

発電用水路トンネルの維持管理について

東日本旅客鉄道株式会社 信濃川発電所 正会員 ○竹内 洋介

1. はじめに

信濃川発電所には1期水路トンネルから5期水路トンネルまで5条の水路トンネルがあり、総延長約73.6km(圧力トンネル、余水路トンネルを除く)を維持管理している。水路トンネルの検査として、3年に1回の個別検査を行っている。個別検査はトンネルを断水し実施する必要があるが、水路トンネルを断水できる期間は限られている。よって、計画的且つ迅速な検査の実施が不可欠である。また健全度の把握については定量的な評価が課題となっている。

信濃川発電所では、上記課題の解決策として、覆工背面の空洞状況把握する空洞レーダー調査や、覆工表面の変状を画像としてとらえるトンネル覆工表面撮影を導入している。また、2014年からは水路トンネル展開図の整備を目的とし、CrackDraw21¹⁾²⁾といったシステムを導入している。

本稿では水路トンネルの検査体系、個別検査の精度の向上や効率化、定量的な健全度判定の検討について報告する。

2. 現在の水路トンネル検査体系

信濃川発電所では、電気事業法及び社内で定める規程類(保安規程、電気設備保全要領、信濃川発電所保全内規等)に則り水路工作物の検査を行っている。水路トンネルの検査は、1年に1回の外観検査と、3年に1回の個別検査をトンネル毎に実施している。外観検査は、トンネルを通水状態のままで坑口部や坑口周辺の地山を目視によって実施している。個別検査は、トンネルを断水し徒歩にて目視や打音により実施している。

信濃川発電所における土木構造物の健全度判定区分を表-1に示す。この健全度判定区分は、鉄道構造物等維持管理標準(構造物編)トンネル³⁾を参考に、発電運転・河川保安に対する影響、変状の程度、措置の程度を尺度として判定区分を設けている。

表-1 健全度判定区分

判定区分	発電運転・河川保安等 に対する影響	変状の程度	措置の程度
A	AA 危険(発電停止)	重大	直ちに措置をする
	A1 早晚、脅かす	変状が進行し、 機能低下する	早急に措置をする
	A2 将来、脅かす	変状が進行し、 機能低下の恐れ	必要な時期に措置をする
B	進行すれば、脅かす	変状が進行すれば、 Aランクになる	変状の進行性の監視 (必要に応じて措置を要する)
C	現状では、影響なし	軽微	変状の進行性の有無確認
S	健全		

3. 個別検査の精度の向上及び効率化

信濃川発電所では、水路トンネル覆工状態をより詳細に把握するためにトンネル覆工表面撮影(図-1)や、空洞レーダー調査(図-2)を導入している。覆工表面撮影は2009年より実

施し、空洞レーダー調査は1990年より実施している。どちらも2014年に全トンネルにおいて調査が完了している。

2014年には、CrackDraw21といったシステムを導入した。覆工表面撮影より得た展開図をこのシステムで管理することで、展開図の3D化や変状の進行状況の確認、また定量的な評価を行う事が可能である。図-3、図-4にCrackDraw21の3D表示を示す。このシステムはタブレット端末上で動作が可能であり、個別検査の際に端末上の展開図を見ながら検査を実施できる。また、変状をその場で書き込むことも可能である。トンネル内は漏水が多く、紙の展開図では紙が濡れて書けなくなることも多い。端末を用いることで、作業環境の向上に繋がるのではないかと考える。



図-1 覆工表面撮影



図-2 空洞レーダー調査

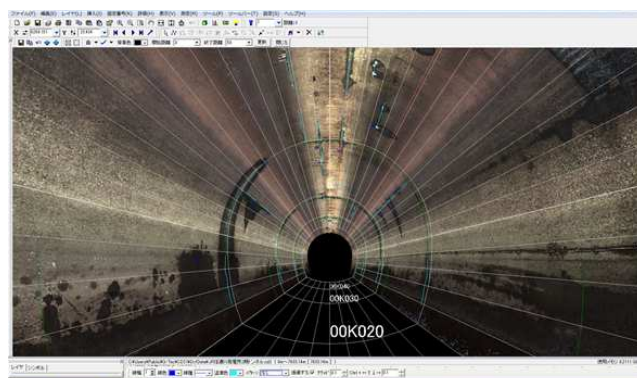


図-3 水路トンネル展開図の3D表示(内部より)

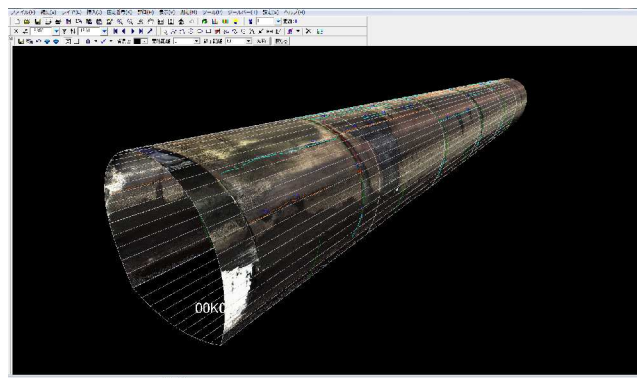


図-4 水路トンネル展開図の3D表示(上部より)

キーワード 水路トンネル、CrackDraw21、健全度判定

連絡先 〒947-0012 新潟県小千谷市山本3 1 6 番地 エネルギー管理センター 信濃川発電所 TEL 0258-82-4531

4. 定量的な健全度判定の検討

4.1 健全度判定手法

現在の個別検査の課題に、健全度の評価に個人差が生じるという点がある。この課題を解決するために、定量的な健全度判定手法について検討を行った。判定には、トンネル覆工表面撮影と、空洞レーダー調査の調査結果を用いた。水路トンネルの健全度を判定するにあたり、トンネル全体で健全度を判定するのではなく、ある一定区間で区分し、区間毎に健全度判定を実施した。水路トンネルを区切るにあたり、区間を 100m に設定した。評価は区間毎に、変状数による健全度、クラック密度による健全度、空洞状況による健全度の 3 つの観点から評価し、その区間の最も悪い健全度を総合評価とした。下記に 3 つの健全度評価方法を紹介する。この判定法を組み合わせ、水路トンネル総合健全度判定表を作成した(表-3)。また、各判定に用いた重みについては一部のトンネル変状データより算出した暫定的な値であり、今後全トンネルの変状データより、適切な値を算出する必要がある。

4.1.1 変状数による健全度判定

画像解析により得た変状データを用いて、区間毎の変状数を変状種類毎に数え、その種類毎に重みを設ける。そして変状数と重みから健全度を評価した。しかし、この方法では、変状の深刻度を判別しづらく、1 つだけ深刻な変状があっても、健全度には反映しにくい。そこで、クラウン部軸方向クラックについて、幅と長さに関値を設定し、関値以上の変状が 1 つでも存在したら、その区間は最低評価とすることとした。

クラックの幅と長さの関値の設定については、山岳トンネルにおける変状の程度の目安³⁾を参考とし、ひび割れ幅 5mm 以上または、ひび割れ幅 3mm 以上かつ長さ 5m 以上とした。

4.1.2 クラック密度による健全度判定

画像解析により得たクラックデータを用いて、区間毎のクラック密度を算出し、密度に応じて区間毎の健全度を評価した。密度の評価については、既往の研究⁴⁾を参考にした。既往の研究では、約 10m 毎の密度について評価していたが、今回は 100m と長い区間のため、評価を厳しく設定した。

4.1.3 空洞状況による健全度判定

空洞調査により得た空洞情報を用いて、指標を作成した。指標には 1 つの区間の平均空洞厚、最大空洞厚、空洞出現率を用いた。空洞出現率は、測線上で空洞が確認できた区間の割合を示す値である。これらの指標に重みを設け、区間毎の健全度を評価した。

4.2 Crack Draw21 への展開

今回検討した定量的な健全度判定の考え方を、2014 年に導入した CrackDraw21 へ展開することを考えている。現在この健全度判定を行うには、多くの作業が手作業であり、多大な時間が掛かってしまうため CrackDraw21 のシステム上で評価を行う事

が出来れば、多くの手間が省けることとなる。

また、表面覆工撮影の結果を CrackDraw21 に取り込み健全度の判定を行う、この一連の流れを個別検査の一部と置き換え、定期的の実施していきたいと考えている。

表-3 総合健全度判定表(例)

変状数による健全度		0k		100m		200m	
		箇所数	点数	箇所数	点数	箇所数	点数
指標	重み						
横断クラック(0.5mm未満)	1	46	46	54	54	77	77
横断クラック(0.5mm以上)	2	25	50	25	50	25	50
斜断クラック(0.5mm未満)	1	9	9	9	9	14	14
斜断クラック(0.5mm以上)	3	6	18	4	12	6	18
縦断クラック(0.5mm未満)	2	43	86	32	64	57	114
縦断クラック(0.5mm以上)	5	15	75	11	55	22	110
漏水	1	81	81	88	88	98	98
噴泥	1	57	57	50	50	57	57
ジャンカ	2	0	0	0	0	0	0
欠損	2	0	0	0	0	0	0
補修跡	5	0	0	0	0	0	0
すりへり	3	0	0	0	0	0	0
要注意変状(Aランク以上)	A	0	0	0	0	0	0
合計点数		422		382		538	
評価		B		C		A	
クラック密度による健全度		0k		100m		200m	
		密度		密度		密度	
クラック密度							
クラック 0.5mm未満	—	0.17		0.17		0.20	
クラック 0.5mm以上1.0mm未満	—	0.13		0.13		0.16	
クラック 1.0mm以上	—	0.07		0.04		0.03	
全クラック	—	0.37		0.34		0.39	
評価		B		B		B	
空洞状況による健全度		0k		100m		200m	
		値	点数	値	点数	値	点数
平均空洞厚_天端(cm)	2	8	16	9	18	0	0
平均空洞厚_右30°(cm)	2	0	0	0	0	0	0
平均空洞厚_左30°(cm)	2	0	0	0	0	4	8
最大空洞厚_天端(cm)	1	12	12	13	13	0	0
最大空洞厚_右30°(cm)	1	0	0	0	0	0	0
最大空洞厚_左30°(cm)	1	0	0	0	0	5	5
空洞出現率_天端(%)	1	2	2	4	4	0	0
空洞出現率_右30°(%)	1	0	0	0	0	0	0
空洞出現率_左30°(%)	1	0	0	0	0	2	2
合計点数		30		35		15	
評価		C		C		S	
総合的な健全度		0k		100m		200m	
		評価		評価		評価	
変状数による健全度		B		C		A	
クラック密度による健全度		B		B		B	
空洞状況による健全度		C		C		S	
総合評価		B		B		A	

5. おわりに

本稿では水路トンネル個別検査の効率化や精度の向上、CrackDraw21 を活用した定量的な健全度評価について報告した。今回導入した CrackDraw21 を個別検査に活用することで、検査時間の短縮や労力の軽減、検査環境の向上が出来ると考える。また、個別検査の一部を表面覆工撮影に置き換え、CrackDraw21 にて定量的な健全度を判定することで、検査精度の向上が出来ると考える。

今後も水路トンネルを健全な状態に保つため、個別検査の効率化や精度の向上に努める。

参考文献

1) 株式会社 東設土木コンサルタント,有限会社 ジーテック：構造物調査支援・変状管理システム CrackDraw21
2) 後藤和夫 篠原秀明 他：デジタル画像を用いたトンネルの変状調査・管理支援システムの開発, 2006.10
3) 鉄道総合技術研究所：鉄道構造物等維持管理標準・同解説(構造物編) トンネル, 2007.1
4) 土木学会論文集 伊藤幸恒 他：トンネル覆工コンクリートのひび割れ変状とその点検評価, 2002.9