

교량세굴심 산정을 위한 만곡부하천에서의 산정식 적용성 평가

박수진^{1*}, 박제완²

¹강원대학교 산학협력단, ²(주)화신엔지니어링 수자원부

Applicability Evaluation on the Analytical Formulas of the Scour Depth Estimation in the Bight River

Soo-Jin Park^{1*} and Jae-Wan Park²

¹University-Industry Cooperation Foundation, Kangwon National University

²Water Resources Dept., Hwashin Engineering Co., Ltd.

요약 본 논문은 교각의 세굴심 산정공식과 교대의 세굴심 산정공식을 적용하여 하천의 홍수량 및 만곡의 유·출입 각 변화에 따른 교량의 세굴심을 산정하고 이를 비교·검토하여 세굴심 산정식의 적용성을 평가하였다. 전체적으로 홍수량 및 유·출입 각이 증가할수록 만곡부의 세굴심 편차가 증가하였으며, 특히 유·출입 각 105°에서 58%의 편차를 보여 이 지형에서의 교량계획시 신중한 검토가 필요할 것으로 판단된다. 다음으로 만곡부 산정공식별 만곡부의 세굴심 편차를 산정한 결과, 교각의 경우 Andru식이 58%를 Laursen식이 26%의 편차율을 보였으며, 다음으로 CSU. 식이 17%의 편차율을 보였다. 교대는 Froehlich 공식이 44%의 편차율을 보이고 있어 위 식의 세굴심 산정식 적용시 만곡부의 수리특성을 고려한 세굴심 산정이 필요한 것을 알 수 있다. 끝으로 세굴심의 편차를 크게 보인 유·출입 각 45°~135°에 대하여 홍수량에 따른 세굴심의 편차율을 회귀분석 하여 회귀식을 제안하였다.

Abstract This research calculated the scour depth of bridge according to inflow and outflow changes of stream's flood discharge and curves by applying scour depth formula for piers and abutments, and by comparing and examining them, evaluated the applicability of scour depth formulas. Overall, if the angles of flood discharge and inflow and outflow increase, the deviation rate of scour depth in bight increased. Especially the deviation rate was 58% at the inflow and outflow angle of 105° that the bridge plan for this geography need careful examination. Next, as a result of calculating the deviation rate of scour depth at the bight by scour depth formulas, in case of pier, Andru formula showed 58% deviation rate, Laursen formula showed 26% deviation rate, and CSU. formula showed 17% deviation rate. In the case of abutment, Froehlich formula shows 44% deviation rate that when applying above scour depth formulas, scour depth calculation considering repairable characteristics of bight is necessary. Finally, about inflow and outflow angles of 45°~135° that showed big deviation rate of scour depth, this research performed regression analysis of deviation rates of scour depth due to flood discharge to suggest the regression formula.

Key Words : Bight river, Flood discharge, Bridge scour depth, Deviation rate of scour depth

1. 서론

수치해석을 위한 교량의 세굴심 산정은 하천의 지형적 특성과 하천을 횡단하는 위치, 홍수흐름의 특성 등 여러

가지 요인을 적용하여 해석을 하여야 한다[3]. 그러나 우리가 일반적으로 사용하는 1차원 수치해석 값의 경우 하천의 평균수위만을 산정하고 있어 만곡부하천에서의 실제 수리특성 값은 산정되는 값보다 과대하게 나타난다.

*Corresponding Author : Soo-Jin Park

Tel: +82-33-250-6241 email: parksj@kangwon.ac.kr

접수일 12년 07월 18일

수정일 12년 08월 14일

게재확정일 12년 10월 11일

이러한 수치해석 값으로 산정된 세굴심은 만곡부 외측에서 과소하게 산정되어 구조물의 안정성에 크게 문제가 된다. 특히 수심은 기존연구[4]에서 밝히고 있듯이 세굴 심 발생에 있어 가장 중요한 영향력을 주고 있는 변수이기 에 만곡 외측의 수심편차를 고려한 세굴심 산정은 매우 중요하다.

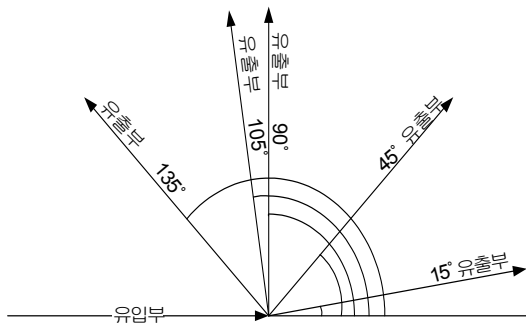
따라서 본 연구에서는 만곡부 하천을 대상으로 하여 홍수량 및 유출입각도 변화에 따른 세굴심을 산정하고 이를 비교·검토하여 산정식의 적용성을 평가하였다. 끝으로 만곡 변화에 따른 편차를 정량적으로 제시하여 만곡 부하천에서의 합리적인 교량 설계를 위한 가이드라인을 제공하고자 한다.

2. 연구방법

2.1 자료 계획

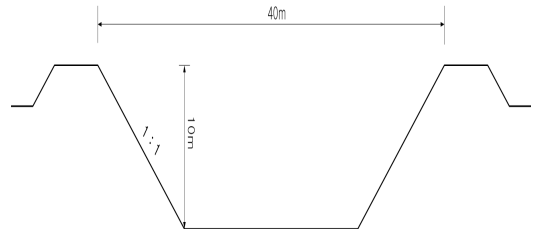
2.1.1 하천의 지형자료

교량의 세굴심은 하천의 수리특성에 따라 각각 다르게 발생된다. 따라서 본 연구의 목적에 적합 될 수 있도록 하천의 유·출입 각도에 변화를 주어 만곡부를 표현하였다. 본 연구에서 검토한 하천의 유·출입 각 변화는 그림 1과 같다.



[그림 1] 만곡부 하천의 유·출입 각
[Fig. 1] Inflow and outflow angle of stream

다음으로 하천의 횡단면을 계획하였으며, 횡단면은 하천의 만곡을 잘 표현하고 있는 지방하천의 현 하폭 및 지천의 하폭 등을 고려하여 하폭은 40m로 계획하였다. 본 연구에서 검토한 하천의 횡단면은 그림 2와 같다.



[그림 2] 하천의 횡단면
[Fig. 2] Cross section of stream

2.1.2 하천의 홍수량

하천의 홍수량은 본 연구에서 적용한 지방하천의 계획 홍수량 및 계획단면 통수능 초과까지의 홍수량을 고려하여 본 연구를 수행하였다. 지방하천의 홍수량은 600CMS에서 600CMS의 범위를 보이고 있으나, 하천의 계획단면 등을 고려하여 100CMS에서 1000CMS의 통수능 초과까지 홍수량 변화를 주어 해석하였다. 홍수량의 변화는 100CMS로 하였다.

2.2 교량의 세굴심 산정식

2.2.1 교각의 국부세굴심 산정식

본 연구에서는 국내에서 일반적으로 많이 사용하고 있으며, 한국수자원학회의 하천설계기준[9]에서 제시된 CSU. 공식 외 4가지 공식에 대하여 세굴심을 산정하였다. 본 연구에서 적용 검토한 세굴심 산정식에 대한 소개는 아래와 같다.

1) CSU. 공식

$$\frac{y_s}{y_1} = 2.0K_1K_2K_3K_4 \left[\frac{a}{y_1} \right]^{0.65} Fr^{0.43} \quad (1)$$

여기서, y_s : 세굴심도(m) , a : 교각폭(m)

y_1 : 구조물의 직상류부 수심(m)

K_1 : 교각형상에 대한 보정계수

K_2 : 흐름 입사각에 대한 보정계수

K_3 : 하상조건에 대한 보정계수

K_4 : 하상재료 크기에 대한 보정계수

Fr : 구조물 설치 직상류부의 Froude 수

2) Froehlich 공식

$$\frac{y_s}{b} = 0.32\phi \left(\frac{b'}{b} \right)^{0.62} \left(\frac{y}{b} \right)^{0.46} Fr^{0.20} \left(\frac{b}{D_{50}} \right)^{0.08} + 1 \quad (2)$$

여기서, y_s : 세굴심(m), b : 교각 폭(m)

b' : 입사각에 대한 직각방향의 투영교각 폭(m)
 ϕ : 교각 형상계수(사각형:1.4, 원형:1.0, 예각:0.7)
 y : 수심(m)
 D_{50} : 하상입자의 평균입경(m)
 Fr : Froude Number

3) Neill 공식

$$\frac{y_s}{b} = K_s \cdot \left(\frac{y}{b}\right)^{0.3} \quad (3)$$

여기서, y_s : 세굴심(m), K_s : 1.5
 b : 교각 폭(m)
 y : 구조물 설치 직상류부 수심(m)

4) Andru 공식

$$Z_s = 0.8h \quad (4)$$

여기서, Z_s : 최대세굴심(m)
 h : 교각지점의 수심(m)

5) Laursen 공식

$$b = 5.5 \frac{y_s}{y} \left[\left(\frac{y}{11.5y_1} + 1 \right)^{1.7} - 1 \right] \quad (5)$$

여기서, $\frac{y_s}{y}$: 교각 국부세굴심(m)으로 시행착오범
 로 산정
 y_1 : 교각직상류 단면수심(m)
 b : 교각 폭(m)

2.2.2 교대의 국부세굴심 산정식

교대 국부세굴의 경우 매우 다양한 형태로 진행되므로 교대 국부세굴심을 정확히 산정하기 어려울 뿐만 아니라 기존 경험공식의 경우 과다 산정하는 경향을 나타내고 있다. 현재 FHWA HEC-18(2001) 및 HEC-RAS모형 등에서는 흐름방향에 직각으로 투영된 교대 길이가 직상류부 단면 평균수심의 25배를 초과할 경우에는 HIRE 공식을 사용하고, 25배 이하일 경우에는 Froehlich 공식을 사용하는 방법을 주로 사용하고 있다[6].

1) Froehlich 공식

Froehlich이 제안하고 있는 교대 국부세굴심 산정공식은 다음과 같다.

$$\frac{y_s}{y_1} = y_1 \left[2.27K_{f_1}K_{f_2} \left(\frac{L'}{y_1} \right)^{0.43} Fr_1^{0.61} + 1 \right] \quad (6)$$

여기서, $\frac{y_s}{y}$: 교대 국부세굴심(m)
 y_1 : 교대직상류 단면 평균수심(m)
 L' : 흐름방향에 직각으로 투영된 교대길이(m)
 Fr_1 : 교대 직상류 단면 Froude 수
 K_{f_1} : 교대형상에 따른 보정계수
 K_{f_2} : 교대 흐름방향과의 각도에 따른 보정계수

2) HIRE 공식

Richardson 등이 제시한 HIRE 교대 국부세굴심 산정 공식은 다음과 같다.

$$y_{sa} = 4 y_1 \frac{K_{h1}}{0.55} K_{h2} Fr_1^{0.33} \quad (7)$$

여기서, y_{sa} : 교대 국부세굴심(m)
 y_1 : 교대직상류 단면 수심(m)
 K_{h1} : 교대형상에 따른 보정계수
 K_{h2} : 교대 흐름방향과의 각도에 따른 보정계수
 Fr_1 : 교대 직상류 단면 Froude 수

3. 분석 및 고찰

3.1 하천 만곡부 외측의 수심 산정

3.1.1 1차원 수리특성 값

만곡부의 수리특성을 관찰하기 위하여 본 연구에서 계획한 지형자료를 적용하여 HEC-RAS 모형을 이용 홍수량에 따른 1차원 수리특성 값을 도출하였다. 도출된 수리특성 값은 표 1과 같다.

[표 1] 1차원 수치해석 결과

[Table 1] Result of one-dimension numerical analysis

| Flood (CMS) | Velocity (m/s) | Water level (m) | Water depth (m) | Water width (m) | Fr Number |
|-------------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------|
| 100 | 3.52 | 1.93 | 1.33 | 22.66 | 0.97 |
| 200 | 4.33 | 2.69 | 2.09 | 24.18 | 0.96 |
| 300 | 4.88 | 3.31 | 2.71 | 25.42 | 0.95 |
| 400 | 5.30 | 3.85 | 3.25 | 26.50 | 0.94 |
| 500 | 5.64 | 4.33 | 3.73 | 27.46 | 0.93 |
| 600 | 5.94 | 4.78 | 4.18 | 28.36 | 0.93 |
| 700 | 6.19 | 5.19 | 4.59 | 29.18 | 0.92 |
| 800 | 6.41 | 5.59 | 4.99 | 29.98 | 0.92 |
| 900 | 6.61 | 5.97 | 5.37 | 30.74 | 0.91 |
| 1000 | 6.80 | 6.32 | 5.72 | 31.44 | 0.91 |

3.1.2 만곡부 외측의 수심 편차 산정

본 연구에서는 기존 연구[7]에서 제시한 홍수량에 따른 수면경사도의 회귀식을 이용하여 만곡부 외측의 수심을 산정하였다.

본 연구에서 이용한 만곡부하천의 유·출입 각에 따른 수면 경사도 회귀식은 표 2와 같다.

[표 2] 유·출입각도에 따른 수면 경사도 회귀식
[Table 2] Water surface slope regression for inflow and outflow angle

| Angle | Regression equation |
|-------|--|
| 15° | $Y = 0.1548 \times X^2 - 0.1586 \times X + 0.2267$ |
| 45° | $Y = 0.2 \times X^2 + 0.0667$ |
| 90° | $Y = 0.1952 \times X^2 + 0.0286 \times X + 0.0733$ |
| 105° | $Y = 0.1786 \times X^2 + 0.2319 \times X + 0.8667$ |
| 135° | $Y = 0.1381 \times X^2 + 0.2181 \times X - 0.06$ |

주) Estimation of the Water Surface Slope by the River Bend Curvature and Flood Discharge(2007. 6), Journal of the Korean Society of Hazard Mitigation

여기서 Y 는 수면경사도, X 는 홍수량 이다.

표 2의 수면경사도 회귀식을 이용하여 1차원 수치해석에서 산정된 수심을 적용, 만곡부 외측의 수심편차를 산정하였다. 산정된 수심편차는 표 3에 정리하였다.

[표 3] 유·출입 각도에 따른 만곡외측의 수심편차(m)
[Table 3] Water depth deviation of bight outside for inflow and outflow angle(m)

| Flood | Angle | | | | |
|-------|-------|------|------|------|------|
| | 15° | 45° | 90° | 105° | 135° |
| 100 | 0.03 | 0.03 | 0.03 | 0.14 | 0.03 |
| 200 | 0.06 | 0.10 | 0.11 | 0.25 | 0.11 |
| 300 | 0.15 | 0.24 | 0.24 | 0.40 | 0.23 |
| 400 | 0.27 | 0.43 | 0.44 | 0.62 | 0.40 |
| 500 | 0.45 | 0.70 | 0.70 | 0.89 | 0.62 |
| 600 | 0.69 | 1.03 | 1.03 | 1.23 | 0.88 |
| 700 | 0.98 | 1.44 | 1.44 | 1.64 | 1.20 |
| 800 | 1.33 | 1.93 | 1.92 | 2.12 | 1.58 |
| 900 | 1.74 | 2.50 | 2.48 | 2.68 | 2.01 |
| 1000 | 2.22 | 3.15 | 3.13 | 3.31 | 2.50 |

표 3을 보면 전체적으로 홍수량의 증가 및 유·출입 각이 커질수록 수심편차도 크게 발생하는 것을 알 수 있다.

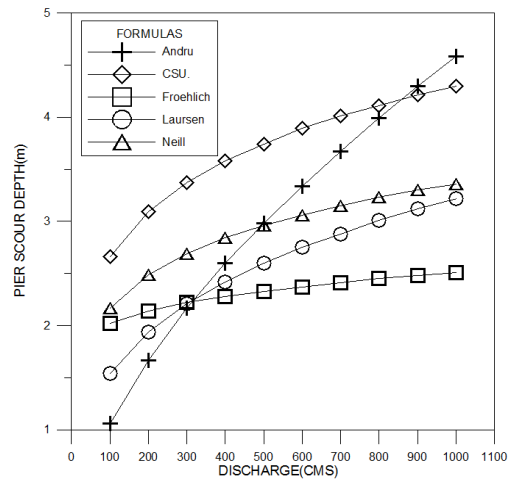
유·출입 각 변화로는 105°에서 가장 큰 편차를 보였으며, 홍수량 조건의 경우 홍수량 200CMS 이하에서는 작은 수심의 편차를 보였다. 100CMS 에서는 전체 유·출입 각에서 수심의 편차를 보이지 않았다.

3.2 만곡부에서의 교량 세굴심 편차 산정

일반적으로 교량 세굴심 산정에 있어서 만곡부의 유무 관계 상관없이 1차원 해석의 평균수위를 이용하여 만곡부의 세굴심을 산정하고 있다. 본 연구에서는 만곡부 하천에서의 세굴심 산정 식 적용의 문제점을 파악하고자, 만곡을 고려했을 경우의 세굴심을 산정하여 직선부에서의 산정 값과 비교하였다.

3.2.1 교각 국부세굴심 편차

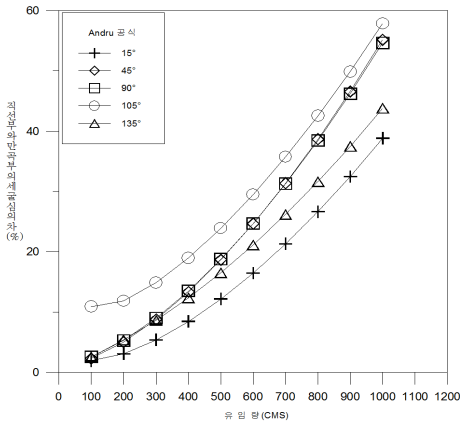
본 연구에서 소개한 산정 식을 이용하여 하천 홍수량 변화에 따른 교각 국부세굴심을 산정하였다. 그림 3은 산정공식별 세굴심 산정 값을 그래프로 표현한 것이다.



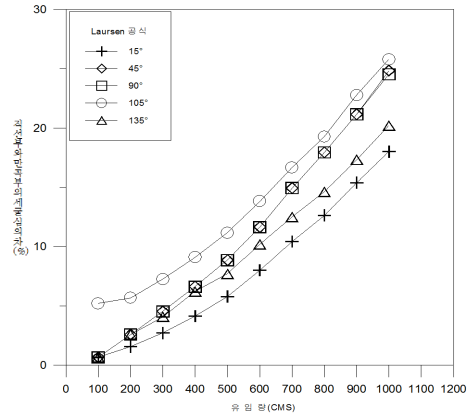
[그림 3] 산정식별 교각의 국부세굴심
[Fig. 3] Formulas estimation of Pier scour depth

그림 3의 결과에서 보듯이 홍수량이 증가할수록 세굴심도 크게 발생하였으며, 공식별로는 CSU. 공식이 가장 크게 산정되었다. 홍수량 변화에 따른 가장 큰 세굴심의 변화를 보인 식은 Andru 식으로 관찰되었으며, Froehlich 공식은 홍수량 변화에 따른 세굴심의 변화가 크게 없는 것으로 관찰되었다.

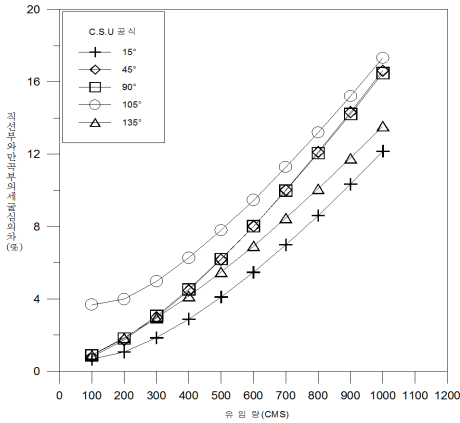
다음으로 만곡부를 고려한 외측의 수심을 적용하여 각 산정공식별 세굴심의 편차를 산정하였으며, 산정 결과는 그림 4와 같다.



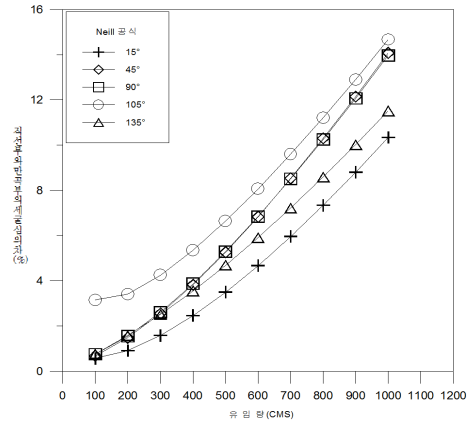
(a) Andru eq. (%)



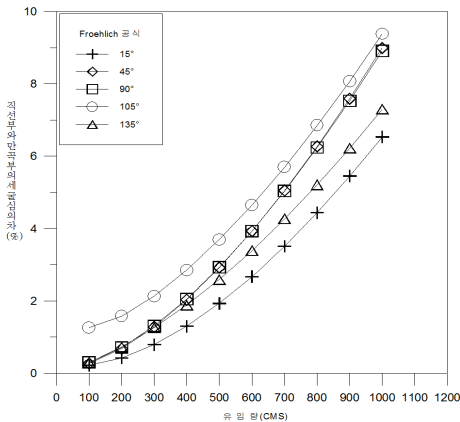
(d) Laursen eq. (%)



(b) CSU. eq. (%)



(e) Neill eq. (%)



(c) Froehlich eq. (%)

[그림 4] 만곡부의 산정공식별 교각세굴심 편차(%)

[Fig. 4] Pier scour depth deviation of estimation formulas in the bight river(%)

그림 4의 결과에서 알 수 있듯이 유출입 각도별 만곡부 하천에서의 가장 큰 편차를 보인 식은 Andru 식으로 관찰되었으며, 가장 큰 편차를 보인 유출입 각은 105°에서 약 58%의 편차를 보였다. 다음으로 CSU. 공식의 경우 교각의 크기가 일정하다고 가정하였을 때 세굴심의 편차가 적게는 0.67%에서 17%의 범위를 보이고 있어 만곡부에 대한 편차가 적은 것을 알 수 있다.

Froehlich 공식은 홍수량이 증가하여도 만곡부에서 약 9%의 작은 세굴심 편차를 보였다. 이는 교각의 폭에 큰 영향을 받는 식으로 식 (2)에서 보듯이 교각 폭에 대한 수심의 비로(y/b)^{0.46} 정도 영향을 주기 때문이다. Laursen 공식은 홍수량 1000CMS이며, 가장 큰 편차를

보인 유출입 각 105°일 때 약 26%의 세굴심 편차를 보이고 있어 만곡부에서의 세굴심 산정 시 이에 대한 고려가 필요한 것을 알 수 있다.

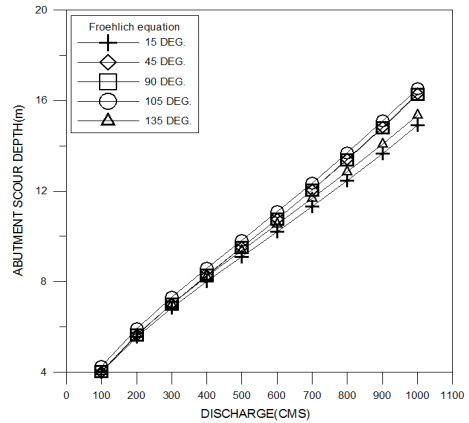
Neill 식에서는 약 15%의 세굴심 편차를 보였으며, 전체적으로 만곡에 대한 수리학적 특성으로 세굴심 편차가 발생하였다. 특히 Andru 식의 경우 최대 58%의 편차가 발생하였으며, 다음으로 Laursen 공식에서 26%의 편차를 보이고 있어 이에 대한 공식으로 만곡부에 대한 세굴심 산정 시 수면형 경사에 대한 고려가 필요한 것을 알 수 있다. 그 외 공식에서는 약 7%에서 17%의 작은 편차를 보였다.

3.2.2 교대 국부세굴심 편차

다음으로 만곡부의 교대 국부세굴심 편차를 관찰하였다. 본 연구에서는 투영된 교대 길이가 직상류부 단면 평균수심의 25배 이하이기 때문에 Froehlich 공식을 사용하여 교대의 국부세굴심을 산정하였다. 아래 그림 5는 산정된 교대 국부세굴심을 그래프로 표현한 것이다.

그림 5의 결과에서 보듯이 홍수량 증가 및 유출입각도가 증가할수록 세굴심의 편차도 크게 발생하는 것을 알 수 있다. 유출입각 15°의 경우 일반적인 지방하천의 홍수량 규모를 고려하였을 때 세굴심에 대한 편차는 작은 것으로 관찰되었다. 그러나 45°이상에서는 홍수량의 규모를 고려하여 만곡부의 수리특성을 고려한 세굴심 산정이 필요한 것을 알 수 있다. 특히 유출입 각 105°의 경우 적은 홍수량에서도 큰 편차를 보이고 있으며, 최대 홍수량

에서는 편차가 약 5m로 40%가 넘는 편차율을 보이고 있어 이러한 만곡부에서의 교량 계획 시 신중한 검토가 필요한 것을 알 수 있다.



[그림 5] 산정식별 교대의 국부세굴심
[Fig. 5] Formulas estimation of abutment scour depth

3.3 홍수량과 교량 세굴심 편차율 관계식

본 연구에서의 홍수량과 세굴심 편차율의 관계식 작성 방법은 식 (8)과 같다[8].

$$\text{Log } Y = a_l \times Q + b_l' \tag{8.a}$$

$$Y = e^{b_l'} \times Q^{a_l} \tag{8.b}$$

[표 4] 홍수량에 따른 교각세굴심의 편차율 회귀분석
[Table 4] Regression analysis of pier scour depth deviation rate by the flood discharge

| Division | | Angle | 45° | 90° | 105° | 135° |
|-------------|------------------------|-------|--------|--------|--------|--------|
| | | | | | | |
| CSU. eq. | R-squared | | 0.998 | 0.996 | 0.913 | 0.998 |
| | Regression coefficient | a_l | 1.347 | 1.300 | 0.724 | 1.197 |
| | | b_l | 0.001 | 0.002 | 0.098 | 0.003 |
| Laursen eq. | R-squared | | 0.998 | 0.997 | 0.946 | 0.999 |
| | Regression coefficient | a_l | 1.546 | 1.500 | 0.922 | 1.394 |
| | | b_l | 0.0002 | 0.0002 | 0.014 | 0.0005 |
| Neill eq. | R-squared | | 0.998 | 0.997 | 0.913 | 0.998 |
| | Regression coefficient | a_l | 1.341 | 1.298 | 0.719 | 1.195 |
| | | b_l | 0.0013 | 0.0018 | 0.0855 | 0.0029 |
| Laursen eq. | R-squared | | 0.994 | 0.994 | 0.915 | 0.990 |
| | Regression coefficient | a_l | 1.528 | 1.526 | 0.747 | 1.425 |
| | | b_l | 0.0007 | 0.0007 | 0.1234 | 0.0011 |
| Andru eq. | R-squared | | 0.996 | 0.994 | 0.907 | 0.997 |
| | Regression coefficient | a_l | 1.409 | 1.361 | 0.776 | 1.248 |
| | | b_l | 0.0031 | 0.0042 | 0.2203 | 0.007 |

[표 5] 홍수량에 따른 교대세굴심의 편차율 회귀분석

[Table 5] Regression analysis of pier scour depth deviation rate by the flood discharge

| Division | | Angle | | | | |
|---------------|------------------------|-------|--------|--------|--------|--------|
| | | 45° | 90° | 105° | 135° | |
| Froehlich eq. | R-squared | | 0.997 | 0.995 | 0.916 | 0.997 |
| | Regression coefficient | a_l | 1.434 | 1.388 | 0.806 | 1.276 |
| | | b_l | 0.0020 | 0.0026 | 0.1367 | 0.0047 |

여기서 e^{b_l} 를 b_l 라고 표현하면, 홍수량과 세굴심 편차율의 관계식은 식 (9)와 같이 표현 할 수 있다.

$$SD_r = b_l \times Q^{a_l} \quad (9)$$

여기서 SD_r 는 세굴심 편차이고(%), Q 는 홍수량 (m^3/sec)이며, a_l 과 b_l 은 세굴심 편차율의 회귀계수이다. 표 4는 교각의 세굴심 편차율의 회귀분석 결과를 정리한 것이며, 표 5는 교대의 회귀분석 결과를 정리한 것이다.

세굴심 편차율이 크게 나타난 유·출입 각 45°에서 135°까지의 편차율에 대하여 회귀분석을 하였으며, 전체적으로 결정계수가 0.84이상으로 회귀식이 유의한 것을 알 수 있다. 여기서 식 (9)의 a_l 은 곡선의 기울기를 나타낸 것으로 홍수량에 따른 세굴심 편차가 민감하게 반응하는 것을 알 수 있다. 전체적으로 105°를 제외한 전체 식에서 곡선의 기울기가 1이상으로 민감하게 반응하였다. 따라서 하천의 만곡구간에서는 홍수량의 규모 및 만곡부의 수리특성을 고려한 교량의 세굴심 산정이 중요한 것을 알 수 있다.

4. 결론

본 논문은 만곡부 하천에서의 유·출입 각도 및 홍수량 변화에 따른 지방하천의 교량 세굴심을 산정하고 이를 비교·검토하여 다음과 같은 결론을 도출하였다.

- 1) 홍수량과 만곡부의 유·출입 각도에 따른 교량의 세굴심을 산정한 결과 홍수량 및 유출입 각이 증가할수록 세굴심의 편차가 증가하였으며, 특히 유·출입 각 105°에서 크게는 58%의 편차를 보이고 있어 이 지형에서의 교량 계획 시 신중한 검토가 필요한 것을 알 수 있다.
- 2) 세굴심 산정식별 만곡부의 편차를 산정한 결과, 교각의 경우 Andru 식이 58%의 편차를 보였으며, 다음으로 Laursen 식이 26%를 CSU. 식이 17%의 편

차를 보였다. 교대는 Froehlich 공식이 44%의 편차를 보이고 있어 위 식의 세굴심 산정식 적용시 만곡부의 수리특성을 고려한 세굴심 산정이 필요한 것을 알 수 있다.

- 3) 만곡부의 유·출입 각도별 홍수량에 따른 교량세굴심의 편차 회귀분석 결과, 105°이하의 만곡에서 곡선의 기울기가 1이상을 보이고 있어 홍수량의 규모 및 만곡부의 수리특성을 고려한 세굴심 산정이 이루어져야 할 것이다.
- 4) 회귀분석을 통하여 세굴심의 편차가 크게 나타난 만곡부 유·출입 각 45°에서 135°에 대하여 홍수량에 따른 세굴심 편차율의 회귀식을 제안하였으며, 이를 이용하여 만곡부 하천에서의 교량세굴심 산정이 간편해질 것으로 보인다.

References

- [1] Kang, J.G., "Development and Application of Real-time Bridge Scour Monitoring System", PhD Thesis, Myungji University, 2002.
- [2] Moon, J.H., "Effect of Pier Shape and Hydraulic Conditions on the Characteristics of Scour", Master's Thesis, Changwon National University, 2008.
- [3] Park, T.H., "Computations of Numerical Deviations of Equations for Scouring Depth Comparing with 1-D and 2-D Numerical", Master's Thesis, Kangwon National University, 2008.
- [4] Baek, K.W. and Park, S.J. et al., "A Experimental Study on the Dept of Scour to Formual Estimated of the Patten Pier", Journal of the Korean Society of Hazard Mitigation", Vol. 10, No. 2, pp. 83~90, 2010.
- [5] Lee, Y.C., "A Study on the Scour at Bridge", Master's Thesis, Miryang National University, 2003.
- [6] Jung, J.H., Yoon, Y.N., "Water Resources Design Learning" Goomi Bookstore, pp. 412~421, 2007.
- [7] Choi, H.K., Lee, M.H, Baek, H.S. and Park, S.J., "Estimation of the Water Surface Slope by the River

Bend Curvature and Flood Discharge" Journal of the Korean Society of Hazard Mitigation", Vol. 7, No. 2, pp. 65~71, 2007.

[8] Park, J.S. and Yoon, Y.S., "Modern Statistics", Da-san publishing, 2009.

[9] Korea Water Resources Association, "Explanation of River Design Law", 2009.

박 수 진(Soo-Jin Park)

[정회원]



- 2011년 2월 : 강원대학교 대학원 토목공학과 (공학박사)
- 2006년 3월 ~ 현재 : 강원대학교 토목공학과 시간강사
- 2012년 3월 ~ 현재 : 강원대학교 산업기술연구소 특별연구원
- 2012년 9월 ~ 현재 : 강원대학교 산학협력단 박사후 연구원

<관심분야>

수공학, 하천환경

박 제 완(Jae-Wan Park)

[정회원]



- 2012년 2월 : 강원대학교 대학원 토목공학과 (공학석사)
- 2012년 3월 ~ 현재 : (주)화신엔지니어링 수자원부

<관심분야>

수공학, 하천환경