

GIS 기법을 이용한 광미댐 수문 분석

송원경¹⁾, 허 승^{2)*}, 김태혁³⁾

Hydraulic Analysis of Tailing Dam using GIS

Wonkyong Song, Sung Heo, Tae-Heok Kim

Abstract Hydraulic analysis in a dam that has a single outlet of water can be made through a simple comparison between the total precipitation and the volume of discharged water. In case of tailing dams this estimation could yield an error because several drainage facilities are worked independently as well as simultaneously. In this research, a capability of the drainage system in the tailing dam of the old Sangdong Mine was analysed by the means of GIS technic. As a result of this study, it was expected that in the normal working condition of the whole drainage system, the flooding of water over the dam should not occur in spite of the consecutive precipitation during one hour with an intensity of 80.31 mm/hr, a probable precipitation within 100 years. It was, however, revealed that, if the drainage system did not work completely, the water could flood over the dam when the total precipitation reached 251.1 mm.

Key words Tailing dam, Drainage, Hydraulic analysis, GIS

초 록 광미적치장 수문 분석은 강우에 의한 유출량 합과 배수처리량을 단순 비교하는 댐과 달리 지하 배수시설 뿐만 아니라 지상배수시설과 비상배수시설 등 여러 종류의 배수처리 시설이 복합적으로 운영되기 때문에 유출량과 배수량을 시공간적으로 비교하여야 한다. 본 연구에서는 이와 같이 다단계 배수시설로 구성된 구 상동광산의 신광미적치장의 배수처리 능력을 GIS 기법을 이용하여 분석하였다. 분석 결과, 배수시설이 정상 작동할 경우 100년 빈도 1시간 확률강우량인 80.31 mm/hr의 강우강도로 1시간 동안 비가 내리더라도 범람의 위험성은 없는 것으로 예측되었다. 그러나 모든 배수시설이 작동하지 않는다면 총 강우량이 251.1 mm에 도달할 때 광미댐은 범람의 위험성이 있는 것으로 예측되었다.

핵심어 광미댐, 배수시설, 수문분석, GIS

1. 서론

일반적인 댐의 수문 분석에서는 배출구가 하나로서 단일하므로 강우에 의한 유출량 합과 배수처리량을 단순 비교하여 배수처리 능력을 판단할 수 있다. 그러나 광미적치장의 경우에는 지하 배수시설뿐만 아니라 지상배수시설과 비상배수시설 등 여러 종류의 배수처리 시설이 복합적으로 운영되기 때문에 총유출량과 총배수처리량을 단순비교하게 되면 실제와 다른 결과가 나

올 수 있다.

본 연구에서는 일반적인 댐과 달리 다단계 배수시설로 구성된 구 상동광산의 신광미적치장(그림 1)의 배수처리 능력을 분석하였다. 강우에 의해 댐체로 유입되는 지표수의 유출량과 여러 배수시설을 통하여 시간차를 두고 배출되는 양을 산정하기 위하여 GIS 기법을 동원하였다. GIS 기법은 강우-유출 등 수문학적 모형에 있어서 많은 새로운 방법을 연구할 수 있다. 강우 유출 해석에서 GIS의 활용은 자료의 수집, 분석, 보관뿐만 아니라 해석결과와 전달 측면에서도 효과적이다.

광미적치장에 대한 수문해석 시 우선 배수시설이 정상적으로 작동할 경우 댐의 배수처리능력을 검토하였다. 그런 다음 배수시설들이 부분 혹은 전부가 기능을 상실하였을 경우 배수 처리능력을 분석하여 댐의 범람 가능성 여부를 검토하였다.

¹⁾ 한국지질자원연구원

²⁾ 지오제니컨설팅

³⁾ 한국광해관리공단

* 교신저자 : metal@geogeny.biz

접수일 : 2008년 10월 10일

심사 완료일 : 2008년 10월 17일

게재 확정일 : 2008년 10월 27일

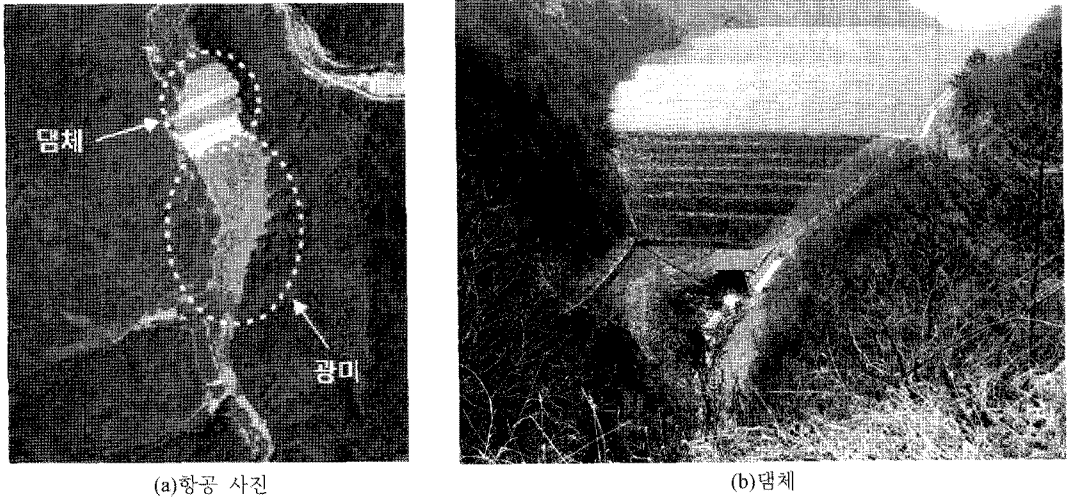


그림 1. 구 상동광산 광미적치장 전경

유출량 산정에는 미국토양보존국(SCS : U.S Soil Conservation Service)에서 개발한 유효우량 산정법(배덕효, 2003)과 함께 홍수 도달시간에 해당하는 특정 발생빈도의 최대 강우강도에 유역의 물리적 상태를 나타내는 유출계수와 유역면적을 곱하여 계산하는 기존합리식(김지호, 2003)을 이용하였다.

2. 배수체계

신광미적치장 배수체계는 지상 배수시설과 지하 배수시설로 구분된다(그림 2). 그림에서 실선은 지상배수시설을, 점선은 지하배수시설을 가리킨다. 지상배수시설

에는 적치장 중앙과 측면에 설치된 배수로 및 비상물막이가 있다. 비상물막이는 폭우시 주 계곡으로부터 유입되는 물을 일차적으로 가두는 역할을 한다.

지하배수시설은 각 계곡으로부터 유입되는 지표수를 집수하는 4개의 지선(A, B, C, D)과 광미 적치장의 중앙부를 통과하는 본간선 그리고 비상배수로 구성되어 있다. 각 지선은 본간선으로 연결되어 있으며 모두 터널 형태로 건설되어 있다. 비상배수로는 댐의 월류가 발생하지 않도록 댐체내에 고인 물을 적치장 밖으로 배출하는 역할을 한다. 지하배수시설의 제원은 표 1과 같다(한공창 외, 1997).



그림 2. 광미적치장 배수체계

표 1. 광미적치장 배수시설 제원

시설	형태	규격(m)	
		연장	단면 크기
본간선	터널	1,250	R=1.25
A지선	터널	111	R=0.75
B지선	터널	35	R=0.75
C지선	터널	89	R=0.75
D지선	터널	164	R=0.75
비상배수로	암반 터널	976	2.7×2.7m

3. 배수특성 분석 방법

3.1 유출량 산정

유출량 즉 댐 영역내로 유입되는 강우량을 산출하는 방법에는 여러 방식이 있으나 본 연구에서는 국내에서 널리 사용되고 있는 유출계수(C)를 이용한 기존합리식 방법과 유출곡선지수(Runoff Curve Number) CN을 사용하는 SCS(U.S Soil Conservation Service)방법을 적용하여 유출량을 계산하였다.

이를 위하여 우선 대상 유역의 수치지도와 토양도 및 토지이용도를 기본으로 GIS 도구를 이용하여 유역특성 인자를 추출한다. 중요하게 고려해야 할 인자들로는 침투수량, 지형, 토지이용, 토양, 지질, 토양의 수분상태(선형강우) 등이 있다. 추출한 특성인자들과 수치지도, 대상유역의 토양도 및 토지이용도를 접합하여 유출량 관련 상수들을 산정한 후 여러 가지 수리 모형을 이용하여 유출량을 계산한다.

유효우량이란 지상에 도달한 강우량 중 차단, 저류, 증발, 지하수 침투 등을 제외하고 지표면 및 지표하 유출을 통하여 직접유출을 형성하게 되는 강우량을 말하는데 SCS방법에 의한 유효우량 산정에는 다음 식을 이용한다.

$$Q = \frac{(P - 0.2S)^2}{P + 0.8S} \quad (1)$$

$$S = \frac{25,400}{CN} - 254 \quad (2)$$

여기서, Q : 직접유출량에 해당하는 유효우량(mm)

P : 강우량(mm)

S : 유역의 최대 잠재보유수량과 초기손실의 합(mm)

CN : 유출곡선지수

연구대상 지역의 유효강우량을 산정하기 위하여 유역의 토양도(1:50,000) 및 토지이용도(1:25,000)를 이용하여 SCS의 분류체계에 의해 수문학적 토양군(A, B, C, D)과 각 피복항목에 대한 유출곡선지수값을 산정하였다.

기존합리식에서 첨두유량은 홍수 도달시간에 해당하는 특정 발생빈도의 최대 강우강도에 유역의 물리적 상태를 나타내는 유출계수 C와 유역면적을 곱하여 식(3)과 같이 계산한다.

$$Q = \frac{1}{3.6} CIA = 0.2778 CIA \quad (3)$$

여기서, Q : 첨두홍수량(m³/s)

C : 무차원 유출계수

I : 도달시간을 강우지속시간으로 하는 확률강우강도(mm/hr)

A : 유역면적(km²)이다.

유출계수는 유역의 형상, 지표면의 피복상태, 식생 피복상태 및 개발상황 등을 감안하여 결정한다(유승근 외, 2002). 연구지역인 광미적치장 유역이 대부분 산지이므로, 텍사스 주 수송국에서 제안한 산지유역의 유출계수를 참조하여 국내 실정에 적합하도록 수정된 유출계수(김지호, 2003)를 적용하였으며, 토지이용 및 경사도별로 산지유역의 유출계수로 제안된 값을 사용하였다. 산지 이외의 유출계수 값은 하천설계기준(유승근 외, 2002)에서 제시한 유출계수와 미국토목학회의 유출계수를 선택하여 경사도에 따라서 보정하여 계산하였다.

강우량은 건설교통부에서 작성한 한국 확률강우량도(2000, 한국건설기술연구원)로부터 구한 상동지역 확률강우량(PMP)을 이용하였다. 일반적으로 댐 수문해석시 재현기간은 100년을 기준으로 하므로 본 연구에서도 100년 빈도 1시간 강우량인 80.31 mm를 기준으로

계산하였다.

기존의 설계 강우에 대한 지속시간은 홍수도달시간이라는 개념을 도입하여 설정하였다. 홍수도달시간은 유역의 최원거리 지점에서 내린 비가 유역출구에 도달하는데 소요되는 시간으로, 유역 모든 지점에서 유출에 영향을 주는 시간이므로 주어진 강우강도에 의해 발생하는 유출량이 최대로 발생하는 시간이다. 여기에는 동일 강도의 호우가 전 유역에 걸쳐 최소한 홍수도달시간 이상 발생해야만 하는 가정이 내포되어 있다. 도달시간 산정은 아래 식과 같이 SCS의 지체공식을 이용하였다.

$$t_c = \frac{1.67L^{0.8}[(1000/CN) - 9]^{0.7}}{1900S^{0.5}} \quad (4)$$

여기서, t_c : 홍수도달시간(hr)
 L : 최원거리 지점에서의 유로연장(ft)
 CN : 유출곡선지수
 S : 평균경사(%)

3.2 배수량 산정

각 배수로별 배수량은 Manning 공식(홍창선 외, 2002)을 이용하여 각각의 유역별로 산출하였다.

$$Q = AV \quad (5)$$

$$V = \frac{1}{n} \cdot R^{\frac{2}{3}} \cdot I^{\frac{1}{2}}$$

여기서, Q : 배수량(m^3/s)
 A : 유수단면적
 V : 유수단면적의 평균속도(m/s)
 n : 조도계수(콘크리트 관의 경우 0.011~0.015)

R : 경심($R = \frac{A}{P}$, P : 유수가 관과 접하는 길이의 윤변)
 I : 관로 경사 (%)

배수량 산정 입력 변수 중 조도계수는 콘크리트 관의 값(0.011~0.015) 중 배수효율이 가장 낮은 0.015를 적용하였으며, 유수단면적 A 는 배수로 단면적의 80%를 사용하여 배수량을 구하였다.

본간선배수로는 C지선, D지선과 본간선이 하나의 관으로 유입되어 하나의 출구에서 배출된다. 따라서 각 지선의 배수처리량은 실제 배수처리량과 다르게 나타난다. 각 지선의 배수처리량은 본간선의 배수처리량의 일부분으로서 실제 처리할 수 있는 배수량이다. 따라서 각 지선별 실제 배수량은 다음 식으로 구할 수 있으며 이를 이용하여 계산한 각 배수시설의 배수처리량은 표 2와 같다.

$$Q_C = A \cdot \frac{a}{a+b+c}$$

$$Q_D = A \cdot \frac{b}{a+b+c} \quad (6)$$

$$Q_{\text{본}} = A \cdot \frac{c}{a+b+c}$$

여기서, $Q_C, Q_D, Q_{\text{본}}$: 각 지선의 실제 배수처리량
 A : 본간선의 배수처리량
 a : C지선의 본간선 합류지점까지 배수처리량
 b : D지선의 본간선 합류지점까지 배수처리량
 c : 본간지선의 본간선 합류지점까지 배수처리량

표 2. 배수시설별 배수처리량

구분	비상물막이 하류		비상물막이 상류				
	기존 배수로	신설 배수로	비상 배수로	C지선	D지선	본간지선	본간선 전체
직경(길이*높이, m)	1*1	1.5*2.5	f1.5	f1.5	f1.5	f2.0	f2.0
조도계수	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015
윤변(P, m)	2.6	4.9	3.14	3.14	3.14	4.19	4.19
유수단면적(A*80%, m^3)	0.8	3	1.41	1.41	1.413	2.51	2.51
경사(m/m)	0.31	0.01	0.023	0.18	0.12	0.033	0.085
초당 배수량(m^3/s)	13.5	14.6	8.31	23.5	19.3	21.6	34.6
배수량($m^3/10min$)	8,110	8,770	4,980	(38,620)*			20,780

* 지선들의 배수량 합은 본간선 전체량을 초과하므로 실제 배수량은 유입량에 따라 달라짐

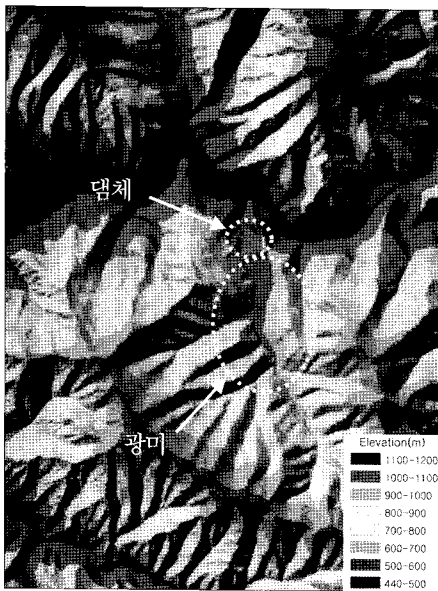
4. 배수특성 분석결과

4.1 수치고도모델

수치고도모델 작성을 위해 1:5,000 축적의 수치지도에서 등고선, 표고점, 수준점 등 고도와 관련된 레이어만 추출한 후, 등고선 교차 오류나 표고점 속성 오류 등을 수정하여 생성시킨 불규칙삼각망(TIN)을 적용하였다(그림 3.a). 격자 간격은 1:5,000 수치지도의 등고선 간격이 5 m이므로 5 m×5 m를 적용하였다(그림 3.b).

4.2 하천망, 유역경계 및 유역 특성인자

유역내의 흐름방향을 결정하기 위해서는 수치고도모델로부터 인접격자 간의 고도 차이를 이용하여 흐름의 방향 및 경사각을 계산하여야 한다. 그림 4.a는 연구지역의 흐름방향을 8방위 색으로 표시한 것이다. 그림 4.b는 계산된 흐름방향을 누적차수대로 누가하여 유역내의 누적흐름을 계산한 후 Strahler의 방식(최현 외, 2005)으로 표현한 것이다. 이렇게 생성된 하천망은 수치지도에서 표시된 하천(그림 4.c)과 비교했을 때 거의 유사하게 표현됨을 알 수 있다.



(a) 불규칙삼각망(TIN)

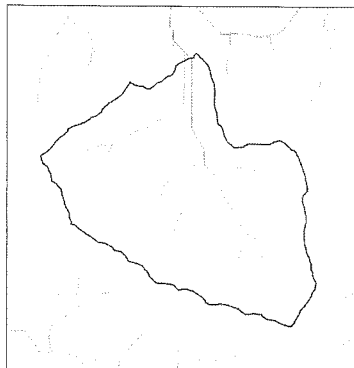


(b) 수치고도모델(5 m×5 m)

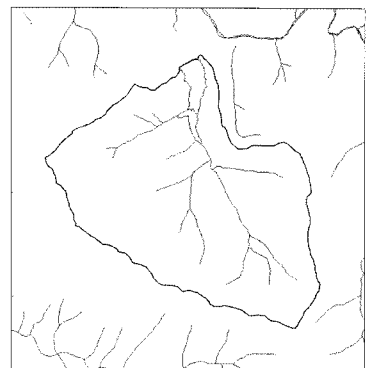
그림 3. 불규칙삼각망과 수치고도모델



(a) 유역의 흐름방향



(b) 누적흐름하천망



(c) 수치지도하천망

그림 4. 하천망 흐름특성 및 누적흐름 하천망

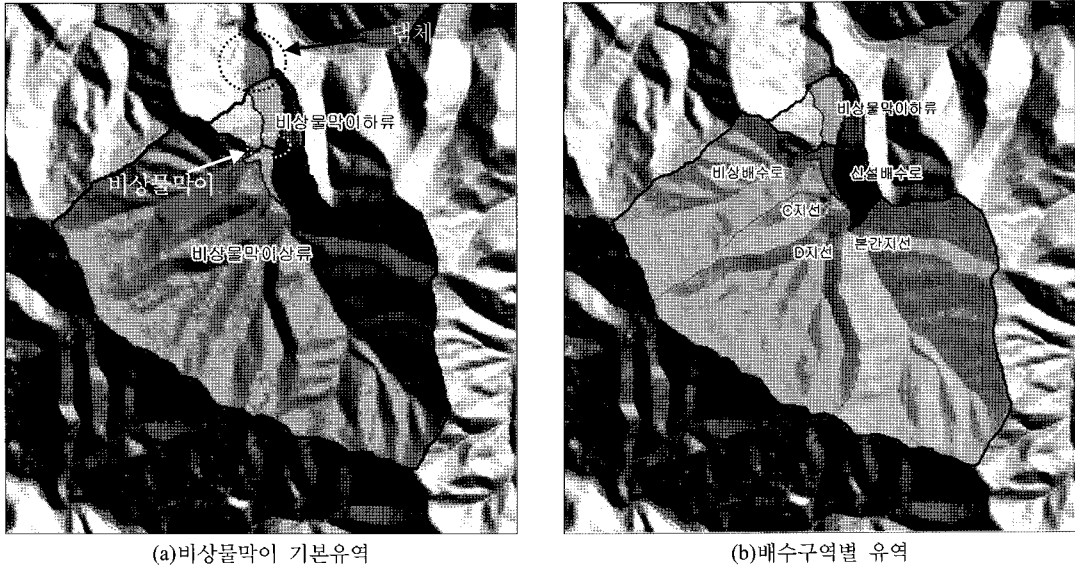


그림 5. 집수구역, 출구점 및 유역경계

하천망에 따른 유역의 경계는 집수구역이나 출구점의 위치에 따라 계산되며, 유역의 구분은 신평미적치장 비상물막이 상류, 하류를 기본유역(그림 5.a)으로 배수체계를 분석하였고, 점차적으로 세분화하여 각 배수로에 따라서 비상물막이하류, 신설배수로, 비상배수로, C지선, D지선, 본간지선의 6개 집수구역(그림 5.b)으로 세분화하여 집수량과 배수량 등의 배수체계를 분석하였다.

4.3 유출곡선지수(CN)와 유출계수(C)

유출곡선지수는 토양도와 토지이용도를 이용하여 SCS 분류체계에 의해 산정된다. 연구에 사용한 토양도는 1:50,000 축척의 개략토양도로써 산악지, 산록지, 선상지가 분포되어있다. 토지이용도는 1:25,000의 중분류 분류항목으로 분류되어 있다. 이를 대분류로 재분류하여 침엽수림, 활엽수림 및 혼효림은 산림지역, 밭은 농업지역, 채광지역과 기타 나지는 나지, 공공시설 및 주거지역은 시가화/건조지역, 내륙수는 수역으로 간단화하여 유출곡선지수 값을 산정하였다.

SCS에서 수역의 경우는 CN값을 100으로, 습지의 경우는 불투수지역 중 배수관망에 직접 연결된 지역의 경우 CN값 98을 적용하였으며 그 결과 산정된 유출곡선지수 분포는 그림 6과 같다.

유출계수 C값은 대체로 토지이용에 따라 범위로 주어지나, 일반적으로 광범위한 침투성 지역, 경사가 완만한 지역, 초목의 밀도가 높은 지역에서는 범위의 최소값을 사용하고, 조밀한 토양의 소유역, 완만한 경사에서

급경사 지역, 식생밀도가 낮은 지역에서는 범위의 최대값을 적용한다. 본 연구에서는 과업지역인 광미적치장 유역이 대부분 산지이므로, 텍사스 주 수송국에서 제안된 산지유역의 유출계수를 참조하여 국내 실정에 적합하도록 수정된 유출계수(김지호, 2003)를 적용하였으며, 토지이용 및 경사도별로 산지유역의 유출계수로 제안된 값을 적용하였다. 그 결과 산정된 유출계수분포는 그림 7과 같다.

4.4 도달시간

각 격자점에서 출구점까지의 유로연장, 유출곡선지수, 유역별 평균경사를 사용하여 각 격자점에서의 도달시간을 계산하였다. 광미적치장 유역의 최원거리 지점에서의 도달시간은 비상물막이하류 유역은 22.5분, 비상물막이상류 유역은 55.0분으로, 강우 개시 후 한 시간 이내에 유역의 모든 강우가 집수구역에 도달하는 것으로 분석되었다(그림 8).

비상물막이상류 유역을 배수유역에 따라 세분화하여 계산된 도달시간은 비상배수로 유역은 34.2분, C지선 유역은 22.9분, D지선 유역은 35.5분, 본간지선 유역은 43.5분, 신설배수로 유역은 23.5분이다. 도달시간은 대체적으로 유역 내 거리에 비례하며 경사도에 따라서는 약간의 편차도 존재하는 것으로 나타났다.

4.5 유출량

유출량 산출시 총강우량은 한국 확률강우량의 100

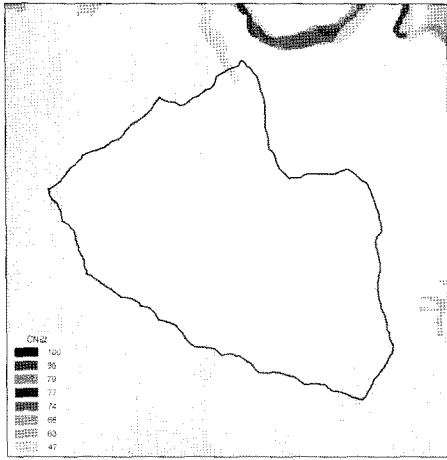


그림 6. 유출곡선지수 분포

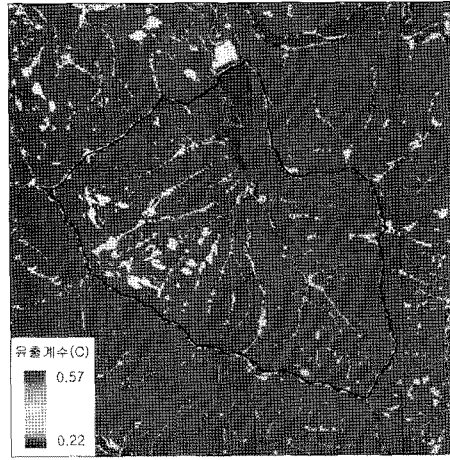


그림 7. 유출계수 분포

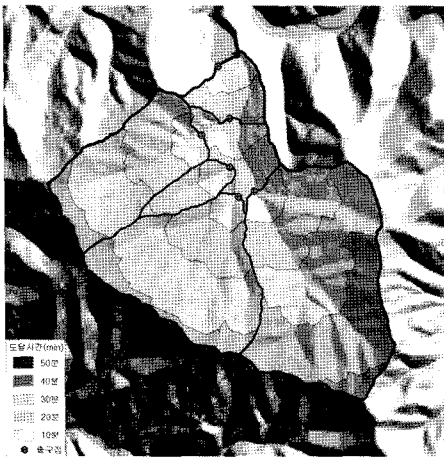
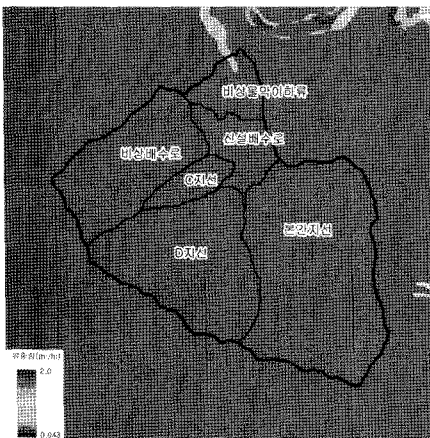


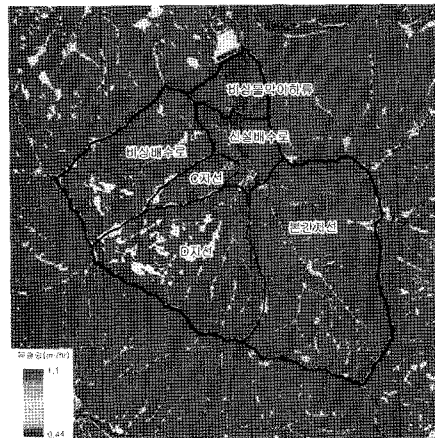
그림 8. 도달시간 분포

년 빈도 1시간 강우량인 80.31 mm를 기준으로 계산하였으며, 그림 9는 SCS 방법과 기존합리식 방법으로 24시간 강우시 격자(5 m×5 m)당 유출량 분포를 나타낸 것으로, 유역경계 내의 모든 유출량을 합산하면 각 유역의 유출량을 산출할 수 있다. 유역별 시간당 누적 집수량을 정리하면 표 3과 같다.

SCS방법을 적용한 유출량 산출방법에서 초기 시간의 값들은 강우의 전량이 토양에 흡수되어 유출이 없다고 가정하였으므로 일정 시간까지의 누적 집수량은 0의 값을 가지게 되며, 기존합리식을 사용한 경우에는 항상 일정량 흡수되고 나머지는 유출되는 것을 가정하고 있기 때문에 초기 시간에도 일정량이 누적되어 집수되는 양상을 보인다.



(a)유출곡선지수를 이용한 유출량



(b)유출계수를 이용한 유출량

그림 9. 24시간 강우시 격자당 유출량 분포

표 3. 비상물막이를 경계로 구분한 유역별 시간당 누적 집수량

시간 (min)	유역	SCS 방법(m ³)		기존합리식 방법(m ³)	
		비상물막이 하류	비상물막이 상류	비상물막이 하류	비상물막이 상류
0		0	0	0	0
10		0	0	406	897
20		0	0	1,675	4,990
30		0	0	2,977	15,251
40		0	7	4,278	34,938
50		56	63	5,579	62,050
60		232	405	6,880	90,173
⋮					
280		34,603	521,287	35,506	708,877
290 ¹⁾		36,815	559,009	36,807	737,000
300		39,055	597,301	38,109	765,123
⋮					
420		67,532	1,090,116	53,723	1,102,598
430 ²⁾		70,007	1,133,281	55,024	1,130,721
440		72,494	1,176,691	56,325	1,158,844

- 주 1) 비상물막이 하류에 대한 산출방법별 누적집수량이 비슷해지는 시점
- 2) 비상물막이 상류에 대한 산출방법별 누적집수량이 비슷해지는 시점

유역의 면적이 작은 비상물막이 하류 유역은 SCS 방법과 기존합리식 방법의 누적 집수량은 약 5시간 후에 비슷하게 되며, 유역면적이 넓은 상류 유역은 7시간 후에 각각의 방법으로 계산한 누적집수량이 비슷하게 된다. 광미저지장 유역을 상세 배수구역별로 분석하면 비상물막이 상류에서는 대체로 6~7시간 정도에서 SCS 방법과 기존합리식으로 계산한 누적집수량이 서로 비슷해진다.

누적집수량이 같아진 이후에는 SCS 방법으로 산출된 유출량이 기존합리식을 사용하여 계산한 경우보다 커지게 되는데, 이는 SCS 방법이 초기 시간에는 강우가 전량 토양에 침투, 흡수되어 일정 시간이 경과한 다음부터 유출이 발생되며, 강우가 지속되면 토양이 포화 상태가 되어 점차 강우의 유출 비율이 증가하는 유출 모델이기 때문이다. 반면, 기존합리식 방법은 앞서 설명한 바와 같이 강우량과 유출량의 비율이 시간과 상관없이 일정하게 유지되는 유출 모델이기 때문에 강우 초기부터 유출이 발생하며, 일정 시간 이후에도 강우량의 일부가 지속적으로 토양에 침투, 흡수되는 양상을 보여 주기 때문이다.

5. 범람 위험도 분석

5.1 모든 배수시설이 정상 작동할 경우

배수시설에 대하여 시간별 유출 증가량과 배수처리량을 비교함으로써 배수처리 능력을 분석하였으며, 앞서 설명한 바와 같이 초기 시간대의 배수처리 능력에 대하여 보수적으로 검토하기 위해 기존합리식을 통해 도출된 유출증가량을 적용하였다. 우선 배수처리 능력 분석 시 각 유역별 유출증가량이 최대이며, 배수시설이 100% 작동하는 경우에 대한 분석 결과는 표 4 및 그림 10과 같다.

각각의 배수시설에 대한 배수 처리 능력을 검토한 결과, 전체적으로 배수처리량이 최대 유출증가량 보다 약 1.4배 정도 많음을 확인할 수 있다. 그러나 비상배수로는 배수처리량이 최대 유출증가량보다 적으므로 초과되는 유출량이 신설배수로를 통해 비상물막이 하류로 유입되는 것으로 예측된다.

5.2 본간선이 작동 불능일 경우

이는 배수 시설 중 가장 많은 배수처리 능력을 갖고 있는 본간선 유입구가 막혀 작동 불능상태에 이를 경우이다. 이 경우 역시 기존합리식을 통해 도출된 유출증

표 4. 배수 처리 능력 분석표(단위 : m³/10min)

구 분	비상 배수로	C지선	D지선	본간 지선	본간선 전체	신설 배수로	비상물막이 류	합계
최대 유출증가량 ¹⁾	5,564	1,176	7,573	11,980	20,729	1,828	1,301	31,252
최대 배수처리량	4,980	14,120	11,560	12,940	20,780	(15,090) ²⁾	16,880	42,640
배수처리능력	0.9배	12.0배	1.5배	1.1배	1.0배	-	13.0배	1.4배

- 주 1) 100년 빈도 1시간 확률강우량 80.13 mm/hr 적용 결과
- 2) 비상물막이 도수로의 배수처리량으로 비상물막이 상류에서 하류로 통과시키는 양임

표 5. 본간선 작동 불능시 배수처리 계산표(단위 : m³/10min)

구 분	비상 배수로	C지선	D지선	본간지선	본간선 전체	신설 배수로	비상물막이 하류
최대 유출증가량	5,564	1,176	7,573	11,980	20,729	1,828	1,301
본간선 작동 불능시 유출증가량	5,564	-	-	-	-	23,141	16,391
배수처리량	4,980	-	-	-	-	(15,090) ²⁾	16,880
배수 초과량	584 l)	-	-	-	20,729 ¹⁾	(8,051) ³⁾	-

- 주 1) 비상배수로 초과량과 본간선 초과량은 신설배수로로 유입
- 2) 신설배수로 유역의 비상물막이 도수를 통해 비상물막이 하류로 유입
- 3) 비상물막이 도수로 초과량은 비상물막이 상류에 저류됨(비상물막이 상류의 저수량은 188,550 m³임)

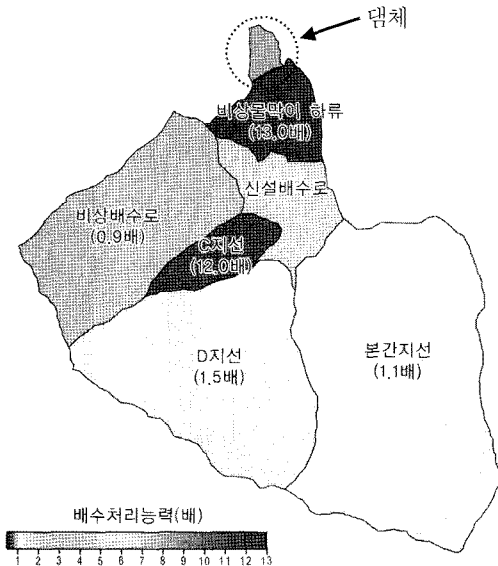


그림 10. 유역별 배수처리능력 분포도

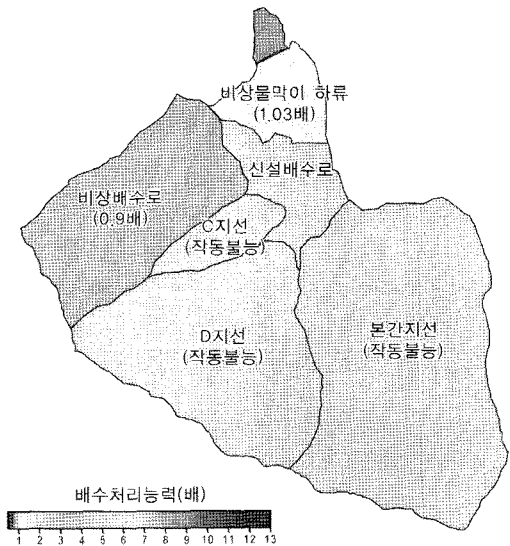


그림 11. 본간선 작동불능시 유역별 배수처리능력 분포도

가량을 적용하였다. 본간선 유역의 유출량 전체와 비상 배수로 유역의 배수초과량인 21,313 m³/10min가 신설 배수로를 통해 비상물막이 하류로 유입된다(표 5, 그림 11). 신설배수로의 배수처리량은 15,090 m³/10min이므로 이를 초과하는 8,051 m³/10min는 비상물막이 상류

에 저류된다.

결국 비상물막이 하류 영역에서 증가되는 유출량은 16,391 m³/10min인데 이는 배수처리량 16,880 m³/10min에 근접하므로 본간선 배수시설이 막히는 일이 없도록 평상시 관리가 요구된다.

표 6. 총 강우량에 따른 총 유출량 및 저류 가능량

총 강우량 (mm)	0	50	100	150	200	250	251.1	300
총 유출량 (m ³)	0	109,912	219,823	329,735	439,647	549,558	551,925	659,470
저류 가능량 (m ³)	551,925	442,013	332,102	222,190	112,278	2,367	0	-107,545

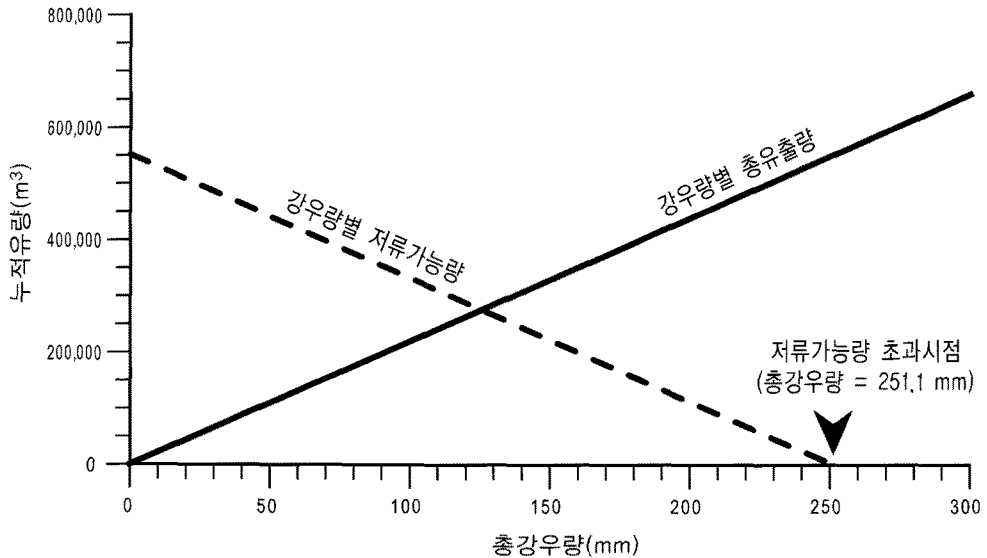


그림 12. 총강우량별 누적유출량 및 저류가능량 비교

5.3 모든 시설이 작동 불능일 경우

비상물막이 상류의 저류량은 188,550 m³이고 비상물막이 하류의 저류량은 363,375 m³으로, 총 551,925 m³이다. 표 6과 그림 12는 모든 배수시설이 가동되지 않을 경우의 폐재댐 범람 위험도를 검토하기 위하여 기존 합리식을 적용하였을 때 총 강우량에 따른 총유출량을 계산한 결과이다. 기존합리식을 적용하여 유출량을 계산할 경우, 모든 배수시설이 가동되지 않는다면 총 강우량이 251.1 mm 이상일 경우 확보된 저류량을 초과하게 되어 폐재댐이 범람하는 것으로 분석된다.

총 강우량 251.1 mm는 확률강우량 기준으로 20년 빈도 12~24시간, 50~200년 빈도 6~12시간의 범위에 해당되므로 주의가 요구된다. 이러한 강우량은 상동지역 확률강우량에 따라 100년 빈도 24시간 확률강우량인 380.33 mm를 적용할 경우 약 16시간동안 강우가 지속되는 상태에 해당된다.

6. 결론

일반적인 댐과 달리 다단계 배수시설로 구성된 구 상동광산의 신평미적치장댐의 범람 가능성 여부를 GIS

기법에 의해 분석한 결과는 다음과 같다.

- 1) 배수처리 능력 분석 결과, 신평미적치장 배수설비는 100년 빈도 1시간 확률강우량을 기준으로 전체 1.4배의 배수처리 능력을 확보하고 있는 것으로 계산된다.
- 2) 배수시설이 정상 작동할 경우, 100년 빈도 1시간 확률강우량(PMP)인 80.31 mm/hr의 강우강도로 1시간 동안 비가 내리더라도 범람의 위험성은 없는 것으로 예측된다.
- 3) 배수설비 중 배수처리 비중이 가장 높은 본간선의 배수처리 능력이 상실될 경우, 대상 유역의 최대 유출량에 근접하므로 배수시설에 대한 지속적인 관리와 점검이 요구된다.
- 4) 모든 배수시설이 작동하지 않을 경우, 총 강우량이 251.1 mm에 도달할 때 광미댐은 범람의 위험성이 있는 것으로 예측된다.

사사

본 연구는 광해방지사업단(현재 한국광해관리공단)의 연구비 지원에 의해 수행되었다.

참고문헌

1. 김지호, 2003, 우리나라 하천유역의 합리식 유출계수 산정에 관한 연구, 박사학위논문, 홍익대학교.
2. 배덕효, 이병주, 2003, 위성영상 피복분류에 대한 CN값 산정(I), 한국수자원학회 논문집 제36권 6호, pp.985-997.
3. 유승근, 최성규, 문상원, 2002, GIS를 이용한 밀양강 유역의 지형학적 특성 분석, The Journal of GIS Association of Korea, Vol.10, pp.107-122.
4. 최현, 남광우, 2005, 산악에서 돌발홍수예측을 위한 지리정보시스템의 적용, Korean Journal of Remote Sensing, Vol.21, No.4, pp.317-327.
5. 한국건설기술연구원, 2000, 1999년도 수자원관리기법개발연구조사 보고서:제1권 한국확률강우량도, 건설교통부.
6. 한공창 외, 1997, 상동광산 광미척치장 안정성 검토 및 유지관리 대책방안 연구, 한국자원연구소, 대한중석(주), pp 308.
7. 홍창선, 백경원, 심우배, 2003, 수문학, 일진사, pp.196-198.

송원경



1982년 서울대학교 공과대학 자원공학과 공학사
 1986년 서울대학교 대학원 자원공학과 공학석사
 1966년 프랑스 에콜데민 지질공학과 공학박사
 Tel: 042-868-3247
 E-mail: songwk@kigam.re.kr
 현재 한국지질자원연구원 책임연구원

허승



1994년 서울대학교 공과대학 자원공학과 공학사
 1996년 서울대학교 대학원 자원공학과 공학석사
 Tel: 02-3472-2261
 E-mail: metal@geogeny.biz
 현재 (주)지오제니컨설턴트 기술영업부 부장

김태혁



1992년 서울대학교 자원공학과(학사)
 1994년 서울대학교 대학원 자원공학과(석사)
 1999년 서울대학교 대학원 자원공학과(박사)
 Tel: 02-3702-6771
 E-mail: shykth@mireco.or.kr
 현재 한국광해관리공단 기술연구센터 임반공학연구팀장