

航空港の建設 (其の7)

正會員 廣 谷 仁 宏*

目	次
第7章 飛行場の排水工事	89 開渠の設計
第1節 飛行場排水の概要	90 開渠の構造
82 飛行場と排水	91 開渠附帯設備
83 排水工事の基本條項	92 開渠の施工
第2節 飛行場排水の計畫	第4節 暗渠の排水
84 排水の對照	93 暗渠排水の種類及構造
85 地上水の排水	94 暗渠排水の組織
86 地下水と排水方法	95 暗渠排水の配置法
87 降雨と流出量	96 暗渠排水の設計
88 地下停滯水の排水重	97 暗渠の施工
第3節 開渠の排水	

第7章 飛行場の排水

第1節 飛行場排水の概念

82 飛行場と排水

廣大なる離着陸場に於て、排水と云ふ條項は整備上の一大條件であつて、如何に廣く且平坦であつて立派に整備されても、排水が不良では、使用上効果が著しく減殺される所である。

抑々排水には、自然の排水と、人工の排水があり、理想としては特に金と手間をかけて施設を施さずとも、自然に充分なる排水が出來れば之に越した事は無い。況んや排水施設を設くる事によつて却つて、其が障碍となつて飛行場の機能が低下する場合がある事を充分考慮におかねばならぬ。

如上の觀點より、先づ第1に飛行場設置に當つては、自然の排水が行はれる箇處を選び、或は自然の排水が促進される様考へ、之の及ぶ點を補つて排水施設を設くる様にせねばならぬ。此の自然の排水は何によるかと云ふに、地形、場面の高さ、勾配、土質、氣象、適生芝生、

陽當り、附近河川との關係、地下水の影響等であり、等は又排水施設の基本的條項となるものである。

然し總ゆる飛行場が自然力のみによつて、排水の裏は期し得ない。地域が廣大である程、又平滑である程排水一般は益々必要性を加へて來るものである。

排水が何故必要かを少しく検討するに、離着陸場の條件のとして、一定の支持力を持たねばならぬ事は既に述べた所である。支持力を得る爲には、種々な方法が考へられてゐる所であるが、最も有效なる處置として排水考へねばならぬのである。即ち地盤の支持力は概ね含水量の2乗に逆比例するのであり、従つて含水量が多い時は急激に支持力を減ずる事になると共に各方面に影響を及ぼすものであつて、即ち排水機能の如何は飛行場の性格に決定的要素となるのであると云ひ得る。

更に細かに觀察するに、此の支持力とは地盤の粒子に生ずる剪斷抵抗の事であるが、此の剪斷抵抗は土質内部摩擦角と凝聚力に分よる。土質は過剰水分によつて粒子間に水分を抱いて膨張し、凝聚力及摩擦角共に水が其の限度を越へれば、著しく減退し、急激に支持力失ふ結果になる。或る種の土質について之等の關係を

第55表 粘土質土壌の耐圧試験成績

質比重	機械的分析表(%)			含水率 (%)	間隙比 (%)	弾性係数 F	弾性度 $\frac{1}{\sigma}$
	砂	沈泥	粘土				
2.93	47.5	24.9	28.3	26.9	79.2	115~76	1.31×10 ⁻⁵
—	—	—	—	23.2	68.1	310~195	2.53×10 ⁻⁵
—	—	—	—	14.6	49.0	3760~3460	1.30×10 ⁻⁵
—	—	—	—	3.0	43.2	7300~6100	1.91×10 ⁻⁵
2.85	11.5	46.9	41.6	26.0	74.1	56.7~41.8	6.10×10 ⁻⁵
—	—	—	—	18.9	53.9	314~271	6.29×10 ⁻⁵
—	—	—	—	16.3	46.5	484~450	610×10 ⁻⁵
—	—	—	—	4.2	39.0	5200	6.03×10 ⁻⁵

第56表 各土質の流出限界

土質区分	流出限界値
砂	23
沈泥	29
粘土	102
雲母	125
泥炭	133
珪土	166
膠質物	175
膠質物	400

第57表 各土質の水分當量

土質	粒徑(m-m)	水分當量(%)
極粗粒砂	2~1	1.18
粗粒砂	1~0.5	1.44
中粒砂	0.5~0.25	1.85
微粒砂	0.25~0.10	2.34
極微粒砂	0.10~0.05	4.62
沈泥	.05~0.005	24.99
粘土	0.005~0.0001	61.03

6に、含水率と膨張の関係は第55圖の通りであり、同じ含水率を摩擦角及凝聚力の関係は第56圖の通りであ

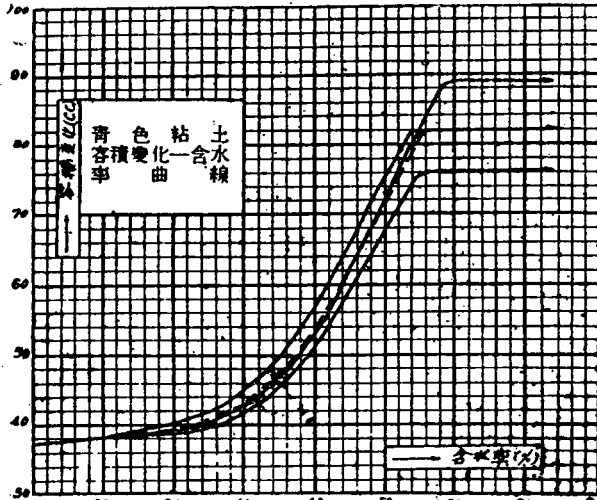
る。又弾性係数と支持力の関係を第57圖及第55表に表はすか之等を見ても明らかである。

此の水分含有量は、土質によつて種々なるもので、砂沈泥粘土の順で、細粒のもの程大きい値を示してゐる。第56表に於ては各土質に対する流出限界を表はし、第57表に於て水分當量を表はしてゐる。流出限界とは土壌が半固體から液狀に移る時の最小の含水量を乾燥土重量の%で表はしたものである。其の時土壌内部の剪断抵抗は殆んど零に等しい。水分當量は水に飽和させた土壌の100倍に相當する遠心力を4分間作用させ、残留する含水量を同様%で表はしたものであり、天然地盤の土壌の保水力に非常に近い値を示す。特に植物質を多量に含んだ細粒土壌は(澁洲の土は殆んどさうであるか)農耕には適するが、含水量は大きく、摩擦角及凝聚力は少なく、爲に支持力より見るに最も條件の悪いものである。

在來飛行場工事は、所要の面積を一定より緩かなる勾配に整備し、後は滑走路を設くる事に重點を置き、排水に意を用ふる事は比較的に少かつたのであるが、面積の廣大を圖る事も大切ではあるが、より小さい面積に對し充分機能を發揮せしむると云ふに於て、特に排水工事の重要性を強調したい。

83. 排水工事の基本事項

飛行場を設置するに際して、自然排水の條件を調査する上に、又排水工事を計畫實施する上に、基本となる可



第56圖 含水率と吸水膨脹

き事項がある。之を良く調査し把握して、排水良好なる飛行場を設置すると共に、實狀に即した排水計畫をなすのが肝要であらう。

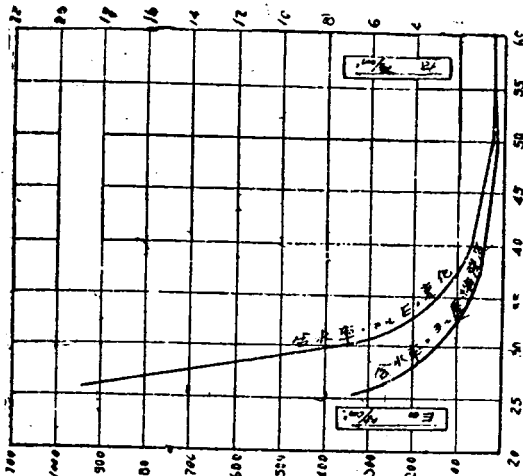
殊に排水工事は、施設が良く働くのと、然らざるのとの比は大きな選差があり、場合によつては却つて邪魔物となる場合も尠くない。

此の意味に於て以下基本となる可き事項を研究した。

(1) 地形

飛行場の地形環境及附近河川との關係につ

〔第56圖 含水率膨脹角(上圖)と凝集力(下圖)〕



第57圖 含水率と壓縮強度及剪断係動

層する條件を生ずるのであるが、水平に近い緩に過ぎる勾配の形も複雑なるものより、圓錐形又は片勾配の標にはつきりした性格を持つた箇處を選ぶ可きで、交互に昇降を交へた鏡状のもの及排水の行き場のないものは面白くない。又止むを得ず、交互に取つた場合も、其と直角方向は單純な勾配である事を要する。

(3) 土質

土質はなる可く透水性のもので、然も凝集力の多いものが望ましく、或る程度は前節に於て述べた土質の改良も出来るが、根本的に原土質に左右される。尙野生の雜草類も排水上益をなし、地耐力に影響する所が多く、良

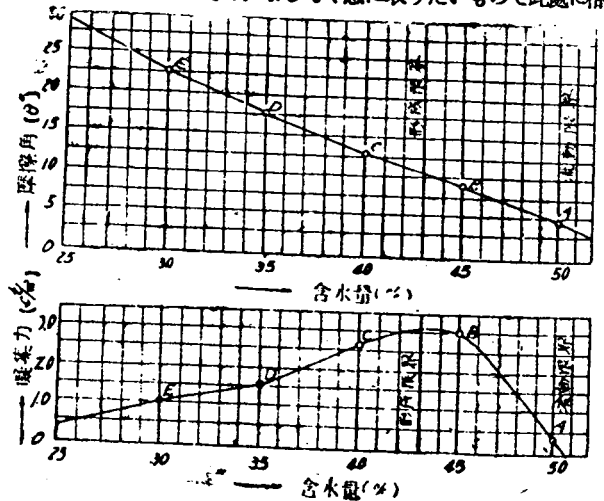
ての條件は、其の飛行場にとつては運命的なのであつて、選定時の主眼目となるものである。

次の様な場所は排水上の觀點より之を避くべきである。

- I) 長い山腹の下部に位する地域。
- II) 高地間に挟まれた山壁、又は谷の部分。
- III) 低位の地相で、然も周圍より低い箇處。
- IV) 河川の氾濫を受くる箇處、或は堤防があつても河川の低水敷より低い箇處。

(2) 勾配

勾配は曩に航行上の標準勾配を述べたのであるが、排水上より云へば航行に支障を與へる程度で、なる可く急に取りたいもので此處に相



質のものが密生してゐる所が希ましく、又今生へてゐなくとも將來芝を植へても見込のある土質を得たい。

(4) 氣象

雨量、気温、凍結深度、蒸發量等の氣象上の各條件は排水の根據となるものであるから、之を調査して資料とすべきである。

特に雨量は排水施設に對する容量の根基ひあつて、最大日雨量、時雨量降雨時間等の調査を要する。

(5) 地下水の状態

地下水の高低は影響する所が大であるから、試堀、或は附近の井戸、河川の状態によつて判定を要する。

地下水の影響する高さについては疊に表に於て述べた通りであるが、マスター氏は各土質の時間別の上昇水位

第58表 各土質の時間別の上昇水位(マスター氏測定)

土質ノ種類	土 上 昇 水 位 (mm)			
	30分	5時30分	6時30分	21時30分
粘 土	840	1100	1150	2000
腐 植 土	400	1100	1140	1770
ロ ー ム	290	950	980	1610
細 石 英 砂	440	920	970	1170
泥 炭 土	260	500	570	900
砂 混・泥土	450	620	660	820

につき、第58表の數値を擧げてゐる。即ち砂は概ね1.0米程度であるが、粘土は2.0米以上に達する。故に普通地下水は3.0米以下にある事が好ましい。

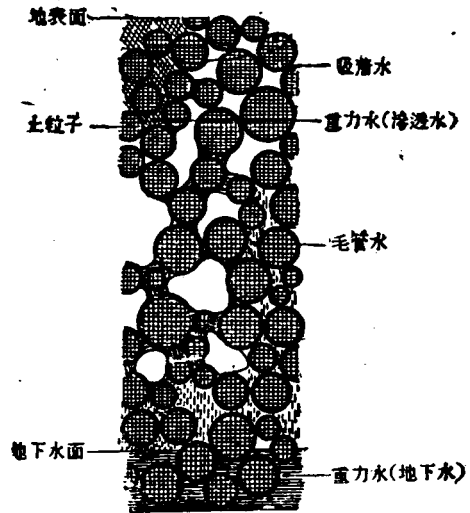
第2節 飛行場排水の計畫

84. 排水の對照

排水の對照として考へられる水は、地上水と地下水に分れる。

地上水は主として降雨であり、其の他水路、或は自然流水によつて場内に流入する水分であり、地下水は之を更に吸着水、毛管水、重力水に分つ。重力水は更に滲透水と狹義の地下水に分たれる。圖示すれば第58圖の通りでありある。

i) 吸着水と云ふのは、分子引力によつて地中の土粒



第58圖 土中の毛管水の種々種相

子に非常に強く附着してゐるもので、通常の土は總て吸着水を有してゐるものと見て良く、從つて蒸發する事も無く、其の量は砂質土壤1~3%、ローム5%、粘土7~10%程度である。

ii) 毛管水は、毛管現象によつて土砂の空隙に保持されてゐるもので、通常相接する重力水層から吸上げられたもの、或は降雨の滲透から來たもの等である。之も概ね固結のものとして良い。

iii) 重力水は地中の土砂、岩石の空隙、割目等を充して或は停まり、或は流れてゐる、所謂地下水を總稱されてゐるものであつて、之を更に一定の連続する水面を有する狹義の地下水と、雨水が滲透滞留する一時的の滲透水とに分れる。

以上の中吸着水は、土の生成分子の1として考へられ、又毛管水も固結してゐるもので、排水の對照となり得ない。故に排水の對照として考へられるものは地上水と重力水であり、之を細別すれば狹義の地下水と、滲透水に分たれる。

此の種類の水を排除すれば排水の目的は果されるのであつて、此の各々の排水處理に對し、取られる方法を次項以下に述べる。

84. 地上水の排水

地上水の排除に用ひられるのは、主として開渠であ

り、其の外に暗渠を用ふる場合もあり、部分的には吸水井、雨水枿を設置する事もある。

向地上排水の対照は降雨であるが、後項に於て詳しく述べる事とする。

(1) 開 渠

開渠には蓋付と無蓋があるが、場内には有蓋のみ使用可能である。所が有蓋の場合には軀體が混泥土構造となり、著しく場内の障碍ともなるので、滑走路排水の外は一般に用ひられぬ。

無蓋のものは排水の組織の中、流界に近く飛行機の通行に支障とならぬ場所に用ふる外、飛行場の境界に沿つて設くる。其の場合は。

- I) 境界線代用となり牛馬や人車の浸入を避け得る。
- II) 場内排水のための排水路となる。
- III) 場外より流入する排水を防止する。

等の効果を有する。

(2) 暗 渠

暗渠は地下水の処理に専ら使用されるのであるが、地上水の集水に使用するには、表面迄骨材を覗かせて敷き並べ、滲透を可能ならしめる。

(3) 集水枿及吸水井

局部的に用ふる事がある。全地域に之を用ふる際は、之に水を向ける様に勾配の加減を要し、従つて昇降が激しくなり、勾配が鋸状になると共に、此の設置に、手間と工費が嵩む點で採用されない。

要するに地上水の排除の諸施設は、あまり有効適切ならず、従つて其の全面的排水は、主として前述した様に自然排水の機能によつて、其の主要素たる雨水を排除して、良飛行場たるの素質を保持するを最上の方法とする。

80. 地下水と排水方法

動水には前述せる如く、滲透水と地下水があるが、其の排水方法につき次に述べる。

(1) 滲 透 水

滲透水の排除は専ら暗渠による。

暗渠は吸水渠と集水渠に分れ、細かく配置された吸水渠によつて吸収された水を、集水渠で集め、之を場外に

導く。其の細部の使用方法については次項に於て述べる。此の暗渠によつてなされる滲透水の排除は、非常に効であつて最も多く用ひられてゐる所である。

(2) 地 下 水

地下水の低下は如何なる場合でも必要と云ふ譯ではないが、自然に地下水が排除されれば、之に越した事は無く唯地下水が悪影響を及ぼす場合に用ひられる事は云ふも無い。即ち土質が細粒で、毛管現象が強くと、地下水が其の作用の及ぶ範囲内である場合に排除せねばならぬことになる。

排除の方法は地下水位より、低く排水管を埋設するのであつて之によつて、管を傳つて地下水が排除される。管の太さと位置の計畫が良ければ、拋物線を描いて管の位置迄低下する事になる。最後に排水と芝との關係であるが、土質の爲には排水が徹底すればする程良いのであるが、芝の植成には或る程度の地下水の水分が必要である。此の程度は表土の間隙の40%前後の水分が必要である事を考へねばならぬ。

81. 降雨と流出量

地上排水の対策は降雨量である。降雨による排水量を考へて見る。

今 Q ; 流出量 (立米)

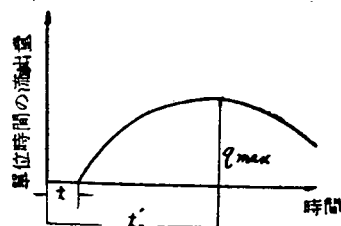
h ; 雨 量 (耗)

C ; 流出係数

A ; 流域面積(平米)とすれば

$$Q = \frac{h \cdot c \cdot A}{1,000} \text{ である。}$$

場内に降つた雨が排水地點に到達するまでには、或る時間を要し、且つ Q は一時に出るのではなく、第59圖の様な曲線を呈する。即ち雨が降り出してから t 時間後に最大流出量を示す。



第59圖 流出状況圖

T時間の最大雨量の平均強度を γ とすれば

$$\gamma = \gamma_0 \left(\frac{24}{T} \right)^{\frac{2}{3}}$$

茲に γ_0 は最多日雨量の平均1時間雨量を示す。

尙以上述べた式は、本来流域から流れ出た河川の流量を決定するものであるが、大綱は變らないと思ふ。Cについては後で一諸に述べる。

更にBurkeiZiegler氏の實驗式を示せば次の通りである。此の方法は勾配等を取入れ、より實狀に沿つたものやうである。

$$Q = \frac{Ch}{0.808} \sqrt[4]{\frac{S}{A}} A$$

第59表 流出係數

地質	流出係數
透水性土壤	0.45
通常ノ土壤	0.55
不透水性土壤	0.65
コンクリート舗装	0.85~0.95
アスファルト舗装	0.92 } 0.85
密生せる芝生	0.20~0.4
平坦ナル耕地又ハ高原地帯	0.45~0.6
高低起伏アル牧場森林	0.5 } 0.7
森林多キ昇温流域	0.6~0.8
勾配急ナル山腹又ハ岩立	0.8~0.9

第60表 各土質ノ雨水滲透量(ウェーラウル氏測定)

土壤ノ種類	雨水ノ滲透量(%)	
	平均	最小
泥炭質ノ耕地	33.5	9.6
粘土	37.9	29.2
ローム	51.2	44.2
ローム混リ砂地	40.5	28.2
砂地	33.0	43.0

ACは前同様であつて、Q、hは各次の通りである。

h; 降水量 (耗/時)

Q; 流出量 (立米/秒)

S; 流域の平均勾配

時雨量は日本にあつては、平均50~60、mm/hを滿洲

では20~30mm/hを取つて充分の様である。

Cの値は第59表の様に云はれてゐる。

以上によつて降雨による1時間の排水量が算定出來たわけであるが、之が地上時雨量を決定する上に、年最大の雨量を取つて、それを基準にす可きかと云ふに、その必要は無い様で、一般に第3位乃至第5位を取つて設計するのが普通である。

次に降雨後何時間で、此の水が全部排水されるかを考慮に入れた公式がある。

$$Q = \frac{C.I.A.}{T+t}$$

Q; 排水量 (立方呎/秒)

C; 排水される地表面の流出係數

I; 降雨量 (吋/秒)

A; 排水面積 (エーカー)

T; 降雨時間 (秒)

t; 降雨が止んでから排水に要する時間(秒)

此の時間を幾何にするかの決定は難しく、理想的には○であり、又短時間ならば其の中は滑走路のみを使用して其の他には使用出來なくとも良いと云ふ程度もあるであらうが、普通3時間乃至5時間を見込むのが至當と考へられる。

88. 地下停滯水の排水量

地下水の排水は主として暗渠排水により、その排水量は、單位面積から單位時間に排水する量を以て表はす。地下水の水量變化は、地表水の如く著しくなく、農作物に及ぼす害も急激でない。従つて地下水は急速に排水する必要が無いので、排水量及排水設備は比較的小さくて済む。

地下水の排水量は、主に土壤の滲透水量によつて定まる。滲透水量に影響する要素は

- I) 土壤の透水量。
- II) 降雨の強さ、繼續時間及時期。
- III) 蒸發量。(雜程度、氣温、風)
- IV) 地表狀況。(地面勾配離程度)

等で、地下水の排水量は、之等を吟味して定め得る。今日用ひられる方法に實測法と計算法とがあるが、前者は滲透水量を實測する方法で、煩雜で長時間を要する

計算法に於ける計算式を擧げれば、

$$\theta = \frac{h \times c \times 1.000}{86,400 \times n} \quad (\text{ha. sec. l})$$

h; 雨量

c; 土壤の透水性に関する係数。

n; 排除日数

上式の h, c 及び n の取り方が問題である。

概ね夏は c を 30~50% とし、冬は蒸發量が少いから増加し 50~80% とする。n は夏は 5~7 日とし、冬は 10~15 日とする。

土壤の種類による透透量につき、ウエーラウフ氏の實測値を擧げれば第 60 表の通りである。尙本値は裸地であつて、草があれば約 1/5 に減ずる事は第 48 表に示した通りである。

第 3 節 開渠排水

39. 開渠の設計

開渠の種類及流速断面等の設計上の問題を次に述べる。

(1) 開渠の種類

開渠は地上水の排水に用ふが、場面使用の関係上、其の種類は殆んど限定される。即ち有蓋混糞土開渠と、開放自然水路の 2 種類である。

前者は専ら滑走路周圍に設けられ、主として滑走路の降雨の排水及流水排除に用ひられる。

後者は一般排水の放流及飛行場の周圍に設けて、樹と境界に共用される場合が多い。

(2) 開渠の流速及勾配

排水路の断面を決定するには、一般に kutler の式を用ひる場合が多い。

$$V = \frac{NR}{\sqrt{R+D}}$$

$$\text{但し } N = \left(23 + \frac{1}{n} + \frac{0.00155}{i} \right) \sqrt{D}$$

$$D = \left(23 + \frac{0.00155}{i} \right) n$$

n; 粗度係数 (コンクリート管 = 0.013~0.015)

i = 水面勾配 R = 徑深

第 61 表 排水路に於ける粗度係数

材料及周邊の狀態		n の範圍	平均値
混 凝 土 水 路	純セメント平滑面	0.010~0.013	0.011
	モルタル面	0.011~0.013	0.012
	普通施工面	— 0.015~0.018	0.016
	砂利露出面	0.016~0.020	0.018
石 工 水 路	切石面	0.013~0.017	0.015
	粗石面	0.017~0.030	0.025
	空積面	0.025~0.035	0.033
土 砂 水 路	沈泥により底面平滑なもの	0.015~0.019	0.017
	粘土性の地盤、洗堀なきもの	0.016~0.022	0.020
	砂交り小砂利のもの	—	0.020
	砂利 徑 1~30m 2~60m	—	0.020 0.025

備考以上の係数は断面一樣にして概して直線的なものに使用する。

V = 流 速

排水後に於ける粗度係数の値につき物部博士によつて與へられた數値の内、排水路に關係あるものを抜萃すれ

ば第 61 表の通りである。

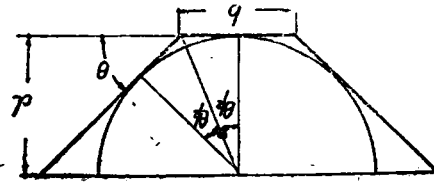
開渠の勾配は急な程、断面も少なくて済むが、混糞は別として一般土砂は侵蝕を受け砂溜する恐れがある。

第62表 開渠最大安全流速

土質	平均流速m/sec
非常に軽い純砂	0.23~0.30
軽く且緻密ならざる砂	0.30~0.46
粗石及軽砂土	0.46~0.61
通常の砂土	0.61~0.76
砂質壤土	0.76~0.84
通常の壤土、沖積土及火山灰土	0.84~0.91
固い壤土及び埴質土壌	0.91~1.14
凝結した地質壤土及通常の礫土	1.23~1.52
粗礫、磊石及び砂利	1.52~1.83
礫石、凝結礫、軟質板岩硬土層 軟質水成岩	2.83~2.44
硬岩	3.05~4.57
コンクリート	4.57~6.10

通常の壤土及び礫質壤土の堀鑿及び盛土のもの	1 1/2 = 1
緻密ならざる砂質壤土の堀鑿及び盛土のもの	3 = 1
砂土の堀鑿及び盛土のもの	3 = 1

面上に中心を有し、水深dを半径とする半圓を描き、之に外接する梯形を描けば良い。此の場合θは土質によつて法勾配が與へられてゐるので既知である。



第60圖 水路の断面

$$d = \frac{\sqrt{A \sin \theta}}{2 - \cos \theta} \quad b = 2d \tan \frac{\theta}{2}$$

II) 矩形の場合は前式に於て $\theta = \frac{\pi}{2}$ とおき、d及bを求め、即ち $d = \sqrt{\frac{A}{2}}$ $b = 2d$ となる。

尚土質による安全法勾配の値は第63表に示す。

90. 渠開の構造

有蓋渠開構造中一般的のものを示せば第61圖の通りである。此處に渠開設置及構造細部に對し述べる事とする。

(1) 渠開の設置

渠開は横斷的には地表面に習つて設置するのであるが、地表面の勾配が緩かに過ぎる場合は、更に勾配を附する。普通 $\frac{1}{400}$ よりも緩い事は排水上結果良好でなく、又過大なる断面を必要とする事となる。

次に横斷的に地盤と渠開設置高との高低差の問題であるが、地盤は沈下するものであるから、豫め工事中観望減りによつて生ずる沈下を見込み、計畫高を決定するを要す。設置後天端が高きに失し非常に困つた事がある。

(2) 渠開の側壁

渠開側壁には附近滲透水排除のため穴を設ける。此の穴の有無は排水效果上非常に大きな問題であるので必ず設けておく様に、間隔は土質及其他の狀況を考慮して1~5米程度とし、施工は竹又は木柱を以て内側に傾斜する様に明ける。

で限定される。普通取られてゐる安全勾配は腐蝕土 $\frac{1}{1000}$ 、砂 $\frac{1}{800}$ 、礫土 $\frac{1}{250}$ 、重粘土 $\frac{1}{150}$ 程度である。各土質別の水路内面の物質質侵蝕に對して安全なる最大流速を挙げれば第62表の通りである。

(3) 渠開の断面

渠開の断面は次式によつて與へられる事は常識である

$$Q = AV$$

Q (流出量) 及 V (流速) の計算法は先に述べた。

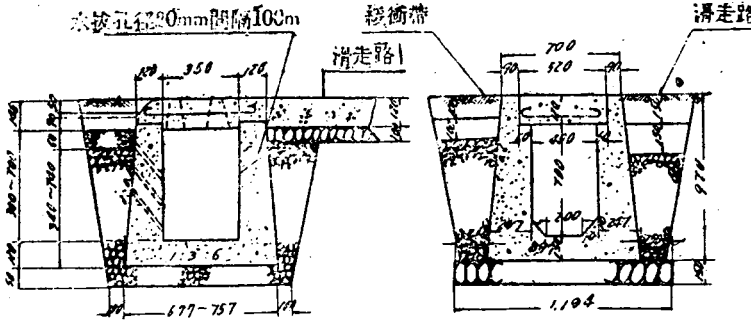
混凝土構造は概ね矩形を採用するので、A(断面積)は簡単に計算され、容易に断面が與へられる。

水路の断面につき、底中と深さの比は如何に違ふかについて、水理上最も有利なる断面について結論だけ擧げねば。

I); 堀放水路の如き梯形断面は60圖の如く、水路の水

第63表 水路の安全法勾配

水路の土質	側法
硬岩中の堀鑿のもの	1/2 = 1
割目ある岩、多少風化する岩及び強硬土盤中の堀鑿のもの	1/3 = 1
凝固礫、硬粘土、及び通常硬土盤中の堀鑿のもの	1/4 = 1
硬礫質粘土中の堀鑿のもの	1 = 1



第61圖 開渠構造圖

側壁は兩側共玉石又は大割の碎石を以て裏込とし、然も充分搦き固め之を底面迄及ぼす。地表面は土砂面とする。

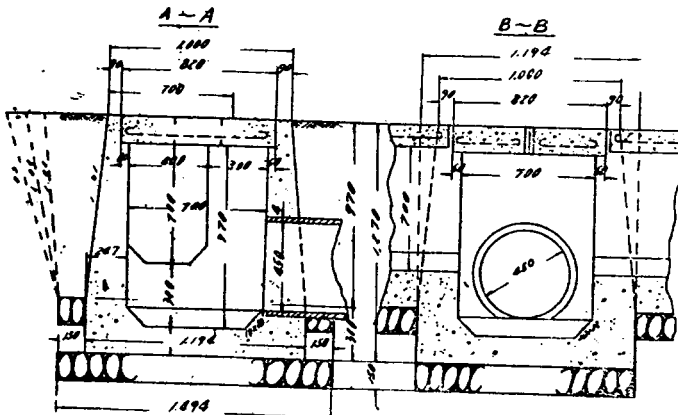
此の裏込は次の諸點につき効果を有する。

- I) 盲排水の働きをして、排水を助ける。
- ii) 混凝土と土の接觸、凍結による凍害を防ぐ多少凍上を避けるに役立つ。
- III) 車輪荷重を直接開渠に傳へず分布する。

(3) 蓋板の構造

開渠の蓋の穴はあまり大きいものを避け、經2極程度の圓形としておく。大きくすると尾端が落ちる恐れがあるからである。

尙蓋の取付は61圖(A)の方が靱りも良く周圍地盤との



第63圖 合流槽構造圖

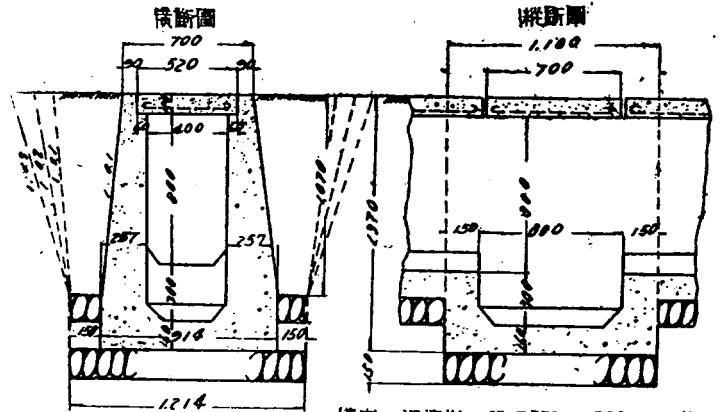
剛稜も良く、良好であらう。施工上蓋の据りは餘程注意する必要がある。蓋を場打にする方法も行はれて優秀な結果をあげてゐる。

車輪荷重に堪へる爲には厚15mmの鉄筋、10極ピッチ程度を必要とする。此の應用計算上の問題もあるが今は省略しておく。

91. 開渠附帯設備

開渠と關聯のある施設としては泥溜槽、合流槽、人孔吐口等の施設を要す。

又表面水の吸收のため、集水槽や吸水井等がある。之



備考 泥溜槽ノ設置間隔ヲ100mヲ基準トス蓋板ハ開渠ノモノト同シ

第62圖 泥溜槽構造圖

等について以下其の概要を述べる事する。

(1) 泥溜槽

開渠の流水中にある洗砂や洗泥を泥聚させ、後刻之を排除するもので、開渠の中に設け開渠の底面より多少低くしておく。其の一例を示せば第62圖の通りである。

(2)

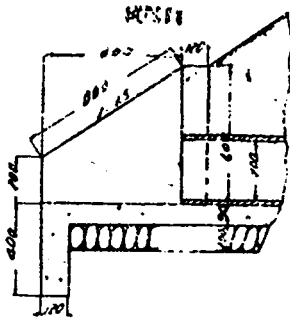
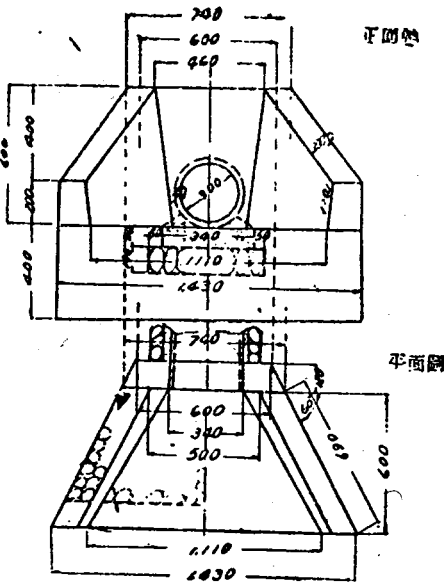
開渠排水を放流する爲、排水土管との接觸部に造る構造で断面を大きくして取りつける。第63圖参照。

(3) 人孔(マンホール)

排水土管は流砂其の他の沈着物によつて閉塞し易く、之を時々検査し、或は其の他の事故に應じて、土管の内側に人が入れる様に人孔を造る。圖省略

(4) 吐口

排水土管の放流口に設ける。之が無い場合、又は不完全なる場合、往々災害を受け弱點となり易いので特に設置しておく要がある第64圖参照。



第64圖 人孔ノ構造

(5) 集水枿

集水枿は人孔の蓋に穴を明け、雨水の注入を圖つたもので、底では排水管によつて連結され、之を場外に流放する。

1個の集水面積は3,000~1,000平米と考へられるので全面積之をやる事はとても手間と工費を要する上に、勾配は此處に向ける様にせねばならぬので、鋸状の傾斜となる點や、又飛行機滑走上の障碍となるので歓迎されない。特に排水不良の場所に用ひられる又一時的な集水枿として底面を堅く事無く、湛水し易い箇處に盲下水式に穴に石をつめて枿を造つておく場合もある。之の方法は手廻で思つたより役立つ物である。

(6) 吸收井

表層が透水性土壌で且地下水の低下してゐる場所には

適當なる工法である。井戸の上部には砂を填充しておく。之は特殊に凹地で排水の方法の困難なる箇處に用ひて役を果す事がある。

92. 開渠の施工

開渠は大概は滑走路の周圍に用ひられて、滑走路面及周圍部分の排水の役目を果すと共に、滑走路の外郭を守るものである。

開渠は構造的にも飛行場の施設としては、稍面倒な部

類であるのみならず、往々にして災害を起し易いので、其の施工法如何は影響する所が非常に大きい。施工上注意すべき諸點につき以下述べる事とする。

(1) 掘鑿及基礎

開渠の掘鑿は正確な丁張に基いてやるのは云ふまでもない。施工順序を考へてなす可きで、掘鑿後日を費すが如き事は嚴に戒めて手戻りを生ぜぬ様に進めねばならぬ。基礎及側壁には所定の栗石、碎石を丁寧に敷き並べ、充分搗き固めるを要す。

(2) 混凝土打ち

混凝土はなる可く吊枠として1回打出來る様にする。若し2回にする場合も打繼ぎを良く考へ然も其の面は密着させる工夫をする。

開渠の通りは飽く迄入念に直線で通す様にせねばならぬ。此のため枠取付後に於て丁寧にトランシットで見通りを修正すると共に、枠板は2層5耗以上を使用して、板のたわみによる曲りを防ぎ、且施工中は支保材に注意させる様にする。型枠の取外しも少くとも1週間置く様にしたものである。開渠の目地は5米に箇1處程度設けねばならぬ。尙前述した水抜孔を忘れぬ様注意を要する。混凝土打ちには監督を嚴重にして、混合、搗固め、仕上養生等丁寧に作業せしめる事は云ふ迄もない。

(3) 蓋

開渠の蓋の落付かぬものは、滑走に對して非常に支障

第64表 排水工事歩掛實例

工種	形 状	単 位	歩 掛
床 堀	上中1.80m 下中1.20m 深0.90m	1 立 米	0.13人
基 礎 張 石	厚150m	1 平 米	0.10人
混 凝 土 打 基 礎	高平均1.20m	1 立 米	1.60人
同 側 壁	〃	〃	1.75人
蓋 板 製 造	長0.50m 中0.50m 厚0.12m	10 枚	0.63人
鐵 筋 組 立	90cm~12cm	1 屯	10.30人
混 凝 土 管 製 造	長1.00m 内徑0.60m	1 本	0.41人
〃	〃	〃	0.4人
〃	〃	1 本	0.30人

となり、外観も悪い。此のため出来るだけ場所打ちが好ましい。1回の打長5米程度にして型枠を工夫すれば可能である。

場所打ちの出来ない場合も、丁寧に施工して動搖を防ぐ様充分注意する。

蓋の鐵筋も應力を考へて、下側におかねばならぬ。破壊したものの中に往々反對になつてゐるもの、不整正なるものを見出す事がある。

(4) 埋戻、輻壓

作業完了後は丁寧に埋戻し、之の搦固めを考へねばならぬ。此の埋戻しと輻壓の不結果が、後で災害の原因となる事か甚だ多い。

搦固めは木枠でやる外、輻壓機で充分輻壓したいが、此のため開渠を破壊さす恐れがあるので、開渠に間材(ストラット)を入れるか、もつと撤底さすには砂を填充してやれば上からも、直ぐ横からも支障なくやる事が出来る。後刻此の砂利を取つておけば良い。

(5) 施工歩掛

或る地區に於て同様構造に於て實施された4ヶ所の飛行場の作業歩掛を掲げる第64表参照。

第4節 暗渠排水

93. 暗渠排水の種類及構造

地下停滯水を排除するに最も有效なる方法は自渠排水である。

暗渠は地下水のみならず、地上水の吸収にも之を使用して効果がある場合も多い。近時滑走路の周圍に之を設けて地上水を吸収し、種々開渠の缺陷を補ひ良い結果を得てゐるものがある。

又暗渠は單に地下の過剰水を除くばかりでなく、地下水を適當の位置迄低下する事も出来る。

暗渠を夏冬通して停滯水を取る可く有効に活用するには、凍結深度より深く埋め込まねばならぬ。殊に滿洲に於ては此の留意が大切である。

凍結深度については前に第46、47表に於て掲げた所である。

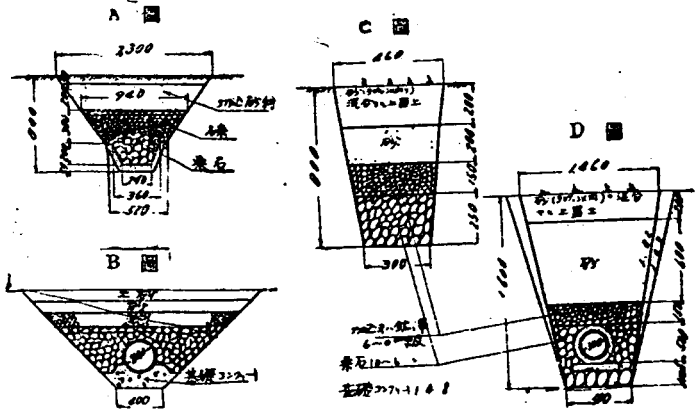
暗渠排水は普通簡易暗渠排水と、土管暗渠排水の2種類に分れる。

(1) 簡易暗渠

簡易暗渠は吸水目的によつて深さ及構造を異にする。

i) 地上水を吸収するもの。之は地上の表流水を目途とするもので開渠の設置に代り、又之を補ひ、滲透層を設けて其の下に不透透層がある場合に設ける。其の構造は深さが淺く、地表面近く迄骨材を覗かせ、上置層が薄い所に特徴がある。第65圖(A)(B)参照

ii) 滲透水を吸収するもの。最も普通に用ひられるもので、深さも15米乃至3.00米程度で、各其の深度に於ける滲透水の吸水と其の集水を目的とする。地上からは雨水が流入しない様に表面は表層土砂を均一にしておく。其の構造は第65圖(C)(D)に示す。



第65圖盲暗渠構造圖

向集水渠には各種類があり、流水部には荒い碎石、玉石又は排水管を埋設するが、簡易構造としては、粗朶、丸太、竹、木箱、石造箱、煉瓦箱等を埋設する場合もある。

Ⅰ) 地下水低下を圖るもの、地下水低下については土管暗渠の補助的役割をなすもので必要深度迄設置し、底部には比較的太い管を埋設しておく。

(2) 土管暗渠排水

土管暗渠は主として地下水の低下の目的に使用される。又其の他の簡易暗渠の集水及排水に使用される場合もある。

一般的構造は第66圖に示す通りである。(c)圖は普通の鉄筋混成管を使用したもので、(a)圖は函型、(d)圖は無筋構造を示す。

管の種類には土管、モルタル管、コンクリート管があり更にヒューム管、エタニツト管等の壓力管もある。尙管内に水を導入する爲有孔管とするが、場合によつては管の

目から吸収する様に網きをモルタル巻きにしないで布設する。

飛行場の管は耐壓力と耐久性を要求されるから、丁寧に施工された上質のものを使用すべきである。

管の周囲には礫を埋めて搦き固め、泥、砂が管内へ混入せざる様にす。尙基礎も洗洞或は洗下を考慮して

基礎抗か土臺、捨混凝土を設ける場合もある。第66圖(a)(c)圖は各捨混凝土、基礎抗を用いたものである。

94. 暗渠排水の組織

暗渠排水の組織は通常吸水渠、集水渠、排水口に分れ、必要に應じて補水渠を設ける。

(1) 吸水渠

地下停滯水を直接吸収する部分でこの吸水能率如何が排水組織の成果を決する。此の渠は全面的に配置し

工費と手間を要する關係上、石材或は粗朶等を使用して簡易暗渠を用ふる場合が多い。

(2) 集水渠

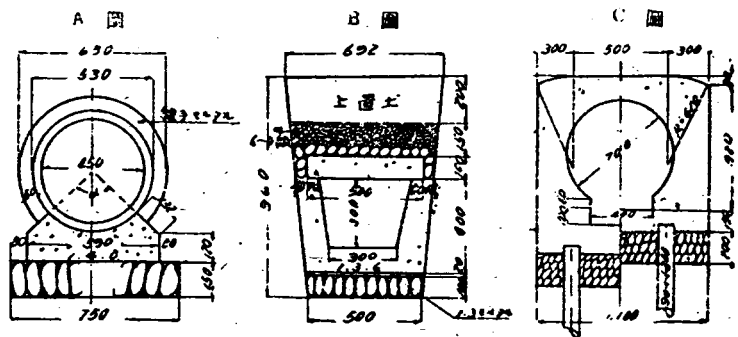
吸水渠によつて吸収された水を受けて排水口に導くもので排水管を設置する。

(3) 排水口

集水渠の水を自然又は人口の水路に排出する吐口で、其の位置と構造は排水の難易を支配し、従つて排水の效果に重大な影響を及ぼす。

(4) 補水渠

場外から浸入して來る地下水を遮断するため地區の周



第66圖土管暗渠構造圖

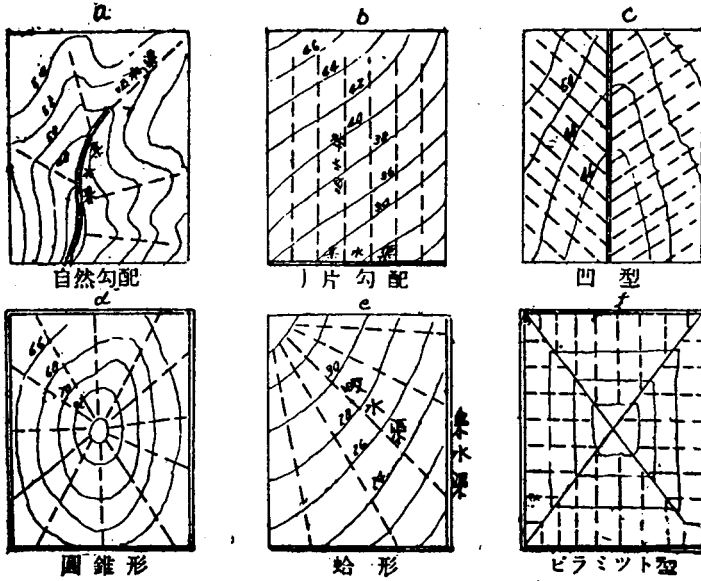
邊に設置する暗渠で、集水渠に連絡するか、或は直接排水路に開口放水する。

95. 暗渠排水の配置法

暗渠排水の配置は地形、土質、雨量等によつ異なる。従つて配列の方法にも圖々の場合が生じて來るが、地形に

よつて左右される場合が多く、其の重な場合を挙げれば次如のし。

については、集水渠は堀放閉渠として何れか低い箇處に導き放流させても良い。



第67圖 暗渠排水の形式

- I 自然勾配。(第67圖(a))
- II 片勾配。(第67圖(b))
- III 凹型勾配。(第67圖(c))
- IV 圓錐型勾配。(第67圖(d))
- V 蛤型勾配。(第67圖(e))
- VI ピラミッド型勾配。(第67圖(f))

以上であつて各配列の大綱は圖で分るが、各種の條件により其の荒さ及細部は異なるものであつて、之の混合した形も多く、又集水渠が餘分に入る場合もある。後の3つ

水施設の實例として第68圖~第70圖を掲げる。其の中第68圖は海濱の埋立てで造つた飛行場でピラミッド型に四方に下つており、第69圖は片勾配の場合である。第70圖は飛行場の勾配が不規則な場合に對して計畫された例である。

95. 暗渠排水の設計

土管暗渠排水組織の設計の要素は次の各項である。尙本項の設計の對照は吸水渠を指してゐるものである。

- I) 暗渠の方向、
- II) 暗渠の深さ、
- III) 暗渠の間隔

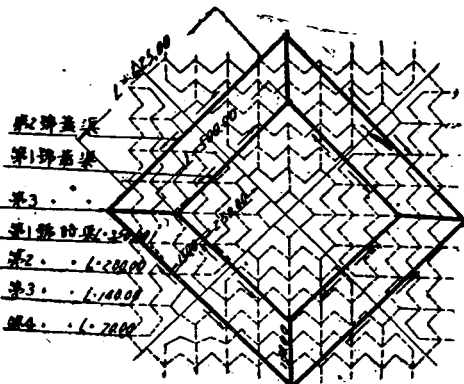
IV) 暗渠の勾配及流速。

V) 暗渠の大きさ。

土壤水の運動は遅いものであり、重力、毛管力及凍結に對する土粒の摩擦抵抗の三作用を受けて、徐々に暗渠

第65表 土壤の透水量(オルニー氏測定)

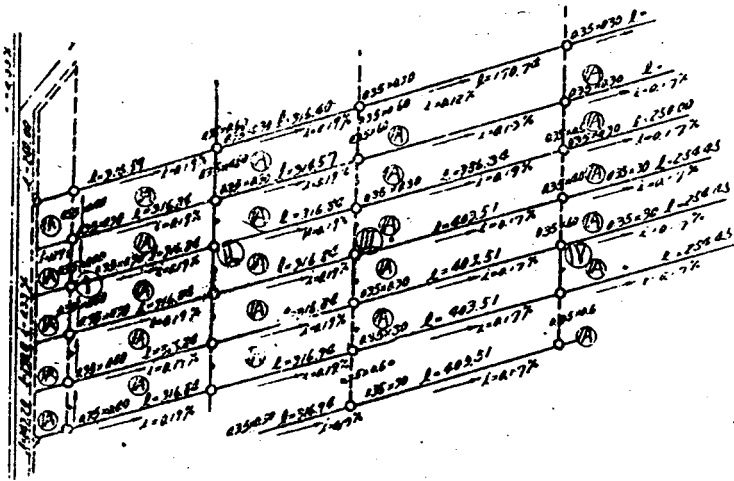
土 層 (%)		10時間後ノ透水量 (立)
粗 (0.5~1.0粒級)	砂	
100	0	336
90	10	47
80	20	13
70	30	3.1
60	40	2.9
50	50	0.7
40	60	0.14
30	70	0.14
20	80	0.06
10	90	0.03
0	100	0.017



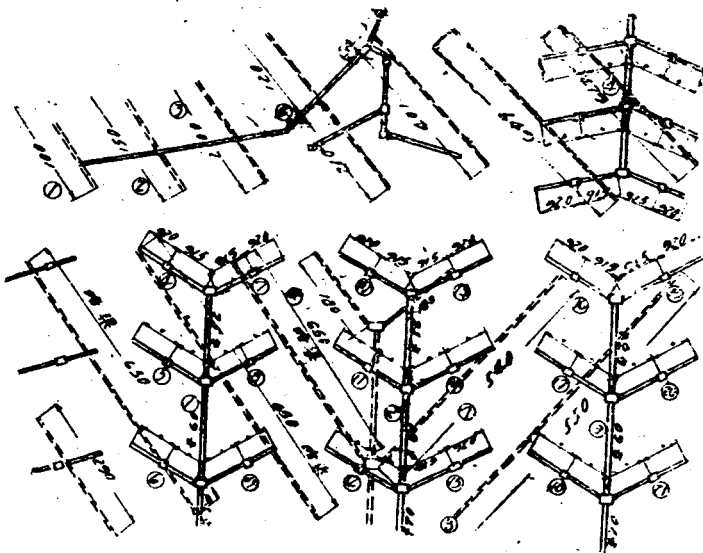
第68圖 飛行場排水路關係平面圖

第66表 地下水流量係数

dmm (粗徑)	粘土 0.00~0.01	沈泥 0.01~0.05	微細砂 0.05~0.10	細砂 0.10~0.25	中砂 0.25~0.50	粒砂 0.50~1.0	小砂利 1.0~1.20
dmm (平均)	0.002	0.025	0.07	0.15	0.35	0.7	2.0
λ (空隙率)	60	40	37	35	35	35	3.8
k (m/hovi)	0.0001	0.016	0.12	0.56	31	12.2	100
k (cm/sec)	—	—	—	0.016	0.086	0.74	2.8



第66圖 飛行場排水路平集圖



第70圖 飛行場排水關係平面圖

に流入し、地下水面はと等の影響で拋物線を描いて低下する。第71圖参照、

此の透水量は第65表に示す様である。

滲透水が暗渠の排水量と同じ割合で加はつて来る場合は一定の位置を保つか、天候の具合によつて上下する。

尚地下水の流速と流量の關係を記せば。

$$Q = Ka \frac{h}{l} = Kai$$

$$V = \frac{Q}{a} = k \frac{h}{l} KI$$

茲に Q = 流量 I = 距離

a = 断面 I = 距離

h = 落差 を表はす

此の中には質粒徑によつて與へられる係數で其の數値は第66表に示す。

茲に Q = 流量

a = 断面

h = 落差

l = 距離

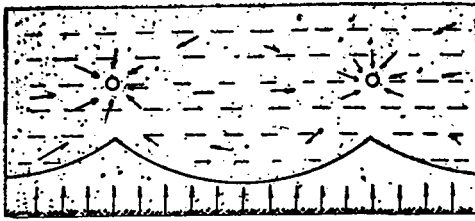
I = 距離を表はす

或中には土質、粒徑によつて與へられる係數は第66表に示す。

(1) 暗渠の方向

暗渠を同高線に對して直角に置くか、平行に置くかは論議される問題であり重要事項である。前者

を縦式排水、後者を横式排水と云ふ。1850年頃迄は縦式が用ひられてゐたが、今日では横式が有印とされてゐる。



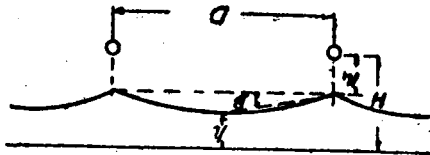
第71圖 暗渠と地下水位面

其の利點としては、

- I) 各暗渠の支配面積が大きい。従つて間隔は大きくて済む。
- II) 横式の暗渠に入った水は、比較的低速度で流れ、然も下流に行くに従つて、徐々に水量及流量を増し、暗渠の破裂及閉塞を防ぐに適度である。

(2) 暗渠の深さと間隔

兩者の關係については最初に深さを定め、次に間隔を決定する。深さは出来るだけ大きくした方が良く、深くすると間隔が廣くなり、且凍結深度の深い地方では凍結を避ける事が出来る。深さと間隔の關係については次式による。(第72圖参照)



第72圖 暗渠の深さと間隔の關係

I) 地平面が水平の場合

$$D = \frac{2(H-h-h_1)}{\tan\beta}$$

但し H; 地表面から暗渠迄の深さ

h; 地表面から暗渠と、暗渠の中央に於ける地下水面迄の深さ。

h₁; 暗渠の直上に於ける水深。

tanβ; 地下水面水位

D; 暗渠の間隔、

暗渠を必要とする土地は、大抵水平に近い場合が多く本式は大抵の場合適用出来る。

II) 地表面の傾斜を考慮した場合。(第72圖参照)

$$D = 2(H-h-h) \frac{\sqrt{\tan\beta - \tan^2\gamma}}{\tan\beta - \tan^2\gamma}$$

之はSaint Venautの式で 茲に

tanα; 地表面の最大傾斜(向高線に直角方向の傾

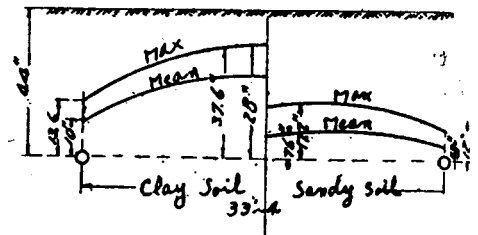
tanβ; 地表面の最大勾配

tanγ; 暗渠の勾配

D.H.h.h.は前述の場合と同じ。

この式から判る様にβが増すとDが減ずるから、弊に於ては砂、土の場合より暗渠の間隔を狭くしなければぬ。又αが増す程 Dが増すから、地表面の傾斜がな程暗渠の間隔を廣くしてよい。

S. C. Delacroix は地下水面を観察して粘土と砂土と間に第73圖に示す様な差のある事を示した。



第73圖 粘土と砂との間の地下水低下の關係

Saint Venant の式から深さを大きくすると間隔も大きくなるが、其の増加の割合は後者の方が大きい事を。例へばh=4m, h=0.5m, H=4m とした場合とを25%増してH=5 とした場合を比較すると、これにする間隔の割合は、

$$\frac{4-2-0.5}{5-2-0.5} = \frac{1.5}{2.5}$$

となつて間隔の増大は約70%なる。

普通一般には従來の經驗を基礎として暗渠の間隔をめてゐる。

第67表 土質暗渠深幅

土 質 別	中
粘 土50%ヲ含ム 埴土	9.5~11.3m
〃 20~30%ノ埴質土壤	11.3~18.0m
〃 10~20%ノ 土 壤	18.0~22.52m
〃 10%以下ノ砂壤土	22.5~26.0m

Wageは深さ1.25mとして第67表の値を與へてゐる General Commission of Siliia深さ1.25mで勾配 1/00より緩なる場合第67表の値を示してゐる。

第68表 土質暗渠深と幅

土 質 眼	幅
緻密ナル埴土	12m
礫ヲ含ム普通ノ土壤	14~16m
砂 礫 土	16~20m
ヤ、粘土ヲ含ム砂土	20~24m
普通ノ砂土	24~30m

$$V = 26.5 \sqrt{\frac{DH}{L + 54D}}$$

但し V; 平均流速(m/sec)

D; 暗渠の直徑(m)

L; 平暗渠の長さ(m)

H; 長さしに於ける落差(m)

Vincent

第69表 土質ト地下集水溝ノ關係

土 壤	土 質 ノ 成 分 (%)			地下水溝ノ深サト間隔	
	砂	沈 泥	粘 土	埋設管ノ深サ(m)	間 隔 (m)
砂	80~100	0~20	0~20	0.9~1.2	45~90
砂交リローム	50~80	0~50	0~20	0.6~0.9	30~45
ローム	30~50	30~50	0~20	0.9~1.3	30~45
沈泥交リローム	0~50	50~100	0~20	0.6~0.9	26~30
砂、粘土交リローム	50~80	0~30	20~30	0.9~1.3	26~30
粘土交リローム	20~50	20~50	20~30	0.6~0.9	23~26
沈泥粘土交リローム	0~30	50~80	20~30	0.9~1.3	23~26
砂交リ粘土	50~70	0~20	30~50	0.6~0.9	20~23
沈泥交リ粘土	0~20	50~70	30~50	0.9~1.2	17~20
粘 土	0~50	0~50	30~100	0.6~0.9	17~20
				0.9~1.3	13.7~17
				0.6~0.9	13.7~17
				0.9~1.3	12.5~13.7
				0.6~0.9	12.5~13.5
				0.9~1.3	11~12.5
				0.6~0.9	9~12.5
				0.9~1.3	9~11
				0.6~0.9	7.6~9

此の數値は $\frac{1}{300}$ より急な場合は20%増加して良い事を附言してゐる。

各土質別に更に細分すれば第69表の通りである。

(3) 暗渠の勾配と流速。

暗渠の勾配が急に過ぎる時は、樋目の外側の土砂が吹き飛ばされ、或は暗渠内に吸込まれ、空洞を生じ破壊の因となる。又緩にすぎると流速は小さく、流入した土砂を沈澱せしめ、暗渠は閉塞する。

大径暗渠内の許容量大流量は1~1.6米/秒、許容量小流量0.15~0.20は米秒である。

勾配と流速を表す式は種々あるが1.2を次に示す。

Poncelet

第70表 土管徑ト最大最小勾配

土管ノ徑 (cm)	勾 配 (%)		
	最 小 流 速		最 大 流 速 1.5m/sec
	0.2m/sec	0.4m/sec	
7.6	1.15	4.60	65.0
10.1	0.80	3.20	45.7
12.7	0.60	2.40	34.6
15.2	0.50	2.00	27.7
20.3	0.35	1.40	19.5
25.4	0.25	1.00	14.5
30.4	0.20	0.80	11.6

$$V = 3.59K \sqrt{\frac{50DH}{L+50D}} \quad (\text{m/sec})$$

Dcm	5	7.5	10	12.5	15	20	25	30
K	0.75	0.80	0.83	0.86	0.88	0.915	0.945	0.97

Scooby

$$V = 0.130d^{0.625}H^{0.5} \quad (\text{ft/ftsec})$$

d ; 管径(inch)Hiに1000對する落差

H ; 1,000に對する落差

Scoobyの公式を用ひて計算すると最大及最小勾配は、第70表の様になる。本表に現れてゐる0.2%と云ふ勾配は、勾配の極限と考へ之より、緩なるものは避く可きである。

97. 暗渠の施工

暗渠は作業完了すれば、外面よりは施工の良否は判らぬが、其の効果は良い作業と然らざる場合は大きい差があるから特に丁寧に施工する様注意せねばならぬ。

(1) 渠の掘鑿

渠の掘鑿に當つて良く計畫面に合ふ様、確實なる丁張を出して行ふ。

掘鑿は集水渠の末端、排水口から始め、次第に上流に向つて進む。着手に先立ち、灌水のある所、又は其の恐れある所は假排水溝を設けて、地表水の排除を計り、工事中に開渠の崩壞其の他作業上支障の起るのを防ぐ。

濕潤な箇處は始め表面の土を取り、第1回は30匁位掘下り、2、3日放置しては乾かして續ける様にす。渠の

掘鑿幅は土管上の荷重を減ずる爲出来るだけ狭くす、要がある。

吸水渠は底幅25~40匁、集水渠は30~60匁位が普通ある。土管の兩側に直径のづゝの餘地があれば、埋の他作業上に差支へないものである。

(2) 土管の敷設

土管の敷設は吸水渠から集水渠に及ぶのが順序である。渠の周圍及底に粗朶、礫等を凹凸の無い様に並士の没入を防ぐ。

吸水渠と集水渠の接合箇處には異型管を用ひ、なぐ字形に接續するがよく、接合部は粘土で周りをよむ必要がある。

(3) 盲下水

管を用ひずして、碎石や玉石を下部に入れ、洗水する場合は、特に注意して泥土の混入を防ぐ様にす。可く粗朶又は生松枝等で包めば良い。

割石、礫等の投入順序は良く注意して、該暗渠のを認識して作業を進める。

(3) 埋戻

埋戻に先立ち、一體土管敷設の勾配が正しいかど檢する。埋戻しは先ず吸水渠から行ひ、次いで集水渠移るのが普通である。

掘上げた土は元の順序に即ち下層、上層の順に埋ねばならぬ。此の際雜草又は不純物を入れぬ様注意きである。土の厚さは20~30匁位を1層とし各2層良く木蛸の類で踏み固める。然し最初の層は軽く踏ける程度に止める。

