

수로실험을 통한 토석류의 흐름 특성 분석

Analysis of Flow Characteristics of Debris Flow with Flume Experiments

유국현¹⁾ · 이호진²⁾ · 이효상³⁾ · 장형준⁴⁾ · 성선경⁵⁾

Ryou, Kuk-Hyun · Lee, Ho-Jin · Lee, Hyo-Sang · Chang, Hyung-Joon · Seong, Seon-Kyeong

전 세계적으로 인간 활동에 의한 기후변화가 발생하여 국지성 집중호우의 발생빈도가 증가하고 있다. 국지성 집중호우의 발생빈도 증가는 토석류와 같은 산지토사재해의 발생량을 증가시키는 주원인이며, 최근 국내에서 발생하는 산지토사재해의 대부분을 토석류가 차지하고 있다. 한편, 토석류의 발생은 불규칙적으로 일어나기 때문에 이에 대한 예측 및 대응방안의 마련이 어려운 실정이다. 따라서 토석류의 피해 예측 및 흐름 특성 분석을 위해 수로실험을 통한 연구가 활발히 진행되고 있다(D'Agostino et al., 2010; Eu, 2016). 수로실험은 제한된 조건에서 토석류 현상에 대한 흐름 특성을 연구하기에 적합한 방법이지만(D'Agostino et al., 2010), 국내에서 수행된 토석류 수로실험은 토석류의 흐름 특성에 대한 경향성 분석에 머물러 있어 추가적인 연구가 필요하다. 본 연구에서는 수로실험을 통해 수로경사, 토사체적농도 및 소단 설치 등에 따른 토석류의 흐름 특성을 분석하였다. 토석류의 흐름 특성인 흐름 속도, 흐름 깊이 등을 관측하였으며, 이를 토석류의 흐름 속도 추정식에 대입해 흐름 저항계수를 산정하였다. 본 연구의 결과는 토석류의 흐름 속도를 추정하는데 사용할 수 있으며, 토석류 대책구조물 설계에 있어 토석류의 충격력 산정에 기초자료로 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

본 연구에서는 토석류 피해를 저감하기 위해 사면에 소단을 설치하였던 Lee et al.(2015)의 연구를 참고하여 실험유형을 구성하였다. 즉, 실험유형을 소단을 설치하지 않은 동적 실험과 소단을 설치한 동적 실험으로 구성하였다. 또한, 토석류의 흐름 특성을 확인하기 위해 Table 1과 같은 실험조건으로 수로실험을 수행하였다. 여기서 토사체적농도는 토석류 총 체적에 대한 토사의 체적비를 의미하며, 실험에 사용한 수로는 길이 1.3-1.9m, 폭 0.15m, 높이 0.3m의 제원을 갖는다.

Table 1. Condition of flume test

Test type	Dynamic test without berm				Dynamic test with berm			
Slope angle (°)	10	15	20	25	10	15	20	25
Volumetric	40	40	40	40	40	40	40	40
Sediment	45	45	45	45	45	45	45	45
Concentration (%)	50	50	50	50	50	50	50	50

본 연구에서 토석류의 흐름 저항계수 μ , ξ , n , C_1 , C_2 의 산정을 위해 사용한 흐름 속도 추정식의 형태는 Eq. (1)~(5)와 같으며, 이를 Table 2에 나타냈다. 실험결과, 흐름 저항계수 μ , ξ , n , C_1 , C_2 의 평균값은 $0.125\text{Pa}\cdot\text{s}$, $4668.9\text{m}^{-0.5}\text{s}^{-1}$, $0.014\text{m}^{-1/3}\text{s}$, $34.67\text{m}^{0.5}\text{s}^{-1}$, $7.90\text{m}^{0.78}\text{s}^{-1}$ 로 나타났다.

1) 충북대학교 토목공학과 석사과정(cabin261@chungbuk.ac.kr)

2) 충북대학교 토목공학과 교수(hojinlee@chungbuk.ac.kr)

3) 충북대학교 토목공학과 교수(hyosanglee@chungbuk.ac.kr)

4) 충북대학교 토목공학과 박사후연구원(param79@chungbuk.ac.kr)

5) 충북대학교 토목공학과 석사과정(skseong@chungbuk.ac.kr)

Table 2. Equations for estimating the flow velocity of debris flow

Flow type	Formula
Newtonian laminar flow	$v = \frac{\rho g h^2 S}{k\mu}$ (1)
Dilatant grain shearing flow	$v = \frac{2}{3} \xi h^{1.5} S^{0.5}$ (2)
Newtonian turbulent flow	$v = \frac{1}{n} h^{2/3} S^{0.5}$ (3)
Voellmy flow	$v = C_1 h^{0.5} S^{0.5}$ (4)
Empirical formula	$v = C_2 h^{0.22} S^{0.33}$ (5)

Fig. 1은 소단을 설치하지 않은 경우의 흐름 속도를 기준으로 소단을 설치한 경우의 흐름 속도 감소율을 나타낸 것이다. 토석류의 흐름 속도는 수로경사가 증가할수록, 토사체적농도가 감소할수록 증가하였다. 또한, 소단을 설치한 경우 소단을 설치하지 않은 경우에 비해 토석류의 흐름 속도가 3~26% 감소하였다. 따라서 소단의 설치가 토석류 피해를 저감하기 위한 대책으로 적합한 것으로 판단된다.

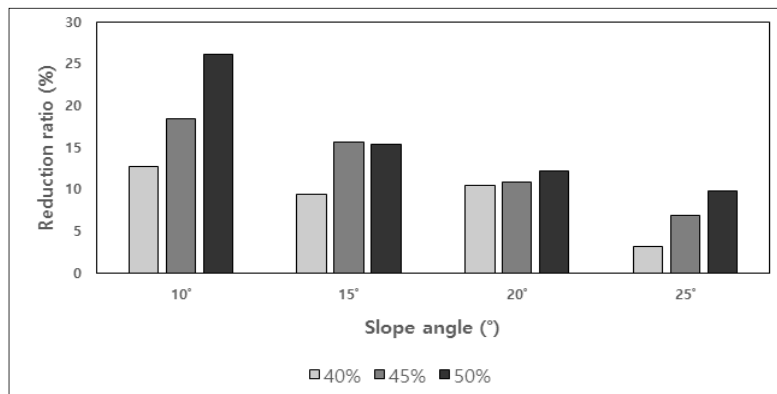


Fig. 1. Reduction ratio of debris flow velocity according to berm installation

감사의 글

본 연구는 "국토교통부 국토교통기술촉진연구사업의 연구비지원(18CTAP-C141846-01)"에 의해 수행되었습니다.

참고문헌

1. D'Agostino, V., Cesca, M. and Marchi, L. (2010), Field and laboratory Investigations of runout distances of debris flows in the Dolomites (Eastern Italian Alps), *Geomorphology*, Vol. 115, No. 3, pp. 294~304.
2. Eu, S. (2016). Analysis of debris flow behavior with flume experiments, Graduate School of Seoul National University, Master's thesis, pp. 1~51 (In Korean).
3. Lee, H. J., Kim, S. D., Jun, K. W. and Lee, M. S. (2015), The Modeling of debris flow disaster according to the location of berm, *Crisisonomy*, Vol. 11, No. 8, pp. 105~108 (In Korean).