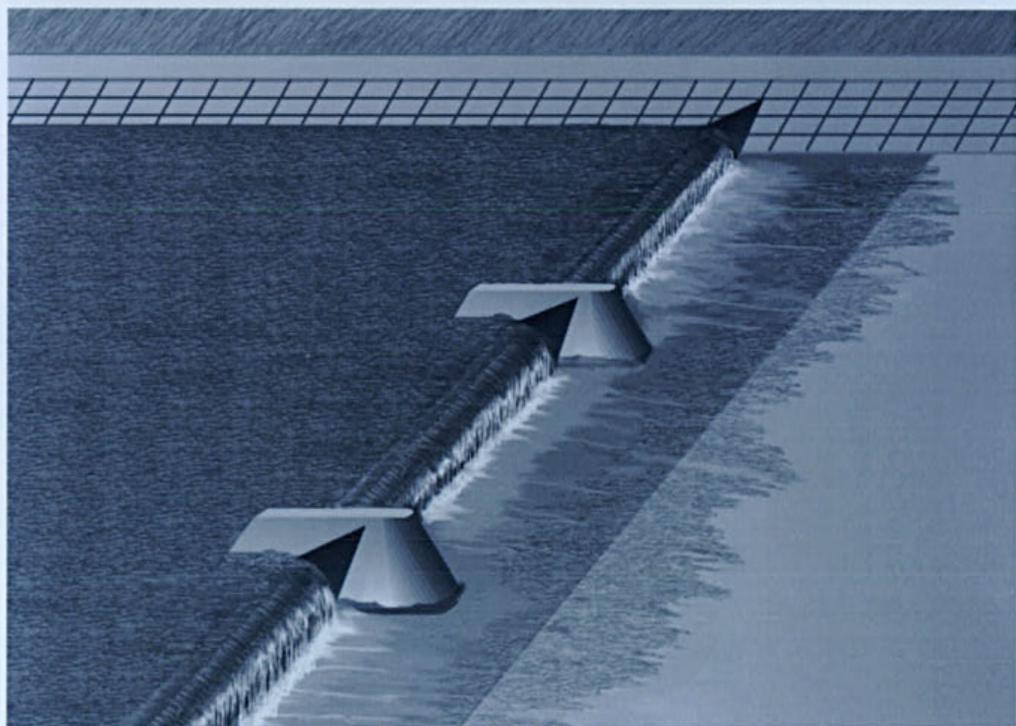


# ゴム引布製起伏堰技術基準(案)

建設省河川局治水課 監修  
財団法人 国土開発技術研究センター



山海堂

# ゴム引布製起伏堰技術基準(案)

建設省河川局治水課 監修  
財団法人 国土開発技術研究センター

---

## 発刊にあたって

昭和 39 年に我が国最初のゴム引布製起伏堰が竣工して以来、その特徴である流水疎通の確実性、施工の容易性と工期の短縮、維持管理の容易性等が注目され、着実に建設件数が増加し、平成 11 年度末には約 3 100 件の国内施工実績が報告されるに至っている。

このゴム引布製起伏堰に関する技術的な基準書としては、昭和 53 年に「ゴム引布製起伏堰技術基準（一次案）」がとりまとめられたのが最初である。この一次案は、主に小河川の用水堰として使用されていたゴム引布製起伏堰の大規模河川への適用を念頭においたものであったが、当時この種の堰の歴史も浅く、設計に関する考え方や仕様も個別に異なっていたことから、ゴム引布製起伏堰の特徴を踏まえて河川管理施設等として使用する際の基本的な技術事項についてとりまとめを行ったものにとどまっていた。したがって、この一次案策定時には、その後の大規模河川への実施例や調査・研究成果等を反映して内容を充実させて、社会の要請に応え得る新しい技術基準を策定することとされていた。

この一次案が作成された後に、昭和 55 年度よりゴム引布製起伏堰の大型化を念頭においた技術的な検討が行われた。この検討においては、ゴム引布製起伏堰の大型化（堰高 6 m 程度）を技術的な目標として、大型化を図るに当たって検討が必要な技術的な内容を体系的に整理し、抽出・整理された調査・研究内容について各メーカーの協力を得て水理模型実験や強度試験、大型堰の試設計等を行った。この大型化を技術的な目標として検討した成果を集大成し、一次案を基として二次案の策定が昭和 58 年に行われた。

この二次案策定以降、大規模堰への需要が高まり、大河川への適用事例も多く見られるようになってきた。平成 3 年には、「河川管理施設等構造令施行規則の一部を改正する省令」及び「河川管理施設等構造令施行規則の

一部改正について」の通達により、ゲートをゴム引布製とする時の高さの上限基準が緩和されるなど、ゴム引布製起伏堰を取り巻く環境も大きく変化してきている。

他方、現在の基準の流れである性能規定化という視点からみれば、二次案では、ゴム引布製起伏堰の性能（機能、材料、構造）に関する記述が必ずしも十分でないとの指摘があるとともに、発注者が独自に上部工の設計を行い、メーカーが行う詳細設計を照査し、施工の妥当性の検査及び維持管理上の点検を充実していくなどのニーズに対応できるように、基準の改訂が求められていた。

このような状況に鑑み、二次案策定以降、すでに16年が経過しており、その間の大規模なゴム引布製起伏堰の施工実績や技術の進歩、個別の検討において得られた技術的な知見の集積、大型化による新たな課題の出現等を踏まえ、合理的かつ標準的な設計を行うための技術基準とするため、二次案の内容の見直しを行った。

二次案策定時から現在に至るまでに集積した知見や施工実績を踏まえ、改訂を行った主な点は次のとおりである。

- ① 袋体の安全率について、安全率設定の基本的な考え方や現行材料を使用した場合の安全率を明記した。
- ② 袋体に作用する応力集中の影響が設計計算に考慮されていなかったの  
で、応力集中係数を導入した断面二次元設計計算の方法を示した。
- ③ Vノッチ限界堰高について、下流水深の影響も考慮して直接求めること  
ができるようにした。
- ④ 越流量の算出精度を向上させるために、流量係数を直胴部と側壁部に  
分けて算出することとし、それぞれの流量係数を示した。
- ⑤ 空気式ゴム引布製起伏堰の水叩き・護床工長の設計について、Vノッチ  
部の流量集中を考慮した考え方を示した。
- ⑥ ゴム引布製起伏堰の事故事例を分析し、事故防止のための考慮事項に  
ついての記述を付加した。
- ⑦ 設計照査、検査及び維持管理上の点検項目に関する記述を充実して記  
述した。

なお、本書の編集に当たっては、河川管理施設及び許可工作物等に関する多様なニーズに応え、かつ新技術・新工法・新材料の開発・導入を円滑に行い、より効率的な事業展開を図れるように、基準の性能規定化を念頭においてとりまとめを行った。

最後に、本書の発刊に当たって、ご指導・ご助言をいただいたゴム引布製起伏堰技術基準（案）の編集関係者、関係各位及び関係機関の方々に深く感謝の意を表するとともに、本書が広く活用されることを期待するものである。

平成 12 年 9 月

財団法人 国土開発技術研究センター  
理事長 豊田 高司

## ゴム引布製起伏堰技術基準（案）の編集関係者

立命館大学工学部教授	中川 博次
東洋大学工学部教授	萩原 国宏
宇都宮大学工学部教授	須賀 堯三
建設省土木研究所ダム部長	高須 修二
建設省河川局治水課流域治水調整官	宇塚 公一
建設省河川局治水課課長補佐	高橋 定雄
建設省河川局治水課	川島 照史
建設省土木研究所河川研究室長	藤田 光一
建設省土木研究所機械研究室長	村松 敏光
建設省東北地方建設局河川工事課長	小松 直文
建設省東北地方建設局機械課長	菅原 次郎
財団法人国土開発技術研究センター技術参事役	宇賀 和夫
財団法人国土開発技術研究センター上席主任研究員	湧川 勝己
財団法人国土開発技術研究センター主任研究員	柳澤 修
日本工営株式会社中央研究所	西村 茂樹
日本工営株式会社中央研究所	池永 均
住友電気工業株式会社	
株式会社ブリヂストン	
日本自動機工株式会社	
豊国工業株式会社	
横浜ゴム株式会社	

平成 12 年 3 月

# 目 次

## ≡ 総 則 ≡

### 第1節 一 般

1.1 目 的 .....	3
1.2 定 義 .....	3
1.3 適用範囲 .....	3
1.4 運 用 .....	4
1.5 準拠規定 .....	4
1.6 改 訂 .....	5

## ≡ 設 計 ≡

### 第1章 設計総論

第1.1節 ゴム堰の特性 .....	9
1.1.1 ゴム堰採用の検討 .....	9
1.1.2 ゴム堰の経済性 .....	14
1.1.3 ゴム堰の選定 .....	15
第1.2節 調査・計画 .....	15
1.2.1 調 査 .....	15
1.2.2 設置の基本 .....	15
1.2.3 形状及び方向 .....	16
1.2.4 湛水位及び天端高 .....	16

1.2.5 堰高及び径間長	17
<b>第 1.3 節 構造一般</b>	<b>19</b>
1.3.1 構造の原則	19
1.3.2 河川の縦断形・横断形との関係	19
1.3.3 構 造	21
<b>第 1.4 節 設計一般</b>	<b>22</b>
1.4.1 設計対象水量	22
1.4.2 操作条件	24
1.4.3 鋼製扉体等の併設	25
1.4.4 荷 重	26
<b>第 1.5 節 模型実験</b>	<b>27</b>
1.5.1 実験の適用	27
1.5.2 実験の方法と結果の判定	27

## 第 2 章 上部工設計

<b>第 2.1 節 一 般</b>	<b>29</b>
2.1.1 設計条件	29
2.1.2 水位変化と袋体変形	31
2.1.3 設計荷重	35
2.1.4 袋体の安全率	36
2.1.5 固定ボルト，アンカー，取付金具の安全率	39
2.1.6 最大越流水深	39
2.1.7 流量係数	43
2.1.8 Vノッチ限界堰高	48
2.1.9 袋体膨張媒体の選択	52
2.1.10 袋体倒伏方式の選択	53
2.1.11 袋体固定方式の選択	55
<b>第 2.2 節 設 計</b>	<b>56</b>
2.2.1 袋体の設計	56

2.2.2	取付高さの設計 .....	73
2.2.3	外層ゴム厚の設計 .....	75
2.2.4	固定ボルトの設計 .....	76
2.2.5	アンカーの設計 .....	78
2.2.6	取付金具の設計 .....	80
2.2.7	膨張媒体の完全排除 .....	84
2.2.8	袋体等の損傷防止対策 .....	86
<b>第 2.3 節</b>	<b>各部材質 .....</b>	<b>88</b>
2.3.1	ゴム引布の仕様 .....	88
2.3.2	取付金具, 固定ボルトの材質 .....	91

## 第 3 章 下部工設計

<b>第 3.1 節</b>	<b>一 般 .....</b>	<b>93</b>
3.1.1	設計条件 .....	93
3.1.2	設計荷重 .....	93
3.1.3	下部工の安全率 .....	94
3.1.4	部材の最小寸法等 .....	94
<b>第 3.2 節</b>	<b>下部工各部の構造 .....</b>	<b>95</b>
3.2.1	堰 柱 .....	95
3.2.2	側 壁 .....	95
3.2.3	袋体積載床版 .....	96
3.2.4	水 叩 き .....	97
3.2.5	護 床 工 .....	98
3.2.6	高水敷保護工 .....	102
3.2.7	取付護岸 .....	103
3.2.8	取付擁壁 .....	103
3.2.9	しゃ水工 .....	103
3.2.10	基礎工 .....	104
3.2.11	付属設備 .....	105

第3.3節 安定計算	105
3.3.1 安定計算	105
第3.4節 下部工各部の設計	110
3.4.1 袋体積載床版	110
3.4.2 堰 柱	110
3.4.3 側 壁	111
3.4.4 水 叩 き	111
3.4.5 し ゃ 水 工	112

## 第4章 操作設備等設計

第4.1節 一 般	113
4.1.1 定 義	113
4.1.2 予備動力設備	113
4.1.3 安全装置	114
4.1.4 起立機器及び給排管	117
第4.2節 操作設備の比較	117
4.2.1 膨張媒体の排除方法	117
4.2.2 起伏用センサ	118
4.2.3 給排弁操作力	118
4.2.4 起伏用動力設備	119
第4.3節 操作装置の設計	120
4.3.1 起立装置の設計	120
4.3.2 倒伏装置の設計	120
4.3.3 安全装置の設計	121
4.3.4 外水位検知装置の設計	121
4.3.5 袋体内圧検知装置の設計	121
4.3.6 膨張媒体給排管等の設計	122
第4.4節 その他の施設の設計	127
4.4.1 操 作 室	127

4.4.2	給排水等の堤防横断	128
4.4.3	警報設備	128
4.4.4	安全施設	128

## ≡ 施工及び管理 ≡

### 第 1 章 製作及び施工

第 1.1 節	一 般	133
1.1.1	施工計画	133
1.1.2	工事用道路	133
1.1.3	仮締切工	134
第 1.2 節	下部工施工	135
1.2.1	基 礎	135
1.2.2	床版・水叩き	135
1.2.3	埋 戻 し	136
1.2.4	配 管	136
第 1.3 節	袋体製作据付け	136
1.3.1	袋体製作	136
1.3.2	袋体運搬・据付け	137
1.3.3	据付け一般	137
第 1.4 節	諸 検 査	138
1.4.1	検査の範囲	138
1.4.2	検査の種類	138
1.4.3	材 料 検 査	139
1.4.4	付属品検査	140
1.4.5	袋 体 検 査	140
1.4.6	操作設備機能検査	141

## 第 2 章 操作及び管理

第 2.1 節 一 般	143
2.1.1 事 故	143
2.1.2 操作等の記録	143
2.1.3 点検・整備の記録	143
第 2.2 節 堰 の 操 作	144
2.2.1 操作規則の作成	144
2.2.2 操作の基本	144
2.2.3 警 報 等	145
2.2.4 洪水警戒体制	145
第 2.3 節 点 検	145
第 2.4 節 保 守 等	153
2.4.1 保守一般	153
2.4.2 結氷の防止	154
2.4.3 堆積土砂	154
第 2.5 節 修 理	157
2.5.1 修理の分類	157
2.5.2 修理の方法	158
索 引	159

# 總 則

## 第1節 一般

### 1.1 目的

この基準は、ゴム引布製起伏堰の設置に当たり、標準的な設計、施工及び管理を行うための技術的基準を示したものである。

#### 〔解説〕

この基準は、昭和58年制定の「ゴム引布製起伏堰技術基準（二次案）」以降の施工実績や技術の進歩を踏まえ、標準的な設計、施工及び管理を行うための技術的基準をとりまとめたものである。なお、近年の技術基準類の性能規定化に対応するための設計照査、検査及び維持管理の点検の充実に特に配慮した。

この基準は、総則、設計、施工及び管理の3編よりなり、各編は、章、節及び項より構成され、ゴム引布製起伏堰が具備すべき性能を規定している。〔解説〕は、本文の理解を深めその適用に当たって判断を誤ることのないように、基準として定めた本文を解説したものである。また、〔参考〕は、標準的な設計例、解説文を裏づける実験データ等を参考資料として示したものである。

### 1.2 定義

この基準において「ゴム引布製起伏堰」（以下「ゴム堰」という。）とは、袋状のゴム引布製の扉体（以下「袋体」という。）を有し、空気又は水を袋体に充填し、もしくは袋体より排除することによって起伏させる形式の堰をいう。

### 1.3 適用範囲

この基準は、ゴム堰の設計、施工及び管理に適用する。

〔解 説〕

本基準は、工場において一体で製作される袋体を有するゴム堰に適用する。

また、現在の技術的水準や現在までの施工実績を勘案し、適用範囲は堰高6 m程度を上限とする。ただし、堰高6 m以上のゴム堰を設置するに当たっては、堰高等の規模に応じた必要事項について十分検討したうえで、本基準を準用することができる。

## 1.4 運 用

この基準によることが適当でない場合においては、この基準に示す技術水準を損なわない範囲において、この基準によらないことができる。

〔解 説〕

この基準は、現在の技術水準において標準と考えられている事項を示したものであり、より高度の水準を指向することを妨げるものではない。したがって、この基準によることが適当でなく、かつ、この基準に示されている技術水準が十分確保されると判断される場合には、この基準によらないことができる。

## 1.5 準 拠 規 定

この基準に定める内容について関係諸法令に別に定めがある場合は、特にことわらない限り、これらの諸法令によるものとする。

〔解 説〕

関係諸法令とは、法律、政令、建設省令及び建設省訓令をさす。

なお、その具体例としては、次のようなものがある。

- 河川管理施設等構造令
- 建設省河川防砂技術基準（案）
- ダム・堰施設技術基準（案）

## 1.6 改 訂

この基準の内容は、技術水準の向上があった場合等、必要に応じて改訂を行うものとする。

### 〔解 説〕

我が国におけるゴム堰の実績は三十余年であり、今後とも用途の拡大並びに技術の向上が見込まれる。したがって、関係法令の改廃を含め、技術水準の向上等に対応して改訂する必要がある。

# 設 計

# 第1章 設計総論

## 第1.1節 ゴム堰の特性

### 1.1.1 ゴム堰採用の検討

ゴム堰の採用に当たっては、設置目的、設置場所を明確にするとともに、ゴム堰のもつ特性を十分に考慮しなければならない。

#### 〔解 説〕

一般にゴム堰は、倒伏の確実性、径間長の長大化、下部工の簡略化、施工の容易性と工期の短縮、維持管理の容易性、不同沈下への追随性、耐震性、水密性等の優れた特性を有している。しかしながら、袋体が柔構造であるため、堰の設置目的や設置場所によっては、その求められる機能が十分に満たされないことも考えられる。ゴム堰の持つ基本的な特性のうち、採用に当たって検討すべき事項として以下に示すものがある。

#### 1. 水位変化と袋体変形

堰の上下流の水位変化によって袋体の変形し、堰高も変化する。特に、感潮区間あるいは他構造物の背水の影響を受ける場所では、堰高の変化が大きくなり、堰としての水位維持機能を損なう場合もあることから、要求される機能との関係において十分な検討が必要となる。また、流量調節ゲートや魚道が併設される場合には、堰高変化に伴う放流量の変化に対する検討が必要となる（設計編第1章 1.4.1、同第2章 2.1.2 参照）。

## 2. 最大越流水深と袋体の振動

堰の越流水深がある限界を越えて大きくなった場合には、越流水脈の影響によって袋体に振動が生じる。袋体に振動が生じると、袋材の疲労等によりゴム堰の安全性に支障を来すとともに、低周波の発生により人体や周辺構造物への悪影響が懸念される。したがって、起立状態での常時越流水深は、振動発生限界以下に設定することが必要となる（設計編第1章 1.4.2, 同第2章 2.1.6 参照）。

## 3. Vノッチ現象

膨張媒体として空気を用いた場合は、倒伏の過程でVノッチと称する袋体の局部的変形が生じるため、水位及び放流量の制御が困難になる。また、Vノッチの発生によって、Vノッチ部に流量の集中が生じるため、水叩き、謔床工及び下流河道への影響について十分な配慮が必要である（設計編第2章 2.1.8, 同第3章 3.2.4, 同 3.2.5 参照）。

## 4. 波浪の影響

波浪の影響を受ける場合は、波浪による袋体の張力変動について検討する必要がある（設計編第1章 1.4.4 参照）。

## 5. 不完全倒伏の影響

袋体膨張媒体を排除した状態を収縮といい、流水の疎通機能を阻害しないように倒伏した状態を安全倒伏と称する。

堰上下流の水位差が小さく、かつ、流速が小さい場所においては、倒伏後の収縮袋体が水中を浮遊するなど、堰の倒伏が不完全な状態（不完全倒伏）となり、袋体の摩耗及び船舶航行時のスクリューによる損傷の原因となることがある。

## 6. 袋体等の損傷防止

転石や流下物の多い河川では、袋体や固定金具が摩耗、損傷を受けやすくなる。したがって、堰設置地点の河道条件を十分考慮する必要がある（設計編第2章 2.2.8 参照）。

## 7. 堆砂の影響

倒伏時に袋体上に多量の堆砂が生じた場合には、袋体の正常な起立操作や堰高維持・制御が不可能となる場合がある。一方、堰下流に土砂、流下

物等が堆積する場合は、正常な倒伏を妨げることになるが、柔構造のため堆積土砂に沿うように倒伏することから、袋体自体による流下断面の阻害は生じにくい。なお、堆砂が生じやすい場所では、排砂除去による維持管理費の増大や堆砂除去時の袋体の損傷に留意しなければならない（施工及び管理編第2章2.4.3参照）。

#### 8. 給排管の配置

操作室と袋体の間に魚道が設けられる場合など、給排施設、内圧検知管等の配置に制約を受ける場合は、土砂等の目詰まりを起こさないように配管ルートを適切に選定しなければならない。特に、内圧検知管を伏越しにすると、結露等による目詰まりにより安全機能を損なう危険性が大きいので注意を要する（設計編第4章4.3.6参照）。

#### 9. 維持修繕

常時越流状態にある堰では、袋体が損傷を受けた場合に、締切等の仮設なしには水中補修が困難であることに留意しなければならない（施工及び管理編第2章2.5.1参照）。

これらゴム堰の機能別特性を表1.1に示す。

表 1.1 ゴム堰の機能別特性

## 〔1〕水 理

1	止 水	袋体本体及び取付部を含め止水性はよい。
2	流水疎通	河道断面形を変更せずに設置可能で、堰柱による河積阻害率も小さい。
3	水位確保	維持水位に高い精度を要求されない場合は、止水性もよいため、その機能は十分である。
4	貯水・貯留	止水性がよいため、貯水、貯留に適している。
5	水位制御	空気式ゴム堰ではVノッチ及び袋体の越流振動が発生しない範囲で、また水式ゴム堰では袋体の越流振動が発生しない範囲で、水位制御は可能である。ただし、上下流水位変化によって堰高が変化するため、微妙な水位制御には難点がある。
6	低水流量制御	同上の理由により、任意の流量制御は難しい。
7	高水流量制御	同 上
8	防 波	柔構造であることから衝撃的波力の作用が緩和される点で優れている。
	総 合	一般に、可動堰を設置する場合に求められる機能は、一つだけではなく、複数となることが多い。ゴム堰は、全閉時及び全開時の機能については鋼製扉体を有する堰に比べて優れた面が多いが、精緻な水位制御等はできない。これは、水位変化による袋体の変形、Vノッチ現象の発生等、ゴム堰の柔構造に起因するものである。この特性を踏まえた装置を組み込むことによって制御機能を満足することも可能であるが、操作装置が複雑化するためゴム堰の特徴を損なうこともある。ゴム堰の採用に当たっては、これらの特性を十分把握し、検討を行わなければならない。

## 〔2〕操 作

1 完全倒伏	倒伏操作は、膨張媒体排出弁を開けるのみであり、操作機構が単純なため動作の信頼性は高い。膨張媒体完全排除補助装置の併用により袋体を完全に収縮させることができるが、上下流水位差が小さく倒伏時の流速が小さい条件では、収縮袋体が完全に倒伏しない場合があるので、倒伏操作時の水理条件によっては検討が必要である。
2 完全起立	ポンプ、ブロワなどの起立機械の起動と弁操作のみであり、信頼性は高い。ただし、袋体上に堆砂があると完全起立が困難な場合もあるので、設置場所によっては対策が必要である。
3 堰高制御	膨張媒体の給排による堰高制御は可能である。空気式ゴム堰では、Vノッチ発生後の堰高の制御は困難である。
4 起伏速度	給排設備を適切に設定することにより、起伏時間の設定は可能である。ただし、精緻な速度制御を行うためには、上下流水位を反映した操作が必要である。
5 複数スパン操作	各スパンの独立操作は可能であるが、後発スパンの倒伏時に上下流水位差が小さくなるような場所では、完全倒伏が阻害されることもある。
総 合	全閉・全開操作を基本とする場合は、操作装置の単純化がなされ、操作の確実性が確保される。堰高あるいは起伏速度の制御も可能であるが、ゴム堰の特徴を損なうことがないように、十分な配慮が必要である。

## 〔3〕維持・管理

1 袋体の点検	常時越流している堰では、外部点検は困難である。監査廊を設置する場合は、袋体内部からの点検は可能である。
2 操作装置の点検	装置の構造が単純なことから点検はしやすい。ただし、給配管等の埋設部分は点検が困難であるから、耐久性、不同沈下への追随性等について十分な検討を行わなければならない。
3 堆砂処理	袋体内圧を高め設定し膨張圧による土砂排除も可能であるが、完全に起立させることは困難で、堰の目的によっては人力、機械力による排砂を併用する必要がある。
4 維持修繕	補修のために加硫接着が必要な場合は、補修箇所をドライにしなければならない。
総 合	ゴム堰は、防食対策を必要としないこと、装置が単純であることなどの面で優れている。堆砂処理については、人力、機械力による以外は確実な対策は難しい。また、水位が常時高い場所では、損傷を受けた場合の対策を考慮する必要がある。

## 〔4〕安 全 性

1 袋 体	流下物の多い場所では、袋体の損傷防止対策を講じる必要がある。
2 固定装置	常時流水にさらされるため、流下物が多い場所では、損傷を受けないように配慮する必要がある。
3 操作装置	構造が単純であること、可動部が少ないこと、倒伏装置や安全装置の多重化が容易であることから、信頼性は高い。
4 河道及び堤防	河道断面形の変更が不要なこと、河積阻害率が小さいこと、倒伏の確実性が高いことから、河道及び堤防に対する安全性は高い。
総 合	ゴム堰は、その構造から倒伏が確実であり、洪水時の河道及び堤防に対する安全性は高いと考えられる。一方、袋体が柔構造であること、固定装置が流水にさらされることから、設置場所における河川状況によっては、十分な対策を講じて安全性を確保しなければならない。

## 〔5〕耐 久 性

1 袋体の劣化	施工実績から判断する限り、設置後 30 年程度では、劣化による特段の支障は生じていない。
2 袋体の摩耗・損傷	流砂、転石の多い場所では、摩耗・損傷防止対策が必要である。不完全倒伏状態では、床版との摩擦による局部的摩耗が発生する可能性がある。
3 固定装置の摩耗・損傷	流砂、転石の多い場所では、摩耗・損傷防止対策が必要である。
4 操作装置の摩耗・損傷	可動部が少ないので劣化、摩耗は少ない。給排水管等の埋設部については、必要に応じて不同沈下対策を講ずる必要がある。
総 合	耐久性が特に問題となるのは転石等の流下物が多い河川に設置する場合等であり、袋体及び固定装置に関し、十分な対策を講じる必要がある。

## 1.1.2 ゴム堰の経済性

ゴム堰の設置に際しては、建設費、維持管理費、耐用年数を勘案し、経済性について検討しなければならない。

## 〔解 説〕

建設費は、径間長、径間数、堰高、操作方式、河川条件等で異なる。維持管理費は、ゴム堰の場合、動力源としての内燃機関の燃料費、電動機の電気料金、排砂費用等を要するが、鋼製扉体を有する堰のような塗装費は

必要としない。

### 1.1.3 ゴム堰の選定

ゴム堰の設置に際しては、要求性能が確実に満たされるかどうかを適切に評価しなければならない。

#### 〔解 説〕

堰に要求される性能や機能と 1.1.1 で述べたゴム堰の有する特性、また 1.1.2 で述べた経済性を総合的に評価し、ゴム堰採用の可否を検討する必要がある。

## 第 1.2 節 調査・計画

### 1.2.1 調 査

(建設省河川砂防技術基準(案)参照)

ゴム堰の規模及び重要性に応じて、次に示す中から必要な調査を行うものとする。

1. 地盤調査
2. 堤防漏水調査
3. 河床変動調査
4. 水質調査
5. 生態系調査

### 1.2.2 設置の基本

(建設省河川砂防技術基準(案)参照)

堰の設置位置は、その設置目的に応じて選定し、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

箇所等はできるだけ避けるものとする。

### 〔解 説〕

河川を横断する堰としてゴム堰を設置する場合、設置目的を十分に果たすように設置位置を選定すべきであるが、堰の設置によって河状に乱れを生じないように、河心が真直ぐで流速変化が少なく、かつ、流心が安定して、流水による河床変動の少ない地点を選ぶことが望ましい。河道の湾曲部に堰を設けると、内岸側の袋体上に堆砂する可能性が大きく、ゴム堰の構造上適当ではない。

### 1.2.3 形状及び方向

(建設省河川砂防技術基準(案)参照)

ゴム堰の平面形状は、原則として直線とする。また、その方向は、堰地点の流水の方向に原則として直角とする。

### 〔解 説〕

堰を流下する流水は、通常、堰と直角の方向に流れるものであり、その平面形状や方向によっては、下流側の水衝作用を助長したり、局所洗掘の原因となることが多い。このため、堰の平面形状は直線で、かつ、堰地点の流水方向に直角とすべきである。

### 1.2.4 湛水位及び天端高

(建設省河川防砂技術基準(案)参照)

1. 計画湛水位は、高水敷高より 50cm 低い高さ及び堤内地盤高よりも高くしないものとする。ただし、盛土等適切な措置を講じた場合は、この限りでない。
2. 袋体の天端高は、上下流水位変化に伴う袋体の変形特性を踏まえ、前項の計画湛水位の制限を満たすものでなければならない。

## 〔解 説〕

河川堤防は、一般に常時湛水を支える構造では設計されていない。また、堤内地盤高が低い場合には、常時湛水によって、堤内地の排水不良、地下水水位の上昇等の問題が生じる恐れがあり、高水敷に常時湛水した場合には、高水敷の利用や維持が困難となる。湛水位の決定に際しては、これらの問題点に十分配慮しなければならない。やむを得ない場合は、盛土等により堤内地盤又は高水敷等に特別な措置が必要である。

ゴム堰の場合、袋体の天端高は上下流水位によって変化する特性を有している。したがって、想定される水位条件に対して所定の計画湛水位を満たすように袋体の設計を行わなければならない。

## 1.2.5 堰高及び径間長

堰高及び径間長は、次のように定義する。

1. 堰上流水位を満水位、堰下流水位をゼロとした状態を基準状態とし、この場合の堰高を基準堰高とする。また、このときの内圧を基準内圧とする。
2. 径間長は図 1.1 のとおりとする。端径間については、直胴部の延長線と側壁との交点から堰柱中央までの距離を径間長とする。

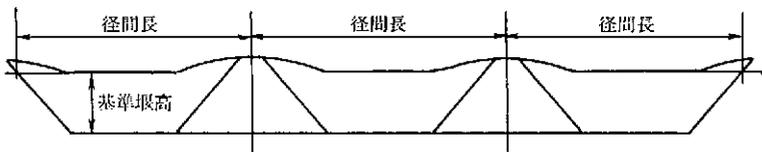


図 1.1 堰高及び径間長

## 〔解 説〕

## 1. 基準堰高、径間長の定義について

ゴム堰は、内圧変化、堰上下流の水位変化等によって袋体が変形し、堰高も変化する。このため、従来は個々の堰ごとに異なった条件において堰高が表示されていたが、これを統一するために、上記の条件における堰高を基準堰高と定義したものである。

本書の設計編第1章1.4.1に後述するが、柔構造に起因する袋体変形と堰高変化はゴム堰に特有のものであり、堰高に関する考え方は、鋼製扉体を有する堰とは全く異なっていることに留意しなければならない。例えば、上記基準状態から上流水位が上昇して倒伏水位に達する過程において、水位変化に伴う袋体変形によって堰高が低下する。したがって、倒伏過程における越流量等を把握するためには、時々刻々の上下流水位に対応する堰高変化量を知る必要がある、この点が堰高不変の鋼製扉体を有する堰との大きな違いである。

このような場合、上記の基準状態及び基準堰高からの変化率として堰高変化をとらえれば、本書の設計編第2章2.1.2に後述する一般化された資料によって対比が容易に行える。

実績によると、既設の堰は、倒伏時の上流水位と越流量あるいは常時湛水位と越流量等固定的な水理条件のみで設計されていることが多く、設計条件以外の水理特性の把握は十分ではない。

重要な堰、複雑な操作を要求される堰では、ゴム堰の採用に当たって、設置目的、機能を考慮したうえで、予想されるあらゆる水理条件について必要な堰高が確保できるように、十分な検討を行わなければならない。

また、径間長については、ゴム堰では端堰柱を設置することが少ないので、端径間における径間長の考え方が、鋼製扉体を有する堰の場合と異なってくるため、図1.1に示すように定義したものである。

## 2. 径間長設定上の留意点

鋼製扉体を有する堰では、最大径間長は構造上扉体の縦横比の制約を受ける。これは長径間になると扉体の変形が大きくなるため、不完全倒伏を生じる恐れが高くなるためである。ゴム堰にはこのような問題は生じないが、径間長を長くすると仮締切工の規模や排砂操作等の管理上の制約を受ける場合がある。

なお、本基準は工場において袋体を一体で製作することを前提とした基準であるため、工場で使用する製作機器の制約に加え、道路法、道路交通法、道路運送車両法その他、橋梁通過時の重量制限、トラックの積載能力等の運搬時の制約を受ける。

## 〔参 考〕

1. 国内では、径間長が68.7 m (堰高 0.3 m), 65.5 m (堰高 1 m), 64.7 m (堰高 1.9 m) までは施工実績があり、特に問題のないことが確認されている。
2. 25 トン積トラックを使用する場合の重量制限による輸送可能な堰高、径間長の関係を例示すると表 1.2 のようになる。

表 1.2 輸送可能な最大径間長(例)

堰高	ゴム引布の厚さ	径間長
2 m	8 mm	190 m
4 m	11 mm	100 m
6 m	16 mm	50 m

## 第 1.3 節 構造一般

### 1.3.1 構造の原則

(河川管理施設等構造令第 36 条参照)

ゴム堰は、下記の構造の原則を満足するものでなければならない。

1. 計画高水位（高潮区間にあつては計画高潮位）以下の水位の流水の作用に対して安全な構造とする。
2. 計画高水位以下の水位の洪水を付近の河岸及び河川管理施設に支障を及ぼすことなく安全に流下させ、かつ、堰に接続する河床及び高水敷の洗掘の防止について適切に配慮された構造とする。

### 1.3.2 河川の縦断形・横断形との関係

(河川管理施設等構造令第 37 条参照)

ゴム堰の袋体及び固定金具は、流下断面（計画横断形が定められて

いる場合には、当該計画横断形に係る流下断面を含む。)内に設けてはならない。ただし、山間狭窄部であることその他河川の状況、地形の状況等により治水上の支障がないと認められるとき、及び河床の状況により流下断面内に設けることがやむを得ないと認められる場合において、治水上の機能の確保のため適切と認められる措置を講ずるときは、この限りでない。

### 〔解 説〕

1. 袋体倒伏時のゴム引布の総厚を考慮したときの高さが、計画河床高以下となるように設定しなければならない。堰下流に堆砂が生じ、完全倒伏が阻害される恐れがある場合は、必要最小限度の落差を付けるなどの土砂が堆積しないような配慮が必要である。ただし、堰下流に堆砂した場合でも河床に沿うように倒伏することから、袋体自体による流下断面の阻害は生じにくい。
2. 袋体積載床版及び水叩き、護床工面と計画河床面との関係は、図 1.2 に示すように、すりつけ区間を設けるものとする。
3. ゴム堰は、堰両端部がいかなる勾配のり面にでも取付可能という特長

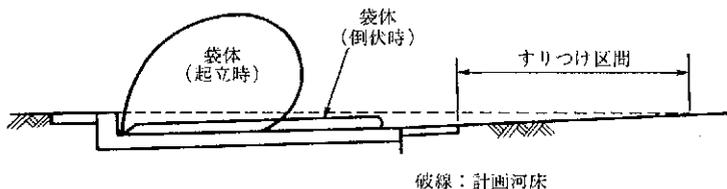


図 1.2 河川縦断形との関係

を有している。したがって、特別の理由がない限り、袋体端部取付側壁は、堰上下流の低水護岸又は堤防のり面に合わせるものとする。また、倒伏時のり部袋体により、り部沿いの流れが大きく乱されないように留意しなければならない。

### 1.3.3 構造

ゴム堰は、上部工、下部工及び操作設備等から構成される。

1. 上部工：袋体と袋体を床版等に固定する金具等諸装置をいう。
2. 下部工：床版、護床工及び堰柱等をいう。
3. 操作設備：袋体膨張媒体給排管を含む給排設備、管理設備等をいう。

〔解説〕

ゴム堰の各部の名称を図 1.3 に示す。

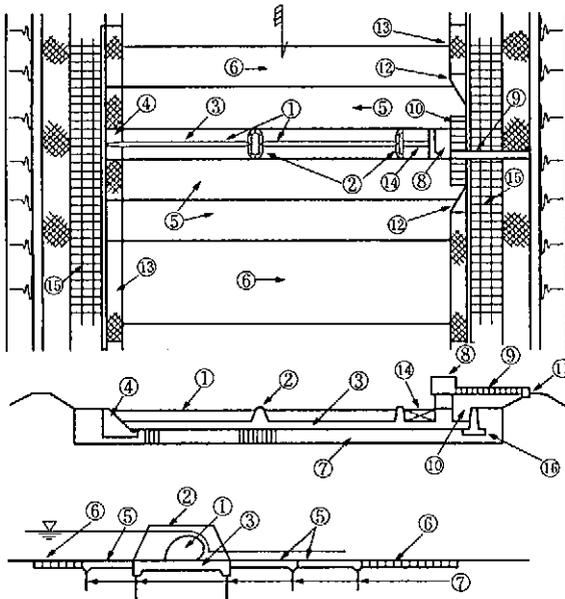
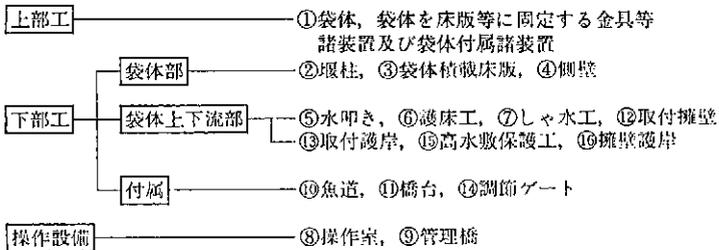


図 1.3 各部の名称

1. 上部工には、袋体（膨張媒体を充填し、もしくは排除することにより起伏させるゴム引布製の扉体）、袋体を床版等に固定する金具等諸装置（アンカー、固定金具、固定ボルト又はナット）及び袋体付属諸装置（袋体保護装置、振動防止装置、膨張媒体完全排除補助装置等）が含まれる。
2. 下部工には、床版、水叩き及び護床工、基礎工及びしゃ水工、堰柱及び側壁等が含まれる。
3. 操作設備は、給排設備、管理設備等をいい、これには井戸、水槽及びスクリーン等も含まれる。
4. 袋体膨張媒体は袋体を膨張起立させるための媒体をいい、空気及び水が用いられる（設計編第2章2.1.9参照）。
5. ゴム引布は、強度部材である織布を各種のゴムで被覆したものをいう。
6. アンカーは、埋設に用いるコンクリートに定着し、地盤からの反力を受けて袋体に作用する張力に抗することのできる部材をいう。
7. 取付金具は、袋体を積載床版に取り付けるための敷金、押さえ金具等をいう。
8. 固定ボルト又はナットは、取付金具をアンカーに固定するためのボルト又はナットをいう。
9. 袋体積載床版、水叩き、護床工は、袋体膨張媒体、ゴム堰の規模及び基礎地盤の地質により、構造や規模が異なる。また、袋体積載床版には、膨張媒体給排口及び給排管等が設置される。
10. 基礎工は、袋体、袋体積載床版などの構造物、その他の堰にかかる荷重を地盤に伝える構造で、その構造には直接基礎、杭基礎等がある。
11. 必要に応じ土砂吐き、舟通し（閘門）、魚道等の施設を設ける。

## 第1.4節 設計一般

### 1.4.1 設計対象水理量

ゴム堰の設計に当たっては、設置場所及び設置目的に応じ、必要な

設計対象水理量を設定しなければならない。

## 【解 説】

設計対象水理量の設定は、ゴム堰の特性を踏まえ、堰に求められる機能に応じて、次に示す方法で行うものとする。

### 1. 設計対象流量

ゴム堰の設計においては、原則として計画高水以下のすべての流量を設計対象流量としなければならない（本章 1.3.1 参照）。ただし、水叩き、護床工長の設計では、堰天端からの越流量が対象流量となるため、起立時の最大流量である倒伏流量を基本とし、これに倒伏過程における流量増加や V ノッチによる流量集中の影響を考慮して設計対象流量としなければならない。

### 2. 設計対象水位

ゴム堰は上下流水位変化により変形し、堰高や張力に変化が生じる。設計対象水位の設定においては、このような変形特性を踏まえ、堰の操作上想定されるあらゆる水位の組合せについて検討しなければならない。特に、維持水位の条件が厳しい大規模な堰を設計する場合や、背水区間のように堰の操作とは無関係に水位変化を受ける場合は、注意を要する。ここでは、中でも特に重要な水位について示すものとする。

堰の設置目的から定められる水位に計画湛水位があり、これにより基準堰高等の基本諸元が決まる。袋体等の部材の設計では、袋体変形を規定するための上下流の最高、最低水位を定めるとともに、強度設計において袋体等に作用する応力が最大となる水位条件を定めなければならない。下部工の設計では、計画湛水位の他、上下流の最高、最低水位等を、また起伏装置や安全装置の設計では、起立水位、倒伏水位等を対象水位として定めなければならない。

### 3. 流送土砂量

堰に作用する泥圧、袋体等の摩耗、堆砂処理の必要性等を検討する場合には、堰の起立及び倒伏期間に応じ、堰設置予定地点における流送土砂量を設定する。

## 1.4.2 操作条件

ゴム堰は、設置目的に応じ、必要な起立条件及び倒伏条件を定めなければならない

### 〔解 説〕

起立及び降伏を起伏と称し、基本的な起立、倒伏条件として、起伏速度、起伏水位及び起伏流量を定めなければならない。

#### 1. 起伏速度

堰の起立速度は、起立に伴う上流水位の上昇、下流の維持流量、操作頻度、起立機器の容量、管理上必要とされる操作時間等を考慮して決定する。

倒伏速度は、放流に伴う水位上昇等を含めて下流への影響を検討したうえで、設置目的を満足するように設定しなければならない。

起伏速度は、上下流水位、内圧によって決定されるが、起伏過程においてこれらの条件が時々刻々変化するので、一定ではない。膨張媒体を自然排出する場合、ゴム堰の倒伏速度は倒伏開始直後が比較的大きく、その後、上流水深の減少とともに徐々に小さくなる。

一方、下流水位の上昇率は、倒伏開始直後が最大になるため、下流への影響を考慮すれば、初期の倒伏速度を抑える必要がある。排出弁開度あるいは排出管数を段階的に変える方法、上下流水位を検出しながら倒伏速度を調節する方法等が考えられる。

#### 2. 起伏水位、起伏流量

全閉、全開操作のみで、上流水位が一定値以上になると倒伏させる堰では、水位、流量の設定は容易である。倒伏時と常時においてそれぞれ設計対象水位、流量が設定される場合、背水区間、感潮区間のように堰操作と無関係に下流水位が変化する場合、鋼製扉体の併設なしで流量調節を行う場合等では、水位変化による袋体変形を考慮しなければならず、操作条件は複雑になる。また、越流水深が振動発生限界（最大越流水深）を超えていないかを確認する必要がある。越流水深が最大越流水深を越え、有害な振動が生じる恐れのある場合は、適切な振動防止対策を施さなければなら

ない（設計編第2章 2.1.6 参照）。

設計対象水位と流量の組合せが複雑になる場合は、条件によって膨張媒体の給排による堰高調節を行う必要が生じる。これは、下流水位が変化する条件についても同様で、断面形状及び内圧の変更等で対処できない場合は、調節装置の設置が必要となる。空気式のゴム堰で流量調節を行う場合は、水位変化による袋体変形の他にVノッチ現象を考慮する必要がある（設計編第2章 2.1.8 参照）。Vノッチの発生後は堰高の把握が難しくなるため、調節範囲が広い場合は水式ゴム堰の採用、鋼製扉体の併設等について検討し、適切な操作条件を設定しなければならない。

### 1.4.3 鋼製扉体等の併設

ゴム堰には、必要に応じ、次に示すような機能を有する施設を併設するものとする。

1. 流量調節ゲート
2. 閉門
3. 土砂吐き
4. 魚道

#### 【解 説】

ゴム堰は、その柔構造に起因する袋体変形のため、維持水位、調節流量に高い精度が要求される場合には、鋼製扉体を有する堰に比べて操作が難しくなる。調節装置を設置することも可能であるが、装置を複雑化することはゴム堰の特長を損なう恐れもあるので、調節機能が必要な場合は鋼製扉体を併設する方法が一般的である。

閉門は操作時の水深が大きく、上下流水位差が小さいために、ゴム堰を用いると不完全倒伏が生じる可能性が大きい。また、ゴム堰は構造上アンダーフローによる放流ができないことから、土砂吐きとして十分な機能を発揮できない場合もある。

鋼製扉体の設計に当たっては、河川管理施設等構造令、建設省河川砂防技術基準（案）、ダム・堰施設技術基準（案）等によるものとする。

## 1.4.4 荷 重

ゴム堰の設計に用いる荷重は、次のとおりとする。

- 1 自重 … 堰の材料の単位体積重量より計算する。
- 2 静水圧 … 堰の操作上考えられる水位の組合せ、及び風と地震による波浪高を考慮する。
- 3 地震時  
動水圧 … ウェスターガードの近似式による。なお、袋体膨張媒体が水の場合は、袋体中の水の地震力を考慮する。
- 4 氷 圧 … 気温の上昇度、氷厚、兩岸の状況、結氷面に対する直射日光の度合等に応じて計算する。
- 5 波 圧 … 砕波等による波圧が作用する場合には、必要に応じて考慮する。
- 6 泥 圧 … 土砂の堆積によって生ずる泥圧について検討する。
- 7 残 留  
水 圧 … 堰の操作上想定される水位の組合せにより、側壁、取付擁壁等において背面の水位と前面の水位との間に水位差が生じる場合に考慮する。
- 8 土 圧 … 土圧は原則としてクーロン公式を用いて常時及び地震時について計算する。
- 9 揚圧力 … 堰の操作上考えられる上下流の水位差が最大となる水位により求める。
- 10 風荷重 … 風荷重は、 $2942 \text{ N/m}^2$  ( $300 \text{ kgf/m}^2$ ) とする。
- 11 雪荷重 … 雪荷重は、 $981 \text{ N/m}^2$  ( $100 \text{ kgf/m}^2$ ) を標準とし、地域特性に応じてこの値を増減する。
- 12 自動車  
荷 重 … 必要に応じ、大型の自動車の交通状況に応じてA活荷重、又はB活荷重を考慮する。
- 13 温 度  
荷 重 … 使用状態及び設置場所の気温特性に応じて温度変化の範囲を定め、膨張係数を鋼で  $1.2 \times 10^{-5}$ 、コンクリートで  $1.0 \times 10^{-5}$ 、水で  $2.1 \times 10^{-4}$ 、空気で  $3.7 \times 10^{-3}$  を標準値として計算する。

14 地震時 … 水平方向についてのみ考慮する。  
慣性力

〔解 説〕

具体的な計算方法は、建設省河川砂防技術基準（案）による。ただし、波浪高は静水圧に含め、砕波等による荷重は波圧として扱うものとする。

袋体の設計では、常に温度荷重を考慮しなければならない（第2章2.1.3参照）。その際、荷重計算に用いる温度変化の範囲は、ゴム堰の使用状態や設置場所の気温特性に応じて適切な範囲を定める必要があるが、標準的には $\pm 15^{\circ}\text{C}$ として温度荷重を計算するものとする。

## 第1.5節 模型実験

### 1.5.1 実験の適用

堰の設置が河道等に及ぼす影響、袋体の挙動及び水理的特性について、本基準や既存の資料によることが適当でない場合は、模型実験を行って確認するものとする。

### 1.5.2 実験の方法と結果の判定

模型実験を行う場合は、相似則に留意して模型構成材料、模型範囲、境界条件の設定を行うとともに、適切な方法で測定しなければならない。

〔解 説〕

相似則に関して、留意すべき事項を以下に示す。

#### 1. 力学的な相似条件

流れに関する相似条件であり、対象とする流体運動に支配的な力学量に応じて相似則を適用する。堰を越える流れや跳水現象などのように粘性力

に比べて慣性力が卓越するような場合は、一般にフルードの相似則が適用される。

## 2. 幾何学的な相似条件

空気式ゴム堰の場合は、袋体内空気の圧縮性の影響により、模型と実物の変形特性が異なるため、模型袋体内の空気量を調節し、堰の変形特性を再現する等の対応が必要となる。

## 3. 袋体振動現象に関する相似条件

振動系の特性に関与する主要なパラメータとして、質量、バネ定数、減衰定数が挙げられる。振動実験では、以下の相似条件を満足する必要がある。

### (1) 質量

実験では、実際の膨張媒体（空気、水）とゴム引布の材料を用い、かつゴム引布の厚さをできるだけ相似になるように製作すれば、袋体本体の質量の相似則はほぼ満足できる。

### (2) バネ定数

袋体全体のバネ定数は、内圧、張力及びゴム引布の伸び剛性により定まる。内圧と張力は、袋体の変形特性を相似にすることで満足できる。伸び剛性については、模型材料を適切に選定して相似条件を満足させるものとする。

### (3) 減衰定数

微小な袋体振動を扱う場合は、減衰定数の違いによる影響は小さいと考えられるが、大振幅の現象を対象とする場合は減衰定数の影響に配慮する必要がある。

## 第2章 上部工設計

### 第2.1節 一 般

#### 2.1.1 設計条件

袋体は、次に示す事項を満足するものでなければならない。

1. 設計対象水位及び設計対象流量の組合せについて、必要な堰高が確保できること。
2. 予想される荷重に対して安全であること。
3. 袋体の気密又は水密性と、堰の止水性が確保されること。
4. 起立及び倒伏が確実であること。収縮時には完全倒伏するような構造であること。
5. 耐久性を有すること。
6. 有害な振動が生じないこと。
7. 保守が容易であること。

#### 〔解 説〕

袋体を設計する場合に、考慮しなければならない基本的な条件を表1.3に示す。

1. 予想される水位、流量の組合せに対し、水位変化に伴う袋体変形が、堰の設置目的を損なうものであってはならない。袋体変形量が許容範囲を越える場合は、堰高調節装置、鋼製扉体を有する堰の併設等について検討し、所定の機能を満足できるように設計しなければならない。

表 1.3 袋体設計の基本条件

堰の設置目的	取水, 分流, 潮止め等
堰の設置場所	平面形: 堰軸
	縦断形: 堰の敷高, 床版長
水位条件等	計画湛水位, 計画高水位
	倒伏水位 (常用, 非常用), 起立水位, 下流側水位
荷重条件	荷重項目及び荷重評価に必要な定数等

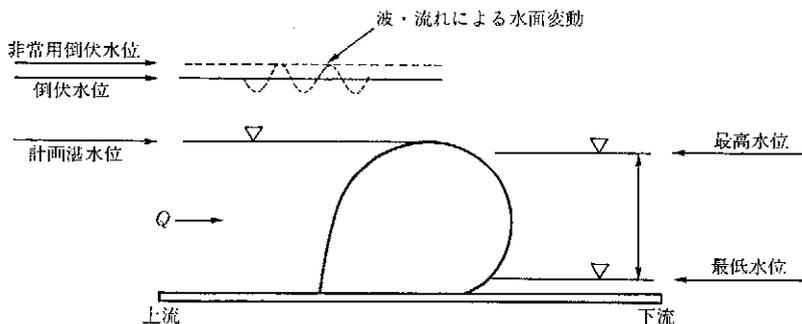


図 1.4 設計対象水位条件の概念図

また、常用の倒伏装置の他に、非常用倒伏装置を併設する場合は、倒伏水位より高く非常用倒伏水位を設定する。非常用倒伏水位は、倒伏機能の確実性と袋体の安全を確保するため、波、流れによる水面変動を考慮したうえで可能な限り低く設定する。波、流れによる水面変動は、設置場所の河道特性等により異なるが、過去の事例では倒伏水位よりもおおむね 10 cm 程度高く設定されている（設計編第 2 章 2.1.1, 2.1.2, 2.1.3 参照）。

2. 袋体を設計する場合の荷重については、必要な荷重条件を考慮しなければならない（設計編第 1 章 1.4.4, 同第 2 章 2.1.3 参照）。
3. 袋体積載床版、側壁及び堰柱等への取付固定は、膨張媒体が漏洩したり、上流水が越流以外の形態で下流に流出することがないように考慮しなければならない。また、側壁取付部に生じる「シワ」が漏水の原因になら

- ないように考慮しなければならない（設計編第2章2.2.2参照）。
4. 起立及び倒伏装置は、十分な能力を有するもので、容易かつ確実に作動しなければならない。また、収縮時の袋体が不完全倒伏とならないようにしなければならない。
  5. 堰は特殊な場合を除き長年使用するものであるから、袋体及び取付金具類は、十分な耐久性を有するものでなければならない。また、転石等により、ゴム引布の強度部材である織布の一部が破断した場合は、その周辺に応力集中が生じる。破断の程度によっては応力集中により破断箇所が急激に拡大する危険性があるため、このような状況が想定される河川に設置されるゴム堰の設計においては、適切な対策を講じなければならない（設計編第2章2.2.8参照）。
  6. 越流水深が大きくなると、袋体に振動が生じる。越流水深が振動発生の限界値を超える場合は、有効な対策を講じるものとする（設計編第2章2.1.6参照）。
  7. 鋼製扉体を有する堰と比較した場合の倒伏の確実性は、ゴム堰の最大の特長の一つである。したがって、その特色を損なうような堰であってはならない。
  8. 袋体の側壁部では、ゴム引布に応力集中が生じる可能性があることから、応力集中を考慮して設計を行うものとする（設計編第2章2.2.1参照）。

### 2.1.2 水位変化と袋体変形

水位変化による袋体変形特性を考慮し、堰の機能を損なわないよう、形状等を適切に設計しなければならない。

#### 〔解 説〕

水位変化に対する袋体の変形特性は以下に示すとおりである。なお、本基準では上流側満水位、下流側ゼロの状態を基準状態とし、そのときの堰高、内圧をそれぞれ基準堰高、基準内圧と定義した。

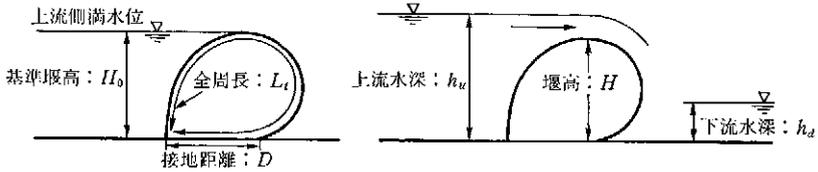
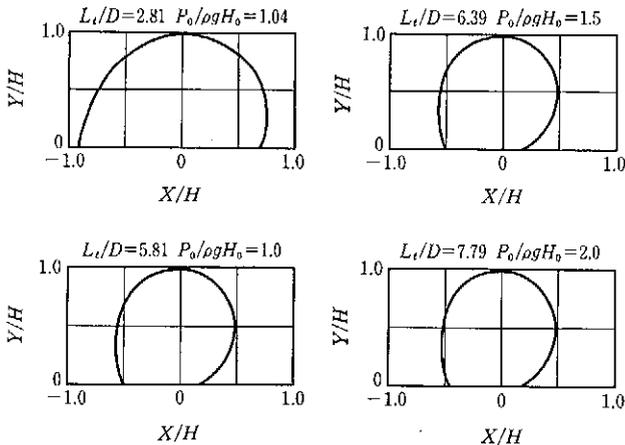


図 1.5 ゴム堰の基本諸元

1. 内圧, 全周長・接地距離比 ( $L_t/D$ ) と断面形状

図 1.6 は, 空気式の袋体断面形状を, 基準内圧・基準堰高比 ( $P_0/\rho g H_0$ ), 全周長・接地距離比ごとに示したものである。図の水平, 鉛直軸は, ともに基準堰高で除した無次元表示である。実績では, 空気式の場合  $L_t/D \leq 5.81$ , 水式の場合  $L_t/D \leq 4.0$  程度のものが多い。

全周長・接地距離比と基準内圧・基準堰高比の関係で袋体の形状はさま



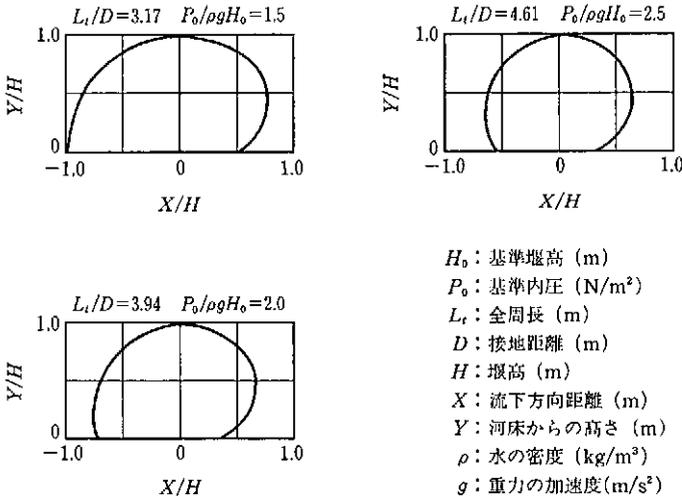
- $H_0$ : 基準堰高 (m)
- $P_0$ : 基準内圧 ( $N/m^2$ )
- $L_t$ : 全周長 (m)
- $D$ : 接地距離 (m)
- $H$ : 堰高 (m)
- $X$ : 流下方向距離 (m)
- $Y$ : 河床からの高さ (m)
- $\rho$ : 水の密度 ( $kg/m^3$ )
- $g$ : 重力の加速度 ( $m/s^2$ )

図 1.6 基準内圧・基準堰高比 ( $P_0/\rho g H_0$ ), 全周長・接地距離比 ( $L_t/D$ ) と断面形状 (空気式) (上流側満水位, 下流水深ゼロ)

ぎまであり、水位変化による袋体変形特性もこのような形状特性に依存する。

図 1.7 は、水式の袋体断面形状を基準内圧・基準堰高比 ( $P_0/\rho g H_0$ )、全周長・接地距離比 ( $L_t/D$ ) を変えて示したものである。図の水平、鉛直軸とも堰高で除した無次元表示である。なお、ここでいう内圧とは、堰頂部の内圧である。

水式は、断面が扁平になるために、同一堰高の場合は、空気式に比べ全周長が長くなる。



- $H_0$ : 基準堰高 (m)
- $P_0$ : 基準内圧 ( $N/m^2$ )
- $L_t$ : 全周長 (m)
- $D$ : 接地距離 (m)
- $H$ : 堰高 (m)
- $X$ : 流下方向距離 (m)
- $Y$ : 河床からの高さ (m)
- $\rho$ : 水の密度 ( $kg/m^3$ )
- $g$ : 重力の加速度 ( $m/s^2$ )

図 1.7 基準内圧・基準堰高比 ( $P_0/\rho g H_0$ )、全周長・接地距離比 ( $L_t/D$ ) と断面形状 (水式)(上流側満水位, 下流水深ゼロ)

## 2. 上流水深と堰高

図 1.8 は、下流水深をゼロとして上流水深を変化させた場合の堰高変化に与える、基準内圧・基準堰高比 ( $P_0/\rho g H_0$ )、基準堰高 ( $H_0$ )、全周長・接地距離比 ( $L_t/D$ )、膨張媒体の影響を示す計算例である。

空気式では、内圧が高いほど堰高変化が小さくなるとともに、基準堰高の影響も小さくなる。また、全周長・接地距離比を小さくすることによって、堰高変化率をかなり小さくすることができる。

水式の場合は、空気式に比べて堰高変化は小さく、内圧の影響も小さい。

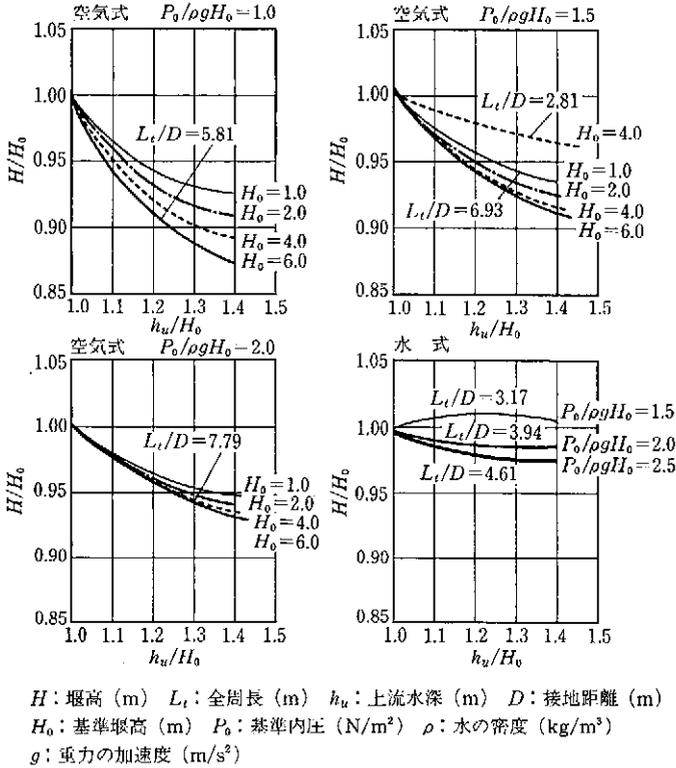


図 1.8 上流水深と堰高 (下流水深ゼロ)

なお、水式における内圧は、堰頂部の内圧である。

### 3. 下流水深と堰高

図 1.9 は上流水深を一定 ( $h_u/H_0 = 1.2$ ) にした場合の下流水深変化と堰高変化について、基準堰高 ( $H_0$ )、基準内圧・基準堰高比 ( $P_0/\rho g H_0$ )、全周長・接地距離比 ( $L_t/D$ )、膨張媒体の影響を示す計算例である。一般に下流水深が大きくなると堰高は増加する。

空気式では、基準堰高が高く、内圧が低く、全周長・接地距離比が大きいほど堰高変化が大きくなる。

水式の場合も内圧が低いと堰高変化が大きくなる傾向があるが、空気式に比べて変化率は小さい。

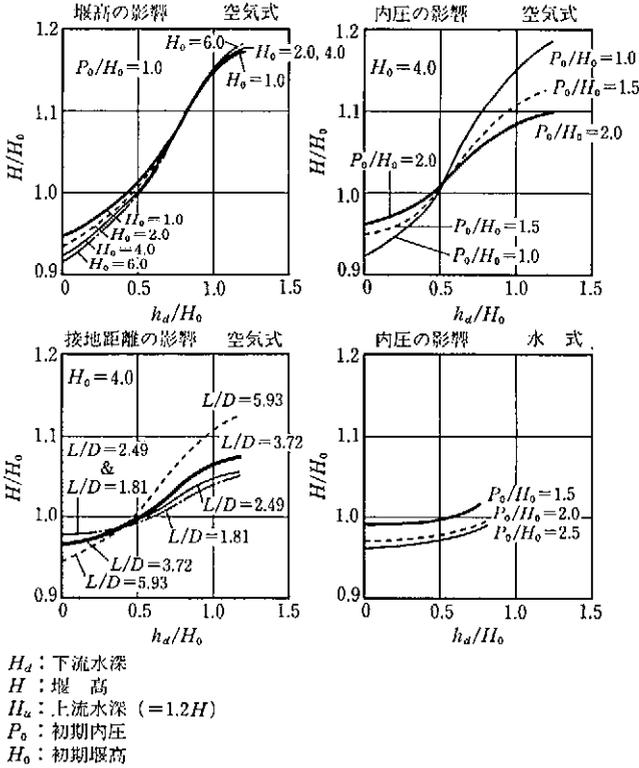


図1.9 下流水深と堰高

### 2.1.3 設計荷重

袋体の設計張力を設定するには、張力が最大となる条件について必要な荷重条件を適用するものとする。

**[解 説]**

袋体の張力に影響する荷重は、静水圧、地震時動水圧、地震時慣性力、温度荷重の他、必要に応じ泥圧、波圧、風荷重、氷圧、雪荷重を考慮するものとする。

**[参 考]**

波浪高さ（静水圧）、地震時動水圧、地震時慣性力、風荷重を本章 2.2.1

に後述する近似計算式に適用するには、通常各荷重を等価な静水圧に換算して、越流水深を増分する方法が採られている。また、温度荷重は、温度変化による袋体内の内圧変化を状態方程式を用いて算定することにより適用される。温度変化の範囲は、ゴム堰の使用状態や設置場所の気温特性に応じて適切な値を定めなければならないが、標準的には $\pm 15^{\circ}\text{C}$ として温度荷重を計算する。空気に比べ膨張係数の小さい水を膨張媒体に採用する場合についても、温度変化に伴う張力及び堰高等への影響が予想されるので、温度荷重を設計荷重として考慮するものとする。

なお、雪荷重、氷圧、泥圧、波圧については近似計算式に適用が困難であることから、本章2.2.1に後述する基本計算式を直接積分する方法を用いて張力計算を行う必要がある。

#### 2.1.4 袋体の安全率

袋体の安全率は、堰の安全が確保されるよう、適正な値を定めなければならない。

〔解 説〕

##### 1. 安全率設定の考え方

袋体の設計に用いる安全率は、ゴム引布の化学的劣化・繰り返し疲労による経年的強度低下とクリープ特性のそれぞれを独立した事象と仮定し、以下のように設定する。

$$F_s = f_1 \cdot f_2$$

ここに、 $F_s$ ：袋体の安全率

$f_1$ ：クリープ特性を考慮した係数

$f_2$ ：経年的強度低下を考慮した係数

##### 2. クリープ特性を考慮した係数 ( $f_1$ )

荷重がほぼ定常的に作用する使用条件が想定され、かつクリープによる破断現象が明瞭に現れる袋体材料では、クリープ破断時間とそれに対応する応力との関係から $f_1$ を設定する。

現行ゴム引布（ナイロンとゴムの複合体）を袋体材料として用いる場合

は、既存のクリープ試験結果に基づき、クリープ破断強度（設計張力とクリープ破断強度との比として整理）とクリープ破断時間の関係を片対数による近似直線により定めた図 1.10 を用いて  $f_1$  を 2.53 とする。

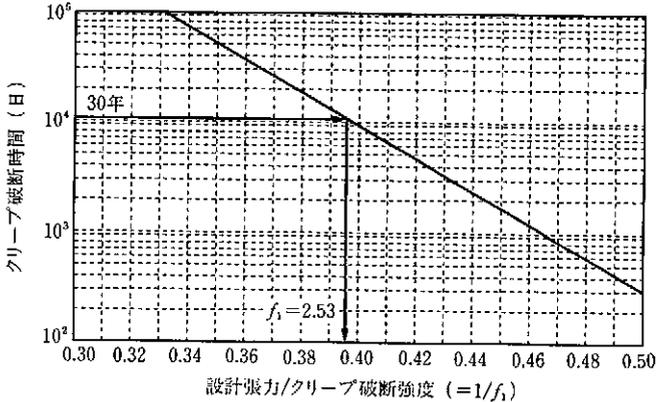


図 1.10 現行ゴム引布のクリープ破断特性

### 3. 経年的強度低下を考慮した係数 ( $f_2$ )

ゴム引布は、強度部材である織布が外層ゴムにより被覆される構造であるため、外層ゴムにクラック等が生じない限りは、紫外線及びオゾンによる強度低下を考慮する必要はない。しかしながら、長期使用する場合は、気温変化や水中使用による化学的劣化、起伏操作に伴う繰り返し疲労によりゴム引布の経年的な強度低下が予想される。このため、室内促進試験結果等を用いて、経年的な強度低下を考慮した係数  $f_2$  を設定する。

$$f_2 = 1/\gamma$$

ここに、 $\gamma$ ：使用期間後の強度保持率

なお、室内での促進試験において、経年的強度低下の因子を同時に評価することができなければ、熱水劣化による強度保持率 ( $\gamma_c$ )、繰り返し疲労による強度保持率 ( $\gamma_h$ )、吸水による強度保持率 ( $\gamma_w$ ) を個別に評価し、それらを乗じることで  $f_2$  とすることができる。

$$\gamma = \gamma_c \cdot \gamma_h \cdot \gamma_w$$

現行ゴム引布（ナイロンとゴムの複合体）を袋体材料に用いる場合には、既設ゴム堰の現地曝露試験から作成したゴム引布の強度保持率曲線（図

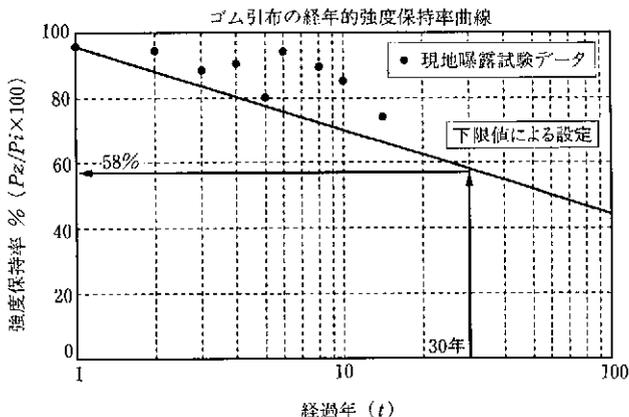


図 1.11 現行ゴム引布の強度保持率曲線

1.11) を用いて  $f_2$  を 1.73 ( $\approx 1/0.58$ ) とする。

#### 4. 袋体の安全率

現行ゴム引布（ナイロンとゴムの複合体）を袋体材料に用いる場合，袋体の設計に用いる安全率は，

$$F_s = f_1 \cdot f_2 = 2.53 \times 1.73 \approx 4.5$$

以上とし，地震時の安全率は 3 以上とする。

ナイロン織布とゴムの複合材料であるゴム引布には，荷重が定常的に作用することによるクリープが生じる。また，化学的劣化・繰り返し疲労を受ける使用状態にあるゴム引布には，経年的強度低下が生じる。このことは，初期の安全率に応じて袋体の物理的耐用年数が変化することを示唆するものである。したがって，袋体の設計においては，長期使用に耐え得るように安全率の値を定めることが合理的といえる。このような観点から，本基準では最長 34 年の施工実績に基づき上記の安全率を設定したが，安全率設定に用いた 30 年は単に力学的な検討に際しての目安に過ぎず，袋体の物理的耐用年数を意味するものではない。初期の安全率を 4.5 とした場合には，図 1.10 及び図 1.11 から 50 年程度の使用に耐え得ると判断されるが，これはゴム堰の使用条件又は使用環境によっても異なってくる。

なお，地震時の安全率を 3 とした理由は，地震等の短期荷重が袋体のクリープ特性にはほとんど影響を及ぼさないことを考慮したからである。す

なわち、地震時荷重は一時的な張力増加を引き起こすが、クリープによる破断現象にはほとんど影響を及ぼさないと考えられることから、クリープ特性を考慮した係数 2.53 を 1.5 で割り引くことにより、地震時の  $f_1$  を  $2.53/1.5 \approx 1.69$  としたのである。

### 〔参 考〕

二次案では、袋体の安全率を 8 と定めていた。本基準では 4.5 と定めたが、これは単に安全率を 8 から 4.5 に引き下げたことを意味するものではない。従来不明であった安全率の設定根拠について、袋材の強度特性や耐久性に関する試験データを整理することにより得られたものである。ただし、安全率の構成要素に含まれていないが、断面二次元による設計計算では応力集中係数 (1.75) を設計計算時に考慮することになるので、この分を見込むと約 8 ( $\approx 4.5 \times 1.75$ ) となり、実質的には二次案の設定値と同じ値となる。

また、材料強度のばらつきは、通常安全率に含むべき要素であるが、強度部材であるゴム引布については、最低保証強度を定めることを前提に安全率の構成要素から除外している。

## 2.1.5 固定ボルト、アンカー、取付金具の安全率

袋体を固定する取付金具、固定ボルト、アンカーの安全率は、堰の安全が確保されるよう、適正な値を定めなければならない。

### 〔解 説〕

取付金具、袋体固定ボルト、アンカーの常時の設計に用いる安全率は、降伏点応力に対して 2 以上とし、地震時の安全率は、2/1.5 以上とする。

## 2.1.6 最大越流水深

最大越流水深は、ゴム堰の安全性に支障を来すような有害な振動が生じないように定めなければならない。

## 〔解 説〕

ゴム堰は、越流水深が大きくなると、袋体の柔構造に起因する振動が発生する。振動発生限界は、下流水深、袋体の内圧・形状・材質、振動防止対策の有無により異なるが、下記に示す基準値は、それぞれの状況に応じて対策が行われない場合の限界となる越流水深の標準値を与えるものである。なお、空気式の場合は下流水位の影響は小さいが、水式では下流水位の影響が大きいため、袋体内圧ごとに最大越流水深を定める。

1. 空気式  $0.2H$
2. 水式
  - 下流側が露出射流の場合  $0.5H$
  - 下流水位が高い場合  $0.4H$  ( $P/\rho gH = 1.5 \sim 2.0$ )  
 $0.3H$  ( $P/\rho gH = 1.0 \sim 1.5$ )  
 $0.2H$  ( $P/\rho gH = 0.5 \sim 1.0$ )

ここに、 $H$ ：越流時の堰高 (m)、 $P$ ：堰頂内圧 ( $\text{N}/\text{m}^2$ )、

$\rho$ ：水の密度 ( $\text{kg}/\text{m}^3$ )、 $g$ ：重力の加速度 ( $\text{m}/\text{s}^2$ )

袋体に有害な振動とは、起立状態において定常的に発生する振動をいう。袋体等に対して有害な振動が生じる恐れのある場合は、適切な振動防止対策を講じ、その効果の確認を行わなければならない。

## 〔参 考〕

## 1. 振動発生限界

堰高 0.2m、径間長 4.0m の模型実験結果から、 $h_d/H = 0.17 \sim 0.35$  の範囲において目視による振動発生限界を  $h/H$  と  $P/\rho gH$  の関係で整理すると図 1.12 のようになる。同図(a)より、内圧を高めると振動が生じにくくなるが、水式の場合は、内圧をさらに高める ( $P/\rho gH = 4 \sim 5$ ) と非常に大きな振動が発生するので注意が必要である。また、同一内圧で比較すると空気式のほうが振動しやすい。

同図(b)より、袋体の接地距離を大きくとり、袋体形状を半円形に近づけることにより、振動発生限界を高めることができる。

(a) 内圧の影響

(b) 全周長・接地距離比( $L_t/D$ )の影響

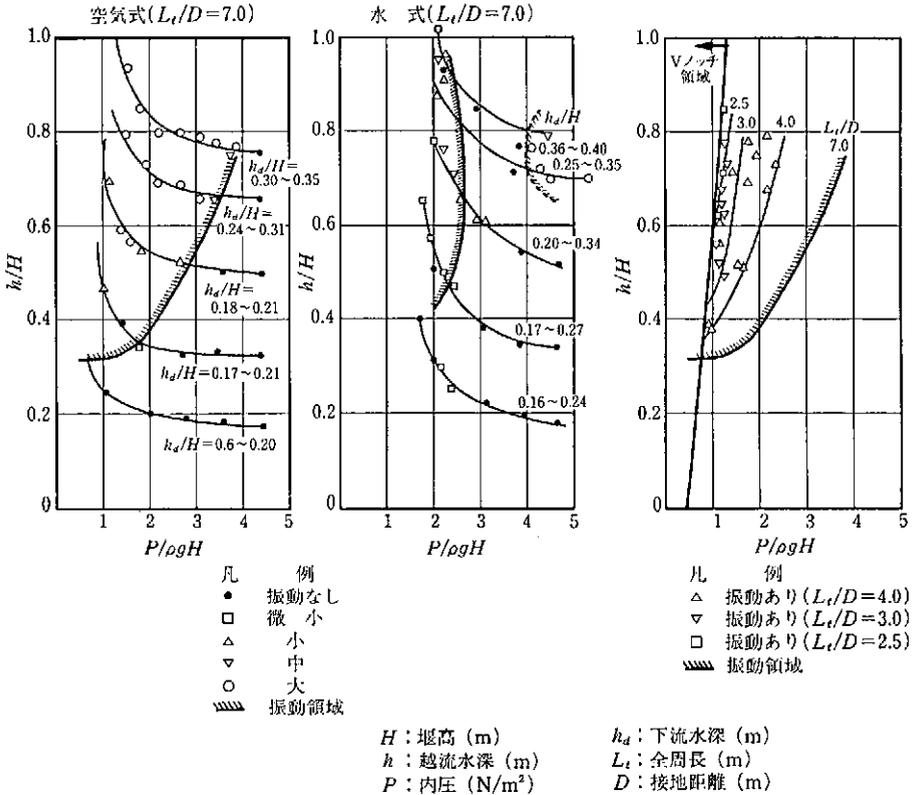


図 1.12 下流側が露出射流の場合の振動発生限界

下流水深との関係で表せば図 1.13 のようになり、水式は下流水深が大きくなると振動しやすい傾向がある。

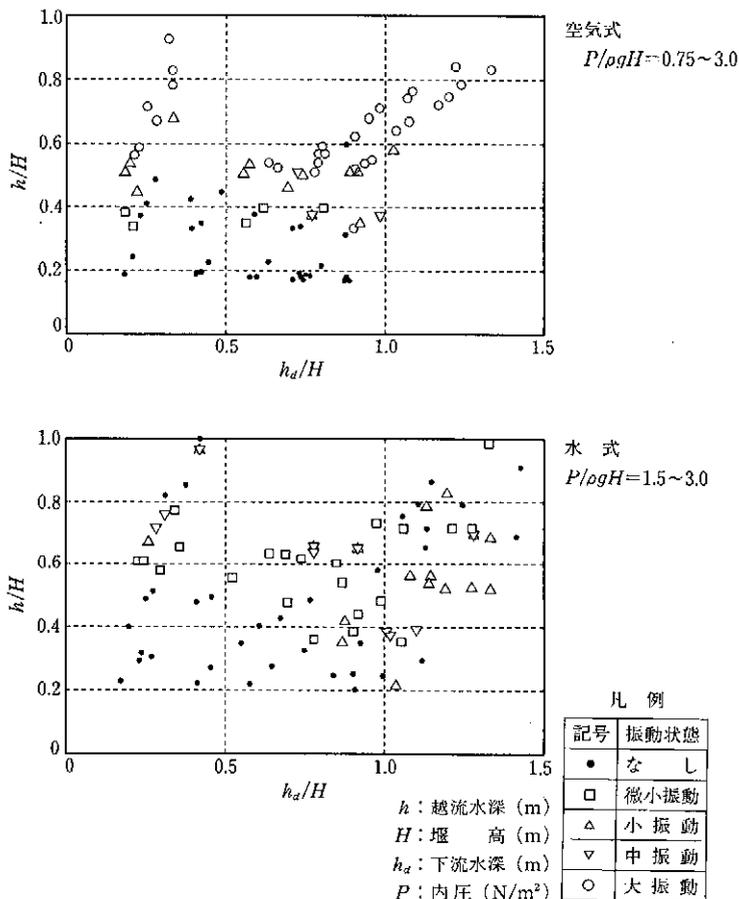


図 1.13 下流水深と振動発生限界

## 2. 振動防止対策例

基準堰高 2.8 m の堰で、袋体形状を半円形に近づける方法、デフレクターを取り付ける方法による振動防止対策が行われる場合は、次に示す断面形状において基準堰高の 5 割程度まで振動が発生しないことが確認されている。

### (1) 半円形に近づける方法

袋体形状を半円形に近づけることにより、下流側の接地角が大きいため、越流水脈の流向変化が緩和される。このため、下流面で越流水脈が剥離と

付着を繰り返すような現象が軽減される。

- 全周長・接地距離比 ( $L_t/D$ ) : 2.57
- 基準内圧・基準堰高比 ( $P_0/\rho g H_0$ ) : 1.0 ~ 1.5 (空気式)  
1.5 ~ 2.5 (水式)

## (2) デフレクターを取り付ける方法

デフレクターを取り付けることにより、越流水脈は強制剥離し、袋体の下流面付近に渦領域が形成される。この結果、水脈の剥離と付着の繰り返しによる周期的な作用圧力の変動が軽減され、袋体振動の発生が抑制される。なお、振動防止対策としてデフレクターを採用する場合は、堰直下流部との通気を確保するため、一般に取付高さを倒伏水位より高く設定する必要がある。

- 全周長・接地距離比 ( $L_t/D$ ) : 3.31 (空気式), 2.57 (水式)
- 基準内圧・基準堰高比 ( $P_0/\rho g H_0$ ) : 1.0 (空気式), 1.5 (水式)
- デフレクター長 :  $0.10 H_0$

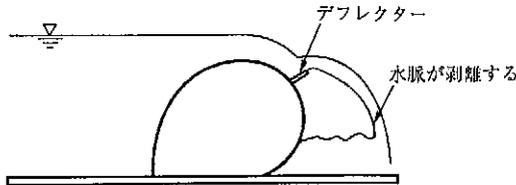


図 1.14 デフレクターを取り付ける方法

## 2.1.7 流量係数

流量を基準に倒伏操作を行う堰を設計する場合は、設置位置の水位条件、袋体断面形状、側壁・堰柱形状、膨張媒体に応じて適切な流量係数を定めなければならない。

### 〔解 説〕

流量を基準に倒伏操作を行う堰を設計する場合は、袋体の変形と流量係数を考慮して倒伏水位を定めなければならない。

ゴム堰の流量係数は、一般に側壁部の形状 (のり勾配, 取付高さ), 袋体

断面形状により異なってくる。以下に、現在使用されている標準的な袋体断面に対して、水理実験より導き出した直胴部及び側壁部の越流水深と流量係数との関係を示す。ここに示す断面形状以外のゴム堰に対して、流量係数式を高精度に評価する必要がある場合は、水理模型実験により確認しなければならない。

### 1. 標準断面の設定

袋体の断面形状には、内圧を高くして、周長を短くとするもの（高内圧タイプ）と内圧を低くして周長を長くとするもの（低内圧タイプ）に大別できる。それぞれの断面形状に対応できる一般的な流量係数式を求めることは困難であることから、既設ゴム堰の断面形状を参考にし、標準的な形状を定めたものである。

図 1.15 に示す標準断面は、基準状態（上流側満水，下流水深ゼロ）時の形状を示したものである。

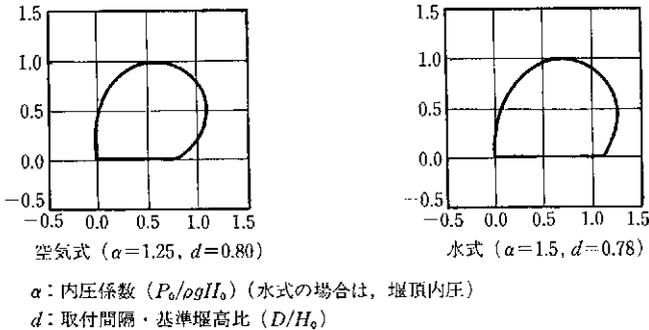


図 1.15 空気式と水式の標準断面

### 2. 直胴部と側壁部の流量係数を用いた全越流量の算定

線形性を仮定することにより、図 1.16 に示す直胴部と側壁部の水平長に相当する重みをそれぞれの流量係数に付けて、次式のように全越流量  $Q$  を算定する。

$$Q = (B_{sL} \cdot C_{sL} + B_0 \cdot C_0 + B_{sR} \cdot C_{sR}) \cdot h^{3/2} \quad (1.1)$$

ここに、 $Q$ : 越流量 ( $\text{m}^3/\text{s}$ )、 $C_{sL}$ : 左岸側壁部の流量係数、 $C_{sR}$ : 右岸側壁部の流量係数、 $C_0$ : 直胴部の流量係数、 $B_0$ : 袋体底幅 (m)、 $h$ : 直胴部の越流水深 (m)、 $B_{sL}$  及び  $B_{sR}$ : 左岸側及び右岸側側壁部の直胴部の延長と

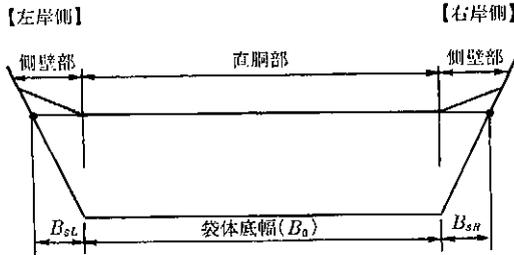


図 1.16 直胴部と側壁部

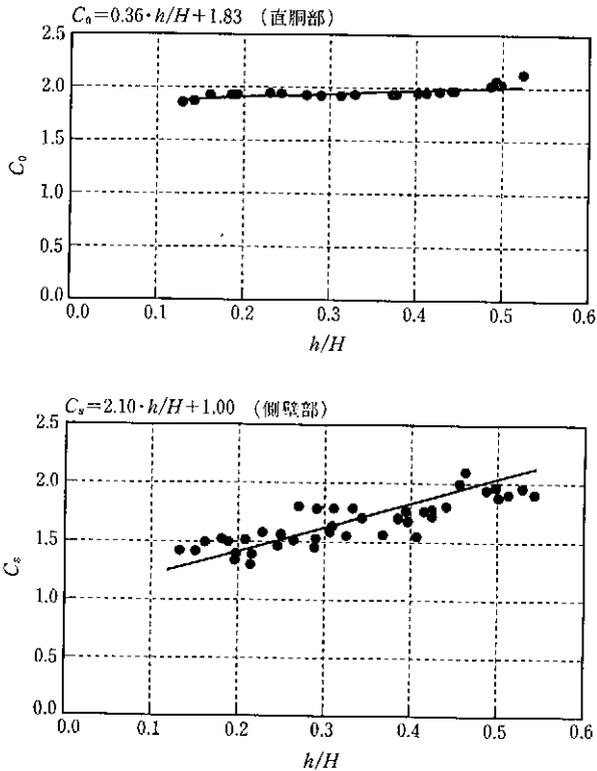
側壁との交点と直胴部端部との水平長 (m)

〔参 考〕

以下に示す流量係数式は、図 1.15 に示す堰高 0.2 m の標準断面のゴム堰に対して行った水理模型実験から得られたデータを最小二乗法により求めたものである。なお、側壁部の流量係数  $C_{sL}$  及び  $C_{sR}$  は、厳密には取付高さ等の側壁部形状や越流水深に影響されるが、ここでは、上図のように直胴部の延長と側壁の交点から直胴部端部までの水平長 ( $B_{sL}$ ,  $B_{sR}$ ) により無次元化をして整理している。

1. 完全越流時の流量係数式

(1) 空気式



$C_0$  : 直胴部の流量係数

$C_s$  : 側壁部の流量係数

$h$  : 越流水深 (m)  $H$  : 堰高 (m)

図 1.17 空気式ゴム堰の流量係数

(2) 水式

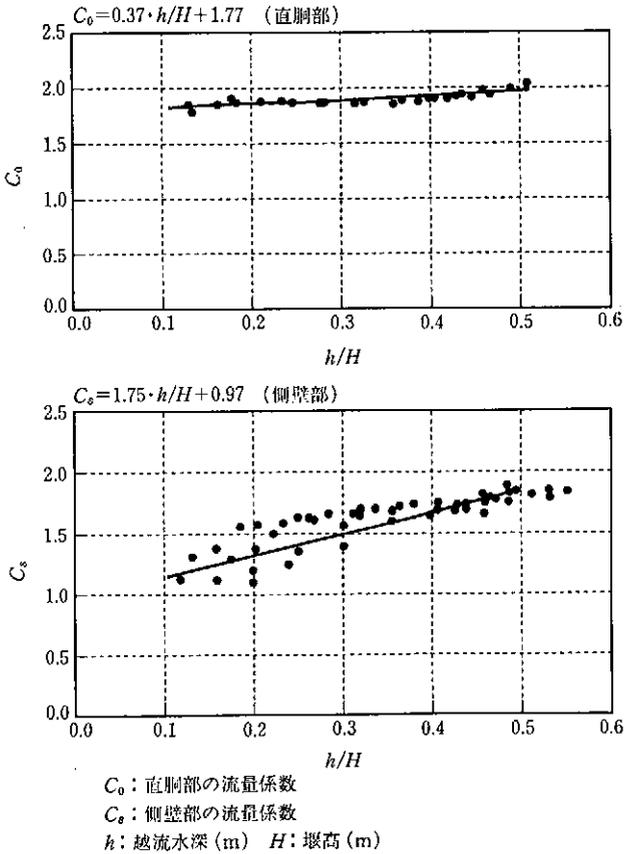


図 1.18 水式ゴム堰の流量係数

2. 不完全越流時、もぐり越流時の流量係数式

不完全越流、もぐり越流時の流量係数は、本間の台形堰の実験式（水理公式集）とよく一致することから、これと同様の表示方式とした。

(1) 不完全越流時

$$0.5 \leq \frac{h_d - H}{h} < 0.85 \quad \text{のとき}$$

$$Q = (B_{sL} \cdot C_{sL}' + B_0 \cdot C_0' + B_{sR} \cdot C_{sR}') \cdot h^{3/2} \tag{1.2}$$

$$C_{sL}' = \left( -0.2 \frac{h_d - H}{h} + 1.1 \right) \cdot C_{sL}$$

$$C_0' = \left( -0.2 \frac{h_d - H}{h} + 1.1 \right) \cdot C_0$$

$$C_{sR}' = \left( -0.2 \frac{h_d - H}{h} + 1.1 \right) \cdot C_{sR}$$

(2) もぐり越流時

$$0.85 \leq \frac{h_d - H}{h} < 1.0 \quad \text{のとき}$$

$$Q = (B_{sL} \cdot C_{sL}'' + B_0 \cdot C_0'' + B_{sR} \cdot C_{sR}'') \cdot h^{3/2} \quad (1.3)$$

$$C_{sL}'' = 2.82 \frac{h_d - H}{h} \sqrt{1 - \frac{h_d - H}{h}} \cdot C_{sL}$$

$$C_0'' = 2.82 \frac{h_d - H}{h} \sqrt{1 - \frac{h_d - H}{h}} \cdot C_0$$

$$C_{sR}'' = 2.82 \frac{h_d - H}{h} \sqrt{1 - \frac{h_d - H}{h}} \cdot C_{sR}$$

ここに、 $H$ ：堰高 (m)、 $h_d$ ：下流水深 (m)、 $h$ ：越流水深 (m)

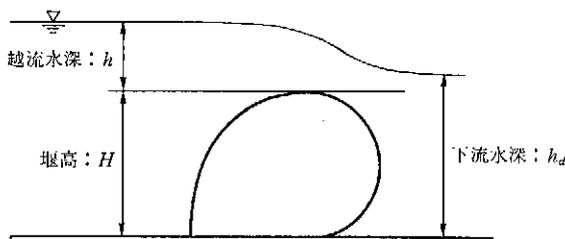


図 1.19 上下流水位の概念図

## 2.1.8 Vノッチ限界堰高

空気式ゴム堰の設計に当たっては、Vノッチを考慮しなければならない。

〔解 説〕

空気式ゴム堰を選択する際は、倒伏過程で発生するVノッチ現象を考慮した設計が必要である。図1.21は、上下流水深に応じたVノッチ限界時の堰高を上流水深/全周長～Vノッチ限界堰高/全周長の関係として整理したものである。

図中の  は、それぞれ下流水深 ( $h_d$ ) が露出射流状態，下流側水深が

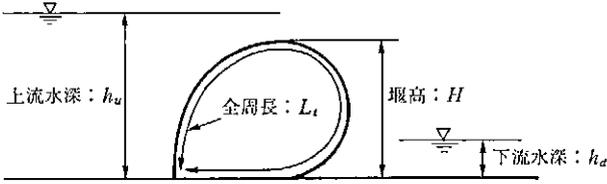
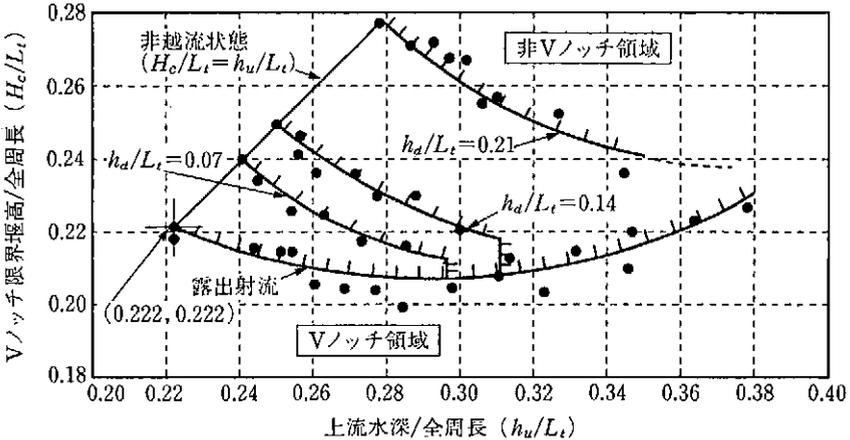


図1.20 全周長 ( $L_t$ ) の概念図



$H_c$  : Vノッチ限界堰高 (m),  $h_u$  : 上流水深 (m),  $L_t$  : 全周長 (m),  
 $h_d$  : 下流水深 (m),  : Vノッチ限界推定曲線, ● : 実験値

- ※1 非越流状態では、Vノッチ限界は下流水深 ( $h_d$ ) がゼロのときに座標 (0.222, 0.222) に位置する。このことは、理論的にも裏付けられている。下流水深が増加するに従い、この点を起点として  $H/L_t = h_u/L_t$  線上(45度のライン)を図に示すように移動する。
- ※2 点線部は実験で確認することができなかった部分であるが、物理的な解釈を踏まえて予測したものである。点線部付近の条件を用いる場合は、実験的な検討が必要である。

図1.21 Vノッチ限界堰高

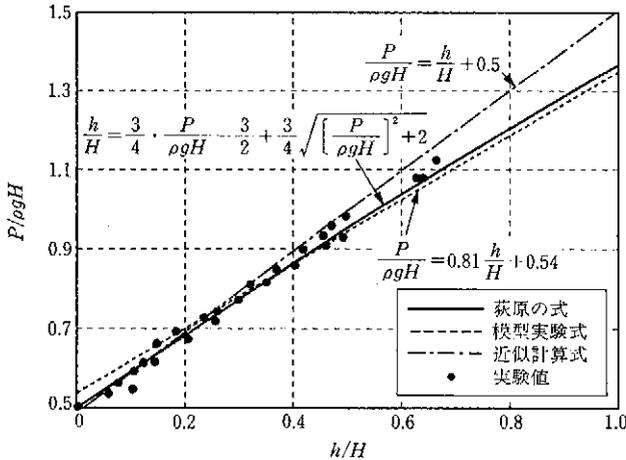
基準堰高の1/4 ( $h_d/L_t = 0.07$ ), 1/2 ( $h_d/L_t = 0.14$ ) 及び3/4 ( $h_d/L_t = 0.21$ ) のときのVノッチ限界状態の堰高推定曲線を示す. 高越流時にVノッチ限界堰高が高くなる要因及び下流水位の高い条件下でVノッチ限界堰高線が上方にシフトする要因は, いずれも下流からの水圧の影響によるものと推定される. ただし, 下流側水位が高くても堰直下流で露出射流となる条件では, 露出射流時のVノッチ限界曲線に重複する.

なお, 水位一定制御が必要とされる堰では, Vノッチが発生しない上流水深と堰高との関係において制御が可能となる.

[参 考]

1. 荻原の式

図 1.22 は, 荻原の理論式と水理模型実験結果を示すものであり, Vノッチ発生時の  $P/\rho gH$  と  $h/H$  との関係を示すものである.



$h$ : 越流水深 (m),  $H$ : 堰高 (m),  $P$ : 内圧 ( $\text{N/m}^2$ )  
 $\rho$ : 水の密度 ( $\text{kg/m}^3$ ),  $g$ : 重力の加速度 ( $\text{m/s}^2$ )

図 1.22 Vノッチ時内圧と越流水深

2. 基準堰高とVノッチ限界堰高

1) 袋体形状

空気式ゴム堰の実績によれば, 袋体の断面形状は内圧を高く設定して周

長を短くするタイプ（高内圧タイプ）と内圧を低く設定して周長を長くするタイプ（低内圧タイプ）に大別できる。高内圧の標準タイプ（ $\alpha = 1.5$ ）、低内圧の標準タイプ（ $\alpha = 1.0$ ）及び中間内圧の標準タイプ（ $\alpha = 1.25$ ）の3形状の袋体断面についてVノッチ限界堰高を比較した。

なお、図1.23は、基準状態時（上流満水、下流ゼロ）の各タイプの断面形状を描いたものである。

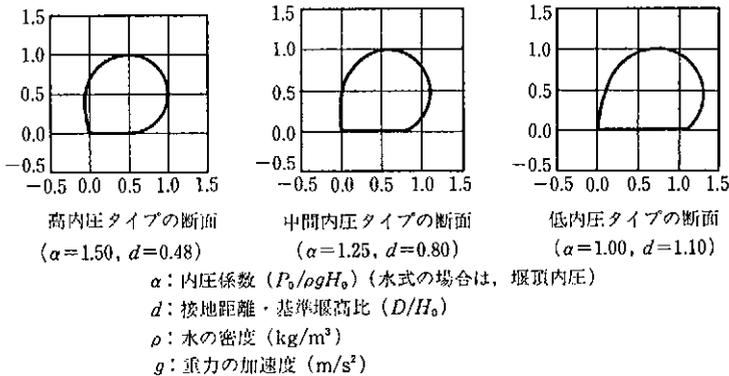


図 1.23 代表的な袋体断面形状

2) 越流・非越流状態のVノッチ限界堰高の比較

表1.4は、基準堰高を1mとしたときの各タイプの越流・非越流状態の限界堰高を算定したものである。

表 1.4 Vノッチ限界堰高と基準堰高の比率（越流・非越流状態）

袋体形状	基準堰高 $H_0$ (m)	全周長 $L_t$ (m)	Vノッチ限界堰高 $H_c$ (m)			
			非越流		越流 ( $h_u = 1.2H_0$ )	
			$h_d = 0$	$h_d = 0.5H_0$	$h_d = 0$	$h_d = 0.5H_0$
高内圧タイプ	1.00	3.36	0.746	0.840	0.739	0.739
中間内圧タイプ	1.00	3.54	0.786	0.885	0.754	0.754
低内圧タイプ	1.00	3.85	0.855	0.963	0.805	0.843

非越流状態では、高内圧タイプは基準状態における全周長が短いため、基準堰高に対するVノッチ限界堰高は低くなり、低内圧タイプに比べVノッチが発生しにくい。

### 2.1.9 袋体膨張媒体の選択

袋体の膨張媒体は空気、水の中から、次に示す要素を総合的に考慮して、選択するものとする。

1. 堰設置地点の自然条件（気温、水理量等）
2. 設置目的と操作方針（要求される機能、操作頻度）
3. 膨張媒体確保の安定性
4. 維持、管理の容易性
5. 経 済 性

#### 〔解 説〕

袋体の膨張媒体として空気、水がある。各方式には、表 1.5 に示すような特性がある。

膨張媒体が空気の場合は、媒体確保に問題はほとんどないが、水式の場合はいかなる水を用いるかによって事情が異なってくる。例えば、河川水利用の場合は、スクリーン等のろ過施設、沈砂池等が必要の他、濁水時の水の確保が困難となる。地下水の場合は、揚水施設を要するに加え、必要水量汲上げ可能な井戸か貯水槽を必要とする。

空気式は、水式に比べて給排設備が小規模ですむので、一般に操作性、経済性の面で有利である。空気式の特徴としては、起伏過程における V ノッチ現象がある。V ノッチが発生すると、水位調節等が難しくなり、また、V ノッチ部の単位幅流量が大きくなるので、これらについて考慮する必要がある。

水式は、下流水深が小さい範囲では、空気式に比べて大きい越流水深に耐える。また、倒伏過程において V ノッチが発生せず、上下流水深変化による袋体変形が小さいことから、堰高の維持、調節の面で空気式に比べて有利である。

表 1.5 袋体膨張媒体特性比較

	空 気 式	水 式
媒体の確保	媒体の確保は容易である。	河川水の利用は可だが、目詰まり等を考慮し、スクリーン等による過水が必要である。
気 温	気温差が著しい場所では、袋体内圧に変化が生じ、張力及び堰高が変化する。	極寒地においては、膨張用水の水結の恐れがある。
袋体の周長	袋体周長は短くなる。	袋体の断面形状が扁平になるため、袋体周長が長くなる。
袋体積載床版	上記の理由により、袋体積載床版も短くなる。	上記の理由により、袋体積載床版も長くなる。
操作時の袋体形状の安定性	内圧が下がるとVノッチが生じる。	比較的等しい水深で一様に越流する。
袋体変形	水位変化による袋体変形量大きい。	水位変化による袋体変形量小さい。
水位調節	水位調節は越流振動及びVノッチが発生しない範囲に限定される。	空気式に比較し、調節範囲が広い。
波に対する特性	波浪による張力変動は小さい。	波浪による張力変動は大きい。
給排時間	自然排出による場合、下流水位が上昇しても排出時間は短い。	自然排出による場合、下流水位が上昇すると排出時間が長くなる。
給排管	水式に比べ小口径管の使用が可能である。	取水の方法により管内に土砂堆積の恐れがある。
その他の構造物	沈砂装置、水槽は不要である。	多くの場合沈砂装置、水槽を要する。

### 2.1.10 袋体倒伏方式の選択

袋体の倒伏方式は、堰設置予定地点における流れの特性等によって、片倒れ式、両倒れ式、直伏式の中から選択するものとする。

#### 〔解 説〕

図 1.24 は、各倒伏方式の概要を示すものであり、一般に、次の基準で選択する。

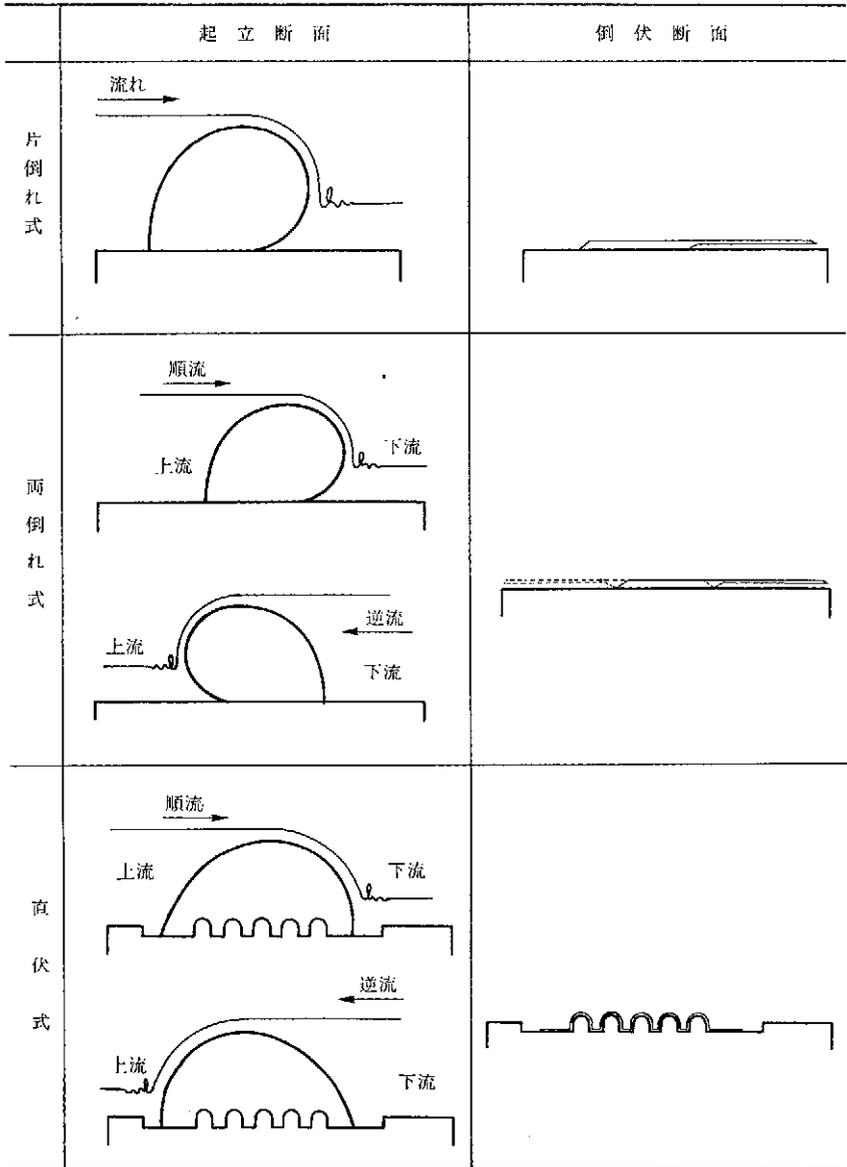


図 1.24 袋体の倒伏形式概要図

### 1. 片倒れ式

流れが常に下流方向である場合等で、倒伏方向が一方向に固定できる場合に適用する。最も一般的な方式である。片倒れ式は、袋体側壁部を下流側へ傾けて取り付けするため、上下流水位が逆転して上流側へ押される状態になると、袋体形状によっては側壁取付部が拘束されて応力集中が生じる。

### 2. 両倒れ式

袋体起立時に上下流水位が逆転するような場所等で、片倒れ式が適用できない場合、いずれの方向にも倒伏させる必要がある場合に適用する。

### 3. 直伏式

感潮区間など、下流水位が高く、流速が小さい場所でも不完全倒伏現象を回避したい場合、又は下流に土砂の堆積が生じ管理上問題になる場合等に適用する。ただし、袋体構造、操作設備が複雑な構造となるデメリットがある。

ゴム堰の袋体構造は、単室式と多室式に大別できる。多室式は、袋体内部に隔壁を設ける方式、袋体を二重以上にする方式等、用途に応じて種々の方式が考えられる。多室構造にすることによって、袋体の特性を高めることが可能な場合もあるが、構造を複雑にすることは堰の特長を損なうことにもなるので、多室式は特殊な場合に限って適用すべきである。

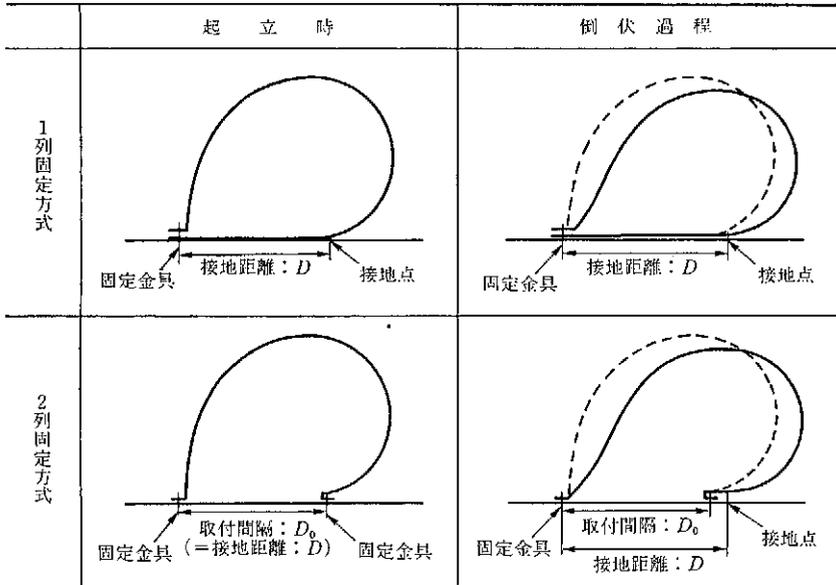
## 2.1.11 袋体固定方式の選択

袋体の固定方式は、1列固定方式、2列固定方式の中から選択するものとする。

### 〔解 説〕

袋体の固定方式は、ゴム引布を上流側の1列で固定する1列固定方式と、上下流の2列で固定する2列固定方式がある。上下流水位の変動、波浪等によって下流側からの力を受ける場合は2列固定方式が有利である。

倒伏方式との関係は、片倒れ式は1列又は2列固定方式のどちらも適用



取付間隔( $D_0$ ): 2列固定方式における上下流取付部の間隔  
 接地距離( $D$ ): 上下流接地点間の距離

図 1.25 袋体固定方式

できるが、両倒れ式は給排水管取付けの制約から、直伏式はその機構上から、いずれも 2 列固定方式が選択される。

## 第 2.2 節 設 計

### 2.2.1 袋体の設計

袋体の断面形状及び設計張力は、袋体に作用する外圧・内圧、堰高の影響が適切に考慮できる計算式を用いて算定しなければならない

## 〔解 説〕

## 1. 設計張力

設計張力は、使用状態において袋体に発生する最大の張力とする。袋体に作用する張力は空間的にも一様ではなく、側壁部には応力集中が発生するため、設計張力にはこのような応力集中による増分を見込まなければならない。

$$T_d = T \times \lambda$$

ここに、 $T_d$ ：設計張力、 $T$ ：計算張力、 $\lambda$ ：応力集中係数

計算張力 ( $T$ ) は、後述の断面二次元を仮定した解法により計算された張力であり、直胴部の周方向に作用する平均的な張力と考えられる。計算張力の算定では、本章 1.4.1 及び 2.1.1 に示す袋体張力が最大となる水位条件に、本章 2.1.3 に示す荷重条件の中から袋体張力が最大となる荷重条件を考慮して計算しなければならない。

応力集中係数 ( $\lambda$ ) は、内圧条件、上下流水位条件、側壁部ののり勾配、固定方式等により変化する。断面二次元を仮定した張力計算方法を用いる場合は応力集中係数 ( $\lambda$ ) を 1.75 以上として設計張力を求めるものとし、三次元 FEM 等の計算方法を用いる場合は張力の計算結果を設計張力とすることができる。

## 2. 基本計算式

袋体は、水圧等の荷重を直接受ける部分で、その形状及び張力は、式 (1.4) で与えられる。

$$T = \Delta P \times R \quad (1.4)$$

ここに、 $T$ ：袋体張力

$\Delta P$ ：袋体内外差圧

$R$ ：袋体各部位での曲率半径

外圧、内圧、堰高等の条件に応じて、式 (1.4) を積分することにより、袋体形状、張力を求めることができる。その積分方法には、必要な精度に応じて断面二次元を仮定した数値積分や三次元 FEM による方法が考えられる。三次元 FEM による方法は、側壁部を含む袋体の三次元的な形状、張力の状態を詳細に検討できる利点はあるが、計算労力が多く適用事例も極め

て少ない。断面二次元を仮定した解法は、取付部、側壁部の応力集中や分散の影響を考慮することはできないが、実績も多く、比較的簡便に直胴部の周方向張力を計算できる利点を有する。

以上のことから本基準では、標準的な設計計算方法として断面二次元を仮定した数値積分の方法を〔参考〕に示すこととする。ただし、これにより高精度な三次元解析の適用を妨げるものではない。

### 3. 断面二次元を仮定した解法と計算張力

断面二次元を仮定すると、式 (1.4) を外圧条件に応じて周方向に積分することにより袋体断面形状、周方向に作用する張力を求めることができる。本基準では、断面二次元を仮定した解析方法により求めた周方向張力を計算張力と定義する。

なお、一般に越流状態におけるゴム堰では、袋体に作用する外圧が上下流水深、越流水脈等によって複雑な圧力分布を示すため、基本計算式を用いる場合は、数値積分を行う必要がある (図 1.26 参照)。解析的に解ける簡

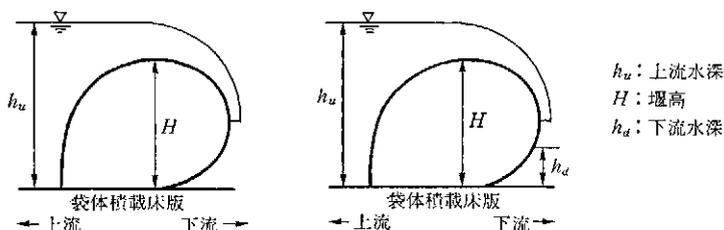


図 1.26 越流水脈の影響を考慮した外圧条件の一例 (数値積分)

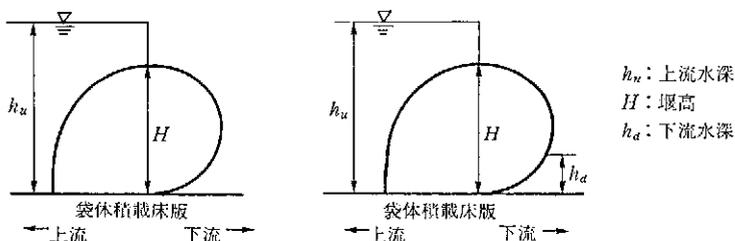


図 1.27 越流水脈の影響を省略した外圧条件の一例 (近似計算式)

便な手法として、外圧条件を簡略化した近似的な設計計算法（図 1.27 参照）が確立されており、越流水深が基準堰高の 2 割程度までは、これを適用することができる。

[参 考]

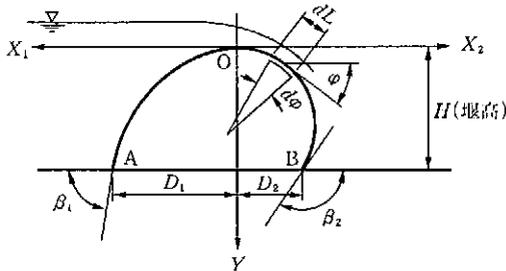


図 1.28 計算定義図

### 1. 断面二次元を仮定した解法

#### (1) 積分の手順

$$T = \Delta P \cdot R \quad (1.5)$$

定義図より、

$$dL = R \cdot d\varphi \quad (1.6)$$

$$dX = dL \cdot \cos\varphi \quad (1.7)$$

$$dY = dL \cdot \sin\varphi \quad (1.8)$$

である。

#### 1) 袋体張力 (T)

張力は、袋体周上で一定であるから、式 (1.5)、(1.6)、(1.8) より

$$T \cdot \sin\varphi \cdot d\varphi = \Delta P (Y) \cdot dY \quad (1.9)$$

下流側 OB で積分すると、

$$T = \frac{\int_0^H \Delta P_2(Y) dY}{\int_0^{\beta_2} \sin\varphi_2 d\varphi_2} \quad (1.10)$$

で求まる。

#### 2) 下流側接地点 (B)

式 (1.7), (1.8) より,

$$dX_2 = \frac{\cos\varphi_2}{\sin\varphi_2} \cdot dY \quad (1.11)$$

である.

$\varphi_2$  と  $Y$  の関係は式 (1.9) より求められ,

$$\frac{\cos\varphi_2}{\sin\varphi_2} = f_2(Y) \quad (1.12)$$

と表す (ただし,  $\Delta P(Y) = \Delta P_2(Y)$  である).

$$\text{よって, } dX_2 = f_2(Y) \cdot dY \quad (1.13)$$

となり,  $D_2$  は下式で表される.

$$D_2 = \int_0^H f_2(Y) dY \quad (1.14)$$

### 3) 下流側周長 ( $L_2$ )

式 (1.7), (1.8), (1.12) より,

$$\begin{aligned} dL_2 &= \sqrt{1 + \left(\frac{dX_2}{dY}\right)^2} \cdot dY \\ &= \sqrt{1 + f_2(Y)^2} \cdot dY \end{aligned} \quad (1.15)$$

であり, 下流側周長は下流側の弧 OB について積分し,

$$L_2 = \int_0^H \sqrt{1 + f_2(Y)^2} dY \quad (1.16)$$

で求まる.

### 4) 下流側断面積 ( $S_2$ )

微小断面積  $dS_2$  は,

$$dS_2 = X_2 \cdot dY \quad (1.17)$$

で表され,

$$S_2 = \int_0^H X_2 dY \quad (1.18)$$

で求まる.

### 5) 下流側座標 ( $X_2, Y$ )

座標は式 (1.13) を積分して、 $X_2$ 、 $Y$ に下式の関係が求められる。

$$X_2 = \int_0^{X_2} dX_2 = \int_0^Y f_2(Y) dY \quad (1.19)$$

6) 上流側立上角 ( $\beta_2$ )

式 (1.5), (1.6), (1.8) より,

$$\int_0^H T \sin \varphi_1 d\varphi_1 = \int_0^H \Delta P_1(Y) dY \quad (1.20)$$

で求まる。

7) 上流側接地点 (A)

下流側と同様にして、式 (1.7), (1.8) より、

$$dX_1 = \frac{\cos \varphi_1}{\sin \varphi_1} dY = f_1(Y) \cdot dY \quad (1.21)$$

$$D_1 = \int_0^H f_1(Y) dY \quad (1.22)$$

で求まる。

ただし、 $f_1(Y)$  は上流側の  $\varphi_1$  と  $Y$  の関係を式 (1.9)

( $\Delta P(Y) = \Delta P_1(Y)$ ) より求め、

$$\frac{\cos \varphi_1}{\sin \varphi_1} = f_1(Y) \quad (1.23)$$

である。

8) 上流側周長 ( $L_1$ )

下流側と同様にして、

$$L_1 = \int_0^H \sqrt{1 + f_1(Y)^2} dY \quad (1.24)$$

で求まる。

9) 上流側断面積 ( $S_1$ )

下流側と同様に、

$$S_1 = \int_0^H X_1 dY \quad (1.25)$$

で求まる。

10) 上流側座標 ( $X_1, Y$ )

下流側と同様に，式 (1.21) を積分して ( $X_1, Y_1$ ) が求まる。

$$Y_1 = \int_0^{X_1} dX_1 = \int_0^Y f_1(Y) dY \quad (1.26)$$

以上，上下流個別に求めた。袋体の接地距離，周長，断面積は以下のようになる。

11) 接地距離 ( $D$ )

接地距離 AB は，式 (1.14)，式 (1.22) より求まる。

$$\begin{aligned} D &= D_1 + D_2 \\ &= \int_0^H f_1(Y) dY + \int_0^H f_2(Y) dY \end{aligned} \quad (1.27)$$

12) 袋体周長 ( $L$ )

袋体周長 AOB は，式 (1.16)，式 (1.24) より求まる。

$$\begin{aligned} L &= L_1 + L_2 \\ &= \int_0^H \sqrt{1 + f_1(Y)^2} dY + \int_0^H \sqrt{1 + f_2(Y)^2} dY \end{aligned} \quad (1.28)$$

13) 袋体断面積 ( $S$ )

袋体断面積  $S$  は，式 (1.18)，式 (1.25) より求まる。

$$\begin{aligned} S &= S_1 + S_2 \\ &= \int_0^H X_1 dY + \int_0^H X_2 dY \end{aligned} \quad (1.29)$$

## (2) 非越流時の袋体張力

非越流時（下流側立上角が  $180^\circ$  の場合）の袋体張力は式 (1.10) を用いて下記のように求めることができる。

## (a) 空気式

袋体内圧  $P_i$  は，

$$P_i = \alpha \rho g H$$

ここに， $\alpha$ ：内圧係数

$\rho$ ：水の密度

$H$ ：堰 高

で表せるから，式 (1.10) を用いて，

袋体張力  $T$  は、

$$T = \frac{1}{2} \alpha \rho g H^2 \quad (1.30)$$

となる。

(b) 水式

袋体内圧  $P_i$  は、

$$P_i = \alpha \rho g H + \rho g Y$$

で表せるから式 (1.10) を用いて、

袋体張力  $T$  は、

$$T = \frac{1}{4} (1 + 2\alpha) \rho g H^2 \quad (1.31)$$

となる。

## 2. 近似計算式の導出

一般に、越流状態におけるゴム堰では、袋体に作用する外圧が上下流水深、越流水脈等によって複雑な圧力分布を示すため、前項の計算式を数値積分する必要がある。ここでは、外圧条件を簡略化した近似的な設計計算法について以下に示す。

### (1) 外圧条件

上流水深は、無限遠から堰頂まで一定とし、下流側には影響を及ぼさないものとする。また、上下流とも袋体に作用する水圧は静水分布とする。

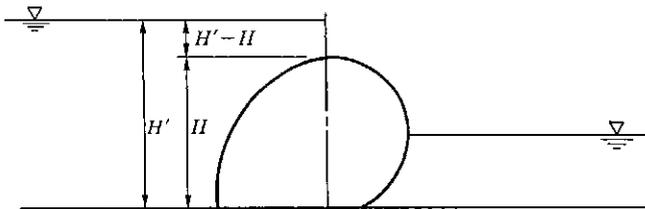


図 1.29 計算外圧条件

### (2) 座標系

座標系及び各諸元の記号を図 1.30、表 1.6 に示す。

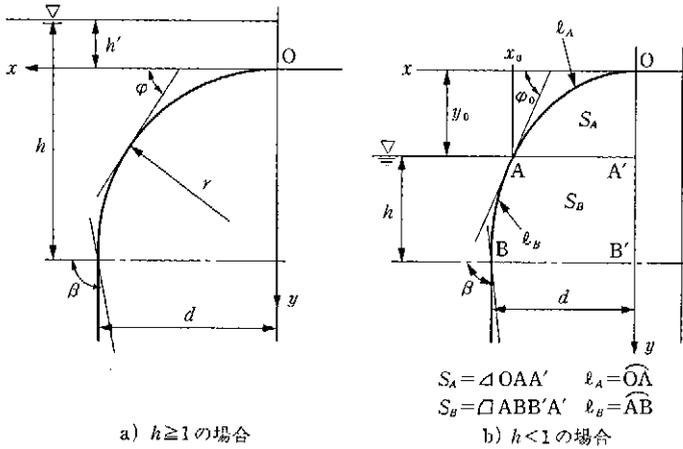


図 1.30 座標系及び記号

表 1.6 計算に用いる記号と変換式

記号	次元	内 容	無次元の記号
$H$	m	堰高	$1 = H/H$
$H'$	m	水深	$h = H'/H$
$R$	m	堰周曲率半径	$r = R/H$
$P_m$	N/m <sup>2</sup>	内圧 (空気式では堰内圧, 水式では堰頂内圧)	$\alpha = P_m / \rho g H$
$D$	m	接地距離 ( $d_0 = d_1 + d_2$ )	$d = D/H$
$L$	m	堰周長 ( $l_0 = l_1 + l_2$ )	$l = L/H$
$\beta$	Radian	立上角度	$\beta$
$T$	N/m	張力	$t = T / \rho g H^2$
$S$	m <sup>2</sup>	断面積 ( $S_0 = S_1 + S_2$ )	$s = S/H^2$
$\varphi$	Radian	堰周の接線と X 軸とのなす角	$\varphi$
$X$	m	水平方向座標	$x = X/H$
$Y$	m	垂直方向座標	$y = Y/H$

※下付きのサフィックス 1,2 は各々上下流側を示す。

## (3) 近似計算式

基本式は前項の式 (1.5) ~ 式 (1.8) であり、境界条件は、

$$x = 0, y = 0 \text{ で } \varphi = 0 \text{ (堰頂部)}$$

$$x = d, y = 1 \text{ で } \varphi = \beta \text{ (接地点)}$$

である。

外圧条件の仮定から、堰頂点をはさんで上流側、下流側を別々に計算でき、

$$t_1 = t_2 \quad \text{上流側, 下流側で張力は等しい。}$$

$$\alpha_1 = \alpha_2 \quad \text{上流側, 下流側で内圧 (堰頂) は等しい。}$$

の関係と、

$$d_0 = d_1 + d_2$$

$$l_0 = l_1 + l_2$$

$$S_0 = S_1 + S_2$$

の関係から、袋体全体の諸元を決定できる。

張力、立上角、接地点、周長、断面積、座標に関する近似計算式を、膨張媒体 (空気あるいは水) 及び水深 ( $h \geq 1$  あるいは  $h < 1$ ) の組合せについて以下に示す。

## 1) 空気式の場合

(a)  $h \geq 1$  の場合

## イ) 張力

$$t = \frac{\alpha - h' - \frac{1}{2}}{1 - \cos \beta} \quad (1.32)$$

## ロ) 接地点

$$k^2 = \frac{4t}{(\alpha - h')^2} > 1 \quad \text{の場合}$$

$$d = \sqrt{t} \left\{ 2E \left( \theta, \frac{1}{k} \right) - F \left( \theta, \frac{1}{k} \right) \right\}$$

$$\theta = \cos^{-1} \left( 1 - \frac{1}{\alpha - h'} \right) \quad (1.33)$$

$$k^2 = \frac{4t}{(\alpha - h')^2} \leq 1 \quad \text{の場合}$$

$$d = \frac{2t}{\alpha - h'} \left[ F\left(\frac{\beta}{2}, k\right) - (\alpha - h') \left\{ F\left(\frac{\beta}{2}, k\right) - E\left(\frac{\beta}{2}, k\right) \right\} \right] \quad (1.33)'$$

ハ) 周長

$$k^2 = \frac{4t}{(\alpha - h')^2} > 1 \quad \text{の場合}$$

$$\ell = \sqrt{t} F\left(\theta, \frac{1}{k}\right) \quad (1.34)$$

$\theta$  は前出

$$k^2 = \frac{4t}{(\alpha - h')^2} \leq 1 \quad \text{の場合}$$

$$\ell = \frac{2t}{\alpha - h'} F\left(\frac{\beta}{2}, k\right) \quad (1.34)'$$

ニ) 断面積

$$S = (1 - \alpha + h')d + t \sin\beta \quad (1.35)$$

ホ) 座標

$$k^2 = \frac{4t}{(\alpha - h')^2} > 1 \quad \text{の場合}$$

$$x = \sqrt{t} \left[ 2E\left(\phi, \frac{1}{k}\right) - F\left(\phi, \frac{1}{k}\right) \right] \quad (1.36)$$

$$\phi = \cos^{-1}\left(1 - \frac{y}{\alpha - h'}\right)$$

$$k^2 = \frac{4t}{(\alpha - h')^2} \leq 1 \quad \text{の場合}$$

$$x = \frac{2t}{\alpha - h'} F\left(\frac{\phi}{2}, k\right) - (\alpha - h') \left\{ F\left(\frac{\phi}{2}, k\right) - E\left(\frac{\phi}{2}, k\right) \right\} \quad (1.36)'$$

$$\sin \frac{\phi}{2} = \sqrt{\frac{2(\alpha - h')y - y^2}{4t}}$$

(b)  $h < 1$  の場合

イ) 張力

$$t = \frac{y_0 \alpha}{1 - \cos \varphi_0} \quad (1.37)$$

ロ) 立上角

$$\cos \beta = \cos \varphi_0 - \frac{\frac{1}{2} - h(1 - \alpha) - \frac{1}{2} y_0^2}{t} \quad (1.38)$$

ハ) 接地点

$$k^2 = \frac{4t}{\alpha^2 + 2\alpha y_0} < 1 \quad \text{の場合}$$

$$d = \frac{t}{\alpha} \sin \varphi_0 + \frac{2t}{\sqrt{\alpha^2 + 2\alpha y_0}} \left[ F\left(\frac{\beta}{2}, k\right) - F\left(\frac{\varphi_0}{2}, k\right) - \frac{1}{k^2} \left\{ F\left(\frac{\beta}{2}, k\right) - E\left(\frac{\beta}{2}, k\right) - F\left(\frac{\varphi_0}{2}, k\right) - E\left(\frac{\varphi_0}{2}, k\right) \right\} \right] \quad (1.39)$$

$$k^2 = \frac{4t}{\alpha^2 + 2\alpha y_0} > 1 \quad \text{の場合}$$

$$d = \frac{t}{\alpha} \sin \varphi_0 + \sqrt{t} \left[ -F\left(b, \frac{1}{k}\right) + F\left(a, \frac{1}{k}\right) + 2 \left\{ E\left(b, \frac{1}{k}\right) - E\left(a, \frac{1}{k}\right) \right\} \right] \quad (1.39)'$$

$$\sin b = k \sin \frac{\beta}{2} \quad \sin a = k \sin \frac{\varphi_0}{2}$$

ニ) 周長

$$k^2 = \frac{4t}{\alpha^2 + 2\alpha y_0} \leq 1 \quad \text{の場合}$$

$$\begin{aligned} \ell &= \ell_A + \ell_B \\ &= \frac{t}{\alpha} \varphi_0 + \frac{2t}{\sqrt{\alpha^2 + 2\alpha y_0}} \left\{ F\left(\frac{\beta}{2}, k\right) - F\left(\frac{\varphi_0}{2}, k\right) \right\} \end{aligned} \quad (1.40)$$

$k^2 = \frac{4t}{\alpha^2 + 2\alpha y_0} > 1$  の場合

$$\begin{aligned} \ell &= \ell_A + \ell_B \\ &= \frac{t}{\alpha} \varphi_0 + \sqrt{t} \left[ F\left(b, \frac{1}{k}\right) - F\left(a, \frac{1}{k}\right) \right] \end{aligned} \quad (1.40)'$$

$b, a$  は前出

ホ) 断面積

$$\begin{aligned} S &= S_A + S_B \\ &= \frac{1}{2} \left( \frac{t}{\alpha} \right)^2 (\varphi_0 - \sin \varphi_0 \cos \varphi_0) + d(h - \alpha) + t \sin \beta \end{aligned} \quad (1.41)$$

ヘ) 座標

$0 \leq y \leq y_0$  のとき

$$\begin{aligned} x^2 + \left( y - \frac{t}{\alpha} \right)^2 &= \left( \frac{t}{\alpha} \right)^2 \\ x, y &\geq 0 \end{aligned} \quad (1.42)$$

$y_0 \leq y \leq 1$  のとき

$k^2 = \frac{4t}{\alpha^2 + 2\alpha y_0} \leq 1$  の場合

$$\begin{aligned} x &= \frac{t}{\alpha} \sin \varphi_0 + \frac{2t}{\sqrt{\alpha^2 + 2\alpha y_0}} \left[ F\left(\frac{\varphi}{2}, k\right) - F\left(\frac{\varphi_0}{2}, k\right) \right. \\ &\quad \left. - \frac{2}{k^2} \left\{ F\left(\frac{\varphi}{2}, k\right) - E\left(\frac{\varphi}{2}, k\right) - \left( F\left(\frac{\varphi_0}{2}, k\right) - E\left(\frac{\varphi_0}{2}, k\right) \right) \right\} \right] \end{aligned} \quad (1.43)$$

ただし,

$$t(\cos \varphi_0 - \cos \varphi) = (\alpha + y_0)y - \frac{1}{2}y^2 - \left( \alpha + \frac{1}{2}y_0 \right) y_0$$

$k^2 = \frac{4t}{\alpha^2 + 2\alpha y_0} > 1$  の場合

$$x = \frac{t}{\alpha} \sin \varphi_0 + \frac{2t}{\sqrt{\alpha^2 + 2\alpha y_0}} \left[ \frac{1}{k} \left\{ F\left(b, \frac{1}{k}\right) - F\left(a, \frac{1}{k}\right) \right\} \right. \\ \left. - \frac{2}{k} \left\{ F\left(b, \frac{1}{k}\right) - E\left(b, \frac{1}{k}\right) - \left( F\left(a, \frac{1}{k}\right) - E\left(a, \frac{1}{k}\right) \right) \right\} \right] \quad (1.43)'$$

$$\sin b = k \sin \frac{\varphi}{2}, \quad \sin a = k \sin \frac{\varphi_0}{2}$$

$y$  と  $\varphi$  の関係は前出

2) 水式の場合

(a)  $h \geq 1$  の場合

イ) 張力・立上角

$$t = \frac{\alpha - h'}{1 - \cos \beta} \quad a - h' \geq 0 \quad (1.44)$$

(ただし,  $h' = h - 1$ )

ロ) 接地点

$$d = \sin \beta \cdot \frac{t}{\alpha - h'} \quad (1.45)$$

ハ) 周長

$$\ell = \beta \cdot \frac{t}{\alpha - h'} \quad (1.46)$$

ニ) 断面積

$$s = \frac{1}{2} (\beta - \sin \beta \cdot \cos \beta) \cdot \left( \frac{t}{\alpha - h'} \right)^2 \quad (1.47)$$

ホ) 座標

$$x^2 + \left( y - \frac{t}{\alpha - h'} \right)^2 = \left( \frac{t}{\alpha - h'} \right)^2 \quad x, y \geq 0 \quad (1.48)$$

(b)  $h < 1$  の場合

イ) 張力

$$t = \frac{\alpha y_0 + \frac{1}{2} y_0^2}{1 - \cos \varphi_0} \quad (1.49)$$

ロ) 立上角

$$\cos \beta = \cos \varphi_0 - \frac{(\alpha + y_0)h}{t} \quad (1.50)$$

ハ) 接地点

$$d = x_0 + \frac{t}{\alpha + y_0} (\sin \beta - \sin \varphi_0) \quad (1.51)$$

ただし,

$$x_0 = \frac{2t}{\sqrt{\alpha^2 + 4t}} \left[ F\left(\frac{\pi - \varphi_0}{2}, k\right) - F\left(\frac{\pi}{2}, k\right) \right. \\ \left. - \frac{2}{k^2} \left( F\left(\frac{\pi - \varphi_0}{2}, k\right) - E\left(\frac{\pi - \varphi_0}{2}, k\right) - \left\{ F\left(\frac{\pi}{2}, k\right) - E\left(\frac{\pi}{2}, k\right) \right\} \right) \right]$$

ただし,  $k^2 = \frac{4t}{\alpha^2 + 4t}$ ,  $F$ : 第1種楕円積分,  $E$ : 第2種楕円積分

二) 周長

$$\ell = \ell_A + \ell_B \\ = \frac{2t}{\sqrt{\alpha^2 + 4t}} \left\{ F\left(\frac{\pi}{2}, k\right) - F\left(\frac{\pi - \varphi_0}{2}, k\right) \right\} + \frac{t}{\alpha + y_0} (\beta - \varphi_0) \quad (1.52)$$

ホ) 断面積

$$S = S_A + S_B \\ = x_0 (\alpha + y_0) - \sin \varphi_0 \cdot t \\ + \frac{t^2}{(\alpha + y_0)^2} \left\{ \left( \frac{1}{2} \beta - \frac{\sin 2\beta}{4} \right) - \left( \frac{1}{2} \varphi_0 - \frac{\sin 2\varphi_0}{4} \right) \right\} \\ + \left\{ \frac{t^2}{(\alpha + y_0)^2} \sin \varphi_0 - \frac{tx_0}{\alpha + y_0} \right\} (\cos \beta - \cos \varphi_0) \quad (1.53)$$

ヘ) 座標

 $0 \leq y \leq y_0$  の場合

$$\begin{aligned}
 x &= \frac{2t}{\sqrt{\alpha^2 + 4t}} \left[ F\left(\frac{\pi - \varphi}{2}, k\right) - F\left(\frac{\pi}{2}, k\right) \right. \\
 &\quad \left. - \frac{2}{k^2} \left[ F\left(\frac{\pi - \varphi}{2}, k\right) - E\left(\frac{\pi - \varphi}{2}, k\right) - \left\{ F\left(\frac{\pi}{2}, k\right) - E\left(\frac{\pi}{2}, k\right) \right\} \right] \right] \quad (1.54) \\
 y &= \sqrt{\alpha^2 + 2t(1 - \cos\varphi)} - \alpha
 \end{aligned}$$

$y_0 \leqq y \leqq 1$  の場合

$$\begin{aligned}
 x &= x_0 + \frac{t}{\alpha + y_0} (\sin\varphi - \sin\varphi_0) \\
 y &= y_0 + \frac{t}{\alpha + y_0} (\cos\varphi_0 - \cos\varphi) \quad (1.54)'
 \end{aligned}$$

(4) 堰諸元の決定

前項の近似計算書式と未知数の関係は、次のようになる。

表 1.7 堰設計諸元の関係式と未知数

膨張媒体	関係式	未知数
空気式	$h \geqq 1$	(1.32), (1.33), (1.34), (1.35) $t, \alpha, \alpha', \beta, d, \ell, s$
	$h < 1$	(1.38), (1.39), (1.40), (1.41) $t, \alpha, h, \beta, d, \ell, s$
水式	$h \geqq 1$	(1.44), (1.45), (1.46), (1.47) $t, \alpha, \alpha', \beta, d, \ell, s$
	$h < 1$	(1.50), (1.51), (1.52), (1.53) $t, \alpha, h, \beta, d, \ell, s$

式 (1.33), (1.34), (1.39), (1.40) の代わりに、各々 (1.33)', (1.34)', (1.39)', (1.40)' を用いる場合もある。

堰諸元の決定に当たっては、膨張媒体及び水深の条件に適合する計算式の組合せを上表から選択して連立して解けばよい。

ここで、上流側、下流側に各々サフィックス 1,2 を付して式をつくると、上表の 8 個の式、14 個の未知数以外に、

$$\begin{aligned}
 t_1 &= t_2 \quad \text{上下流で張力は等しい。} \\
 \alpha_1 &= \alpha_2 \quad \text{上下流で内圧(堰頂)は等しい。}
 \end{aligned}$$

の関係と、

$$\begin{aligned}
 d_0 &= d_1 + d_2 \\
 \ell_0 &= \ell_1 + \ell_2
 \end{aligned}$$

$$S_0 = S_1 + S_2$$

の関係がある。

未知数は、17個、式は13個であり、これらの未知数のうち、任意の独立な4個が決まれば、堰の諸元は決まる。互いに独立な4個の未知数の組合せは  $(\alpha, h_1, h_2, t)$  か  $(\alpha, h_1, h_2, \beta_2)$  が計算も容易であり、よく用いられる。

また、上下流水位変化に伴う袋体の変形計算についても、以上の近似計算式を用いて、

- 周長が一定 (張力なしの状態の周長)
- 取付間隔が一定
- 空気式は堰内圧空気量が一定  $(\text{大気圧} + P_1) \times S_0 = \text{const}$
- 水式は堰内水量が一定  $S_0 = \text{const}$

表 1.8 近似計算結果例 (空気式)

与条件									
内 圧 $\alpha$	1.0	1.25	1.5	2.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5
上 流 水 深 $h_1$	1.0	1.0	1.0	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5
下 流 水 深 $h_2$	0	0	0	0	0	0	0	0	0
下 流 立上角 $\beta_2$	$\pi$	$\pi$	$\pi$	$\pi$	$\pi$	$\pi$	$\pi$	$\pi$	$\pi$
近似計算結果									
計 算 張 力 $t$	0.5	0.63	0.75	1.0	0.56	0.60	0.66	0.70	0.74
上 流 立上角 $\beta_1$	$0.5\pi$	$0.56\pi$	$0.61\pi$	$2/3\pi$	$0.48\pi$	$0.47\pi$	$0.46\pi$	$0.44\pi$	$0.43\pi$
取 付 間 隔 $d_0$	0.60	0.53	0.48	0.42	0.69	0.73	0.75	0.75	0.77
周 長 $\ell_0$	2.88	2.88	2.88	2.89	2.79	2.75	2.73	2.73	2.71
断面積 $S_0$	0.89	0.87	0.86	0.84	0.89	0.88	0.87	0.86	0.86
設 計 張 力 $t_d$	0.88	1.10	1.31	1.75	0.98	1.05	1.16	1.23	1.30

※  $t_d = \lambda \times t$  ここに、 $\lambda$ : 応力集中係数 (= 1.75)

の条件を満たすように、収束計算をさせれば可能である。

### (5) 近似計算結果例

前項の近似計算式による計算結果例を次に示す。これらは、与条件として  $\alpha$ ,  $h_1$ ,  $h_2$ ,  $\beta_2$  を各種に変えたときの計算結果を堰高により無次元表示したものである。

表 1.9 近似計算結果例 (水式)

与条件 (内圧は堰頂部の内圧を示す)								
内 圧 $\alpha$	0.5	1.0	1.5	0.65	0.8	0.95	1.1	1.25
上 流 水 深 $h_1$	1.0	1.0	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5
下 流 水 深 $h_2$	0	0	0	0	0	0	0	0
下 流 立上角 $\beta_2$	$\pi$	$\pi$	$\pi$	$\pi$	$\pi$	$\pi$	$\pi$	$\pi$
近似計算結果								
計 算 張 力 $t$	0.5	0.75	1.0	0.57	0.65	0.72	0.78	0.85
上 流 立上角 $\beta_1$	$0.5\pi$	$0.61\pi$	$2/3\pi$	$0.49\pi$	$0.48\pi$	$0.48\pi$	$0.47\pi$	$0.46\pi$
取 付 間 隔 $d_0$	1.44	0.98	0.78	1.45	1.45	1.45	1.45	1.45
周 長 $\ell_0$	3.26	3.05	2.99	3.25	3.25	3.25	3.25	3.25
断面積 $S_0$	1.44	1.17	1.06	1.44	1.44	1.44	1.44	1.44
設 計 張 力 $t_d$	0.88	1.31	1.75	1.00	1.14	1.26	1.37	1.49

※  $t_d = \lambda \times t$  ここに、 $\lambda$  : 応力集中係数 (= 1.75)

## 2.2.2 取付高さの設計

側壁部及び堰柱への取付高さは、止水を完全にするため、適切に設定しなければならない。

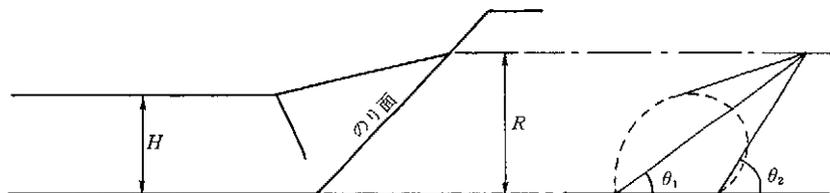
## 〔解 説〕

袋体の直胴部端部に形成されるシワ部からの漏水を防止するため、側壁への取付高さを堰高よりも高くする必要がある。

また、側壁部への取付角度は、倒伏方式・固定方式によって異なるが、設計対象水理量との関連において適切な値を選定し、側壁部付近の応力集中等が発生しないようにしなければならない。

## 〔参 考〕

側壁部及び堰柱への取付高さは、袋体の倒伏方式等によって異なるが、一般的には、次のような値をとることが多い。



$H$ ：床版上における起立時の袋体高

$R$ ：起立時における袋体の吊上げ高又はボルトの取付高

$\theta_1$ ：上流側取付角度

$\theta_2$ ：下流側取付角度

図 1.31 袋体側壁取付高さ

## 1. 片倒れ式

実績及び既往研究成果に基づき堰高、のり勾配に応じた取付高さの目安を以下に示す。

堰高 ( $H$ )	取付高 ( $R$ )
$H \leq 1.0 \text{ m}$	$H + 150 \text{ mm}$
$1.0 \text{ m} < H \leq 3.0 \text{ m}$	$1.15H$ 又は $H + 150 \text{ mm}$
$3.0 \text{ m} < H$	$1.2H$

のり勾配 (1 : $n$ )	取付高 ( $R$ )
$n < 0.3$	$1.2H$
$0.3 \leq n \leq 0.5$	$1.17H$
$0.5 < n$	$1.1H$

## 2. 両倒れ式及び直伏式

$$R = 1.20H \text{ 程度}$$

## 2.2.3 外層ゴム厚の設計

袋体ゴム引布の外層ゴムは、十分な耐久性を有する厚さとしなければならない。

## 〔解 説〕

外層ゴムは、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、袋体保護層として重要な部材である。

外層ゴムは、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、流下物等による摩耗、損傷等に対して必要な厚さを設定しなければならない。なお、外層ゴムの劣化防止については本章 2.3.1 に示すゴムの仕様を満たす必要がある。

## 〔参 考〕

図 1.32 は、堰設置後の経過年数が 5 年～ 14 年のゴム堰について、袋体ゴム引布の摩耗状況を示すものである。この調査におけるほとんどの堰の摩耗速度は、最大値が 0.013 mm/年以内であったが、河床材料、掃流砂量、流速、出水頻度等が大きい河川では、これを越える事例が確認されている。

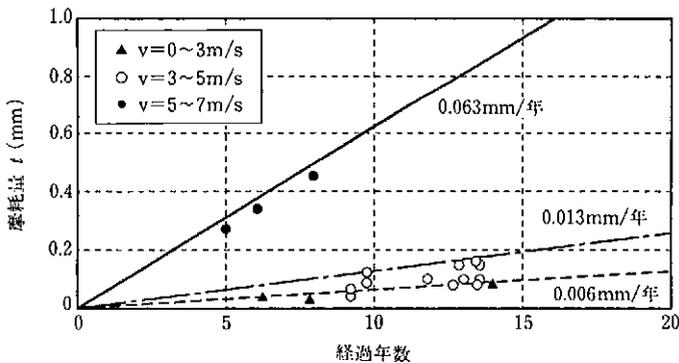


図 1.32 摩耗量

なお、上図は外層ゴム厚を設定するための目安として流砂による摩擦量を、計画高水時の断面平均流速をパラメータとして整理した。

## 2.2.4 固定ボルトの設計

固定ボルトに働く荷重としては、袋体ゴム引布に働く設計張力とナットの締付力を考慮しなければならない。

### 〔解 説〕

固定ボルトの設計で用いる張力は、袋体設計時と同じ張力とする。すなわち、本章 2.2.1 で前述した断面二次元を仮定した張力計算式を用いて算出した計算張力に応力集中係数を乗じた張力である。なお、転石等の流下物が多い場所では、損傷、摩擦に対する検討を行わなければならない。

### 〔参 考〕

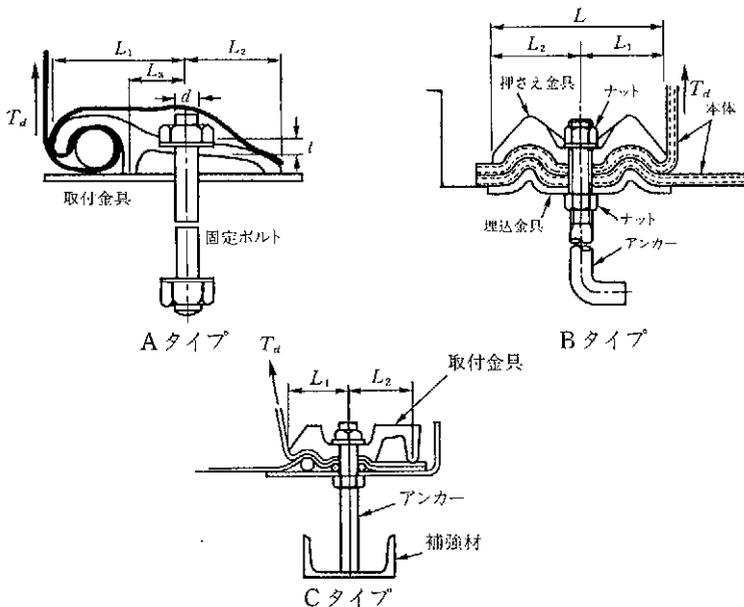


図 1.33 取付金具，アンカー，固定ボルト又はナットの例

## 1. 固定金具

固定金具を大別すると、図 1.33 に示す三つの構造がある。

## 2. 固定ボルトの設計方法

各固定ボルトの設計方法を以下に示す。

袋体に作用する引張力とナット締付けによる引張力の合力に対する安全性の照査を行う。

$$R = R_1 + R_2$$

ここに、 $R_1$ ：設計張力 ( $T_d$ ) によるボルト軸心での引張力 (N)

$R_2$ ：取付金具で袋体を取り付ける際の締付けによる引張力 (N)

### (1) $R_1$ の算定

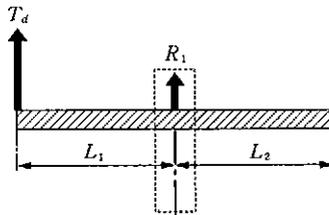


図 1.34 設計張力によるボルト軸心での引張力

$$R_1 = p T_d \frac{L_1 + L_2}{L_2} \quad (\text{モーメントの釣合条件})$$

ここに、 $p$ ：ボルトピッチ (m)

$T_d$ ：設計張力 (N/m)

### (2) $R_2$ の算定

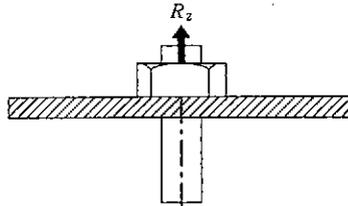


図 1.35 取付金具で袋体を取り付ける際の締付けによる引張力

$$R_2 = A \cdot \sigma$$

ここに、 $A$  : ボルトの有効断面積 ( $\text{m}^2$ )

$\sigma$  : 締付けによる引張応力 ( $\text{N}/\text{m}^2$ )

(3) 安全性照査

$$W > F_s \cdot R$$

ここに、 $F_s$  : 固定ボルトの安全率

$W$  : 固定ボルトの引張強さ ( $\text{N}$ )

### 2.2.5 アンカーの設計

アンカーは、埋設に用いるコンクリート強度を考慮にいれ、固定ボルトの強さを十分確保できるものでなければならない。

〔解 説〕

袋体固定ボルトの埋設部を箱抜きし、後口、袋体固定ボルトの埋設を実施する場合は箱抜き部の強度も検討しなければならない。

〔参 考〕

#### 1. A, B タイプ

コンクリートの引抜強度の算定は、各種合成構造設計指針・同解説（日本建築学会）によること。

- アンカーの引抜力 ( $F_f$ )

$$F_f = \frac{L_1 + L_2}{I_2} \cdot T_d \cdot p$$

- アンカーの引抜耐力 ( $F_a$ )

$$F_a = \phi \sqrt{F_c} \cdot (A_c - A_s)$$

$$A_c = \pi \cdot \ell_e \cdot (\ell_e + D)$$

$$A_s = 2 \cdot r^2 \cdot \left( \frac{\theta}{180} \pi - \sin \theta \cdot \cos \theta \right)$$

$$r = \ell_e + D/2$$

ここに、 $p$  : ボルトピッチ ( $\text{m}$ )

$T_d$  : 設計張力 ( $\text{N}/\text{m}$ )

$F_c$  : コンクリートの圧縮強度 (N/m<sup>2</sup>)

$\phi$  : 低減係数

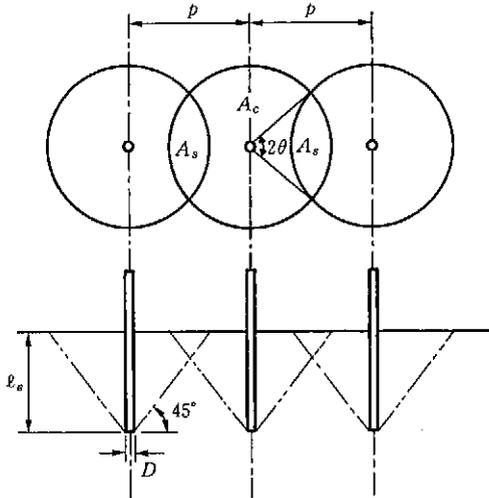


図 1.36 アンカー設計の概念図 (A, B タイプ)

## 2. C タイプ

袋体の最大張力が作用したときのコンクリートのせん断応力  $\tau_c$  を検討する。

せん断面を 45° とすると、

$$\tau_c = \frac{T_d}{2\sqrt{2}\ell_e}$$

ここに、 $\tau_c$  : 許容せん断応力 (N/m<sup>2</sup>)

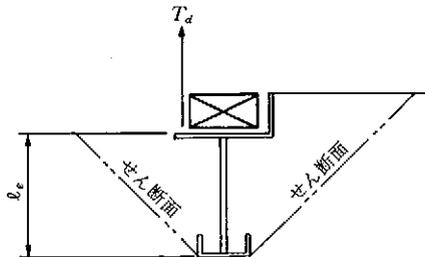


図 1.37 アンカー設計の概念図 (C タイプ)

$T_d$  : 設計張力 (N/m)

$\ell_e$  : せん断面の深さ (m)

## 2.2.6 取付金具の設計

取付金具の強度は、袋体ゴム引布に働く張力とナットの締付力を考慮しなければならない。なお、取付金具は、袋体ゴム引布に作用する力を均一に保持する構造のものでなければならない。

### 〔解 説〕

ゴム引布の継手部で部分的に厚さが不均一になる場合、これを基礎に均一に締結することは極めて重要である。

また、締付け後の経時変化によって生じるゴム引布の応力緩和に対しても、十分な保持力を有するものでなくてはならない。

転石等の流下物が多い場所では、損傷・摩耗に対する検討を行わなければならない。

なお、不同沈下が生じた場合でも、著しい機能障害を生じさせないという観点から、袋体積載床版の目地にまたがらないよう取付金具を設置する。

### 〔参 考〕 取付金具の設計

取付金具に作用する曲げ応力に対する安全性の照査を行う。固定ボルトの引張合力を支点反力とする等分布荷重連続桁を仮定し、最大曲げ応力の発生する支点部の曲げ応力を求める。取付金具に作用する応力は形状により異なることから、現在使用されている取付金具の設計方法について示す。

#### 1. A タイプ

既往事例では、A点において最大の曲げ応力が作用することが確認されている。A点での曲げ応力に対する安全度の確認を行う。

- 取付金具の曲げ応力 ( $\sigma_B$ )

部材の曲げ応力度  $\rightarrow \sigma_B$

- 取付金具に作用する最大の曲げ応力 ( $\sigma_M$ )

(1) 袋体取付時のナット締付けにより働く曲げモーメント ( $M_a$ )

$$M_a = R_2 \frac{L_2 \cdot L_3}{L_2 + L_3}$$

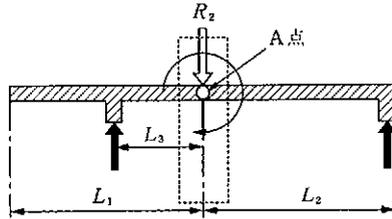


図 1.38 袋体取付時のナット締付けにより働く曲げモーメント

- (2) 設計張力 ( $T_d$ ) により働く曲げモーメント ( $M_b$ )

$$M_b = p \cdot T_d \cdot L_1$$

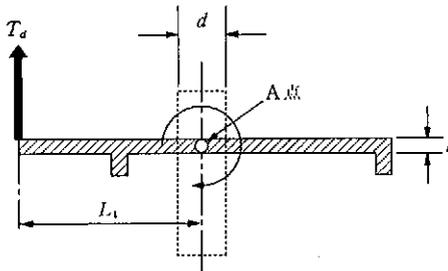


図 1.39 設計張力 ( $T_d$ ) により働く曲げモーメント

- (3) 取付金具 A 点の断面形数 ( $Z$ )

$$Z = \frac{1}{6} \cdot (p - d) \cdot t^2$$

- (4) 取付金具に作用する最大の曲げ応力 ( $\sigma_M$ )

$$\sigma_M = \frac{M_a + M_b}{Z}$$

- (5) 安全性照査

$$\sigma_B > F_s \cdot \sigma_M \quad F_s: \text{取付金具の安全率}$$

## 2. B タイプ

A 点での曲げ応力に対する安全度の確認を行う。

- 取付金具の曲げ応力 ( $\sigma_B$ )

部材の曲げ応力度→ $\sigma_B$

- 取付金具に作用する最大の曲げ応力 ( $\sigma_M$ )

- (1) 袋体取付時のナット締付けにより働く曲げモーメント ( $M_a$ )

$$M_a = \frac{1}{2} \cdot \frac{R_2}{L} \cdot \left(\frac{L}{2}\right)^2$$

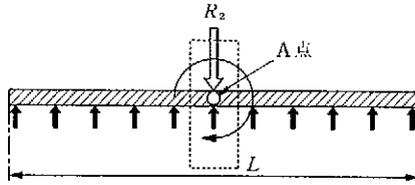


図 1.40 袋体取付時のナット締付けにより働く曲げモーメント

- (2) 設計張力 ( $T_d$ ) により働く曲げモーメント ( $M_b$ )

$$M_b = p \cdot T_d \cdot \frac{L}{2}$$

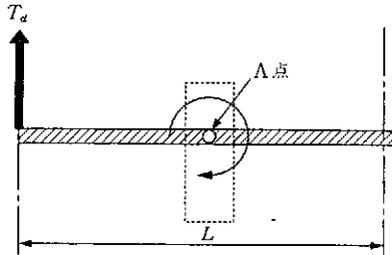


図 1.41 設計張力 ( $T_d$ ) により働く曲げモーメント

- (3) 取付金具 B 点の断面形数 ( $Z$ )

$$Z = \frac{1}{6} (B - n \cdot \phi) \cdot H^2$$

ここに、 $B$ ：取付金具の横断方向長 (m)

$n$ ：ボルト数

$\phi$ ：ボルト穴径 (m)

- (4) 取付金具に作用する最大の曲げ応力 ( $\sigma_M$ )

$$\sigma_M = \frac{M_a + M_b}{Z}$$

(5) 設計照査

$$\sigma_B > F_s \cdot \sigma_M \quad F_s : \text{取付金具の安全率}$$

3. C タイプ

アンカーボルト軸心 (A点) での曲げ応力に対する安全度について検討する。

- 部材の引張応力度 ( $\sigma_B$ )
- 取付金具に作用する曲げ応力 ( $\sigma_M$ )

$$\sigma_M = M_a + M_b$$

ここに、 $M_a$  : 袋体取付時のナット締付け ( $R_2$ ) により働く曲げモーメント (N・m)

$M_b$  : 設計張力 ( $T_d$ ) により働く曲げモーメント (N・m)

(1) 袋体取付時のナット締付けにより働く曲げモーメント ( $M_a$ )

等分布の反力から、ボルトピッチ当たり

$$M_a = \frac{R_2 \cdot L_3^2}{2 \cdot (L_3 + L_4)}$$

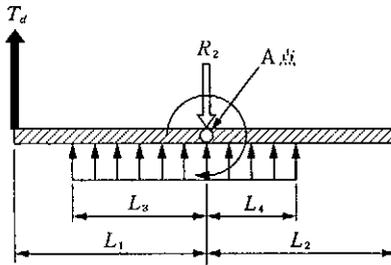


図 1.42 設計張力 ( $T_d$ ) により働く曲げモーメント

(2) 設計張力 ( $T_d$ ) により働く曲げモーメント ( $M_b$ )

ボルトピッチ当たり

$$M_b = p \cdot T_d \cdot L_1$$

となる。

(3) 取付金具のボルト軸部 (A点) の断面係数 ( $Z$ )

$$Z = \frac{1}{6} (p - \phi_d) \cdot t^2$$

となる。

ここに、 $p$ ：ボルトピッチ (m)

$\phi_d$ ：ボルト穴径 (m)

$t$ ：A点の部材厚さ (m)

(4) 取付金具に作用する曲げ応力 ( $\sigma_M$ )

$$\sigma_M = \frac{M_a + M_b}{Z}$$

となる。

(5) 設計照査

$$\sigma_B > F_s \cdot \sigma_M$$

ここに、 $\sigma_B$ ：部材の引張応力度 (N/m<sup>2</sup>)

$F_s$ ：取付金具の安全率

### 2.2.7 膨張媒体の完全排除

袋体が収縮時完全に倒伏するよう、適切な処置を施さなければならない。

#### [解 説]

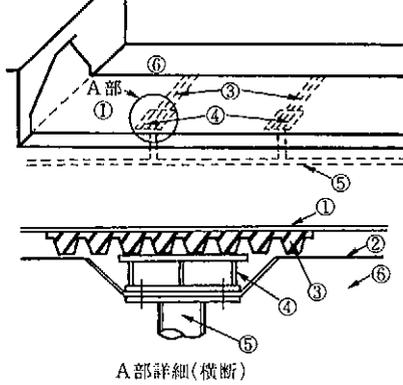
倒伏過程において袋体が給排口を塞ぐと完全倒伏が妨げられるので、膨張媒体が完全に排除されるような構造としなければならない。

また、上下流水位が小さく、倒伏時の流速が小さい場合、膨張媒体が完全に排除されても収縮袋体が着床せずに水中を漂う状態になることがある。この状態では、床版との摩擦あるいは流下物等によって、袋体が損傷する可能性が大きいので、このような恐れのある場合には対策を講じなくてはならない。

#### [参 考]

完全排除のための補助装置には、各給排口ごとにスノコ状のフタ（ドレインパッド）を被せる方式、袋体内に連通する通気管（スパーサ）を設ける方式等がある。いずれの方式も、袋体が給排口を覆った場合に、補助装置によって形式される間隙を通じて膨張媒体を排出するものである。図 1.43 に補助装置の例を示す。

a) ドレインパッド方式



- ①：袋 体
- ②：水密・気密シート
- ③：ドレインパッド
- ④：給排口特殊フランジ
- ⑤：給 排 管
- ⑥：基礎河床

A部詳細(横断)

b) スペーサ方式

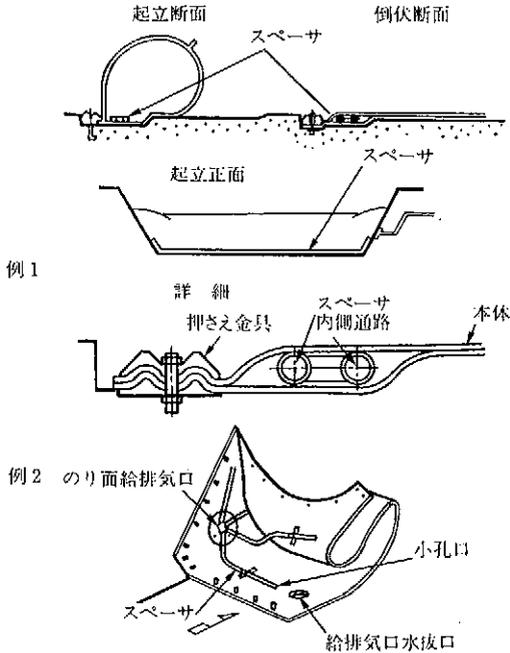


図 1.43 膨張媒体完全排除補助装置例

## 2.2.8 袋体等の損傷防止対策

袋体及び固定金具が、転石等により損傷を受ける恐れのある場合には、適切な処置を施さなければならない。

### 〔解 説〕

設計に当たっては、設置場所の流速、流下物の形状等を考慮し、そのエネルギーを吸収するよう、十分検討しなければならない。また、その取付方法についても、十分な耐久性と強度を有するよう考慮しなければならない。その際、転石等による破袋を免れたとしても、その衝撃で織布の内部欠損が生ずる場合があるのでその影響についても設計時に評価する必要がある。

### 〔参 考〕

転石等の流下物に対する袋体の損傷防止対策として、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（プレーカー）を加える方法等がある。参考例を図 1.44 に示す。

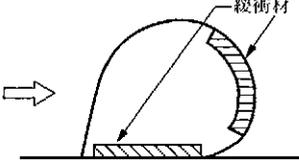
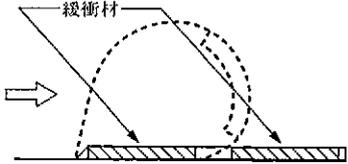
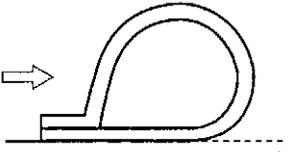
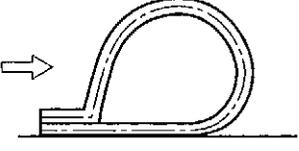
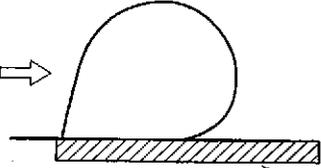
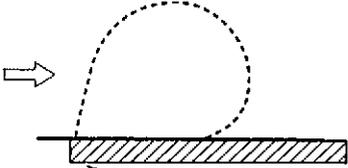
	起立時	倒伏時
緩衝材による方法	 <p>弾力性のある緩衝材を袋体内に張り、倒伏時に作用する流下物の衝撃を吸収させる。</p>	
外層ゴムを厚くする方法	 <p>袋体の外層ゴム厚を厚くすることにより流下物の衝撃吸収、外傷対策とする。</p>	
ブレーカーによる方法	 <p>損傷の拡大防止のため、最外層にブレーカーを入れる。</p>	
ゴムマットによる方法	 <p>河床面にゴムマットを敷き、倒伏時に作用する流下物の衝撃を吸収する。</p>	

図 1.44 袋体損傷防止対策の例

## 第2.3節 各部材質

### 2.3.1 ゴム引布の仕様

ゴム堰に使用するゴム引布の仕様は、想定されるさまざまな使用条件に耐えられるよう、所要の初期物性、耐久性を有するものでなければならぬ。

#### 〔解 説〕

袋体ゴム引布は、袋体張力を支える織布と、これを保護し気密性等を確保するゴム層で構成されている。ゴム層は、袋体の外層、中間層、内層で、所定の機能を十分に発揮できる構造を有していなければならない。各ゴム層に要求される機能を以下に示す。

#### 1. 外層ゴム

流水に常時さらされるため、流下物に対する耐摩耗性が高くなければならない。また、日射しに対する耐候性、耐熱性及び耐オゾン性が重要である。

#### 2. 中間層ゴム

織布を直接保護するゴム層であり、ゴムと織布の接着性、ゴムとゴムの接着性、耐水性等に関する性能が重要である。中間層ゴムは直接空気に触れることはないので、内層、外層ゴムほど耐オゾン性は重要ではない。

#### 3. 内層ゴム

織布保護機能に加えて、水密、気密性が高くなければならない。また、外層ゴムほどではないが、袋体内にも空気の流通があるため耐オゾン性についての配慮も必要である。

#### 4. 水密・気密シート

袋体ゴム引布、水密・気密シートは、図 1.45 に示す袋体の部分をいう。1 列固定方式や全周長をゴム引布のみで設計される 2 列固定方式の場合は、水密・気密シートを使用する必要はない。

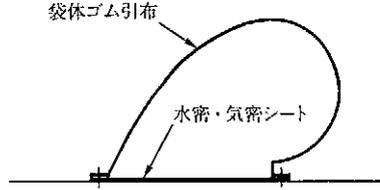


図 1.45 ゴム引布の名称

袋体ゴム引布は、接合部等を含めいずれの部位についても表 1.10 の仕様を満足するものとする。

表 1.10 ゴム引布仕様表

部材等	試験項目	規格値	試験方法		
袋体 ゴム 引布	ゴム (外層・中間層・内層)	初期物性	TB $1.18 \times 10^7 \text{ N/m}^2$ 以上 (120 kgf/cm <sup>2</sup> ) EB 400 %以上	JIS K 6251 × 3 点 (ダンベル状 3 号)	引張速度 500 ± 50 mm/min
		耐熱 老化性	TB $9.81 \times 10^6 \text{ N/m}^2$ 以上 (100 kgf/cm <sup>2</sup> ) EB 300 %以上	JIS K 6257 × 3 点 (ギヤー式老化試験機)	引張速度 500 ± 50 mm/min 温度 100 ± 1 °C, 96 時間
		耐水性	TB $9.81 \times 10^6 \text{ N/m}^2$ 以上 (100 kgf/cm <sup>2</sup> ) EB 350 %以上	JIS K 6258 × 3 点 (ダンベル状 3 号)	引張速度 500 ± 50 mm/min 温度 70 ± 1 °C, 96 時間
		耐寒性	異常なし	JIS K 6261 × 5 点	ぜい化温度 - 25 °C 以下
外層 ゴム	耐摩耗性	0.5 ml 以下	JIS L 6264 × 3 点 (テーパー摩耗試験)	研磨といし H 18 荷重 9.8 N 回数 1000 回	
	耐オゾン性	異常なし	JIS K 6259 × 3 点 (短冊状、静的オゾン 劣化試験)	オゾン濃度 100 ± 10 pphm 引張ひずみ 50 ± 2 %, 温度 40 ± 2 °C, 96 時間	
ゴム 引布	引張強さの 初期物性	(周方向) 設計張力 × 袋体の安 全率以上 (横断方向) 周方向の 2/3 以上	JIS K 6322 × 3 点 (ダンベル状 A 形又は B 形)	引張速度 100 ± 10 mm/min	

部材等		試験項目	規格値	試験方法	
袋体 ゴム引布	ゴム引布	引張強さの耐熱老化性	(周方向) 初期物性×80%以上	JIS K 6257 × 3点 (ギヤー式老化試験機) JIS K 6322 × 3点 (ダンベル状 A 形又は B 形)	引張速度 100 ± 10 mm/min 温度 100 ± 1℃, 96 時間
		引張強さの耐水性	同上	同上	引張速度 100 ± 10 mm/min 温度 70 ± 1℃, 96 時間
		ゴムと織布との接着力	(周方向・横断方向) 初期物性 5.88 × 10 <sup>3</sup> N/m 以上 (6 kgf/cm) 70℃水 4 日浸水後 3.92 × 10 <sup>3</sup> N/m 以上 (4 kgf/cm)	JIS K 6256 × 3点 (短冊状)	引張速度 50 ± 5 mm/min
水密・気密シート	ゴム	初期物性	TB 1.18 × 10 <sup>7</sup> N/m <sup>2</sup> 以上 (120 kgf/cm <sup>2</sup> ) EB 400% 以上	JIS K 6251 × 3点 (ダンベル状 3号)	引張速度 500 ± 50 mm/min
		耐熱老化性	TB 6.87 × 10 <sup>6</sup> N/m <sup>2</sup> 以上 (70 kgf/cm <sup>2</sup> ) EB 250% 以上	JIS K 6257 × 3点 (ギヤー式老化試験機)	引張速度 500 ± 50 mm/min 温度 100 ± 2℃, 96 時間
		耐水性	TB 6.87 × 10 <sup>6</sup> N/m <sup>2</sup> 以上 (70 kgf/cm <sup>2</sup> ) EB 250% 以上	JIS K 6258 × 3点 (ダンベル状 3号)	引張速度 500 ± 50 mm/min 温度 70 ± 1℃, 96 時間
	ゴム引布	引張強さ	(周方向・横断方向) 7.85 × 10 <sup>4</sup> N/m 以上 (80 kgf/cm)	JIS K 6322 × 3点 (ダンベル状 A 形又は B 形)	引張速度 100 ± 10 mm/min
		ゴムと織布との接着力	(周方向・横断方向) 初期物性 5.88 × 10 <sup>3</sup> N/m 以上 (6 kgf/cm) 70℃水 4 日浸水後 3.92 × 10 <sup>3</sup> N/m 以上 (4 kgf/cm)	JIS K 6256 × 3点 (短冊状)	引張速度 500 ± 5 mm/min

TB : 破断強度 (N/m)      EB : 破断時伸び (%)

## 〔参 考〕

ゴム引布の横断方向の引張強さを周方向の2/3以上としたのは、実機による張力計測（上下流水深がない場合）の結果、側壁取付部付近に横断方向の2/3程度の張力が発生することが判明したためである。また、設計張力は本章2.2.1より求められる。

### 2.3.2 取付金具，固定ボルトの材質

取付金具及び固定ボルトの材質は、使用場所に応じ、必要とされる強度及び耐久性を十分考慮しなければならない。

## 〔解 説〕

取付部は、常時、水中に没することから、取付金具及び固定ボルトの材質は、ゴム堰の設置目的、使用環境、規模、保守管理体制を考慮して適切に選定しなければならない。特に、海水に接するような使用環境下では、耐食性の高い材料を選定するなどの防食対策を講じなければならない。

## 第3章 下部工設計

### 第3.1節 一般

#### 3.1.1 設計条件

ゴム堰の下部工は、次に示す事項を満足するものでなければならない。

1. 下部工各部は予想される荷重に対して安全な構造であること。
2. 堰の必要性に応じ、気密・水密性を確保すること。
3. 耐久性が大きいこと。

#### 〔解説〕

ゴム堰は、上部工の荷重が小さいという利点を有するが、気密・水密性という点に十分な配慮が必要である。

#### 3.1.2 設計荷重

下部工の設計に用いる荷重は、第1章1.4.4の荷重とする。

#### 〔解説〕

荷重は、設計編第1章1.4.4に記した方法により求めることとするが、荷重の項目については、設置地点の状況、構造物の種類に応じて選択する。

## 3.1.3 下部工の安全率

ゴム堰の基礎工に関する安全率は、堰の安全が確保されるよう、適正な値を定めなければならない。

## 〔解 説〕

基礎工の設計に際し、表 1.11 のような安全率が一般的である。

なお、材料の単位体積重量、許容応力度、杭頭の許容変位量は、建設省河川砂防技術基準（案）を参照のこと。

表 1.11 下部工の安全率

		常 時	地 震 時	
転 倒		合力の作用点が 中央 1/3 以内	合力の作用点が 中央 2/3 以内	
滑 動		1.5	1.2	
支 持 力	直接基礎	鉛直支持力	3	
		水平支持力	1.5	
	杭基礎	軸方向押込 支持力	支持杭 3 摩擦杭 4	支持杭 2 摩擦杭 3
		軸方向引抜力	6	3
	ケーソン 基礎	軸直角方向 支持力	枕体各部の許容応力度及び杭頭変位量が規定 値を超えないこと	
		鉛直支持力	3	2
	水平支持力	1.5	1.1	

## 3.1.4 部材の最小寸法等

1. 部材の最小寸法は、操作室等を除き 35 cm 以上とする。
2. 鋼管杭の腐食代は、外側に対して 2 mm 以上とする。
3. 鉄筋のかぶり厚は、操作室等を除き 7.5 cm 以上とする（底板は 10 cm 以上とする。）。

## 〔解 説〕

鋼管杭の腐食代2 mmは一般的な値である。したがって、海水の影響を受ける場合、水質が悪い場合等は、腐食代を大きくする、あるいは防食工を施すなどの処置が必要である。

## 第3.2節 下部工各部の構造

### 3.2.1 堰 柱

1. 堰柱の幅は、河積阻害を極力少なくする幅としなければならない。
2. 堰柱の形状は、平面、正面及び側面形状とも流水、流下物に対し抵抗の小さい形状としなければならない。
3. 堰柱の高さは袋体端部固定に必要な最小限度の高さとする。ただし、管理橋、管理者用監査廊出入口及び膨張媒体給排装置等を設置する場合はこの限りでない。

## 〔解 説〕

1. 堰柱の幅が河積阻害の問題を起こすことは、ゴム堰の場合ほとんどないが、技術的に無理のない範囲で、極力小さくするよう配慮しなければならない。堰柱による河積の阻害率は、河川管理施設等構造令の解説によるとおおむね10%を超えないものとされている。
2. 堰柱上に操作室等を設ける場合は、上部荷重を安全に床版に伝えられる構造としなければならない。

### 3.2.2 側 壁

側壁の構造決定に当たっては、次に示す事項を考慮しなければならない。

1. 倒伏時における側壁部の袋体表面高
2. 倒伏時における側壁部の流れの安定性

## 〔解 説〕

1. 倒伏状態において、側壁取付部の袋体表面が上下流側壁面より突出することは、のり面沿いの流れを乱し好ましくない。したがって、側壁部の袋体倒伏範囲は、あらかじめ倒伏袋体の厚さ分だけ低く仕上がるように、くぼみを付けることが望ましい（設計編第1章1.3.2 参照）。
2. 堰付近では洪水時の流水の乱れにより、護岸ののり肩部あるいは高水敷内の構造物周辺（魚道等）が洗掘されやすい。このため、側壁部の端部は高水敷又は堤防と絶縁しておく必要があるが、これについては、河川管理施設等構造令等に基づいて十分に検討を行わなければならない。

## 3.2.3 袋体積載床版

袋体積載床版は、上部荷重の支持及び袋体の機密・水密性の確保が確実にできる構造でなければならない。

## 〔解 説〕

床版の継手は水密で、かつ、不同沈下に対応できる構造として設計するものとする。

## 〔参 考〕

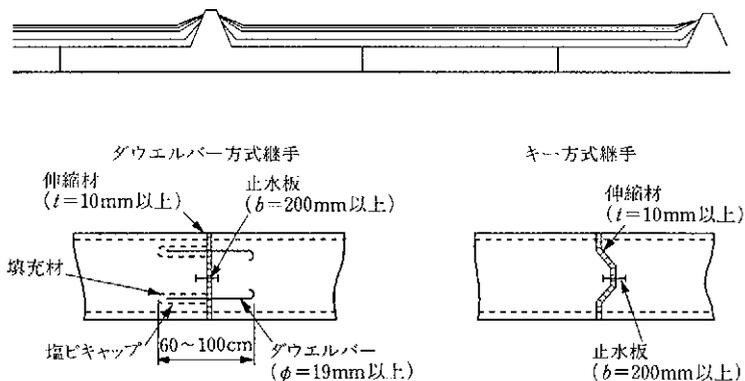


図 1.46 継手構造

袋体積載床版には図 1.46 に示すように目地が設けられることがある。床版の継手構造としては、ダウエルバー方式とキー方式がある。

袋体積載床版長は、袋体断面形状（高内圧タイプ、低内圧タイプ）により異なる。以下に堰高に応じた積載床版長の上限值と下限値を示す。

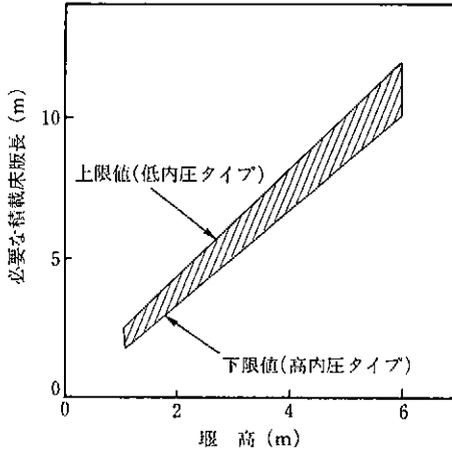


図 1.47 袋体積載床版長の目安

### 3.2.4 水 叩 き

堰の上下流には、越流水や転石による直接衝撃や侵食作用による構造物の破損防止のため、水叩きを設けるものとする。

【解 説】

- 堰を越流する水流によって堰直下は侵食作用を受けるため、下流側水叩きは堰本体の保護という面で重要な構造物である。水叩き長は、越流水や転石等による直接衝撃を受ける範囲とし、本体から越流水の落下距離を求めることで設定される。越流水の落下距離の計算にはさまざまな方法があるが、ここでは簡易的に求めることのできる RAND (1955) の公式を示す。

$$W/D = 4.3 \cdot (h_v/D)^{0.81}$$

ここに、 $W$ ：水叩き長 (m)

$D$  : 落差高 (堰高) (m)

$h_c$  : 限界水深 (m)

この式は、堰天端で限界水深が発生する場合に適用できる。水叩き長は、落下距離が最大となる上流の水理条件の下で設定されるが、通常倒伏水位時の流量（非常倒伏水位が設定される場合は非常倒伏水位時の流量）が対象水理量となる。なお、空気式ゴム堰では、倒伏過程においてVノッチ現象が生ずる。Vノッチ部では単位幅流量は増加するが、越流水による衝撃作用は低減することから、水叩き長の計算は起立状態下において行う。

2. 水叩きにはしゃ木工が設けられるため、継手は水密で、かつ、不同沈下に対応可能な構造とする。また、止水版は可とう性のあるもの、伸縮材は弾力性のあるものが必要である。
3. 土砂吐き、魚道、閘門が設けられる場合は、これらについても水理特性を考慮して水叩きを設ける。

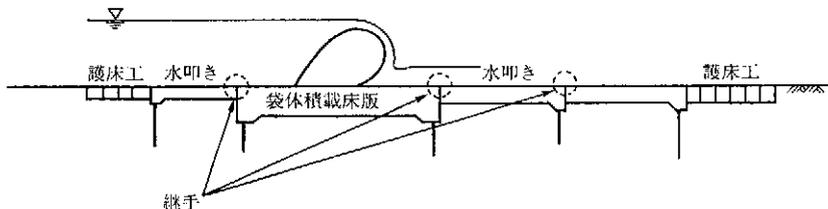


図 1.48 水叩き

### 3.2.5 護 床 工

袋体積載床版及び水叩きの上下流には、堰上下流での局所洗掘防止等のため、原則として護床工を設けるものとする。

#### 【解 説】

1. 袋体積載床版及び水叩きを洪水時に流下する流速は、通常これらがコンクリート滑面であることから、上下流の自然河床部に比して大きくなる。このため洗掘による危険から床版を守るため、護床工を設ける。下流側護床工の範囲は、落差又は、空気式ゴム堰ではVノッチ部の流量集

中による流水の影響がなくなると推定される範囲までとし、上流側の護床工は計画高水位時の水深以上とする。

2. 護床工の工種は、堰上下流の河床勾配、落差、洪水時の流速、平水時の流況による生態系への影響、河床の地質等を勘案して選定するものとする。
3. 護床工の構造は、水叩き下流での跳水の発生により激しく流水が減勢される区間では、例えば鉄筋により連結されたブロック構造又はコンクリート構造等とする。その下流の整流となる区間では、できるだけ流勢を減殺する工法として、一般には、粗梁沈床、木工沈床、改良沈床、コンクリート床版、コンクリートブロック等が用いられるが、できるだけ屈とう性を持たせ、硬い構造のものから漸次軟らかい構造のもので、河床になじみよくするような配慮が必要である。
4. 工種の選定に当たっては、次の点を検討のうえ決定する。

(1) 剛性

堰本体から離れるに従い剛なものから柔なものに変化させる。

(2) 粗度

堰本体から離れるに従い小から大に変化させる。

(3) 安定性

コンクリート床版に接続する部分は流速が大きくなることが多いので、単体としての安定性及び河床材料の吸い出し防止を考慮する。

(4) 施工性

(5) 河床変動とのなじみ

(6) 腐食

木工沈床、粗梁沈床等は、常時水中にある場合は耐久性が比較的よいが、その他の場合は、腐食が問題となるので注意を要する。

(7) 吸い出し

河口部で波浪の影響を受ける場合については、その特性をよく把握し、アスファルトマット等を併用する。

5. 護床工長の計算は、建設省河川砂防技術基準（案）に準じて行うことを原則とする。ただし、空気式ゴム堰の下流側護床工長の算定には、倒伏過程での流量増加やVノッチによる流量集中の影響を考慮しなければな

らない。

### [参 考]

倒伏過程での流量増加やVノッチによる流量集中の影響を考慮した下流側護床工長の求め方の一例を参考として示す。

建設省河川砂防技術基準（案）では、水理現象により、下流側護床工を跳水による減勢区間（護床工A）とその下流の整流区間（護床工B）に区分し、さらに護床工Aを越流水落下後の射流区間（ $L_1$ ）と跳水区間（ $L_2$ ）に区分している（図1.49）。Vノッチが発生すると、Vノッチ部に流量が集中するため、射流区間（ $L_1$ ）の単位幅流量を河道軸方向に一定とみなすことはできない。したがって、射流区間長の計算に建設省河川砂防技術基準（案）に示される方法を適用するには、当該区間の水理量（単位幅流量、流速、水深）の縦断分布をなんらかの方法により与える必要がある。ここでは、この区間の水理量を袋体先端部がちょうど水路床に着床した状態で行った水理模型実験により求めた。なお、袋体先端部が着床した状態で実験を行ったのは、この状態が最もVノッチ部の流量集中が大きいからである。

図1.50は、実験で得られたVノッチ部縦断方向の水理量分布を用い、建設省河川砂防技術基準（案）に示される一次元水理計算方法により算定した堰上流側取付部から射流区間下流端までの距離（ $x$ ）と下流水深（ $h_2$ ）の関係をそれぞれ基準堰高（ $H_0$ ）と上流水深（ $h_u$ ）で無次元表示したものである。下部工設計では、通常  $h_u$ 、 $H_0$  は与条件として与えられる。 $h_2$  の算定には、放流量を把握する必要がある。ここでは、倒伏水深に対応するVノッチ限界堰高（ $H_c$ ）（第2章2.1.8）を仮定し、流量係数式（第2章2.1.7）を用

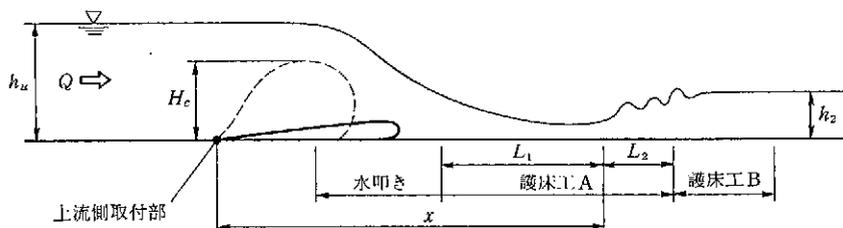


図 1.49 護床工の算定方法

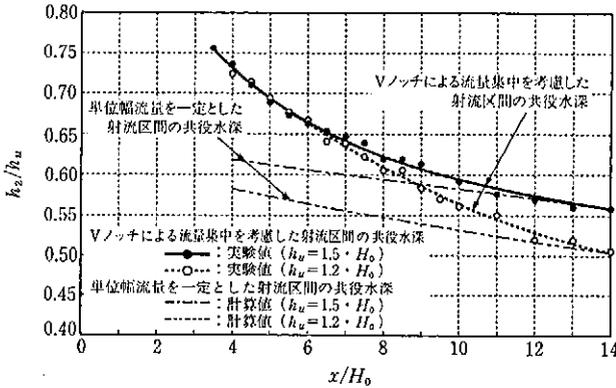


図 1.50 Vノッチ先端着床時の射流区間の共役水深

いて放流量を算定するものとする。  $h_2$  算定時の放流量を V ノッチ限界時の放流量としたのは、 V ノッチ限界状態から V ノッチまでは短時間に推移することや、 V ノッチ発生により当該箇所の上流側の袋体内の空気が横断方向に移動し、非 V ノッチ部の堰高がその分だけ高くなることから、 V ノッチ発生直後には急激な放流量の増加が生じないとみなされるからである。また、上流側水深を倒伏水深としたのは、倒伏時の操作は、一般に下流への影響を考慮して緩やかに制御することが多いため、倒伏開始時から V ノッチ限界状態までは、倒伏過程に生じる流量増加を考慮し、上流側水位条件をその上限値である倒伏水深としたのである。

このようにして得られた  $h_u$ 、  $H_0$ 、  $h_2$  に該当する  $x$  の値をグラフ上で読み取り、  $x$  から堰上流側取付部～水叩き下流端までの長さを差し引くことにより、 V ノッチ発生時の射流区間長 ( $L_1$ ) を求めることができる。ただし、本実験は上流水深が基準堰高の約 1.2 ～ 1.5 倍となる流量条件（これは設計編第 2 章 2.1.6 に前述した最大越流水深及び適切な振動防止対策を施したときの倒伏水深を想定したものである。）で行った水平床の実験であるので、本図は河床勾配が緩やかで、かつ  $h_u$  が  $1.2H_0 \sim 1.5H_0$  の範囲に適用が制限される。

図 1.50 には、単位幅流量を一定としたときの射流区間長と共役水深との

表 1.12 護床工長の計算方法

	護床工 A		護床工 B
	$L_1$	$L_2$	
	射流区間	跳水区間	整流区間
対 象 水理量	Vノッチ発生時の放流量		計画高水流量
算 定 方 法	Vノッチ流量集中の影響を考慮する区間	$L_2 = (4.5 \sim 6) \cdot h_2$ $h_2$ : 下流水深	$(3 \sim 5) \cdot h_{HW}$ $h_{HW}$ : 計画高水時の水深

関係を併記した。これより、Vノッチ流量集中の影響は、 $x/H_0$ が14程度まで及ぶことがわかる。

なお、Vノッチ部の流量集中を考慮することにより、跳水発生前の射流区間 ( $L_1$ ) が長くなりすぎ、護床工施工延長が長くなってしまふことがある。この場合には、エンドシル、バップルピア、段上がり等による強制跳水で  $L_1$  区間を短縮する方法が有効である。

### 3.2.6 高水敷保護工

ゴム堰上下流の取付護岸ののり肩付近及び高水敷内の構造物周辺は、しかるべき範囲に届とう性のある構造の高水敷保護工を設置するものとする。

#### 【解 説】

1. 堰付近では洪水時の流水の乱れにより、護岸ののり肩部あるいは高水敷内の構造物周辺（魚道等）が洗掘されやすい。このため、これらの部分にはコンクリートブロック、コンクリート床版等の高水敷保護工を設置する。
2. 高水敷保護工の設置範囲は流水の乱れがなくなる範囲とし、また、粗度係数の急変は避けなければならない。

### 3.2.7 取付護岸

ゴム堰の上下流には、流水の変化に伴う河岸又は堤防の洗掘を防止するため、護岸を設けるものとする。

#### 【解 説】

堰の設置に伴い必要となる護岸の範囲は、河川管理施設等構造令規則第22条に基づき決定するものとする。

### 3.2.8 取付擁壁

ゴム堰の上下流には、流水の乱れに対して安全な構造の取付擁壁を設置するものとする。

#### 【解 説】

取付擁壁の構造と範囲は、建設省河川砂防技術基準（案）に基づき決定するものとする。

### 3.2.9 シャ水工

ゴム堰の基礎面に対する浸透水の動水勾配を減少させ、土砂の流動、吸い出しを防止することを目的としてシャ水工を設けるものとする。  
シャ水工は、コンクリート壁あるいは鋼矢板壁とする。

#### 【解 説】

1. シャ水工の設置位置としては、袋体積載床版及び水叩き下部、堰の堤防への取付部、取付擁壁底版下部等があり、すべて連続して施工する必要がある。
2. 堰と堤防との取付けについては、浸透に対し十分な検討を行い、堤防の弱点とならなないようにしなければならない。
3. シャ水工に鋼矢板を使用する場合は、腐食の問題及び施工性からⅡ型以上のものを用いる場合が多い。

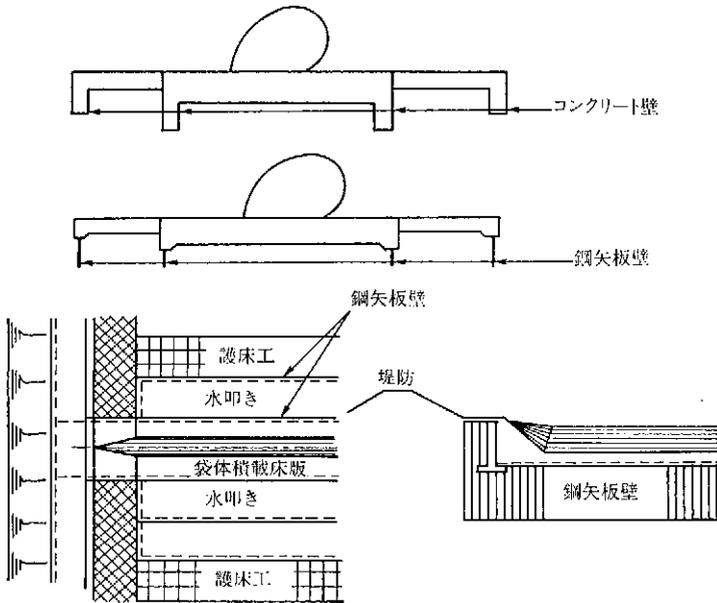


図 1.51 シャ水工

### 3.2.10 基礎工

基礎工の形式は、荷重、流水の影響、地質条件、施工条件、環境条件、安全性、経済性を考慮して選定しなければならない。

〔解 説〕

1. 基礎工の形式は、大別して、直接基礎、杭基礎、ケーソン基礎に分けられる。形式の選択は工事費に重大な影響を及ぼすものであり、かつ設計途中での変更は大きな手戻りとなることから、上記の各条件について調査した結果を詳細に検討し、慎重に行わなければならない。
2. ゴム堰の基礎工として必要な条件を以下に示す。
  - (1) 基礎工自身が地盤反力や変形に対して十分な剛性を持つこと。
  - (2) 有害な変位が生じないようにすること。不等沈下は袋体積載床版に埋設される給排水等に大きな影響を及ぼす。このため、基礎形式は各

構造物とも同一形式とすることが一般的である。

### 3.2.11 付 属 設 備

ゴム堰の維持管理及び操作に必要な付属設備を設けなければならない。

#### 〔解 説〕

ゴム堰の維持管理及び操作に必要な付属設備を設ける場合は、建設省河川砂防技術基準（案）に基づき決定するものとする。

## 第3.3節 安定計算

### 3.3.1 安定計算

ゴム堰は、設計荷重に対し転倒、滑動及び基礎支持力に対する安定が得られるように設計しなければならない。

#### 〔解 説〕

安定計算に用いる袋体張力は、袋体設計時と同じように、第2章2.2.1に前述した断面二次元を仮定した計算張力に応力集中係数を乗じた張力とする。

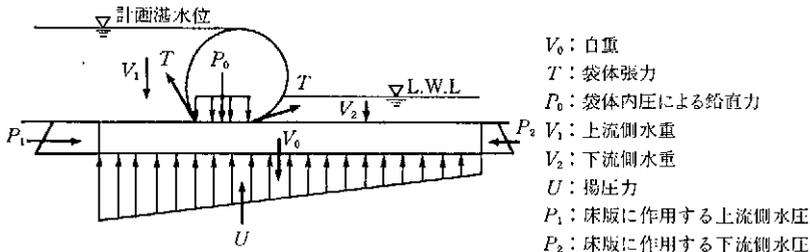
安定計算を行う場合の荷重条件の一例を以下に示す。これらの荷重条件の他、予想される水位条件の組合せに対しても安全であるように設計するものとする。

なお、荷重の組合せのうち、洪水と地震、風及び地震による波浪高と地震、風荷重と地震は同時に作用させないものとする。また、側壁、堰柱については、関東地震級及び兵庫県南部地震級の地震を想定した設計水平震度に対応する慣性力に対しても、限定的な損傷にとどまることを照査する。対象とする地震時の水平震度等については、建設省河川砂防技術基準（案）による。

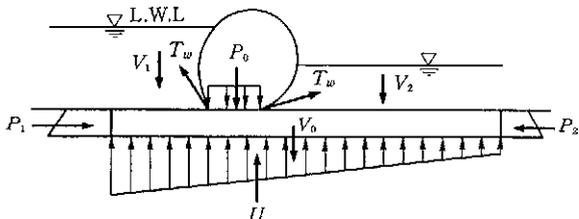
1. 袋体積載床版部

(1) 水流方向

1) 常時 (計画湛水位時)

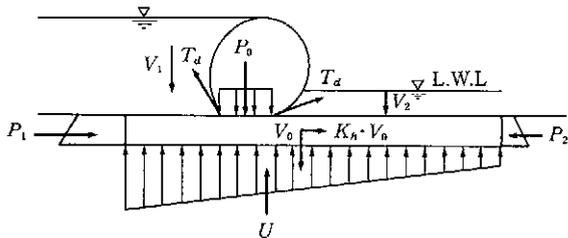


2) 常時 (高潮時)



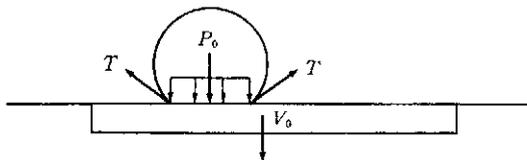
$T_w$ : 袋体張力(設計波に対する張力を考慮する.)

3) 地震時 (計画湛水位時)



$T_a$ : 袋体張力(地震時動水圧に対する張力を考慮する。水式の場合は、袋体膨張媒体の地震力による張力も考慮する.)

4) 施工時



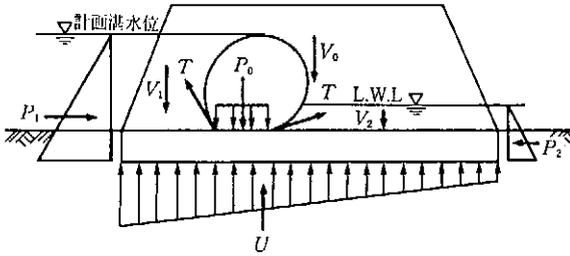
(2) 水流直角方向

省略

2. 堰柱部

(1) 水流方向

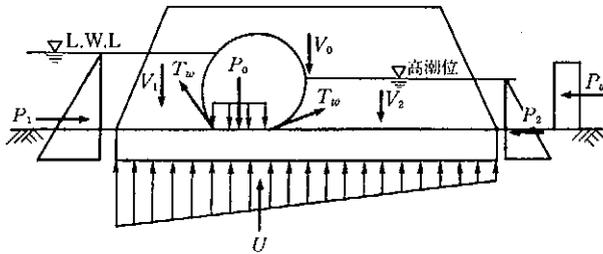
1) 常時 (計画湛水位時)



$P_1$  : 堰柱に作用する上流側水圧

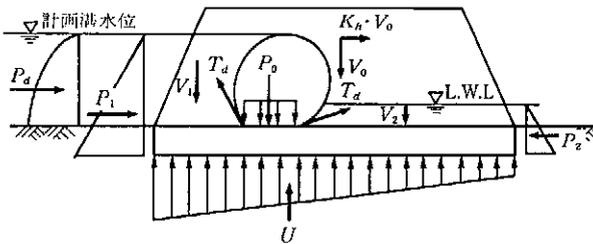
$P_2$  : 堰柱に作用する下流側水圧

2) 常時 (高潮時)



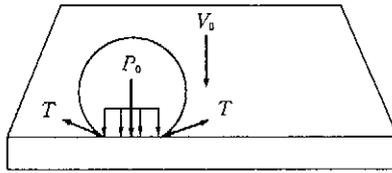
$P_w$  : 堰柱に作用する波圧(波圧は設計波に対して求める.)

3) 地震時 (計画湛水位時)



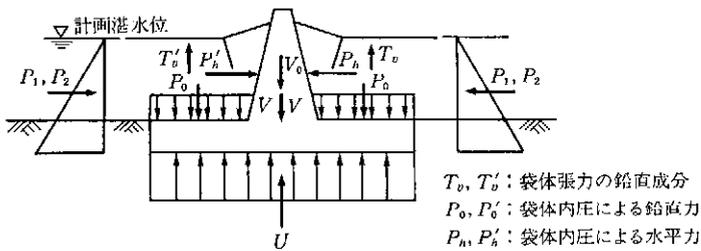
$P_a$  : 堰柱に作用する地震時動水圧

4) 施工時

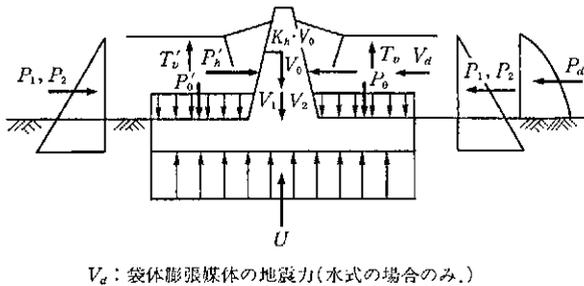


(2) 水流直角方向

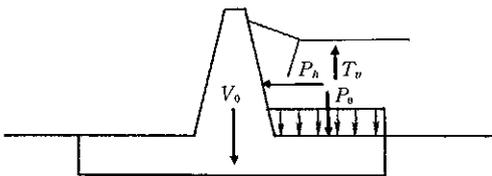
1) 常時 (計画湛水位時)



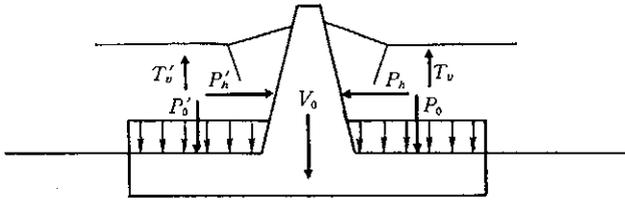
2) 地震時 (計画湛水位時)



3) 施工時 (片側起立時)



4) 施工時 (両側起立時)



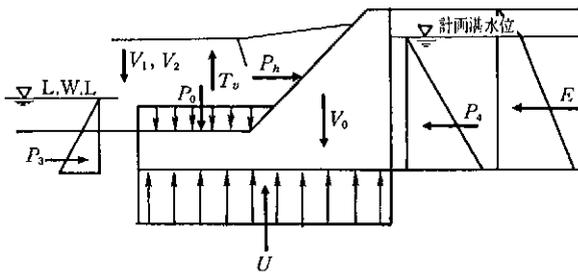
3. 側壁部

(1) 水流方向

堰柱部と同様の荷重条件にて計算を行う。

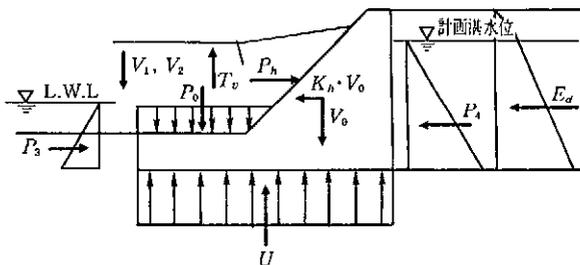
(2) 水流直角方向

1) 常時 (計画湛水位時)

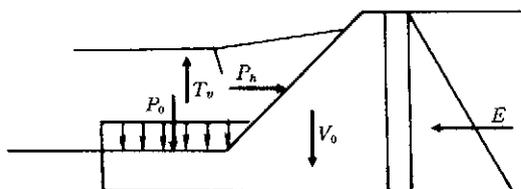


$P_3$ : 前面水圧,  $P_4$ : 背面水圧,  $E$ : 背面土圧

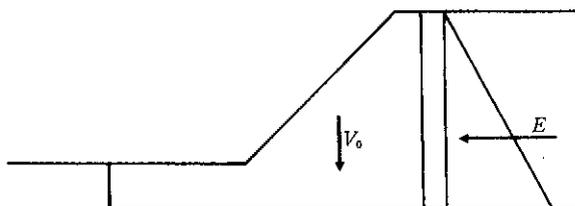
2) 地震時 (計画湛水位時)



## 3) 施工時 (起立時)



## 4) 施工時 (倒伏時)



## 第 3.4 節 下部工各部の設計

## 3.4.1 袋体積載床版

袋体積載床版の応力は、本章 3.3.1 において規定した設計荷重に対して、その構造に応じて、堰柱、側壁に固定された片持ばり、又は弾性床土のはりとしてモーメント及び軸力を求めて計算するものとする。

## 〔解 説〕

具体的な計算方法は、建設省河川砂防技術基準（案）によること。

## 3.4.2 堰 柱

堰柱の応力は、本章 3.3.1 において規定した設計荷重に対して、袋体積載床版に固定された片持ばりとしてモーメント及び軸力を求めて計算するものとする。

〔解 説〕

具体的な計算方法は、建設省河川砂防技術基準（案）によること。

3.4.3 側 壁

堰柱の応力は、本章 3.3.1 において規定した設計荷重に対して、袋体積載床版に固定された片持ばりとしてモーメント及び軸力を求めて計算するものとする。

〔解 説〕

具体的な計算方法は、建設省河川砂防技術基準（案）によること。

3.4.4 水 叩 き

水叩きは、水重、揚圧力等の荷重に対して安全な構造となるように設計するものとする。

〔解 説〕

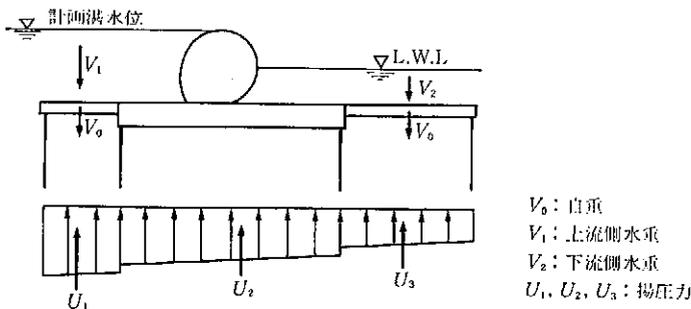
具体的な計算方法は、建設省河川砂防技術基準（案）によること。

〔参 考〕

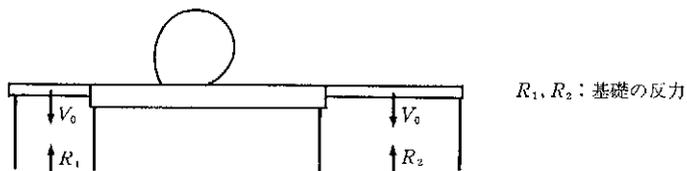
水叩きの安定計算に用いる荷重条件の一例を以下に示す。

1. 水 流 方 向

(1) 常時（計画湛水位時）



(2) 施工時



3.4.5 シャ水工

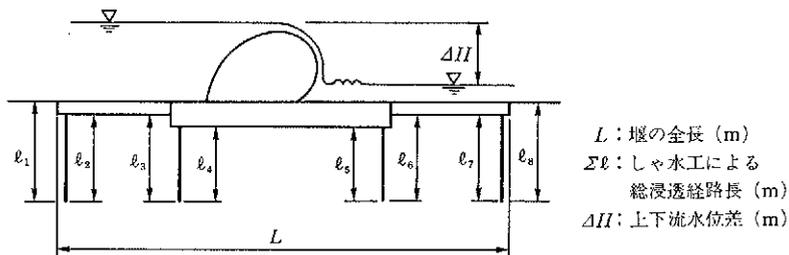
シャ水工は、パイピング作用を減殺できるような根入れ長を決定するものとする。

【解 説】

具体的な計算方法は、建設省河川砂防技術基準（案）によること。

【参 考】

シャ水工の概念図を以下に示す。



## 第4章 操作設備等設計

### 第4.1節 一 般

#### 4.1.1 定 義

1. 起立装置とは、空気式の場合はエンジン又はモータで駆動するプロワ又はコンプレッサ、水式の場合はエンジン又はモータで駆動するポンプをいう。
2. 倒伏装置とは、袋体を倒伏させる装置をいう。
3. 安全装置とは、過度の内圧による袋体の破損を防止する装置及び倒伏装置が故障の場合でも袋体の倒伏を確実にする装置をいう。
4. 外水位検知装置とは、袋体の上流側及び下流側水位を検知する装置をいう。
5. 内圧検知装置とは、袋体内の気圧又は水圧を検知する装置をいう。

#### 4.1.2 予備動力設備

1. 重要な堰及び必要な堰には、予備動力設備を設けなければならない。
2. 予備動力設備は、計画どおり確実に堰を操作し得る容量のものでなければならない。

## 〔解 説〕

堰には、洪水を安全に流下させるため、常用の動力設備に故障等が生じても操作に支障を来さないように、予備動力設備を設ける必要がある。ただし、小規模な堰で上下流に重大な被害を及ぼす恐れがない場合は、予備動力設備を設けなくてもよい。

予備動力設備には、動力設備が電動式の場合は、予備電源として一般に内燃機関発電機が設けられる。また、小規模の堰等で予備電源を送配電線路から直接分岐して受電することもあるが、この場合には、常用の動力と同時に停電を生じないように他の電送系統から受電するものとし、その電源が確実に予備動力としての機能を果たし得ることが必要である。

予備動力設備の容量は、使用負荷の総合計を調査して決定しなければならない。

使用負荷として照明用電力等も考慮しなければならない。堰が数門ある場合は、その起動方法や同時運転台数等により左右される。また、動力機の種類によっても左右される。なお、予備発電機を駆動する内燃機関の出力は発電機の出力、力率、効率を考慮して十分なものとしなければならない。

### 4.1.3 安全装置

ゴム堰には、必要に応じて安全装置を設けなければならない。

## 〔解 説〕

膨張媒体の過給による袋体の破損防止及び倒伏装置が故障した場合における袋体の倒伏を確実にするため、安全装置を設けるものとする。特に、袋体内への侵入水により内圧検知管が閉塞される可能性があるので、設計内圧以上の給気能力を有するブロワを使用する場合は、安全装置を確実に設けるものとする。

#### 1. 過給防止装置

過給防止装置としては、水封管・U字管（空気式）、サイフォン（水式）、圧力調整バルブ、過圧防止型ブロワ（空気式）等がある。

## 2. 倒伏安全装置

ゴム堰には上流水位と連動する自動倒伏装置が設置されることが多い。自動倒伏装置が故障した場合は、手動バルブで倒伏させることができるが、この他に過給防止装置と同様の原理でU字管（空気式）、サイフォン（水式）による自動倒伏が可能である。また、水封管のみでは、構造上完全倒伏は難しいが、これにサイフォン管等を付加することにより、完全倒伏が可能となる。

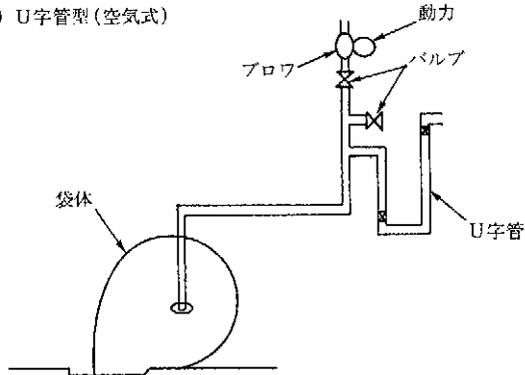
重要な堰には動作原理の異なる倒伏装置を並列に設置し、各々を独立配管として安全性を高めることが望ましい。また、操作ミスによって安全装置の作動が妨げられないように、安全装置と袋体間の配管には弁を設けない等の配慮も必要である。

### 〔参 考〕安全装置例

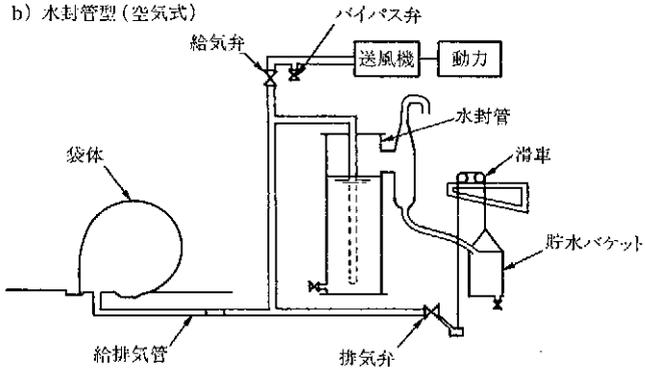
膨張媒体の給排系統は空気式と水式で多少の相違がある。図 1.52 で水封管、U字管（空気式）、サイフォン（水式）は袋体内圧を一定値以上にさせないための装置であり、膨張媒体の過給、あるいは上流水位の上昇等によって袋体内圧が高くなると、袋体内の膨張媒体を排出する機能を持つ。

過圧防止型プロワは、一定値以上の圧力を発生し得ない構造のプロワであり、膨張媒体の過圧給防止機能を持つ。

a) U字管型(空気式)



b) 水封管型(空気式)



c) サイフォン型(水式)

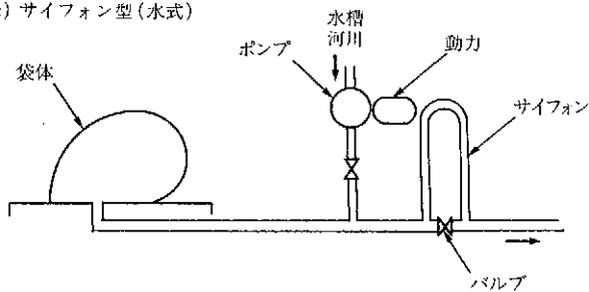


図 1.52 安全装置例

#### 4.1.4 起立機器及び給排水管

ポンプ、ブロワ等の起立機器の容量及び給排水管径は、ゴム堰の起伏速度に見合うものを使用しなければならない。

##### 〔解 説〕

ポンプ、ブロワ等の起立機器の容量及び給排水管径は、起立速度、堰の操作頻度、管理上要求される操作速度によって選定する。

起伏速度は、上下流水位、内圧によって決定されるが、起伏過程においてこれらの条件が時々刻々変化するので、起伏速度は一定ではない。起立時間は、堰内空気量をブロワ等の吐出量で除すことで算定できる。倒伏時間は、堰内空気量を配管内を通過する空気量で除すことで算定できる。配管を通過する空気量は、摩擦や形状損失等を考慮したベルヌーイの式等を用いて算定される。

### 第 4.2 節 操作設備の比較

#### 4.2.1 膨張媒体の排除方法

ゴム堰の膨張媒体の排除方法は、自然、強制、併用排除の中から選択するものとする。

##### 〔解 説〕

膨張媒体排除方法は、膨張媒体の種類、配管系統、膨張媒体排除場所の条件、倒伏時間と次に示す点を考慮して選択するものとする。

1. 自然排除：既設のものでは、この方法が多く採用されている。水式の場合は、排水場所の水位が自然排水を妨げるほど上昇することがない場合等に選択することができる。
2. 強制排除：倒伏時間の調整を行う場合、あるいは、水式で排水配管を袋体積載床版より上に設置しなければならない場合、排水場所

の水位が上昇し自然排水が行えない場合等に選択する。

3. 併用排除：通常時には自然排除で、洪水時等には強制排除しなければならない場合等に選択する。ただし、併用排除は自然排除、強制排除の利点を有するが、設備が複雑になる。

#### 4.2.2 起伏用センサ

ゴム堰の起伏用センサは、河川水位、袋体内圧等の検出対象によって選択するものとする。

##### 〔解 説〕

起伏用センサは、堰の自動操作を行う場合に必要であり、堰上下流水位や袋体内圧を検出する方法がある。既設の堰では、機械式の河川水位検知装置が設置される例が多い。重要な堰や複雑な操作が要求される堰では、電気式のセンサを使用する場合も多いが、信頼性の高い機械式センサを併設することが望ましい。

表 1.13 起伏用センサ比較表

検出対象	センサ	センサの種類		適用する場合
河川水位	外水位検知装置	機械式	フロート式、バケット式	水位を機械的に検出して弁を操作する場合
		電気式	フロート式、触針式、水圧式、空気圧式、超音波式、静電容量式	水位を電気的に検出、増幅して弁を操作する場合
袋体内圧	袋体内圧検知装置	ダイアフラム式、ブルドン管式、ペロー式、液圧式		内圧を電気的に検出、増幅して弁を操作する場合

#### 4.2.3 給排弁操作力

- 1 ゴム堰の給排弁操作力は、弁を確実に開閉できるものでなければならない。
- 2 給排弁の操作力は、動力の種類、堰の規模を考慮して電力、電磁力、

油圧、空圧、機械力、手動力の中から選択するものとする

### 〔解 説〕

給排弁の操作は次の基準で選択するのが一般的である。

重要な堰や複雑な操作を要求される堰では、大きい操作力を必要とする場合が多く、操作頻度も高いので、外水位検知装置、袋体内圧検知装置と組合せて、電力、電磁力、油圧、空圧による自動操作を行う場合が多いと考えられる。この場合でも、動力を用いなくて確実に弁操作ができる機械力による給排弁、手動弁を併設して安全性を高めることが望ましい。既設の堰では、機械力による自動操作と手動弁を併設している例が多い。

表 1.14 給排弁操作力一覧表

操 作 力		適用する場合
電 力	電動機で弁を直接操作する。	操作時に常時電力の供給を受けられる場合。遠隔操作を行う場合。
電磁力	ソレノイドで弁を間接操作する。	操作時に常時電力の供給を受けられる場合。遠隔操作や応答性を要求される場合。ただし、切換流量が大きい場合、電磁パイロット切換弁として用いられる。
油 圧	油圧で弁を直接操作する。	動力の蓄積を要する場合（空圧に比して少ない）。大きい出力を要求される場合。連続、間欠運動や位置決め、速度調整に正確さを要する場合。
空 圧	空圧で弁を直接操作する。	動力の蓄積を要する場合。使用圧力が小さいため出力が小さくてよい場合。戻り回路を必要とせず、回路の構成に手軽さを要求される場合。
機械力	バケットの自重、フロートの浮力などを動力源にして弁を操作する。	動力を用いなくて、自動的に弁操作を行う必要がある場合。
手動力		人が弁操作することを必要とする場合。

#### 4.2.4 起伏用動力設備

ゴム堰の起伏用動力設備は、電動機又は内燃機関の中から選択するものとする。

## 〔解 説〕

ゴム堰の動力設備は、堰の規模、管理の的確性、操作頻度、経費等を考慮して、形式、台数、容量を選択する。

電 動 機：最も一般的な動力設備として用いられる。管理も容易で操作頻度が高い場合は経済的であり、自動操作する場合有利である。

内 燃 機 関：小型の堰に多く、操作頻度が低い場合は経済的である。また、台風などの多い地方では、停電等の事故がなく有利である。

ガソリンエンジン：小型の出力のものに多い。ディーゼルエンジンに比べて価格が安い。

ディーゼルエンジン：大型の出力のものに多い。ガソリンエンジンに比べて燃料費が安く、優秀なトルク曲線を持っている。

## 第 4.3 節 操作装置の設計

### 4.3.1 起立装置の設計

起立装置のポンプ、ブロウ又はコンプレッサの設計圧力、設計容量は、それぞれ定格吐出力、定格吐出量の 90%以下とする。また、駆動用原動機の出力は、設定機器の性能に対して十分なものでなければならない。

### 4.3.2 倒伏装置の設計

倒伏装置は、常時、非常時とも確実に作動するものでなければならない。

## 〔解 説〕

一般に、複雑な機構の装置は維持管理に労力、経費及び時間を要するの

で、できるだけ単純な機構の倒伏装置が望ましい。複雑な操作を要求される堰では、高度な装置になるが、単純な機構の装置を併設して多重化をはかるなど、倒伏の確実性が損なわれないように考慮しなければならない。

### 4.3.3 安全装置の設計

安全装置は、次に示す手順で設計するものとする。

1. 安全装置形式の選択
2. 規模又は容量の設計

#### 〔解 説〕

1. 安全装置形式は、袋体膨張媒体の種類及び堰の機能によって決めるものとする。
2. 安全装置の規模又は容量は、膨張媒体圧入速度に応じて設計しなければならない。なお、倒伏装置と兼ねる場合は、倒伏速度に対応した規模又は容量とする。

### 4.3.4 外水位検知装置の設計

外水位検知装置は、検知目的に応じて装置形式・設置位置及び検知範囲等を決めるものとする。

#### 〔解 説〕

外水位検知装置は、要求される堰の機能に応じて精度、検知範囲が異なる。通常の止水、取水等のように水位維持のための外水位検知装置はさほど高度なものは要求されないが、水位及び流量調節用の機能等を要求される場合には、当然のことながら高度な装置となり、検知範囲も広がる。

### 4.3.5 袋体内圧検知装置の設計

袋体内圧検知装置は、次に示す内容で設計するものとする。

1. 検知目的の設定及び装置種類の選択

## 2. 検知装置機構及び機能の設計

### 〔解 説〕

1. 袋体膨張媒体によって、袋体内圧検知装置が異なる場合がある。取機能に従って検知目的が定まり、複雑な操作を要するような取では検知範囲も広がる。
2. 検知装置の種類と検知範囲を設定した後、機構を設計し、安全装置との連動や場合によって起伏装置と連動した自動加圧装置等の設計を行う。

### 4.3.6 膨張媒体給排管等の設計

膨張媒体給排管等は、起伏速度に応じて十分な給排能力を持つとともに、耐久性を有するものでなければならない。

### 〔解 説〕

#### 1. 配管用材料

河川水質によって、配管用炭素鋼鋼管 JIS G 3452 GP (山), 配管用ステンレス鋼管 JIS G 3459 SUS304TP, 水道用亜鉛メッキ鋼管 (SGPW) JIS G 3442 又は、上記と同等以上の性能を有するものを使用するものとする。また、フランジ継手は、原則として、JIS 0.49MPa (5kgf/cm<sup>2</sup>) 以上のものを使用するものとする。

#### 2. 配管の種類

袋体から操作室に連絡する配管として

- (1) 膨張媒体給排管
- (2) 袋体内圧検知管
- (3) ドレイン配管

等があり、これらは共用されることもある。

膨張媒体給排管は、河床下に水平に設置される場合、のり部に取り付けられる場合、あるいは両者を併用する場合等があるが、水式では水平配管とする必要がある。

袋体内に水が侵入した場合には、内圧検知管及び給排管が閉塞する可能

性があり、袋体の破裂的損傷と完全倒伏の阻害を引き起こす危険性がある。このため、袋体の排水処理については、排気弁が開いたときに侵入水が同時に排出される配管構造とするなど、排水処理対策を講じる必要がある。

また、ゴム堰の上流側及び下流側から操作室へ連絡する配管として、

(1) 外水位検知管

(2) 排水管（木式のみ）

がある。外水位検知管は、土砂詰まり等が生じないように設置しなければならない。また、排水管は、膨張媒体である水を確実に排水できるように設置しなければならない。なお、外水位検知管と配水管はその一部をコンクリート管にすることができる。

上記の各種配管は、不同沈下等の地盤変形に対しても安全な構造としなければならない。

〔参 考〕

給排管及び倒伏装置の例を図 1.53 に示す。

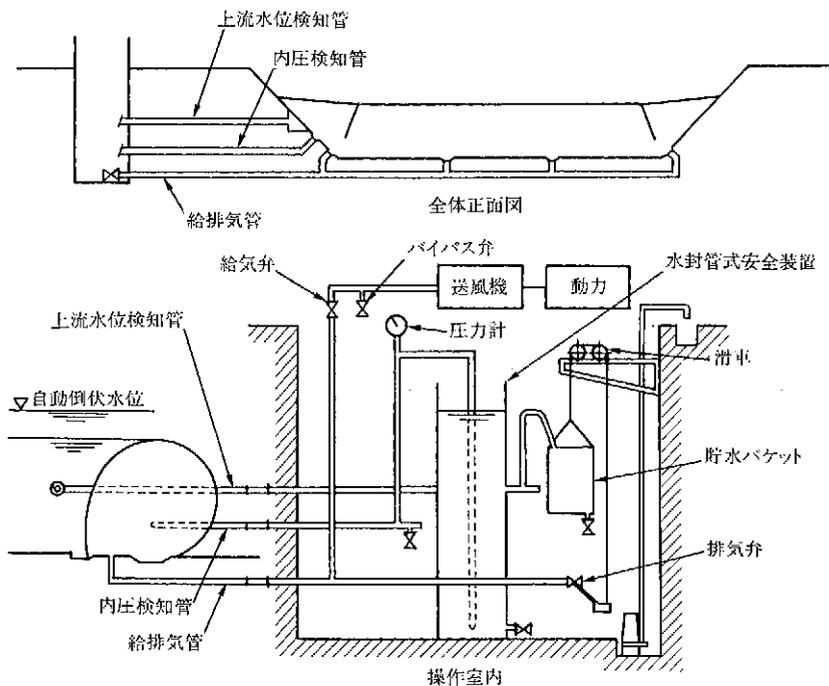


図 1.53 給排管設置例 (空気式 1)

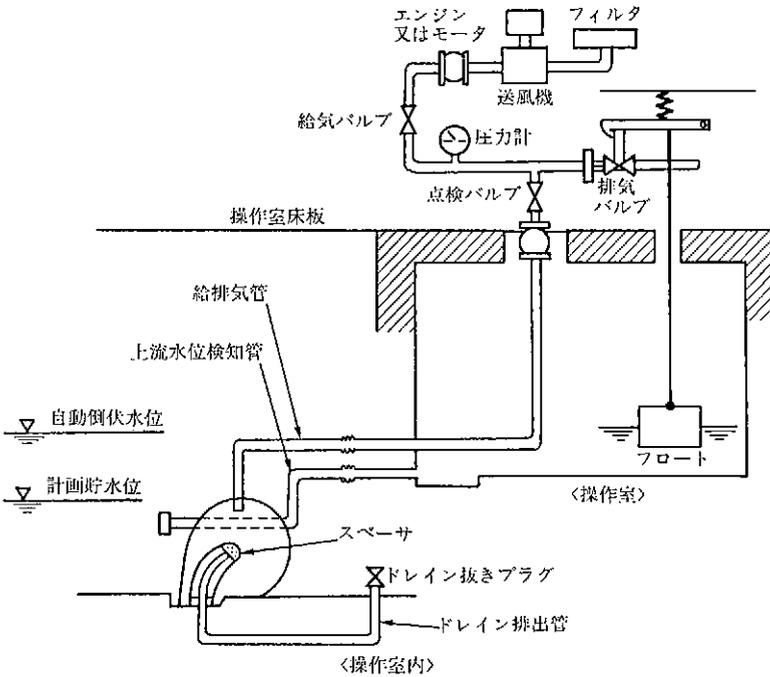


図 1.54 給排管設置例 (空気式 2)

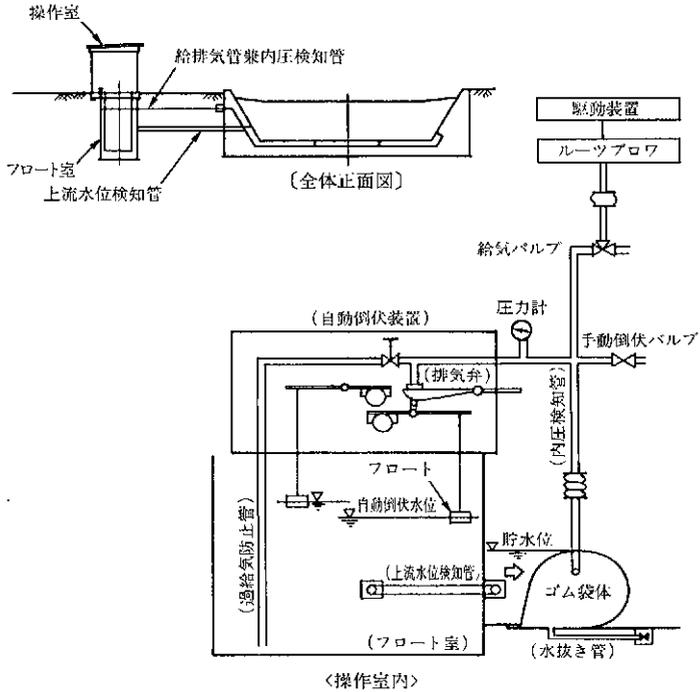


図 1.55 給排管設置例 (空気式 3)

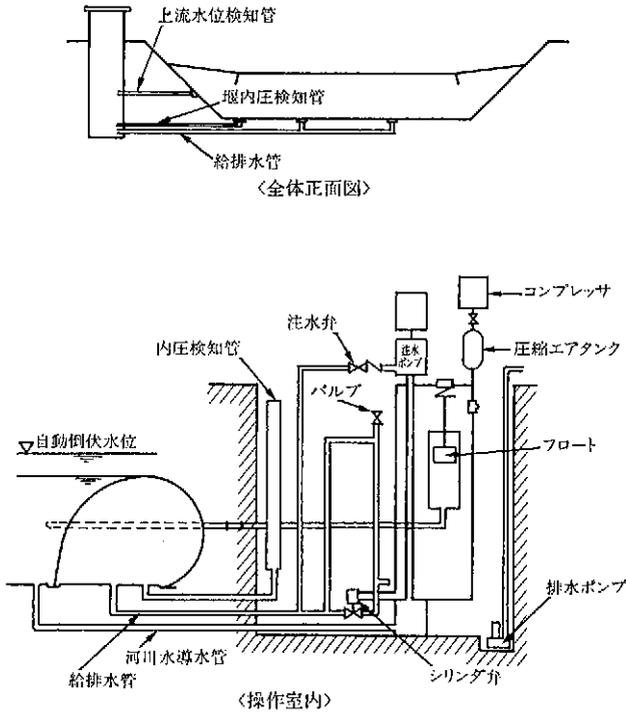


図 1.56 給排水設置例（水式）

## 第 4.4 節 その他の施設の設計

### 4.4.1 操作室

操作室は、次の事項を満足するものでなければならない。

1. 機器類が容易に、安全に操作できること。
2. 外水の浸入を防止する構造であること。
3. 採光、換気に十分注意すること。
4. 操作要領説明板を室内の適当な位置に備えること。

## 〔解 説〕

操作室が堤外地に設置される場合は、堤防余裕高に相当する高さまで水密構造とする。

また、堤内地に設置される場合は、予想される内水位に対し、浸水を防止し得る構造とする。なお、耐水性の弱い機械類はなるべく計画高水位又はそれに類する水位より上に設置されることが望ましい。

#### 4.4.2 給排水管等の堤防横断

ゴム堰の給排水管等が堤防を横断する場合は、付近の河岸及び河川管理施設の構造に著しい支障を及ぼさないように配慮しなければならない。

## 〔解 説〕

操作室が堤内に設置される場合、膨張媒体給排水管、外水位検知管、袋体内圧検知管、ドレイン管等が堤防を横断して敷設される場合がある。これらの配管は、堰の大型化、径間数の増加とともに口径、本数の規模が大きくなるので、横断部分が堤防の弱点とならないように、その構造については適切な配慮がなされなければならない。

#### 4.4.3 警報設備

ゴム堰の倒伏により著しい影響があると考えられる場合は、必要な警報設備を設けるものとする。

#### 4.4.4 安全施設

堰操作及び第三者等に対する安全には、十分留意しなければならない。

## 〔解 説〕

堰操作並びに第三者に対する安全施設として、手すり、タラップ等、また、堰周辺には図 1.57 に示すように、適当な範囲にわたり金網等の危険防

止柵を設けたり、注意を喚起する立札による掲示を行う。

動力設備に内燃機関を利用する場合は、排気ガス対策等に十分留意しなければならない。また、夜間操作のため照明設備についても検討する。

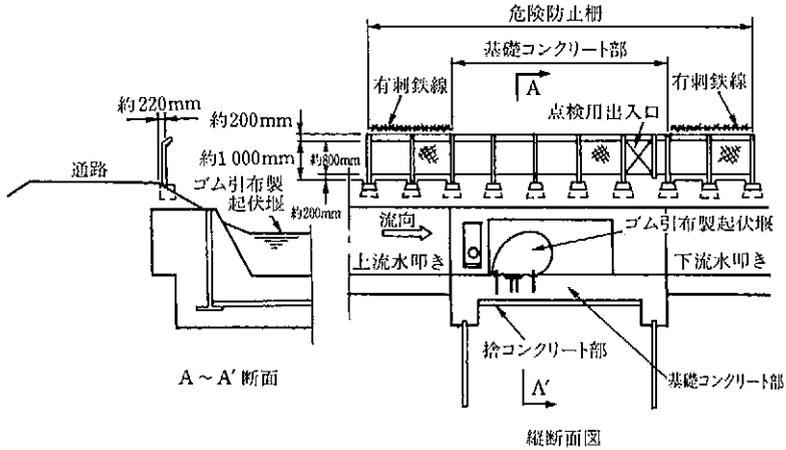


図 1.57 安全施設例図

# 施工及び管理

# 第1章 製作及び施工

## 第1.1節 一 般

### 1.1.1 施工計画

施工計画は、次に示す事項を考慮し、工事が確実に施工できるものでなければならない。

1. 現地の状況
2. 施工条件
3. 工事内容

#### 〔解 説〕

施工計画は、過去に実施された工事の実態を検討し、現場で起こり得る諸問題を予測し、計画どおり工事が進捗するように立てなければならない。

1. 現地の状況としては、気象条件、河川の流況及び施工場所等がある。
2. 施工条件としては、工事期間、施工能力及び材料入手の見通しがある。
3. 工事内容としては、工事の規模及び施工の難易性等がある。

### 1.1.2 工事用道路

工事用道路は、工事の能率や安全性を考慮し、規模及び構造を定め、  
たうえて施工しなければならない。

## 〔解 説〕

工事用道路の施工計画については、次に示す事項に注意する。

1. 幅員は4.0m以上で、縦断勾配は15%以下が一般的である。
2. 工事規模及び工事期間を考慮し、道路の路床・路盤等の構造を定めなければならない。
3. 堤防天端より坂路を川表側に新設する場合は、堤防の断面外に盛土し下流方向に設置する。
4. 堤防天端、小段、あるいはのり先を工事用道路として利用する場合は、堤防横断構造物、堤防断面を損傷しないよう補強の処置を行わなければならない。
5. 高水敷の横断方向に盛土し工事用道路とする場合は、流水の疎通に支障のないよう、極力低く設置するものとする。やむを得ず高くする必要がある場合は、出水期には撤去する等の処置をとる。
6. 仮橋が必要となる場合、高さ、方向、構造等の橋の諸要素は河川状況、工事規模並びに工事施工期間等を検討して決める。

### 1.1.3 仮締切工

仮締切工は、洪水の疎害とならないように設置しなければならない。

## 〔解 説〕

仮締切工は、水位の変動、特に洪水時の流速、洗掘、流心の移動堰上げ量、河床における転石や沈床等、矢板打込みの障害物を考慮して選定しなければならない。

## 第1.2節 下部工施工

### 1.2.1 基礎

基礎は、上部荷重を良質な地盤に安全に伝達するものであるから、設計支持力が得られるように、確実に施工しなければならない。

#### 〔解説〕

一般に、堰の基礎は、仮締切工の施工後、排水しながら所定の深さまで床掘りを行った後施工されるから、作業空間が狭小である。したがって、あらかじめ現場の状況を精査し、土留工法、湧水、漏水の処置、掘削順序、工程等について、綿密な計画を立てることが必要である。

杭基礎の場合には、必ず杭の最終支持力の確認をしなければならない。杭の支持力は、土質試験資料に基づく静学的支持力と杭の最終打止め貫入量に基づく動力的支持力により、設計支持力があるかどうかを確かめる。また、他の基礎形式の場合にも、載荷試験等により設計支持力の確認をしなければならない。

### 1.2.2 床版・水叩き

床版及び水叩きに用いるコンクリートは、所要の強度、水密性、耐磨耗性を備え、品質のばらつきの少ないように入念に施工しなければならない。

#### 〔解説〕

床版及び水叩き等は、流水による洗掘や浸透水による土砂の吸い出しにより損傷を受ける恐れが多く、かつ、施工後の補修が困難なため、施工は入念にしなければならない。

また、コンクリートは絶えず流水にさらされるので、強度、耐久性、耐磨耗性の高い均質なものが要求される。コンクリート打設前に鉄筋型枠が

正しく組立てられているか、また、清掃が十分されているか等の検査を行う必要がある。コンクリートの打設は、定められた作業区画に、打継目のない単一体施工が一般的である。

寒冷地帯等で、やむを得ず寒中コンクリートを施工する場合は、十分注意を要する。

### 1.2.3 埋 戻 し

埋戻しは、構造物に損傷を与えないように注意して施工し、埋戻し後は十分締め固めなければならない。

#### 〔解 説〕

埋戻しの材料は、工事に適合したものを使用し、埋戻し箇所は埋戻し作業開始前に清掃し、各層ごとに十分に締め固めなければならない。また、構造物に影響する埋戻し、締め固めは、構造物に損傷を与えないように注意しなければならない。

### 1.2.4 配 管

配管は、コンクリートに埋設する前に、接続部等の気密・水密性を確認しなければならない。

#### 〔解 説〕

袋体と操作室間の配管は、地盤沈下に備えるため、フレキシブルジョイントを設置するか、支持杭により補強するなどの十分な配慮が必要である。

## 第 1.3 節 袋体製作据付け

### 1.3.1 袋 体 製 作

袋体の製作に当たっては、十分な品質管理のもとに行われなければ

ならない。

#### 〔解 説〕

ゴム引布の材料及び仕様は、設計編第2章 2.3.1 によるものとする。一般に、袋体が工場で作製される場合は、ゴム引布加工、貼合せ加工、接着処理等の工程の品質管理条件は整っているが、ゴム引布材質のムラや損傷は袋体の破壊につながるから、十分注意して製作されなければならない。

### 1.3.2 袋体運搬・据付け

袋体の運搬及び据付けに際しては、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しなければならない。

#### 〔解 説〕

工場から現場までの袋体運搬は、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。現場据付け時には、クレーンによる移動、袋体の展開、心出し等、取り扱い上の制限が生じる。現場貼合せ加工を行わない場合には、このような袋体運搬・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（設計編第2章 1.2.5 参照）。

### 1.3.3 据付け一般

袋体は、膨張媒体の気密・水密性が十分確保できるように据付けなければならない。

#### 〔解 説〕

袋体は、取付金具で押さえ、固定ボルト又はナットで固定される。

取付金具の固定ボルト又はナットによる締付けは、トルク管理のもとで実施するものとする。

また、袋体の据付けに際して気密・水密性確保のため、合成樹脂類を使用する場合、塗布面は水のない状態にしなければならない。

トルク低下の実測値では、ボルト締め後、150日程度でトルク低下が平衡状態となることが判明している。この応力緩和による影響を少なくする方法として、一定時間後に増し締めする方法が効果的である。

## 第1.4節 諸 検 査

### 1.4.1 検査の範囲

ゴム堰の検査の範囲は、下記材料及びその据付けとする。

1. 袋体、取付金具、アンカー、固定ボルト又はナット
2. 配管・弁類
3. 操作設備（起伏装置、安全装置、外水位検知装置、袋体内圧検知装置）
4. その他の施設（排水設備、換気設備、照明設備等）

#### 〔解 説〕

下部工、操作室等土木構造物に関する諸検査は、別途に実施しなければならない。ここでは、ゴム堰の機能に直接関与する範囲について述べたものである。

### 1.4.2 検査の種類

検査の種類は、次に示すとおりとする。

1. 材料検査
2. 付属品検査
3. 袋体検査
4. 操作設備機能検査

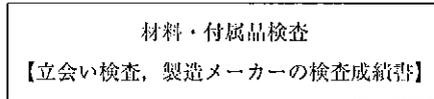
#### 〔解 説〕

材料検査の範囲は、工場製作されたゴム引布、固定金具、配管等であり、付属品検査の範囲は、購入されたバルブ、ブロワ、計器等の部品、装置で

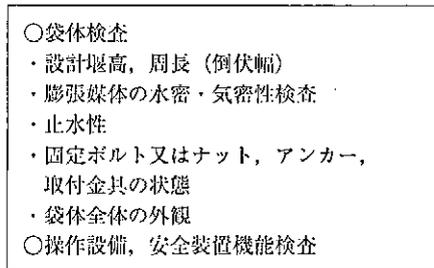
ある。袋体検査，操作設備機能検査の範囲は，ゴム堰の安全性，機能維持の確認のために行う現場据付け時の諸検査である。

検査は，一般的に次に示す手順で行うものとする。

【製作（工場）】



【据付け（現場）】



### 1.4.3 材料検査

<p>材料検査は，工場製作された袋体，固定金具，配管設備について，必要な試験又は材料検査成績書等により，規定値を満足していることを確認しなければならない。</p>
---

〔解 説〕

袋体に張力が作用すると，ゴム引布に伸びが生じる。工場において行うゴム引布の寸法検査は，伸びの影響に留意するものとする。また，袋体，固定金具，配管等の亀裂，摩耗，変形，腐食はゴム堰稼働時の重大な安全性・機能障害を招くことから，外観の異常について詳細に確認する必要がある。

#### 1.4.4 付属品検査

付属品の検査は、定められた材料について行わなければならない。

##### 〔解説〕

定められた材料としては、工場製作されたゴム引布、固定金具、配管等を除く購入物品がある。検査は使用したことを証明する材料証明書、製造メーカーの合格証等で代えることができる。

#### 1.4.5 袋体検査

袋体の検査は、次に示す項目について、据付けの前後で行わなければならない。

1. 設計堰高，周長（倒伏幅）
2. 袋体及び取付金具の気密・水密性
3. ゴム堰の止水性
4. 固定ボルト，アンカー，取付金具の状況
5. 袋体全体の外観

##### 〔解説〕

具体的な検査方法等について、以下に示す。

表 2.1 検査方法

検査項目	検査方法	検査条件	結果の評価	留意事項
設計堰高	レベルによる計測 (横断方向に3箇所以上/1径間を全門に対して行う)	・水位：上下流水位 = 0 又は任意水位 ・内圧：設計内圧	変形計算結果を下回らないこと	伸び、側壁部への影響*
設計周長 (倒伏幅)	メジャーによる計測 (横断方向に3箇所以上/1径間を全門に対して行う)	施工時, 据付け完了時		
気密 ・ 水密性	石鹸水による気泡確認 (横断方向に3箇所以上/1径間を全門に対して行う)	・水位：上下流水位 = 0 又は任意水位 ・内圧：設計内圧	水の漏洩、 空気の漏洩がないこと	ボルト締後の応力緩和による影響
止水性	取付部からの漏水 (目視)	・水位：上流任意水位 下流水位 = 0 ・内圧：設計内圧	水の漏洩がないこと	
固定金具 の状態	目視による状況確認 (固定箇所)	施工時, 据付け完了時	固定要領, 外観に異常のないこと	
袋体外観 検査	目視による状況確認 (横断方向に3箇所以上/1径間)	施工時, 据付け完了時	外観等に異常のないこと	亀裂、摩耗、変形、腐食

\* 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。通常、伸びが飽和状態に達するまでに、数日を要することから、据付け検査時には、所定の堰高が得られない可能性がある。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。

#### 1.4.6 操作設備機能検査

ゴム堰の操作設備を用いて、起立、倒伏させ、機能を十分發揮していることを確認するものとする。

1. 起立速度
2. 倒伏速度
3. 安全装置の機能

4. 膨張媒体の強制排除
5. 配管設備の気密・水密性及び耐圧
6. 検知装置の機能

### 〔解 説〕

検査方法は、以下に示す項目について、設計図書等に示される規定値を満足することを確認する。

#### 1. 起立速度

任意の水位条件における起立時間を計測し、設計図書に示される規定値を満足することを確認する。

#### 2. 倒伏速度

任意の水位条件における倒伏時間を計測し、設計図書に示される規定値を満足することを確認する。ただし、水位が低い条件では、倒伏時間は規定値を超える場合がある。

#### 3. 安全装置の機能

任意の水位条件において模擬信号等により安全装置が確実に作動することを確認する。

#### 4. 膨張媒体の強制排除

任意水位で膨張媒体が強制的に排除されることを確認する。

#### 5. 配管設備の気密・水密性及び耐圧

設計内圧をかけ、圧力計が正常に作動し、気密・水密性が保たれていることを確認する。

#### 6. 検知装置の機能

正常に作動するかどうかを確認する。

## 第2章 操作及び管理

### 第2.1節 一 般

#### 2.1.1 事 故

事故が発生した場合は、事故の内容を十分把握して、速やかにその内容を関係部署に連絡し、適切な処置を施さなければならない。

〔解 説〕

管理者は、想定される事故対策についてあらかじめ検討しておかなければならない。

#### 2.1.2 操作等の記録

管理者は、ゴム堰の操作を行った場合には、その水理量等とともにこれを記録しておかなければならない。

〔解 説〕

管理者は堰の操作日報を作成し、これに基づいて必要な水理量及び操作を記録しておかなければならない。

#### 2.1.3 点検・整備の記録

管理者は、ゴム堰の点検及び整備を行った場合には、これを記録し

ておこななければならない。

### 〔解 説〕

管理者は、堰の点検及び整備表を作成し、これに基づいて作業を実施するとともに、点検及び整備の箇所名、点検項目、判定、整備内容等を記録しておこななければならない（本章第2.3節参照）。

## 第2.2節 堰の操作

### 2.2.1 操作規則の作成

ゴム堰の管理者は、設置目的に従い、操作規則を作成しなければならない。

### 〔解 説〕

操作規則は、堰の設置目的を十分満足させ、堰の機能及び操作の安全を確保するものでなければならない。

### 2.2.2 操作の基本

ゴム堰は、操作規則に基づいて操作するものとする。

### 〔解 説〕

重要あるいは複数スパンの堰については、誤操作のないよう特に注意して操作しなければならない。

複数のスパンの堰を同時に倒伏させる場合、河川条件によっては同時に操作しても添筋側の堰が早く倒れる場合など、倒伏速度に差が生ずることも考えられる。

特に、倒伏開始時刻をずらして操作するような場合は、下流水位が高くなるので、後発の堰が倒れにくくなる可能性がある。ゴム堰が完全に倒伏するためには、ある程度の流速が必要なことから、水位差が小さくなった

状態での堰の操作には十分な検討を要する。

### 2.2.3 警報等

ゴム堰から放流を行う場合は、別に定められる関係機関等に通報警告を行うものとする。

#### 〔解説〕

管理者は、倒伏操作によって水位等が著しく変動する区間に警報設備を設け、あらかじめ関係機関と協議した内容に基づき警報等を実施するとともに、水位変動により影響を受ける者に通知しなければならない。また、沿川住民等が堰付近に立ち入ることによって生ずる危険を防止するため、必要に応じて安全対策を講じなければならない。

### 2.2.4 洪水警戒体制

管理者は、出水時、別に定められている洪水警戒体制を取らなければならない。

#### 〔解説〕

洪水警戒体制を取る場合は、以下に該当するときとする。

1. 気象庁又は河川管理者から気象業務法又は水防法に基づき、堰管理に関連ある洪水注意報又は洪水警報等が発せられたとき。
2. 地方気象台から大雨注意報が発せられ、定められた値以上に降雨があると予想されるとき。
3. 堰地点の流量が定められた値を超え、かつ、放流量が定められた値以上に増加すると予想されるとき。

## 第2.3節 点検

ゴム堰は、その機能維持に必要な点検を適時行わなければならない。

## 〔解 説〕

## 1. 点検項目

点検は、以下の項目について行うものとする。

- (1) 袋 体
- (2) 固定金具（取付金具，アンカー，固定ボルト又はナット）
- (3) 操作設備（起伏装置，安全装置，外水位検知装置，袋体内圧検知装置）
- (4) 配管部，弁類
- (5) コンクリート構造物（基礎コンクリート，操作室，気密室等）
- (6) その他（操作室の窓，扉，安全施設，付帯設備，河川内の堆積土砂，転石，流木の有無等）

なお，アンカー，固定ボルト又はナットは，水位条件によっては点検を省略することができる。

## 2. 点検の種類

点検の種類と方法は，対象項目の使用状況，機能及び重要度に応じて適切に定められなければならない。表 2.2 に一般的な点検の周期を示すが，管理対象施設の異常の有無，障害物の有無等の見回りを日常的に行うことは事故防止，設備の機能維持にとって必要なことである。

表 2.2 点検の種類と周期

点検の種類	点検の周期	点検の目的
定期点検	6カ月に1回	設備の劣化，気密・水密性等の機能維持の確認のため，目視点検を中心に行う。
	1年に1回	機能維持の確認のため，計測機器による測定及び機器内部の状況確認を行う。
臨時点検	必要に応じ	増水，異常気象，地震，落雷等により，施設等になんらかの異常が予想される場合や，堰操作を行う前後において必要な項目について点検を実施する。

\* 積雪寒冷地で，積雪・凍結により6カ月点検の実施が不可能な場合は，点検の周期を延長することができる。

## 3. 定期点検の概要

表 2.3 定期点検概要一覧表

箇所	点検項目と着眼事項		間 隔	点検方法	判定基準・対応等
袋 体	外層 ゴム	摩耗の程度	6 カ月	目視	1 プライ接着等による補修
		劣化の程度			最外層織布へのクラックの到達の有無
	損傷の程度	最外層織布へのクラックの到達の有無		目視 指触	
	外層ゴムと織布の接着	凸状膨れの有無 手による剥がれ			
固定金具	・気密・水密性及び止水性		6 カ月	目視	必要な強度、機能を損なう異常があれば交換
	・変形、腐食、摩耗の有無 ・ボルトの緩み		1 年	目視 打診	
操作設備	・各操作装置の機能・性能に応じた正常な動作確認（過熱・音響・振動、電気系統、給油、給水状況等に留意） ・清掃状態、塗装		6 カ月 1 年	動作確認 目視	操作説明書、機器の取扱説明書による（熱、聴音、振動、電気抵抗等）
配管部・弁類	・露出部分： ボルトの緩み、空気・水漏れ、腐食、変形、損傷 ・埋設部分： 構造物の不同沈下の有無、土砂・侵入水による閉塞		1 年	目視	必要な強度、機能を損なう異常があれば交換
シロート機構	操作室内への漏水、亀裂、その他の損傷（水没箇所を除く）		1 年	目視	必要な強度、機能を損なう異常があれば交換
その他	河川内の堆積土砂、袋体付近の有害物質等、侵入水の有無		1 年	目視	正常な起伏操作の阻害、損傷の恐れのある場合は除去

※ 6 カ月ごとの操作設備の点検項目は、通常運転時に目視確認できる範囲とする。

## 〔参 考〕

点検整備チェックシートの一例を以下に示す。

## 〔塗膜劣化度判定基準〕

劣化度	状 態
A	全体的に割れ、膨れ、剥がれ、錆がみられ、著しく劣化が進んでいる状態
B	部分的に小さな割れ、膨れ、剥がれ、錆がみられ、劣化が進んでいる状態
C	極小な劣化がわずかにみられる状態
D	異常なし

## 〔扉体〕

項目	構成機器	点検内容	点検方法	判定基準
袋体	袋体	振動・気密・水密	目視聴診	異常な振動がなく、気密、水密が保たれていること
	袋体外層 ゴム	損傷・摩耗・クラック	目視	損傷、摩耗、クラック、油等の付着がないこと
	取付金具	変形・損傷	目視	変形、損傷がないこと
	固定ボルト 又はナット	緩み・脱落	目視打診	緩み、脱落がないこと

## 〔起伏設備〕

項目	構成機器	点検内容	点検方法	判定基準
起伏装置	全般	塗膜劣化度	目視	「塗膜劣化度判定基準」による
		起立時間	計測	良好な起立時間であること
		倒伏時間	計測	良好な倒伏時間であること
	ブロワ	異音・過熱	目視聴診	異音、過熱がないこと
	電動機	異音・過熱	触診聴診	異音、過熱がないこと
		振動	目視聴診	異常な振動がないこと
		絶縁抵抗	計測	1.0M Ω以上であること
		接地抵抗	計測	300Vを超える場合は10 Ω以下、300V以下の場合100 Ω以下であること
	動力伝達 ベルト	弛み	目視触診	弛みがないこと

項目	構成機器	点検内容	点検方法	判定基準
起伏装置	吸込サイレンサ	目詰まり・変形・損傷	目視	目詰まり・変形・損傷がないこと
	吸込ストレーナ	目詰まり	目視	目詰まりがないこと
	バルブ類	作動状態	作動	正常に作動すること
		腐食	目視	腐食がないこと
	潤滑油	油漏れ・油量	目視	油漏れがないこと
	ボルトナット	弛み・脱落	目視打診	弛み、脱落がないこと
	バルブ類	作動状態	作動	正常に作動すること
		腐食	目視	腐食がないこと
起伏保護装置	バケット	変形・損傷	目視	変形、損傷がないこと
		漏水	目視	漏水がないこと
	ワイヤ	変形・損傷・錆	目視	変形、損傷、錆がないこと
		回転	目視	正常に回転すること
	バルブ類	作動状態	作動	正常に作動すること
		腐食	目視	腐食がないこと

## [起伏補助設備]

項目	構成機器	点検内容	点検方法	判定基準
内圧検知装置	ブルドン管圧力計	損傷・弛み・気密	目視	損傷、弛みがなく、気密が保たれていること
		校正	計測	適正であること
	圧力伝送器	損傷・弛み・気密	目視	損傷、弛みがなく、気密が保たれていること
		直線性	作動	適正であること
過圧防止装置	全般	変形・損傷・錆	目視	変形、損傷、錆がないこと
		水量・汚れ	目視	ひどい汚れがないこと
	バルブ類	作動状態	作動	正常に作動すること
		腐食	目視	腐食がないこと
		漏水	目視	漏水がないこと

## [排水設備]

項目	構成機器	点検内容	点検方法	判定基準
排水装置	全般	塗膜劣化度	目視計測	「塗膜劣化度判定基準」による
	水中ポンプ	振動・異音	触診聴診	異常振動,異音がないこと
		絶縁抵抗	計測	1M Ω以上であること
	水位計	作動状態	作動	正常に作動すること
	バルブ類	作動状態	作動	正常に作動すること
		腐食	目視	腐食がないこと
漏水		目視	漏水がないこと	

## [配管設備]

項目	構成機器	点検内容	点検方法	判定基準
給排水管	ピット内配管	損傷・錆・気密	目視・聴診	損傷, 錆がなく, 気密が保たれていること
	ピット内伸縮継手	変形・損傷	目視	変形, 損傷がないこと
	配管サポート	損傷・錆・弛み	目視	損傷, 錆, 弛みがないこと
	操作室内配管	損傷・錆・気密	目視・聴診	損傷, 錆がなく, 気密が保たれていること
	操作室内サポート	損傷・錆・弛み	目視	損傷, 錆, 弛みがないこと
内圧検知管	ピット内配管	損傷・錆・気密	目視・聴診	損傷, 錆がなく, 気密が保たれていること
	ピット内伸縮継手	変形・損傷	目視	変形, 損傷がないこと
	配管サポート	損傷・錆・弛み	目視	損傷, 錆, 弛みがないこと
	操作室内配管	損傷・錆・気密	目視・聴診	損傷, 錆がなく, 気密が保たれていること
	操作室内サポート	損傷・錆・弛み	目視	損傷, 錆, 弛みがないこと
排水管	操作室内配管	損傷・錆・気密	目視・聴診	損傷, 錆がなく, 気密が保たれていること
	操作室内サポート	損傷・錆・弛み	目視	損傷, 錆, 弛みがないこと

項目	構成機器	点検内容	点検方法	判定基準
導水管	ピット内配管	損傷・錆・気密	目視・聴診	損傷、錆がなく、気密が保たれていること
	ピット内伸縮継手	変形・損傷	目視	変形、損傷がないこと
	配管サポート	損傷・錆・弛み	目視	損傷、錆、弛みがないこと
	操作室内配管	損傷・錆・気密	目視・聴診	損傷、錆がなく、気密が保たれていること
	操作室内サポート	損傷・錆・弛み	目視	損傷、錆、弛みがないこと

[操作制御盤]

項目	構成機器	点検内容	点検方法	判定基準
全般	全般	塗膜劣化度	目視計測	「塗膜劣化度判定基準」による
		内部乾燥	目視	異常な湿潤が発生していないこと
		絶縁抵抗	計測	1MΩ以上であること
計器類	電圧計	電圧値	計測	定格電圧に対し±10%の範囲であること
			計測	定格値以下であること
	電流計	電流値	計測	大幅な変動がないこと
			計測	定格電流値以下であること
開閉器	電磁開閉盤	作動状態	目視	正常に作動すること
		異音・振動	聴診目視	異常振動、異音がないこと
リレー類	補助リレー	作動状態	目視	正常に作動すること
		異音・振動	聴診目視	異常振動、異音がないこと
	3Eリレー	作動状態	目視	正常に作動すること
	タイマー	作動状態	目視	正常に作動すること
スイッチ表示盤	押しボタン	作動	動作	正常に作動すること
	表示灯	表示	目視	正常に作動すること
	ブザー	作動	動作	正常に作動すること
	インターロック	作動	動作	正常に作動すること
スペースヒータ	スペースヒータ	作動状態	目視	正常に作動すること

項目	構成機器	点検内容	点検方法	判定基準
加	扉	開閉・施錠	動作	正常に作動すること
配線	配線	端子取付状態	目視	弛み、錆等が発生していないこと
		配線状態	目視	異常ないこと
		絶縁抵抗	計測	1M Ω以上であること
	配管	変形・縮付状態	目視	変形等がないこと

## [付属設備]

項目	構成機器	点検内容	点検方法	判定基準
上下流水位調節装置	フロート式液面計	作動	目視	正常に作動すること
	取付金具	弛み	目視	弛みがないこと
	指示計	作動	目視	正常に作動すること
	アナログ発信器	作動	目視	正常に作動すること
	センサ	作動	目視	正常に作動すること
	変換器	作動	目視	正常に作動すること
	指示計	作動	目視	正常に作動すること
	水位保護管	変形・損傷	目視	変形、損傷がないこと
換気装置	ファン	振動・異音	触診聴診	異常振動、異音がないこと
	電動機	振動・異音・過熱	触診聴診	異常振動、異音、過熱がないこと
		絶縁抵抗	計測	1.0M Ω以上であること
		接地抵抗	計測	10～100 Ω以下であること
	ダクト	変形・損傷	目視	変形、損傷がないこと
	サポート	弛み	目視	弛みがないこと
	潤滑油	油漏れ・油量	目視	油漏れがないこと
	ボルトナット	弛み・脱落	目視打診	弛み、脱落がないこと
付属設備	管理橋	塗膜劣化度	目視計測	「塗膜劣化度判定基準」による
		変形・損傷	目視	変形、損傷がないこと

項目	構成機器	点検内容	点検方法	判定基準
付属設備	防護柵	清掃状況	目視	ひどい汚れ、油等の付着がないこと
		塗膜劣化度	目視計測	「塗膜劣化度判定基準」による
		変形・損傷	目視	変形、損傷がないこと
	上屋	清掃状況	目視	ひどい汚れ、油等の付着がないこと
		変形・損傷	目視	変形、損傷がないこと

## 〔設備全般〕

項目	構成機器	点検内容	点検方法	判定基準
全般	出入口扉	損傷	目視	機能上支障がないこと
	操作室	清掃状態	目視	機能上支障がないこと
	点検路	整理・整頓	目視	機能上支障がないこと
	魚道	ゴミ・流木	目視	機能上支障がないこと

## 〔付属設備〕

項目	構成機器	点検内容	点検方法	判定基準
全般	本体	損傷	目視	異常な劣化、外傷、変形等がないこと
	門柱	損傷	目視	異常な劣化、外傷、変形等がないこと
	取付擁壁	損傷	目視	異常な劣化、外傷、変形等がないこと
	取付護岸	損傷	目視	異常な劣化、外傷、変形等がないこと

## 第2.4節 保守等

### 2.4.1 保守一般

ゴム堰は、常に確実に起伏できるように保守していなければならない。

## 2.4.2 結氷の防止

冬期間操作を必要とするゴム堰は、結氷によってその起伏に支障がないように保守しなければならない。

### 〔解 説〕

寒冷期でも異常暖気や降雨による河川流量の急増又は、事故発生や点検等の理由により、ゴム堰の操作を必要とする場合があるから、常に袋体作動機器の結氷及び凍結の防止を図って、操作に支障を来さないようにしなければならない。ただし、冬期間に操作の必要がなくなる場合又は結氷したまま放置しても支障がない場合などは考慮しなくてよい。

## 2.4.3 堆積土砂

袋体上に多量の土砂が堆積した場合、袋体を損傷しないように十分注意して排除しなければならない。

### 〔解 説〕

重機を利用して堆積土砂を排除する場合には、袋体を損傷しないように十分注意する必要がある。

また、起立及び倒伏の繰り返しによって土砂をある程度排除することは可能である（フラッシュ操作）が、完全に排除することは困難である。

なお、袋体に設計張力以上に加圧する場合には、設計荷重との関連において、あらかじめ検討しておかなければならない。

### 〔参 考〕

水理模型実験に基づく自立による排砂能力は、堰全幅に堰高の20%程度の堆砂がある場合、空気式では内圧を  $P/\rho g H = 2.0$ 、水式では  $P/\rho g H = 3.0$  程度に高めれば初期堰高の約95%は回復する。また、フラッシュ操作によっても初期堰高の90～95%程度まで回復するが、上流からの供給土砂がある場合には、フラッシュ操作を繰り返しても効果がない。ただし、

土粒子の挙動については実物と模型の間に相似則が成立しないため、実験値の適用に当たっては、この点について配慮する必要がある。

### 1. 上下流水深ゼロの場合

図 2.1 は、倒伏時に袋体上に堆砂した状態において自立できる限界の堆砂厚に関する模型実験結果である。

基準堰高：空気式  $H_0 = 474 \text{ mm}$  (上下流水深ゼロ,  $P/\rho g H_0 \approx 1.0$ )

水式  $H_0 = 410 \text{ mm}$  (上下流水深ゼロ,  $P/\rho g H_0 \approx 2.0$ )

堰 長：4.0 m

のり勾配：1:0

粒 径： $D_{50} = 0.077 \text{ mm}$

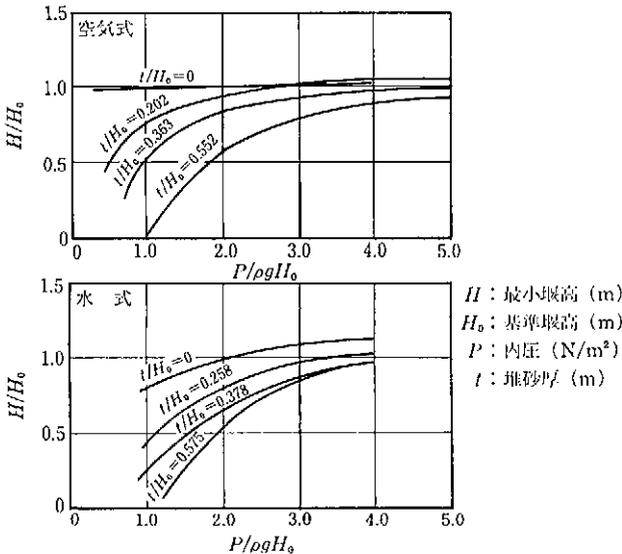


図 2.1 自立による排砂能力 (上下流水深ゼロ)

水路に水を張った状態で倒伏袋体上に砂を敷きならし、所定厚になった後に水路の水を抜いて堆砂層を形成した。実験は、膨張媒体をゆっくり注入して堰を起立させ、袋体内圧と最小堰高の計測を行ったものである。

### 2. 上流側満水位, 下流水深ゼロの場合

図 2.2 は下記の諸元による模型実験結果である。

実験は前項と同様にして行い、実験値から上流側満水に対する堰高を換算して求めたものである。

膨張媒体：空気

基準堰高： $H_0 = 307 \text{ mm}$  (上流側満水, 下流水深ゼロ,  $P/\rho g H_0 \approx 1.0$ )

堰長：2.5 m

法勾配：1:0.5

粒径： $D_{60} = 0.26 \text{ mm}$

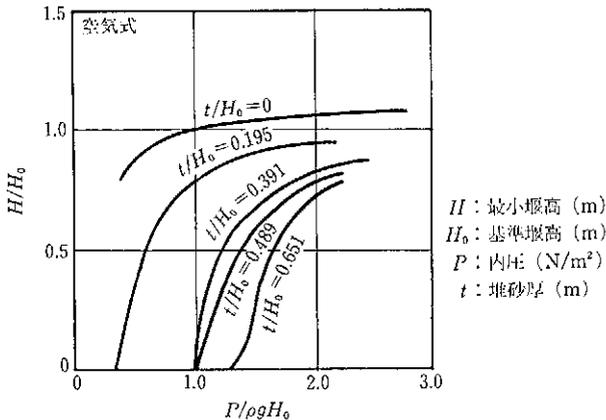


図 2.2 白立による排砂能力〔上流側満水位, 下流水深ゼロ〕

### 3. フラッシュ操作を行った場合

図 2.3 は、前項の「白立による排砂能力 (上下流水深ゼロ)」の実験において、袋体を起立及び倒伏させて上流の貯留水による土砂のフラッシュ操作を行った場合の模型実験結果である。

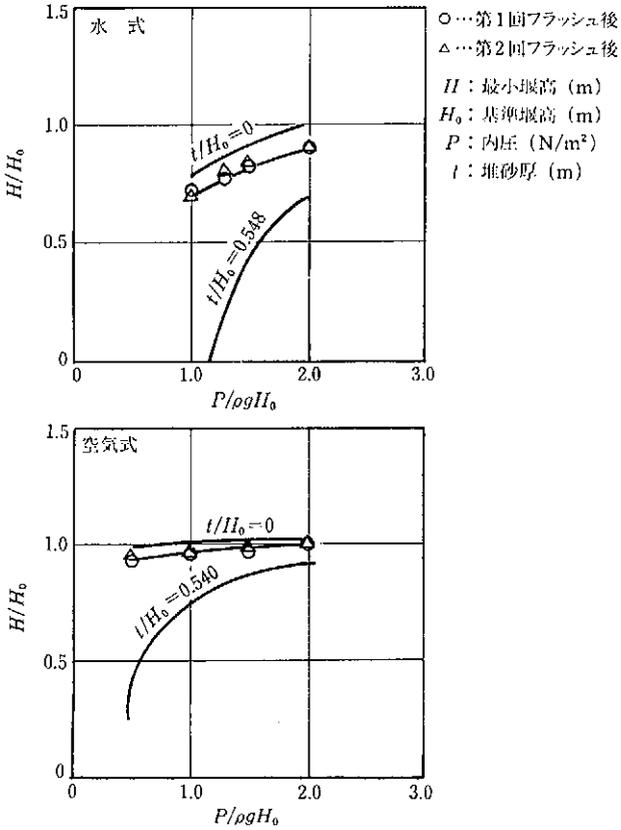


図 2.3 フラッシュ操作による自立排砂

## 第 2.5 節 修 理

### 2.5.1 修理の分類

修理の分類は、次に示すとおりとする。

1. 袋体
2. 機器類

### 3. 配管類

#### 2.5.2 修理の方法

修理は、適切な方法で行わなければならない。

#### 〔解 説〕

現在、採用されている方法及び注意事項を次に示す。

##### 1. 袋 体

小さな破損箇所は、「ゴム栓」、「パッチ」、「木栓」等により修理されている。破損が大きい場合は、加硫接着による修理が必要になるが、水中での接着技術が確立していないため修理箇所をドライにしなければならない。なお、修理箇所は、本体と同等の強度を有するものでなければならない。

##### 2. 機 器 類

破損又は故障部品は、修理、交換し補修する。

##### 3. 配 管 類

バルブ類等については、破損又は故障部品もしくは全部を交換し補修する。

バルブ類については、錆の進行したものは錆を除去し補修塗装する。

## 索引

## 〔ア〕

アンカー 22,39,78  
 安全装置 114,121  
 安全率 36,39,94

## 〔エ〕

越流水脈 10,58,63

## 〔オ〕

応力集中係数 57,76  
 萩原の式 50

## 〔カ〕

過圧防止型プロワ 114  
 外水位検知装置 121  
 外層ゴム 75,88  
 化学的劣化 37  
 過給防止装置 114  
 片倒れ式 53,55,74  
 下部工 22  
 仮縮切工 134  
 完全倒伏 13

## 〔キ〕

基準状態 17  
 基準堰高 17,50  
 基準内圧 17

基礎工 22  
 起伏水位 24  
 起伏速度 13,24  
 起伏用センサ 118  
 起伏流量 24  
 給排弁 119  
 強制排除 117  
 起立装置 120  
 近似計算式 63

## 〔ク〕

空気式 52,62  
 クリープ 36  
 クリープ破断強度 37  
 クリープ破断時間 37

## 〔ケ〕

径間長 17  
 計算張力 57

## 〔コ〕

高水敷保護工 102  
 高内圧タイプ 51  
 護床工 22,98  
 固定方式 55  
 ゴム引布製起伏堰 3  
 コンプレッサ 113

## 〔サ〕

最大越流水深 10  
サイフォン 114  
材料検査 139

## 〔シ〕

自然排除 117  
しゃ水工 22,103  
周長 66,67,69,70  
上部工 22  
振動 38  
振動防止対策 42

## 〔ス〕

水位制御 12  
水封管 114  
水密・気密シート 88  
スペーサ 84

## 〔セ〕

堰高 4,33  
堰柱 95,110  
設計荷重 35,93  
設計対象水位 23  
設計対象流量 23  
設計張力 57  
全周長 32,49

## 〔ソ〕

操作設備 22,117  
側壁 95,109,111

## 〔チ〕

中間層ゴム 88  
直伏式 53,55,75

## 〔テ〕

定期点検 146,147  
低内圧タイプ 51  
デフレクター 43  
点検整備チェックシート 148

## 〔ト〕

倒伏安全装置 115  
倒伏水位 24,30  
倒伏装置 120  
取付金具 80  
取付高さ 73  
ドレイン配管 122  
ドレインパッド 84

## 〔ナ〕

内層ゴム 88

## 〔ヒ〕

標準断面 44

## 〔フ〕

Vノッチ限界堰高 48  
Vノッチ現象 10,50  
不完全倒伏 10  
不完全越流 47  
袋体検査 140  
袋体積載床版 110  
袋体倒伏方式 53

袋体内圧検知管 122  
袋体内圧検知装置 121  
袋体変形 9  
袋体膨張媒体 52  
付属品検査 140  
ブロワ 113  
〔ヘ〕  
併用排除 118  
〔ホ〕  
膨張媒体給排管 122  
〔ミ〕  
水式 52,53,63

水叩き 22,97  
〔モ〕  
もぐり越流 47  
〔ユ〕  
U字管 114  
〔リ〕  
流量係数 43  
両倒れ式 53,55,75  
臨時点検 146

## ゴム引布製起伏堰技術基準（案）

---

平成 12 年 10 月 31 日第 1 刷発行（定価はカバーに表示してあります）

監 修 建設省河川局治水課  
発 行 財団法人 国土開発技術研究センター  
〒105-0001 東京都港区虎ノ門 2-8-10 第15森ビル  
電話 03-3503-0393

---

発 売 株式会社 山 海 堂  
海 野 巖  
〒113-8430 東京都文京区本郷 5-5-18  
電話 03-3816-1617  
振替 00140-3-194982  
<http://www.sankaido.co.jp>

---

乱丁、落丁本はお取り替え致します

©2000

ISBN-4-381-01425-1 C3051

# 改訂新版 建設省河川砂防技術基準(案) 同解説〈全4編〉

各冊 A 4判/函入●4分冊

建設省河川局監修 (社)日本河川協会編集・発行

官・民ともに、各方面において、河川・ダム・海岸の計画設計に携わる技術者のための技術基準指針として必携の書。

## 調査編

A4判 624頁 本体6,600円(税別)

降水量調査 水位調査 流量調査 水文統計 流出計算 水位計算と粗度係数 地下水調査 内水調査 河口調査 地すべり調査 急傾斜地調査 雪崩調査 生産土砂調査 流送土砂調査 海岸調査 水質・底質調査 土質地質調査 河川環境調査 河道特性調査 河川経済調査 測量

## 計画編

A4判 244頁 本体3,900円(税別)

総合河川計画 洪水防御計画の基本 底水計画の基本 砂防計画の基本 環境保全計画の基本 海岸計画 地すべり防止計画の基本 急傾斜地崩壊対策計画の基本 雪崩対策計画の基本 河道並びに河川構造物計画 多目的施設計画 ダム施設計画 砂防施設計画 地すべり防止施設計画 急傾斜地崩壊対策施設計画 雪崩防止施設計画

## 設計編 [I]

A4判 272頁 本体4,300円(税別)

河川構造物の設計=総説 堤防 高規格堤防 護岸 水制 床止め 堰 樋門 水門 トンネル構造による河川 排水機場 伏せ越し ダムの設計=総説 ダムの基本形状、型式および位置の決定 ダム設計の基本条件 ダムの基礎地盤の設計 コンクリートダムの設計 フィルダムの設計 洪水吐きおよびその他の放流設備 ゲート

## 設計編 [II]

A4判 236頁 本体4,200円(税別)

砂防施設の設計=総則 砂防ダム 床固工 護岸 水制工 流路工 山腹工 その他の施設 地すべり防止施設の設計=総説 抑制工の設計 抑止工の設計 急傾斜地崩壊防止施設の設計=総説 各施設の設計 雪崩対策施設の設計=総説 予防工の設計 防護工の設計 海岸保全施設の設計=総説 設計基礎条件 堤防および護岸 突堤 離岸堤 消波堤 リーフ工法 養浜 高潮・津波防波堤 附帯施設

発行/山海堂 (価格は本体価格)

ISBN4-381-01425-1

C3051 ¥4200E



9784381014252

定価(本体4200円+税)



1923051042005