

コンクリート構造物のすり減り量の実測値と予測値の比較

電源開発株式会社 正会員 ○酒井 隆行
電源開発株式会社 正会員 佐藤 道生

1. はじめに

構造物の適切な維持管理を行なうためには、劣化予測を行なう必要があるが、すり減りによる損傷については定量的に予測する手法は確立されていない¹⁾。そこで、既存のコンクリート構造物の磨耗量を実測し、磨耗量による損傷速度を把握した。さらに、流水による磨耗量を予測し、双方の比較を行なった。本報告はその結果を述べるものである。

2. すり減り量の実測方法

対象としたコンクリート構造物は取水ダムの越流部とエプロン部及び土砂吐ゲート下流底面部である。各部位の計測範囲を原則 0.5m×1.0mのメッシュに区切り、トータルステーションで各頂点の水準測量を実施し、竣工時の形状より低下した量をすり減り量とした。なお、陥没等の凹み部や損傷の激しい部位は適宜測点数を増やし、測定精度を高めることとした。調査数量を表-2.1に、調査部位を写真-2.1に示す。

表-2.1 調査数量

項 目			A	B	C	D		
取水ダム			幅×高さ	m×m	31.8×6.5	11.0×3.4	13.0×2.0	35.2×12.5
測定箇所	越流部	計測範囲	m×m	1.0×29.0	1.0×9.0	0.5×9.0	1.0×9.0	
		メッシュサイズ	m×m	0.5×1.0	1.0×1.0	0.5×1.0	1.0×1.0	
		計測点数	点	90(-)	20(12)	20(5)	20(-)	
	エプロン部	計測範囲	m×m	1.0×28.5	-	-	7.0×5.0	
		メッシュサイズ	m×m	0.5×1.0	-	-	1.0×1.0	
		計測点数	点	87(-)	-	-	108(279)	
	土砂吐ゲート 下流底面部	計測範囲	m×m	1.5×3.5	-	-	2.0×6.5	
		メッシュサイズ	m×m	0.72×1.0	-	-	1.0×1.0	
		計測点数	点	108(-)	-	-	21(24)	

計測点数の左側:メッシュ頂点数, 右側:追加点数

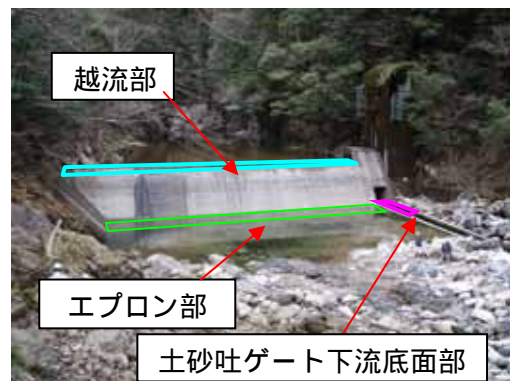


写真-2.1 調査部位

3. すり減り量の実測結果

すり減り量の実測結果を表-3.1に、実測データ分布例を図-3.1に示す。実測データを幾つかの確率分布に適合させ、カイ二乗分布により検定を行なったところ、非対称形であるワイブル分布や対数正規分布等が適合した。

表-3.1 すり減り量の実測結果

測定箇所	A	B	C	D
越流部	1.78	1.57	2.76	0.87
エプロン部	4.28	—	—	1.20
土砂吐ゲート下流底面部	0.86	—	—	0.83

代表値(最頻値又は平均値)

(単位:mm/年)



図-3.1 実測データ分布例

4. すり減り量の予測方法

流砂の多い河川におけるコンクリート構造物の磨耗量を予測した資料²⁾を参考に式-1によりすり減り量を算出することとした。なお、算出はモンテカルロ・シミュレーションにより行なった。モンテカルロ・シミュレーションとは、ある分布内に収まる不確実な変数をランダムに生成し、その値を割り当てることを繰り返してモデルをシミュレートする手法である。式-1のうち、平均流速Vについては、実測を行なっていない為、経験式による推定を行なうこととした。経験式にはクラーク・ヘン式及びルチーハ式が提案されているが流路勾配等の条件を考慮して、ルチーハ式(式-2)を用いることとした。又、流水継続時間Tは、各取水ダムから越流した時間とし、A~D地点における降雨量(過去11~20年間)と河川流量(ダム流入量より流域換算を実施)から継続時間を算定した。得られた流水継続時間Tは正規分布として扱った。

キーワード すり減り, 劣化予測, 取水ダム

連絡先 〒253-0041 神奈川県茅ヶ崎市茅ヶ崎 1-9-88 電源開発(株)茅ヶ崎研究所 TEL 0467-87-1211

$$D = CV^4T \cdots (\text{式-1})$$

ここに, D: コンクリート構造物の摩耗量 (cm)

V: 平均流速 (m/s)

T: Vの継続時間(時間)

C: コンクリートの摩耗係数 (6.6×10^{-5})

$$V = 2.0 \times (h/L)^{0.6} \cdots (\text{式-2})$$

ここに, V: 洪水流出速度 (m/s)

h: 落差 (m)

L: 流路長 (m)

5. すり減り量の予測結果

すり減り量の予測と実測の比較を表-5.1 に示す。予測値と実測値を基に算定した誤差は、式-3 の通りである。予測に仮定の要素が複数含まれているため、予測値と実測値に乖離が生じた。又、予測値は全て、実測値より大きい結果であり、他の確率においても予測値が実測値を上回る結果となった。

なお、予測した結果、すり減り量の分布は正規分布となった。予測データ分布例を図-5.1 に示す。

$$\text{誤差}(\%) = \frac{|\text{実測値} - \text{予測値}|}{\text{予測値}} \cdots (\text{式-3})$$

表-5.1 すり減り量の予測と実測の結果

地点	項 目	すり減り量が発生する確率			平均流水継続時間
		代表値	50%	95%	
A	[予測]	11.56	11.38	20.77	
	[実測] 越流部	1.78	1.23	5.32	366.8時間
	[実測] エプロン部	4.28	3.59	10.23	
	[実測] 土砂吐部	0.86	0.86	2.10	
	[誤差] 越流部	85%	89%	74%	
	[誤差] エプロン部	63%	68%	51%	
	[誤差] 土砂吐部	93%	92%	90%	
B	[予測]	19.45	18.27	40.48	
	[実測] 越流部	1.57	1.57	3.53	56.4時間
	[誤差] 越流部	92%	91%	91%	
C	[予測]	13.26	12.29	28.32	
	[実測] 越流部	2.76	3.11	5.99	35.4時間
	[誤差] 越流部	79%	75%	79%	
D	[予測]	1.78	1.66	3.77	
	[実測] 越流部	0.87	0.97	1.66	16.8時間
	[実測] エプロン部	1.20	1.30	2.11	
	[実測] 土砂吐部	0.83	4.23	15.49	
	[誤差] 越流部	51%	42%	56%	
	[誤差] エプロン部	33%	22%	44%	
	[誤差] 土砂吐部	53%	155%	311%	

(単位:mm/年)

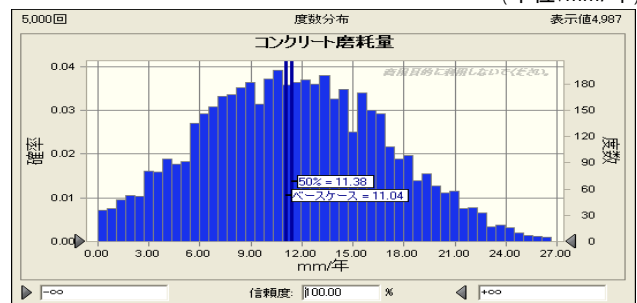


図-5.1 シミュレーションデータ分布例

6. 考察

すり減り量には、平行に力が作用するすり磨き磨耗と、直角に衝撃的な力が作用する衝撃磨耗があり、計測した磨り減り量は双方が含まれている。今回の予測式は流水速度と継続時間から磨耗量を推定するものであり、すり磨き磨耗の推定に適していると考えられたが、すり磨きによる損傷が顕著と思われる越流部では、予測値が実測値の2～12倍となった。一方、衝撃磨耗によると考えられるD地点エプロン部については最も誤差が少なく(誤差値=33%)なることから、比較的精度が高かった。

このように、今回行った推定方法では劣化メカニズムを簡略化していることに加え、流水継続時間についてのデータが少ないこと、調査地点が少ないこと、強度や骨材量などのコンクリートの物性を考慮していないことなどの要因を含むため、計測値との誤差が大きくなったものと推察される。

今後は、流水と磨耗に関する計測データの継続的蓄積に加え、室内試験での磨耗メカニズムの検証を実施することにより、実構造物のコンクリート磨耗量予測の精度向上を進めてゆく予定である。

7. 結論

今回、経験式によるコンクリートのすり減り量を予測したが、予測に仮定の要素が複数含まれているため、実測値と予測値に乖離が生じた。今後は不確定要素を排除すべく、実測値の蓄積や室内試験による確かな要素の取込み等を行なうことにより、予測精度の向上に期待ができる。

参考文献

- 1) (社)土木学会: コンクリート標準示方書[維持管理編](2007年制定), 丸善(株), pp217, 2008.3
- 2) 建設省土木研究所: 砂防部砂防研究室, 土木研究所資料砂防渓流における魚道設置の手引き(案), pp63, 1998.2
- 3) (社)日本河川協会: 建設省河川砂防技術基準(案)同解説・調査編, 株式会社山海堂, pp88-89, 2006.5