灌漑用水路의 費用分析에 관한 硏究

Cost Comparison of Conveyance Systems for Irrigation Districts

崔 彰 訓**·高 在 君*·朴 承 禹*·李 信 昊*
Choi, Chang Hoon · Koh, Chae Kun · Park, Seung Woo · Rhee, Shin Ho

Summary

This paper compares the estimated total construction and maintenance costs for irrigation canals in six irrigation districts near Pyongtaek. Three conventional canal types were considered: concrete bench flumes, concrete-lined canals, and earth canals. The total expenses for each type were grouped to four catagories: the net construction, land acquisition, maintenance, and other expenses. The construction costs included the assumed costs for conveyance losses from each type of canals.

The results from this study support earlier studies that the bench flumes are economically feasible. Initially cheaper conveyance systems like concrete-lined and earth canals demand higher maintenance costs and thus, their total expenses are summed to exceed those for the bench flumes within a few years following the construction. Bench flumes are economically justifiable for the main canals of the studying districts.

Sensitivity analyses were executed to evaluate the relative importance of each expense to the total cost. The analyses show that total expenses very significantly with the change of the following costs: cost for conveyance losses, net construction, maintenance, and land acquisition, in that order. However, other expenses contribute little if not at all to the total. The results indicate that bench flumes should be adopted as main canal structures for most irrigation districts in the Republic.

I. 緖 論

農業用水에 있어서 用水를 確保하기 위하여 用水源의 開發도 必要하지만, 用水의 效率的인 利用을 위하여 節水栽培法이나 用水路의 損失水量을 極少化하는 方案이 모색되어, 合理的인 물管理가 뒤따라야 한다.

用水路의 損失水量은 導水過程에서 用水路 內에서의 누수, 滲透 및 증발 等으로 因한 損失된 用水量을 말하는데 이 水路損失은 用水路의 築造材料에 크게 左右되고 있다. 築造材料에 따른 用水路의 類型은 크게 土工水路(Earth canal), 라이닝水路(Concrete lined canal), 콘크리트水路(Concrete bench flume)로 分類된다. 用水路 類型別로 水路損失率을 比較해 보면 土工水路에서 가장 높은 水

*서울大學校 農科大學
**서울大學校 大學院

路損失率을 나타내어 總灌漑用水量의 15~20%에 달한다고 報告하였다. (農林部 等, 1971 金 等, 1972)

用水路를 設計할 때 用水路 類型의 選擇은 工事費와 直結되므로 工事費를 저렴하게 하기 위하여 土工水路를 많이 採擇하여 왔다. 即 라이닝水路나 콘크리트水路 等의 構造物化 水路는 土工水路에 比하여 工事費가 高價이기 때문에 土工水路의 築造가 어려운 土質이나 盛土區間에 限定되어 왔다. 그러나 土工水路는 工事費가 構造物化 水路(라이닝水路, 콘크리트水路)에 비하여 저렴한 反面에 水路內의 水草의 發生과 斷面變化등으로 인하여 導水效率이나 通水能力이 떨어지므로 水路의 機能을 유지하기 위한 費用 즉 改補修 및 維持管理費가 많이 들고, 特히 水路損失水量이 많아 效率的인 물管理에도 不利한 點이 많다.

우리나라의 경우 用水路의 築造現況을 살펴 보면 土工水路가 가장 普遍的으로 利用되고 있는 實情이나, 效率的인 물管理를 위하여 農組에서는 土工水路의 構造化를 希望하고 있다.

이와같은 實情을 감안하여 高 等은 (1983) 用水路의 構造物化에 對한 經濟的 妥當性 檢討의 一環으로 代表的인 中小規模의 農業用水開發地區를 對象으로 入手된 資料를 分析하여 土工水路, 라이닝水路, 콘크리트水路에 對한 費用對比와 損益分岐點을 究明한 바 있다. 그 結果 土工水路가 라이닝水路나 콘크리트水路에 比하여 극히 非經濟的임을 報告하였다.

本 硏究는 高 等(1983)의 硏究에서 各 資料가 全國平均値를 利用한 데 對하여 實際灌漑地區에 對한 調査 및 實測을 통하여 各 費用要因을 再評價하여 用水路 類型別 費用을 對比하여 用水路의 構造物化에 對한 妥當性을 검토하고, 分析 結果의 一般化를 위하여 費用要因의 加重値의 變化에 따른 感應度 分析을 實施하기로 하였다.

Ⅱ. 調査 및 方法

1. 調査對象地區

調査對豫地區는 京畿道 平澤郡 畿湖農地改良組合 管轄下의 3地區(總蒙利面積 1,442.80ha)를 選定하고, 이 中에서 蒙利 面積別로 大, 中, 小規模로 區分하여 大規模地區로서 二東地區, 中規模地區로서 馬屯地區 그리고 小規模地區는 龍潭地區를 選定하였다.

調査對象用水路로서 二東地區에서는 振元, 松德,

Table-1. Canal lengths and profit areas in irrigation districts

District	Canal name		Canal length(m)				Irrigation area (ha)	Completed year
			Total	Earth	Lined	Concrete		
Yi-dong	Jin-won	Main	10,237	8,329	1,121	787	63	1982
		Branch	10,547	10,217	10	320	14	
	Songdeuk	Main	5,688	5,180	300	208	256	
		Branch	10,974	10,844	—	131	36	
	Mogok	Main	4,657	4,237	100	320	61	
		Branch	1,179	1,179	—	—	22	
	Chil-goi	Main	10,203	9,589	290	324	201	
		Branch	8,076	7,746	130	200	28	
Ma-doon	Ma-doon	Main	6,687	5,445	—	1,242	560	1975
		Branch	7,136	7,136	—	—		
Yong-dam	Yong-dam	Main	4,992	4,992	—	—	200	1978
		Branch	3,772	3,672	—	100		

Note : Lined=Concrete-lined canal, Concrete=Concrete bench flume

矛谷, 七塊 等의 幹線과 29條의 支線으로된 總延長 73.6km이고, 馬屯地區에서는 馬屯幹線 및 오산, 농촌, 중리, 신능, 능죽, 인리支線 等으로 된 總延長 21km이며, 龍潭地區에서는 龍潭幹線 및 1,2號 支線으로 總延長 8km이다.

各 地區別 用水路 現況은 Table-1과 같다.

2. 費用要因

가. 工事費

工事費는 用水路의 施工에 必要한 工種別物量에 單價를 곱하여 求한 總工事費를 總延長으로 나누어 單位길이(m)當 費用으로 表示하였으며 그 算式은 式(1)과 같다. 또한 竣工年度가 다른 地區에 對하여는 工事費 上昇率(Table-2)을 고려하여 二東地區의 竣工年度인 '82年度 現在價値로 換算하였다.

$$C_c=\sum(M\times u_c)/L \cdots\cdots (1)$$

여기서, C_c=工事費 單價(원/m), M=工種別 物量, u_c=工種別 金額(원), L=水路別 總延長(m)이다.

Table-2. Annual increase of construction cost

Year	Annual increase (%)	Accumulated increase (%) Base on 1975	Base on 1978	Base on 1981
'75	24	100		
'76	15	115		
'77	21	139		
'78	51	209	100	
'79	23	257	123	
'80	42	375	180	
'81	12	421	202	100
'82	7	450	215	107

Data : Planning Department Ⅱ A.D.C.

나. 用地買收費

用地買收費는 單位面積(m²)當 用地買收平均地價 및 平均 水路幅(m)을 求하여 單位길이(m)當 費用으로 算定하였으며 그 算式은 式(2)와 같다. 또한 竣工年度가 다른 地區에 對해서는 地價上昇率(Table-3)을 고려하여 二東地區의 竣工年度인 '82年度 現在價値로 換算하였다.

$$C_L=U_L\times B \cdots\cdots (2)$$

여기서, C_L=用地買收費(원/m), U_L=用地買收平均地價(원/m²), B=平均水路幅(m)이다.

平均水路幅은 Fig. 1과 같이 水路幅 水路類型別 基準斷面을 使用하여 最大水路幅과 最小水路幅의 平均値로 定하였다.

Table-3. Annual increase of land price

Year	Annual increase	Accumlated increase (%) Base on 1975	Base on 1978	Base on 1981
'75		100		
'76	38	138		
'77	33	182		
'78	10	200	100	
'79	25	221	125	
'80	9	240	136	
'81	25	300	170	100
'82	7	318	181	107

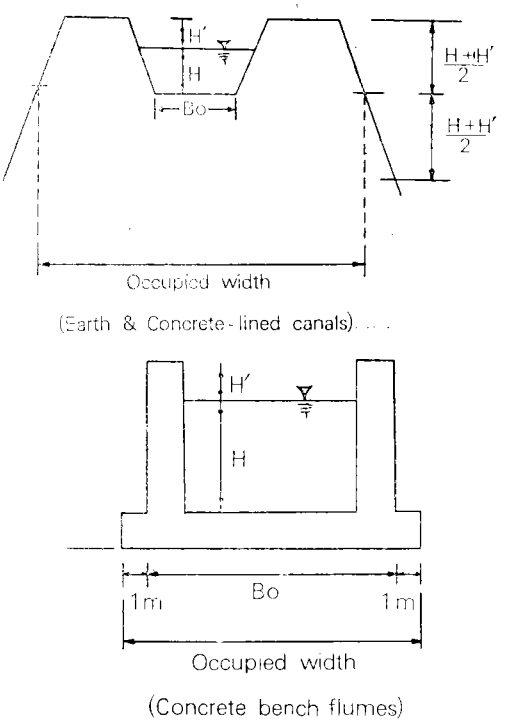


Fig. 1. Typical cross sections of irrigation canals

다. 水路損失水價

水路損失水價는 用水路의 單位길이(m)當 水路損失水量을 用水路의 使用日數(관개일수) 동안의 費用으로 나타낸 값으로 그 算式은 式(3)과 같다.

$$C_W=\triangle Q_L\times N\times U_W\times 86,400 \cdots\cdots (3)$$

여기서, C_W=水路損失水價(원/m), $\triangle Q_L$=單位길이當 水路損失水量(m^3/sec/m), N=관개일수(100日) U_W=用水單價(원/m^3)이다.

土工水路의 水路損失水價는 各 用水路에서 實測한 水路損失水量 資料를 (Table-4) 利用하고, 用水單價는 本 硏究의 調査對象地區에 속해 있는 2個 貯水池의 用水源 開發費用을 고려하여 구한 單位體積當 用水單價 40.5(원/m^3),을 적용하였다.

라이닝水路와 콘크리트水路의 水路損失水價는 우리나라에서 通常 적용하고 있는 相對 比率인 土工水路 20%, 라이닝水路 5%, 콘크리트水路 3%를 基準으로 하여 適用하였다.

Table-4. Water conveyance losses for canals

District	Canal name		Water conveyance losses per unit length (m^3/sec/m)
	Main	Branch	
Yi-dong	Jin-won		1.950×10^{-4}
		Jin-won	4.680×10^{-5}
	Song-deuk		3.675×10^{-5}
		Song-deuk	1.970×10^{-5}
	Mo-Gok		2.36×10^{-5}
		Mo-Gok	2.76×10^{-5}
Ma-doon	Ma-doon		1.15×10^{-3}
		Ma-doon	5.26×10^{-5}
Yong-dam	Yong-dam		1.41×10^{-4}
		Yong-dam	5.33×10^{-5}

라. 改補修費

改補修費는 水草除去費, 崩壞補修費, 浚渫費等이 포함되며, 그 算式은 式(4)와 같다.

$$C_M=(W_c+D_c+G_c+\alpha)/L \quad \cdots\cdots(4)$$

여기서, C_M=改補修費(원/m), W_c=水草除去費, D_c=崩壞補修費(원), G_c=浚渫費(원), α=其他維持管理費(원)이다,

竣工 後부터 1982年까지 每年 投入된 改補修費用을 年度別로 集計하고 工事費 上昇率(Table-2)을 고려하여 二東地區의 竣工年度인 '82年 單價로 換算하여 式(4)에 의해 單位길이(m)當 年平均 改補修費를 算出하였다.

라이닝水路와 콘크리트水路의 改補修費는 土工水路의 費用을 根據로 하여 算定하는데, 適正을 기하기 위해 蒙利面積 3,000ha 以上인 20個 地區의 農地改良組合을 對象으로 設問調査를 實施하여 그 結果를 參考하였다.

마. 耐用年限 및 殘存價值

耐用年限이라 함은 水路를 施工한 後 慣行的인 維持管理에도 불구하고 水路가 제 機能을 發揮하지 못하여 全面的으로 再 施工 또는 改補修를 要할때까지의 期間을 말한다. 이것은 通常的으로 使用하는 資料(土工水路 10~20年, 라이닝水路 40年, 콘크리트 水路 60年)가 있으나 文獻上 不明確하고 實務者間의 異見이 많아 蒙利面積 3,000ha 이상의 20個農地改良組合에 設問調査를 實施하였다.

殘存價值라 함은 耐用年限이 지난 後 全面的으로 再 施工 또는 改補修를 要할 當時의 水路自體에 남아 있는 價值를 말한다. 이것에 對한 具體的인 資料가 없으므로 耐用年限과 마찬가지로 20個 農組를 對象으로 設問調査를 實施하였다.

3. 費用對比

本 硏究對象地區에서 生産되는 收益은 同一한 것으로 假定하고, 總費用을 現在 價値로 하여 用水路의 類型別 費用對比를 實施하였다. 用水路의 類型別 總費用은 工事費, 用地買收費, 水路損失水價, 改補修費 等의 費用을 耐用年限 및 殘存價值, 水利資金 利子率(5.5%)을 適用하여 期間別(10, 20, 30, 40, 50, 60年)로 求하였으며 그 算式은 式(5)와 같다.

$$C_T=C_c+C_L+\sum_{i=1}^{N}\left[\left\{(C_W+C_M)+k\left(1-\frac{R_s}{100}\right)(C_c)\right\}\left(\frac{1}{1+R}\right)^N\right] \quad \cdots\cdots(5)$$

$i=nY_L+1$이면 $k=1$, $i\neq nY_L+1$이면 $k=0$

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

여기서, C_T=總費用(원/m), C_c=工事費(원/m), C_L=用地買收費(원/m), C_W=水路損失水價(원/m), C_M=改補修費(원/m), Y_L=耐用年限(年), R_s=殘存價值(%), k=利子率, N=比較期間(年)이다.

式(5)에 의하여 求한 各 期間別 幹·支線에 對한 總費用을 比較·檢討하고, 用水路의 類型間의 費用이 同一하게 되는 損益分岐點을 比較·分析하였다. 이와같은 費用對比 分析은 電算프로그램化 하였다.

4. 費用要因의 變化에 따른 感應度 分析

感應度 分析은 여러가지 要因이 費用對比에 영향을 미치는 程度와 相對的 重要性을 알고 一般化된 分析 結果를 얻기 위한 方法이다. 즉, 한 要因外 모든 要因을 固定하고 한 要因을 變化시켜 그것이 콘크리트水路의 總費用에 對한 土工 및 라이닝水路의 費用倍率과 各 水路類型間의 損益分岐點分析에 미치는 感應度를 파악하여 一般化된 分析 結果를 유도하였다. 그리고 變化된 要因이 費用倍率과 損益分岐點에 感應하는 程度가 낮으면 그 要因에 對해서는 正確히 推定하지 않아도 되는 것이다.

이와 같은 感應度 分析은 電算프로그램으로 開發하였다.

感應度 分析에 使用한 費用要因은 特定地域의 것이 아니고 Table-5와 같이 普遍的인 3가지 경우로 假定하였다.

比較期間은 1年單位로 變化시켜 費用 對比에 거의 변화를 주지 않는 期間을 定하였다. 工事費, 用地買收費, 水路損失水價, 改補修費等은 變化率을 10%로 하였고 耐用年限은 10年, 그리고 殘存價値는 10%로 하였다. (이 變化率은 分析時間과 費用對比에 미치는 영향을 고려하여 決定하였다)

Table-5. Data for sensitivity analyses (unit : won/m)

Case	Type of canal	Cost				Remark
		Construction	Land	W.C.L.	Maintenance	
Case 1	Earth	13,000	7,780	27,300	780	•Durable life Earth : 30yrs Lined : 30yrs Concrete : 50yrs •Remained value Earth : 50% Lined : 10% Concrete : 10% •Interest 5.5%
	Lined	56,000	7,520	(6,825)	(156)	
	Concrete	77,000	3,140	(4,095)	(39)	
Case 2	Earth	17,000	6,500	10,320	320	
	Lined	22,400	6,140	(2,580)	(64)	
	Concrete	37,100	1,700	(1,548)	(16)	
Case 3	Earth	1,700	1,700	7,700	800	
	Lined	12,700	2,140	(19,25)	(160)	
	Concrete	9,900	1,130	(1,155)	(40)	

Note : Case 1-Large District, Case 2-Medium District, Case 3-Small District, Lined=Concrete-lined canal, Concrete=Concrete bench flume

Ⅲ. 結果 및 考察

1. 費用要因

가. 工事費

各 地區別 工事費의 算出 結果는 Table-6과 같다.

Table-6에서와 같이 類型別 用水路의 工事費는 土工水路에서 가장 저렴하고 콘크리트水路에서 가장 高價임을 알 수 있다. 또한 工事費의 水路類型別 격차를 보면 幹線의 경우, 라이닝水路와 콘크리트水路는 土工水路에 比하여 약 1.2~7.5倍이고, 支線의 경우는 약 6.5~11.7배로 매우 크게 나타났으나, 라이닝水路와 콘크리트水路는 차이가 거의 없게 나타났다.

Table-6. Construction cost of irrigation canal systems (unit : won/m)

District	Canal name	Type of canal	Main	Branch
Yi-dong	Jin-won	Earth	17,716	1,843
		Lined	22,018	16,240
		Concrete	28,926	14,878
	Song-deuk	Earth	17,153	4,085
		Lined	22,462	—
		Concrete	37,129	26,574
	Mo-gok	Earth	1,747	2,419
		Lined	12,726	—
		Concrete	9,934	—
	Chil-goi	Earth	4,613	3,838
		Lined	30,141	44,861
		Concrete	34,635	22,428

Ma-doon	Ma-doon	Earth	31,581	7,763
		Lined	—	—
		Concrete	54,644	—
Yong-dam	Yong-dam	Earth	5,568	2,843
		Lined	—	—
		Concrete	—	20,844

Note : Lined=Concrete-lined canal, Concrete=Concrete bench flume

나. 用地買收費

各 地區別 用地買收費의 算出 結果는 Table-7과 같다. Table-7에서 보는 바와같이 土工水路의 用地買收費가 가장 크고 라이닝 水路는 土工水路와 값이 거의 같으나, 콘크리트水路는 土工水路의 약 1/2倍로 나타났다. 이것은 水路가 차지하는 平均水路幅이 土工水路의 경우가 가장 크기 때문이며, 例外的으로 茅谷地區나 七塊地區의 경우는 土工水路보다 라이닝水路에서 用地買收費가 크게 나타났는데 이것은 地目에 따라 用地單價가 相異하기 때문인 것으로 思料된다.

Table-7. Land price of irrigation canal systems (unit : won/m)

District	Canal name	Type of Canal	Main	Branch
Yi-dong	Jin-won	Earth	4,995	1,606
		Lined	4,995	1,427
		Concrete	1,650	1,115
	Song-deuk	Earth	6,502	6,592
		Lined	6,140	—
		Concrete	3,251	2,258
	Mo-gok	Earth	1,712	1,673
		Lined	2,140	—
		Concrete	1,128	—
	Chil-goi	Earth	4,142	2,738
		Lined	4,633	3,861
		Concrete	2,246	1,755
Ma-doon	Ma-doon	Earth	15,111	6,714
		Lined	—	—
		Concrete	5,188	—
Yong-dam	Yong-dam	Earth	8,370	6,361
		Lined	—	—
		Concrete	—	2,678

Note : Lined=Concrete-lined canal, Concrete=Concrete bench flume

다. 水路損失水價

各 水路別 水路損失水量을 實測한 結果를 適用하여 水路損失水價를 算出한 結果는 Table-8과 같다.

水路損失水價는 水路損失水量에 左右되며 地區別 또는 幹·支線에 따라 큰 差異를 보였다.

라이닝水路와 콘크리트水路의 水路損失水價는 우리나라에서 通常 적용하고 있는 相對比率인 土工水路 20%, 라이닝水路 5%, 콘크리트水路 3%를 基準으로 하여, 라이닝水路의 水路損失水價는 土工水路의 25%, 콘크리트水路에서는 土工水路의 15%로 하였다.

Table-8. Cost for water conveyance losses (unit : won)

District	Canal name	Type of Canals	Main	Branch
Yi-dong	Jin-won	Earth	68,234	16,376
	Song-deuk	Earth	12,860	6,901
	Mo-gok	Earth	8,285	9,664
	Chil-goi	Earth	11,831	7,145
Ma-doon	Ma-doon	Earth	402,408	17,720
Yong-dam	Yong-dam	Earth	49,338	18,639

라. 改補修費

各 地區別 改補修費의 算出 結果는 Table-9와 같다.

改補修費는 幹支線을 區分하지 않고 幹·支線을 통합하여 算出하고 幹·支線에 공통으로 適用하였다. Table-9에서 보는 바와 같이 馬屯地區에서 改補修費用이 가장 크게 나타났는데 이것은 土質이 좋지 않아 滲透에 의한 損失量이 많아서 콘크리트水路로 改良하였기 때문으로 생각된다.

라이닝水路와 콘크리트水路의 改補修費는 土工水路의 改補修費에 對한 比率로서 決定되는데, 20個 地區의 農組를 對象으로 設問調査를 實施한 結果는 Table-10과 같이 라이닝 水路에서 改補修費는 土工水路의 20%라는 應答이 14個組合으로 가장 많았고, 콘크리트水路에서는 土工水路의 5%라는 應答이 15個 組合으로 가장 많았으므로 이 結果를 利用하였다.

Table-9. Maintenance cost of irrigation canal systems

District	Canal name	Type of Canal	Cost(원/m)	Remark
Yi-dong	Jin-won	Earth	332	• Concrete-lined canal : 20% to earth • Concrete bench flume : 5% to earth
	Song-deuk	Earth	186	
	Mo-gok	Earth	169	
	Chil-goi	Earth	57	
Ma-doon	Ma-doon	Earth	2,349	
Yong-dam	Yong-dam	Earth	53	

Table-10. Response to Proportions of maintenance cost to earth canal

Type of Canal	Range of proportions (%)								Total
	50	40	30	20	15	10	5	3	
Lining	1	1	—	14*	1	3	—	—	20
Concrete	—	2	—	—	—	1	15*	1	20

마. 耐用年限 및 殘存價値

耐用年限은 20個 地區의 農組를 對象으로 設問調査한 結果 Table-11과 같이 土工水路는 30年, 라이닝水路는 30年, 콘크리트水路는 50年이라는 應答이 各各 10個, 10個, 11個 組合으로 가장 많았으므로 이것을 耐用年限 資料로 使用하였다.

Table-11. Response to the durable life of irrigation canal systems

Type of Canal	Life of canal (year)						Total
	60	50	40	30	20	10	
Earth	—	—	—	10*	5	5	20
Lining	—	—	—	10*	10	—	20
Concrete	3	11*	6	—	—	—	20

殘存價値는 20個地區의 農組를 對象으로 設問調査를 한 結果 Table-12와 같이 土工水路 50%, 라이닝水路 10%, 콘크리트水路 10%가 各各 7個, 12個, 8個 組合으로 가장 많은 應答을 하였으므로 이것을 殘存價値의 資料로 使用하였다.

Table-12. Response to remained value for irrigation canal system (%)

Type of Canal	Remained value (%)										Total
	~70	60	50	40	30	20	15	10	5	0	
Earth	5	5	7*	3	—	—	—	—	—	—	20
Lining	—	—	—	1	2	1	—	12*	—	4	20
Concrete	—	—	—	—	—	3	5	8*	1	3	20

2. 費用對比

가. 總費用分析

費用要因 資料를 使用하여 關係式(5)에 依하여 費用對比를 各 期間別로 總費用을 對比, 分析한 結果는 Table-13과 같다.

比較期間 60年의 總費用을 對比해 보면, 地區別로는 差異點을 찾을 수 없고 全般的으로 幹線에서는 土工 및 라이닝水路의 費用이 콘크리트水路에 비하여 各各 3.1~6.4倍, 1.2~1.6倍이고, 支線에서는

Table-13. Companison of total cost by years (unit : won/m)

District	Canal name	Year	Main canal			Branch canal		
			Earth canal	Concrete lined canal	Concrete bench flume	Earth	Concrete lined canal	Concrete bench flume
Yi-dong	Jin-won	0	22711. (.7)	27013. (.9)	30576. (1.0)	3449. (.2)	17667. (1.1)	15993. (1.0)
		10	539536. (5.0)	156094. (1.4)	107849. (1.0)	129388. (3.7)	49027. (1.4)	34634. (1.0)
		20	842100. (5.5)	231662. (1.5)	153088. (1.0)	203116. (4.5)	67385. (1.5)	45546. (1.0)
		60	1220861. (5.8)	329608. (1.6)	211163. (1.0)	295176. (4.9)	93045. (1.6)	60019. (1.0)
	Song-deuk	0	23655. (.6)	28602. (.7)	40380. (1.0)	10677. (.4)		28832. (1.0)
		10	121991. (2.2)	53116. (1.0)	54990. (1.0)	64096. (1.7)	—	36705. (1.0)
		20	179560. (2.8)	67467. (1.1)	63543. (1.0)	95369. (2.3)		41314. (1.0)
		60	252937. (3.3)	89197. (1.2)	76381. (1.0)	134732. (2.8)		48616. (1.0)
	Mo-gok	0	3459. (.3)	14856. (1.3)	11062. (1.0)			
		10	67182. (3.3)	30723. (1.5)	20493. (1.0)	—	—	—
		20	104487. (4.0)	40012. (1.5)	26014. (1.0)			
		60	151146. (4.5)	53765. (1.6)	33478. (1.0)			
	Chil-goi	0	8755. (.2)	34774. (.9)	36881. (1.0)	6576. (.3)	48722. (2.0)	24183. (1.0)
		10	98362. (2.0)	57154. (1.1)	50279. (1.0)	60862. (1.9)	62272. (1.9)	32283. (1.0)
		20	150821. (2.6)	70256. (1.2)	58123. (1.0)	92643. (2.5)	70205. (1.9)	37025. (1.0)
		60	216637. (3.1)	91744. (1.3)	69930. (1.0)	132615. (3.0)	87769. (2.0)	44250. (1.0)
Ma-doon	Ma-doon	0	46692. (.8)		59832. (1.0)			
		10	3097598. (6.0)	—	515697. (1.0)	—	—	—
		20	4883690. (6.2)		782575. (1.0)			
		60	7112637. (6.4)		1118380. (1.0)			
Yong-dam	Yong-dam	0				9204. (.4)		23522. (1.0)
		10	—	—	—	150097. (3.4)	—	44616. (1.0)
		20				232580. (4.1)		56965. (1.0)
		60				335647. (4.6)		73578. (1.0)

Note : ()s are ratios to concrete canal

各各 2.8~4.9倍, 1.6~2.0倍로 나타났다. 이 結果는 費用面에서 用水路의 構造物化에 對한 妥當性을 알 수 있다.

幹·支線別 總費用의 分布를 보면 支線보다도 幹線에서 總費用倍率이 큰 것으로 나타났으며, 地區別로 細分해보면 水路損失水量이 큰 大規模 地區인 二東地區의 振元幹線과 中規模 地區인 龍潭幹線에서 라이닝이나 콘크리트水路에 對한 土工水路의 總費用倍率이 크게 나타났다.

나. 損益分岐點

損益分岐點은 初期費用(工事費, 用地買收費)이 다른 各用水路 類型에 期間이 경과함에 따라 추가되는 費用要因(水路損失水價, 改補修費, 耐用年限 및 殘存價値 등)으로 인하여 用水路 類型間 즉. 土工水路와 콘크리트水路間, 土工水路와 라이닝水路間

Table-14. Break-even point of total cost

(unit : Year)

District	Canal name	Earth & Lined		Earth & Concrete	
		Main	Branch	Main	Branch
Yi-dong	Jin-won	0.09	1.21	0.14	0.93
	Song-deuk	0.53	—	1.62	3.38
	Mo-gok	1.94	—	1.12	—
	Chil-goi	3.27	10.47	3.10	3.22
Ma-doon	Ma-doon	—	—	0.04	—
Yong-dam	Yong-dam	—	—	—	0.95

Note : Lined=Concrete lined, Concrete=Concrete bench flume

에 總費用이 同一하게 되는 時期를 말한다. 이 損益分岐點을 前後로 用水路 類型別 費用對比에서 逆

현상을 나타내게 된다.

이러한 損益分岐點은 分析結果, Table-14에 나타난바와 같이 土工水路와 콘크리트 水路間에서는 幹線에서 0.04~3.1年, 支線에서 0.93~3.38年으로 나타났고 土工水路와 라이닝水路間에서는 幹線에서 0.09~3.27年, 支線에서 1.21~10.47年으로 나타났다. 이 結果는 라이닝水路와 콘크리트水路 等의 構造物化 水路가 費用面에서 10年이내에 土工水路보다 有利함을 나타내고, 또 라이닝水路보다는 콘크리트水路가 有利함을 보여주는 것이다.

또한 幹·支線別 損益分岐點을 比較하여 보면, 幹線에 比하여 支線에서 損益分岐點이 다소 늦어지는 경향을 나타냄으로서 用水路의 構造物化는 支線보다는 幹線에서 더욱 有利한 現象임을 나타냈다.

3. 感應度 分析

感應度 分析은 各 費用要因이 總費用 對比에 미치는 영향과 分析結果의 一般化를 위하여 實施하였으며, 그 結果는 콘크리트水路에 對한 土工水路와 라이닝水路의 費用倍率로서 表示하였으며. 各 費用要因別로 그 結果를 一部 例示하면 Fig. 2, 3, 4, 5와 같다.

比較期間에 따른 費用倍率은 60年까지는 增加 추세이나 그 以後는 一定한 倍率로 되었으므로 費用對比 期間은 60年으로 하였다. (Fig. 2 參照)

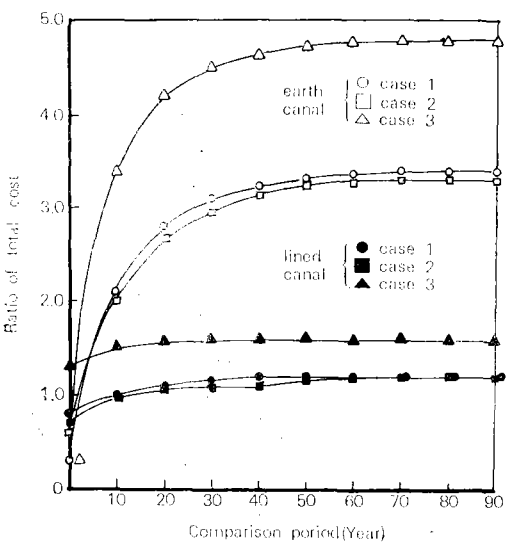


Fig. 2. Total Cost(60Yr) for each period (specified value ; concrete bench flume)

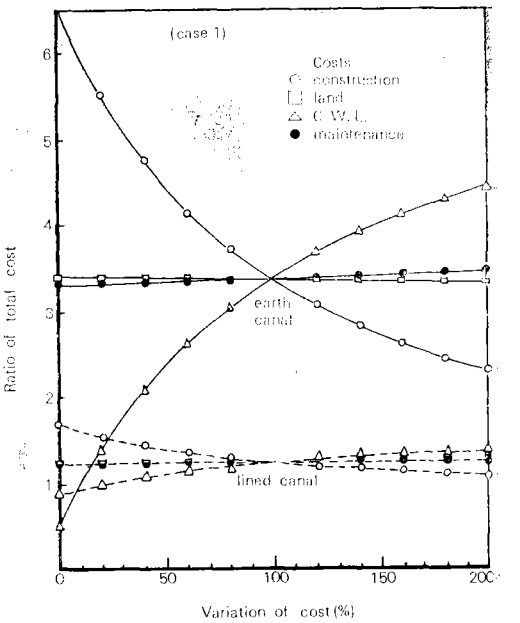
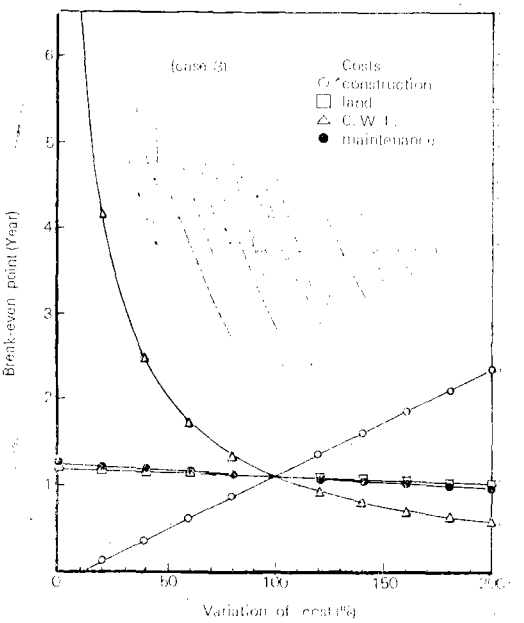
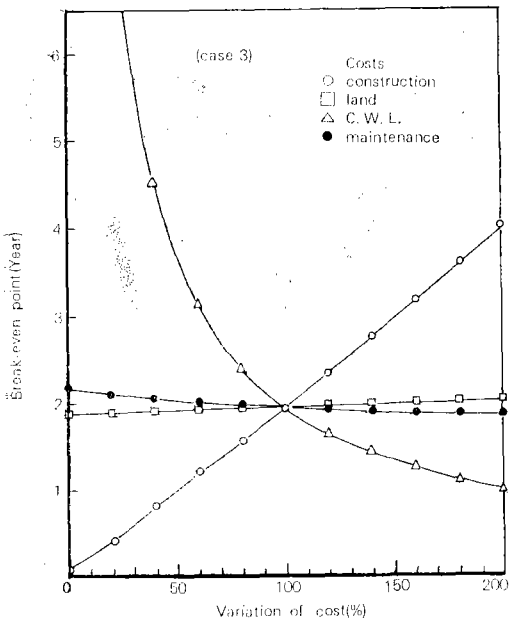


Fig. 3. Total Cost (60Yr) for the variation of each cost (specified : concrete)

工事費가 增加함에 따라 콘크리트水路에 對한 各 用水路類型의 費用倍率은 土工 및 라이닝水路 모두 減少 傾向을 보였으며, 損益分岐點은 長期化 傾向을 보였다. 이 結果는 工事費가 增加하면 相對的으로 콘크리트水路가 不利함을 알 수 있다.



(a) earth canal and concrete bench flume



(b) earth and concrete lined canal

Fig. 4. Break-even point for the variation of each cost

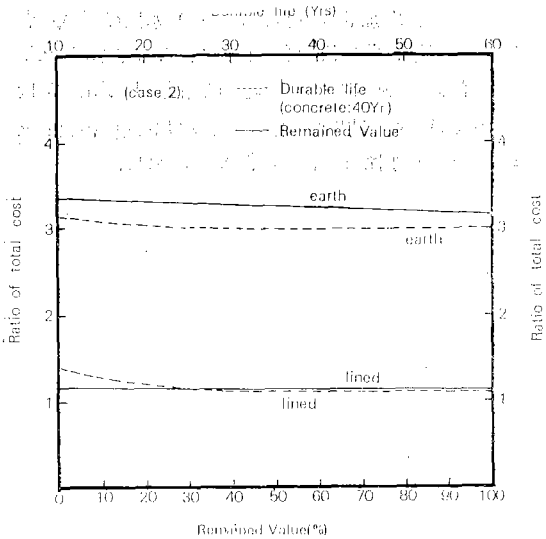


Fig. 5. Total Cost (60Yr) for remained value and durable life (specified: concrete)

水路損失水價 增加에 따른 費用倍率은 土工水路가 顯著한 增加 傾向을 보였고 라이닝水路도 다소 增加되었다. 또한 損益分岐點은 短期化 傾向이 현저하였다. 이 結果는 水路損失水量이 用水路 類型別 費用對比에 커다란 영향을 미치는 要因이며, 水路損失水量이 많은 地域일수록 콘크리트水路가 有利함을 알 수 있다.

用地買收費 增加에 따른 費用倍率과 損益分技點은 事例(Case)에 따라 약간의 增減을 보였다.

改補修費 增加에 따른 費用倍率은 土工水路의 增加幅이 크게 나타났고, 라이닝水路는 增加幅이 작았다. 그리고 損益分岐點은 약간 短期化 하였다. 이 結果는 改補修費가 많이 投資되는 土工水路에 比하여 콘크리트水路가 有利함을 알 수 있다.

耐用年限에 따른 費用倍率은 10~30年 사이에서 약간의 減少 傾向을 보였으나 感應度가 낮았고 30年後는 變化가 없었다. 또한, 損益分技點은 變化가 없었다.

殘存價值의 增加에 따른 費用倍率은 土工水路에서 다소 減少 傾向을 보였으나, 損益分岐點은 變化가 없었다.

따라서 耐用年限 및 殘存價值는 費用對比에 미치는 感應度가 낮았다.

費用要因의 變化에 따른 感應度 分析에서 費用對比에 영향을 미치는 要因은 水路損失水價, 工事費, 改補修費, 用地買收費의 順으로 나타났다. 그러나 耐用年限 및 殘存價值는 거의 영향을 미치지 못했다.

그리고, 이들 要因의 200% 變化에도 불구하고 費用倍率과 損益分技點에 變化를 주는 것 外에는 콘크리트水路가 가장 有利하게 나타나 他地區에 適用하여도 類似한 結論에 도달할 것으로 思料된다.

Ⅳ. 結 論

用水路 類型別 費用分析을 통하여 用水路의 構造物化에 대한 妥當性을 檢討하고, 가장 有利한 用水路 類型을 제시하기 위하여 畿湖農地改良組合 管內의 3個 對象地區 6個 幹·支線을 選定하여 土工水路, 라이닝水路, 콘크리트水路 等의 用水路 類型別 費用對比를 實施하고 工事費, 用地費, 水路損失水價, 改補修費, 耐用年限 및 殘存價值 等의 費用要因의 變化에 따른 感應度를 分析하였다. 그 結果를 要約하면 다음과 같다.

1. 用水路의 類型別로 費用을 對比하면(比較期間 60年) 幹線에서는 土工 및 라이닝水路의 費用이 콘크리트水路에 比하여 各各 3.1~6.4倍, 1.2~1.6倍이고, 支線에서는 各各 2.8~4.9배, 1.6~2.0배로서, 콘크리트水路가 가장 有利하고 그 다음 라이닝水路, 土工水路의 順이었다. 그리고 支線보다는 幹

線에서 콘크리트水路가 더욱 有利하였다.

2. 用水路의 類型間 損益分岐點은 土工水路와 콘크리트水路는 3年半 以內이었고, 土工水路와 라이닝水路는 10年半 以內로 나타나 콘크리트水路가 라이닝水路보다 더욱 有利하였다.

3. 用水路의 費用要因이 費用分析에 미치는 感應度는 水路損失水價가 가장 높았고, 그 다음 工事費, 改補修費, 用地費의 順位로 높게 나타났다. 따라서 用水路의 類型別 費用分析에서 이들 要因은 算定 및 推定이 重要視되어야 하겠다. 그러나 耐用年限 및 殘存價値는 感應度가 낮게 나타났다.

4. 費用要因이 2倍정도 變化하여도 費用倍率과 損益分岐點에 變化는 있으나 콘크리트水路가 가장 有利한 類型으로 나타났고, 一般地區에서도 同一한 結果를 얻을 수 있을 것으로 思料된다.

參 考 文 獻

1. 高在君·李信昊. 1983. 用水路의 類型別 經濟性 檢討. 韓國農工學會誌. 25(3) : 53-62.
2. 具滋雄·李基春·金在英·李宰泳. 1982. 灌漑用水路의 水路損失率算定에 關한 硏究. 韓國農工學會誌24(2) : 50-66.
3. 김철희·정하우·유한열. 1972. 흙수로에서의 用水損失에 關한 硏究. 韓國農工學會誌14(3) : 27-39.
4. 農林部·農工利用硏究所. 1971. 흙수로內에서의 用水損失에 關한 硏究報告書
5. ASAE, Standard : ASAE S359.1. 1982. Trapezoidal Flumes for Irrigation Flow Measurement. Agricultural Engineering Yearbook 1982, pp.542-544
6. Bandini, Alfredo, 1966. Economic Problem of Irrigation Canals : Seepage Losses. ASCE Journal of Irrigation and Drainage Div. Dec. 1966. IR 4 pp.35-37
7. Howe, Charles H., 1971. Benifit-Cost Analysis for Water System Planning, HGH Water Resources Monograph No.2 Publication Press, Inc., Baltimore, Maryland
8. Hall, W.A. and J.A. Dracup, 1970. Water Resources System Engineering, McGraw-Hill Book Co, NY.
9. James, L. Douglas and Robert R. LEE, 1971. Economics of Water Resources Planning, McGraw-Hill Book Co.
10. Davis, C. Victor and Kenneth E. Sorensen, 1969. Handbook of Applied Hydraulics. 3rd Ed. McGraw-Hill Co. Sec. 7, 33, 34, 36.
11. SCS. U.S. Department of Agriculture, 1962. SCS National Engineering Handbook. Sec. 15 Irrigation, Chap. 9
12. Thuesen, H.G., W.J. Fabrycky and G.J. Thuesen, 1977. Engineering Economy, pp. 279-289
13. U.S.B.R., 1963. Linings for Irrigation Canals.
14. U.S. Department of the Interior, 1967. Water Measurement Manual, 2nd Ed., pp.43-88, 107-135