韓國水資源學會論文集
第30卷 第6號 · 1997年 12月
pp. 691~698

댐 및 하천제방에 대한 위험도 해석기법의 개발: II. 적용 예

Risk Model for the Safety Evaluation of Dam and Levee: II. Application

한 건 연* / 이 종 석** / 김 상 호***

Han, Kun Yeun / Lee, Jong Seok / Kim, Sang Ho

Abstract

The risk assessment model for dam and levee is applied to a river where two adjacent dams are located in the upstream of the watershed. "A" dam is proven to be safe with 200-year precipitation and unsafe with PMP condition, whereas "B" dam to be safe with 200-year precipitation and PMP condition. The computed risk considering the uncertainties of the runoff coefficient, initial water depth and relevant data of the dam and spillway turn out to be equivalent results in Monte-Carlo and AFOSM method. In levee risk model, this study addresses the uncertainty of water surface elevation by Manning's equation. Monte-Carlo simulation with the variations of Manning's roughness coefficient is calculated by assuming that it follows a triangular distribution. The model can be used for preparing flood risk maps, flood warning systems, and establishing nation's flood disaster protection plan.

Keywords: risk assessment, uncertainty analysis, PMP, river, flood inundation

요 지

댐 및 하천제방에 대한 위험도 해석을 위해 유역의 상류부에 두 개의 댐이 공존하고 있는 하천유역에 적용하였다. 그 결과, A댐의 경우 200년 빈도의 강우조건에 대해서는 안전했으나 PMP 조건하에서 위험도를 나타내고 있었고, B댐의 경우는 200년 빈도 및 PMP 조건하에서 안전한 것으로 나타났다. 유역의 유출계수, 초기수위 및 댐과 여수로와 관련된 자료의 불확실도를 고려하여 계산된 위험도는 Monte-Carlo 기법과 AFOSM 기법에 있어 대등한 결과를 나타냈다. 제방의 위험도 해석에 있어 본 연구는 Manning의 조도계수가 수위변동에 미치는 영향이 지배적임을 판단할 수 있었다. Manning의 조도계수를 고려한 Monte-Carlo 모의는 삼각형 분포를 고려하여 수행되었다. 본 연구모형은 홍수범람지도의 작성, 홍수예보시스템 및 홍수피해 경감대책의 수립 등에 기여할 수 있을 것으로 판단된다.

핵심용어: 위험도 평가, 불확실성 분석, PMP, 하천, 홍수범람

* 경북대학교 공과대학 토목공학과 교수
** 미국 Utah State Univ. 토목공학과 박사과정
*** 경북대학교 공과대학 토목공학과 박사과정

1. 서 론

댐 및 하천제방의 붕괴 위험도는 공학기술의 발달과 설계, 시공 등의 품질관리 개선에 의해 감소될 수 있으나, 이상강우의 빈번한 발생과 댐 하류부 및 제방 인근 지역에서의 인구의 증가와 토지 이용도의 극대화 등으로 인해서 붕괴로 인한 손실과 피해는 급격히 증대되고 있다. 댐 및 제방붕괴의 예는 1961년 전남 남원군 효기리에서 관개용 댐이 붕괴되어 커다란 인명 및 재산피해가 있었고, 1980년에는 충북 보은군 보청천 유역에서 소규모 소류지들이 연쇄적으로 유실된 적이 있다. 1984년 9월 한강 하류부의 망원동 지역, 1987년 금강 유역의 부여, 강경 지역, 1991년 8월 수영강 상류부 지역 및 1990년 9월 일산제 붕괴에 따른 제내지에서의 범람피해, 1995년 금강 및 삽교천 하류부 홍수범람 피해, 1996년 7월 연천댐 붕괴에 따른 한탄강 범람피해 등은 댐 및 제방에 대한 위험도 해석에 관한 연구의 필요성을 증대시키고 있다.

수공계획에 포함된 다양한 불확실성에 대해서 Bras(1979)는 관련지식의 부족, 설계와 운영과정에서 구성성분들의 임의성 및 공학적인 노력의 실제적인 한계성 등으로 구분하여 고려하였고, Tung와 Mays(1980) 및 Yen과 Tung(1993)은 수공구조물의 설계에 있어서 수문학적, 수리학적, 구조적 및 경제적측면에서의 위험도에 기초한 설계과정을 제시하였다. 댐의 월류위험도와 안정성에 대해서는 Rose(1978), Cheng(1982), Bowles 등(1987), Bowles(1993)에 의해서 연구된 바 있고, 하천제방의 위험도에 대한 연구는 Tung과 Mays(1981a,b), Lee와 Mays(1984) 등에 의해서 다양한 불확실도 해석기법이 적용된 바 있다. McBean과 Perkins(1975)는 점변류의 흐름방정식을 푸는데 있어서 수치적인 오차를 연구하였고, Tung과 Mays(1980), Oegema와 McBean(1987)은 Manning의 식에 있어서의 매개변수에 대한 불확실도의 영향을 연구하였다.

Burnham과 Davies(1990)는 미국내의 수개 하천에서 100년 빈도 홍수조건에 대한 정상상태 모의에 대해서 지형자료의 정확도와 모형의 신뢰도가 홍수위에 미치는 영향을 조사하였고, Defalque 등(1993)은 영국내의 수개 하천에 대한 홍수위 해석시 지형자료에 도입되는 임의오차에 대해서 연구하였다. Kung과 Yang(1993)은 댐 붕괴에 따른 모의수행에 있어서 지형자료의 오차와 조도계수의 불확실도가 홍수위와 홍수위 도달시간에 미치는 영향을 검토하였고, Samuels(1995)는 홍수위 예측에 있어 불확실도를 최소화하기 위해서 하도경사에 따른 적절한 계산상의 하도단면 간격을 제시하였다.

본 연구에서는 댐 및 제방에 대한 위험도해석 모형을 상류부에 두 개의 댐이 공존하며 댐 하류부에 국가 주요시설물이 위치한 경상북도 "가" 유역에 대해서 적용하여 댐 및 하천제방에 대한 위험도를 산정하였다. 강우조건은 200년 빈도 및 PMP를 적용하였고, Monte-Carlo 기법과 AFOSM 기법에 의해서 댐의 월류위험도를 산정하였다. 댐으로부터의 방류량과 하도에서의 변동양상을 파악하기 위해서 삼각형 분포를 가진 조도계수를 적용하여 해석하였다. 본 연구모형은 댐 및 제방의 계획시 홍수피해액과 투자액을 감안한 경제적인 댐 및 제방의 단면결정에 기본자료로서 활용될 수 있을 것이다. 또한 댐 및 제방의 인근지역 주민의 인명 및 재산보호를 위한 안전대책 수립 및 홍수보험제도의 도입을 위한 기초자료 제시 등의 홍수피해 경감대책의 수립에 기여할 수 있을 것으로 판단되었다.

2. 위험도 해석모형

흙댐과 fill 댐의 경우 홍수위가 댐을 월류하는 경우 붕괴가 발생할 수 있기 때문에, Monte-Carlo 기법과 AFOSM 기법에 의한 실행함수는 식 (1)과 같이 기술된다.

$$g(x) = H_D - \left(\frac{Q_S}{C_D L_S}\right)^{2/3} - H_P \tag{1}$$

여기서 H_D는 댐의 높이, Q_S는 여수로를 통과하는 방류량, C_D는 유량계수, Ls는 여수로의 길이, H_P는 여수로의 높이이다. 댐 구조물의 파괴 확률을 구하기 위한 실행함수 Z는 식 (2)와 같이 기술될 수 있다.

$$Z = g(x_1, x_2, \cdots, x_m) \tag{2}$$

여기서, 함수 $g(\cdot)$은 실행함수이며 Z=0 일 때 $g(\cdot)$함수는 m 차원 공간에서 파괴표면을 나타내게 되고, 따라서 파괴는 실행함수 Z 가 식 (3)과 같이 음의 값을 가지는 경우이다.

$$P_f = P[Z < 0] \tag{3}$$

위험도 계산을 위한 대표적인 방법들로서는 재현기간법, 직접적분법, MFOSM 기법, AFOSM기법, Monte-Carlo 기법 등이 있는데 본 연구에서는 AFOSM 기법

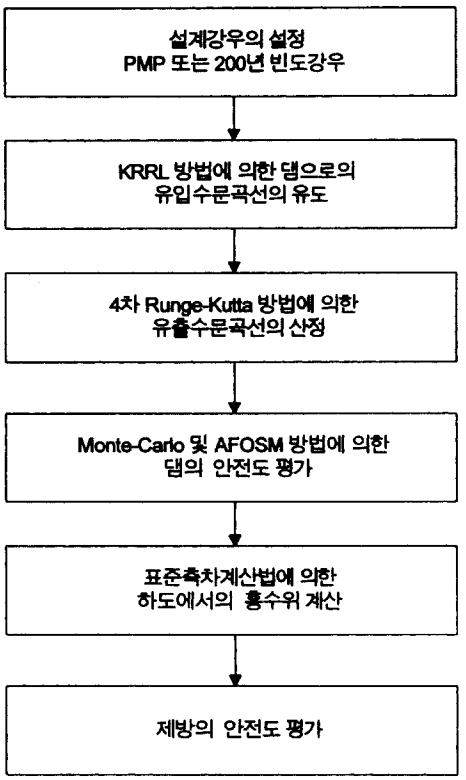

그림 1. 댐 및 하천제방의 위험도 해석과정

과 Monte-Carlo 기법을 적용하여 개발된 '댐 및 하천제방에 대한 위험도 해석모형'을 실제유역에 적용하였다. 그림 1은 본 연구에서 적용하고자 하는 댐 및 제방의 월류위험도 해석과정을 나타내고 있다.

3. 위험도 해석모형의 적용

3.1 유역의 개황

본 연구의 모형은 상류부에 두 개의 댐이 공존하고 댐 하류부에는 국가시설물이 위치해 있는 경상북도 "가" 유역에 적용하였다. 본 유역은 그림 2에서와 같이 유역면적 54.6 km^2, 댐 하도부 유로연장이 약 5.63 km으로서 하상경사가 상류부에는 1/10~1/20 정도로 매우 급하게 나타나고, 중류부에는 1/100~1/250, 하류부에서는 1/250~1/550 정도로 조금 완만해지는 경향을 가지고 있다. 두개의 댐이 위치한 상류부에는 거의 원시적인 자연 하천을 형성하고 있다. 중류부 및 하류부의 좌안에는 도로를 겸한 제방이 하구부 직전까지 축조되어 있고 우안에는 전답이 넓게 형성되어 있으며,

그림 2. 경상북도 "가" 유역도

하구부는 파랑에 의한 표사로 단구를 형성하고 있다. 그림 2는 적용지역의 유역도를 나타내고 있다. 본 유역에는 그림에서 보는 바와 같이 A댐과 B댐이 위치하고 있다. A댐은 유역면적 22.93 km^2, 댐 높이 14 m, 길이 130 m인 earth-fill 댐으로서 길이 56 m인 측수로형 여수로와 방수로가 부속구조물로 형성되어 있으며 여수로의 계획홍수량은 3.75 m^3/sec/m로 설계되어 있다. B댐은 유역면적 11.86 km^2, 댐 높이 29 m, 길이 240 m인 earth-fill 댐으로서 길이 53 m인 측수형 여수로와 취수탑이 부속구조물로 형성되어 있으며 여수로의 계획홍수량은 207 m^3/sec로 설계되어 있다. 각 댐에 대한 여유고는 각각 3.0, 3.5 m이고 저수지 홍수추적을 위한 저수위-수표면적 관계는 그림 3과 같다.

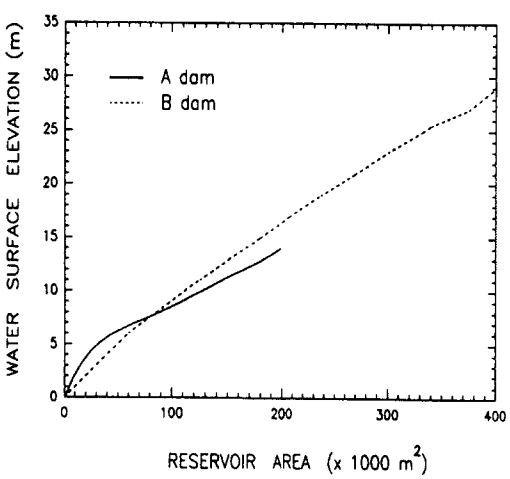

그림 3. A, B 저수지의 저수위-수표면적 관계

3.2 강우-유출 조건의 산정

강우-유출조건은 3장에서 기술한 방법에 의하여, 200년 빈도 홍수량과 PMF 조건을 산정하여 해석하였다. 본 연구에서의 PMP 산정은 건설부(1988)의 "한국 가능최대강수량 추정"에 관한 보고서의 자료를 인용하여 해석하였다. 해당지역에서의 24시간-1000 km^2 PMP 값을 가능최대 강수량도로부터 구적기를 이용하여 472.9 mm로 구하고 면적감소계수를 이용하여 본 유역의 유역면적인 54.57 km^2에 대한 PMP를 522.55 mm로 산정하였다. 해당 지역에서는 장기간에 걸친 강수량에 관한 구체적인 특성치들을 구할 수 없었으므로 이 유역에서의 物部의 수정 n값(이원환, 1980)을 이용하여 1시간 PMP를 106.67 mm로 산정하였다. 장기간 확률강우강도식을 보유한 지역에서의 확률강우강도식을 활용하여 이 유역의 강우강도 106.67 mm/hr로 놓고 환산하면 해당 지역에서의 PMP에 관한 강우강도식을 식 (4)에서와 같이 얻을 수 있었다.

$$I = \frac{701.46}{t^{0.46}} \qquad (4)$$

여기서, I는 강우강도(mm/hr), T는 홍수도달시간(min) 이다. 댐으로 유입되는 유입수문곡선을 산정하기 위해서는 댐 상류부의 토지이용상황, 토양분포도, 선행강우 분포상황 등의 구체적인 수문학적 자료를 활용하였다. 유출해석을 위한 방법으로서 KRRL법(윤용남, 1993)을 적용하였고, 유출계수는 자연 하천유역에서 기복이 있는 토지와 산림에 해당하는 유출계수를 적용하였는데 유역내의 평균적인 유출계수는 0.72로 산정되었다.

3.3 월류 붕괴 위험도의 산정

댐의 월류 위험도를 계산하기 위해서는 앞에서 정의한 실행함수의 매개변수들에 대한 확률분포와 불확실성을 미리 파악해야 한다. 실행함수의 매개변수들에 대한 확률분포와 불확실성의 결정은 이와 관련된 기록과 실측자료를 바탕으로 결정되어야 하나, 실제로 많은 경우에 있어서 기록자료를 구하기 어려울뿐만 아니라 많은 불확실성을 포함하고 있다.

본 연구에서는 댐 및 하천유역과 관련자료를 현장조사를 통하여 광범위하게 수집하였고, 참고문헌(Cheng, 1982; Ang과 Tang, 1984)에서 조사된 자료를 참고로 하여 표 1, 2와 같은 실행함수에 대한 확률분포를 결정하였다.

표 1. 매개변수에 대한 확률특성치 (A 댐)

변 수	평균값	표준편차	변동계수	하한값	상한값	최빈수	분포형	확정값
초기수심 (m)							-	8.0
유 량 계 수	2.12	0.04	0.019	2.02	2.22	2.12	삼각형	-
댐 높이 (m)							-	14
여수로 길이 (m)	56	2.24	0.04				정규분포	-
여수로 높이 (m)	10.25	0.308	0.03	9.5	11.0	10.25	삼각형	-

표 2. 매개변수에 대한 확률특성치 (B 댐)

변 수	평균값	표준편차	변동계수	하한값	상한값	최빈수	분포형	확정값
초기수심 (m)							-	25.5
유 량 계 수	2.12	0.04	0.019	2.02	2.22	2.12	삼각형	-
댐 높이 (m)							-	29
여수로 길이(m)	53	2.12	0.04				정규분포	-
여수로 높이(m)	25.5	0.408	0.016	24.5	26.5	25.5	삼각형	-

유출량 Q_S의 값은 4차 Runge-Kutta 방법을 이용하여 여수로를 통과하는 값을 결정할 수 있는데, 계산시간 간격의 영향과, 계산 과정상의 보간법 등에 의해서 계산결과에 불확실성을 내포할 수 있다. 따라서 Q_S값을 정규분포로 하고 변동계수는 0.2로 고려하였다. 유량계수 C_d는 댐의 상황이나 댐의 특성에 따라 변화할 수 있으므로 그 정확한 값을 결정하기 어려우나 본 댐의 관련된 자료를 이용하여 2.02~2.22의 범위임을 확인할 수 있었으므로, C_d값을 최빈수인 2.12를 가지는 삼각형 분포로 가정하였다.

여수로의 높이 H_P는 댐 설계도면에서 정확한 값을 파악할 수 있었다. 이 값은 저수지내의 부유물, 기초의 침하, 정상부의 파손 등으로 설계값과 차이를 나타낼 수 있는데 관련문헌(Cheng, 1982)에서는 균등분포와 삼각형분포가 사용되었다. 본 연구에서는 여수로의 높이 H_P를 삼각형분포로 보았으나 정규분포형도 적용 가능할 것으로 사료된다. 여수로의 길이 L_S는 여수로의 높이와 마찬가지로 댐 건설 후 상당 기간이 경과함에 따라 설계값과는 다를 수 있다. 관련문헌(Cheng, 1982)에서는 삼각형분포와 정규분포가 사용되었으나 본 연구에서는 정규분포를 사용하였다.

표 3. PMP 조건하에서의 월류 위험도의 산정

댐 구분	Monte-Carlo	AFOSM
B 댐	0.0000	0.0000
A 댐	3.6667×10^{-4}	4.135×10^{-4}

초기수위 H_0는 여수로 높이와 동일하게 두고 계산하였다. 초기수위의 변동성에 따라 위험도 계산 결과가 변화하므로 초기값의 변동성에 따른 위험도 계산 결과의 변화도 비교하였다. 댐 높이 H_D는 설계도면을 이용하여 정확한 값을 찾을 수 있었다. 기초의 침하, 토사의 퇴적, 시공상의 문제 등으로 인한 변동요소가 존재할 수 있으나 일단은 확정론적 값으로 고려하였다. 위의 논의된 변수들을 바탕으로 각 댐에 대해서 PMP 조건하에서의 Monte-Carlo와 AFOSM 기법에 의한 위험도 계산 결과는 표 3과 같다.

표 3에서 보는 바와 같이 B댐의 경우 충분한 저수용량과 적정 길이의 여수로가 홍수로 인한 저수지로의 유입량을 적절히 소통시킴을 알 수 있었다. 그러나 A댐의 경우는 B댐보다 유역의 면적이 넓을 뿐만 아니라 충분한 저수용량을 가지고 있지 못하므로 PMF의 유입으로 인한 월류위험도가 상당히 높은 것으로 산정되었다. 이에 대한 대처방안으로는 근본적으로 댐의 높이를 높이거나, 여수로의 높이를 낮추는 것으로 댐의 저수용량을 홍수에 대해 적절히 대처하는 것이라 하겠다. 그러나 저수용량을 조절하는 문제는 A댐의 기능상의 문제와 하구부 하천의 상황에 따라 조절할 문제이므로 제반 여건의 검토가 있어야 하겠다. 또한 200년 빈도의 강우량 조건에서는 A, B의 댐이 위치한 강우강도식을 구할 수 없어, 인접지역의 강우강도식을 이용해서 해석한 결과 A, B댐의 경우 모두 안전한 것으로 나타났다. 실행함수의 매개변수에 대한 적절한 확률분포를 결정하는 작업은 위험도 산정에 있어서 중요한 일이다. 그러나 현실적으로 매개변수들의 정확한 확률분포를 결정하기란 매우 어려운 작업이다. 실행함수의 매개변수들에 대한 확률분포를 변화시켜 위험도 값의 변동양상을 비교, 검토하였다. 그림 4는 모든 매개변수의 분포형들을 정규분포로 가정하였을 경우 초기수위 변화에 따른 A댐의 위험도 계산 결과이다. 그림 4의 결과에서 보는 바와 같이 정확한 위험도 계산을 위해서는 변수들에 대한 적절한 확률분포를 결정하는 것이 중요함을 알 수 있다. 그러므로 더욱 정확한 위험도의 결정을 위해서는 많은 기록자료와 실측에 의한 자료의 수집과 실행함수의 매개변수들에 대한 확률분포

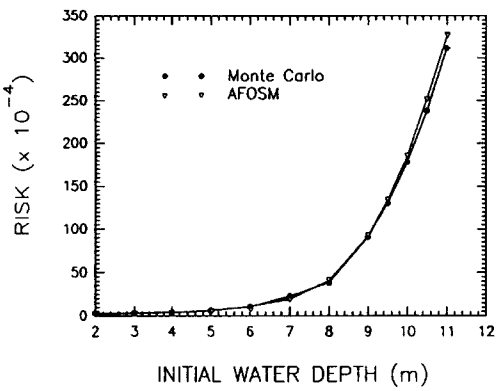

그림 4. 월류에 의한 붕괴 위험도 비교

에 대한 연구가 지속적으로 이루어져야 하겠다.

3.4 하천제방에 대한 위험도 산정

하천제방에 대한 위험도 산정에 있어서 가장 중요한 것은 댐에서 방류되는 홍수량이 하천으로 유입되었을 경우, 이 유량이 하도를 따라 유하함으로써 각 하도지점에서 나타나는 수위변동 양상이라 할 수 있겠다. 수리학적 불확실성은 주로 수학적 모형이나 경험적 공식들이 실제 자연현상이나 과정을 완벽하게 반영하지 못하고 있음에 주로 기인한다.

Manning 식에서의 독립변수들은 하도의 기하학적인 형태, 마찰경사, 조도계수 등이다. 만약 독립변수들의 평균특성치가 일정하다면, 수리학적 불확실성은 각기 매개변수들에 의한 불확실성들의 결합으로 표시될 수 있겠다. 수리학적인 불확실성에 의해 증가된 위험도 값에 대한 검토는 각 변수들에 대한 변동계수 값을 찾아 주어진 수식에 대입을 통해서 수행될 수 있다. 홍수위는 유량, 하도의 기하학적 형상과 마찰경사를 통하여 계산할 수 있다. 본 경상북도 "가" 유역에 대한 적용에 있어서는 Manning의 조도계수에 대한 불확실성을 정량화하기 위하여 조도계수가 그림 5에서와 같이 최빈수와 상한, 하한경계로 된 삼각형분포를 가진다고 가정하였다(Tung과 Mays, 1980; Mays와 Tung, 1992). Manning의 n값의 삼각형 분포에 있어서 평균값과 변동계수는 각각 식 (5), (6)과 같다.

$$\bar{n} = \frac{1}{3}(a + b + c) \tag{5}$$

$$V_n = \left[\frac{1}{2} - \frac{1}{6\bar{n}^2}(ab+bc+ca)\right]^{\frac{1}{2}} \tag{6}$$

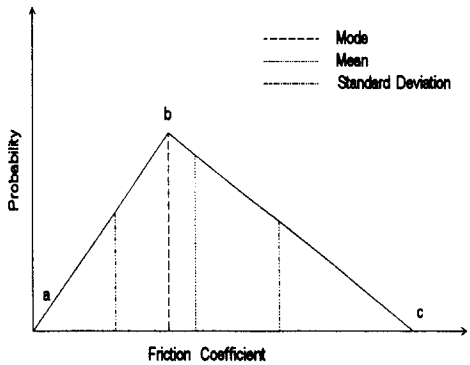

그림 5. Manning의 조도계수 분포도

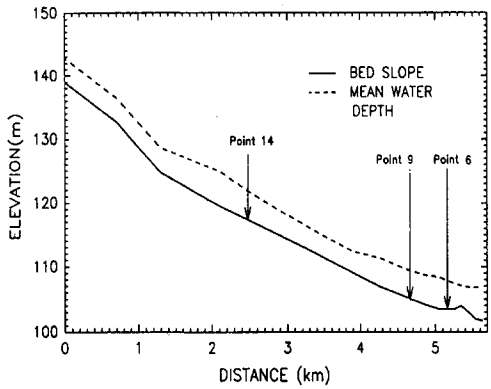

그림 6. 확정론적 계산에 의한 수면형의 종단형상

여기서, a는 하한값, b는 최빈수, c는 상한값, $\overline{n}$은 a, b, c에 의한 평균조도값, V_n은 변동계수이다. 각 매개변수들에 대한 불확실성의 정도가 서로 상이하므로, 이러한 변수들을 적용한 Manning식에 의한 계산값의 정확도는 다르게 나타날 수 있다.

각 매개변수들에 대한 불확실도 값의 변화로 인한 수리학적 불확실성의 민감도 분석을 수행하기 위해서는, 여러 매개변수 중 한 개의 매개변수를 제외한 나머지 매개변수 값들은 일정하게 두고 한 매개변수의 변동계수 값만을 사용한다. 이와 같은 분석의 목적은 하나의 매개변수 변화에 의한 수리학적 계산값의 변동양상을 알기 위한 것이다. 본 구간에 대해서 민감도 분석을 수행한 결과, 전체적인 수리학적 불확실성의 결정에 있어서 면적이나 윤변항은 하도단면에 대한 도면과 추출방법에 따라 비교적 작은 영향을 미친다는 것을 알 수 있었다. Manning 식을 이용한 실제하도에서 수위변동 상황을 파악하기 위하여, 수위 산정의 불확실도에 영향을 미치는 매개변수들의 불확실성들을 고찰하고자 하였다. 특히, Manning 식을 이용한 하도내의 수위변동 양상에 가장 큰 영향을 미치는 조도계수의 불확실성으로 인한 실제 하도내에서 지점별 수위의 불확실도 분석을 실시하였다. 홍수위의 계산은 표준축차법을 사용하였으며, 하도내의 유량은 A댐과 B댐의 여수로를 통한 홍수량을 기준으로 하였고 하도단면은 실제 하도단면 자료를 이용하였다. 또한 조도계수는 이 유역에 대한 홍수위 해석결과(한국전력기술주식회사, 1994)를 참고로 하여 하한값이 0.07, 상한값이 0.09, 최빈수를 0.08로 하여 지점별 수위변동 상황을 도시하였다. 그림 6은 확정론적 계산에 의한 수면형의 종단형상을 나타내고 있다.

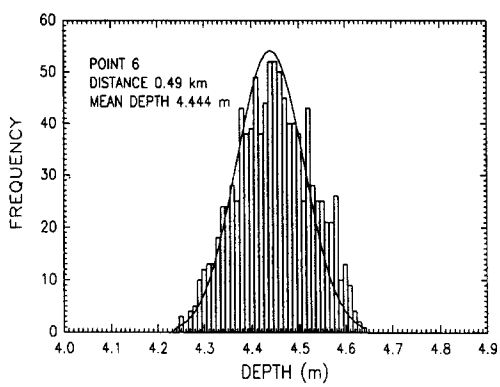

그림 7. 지점 6에서의 수위변동 양상

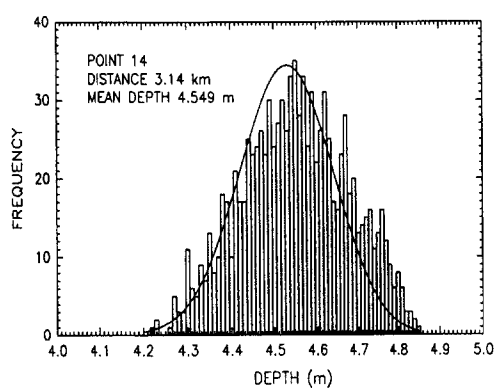

그림 8. 지점 14에서의 수위변동 양상

그림 7, 8은 하도내의 주요지점인 6, 14지점의 수위변동 양상을 나타내고 있다. 하도내에서 조도계수의 변화

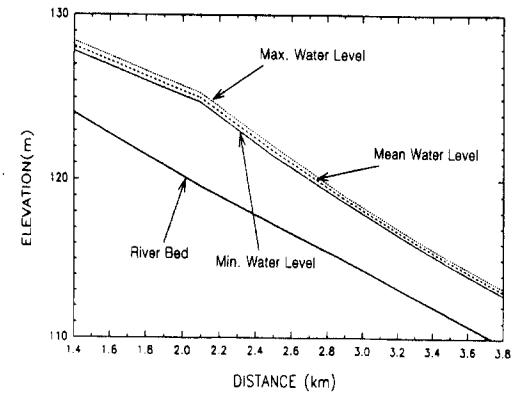

그림 9. 수위변동의 종단형상

에 따른 수위는 그림 9에서와 같이 0.02~0.63 m까지 변화하였다. 이로서, 적절한 조도계수의 산정이 하천제방의 위험도 산정시 하도에서 홍수위 예측에 있어서 중요한 인자임을 확인할 수 있었다.

본 연구를 통해서 다양한 인자들이 수리학적 불확실성의 정도에 영향을 미칠 수 있음을 알 수 있었다. 몇 개의 변수들이 수리학적 매개변수들의 불확실성을 지배하고 있음을 알 수 있었으며, 이와 같은 연구과정은 댐 및 제방의 위험도 해석에만 국한되지 않고 다양한 수공구조물들에 대해 적용될 수 있을 것으로 판단된다.

앞으로 본 연구모형은 관련 매개변수들에 대한 많은 자료와 정보를 수집, 분석하여 적용한다면 더욱 정확한 위험도를 산정할 수 있을 것으로 사료되었고, 그 해석결과는 국내 주요 댐 및 하천제방의 안전도 평가 및 유지관리면에서 크게 기여할 수 있을 것으로 판단되었다.

4. 결 론

본 연구에서는 댐 및 제방에 대한 위험도 해석모형을 상류부에 두 개의 댐이 공존하며 댐 하류부에 국가 주요시설물이 위치한 경상북도 "가" 유역에 적용한 결과, A댐의 경우 PMP 조건하에서 위험도를 나타내고 있었으나, B댐의 경우는 200년 빈도 및 PMP 조건하에서 여수로가 홍수량을 적절히 소통시킴으로서 안전한 것으로 나타났다. Monte-Carlo 기법과 AFOSM 기법은 댐의 월류위험도 계산에 있어 대등한 결과를 나타냈다. 초기수위의 변동성에 따라 위험도 계산 결과가 상이하게 되므로 초기수위의 변동에 따른 위험도 계산 결과의 변화도 비교하여 제시하였다.

댐으로부터의 방류량에 따른 하도에서의 변동양상을 파악하기 위해서 삼각형분포를 가진 조도계수를 적용하여 해석하였다. 지점별 수위변동 상황을 도시한 결과 하도내에서 조도계수의 변화에 따라 수위는 0.02~0.63 m까지 변화하였다. "가" 유역에 대한 댐 하류부 홍수위 해석에 있어서는 Manning의 조도계수가 수위변동에 미치는 영향이 지배적임을 판단할 수 있었고, 하천 제방의 건설이나 제내지의 범람위험도 산정에 있어 정확한 조도계수의 추정과 이에 따른 위험도의 평가가 중요한 과정임을 확인할 수 있었다. 본 연구의 모형은 기존 댐 및 하천제방에 대해서 이상 강우조건하에서의 안전도 여부를 판단할 수 있는 표준적인 해석모형으로 활용될 수 있을 것으로 판단된다.

감사의 글

본 연구는 1996년도 한국과학재단 연구비지원 (과제번호 : KOSEF 961-1205-020-1)에 의한 결과로서 지원당국에 깊이 감사 드립니다.

참 고 문 헌

건설부 (1988). **한국 가능최대강수량의 추정**. 한국건설기술연구원 보고서.

윤용남 (1993). **ILLUDAS 모형 (제1회 수공학 워샵)**. 한국수문학회, 2.1-2.41.

이원환 (1980). "도시하천 및 하수도 계획상의 계획강우량 설정에 관한 추계학적 해석." **대한 토목학회논문집**, 제28권 제4호, pp. 81-94.

한국전력기술주식회사. (1994). **댐의 가상파괴에 의한 하류부에서의 홍수위 해석**. pp. 1-61.

Ang, A.H.S., and Tang, W.H. (1984). *Probability concepts in engineering planning and design*. Vol. II, John Wiley & Sons.

Bowles, D.S. (1993). "Risk assessment : A tool for dam rehabilitation decision." *Geotechnical Rehabilitation*, ASCE, April 25-28, Raleigh, North Carolina, pp. 116-130.

Bowles, D.S., Andreson, L.R., and Glover, T.F. (1987). "Design level risk assessment for dams." *Proc. Session on Seismic Considerations in Risk Analysis of Dams, Structures Division, Specialty Conference, ASCE*, pp. 210-225.

Bras, R.L. (1979). "Hydraulic and hydrologic uncertainties: Two aspects of reliability."

Preprint 3661, ASCE, Convention and Exposition, Atlanta, pp. 643-652.

Burnham, M.W. and Davis, D.W. (1990). "Effects of data errors on computed steady flow profiles." *J. of the Hydraulic Engineering, ASCE*, Vol. 116, No. 7, pp. 914-929.

Cheng, S.T. (1982). *Overtopping Risk Evaluation for an Existing Dam*. Ph.D. Disseration, University of Illinois at Urbana-Champaign.

Defalque, A., Wark, J.B., and Walmsley, N. (1993). *Data density in 1-D river model*. Report No. SR 353, HR Wallingford, U.K.

Kung, C.S., and Yang, X.L. (1993). *Dam-break flood simulation and river parameter uncertainty*. Report No. 65, Hydraulic Laboratory, Royal Institute of Technology, Stockholm.

Lee. H.L., and Mays, L.W. (1984). "Improved risk and reliability model for hydraulic structures." *Water Resources Research*, Vol. 19, No. 5, pp. 1415-1422.

Mays, L.W., and Tung, Y.K. (1992). *Hydrosystems Engineering and Management*. McGraw-Hill.

McBean, E.A., and Perkins, F.E. (1975). "Numerical concerns in water profile computation." *J. of the Hydraulics Division, ASCE*, Vol. 101, No. 11, pp. 1389-1403.

Oegema, B.W., and McBean, E.A. (1987). "Uncertainty in flood plain mapping." *Application of Frequency and Risk in Water Resources*, D. Reidel Pub. Company. pp. 293-303.

Rose, D. (1978). "Risk of catastrophic failure of major dams", *J. of the Hydraulics Division*, ASCE, Vol. 104, No. 9, pp. 1349-1351.

Samuels, P.G. (1995). "Uncertainty in flood level prediction." *HYDRA 2000, Proc. of XXVI IAHR Congress*, London, pp. 567-572.

Tung, Y.K., and Mays, L.W. (1980). "Risk analysis for hydraulic design." *J. of the Hydraulics Division*, ASCE, Vol. 106, No. 5, pp. 893-913.

Tung, Y.K., and Mays, L.W. (1981a). "Risk models for flood levee design." *Water Resources Research*, Vol. 17, No. 4, pp. 833-841.

Tung, Y.K., and Mays, L.W. (1981b). "Optimal risk-based design of flood levee systems." *Water Resources Research*, Vol. 17, No. 4, pp. 843-852.

Yen, B.C., and Tung, Y.K. (1993). "Some recent progress in reliability analysis for hydraulic design." *Reliability and Uncertainty Analyses Design*, Edited by Yen, B.C. and Tung, Y.K., ASCE, pp. 35-79.

〈최종본 접수일 : 1997년 11월 7일〉