

供試体の試験値とコンクリート構造物の実測値による磨耗速度係数の算定

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
(株)開発設計コンサルタント 非会員 安田 幸弘

1. はじめに

コンクリート構造物の磨耗量を定量的に予測する時、土粒子等が構造物に与える負荷量や磨耗のメカニズム等には複雑な面があり、十分に明らかにされていない¹⁾。そこで、磨耗試験を実施した供試体の磨耗量等とコンクリート構造物の実磨耗量等を整理し、磨耗状況を比較することとした。本報告はその結果を述べるものである。

2. 磨耗速度係数の考え方

取水ダムの流入量が台風や前線等により増加する時、少量であれば貯水するが、定量を超えると取水ダムの越流部から河川水等が越流し、エプロン部を叩き付けた後流下して行く。これより、越流部とエプロン部では同じ流下物による磨耗作用があるものの、その形態は異なることが分かる。

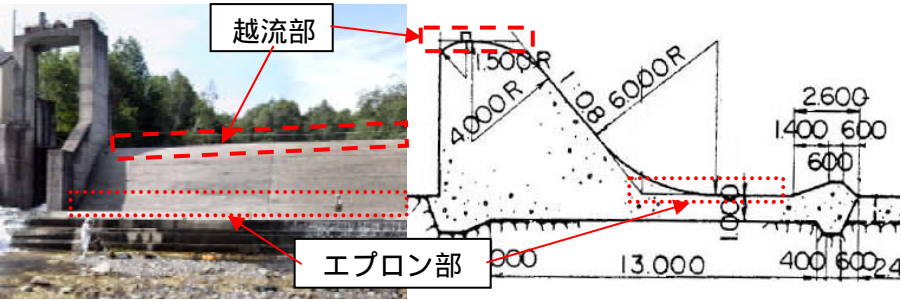


図-2.1 調査対象部位（O地点）

力学的に考えると、越流部では砂礫などが流下する運動エネルギーにより、構造物表面に対して平行にすり磨き作用による損傷負荷を与えている(式-2)。一方、エプロン部では砂礫などの流下物が落下する位置エネルギーにより、構造物表面に対し垂直に衝撃作用による損傷負荷を与えている(式-3)。これらのエネルギーが損傷負荷として構造物表面に継続的に作用した結果、磨耗が生じ、磨耗量と損傷負荷量は比例関係にあると考えた。その関係を示すため、すり減りの進行速度をあらわす「磨耗速度係数」を定義(式-4)し室内試験による結果と実構造物の磨耗状況を比較した。

表-2.1 損傷負荷量に関する算定式

	すり磨き作用 (構造物表面に対し平行に 損傷負荷が生じる場合)	衝撃作用 (構造物表面に対し垂直に 損傷負荷が生じる場合)
室内試験の 試験値に よるもの	$E = \mu mgx \dots (式-1)$ ここに、E: 運動エネルギー (J) μ : 動摩擦係数 (-) m: 流下物の質量 (kg) g: 重力加速度 (m/s^2) x: 磨耗物の移動長さ (m)	$E = mgh \dots (式-3)$ ここに、E: 位置エネルギー (J) m: 流下物の質量 (kg) g: 重力加速度 (m/s^2) h: 流下物の落下高さ (m)
実構造物の 測定値に よるもの	$E = mv^2 / 2 \dots (式-2)$ ここに、E: 運動エネルギー (J) m: 流下物の質量 (kg) v: 流下物の速度 (m/s)	

3. 室内試験方法

室内試験はコンクリートの圧縮強度別に実施した。なお、すり磨き作用に関する試験は ASTM C 779 の A 法(回転円盤機)に準じて行なった為、摩擦由来の運動エネルギーとして扱った(式-1)。測定間隔は15、30、60 及び120 分でその都度磨耗深さを測定した。次に衝撃作用による磨耗速度係数を算定する為、鋼球落下試験を実施した(写真-3.1)。鋼球落下試験は、直径約46mm、質量約400gの鋼球を高さ1.0mから落下させ1,000回まで200回毎に磨耗量を計測するもので、リバウンド防止の為、供試体を傾ける工夫を行なった。又、作用時間は1回あたり0.0002秒として算定した²⁾。

4. 試験値による磨耗速度係数の算定結果

磨耗時間(及び落下回数)と磨耗量の間には強い相関が見られ(図-4.1)、すり磨き作用と衝撃作用による磨耗速度係数はほぼ同値であった(表-4.1)。又、供試体の圧縮強度が低くなるほど磨耗速度係数が増加した。

表-2.2 磨耗量の算定式

磨耗量と損傷負荷量の関係
$V = E T \alpha \dots (式-4)$ ここに、V: 単位面積当りの磨耗量 (m^3) E: エネルギー量 (J) T: Eの作用時間 (h) α : 磨耗速度係数 ($m^3 / (J \cdot h)$)

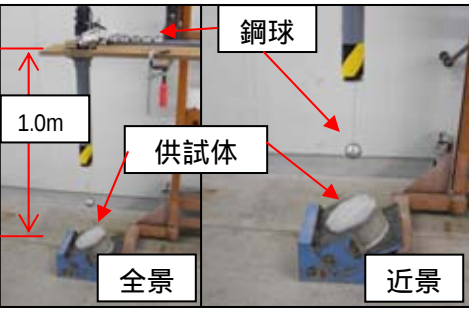


写真-3.1 衝撃作用の室内試験

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

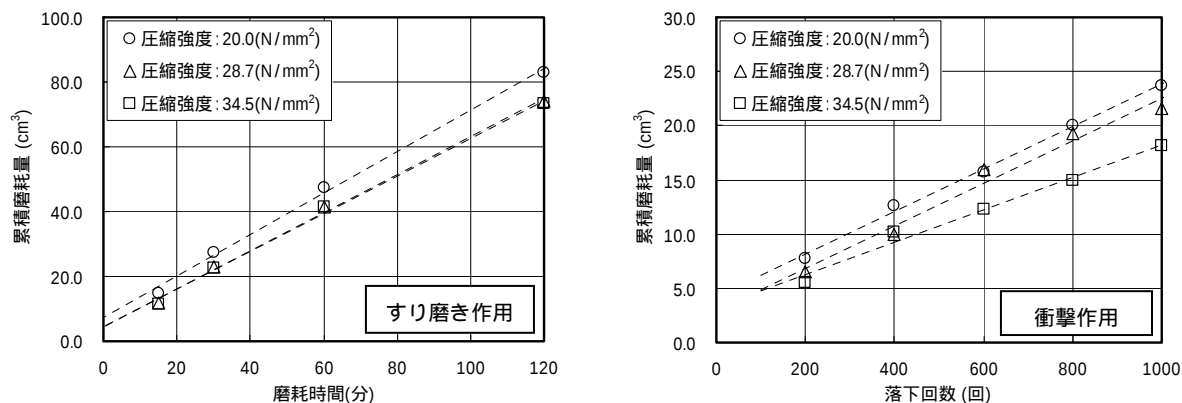


図-4.1 磨耗時間（及び落下回数）と磨耗量の関係

表-4.1 磨耗速度係数の算定結果

項目	記号	単位	〔室内〕すり磨き作用			〔室内〕衝撃作用			〔屋外〕越流部		〔屋外〕エプロン部	
			圧縮強度 (N/mm ²)			圧縮強度 (N/mm ²)			O地点	K地点	O地点	K地点
			20.0	28.7	34.5	20.0	28.7	34.5				
磨耗量	V	(m ³)	4.76E-05	4.15E-05	4.15E-05	0.426	0.388	0.326	0.063	0.049	0.04	0.058
エネルギー量	E	(J)	21.929	21.929	21.929	7.73E+07	7.73E+07	7.73E+07	3.000	9.762	286,466	256,838
作用時間	T	(h)	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	63.613	468	63.613	468
磨耗速度係数	α	(m ³ /(J・h))	2.17E-09	1.89E-09	1.89E-09	5.51E-09	5.03E-09	4.22E-09	3.30E-10	1.07E-08	2.20E-12	4.825E-10
堆砂量	-	-	-	-	-	-	-	-	少	多	少	多

5. 実構造物測定方法

対象とした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。又、流下物の性状を確認する為、取水ダム直下に堆積していた土砂の粒度分布や粒径毎の比重を測定した。なお、作用時間は、取水ダムから越流した時間とした。

6. 実測値による磨耗速度係数の算定結果

O地点及びK地点の越流部とエプロン部の磨耗速度係数のうち、最小値が $2.20 \times 10^{-12} (\text{m}^3 / (\text{J} \cdot \text{h}))$ 、最大値が $1.07 \times 10^{-10} (\text{m}^3 / (\text{J} \cdot \text{h}))$ であり、最大値は最小値の 450 倍に相当することがわかった(表-4.1)。又、取水ダムの堆砂量が多い地点の方が堆砂量の少ない地点より磨耗速度係数が大きかった。

7. 考察

力学的には損傷負荷量と磨耗量の間には比例関係があると考えられ、今回の室内試験の結果より、すり磨き作用と衝撃作用の試験において損傷負荷量が増えれば磨耗量が増えることが明らかとなった。又、磨耗速度係数はほぼ同値であることがわかった。しかし、実構造物の測定結果によると、磨耗係数の値は各部位毎で大きく異なった。これは各地点における磨耗に関する周辺環境、すなわち、取水ダムの堆砂の影響、実際に流下する土砂と水の割合、計測が難しい巨大な岩石の質量やその出現確率、出水における流下物の実速度等が磨耗速度係数に影響しているものと考えられる。磨耗をうける構造物の健全度予測において磨耗速度係数を把握することが重要と考えられるが、磨耗速度係数 α の推定にあたっては、実測データの蓄積が必要である。

8. 結論

室内試験の磨耗量等と実構造物の実磨耗量等を力学的観点により整理した結果、すり磨き作用及び衝撃作用におけるすり減りの進行速度をあらわす磨耗速度係数の値はほぼ同値であったが、実構造物における磨耗速度係数は各地点の周辺環境の影響を受け、差が生じた。周辺環境影響度を内包している磨耗速度係数は、磨耗に起因する構造物の健全度低下予測を行なう上で重要な要素となるが、健全度低下予測の精度を向上させるためには実構造物による実測値の蓄積が必要不可欠であると考えられる。

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), pp217, 2008.3
- 2) 新井宗之, 加藤隼平：流水中の土砂粒子の粒径変化による水路壁面の磨耗に関する実験的研究, 土木学会第61回年次学術講演会(平成18年9月), pp473-474, 2006-9
- 3) (社)日本コンクリート工学協会：コンクリートの診断技術 10[基礎編], pp191, 2010.2