道路設計に於ける排水計画の留意点

山崎邦広

1. まえがき

道路計画に於ける排水施設は、道路の安全を保持し維持するために必要な排水能力を持ち、計画道路の種類、規格、交通量および沿道の状況を十分考慮して計画されるものである。それゆえ、排水施設（排水溝、ます、排水管、カルバート等）は、それぞれの機能に応じた設計流量を流しうる十分な排水能力と適切な流速を得るよう配慮し、また交通の支障とならないよう構造や配置に注意しなければならない。

ここでは、市木井原線、湖陵掛合線での考え方をまじえながら、排水計画に於ける留意点をまとめてみた。

2. 計画洪水量算定の基本式

計画洪水流量の計算は次式により算出する。

$$Q = \frac{1}{360} \cdot C \cdot I \cdot A \qquad \text{（ラショナル式）}$$

Q：計画洪水量 (m^3/sec)

C：流出係数

I：到達時間内降雨強度 (mm/hr)

A：流域面積 (ha)

a) 流出係数(c)の決定

流出係数は降雨及び流域の特性などに応じて異なるものであり、一義的には決めにくい。市木井原、湖陵掛合線では道路土工排水工指針に準拠し以下の通りとした。

路面排水施設など降雨確率年の低い排水施設には表2-1を、カルバート等のように降雨確率年の比較的高い排水施設には表2-2の値を採用するものとする。

(表2-1) 地表面の工種別基礎流出係数

地表面の状態		流出係数
路面	舗装	0.70 ～ 0.95
	砂利道	0.30 ～ 0.70
路肩、のり面など	裸地 土	0.40 ～ 0.65
	岩	0.60 ～ 0.90
	芝	0.70 ～ 0.85
	植	0.50 ～ 0.75
耕作土の芝生	勾配 0～2%	0.05 ～ 0.10
	〃 2～7%	0.10 ～ 0.15
	〃 7%以上	0.15 ～ 0.20
耕作土の芝生	勾配 0～2%	0.13 ～ 0.17
	〃 2～7%	0.18 ～ 0.22
	〃 7%以上	0.25 ～ 0.35
屋根		0.75 ～ 0.95
田地		0.20 ～ 0.40
芝、樹木のある公園		0.10 ～ 0.25
勾配の緩い山地		0.20 ～ 0.40
勾配の急な山地		0.60 ～ 0.90
比較的透水性の地面		0.70 ～ 0.80
礫地		0.10 ～ 0.30

(表2-2) 流出係数

舗装面および広場	0.70～1.0	山岳	0.60～0.90
空地の芝地	0.75～0.90	森林地帯	0.20～0.40
建て込む地区	0.70～0.80	山地河川流域	0.75～0.85
起伏ある土地および樹林	0.50～0.75	平地小河川流域	0.45～0.75
平坦な耕地	0.45～0.60	丘陵および平地の大河川流域	0.50～0.75
たんぼした水田	0.70～0.80		

決定値 (C)

①. 路面排水施設の場合

C = 0.9 (勾配の急な山地)

②. カルバート等の横断施設の場合

C = 0.8 (勾配の急な山地)

b) 降雨強度(I)の決定

降雨強度決定にあたっての降雨強度式は以下の三方式を採用することとする.

1) 近傍観測所の確率降雨強度式の適用

2) 標準降雨強度図の利用

3) 特性係数法の適用

側溝、水路等の路面排水施設の設計にあたっては ------ 2)

カルバート等重要な排水施設の設計にあたっては ------ 1)

上記1)の観測所の降雨量の資料が得られない場合は --- 3)

等の方法によるものとする.

▽ 路面排水施設などに用いる標準降雨強度

区分	地区	降雨強度
1	北海道	60
2	青森、秋田、岩手、山形、宮城	70
3	新潟、福島、茨城 小笠原諸島、沖縄内離島以外	80
4	関東、中部(新潟県、富山、石川、福井、三重(北牟婁郡を除く)、滋賀、京都(大阪府に近い地域を除く)、大阪、兵庫、奈良、和歌山(北牟婁郡を除く)、愛媛	90
5	福岡、佐賀、熊本、大分、 伊豆諸島(八丈島を除く)	100
6	和歌山、三重(北牟婁郡)、 京都(丹後)、兵庫(北)、鳥取、 島根(石見地方を除く)、山口 宮崎、鹿児島、奄美	110
7	沖縄、小笠原諸島	130

(注1) 山地は下表の2割増し
特に豪雨多発地域は4割増し
(注2) 単位はmm/h

島根県全域 I = 90 mm/hr (3年確率10分間降雨強度全国図から作成)

▽ 横断施設などに用いる確率降雨強度式

（市木・井原）

確率	対応降雨強度	降雨強度式
1/100	79	3631.28 / (t^0.807 + 16.960)
1/80	76	3397.83 / (t^0.805 + 16.035)
1/50	71	3231.97 / (t^0.805 + 16.385)
1/40	69	3142.40 / (t^0.807 + 16.481)
1/30	65	2953.71 / (t^0.806 + 16.142)
1/20	61	2822.43 / (t^0.811 + 16.517)
1/15	58	2658.65 / (t^0.803 + 16.241)
1/10	53	2445.19 / (t^0.792 + 16.045)
1/5	45	2083.29 / (t^0.803 + 17.728)

（湖陵・掛合）

確率	対応降雨強度	降雨強度式
1/100	87	3765.63 / (t^0.794 + 17.641)
1/80	84	3545.11 / (t^0.795 + 17.402)
1/50	78	3382.74 / (t^0.802 + 18.103)
1/40	75	3276.84 / (t^0.803 + 18.133)
1/30	71	3143.76 / (t^0.808 + 17.535)
1/20	66	2928.88 / (t^0.798 + 15.680)
1/15	62	2779.72 / (t^0.798 + 15.974)
1/10	57	2592.62 / (t^0.803 + 16.781)
1/5	48	2239.93 / (t^0.804 + 15.892)

（島根県土木部砂防課）

▽ 特性係数法

特性係数法によって確率降雨強度式を求める場合の特性係数式は

$$I_n = R_n \cdot \beta_n = R_n \cdot \frac{a'}{t+b}$$

I_n：n年確率の降雨強度（mm/h）

R_n：n年確率60分雨量強度

β_n：n年確率特性係数

t：降雨継続時間（min）

a', b：定数

$$\left\{ \begin{array}{l} a' = b + 60 \\ b = (60 - 10\beta_n'') / (\beta_n'' - 1) \end{array} \right\}$$

β_n''：10分間n年確率特性係数

c) 降雨量の年超過確率の決定

計画道路を横断する谷部の状況

河道がある
- 流域が大きい
- 常時流水がある

↓

河川の重要度と計画の規模より決定

河道がない
- 流域が小さい
- 洪水時のみ水が集りやすい

↓

道路区分による選定基準
排水施設別採用降雨確率年の標準より決定

▽ 河川の重要度と計画の規模

河川の重要度は

1級河川の主要区間において　A級～B級

〃　その他の　〃　C級

2級河川及び都市河川　C級

一般河川　D級またはE級

河川の重要度	計画の規模（計画降雨の降雨量の超過確率年）※
A　級	200 以上
B　級	100～200
C　級	50～100
D　級	10～ 50
E　級	10 以下

※ 年超過確率の逆数

▽ 道路区分による設定基準

計画交通量（台/日）＼道路の種別	高速自動車国道および自動車専用道路	一般国道	都道府県道	市町村道
10,000以上	A	A	A	A
10,000～4,000	A	A，B	A，B	A，B
4,000～ 500	A，B	B	B	B，C
500未満	—	—	C	C

注）う回路のない道路については，その道路の重要性等を考慮して，区分を1ランク上げてもよい。

▽ 排水施設別採用降雨確率年の標準

分類	排水能力の高さ	降雨確率年 (i)	降雨確率年 (ii)
A	高い	3年	10年以上(*)
B	一般的		7年
C	低い		5年

注）(i)は路面や小規模なのり面など，一般の道路排水施設に適用する。
(ii)は長大な自然斜面から流出する水を遮断する道路横断排水施設，平坦な都市部で内水排除が重要な場所の道路横断排水施設など，重要な排水施設に適用する。
(*)道路管理上重要性の高い道路横断排水施設については30年程度とするのがよい。

d) 洪水到達時間（T）

〈河川として扱う場合〉

$$T = \frac{T_0}{60} + T_1$$

T：洪水到達時間（min）

T_0：洪水流下時間（秒）

T_1：洪水流入時間（min）

但し，Tの値が30 min に達しない場合は T＝30 min とする。

① 洪水流下時間（T_o）

流路平均勾配が 1/10 よりも急な場合は Beyern 地方公式を用いる．
1/10 よりゆるい場合は Kraven 式を用いる．

Kraven 式

$T_o = L/W$

T_o：洪水流下時間 (sec)

L：流路長 (m)

W：洪水流出速度 (m/sec)

I：流路勾配

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

Beyern 地方公式

$T_o = L/W$

$W = 20 \cdot (H/L)^{0.6}$

T_o：洪水流下時間 (sec)

W：洪水流出速度 (m/sec)

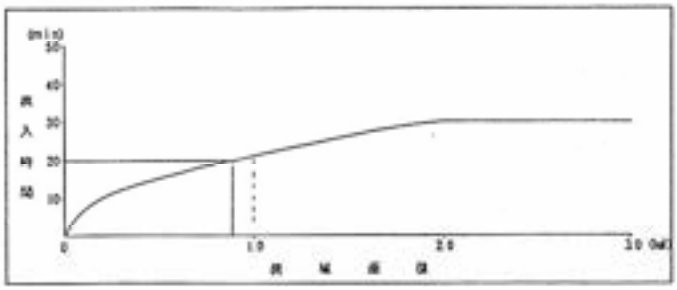
ただし，3.5に達しない場合 W = 3.5 m/sec とする．

H：流路高低差 (m)

L：流路長 (m)

② 洪水流入時間（T_i）

洪水流入時間 T_i が 20 min に達しない場合は T_i = 20 min とする．



（河川として扱わない場合）

路面排水の場合	$t = t_1$	t_1：流入時間 (min)
排水管カルバートの場合	$t = t_1 + t_2$	t_2：流下時間 (min)

tが10分以下となる場合 t＝10分として計算する.

① 流入時間 (t_1)

流入時間は地表の状況勾配、集水区域の大きさ、形状そのほか多くの要素に左右される。しかし一般的には過去の経験から斜面長に応じて、山地で15～30分、切土面で3～5分、都市域で5分の値をとって十分といえる。

なお 流入時間の算出方法は 表3-1、表3-2、表3-3 を参照する.

(表3-1) 流入時間の算出式

手法名(発表年)	流入時間の推定式(分)	適用
Kirpich(1940)	$t_1 = 0.0195 \frac{L^{0.77}}{S^{0.385}}$	$0.03 < S < 0.10$ アスファルト面の場合には、さらに t_1 を0.4倍する。
Izzard(1946)	$t_1 = 525.2 \frac{L^{0.33}(2.76 \times 10^{-5} i + k)}{S^{0.33} i^{0.667}}$	$i \cdot L \leq 3810$ (mm/h·m)
Kerby(1959)	$t_1 = 1.445 \left(\frac{N \cdot L}{\sqrt{S}}\right)^{0.467}$	$L \leq 370$m
Kinematic wave	$t_1 = 6.92 \left(\frac{n \cdot L}{\sqrt{S}}\right)^{0.6} i^{-0.4}$	同一な面上の乱流に対して有効

t_1：流入時間 (min)
L：流下長 (m)
S：勾配
i：降雨強度 (mm/h)
k：遅滞係数
N：Kerbyの粗度係数
n：マンニングの粗度係数

(表3-2) Izzardの遅滞係数

工種	遅滞係数 k
滑らかなアスファルト	0.0070
砂利じりのタール舗装	0.0075
スレート	0.0082
コンクリート	0.012
砂利混じりのタール舗装	0.017
芝地	0.060

(表3-3) kerbyの粗度係数

工種	粗度係数 N
アスファルト、コンクリート面	0.013
滑らかな不使透面	0.02
滑らかな締固め土面	0.10
疎密な芝地面、耕地	0.20
芝地牧草地	0.40
落葉樹林	0.60
針葉樹林	0.80

② 流下時間 (t_2)

流下時間は雨水流出量を求めようとする地点でそれから上流の側溝、管きょなどの最長延長をそれらの平均流速で割ったもので近似される.

平均流速は

$$v = \frac{1}{n} \cdot R^{\frac{2}{3}} \cdot I^{\frac{1}{2}} \quad (m/sec)$$

n：粗度係数
R：径深(m) (＝A/P　A：通水断面積　P：潤辺長)
I：水面勾配

流下時間 t_2 は

$t_2 = L/v$　　L：流路長 (m)

v：平均流速 (m/sec)

3. 道路横断暗渠の考え方

1) 横断構造の決定について

谷部の横断暗渠を計画するに当たっては

・谷の形状及び状態

・その地点の流域面積

・河道がある場合、河道の荒廃状態（過去の土石流等の形跡）

等を考慮の上、排水構造上安全且つ暗渠部の延長を最短となる様計画することとする。谷部の状態で大きく分けて河道がある場合と河道がない場合に分けられる。計画上のフローは以下の通りとする。

4. 計画断面の決定について

・ 排水施設の流速は表面の摩耗や洗掘，土砂等の堆積に注意して $V = 0.6 \sim 3.0\ m/sec$ の範囲内で計画する．

・ 通水断面の余裕

側溝・水路等路面排水施設は計画断面積に対し 20% の余裕をみる．

上記断面の満流積に対して 20% の余裕をもつ
通水断面積とする．

流域に谷地形を受ける カルバート，ヒューム管等の 横断排水施設で特に土石流等の流入の恐れがある場合等は，その地点の流出量に割増しまして さらに上記 20% の通水断面の余裕を考慮する．（市木・井原線，湖陵排合線では割増し率を 50% とした．但し，現況の河道状況によっては さらに洪水時の土石及び流木等に対処する必要がある．）

〈市木・井原線 現況写真 NO.47+70〉

写真－1

写真－2

〈市木・井原線 現況写真　NO.49＋55〉

写真－3

5．まとめ

道路計画に於ける排水施設の考え方をまとめてみた訳であるが、一義的には決めにくい要素もあり、設計者の判断にまかされている部分が大きい様に思われる為、設計者は現場の状況をふまえながら、適切な判断を下すことが必要だと考えられる。

参考文献

- 道路土工　排水工指針 ------- 日本道路協会
- 砂防事業設計指針 -------- 島根県土木部砂防課
- 道路事業設計要領 ---------- 島根県土木部道路課