강원도 산간지역의 토사유출량 산정

Sediments Yield Estimation of Gangwon Mountain Region in Korea

권혁재*

Kwon, Hyuk Jae

Abstract

In this study, calculation results of sediments yield prediction models were compared with the amount of dredging data for the Inje, Gangwon mountain region of Korea. MSDPM and LADMP were used as a sediments prediction model which was calibrated and modified to calculate the sediments yield of Korean mountain region. Both sediments yield prediction models were modified by using Threshold Maximum Rainfall Intensity and Total Minimum Rainfall Intensity and correction coefficient. After comparing with the amount of dredging, it was found that results of MSDPM is more accurate than the results of LADMP. Difference of results of MSDPM and the amount of dredging is 27.6% and difference of results of LADMP and the amount of dredging is 50.6%. Both sediments yield prediction models which were calibrated in this study can be used to calculate the sediments yield for the Korean mountain region.

Keywords : Sediments, Debris dam, Threshold maximum 1-hr Rainfall Intensity, Total minimum rainfall amount, Watershed area

요 지

본 연구에서는 강원도 인제군 산간지역에 대해 토사량 예측모형을 이용하여 산정한 토사량과 실제 준설량을 비교하였다. MSDPM과 LADMP를 한국지형에 맞게 보정하고 수정하여 사용하였다. 두 식 모두 토사 유발 강우강도와 토사 유발 강우량 개념을 도입하였으며 보정계수를 사용하여 식을 보정하였다. 계산 결과와 준설량을 비교한 결과, MSDPM의 계산결과가 LADMP보다 더 잘 일치하는 것으로 나타났다. MSDPM의 계산결과는 준설량과 약 27.6% 절대치 차이가 낮으며 LADMP의 계산결과는 준설량과 약 50.6%의 절대치 차이를 나타냈다. 본 연구에서 보정된 두 개의 토사량 예측모형은 우리나라 산간지역의 토사량 예측을 위해서 사용 가능할 것으로 판단된다.

핵심용어 : 토사, 사방댐, 토사 유발 강우강도, 토사 유발 강우량, 유역면적

1. 서 론

최근 지구 온난화나 기상이변으로 인해 세계각지에서 많은 자연재해가 발생하고 있고, 우리나라도 최근 몇 년 동안 각지에서 집중호우에 의한 재해가 발생하고 있다. 이러한 자연재해는 모든 분야에 심각한 영향을 미치고 있으며, 특히 산간지역에 발생하는 토석류는 많은 재산피해를 일으키고 있으며 인명을 심각하게 위협하고 있다. 따라서 근래에는 산간지역의 토석, 토사, 혹은 부유잡목등의 유출로 인한 피해를 막기 위해 많은 사방댐을 축조하고 있다. 특히, 강원 산간지역의 경우 약 600여개의 사방댐을 설치한 상태이며 앞으로 더 많은 사방댐을 축조할 방침이다. 하지만 산간지역의 표면침식에 의해서 적체될 토석량 혹은 토사량을 정확히 예측하지 못한다면 축조된 사방댐은 금방 계구실을 못할 수도 있거나 혹은 과대 설계 및 시공되어 건설비를 낭비할 수 있다. 따라서

토사량을 정확히 예측하는 것은 사방댐의 설계는 물론 토사유출로 인해서 발생할 수 있는 많은 피해를 최소화하는 최우선 과제일 것이다.

손광익과 노진욱(2009)는 국내 도시화 시험유역에 대한 기존 토사유출공식의 적용 가능성을 검토하기 위해 도시 시험유역의 실측자료와 모의기법, 적용결과를 비교분석하였다. 적용공식으로는 개정범용토양손실공식(RUSLE)와 수정범용토양손실공식(MUSLE)를 사용하였다. 계측지점에서의 유출량별, 소류사 및 부유사 실측을 통하여 유량-유사량 관계곡선을 개발한 후 토사유출량을 산정하였다. 신승숙 등(2006a)은 유역의 토사유출률을 실측조사와 SEMMA의 적용결과와 비교하였다. 또한 기후 특성인 강우크기에 따른 토사유출률의 변화를 분석하고자 하였다. 산발 이후 5년 동안 산지 소유역의 시험유역을 운영하여 유출 및 토사유출량을 실측하여 자료를 구축하였고, 이 유역에 산지지역의 토양침식 모형인 SEMMA

*청주대학교 이공대학 토목환경공학과 전임강사 (E-mail : hjkwn@cju.ac.kr)

을 적용하여 토양침식량을 산정하였으며 유역출구로 이송한 실제 토사유출량과 비교하였다. 신승숙 등(2006b)은 우리나라 산불지역의 유역에 대량의 토사유출을 제어하기 위해 설치된 여러 개의 사방댐을 활용하여 강우사상별 댐 저류지에 퇴적되는 토사량 측정하였다. 실측된 토사유출량과 산지사면을 대상으로 개발된 토양침식 모형인 SEMMA에 의해 예측된 토양의 침식량과 유역크기에 따른 토사유출률의 관계를 분석하였다. 김경석(2008)은 최근 5년간 고속도로에 피해를 유발시킨 48개소의 토석류에 대하여 유역의 지형 및 토석류 유발 강우자료를 조사, 분석하였다. 토석류 유발강우의 경우 재현빈도 2년에서 5년의 강우에도 토석류가 발생할 수 있으며 토석류의 규모는 동일한 유역이라도 강우강도 및 누적강우특성에 따라 달라질 수 있음을 확인하였다. 손광익(2001)은 현재까지 개발된 각종 강. 단시간 호우에 대한 외국의 토사유출량 산정 기법들 중 개정범용토양손실공식(RUSLE)의 국내 적용가능성을 검토하였다. 전국 7개 개발현장에서 실측한 강우 및 토사유출량 자료를 RUSLE공식에 적용, 그 적용범위 및 한계성 등을 검토한 결과 국내 개발지역에 대한 토사생산량 산정기법으로써의 가능성을 확인하였으며 RUSLE공식의 적용 시 우리나라에서 많이 범하고 있는 각 인자별 산정 오류에 대해서도 검토하였다.

현존하는 토석량 산정기법(Ferrell, 1959; Tatum, 1963; McCuen and Hromadka, 1996; Gatwood et al., 2000)은 대부분 단일 설계 강우에 의한 토석량 산정기법들이다. 본 연구에서는 누적 토사량 예측모형들을 강원도 산간지역에 적용하여 강우사상에 따른 토사 유출량을 산정하였다.

2. 토사량 산정식

2.1 MSDPM(Multi-Sequence Debris Prediction Model)

MSDPM(Multi-Sequence Debris Prediction Model)은 Pak (2005)의 USCDPM(University of Southern California Debris Prediction Method)을 기반으로 상대적으로 작은 유역면적(25-800ha)을 위해 처음 소개된 후 Pak and Lee(2008)에 의해 수정 보완 되었다. 토사량 예측모형은 많은 연구자에 의해서 제시되어지고 있으나 그 정확성에는 많은 의문이 제기되고 있는 실정이다. 본 연구에서는 MSDPM을 강원 산지에 맞게 보정하고 강우특성을 고려하여 강원 산지유역의 토사 유출량(sediments yield amount)을 산정하였다.

MSDPM은 상대적으로 소규모 산지유역(약 25~250 ha)을 위한 토사량 예측모형으로 개발되어졌다. MSDPM(Pak et al., 2008)은 산불데이터, 강우데이터, 그리고 채취한 토사량 데이터들을 이용하고 통계적 기법을 사용하여 경험식으로 아래와 같이 개발되었다.

$$\sum_{i=1}^N (D_y)_i = \lambda 0.25 \sum_{i=1}^N \left\{ 1 + \frac{(I_m)_i - I_d}{((I_m)_i - I_c)} \right\} \left\{ 1 + \frac{(P)_i - P_d}{((P)_i - P_c)} \right\} (I_m)_i^{0.541} S^{0.134} A^{1.023} e^{0.29F} \quad (1)$$

여기서 D_y 는 토사량(m^3), I_m 은 최대 1시간 강우강도(maximum

1-hr rainfall intensity, mm/hr), I_c 는 토사 유발 강우강도(threshold maximum 1-hr rainfall intensity, mm/hr), P 는 총 강우량(mm), P_c 는 토사 유발 강우량(total minimum rainfall amount, mm), S 는 지형기복비(relief ratio, m/km), A 는 배수면적(ha), λ 는 본 연구에서 추가한 보정계수(correctional coefficient)이다. 그리고 F 는 무차원 산불지수(non-dimensional fire factor)이다. 무차원 산불지수는 아래 식 (2)와 같이 산정된다.

$$F = 6.5 [B_p \times B_y^{-0.29} + (1 - B_p) \times (20 - B_y)^{-0.29}] \times (2 - e^{(A_p/200)}) \quad (2)$$

여기서 B_p 는 유역면적에 대한 산불피해면적의 비, ($0 \leq B_p \leq 1$) B_y 는 산불이 난 후 경과 년 수($1 \leq B_y \leq 10$), 그리고 A_p 는 토사를 이송시키기 충분한 에너지를 갖는 양의 강우 횟수이다. 그리고 유출비(relief ratio)는 고도차와 유역길이의 비이며 아래 식 (3)과 같이 산정된다.

$$S = \frac{h_2 - h_1}{L} \quad (3)$$

여기서 h_1 은 유역면적의 최저고도(m), h_2 는 유역면적의 최고고도(m), 그리고 L 은 유역 총 길이(km)이다.

모든 형태의 강우가 토사 유출을 유발하는 것은 아니기 때문에 지표면에 침식을 일으키거나 토사입자를 이송시킬 수 있는 충분한 최소에너지를 갖는 강우가 토사량 예측에서는 중요한 변수이다. 본 연구에서 언급한 토사입자를 움직일 수 있는 한계 최대 한 시간 강우강도를 토사 유발 강우강도(Threshold Maximum 1-hr Rainfall Intensity)라고 명명하였다. 이것은 지형기복비와의 곡선으로부터 검증된 경향선식에 따라서 정해지게 된다. 그리고 토사 유발 강우량(Total Minimum Rainfall Amount)은 토양으로부터 침식된 토사가 어느 지점으로 움직이게 하는 운송능력을 의미한다. 한번 움직이기 시작한 토사는 많은 거리를 이동할 수 있는 에너지가 필요하며 이때 필요한 것이 토사 유발 강우량이다. 토사 유발 강우량보다 작을 경우 아무리 토사의 움직임이 시작되었다 하더라도 먼 거리까지 이동이 불가능하기 때문이다. 본 연구에서는 토사를 충분한 거리까지 이동시킬 수 있는 한계 총 강우량을 토사 유발 강우량이라고 명명한다. 토사 유발 강우강도는 지형기복비와의 곡선식으로부터 구해지며 토사 유발 강우량은 토사 유발 강우강도와 곡선식으로부터 결정된다.

2.2 LADMP(Los Angeles District Method for Prediction of sediments yield)

Los Angeles District of the Corps of Engineers의 Tatum (1963)은 사방댐의 토사 저장 용량산정을 위해서 첫 토사유출모형을 소개하였다. 그 후 20여 년간 새로운 모형을 사용하여 많은 사방댐이 계획, 설계, 시공되었다. 그리고 Los Angeles District of the Corps of Engineers(Gatwood et al., 2000)은 80여개의 사방댐으로부터 새로운 자료를 습득하고 다중선형회귀분석(multiple linear regression analysis)을

이용하여 LADMP를 개발하였다. 회귀분석식은 배수면적 (drainage area)에 따라서 총 5가지로 분류하였으며 0.1~ 7.77 km² 에 해당하는 식은 아래 식 (4)와 같다.

$$\text{Log}(D_y) = \lambda 0.25 \sum_{i=1}^N \left\{ 1 + \frac{|(I_m)_i - I_c|}{((I_m)_i - I_c)} \right\} \left\{ 1 + \frac{|(P)_i - P_c|}{((P)_i - P_c)} \right\} \quad (4)$$

$$0.65(\text{Log}P) + 0.62(\text{Log}RR) + 0.18(\text{Log}A) + 0.12(\text{FF})$$

본 연구에서 원래의 LADMP식에 $\lambda 0.25 \sum_{i=1}^N \left\{ 1 + \frac{|(I_m)_i - I_c|}{((I_m)_i - I_c)} \right\} \left\{ 1 + \frac{|(P)_i - P_c|}{((P)_i - P_c)} \right\}$ 를 첨가하여 식 (4)와 같이 수정하였다. 여기서 P는 최대 1시간 강우강도(inches), RR은 유출비(ft/mi), A는 배수면적(ac), 그리고 FF는 무차원 산불지수이다. 식 (4)는 SI 단위계로 환산하여 m³의 단위로 나타내어 MSDPM의 결과와 비교하였다.

2.3 강원산간지역의 강우 및 유역특성

강원 산간지역은 대체로 강우량이 많은 편이며 대관령을 중심으로 한 산간지역이 1500 mm이상으로 우리나라의 다우 지역에 속하고 해안지역과 영동남부지역은 강수량이 상대적으로 적은 편이다. 그러나 우리나라의 연평균강수량 1274 mm 보다는 많은 강수량을 기록하고 있다. 강원 지역 산간의 강우특성은 국지성이 강하며, 영동지역은 동해로부터 불어오는 습한 북동기류가 태백산맥 사면을 타고 상승하면서 비를 뿌리는 경우가 많기 때문에 태백산맥을 중심으로 한 영서지역 보다 영동지역 사면에서 강수량이 많은 특성을 나타내고 있다. 토사량 산정을 위해 사용될 강우자료는 산간유역의 강우 사상(precipitation event)에 대한 강우강도와 강우량이다. 따라서 위에서 언급한 강우강도와 강우량은 강우사상별 최대 1시간 강우강도, 토사 유발 강우강도, 강우량, 그리고 토사 유발 강우량이다. 본 연구에서는 Table 1과 같이 강원도 인제군 일원의 4개 사방댐 유역을 대상으로 토사량을 산정하였다. 네 곳의 사방댐은 모두 2007년 6월과 7월 사이에 준공이 되었으며 2009년에 준설작업을 하였다. 강원도의 우량관측지 점은 총 100여 개가 있지만 이 지역에서 가장 가까운 우량관측소의 강우데이터를 사용하였다. 가리산2 사방댐과 가리산 11 사방댐의 토사량 추정에는 덕적리 93번지에 위치한 강우관측소 데이터를 사용하였으며 부평35 사방댐과 신남94 사방댐의 토사량 추정에는 신남중학교 앞에 위치한 강우관측소 데이터를 사용하였다.

본 연구지점인 산간지역의 유역면적은 가리산2 사방댐의 유역면적이 348 ha로 가장 크며 부평35 사방댐이 61 ha로 가장 작다. 유역면적이나 유역길이에 비하여 고저차가 상당히 커서

Fig. 1. Watersheds of debris dam at (a) Garisan2 (b) Garisan11 (c) Bupyong35 (d) Sinnam94 (NOT TO SCALE)

가파른 것이 특징이다. Fig. 1은 본 연구에 사용된 4개 사방댐의 위치와 그 유역모습을 보여주고 있다.

2.4 산불

강원도의 산림면적은 총 1,374,246 ha로 전국 산림의 약 21%를 차지하며 국유림 54%, 공유림 7%, 그리고 사유림 39%로 구성되어 있다. 산불은 이러한 산림자원을 한순간에 파괴할 뿐만 아니라 산불로 인한 많은 자연의 파괴가 일어날 수 있다. 산불피해지역은 산림의 황폐로 인해 지표면의 침식과 홍수피해가 발생할 수 있다. 토사 유출은 산간유역에서 발생한 토양 침식으로 발생하게 되며 산간지역 주민은 물론 하류부 지역 주민에게도 재산상의 피해는 물론 인명 피해까지도 불러올 수 있다. 강원도 영동지방은 봄에 극심한 건조 시기를 맞게 되며 많은 산불이 일어나고 있다. 1996년 고성 의 대규모 산불을 비롯하여 큰 산불이 자주 일어나고 있다. 이처럼 강원 산간지역에 대형 산불이 자주 일어나는 것은 산림이 주로 산불에 취약한 소나무가 많으며 봄에는 북동풍이 아주 강하게 불기 때문이다. 이러한 대규모 산불은 커다란 재산피해는 물론 인명피해까지 유발하고 있는 실정이다. 강원도의 산불은 1990년대 이후 급속히 증가하면서 2000년도에 이르러 횡수는 약 300회 피해면적은 약 25,000 ha에 이

Table 1. Geological properties of debris dams

Debris dam	Elevation difference (m)	Length of watershed (km)	Area of watershed (ha)	Rain gage
Garisan2	954	2.64	348	Deok Jeok-ri 93
Bupyong35	350	1.26	61	Sinnam middle school
Garisan11	944	1.78	292	Deok Jeok-ri 93
Sinnam94	200	2.00	77	Sinnam middle school

르는 것으로 나타났다. 본 연구지역은 2005년에 신남 일원에 산불이 발생하였으나 피해규모가 미미하여 산불의 영향은 고려하지 않고 토사량을 산정하였다.

3. 강원산간지역에 적용

먼저 4개의 사방댐에 발생할 수 있는 토사량을 산정하기 위해 토사 유발 강우강도(Threshold 1-hr maximum rainfall intensity)와 지형기복비(relief ratio) 최적곡선을 아래 Fig. 2와 같이 산정하였다. 먼저 네 곳의 실측 토사량을 Fig. 2(a)와 같이 토사 유발 강우강도와 지형기복비의 그래프로 그리고 최적곡선을 찾는다. 본 연구에서 MSDPM을 이용한 토사 유발 강우강도와 유출비의 최적곡선식은 직선식인 $y = -0.00418x + 15.58$ 로 나타났고 R^2 는 0.114로 일치도가 낮았다. 또한 토사 유발 강우량과 토사 유발 강우강도의 최적곡선식은 $y = 1.555x + 12.111$ 로 나타났으며 R^2 는 0.961로 상당히 일치도가 높은 것을 알 수 있다. 그리고 Fig. 3과 같이 LADMP를 사용하여 토사 유발 강우강도와 고저비의 최적곡선식은 $y = -0.025x + 23.35$ 로 나타났으며 R^2 는 0.845 그리고 토사 유발 강우량과 토사 유발 강우강도의 최적곡선식은

$y = -1.34x + 11.92$ 로 나타났고 R^2 는 0.57로 비교적 일치도가 낮았다. Fig. 2에서 보는 바와 같이 가리산2 사방댐 유역의 유출비가 361.8(m/km)일 때 토사 유발 강우강도(Ic)는 식에 의해서 14.06 m/hr이고 토사 유발 강우량(Pc)는 약 33.99 mm이다. 강우 시 두 가지 모두를 만족하지 않는 강우는 토사 유출을 유발하지 않는 강우로 판단하여 계산에서 제외된다. Table 2는 토사 유출량 계산 시 MSDPM에 사용된 변수들을 나타내고 있다. 그리고 LADMP에 사용된 산불지수는 3.0을 사용하였다.

그 결과 MSDPM을 사용하여 계산한 결과 Table 3과 같이 가리산2 사방댐 유역의 누적 토사량은 약 2296 m³으로 나타났다. 위와 같이 산정된 최적곡선식을 가지고 다시 4곳의 사방댐에 대한 토사량을 Table 4와 같이 산정하였다. 2007년 사방댐의 준공당시부터 2009년 준설당시까지의 강우 데이터를 사용하여 토사량을 산정하여 비교하였다. 식 (1)과 (4)에서 보정계수 λ 는 0.02를 사용하였다. 보정계수는 네 곳의 토사 유출량 산정결과와 실측치의 최소 차이를 나타내는 계수를 시산법을 사용하여 찾았다. MSDPM과 LADMP는 미 서부지역의 토사량 자료를 토대로 만들어진 경험식이기 때문에 한국의 지형과 식생 그리고 강우형태와는 많은 차이

Fig. 2. Relationship of (a) threshold maximum 1-hr rainfall intensity and relief ratio (b) total minimum rainfall intensity and threshold maximum 1-hr rainfall intensity using MSDPM

Fig. 3. Relationship of (a) threshold maximum 1-hr rainfall intensity and relief ratio (b) total minimum rainfall intensity and threshold maximum 1-hr rainfall intensity using LADMP

Table 2. Parameters used in the MSDPM calculations of sediments yield for 4 watersheds

Parameter	Garisan 2	Bupyong 35	Garisan 11	Sinnam 94
Bp	0	0	0	0
By	10	10	10	10
Ap	17	21	21	19
F	3.03	2.96	2.96	3.0
Ic(mm/hr)	14.06	14.4	13.36	15.1
Pc(mm)	33.09	34.54	33.1	35.6
S(m/km)	361.8	276.5	530	100
A(ha)	347.8	61.21	292	77

가 있으므로 보정이 불가피하다. 보정계수가 0.02라는 것은 우리나라 산지지역의 지형이 상당히 가파르기는 하지만 웅장한 산림으로 이루어져 있어서 미 서부의 건조지역과는 많은 차이를 보이는 것으로 판단된다.

Table 4는 인제군 지역 4곳의 사방댐 유역의 토사량 산정 결과를 나타내고 있으며 실제 준설량과 비교하고 있다. 결과에서 볼 수 있듯이 MSDPM의 결과가 LADMP의 결과 보다 실제 준설량과 보다 더 잘 일치하는 것으로 나타났다. Table 4의 실제 준설량은 2009년 강원도 인제군이 발주한 2009년 사방댐 준설사업 설계서(인제군, 2009)의 내역을 사용하였다.

계산결과에서 볼 수 있듯이 유역면적이 큰 가리산 2와 가리산 11에서는 MSDPM의 계산결과가 실측치와의 일치도가 높았고 유역면적이 작은 부평 35와 신남 94에서는 LADMP가 조금 더 일치도가 높았다. 실제 준설량과 MSDPM의 계산결과는 평균 27.6%의 절대치 차이를 나타냈고 LADMP의 계산결과는 평균 50.6%의 차이를 나타냈다. 하지만 LADMP와 MSDPM 모두 보다 더 정확하고 많은 실측치와의 비교가 필요하다고 판단된다.

Table 3. Sediments yield calculation for Garisan2 debris dam

Date	I	P	Ic	Pc	Bp	By	Ap	F	S	A	sediments
20070906	9	26	14.06	33.99	0.0	1	17	2.75	361.8	347.8	0
20070914	10	43	14.06	33.99	0.0	1	17	2.75	361.8	347.8	0
20070915	12	47	14.06	33.99	0.0	1	17	2.75	361.8	347.8	0
20070918	8	24	14.06	33.99	0.0	1	17	2.75	361.8	347.8	0
20070919	13	44	14.06	33.99	0.0	1	17	2.75	361.8	347.8	0
20080518	8	46	14.06	33.99	0.0	1	17	2.75	361.8	347.8	0
20080713	20	32	14.06	33.99	0.0	1	17	2.75	361.8	347.8	0
20080719	7	24	14.06	33.99	0.0	1	17	2.75	361.8	347.8	0
20080720	9	54	14.06	33.99	0.0	1	17	2.75	361.8	347.8	0
20080724	26	207	14.06	33.99	0.0	1	17	2.75	361.8	347.8	245.9
20080725	8	28	14.06	33.99	0.0	1	17	2.75	361.8	347.8	0
20080802	11	27	14.06	33.99	0.0	1	17	2.75	361.8	347.8	0
20080803	20	42	14.06	33.99	0.0	1	17	2.75	361.8	347.8	213.3
20080812	58	78	14.06	33.99	0.0	1	17	2.75	361.8	347.8	379.5
20080818	13	40	14.06	33.99	0.0	1	17	2.75	361.8	347.8	0
20080822	11	74	14.06	33.99	0.0	1	17	2.75	361.8	347.8	0
20090511	7	22	14.06	33.99	0.0	1	17	2.75	361.8	347.8	0
20090602	16	53	14.06	33.99	0.0	1	17	2.75	361.8	347.8	189.1
20090603	20	75	14.06	33.99	0.0	1	17	2.75	361.8	347.8	213.3
20090709	27	157	14.06	33.99	0.0	1	17	2.75	361.8	347.8	250.9
20090712	16	117	14.06	33.99	0.0	1	17	2.75	361.8	347.8	189.1
20090714	45	155	14.06	33.99	0.0	1	17	2.75	361.8	347.8	330.8
20090718	11	41	14.06	33.99	0.0	1	17	2.75	361.8	347.8	0
20090723	34	44	14.06	33.99	0.0	1	17	2.75	361.8	347.8	284.3
										Total	2296 m ³

Table 4. Results of sediments yield calculation

Calculation		Garisan2	Bupyong35	Garisan11	Sinnam94
Estimated sediments yield (m ³)	MSDPM	2296	602	1980	594
	LADMP	3575	556	2550	731
Amount of Dredge (m ³)		1591	548	1641	925
% Error(MSDPM)		44.3	9.8	20.6	-35.8
% Error(LADMP)		124.7	1.5	55.4	-20.9

4. 결 론

본 연구에서는 강원도 인제군 산간지역에 위치한 사방댐의 준설정보를 가지고 토사량 예측 모형의 계산결과와 비교하였다. 토사량 예측 모형은 MSDPM과 LADMP를 사용하였으며 강원 산간지역에 맞도록 식을 보정하여 사용하였다. LADMP도 토사 유발 강우강도와 토사 유발 강우량 개념을 도입하고 보정계수를 사용하여 식을 개선하였다. 계산 결과 두 가지 식 모두 적절한 계산결과를 도출하였으며 MSDPM이 LADMP보다 전체적으로 계산결과가 정확한 것으로 나타났다. 실제 준설량과 MSDPM의 계산결과는 평균 27.6%의 절대치 차이를 나타냈고 LADMP의 계산결과는 평균 50.6%의 차이를 나타냈다. 본 연구에서 사용된 토사량 예측 모형은 앞으로 많은 곳의 토사량 예측에도 사용 가능 할 것으로 판단된다. 하지만 본 연구에서 사용된 자료의 제한성 때문에 앞으로 많은 실측치를 통하여 식을 보정하는 작업이 우선되어야 할 것으로 판단된다.

참고문헌

김경석 (2008) 토석류 발생 지형과 유발 강우 특성 분석, **대한토목학회 논문집**, 대한토목학회, 제28권, 제5호, pp. 263-271.
 손광익 (2001) 해외 토사유출량 산정공식의 국내적용성 검토 (I) - RUSLE를 중심으로, **한국수자원학회 논문집**, 한국수자원학회, 제34권, 제3호, pp. 199-207.
 손광익, 노진욱 (2009) 도시유역에 대한 토사유출량 모의기법 적용성 검토, **한국수자원학회논문집**, 한국수자원학회, 제42권, 제9호, pp. 737-745.
 신승숙, 박상덕, 이규승, 김용민, 심재현 (2006a) 산지소유역의 토

사유출률에 영향을 미치는 인자, **한국수자원학회 학술발표회 논문집**, 한국수자원학회, pp. 608-612.
 신승숙, 박상덕, 채국석, 송범호, 이철규 (2006b) 유역의 크기에 따른 산간지역 토사유출률, **한국수자원학회 학술발표회 논문집**, 한국수자원학회, pp. 1556-1560.
 인제군 (2009) **2009년 사방댐 준설사업 설계서**, 강원도 인제군.
 Amar A.C. and Gatwood E.J. (1992) Los Angeles District Method for Prediction of Debris Yield from Coastal Southern California Watersheds, U.S.Army Corps of Engineers, Los Angeles District.
 Ferrell, W.R. (1959) Report on debris reduction studies for mountain watersheds, Los Angeles County Flood Control District, Dam and Conservation Branch.
 Gatwood, E., Pedersen, J., and Casey, K. (2000). Los Angeles District Method for prediction of debris yield. U.S. Army Corps of Engineers, Los Angeles District, Los Angeles, California.
 McCuen, R.H. and Hromadka, T.V. II (1996) *Estimating debris volumes for flood control*, Lighthouse Publications.
 Pak, J.H. (2005) A real-time debris prediction model (USCDPM) incorporating wildfire and subsequent storm events, *Ph.D. Dissertation, University of Southern California*, Los Angeles, CA, USA.
 Pak, J.H. and Lee, J.J. (2008) A statistical sediment yield prediction model incorporating the effect of fires and subsequent storm events, *Journal of the American Water Resources Association*, Vol. 44, No. 3, pp. 689-699.
 Tatum F.E. (1963) A New Method of Estimating Debris-Storage Requirements for Debris Basin, *Second National Conference on Sedimentation of the Subcommittee on Sedimentation*, ICWR, Jackson, Mississippi.

◎ 논문접수일 : 10년 12월 02일
 ◎ 심사의뢰일 : 10년 12월 06일
 ◎ 심사완료일 : 11년 02월 20일