

5.3 取水施設鑄鉄管の健全性調査に関する研究

研究年度：平成30年度

研究分野：既設ダム の 維持管理に関する調査研究

調査研究名：取水施設鑄鉄管の健全性調査に関する研究

研究者：川崎秀明*、菊池恭三、川津孝徳、長野航兵

【要約】

当センターでは、これまで、ダムの長寿命化、長期的なダムの安全性及び機能の保持を目的としたダム総合点検業務を受託し、堤体等ダム土木構造物（堤体、洪水吐き、基礎地盤、堤体周辺斜面）、機械設備（各種ゲート、バルブ等）、電気通信設備（通信設備、受変電設備、監視制御盤等）、その他のダム施設等（水質、堆砂、貯水池周辺斜面等）を対象に健全度の評価や今後の維持管理方針を策定してきた。

今年度、新たな取り組みとして水道用ダム6ダムの取水施設鑄鉄管を対象に健全性調査として、鑄鉄管の製作年の確認、施設の状況確認、非破壊管厚測定調査を行ったので報告する。

【キーワード】

水道施設、鑄鉄管、非破壊管厚測定、総合点検、健全度評価、維持管理方針

【背景・目的】

今回調査した6ダムのうち、最も古いAダムは明治41年竣工したダムで取水や排泥用に使われている鑄鉄管の製造年は明治39年となっており、日本で5番目に古い水道施設である。

トンネル内水平部は平成11年～12年改修しているが取水管垂直部及び排泥管取り入れ口は110年以上にわたり明治時代のものがそのまま使用されている。

他のダムも同様に、昭和3年竣工（90年経過）、昭和15年竣工（74年経過）、昭和19年竣工（74年経過）、昭和31年竣工（62年経過）、平成15年竣工（15年経過）であり、各部に腐食が見られるほか、鑄鉄管内部の発錆、摩耗による減肉が類推される状況であった。

そのため、健全性調査として、鑄鉄管の製造年の確認、施設の状況確認、非破壊管厚測定調査を行ったものである。

【平成30年度の研究成果】

建設後の経過年数が短いFダムを除く、残り5ダムの取水管（縦管）、導水管（堤体内水平管）、排泥管（堤体内水平部）の継手箇所のボルト及びフランジ面に著しい腐食がみられ、各管、バルブの板厚が減肉しているのではないかと類推される状況にある。

これより、5ダムの建設時の管類の規格を「（一社）ダクタイト鉄管協会」が公表し



写真-1 明治39年製造の鑄鉄管
（敷地内の置いてあったもの）

ている資料より推定し、非破壊検査による管厚測定を実施して比較した。

なお、バルブについては、技術資料の入手が出来ず内部の構造が不明なことから測定は実施していない。ただし、管類の腐食とある程度相関しているのではないかと考えられる。

（1）非破壊管厚測定調査

鑄鉄管の厚さ測定にあたっては、鑄鉄は超音波を拡散しやすいという特徴があるため、周波数の低いトランスデューサー（探触子）を使用し、また、測定面とトランスデューサーの間に空気の層が入らないように、粘度の高い接触媒質を十分に塗布して測定する必要がある。

さらに、今回の測定は、対象となる鋳鉄管の製造年が違い、管の物性値が不明なことから測定精度を確保するため、測定する管のフランジ部を対比試験片として用い、機器の速度校正を行うとともに安定した波形を得るためグラインダーで表面を平滑にして測定した。
次に測定機器、測定条件、測定状況を示す。

厚さ計 オリンパス(株) EPOCH600
 探触子 (株)検査技術研究所 5Z10ND
 (5 MHz、φ 10 mm)
 準拠する規格 JIS Z 2355-1、2355-2
 測定方法 1回測定 R-B1方式
 接触媒質 太陽日酸ガス&ウェルディング(株)
 ソニコート



写真-2 測定対象（排泥管、取水管）



写真-5 フランジ厚さ測定（機器校正用）

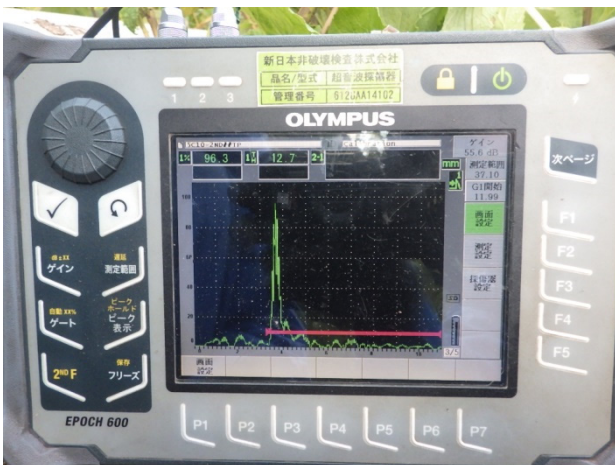


写真-3 厚さ計（超音波探傷器）



写真-6 グラインダー研磨（測定面平滑化）



写真-4 接触媒質（ソニコート）



写真-7 計測状況

想定した建設時の管厚と計測結果を表-1に示す。

管厚測定結果から、減肉が見られるのは、Aダムの取水管水平部、Bダムの排泥管、Cダムの取水管水平部、排泥管のみであった。また、減肉量も小さく全体として建設当時の管厚を維持している結果となった。

この結果の要因として、以下のことが想定される。

- 1) 鋼材の腐食は、水に接触することで水酸化第一鉄から水酸化第二鉄に進行（この状態で赤錆となる）する。水酸化第二鉄には鉄を保護する効果が無くそのまま剥離し、これを繰り返すことで徐々に減肉する。鋳鉄には黒鉛が存在し黒鉛は腐食しないので鉄だけが錆び、黒鉛を含む鉄の錆層は黒鉛がアンカーとなって固定効果があるために剥がれにくく、結果的に腐食を抑制する効果があるとされている。
- 2) 取水管・排泥管の内面は建設時から常時接水しており乾湿をほとんど繰り返さないこと、都市部に埋設された管路でよく生じる、漏洩電流に起因した電解作用による腐食も生じていない。
- 3) *鋳鉄管製造の黎明期には、製造にあたって不合格品が多いことから不足分を輸入品に切替えた等の事例が報告されている。現在の各種鋼材は、限りなく寸法公差の下限値で製造されているが、不良品を出さないようかなり厚めに製造していた時期があったのではないかと考えられる。

4) 今回の測定あたっては、管類の物性値が不明なことから、測定箇所付近にある同質材のフランジの厚みを計測して、これをもとにキャリブレーションを行い測定している。フランジ面は完全に平坦ではないことから実厚より厚めに測定し評価したとも考えられる。この数値をもとに計測すると、真値より厚めの値となる。

5) 建設時に使用したと推定した管種ではなく、各ダムで特注した可能性も否定できない。

今回の測定では、「各ダムの測定数は、管種毎に1箇所ずつ天・左・右の3点計測で、測定箇所数が少ない」「技術資料の不足」「計測誤差」等の不十分さがあるものの、Aダム浄水場脇に存置されていた建設当時の鋳鉄管（釜石鋳山田中製鐵所製造）内面の錆びこぶを除去したところ、凹凸状の腐食や孔食が生じていなかったことから、外観から想像するよりも当初の管厚を維持していると推定される。

なお、各ダムの測定箇所は取水塔と監査廊の交差部内で実施している。貯水位の変化が激しいダムでは、縦の取水管上部で乾湿が繰り返されるので管理設備を整備したのちに再度計測することが望ましい。

(※印出典：ダクタイル鋳鉄管ガイドブック 水道管の歴史)

表-1 想定した建設時の管厚と計測結果

ダム名	建設着手	竣工	種類	箇所	超音波厚さ測定結果			参考 (一社)日本ダクタイル鋳鉄管協会 技術資料による施設設置当時の推定規格			
					公称径	推定設置時期	管厚(mm)	管厚(mm)	区分		種別
									年代		
Aダム	M38.4	M41.3	取水管	垂直部(設置当初)	450	明治39年	19.1~17.3	15.9	普通鋳鉄	明治26~明治40年頃	
				水平部(更新)	450	H11.1~ H12.10更新	6.2~5.9	6.5	ダクタイル鋳鉄		3種
			排泥管	取水口(設置当初)	350	明治39年	17.3~16.5	14.3	普通鋳鉄	明治26~明治40年頃	
Bダム	T12.4	S3.3	取水管	水平部	350	大正12年	19.0~17.5	16.7 14.3	普通鋳鉄	上水協議会規格 (大正3~昭和12年廃止)	普通圧 低圧
				取水口チース(垂直)	350		20.6~19.1	16.7 14.3	普通鋳鉄	上水協議会規格 (大正3~昭和12年廃止)	普通圧 低圧
			排泥管	取水口	350	18.7~14.3	16.7 14.3	普通鋳鉄	上水協議会規格 (大正3~昭和12年廃止)	普通圧 低圧	
Cダム	S10.7	S15.3	取水管	垂直部	500	昭和12年	15.2~14.2	14.0 12.0	高級鋳鉄	水道協会規格(昭和8年~) JES(S9~S24)	普通圧 低圧
				水平部	500		14.5~12.6	14.0 12.0	高級鋳鉄	水道協会規格(昭和8年~) JES(S9~S24)	普通圧 低圧
			排泥管	取水口	500	13.7	14.0 12.0	高級鋳鉄	水道協会規格(昭和8年~) JES(S9~S24)	普通圧 低圧	
Dダム	S16.4	S19.3	取水管	垂直部	300	昭和17年	15.2~14.2	10.5 9.4	高級鋳鉄	水道協会規格(昭和13年~) 臨時JES(S14~S24)	普通圧 低圧
				水平部	300		12.9~10.6	10.5 9.4	高級鋳鉄	水道協会規格(昭和13年~) 臨時JES(S14~S24)	普通圧 低圧
			排泥管	取水口	300	14.4~11.7	10.5 9.4	高級鋳鉄	水道協会規格(昭和13年~) 臨時JES(S14~S24)	普通圧 低圧	
Eダム	S25.7	S31.3	取水管	垂直部	400	昭和30年	15.8~13.2	10.6 9.2	遠心カ砂型鋳鉄管	水道協会規格(昭和17年~) 臨時JES(S17~S27)	普通圧 低圧
				水平部	400		12.9~12.0	10.6 9.2	遠心カ砂型鋳鉄管	水道協会規格(昭和17年~) 臨時JES(S17~S27)	普通圧 低圧
			排泥管	水平部	400	12.4~11.5	10.6 9.2	遠心カ砂型鋳鉄管	水道協会規格(昭和17年~) 臨時JES(S17~S27)	普通圧 低圧	
Fダム	S41.5 再開発 H15.9	S44.5 H18	取水管	垂直部	600	平成16年	未測定	8.0	鋼製	水輸送用塗覆装鋼管	
				水平部				7.0			
			排泥管	水平部	8.5			ダクタイル鋳鉄		1種	
					7.5					2種	
					7.0					3種	
					11.0			ダクタイル鋳鉄		1種	
10.0			2種								
9.0			3種								

(2) フランジ接合用ボルト・ナット

取水バルブ・排泥管バルブと铸铁管を接続するフランジボルトは、写真-5.1に示すように腐食が大きく進行している。ボルトは普通鋼材であることから、取水塔内の環境から、腐食は避けられない。

腐食が進んでも漏水や脱落がないのは、通水時及び止水時ともに管路に内圧が作用するだけで、管路の支持部（コンクリートブロック等）が取水管の軸力による歪みを拘束し、ボルトには引張り荷重がほとんど作用しないこと、取水バルブの重量によるボルトへの剪断力も大きなものでないことによると考えられる。



写真-5.1 ボルトの腐食状況

(3) 点検施設

各ダムの取水塔内部には、点検用の「階段・梯子、踊場」が設置されている。しかし、写真-5.2に示す階段、梯子、踊場の腐食状況のように、Bダム、Dダム、Eダムにおいては、腐食が

進行し利用するには躊躇する状況にある。

地震時等では緊急の点検にも必要となるので、管理用設備は安全に配慮した管理が必要である。



写真-5.2 階段、梯子、踊場の腐食状況

【今後の課題】

- ① ボルトナットの腐食が激しい取水バルブや排泥バルブは地震時、急速遮断時にボルトに大きな引張力、剪断力が作用するとバルブの落下や漏水が懸念される。

そのため、早急にボルトナットを交換することが望まれる。

- ② 減肉が推定された铸铁管は定期的に管厚を計測し傾向管理をしていくことが重要である。

- ③ 取水管や取水バルブの更新にあたっては、各施設が水道用施設であり、簡単に貯水位を下げられないという課題がある。

Aダムの水平直管部は不断水工法を活用して铸铁管を更新しているが、取水塔塔体に埋設された取水管や作業スペースの狭い取水バルブ部での作業は困難と思われる。

将来の更新作業に向け、取水塔外部に仮締め切りを設置して施工するなど具体的な施工の検討が望まれる。

- ④ 今回の非破壊管厚測定は超音波厚さ計を使用し、铸铁管フランジ部の厚さをノギスで測定し、超音波探傷器の音速を調整し、測定したが、さらに測定精度を高めるための測定方法や測定機器の調査・選定を進めていきたいと考えている。