

覆工コンクリートの切削技術の開発

(株)鴻池組	正会員	○北野 敬太	正会員	阪口 治	正会員	縁田 正美
(株)鴻池組				森山 祐三	正会員	前田 聖士
			中日本高速道路(株)		金沢支社	鈴木 俊雄

1. はじめに

山岳工法で施工された道路トンネルは建設後 50 年を経過する割合が増加し、老朽化した覆工コンクリートの補修・補強が必要とされている。補修・補強の一つの方法として内巻き工が検討されているが、道路トンネルの内空断面は限られており、建築限界を確保できないことが懸念される。また、車線規制や通行止めの措置が補修・補強の効率化を阻んでいることが課題となっている。そこで、供用下での作業を想定した上で、既設覆工を切削する技術について、技術実証を行った。本稿では、切削装置を用いた覆工コンクリート切削技術実証の成果について、報告するものである。

2. 切削装置の概要

切削装置の概要図を図-1 に示す。本切削装置は上半断面半径 5 m 程度の大きさのトンネルを対象としている。トンネル内には、供用線 1 車線を確保するため、作業エリアと区分するための防護工を配置する。切削装置は防護工に干渉しないよう門型構造

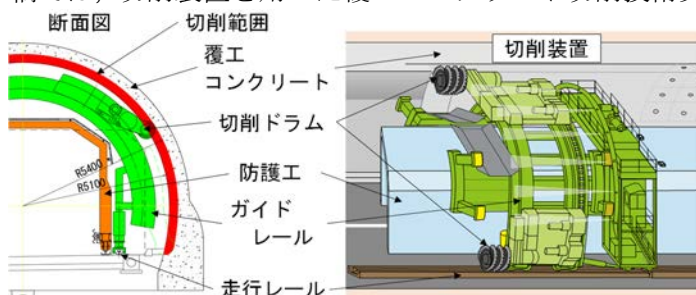


図-1 切削装置の概要図

とし、幅 **1 m** の切削ドラムを左右 2 基搭載する。切削ドラムはガイドレールに沿って周方向に移動しながら、覆工コンクリートを切削する。切削装置の制御システムで切削深さ（厚さ）を自動制御し、覆工コンクリートを最大 **30 cm** の深さで切削することができる。切削装置は自走装置を搭載し、走行レール上をトンネル縦断方向に走行して次の切削位置に移動する。

3. 覆エコンクリート切削試験

切削試験は実機設計に繋げるために、切削性能（切削能力、機械負荷）、切削後の出来形精度やコンクリートの健全性、施工時の作業環境（騒音・振動レベル、粉じん濃度）の検証を行った。



図-2 試験用切削装置と切削用供試体の全景

(1) 使用機材

試験用切削装置と切削用供試体の全景を図-2、各機械仕様を表-1 に示す。試験用切削装置は、技術実証に必要な最低限の設備として、ガイドレールと切削ドラム 1 基を製作した。切削用供試体は、補修・補強対象としている矢板工法トンネルの下半断面形状、想定されている圧縮強度 30 N/mm²を再現して製作した。また、切削時の粉じん回収に集塵機 CF-500 を使用した。

試験用切削装置	
ドラム径	φ 650 mm

(2) 切削試験の内容、確認項目

切削試験では、切削装置を用いて供試体を切削深さ 20 cm で、切削長さ 1.2 m を切削した。切削装置は、切削ドラムを供試体の最下部で切削深さ 20 cm になるまで切削（外側へ広がる動作）し、その後、上方へ向けてガイドレール上を周方向に移動することで、一定の深さを維持した状態で切削する。切削試験において確認した項目とその内容を表-2 に示す。

表-1 使用機械の仕様

試験用切削装置	
ドラム径	$\phi 650 \text{ mm}$
ビット本数	122本
駆動モータ	75 kW $\times$ 4P $\times$ 440 V $\times$ 1台
回転数	73.8 r.p.m (60Hz)
トルク	9.7 kN $\cdot$ m
切削速度	0.4~1.0 m/min
集塵機 CF-500	
処理風量	500 m ³ /min
ファン動力	45 kW $\times$ 400V

キーワード 道路トンネル, 覆工コンクリート, 切削技術, 補修・補強

連絡先 〒541-0057 大阪府大阪市中央区北久宝寺町 3-6-1 株式会社 鴻池組 土木技術部 TEL06-6245-6568

表-2 切削試験の確認項目と内容

No.	確認項目	試験内容
①	切削能力	切削長さ（1.2m）の切削に要した時間より切削速度を算出する。
②	機械負荷	切削トルク算出式（図-3）を用いることで、切削ドラムの駆動モータに流れる無負荷時、切削時の電流値から切削トルクを求め、その値が仕様の定格トルク以下であることを確認する。
③	出来形精度	試験後の切削深さを測定し、出来形自主基準値 深さ20～22 cmを満たすことを確認する。
④	覆工健全性	切削後の供試体からコアを採取してマイクロクラック調査を行い、切削後のコンクリートに損傷（ひび割れ）が無いことを確認する。
⑤	騒音・振動	騒音計、振動計を用いて、供試体より6 m離れた位置の騒音・振動レベルを計測する。
⑥	粉じん濃度	粉じん計を用いて、供試体より3 m離れた位置（集塵機と反対側）の粉じん濃度を計測する。

4. 試験結果

上記①～⑥の項目についての結果および見解を以下に示す。

①切削能力：切削長さ 1.2 m に要した時間は 86 秒であった。算出された切削速度は 0.83 m/min であった。

②機械負荷：切削ドラム駆動モータの電流値は無負荷時 24.2 A、切削時 162.2 A であった。図-3 に示す切削トルクと電流値の関係式より、切削トルクは 9.35 kN・m と求められ、駆動モータの定格トルク（9.7 kN・m）以下であった。

これらより、妥当な切削性能を有することを確認した。

③出来形精度：切削状況と供試体の出来形測定位置を図-4 に示す。切削範囲内の 9 箇所における深さの測定は、最小 20.3 cm、最大 21.2 cm、平均 20.7 cm であり、出来形自主基準値（20～22 cm）を満たしていた。また、テストハンマーによる供試体の強度推定値は 36 N/mm² であり、想定される圧縮強度（30 N/mm²）以上のコンクリート切削が可能であることを確認した。

④覆工健全性：マイクロクラック調査結果を図-5 に示す。切削後の 4 つの供試体から各 4 本ずつ、計 16 本のコアを採取し、マイクロクラック調査を行った。採取したコアの切削面に蛍光剤を混合したエポキシ樹脂を加圧含浸させ、硬化後、ブラックライトを照射することでひび割れの有無を確認した。全てのコアにおいてマイクロクラック発生は確認されず、切削後のコンクリートは健全であると判断した。

⑤騒音・振動：試験時の最大値は騒音 103 dB、振動 94 dB であった。切削ドラムから 6 m の地点に切削装置運転室を設ける予定であるが、その中の作業員に対して騒音・振動低減対策を検討する必要がある。

⑥粉じん濃度：切削時の最大値は 2.21 mg/m³ であり、「ずい道等建設工事における粉じん対策に関するガイドライン」で定められた目標値（2.0 mg/m³）を超過した。この結果を踏まえて実施工で使用する集塵機を選定する必要がある。

5. おわりに

今回、切削装置を用いた覆工コンクリートの切削技術実証を行って、切削性能、出来形精度、切削後のコンクリート健全性を確認できた。今後は、切削時の作業環境の改善等を図るとともに、実施工に向けた開発をさらに進めていく所存である。

$$T = \sqrt{3} \times V \times (a - b) \times \eta_1 \times \frac{9.55}{N} \times \frac{\eta_2}{10^3}$$

T：切削トルク [kN・m]
V：電圧 [V] (= 420 V)
a：切削時の cutter-電流値 [A]
b：無負荷時の cutter-電流値 [A]
N：回転数 [r.p.m] (= 73.8 r.p.m)
 η_1 ：力率×効率 (= 0.8)
 η_2 ：機械効率 (= 0.9)

図-3 切削トルクと電流値の関係式

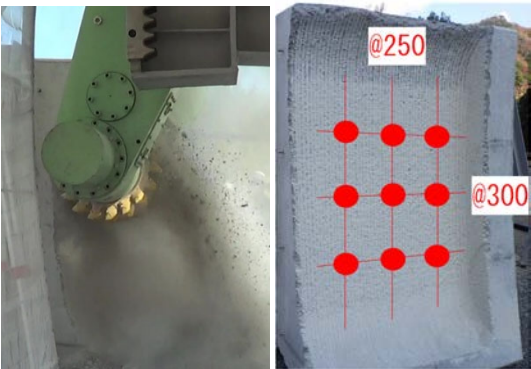


図-4 切削状況と出来形測定位置図

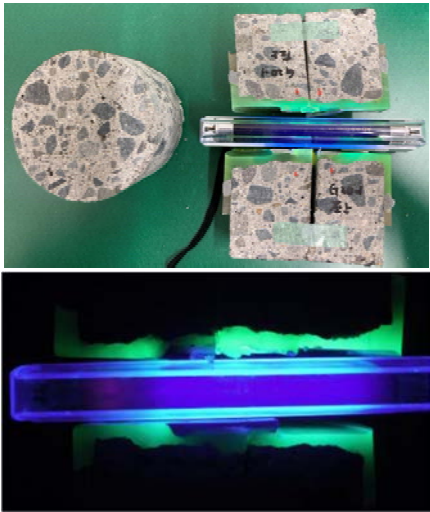


図-5 マイクロクラック調査結果