資　　料

低濕畓의 地下排水(Ⅱ)

地下排水의 設計(Ⅰ)

金　在　坤*・具　閏　瑞*

Ⅰ. 地下排水의 理論的 背景

—排水方程式—

純粹한 經驗的 直觀에 依存하던 地下排水는 1800年代 以後 地質學 및 水理學의 發達에 힘입어 漸次 理論化 하기에 이르렀으며 現場의 各種 不確定的인 要因을 克服하면서 오늘의 各種 排水方程式을 誘導하기에 이르렀다고 할수 있다. 그러나 現在 使用되고 있는 各種 排水方程式은 아직도 現實 條件을 理論化한 理論的인 方程式에 치우치고 있는 點이 多分히 있으며 따라서 地域에 따라 排水試驗을 實施하고 이 試驗 結果에 따라 方程式의 修正 適用이 不可避한 경우도 있다고 하겠다. 그러나 現實의 各種 條件도 그 複雜性이나 甚한 偏奇性을 가진체 基本的인 理論的 根據위에서 나타나는 現象이기 때문에 理論的 排水方程式을 無視하거나 輕視한다는 것은 있을 수 없음을 너무나 明確한 事實이다.

理在까지의 排水方程式을 大別하면 定流方程式(Steady state formulae)과 不定流方程式(Non steady state formulae)으로 區分할 수 있다. 定流方程式(Steady state formulae)은 一定한 降雨強度下에서 一定量의 排水가 長期間 繼續되는 即 降雨量과 排水量이 平衡을 이루는 定流條件(Steady state condition)에 適用되는 것이며 不定流方程式(Non steady state formulae)는 灌漑 또는 一時的인 集中降雨와 같은 不定流條件(Non steady state condition)下에서 適用되는 方程式이다.

가. 定流方程式(Steady State Formulae)

定流條件 排水方程式에는 Dupuit-Forchheimer의 假說로 부터 出發한 Hooghoudt, Ernst等의 排水方程式과 Potential theory에 의한 Kirkham의 方程式으로 區分할 수 있다.

1) Hooghoudt의 排水方程式

Hooghoudt의 排水方程式은 Dupuit-Forchheimer의 假說에서 出發한다. 이 假說은

a) 排水路로 흐르는 自由帶水層의 水位(地下水位面)의 극히 작은 增分을 취할때의 水流의 流線은 水平이라고 할 수 있다.

b) 이 水流의 流速은 地下水의 깊이에 關係없이 地下水位의 傾斜에 比例한다(比例常數는 Darcy法則에서의 透水係數와 同一하다).

D-F假說 a)에 의하여 排水路 單位長에 對하여 그림 1에서 수직면 AB를 通過하는 水量 q_x는

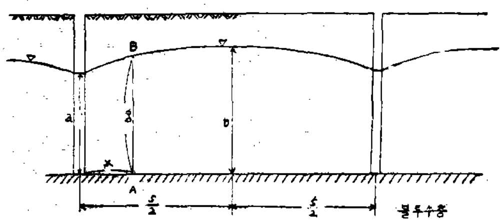

그림 1. D-F假說에 의한 地下水流 모식도

$$q_x=-R\left[\left(\frac{S}{2}\right)-x\right] \qquad —(1)$$

강우량 $R=Q/S$ —(2)

이기 때문에

$$q_x=-\left(\frac{Q}{S}\right)\left[\left(\frac{S}{2}\right)-x\right] \qquad —(3)$$

D-F假說 b) 및 Darcy 法則에 의하여

$$V_x=-Kdy/dx \qquad —(4)$$

따라서 $q_x=-yKdy/dx$ —(5)

* 農業振興公社

식 (3)과 (5)로 부터

$$ydy=\frac{Q}{SK}\left(\frac{S}{2}-x\right)dx \qquad \text{——(6)}$$

$$ydy=\frac{R}{K}\left(\frac{S}{2}-x\right)dx \qquad \text{——(6)}'$$

식 (6)을 $x=0$에서 $x=x$까지

$y=a$에서 $y=y$까지 積分하면

$$y^2-a^2=\frac{Q}{SK}(Sx-x^2) \qquad \text{——(7)}$$

$$y^2-a^2=\frac{R}{K}(Sx-x^2) \qquad \text{——(7)}'$$

식 (7) 및 (7)'는 타원방정식임을 알 수 있다.

식 (7)에서

$y=b$, $x=\frac{S}{2}$, $Q=RS$이면

$$S^2=\frac{4K}{R}(b^2-a^2) \qquad \text{——(8)}$$

排水路또는 排水管에서 不透水層까지의 깊이를 D_1, 排水路 中間部의 地下水位 까지의 높이를 h라고 하면

$b=D_1+h$ $a=D_1$

따라서 식 (8)은 다음과 같이 쓸수있다.

$$S^2=\frac{4K}{R}(h)(2D_1+h)=\frac{8KD_1h}{R}+\frac{4Kb^2}{R} \quad (9)$$

식 (9)가 Hooghoudt의 定流排水方程式(steady state drainage formulae)이다.

식 (9)로 表示되는D-F假說에서 誘導된 排水方程式은 地下水의 흐름이 大部分 水平流로 構成되는 즉 垂直流 成分의 總量에 比하여 水平流 成分의 總量이 극히 큰 水流層에서나 土壤의 水平透水係數에 比하여 垂直透水係數가 無限히 큰 경우에는 극히 實用性이 있는 方程式이라고 할수 있으며 現在 널리 使用되고 있는 方程式의 하나이다.

Hooghoudt는 排水路나 排水管이 不透水層위에 놓이지 않은 경우에 發生하는 環流抵抗(Radial resistance)를 考慮하여 식 (9)의 D_1 代身에 等價層두께 (Equivalent depth) d를 導入하고 있으며 d는 排水路의 潤邊(Perimeter), 排水路間隔 및 排水路에서 不透水層까지의 깊이의 函數이다.

위 식 (9)의 右邊의 첫째項은 排水深 以下의 水流를 나타내고 있다. 降雨量 R가一定한 경우 排水路間隔 S를 決定하는 것은 排水深 上部보다는 둘째項인 排水深 下部의 水流가 主로 큰 영향을 미침을 알 수있다.

따라서 식 (9)는 排水深上下部를 區分 하는 경우

$$S^2=\frac{8K_2dh}{R}+\frac{4K_1h^2}{R} \qquad \text{——(10)}$$

와 같이 된다.

S=排水路 間隔(m)

R=降雨量(m/day)

K_2=排水深下部의 土壤透水係(m/day)

K_1=數排水深 上部의 透水係數(m/day)

h=排水深에서 排水路中間部의 地下水位까지의 높이(m)

d=Hooghoudt의 等價層의 깊이(m)

2) Ernst의 排水方程式

Hooghoudt가 排水深 下部의 環流抵抗(R_r)만을 等價層의 깊이 d로 補完한데 反하여 Ernst는 總水頭를 垂直, 水平, 環流의 三成分으로 區分 하였다.

즉 $h=h_v+h_h+h_r=qR_v+qLR_h+qLR_r$ ——(11)

여기서 h=水頭

q=流量

R=抵抗

$v. h. v$=垂直, 水平, 環流 成分 表示임

各 抵抗成分을 풀면

$$h=q\frac{D_v}{K_v}+q\frac{L^2}{8KD}+q\frac{L}{\pi K_2}\ln\frac{aD_2}{\mu} \qquad \text{——(12)}$$

h, q, K_2, D_2, L=Hooghoudt 方程式의 定義와 同一,

D_v=垂直流外發生하는 層의 두께(m), 大部分의 경우 극히 작으므로 무시된다.

K_v=垂直水流의 透水係數(m/day)

KD=水平流가 發生하는 各層의 透水係數(K)와 그層의 두께(D)의 乘의 合計

排水深下部에 1개層이 있을 때 : $KD=K_1D_1+K_2D_2$

〃 〃 2 〃 〃 : $KD=K_1D_1+K_2D_2+K_3D_3$

a=水理條件에 따른 環流常數

$KD=K_1D_1+K_2D_2$인 경우 $a=1$

$KD=K_1D_1+K_2D_2+K_3D_3$인 경우 a는 K_2/K_3, D_2/D_3의 比에 따라 다름,

μ=排水路의 潤邊(m) 排水管인 경우 $\mu=\pi r$

Hooghoudt方程式이 $K_1 \gg K_2$인 條件下에서 극히 正確性을 나타내는 反面 Ernst 方程式은 $K_1 \ll K_2$인 條件下에서 오히려 適合性을 갖고 있다. 따라서 K_1 K_2의 여하한條件에도 適用될수 있는 方程式의 一般化를 위하여 Hooghoudt와 Ernst의 方程式을 結合하여 Hooghoudt-Ernst 方程式이 誘導되었다.

垂直成分을 無視하고 식 (12)를 다시 쓰면

$$q=\frac{8KDh}{L^2+\frac{8KD}{\pi K_2}L\ln\frac{aD_2}{\mu}} \qquad \text{——(13)}$$

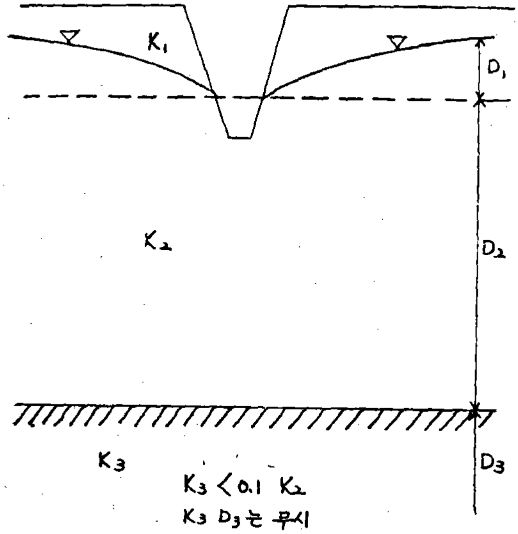

그림 2(a) 排水深下 1個 層(D_2)
($KD=K_1D_1+K_2D_2$)

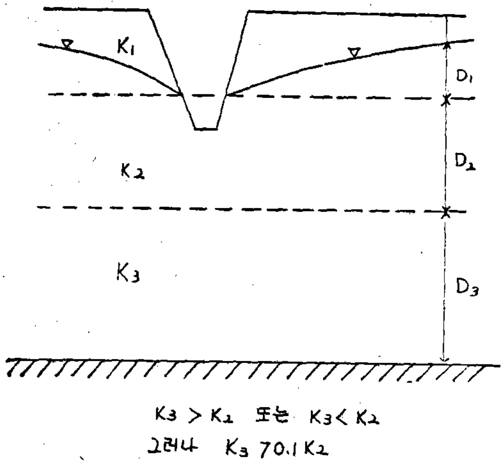

그림 2(b) 排水深下 2個 層(D_2D_3)
($KD=K_1D_1+K_2D_2+K_3D_3$)

그림 2. Ernst方程式의 水流 모식도

排水深 上部의 水平流(q_1)와 排水深 下部의 水平流(q_2) 및 環流를 取하면

$$q=\frac{8K_1D_1h}{L^2}+\frac{8K_2D_2h}{L^2+\frac{8}{\pi}DL\ln\frac{aD_2}{\mu}} \quad \text{——(14)}$$

環流를 無視한 水平流만을 考慮한 排水路間隔을 L_0라고 하면

$$L_0^2=\frac{8KDh}{q} \quad \text{——(15)}$$

식(15)를 식(14)에 代入하면

$$\frac{8KDh}{L_0}=\frac{8K_1D_1h}{L^2}+\frac{8K_2D_2h}{L^2\left(1+\frac{8D_2}{\pi L}\ln\frac{aD_2}{\mu}\right)} \quad \text{——(16)}$$

식(16)이 K_1/K_2의 어느 값에도 適用할수 있는 Hooghoudt-Ernst의 一般方程式이다.

3) Kirkham의 排水方程式

Hooghoudt나 Ernst가 Dupuit-Forchheimer의 假說에서 排水方程式을 誘導한데 反하여 Kirkham은 Potential theory에 의해 排水方程式을 誘導하였다.

排水路에 對한 地下水流의 2-dimensional flow equation은 Laplace equation으로 다음과 같이 表示되고

$$\frac{\partial^2\phi}{\partial x^2}+\frac{\partial^2\phi}{\partial y^2}=0 \quad \text{——(17)}$$

이 Laplace equation의 一般解는

$$\phi=A+B_x+C_y+D_{xy}+\sum_{n=1}^{\infty}E_n\begin{bmatrix}\sinh\\ \text{or}\ \alpha_n(b\pm\overset{x}{\underset{y}{\text{or}}})\\ \cosh\end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix}\sin\\ \text{or}\ \alpha_n(c\pm\overset{y}{\underset{x}{\text{or}}})\\ \cos\end{bmatrix} \quad \text{——(18)}$$

$n=1,2,3\cdots\cdots$

式(18)을 Fourier series에 의해 풀고 initial 및 boundary condition를 代入 排水路로 흐르는 水流의 特殊 解를 求하면 potential ϕ는

$$\phi=\frac{2RS}{K\pi}\left[\left(\frac{1}{2}\right)\ln\frac{e^{-\pi y/s}[\cosh(\pi y/S)-\cos(\pi x/S)]}{2\sin^2[\pi r/(2S)]}\right.$$

$$+\sum\frac{1}{m}\cos(m\pi y/S)-$$

$$\left.[\cosh(m\pi y/S)\cos(m\pi x/S)]\right\}\frac{e^{-m\pi D/S}}{\sinh(m\pi D/S)}$$

$$\text{——(19)}$$

地下水位의 높이는 식(19)에 $y=0$인 선의 ϕ로써

$$[\phi]_{y=0}=\frac{2RS}{K\pi}\left\{\left(\frac{1}{2}\right)\ln\frac{1-\cos\pi x/S}{2\sin^2[\pi x/(2S)]}\right.$$

$$\left.+\sum\frac{1}{m}[\cos(m\pi r/S)-\cos(m\pi x/S)]\right\}\cdot$$

$$\frac{e^{-m\pi D/S}}{\sinh(m\pi D/S)}$$

$$\therefore Z=\frac{2RS}{K\pi}\left\{\ln\left(\frac{\sin(\pi x/2S)}{\sin(\pi r/2S)}\right)\right.$$

$$+\sum\frac{1}{m}[\cos(m\pi r/S)-\cos(m\pi x/S)]$$

$$\frac{e^{-m\pi D/S}}{\sinh(m\pi D/S)} \quad \text{——(20)}$$

$x=S$ 일때 $Z=H$

$\frac{e^{-x}}{\sinh x}=[(\coth x)-1]$ 이므로

$$H=\frac{2RS}{K\pi}\left\{\ln\left[\frac{\sin\frac{\pi}{2}}{\sin\frac{\pi r}{2S}}\right]\right.$$

$$+\sum\frac{1}{m}\Big[(\cos(m\pi r/S)-\cos(m\pi)\Big]$$

$$\left.\left[\coth\frac{m\pi D}{S}-1\right]\right\} \quad ——(21)$$

식(21)에서 $\sin\frac{\pi}{2}=1$, $\frac{\pi r}{2S}$는 극히 작으므로 $\sin\frac{\pi r}{2S}=\frac{\pi r}{2S}$

$$H=\frac{2SR}{K}\frac{1}{\pi}\left\{\ln\frac{2S}{\pi r}+\sum\frac{1}{m}\Big[(\cos(m\pi r/S)\right.$$

$$\left.-\cos(m\pi)\Big]\left[\coth\frac{m\pi D}{S}-1\right]\right\} \quad ——(22)$$

H=排水管 中間部의 地下水位의 높이

S=排水管間隔의 半

K=透水係數

r=管의 半徑

D=排水深에서 不透水層까지의 깊이

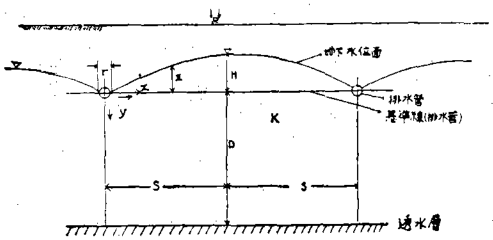

그림 3. 不透水層을 아래에 둔 排水管의 Kirkham 모식도

나. 不定流方程式(Non steady state formulae)

定期的으로 灌漑가 實施되거나 集中的인 降雨現象이 있는 地域에서는 定流條件의 排水方程式이 適用되지 않는다. 이러한 경우에는 地下水位의 下降에 따른 排水量을 考慮하는 不定流方程式(Non steady state equation)을 適用해야 한다.

Dupuit-Forchheimer의 假說에 의한 不定流狀態의 水流의 微分方程式은

$$KD\frac{\partial^2 h}{\partial x^2}=\mu\frac{\partial h}{\partial t}-R \quad ——(23)$$

여기서 追加的인 降雨量 $R=0$인 경우

$$KD\frac{\partial^2 h}{\partial x^2}=\mu\frac{\partial h}{\partial t} \quad ——(24)$$

KD=帶水層의 透水能(transmissivity) (m^2/day)

R=單位面積의 追加 降雨量(m/day)

h=x와 t의 函數로써의 水頭(m)

x=基準點(排水路)으로 부터의 水平거리 (m)

t=時間(days)

μ=土壤의 排水可能孔隙量(m/m)

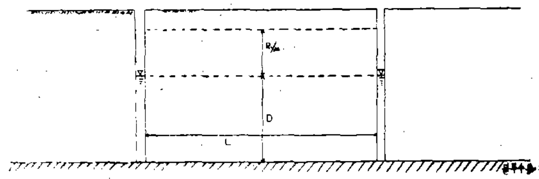

그림 4. 최초의 水平地下水位를 假定한 Glover/Dumm의 水流모식도

식(24)에 initial 및 boundary condition을 代入 特殊解를 求하면

$$h(x,t)=\frac{4h_0}{\pi}\sum_{n=1}^{\infty}\frac{1}{n}e^{-n^2dt}\sin\frac{n\pi x}{L} \quad ——(33)$$

여기서 $\alpha=\frac{\pi^2 KD}{\mu L^2}$ reaction factor, (day^{-1}) ——(34)

$h_0=R_i/\mu$ 최초의 地下水位의 높이(m)

R_i=單位面積當 순간 排水量(m)

t일 후의 排水路 中間部의 地下水位의 높이 $h_t=h\left(\frac{1}{2}L,t\right)$는

$$h_t=\frac{4h_0}{\pi}\sum_{n=1}^{\infty}e^{-n^2\alpha t} \quad ——(35)$$

여기서 $h_t>0.2$ 이면 식(25)의 제 2 項 以下는 無視할 수 있고 따라서

$$h_t=\frac{4}{\pi}he^{-\alpha t}=1.27h_0e^{-\alpha t} \quad ——(36)$$

最初의 地下水位의 形態는 앞의 假定과 같은 平面이 아니고 隋圓形이기 때문에 식(36)은

$$ht=1.16h_0e^{-\alpha t} \quad ——(37)$$

식(36)와 (37)의 차이는 地下水面의 形態에 따른 因子 $\frac{4}{\pi}=1.27$와 1.16의 차이에 불과하다.

식(34)를 식(37)에 代入하면 排水路間隔 L는

$$L=\pi\left(\frac{KDt}{\mu}\right)^{\frac{1}{2}}\left[\ln 1.16\frac{h_0}{ht}\right]^{-\frac{1}{2}} \quad \text{—— (38)}$$

위식을 Glover-Dumm의 排水方程式 이라고 한다. 이 方程式은 排水路에 對한 環流抵抗을 考慮하지 않고 있기 때문에 帶水層의 두께 D 代身에 Hooghoudt의 等價層의 두께 d를 쓰는 경우도 있으나 이것은 그렇게 正確하지는 않다.

Ⅱ. 地下排水의 一般設計基準

위에서 說明한 排水方程式을 利用하여 地下水位를 調節코저 하는 最近의 地下排水를 위해서는 우선 各 方程式에서 必要로 하는 因子를 決定해야 한다. 그中 어떤 因子는 現場調査를 通해 要求하는 正確度限度內의 값을 測定할수도 있으며 어떤 因子는 土壤의 種類와 作物의 要求度에 따라서 그 값을 달리하는 것도 있다. 우선 方程式에서 必要로 하는 各因子는 다음 表1와 같다.

表1의 各 基準因子中 現場調査에 依하여 事前에 調査할 수 있는 것은 土壤의 透水係數(K), 帶水層, 및 不透水層의 깊이(D)이며 排水可能孔隙量(u)은 不攪亂土壤試料의 水分張力 分析에 의하여 求할수는 있으나 試料의 採取 水分張力測定의 正確度 等으로 因하여 實驗室의 測定値의 正確度가 극히 낮기 때문에 主로 現場의 排水試驗 또는 管井試驗에 依存하고 있다. 現場調査 및 室內試驗 方法은 省略한다.

排水深의 決定은 土壤의 斷面構造, 作物이 要求하는 最適地下水位, 最終流出口와 聯關된 既存排水施設의 能力 및 地形條件, 排水路의 間隔과 關聯된 工事費 또한 事後의 維持管理費等의 經濟性等을 綜合的으로 考慮해야 한다.

地下排水의 設計基準中 決定하기 가장 困難한 因子의 하나는 排水量(R, q)이다. 定流條件下의 排水에서는 이 排水量(q)은 반드시 地下水位의 깊이(h)와 聯關시켜 論議되어야 한다. 흔히 一部에서 地下水位(h)를 考慮하지 않고 排水量(q)만을 基準으로

表 1. 排水方程式別基準因子

排水方程式	基準因子	調査方法
定流方程式	1. 排水量(q 또는 R)	氣候(降雨量, 蒸發量)條件에 따라 排水試驗에 依하여 決定
	2. 排水深	土壤斷面, 既存排水組織, 經濟性을 考慮 判斷
	3. 地下水位의 높이 (h)	土性, 作物에 따른 最適地下水位로 決定
	4. 土壤透水係數 (K)	現場透水調査
	5. 不透水層의 깊이 또 深層部의 透水帶	深層部 斷面調査 및 層位別 透水試驗에 依據 調査
不定流方程式	1. 最初의 地下水位(h_0)	降雨量強度 또는 灌漑量에 따라 判斷
	2. 地下水位 下降速度 (h_t, t)	土壤에 따른 作物의 要求度에 의거 決定
	3. 排水可能한 孔隙量 (μ)	室內土壤分析 또는 現場排水試驗
	4. 其他(不透水層의 깊이, 帶水層調査)	定流方程式에서와 同一

選定하여 定流方程式에 適用하고 있는 例를 볼수 있으나 이는 單純한 經驗的인 數値에 不過한 것이며 理論的으로 不適合한 것임은 定流方程式 그 自體에서도 自明한 것이다. 例를 들어 月平均降雨量 또는 2~3日 連續降雨量을 7日 또는 15日間 排除한다는 等의 排水量 基準은 定流方程式에서는 使用할 수 없는 基準인 것이다. 이러한 基準의 設定은 地表 排水基準으로서의 排水量을 計算하는 惰性에서 연유되었다고 밖에볼 수 없다. 定流方程式은 降雨量과 排水量이 地表下 一定 깊이에 地下水位를 維持한 平衡狀態를 이루었을때의 排水量을 意味하는 것이다. 地下水位의 깊이를 提示하지 않은 排水量基準은 地表에 地下水位가 있다는 假定을 은연중에 前提하고 있다면 이는 明確히 地表排水基準을 地下排水에 適用한때 不過한 것이다. 따라서 定流狀態의 地下排水의 強度는 반드시 排水量(q)과 地下水位(h)로 表示되어야 한다.

不定流條件인 경우의 排水強度는 最初의 地下水位(h_0)와 一定時間(t) 및 이때의 地下水位(h_t)로 表示된다. 이 경우 地表에 湛水한 狀態일때 湛水한 깊이

가 方程式에서 考慮되고 있지 않다는 點이다. 따라서 이 경우 灌漑(畓灌漑 처럼湛水하지 않는 灌漑)에 의한 地下水位의 變動이나 地表 排除로 인하여 地表上에 湛水가 發生하지 않는 경우 만이 適用 可能하다. 즉 不定流方程式의 最初(h_0)水位는 地表와 一致하는 것이고 그 上限이다. 또한 不定流方程式은 土壤의 排水可能孔隙量이 現場의 排水試驗이나 管井試驗을通하지 않고는 그 正確度를 期待할 수 없는 點이 實際適用上의 가장 큰 隘路라고 할수 있다.

Ⅲ. 暫定設計基準

UNDP韓國排水改善事業의 가장 큰 目的의 하나는 韓國의 地下排水의 設計基準을 樹立하는 것이다. 그러나 前述한바와 같은 各種排水方程式을 利用하기 위해서는 方程式에서 要求하는 各種 因子를 求하여야 하고 이 因子들은 局地的인 地形에 따른 地下水의 流出入, 降雨量 및 蒸發量, 土壤의 多樣한 條件은 勿論 作物의 種類에 따른 適切한 土壤 水分含量과 이를 左右하는 許容地下水位에 의하여 決定되여야 하며 이것들이 바로 地下排水를 위한 設計基準이라고 할 수 있다. 따라서 本事業의 一次的인 試圖는 三個 示範地區에 20—50*ha*의 比較的 小規模의 試驗圃場을 選定하고 여기에 暫定設計基準에 따른 地下排水 施設을 設置한 후 이 暫定設計基準의 妥當性 如否를 檢定코저 하는 것이다.

暫定設計基準의 內容은 아래와 같다.

가. 排水深(Drain depth)

排水深(Drain depth)이란 吸水開渠의 設計水位 또는 吸水 暗渠의 地表下 埋設 深度를 意味한다.

地下排水 設計時 排水深을 決定하기 위해 考慮해야할 一般的인 事項은

—作物의 許容地下水位

여기서 말하는 作物의 許容地下水位란 勿論 經濟性을 考慮해서의 定義이다. 作物의 全 生育期間을 通하여 最大限의 經濟的인 作物 增收를 期할수 있는 許容地下水位를 말한다. 어떤 作物에 對한 最適地下水位는 一定한 氣象條件 및 土壤下에서도 그 作物의 生育段階에 따라 相異할 수 밖에 없다. 따라서 許容地下水位란 排水改善에 따른 追加的인 投入에 對하여 最大限의 生產을 可能케 하는 作物別 平均 地下水位라고 할수 있는 것이다.

—土壤의 斷面的 特性

土壤斷面上 어느 層位에 透水性이 극히 큰 層位가 存在하거나 또는 어느 깊이에 不透水層이 存在하는가 하는 等의 土壤斷面의 特性은 排水深 決定에 制約을 가하는 重要 要因의 하나이다.

—施工條件

人力施工인 경우 工事費는 勿論 作業能率이란 面에서 排水深은 制約을 받는다. 또한 機械施工인 경우에도 機械의 掘搾深度의 能力은 自然히 排水深의 制約因子가 될수있다.

—既存 排水路 및 流出口 條件

既存의 排水路나 排水場의 條件을 改善하지 않고 그대로 利用코저 하는 경우 排水深은 이들 條件의 制約을 받음은 勿論이다. 地下排水를 必要로 하는 地區의 地表排水나 耕地整理事業을 設計할 때에는 앞으로 施工될 地下排水를 위해 排水組織의 能力이나 構造物의 設置에 地下排水와의 連關性을 考慮해야하는 理由가 여기에 있는 것이다.

—排水路(管)의 間隔에 따른 經濟性

排水深이 깊어지면 同一한 排水強度를 위한 排水路(管)의 間隔은 넓어지고 排水深이 얕아지면 그 反對로 좁아진다. 따라서 排水深과 排水路間隔의 反比例關係에서 發生하는 地下排水事業費의 經濟性을 充分히 考慮하여 排水深은 決定되어야 한다

—事後 維持 管理

排水深이 깊을때의 各種 排水組織의 設置 또는 維持管理에 따른 經濟性을 끝으로 考慮해야 한다. 즉 排水深이 깊어지면 따라서 開渠排水路 및 主排水路의 깊이가 相對的으로 깊고 넓어지며 排水場의 吸入揚程이 커지고 또한 이들의 維持管理費는 增大한다.

위에 列擧한 諸般事項들을 考慮하면서 本事業의 試驗圃의 排水深은 暫定的으로 平均地表下 1m로 決定하였다. 이 1m라는 暫定 排水深은 앞으로 있을 試驗圃의 各種 調査分析의 結果에 의해 그 適否가 判明될것이다.

나. 排水強度(Drainage intensity)

畓作과 畓裏作의 排水要求量(Drainage Requirement)을 同時에 充足시켜야 하는 畓의 地下排水의 排水強度는 水稻와 麥類 또는 他의 田作物의 水分生理를 複合的으로 滿足시켜야 하는 高度의 技術을 要한다. 그러나 試驗의 單純化를 위하여 우선 麥類에 對한 排水強度에서 出發하여 이基準이 水稻作에 미치는 영향을 調査함으로써 水稻에 對한 排水強度基準을 檢定하도록 計劃 하였다.

畓裏 麥作에 있어서의 水分被害時期는 우리나라의

氣候下에서는 크게 보아 2가지로 볼수있다. 그 하나는 水稻 落水後 麥作을 爲한 整地, 播種時期이며 또 하나는 4—5월의 降雨期이다. 이 兩時期의 被害强度는 地域에 따라 또한 地形에 따라 相異하며 어느 하나가 絶對的이라고 하기는 힘든다.

우리나라의 降雨型이 가을이나 봄이나를 불구하고 集中 現象을 보인다는 點을 감안하여 麥類生育期間의 水分 障害防止를 위하여 暫定基準으로써 試驗圃 排水施設에 適用한 排水强度는 地表의 地下水位를 5日後 地表下50cm로 下降시킬 수있는 不定流狀態(Non steady state condition)의 强度로 하고 이 强度下의 $\frac{h}{q}$를 Glover-Dumm方程式에서 求한후 이를 Hooghoudt의 定流方程式에 代入하여 排水路 間隔을 算出하였다. 이는 Hooghoudt方程式이 計算의 便宜上 Glover-Dumm方程式 보다 有利하기 때문이었다. 不定流方程式에서 排水强度를 計算할때 土壤의 排水可能孔隙量(drainable pore space)은 透水係數를 考慮하여 推定 하였음을 明記하는 바이다.

暫定排水强度의 決定 過程을 方程式을 利用說明하면

排水管의 深度가 地表下 1m일때 地表의 地下水位가 5日後 50cm로 下降할때는

$$\frac{h_t}{h_0}=0.5 \quad t=5 \qquad \text{——(38)}$$

식(37)의 Glover-Dumm equation에 의해

$$\frac{h_t}{h_0}=1.16e^{-\alpha t}$$

여기서 $\frac{1}{\alpha}=j$라고 하면 j=Reservoir coefficient (貯留係數)(days)

$$\frac{h_t}{h_0}=1.16e^{-\frac{t}{j}} \qquad \text{——(39)}$$

식(39)에 (38)을 代入하면

$$\therefore J\fallingdotseq 6(\text{days}) \qquad \text{——(40)}$$

또한 식(34)에 $D=\left(d+\frac{1}{2}h\right)$를 代入하면

$$L^2=\frac{j\pi^2\left(d+\frac{1}{2}h\right)}{\mu}=\frac{8Kh(d+h)}{q} \qquad \text{——(41)}$$

한편 Hooghoudt의 定流方程式(10)에서

$R=q, K_1=K_2$이면

$$S^2=\frac{8Kh(d+h)}{q} \qquad \text{——(42)}$$

식(41)과 (42)을 結合하면

$$\frac{j\pi^2K\left(\alpha+\frac{1}{2}h\right)}{\mu}=\frac{8Kh(d+h)}{q} \qquad \text{——(48)}$$

d에 比하여 h는 극히 작으므로

$d+\frac{1}{2}h=d+h$라고 하면

$$\therefore \frac{h}{q}=\frac{\pi^2 j}{8\mu} \qquad \text{——(44)}$$

여기서 $j=6$, μ를 6%로 가정하면

$\frac{h}{q}=123.245\fallingdotseq 120$ 이 되며 μ를3%로 가정하면

$\frac{h}{q}\fallingdotseq 240$ 이 된다.

식(44)에 의하면 $\frac{h}{q}$는 排水可能孔隙量(μ)가 얼마인가에 따라 달라지며 μ는 現場 排水試驗이나 管井試驗에 의하지 않고는 正確을 期하기 어려우나 透水係數(K)로 부터 推定하는 便法이 있다. 透數係數로 부터 排水可能孔隙量을 推定하는 便法은 $\sqrt{K}\times 100=\mu(\%)$의 方法이나 이것은 어디까지나 正確性이 결여된 便法임을 밝혀둔다.

$\frac{h}{q}=120$ 및 240인 경우 h의 q의 관계는 다음 表2와 같다.

表 2. 一定排水强度下의 地下水位와 排水量

h(m)	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7
$\left(\frac{q}{h}=120\right)$ q(m/day)	0.0025	0.0033	0.0042	0.005	0.0058
$\left(\frac{q}{hq}=240\right)$ q(m/day)	0.0013	0.0017	0.0021	0.0025	0.0029

따라서 不定流條件의 暫定設計 排水强度인 5日 동안 地表에서 50cm까지 下降하는 强度는 定流條件下에서는 排水可能孔隙量을 6%라고 한다면 地下水位를 地表下 70cm로 하는 경우 2.5mm/day의 排水量, 60cm인 경우 3.3mm/day, 40cm인 경우 5mm/day의 排水量과 同一한 强度가 되는것이다.

이와 같이하여 本 事業의 試驗圃의 暫定排水强度는 晉城地區는 $\frac{q}{h}=120$ 즉 定流條件에서 地下水位가 地表下 0.4m(h=0.6m)의 平衡狀態를 維持하는 경우 排水量(q)을 5mm/day로 定하였으며 扶餘, 玉亭地區는 $\frac{q}{h}=240$ 즉 定流條件下 h=0.6m q=2.5mm/day의 基準을 暫定的으로 設定하였다.

(다음호에 계속)