

# 世界各國의 用水路 設計例 (Ⅲ)

## Design Practices of Irrigation Canal in the World (Ⅲ)

金 周 昶\*  
Ju Chang Kim

“이 원고는 International Commission of Irrigation & Drainage (I. C. I. D) 發行 “Design Practices of Irrigation Canal in the World”에서 抄譯한 것이며 各種 記號는 I. C. I. D.의 標準 技術記號를 使用한 것임.”

### 14. 로디지아(Rhodesia)

삼투손실을 방지하기 위해 모든 水路는 라이닝되어 있고 Manning式으로 계산한다.

(1) 粗度係數,  $N$

이기등의 發生을 고려하여 콘크리트 水路에서는 0.016을 사용한다.

(2) 열비탈, ( $ss$ )

보통 1 : 1.25 이고 큰水路는 사다리꼴이며 작은水路는 포물선形으로 한다. 바깥비탈은 1 : 1.5 ~ 1 : 2로 한다.

(3) 득마루나비,  $B_{(ebb)top}$

수로가 흙쌓기인가 흙깎기인가에 따라 1.22 ~ 1.82 m로 한다.

(4) 其他

許客流速, 餘裕高, 曲率半徑, 라이닝 등은 美國의 例를 따른다.

### 15. 스페인

대부분의 水路가 라이닝되고 Bazin 또는 Manning 式을 사용하나 最近에는 Gauckler-Strickler 式을 사용하여 圓形斷面으로 設計하는 경향이 있다.

(1) 粗度係數,  $N$

라이닝수로에서 유지관리가 좋을 경우 0.014 유지관리가 좋지 않을 경우 0.016을 사용한다.

(2) 열비탈, ( $ss$ )

라이닝수로 1 : 1.25 ~ 1 : 1.5 흙수로 1 : 2 이상 圓形斷面을 設計할 때는 다음 表를 참조한다. 岩切水路이면 半圓形을 사용한다.

수로斷面直徑 (cm)	1.5이하	1.5~5.0	5~10
라 님 두께 (cm)	6	10	10
水面的 中心角	180°	160°	130°

(3) 許客流速,  $v_{(perm)}$

흙수로에서 보통 0.8m/s를 넘지 못한다. 라이닝수로에서는 0.6~3.0m/s로 하나 分水工부근에서는 1.25m/s 以內로하여 심한 亂流의 發生을 억제한다.

(4) 餘裕高, ( $FB$ )

水深 (m)	0.5 以下	0.5~ 1.0	1~1.5	1.5~ 2.0	2.0~ 4.0
餘裕高 (m)	0.1	0.15	0.2	0.25~ 0.30	0.30~ 0.50

(5) 득마루나비,  $B_{(ebb)top}$

도로로 利用되는가, 施工기계를 사용하는가에 따라 다르며 機械施工의 경우 最小 2.50m로 한다.

(6) 턱,  $B_{(berm)}$

흙깎기 수로에서 0.5~1.0m의 턱을 만든다.

(7) 曲率半徑,  $R_{(curve)}$

水面나비의 5倍以上으로 하며 라이닝의 施工機械가 자주 다닐 경우 100m以上으로 한다.

(8) 設計順序

주어진  $Q$ 와  $S$ 로 Mannings 또는 Bazin 式을 利用하여 斷面을 求한다.

### 16. 통일 아랍공화국

흙수로의 설계는 에집트의 水路資料를 基準으로하여 Hassib El-Difrawy, Molsworth, Yenidonia가 만든 式을 利用한다.

\* 農業振興公社 農工試驗所

(1) 粗度係數,  $N$

수로 상태	좋은 상태의 수로	보통 수로	잡초가 있는 수로
$N$	0.02~0.022	0.0225	0.0286~0.033

(2) 열비탈, ( $ss$ )

토 질	粘質 흙	모래 흙
( $ss$ )	1:1	1:1.5~1:2

(3) 許客流速,  $v_{(perm)}$

Hassib El-Difray가 유도한 다음式으로 許客流速을 구한다.

$$v = \frac{1}{N} (0.00335y + 0.0042) \quad (\text{m 단위})$$

여기서  $y$ : 수심 (m)

(4) 밀나비와水深

Molseworth와 Yenidenia의 式으로 밀나비와 수심의 관계를 定한다.

$$\text{水深 } 1.62\text{m 以上일 때 } y = 0.1 \left( \frac{s}{2} + 4 \right) \sqrt{B}$$

$$\text{水深 } 1.62\text{m 以下일 때 } y = \frac{(s+8)^2}{650} B$$

여기서  $s$ : 기울기 (cm/km),  $y$ : 수심 (m)

$B$ : 밀나비 (m)

B(m)	1.0	1.6	2.5	3.0	4.0	5.0	7.0	10	18
y(m)	0.70	0.90	1.20	1.40	1.60	1.80	2.00	2.50	3.00
B/y	1.43	1.78	2.98	2.14	2.50	2.78	3.50	4.00	6.00
s(cm/km)	15	11	10	9	8	8	7	7	6
v(m/s)	0.26	0.28	0.32	0.35	0.37	0.40	0.43	0.50	0.56

17. 미 국

Manning式을 使用하며 침식 및 침전이 생기지 않는 流速은 修正 Kennedy式으로 계산한다. 소요流量의 最大值를 利用하여 設計하기 때문에 수로는 많은 期間동안 設計流量보다 적은 流量만 通水시킨다. 流砂는 頭水工에서나 上流의 적당한 區間에서 排除시키며 最大流量에서 水路의 침식이 없도록 설계한다.

가. 設計 條件

(1) 粗度係數,  $N$

흙수로 流量  $2.83\text{m}^3/\text{s}$ 以下  $N=0.025$

흙수로 流量  $2.83\text{m}^3/\text{s}$ 以上  $N=0.0225\sim0.020$

라이닝 수로(콘크리트)  $N=0.014$

모래, 자갈로된 均一水路(uniform channel)에서는  $N=0.0342D_{50}^{0.6}$  (ft 단위)  $N=0.0132D_{50}^{0.6}$  (mm 단위)

(5) 餘裕高, ( $FB$ )

水路의 支配面積 (ha)	小水路	1,619 以下	1,619~4,047	4,047 以上
여유 고 (m)	0.5	0.75	1.00	1.25~1.50

(6) 둑마루나비,  $B_{(cbk)top}$

수로	도로로 이용될 때	도로로 이용 안될 때
간선 수로	8~12m	4~5m
지선 수로	4~6m	2~3m

(7) 턱,  $B_{(berm)}$

비탈이 1:1~1:1.5이면 水深의 1/2, 1:2이면 水深과 같은 크기의 턱 나비를 만든다.

(8) 飽和線의 기울기,  $S_{(Hbk)}$

토 질	실트, 粘質 흙	모래 흙
$S_{(Hbk)}$	1:7	1:8

(9) 曲率半徑,  $R_{(curv)}$

보통 밀나비의 10~15배 (10B~15B)를 最小曲率半徑으로 한다.

(10) 設計順序

노모그라프를 사용하거나 위에 있는 式들을 利用한다. 다음은 水路의 設計例이다.

$D_{50}$ =河床物質의 50% 통과 粒徑(ft, 또는 mm)

(2) 열비탈, ( $ss$ )

흙수로 1:1.5~1:2

라이닝 수로 1:1.5

(3) 許客流速,  $v_{(perm)}$

Kennedy式과 修正 Kennedy式으로 計算한다.

$$\left. \begin{aligned} v_c &= cy^{0.64} \text{ (ft 단위)} \\ v_c &= 0.468cy^{0.64} \text{ (m 단위)} \end{aligned} \right\} \text{流砂를 含有한 물 일때}$$

$$\left. \begin{aligned} v_c &= cy^{0.5} \text{ (ft 단위)} \\ v_c &= 0.552cy^{0.5} \text{ (m 단위)} \end{aligned} \right\} \text{清水일 때}$$

$v_c$ =침식, 침전이 없는 流速(ft/s, m/s)

$y$ =水深(ft, m)

$C$ =係數

토 질	가는모래	굵은모래	사질실트	굵은실트
$C$	0.84	0.92	1.01	1.09

보통 0.3~1.0m/s의 유속을 使用하며 水路가 적

을수록 許容流速도 低어진다.

콘크리트 라이닝水路에서는 2.5m/s 以內로 하며 設計의  $N$ 값보다 0.003이 적은  $N$ 의 값으로 검토해서 水深이 限界水深보다 크도록 한다. 비닐을 묻어서 라이닝할 때는 흡수로 許容流速의 2/3 以內로 最大流速을 取한다.

限界掃流力으로 許容流速을 검토할 때도 있으며 許容最大掃流力은 0.24~0.34kg/m<sup>2</sup>이다. 掃流力은 다음式으로 計算한다.

$$\tau = \text{kg/m}^2 \quad y : \text{m}$$

$$\tau : \text{kg/m}^2 \quad y : \text{m}$$

$$Wow : \text{kg/m}^2$$

(4) 밑나비와 水深의 比,  $B/y$

흡수로에 있어 流量이 0.88m<sup>3</sup>/s程度의 小水路에서는 2이고 283m<sup>3</sup>/s程度의 大水路에서 8로하고 이 범위內에서 流量에 따라 定한다.

콘크리트 라이닝水路에서는 1~3을 사용하고 비닐을 묻어서 만든 라이닝水路에서는 4정도로 한다.

(5) 餘裕高,  $(FB)$

수로의 크기, 위치, 流速, 洪水流入, 바람의 영향, 토질, 도로, 飽和線의 기울기 등에 따라 決定되며 最小 0.3m以上으로 한다. 라이닝水路에서는 0.15~0.6m로 한다.

(6) 둑마루나비,  $B_{(ch)top}$

小水路에서 最小 0.9m이며 보통 2.83~70.80m<sup>3</sup>/s의 流量에서 3.66~6.10m의 둑마루나비를 만든다.

(7) 턱,  $B_{(berm)}$

깊은 隴坎기水路에 설치하여 비탈면의 安定을 기하고 도로로 이용한다. 라이닝水路에서는 機械施工을 위해 0.6~1.8m나비의 턱을 라이닝 높이 바로 위에 만든다.

(8) 飽和線의 기울기

흡의 투수성 다짐정도 水位등에 따라 다르나 보통 흡 1:4, 砂質흙에서 1:6으로 한다.

(9) 水路의 삼투손실

삼투손실은 水路의 材料, 地下水位, 水路管理等 여러가지 조건에 따라 달라진다. 다음의 Moritz式은 흡수로의 삼투손실을 推定하는데 사용한다.

$$(se_t) = 0.2w_{o(-)} \sqrt{\frac{Q}{v}} \quad (\text{ft 단위})$$

$$(se_t) = 0.0379w_{o(-)} \sqrt{\frac{Q}{v}} \quad (\text{m 단위})$$

여기서  $(se_t)$  = 水路 1 mile 또는 1km당 삼투손실 (ft<sup>3</sup>/s/mile, m<sup>3</sup>/s/km)

$$Q = \text{流量 (ft}^3/\text{s 또는 m}^3/\text{s)}$$

$$v = \text{平均流速 (ft/s, m/s)}$$

$$w_{o(-)} = 24\text{時間에 單位濕潤面積 (ft}^2, \text{ m}^2) \text{當 손실水深 (ft, m)}$$

土 質	固 結 된  자갈  粘土	粘 土, 粘 質  양 토	砂 質  양 토	화 산 재	모래 섞인  화 산 재	모래 와  화 산 재	돌 섞인  모래	모래 와  자갈
$w_{o(-)}$ (ft)	0.34	0.41	0.66	0.68	0.98	1.20	1.68	2.20
$w'_{o(-)}$ (m)	0.104	0.125	0.201	0.207	0.299	0.366	0.512	0.671

라이닝水路에서도 예상되는 손실수량을 고려하여 設計함이 必要하다.

(10) 曲率半徑,  $R_{(curve)}$

最小曲率半徑은 흡수로에서 水面나비의 3~7배, 콘크리트 라이닝水路에서는 3배 以上으로 한다.

나. 設計順序

(1) 흡수로

(가)  $Q, s, (ss), N, B/y$ 를 決定한다.

(나) Manning式을 利用  $y, B, A_s, R_{(ch)}, v$  등을 計算한다.

(다) 流速이 許容범위內에 있는가 검토한다.

(라) 掃流力이 許容범위內인가 검토한다.

(2) 라이닝水路

(가), (나), (다)項은 위와 같다.

(가) 設計  $N$ 값 보다 0.003이 적은  $N$ 값을 사용하여 水深을 計算하고 이 水深이 限界水深보다 큰 값인가 검토한다.

다. 라이닝

콘크리트 라이닝은 地下水位를 특별히 고려하여 定해야 한다. 地下水位가 水路바닥 보다 높으면 揚壓力에 의한 파손이 우려되고 추운 地方에서는 凍結, 융해에 의한 파손을 방지하기 위해 地下水位보다 0.9m 以上 높게 하는것이 좋다.

地下水位가 높은곳에 설치할 경우는 자갈층 또는 土管으로 地下排水를 하는것이 必要하다. 地下水位가 높거나 粘質흙일 때는 라이닝을 하지않든가 水路의 路線을 변경함이 좋다. 팽창하는 性質이 있는 粘質흙에서는 0.6m 以上 더 파내고 모래等으로 채운위에 라이닝 하는것이 안전하다.

18. 소 련

Chezy式을 利用하며 Chezy係數는 Pavlousky式으로 求한다.

가. 設計條件

(1) 粗度係數,  $N$

流 量	5m <sup>3</sup> /s 以上		25~1m <sup>3</sup> /s		1m <sup>3</sup> /s 以下	임시수로	콘크리트 라이닝		조립식 거
土 質	보통 흙	자갈 땅	보통 흙	자갈 땅			고을때	거칠때	
N	0.02	0.0225	0.0225	0.025	0.025	0.030	0.013	0.015	0.012
(2) 열비탈, (ss)					15.00	1.26	1.42	1.65	1.76
既設 水路의 資料를 기초로 하여 定하며 水路깊이 5m 以上일 때는 土質을 研究하여 決定한다.					20.00	1.37	1.55	1.84	1.96
5m 以下의 깊이를 갖인 水路에서는 다음표와 같아					25.00	1.48	1.65	1.98	2.12
					30.00	1.56	1.76	2.10	2.26
					40.00	1.68	1.93	2.32	2.50
					50.00	1.80	2.05	2.45	2.65
					75.00	2.01	2.35	2.89	3.14
					100.00	2.15	2.54	3.14	3.46
					150.00	2.35	2.84	3.62	3.96
					200.00	2.47	3.03	3.92	4.31
					300.00	2.90	3.32	4.40	4.94

3m 以下의 높이를 갖인 흙쌓기 水路에서 水面이 地面 上 0.2m 以上の 높이에 있을 때는 다음표와 같아

유 량 (m <sup>3</sup> /s)	열비탈	粘土, 양 토	느슨한 양 토	砂 질 양 토	모 래
10 以上	안 쪽 바깥쪽	1:1.25 1:1	1:1.5 1:1.25	1:1.75 1:1.5	1:2.25 1:2.0
2~10	안 쪽 바깥쪽	1:1 1:1	1:1.25 1:1	1:1.5 1:1.25	1:2 1:1.75
0.5~2 以下	안 쪽 바깥쪽	1:1 1:0.75	1:1.25 1:1	1:1.5 1:1.25	1:1.75 1:1.5
0.5 以下	안 쪽 바깥쪽	1:1 1:0.75	1:1 1:1	1:1.25 1:1	1:1.5 1:1.25

라이닝 水路에서는 다음과 같다.

라이닝 종류	콘크리트	점 토	捨石, 자갈쌓기, 아스팔트
최소비탈기울기	1:1	1:1.25	1:1.5

(3) 침식이 생기지 않는 流速  
土質, 라이닝종류, 水深, 물의 清濁等에 따라 달라진다.

모래質 흙에서의 침식이 생기지 않는 流速은 다음과 같다. (단위 m/s)

平均粒徑 (mm)	평 균 수 심(m)			
	0.5	1.0	3.0	5.0
0.25	0.37	0.39	0.41	0.45
0.37	0.38	0.41	0.46	0.48
0.50	0.41	0.44	0.50	0.52
0.75	0.47	0.51	0.57	0.59
1.00	0.51	0.55	0.62	0.65
2.00	0.64	0.70	0.79	0.83
2.50	0.69	0.75	0.86	0.97
3.00	0.73	0.80	0.91	0.69
5.00	0.87	0.96	1.10	1.10
10.00	1.10	1.23	1.42	1.51

여기서 平均粒徑( $D_{s,(p)}$ )은 다음 式으로 구한다.

$$D_{s,(p)} = \frac{\sum D_{s,(p)1} \% W_{s,(p)1}}{\sum \% W_{s,(p)1}}$$

$D_{s,(p)1}$  = 各 粒子의 平均 크기

$\% W_{s,(p)1}$  = 各 粒子의 重量 퍼센트

粘質 흙의 경우 침식이 생기지 않는 허용 평균 유속은 다음과 같다.

Design specific ground cohesion (cohdgn) spec	平 均 水 深(m)			
	0.5	1.0	3.0	5.0
0.005	0.39	0.43	0.49	0.52
0.01	0.44	0.48	0.55	0.58
0.02	0.52	0.57	0.65	0.69
0.03	0.59	0.64	0.74	0.78
0.04	0.65	0.72	0.81	0.86
0.05	0.71	0.77	0.89	0.98
0.075	0.83	0.91	1.04	1.10
0.10	0.96	1.04	1.20	1.27
0.125	1.03	1.13	1.30	1.37
0.15	1.13	1.23	1.41	1.49
0.175	1.21	1.33	1.52	1.60
0.20	1.28	1.40	1.60	1.69
0.225	1.36	1.48	1.70	1.80
0.25	1.42	1.55	1.78	1.88
0.30	1.54	1.69	1.94	2.04

콘크리트 및 돌붙임 水路에서 침식이 생기지 않는 許容 平均 유속(m/s)은 다음과 같다.

구 분	콘크리트 압축강도 (kg/cm <sup>2</sup> )	水 深 (m)			
		0.5	1.0	3.0	5.0
콘크리트 라이닝	50	9.6	10.6	12.3	13.0
"	75	11.2	12.4	14.3	15.2
"	100	12.5	13.8	16.0	17.0

"	150	14.0	15.6	18.0	19.1
"	200	15.6	17.3	20.0	21.2
"	300	19.2	21.2	24.6	26.1
돌망태 (0.5×0.5×1.0 以上)		4.7	5.5	6.8	7.3
綱으로 싼捨石 15~20cm의 돌		3.0	3.5	4.0	4.4
로 단단히 다진 평		2.6	3.0	3.7	4.0
20~30cm "		3.0	3.6	4.5	4.9
돌 쌓기		4.3	5.0	6.2	6.7

(4) 水深과 밑나비

예비설계에서 水深을 다음 式으로 구한다.

$$y=C_1(Q)^{1/3}$$

$C_1$ =係數 0.7~1.0

$$Q=流量 (m^3/s)$$

水路와 밑나비의 관계는

$$B/y=3(Q)^{1/4}-(ss)$$

(ss)는 비탈기울기

最大流量을 보낼 수 있는 斷面은

$$B/y=2\sqrt{1+(ss)^2}-2(ss)$$

最小 삼투손실을 갖어오는 斷面은

$$B/y=\frac{2C_2\sqrt{1+(ss)^2}-2(ss)}{1-C_3} \quad (\text{Kostiakov式})$$

$C_2$ =毛管의 흐름에 대한 補正 係數 1~1.4

$C_3$ =係數, 0.0~0.3

(5) 여유고, (FB)

流 量 (m <sup>3</sup> /s)	1.0 以下	1~10	10~30	30~50	50~100
흙수로 여유고 (m)	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6
라이닝수로 여유고 (m)	0.1~0.15	0.2	0.3	0.35	0.4

(6) 둑마루나비,  $B_{(cbk)top}$

流 量(m <sup>3</sup> /s)	0.5 以下	0.5~1.0	1~5	5~10	10~30	30~50	50~100
나 비 (m)	0.5~0.8	0.8~1.0	1~1.25	1.25~1.5	1.5~2.0	2~2.5	2.5~3

기계사공, 도로로 利用할 경우는 별도로 고려한다.

(7) 턱(Berm)

깊이 5m 以上の 깊은 흙갯기(水路)의 경우에 만 들며 높이는 5m마다, 나비는 1m以上으로 한다.

(8) 삼투손실

地下水位가 높지않은 곳에서는 다음의 pavlovsky 式을 利用한다.

$$(Sl_I)=0.0116 B_{(wi)}+2yC_I (m^3/s, \text{水路 } 1km\text{당})$$

$$(Sl_I)=\text{水路 } 1km\text{당 손실 } (m^3/s)$$

$$B_{(wi)}=\text{水面나비 } (m)$$

$$y=\text{水深 } (m)$$

$$C_I=\text{浸透係數 } (m/day)$$

$C_I$ 는 調査에 의해 결정되나 다음의 값을 예비설계에 利用할 수 있다.

토 질	粘質양토	양 토	砂質양토	황토(Loess)	먼지 모래	잔 모래	굵은모래
$C_I(m/day)$	0.05	0.05~0.10	0.1~0.5	0.25~0.50	0.5~1.0	1~5	5~20

地下水位가 높은 곳에서는 Averianov 式을 利用한다.

나. 設計方法

10m<sup>3</sup>/s 以下の 水路는 標準圖를 사용하며 더 큰 流量의 水路는 Chezy 式,  $v=C\sqrt{R_{(H)S}}$ , 으로 計算한다. 여기서

$$C=\frac{1}{N}R^{1/3} \quad (\text{Pavlovsky 式})$$

$N$ =粗度係數

$$(y)\approx 1.5\sqrt{N} : R_{(H)}\leq 1.0m\text{인 경우}$$

$$\approx 1.3\sqrt{N} : R_{(H)}\geq 1.0m\text{인 경우}$$

Chezy 式으로 計算된 流速은 침식 및 침전이 생기지 않는 流速범위內에 있는가 검토한다.

다. 라이닝

라이닝의 형태를 결정하기 위해 다음 事項을 고려

한다.

(1) 지진이 심하거나 水中工事を 하여야 되는 곳에서는 스투브를 組立하여 라이닝한다.

(2) 沈下하거나 부풀어 오르는 土質이면 모래와 자갈을 섞어 한층을 깔고 그위에 P.S. 철근콘크리트 스투브를 可動이음을 하여 組立한다.

(3) 투수성이 큰 砂礫質 흙이면 一層의 현장타설 콘크리트 라이닝을 한다.

(4) 수로의 비탈면에 슬라이딩이 생기기 쉽거나 물이 漏水되어 부근의 耕地에 浸水를 일으킬 경우 이를 防止하기 위하여는 二層의 현장타설 콘크리트 또는 鐵筋콘크리트 라이닝을 한다.

(5) 수로에서 물이 근처 土地에 조금만 漏水되어도 浸水를 일으키는 경우 卽 重要作物을 재배하거나 居住地인 경우는 可動 防水層을 갖는 三重(三層)

의 라이닝을 하여 물이 새지 않도록 한다. 층과 층의 사이에서 排水시키는 方法도 利用하며 이때 排水된 물은 適當하게 처리한다.

라. 埋設管水路

管水路는 ① 물의 손실방지 ② 부근 土地의 浸水억제, ③ 耕地의 염분蓄積(Salinization)防止等を 위해 適合하다.

水源에서 관제지역까지는 開水路로 오고 관내지역 내에서는 等高線에 直角으로 配置한 管水路로 給水하는 경우가 많다.

물은 管水路쪽의 기울기가 3/1000 以上이면 自然流下되며 設計기울기는 管內에 침전이 생기지 않을 정도로 정한다.

給水管水路(Distribution pipe line)에서는 다시 農地內의 小管水 (Field pipe line)나 小水栓로 물을 흘러보낸다.

水源의 水位가 낮아 自然流가 되지 않을 때는 양수기를 사용하고 農地內의 小管水路에는 給水栓, 스프링크라등을 설치한다.

管水路의 水理計算은 Darcy-Weisbach式으로 하며 물이 맑은 경우 自然기울기에서 생길수 있는 最大流速에 대하여 管徑을 결정한다. 그러나 이 유속은 밸브를 사용할 때 water hammer가 생기지 않도록 하기 위해 3.5m/s 以內로 하여야 한다.

물에 침전물이 섞여있으면 실제유속은 침전이 생기지 않는 流速(non silting velocity) 보다 크게 하여야 한다.

19. 베네주엘라

(1) 粗度係數, N

- 雜草發生이 예상되는 경우 : 0.028
- 기 타 : 0.025
- 라이닝 : 0.009~0.015

(2) 열비탈, (ss)

土 質	다진 粘土	粘質 실트	砂質 실트	모래	바위	콘크리트 라이닝
얕은水路	1:0.5	1:1.1	1:1.5	1:2	1:0	1:1.5
깊은水路	1:1.1	1:1.5	1:2	1:3.1	0.25	1:1.5

바갈비탈은 1:1.5로하고 메를 입힌다.

(3) 最大許容流速,  $v_{(perm)max}$

最大流速은 0.5~0.8m/s이며 地盤物質이 견딜 수 있으면 1.25m/s까지도 가능하다. 掃流力(물의 무게×水深×기울기)은 0.48~0.70kg/m<sup>2</sup>의 범위 以內로 한다.

(4) 밑나비와 水深

B/y는 보통 3~6으로 한다

(5) 余裕高, (FB)

보통의 경우 設計水深의 1/3이고 水面의 변동이 심하거나 바람이 센 경우 (FB) =  $\sqrt{C \cdot y}$  (m 단위)

C=係數 (1.5~2.0)

水路의 밑나비에 따라 다음 값이 보통 사용된다.

밑 나 비 (m)	0.8	0.8~1.5	1.5~3.0	3~20
여 유 고 (m)	0.4	0.5	0.6	1.0

(6) 둑마루나비,  $B_{(cbk)top}$

水路의 크기에 따라 다음과 같이 변한다.

流 量 (m <sup>3</sup> /s)	0.9	20	30	40 . .
둑마루나비 (m)	2~3	3	4.6	5.0

(7) 曲率半徑,  $R_{(curv)}$

最小曲率半徑은 水深의 15배, 또는 水面나비의 6 배로 한다.

(8) 設計順序

許容流速의 범위안에서 유속을 定하고 주어진 N, S의 값으로 Manning式을 利用  $R_{(H)}$ 를 計算한다. 斷面積  $A_s$ 는  $Q/V$ 에서,  $P_{(w)}$ (윤변)은  $A/R_{(H)}$ 에서 求한다.

밑나비와 水深은  $P_{(w)}$ ,  $R_{(H)}$ , (ss)를 利用하여 計算한다.

20. 인도 (Central water and power commission)

가. 개 요

인도는 各州別로 조금씩 다르지만 여기서는 中央 政府에서 使用하는 例를 들겠다.

水路는 다음과 같이 3種類로 區分하여 각각 다른 方法으로 設計한다.

(1) 貯水池가 水源으로 물이 맑고 水路의 地盤이 좋은 경우는 流速을 크게 할수 있고(土質이 침식에 견딜 수 있는 범위內에서) Chezy 또는 Kutter式을 利用하여 設計한다.

(2) 冲積地帶에서의 水路는 Lacey式으로 設計한다. 그러나 流砂量이 많고 流量이 아주 적은 경우는 水面의 기울기를 Lacey式으로 求하고 斷面의 크기는 Kutter式으로 計算한다.

(3) 水路의 改修時는 Lacey와 Kutter式 또는 Kennedy와 Kutter式을 使用한다.

나. 貯水池가 水源인 水路

(1) 粗度係數, N

流 量	0.14m <sup>3</sup> /s이하	0.14~1.42m <sup>3</sup> /s	1.42~14.16m <sup>3</sup> /s	14.16m <sup>3</sup> /s이상	岩 切 水 路
N	0.030	0.025	0.0225	0.020	0.035~0.050

(2) 옆비탈, (ss) 율기는 다음과 같다.  
 土質, 水路의 높이에 따라 다르며 最小인 비탈기 위의 값은 平均높이 3.0m의 경우이며 높이가 더

구 分	硬質粘土, 자갈	軟弱粘土, 沖積土	砂質 양 토	모 래	軟 岩	硬 岩
흙 쌓 기	1:1.5	1:2	1:2	1:2~1:3		
흙 깎 기	1:0.75	1:1	1:1.5	1:2	1:0.25~1:0.5	1:0.25~1:0.25

크면 3.0m 높이마다 1.5~2.3m나비의 턱을 만든다.

(3) 流速의 比

Kennedy式  $v_c = 0.546y^{0.64}$ 로  $v_c$ 를 구하여  $v/v_c$ 가 上流水路(Head reach)에서는 1.1, 下流小路(Tail reach)에서는 0.8이 되도록 한다.

(4) 設計順序

(가) 水路의 斷面을 가정한다.

(나) 潤邊, 動水半徑을 계산한다.

(다) Chezy 또는 Kutter式으로 유속( $v$ )을 계산한다.

(라)  $v/v_c$ 를 계산하여 확인한다.

다. 沖積地帶의 水路

(1) 옆비탈, (ss)

貯水池가 水源인 水路의 경우와 같은 값으로 施工 하지만 장차 수로가 流砂로 매워지는것에 대비하여 水理計算에서는 1:0.5(수직:수평)의 옆비탈을 갖는것으로 하여 계산한다.

(2) silt factor,  $f$

silt factor는 부근의 기준수로에서 流量, 기울기, 斷面等에 관한 資料를 수집하여 다음의 式들로 구하여 各式의 값을 平均하면 더욱 정확하다.

$$f = 2.46 \frac{v^2}{R_{(H)}}$$

$$f = 11.83 \left( \frac{v^5}{A_x} \right)^{1/2} \quad v: \text{유속(m}^3/\text{s)}, A_x: \text{단면(m}^2)$$

$$f = 287 R_{(H)}^{1/3} S^{1/2} \quad R_{(H)}: \text{적동수반경(m)}$$

S: 기울기

$$f = 1.76 \sqrt{D_{(bm)}} \quad D_{(bm)}: \text{河床材料의 加重平均粒徑(mm)}$$

(3) 設計順序

(가) 動水半徑을  $R_{(H)} = 0.47 \left( \frac{Q}{f} \right)^{1/3}$ 에서 計算한다.

(나) 다음 式으로 潤邊( $P_{(w)}$ ), 斷面積( $A_x$ ) 水面 기울기( $s$ ), 流速( $v$ )을 구한다. (單位는 m 단위)

$$P_{(w)} = 4.75Q^{1/2}$$

$$A_x = \frac{2.279Q^{5/6} f^{1/3}}{f^{5/3}}$$

$$s = \frac{f^{5/3}}{3340Q^{1/6}}$$

$$v = 0.4389Q^{1/6} f^{1/3}$$

(다) 위의 값을 利用하여 水路의 밑나비, 水深이 計算된다.

$$y = \frac{P_{(w)} \pm \sqrt{P_{(w)}^2 - 4R_{(H)}P_{(w)}(2\sqrt{1+(ss)^2} - (ss))}}{4\sqrt{1+(ss)^2} - 2(ss)}$$

$$B = P_{(w)} - 2y\sqrt{1+(ss)^2}$$

여기서 (ss)는 비탈기율기 1:(ss)

라. 라이닝 水路의 設計

(1) 粗度係數, N

구 分	콘크리트	아스팔트	압축 공기로 洗淨한 礫
N	0.014	0.015	0.016

(2) 옆비탈, (ss)

흙의 安息角에 맞추어하면 土壓이 作用하지 않아 좋다. 보통 1:1~1:1.25로 한다.

(3) 斷面形

計劃水面上에 原點을 둔 圓曲線으로 水路바닥을 정하고 여기에 接하여 옆비탈을 定하는것이 가장 경제적이다.

(4) 設計順序

(가) 通水斷面을 假定한다. 흙쌓기와 흙깎기의 量이 서로 비슷하고 水路바닥이 地下水位보다 높고 流速이 1.83m/s以內가 되도록 水深, 수로 밑나비, 비탈 기울기를 定한다.

(나) 매닝式( $v = \frac{1}{n} R^{2/3} S^{1/2}$ )으로 유속을 求한다.

(다) 유량을  $Q = A_x v$ 에서 求한다.

(라) 計算된 流量이 設計流量과 같은가 확인하여 計斷面을 決定한다.

마. 其他 設計條件

(1) 餘裕高, (FB)

水路의 크기, 位置, 水面의 진동정도, 투수性, 기울기 등의 영향을 받으나 보통 다음 U.S.B.R 方法을

使用한다.

$$(FB) = \sqrt{cy}$$

(FB) : 여유고(ft 또는 m), y : 水深(ft 또는 )

c : 流量에 따라 변하는 係數

(2) 독마루 나비,  $B_{(bck)top}$

流 量	C 의 값	
	ft 단 위	m 단 위
0.07m <sup>3</sup> /s(2.5ft <sup>3</sup> /s)	1.5	0.458
84.96m <sup>3</sup> /s(3000ft <sup>3</sup> /s)	2.5	0.763

流 量(m <sup>3</sup> /s)	0.28 以下	0.28~1.42	1.42~4.25	4.25~9.91	9.91~14.16	14.16~28
마루나비 (m)	0.91	1.22	1.52	1.83	2.44	3.66

(3) 포화선의 기울기

보통흙에서 1 : 6, 보통의 粘土이면 1 : 5, 良質粘 土이면 1 : 4의 기울기를 적용한다.

포화선이 바깥 비탈면에서 노출되면 最小0.6m以 上 포화선 위에 흙이 덮이도록 하며 이때 덮은 흙의 표면은 포화선과 平行이 되거나 또는 계단식으로 되 게 한다.

(4) 수로 삼투손실

예비조사에서는 보통 흙수로의 경우 水路에 들어 오는 물의 1/3이 삼투 및 증발로 損失된다고 가정한 다. 그러나 實際 設計에는 다음의 기준을 적용하여 水路 손실을 定한다.

구 分	邊潤面積 百萬 m <sup>2</sup> 當 損失量 (m <sup>3</sup> /s)
암 반	0.91
Back Cotton Soil	1.83
沖 積 土	2.74
風化岩 또는 자갈	3.05
라이닝 수로	0.61

(5) 最小曲率半고,  $R_{(curv)min}$

수로의 크기, 유속, 土質, 水路의 斷面形等에 따 라 定해지며 最小曲率半徑을 水深의 15倍로 하는 方 法和 水面幅의 3~7倍로 하는 規定이 있다. 큰 小路 에서는 小面幅의 6倍 以上으로 하여야 한다.

結 論

世界 여러나라의 用水路 設計例를 檢討한바 地域 의 特性에 따라 약간 差異가 있고 自由國家와 共產 國 사이에도 適用 公式이 다름을 알수 있다. 그러나 基本式은 같을 수밖에 없고 같은 國家內에서도 設計 者의 의견에 따라 달라질 수 있을 것이다. 筆者는 다음과 같이 各 項目別로 종합 검토하였으니 우리나라에서의 水路 設計에 참고가 되기를 바란다.

1. 粗度係數

粗度係數는 0.02~0.03의 範圍內에서 使用하는 것

이 大部分이며 流量이 많을수록, 幹線水路 또는 水 路狀態가 좋을수록 적은 값을 取하고 流量이 적어지 거나 支線水路이면 큰값을 選擇한다. 雜草가 많이 생기는 곳에서는 0.033을 적용하는 곳도 있다.

粗度係數는 流量의 크기, 雜草의 發生程度, 土質 等を 고려하여 合理的인 값을 選定使用하여야 한다.

2. 옆 비탈

土質, 流量 또는 水路의 깊이 等を 고려하여 決定 되며 1 : 1.5~1 : 2.0의 범위內가 가장 많이 利用된 다. 우리나라에서는 보통 1 : 1.5이고 큰 水路에서는 1 : 1.8, 아주 적은 수로에서는 1 : 1.25를 使用하나 土質을 充分히 고려하여 決定하는 것이 타당하다.

3. 許容流速

土質, 水深, 물의 清濁等에 따라 달라지며 보통 0.8~1.0m/s 以內의 流速을 最大許容流速으로 한다. 許容流速은 土性의 영향을 가장 크게 받으며 우리나라의 관개용수는 清水가 大部分이어서 最小許用流速 은 큰 제한을 받지않으나 流速이 너무 느리면 雜草 가 發生하기 쉽다.

4. 餘 裕 高

여유고는 모든 나라에서 流量의 크기 또는 水深에 따라 다른 값을 取한다. 보통 0.3m~0.9m정도의 범 위이며 작은 수로에서는 0.2m, 大水路에는 1.5m 까지도 取함을 알 수 있다.

5. 독마루 나비

독마루 나비는 독마루가 도로로 이용되는가에 따 라서 달라진다. 도로로 利用할 때는 3~4m 以上으 로하여 農機械等의 通行이 가능하게 한다. 도로로 이용하지 않으면 0.9~3.0m로 수로의 크기에 따라 決定한다. 우리나라의 수로 독마루 나비는 세계적인 기준에서 볼때 좁은 편이며 農業의 機械化, 水路 維持管理의 機械化等을 위하여는 독마루의 나비가 넓 어져야 한다.



## 6. 曲線水路의 曲率半徑

曲線水路에서의 平面上的 曲率半徑은 水面幅, 수로의 밑나비, 水深等의 倍數로 표시한다. 水路 밑나비의 10~20倍, 水面幅의 3~7倍, 水深의 10~20倍의 範圍 內에서 水路의 最小曲率半徑을 定한다.

## 7. 飽和線(Phreatic Line)의 기울기

飽和線은 보통의 堤塘에서의 浸潤線과 같으며, 흙깎기 水路(切土水路)에서는 별로 문제가 없으나 흙쌓기 水路(盛土水路)나 水路의 바닥보다 근처의 地盤이 낮은 곳에서는 신중히 고려하여야 한다.

飽和線이 바깥 비탈面에서 노출되면 비탈면이 洗堀, 流失되어 水路의 파괴가 일어난다. 포화선의 기

울기는 보통 1:4~1:8의 범위內에서 土質에 따라서 定한다. 粘土質이면 1:4정도이고 砂質이 많을수록 큰 값을 取한다.

水路의 水面과 비탈면이 接하는 點에서 所要 기울기로 飽和線을 그려 이 線이 바깥 비탈면 밖으로 나가지 않도록 독마루 나비와 바깥비탈의 옆비탈을 調整한다. 飽和線이 바깥비탈끝 가까운 處에서 露出되는 경우는 이 部分에 턱(Banquette)을 부쳐 飽和線이 흠속에 묻히도록 한다.

우리나라에서는 보통 독마루 나비가 적고 비탈 기울기도 급하여 飽和線이 밖으로 나가는 경우나 많다. 特히 傾斜된 地形에 만든 水路(산비탈에 만든 水路)에서 飽和線의 露出에 따른 문제가 많이 생기므로 注意하여야 한다.