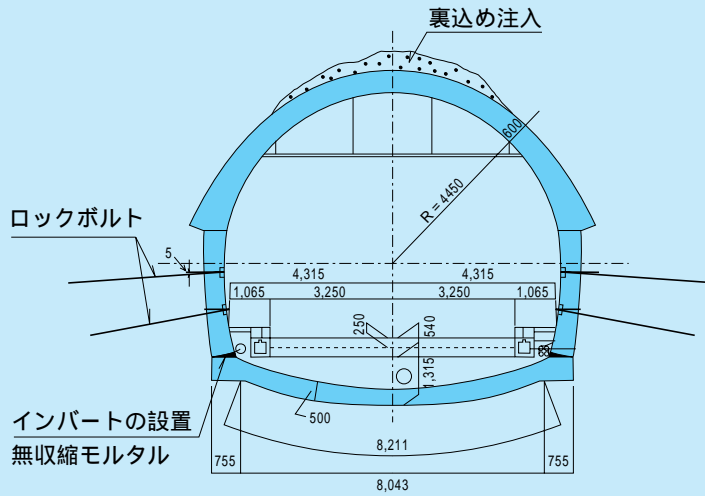
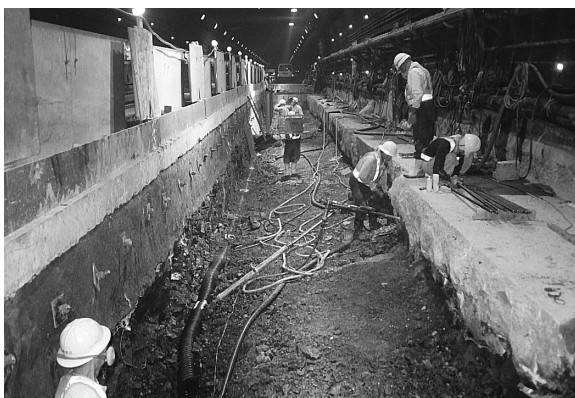


表 2 仙岩トンネルで実施した対策

補修工法	施工内容	施工延長
部分改築	ロックボルトで覆工コンクリート側壁部を補強し、インバートを設置	92m
ロックボルト	斜め横断クラックが入った部分を中心に施工	198m
裏込め充填	覆工背面の空洞に可塑性モルタルを充填	175m

写真 5 片側交通規制しながらのインバート掘削



(3) 改築事例

昭和30年代に建設された幅員の狭小なトンネルは、近年の車両の大型化に対応するため、改築による拡幅も数件実施している。ここでは、迂回路確保によるトンネル拡幅とバイパス工事に伴って

の供用トンネル上部の切土施工事例について報告する。

① 一般国道13号 及位トンネル ($L = 83\text{m}$)

昭和35年に供用した大型車のすれ違いが困難なカーブトンネルで、交通事故も頻繁に発生していることから、迂回路確保による全面通行規制下で拡幅工事を実施したものである。

トンネルは大規模な地滑り地形内の舌端部に位置し、山側にはJRトンネルが2本(1本は廃止)施工されている中で、現状は地滑り等の進行はほとんどなく安定している。しかしながら、迂回路工事やトンネル拡幅工事に伴い地山の安定状態を崩す恐れがあることから、山側に抑止杭による地滑り安定対策工事を先行し、その後迂回路工事・トンネル拡幅工事を実施した。トンネルは小規模であるが、土被りの薄い未固結地山のため、切羽の自立・地耐力の不足・偏土圧等の影響が考えられることから、補助工法として注入式長尺先受工法(AGF工)、上半脚部補強工法(AGP工)としてレッグパイル・ロックボルトを用い、機械掘削により施工され平成13年3月に完成供用した。

② 一般国道13号 和田トンネル ($L = 100\text{m}$)

河辺バイパスが既設トンネルをかすめる線形(トンネルの一部が撤去され、明り部として利用される)で計画されたことから、既設トンネルを

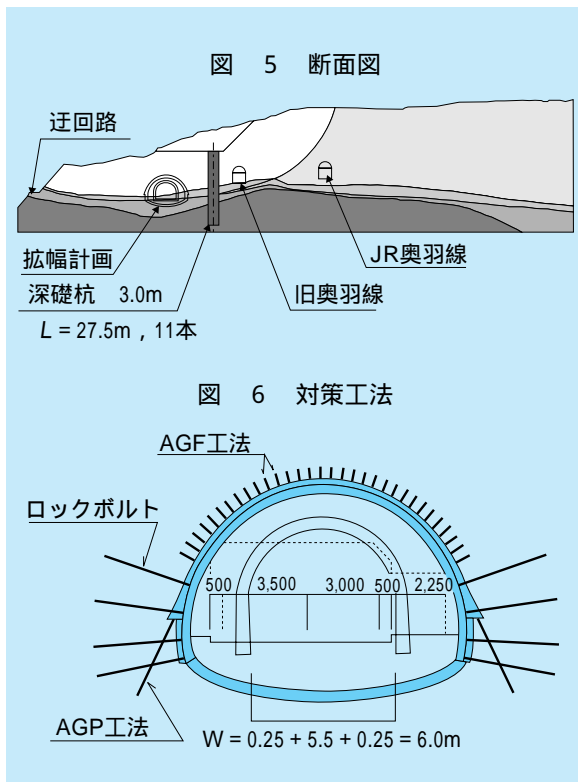


写真 6 AGF 施工状況



交通供用しながらトンネル上部面の切土施工を行い、バイパスへの交通切替えを行ったもので、近接切土がトンネルに及ぼす影響について、動態観

写真 7 交通切替え前の状況



測と FEM 解析による調査を実施した。

結果的には、解析値と実績値がほぼ一致を見た結果となり、このことは、トンネル上部土塊の除荷と側方切土のバランスをとった施工を行うことで、かなりの近接度での切土が可能と判断される。

3. おわりに

一般的なトンネルは、地域間交流を支える山地部に位置しており、交通の要衝としての機能確保が重要な課題である。特に老朽化したトンネルを多く抱える現状においては、点検手法を確立させ、定期的な点検の実施とカルテによる履歴管理を行うことで適切・効率的な対応が可能となる。また、補修技術や補修資材の開発に重点的に取り組むとともに、トータルコストや防災の観点からは、改築時のルート計画、工法選定、補強対策など維持管理を見通しての対応が重要である。

図 7 切土（段階施工）の施工順序

