



동진지구 김제간선 내 주요 용수지선의 흐름 특성

Flow Characteristics of Lateral Irrigation Canals Diverted from Kimje Main Canal in Dongjin Irrigation Area

최진규* · 손재권* · 김진택** · 김영주*†

Choi, Jin Kyu · Son, Jae Gwon · Kim, Jin Taek · Kim, Young Joo

ABSTRACT

The study was carried out to investigate the dimension of irrigation canal, and measure the water flow of those diverted from Kimje main canal in Dongjin irrigation area. The rating curves indicating the relationships between water level and discharge of the lateral canals were induced using the measured data with high regression coefficients of 0.957~0.999 at inlet points and 0.932~0.998 at end points, respectively. And Manning's roughness coefficients were estimated as the ranged from 0.015 to 0.074 at inlet points and 0.056 to 0.089 at end points with rectangular type of concrete open irrigation canals, the Manning's roughness coefficients of the end points were less than those values of the end points, which may be considered as the deposition of the bottom sediments.

Keywords: Dongjin irrigation area; lateral irrigation canal; water flow measurement; Manning's roughness coefficients

1. 서 론

새만금 지구는 만경강 유역과 동진강 유역으로 구분되어 있는데, 만경강 유역은 용담댐 및 금강호 유입수량과 더불어 상류역인 고산천 유역과 소양천 유역, 그리고 전주천 유역으로 이루어져 있으며, 고산면 대아리 어우보 지점에서 대간선을 통하여 농업용수 공급이 이루어지고 있다. 또한 동진강 유역은 섬진강댐에서 농업용수와 발전용수 형태의 유입수량이 도수되어 동진강 상류 하천에 방류되고 칠보 취수장에서 일부 생활용수로 취수된 후 대부분은 낙양보에서 정읍간선과 김제간선을 통하여 동진지구인 김제, 정읍, 부안지역의 농업용수로 공급되며 배수된 물은 동진제수문에서 새만금호로 유입되게 된다. 이러한 용수간선을 통한 농업용수는 관개구역별 수해면적에 따라 지점별로 용수로 취수문을 통하여 용수지선에 유입되어 주로 관개구역으로 공급되어 논 관개용수로 이용되며, 관개시스템일정에 따라 말단까지의 급수를 위하여 요일별로 구분하여 관행별 간단급수 형태를 가지게 된다.

관개시스템의 운영에 있어서 정확한 유량을 측정하는 것은 중요하며, 유량을 측정하는 구조물의 기본적인 기능은 유량을 측정하고 이를 조절하는데 있으며 (Bos et al, 1984), 일반적으로 개수로의 경우 수위는 연속적으로 수면높이를 전자파 센서를 이용하여 측정되고 있다 (KWRA, 2005). 실제로 유속측정을 통한 유량 산정에는 수로의 단면 형태와 구조물의 재질, 수량의 대소에 따라 적절한 방법을 이용하게 된다. Koo et al. (1982)은 관개지구 토공수로에서의 수로손실, 삼투손실, 관리손실 등을 실측하고, 기존의 자료와 비교·검토하여 토공수로의 특성을 분석하였으며, Joo (1985)는 논지구 토공수로의 수초밀도 증가에 따른 조도계수 변화 경향을 분석하였다. Kim et al. (2005)은 관개지역에서 용수로를 통해 공급되는 관개수량은 논 필지, 수로 상의 누수 및 증발, 하천으로의 무효방류 (bypass water)를 포함한 것으로, 무효방류는 하류지역에서의 저수량 및 수질 유지, 생태계 보전에 도움을 준다고 하였다. 또한 1 ha 논 필지구역 내 콘크리트 지거 수로에서 무효방류량/관개수량 비율을 조사하고 관개효율을 분석하였다. Lee et al. (2012)은 식생하천의 현장 실측자료를 대상으로 Manning의 조도계수를 제시하고 유량과 마찰경사에 대한 조도계수 관계식을 유도하였다. Kang et al. (2010)은 효율적인 농업용수로 시스템관리를 위해 수로의 수위 및 유량 자료를 측정하고 자료의 질적 확보와 유량 측정의 신뢰성을 높이는 방안을 제시하였다.

그러나 일부를 제외하고는 관개지구의 모든 지점별 정확한 공

* 전북대학교 농업생명과학대학 지역건설공학과, 농업과학기술연구소

** 한국농어촌공사 농어촌연구원 책임연구원

† Corresponding author Tel.: +82-63-270-2515

Fax: +82-63-270-2517

E-mail: swcejoo@hanmail.net

2012년 8월 7일 투고

2012년 8월 30일 심사완료

2012년 9월 4일 게재확정

급량은 알려져 있지 않은 상태이며, 수위가 연속적으로 측정되고 있는 지점이라도 정확한 수위-유량관계도 정립되어 있지 않아 실제로 어느 정도 이용되고 있는 지도 파악되지 못한 경우가 많다. 본 연구에서는 새만금 유역중 동진강 유역의 농업용수 주요 시설인 낙양보로부터 시작되는 김제간선에서 분기되는 주요 용수지선의 용수로를 대상으로 수로 단면 및 형태 등 용수로 현황조사를 실시하고, 각 지점에서 유속계를 이용한 유속측정과 아울러 유량을 산정하여 수위-유량관계식을 유도하고자 한다. 또한 용수로의 각 측정별 Manning 조도계수 추정 및 흐름 특성을 분석함으로써 동진강 유역의 관개지구에 대한 용수관리 기초 자료를 제공하고자 하였다. 이와 함께 김제간선에서 분기되는 주요 용수지선의 안정적인 용수공급과 관개지구의 물수지 분석 등을 통해 동진강 유역의 효율적인 농업용수 물 관리 향상을 도모하고자 한다.

II. 재료 및 방법

1. 대상지구

동진강 유역의 대부분 관개 수혜지역은 한국농어촌공사 동진지사 관할 구역으로 관내 수리시설은 저수지 125개소에 수혜면적 20,573 ha, 양수장 87개소에 수혜면적 116 ha, 취입보 24개소에 수혜면적 21 ha 등 전체 398개소로 수혜면적 21,302 ha를 가지고 있다. 동진강 주변의 관개지구는 섬진강댐 칠보 발전터널과 농업용수 취수구로부터 유입되어 상류하천에 방류된 후 일부 칠보취수장에서 생활용수로 취수된 후 길이 170 m의 낙양보로부터 정읍간선과 김제간선으로 분기되어 수혜면적 16,571 ha에 농업용수가 공급된다. 이중 김제간선은 길이 59 km, 수로 폭 22.0 m, 수로높이 2.5 m, 통수량 25 m³/s이며, 정읍간선은 길이 22 km, 수로 폭 5.0 m, 수로높이 1.8 m, 통수량 5 m³/s이다. 동진 관개지구의 물 관리 계획을 보면 모내기 4월 11일~5월 10일, 이앙기 5월 11일~6월 10일, 이앙기 이후 본답기 6월 11일~9월 20일로 농업용수 공급일정을 가지고 효율적인 물 관리를 도모하고 있다 (KRCC, 2011).

본 연구에서는 동진지구 김제간선을 따라 각 지선별 취수문 지점의 용수로 시점으로부터 각 용수지선의 말단 지점 수로구간을 대상으로 7개 지점을 조사 대상으로 하였다. 수로조사는 모내기 후 관개기간에 공급되는 시기를 대상으로 2011년 6월부터 2011년 10월까지 관개기간에 걸쳐 실시하였다. 조사 내용은 지선별 수로 제원, 수로 형태, 측정시설, 흐름 특성 등을 조사하였으며, 아울러 수위와 유량 간의 관계를 분석하였다. Fig. 1은 김제간선 내 주요 수로조사 및 유량측정 지점의 위치를 나타낸 것이고, Table 1은 조사지점에 대한 위치를 정리한 것이다.

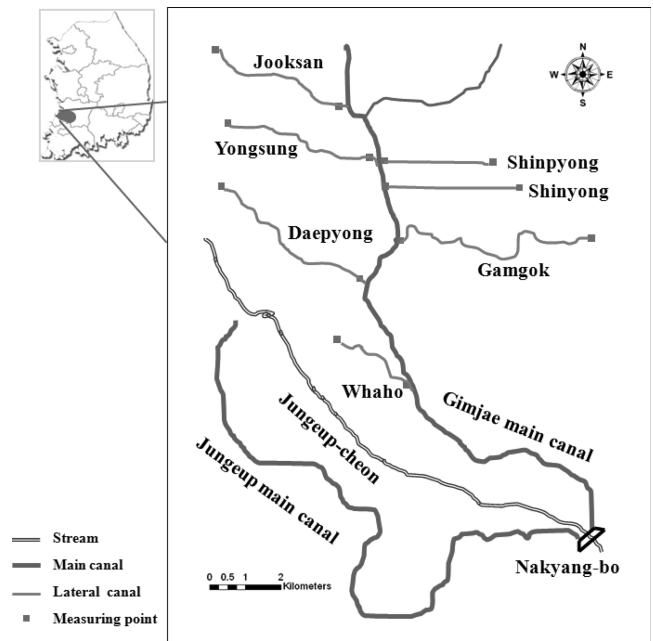


Fig. 1 Location map of surveying sites in Kimje irrigation area

Table 1 Dimension of sampling sites of discharge measurement

No	Name of canal	Length (km)	Measuring point	Code	Location
1	Whaho	(4.22)	Inlet	HH-1	Jeongeupsi Shintaeineup Yanggoiri
			End	HH-2	Jeongeupsi Shintaeineup Whahori
2	Daepyong	(5.14)	Inlet	DP-1	Jeongeupsi Shintaeineup Chungchunri
			End	DP-2	Kimjesi Jooksanmyun Yeonpori
3	Gangkok	11.8 (6.85)	Inlet	GG-1	Kimjesi Jooksanmyun Wolseungri
			End	GG-2	Kimjesi Gangokmyun Yoojungri
4	Shinyong	13.3 (4.00)	Inlet	SY-1	Kimjesi Booryangmyun Shinyongri
			End	SY-2	Kimjesi Booryangmyun Sampyongri
5	Shinpyong	(3.40)	Inlet	SP-1	Kimjesi Booryangmyun Shinyongri
			End	SP-2	Kimjesi Booryangmyun Sampyongri
6	Yongsung	13.9 (4.71)	Inlet	YS-1	Kimjesi Booryangmyun Yongseongri
			End	YS-2	Kimjesi Jooksanmyun Shinheungri
7	Jooksan	15.8 (4.85)	Inlet	JS-1	Kimjesi Jooksanmyun Hongsanri
			End	JS-2	Kimjesi Jooksanmyun Jooksanri

() Canal distance between inlet and end points of each lateral canal

2. 용수로 조사 및 유량측정

가. 용수로 조사

본 연구의 조사대상인 동진 관개지구에는 용수간선과 많은 용수지선이 위치하여 김제, 부안, 정읍지역의 수혜지구에 관개용수를 공급하고 있으며, 이들 지역의 주요 용수지선 지점을 대상으

로 수로조사와 유량측정을 실시하였다 (Table 1). 본 조사에서 측정범위는 한국농어촌공사 관할구역인 동진지사 관내 김제간선으로부터 분기되는 화호지선 등 7개 용수지선의 시점 및 말단 지점을 주요 조사지점으로 하였다.

수로의 형태 및 종류에서 수로 구분은 용수지선 등으로 분류하였고, 위치 특성으로는 용수지선 시점부와 종점부 (말단), 교량 유무, 취입 형태 등을 조사하였으며, 수로의 단면 형식 (직사각형, 사다리꼴, 원형), 수로 재료 (콘크리트, 라이닝, 흙 등)를 조사하였다. 또한, 기존 관측시설은 수위표 및 수위계 (TM/TC) 유무를 조사하였다. 단면 측정 방법은 수로의 폭, 깊이, 수심 등을 스태프 (staff), 줄자, 측량기를 이용하여 측정하였고, 일정 거리에 따른 수로바닥경사를 산정하였다.

나. 유속측정 및 유량 산정

일반적으로 유속측정을 위한 수심측선 및 유속측선의 간격은 Table 2에서와 같이 수면폭의 1/10 정도를 기준으로 하나 (KWRA, 2005), 수로단면 형태가 일정한 콘크리트 수로인 점을 고려하여 3개 측선을 기본으로 하였다. 유속측정 방법에서 유속측정 위치는 지선용수로의 경우 대부분이 1 m 이하의 수심을 유지하므로 수로 수심이 50 cm 이하인 경우 1점법, 50 cm 이상에서는 2점법을 사용하였다.

1점법 $V_m = V_{0.6}$ (1)

2점법 $V_m = \frac{1}{2} (V_{0.2} + V_{0.8})$ (2)

3점법 $V_m = \frac{1}{4} (V_{0.2} + 2V_{0.6} + V_{0.8})$ (3)

여기서, V_m 은 평균유속 (m/s)이며, $V_{0.2}$, $V_{0.6}$, $V_{0.8}$ 은 각각 수면으로부터 20, 60, 80 % 지점의 유속이다.

한편, 유속측정을 위한 유속측정 기기는 프로펠라형 전자유속

Table 2 Measuring interval with water surface width (KWRA, 2005)

Water surface width (m)	Measuring interval (m)	Velocity measuring interval (m)
Less than 10	10~15 % of water surface width	10~15 % of water surface width
10~20	1	2
20~40	2	4

계 (BFM001, BFM002, Valeport UK)를 사용하였다. 유속측정에 의한 유량산정은 수위측정에서 얻어지는 구간별 유수단면적 A (m^3)와 평균유속 V (m/sec) 측정값을 곱하여 유량 Q (m^3/s)을 산정하였다. 즉, 수로의 횡단면과 그 단면을 통과하는 물의 유속을 측정한 후 이를 곱하여 산정하였다. 또한, 수위-유량관계는 측정된 수위 및 유량 자료를 이용하여 최소자승법 (least square method)에 의하여 수위-유량식 (rating curve)을 유도하였다. 또한, 용수로의 바닥경사와 측정된 유량을 이용하여 콘크리트 용수로에서의 각 지선별 측정에서의 Manning 조도계수를 추정하였다.

$$Q = a(H+b)^n, \tag{4}$$

$$V = \frac{1}{n} R^{2/3} S^{1/2}, Q = A \cdot V \tag{5}$$

여기서, Q 는 유량, H 는 수위이며, a , b , n 은 상수이다. V 는 평균유속, n 은 조도계수, R 은 경심, S 는 수로경사이며, A 는 단면적이다.

3. 용수지선 흐름 특성

논 관개수의 사용량이 80 % 이상이 되는 농촌용수는 이용량에 대한 정확한 분석이 필요하고, 이를 위해서는 각 수로에서의 유속 측정과 수위-유량 관계에 대한 분석으로부터 시작된다. 수자원의 효율적인 배분 및 관리를 위해서도 기본적으로 수문자료의 기초가 되는 신뢰성 있는 유량자료의 획득이 중요하다.

본 조사에서 측정범위는 한국농어촌공사 관할구역인 동진지사 관내 김제간선으로부터 분기되는 대평지선 등 7개 용수지선을 대상으로 용수지선 시점 및 말단부 지점을 주요 조사지점으로 하여, 각 지선별 수위와 유량측정 결과, 관개용수 공급 양상, 그리고 Manning 조도계수 등의 결과를 이용하여 지선 용수로에서의 흐름 특성을 분석하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 측정지점의 일반 특성

전북 정읍시 태인면 낙양보에서 시작되는 동진지구 김제간선으로부터 분기되는 용수지선인 각 지점은 모두 직사각형 콘크리트 개거 수로로 되어 있으며, 각 지선 용수로의 측정 지점별 수로 폭과 높이 등 수로특성을 보면 Table 3 과 같다. 신용지선을 제외하고는 대부분의 지선 용수로 도수 시점부에 음파식 수위계

(water level gage, WLG)와 수위표 (water level stage, WLS)가 설치되어 연속적인 수위 자료가 측정되고 있어 물 관리의 효율성을 높이는데 이용되고 있다.

이중 화호지선, 대평지선 및 감곡지선이 분기되는 김제간선 분기점에는 TM/TC 및 CCTV가 설치되어 있으며, 반면에 측정 지점으로 선정할 말단 지점에는 모두 수위계와 수위표가 없다. 화호지선 말단지점에는 바닥에 토사가 일부 퇴적되어 있고 수초 문제로 유량의 흐름은 약한 상태로 정체되기 쉬운 상태이며, 말단 교량 지점에서 지기로 분기되는 수량이 있다. 대평지선의 경우 지선용수로 말단 부근은 흐름이 정체되는 경우가 많고, 말단에 제수문이 운영되고 있으며, 말단지점 전에 보조양수장인 연화양수장에서 일부 용수가 공급되고 있다. 감곡지선 말단 지점에는 방수문 개폐여부에 의해 정체되는 현상이 발생하고 있으며, 신용지선 말단 지점의 경우 눈에 공급하고 남은 수량은 하류의 배수하천으로 방류하며, 수로 말단까지 도달되는 수량은 적었다. 신

평지선 말단 부분에는 말단에 도달하는 수량이 상대적으로 적으며, 남은 잉여수량은 배수하천으로 방류되고 있고, 용성지선 말단 지점에는 흐름이 정체되는 경우가 많으며 잠관을 통해서 역류하는 현상이 발생하며, 용성지선 말단 유량 산정시 보충양수장에서 역으로 관개되는 양수량에 대한 검토가 필요한 것으로 보여지며, 죽산지선 말단 지점에는 말단부에 제수문이 있다.

2. 수로단면 형태

현장조사를 통하여 측정지점에 대한 용수로 단면을 조사한 결과 수로 폭을 보면, 각 용수지선의 시점부는 1.5~5.0 m, 중간 및 말단부에서는 1.2~5.0 m를 나타내었으며, 지선수로에서의 용수로 높이는 1.2~5.0 m로 조사되었다. 조사 대상 지선용수로 시점부를 보면 용성지선의 단면이 시점부의 폭과 높이가 각각 5.0 m 및 1.5 m로 수로단면이 가장 크고, 신평지선의 폭과 높이는 각각 1.5 m 및 1.2 m로 가장 작았다. 말단지점에서는 감곡지선의 폭과 높이가 각각 5.0 m 및 1.2 m로 폭이 약간 넓어진 반면 높이가 작아진 것을 제외하고 대부분의 수로 폭은 좁아지고 높이도 같거나 작아진 것으로 조사되었다. 이는 용수로를 통해 관개구역으로 관개용수가 공급되면서 필요 수량이 하류 측으로 갈수록 줄어들면서 용수로의 용량도 이에 맞도록 설계하였기 때문이다. 또한 지선 용수로 구간 100 m를 기준으로 하여 측정된 용수로 바닥 경사는 시점부와 말단 지점에서 모두 0.0002 (1/5,000)로 완만하게 일정한 것으로 조사되었으며, 시점부에서의 흐름은 전반적으로 원활한 흐름을 나타내었다.

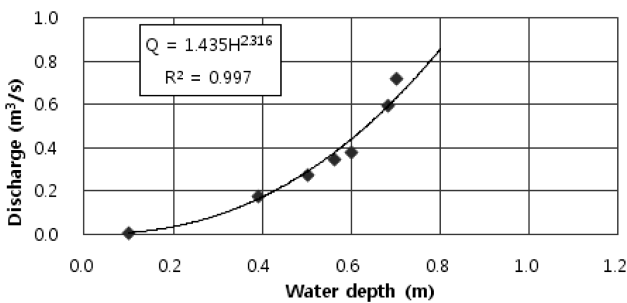
Table 3 Dimensions of irrigation canals

No	Name of canal	Measuring point	Dimensions		Bottom slope	WLG	WLS
			W (m)	H (m)			
1	Whaho	inlet	2.5	1.2	0.0002	○	○
		End	2.5	1.0	0.0002		
2	Daepyoung	inlet	3.4	1.4	0.0002	○	○
		End	2.5	1.4	0.0002		
3	Gangok	inlet	4.8	1.8	0.0002	○	○
		End	5.0	1.2	0.00025		
4	Shinyong	inlet	1.8	1.2	0.0002		
		End	1.8	1.2	0.0002		
5	Shinpyong	inlet	1.5	1.2	0.0002	○	○
		End	1.2	1.0	0.0002		
6	Yongsung	inlet	5.0	1.5	0.0002	○	○
		End	4.0	1.2	0.0002		
7	Jooksan	inlet	4.0	1.5	0.0002	○	
		End	3.0	1.4	0.0002		

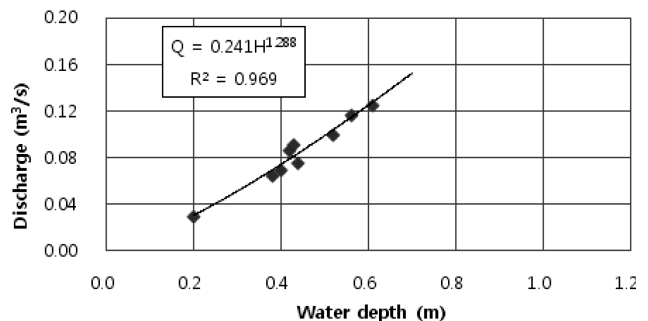
* WLG: water level gage, WLS: water level stage

3. 수위-유량 관계

수위와 유속측정 자료를 이용한 유량산정에 있어 수위-유량관계식의 허용오차가 일본의 경우 10 % 이내이고, 미국의 경우는 8 % 이내로 보고 있지만 우리나라의 경우 정확성이 많이 미흡하다고 볼 수 있다 (Han et al., 2011). 여기서는 동진지구 김제간선 내의 용수지선인 각 측정지점의 수위-유량관계를 분석하였



(a) inlet point (HH-1)



(b) end point (HH-2)

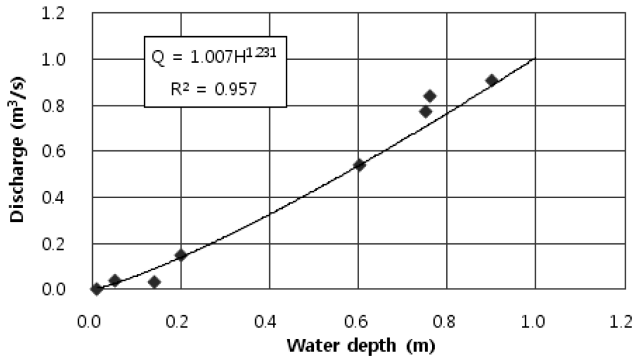
Fig. 2 Rating curves of inlet and end point within Wha-ho canal

으며, Fig. 2~8은 각 지점별 측정 자료를 이용하여 식 (6)과 같은 멱급수 형태로 유된 수위-유량 관계를 나타낸 것이다. 산정된 수위-유량식과 회귀계수 (R^2)는 도수 시점부의 경우 신평지선 $Q = 1.007H^{1.231}$ ($R^2 = 0.957$)에서 대평지선 $Q = 3.184H^{1.518}$ ($R^2 = 0.999$)의 범위였으며, 말단 지점에서는 신평지선 $Q = 0.237H^{2.057}$ ($R^2 = 0.932$)에서 죽산지선 $Q = 0.426H^{1.307}$ ($R^2 = 0.998$)의 범위로 양호한 상관성을 나타내었다. 다만 감곡지선의

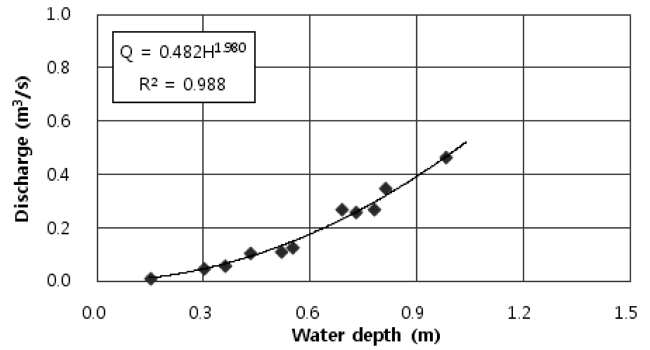
말단 지점에서 방수문의 영향으로 흐름이 느린 경향을 나타내었으며, 방수문의 배수효과 (backwater effect)가 측정지점의 유속에 영향을 미치는 것으로 보여 진다.

$$Q = aH^n \quad (6)$$

여기서, H는 수위이며, a, n은 상수이다.

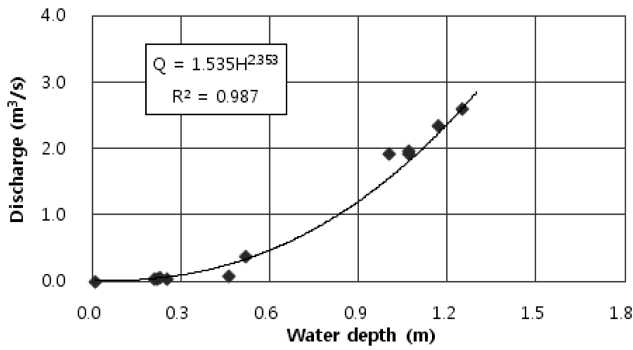


(a) inlet point (DP-1)

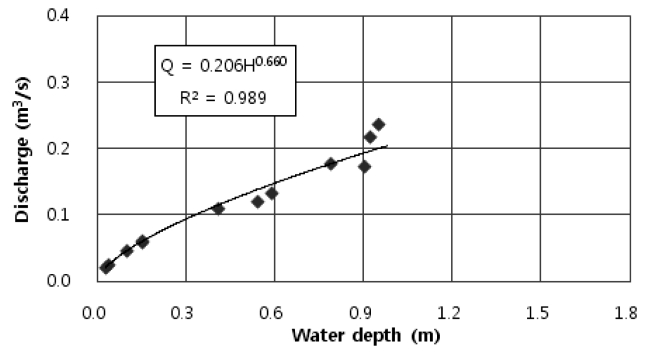


(b) end point (DP-2)

Fig. 3 Rating curves of inlet and end point within Daepyong canal

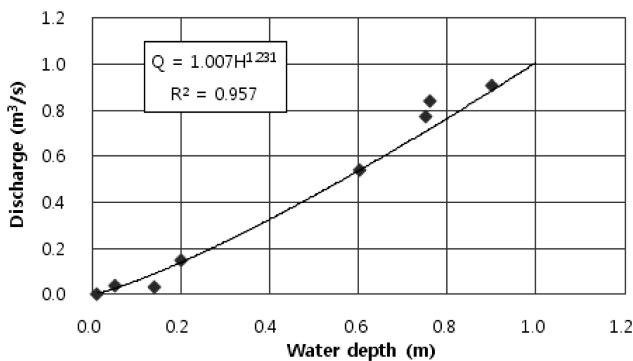


(a) inlet point (GG-1)

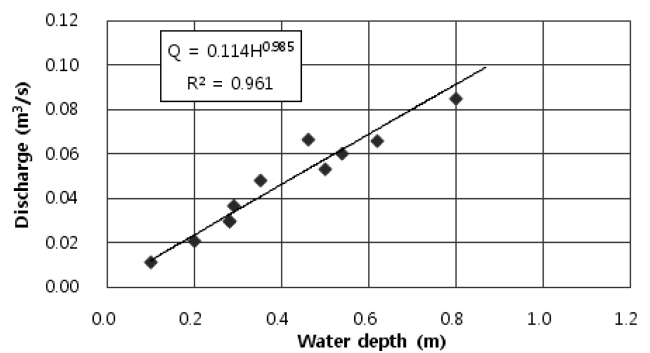


(b) end point (GG-2)

Fig. 4 Rating curves of inlet and end point within Gamgok canal



(a) inlet point (SY-1)



(b) end point (SY-2)

Fig. 5 Rating curves of inlet and end point within Shinyong canal

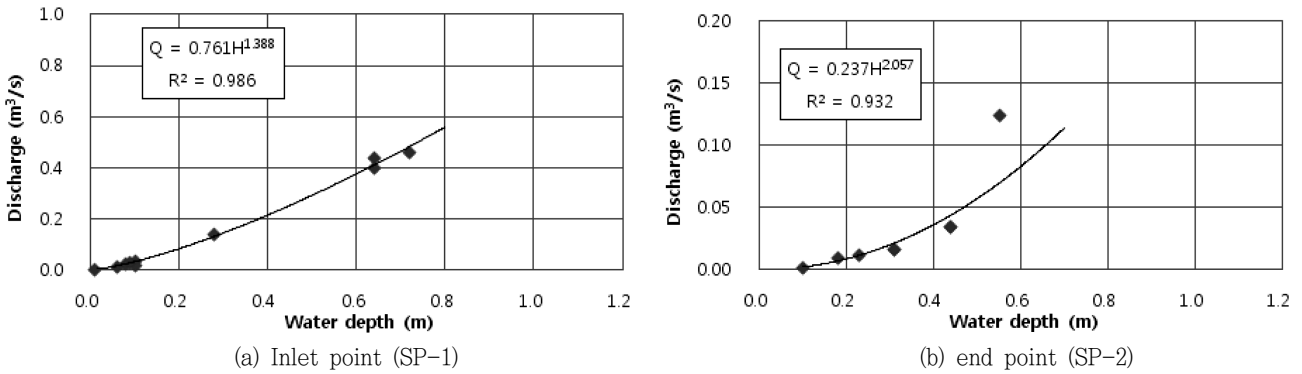


Fig. 6 Rating curves of inlet and end point within Shinpyong canal

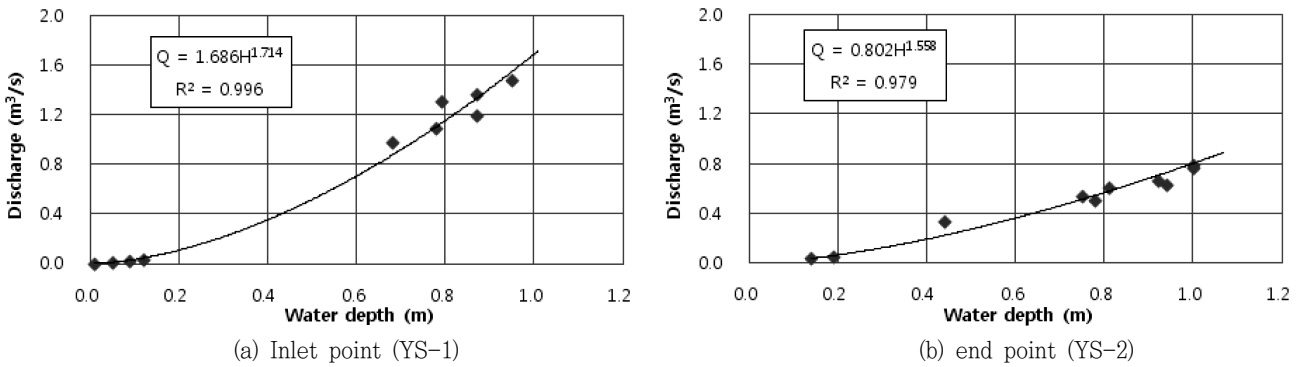


Fig. 7 Rating curves of inlet and end point within Yongsung canal

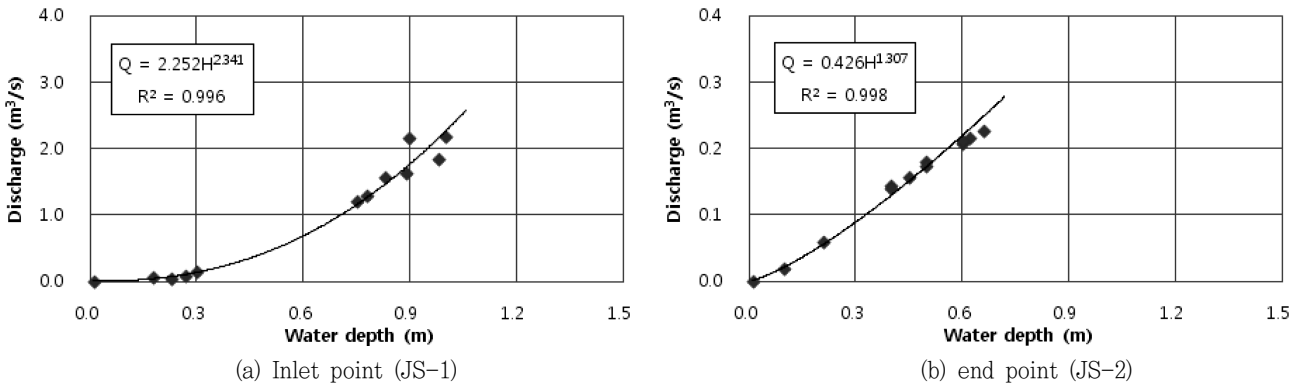


Fig. 8 Rating curves of inlet and end within Jooksan canal

4. Manning의 조도계수 추정

일반적으로 식생하천에서 조도계수의 경험적인 결정 방법은 사 진이용방법 (Chow, 1959), Cowan (1956)에 의해 제시된 USGS 방법, ASCE 방법 (ASCE, 1963), 직접측정방법, Manning의 조도계수표를 이용하는 방법 (Chow, 1959) 등이 있다 (Lee et al., 2012).

한편, 콘크리트 수로의 Manning 조도계수 값은 콘크리트 수로가 신형의 경우에는 0.012~0.016, 구형은 0.016~0.020을

사용하기도 하며, 일반적으로 0.014~0.020 범위의 값을 사용한다 (KWRA, 2005). 여기서는 식 (5)와 Table 3의 조사결과를 기본으로 하여 Manning의 조도계수를 추정하였으며, 그 결과는 Table 4에 정리하였다. Table 4에 나타난 각 측정별 추정 Manning의 조도계수를 보면 용수지선별로 약간의 차이를 나타내고 있다. 시점부에서는 감곡지선을 제외하고 하천설계기준치보다 약간씩 크지만 비교적 일반 콘크리트 수로의 기준치와 비슷한 값을 보여주고 있다. 반면 중간 또는 말단 지점에서 추정

Table 4 Estimation of Manning's roughness coefficients

No	Canal name	Manning's n (mean)	
		Inlet	End
1	Whaho	0.020~0.035 (0.029)	0.077~0.096 (0.089)
2	Daepyung	0.013~0.017 (0.015)	0.050~0.082 (0.068)
3	Gangok	0.028~0.197 (0.074)	0.013~0.171 (0.070)
4	Shinyong	0.004~0.029 (0.016)	0.007~0.135 (0.088)
5	Shinpyung	0.011~0.025 (0.016)	0.033~0.112 (0.087)
6	Yongsung	0.025~0.052 (0.033)	0.038~0.068 (0.056)
7	Jooksan	0.017~0.091 (0.037)	0.045~0.072 (0.074)

된 조도계수 값은 일반적인 값보다 큰 경향을 뚜렷하게 보여주고 있다. 이는 상대적으로 시점부보다 유량이 적고 하류측으로 갈수록 유속이 느려짐에 따라 멀리 떨어진 말단수로의 경우 조금씩 토사가 바닥에 쌓이게 된다. 이로 인한 영향으로 흐름이 완만해지고 수로바닥에는 수초가 자라게 되며 또한 하류부의 방수문이 있는 경우에는 배수 (backwater) 등의 영향에 기인하는 것으로 사료된다.

Manning 공식에 의한 유량 산정은 조도계수 값의 결정이 중요한데 조도계수는 평균유속, 흐름 저항, 식생 상태, 하상의 변화 등에 의한 흐름 특성을 규명하는 중요한 물리적 요소이다. 여기서 추정된 조도계수 값은 시간이 지나 새것이 아닌 콘크리트 수로에서의 용수량 설계 및 용수공급을 위한 관개계획을 수립하는 데 있어 기초자료로 활용될 수 있을 것이다.

5. 급수패턴과 용수로 흐름 특성

한국농어촌공사에서는 해마다 기존 기상조건 및 농업용수 공급량 자료를 분석하여 계획년도 관개지구의 용수공급 계획을 수

립하여 효율적인 물 관리를 도모하고 있다. Table 5는 한국농어촌공사 동진지사가 관리하고 있는 수리시설물 중 취입보에서의 2011년도 생육기별 필요수심 및 용수공급 계획표를 나타낸 것이다. 일별 필요수심은 생육기별 필요수심을 생육기간으로 나누는 개략적인 일평균 필요수심을 계산한 것이다. 또한 위와 같은 공급일정을 기준으로 하고 있지만 말단까지의 원활한 용수공급을 위하여 관개지역을 상류부와 하류부로 구분하여 요일별 급수를 하고 있으며, 필요시 관개구역에 따라 공급하기도 한다. Fig. 9는 각 생육기별 필요수심의 공급패턴을 나타낸 것이다.

각 용수지선 시점부에서 도수된 유량을 용수지선별 관개면적과의 관계를 비교하기 위해, 2011년 측정된 유량 자료 중에서 본담기의 최대 취수량을 대상으로 각 지선별 시점부의 평균단위용수량으로 계산한 결과 화호지선 7/21일 857 ha, 대평지선 7/21일 5,084 ha, 감곡지선 7/29일 2,284 ha, 신용지선 8/22일 920 ha, 신평지선 8/26일 464 ha, 용성지선 8/26일 1,489

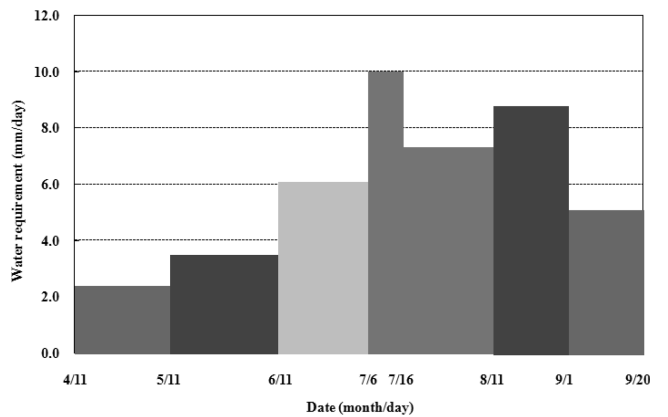


Fig. 9 Irrigation scheduling in Dongjin benefit area

Table 5 Irrigation scheduling by diversion weir (KRCC, 2011)

Growing period	Total	Seed bed stage	Paddy field stage					
		Seed bed setting & Water supply	Transplanting stage	Effective tillering stage	Ineffective tillering stage	Panicle formation stage	Heading stage	Grain filling stage
						Booting stage	Early grain filling stage	
	4.11-9.20 (174 days)	4.11-5.10 (40 days)	5.11-6.10 (31 days)	6.11-7.5 (26 days)	7.6-7.15 (10 days)	7.16-8.10 (26 days)	8.11-8.31 (21 days)	9.1-9.20 (20 days)
Water level requirement (mm)	919 (100)	92 (10.0)	105 (11.4)	156 (17.0)	99 (10.8)	189 (20.6)	180 (19.6)	99 (10.8)
Daily mean water level requirement (mm/d)	5.3	2.3	3.4	6.0	9.9	7.3	8.6	5.0
Average unit water requirement (m ³ /s/ha)	0.00061	0.00027	0.00039	0.00069	0.00115	0.00084	0.00099	0.00057

ha, 죽산지선 7/19일 2,598 ha의 관개면적에 해당하는 농업용수가 공급된 것으로 볼 수 있다.

IV. 요약 및 결론

본 연구에서는 동진지사 관내 김제간선으로부터 분기되는 7개의 주요 용수지선을 대상으로 각 지선의 시점 및 말단부 지점의 수로단면 형태 및 제원, 기존 측정시설 유무를 조사하고, 각 지점의 수위-유량을 측정하여 이를 분석하였다. 주요 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 현장조사를 통하여 대상 용수로 단면을 조사한 결과 수로의 폭에서 각 용수지선의 시점부는 1.5~5.0 m, 중간 및 말단부는 1.2~5.0 m를 나타내었으며, 지선수로의 용수로 높이는 1.2~5.0 m로 조사되었으며, 하류측으로 갈수록 대부분의 경우 수로 폭은 좁아지고 높이도 같거나 작아진 것으로 조사되었다.

2. 지선 용수로 구간에서 측정된 용수로 바닥 경사는 시점부와 말단 지점에서 모두 0.0002로 완만하게 일정한 것으로 조사되었으며, 시점부에서의 흐름은 전반적으로 원활한 흐름을 나타내었다.

3. 김제간선 내의 용수지선인 각 측정지점의 수위-유량식(rating curve)을 유도하였다. 산정된 회귀계수 (R^2)는 도수 시점부의 경우 0.9572~0.9991의 범위였으며, 말단 지점은 0.9316~0.9982의 범위로 양호한 상관성을 나타내었다. 다만 감곡지선의 말단 지점은 방수문의 영향으로 흐름이 느린 경향을 나타내었으며, 방수문의 배수효과(backwater effect)가 측정지점의 유속에 영향을 미치는 것으로 보여진다.

4. 각 측정별 추정 Manning의 조도계수를 보면 용수지선별로 약간의 차이는 있으나, 시점부에서는 평균 0.015~0.074, 말단부 지점에서는 평균 0.056~0.089로 추정되었다. 시점부에서는 비교적 일반 콘크리트 수로의 기준치와 비슷한 값을 보여준 반면, 중간 또는 말단 지점에서 산정된 조도계수는 상대적으로 큰 경향을 나타내었다. 이는 하류측으로 갈수록 유량이 적어지고 유속이 느려져 수로 바닥에 토사의 퇴적과 수초의 생장, 그리고 말단부의 방수문 등에 기인하는 것으로 사료된다.

5. 조사기간에 측정된 유량 자료중 본답기의 최대 취수량을 대상으로 각 지선별 시점부의 평균단위용수량으로 변환하여 공급 가능 관개면적을 산정한 결과, 화호지선 857 ha, 대평지선 5,84 ha, 감곡지선 2,284 ha, 신흥지선 920 ha, 신평지선 464 ha, 용성지선 1,489 ha, 죽산지선 2,598 ha에 공급할 수 있는 관개수량이 유입된 것으로 볼 수 있다.

본 연구는 한국농어촌공사 농어촌연구원의 “시범지구 수로 유속측정 및 수위-유량 관계 분석” 과제의 연구비 지원으로 수행되었습니다.

REFERENCES

1. ASCE, 1963. Friction factors in open channels, *J. Hydraulic Div.* 89(2): 97-143.
2. Bos, M. G., J. A. Replogle and A. J. Clemmens, 1984. Flow Measuring Flumes for Open Channel Systems, John Wiley & Sons, New York.
3. Chow, V. T., 1959. Open Channel Hydraulics, McGraw-Hill Co.: 109-123.
4. Cowan, W. L., 1956. Estimating hydraulic roughness coefficient, *Agric. Eng.* 37(7): 473-475.
5. Han, K. H., J. T. Kim, S. T. Oh, S. J. Maeng and T. W. Kim, 2011. A comparison of discharge calculation between Manning equation and rating curve in agricultural channel, The 2011 KSAE Annual Conference: 9 (in Korean).
6. Jensen, M. E., 1983. Design and Operation of Farm Irrigation Systems, ASAE Monograph No.3, ASAE: 317-332.
7. Joo, S. H., 1985. Field Evaluation of Water Delivery Losses and Conveyances in Earth Canals on Farm Irrigation Systems, Master's Degree thesis (Seoul National University).
8. Kang, M. G., Kim, J. T. and H. S. Jeong, 2010. Efficient management of agricultural canal system through quality management of water level and water quantity data. *Magazine of the Korean Society of Agricultural Engineers (Rural Resources)* 52(2): 87-96 (in Korean).
9. Kim, J. S., S. Y. Oh, K. Y. Oh and J. W. Cho, 2005. Delivery management water requirement for irrigation ditches associated with large-sized paddy plots in Korea. *Paddy and Water Environment* 3(1): 57-62.
10. Koo, J. W., K. C. Lee, J. Y. Kim and J. Y. Lee, 1982. A study on the estimation of water loss rates in irrigation canals. *Journal of the Korean Society of Agricultural Engineers* 24(2): 56-66 (in Korean).
11. Korea Rural Community Corporation (KRCC)·Dongjin District Office, 2011, Water Resource Management Plan in 2011.
12. Korea Water Resources Association (KWRA), 2005. Stream Design Standards and Explanation: 56-66 (in Korean).

13. Lee, J. S., P. Y. Julien, J. H. Kim and T. W. Lee, 2012. Derivation of roughness coefficients relationships using field data in vegetated rivers. *Journal of Korea Water Resources Association* 45(2): 137-149 (in Korean).