

第5章 ダムの計画と設計

第1節 ダムの本体設計

はじめに

ダムは流水を貯留し、この水を地域社会に有効に活用するための工作物であるから、ダムの設計は、その安全性と経済性のみならず、築造する目的である洪水調節及び水の利用が確実、かつ容易に行われる機能を持たせなければならない。更に、ダム計画位置の周辺環境の保全及び景観を十分考慮した設計及び周辺整備計画が必要である。

またその機能が長期にわたって保持されると共に維持管理にも十分配慮し、均衡のとれた設計を行わなければならない。

なお本章では一般的事項を記述しているが細部については下記の文献等を参照のこと。

参考文献

河川管理施設等構造令・同施行規則（改定解説・河川管理施設等構造令：日本河川協会）

河川砂防技術基準（案）

水門鉄管技術基準：水門鉄管協会

多目的ダムの建設：（財）ダム技術センター

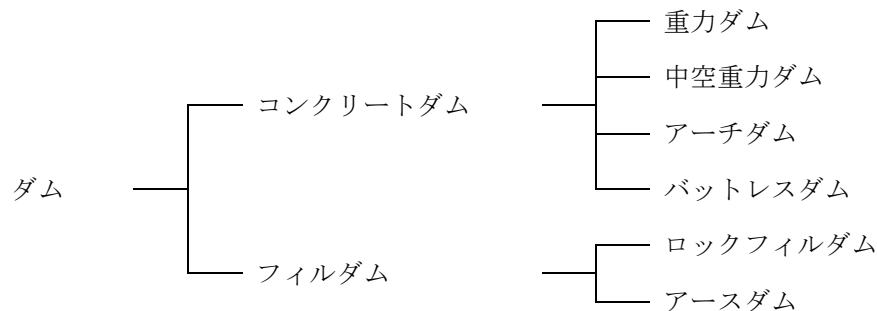
コンクリートダムの細部技術：河川局開発課 ダム技術センター

最新フィルダム工学：電力土木技術協会

1 一般事項

(1) ダムの型式

堤体材料の面からと設計理論の相違による分類を行うと次のようになる。またこれらのダム型式を組み合わせた型式のものもある。



(2) ダムの高さ (改定 解説・河川管理施設等構造令 第3条)

ダムの高さは、堤頂の標高と基礎地盤の標高との差で示される。

ここで、堤頂とは、堤体の天端の最高の部分をいい、コンクリートダムにあっては、高欄を含めない非越流部の最上面とし、フィルダムにあっては、しゃ水壁上部の保護層の厚さは含むが、高欄、胸壁、堤体天端を道路として利用するため付加された部分は含まない。

また、ここでいう基礎地盤とは、止水壁（しゃ水壁及びグラウトカーテンを含む。以下この項で同じ。）のないダムでは、堤頂の上流端を通る鉛直面が基礎地盤面と交わる堤体の最低標高部分をいい、止水壁があるダムでは、止水壁直下流の堤体部分をつないだ鉛直面が基礎地盤面と交わる堤体の最低標高部分をいう。なお、止水壁のうち、地中連続壁等の基礎地盤面内に埋設された部分及びフィルダムの監査廊はダムの高さには含まない。

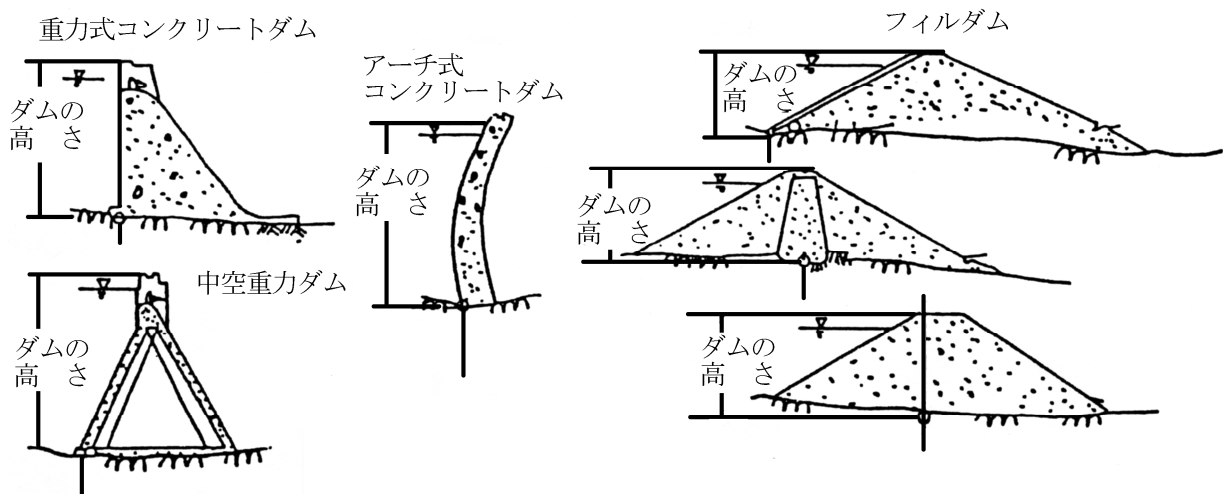


図5-1 各種ダムの高さ

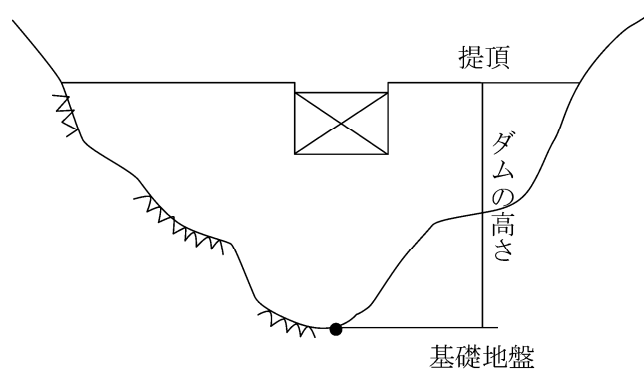


図5-2 基礎地盤から堤頂までの高さ

(3) ダム各部の名称

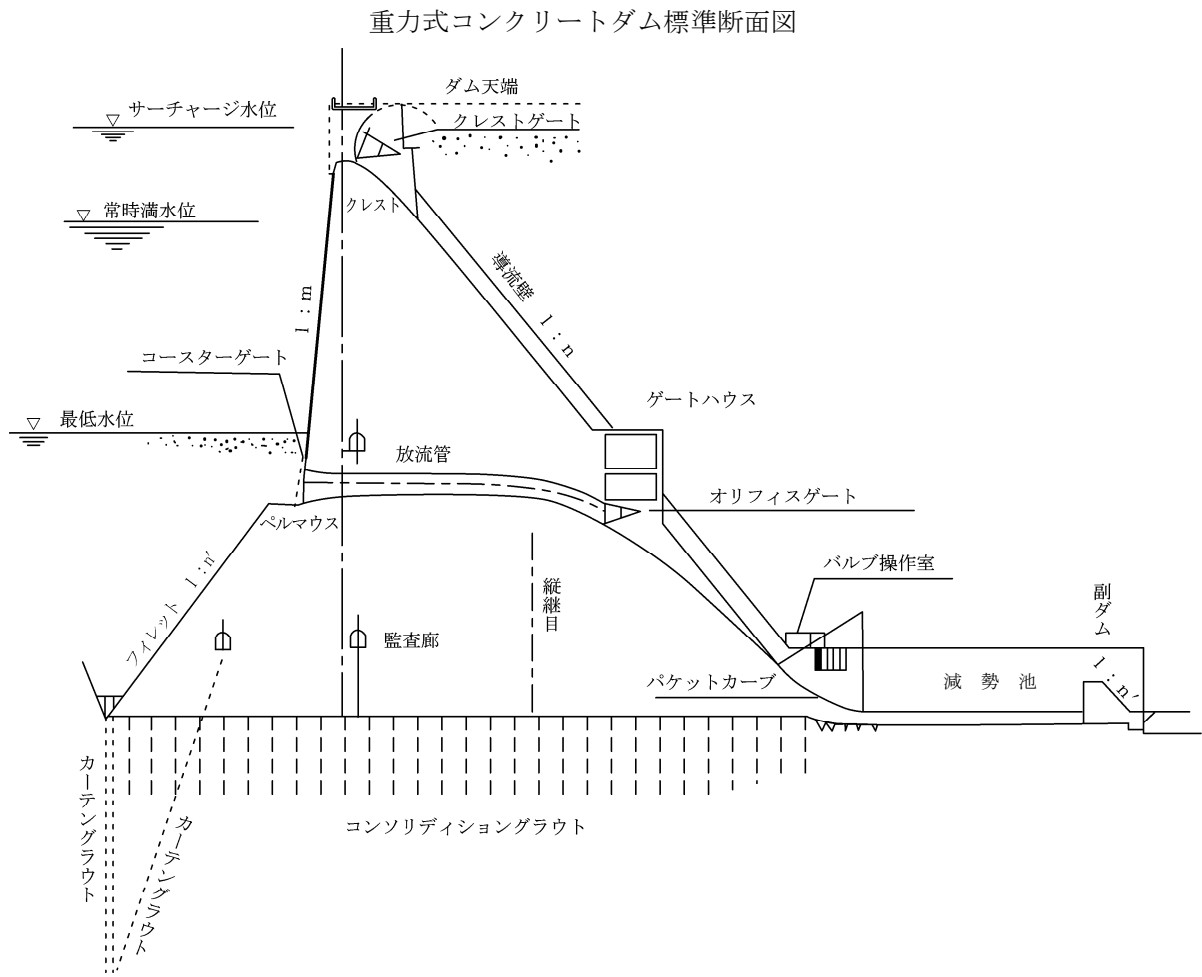


図 5-3

ロックフィルダム標準断面図

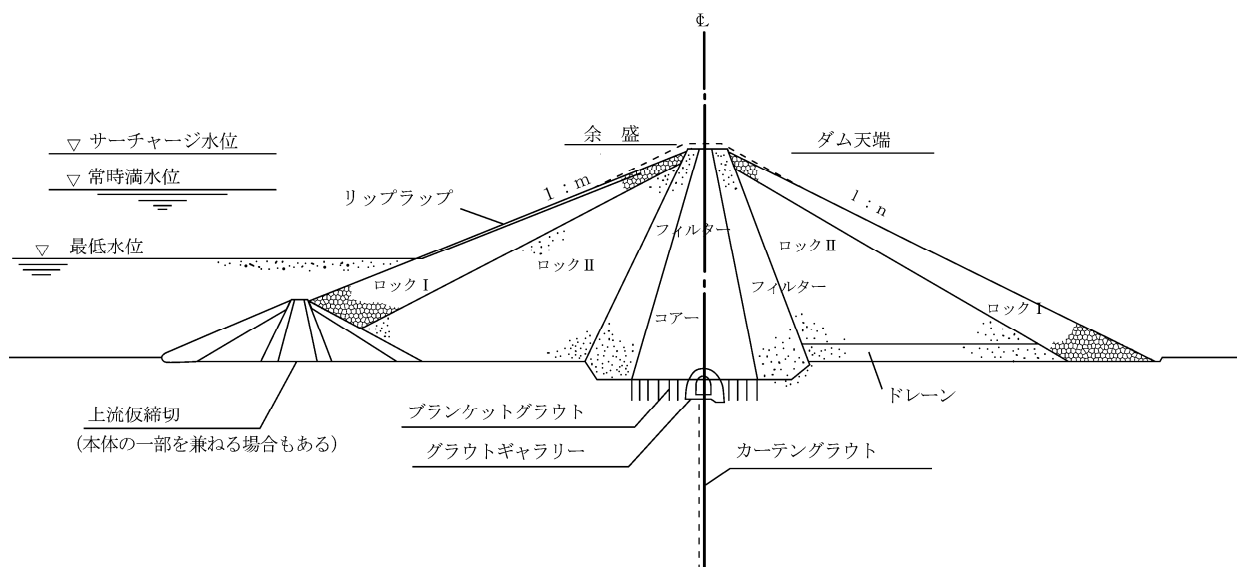


図 5-4

(4) ダム設計洪水流量（改定 解説・河川管理施設等構造令 第2条）

設計洪水位の算定ならびに洪水吐流下能力の決定に用いるための流量としてダム設計洪水流量を定める。コンクリートダムのダム設計洪水流量は次の洪水の流量のうちいずれか大きい流量とする。

ア ダム地点において、200年につき1回の割合で発生するものと予想される洪水の流量

イ ダム地点において発生した最大の洪水の流量

ウ ダム地点の流域と水象又は気象が類似する流域のそれぞれにおいて発生した最大の洪水に係わる水象又は気象の観測の結果に照らして、当該ダム地点に発生する恐れがあると認められる洪水の流量。

また、フィルダムにあつてはコンクリートダムの設計洪水流量の1.2倍の流量をもって設計洪水流量とする。

なお、上記ウの流量を求めるときは、地域別比流量図（クリーガー曲線）によることができる。また、流出解析による洪水流量の算定結果の検討あるいは最大洪水の簡便な算定のために地域別既往最大比流量包絡線を基準とする次の方法を参考とすることができる。この方法では、近傍流域における最大洪水の観測資料を当該流域に適用した場合のダム地点の洪水流量は次式で計算される。

$$Q = q \cdot A$$

$$\text{比流量曲線式 } q = C A^{(A^{-0.05} - 1)}$$

ただし、

Q：近傍流域において最大洪水が生じた時の観測資料より推定されるダム地点の洪水流量のピーク流量（ m^3/sec ）

q：近傍流域における既往最大比流量（地域別既往最大比流量）（ $\text{m}^3/\text{sec}/\text{km}^2$ ）

A：集水面積（ km^2 ）

C：地域係数

(5) 設計水位（改定 解説・河川管理施設等構造令 第2条）

ダムの設計に用いる基準水位として常時満水位、サーチャージ水位、設計洪水位を定める。

常時満水位は、非洪水時にダムによって貯留するとした貯水池の水位のうち最高の水位とする。

サーチャージ水位は、洪水時にダムによって一時的に貯留することとした貯水池の最高の水位とする。

設計洪水位はダム設計洪水流量の流水がダムの洪水吐を流下するものとしたとき到達する貯水池の最高の水位とする。なお、設計洪水位の決定にあたっては貯水池の貯留効果は考慮しないものとする。

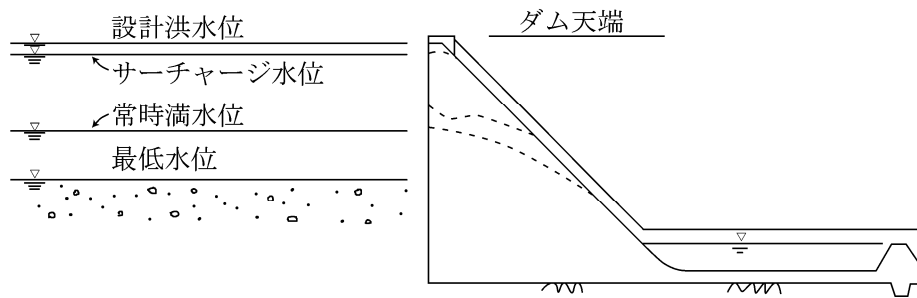


図 5 - 5

(6) 堤体の非越流部の高さ (改定 解説・河川管理施設等構造令 第 5 条)

イ ダムの堤体の非越流部の高さは、洪水吐きゲートの有無に応じ、コンクリートダムにあっては、次の表に掲げる値のうち最も大きい値以上、フィルダムにあっては同表に掲げる値のうち最も大きい値に1.0mを加えた値以上とするものとする。

ダム堤体の非越流部の高さの決定に、洪水吐きゲートの有無を考慮するのは、洪水吐きゲートの操作上の不慮の事故によって、貯水池水位が異常に上昇することへの配慮である。

ダム堤体の非越流部の高さの決定に、ダムの種類を考慮するのは、フィルダムにあっては万一の堤体からの越流が致命的な破壊を招くからである。

表 5 - 1

項	区分	堤体の非越流部の高さ (単位 メートル)
一	洪水吐ゲートを有するダム	$H_n + h_w + h_e + 0.5$ ($h_w + h_e < 1.5$ のときは $H_n + 2$) $H_s + h_w + h_e / 2 + 0.5$ ($h_w + h_e / 2 < 1.5$ のときは $H_s + 2$) $H_d + h_w + 0.5$ ($h_w < 0.5$ のときは $H_d + 1$)
二	洪水吐ゲートを有しないダム	$H_n + h_w + h_e$ ($h_w + h_e < 2$ のときは $H_n + 2$) $H_s + h_w + h_e / 2$ ($h_w + h_e / 2$ のときは $H_s + 2$) $H_d + h_w$ ($h_w < 1$ のときは $H_d + 1$)

H_n : 常時満水位

h_w : 風による波浪の貯水池水面からの高さ

h_e : 地震による波浪の貯水池水面からの高さ

H_s : サーチャージ水位

H_d : 設計洪水水位

ロ 洪水吐きゲートを有しないフィルダムで、ダム設計洪水流量の流水が洪水吐きを流下する場合における越流水深が2.5m以下であるものに関する前項の規程の適用については、表 5 - 1 の二の項の右欄中「 $h_w + h_e < 2$ のときは $H_n + 2$ 」とあるのは「 $h_w + h_e < 1$ のときは、 $H_n + 1$ 」と、「 $h_w + h_e / 2 < 2$ のときは $H_s + 2$ 」とあるのは「 $h_w + h_e / 2 < 1$ のときは、 $H_s + 1$ 」とする。

これは、洪水吐きゲートを有しないフィルダムで、洪水吐きからダム設計洪水流量を放流したときの越流水深が比較的浅い場合で、かつ、風および地震による貯水池水面以上の波浪高の数値も小さいときには、ダム設計洪水流量の推定がたとえ誤っていたとしても設計洪水位で1 m程度の附加的高さがあれば、十分その誤りをカバーできるため一般のフィルダムよりも緩和した規定を設けたものである。

ハ 堤体の非越流部の高さは、風による波浪の高さ、地震による波浪の高さを考慮して決定するが、これらの数値は以下によって求める。

(ア) 風による波浪の貯水池水面からの高さ

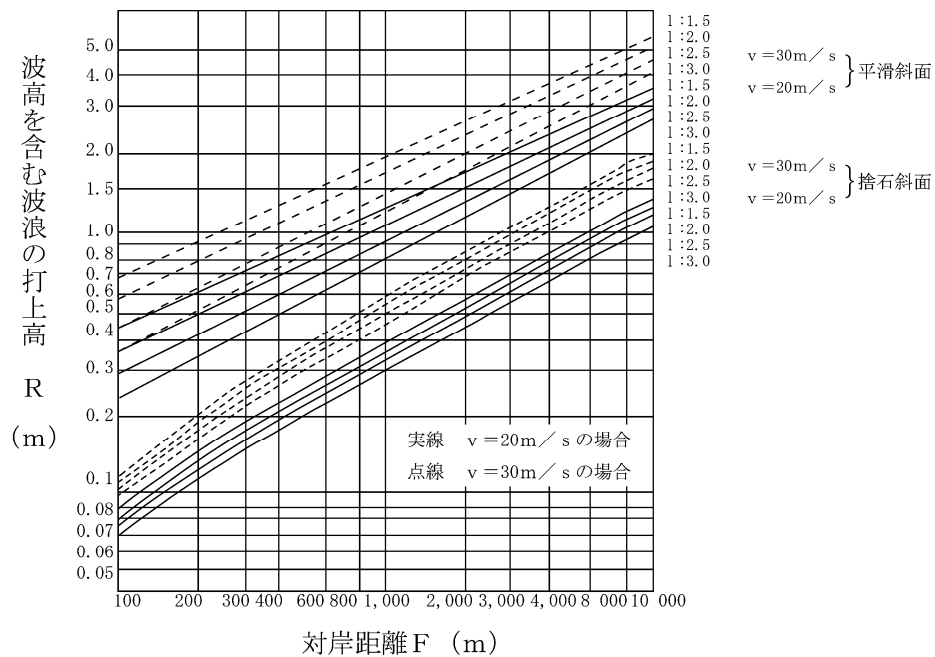


図5-6 S.H.B.法におけるWilsonの改良式とSavilleの方法を組合わせた打上高（波高を含む）

たとえば、対岸距離 $F = 4 \text{ km}$ 、風速 $V = 30 \text{ m/s}$ の場合、斜面こう配を $1 : 3.0$ とすれば、平滑斜面では $R = 2.6 \text{ m}$ 、捨石斜面では 1.0 m 程度となる。上図より打上高は、斜面保護材料により大幅に異なり、また、捨石斜面での打上高は、鉛直壁面での波高より小さくなるのがわかる。この図の平滑斜面とは、比較的平滑な斜面をもった張石、コンクリートブロック積等の斜面をいい、捨石斜面とは大塊の岩石の斜面をいう。したがって、この中間の場合は、その粗度に応じてこれらの中間の値を採用する。たとえば、粒径 $20 \sim 90 \text{ cm}$ 程度の捨石が斜面上厚さ $60 \sim 90 \text{ cm}$ 程度に施工されている場合は、捨石斜面の曲線側から $1/4$ 程度平滑斜面の曲線の方に寄った線をとればよい。図5-6はS.M.B.法におけるWilsonの改良式によって求めた波高および波長とSavilleにより導かれた上流面斜面こう配ならびに斜面保護材料と打上高と波高との関係を組み合わせ、対岸距離および10分間の平均風速から波高を含めた打上高を求められるようにしたものである。

(イ) 地震による波浪の貯水池水面からの高さ

地震波浪については比較的大きい波高を与える佐藤清一の式を用いるものとする。

$$h_e = 1/2 \cdot K \tau / \pi \sqrt{g H_0}$$

ただし、 h_e ：地震による波浪の貯水池水面からの高さ（地震波高の半波高）（m）

K ：常時満水位に対する設計震度

τ ：地震周期（sec）

H_0 ：常時満水位時の貯水池の水深（m）

$K=0.15$ 、 $\tau=1$ 秒、 $H_0=60\sim 100$ mで $h_e=0.6\sim 0.7$ mである。

(7) 荷重（改定 解説・河川管理施設等構造令 第6条、河川砂防技術基準(案)設計編〔I〕第2章第3節ダム設計の基本条件）

ダムの堤体及び基礎地盤に作用する荷重としては、ダムの種類及び貯水池の水位に応じ、表5-2に掲げるものを採用する。

表5-2 荷重の組み合わせ

ダムの種類 貯水池の状態等	重力式コンクリートダム	アーチ式コンクリートダム	フィルダム	備考
常時満水位 サーチャージ水位	W、P、Pe、I、Pd、U	W、P、Pe、I、Pd、U、T	W、P、I、Pp	
設計洪水水位	W、P、Pe、U	W、P、Pe、U、T	W、P、Pp	
貯水池運用計画における最低水位	W、P、I、Pd、U	W、P、I、Pd、U、T		河川砂防技術基準
常時満水位から貯水池運用計画における最低水位までの中間水位でダムの安全に最も危険な水位			W、P、I、Pp	— 〃 —
常時満水位以下でかつ水位を急激に低下させる場合			W、P、I、Pp	
貯水池空虚	W、I	W、I、T		— 〃 —
工事完成直後			W、I、Pp	— 〃 —

W：ダム堤体の自重

Pd：地震時における貯留水による動水圧の力

P：貯留水による静水圧の力

U：貯留水による揚圧力

Pe：貯水池内に堆積する泥土による力

Pp：間げき圧の力

I：地震時におけるダム堤体の慣性力

T：ダム堤体の内部の温度の変化によって生ずる力

表中の荷重は以下により求める。

ア 自重

堤体の自重は、堤体材料の単位体積重量を基に定めるものとする。単位体積重量は、原則として実際に使用する材料について試験を行い決定するものとする。

イ 静水圧

静水圧は次式によって求める。

$$P = W_0 h_0$$

P : 静水圧 (kN/m²)

W_0 : 水の単位体積重量 (kN/m³)

h_0 : 水深 (m)

水位としては、常時満水位、サーチャージ水位および設計洪水位の場合について検討する。いずれの場合も風波高を加えて検討するものとする。常時満水位の場合は地震波高を、サーチャージ水位の場合は常時満水位に対する地震波高の1/2を加えて検討するものとする。

ウ 泥圧

堆泥による鉛直方向泥圧は、泥圧の水中における重量をとり、水平方向泥圧は次式によって求める。

$$P_e = C_e W_1 d$$

P_e : 水平方向泥圧 (kN/m²)

C_e : 泥圧係数

W_1 : 堆泥の水中における単位体積重量 (kN/m³)

d : 堆泥の深さ (m)

堆泥の重量は $W_1 = w(1 - \nu)w_0$ で示される。ここに w_0 は水の単位体積重量 (kN/m³)、 w は堆泥の見かけの単位重量 (kN/m³)、 ν は堆泥の空げき率である。

これらの概略値として、下記の数値が常用される。

$$w = 14.7 \sim 17.7 \text{ kN/m}^3, \nu = 0.30 \sim 0.41, C_e = 0.4 \sim 0.6, w_0 = 9.81 \text{ kN/m}^3$$

なお、地震による動泥圧は一般に考慮しない。

エ 間げき圧および揚圧力

揚圧力は、ダムの堤体と基礎地盤との接触面に垂直に作用するものとし、基礎処理の状況、排水孔の位置等を考慮して適切に定めるものとする。

重力式コンクリートダムの底面に作用する揚圧力は、堤体と基礎地盤との接触面に垂直な荷重として作用するものとする。適切な基礎処理を行った場合の揚圧力の分布は、ダムの上流端、排水孔を設ける場合はその位置及び下流端において表5-3に示す値をとり、それぞれの区間は直線変化をするものとする。

表 5 - 3 揚圧力の値

排水孔の有無	揚 圧 力		
	上流端	排水孔の位置	下流端
排水孔のある 場合	上流側水圧	上流側と下流側の水圧の 差の1/5以上を下流側水圧 に加えた値	下流側水圧
排水孔のない 場合	上流側と下流側の水圧の 差の1/3以上を下流側水圧 に加えた値	—	下流側水圧

コンクリートダムにおいて間げき圧を断面力として取扱う場合は、揚圧力という。

オ 地震慣性力

地震時慣性力は堤体に水平に作用し、次式によって求める。

$$I = W k$$

ここに I : 地震時の堤体慣性力 (t)

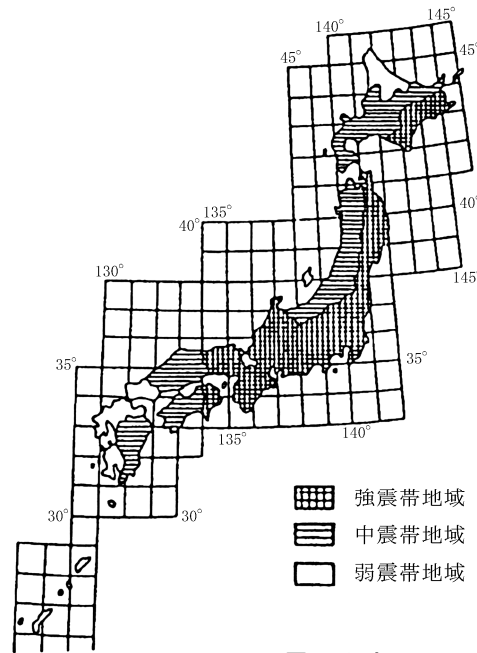
W : 堤体の自重 (t)

k : 設計震度

である。このうち問題となる設計震度 k は図 5 - 7 に示す地域区分毎に基礎地盤の状態、ダムの型式を考慮して表 5 - 4 の値を目安に選定する。

表 5 - 4 ダムの設計震度

	ダムの基礎条件	重力式コンクリートダム、中空重力式コンクリートダム	アーチ式コンクリートダム	ゾーン型フィルダム	均一型フィルダム
強震地域	通常 of 岩盤基礎	0.12~0.15	0.24~0.30	0.15	0.15~0.18
	土質基礎	—	—	0.18	0.20
中震地域	通常 of 岩盤基礎	0.12	0.24	0.12~0.15	0.15
	土質基礎	—	—	0.15~0.18	0.18~0.20
弱震地域	通常 of 岩盤基礎	0.10~0.12	0.20~0.24	0.10~0.12	0.12
	土質基礎	—	—	0.15	0.18



長野県は強震帯地域に属する。

図5-7 地震活動度による地域区分

カ 地震時動水圧

地震時において、ダムの堤体に作用する貯留水の任意の水深における動水圧は、ダムの堤体に垂直に作用するものとし、適切な工学試験によって求められた場合を除き、次式によって求めるものとする。

$$p_d = 0.875W_0 k \sqrt{H \cdot h}$$

p_d : 動水圧 (kN/m²)

W_0 : 水の単位体積重量 (kN/m³)

k : 設計震度

H : 貯水池水面から基礎地盤までの水深 (m)

h : 貯水池水面から動水圧の作用する点までの水深 (m)

キ 温度荷重

アーチ式コンクリートダムにおいては、収縮継目グラウチング後に、堤体内に予想される内部温度の変化に応じて、温度荷重を考慮する。

なお、アーチ式コンクリートダム以外の形式のダムは、一般には温度荷重は考慮しない。

ク 氷 圧

極寒地で、ダムの対岸距離が短く、大きな氷圧の予想される場合、及びゲートに氷圧の影響を大きく受ける場合は、それぞれダム本体及びゲートに氷圧を考慮するものとする。

2 洪水吐及び放流設備

(改定 解説・河川管理施設等構造令第7～12条規則第11～12条)

(河川砂防技術基準(案)設計編〔I〕第2章第7節洪水吐き及びその他の放流設備)

(1) 洪水吐の機能

ダムには、洪水を処理するために、洪水吐を設ける。

洪水吐は堤体、基礎地盤及び貯水池に支障を及ぼさない構造とする。

洪水吐の流入部及び導流部はダム設計洪水流量以下の流量を堤体の安全に支障なく流下させる構造とする。また、堤体、下流の河床、河岸あるいは河川管理施設等を保護するため、流水のエネルギーを滅殺する必要がある場合には適当な減勢工を設けるものとする。

洪水吐は流入部、導流部および減勢工によって構成される。

本基準においては洪水吐の構成要素を次表のように区分する。

表5-5 洪水吐構成要素

流入部		導流部	減勢工	
越流式	直線越流型	シュート式 トンネル式 堤体流下式	跳水式	水平水たたき型
	曲線越流型			傾斜水たたき型
側水路型	オリフィス式		バケツト型	
朝顔型		スキージャンプ式		
			自由落下式	

(2) 洪水吐の流入部

ア 形状及び水深

流入水路は水深を大きくとり、流速が低く、平面形状はできるだけゆるやかに漸縮させて流速分布を均一にし、流れに攪乱を生じないように設計する。

流入水路の越流頂の高さ以下の深さ W が小さく、設計越流水深 h との比 W/h が小さくなると、流量係数が小さくなる。一般に放流能力を損なわないためには、 W/h が $1/5$ 程度以上とすることとされている。

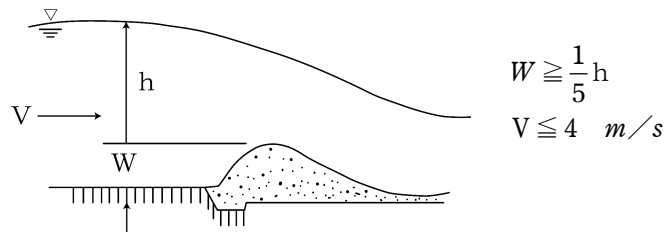


図5-8 流入水路の水深

イ 流入部の負圧

流入部は放流時にキャビテーション又は危険な振動を誘発するような負圧を生じないように設計する。

キャビテーションの許容負圧は、流速変動及び越流面（コンクリート）の微小な凹凸を考慮して、 $-0.029\text{N}/\text{mm}^2$ 程度とされている。

ウ 越流水面上の構造物の高さの余裕

越流部に附属して設けられる橋、巻上げ機等の堤頂構造物の下端並びに最高巻上げ時の洪水吐ゲートの下端と設計洪水位における越流水面の間には1.5m以上の間隔を有するものでなければならない。ただし、設計洪水位における越流水深が2.5m以下の越流部についてはこの間隔を1.0m以上とすることができる。

(3) 洪水吐の導流部

ア 導流部の形状

導流部の平面線形は原則として直線とし、縦断形状の急激な変化は避ける。又導流部の断面は、できるだけ緩やかに変化させるものとする。

イ 導流部の側壁高

導流部は設計洪水位における放流することとなる流量を、ダム本体の安全性に支障なく流下させる側壁高をもたせるものとし、トンネル式導流部では常に開水路となるよう設計する。

(4) 洪水吐の減勢工

減勢工の規模及び減勢の方法は、地点の水文、地形および地質条件、地点の環境並びに下流の水位流量曲線を考慮してきめる。

ア 跳水式減勢工

跳水式減勢工では水たたき上で安定した跳水を形成するように設計する。このため水たたきは原則として導流部の幅と等幅の長方形断面水路とし、その線形は水平わん曲を避ける。

イ スキージャンプ式減勢工

スキージャンプ式減勢工は、水流を空中にはね上げて下流の河床に放流し、その洗掘によって形成される自然のウォータークッションによって減勢効果を期待するものである。ダムの堤体の安全を保ち、かつ落下点より下流の河川にまで必要以上に洗掘が拡大することを避けるために、水脈の落下点はダムの堤体からできるだけ遠ざけ、かつ水脈を広範囲に拡散させるのが設計の原則である。

ウ 自由落下式減勢工

自由落下式減勢工は水脈落下点の動水圧を軽減し、落下後の減勢処理を容易にするように設計する。このため越流幅を支障のない範囲でできるだけ広くとり単位幅当りの放量を小さくすることが望ましい。

また自由落下水脈を受ける水たたきは等幅直線水路としコンクリートで保護することを原則と

する。

(5) 放流設備の機能

ア ダム管理用放流設備

フィルダムには堤体の点検および修理に備えて、貯水池の水位低下用の放流設備を設ける。この放流設備の放流能力は、貯水池の規模、流域特性等を考慮する必要があるが、常時満水位から貯水池運用計画上の最低水位までを、表面しゃ水壁型のフィルダムでは4日間で、その他の種類のフィルダムでは7日から10日間で水位低下できる規模を標準としている。また、コンクリートダムにおいても管理用設備として水位調節用の放流設備を設けることを原則とする。

ただし、利水放流設備又は洪水調節用放流設備などがあり、かつこのダム管理用放流設備としての機能を有している場合には別に設ける必要はない。

イ 流水管理用放流設備

ダムには河川の流水の正常な機能を維持するために必要な放流設備を設ける。ただし、ダム地点の状況によりダムにこの放流設備を設けなくとも河川の流水の正常な機能が維持できる場合、及び他に設けられる利水放流設備などがこの機能を有している場合には別に流水管理用放流設備を設けなくともよい。

なお、ア及びイを総称して低水放流設備ということもある。

(6) 放流管の選定条件

放流管は、所定の流量を安定した流況で放流するため、形状をできる限り単純にし、また、管内圧力を正常に保つようにするとともに、維持管理に配慮して設計するものとする。

(7) ゲート及びバルブ

ゲート及びバルブは予想される荷重に対して安全な構造とするとともに、確実に開閉し、かつ必要な水密性及び耐久性を有する構造とする。また洪水吐のゲートの開閉装置には非常用としての予備電源又は予備動力設備を設けておく。

なお、ゲート又はバルブにはそれらの補修のために、必要に応じ予備のゲート又はこれに変わる設備を設ける。

(8) 設計計算及び模型実験

洪水吐や放流設備の形状の設計、放流能力および放流水が構造物や下流河川に及ぼす影響などの計算は水理公式及び既存の信頼しうる計算方法を用いて行う。又、計算のみでは十分な結果を得られない場合には、適切な模型実験を行うものとする。

ただし、模型実験を行う場合にも、洪水吐の基本的な配置、形状に関して事前の設計検討をできるだけ行い、模型実験による検討事項を明確にすることにより、設計の効率化をはかることが望ましい。

模型実験は模型と原型の相似律を確かめ、実験の目的に応じた適切な方法と測定装置を用いて実

施する。実験結果の判定は相似律上の制約、模型と原型の境界条件の相違及び測定の精度を考慮して行う。

3 コンクリート重力ダム

(河川・砂防技術基準(案)第2章 第4節ダムの基礎地盤の設計 第5節コンクリートダムの設計)

(1) 設計の基礎条件

ア コンクリートの強度

コンクリートの強度は、材令91日の強度を基準とする。

コンクリートの所要強度は、設計応力に対し必要な安全率を有するように定める。

コンクリートの配合強度は、所要圧縮強度に圧縮強度の変動を考慮した割増しを行って定める。

標準養生を行った径15cm、高さ30cm供試体を用いて圧縮強度を試験する場合は、所要圧縮強度は設計圧縮応力度に対し、4以上の安全率を有するように次式によって定める。

$$(\text{所要圧縮強度}) = (\text{設計圧縮応力度}) \times (\text{安全率})$$

配合強度は所要圧縮強度に変動係数に応じて定める割増し係数を乗じて、次式によって定める。

$$(\text{配合強度}) = (\text{設計圧縮応力度}) \times (\text{安全率}) \times (\text{割増し係数})$$

割増し係数は、現場において予想されるコンクリートの圧縮強度の変動係数に応じて定める。

工事の初期においては十分な資料がなく、変動係数を適切に定めるのが困難なことが多い。このような場合は、施工設備、既往の実績等を考慮して変動係数を推定し、これに応じた割増し係数を定めるが、工事の進捗に伴い、施工実績を検討し、必要な修正をする。図5-9は現場において

予想されるコンクリートの圧縮強度の変動係数から割増し係数を求めるために一般に用いられる図表である。これは現場における圧縮強度の試験値が所要強度の80%を下まわる確率が1/20以下であること、及び所要強度を下まわる確率が1/4以下であることの2つの条件から求めたものである。

なお、引張強度は所要圧縮強度から定められた配合のコンクリートの引張強度を基準とする。

(ア) コンクリート水平打継面のせん断摩擦安全率

の検討に必要なせん断強度及び内部摩擦係数の値は、打継面の状態によって異なるが、一般に打継面の強度低下を考慮して、せん断強度はコンクリートの圧縮強度の1/7～1/10、又、内部摩擦係数は0.65～0.80の値が用いられる。

(イ) 地震荷重の場合は、標準試験の場合にくらべて、そのひずみ速度が著しく大きく、したがっ

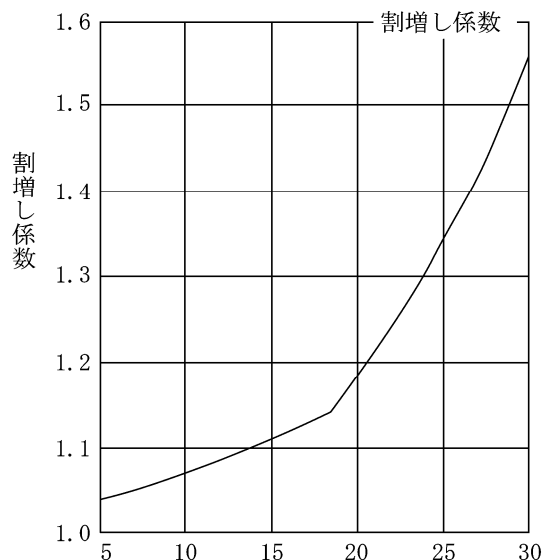


図5-9 一般の場合の割増し係数

て、圧縮強度も大きくなるから、標準試験値にその30%を増加したものを強度の基準として差支えない。

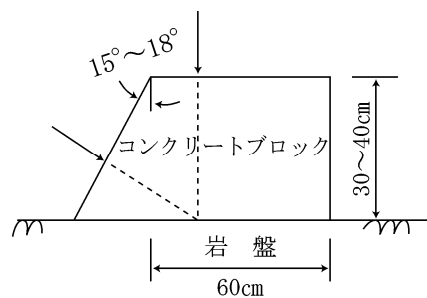
イ 基礎岩盤のせん断摩擦抵抗力及び弾性係数又は変形係数

基礎岩盤のせん断摩擦抵抗力及び弾性係数又は変形係数は、岩の種類、性質のほか、風化、われ目、シーム、乾湿等の程度によって異なるので、岩盤が良好でかつ室内試験その他適切な方法でその値を推定できるような場合を除き、原則として現地試験を行い、その結果と地質状態を総合的に判断して定める。

(ア) せん断摩擦抵抗力

岩盤のせん断摩擦抵抗力を求める現地試験には一般に次のようなブロックせん断試験を用いる。

図5-10に示すように、岩盤上に強度の高い標準60cm×60cmのコンクリートブロックを打込み、その上面及び斜面に同時にそれぞれ垂直力を加え、底面の岩盤にせん断破壊を起させる。岩盤面に作用する垂直応力を種々変化させたときの単位面積当りせん断摩擦抵抗力 τ を求め、次式によって τ_0 及び f を算定する。



$$\tau = \tau_0 + f \sigma \quad (\text{kN/m}^2)$$

τ_0 : 岩盤のせん断強度 (kN/m²)

f : 岩盤の内部摩擦係数

σ : 岩盤面に作用する垂直応力 (kN/m²)

図5-10 ブロックせん断試験

試験せん断面は、掘削等による人工的な緩みを取り除くようにしなければならない。

なお、上記のせん断試験によって得た垂直応力-せん断方向変位曲線、又は、垂直応力-垂直方向変位曲線に、こう配の急変する初期破壊点が現われる場合は、さらにその点から求められるせん断強度及び内部摩擦係数を用いて岩盤の安定を検討することが望ましい。

(イ) 弾性係数

岩盤の弾性係数を求める現位置試験は、ジャッキ試験によるものとする。

なお、基礎岩盤の変形性については、補助的手段として、弾性破試験によっても求めることができる。

ウ 基礎岩盤の安全率

堤体と基礎岩盤との接触面及び基礎岩盤内の弱点と考えられる面のせん断摩擦抵抗力は、せん断力に対して必要な安全率を有しなければならない。

重力ダムの堤体と基礎岩盤との接触面のせん断に対する安全率は次式によって計算し、その値は4以上とする。

$$n = (\tau_0 l + f V) / H$$

n : せん断に対する安全率

τ_0 : 堤体又は基礎地盤のせん断強度 (k N/m²)

l : せん断面の長さ (m)

f : 堤体又は基礎地盤の内部摩擦係数

V : 単位幅当りのせん断面に作用する垂直力 (揚圧力を含む) (k N/m)

H : 単位幅当りのせん断面に作用するせん断力 (k N/m)

中空重力ダムでは、上式の l をせん断抵抗を考える断面積に、V 及び H を、その断面積に対応する垂直力及びせん断力に、それぞれおきかえて準用する。

岩盤内部の断層、節理等の弱点と考えられる面のせん断摩擦安全率については、堤体より伝達される力、岩盤の自重、間げき圧及び地震力を考慮して上記に準じる。

(ア) 堤体と基礎岩盤との接触面または基礎岩盤内に強度又は変形性の大きく異なる部分が存在する場合などのように、応力に比べて岩盤の強度が十分でない領域が生じることがあるので、さらに局所のせん断破壊に対する安全率を次式によって計算し、せん断面の位置、方向、岩盤の性状等を考慮して検討する。

$$n' = \frac{\tau_0' + f'(a - u)}{\tau}$$

n' : 局所せん断摩擦安全率

τ_0' : 局所せん断強度 (k N/m²)

f' : 局所の内部摩擦係数

u : 局所のせん断面に作用する間げき圧 (k N/m²)

σ : 局所のせん断面に作用する垂直応力度 (k N/m²)

τ : 局所のせん断面に作用するせん断応力度 (k N/m²)

エ 考慮する荷重

ダムの設計に考慮する荷重は自重、静水圧、泥圧、揚圧力、地震慣性力及び地震時動水圧とし、特に必要がある場合は、氷圧をも考慮するものとする。

オ 揚圧力

揚圧力は、ダムの堤体と基礎地盤との接触面に垂直に作用するものとし、基礎処理の状況、排水孔の位置等を考慮して適切に定めるものとする。

重力式コンクリートダムの底面に作用する揚圧力は、堤体と基礎地盤との接触面に垂直な荷重として作用するものとする。適切な基礎処理を行った場合の揚圧力の分布は、ダムの上流端、排水孔を設ける場合はその位置及び下流端において表 5-6 に示す値をとり、それぞれの区間は直線変化をするものとする。

なお、コンクリートダムでは、基礎地盤の状況等から判断して基礎排水孔を設けることが適切

でないと考えられる場合を除いて、基礎排水孔を設けることを基本とする。また、基礎が軟弱である場合には、この値では過小になる場合があるので注意を要する。

また、堤体内の断面に作用する揚圧力の分布についても上記に準じて定めるものとする。

揚圧力の値は、波浪及び貯水池水位の短時間の変化の影響を受けないものとする。

表 5-6 揚圧力の値

排水孔の有無	揚 圧 力		
	上流端	排水孔の位置	下流端
排水孔のある場合	上流側水圧	上流側と下流側の水圧の差の1/5以上を下流側水圧に加えた値	下流側水圧
排水孔のない場合	上流側と下流側の水圧の差の1/3以上を下流側水圧に加えた値	—	下流側水圧

(2) 形状及び設計計算

ダム形状の設計及び堤体の安定計算

ダム形状の設計は、谷の形状、岩盤の性状及び洪水処理の方法を考慮し、堤体及び基礎岩盤の安全を保持できるように行う。

堤体の安定計算は、その水平断面及び堤体と基礎岩盤との接触面について、外力及び自重に対し次の条件を満足するように行う。

- ア 上流面には、鉛直方向の引張応力を生じないこと。
- イ せん断に対し安全であること。
- ウ 許容圧縮応力及び許容引張応力を越えないこと。

(3) 基礎処理

ア 基礎岩盤の改良

ダムの基礎は、地形、地質、岩盤の力学的性質及び水密性に関して、その安全を保持するため、必要に応じて適切な基礎岩盤の改良を行う。

基礎岩盤の改良には、置換えコンクリートによる断層処理、コンソリデーション・グラウチング、カーテン・グラウチング、排水孔等の工法がある。

イ 断層処理

ダムの基礎の断層その他の軟弱層は、所要の強度及び水密性を保持するため、必要に応じてコンクリ

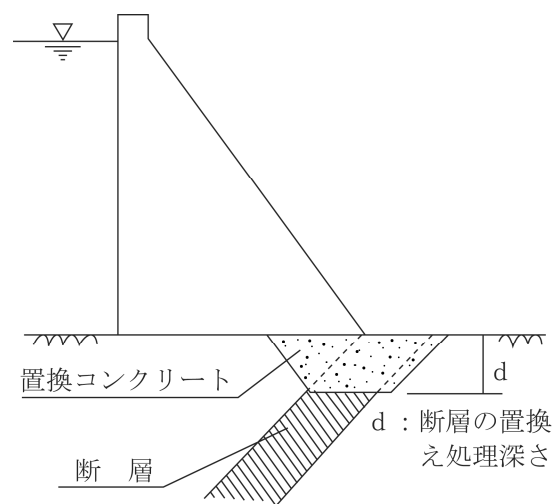


図 5-11 堤体の下流端付近の断層部のコンクリートによる置換え処理

ートによる置換え、その他適切な処理を行う。

(ア) 強度

- a 基礎岩盤内の応力分布は断層によって乱されることが多く、とくに断層が図5-11に示すように堤体の下流端付近にあって、その傾斜が上流下りの場合は、断層の下流側の基礎への力の伝達が阻害され、基礎の安全性が著しく低下することがある。このような断層は、コンクリートで置換えるが、その深さは、ダムの高さ、断層の位置及びその規模、並びにダムコンクリート、基礎岩盤及び断層のそれぞれの変形特性を考慮し、解析して定める。
- b 断層がダム軸と直角に近い角度で交わり、断層上のブロックと基礎岩盤との接触面のせん断摩擦抵抗力が断層のために不足する場合は、一般に図5-12に示すように所要の深さdまでコンクリートで置換え、これと岩盤との接触面におけるせん断摩擦抵抗力でその不足を補なう。深さdは一般に次式によって計算する。

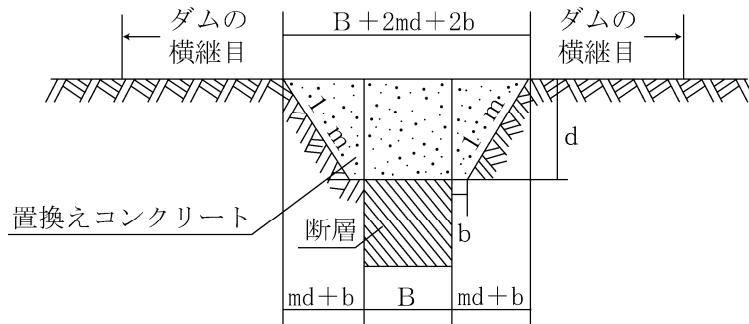


図5-12 ダム軸と直角に近い角度で交わる断層部のコンクリートによる置換え処理

$$d = \frac{nH - fV}{2\sqrt{1 + m^2} \tau_0 - 1}$$

d : 置換えの深さ (m)

n : せん断摩擦安全率

H : (B + 2md + 2b) の区間に作用するせん断力 (kN)

V : " " 垂直力 (kN)

B、b : (B + 2md + 2b) に示すそれぞれの長さ (m) (bは通常0.5~1.0m)

f : 内部摩擦係数 (断層を含む岩盤のfとコンクリートのfのうち小さい値)

τ_0 : せん断強度 (kN/m²) (岩盤の τ_0 とコンクリートの τ_0 のうち小さい値)

l : コンクリート置換え長さ (m) (通常堤敷幅)

(イ) 水密性

断層を通る浸透流が過度となるおそれがある場合は、グラウチングによる処理を行うが、この方法では、適切に処理できない場合は、普通、置換えコンクリートによる処理を行う。

置換えコンクリートの深さは浸透流の動水勾配及び流速が断層材料から定まる限界値を越えないように定める。

ウ グラウチング

必要な遮水性の確保や岩盤弱部補強による基礎の均一性を図ることを目的として、グラウチングを行う。

ダム基礎岩盤には、一般に、コンソリデーショングラウチング及びカーテングラウチングを行う。

グラウチングの実施にあたっては、グラウチング技術指針・同解説（平成15年7月、ダム技術センター編）によるものとする。

エ 排水孔

堤体と基礎岩盤との接触面及び基礎岩盤内に作用する揚圧力を低減するために、カーテングラウチングの下流側には、原則として排水孔を設けるものとする。

(4) 温度規制・収縮継目及び通廊

ア 温度規制

ダムは、コンクリートのひびわれを防止するため、温度規正を行う。

イ 収縮継目

収縮継目は、コンクリートのひびわれを防止するために設け、必要ある場合は、これにグラウチングを行うものとする。

(ア) 継目の位置及び間隔は、ダムの高さ、型式、基礎の状態、気温、コンクリートの打ち込み温度、温度規正の程度等、直接コンクリートのひびわれに関係する要素のほか、洪水吐ゲートの径間、工事用プラントの能力等、構造上及び施工上の要素をも考慮して定める。

(イ) 収縮継目は、通常、横継目及び縦継目であるが、特別な場合には開放継目も設ける。

a 横継目

横継目は、ダム軸に直角な方向のひびわれ防止のため、その方向に設ける。その間隔は、経験的に定められ、おおよそ15m程度である。しかし、コンクリートの品質及び温度規正を周到に管理し、その間隔を広くした例もある。

重力式コンクリートダムでは、安定解析の基本的な考え方から、一般に横継目には継目グラウチングを行わない。しかし、アーチ式コンクリートダムでは、堤体を一体となった構造として機能させる必要があるため、横継目に必ず継目グラウチングが行われる。

b 縦継目

縦継目は、ダム軸方向のひびわれ防止のためその方向に設け、その間隔は、コンクリート打設設備の能力、温度規制等の程度に応じて定める。ダムの規模が小さい場合は、縦継目を設けないこともある。重力ダムでは鉛直継目が一般的であるが、まれに下流下がり傾斜継目を採用することもある。

鉛直縦継目及び中空重力ダムの傾斜継目には継目グラウチングを行うのが原則であるが、重力ダムの傾斜継目では、これを省略することもある。

下流さがりの傾斜継目は、その上端をダム上流面に到達させずに途中で止めるので、その上端からひびわれが生じるのを防止する処置が必要である。

c 開放継目

ダム地点の谷の断面形状又は基礎岩盤の性状に不連続性がある場合は収縮によるひびわれ、ねじれ、あるいはせん断応力の緩和のため、開放継目を設けることがある。

(ウ) 継目歯形

継目に歯形を設ける場合はその形状及び大きさについて次の事項を考慮する。

- a 継目に作用する応力を伝達できること。
- b 継目グラウチングを実施する場合、注入材料の流れを妨げないこと。
- c 応力集中及び表面の温度勾配によるひびわれが生じないこと。
- d 施工中に破損しないこと。

重力ダムでは、横継目に継目のせん断抵抗による堤体の一体性を期待して、一般に縦歯形を設けている。又、鉛直縦継目には、堤体断面の一体性を確保するために横歯形を設けるが、その歯形は、満水時においてダムに生じる主応力線群の方向に一致させるのがよい。

ウ 止水装置

止水装置は、水密性かつ耐久性の材料を使用して継目の伸縮に応じられる形とし、横継目の上流面に近い場所に設ける。

止水板には、塩化ビニール製止水板、銅板及びステンレス鋼板等の成型板があり、充填材にはセメントミルク、アスファルト等がある。その設置箇所は上流面より1m程度以上内部とする。

止水板の埋込みの深さは、継目の両側とも少なくとも15cm以上とし、コンクリートと完全に付着させることが必要である。

エ 通廊

ダムの管理、ドレーン孔の設置及びカーテングラウチングの施工等を目的として、堤体内には通廊を設けるものとする。

通廊は、その目的に適した位置に設けることが必要である。一般には次のような事項を目的として設定される。

1. 漏水量、埋設計器類の観察及び点検
2. 放流管、ゲートの操作及び点検
3. ドレーン孔の設置
4. カーテングラウチング施工

3及び4.を目的とする場合には、通廊はできるだけ上流面に近く、河床に近いのが望ましい。しかし、空洞部による堤体応力の配分の変化や応力集中の影響があるため、ダムの高さによっても異なるが上流面からは堤高の5～10%程度離すのを標準とし、基礎地盤の性状がよくない場合はやや大き目とする。

堤高が低い場合でも上流面から3m以上、河床からは2m以上とするのを原則とする。

一般に空洞部の補強のため補強鉄筋を必要とする。

4 フィルダム

(河川砂防技術基準(案)設計編〔I〕第2章 第4節ダムの基礎地盤に設計 第6節フィルダムの設計)

フィルダムは、堤体材料及び構造上の特質を考慮し、堤体及び基礎のすべり破壊または浸透破壊に対し、十分な安全性が確保されるように設計するものとする。

(1) 型式

ア 型式の分類

フィルダムをしゃ水機能を果たす部分の構造によって次の3の型式に分類する。

(ア) 均一型フィルダム

堤体のほとんど大部分がほぼ均一な材料によって構成され、媒体の全断面によってダムのしゃ水と安定を果たすように築造される型式をいう。30m程度以下の低いダムに用いられる。

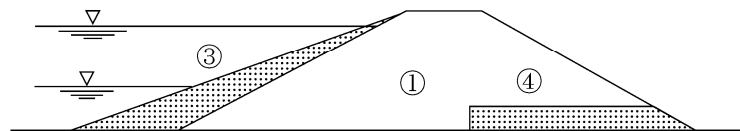
(イ) ゾーン型フィルダム

しゃ水ゾーンおよび透水性の異なるいくつかのゾーンによって構成される型式をいう。ゾーン型ダムのうち、堤体のほぼ中央にしゃ水ゾーンをもつものを中央コア型、傾斜したしゃ水ゾーンをもつものを傾斜コア型と呼ぶこともある。100m以上の高いダムの築造が可能である。

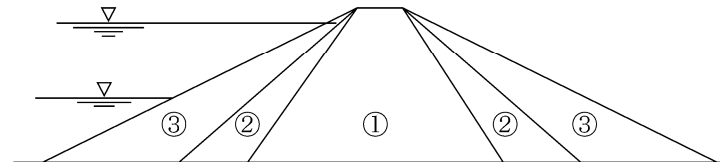
(ウ) 表面しゃ水壁型フィルダム

透水ゾーンの上流面にアスファルトコンクリート、鉄筋コンクリートまたはその他の人工材料でつくられるしゃ水壁をもつ型式をいう。沈下及び耐震性の点から適用は高さ70m程度までである。

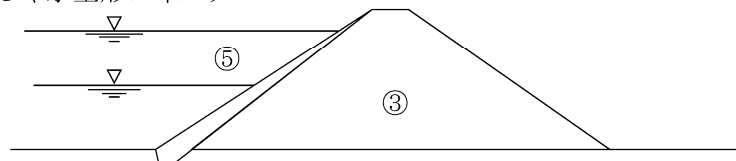
(a) 均一形フィルダム



(b) ゾーン形フィルダム



(c) 表面しゃ水壁形フィルダム



- ① 不透水ゾーン又はコアー ② フィルター層又は半透水ゾーン
③ 透水ゾーン ④ ドレイン ⑤ 表面しゃ水壁

図5-13 フィルダムの形式

イ 型式の選定

ダム型式は、ダムの高さ、使用材料の性質及び採取量、ダム地点の地形及び地質、気象条件ならびに貯水池の用途を考慮して選定する。

要素	均一型	ゾーン型	表面しゃ水壁型
堤高	30m程度以下	特になし	70m程度以下
堤体材料	土質材料	土質材料 透水性材料	透水性材料 その他のランジション材料
ダムサイトの地形	—	アバットメントが急傾斜の場合は、中央コア型が有利	アバットメントが急傾斜の場合は不利
ダムサイトの地質	土質基礎の場合が多い	岩盤基礎の場合が多い	岩盤基礎の場合が多い
気象	寒冷地、多雨地域には不利	寒冷地、多雨地域ではしゃ水ゾーンの薄いものが有利	多雨地域では有利
貯水池の運用計画	水位急低下に不利	水位急低下の場合、傾斜コア型は不利	水位急低下の場合有利

(2) 材料

ア 堤体材料

堤体材料は、その使用目的に応ずる適切な性質を有するものでなければならない。堤体材料を、土質材料、砂れき材料、ロック材料及び土質材料以外のしゃ水壁材料に分類する。

土質材料は不透水性材料として、また砂れき材料及びロック材は透水性あるいは半透水性材料として、一般に使用する。

堤体材料の性質および採取量は、ダムの型式、形状及び規模に大きく影響するので、十分に把握しておく必要がある。なお、堤体材料は、締固めエネルギーの大きさによって材料の材質が変化すること、及び材料中に含まれる粗粒分が締固め中に粉碎し細粒分が増加することにも留意する必要がある。

土質材料及び砂れき材料の統一分類と諸性質の関係を、表5-7に参考として示す。

表5-7 土質材料及び砂れき材料の統一分類と諸性質の関係

分類番号	標準突固め		間げき比 eo	パイピング 抵抗性	透水係数 k (cm/sec) 範囲 (平均)	透水性	
	$\Gamma \alpha \max$ (t/m ³)	Wopt (%)					
GW	>1.91	<13.3	※	高	1 ⁻³ ~1 ⁻¹ (2.7 ⁻² ±1.3 ⁻²)	透	
GP	>1.76	<12.4	※	高~中	5 ⁻³ ~1 ⁺¹ (6.4 ⁻² ±3.4 ⁻²)	透~非常に透	
GM	>1.83	<14.5	※	高~中	1 ⁻⁷ ~1 ⁻⁴ (>3 ⁻⁷)	半	
GC	>1.84	<14.7	※	非常に高	1 ⁻³ ~1 ⁻⁵ (>3 ⁻⁷)	不	
SW	1.91±0.08	13.3±2.5	0.37±※	高~中	5 ⁻⁴ ~5 ⁻² (※)	透	
SP	1.76±0.03	12.4±1.0	0.50±0.03	低~非常に低	5 ⁻³ ~5 ⁻¹ (>1.5 ⁻⁵)	透~半	
SM	1.83±0.02	14.5±0.4	0.48±0.02	中~低	1 ⁻⁷ ~5 ⁻⁴ (7.5 ⁻⁶ ±4.8 ⁻⁶)	半~不	
SM-SC	1.91±0.02	12.8±0.5	0.41±0.02	—	— (8.0 ⁻⁷ ±6.0 ⁻⁷)	—	
SC	1.84±0.02	14.7±0.4	0.48±0.01	高	1 ⁻⁸ ~5 ⁻⁵ (3.0 ⁻⁷ ±2.0 ⁻⁷)	不	
ML	1.65±0.02	19.2±0.7	0.63±0.02	低~非常に低	1 ⁻⁸ ~5 ⁻⁶ (5.9 ⁻⁷ ±3.3 ⁻⁷)	不	
ML-CL	1.75±0.03	16.8±0.7	0.54±0.03	—	— (1.3 ⁻⁷ ±0.7 ⁻⁷)	—	
CL	1.73±0.02	17.3±0.3	0.56±0.01	高	1 ⁻⁸ ~1 ⁻⁶ (8.0 ⁻⁶ ±3.0 ⁻⁶)	不	
OL	※	※	※	中	1 ⁻⁸ ~1 ⁻⁵ (※)	不	
MH	1.31±0.06	36.3±3.2	1.15±0.12	中~高	1 ⁻⁹ ~1 ⁻⁷ (1.6 ⁻⁷ ±1.0 ⁻⁷)	非常に不	
CH	1.50±0.03	25.5±1.2	0.80±0.04	非常に高	1 ⁻¹⁰ ~1 ⁻⁸ (5.0 ⁻⁸ ±5.0 ⁻⁸)	非常に不	
OH	※		※	—	— (※)		
Pt							
分類番号	せん断強さ			せん断強さ	締固めの難易	圧縮率 (%)	
	Co (kg/cm ²)	Csat (km ² /cm ²)	φ (°)			1.4 kg/cm ²	3.5 km ² /cm ²
GW	※	※	>38	非常に高	非常に易	<1.4	※
GP	※	※	>36	高	非常に易	<0.8	※
GM	※	※	>34	高	非常に易	<1.2	<3.0
GC	※	※	>31	高	非常に易	<1.2	<2.4
SW	0.40±0.04	※	38±1	非常に高	非常に易	1.4±※	※
SP	0.23±0.06	※	36±1	高	易~中	0.8±0.3	※
SM	0.52±0.06	0.20±0.07	34±1	高	易~中	1.2±0.1	3.0±0.4
SM-SC	0.51±0.22	0.15±0.06	33±4	—	—	1.4±0.3	2.9±1.0
SC	0.76±0.15	0.11±0.06	31±4	高~中	易~中	1.2±0.3	2.4±0.5
ML	0.68±0.10	0.09±※	32±2	中~低	中~非常に難	1.5±0.3	2.6±0.3
ML-CL	0.64±0.17	0.22±※	32±2	—	—	1.0±0.2	2.2±0.0
CL	0.88±0.10	0.13±※	28±2	中	易~中	1.4±0.2	※
OL	※	※	※	低	中~難	※	2.6±0.4
MH	0.73±0.30	0.20±0.09	25±3	低	難~非常に難	2.0±1.2	3.8±0.6
CH	1.04±0.34	0.11±0.06	19±5	低~中	非常に難	2.6±1.3	※
OH	※	※	※	—	—	※	3.9±1.5
Pt					締固めの不能		

(注) 1 本表は、アメリカ開拓局、アメリカ陸軍土木部、Earth and Earth Rock Damなどの資料から作製したものである。数字は信頼度90%の平均値を示す。

2 日本の土と完全に一致しないかもしれないが、予備設計の精度としてはじゅうぶんであろう。

3 ※は資料不足を示す。

4 Co : 最適含水比時の値

Csat : 飽和時の値

透水係数の (1⁻³~1⁻¹) は (1×10⁻³~1×10⁻¹) の略である。以下同じ。

[土質試験 (第1回改訂版) 土質工学会編 p674~675 より転載、ただし一部修正]

イ 土質材料

土質材料は、締固めた状態で所要の透水係数とせん断強さを有し、かつ有機物等の有害量を含んでいてはならない。なお、土質材料は、締固めが容易で、変形量の少ないものが望ましい。

ウ 砂れき材料

砂れき材料は、堅硬で、締固めた状態で所要のせん断強さと排水性を有するものでなければならない。なお、砂れき材料は、締固めが容易で、変形量の少ないものが望ましい。

エ ロック材料

ロック材料は、所要のせん断強さと排水性を有し、堅硬で耐久性があり、かつ締固めた状態で変形が小さい材料でなければならない。

オ 土質材料以外のしゃ水壁材料

土質材料以外のしゃ水壁材料は、所要のしゃ水性、強度および耐久性を有するものでなければならない。

(3) 基礎の設計

ア 岩盤基礎

岩盤基礎をしゃ水ゾーンまたはしゃ水壁の基礎とする場合には、所要の止水性を有する設計とする。

しゃ水ゾーンまたはしゃ水壁の基礎が岩盤基礎の場合には、所要の止水性が得られる岩盤まで掘削するか、あるいはグラウチングにより処理する。

止水効果があがらない岩盤に対しては、上流側を不透水性材料で被覆するブランケット方式とすることもある。

基礎に断層が存在する場合には、必要に応じて適切な方法により処理する。

(ア) 基礎掘削

基礎掘削部の形状は、掘削または盛立てを容易にし、かつ、変形によって堤体に悪影響を与えないような設計とする。

(イ) グ라우チング

基礎の止水のため、一般にカーテングラウチング及びブランケットグラウチングを行う。

グラウチングの実施にあたっては、グラウチング技術指針・同解説（平成15年7月、ダム技術センター編）によるものとする。

イ 砂れき基礎

砂れき基礎は、浸透流を抑制するとともに、浸透破壊に対し、必要な安全性を確保するため、基礎地盤の処理を行うものとする。

ウ 土質基礎

岩盤や砂礫以外の基礎は、しゃ水性、すべり、変形、地震時の液状化、浸透等に対し安全性を確保するために基礎地盤の処理を行うものとする。

(4) 堤体の設計

ア 堤体

堤体は、堤体及び基礎のすべり破壊、浸透破壊ならびに沈下に対し安全であるように設計する。又、堤頂及びのり面は、地震、雨水、波浪等による損傷を受けないように設計する。

なお、堤体には、放流設備その他の水路構造物を設けてはならない。

(ア) 堤頂

堤頂幅は、堤体の安全性、堤頂の使用目的および施工上の必要幅を考慮して決定する。実例は高いダムで10～15m、低いダムでは6～9mのことが多い。

堤頂面は、雨水、波浪の飛沫等による損傷を避けるため、15～30cmの厚さで細粒ロック材料あるいは砂れき材料をよく締固めた保護層を設ける。又、堤頂には排水をよくするため、横断方向に2～3%のこう配をつけるのが普通である。

堤頂付近は地震の影響を受け易いので、設計および施工上の注意が必要である。

堤頂部のしゃ水ゾーンまたはしゃ水壁の上端は第1－(6)に規定する非越流部の高さとして必要な高さを下廻ってはならない。

(イ) 堤軸

堤軸は、ダム地点の地形および地質に応じて、その地点にもっとも適したものを選定する。

堤軸の形状は直線の場合が多いが、アーチにしている例もある。

(ウ) 余盛

堤頂部には、堤体又は基礎が将来沈下しても所定の高さを保持できるように、余盛を行う。

余盛の高さは予想される沈下量を上廻る値とする。沈下量はダムの高さ、堤体材料の性質、基礎の性状、締固めの程度、盛立て速度等によってかなり異なる。

余盛は、ダムの縦断方向に中央部付近を最大高さとして、曲線または直線を組合わせた形状とする。

(エ) のり面こう配

のり面こう配は、ダムの型式と高さ、材料の性質、基礎の性状、ゾーンの配置と厚さ、ドレーンの配置、貯水位の変動、並びに施工条件を考慮し、5－ウに規定する安全性の検討結果によって決定する。

均一型ダムの上下流のり面こう配は、他の型式に比べて一般に緩い。又、上流のり面こう配は下流のり面こう配より緩いのが普通である。

ゾーン型ダムの上下流のり面こう配は、材料の性質その他の諸条件によりかなり広い範囲の値をとる。上流のり面は下流のり面よりこう配が緩いことが多い。

表面しゃ水壁型ダムの上下流のり面こう配は、材料の性質その他の諸条件により異なるが、他の形式にくらべて一般に急な例が多い。

(オ) のり面保護

表面しゃ水壁型以外のダムでは、上流のり面の堤体材料が波浪、水位変動又は地震によって洗い流されたり移動したりするのを防ぐため、堤頂から最低水位以下2.0～3.0mの範囲にわたり捨石、張石、又はコンクリートブロック張り等を行う。

捨石及び張石に使用する材料は、風化作用に強い材料とする。捨石及び張石の厚さは、予想される波浪の強さのほかに、材料の形状、性質及び粒度、ならびに施工条件等を考慮して決める。捨石及び張石と、それより内側の材料の粒度に大きな差がある場合は、内側の材料の流出を防ぐ層を設ける必要がある。

下流のり面が粗粒の透水性材料によって構成される場合はのり面保護の必要はないが、細粒の透水性材料の場合は捨石または張石により保護するのが普通である。下流のり面が不透水性材料によって構成される場合は、雨水等によるのり面の浸食を防ぐため、張芝、筋芝等で保護する。この場合、適当な高さごとに小段を設け、これに排水溝を設けることがある。又、兩岸地山との接触部が弱点となり易いため排水溝を設けることが望ましい。

(カ) 通廊

しゃ水ゾーンの下部には、原則として通廊を設けるものとする。なお、通廊は、基礎地盤内に設けるものとする。

しゃ水ゾーン下部に通廊（監査廊）を設けることにより、フィルダムの安全管理及び補修を容易にし、盛立てとカーテングラウチングとを並行して行うことを可能にする。また、しゃ水ゾーンの盛立て後グラウチングを行うことにより、着岩部の施工に万全を期することができるなどの利点がある。

(キ) 堤体と他の構造物との接触

ダムに対する安全性の考慮から、堤体内には放流設備その他の水路構造物を設けてはならない。

コンクリートダム、洪水吐、あるいは通廊等をフィルダムの堤体に接して設ける場合、それらの構造物が堤体から受ける荷重、基礎の沈下及び地震によって破損し、堤体に影響を与えることのないよう注意する。構造物の接触面の形状及び接触面に盛立てる材料は、堤体のすべり破壊、沈下及び浸透破壊に対し安全であるように選定する。

イ 均一型フィルダム

均一型フィルダムは、浸潤線がダム下流のり面に出ないように設計する。又、必要に応じて堤体内に発生した間げき圧の消散を図るために、適当なドレーンを設ける。

ウ ゾーン型フィルダム

ゾーン型フィルダムは、しゃ水ゾーン及び透水性の異なるいくつかのゾーンを適切に配置し、各ゾーンの粒子の移動が生じないように適切に設計する。

エ 表面しゃ水壁型フィルダム

表面しゃ水壁型フィルダムは、しゃ水壁にしゃ水機能を損なうひび割れが発生しないよう設計

する。

(5) ダムの安全性

ア すべり破壊に対する安全性

堤体及び基礎のすべり破壊に対する安全性の検討に考慮する荷重は自重、静水圧、間げき水圧及び地震慣性力とする。

イ 設計値

設計値は設計及び施工条件を考慮し、原則として堤体材料及び基礎についての試験結果に基づいて決定する。

ウ すべり破壊に対する安全性

堤体及び基礎は、すべり破壊に対し安全な設計とする。

堤体及び基礎は、すべり破壊に対し次に掲げる(1)より(6)に至る条件について所要の安全性を有するものとする。

表 5-8 安定計算の条件

条 件	計算対象のり面	堤体震度	水 位	間 隙 圧
(1) 常時満水位時	上・下流	100%	常時満水位	定常浸透圧
(2) 完成直後	上・下流	50%		工事中の間隙水圧残存
(3) 中間水位時 ^{注)}	上流	100%	常時満水位と最低水位との間の水位	定常浸透圧
(4) サーチャージ水位時	上・下流	50%	サーチャージ水位	定常浸透圧
(5) 設計洪水位時	上・下流	0%	設計洪水位	定常浸透圧
(6) 水位急低下時				
a) 日常水位急低下が行われるダム	上流	100%	常時満水位→最低水位	残留間隙水圧
b) その他のダム	上流	50%	{ サーチージ水位→ 洪水期制限水位 常時満水位→最低水位 }	残留間隙水圧

注) 常時満水位と最低水位の間の水位で最も危険となる時の水位

上記それぞれの場合のすべり破壊に対する安全性は原則として円形すべり面についてスライス方法により検討するものとする。この場合の安全率は次式によって求める。

$$n = \frac{\sum \{ c l + (N - U - N e) \tan \phi \}}{\sum (T + T e)}$$

ここに、n : 安全率

N : 各スライスのすべり面上に働く荷重の垂直分力

T : 各スライスのすべり面上に働く荷重の接線分力

U : 各スライスのすべり面上に働く間げき水圧

N e : 各スライスのすべり面上に働く地震慣性力の垂直分力

T_e : 各スライスのすべり面上に働く地震慣性力の接線分力

ϕ : 各スライスのすべり面の材料の内部摩擦角

c : 各スライスのすべり面の材料の粘着力

l : 各スライスのすべり面の長さ

安全率は1.2以上とする。

基礎のせん断強さが低い場合などですべり面が円形でなく、直線、曲線あるいはその組合せからなる場合の安全性の検討は、複合円によるスライス法、ウェッジ法、修正Fellenius法などを用いて行うものとする。この場合も、安全率は原則として1.2以上とする。

なお、高いダム及び特殊な設計を行うダムでは動的解析あるいは振動模型実験を行って安全性を検討することもある。

エ 浸透破壊に対する安全性

堤体および基礎は、浸透破壊に対して安全な設計とする。

堤体及び基礎は破壊が生じないように浸透流速または浸透流による動水こう配を制限するものとする。浸透破壊に対する安全性の検討のためには、浸透流解析を行うものとする。一般的には、図式解法、模型実験、数値解析法等が用いられる。

① 図式解法

他の方法は解析が比較的面倒であるのに比べて、この方法は熟練すれば簡単な試行によりある程度の精度を得ることができるためにしばしば用いられる。

② 模型実験による方法

図式解法によることが困難な場合や、特殊な目的の場合には模型実験によることもある。模型実験には、砂モデルによる方法、Hele-Showモデルによる方法、電気相似モデルによる方法、網目モデルによる方法等があり、それぞれ特徴があるので、その特徴に配慮して適切な方法を選定する必要がある。

③ 数値解析による方法

数値解析法としては、主として差分法、有限要素法が用いられている。差分法は浸透流の方程式(La-placeの方程式)を差分方程式に変換し、数値計算を行う方法であり、非定常浸透流にも適用することができる。

最近では有限要素法により解析される例が多く、この方法は非定常問題にも適用でき、かつ異方性、複雑な境界条件も考慮できるうえ、三次元の解析も可能であるが、一般には二次元問題として取り扱われることが多い。

土粒子が浸透流により移動する限界流速については、Justinの提唱した次の理論式がある。

$$V = \sqrt{(Wg / A \cdot \gamma \omega)}$$

ここに、 V : 限界流速

W : 土粒子の水中重量

g : 重力の加速度

A : 土粒子の浸透流を受ける断面積

γ_w : 水の単位体積重量

浸透流の許容流速は、この限界流速を参考に決定する。

限界動水こう配を求めるには次式がある。

$$i_c = h / L = (G - 1) / (1 + e)$$

ここに、 i_c : 限界動水こう配

L : 浸透路長

h : L 区間の水頭差

G : 浸透流の通る土粒子の比重

e : 浸透流の通る材料の間げき比

又、堤体と基礎の接する部分の浸透破壊に対する安全なクリープ比としてBligh他が示した値がある。

流線網を利用して次式から堤体または基礎における浸透流量を求めることができる。

$$q = N_f / N_p \times k h$$

ここに、q : ダム軸方向単位幅当りの浸透流量

N_f : 流線の分割数

N_p : ポテンシャル線の分割数

k : 透水係数

h : 浸透により失われる全水頭差

流線網を求めることが困難な場合は、計算によって浸透流量を求めることがある。

オ 地震に対する安全性

堤体及び基礎地盤は、地震時において所要の安全性を有するよう設計するものとする。フィルダムが地震時に受ける被害には、堤体のすべり、沈下、亀裂、のり面のはらみ出し及び基礎地盤、または堤体の液状化による被害等がある。また、水理施設の受けた被害が原因でフィルダムの堤体にパイピングを生じさせることもある。したがって、フィルダムの設計においては、これらの被害が発生しないよう耐震上の配慮を払う必要がある。

地震時における堤体の安定性検討の方法には、大別すると①震度法、②修正震度法、③動的解析(時刻歴応答解析法)の3方法がある。

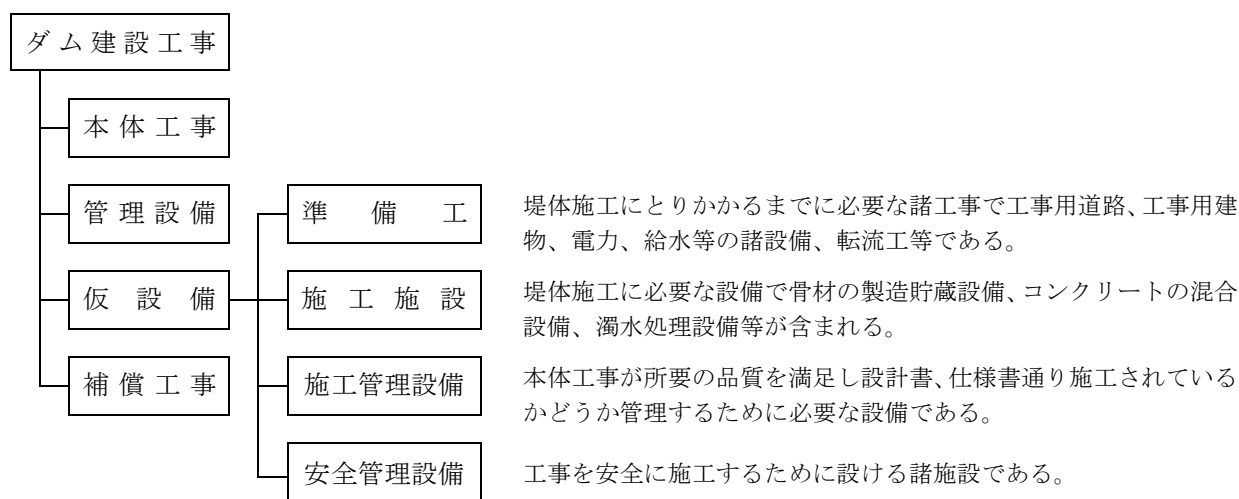
第2節 ダム施工設備計画

(多目的ダムの建設(施工編)、河川砂防技術基準 計画編)

1 はじめに

ダム建設工事は、全体工事を構成する各工事要素が互いに複雑に関係している。そのため施工設備計画を立案するには、工事現場をとりまく諸条件を正しく把握し、工事要素について詳細な知識を必要とするとともに、それらの組み合わせ方法についてシステムチックに検討を進めることが工事を能率よく実施するために大切である。

ダム建設工事は大別すると次のようになる。



2 施工設備計画

施工設備の計画は、ダムの設計についての基本方針、現場条件、社会的環境および工事の規模、工法、工期等を考慮して決定する。

ダム建設工事における施工設備費の占める割合は大きく、設備の中には一現場では償却のできないものがあるので、施工設備はダムの規模、工程等を考えて設備容量を決定し、それに見合った無駄のない設備計画を立てる必要がある。

(1) コンクリートの打設・運搬・製造設備計画

ア 打設工程等

(ア) 打設工期の決定

ダム建設工事は特に河川流量、降雪降雨量、気温などの影響を受け易く、また、工法、工期の決定には施工時期と密接な関係を有している。従って、工事開始時期、工事制限期間等について十分に検討しておく必要がある。

(注) コンクリート量と打設工期の関係は、おおむね次式のとおりである。

$$M = -0.0009V^2 + 0.267V + 14.25$$

M：打設月数

V：コンクリート量（万m³）

(イ) 不稼働日数

ダム工事積算資料「コンクリートダム堤体工」に準ずる。

(ウ) リフトスケジュールの作成

リフトスケジュールは、ダム規模と最大ブロックの打設コンクリート量に見合った運搬打設設備能力を想定し、コンクリートの打設規制条件（打継ぎ間隔日数、隣接ブロックとの許容リフト差、岩着部および長期放置ブロックのハー

フリフト打設回数、コンソリデーショングラウチング施工日数、放流設備等の堤内構造物の据付け日数等）を満足させながら、全体の打設工期が最適となるように作成する。

詳細については省くが柱状ブロック工法で実施するブロック割、リフト高等の標準は次のとおりである。

- a ブロックは15mを標準とする。（ブロック間に横継目を設ける）
- b リフト高は1.5m～2.0mを標準とする。（岩着部等については標準の1/2）
- c リフトの打継ぎについては普通のリフトで通常5日、ハーフリフトで3日程度以上経過後とする。
- d 隣接ブロックとの打上り高さの差は上下流方向で4リフト、ダム軸方向で8リフト以内を標準とする。

イ コンクリート打設設備の選定

(ア) 主打設設備の選定

主打設設備は、コンクリート打設計画を基本として、コンクリートの品質を低下させることなく、迅速かつ安全に打設が可能な設備を決定する。

打設能力は、コンクリート打設計画により月最大打設量を対象として決定する。

(イ) 補助打設設備の選定

主打設設備との関連を地形、作業性等を考慮して、それぞれの効果を発揮するよう機種、能力、配置などを決定する。

(ウ) 平均サイクルタイム

クレーンの機種、ダムの形状、その他の現場条件を考慮して算定する。なお、算定にあたっては、コンクリート運搬線からクレーンの打設範囲の堤体重心点までの巻上げ、巻下げ、横行旋回、起伏等の作業を考慮して理論式により求める。

ウ コンクリート運搬設備

コンクリート運搬設備は、コンクリートの受渡しを安全迅速に行い、かつ、材料の分離が起き

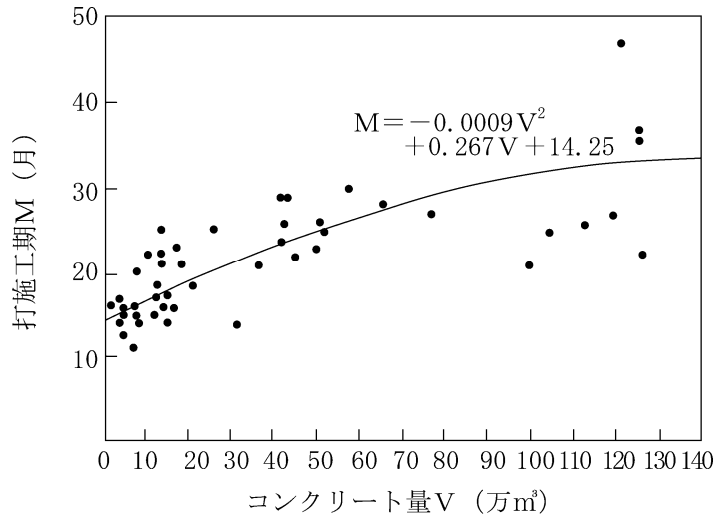


図5-14

ない構造のものとし、打設設備の機種、吊込み位置とコンクリート製造設備との距離、ダムサイト付近の地形、地質、バンカー線の線形勾配およびトレッスルの有無、必要供給量等の所要能力を考慮して決定する。

エ コンクリート製造設備

コンクリート製造設備は、ダムサイトの地形、地質等を勘察してコンクリート打設設備の近くに配置して、諸材料の計量および練り混ぜを円滑に行い、所定の配合の均質なコンクリートを安定して製造できる設備とする。

(ア) コンクリート混合設備

a 設備の選定

コンクリート製造設備は、コンクリート打設計画に基づき時間最大打設量を考慮して決定する。

b 主打設設備とコンクリート製造設備の組合わせ

設備等の組合わせは、次表を標準とする。ただし、現場条件等によりこれによりがたい場合は別途考慮する。

表 5-9

主打設設備	標準バケツト	コンクリート製造設備
4.5t	1.5m ³	28 S × 2 (1.5m ³)
6.0t	2.0m ³	36 S × 2 (2.0m ³)
9.0t	3.0m ³	56 S × 2 (3.0m ³)
13.5t	4.5m ³	56 S × 3 (4.5m ³)
20.0t	6.0m ³	112 S × 2 (6.0m ³)

(注) 主打設設備とは、ケーブルクレーン、ジブクレーン、タワークレーンを対象とする。

(イ) セメント貯蔵供給設備

a 貯蔵設備の選定

セメント貯蔵設備は、鋼製セメントサイロを標準とする。

貯蔵設備はコンクリート製造設備までの輸送条件等を考慮して決定するが、標準的にはコンクリートの最大打設月の平均使用量の3日～5日分とする。(ダム工事積算の解説 平成17年度版ダム技術センター編)

b 輸送設備の選定

セメント輸送機械は、セメント貯蔵設備設置箇所地形、輸送条件等に適合した機種を決定し、輸送設備能力はコンクリート製造設備の能力および貯蔵設備容量を考慮して決定する。

(2) 骨材の製造貯蔵計画

ア 骨材採取

(ア) 採取場の選定等

骨材量調査、骨材の品質試験等を行うと共に、経済性等を考慮して決定する。

骨材は河川堆積物を利用する場合と、原石山から採取して破砕する場合が考えられる。

(注) 1 原石山からの骨材を製造するのは、相当の費用を要するので十分検討して決定する。

2 小規模なダムの場合は、製造業者から購入するほうが有利な場合があるので、比較検討し決定する。

イ 骨材製造設備の選定

(ア) 製造設備の選定

骨材製造設備は、原石の調査試験結果等を踏まえ、所要の質および量の骨材を能率的に製造できるよう、機器の構成、配置を計画する。また、製造能力は、月最大打設量に見合う骨材の必要供給量と、骨材生産過程における損失分を考慮して決定する。

a 一次破碎設備

一次破碎設備は、岩質、岩の特性（硬さ等）、原石供給方法、供給最大粒径、製品骨材最大寸法および必要供給量等より適切な規格を決定する。

なお、原石山からの原石をもとに骨材を製造する場合で一次破碎のみでは必要な粒度分布の骨材が得られない場合、二次破碎、三次破碎設備を考慮する。

b 原骨材貯蔵設備の選定

貯蔵設備は、骨材製造の流れを安定させる容量を基本として、地形などの条件を考慮して設備の機種、形式、設置方法を決定する。貯蔵容量は、コンクリートの最大打設月における日平均打設量の3日～5日分の貯蔵設備を標準とする。

c ふるい分設備

バイブレーティングスクリーンを標準とする。

なお、規格は処理量、製品骨材寸法の分類に応じて決定する。

d 製砂設備

ロッドミルおよびクラッシュファイヤを標準とする。

なお、規格は岩質、処理量等に応じて決定する。

e 二次・三次破碎設備

二次・三次破碎設備は、コーンクラッシャを標準とする。

なお、規格は処理量及び製品骨材寸法に応じて選定する。

(イ) 骨材算出過程における損失率等

骨材採取、運搬における損失（原石山の場合は発破飛散等における損失、廃棄損失、運搬における損失）・一次、二次破碎設備および製砂における損失（主として分級機より排水される水に浮遊して放出される泥分）等を考慮して決定する。

(ウ) 製品骨材貯蔵設備の選定

貯蔵設備は、コンクリート製造設備までの運搬方式、距離、骨材製造能力および必要供給量等を総合的に考慮して決定する。設備としては、最大打設月における日平均打設量の3日～5日分の貯蔵設備を標準とする。

(3) 工事用道路計画

ア ルートの選定

- (ア) ダムサイト周辺の地形、周辺道路、付替道路、原石山、土捨場などの位置、現場条件、ダンプトラックの規格などを総合的に考慮して適切な運搬作業が実施できるよう計画する。
- (イ) 周辺にバイパス等の道路計画がある場合は、道路管理者との合併施工等も検討する。

イ 道路の区分

道路の区分は次のとおりとする。

- (ア) 工事用道路（二車線）……一般道路と併用の場合で工事用車両が一般交通に著しい影響をおよぼす場合と工期的に必要な場合
- (イ) 工事用道路（一車線）……原則として専用道路の場合、適宜待避所を設ける。
- (ウ) 場内道路

ウ 幅員構成

- (ア) 構造規格は「道路構造令」に準ずる。
- (イ) 二車線か一車線かの選択については一車線とした場合、待避所の設置が必要となるため、ダンプトラックの運搬サイクルが著しく低下し工事工程に支障を来す場合は、二車線の工事用道路設置を行うこととする。

この判断基準の目安としては日交通量が500台以上(道路構造令に示されている三種四級二車線道路の最低規格)を一つの目安とすることもよい。(工事用道路が一般交通と共用する場合は工事用車両と一般車両を合わせた値を日交通量とする)

(4) その他仮設備計画

ア 濁水処理設備

(ア) 排水基準

排水基準は、「水質汚濁防止法および関係法規、県条例、排水基準を定める総理府令」により排水基準を決定する。

なお、排水基準には、国が総理府令で定める一律排水基準と県が適用する水域を指定して条例を定める上乘せ排水基準とがあるので、計画にあたっては該当流域の県の条例を十分に調査し対応することが必要である。

(イ) 濁水処理設備

濁水処理設備は、濁水の発生量、濁度、水質、地形条件、排水基準および各処理方式の特性を考慮して決定する。

濁水処理方式には次の方式がある。

- a 自然沈殿方式
- b 凝集沈殿方式
- c 機械処理沈殿方式
- d 機械処理脱水方式

イ 電力設備

ダム建設工事に必要なエネルギーの大半は電力より得ている。したがって仮設備工事を開始するに当たってはできるだけすみやかに受電設備を設置することが望ましい。受変電所の位置は負荷が集中する付近に設置するのが有利であるが、用地取得の難易、敷地造成工事の困難性、管理のしやすさ等を考慮して決定する。またその容量は、最盛期における各負荷設備の容量を算定し、これらの総和、すなわち工事期間中における全負荷設備容量から需要率を考慮の上決定する。

ウ 給水設備

ダム工事には工事用水と生活用水の2種類の用水を必要とする。工事用水としては、基礎岩盤の清掃、コンクリート打継目の清掃、養生および冷却、ボーリング・グラウチング、骨材の洗浄、製砂、コンクリートの練り混ぜ、コンプレッサーの冷却等直接工事に使用されるものが考えられ、生活用水としては、作業員や職員のための飲料水、雑用水等が考えられるが、給水設備としてはこれらに必要な水量を所要な水頭で供給するものでなければならない。

エ 冷却及び加熱設備

コンクリートまたは材料の冷却および加熱設備は、ダムの設計施工計画に応じてコンクリート温度を適宜制御できるよう計画する。冷却および加熱設備の容量は、所定のコンクリート温度に対する冷却と加熱に分けて、気象条件、使用材料の熱特性、材料使用量を基に、適切な容量とする。

オ 給気設備

給気設備は、レッグハンマ、クローラードリル等の削岩機、空気輸送設備、エアウォータージェット、バイブレーター、コンクリート製造設備、バッチャープラント、ボーリングのスライム除去、その他のエアモーター等に所要の空気量を所定の圧力で供給できるものでなければならない。

3 転流工

転流工については、工事期間中における最も適切かつ合理的な計画を策定することが必要である。

(1) 仮排水路工

ア 転流方式

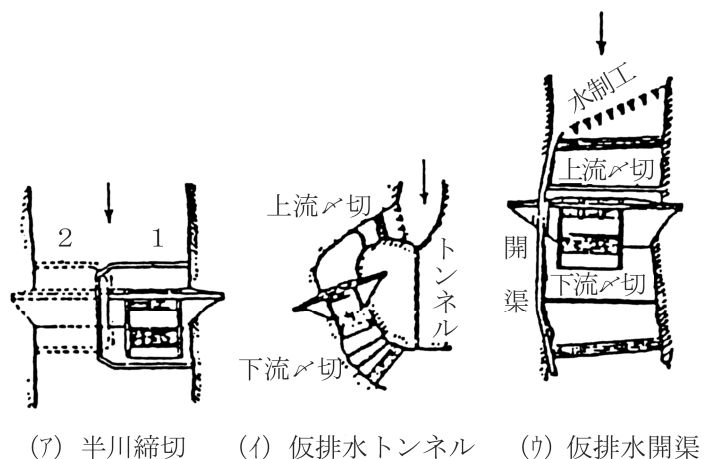
転流方式の決定にあたっては、流量、川幅、堆積砂礫層、ダム規模、経済性等により適切な方式を決定する。

(注) 転流方式は、次の方式が考えられる。

(ア) 半川締切

(イ) 仮排水トンネル

(ウ) 仮排水開渠



(ア) 半川締切

(イ) 仮排水トンネル

(ウ) 仮排水開渠

図 5-15

イ 設計対象流量

既往流量、ダム規模、工期、経済性等を考慮して決定する。

(注) コンクリートダムで年1～2回、フィルダムで15～20年に1回発生する洪水を対象としている例が多い。

ウ 仮排水トンネルと本体掘削線の関連

堤体の最終掘削線からトンネル径の3倍、又は20m離すことを原則とする。

エ 仮排水トンネルの覆工

(ア) 覆工

粗度係数の違いからコンクリートで覆工した方が有利である。

(イ) 覆工厚

トンネル径、地質、施工性等を考慮して決定する。

(注) 1 道路トンネルと異なり、出水時に閉塞された場合にはダム本体工事に致命的な影響を与えることから、土石の流下、また圧力トンネルとなること等十分考慮し決定する。

2 従来の例をみると径6.0m程度では覆工厚は30cm～45cmで施工している例が多い。

(2) 仮締切工

締切工法は、流量、川幅、河床堆積物の深さ、締切時期等を考慮して適切な工法を決定する。

(3) 堤内仮排水路及び閉塞工等

ア 堤内仮排水路容量

締切り換えの時期、工程及び締切りの高さ、堤体又は、締切りを溢流する場合に予想される被害等を考慮して決定する。

イ 堤内仮排水路の断面形状

上部半円下部矩形断面及び隅角を切った矩形断面とし、内径はブロック幅の1/3以下を標準とする。

ウ 閉塞方法

遮水ゲートはスルースゲート（ローラーゲート含む）による方法を標準とする。

ただし、流量が特に少ない場合等には角落としによる方法とする。

エ 仮排水トンネルのプラグ位置

グラウチング計画等を考慮して決定する。

(注) 一般には堤体のカーテングラウチングの位置付近を原則とする。

オ 仮排水トンネルのプラグ延長（グラウチング含む）

プラグを岩盤内部に食い込ませ岩盤やコンクリートのせん断力及び漏水による遮水長等を考慮して決定する。

カ クーリング

原則として実施する。

キ 閉塞コンクリートのブロック割

打込み機械等の施工能力を考慮して決定する。

ク コンクリート打設機械の選定

機械の機種、規格は現場条件等を考慮して決定する。

第3節 管理設備計画

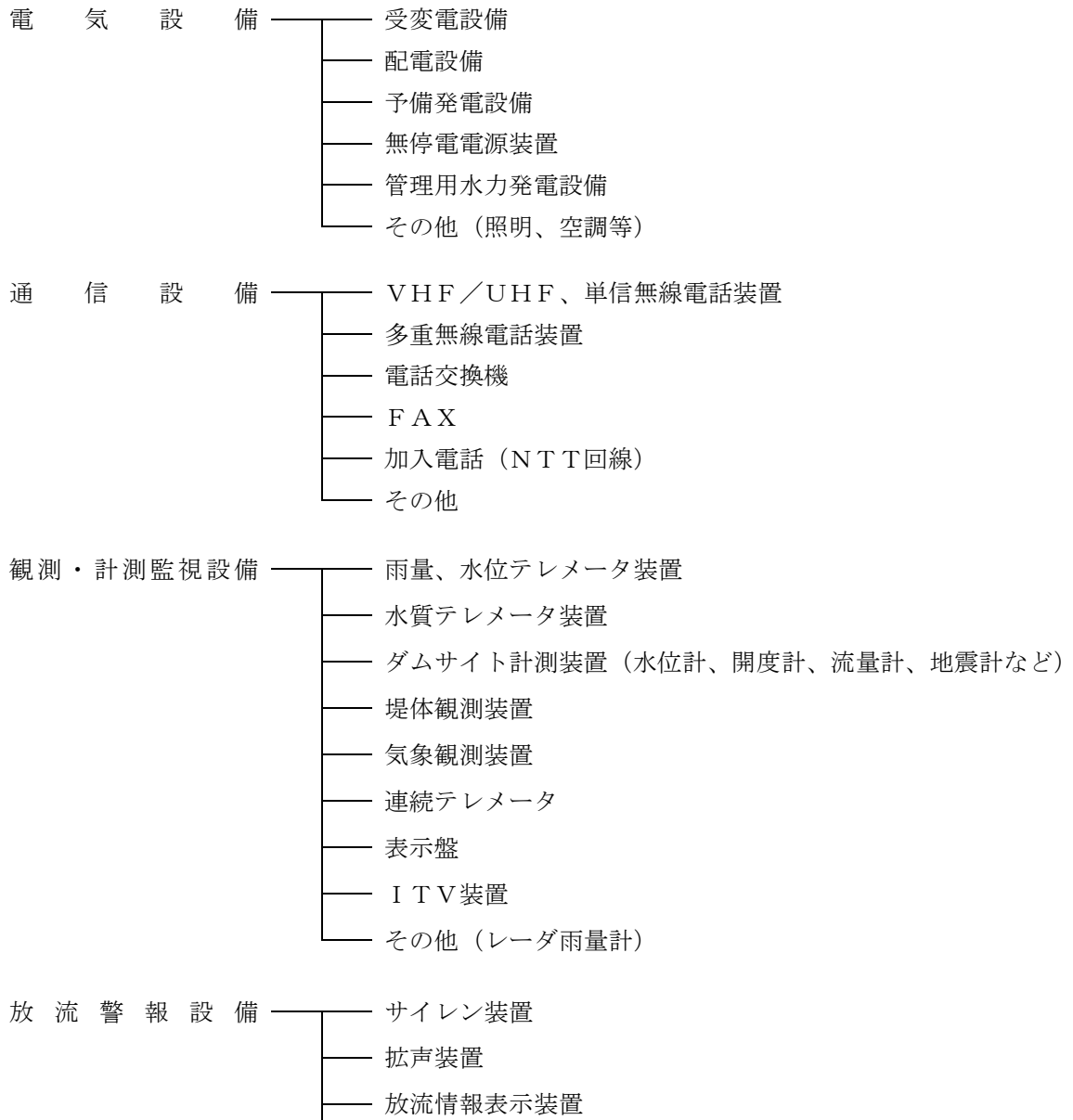
ダムには、ダムを安全かつ円滑に管理し、ダムの設置の目的が達成され機能が十分に発揮されるよう種々の管理設備が設けられる。

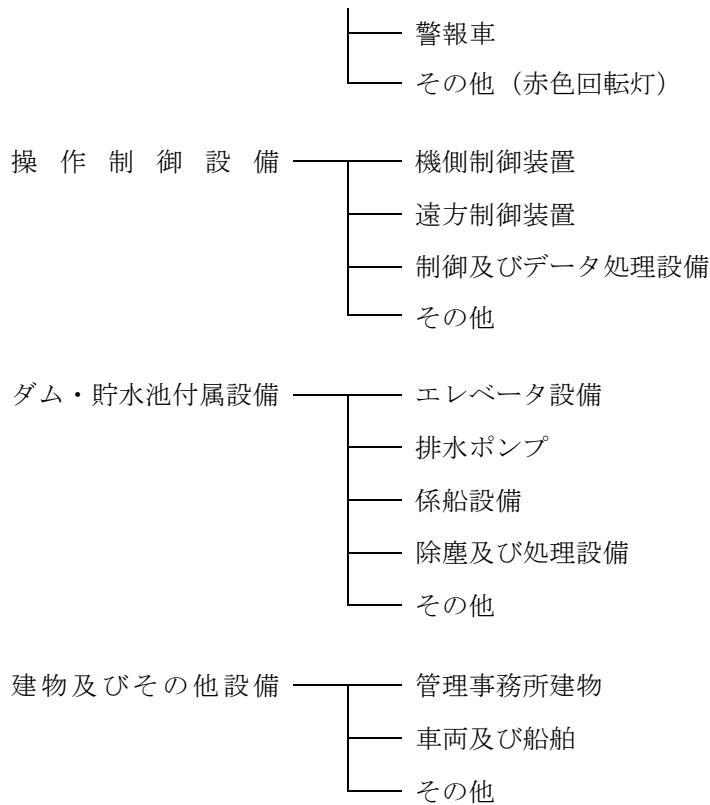
管理設備には、関係法令の定めによって設置を義務付けられた警報・通報等の諸設備のほか、管理に必要な諸情報を得るための観測、計測及び監視設備、ゲート等の操作のための操作、制御設備等がある。

特に操作関連設備は、洪水時においてその機能を確実に発揮できるものであり、かつ、ゲートの誤動作防止について二重、三重の安全が図られたものでなければならない。

1 管理設備の種類

ダムの管理設備には以下のものがある。





2 電気設備

ダムの電気設備は、信頼度、操作性、安全性、保全、技術動向等に配慮した適切なものでなければならない。

(1) 受変電設備

受電方式は、できるだけ簡素化した結線とし、障害による停電時間を極力避けられる方式とする。高圧受変電設備の結線は、C B形を標準とする。ただし、受変電設備容量の小さなもので開閉頻度の少ないものはこの限りでない。また、設置の方式は保守性等を考慮し屋内キュービクル式とするのが望ましい。

配電電圧は、負荷設備の種類、台数、配線、距離、経済性などの種々の要素を考慮して決める。

また、配電系統の構成は、予備発電設備における巻上げ機等の急激な負荷の始動時に、電圧低下率を末端の負荷に対して影響を与えない範囲に抑えるよう十分配慮する必要がある。

(2) 配電設備

幹線の大きさは、負荷設備の許容電圧変動値の範囲内に納めるよう設計する必要がある。

弱電ケーブルには電力ケーブルによる誘導障害の影響を低減するため隔離の対象を講じるのが望ましい。

(3) 予備発電設備

予備発電設備の発電機は、ゲートを有するダムでは2台方式、ゲートを有しないダムでは1台方式を原則とする。

予備発電設備の発電機容量は、洪水時の放流設備をはじめ、他の機器の運転の組み合わせ状態を考慮し、それらの運転に必要な容量を有するとともに、誘導電動機始動時の過渡現象としての電圧降下を許容値以内に抑え得る容量となるよう決める。

3 通信設備

通信設備は、通信する必要がある情報の種類、量などにより、単信無線装置、多重無線装置、加入電話及び電話交換機、模写伝送装置、電話応答通報装置、所内電話より構成するものとする。

ダム管理事務所の通信としては、①気象・水文情報収集のための気象台、上流建設事務所及び各観測所、②地方整備局、県庁及び下流の建設事務所、③ダムからの放流状況の通知・警報のための市町村役場、警察署及び警報局、④発電所、水道事業者など利水関係者等がある。

ダムの操作状況の通報及び下流河川の危害防止のための通知・警報は法令等で義務づけられているほか、気象・水文情報の収集はダムの適正な操作のために欠くことができない。

4 観測・計測設備

(1) 雨量観測設備

ダムの集水地域内における雨量観測施設は、当該集水地域内の降雨を早期に把握できるように地形、降雨特性を考慮して概ね50km²に1カ所の割合で設置し、現場自記雨量計にロボットテレメータ装置等を設置することを原則とし、降雨の地域分布及び流入河川の流出特性を考慮した最適な密度で配置を行うものとする。

当該ダムに係る集水地域の全部又は一部が積雪地域に属する場合は、1以上の雪量計を流域の地形及び降水の特性を検討し適正に配置するものとする。

(2) 水位観測設備

ダム管理用の水位観測設備は、ダム操作が適正に行われることを確保する観点より、①ダム貯水池、②ダム流入主要河川、③ダム下流河川に配置する。

各地点に設置する水位計の留意点は以下のとおりである。

① ダム貯水池水位計

ダム貯水池水位計として、水位計と量水標を設ける。

水位計は最小限2台を設置することを原則とする。水位計の計測範囲は、少なくとも最低水位の放流施設敷高からダム天端まで完全に計測できるものでなくてはならない。量水標には、観測に支障を生じないよう量水標の清掃及び保守・点検のためのタラップを設けるとともに、夜間観測のための夜光塗料や照明設備を設けるなどの配慮が必要である。

② ダム流入河川及び下流河川の水位流量観測施設

ダム上流の河川水位計はダムへの流入量を予め知る必要がある場合に設けるものとし、ダム流入主要河川に設置するものとする。

ダム下流の河川水位計は、ダム下流部の水位の変動及び流量を把握するため、治水基準点、利水基準点及び操作のための基準点に設置するものとする。また、必要に応じて、狭窄部等に設置する。

データの伝送は専用のテレメータ装置により行うものとする。データをダム操作の参考とする場合には標準テレメータ方式とし、ダム操作の基本資料とする場合には貯水位と同様な連続テレメータ方式とする。また、ダム操作の基本資料とする場合の水位データの処理はダムのコンピュータで行うものとする。

(3) 堤体計測装置

ダム堤体の安全管理の観点より、河川管理施設等構造令において必須的な計測事項が表5-10のように定められており、ダムの新築及び改築に際して必要な装置を設置することが義務づけられている。

表5-10 ダムの計測事項（河川管理施設等構造令）

項	区分		計測事項
	ダムの種類	基礎地盤から堤頂までの高さ	
1	重力式コンクリートダム	50m未満	漏水量 揚圧力 地震時加速度
		50m以上	漏水量 変形 揚圧力 地震時加速度
2	アーチ式コンクリートダム	30m未満	漏水量 変形 地震時加速度
		30m以上	漏水量 変形 揚圧力 地震時加速度
3	フィルダム	ダムの堤体が概ね均一の材料によるもの	漏水量 変形 浸潤線 地震時加速度
		その他のもの	漏水量 変形 地震時加速度
基礎地盤から堤頂までの高さが100m以上のダム又は特殊な設計によるダムには、前項に規定するもののほか、当該ダムの管理上特に必要と認められる事項を計測するための装置を設けるものとする。			

(4) 監視用 I T V 設備

ダム監視用としての I T V 設備の用途には次のものがある。

- ① 貯水池及びダム天端の監視用
- ② ダム下流の放流状況の監視用
- ③ 放流時のゲート設備の監視用

5 放流警報設備

多目的ダムによって貯留された流水を放流することにより、流水の状況に著しい変化を生じると認められる場合において、これによって生じる危害を防止するため必要があると認められるときは、一般に周知させるための警報を行わなければならない。

一般河川利用者への警報設備としては表5-11の設備がある。

表5-11 警報設備

設 備	警 告・周 知 方 法	制 御 方 法
サイレン設備	モーターサイレン吹鳴	無線による遠方制御及び機側制御
拡声装置	サイレン疑似音吹鳴及び音声放送	〃
放流情報表示装置	電光掲示板による文字表示	有線並びに無線による遠方制御及び機側制御
警 報 車	音声放送によるパトロール	直接
立 札	文字（図案）掲示板	なし

(1) サイレン及び拡声装置

サイレン及びスピーカ装置は、定められた放流警報区域の河川沿いの全範囲にわたり、河川内利用者及び河川敷地内に立ち入ろうとする人が確実に聞き取れるように、音達範囲、周辺環境を考慮の上、配置するものとする。

制御はダム管理所からの遠隔制御とし、無線回線を基本とし、その動作が管理所で直ちに確認できるよう返送確認方式の作動確認装置を設置するものとする。また、停電時の電源設備は直流電源とし、スピーカによる音声放送及びサイレン疑似音による警報が可能なものとする。

(2) 立札

立札による掲示は、特定多目的ダム法施行規則第8条によるものを原則とする。また、子供達が水遊びや魚釣りに興じる場所には、子供向けの補助立札を設けることが望ましい。

(3) 警報車

警報車には、道路運送車両法上の緊急自動車としての赤色回転灯及びサイレンを装備し、管理所との連絡用として移動無線電話装置、一般、住民への周知用として拡声装置を装備することが必要である。

拡声装置は、10～50w程度の出力を有し、マイクロホンによる直接放送の他に、テープレコーダ等による再生放送を可能としたものが必要である。

(4) 放流情報表示装置

放流情報表示装置は、ダム貯水池からの放流の情報を電光掲示板等に表示させ、サイレン、拡声装置、警報車等で行う警告及び周知をダム放流中に継続的に行うものであり、地域の状況を考慮し、多くの人から見え易い場所に設置することが望ましい。

6 操作制御設備

(1) 機側操作設備

機側操作は、ゲートの点検及び整備・修理時に行われるほか、遠方操作設備等の故障時に行われるため、本設備は他からの操作に優先して、その機能が確保されていなければならない。

(2) 遠方操作設備

放流設備のうち、操作頻度の多いゲート、及び常に状態を監視する必要のあるゲート等には、管理事務所内で操作が行えるよう遠方において監視操作できる設備を設置する。

(3) 制御及びデータ処理設備

ダムゲートの放流操作制御には、観測機器の開発による入力情報量の増加、水資源の有効利用の必要性増大、洪水時の防災強化の要請増大等に対応してコンピュータが導入されている。

制御及びデータ処理設備は、通常ミニコンピュータと呼ばれる小型電子計算機を中心とするハードウェアと、これを利用して行う管理技術又は操作技術のソフトウェアとの総合的なシステムである。

7 ダム・貯水池付属設備

(1) エレベータ設備

ダムの維持、管理及び補修のため、堤体内の通廊に接続するエレベータが設置される。一般的には、高さ50m以上のダムに設置することを標準としている。

(2) 船舶及び係船設備

貯水池内の巡視、水温、水質などの貯水池観測、堆砂測量及び貯水池の流木処理などを行うため、巡視船及び作業船を備えておかなければならない。また、そのための係留装置、昇降装置、格納庫等は使用性に優れるとともに、貯水池の水位変動や安全性に配慮したものでなければならない。

(3) 流木止及び流木処理設備

流木止施設の設置に当たっては、ダム貯水池の地形を考慮し、流木等の引揚げの容易な箇所を選定するものとし、万一片側の固定金具が破損流出しても、ダム放流設備に支障を生じないように考慮しなければならない。

作業船により回収した流芥・流木をダム貯水位の変化に対応し、引揚げ、運搬可能なように流芥・流木引揚げ専用のインクライン、工事用道路等を改修した搬出道路等を設ける必要がある。

8 建物及びその他設備

(1) 管理事務所及び付属建物

管理諸設備を収容するとともに、管理事務所職員による管理業務が円滑に遂行できるよう、管理事務所及び必要な付属建物を設置する。その設置場所は、ダム状況が十分把握できる場所で、地盤が良く、災害の恐れがなく、かつ、道路に接続した場所でなければならない。

管理事務所の規模は、管理業務を遂行するために必要な各室の面積や配置を検討し決定する。操作室の面積は設置機器のサービスエリア及び操作性を考慮して決定するが、一般には設置機器の投影面積の5倍程度を標準とし、床構造はフリーアクセスフロアが望ましい。

管理事務所の付属建物としては、受変電所（受変電室、予備発電機器及び蓄電池充電室）、車庫、

機械類倉庫、燃料貯蔵庫（予備発電機用、暖房用）、見学者用説明ホール、見学者駐車場などが設置される。

(2) 管理事務所附属設備

① 給水設備

管理事務所及び必要な附属建物の給水設備の水源としては、安定した水量、水質を確保するため、極力公営水道の利用を図るべきである。しかし、やむを得ず地下水、沢又は溪流に水源を求める場合は、水量、水質の安定した水源を確保しなければならない。

② 排水設備

管理事務所及び附属施設からの排水対象としては、建物内に設置される洗面器、流し、各種機器類、タンク類等からの廃水や地下水、浸透水、屋根及び敷地からの雨水、あるいは尿尿等がある。従って、その設計に当っては、流下量や固形物の混在を考慮し、完全かつ敏速に排水できるほか、末端での処理に応じて、別系統とする必要がある。

排水に係る法規としては水質汚濁防止法及び便所に関する建築基準法がある。

第4節 その他

1 補償工事

ダム設置によって既存の道路、用水路、取水施設等付替の必要が生じた場合は補償工事として施工するものとし施設の形状・規模等については既存するものと同等とする。ただし質的改良等施設管理者の費用負担が生ずる場合は別に定めることによる。なお工事施工に当っては、施設管理者と協定を締結し、完了後速やかに施設の移管をしなければならない。

2 付替道路

付替道路は水没する道路の現有機能の補償であるから「機能補償」が大前提となる。従って、機能が増すような補償は公共補償の基本原則に反するものであり機能が増す分については道路管理者から応分の負担を徴収して道路の整備が行われることとなる。

(1) ルート選定に当たっての考え方

ダム建設を進める中で必要となる道路には、ダム建設によって水没する道路の付替（付替道路）の他に、ダム管理用道路、工事用道路、山林管理用道路等がある。これらの道路は工事中及びダム完成後の利用計画に配慮し、以下の点に留意してルート選定を行う。

- ① 付替道路の延長が極力短くなるようダム下流側は道路構造令に示されている最急勾配で現道にタッチさせ、ダムの上流側はダムの貯水池末端からできるだけ離れない位置で現道にタッチさせ

る。このとき貯水池末端部付近のバックサンドに注意すること。

- ② 積雪寒冷地にあつては付替道路が南側の斜面に面するよう計画するよう配慮する。
- ③ 付替道路のルートは走行性も考えた上で貯水池にできるだけ近づけるよう計画することが望ましい。
但し、貯水池周辺の地形が急峻で貯水池沿いのルート選定が不可能な場合は機能補償林道の設置と併せて慎重な対応が必要となる。
- ④ 道路管理者と合併して付替道路の改良を行う場合、線形を重視する余り貯水池から極端に離れるような場合はダム事業者側としては道路計画が煩雑とならないよう、道路ルートの選定段階から道路管理者との密な計画調整を行っておくこと。
- ⑤ 貯水池内に地滑りがある場合は頭部排土などと付替道路の掘削を兼用するような計画も考慮すること。この場合、付替道路の切取方面で発生する二次滑りに注意すること。
- ⑥ ダムの天端を付替道路として使用する計画は基本的に避けることが望ましい。
- ⑦ 付替道路のルート選定上橋梁が必要となる場合は橋長ができるだけ短くなるよう計画する。
- ⑧ ダム湖の環境保全及び景観設計という観点からも極力切取斜面が少なくなるような線形を選定する必要がある。
- ⑨ ダム工事の工事工程との関係から部分的な共用開始を余儀無くされる場合は一般交通に対する安全性が確実に確保されるようなルートを一時的に選定することも必要となる。

(2) 道路管理者との費用負担

① 一般国道、都道府県道の場合

付替道路を道路管理者との合併施工によって改良する場合の費用負担については下記の覚書、申合せ、事務取扱要領案がある。

A ダムの建設に伴い付け替えられる道路が改良される場合の費用負担についての覚書（昭和51年2月開発課長、国道第一、第二、地方道課長）

B 「ダムの建設に伴い付け替えられる道路が改良される場合の費用負担についての覚書」に関する申し合わせ（昭和51年2月開発課長、国道第一、第二、地方道課長）

C ダムの建設に伴い付け替えられる道路が改良される場合の費用負担についての事務取扱要領（案）（昭和51年8月河川局開発課）

上記A～Cの主な内容をとりまとめると以下のとおりである。

- ・適用される道路は一般国道、都道府県道とする。
- ・付替道路の費用負担割合は総幅比に基づく次式によることを基本とする。
$$\text{ダム事業負担} = \text{現道総幅} / \text{付替道路総幅}$$

※現道総幅が5 m未満の道路については5 mと見なす。
- ・付替道路の橋梁、トンネルの費用負担割合についても上記の比率によるが、橋梁またはトンネルの現況及び改良の緊急度を勘案して均衡を欠くと認められる場合はBの申合せによることとする。
- ・付替道路の舗装に要する費用は現道が舗装済の場合は上記に応じて両者が負担し、現道が未舗装の場合は道路管理者が全額負担する。
- ・付替道路は道路法第29条及び第30条に基づく技術基準に適合したものとする。

② 市町村道の場合

市町村道についても原則として上記の一般国道、都道府県道に準じた形で運用するが、現道の総幅が4m未満の道路については現在のところ道路構造令に基づく三種五級の特例に準じて総幅4mとして運用する。

3 ダム及びその貯水池の河川区域

(昭和46年4月2日建設省河開発第35号 建設省河川局水政課長開発課長通達)

ダム及びその貯水池の河川区域の取り扱いについては、従来から疑義のおもむきもあるが、これについては次の通りとする。

(1) 河川法第6条第1項第1号の区域

常時満水位における水面が土地に接する線によって囲まれる地域内の土地

(2) 同条同項第2号の区域

ダム本体及び余水路、副ダムその他ダム本体と一体となってその効用を全うする施設（もっぱら利水用途に供されているものを除く。）の存する土地並びにこれらの施設と一体となってその効用を全うする土地（当該施設の末端から原則として50メートル以内の土地とする。）

(3) 同条同項第3号の区域

イ 原則として河川管理施設等構造令第5条の規定による堤体の非越流部の高さ（フィルダムにあっては当該高さから1メートルを減じた高さ）を河川法施行令第1条第1項第3号に規定する流水の最高の水位とし、その水位における水面が土地に接する線によって囲まれる地域内の土地

ロ 貯水池の末端付近で堆砂及び洪水時の背水により貯水池の水位が高まることが確実に予見されるときは、その水位における水面が土地に接する線によって囲まれる地域内の土地のうち一定範囲内の土地

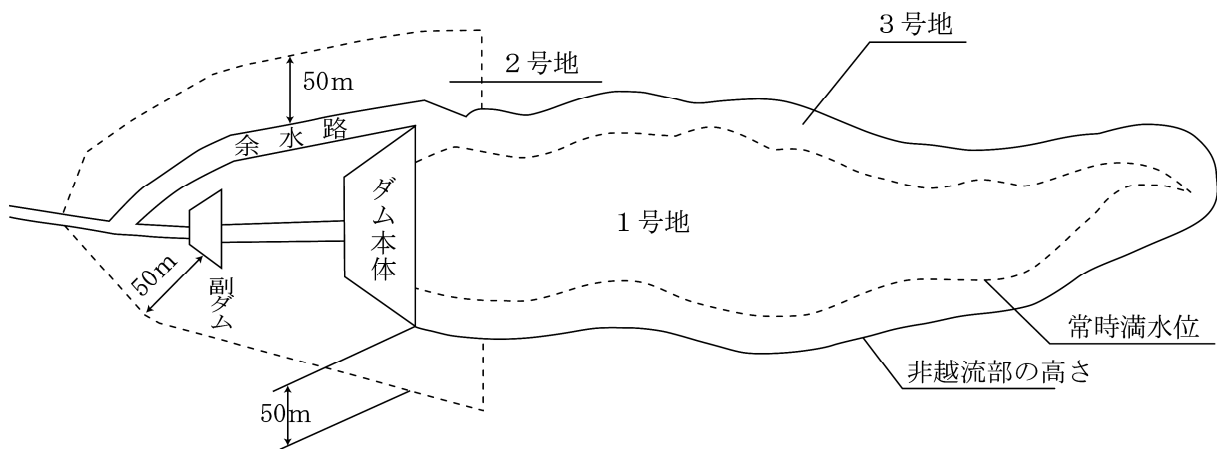


図5-16

河川区域指定範囲

河川区域の指定範囲は図5-17のとおりとする。

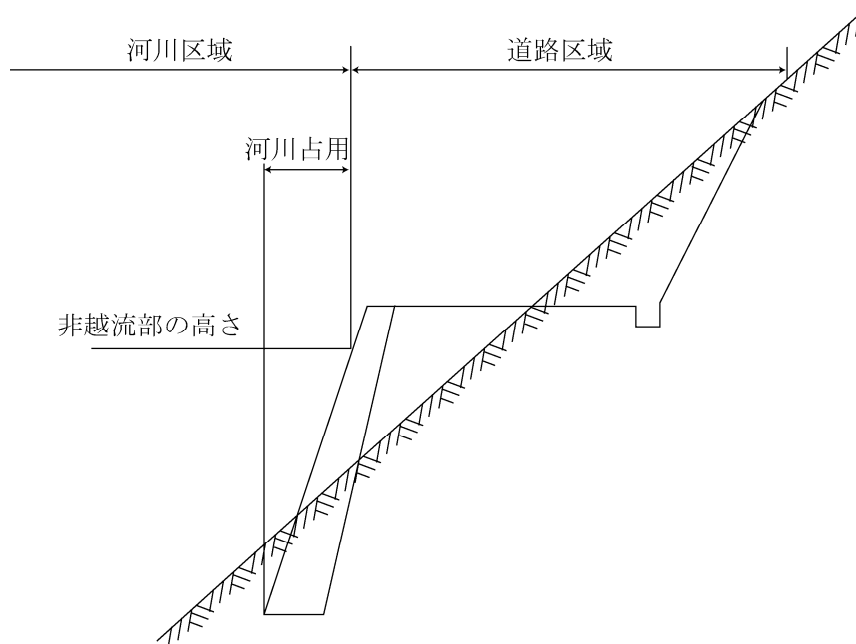


図5-17