

# GIS를 이용한 최대지속강우량이 산사태 발생에 미치는 영향평가

## An assessment for effect of landslide on Maximum Continuous Rainfall using GIS

양인태\*, 박재국, 전우현

In-tae Yang\*, Jae-kook Park, Woo-Hyun Jeon

강원대학교 토목공학과

{intae, landsat, woohyun}@kangwon.ac.kr

### 요약

우리나라의 자연재해는 기상학적 자연현상에 의해 주로 발생되고 있으며 그 발생원인은 태풍, 호우, 폭풍, 폭풍우, 재설, 폭풍성 우박, 해일 및 기타(낙뢰, 돌풍, 설해, 결빙, 지진 등을 포함)로 구분되며 이중 발생빈도가 가장 높은 것은 강우에 의한 재해로 전체 재해발생 원인 중 약 80%로 대부분을 차지하고 있다. 특히 사면붕괴와 관련된 자연재해(산사태, 옹벽붕괴, 매몰 등)는 최근 국지성 집중호우를 포함하여 호우의 집중강도가 높아지는 등 기상학적 원인에 의해 매년 발생하고 있다.

따라서 우리나라에서 발생하는 자연재해와 관련한 사면붕괴의 특성을 강우특성에 따라 조사 분석할 필요가 있으며 이에 적합한 대책들이 더욱 필요하다. 이 연구에서는 산사태 유발인자와 강우조건을 고려하여 산사태 잠재가능성을 평가하고 산사태 취약지역을 분석하여 지역적인 강우특성을 고려한 산사태 가능성을 평가하였다.

### 1. 서론

우리나라의 연평균 강우량은 1,200~1,400mm정도이며, 대부분의 강우는 여름철인 6월부터 9월에 편기되고 그 중에서도 7, 8월에 집중되고 있다. 또한 국토의 약 70%가 산지지형이므로 여름철에 산사태의 발생횟수가 빈번한 실정이다. 특히 강원도는 한반도의 중동부에 위치한 산악지형으로써 1000m 이상인 고산지대가 7.7%로서 전반적으로 매우 급한 경사를 이룬다. 또한 건물 및 도로, 주거지 등이 산지 하단부에 위치하고 있어 산사태 피해에 취약할 뿐만 아니라 피해규모도 크다.

우리나라의 자연재해는 기상학적 자연현상에 의해 주로 발생되고 있으며 발생빈도가 가장 높은 것은 강우에 의한 재해로 전체 재해발생 원인 중 약 80%를 차

지하고 있다. 특히 사면붕괴와 관련된 자연재해(산사태, 옹벽붕괴, 매몰 등)는 최근 국지성 집중호우를 포함하여 호우의 집중강도가 높아지는 등 기상학적 원인에 의해 매년 발생하고 있다(국립방재연구소, 2002, 기상청).

최근 10년간(1993~2002) 자료에 의하면 사면붕괴에 의한 사망자수가 전체 재해사망자수의 연 평균 22.7%에 달하고 있다. 특히, 1998년 이후부터는 사면붕괴로 인한 평균 사망자 비율이 22.6%~36.8%로 거의 자연재해로 인한 사망자수의 1/3을 차지하는 등 날로 심각해지고 있는 실정이며, 이러한 피해는 강우발생이 집중되는 6월~9월 사이에 가장 높게 조사되고 있다.



## 5. 산사태 취약성 평가

산사태 좌표로부터 유발인자의 분류를 실시하고 경중률을 계산하여 각각의 산사태를 유발하는 인자들의 10개의 커버리지를 그리드로 변환한 후 서로 연산을 하여 산사태 취약성도를 제작하였다. 아래의 산사태 취약성도는 산사태를 유발시키는 정적자료 만을 이용하여 제작한 것으로서, 동적자료인 강우조건은 배제된 상태이다. 그림 2에서 볼 때 색깔이 짙은 색일수록 산사태에 취약하다는 것을 보여준다.

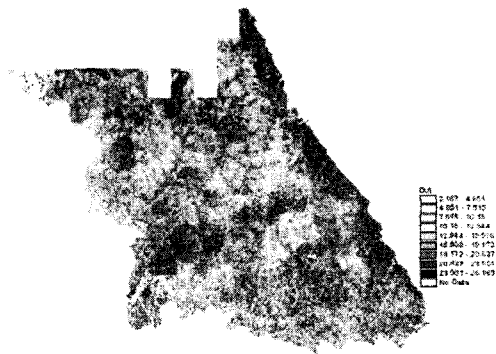


그림 2. 산사태 취약성도

## 6. 강우특성 분석 및 Thiessen 구축

강원도 전 지역의 강우량 관측소 44곳을 선정하여, 각 강우량 관측소별 1994년에서 2003년까지 10년간의 강우량을 조사하였다. 여기서 조사된 강우량은 최대연속강우량으로써 비가 오기 시작한 시점부터 비가 그친 시점까지의 누적강우량을 의미한다.

다음으로 Thiessen망을 구축한 결과로써 각 강우량관측소별로 최대연속강우량을 조사한 후 지역적인 강우특성 고려하기 위하여 강우량관측소를 이용하여 Thiessen망을 작성하였다. 그림 3은 강우량관측소를 이용하여 구축한 Thiessen을 보여주고 있다.

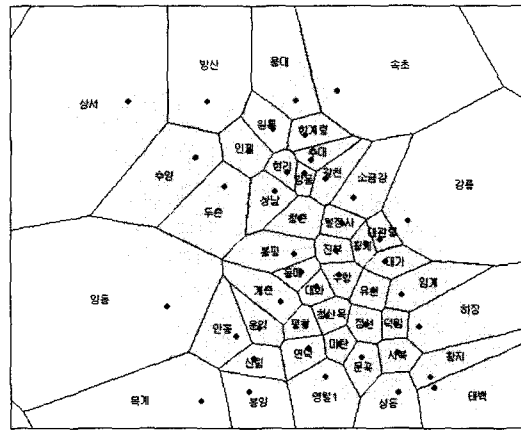


그림 3. 강우관측소와 Thiessen망

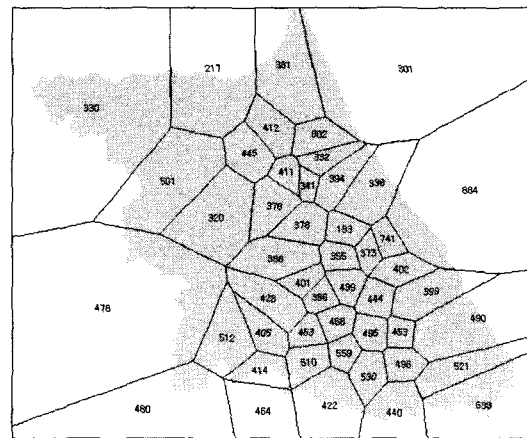


그림 4. 강우량을 입력한 Thiessen망

그림 3와 같이 Thiessen망을 구축한 후 조사한 10년 치 최대연속강우량을 해당 지점에 입력하였다. 위와 같은 방법으로 1994 ~ 2003년까지 10개의 Thiessen망을 구축하였다(그림 4).

연구대상지역내 토양과 토성은 미사질 식양토, 미사질 양토, 사양토, 세사양토, 식양토, 양질사토, 양질세사토, 양토 등으로 분류되어 있는데, 이 연구에서는 토성을 미사질양토, 식양토, 양토, 사양토, 세사토, 사토 6개로 재분류하여 사용하였다. 그리고 토심 또한 기존 토양도에 입력된 자료에서 토심을 10cm, 35cm, 75cm 세 가지로 분류하였다.

그 다음 토성별 포화 수분량을 계산한 후, 토심 자료와 연산을 수행하여 토성별 토심의 포화 수분량을 계산하였다.

## 7. 산사태 가능성 평가

산사태 가능성도는 정적데이터만을 사용하여 만든 산사태 취약성도에 동적데이터인 강우를 고려하여 제작한 것이다. 정적데이터만을 사용하여 만든 취약성도에 토성별 토심에 따른 포화에 수분량 자료를 중첩하여 연산을 수행하여 그림 5와 같이 강우를 고려한 산사태 취약성도를 제작하였다.

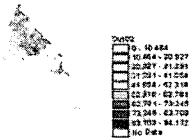


그림 5. 강우를 고려한 산사태 취약성도(2002년도)

다음으로 그림 5의 토심자료에서 하천부분의 토심자료를 no data 처리를 하였고 나머지는 1로 처리 하였다. 그 다음 원래의 강우를 고려한 산사태 취약성도에 곱해주어 하천부분을 no data 처리를 수행 하였다. 또한 경사 11° 이하의 지역에서는 산사태가 발생하지 않으므로 그 지역에 대하여 CON 값 처리를 사용하여 11° 이상인 지역은 1, 그 이하인 지역은 0으로 처리하였다.

다음으로 산사태 가능성도 제작을 위하여 강우량 240mm를 적용시킨 산사태 취약성도에 산사태 유발인자 조사에 쓰인 35점의 좌표를 투영시켜 각 점들의 값을 조사하였다. 표 2는 35점에서의 격자값을 나타낸 것이다.

표 2. 산사태 발생위치에서의 값

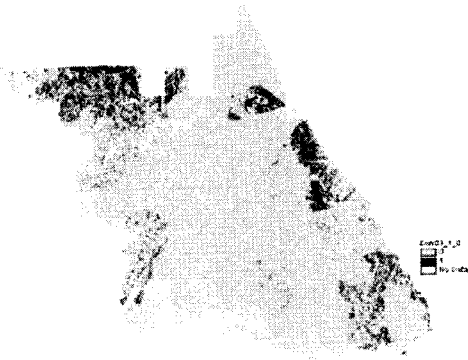
좌표점	값	좌표점	값
No.1	21.38	No.19	21.38
No.2	21.17	No.20	16.9
No.3	16.76	No.21	16.83
No.4	21.45	No.22	21.38
No.5	21.35	No.23	21.24
No.6	21.38	No.24	16.76
No.7	19.18	No.25	21.38
No.8	19.17	No.26	21.14
No.9	18.97	No.27	21.17
No.10	21.38	No.28	21.17
No.11	21.45	No.29	20.57
No.12	21.24	No.30	20.17
No.13	21.35	No.31	20.79
No.14	19.08	No.32	20.79
No.15	21.35	No.33	20.68
No.16	16.69	No.34	20.79
No.17	16.59	No.35	20.79
No.18	21.17		

산사태 가능성도 제작을 위한 CON 값 기준 설정을 위해 각 격자값들의 평균을 구한 결과 20.144 의 값을 얻을 수 있었다. 따라서 이 평균값이 포함되는 20 이상을 산사태 취약지로 구분하였다. 이와 같이 20 이상을 산사태 취약지로 구분하여 180mm, 200mm, 220mm 강우량을 고려한 산사태 취약지에 적용시켜 본 결과 산사태는 강우조건 200mm 에서부터 발생하는 것으로 분석되었다.

따라서 기준 값 20을 정하여 con 값 처리를 하여 산사태 가능성도 10개를 제작 하였다. 그림 6은 산사태 가능성도 중에서 2002년도와 2003년도의 산사태 발생 가능성도를 나타낸 것이다.



a) 2002년 태풍 '루사' 당시의 산사태 발생가능성도



b) 2003년 태풍 '매미' 당시의 산사태 발생가능성도

그림 6. 강우를 고려한 산사태 취약성도(2002년도, 2003년도)

본 연구에서 제작한 10개의 산사태 발생 가능성을 분석하여 보면 1995년 제니스, 1998년 야니, 1999년 올가, 2000년 파라피룬, 2002년 루사, 2003년 매미 등과 같이 우리나라에 큰 피해를 주고 지나간 태풍이 있던 해에 산사태 가능지역의 분포가 두드러지게 나타난 것을 볼 수 있다. 특히 태풍 루사 때는 경이적인 일강우량으로 인해 산사태 발생 가능지가 강원도 전 지역에 걸쳐 많이 분포하여 있는 것을 볼 수 있고, 2003에는 매미의 삼척 지역에는 특히 많은 산사태 가능 지역이 분포하고 있다.

표 3은 산사태 가능성도에서 1에 해당하는 산사태 가능성 지역의 격자 개수와 그 면적에 대한 비율을 표로 나타낸 것이다.

또한 그림 7은 표 3의 내용을 그래프로 표현한 그림이다.

표 3. 년도별 취약지의 변화

그리드명	취약지 (격자수)	취약지면적(k m2)	취약지면 적비
con94_1_0	9,703	8.733	0.060
con95_1_0	4,097,275	3,687.548	25.250
con96_1_0	1,165,280	1,048.752	7.181
con97_1_0	90,195	81.176	0.556
con98_1_0	3,316,562	2,984.906	20.439
con99_1_0	4,638,881	4,174.993	28.588
con00_1_0	976,669	879.002	6.019
con01_1_0	642,944	578.650	3.962
con02_1_0	5,826,129	5,243.516	35.905
con03_1_0	1,496,344	1,346.710	9.222

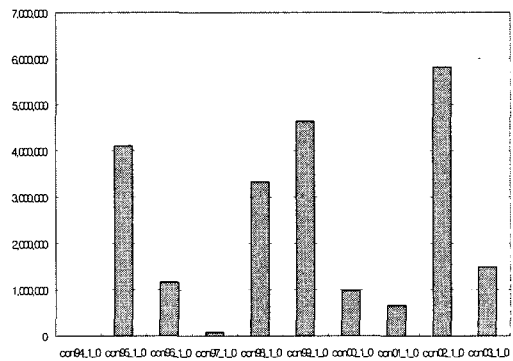


그림 7. 산사태 취약지 갯수

## 8. 검증

앞에서 제작된 산사태 가능성도의 검증 절차는 다음과 같이 수행하였다. 검증 방법은 다음과 같다. 2002년도에 산사태가 발생하였던 위치 데이터 61개점을 2002년도 산사태 발생가능성도에 중첩시키는 방법으로 검증을 시행하였다. 그림 7은 산사태 발생위치 포인트를 2002년도 산사태 발생가능성도에 중첩시킨 그림이다. 그 결과 조사된 산사태 발생좌표와 산사태 발생가능성도에서의 산사태 위치가 잘 일치 되는 것으로 확인되었다.

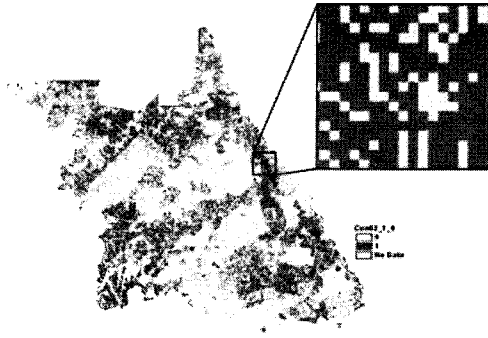


그림 7. 산사태 발생지 검증

## 8. 결론

산사태 발생 좌표를 이용하여 산사태 취약성도를 다시 구축하고, 강우를 고려한 산사태 가능성을 제작하여, 분석한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

첫째, 산사태 발생 좌표 35점을 이용하여 각각의 산사태 유발인자를 조사하고, 재분류하여 산사태 취약성도를 다시 구축할 수 있었다.

둘째, 강우량 180mm, 200mm, 220mm, 240mm를 고려하여 산사태 취약성도를 구축한 결과 200mm 강우를 고려하였을 때 산사태 발생 가능성지가 발생하였다. 이는 강우량이 200mm 이상일 때 산사태가 발생한다는 이론과 일치함을 알 수 있었다.

셋째, 10년치 강우자료와 Thiessen 망을 이용하여 강우를 고려한 산사태 취약성도를 제작한 결과 지역의 강우특성에 따른 산사태 가능성지의 분포를 확인할 수 있었다.

## 참고 문헌

1. 천기선, “GIS를 이용한 산사태 취약지 결정 기법”, 강원대학교 대학원 박사학위논문 2005.
2. 최광식, “GSIS와 AHP법을 이용한 폐기물 매립지 예측 평가 방법”, 강원대학교 대학원 석사학위논문, 1999.
3. 김제천, “GSIS와 AHP법을 이용한 산사태 발생지역 예측”, 강원대 산업대

학원, 석사학위논문, 2001.

4. 건설교통기술평가원, “산사태 발생 예측 및 피해저감기술”, 2004.

5. 김영삼, “GIS를 이용한 산사태 취약지 분석 :경기도 광주시를 대상으로”, 서울대학교 환경대학원 석사학위논문, 2002.

## 1. 서론

우리나라의 연평균 강우량은 1,200~1,400mm정도이며, 대부분의 강우는 여름철인 6월부터 9월에 편기되고 그 중에서도 7, 8월에 집중되고 있다. 또한 국토의 약 70%가 산지 지형이므로 여름철에 산사태의 발생횟수가 빈번한 실정이다. 특히 강원도는 한반도의 중동부에 위치한 산악 지형으로써 1000m 이상인 고산지대가 7.7%로서 전반적으로 매우 급한 경사를 이룬다. 또한 건물 및 도로, 주거지 등이 산지 하단부에 위치하고 있어 산사태 피해에 취약할 뿐만 아니라 피해규모도 크다.

우리나라의 자연재해는 기상학적 자연현상에 의해 주로 발생되고 있으며 발생빈도가 가장 높은 것은 강우에 의한 재해로 전체 재해발생 원인 중 약 80%를 차지하고 있다. 특히 사면붕괴와 관련된 자연재해(산사태, 옹벽붕괴, 매몰 등)는 최근 국지성 집중호우를 포함하여 호우의 집중강도가 높아지는 등 기상학적 원인에 의해 매년 발생하고 있다(국립방재연구소, 2002, 기상청).

최근 10년간(1993~2002) 자료에 의하면 사면붕괴에 의한 사망자수가 전체 재해사망자수의 연 평균 22.7%에 달하고 있다. 특히, 1998년 이후부터는 사면붕괴로 인한 평균 사망자 비율이 22.6%~36.8%로 거의 자연재해로 인한 사망자수의 1/3을 차지하는 등 날로 심각해지고 있는 실정이며, 이러한 피해는 강우발생이 집중되는 6월~9월 사이에 가장 높게 조사되고 있다.

따라서, 우리나라에서 발생하는 자연재해와 관련한 사면붕괴의 특성을 강우특성에 따라 조사 분석할 필요가 있으며 이에







## 7. 산사태 가능성 평가

산사태 가능성도는 정적데이터만을 사용하여 만든 산사태 취약성도에 동적데이터인 강우를 고려하여 제작한 것이다. 정적데이터만을 사용하여 만든 취약성도에 토성별 토침에 따른 포화에 수분량 자료를 중첩하여 연산을 수행하여 그림 5와 같이 강우를 고려한 산사태 취약성도를 제작하였다.



그림 5. 강우를 고려한 산사태 취약성도(2002년도)

다음으로 그림 5의 토침자료에서 하천부분의 토침자료를 nodata 처리를 하였고 나머지는 1로 처리 하였다. 그 다음 원래의 강우를 고려한 산사태 취약성도에 곱해주어 하천부분을 nodata 처리를 수행 하였다. 또한 경사 11° 이하의 지역에서는 산사태가 발생하지 않으므로 그 지역에 대하여 CON 값 처리를 사용하여 11° 이상인 지역은 1, 그 이하인 지역은 0으로 처리하였다.

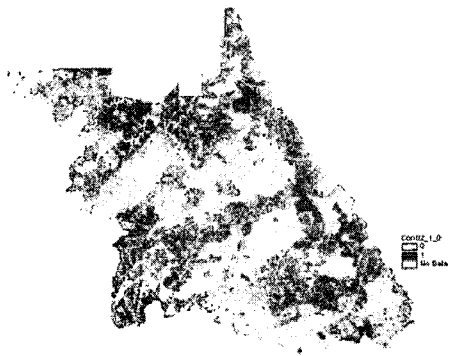
다음으로 산사태 가능성도 제작을 위하여 강우량 240mm를 적용시킨 산사태 취약성도에 산사태 유발인자 조사에 쓰인 35점의 좌표를 투영시켜 각 점들의 값을 조사하였다. 표 2는 35점에서의 격자값을 나타낸 것이다.

표 2. 산사태 발생위치에서의 값

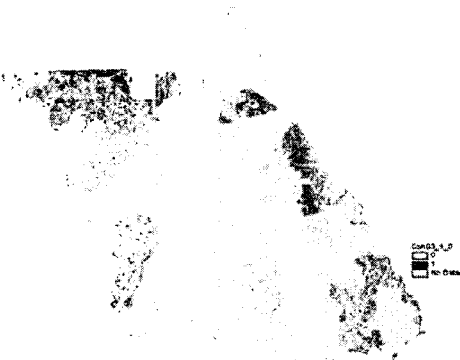
좌표점	값	좌표점	값
No.1	21.38	No.19	21.38
No.2	21.17	No.20	16.9
No.3	16.76	No.21	16.83
No.4	21.45	No.22	21.38
No.5	21.35	No.23	21.24
No.6	21.38	No.24	16.76
No.7	19.18	No.25	21.38
No.8	19.17	No.26	21.14
No.9	18.97	No.27	21.17
No.10	21.38	No.28	21.17
No.11	21.45	No.29	20.57
No.12	21.24	No.30	20.17
No.13	21.35	No.31	20.79
No.14	19.08	No.32	20.79
No.15	21.35	No.33	20.68
No.16	16.69	No.34	20.79
No.17	16.59	No.35	20.79
No.18	21.17		

산사태 가능성도 제작을 위한 CON 값 기준 설정을 위해 각 격자값들의 평균을 구한 결과 20.144의 값을 얻을 수 있었다. 따라서 이 평균값이 포함되는 20 이상을 산사태 취약지로 구분하였다. 이와 같이 20 이상을 산사태 취약지로 구분하여 180mm, 200mm, 220mm 강우량을 고려한 산사태 취약지에 적용시켜 본 결과 산사태는 강우조건 200mm에서부터 발생하는 것으로 분석되었다.

따라서 기준 값 20을 정하여 con 값 처리를 하여 산사태 가능성도 10개를 제작 하였다. 그림 6은 산사태 가능성도 중에서 2002년도와 2003년도의 산사태 발생 가능성을 나타낸 것이다.



a) 2002년 태풍 '루사' 당시의 산사태 발생가능성도



b) 2003년 태풍 '매미' 당시의 산사태 발생가능성도

그림 6. 강우를 고려한 산사태 취약성도(2002년도, 2003년도)

본 연구에서 제작한 10개의 산사태 발생 가능성을 분석하여 보면 1995년 제니스, 1998년 야니, 1999년 올라, 2000년 파라피룬, 2002년 루사, 2003년 매미 등과 같이 우리나라에 큰 피해를 주고 지나간 태풍이 있던 해에 산사태 가능지역의 분포가 두드러지게 나타난 것을 볼 수 있다. 특히 태풍 루사 때는 경이적인 일 강우량으로 인해 산사태 발생 가능성이 강원도 전 지역에 걸쳐 많이 분포하여 있는 것을 볼 수 있고, 2003에는 매미의 삼척 지역에는 특히 많은 산사태 가능 지역이 분포하고 있다.

표 3은 산사태 가능성도에서 1에 해당하는 산사태 가능성 지역의 격자 개수와 그 면적에 대한 비율을 표로 나타낸 것이다.

또한 그림 7은 표 3의 내용을 그래프로 표현한 그림이다.

표 3. 년도별 취약지의 변화

그리드명	취약지 (격자수)	취약지면적(k m <sup>2</sup> )	취약지면 적비
con94_1_0	9,703	8.733	0.060
con95_1_0	4,097,275	3,687.548	25.250
con96_1_0	1,165,280	1,048.752	7.181
con97_1_0	90,195	81.176	0.556
con98_1_0	3,316,562	2,984.906	20.439
con99_1_0	4,638,881	4,174.993	28.588
con00_1_0	976,669	879.002	6.019
con01_1_0	642,944	578.650	3.962
con02_1_0	5,826,129	5,243.516	35.905
con03_1_0	1,496,344	1,346.710	9.222

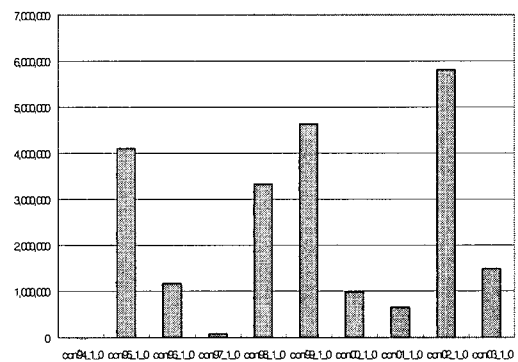


그림 7. 산사태 취약지 갯수

## 8. 검증

앞에서 제작된 산사태 가능성도의 검증 절차는 다음과 같이 수행하였다. 검증 방법은 다음과 같다. 2002년도에 산사태가 발생하였던 위치 데이터 61개점을 2002년도 산사태 발생가능성도에 중첩시키는 방법으로 검증을 시행하였다. 그림 7은 산사태 발생위치 포인트를 2002년도 산사태 발생가능성도에 중첩시킨 그림이다. 그 결과 조사된 산사태 발생좌표와 산사태 발생가능성도에서의 산사태 위치가 잘 일치되는 것으로 확인되었다.

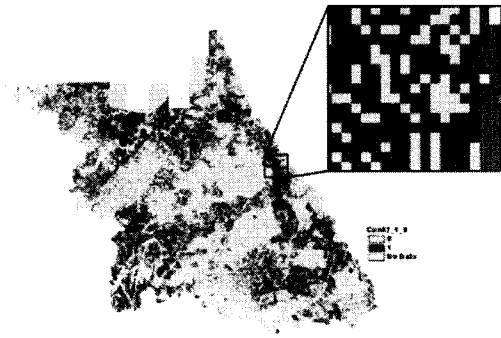


그림 7. 산사태 발생지 검증

## 8. 결론

산사태 발생 좌표를 이용하여 산사태 취약성도를 다시 구축하고, 강우를 고려한 산사태 가능성도를 제작하여, 분석한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

첫째, 산사태 발생 좌표 35점을 이용하여 각각의 산사태 유발인자를 조사하고, 재분류하여 산사태 취약성도를 다시 구축할 수 있었다.

둘째, 강우량 180mm, 200mm, 220mm, 240mm를 고려하여 산사태 취약성도를 구축한 결과 200mm 강우를 고려하였을 때 산사태 발생 가능성이 발생하였다. 이는 강우량이 200mm 이상일 때 산사태가 발생한다는 이론과 일치함을 알 수 있었다.

셋째, 10년치 강우자료와 Thiessen 망을 이용하여 강우를 고려한 산사태 취약성도를 제작한 결과 지역의 강우특성에 따른 산사태 가능성지의 분포를 확인할 수 있었다.

## 참고 문헌

1. 천기선, “GIS를 이용한 산사태 취약지 결정 기법”, 강원대학교 대학원 박사학위 논문 2005.
2. 최광식, “GSIS와 AHP법을 이용한 폐기물 매립지 예측 평가 방법”, 강원대학교 대학원 석사학위논문, 1999.
3. 김제천, “GSIS와 AHP법을 이용한 산사태 발생지역 예측”, 강원대 산업대

학원, 석사학위논문, 2001.

4. 건설교통기술평가원, “산사태 발생 예측 및 피해저감기술”, 2004.
5. 김영삼, “GIS를 이용한 산사태 취약지 분석 :경기도 광주시를 대상으로”, 서울대학교 환경대학원 석사학위논문, 2002.