

第4章 流砂調整・流木対策計画

第1節 流砂調節・流木対策計画の基本

1.1 計画策定の基本方針

砂防基本計画は、有害な土砂及び流木を砂防計画区域内において、合理的、かつ効果的に処理するよう策定するものとする。

解説

有害な土砂とは、土砂災害を起こすような生産土砂、流出土砂をいう。生産土砂、流出土砂、及び流木については本指針第1編第2章2.5の計画で扱う土砂量等を参照のこと。

1.2 計画基準点

計画基準点は、土石流危険溪流以外の溪流に対する砂防基本計画で扱う土砂量を決定する地点である。計画基準点は砂防計画区域の最下流点及び河川計画との関連地点のほか、保全対象地区の上流、土石流区域と掃流区域の境界地点など、その地域的特性を考慮して必要な地点に設けるものとする。

解説

砂防基本計画の対象を明確にするため、また計画区域全体の土砂処理計画の整合を図るため、計画基準点は地域の特性が十分表現できるような地点に設ける必要がある。

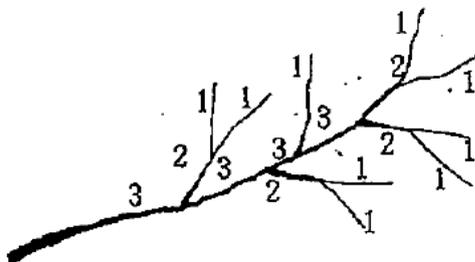


図1-4-1 谷の次数区分

土石流区域とは、土砂の流出が集合運搬の状態で行われる区域をいい、掃流区域とは土砂の流出が流水による各個運搬の状態で行われる区域をいう。土石流区域は、一般に3次谷より上流の溪流等であって、溪床勾配が1/30以上の区域を対象として設定するものとする。

谷の次数の区分は Horton 則による(図1-4-1)。ただし、谷筋の最上流部において、そこを谷とみなすか、

山腹であるとするか、すなわち1次谷の判定方法が問題となる。この点については図1-4-2のように、5万分の1地形図の等高線の凹み具合を眺めて、凹んでいる等高線群の間口よりも奥行が大なる場合に1次谷とし、その反対の場合には山腹とみなすものとする。



奥行>間口……1次谷 図1-4-2 1次谷の判定

計画基準点は砂防基本計画で扱う土砂量及び流木量を決定する地点であるが次のような事項を考慮して決める。また、特に砂防計画対象区域の最下流点を砂防原点という。

一般に河川工事と砂防工事の目安として現河床勾配 1/100 の地点を砂防原点としている。

1. 河川計画との関連地点

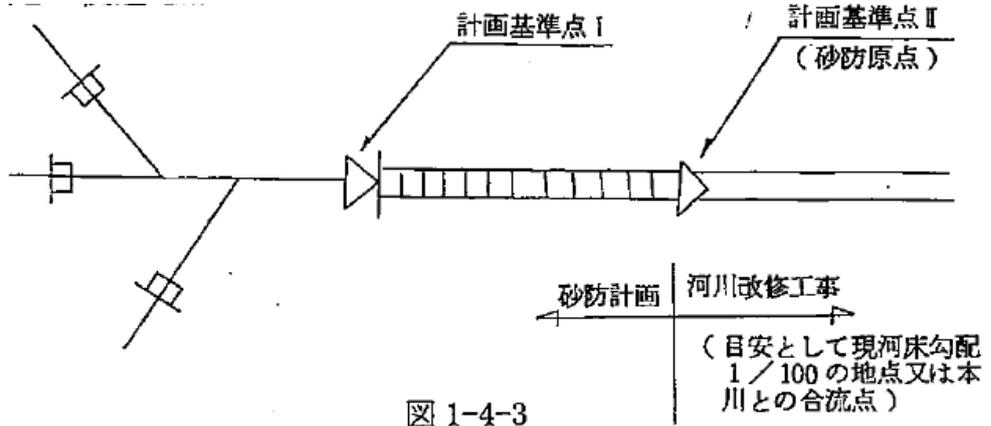


図 1-4-3

2. 保全対象地区の上流

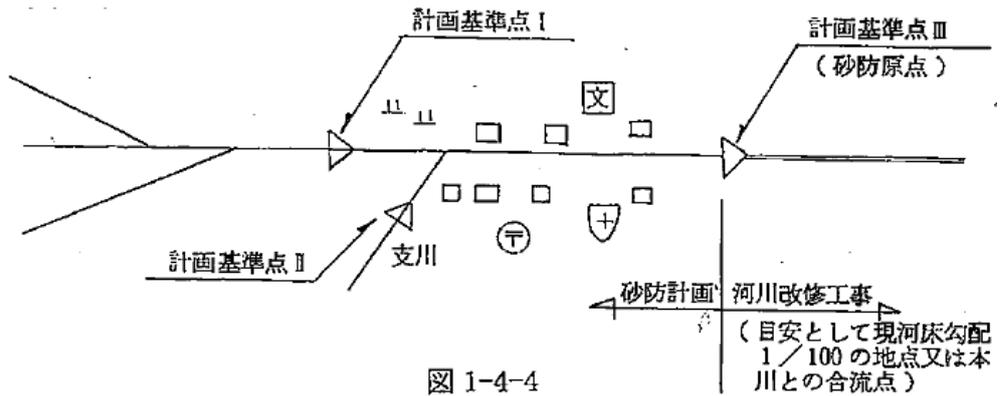


図 1-4-4

3. 谷の出口

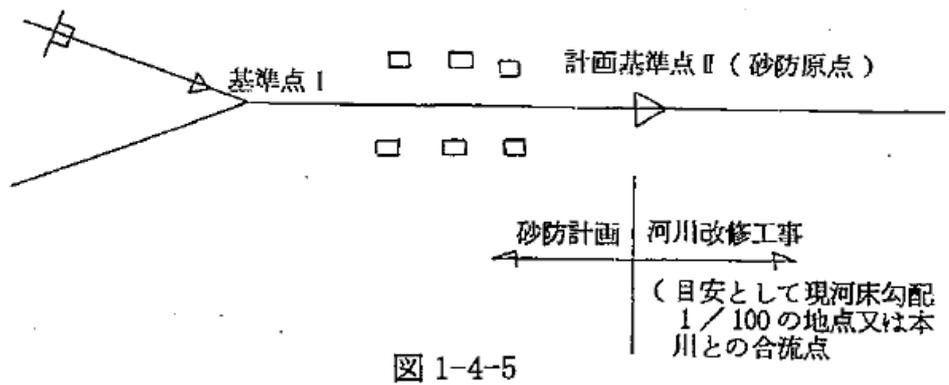


図 1-4-5

4. 現河床勾配が 1/100 の地点

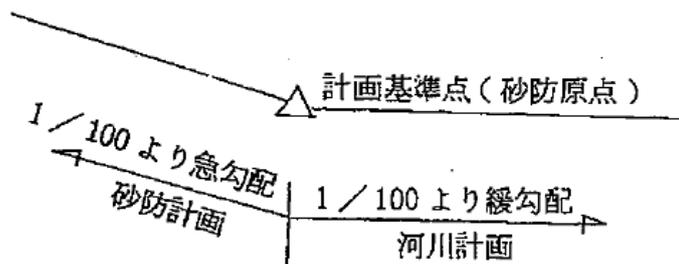


図 1-4-6

5. その他地域的、地形的特性等を考慮して必要な地点に設ける。

(例：河床勾配が 1/100 より緩勾配であっても、土砂粒径が小で土砂害が多発している場合には、河床勾配 1/100 以下でも設けることがある。)

1.3 計画の規模

砂防基本計画の規模は、土石流区域においては、想定される土石流の規模とし、掃流区域においては、既往の災害、計画対象区域等の重要度、事業効果等を総合的に考慮して定めるものとし、一般には計画降雨の降雨量の年超過確率で評価するものとする。

解説

土石流形態の土砂流出においては、土石流が発生するかどうかの問題であり、その規模に中間段階を想定することが困難であるため、原則として想定される最大規模の土石流を対象に計画の規模を定めるものとする。

掃流形態の土砂流出においては、河川の重要度を重視するとともに、既往災害の実態、経済効果等を総合的に考慮して定めるものとし、一般には計画降雨の降雨量の年超過確率で評価するものとする。

おおよその基準は、表 1-4-1 のとおりとする。

表 1-4-1 河川の重要度と計画の規模

河川の重要度	計画の基準 (計画降雨の降雨量の超過確率年) *	備考
A 級	200 以上	1 級河川の直轄区間
B 級	100~200	その他の 1 級河川の主要区間
C 級	50~100	上記以外の 1 級河川区間及び 2 級河川の都市河川
D 級	10~50	都市河川以外の 2 級河川区間及び一般河川の主要区間
E 級	10 以下	上記以外の区間

* 年超過確率の逆数

出典：建設省河川砂防技術基準（案）同解説 計画編

又、著しい被害を被った地域にあたっては、その被害の実態に応じて民生安定上、この実績洪水規模の再度災害が防止されるよう計画の規模を定めなければならない。

鳥取県では、砂防えん堤の場合、降雨量の年超過確率 1/100 の規模もしくは既往最大雨量のうち、どちらか大きい値によるものとする。溪流保全工の場合、超過確率年 1/50 で計画することを原則とする。ただし、降雨強度が 60mm/hr に満たないものは、60mm/hr で計画する。

1.4 計画で扱う土砂量

1.4.1 計画生産土砂量 (A)

計画生産土砂量とは、山腹及び溪岸における新規崩壊土砂量、既崩壊拡大見込土砂量、既崩壊残存土砂量のうち崩壊等の発生する時点で河道に流出するもの、及び河床等において堆積している土砂量のうち2次侵食を受けるものをいう。

計画生産土砂量は、砂防基本計画の対象となる計画超過土砂量算定の基礎となる土砂量で、計画対象区域の現況調査資料、既往の災害資料、類似地域の資料等をもとに定める。

解説

計画生産土砂量は、計画基準点ごとに、その上流を対象として、土砂の生産形態別に、流域内に生産抑制のための施設がない状態で算定するものとし、流域の状況に著しい変化が生じた場合には、必要に応じ改訂するものとする。

計画生産土砂量の算定は、原則として土砂の生産形態別に対象区域内にその母体となる土地の面積等を調査して行うものとする。例えば、

1. 豪雨型小規模崩壊では山腹面積に豪雨時等における既往の新規崩壊面積比、平均崩壊深、河道流出率、土量の変化率を乗じる。
2. 禿山（はげやま）や崩壊地ではその面積と土砂流出の実測資料による。
3. 河床堆積土砂の2次侵食では現堆積状況と既往の災害等での河床変動資料による。
4. 地すべり型大規模崩壊では地すべりの前兆的微地形、き裂の分布等から推定される範囲、及び類地の崩壊深、河道流出率、土量の変化率による等、それぞれ算出する。

地すべり型大規模崩壊は、その位置、規模については地質、地形等からある程度その予測が可能であるが、いつ崩壊が発生するかを予想することは極めて難しい問題である。しかし、発生した場合、その生産土砂量が著しく多量であることから、天然ダムを出現させたり、それが欠壊するとき大土石流を発生させるなど、その影響が大きいため、危険箇所の調査は慎重に行う必要がある。

1.4.2 計画流出土砂量 (Q)

計画流出土砂量とは、計画生産土砂量のうち、土石流または流木の掃流力等により運搬されて計画基準点に流出する土砂量であって、既往の土砂流出、流域の地形、植生の状況、河道の調節能力等を考慮して定める。

解説

土砂流出の実態解明は、砂防計画上重要な研究課題であって、各地で実態調査が行われているところである。現状では、解明されていない多くの問題があるが、さし当たっての取扱いとしては、流域に土砂流出防除のための施設がない状態で次のように算定する。

- ① 掃流区域では、当該計画基準点の直上流の基準点（複数の場合もある）における洪水時

第4章 流砂調整・流木対策計画

の計画流出土砂量に、両計画基準点間の流域の生産土砂量からその間の河道調節量を差し引いた量を加算して定めるものとする。

地すべり型大規模崩壊の発生が予想されない場合は、次の値を参考に定めてもよい。

掃流区域（標準流域面積 10k m^2 、年超過確率 $1/50$ の場合。ただし $1/100$ の場合は 1.1 倍とする）

1) 花崗岩地帯	45,000~60,000 $\text{m}^3/\text{k m}^2/1$ 洪水
2) 火山噴出物地帯	60,000~80,000 "
3) 第3紀層地帯	40,000~50,000 "
4) 破砕帯地帯	100,000~125,000 "
5) その他の地帯	20,000~30,000 "

流域面積が標準の 10 倍の場合には数値は 0.5 倍、 $1/10$ 倍の場合には 3 倍程度として用いることができる。（建設省河川局砂防部調べ）。

ここで、鳥取県は、近年の災害の発生状況等から次のように定める。

1) 花崗岩地帯	45,000 $\text{m}^3/\text{k m}^2/1$ 洪水
2) 火山噴出物地帯	60,000 $\text{m}^3/\text{k m}^2/1$ 洪水
3) 第3紀層地帯	40,000 $\text{m}^3/\text{k m}^2/1$ 洪水
4) 破砕帯地帯	100,000 $\text{m}^3/\text{k m}^2/1$ 洪水
5) その他の地帯	20,000 $\text{m}^3/\text{k m}^2/1$ 洪水

- ② 貯水池上流河川、あるいは流出土砂が多く平年においても土砂害を生ずる河川では、計画年平均流出土砂量を用いる場合がある。計画年平均流出土砂量とは、数年間の年間流出土砂量の累計をその累計年で除したものであり、貯水池の堆砂量測定資料、あるいは河床変動資料を参考にして定める。

第4章 流砂調整・流木対策計画

表 1-4-2 流域面積 (k m²) による流出土砂量の補正係数

流域面積	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0	7.0	8.0	9.0	10.0	11.0	12.0	13.0	14.0	15.0
補正係数	3.0	2.15	1.78	1.55	1.39	1.28	1.19	1.11	1.05	1.00	0.97	0.95	0.92	0.90	0.89
流域面積	16.0	17.0	18.0	19.0	20.0	21.0	22.0	23.0	24.0	25.0	26.0	27.0	28.0	29.0	30.0
補正係数	0.87	0.85	0.84	0.82	0.81	0.80	0.79	0.78	0.77	0.76	0.75	0.74	0.73	0.73	0.72
流域面積	31.0	32.0	33.0	34.0	35.0	36.0	37.0	38.0	39.0	40.0	41.0	42.0	43.0	44.0	45.0
補正係数	0.71	0.70	0.70	0.69	0.69	0.68	0.67	0.67	0.66	0.66	0.65	0.65	0.64	0.64	0.64
流域面積	46.0	47.0	48.0	49.0	50.0	51.0	52.0	53.0	54.0	55.0	56.0	57.0	58.0	59.0	60.0
補正係数	0.63	0.63	0.62	0.62	0.62	0.61	0.61	0.61	0.60	0.60	0.60	0.59	0.59	0.59	0.58
流域面積	61.0	62.0	63.0	64.0	65.0	66.0	67.0	68.0	69.0	70.0	71.0	72.0	73.0	74.0	75.0
補正係数	0.58	0.58	0.57	0.57	0.57	0.57	0.56	0.56	0.56	0.56	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55
流域面積	76.0	77.0	78.0	79.0	80.0	81.0	82.0	83.0	84.0	85.0	86.0	87.0	88.0	89.0	90.0
補正係数	0.54	0.54	0.54	0.54	0.53	0.53	0.53	0.53	0.53	0.53	0.52	0.52	0.52	0.52	0.52
流域面積	91.0	92.0	93.0	94.0	95.0	96.0	97.0	98.0	99.0	100.0	以下同値とする。				
補正係数	0.51	0.51	0.51	0.51	0.51	0.51	0.50	0.50	0.50	0.50	〃				

流域面積の小数点以下は切り捨てるものとする。

表 1-4-3 土石流区域と掃流区域の区分

鳥取県では、土石流と掃流区域の区分を次表のとおりとする。

土石流区域	現溪床勾配 1/30 以上
掃流区域	〃 1/30～1/100

1.4.3 計画許容流砂量 (E)

計画許容流砂量とは、計画基準点から下流河川等に対して無害、かつ必要な土砂として流送すべき量であり、流水の掃流力、流出土砂の粒径等を考慮して、河道の現況及びその計画に基づいて定めるものとする。

掃流区域で計画基準点が複数ある場合は、計画許容流砂量は上下流間において整合のとれたものとしなければならない。

解説

計画許容流砂量は、洪水流量と同様に毎秒単位で表される場合があるが、土石流を含め、洪水単位として定める場合が多い。土石流の形態で運搬される土砂においては、砂防計画区域内の保全対象地区の状況、掃流の形態で流送される土砂においては、砂防計画区域内の河道及び下流河道の現況とその計画等に基づいて定めるものとする。

掃流区域内において計画許容流砂量を決定する場合には、河道計画等で考慮している流砂量と整合させるものとし、貯水池上流河川の計画においては、原則として、貯水池の計画堆砂量を考慮して計画年平均許容流砂量を定める。

1.4.4 計画超過土砂量 (Q-E)

計画超過土砂量は、砂防基本計画における土砂処理の計画の対象となる土砂量であり、計画基準点ごとに計画流出土砂量から、計画許容流砂量を差引いた量で定める。

解説

計画超過土砂量は、貯水池上流においては浮遊土砂を含めた量で設定され、計画年平均許容流砂量(えん堤の計画堆砂量)を差し引いた計画年平均超過土砂量を採用するものとする。

1.4.5 計画生産抑制土砂量 (B: 扞止量)

計画生産抑制土砂量とは、山崩れ、溪床・溪岸侵食等により生産されることが予想される計画生産土砂量を、えん堤工、床固工、溪流保全工、護岸工、山腹工等の施設により、直接扞止することで土砂の生産を抑制する土砂量である。

解説

(1) えん堤工

現地踏査の際、えん堤サイト堆砂区域の不安定土砂(生産される土砂)を調査した上で、深さ、巾等を決定し、貯砂横断図等により算出する。

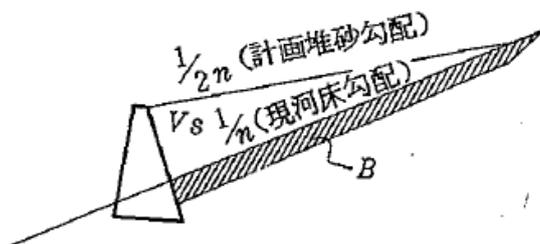


図 1-4-7 計画生産抑制土砂量(B)

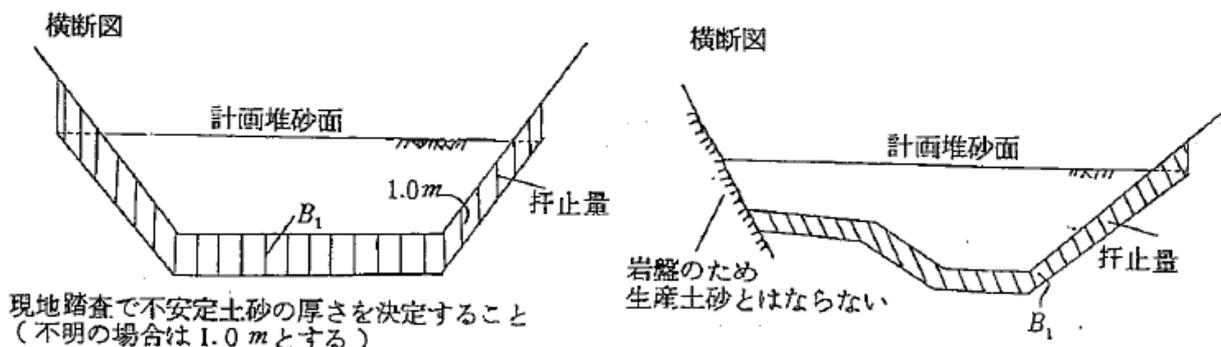


図 1-4-8 計画生産抑制土砂量(B₁)

(2) 溪流保全工による計画生産抑制土砂量 (B₂ m³)

水平方向には溪流保全工幅の 2~3 倍程度、垂直方向には水深程度として延長を乗ずる。
なお、川幅の大きい場合は別途考慮する。

① 溪流保全工による計画生産抑制土砂 (B₂₋₁)

$$B_{2-1} = (2 \sim 3) \cdot H \cdot W \cdot L$$

L: 流路延長

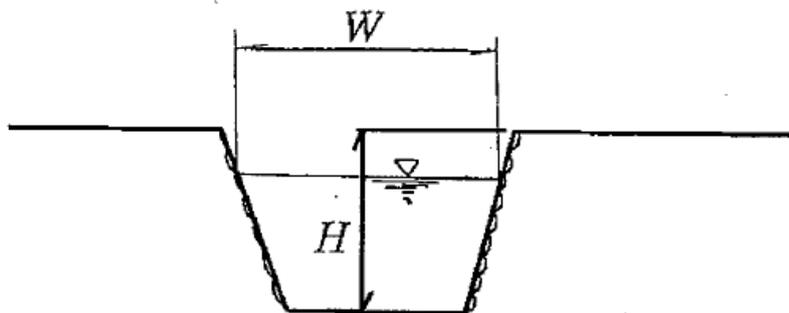


図 1-4-9

② 片側護岸工による計画生産抑制土砂量 (B₂₋₂)

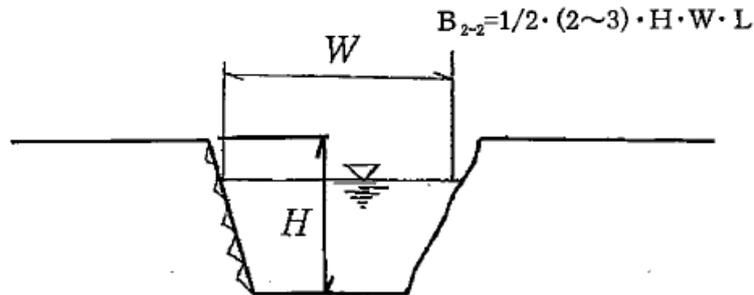


図 1-4-10

(3) 山腹工による計画生産抑制土砂量 (B₃ m³)

工事施工面積に表層厚 (現場で判断する標準としては 1.0~2.0m) を乗ずる。

1.4.6 計画流出抑制土砂量 (C : 貯砂量)

計画流出抑制土砂量とは、流下する土砂を砂防施設に貯留して流出を抑制する土砂量である。

解説

えん堤の計画流出抑制土砂量は、現況勾配と計画堆砂勾配で囲まれる部分の貯砂量である。計画堆砂勾配は、現河床勾配の 1/2 を原則とする。ただし、現況の河床勾配が急で流出土砂の粒径が大きく、かつ流出土砂が多量の場合は、2/3~3/4 程度を採用することがある。

(1) 実施えん堤の貯砂量は計画えん堤地点より上流の横断面図より算出する。

貯砂横断の方向は、流心線に直角とする。ただし、屈曲が著しく横断線が交差する場合は、貯砂後の仮想流心線と直角とする。

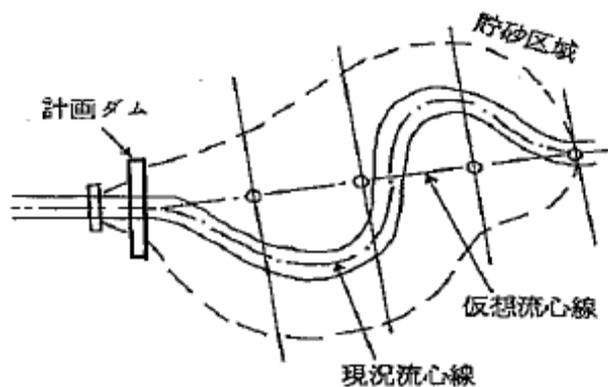


図 1-4-11 貯砂横断方向

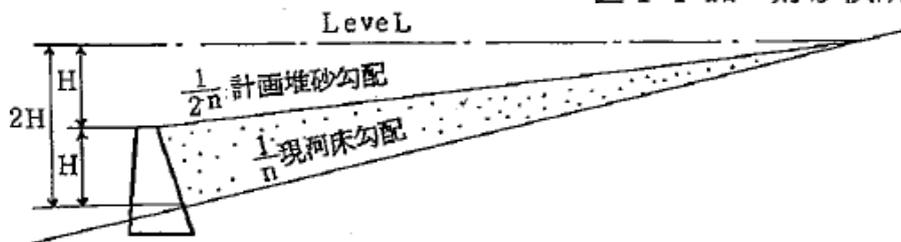


図 1-4-12 計画堆砂勾配

(2) 既設えん堤の空容量及び将来計画については、以下により求めるものとする。

① 既設えん堤の計画貯砂量は V_s が既知の場合

$$C = V_s - nB'h_1^2 \quad \dots (1-4-1)$$

ここで、 C : 既設えん堤の計画貯砂量

② 不明の場合

$$C = n \cdot B \cdot h^2 - nB'h_1^2 \quad \dots (1-4-2)$$

V_s : 計画時の計画貯砂量

n : 現況河床勾配

③ 将来計画

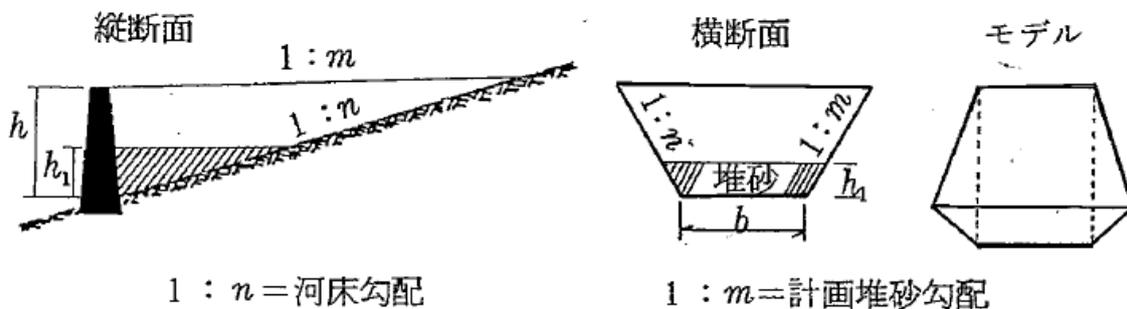
$$C = n \cdot B \cdot h^2 \quad \dots (1-4-3)$$

B : 現況堆砂幅

B' : 現堆砂幅

H : えん堤有効高

(イ) 貯砂量の算出にあたり、溪流の横断面を梯形とした場合



$$\text{貯砂量 } V = \frac{1}{2} \cdot \frac{m \cdot n}{m - n} \left\{ b + \frac{1}{3} (m' + n') h_1 \right\} h_1^2 \quad \dots (1-4-4)$$

図 1-4-13

(ロ) m の簡易決定法

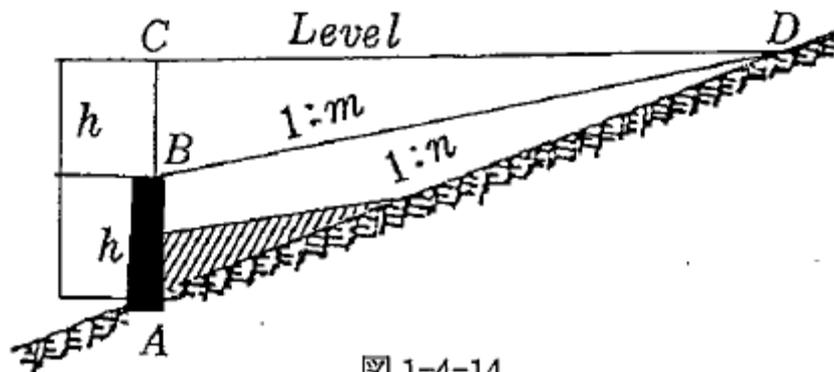


図 1-4-14

$AB=BC=h$

CD Level

DとBとを結ぶと $1:m$ となる。

$m=2 \cdot n$ b を平均幅とし、矩形すると $V_s=n \cdot b \cdot h^2$

1.4.7 計画流出調節土砂量 (D : 調節量)

計画流出調節土砂量とは、有害な流出土砂を砂防施設に一時的に堆砂させ、その後の流水によって安全に流下させる土砂量であり、流出土砂の粒径を調節する。

解説

えん堤工においては、満砂後河積の拡大、縦断勾配の緩和により洪水時堆砂区域に一時的に堆積する土砂量で計画貯砂量の10%とする。また、溪流保全工の場合は調節量は考慮しない。

第2節 流砂調整施設計画の作成

2.1 流砂調整施設計画の基本

砂防基本計画は、土砂処理の対象となる計画超過土砂量を合理的、かつ効果的に処理するために策定するものであり、土石流防御計画、流砂調整計画より成る。

土石流防御計画、流砂調整計画は、それぞれ土砂生産抑制計画（直接扞止）、流出土砂抑制計画（えん堤工の貯砂量等）、流出土砂調節計画より成る。これらの計画はいずれも相互に関連するものである。

解説

砂防基本計画は、土石流等による災害を防止するための土石流防御計画及び掃流区域における流砂に起因する災害を防止するための流砂調整計画より成る。

流砂調整計画における土砂処理の計画は、当該計画基準点の上流域から直上流の計画基準点（複数の場合もある）の上流域を除いた、両計画基準点間の流域を対象に、次式より計画生産抑制土砂量、計画流出抑制土砂量、計画流出調節土砂量を定めて行うものとする（図1-4-15参照）。

$$E=(Q+A\cdot B)(1-\alpha)-C\cdot D \quad \dots (1-4-5)$$

E：計画許容流砂量

Q：当該計画基準点の直上流の計画基準点（複数の場合もある）における洪水の計画流出土砂量（ $q \times$ 流域面積 \times 補正係数）

A：計画生産土砂量（ $Q \times 1/(1-\alpha)$ ）

B：計画生産抑制土砂量（扞止量）

α ：河道調節土砂量の(Q+A・B)に対する割合（20%）

C：計画流出抑制土砂量（貯砂量）

D：計画流出調節土砂量（調節量）

流出土砂抑制計画は、流出土砂を貯留してその流出を抑制する砂防えん堤等の機能を評価するもので、堆砂によってその機能は失われることになる。したがって、その回復を必要とする場合を砂防基本計画に組み込んでおかねばならない。

流砂調節計画は、流砂量だけでなく、流砂の粒径の調整をも含んだものであって、河道における堆積土砂の粒度分布等の現況調査資料、流水の掃流力、流出土砂の粒径等を考慮して河道の現況及びその計画と整合するよう定めるものとする。

これらの計画の中には流木による災害の増大に対処するため流木対策を含めて定める必要がある。

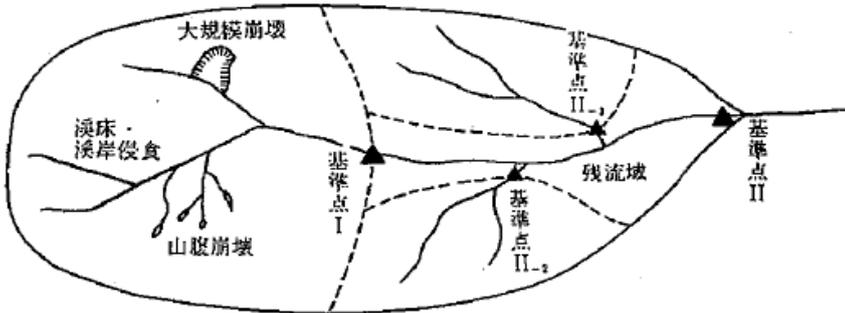
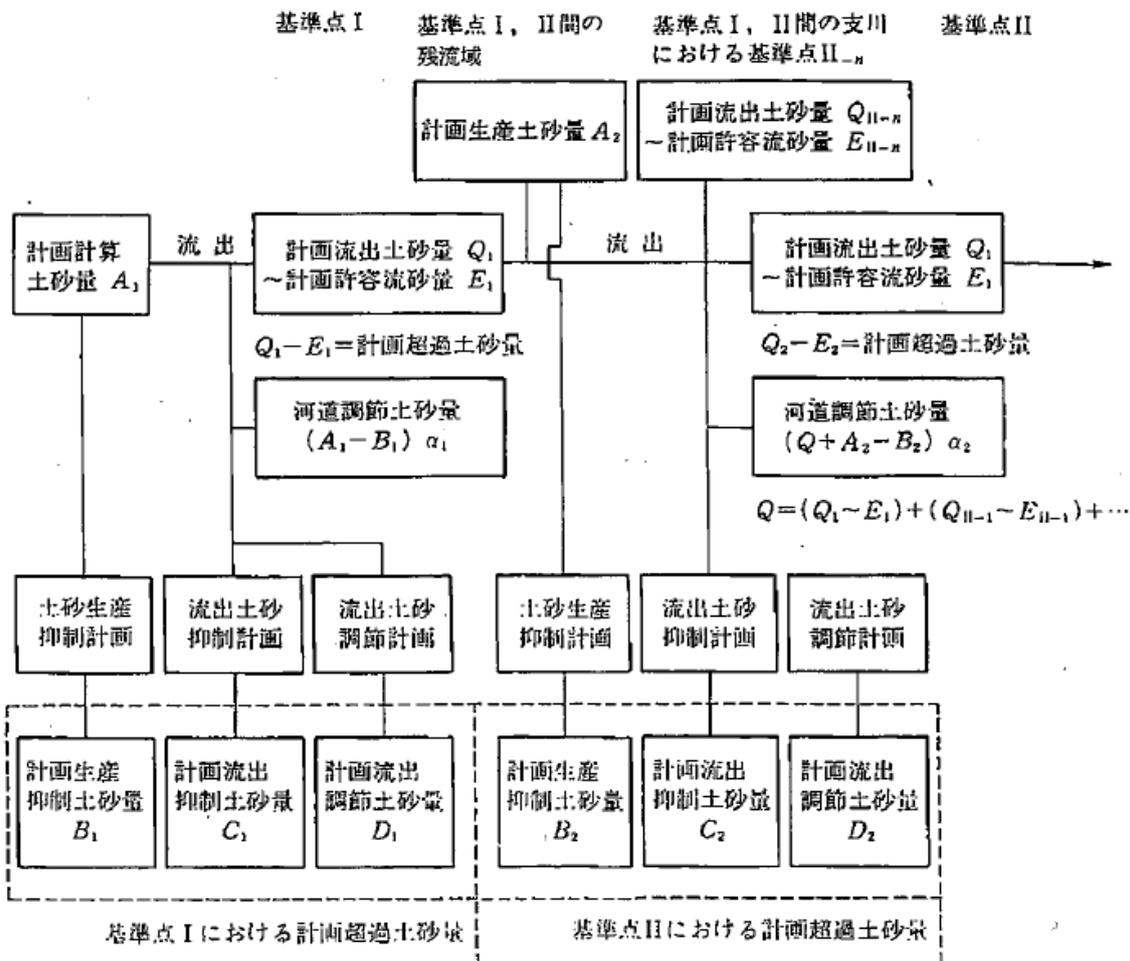


図 1-4-15 砂防基本計画系統図

ここで $(Q_1 \sim E_1)$ 河道調節のみの場合は Q_1
 流出土砂抑制及び流出土砂調節計画が完了した場合は E_1
 これらの計画が未完了の場合は Q_1 と E_1 の中間の値ということを意味する。

2.2 流砂調整施設計画作成の基本

計画対象区域内において生産される土砂（生産土砂量）のうち計画基準点までの区間河道に堆積する土砂量（河道調節量）と計画基準点において下流に流下し得る土砂量（許容流砂量）を差し引いた量（超過土砂量）をえん堤工、床固工、溪流保全工、山腹工等の砂防施設によって溪流の特性に合わせ配置し扞止するものである。

解説

1. 計画基準点は本指針第1編第4章1.2の通りである。
2. 計画生産土砂量（A）
本指針第1編第4章1.4.1参照。計画生産土砂量を設定する資料がない場合については、次式で表わすことができる。
$$A=Q \times 1 / (1 - \alpha) \quad \dots (1-4-6)$$

 α は生産土砂全体に占める河道調節量の割合で一般に10～20%であるが、鳥取県では20%とする。
3. 計画流出土砂量（Q）
 - (1) 本指針第1編第4章1.4.2参照
 - (2) 計画基準点における計画流出土砂量の標準値
調査結果のあるものは利用するものとするが、調査結果のない場合には、本章1.4.2の①を使用して計画をたてることができる。
4. 計画許容流砂量（E）
本指針第1編第4章1.4.3参照
一般の場合は10%とする。
5. 計画生産抑制土砂量（B：扞止量）
本指針第1編第4章1.4.5参照
6. 計画流出抑制土砂量（C：貯砂量）
本指針第1編第4章1.4.6参照
7. 計画流出調節土砂量（D：調節量）
本指針第1編第4章1.4.7参照
8. 整備率

整備率は、貯砂能力を無視して、溪流のその地点での施設による整備状況を把握するものである。

解説

$$\text{整備率}(F) = \frac{\text{土砂カット量}}{\text{超過土砂量}} = \frac{B(1 - \alpha) + D}{A(1 - \alpha) - E} \times 100\% \quad \dots (1-4-7)$$