電磁ブレーキ付電動機固着時の復旧手順と作業訓練

徳田克也[1]・上野英二[2]・藤田正樹[3]・岩瀬賢俊[3]

[1]独立行政法人水資源機構　霞ヶ浦揚水管理所　機械担当（〒300-0213 茨城県かすみがうら市牛渡 359）
[2]独立行政法人水資源機構　思川開発建設所　機械課長（〒322-0305 栃木県鹿沼市口粟野839-2）
[3]独立行政法人水資源機構　長良川河口堰管理所　機械課（〒511-1146 三重県桑名市長島町十日外面 136）

ゲートの主動力として採用例が多い電動機では、電磁ブレーキのライニングが固着することにより動作不能になることがある。動作不能に陥った場合は、流量制御機能を失う等、施設運用に支障をきたすことになり、施設管理規定等に則った施設運用を適切に行うことが困難となる。

長良川河口堰では、調節ゲートの主電動機の更新により旧電動機を処分する予定であったが、それの活用により故障復旧体験が可能であると考え、故障復旧訓練を企画、実施したものである。

本論文では、過去 2 回行われた訓練等の様子を報告するとともに、それらで得られた知見を示すことにより、他事務所においても同様の事例の際に適切に対処できるように報告するものである。

キーワード：電磁ブレーキ、ライニング固着、故障復旧、直営作業

1. はじめに

長良川河口堰（以下「河口堰」という。）は、平成 7 年 7 月に運用が開始され、今年で 24 年目を迎えている。河口堰は、堰放流量を調節する調節ゲート 10 門をはじめ、魚類の遡上・降下を助けるロック式魚道ゲート 2 門、船舶の航行を行う閘門ゲート 3 門のワイヤロープウインチ式ゲートがあり、各ゲートは電動機によって開閉する。

平成 29 年 2 月、水資源機構が管理するダムの選択取水設備下段扉にて電磁ブレーキが開放しない不具合が発生した。過去に他設備でも同様にブレーキが開放しない事例があり、ダムゲートの放流時など確実に稼働しなければならない状況でブレーキが開放しないことがあることを常に意識し、対応を確立しておく必要がある。

本論文では、電磁ブレーキ付電動機の構造を理解した上で、実際に復旧作業を行う手順を論文のなかで示すことにより発生時に他事務所において職員の手で適切に対処できるように周知するものである。

2. 電磁ブレーキ付電動機の構造

電動機の形式は、かご形三相誘導電動機で、その制動は、電動機内部の電磁ブレーキと別途設置している油圧押上式ブレーキの二重化により安全性を確保している。

ゲート用電動機では、内部に電磁ブレーキを搭載しているものが多く、河口堰のゲートにおいても殆どのゲートで電動機に内蔵したものを採用している。**図-1** に電磁ブレーキの構造図と**写真-1** に電磁ブレーキの外観を示す。

電磁ブレーキは電動機停止時に励磁されないため、電磁ブレーキ内部にあるバネが制動板を押し込む事で、間のブレーキライニング（以下「ライニング」という。）が制動板に挟まれて電動機の回転を制動している。反対に運転時は、電動機に励磁されることで内部電磁石が吸着し、バネの力に勝ることからブレーキが開放される。

電磁ブレーキの固着は、制動板もしくは、電動機本体側制動面とライニングの間で固着（以下「ライニング固着」という。）することで発生する。

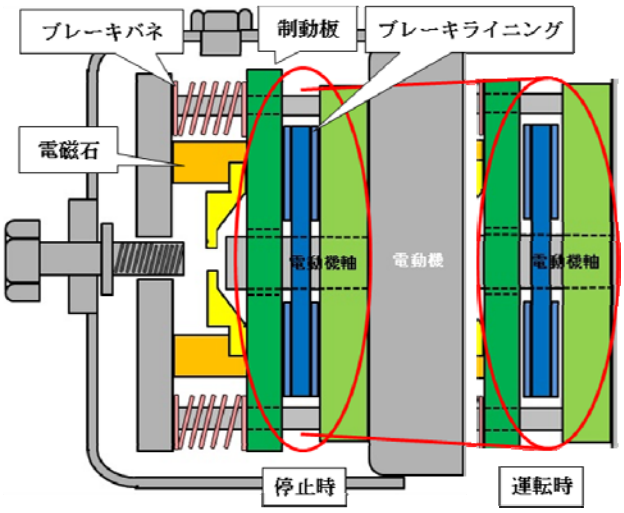

図-1 電磁ブレーキ構造図 [1)]

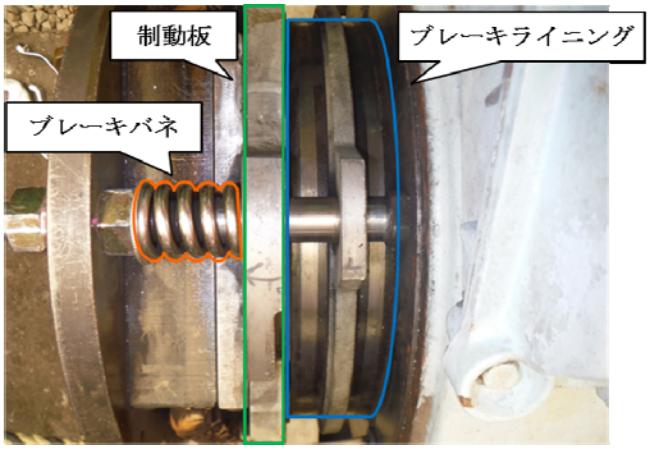

写真-1 電磁ブレーキ外観

発生した場合には、手動によりブレーキを開放することで解消されることがある。以下に河口堰で設置されている電動機の電磁ブレーキを手動で開放する手順とその後の復旧作業を示す。ただし、以下の手順で開放を行う場合は、次に示す事項を準備、確認のうえ行う。

○基本的に２名以上で作業にあたる。
○電磁ブレーキ以外のブレーキ（油圧押上式ブレーキ等）が制動していることを確認する。
○機側操作盤は「機側」モードにする。
○電動機の電源（ブレーカ）を落とす。

なお、電動機には様々なメーカのものがあるため、実際に行う場合には、取扱説明書を確認のうえ、メーカへの聞き取りが必要であることを申し添えておく。

3. ライニング固着からの開放作業

(1) ライニングの開放

ブレーキが**図-2**に示した構造の場合、次の手順で開放を行う。なお、電磁ブレーキの開放は、カバーを設置したままでも可能であるが、実際に固着している場合には、固着状況の確認やその後の処置を行う必要があるため、カバーを外して行う。以下にライニングの開放手順について詳しく示す。

(a) ゆるめボルト取り外し

写真-2に示す様に正面のゆるめボルトと四隅にあるボルトの計５本のボルトを外し、内蔵している部品に注意しながらカバーを取り外す。

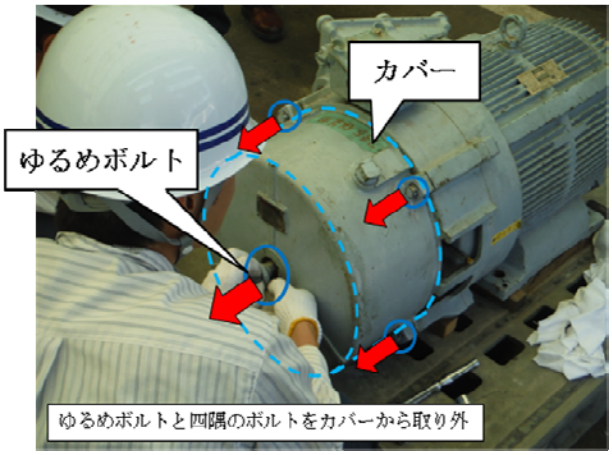

写真-2 カバーの取り外し

3.1.2 ゆるめボルト締め付け

写真-3に示す様にカバーを取り外すと正面にブレーキカバーが見える状態となる。この状態で事前にカバーから取り外したゆるめボルトをブレーキカバー中央のねじ部へ締め付ける。

写真-3 ゆるめボルトの締め付け

ブレーキカバー中央のねじ部を通過するとゆるめボルトが空回りする感覚に変わる箇所があるが、更にゆるめボルトを奥へ締め付けることでゆるめ金具に接続する。

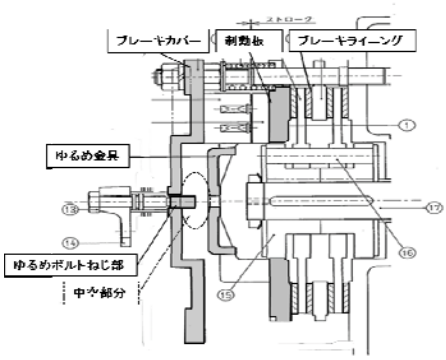

図-2 ゆるめボルト締め付け時の状態 [2)]

3.1.3 固着部からの引き剥がし

電磁ブレーキが開放すると通常であればわずかな隙間（0.5～1mm 程度）が制動板（もしくは電動機本体制動面）とライニングとの間にできる。軽微の固着であれば、この作業を行うことで開放することもあるが、この時点で固着が解消されなければ、プラスチックハンマや木槌などを用い、できるだけ固着面を直接たたかないようにハンマリングを行う。さらに解消されなければ、**写真-4** に示す様に制動板もしくは電動機本体制動面とライニングとの間にマイナスドライバーを当て、ハンマー等で叩いて引き剥がす。なお、本作業においては、ライニングを傷つける可能性があるため、重要性、緊急性、代替設備の有無等を考慮して作業を行うものとする。

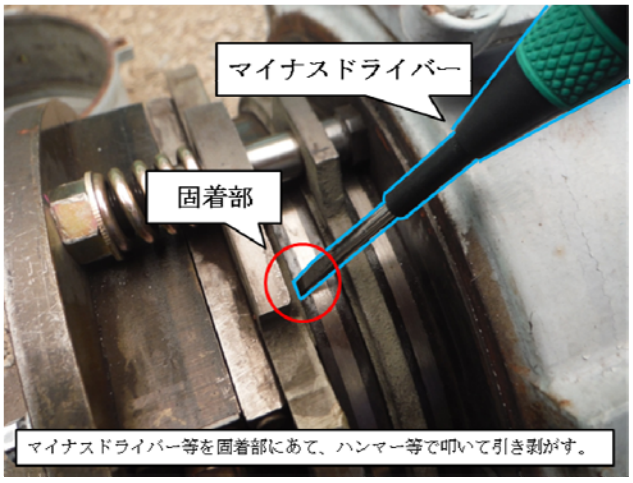

写真-4 ハンマリングによる開放

3.2 復旧作業

開放確認が終了次第、作業前の状態に戻して試運転確認を行う。その際、運転時の加速音と減速音、内部の軸受の回転音など異音が発生していないか確認する。

4. ライニング固着の原因

4.1 運転頻度による原因

機械設備保全支援システムで過去にライニング固着が発生したゲート設備を調べたところ、二段式ゲートでは下段扉で多く発生する傾向を示していた。このようなゲート設備では、水位調整のため上段扉を稼働させることは多いが、主に出水時に使用する下段扉は比較的少ない。

また、ダム用ゲート等でダム貯水池、設備状況によって管理運転を行うことができないゲートについても、運転頻度が低いことから、ライニング固着が発生している傾向であった。以上から、運転頻度が与える影響は顕著であると言える。

4.2 運用年数による原因

ライニング固着の主な原因として、ブレーキ部の吸湿による錆の発生とされている。そのためライニングには、湿度による劣化を防ぐ吸湿防止剤が使用されている。

しかし、運用から 20 年以上経過する設備では、吸湿防止剤の効果が減少し、ライニング固着が発生する可能性が高まる。起動回数、設置環境が固着の原因とも考えられるが、運用年数の経過と共に吸湿防止剤の効果が減少したことも一因と考えられる。

5. 固着に対する対策

実際にライニング固着が発生した場合の故障表示は、「電動機過負荷」と表示されることが多い。これはライニング固着が発生し、電磁ブレーキが開放されないまま稼働させたため、機側操作盤内の３Ｅリレーで検知したことによる。そのため、故障が発生した後に現地に赴き、機側操作盤で故障表示および３Ｅリレーの表示（過負荷の場合ＯＣ〔オーバーカレント〕と表示しているランプが点灯）を確認する。確認した後、戸当り部、開閉装置等で「電動機過負荷」の原因となる事象（例：ローラ部と戸当りの間に異物が挟まって無いか、開閉装置の回転部に異物が無いか等）が無いか点検を行う。点検で異常が発見されなければ、ライニング固着が考えられるため、再度現場の機側操作盤で操作し、電磁ブレーキが開放されているか（開放時には大きな音がする。）電動機の軸が回転しているかを確認する。ここでライニング固着が解消されないと再度「電動機過負荷」で停止するため、状況を確認した後、先述の手順により開放確認および復旧作業を行うことになる。その際、時間的に余裕があるのか、代替設備の有無などを勘案し、施設運用を最優先にどのような対処方法がとれるか、状況にあわせて対処することが肝要である。

また、開放確認および復旧作業が直営作業で行えるように普段から備えておく必要があるが、定期的な訓練やマニュアルによる整理を行うことで、安全に素早く設備の復旧作業が可能になる。

5.1 固着時の開放確認および復旧作業訓練

当管理所では平成 29 年度から「ブレーキ固着時の開放確認および復旧作業訓練」を行っている。訓練で使用している電動機は過去の整備工事で取替を行ったもので、河口堰で使用している電動機と同じものである。よって、実機を使用することでより実践的な訓練が可能となる。平成 29 年度の作業訓練では、電動機メーカより指導を受けた。これは、復旧作業自体が設備に多大な影響を及ぼしかねないことから、直接メーカから指導を受けることで、より安全に復旧作業が可能となる。

さらに他事務所の機械職員も訓練に参加した。設備によって製造メーカや型式の違いはあるが、基本構造について共通する箇所は多いことから、同様の知見が得られると考える。以下に過去 2 回行った訓練の内容を示す。

・平成 29 年度　電磁ブレーキ付電動機不具合復旧訓練

〇日時：平成 29 年 11 月 10 日(金)

〇参加者　：中部管内の機械職員 13 名

写真-5　復旧訓練の様子(第1回)

・平成 30 年度　電磁ブレーキ付電動機不具合復旧訓練

〇日時：平成 30 年 6 月 13 日(水)

〇参加者：中部管内、関西管内機械職員 25 名

※なお平成 30 年度訓練については、河口堰管理所機械職員が講師となり指導した。

5.2 対応マニュアルの作成

従来完成図書として保管されている取扱説明書と訓練で得られた知見を加味したものをマニュアルとして作成しておくことが必須である。あわせて設備の詳細や各号機の特徴を記述することで設備固有の情報を引継ぐことが出来る。長良川河口堰管理所では、安全に直営で復旧作業が行えるよう、過去実施した訓練での知見を加味した対応マニュアルを作成した。

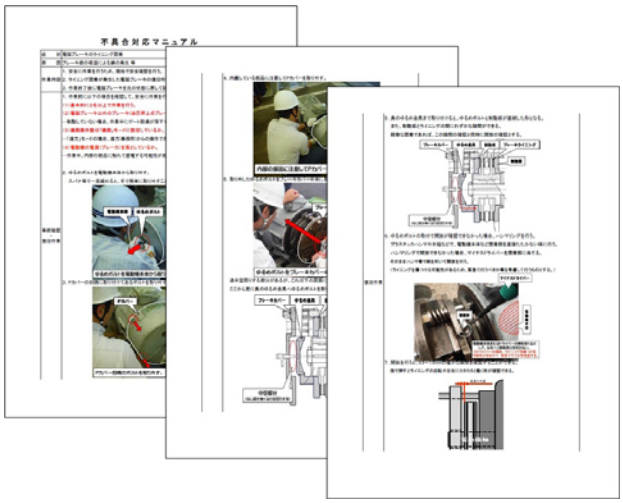

図-3　実際に作成したマニュアル

また今後はこれらのマニュアルとタブレット端末に保存し、故障時等に持ち込めるようにしたいと考えている。マニュアルとして復旧するときの助けになると共に故障状況を動画データとして取り込む事が可能になり故障状況の報告、原因の究明に役立つことが期待される。

6.　おわりに

電磁ブレーキが開放できないことは、設備が稼働できないことを意味し、出水時に使用する設備であれば、機構が担う社会的役割が果たせない事態となることを示している。一方、設備運用上制約があり、点検時に運転できない設備等、運転頻度が少ない、運用年数が長い設備ほどライニング固着の可能性が高まる。そういった状況のなかで、限られた人員で対応が求められることになることから、万全の準備が必要となる。

先日も閘門ゲートで軽微なブレーキの固着が発生した。ブレーキの形式は異なっていたが、これらの訓練・勉強会の知識がわずかな時間での復旧につながった。

今回の論文や勉強会を通して、対策が明確になることで職員のスキル向上や出水時の不安が軽減されることになれば幸いである。

最後に当管理所では、本論文に示した電磁ブレーキの開放手順および復旧作業について、実際の電動機を使って体験することができる。来所いただければ、その方法について当管理所の機械職員より指導させていただくことを申し添えておく。

参考文献

1)　電動機付電磁ブレーキ固着時の開放確認について（注意喚起）　2017 年 7 月 21 日
（事務連絡）

2)　明電舎ゲートモータについて　2017 年 11 月 10 日
（第 1 回　電磁ブレーキ付電動機不具合復旧勉強会資料）