

第3章 補修・補強技術

3.1 補修・補強技術の実態

(1) アンケート結果の分析

補修・補強に関するアンケート結果の技術全般に関しては前章で示されているように集計がなされている。ここでは、個々の技術に着目してLCCを考慮した補修・補強技術の例を取り上げるとともに、同様の目的を図った特徴的な施工事例を紹介し、その分析を行う。

a) LCCを考慮した補修・補強技術

LCCを考慮した補修・補強工法の提案技術として、セメントボードを使用した埋設型枠工法、金属固有の電位差を利用して防食電流を流す電気防食工法、コンクリートに塗布するだけで表面を改質する改質剤等の例が見受けられる。長期耐久性を確保し、メンテナンス費用を低減させることによってLCCの低減を図る技術開発が進められている。

① 埋設型枠工法

埋設型枠にポリマー含浸コンクリート、レジンコンクリート、繊維補強コンクリートなどの耐久性の高いコンクリートを使用することで、補修対象部材の耐久性を向上させて構造物の長寿命化、LCCの低減に寄与する技術である。

埋設型枠の性能には、耐摩耗性、凍結・融解抵抗性、耐腐食性・耐候性、遮塩性、靱性などがあり、対象とする部材や環境条件に応じて様々な工法が適用可能である。

詳細：巻末資料 No. 9 PICフォーム、No. 52 ASフォーム

No. 58 スムースボード工法、No. 85 サポートライニング工法

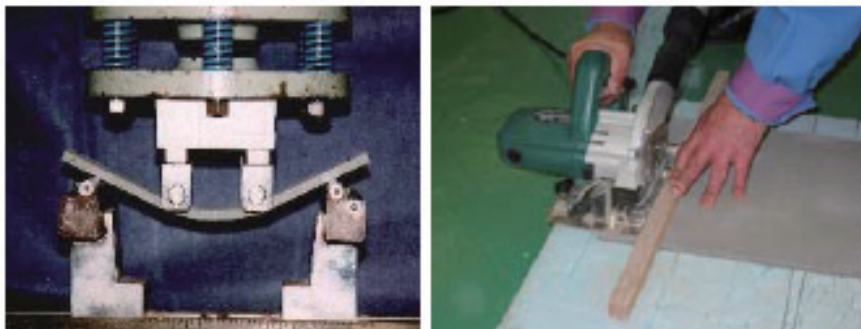


図-3.1.1 スムースボード

② コンクリート表面改質剤

コンクリート表面に塗布・含浸させることによって、吸水防止層を形成して塩化物等の劣化因子の浸透を防止するコンクリート表面改質剤である。これら表面改質剤は、施工に特殊技術を必要とせず、表面被覆工に比べて経済性に優れているため工事費の低減に寄与する材料と言える。

詳細：巻末資料 No. 17 StoCryl HG200、No. 55 T&C 防食 - 塩害用 -、No. 57 リアルガード

No. 63 マジカルリペラー



図-3.1.2 リアルガード



図-3.1.3 マジカルリペラー

③ 電気防食（流電陽極方式電気防食）

コンクリート構造物の電気防食を行う場合、通常は外部電源方式とするが常時電気を供給しておく必要があり設備、メンテナンスコストが増大する。そこで、犠牲陽極材を設置して補修部と未補修部との間に生じるマクロセル腐食を防止する流電陽極式電気防食技術が開発されている。鉄筋部分に犠牲陽極材を結束するだけのタイプ（ガルバシールド）、アルミニウムパネルをコンクリートの表面に設置するタイプ（ALAPANEL）がある。双方とも外部からの電力供給が必要ないために、電源設備が不要となり、メンテナンス上も有利な技術となっている。

詳細：巻末資料 No. 64 ガルバシールド、No. 69 ALAPANEL 工法

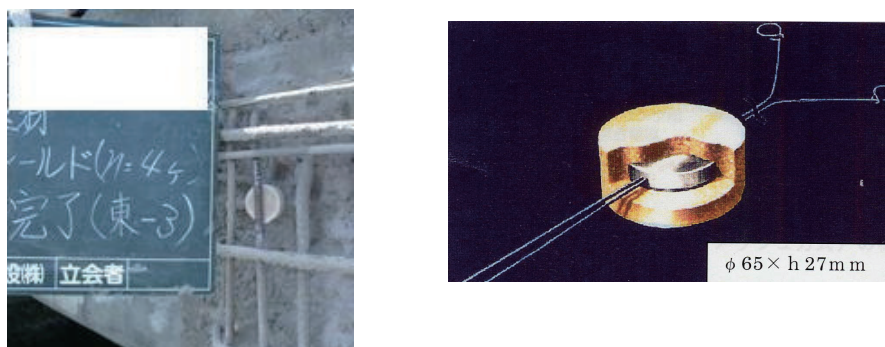


図-3.1.4 ガルバシールド

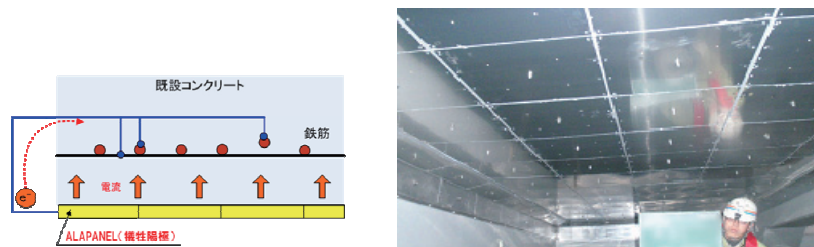


図-3.1.5 ALAPANEL 工法

b) 特徴的な施工事例の紹介と分析

① 施工環境（水中、狭小 等）に応じた補修・補強事例

激しい腐食性環境の中（海中、飛まつ帯）に設置されている構造物（ボックスカルバート）に施されていた防食塗装に対して機能低下が懸念された事例があった。その構造物を調査・補修するにあたって水中での調査・補修を検討したが、調査・確認方法、施工の確実性に難点があったため仮締切を設置して締切内をドライとすることで調査・施工を確実なものとした。周辺地山が岩であったために鋼矢板による工法は採用できなかったため、根入れが不要な工法を採用した。対象構造物に適した仮設方法の検討を行うことが本補強工事のポイントとなった例である。

断面修復等には施工性の問題から吹付けモルタルを使用する例が多い。通常は湿式が用いられるケースが多いが、資材置き場を確保できないような狭小な場所では、モルタルを製造する場所の確保が難しくなる。この場合には搬送距離を長距離とした乾式吹付け工法を採用することによって、施工性の向上を図ることが可能となる。補修対象構造物および作業エリアを考慮に入れた最適な補修方法を提案することによって、短期間、高品質な補修が可能となった。

このように、調査・補修に関する業務を施工ヤードまで含んだ施工全体からとらえて対処する技術が採用されている。

詳細：巻末資料 No. 28 NDR 工法、No. 88 乾式吹付耐震補強工法

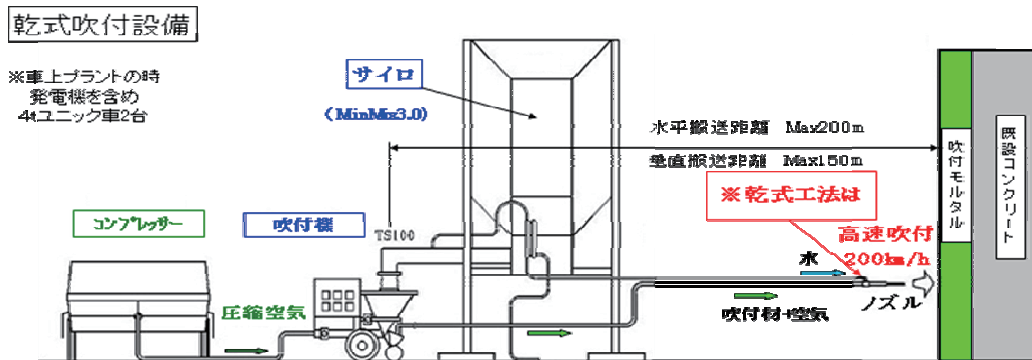


図-3.1.6 乾式吹付け設備

② 工数の削減、工期短縮を図った事例

断面修復の際にFRPパネルで表面被覆を行う事例がある。断面修復後に表面被覆を行う工法に比べて、工数が減少するとともに工期を短縮することが可能である。パネルが軽量で通常の型枠材と同じような施工性を持たせ、型枠材の設置、取り外しの手間を省略することにより、工期短縮を図っている。また、連続炭素繊維シートを内蔵したパネルによりコンクリートの補強を行う事例がある。こちらも炭素繊維シートを直貼りする工法に比べて現地での施工工数を削減して工期の短縮を図っている。

これらのパネルはイニシャルコストこそ高くなるが、耐久性の高い材料を使用することでメンテナンス費用を低減できるという付加価値がある。

補修・補強工事では施設の早期供用、施工期間の限定など、工程面の制約が大きく、技術開発にあたっては更なる施工性の向上で工数の低減や工期短縮が求められる。

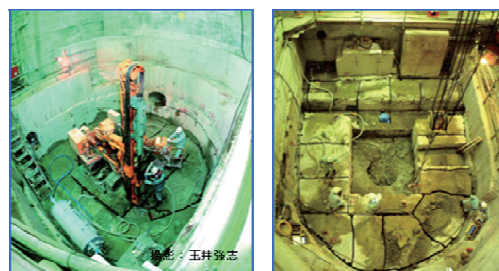
詳細：巻末資料 No.13 FRP 永久型枠工法を用いた断面修復
No.82 N' パネル工法

③ 既設躯体の健全度評価、影響低減工法の検討採用を行った事例

水力発電所において、2基の発電機の内、1基を稼働させながら他の1基を交換する業務において、解体時の振動、解体物の形状、配筋状態を考慮に入れて解体工法を検討した。基礎の解体時にはスロットドリルで連続的なスロットを岩盤に空けて掘削する工法を採用することにより無発破で振動を与えずに掘削を行った。また、柱部等の再利用部材に関しては、再アルカリ工法を用いることによって、長期耐久性を確保することとした。

このように、豊富な施工経験と構造計算上のノウハウも有し、総合的な観点からの補修・補強工法を検討することは重要である。

詳細：巻末資料 No.27 SD工法を利用した電力基礎解体工事



■発電所のコンクリート基礎の取替え
老朽化した発電機基礎を更替するため、SD工法を利用してコンクリート基礎を除去。稼働している他の発電設備への影響を最小限に抑えて、除去

図-3.1.7 発電所コンクリート基礎の取替え

④ LCC を考慮した水中施工の事例

取水管に海生生物が付着すると取水量の低下をもたらすために、2年程度で行う定期点検時に付着海生生物の除去を行うことが不可欠であった。機械的方法（除去ロボット）、物理的方法（紫外線照射）、化学的方法（塩素処理、過酸化水素水）、生物的方法（溶菌酵素）等を検討した結果、海生生物の付着が少なく水中施工が可能であり、かつ、パネルを設置するだけで対応できるマップルパネル工法を採用した。除貝までの取水量の低下の抑制および除貝・産廃処理にかかる費用の低減を図ることができるために、LCC を低く抑えることができる。

このように、構造物の特性、作業に関する制約等を十分理解して、LCC を低く抑えることができる工法を多方面から検討・採用することが肝心である。

詳細：巻末資料 No.31 マップルパネル工法

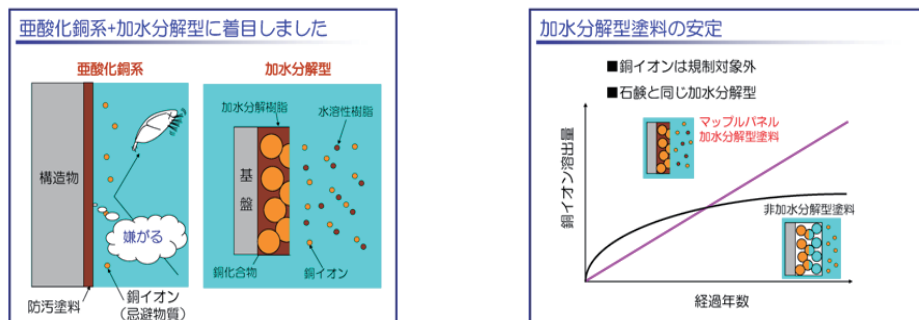


図-3.1.8 マップルパネル工法

(2) 総合建設会社の補修・補強技術の特長

a) 特定の現象や部位を対象とした技術

補修・補強技術自体は専門工事会社が高度な技術を有しており、その部分のみに着目すれば専門工事会社に直接発注することは妥当であると思える。しかし、施工時の情報（使用材料、施工順序、施工方法等）から工法を選定し、環境影響評価も含めて検討できるのが総合建設会社の得意とするところである。稼働中の発電所での解体技術および根入れ不要な仮締切り工法等、特殊な条件下での施工、構造物自体の構造的理解度等を考慮に入れた場合、計画、仮設から補修（施工）までの一貫した流れに対応できる総合建設会社に優位性があると考えられる。対象構造物によっては、総合建設会社自体でも補修・補強工法を有している場合もあるので、より効率的な補修・補強工事が行えると考えられる。

b) 他分野からの応用技術

補修後のモニタリングや調査等で、光ファイバー、電磁波、超音波等の技術が用いられている。元来、光ファイバーは通信施設、電磁波、超音波等は航空管制用レーダーや金属類の探傷技術などに使用されていたものが土木構造物のモニタリング、調査等に転用されたものである。

補修材料自体もエポキシ樹脂等系材料であり、化学分野からの転用品といえる。土木構造物は長期耐久性が必要とされるので、セメント、ケイ酸質系等の無機系材料が有利となるが、躯体の変形への追随性、充填性、接着性等の優位性から採用されるようになり、現在はエポキシ樹脂系材料が主流となっている。

このように、建設業界全体で他分野の技術に関する知識を深めるとともに、積極的に採用を図ってあらゆる調査・補修技術として確立している。

c) マネジメント技術

水路工事のように、施工時期の制限を受け短期間で施工する必要があるようなケースおよび複数の補修・補強工事を同時に行うケースでは、複数の作業班を投入して並行して作業を行う必要がある。また、発電所の改修工事などで、同一箇所に複数の業者、企業体が同時に施工を行うことがある。複数の協力業者を統括して、他の企業体との連絡調整を行いながら補修・補強工事を円滑に遂行することが重要であると考えられる。

d) 総合的な技術

マネジメント技術と関連するが、複数の業者、技術を総合的に検討して最適な補修・補強工法および業者を提案することが重要であると考えられる。また、橋梁に関しての例であるが、橋の点検データの蓄積から劣化予測、コスト算出、管理水準の設定、対策工事の優先順位の評価、予算計画の作成までをトータルで支援するシステム等の技術が運用されている。

以上のように、構造物の劣化状況に合わせてLCCを考慮した補修・補強工法の提案、補修後のメンテナンスに関しても提案・実施する能力が必要とされる。

e) 特定の材料を使用した技術

構造物の表面がそれほどの損傷を受けてはいない場合に、表面改質剤を使用してコンクリート躯体を改質し耐久性を向上させる方法。より耐久性の高いPCパネルや鋼製パネルを用いることによって断面の減少を最小限に抑え機能低下を最小限に抑える方法。狭隘な場所での耐震補強に人力で運搬、組立てができる、かみ合わせ継手を用いた耐震補強工法。これらのように、対象構造部、施工環境に合わせた材料の選定から工法選定に至るまで数々の技術が提案されている。

f) 専門工事会社との提携

多種多様な工法の使い分けが補修・補強工事を行うためには重要である。総合建設会社は、施工経験が豊富であり、技術力、マネジメント能力とも高いレベルを有している。専門工事会社は特定の補修・補強技術に対しては高いレベルを有しているため、それらと有機的に連携することによって耐久性のある補修・補強工事を実施することができる。また、炭素繊維シートによる橋梁補修・補強、吹付けコンクリートを用いた断面修復工法、硫酸腐食に対応した防食工法等メーカーに対して、発注者とともにニーズを与え、共同で種々の工法を開発している。

このように、専門工事会社との連携、メーカーとの連携を通して、耐久性がありLCCの低減が図れるような工法、材料を選定することが重要である。

(3) 技術開発の傾向

a) 補修・補強工事の位置付け

補修・補強技術は、構造物の安全性、使用性、第三者影響度等の性能がさまざまな要因により低下した際もしくは耐震性のように要求レベルが建設時より高める必要が生じた際に必要となる。コンクリート構造物の補修技術についてみると、中性化や塩害、アルカリ骨材反応、化学的侵食、疲労、摩耗といった様々な劣化要因に対し、劣化部位の回復もしくは補修後の劣化因子の遮断等を目的とした技術が必要となる。技術開発の傾向としては、ひび割れ補修、断面修復、表面被覆・含浸といった補修における核となるそれぞれの要素技術において、工事の合理化や補修後の耐久性向上のために新たな材料や施工方法に関する技術開発がなされている。当然、各劣化因子、環境によって求められる性能は異なり、また、劣化コンクリートの除去方法など周辺技術も含めた技術が必要となる。

b) 得意分野における開発

補修、補強工事の特徴としては、その構造物の立地環境や新設時の施工方法に起因するコンクリートの品質が補修効果に影響を及ぼすことが挙げられる。すなわち、既設構造物の劣化部分を取り除いて健全なものに交換、劣化因子の遮断層を設けるなど、補修、補強工事のいずれにおいても、既設構造物と何らかの方法で一体化を図る必要がある。このため、例えば、トンネルの覆工コンクリートを考えても構造形式や施工方法によって、構造物の状態はかなり異なることが予想され、この状態を的確に把握して、施工計画を立案し施工することが、選定した工法の耐用年数を発揮させる上で重要である。また、補修・補強作業における施工条件やその後の作用環境を適切に考慮して施工することが必要である。これらを考慮すると、当然のことではあるが、各社が得意とする構造物に対する補修・補強技術が開発されていると考えられ、構造物の様々な条件を想定し、実際の施工を考慮した技術開発がなされている点が総合建設会社における補修、補強技術の特徴の一つと言える。

c) LCC を考慮したコスト低減

構造物の補修・補強においては、どんなに優れた技術であってもそれ単独で構造物の機能を回復または向上させることはできないため、様々な要素技術が必要であるとともに総合的な評価が可能なシステム技術が必要である。評価にあたっては、そのときの投資費用だけでなく、予定供用年数を考えたライフサイクルコスト（LCC）を含めた評価が必要となってくる。LCC についてはその概念が提言されて久しく、更新時の投資が多少高くなってもトータルでの費用が最小となるような維持管理方法が有効であることは、概念的には理解されていても、実際の補修・補強工事へ十分に導入されているとは言えないのが現状と思われる。この原因の一つとしては、既設構造物も含め、補修・補強後の供用年数の予測に対する精度の問題が払拭できないことが挙げられる。よって、技術開発した補修・補強技術の耐用期間を証明できる信頼性の高い評価技術、劣化予測技術の開発が合わせて重要であると思われる。

(4) 電力設備において要求される課題

a) 工期の短縮

電力施設としては、水力、火力、原子力発電施設、送電、変電、配電のための土木構造物などが挙げられ、補修・補強技術に要求される課題は対象とする構造物で異なってくると考えられる。

水土木施設である水路トンネルにおいて、一定の期間の抜水、発電停止を行って補修・補強を行うことになる。このため、利益損失に繋がる断水期間を短縮することが要求されることから、機械化による急速施工技術の開発が行われている¹⁾。例えば、コンクリートのはつり作業とコンクリート打設作業を機械化して工期短縮を図った事例がある。一方、近年においては補修・補強工に適用できる新材料の開発が行われており、そのひとつである超高強度繊維補強コンクリートは耐摩耗性等の耐久性に優れ、これを高耐久・高耐摩耗の埋設型枠とし、既設構造物との間に充填する補修・補強工が水路トンネルに利用された事例もある。これらの新材料を用いた補修・補強工事においても時間的および空間的な制約が大きい水路トンネルにおいては、作業の自動化や機械化等を行って、迅速かつ確実に施工できる技術の開発が必要である。

b) 合理化

一方、火力、原子力施設における土木構造物としては、取放水路暗渠、電気洞道、護岸上部工等があるが、そのほとんどが沿岸域に存在することから、劣化要因としては塩害が主体となる。塩害の対策工としては、表面被覆、断面修復、電気防食工、打換えなどの工法が構造物の劣化状態において選定されることになるが、水路暗渠では水路トンネルと同様に発電停止を伴っての施工となることから、施工の合理化が課題になると考えられる。また、電力施設では、構造物の安全性を許容できる状態、すなわち劣化が顕在化した段階で補修・補強工事が実施されることが多いと考えられる²⁾。よって、大規模補修・補強工となるケースが予想されることから、この観点からも施工の合理化が必要である。

c) 品質の確保

水土木施設における水路トンネルでは、補修・補強の目的は外力に対する安全性や耐摩耗性の確保であり、火力施設等では塩害に対する耐久性の確保であると考えられ、対象構造物によって要求される性能は異なってくる。ただし、いずれの構造物においても、その立地条件、また適用する補修・補強工に応じて設定された供用年数を満足することが重要となる。これらの補修後の耐久性は、施工条件等によって変化することも考えられるため、これらの影響も含めて補修・補強後の耐久性予測技術の高度化、ならびに設定した性能を確実に発揮させるための施工管理・品質管理方法の確立が必要となる。

3.2 施工計画事例

損傷原因が劣化だけでなく構造を含めた多岐にわたる場合には、現状の調査診断により、周辺環境や力学的な検討まで行って補修・補強工法を選定しなければならない。さらに施工期間が限定されることが多いため、短期間に資材や労力を投入する施工計画を立案する必要がある。このような事例を以下に紹介する。

(1) 施工事例-1 (トンネル改修事例)

a) 工事概要

① 経緯

某水力発電所放水路トンネルは、内径 4m、総延長 8,357mのうち 7,058m を TBM 工法、残りの 1,299m を NATM 工法により施工された。トンネル工事完了後、直ちに通水され発電所の運転が開始された。

運転開始後、発電所本体のメンテナンスのため一時通水を中断した際、放水路トンネル内の臨時点検が実施され、トンネル内の各所にクラック発見された。

TBM 区間におけるトンネル形式は円形の無圧トンネルで、覆工構造は無筋コンクリート（覆工厚：t=250 mm）であった。施工方法は、TBM にて掘削後、コンクリートを充填し、地山に密着した覆工を構築する方法であった。これより、土圧が大きい場合や覆工前に地山変位が収束していない場合には、覆工コンクリートにひび割れ等の変状が発生する恐れがあった。また、現在では放水口部の河床が土砂等の堆積により上昇してしまっているため、放水時にはトンネル天端まで水位が上昇し、一部区間では「内水圧」として作用する状態となっていた。

その後の覆工調査では、覆工コンクリートの変状状況（目視観察）と合わせて覆工背面探査（レーダー探査、ボアホールカメラによる観察）を行った。この調査結果をふまえて、将来的なトンネルの恒久対策工（補修・補強）を検討した。

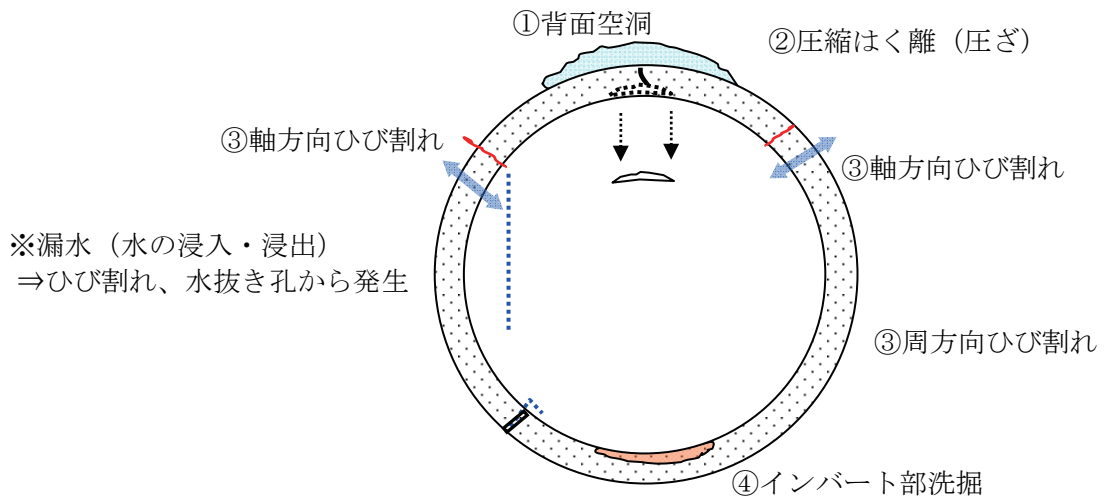


図-3.2.1 覆工コンクリート変状概念

② 工事期間および作業時間の制約

電力供給停止期間(停電期間)である 10月15日～12月15日の間に実施した。前後にはあらかじめ準備作業が必要であった。

③ 対策工の提案

既に変状の発生している箇所への対応や、今後トンネルを供用していく上での懸案事項を踏まえて、恒久的な対策工を検討する上でのポイントを以下に整理した。

- ・外力による（進行性の）変状に対する対策：土圧対策工
- ・覆工コンクリートのひび割れに対する対策：ひび割れ対策工
- ・内水圧に対する対策：覆工作用圧力の低減対策・補強対策

b) 土圧対策工

① 背面空洞充填工

1) 施工法の選定

トンネル覆工に対して、作用荷重を均等に作用させるために背面の空洞を充填し、トンネルの安定を図ることを目的とした。背面空洞充填工として使用される裏込め材の比較表を表-3.2.1に示す。

表-3.2.1 裏込め注入材の比較表

工法分類		可塑性 モルタル	可塑性エア モルタル	発泡ウレタン	普通モルタル
工法・製品名		スペースパッ ク工法	エアパッ ク工法	ウレタン	セメント・砂
亀裂からの漏洩		○	○	○	△
水中分離性		○	○	○	×
圧縮強度 (N/mm ²)		△ 2~7*	△ 1.5	△ 1.0(12倍発泡)	○ 20~40
密度(比重) (t/m ³)		△ 1.3~1.5	△ 1.14	○ 0.1	△ 2.0
耐久性		○	△	△	○
経済性		中位 (4万円/m ³)	中位 (4万円/m ³)	高価 (15万円/m ³)	安価 (3万円/m ³)
評価	連続・湧水有	○	△	△	△
	限定・湧水有	△	△	○	×
	連続・湧水無	○	○	△	○

- ・可塑性モルタル(スペースパック)は比較的適切な材料ではある。但し、岩盤状態によっては従来配合よりも強度の高い配合を検討する必要がある。
- ・可塑性エアモルタルは可塑性モルタルに比べ密度はやや小さいが、強度が低く、大量施工にはやや不向きである。
- ・発泡ウレタンは局所的な充填や作業性に優れるが、発泡倍率によっては低強度となり、セメント系材料と比較して耐久性に劣る。
- ・普通モルタルは覆工コンクリートと同等程度の強度は確保できるが、湧水がある場合には分離しやすく、漏洩が多い。

2) 対策工の施工対象区間

原則として、今回の覆工調査結果により背面空洞が確認された箇所全てを対象とした。

② 内巻補強工

1) 施工法の選定

トンネル覆工に対して、内面に新たな補強構造体を新設し、既設覆工の耐力を増強させる。工法によっては、補強構造体のみで想定される外力(荷重)を受け持つことも可能である。

内巻補強工として使用される工法の比較表を表-3.2.2に示す。

表-3.2.2 内巻補強工の比較表

工法分類	①コンクリート 内巻補強	②管更正による 内巻補強	③PCパネルによる 内巻補強
工法・製品名	現場打ち、吹き付け	SPR、バルサム工法	PCL工法
工法概要	既設覆工の内面にコンクリートの打設や吹き付けコンクリートによる増厚を行う。また、コンクリートには補強材として、金網の設置や鋼繊維補強コンクリートとすることがある。	既設覆工コンクリートの内面に硬質塩化ビニル製のプロファイルを設置し、既設管との隙間に裏込材を注入することで、一体化した強固な複合管を構築する。	既設覆工コンクリートの内面にPC製のライニング版を設置し、隙間に裏込材を注入する。PC版の厚さや鉄筋量により、想定荷重に対応する設計を行う。
施工性	△	○	○
品質	○	◎	◎
特徴・留意点	内空に余裕のある場合に用いられる。セントルや成型版を型枠として用いる。狭隘な作業空間では施工性はかなり低下する。	施工時の水替え作業が不要で、施工性は良い。局所的、断片的な改築ではコストが割高となる。粗度係数の改善効果は優れる。	重量物のため専用の運搬装置が必要となる。工場製作につき品質は良好である。
経済性	安価 (50万円/m)	高価 (80~100万円/m)	やや安価 (50~60万円/m)
判定	○	△	○

2) 対策工の施工対象範囲

圧縮はく離（圧ざ）の変状が確認されている箇所、側圧の増大による進行性ひび割れが発生している箇所を対象とした。

③ 地山改良工

内巻補強工とあわせて、覆工背面の緩んだ地山からの土圧を低減させるために、地山状況に応じて「注入式ロックボルトによる岩盤補強」を内巻補強工の事前対策工として検討する。施工対象区間は、内巻補強工の対象区間とした。

④ 洗掘防止対策工

1) 施工法の選定

覆工調査結果によれば、損傷範囲が比較的小さく、洗掘深さが10mm~50mmと浅いため、表-3.2.3に示すように工法比較を行った結果、高強度ポリマーセメントモルタルによる断面修復を選定した。

表-3.2.3 洗掘防止対策工 選定比較表

項目	鉄板張工による洗掘防止	高強度ポリマーセメントモルタルによる断面修復	セメント成型版による洗掘防止
工法・製品名	—	—	ダクトル、サクセム
工法概要	コンクリート面に鉄板（鋼板）を取付けし、内部にモルタル等を充填する。	洗掘箇所を高強度ポリマーセメントモルタルを充填（断面修復）する。	コンクリート面に成型版を取付けし、内部にモルタル等を充填する。
耐衝撃性	○	○	◎
耐摩耗性	○	○	◎
施工性	△	○	○
維持管理	△	○	○
経済性	△	○	△
総合評価	小規模	△	△
	大規模	×	○

2) 対策工の施工対象範囲

洗掘された箇所は放水時の水圧により洗掘や劣化が進展しやすいため、洗掘が認められた箇所全てを施工対象とした。

c) ひび割れ対策工

発生しているひび割れが進展・閉合することに起因するコンクリートのはく落を防止するために、「ひび割れ対策工」についての検討を行った。

① 施工法の選定

各ひび割れ対策工の施工対象の目安を表-3.2.4 に示す。今回の調査結果におけるひび割れの発生状況から、対策工の施工対象を以下に示す。

- ・ 0.2 mm未満のひび割れ：原則として対策工なし
但し、漏水が発生しており、背面地山の劣化に起因する可能性が大きい場合には、表面処理工法若しくは注入工法を実施する。
- ・ 0.3 mm～1.0 mmのひび割れ（貫通ひび割れ）：注入工法
- ・ 0.5 mm以上のひび割れ（貫通、変動幅大）：充填工法

表-3.2.4 ひび割れ補修工法の目安

ひび割れの 変動	ひび割れ幅	ひび割れ補修工法		
		表面処理工法	注入工法	充填工法
小	0.2 未満	○	△（漏水の場合）	
	0.2～1.0		○	
大	0.5 以上			○
対策工の採用			○	○

② 注入工法

ひび割れ注入材は大きく有機系(主にエポキシ樹脂系)注入材、無機系の注入材に分類される。各分類による、ひび割れ注入材の比較選定表を表-3.2.5に示す。

表-3.2.5 ひび割れ注入材比較表(案)

項目	エポキシ樹脂系注入材		無機系注入材		
	1種	3種	水中	超微粒子	ポリマーセメントスラリー
収縮率 (%)	3以下	3以下	3以下	3以下	3以下
ひび割れ幅	0.2~5.0	0.2~5.0	0.2~5.0	0.2~2.0	0.8~5.0
伸び率 (%)	10以下	100以上	—	—	—
接着力	○	○	○	△	△
粘度	低粘度	低粘度	低粘度	—	—
ひび割れ追随性	×	○	×	×	×
湿潤箇所への適用	×	×	○	○	○
経済性	△	△	△ 10~12千円/m	○ 8~10千円/m	○ 8~10千円/m
総合評価	×	×	○	△	△

トンネル内部は漏水や湿潤状態になっており、無機系またはエポキシ樹脂系の湿潤面用タイプの注入材を選定した。ただし、ひび割れ幅が大きく(0.5mm以上)可動するような箇所については充填工法にて施工する必要があった。

③ 充填工法

0.5mm以上の比較的大きなひび割れについては充填工法による補修を実施した。これは、ひび割れに沿ってUまたはV形にカットした後、このカットした部分に補修材を充填する方法である。ひび割れに動きがある場合は、ウレタン樹脂やシリコン樹脂などのシーリング材(目地材)や可撓性エポキシ樹脂などの変形追随性の大きな材料を充填した。動きがない場合はポリマーセメントモルタルを充填した。

d) 内水圧対策

覆工コンクリートに作用する「内水圧」に対して、以下の観点から対策工の検討を実施した。

- ・内水圧を低減させる(作用させない)ための対策を行う
- ・現在の覆工コンクリート内側に、内水圧に対抗できるような補強構造体を構築する。

① 作用水圧を低減させる対策

- ・放水口部の河床堆積物を浚渫して河床を下げるにより当初計画高まで水位を低下させ、トンネル覆工に内水圧の発生を抑制する。
- ・トンネル覆工に水抜き孔(ウイープホール)を設置して、水位上昇を防止する。

⇒岩盤の良好な区間で、水による劣化の影響がない区間に限定される。

② 覆工コンクリート内側に補強構造体を構築する対策

1) 施工法の選定

前述したように、現在の覆工構造(無筋構造、覆工厚 $t=250$ mm)に内水圧が作用する場合には、コンクリートに作用する「引張応力」に対抗するための対策工が必要となった。

当時の放流状況は、すでに満水位となっている区間が存在していることから、所定の水量を確保するためには、「土圧対策工」で提案した覆工厚を増加させることにより引張応力を増強する対策工(内巻補強)よりも、現在の内空断面をできるだけ侵さないように覆工内面を補強する対策工(内面補強)が望ましいと考えられた。

内水圧に対する内面補強工の選定表を表-3.2.6に示す。これにより、耐圧性や耐久性に優れ、水路トンネルの補強対策として施工実績も多いことから、「鋼板巻立」による内面補強工を選定した。

2) 対策工の施工対象範囲

内水圧の作用状況、内水圧が作用する区間における覆工背面の岩盤性状、既設覆工の残存耐荷力（劣化状況）等により、対象範囲および補強仕様が決定されることから、これらの事項に関する調査・検討が別途必要であった。

表-3.2.6 内水圧に対する内面補強工の比較選定表

項目	繊維シート接着による内面補強	鋼板巻立による内面補強
概要	繊維シートを覆工内面に接着し、既設のコンクリートと一体化させて耐力の増強を図る。	曲げ加工された鋼板を覆工内面にアンカーボルト等で固定・接着し、既設のコンクリートと一体化させて耐力の増強を図る。
利点	<ul style="list-style-type: none"> ・内空断面、粗度係数に与える影響は小さい。 ・覆工耐力をある程度強化することができる。 ・経済性は優れる。(5万円程度/㎡) 	<ul style="list-style-type: none"> ・内空断面、粗度係数に与える影響が小さい。 ・鋼板厚を増加させることにより、覆工耐力を強化することができる。 ・鋼板とコンクリートの間にはエポキシ樹脂やモルタル等を充填し、より一体化した補強構造を構築できる。 ・かなり高価である。 ⇒一般的な使用で5万円/㎡以上。 防錆塗装やSUS仕様では10万円/㎡以上
適用性	<ul style="list-style-type: none"> ・材料は軽量であり、施工性は良い。 ・湿度の高い箇所の施工では、付着力の確保が困難である。 ・鋼板と比較して、補修材の長期耐久性は劣る。 	<ul style="list-style-type: none"> ・繊維シートと比べて、外圧に対する耐荷性能はかなり大きい。 ・耐久性を高めるには素材の選定が必要となる。(SUS製、防錆塗装等) ・繊維シートと比較してかなり高価である。
評価	×	○

(2) 施工事例-2 (水力発電所改修事例)

a) 水車撤去工

① 工事概要³⁾

某発電所は昭和16年の運転開始後60年を経過し、これまで保守点検を行いながら安全運転が行われてきたが、水車各部の摩耗および亀裂が確認されたため、余寿命診断において早急な対策が必要とされた。

工事は、水車基礎解体・撤去、水車基礎打替工の後、再アルカリ化工法および断面修復工を含む梁・柱の補強工が行われた。

同改修工事では既設水車基礎解体・撤去において「SD工法」(詳細：巻末資料No.27)、発電所内の既設梁・柱の補修には「再アルカリ化工法」を採用した。

② 工法比較

同工事のようにコンクリート構造物を低振動で解体する工法として、SD工法を含め表-3.2.7に示す工法が一般に比較の対象となる。

③ SD工法(Slot Drilling Method)の概要⁴⁾

本工法は、既設構造物や機械設備等に近接しているコンクリート構造物の改築・解体工事に伴う振動や粉じんを抑制し、既設の構造物に損傷を与えない工法である。施工手順は、まず2連式油圧ドリルである「スロットスター」を用いてコンクリートの解体部分の外周にスロット(溝)を形成し縁切りを行う。その後、ブレーカや油圧くさびを用いて破砕、あるいはダイヤモンドワイヤソーを用いて切断することによりコンクリートを解体する。スロットスターの外観を図-3.2.2、機械仕様を表-3.2.8、併用する破砕機械や切断装置の組合せ例を図-3.2.3に示す。



図-3.2.2 スロットスターの外観

表-3.2.8 スロットスターの機械仕様⁴⁾

1. 重量	220kg	6. 打撃回数	2600~2700bpm
2. 全長	1470mm	7. 回転数	0~180min ⁻¹
3. 全幅	250mm	8. 作動油圧	打撃圧 Max 15.7MPa
4. 全高	330mm		回転圧 Max 7.8 MPa
5. ロットセンターよりの高さ	120mm	9. 水消費量	60l/min

表-3.2.7 コンクリート切断工法の種類と特徴⁴⁾

工法名称	スロット削孔機による連続溝形成	ダイヤモンドワイヤーソー切断	ブレードソー（ウォールソーまたはフラットソー）による切断
工法の概要	 <p>回転打撃式の小型スロット削孔機により上図のような径65mmの孔が連続した形状の連続溝（スロット）を削孔する</p>	 <p>切断対象物にダイヤモンドワイヤーを環状に巻きつけ高速走行させて切断する工法</p>	 <p>切断面に走行用ガイドレールを固定し、そのレールにソーイングマシンを装着し、ブレードの高速回転とソーイングマシンの移動によって、対象物を切断する工法</p>
振動等	低振動、低粉じんであるが、騒音は発生する	低振動、低粉じんであるが、騒音は発生する	無振動、低騒音、粉じんも少ない
適用性	マスコンクリートの連続溝穿孔に有利。鉄筋コンクリートへの適用にやや難あり	大型鉄筋コンクリート構造物の切断が可能	レールに沿って切断するため正確に切断するのに優れている
現場条件の制約	他の切断工法と比べて装置が大型である 7m×7m×4m(高さ)程度の作業スペースが必要	切断対象物に制約がなく、複雑な形状物の切断が可能であるが、ワイヤーを巻き付ける必要があるため、コアドリルとの併用も多い	本体は小型・軽量であるため持ち運びが自在で、作業スペースの狭い現場でも高い性能と機動力を発揮する
安全	特に問題はない	遠方操作で水中構造物、狭い場所、高所での切断が可能	遠隔操作が可能のため、様々な状況下で安全に作業可能
施工能力	無筋コンクリート 1.2~2.7m ² /h	中配筋の鉄筋コンクリート 0.4~0.9m ² /h	中配筋の鉄筋コンクリート 切断深さ：100mm~350mm、0.15~0.18m ² /h
単価	無筋コンクリート 2.8~5.2万円/m ²	中配筋の鉄筋コンクリート 12~16万円/m ²	中配筋の鉄筋コンクリート 切断深さ：100mm~350mm 12.3~22.8万円/m ²
参考資料	SD工法協会：SD工法技術積算資料（平成18年度版）	ダイヤモンドワイヤーソー工法研究会：ダイヤモンドワイヤーソー工法積算資料積算例（参考資料）	日本コンクリート切断穿孔協会：ウォールソーイング工法積算資料積算例（参考資料）

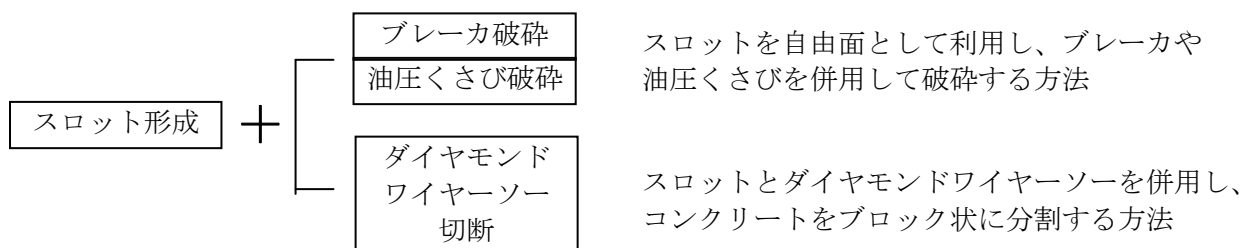


図-3.2.3 工法の組合せ例

④ 施工方法

水車基礎の基本的な施工方法にはSD工法を採用した。切断箇所の上には梁が存在し、全箇所を同工法で施工できないので、一部ではコアカッターを使用した。SD工法およびコアカッターで鉛直方向に切断した後、水平方向切断にはワイヤーソーイング工法を採用した（図-3.2.4、3.2.5(1)～(5)参照）。

ブロック状に切断されたコンクリート塊は、天井クレーンを使用してブロック状のまま搬出し、再生処分場で小割りを行った。

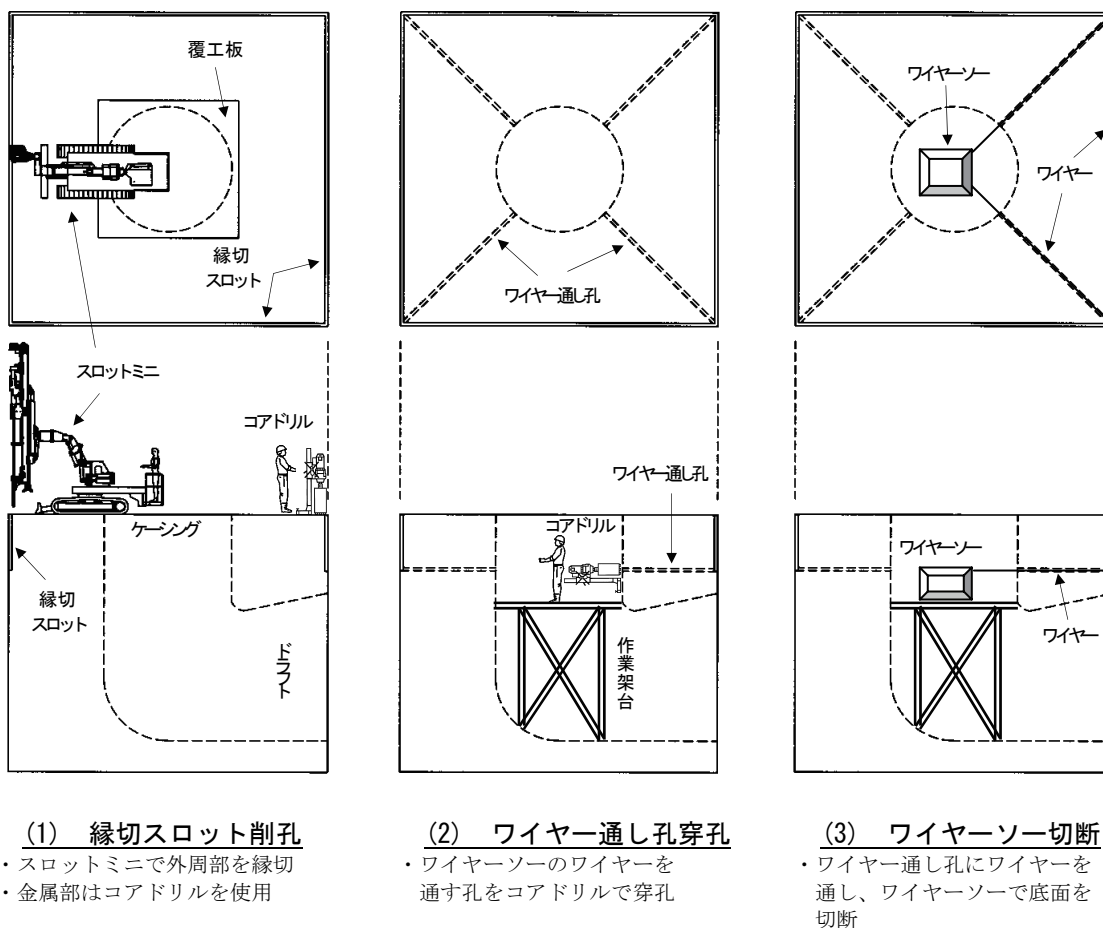
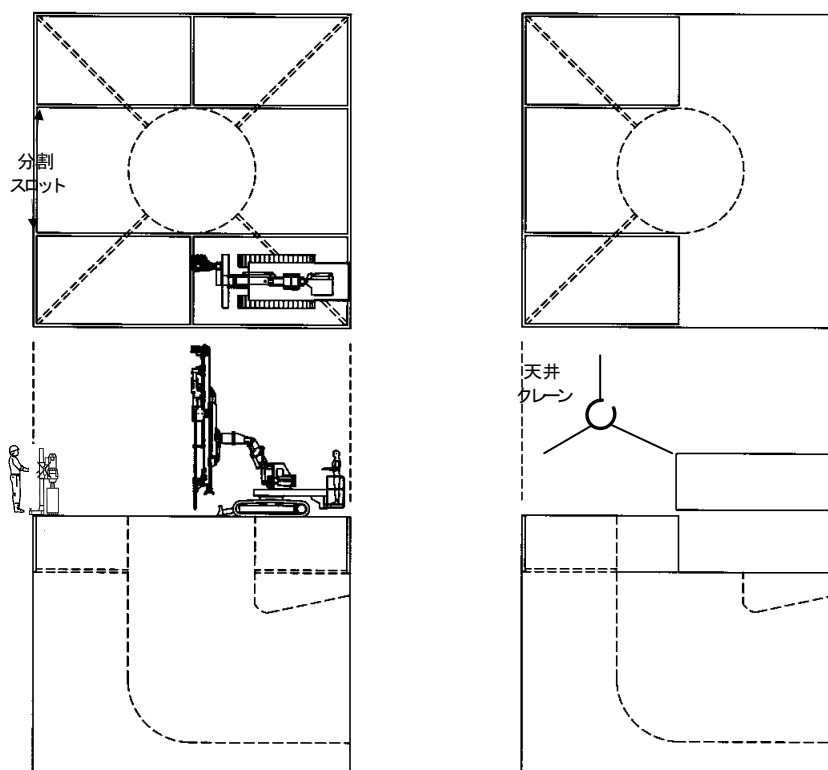


図-3.2.4 解体の概略施工手順(1)



(4) 分割スロット削孔

- ・スロットミニでコンクリートを適切な寸法に切断
- ・金属部はコアドリルを使用

(5) ブロック搬出

- ・天井クレーンでコンクリートブロックを吊上げ搬出
- ・吊金具はケミカルアンカーで固定

図-3.2.5 解体の概略施工手順(2)

b) 再アルカリ化

① 中性化状況および工法の選定

発電機基礎部の状況を調査した結果、中性化が進行しているものの、圧縮強度の低下はなく、鉄筋の腐食もほとんど見られなかった。中性化深さは15～70mmであり、バラツキが大きいことが明らかとなった。このため、中性化の程度に応じ、下記のように再アルカリ化工法を基本とした対策法を採用した。

- ・電気化学的再アルカリ化工法・・・・・・・・・・中性化の程度が20mm以上
- ・浸透性再アルカリ化工法・・・・・・・・・・中性化の程度が20mm以下
- ・断面修復工・・・・・・・・・・中性化の程度が71mm以上

② 施工方法

ここでは、再アルカリ化工法について紹介する。

1) 電気化学的再アルカリ化工法

既設コンクリート梁の再アルカリ化を表-3.2.9の施工手順で実施した。

表-3.2.9 電気化学的再アルカリ化工法の作業手順

工程	作業内容
1. 作業用足場の設置	梁部側面に作業用足場を設置する。
2. コンクリートの表面処理	既設コンクリート表面の油分や埃等を除去する。また 3mm 以上のクラックについて水分が入り込まないように、前処理を行う。
3. 梁鉄筋への陰極接続	施工区域の鉄筋を研り出し、直流電流の電極を取り付ける。陰極取付け位置は埋設鉄筋の接続を確認して位置決めを行う。
4. 陽極材の取付け	再アルカリ化対象の範囲にメッシュ筋の陽極材をコンクリート面全体に取り付ける。取付けは既設コンクリートにプラスチックアンカー（8mm）を打設し、固定材とする。
5. 陽板接続	陽極材（メッシュ筋）に電極の陽極（チタン系）を取り付ける。同工法は、断片的に採用するため、電極を処理箇所単位で取り付ける。
6. 電解質溶液保持材（ファイバー）の吹付け	陽極材（メッシュ筋）取付け箇所に浸透溶液の保持材として、吹き付け機を使用してファイバー（セルロース系、吸水率 1280%）を施工する。
7. 溶液の吹付け	溶液は製品名デンソーパウダー（主成分：ほう酸リチウム 40kg/m ² ）を用いる。吹付けはファイバー施工時の練混ぜ浸透と同時に行う。
8. 直流電流の通電	陰極に取り付けたリード線と陽極に取り付けたリード線を直流電流に接続する。電源には仮設用電源 200V を使用し、約 2 週間の通電を行った。溶液の補給は 3 日程度通電した後に行い、以降、減少程度に応じて補給した。
9. 再アルカリ化の確認	通電後 10 日目にアルカリ化の状況を採用したコアで、鉄筋位置が所定の PH に達していることを確認した。
10. 機材撤去・梁面清掃片付け	梁面での溶液の付着状態を保持するため、高圧水による洗浄を行わずにケレンで清掃した。

2) 浸透性薬剤再アルカリ化工法

既設コンクリート梁の再アルカリ化を表-3.2.10の施工手順で実施した。

表-3.2.10 浸透性薬剤再アルカリ化工法の作業手順

工程	作業内容
1. コンクリートの表面処理	既設コンクリート表面の油分や埃等をブラッシング水洗いで行った。
2. 浸透性アルカリ付与剤塗布	浸透性アルカリ付与剤をコンクリート表面にローラで塗布する。付与剤は、製品名 RF-100 主成分：特殊ケイ酸リチウム水溶液）を 400g/m ² 使用した。

3.3 積算事例

補修・補強工事の施工例をもとにして、標準施工歩掛と実施工歩掛の違いの要因を以下に示す。積算事例-1は、栈橋が主に塩害による鉄筋腐食によって、はく落および鉄筋の断面欠損・破断がかなり進行した床版コンクリートの断面修復・表面保護を行った施工事例を扱ったものである。施工事例-2は、電力洞道が経年劣化によりコンクリートのはく落および鉄筋の腐食が進行したため、洞道内のコンクリートの断面修復・表面被覆を行った施工事例を扱ったものである。

(1) 積算事例-1（栈橋改修事例）

施工事例として取り上げた工事のうち、代表的な工種であるはつり工と断面修復工について標準的な施工歩掛と実際の施工歩掛に差異が生じた要因を以下に述べる。

a) 工事概要

① 工事規模（内容）

補修内容：はつり工	： 11.4m ³
断面修復工	： 121m ²
（FRP グリット筋：121m ² 、断面修復材：11.6m ³ ）	
表面保護工	： 126m ²
桁部塗装工	： 148m ²
オイルトラップ増設	： 1箇所
L/A 基礎定着アンカー取替	： 10本
既設防舷材取替	： 4基

栈橋の全景を図-3.3.1に、床版のはつり状況を図-3.3.2に示す。



図-3.3.1 栈橋全景



図-3.3.2 床版はつり状況

② 劣化状況

鉄筋腐食による床版コンクリートのはく落および断面欠損・破断が確認された。

③ 劣化原因

沿岸の厳しい環境下のため、塩害が主な原因と推定された。

④ 施工条件

- ・週2回のタンカー入船時には作業を中断しなければならない。
- ・天候や潮間など、人工的に制御できない海象という厳しい自然条件下での施工となる。
- ・はつりや断面修復などの作業は全て上向き施工となる。
- ・断面修復の施工は打込み工法とし、グラウトモルタルによる充填を行う。
- ・グラウトモルタルの注入は、護岸から栈橋まで70m程度の長距離圧送による施工となる。

⑤ 施工期間

施工期間は4月から7月までの約4ヶ月であった。

b) はつり工の積算

① 標準施工歩掛

標準施工歩掛は、平成22年度国土交通省土木工事標準積算基準書（共通偏）の共通工・構造物とりこわし工のはつり作業歩掛を準用する。

・適用範囲

ピックハンマーによるコンクリート構造物のはつり作業に適用する。

② 標準施工歩掛と実施工歩掛の違いの要因

歩掛の違いの要因としては、以下のようなことが考えられる。

- ・週2回のタンカー入船となっていたが、実際には日曜日を除くほとんど毎日の入船があり、作業の中断が多く、標準歩掛で想定しているよりも施工能率が劣る。
- ・天候や潮間などの影響により、作業時間の制約が多く、夜間作業が生じる。
- ・作業はブレーカーやチップパー等を用いた上向き施工のため、施工能率が悪い。
- ・コンクリートの劣化度合いのバラツキが大きく、設計はつり厚さ以上にはつりを行わなければならない箇所が多く発生。
- ・シートを敷き防護しているが、コンクリートのはつりガラが海中に落下しないように注意深い施工が求められる。

c) 断面修復工の積算

① 標準施工歩掛

標準施工歩掛は、平成 21 年度版土木工事積算基準（東日本高速道路(株)、中日本高速道路(株)、西日本高速道路(株)）のコンクリート片はく落防止対策工・断面修復工の施工歩掛に準じるものとする。

・適用範囲

諸経費算定上の適用工種区分は、橋梁下部工とする。

断面修復工は、鉄筋の腐食やかぶり不足に伴い鉄筋に沿って生じたコンクリート欠損部分の断面修復材を使用した修復に要する費用を算出する。

なお、遊離石灰等が発生し貫通ひび割れと考えられるものは、水抜き処理を行うものとする。ただし、床版防水工を実施した場合は、水抜き処理の必要がないと考えられるので注意すること。

断面修復規模が面的に及ぶ場合やプレパックドコンクリートや打継ぎコンクリートを用いる場合、吹付けによる場合は、別途計上するものとする。

② 標準施工歩掛と実施工歩掛の違いの要因

歩掛の違いの要因としては、以下のようなことが考えられる。

- ・護岸から 50m 付近に中継ポンプを設置するため、注入速度が低下する。
(元押しポンプ能力 20～330/min、中継ポンプ能力 13～200/min)
- ・潮間による影響により、作業能率が劣る。
- ・海上では通風が激しいため、十分な養生を行うことが必要となる。
- ・設計はつり厚さ以上にはつりを行っているため、断面修復の数量が増加する。

それぞれの工種によって考えられる要因以外に、次のような事項もその他共通の要因として挙げることができる。

- ・事前調査には限度があり、陸上構造物よりも厳しい塩害環境に置かれているため、実際の内部の鉄筋やコンクリートの状態には不確定要素が多い。
- ・各工種、特に表面保護工の施工直後には、潮位や波浪への対策が必要である。

(2) 積算事例-2 (洞道改修事例)

施工事例として取り上げた工事のうち、はつり工、断面修復工及び導水工について標準的な施工歩掛と実際の施工歩掛に差異が生じた要因を以下に述べる。

a) 工事概要

① 工事規模 (内容)

洞道仕様：シールドトンネル

内径 $\phi=2,600\text{mm}$ 、RC セグメント

補修延長：200m

補修内容：はつり工 : 13.0 m^3

止水工 : 450m

導水工 : 900m

サンドブラスト工 : 900 m^2

防錆処理工 : 320 m^2

断面修復工 : 1,480 m^2

表面被覆工 : 900 m^2

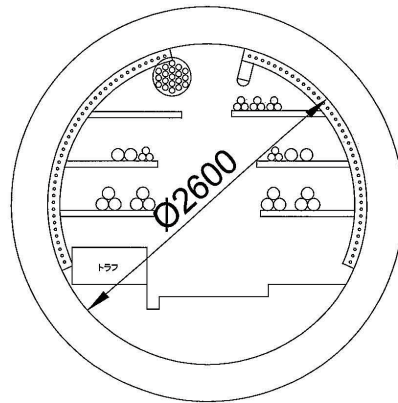


図-3.3.3 洞道標準断面図

洞道の標準断面図を図-3.3.3に、縦断の概要図を図-3.3.4に示す。

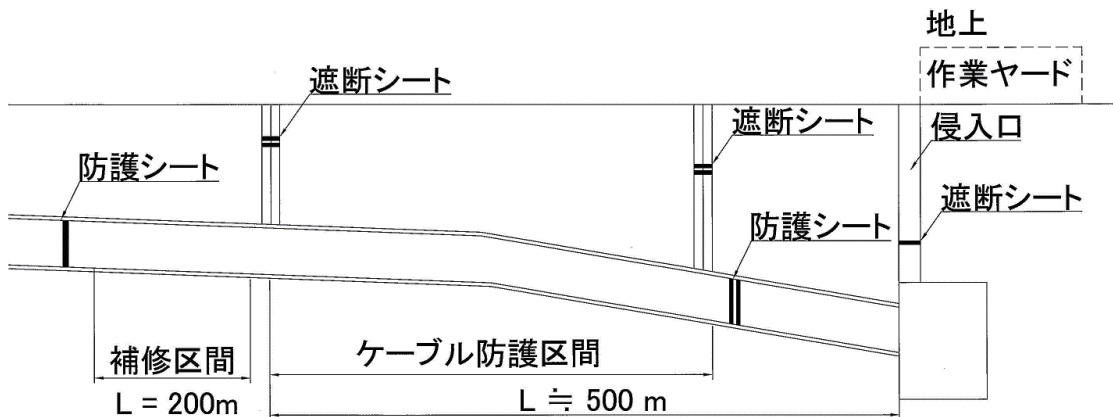


図-3.3.4 洞道概略縦断図 (補修対象区間付近)

② 劣化状況

セグメントコンクリートのはく落、浮きおよび鉄筋の腐食が確認された。

③ 劣化原因

塩分濃度の高い湧水と多湿環境が劣化の主な原因と推定された。

④ 施工条件

- ・洞道内には稼動中のケーブルが多数設置されているため、ケーブル防護を行ったうえで、ケーブルを損傷することがないように細心の注意を払っての施工となる。
- ・洞道の内径が $\phi 2,600\text{mm}$ と小さく、さらに多数のケーブルが設置された狭隘な場所での作業となるため、小型の機材しか使用することができず、施工能率が悪い。
- ・また、上記のような洞道内ではつり工を行うなどするため、粉塵等の発生により作業環境が悪化しやすい。
- ・地上作業ヤードにある坑内への侵入口から、補修対象箇所までは約500m離れている。
- ・地上作業ヤードは鉄道駅に近接しているため、多数の店舗やオフィスが存在し、駅や店舗利用者

を中心に多くの歩行者や車両が通行する。

⑤ 施工期間

施工期間は6月から翌年3月までの約10ヶ月であった。

b) 断面修復工の積算

① 標準施工歩掛

標準施工歩掛は、道路維持修繕工（平成21年度国土交通省土木工事標準積算基準）の橋梁補修工（モルタル復旧工）に準じるものとする。

・標準歩掛の適用範囲

積算基準の適用範囲は、橋梁断面修復をモルタルで補修する場合である。

・施工概要

施工フローは図-3.3.5に示すとおりである。

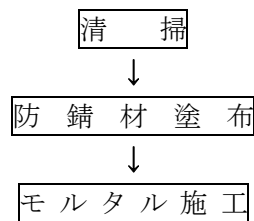


図-3.3.5 施工フロー

② 標準施工歩掛と実施工歩掛の違いの要因

歩掛の違いの要因としては、以下のようなことが考えられる。

- ・劣化部の補修工事であるため、1ヶ所あたりの施工数量が非常に少なく、施工箇所が細かく分割され施工能率が低下する。
- ・稼動中のケーブルを防護しながらの狭隘な場所での作業となるため、標準歩掛で想定しているよりも施工能率が劣る。
- ・劣化部の深さがまちまちであり、標準歩掛で想定している1層塗り（ $t=30\text{mm}$ ）で処理できず、2層塗りとなる箇所がある。
- ・上方の断面修復を行う際には、堅固な足場を設置できず、不安定な踏み台等を使用して行うため、特に作業能率が低下する。

c) はつり工の積算

① 標準施工歩掛

標準施工歩掛は、道路維持修繕工（平成21年度国土交通省土木工事標準積算基準）の橋梁補強工の一工程である“下地処理工”を準用する。

・標準の適用範囲

コンクリート巻立て工を行う際の下地処理に適用するチップングを標準とする。

② 標準施工歩掛と実施工歩掛の違いの要因

歩掛の違いの要因としては、以下のようなことが考えられる。

- ・劣化部の補修工事であるため、1ヶ所あたりの施工数量が非常に少なく、施工箇所が細かく分割

され施工能率が低下する。また、劣化部を残さないよう確認しながらの作業となるため、作業の中断が多い。

- 稼動中のケーブルを防護しながらの狭隘な場所での作業となるため、標準歩掛で想定しているよりも施工能率が劣る。
- 作業は電動ハンマーやエアチップパー等を使用して行うが、ケーブルを損傷しないよう監視員の監視のもと行い、作業も慎重に行う必要があるため、施工能率が悪い。
- 上方の劣化部をはつる際には、不安定な踏み台等を使用して行うため、特に作業能率が低下する。はつりガラの収集・運搬が狭い洞道内での作業となり、障害物も多いため運搬台車も使用できず、人力に頼る施工となり、効率が悪い。

標準的なはつり作業の状況を模式図として示したものが、**図-3.3.6**である。

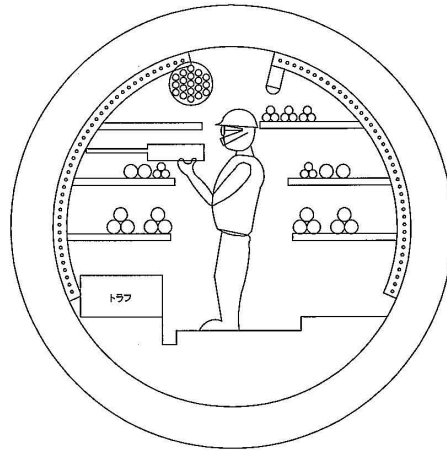


図-3.3.6 はつり作業状況図

d) 導水工の積算

① 標準施工歩掛

・適用範囲

既設道路トンネルの漏水対策のうち、導水工法に適用する。

・施工概要

施工フローを図-3.3.7に示す。

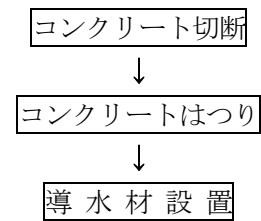


図-3.3.7 施工フロー

② 標準施工歩掛と実施工歩掛の違いの要因

歩掛の違いの要因としては、以下のようなことが考えられる。

- ・1ヶ所あたりの施工数量が非常に少なく、施工箇所が細かく分割され施工能率が低下する。
- ・Vカット、ホースの埋込み、急結セメントによる充填・固定とすべての作業が稼働中のケーブルを防護し、かわしながらの狭隘な場所での作業となるため、標準歩掛で想定しているよりも施工能率が劣る。
- ・導水箇所は電動ピックでVカットを行い、導水用ホースを埋め込む。Vカットは電動ピックを使用して行うが、ケーブルを損傷しないように注意深く行う必要があるため施工能率が悪い。

それぞれの工種によって考えられる要因以外に、次のような事項もその他共通の要因として挙げることができる。

- ・地上の作業ヤードが駅に近接しているため、洞道内への資機材の搬入や搬出作業に時間的な制約があり、作業が分断される場合がある。
- ・洞道内は非常に狭隘であるため、運搬作業に使用できる道具等が限定され、場合によっては少量に分けての手作業となる。また、洞道内に資機材や道具を仮置できるスペースがほとんどなく、この点からも一度に搬入できる資機材の量に制限がある。
- ・入札時に搬入・運搬経路等の条件が不明あるいは未定のものがある。また、当初の図面（設計図や参考図）の現地が整合していない箇所があり、当初想定していた計画では工事を進められない場合がある。

(3) 歩掛の課題に対する対応策

上述の要因を踏まえ、標準施工歩掛と実施工歩掛の差を解消するための対応策としては、以下の事項が考えられる。

- ・特殊な工種や一般的でない条件による作業の場合、工事中に歩掛をとるなどして、事後精算する。
- ・標準歩掛では率計上されているものでも、実態に合わせて積み上げ計上する。
- ・見積もり時と条件が相違していた場合、あるいは変更となった場合については、設計・見積条件の変更に伴い、設計変更の扱いとする。

<参考文献>

- 1) 土木学会：トンネルの維持管理、トンネルライブラリー第14号
- 2) 成川匡文、道正泰弘、堤知明：電力土木構造物・建築物の維持・保全、コンクリート工学 Vol. 42, No. 5, pp. 33~41, 2004. 5
- 3) 丸山徳昭、加藤光宏、三宮武治：菟神発電所水車発電機改修における水車基礎撤去と中性化対策、電力土木、no. 317、p. 103-107、2005. 3
- 4) スロット削孔機によるコンクリート構造物解体工法 技術・積算資料. SD工法協会. 2010. 4