

4.3 ゴム堰の更新計画に関する検討

研究年度：平成30年度

研究分野：ダム構造・設計に関する調査研究

調査研究名：ゴム堰に関する研究

研究者名：高須修二、高津知司*、長野航兵

【要約】

鋼製起伏堰（油圧押し式）と比較し有利な場面があるゴム引布製起伏堰は、1960年代後半（1967頃）から設置し始めて累積設置数は約4000となっている。その多くが設置後20年以上経過しており、それらを補修して使用してきたが、更新が課題となり始めている。一方、ゴム引布製起伏堰の設置は1990年代をピークに減少し、ニーズ減少による技術消失が懸念されている。そこで、本報告ではゴム引布製起伏堰の更新時において技術消失の発生を想定した、代替技術の導入、鋼製起伏堰（ゴム袋体支持式または油圧押し式）への変更等をケース・スタディで考察した。今回はケース・スタディであるが、手順や検討ポイント等は実際の更新検討に参考となるであろう。

【キーワード】

ゴム引布製起伏堰、SR堰、鋼製起伏堰（油圧押し式）、補修、更新

【背景・目的】

1960年代後半からゴム引布製起伏堰（以下、ゴム堰）が設置されており、その多くが設置後20年以上経過している。その過程で、技術基準は参考文献(1)～(4)のように整備されている。これら技術基準により総数約4000ものゴム堰が設置・維持・管理され、治水・利水に活用されている。今や、ゴム堰は、治水・利水に欠くことの出来ない河川構造物となった。

一方、ゴム堰はその管理を適切に実施していても素材の劣化等により補修や更新が余儀なくされる。また、ゴム堰の補修や更新を検討する事例も聞かれる。参考文献(5)に示すように、ゴム堰の設置は1990年代をピークに減少していることも考慮すると、ゴム堰も他の社会資本と同様に、建設から維持管理・更新の段階に移りつつあると言える。維持管理・更新の段階になると、建設の時に必要とされた技術に加え、新たな技術も必要となることは自明である。しかし、設置数が減少してくると技術のニーズも減少して技術が伝承されにくくなり、技術そのものが失われていく、いわゆる技術消失が懸念される。

本報告では、設置から20年以上が経過しているゴム堰を対象に、新技术やニーズ減少に伴う技術消失を考慮して更新に時に生じる事が考えられる種々の問題を想定し、その下でケース・スタディ実施することを通して具体的な更新に有用な手順を考察する事を目的とする。

【平成30年度の研究成果】

(1) ゴム堰の概要

① ゴム堰の種類と特徴

ゴム堰および鋼製起伏堰（ゴム袋体支持式）の主要部材であるゴム引布およびゴム袋体は、参考文献

(4)において、次のように定義されている。

- ・「ゴム引布製起伏堰」（以下、「ゴム堰」という。）及び「鋼製起伏堰（ゴム袋体支持式）」（以下、「SR堰」という。）とは、袋状のゴム引布製の扉体、若しくは鋼製の扉体と袋状のゴム引布製の起伏装置（以下、「ゴム袋体」という。）を有し、ゴム袋体に空気又は水を充填し、若しくはゴム袋体から排除することによって起伏させる形式の堰をいう。
- ・ゴム引布：ゴム袋体の主要材料であり、強度部材である織布（ナイロン等の補強繊維）をゴムで被覆したものである。ゴム引布の製作過程及び構造の概念図を図1-1に示す
- ・ゴム袋体：ゴム引布を加硫にて接合させ、袋状として製作されるものである。

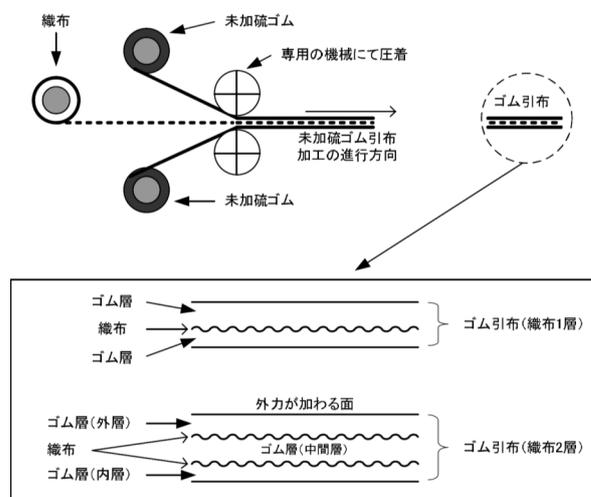


図1-1 ゴム引布（概念図）（参考文献(4)）

ゴム袋体で注目すべき点は、図1-1に示すよう

に補強繊維をゴム素材でサンドイッチ状にして、加硫処理をして生成しているところである。この構造により強度は向上するが、後述するように補強繊維間に水が浸透した場合には変状の原因にもなる。このことは、ゴム袋体を用いるゴム堰と SR 堰両方に当てはまる。

次に、ゴム堰と SR 堰の大まかな断面構造は図 1-2 及び図 1-3 に示すとおり（ゴム袋体は下流側に設置される）で、写真 1-1 及び写真 1-2 にその例を示す。また、ゴム引布のジョイント部の例を図 1-4 に示す。さらに、図 1-4 より 1 層目と 2 層目の補強繊維はジョイント部を挟んで継がれているので、実質 3 層目と 4 層目との 2 層構造になっている。ジョイント部は、加硫剤を塗布して再加硫して加工される。参考・比較のため、ゴム袋体を用いない鋼製起伏堰（油圧押し式）（油圧シリンダは下流側に設置される）の断面と一例を、図 1-5 と写真 1-3 に示す。

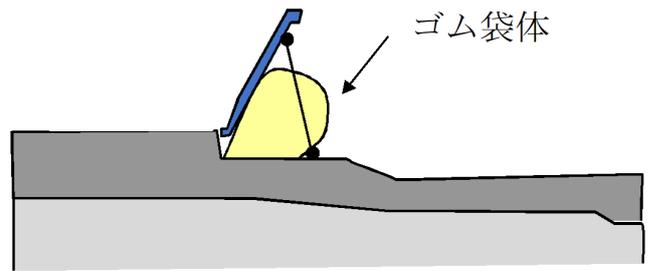


図 1-3 SR 堰の構造例



写真 1-2 SR 堰の例（参考文献(6)）

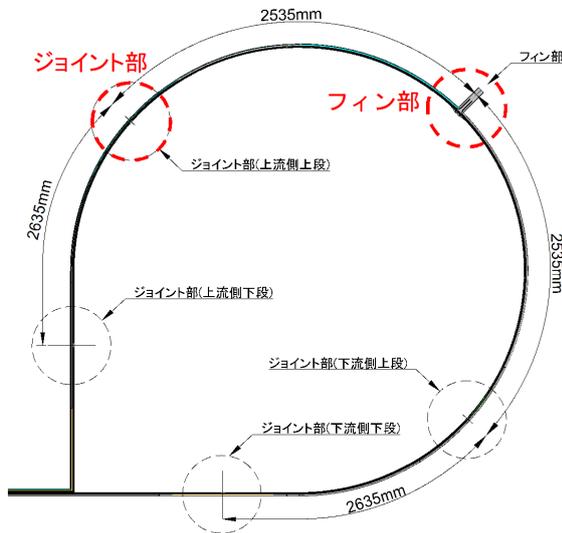


図 1-2 ゴム堰の断面図例



写真 1-1 ゴム堰の例（参考文献(5)）

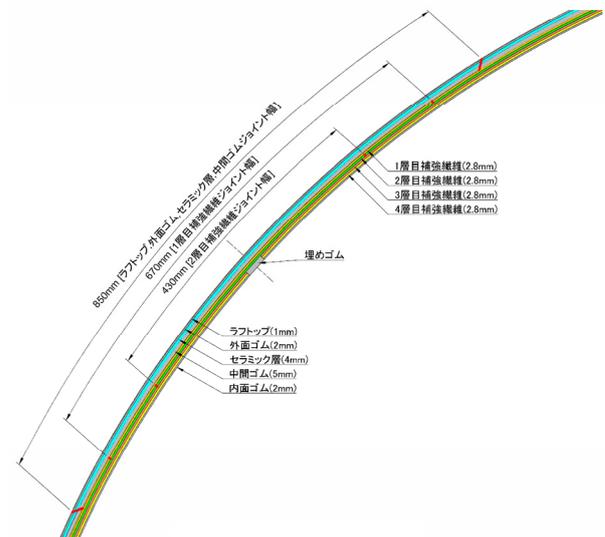


図 1-4 ジョイント部の構造例

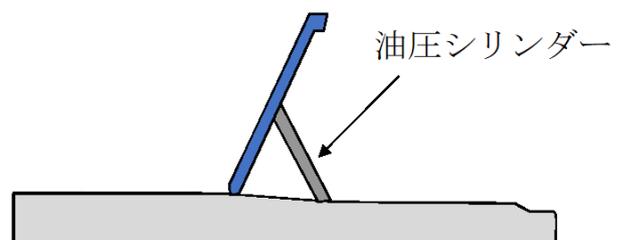


図 1-5 鋼製起伏堰（油圧押し式）の断面例

表 1-1 堰の比較（参考文献(7)）



写真 1-3 鋼製起伏堰（油圧押し式）の例

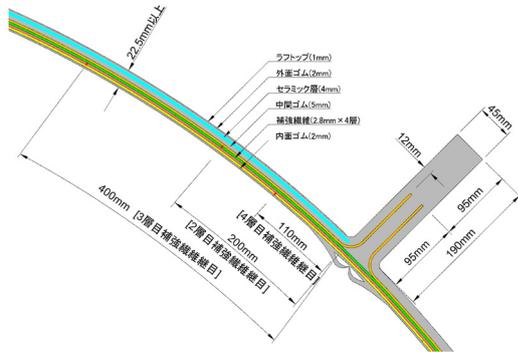


図 1-6 ゴム堰 フィン部構造例

ゴム堰に関しては、概ね

- ・扉体背面への噛み込みには柔軟であるが、玉石等異物の飛来による破損が発生しやすい。
- ・耐用年数は概ねゴム引布の寿命に支配される。
- ・構造が、鋼製起伏堰と全く異なる

であり、SR 堰に関しては、概ね

- ・噛み込みに関してはゴム堰と同等。
- ・耐用年数はゴム袋体に関してはゴム堰と同等で、扉体は鋼製起伏堰（油圧押し式）と同等。

である。さらに、鋼製起伏堰（油圧押し式）に関しては、概ね

- ・扉体背面へ玉石等の異物が噛み込んだ場合は、径間全体の倒伏が阻害される。
- ・耐用年数は鋼製部材に余裕厚を見込むことで制御している。

であり、詳細は表 1-1 に示す。さらに、ゴム堰では振動対策のためにゴム袋体の下流部にフィンを設置しているものもある。フィン部は袋体内側に断面が眼鏡型の補強繊維継目を貼付されている。その構造例を図 1-6 に示す。

比較項目	ゴム堰	鋼製起伏堰	
		SR 堰	トルク軸式、油圧押し式
起伏の確実性	扉体背面に流木等の噛み込みが生じたとしても、径間全体が柔軟に変位することから、SR 堰より河積を確保しやすい。	扉体背面に流木等の噛み込みが生じたとしても、噛み込みが生じた単位ゲート以外は、ゴム袋体と中間水密ゴムが柔軟に変位することから、河積を確保しやすい。	扉体背面に流木等の噛み込みが生じた場合、径間全体の倒伏が阻害される。
耐久性	使用条件等によって異なるが、施工実績からみれば、材料の強度については 40 年程度(強度安全率の策定に用いられた耐久性「30 年」とは異なる)の耐久性を有していると考えられる。ただし、ゴム袋体が露出しているため、設置環境に応じて、ゴム袋体に適切な余裕厚を見込んだり、転石等による損傷防止対策を施すことで耐久性を確保する必要がある。	鋼扉等の鋼製部材については、鋼製起伏堰と同様。起伏装置となるゴム袋体については、ゴム堰と同様。ただし、ゴム堰に比べて高内圧・高張力で使用されるため、ゴム袋体の形状諸元の選定に当っては構造、及び扉体との設置面積の割合に留意し、必要な強度を確保する必要がある。	鋼製部材については、50 年程度の使用に耐え得ると判断されるが、設置環境に応じた摩耗代等、鋼製部材に適切な余裕厚を見込むことで耐久性を確保する必要がある。
堆砂の影響	堆砂による土圧がゴム袋体の設計内圧以下であれば起立可能である。	堆砂による土圧がゴム袋体の設計内圧以下であれば起立可能である。	堆砂による土圧が油圧シリンダの駆動力以下であれば起立可能である。
水位変化による堰高変化	ゴム袋体が柔構造のため、上下流水位の変化に伴い、堰高も変化するが、堰高の変化率は SR 堰より小さい。堰高変化特性は、ゴム袋体の断面形状や内圧の設定によって変化する。	起伏装置となるゴム袋体が柔構造のため、上下流水位の変化に伴い、堰高も変化する。堰高変化特性は、扉体の断面形状やゴム袋体内圧の設定によって変化する。	起伏装置が油圧シリンダのため、上下流水位の変化に伴う堰高変化は生じない。
温度変化による堰高変化	外気温あるいは日射によってゴム袋体の内部温度が変化すると、ゴム袋体内圧・堰高が変化するが、堰高の変化率は SR 堰よりやや小さい。内圧・堰高変化特性は、ゴム袋体の断面形状や内圧の設定によって変化する。	外気温あるいは日射によってゴム袋体の内部温度が変化すると、ゴム袋体内圧・堰高が変化する。内圧・堰高変化特性は、扉体の断面形状やゴム袋体内圧の設定によって変化する。	起伏装置が油圧シリンダのため、温度の変化に伴う堰高変化は生じない。
堰高制御	堰高検出装置を設置することにより、堰高制御は可能であるが、空気式ゴム堰では、Vノッチが発生する条件での堰高制御は不可能である。	堰高検出装置を設置することにより、堰高制御は可能であるが、高い精度が要求される場合は、各単位ゲートごとに制御を行う必要がある。	適切な開度計を設置することにより、堰高制御は容易に行える。
最大越流水深	空気式ゴム堰は堰高の 20% 以下の範囲で使用される。	鋼製起伏堰及び空気式ゴム堰と同程度まで適用可能と考えられるが、十分に解明されていない。	一般に 0.3~0.5m 程度以下で使用される。

② ゴム堰の設置

1960 年代後半(1967)からゴム堰は設置され、1990 年代のピークを最後にそれ以降の設置件数が減少してきて、累積設置数は約 4000 となっている。一方、SR 堰は 2000 年以降に設置されはじめたが、その総数は 100 程度にとどまっている（参考文献(5)）。ゴム堰設置数の推移を図 1-7 に示す。



図 1-7 ゴム堰の設置推移 (参考文献(5))

(2) ゴム堰の維持管理

多くのゴム堰がその設置から 20 年以上経過しており、変状の早期発見と早期補修の重要性が増している。なお、点検項目と点検方法は、参考文献(7)には表 1-2 のように箇所ごとにまとめられている。

表 1-2 点検項目と点検方法 (参考文献(7))

箇所	点検部位	点検項目・判定方法	時期	点検方法	診断項目・対応等
ゴム袋体	外層ゴム 摩耗の程度	・摩耗量と設計摩耗代の差	年	目視測定	<ul style="list-style-type: none"> ・摩耗が確認できる外層ゴムは厚さを測定する(1回/年) ・外層ゴムの硬度を測定する(1回/年) 以下、点検時に損傷を確認した場合すみやかに測定する ・はく離、ひび割れの亀裂深さ ・損傷範囲
	劣化・損傷の程度	・最外層織布の露出につながるはく離、ひび割れの有無	年	目視測定	
	接合部(継手)(外層ゴムと織布の接着)	<ul style="list-style-type: none"> ・はく離、ひび割れの有無 ・接岸部の折れシワ付近の損傷の有無 ・デフレーター付近の膨れの有無 ・手による剥がれ 	年	目視測定 触診 打診	
固定金具	固定ボルト アンカー 取付金具	・漏気の有無	月	目視	<ul style="list-style-type: none"> ・原因の調査 ・正常な起伏操作の阻害、損傷の恐れのある場合は除去
		・変形、腐食、摩耗の有無	総合点検	目視 打診	
		・ボルトの緩み			
全般		・ゴム袋体の起立状態及び振動の有無 ・油、流木、堆積土砂等、ゴム袋体に有害な影響を与える物体の有無	月	目視	

参考文献(3)では、これらの定期点検時に起立および倒伏の管理運転も標準とされている。さらに、「設備の設置環境、使用目的や水位条件などから、通常の定期点検では把握できない部分の詳細な状況の把握、ならびに老朽化の進行や根幹機能の低下等の把握のため総合点検を実施する」と総合点検や、地震時、大雨、洪水時および落雷時には、臨時点検を実施するように定められている。総合点検を実施の際に、ゴム堰の規模や設置状況によって、大規模な仮

締切が必要となる場合がある。

これらの点検で発見され補修が必要と判断された変状は維持管理で適切に対処されているが、経年劣化等により、それでは十分に対応しきれなくなった場合は経済性等を考慮した更新を検討しなければならない。

(3) ゴム堰の変状

想定される変状とその原因については、参考文献(7)で表 1-3 のようにまとめられている。項目としては、ゴム袋体の強度に関係するゴム引布の摩耗と損傷および接合部の状態、さらに固定金具の状態が記載されている。これらの点検で変状が発見された場合の対処法が、参考文献(1)に示されている。

表 1-3 変状 (参考文献(7))

症状	推定される原因
空気漏れ	転石の衝突等によるゴム袋体の損傷、接合部(継手)のはく離が考えられる。
ゴム袋体破裂	ゴム袋体の外傷、加圧による過大な張力の作用や、接合部(継手)の劣化が考えられる。
固定金具部からの漏気	シール材やパッキン、固定ボルトの施工不良、シール材の劣化、ゴム袋体の振動や過大な張力の作用などによるゴム袋体のズレ・損傷が考えられる。
ゴム袋体の亀裂(補強繊維まで到達)	経年劣化が考えられ、表層の接合部(継手)や折しわ部で多く見られる。
外層ゴム接着部(補強繊維へは未達)	ゴム袋体膨張の際に、接着の弱い部分が引張力に耐えきれずにはく離する場合、或いは外層ゴムの接合部(継手)の劣化が考えられる。
外層ゴム、中間層ゴムの膨れ	<p>内層ゴムの亀裂からの空気漏れに伴うゴムと織布間のはく離によるもので、ゴム袋体の破裂に至る場合がある。(フィン付近にこの劣化事例が多く、対応策として改良が加えられているが、維持管理上は特に注意が必要である。)</p> <p>外層ゴムと中間層ゴムの積層界面に溜る水による膨れに溜る水による膨潤で、破裂には至らない。</p>

主な変状で代表的な物を写真 1-4 から写真 1-6 及び図 1-8 に例示する。例示した変状のあるゴム堰の諸元を表 1-4 に示す。写真 1-4 に示す泥土堆積は、フィン部下流側に生じたゴム袋体の亀裂による空隙に土砂が堆積した物である。また、エア漏れは表 1-3 にもあるように、劣化事例の多いフィン部である。このエア漏れは、フィン上流部に発生した亀裂と他の内部に発生した亀裂の空隙が織布を介して繋がり空気道が生成されて発生したと思われる。写真 1-5 には膨れが拡大している状況を示す。これは凸状膨れがフィン下流部に発生し、それが数カ月で拡大したものである。その膨れ部を切開調査した結果、写

真 1-6 に示すように補強繊維の断裂が認められた。
 図 1-8 に示すジョイント部は、補強繊維間に水が浸透したことで接着力が低下し、内圧による張力に耐えられず亀裂が発生したと思われる。これは、肉痩せを目視で発見することで確認できる。

このように、フィン付近では変状が発生しやすく、補強繊維継目を施していないゴム袋体では、フィンの裏側に線上に変状が発生する場合もある。さらに、屈曲部は常に曲げ応力が作用しているため損傷が発生し易い。



泥土堆積



エア漏れ

写真 1-4 代表的な変状

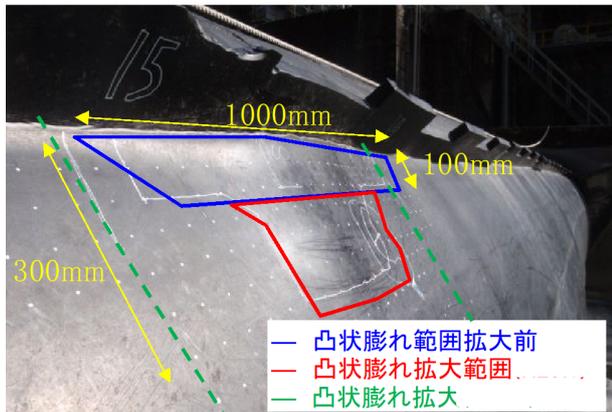


写真 1-5 凸状膨れの拡大状況例

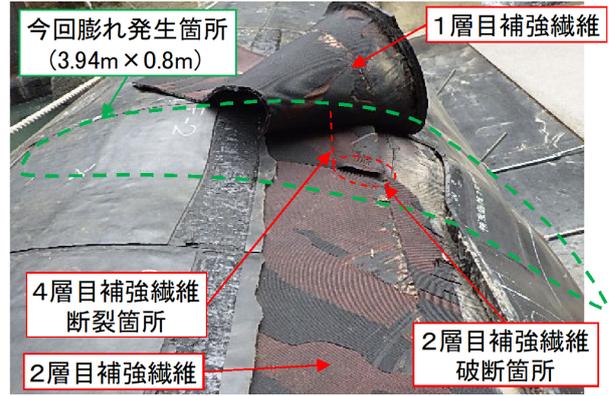


写真 1-6 凸状膨れ部の補強繊維の断裂例

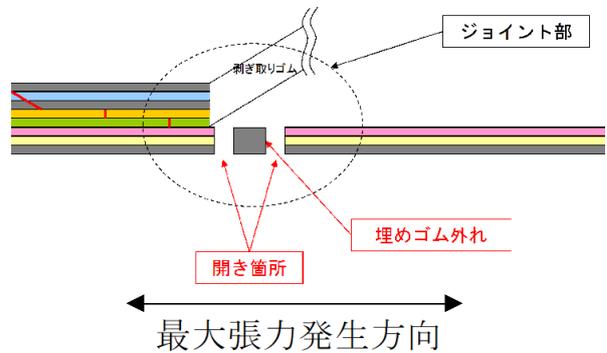
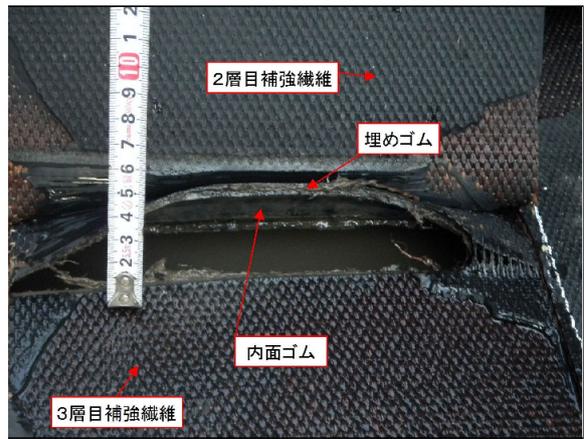


図 1-8 ジョイント部の開き発生例

表 1-4 例示に使用したゴム堰の諸元

項目	諸元
設計洪水流量	1,400m ³ /sec
設置目的	水位調整
堰の種類	ゴム引布製起伏堰
堰長	約35m
堰高	4m
門数	1
可動部長	26m

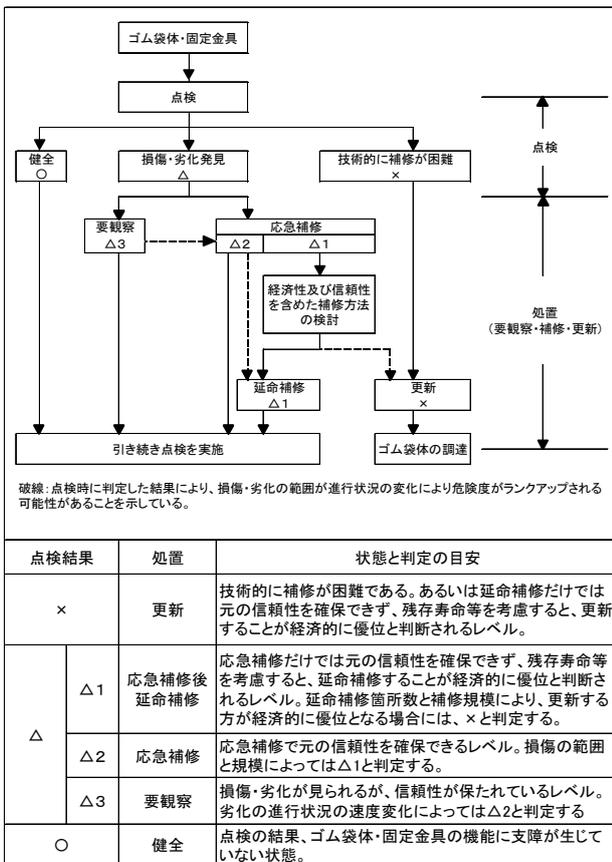
(4) ゴム堰のライフサイクル

写真 1-4 から写真 1-6 及び図 1-8 のような変状が点検で発見されたときの処置は参考文献(4)に示されており(補修に関しては、(5)②シミュレーションで概要を記述する)、ゴム袋体処置フローを表 2-1 に示す。これによると、ゴム袋体の変状のみならず経済的要因を考慮して補修や更新を決定するように示されている。この経済的要因を検討する際には、

- ・建設時には一般的な技術が更新を検討する時点で新技術に移行して用いられなくなっている
- ・ニーズの減少等により伝承されていない

等も課題として想定しなければならない。

表 2-1 ゴム袋体処置フロー (参考文献(4))



また、参考文献(7)に示されているライフサイクルフローをベースに変状の解消手段として補修と更新を付け加えて、図 2-1 のようにとりまとめた。今回、建設時に用いた技術が消失していることを考慮して、変状発生からその解消までを、仮想のゴム堰においてシミュレーションを行う。その範囲は、図 2-1 のケース・スタディの範囲である。補修や更新の必要性は表 2-1 を用いて判定を行う。なお、ケース・スタディを実施する際に、段階的に技術消失を想定する。すなわち、施工時の技術が利用不可能、代替技術を検討したが代替技術も利用不可能と段階的に進めていく。

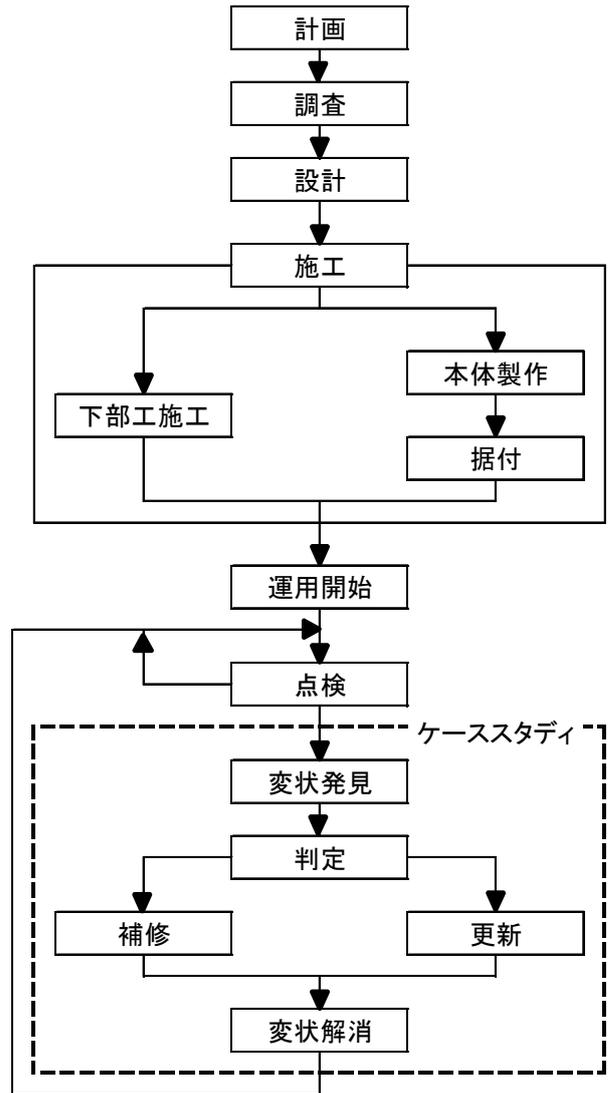


図 2-1 ゴム堰のライフサイクル

(5) ケース・スタディ

① 対象ゴム堰

ケース・スタディで想定するゴム堰の諸元は表 1-4 と同じとする。設置から 20 年以上経過しており、写真 1-4 から写真 1-6 及び図 1-8 のような変状が発生していると想定する。

さらに、写真 3-1 に示すような転石があり、物理的に過酷な環境を想定する。その対策として図 3-1 及び写真 3-2 に示すようなセラミックチップを練入した特殊ゴムで袋体を作成している。セラミックチップは外層に練入されており、転石等に対する耐損傷性を向上している。さらに、ゴム引布を厚増し耐久性を向上させている。

② シミュレーション

今回のポイントは、転石の対処である。すなわち、写真 3-1 のような転石を想定し、転石によりゴム袋体が損傷しない、または想定した期間補修等により

機能保全が可能な設計にする。手続きの概略は次のとおりである。



写真 3-1 想定する転石

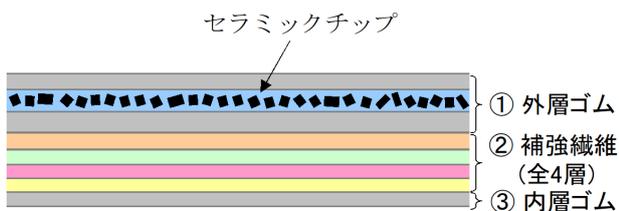


図 3-1 ゴム引布の層構成



写真 3-2 セラミックチップの練入状況

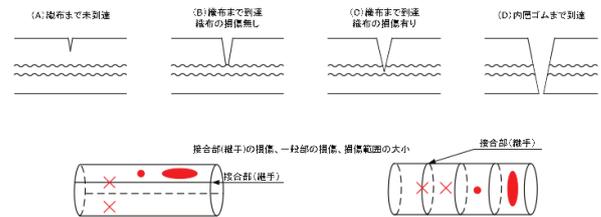
・補修が可能な場合

表 2-1 に基づき、まずは応急補修を実施する。対応策を検討した後、変状の状態に応じ延命補修を実施する。応急補修の具体例を挙げると

- 1) 損傷が織布まで到達していない場合は、はく

離や裂傷箇所にパッチを当てる。

- 2) 損傷が織布まで到達しているが織布には損傷がない場合は、損傷箇所にゴム糊を充填し必要に応じパッチを当てる。
 - 3) 損傷が織布まで到達し織布に損傷が有る、または損傷が内ゴムまで到達している場合は、適当な範囲をはく離、研磨して新たなゴム引布で補修する。損傷が内ゴムまで到達している場合は、ゴム糊の充填や貝殻栓を施す。
- がある。また、損傷が内ゴムまで到達している場合は、延命補修となる（詳細は図 3-2 及び図 3-3 参照、図 3-3 の A,B,C,D は図 3-2 のそれらに対応）。



※上図の (A) , (B) , (C) , (D) は損傷の深さによる違いを示す。
また、×は損傷の発生箇所、●は損傷の範囲を示す。

図 3-2 損傷の箇所と範囲(参考文献(7))

<p>【方法 1】(A) の応急補修 表-13 の①②③④⑤に発生</p> <p>はく離、ひび割れの損傷深度や範囲が微小な範囲にパッチを当てる。</p>	<p>【方法 2】(D) の応急補修方法 表-13 の④⑤⑥⑦に発生</p> <p>ゴム栓はセメント(ゴム糊)を塗布して使用する。(10mm 程度までなら延命補修にもなる。)</p>
<p>【方法 3】(A) , (B) の応急補修方法</p> <p>はく離箇所にセメント(ゴム糊)を塗布し、自然加硫ゴムを充填する。その後パッチをあててもよい。</p>	<p>【方法 4】(C) , (D) の延命補修方法</p> <p>織布をラップさせるため、補修範囲をはく離、パフ(研磨)し、新たなゴム引布にて補修する。当該補修方法は、湿度等の補修環境に大きく品質が左右されるため、仮に補修効果が得られなかった場合においても破裂等の致命的な現象に至らないような小規模な損傷にのみ採用されることが望ましい。</p>
<p>【方法 5】(D) の延命補修方法(例)</p> <p>本補修事例は、現場にて接合部を熱圧着して加硫させたもので、補修後 30 年間はく離等の不具合が発生していない。</p> <p>補足説明 (C) にて縦柱、側壁部のように設計張力に対して外力が少ない部位の場合は【方法 3】でも対応できる場合がある。 (D) にてピンホールのように範囲が狭い場合【方法 2】でも対応できる場合がある。</p> <p>※図-33 に示す (A) , (B) , (C) , (D) は、図-32 の損傷の深さによる違いを示す。</p>	

図 3-3 補修方法の例(参考文献(7))

・更新が必要な場合

表 2-1 にあるように、技術的に補修が困難であるか、延命補修だけでは元の信頼性を確保できず残存寿命等を考慮すると更新することが経済的に優位と

判断される場合は更新となる。補修技術（対象ゴム堰ではセラミックチップの練入）が消失している場合は、過去に補修が可能であったので表 2-1 における「技術的に補修が困難」には当てはまらないが、「現存の技術では補修が困難」と拡大解釈することになる。

今回は、次の手順で更新を考えていく。

- 1) 同一物の置き換えが可能な場合は、部材または全部を再度製作して既存のものと交換することにより更新を実施する。
- 2) 同一の部材が製作不可能な場合は、要求性能（今回は転石への対応）を再現できる代替技術（補強技術等）を検討する。
- 3) 代替技術でも対応出来ない場合は、転石による損傷が少ない鋼製起伏堰（ゴム袋体支持式または油圧押し式）に型式を変更する。

点検により変状が発見されてから、その解消までの大まかなフローを図 3-4 に示す。

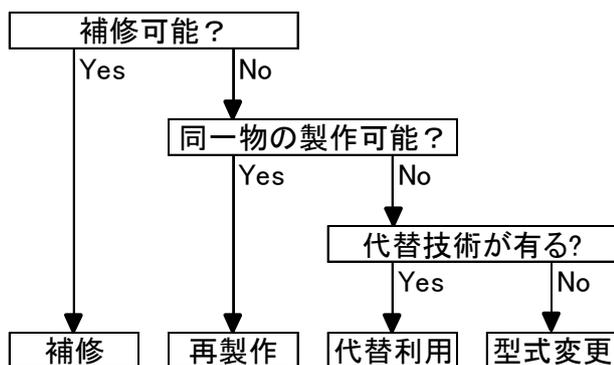


図 3-4 補修・更新の判断フロー

まずは、セラミックチップ練入ゴム引布が製作出来ない場合を考える。そのとき、袋体の外層ゴムをさらに増厚することが考えられる。しかし、厚みのあるゴム引布を製作するには高度な技術が必要なので、製作不可能の場合がある。

セラミックチップ練入や外層ゴムの増厚が不可能な場合は、

- ・プロテクター層を設け、袋体の損傷を防止
- ・緩衝材（発砲ゴム等）を袋体内に張り、倒伏時に作用する流下物の衝撃を吸収
- ・河床面に敷ゴムを設置し、倒伏時に作用する流下物の衝撃を吸収

等の代替技術を、効果や実現性等を考慮して選定する。実現可能で経済的に有利であれば、その技術を採用する。想定を含む詳細は、表 3-2 に示す。また、検討する際に、想定する転石の物理的影響を参考文献(8)等により試算して代替技術で対応可能か確認しておく。

次に、全ての代替技術が実現困難もしくは不適切

な場合は、SR 堰を含む鋼製起伏堰への形式変更を検討する。そのとき、ダブルチューブの SR 堰も選択肢に入れる。ダブルチューブの SR 堰はシングルチューブに比べて構造がやや複雑になり経済的にも不利になるが、

- ・ゴム袋体の内圧を小さくできる
- ・扉体を軽量化できる
- ・扉体の安定性が優れている

等の利点もあるので検討に値する。

ここで注目すべき点は、SR 堰に型式変更する場合はかさ上げが必要となり、河川管理者協議が必要になる。このことは、更新完了までの時間的要素に影響するので、緊急を要する場合はマイナス要因として働く。詳細は表 3-3 に示す。

【結果とりまとめ】

ゴム堰を取り巻く実情から更新時に発生するが予想される技術消失を想定したケース・スタディを実施した。このケース・スタディを通して、選択肢を幅広く設定した対応が必要で有ることが明らかになった。すなわち、代替技術から堰の型式変更まで検討が必要な事例もあり得ることが示された。

さらに、補修や更新の対応案を検討する際には、技術的観点はもちろんのことながら、材料の入手、施工方法などその範囲を広げることが必要である。

参考文献(5)にあるようにゴム堰の設置数が減少しており、ゴム堰に関する技術の伝承が難しくなっており、今回想定した技術消失が無いとは言い切れない。

ダム・堰をはじめとする社会資本は補強や更新をする必要があり、技術伝承が最重要ではあるが、今回のケース・スタディのように技術消失を想定しておかなければならない。

【今後の課題】

今後、今回のケース・スタディを基にゴム堰の更新のためのガイドラインを示すためには、次の二点が必要となる。

- ① 事例を収集し、更新フローを補完する。
収集する事例は、応急補修、延命補修および更新事例を対象にし、各々の処置の背景についても可能な限り収集する。
- ② 補完した更新フローでゴム堰を更新する。
提案する更新フローで実際のゴム堰を更新することが理想であるが、①で収集した更新事例を提案フローで再現する事から実施する。

【参考文献】

- (1) ゴム引布製起伏堰技術基準（案）、平成 12 年 発行

- (2) 鋼製起伏堰（ゴム袋体支持式）設計指針（一次案 補強板）、平成 18 年発行、平成 19 年補強
- (3) ゴム引布製起伏堰点検・整備要領（案）、平成 18 年発行
- (4) ゴム袋体をゲート又は起伏装置に用いる堰のゴム袋体に関する基準（案）（平成 27 年 3 月 31 日付け国総公第 94 号、国水環第 12 号、国水治第 148 号）
- (5) 藤野健一、他：ゴム堰・SR 堰の維持管理および長期性能評価に関する研究、国立研究開発法人土木研究所平成 28 年度 研究開発プログラム報告書
- (6) 大久保堰：国土交通省東北地方整備局湯沢河川道路事務所
- (7) （一財）国土技術センター：ゴム引布製起伏堰及び鋼製起伏堰（ゴム袋体支持式）のゴム袋体に関する技術資料、平成 28 年 1 月
- (8) 水理公式集【平成 11 年度版】、土木学会

表 3-2 ゴム堰での対応案比較

対策案	袋体外層にセラミックチップを練入（現状）	袋体の厚増	袋体外面にプロテクターの設置	袋体内部に緩衝材を設置	河床面に敷ゴムの設置
概要	イメージ				
	説明	耐損傷性を向上させるために、最外層にセラミックチップを練入	袋体の外層ゴム厚を増すことで流下物の衝撃吸収および外傷の対策	プロテクター層を設け、袋体の損傷を防止	緩衝材（発砲ゴム等）を袋体内に張り、倒伏時に作用する流下物の衝撃を吸収
対策効果	○	○	△	○	△
調達可否（想定）	×	△	○	×	○
評価（想定を含む）	実績は有り効果が見込めるが、現在調達の可能性が低い	効果はあるが、調達可能なゴム厚は約 20mm(想定)	効果は少し劣り袋体とプロテクト層との間に転石等の挟み込む懸念	効果はあるが、調達の可能性が低い	倒伏時に袋体と敷ゴム間に転石等の挟み込む懸念

表 3-3 ゴム堰以外での対応案比較

	SR堰（シングルチューブ）	SR堰（ダブルチューブ）	鋼製起伏堰（油圧押し上式）
イメージ			
概要	<p>①実績数が多い。（全体の約90%）</p> <p>②構造が簡単で経済的に有利。</p> <p>③扉体が高い（>2.5m）、越流水深が大きい、単位ゲートの縦横比（単位ゲート幅に対する堰高の比率）が大きい場合、ゴム袋体の内圧が第二種压力容器相当の0.20Mpaを超える場合がある。</p> <p>④ゴム袋体の半径が大きくなるため、収縮時に下流側へ倒れる距離が長くなるので、ゴム袋体の大きさを決定する際に収納スペースの確保に制約を受ける場合があるが、ゴム袋体の総厚は小さくなるので、ゲートを設置する際の河床落差が小さくて済む。</p>	<p>①実績数が少ない。（全体の約10%）</p> <p>②構造がやや複雑で経済的に不利。</p> <p>③シングルチューブに比べ、扉体とゴム袋体の接触面積を大きくすることができるので以下の利点がある。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ゴム袋体の内圧を小さくできる。 ・扉体を軽量化できる。 ・扉体の安定性が優れている。 <p>④ゴム袋体の半径が小さくなるため、収縮時に下流側へ倒れる距離が短くなるので、ゴム袋体の大きさを決定する際に収納スペースの確保に制約を受けることが少ないが、ゴム袋体の総厚が大きくなるので、ゲートを設置する際の河床落差が大きくなる。</p>	表1-1参照
対応堰高(m)	2.5	3	4
浸水対策	必要	必要	不要
工期(月)	13	14	13
工費(上部工)	1(SR堰(シングルチューブ)を1とする)	1.2	1.6
河川管理者協議	必要	必要	不要