

鋼製可動堰のマネジメントのための劣化予測手法に関する基礎的検討

茨城大学工学部 原田 隆郎, 川嶋 裕介, 高峰
日本自動機工(株) 金森 豪, 桑島 智明, 根本 諒介

1. はじめに

鋼製可動堰は扉体を起伏させることによって河川の流量を調整する役割を担っている。その中でも扉体構造部は常に水環境に晒されていることから腐食が進行し、転石や土砂による摩耗によってスキンプレートの板厚が減少するという過酷な環境下にある。このような可動堰のマネジメントを行うために、河川用ゲート更新検討マニュアルでは扉体構造部の標準更新年数を32年としているが¹⁾、これは全国の実施平均値を示したものであるため、河川ごとの供用環境に応じて更新年数を決定するマネジメントが必要となっている。しかしながら、河川構造物の計画的マネジメントを実施するための点検や健全度評価、劣化予測の各手法などは、その整備が十分に行われていない。

そこで本研究では、鋼製可動堰の主要部材である扉体構造部の腐食摩耗による劣化予測手法の開発を目標とし、実堰での暴露試験と室内での摩耗促進実験を実施し、腐食摩耗劣化の予測手法に関する基礎的検討を行った。具体的には、暴露試験より扉体構造部のモニタリングを行い、実環境下における長期的な劣化状況を把握するとともに、摩耗促進実験により堰の扉体部に最も大きな負荷が作用した場合の板厚減少量を計測し、その板厚減少量と摩耗要因（転石の粒径や質量、流速）との関係を把握した。

2. 暴露試験による腐食摩耗のモニタリング

(1) 試験概要

試験対象堰と暴露試験片、試験片の取り付け状況を図1に示す。暴露試験では、腐食と摩耗の同時進行が扉体の板厚に与える影響を詳細に把握することを目的とする。実施対象堰は茨城県日立市内の鋼製可動堰である。図1に示す試験片(SS400, 板厚6mm)を扉体部の左岸側から3箇所（各箇所に3片）に合計9片（試験片I～IX）を設置し、一定期間ごとに板厚と質量を測定することによって実堰での板厚減少量と質量減少量の変化を把握した。なお、試験は2012年11月2日から実施し、現在まで約5ヶ月暴露されており、計測回数は5回である。

(2) 試験結果

試験片の板厚減少量と質量減少量の測定結果を図2に示す。質量減少量に関しては時間経過とともに増加しているが、板厚減少量は暴露試験42日目までは減少傾向にある。この原因として、試験片表面が錆により膨張し、板厚が増加したと考えられる。また、今回の試験実施期間は扉体が倒伏状態である秋期から冬期であり、摩耗の影響は少なく腐食膨張が主として発生したとみられる。さらに、試験片設置位置の違いについて、鉛直方向に関しては傾向が見られなかったものの、水平方向に関しては試験I～IIIの質量減少量が大きい傾向が見られ、堰端部よりも中央部の劣化進行が速いことがわかった。

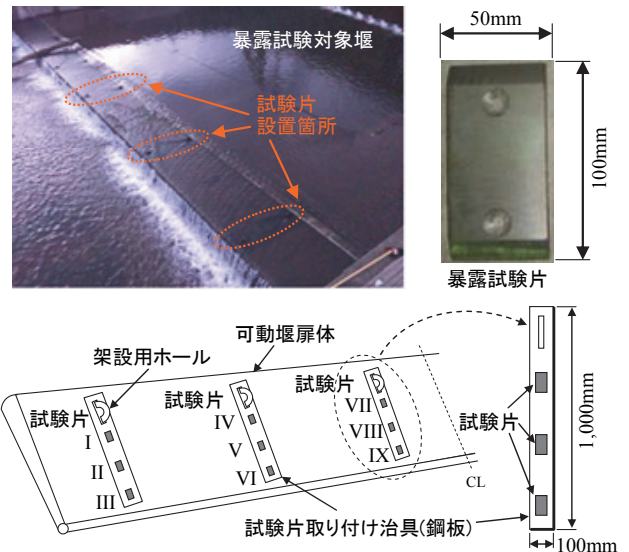


図1 暴露試験の対象可動堰、試験片、試験方法

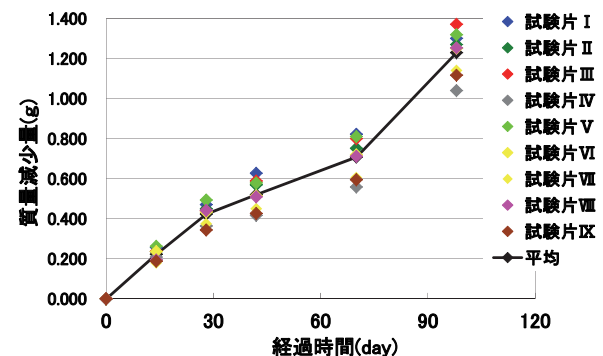
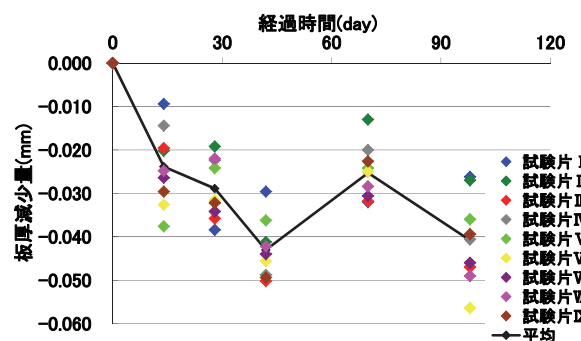


図2 板厚減少量および質量減少量の経時変化

キーワード：鋼製可動堰、アセットマネジメント、劣化予測、腐食、摩耗

連絡先：〒316-8511 日立市中成沢町 4-12-1 TEL：0294-38-5172 FAX：0294-38-5268

3. 摩耗促進実験による摩耗要因の影響把握

(1) 実験概要

摩耗実験では、流速、転石の質量、転石の粒径が扉体の板厚減少量に及ぼす影響力を把握し、劣化予測における摩耗劣化要因を把握することを目的とした。図3に摩耗促進実験の装置概要を、表1に摩耗促進実験の実験要因と水準を示す。摩耗実験では、扉体が起立状態から転倒するまでの転石による摩耗を模擬している。実験装置は円筒構造となっており、装置の中に転石と水を入れ、プロペラを回転させることによって側面に取り付けた試験片を摩耗させる。板厚測定は30分ごとに実施し、5時間までの板厚減少量を測定した。試験片の板厚はあらかじめマーキングしていた9箇所を測定し、その平均値を試験片の板厚とした。実験ケースごとに試験片を3枚使用し、3枚の平均値を各ケースの板厚減少量とした。

(2) 実験結果と摩耗劣化に及ぼす影響要因の把握

各要因の摩耗時間と板厚減少量の関係を図4に示す。どの要因に関しても水準が大きくなると板厚減少量が大きくなるとともに、要因が変化しない場合の板厚減少量は直線的に増加することがわかった。しかしながら、板厚減少量は各要因の水準に対して一定の割合で増加している訳ではなく、各要因の水準の n 乗に比例していることが分かる。そこでこの摩耗実験の結果より、板厚減少量は各要因の水準の n 乗に比例すると考え、板厚減少量と各要因 x （流速： v 、転石の質量： m 、転石の粒径： d ）の時間関係式を次式のように設定した。

$$r_k = (\alpha_k \times x^{\beta_k}) \times t \quad (k=1,2,3) \quad (1)$$

ここで、 r_k は板厚減少量(mm)、 t は経過時間(h)、係数 α_k および β_k は各実験要因($k=1,2,3$)に対する回帰係数であり、 $k=1$ は流速 v (m/s)、 $k=2$ は転石の質量 m (kg)、 $k=3$ は転石の粒径 d (mm)を表している。

実験データをもとに非線形最小二乗法を用いて回帰係数 α_k および β_k を導出し、近似式を求めたところ式(2)~(4)のとおりとなった。

$$r_v = (5.35 \times 10^{-4} \times v^{1.66}) \times t \quad (2)$$

$$r_m = (3.50 \times 10^{-4} \times m^{1.13}) \times t \quad (3)$$

$$r_d = (3.73 \times 10^{-5} \times d^{1.57}) \times t \quad (4)$$

近似式を図4に示す。どの近似式も実験データと相関が高いことから、近似式の各要因が水準の n 乗に比例すると考えることによって、より精度の高い板厚減少量が予測できることがわかった。しかしながら、実際には板厚の減少には各要因の相互作用を考慮すべきことから、今後は各要因を組み合わせた劣化予測式へと展開させる必要がある。

4. おわりに

本研究では、腐食摩耗を考慮した劣化予測式を開発するための基礎的研究として、実堰での暴露試験と室内での摩耗促進実験による板厚減少量の傾向を分析した。その結果、実環境下での腐食摩耗の影響を確認できたとともに、可動堰での劣化において大きな割合を占める摩耗劣化について、板厚減少に与える各摩耗要因の影響を把握することができた。さらに、摩耗劣化の要因ごとの近似式は実験データと高い相関係数が得られ、今後これを組み合わせた式を劣化予測式に導入することの重要性を再確認した。

【参考文献】

- 1)ゲート設備の効果的な維持管理方策に関する検討会：河川用ゲート更新検討マニュアル（案），国土交通省，平成20年

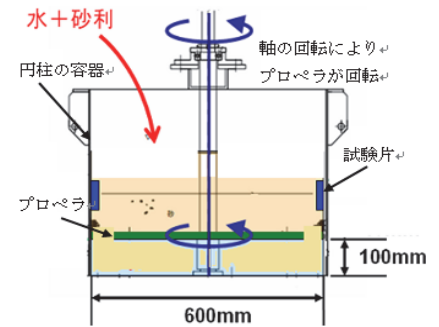


図3 摩耗促進実験装置の概要

表1 摩耗促進実験の実験要因と水準

CASE	転石の粒径	転石の質量	流速
1	16~19mm	7.5kg	1.0m/s
2	16~19mm	7.5kg	2.0m/s
3	16~19mm	7.5kg	3.0m/s
4	16~19mm	2.5kg	3.0m/s
5	16~19mm	5.0kg	3.0m/s
6	5~10mm	7.5kg	3.0m/s
7	10~16mm	7.5kg	3.0m/s

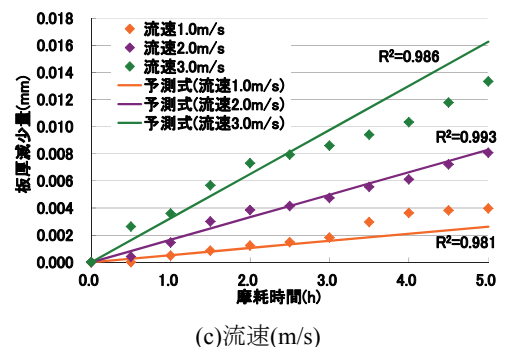
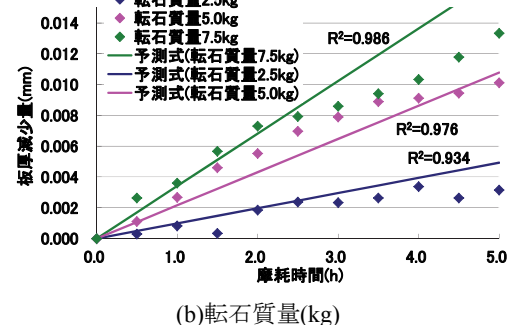
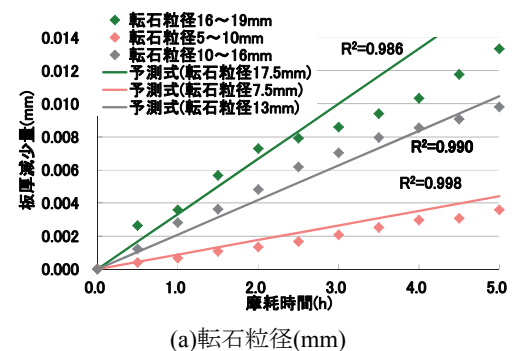


図4 要因ごとの実験結果と予測式