

Step method 프로그램을 이용한 orifice 분배수로의 최적 설계에 관한 연구

Optimal Design of Orifice typed Distribution Channel using Step Method Program

박노석* · 박상철 · 김성수 · 이선주 · 정남정

No-Suk Park* · Sangcheol Park · Sung-soo Kim · Seonjoo Lee · Nam-Jeong Jeong

한국수자원공사, 수자원연구원

(2006년 6월 19일 논문 접수; 2006년 9월 26일 최종 수정논문 채택)

Abstract

This study conducted to optimize the design and operation of orifice typed distribution channels which were generally constructed to link the rapid mixing process and flocculation/sedimentation basin. To accomplish the goal of this study, programming step method using FORTRAN 90, was applied to simulate the performance of existing distribution channel in the selected S DWTP (Drinking Water Treatment Plant). The proposed step method program was validated in terms of the feasibility with comparison between the measurement and prediction value in each orifice. From the evaluation results of the current conditions with the design and operation, it was revealed that the existing gradient of the tapered channel is not appropriate. Also, we suggested that in the case of the inlet width being 3.5m, reducing the downstream width by about 0.5m would make more equitable distribution flow in the channel. Consequently, dealing with various conditions of the design and operation with distribution channel, we could conclude that for the parallel typed channel, as the width is wider and the diameter of orifice is smaller, the more equitable distribution occur. In addition, the inlet flowrate and the number of orifice can affect the flow velocity in the channel.

Key words: distribution channel, step method, equitable distribution

주제어: 분배수로, step method, 균등분배

1. 서 론

정수처리에서 분배수로로부터 응집지로의 유량 분

배는 플록의 성장 거동 및 응집·침전 효율에 큰 영향을 미치는 주요 설계요소 중의 하나이다. 만일 분배수로에서 응집지로의 유입유량이 균등하지 못할 경우, 병렬 설치된 각 응집지의 체류시간이 상이할 뿐

*Corresponding author Tel: +82-42-860-0390, Fax: +82-42-860-0399, E-mail: nspark@kowaco.or.kr (Park, N.S.)

만 아니라 응집지와 일체로 설치되는 침전지의 체류 시간에도 영향을 미치게 된다. 유량이 적게 유입되는 지에서는 지내 유속이 느려지고 체류시간이 길어지게 되어 슬러지 퇴적 등이 발생할 수 있으며, 반면 유량이 많이 유입되는 지는 통과유속이 빨라져 체류시간이 단축됨으로써 플러의 파괴 또는 침전 슬러지의 재부상 등을 유발시킬 수 있다.

분배수로 설계 시에는 기본적으로 유입부 구조, 수로의 단면 형상 및 길이, 유출부 구조의 크기와 형상 등 다양한 설계 인자들이 고려되어야 한다. 그러나 실제 분배수로내의 복잡한 유동 현상을 정확히 파악하기는 매우 어렵기 때문에 최근까지도 분배수로 설계는 기본적인 유체역학 이론과 경험에 의한 자료를 토대로 이루어지고 있는 실정이다. 대부분의 수리구조물은 형상의 복잡성으로 인하여 일반화된 식을 만들 수 없고 특히, 분배수로 내에서의 유동은 난류가 존재하는 3차원 유동을 보이고 있기 때문에 이를 1차원 시간의 함수로 해석하거나 또는 2차원 shallow water theory를 사용하는 code로 해석할 경우 그 결과는 실제현상과 비교할 때 오차가 발생할 수 있다(백홍기, 2003)(박노석 등, 2004).

이와 같이 분배수로 내 유동해석 방법의 차이에 의한 유량 불균등 발생이외에 이론적 모델에서의 가정 조건과 실제 설계구조상의 상이에서 초래되는 문제점도 있다. 현재까지 분배수로의 설계에 있어서는 Chao와 Trussel이 제안한 Correction Step Method를 널리 사용하고 있으며(Chao와 Trussel, 1980), 이 방법은 각 오리피스에서의 흐름 특성을 하류에서 흐름이 개수로로 유입되는 상류방향으로 분배수로의 폭을 확대 시킴으로써 제어하는 방안으로, 폭의 확대에 따라 발생하는 수위저하는 Froude number를 충분히 작게 하여 모든 위어의 유량계수가 거의 동일하게 유지될 수 있도록 하는 방안이다. 이들은 이후에도 분배수로에서의 불균등 분배를 최소화하기 위하여 위어 수위 변화 방법(changing the weir elevation), 수로폭 체감방안(tapering channel)을 제안하였다(Larry 등, 1984).

그러나 분배수로의 최적설계를 위해 Step Method를 사용하는데 있어서는 trial and error method를 이용함에 상당한 시간과 노력이 요구되어진다. 정수장내 각각의 단위공정의 최적 설계는 이미 어느 정도 축적된 기술을 기반으로 행해지고 있으나 공정 간을 연결

하는 수로의 경우에는 잘못된 설계가 효율에 미치는 영향이 이제까지 간과되어 온지라 주의가 기울여지지 않은 것이 사실이다. 이에 최근까지 기존 정수장에서 분배수로를 설계할 때 직선형 분배수로를 설계하거나, 명확한 근거가 없는 점감식 분배수로를 설계하여 불균등한 유량 분배문제가 상시 내재되어왔다.

이에 본 연구에서는 기존 정수장 대부분에 설치되어 있는 혼화지와 응집지사이의 오리피스를 통해 유량을 분배하는 수로의 최적 설계를 위해 이용하는 Step method의 단점을 보완하고자 이를 프로그램화하여 시간과 노력의 투자 없이 많은 시나리오를 모의하여 최적의 점감식 분배수로의 형상을 도출하고자 하였다. 이에 대상 정수장(S_정수장)을 선정하여 이미 기존에 설치되어 있는 분배수로의 적절성을 평가하고, 최적의 설계안을 제안하였다.

2. Step Method

일반적으로 혼화지와 응집지를 연결하는 개수로형의 분배수로는 하부의 오리피스를 통해 각 1단의 응집지로 물이 분배되어진다(Fig. 1 참조). 참고로 그림 1은 본 연구에서 대상 정수장으로 선정한 S 정수장의 분배수로와 침전지의 개략도를 나타낸 것이다. 혼화지에서 유출된 유출수는 대칭으로 8지의 침전지에, 각 지마다 3개의 오리피스를 통해, 총 24개의 오리피스를 통해 응집지 및 침전지로 유량이 분배되고 있다.

Step method는 다음과 같은 절차에 의해 계산되어진다.

- ① 침전지에서 유출되는 수위(EL2), 분배수로에서의 수위(EL1) 설정한다.
- ② 설계하는 오리피스의 간격(OD), 오리피스의 직경(D), 분배수로의 폭($W_U(K)$), 총 유입량(Q_D) 설정한다.
- ③ 모든 침전지로의 유량 분배가 동일하다고 가정하고 유출 위어의 수두를 계산한다.

$$H(NP) = \frac{Q_P(NP)^{2/3}}{C_W^{2/3} \times W_W^{2/3}} \quad \text{식(1)}$$

여기서, $H(NP)$: NP번째 침전지 유출 위어에서의 수두

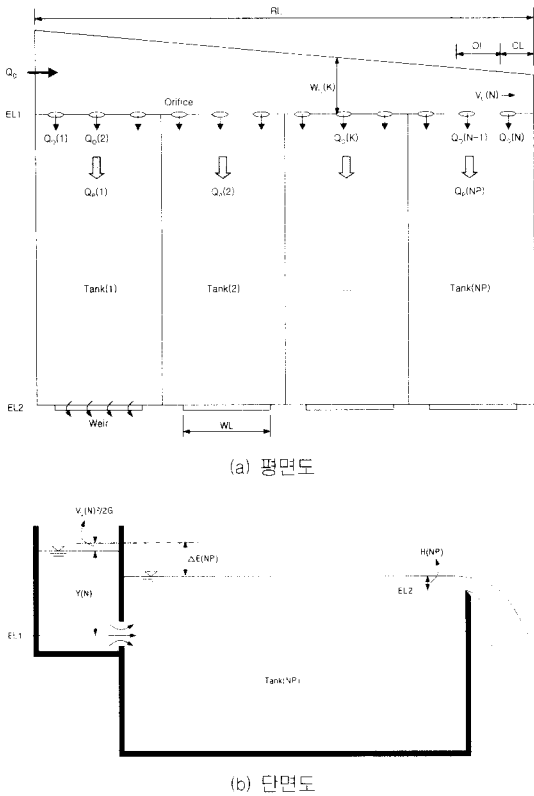


Fig. 1. 분배수로 및 침전지의 개략도(S_정수장).

- C_W : 위어 계수, 예연 위어의 경우에는 3.33으로 가정
- L_W : 위어의 길이
- Q_p : 각 침전지를 통과하는 유량
- NP : 침전지의 개수

④ 분배수로의 하류 끝단에서부터 상류 시작점까지 오리피스 통과 유량을 가정한다.

$$Q_o(N) = \frac{Q_D}{N} \quad \text{식(2)}$$

- 여기서, $Q_o(N)$: N 번째 오리피스 통과 유량
- Q_D : 실제 유입 유량
- N : 오리피스의 개수

⑤ N 번째 오리피스 상류쪽 수심을 가정하고 유속을 계산한다.
- 상류쪽 수심 가정

$$Y(N) = B$$

여기서, $Y(N)$: N 번째 오리피스 상류쪽 분배수로 수심

B : 초기 수심 가정치

- 상류쪽 유속 계산

$$V_U(N) = \frac{Q_o(N)}{W_U(N) \times Y(N)}$$

여기서, $V_U(N)$: N 번째 오리피스 상류쪽 유속

$W_U(N)$: N 번째 오리피스 상류쪽 분배수로 폭

- 상류쪽 Froude수 계산

$$F_U(N) = \frac{V_U(N)}{\sqrt{G \times Y(N)}}$$

여기서, G : 중력 가속도

- 유량 계수 계산

$$C_D(N) = 0.611 - 0.29 \times F_U(N)^2$$

여기서, $C_D(N)$: N 번째 오리피스의 유출 계수

- N 번째 오리피스 통과 유량 계산

$$Q_{oc}(N) = C_D(N) A \sqrt{2G(\Delta E(NP))}$$

여기서, $Q_{oc}(N)$: N 번째 오리피스의 계산된 통과 유량

A : 오리피스 면적

$\Delta E(NP)$: 분배수로와 NP 번째 침전지의 비에너지 차

$$\Delta E(NP) = \left(EL_1 + Y(N) + \frac{V_U(N)^2}{2G} \right) - (EL_2 + H(NP))$$

※ 침전지에서의 속도수두는 0으로 가정

- $Q_{oc}(N)$ 와 $Q_o(N)$ 의 비교

$$\Delta Q = |Q_{oc}(N) - Q_o(N)|$$

여기서, ΔQ 가 어떤 기준보다 크면 가정한 수심을 변화

($Q_{oc}(N) > Q_o(N)$ 이면, $Y(N)$ 을 감소, $Q_{oc}(N) <$

$Q_o(N)$ 이면, $Y(N)$ 을 증가)

- N 번째 오리피스 상류쪽에서의 비에너지(E)가 전

분배수로에 걸쳐 일정하다고 가정하므로 사용될 E를 계산

$$E = Y(N) + \frac{V_U(N)^2}{2G}$$

- ΔQ가 기준치 보다 작으면 그 다음 상류의 오리피스로 이동

⑥ 그 다음 상류(K번째)의 오리피스의 유속 및 유량 계산한다.

- K번째 오리피스 통과유량과 K+1번째 계산된 오리피스 통과유량이 같다고 가정

$$Q_o(K) = Q_o(K+1)$$

여기서, $Q_o(K)$: K번째 오리피스 통과유량

- K+1번째 오리피스의 상류쪽 수심과 K번째 오리피스 하류쪽 수심이 같다고 가정

$$Y(K) = Y(K+1)$$

- K번째 오리피스 바로 상류쪽 분배수로 유량 계산

$$Q_U(K) = Q_o(K) + \sum_{I=K+1}^{I=N} Q_o(I)$$

여기서, $QU(K)$: K번째 오리피스 상류쪽의 분배수로 유량

- K번째 오리피스 상류쪽 수심을 다음 식에 의해 구함

$$Q_U(K) = W_U(K)Y(K)\sqrt{2G(E - Y(K))}$$

※시행착오법으로 Y(K)에 대해 계산

- 오리피스 상류쪽 수로에서의 유속 계산

$$V_U(K) = \frac{Q_U(K)}{W_U(K) \times Y(K)}$$

- 오리피스 상류쪽 수로에서의 Froude수 계산

$$F_U(K) = \frac{V_U(K)}{\sqrt{G \times Y(K)}}$$

- 오리피스 계수(유출 계수) 계산

$$C_D(K) = 0.611 - 0.29 \times F_U(K)^2$$

- K번째 오리피스 통과 유량 계산

$$Q_{oc}(K) = C_D(K)A\sqrt{2G(\Delta E(NP))}$$

여기서, 비에너지의 차($\Delta E(NP)$) = $\left(EL_1 + Y(N) + \frac{V_U(N)^2}{2G} \right) - (EL_2 + H(NP))$

- 오리피스의 가정된 유량과 계산된 유량의 비교

$$\Delta Q_w = |Q_{oc}(K) - Q_o(K)|$$

여기서, ΔQ_w 가 어떤 기준치보다 크면 가정한 유량을 변화

($Q_{oc}(K) > Q_o(K)$ 이면, $Q_o(K)$ 감소, $Q_{oc}(K) < Q_o(K)$ 이면, $Q_o(K)$ 증가)

- 그 다음 상류쪽 오리피스로 이동하여 반복 계산함

⑦ 각 오리피스를 통과하는 유량을 모두 합산한다.

$$QT = \sum_{I=1}^{I=N} Q_o(I)$$

여기서, QT: 계산된 총유량

⑧ 계산된 총유량 QT와 실제 유입량 Q_D 를 비교한다.

$$\Delta Q = |Q_D - QT|$$

여기서, Q_D : 실제 유입량

⑨ 미리 설정된 ΔQ의 기준을 만족할 때까지 ③~⑧과정을 반복한다.

본 연구에서는 상기와 같은 Step method를 공정 설계자가 좀 더 쉽고, 다양한 조건에 대하여 사용할 수 있도록 Fortran 90을 이용하여 오리피스형 분배수로와 위어형 유출침전지를 대상으로 프로그램화 하였다.

3. 실험방법(S 정수장 유량 분배 현황)

본 연구에서는 시설용량 361,000m³/일의 경기도 S 정수장을 실험규모의 대상 정수장으로 선정하였다. 상기 Fig. 2가 분배수로 및 응집지 구조의 평면도로서, 총 응집지 수는 8지로 구성되어 있고, 각지는 3열×3

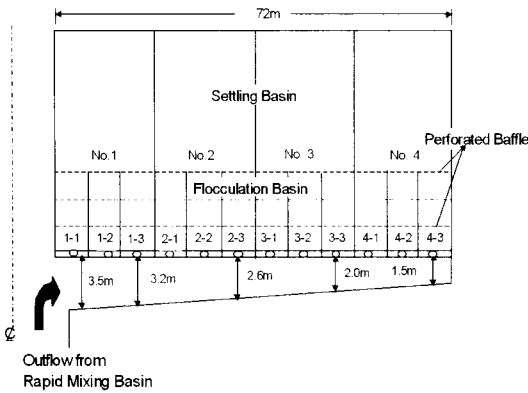


Fig. 2. S 정수장 분배수로 및 응집/침전지 평면도.

단의 9개 격실로 구축되어 있으나, 4지씩 좌·우 대칭으로 설치되어 있어 제반 수리구조가 동일함을 고려하여 본 실험에서는 우측부의 분배수로 및 응집지 (No. 1~4지)만을 대상으로 하였다.

급속 혼화조로부터의 유출수는 전체 응집지 중앙부로 유입된 후 좌·우 분배수로를 통과하면서 각 응집지 유입부에 수위가 동일하게 설치되어 있는 지당 3개의 밸브를 통해 응집지로 유입된다. 분배수로의 길이는 72m의 사각형 단면 구조이며, 유입구 쪽의 상류로부터 하류로 갈수록 폭이 감소하는 점감식 수로형태 (tapered channel)이다.

상기 분배수로 수리 구조 및 유입 장치의 조건하에서 각 응집지 별 유량 분배 오차확인 및 step method program의 검증을 위하여 분배수로 내 유속분포와 유입량을 실측하였다. 유량 측정은 처리 수량 7,900 m³/hr 및 응집지 각 유입밸브를 완전히 열어놓은 상태에서 실시되었다. 측정 지점은 분배수로내 각 응집지 유입부 지점에서 유속을 측정하여 수로 전반적인 유속분포를 측정하였으며 각 응집지 단별 도류벽 유출부와 침전지 유출 트라프에서 유속 및 유수단면적을 측정하여 응집지별 유입유량을 산정하였다.

Table 1. Feature of Acoustic Doppler Velocimetry

Acoustic Frequency	100 MHz
Velocity Range	0.002 - 0.1 m/s
Velocity Resolution	0.1 mm/s
Velocity Bias	± 0.5%
Operating Temperature	Probe 0 - 40
Maximum Depth	Up to 60m

본 측정에 사용된 유속계는 ADV(Acoustic Doppler Velocimetry)로서, 측정 대상 지점의 x, y 그리고 z 방향의 유속을 5분간 400회 측정 한 후 각각의 평균값에 대한 벡터의 합으로 최종 유속을 산출하였다. 사용한 ADV의 세부 제원은 다음 Table 1과 같다.

4. 실험결과

다음 Fig. 3은 분배수로 유입량 180,500m³/일 조건하에서 각 응집지별 시간에 따른 유입량 변화를 도시한 것이다. 분배수로 유입구에 바로 인접되어 있는 No. 1 응집지의 유입량은 57,500m³/일로, 전체 4개 응집지 총 유입량의 31.9%를 차지하고 있으며, 평균 분배율 25%를 기준으로 할 때 약 1.27배 이상의 유입량 초과현상을 보이고 있다. 이러한 결과는 응집지 설치 위치상의 혼화지 유출부와 응집지 유입구가 거의 동일 선상에 위치하고 있기 때문에 침전지 주 흐름 방향(Fig. 2에서 상향) 유입 유속의 영향을 직접 받아 유입량이 집중되는 것으로 판단된다. 반면 No. 1 응집지에 바로 인접해 있는 No. 2 응집지의 유입량은 평균 분배량의 약 87%에 해당하는 39,300m³/일로, 4개지 중 최소 유입량 즉 전체 유입량의 21.8%로 나타나 No. 1지와는 상반된 결과를 보여주고 있다. 이러한 현상은 침전지 주 흐름방향 유입유속의 영향은 비록 적게 받는 위치이나, 유입수가 응집지 벽체에 부딪친 후 응집지 유입구가 설치되어 있는 측벽 부근에 형성되는 횡방향의 속도가 직각 방향의 응집지 유입 유속에 비해 상대적으로 크기 때문인 것으로 판단된다.

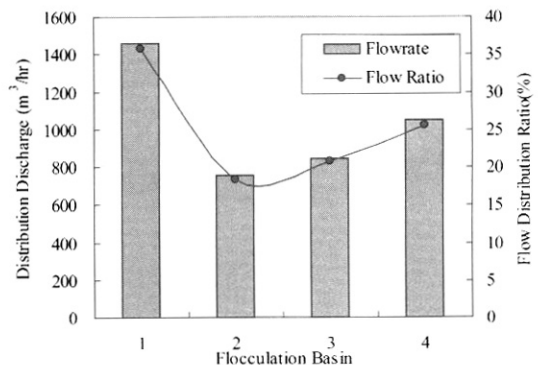


Fig. 3. Results of Flow Measurement at Full-scale Channel.

Table 2. step method에 대입되는 변수

변수	QD	WL	N	NP	EL1	EL2
변수설명	총유입유량(m ³ /sec)	침전지 유출웨어 길이(m)	오리피스 개수	침전지 개수	오리피스의 높이(m)	유출웨어의 높이(m)
값	2.194	100	12	4	300.0	299.0
변수	D	UW	RL	CL	WE	OI
변수설명	오리피스 직경(m) 수로폭차(m)	분배수로	분배수로 길이(m)	수로끝단 ~ N번째 오리피스의 거리(m)	분배수로 끝단 수로폭(m)	오리피스 간격(m)
값	0.7	2.0	72.0	3.4	1.5	6.0

5. 모델 검증 및 토의

5.1. 모델 검증

본 연구에서 선정한 대상정수장(S 정수장, Fig. 2 참조) 분배수로의 설계 적정성을 평가하기 위해 step method를 이용하여 각지로 유입되는 유량의 예측치와 실측치를 비교하였다. 이 과정에서 step method 프로그램에 대입되는 각 변수들은 다음 Table 2에 정리하였다.

Fig. 4에서 나타난 바와 같이, 1지에서는 5.2%의 오차가, 2지에서는 3.8%, 3지에서는 1.6% 그리고 4지에서는 0.2%의 오차가 나타난다. 1지에서 오차가 많이 나는 이유는 Fig. 2에서 나타난바와 같이 혼화지에서 분배수로를 통해 응집지로 유입될 때, 혼화지에서 유출되는 흐름의 모멘텀이 1지의 1번 오리피스에 직접적으로 영향을 주어 가장 많은 유량이 유입되기 때문이다. 이는 실측한 결과 1번지 1번 오리피스에 전체유량의 19%가 유입되는 것으로 나타나며 이 값은 다른 오리피스로 유입되는 유량에 약 3배에 달한

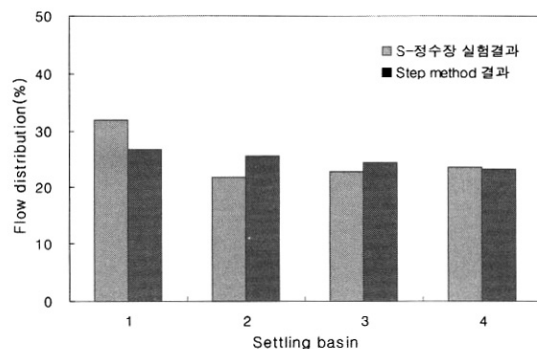


Fig. 4. Step method를 통한 예측치와 실측치 비교.

다. 유입된 흐름의 비에너지가 안정화되는 2지부터 하류로 갈수록 예측치와 실측치간의 오차가 줄어드는 경향을 나타내며, 궁극적으로 4지에서는 오차가 1% 미만인 것으로 나타났다.

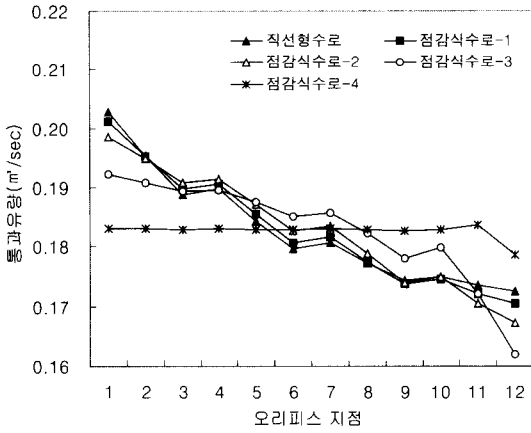
5.2. 설계 및 운전조건에 의한 영향

위의 S 정수장의 실험결과와 Step method에 의한 유량분배 결과를 바탕으로 분배수로의 설계조건과 운전조건이 유량분배에 미치는 영향에 대해 살펴보기 위하여 아래와 같이 조건을 변화시켜가며 Step method에 의한 결과를 정리하였다.

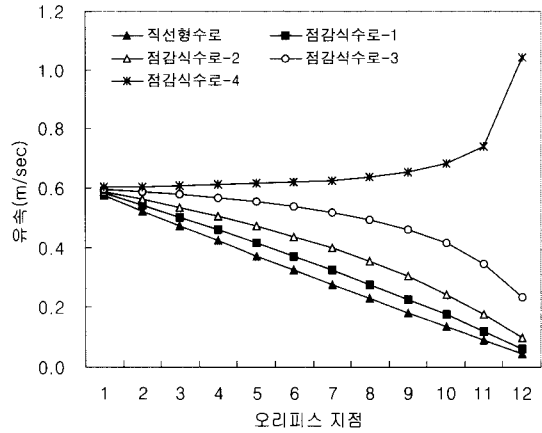
5.2.1. 점감식 수로

분배수로는 유입지점부터 끝단으로 갈수록 점차 수로 폭이 감소되는 형태의 점감식 분배수로의 경우를 대상으로 계산한 결과가 Fig. 5에서 보여준다. 비교한 항목은 수로 폭이 감소되지 않는 '직선형 수로'와 '점감식수로-1'에서 '점감식수로-4'까지 점감식 수로의 경사를 조금씩 늘려가며 계산된 값이다. 그래프에서 설명하고 있는 '점감식수로-1' ~ '점감식수로-4'까지 유입부의 수로폭과 수로끝단의 수로폭의 차는 각각 1.0m, 2.0m, 3.0m, 3.5m로 '점감식수로-4'의 경우는 분배수로 끝단의 수로폭을 0m로 설계한 극단적인 점감식 수로이다. 이때 주어진 유량(QD)=2.194m³/sec이고, 오리피스의 개수(N)=12개, Tank의 수(NP)=4지, 유량유입지점의 수로폭(Wu)=3.5m, 분배수로의 총길이(RL)=72m, 오리피스 직경(D)=0.7m의 조건하에서 계산되었다.

직선형 수로에 비해 점감식으로 설계된 수로의 경우가 점차 균등한 유량분배에 유리하게 작용함을 볼 수 있다. 특히 '점감식수로-4'의 경우 거의 일정한

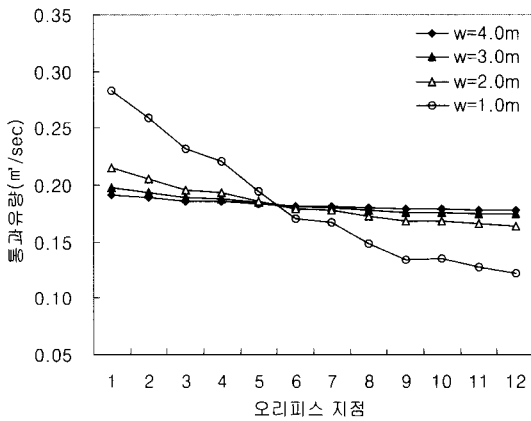


(a) 통과유량 분포

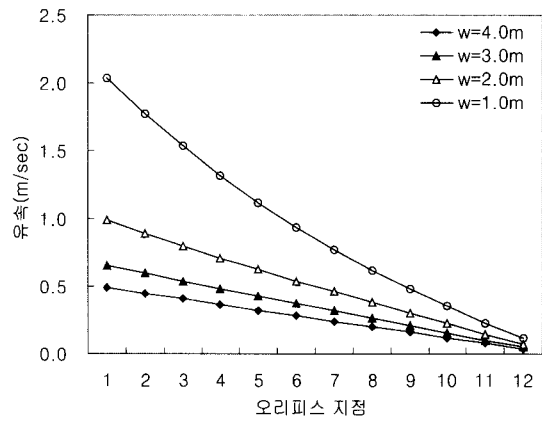


(b) 지점별 유속 분포

Fig. 5. 점감식 수로에 대한 결과.



(a) 통과유량 분포



(b) 지점별 유속 분포

Fig. 6. 직선형 수로의 폭 변화에 대한 결과.

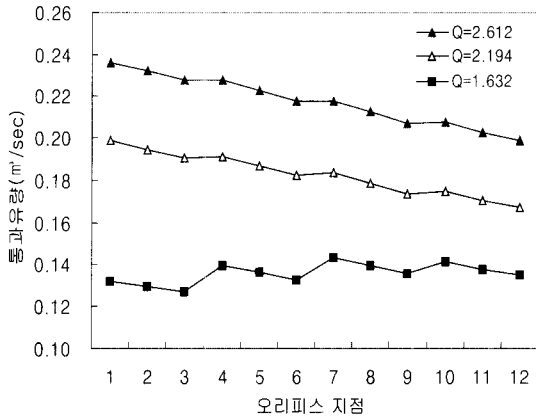
유량분배를 보이고 있다. 그러나 유속을 함께 고려해 보았을 때, 끝부분으로 갈수록 급격한 유속을 보이는데 이는 합리적인 범위를 넘어선 것으로 지나친 점감식 수로의 설계는 본 프로그램의 계산의 한계를 보여준다. 본 프로그램의 점감식 수로의 설계에 합리적인 범위는 '점감식 수로-3' 과 같은 유속의 형태를 보여주는 범위에서 이루어져야 할 것으로 판단된다.

5.2.2. 직선형 수로 폭 변화

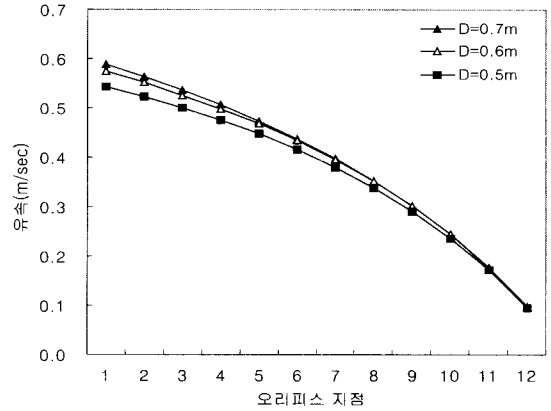
사용되는 분배수로가 직선형인 경우, 수로 폭을 1.0, 2.0, 3.0, 4.0m로 설계하였을 경우 오리피스들

통과하는 유량과 각 오리피스의 지점을 흐르는 분배 수로의 유속을 Fig. 6에서 보여주고 있다. 이때 주어진 유량(QD)=2,194m³/sec이고, 오리피스의 개수(N)=12개, Tank의 수(NP)=4지, 오리피스 직경(D)=0.6m의 조건하에서 계산된 결과이다.

직선형 수로의 폭이 넓을수록 유량분배가 일정하게 이루어지는 것을 볼 수 있으며, 수로의 폭이 좁아질수록 점차 유량분배가 유입되는 지점과 가까운 오리피스(1지점의 오리피스)가 가장 유입이 많고, 유입되는 지점과 가장 먼 오리피스(12지점의 오리피스)가 유량이 적어졌다. 좁은 수로에서는 상부의 오리피

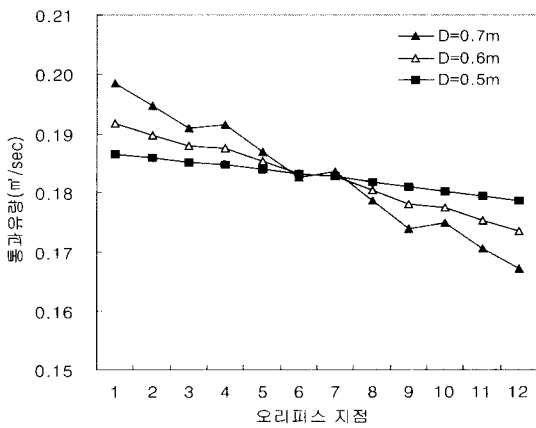


(a) 통과유량 분포

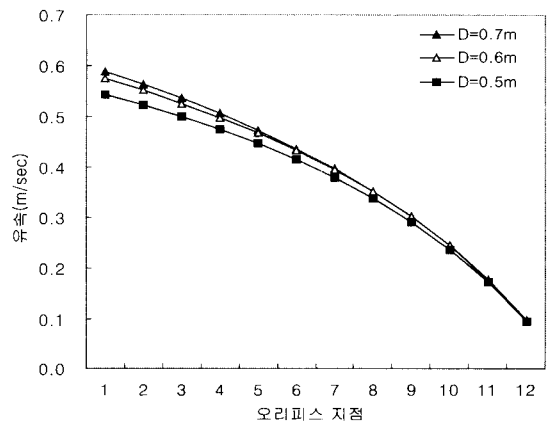


(b) 지점별 유속 분포

Fig. 7. 유입유량에 대한 결과.



(a) 통과유량 분포



(b) 지점별 유속 분포

Fig. 8. 오리피스 직경 변화에 대한 결과.

스에 높은 유속으로 수압이 높아져 많은 유량이 통과하기 때문인 것으로 판단된다. 여기서 사용된 직선형 분배수로의 경우에는 최소 2.0m 이상의 수로폭이 요구된다.

5.2.3. 유입유량 변화

유입되는 유량의 영향을 알아보기 위해 기존의 S 정수장의 분배수로와 침전지의 조건을 기준으로 비교하였다(Fig. 7). S 정수장의 설계 조건은 점감식 분배수로를 사용하고 있으며, 오리피스의 개수(N)=12개, 침전지(Tank)의 수(NP)=4지, 유입되는 지점의 분배수로폭(Wu)=3.5m, 분배수로 끝단의 폭

(We)=1.5m, 유입유량(QD)=2.194m³/sec였다. 이러한 조건 중, 유입유량(QD)을 설계치보다 증가, 감소시켜 계산을 실시하였다. 이때 증가한 유량은 2.612m³/sec, 감소한 유량은 1.632m³/sec였다.

기존의 설계 유량에 비해 증가하였을 경우에는 거의 설계 유량의 경우와 유사하게 유량분배가 이루어진다. 그러나 1.632m³/sec로 설계 유량에 비해 적은 경우는 분배수로 끝단으로 갈수록 유량이 다소 증가하는 경향을 보이는 경향이 있었다. 그러나, 설계 유량에 비해 적은 유량으로 운전한다고 모두 이러한 현상을 보이는 것은 아니며, 유입되는 유량변화에 따라 오리피스를 통과하는 유량에 영향을 미친다고 판단하

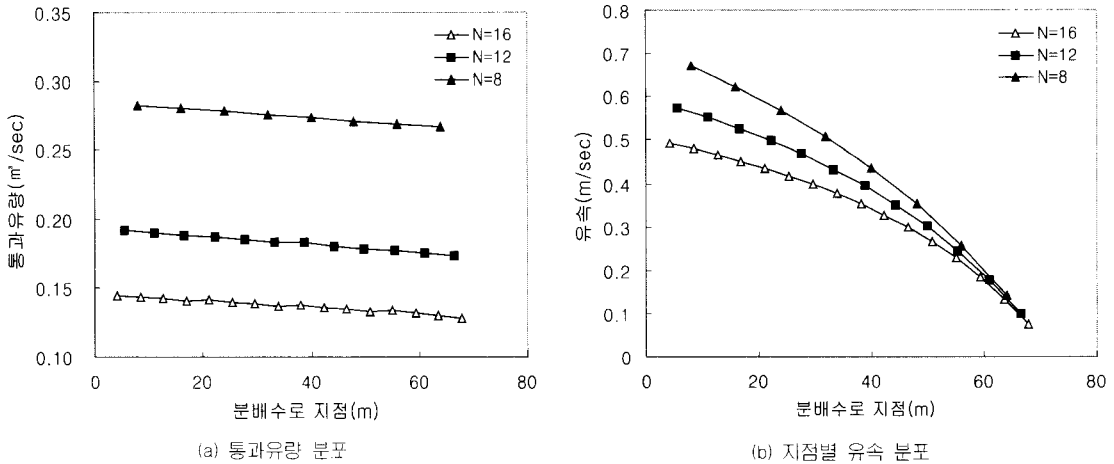


Fig. 9. 오리피스 개수에 대한 결과.

는 것이 합리적이다. 유속의 경우는 유량이 작아질수록 전체적으로 감소하는 결과 값을 보였다.

5.2.4. 오리피스 직경 변화

유입되는 유량을 각 Tank로 통과시키는 오리피스의 직경에 대한 영향을 알아보기 위해 오리피스 직경을 0.5, 0.6, 0.7m의 조건으로 계산한 결과가 그림 8에 나와 있다. 기본적인 조건은 S 정수장의 조건과 동일하게 적용하였다. 오리피스의 직경이 클수록 상부의 오리피스에 유입되는 유량이 많아지며, 직경이 작아질수록 균등한 유량분배가 이루어짐을 알 수 있다. 큰 직경을 가지는 오리피스의 경우에 상부의 유입된 유량이 통과하기 더 용이한 상태이므로 상부의 오리피스에서 통과유량이 증가하는 것으로 이해할 수 있다. 반대로 작은 직경의 오리피스의 경우에는 수류의 통과에 비교적 어려운 상태이므로 다음 오리피스로 이동할 수 있게 되어 균등한 분배가 이루어진다고 판단할 수 있다. 유속은 큰 변화를 보이지 않았다.

5.2.5. 오리피스 개수

분배수로에 설치된 오리피스의 개수(N)에 대한 영향을 알아보고자 S 정수장의 점감식 수로조건과 동일하게 적용하고 오리피스의 개수만을 조절하였다. 각 Tank로 유입시키는 오리피스를 각 Tank별 2개, 3개, 4개(전체적인 오리피스 개수(N)=8, 12, 16개)로 계산된 결과는 Fig. 9에서 보여주고 있다. 분배수로 지점 0m는 유량이 유입되는 지점이 되며, 갈수록 분배

수로 끝단이 된다. 상부와 하부 지점에서의 유량분배의 정도는 세 가지 경우 모두 유사한 기울기의 유량분배를 보였으며, 단지 각 오리피스로 통과하는 유량의 절대치는 차이를 보였다. 유속은 동일 분배수로의 지점을 비교할 때 오리피스의 개수가 적을수록 유속이 빨라짐을 보였다.

6. 결 론

정수장에서 분배수로를 설계할 때 사용되는 Step Method는 사용하는데 있어서 상당한 시간과 노력이 요구되어진다. 이러한 이유로 최근까지 기존 정수장에서 분배수로를 설계할 때 직선형 분배수로를 설계하거나, 명확한 근거가 없는 점감식 분배수로를 설계하여 불균등한 유량 분배문제가 상시 내재되어왔다. 이러한 문제를 해결하고자 본 연구에서는 Step method를 프로그램화하여 이를 S 정수장에 대해 결과를 비교 검증해 보고, 분배수로의 설계 및 운전 조건에 따른 영향을 비교하여 보았다.

S 정수장의 유량분배 실험결과와 Step method의 프로그램에 의한 결과를 비교해 볼 때 유입부에 가까운 오리피스로 유입되는 유량의 차이가 비교적 크게 나타나며, 말단으로 갈수록 유량분배 정도가 일치하였다. 이는 실제 정수장의 유입부분의 형태와 방향에 따른 모멘텀에 의한 것으로 판단된다. 또한 현재 S 정수장의 설계 조건에서 분배수로 구배에 대한 점감식 수로의 적절한 구배를 평가해본 결과 유입부의 수로

폭이 3.5m일 때, 끝단의 수로폭은 0.5m 정도로 감소시키는 것이 좀더 균등한 유량분배가 이뤄짐을 알 수 있었다. 수로의 설계 및 운전조건에 따른 영향을 살펴본 결과 직선형 수로의 경우는 수로폭이 증가할수록, 오리피스 직경이 작을수록 균등한 유량분배를 보였으며, 초기 유입되는 유량의 변동에 대해서도 유량분배에 영향을 미치고 있었고, 오리피스의 개수의 경우에는 분배수로로 흐르는 유속의 변화를 가져오는 것으로 나타났다.

본 연구에서 적용한 Step method의 프로그램을 통하여 현재 정수장 및 처리장에서의 수리학적 계산에 의해 구조물의 설계를 보다 설득력을 가지고 손쉬운 방법으로 분배수로의 진단 및 문제 해결의 기초로 삼을 수 있을 것으로 판단된다.

참고문헌

1. 민병헌 (1997), 환경수리학, 동화기술교역.
2. 박노석, 백홍기, 김정현, 민진희, 신항식 (2004) 전산유체역학을 이용한 응집지 분배수로의 흐름 해석에 관한 연구, *상하수도학회지*, **18**(4), pp. 411-418
3. 백홍기 (2003) 3-D 전산유체 해석을 이용한 응집지 분배수로 유동장 연구, 박사학위 논문, 한국과학기술원.
4. Chao, J.L. and Trussel, R.R. (1980) Hydraulic Design of Flow Distribution Channels, *Journal of Environmental Engineering, ASCE*, **106**, pp.321-333.
5. Larry, D. B., Joseph, F. J., and David, P.A. (1984) Flow in Open Channels, *Treatment Plant of Environmental Engineers, Prantice-Hall, INC.*, pp. 108-122.