

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

一般財団法人国土技術研究センター

## まえがき

ゴム袋体を使用した堰は、1964年（昭和39年）に国内最初のゴム引布製起伏堰（以下「ゴム堰」という。）が施工されて以来、直轄及び中小河川を含めた全国での設置数は約3,900施設と数多くの施工実績がある。現在、設置後35年以上経過した施設は約14%であるが、10年後には約42%と急速に増加することから維持管理手法の確立が喫緊の課題となっている。また、近年、ゴム堰及び鋼製起伏堰（ゴム袋体支持式）（以下「SR堰」という。）において、ゴム袋体の特性が十分に理解されていないことに起因する不具合事例も確認されている。

このような背景を踏まえ、ゴム堰及びSR堰のゴム袋体に関する標準的な設計、施工及び維持管理を行うため、「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）（以下「基準」という。）が策定され、国土交通省ホームページで公開（<http://www.mlit.go.jp/common/001086516.pdf>）されている。

ゴム堰及びSR堰は、①ゴム袋体が柔構造であるため鋼製ゲートと異なる特性を有すること、②ゴム袋体の主要部材であるゴム引布は、強度部材である「織布（ナイロン等の補強繊維）」を保護部材である「ゴム」という素材で被覆したハイブリッド（異種のを組み合わせたもの）製品であること、③ゴム袋体はゴム引布を袋状に製作されたものであり、その設計思想はメーカーによって異なる、という特徴を有している。このため、ゴム堰及びSR堰の計画、設計、施工及び維持管理に当たっては、①及び②に示すゴム袋体の特性を十分に理解して設計、施工を行うとともに、③による違いを踏まえた維持管理を行う必要がある。

そこで、ゴム袋体を使用したゲートの理解を深めることを目的として、「ゴム引布製起伏堰技術基準（案）」（平成12年発行）及び「鋼製起伏堰（ゴム袋体支持式）設計指針（一次案 増補版）」（平成18年発行、平成19年増補）、「ゴム引布製起伏堰点検・整備要領（案）」（平成18年発行）のとりまとめ以降に得られた知見並びにデータを基に、ゴム袋体に携わる全てのユーザーを対象とした「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」を（一財）国土技術研究センターの公益事業の一環として実施している自主研究によりとりまとめた。

技術資料の策定に当たっては、ゴム袋体の適切な計画、設計、維持管理が行えるように、以下の点に留意してとりまとめを行った。

- ① 設置された年代により、ゴム袋体の設計思想、ゴム材料が異なること
- ② ゴム引布の接合部（継手）の接着方法の違いと接着力
- ③ ゴム袋体設計の考え方を反映した点検・維持管理及び傾向管理

最後に、本技術資料のとりまとめに当たって、ご指導・ご助言をいただいた中川博次京都大学名誉教授をはじめとする関係各位、並びに、資料作成にあたりご協力いただいた一般社団法人ダム・堰施設技術協会ゴム堰部会有志各位の方々に深く感謝の意を表するとともに、本技術資料が基準の理解を深めるために広く活用されることを期待するものである。

平成28年1月

一般財団法人 国土技術研究センター

## ゴム袋体に関する技術資料編集関係者

|       |                  |          |                 |
|-------|------------------|----------|-----------------|
| 湧川 勝己 | 一般財団法人国土技術研究センター | 情報・企画部   | 部長（研究主幹）        |
| 柳澤 修  | 一般財団法人国土技術研究センター | 河川政策グループ | 首席研究員           |
| 高取 秀和 | 一般財団法人国土技術研究センター | 河川政策グループ | 首席研究員           |
| 松岡 春彦 | 一般社団法人ダム・堰施設技術協会 | ゴム堰部会    | (株式会社丸島アクアシステム) |
| 下見 広司 | 一般社団法人ダム・堰施設技術協会 | ゴム堰部会    | (豊国工業株式会社)      |
| 川村 圭司 | 一般社団法人ダム・堰施設技術協会 | ゴム堰部会    | (日東河川工業株式会社)    |
| 遠藤 洋  | 一般社団法人ダム・堰施設技術協会 | ゴム堰部会    | (飯田鉄工株式会社)      |
| 甘中 正敏 | 一般社団法人ダム・堰施設技術協会 | ゴム堰部会    | (バンドー化学株式会社)    |
| 寺村 篤  | 一般社団法人ダム・堰施設技術協会 | ゴム堰部会    | (バンドー化学株式会社)    |

平成 28 年 1 月



# 目 次

|   |          |
|---|----------|
| <b>1. ゴム袋体の概要</b> .....                 | <b>1</b> |
| 1.1 ゴム袋体の特徴.....                        | 1        |
| 1.2 ゴム袋体の製造方法.....                      | 2        |
| 1.2.1 ゴム袋体の製造方法.....                    | 2        |
| 1.2.2 ゴム袋体の接合方法.....                    | 2        |
| 1.2.3 ゴム引布及びゴム袋体の接合部.....               | 3        |
| 1.2.4 ゴムの種類.....                        | 5        |
| 1.2.5 ゴム袋体の変遷.....                      | 5        |
| 1.2.6 ゴム袋体の信頼性.....                     | 6        |
| 1.3 ゴム袋体の劣化及び損傷.....                    | 8        |
| <b>2. 堰の計画、設計、製作及び据付における留意事項</b> .....  | <b>9</b> |
| 2.1 計画.....                             | 10       |
| 2.2 調査.....                             | 10       |
| 2.3 予備設計.....                           | 10       |
| 2.4 詳細設計.....                           | 12       |
| 2.5 ゴム袋体の設計.....                        | 12       |
| 2.5.1 ゴム袋体の仕様.....                      | 12       |
| 2.5.2 ゴム引布.....                         | 14       |
| 2.5.3 織布の強度.....                        | 15       |
| 2.5.4 織布の積層数.....                       | 15       |
| 2.5.5 ゴム袋体.....                         | 16       |
| 2.5.6 接合部（継手）の構造.....                   | 16       |
| 2.5.7 接合部（継手）の強度.....                   | 17       |
| 2.5.8 接合部（継手）の位置.....                   | 17       |
| 2.5.9 外層ゴム厚.....                        | 17       |
| 2.5.10 ゴム袋体と固定金具.....                   | 18       |
| 2.5.11 損傷防止対策.....                      | 19       |
| 2.5.12 SR 堰（ダブルチューブ）の事例.....            | 20       |
| 2.6 ゴム袋体の製作.....                        | 21       |
| 2.6.1 ゴム袋体の製作方法.....                    | 21       |
| 2.6.2 接合部（継手）の接着方法.....                 | 23       |
| 2.6.3 試験片の製作方法.....                     | 23       |
| 2.6.4 接合部（継手）の製作過程における空気混入の防止対策と確認..... | 27       |
| 2.6.5 熱加硫時の圧力・温度・時間.....                | 27       |

|           |                      |           |
|-----------|----------------------|-----------|
| 2.7       | 運搬（現場貼り合せ） .....     | 28        |
| 2.8       | 据付 .....             | 28        |
| 2.9       | 施工管理の留意点 .....       | 28        |
| 2.10      | 諸検査 .....            | 30        |
| 2.10.1    | 検査の範囲 .....          | 30        |
| 2.10.2    | 検査項目の時期と場所 .....     | 30        |
| <b>3.</b> | <b>点検・維持管理 .....</b> | <b>32</b> |
| 3.1       | 点検の目的 .....          | 32        |
| 3.2       | 点検の方法 .....          | 32        |
| 3.3       | 処置の方法 .....          | 34        |
| 3.4       | 傾向管理 .....           | 40        |

# 1. ゴム袋体の概要

## 1.1 ゴム袋体の特徴

「ゴム引布製起伏堰」（以下「ゴム堰」という。）の扉体兼起伏装置及び「鋼製起伏堰（ゴム袋体支持式）」（以下「SR堰」という。）の起伏装置として使われている「ゴム袋体」は、「ゴム引布」を単体もしくは貼り合せたものである。「ゴム引布」は、強度部材である「織布（ナイロン等の補強繊維）」を保護部材である「ゴム」で被覆したハイブリッド（異種のを組み合わせたもの）製品である。図-1に「ゴム堰」及び「SR堰」の例を示す。

ゴム袋体の断面形状は、水圧などの外圧と、内圧の関係で決定される。ゴム袋体の設計において重要となる張力は、形状の曲率半径と内圧によって決定される。「ゴム引布」の必要強度は、主にゴム袋体に作用する張力によって決まり、「必要強度＝常時作用張力×応力集中係数×安全率」として表され、構成部材である「織布（ナイロン等の補強繊維）」の貼り合わせる枚数（プライ数）が決定される。

なお、ゴム袋体には張力によって伸びが発生するので、ゴム袋体の製作寸法はこの伸びを見込んで決定される。

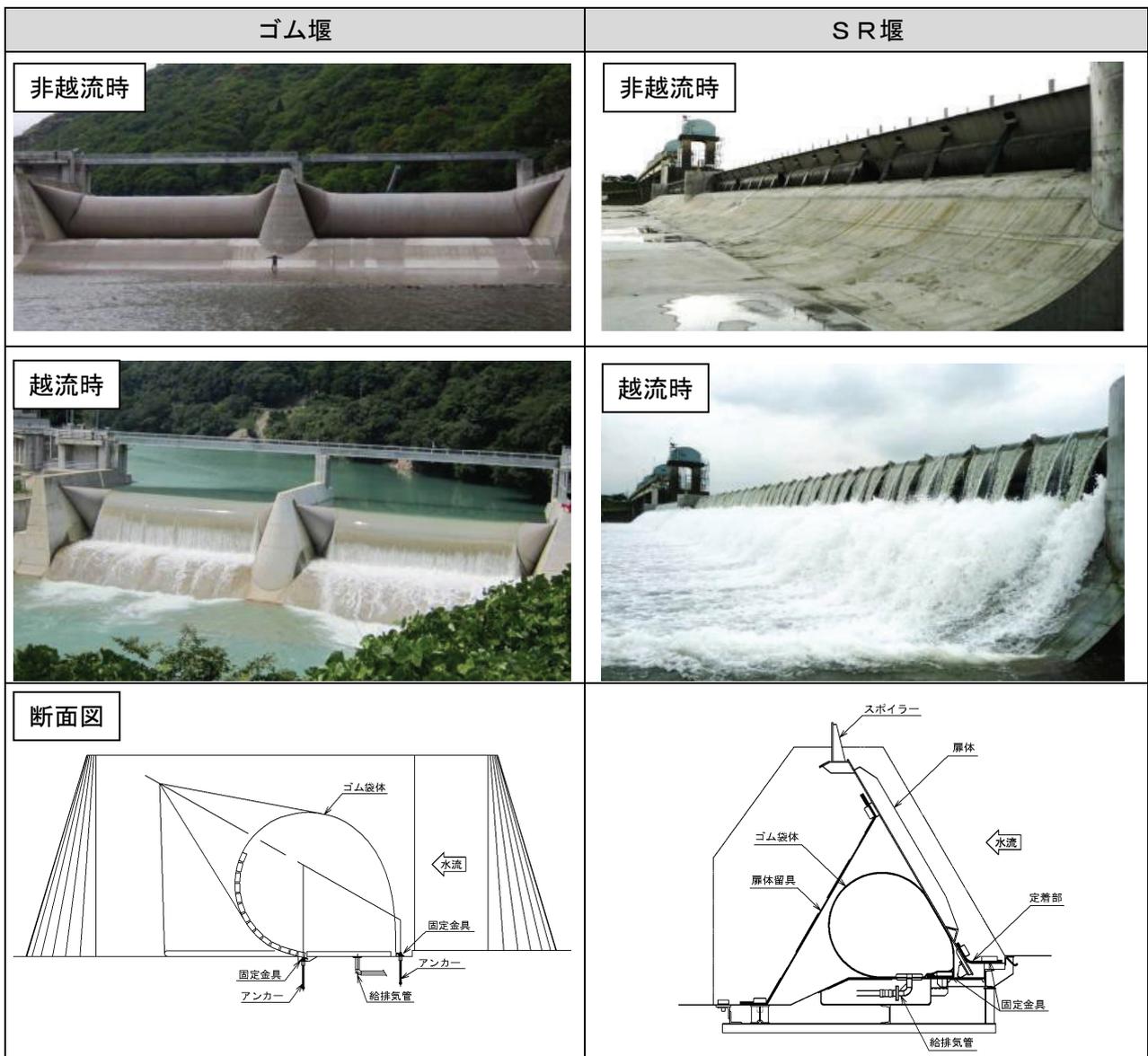


図-1 ゴム堰とSR堰の例

## 1.2 ゴム袋体の製造方法

### 1.2.1 ゴム袋体の製造方法

ゴム袋体には、製作工程の違いにより図-2 に示すとおり、ゴム引布を用いてシート状に製作するものと、袋状（中空状）として製作するものに大別することが可能である。この製作工程でゴム引布同士の接合部（継手）を設ける場合は、積層状に加硫したゴム引布を接着材料（接着材や未加硫ゴム）で接着した後に接合部（継手）を加硫する方法「①プレス加硫方式」と、未加硫状態のゴム引布を専用の接着材料で接合して貼り合せた後に加硫する方法「②圧力缶加硫方式」の二つがある。前者はコンベヤベルトと類似の製作方法であり、後者は空気式防舷材と類似の製作方法である。

ここで、加硫とはゴムの分子間に架橋反応（分子結合）を起こすことである。従って、加硫は一体化した弾性体を構成することとなるため、物理的・機械的な接着とは異なる。

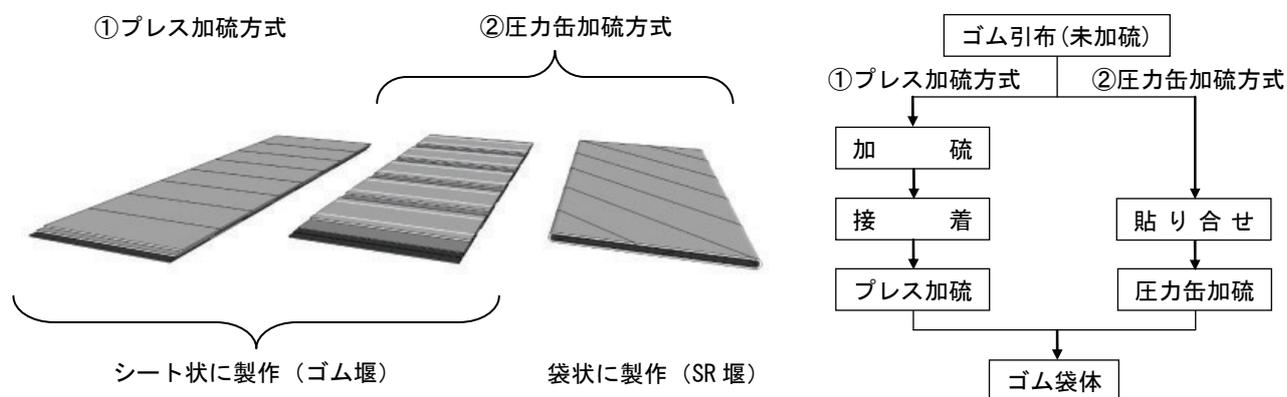
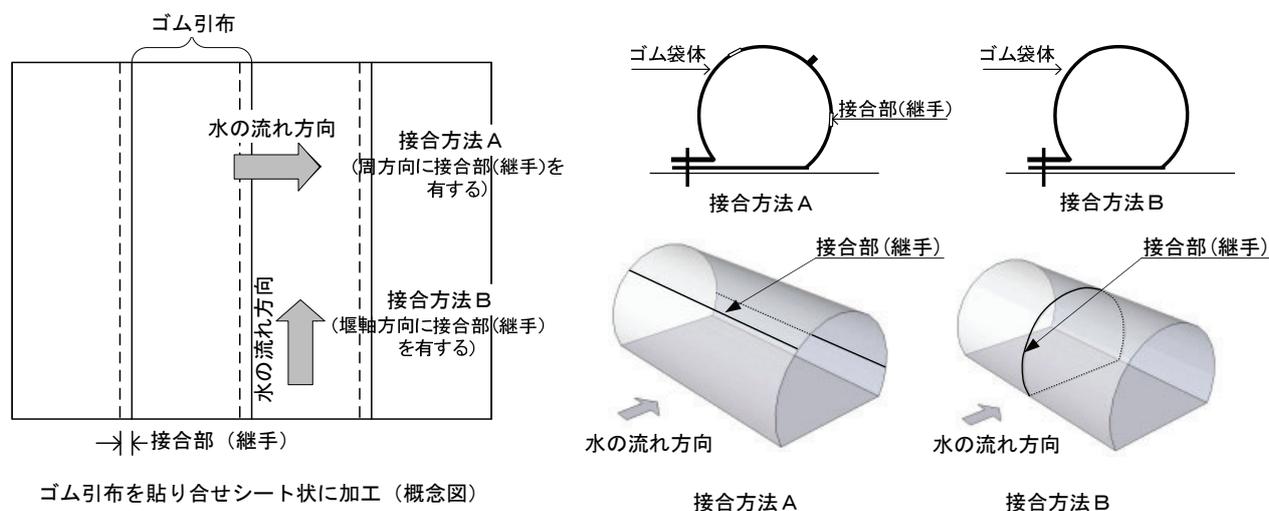


図-2 ゴム袋体の製作パターン

### 1.2.2 ゴム袋体の接合方法

ゴム袋体の規模（堰高や径間長）によって異なるが、一体のゴム引布でゴム袋体が製作できない場合には、ゴム引布を貼り合わせてゴム袋体が製作される。このように複数のゴム引布を貼り合せたゴム袋体では、周方向に接合部（継手）を有する「接合方法 A」と堰軸方向に接合部（継手）を有する「接合方法 B」がある。近年、「接合方法 A」はほとんど施工されていない。



ゴム引布を貼り合せシート状に加工（概念図）

※堰の規模により、接合部（継手）のないゴム袋体と接合部（継手）を有するゴム袋体がある。

図-3 ゴム引布の接合方法の違い

### 1.2.3 ゴム引布及びゴム袋体の接合部

「ゴム引布」は、強度部材である「織布（ナイロン等の補強繊維）」を保護部材である「ゴム」で被覆したものである。ゴム引布を製作する工程において織布を接合する部分及びゴム袋体を製作する工程においてゴム引布を接合する部分を「接合部（継手）」という。

ゴム引布及びゴム袋体には、図-4 及び図-5 に示すように未加硫状態で貼り合せた後に加硫する「接合部（継手）」と加硫後に貼り合せて再度加硫する「接合部（継手）」がある。

ゴム袋体は、一般にゴム引布や織布の接合部を有する。

織布の標準的な幅が 1.5m 程度であることから、堰軸方向に織布の延長方向を配置する場合、堰高がおおよそ 0.5m を超えると織布の接合部が発生し、堰高がおおよそ 1.5m を超えるとゴム引布の接合部が発生する。このときの接合方法は、図-3 の「接合方法 A」となる。また、周方向に織布の延長方向を配置する場合、径間長がおおよそ 1m を超えると織布の接合部が発生する。このときの接合方法は図-3 の「接合方法 B」となる。

|         | 未加硫接合→加硫  | 加硫後接合   |
|---------|---|---|
| 缶加硫方式   | <p>ゴム引布の接合部（継手）のあるゴム袋体（例）</p> <p>ゴム引布の接合部（継手）</p>         |   |
| プレス加硫方式 | <p>織布の接合部（継手）のあるゴム引布（例）</p> <p>織布の接合部（継手）</p>             | <p>ゴム引布の接合部（継手）のあるゴム袋体（例）</p> <p>ゴム引布の接合部（継手）</p> |
| 凡例      | <p>~~~~~ : 織布      ■ : ゴム      - - - - - : ゴム引布の貼り合せ部</p> |   |

図-4 ゴム引布及びゴム袋体接合部の概念図

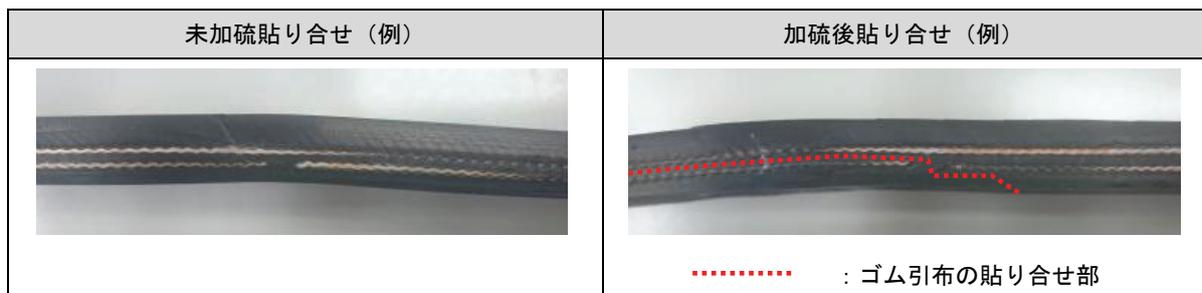


図-5 ゴム引布及びゴム袋体接合部の断面（例）

図-6 にゴム袋体の代表的な製作工程を示す。

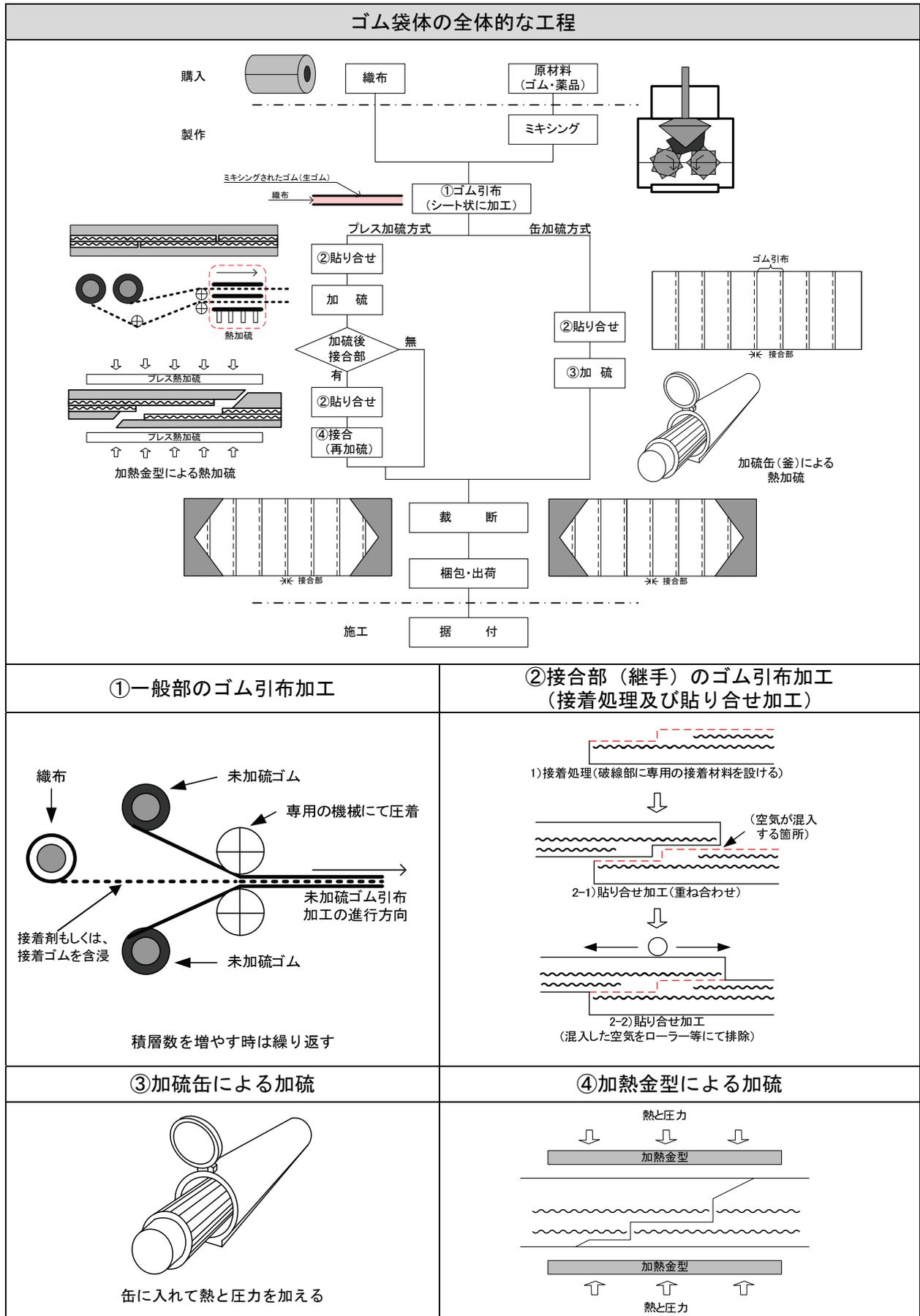


図-6 代表的な製作工程

#### 1.2.4 ゴムの種類

ゴム袋体に使用される代表的なゴムの種類を以下に示す。

ゴム堰が初期に施工された1960年代はCR(クロロプレンゴム)を主としたゴムが多かったが、1990年(平成2年)頃からゴム配合技術・加工技術の向上等によりEPDM(エチレン・プロピレン・ジエンゴム)を主としたゴムが多くなっている。また、摩耗が懸念される場合などでは、外層ゴムには中間層ゴムや内層ゴムよりも耐摩耗性を向上させるためにCSM(クロロスルホン化ポリエチレン)やSBR(スチレン・ブタジエンゴム)を配合したゴムも用いられる。

このように、ゴム袋体の製造にあたっては、多様な機能、品質の要求に対して、数種類のゴムを配合することが一般的である。

表-1 ゴムの種類と特徴

| ゴムの種類   | 引張強さ | 耐候性 | 耐摩耗性 | 耐オゾン性 | 耐熱性 | 耐水性 |
|---|------|-----|------|-------|-----|-----|
| 天然ゴム (NR)   | ◎    | ○   | ◎    | ×     | ○   | ◎   |
| クロロプレンゴム (CR)   | ◎    | ◎   | ○    | ○     | ○   | ◎   |
| エチレン・プロピレン・ジエンゴム (EPDM)   | ◎    | ◎   | ○    | ◎     | ◎   | ◎   |
| クロロスルホン化ポリエチレン (CSM)  | ◎    | ◎   | ◎    | ○     | ◎   | ◎   |
| スチレン・ブタジエンゴム (SBR)  | ◎    | ○   | ◎    | ×     | ○   | ◎   |
| 凡例 ◎特に優れている ○優れている △普通 ×劣っている。<br>※表中の特徴は単体の一般的性状を表しており、配合により性状は変化する。 |      |     |      |       |     |     |

#### 1.2.5 ゴム袋体の変遷

ゴム袋体は、当初、ゴム堰の扉体として使用されており、その後、SR 堰の起伏装置として使われるようになるという変遷を経ている。

ゴム袋体を使用した堰を考案したのは、ロサンゼルス市の技術者であった M.インバートソンであり、ゴム材料としてはCR(クロロプレンゴム)、補強繊維材料としてナイロンを用いたもので、ゴム引布の積層数は2~3層で厚さが6mmまでのものであった。

日本で初めてゴム袋体を用いたゴム堰が用いられたのは1964年(昭和39)のことで、東京都において規模としては堰高1m、堰長10mの小規模なものであった。この堰に使用されたゴム袋体の製造方法は、工業製品として一体として製造できるゴム引布の幅に制限があるため、ゴム引布を幾つか接合して一体の構造物とするというものであり、現在の製造方法と大きな違いはない。

この堰の設置以降、小規模な農業用取水堰としてゴム堰の設置が多くなっていくが、いずれも堰高1m未満の小規模なものであり、接合方法は、堰軸方向に接合部(継手)を有するものが多いが、各メーカーの独自基準、設計思想でゴム堰に使用されるゴム袋体の製造が行われてきた。

1978年(昭和53)にゴム堰の設置箇所が500箇所を超えたことから、ゴム堰の技術基準の必要性が認識され、「ゴム引布製起伏堰技術基準(一次案)」が策定されたが、ゴム袋体の仕様については、ゴム袋体に特に大きな問題も発生していなかったことから、各ゴム袋体メーカーの製品仕様を追認したのとなっていた。

「ゴム引布製起伏堰技術基準(一次案)」が作成されたことなどを契機として、直轄管理河川への適用についても検討が行われ、1978年(昭和53)に香川県の土器川において堰高が3mに近い大型のゴム堰(堰高2.78m、堰長35m、2門)が設置された。この土器川でのゴム堰の設置以降、中小河

川での農業用の取水堰といった利用から、直轄管理河川での永久構造物としての堰をはじめとして、水力発電所などでの取水堰としての使用といったように使用用途が拡大する傾向になり、要求される機能や使用環境も多様なものへと変化していった。このような要求性能や使用環境に応えることを目的として、流送土砂環境や大型ゴム堰への対応といった観点からゴム袋体の改良が行われ、製造方法やゴム引布の接合方法も様々なものが出現した。

ゴム袋体の製品仕様の変遷は、ゴム袋体のメーカーが多様であり、それぞれの設計思想が微妙に異なっているので、一覧としてまとめて整理することは困難であるが、用途拡大に伴う外層ゴムの耐摩耗性の向上、耐候性の向上、転石等に対する損傷防止対策等や大型化に伴うゴム引布強度の向上についての検討が行われ、一部には検討成果を反映した仕様の変更が起きてきている。また、設置された河川における不具合の事例等を反映した改良も行われている。

しかしながら、ゴム袋体の強度を決定する補強繊維としては、ナイロンが用いられ、外層ゴムとしてCRやEPDM（エチレン・プロピレン・ジエンゴム）が用いられるという基本構造は大きく変化しておらず、大型の物件が多くなることによって、接着工程数を減らすなどの工夫が必要となり、接合方向が堰軸方向だけでなく、周方向接合も多くなるなどの変化が見られる程度である。

なお、ゴム堰の基準において堰高の2割が越流水深の上限と決められているが、高越流時の使用に対する要望も高かったために、ゴム袋体の振動が発生しにくい高内圧化、ゴム袋体の背後にエアークッションを設けるためのスポイラー設置、ナップのはく離点を一定化させるためのフィンの設置等が行われるなどの工夫も行われている。これらの対処として高張力引布の開発が求められたことから、補強繊維としてアラミド繊維を用いるなどの工夫がなされているが、アラミド繊維の屈曲性が低いことや接着性に難があることなどから、現在は、補強繊維としてナイロンが用いられ、外層ゴムとしてCRやEPDMが用いられるという基本構造に戻っている。

近年は、ゴム堰に用いられるゴム袋体だけでなく、SR堰の起伏装置としてもゴム袋体が利用されている。このゴム袋体も基本的な構造は同じであるが、ゴム袋体が封筒状になっているという形状の違いがある。また、SR堰の起伏装置として使用されるゴム袋体の中には、補強繊維としてポリエステルや簾状の繊維を使っている物が存在している。

### 1.2.6 ゴム袋体の信頼性

堰高で1.5mを超えるような比較的大型のゴム袋体は、前述したようにゴム引布を接合することによって製造されている。このゴム袋体を構成的な特徴から分類すると、ゴム引布部と接合部（継手部）に大別することが可能であり、部材構成的な特徴から見れば、ゴム袋体の信頼性は、ゴム引布部と接合部（継手部）のいずれか弱い方で決まると言っても過言でない。

ゴム袋体に必要な強度は、ゴム袋体の使用状態において発生するであろう最大張力（設計張力＝計算張力×応力集中）に対して劣化による強度低下とクリープ特性を勘案した安全率を乗じて設定される。なお、劣化やクリープ特性を勘案した安全率は、今までに得られた劣化による強度低下やクリープ試験データから、約30年間の使用を想定して決定している。

通常は、ゴム袋体の製作に使用されるゴム引布の積層数は、必要強度に対して余裕を持って製作されることが多いので、十分な安全性を有している場合が多い。さらに、ゴム引布の強度は、一般的な工業製品としての平均値的な強度ではなく、最低限の保証強度という考え方が用いられているので、強度的には余裕を持ったものとなっている場合が多い。接合部についても、ゴム引布部と同様の考え方で強度の設定が行われているので、十分な安全性を有しているといえる。

前述したようなことから言えば、ゴム袋体は 30 年程度の使用に対しては、十分な信頼性を有していると考えられるが、急流河川、砂礫の多い箇所、高温環境など使用環境等によっては劣化が促進される場合があるので、ゴム袋体設計時に使用環境を考慮したゴム袋体の設計、品質管理を行うことや適切な維持管理を行うことによって、信頼性を確保することが望ましい。特に、日射熱等によるゴム袋体の熱劣化の進行により中間層の接着力が低下したり、表面のゴムの劣化・硬化が生じて、ヒビ割れや亀裂が生じたりしやすくなるので、このような現象・要因を考慮したゴム袋体の設計を行うことが望ましい。このヒビ割れ部から水が含浸して、さらにゴム引布の強度低下を引き起こすことも考えられる。特に、接合部は織布が連続しておらず、劣化進行の起点となることも考えられるので、接合部の点検は十分に行う必要がある。

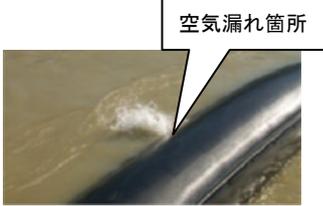
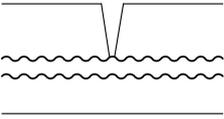
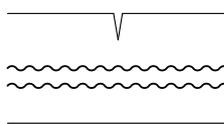
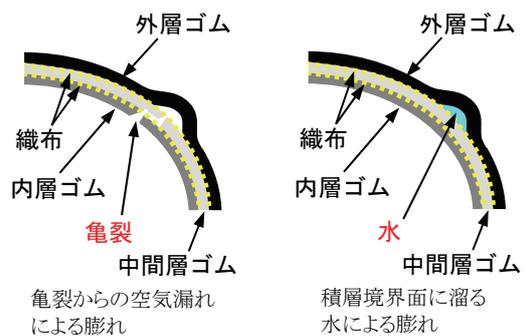
また、製作過程において接合部の十分な接着が行われていない場合には、ゴム袋体の信頼性が著しく低下するので、30 年間の使用に耐える信頼性を確保するためには、製作工程における接合部の十分な品質管理が行われる必要がある。なお、劣化促進試験などにより、接合部の耐久性を確認することも信頼性を確保する上で重要な事項である。

現有施設のゴム袋体の信頼性は、ゴム袋体の設計思想や製造方法により考え方が異なり、点検を行う場所や観点なども異なってくると考えられ、ゴム袋体一般としての考え方を示すことは難しい。従って、個別施設のゴム袋体の信頼性を検証する場合には、施設に求められる機能とゴム袋体の設計思想や製造方法等を踏まえた適切な点検等を行って、信頼性を評価することが重要となる。

### 1.3 ゴム袋体の劣化及び損傷

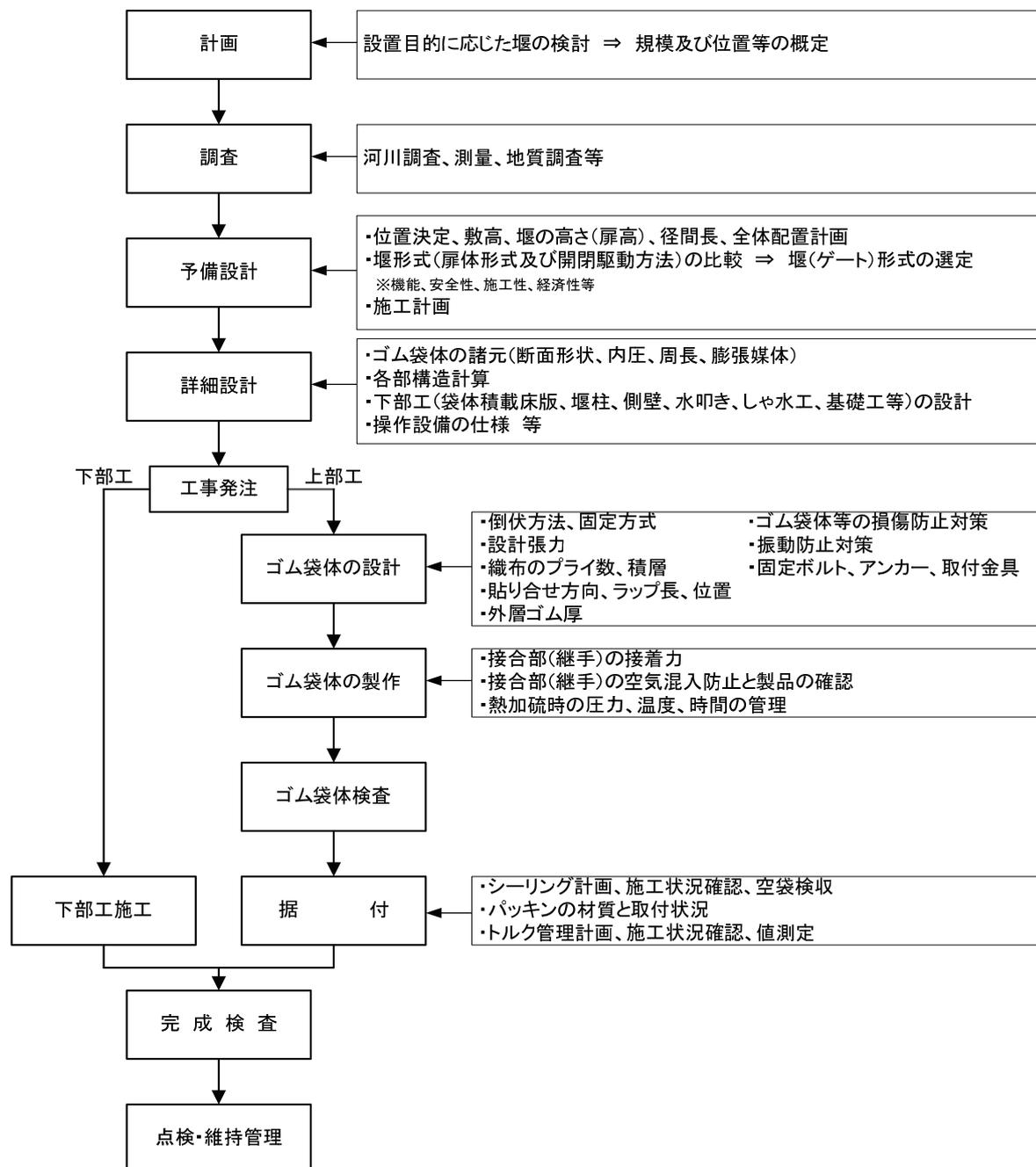
ゴム袋体の劣化及び損傷事例と原因について、表-2 に示す。

表-2 ゴム袋体の劣化及び損傷事例と原因

|    | ゴム袋体の劣化及び損傷事例  | 原因   |
|----|--|--|
| 損傷 | 1) 空気漏れによる堰の倒伏<br>                | ゴム袋体からの空気漏れの原因(推定)として、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。  |
|    | 2) ゴム袋体破裂<br>                     | ゴム袋体破裂の原因(推定)として、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。  |
|    | 3) 固定金具部からの漏気<br>                | ゴム袋体固定部からの漏気の原因(推定)として、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。   |
|    | 4) ゴム袋体亀裂(補強繊維まで到達)<br>         | ゴム袋体外層の亀裂の原因(推定)として、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。  |
|    | 5) 外層ゴム接着部の亀裂・はく離(補強繊維へは未達)<br> | 外層ゴム接着部の亀裂・はく離の原因(推定)として、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。   |
|    | 6) 外層ゴム、中間層ゴムの膨れ<br>            | ゴム袋体外層ゴム、中間層ゴムの膨れには 2 種類あり、一つは、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。(デフレクター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。)<br>もう一つは、外層ゴムと中間層ゴムの積層界面に溜る水による膨潤で、破裂には至らない。 |
| 劣化 |  |  |

## 2. 堰の計画、設計、製作及び据付における留意事項

堰の計画、設計、製作、据付の流れに沿って、ゴム袋体に関する留意事項を図-7に示す。



※計画段階で決定した設置位置は、河道の湾曲部や河道断面が狭小で流下能力を阻害する恐れのある箇所、河状の不安定な箇所等を避けるよう配慮されているので、これを変更する場合には、設置に適した環境条件を逸脱しないよう注意が必要である。

図-7 計画・設計・施工・維持管理までの流れ

## 2.1 計画

河川の流水を制御するという堰の目的に照らし、規模及び位置等を概定する。

ゴム袋体を有する堰の場合には、堆砂等による影響が大きいため、堰を建設する位置の選定が重要であり、ゴム袋体を有する堰の特徴を踏まえた十分な検討が必要である。

## 2.2 調査

堰の規模及び重要性に応じて必要な調査（ゴム引布製起伏堰技術基準（案）1.2.1 参照）を行い、基本設計の与条件としてまとめる。

なお、ゴム堰では、転石の衝突等によってゴム袋体が損傷した場合には空気漏れにつながるため、河床材料等を調査し、ゴム袋体損傷防止策等を検討する必要がある。

## 2.3 予備設計

予備設計では、堰の位置、形式の決定を目的としている。

堰の設置位置等の検討に当たっては、「河川管理施設等構造令 施行規則第 21 条の解説」及び「工作物設置許可基準」に準ずる。

堰形式の選定に当たっては、堰形式の特徴を踏まえて比較検討を行う必要がある。

堰の形式は、鉛直引上げ式、回転式、起伏式に大別され、起伏式は扉体形式で鋼製起伏堰とゴム堰に分けられる。さらに、鋼製起伏堰は、起伏装置形式によって、トルク軸式、油圧押し式、ゴム袋体支持式に分けられる。一方、ゴム堰におけるゴム袋体は扉体であり起伏装置である。

ゴム堰及び SR 堰は、扉体及び起伏装置であるゴム袋体が柔構造のため、上下流水位が変化すると、上下流水位差等の荷重条件に見合う内圧・張力が発生するまでゴム袋体に変形し、その釣り合い条件を保つという特性がある。このような堰高変化特性を有することが、トルク軸式又は油圧押し式の開閉装置を用いる鋼製起伏堰と大きく異なる点である。

起伏堰の形式とその特徴を表-3 に示す。

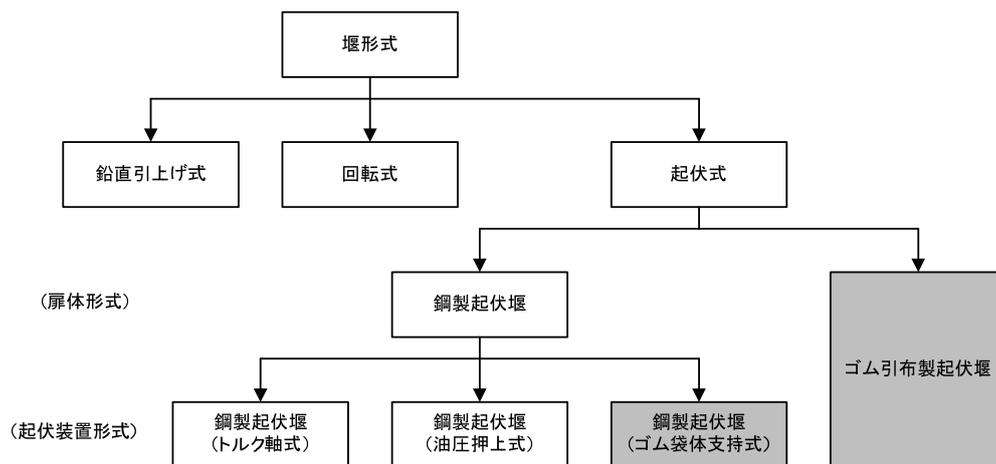


表-3 起伏堰の形式とその特徴

|             | 鋼製起伏堰  |   | ゴム堰  |
|-------------|--|---|--|
|             | トルク軸式, 油圧押し式   | SR 堰  |  |
| 起伏の確実性      | 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。   | 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。  |
| 水位変化による堰高変化 | 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。   | 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。   | 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。   |
| 温度変化による堰高変化 | 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。  | 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。   | 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。  |
| 堰高制御        | 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。  | 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ことが必要になる。  | 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、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。  |
| 堆砂の影響       | 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。   | 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。  |
| 最大越流水深      | 一般に 0.3~0.5m程度以下で使用される。  | 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。   | 空気式ゴム堰は堰高の20%以下の範囲で使用される。  |
| 耐久性         | 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。 | 鋼扉等の鋼製部材については、鋼製起伏堰と同様。<br>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たっては構造、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。 | 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。 |

## 2.4 詳細設計

詳細設計では、予備設計で検討された基本形状及び特記仕様書の設計条件に基づき各種構造部材について細部設計を行い、寸法、諸元を決定する。この結果を基に、工事実施に必要な図面を作成し、工事積算に必要な各種数量を算出する。

## 2.5 ゴム袋体の設計

### 2.5.1 ゴム袋体の仕様

ゴム袋体は、ゴム引布の仕様を満足した部材を接合し製作される。従って、ゴム袋体の仕様は、想定される使用条件に耐えられるように表-4のゴム引布の仕様を満たし、かつ接合部（継手）を含めて製品としての機能を有している必要がある。

表-4 ゴム袋体仕様表<sup>1</sup>

| 部材等  |  | 試験項目               | 規格値   | 試験方法  |   |
|------|--|--------------------|---|---|---|
| ゴム袋体 | ゴム<br>(外層・中間層・内層)  | 初期物性               | TB $1.18 \times 10^7 \text{N/m}^2$ 以上<br>EB 400%以上  | JIS K 6251×3 点<br>(ダンベル状 3 号)   | 引張速度<br>500±50mm/min                              |
|      |  | 耐熱<br>老化性          | TB $9.81 \times 10^6 \text{N/m}^2$ 以上<br>EB 300%以上  | JIS K 6257×3 点<br>(ギヤー式老化試験機に<br>よる) 及び<br>JIS K 6251×3 点<br>(ダンベル状 3 号)        | 引張速度<br>500±50mm/min<br>温度 100±1℃、96 時間           |
|      |  | 耐水性                | TB $9.81 \times 10^6 \text{N/m}^2$ 以上<br>EB 350%以上  | JIS K 6258×3 点及び<br>(ダンベル状 3 号)<br>JIS K 6251×3 点<br>(ダンベル状 3 号)                | 引張速度<br>500±50mm/min<br>温度 70±1℃、96 時間            |
|      |  | 耐寒性                | 異常なし  | JIS K 6261×5 点  | ぜい化温度 -25℃以下                                      |
|      | 外層ゴム   | 耐摩耗性               | 0.5ml 以下  | JIS L 6264×3 点<br>(テーパー摩耗試験)  | 研磨といし H18<br>荷重 9.8N<br>回数 1000 回                 |
|      |  | 耐オゾン性              | 異常なし  | JIS K 6259×3 点<br>(短冊状又はダンベル状 1<br>号形、静的オゾン<br>劣化試験)                            | オゾン濃度 100±10pphm<br>引張ひずみ 50±2%<br>温度 40±2℃、96 時間 |
|      | ゴム引布   | 引張強さの<br>初期物性      | 【ゴム堰】<br>(周方向)<br>設計張力×安全率以上<br>(横断方向)<br>周方向の 2/3 以上<br>【SR 堰】<br>設計張力×安全率以上               | JIS K 6322×3 点 (ダンベル状 A 形又は B 形、T 形)  | 引張速度<br>100±10mm/min                              |
|      |  | 引張強さの<br>耐熱老化性     | 【ゴム堰】<br>(周方向)<br>初期物性×80%以上<br>【SR 堰】<br>初期物性×80%以上  | JIS K 6257×3 点<br>(ギヤー式老化試験機に<br>よる) 及び<br>JIS K 6322×3 点 (ダンベル状 A 形又は B 形、T 形) | 引張速度<br>100±10mm/min<br>温度 100±1℃、96 時間           |
|      |  | 引張強さの<br>耐水性       | 同 上   | JIS K 6258 及び<br>JIS K 6322×3 点 (ダンベル状 A 形又は B 形、T 形)                           | 引張速度<br>100±10mm/min<br>温度 70±1℃、96 時間            |
|      |  | ゴムと<br>織布との<br>接着力 | 初期物性 $5.88 \times 10^3 \text{N/m}$<br>以上<br>70℃水 4 日浸水後 $3.92 \times 10^3 \text{N/m}$<br>以上 | JIS K 6258 及び<br>JIS K 6256-1×3 点<br>(短冊状)                                      | 引張速度<br>50±5mm/min                                |
|      | (継手)<br>接合部  | 接合部 (継手) の接着力      | 引張強さの初期物性の規格値以上 (破断は織布破断となること)  | 接合部 (継手) がせん断によるはく離が生じないことを確認できる試験方法。<br>試験片は、ラップ長を含んだ織布層を必要に応じて加工すること。         |   |
|      | TB : 破断強度 (N/m)      EB : 破断時伸び (%)<br>※ゴム引布の試験方法である JIS K 6322 は、協議の上、JIS L 1096、JIS K 6404 と代用できる。 |                    |   |   |   |

1 国土交通省：「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)」 pp.12-13

## 2.5.2 ゴム引布

ゴム引布とは、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。なお、ゴム袋体の材料としては、通常は織布が2層以上の積層品が用いられることが多い。

JISの定義では、「布の片面、両面又は布と布の間にゴムを薄く被着した製品」と定義されている。コンベアベルトのように比較的厚いゴム層を有するタイプのゴム引布は、厳密にはJISの定義に当てはまらないが、慣例的に「ゴム引布」という用語が用いられている。

ゴム引布の概念図を図-9に示す。

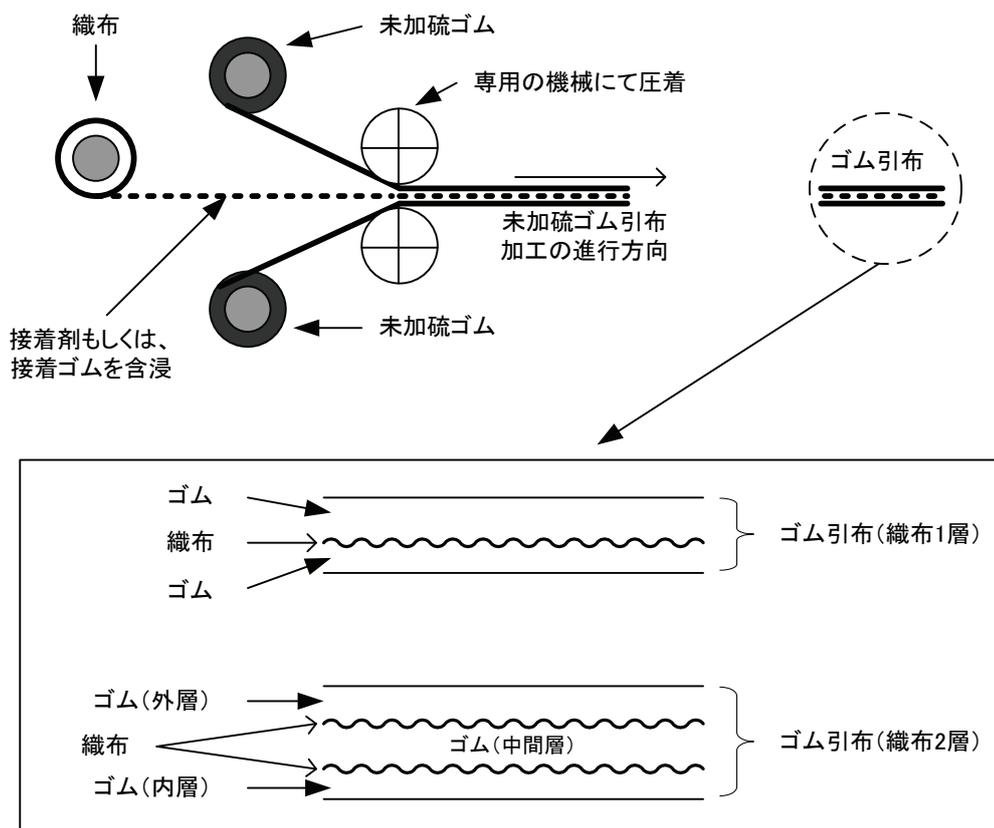


図-9 ゴム引布（概念図）

### 2.5.3 織布の強度

ゴム袋体の強度部材である織布の強度特性値としては、「最低保障強度」という概念が採用されている。最低保障強度とは、製品強度のバラツキを考慮して、製品強度の平均値から標準偏差に正規偏差の定数を乗じた値を差し引いたものである。正規偏差の定数は一般に  $k=3.0$  が用いられ、その時の片側不良率  $P$ （製品の強度が最低保障強度を下回る確率）は正規分布を前提として約 0.13% となる。

### 2.5.4 織布の積層数

ゴム袋体の張力を支える織布は、所要の強度を有することが必要である。一般に、織布は二次製品であるため、必要に応じて積層して用いている。織布の積層数は、設計引力に対して、織布の引張方向の引張強度に積層数を乗じた値が必要な安全率以上となるように決定されるため、ゴム袋体の引張強度と設計張力の比は一律ではない。

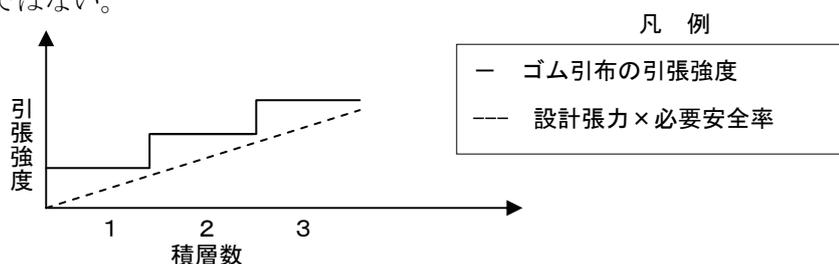


図-10 織布の積層数とゴム引布の引張強度及び設計張力の関係

ゴム袋体の接合部（継手）の構造は大別して3種類がある。ゴム袋体の引張強度は、織布の積層数が最も少ない部位で評価するので、接合部（継手）の種類により強度の評価箇所が異なる。表-5に積層パターン毎のゴム袋体の引張強度の考え方を示す。

表-5 積層パターンとゴム袋体の引張強度

|         | タイプ1   | タイプ2  | タイプ3   |
|---------|--|---|--|
| 接合部の構造  |  |   |  |
| 強度の評価箇所 | <p>上の図の例では、<br/>           一般部 : 2 PLY<br/>           接合部(a) : 2 PLY<br/>           接合部(b) : 3 PLY<br/>           よって、一般部の引張強度で評価する。</p> | <p>上の図の例では、<br/>           一般部 : 3 PLY<br/>           接合部 : 2 PLY<br/>           よって、接合部の引張強度で評価する。</p> | <p>上の図の例では、<br/>           一般部 : 3 PLY<br/>           接合部 : 2 PLY<br/>           よって、接合部の引張強度で評価する。<br/>           ※現在では、ほとんど製造されていない。</p> |

### 2.5.5 ゴム袋体

ゴム袋体とは、ゴム引布を単体もしくは加硫にて接合させ、袋状として製作されるものである。

堰高により大きさ及び貼り合せられるゴム引布の数と接合部（継手）の数も異なり、シート状の製品を現地で折り返して固定金具で基礎に取付けるタイプと、工場であらかじめ折り返した状態（中空状）で製作し取付けるタイプがある。

SR 堰のゴム袋体の製作方法は、ゴム堰のゴム袋体とほぼ変わらない。製品としては、中空状で製作し取付けるタイプのみである。

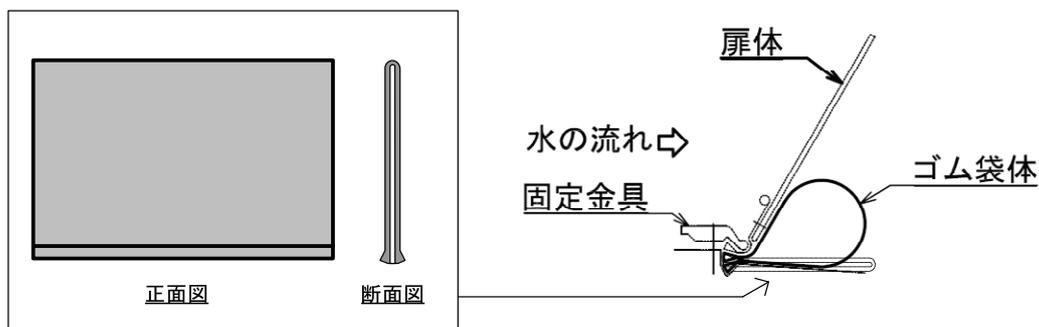


図-11 SR 堰のゴム袋体（概念図）

### 2.5.6 接合部（継手）の構造

ゴム引布を製造する工程において、一枚のゴム引布の幅が制限されるため、一体のゴム袋体を製作するためには、ゴム引布を接着剤等を用いて貼り合せする必要がある。この貼り合せられる部分を「接合部（継手）」という（図-12 参照）。また、ゴム引布の貼り合せの重ね代を「ラップ長」という（図-13 参照）。



図-12 ゴム袋体の接合部（赤線）

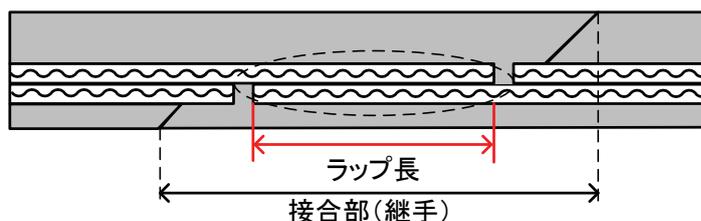


図-13 接合部（継手）の代表例

接合部（継手）の位置は、堰高やゴム袋体の製作工程等の違いによって、ゴム袋体の周方向（A）に存在する場合と、堰軸方向（B）に存在する場合がある（図-14 参照）。

周方向（A）に存在する場合には主応力（張力）作用方向に接合部（継手）が存在し、堰軸方向（B）に存在する場合には主応力（張力）作用方向とは直角に接合部（継手）が存在する。従って、接合方向が（A）の場合にはゴム袋体の強度が接合強度に依存するので接合部（継手）の品質管理等に特に留意が必要である。

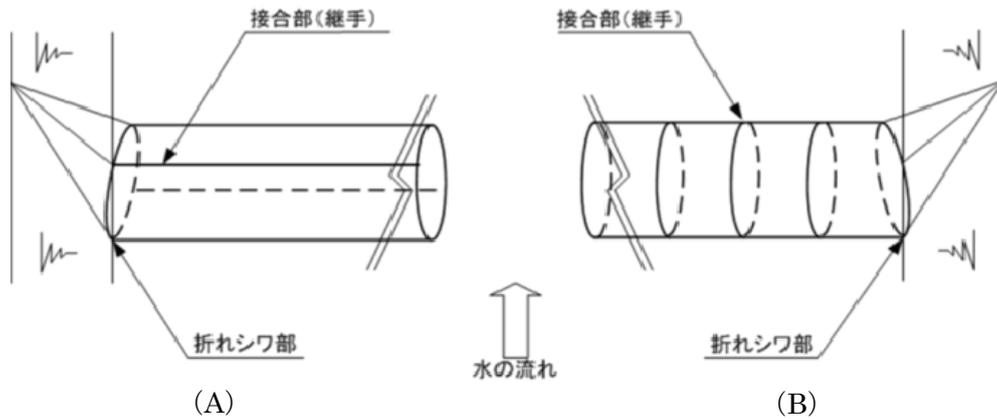


図-14 折れシワと接合部（継手）の関係

### 2.5.7 接合部（継手）の強度

接合部（継手）の強度はラップ長と有効接着長に起因するので、設計時に接着力がせん断力を上回るラップ長と有効接着長を検討する必要がある。接着力がせん断力を上回ると、引張試験時に接合部（継手）においてせん断によるはく離が生じず、織布が破断する。

### 2.5.8 接合部（継手）の位置

接合部（継手）が折れシワ部等繰返し荷重を受ける箇所と重なると、はく離・ひび割れが生じやすくなる可能性がある。よって、設計時には起伏による繰返し荷重を受ける箇所を避けるように配慮する必要があるが、堰高によっては必ず重なるケースもあり、重なりを避けるために接合部（継手）を増やすことは経済的ではない場合がある。この場合は重点的にモニタリングを行うことが望ましい。

### 2.5.9 外層ゴム厚

ゴム袋体の外層ゴムは、転石や流下物等による損傷やゴムの劣化に対して、十分な耐久性を有する厚さとする必要がある。

外層ゴムは、ゴム袋体の水密、気密効果とともに、強度部材である織布の劣化を防止するなど、ゴム袋体保護層として重要な部材である。

外層ゴムの厚さと材質は、堰設置予定地点の河川状況、堰の使用条件、耐久性を踏まえ外層ゴムの劣化、摩耗、損傷等に対して必要な厚さと材質を設定する必要がある。

## 2.5.10 ゴム袋体と固定金具

### (1) ゴム堰の固定金具

ゴム堰の一般的な固定金具の例を図-15 に示す。

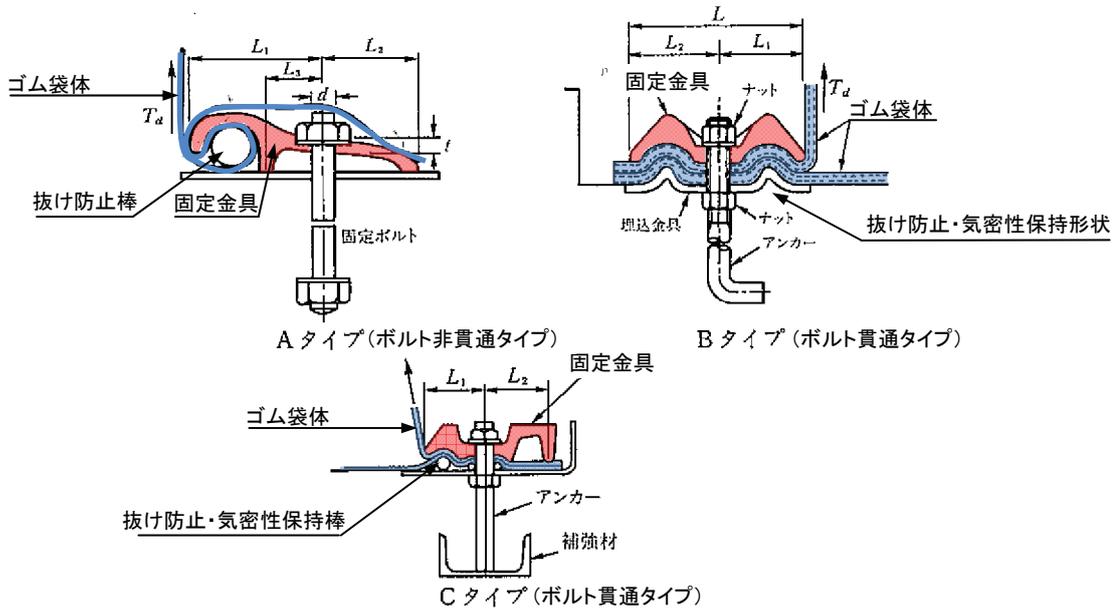


図-15 ゴム堰の固定金具<sup>2</sup>

2 列固定方式のゴム袋体内部の固定金具には、ゴム堰のゴム袋体内部の空気漏れや水漏れを防止するために、ボルト部分にパッキンを要する場合がある。このとき、パッキンの材質としては、締め付けによる変形や経年による劣化、及びリラクゼーションによる締め付け力の低下に対して安全性を確保できるものを指定する必要がある。

### (2) SR 堰の固定金具

SR 堰の一般的な固定金具の例を図-16 に示す。

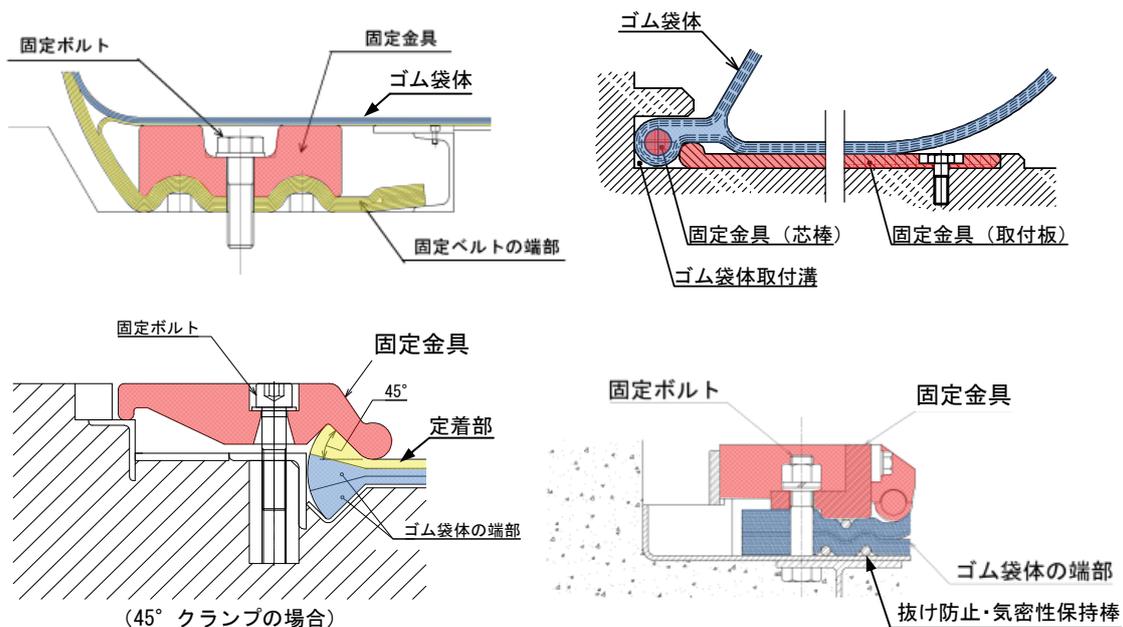


図-16 SR 堰の固定金具の例

2 財団法人国土開発技術研究センター：「ゴム引布製起伏堰技術基準(案)」p.76 に加筆

### 2.5.11 損傷防止対策

ゴム袋体が、転石等により損傷を受ける恐れのある場合には、適切な処置を施す必要がある。近年河川流下物等と固定金具との衝突により、挟まれたゴムに損傷が生じ漏気する不具合が生じているため対策を施す必要がある。

転石等の流下物に対するゴム袋体の損傷防止対策として、ゴム袋体内部に緩衝材を設置する方法、外層ゴム厚を増す方法、外層ゴムに補強用織布（ブレーカー）を加える方法等がある。

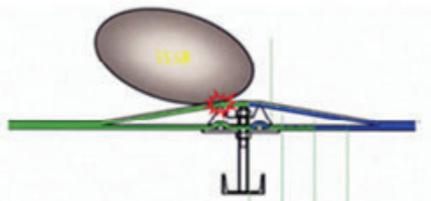
| 現象  | 原因   |
|---|--|
|  |  |
| <p>ゴム袋体から漏気が発生し倒伏</p>   | <p>倒伏中のゴム袋体が、転石と固定金具に挟まったことによる損傷</p>   |

図-17 転石による損傷の現象と原因

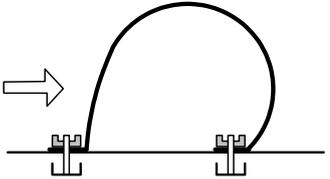
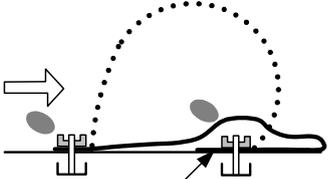
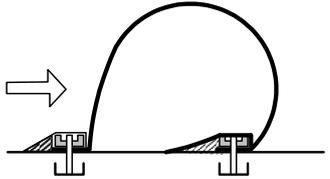
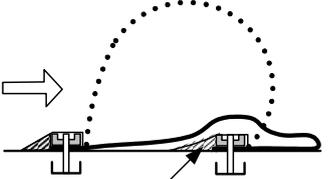
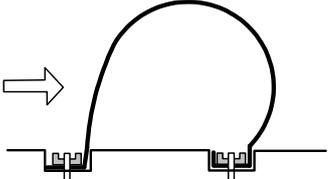
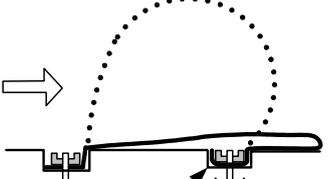
|                            | 起立時   | 倒伏時  |
|----------------------------|---|--|
| <p>無対策</p>                 |  |  |
| <p>凸部上流を滑らかに擦り付け保護する方法</p> |  |  |
| <p>固定金具を凹内に収める方法</p>       |  |  |

図-18 ゴム袋体及び取付金具の損傷防止対策の例

## 2.5.12 SR 堰（ダブルチューブ）の事例

SR 堰の事例として、ダブルチューブのゴム袋体を採用した堰高 4m の実績がある。

SR 堰は扉体と起伏装置であるゴム袋体の接触面積が小さいため、同じ堰高のゴム堰に比べて設計内圧が高くなるので、堰高によっては第二種圧力容器相当の 0.2MPa を超える場合がある。このような場合、ダブルチューブ方式を採用することによって、扉体とゴム袋体の接触面積を一般的なシングルチューブの場合よりも増し、内圧を低減することができる。なお、ダブルチューブはシングルチューブに比べて構造が複雑になるので詳細な検討が必要である。

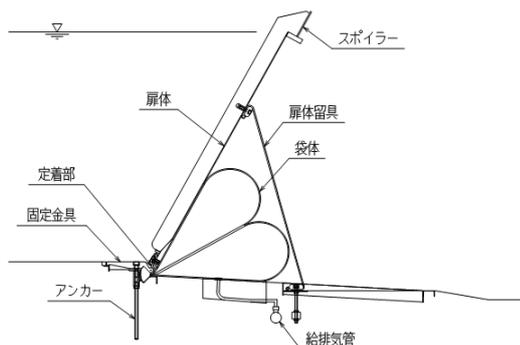


図-19 ダブルチューブ方式のSR堰の参考図



図-20 ダブルチューブのゴム袋体を採用した事例

SR 堰におけるシングルチューブとダブルチューブの特徴を以下に示す。

表-6 SR 堰におけるシングルチューブとダブルチューブの特徴

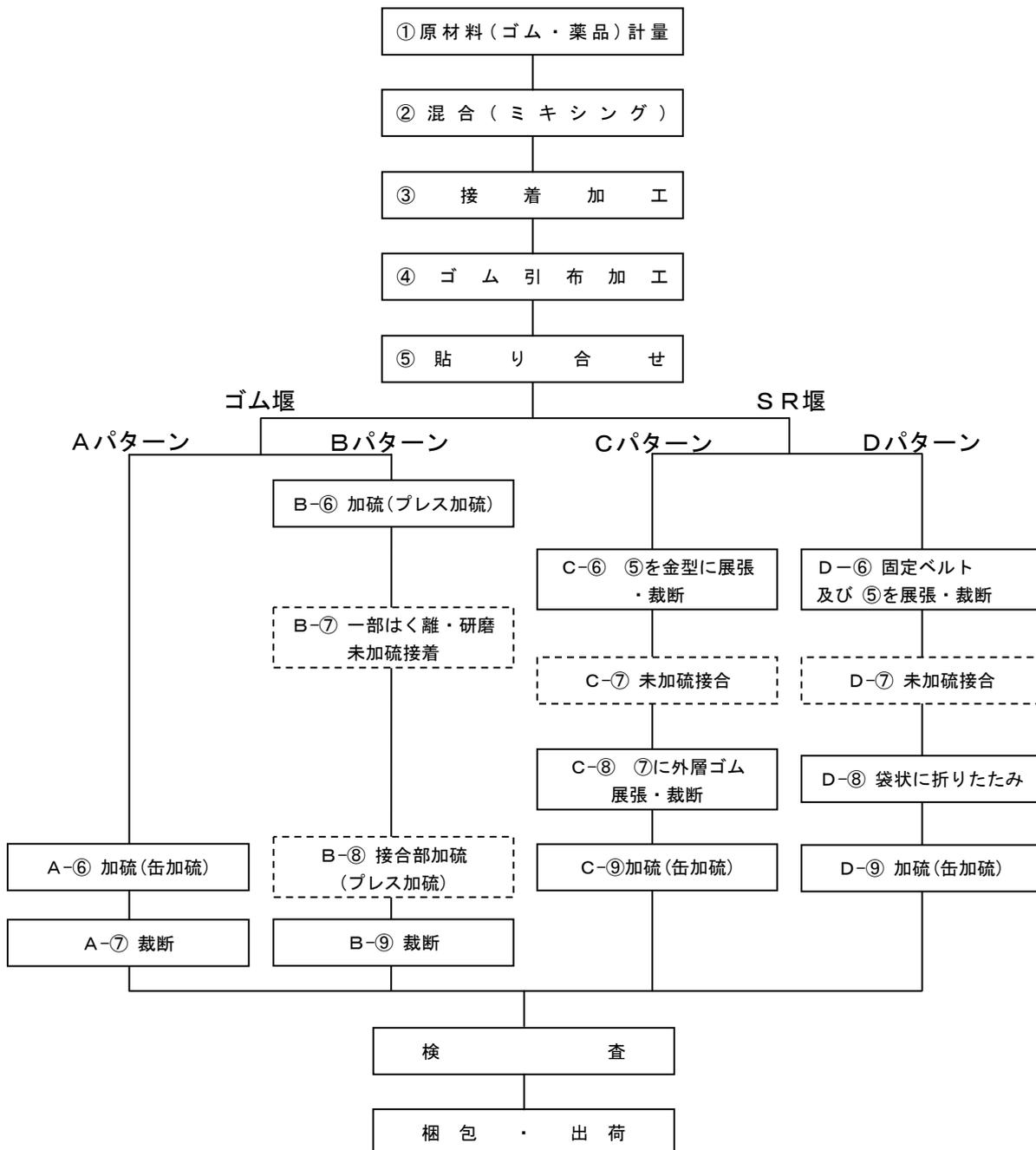
| シングルチューブ   | ダブルチューブ   |
|--|---|
| ①実績数が多い。(全体の約 90%)   | ①実績数が少ない。(全体の約 10%)   |
| ②構造が簡単であり、経済的である。  | ②構造がやや複雑であり、経済的に劣る。   |
| ③扉体が高い (>2.5m)、越流水深が大きい、単位ゲートの縦横比(単位ゲート幅に対する堰高の比率)が大きい場合、ゴム袋体の内圧が第二種圧力容器相当の 0.20Mpa を超える場合がある。                     | ③シングルチューブに比べ、扉体とゴム袋体の接触面積を大きくすることができるので以下の利点がある。 <ul style="list-style-type: none"> <li>● ゴム袋体の内圧を小さくできる。</li> <li>● 扉体を軽量化できる。</li> <li>● 扉体の安定性が優れている。</li> </ul> |
| 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。 | 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。  |

## 2.6 ゴム袋体の製作

ゴム袋体には、製作する過程においてゴム引布を貼り合わせる接合部（継手）を有する構造と、接合部（継手）を有さない構造がある。接合部（継手）は、設置される河川の流下方向に対しての方向の違い、接着方法（加硫後貼り合せや未加硫貼り合せ）による違い、強度素材として構成される織布の積層数や織布の重ね合わせ方法など様々な違いがある。

### 2.6.1 ゴム袋体の製作方法

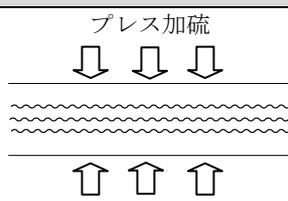
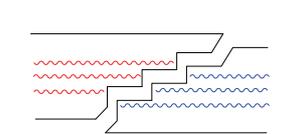
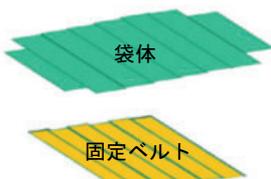
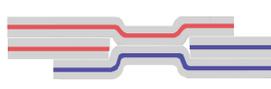
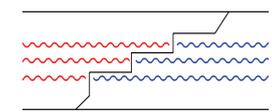
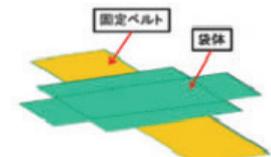
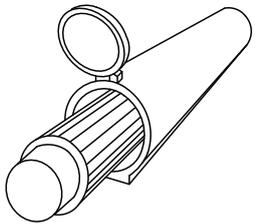
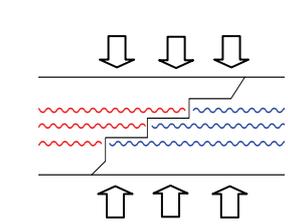
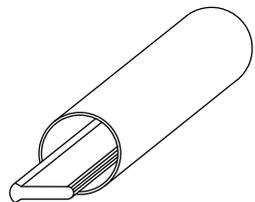
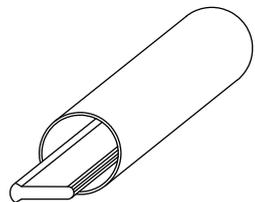
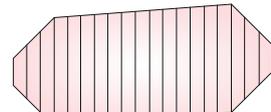
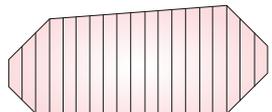
ゴム堰及びSR堰の代表的なゴム袋体製作過程を図-21に示す。ゴム袋体の製作パターンは、堰の種類及びメーカーによって異なる。ゴム袋体の代表的な製作パターンを表-7に示す。



※破線の囲みは、ゴム引布同士の接合部（継手）を有する場合に必要な工程である。

図-21 ゴム袋体の代表的な製作過程

表-7 ゴム袋体の製作方法の比較一覧

| ゴム堰   |   | SR 堰   |   |
|---|---|--|---|
| Aパターン   | Bパターン   | Cパターン  | Dパターン   |
| ↓   | プレス加硫<br>      | ↓  | ↓   |
| ↓   | 一部はく離・研磨※<br>  | 金型に展帳・裁断<br> | 固定ベルト及び<br>展帳・裁断<br> <p>固定ベルトの引張強度はゴム袋体の引張強度には見込まない。</p> |
| 未加硫接合※  | 加硫後接合※  | 未加硫接合※   | 未加硫接合※  |
|   |               |             |   |
| ↓   | ↓   | 外層ゴム展帳・裁断  | ↓   |
| ↓   | ↓   | ↓  | 袋状に折りたたみ  |
| 缶加硫   | プレス加硫接合※  | 缶加硫  | 缶加硫   |
|  | プレス加硫接合※<br> |            |    |
| 裁断  | 裁断  | ↓  | ↓   |
|  |              |  |   |

※ゴム引布の接合部（継手）を有する場合に必要な工程である。

## 2.6.2 接合部（継手）の接着方法

接着方法は、未加硫貼り合せと加硫後貼り合せの2とおりの方法がある。

なお、加硫とは、ゴムの強度・弾性等の特性を仕様基準に適合させるためにゴム原材料（生ゴム）に硫黄等の加硫剤を配合し、化学反応を起こさせることである。加硫の方法としては、熱や圧力を加えて化学変化を促進させる方法と、常温にて化学変化を起こさせる2とおりが存在する。

### (1) 未加硫貼り合せ接合部（継手）

工場製作時に、織布にゴムを被覆した未加硫状態のゴム引布を、専用の接着材料にて接合して貼り合せた後、熱と圧力により熱加硫・接合する方法。

### (2) 加硫後貼り合せ接合部（継手）

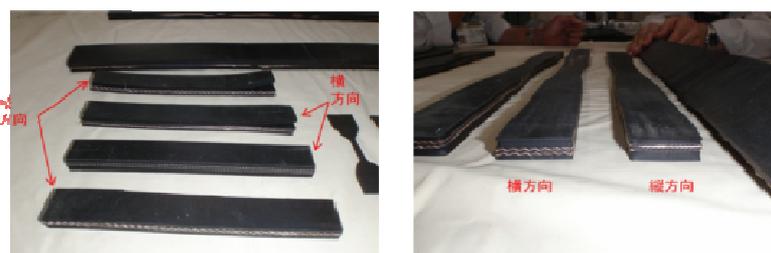
工場製作時に一度積層状に加硫したゴム引布を接着材料（接着材や未加硫ゴム）で接着した後、再度熱と圧力により熱加硫・接合する方法。

## 2.6.3 試験片の製作方法

以下に、強度測定するための試験片の採取及び作成例を示す。写真の中のAはゴム引布の引張強さ測定用、Bは接着力測定用、Cはゴム初期物性測定用の試験片の例である。



A:ゴム引布引張強さ試験片 B:接着力試験片 C:ゴム初期物性試験片



ゴム引布の引張強さ、ゴムと織布との接着力は、縦方向・横方向の両方試験を行う

図-22 試験片の例

接合部（継手）の構造は図-23 に示す 3 とおりが存在する。いずれのタイプも接合部（継手）の部分の引張強度が重要となる。接合部（継手）の引張試験の試験片は、図-24 に示す箇所（例）から採取し、試験片の形状は図-25 に示すように最も積層数が少ない接合部が試験片の中心となるように加工し、試験する必要がある。

なお、現在（平成 26 年度時点）ではタイプ 3 はほとんど製造されていない。

| 名称      | タイプ 1              | タイプ 2              | タイプ 3              |
|---------|--------------------|--------------------|--------------------|
| 接合部（継手） | 未加硫貼り合せ<br>接合部（継手） | 加硫後貼り合せ<br>接合部（継手） | 加硫後貼り合せ<br>接合部（継手） |
| 構造      |                    |                    |                    |
| 製品の強度   | 2 プライ              | 2 プライ              | 2 プライ              |

図-23 接合部（継手）の構造

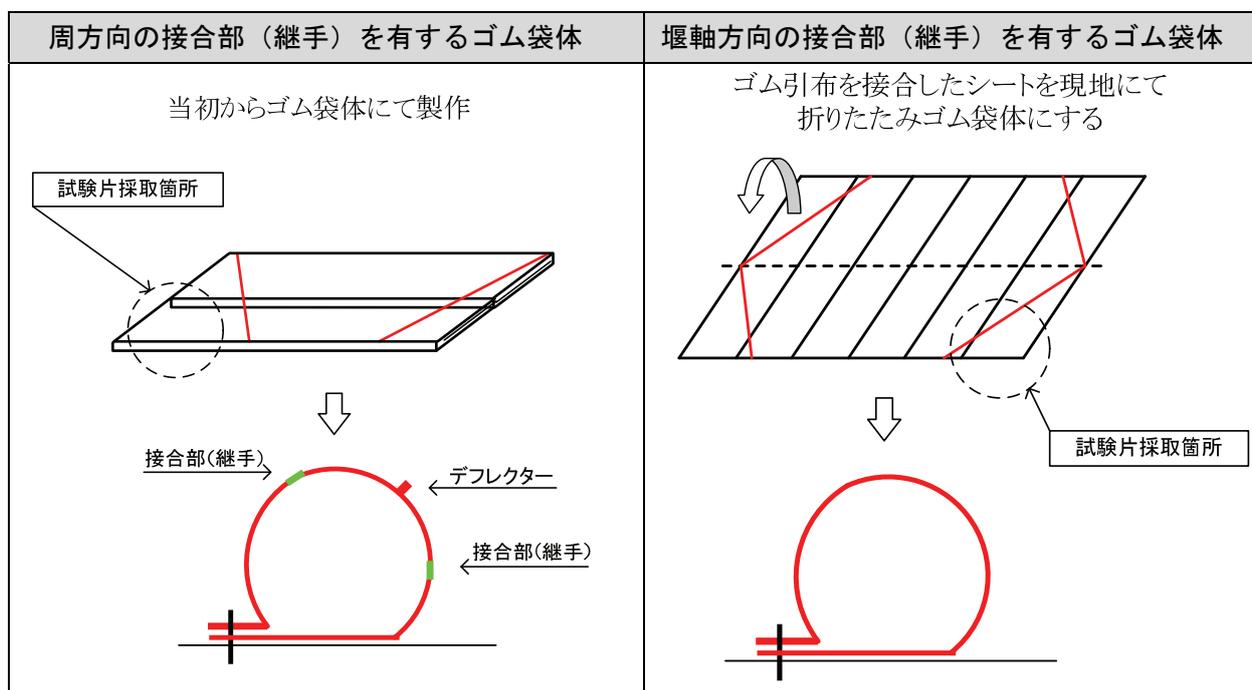


図-24 試験片の採取箇所（例）

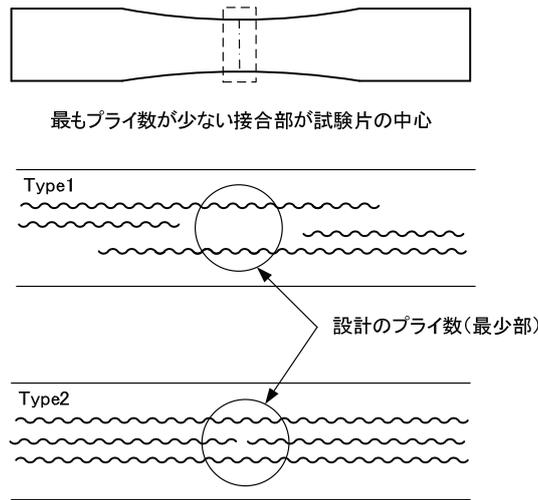


図-25 試験片と接合部（継手）の関係

### (1) サンプル作製による強度測定方法

ゴム引布の引張強度試験において製品から試験片を抜取できない場合は、製品と同一ロットのゴム引布を用いてサンプルを作製して試験を実施する等により、製品強度を満足していることを確認する必要がある。

なお、製品とゴム引布サンプルは、同一ロットであっても、織布の繊維密度、加硫時の収縮率、ダンベル形状に成型した試料の織布繊維の有効本数などにバラツキが発生することを考慮して、製品強度を満足していることを確認する必要がある。

また、ゴム引布は設計張力に対して必要な安全率を有する必要があるため、補強繊維の方向を考慮した引張強度試験を行う。ただし、補強繊維がバイアス構造となっているなど作用張力方向と補強繊維の方向が異なる場合は、ゴム袋体に作用する主応力方向に補正したゴム引布の引張強度の確認を行い、製品強度を満足していることを確認する必要がある（図-26 参照）。

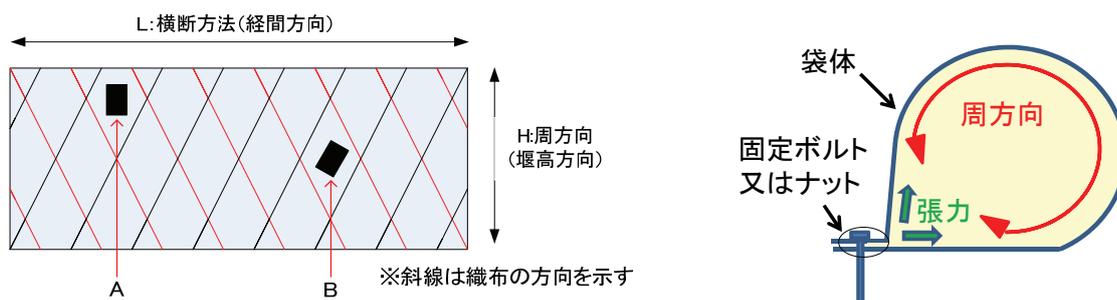


図-26 織布の繊維方向が主応力方向と異なる例

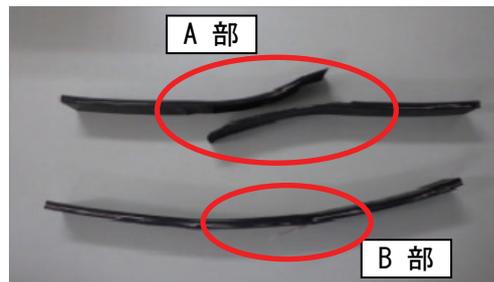
## (2) 接合部（継手）の接着力の強度測定方法

ゴム袋体の接合部（継手）は前述した強度測定方法にて引張強度を測定する他に、せん断によるはく離が生じないことを確認する必要がある。

図-27 に示す写真は、試験の結果せん断はく離破壊した試験片と織布破壊した試験片である。

A 部は、せん断はく離破壊した状態である。B 部は、織布が引張破壊した状態である。

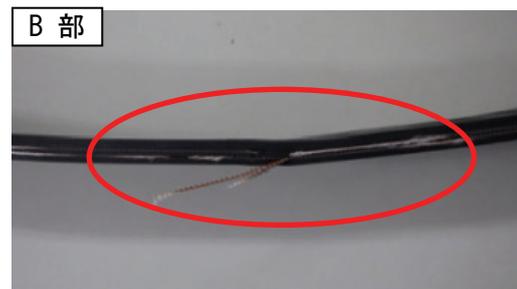
A の破壊形態（せん断はく離破壊）は、織布に係る張力に対してラップ長が不足する場合に接合部（継手）のラップ部がはく離する現象である。B の破壊形態（織布の引張破壊）は、織布に係る張力に対してラップ長が十分で接着力を満足している場合に最もプライ数が少ない箇所の織布が破壊する現象である。



試験結果



せん断はく離破壊



織布破壊



試験状況（参考）

図-27 せん断はく離を確認した試験の事例

## 2.6.4 接合部（継手）の製作過程における空気混入の防止対策と確認

接合部（継手）は、空気混入による接着面積の減少、接着材料の塗布の不均一等により、接着力が低下する可能性があり、ゴム袋体の弱点となる可能性が高い。このため、空気混入を防止する対策を施し、製作後に空気混入の有無を確認する必要がある。空気混入防止対策の方法を図-28 に示す。

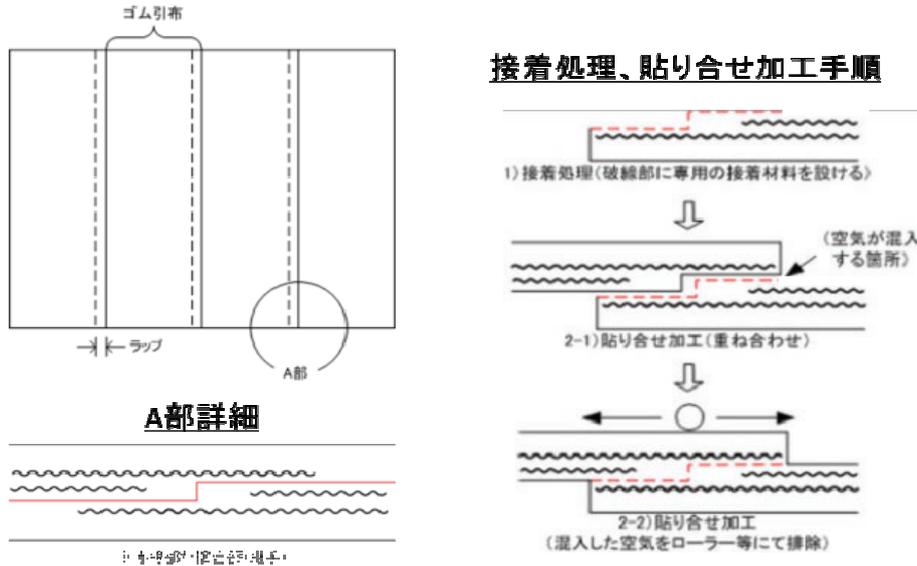


図-28 接着処理、貼り合せ加工手順 (例)

## 2.6.5 熱加硫時の圧力・温度・時間

ゴム引布を接着する時には、「圧力・温度・時間」が重要であり、これらの三項目の管理を十分に行わないと、接着部の強度不足となり、破断やバーストなどの事故や障害が発生する恐れが高くなる。

図-29 に示すように、熱加硫時の品質管理項目である「圧力・温度・時間」の確認方法の事例の一つとして、チャート紙等の記録媒体にて熱加硫の品質管理項目を満足しているかを確認する方法がある。このような方法で、製品の品質を保証する意味においても、熱加硫時の品質管理項目である「圧力・温度・時間」の記録を製造者等が残しておくことが望ましい。

- 機械が作動している間、連続的に圧力 (MPa) と温度 (°C) の確認。
- 赤線が管理値であり、品質管理項目が管理値内にであることを確認。

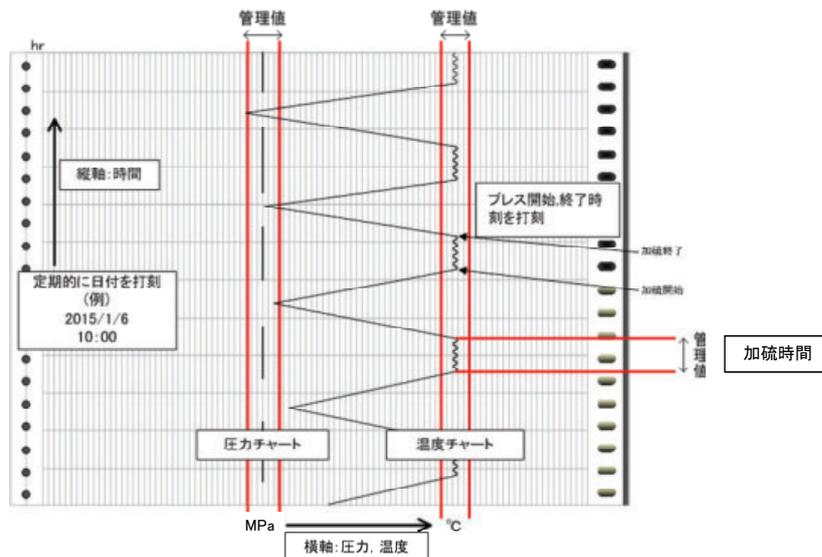


図-29 品質管理項目の確認方法 (例)

## 2.7 運搬（現場貼り合せ）

ゴム袋体の運搬に当たっては、変形及び損傷等が生じないように、その取り扱いについては十分注意する必要がある。

工場から現場までのゴム袋体運搬は、ゴム袋体をロール状に巻き込んで輸送される。一般に行われているトラック輸送では、梱包状態の寸法、総重量による制限を受ける。現場貼り合せ加工を行わない場合には、このようなゴム袋体運搬・据付け及び仮締切工幅によって1径間の最大長が制限される。

## 2.8 据付

ゴム袋体の据付に当たっては、次に示す事項を満足する必要がある。

1. 継ぎ手部の倒伏による繰り返し荷重を避けるように据付ける。
2. 気密又は水密性を確保する施工管理を行う。

また、ゴム袋体の現場据付けはクレーンによる移動、ゴム袋体の展開、心出しを行い、固定金具と固定ボルト又はナットで固定される。ゴム袋体は膨張媒体の気密・水密性が重要であり、ゴム袋体を損傷させないためにクレーン吊りの際、ゴム袋体の不均一な吊上げ（想定外の作用張力）がないように留意する必要がある。また、設置・固定の際、ボルトの増し締めはトルク値の不均一がゴム袋体を固定している箇所からの漏気の発生原因となり得るため、そのトルク管理値を設定する必要がある。固定ボルトとアンカーは密接な関係があるため、アンカーの施工にも留意する必要がある。

## 2.9 施工管理の留意点

固定金具は、ゴム袋体の気密・水密性を確保するため、適切に施工管理する必要がある。

ゴムのクリープ特性や取付ボルトの孔開け加工等が気密・水密性に影響を及ぼすため、必要に応じて適切な処置を講じる必要がある。特に、シーリング、パッキン及びトルク値等、運用開始後に確認することが容易でない項目に関しては、固定金具等の材質及び形状に応じて気密・水密性を確保できる施工計画を立案し、それに基づき施工管理する必要がある。

施工管理項目は、次のとおりである。

1. シーリング施工計画の作成
2. シーリング施工状況の確認
3. シーリング材料の空袋検収
4. パッキンの材質と取付状況
5. トルク管理計画の作成
6. トルク管理状況の確認
7. トルク値の確認

### (1) ボルトの緩みによる漏気

ボルトの緩みによる漏気の不具合は確認されていないが、ゴム特有の変形やクリープを考慮すると均等に締め付けることが望ましい。

## (2) ボルト孔からの漏気

2列固定方式は、1列目クランプと2列目クランプの気密構造が異なる。1列目クランプがボルト孔下流側で気密する構造に対して、2列目クランプは「ボルト孔が直接ゴム袋体内部に通じる構造」となっており、気密又は水密性を確保するために施工管理を行う必要がある。

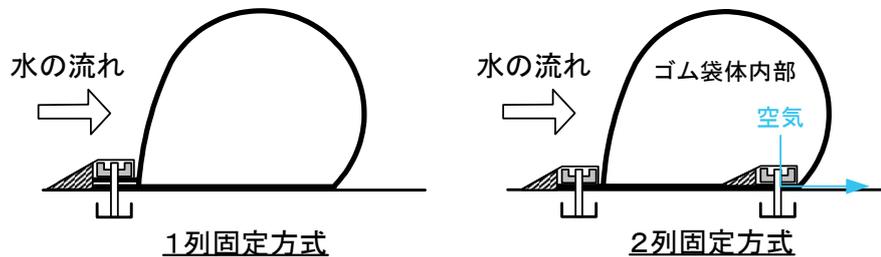


図-30 ゴム袋体の固定方法

表-8 ボルト孔の機密又は水密性を確保するための施工管理

|       |            |  |
|-------|------------|--|
| シーリング | 1. 施工要領の作成 | 使用する材料、範囲、使用量を計画する。  |
|       | 2. 施工状況の確認 | 計画どおりに施工しているか確認することで、バラツキや塗布忘れ箇所等の施工ミスがないことをチェックする。                      |
|       | 3. 材料の空袋検収 | 空袋検収を行うことで塗布忘れがなかったかダブルチェックする。   |
| パッキン  | 4. 材質と取付状況 | 固定金具の形式にもよるが、パッキンを用いる場合は締め付けトルクにより大きく変形する材質は気密性が失われる原因となる。また、取付忘れも同様である。 |
| ↓     |            |  |
| トルク   | 5. 管理要領の作成 | 取付けるボルトの規格によりトルク締め付け値、締め付け道具が異なる。また、事前に管理値を定める必要がある。                     |
|       | 6. 管理状況の確認 | 要領どおりに施工しているか確認し、所定のトルク値が得られるか確認する。                                      |
|       | 7. 値の確認    | 抜取検査を行いトルク値が管理値に入っているか確認する。  |



図-31 施工管理状況の例

## 2.10 諸検査

### 2.10.1 検査の範囲

ゴム堰及びSR堰の検査の範囲は、下記材料及びその据付けである。

1. ゴム袋体（接合部（継手）を含む）
2. 固定金具（固定ボルト又はナット、アンカー、固定金具）

### 2.10.2 検査項目の時期と場所

#### (1) 材料検査

材料検査の項目、時期、場所及び品質証明事項を表-9に示す。

表-9 材料検査の検査項目の時期と場所<sup>3</sup>

| 範囲   | 項目          | 時期                               | 場所 |    | 品質証明 |
|------|-------------|----------------------------------|----|----|------|
|      |             |                                  | 工場 | 現地 |      |
| ゴム袋体 | 織布          | 納入後                              | ○  | -  | 成績書  |
|      | ゴム          | ゴム袋体製作者との打合せにより定める <sup>※1</sup> |    |    | 試験結果 |
|      | 外層ゴム        |                                  |    |    |      |
|      | ゴム引布        |                                  |    |    |      |
|      | 接合部（継手）     |                                  |    |    |      |
| 寸法   | 製作完了時       | -                                |    |    |      |
| 固定金具 | 固定ボルト又はアンカー | 材料搬入時                            | -  | ○  | 成績書  |
|      | ナット         |                                  |    |    |      |
|      | 固定金具        | 製作完了時                            | ○  | -  | -    |
|      | パッキン        | 材料搬入時                            | -  | ○  | 成績書  |

※1 ゴム袋体の検査時期において「ゴム袋体製作者との打合せにより定める」とあるが、受注者がゴム袋体の製作を含めて施工する場合は「受注者」と読みかえる。

3 国土交通省：「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)」p. 15

## (2) 施工時の検査

施工時の検査項目、時期、場所及び品質証明事項を表-10に示す。

堰高測定では、ゴム袋体に張力が作用することにより、ゴム引布には数%の伸びが生じる。また、径間長が短く、側壁部の影響が中央部に及ぶ堰では、ドライ（上下流水位＝0）時の堰高計測値が変形計算による堰高より若干小さくなる可能性がある。

固定金具の項目に「状態」とあるが、ゴム袋体の固定金具の構造によっては、固定ボルトに偏芯荷重が加わり応力集中が発生する。このような事象が懸念される場合には、固定金具の水平度の管理値を設けるなど、損傷を未然に防ぐ必要がある。

表-10 施工時の検査項目の時期と場所<sup>4</sup>

| 範囲   | 項目                 | 時期   | 場所 |    | 品質証明 |         |
|------|--------------------|------|----|----|------|---------|
|      |                    |      | 工場 | 現地 |      |         |
| ゴム袋体 | 堰高 <sup>※1</sup>   | 試運転時 | —  | ○  | —    |         |
|      | 周長 <sup>※2</sup>   | 据付後  | —  | ○  |      |         |
|      | 倒伏幅 <sup>※2</sup>  |      | —  | ○  |      |         |
|      | 水密・気密性             |      | —  | ○  |      |         |
|      | 外観                 | 据付前後 | ○  | ○  |      |         |
| 固定金具 | 水密・機密性             | 試運転時 | —  | ○  | —    |         |
|      | 状態                 | 取付後  |    |    | —    |         |
|      | シーリング              | 状況   |    |    | 施工中  | —       |
|      | 施工                 | 空袋   |    |    | 施工後  | シーリング材料 |
|      | パッキン               | 取付   |    |    | 施工中  | パッキン材料  |
|      | トルク値 <sup>※3</sup> | 施工後  |    |    | 施工後  | 締め付け記録  |

※1 ゴム堰のみ。

※2 固定方式により検査の時期が異なるので検査時期の打合せにて定める。

※3 トルク値は抜取検査とし、その頻度は打合せにて定める。

4 国土交通省「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）」p. 17に加筆

### 3. 点検・維持管理

ゴム袋体をゲート又は起伏装置に用いる堰のゴム袋体は、損傷すると漏気が生じ、所定の堰高を維持することが困難となり、堰の目的及び要求機能を満たすことができなくなるので、ゴム袋体の健全性を保つことが重要である。漏気の量が少ない場合は内圧操作にて処置の準備期間まで維持できる場合もあるが、低内圧運転時にはVノッチ現象（堰高の低下が一部分に集中してV字状になる局部変形）等の不具合が発生する可能性がある。

#### 3.1 点検の目的

点検は、ゴム袋体・固定金具の基本的な維持管理活動として、設備の機能を維持し信頼性を確保することを目的に計画的かつ確実に実施する必要がある。

点検は、設備の状態監視保全を主たる目的としているが、点検結果を基に劣化状況を把握し、適切な時期に経済的で信頼性の高い処置を選定することにも用いる。

#### 3.2 点検の方法

##### (1) 点検項目と方法

表-11 にゴム袋体と固定金具の点検項目と方法を示す。

表-11 ゴム袋体と固定金具の点検項目と方法<sup>5</sup>

| 箇所   | 点検部位   |          | 点検項目・判定方法  | 時期                 | 点検方法             | 備考  |
|------|--|----------|--|--------------------|------------------|---|
| ゴム袋体 | 外層ゴム   | 磨耗の程度    | ● 磨耗量と設計磨耗代の差 <sup>※1</sup>                      | 年                  | 目視測定             | ● 磨耗が確認できる外層ゴムは厚さを測定する。<br>(1回/年)<br>● 外層ゴムの硬度を測定する<br>(1回/年)<br>以下、点検時に損傷を確認した場合すみやかに測定する。<br>● はく離、ひび割れの亀裂の深さ<br>● 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、外傷の有無                    | 年                  | 目視測定             |   |
|      | 接合部（継手）<br>（外層ゴムと織布の接着）                                |          | ● はく離、ひび割れの有無<br>● 接岸部の折れシワ付近の損傷の有無<br>● 手による剥がれ | 年                  | 目視測定<br>触診<br>打診 |   |
|      | デフレクター付近   |          | ● デフレクター付近の膨れの有無                                 |                    |                  |   |
| 固定金具 | 固定ボルト<br>アンカー<br>固定金具                                  |          | ● 漏気の有無  | 月                  | 目視               |   |
|      |  |          | ● 変形、腐食、磨耗の有無                                    | 総合点検 <sup>※2</sup> | 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<br>● 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               | ● 原因の調査<br>● 正常な起伏操作の阻害、損傷の恐れのある場合は除去   |

※1 ゴム袋体の表面がラフトップ加工の場合は、ラフトップの有無にて磨耗程度の判定を代用できると考える。

※2 総合点検とは、通常行われる点検では困難で、機能を停止されるなど、通常より大掛かりな体制・手段で詳細な点検を計画的に行い、詳細な状況を把握するためのものをいう。

5 国土交通省「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）」p. p. 19-20 に加筆

## (2) 点検結果の利用方法

以下にゴム袋体と固定金具の点検結果の利用方法を示す。

### 1) 外層ゴムの摩耗の程度の点検結果の利用方法

目視点検により摩耗が進行している箇所の有無と場所を把握して、必要に応じて摩耗量を測定し、設計摩耗代との比較を行う。その結果を基に、経過観察、補修又は更新の要否を判断する。

### 2) 外層ゴムと接合部（継手）の劣化・損傷の程度の点検結果の利用方法

目視、触診、打診により、接合部（継手）のはく離、ひび割れ、接岸部の折れシワ付近の損傷、デフレクター付近の膨れ、接着力の低下(手による剥がれ)が進行している箇所の有無と場所を把握して、必要に応じて損傷の長さや深さの測定を行う。その結果を基に、経過観察、補修又は更新の要否を判断する。

### 3) 固定ボルト、アンカー、固定金具の点検結果の利用方法

漏気の有無の点検により、漏気原因等の詳細調査の要否を判断する。

変形、腐食、磨耗、ボルトの緩みの有無の点検結果を基に、経過観察、補修又は更新の要否を判断する。

### 4) ゴム袋体の起立状態及び振動の有無の点検結果の利用方法

ゴム袋体の起立状態の異常や振動があった場合、原因を調査して経過観察、補修又は更新の要否を判断する。

### 5) 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点検結果の利用方法

ゴム袋体に有害な影響を与える物体があった場合は除去する。

### 3.3 処置の方法

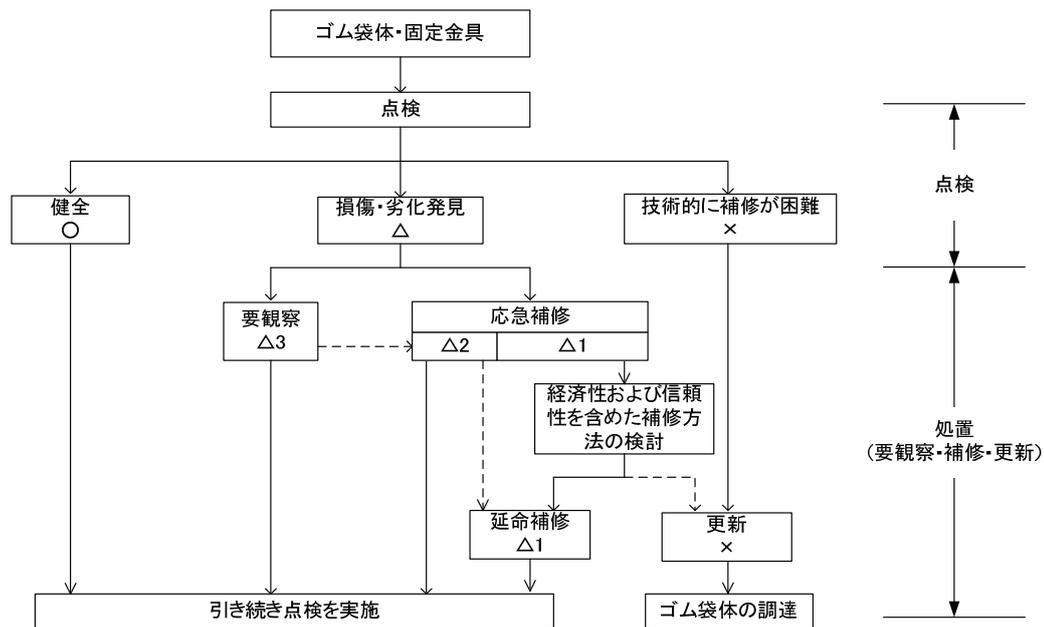
ゴム袋体・固定金具の点検の結果、処置を要すると判断された場合には、必要な措置をとる必要がある。また、ゴム袋体・固定金具の処置は経済性や信頼性も考慮に入れて計画的に行う必要がある。

#### (1) 処置

処置方針は、点検後の結果を基に経済性や信頼性も勘案して定める必要がある。

ゴム袋体が損傷・劣化した場合は、発生箇所、原因及び損傷の程度に応じて経済的で信頼性の高い処置を行う必要がある。

処置方法の検討は、「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)」のゴム袋体処置フロー（図-32 参照）に基づき行う。



破線：点検時に判定した結果により、損傷・劣化の範囲が進行状況の変化により危険度がランクアップされる可能性があることを示している。  
 応急補修：急を要する場合の処置であり、機能の維持を確保するために一次的に行う補修をいう。  
 延命補修：応急補修後に行う処置であり、当初と比べ同等の機能を期待できる程度まで行う補修である。  
 更新：経年的な劣化又は損傷したゴム袋体及び固定金具を新品に取り替えることをいう。

図-32 ゴム袋体処置フロー<sup>6</sup>

6 国土交通省：「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)」 p. 22

## (2) 点検時の状態判定の目安

表-12 に点検時の状態判定の目安を示す。表中の×、△1、△2、△3、○は、図-32 のフロー図中の各状態を示している。

表-12 ゴム袋体処置方法と点検時の状態判定の目安<sup>7</sup>

| 点検結果 | 処置                  | 状態と判定の目安  |
|------|---------------------|---|
| ×    | 更新                  | <p>技術的に補修が困難である。あるいは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レベル。</p> <p>(例) 接合部のはく離、摩耗による広範囲の織布の露出、織布の連続的な破断により、破裂など瞬間的な現象が生じる可能性のある状態</p>  |
| △    | △1<br>応急補修後<br>延命補修 | <p>応急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、延命補修することが経済的に優位と判断されるレベル。</p> <p>(例) 外層ゴムの部分的なはく離</p> <p>延命補修箇所数と補修規模により、更新する方が経済的に優位となる場合には、×と判定する。</p>            |
|      | △2<br>応急補修          | <p>応急補修で元の信頼性を確保できるレベル。損傷の範囲と規模によっては△1 と判定する。</p>                  |
|      | △3<br>要観察           | <p>損傷・劣化が見られるが、信頼性が保たれているレベル。劣化の進行状況の速度変化によっては△2 と判定する。</p>   |
| ○    | 健全                  | 点検の結果、ゴム袋体・固定金具の機能に支障が生じていない状態。   |

更新を行う際の基準を一義的に示すことは出来ないが、「補修が困難である」という状況は、損傷・劣化事象の時間的変化速度に由来しているものと、補修対策の信頼性・確実性によるものの二つが考えられる。即ち、更新の目安は破壊モードに依存していると言え、瞬時にゴム袋体が破壊される破裂（バースト）のような瞬間的な現象が生じるような可能性がある場合は、技術的に補修することが困難であると考えられる。また、パッチなどの処理を行う場合においても、ゴムの表面が硬化し、パッチとゴム袋体に持続的に十分な接着強度が得られないものについては、技術的に補修が困難であると判断されると考えても良い。

なお、ゴム袋体は、前述したように網目状に織られた補強繊維とゴムの複合素材で製造されている。このため、補強繊維の一部に穴などが開いたとしても、補強繊維の全てが断裂することは少なく、補修することは十分可能であるが、接合部において亀裂などが生じている場合には、接合部の接着力が低下していることが懸念され、バーストなどの危険性があるので、専門家の意見を踏まえて十分な調査を行い、更新の判断を行うことが重要となる。

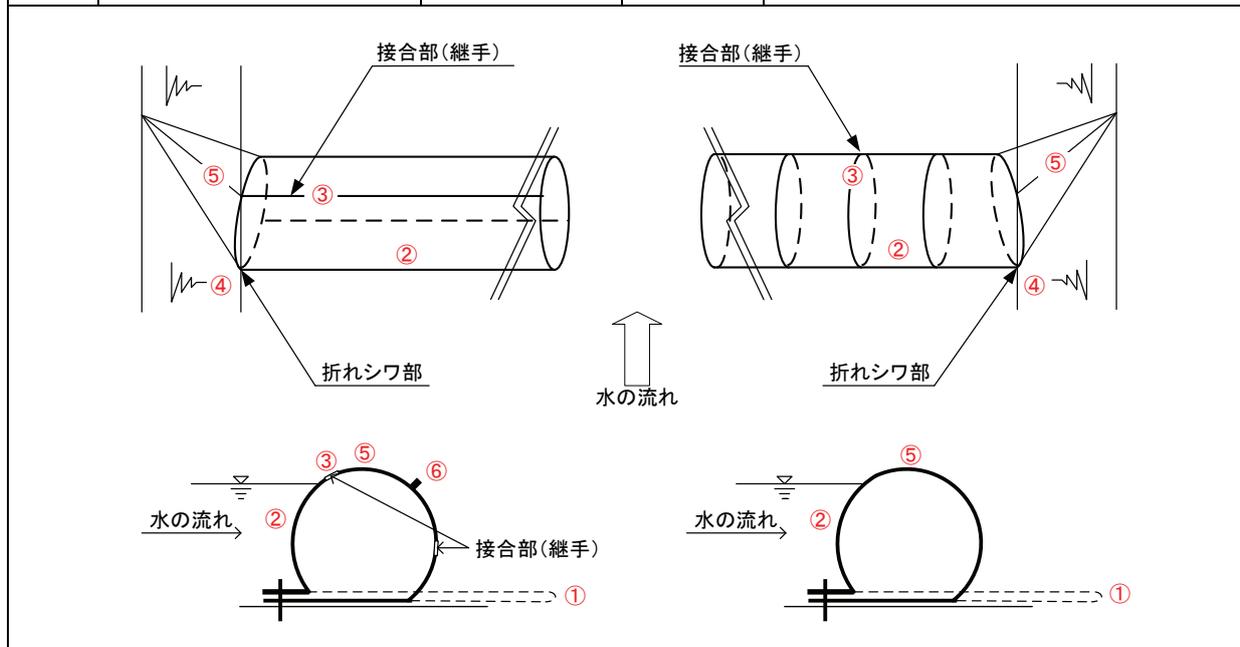
<sup>7</sup> 国土交通省：「ゴム袋体をゲート又は起伏装置に用いる堰のゴム袋体に関する基準(案)」p. 22 に加筆

(3) 劣化・損傷が発生しやすい箇所と補修方法

ゴム袋体の補修方法は補修時期や規模、範囲によって選定することが望ましい。なお、更新が経済性において優位となる場合もある。損傷・劣化が発生しやすい箇所を表-13に示す。

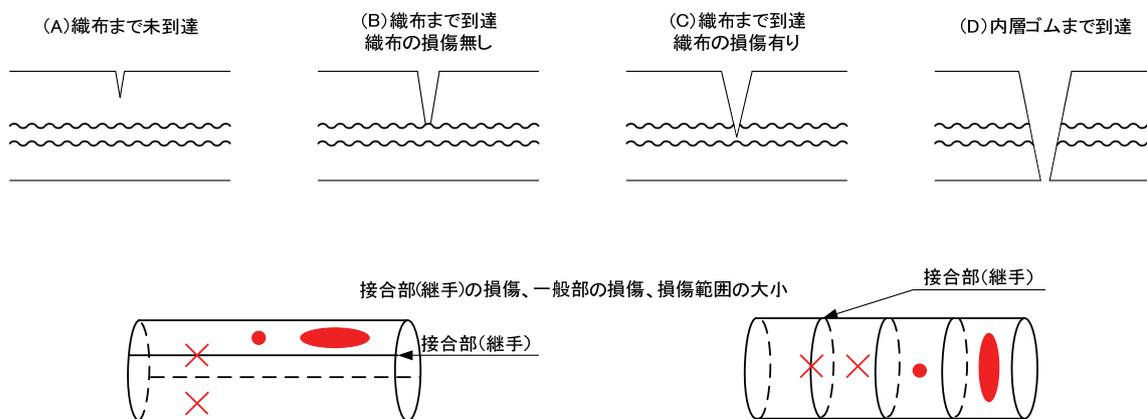
表-13 劣化・損傷が発生しやすい箇所と補修方法

| 番号 | 発生箇所                 | 発生原因         | 補修時期 | 補修方法（更新も含む）   |
|----|----------------------|--------------|------|---|
| ①  | 起伏時折れ曲がる箇所           | 繰返し荷重<br>転石等 | 損傷時  | <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 損傷の規模により、要観察か補修を判断する。補修が必要な場合、応急補修又は延命補修を行う。</li> <li>・ 損傷箇所が広範囲にわたる場合や、繰返し補修を行う実施がある場合、経済比較を行い更新について検討。</li> <li>・ 接合部に損傷箇所が多く見られる場合には、現象の時間的な変化が激しくバーストなどの危険性が高まる可能性があるため、専門家の意見も踏まえて更新についての積極的な検討が必要である。</li> <li>・ 応急補修が必要。</li> <li>・ 延命補修を施しても別の箇所も同様に劣化している可能性がある。</li> <li>・ 経済比較を行い、延命補修と更新の時期を検討する。</li> </ul> |
| ②  | 転石等の外力を受けやすい箇所       |              |      |   |
| ③  | 接合部（継手）              | 接合部（継手）の劣化   |      |   |
| ④  | 折れシワ部                | 劣化（繰返し疲労）    |      |   |
| ⑤  | 越水が少なく太陽光を受ける時間が多い箇所 | 劣化（経年劣化）     |      |   |
| ⑥  | デフレクター付タイプのデフレクター付近  |              |      |   |



#### (4) 補修の実施方針

ゴム袋体・固定金具の劣化・損傷は、その規模と設備の置かれている状況に応じて適切な補修方法を選定し、補修する必要がある。損傷の規模とは、織布の損傷の有無や、損傷範囲の大小をいう。損傷箇所と範囲の概念図を図-33に示す。



※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-33 損傷箇所、範囲

補修に際しては、ゴム堰メーカー等の専門技術者の助言や補修マニュアルに基づき、損傷の大きさや程度、現場の状況に応じて適切な補修方法を選択する。

比較的小さな破損箇所にはタイヤパンク補修材（プラグ／パッチ）等を使用することができる。損傷範囲が比較的広く、織布が露出したり損傷したりしている場合には、一例として、コンベアベルトのエンドレス加工や補修に用いられるのと同様な方法で熱加硫接着や自然加硫接着により補修する。水中での接着技術は確立していないため、これらの補修においては補修箇所をドライにする必要がある。

また、自然加硫において補修を行う場合には、熱加硫による補修と異なり、湿度等の施工条件により接着力や強度が得られない可能性があるため、十分な留意が必要である。

図-34 に、損傷箇所や規模に応じた代表的な「応急補修」及び「延命補修」の方法を示す。但し、補修すべき箇所と規模によってその信頼性が異なることに留意して、補修方法の選択を行うことが肝要である。

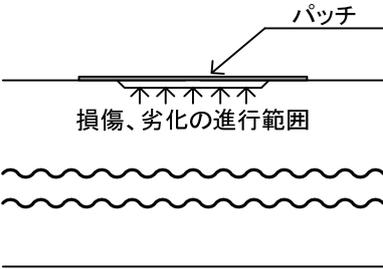
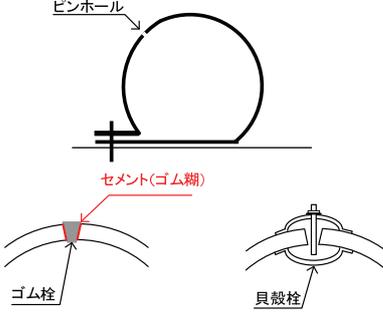
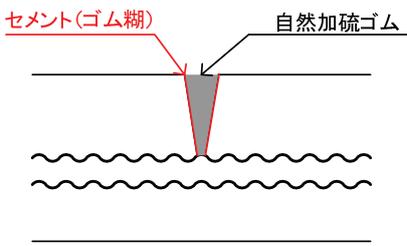
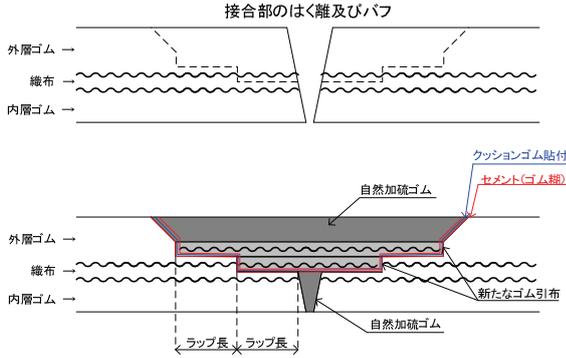
|   |  |
|---|--|
| <p><b>【方法 1】(A) の応急補修</b><br/>表-13 の①②③④⑤に発生</p>  <p>はく離、ひび割れの損傷深度や範囲が微小な範囲にパッチを当てる。</p>   | <p><b>【方法 2】(D) の応急補修方法</b><br/>表-13 の①②⑥に発生</p>  <p>ゴム栓はセメント（ゴム糊）を塗布して使用する。（10mm 程度までなら延命補修にもなる。）</p>   |
| <p><b>【方法 3】(A)、(B) の応急補修方法</b><br/>表-13 の①②③④⑤に発生</p>  <p>はく離箇所にセメント（ゴム糊）を塗布し、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><b>【方法 4】(C)、(D) の延命補修方法</b><br/>表-13 の①②④に発生</p>  <p>織布をラップさせるため、補修範囲をはく離、バフ（研磨）し、新たなゴム引布にて補修する。<br/>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><b>【方法 5】(D) の延命補修方法 (例)</b></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 年間のはく離等の不具合が発生していない。</p> <p style="text-align: center;"><b>補足説明</b></p> <p>(C) にて堰柱、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。</p> <p>(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 style="text-align: center;">※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-34 補修方法

## (5) 更新の実施方針

ゴム袋体の機能等が低下し、補修では信頼性が維持できなくなった場合又は補修と比較し経済性が優位な場合には更新を行う必要がある。

ゴム袋体をゲート又は起伏装置に用いる堰のゴム袋体は、損傷すると漏気が生じ、所定の堰高を維持することが困難となり、堰の目的及び要求機能を満たすことができなくなる。漏気の量が少ない場合は内圧操作にて維持できる場合もあるが、低内圧運転はVノッチ現象等の要因となる。このような不具合に対しては補修を行うことになるが、補修の繰返し等によって、ある時点で更新に要する費用・便益を上回り不経済となることが懸念される。このため、ゴム袋体が損傷を受けた場合、その規模によっては補修と同時に更新についても検討すべきである。

## (6) ゴム袋体の更新の判定方法

ゴム袋体の更新は劣化や損傷の状況とその劣化・損傷が生じている箇所にて判定する必要がある。

1. 接合部：ゴム袋体の接合部（継手）において大規模なはく離等が生じ、破裂等の懸念がある場合には更新を行う。
2. 摩耗の程度：摩耗により最外層織布が露出している場合は延命補修又は更新を行う。
3. 劣化・損傷の程度：最外層織布へひび割れ、はく離が到達している場合は延命補修又は更新を行う。
4. 外層ゴムと織布の接着：凸状の膨れ、層間にはく離が見られる場合は延命補修又は更新を行う。

ゴム袋体の耐久性は、使用条件（起伏の頻度に起因する繰返し疲労等）や使用環境（紫外線や日射熱による劣化等）及び製品の品質管理によって異なる。

ゴム袋体の劣化による不具合は実例から約 20 年以上経過後に発生している事例が多く、また、約 30 年以上経過後に繰返し補修を実施している事例が多い。よって、設置後 20 年を経過したゴム袋体は堰の信頼性及び補修と更新の経済性に関する検討を踏まえ、更新の必要性について検討することが望ましい。

ゴム袋体の更新の判定においては、定期点検や臨時点検の結果に基づきゴム袋体処置フローに照らして検討する。

その際、ゴム袋体の損傷レベルにより延命補修又は更新の判断が異なってくるが、劣化・損傷等が広範囲にわたる場合は更新、局所的な場合は延命補修で対応することなどが考えられる。

## (7) 固定金具の更新の判定方法

固定金具は総合点検により機能の確認を行い、更新時期を判定する必要がある。また、必要な強度、機能を損なう異常がある場合は更新する必要がある。

以下に、更新を検討すべき事項を示す。

1. 変形、腐食、摩耗により気密・水密性及び止水性が得られない場合は延命補修又は更新する。
2. 最大張力に対する安全性を検証するため、固定金具の腐食・摩耗状況を総合点検時に計測する事が望ましい。
3. アンカーボルトは、目視及びトルクレンチにて脱落・緩みを点検し、腐食・摩耗により必要締め付けトルクが得られない場合は延命補修又は更新する。

### 3.4 傾向管理

傾向管理は、ゴム袋体の定量的な劣化進行の判断データを得て、施設の管理者が遅滞なく補修又は更新の判断を行うことを目的としている。

傾向管理に必要な計測等については、暴露試験片による物性試験と実機計測があり、点検・診断時に管理者の指示に従う。なお、ゴム引布の物性値の初期値を知っておくことが傾向管理においては重要であることから、初期物性値や初期のゴム引布サンプルを残しておくことが望ましい。

#### (1) 暴露試験片によるデータ収集

維持管理の観点から、傾向管理を行うためにゴム袋体の劣化及び物性の変化（強度保持率等）を把握するためには、同一ロットで製作される材料で作製した試験片を準備し、経年に応じて物性試験する必要がある。特に、越水が少なく太陽光に長時間さらされる箇所は傾向管理の必要性が高い。

試験片の設置場所の例を図-35、図-36 に示す。試験片は同一環境条件となるように新たに設置するゴム袋体近辺の側壁等にアンカー等にて強靱に固定する方法等が想定される。その際、試験片の端部は織布が露出しないように、セメント（ゴム糊）にて保護する必要がある。

なお、設置箇所は巡視・点検の際に目視できる箇所が望ましい。

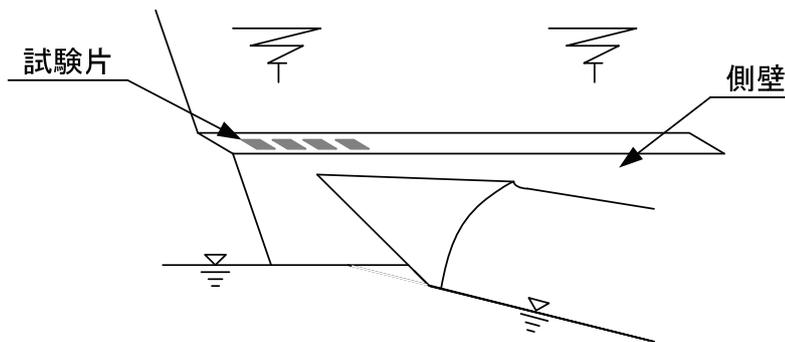


図-35 試験片の暴露方法（例）



図-36 試験片の暴露状況

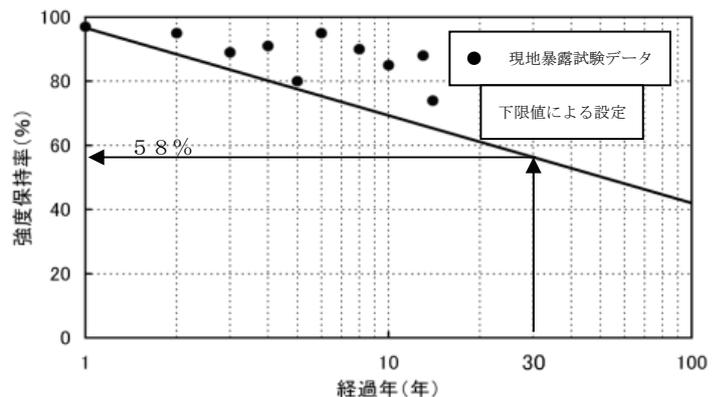


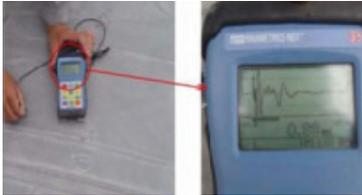
図-37 暴露試験結果の例<sup>8</sup>

8 財団法人国土開発技術研究センター：「ゴム引布製起伏堰技術基準(案)」p. 38

## (2) 傾向管理のための計測項目

ゴム堰及びSR堰の定期点検及び総合点検時においては、予防保全の観点から表-14に示すゴム袋体の傾向管理項目についても計測し、補修及び更新の診断を行う必要がある。

表-14 傾向管理項目と方法

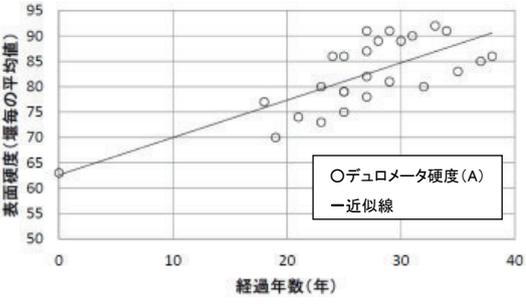
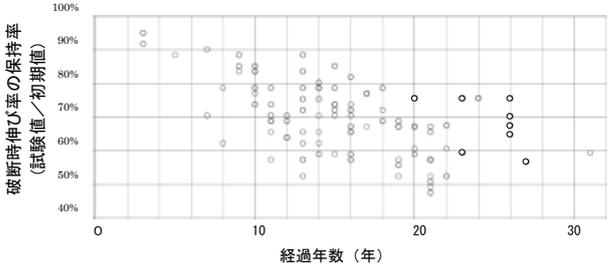
| 番号 | 計測項目                   | 計測方法（例）   | 計測間隔     | 計測箇所  |
|----|------------------------|---|----------|---|
| 1  | 外層ゴムの硬度                | 硬度計による計測<br>   | 1年       | <ul style="list-style-type: none"> <li>・接合部（継手）</li> <li>・折れシワ部</li> <li>・越流の影響がない箇所</li> </ul> 注）表面がラフトップ加工部（凹凸の表面形状）を避ける        |
| 2  | 外層ゴム厚さ                 | 超音波式膜厚計による計測<br>   | 1年       | <ul style="list-style-type: none"> <li>・1に同じ</li> <li>・摩耗と判断できる箇所</li> </ul> 注）表面がラフトップ加工部（凹凸の表面形状）を避ける                           |
| 3  | 試験片の経年劣化測定             | 引張試験、接着力試験<br>   | 10年      | <ul style="list-style-type: none"> <li>・試験片</li> </ul> （既設のゴム袋体から試験片を採取する場合はデフレクター部や固定端部から採取が可能。ただし、織布の積層数、位置、繊維の向きが確認できるものを用いる。） |
| 4  | ゴム袋体損傷部（はく離、ひび割れ）の亀裂深さ | デプスゲージ等によるひび割れ深さの計測<br><br>テーパーゲージ等による接合部はく離深さの計測<br> | 発見後すみやかに | <ul style="list-style-type: none"> <li>・損傷箇所全て</li> </ul>   |
| 5  | ゴム袋体本体損傷範囲             | スケールによる計測   |          |   |
| 6  | 標線管理                   | スケールによる標線間計測<br>   |          |   |

### (3) 傾向管理データの活用方法

ゴム袋体の耐久性を低下させる劣化には、大別して①ゴム（外層ゴム、中間層ゴム、内層ゴム）の劣化、②接合部（継手）の劣化、③織布の劣化があり、これらの内のどの1つが卓越してもゴム袋体の性能は保てなくなる。

しかしながら、これらの劣化の度合いを直接的に計測する技術及び耐久性の評価手法は未だ確立されていないため、現段階においては耐久性の指標となることが期待される試験データを蓄積していく必要がある。以下に、今後蓄積していくべきと考えられる主な試験データとその理由及び活用方法（案）を示す。

表-15 今後蓄積していくべきと考えられる試験データとその理由及び活用方法（案）

|          | 外層ゴムの硬度   | 破断時伸び率の保持率  |
|----------|---|---|
| 理由       | 過去の計測結果から、外層ゴムの硬度と経過年数の間には正の相関関係がある。<br> <p>(注 A社提供データを基に作成)<br/>経年による外層ゴムの硬度の変化の例</p>  | 過去の計測結果から、破断時伸び率の保持率と経過年数と間には負の相関関係がある。<br> <p>(注 B社提供データを基に作成)<br/>経年による外層ゴムの破断時伸び率の変化の例(参考図)</p> |
|          | 外層ゴムの硬度と、ゴム袋体の劣化の度合いとの間には、正の相関関係が期待できる。<br>(外層ゴムの劣化度合いと中間層、内層ゴム、織布、接合部（継手）の劣化度合いの間には正の相関が期待できるため)   | 外層ゴムの破断時伸び率の保持率と、ゴム袋体の劣化の度合いとの間には、負の相関関係が期待できる。<br>(外層ゴムの劣化度合いと中間層、内層ゴム、織布、接合部（継手）の劣化度合いの間には正の相関が期待できるため)   |
|          | 外層ゴム厚が比較的薄い場合に表面硬度がゴム層全体の劣化度合いを代表できると考えられる。   | 外層ゴム厚が比較的厚い場合に深部も含めた評価が可能と考えられる   |
| 活用方法（目標） | <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 外層ゴムの硬度、破断時伸び率の保持率等の値からゴム袋体の主要な特性値への換算式を求める。</li> <li>・ 外層、中間層、内層ゴムの引張強度に換算する。</li> <li>・ 接合部（継手）の接着力に換算する。</li> <li>・ 織布の引張強度に換算する。</li> <li>・ 以上の換算値から総合的にゴム袋体の耐久性を評価する。</li> </ul> <p>(はく離や、接合部（継手）の伸び、外層ゴムの膨れ、ひび割れ等の発生時期や進行との関連から、補修、更新が必要となる管理値の設定や、補修、更新が必要となる時期の予測を行う。)</p> |   |

傾向管理においては、各種換算式の精度向上の観点から、表-14 の傾向管理項目と共に使用条件、環境条件、製造方法、ゴムの材質、ゴム厚、初期強度などの影響因子及び測定箇所なども併せて記録を残しておく必要がある。

また、傾向管理は長期間の測定の結果を後に分析することになるので、測定者と分析担当者が異なることが予想される。よって、測定箇所ごとの測定値、測定値の平均値などデータの素性がわかるよう整理しておく必要がある。