

電力中央研究所 正会員 小林 精一
電力中央研究所 沼崎 吉次
電力中央研究所 正会員 中村 寿治

1. まえがき

ゲート、水圧鉄管などの鋼構造物を安全に使用するためには、定期的な保守管理が重要であり、種々の調査、試験が行われている。特に、昭和42年に起きた和知ダムゲートの崩壊事故以来、安全性の見直しが叫ばれ、数多くのゲートについて外観調査、板厚測定、洪水位閉塞状態での静応力、たわみ測定ならびに小開度放流状態での振動測定等一連の調査、試験が行われ、ゲートの状態をより正確に安全度を判断する詳細検討がなされる。

このうち、安全性に大きく影響するのは板厚の経年変化であり、他のものは使用条件が変わらない限り変化しない。従って、鋼構造物における板厚測定は安全管理上きわめて重要な測定となっている。

本報告は、既設ゲートの板厚測定結果を比較検討して、腐食状態を明らかにすると共に、板厚測定器の推移ならびに原理的な機能による測定値の取扱ひ方、測定法等についての考え方を述べたものである。

2. 洪水吐ゲートの腐食状態

ゲートの腐食箇所は、ローラーゲートの場合主桁ウェブ上面、ラジアルゲートの場合主桁、御柱ウェブ上面等である。これらの箇所は必ずしも早損ではなく、水抜き孔も最も水の溜りやすい位置に設けられているわけではなく、雨水や放流時に噴き上がった水が溜り、これが晴天時に乾くという繰返によって腐食が発生進行する。なお、スキンプレートについては両ゲートとも下部斜り直上部分の下流面が著しいようである。

昨年、ラジアルゲートの腐食状態については、水圧鉄管の 0.021 mm/年 より局所的であり、 $0.023 \sim 0.073 \text{ mm/年}$ 程度であると述べたが、本年はローラーゲートの腐食状態について述べることにする。

表-1に3ゲートの実測例より腐食程度を対比してみた。

Hゲートは約27年間使用され、スキンプレートおよび下部主桁ウェブに腐食が進行しており、ロープの片吊り現象と共に操作上不妥な要因を有しているため、安全度を判断するために外観調査、板厚、応力および振動測定等を行った。Hゲートは経過年数の割に腐食が著しいように思われるので、S、Yゲートと比較してみた。先ず、Sゲートと比較してみると、Sゲートは昭和4年の運用なので古いということから昭和49年に外観、板厚、硬度等の調査を行ったものであるが、腐食度は主桁についてのみSゲートの方がやや大きい。腐食速度は主桁、スキンプレートともHゲートの方がかなり速い。このように、Hゲートは45年経過したSゲートよりも腐食の著しいことが認められる。次に、Yゲートと比較してみると、Yゲートは定期調査の一環として昭和49年に外観、板厚、硬度等の調査を行ったものであるが、主桁については腐食速度がやや小さく、腐食度はHゲートの方が大きい。

H、Yゲートとも同年に建設されたローラーゲートであるが、メーカーの話しによれば軽量設計が行われているということである。このため、許容応力と強んじ一致した設計

表-1 ゲート概要と腐食状態(実測例)

		H	S	Y
ゲート概要	寸法(幅×高)	14.0m × 9.4m	8.73m × 5.76m	15.6m × 11.0m
	門数	12 門	8 門	12 門
	設計水深	10.0 m	5.455 m	11.3 m
	全水圧荷重	697 ton	140 ton	952 ton
	設計洪水量	9,770 m ³ /sec	3,572 m ³ /sec	10,000 m ³ /sec
	許容応力	1.025 kg/cm ²	1.058 kg/cm ²	1.000 kg/cm ²
	使用開始	昭和28年	昭和4年	昭和29年
	局部最大腐食量	(設計厚10mm) 4.4mm	(設計厚12mm) 5.65mm	(設計厚12mm) 4.6mm
主桁ウェブ(モリシシ)	腐食度	44 %	47 %	38 %
	腐食速度	0.163 mm/年	0.126 mm/年	0.23 mm/年
	最小板厚	(設計厚8mm) 5.4mm	(設計厚13mm) 12.5mm	(設計厚12mm) 6.5mm
	腐食度	33 %	3.8 %	46 %
スキンプレート(経年調査済)	腐食速度	0.096 mm/年	0.011 mm/年	0.28 mm/年

がなされており、例えば、Yゲートは許容応力 1.025 kg/cm^2 に対して主桁の曲げ応力は約 900 kg/cm^2 であり、また、Yゲートは許容応力 1000 kg/cm^2 に対して主桁の曲げ応力は 960 kg/cm^2 となっている。一方、Sゲートは許容応力 1.058 kg/cm^2 に対して主桁の曲げ応力は約 740 kg/cm^2 であり、許容応力の 70 % 程度となっている。要するに、Yゲートと同年代のゲートは余裕度が殆んどないということをつけ加えておく。

3. 測定方法

水圧鉄管、ゲート調査要領によれば測定値から平均厚や最小厚を求める場合、補正を行うことになっている。その補正量は推定または実測によるとされているが、測定対象ごとに異なるので一律に定めることができず、測定者の判断に任せているため、等に通正な補正がなされているとは限らない。

この補正を行うという考え方は、共振式の超音波厚さ計しかなかった頃（昭和30年代前半まで使用）のものであつて、共振式の場合は、周波数が連続的に変化する高周波電圧を探触子に加えると、被測定体の厚さによりいくつかの周波数で被測定体中に超音波の定常波が生じ共振を起す。この共振現象を利用したものであるから、入射面に対して反射面の状態によっては定常波のつき方が弱まったり、また、場合によっては定常波がでず測定不能になる等の欠点を有しており、上記の補正が必要になったが、現況、最も多く使用されているパルス反射式の場合は、次のような理由から補正は必要でなくなった。すなわち、パルス反射式の場合は、持続時間が0.5～5 μsec 程度のきわめて短い超音波パルスを被測定体中に送信し、その反射波を受信するものである。いわゆる被測定体中を伝搬する時間的変化を利用したものであるため、探触子を当てる側に著しい腐食がない限り測定可能である。なお、探触子を当てる面に著しい腐食がある場合は、測定不能となることも考えられるので、モデリングあるいはテアスゲージで測定している。従つて、現状の性能を有するパルス式反射厚さ計を用い、腐食の著しい時はモデリングあるいはテアスゲージ等の併用を行えば補正をする必要はないものと考えらる。

ゲート本体の防食に対する保守管理としては、定期的な塗装工事を行い、その時点で腐食量を把握しておくことが大事である。一般的に板厚測定方法としては、約10～15cmの角あるいは直径に塗膜を剝離し、グラインダーで地肌まで研削し、サンドペーパーで仕上げた測定面を任意に5点あるいは10点を測定し、その平均値を測定面の板厚としている。その他に、筆者らは経年変化を正確に把握したい場合には測定面10cm角の中に1cm方眼を罫書き、100個の方眼について測定している。モデリングで型取りしたものについても、乾草面の10cm角の中に1cm方眼を罫書き、この方眼の中央をダイヤルゲージを用いてもとの面からの高さ（腐食深さ）を測り、設計厚から差引いて、残存厚としている。これらの手法を用いれば同一測定点を定期的に測定することが可能であつて、経年の腐食進行速度も正確にとうえられる。

4. 結び

以上のように、鋼構造物においては腐食の抑止が最も重要であるが、洪水吐ゲートの場合、運開後は種々の条件によつて効果的な防食塗装が生まれないことが多い。防食が維持されなければ軽量構造のゲート程腐食の影響を大きく受けることになる。ゲートの場合、腐食の著しい箇所は主桁ウエブ、脚柱ウエブ上面等であることを記したが、強度的には余り影響しない箇所なので、応力計算や応力測定を行つても許容応力を超えることはまわらない。しかし、この種の構造物が破壊した場合に、社会に及ぼす影響は甚大で、その安全率は通常の構造物よりかなり大きくとる必要があると考へられ、安全率のとり方については詳細な検討を必要としている。

洪水吐ゲートは通常静水圧、波浪高、動水圧などにもとづいて設計されるが、これらの荷重は使用期間中不変とみてよい。従つて、安全度低下に直接かわかるのは腐食による板厚減少だけなので、これの正確な把握が安全度評価の上で重要となる。それに従来の測定法と測定値の整理法を改め、経年変化を精度よく把握できる手法を決め、それによつて一貫性のあるデータ集積していく必要がある。現況、洪水吐ゲートは仮ゲートが準備された箇所は少なく、河川管理上の制約から今後益々応力測定が実施しにくい状況にあるため、応力測定などの大がかりな精密調査は一回だけでよく、以後は板厚測定と外観調査のみで安全度が評価できることになる。