

ゲート設備の危機管理対策の推進について

提言

平成19年8月

堰・水門等ゲート設備の危機管理に関する検討会

目 次

はじめに	-----	1
I ゲート設備の現状	-----	3
1. ゲート設備の主な故障原因	-----	3
2. ゲート設計の現状	-----	4
3. 危機管理上の課題	-----	5
II 危機管理対策の方向性	-----	8
III 具体的な危機管理対策	-----	10
1. ゲート設計時の対策	-----	10
2. 管理運用時の対策	-----	16
3. ゲートが操作不能に陥った場合の次善の対策	-----	19
おわりに	-----	20

はじめに

近年、我が国においては、地球温暖化の影響を受け、これまで経験のない規模の集中豪雨や大型台風の襲来による度重なる水害が発生している。また、地震等の大規模な自然災害の発生も相次いでいる。

このような状況の中、国民生活の安全・安心な生活を確保することの重要性はますます高まっており、的確な河川管理を行うことも極めて重要となっている。

堰・水門・樋門等の河川用ゲート設備は、洪水の防御や常時の利水供給のために設置される重要な施設であり、それぞれ、洪水や高潮による浸水・氾濫の防止や、上水・工水・農水・発電等の利水のための流水制御の目的を有しており、国民の生命財産を洪水等による浸水・氾濫から守り、安全で安心できる生活を確保するために欠かせない設備である。

河川用ゲート設備は、高度経済成長期の昭和40年代から60年代にかけてその多くが建設されており、設置から30年～40年を経過する設備が多く、今後は設備の老朽化等による取替・更新等が必要となる設備が増加することが予想される。

また、現場担当者や熟練技術者の減少などにより、ゲート設備の管理に関するノウハウが十分に継承されないことが考えられ、その

ような状況の中で、重大な被害に繋がりにかねない故障や事故の発生も生じている。

こうした中、故障や事故の発生を未然に防止する必要があるとともに、万一洪水時等にゲート設備が正常に操作できなくなるような危機の発生に対応し、壊滅的な被害の発生を防止することが不可欠であり、そのための対策を事前に検討し講じておくことが重要である。

このため、「堰・水門等ゲート設備の危機管理に関する検討会」において、過去に発生した故障事例を分析し、その要因を明らかにするとともに、危機の発生においても河川用ゲート設備がその必要な機能を確実に果たすための危機管理対策の方向性を検討し、また、その方向性を具体化するためのゲート設計時や管理運用時における対策、さらにはゲートが操作不能に陥った場合の次善の対策について審議した。

今般、審議結果を踏まえ、万一の事態の発生に対応した危機管理の観点から、今後取り組むべき基本的方向と具体的施策について、本提言として取りまとめた。

今後、新たなゲート設備の設計や既存ゲートの取替・更新に活かしていくことが不可欠である。

I ゲート設備の現状

1. ゲート設備の主な故障原因

堰・水門・樋門等の河川用ゲート設備の故障・事故について既往資料に基づき調査分析した結果、故障原因の主なものとして、ゲートの開閉を行う「開閉装置」については、「ワイヤロープウインチ式」や「油圧シリンダ式」開閉装置において、動力を伝達する摺動・回転部の摩耗や腐食による固着、油圧回路のバルブ類の作動不良が多く、直接的に制水の働きをもつ「扉体」については、異物の噛込みや土砂堆積といった外的要因によるものが主な故障原因となっている。また、「操作制御装置」については、リミットスイッチやリレー・タイマ等の作動不良が主な故障原因となっている。

これらの故障によりゲートの開閉が不能となった場合、浸水被害や貯留水の無効放流等の事故につながる事が予想される。

また、機器そのものの故障ではないが、人為的な要因によるトラブル事例も見受けられる。

2. ゲート設計の現状

ゲートの持つべき機能から見た場合、端的に言えば閉めるか開けるかであり、最低限必要な設備構成はいたってシンプルなものである。

しかし、ゲートの操作状態を確実に把握するための制御装置や計測・検知機器、確実な開閉動作を行うための精密な動力伝達装置、完全な制水を実現するための扉体、戸当り等には高度な要求性能に適用する設計が必要となっている。

また、万一の故障による不作動を防ぐための予備動力装置、システムの二重化やフェールセーフシステムの付加などは、機器構成の複雑化による操作や点検の繁雑化や故障発生原因の増加をもたらすなど、場合によっては確実な操作と相反する要素ともなっている。

また、例えば、完全な制水・止水が要求される施設と多少の漏水は許容される施設とが同じ設計思想による仕様となっているなど、設置されている施設の目的や、万一の場合の社会への影響等の考慮が必ずしも十分でなく、同じ設計思想による仕様となっているものも少なくない。

3. 危機管理上の課題

1) ゲート設計上の課題

現行技術基準における危機回避対策としては、電源、動力の確保の面から、予備電源、予備動力の確保が規定されているとともに、急速に閉鎖すべきゲートについては、急降下閉鎖装置を用いることが規定されている。また、機能確保の确实性を高めるため、制御等のシステムの二重化や機器の保護装置を具備している施設を整備している。しかし、現状を踏まえると複雑化によって、危機回避対策として付加したシステム自体が故障する場合があります、危機管理の観点からの二重化や保護装置のあり方を検討する必要がある。

一方、今後、新たにゲート設備を設計していくに当たっては、危機管理の観点からみると、電源や動力が無くとも最小限必要となる機能を発揮できるという観点からの設計のあり方を検討する必要がある。

さらに、現状のゲート設備の中には、基本的な機器構成や要求性能が、その目的・規模等にかかわらず同じ設計思想による仕様になっているものも一部見受けられる。このようなことから、今後は、機能や目的、設置条件に応じたゲート設備に必要な要求性能、機器構成、使用材料を含め、新しい発

想に基づくゲート設備の設計思想と、それに伴う技術開発が求められる。

また、ゲート設備だけではなく、堰柱や門柱などのコンクリート構造物についても同様に、地盤沈下や地震等によって変状が発生した場合であっても必要最小限の機能が確保できるような設計が求められる。

2) 管理運用上の課題

機器・部品等の劣化や磨耗による故障・事故の実態を踏まえ、日頃の適切な維持管理（点検・診断・整備）の徹底と、経年的な変化を管理できるものは傾向管理による予防保全を実施する等の対策が必要である。

また、予備部品・資機材等の備蓄・調達について、機械設備関係企業(ゲートメーカー、保守メーカー)や土木工事関係企業の支援を受けるための体制を確立しておく必要があり、具体的な物量、広域的な支援体制について検討を進める必要がある。

さらに、万一の緊急時の既存設備の状態に応じた操作や運用が必要であり、現有機能を駆使して危機を回避するためのマニュアルの整備、ゲート操作員の作業空間の確保や作業環境の改善への配慮、教育や訓練が必要である。

併せて、操作不能時の故障診断や危機回避操作の手順が十

分に示されていない現状の改善やヒューマンエラーによる事故防止として、操作不能時にマニュアル等により容易に復旧が出来るようなシステム設計が必要である。

3) ゲートが操作不能に陥った場合の次善の対策の課題

洪水時に閉めることを目的とする水門・樋門ゲートについては、前項までの対応をとってもなお閉操作が不能となった場合における対策として、重機や土嚢、ブロック等の土木資機材を用いた土木的対策について土木資機材の備蓄体制を含めた検討が必要である。また、締切り工法については個々の現場条件により具体的な対策の検討が必要となる。

洪水時に開けることを目的とする堰ゲートについては、前項までの対策をとってもなお開操作が不能となった場合における対策として、例えば大型重機の活用やジャッキ・チェンブロック等による強制開放を行う工法について、その可否や手順を含めての検討が必要である。

II 危機管理対策の方向性

1. 今後、新たに整備するゲート設備については、最小限確保すべき機能を明確化した上で、ゲート設備の形式にまでさかのぼって、今後の技術開発の方向も見据えたうえで、電源や動力が無くとも機能が発揮できること、地震等の予期しない外力によって変状が発生した場合でも機能が発揮できることを目的とした新しいゲート設備の設計思想により、整備を進めることを基本とする。

なお、既設のゲート設備についても、電源や動力の二重化を含め、緊急的な対策を講じる。

2. 緊急的な維持修繕による対応として、予備品、代替品の供給を迅速に行い、かつ現場の操作員による対応がより容易となるような、設備・機器仕様の標準化について検討を進める。
3. 管理運用面では、予防保全的な点検・補修の推進、緊急時の支援体制の構築、ヒューマンエラー対策の実施、わかりやすい操作マニュアルを作成する等のソフト対策により、故障・事故の回避に努める。

4. 上記の対策によっても開閉が不能になった場合に、浸水による壊滅的な被害を防止するため、重機や土嚢、ブロック等の土木資機材を用いた土木的対策等によってゲートの有すべき機能を緊急的に確保する次善の対策を検討しておく。

Ⅲ 具体的な危機管理対策

1. ゲート設計時の対策

1. 1 最小限確保すべき危機管理機能

1) 堰ゲートについては、洪水時に流下阻害とならないよう

「開操作が確実にできること」が危機管理の基本であるため、万一設備の一部が機能しない場合にも、強制的に開けることができる機能が求められる。

2) 水門・樋門ゲートについては、洪水時の本川の水位上昇

に伴う支川や水路への洪水の逆流による氾濫・浸水を防止するため、「閉操作が確実にできること」が危機管理の基本であるため、万一設備の一部が機能しない場合にも、強制的に閉めることができる機能が求められる。

なお、扉体自体に相当の重量があるため、自重で降下できれば閉めることは比較的容易であるが、その場合安全に降ろさなければ事故につながるおそれがあることに留意すべきである。

1. 2 新しい設計思想による危機管理対策

1) 開けるべきゲート（堰ゲート）における対策

- ① 扉体については、容易に引き上げられるように、軽量素材の開発・導入や、カウンタウエイトの活用等により開閉荷重を小さくすることなどが考えられる。

扉体構造上の工夫としては、例えば扉体の一部にフラップゲートを組み込むヒューズゲートの設置や、エアバッグ形式のフロートを内蔵し浮力による強制開操作を容易にすることや、容易に扉体を分断できる機構等が考えられ、新たな技術開発としては、例えば折りたたみ式・ジャバラ式機構の開発等が考えられる。

- ② 万一の場合のリスク分散の考え方としては、必要設備数に一门追加する「N+1」の考え方や、2段式ゲートの採用等がある。

2) 閉めるべきゲート（水門・樋門ゲート）における対策

- ① 既存技術に属するものとして自重降下機能が標準装備されているラック式開閉装置があるので、自重降下機能を有していないワイヤロープウインチ式開閉装置を更新する際にはラック式開閉装置に代えること等が考えられる。また、ワイヤロープウインチ式開閉装置を安全に自重降

下させる機構として、従来のブレーキ以外に、例えばディスクブレーキや発電ブレーキ等の新たな制動機構や、フロートの活用、扉体重量そのものを軽量化する方法等も考えられる。

- ② 万一の場合、扉体とワイヤを切り離す方法もあるが、安全に切り離し・落下させることが課題であり、例えばサイドローラを片吊り防止が可能な構造とすることや、エアバッグによる衝撃吸収の方策をとること等が考えられる。
- ③ 比較的小規模なゲート設備に関しては、完全な止水よりも、むしろ操作遅れのない閉操作がなされることが求められることから、フラップゲートの積極的な採用を進めていく必要がある。

なお、以上に述べた方法は、今後の技術開発によって適用範囲を拡大すべきものも多く含まれており、継続的な検討が必要である。

また、予備品・代替品の供給が迅速に行え、容易に故障時に対策がとれるよう、設備仕様（装置、機器、部品）の標準化について検討を進めるとともに、汎用品等の活用を推進する。

1. 3 既設ゲート設備における緊急的な対策

1) 電源の確保

洪水時に堰等の開けることを目的とするゲートについては、ゲートが操作不能に陥った場合の次善の対策が困難な場合が多く、特にワイヤロープウインチ式開閉装置では電源の確保が重要である。

また、洪水時に水門・樋門等の閉めることを目的とするゲートのうち自重降下機能を有していない、あるいは装備できない場合は、予備電源の確保を検討する必要がある。

予備電源には、「発動発電機（内燃機関）」を常設する方法、「可搬式発動発電機」を複数門で共有する方法、必要な都度リース等で調達する方法があり、設備の規模、目的、設置条件等を考慮した選定が必要である。

なお、機側操作盤や門柱（堰柱）部に「可搬式発動発電機」による外部電源の取り込みを可能とする装置を具備することが、一般的には低コストで危機管理に有効な手段であると考えられる。

2) 動力の確保

堰等の洪水時に開けることを目的とするゲートにおいては、予備電源を確保することが必要であるが、設備の規模、目的、

設置条件等に応じて、予備動力によるバックアップについても検討する必要がある。予備動力には、「予備モータ」、「予備エンジン」、「可搬式予備動力」等があるが、条件等を考慮した選定が必要である。

なお、水門・樋門等の洪水時に閉めることを目的とするゲートのうち、自重降下機能を有していないワイヤロープウィンチ式開閉装置については、電源に頼らない内燃機関による予備動力も考えられる。

バックアップの一つである手動装置による対応は、小形ゲートにおいては有効であるが、中形以上のゲートにおいては操作時間が非常に長くなることから実態に応じた適用を考える必要がある。

また、単一施設に複数門ある場合や近隣地域で複数のゲート設備が点在する場合には、汎用性のある「予備モータ」、「予備エンジン」、「可搬式予備動力」を共有することが有効である。

3) その他の対策

ゲート設備に共通してリレー等の故障が多いため、機器の二重化により複雑化するより、フェールセーフの観点から非常用操作回路の活用が有効である。

1. 4 ゲート設計時に留意すべき点

上記に示したゲート設計時における対策のそれぞれの手法については、ゲート設備が設置される河川の規模や出水特性、地質や水質等の設置条件、ゲートの規模、コスト縮減の必要性等に応じてその適用の可否について判断することが必要である。

また、地盤地下や地震等によって変状が発生した場合であっても、必要最小限の機能が確保される構造であることが求められるが、例えば地盤地下等の対応として、ゲート設備だけでなく、堰柱や門柱などコンクリート構造物を含めた施設全体の軽量化を図ることが考えられる。

2. 管理運用時の対策

1) 危機管理体制の明確化

堰ゲートのように常時運用している常用系の設備と水門・樋門ゲートのような待機系の設備とでは管理体制が異なり、操作不能時において初動対応を行う者も異なるため、誰が操作不能時に対応するかを明確にし、検討を進める必要がある。

2) 維持管理時の対策

故障の早期発見を確実にするため、点検時に実負荷等による管理運転を実施し、開閉装置や扉体の動作を確認する必要がある。

堰ゲートのように点検時に扉体を動かすことが運用上困難な場合は、動力部のみの運転や、微小な開操作により施設管理の影響を最小化した管理運転の実施を検討する必要がある。

また、日頃の点検を通じて機器の健全度を適切に評価するとともに、点検情報のデータ管理を徹底し、設備の劣化状態を時系列的に把握し、予防保全的な補修を適時に実施することにより危機回避を図る必要がある。

3) 緊急時の操作運用

既存設備が具備している現有設備機能を駆使して危機回避を図ることが要求される。そのため危機を回避する方策を事前に検討し、通常の操作マニュアルに加え、想定される故障事象毎の危機回避操作手順をマニュアルとして作成し、周知徹底しておく必要がある。

4) ヒューマンエラー対策（組織としての対策）

万一の緊急時にゲート操作員が対応できる対策を考えることが必要であり、マニュアル等の整備およびマニュアルに基づく日頃からのゲート操作員の危機回避教育及び訓練を強化するとともに、ゲート操作員の作業空間の確保や作業環境の改善が必要である。

5) 危機対策支援体制

① 機械設備関係企業による支援体制の確立

万一の緊急時にゲート操作員では解決できない状態となった場合には、機械設備関係企業（ゲートメーカー、保守メーカー）による支援が必要であり、直ちに対応可能なように、施設毎に支援が可能な企業の情報（所在地・人員・到着までの所要時間等）や、予備品等の備蓄体制等について情報を共有するなど支援体制を確立しておく必要がある。

② 土木工事関係企業による支援体制の確立

前項までの対応をとってもなお危機を脱することができない場合における対策として、重機や土嚢、ブロック等の土木資機材を用いた土木的対策が必要となり、土木資機材の備蓄体制を含めた検討が必要であり、土木工事関係企業による支援を受けるため、その際、直ちに対応可能なように施設毎に支援可能な企業の情報（所在地・人員・到着までの所要時間等）、ゲート部分の締切り対策等を行うための重機・資機材の備蓄体制等について情報を共有するなど支援体制を確立しておく必要がある。

3. ゲートが操作不能に陥った場合の次善の対策

1) 土木的対策

水門・樋門ゲートが閉鎖できない場合の土木的な対策として、必要に応じ、施設毎に角落し材、根固めブロック、砕石、土砂、鋼製矢板やH形鋼等を用いた締切り工法の実施について検討しておくとともに、必要となる土嚢、ブロック、鋼材等の備蓄を行う必要がある。

また、締切り作業に際しては、流速や水位上昇速度等による時間的制約があることから、実施のタイミングや条件に応じた締切り工法の選択が必要となる。

2) 外部機器による対策

ゲート設備の開閉不能時の緊急対策として、大型重機の活用やジャッキ、チェンブロック等の外部機器による強制開操作を行う場合も考えられるので、外部機器の必要能力、搬入路等の施工手順、事前の対策訓練の実施等をあらかじめ検討し、必要となる支持金具を扉体や躯体に設置する等の対応を行う必要がある。

3) その他の対策

樋門等では、角落し材等の締切り用資材の共有化が図れるよう施設の仕様・寸法を標準化することが望ましい。

おわりに

ゲート設備が危機的状態となることを未然に防止し、万一の事態の発生における対策の検討を行うことは喫緊の課題である。

本検討会では、その際に、ゲート設備がその最小限確保すべき機能を確実に果たすために事前に設計段階で配慮すべき事項や管理運用段階で配慮すべき事項、さらには、ゲートが操作不能に陥った場合の次善の対策について検討した。

現在、必要なことは、従来のゲート設計の考え方に加え、危機管理を前提とした新たな発想に基づく技術の開発が望まれるところであり、今後、さらなる工夫が必要であると考ええる。

本提言では、従来の考え方を補強すべきことに加え、新たな発想で設計・管理を行い、また、そのための技術開発を進めることについて示唆している。

今後、新たな技術開発についてパイロット事業等を通して、具体的な検討を進め、その実現化を図るなど危機管理対策が積極的に進められることを期待したい。

また、危機管理に当たっては、国、地方自治体等の関係者及び操作員のみならず、地域住民が一体となり地域社会の安全意識を向上させることが不可欠であり、「地域の安全文化の醸成」が進むことが望まれる。

堰・水門等ゲート設備の危機管理に関する検討会

委員長 中川 博次

堰・水門等ゲート設備の危機管理に関する検討会

委員名簿

委員長	中川博次	立命館大学 理工学部 客員教授	
委員	清水義彦	群馬大学 工学部 建設工学科 助教授	
委員	角 哲也	京都大学 大学院経営管理研究部 助教授	
委員	高見 勲	南山大学 数理情報学部数理科学科 教授	
委員	山田 正	中央大学 理工学部 土木工学部 教授	
委員	村松敏光	国土交通省 総合政策局 建設施工企画課	課長
委員	関 克己	国土交通省 河川局 治水課	課長
委員	三石真也	国土交通省 総合政策局 建設施工企画課	機械施工企画官
委員	竹島 睦	国土交通省 河川局 治水課	企画専門官
委員	新田恭士	国土交通省 関東地方整備局 企画部 施工企画課	課長
委員	奥秋芳一	国土交通省 関東地方整備局 河川部 河川管理課	課長
委員	松本克英	国土交通省 近畿地方整備局 企画部 施工企画課	課長
委員	牟禮輝久	国土交通省 近畿地方整備局 河川部 河川管理課	課長
委員	松本 久	(独)水資源機構 総合技術推進室 ダムグループ	チーフスタッフ
委員	高須修二	(財)ダム技術センター	参与
委員	芹澤富雄	(社)ダム・堰施設技術協会	審議役

(平成19年3月現在)