

第5章 排水施設

5. 1 排水計画

5. 1. 1 排水計画の基本

排水は草地の管理利用及び防災の基本であることを認識し、事業地区内はもとより地区外についても必要な検討を行い、整合性のとれた排水計画をたてなければならない。

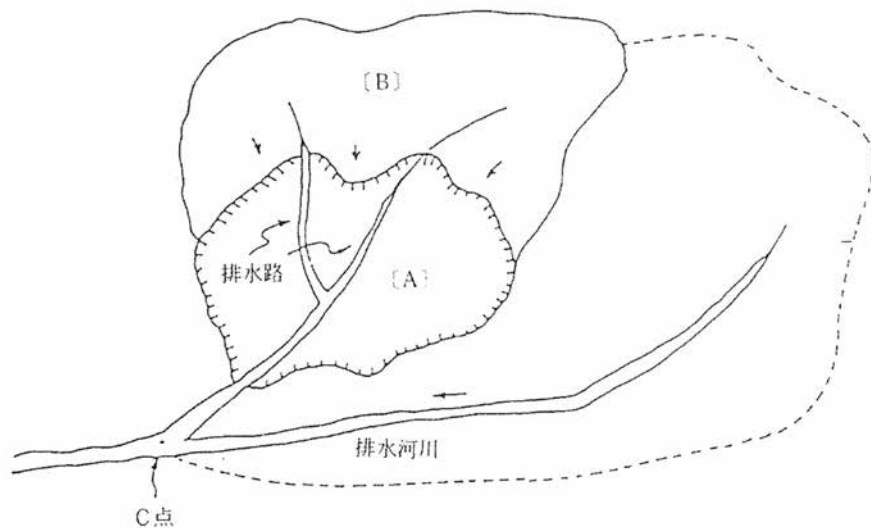
【解 説】

- (1) 「排水」とは降雨による流出水、余分な水及び地下水を安全かつ、すみやかに排除することをいい、この排除のために用いる水路等を「排水施設」という。
- (2) 我が国における草地の造成整備は、一般的に山岳部ないし丘陵地帯に多く、団地構成が比較的小規模のものからなることが多い。また、牧草がいったん定着すれば、耐水食性が増大し、雨水の表面流下による草地荒廃の危険性は減少する。このため、草地においては低平地水田等の場合と異なり、地区全体を対象とした大規模な排水施設を必要とすることは少ない。

反面、このような山間傾斜地に造成整備される草地では、いったん災害が起こり始めると、加速度的に草地を荒廃させ、事業地区外へも被害を及ぼす危険性をはらんでいる。草地の排水施設は、草地を降雨による荒廃から守り、地下水位を適正に保持して牧草の生育条件を良好にし、家畜の放牧や草地管理用機械の作業に適した草地を維持するために必須のものである。

なお、造成整備工事の実施においては、仮設排水施設の設置に十分考慮しなければならないことが多い。

- (3) 排水計画の樹立に当たっては、造成整備された草地内の排水（これを「地区内排水」といい、図－Ⅲ・33 の〔A〕の区域をいう。）、草地外高位部（〔B〕の区域）からの流入水の処理及びこれら排水の排水河川への導水（C点まで）を含めた関係流域全体の排水（これを「地域排水」という。）を一体的に検討しなければならない。



図－Ⅲ・33 排水区域模式図

5. 1. 2 排水方式

排水の方式には、開水路による排水方式（排水路方式）と暗渠排水方式とがある。

【解 説】

- (1) 排水路方式は降雨による流出水や地表停滞水を開水路によって捕捉排除する方式をいい、暗渠排水方式は地下水位が高く湿潤な区域の過剰地下水や開水路で排除できない地表停滞水を暗渠で排除する方式をいう。
- (2) 排水路方式と暗渠排水方式は、それぞれの機能を考慮して適正に配置し、可能な限り組合せによる排水とすることが必要である。排水路方式による排水は、暗渠の負担を減じ迅速な排水効果を上げるのに有効であり、これの積極的な活用を図ることが必要である。
- (3) 排水には、降雨によって一時的に発生する排出量を排水河川まで安全に排除する「洪水時の排水」と、常時の流出水・地下水を定常的に排水する「常時の排水」とがあり、この両方を満足させることが必要である。
- (4) 草地低位部に道路があり、排水量が大きい場合は水兼道路も考えられる。

（参 考）

排水路方式と暗渠排水方式の長所及び短所を表Ⅲ・69に示す。

表Ⅲ・69 排水路方式と暗渠排水方式の特徴

区 分	排水路方式	暗渠排水方式
長 所	①大流域にも対応できる。 ②比較的工事費が安価である。 ③維持管理が容易である。	①草地面のつぶれ地が少ない。 ②跳水、越流がない。 ③施工が比較的容易である。
短 所	①草地面のつぶれ地が多い。 ②跳水、越流の対策が必要となる。 ③水路の断面閉鎖の危険性がある。 ④草地利用上支障となるとともに、 隔障物延長が長くなり不経済。	①維持管理が困難な場合が多い。 ②集水面積が大きい場合には対応できない。 ③比較的工事費が高価である。 ④排水効率が悪い。 ⑤排水こう配及び吐出先が制限される。

5. 2 排 水 路

5. 2. 1 排水路計画の基本

排水路計画の基本となる事項は、次のとおりである。 1 排水路の系統化 2 排水路の配置

【解 説】

(1) 排水路の系統化

ア 草地を保全し、草地管理条件を維持してゆくためには、排水施設は不可欠な基本施設であり、防災上の基本でもある。このため、排水路計画の良否が直接防災計画の良否にもつながるものであるから、排水路を計画するに当たっては、現地の状況、草地の造成整備計画、草地の機械化作業体系等から十分検討する。

イ 排水路の系統化とは、草地内の排水はもちろんのこと、草地外高位部からの流入水処理と、これらの排水を地区外へ系統的かつ安全に処理することをいう。排水路の系統化に当たっては、次のことに留意する。

(ア) 地区外からの流入水は、原則として地区外において処理する。やむを得ず地区内に流入させる場合は、排水路断面の決定、侵食防止等を十分配慮した排水路計画をたてる。

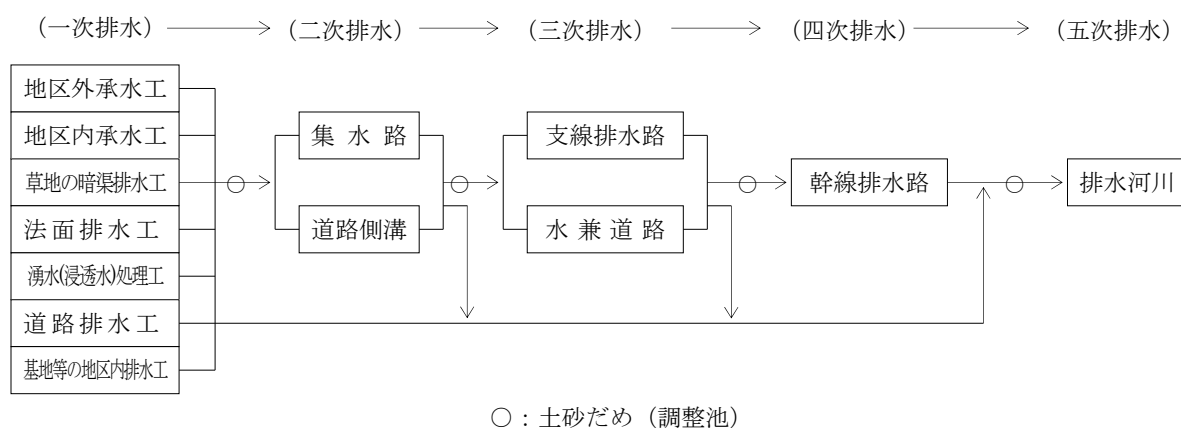
(イ) 地区外への排水は、排水河川の通水断面の検討を必ず行い、断面拡幅の要否、護岸の要否等について検討する。

(ウ) 草地造成整備に伴う土砂流失に備えるため、地区内又は地区外の排水路に砂防えん堤や土砂だめを設ける場合は、排水の流出機構を十分検討して排水路断面を決定する。

なお、排水路計画によって下流のため池、水利使用等に支障を与えないよう十分注意する。

(エ) 排水計画の対象流域に対して、造成整備面積の割合が大きく、流出量の増大によって排水河川の通水能力等が不足し、相当の規模延長で排水河川の断面拡幅や護岸等を計画する必要がある場合は、ピーク流出量をカットする調整池の設置を検討する。この場合、用水源、土砂だめ等の機能を与えて多目的利用を図る施設とすることが望ましい。

(オ) 排水系統を模式図で示すと次のようになる。



図一Ⅲ・34 排水系統の模式図

(2) 排水路の区分

草地に設ける排水路は、排水系統的観点から通常次のように区分される。

①承水路 ②集水路（支線排水路） ③幹線排水路 ④排水河川

排水路を、人工排水路と自然排水路に区分すれば、一般には①、②、③が人工排水路、④が自然排水路に当たるが、この区分は厳密なものではなく、③、④が自然排水路である場合もある。また、どんな造成整備草地にもこの区分の排水系統による整備がなされるわけではなく、団地の面積、地形等によっては、草地からの排水を承水路で直接、沢等の自然排水路へ落とす場合など幹支線排水路を必要としないことも多い。

ア 承水路

承水路は、ほぼ等高線に平行して設けられる水路であり、地区外承水路と地区内承水路に区分される。

(ア) 地区内承水路は、草地面に降った雨水を直接捕そくして、雨水の流下に伴う水食の危険性を防止し、安全に集水路に導くための水路である。

(イ) 地区外承水路は、地区外からの流出水が地区内へ流入するのを防止して、安全に排除するために設ける水路で、地区境界線に沿って設けられる。

(ウ) これらの水路は、排水計画の中で恒久的に設ける場合と、造成整備工事中及びその直後の草地保全のために一時的に設ける場合とがある。なお、管理用道路等の道路側溝もできるだけ承水路の機能を持たせるようにするとよい。

イ 集水路

(ア) 集水路は、支線排水路ともいわれ承水路や暗渠から流出する水を集めて、等高線にほぼ直角方向に排水する水路であり、尾根部集水路方式と谷部集水路方式とがある。

- (イ) 草地が平坦な場合は、牧区の大きさや草地管理用機械の作業条件とも関連するが、一般的におおむね 200m 間隔に設ける場合が多い。特に改良山成草地においては、集水路の配置計画が水食防止や災害防止の上から極めて重要となるので十分留意する。
- (ウ) 集水路も承水路と同様に、地区外集水路と地区内集水路に区分される場合がある。
- (エ) 道路側溝は、できるだけ集水路として併用できるよう配慮する。

ウ 幹線排水路

- (ア) 幹線排水路は、集水路からの流出水や、地形によっては暗渠からの流出水を集めて、排水河川に放流する水路であり、通常自然の溪流等が利用されることが多い。
- (イ) この水路は、排水量が大きく、また暗渠排水の埋設深との関連で水路敷高も深くなるため、必要に応じて護岸工、落差工、床固め工等の施設設置が必要となる。

エ 排水河川

排水路の区分における排水河川は「河川法」上の河川として国土交通大臣、都道府県知事及び市町村長がそれぞれ指定する一級河川、二級河川及び準用河川並びに普通河川である。

事業において新設又は改修される排水河川以外の排水路の排水は、すべてこの排水河川に流入することになるので、これら排水路の計画においては排水河川の計画洪水位（外水位）を考慮して、計画排水量を安全に排出できるよう検討することが必要である。

一般的に事業において、排水河川の改修を取り込む場合は少ないが、その床下げ、拡幅、あるいは施設の改修等を行う必要性が発生することもあり、この場合には当該河川管理者等と十分協議することが必要である。

(3) 排水路の配置

ア 承水路

承水路は草地面に等高線にはほぼ平行して設置され、上位部からの流出水を捕足して下位部の草地の被害を軽減するため設置するもので、造成整備直後の裸地状態での災害防止に有効である。しかし草地が安定し、侵食に対する安全性が高まれば、営農機械作業の支障となるので逐次撤去する場合も多い。

承水路の設置に当たっては、その間隔・断面・縦断こう配及び延長について、現地の土壌条件・造成整備こう配・気象条件等を十分に検討のうえ決定する。

(ア) 間 隔

承水路の間隔は、現地の諸条件により、面状侵食が進み、リル侵食（降雨による斜面あるいは農地の表面を流下する表面水によりできる細く小さな溝による侵食。）になりはじめる斜面長を推定して決定する。

現地で経験的に採用されている間隔は、標高差 4 m ごとである例が多い。すなわち次式のとおりであるが、これを集約してまとめると、表－Ⅲ・70 のようになる。

$$\beta = 4 \cot \alpha$$

β ：承水路間の水平距離（m）

α ：造成整備こう配（度）

表－Ⅲ・70 承水路の間隔

土 質 造成整備こう配	特殊土壌	普 通 土
	（水平距離、m）	（水平距離、m）
0 ～ 5°	30～40	40～60
6 ～ 12°	20～30	30～40

（注）特殊土壌：シラス、マサ土、国頭マーグ等

普 通 土：砂質土、粘質土、黒ボク等

実際に必要な承水路間隔は、降雨、土質等条件により異なるものであり、上記は標準的な承水路の間隔を示したものである。

(イ) 断面

承水路の断面は集水域内の流出水だけでなく、予想される流亡土砂もなるべく捕捉できる大きさとするのが望ましい。特に法面の天端に設置される承水路は、流出水が越流して法面を洗掘しないような断面が必要である。

(ウ) 縦断こう配及び延長

承水路の構造は、営農機械作業及び工事費の面から素掘り水路又は草生水路とするが、侵食を受けやすいので水路の底こう配は流速が許容流速（土水路で 1.0m/秒、草生水路で 1.5m/秒）以下となるように決定し、通常 1/30～1/50 で計画することが多い。ただし侵食を受けやすい土壌地域では承水路自体の侵食を防ぐため、こう配を緩くしたり、承水路の植生の早期定着をはかったり、適当な材料（植生ネット・植生むしろ・植生アスファルト等）を用いて承水路が植生でおおわれるまでの耐食性を高める検討が必要で、場合によっては鉄筋コンクリート製品等の使用を検討する。

また、水路延長が長くなると、水路下流部で侵食が生じるようになるので、一般には 200～300m を限度としたほうが安全であるといわれている。調査結果によると侵食を受けやすい土壌地域では 100m 程度を限度としている場合が多い。

承水路が原因となる災害は、縦断方向の「中だるみ」部分からの越流と集水路との合流箇所からの越流によるものが大部分をしめており、底こう配の施工管理及び集水路との合流工の設計には十分な配慮が必要である。

イ 集水路

集水路は排水が一番効率良く行えるよう一般に低位部に配置するが、上下流水路との取付・縦断こう配も含めて検討し、その位置を決定する。また、入り込んだ谷・沢部はそのまま利用することも考える。

集水路は一般に流速が大きいので、平面及び縦断こう配の屈曲をできるだけ避け、合流部の構造にも注意して排水が安全に流下するよう配慮する。

草地面がしゅう曲している場合の集水路の配置は、集水路の配置位置によって尾根部集水路方式と谷部集水路方式に分けられる。排水方式の選定は、造成整備前の自然流路、造成整備後の地形及び地盤、草地の配置、道路の配置等を考慮し決定する。

(ア) 尾根部集水路方式

この方式は、尾根部（凸部）に集水路を設け、承水路は谷部から尾根部に向け 1/30～1/50 の下りこう配で集水路に結ぶ方式である。この方式の利点は、地表流出水を谷部に集中しないで尾根部の比較的地盤が安定した部分に集中させるため水食に強いこと、及び水路構造物の安定性の良いことである。欠点としては、草地の高位部に地区外があり、これからの流入水を排除する場合は、既存の沢と連絡していた排水系統を変更しなければならないこと、及び承水路の断面に十分余裕をとって越流による水食防止に配慮する必要があることである。

(イ) 谷部集水路方式

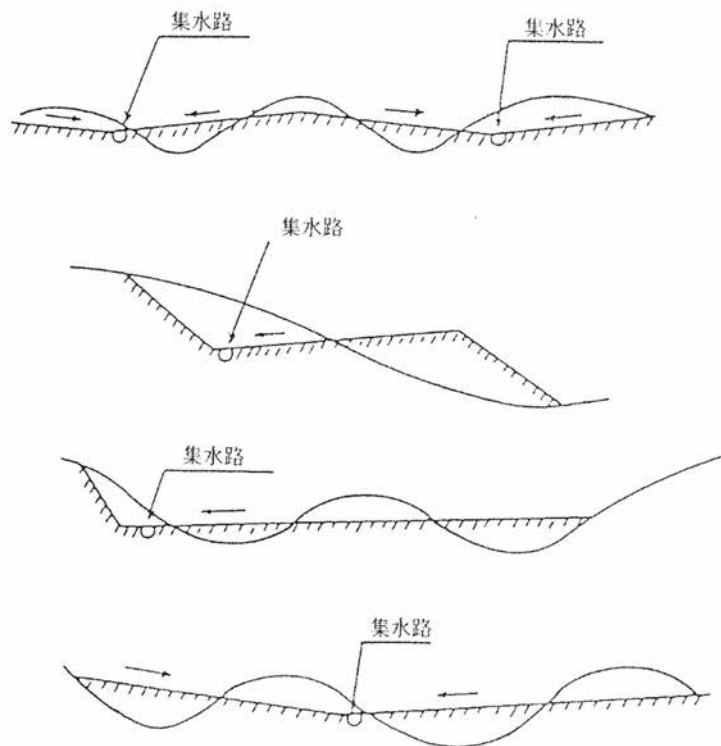
この方式は、谷部（凹部）に集水路を設け、承水路は尾根部から谷部に向け 1/30～1/50 のこう配で集水路に結ぶ方式である。この方式の利点は、既存の排水系統を変更することなく自然に近い状態で排水することで、この方式の適用例が多い。

この方式は、水利慣行の厳しい地方には有利である。

改良山成工で谷部に盛土してこの上に水路構造物を設置し集水することは、盛土が土壌侵食に弱いこと及び盛土の締固め不十分による不等沈下と、これに起因する越流等により災害の引き金になることが多く危険であり、なるべく切土部にこれを設置するよう配慮しなければならない。

(参 考)

集水路の設置位置を図－Ⅲ・35 に示す。



図－Ⅲ・35 集水路の位置

ウ 幹線排水路

幹線排水路の配置は、利用できる自然排水路の位置、現況及び現地の地形あるいは排水河川との関係等を総合的に調査検討して決定する。

幹線排水路の路線は通常、自然流路をあまり変更しない位置を選択する場合が多い。極端に入り込んだ谷・沢部の造成整備は困難なことが多いので、この部分を現状のまま残置し、自然排水路として機能を持たせることは経済的かつ、安全な場合が多い。

5. 2. 2 計画排水量の決定

(1) 計画基準降雨と規模

排水計画の基礎となる計画排水量は、気象観測資料及び気候予測資料を基に定める計画基準降雨によって算定することを基本とする。

なお、計画基準降雨の規模は、原則として10年に1回程度の規模としてよい。

〔解 説〕

ア 計画排水量は受益区域の内部から外部への排水能力の大きさを表す計画上の排水量をいい、計画基準降雨は計画排水量を算定するために基準となる計画上の降雨をいう。

イ 草地は一般に傾斜地が多く、雨水を排水区域内で調整池等により洪水調節することなく、直ちに地区外に排除する場合がほとんどである。このような場合は、ピーク流出量の大小が排水路計画の基礎となるため、洪水到

達時間内の平均有効降雨強度から計画排水量を算定して排水路断面を決定する。

ウ 計画基準降雨は、気象観測資料を用いて確率統計解析により得られた実績降雨に基づく確率降雨量に、気温上昇時の気候予測資料により求めた降雨量変化倍率（過去実績値と将来実験値の確率降雨量の比）を乗じることが基本とし推定するが、既往洪水による被害の実態等を総合的に考慮し、適切な理由があれば、上記の降雨量変化倍率を用いずに近年の降雨資料を用いて推定することも可能である。詳細は「土地改良事業計画設計基準 計画「排水」」を参照すること。

エ 計画基準降雨の規模は、草地を対象とする場合、大規模な河川改修のように既往最大又は数十年に 1 回程度の降雨とすることは費用対効果の面から必ずしも適当ではなく、原則として 10 年に 1 回程度の規模としてよいものとするが、事業地区の下流に民家や重要な施設があり、それが造成整備に起因して明らかに被災するおそれがあるような場合、又は侵食性の特殊な土壌地帯である場合などにおいては、それ以上の規模が必要となる場合があるので、これらの実態を総合的に判断して決めなければならない場合もある。詳細については「土地改良事業計画設計基準 計画「排水」」を参照すること。

(2) 計画排水量の算定

傾斜地における排水路の断面決定の基礎となる計画排水量は、次式から算定する。

$$Q_p = 1 / 3.6 \cdot r_e \cdot A$$

ここに、 Q_p ：計画排水量（ m^3 /秒）

r_e ：洪水到達時間内の平均有効降雨強度（ mm /時）

A ：排水路の集水面積（ km^2 ）

【解 説】

ア 上式は合理式と呼ばれるもので、この式は、①流域内に調整池等による貯留効果がなく、②排水路の流末部付近で外水位による堰上げ現象がなく、③流域面積が $10 km^2$ から $40 km^2$ 以下の場合に適用される。

イ 事業における排水路は、ほとんどが上記①から③の要件を満たすと考えられるので、本式の適用を基準とする。

ウ 計画排水量は、ほぼ同一条件の集水区域を有する承水路、集水路等排水系統別に代表的な地点において算出すればよく、その他の地点についての計画排水量は計算によって得た計画排水量から決まる比流量によって算定してよい。

エ 合理式に基づく計画排水量は、次の手順で計算する。

(ア) 流域面積（ A ）を算定する。（場合によって地目別に算定する。）

(イ) 洪水到達時間（ t_p ）を算定する。

(ウ) 洪水到達時間内の平均有効降雨強度（ r_e ）を算定する。

$$r_e = f_p \cdot r$$

（ピーク流出係数（ f_p ）の決定、平均確率降雨強度（ r ）の算定）

(エ) 計画排水量（ Q_p ）を計算する。

① 地区内幹線排水路等比較的大規模な排水路を計画する場合は、洪水到達時間（ t_p ）を水文観測データによって算定することが望ましいが、承水路、集水路等については以下に述べる計算式によって算定して差し支えない。

なお、実測データに基づいて t_p を求める場合や、一般に角屋の式と呼ばれている実測データによって t_p と r_e を同時に求める方法を用いる場合は「土地改良事業計画設計基準 計画排水」を参考とする。

a ルチハ式

これは、バイエルン地方での経験式で使用に当たっては十分注意する。

$$T = L / W = l / w$$

$$W = 72 (H / L)^{0.6} \quad (\text{km} / \text{時})$$

$$w = 20 (h / l)^{0.6} \quad (\text{m} / \text{秒})$$

ここに、 T ：流路への流入時間を除いた洪水到達時間（hr、秒）

W ：洪水到達速度（km／時、m／秒）

L, l ：常時河谷をなす最上流点から推定しようとする地点までの流路に沿う水平距離（km、m）

H, h ： L, l の水平距離に対応する落差（km、m）

b クラーベンの値

これは、ルチハの式の W を H/L に対応させて表化したもので、表－Ⅲ・71の値となっている。

表－Ⅲ・71 クラーベンの値

H/L	1/100 以上	1/100～1/200	1/200 以下
$W (\text{km/hr})$	3.5	3.0	2.1

c 上記 a 又は b で L, H を計算する場合の上流点は分水嶺でなく、常時河谷をなす最上流点である。また、こう配急変点がある場合には、そこで上下流に分けて到着時間を合算する方法がとられる。

d t_p は、上記の a 又は b の式によって計算された T に、流路への流入時間を斜面の流下速度を 0.3m／秒程度として計算して加えた値とする。

② 洪水到達時間内の平均有効降雨強度（ r_e ）は、次式から求める。

$$r_e = f_p \cdot r$$

ここに、 f_p ：ピーク流出係数

r ：洪水到達時間内の平均降雨強度（mm／時）

a ピーク流出係数（ f_p ）

ピーク流出係数は、洪水到達時間内の降水量に対する流出量の割合で、集水区域内の地形、地質、地被、先行降雨等の諸条件によって異なり、一般の草地においてもその管理利用の状態によって異なる。したがって、ピーク流出係数の決定に当たっては、これら集水区域の性状を十分考慮し、総合的に判断しなければならない。排水計画で従来からよく用いられている値は、物部氏が日本内地の河川の洪水時の値として与えたもので表－Ⅲ・72 のとおりであるが、大きな洪水を対象としており大きな値となる傾向がある。また、この値は表層土の状態によっても変化するので、その場合の値は角屋氏により観測されたもので表－Ⅲ・73 のとおりである。

これらの数値から草地のピーク流出係数は、山岳、丘陵地帯では 0.6～0.8 の範囲が考えられる。また、林野庁基準（参考）を参考にすると良い。

表一Ⅲ・72 従来よりよく用いられてるピーク流出係数

地 形 の 状 態	f p
急しゅんな山地	0.75～0.90
三紀層山地	0.70～0.80
起伏のある土地及び樹林	0.50～0.75
平らな耕地	0.45～0.60
かんがい中の水田	0.70～0.80
山地河川	0.75～0.85
平地小河川	0.45～0.75
流域の半ば以上が平地である大河川	0.50～0.75

表一Ⅲ・73 表層土の状態とピーク流出係数

表層土の状態	f p	備 考
花こう岩質砂質土（表層土の厚い場合）	0.1 ～0.2	（滋賀県）野州川上流、傾斜のある林地
花こう岩質砂質土（表層土の薄い場合）	0.5 ～0.7	（広島県）立花試験地の農地
火山灰滞積土	0.2 ～0.35	（鹿児島県）シラス地帯の畑地
古生層中生層など表層土の厚い山地丘陵地	0.5 ～0.7	（京都府）鴨川、林地の中に農地が点在し 流域・120 km ² 程度
第三紀第四紀など表層土の薄い山地丘陵地	0.6 ～0.8	（京都府）小畑川、30％程度農地を含む林 地流域 1.3 ～12km ²
舗装率の高い市街地	0.9 ～1.0	（京都府）天神川

b 洪水到達時間（t p）内の平均降雨強度（r）

- a) r の値は、t p 内に降る計画確率年に対応する雨量を時間当たりの降雨強度に換算したもので、mm／時の単位で表わされる。

この値は、長期の降雨量の資料から水文統計学的手法を応用して、計画の確率年に相当するものを求めるのが望ましい。しかし、事業においては、この方法に要する長期にわたる短時間降雨記録の得られる地区は少なく、その解析手法もはん雑なため、その地域の降雨特性を正確に把握する必要がある場合など特殊な地区を除いては、この実測値による方法によらず特性係数法によることができるものとする。

これについては本法は、洪水到達時間が2時間以内であれば適用されるものとされており、この方法の使用のために長期の雨量記録から地域的にそれに必要な係数（特性係数）が整理されていることによるものである。

- b) 特性係数法による r は、次式から求める。

$$r = R_n \times \beta_n^{tp}$$

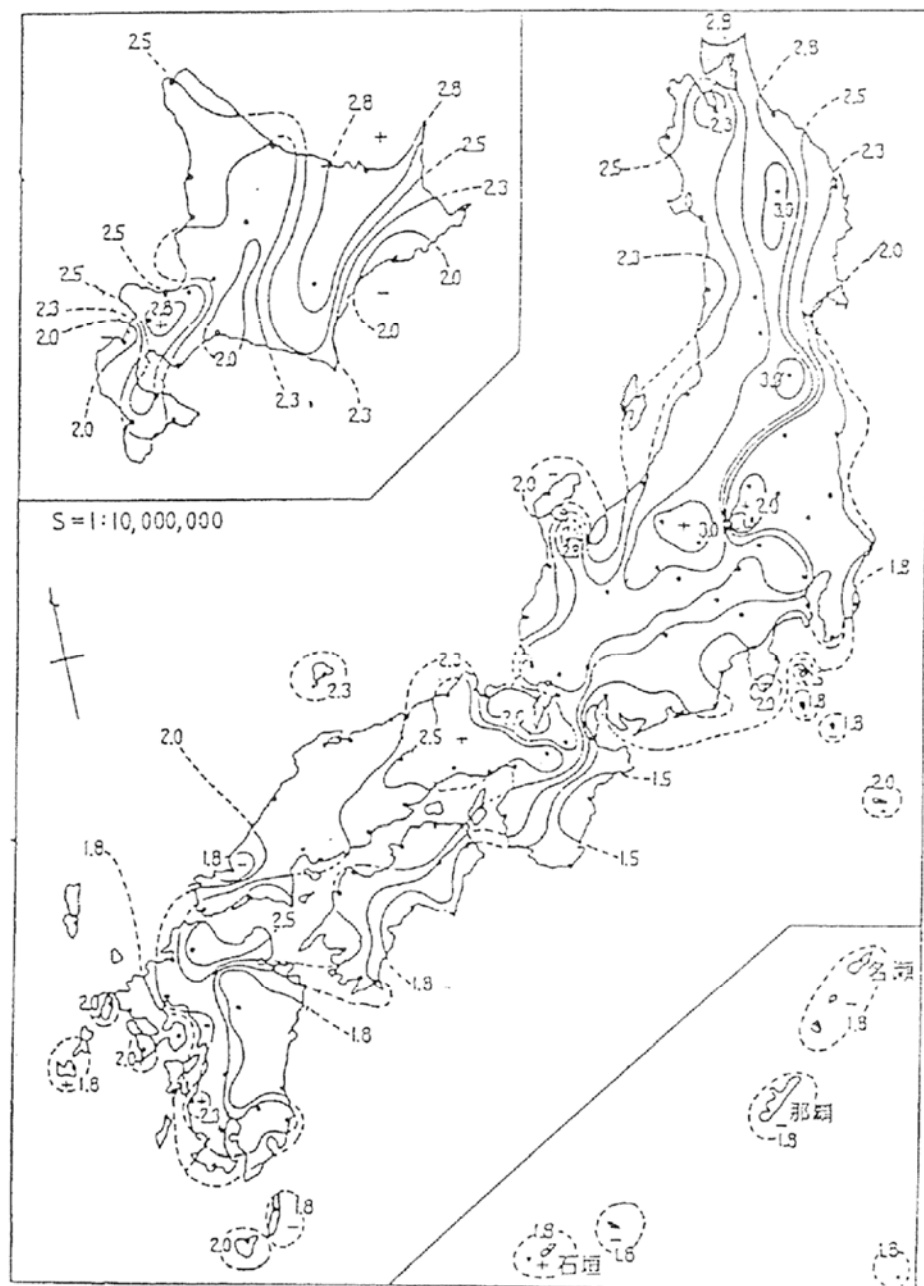
ここに、R n：n年確率の1時間雨量（mm／時）

β_n^{tp} ：R nに対する洪水到達時間 t p（分）内の雨量の比

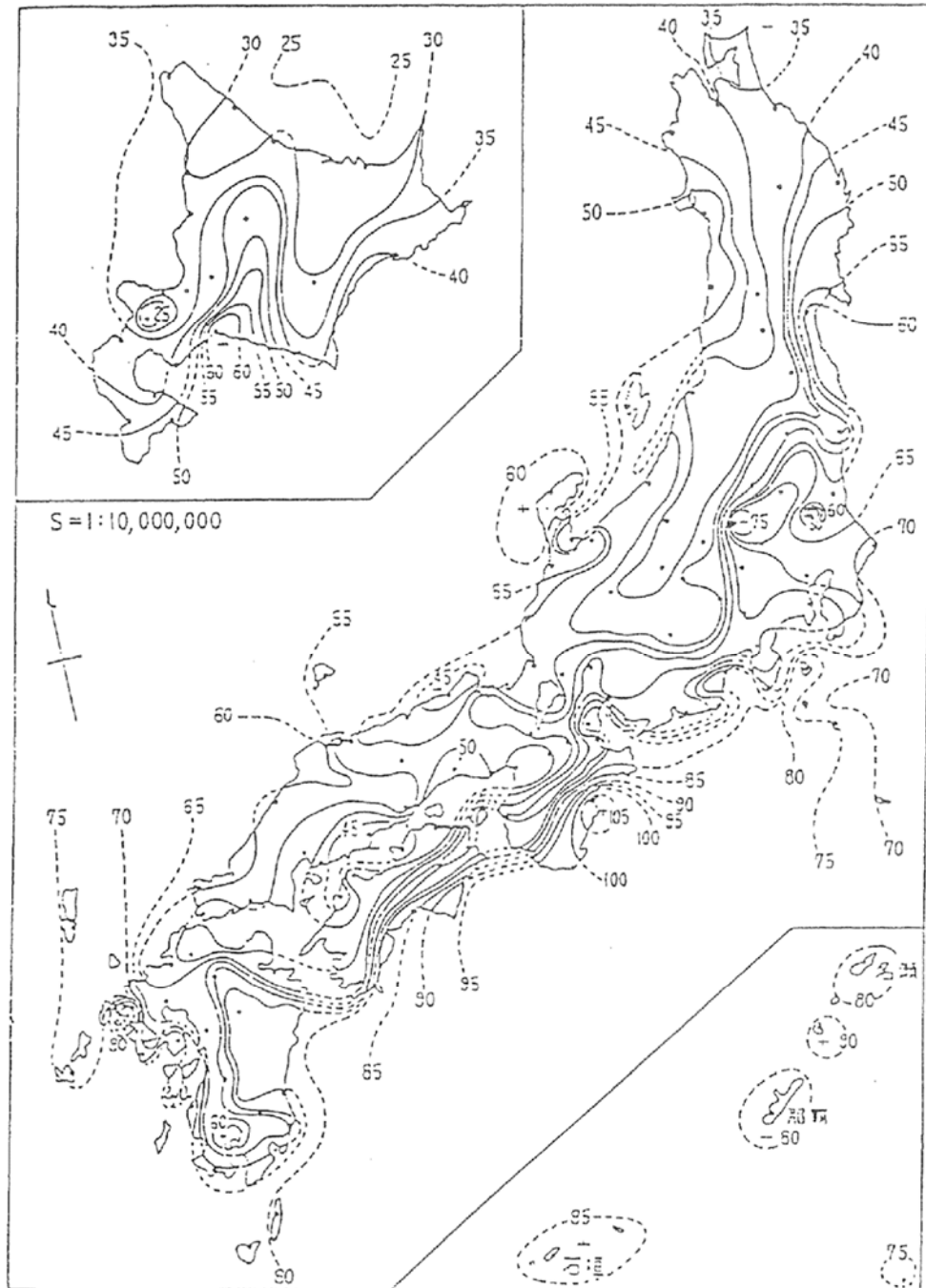
なお、R n： β_n^{tp} は、以下の手順によって求める。

- 1) 計画地において設定された計画確率年（ n 年）に対応する R_n と β_n^{10} (R_n に対する n 年確率の 10 分間雨量の比) を、それぞれ全国分布図から求める（10 年確率の場合図－Ⅲ・36 及び図－Ⅲ・37 参照）
- 2) 当該地区の降雨強度式型を図－Ⅲ・38 から求める。（強度式型は次の 3 種のうちから選ぶ。）
 タルボット型： $I = a / (t_p + b)$ シャーマン型： $I = a / t_p^m$
 石黒型： $I = a / (\sqrt{t_p} \pm b)$
 a 、 b 、 m はいずれも地方定数である。
- 3) 1) で求めた β_n^{10} の値に一番近い値を、表－Ⅲ・74 において、2) で選定した強度式型に対応する β_n^{10} の欄から見つけ、それに対応する β_n の式を求める。
- 4) 3) で求めた β_n の式の t に、洪水到達時間 t_p （分）の値を代入して求めた値が β_n^{tp} である。
- 5) 1) で求めた R_n に④で求めた β_n^{tp} を乗じて r を求める。

オ 計画排水量の決定に当たって隣接の草地造成整備地区での計算、流出実績等があれば参考にするとよい。



図一Ⅲ・36 10年確率特性係数 β_{10}^{10} の分布図

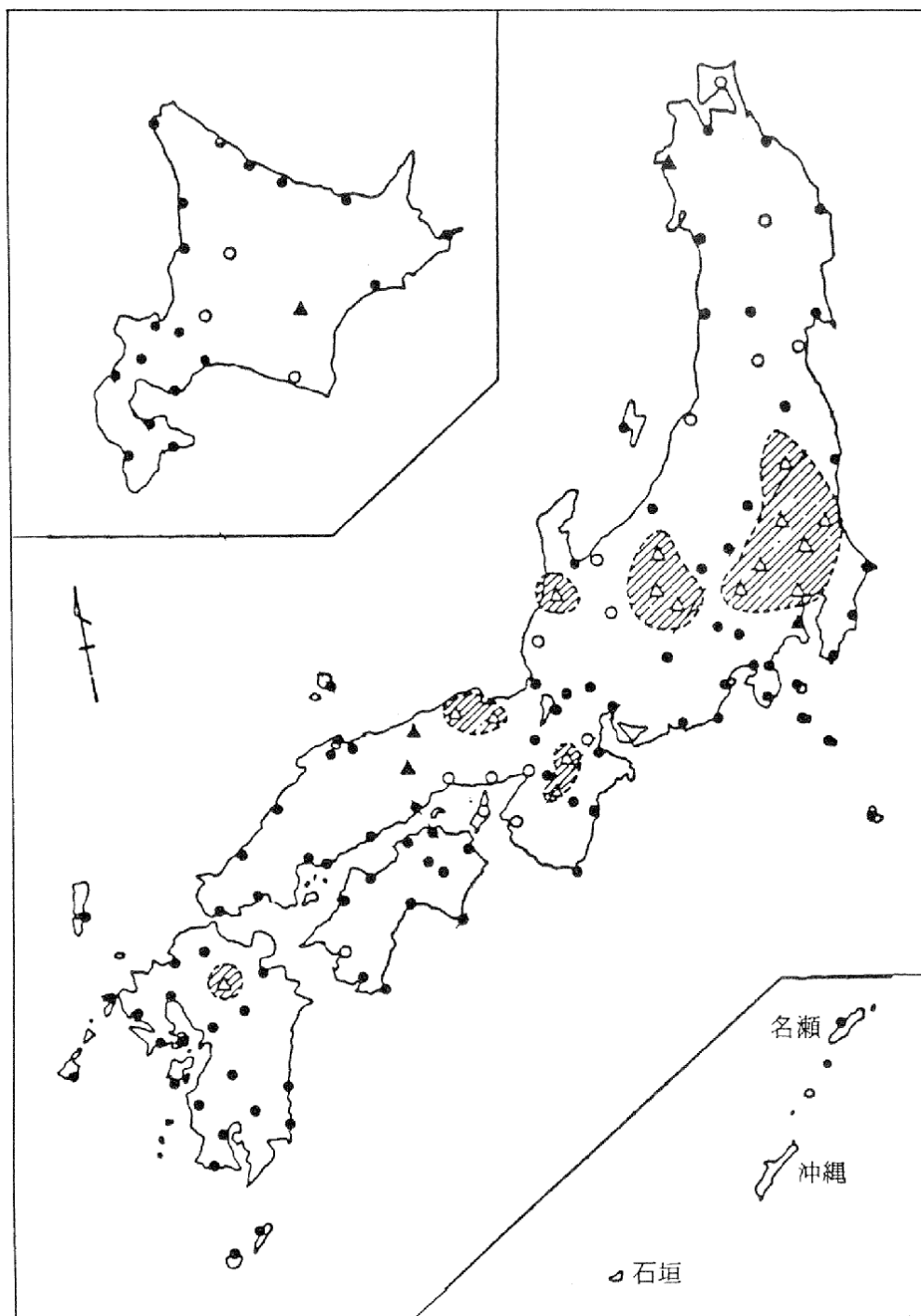


図一Ⅲ・37 10年確率時間雨量 R_{10} の分布図

(注) 計画確率年を10年以外とする場合などにおいては、「応用水文統計学（岩井、石黒）」を参照するとよい。

表Ⅲ・74 特性係数 β_n の式を求める表

No.	タルボット型		シャーマン型		石 黒 型	
	β_n の式	β_n^{10}	β_n の式	β_n^{10}	β_n の式	β_n^{10}
1	$\frac{260}{t+200}$	1.24	$\frac{2.77}{t^{0.20}}$	1.43	$\frac{13.75}{\sqrt{t+6.0}}$	1.50
2	$\frac{210}{t+150}$	1.31	$\frac{2.51}{t^{0.23}}$	1.50	$\frac{12.75}{\sqrt{t+5.0}}$	1.56
3	$\frac{160}{t+100}$	1.45	$\frac{2.78}{t^{0.25}}$	1.57	$\frac{11.75}{\sqrt{t+4.0}}$	1.64
4	$\frac{155}{t+95}$	1.48	$\frac{2.98}{t^{0.26}}$	1.60	$\frac{10.75}{\sqrt{t+3.0}}$	1.75
5	$\frac{150}{t+90}$	1.50	$\frac{3.42}{t^{0.30}}$	1.71	$\frac{9.75}{\sqrt{t+2.0}}$	1.89
6	$\frac{145}{t+85}$	1.52	$\frac{3.82}{t^{0.32}}$	1.80	$\frac{9.25}{\sqrt{t+1.5}}$	1.99
7	$\frac{140}{t+80}$	1.55	$\frac{4.19}{t^{0.35}}$	1.87	$\frac{9.15}{\sqrt{t+1.4}}$	2.01
8	$\frac{135}{t+75}$	1.59	$\frac{4.93}{t^{0.38}}$	2.00	$\frac{9.05}{\sqrt{t+1.3}}$	2.03
9	$\frac{130}{t+70}$	1.63	$\frac{5.14}{t^{0.40}}$	2.05	$\frac{8.75}{\sqrt{t+1.0}}$	2.10
10	$\frac{125}{t+65}$	1.67	$\frac{6.31}{t^{0.45}}$	2.24	$\frac{8.25}{\sqrt{t+0.5}}$	2.25
11	$\frac{120}{t+60}$	1.71	$\frac{6.80}{t^{0.47}}$	2.30	$\frac{8.05}{\sqrt{t+0.3}}$	2.33
12	$\frac{115}{t+55}$	1.77	$\frac{7.75}{t^{0.50}}$	2.45	$\frac{7.85}{\sqrt{t+0.1}}$	2.41
13	$\frac{110}{t+50}$	1.83	$\frac{8.00}{t^{0.52}}$	2.50	$\frac{7.75}{\sqrt{t}}$	2.45
14	$\frac{105}{t+45}$	1.91	$\frac{9.50}{t^{0.55}}$	2.68	$\frac{7.65-0.1}{\sqrt{t-0.1}}$	2.50
15	$\frac{100}{t+40}$	2.00	$\frac{10.80}{t^{0.58}}$	2.80	$\frac{7.45}{\sqrt{t-0.3}}$	2.61
16	$\frac{95}{t+35}$	2.11	$\frac{11.66}{t^{0.60}}$	2.93	$\frac{7.25}{\sqrt{t-0.5}}$	2.73
17	$\frac{90}{t+30}$	2.25	$\frac{12.50}{t^{0.61}}$	3.00	$\frac{6.75}{\sqrt{t-1.0}}$	3.13
18	$\frac{85}{t+25}$	2.43	$\frac{14.31}{t^{0.65}}$	3.20	$\frac{6.45}{\sqrt{t-1.3}}$	3.47
19	$\frac{80}{t+20}$	2.67	$\frac{17.56}{t^{0.70}}$	3.51	$\frac{6.35}{\sqrt{t-1.4}}$	3.61
20	$\frac{75}{t+15}$	3.00	$\frac{21.55}{t^{0.75}}$	3.83	$\frac{6.25}{\sqrt{t-1.5}}$	3.77
21	$\frac{70}{t+10}$	3.50				
22	$\frac{65}{t+5}$	4.33				



(注)

- : $I = a / (\sqrt{t_p} \pm b)$ の最適地点
- : $I = a / t_p^m$ が第1位
- ▲ : $I = a / (t_p + b)$ が第1位なるも他の式と大差なし
- △ : $I = a / (t_p + b)$ の最適地点

図-Ⅲ・38 降雨強度式型・適合度検定分布図

(参 考)

林野庁基準（抜粋） ※「開発行為の許可基準の運用細則について（平成 14 年 5 月 8 日付け 14 林整治第 25 号 林野庁長官から各都道府県知事あて）」

開発行為の許可基準の運用細則第 2. 7 によると、排水施設について、次のように定められている。

(1) 排水施設の断面は、次によるものであること。

ア 排水施設の断面は、計画流量の排水が可能になるように余裕をみて定められていること。

この場合、計画流量は、次の(ア) 及び(イ) により、流速は原則としてマニング式により求められていること。

(ア) 排水施設の計画に用いる雨水流出量は、原則として次式により算出されていること。ただし、降雨量と流出量の関係が別途高い精度で求められている場合には、単位図法等によって算出することができる。

$$Q=1/360 \cdot f \cdot r \cdot A$$

Q：雨水流出量（m³/秒）

f：流出係数

r：設計雨量強度（mm/時）

A：集水区域面積（ha）

(イ) 前式の適用に当たっては、次の①から③までによるものであること。

① 流出係数は、表－Ⅲ・75 を参考として定められていること。

② 設計雨量強度は、次の③による単位時間の 10 年確率で想定される雨量強度とされていること。

③ 単位時間は、到達時間を勘案して求めた表－Ⅲ・76 を参考として用いられていること。

表－Ⅲ・75 流出係数表

区分 地表状態	浸透能小	浸透能中	浸透能大
林地	0.6～0.7	0.5～0.6	0.3～0.5
草地	0.7～0.8	0.6～0.7	0.4～0.6
耕地	—	0.7～0.8	0.5～0.7
裸地	1.0	0.9～1.0	0.8～0.9

表－Ⅲ・76 設計雨量強度単位時間表

流域面積	単位時間
50 ヘクタール以下	10 分
100 ヘクタール以下	20 分
500 ヘクタール以下	30 分

イ 雨水のほか、土砂等の流入が見込まれる場合又は排水施設の設置箇所からみていつ水による影響の大きい場合にあっては、排水施設の断面は、必要に応じてアに定めるものより大きく定められていること。

(2) 排水施設の構造等は、次によるものであること。

ア 排水施設は、立地条件等を勘案して、その目的及び必要性に応じた堅固で耐久力を有する構造であり、漏水が最少限度となるように措置されていること。

イ 排水施設のうち暗渠である構造の部分には、維持管理上必要な柵又はマンホールの設置等の措置が講ぜら

れていること。

ウ 放流によって地盤が洗掘される恐れがある場合には、水叩きの設置その他の措置が適切に講ぜられていること。

エ 排水施設は、排水量が少なく土砂の流出又は崩壊を発生させる恐れがない場合を除き、排水を河川等、又は他の排水施設等まで導くように計画されていること。

ただし、河川等又は他の排水施設等に排水を導く場合には、当該河川等又は他の排水施設等の管理者の同意を得ているものであること。

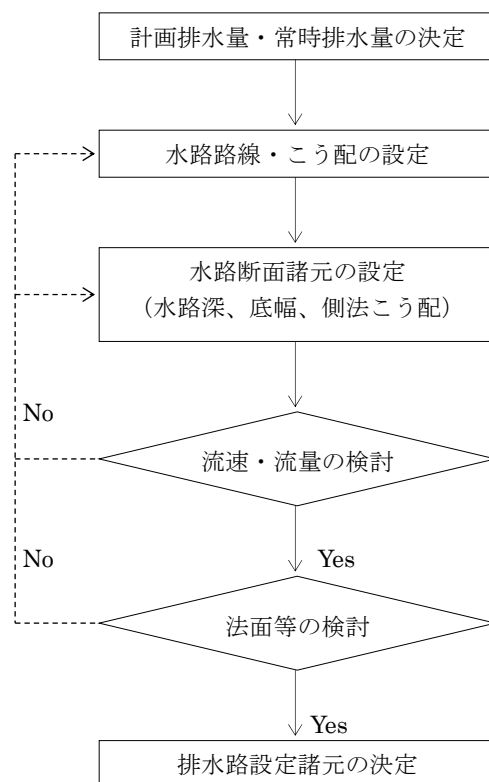
5. 2. 3 排水路の設計

(1) 排水路設計の基本

排水路は、計画排水量を安全に排除するとともに、常時の流出水を適切に流下させるという二つの機能を果たすことが必要で、計画排水量と常時の排水量を基に、現地の条件に適合した適正な水路こう配と水路断面等排水路の設計諸元を決定する。

【解 説】

排水路の設計諸元は、一般に図一Ⅲ・39 の手順によって決める。



図一Ⅲ・39 排水路設計諸元の決定手順

(2) 水路路線・こう配の決定

排水路は、地区の排水が一番効率よく行われるような位置に配置する。水路こう配は、集水区域内の草地面標高、地形、関連する排水河川等によって規定されることが多いが、一般には許容最大流速の範囲内で急なものほど望ましい。

〔解 説〕

ア 排水路の位置はできるだけ低位部がよいが、上下流水路との取付、地形、水路線形等も考慮して決定する。
 イ 水路のこう配がきつく、許容最大流速を超えるような場合には、落差工、急流工等を設けることにより、こう配を緩和したり、ライニング（腐食・摩耗などの防止のために、あるものの内側に他の材料をはりつけること。）によって許容最大流速を増すようにする。

ウ 緩こう配では、流域から流出した土砂が堆積し、また雑草等の繁茂によって水路の通水能力が著しく減少する場合が起こりやすい。したがって、許容流速以内で通水障害物を掃流するだけの流速が必要である。

エ 計画する水路こう配（水路底のこう配）は、基本的には集水区域内の草地面の標高から計画排水量流下時の計画水位を決定し、これから計画水深を差し引いたものとして定まるが、下記の条件も満足するものでなければならない。

（ア）計画水位は、水路に沿う草地面標高を超えてはならない。

（イ）水路底は、暗渠からの流出水等常時の流出水の排除に支障のない高さとする必要がある。

（ウ）水路こう配の変化点は、他の排水路との合流地点程度にし、細分化は避ける。

オ ここで設定された水路こう配と「(3) 水路断面の決定」において設定された水路断面において「(4) 流量計算」の方法で計算される計画排水量流下時の流速は、許容最大流速を超えてはならない。

許容最大流速は、水路内面を構成する材料によって、表－Ⅲ・77 の値を基準とするが、一時的な流れとして発生する場合の流速としては、同表の数値の 1.5 倍までを許容する。また、コンクリートの厚さを増すとか鉄筋で補強する場合は特に流速を制限しない。

なお草生水路における標準的な許容流速は、一様によく被覆されている耐侵食性の土壌の場合で 2 m/秒、同じく侵食されやすい土壌の場合で 1 m/秒程度である。

表－Ⅲ・77 許容最大流量

種 別	流速(m/秒)	種 別	流速(m/秒)
砂質土	0.45	厚いコンクリート（18cm 程度）	3.00
砂質ローム	0.60	薄いコンクリート（10cm 程度）	1.50
ローム	0.70	アスファルト	1.00
粘質ローム	0.90	ブロック空積み（控30cm 以下）	1.50
粘土	1.00	〃 （控30cm 以上）	2.00
砂まじり粘土	1.20	ブロック練積み	2.50
軟岩	2.00	鉄筋コンクリート管	3.00
		鋼管・ダクタイル鋳物鉄管	
中硬岩	2.50	（塩化ビニール管・強化プラスチック複合管・ポリエステル管）	5.00
硬岩	3.00	コンクリート 2 次製品水路（柵渠を除く）	3.00

(3) 水路断面の決定

水路断面は、水路勾配、土質などの条件によって計画排水量及び常時排水量を安全かつ適切に排除できるよう決める。

【解 説】

ア 水路断面の諸元は、水路深、水路底幅及び側法こう配であるが、これらは水路こう配とともに水路の排水能力を決める要素であるので、その決定に当たってはこれらを総合的に考慮することが必要である。

イ 計画排水量の排水能力検討のための流量計算は「(4) 流量計算」によって行う。

ウ イの計算に先立って、計画水深、水路底幅及び側法こう配を設定しなければならない。

計画水深は「(2) 水路路線・こう配の決定」で設定した水路こう配と計画水位によって、水路底幅は用地と施工方法等によって、また側法こう配は水路の種類等から設定される。

土水路における側法こう配の標準値は表一Ⅲ・78のとおりである。

表一Ⅲ・78 土水路の側法こう配（割）

土 質	切 土	盛土（表法）	盛土（裏法）
砂質土	1.5～2.0	2.0～2.5	2.0
砂礫土	1.0～1.5	1.5～2.0	2.0
ローム	} 0.5～1.0	} 1.0～2.0	} 1.5
粘質土			
礫まじり粘土			
岩	0～0.5	—	—

エ 水理学的には、ある一定の水路こう配と通水断面において流速が最大となる水深、水路底幅及び側法こう配の組合せ（水理的有利断面）があり、ウにおける諸元決定上現地の条件を満たす範囲でこの水理的有利断面による検討を行うことが望ましい。

オ 余裕高（フリーボード）

排水路を洪水が流下する際に、漂流物による堰上げ、背水や波動発生による水位変動に対するあるいは水路の粗度係数の変化等に対する水理上の安全を確保するために、設計水面上に余裕高を見込む。特に、いったん越流すると水路や周辺部の破壊が著しく、修復に多大の経費を要する場合には、十分な余裕高を見込まなければならない。

余裕高の算定方法は、鉄筋コンクリート二次製品水路等小排水路を除き次式を目安として、現地の実情に合った数値を与えるものとする。

なお、余裕高を含んだ断面での通水可能量を、計画排水量で除した値が 1.2 を下まわらないものとする。

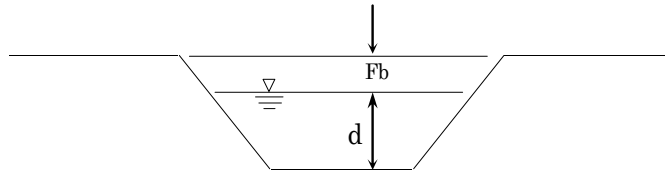
(ア) 土水路、草生水路、複合断面水路

$$F b = 0.05 d + h v + (0.05 \sim 0.15)$$

ここに F b : 余裕高 (m)

d : 計画排水量に対する水深 (m)

h v : 速度水頭 ($= V^2 / 2 g$) (m)



図－Ⅲ・40 土水路、草生水路、複合断面水路の余裕高

(イ) フルーム

a 常 流

$$Fb = 0.07d + h_v + (0.05 \sim 0.15)$$

b 射 流

$$Fb = C \cdot V \cdot d^{1/2}$$

ここに Fb : 余裕高 (m)

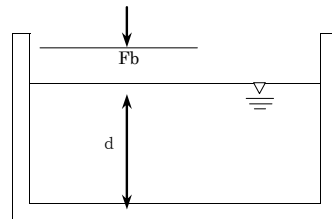
d : 計画排水量に対する水深 (m)

h_v : 速度水頭 ($= V^2 / 2g$) (m)

V : 流速 (m/s)

C : 係数 直壁 C = 0.10

斜壁 C = 0.13



図－Ⅲ・41 フルームの余裕高

カ 断面の変化

計画水路断面は、計画排水量の 1/4 程度の変化がでる場合に变化させることを原則とする。

(4) 流量計算

排水路の流量計算は、原則としてマンニングの平均流速公式を用いる。

$$V = 1 / n \cdot R^{2/3} \cdot I^{1/2} \text{ (m/秒)}$$

$$Q = A \cdot V \text{ (m}^3\text{/秒)}$$

ここに、V : 平均流速 (m/秒)

n : 粗度係数

$$R : \text{径深、} R = \frac{\text{通水断面積 (A)}}{\text{潤辺 (P)}} \text{ (m)}$$

I : エネルギーこう配

Q : 流量 (m³/秒)

〔解 説〕

ア 水路内の流速は同一通水断面内においても異なり、単位時間にその断面を通過する流量を断面で割った値を平均流速というが、マンニングの公式は開水路における平均流速の計算に広く使用されているものである。

イ 上式の使用に当たって重要なことは、粗度係数 n の選定である。粗度係数は、表面粗度、草生の状態、水路の湾曲の程度、不規則性等多くの要素によって変化するので、決定に当たっては十分検討することが必要である。また、流速が極めて遅い場合や径深が小さい場合は、大き目の粗度係数をとることが必要である。

流量計算で採用する n の標準的な値は、表－Ⅲ・79のとおりである。

表－Ⅲ・79 粗度係数

水路・河川の状況			粗度係数の 標 準 値	水路・河川の状況			粗度係数の 標 準 値
土	1 直線で一樣な場合		組 立 柵 工 水 路	10 柵工水路			
	(1)雑草なし	0.022		(1)アームの突起なし	0.022		
	(2)短い草はあるが雑草は少ない	0.027		(2) " あり	0.030		
水	2 湾曲し一樣でない場合		自 然	11 山地流路で砂利、玉石		0.040	
	(1)雑草なし	0.025		12 山地流路で大玉石	0.050		
	(2)若干の雑草あり	} 0.030		13 平野小流路、雑草なく直線	0.030		
(3)底面土、側面粗石	} 0.035		14 平野小流路、石、雑草あり直線	0.035			
路		(4)雑草又は水草密生	} 0.035	15 平野小流路、雑草なく、だ行	0.040		
	(5)底面石、側面雑草	16 平野小流路、石、雑草あり、だ行		0.045			
	3 草生水路	0.040					
石 水 路	4 粗石練積み	0.025	水 兼 道 路	17 コンクリート舗装			
	5 粗石空積み	0.032		(1) 滑 面	0.015		
ブ ロ ッ ク 水 路	6 コンクリートブロック 積み (目地平滑)	0.016		(2) 粗 面	0.017		
	7 コンクリートブロック 積み (目地不勘)	0.017		18 アスファルト舗装			
コン ク リ ー ト 水 路	8 コンクリート 水路	0.015		(1) 滑 面	0.014		
	9 コンクリート 二次製品	0.014		(2) 粗 面	0.017		

(注) 「土地改良事業計画設計基準 設計 水路工」参照

(5) 排水路の構造

排水路は、計画排水量を安全に流下させ、流出水による侵食に耐え、水路の維持管理に便利な構造とする。

〔解 説〕

ア 承水路の構造

(ア) 承水路は、台形又は広幅テラス状の土水路が標準で、施工後の侵食防止を図るために草生被覆することが

望ましい。

(イ) 承水路には集水域内の流出水だけでなく、流亡土砂の堆積が予想されるので、断面の大きさ及び堆砂スペースとしての草地側へのグリーンベルトの設置等の配慮が必要である。

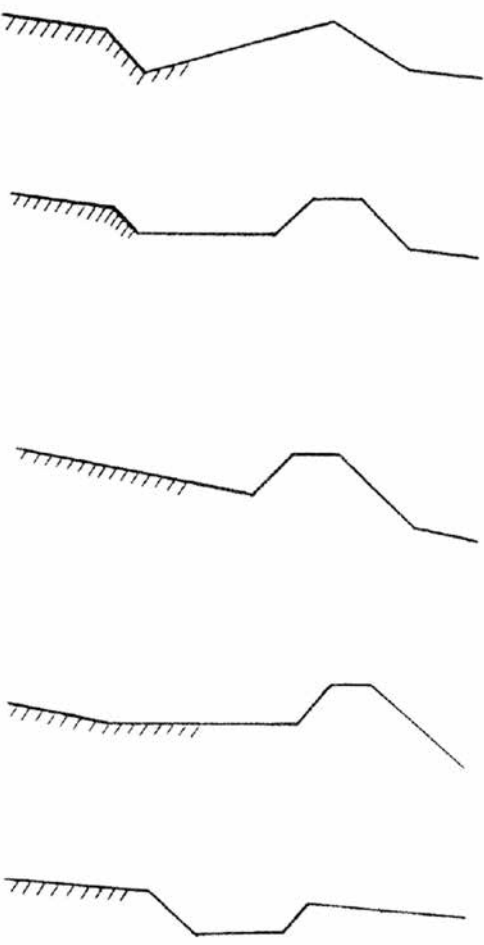
(ウ) 急傾斜地や特殊な土壌地帯では水路内浸透を防止する意味から、コンクリート又はソイルセメントで被覆するか、コンクリート二次製品水路等の使用を検討する。

(エ) 法面の天端に設置される承水路は、流出水が越流して法面を洗掘しないよう十分検討する。

(オ) 承水路と集水路の合流部は、確実に集水路に導く構造とする。

(参 考)

承水路の施工方法と実施例を図－Ⅲ・42 と図－Ⅲ・43 に示す。

型 式	施 工 方 法
	①草地面に等高線と平行方向に設置する。 ②ブルドーザ覆帯転圧による締固め、人力盛土、機械掘削等で施工する。 ③広幅に排水面を確保することにより土砂の貯留効果、流出水の浸透促進効果、潤辺の増加による流速のてい減効果を持たせることができる。 ④種子を混入したアスファルト乳剤を水路に吹付けたり、植生ネット等で初期の侵食を防ぎ、草生水路とする場合もある。

図－Ⅲ・42 承水路の施工方法

名 称	略 図	仕 様
ビニール張り承水路		シラス地帯 こう配1/30～1/50 1本当たり延長100m以内
承水路 (A) (草地面用)		マサ土 (マージ) 地帯 こう配1/30～1/70 1本当たり延長50～80m広 幅水路なので貯留機能があ る。
承水路 (B) (切土のり尻用)		マサ土地帯 こう配1/30～1/70
承水路 (C) (盛土のり肩)		マサ土地帯 こう配1/30～1/70 1本当たり延長50～80m堤 体を粘質土とする。
承水路 (C)' (切土のり肩)		マサ土地帯 こう配1/30～1/70 1本当たり延長50～80m堤 体を粘質土とする。

図－Ⅲ・43 承水路 (例)

イ 集水路の構造

(7) 集水路は、一般に流速が大きくなるので、屈曲部、こう配変化点をできるだけ少なくし、流出水が円滑に流下する構造とする。一般に鉄筋コンクリート二次製品、柵工等流速に耐える構造とすることが多い。その場合、水路の裏側が洗掘されないように水路両側にウィングを出すなどの措置をする必要がある。なお、現地の地形及び地下水位の高低にもよるが、水路の裏込めに砂、砂利等を用いると、かえって水みちとなって水路裏面の洗掘を誘発させる場合があるので注意を要する。

(4) 集水路の断面形状は、低水敷部は鉄筋コンクリート二次製品水路とし、高水敷部は草生等とする複合断面水路や水路こう配が急な場合には鉄筋コンクリート二次製品などによる被覆断面で計画排水量を流下させる単

一断面水路とがあり、それぞれの特徴と現地条件を検討して決定する。

(ウ) 落差工や急流工を設けて流速を減殺する場合は、特に構造物の下流側は跳水、越波によって水路の洗掘が生じやすいので、取付の方法・長さについては十分検討し、静水池を設けるなどして水路ぎわの侵食を防止する。

(エ) 水路の屈曲部、合流部等には落差工、土砂だめ等の機能を兼ねた、接合柵、合流柵等を設置するが、下流への取付を十分検討する。

(オ) 水路の湾曲部、水路こう配変化点では跳水が生じやすいので水路のかさ上げ、ふた等の設置を行う。

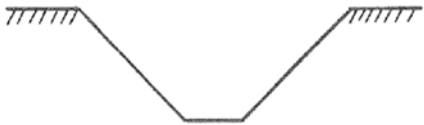
ウ 幹線排水路の構造

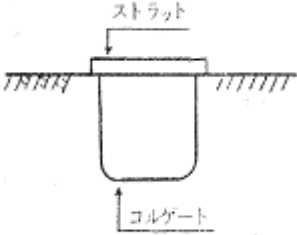
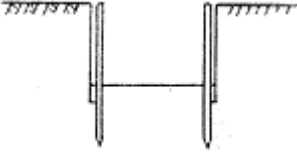
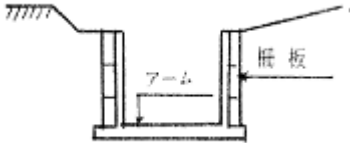
(ア) 幹線排水路は、流量も多く流速も大きいので、水路構造としては三面張又は二面張コンクリート水路、ブロック積水路、柵工水路、L型水路等とし、現地の状況に応じて決定する。

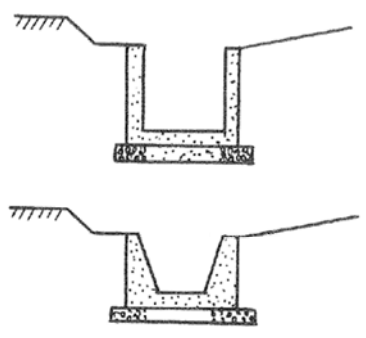
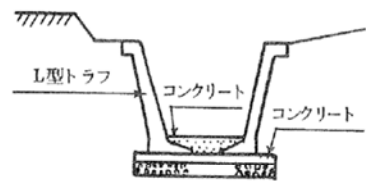
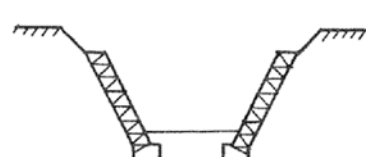
(イ) 集水路と幹線排水路又は幹線排水路と排水河川との合流部に高低差のある場合は、流末工として急流工及び落差工で流下させ、洗掘防止のためのふとん籠・じゃ籠等を落口に設置して合流部の安定を図る。

(参 考)

集水路・幹線排水路の種類と特徴を図－Ⅲ・44 に示す。

種 類	標 準 図	特 徴
1. 土水路（素掘水路）		①施工が容易で工事費が安い。 ②こう配のゆるやかな場所で広く行われている。 ③張芝・種子吹付・ビニール被覆等で洗掘防止効果を高めることがある。
2. 保護水路		①土水路・承水路の急こう配箇所及び合流箇所に設置されよく機能している事例がある。
3. 鉄筋コンクリート二次製品を用いた水路		①水路底が平面で座りがよく、施工が容易。 ②断面規格の数が多く、小排水路として使用するには最も適している。 ③他のコンクリート二次製品水路と比較して一般的に経済的である。 ④許容載荷重強度が大きく、道路沿いに設ける集水路として使用できる。 ⑤降雨時の一時的排水路としては射流水路としても適用できる。

種 類	標 準 図	特 徴
4. コルゲート U 字フリューム水路		①軽量で揚圧力にきわめて弱いので、小断面を除き埋設して使用するのは好ましくない。 ②個断面では比較的高価である。 ③許容載荷重が小さいので少し断面が大きくなるとストラットが必要になる。 ④ボルト締めで接続するので、継目からの浸水崩壊が少ない。 ⑤曲線部、こう配変化部特異点に対応することが困難。 ⑥急こう配部に適する。
5. マット柵工水路		①マット柵工の強度が流水の流速及び侵食力に対して抗しきれない場合がある。
6. コンクリートライニング水路		①施工に手間がかかり、品質を均一化することが困難。 ②地盤の軟弱な箇所には不適。 ③凍上に弱い。
7. 鉄筋コンクリート製の組立柵工を用いた水路		①湿潤地盤でも特別の基礎工を必要としない。 ②目地施工がなく、施工が容易で寒冷期施工も可能。 ③側壁からの湧水が容易に水路へ浸透する。 ④同一断面積では現場打水路等他の水路に比較して一般的に工事費が安い。 ⑤底面をコンクリートライニングまたは栗石張にすることにより、洗掘を防止できるほか許容流速を大きくすることができる。

種 類	標 準 図	特 徴
8. 現場打コンクリート水路		①小断面は無筋・大断面は鉄筋コンクリートとする。 ②曲線でも施工でき許容流速を大きくすることができる。 ③施工延長が短い場合に適する。 ④施工手間がかかる。 ⑤寒冷期施工が困難。 ⑥工事費が比較的高い。 ⑦地盤の軟弱な箇所には不適。
9. L 型 水 路		①水路幅を調整することができ、現場条件、水利条件に的確に対応できる。 ②現場打コンクリートに比較して施工性がよく、また寒冷期の施工にも適する。
10. ブロック積水路		①水路幅を調整でき現場条件に対応できる。 ②自然排水路の改修によく使用する。 ③施工性がよい。 ④底面は一般に土砂で急こう配部には不適。

図－Ⅲ・44 排水路の種類と特徴

(6) 水路付帯構造物

排水路には、草地からの流出水を安全に排除し、水路の維持管理を容易にするため、土砂だめ、落差工等の付帯施設の設置を現地の実情に合わせて計画する。

〔解 説〕

造成整備地からの流出水は、一般に土砂を含んでいるので、排水路には適当な位置に土砂だめを設け、できるだけ流出水だけを排水するようにする。特に、施工中とか造成整備初期においては土壤侵食による土砂量が多く、また法面の局部崩壊があるなど排水路のみでは流出土砂に対処しきれない場合が多い。

ア 落差工、急流工

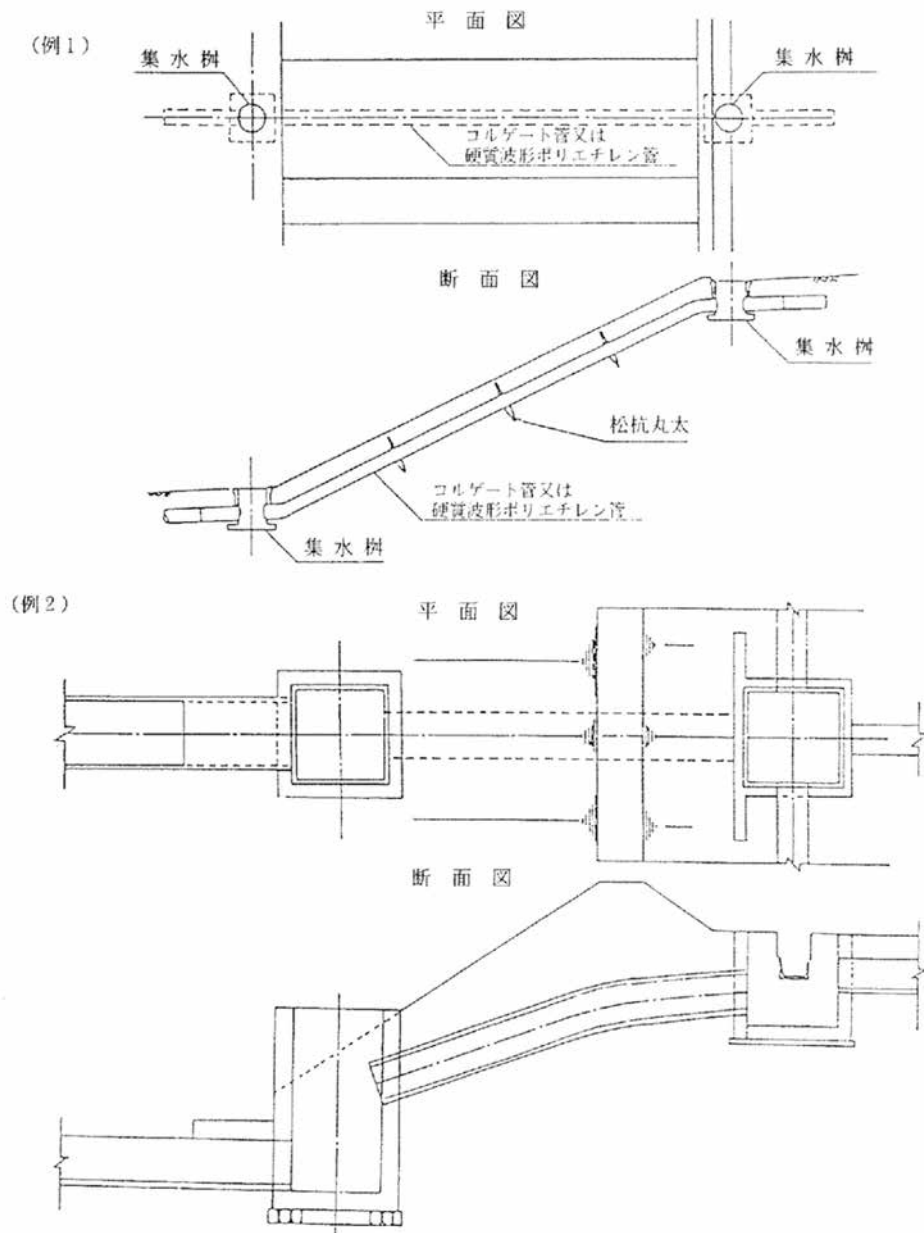
落差工は、排水路の安全な機能保持のために水路中のこう配配分で処理できない余剰落差を調整する構造物であり、水路中でも大きなエネルギーの集中する箇所であるから、位置、構造には十分注意する必要がある。

地形や水路の条件によっては、多段式の落差工が必要となる場合があるが、その場合には急流工との比較検討によって有利な方を採用する。

法面部では急流工がよく使用される。

(参 考)

急流工の実施例を図－Ⅲ・45 に示す。



図－Ⅲ・45 急流工 (例)

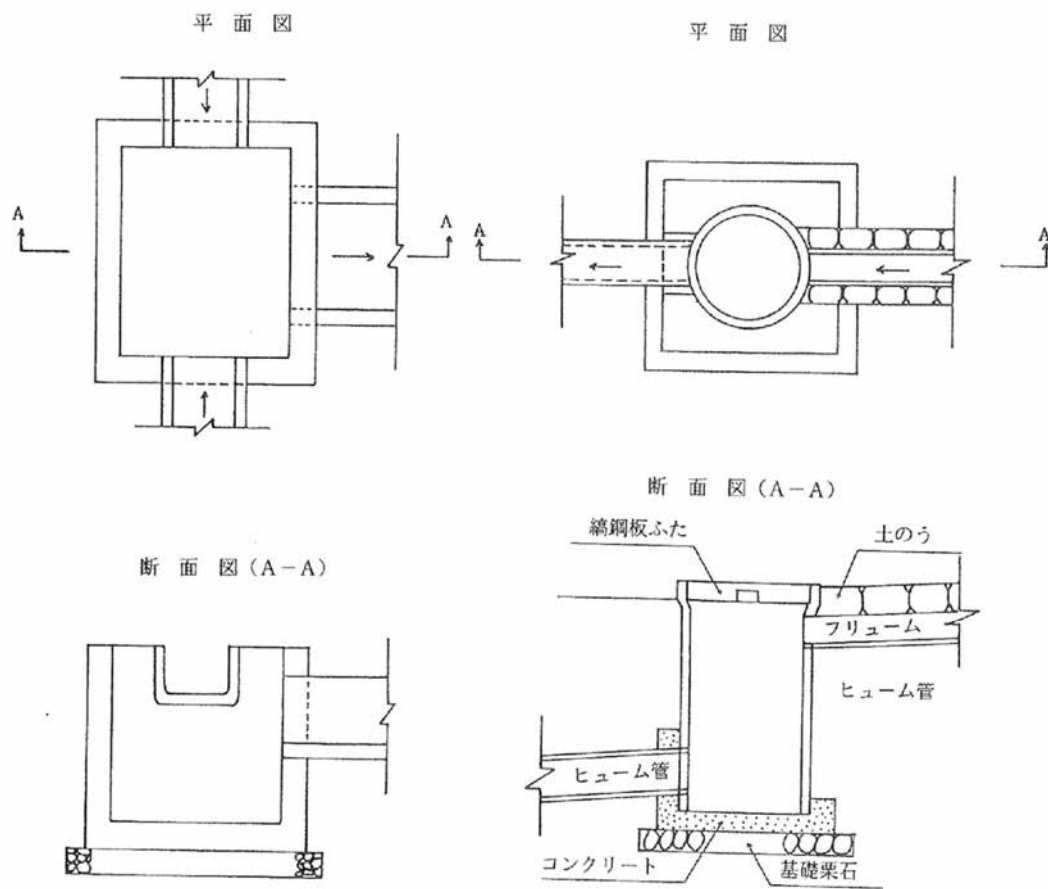
イ 集水樹

集水樹には次のような種類があり、排水路の特異点を保護するために設けられるもので、この設計が不十分のために災害の原因になることがしばしばある。特に下流水路への取付がなめらかになるよう、これの設計に当たっては十分な配慮が必要である。

- (ア) 承水路又は集水路の合流樹
- (イ) 落差工を兼ねる集水樹 (落差樹)
- (ウ) 減勢工を兼ねる集水樹 (減勢樹)
- (エ) 排水路の断面変化部に設けられる接合樹
- (オ) 排水路の屈曲部に設けられる接合樹

(参 考)

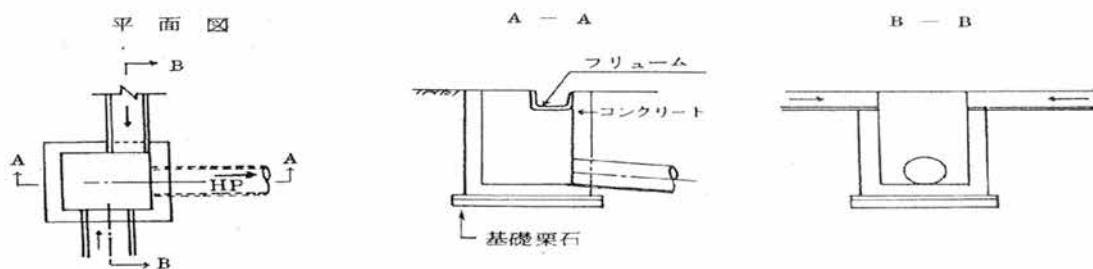
合流桝・落差桝・減勢桝の実施例を図－Ⅲ・46～図－Ⅲ・47 に示す。



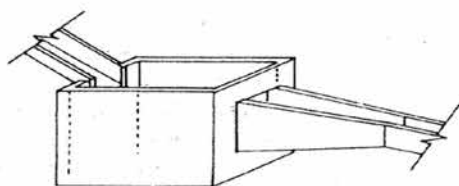
図－Ⅲ・46 合流桝 (例)

図－Ⅲ・47 落差桝 (例) (ヒューム管利用)

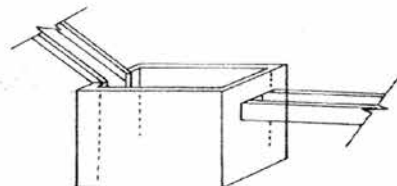
○ヒューム管吐口



○取付水路付



○減勢桝のみ



図－Ⅲ・48 減勢桝 (例)

ウ 合流工

合流工には集水路以降の排水路のように大きな流量を円滑に合流流下させるため特別の配慮が必要となる場合と、承水路等のように小流量で簡易な構造物により十分な効果を期待できる場合とがある。

集水路以降の合流工ではとくに重要なものについては水理模型実験により設計を行うのが望ましいが、それ以外の場合については先行の設計事例等を十分調査し検討することが望ましい。

エ 土砂だめ

土砂だめは、造成整備工事の着工から工事完了後草生が安定するまでの期間に造成整備地内から流出する土砂を貯留するために、排水路の末端又は排水路の中間に設置されるものである。

大規模造成整備工事の場合では、排水路の末端に砂防施設を設けることが多いが、これらの施設（コンクリートえん堤、ふとん籠えん堤、鋼製自在枠えん堤等）については、「6. 5 砂防施設」によるものとする。

小規模造成整備地の排水路末端又は大規模造成整備地の排水路の中間等に設けて土砂を貯留させる土砂だめには、集水枳を大きめにし兼用させるものと地山を掘削又は下流締切りして設けるものがある。

(参 考)

土砂だめの実施例を図－Ⅲ・49 に示す。

種 類	標 準 図	特 徴
1 完全掘削方式		①盛土部分が無いので、安全である。 ②護岸を必要としない。 ③堆砂後は草地として利用できる。 ④工事費が安い。
2 部分掘削方式		①完全掘削方式では現場条件により施工上無理がある場合に用いられる。 ②小規模の場合、盛土部分の護岸は必要としない。 ③盛土部分の締固めを十分に行う必要がある。 ④堆砂後は草地として利用できる。
3 締切り方式 種類 ①ゴムシート ②防水シート ③柵工（板、ネット、マット） ④張芝		①盛土部分を越流しないように吐口には十分な余裕が必要である。 ②盛土の締固めを十分に行う必要がある。 ③堤高が高くなれば護岸が必要である。 ④草地面側の法面に排水される箇所にも護岸が必要となる場合がある。 ⑤他に比較して工事費が高い。

図－Ⅲ・49 土砂だめ工（例）

オ 横断暗渠・横断溝

主として、排水路が道路を横断する箇所に設けられるもので、施工位置の高低の関係及び対象とする流出量により横断暗渠と横断溝を使い分けするのが一般的である。

流量・流速が大きい場合は、屈曲部で跳水・越波が生じやすいので横断の角度、取付の方法を十分検討する。

(7) 横断暗渠

横断暗渠には、組合せ暗渠ブロック、遠心力鉄筋コンクリート管、ボックスカルバート、コルゲート管等の種類があり、流量及び載荷重の大きさにより適当な材料を使用する必要がある。

(イ) 横断溝

必要な土かぶりがないために横断暗渠を施工できない場合や、道路路面排水を目的とする場合に横断溝を設置する。横断溝は自動車荷重を直接受けることとなるので荷重に十分耐えられるように設計しなければならない。

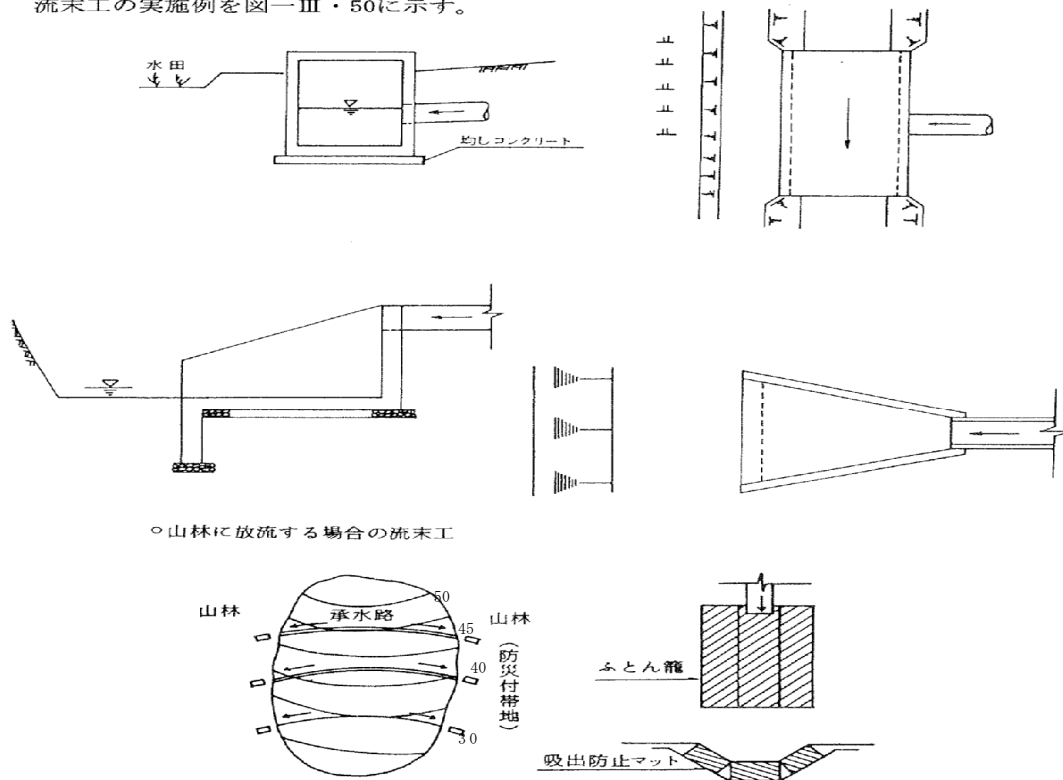
カ 流末工

排水路の末端には流末工を設置するが、流量及び放流場所の自然条件によってその重要度が異なり、ブロック積、コンクリート擁壁等の構造物により洗掘防止工、護岸等を行う場合と、ふとん籠、じゃ籠、捨コンクリート等で洗掘防止を実施すればよい場合がある。

放流場所としては、①山林、②沢、谷部等の自然排水路、③既設の人工排水路があり、各々の条件に従って、適切な流末工を設計しなければならない。なお既設人工排水路に放流する場合は合流工で対応する。

(参 考)

流末工の実施例を図一Ⅲ・50に示す。



図一Ⅲ・50 流末工（例）

キ 床固め工

自然排水路等において、溪床縦侵食を防止して、溪床を安定させ、合わせて護岸工作物の基礎を保護するために施工するものとする。

床固め工は、流心に直角方向に設置し、コンクリートの帯工・ふとん簞等で施工し、場合によっては段状に複数設置することもある。

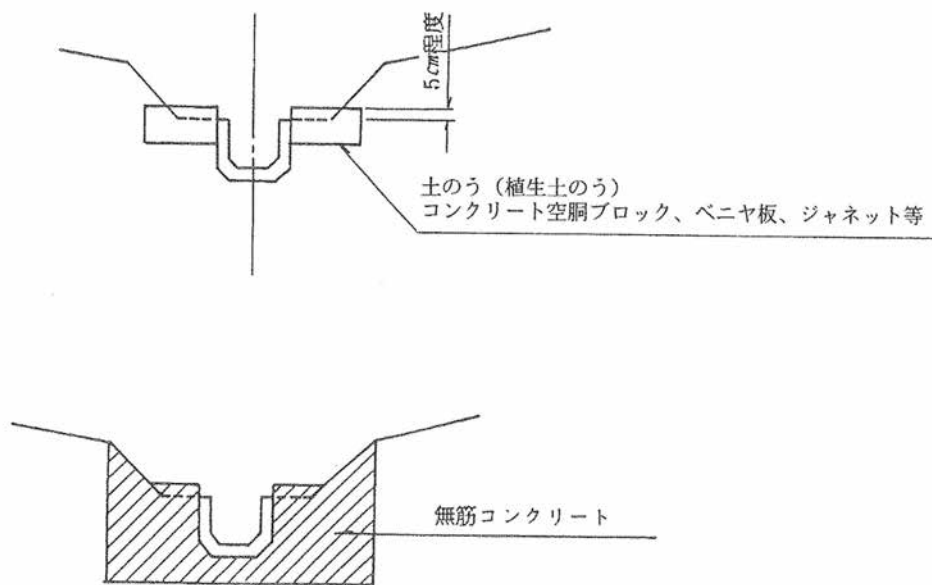
ク 洗掘防止工

排水路の側壁に沿って洗掘が生ずるのを防ぐため必要に応じて止水壁を設ける。

一般部は簡易な構造とし、急こう配部では完全に止水できる構造とする。

(参 考)

洗掘防止工の実施例を図一Ⅲ・51 に示す。



図一Ⅲ・51 洗掘防止工（例）

5. 2. 4 排水路の施工

排水路の施工は下流側からの施工を原則とし、排水が安全に流下するように入念に施工する。
また、必要に応じ仮排水対策を講ずるものとする。

【解 説】

(1) 排水路施工計画との関連

排水路の施工順序は、下流側から行うことを原則とする。承水路が先に施工され、集水路が出来上がっていない場合に出水にあうと、かえって災害を招く結果となる。

(2) 施 工

施工に当たっては基礎面に注意し、軟弱な場合には適切な基礎処理を行う。

排水路天端は排水が流入しやすいよう構造物より若干高めに傾斜をつけて仕上げるとよい。

(3) 仮排水対策

ア 排水河川を排水計画に取り入れて、工事を施工する場合は、流出量の大小にもよるが、仮回し水路や仮排水ポンプが必要となる。この場合は、工事中の濁水によって下流のため池等の施設利用者や水利権者に迷惑のか

からないよう十分配慮するとともに、必要に応じて沈砂池、柵工等の濁水対策を講ずる必要がある。

イ 排水路が道路の側溝と共用されている場合で、排水路工事が先行した場合は、出水時、側溝に多量の水が停滞し、施工中の道路面侵食や法面侵食を起こす危険があるので、仮排水路等でどんな排水にも速やかに対処できるように配慮しておく必要がある。

ウ 排水路と通路の交差部は、土砂・堆積物等の混入によって工事施工中とにかく閉そくして侵食を起こす場合があるので、仮設の大口径パイプを用いるなど、仮設備には不足のないように留意しておく。

5. 3 暗渠排水

5. 3. 1 基本的な考え方

(1) 暗渠排水の必要な場所

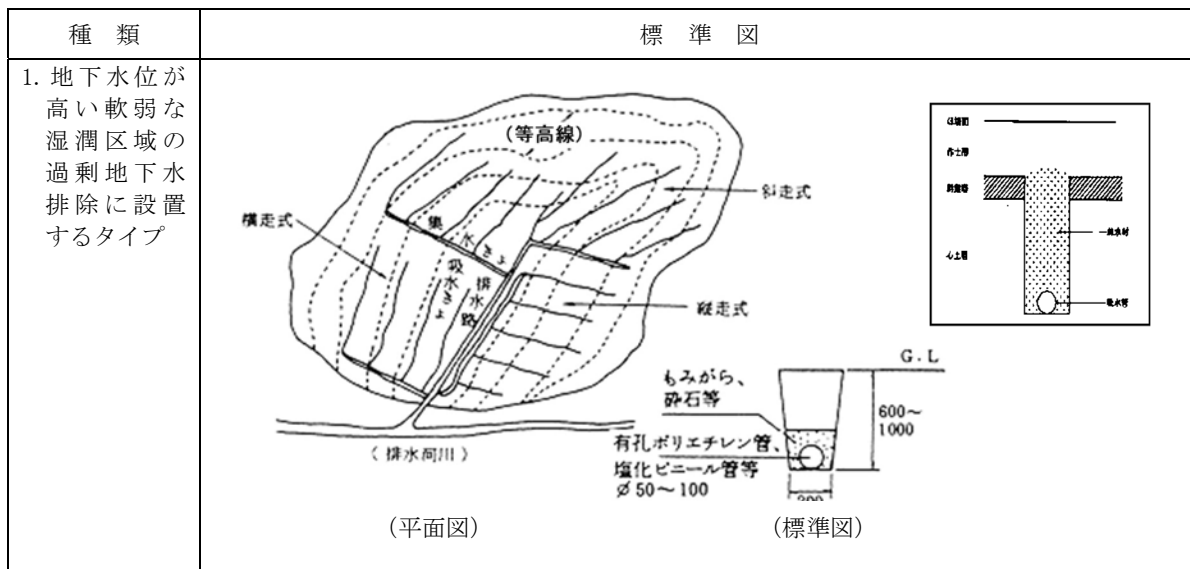
地下水位が高く、排水路整備によっても地下水位が低下せず、草地の管理利用に支障を及ぼす恐れがある場合、及び改良山成工等で盛土を行った谷の最深部には、暗渠排水を計画する。

〔解 説〕

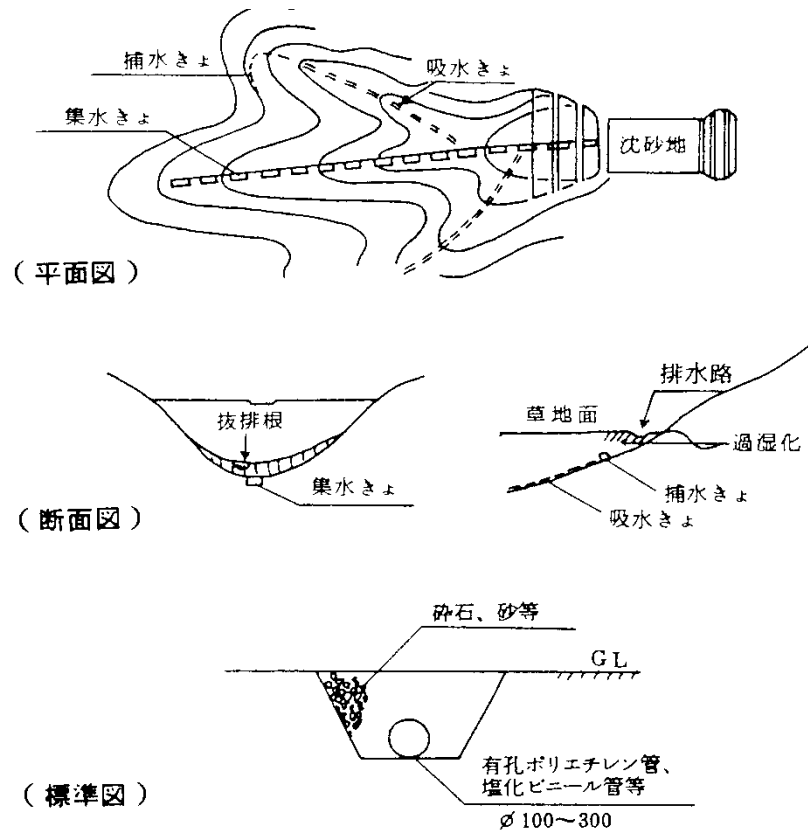
ア 草地内の一部が排水不良地であり、この部分を排水することによって、草地が有効に利用される場合とか、水田で囲まれた草地や水田跡地を利用する草地、泥炭地等で排水を行うことによって作業能率を高め、草地の利用面積を拡大することができるような場合で、しかも排水路整備だけでは、地下水位低下が困難なところに対しては暗渠排水を計画する。

イ 改良山成工等で谷部に盛土を行う場合は、地山との境界線に沿って凹部に地下水が集まり、水みちを形成する。したがって、このような谷の最深部には集水渠、場合によれば吸水渠も含めて布設し、盛土外に導水排除することによって盛土のスベリ防止及び草地の湿潤化を防ぐ手段を講ずる必要がある。

ウ 暗渠排水の種類を図一Ⅲ・52 に示す。



2. 盛土を行う
谷の最深部
に設置する
タイプ



図一Ⅲ・52 暗渠排水の種類

(2) 暗渠排水設計の基本

暗渠排水の設計においては、土性、地形、排水路、気象等現地の条件を考慮して、その組織及び諸元を一体的に検討し決定する。

【解 説】

ア 暗渠排水の諸元には、埋設深、間隔、管径、設置こう配、暗渠の材料等があるが、これらは設計上相互に関連するとともに暗渠排水組織によっても変化することになるので、これらを一体的に検討し決定することが必要である。

イ 暗渠排水の設計においては、土性に対する考慮は最も重要なことで、普通土壌、砂質土壌（おおむね透水係数 $K = 1 \times 10^{-3} \text{cm/秒}$ 以上）、重粘土壌（難透水性土壌でおおむね透水係数 $K = 1 \times 10^{-5} \text{cm/秒}$ 以下）又は泥炭土壌では、それぞれ異なった配慮が必要となる。

ウ 暗渠に依存すべき過剰水として「地表残留水」と「土壌中の重力水」の二種類を考える。

地表残留水は、地表凹部に湛水した地表排水不可能な水であり、土壌中の重力水は地下水低下に伴って排水される地下水面上の重力水（以下「土壌水」という。）である。

エ 暗渠の機能と効果は、補助手段を巧みに利用することによって高められることが多い。補助手段としては、本暗渠の機能を直接的に助ける施設のほか、土壌条件等を良くすることによって間接的に本暗渠の働きを促進するものがある。

重粘土地帯での心土破碎、砂客土等の土層改良、弾丸暗渠、疎水材埋設暗渠等の補助暗渠、泥炭地帯での本暗渠埋設の前処理として行われる切断暗渠、弾丸暗渠等は有効な補助手段である。

オ 管路布設時に開削した断面は埋戻しまでの間、直接的な明渠排水路としての効果が得られることから、工程

的な調整を図ることも効果の助長となる。

なお、暗渠排水は通常、不可視部分である土中の各種諸元を調査により推定し、設計していることから排水対象の規模及び程度によっては排水効果を確認しながら、必要に応じ補助暗渠等を設置する場合もある。

5. 3. 2 暗渠排水組織

暗渠排水組織は、吸水渠、集水渠、水閘及びマンホール、排水口から構成される。

〔解 説〕

草地の暗渠排水組織は、対象地域の広狭、地形の状態、土壌条件等によって変わり一律の組織で構成されるとは限らない。場所によっては、吸水渠だけで直接排水路又は排水河川に排除される場合もあるので、組織構成は現地の状況によって適宜決定する。

(1) 吸水渠

吸水渠は流入した排水の流去をはかる吸水管及び土層からの排水流入を容易にし、その持続性をはかる被覆材からなる。吸水管は必要な通水断面積、強度、耐久性及び吸水性能を有するもの、また被覆材は透水性及び土砂の流入防止の機能をもち、腐朽しにくいものでなければならない。

(2) 集水渠

ア 集水渠は、吸水渠の水を遅滞なく排除するとともに、これを調節（抑制）する機能を必要とする。

集水渠は、吸水渠下流端（集水渠との合流点）を連ねるように設置する。一般的には、谷の最深部に設置する。集水渠のこう配を適正にするため、吸水渠下流端の高さを制限する場合もある。

イ 地形平坦で集水渠のこう配が過小となる場合や、暗渠排水に伴う地盤の変化が予測される場合は、集水渠を明渠とすることもある。すなわちこの場合は吸水渠が直接排水路に接続する形態となる。

吸水渠の合流点は、流れが円滑な分岐管を用い、両側から集水する場合は合流点をずらす。

ウ 集水渠のこう配が著しく低下する箇所、集水渠が合流する箇所及び落差工を要する場合は、マンホールを設けて水勢の減殺、土砂の沈澱を図る。

(3) 水閘及びマンホール

ア 水閘は、主として水田における暗渠からの排水を調節（抑制）する施設で、畑地の暗渠では普通設置しないが過剰排水のおそれがある場合には設置する。水閘の設置位置は地形、管の配置及びこう配のほか土壌条件、土地利用の形態等に応じて決定する。

イ マンホールは、水勢の減殺、沈砂及び管路の点検を主たる目的として、管の合流点、管のこう配が急変する箇所等に設ける。なお、水閘と同様に排水の調節を行う場合もある。

(4) 排水口

ア 排水口は、排水する排水路の水位によって暗渠による排水に支障を生じない位置に設けなければならない、逆にこの位置によって排水路のこう配が規制されることもある。排水口の構造は、排水口自体及び排水する水路等を損傷しない形状、構造とする。

イ 排水口は、できるだけ長尺の管を使用し、排水口周辺には必要な護岸工を施す。陶管等定尺の短い管による場合は、排水口から2～5mの接目をモルタルでつなぎ、地盤軟弱の場合は基礎工を施して管路の保全を図る。

5. 3. 3 計画地下水位

計画地下水位とは、草地において常時に保持されるべき適正な地下水位であり、牧草生産、放牧家畜、草地管理利用、経済性を総合的に検討して決定する。

〔解 説〕

適正な地下水位は一般的に土地利用区分に応じて、下表の値を標準とするが、以下に述べる事項に留意し、近傍類似地区の例等を参考に決定することが望ましい。

表一Ⅲ・80 地下水位及び低下日数

土地利用区分	降雨後 2 ～ 3 日の地下水位	常時地下水位（降雨後 7 日以降）
水田（落水後）	地表面下 30 ～ 40 cm	地表面下 40 ～ 50 cm
畑（牧草）	" 40 ～ 50 "	" 50 ～ 60 "
水田の畑利用		
その他（樹園地等）	" 50 ～ 60 "	" 60 ～ 100 "

（注）地下水位とは土壌中の自由水面をいう。

- （1）牧草の生育の面からは、草種、施肥管理によって異なるが、一般に他作物に比べて地下水位の高い方がよい成績をあげることが多く、イネ科牧草主体の草地で地下水位 20～30cm 又はそれより浅い場合に最も高い収量をあげた例がある。
- （2）放牧家畜の面からは、草地が多湿であれば、家畜の歩行及び採食活動が鈍化し、反すう、横が時間が不足し、蹄病等にかかりやすくなり、増体量は低下する。
- （3）草地管理利用の面からは、地下水位の高いことは、草地管理用機械のスリップ等運行障害が生ずるほか、乾草調製への支障もきたす。

また、放牧地においては草地面の蹄傷が増加する。

5. 3. 4 吸水渠の設置深さと間隔

吸水渠の設置深さは計画地下水位に余裕(α)を見込み、一般的には上流端 0.6～0.8m、下流端 0.8～1.0mとする。また、吸水渠の間隔は 9～18mを標準とし、地形、土壌条件、草地の利用形態等によって決定する。

〔解 説〕

（1）設置深さ

ア 余裕(α)は草地の地下水位降下速度の変化と排水改良に伴う地盤の収縮沈下、草地管理用機械の走行荷重、凍結等に対する暗渠保護のための余裕高であり、普通 20～40cm である。

余裕を大きくする条件は、土壌の透水性が大きく暗渠の間隔が広い場合や、排水改良によって土層の収縮が予測される場合などであるが、いずれの場合も土壌の透水性、特に暗渠設置深度の土層の透水性が良いことが必要条件である。

イ 透水性の低い土層への暗渠の設置は極力避ける。暗渠設置深さに透水性の低い土層がある場合は、この層を

避けるように余裕を決める。

土壌の全層又は下層の透水性が低い場合は余裕を小さくとり、表層と水みちが連続しやすい被覆の大きさ、埋設形状にし、補助暗渠併設等を検討する。

ウ 透水係数がおおむね $1 \times 10^{-4} \text{cm/秒}$ 以下の透水性の低い土壌においては、吸水渠を設置してもその効果は期待できないので補助手段を用いて透水性の向上を図ることが必要である。

エ 草地面の機械走行による暗渠破壊は、機械走行部の沈下に伴う土層の変形が、暗渠設置深さに及ぶ場合に起こる。強湿地や下層が軟弱な地盤では、走行部沈下量の 2.0～2.5 倍の深度まで土層変形が及び、暗渠の破壊又は不陸を生ずるので、余裕及び暗渠管材料はこれを考慮して決める。

また、機械走行による土層の変形及びかく乱は、暗渠の直接破壊を起こさない場合でも、暗渠周辺の水みちを破壊し暗渠の吸水機能を低下させるので、暗渠は十分大きな被覆断面をもった形状とする。

オ 寒冷地においては地盤の凍結深よりも暗渠埋設深を大きくするように余裕を定める。

凍結深の最大値は、1) 又は 2) 式によって求めることができる。

$$Z = 0.01 \sqrt{\Omega} \text{ (deg C} \cdot \text{秒単位)} \dots\dots\dots 1)$$

$$Z = 2.94 \sqrt{\Omega} \text{ (deg C} \cdot \text{日単位)} \dots\dots\dots 2)$$

ここに Z : 凍結深 (cm)、 $\Omega (= \theta \cdot t)$: 凍結指数で 0°C 以下の気温 (θ) とその継続時間 (t) との積である。

また、排水口等の露出部分は、直接低気温にさらされるので、これによって被害を生じない構造・材質のものを選ぶことが必要である。

(参 考)

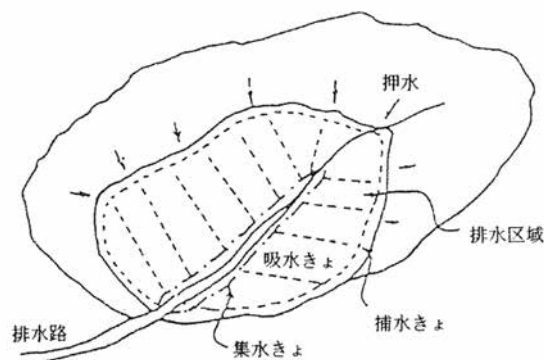
(1) 凍結深の計算

表一Ⅲ・81 凍結深の計算例 (気温は 1931～1960 年の平均値 函館)

月	11	12	1	2	3	4	計 (Ω)
平均気温 ($^\circ\text{C}$)	4.6	-1.3	-4.1	-3.6	0.0	6.1	—
日数 (日)	30	31	31	28	31	30	—
$\theta \cdot t$ ($^\circ\text{C} \cdot \text{日}$)	—	40.3	127.1	100.8	0	—	268.2

$$\text{凍結深 } Z = 2.94 \sqrt{\Omega} = 2.94 \sqrt{268.2} = 48.1 \text{cm}$$

(2) 周辺地域からの浸透水や地表水の押水が多く、これが排水不良の原因になっている場合は、暗渠排水区域の周辺に沿って排水渠を設けると効果がある。その場合の設置深さについては、その付近の地下水の高低をみて決定する。



図一Ⅲ・53 排水渠設置模式図

(2) 間 隔

ア 吸水渠の間隔は、一般的に、吸水渠間の中央部で降雨後 1 日程度で、計画地下水位以下となるよう決定する。土壌の透水性及び草地の利用の状態を十分調査しなければならない。

砂質土壌、泥炭土壌を除く土壌の透水性は、土の粒度組成よりも土壌構造の状態に支配される。特に、下層土の土壌構造が発達している場合（土壌中の孔隙が多い場合）は、暗渠間隔を広くとり、土壌構造が発達しにくい、それが下層に及びにくい土壌では暗渠間隔を狭く、かつ浅く設置する。

また、同一地区内でも土壌条件、地形条件によって暗渠間隔を加減して、草地の排水性の均一化を図ることが重要である。

イ 草地利用との関係では、地下排水の必要性が軽微な場所や、急速な排水の必要の少ない場所では暗渠間隔を広くし、急速な排水が要求される場合は暗渠を密に設ける。

ウ 吸水渠の間隔は、計算によつて的確に決定することは困難なため、類似地における実施例を参考にして決定するか、又は試行的な方法により選定するものとする。なお、透水性土壌及び難透水性土壌を除く土壌地帯での標準的な間隔は 9 ～ 18m の範囲である。

(参 考)

表－Ⅲ・82 吸水渠の設置間隔

(単位：m)

土 性	粒径 0.02mm 以下重量比 (%)	吸水渠の深さ			
		0.8	1.0	1.2	1.4
重粘土	100～75	6 ～ 8	6.5 ～ 8.5	7 ～ 9	7.5 ～ 9.5
普通粘土	75～60	8 ～ 9	8.5 ～ 10	9 ～ 11	9.5 ～ 11.5
粘質壤土	60～50	9 ～ 10	10 ～ 11.5	11 ～ 12.5	11.5 ～ 13.5
普通壤土	50～40	10 ～ 11.5	11.5 ～ 13	12.5 ～ 14.5	13.5 ～ 16
泥炭	—	10.5 ～ 13.5	12 ～ 16	13.5 ～ 18.5	15 ～ 21
砂質壤土	40～25	11.5 ～ 14.5	13 ～ 17	14.5 ～ 19.5	16 ～ 22
壤質砂土	25～10	14.5 ～ 18	17 ～ 22	19.5 ～ 26	22 ～ 30
砂土	<10	>18	>22	>26	>30

5. 3. 5 暗渠のこう配と管の大きさ

暗渠管の大きさは、暗渠排水量を満流に至らないで流出させる大きさとし、特殊な場合を除いて最小管径 50mm（相当断面積）以上とする。

吸水渠のこう配は 1/100～1/1000 を標準とし、集水渠は最大流量における流速 0.2m/秒以上、1.0m/秒未満のこう配を標準とする。

【解 説】

- (1) 暗渠において、管径が 50mm より小さいものは、円周が小さいため十分な管内への吸水効果が期待できないが、特殊な事情によって 50mm 以下のものを採用する場合は、こう配が大きく管内の堆砂や封入空気による通水障害が生じないときに限るものとする。
- (2) 暗渠のこう配が 1/100 以上となる場合は、耐久性のある材質で接続の完全な管種を選び、耐久性のある材料で十分に被覆する。
- (3) 地形、配置等から緩こう配となるときは、管の不陸による通水不良を避けるため、管径と被覆径を大きくするなどの配慮が必要である。

(4) 暗渠排水量は、計画排水量にその暗渠の集水面積を乗じて求められる。

計画排水量は、「5. 3. 1 (2) 暗渠排水設計の基本」で述べたように、排除の対象とする地表残留水と土壌水を何日間で排除しなければならないかによって決まるもので、草地の均平度、傾斜、土性、土壌の透水性等の現地条件及び草地の利用方法等によっても異なる。原則としては近傍類似の施工例等を参考にすることが望ましい。これらの資料が得られない場合は、一般には10～50mm/日の範囲内で上記の諸条件を勘案し、暗渠の間隔、深さとも調整して設定することとする。

(5) 管径は管内での土砂堆積、水あかの付着等による管断面の縮少を考慮して、暗渠排水量を管径の50%～70%程度の水深で流し得るよう決定することが望ましい。

(6) 暗渠管内の流速Vは、マンニングの公式によるものとする。

$$V = 1 / n \cdot R^{2/3} I^{1/2}$$

$$Q = A \cdot V$$

ここに、n：粗度係数

R：(=A/S)：径深

I：エネルギーこう配（暗渠の設置こう配内の最緩こう配とする。）

Q：流量

A：通水断面積

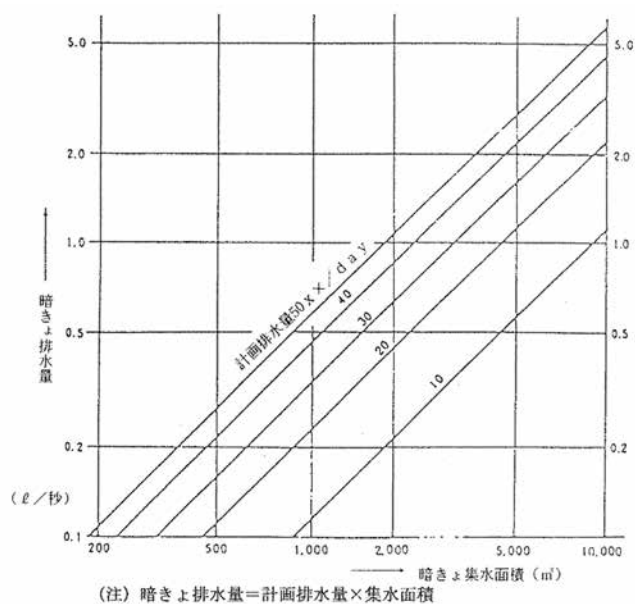
なお、断面が円形でない暗渠管の場合には、円形断面の管が有する断面積と同等の断面積を有するものを用いる。

(参 考)

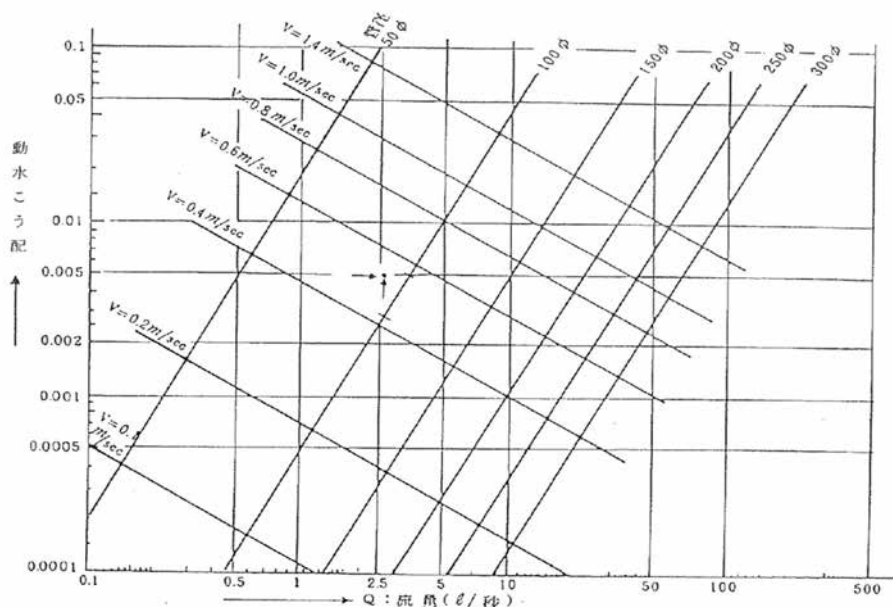
表－Ⅲ・83 暗渠管の粗度係数（n）

管 種	粗度係数 n	備 考
ヒューム管	0.013	接続状態不良の場合は n が増大する。
本焼土管（陶管）	0.012	
素焼土管	0.013	
硬質塩化ビニール管	0.012	吸入孔の酸化物付着状況により n が増大する。
硬質塩化ビニール管（吸水管）	0.012	
合成樹脂網状管	0.013	
コルゲート管	0.016	

暗渠排水量の算定には図一Ⅲ・54、暗渠の水理計算の概定には図一Ⅲ・55 が利用できる。



図一Ⅲ・54 暗渠排水量算定図



(注) (1) 円形断面、70%水深、 $n = 0.012$

(2) マニング公式を使用

(3) $Q = A \cdot V$

(例) $I = \frac{1}{200}$, $Q = 2.5 \text{ ℓ/sec}$ の場合
 $I = 0.005$, $Q = 2.5$ より $\phi 90$ 程度 よって $\phi 100$ と決定
 $V = 0.56 \text{ m/sec}$, $Q = 3.3 \text{ ℓ/sec}$ までOK
 又は $V = 0.43 \text{ m/sec}$, $I = 0.0029 = \frac{1}{345}$ までOK

図一Ⅲ・55 暗渠流速、流量計算図表

5. 3. 6 暗渠の配置

暗渠の方向及び暗渠施設の配置は、排水をより迅速に行うとともに、排水機能をより長期にわたり維持するに有利なものとする。

〔解 説〕

吸水渠の埋設には、土地の最大こう配と同じ方向に設ける縦走式、直角方向に設ける横走式及び斜めに設ける斜走式がある。

横走式は吸水の効率が高く、縦走式は平坦地において吸水渠のこう配確保に有利である。それぞれの適用境界は地形こう配 0.4% (=1/250) 前後とされており、これより急な場合は横走式、緩い場合には縦走式が適用される。

草地の暗渠は、地形こう配によってその方向や配置を決める。波状地形の場合は、あらかじめ集水渠の渠線とこう配を適切にするように集水渠を決定し、これに適合するように吸水渠網を配置する。接続に不都合の生ずる場合は、集水渠の配置を一部変更、又は支線集水渠を設けて接続の円滑化を図る。

5. 3. 7 暗渠の材料

暗渠の材料は、耐圧力や曲げ強度はもちろんのこと、施工性から施工地域の土壌の種類、不等沈下の有無、暗渠組織、施工方法、気象条件、入手の難易及び資材費等を考慮のうえ選定する。

〔解 説〕

- (1) 不等沈下の予想される泥炭地及び軟弱地盤のところにおいては、遠心力鉄筋コンクリート管、陶管よりも長尺もの、又は継手によって連結できるものが有効であり、管径は太い方がよい。
- (2) 比較的浅くて単純な形の暗渠組織においては、せん孔引込み工法が有利であるが、これにはフレキシブルで長尺のパイプが用いられる。しかし、砂礫、埋木等の多いところ及び多量の被覆材を必要とする土壌にはこの工法は適しない。
- (3) 掘削、埋戻し工法に対しては軟質ポリエチレン管はつぶれるため適用できないが、低温には強い特徴がある。塩化ビニール管は圧縮には強いが寒さには弱い。
- (4) 被覆材には一般にもみがら、わら、そだ、砂、碎石等が使用される。

(参 考)

表－Ⅲ・84 暗渠管の種類と特徴

管 種	概 要	利 点	欠 点
硬質塩化ビニール管	長さ2.5m、4m、口径50mm以上各種。肉厚1.8mm以上。	被覆材の選択によって土性の範囲が広い。軽量、取扱い易い。	低温及び衝撃にて弱い。肉薄のため重量小。軟弱地に不向き。
ポリエチレン管	長さ4m、口径50mm以上各種。肉厚2.0mm以上。吸水孔の面積15cm ² /m均等分布。	被覆材の選択によって土性の範囲が広い。軽量。取扱い易い。低温に強い。	比較的耐圧強度が小。
塩化ビニールコルゲート管	長尺200mくらいまで、吸水孔はコルゲート凹部円周上。	硬質、フレキシブル、各種土壌にて適し引き込み式埋設も可能。	低温及び衝撃に弱い。粗度係数が大きい。

ポリエチレンコルゲート管	長さ4 m、口径50mm 以上各種。吸水孔はコルゲート凹部円周上。	フレキシブル、取扱い容易、外圧に対して高い強度を持っている。	粗度係数が大きい。
合成樹脂網状管	パイプの円周をネット状円筒としたもの4 m。	吸水断面が大きい。低温に強い。	土性の適応範囲が少ない。
遠心力鉄筋コンクリート管（ヒューム管）	J 1 S による規格又はこれに準ずる製品。	耐圧力大。	重量大、施工やや困難。遠距離、酸性土壌には不向き。
陶管及び素焼土管	J 1 S による規格陶管又はこれに準ずる素焼土管。長さ0.3～0.6m、口径50～150mm。	適用できる土性の範囲が広い。	重量大、施工やや困難。遠距離には不向き。

5. 3. 8 暗渠の施工

暗渠の施工は、次の工程を標準とし、土壌水の容易な流入、土砂の流入防止及び管内水の排除に十分対応できる機能を備えるよう留意する。

渠線の設定→資材の配置→掘削（集水渠から吸水渠、下流から上流）→管の敷設→被覆→仮埋戻し→埋戻し排水口の設置

また、施工時期は雨の少ない時期が望ましい。

【解 説】

- (1) 最近では、資材及び施工機械によっていくつかの作業を一工程で行う工法もある。これらの工法採用に当たっては、現場条件、作業機械の保有台数、敷設状況の把握等の検討をあらかじめ行う必要がある。
- (2) 特に軟弱な湿潤地においては、あらかじめ仮小溝を設けるなどして事前の乾燥を促進させることが望ましい。
- (3) 渠線の設定は、計画平面図、標準図及び組織計画図に基づいて行うが、排水口上流部起点、水閘の位置、吸水渠の接合点、こう配の変化点等にヤリ形を出して、進行方向や渠深、こう配等を明確にしておく。

現場条件等から管路が逆こう配となったり、管内流速が不足する場合、更には急こう配になる等の問題が生じる場合には、基本計画の変更を速やかに行うよう努めることが大切である。

- (4) 掘削は、わき水、流水が邪魔にならないように排水路から始めて順次上流へ、集水渠から吸水渠へと掘り進める。その工法は現場条件及び目的によって人力掘削、トレンチャー掘削、ショベル系掘削で施工する。時間のかかる手掘りの場合は底面に水がたまって膨軟化したり流水で侵食が起こったりするので、一度に計画渠底まで掘り下げず層別に何回かに分けて掘り、最後に仕上げ掘りを行うのがよい。
- (5) 管の敷設に当たっては、前もって渠線に沿って管を適当に配置していく。管の敷設は、上流からの流れによって管が移動したり、土砂が流入することを防ぐため、上流から下流へ、吸水渠から集水渠へと行う。また、管は、受け口を上流にし、上流端は土砂の流入を防止するためにキャップ等を取付けておく。

- (6) 被覆材は、前もって渠線に沿って、一定の間隔に所定量を配置するのが便利である。なお、施工後体積がかなり圧縮されることを十分考慮して、使用量を決定する必要がある。渠溝に投入後の被覆材は施工後の内部反力を期待するためにも十分踏み込むことが特に重要である。

また、被覆材にわら、ササ、松葉等を使用するときは穂先を下流に向けて縦に並べる。砂質土壌では渠底部の流水による洗掘防止のために、管底に被覆材は施用しない。

- (7) 埋戻しは、渠溝の保護、管の固定、水みち機能の促進等を考慮して施工する。この場合、管と被覆物の保護、固定及び渠底の侵食防止のため、10～20cmの仮埋戻しを管敷設後直ちに行う。

土壌によっては、高含水比のまま埋戻しを行った場合、泥ねい状態になること等を考慮し長期間乾燥させた後に、施工することが望ましい。

埋戻しは、下層土は下に、表層土は上に戻すのがよく、粘質土の場合は礫、石炭がら、砂、泥炭等を混入すると効果があがる場合がある。

水閘部は、流水をしゃ断する必要があるため全層粘土で十分締め固める。

(8) 排水口の施工は、排水路の洪水流失による管の露出、移動等を防ぐため、杭等で固定するか、又はコンクリート製排水口とし、管は排水路法面から突き出して周辺は護岸保護によって洗掘を防止するのがよい。

(9) 補助暗渠は、難透水性土壌において排水効果を早期に期待し、本暗渠の機能を十分に果し得るようにするため、弾丸暗渠、心土破碎、疎水材埋設暗渠等を、本暗渠と組合せて施工するもので、土壌条件、排水条件及び施工条件に応じて適切なものを選定する必要がある。補助暗渠は長すぎると孔の破損、不陸等により効果が生じなくなるため、一定の間隔で本暗渠に接続させることが必要である。

この際、効果を確実にするため、必ず本暗渠の疎水材部分と直結していることが重要である。

5. 3. 9 湧水処理の施工

地形、地質が複雑なため、湧水による排水不良地が不規則に点在する場合には、湧水処理として特殊な排水対策が必要である。

【解 説】

(1) 湧水処理の必要性の判断

山側のは場沿いや、台地周辺部のように湧水部が地形沿いにある程度予想される場合には、暗渠あるいは明渠形式の捕水渠を法尻に施工して排水する必要がある。

また、複雑な地形では、不規則に湧水部が存在する場合があるが、その位置は予想しがたく、また区画の整形工事の前後でその位置が変わる場合もある。したがって、画一的な施工が事実上不可能であるので、工事後のほ場面の様子を観察し、湧水処理として別途に排水対策を講じるのが最も効果的である。

湧水処理の必要性の判断項目として、次のようなものが考えられる。

ア 湧水部の湧水量が大きい。

イ 湧水部の地温が低い。

ウ 植生不良である。(冷水のため、雑草の種類が周辺と異なり、草丈、葉色などに差が生じている。)

エ 地耐力が極端に低い。(湧水が激しいときには、地耐力が低く、人間ですら足を取られる場合が多い。)

(2) 湧水処理方法

湧水の対策に当たっては、湧水の実態を明らかにするため地形、地質及び地下水の水圧分布を事前に調査するとともに、関係受益農家に過去の経緯などを聴き取り、現場にあった排水方法を取ることが必要である。

「土地改良事業計画設計基準 計画 暗渠排水」参照