

---

# J-スリットえん堤

(設計・施工マニュアル)

---

平成26年7月

**JFE 建材 株式会社**

## 目 次

1. 概要.....	1
1.1. 適用の範囲 .....	1
1.2. Jースリットえん堤の特長.....	1
1.3. 構造 .....	1
1.3.1. 基本形状.....	1
2. 施設の計画.....	3
2.1. 土石流対策・流木処理計画の策定の基本.....	3
2.2. 流木対策について.....	5
3. 施設の設計.....	5
3.1. 適用指針.....	5
3.2. 使用鋼材 .....	6
3.2.1. 規格 .....	6
3.2.2. 許容応力度 .....	7
3.2.3. 許容応力度の割増し.....	8
3.2.4. 部材の連結 .....	8
3.2.5. 使用鋼管.....	8
3.2.6. 腐食・摩耗対策.....	8
3.3. 施設配置の適用範囲.....	9
3.3.1. 河床勾配.....	9
3.3.2. えん堤高さについて.....	9
3.3.3. 対象礫径.....	10
3.3.4. 水質 .....	10
3.4. 設計フロー .....	11
3.4.1. 規模の検討 .....	12
3.4.2. 透過部の縦・横材間隔について .....	13
3.4.3. 合わせ位置について.....	14
3.4.4. 安定計算.....	15
3.4.5. 構造計算.....	17
4. 施工.....	25
4.1. 施工一般 .....	25
4.2. 施工手順 .....	25
4.3. 組立フロー .....	26
4.4. ボルトの締め付け.....	29
4.4.1. トルシア形高力ボルトの現場受入検査*（参考） .....	29
4.4.2. ボルトの締め付け作業.....	31

4.4.3.	塗装系及び目標膜厚.....	32
4.4.4.	タッチアップ、接合部下塗り作業.....	32
4.5.	施工管理.....	33
4.5.1.	出来形管理.....	33
4.5.2.	参考歩掛り.....	34
5.	維持管理.....	34
5.1.	点検実施の必要性.....	34
5.2.	点検項目.....	34
5.3.	除石・除木の検討.....	34

## 1. 概要

本設計・施工マニュアルは、「Jースリットえん堤」を適切に設計・施工するための基本的な考え方を示しています。

### 1.1. 適用の範囲

Jースリットえん堤は、鋼製砂防構造物の透過形式に属す鋼管フレーム構造です。本構造は、「砂防基本計画策定指針（土石流・流木対策編）及び同解説」、「土石流・流木対策設計技術指針及び同解説」：国土交通省 砂防部、国土技術政策総合研究所、「鋼製砂防構造物設計便覧」：財団法人 砂防・地すべり技術センターに準拠し、本設計・施工マニュアルは土石流区間における土石流の捕捉を目的とした設計に適用します。

### 1.2. Jースリットえん堤の特長

- (1) Jースリットえん堤は、鋼管を組み合わせた開口率の大きい構造物であるため、洪水時に堰上げが発生しにくく、土石流の先頭部を開口部にて確実に捕捉できます。
- (2) Jースリットえん堤は、巨礫を先頭部に伴った集合運搬で流下する土石流を上流部縦材にて捕捉することで、後続流をも捕捉する機能を有しています。
- (3) 平常時や中小出水時には下流に土砂を流下させることで、計画土石流発生時まで貯砂容量を確保することができます。
- (4) 河道を連続させることが可能であり、底板コンクリートの形状を河床勾配に合わせることで段差を無くし、生態系に配慮した設計が可能です。

以上より、Jースリットえん堤は流砂系における総合的な土砂管理を進めるための一助になれると考えております。

### 1.3. 構造

#### 1.3.1. 基本形状

土石流の捕捉面を最上流側縦・横材とし、基本形状は縦・横材純間隔を最大礫径  $D_{95}$  の1.0倍以下に設定します。また、基礎の形式はコンクリート基礎とします。

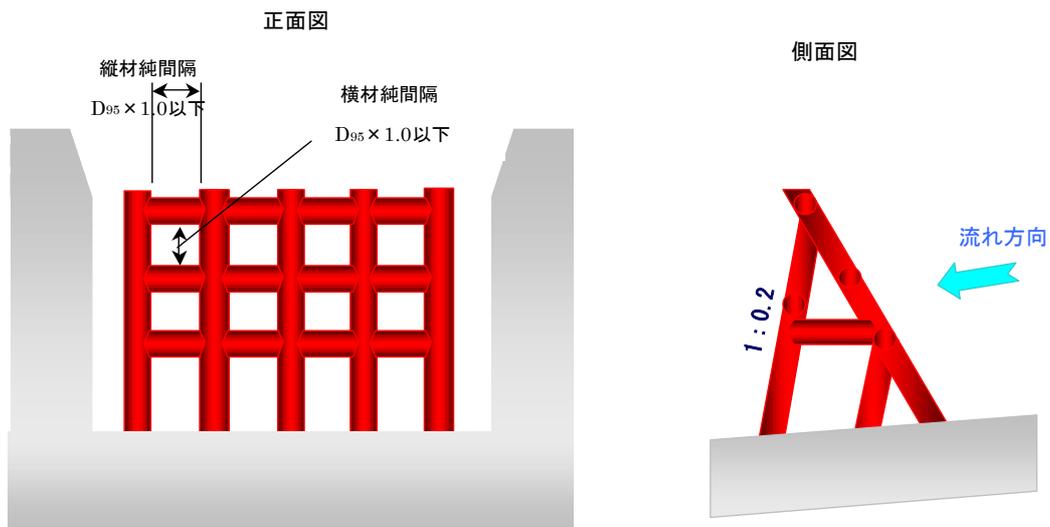
なお、透過部鋼製部の形状を構造上合理的な三角フレームとし、上流側部材の凹み変形と梁のたわみ変形にて土石流の礫衝突エネルギーを吸収します。



上流側より望む



下流側より望む



図－ 1 基本形状

## 2. 施設の計画

### 2.1. 土石流対策・流木処理計画の策定の基本

J-スリットえん堤の計画は、「砂防基本計画策定指針（土石流・流木対策編）及び同解説」に準拠し、次に示すように行います。

J-スリットえん堤の計画は次式を満足させるように行って下さい。

$$V - W - (X + Y + Z) = 0$$

$V$  : 「計画規模の土石流」及び土砂とともに流出する流木等の計画流出量 (m<sup>3</sup>)

$$V = Vd + Vw$$

$Vd$  : 計画流出土砂量 (m<sup>3</sup>)、 $Vw$  : 計画流出流木量 (m<sup>3</sup>)。

$W$  : 計画流下許容量 (m<sup>3</sup>) 原則として 0 とします。

$$W = Wd + Ww$$

$Wd$  : 計画流下許容土砂量 (m<sup>3</sup>)、 $Ww$  : 計画流下許容流木量 (m<sup>3</sup>)

$Wd$ 、 $Ww$ とも原則として 0 とします。

$X$  : 土石流・流木対策施設の計画捕捉量 (m<sup>3</sup>)

$$X = Xd + Xw$$

$Xd$  : 計画捕捉土砂量 (m<sup>3</sup>)、 $Xw$  : 計画捕捉流木量 (m<sup>3</sup>)

$Y$  : 計画堆積量 (m<sup>3</sup>)

$$Y = Yd + Yw$$

$Yd$  : 計画堆積土砂量 (m<sup>3</sup>)、 $Yw$  : 計画堆積流木量 (m<sup>3</sup>)

J-スリットえん堤は、中小の出水により堆砂することなく土石流に対する貯砂容量を確保できるため、計画捕捉量にカウントできます。

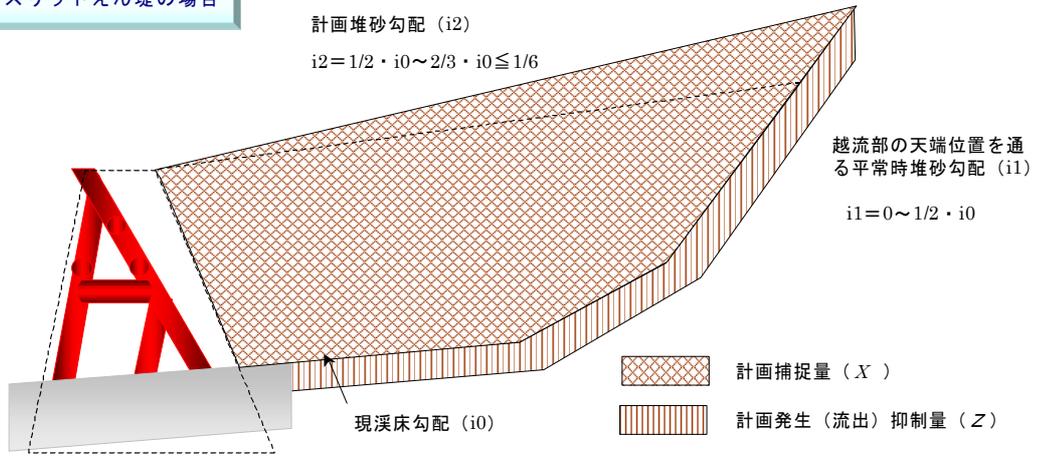
$Z$  : 計画発生（流出）抑制量 (m<sup>3</sup>)

$$Z = Zd + Zw$$

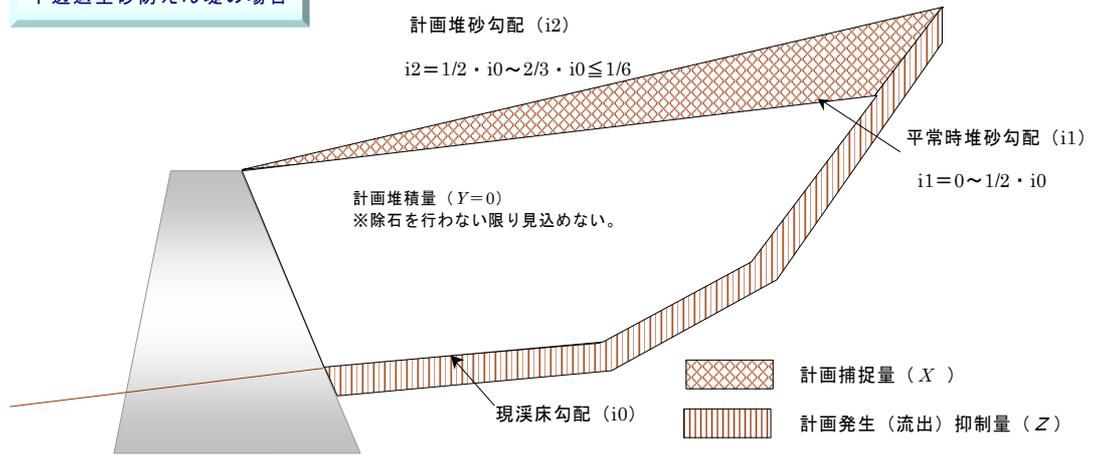
$Zd$  : 計画土石流発生（流出）抑制量 (m<sup>3</sup>)、 $Zw$  : 計画流木発生抑制量 (m<sup>3</sup>)

透過型砂防えん堤でもカウントできるようになりました。

J-スリットえん堤の場合



不透過型砂防えん堤の場合



部分透過型の場合

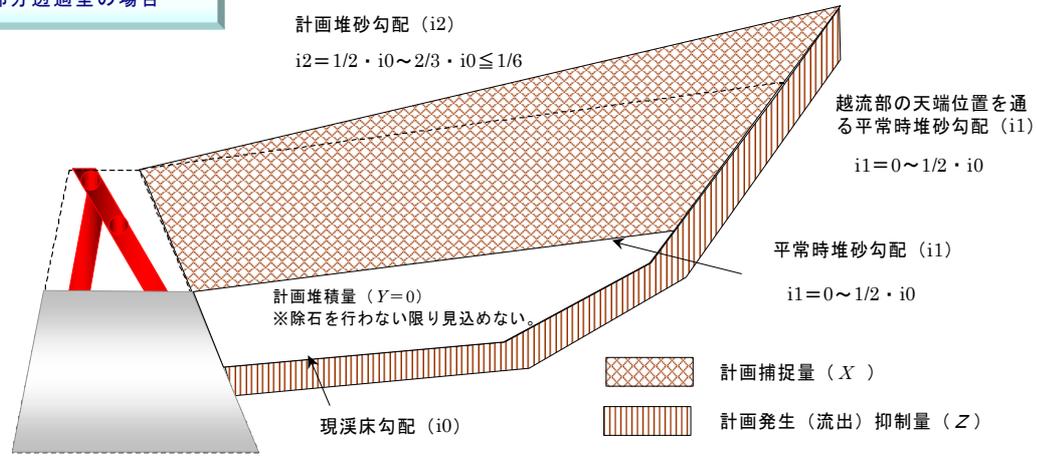


図- 2 堆砂勾配及び計画捕捉量、計画発生 (流出) 抑制量

## 2.2. 流木対策について

土石流区間での流木の流下形態は土石流と一体となって流下します。そのため、J-スリットえん堤を使用することで、土石流と流木を同時に捕捉することが可能となります。その場合の流木対策計画は、土砂生産に伴って発生する流木が対象となりますので、砂防計画あるいは土石流対策と併せて計画するのが一般的です。

したがって、流木対策の計画基準点は、一般に砂防計画基準点（補助基準点を含む）あるいは、土石流対策計画基準点としています。また、計画の規模につきましても、当該溪流の砂防計画あるいは土石流対策計画と同一とします。

J-スリットえん堤の計画流木捕捉量は、土石流の計画捕捉量の最大で30%\*まで見込めるとされています。

※「砂防基本計画策定指針（土石流・流木対策編）及び同解説」 2.6.2.2 計画捕捉流木量

$$X_{w1} = K_{w1} \times X$$

$X_{w1}$  : 計画流木捕捉量 ( $m^3$ )

$X$  : 土石流・流木対策施設の計画捕捉量 ( $m^3$ )

$K_{w1}$  : 流木容積率 (%)

J-スリットえん堤の場合 ;  $\beta \leq 30\%$

不透過型砂防えん堤の場合 ;  $\beta = 2\%$

## 3. 施設の設計

### 3.1. 適用指針

J-スリットえん堤は、下記に示す指針に準拠して設計します。

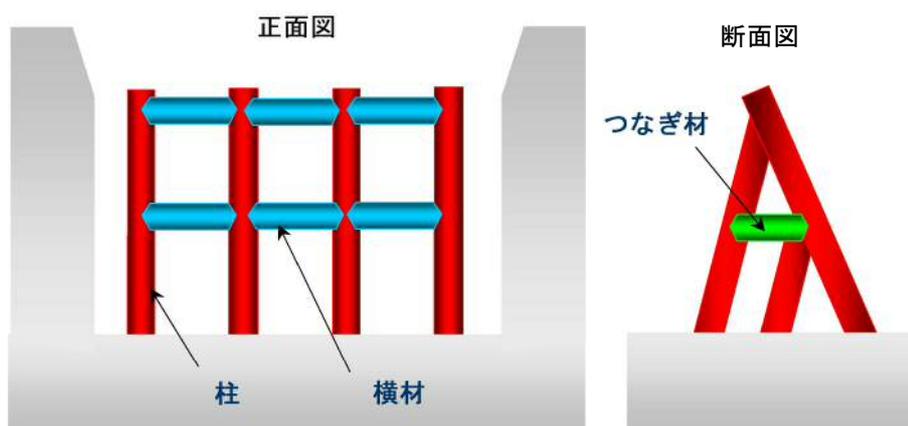
- ①建設省河川砂防技術基準（案）：建設省河川局
- ②「砂防基本計画策定指針（土石流・流木対策編）及び同解説」、  
「土石流・流木対策設計技術指針及び同解説」  
：国土交通省 砂防部、国土技術政策総合研究所
- ③鋼製砂防構造物設計便覧 平成21年版：財団法人砂防・地すべり技術センター
- ④道路橋示方書・同解説：社団法人日本道路協会

### 3.2. 使用鋼材

#### 3.2.1. 規格

表-1 使用鋼材規格一覧

部位	部材	規格
スリット部	柱	JIS G 3444 「一般構造用炭素鋼鋼管」(STK400,490)
	横材	JIS G 3101 「一般構造用圧延鋼材」(SS400)
	つなぎ材	JIS G 3106 「溶接構造用圧延鋼材」(SM400,490)
接合部 柱脚部	プレート ボルト類	JIS G 3101 「一般構造用圧延鋼材」(SS400) JSS II 09 「構造用トルネード形高力ボルト・六角ナット・平座金のセット」(S10T、F10、F35) JIS B 1180 「六角ボルト」、JIS B 1181 「六角ナット」、JIS B 1256 「平座金」



### 3.2.2. 許容応力度

表－ 2 鋼材の許容応力度

		(N/mm <sup>2</sup> )		
鋼種	SS400,SM400	SM490,STK490	SM490Y,SMA490	
応力度の種類	SMA400,STK400			
軸方向引張応力度 (純断面積につき)	140	185	210	
軸方向圧縮応力度 (総断面積につき)	$\frac{l}{r} \leq 18$ 140 $18 < \frac{l}{r} \leq 92$ $140 - 0.82 \left( \frac{l}{r} - 18 \right)$ $\frac{l}{r} > 92$ $\frac{1,200,000}{6,700 + (l/r)^2}$	$\frac{l}{r} \leq 16$ 185 $16 < \frac{l}{r} \leq 79$ $185 - 1.2 \left( \frac{l}{r} - 16 \right)$ $\frac{l}{r} > 79$ $\frac{1,200,000}{5,000 + (l/r)^2}$	$\frac{l}{r} \leq 15$ 210 $15 < \frac{l}{r} \leq 75$ $210 - 1.5 \left( \frac{l}{r} - 15 \right)$ $\frac{l}{r} > 75$ $\frac{1,200,000}{4,400 + (l/r)^2}$	
曲げ引張応力度 (純断面積につき)	140	185	210	
曲げ圧縮応力度 (総断面積につき)	140	185	210	
軸方向力及び曲げモーメントを受ける部材	(1) 軸方向力が引張の場合 $\sigma_t + \sigma_{bt} \leq \sigma_{ta}$ かつ $-\sigma_t + \sigma_{bc} \leq \sigma_{ba}$ (2) 軸方向力が圧縮の場合 $\frac{\sigma_c}{\sigma_{ca}} + \frac{\sigma_{bc}}{\sigma_{ba}} \leq 1.0$			
せん断応力度 (総断面積につき)	80	105	120	

記号は次のとおりである。  
 l : 部材の有効座屈長(cm)  
 r : 部材総断面の断面二次半径(cm)  
 $\sigma_t, \sigma_c$ : 断面に作用する軸方向引張力による引張応力度及び軸方向圧縮力による圧縮応力度(N/mm<sup>2</sup>)  
 $\sigma_{bt}, \sigma_{bc}$ : 断面に作用する曲げモーメントによる最大引張応力度及び最大圧縮応力度(N/mm<sup>2</sup>)  
 $\sigma_{ta}, \sigma_{ca}$ : 許容引張応力度及び弱軸に関する許容軸方向圧縮応力度(N/mm<sup>2</sup>)  
 $\sigma_{ba}$ : 許容曲げ圧縮応力度(N/mm<sup>2</sup>)

許容曲げ圧縮応力度

(N/mm<sup>2</sup>)

鋼種	SS400,SM400	SMA490	SM490Y,SM520	SM570,SMA570
断面の種類	SMA400		SMA490	
圧縮フランジがコンクリート床版などで直接固定されている場合	140	185	210	255
箱形断面、π形断面の場合				
上記以外の場合	$\frac{A_w}{A_c} \leq 2$ $\frac{l}{b} \leq 4.5$ : 140 $4.5 < \frac{l}{b} \leq 30$ : $140 - 2.4 \left( \frac{l}{b} - 4.5 \right)$	$\frac{l}{b} \leq 4.0$ : 185 $4.0 < \frac{l}{b} \leq 30$ : $185 - 3.8 \left( \frac{l}{b} - 4.0 \right)$	$\frac{l}{b} \leq 3.5$ : 210 $3.5 < \frac{l}{b} \leq 27$ : $210 - 4.6 \left( \frac{l}{b} - 3.5 \right)$	$\frac{l}{b} \leq 5.0$ : 255 $5.0 < \frac{l}{b} \leq 25$ : $255 - 6.6 \left( \frac{l}{b} - 5.0 \right)$
	$\frac{A_w}{A_c} > 2$ $\frac{l}{b} \leq \frac{9}{K}$ : 140 $\frac{9}{K} < \frac{l}{b} \leq 30$ : $140 - 1.2 \left( K \frac{l}{b} - 9 \right)$	$\frac{l}{b} \leq \frac{8}{K}$ : 185 $\frac{8}{K} < \frac{l}{b} \leq 30$ : $185 - 1.9 \left( K \frac{l}{b} - 8 \right)$	$\frac{l}{b} \leq \frac{7}{K}$ : 210 $\frac{7}{K} < \frac{l}{b} \leq 27$ : $210 - 2.3 \left( K \frac{l}{b} - 7 \right)$	$\frac{l}{b} \leq \frac{10}{K}$ : 255 $\frac{10}{K} < \frac{l}{b} \leq 25$ : $255 - 3.3 \left( K \frac{l}{b} - 10 \right)$

Aw: 腹板の総断面積(cm<sup>2</sup>)  
 Ac: 圧縮フランジの総断面積(cm<sup>2</sup>)  
 l: 圧縮フランジの固定点間距離(cm)  
 b: 圧縮フランジ幅(cm)

$$K = \sqrt{3 + \frac{A_w}{2A_c}}$$

### 3.2.3. 許容応力度の割増し

土石流時の設計では、許容応力度は 1.5 倍としています。

### 3.2.4. 部材の連結

部材と連結部の強度に大きなアンバランスが生じないように、主要部材の連結は母材の全強の 75%以上としています。

### 3.2.5. 使用鋼管

基本フレームに用いる鋼材の板厚は、8mm 以上としています。

また、主要部材として用いる鋼管については、部材（鋼管）の局部座屈に対して十分安全となるよう、鋼管径に対する最小板厚を次式により設定します。

※「鋼製砂防構造物設計便覧」（平成 21 年版）より

$$t \geq \frac{D-2 \cdot \Delta t}{80} + \Delta t$$

ここに、t: 鋼製透過型砂防えん堤に使用する鋼管の板厚 (mm)

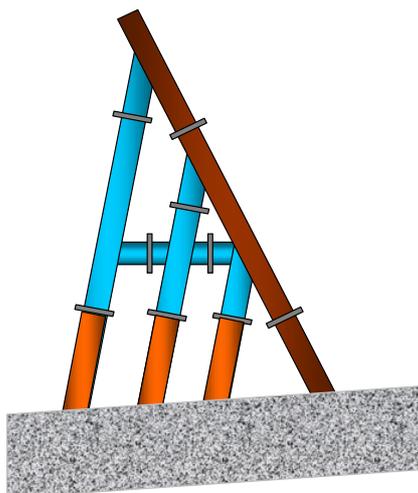
$\Delta t$ : 腐食しろ+余裕しろ (mm)

D: 鋼管の外形 (mm)

### 3.2.6. 腐食・摩耗対策

設計に用いる腐食しろと余裕しろは、部位により下表の通りとします。

※「鋼製砂防構造物設計便覧」（平成 21 年版）より



区分	部位	腐食しろ (片面)	余裕しろ
	最上流部材	0.5mm	3.5mm
	底版近傍の部材		
	継手部材		1.0mm
	その他の部材		0.0mm <sup>※</sup>

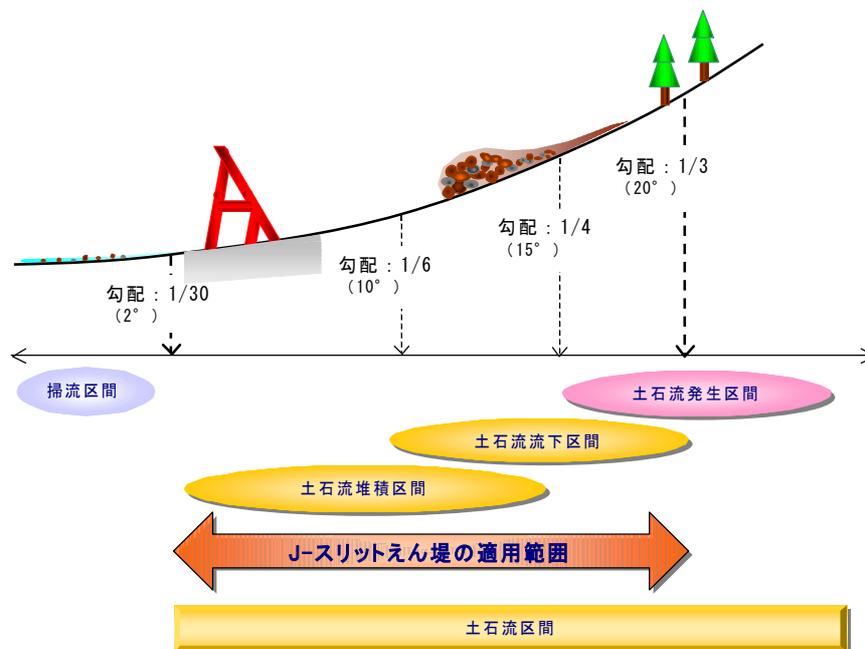
※：礫の衝突頻度、部材位置及び重要度により 0.0mm から 3.5mm で設定する。

図－ 3 部位による腐食しろと余裕しろ

### 3.3. 施設配置の適用範囲

#### 3.3.1. 河床勾配

J-スリットえん堤の適用範囲は土石流流下・堆積区間（一般に、河床勾配 1/30 から 1/3）に適用できます。



図－ 4 河床勾配による適用範囲（例）

#### 3.3.2. えん堤高さについて

J-スリットえん堤の適用高さは、堤高で 8.5m以下としています。

基本フレーム	
有効高 (m)	2m  8.5m
鋼管径 φ406.4	
鋼管径 φ508.0	
鋼管径 φ609.6	

図－ 5 えん堤高さと使用鋼管の関係

### 3.3.3. 対象礫径

Jースリットえん堤を含め鋼製透過型砂防えん堤のスリット純間隔を設定する対象礫径は巨礫粒径調査結果の最大礫径  $D_{95}$  です。最大礫径によりスリット純間隔や構造部材を決定するため、巨礫粒径調査は重要な調査項目となります。

なお、最大礫径  $D_{95}$  は、砂防えん堤計画地点より上流及び下流各々200m間に存在する200個以上の巨礫の粒径を測定して作成した頻度分布に基づく累積値の95%に相当する粒径とします。測定の対象となる巨礫は土石流のフロント部が堆積したと思われる箇所です。測定で溪床に固まって堆積している巨礫群とし、砂防えん堤計画地点周辺の礫径分布を代表するような最大礫径を設定するよう留意してください。また、角張っていたり材質が異なっていたり、明らかに山腹より転がってきたと思われる巨礫は対象外となります。

### 3.3.4. 水質

Jースリットえん堤は鋼製砂防構造物であるため、鋼材の腐食については通常腐食しるを見込むことで対処できますが、河川水が強酸性の場合は腐食の進行が早くなるため、腐食しるを見直す必要があります。基本的には強酸性の河川水に直接接触する形での使用は好ましくありません。

### 3.4. 設計フロー

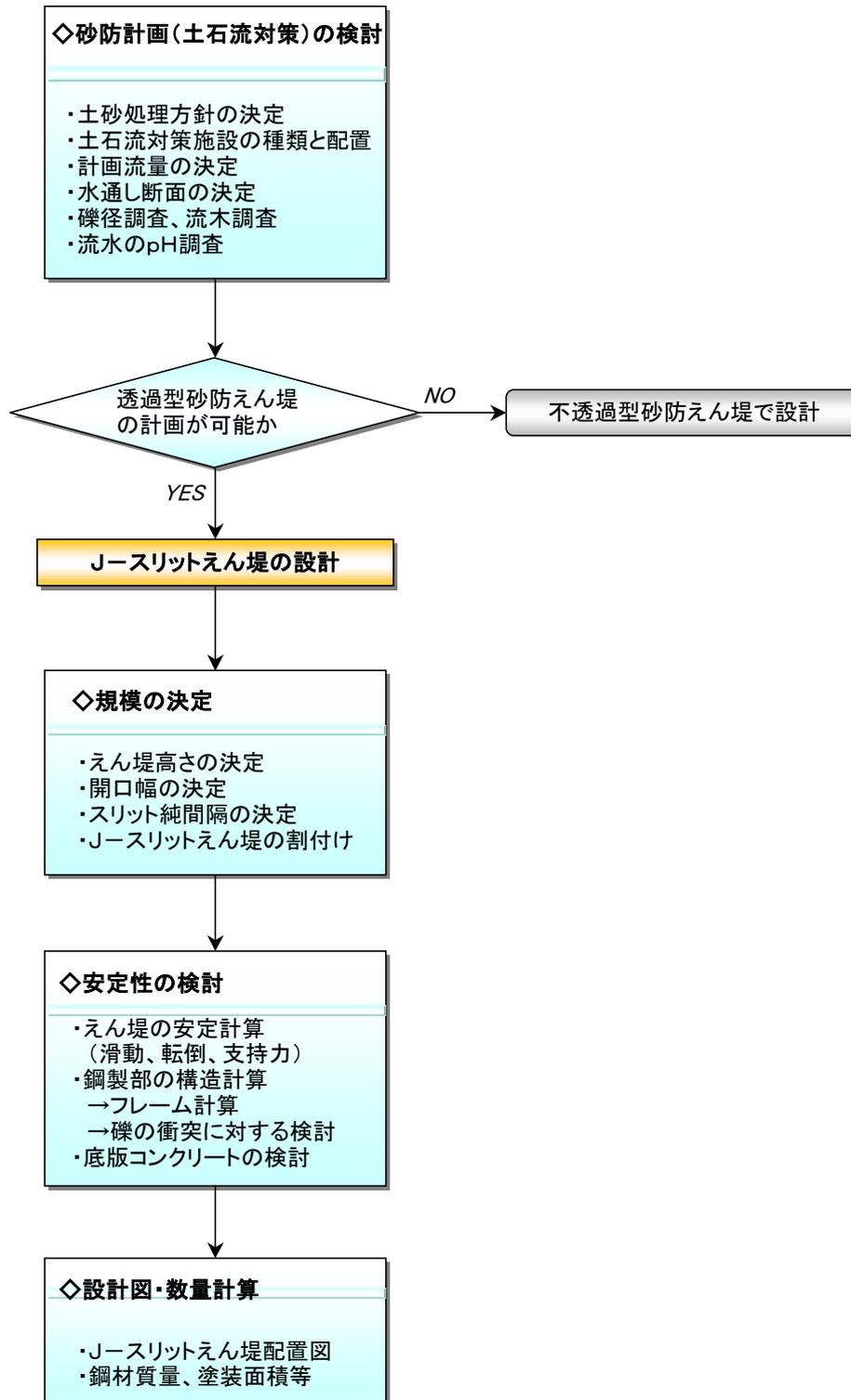


図-6 J-スリットえん堤の設計フロー

### 3.4.1. 規模の検討

#### (1) スリット高さの決定

Jースリットえん堤の高さは、「土石流・流木対策設計技術指針解説」に準拠して決定します。なお、ダム軸における開口部の高さを有効高とし、底版コンクリート厚と有効高を合わせて堤高とします。

#### (2) 開口幅の決定

Jースリットえん堤は、鋼管を組み合わせた開口率の大きい構造物であるため、洪水時に堰上げが発生しにくく、土石流の先頭部を開口部にて確実に捕捉できます。しかし、開口幅を狭く設定すると堰上げが発生する可能性があるため、開口幅は下流河道や保全対象を考慮しながら、できるだけ広く設定することが望ましいと考えます。

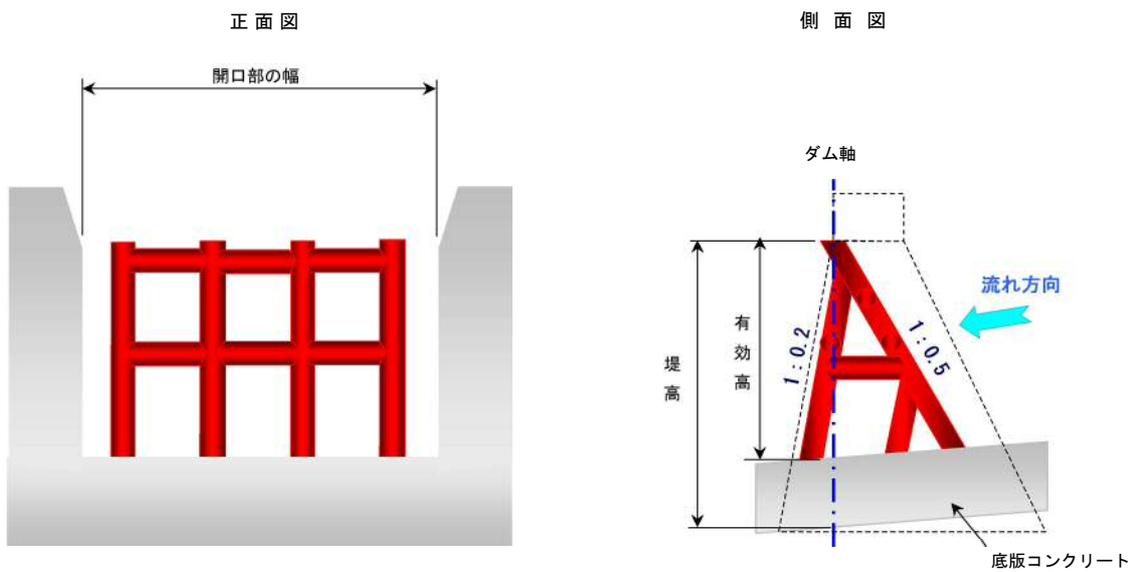


図-7 Jースリットえん堤の開口部

### 3.4.2. 透過部の縦・横材間隔について

「土石流・流木対策設計技術指針解説」によると、“土石流捕捉のための透過型砂防えん堤は、透過部断面の純間隔を適切に設定することにより、土石流を捕捉する機能、及び平時の土砂を下流へ流す機能を持たせることができる”とあります。また、「鋼製砂防鋼構造物設計便覧」には、“礫を確実に捕捉する観点から、流木の有無に係わらず縦材純間隔を最大礫径の1.0倍程度に設定する”とあり、また“横材純間隔は、後続流中の石礫を捕捉する機能を有する。このため、土石流の後続流は濃度が小さく礫が各個運搬される場合を想定し最大礫径の1.0倍以下に設定する”とあります。

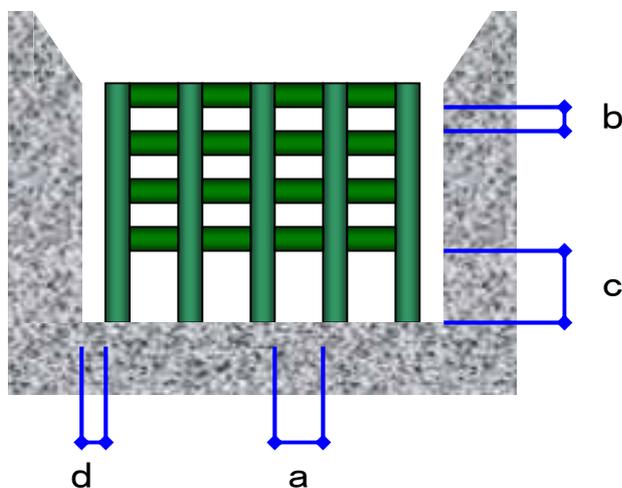
Jースリットえん堤の縦・横材間隔は上記より、下記のように設定することとします。

表－3 透過型砂防えん堤の縦・横材間隔

a	b	c
水平純間隔	鉛直純間隔	最下段の透過部断面高さ
$D_{95} \times 1.0$ 程度 (※1)	$D_{95} \times 1.0$ 程度 (※1)	$D_{95} \times 1.5$ 以下 (※2)

※ 1 :  $D_{95}$  の 1.5 倍まで広げることができる。

※ 2 : 平常時の水深より高くする。



図－8 Jースリットえん堤の柱・梁間隔

『非越流部との間隔 d について』

土石流が偏心してえん堤に到達する場合などは、先頭部が非越流部を直撃してほぐれてから透過部に到達する可能性が考えられるので、通常より土石流を捕捉できない危険性があります。

そこで、非越流部との間隔 d は、透過部断面の a 以下としています。

$$d \leq a$$

### 3.4.3. 合わせ位置について

Jースリットえん堤の合わせ位置は①**基本的には天端下流端**とし、②底版上面位置での**非越流部とのずれを1.0m程度以内**として設計します。

Jースリットえん堤の側面での合わせ位置は天端の下流端としています。これは不透過型砂防えん堤のダム軸に相当します。よって、捕捉面である上流側鋼管と非越流部上流面がずれるような位置関係になります(図-7参照)。

Jースリットえん堤の土石流捕捉機構は、巨礫を先頭部に伴った土石流を上流側鋼管で捕捉します。また、この捕捉機構が有効に発揮するには、土石流の先頭部が捕捉面にほぐれない状態で到達することが前提となります。そのため、開口部の位置も土石流が直撃する最深河床位置に設定します。

しかし、Jースリットえん堤の上下流勾配が下流 1:0.2、上流 1:0.5 のため、非越流部の形状によって非越流部とのずれが違ってきます。そこで、土石流捕捉機能を損なわない最適な合わせ位置を前述の通りとしました。

具体的には、非越流部とのずれが 1m を超える場合は、合わせ位置を天端下流端から天端センターに移動させての対応となります。尚、ダム軸は、Jースリットえん堤の合わせ位置に関係なく、不透過型砂防えん堤と同じ位置である天端下流端とします。Jースリットえん堤の合わせ位置とダム軸がずれる場合の有効高さの考え方は、合わせ位置によるものとし、非越流部の堤高は天端下流端のダム軸の位置とします。

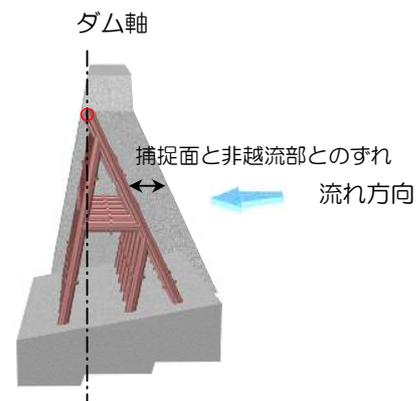


図-7 合わせ位置

### 3.4.4. 安定計算

#### (1) 安定計算の荷重の組み合わせ

J-スリットえん堤の安定計算に用いる荷重は、原則として自重のほか、堆砂圧と土石流流体力とします。この場合、土石流荷重は堤体に最も危険な状態として、堆砂地が土石流の水深分だけ残した状態で土石流が直撃するケースを想定します。

よって、堆砂面より下に堆砂圧を与え、その上に土石流流体力を与えて検討します。

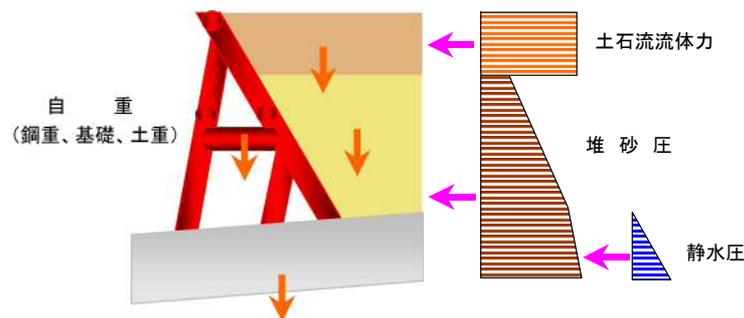


図-9 安定計算に用いる設計荷重図

#### ①土石流流体力

土石流の流体力は次式で求めます。

$$F = \alpha \frac{\rho d}{g} h U^2$$

ここに、 $F$  : 単位幅あたりの土石流流体力 ( $kN/m$ )

$g$  : 重力加速度

$\alpha$  : 係数 (1.0 とする)

$\rho d$  : 土石流の単位体積重量 ( $kN/m^3$ )

$h$  : 土石流ピーク流量から算定される土石流水深 ( $m$ )

$U$  : 土石流の平均流速 ( $m/s$ )

#### ②堆砂圧

堆砂圧はランキン土圧とします。

#### ③静水圧

開口幅の広い透過型砂防えん堤が土石流を捕捉した場合、堆砂内の水は礫の間隙を流れていくため湛水しません。このため土石流区間に設置するJ-スリットえん堤には静水圧を見込まないこととしています。ただし、底版コンクリートにおいてコンクリートが厚く、不透過型と同様の機能を期待する場合には、底版コ

ンクリート天端まで湛水するものとして静水圧の影響を検討します。

#### ④自重

自重は基礎部の重量に鋼材自重と堆砂自重及び土石流の重量を上載荷重として加えたものとします。

### (2) 安定計算法

J-スリットえん堤の安定計算は、原則として水通し部分の 2 次元断面について行い、重力式ダムとして下記の安定条件を満足していることを必要条件としています。

#### 【安定条件】

①原則として、J-スリットえん堤の自重及び外力の合力の着地点が堤底の 1/3 内にあること。

$$D = \frac{MV - MH}{\Sigma V} \quad E = \frac{Bc}{2} - D \quad |E| \leq \frac{Bc}{6}$$

ここに、 $D$  : 合力のつま先からの距離 (  $m$  )

$MV$  : 抵抗モーメント (  $kN \cdot m$  )

$MH$  : 転倒モーメント (  $kN \cdot m$  )

$\Sigma V$  : 単位幅あたりの断面に作用する鉛直力 (  $kN/m$  )

$E$  : 偏心距離 (  $m$  )

$Bc$  : 堤底幅 (  $m$  )

②堤底と基礎地盤との間または基礎地盤内で滑動しないこと。

$$Fs = \frac{\Sigma V \times f}{\Sigma H}$$

ここに、 $Fs$  : 安全率で 1.2 以上とする。

$f$  : 摩擦係数

$\Sigma H$  : 単位幅あたりの断面に作用する水平力 (  $kN/m$  )

また、岩盤の場合はせん断強度を見込んだ次式により検討しますが、岩盤への根入れが少ない場合には、せん断強度を無視した場合によることを原則とします。

$$Fs = \frac{\Sigma V \times f + \tau_0 \times \ell}{\Sigma H}$$

ここに、 $Fs$  : 安全率で 4.0 以上とする。

$\tau_0$  : 堤体または基礎地盤のうち小さい方のせん断強度 (  $kN/m^2$  )

$\ell$  : せん断抵抗を期待できる長さ (  $m$  )

③基礎地盤に作用する最大荷重強度が地盤の基礎支持力以内であること。

$$Q1, Q2 = \frac{\Sigma V}{Bc} \times \left(1 \pm \frac{6 \times |E|}{Bc}\right) \leq Qa$$

ここに、 $Q1, Q2$  : 下流側、上流側地盤反力度 ( $kN/m^2$ )

$Bc$  : 堤底幅 ( $m$ )

$Qa$  : 許容支持力度 ( $kN/m^2$ )

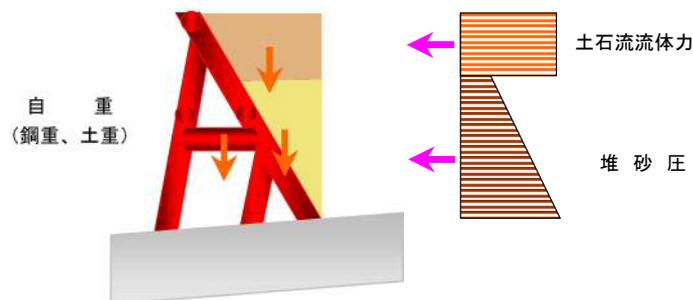
### 3.4.5. 構造計算

(1) 構造計算の荷重の組み合わせ

構造計算に用いる荷重の組み合わせは、安定計算時に検討する土石流時と平常時（満砂時）の2ケースに加え、土石流時（未満砂）の計3ケースとします。

①土石流時

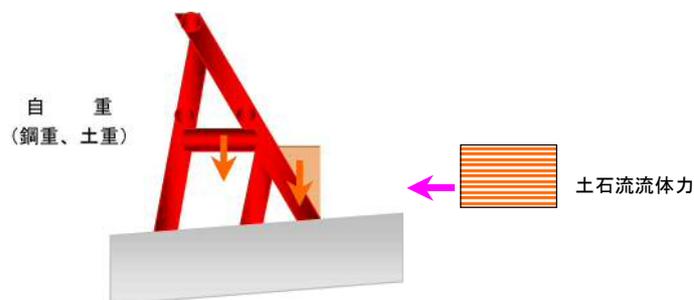
土石流時における構造計算に用いる荷重は、堆砂面より下に堆砂圧を与え、その上に土石流流体力を与えて検討し、許容応力度の割増し係数を1.5とします。



図－10 構造計算に用いる土石流時の設計荷重図

②土石流時（未満砂時）

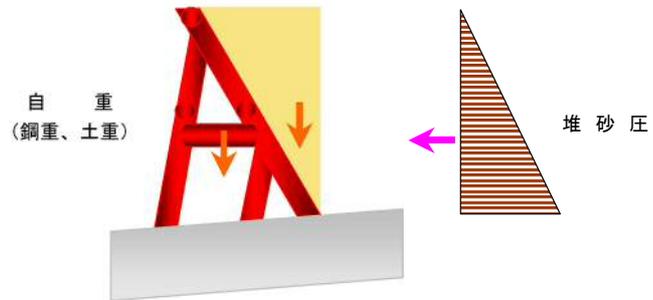
未満砂時に土石流が作用する場合を想定し、えん堤下部に土石流流体力を与えて検討し、許容応力度の割増し係数を1.5とします。



図－11 構造計算に用いる土石流時（未満砂時）の設計荷重図

③平常時（満砂時）

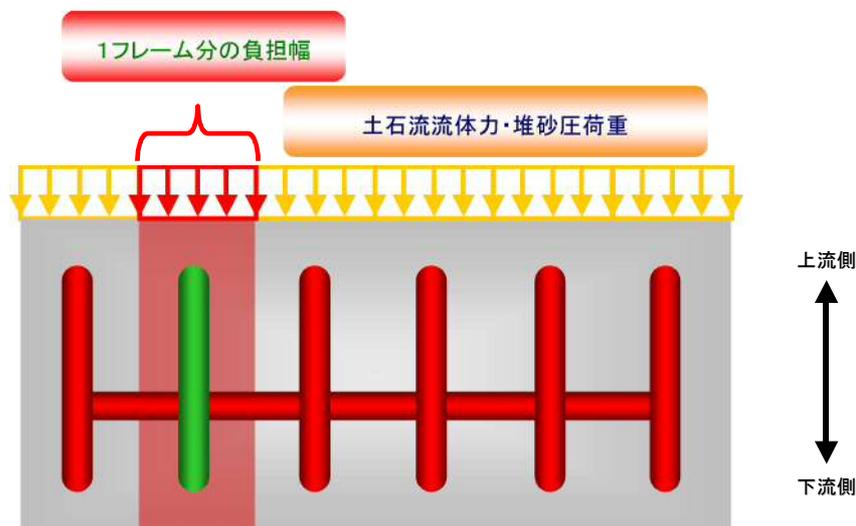
平常時においては土砂や流木の捕捉後を想定し、天端まで満砂したとして堆砂圧を与えて検討し、許容応力度の割増しは行いません。



図－ 12 構造計算に用いる平常時の設計荷重図

(2) 荷重負担幅

構造計算を実施する場合の荷重負担幅は、柱部分が負担する荷重を二次元モデルとして解くものとします。



図－ 13 荷重負担幅

(3) 部材の検討

部材応力の照査は次式により行います。

照査 1・・・部材に軸方向力と曲げモーメントが作用する場合の検討

- ・ 軸方向力が引張りの場合

$$\frac{\sigma t}{\sigma ta} + \frac{\sigma bt}{\sigma ta} \leq 1.0$$

- ・ 軸方向力が圧縮の場合

$$\frac{\sigma c}{\sigma ca} + \frac{\sigma bc}{\sigma bca} \leq 1.0$$

照査 2・・・部材に軸方向力、曲げモーメントとせん断力が作用する場合の検討

軸方向力が圧縮の場合は必ず照査を行い、軸方向応力が引張の場合は、軸方向応力度及びせん断応力度が共に許容応力度の 45%を超える場合のみ照査します。

- ・ 軸方向力が引張りの場合

$$\left( \frac{\sigma t}{\sigma ta} + \frac{\sigma bt}{\sigma ta} \right)^2 + \left( \frac{\tau}{\tau a} \right)^2 \leq 1.2$$

- ・ 軸方向力が圧縮の場合

$$\frac{\sigma c + \sigma bc}{\sigma ca} + \left( \frac{\tau}{\tau a} \right)^2 \leq 1.0$$

$\sigma t, \sigma c$  : 軸力方向引張応力度及び軸力方向圧縮応力度 ( $N/mm^2$ )

$\tau$  : せん断応力度 ( $N/mm^2$ )

$\sigma bt, \sigma bc$  : 曲げ引張応力度及び曲げ圧縮応力度 ( $N/mm^2$ )

$\sigma ta, \sigma ca$  : 許容引張応力度及び弱軸に関する許容軸方向圧縮応力度 ( $N/mm^2$ )

$\tau a$  : 許容せん断応力度 ( $N/mm^2$ )

$\sigma bca$  : 許容曲げ圧縮応力度 ( $N/mm^2$ )

鋼管の場合 は上限を用いる。

※許容軸方向圧縮応力度  $\sigma ca$  は鋼種、部材の細長比  $1/r$  により低減される。

(4) 基礎埋め込み部の検討

上流柱材、中間柱材、下流柱材のそれぞれの基礎埋め込み部に発生する支点反力に対して、必要に応じて、押抜きせん断応力度、引抜きせん断応力度、垂直支圧応力度、水平支圧応力度及び水平押抜きせん断応力度の照査を行います。

①鉛直方向の検討

柱埋込部に作用する引抜き力、圧縮力に対しては押抜き、引抜きせん断応力度及び垂直支圧応力度の照査を行います。

i) 押抜き、引抜きせん断応力度

$$\tau = \frac{V}{Ac} \leq \tau ca$$

$\tau$  : 押抜き、引抜きせん断応力度 ( $N/mm^2$ )

$\tau ca$  : 許容せん断応力度 ( $N/mm^2$ )

$V$  : 鉛直力 ( $kN$ )

$Ac$  : コーン状破壊面の有効水平面積

・引抜きの場合

$$\pi \cdot \left\{ (\phi B' + 2 \cdot Lc)^2 - \phi B'^2 \right\} / 4$$

・押抜きの場合

$$\pi \cdot \left\{ \left\{ \phi B' + 2 \cdot (Hc - Lc) \right\}^2 - \phi B'^2 \right\} / 4$$

$\phi B'$  : ベースプレートの直径 ( $m$ )

$Hc$  : 基礎深さ ( $m$ )

$Lc$  : 埋め込み深さ ( $m$ )

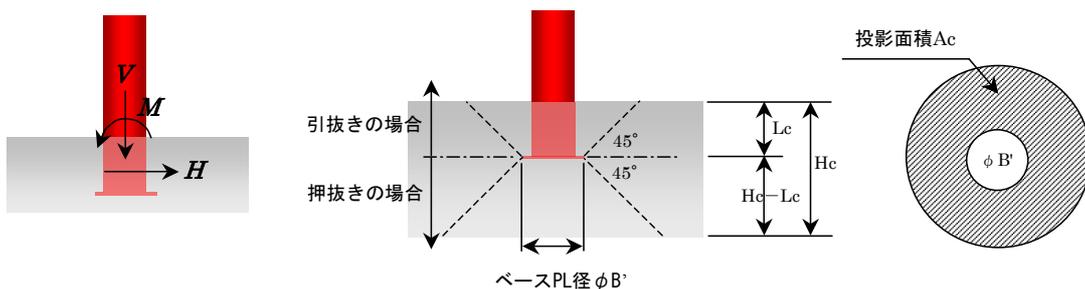


図- 14 コーン状破壊の有効水平面積

ii) 垂直支圧応力度

$$\sigma bv = \frac{V}{Ad} \leq \sigma ba$$

$\sigma bv$  : 垂直支圧応力度 ( $N/mm^2$ )

$\sigma_{ba}$  : 許容支圧応力度 ( $N/mm^2$ )

$V$  : 鉛直応力 ( $kN$ )

$A_d$  : 垂直支圧有効面積

・引抜力が作用する場合

$$\pi \cdot (\phi B'^2 - \phi B^2) / 4$$

・圧縮力が作用する場合

$$\pi \cdot B'^2 / 4$$

$\phi B'$  : ベースプレートの直径 ( $m$ )

$\phi B$  : 埋め込み柱の径 ( $m$ )

## ②水平方向の検討

柱埋め込み部に作用する水平方向及び曲げモーメントに対しては水平支圧応力度の照査を行い、さらに下流柱部に対しては水平押し抜きせん断応力度の照査を行います。

i) 水平支圧応力度

$$\sigma_{bh1} = \frac{Q}{\phi B \times L_c}$$

$$\sigma_{bh2} = \frac{6 \times M}{\phi B \times L_c^2}$$

$$\sigma_{bh} = \sigma_{bh1} + \sigma_{bh2} \leq \sigma_{ba}$$

$\sigma_{bh1}$  : せん断力による水平支圧応力度 ( $N/mm^2$ )

$\sigma_{bh2}$  : 曲げモーメントによる水平支圧応力度 ( $N/mm^2$ )

$\sigma_{bh}$  : 合成した水平支圧応力度 ( $N/mm^2$ )

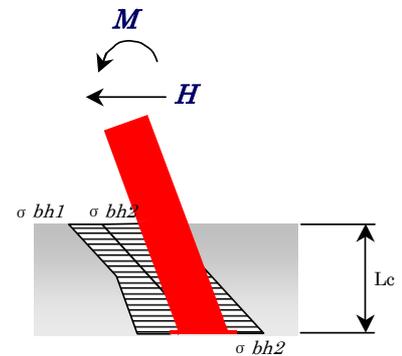


図- 15 水平支圧応力図

ii) 水平押し抜きせん断応力度

$$\tau_h = \frac{H}{A_{cd}} \leq \tau_{ca}$$

$\tau_h$  : 水平押し抜きせん断力 ( $N/mm^2$ )

$\tau_{ca}$  : 許容せん断応力度 ( $N/mm^2$ )

$H$  : 水平反力 ( $kN$ )

$A_{cd}$  : 水平押し抜きせん断に対する有効水平面積

(5) 礫の衝突に対する検討

①へこみ変形による吸収エネルギー

部材の変形は衝突点でのへこみ変形が終了した後に、固定梁としての塑性変形（メカニズムとしての変形）が崩壊まで進行します。

※「鋼製砂防構造物設計便覧」（平成 21 年版）より

$$P_1 = \frac{1}{4} \cdot K \cdot \sigma_{y,d} \cdot t^2 \cdot \left( \frac{\delta_d}{D} \right)^{0.8}$$

$P_1$  : へこみ変形に対応する荷重

$\sigma_{y,d}$  : 鋼管材料の動的降伏応力度で、通常  $\sigma_{y,d} = (1.0 \sim 1.2) \cdot \sigma_y$

$t$  : 鋼管肉厚

$D$  : 鋼管外形

$K$  : 係数 ( $= 161 \cdot (D_0/D)^{0.11}$ )       $D_0$  : 礫の直径

$$P_c = \frac{4}{L} \cdot (M_{PA} + M_{PC})$$

$P_c$  : 崩壊荷重

$L$  : スパン長

$M_{PA}$  : 固定端 A の塑性モーメント

$M_{PC}$  : 中央点 C の塑性モーメント

へこみ変形が終了するとにの最大へこみ量 ( $\delta_{dmax}$ ) は  $P_1$  と  $P_c$  が等しいとして求めます。

鋼管のへこみ変形による吸収エネルギー  $Ed$  は次式で算出します。

$$Ed = \frac{1}{4} \cdot K \cdot \sigma_{y,d} \cdot t^2 \cdot \frac{\delta_d^{1.8}}{1.8 \cdot D^{0.8}}$$

②梁変形による吸収エネルギー

礫の運動エネルギー  $ER$  がへこみ変形による吸収エネルギー  $Ed$  を超えた場合に、梁変形により残存エネルギー ( $ER - Ed$ ) を吸収します。その時の梁としての変形量  $\delta_{p,i}$  から回転角  $\theta_p$  を算出します。

$$\delta_{p,i} = \frac{ER - Ed}{P_c}$$

$P_c$ : 崩壊荷重

$\delta_{p,i}$ : 梁の塑性変形量

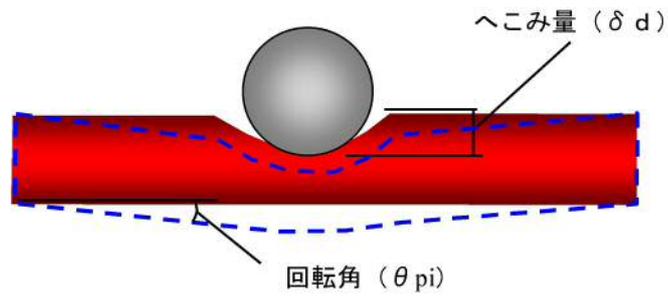


図- 16 礫の衝突による梁の変形イメージ

(6) 土石流の偏心に対する検討

① 検討する場合

流心とダム軸との角度が  $30^\circ$  以上の場合に検討する。

② 検討に用いる荷重

検討に用いる荷重は、偏心した土石流流体力と堆砂圧とします。

③ 偏心角度

偏心角度は流心とダム軸との角度に  $10^\circ$  加えたものとしてします。

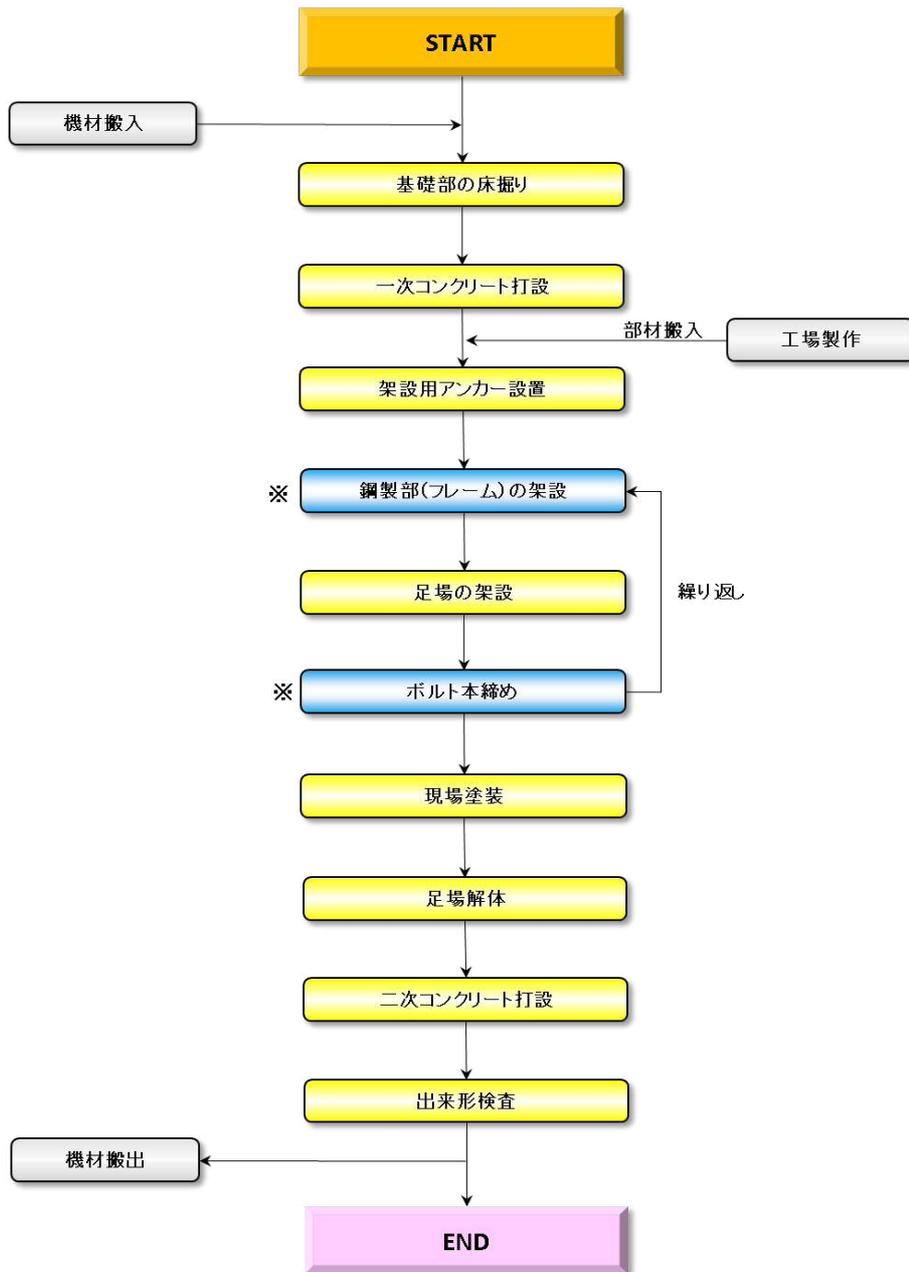
## 4. 施工

### 4.1. 施工一般

施工現場への搬出入法及び現場状況等の施工条件を的確に把握し、現場に沿った施工計画を作成し、施工を実施します。

### 4.2. 施工手順

施工手順を以下に示します。



図－ 17 施工フロー

### 4.3. 組立フロー

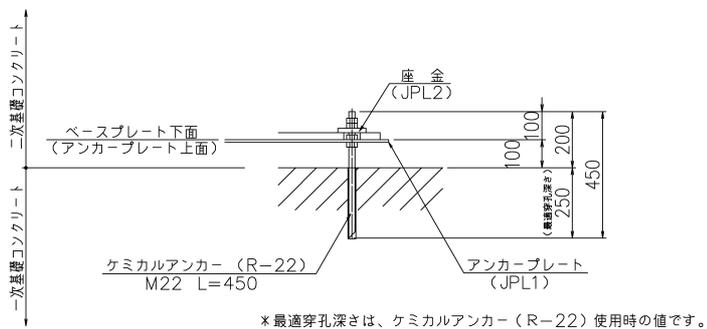
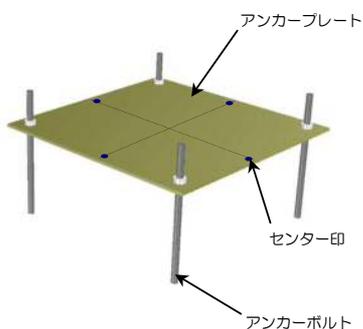


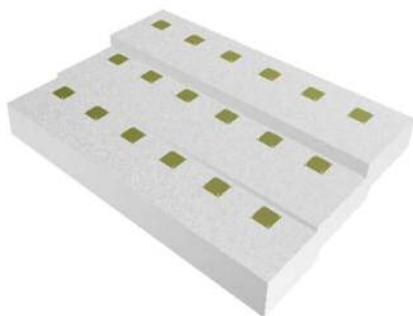
図- 18 アンカー組立図

図- 19 アンカー埋込図

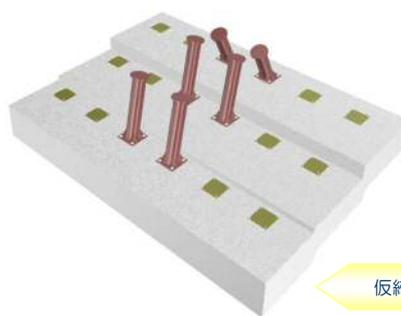
※ケミカルアンカー及びナットは施工業者様にてご用意ください

現場条件等により異なりますが、一般的な施工フローを示します。

#### 1. 架設用アンカーの設置 (一次コンクリート打設)

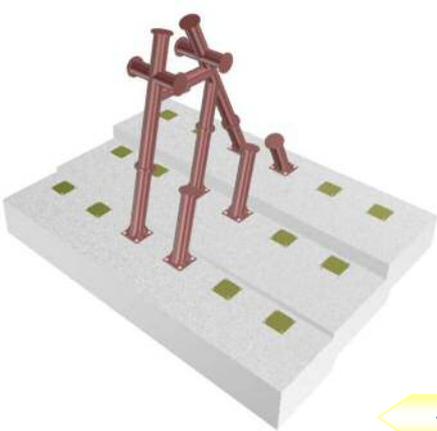


#### 2-1. フレームの架設



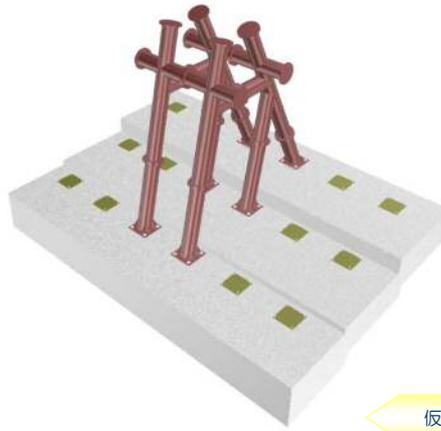
仮締め

#### 2-2. フレームの架設



仮締め

#### 2-3. フレームの架設

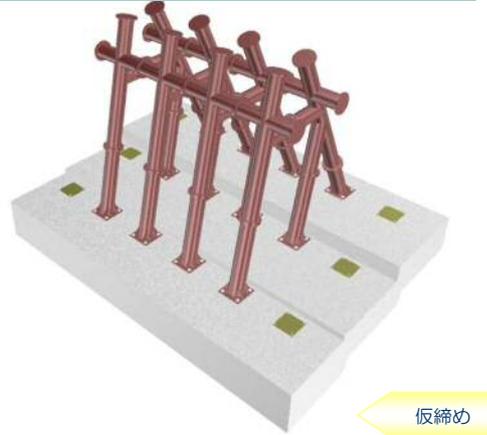


仮締め

2-4. フレームの架設



2-5. フレームの架設



2-6. フレームの架設



2-7. フレームの架設



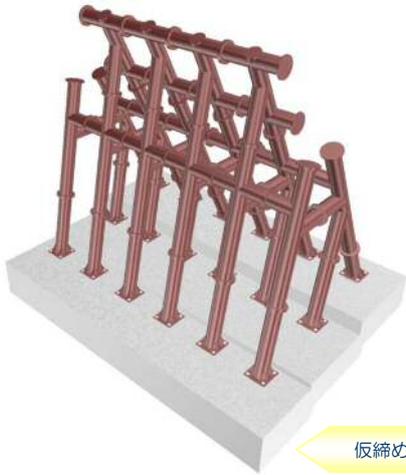
2-8. フレームの架設



2-9. フレームの架設

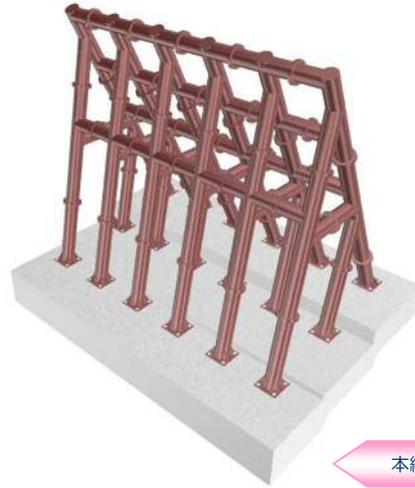


2-10. フレームの架設



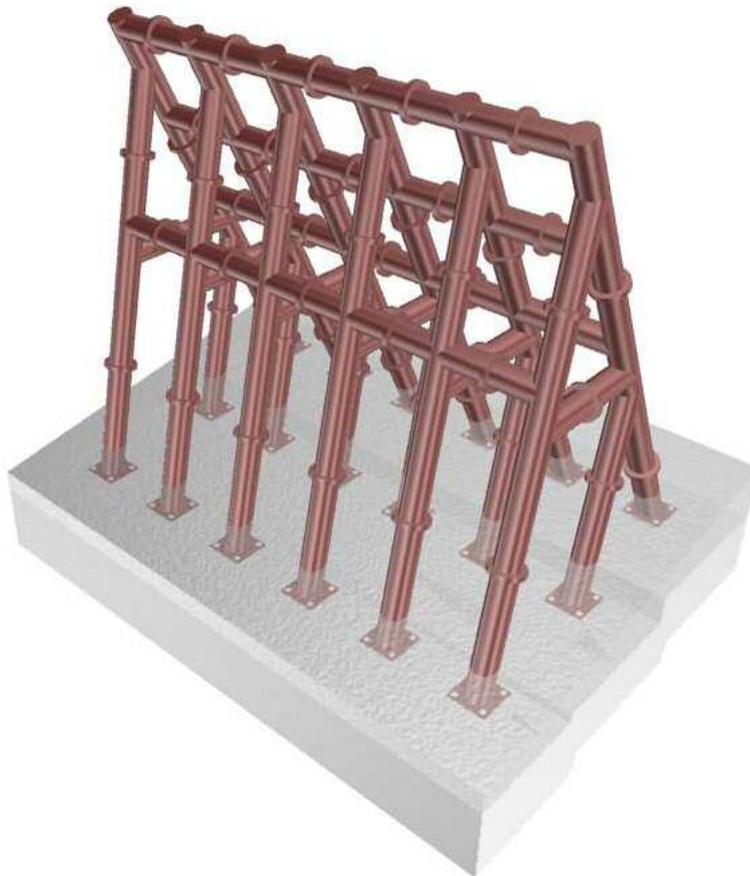
仮締め

3. ボルト本締め



本締め

4. 完成 (二次コンクリート打設)



#### 4.4. ボルトの締め付け

##### 4.4.1. トルシア形高力ボルトの現場受入検査※（参考）

現場受入検査は、メーカーおよび径ごとに代表ロットを定め、それらのロットから5セットを任意で選び、軸力計に締め付けて導入軸力の確認を行います。

※参考文献：「トルシア形高力ボルト使用の手引き（現場受入検査），高力ボルト協会，平成14年6月。

検査は、トルシア形高力ボルトを軸力計に取り付けた後、ボルトの締め付けは以下の手順にて行って下さい（実際の締め付けと同じ手順）。

- ① 予備締め
- ② マーキング
- ③ 本締め

- (1) 現場受入検査は、メーカーおよび径ごとに代表ロットを定め、それらのロットから5セットを任意で選んで行います。その締め付けボルト軸力の平均値が、表-4の範囲内にあれば合格とします。試験結果の判定は、あくまで試験を行った5セットの平均値について表-4の値を満足するか否かを検討するものであり、個々のボルトについての導入軸力が表-4の値を満足していなければならないということではありません。
- (2) 試験結果が不合格の場合は、同じ製造ロットから倍数の10セットを無作為に抽出して試験を行います。この10セットの締め付けボルト軸力の平均値が表-4の範囲内にあれば合格とします。なお、この再試験の判定は、はじめに行った5セットの結果とは無関係に行います。

表-4 締め付けボルト軸力の平均値

セット	ねじの呼び	1 製造ロットのセットの 締め付けボルト軸力平均値 (kN)	
		常温時 (10℃～30℃)	常温時以外 (0℃～10℃、30℃～60℃)
S10T	M22	212～256	205～268

注意）1度使用したトルシア形高力ボルトは再度使用しないで下さい。

次項に、現場受入検査表（参考例）を示します。

## 現場受入検査表

工事名

試験日            平成        年        月        日

天候                気温                    ° C

品名・等級		
サイズ		
ロット番号		
締付 ボルト 軸力 (kN)	1	
	2	
	3	
	4	
	5	
	平均値	
判定		

### 締付けボルト軸力の判定基準（平均値）

セット	ねじの呼び	1 製造ロットのセットの 締付けボルト軸力平均値 (kN)	
		常温時 (10°C～30°C)	常温時以外 (0°C～10°C、30°C～60°C)
S 1 0 T	M 2 2	212～256	205～268

#### 4.4.2. ボルトの締め付け作業

ボルトの締め付けにあたっては次の注意事項に留意して下さい。

- (1) トルシア形高力ボルトの締め付けに先だって接合面の浮きさび、油、泥などを取り除いて下さい。
- (2) トルシア形高力ボルトの締め付けは、ナット下に座金を1個敷き、ナットを回転させて行って下さい。
- (3) トルシア形高力ボルトの座金、ナットには、表裏がありますので、ボルトを接合部に組み込む際には、逆使いしないようにご注意下さい。すなわち、ナットは等級の表示記号が締め付け後、外側から見える向きに取り付けて下さい。座金は、ナットに接する側に座金の内側面取り部をもってきて下さい(図-19参照)。

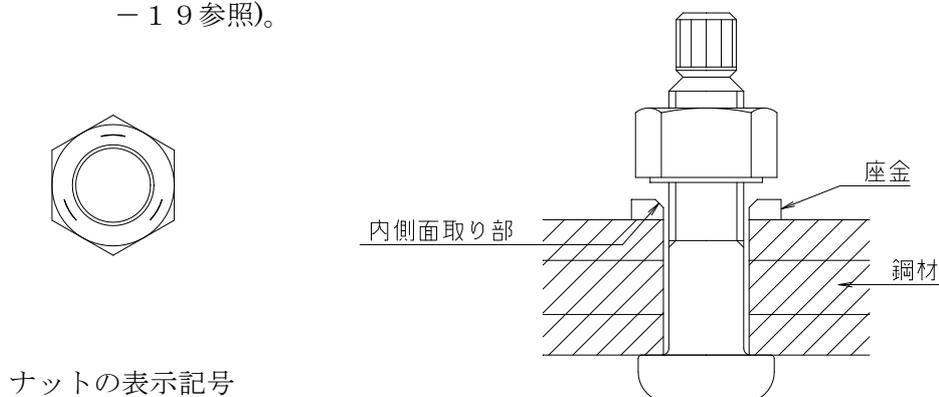


図-20 ボルトの取り付け

- (4) ボルトの差込み方向は、常に同じ方向に統一して下さい。
- (5) 高力ボルトを締め付ける際は、予備締め・本締めの2回に分けて行って下さい。

次に、トルシア形高力ボルトの締め付け手順については以下のとおりです。

- ① 予備締め
- ② マーキング
- ③ 本締め

##### ① 予備締めについて

最初にボルトをボルト穴に差込み、寸法をチェックしながらスパナ等で手締めした後、予備締めを行って下さい。予備締めは、以下の締め付けトルク値を目安に締め付けて下さい。

「トルシア形高力ボルト検査成績書」に記載されているトルク値の60%程度の締め付けトルク値

#### ② マーキングについて

予備締め後には、共回りの有無の確認をするために、図-20のようにボルト、ナット、座金及び部材にわたってスチールマーカー等でマーキングを行って下さい。

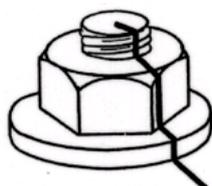


図-21 マーキング

#### ③ 本締めについて

マーキング終了後、本締め専用締付け機を使用して、ピンテールが破断するまで連続して締付けて下さい。なお、ピンテール、ナットへのはめ込みは確実に最後まで行い、その後締付け機を回転させて締付けて下さい。

### 4.4.3. 塗装系及び目標膜厚

表-5 塗装系および目標膜厚

	行程名	塗料の種類	目標膜厚
工場	金属面前処理	長ばく形エッチングプライマー	15 $\mu$ m
	下塗り第1層	鉛・クロムフリーさび止めペイント	35 $\mu$ m
	下塗り第2層	鉛・クロムフリーさび止めペイント	35 $\mu$ m
現場	中塗り	長油性フタル酸樹脂塗料中塗	30 $\mu$ m
	上塗り	長油性フタル酸樹脂塗料上塗	25 $\mu$ m

#### 4.4.4. タッチアップ、接合部下塗り作業

部材の運搬、架設中に生じた塗膜損傷部のタッチアップ塗装は、現場継手部の塗装と合わせて行うのが一般的です。

鋼材面が露出している部分は動力工具や手工具により除錆し、塗膜面にサンドペーパーをかけて周辺塗膜との段差を少なくしてから、下塗り塗料を現場継手部と同じ使用で塗付して下さい。

鋼材面が露出していない部分は、損傷部とその周辺の塗膜面にサンドペーパーがけなどの処理をして段差を少なくするとともに、これらの面を活性化して塗り重ねられる塗料を

付着しやすくしてから、下塗り塗料を一般部と同じ使用で塗付して下さい。

表－ 6 素地調整及び下塗り塗装

塗布箇所		目標膜厚 $\mu\text{m}^*$	塗布回数
タッチアップ	鋼管部分	35	2
下塗り塗装	鋼管接合部分（ボルト頭部及びマスキング部）	35	3

\* 「鋼製砂防構造物設計便覧」（平成 13 年度版）， p 61.

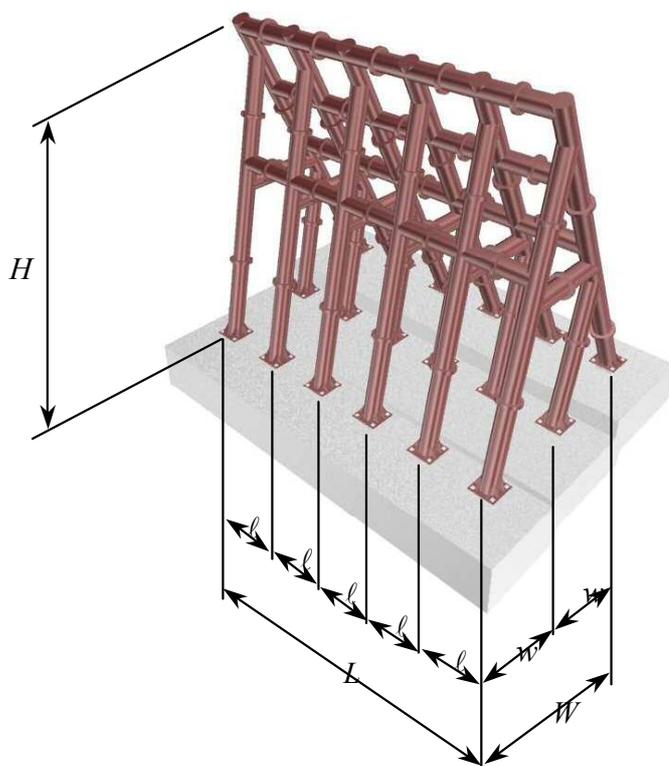
#### 4.5. 施工管理

##### 4.5.1. 出来形管理

J-スリットえん堤の据付け時の許容誤差を下記に示します。

表－ 7 J-スリットえん堤の据付時許容誤差

項 目	許容誤差（単位：mm）	
堤 長	$l$	$\pm 10$
	$L$	$\pm 50$
堤 幅	$w$	$\pm 10$
	$W$	$\pm 30$
堤 高	$H$	$\pm 10$



#### 4.5.2. 参考歩掛り

J-スリットえん堤の参考歩掛りを下記に示します。

##### (1) 架設工

表－ 8 歩掛表～メーカー提供参考歩掛り～  
(1 ton 当たり)

項目	単位	歩掛り	備考
土木一般世話役	人	0.1	
とび工	人	0.3	
普通作業員	人	0.2	
ラフタークレーン	時間	0.5	25t

(注1) 本表で対応しているのは、図－17 施工フロー※部の「鋼製部（フレーム）の架設」及び「ボルト本締め」の部分です。

(注2) 組立・据付は地組・仮締めを含みます。

##### (2) 足場工（参考）：「国土交通省土木工事積算基準 平成20年度版」より引用

表－ 9 歩掛表  
(100 掛 m<sup>2</sup> 当たり)

項目	規格	単位	単管足場	単管傾斜	備考
土木一般世話役		人	1.7	1.4	
とび工		人	5.8	3.8	
普通作業員		人	1.9	2.9	
ラフタークレーン運転	排出ガス対策型油圧伸縮ジブ型	日	0.7	0.7	25t
諸雑費率		%	21	22	

## 5. 維持管理

### 5.1. 点検実施の必要性

定期的な点検または出水後の点検を実施し、異常の早期発見に努める必要があります。

### 5.2. 点検項目

点検項目としては、鋼管のへこみ状況等の使用部材の損傷状況や、底版コンクリートの洗掘状況を点検します。

### 5.3. 除石・除木の検討

土石流捕捉後は速やかに除石・除木を実施し、機能回復を図る必要があります。