

## 횡유입에 의한 합류부 홍수특성 분석

### Analysis of Flood Characteristics at Confluence by Lateral Inflow

최 흥 식\* / 조 민 석\*\* / 박 용 섭\*\*\*  
Choi, Hung Sik / Cho, Min Suk / Park, Young Seop

#### Abstract

Flow separation of recirculation zone by increasing of flow and change of its direction at confluence results in backwater due to conveyance reduction. The hydraulic characteristics of flow separation are analysed by experimental results of flow ratios of tributary and main streams and approaching angles. The boundary of flow separation by dimensionless length and width is defined by the streamline of zero and this definition agrees well to the existing investigation. Because flow separation doesn't appear in small flow ratio and approaching angle of 30°, the equation of flow separation with flow ratio and approaching angle is provided. In flow separation consideration and comparing with previous results, the existing equations of dimensionless length and width ratios by function of approaching angle, flow ratio, and downstream Froude number are modified and also contraction coefficient and shape factor are analysed. Dimensionless length and width ratios are proportional to the flow ratio and approaching angle. In analysis of water surface profiles, the backwater effects are proportional to the flow ratio and approaching angle and the magnitude at outside wall is greater than that of inside wall of main stream. The length,  $X_l$  from the beginning of confluence to downstream of uniform flow, where the depth is equal to uniform depth, is characterized by width of stream, flow ratio, approaching angle, and contraction coefficient. The ratios between maximum water depth by backwater and minimum depth at separation are analysed.

**key words** : Confluence, Lateral inflow, Flow separation zone, Stream Line

#### 요 지

합류부는 유량의 변화, 흐름방향의 전환으로 순환흐름의 분리구역의 발생에 의한 통수단면의 축소에 의한 통수능의 저하와 이에 따른 배수의 영향이 야기된다. 지류와 본류와의 유량비와 합류각을 달리하면서 실험한 결과를 이용하여 분리구역의 특성을 규명하였다. 분리구역의 정의는 유함수를 이용하여 그 값이 0(영)인 유선을 분리구역으로 정의하여 그 길이와 폭을 본류 하천쪽으로 나눈 무차원 길이비와 무차원 폭비로 하였고, 유선에 의한 분리구역의 연구결과가 기존의 실험들과 비교적 잘 맞는 것으로 나타났다. 작은 유량비와 합류각 30도에서는 분리구역이 나타나지 않아서 유량비와 합류각에 의한 분리구역의 출현경계식을 만들었다. 분리구역에 대한 고찰로 합류각, 유량비, 그리고 본류 하류에서의 Froude수에 의한 분리구역의 무차원 길이비와 폭비에 대한 기존의 실험식을 수정하였고, 수축계수와 형상지수의 수리적 특성을 분석하였다. 일반적으로 유량비와 합류각이 커질수록 분리구역이 크게 나타났다. 합류부를 전후한 상하류 구간에서 수면의 추적에서 유량비와 합류각이 커질수록 배수위의

\* 정회원 · 상지대학교 건설시스템공학과 교수 (e-mail : hsikchoi@sangji.ac.kr)

\*\* 상지대학교 건설시스템공학과 석사

\*\*\* 정회원 · 동호엔지니어링 전문이사, 공학박사

영향이 크게 나타났고, 합류부가 접하는 내측보다 외측의 배수영향이 크게 나타났다. 하류부 유량에 의해 등류수심을 산정하여 합류가 시작되는 점에서부터 하류의 등류수심에 이르는 곳까지의 거리를  $X_i$ 로 보고 합류각과 유량비와 단면폭 및 수축계수간의 상관관계식을 산출하였다. 유량비와 합류각에 따른 수로내의 배수위에 의한 최대수위와 분리구역에서의 최소수심과의 비를 분석하였다.

**핵심용어** : 합류부, 횡유입, 흐름분리구역, 유선

## 1. 서론

대부분의 하천은 그 규모의 차이는 있으나 단일 하천이 아닌 몇 개의 지류가 본류와 만나는 복잡한 하천망으로 구성되어 있다. 본류가 지류가 만나는 합류부는 통상 하천에 비해 복잡한 수리학적 양상을 나타낸다. 지류의 유입에 의한 유량의 변화와 흐름 방향의 전환으로 인해 유입부 하류 지류측 하안에 순환흐름의 분리구역의 발생으로 통수능의 저하와 이에 따른 배수의 영향이 야기되고, 분리구역에서는 유속과 난류강도가 약해져서 이 흐름에 기인된 토사 또는 오염물질이 포착 침전되는 하상의 변화가 야기되어 복잡한 수리학적 특성을 가지게 된다. 이러한 현상은 태풍이나 집중호우가 발생할 경우 그 특성이 더욱 복잡해져 합류부 주변지역에 큰 피해를 가져온다.

합류부의 특성에 대한 연구는 Taylor(1944)에 의해 시작되어 합류부의 흐름특성을 모멘트방정식 이론을 적용하여 분석하였고, Lin 등(1979)은 본류와 지류를 90도로 연결한 모형수로를 이용한 실험을 통해 에너지의 손실을 경계마찰손실과 난류혼합손실로 구분할 수 있으며 전체 유량에 대한 지류의 유량비에 따른 함수로 표현된다고 하였다. Modi 등(1984)은 본류와 지류의 유량비는 하폭과 합류각도와 비례한다는 결과를 내었고 정체점은 지류와 본류가 만나는 곳에서 발생한다고 하였고, Best 등(1984)은 상이한 합류각도에 대한 순환영역의 규모를 실험을 통해서 정체흐름은 합류점과 지류의 유량비가 클수록 잘 나타나고, 분리구역은 각도와 비례하고 유량비가 0.3~0.35 범위에서 최대를 보이는 반면에 15도일 때는 45, 60, 75, 90도인 경우와 반대의 현상이 나타났다고 하였고, Ramamurthy 등(1998)은 90도 합류각의 수로에서 실험을 하여 모멘트 변형량과 확장 손실에 의한 수축계수  $C_c$ 를 계산하였고, 직사각형 수로에서의 유량비와 면적비와의 함수인 에너지 손실계수  $K$ 를 구하였다. Gurram 등(1997)은 합류각 30, 60, 90도인 경우에 대해서 실험을 하여 합류부의 흐름상태를 Froude 수에 따라 구분하였고 지류의 유입에 따라 생기는 수축부와 최저수심 그리고 상류부의 최고수위를

분석하였고 배수위 영향 등 합류부의 합류각도와 유량비에 따른 연구가 계속되어져 왔다.

국내에서 최근 들어 합류부에 의해 피해가 커지면서 합류부의 특성에 대한 연구가 많이 진행되고 있다. 윤태훈 등(1998)은 2차원 수심적분 수치모형을 이용하여 합류부의 흐름특성을 규명하였고, 최계운 등(2003)은 90도 합류부 모형수로에서 유량비에 따른 하상변동의 영향을 연구하였고, 박용섭(2003)은 다양한 합류각도와 유량비에 대해 합류부의 수심과 유속에 대해 폭넓은 실험을 하였다.

다른 단순한 하천에 비해 합류부의 특성은 주변 지형형태와 상, 하류의 수리학적 조건에 따라 변화양상이 크기 때문에 해석하기가 어렵다. 본 연구에서는 이와 같은 점을 고려하여 수리실험 자료의 분석을 통해 유량비와 지류의 합류각에 따른 합류부의 부근의 유속과 수심의 형태뿐 아니라 유선형태를 파악하여 분리구간의 거리와 폭을 구하고 그에 따른 배수효과 현상을 분석하였다.

## 2. 연구 자료의 구축

모형수로의 합류부에서의 특성변화를 알아보기 위하여 투명아크릴을 이용하여 그림 1과 같은 합류부 실험장치를 설치하였다. 모형수로의 실험에 적용된 수로의 길이는 445cm, 본류 수로의 폭 40cm, 지류 수로의 폭 32cm, 수로의 높이 40cm로 설치하였다. 합류부는 지류의 합류각이 30도일 때 거리 228cm~295cm에서 지류가 합류되어지고, 합류각이 90도일 때는 263cm~295cm, 합류각 45~75도는 30도와 90도 사이의 거리에서 지류가 합류되어진다(박용섭, 2003).

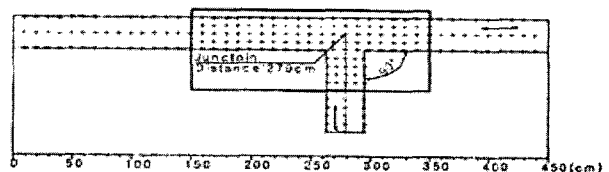


그림 1. 실험 모형에서 수심과 유속의 측정

표 1. 합류각과 무차원 유량비에 따른 실험조건

합류각(°)	본류 유량 (m³/s)	지류 유량 (m³/s)	유량비 (Qr = Q2/Q3)	본류하류 Froude 수 (Fr1)
30	0.011	0.002	0.17	0.384
45				
60		0.006	0.33	0.411
75				
90				

유속측정은 마그네틱 유속계(ACM 100-D)를 이용하여 유속을 측정하였고 수심은 포인트 게이지를 이용하여 측정하였다. 수심 및 유속은 본류 수로의 경우 수로의 횡방향은 합류부의 내측과 외측 벽면에서 1cm 떨어진 점과 중앙부분에서 측정하였으며 종방향으로는 본류 수로의 상·하류를 20cm간격으로 측정하고 합류점 근처는 종방향 및 횡방향 10cm간격으로 유속을 측정하였다.

지류가 본류에 합류되어지는 각도는 30도부터 90도까지이고, 본류 유량을 Q1, 지류유량을 Q2, 그리고 합류후 유량을 Q3(=Q1+Q2)일 때 무차원 유량비 Qr(=Q2/Q3)는 0.17, 0.33, 0.44의 실험결과를 이용하였다(표 1).

### 3. 합류부 수리특성 분석

#### 3.1 유선(Stream Line)의 분석

횡유입에 의한 합류부에서의 분리구역의 구분과 크기를 분석하기 위하여 유함수를 이용한 유선을 분석하였다. 유속분포를 이용하여 유함수(Stream Function),  $\psi$ 에 의한 유선의 형태를 파악하기 위해 아래와 같은 식을 적용하였다.

$$u = \frac{\partial \psi}{\partial y} \quad (1)$$

$$v = -\frac{\partial \psi}{\partial x} \quad (2)$$

그림 2는 합류부 유선의 특성을 보여준 것으로 분리구역의 특성이 가장 크게 나타난 유량비 0.44, 합류각이 90도일 때의 유선 형태를 표현한 것이다. 본류에 합류하는 지류의 하안지점(e)에서 유함수의 상대적 크기가 영인 선을 분리구역으로 하여 eg 구간을 분리구역의 길이, mn 구간을 분리구역의 폭으로 설정하였다. 아울러 분리구역의 수축계수의 산정은 no 구간의 길이를 mo 구간의 길이로 나눈 값으로 정의 하였다.

그림 2와 3에서 유선의 구성은 유함수를 전방차분의 형태를 이용하여 벽면에서의 유함수 값을 영(0)으로 정의하여 계산하였다. 수리모형실험 계측자료의 제한으로 횡유입되는 지류에서의 유속이 없는 관계로 유량의 공급에 의한 유선이 없게 되었고, 분리구역에서의 유선은 유속이 정체되어 정수압으로 전환되는 정체점(f와 g 점: stagnation point)로 유량의 source/sink의 형태로 표현되었다. 아울러 McGuirk 등(1978)은 가로흐름수역으로 방출되는 제트류의 수리특성 해석에 유선의 분리구역을 이와 같이 정의하여 분리구역의 길이와 폭을 계산하였다.

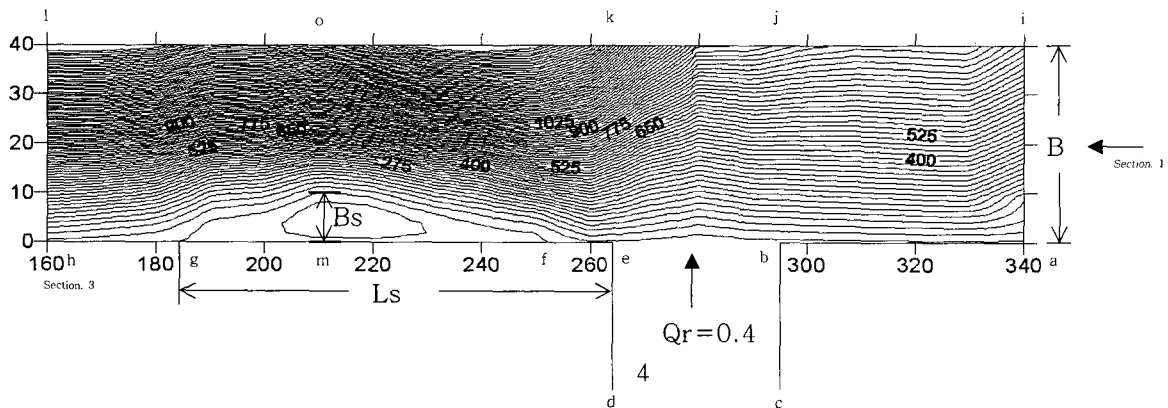
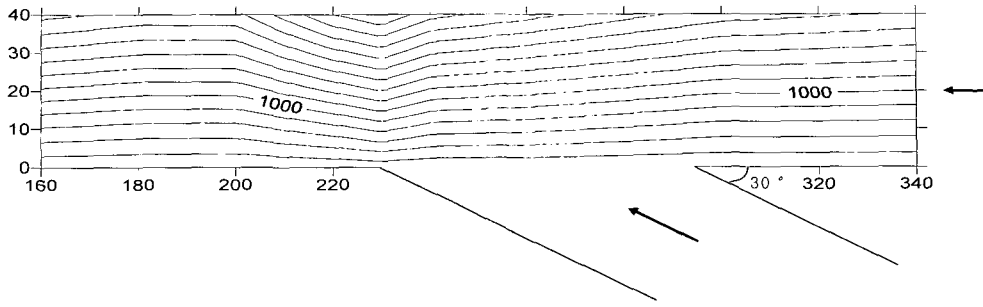
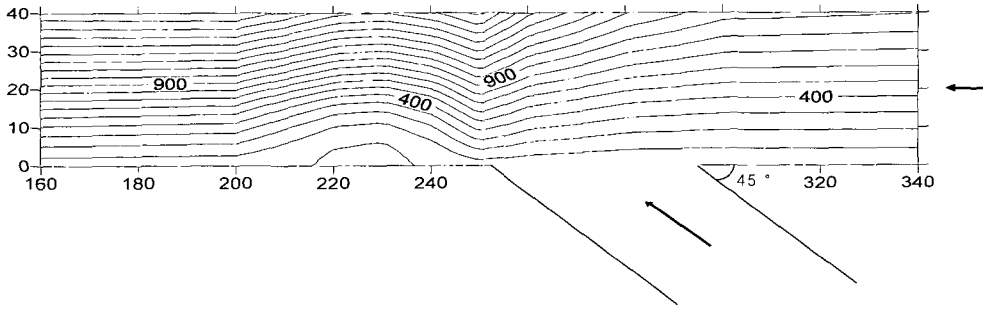


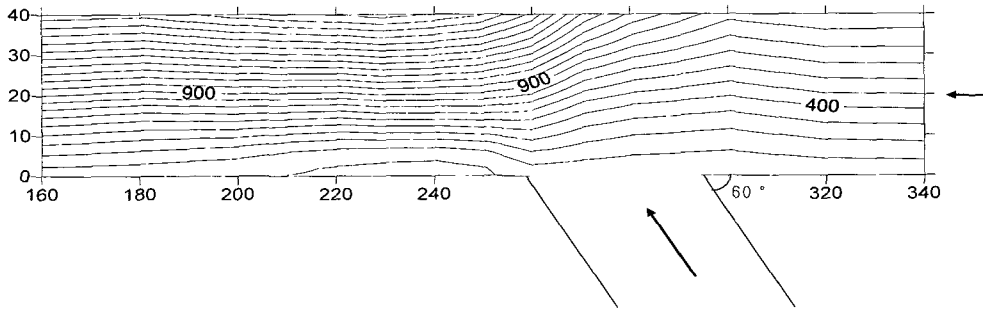
그림 2. 유선에 의한 분리구역의 정의(합류각  $\delta = 90^\circ$ , 유량비 0.44)



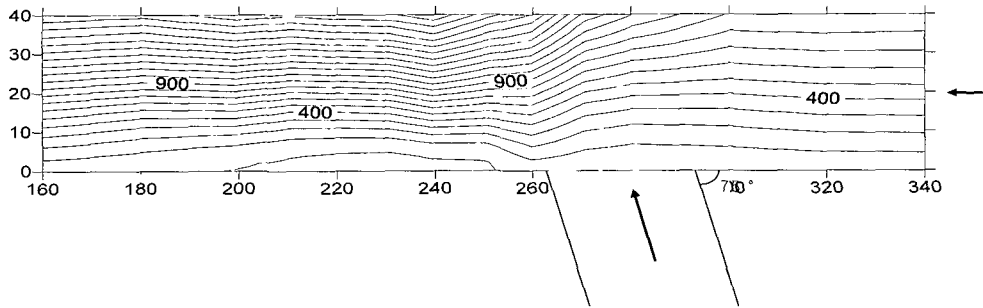
(a) 합류각 30도



(b) 합류각 45도



(c) 합류각 60도



(d) 합류각 75도

그림 3. 유량비 0.44일 때 합류각에 따른 유선

그림 3은 그림 2에서와 같이 조밀한 간격의 유선을 표현치 않은 것으로, 유량비가 0.44일 때 합류각에 따른 유선의 분포를 나타낸 것으로 합류각이 30도일 때는 분리구역이 나타나지 않았다. 이러한 현상은 표 2에서 나타났듯이 합류각이 30도 일 경우에는 무차원 유량비가 0.44이하에서는 분리구역이 나타나지 않음

을 보여준다. 표 2에 의하면 분리구역은 합류각 45도에서 유량비가 0.17일 때 역시 나타나지 않아서 분리구역의 출현경계를 식 (3)과 같이 정하였다.

$$\delta = 88.2Q_r + 30 \quad (3)$$

표 2. 지류 합류각과 유량비에 따른 무차원 분리구역 거리(Ls)와 폭(Bs)

합류각, $\delta(^{\circ})$	유량비 $Q_r(Q_2/Q_3)$	단면폭(cm), B	분리구역 거리, $L_s$	분리구역 거리비( $L_s/B$ )	분리구역 폭, $B_s$	분리구역 폭비( $B_s/B$ )
45	0.17	40	-	-	-	-
	0.33	40	24.88	0.62	2.87	0.07
	0.44	40	33.49	0.84	5.74	0.14
60	0.17	40	22.75	0.57	0.38	0.01
	0.33	40	45.50	1.14	3.22	0.08
	0.44	40	54.03	1.35	3.89	0.10
75	0.17	40	43.56	1.09	2.87	0.07
	0.33	40	55.45	1.39	3.37	0.08
	0.44	40	73.27	1.83	4.85	0.12
90	0.17	40	45.71	1.14	3.71	0.09
	0.33	40	73.33	1.83	6.57	0.16
	0.44	40	79.05	1.98	10.00	0.25

### 3.2 분리구역(separation zone)에 대한 고찰

그림 2에서의 유입지류의 하안(e)점에서 유선이 벽면과 만나는 선을 연결하는 구간을 분리구역으로 간주하여 이를 하류 Froude수, 유량비 그리고 합류각과의 관계를 분석하였다. Gurram 등(1997)은 실험을 통하여 분리구역의 무차원 길이비,  $L_s/B$ 와 무차원 폭비,  $B_s/B$ 의 관계식을 다음 식 (4) 및 (5)와 같이 구하였다. 아울러 이들의 값은 하류 Froude수, 유량비 그리고 합류각이 커지면 커질수록 크게 나타났다.

$$\frac{B_s}{B} = \frac{1}{2} (F_d - \frac{2}{3})^2 + 0.45 Q_r^{1/2} (\frac{\delta}{90^{\circ}}) \quad (4)$$

$$\frac{L_s}{B} = 3.8 \sin^3 \delta (1 - \frac{1}{2} F_d) Q_r^{1/2} \text{ for } F_d < 1 \quad (5)$$

표 2의 실험결과는 Gurram 등(1997)의 실험에서와 같이 일반적으로 합류각, 유량비 그리고 하류 Froude 수의 증가에 따라 분리구역의 길이와 폭이 증가하는 것으로 나타났다. 그림 4와 5에서 보듯이 같은 유량비에서 합류각이 커질수록 분리구역의 무차원 거리비 및 폭비가 커짐을 볼 수 있다. 분리구역의 무차원 길이비는 합류각이 커질수록 점차 커짐을 보여주고, 분리구역의 무차원 폭비는 합류각이 45도일 때는 다소 크게 나타났으나, 합류각도가 커짐에 따라 증가함을 보였다. 분리구역을 삼각형으로 가정한 분리구역의 면적은 합류각의 증가에 따라 커짐을 보여준다.

분리구역 무차원 폭비와 길이비를 Gurram 등

(1997)의 식과 비교를 실시하였다. 무차원 폭비의 경우는 식 (4)와 같이 Gurram 등(1997)의 식과는 다른 식 (6)의 형태로 나타났고, 무차원 길이비는 Gurram 등(1997)의 식과 같게 나타났다. 따라서 분리구역의 무차원 길이비와 폭비는 유량비, 지류의 합류각 그리고 Froude 수와 비례한다.

$$\frac{B_s}{B} = 0.01 + 0.56 Q_r^{1/2} (\frac{\delta}{90^{\circ}}) - 0.39 F_d \quad (6)$$

$$\frac{L_s}{B} = 3.80 \sin^3 \delta (1 - \frac{1}{2} F_d) Q_r^{1/2}, F_d < 1 \quad (7)$$

분리구역을 제외한 흐름 단면폭을 계수로 표현한 수축계수,  $C_C = (B - B_s)/B$ 는 표 3과 같다. 유량비와 합류각이 증가함에 따라 수축계수가 작아진다. 수축계수와 흐름단면적은 비례하므로 수축계수가 작아질수록 흐름단면이 축소하여 합류부 상류까지 더 큰 배수위 영향을 주게 됨을 알 수 있다.

그림 4는 유량비에 따른 합류각도 별 분리구역의 무차원 거리비를 나타내고 있다. 유량비가 증가함에 따라 분리구역 거리가 증가하는 것을 볼 수 있고, 그 기울기도 합류각에 상관없이 거의 비슷하게 나타났다. 합류각이 적을 때는 합류각간에 분리구역 거리차가 크고 합류각이 점차 증가하면서 합류각간에 분리구역 거리차가 좁아지는 것을 볼 수 있어 이 역시 상관성을 가지는 것을 알 수 있다. 그림 5는 유량비에 따른 합류각도별 분리구역의 무차원 폭비로 합류각 45도일 때를 제외하고는 분리구역의 거리비와 비슷한 양상을 나타내고 있다.

표 3. 합류각과 유량비에 따른 수축계수, Cc

유량비/합류각	45도	60도	75도	90도
0.17	-	0.991	0.928	0.907
0.33	0.928	0.919	0.916	0.836
0.34	0.856	0.903	0.879	0.750

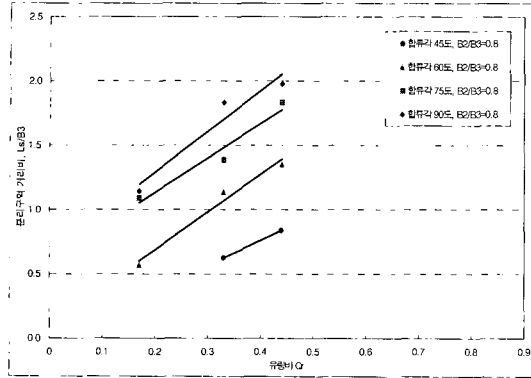


그림 4. 유량비에 따른 분리구역 거리

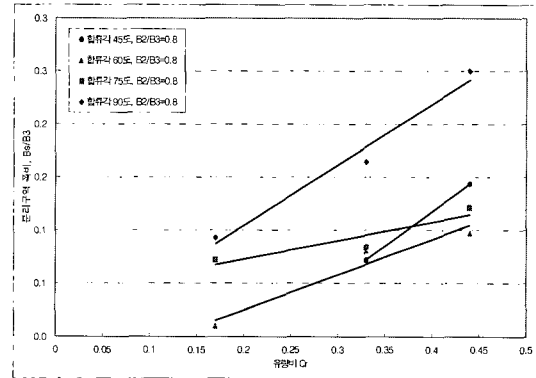


그림 5. 유량비에 따른 분리구역 폭

그림 6은 유량비를 지류유량과 본류 상류유량과의 비,  $Q_2/Q_1$  에 따른 분리구역의 형상지수,  $B_s/L_s$  의 관계로 보면 유량비 0.4이하, 즉 본류에 대한 지류의 유량이 적을 때는 분리구역의 크기와 영향이 작기 때문에 분리구역의 형상지수의 상관성을 찾기가 어렵다. 유량비가 0.4 이상에서는 형상지수가 0.2 전후의 값을 가진다. 유량비에 따른 형상지수는 0.05~0.30 범위에 나타나는 것을 알 수 있다.

그림 7은 분리구역의 거리와 폭의 관계를 도식한 것으로 여기서 합류각이 작을수록 분리구역의 거리비

와 폭비가 유량비에 지배적인 영향을 받는다는 것을 알 수 있었다. 추세선위로 분리구간의 비가 높게 나온 값은 합류각 45도, 유량비 0.33, 0.44일 때의 값이며 합류각이 적을 때 유량비에 따라 합류부의 특성이 매우 민감하게 반응하는 것을 알 수 있다. 식 (8)은 그림 7에 대한 식으로 분리구역의 거리비와 폭비의 관계식이다.

$$L_s = 0.1036 B_s^{1.0063}, R^2 = 0.6716 \quad (8)$$

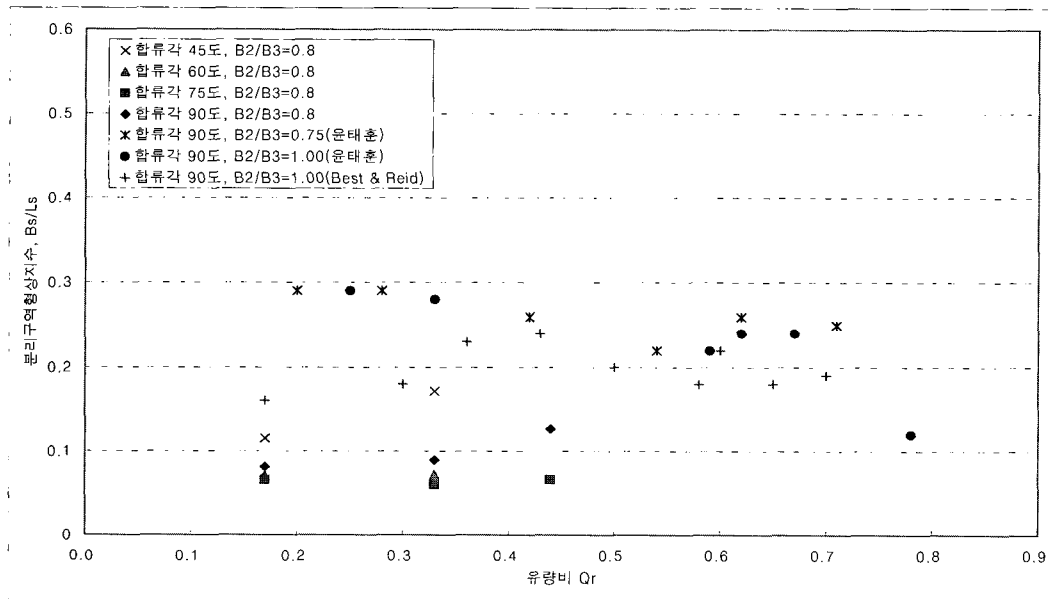


그림 6. 유량비에 대한 분리구역의 형상지수

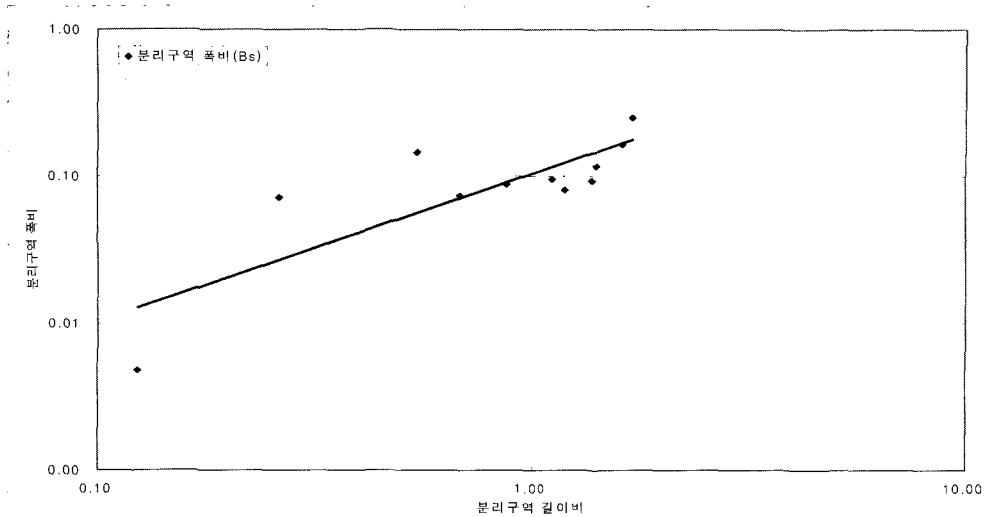


그림 7. 분리구역의 거리비와 폭비의 상관관계

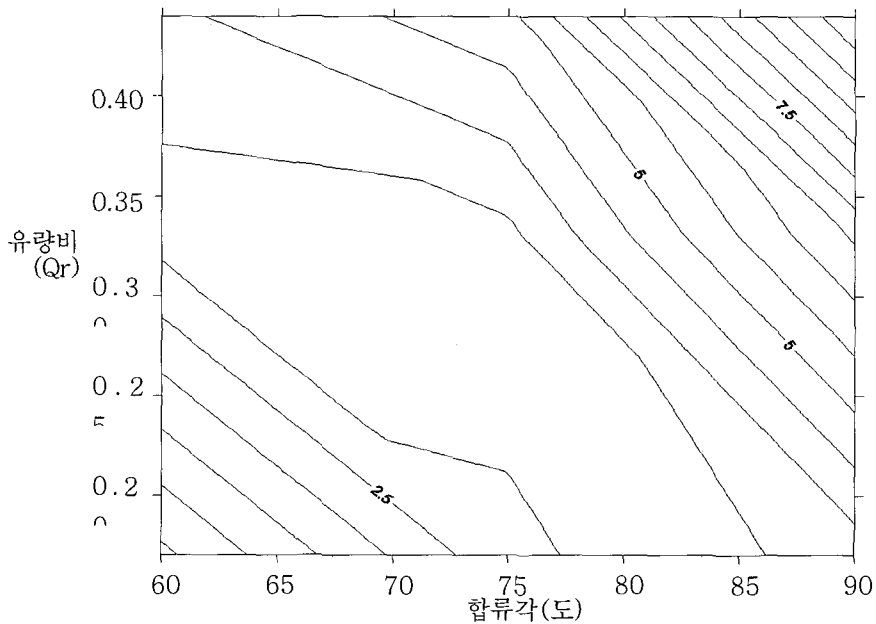


그림 8. 합류각과 유량비에 따른 분리구역 비

그림 8은 합류각과 유량비의 변화에 따른 분리구역의 무차원 거리비 등고선을 나타낸 것으로 합류각 60도~90도, 유량비 0.17~0.44의 범위내의 값이다. 합류각이 45도일 때는 분리구역의 폭이 예상치보다 높게 나와 신뢰도가 낮은 것으로 판단하여 합류각의 범위에서 제외하였다. 즉 “합류각 x 유량비 = 일정”의 관계식을 나타낸 것으로 분리구역의 같은 무차원거리비에서 유량비와 합류각의 반비례 관계를 보여준다.

### 3.3 유량비 변화에 따른 합류부 수면곡선의 분석

합류부의 수면변화는 합류부에서 합쳐지는 본류와

지류의 운동량에 의해 합류부의 흐름에 변화가 생기게 된다. 본류의 운동량보다 지류의 운동량이 상대적으로 큰 경우 수면변화가 크고 지류의 운동량이 적을 경우 수면변화의 차이가 작을 것이다. 이는 합류후의 유량과 지류의 유량비가 커질수록 흐름의 운동량이 커져 순환영역도 커짐과 동시에 수면변화도 커진다는 것을 의미한다. 본 연구에서는 합류부의 수면변화를 알아보고 합류부 부근의 분리구역과 배수위 영향을 알아보기 위해 합류가 되어지는 내측 a - h와 외측 i - l의 종단면에서의 수위값을 읽어 그림 9에서와 같이 비교해 보았다. 합류각과 유량비가 클수록 배수위의 영향이 크게 나타남을 보여준다. 합류부 외측부가

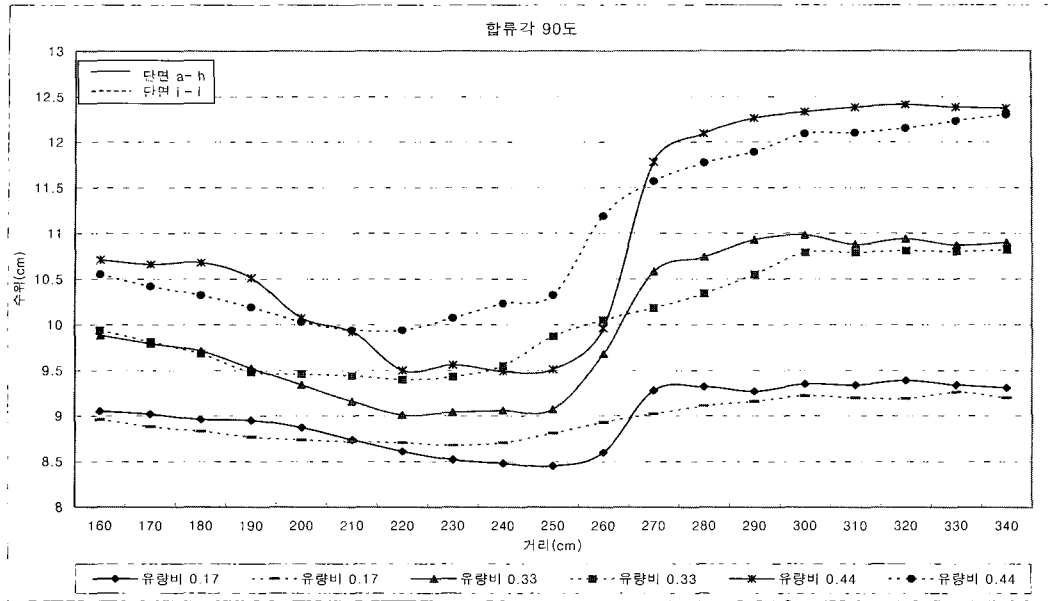


그림 9. 합류각 90도일때의 수위비교

홍수 발생시 배수영향으로 인해 합류부 내측보다 합류부에 의해 더 큰 피해를 입을 수 있다는 것이다. 그림 9를 통해 하류부 등류수심을 산정하여 합류가 시작되는 점(b)에서부터 하류의 등류수심이 되는 곳까지의 거리를  $X_l$ 로 보고 합류각과 유량비와 단면폭 및 수축계수간의 상관관계식을 Gurrani 등(1997) 식 (9)와 같고, 본 연구에서는 식 (10)과 같이 산정하였다.

$$\frac{X_l}{C_c \cdot B} = 2 + 3Q_r \sin^2 \delta \quad (9)$$

$$\frac{X_l}{C_c \cdot B} = -6.84 + 8.44Q_r^{0.72} + 0.84 \sin^2 \delta \quad (10)$$

그림 10은 합류부 상류 최대수위와 하류 최저수심의 비를 유량비와 함께 비교한 것이며 이때 유량비가 증가하면 수심비도 증가하는 것을 알 수 있다 (Ramamurthy, 1997). 분리구간의 중심을 최저수위로 보고 이 수위에 유입구의 최대수위를 뺀  $Y_h$ 를 수로폭으로 나눈 값이 하류 최저수심의 비,  $Y_b$ 이다. 유량비와 분리구간의 수심비의 상관관계를 통해 다른 유량비에 대해서도 유추해 볼 수 있다.

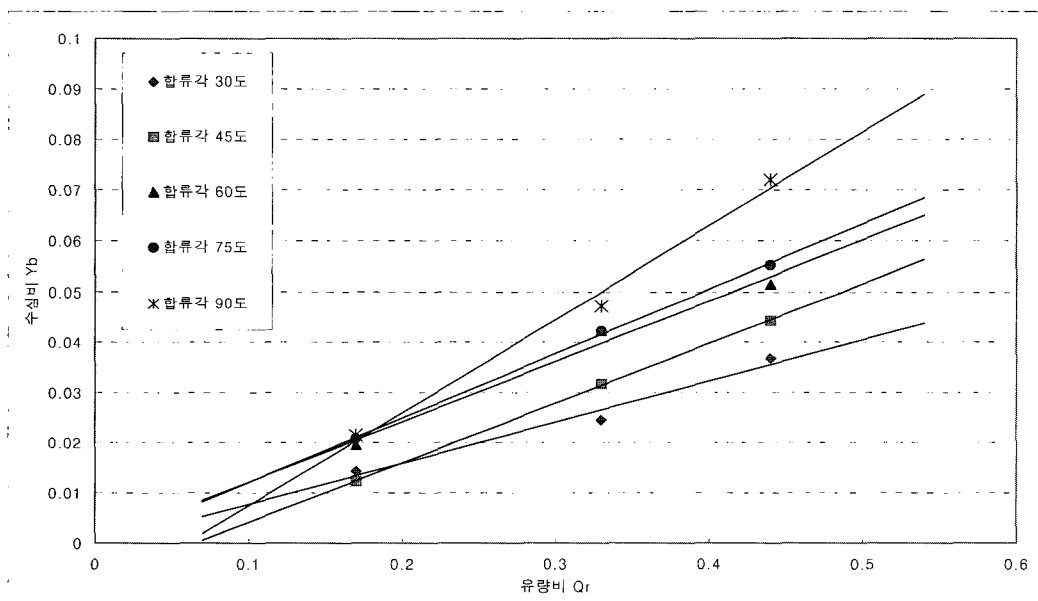


그림 10. 유량비와 분리구간의 수심비 관계



따라서 제시하는 식과 도표를 통해서 합류지점의 불리한 수리특성인 분리구역의 특성을 유량비, 합류각, 하류 Froude수 등의 관계로 정리하여 설계에 쉽게 응용할 수 있도록 하였다.

#### 4. 결론

분류와 지류가 만나는 합류부는 통상의 하천에 비해 복잡한 수리양상을 나타낸다. 특히 합류부 하류에서의 지류의 유입에 의한 유량의 변화와 흐름방향의 전환으로 순환흐름의 분리구역의 발생에 의한 통수단면의 축소는 통수능의 저하와 이에 따른 배수의 영향이 야기된다. 따라서 지류와 분류와의 유량비와 합류각을 달리하면서 실험한 결과를 이용하여 분리구역의 특성을 규명하였다.

- 분리구역의 정의는 유함수를 이용하여 그 값이 0(영)인 유선을 분리구역으로 정의하여 그 길이와 폭을 분류 하천쪽으로 나눈 무차원 길이비와 무차원 폭비로 하였다.
- 유속은 유량비에 따라 약간의 차이가 있지만 대부분 접근각도가 증가함에 따라 증가한다. 이와 같은 유선에 의한 분리구역의 연구결과가 기존의 실험들과 비교적 잘 맞는 것으로 나타났다.
- 작은 유량비와 합류각 30도에서는 분리구역이 나타나지 않아서 유량비와 합류각에 의한 분리구역의 출현경계식을 만들었다.
- 분리구역에 대한 고찰로 합류각, 유량비, 그리고 분류 하류에서의 Froude수에 의한 분리구역의 무차원 길이비와 폭비에 대한 기존의 실험식을 수정하였다.
- 일반적으로 유량비와 합류각이 커질수록 분리구역이 크게 나타났다. 유량비와 합류각에 따른 합류부 하류에서의 통수능력의 저하를 표현한 수축계수를 분석하여 이들 값이 커지면 수축계수가 작아짐을 보였다.
- 유량비와 합류각에 따른 분리구역의 형상을 나타내는 형상지수,  $B_s/L_s$ 의 값과 이들의 상관성을 분석하였다. 같은 분리구역을 나타내는 등고선을 합류각과 유량비를 통해서 추정 가능한 도표를 작성하여 분리구역의 같은 무차원거리비에서 유량비와 합류각의 반비례성을 나타냈다.
- 합류부를 전후한 상하류 구간에서 수면의 추적에서 유량비와 합류각이 커질수록 배수위의 영향

이 크게 나타났고, 합류부가 접하는 내측의 종단면 a-h와 외측의 종단면 i-1의 수위를 비교해본 결과 지류의 합류각도와 유량비가 증가함에 따라 두 단면의 수위차이가 분리구간에서뿐 아니라 하류부와 상류부에서도 확연히 났으며 외측의 종단면 i-1쪽이 배수영향이 더 컸다.

- 하류부 유량에 의해 등류수심을 산정하여 합류가 시작되는 점(b)에서부터 하류의 등류수심에 이르는 곳까지의 거리를  $X_f$ 로 보고 합류각과 유량비와 단면폭 및 수축계수간의 상관관계식을 산출하였다. 아울러 유량비와 합류각에 따른 수로내의 배수위에 의한 최대수위와 분리구역에서의 최소수심과의 비를 분석하였다.

#### 감사의 글

본 연구는 2002년도 상지대학교 교내연구비 지원 연구결과로 지원에 감사드립니다.

#### 참고 문헌

- 김성훈 (2004). 횡유입에 의한 홍수 수리특성에 관한 연구. 상지대학교 석사논문.
- 박용섭 (2003). 합류부에서 유량 및 접근각도 변화에 따른 수리학적 특성 분석. 인천대학교 박사논문.
- 윤태훈, 정의택, 박종석 (1998). 2차원 수치모형에 의한 합류흐름 해석. 대한토목학회논문집, 제 31권, 제 5호, pp. 529~538.
- 최계운, 김영규, 윤용진 (2003). 합류부에서 유량비에 따른 하상변동. 대한토목학회 2003년 정기 학술대회 논문집, pp. 2437~2441.
- Best, J.L. and Reid, I. (1984). Separation Zone at Open-Channel Junction. *Journal of Hydraulic Engineering*, ASCE, Vol. 110, No. 11, pp. 1588~1594.
- Gurram, S.K. (1997). Subcritical Junction Flow. *Journal of Hydraulic Engineering*, ASCE, Vol. 123, No. 5, pp. 447~455.
- Lin, J. D. and Soong, H. H (1979). Junction Losses in Open Channel Flows. *Water Resources Research*, Vol. 15, No. 2, pp. 414~418.
- McGuirk, J.J. and Rodi, W. (1978). A Depth-averaged Mathematical Model for the Near Field of Side Discharge into Open-channel

Flow. *J. of Fluid Mechanics*, Vol. 86, Part 4, pp. 761~781.

Modi, P. N., Ariel, P. D., and Dandekar, M. M. (1981). Conformal Mapping for Channel Junction Flow. *Journal of Hydraulic Division*, ASCE, Vol. 107, No. HY12, pp. 1713~1733.

Ramamurthy, A.S. (1997). Combining Flows In 90 Junctions of Rectangular Closed Conduits. *Journal of Hydraulic Engineering*, ASCE, Vol.

123, No. 11, pp. 1012~1019.

Taylor, E. H. (1944). Flow Characteristics at Rectangular Open-Channel Junction. *Transactions*, ASCE, No. 109, pp. 893~902.

◎ 논문접수일 : 2005년 12월 05일

◎ 심사의뢰일 : 2005년 12월 07일

◎ 심사완료일 : 2006년 02월 20일