

GIS자료를 이용한 하천수위 예측시스템 구축

강상혁* · 최종인**

Study on the Fluctuation System of River Level Using GIS Data

Sang-Hyeok Kang* · Jong-In Choi**

요 약

산지 하천의 토사 유출은 환경상의 문제뿐만 아니라 치수계획에 있어서도 심각한 문제를 유발한다. 2002년 강원 수해백서에 의하면 태풍 루사 당시의 토사 유출에 따른 인명피해가 전체 피해의 30%를 점한다고 보고하고 있어 이에 대한 적절한 대책이 시급한 실정이나 하천계획 수립에 필요한 기초 자료의 축적 및 연구는 미미한 단계에 있다. 본 연구에서는 유역관련 GIS자료를 이용하여 강우에 따른 수리·수문량 및 하상 변동량을 정량적으로 계산하여 궁극적으로 하상변동이 홍수위에 미치는 영향에 대하여 평가하고자 하였으며, 이러한 노력은 향후 하천계획상 유익한 정보를 제공할 수 있을 것으로 기대한다.

주요어 : GIS 데이터, 하천계획, 하상변동, 홍수위

ABSTRACT : Debris flow in the mountainous river gives rise to serious environmental and flooding problems. According to flood white book of Kangwon-do in 2002, over 30% of total of flooding victims are attributable to debris flow. But it has been neglected to build countermeasure to minimize victims due to lack of collected data and knowledge in field of the sediment yield of mountainous river. The study calculated hydraulic and hydrological fluctuation for rainfall condition using GIS data, after all we estimated the water surface of flood caused by bed fluctuation. These efforts will offer effective information for planning of river management.

Keywords : GIS data, river plan, bed fluctuation, level of flood

* 국립삼척대학교 방재기술대학원 강사 E-mail : kang7231@hanmail.net

** 국립삼척대학교 토목공학과 교수 E-mail : jichoi@samcheok.ac.kr

1. 서 론

하천계획 및 관리에 있어서 유사량의 정량적인 파악은 치수 계획상 중요한 과제이나 관련 자료의 부족으로 현저한 연구 진전을 보지 못하고 있는 실정이다. 종래의 토사유출 기작은 대부분 댐이나 저수지의 유효저수능력을 산정하기 위하여 연구되었으며 하천에 있어서도 구조물 설치에 따른 통수능 확보를 중심으로 연구되어 왔다. 그러나 2002년 태풍 루사 및 2003년 태풍 매미와 같이 대규모 유출에 따른 과도한 토사의 하천유입은 수자원의 가치 하락뿐만 아니라 상승된 하상은 이 보다 작은 강우에도 하천 범람의 가능성을 증대시키고 있다 (S. H. Kang, 2002). 이러한 평형하상의 균형이 상실된 하천은 유사량 및 퇴적고를 고려한 종합적인 치수대책이 수립되어야 하지만 대부분의 하천에 있어서는 하천에 대한 기초 자료의 부족 등으로 인하여 하상변동의 실태 파악이 되지 않고 있다. 유사에 따른 기존 연구를 살펴보면, 구조물 설치에 의한 하상변동 모의실험(임 창수 외, 1999)과 HEC-6와 GSTARS2.1모형의 하상변동 적용성 분석(안 상진 외, 2002) 등이 있으며 그 밖에 하상변동을 고려한 하천 범람에 관한 연구에서는 토사공급이 현저한 도시지역은 토사에 의해 하천 범람의 영역이 크게 영향을 받는다고 제시하였다 (川池健司 외, 2001).

따라서, 본 연구는 도암댐 상류지역을 대상으로 현지조사 및 축적된 수리·수문자료 그리고 지형정보를 토대로 연간 유사

량의 규모와 토사의 시공간적 유송과정, 강우사상에 따른 공간분포, 토사퇴적이 홍수 범람에 미치는 영향 등에 관하여 HEC-6 및 HEC-RAS모형을 이용한 연계시스템을 통하여 종합적으로 검토함으로써 향후 하천계획상 유익한 정보를 제공하고자 하였다.

2. 유역현황

본 조사 대상지인 도암댐 상류유역은 집수면적이 140.5km²이며 이 지역은 오대산 국립공원이 일부 포함되어 있고 오대산 일대는 북한강과 남한강의 분수령이기도 하다. 오대산 서쪽과 북쪽으로 떨어지는 우수는 내린천을 형성하여 소양강으로 흘러 들고, 동남쪽 물은 송천을 이루어 남한강으로 유입된다. 도암댐 중·상류 지역은 대규모 목장과 목초지를 비롯한 축산활동과 각종 고랭지농업이 활발하며 지류가 합류하는 차항천 및 횡계천 유역 하류부에 인구가 밀집되어 있는 유역 특징을 지니고 있다. 이 지역은 팔당호 등 상수원 관리 종합대책의 상류지역에 해당되어 유역관리의 중요성이 점차로 증가되어 왔다. 도암댐 상류유역은 지역 경제의 활성화 시책으로 대규모 목축지 조성(1970년대), 고랭지 농업의 장려(1980년 후반) 등이 이루어 졌으나 작은 규모의 강우 유출에도 탁수발생의 장기화로 하천계획상의 어려움을 겪고 있다. 현재, 이 지역의 유입 유사량을 제어하기 위하여 완충 식생대, 우수 우회수로 등의 유사 개선 대책이 수립되고 있으나 이와 같은 목적을 달성하기 위해서는 먼저 토사 유송의 시·공

간적 특징을 규명하는 것이 본 수역에 대한 적정 하도관리의 원점이 될 것이다.

3. 연구방법

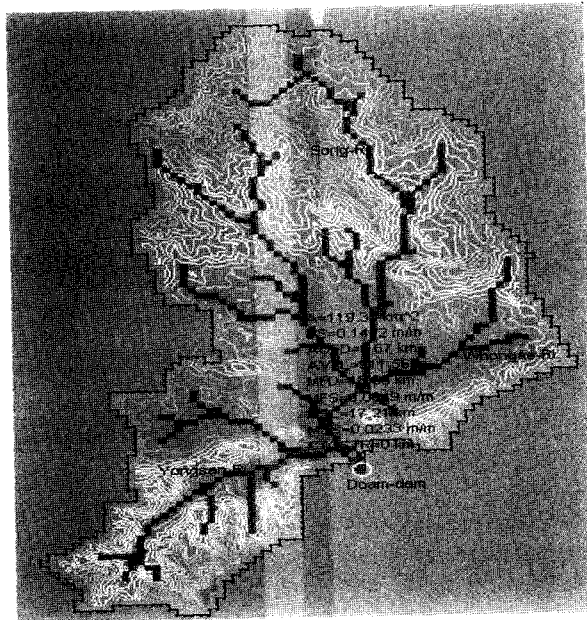
하상퇴적이 현저한 하천에 대해 정량적인 홍수위를 파악하기 위해서는 많은 자료를 필요로 하게 된다. 먼저 유역면적, 평균 하도길이, 유역경사와 같은 지형정보는 WMS를 이용하여 [그림 1]과 같이 자동적으로 추출하였다. 그리고 하천 유사 하천 범람에 미치는 영향을 파악하기 위하여 [그림 2]와 같은 과정을 통하여 시가지 주요 지점에 대하여 평가하였다. 하상변동의 예측을 위한 HEC-6모의 계산을 하기 위해서는 먼저 하상 단면자료가 필요하게 되는데 하상단면자료는 1996년 실측

된 기존 단면을 이용하였으며 유사 관련 자료는 실측자료 및 식 4에 의해 유도된 유량, 유사량 자료를 입력하였다.

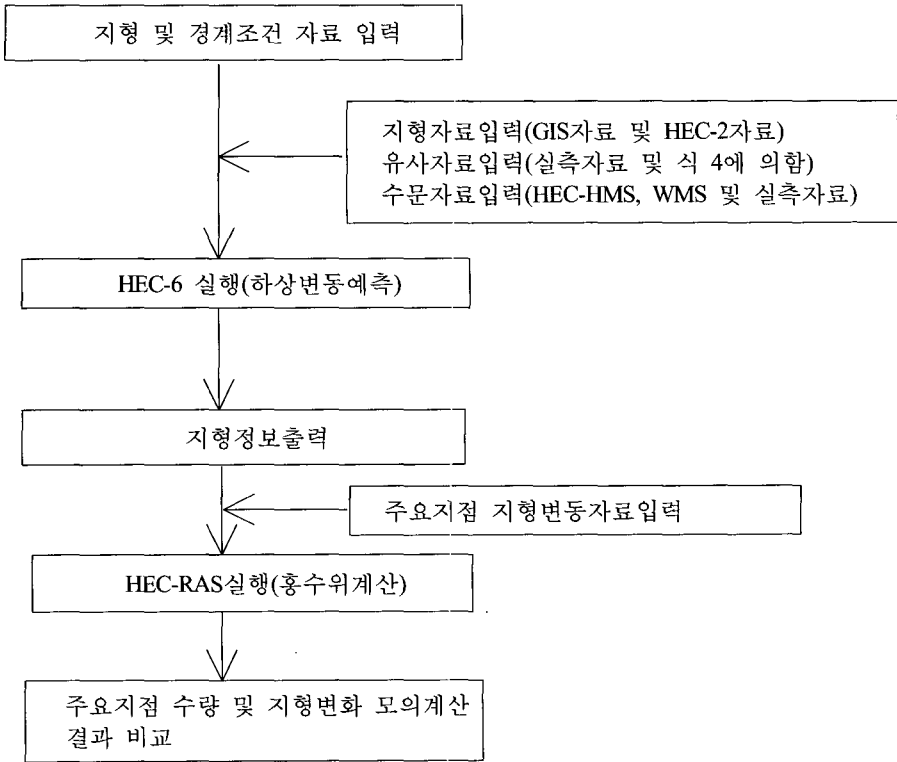
HEC-6로부터 계산된 하상변동 정보는 다시 HEC-RAS에서 불러들여 각 단면의 홍수위를 계산하였으며 계산된 홍수위는 실제 관측와의 비교를 통하여 하상변동에 따른 홍수위 모의결과와의 타당성을 평가하였다. 계산구간은 [그림 3]에 나타난 바와 같이 인구 밀집지역인 시가지 구간을 대상으로 하였으며 최하류 12번 단면과 각각의 지류에 대한 경계조건은 다음 식과 같이 고려하였다.

$$q_x = \frac{\partial Q}{\partial x} \quad (1)$$

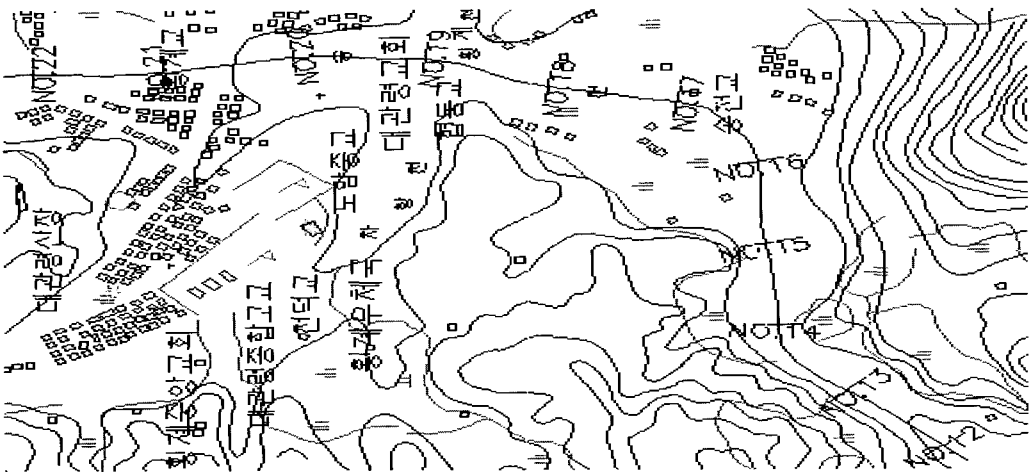
여기서 q_x 는 지류의 흐름방향 좌표계에 따른 횡유입량이며 Q 는 본류의 유량을 나타낸다.



[그림 1] 송천 유역의 지형정보 취득



[그림 2] 하상변동에 따른 홍수위 계산 과정



[그림 3] 적용구간 단면 모식도

4. 연간 유사량 산정

4.1 연간 유사량 산정방법

송천 유역은 하류에 도암댐이 있으나 유사량에 관한 자료는 충분하지 않으므로 1996년에 작성된 송천 하천정비 기본계획(평창군, 1996) 및 인근 평창강 유역 방림 지점의 1982년 8월15일부터 1991년 7월 26일까지의 유량-유사량 자료(건교부, 1992)를 토대로, 다음 식(2)를 이용하여 유사량을 추정하였다.

$$Q_s = kQ^n \quad (2)$$

여기서, Q_s , 유사량(tons/day), k , 계수 Q , 유량(m³/s), n , 지수

[그림 4]는 식(1)을 이용하여 산정한 평

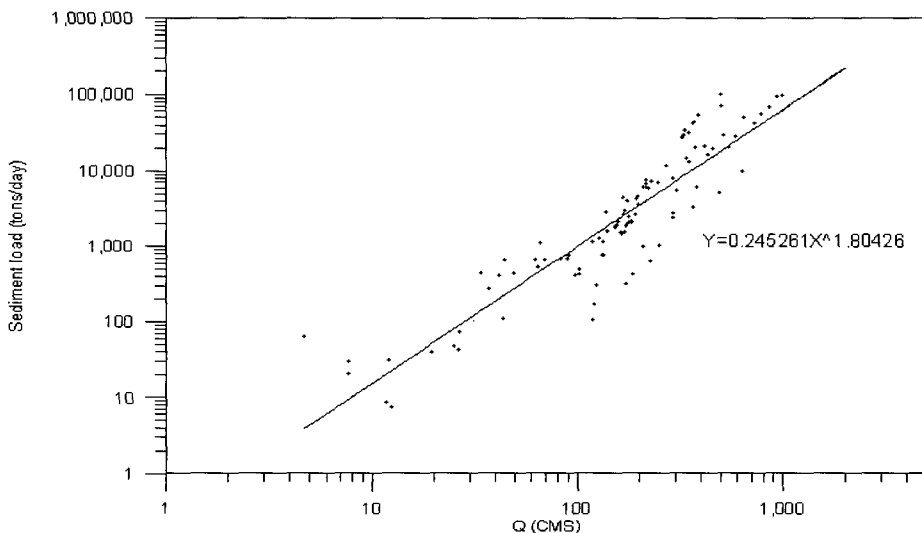
창 방림 지점의 유량 및 유사량에 대한 관계를 나타내고 있다. 본 지역에서 생산되는 토사는 대부분 고랭지 농업의 경작에 따른 세류사가 지배적인 것으로 가정하여 이를 유사량으로 하였다.

연간 유사량을 산정하기 위하여 상기 (1)식의 k 를 정수로 취급하여 적분하면,

$$\int_0^{1year} Q_s dt = \int_1^{1year} kQ^n dt \approx k \int_0^{1year} Q^n dt \quad (3)$$

가 되며 연 유사량은 [그림 1]의 회귀식으로부터 비례관계가 있으므로, 연 유사량은 다음 식 (3)과 같이 연 유입유량의 관계로 정의할 수 있다.

$$\int_0^{1year} Q_s dt = 0.2452 \left(\int_0^{1year} Q^{1.8024} dt \right) \quad (4)$$



[그림 4] 평창 방림지점 유량-유사량 관계

4. 2 연간 유사량의 계산

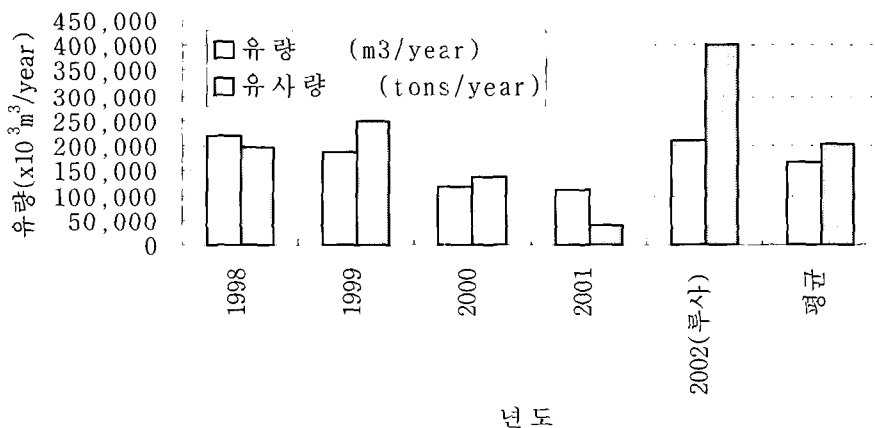
식 (4)은 본 유역의 유사량이 하도의 귀류에 의한 것이 아니라 유역으로부터 유송되어진 것임을 의미하며, 식 (4)을 이용하여 송천 유역의 1998년부터 2003년까지의 유사량을 계산하면 [그림 5]에 나타난 바와 같이 연간 11억~23억 m³의 유입 유량에 대하여 4만~40만ton의 연간 유사량 변화폭을 나타내며 이 값은 인근 화천댐의 연간 비유사량 11만ton과 비교해 볼 때 같은 범위에 속한다. 또한, 연평균22만 ton에 대하여 2002년에 2배 가까이 변화폭을 나타내는 것은 태풍 루사에 따른 월간 유입유량의 증가에 기인된 것이라고 보인다.

5. 하상변동 및 홍수위상승 예측

5.1 하상변동

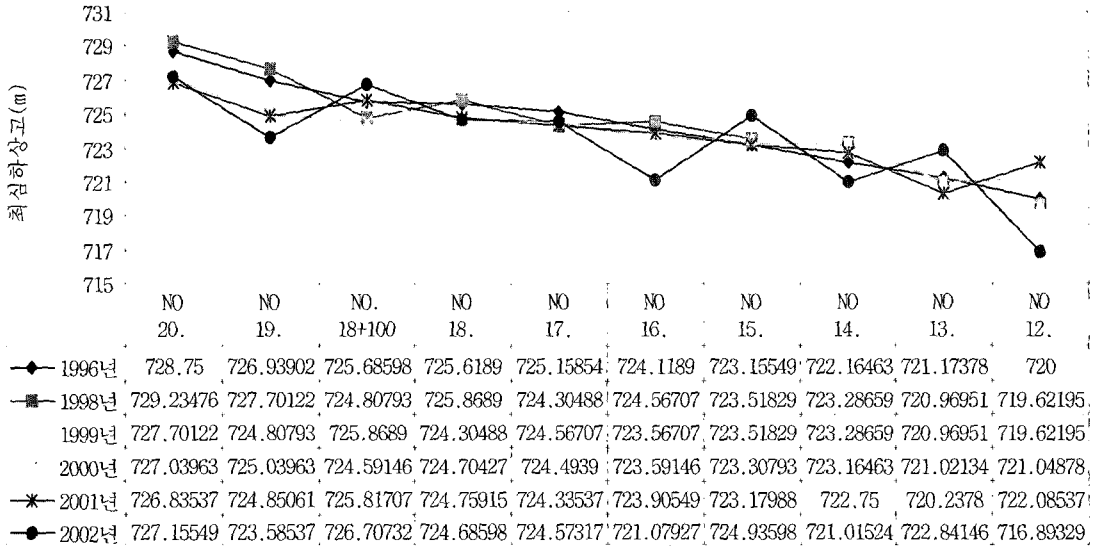
하상변동은 주로 불규칙한 하폭에 기인되며 그 밖에 하천 구조물이나 하도 굴곡

에 다소 영향을 받는다. 그러나 HEC-6모형은 흐름 방향의 1차원 모형이므로 본 모형의 적용은 도심을 관통하는 직선 하천구간으로 정하였다. [그림 6]은 시가지 구간에 대하여 1996년 측량된 기준 단면에 대하여 1998년부터 2002년 까지 5년간 장기 예측된 하상변동을 나타내고 있다. 장기간 하상 계산결과에 대한 검토는 하상자료가 비교적 축적되어 있는 18+100단면(교량부근)에 대하여 1996년 관측자료를 기준으로 2002년 태풍루사의 발생기간까지 실시하기로 한다. 1996년 당시 18+100단면의 하상에서 하판 슬래브까지의 높이는 4.14m로 되어 있으나 2002년 루사 이후 현장실측 결과 [그림 7] 및 [그림 8]에 나타난 바와 같이 3.34m로 계측되어 동 기간 하상변화는 80cm증가된 것으로 나타났으며 HEC-6에 의한 계산결과는 [그림 9]와 같이 1.02m로 나타났다. 계산 결과치가 다소 높게 나타났으나 그동안 동 지점에 대한 하상 준설을 고려하면 하상 모의결과는 어느 정도 장기간의 하상 변동을 반영한다고 보여진다.



[그림 5] 송천 하류 연간 유량 및 유사량

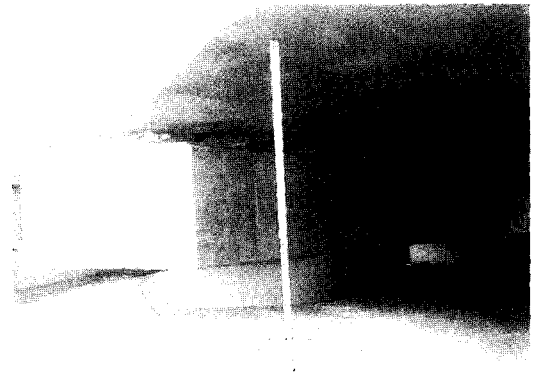
GIS자료를 이용한 하천수위 예측시스템 구축



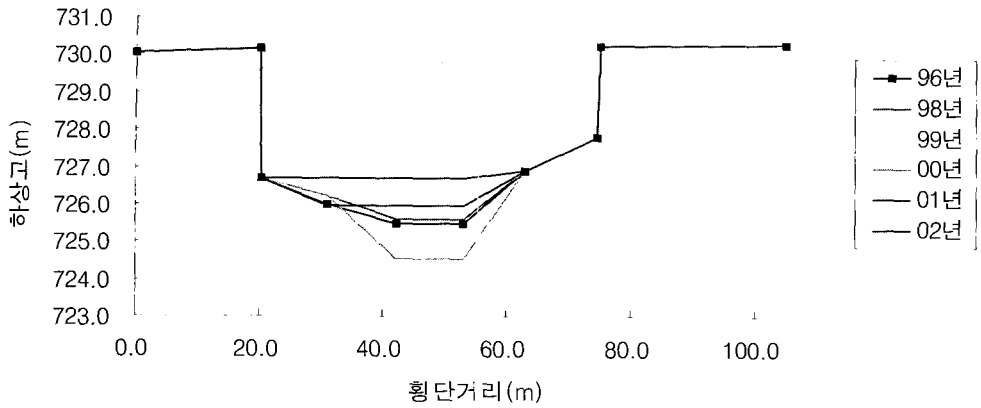
[그림 6] 송천 도심 구간 년도별 최심 하상고 변화 폭



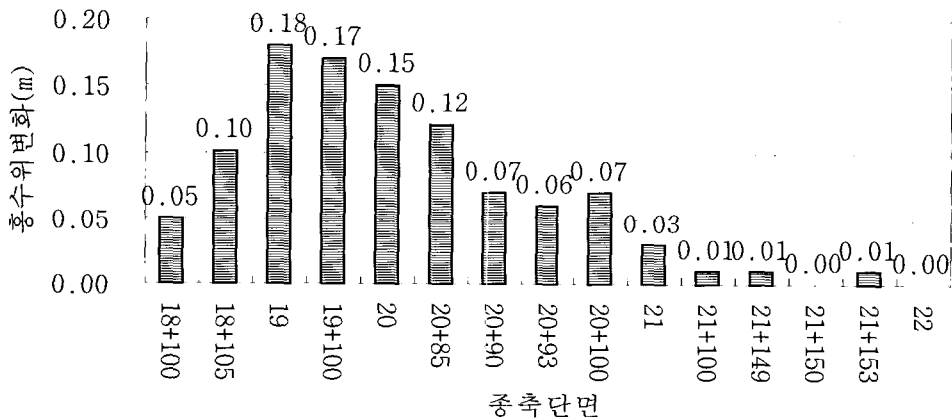
[그림 7] 2002년 태풍루사 이후 하상상승 전경 (18+100단면)



[그림 8] 18+100단면 하상상승 계측전경



[그림 9] 18+100단면의 하상고 변화 계산결과



[그림 10] 하상변동에 따른 홍수위 변화

5.2 하상변동이 홍수위에 미친 영향

하상고 상승이 홍수위에 미친 영향을 파악하기 위하여 HEC-6에서 계산된 2002년 태풍 루사 이전의 횡단면 하상변화 지형에 대하여, 루사 당시의 홍수량을 HEC-RAS에 입력하여 그 변화를 검토하였다. 계산결과 [그림 10]에 나타난 바와 같이, 기준 단면 18+100에 대하여 상류

2.4km(21+153단면)까지 하상상승에 따른 배수위의 영향이 있는 것으로 나타났으며 홍수위의 변화는 0.01m에서 0.18m 상승한 것으로 계산되었다. 특히, 18+100~21+153번 단면까지 하상 상승에 따른 홍수위 변화는 동 구간의 30년 홍수량의 증가량에 해당되어 향후 적절한 하천계획 및 관리가 요구된다.

6. 결론

2002년 태풍루사에 의한 기록적인 호우 및 피해는 하천계획상 많은 문제점을 남겼다. 그러나 하천계획 수립에 필요한 기초 자료의 미 축적은 하천관리상 더 큰 문제로 남아 있는 것 또한 현실이다. 본 연구에서는 유역관련 GIS자료를 이용하여 수리·수문량 및 하상변동량을 정량적으로 계산하여 궁극적으로 하상변동이 홍수위에 미치는 영향에 대하여 평가하고자 하였으며 얻어진 내용을 정리하면 다음과 같다.

1. 송천 유역에 있어서 최근 5년간(1998~2002) 유사량을 계산하면 연간 11억~22억 m³의 유입 유량에 대하여 연간 4만~40만ton의 유사량 변화폭을 나타내었다.

2. 검토 구간인 18+100단면에 대하여 1996년 관측 자료를 참고로 2002년 태풍 루사의 발생기간까지 하상변동을 계산한 결과 하상 변화는 80cm 증가한 것으로 나타났다.

3. 검토단면에 대하여 2002년 태풍 루사 이전의 횡단면 하상변화 지형에 대하여 루사 당시의 홍수량을 입력하여 홍수위 변화를 계산한 결과, 기준단면으로부터 상류 2.4km(21+153단면)까지 하상상승에 따른 배수위의 영향이 있는 것으로 나타났다. 검토구간인 기준단면에서 19번 단면까지 하상 상승에 따른 홍수위 변화는 동 구간의 30년 홍수량 증가량에 해당되어 향후 적절한 하천계획 및 관리가 요구된다.

4. 하상변동을 고려한 홍수위 검토는 유역 지형정보를 비롯한 광범위한 수리·

수문자료를 필요로 하므로 본 연구에서 구축한 바와 같이 GIS를 연계하여 정량적으로 평가된다면 향후 하천계획상 유의한 정보를 제공할 수 있을 것으로 기대한다.

참고문헌

- 건설부, 1992, 댐 설계를 위한 유역단위 비유수량 조사·연구(부록)
- 안 상진 외, 2002, 수치모형을 이용한 하상변동 예측, 한국수자원학회 논문집, 제 35권(6), pp.693-701.
- 임 창수 외, 1999, 수치모형을 이용한 하상변동 연구, 한국수자원학회 논문집, 제 32권(2), pp.131-142.
- 평창군, 1996, 송천 하천정비 기본계획
- S. H. Kang, 2002, A study on the characteristics of flood damage caused by landslide and its minimization using GIS- the case study in the Samwhadong, Donghae city, Kangwondo, Korea, Journal of Geographic Information System Association of Korea, Vol.10(4), pp.493-499.
- 川池健司 외, 2001, 土砂流出이急傾斜都市氾濫解析에 미치는影響, JSCE, Annual Journal of Hydraulic Engineering, Vol. 45, pp.883-888.