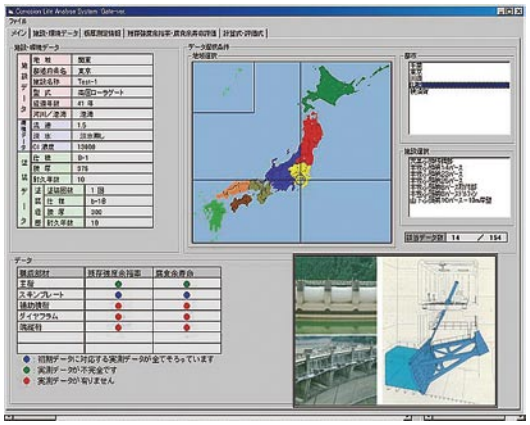
特　集　論　文

鋼構造物（水門扉）の腐食劣化に対する余寿命診断技術及びシステム（CLAS-G）

Residual Life Analysis Technique and System of Steel Structure Under Water Corrosive Environment



上林正和[*1] Masakazu Kamibayashi
川上善道[*2] Yoshimichi Kawakami
高本直樹[*3] Naoki Komoto
土生川真二[*4] Shinji Habukawa
前川　伸[*5] Shin Maekawa

1. はじめに

近年，国内の高度成長期に建設された多くの鋼構造物は老朽化が進行し，それに伴い補修・補強及び取替え・整備工事が増加しつつある．

従来の鋼構造物の保守管理において，取替え・補修の判断基準は劣化度合いの目視点検や，部分的な板厚測定などをベースとした技術者の知識と経験を要するものが多く，定量性に乏しい面がある．

そこで腐食により老朽化した鋼構造物に対する一貫診断技術として，① 現場検査を容易にする錆び，塗膜表面からの板厚計測装置，② 限られた数の板厚測定データしかない場合の残存強度簡易推定法，③ 水域環境による水門扉の腐食寿命診断システム（CLAS-G：Corrosion Life Analyze System - Gate ver.）を開発したので紹介する．

2. 水門扉の腐食寿命診断システム概要

図１に，水門扉の腐食診断システム（CLAS-G）の診断概略フローを示す．初期設計条件や板厚測定結果を入力することで，残存引張強度の有効板厚評価や各部材の強度計算（慣用計算）による現有の強度余裕率を算出する．また板厚減肉による強度低下を予測した余寿命評価に加えて，水域環境データの入力による腐食速度を予測する．

現状システムでは国内各地に建設された設備の診断結果をデータベースとして蓄積でき，メイン画面では新規設備の仕様情報の入力，点検情報の追加・変更等を行っていくことで，各設備の施工・環境・点検状況が分かる．

3. 錆び・塗膜上からの板厚計測装置

腐食した鋼構造物の現場で迅速かつ簡易に検査する

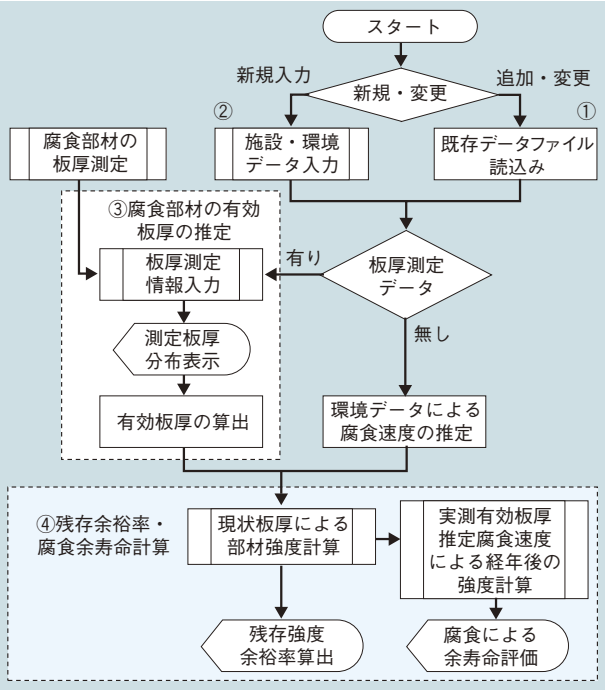


図１　CLAS-G 概略処理フロー　　診断処理の流れ．

ことを目的に，錆び・塗装上から板厚を計測する超音波板厚計を開発した．計測方法としては，まず従来の超音波板厚計と同様にグリセリン等の接触媒質を表面に塗布して図２の探触子を当てる．この時，表面は錆びや塗膜のままで良く，劣化した水門扉サンプルでの測定状況を図３に示す．探触子から送受信される超音波によって探傷器に現れる板厚波形を読み取ることで，錆びや塗膜厚さを除いた有効板厚のみを計測できる．装置は超音波波形の安定性を重視して，図２に示すような焦点型素子による局部水浸探触子やログアンプ改良型探傷器を用いた．

なお，探触子は板厚によって送受信素子（周波数）や水浸距離を変更できる仕様となっており，水門扉実機からの切出しサンプルを用いた性能試験では，従来

*1 技術本部横浜研究所鉄構研究室
*2 技術本部横浜研究所鉄構研究室長 工博
*3 技術本部長崎研究所材料・溶接研究室
*4 横浜製作所鉄構部橋梁・水門設計課
*5 横浜製作所鉄構部次長

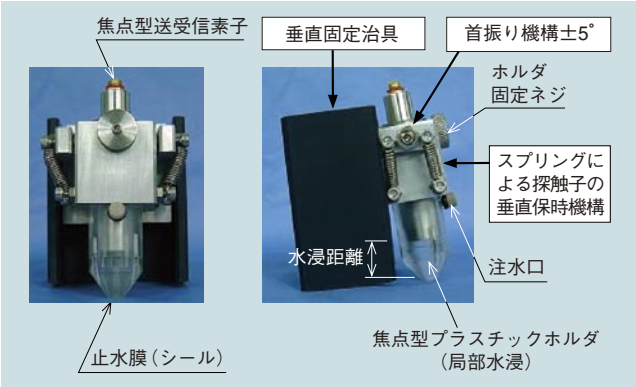


図２　錆び・塗膜上からの超音波板厚計探触子　　波形安定性を重視した焦点型超音波素子と局部水浸探触子.

図３　水門扉サンプルの板厚計測状況　　劣化した水門扉サンプルの板厚を，表面が錆びや塗装の状態のままで測定する.

の超音波板厚計では測定不可であった一般腐食部の測定精度は± 0.2 mm 以内，著しい孔食部の測定精度は± 0.5 mm 以内を検証した.

本計測装置を現地活用することで，錆びや塗装等のグラインダ除去やタッチアップ作業の手間を省き，腐食減肉部の板厚を簡易に計測できる.

4. 腐食部材の残存強度評価

CLAS-G の特徴の一つである腐食部材の残存強度の評価は，図４に示すように腐食により凹凸形状に減肉した鋼部材の板厚測定データを用いて引張残存強度の有効板厚を統計的に求める．最終的には図５のように各板材の有効板厚によって部材強度の自動計算を行い，曲げやせん断の現有強度余裕率を算出する.

引張強度の有効板厚は，式(1)による統計的実験式を用いている．板厚測定ピッチ（点数）による測定精度を検証しており，実構造での腐食部位に対して約 50 点／（300 × 300 mm）の格子状測定を行うことで，± 0.2 mm 精度で評価可能である.

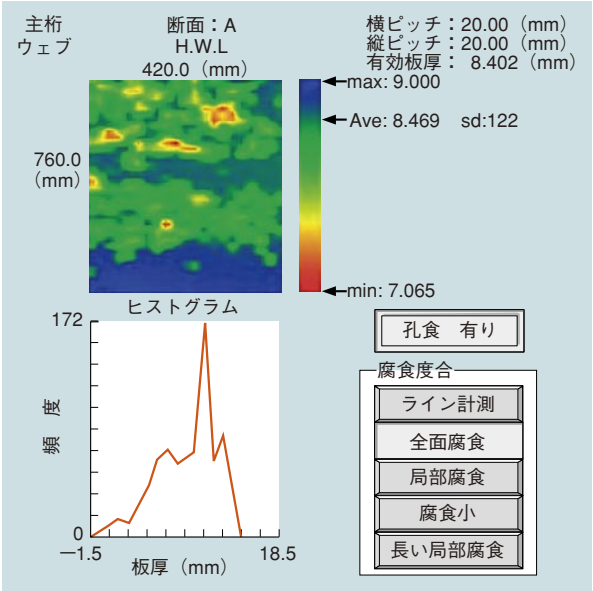


図４　板厚分布表示例　　板厚測定データの統計分布.

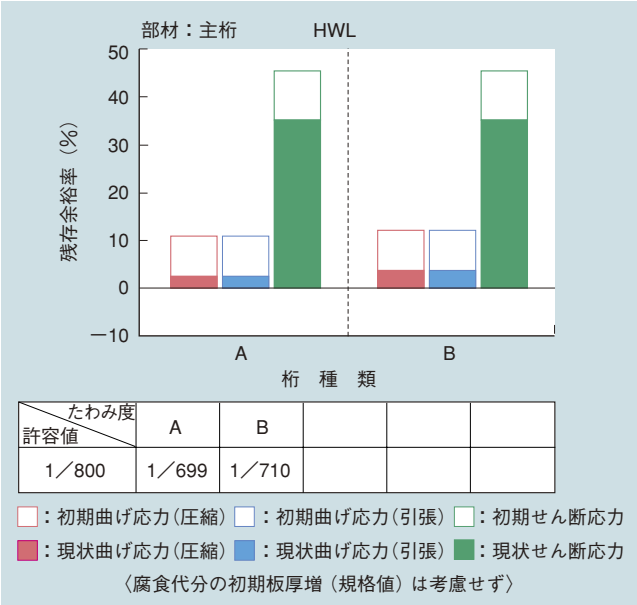


図５　残存強度の表示例　　初期と現有の残存強度余裕率評価.

$$t_e = t_{ave} - a \cdot \sigma \qquad (1)$$

ここで，

t_e：腐食部材の引張強度有効板厚

t_{ave}：板厚測定時の平均板厚

σ：各断面の平均板厚データの標準偏差

$$a = k_2 \cdot e^{-k_1 \cdot \sigma} \qquad (2)$$

ここで，

k_1，k_2：構造，腐食形態による分類定数

e：自然対数

CLAS-G では現地での板厚測定結果のデータをシステムに入力すると，図４に示す板厚分布を表示し，腐食形態を選択して引張強度の有効板厚を自動算出す

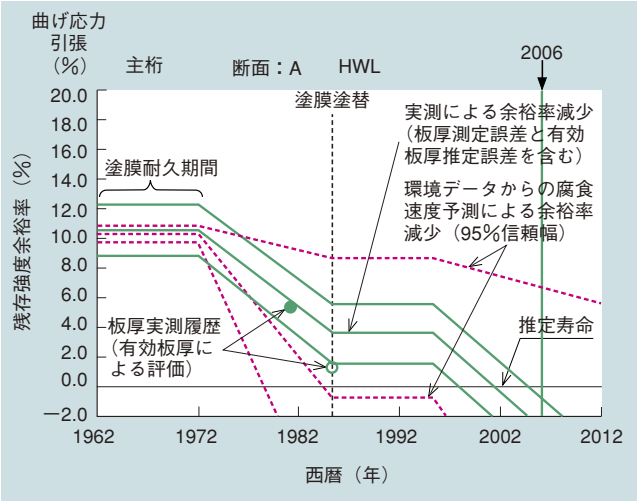


図６　腐食劣化による余寿命評価の例　　残存強度余裕率の減少を環境要因，点検データから予測する．

る．構造部材の強度計算を図５のようにシステム化したことで，部材ごとの補修・補強の緊急性などを迅速に判断できる．

5. 環境条件を用いた腐食速度予測による寿命診断

腐食寿命の評価例を図６に示す．部材の板厚測定データがある場合は，推定有効板厚を用いて現状までの腐食速度を用いて経年後の強度減少を予測する．板厚計の測定誤差，測定点数（測定ピッチ）による有効板厚の推定誤差も評価できるようにした．

また，水門扉のような水域構造物では表１のように環境データによる腐食速度を予測し，95 %信頼限界幅を持った余裕率減少を表示できる．これにより，板厚測定データが無い場合でも強度余裕率の減少が予測できる．

塗装部材での塗膜寿命は，その種類によって８～10 年としており実績に併せて変更可能とした．

CLAS-G では，腐食減厚に対する余寿命を“強度余裕率の減少”として扱うことで，環境データによる予測と板厚実測データによる高精度予測ができる．

表１　水域環境別の腐食速度の例

施設環境	基本腐食速度（mm/year）	信頼幅（mm/year）※
海水（a）	予測式（a）	±0.138
海水（b）	予測式（b）	±0.055
海水（c）	0.05	±0.025
淡水	0.075	±0.025

※ 海水 (a)，(b) は予測式による95％信頼限界値

6. お　わ　り　に

鋼構造物の腐食劣化に対して，錆び・塗膜上からの超音波板厚計，腐食部材の残存耐荷力評価，水域環境要因を用いた腐食速度予測による余寿命予測法の研究開発を行い，これら技術を集約した診断システム“CLAS-G”を構築した．

本技術及びシステムにより，現在ニーズが高まっている鋼構造物の客観・定量的かつ迅速な維持補修計画を支援することが可能となった．

上林正和

川上善道

髙本直樹

土生川真二

前川伸