

# 設 計 基 準

「頭首工」・「水路トンネル」・「ポンプ場」・

「農 道」・「パイプライン」

SI 単位系移行に関する参考資料

平成 14 年 3 月

社団法人 農業土木学会

## 目 次

1. 概 要 .....	1
1.1 目 的 .....	1
1.2 使用にあたって .....	1
1.3 参考資料 .....	1
2. 頭首工 .....	2
2.1 工種, 内容, および適用基準等 .....	2
2.1.1 工 種 .....	2
2.1.2 内 容 .....	2
2.1.3 適用基準等 .....	2
2.2 固定堰の安定計算 .....	3
2.2.1 設計条件 .....	3
2.2.2 安定計算 .....	3
2.3 可動堰の安定構造計算 .....	7
2.3.1 安定条件 .....	7
2.3.2 構造計算 .....	12
3. 水路トンネル .....	41
3.1 工種と内容 .....	41
3.1.1 工 種 .....	41
3.1.2 内 容 .....	41
3.1.3 適用基準等 .....	41
3.2 支保工計算例 .....	42
3.3 トンネルライニングの構造計算 .....	43
3.4 支保工の構造計算と支保工の形状 .....	50
3.5 内張管の設計例 .....	52
3.5.1 設計条件 .....	52
3.5.2 内張鋼管管厚の算定 .....	52
4. ポンプ場 .....	59
4.1 工種と内容 .....	59
4.1.1 工 種 .....	59
4.1.2 内 容 .....	59
4.1.3 適用基準等 .....	59
4.2 吸水槽の構造計算例 .....	60
4.2.1 設計条件 .....	60
4.2.2 設計方針 .....	62
4.2.3 吸水槽本体の設計 .....	63
4.3 吐水槽の構造計算例 .....	85
4.3.1 浅いピットの場合 .....	85
4.3.2 深いピットの場合 .....	101
5. 農 道 .....	113

5.1	工種と内容	113
5.1.1	工種と内容	113
5.1.2	適用基準等	113
5.2	小規模農道橋	113
5.2.1	上部工	113
5.2.2	橋梁下部工	117
5.3	擁壁工	133
5.3.1	ブロック積（石積）擁壁	133
5.3.2	もたれ式擁壁	134
5.3.3	重力式擁壁	140
5.3.4	逆T式擁壁	142
5.3.5	混合擁壁	157
5.4	ボックスカルバート	166
6.	パイプライン	193
6.1	工種と内容	193
6.1.1	工種	193
6.1.2	内容	193
6.1.3	適用基準等	194
6.1.4	主要な単位の換算	194
6.2	管体の構造計算例	195
6.2.1	管体の構造計算例（ダクタイル鋳鉄管）	195
6.2.2	管体の構造計算例（強化プラスチック複合管）	204
6.3	スラスト力の検討	213
6.3.1	スラスト力に対する構造物要否の計算例（水平屈曲）	213
6.3.2	スラストブロックの計算例（水平屈曲）	215
6.3.3	スラスト対策の省略（拘束長）の計算例（水平屈曲）	217
6.3.4	離脱防止継手（KF, UF）の一体化長さの計算例	220
6.3.5	離脱防止金具による一体化長さ（使用個数）の計算例	224
6.4	傾斜部管路の設計	225
6.4.1	コンクリート段切基礎の安定計算例	225
6.4.2	コンクリートアンカー基礎の安定計算例	229
6.4.3	全巻コンクリート段差基礎の安定計算例	242
6.5	設計水圧の換算例（参考）	250
	設計基準等における SI 単位系移行の当面の取り扱いについて	
	頭首工	252
	水路トンネル	278
	ポンプ場	358
	農道	472
	パイプライン	514
	水路工	532
	電気設備計画設計技術指針（高低圧編）	554

# 1. 概要

## 1.1 目的

平成 11 年 10 月 1 日以降 SI 単位系へ完全移行したことから、各種の設計で主に用いられている具体的設計計算例を SI 単位を用いて示すことにより、設計実務の一助とすることを目的とする。

## 1.2 使用にあたって

この計算例は、各設計基準の 5 工種の基準書・技術書に基づき作成したもので、設計における SI 単位を用いた計算例を示すことが主目的であるので、各工種の計算例は理解しやすいよう単純なモデルを採用している。

このため、現場においては設計実務におけるこの計算例を参考に、それぞれの地形・地質等の設計条件に基づき形状・寸法・荷重等を検討しなければならない。

## 1.3 参考資料

作成にあたっては、「設計基準等における SI 単位系移行の当面の取り扱いについて」（農林水産省 構造改善局建設部設計課企画調整室長通知，平成 11 年 4 月 1 日付けおよび同年 7 月 16 日付け一部改定）を引用した（巻末に本文を参考添付）。

## 2. 頭首工

### 2.1 工種, 内容, および適用基準等

#### 2.1.1 工種

計算例の工種は, 次のとおりとする。

(1) 固定堰

固定堰の安定計算 (設計基準「頭首工」技術書 p. 208)

(2) 可動堰

堰柱の安定計算および構造計算 (設計基準「頭首工」技術書 p. 223)

#### 2.1.2 内容

計算内容は, 下記のケースとする。

(1) 固定堰の安定計算

- ① 洪水時において, 常時上下流方向の安定
- ② 低水時において, 地震時上下流方向の安定

(2) 可動堰

① 安定計算

中間堰柱 1 タイプについて行い, 設計基準「頭首工」技術書に基づく 7 ケースのうち, 荷重条件が多い下記の 2 ケースとする。

- (i) 低水時で閉扉の場合において, 地震時の上下流方向の安定
- (ii) 空虚時で開扉の場合において, 地震時の堰軸線方向の安定

② 構造計算

中間堰柱 1 タイプについて行い, 検討する部位および計算ケースは次のとおりとする。なお, 本計算例の耐震設計法は震度法を対象としている。

- (i) 堰柱 (堰軸線方向地震時 1 ケース)
- (ii) 門柱 (堰軸線方向地震時 1 ケース)
- (iii) 頂版 (堰軸および上下流方向常時各 1 ケース)
- (iv) 柱下部床版 (上記安定計算地震時 2 ケース)

#### 2.1.3 適用基準等

(1) 基準等

計算例の作成にあたっては適用した基準等は次のとおりである。

- ① 土地改良事業計画設計基準・設計「頭首工」H 7.7  
(以下, 設計基準「頭首工」という)
- ② 改訂新版 建設省河川砂防技術基準 (案) 同解説 設計編 [ I ] H 9.10  
(以下, 「河川砂防技術基準」という)

(2) 基準等の適用

① 単位体積重量, 許容応力等

単位体積重量, 許容応力等については, 原則として「設計基準等におけるSI単位系移行の当面の取り扱いについてH11.4.1」および「(第1回改訂)H11.7.16」に基づいた。これによりがたい場合は, 「河川砂防技術基準」に準拠した。

② 計算方法, 手法等

計算方法, 手法等については, 原則として設計基準「頭首工」に基づいた。これによりがたい場合は, 「河川砂防技術基準」に準拠した。

2.2 固定堰の安定計算

2.2.1 設計条件

固定堰コンクリートの単位体積重量	$\gamma_c = 23.05 \text{ kN/m}^3$
堆砂の飽和単位体積重量	$\gamma_{wse} = 17.65 \text{ kN/m}^3$
水の単位体積重量	$W_0 = 9.81 \text{ kN/m}^3$
堆砂の水中単位体積重量	$\gamma_{we} = 7.84 \text{ kN/m}^3 (= \gamma_{wse} - W_0)$
土圧係数	$C_0 = 0.45 \text{ kN/m}^3$
揚圧力係数	$\mu = 0.40$ (岩着)
設計水平震度	$k_h = 0.20$

2.2.2 安定計算

(1) 常時 (洪水時)

① 外力の計算

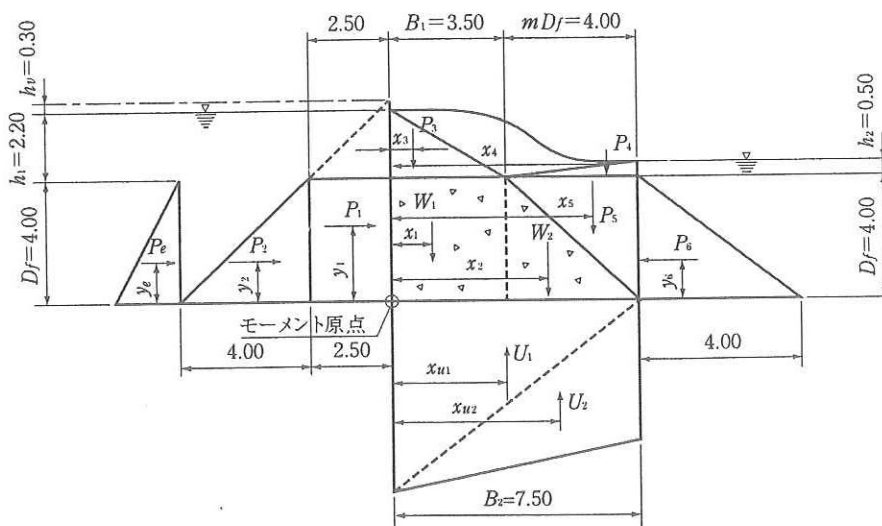


図-2.1

## 3. 水路トンネル

### 3.1 工種と内容

#### 3.1.1 工種

計算例の工種は、次のとおりとする。

(1) 支保工

鋼製支保工の構造計算（設計基準「水路トンネル」技術書 p. 250）

(2) トンネルライニング

トンネルライニングの構造計算（設計基準「水路トンネル」技術書 p. 281）

(3) 支保工

鋼製支保工の構造計算と形状（設計基準「水路トンネル」技術書 p. 287）

(4) 内張管

内張管の構造計算（設計基準「水路トンネル」技術書 p. 342）

#### 3.1.2 内容

計算内容は、次のとおりとする。

(1) 支保工

矢板工法の鋼製支保工について、構造計算の手順を計算例を使って解説する。

(2) トンネルライニング

無圧トンネルの矢板工法における鉄筋コンクリートライニングの構造設計について、標準的な荷重条件の構造計算例を示す。

(3) 支保工

矢板工法の鋼製支保工について、トンネルタイプごとの構造計算と形状寸法の計算例を示す。

(4) 内張管

圧力トンネルにおける内張管の構造計算例を示す。

#### 3.1.3 適用基準等

計算例の作成にあたっては、土地改良事業計画設計基準・設計「水路トンネル」H 8.10（以下、設計基準「水路トンネル」という）を適用する。

本計算例は、技術書に示されている計算例を SI 単位に移行している。したがって、計算内で引用されている表等については、該当ページのみ記載しているため、詳細は同技術書を参照されたい。



### 3.2 支保工計算例 (技術書 p. 250)

トンネル内径 3.5 m の場合、タイプ B に使用する支保工規格を求める。地質は砂岩と頁岩の互層とする。

式(5.4.1)において、

$$T = \frac{1}{2} \times D_e \times \gamma \times D \times H$$

ここに、

$T$  : 支保工に作用する軸方向力 (kN)

$D_e$  : 掘削断面の直径 (m)

$D$  : 支保工の建込み間隔 (m)

$H$  : ゆるみ高さ (m)

$$td = \frac{1}{20} \times D = \frac{1}{20} \times 3,500 = 175 \text{ mm}$$

$td \geq 200$  より 200 mm とする。

掘削幅は直径 + 設計巻厚 + 余掘り厚さ 250 mm とすると、 $3,500 + 450 \times 2 = 4.40 \text{ m}$  である。

$\gamma$  : 表-2.3.11 (技術書 p. 128) において、砂岩・頁岩の単位体積重量は  $20.0 \sim 26.9 \text{ kN/m}^3$  であり、タイプ B では  $26.9 \div 27.0$  を採用する。

$D$  : 支保工間隔は、基準書 10-3 項 表-8 (p. 39) より B<sub>1</sub> タイプ 1.50 m とする。

$H$  : 基準書 10-3 項 表-7 (p. 37) より  $0.5 \times D_e = 0.5 \times 4.40 \text{ m} = 2.20 \text{ m}$

$$T = \frac{1}{2} \times 4.40 \times 27.0 \times 1.50 \times 2.20 = 196.020 \text{ kN}$$

式(5.4.5)において、

$$M_{\max} = 0.86 \times T \times h$$

$$h = R_r - \sqrt{R_r^2 - \left(\frac{C}{2}\right)^2}$$

$R_r$  : 支保工中心線までの半径 (mm)

$$R_r = \text{トンネル半径} + \text{建込位置} + (\text{支保工部材厚}) \times \frac{1}{2}$$

$$= \frac{1}{2} \times 3.50 + 0.10 + 0.125 \times \frac{1}{2} \text{ (H-125 の場合)}$$

$$\div 1.913 \text{ m}$$

$C$  : 表-5.4.4 (技術書 p. 242) から  $C = 0.80 \text{ m}$

$$h = 1.913 - \sqrt{1.913^2 - \left(\frac{0.80}{2}\right)^2}$$

$$= 0.042 \text{ m}$$

$$M_{\max} = 0.86 \times 196.020 \times 0.042 = 7.080 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

式(5.4.6)において、

$$\sigma_s = \frac{T}{A} + \frac{M_{\max}}{Z_x}$$



設計基準等における SI 単位系移行の  
当面の取り扱いについて

ページ	行, 図表, 式	現行基準 (従来単位系)
<p>頭首工は、『河川法』第 26 条に規定される許可構造物であり, 設置に当たっては河川管理者の許可が必要である平成 9 年 10 月改定 (以下『砂防基準』という) に準拠するものとするが, 基礎工については『砂防基準』に記載さ</p>		
頭首工 p. 49	下 2 行目	$q$ : 底面の両端に生じる圧縮応力 (tf/m <sup>2</sup> ) $q_a$ : 地盤の許容支持力 (tf/m <sup>2</sup> )
p. 59	下 2 行目	$q$ : 底面の両端に生じる圧縮強度 (tf/m <sup>2</sup> ) $q_a$ : 地盤の許容支持力 (tf/m <sup>2</sup> )
p. 106	上 10 行目	$q_u = 1.22 N$ (tf/m <sup>2</sup> ) ..... (4. 2)
p. 116	下 12 行目	$\tau_0 = pgn^2V^2R^{-1/3}$ (tf/m <sup>2</sup> ) ..... (5. 10)
p. 184	上 3 行目	$f_r = 6.69 \sin \theta \left( \frac{i}{b} \right)^{4/3} \exp \left( 0.074 \gamma_w \frac{a}{H} \right)$ ..... (10. 11)  $\gamma_w$ : 湿潤ごみの単位体積重量 (kgf/m <sup>3</sup> )*10
	欄外 ※ <sup>10</sup>	200 kgf/m <sup>3</sup>

SI 移行後	参 考
<p>ため、SI 単位系移行に伴う変更は原則として『建設省河川砂防技術基準（案）同解説 設計編 [I]』 れていないため、『道路橋示方書・同解説 IV 下部構造編』に準拠するものとする。</p>	
<p><math>q</math> : 底面の両端に生じる圧縮応力 (kN/m<sup>2</sup>) <math>q_a</math> : 地盤の許容支持力 (kN/m<sup>2</sup>)</p>	
<p><math>q</math> : 底面の両端に生じる圧縮強度 (kN/m<sup>2</sup>) <math>q_a</math> : 地盤の許容支持力 (kN/m<sup>2</sup>)</p>	
<p><math>q_u = 12.5 N</math> (kN/m<sup>2</sup>) ..... (4.2)</p>	<p><math>q_u</math> については、「地盤調査法」地盤工学会 (H7 年版) p. 202 参照。 ロッドの長さによる補正については、「土質調査法—第 2 回改訂版—」土質工学会 (S57 年版) p. 204 及び「道路橋示方書・同解説 IV 下部工編」日本道路協会 (S55 年版) p. 173 に記述があるが、H7 地盤調査法及び「道路橋示方書・同解説 IV 下部工編」日本道路協会 (H8 年版) (以下、H8 道示 IV 下部工編) にはその記述がない。ロッドの長さによる補正式 (4.3) は削除する。</p>
<p><math>\tau_0 = pgn^2 V^2 R^{-1/3}</math> (k/m<sup>2</sup>) ..... (5.10)</p>	<p><math>N = (1/\nu) * R^{2/3} * I^{1/2}</math> ; <math>(1/(m/s)) * m^{2/3} * (m/m)^{1/2}</math> <math>= s/m^{1/2}</math> <math>\tau_0 ; (t/m^3) * (m/s)^2 * (s/m^{1/2})^{2*} * (m/s)^{2*} * (1/m^{1/3})</math> <math>= t * m^{-1} * s^{-2} = (t * m * s^{-2}) / m^2</math></p>
<p><math>f_r = 6.69 \sin \theta \left( \frac{t}{b} \right)^{4/3} \exp \left( 0.074 \gamma_w \frac{a}{H} \right)</math> ..... (10.11)</p> <p><math>\gamma_w</math> : 湿潤ごみの単位質量 (kg/m<sup>3</sup>) *10</p>	<p>「設計基準にかかる SI 単位系移行の当面の取り扱い (第 1 回改訂) について」構造改善局 (H11.7) (以下、SI 単位系移行 (第 1 回改訂) ) では、湿潤ごみの単位体積重量 (kgf/m<sup>3</sup>) ⇒ <u>湿潤ごみの単位体積重量 (kN/m<sup>3</sup>)</u> となっていたが、式の係数 0.074 が 7.4 に変化すること、はかりの単位は kg であることを考慮して、設計基準「ポンプ場」に合わせて <u>湿潤ごみの単位質量 (kg/m<sup>3</sup>)</u> と変更した。</p>
<p>200 kg/m<sup>3</sup></p>	