

水路インバート切削ロボットの開発（設計と性能確認）

中部電力㈱ 工務部 土木課 正員 野池 悦雄
 鉄建建設㈱ エンジニアリング本部 正員 青木 義治
 中電工㈱ 土木建築本部 正員 吉池 章

1. はじめに

電力エネルギーは、高度化した現代社会の機能維持に欠かせないものとなっている。その供給源の一つである水力発電所の施設は、大正末期から昭和初期にかけて建設されたものが多く、全般的に老朽化が進んでいる。特に、発電所に水を導く水路のインバートは、側壁部に比べて磨耗や洗掘などの劣化が顕著であり、粗度係数の悪化による流水阻害のため最大取水量を確保できない地点もでてきている。このような水路のインバート補修時におけるコンクリートはつきり機械として、従来、ブレードやチップングハンマなどに頼っていたが、狭隘で長い施工範囲という作業条件や、短い断水期間内の工期等の制約からいずれも安全性、作業性、経済性等の面で課題を内在していた。

この課題を解決して、水路インバート補修工事の作業環境改善・安全性向上・省力化・作業能率向上を図る目的で、専用の水路インバート切削ロボットを開発して急速補修工法を確立した。本件はそのうちの水路インバート切削ロボットの設計と性能確認の概要について述べる。

2. 開発のコンセプト

既設水路の実態調査を行い、開発のコンセプトを次のとおり設定した。

- ① 渇水期の断水期間（6カ月）中に延長4km程度を片押しで施工
- ② 対応断面は、経年劣化の集中しているインバート幅2.8m～4.5mの範囲
- ③ 補修厚さは、通常はインバート表面の劣化部分の平均厚10cmとし、最大15cmまで可能
- ④ 切削対象コンクリート強度は 300kgf/cm²程度とし、切削精度は±10mm以内
- ⑤ 切削時の発生粉塵および振動を低減し、作業環境の改善および安全性を向上

3. 水路インバート切削ロボットの設計

(1) 要求機能

前記の開発コンセプトを満足させるため、水路インバート切削ロボットの設計にあたり次の要求機能を設定した。

- ① 施工速度：40 m/日
- ② 対応断面：インバート幅2.8m～4.5m
- ③ 切削精度：±10mm以内
- ④ 1回の切削厚：幅 0～10cm、最大15cm
- ⑤ 切削時の振動：1.0g以下
- ⑥ 発生粉塵量：2.0 mg/m³以下
- ⑦ 作業安全の確保

(2) 設計の基本方針

上記の要求機能を満足させるため各種の予備実験および研究結果等を踏まえ、コンピュータ制御によるツインカッター方式を採用して水路インバート切削ロボットの

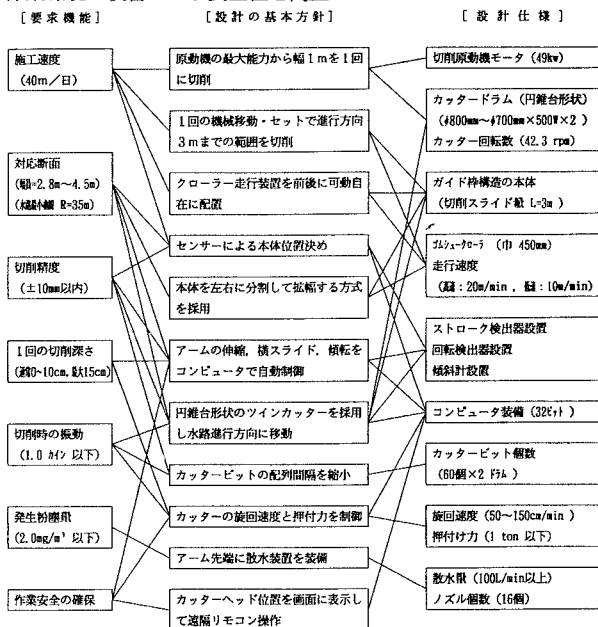


図-1 要求機能に対する設計検討内容

基本設計を行った。設計において配慮した点は図-1のとおりであり、そのうち特に、要求される施工速度と切削精度の確保の観点から、切削機構と制御機構について下記のように検討した。

a). 切削機構

1日あたり40mの施工速度を確保するため、モータ出力を最大限に活用した場合の検討から1回あたりの切削幅を1mとすると共に、1回の機械セットで3mまでの範囲を切削することとして機械セットの回数削減を図った。また、カッタードラムをインパートの曲率に合せた円錐台形状とし、トンネル進行方向に移動して切削する方法を採用して切削精度の向上を図った。構造的には、ガイド枠によるカッター移動方式を採用して前後を走行架台で支持する構造とした。

b). 制御機構

施工性能の向上と作業環境の改善を図るため、ロボットの位置決め制御については、本体のローリング・ピッチングの自動調整機能やヨーイング位置検出機能などにより機械セット時間の短縮を図った。また、自動切削制御についても、カッタードラムの位置制御機能や切削パターンの選定機能などにより、既設水路のインパート幅や曲率変化に対応して±10mm以内の切削精度を確保し、さらに、操作者の作業環境の改善も図った。

(3) 設計仕様と全体概要

水路インパート切削ロボットの設計仕様及び全体概要は図-1および図-2に示すとおりである。

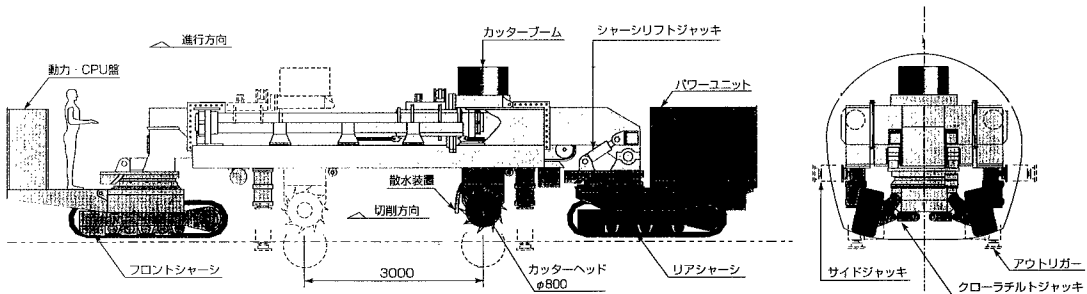


図-2 水路インパート切削ロボット全体概要図

4. 性能確認結果

上記の設計により水路インパート切削ロボットを試作し、模擬インパートおよび実水路のインパートで切削試験を行い、各種計測により性能を確認した。その結果を表-1に示す。

表-1 水路インパート切削ロボットの性能確認結果

項目	単位	模擬トンネル	実水路トンネル	備考
切削能力	m ³ /hr	3.6	3.15	切削深さ10cm
施工サイクル	min/サイクル	20	30	インパート幅 2.8m× 切幅 3.0m
発生粉塵量	mg/m ³	0.21	1.09	切削機運転台上
切削精度	mm	±0~+9 (平均±6.0)	-8~+6 (平均±2.0)	
振動値	Gal	0.08	0.01	切削箇所の壁面

5. おわりに

今回開発した水路インパート切削ロボットは、水力発電所の有効活用という観点から、その補修工法の改善に目を向けたものであり、実証試験の結果は開発コンセプトを十分に満足するものであった。今後は、実証試験工事の実績データを基に、より効率化・高速化が可能なロボットとするように改善を重ねていくこととする。また、切削ロボットは水力発電所以外の各方面の水路に対しても利用価値があるものと考えられ、応用研究についても行うこととする。