

第2編 調査計画編

第1章 調査計画の考え方

本県の河川計画を策定する際には、「中小河川計画の手引き（案）」「河川砂防技術基準（案）」による技術基準を基本とする。

なお、河川の調査及び計画にあたっては下記の図書を基準とし、調査・計画時における最新版を使用すること。本規程集作成時の参考図書は以下によった。

環境についての記述は必ずしも十分なものとなっていないため、河川環境に対する配慮事項等については、「中小河川における多自然型川づくり」「美しい山河を守る災害復旧基本方針」等の資料を参考にすることが必要である。

表 1-1

	図 書 名	発 行 者	発行年月日
①	建設省河川砂防技術基準（案） 同解説・調査編	建設省河川局 （社）日本河川協会	平成9年10月16日
②	建設省河川砂防技術基準（案） 同解説・計画編	建設省河川局 （社）日本河川協会	平成9年10月16日
③	中小河川計画の手引き（案）	中小河川計画検討会 （財）国土開発技術研究センター	平成11年9月
④	防災調節池等技術基準（案） 解説と設計事例	（社）日本河川協会	平成13年8月1日
⑤	多目的ダムの建設 第2巻調査編	建設省河川局 （財）ダム技術センター	昭和62年11月20日
⑥	流域貯留施設等技術指針（案）	建設省河川局 （社）日本河川協会	平成5年5月
⑦	河道計画検討の手引き	（財）国土技術研究センター	平成14年2月16日
⑧	美しい山河を守る災害復旧基本方針	（社）全国防災協会	平成14年6月

第2章 河川計画における調査

2.1 調査の目的・種類

県基準（案）

河川計画のための調査には、大きくわけて洪水防御計画の調査と、河川環境調査がある。洪水防御計画のための調査としては、降水量調査・水位調査・流量調査・内水調査・治水経済調査などがあり、必要に応じて各々の調査を実施する。

さらに、河川環境調査（動植物調査・水量水質調査・河川利用調査等）については、河川計画（洪水防御計画）に必要な項目について調査する。

調査の内容は「河川砂防技術基準（案）調査編」などを参照する。なお河川環境、河川利用調査等河川計画に必要な項目について調査する。

表 2-1-1 河川計画における調査

分類	調査の種類	調査の内容及び目的
洪水防御計画のための調査	降水量調査	(内容) 河川計画を行う際に、流出解析の基礎となる降雨データを得る。 (目的) 降雨量、時間分布(降雨波形)、地域分布を把握する。
	高水水位調査	(内容) 水防上の基本となるデータを得るとともに、H-Q 図を使用することにより流量を算定するための基礎データを得る。 (目的) 水位計設置地点の河川水位の時間的な変化を把握する。
	洪水痕跡調査	(内容) 水防上の基本となるデータを得るとともに、逆算粗度係数算定のための基礎データを得る。 (目的) 洪水直後に左右岸の洪水痕跡を計測し、最高水位を縦断的に把握する。
	高水流量観測	(内容) 流量データを得るとともに、水位データを流量データに換算するための H-Q 図を得る。 (目的) 浮子測法等により測定した流速と、洪水断面積から流量を把握する。数種の水位時に実施することにより、H-Q 図が得られる。
	内水調査	(内容) 地盤高、河川・下水道(雨水)・排水施設整備状況、浸水実績等を調査し、内水対策検討のための基礎データを得る。 (目的) 浸水実績図作成、氾濫解析、ハザードマップ作成のための基礎データを得る。
	治水経済調査	(内容) 「治水経済マニュアル」に従い、治水事業に必要な費用と、治水事業を行うことによって洪水被害を軽減できる期待額を算定する。 (目的) 治水事業に必要な費用と、治水事業を行うことによって洪水被害を軽減できる期待額を比較し、経済的な効果を把握する。
河川環境調査	動植物調査	(内容) 動植物の生育・生息についての調査を必要に応じて行う。 (目的) 河川に係わる環境を把握する。
	水量水質調査	(内容) 低水水位調査、低水流量観測、水質調査を行い、流水の正常な機能の維持を検討するための基礎データを得る。 (目的) 流域内の数力所で、通年的、継続的に調査することにより、河川流況、水量と水質の関係などが得られる。
	河川利用調査	(内容) 親水利用、漁業、舟運、水利用等の調査を行う。 (目的) 流水の正常な機能の維持を検討するための基礎データを得る。

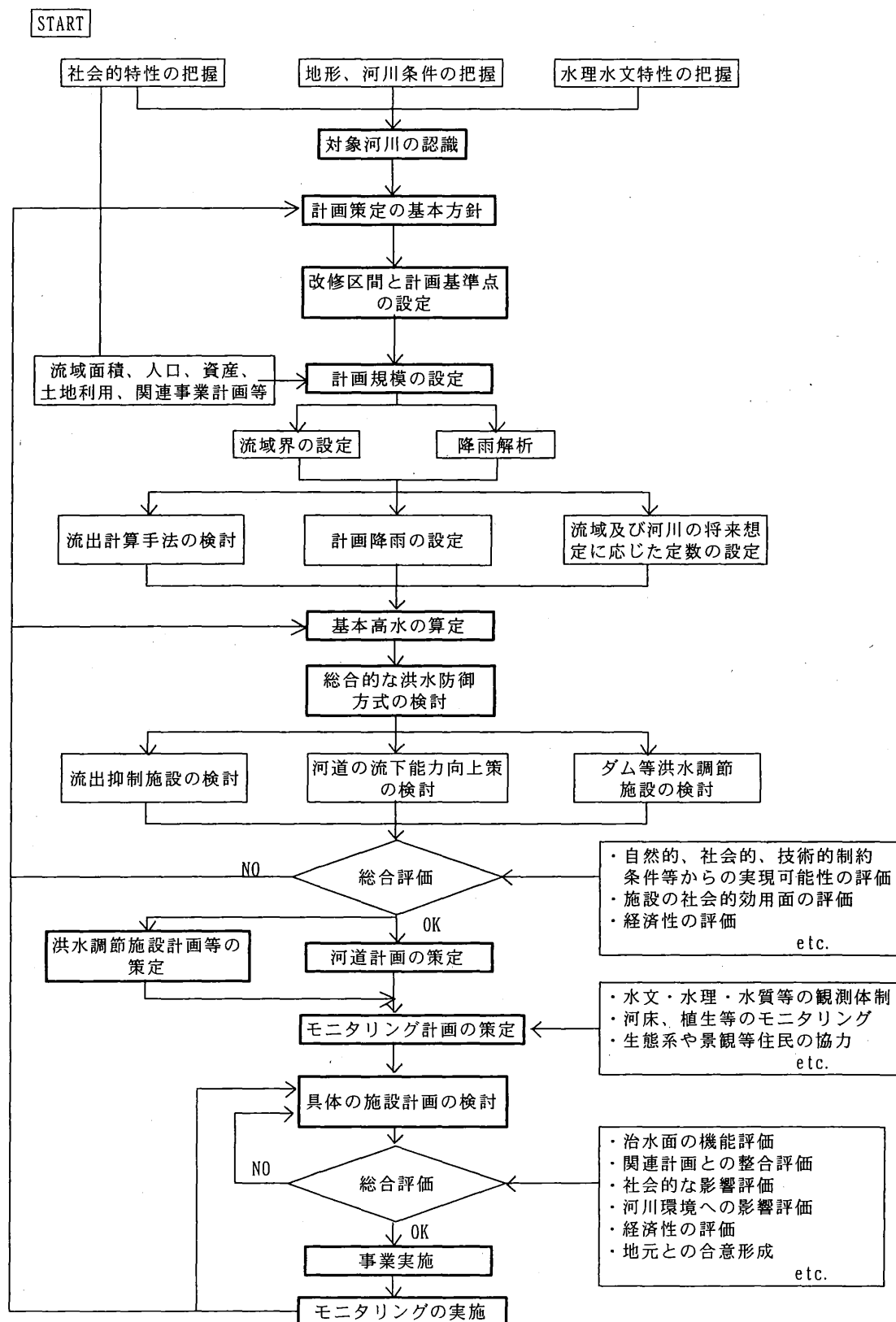


図 2-1-1 河川計画フロー

第3章 河川計画

3.1 計画規模

中小河川の計画規模は、基本的に降雨量の年超過確率で評価することとし、その設定に当たっては、河川の重要度、既往洪水による被害の実態、経済性、上下流のバランス等を総合的に考慮して定める。

中小河川計画の手引き（案） p. 17

【解説】

河川の計画規模は、一般に水文量の年超過確率で表される。中小河川の場合、雨量資料は水位・流量等に比べ蓄積度合いが高いこと、流域や河道の改変による人為的影響を受けないこと、さらに大河川と比べると降雨の地域的な一様性が高く、雨量と流量の規模の相関が高いこと等の理由から、**雨量を計画の外力として扱うのが合理的である。**

以下に計画規模の設定にあたっての基本方針を示す。

- ① 計画規模の設定に当たっては、河川の大きさ、流域の社会経済的重要性、想定される被害の実態、過去の災害の履歴、経済効果に加え、上下流バランス、流域の将来の姿などに配慮する。
- ② 河川の重要度を評価する流域の指標として、流域面積、流域の都市化状況、氾濫区域の面積、資産、人口、工業出荷額等が考えられるが、このほか水系として一貫した上下流、本支川でバランスが保たれ、また都道府県内の他河川とのバランスにも配慮して決定するものとする。

さらに計画規模決定にあたっては、1)県庁所在地をはじめとする県内の主要な都市を流れる河川である場合、2)過去に大規模な洪水被害を受けている場合、3)大規模開発が計画されている場合、等流域の状況を総合的に考慮することが必要である。

3.2 高水計画

3.2.1 計画降雨

(1) 計画降雨の作成

計画降雨は流域の規模、降雨特性、計画対象施設の種類、さらには雨量資料の存在状況等を勘案して、適切に作成する。

中小河川計画の手引き（案）p. 35

基本高水を設定する方法としては、洪水の成因となる降雨を計画外力として、所定の計画規模に対応する計画降雨を定め、この計画降雨から流量に変換する方法を基本とする。

計画降雨は、降雨量、降雨量の時間分布及び地域分布の3要素で表されるが、その作成にあたっては流域の規模や降雨特性といった自然条件、洪水調節施設計画の有無といった検討目的を十分把握し、さらに雨量資料の存在状況等も勘案する必要がある。

(2) 降雨強度式

流域の規模等から降雨量の地域分布を無視しえると判断される場合は、降雨強度式を用いて計画降雨を作成する。

中小河川計画の手引き（案）p. 35

計画降雨は、降雨量、降雨量の時間分布及び地域分布の3要素で表される。ダムや調節池などの計画がなく、流出量のピークのみを対策とする河道改修の場合には、計画降雨は3要素のうち降雨量のみを考慮すればよいことになり、降雨量と降雨継続時間の関係を定めた降雨強度式（表）を用いることができる。

降雨強度式を適用するには、あらかじめ洪水到達時間を設定しておく必要がある。

近年に特異な降雨があった場合や降雨特性が異なる場合は、降雨強度式だけでなく実績雨量で流量をチェックすること。

表 3-2-1 降雨強度式 (1/2)

平成13年4月1日

	神戸エリア		姫路エリア			
	阪神地域・丹波地域・ 播磨地域の一部 神戸×1.0		播磨地域南部 姫路×1.0		播磨地域北部 姫路×1.2	
適用時間	10分 $\leq t \leq$ 180分		同左		同左	
確率年	式	r_{60} 分	式	r_{60} 分	式	r_{60} 分
300	$\frac{1,474.0}{t^{0.6} + 3.742}$	95.7	$\frac{1,014.4}{t^{0.6} + 1.763}$	75.5	$\frac{1,217.3}{t^{0.6} + 1.763}$	90.7
200	$\frac{1,369.4}{t^{0.6} + 3.494}$	90.3	$\frac{965.8}{t^{0.6} + 1.730}$	72.1	$\frac{1,159.0}{t^{0.6} + 1.730}$	86.5
150	$\frac{1,297.9}{t^{0.6} + 3.321}$	86.6	$\frac{931.2}{t^{0.6} + 1.703}$	69.7	$\frac{1,117.4}{t^{0.6} + 1.703}$	83.6
100	$\frac{1,200.9}{t^{0.6} + 3.085}$	81.4	$\frac{882.3}{t^{0.6} + 1.663}$	66.2	$\frac{1,058.8}{t^{0.6} + 1.663}$	79.4
90	$\frac{1,176.6}{t^{0.6} + 3.028}$	80.1	$\frac{869.7}{t^{0.6} + 1.652}$	65.3	$\frac{1,043.6}{t^{0.6} + 1.652}$	78.4
80	$\frac{1,149.4}{t^{0.6} + 2.959}$	78.6	$\frac{855.7}{t^{0.6} + 1.642}$	64.3	$\frac{1,026.8}{t^{0.6} + 1.642}$	77.2
70	$\frac{1,119.0}{t^{0.6} + 2.885}$	76.9	$\frac{839.6}{t^{0.6} + 1.628}$	63.2	$\frac{1,007.5}{t^{0.6} + 1.628}$	75.8
60	$\frac{1,084.7}{t^{0.6} + 2.801}$	75.0	$\frac{820.9}{t^{0.6} + 1.609}$	61.8	$\frac{985.1}{t^{0.6} + 1.609}$	74.2
50	$\frac{1,044.4}{t^{0.6} + 2.698}$	72.7	$\frac{798.7}{t^{0.6} + 1.587}$	60.3	$\frac{958.4}{t^{0.6} + 1.587}$	72.3
40	$\frac{996.5}{t^{0.6} + 2.579}$	70.0	$\frac{771.8}{t^{0.6} + 1.560}$	58.4	$\frac{926.2}{t^{0.6} + 1.560}$	70.0
30	$\frac{936.1}{t^{0.6} + 2.426}$	66.4	$\frac{736.9}{t^{0.6} + 1.521}$	55.9	$\frac{884.3}{t^{0.6} + 1.521}$	67.1
20	$\frac{853.7}{t^{0.6} + 2.215}$	61.5	$\frac{687.4}{t^{0.6} + 1.461}$	52.4	$\frac{824.9}{t^{0.6} + 1.461}$	62.8
10	$\frac{719.9}{t^{0.6} + 1.874}$	53.2	$\frac{601.7}{t^{0.6} + 1.341}$	46.3	$\frac{722.0}{t^{0.6} + 1.341}$	55.5
7	$\frac{653.9}{t^{0.6} + 1.712}$	48.9	$\frac{556.4}{t^{0.6} + 1.266}$	43.0	$\frac{667.7}{t^{0.6} + 1.266}$	51.6
5	$\frac{592.5}{t^{0.6} + 1.562}$	44.8	$\frac{512.5}{t^{0.6} + 1.184}$	39.9	$\frac{615.0}{t^{0.6} + 1.184}$	47.9
3	$\frac{499.5}{t^{0.6} + 1.352}$	38.4	$\frac{441.7}{t^{0.6} + 1.024}$	34.8	$\frac{530.0}{t^{0.6} + 1.024}$	41.8
2	$\frac{422.9}{t^{0.6} + 1.212}$	32.8	$\frac{378.6}{t^{0.6} + 0.850}$	30.3	$\frac{454.3}{t^{0.6} + 0.850}$	36.3
観測所名	神戸海岸気象台		姫路測候所			
統計期間	1937～1998		1949～1998			
確率計算方法	対数ピアソンⅢ型		グンベル法			

表 3-2-1 降雨強度式

平成 28 年 4 月 1 日

地域	神戸地域			姫路地域			豊岡地域			洲本地域
区域 (該当市町)	神戸市(明石川流域以東)、 尼崎市、明石市(明石川流域以東)、西宮市、芦屋市、伊丹市、宝塚市、三木市、川西市、小野市、三田市、加西市、加東市、猪名川町			神戸市(明石川流域から西側)、 姫路市(夢前町、安富町、香寺町を除く。)、明石市(明石川流域から西側)、相生市、加古川市、赤穂市、高砂市、たつの市(千種川流域を除く。)、稲美町、播磨町、太子町、上郡町			豊岡市 (竹野町、日高町を除く。) 豊岡市(竹野町、日高町)、養父市、朝来市(市川流域を除く。)、香美町、新温泉町			洲本市、南あわじ市、淡路市
地域係数	—			—			—			—
洪水到達時間	$10 \text{ 分} \leq t \leq 180 \text{ 分}$			$10 \text{ 分} \leq t \leq 180 \text{ 分}$			$10 \text{ 分} \leq t \leq 180 \text{ 分}$			$10 \text{ 分} \leq t \leq 180 \text{ 分}$
確率年	式	r_{50} 分	式	r_{50} 分	式	r_{50} 分	式	r_{50} 分	式	r_{50} 分
2	$431.4 / (t^{0.6+1.374})$	33.1	$517.7 / (t^{0.6+1.374})$	39.7	$572.2 / (t^{0.6+2.507})$	32.1	$629.4 / (t^{0.6+2.507})$	35.3	$533.5 / (t^{0.6+2.166})$	30.5
3	$505.3 / (t^{0.6+1.405})$	38.7	$606.4 / (t^{0.6+1.405})$	46.4	$674.4 / (t^{0.6+2.809})$	37.2	$741.8 / (t^{0.6+2.809})$	40.9	$612.8 / (t^{0.6+2.269})$	34.8
5	$586.0 / (t^{0.6+1.405})$	44.8	$703.2 / (t^{0.6+1.405})$	53.8	$788.7 / (t^{0.6+3.106})$	42.8	$867.6 / (t^{0.6+3.106})$	47.1	$705.2 / (t^{0.6+2.439})$	39.7
7	$638.5 / (t^{0.6+1.465})$	48.6	$766.2 / (t^{0.6+1.465})$	58.4	$856.4 / (t^{0.6+3.197})$	46.2	$942.0 / (t^{0.6+3.197})$	50.9	$759.9 / (t^{0.6+2.473})$	42.7
10	$691.8 / (t^{0.6+1.498})$	52.6	$830.2 / (t^{0.6+1.498})$	63.1	$931.3 / (t^{0.6+3.336})$	49.9	$1024.4 / (t^{0.6+3.336})$	54.9	$820.6 / (t^{0.6+2.596})$	45.8
20	$789.6 / (t^{0.6+1.538})$	59.8	$947.5 / (t^{0.6+1.538})$	71.8	$1070.9 / (t^{0.6+3.538})$	56.8	$1178.0 / (t^{0.6+3.538})$	62.4	$930.4 / (t^{0.6+2.700})$	51.6
30	$845.0 / (t^{0.6+1.553})$	63.9	$1014.0 / (t^{0.6+1.553})$	76.7	$1142.4 / (t^{0.6+3.578})$	60.4	$1256.6 / (t^{0.6+3.578})$	66.5	$991.5 / (t^{0.6+2.715})$	55.0
40	$883.7 / (t^{0.6+1.567})$	66.8	$1060.4 / (t^{0.6+1.567})$	80.1	$1203.3 / (t^{0.6+3.687})$	63.3	$1323.6 / (t^{0.6+3.687})$	69.6	$1035.6 / (t^{0.6+2.744})$	57.3
50	$915.0 / (t^{0.6+1.594})$	69.0	$1098.0 / (t^{0.6+1.594})$	82.8	$1246.9 / (t^{0.6+3.730})$	65.4	$1371.6 / (t^{0.6+3.730})$	72.0	$1070.5 / (t^{0.6+2.768})$	59.2
60	$940.0 / (t^{0.6+1.623})$	70.7	$1128.0 / (t^{0.6+1.623})$	84.9	$1279.7 / (t^{0.6+3.741})$	67.1	$1407.7 / (t^{0.6+3.741})$	73.8	$1097.6 / (t^{0.6+2.770})$	60.7
70	$959.6 / (t^{0.6+1.619})$	72.2	$1151.5 / (t^{0.6+1.619})$	86.7	$1307.2 / (t^{0.6+3.750})$	68.5	$1437.9 / (t^{0.6+3.750})$	75.4	$1121.3 / (t^{0.6+2.778})$	61.9
80	$978.0 / (t^{0.6+1.628})$	73.6	$1173.6 / (t^{0.6+1.628})$	88.3	$1332.5 / (t^{0.6+3.775})$	69.8	$1465.8 / (t^{0.6+3.775})$	76.7	$1142.1 / (t^{0.6+2.798})$	63.0
90	$994.3 / (t^{0.6+1.644})$	74.7	$1193.2 / (t^{0.6+1.644})$	89.6	$1353.1 / (t^{0.6+3.773})$	70.8	$1488.4 / (t^{0.6+3.773})$	77.9	$1164.1 / (t^{0.6+2.850})$	64.0
100	$1007.9 / (t^{0.6+1.645})$	75.7	$1209.5 / (t^{0.6+1.645})$	90.9	$1376.3 / (t^{0.6+3.815})$	71.9	$1513.9 / (t^{0.6+3.815})$	79.1	$1176.8 / (t^{0.6+2.819})$	64.9
150	$1062.2 / (t^{0.6+1.682})$	79.6	$1274.6 / (t^{0.6+1.682})$	95.5	$1455.0 / (t^{0.6+3.877})$	75.8	$1600.5 / (t^{0.6+3.877})$	83.3	$1244.0 / (t^{0.6+2.893})$	68.3
200	$1099.9 / (t^{0.6+1.701})$	82.3	$1319.9 / (t^{0.6+1.701})$	98.7	$1509.5 / (t^{0.6+3.902})$	78.5	$1680.5 / (t^{0.6+3.902})$	86.4	$1287.7 / (t^{0.6+2.909})$	70.6
300	$1153.6 / (t^{0.6+1.730})$	86.1	$1384.3 / (t^{0.6+1.730})$	103.3	$1593.0 / (t^{0.6+3.982})$	82.5	$1752.3 / (t^{0.6+3.982})$	90.8	$1350.2 / (t^{0.6+2.966})$	73.8
観測所名	神戸地方気象台			姫路特別地域気象観測所			豊岡特別地域気象観測所			洲本特別地域気象観測所
統計期間	1937 (S12) ~ 2014 (H26)			1949 (S24) ~ 2014 (S26)			1926 (S1) ~ 2014 (H26)			1919 (T8) ~ 2014 (H26)
確率計算 手法	対数ピアソンIII型			Gumbel 法			Gumbel 法			Gumbel 法

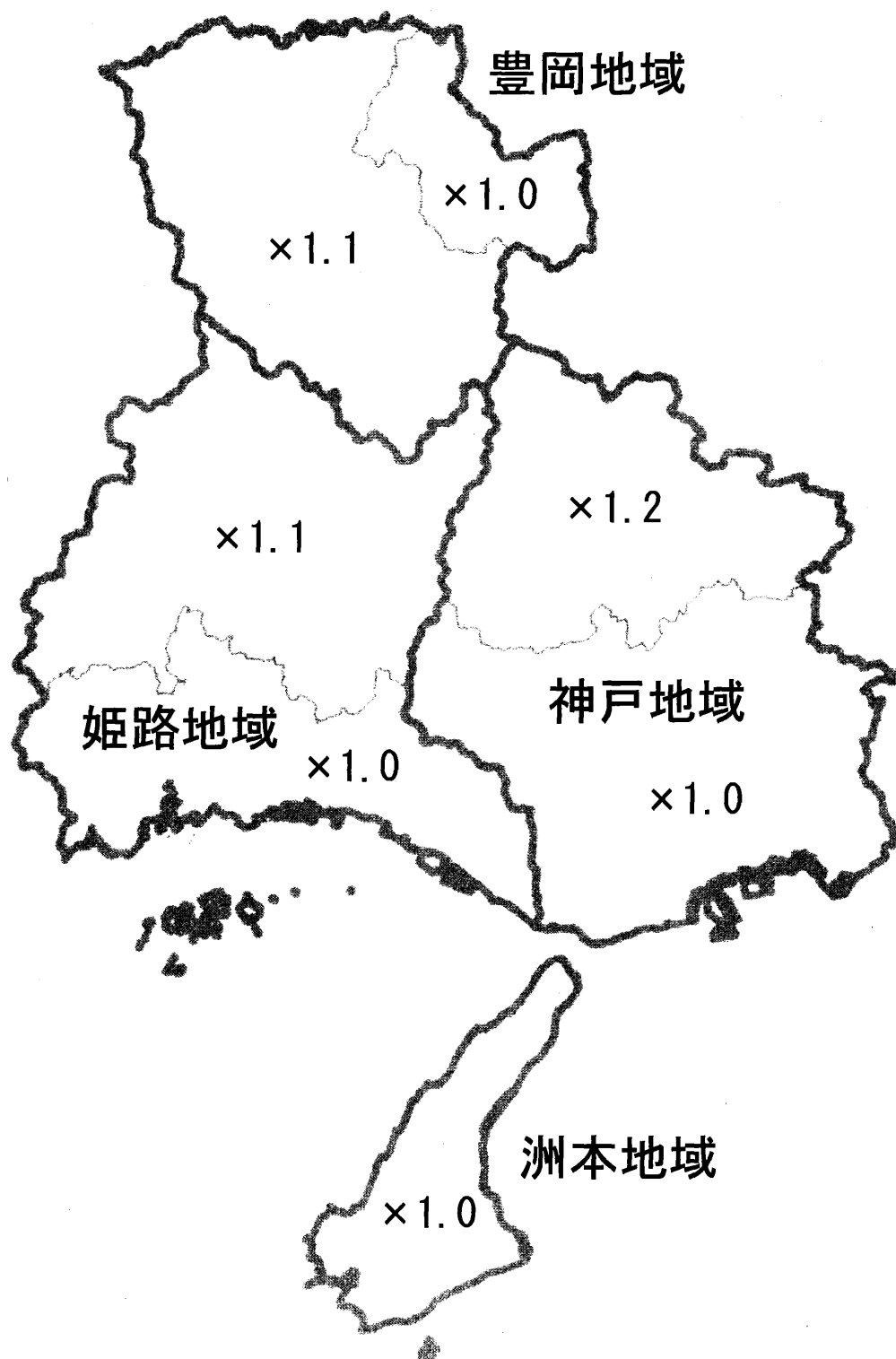


図 3-2-1 地域係数および適用地域図

表3-2-2 降雨強度式(2/2)

平成13年4月1日

	豊岡エリア				洲本エリア	
	豊岡市・城崎町 豊岡×1.0		豊岡市・城崎町以外の 但馬地域 豊岡×1.2		淡路地域 洲本×1.0	
適用時間	10分 $\leq t \leq 180$ 分		同左		同左	
確率年	式	r_{60} 分	式	r_{60} 分	式	r_{60} 分
300	$\frac{1,202.6}{t^{2/3} + 1.959}$	69.6	$\frac{1,443.1}{t^{2/3} + 1.959}$	83.5	$\frac{1,662.6}{t^{0.6} + 3.472}$	109.8
200	$\frac{1,149.2}{t^{2/3} + 1.952}$	66.5	$\frac{1,379.0}{t^{2/3} + 1.952}$	79.8	$\frac{1,568.9}{t^{0.6} + 3.387}$	104.2
150	$\frac{1,111.8}{t^{2/3} + 1.949}$	64.4	$\frac{1,344.2}{t^{2/3} + 1.949}$	77.2	$\frac{1,503.2}{t^{0.6} + 3.324}$	100.3
100	$\frac{1,058.5}{t^{2/3} + 1.942}$	61.3	$\frac{1,270.2}{t^{2/3} + 1.942}$	73.6	$\frac{1,412.3}{t^{0.6} + 3.237}$	94.8
90	$\frac{1,044.7}{t^{2/3} + 1.942}$	60.5	$\frac{1,253.6}{t^{2/3} + 1.942}$	72.6	$\frac{1,388.7}{t^{0.6} + 3.212}$	93.3
80	$\frac{1,029.2}{t^{2/3} + 1.938}$	59.6	$\frac{1,235.0}{t^{2/3} + 1.938}$	71.5	$\frac{1,362.8}{t^{0.6} + 3.188}$	91.8
70	$\frac{1,011.5}{t^{2/3} + 1.936}$	58.6	$\frac{1,213.8}{t^{2/3} + 1.936}$	70.3	$\frac{1,333.5}{t^{0.6} + 3.158}$	90.0
60	$\frac{991.5}{t^{2/3} + 1.936}$	57.4	$\frac{1,189.8}{t^{2/3} + 1.936}$	68.9	$\frac{1,299.7}{t^{0.6} + 3.124}$	87.9
50	$\frac{967.4}{t^{2/3} + 1.933}$	56.1	$\frac{1,160.9}{t^{2/3} + 1.933}$	67.3	$\frac{1,259.8}{t^{0.6} + 3.081}$	85.4
40	$\frac{937.8}{t^{2/3} + 1.927}$	54.4	$\frac{1,125.4}{t^{2/3} + 1.927}$	65.2	$\frac{1,211.2}{t^{0.6} + 3.027}$	82.4
30	$\frac{899.7}{t^{2/3} + 1.921}$	52.2	$\frac{1,079.6}{t^{2/3} + 1.921}$	62.6	$\frac{1,149.3}{t^{0.6} + 2.959}$	78.6
20	$\frac{845.6}{t^{2/3} + 1.913}$	49.1	$\frac{1,014.7}{t^{2/3} + 1.913}$	58.9	$\frac{1,062.5}{t^{0.6} + 2.857}$	73.2
10	$\frac{751.7}{t^{2/3} + 1.894}$	43.7	$\frac{902.0}{t^{2/3} + 1.894}$	52.4	$\frac{913.4}{t^{0.6} + 2.658}$	63.8
7	$\frac{701.9}{t^{2/3} + 1.882}$	40.8	$\frac{842.3}{t^{2/3} + 1.882}$	48.9	$\frac{835.8}{t^{0.6} + 2.541}$	58.8
5	$\frac{653.5}{t^{2/3} + 1.866}$	38.0	$\frac{784.2}{t^{2/3} + 1.866}$	45.6	$\frac{760.9}{t^{0.6} + 2.414}$	54.0
3	$\frac{575.8}{t^{2/3} + 1.846}$	33.5	$\frac{691.0}{t^{2/3} + 1.846}$	40.2	$\frac{641.6}{t^{0.6} + 2.180}$	46.3
2	$\frac{505.5}{t^{2/3} + 1.811}$	29.5	$\frac{606.6}{t^{2/3} + 1.811}$	35.4	$\frac{536.4}{t^{0.6} + 1.923}$	39.5
観測所名	豊岡測候所				洲本測候所	
統計期間	1926～1998				1919～1998	
確率計算方法	ゲンベル法				対数ピアソンⅢ型	

表3-2-3 降雨強度式の適用エリア

エリア	地域	適用 各エリアで算出された降雨 強度に当欄の係数を乗じる	
		係数	区域
神戸 エリア	阪神・神戸地域 (神戸市の明石川流域より西を除く) 丹波地域、社土木事務所管内、 明石川流域	1.0	「エリア全域」
姫路 エリア	西播磨地域のすべて、東播磨地域の加古川 市、高砂市、稲美町、播磨町 神戸市の明石川流域より西(明石川は含ま ず) 明石市の明石川流域より西(明石川は含ま ず) 但馬地域の生野町の市川流域	1.0	「播磨地域南部」[播州平野を 中心とした地域] 赤穂郡、揖保郡(ただし新宮町 の千種川流域は1.2倍とする)、 姫路市、加古川市等
		1.2	「播磨地域北部」 [播州平野を除く地域] 神埼郡、飾磨郡、宍粟郡
豊岡 エリア	生野町の市川流域を除く但馬地域	1.0	「豊岡盆地(出石川流域を含 む)」豊岡市、城崎町、出石町、 但東町
		1.2	「豊岡盆地(出石川一流域を含 む)以外 豊岡市、城崎町、出石町、但 東町、生野町以外の但馬地域
洲本 エリア	淡路地域すべて	1.0	「エリア全域」

(参考) 新降雨強度式の値 (mm/h)

神戸エリア

確率	10分	60分	120分
100	170.0	81.4	57.8
60	159.9	75.0	53.0
30	146.1	66.4	46.6
10	123.0	53.2	36.8
5	106.9	44.8	30.8

姫路エリア

播磨地域南部

確率	10分	60分	120分
100	156.3	66.2	45.6
60	146.8	61.8	42.6
30	133.9	55.9	38.4
10	113.1	46.3	31.6
5	99.2	39.9	27.2

播磨地域北部

確率	10分	60分	120分
100	187.6	79.4	54.7
60	176.2	74.2	51.1
30	160.7	67.1	46.1
10	135.7	55.5	38.0
5	119.1	47.9	32.6

豊岡エリア

豊岡盆地（出石川流域を含む）

確率	10分	60分	120分
100	160.8	61.3	40.3
60	150.7	57.4	37.8
30	137.1	52.2	34.3
10	115.0	43.7	28.7
5	100.4	38.0	24.9

豊岡盆地以外

確率	10分	60分	120分
100	192.9	73.6	48.4
60	180.9	68.9	45.3
30	164.5	62.6	41.1
10	138.0	52.4	34.4
5	120.5	45.6	29.9

洲本エリア

淡路地域

確率	10分	60分	120分
100	195.7	94.8	67.5
60	182.9	87.9	62.5
30	165.6	78.6	55.7
10	137.6	63.8	44.9
5	119.0	54.0	37.9

3.2.2 高水流量

(1) 高水流量決定の原則

河川整備基本方針で定める「基本高水のピーク流量・計画高水流量」（以下「高水流量」という）は、原則として、策定時点における最適手法により算定する。これによることが河川計画上著しく不合理となる場合には、個別に検討する。

中小河川計画の手引き（案）p.74

既に工事実施基本計画および全体計画が定められ、事業を実施している場合には、既存計画との整合について留意すること。

(2) 新たに決定する高水流量の有効数字

河川整備基本方針で定める高水流量については、算定した高水流量を表3-2-4のとおり表示するものとする。ただし、洪水調節施設の効果を表現する場合などで、これによることが不合理な場合は、適宜判断する。また、河川整備計画で定める高水流量についても、これに準じる。

表 3-2-4 高水流量の表示

流量 (m ³ /s)	高水流量の算定値 (四捨五入による)	高水流量の表示方法 (算定値を切り上げ)
20 未満	少数第 1 位止め	1m ³ /s
20 以上 100 未満	少数第 1 位止め	5m ³ /s
100 以上	整数止め	有効数字 2 桁

(3) 工事実施基本計画・全体計画との整合

河川整備基本方針・河川整備計画策定時に、既に工事実施基本計画・全体計画で高水流量が定められ、事業を実施している場合には、新たに高水流量を設定するにあたり、下記のとおり留意する。

1) 従前の計画に比べ高水流量が下がる場合

① 既設構造物の評価

- 既に完成した構造物は、現時点では余裕があるが、事業実施時点では適切な安全度であったと評価する。（原則として HWL は変更しない。ただし、これらによることが不合理な場合は適宜判断する。）

② 今後の事業実施について

- 今後の事業については新しい計画に基づいて実施するが、完成済み区間と隣接する場合等には、一連区間の河川計画の連続性を考慮して現場での対応を行う。

2) 従前の計画に比べ高水流量が上がる場合

① 既設構造物の評価

- ・ 既に完成した構造物は、事業実施時点では適切な安全度であったと評価するが、現時点では流下能力が不足することとなる。よって、再改修が必要となる。

② 今後の事業実施について

- ・ 事業実施にあたっては、未改修区間と事業実施済み区間の優先度を判断する。未改修区間を先に実施する場合は、上下流バランスを考慮したうえで、手戻りのない計画で事業実施する。

3) 従前の計画と高水が同じ場合

① 既設構造物の評価

- ・ 既に完成した構造物は、現時点で評価しても、適切な安全度であると評価する。

② 今後の事業実施について

- ・ 事業実施については、新しい計画に基づくものとして実施する。

3. 2. 3 流出解析

(1) 流出解析手法

降雨から流量への変換にあたっては、流域の規模および流量観測資料の有無や計画対象施設の種類、内水河川の扱い等の計画条件、将来の土地利用の変化や河道改修による流出特性の変化等考慮して適切な流出計算手法を採用する。

中小河川計画の手引き（案） p. 31

表 3-2-5 中小河川に適用される流出計算手法の比較

手法		適用と特色	長所	短所
線形モデル	合理式	合理式の特色は流域の最遠点から考慮地点まで雨水が流下集中した時に最大流量が生ずると考え、その時間を洪水到達時間と呼んでいる。中小河川でよく用いられている。	ピーク流量算出にあたって最も簡便であり、適用例が多い。	ハイドログラフを求めることができないので、ダム等の貯留施設の計画には用いることができない。また、実測値との検証についても困難である。流域面積が大きくなると適用が困難である。
	合成合理式	合理式のピーク流量を重ねて結合したものであり、ハイドログラフが作成できる。	簡易にハイドログラフが作成できる。	ハイドログラフの項以外、同上。
非線形モデル	貯留関数法	貯留高と流出高との間に比較的簡易な式で非線形性を表現した手法で、日本のほとんどの一級河川で使用されている。 10 km ² ～数 100 km ² 程度の流域で適用(単流域として)されている。 土地利用の変化を考慮した方法も提案されている。	一級河川での適用例が多く、特に山地が多くを占める流域での適合度が高い。 定数検証は主に K、T ₁ の修正で済み、比較的容易である。また、流域分割、流出系統作成の巧拙があまり問題にならない方法である。	実用的であるが、定数について水理学的裏付けが弱い。 小出水の際の定数を用いた場合、大出水の再現性に問題がある。一般に平地や都市域での適合度に劣る。
	準線形貯留型モデル	合理式の到達時間内降雨強度の考え方を取り入れ、非線形性を表現した各地目毎の指数単位図である。降雨流出の非線形性が扱え、流域の開発等の地目変更に伴う流出変化が扱えることから、開発が著しい流域で適用例が多くなっている。	地目毎の流出計算結果を合成しており、地目の改変や地目毎の貯留、浸透対策河川に適用性が高い。 流域分割や流出系統の作成のしかたの巧拙は特性曲線法ほど精度に影響しない。	計画論的に有効なモデルであるが反面実績の再現性に難点がある場合がある。地目別定数 C についての総合化の程度に問題を残す。 山地部のように貯留効果が大きいところでは、特に低減部再現性に難点がある。
	特性曲線法(等価粗度法)	流域を幾つかの矩形斜面と流路が組み合わされたものと見なし、雨水流を水理学的に追跡した計算手法である。	流域の性状を等価粗度で表すところが特徴的で、流域開発の変化を反映させることができる。比較的表面流が卓越する都市域について適合度が高い。	定数の構成要素が多く、かつそれぞれの要素を比較的高い精度で求める必要があり、手間がかかる。流域分割や流出系統作成のしかたの巧拙により精度が問題となる。

(2) 合理式

合理式の洪水到達時間、流出係数については、流域及び河道の特性を踏まえて適切な値を採用するものとする。

中小河川計画の手引き（案） p. 57

1) 洪水到達時間

一般に中小河川において適用し易い方法としては、① クラーヘン (Kraven) 式、② 等流流速法、土研式が挙げられる。

②のうち、クラーヘン式についてはその根拠が不明であるが、従来より慣用的に用いられている。

等流流速法はクラーヘン式の変形であり、洪水伝播速度を等流流速とするものである。

土研式は都市域と自然流域を対象に式が示されており、土地利用の変化に伴う洪水到達時間の変化を考慮でき、根拠が明らかであるため適用しやすいが適用事例は少ない。

① クラーヘン式による洪水到達時間

クラーヘン式では、一般に雨水が流域から河道に至る流入時間と河道内の流下時間の和で示される。

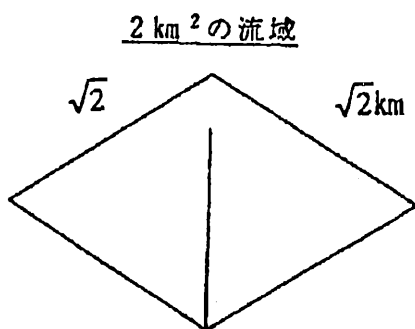
○ 流入時間

雨水が流域から河道に流入するまでの時間については、以下の値を標準として用いることとする。

・山地流域	: 2km ²	30 分
・特に急傾斜面区域	: 2km ²	20 分
・下水道整備区域	: 2km ²	30 分

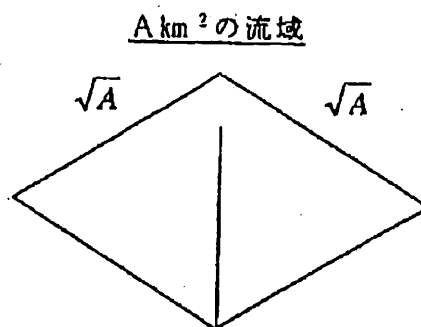
基本的には、当該河川の流域から流入域 2km² を先取りし、上記の値を用いて流入時間を設定するとともに、流入域を除いた流域の河道延長を用いて河道流下時間を算定する（流入時間の最大値は上記値となる）。

ただし、流入域 2km² を除いた流域面積が極端に小さくなる場合には、地形図上で河道を示す青線の上流端の上流域を流入域とし、その流入時間を次のような方法で算定するとともに、青線の上流端から下流を河道として河道流下時間を算定する手法も用いられている。



流入時間 30 分

図 3-2-2 2 km²の場合 (山地、下水道区域)



流入時間 t (分) = $\sqrt{\frac{A}{2}} \times 30$

図 3-2-3 2 km²未満の流入域の場合の
流入時間算出方法

(参考)

この他にルチーハ (Rziha) 式、角屋式他種々の推定式が提案されている。
ルチーハ式は、わが国の河川に適用すると洪水到達時間が過大に算定される傾向にあると報告されている。

角屋式はその式中に到達時間内降雨強度を有し、未知数を含むこととなるのでトライアルの計算となり扱いが繁雑となる。

○河道流下時間

$$T = \frac{1}{60} \times \frac{L}{W}$$

河道流下時間 T (min)

ここに、 L : 河道上流端(流域から流入域 2 km²を除いた流域の最遠点、又は 1/25,000 地形図で示されている水色の部分の最上流)から流量検討地点までの流路の距離 (m)

W : 洪水伝播速度(m/s)

であり、クラークヘン式は洪水伝播速度として以下を与えている。

表3-2-6 流路勾配 I と洪水伝播速度 W の関係

I	1/100以上	1/100~1/200	1/200以下
W	3.5m/s	3.0m/s	2.1m/s

ここに、 I : 河道上流端と懸案地点の標高差 H (m)を流路長(L)で割ったもの

一般に河川は上流へいくほど勾配が急であることから、河道の縦断勾配の変化が大きい場合には、図に示すように適切な箇所に勾配変化点を設定し、区間毎に流路長、勾配を設定して、河道の流下時間を合算して求める。

A～Cの平均勾配とすると、勾配が全区間 1/100 以上となり流速を過大に見積もる恐れがある

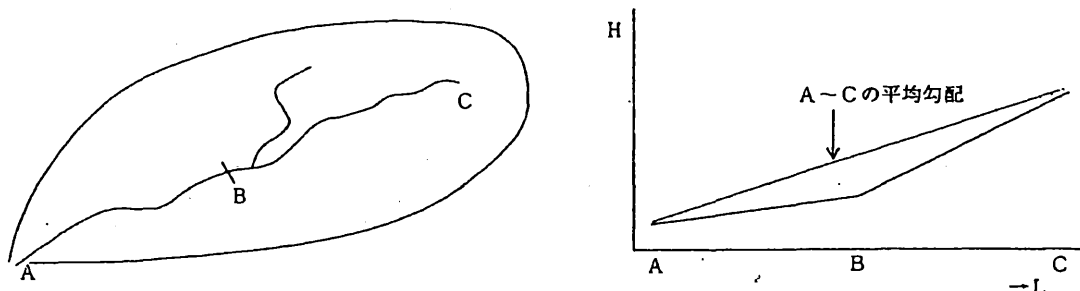


図3-2-4 クラーヘン式の勾配区分

② 等流流速法による洪水到達時間

等流流速法は、クラーヘン式と同様に洪水到達時間を流入時間と河道流下時間の和で与える方法である。流入時間はクラーヘン式の場合と同じ値が用いられる。河道流下時間はクラーヘン式の洪水伝播速度Wを以下の Manning 式で求めるものである。

$$W = \frac{1}{n} \times R^{2/3} \times I^{1/2}$$

ここに、

n: 河道の粗度係数

R: 河道代表断面の径深

$$R = A/S$$

$$R = A/S$$

(A: 断面積 S: 断面径)

I: 河道上流端と流量検討地点の標高差H(m)を流路長(L)で割ったもの

なお、河道を一様の勾配で表現することが適切でない場合は、クラーヘン式と同様に途中で勾配変化点を設定して、各区間毎に流下時間を算出する。

③ 土研式による洪水到達時間

土研式は、土木研究所が全国の流出試験地等の水文データより、到達時間T (hr)、流路延長L (m)、流域勾配Sの関係について整理し、導いたものである。

$$\text{都市流域} \quad T = 2.40 \times 10^{-4} (L/\sqrt{S})^{0.7}$$

$$\text{自然流域} \quad T = 1.67 \times 10^{-3} (L/\sqrt{S})^{0.7}$$

ここに、L：流域最遠点(流域界)から流量検討地点までの主流路の距離(m)

S：流域最遠点(流域界)から流量検討地点の標高差を流路長(L)で割ったもの
ただし、土研式の適用範囲は、

$$\text{都市流域で流域面積 } A < 10\text{km}^2, \quad S > \frac{1}{300},$$

$$\text{自然流域で流域面積 } A < 50\text{km}^2, \quad S > \frac{1}{300}$$

なお、都市流域と自然流域が混在する場合は、100%都市流域、自然流域とした場合の洪水到達時間を面積加重平均より算定する。

$$T = \frac{A_T \times T_T + A_S \times T_S}{A_T + A_S}$$

ここに、 A_T ：都市流域面積

A_S ：自然流域面積

T_T ：100%都市流域とした場合の到達時間

T_S ：100%自然流域とした場合の到達時間

(参考) クラーヘン式と土研式

土研式は流出試験地等の水文資料より、計画上の安全側を見込んで、洪水遅れ時間実測値の下限値を採用し、それを2倍して洪水到達時間としている。吉野らによれば平均的には洪水到達時間は、クラーヘン式>土研式とされるが、勾配のとり方や流入時間の考え方等、本文で示した方法と異なることが考えられる。現実の計算例ではクラーヘン式による洪水到達時間は、土研式によるものよりも概ね小さ目を与えることが多い。

これらの式を使うにあたり、どちらが大きい流量を与えるかという点ではなく、流域の土地利用の変化をどのように予測し、河川計画を策定すべきかについて考える必要がある。すなわち、両者の特徴は以下のように示される。

- クラーヘン式では、洪水到達時間に流域の土地利用の変化を表現することができない。土地利用変化は流出係数で表現するのみであるから、例えば原野からビルの密集した市街地に変化したとしても、流出係数は高々0.7から0.9に変化するだけで、計画高水流量は約3割しか増加しない。

→土地利用の動向は不明であるが、余裕をもって河川計画を策定したいときに適している。

- 土研式は、流域の土地利用の変化を洪水到達時間と流出係数の2つのパラメータで表現することができるので、流域の特性を評価しやすい。

→将来の土地利用変化をある程度予測することができ、流域の特性を表現した合理的な河川計画を策定したいときに適している。

2) 流出係数 f

「建設省河川砂防技術基準(案) 計画編 p. 19」に記載されている以下の値を標準値とし、土地利用ごとの流出係数を用いて、当該河川の土地利用面積で加重平均し、流域平均の流出係数を設定する。

表 3-2-7 合理式の流出係数

密集市街地	0.9
一般市街地	0.8
畑、原野	0.6
水田	0.7
山地	0.7

他にも「建設省河川砂防技術基準(案) 調査編 p. 87～88」にも示されているので、参考とする。

(参考)合理式の流出係数

合理式の流出係数は、総降雨量と総流出高の比である洪水の総流出率とは異なり、ピーク流量に寄与する到達時間内の降雨の流出率を示すものである。

一般に降雨流出過程においては、すべての降雨が洪水流出に寄与するのではなく、降雨初期には森林による降雨の遮断や葉面からの蒸発散、土壌中への浸透等によって流出に寄与する降雨（有効降雨）は比較的少ない。降雨が継続するにつれ、全降雨に占める有効降雨が増加し、流域が飽和した状態ではほとんどすべての降雨が流出に寄与ようになる。

以上のことを、総雨量と総損失量の関係で示したものが右図である。ある飽和点（図では山地でA点、市街地でB点）に達するまでは、雨量の増加とともに損失量も増加するが、飽和点に達した段階で損失量は一定に近くなり、すべての降雨が流出に寄与することとなる。

実際の洪水時には流域の湿潤状態や降雨量あるいは降雨強度により図の関係は変化する。また、地目による損失量が異なることから、流出係数は地目別に設定されている。

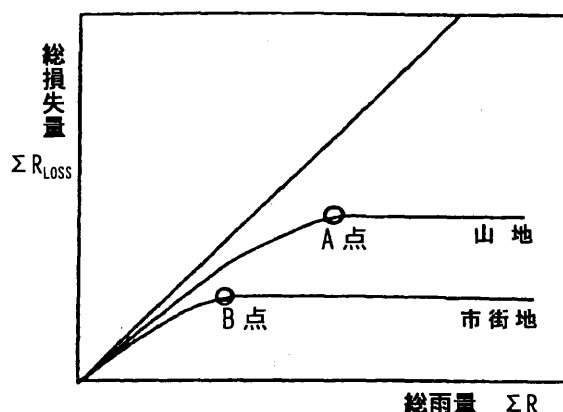


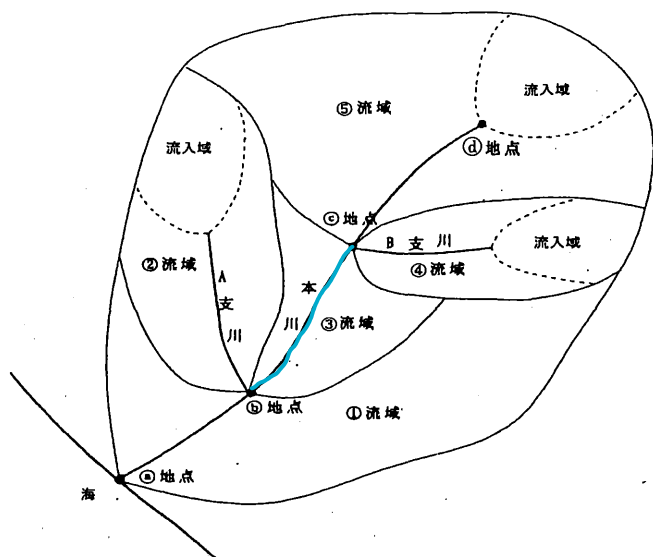
図3-2-5 総雨量と総損失量の関係

合理式における流出係数は、現実の降雨～流

出機構が総雨量や降雨強度により変化するにもかかわらず、洪水ピーク時には流域が飽和に近い状態にあることを前提としている。従って、他の流出計算手法では前期降雨も含めてその外力となる降雨の計画規模を定めているのに対し、合理式では流域がある程度湿潤した状態で計画規模の降雨が生起した場合の流出量を算出しているため、他の流出計算手法に比べて大きめの流量が算出されることになる。流域が合理式自体の前提となる飽和状態に達していない場合には計画規模の降雨が生起したとしても、合理式で算出された流量は生起しない。このことが住民感覚との乖離を生む原因となっていると考えられる。これらのことから表に示した流出係数は、合理式自体の仮定に基づく種々の誤差を含んだ計画に用いる定数として扱うことが重要である。なお、全国流出試験地の資料を参考に吉野らが調べた結果によると、表に示したピーク流出係数 f_p は、洪水の総流出率 F に対し $f_p = (1.0 \sim 1.4) F$ の関係が得られている。

(参考)合理式による計画高水流量の算定例

合理式では、主要な河川合流の前後に流量計算地点を設定する。対象河川の流域条件によっては下流地点の流量が必ずしも大きくなる場合があり、ここでは、b～c間の流路延長によって上下流で計算流量が逆転する場合（算定例－A）とそうでない場合（算定例－B）の算定例を示す。



流域区分	流域面積	流域形態	流出係数
①流域①-1	2.5km ²	水田	0.7
①-2	0.5	市街地	0.8
②流域②-1	0.6	市街地	0.8
②-2	1.8	山地	0.7
③流域	1.3	水田	0.7
④流域	1.9	山地	0.7
⑤流域	5.0	山地	0.7
合計	13.6		

【算定例－A】上下流で流量が逆転する事例

【算定例－B】下流地点ほど流量が大きくなる事例

流路区分	流路延長	勾配
a～b	1.8km	1/400
b～c	4.0	1/300
c～d	2.0	1/150
A支川	2.0	1/150
B支川	1.3	1/150

流路区分	流路延長	勾配
a～b	1.8km	1/400
b～c	1.2	1/300
c～d	2.0	1/150
A支川	2.0	1/150
B支川	1.3	1/150

計画高水流量算定計算書－【算定例－A】(N=1/50) 上下流で流量が逆転する事例

流量算定地点名	流域面積 (A:【算定例－A】)	流路延長 (L:km)	到達時間 (T:min)	降雨強度 (r:mm/hr)	流出係数 (f)	流量－1 (Q:m³/s)	流量－2 (Q:m³/s)
本川 a 地点	13.6	7.8	87	61	0.71	164	170
本川 b 地点 (A支川地域を含む)	10.6	6.0	72	67	0.71	141	150
本川 b 地点 (A支川地域を含まない)	8.2	6.0	72	67	0.70	107	110
本川 c 地点 (B支川地域を含む)	6.9	2.0	41	88	0.70	119	120
本川 c 地点 (B支川地域を含まない)	5.0	2.0	41	88	0.70	86	90
A 支川	2.4	2.0	41	88	0.73	43	45
B 支川	1.9	1.3	37	92	0.70	34	35

(流量－1：計算流量、流量－2：流量配分での丸め)

流域区分	流域面積	流出係数	流路区分	流路延長	勾配
①流域 ①－1	2.5	0.7	流路 a～b	1.8	1/400
①流域 ①－2	0.5	0.8	流路 b～c	4.0	1/300
②流域 ②－1	0.6	0.8	流路 c～d	2.0	1/150
②流域 ②－2	1.8	0.7	A 支川	2.0	1/150
③流域	1.3	0.7	B 支川	1.3	1/150
④流域	1.9	0.7			
⑤流域	5.0	0.7			
合 計	13.6				

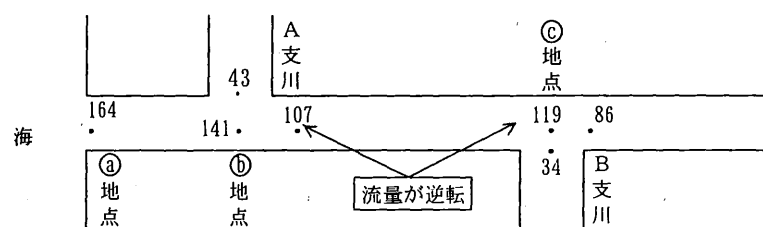
$$\text{到達時間 } T = \frac{L}{60 \cdot W} + \text{流入時間(min)}$$

$$\text{降雨強度 } r = \frac{1,044.4}{t^{0.6} + 2.698}$$

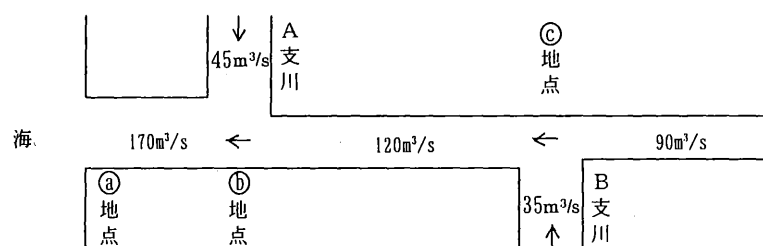
$$\text{流出係数 } f = \frac{f_1 \cdot A_1 + f_2 \cdot A_2 + \dots + f_n \cdot A_n}{A_1 + A_2 + \dots + A_n}$$

$$\text{流 量 } Q = \frac{1}{3.6} \cdot f \cdot r \cdot A (\text{m}^3/\text{s})$$

以上の結果を図示すれば、次のとおりである。



これより計画高水流量配分図は、次のとおりとなる。



計画高水流量算定計算書－【算定例－B】 (N=1/50) 下流地点ほど流量が大きくなる事例

流量算定地点名	流域面積 (A:【算定例－B】)	流路延長 (L:km)	到達時間 (T:min)	降雨強度 (r:mm/hr)	流出係数 (f)	流量－1 (Q:m³/s)	流量－2 (Q:m³/s)
本 川 a 地 点	13.6	5.0	64	71	0.71	191	200
本 川 b 地 点 (A支川地域を含む)	10.6	3.2	50	80	0.71	168	170
本 川 b 地 点 (A支川地域を含まない)	8.2	3.2	50	80	0.70	128	130
本 川 c 地 点 (B支川地域を含む)	6.9	2.0	41	88	0.70	119	120
本 川 c 地 点 (B支川地域を含まない)	5.0	2.0	41	88	0.70	86	90
A 支 川	2.4	2.0	41	88	0.73	43	45
B 支 川	1.9	1.3	37	92	0.70	34	35

(流量－1: 計算流量、流量－2: 流量配分での丸め)

流域区分	流域面積	流出係数	流路区分	流路延長	勾配
①流域 ①－1	2.5	0.7	流路 a～b	1.8	1/400
①－2	0.5	0.8	流路 b～c	1.2	1/300
②流域 ②－1	0.6	0.8	流路 c～d	2.0	1/150
②－2	1.8	0.7	A 支川	2.0	1/150
③流域	1.3	0.7	B 支川	1.3	1/150
④流域	1.9	0.7			
⑤流域	5.0	0.7			
合 計	13.6				

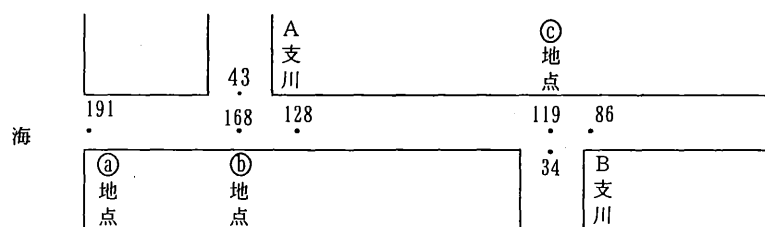
$$\text{到達時間 } T = \frac{L}{60 \cdot W} + \text{流入時間(min)}$$

$$\text{降雨強度 } r = \frac{1,044.4}{t^{0.6} + 2.698}$$

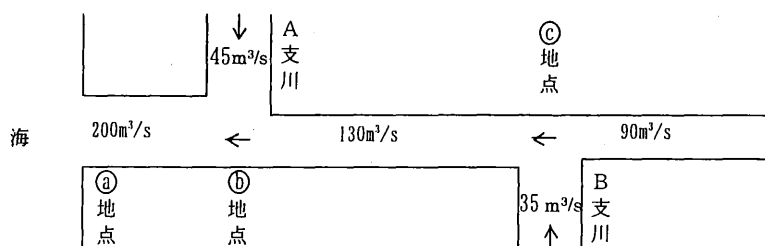
$$\text{流出係数 } f = \frac{f_1 \cdot A_1 + f_2 \cdot A_2 + \dots + f_n \cdot A_n}{A_1 + A_2 + \dots + A_n}$$

$$\text{流 量 } Q = \frac{1}{3.6} \cdot f \cdot r \cdot A (\text{m}^3/\text{s})$$

以上の結果を図示すれば、次のとおりである。



これより計画高水流量配分図は、次のとおりとなる。



3.3 河道計画

3.3.1 粗度係数の設定

粗度係数は、河道状況および対象とする洪水規模を踏まえ適切に設定する。

中小河川計画の手引き（案） p. 118

県基準（案）

粗度係数は、小数点4桁目を四捨五入して小数点3桁で表現し、少数点3桁目の数値は1単位を原則とする。ただし、人家連担地域では、採用する護岸形式によって粗度係数が変化し、河道断面が不足する場合があるため別途考慮する。

① 粗度係数の設定区間

粗度係数は、各断面でそれぞれ設定するのではなく、河道区間を縦断的に河床材料、河床勾配、断面形状等により粗度係数がほぼ一定と考えられる区間に分割して、その区間毎に設定する。その際、粗度係数を一律に設定する区間があまり短くならないように注意する。

② 逆算粗度係数の設定方法

河道の平均的な粗度係数を逆算する方法は、流量観測による実績流量と洪水後に測定される痕跡水位を用いて以下の手順で行う。

まず、粗度係数を仮定して不等流計算を行い、得られた計算水位と痕跡水位とを比較する。そして、その誤差が許容範囲内に収まるまで粗度係数を変化させて計算を行い、逆算対象洪水位を精度良く再現できた時の粗度係数を逆算粗度係数として設定する。

逆算に用いる痕跡水位の選定にあたっては、精度の高い痕跡を重視する。また、左右岸の痕跡水位が大きく異なるような場合、あるいは下流の痕跡水位が上流のそれよりも大きいような場合でも、それらがデータの的に同一の精度と考えられる限り、計算水位がそれらの平均値を通るように粗度係数を求めるものとする。

詳しくは「建設省河川砂防技術基準（案）調査編、6.4粗度係数の逆算法」を参照のこと。

③ 合成粗度係数の設定方法

単断面河道における粗度係数の設定方法は、中小河川では川幅水深比が小さく、側壁(河岸法面粗度)の影響が無視できないことを考慮し、断面を河床部と護岸部(法面部)に分けて粗度係数を設定し、これらを合成して求める。この合成粗度係数は、各部位毎の粗度係数とその潤辺により次式を用いて求める。

$$N = \left(\frac{\sum_{i=1}^m (n_i^{3/2} \cdot S_i)}{S} \right)^{2/3}$$

$$S = S_1 + \dots + S_m$$

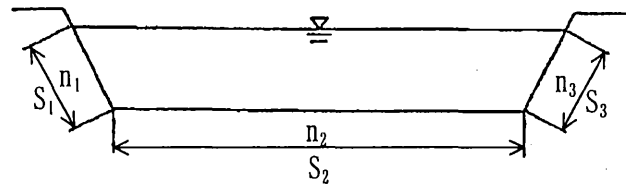


図3-3-1 各部位毎の粗度係数および潤辺の取り方(単断面の場合)

複断面河道の場合は、低水路、高水路、護岸部に分けて粗度係数を設定しこれらを合成して求める。この式は、分割した断面間での流れの干渉(せん断力)を無視し、それぞれの断面で独立して流れが生じていると仮定して導かれたものである。

$$N = \frac{A \cdot R^{2/3}}{\sum_{i=1}^m \left(\frac{A_i \cdot R_i^{2/3}}{n_i} \right)}$$

$$A = \sum A_i$$

$$R = \frac{A}{S} = \frac{\sum A_i}{\sum S_i}$$

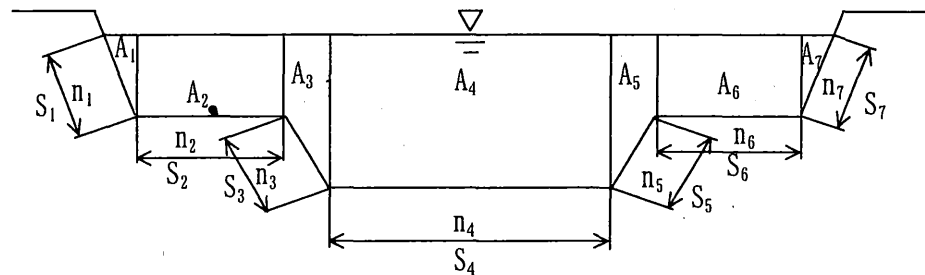


図3-3-2 各部位毎の粗度係数および潤辺の取り方(複断面の場合)

なお、河床部、護岸部の粗度係数算出方法および合成粗度係数の算定方法については、「美しい山河を守る災害復旧基本方針、5-4粗度係数」を参照のこと。

④ 「建設省河川砂防技術基準(案)計画編」の一般値

河道計画の策定に用いる粗度係数は、複断面等の横断形、河床形態、植生の状況等により適切に定めるものとする。

洪水時に水位・流量観測、痕跡水位の測定が行われ、精度上、十分な量と質の実測データが存在する場合に、粗度係数を逆算から求めて設定する方法を採用する。

改修前と後では河道条件が一変してしまい、かつ洪水資料がない場合には、十分な検討ができないことがあるので、単純な断面の河道では次の値を用いてもよい。

一般河道

0.030~0.035

急流河川および河幅が広く水深の浅い河川

0.040~0.050

3.3.2 河道計画に用いる水位計算

河道の水位計算は、基本的に不等流計算を用いる。

また、複断面河道や樹木群の影響等を見逃すことのできない河道では、断面を分割して計算を行う準二次元不等流計算の適用についても検討する。

中小河川計画の手引き（案） p. 113

県基準（案）

下流水位の影響がなく、川幅や河床勾配がほぼ一定と見なせる河川では、等流計算を用いることができる。

【解説】

水位に影響を与える要素としては、主に表に示すような項目が挙げられる。表には、検討手法により考慮できるものとできないものを示している。

表 3-3-1 各計算手法で検討できる項目

水位に影響を及ぼす要素	等流計算	不等流計算
断面形状	○	○
河床勾配	○	○
低水路・高水敷の粗度	○	○
護岸部の粗度	○	○
出発水位（河口、合流点水位）	×	○
急拡・急縮等の断面変化	×	○
合流	×	○
河川構造物（橋脚・堰等）	×	○
湾曲	○	○
砂州	○	○
植生	○	○
低水路と高水敷の流れの干渉	○	○
下（上）流の影響	×	○

なお、直轄の大河川ではこれらの項目のうち、ほぼ全てを必須項目として水位計算に取り込んで河道計画を策定しているが、中小河川では計算に必要な資料の制約もあることから、検討目的・計算手法により検討項目を適宜、選定することが望ましい。

一例として、河道形状が縦横断に変化する一般的な河道において、不等流計算と等流計算により得られる水位を比較した事例を図に示す。不等流計算では、任意地点の水位がその地点の下流断面における水位（射流では上流断面水位）から算出されるため、下（上）流水位の影響を適切に反映した連続的な水位を得ることができる。一方、等流計算では、各地点毎に水位が独立して得られるので、検討区間内に断面形状・河床勾配等の縦断的な変化や堰・橋脚等の河川構造物が存在する場合に、それらの影響範囲を評価することができない。

今後の川づくりでは、治水面だけでなく環境面にも配慮した河道計画、つまり一様な定規断面による河道計画ではなく、現況河道形状を重視し、河道内樹木の存置による影響等をも考慮した河道計画を行う必要がある。また、流下能力の小さい中小河川では、橋脚や落差工等の構造物が水位に及ぼす影響も大きく、特に構造物設置地点より上流区間の堰上げを適切に考慮しなければならない。したがって、中小河川においても実際の水理現象の再現性が高く、精度良く水位を評価できる不等流計算を行うことが望ましい。

なお、水位に影響を及ぼす要素のうち、どの項目を考慮するかは、当該河川の規模及び重要度、沿川の土地利用状況等の諸条件を考慮し、適切に選定するものとする。

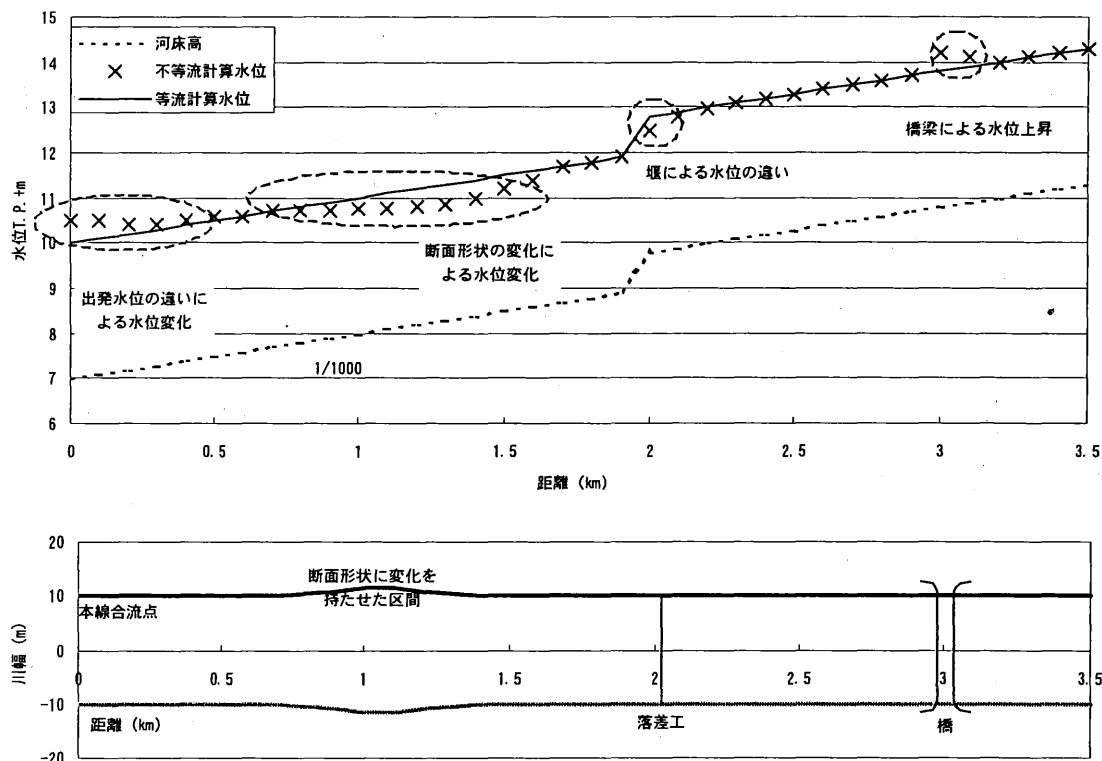


図3-3-3 等流と不等流の計算水位の相違

ただし、以下の場合については、等流計算により水位を算定してもよい。

- (i) 急流河川で、常に射流が現れる
- (ii) 特に河川構造物もなく、横断面形及び河床勾配が変化しない

射流が現れる目安となる河床勾配は、フルード数 $Fr > 1$ の条件の下、 Manning式より次式で求めることができる。

$$I > n^2 g R^{-1/3}$$

ここで、 I は河床勾配、 n は粗度係数、 R は径深、 g は重力加速度である。仮に粗度係数を 0.03 ~ 0.05、径深を 1 ~ 3m、重力加速度を 9.8 m/s^2 とすると、射流が現れる河床勾配は

$$I > 1/164 \sim 1/40$$

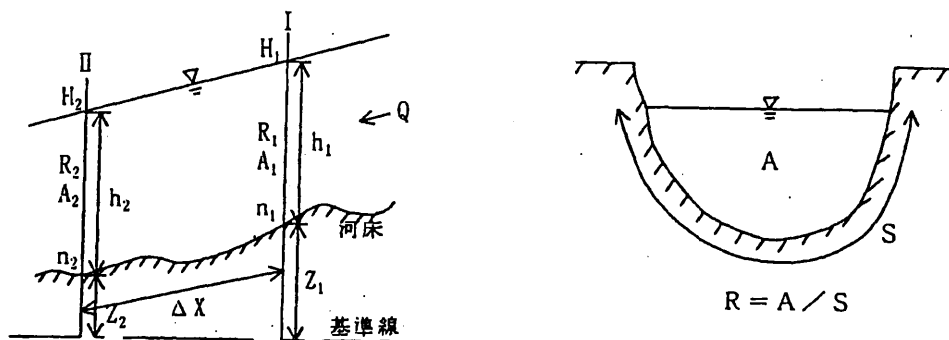
程度になる。

不等流計算は逐次不等流計算法を標準とするが、複断面河道で高水敷が広く、低水路流れと高水敷流れの相互干渉による抵抗の増加や樹木群の影響等を見逃すことのできない河道では、断面を分割して計算を行う準二次元不等流計算を用いる必要がある。計算方法は、「河川砂防技術基準(案)調査編」を参照のこと。

【不等流計算式】

流量一定で質量の保存則が成立する場合、不等流の運動方程式は図に示す記号に従い、距離 ΔX だけ離れた断面Ⅰ及びⅡについて差分形で表すと次式のようにになる。

$$\text{エネルギー式} \quad \left\{ H_1 + \frac{1}{2g} \left(\frac{Q}{A_1} \right)^2 \right\} - \left\{ H_2 + \frac{1}{2g} \left(\frac{Q}{A_2} \right)^2 \right\} = \Delta E$$



Q: 流量	H: 水位 (=h+z)	h: 水深	z: 河床高	A: 河積
R: 径深	S: 潤辺	n: マニングの粗度係数	ΔX: 断面間距離	
添字1: 上流側断面	添字2: 下流側断面			

図3-3-4 不等流計算の記号の定義

エネルギー損失 ΔE には、壁面のせん断力による損失(摩擦損失)の他に横断面形や縦断形状の急変によく生じる流線のねじれ、壁面からの剥離等に伴う損失(形状損失)があり、水位計算にはこれらの損失を適切に評価する必要がある。

$$\text{エネルギー損失} \quad \Delta E = \Delta E_1 + \Delta E_2 + \Delta E_3 + \Delta E_4 + \dots$$

ΔE_1 : 摩擦損失

ΔE_2 : 急拡・急縮による損失

ΔE_3 : 橋脚による損失(堰上げ)

ΔE_4 : 縦断形状の急変による損失

摩擦損失に関しては、抵抗則としてマンニングの平均流速式を用い、エネルギー式と同様に差分形で表した次式により算定する。

$$\text{摩擦損失} \quad \Delta E_1 = \frac{1}{2} \times \left(\frac{n_1^2}{R_1^{4/3} \times A_1^2} + \frac{n_2^2}{R_2^{4/3} \times A_2^2} \right) \times Q^2 \times \Delta X$$

形状損失に関しては、急拡・急縮による損失は死水域の設定で、橋脚による損失及び縦断形状の急変による損失は、局所的な水位の変化量として把握する(「建設省河川砂防技術基準(案)調査編」参照)。

計算は、常流では下流側の条件の影響が上流に及ぶため、下流から上流に向かって行い、射流では逆に上流から下流に向かって行わなければならない。そのため、境界条件は流れが常流の場合にはその下流端水位(河口潮位、H~Q曲線水位、支配断面水位)を、射流の場合には上流の支配断面水位を与える。

解法の手順としては、流れが常流の時には、境界条件として最下流端に水位 H_2 (あるいは水深 h_2)を与え、距離 ΔX だけ離れた断面 I における水位 H_1 (あるいは h_1)を仮定して径深 R_1 、河積 A_1 を断面特性により求め、上式を用いて水位 H_1 (あるいは h_1)を計算する。これがさきに仮定した H_1 と異なる場合は、 H_1 の仮定を修正して同様の計算を行い、計算値が仮定値と一致するまで繰り返し計算を行なう。仮定した H_1 と計算した H_1 が一致すれば、この H_1 が断面 I における水位であり、これが求まるとさらに ΔX だけ上流地点の水位を同様の方法で計算し、順次同じ手続きを繰り返し上流に計算していく。

【常流と射流が混在する場合の取り扱い方】

流れが常流 ($Fr < 1$) の場合、任意地点の水面は流量と下流の水面とによって決定されるが、射流 ($Fr > 1$) の場合には下流の水面には関係なく、上流側の水面高によって決定される。そのため、常流と射流が混在する区間においては、流れの状態によって不等流計算を行う方向が異なるので注意を要する。実際に計算を行う際には、フルード数 Fr によるチェックを行い、支配断面の有無を確認しておく必要がある。そして、必要に応じて内挿断面を挿入し不等流計算を行う。

詳しくは「建設省河川砂防技術基準(案)調査編、参考6.12.1支配断面が現れる場合」を参照のこと。

【等流計算式】

近似的に流れが等流と見なせる場合、以下に示す摩擦損失のみを考慮したマンニングの平均流速公式と連続式を用いて水位を算定する。ここで、近似的に等流と見なせる流れとは、堰・橋脚等の河川構造物の影響が及ばない区間、断面形状の変化が小さい区間での流れが相当する。

$$\begin{array}{ll} \text{マンニング式} & v = \frac{1}{n} \times R^{\frac{2}{3}} \times I^{\frac{1}{2}} \\ \text{連続式} & Q = A \times v \end{array}$$

等流計算の場合、エネルギー勾配 I は、河床勾配で置き換えることができる。

ここに、

$$\begin{array}{ll} v : \text{平均流速 (m/s)} & R : \text{径深 (m)} \\ n : \text{粗度係数} & Q : \text{流量 (m}^3/\text{s)} \\ A : \text{流水断面積 (m}^2\text{)} \end{array}$$

また、径深 R は潤辺長 S (m) を用いて次式で算定する。

$$R = A/S$$

【参考】マニング式による計算例

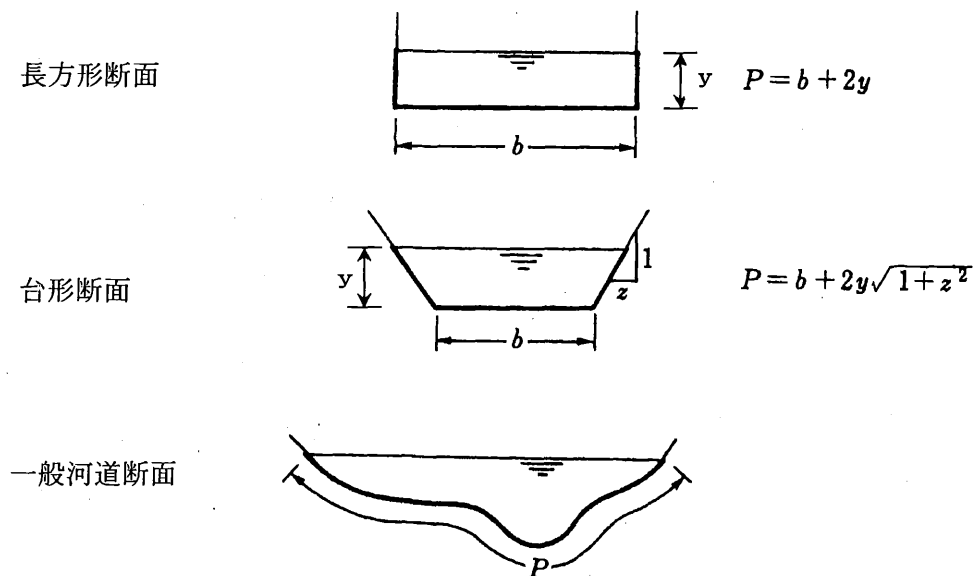


図3-3-5 潤辺模式図 (太線が P)

[計算例1] (問題AとB: 等流の平均流速と等流流量を求める計算)

河底幅 $b=6\text{m}$ 、護岸の勾配 $z=2$ (1:2.0、図3-3-5の台形断面参照)、水路勾配 $S_0=1/625=0.0016$ 、粗度係数 $n=0.025$ の台形断面水路で等流水深 $y_n=2\text{m}$ が発生している。マニング式を用いて平均流速 V 、等流流量 Q_n を計算する。

$$\text{流水面積 } A = (b + zy_n) \times y_n$$

$$= (6 + 2 \times 2) \times 2 = 20\text{m}^2$$

$$\text{潤辺 } P = b + 2y_n \sqrt{1 + z^2}$$

$$= 6 + 2 \times 2 \sqrt{1 + 2^2} = 14.94\text{m}$$

$$\text{径深 } R = A/P = \{(b + zy_n) \times y_n\} / (b + 2y_n \sqrt{1 + z^2})$$

$$= 20 / 14.94 = 1.34\text{m}$$

$$\text{平均流速 } V = \frac{1}{n} \times R^{2/3} \times S_0^{1/2} = \frac{1}{n} \left[\{(b + zy_n) y_n\} / (b + 2y_n \sqrt{1 + z^2}) \right]^{2/3} S_0^{1/2}$$

$$= \frac{1}{0.025} \times 1.34^{2/3} \times 0.0016^{1/2} = 1.94\text{m/s}$$

$$\text{等流流量 } Q = A \times V$$

$$= 20 \times 1.94 = 38.8\text{m}^3/\text{s}$$

なお、以上の水理諸量は、 $z=0$ とすれば長方形断面のそれになる。

[計算例2] (問題C:等流水深を求める計算)

計算例1の水路が等流流量 $Q_n=10\text{m}^3/\text{s}$ を流している。等流水深 y_n を計算する。

等流流量は連続式の V にマニング式を代入することにより与えられるから、これに $Q_n=10\text{m}^3/\text{s}$ 、 $n=0.025$ 、 $b=6\text{m}$ 、 $z=2$ 、 $S_0=0.0016$ の各値を代入すると、

$$Q_n = 10 = \frac{1}{0.025} \times \{(6 + 2y_n)y_n\} [\{(6 + 2y_n)y_n\} / (6 + 2y_n\sqrt{5})]^{2/3} \times 0.0016^{1/2}$$

となり、trial and errorで右辺がほぼ左辺に等しくなる y_n の値を求める。

等流水深 $y_n=0.964\text{m}$ ($Q_n=10.01\text{m}^3/\text{s}$)