

緊急油圧装置の開発

○笠原 諭¹・清永 勇治²

概要

油圧を駆動源とするゲート設備等に於いて、通常時はもちろん大規模災害時等に電源喪失や機器故障、更には水没により電気機器が使用できなくなった場合、ゲート等の操作が不能となりダム等の施設管理に重大な支障を及ぼすことが想定され、その被害は甚大なものが予想される。現状は、予備機能として装置の二重化や予備エンジン等が設置されているが、電源喪失や機器故障時等は使用不能となること、また予備エンジンによる操作は、油圧ユニット内の各種バルブ操作が必要で熟練を要するなど万全なものとは言い難く、大規模災害時などの非常時のいわゆる「パニック状態」に於いても簡単かつ確実な操作が求められる。

そこで大規模災害時等を想定した、より一層の危機管理の強化を図るべく、「小型軽量で簡単かつ確実に操作ができる非常用の油圧装置」の開発は急務であり、実際に装置を現場に設置することを念頭に、大規模災害時に役立つ装置として「緊急油圧装置」を開発したものである。

本稿は、これまでの開発の経緯、設計・検討における考え方および今後の展開について報告するものである。

キーワード：危機管理、予備動力装置、油圧駆動

1. はじめに

ダムにおける機械設備の中でも、洪水調節や常時の利水放流のために設置されている「放流設備」の開閉装置は油圧駆動式であることが多く、ダムによっては主放流設備が1門の場合もあり、万一異常洪水時等にゲート設備が使用不可能になるような危機に対し、事前に対策を講じておく必要があることから、現状では設備の二重化等を実施しているが万全の対策とは言い難い。

また、東日本大震災以降、更なる危機管理対策が求められており、今後大規模災害等を想定した危機管理対策の強化が急務である。

ゲート設備の開閉装置はワイヤロープ式と油圧駆動式が主に使用されているが、ワイヤロープ式については市販の予備動力装置があることから、今回油圧駆動式の開閉装置を対象として、新たに「緊急油圧装置」を開発したものである。本装置の特徴は、小型・軽量で電源を必要とせず、操作が極めて簡単であり、構造がシンプルでコスト的にも安価な装置である。

2. 既存の危機管理対策

油圧駆動式のダム用ゲート設備において、特に確実な操作が必要な「主放流設備」における危機管理対策として、予備発電装置や予備動力装置が設置されている。しかし、油圧駆動装置のバックアップとして今後設置するにはいくつかの課題があることから、必ずしもベストであるとは言い難い。各装置の課題について表-1に記載する。

表-1 既存の危機管理対策

危機管理対策	内 容	課 題
機側予備発電装置	設置できれば、通常どおりの電氣的操作が可能	既存設備に設置するには、スペースの問題や高価なことからコスト的な制約があり、設置できないケースがほとんどである。また、機器故障時や水没時には操作不能
手動装置	手動ポンプによりゲート等を操作	技術基準において、操作力100N・30rpmで操作可能時間10分程度とされており、開閉時間および操作者の体力に限界がある
予備装置	予備モータ&ポンプ	電源喪失時や水没時は使用不可能
予備エンジン	別置き予備エンジン&ポンプにより、既設油圧ユニットの油圧回路を使用してゲート等を操作	既設油圧ユニットを使用することから、ユニット内の各種バルブ操作が必要なため、熟練が必要であり、誰でも操作するのは困難。また、機器故障時には操作不能を操作

1. 関西支社 設備課 主幹
2. 関西支社 事業部 参事役

3. 開発の経緯

本装置の開発にあたっては、阪神淡路および東日本大震災を目の当たりにし、大規模災害時に起こりえる電源喪失や機器故障、水没による操作不能をもたらす甚大な被害を再認識し、対策を事前に講じておく事の重要性を痛感した。こうした危機管理強化は急務な課題であり、既存設備と切り離れた独立したシステムによる操作装置が必要であるため、油圧総合システムメーカーと共同で緊急油圧装置を開発することとした。

開発は平成24年7月に着手し、平成25年3月には基本開発を完了し、平成25年6月に装置を完成するに至った。

4. 設計・検討

4.1 設計思想

開発にあたり、既存の危機管理対策の課題を克服するため、独自のシステムを構築することを前提とし、以下の基本思想を元に検討を行った。

- ① 操作が簡単で確実であること
- ② 小型軽量で可搬が可能なこと
- ③ 既存設備の改造が容易で少ないこと
- ④ 電源が不要なこと
- ⑤ 安価で汎用性があること

4.2 具体的検討

4.2.1 設計条件

ダム・堰施設技術基準（案）では予備動力装置の開閉速度は常時（0.3m/min）の1/2～1/3程度とされており、機構内の全てのダム主流設備について、開閉速度・作動圧・油圧ポンプ能力の調査・比較を行い、本装置における設計条件の目安を表-2のとおり設定しエンジンと油圧ポンプの仕様を検討した。

表-2 設計条件の目安

	6.9MPa	13.7MPa
設計圧力	6.9MPa	13.7MPa
設計流量	26.9L/min	18.5L/min
開閉速度	0.12m/min	0.12m/min

4.2.2 主要機器

(1) エンジン&油圧ポンプ

エンジンは、長期保管後でも確実に始動可能なディーゼルエンジンを採用し、エンジン出力は、始動性・操作性を考慮に入れ5.5～7.5PS程度として検討した。また、エンジン以外は共通の機器とすることで、製作効率を向

上させコスト低減を図った。

油圧ポンプは、構造がシンプルで信頼性・耐久性が高く、長期保管性に優れるギヤポンプを採用した。

エンジンおよび油圧ポンプの選定にあたっては、目安として定めた設計条件を基に各エンジンと共通のポンプでトルク・出力を比較し、可能な限り吐出流量が設計条件に見合うよう選定した。表-3に検討結果を示す。

表-3 エンジン&油圧ポンプの検討結果

	6.9MPa用		13.7MPa用	
	エンジン	油圧ポンプ	エンジン	油圧ポンプ
回転数	3600rpm	—	3600rpm	—
理論吐出量	—	6.16cc/rev	—	6.16cc/rev
トルク	1.16kg・m	0.74kg・m	1.68kg・m	1.46kg・m
出力	5.9PS	3.6PS	8.4PS	7.1PS
吐出流量 (設計流量)		21.7L/min		21.2L/min

(2) 制御バルブ

油圧回路を構成するにあたり、各種制御バルブについては、軽量化・シンプル化を図るため必要最少限の機能のみとし、表-4に本装置に設ける基本機能を示す。

表-4 基本機能

機能	内容	使用機器名
圧力設定	設定値以上の圧力になると作動油をタンクへ戻し、回路内の圧力を一定にすると共に、異常圧に対する安全弁となる。なお、閉側はロッドの座屈を防止する。	リリーフ弁
開度保持	作動油の逆流を防止することで、中間開度で停止した場合に、開度を保持する。また、パイロット圧が設定値以上になると逆方向にも作動油を流し、シリンダの往復動作を可能にする。	パイロットチェック弁
自走防止	設定圧力以上になると作動油が流れ始め、作動圧力とつり合いながら作動油を流し、閉操作時における扉体自重による自走を防止する。	カウンタバランス弁

なお、設計圧力（6.9MPa、13.7MPa）は、リリーフ弁で設定しているが、設計圧力内であれば、任意に設定可能である。また、開閉速度（＝吐出流量）については、エンジンの回転数を調整することによりポンプ能力の範囲において変動させることが可能である。

(3) 配管

配管は、作業性を考慮し高圧ゴムホースを採用した。操作に必要な作動油は、必要油量のタンクを本装置に設けることは装置が大型化するため、既設油圧ユニットの作動油を使用することで小型・軽量化を図り、作業性を考慮し吸込・戻り側ホースを既設油圧ユニットの給油口に挿入し使用することとした。駆動側ホースは、既設油圧ユニット外部もしくは油圧シリンダ部の配管へ接続する必要があり、作業を安全かつ簡単にするため、「ワンタッチカブラ&接続ポート」により接続することとした。

なお、事前に接続ポート（多機能弁等）は、既存設備に取り付けておく必要がある。また、駆動側ホースの A（開）・B（閉）ラインは、誤接続防止のため、ワンタッチカプラーのオス・メスを逆にし、かつ異なる色で塗装することで接続ミスを無くすよう工夫した。

4.2.3 装置内圧力損失

本装置における各制御バルブと接続ホースの仕様を決定するにあたり、全構成機器の圧力損失を算出する必要があるが、計算には流量の多い 6.9MPa 用の 21.7L/min を用いた。装置内圧力損失の総和は、「ゲート用開閉装置（油圧式）設計要領（案）」では 2.5～3.0MPa 以下とされているが、対象設備の負荷が不明確であることから 2.0MPa を目標値として設計した結果、1.8MPa となった。

設計圧力から本装置の圧力損失を差し引いた分を「有効作動圧力」として明示することで、本装置導入時点の圧力確認ができるようにした。全圧力損失イメージ図と有効作動圧力の計算結果を表-5 および表-6 に示す。

表-5 全圧力損失イメージ図

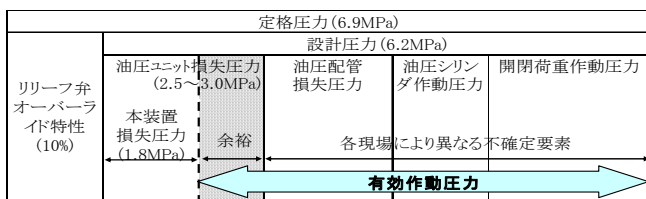


表-6 有効作動圧力

設計圧力	6.9MPa 用	13.7MPa 用
有効作動圧力	4.4MPa	10.5MPa

4.2.4 その他の検討内容

(1) 定置式&可搬式

ゲートが複数門ある場合など本装置 1 台で供用することを考慮してタイヤ付の可搬式とし、定置式の場合はタイヤを外すことで兼用可能とした。また、架台をアルミ製にすることで 6.9MPa 用と 13.7MPa 用共に約 100kg の重量としたが、大人 2 人で運搬可能で、ライトバンに積載できることから、迅速な対応が可能である。

(2) 開閉操作

一般的には、ソレノイドバルブ（電磁式方向切換弁）という特殊な切換弁を使用するが、操作が煩雑で分かりにくいいため、簡単で確実な「手動切換レバー式」を採用した。操作は停止状態の中立から、「開」・「閉」側に倒すことで操作可能で、安全を考慮して手を離すと中立に戻るスプリングリターン方式を採用した。

(3) 照明

実際の操作時が夜間かつ電源喪失時となった場合を考慮してライト付とした。ライトは取外し可能で、5m の延長ケーブルを付属し、広範囲に使用できるようにした。

(4) 付属品

本装置を使用する際の各現場条件を考慮し、必要な付属品も準備し、表-7 に示す。

表-7 付属装置一覧

付 属 品	備 考
給油口アタッチメント	給油口寸法が φ65 以下に使用
増設用燃料タンク (10L)	燃料増設用
排気管アタッチメント	排気ホース接続用

5. 検討結果

5.1 主要仕様

本装置の設計検討結果の主要仕様を表-8 に示す。

表-8 主要仕様

項 目	6.9MPa用	13.7MPa用	備 考
緊急油圧装置	寸 法	550(W)×650(L)×830(H)	550(W)×650(L)×830(H)
	重 量	90kg	105kg
エンジン	タイプ	空冷ディーゼルエンジン	空冷ディーゼルエンジン
	出 力	4.3kw(5.9ps)	6.2kw(8.4ps)
	燃料消費量	270g/kwh	275g/kwh
ポンプ	タイプ	ギヤポンプ	ギヤポンプ
	吐出量	21.7L/min	21.2L/min
有効作動圧力	有効作動圧力	4.4MPa	10.5MPa ※
	吸込側	可搬型:2.5m、定置型:1.5m	
ホース	戻り側	可搬型:2.5m、定置型:1.5m	
	駆動側(A)	可搬型:5.0m、定置型:1.5m	
	駆動側(B)	可搬型:5.0m、定置型:1.5m	

※一般的に使用されるゲート用油圧シリンダの面積比にて設計

5.2 操作方法

本装置の操作方法は以下のとおりシンプルなものとし、可能な限り現地での作業を軽減した。

①既設油圧ユニットの給油口蓋を取り外し、吸込・戻り側ホースを油中へ入れる。	②駆動側ホースを接続ポートへ接続し、ストップバルブを全閉にする。
③エンジンを始動し、規定回転数にツマミを固定する。	④手動切換レバーを操作し、「開・閉・停止」操作を行う。

ホース接続後、ストップ弁を全閉にした時点で、既設回路から独立し、独自の回路が構築される。本装置の回路構成図と使用イメージ図を図-1 および図-2 に示す。

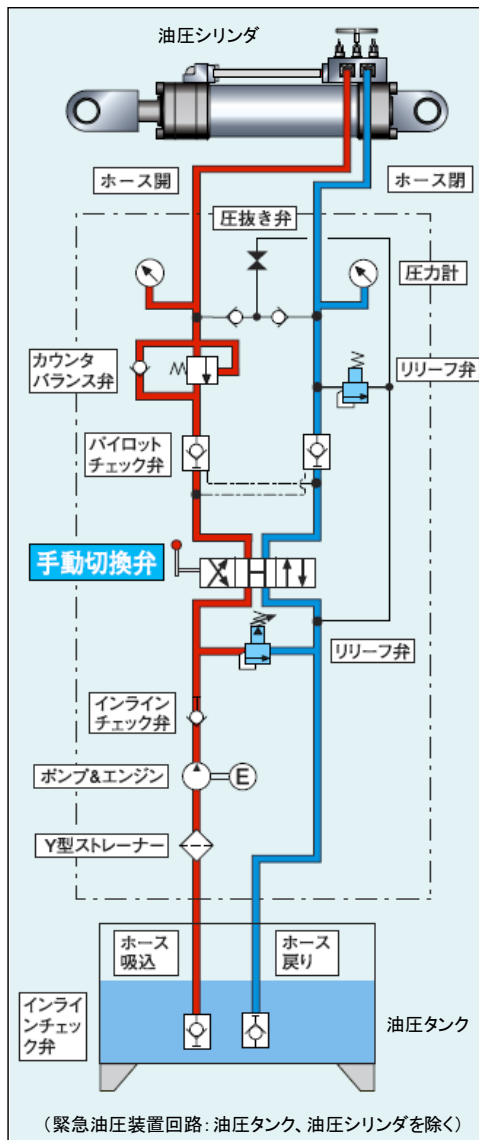


図-1 回路構成図

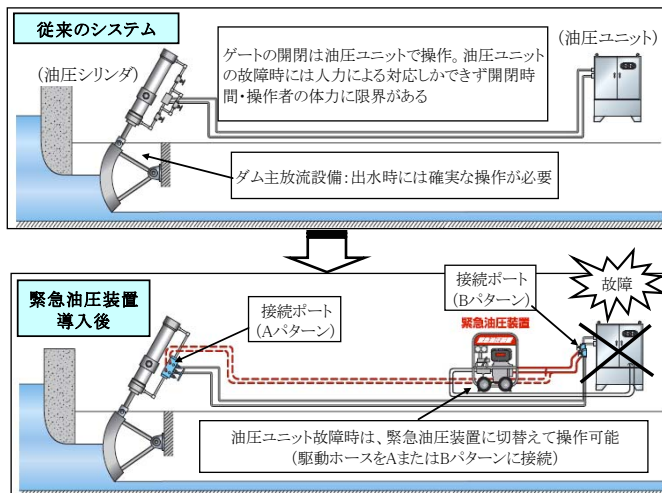


図-2 使用イメージ図

6. まとめ

本装置は、油圧装置に障害が生じた場合でも、既存の油圧回路から切り離すことで故障箇所等を回避し、最低限のシステムにより独自の油圧回路でゲート等を操作可能とする装置である。また、既設油圧ユニットのタンク内作動油を利用し、既設配管にホースを接続しエンジン駆動で油圧を送り、手動切換レバーにより簡単かつ確実にゲート等が操作可能で、様々な油圧駆動装置のバックアップとして、汎用性が高く幅広い範囲に使用可能である。

今回の開発は、油圧駆動装置のバックアップとして過去に例が無いものであるが、開発期間約1年という非常に短期間でスピード感を持って完了した。開発にあたっては、平成25年3月に共同開発者と共に特許出願している。なお、開発後には実機による実証実験やデモンストレーションを行い性能・機能を確認すると共に、学識経験者等から「システムがシンプルで操作が簡単で良い」「プラス1で必要性の高いシステムである」と高い評価を得ている。

7. 今後の展開

本装置で開発したシステムは、機構内ではゲート設備が主な対象設備であるが、共同開発者工場にて保管していた試作機を他機関から購入の申し込みがあるなど極めてニーズが高く、広範囲にわたり危機管理上有効な装置であると考えられる。その他ゲート設備以外の例としては、災害対策機械として、構造物倒壊時等における可搬式油圧ジャッキや陸閘・防潮水門などへの応用、また本装置に遠隔操作機能を付加することで、操作者が近づけない場所等への応用も考えられ、より一層の危機管理対策が図れるものと期待できる。

最後に、地域住民の方々の生命・財産を守る為、既存・新規設備を問わず広く応用・設置され、危機管理上の必需品として配備されるよう祈念いたします。