

개수로 분기부에서의 수리학적 특성에 관한 실험적 연구

Experimental Study about Hydraulic Characteristics at Open Channel Bifurcation

이동기*, 김창완**, 이동섭***

Dong Kee Lee, Chang Wan Kim, Dong Sop Rhee

요 지

방수로는 홍수 피해 경감을 사용되는 구조적 대책으로 최근 국내에서 널리 계획되고 있다. 이러한 방수로는 대체로 보통 횡월류위어 등으로 대표되는 유입부 구조물을 통하여 본류에 연결되지만, 평상시에도 본류의 유량을 일부 분담하는 형태로 설계되는 젖은 하도(wet channel) 형태의 방수로는 별도의 유입부 구조물을 설치하지 않고 바로 본류에 연결되는 것이 일반적인 형태이다.

일반적으로 유입부 구조물을 통해 연결되는 방수로의 특성은 유입부 구조물의 수리학적 특성에 의해서 많이 좌우된다. 이에 반해 젖은 하도 형태의 방수로의 특성은 방수로의 폭(W), 방수로 유입되는 흐름의 유입각(θ) 등에 의해서 많이 좌우되며, 만약 설계된 방수로의 횡단면 형상이 사다리꼴 또는 직사각형 단면을 따른다면 이러한 흐름은 “제한된 영위어고 횡월류위어 흐름(restricted zero-height side weir flow)”으로 분류할 수 있다. 이러한 조건에서의 흐름은 일반적인 횡월류위어에서의 흐름과 상당히 다른 것으로 알려져 있다.

본 연구에서는 이러한 방수로 분기 조건을 다양하게 구현할 수 있는 실험 수로를 설치하여 방수로 폭을 변화시키면서 실험을 수행하였으며, 분기 조건의 변화에 따른 분수로 유입부분에서의 수리학적 특성을 분석하였다.

핵심용어 : 방수로, 분기부

1. 서론

급격한 도시화로 인하여 기존 하천 유역의 저류 능력이 감소함에 따라 외국에서는 방수로를 활용한 홍수 재해 관리 방안이 이미 오래전부터 활용되어 왔다. 방수로는 저류지와 더불어 도시화로 인하여 홍수시 유출량이 증가함에 따라 점차 늘어나는 기존 하도의 부담을 감소시키기 위한 구조적 홍수 재해 관리 방안으로 이용되는 대표적인 대책이다. 방수로는 기존 하도와 더불어 침투 홍수량을 분담하여 홍수 피해의 잠재적인 가능성을 완화할 수 있고, 설계 방법에 따라 도시 미관을 증진 시킬 수 있으므로 최근 증가하고 있는 홍수 피해를 저감시킬 수 있는 실용적인 방안이라 할 수 있다. 외국의 경우는 이미 지상 방수로뿐만 아니라 지하 방수로도 적극적으로 활용하고 있는 사례가 점차 증가하고 있다. 국내의 경우에는 최근 굴포천, 안양천, 안성천, 낙동강 등지에서 방수로를 활용하려는 시도가 적극적으로 이루어지고 있으며, 최근 도시 지역에서 증가하고 있는 홍수 피해를 감소시키기 위한 대책으로 부각되고 있다. 이러한 방수로는 대체로 보통 횡월류위어 등으로 대표되는 유입부 구조물을 통하여 본류에 연결되지만, 평상시에도 본류의 유량을 일부 분담하는 형태로 설계되는 젖은 하도(wet channel) 형태의 방수로는 별도의 유입부 구조물을 설치하지 않고 바로 본류에 연결되는 것이 일반적인 형태이다.

* 정회원·한국건설기술연구원 수자원연구부 연구원·E-mail : ldk9523@kict.re.kr

** 정회원·한국건설기술연구원 수자원연구부 수석 연구위원·E-mail : cwkim@kict.re.kr

*** 정회원·한국건설기술연구원 수자원연구부 연구원·E-mail : dsrhee@kict.re.kr

실제 방수로 설계는 다양한 형태의 분수로로 대상으로 이루어지지만, 본 연구에서는 그 중에서도 제한된 영역이고 횡렬류위어 흐름(restricted zero-height side weir flow)에 대한 수리학적 특성을 분석하기 위하여 실험 수로를 설치하여 실험을 수행하였으며, 유량조건 및 수위변화에 따른 특성변화를 분석하였다.

2. 실험방법 및 결과

2.1 실험장치

본 연구에서는 개수로 분기부에서의 수리학적인 특성 변화를 파악하고자 실험을 수행하였다. 실험장치의 제원은 표 1과 같다. 그림 1은 본 연구에서 사용한 실험장치의 평면도이고, 그림 2는 실험장치 전경이다. 유량공급 수조에서 분수로로 유량을 조절하고, 불안정한 흐름을 안정시키기 위하여 실험수로 유입부에 정류판을 설치하였다. 하류부에는 유량측정을 위하여 사각위어를 설치하였다.

표 1. 실험장치 제원 (단위 : cm)

분수로			분수로			
길이	폭	높이	길이	폭	높이	높이
2000	100	70	300	100	75	70

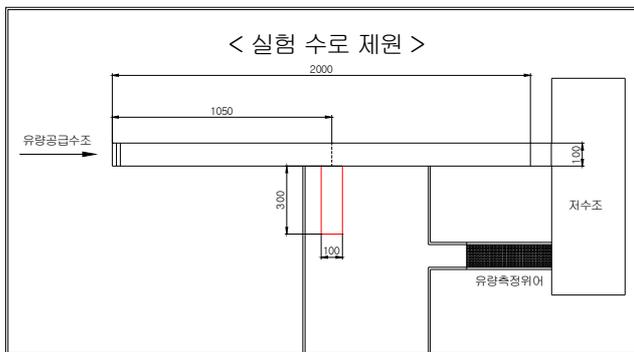


그림 1. 분류부 모형 제원



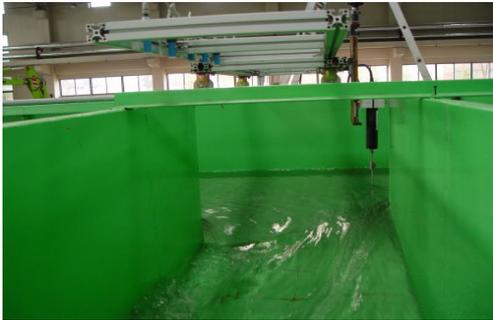
그림 2. 분류부 실험장치

2.2 실험방법 및 조건

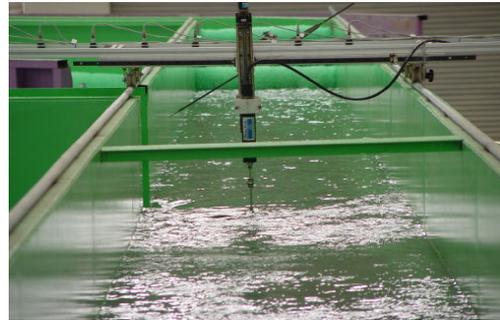
본 실험에서는 불완전한 흐름을 안정시키기 위해 분수로로 유입부에 정류장치를 설치하였다. 분수로로 유입부에서 유속을 측정하기 위하여 3차원 유속 측정이 가능한 Micro-ADV(미국 Sontek)를 이용하여 수로에서 x, y, z 방향의 순간유속을 측정하였으며, Micro-ADV로 유속을 측정할 경우 수심에 따른 측정범위가 제한적이므로 유속은 0.5d를 측정하였다(d : 수심). 유속은 각 측정 지점에 대하여 30 초 동안 1500개의 유속데이터를 취득하여 유황을 분석하였다. 기준 수심은 포인트 게이지를 이용하여 결정하였고, 정확한 수위측정을 위해서 초음파 수위계(독일 Pii)를 이용하여 수위를 측정하였다. 수위계의 측정 범위는 0.2 ~ 2.0 m 사이이며, 데이터 로거를 통해 받는 자료의 측정 정밀도는 0.1 mm 이다.

Micro-ADV를 이용한 유속측정은 분수로로에서만 가능하였고, 측정방법은 횡방향은 20 cm 간격으로 4지점을 측정하였고, 종방향으로는 분수로로 상류 1 m지점에서 하류 1 m 까지 20 cm 간격으로 16지점을 측정하였다. 수위측정은 분수로로 좌안에서부터 20 cm 간격으로 10개의 수위계를 설치하여 측정하였고, 종방향은 유속측정 지점과 동일하다. 분류부 조건을 다르게 하기 위하여 분수로로 폭변화에 대한 실험을 수행하였다. 측정방법은 그림 3

의 a), b)와 같다.



a) 유속 및 수위측정 (분수로)



b) 유속 및 수위측정 (본수로)

그림 3. Micro-ADV 유속계와 초음파 수위계를 이용한 측정

본 실험에서의 유량 범위는 0.05 CMS ~ 0.2 CMS 이고, 기준수위는 10 cm ~ 30 cm 범위에서 측정하였으며, 분수로폭은 100 cm 와 75 cm 두가지 경우를 가지고 31가지 조건으로 실험을 수행하였다. 표 2는 비교-분석을 위한 대표적인 조건 4가지를 나타낸 것이다.

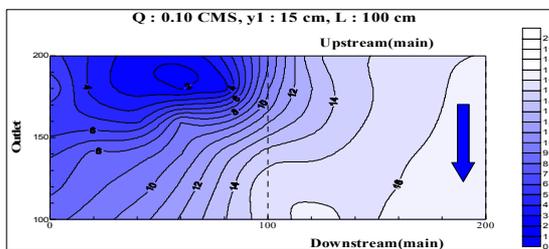
표 2. 실험조건

	유량 (CMS)	기준수위 (cm)	분수로폭 (cm)
CASE 1	0.10	15	100
CASE 2	0.15	20	100
CASE 3	0.15	15	100
CASE 4	0.15	20	75

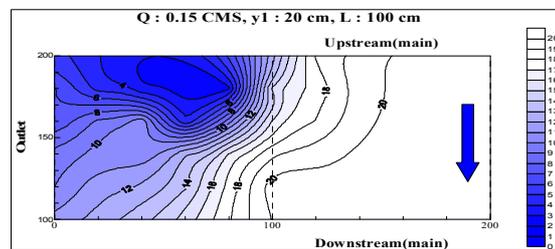
2.3 실험결과 및 분석

본 연구에서는 분수로에서 흐름특성을 분석하기 위하여 유량에 대한 변화, 기준수심에 대한 변화, 분수로폭에 대한 분수로 폭의 비율에 대한 변화와 같은 조건에서 수위를 측정하고 수면형상을 도시하였다. 다음 그림 4는 분수로 부분에서의 수면형상을 나타낸 것이고, 그림 5는 분수로에서의 수위 변화를 나타낸 것이다.

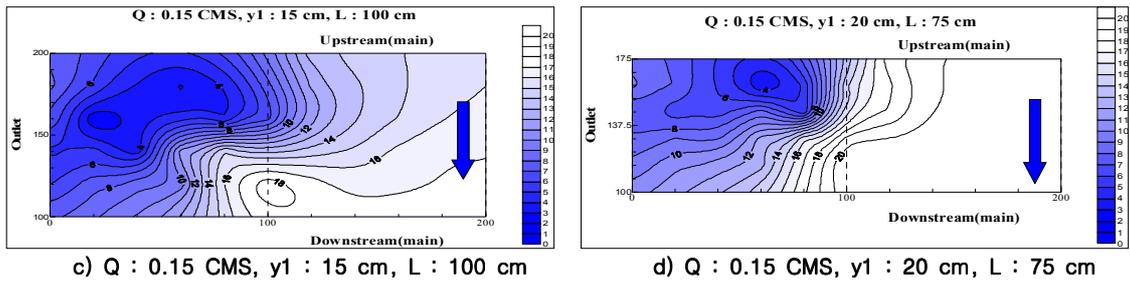
2.3.1 분수로 수면형 변화



a) Q : 0.10 CMS, y1 : 15 cm, L : 100 cm



b) Q : 0.15 CMS, y1 : 20 cm, L : 100 cm



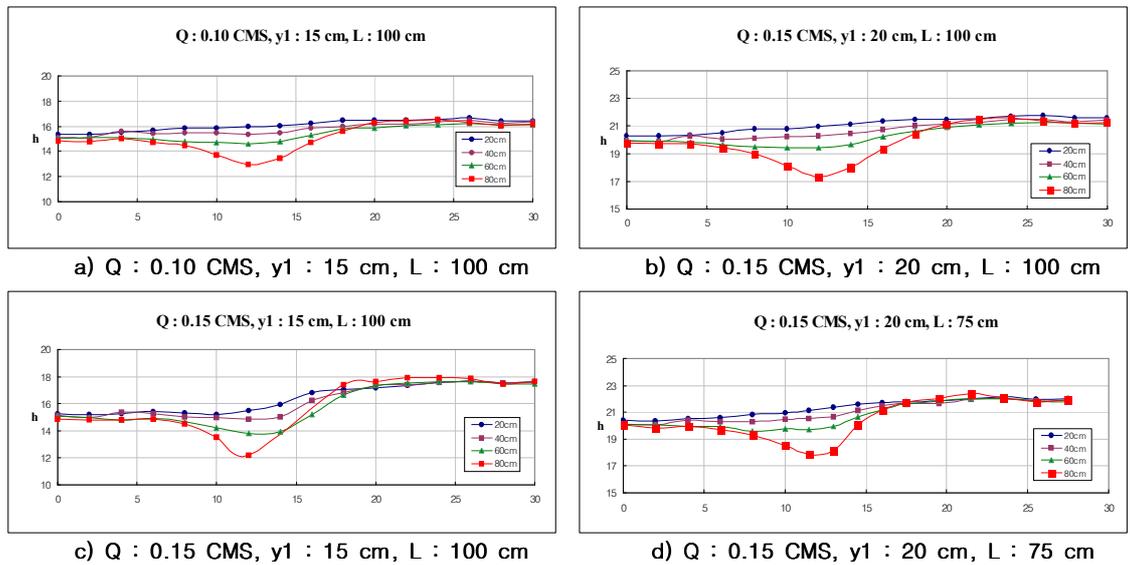
c) Q : 0.15 CMS, y1 : 15 cm, L : 100 cm

d) Q : 0.15 CMS, y1 : 20 cm, L : 75 cm

그림 4. 조건별 분수로 수면형 변화

그림 4에 의하면 분수로에서 수위 최저점의 위치는 유량, 기준수위, 분수로 폭에 관계없이 분수로 유입부에서 30 cm 떨어진 지점에 분포되어 있는 것을 알 수 있다. 그림 4의 a)와 c)를 비교해 보았을 때 동일한 조건에서 유량을 변화시켰을 때 분수로에서의 흐름특성을 관찰하면 분수로 유량이 0.15 CMS 일 때 수위변화가 0.10 CMS 일 때 보다 더 크다. 분수로의 유황에 영향을 미치는 것을 알 수 있다. 그림 4의 b)와 c)를 비교해 보았을 때 동일한 조건하에서 기준 수위를 변화시켰을 때 분수로에서의 흐름특성을 관찰하면 수심이 20 cm 일 때는 수위 최저점의 위치가 분수로 유입부에 더 가까워지고 수면경사도 급한 것을 알 수 있다. 하지만 분수로의 유황에는 분수로 유입부 상류지역 20 cm 지점에서만 영향을 미치고 분수로 나머지 지점에서는 영향을 미치지 않는 것을 알 수 있다. 그림 4의 b)와 d)를 비교해 보았을 때 동일한 조건에서 분수로 폭을 1 m에서 0.75 m로 변화시켰을 때는 분수로에서의 수면형이 유사한 특성을 나타내는 것을 알 수 있다.

2.3.2 수위 변화



a) Q : 0.10 CMS, y1 : 15 cm, L : 100 cm

b) Q : 0.15 CMS, y1 : 20 cm, L : 100 cm

c) Q : 0.15 CMS, y1 : 15 cm, L : 100 cm

d) Q : 0.15 CMS, y1 : 20 cm, L : 75 cm

그림 5. 조건별 분수로 수위변화

그림 5에 의하면 분수로에서의 수위 변화는 분수로 유입부 시작부분에서 수위가 감소하고 분수로 끝부분에서 수위가 상승하는 것을 알 수 있다. 그림 4의 a)와 c)는 유량조건을 변화시켰을 때 분수로의 수위변화를 나타낸 것이다. 유량이 0.10 CMS 일 때는 유입부 부근에서만 수위하강이 발생하였지만, 유량이 0.15 CMS로 증가함에 따라서 유입부 부근뿐만 아니라 분수로 전체에 영향을 미치는 것을 알 수 있다. 그림 4에 도시한 수면형 변화와 일치하는 것을 알 수 있다. 하류부의 수위도 0.10 CMS 일 때 보다도 0.15 CMS 일 때 2 cm 상승한 것을 알 수 있다. 그림 4의 b)와 c)는 분수로의 기준수위변화에 따른 분수로 수위변화를 나타낸 것이다. 분수로 수위는 수심이 20 cm일 때 보다 수심이 10 cm 일 때가 전체 분수로에 미치는 영향이 더 큰 것을 알 수 있다. 분수로

유입부 부근에서의 수위변화는 기준수위에 관계없이 약 3 cm 정도 하강하는 것을 알 수 있다. 그림 4의 b)와 d)는 분수로 폭 변화에 따른 수위변화를 나타낸 것이다. 분수로의 폭 변화에 대한 분수로의 수위변화 특성은 유사한 것으로 나타난다.

3. 결론

본 연구에서는 분수로 유입부에서의 흐름특성 변화를 분수로의 유량, 수위, 분수로 폭 변화에 따른 실험 결과를 가지고 비교하였고, 각 조건별 흐름 현황을 검토해 보았다. 하지만 실험 조건이 제한적이므로 많은 부분의 실험들이 필요할 것으로 판단된다. 분수로에 대한 분수로폭의 다양한 변화(1:1, 1:0.75, 1:0.5, 1:0.25), 현재 90°로 되어있는 분수로 분기각의 변화(60°, 45°, 30°), 분수로 하류부분의 폭변화에 대하여 실험을 진행한 후에 분수로 설계시 필요한 인자들을 도출할 수 있을 것 이라고 생각된다.

또한 실험 결과를 검토한 결과 분수로 수위에 상대적으로 영향을 많이 미치는 인자는 분수로에서의 유량인 것으로 나타난다. 이에 대해서는 실험대상이 되는 분수로의 체원을 다양화하여 보다 폭 넓은 연구를 진행하는 것이 필요할 것으로 생각되며, 이후 결과를 활용하여 방수로 유입부의 설계에 적용할 수 있을 것으로 기대된다.

감 사 의 글

본 연구는 건설교통부가 출연하고 한국건설교통기술평가원에서 위탁 시행한 2005년도 건설핵심기술연구개발사업(03산학연C01)에 의한 것입니다.

참 고 문 헌

1. 방수로(지하)분수로 설계기술 현황 조사 및 개발방향 수립
2. Ranga Raju, K.G., Prasad, B., and Gupta, S.K. (1979) "Side weir in rectangular channel". J. of the Hydraulics Division, Vol. 105, No. HY5. pp. 547-554.
3. Singh, R., Manivannan, D., and Satyanarayana, T. (1993) "Discharge coefficient of rectangular side weirs". J. of Irrigation and Drainage Engineering, Vol. 120, No. 4, pp 814-819.
4. Subramanya, K. and Awasthy, S.C. (1972) "Spatially varied flow over side-weirs". J. of the Hydraulics Division, Vol. 98, No. HY1, pp. 1-10.