13　流　量　計　算

13　流　量　計　算

13－１　計画高水流量の算出……設、流－ 1
13－１－１　排水施設工等の流量計算……設、流－ 1
1　集水面積……設、流－ 1
2　降雨強度……設、流－ 1
3　流出係数……設、流－ 2
4　計画高水流量……設、流－ 2
13－１－２　河川法の適用をうける場合（橋梁等）……設、流－ 3
13－１－３　河川横断カルバート…… 設、流－ 6
13－２　流下能力流量の算定……設、流－ 7
13－２－１　平 均 流 速……設、流－ 7
1　流水断面積……設、流－ 7
2　粗 度 係 数……設、流－ 8
13－２－２　流下能力流量……設、流－ 9

13　流 量 計 算

１３－１　計画高水流量の算出

計画高水流量は、水系ごとの集水区域内の降雨がその最遠点から排水施設に流達する時間の平均降雨量を基とした降雨強度によって最大流出量を求め、溝きょ等の種類、断面、その他の構造を決定する。

なお、施設の安全を考慮するため、必要に応じて近年の気象、周辺の地質状況、林道の被災状況等に関する資料を参考に構造を決定することができる。

13－1－1　排水施設工等の流量計算

1 集水面積

集水面積は、水系調査図等に基づき~~各~~集水区域ごとの面積とする。また、集水区域面積測定の際、必要に応じて各集水区域ごとの最遠端距離を求める。

2 降雨強度

降雨強度は、流達時間における平均降雨量によるものとし、次により求める。

1) 降雨確率年は 10 年を標準とするが、10　年確率の強度を超える現象により林道災害が発生している場合は、近年の林道災害が発生した際の気象資料を参考に、経済性も考慮して 10 年確率を超える降雨強度を用いることができる。

2) 降雨強度は、当該地域における雨量観測資料の適合式によるものとし、次式により求める。

$$I = R_n \cdot \frac{a}{t^n + b}$$

ここに　　Ｉ＝降雨強度（㎜/ｈ）

Ｒｎ＝ｎ年確立の時間雨量（㎜/ｈ）

ａ、ｂ、ｎ＝地域ごとの降雨分布の特性を示す定数

ｔ＝流達時間（分）＝次表を標準とする。

3) 確率雨量強度（ｒ）

洪水到達時間内の雨量強度は、当該地点最寄（近傍）の観測所を用いるものとし、「10 年確立雨量強度表」による。

ア　雨量強度は、最新の「北海道の大雨資料」によるものとする。

ただし、実態に沿うものと判断される場合は、（確率日雨量分布図を参考）にほかの観測所や資料に基づく雨量強度式によることができる。

イ　同資料のうち、10 分間の確立雨量表がある観測所を抽出し、20 分については強度曲線式により算出した。

流達時間（ｔ）　　表 13-1-1

流　域　面　積	流 達 時 間
50ha 以下	10 分
51ha 以上　100ha 以下	20 分
101ha 以上　500ha 以下	30 分

3 流出係数（ｆ）

流出係数は、集水区域内の地表面の状態、傾斜、土質、降雨継続時間等の変動等を予測するものであり、降雨強度による降雨量と排水施設への流入量の比として次表の値を標準値として適用する。なお、地表面の種類が複数にわたる場合は、それぞれの加重平均値によるものとする。

表 13-1-2

地質及び地形	浸透能不良母材			浸透能普通母材			浸透能良好母材		
	急峻	斜面	平地	急峻	斜面	平地	急峻	斜面	平地
森　林	0.65	0.55	0.45	0.55	0.45	0.35	0.45	0.35	0.25
疎 林 耕 地	0.75	0.65	0.55	0.65	0.55	0.45	0.55	0.45	0.35
草　地	0.85	0.75	0.65	0.75	0.65	0.55	0.65	0.55	0.45
不 毛 岩 石 地	0.90	0.80	0.70	0.80	0.70	0.60	0.70	0.60	0.50

浸透能不良母材・・・・第３紀層、堆積岩
浸透能普通母材・・・・中・古生層・堆積岩、火山岩、第４紀層
浸透能良好母材・・・・花崗岩類、火山灰、変成岩
平　地・・・・１０度未満（等高線幅 1.14cm 以上）
斜　面・・・・１０度～４０度未満（等高線幅 0.24cm 以上～ 1.14cm 未満）
急　峻・・・・４０度以上（等高線幅 0.24cm 未満）

4 計画高水流量

計画高水流量は、集水区域面積、降雨強度及び流出係数に基づき、次式によって計算する。

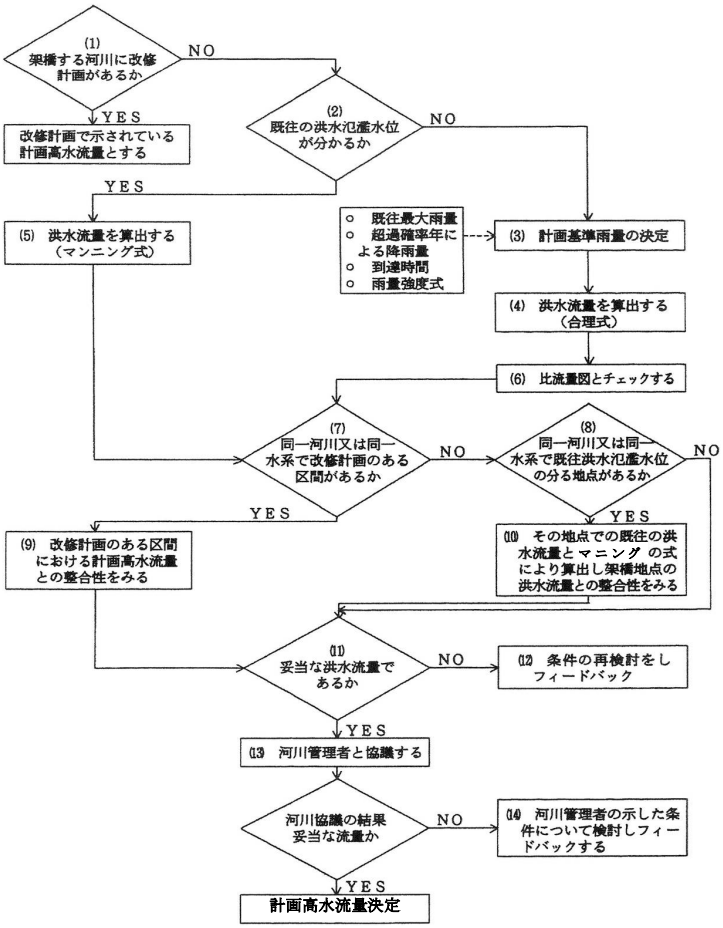
$Q_a = 1/360 \cdot f \cdot r \cdot A$　（合理式　ラショナル式）

ここに Q_a＝計画高水量　（m^3／ sec）
ｆ＝流出係数
ｒ＝雨量強度　（mm／ h）
Ａ＝集水区域面積（ha）

13－1－2　河川法の適用を受ける場合（橋梁等）

1 計画高水流量

一般に次にあげるフローチャートにより検討するものとするが、過大な数値とならないよう事前に所管管理者との十分な協議を行い決定する。



2 超過確率年

下表を参考とする。　　表 13-1-3

区分	計画の規模（超過確率年）
都市河川	1/50 ～ 1/100
その他河川	1/10 ～ 1/50

超過確率年の定め方は、流量計算方式として貯留関数法、単位図表、特殊曲線法等種々の実験式があり、それらによる河川改修計画における確率年と、合理式による確率年とは一致しないので、河川管理者と十分協議する必要がある。その際既往の洪水氾濫水位（痕跡）より流量計算されたものも、重要な根拠となるのでその資料も整える。

3　洪水流量を算出する。（合理式）

流域面積 200 ㎢程度以下、洪水到達時間 2 時間程度以下の場合に適用する。

$Q_a = 1 / 3.6 \times f \times r \times A$

ただし　Q_a：計画高水流量（㎥／ｓｅｃ）

ｆ：流出係数

ｒ：確率雨量強度（洪水到達時間内の平均雨量強度 ㎜／ hr）

雨量強度式一覧表（最新の「北海道の大雨資料」による）

Ａ：流域面積（㎢）

1)　流出係数(ｆ)

表 13-1-4

地形区分	f
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

2)　洪水到達時間　T

$T = \Sigma L / W + t_0$

ただし　Ｔ：洪水到達時間（ｈｒ）

Ｗ：洪水到達速度（km／ｈｒ）

Ｌ：流路延長（km）常時河谷の形をなす最上流点から流出量を求めようとする地点までの河道又は渓谷に沿って測った水平距離

t_0：降雨のピーク時間から流量のピークまでの遅れ時間（min）で、下表を標準とする。

表 13-1-5

山　地　流　域	2　km 2 以上	30 分（0.5 時間）
特に急傾斜面流域	2　km 2 以上	20 分（0.3 時間）

洪水到達速度（W）はクラーヘン式を適用し、数値は下表による。

表 13-1-6

H／L　流 速	1/100 以上	1/100 未満～ 1/200 以上	1/200 未満
W(km/ｈｒ)	12.60	10.80	7.6

4 平均流速（マニング公式による。）

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

ただし　Ｖ：平均流速　（m／ sec）

ｎ：粗度係数

Ｒ：径深＝Ａ′／Ｐ　　Ａ′＝流水断面積（㎡）　　Ｐ＝潤辺（m）

Ｉ：水路勾配

ｎ値は下表参考とする。

水　路　の　種　類	ｎ の 値
一級河川	0.030 ～ 0.035
急速河川及び河幅が広く水深の浅い河川	0.040 ～ 0.050
暫定素掘り河道	0.035
三面張水路	0.025
河川トンネル	0.023

5 流下能力流量の計算

$Q_B = V \times A'$

ただし　Q_B：流下能力流量（㎥／ sec）

Ｖ：平均流速（m／ sec）

Ａ′：流水断面積（㎡）

6 比流量図とチェックする。

「北海道河川流域面積比流量図」（北海道建設部河川課）により妥当な流量であるか確認する。

参考としてその手法は次のとおりである。

比流量図でほかの河川の傾向を勘案して、同一水系の河川又は近傍河川あるいは流況の類似した河川（以下「A 河川」（仮称）という）の比流量を通る流域面積－比流量線を引く、この流域面積－比流量線より架橋地点の比流量を読む。

7 同一河川または、同一水系で改修計画のある区間があるか。

架橋地点で、改修計画がなくても、ほかの地点で改修計画があれば、同一水系内での一貫性の原則から参考となる。

8 同一河川又は同一水系で既往の洪水氾濫水位の分かる地点があるか。

7 と同じく、同一水系内での一貫性の原則から参考となりうる。

9 改修計画のある区間における計画高水流量との整合性はどうか。

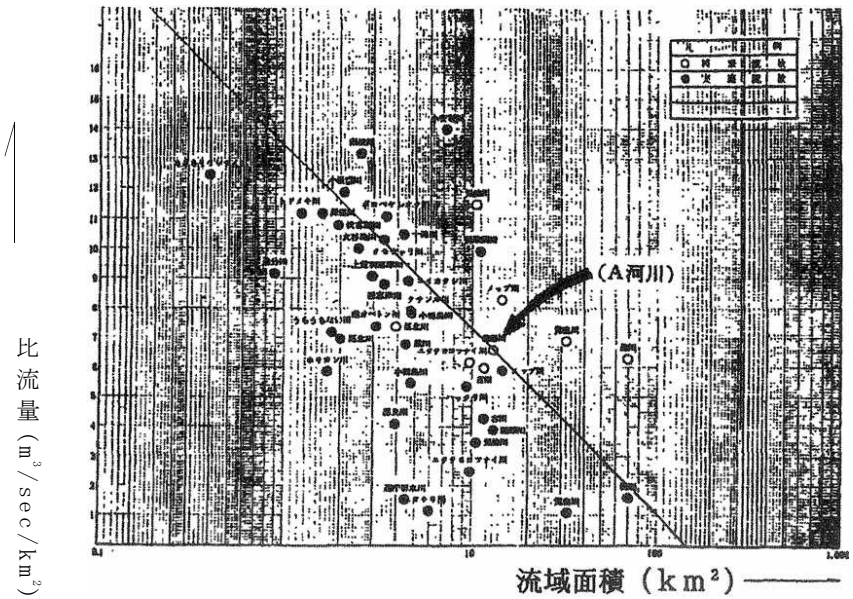
3　で算出された洪水流量が、同一水系での一貫性の原則に照らして妥当か検討する。この場合、計画高水流量の算出方法、すなわち計算法及び諸数値を架橋地点の洪水流量算出に用いたものと比較することが重要である。

10　その地点での既往の洪水流量をマニングの式により算出し、架橋地点での洪水流量との整合性を確認する。

6　と同じ方法で既往の洪水流量を算出し、同一水系内での一貫性の原則から、架橋地点の洪水流量と整合性について検討する。

11 妥当な洪水流量であるか。

同一水系内での洪水量の一貫性より整合した場合は算出された洪水流量とするが洪水流量を算出するのは「現況に即して運用」のための一手段にすぎないので、計算で求められた洪水流量をうのみにすることなく、河川現況と照合してみることが必要である。この場合、「現況に即して運用」の趣旨・留意点を十分考慮して妥当性を検討する。



注) **図-13-1-1** のＡ河川（同一水系の河川又は近傍河川あるいは流況の類似した河川）

図 13－1－1流 域 面 積 比 流 量 図

12 条件の再検討をし、フィードバックする。

地形条件等の特殊性を仮定した諸条件、諸数値又は観測記録等について再検討し、適当な修正を施した上で再度計算を行なう。

13 河川管理者と協議する。

道路側で計算した洪水流量について協議するものであるが、その際基本となるものは、河川管理施設等構造令、河川砂防技術基準であり、河川管理者の恣意ではないので注意しなければならない。

そのためには、河川側の示す条件の依拠する所を必ず明確にしておく。

14 河川管理者の示した条件について検討しフィードバックする。

河川管理者との協議により道路側で考慮されていなかった条件があれば、検討の上適当なフローまでフィードバックする。

13 － 1 － 3　河川横断カルバート

この基準は、北海道及び市町村が管理する河川等を道路が横断する場合に設置するカルバート工に適用する。

なお、河川~~か否か~~の判断は河川管理者が行うものであり、橋梁工と比較して経済的に優位性が認められる場合で、河川管理者との協議の結果、カルバート構造とすることが了解された場合につき適用する。

1 計画高水流量

河川法等の適用を受ける場合（橋梁）と同一手法とする。

2 基準断面

求められた流量を流下させ得るカルバート断面を次式により計算する。

カルバートの流下断面（Ao）は、マニングの式によって行うものとする。

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

ここで、Ｑｓ：カルバートの基準流下流量（㎥／ sec）

Ａｏ：カルバートの基準断面積（㎡）

ｎ　：粗度係数

Ｒ　：径深（ｍ）

Ｉ　：カルバート施工位置上・下流の水路勾配

粗　度　係　数

カルバート箇所下流側の形態		粗度係数
一 般 河 道	護岸工有り	0.030
	護岸工無し	0.035
コンクリートブロック三面張水路		0.025
コンクリート製水路		0.020

雨水流出量とカルバートの余裕高

雨水流出量 (m3/sec)	余裕高（m）
200 未満	0.6
200 ～ 500	0.8

3 設計断面の決定

設計断面の決定は、「鉄道・道路等が河川を渡河するために設置する函渠（樋門・樋管を除く）の構造上の基準（北海道版）について」（平成 19 年 2 月 19 日付け河川第 1311 号北海道建設部土木局河川課長）を参考とし、河川管理者と協議により決定する。

※1 (1) 函渠の側壁の内面は、原則として河岸または堤防（計画横断形が定められている場合には、計画堤防。以下同じ）の法線に対して平行で滑らかに接続することとする。

(2) 函渠の側壁の内面は、河岸または堤防の表法肩より表側の部分に設けてはならない。

※ 2 函渠の底版上面は、河床（計画横断形が定められている場合には、当該計画横断形に係る河床を含む。以下同じ）の表面から原則として 2 m以上の部分に設けられるものとする。ただし、河床の変動が極めて小さいと認められる等、河川の状況によりやむを得ないと認められる時は、生物の生息・生育環境等に十分配慮の上、河床から底版上面までの深さを適切に設定することができるものとする。

これは、河川管理上支障がある場合を除き、計画高水量 100 ㎥／ sec 未満の小河川にあって、令第 76 条（小河川の特例）に準じて、「2 m」を「1 m」と読み替えて適用することは可能であるが、この特例にあたっては、現地の状況等、十分勘案のうえ行うこと。

13 － 2　流下能力流量の算定

推定する地点における流下能力流量の算出に当たっては、次によう行う。

13 － 2 － 1　平均流速

当該地点の平均流速は、マニングの式により算出する。

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

ただし　V：平均流速　（m／ sec）

n：粗度係数

R：径深＝A′／P　　A′＝流水断面積（㎡）　　P＝潤辺（m）

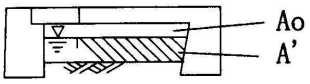
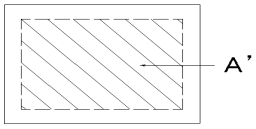
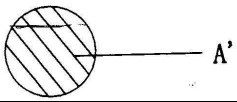
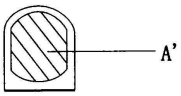
I：水路勾配

1 流水断面積

流水断面積(A')は全断面積を対象とせず、あらかじめ余裕断面積(A_o)を控除した流下実断面積とする。

余裕断面積は表 13 － 2 － 1 を標準とする。

表 13 － 2 － 1　　余裕断面の算定

工　　種	余裕断面積（Ａ₀）	摘　　要	余　裕　高
橋　　梁　　工	桁下余裕高の断面積		橋　　梁 表７－１－１
ボックスカルバート	満　　流		
管　　き　　ょ	〃		
アーチカルバート	〃		
側　　溝	必要に応じて考慮		
開　　渠 （水路、河床路、 洗越工）	〃		

2 粗度係数

マニングによる粗度係数値（ｎ）は表 13 － 2 － 2 ～ 3 による。

表 13 － 2 － 2　　河道の粗度係数

区　　分		渓　流　の　状　況	粗　度　係　数	
			範　　囲	平 均
自然流路	大 水 路	粘 土、砂 質 床	0.018 ～ 0.035	
		礫　河　床	0.025 ～ 0.040	
	山地水路	底面に砂利、玉石	0.030 ～ 0.050	
		玉石、大玉石交じり	0.040 ～ 0.070	
	山岳地渓流	流水土砂で損耗された凹凸の甚だしい母岩の露出渓床		0.050
		河床が割合整備された状況の渓床		0.060
		径 0.3m ～ 0.5m の石礫が点在		0.070
		0.5m 以上の石礫が点在		0.080
人 工 水 路 等		コンクリート管等（工場製品）		0.013
		コンクリート人工水路	0.014 ～ 0.020	
		両岸石張小水路（泥土床）		0.025
		コルゲートパイプ（１型）		0.024
		コルゲートパイプ（２型）		0.033
		コルゲートパイプ （ヘービングあり）		0.012

表 13 － 2 － 3　　排水施設の粗度係数

区　　分	渓　流　の　状　況	粗　度　係　数	
		範　　囲	平 均
カルバート	現場打ちコンクリート		0.015
	コンクリート管		0.013
	コルゲートパイプ（１型）		0.024
	コルゲートパイプ（２型）		0.033
	コルゲートパイプ（ヘービングあり）		0.012
	塩化ビニール管		0.010
	コンクリート２次製品		0.013
ライニングした水路	鋼、塗装無し、平滑	0.011 ～ 0.014	0.012
	モルタル	0.011 ～ 0.015	0.013
	木、かんな仕上げ	0.012 ～ 0.018	0.015
	コンクリート、コテ仕上げ	0.011 ～ 0.015	0.015
	コンクリート、底面砂利	0.015 ～ 0.020	0.017
	石積み、モルタル目地	0.017 ～ 0.030	0.025
	空石積み	0.023 ～ 0.035	0.032
	アスファルト平滑		0.013
ライニングなし水路	土、直線、等断面水路	0.016 ～ 0.025	0.022
	土、直線水路、雑草あり	0.022 ～ 0.033	0.027
	砂利、直線水路	0.022 ～ 0.030	0.025
	岩盤直線水路	0.025 ～ 0.040	0.035

13 － 2 － 2　流下能力流量

流下能力流量（Q_B）は、次式により算出する。

$$Q_B = V \cdot A$$

ただし、Q_B：流下能力流量(m/sec)

V：平均流速(m/sec)

A：流下断面積(m^2)

以上の結果が$Q_B > Q_A$ とならなければならず、表 13 － 2 － 4 の安全率を標準とする。

ただし、近隣の既設排水施設の規模、同施設に用いられた安全率、集水区域内における近年の洪水痕跡、設置する呑口工の種類、規模等を考慮した場合、標準とする安全率により難いときは、洪水痕跡等を考慮した安全率を用いることができるものとする。

なお、設計計算を行わない木材による流木除け工は、暗きょ通水断面の安全率向上の作用はないものとして扱う。

表 13 － 2 － 4　　安全率の標準値

工　　種		安　全　率	摘　　要
橋　　梁　　工		1.0 ～	
排水施設	管　　渠	2.0 ～ 3.0	アーチカルバートを含む
	ボックスカルバート	2.0 ～ 3.0	
	側　　溝	1.2 ～	U字側溝等
	開きょ（水路、河床路、洗越工）	1.2 ～	

注　1　暗きょにおいて流木除け工、土砂止め工又は落差工を設ける場合は、2.0 ～ 3.0 とする。

2　暗きょにおいて流木除け工、土砂止め工又は落差工を設け難い場合は、3.0 以上とする。