

1 まえがき

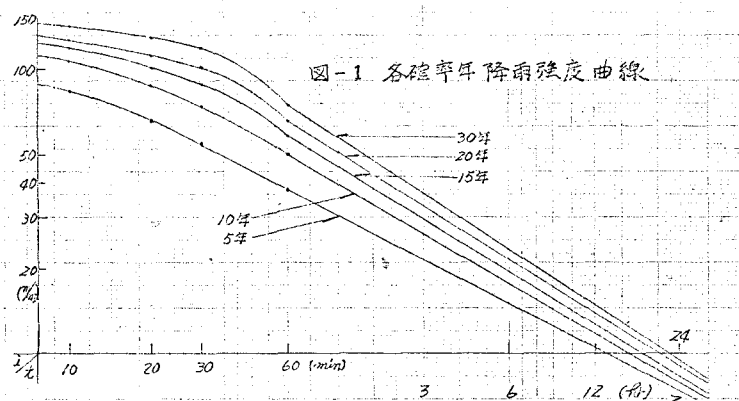
空港はある想定される天候の基では、常に航空機を安全に運行させなければならない。
特に降雨に対して空港内での走行には影響がある。滑走路、誘導路、エプロン等
舗装区域の雨水は瞬間的に表面より排除する必要がある。降雨強度を決定する際は、分単位の
式を検討し、各流域単位の流達時間を求めて、流量を算出する必要がある。
又、エプロン地区では従来の集水方法には、マンホール、側溝、開渠方式等があり、その場合、問題
となるのは、排水溝への流達時間による水脈の厚さと、連続排水コンクリート舗装での短時間による
大量施工の可能性である。この様な問題の解析の方法として、新空港のメンテナンス・エプロン地区
では、フラッシュ・ガッター方式(表面排水溝)という方式を日本で最初に採用する事にし、現在、工
事実施の段階にある。以下、降雨強度式とフラッシュ・ガッター式の説明とする。

2. 降雨解析

各確率年における各降雨継続時間の降雨強度の解析は、横須根雨量観測所の自記雨量計の資料に基
づき Gumbel, Hazen, Thomas 各方法で計算を行ない、検討の結果、Gumbel 法の数値を採用する
事にした。図-1は Gumbel 法により決定した降雨強度量をプロットし、それに基づき推定される曲
線である。図より明らかな如く、雨封散紙に書くと、60分以内の場合はス次関数の曲線に乗り、60分
以後の場合は直線に乗るので、各々最小自乗法で式化する事にした。

表-1は Gumbel 法の値と式化した値との比較表である。表より明らかな如く、Gumbel法の値と式化
された値には差が無い為、当新空港では、他の空港及び都市計画等との検討の結果、確率年は10年と
した。その結果、降雨強度式は、流達時間(分)が60分以前の場合は $I = 127.5 - 2.37L + 0.018L^2$
60分以後の場合は $I = \frac{539.6}{L^{0.59}}$ とした。

この様に分単位迄の雨量強
度を流達時間の変数で決ま
るのは、滑走路、誘導路、
エプロン等に滞水が起きた
場合には、航空機の走行に
影響が大である為である。
尚、流達時間を求める式は
検討の結果、F.A.A.(米國
連邦航空局)で図化された
ものを使用する事にした。



又、当空港の場合は陸地内に造る為、周囲の河川との関係があるので、空港よりの総流出量と河川改

修との対象雨量確率率は50年として、河川改修計画を行なった。

表-1 各確率率に於ける降雨強度式とGumbel法との比較表

確率率	降雨強度式	10分間	20分	30分	降雨強度式	45分間	3時間	6時間	12時間	24時間
5	Gumbel法の結果	83.4	63.8	55.8	Gumbel法の結果	34	24	16	10.3	6.7
	$\lambda = 102.2 - 2.15L + 0.018L^2$	82.5	66.4	53.9	$\lambda = \frac{318.7}{L^{0.22}}$	37.9	21.4	14.9	10.4	7.3
10	Gumbel法の結果	105.6	86.7	73.2	Gumbel法の結果	46	29	19	12.3	7.3
	$\lambda = 127.5 - 2.37L + 0.018L^2$	105.6	87.3	72.6	$\lambda = \frac{537.6}{L^{0.28}}$	50.2	26.6	17.8	11.9	8.0
15	Gumbel法の結果	118.8	101.1	87.4	Gumbel法の結果	55	32	21	13.3	8.0
	$\lambda = 136.6 - 1.91L + 0.01L^2$	118.5	102.4	88.3	$\lambda = \frac{203.9}{L^{0.21}}$	57.9	29.6	18.4	12.7	8.3
20	Gumbel法の結果	127.8	111.0	100.8	Gumbel法の結果	60	34	24	14.1	8.3
	$\lambda = 141.9 - 1.53L + 0.004L^2$	126.2	112.1	98.6	$\lambda = \frac{816.2}{L^{0.22}}$	64.5	32.6	21.2	13.8	9.0
30	Gumbel法の結果	140.4	126.0	117.0	Gumbel法の結果	69	37	26	14.6	8.7
	$\lambda = 150.2 - 1.03L + 0.004L^2$	139.5	128.0	115.7	$\lambda = \frac{1056.4}{L^{0.25}}$	73.8	36.1	23	14.7	9.4

3 フラッシュ・ガッター (Flush gutter)

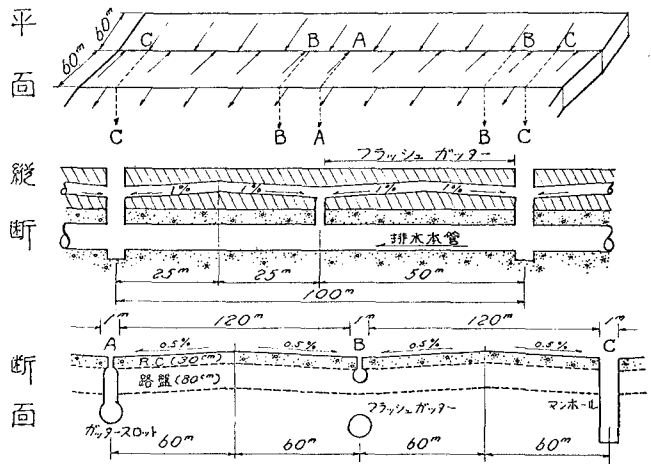
空港のエプロンの様な広い舗装部分に於ける集水方法で考案されたフラッシュ・ガッター方式は、

- いかに短時間で雨水を集水して埋設されている排水管に流し込めるか！
- いかに航空機の運 転に支障を与えず、旅客に迷惑を与えないか！
- いかに短時間で、大量のコンクリート舗装の打設ができるか！
- いかに安価で工事が施工できるか！

等、種々の要素を考慮した末、考えられた集水方法である。

1)としては図-2で示してある如く、メンテナンス・エプロン上を60Mごとに高低ができる様にしている。表面流走距離が60M以内になるので水脈が厚くなる事が押えられる。平面図に示してある如く雨水は流れ断面図にあるBがフラッシュ・ガターであり、その中に落ち込む。Cのマノホールは清掃を考慮して100Mごとに有り、その間にガタースロットを設けてあるフラッシュ・ガッターは縦断面には25Mごとに横断勾配を設けてあるので

フラッシュ ガッター & 排水本管



コンクリート舗装の表面は、横断的に勾配があるのみで、縦断的にはフラットである。

図-3はフラッシュ・ガッター構造図である。

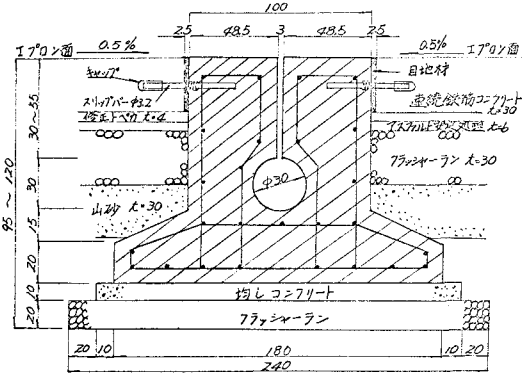
2)としては、航空機の走行特性の検討が必要であり、エプロンの縦断勾配が折れる事により垂直加速度が急変するので、航空機の固有振動数と120Mごとにできている山との共振が問題となり、検討の必要

果、表-2の如くなる。山のみで垂直加速度が発生すると、山のピッチが120Mであるので航空機の共振は起らない。各部でも垂直加速度が発生すると、約65%で共振が起る事になるので、エプロン上のスピードは60%以下となる。

表-2. 各航空機の共振を起す最大波長

図-3 フラッシュ・ガッター 構造図

エプロン上の スピード	B-707-320C	B-707-300	B-747
65 K% _R	39.5 m	60.5 m	59.0 m
54 K% _R	33.0 m	50.5 m	49.2 m
43 K% _R	28.4 m	40.2 m	39.4 m

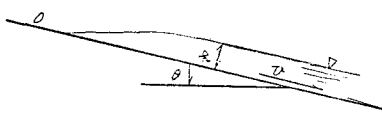


ハ)としては、コンクリート打設のフニジャー等間隔にする事と、打設進行方向に対して勾配がレベルである事は施工時間の短縮には良い方法である。山から山のピッチが120Mであるのでフラッシュ・ガッターの中心を差し引き、フニジャーで120M間隔を17スパンとした。

ニ)としては、航空機の全荷重(500t)に対して、排水溝に蓋を取り付ける事は工事費が高価になる要素に対して、フラッシュ・ガッターは蓋も無く、又清掃も簡単である。

4 フラッシュ・ガッターに関する水理計算

1) 水深計算



非常流として考え、特性曲線法による近似解で解くと

$$\log (x/K) = -\log + (3/5) \log Q$$

$$\log (x/K) = \log x - (2/5) \log Q$$

$$x = g \cdot x \quad Q = g \cdot x$$

特性曲線を用いて $g = 60 \sim 140 \text{ mm/s}$ に対して各々の x を求めると、表-3の如くなる。

表-3 ここに $x = 63.5 \text{ m}$

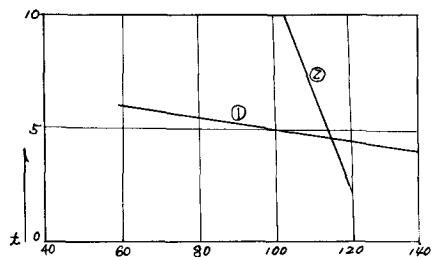
$g \text{ (mm/s)}$	60	80	100	120	140
$Q \text{ (m}^3/\text{s)}$	1.1×10^{-3}	1.5×10^{-3}	1.8×10^{-3}	2.1×10^{-3}	2.5×10^{-3}
x/K	1.000	910	830	760	700
$t \text{ (SEC)}$	762	329	300	275	253
$t \text{ (min)}$	6.0	5.5	5.0	4.5	4.0

t : 流れが定常状態になる迄の時間(秒)
 $K: 7/5 \cdot i^{-3/2}$ n : 粗度係数
 i : 勾配 g : 降雨強度(mm/s)
 Q : 定常流になった時の流量(m^3/s)
 x : 定常流になった時の水深(m)

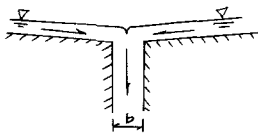
10年確率降雨強度式より求めた g と i の関係を合せて図示すれば図-3の如くなる。図より流水が定常状態になる迄の時間と、降雨継続時間が等しくなる時の降雨強度は $i = 4.5 \text{ min}$ の時で $g = 120 \text{ mm/s}$ となる。故に水深および流量は前式より次の様になる。

$$x = 0.9 \text{ cm} \quad Q = 2.24 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s} \quad V = 0.25 \text{ m/s}$$

図-3 z-f 曲線



通水能力



1) 通水能力計算

溝中の検討に於ては、計算式オリフィスとして、巾345cmの各々につき流量を算出すると表-4の如くなる。但し、水脈のクロッチャボイルは考慮しないものとした。

表-4

水深 h (m)	面積 A (cm ²)	$C \cdot (2gh)^{1/2}$	通水量 Q (m ³ /s)
0.03	0.03	0.294	0.0088
0.04	0.04	0.294	0.0118
0.05	0.05	0.294	0.0147

$$Q = C \cdot A \cdot (2gh)^{1/2}$$

Q: 通水量 (m³/s)

C: 流入係数 (0.7)

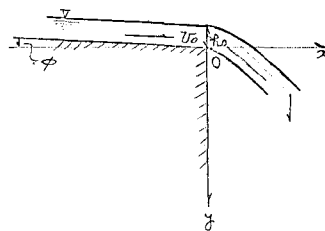
A: 通水面積 (m²)

g: 重力の加速度 (98 m/s²)

h: 水深 (0.009)

以上の通水容量に対し、流入量は $Q = 0.00448 \text{ m}^3/\text{s}$ であるから各々充分である。

1) 落水水脈計算



図の如く平面座標系を取り、流体が放物体の軌道に従うものと考え

式を得る。

$$\frac{d^2x}{dt^2} = 0, \quad m \frac{d^2y}{dt^2} = -mg$$

この解は

$$x = v_0 \cos \phi t, \quad y = \frac{1}{2} g t^2 + v_0 \sin \phi t \quad \text{となる。}$$

上式に $\phi = 0.5^\circ$

$v_0 = 25 \text{ cm/s}$ を代入して解くと、表-5の通りである。

表-5

$x \text{ (cm)}$	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5
$0.802x^2$	0.20	0.80	1.80	3.20	5.00
$0.005x$	0.0025	0.005	0.0075	0.010	0.0125
$y \text{ (cm)}$	0.203	0.805	1.808	3.210	5.013

表-5より、水脈のクロッチャボイルは溝幅が3.4.5 cm に対して、1.81, 3.21, 5.01 cm 落下した点に於て生じるが、計算式には空気抵抗等を考慮していない事も合せるならば、流下し得ると思われる。

但し、ボイル現象がどの様に影響するか、今後の問題としたい。

5 結論

以上、種々、検討の結果、左港のエプロンの様な範囲でかつ、平坦な場所に於ける雨水の集水方法には、従来の集水方法よりも、フラッシュ・ガッター方式が良いように思われる。

又、道路、港湾のエプロン等の場所に於ても十分活用が出来ると思うので、今後、クロッチャボイル現象を研究し、更に、フラッシュ・ガッター方式の改良を重ねたいと思う。

尚、この論文の発表に際し、御協力下さいました関係者皆様には深く感謝致します。