

汎用化 논의 暗渠排水組織 설계技法

Design Technique of Pipe Drainage System for the Multi-purpose Paddy Fields

金 善 柱* 呂 運 植** 金 澄 中***
Kim, Sun-joon Yo, Woon-shik Kim, Hyung-joong

Abstract

Recently an introduction of pipe drainage systems has been employed. Especially the necessity of pipe drainage systems has been widely recognized at farms in the suburban districts, however, undertaking itself cannot overcome an experimental stage. Therefore, studies on the selection of project areas and operation systems should be executed together with the technical establishment.

The facing problems on the planning and designing of pipe drainage systems are determining the spacing of main pipe drainage system, combination design of the main and auxiliary drainage pipe, and structure of the trench.

This study investigated an optimum design technique of the pipe drainage systems for the multi-purpose paddy fields.

I. 서 론

농지가 좁고 食糧自給率도 낮은 우리나라에서는 농지를 다목적으로 이용하는 것이 중요한 과제이며, 이것이 가능한 농지로 조성, 정비하는 것이 무엇보다도 긴급하다. 최근의 산업화와 도시화에 따른 농업노동력의 감소와 농산물의 수입개방에 따르는 농업여건의 시대적 변화에 대처하기 위하여 지

역별 특성에 맞는 계획적인 농지이용과 이에 따른 새로운 農地整備를 위한 방향설정이 요구되고 있다.

農耕地의 利用率은 1965년에는 157%에서, 1970년 151%, 1985년 120%, 1993년 111%로 28년간에 걸쳐서 계속 감소되는 추세로서 오는 2001년에는 98.6%로 감소될 전망이다.

또한 전체양곡의 자급도는 1991년에 37.6% 정

* 건국대학교 농과대학
** 농어촌진흥공사 농어촌연구원
*** 건국대학교 대학원

키워드 : 경지의 범용화, 암거배수, 본암거, 보조암거, 보정계수, 계획암거배수량, 소수제

도로서 주곡(100%)을 제외한 다른 곡류의 자급도는 겨우 10%수준이며 특히 밀, 콩, 옥수수등은 전적으로 외국으로부터의 수입에 의존하고 있다.

따라서 특히 자급율이 낮은 밭작물의 生産增大 요구로 농지의 造成 및 整備에 의한 농지확장 뿐만 아니라 농지의 이용율증대를 위한 경지의 汎用化 필요성이 강조되고 있으며 農政上으로도 畜利用의 再編成事業을 큰과제로 삼아 추진되어야 할 것이다.

畚의 汎用化는 동일답 포장에서 수도작과 田作을 교대로 재배할 수 있도록 농지기반을 정비하는 것이며, 식량자급력의 향상과 토지자원의 고도이용, 지력향상 등을 지향하는 것으로서 土地基盤整備事業과 같다고 볼 수 있다. 경지범용화의 선결과제는 圃場排水이며 포장배수는 지표수를 최대한 지표배제하고, 잔류된 과잉수를 暗渠에 의해서 배제하는 것이 기본이다. 그 이유는 경지정리후의 추가투자로서 암거시공비가 많이 소요될 뿐만 아니라 우리나라의 답에서는 計劃排水時間內에 배제가능한 排水量(計劃暗渠排水量)에 대하여 流入量(例:降雨流入量)이 상회하는 경우가 생기기 때문이다.

우리나라 답의 특성은 대부분이 점질토양이며, 년중 과습상태하에 있다.

또한 토층은 상대적으로 투수성이 높은 얇은 作土層과 透水性이 낮은 경반 및 경운되지 못한 심토층으로 이루어져 있다.

荻野¹⁰등은 답의 토층을 작토층과 경반이하의 심토층으로 구분하여 작토층은 경운이나 토층표면의 건조등으로 공극 또는 균열이 발생하며 토양수는 가장 저항이 적은 토양공극이나 균열을 따라서 횡방향으로 이동한다고 가정하였다.

따라서 이 경우에 작토층의 흐름은 자유표면을 가진 흐름의 抵抗法則에 따르되 운동전체는 Darcy的으로 보아도 좋을 것이나, Darcy법칙의 투수계수 취급에 문제가 있게 된다. 즉 Darcy법칙에 의하여 추정된 투수계수가 현장투수계수보다 크게 나타난다.

따라서 암거배수조직을 설계하는데 있어서는 실측된 투수계수로부터 암거배수에 실질적으로 기여할 수 있는 토층전체의 투수계수를 추정하는 일이

필요하며 암거배수에 기여하는 것은 作土層이라고 볼 수 있다.

암거간격의 계산식은 오래전부터 Dupuit - Forchimer법칙에 의한 Rothe의 평행류이론이 있고, Hooghoudt와 Colding, Kirkham등의 연구에 의한 이론공식이 설계에 적용되고 있다. 그러나 토양의 투수계수가 10^{-5}cm/sec 이하로 작고, 일계확배수량을 20~30mm로 하여 앞서의 이론식을 적용하면 암거의 간격은 수cm에서 수십cm 정도로 계산되어 암거의 설계가 불가능하게 된다.

그러므로 투수계수가 10^{-3}cm/sec 정도의 砂質土인 경우에 대한 이론적 근거는 제시되어있으나, 10^{-5}cm/sec 정도의 難透水性土壤에 대해서는 경험을 바탕으로 하여 암거배수조직의 간격을 결정하고 있다.

본 연구는 농어촌진흥공사 농어촌연구원과 건국대학교 농업자원개발연구소가 1991년부터 1993년까지 3개년간 암거배수 시험포장을 설치·운영하면서 농경지이용률 제고를 위한 설계기법을 공동으로 조사·연구한 내용중 계획기술에 중점을 두어 암거배수조직의 본암거간격 결정, 본암거와 보조암거의 조합설계, 암거구의 설계방법등을 구명하여 경지의 범용화를 위한 암거배수설계기법을 제시하였다.

II. 재료 및 방법

1. 試驗圃場의 選定

논의 범용화를 목적으로 한 암거배수시험은 京畿道 廣州郡 廣州邑에 소재한 廣州農地改良組合에서 시행하였다. 시험이 시행된 地區는 평탄지로서 1979-1980년도에 경지정리가 완료되었으며 畚面과 배수지거의 표고차가 100cm 정도로서 지표배수는 별로 문제가 되지 않으나, 포장배수가 지표 停滯水나 표층의 극히 낮은 층에 滯水되는 過剩水分을 배제하는 것이기 때문에 이 지구는 범용화의 측면에서 보면 적어도 畚面과 排水路 底面과의 차가 150cm정도 되도록 整備水準을 높여야 하는 지구이다.

2. 暗渠의 試驗埋設

암거의 매설은 作土層(透水層)의 두께 H와 現

場透水係數 K_s 를 측정한 후, 이로부터 試驗埋設할 暗渠間隔 S' 를 결정하여 실시한다.

作土層의 두께 H 와 透水係數 K_s 는 기본조사단계에서 조사하며, 암거의 간격 S' 는 다음 식에 의하여 구한다.

$$S' = 2H \sqrt{\frac{\alpha \cdot K_s}{D}} \dots\dots\dots(1)$$

(Table. 1) Spacing of the main sub-surface drainage pipe (Block 30m×100m)

S' (m)	Spacing of drainage pipe (m)	Number of drainage pipe in a block
<7.0	6.0	5
7.0~9.0	7.5	4
9.0~13.0	10.0	3
13.0~23.0	15.0	2
>23.0	30.0	1

作土層의 두께 H 는 시험포장내에 1~2개소를 선정하여 50×50×50cm정도의 크기로 土層斷面調査用 구멍을 파고 作土層, 耕盤, 深土層의 깊이를 계측한다. 또한 現場透水係數 K_s 는 Auger Hole法에 의하여 內徑 10cm, 깊이 70~100cm의 지하수위 관측우물을 파고 답면에 지하수위계측의 기준점을 정하여 기준점에서 수면까지의 고저차를 계측하여 구한다.

여기서 S' 를 m單位로 나타내면

D : 計劃暗渠排水量(mm/d)

K : 作土層의 透水係數(cm/sec) (= $\alpha \cdot K_s$)

H : 作土層의 두께(cm) 18.6: 單位換算係數

$$S' = 18.6H \sqrt{\frac{K}{D}} \dots\dots\dots(2)$$

式中 D' : 計劃暗渠排水量의 基準值 (Table 2)

α : 現場透水係數의 補正係數 (Table 3)

(Table. 2) Spacing value of daily sub-surface drainage amount(D')

Classification	D' (mm/d)
Paddy field	30
Upland	60

(Table. 3) The outline value of modified coefficient (α)

K_s (cm/s)	α
10^{-3}	10- 50
10^{-4}	50- 100
10^{-5}	100- 500
10^{-6}	500- 1000

암거는 일정한 간격으로 포장 장변방향에 평행하게 매설해야하므로 (1)식에 의해서 구한 S' 의 값을 가지고 동일한 간격으로 매설할 수 있는 간격으로 Table 1로부터 수정한다.

3. 暗渠排水試驗

가. 포장의 초기상태(滿水非湛水條件의 설정)

암거배수시험은 담수상태의 답(水稻栽培)의 경우는 落水口를 열어 담수를 지표배수한 뒤에 水閘을 개방하여 다음에서 설명하는 방법에 의하여 암거의 경시변화를 측정한다.

발상태에 있는 轉換田의 경우는 보통 수압이 개방되어 있으므로 우선 수압을 막고 작토층이 거의 만수상태(만수비담수상태)에 달할 때까지 급수하여 물과 토양이 융합될 때까지 수시간 방치한 뒤 수압을 개방하여 다음 방법에 의해 암거배수량의 經時變化를 측정한다.

암거배수량의 경시변화(암거배수량-시간곡선)로부터 암거배수량 q_0 를 구해야 하므로 암거배수량 q_0 를 확실하게 취할 수 있도록 포장전체가 담수상태(포장을 내다보아 포장의 7~8할 이상이 水沒된 상태)에서부터 배수를 개시하여 암거배수량을 측정한다.

나. 暗渠排水量의 測定方法

암거배수량의 측정은 암거배수구(보통 ϕ 65mm~100mm)에서의 유속(소형Propeller식

유속계)과 수심을 측정하여 流速과 流積으로부터 유량을 구하는 간단한 방법이 있다. 이때 동시에 용기에 일정시간 채수하여 양수하고 유량을 측정한다. 유량이 적어져서 수심이 감소되어 유속에 의한 측정이 불가능하게된 때에는 채수에 의한 방법으로 한다.

채수를 위한 용기는 미리 눈금을 붙여놓은 50, 20, 10, 2, 1liter 정도의 용기(Poly bucket등)를 여러개 준비한다. 측정을 위한 시간간격은 암거배수의 遞減特性을 把握할 수 있도록 測定開始時間부터 1시간까지는 5~10분 간격으로 하고 그 뒤는 30분~1시간 간격으로 한다. 특성이 파악되었다고 판단된 시점에서 측정을 종결한다. 대개 15~20시간 정도 측정이 된다.

다. 暗渠排水量-時間曲線의 作成

측정된 암거배수의 경시변화는 반대수방안지의 횡축에 보통눈금으로 시간(h), 종축에 대수눈금으로 암거배수량(포장면적으로 나누어서 mm/h로 표시)을 plot해서 실측암거배수량-시간곡선을 작성한다. 이 실측시간곡선으로부터 다음에서 설명하는 암거배수량(q_0)과 계획암거배수량(D)를 구하여 암거간격(S)을 결정한다.

4. 暗渠間隔의 決定

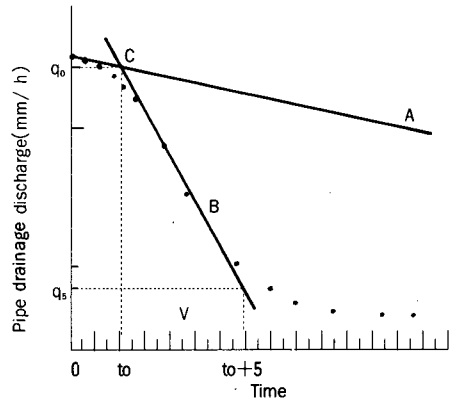
가. 암거배수량 q_0 와 계획암거배수량D의 결정

실측시간곡선은 Fig. 1에서 보는바와 같이 배수개시로부터 한참동안 상위부에凸한 곡선을 그리면서 완만하게 減水하고 그후에는 큰 減水率로 직선적으로 減水하여 다시 그후에는 감수율을 변화시키면서 하위부에 曲線을 나타낸다(즉, 逆 S모양의 曲線을 나타낸다). 이 시간곡선에서 암거배수량 q_0 를 다음 순서에 의하여 구한다.

- 1) 배수개시시($t=0$)의 암거배수량에 접하는 접선 A를 긋는다.
- 2) 상위부의凸한 부분을 통과한 직후의 기울기가 가장 급한 접선 B를 긋는다(감수율이 가장 큰 직선부분).
- 3) 접선 A와 B와의 교점C를 구하여 점C의 종축의 값을 암거배수량 q_0 , 횡축의 값을 시간 t_0 로 하여 q_0 와 t_0 를 구한다.

4) 위의 순서 2)에서 그은 접선을 다시 아래까지 연장해서 t_0 에서 5시간후의 암거배수량(q_5 라 함)을 취하여 q_5/q_0 의 값을 구한다.

5) <Table. 4>의 종의 q_5/q_0 와 횡의 q_0 의 교점이 계획암거배수량D의 값이다.



(Fig. 1) Determination of sub-surface drainage discharge(q_0)

나. 暗渠間隔의 決定

위의 순서에 의해서 구한 암거배수량 q_0 와 계획 암거배수량D를 채용하여 계획암거간격S를 다음식으로 결정한다.

$$S = S' \sqrt{\frac{q_0}{D}} \dots\dots\dots (3)$$

식중 S' (m)는 시험적으로 매설한 암거간격이다. 이때 계획암거간격S를 써서 다음 설계단계로 진행한다.

다. 組合暗渠의 設計

조합암거의 조직은 (Fig. 2)에서 보는 바와 같이 장변방향에 매설되는 본암거와 이와 직교해서 단변방향에 시공하는 보조암거로 구성된다.

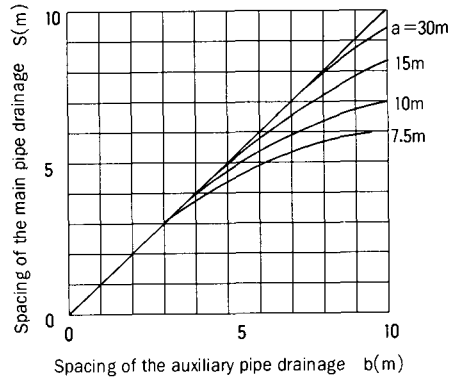
(Fig. 3)은 본암거의 간격 a와 보조암거의 간격 b의 관계식(4)에서 본암거간격 a를 기준으로 b와 S와의 관계를 나타낸 것이다.

$$\frac{1}{S^2} = \frac{1}{a^2} + \frac{1}{b^2} \dots\dots\dots(4)$$

<Table. 4> Daily discharge of sub-surface drainage system : D (mm/ d)

q _s /q ₀	q ₀ (mm/ h)													
	12	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0.8	0.6	
0.005	74	62	56	50	43	37	31	25	19	12	6	5	4	
0.01	84	70	63	56	49	42	35	28	21	14	7	6	4	
0.015	90	75	67	60	53	45	38	30	23	15	8	6	5	
0.02	96	80	72	64	56	48	40	32	24	16	8	6	5	
0.025	100	84	75	67	59	50	42	33	25	17	8	7	5	
0.03	105	87	78	70	61	52	44	35	26	17	9	7	5	
0.035	109	91	81	72	63	54	45	36	27	18	9	7	5	
0.04	112	93	82	75	65	56	47	37	28	19	9	7	6	
0.05	119	99	89	79	69	59	50	40	30	20	10	8	6	
0.06	125	104	94	83	73	63	52	42	31	21	10	8	6	
0.07	131	109	98	87	76	66	55	44	33	22	11	8	7	
0.08	137	114	103	91	80	68	57	46	34	23	11	9	7	
0.1	147	123	110	98	86	74	61	49	37	25	12	10	7	
0.15	172	143	129	115	100	86	72	57	43	29	14	11	9	
0.2	196	163	147	131	114	98	82	65	49	33	16	13	10	
0.25	220	184	165	147	129	110	92	73	55	37	18	15	11	
0.3	246	205	184	164	143	123	102	82	61	41	20	16	12	
0.35	273	228	205	182	159	137	114	91	68	46	23	18	14	
0.4	304	253	228	202	177	152	127	101	76	51	25	20	15	
0.5	373	311	280	249	218	187	156	125	93	62	31	25	19	
0.6	469	391	352	313	274	235	195	156	117	78	39	31	23	
0.7	605	504	453	403	353	302	252	202	151	101	50	40	30	
0.8	827	689	620	551	483	413	344	276	207	138	69	55	41	

Fig. 3에서 본암거간격 a를 부여하면 (3)식의 계산에서 구한 S로 부터 보조암거 간격 b가 정해지며 조합 a, b가 결정된다. a는 통상 10m (단면 30m 경우)또는 15m (2열)로 하는 경우가 많다. S가 5m 이하로 적게되면 b=S로 해도 좋다.



<Fig. 3> Determination of the spacing of auxiliary pipe drain

III. 결과 및 고찰

1. 暗渠의 試驗埋設

본암거의 간격을 결정하는 암거공식과 그 諸要素 결정결과는 토양단면조사결과

작토층의 두께 : H=20cm

현장투수시험치 : K_s=1.2×10⁻⁵ cm/sec

현장투수계수의 보정치 : α=500 (Table3. 참조)

K=500×(1.2×10⁻⁵)=0.006cm/sec

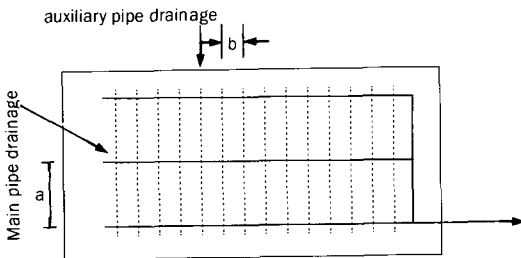
암거시험매설은 (2)식에 의하여 S'=18.6×20×√(0.006/60)=3.72≐4m

여기서 암거간격이 좁으면 암거의 烈數가 增加되어 過剩投資가 되므로 본 시험포장의 본암거간격을 S=7m로 결정하고 보조암거의 간격은 5m로 하였다.

2. 暗渠排水 豫備試驗結果

가. 試驗埋設暗渠間隔 S'

조합암거에 의한 예비시험결과에 실용적 간격결



<Fig. 2> Arrangement of combined pipe drainage system

정의 간편법을 적용하여 암거간격은 (4)식을 이용하여 본암거간격(a=7m), 보조암거간격(b=5m)로 시공하였으며, S'=4.1m이 본 시험포장에 매설된 본암거 단독의 경우 암거 간격이다.

나. 만수비담수상태의 암거배수량 q₀와 계획암거배수량 D

1992년 7월 암거배수량을 시험한 결과는 Table5(a)와 같으며 여기서 만수비담수상태의 암

거배수량 q₀는 Fig.4(a)에서 접선A와 접선B의 교점C에서 구하면 q₀=3.5mm/h, q_s=0.05mm/h, q_s/q₀=0.0143 이다. 따라서 이를 Table 4에서 구하면 D=30mm/d가 된다.

1993년 9월 암거배수량을 시험한 결과는 Table 5(b)와 같으며 여기서 만수비담수상태의 암거배수량 q₀는 Fig 4(b)에서 접선A와 접선B의 교점C에서 구하면 q₀=4.4mm/h, q_s=0.06mm/h, q_s/q₀=

<Table. 5> (a) Pipe drainage discharge

(1992, 7) Area : 2,700m²

Time lapse	Time	Pipe drainage discharge	
		Liter/ hour	mm/ h
0	9 : 30	10,935	4.05
	35	10,422	3.86
	40	10,395	3.85
	45	10,368	3.84
	50	10,314	3.82
10 : 00	10,260	3.80	
	10	10,260	3.80
	20	10,206	3.78
	30	10,125	3.75
1	40	9,774	3.62
	50	9,720	3.60
	11 : 00	9,450	3.50
	10	9,180	3.40
2	20	9,045	3.35
	30	8,370	3.10
	40	8,316	3.08
	50	7,290	2.70
12 : 00	7,020	2.60	
	10	5,400	2.00
	20	4,995	1.85
	30	4,185	1.55
3	40	3,510	1.30
	50	2,889	1.07
	13 : 00	2,565	0.95
	10	1,512	0.56
20	1,350	0.50	
	30	1,242	0.46
	40	1,188	0.44
	50	1,134	0.42
14 : 00	1,107	0.41	
	30	1,053	0.39
15 : 00	999	0.37	
	30	972	0.36
16 : 00	918	0.34	
	30	837	0.31
17 : 00	783	0.29	
	30	729	0.27
18 : 00	702	0.26	
	30	675	0.25
19 : 00	648	0.24	
	30	621	0.23
20 : 00	567	0.21	
	30	513	0.19
21 : 00	513	0.19	
	30	486	0.18

<Table. 5> (b) Pipe drainage discharge

(1993. 9) Area : 2,700m²

Time lapse	Time	Pipe drainage discharge		
		Liter/ hour	mm/ h	
0	11 : 00	16,569	6.13	
	15	14,842	5.49	
	20	14,389	5.32	
	25	14,062	5.20	
	30	14,316	5.30	
	35	13,884	5.14	
	40	11,798	4.74	
	45	12,199	4.51	
	50	11,952	4.29	
	55	10,963	4.06	
1	12 : 00	10,200	3.77	
	10	9,782	3.62	
	20	9,451	3.50	
	30	9,179	3.39	
40	8,707	3.22		
	50	7,850	2.90	
	2	13 : 00	7,680	2.84
	20	6,944	2.57	
40	6,291	2.33		
	3	14 : 00	5,438	2.01
20	3,993	1.47		
	40	3,313	1.22	
4	15 : 00	2,188	0.81	
	30	1,763	0.65	
5	16 : 00	1,477	0.54	
	30	1,310	0.48	
6	17 : 00	1,194	0.44	
	30	1,098	0.40	
7	18 : 00	1,001	0.37	
	30	919	0.34	
8	19 : 00	837	0.31	
	30	775	0.28	
9	20 : 00	732	0.27	
	30	678	0.25	
10	21 : 00	637	0.24	

0.0136이다. 따라서 이를 Table 4에서 구하면 $D=30\text{mm}/d$ 가 된다.

3. 暗渠間隔(S)

1) 1992년 7월 : 시험매설암거간격 $S'=4.1\text{m}$, $q_0=3.5\text{mm}/\text{h}$, $D=30\text{mm}/d$ 로부터 실용적 간편법에 의해서 暗渠間隔S를 구하면

$$S=S' \sqrt{\frac{q^0 \times 24}{D}} \approx 7\text{m가 된다.}$$

여기서 24는 단위를 mm/h 에서 mm/d 로 전환하기 위한 상수이다.

2) 1993년 9월 : 시험매설암거간격 $S'=4.1\text{m}$, $q_0=4.4\text{mm}/\text{h}$, $D=30\text{mm}/d$ 로 부터 실용적 간편법에 의해서 암거간격S를 구하면

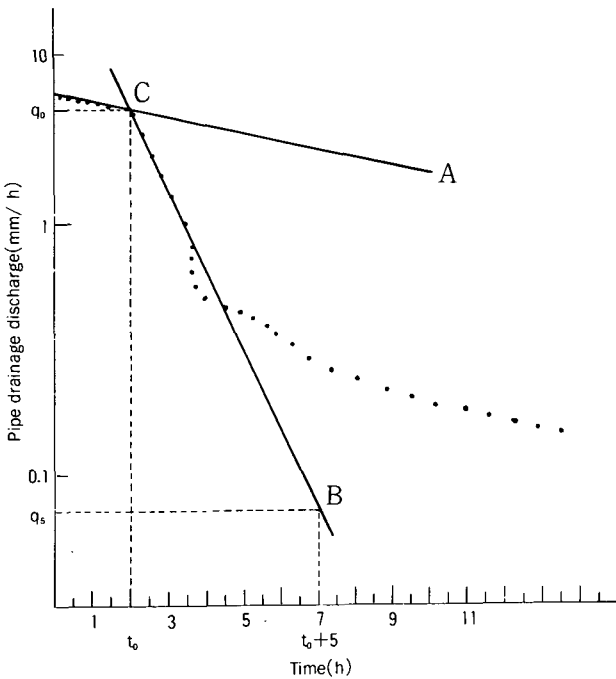
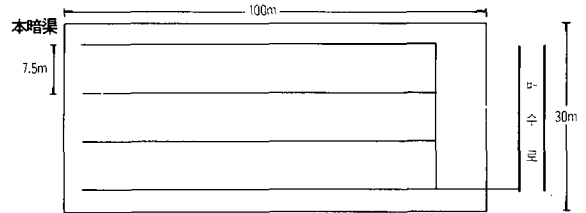
$$S=S' \sqrt{\frac{q^0 \times 24}{D}} \approx 7.6\text{m이다.}$$

4. 暗渠의 設計技法

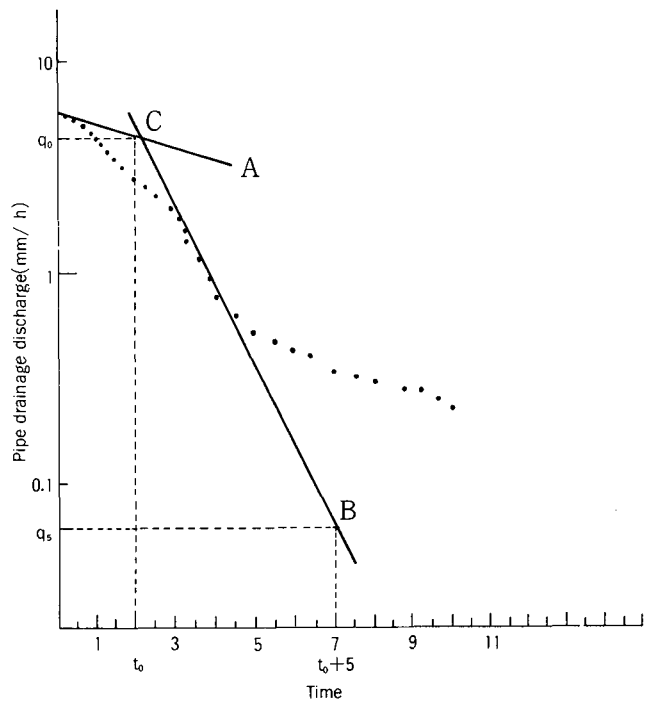
(1) 暗渠의 配置

이상과 같은 結果로부터 $100\text{m} \times 30\text{m}$ 區劃에 있어서의 暗渠配置는 다음과 같은 세가지 경우를 생각해 볼 수 있다.

가. 본암거 단독의 경우 : 본암거 7.5m간격(4열)

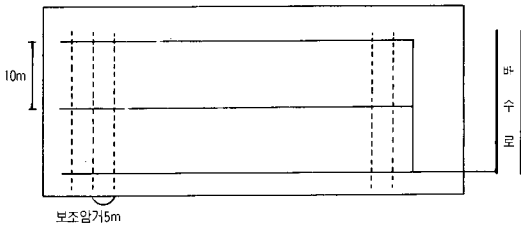


<Fig.4(a)> Determination of the pipe drainage discharge (q_0 : 1992. 7)

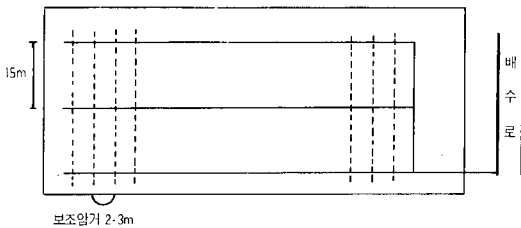


<Fig.4(b)> Determination of the pipe drainage discharge (q_0 : 1993. 9)

나. 보조암거의 경우 : 본암거 10m간격 (3열),
보조암거 5m 경우



다. 보조암거의 경우 : 본암거 15m간격 (2열),
보조암거 2~3m 경우



이중 가. 항의 본암거 단독시공(7.5m 간격, 4열)은 파잉투자라 생각되고 나. 항의 조합암거 채용이 타당하다고 생각된다.

조합암거의 경우 본암거가 적은 다. 항 경우의 방법이 물론 경제적이나 암거기능을 확실하게 발휘하기 위해서는 나. 항의 본암거 3열(10m간격)과 보조암거(5m간격)의 조합암거가 타당하다고 생각할 수 있다.

더구나, 조합암거에 있어서 계획암거배수량(D=30mm/d)을 만족하는 보조암거간격 b는 식(4)를 이용해 계산하면 S=7m일때 a=10m의 경우는 b=9.8m이며, a=15m의 경우는 b=7.9m가 된다. 이들 값에 비하여 가. 항과 나. 항의 보조암거간격은 각각 5m, 2~3m로 계산치보다 조밀하게 한다. 보조암거의 배수기능을 충분히 발휘시키기 위해서는 이 정도의 간격은 필요하다고 생각된다.

실제로 보조암거를 시공함에 있어 2~3m를 표준간격으로 하는 것이 바람직하다. 현재의 기계를 가지고 한다면 2~3m간격의 시공은 단시간(10a당 30분 정도)에 가능하다.

(2) 暗渠溝 (Trench) 의 設計 및 施工

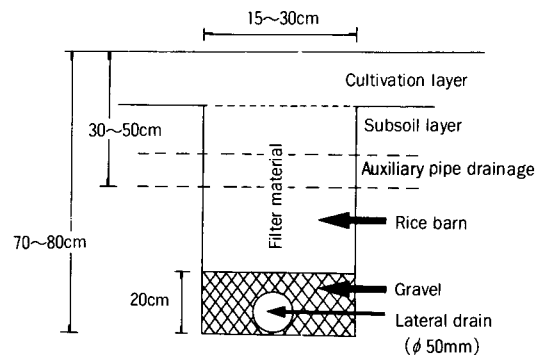
암거구의 폭은 일반적으로 트렌처 (trencher) 굴삭의 경우는 20cm, 백호우 (back-hoe) 굴삭의 경우는 30cm로 설계하고 있다.

[암거구의 폭 > 계획암거배수량×암거간의 간격÷소수재의 투수계수]의 조건으로 계산하면 어느 경우에도 왕겨, 자갈로 채우는 경우 통수단면은 충분하다.

암거파이프를 매설하는 경우는 疎水材部를 아무리 넓게해도 흡수관 능력이상을 배수할 수 없고, 필요이상 넓게하면 영농기계의 작업상 장애를 가져오고 누수의 원인이 되기도 한다. 따라서 소수재의 단면을 넓히는 것 보다는 소수재를 지표부분까지 채워서 소수재 단면을 토층진체에 접촉시켜 지하수를 확실히 끌어들이고 보조암거등과의 접속이 가능하게 하는 것이 바람직하다.

본 시험포장에서는 백호우로서 폭30cm, 깊이는 상류부 50cm, 하류부는 70cm로 굴삭하고, Fig. 5에서 보는바와 같이 소수재로서 왕겨, 자갈로서 되메웠다.

그리하여 되메움재료가 표층에서 암거파이프까지 사이의 통수능력의 기능과 토립자의 하부로의 이동을 저지하는 필터기능을 충분히 발휘하도록 설계·시공하였다.



<Fig. 5> Design of main pipe drainage ditch

(3) 현장투수계수와 보정계수 α 의 추정

본 시험포장의 만수비담수시의 암거배수량이 3.5mm/h였으므로 이 값을 설계시의 배수량으로 간주하여 투수계수K와 보정계수 α 를 구한다.

$$K = \frac{S^2}{4H^2} D_d = 3.6 \times 10^{-3} \text{ 이므로}$$

$$K = \alpha K_s \text{에서 } 3.6 \times 10^{-3} = \alpha \times (1.2 \times 10^{-5})$$

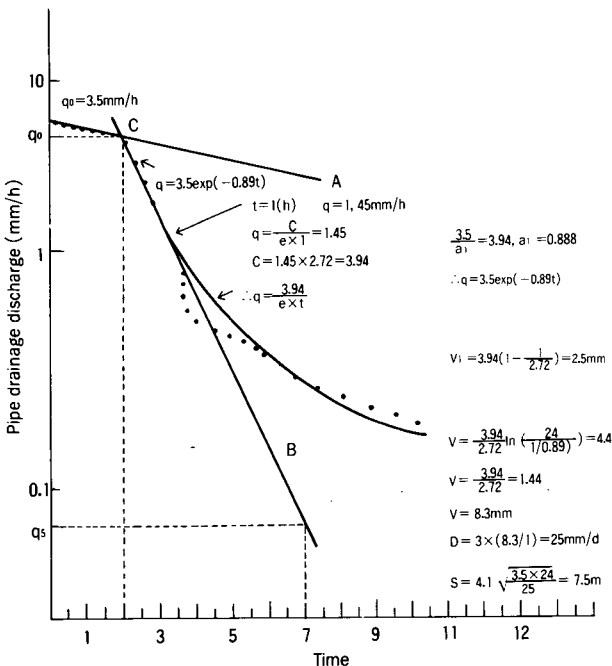
$$\therefore \alpha \approx 300 \text{ 이다.}$$

<Table. 6> Estimation of the modified coefficient(α)

Region name	Hydraulic conductivity K_s (cm/s)	Hydraulic conductivity by formula K (cm/s)	Modified coefficient(α)
Nomura (Japan)	5×10^{-5}	1.5×10^{-1}	3,000
Huguda (Japan)	2×10^{-3}	1.9×10^{-2}	10
Gwangju (Korea)	1.2×10^{-6}	3.6×10^{-3}	300

(4) 계획암거배수량 D를 原式으로부터 직접계산하는 방법

가. 이론곡선식에 의한 실측 Hydrograp의 近似 실측 Hydrograph에 이론곡선식을 적용시키면 Fig. 6과 같다.



<Fig. 6> Pipe drainage discharge vs time curve

직선부분 : $q = 3.5 \exp(-0.89t)$
 $(= q_0 \exp(-a_1 t))$

곡선부분 : $q = \frac{3.94}{2.72t}$ ($q = \frac{C}{et}$) 에 의해
 잘 근사해진다.

이것에서 계획암거배수량 $D = 30\text{mm/d}$ 가 타당한 수치인 것을 알 수 있다.

나. 計劃 暗渠 排水量 D

D값을 다음의 계획암거배수량 결정식

$$D = 3 \frac{V}{T} \dots\dots\dots(5)$$

에서 직접적으로 구하면 다음처럼 된다. V는 암거 총배수량 (mm/d)으로

$$V = V_1 + V_2 + V_3 = C + \frac{C}{e} \ln(T/t_1) \dots\dots\dots(6)$$

$$V_1 = C(1 - 1/e) \dots\dots\dots(7)$$

$$V_2 = \frac{C}{e} \ln(T/t_1) \dots\dots\dots(8)$$

$$V_3 = \frac{C}{e} \dots\dots\dots(9)$$

여기서,
 $e = 2.72$ (정수), $T = 24\text{h}$ (計劃排水時間), $t_1 = 1/a_1$ (h), $C = q_0/a_1$ (mm)이다.

a_1 은 점선B의 기울기로 q_0 와 q_5 의 값으로부터 다음식으로 구한다.

$$a_1 = \frac{1}{S} \ln(q_0/q_5) \dots\dots\dots(10)$$

실제로 수치를 대입해 구하면 $q_0 = 3.5\text{mm/h}$, $q_5 = 0.05\text{mm/h}$ 에서 $a_1 = 0.85$ (1/h), $t_1 = 1.2$ (h), $C = 4.1$ (mm), (5)식에서 $V = 8.3\text{mm}$ (6)식에서 $T = 1$ 일로 하면 $D = 25\text{mm/d}$ 이다.

따라서 먼저구한 $D = 30\text{mm/d}$ 와 차이가 있으나 암거간격(7.5m)의 차는 거의 없다.

IV. 결 론

범용화 논의 암거배수계획과 설계를 중심으로 하여 연구된 결과를 요약하면 다음과 같다.

1) 본암거 간격의 결정에서 가장 중요한 투수계수는 배수량으로부터 추정된 값이 Auger-hole법으로 측정된 값에 비하여 매우 크게 나타난다. 그러므로 암거배수량으로부터 추정되는 값을 채용하면 보다 현실적인 설계가 가능함을 알 수 있었다.

2) 計劃日暗渠排水量은 논에 물을 대주고 지표배수를 실시한 후(滿水非湛水狀態) 암거배수를 실시하여 시간의 경과에 따른 암거배수량의 저하곡선을 구하고 그 배수총량을 계획배수시간내에 배수가능한 초기배수시간강도로 나타내서 구하였다.

3) 본암거의 간격이 수m 이하로 계산된 경우에는 암거간격이 조밀하여 비경제적이므로 두더지암

거, 심토파쇄 등의 보조암거와 조합하여 설계하는 것이 바람직하다.

4) 암거파이프를 매설하는 경우는 소수재부를 아무리 넓게해도 흡수관 능력이상을 배수할 수 없으며, 필요이상 넓게하면 영농기계의 작업상 장애를 가져오고 누수의 원인이 되기도 한다. 따라서 소수재의 단면을 넓히는 것 보다는 소수재를 지표부분까지 채워서 소수재 단면을 토층전체에 접촉시켜 지하수를 확실히 끌어들이도록 해야 하며, 조합암거설계시 보조암거가 본암거의 소수재부와 연결되도록 설계해야 한다.

참고문헌

1. 全國土地改良綜合整備事業制度研究會, 1988. 暗渠排水 Q & A 施工事例.
2. 金始源, 金善柱, 金滄中, 1991. 畚의 汎用化를 위한 排水處理가 大豆의 生育 및 水量에 미치는 影響, 農工學會誌, 33(1), pp 37-44.
3. 金善柱, 金始源, 呂運植, 金滄中, 1993. 우리나라의 경지범용화 사업 동향과 그 문제점의 해결방안 모색, 농자원개발논집, 건국대학교
4. 金善柱, 都德鉉, 呂運植, 1993. 범용화 논의의 암거배수조직 설계 및 유지관리, 관개배수 시스템에 관한 한일심포지엄 발표집, 건국대학교
5. Lambert K.Smedema, David W.Rycroft, 1983. Land Drainage, Batsford Academic.
6. 農漁村振興公社 農漁村研究院, 1992, 1993. 農耕地利用率 提高를 위한 最適設計技法研究.
7. 農業土木學會, 1989. 汎用耕地化のための技術指針.
8. 農水産部, 農業振興公社, 1983. 農地改良事業計劃設計基準(排水編)
9. 農村振興廳, 1988. 農地利用度 向上을 위한 技術開發, pp 107.
10. 荻野芳彦, 村島和男, 1985. 暗渠排水計劃의理論的檢討-汎用化耕地のための暗渠排水設計(I)-, 農土論集, 119, pp 1-6.
11. Rag. J. Winger, 1971. Gravel Envelopes for Pipe Drains Design Tra. of ASAE vol. 14, No. 3, pp 471-479.
12. 呂運植, 1993. 범용화 경지를 위한 암거배수 설계기법에 관한 연구, 대학원 학술논문집, 건국대학교.

김선주



여운식



김형중



약 력

1980. 건국대학교 농과대학 농공학과 졸업
 1982. 건국대학교 대학원 농학석사
 1982. 이스라엘 Volcani Institute 연구원
 1988. 건국대학교 대학원 농학박사
 1989. 일본 농업공학연구소 Post Doc.
 현재 건국대학교 농과대학 농공학과 조교수
 KCID 기계화관개분과위원장
 ICID 기계화관개분과위원

1987. 건국대학교 농과대학 농공학과 졸업
 1989. 건국대학교 대학원 농학석사
 1990. (재)한국농지개발연구소 연구원
 1994. 건국대학교 대학원 박사과정수료
 현재 농이촌진흥공사 농이촌연구원

1990. 건국대학교 농과대학 농공학과 졸업
 1992. 건국대학교 대학원 농학석사
 현재 건국대학교 대학원 박사과정