

# GIS를 이용한 침수지역 예측 및 피해액 산정

김철 · 김석규 · 박인석  
 [호남대학교 토목환경공학과]

## 1. 서론

최근 도시화의 진전과 급속한 산업화로 인하여 엘리뇨, 라니냐와 같은 기상이변의 발생빈도가 높고 기후가 불안정하여 예전보다 많은 집중호우가 발생하고 있다. 이러한 집중호우로 인해 홍수의 발생빈도가 증가하면서 홍수에 의한 침수지역이 많이 발생하고 있다. 어느 지역이 침수되면 많은 인명 및 재산 피해를 당하기 때문에 미리 침수지역에 대한 분석을 함으로서 침수에 의한 대책을 세워야 할 것이다. 한편, 홍수에 대한 대비책을 세우지 못하여 홍수에 의한 피해를 당하는 경우에는 침수지역을 복구하기 위한 응급복구비를 최대한 빨리 책정하여 응급복구작업을 하여야 한다. 침수구역에 대해 피해액을 산정하는 현재의 방법은 물이 빠진 후에 현장을 조사하여 피해 항목별로 피해규모를 조사하고 이를 근거로 피해액을 계산한다. 그러나 이와 같은 방법은 피해를 빠른 시일에 복구하기 위한 응급 복구비에 대한 대책을 세우기가 어려울 뿐만 아니라 잘못된 정보에 의해 그 조사의 결과가 왜곡될 가능성이 크다. 따라서 응급복구비를 피해조사에 의하지 않고 현재 가지고 있는 여러 가지 자료를 이용해서 개략적으로 빠른 시간안에 산출할 수 있는 시스템이 필요하다.

본 연구는 이와 같은 필요성을 감안하여 미국공병단에서 개발한 홍수해석 프로그램인 HEC-RAS를 이용한 빈도별 홍수위에 따른 침수구역을 예측하는 방법을 개발하였으며, 침수구역에 대한 피해액 산정시스템을 개발하였다.

연구개발에 사용한 연구대상지역 자료는 1996년, 1998년 및 1999년에 많은 홍수 피해를 당한 문산천 유역의 자료이다.

HEC-RAS 및 HEC-GeoRAS와 GIS 소프트웨어인 ArcView를 이용하여 침수예상지역을 분석한 후 그 결과를 정부에서 시행 조사한 수해흔적 조사의 결과와 비교·분석 하였다. 침수예상지역에 대해서는 DEM을 이용하여 침수지역의 수심분포를 얻을 수 있었으며 홍수범람지도를 작성할 수 있었다.

침수지역에 대한 피해액 산정 시스템은 침수 지역에 대한 침수심 그리드와 토지 이용에 따라 피해를을 적용하여 피해액을 계산하였으며, 계산결과를 기존에 발표한 문헌의 자료와 비교하여 개발된 시스템의 타당성을 검토하였다.

## 2. 연구내용 및 방법

빈도별 홍수위에 따른 침수지역의 예측방법은 HEC-RAS와 ArcView Extension인 HEC-GeoRAS를 이용하였다. HEC-RAS에 대한 입력자료를 쉽게 만들어줄 수 있는 HEC-GeoRAS를 이용하여 입력자료를 작성하였다. HEC-GeoRAS를 연계하여

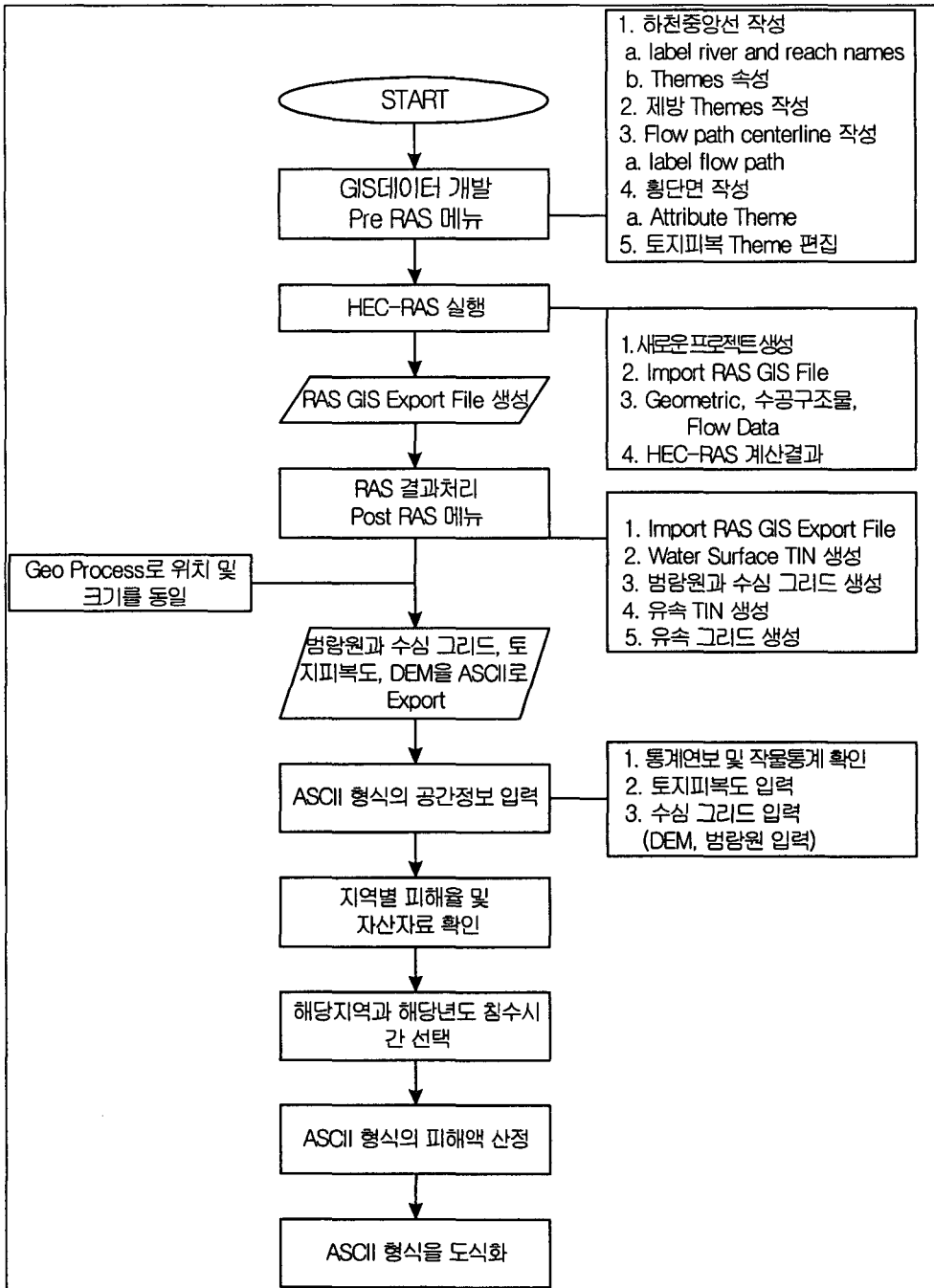
HEC-RAS에 Geometry Data를 입력하기 위해 하천 횡단면과 종단면도의 수치데이터를 이용하여 하천을 MESH형태로 만든다. HEC-RAS에서 HEC-GeoRAS에서 생성한 Export File을 Geometry로 불러온 후 Flow Data를 입력한다. 입력된 Flow Data는 문산천 하천정비기본계획에서 제시하는 다른 하천과의 합류점에 빈도별 홍수량과 상하류 지점에는 빈도별 홍수위를 적용한다. Steady Flow Analysis를 통해 홍수범람원 추정하고 범람원을 생성한다.

HEC-RAS를 이용하여 빈도별 침수지역이 예측되면 예측된 지역에 대해 홍수피해액을 산정한다. 피해액 산정 방법은 침수지역에 대한 수치표고모형(DEM)으로부터 침수심을 구하여 침수심 그리드를 만들고, 각 그리드에 대응하는 토지이용현황에 따라 피해율을 적용하여 피해액을 계산한다.

침수피해액산정은 침수예측 결과와 침수심을 도식화하였고 토지이용상의 피해구역에 따른 침수심을 적용하여 피해액을 계산한다. 다양한 피해대상을 광범위한 지역에 대하여 피해액을 산정하기 위해 구간을 일정간격으로 나누어 공간정보 레이어를 생성한다.

그리드를 이용하여 대상지역을 작은 격자로 분할하고 각 격자에 하나의 정보를 부여하여 각 그리드 별로 독립된 분석을 한다.

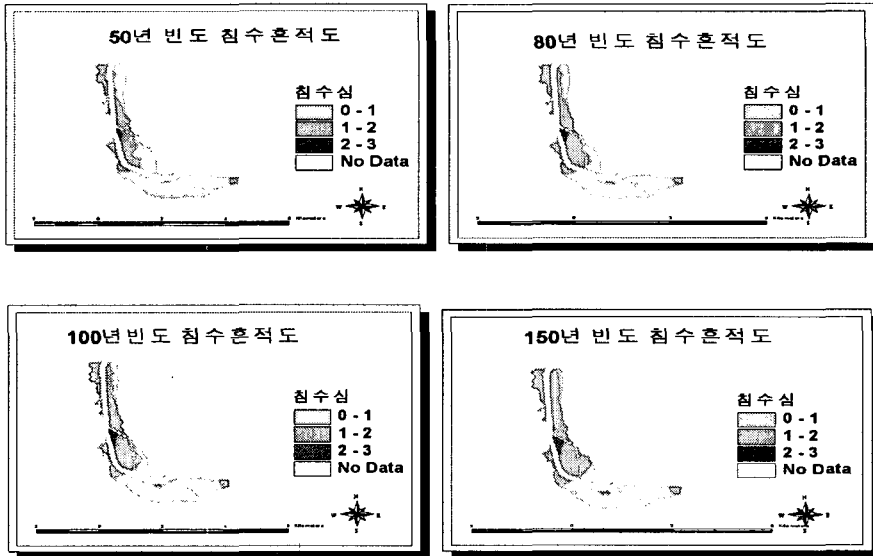
피해액계산식은 크게 인명피해액, 가옥피해액, 농작물피해액으로 나누어 계산하였다. 인명피해액계산은 범람면적을 계산하고 단위피해액과 범람면적당 피해액을 계산한다. 가옥 및 농작물피해액은 토지이용도상에서 해당지역의 침수심에 따라 피해율을 적용한다. 아스키화일 입력모듈에서는 행열값과 xy좌표값 셀사이즈와 Null값을 읽어들이고, 나머지 피해액산정 계산 및 피해계수설정도 같은 방식으로 프로그램을 불러온다. 아스키화일 불러오기 모듈에서는 아스키화일 형식의 행열값과 xy좌표값 셀사이즈와 Null값을 읽고 나머지 피해액산정 계산모듈과 그리드 도식화모듈과 피해계수 설정모듈도 같은 방식으로 프로그래밍 한다. <그림1>에 개략적인 연구의 흐름도를 나타내었다.



<그림1> 연구의 흐름도

### 3. 홍수범람지역 예측

빈도별 홍수위 자료를 가지고 HEC-RAS와 HEC-GeoRAS를 이용한 침수예측결과는 <그림2>와 같다.



<그림 2> 침수예측 결과

건설교통부(1997)의 문산천 하천정비 기본계획에는 7개 지구가 침수지역으로 나와있으며 각 지구에 대한 빈도별 침수면적이 표시되어있다. 하천정비계획에 나온 면적과 분석결과에 따라 나온 면적을 비교하여 그 오차와 함께 <표1>에 나타내었다

<표1> 지구별 침수면적(m<sup>2</sup>)

| 지구명  | 구 분    | 50년   | 80년   | 100년  | 150년  |
|------|--------|-------|-------|-------|-------|
|      | 하천정비계획 | 46.5  | 47.0  | 47.2  | 47.7  |
| 능산제  | 계산결과   | 44.1  | 44.1  | 44.1  | 44.2  |
|      | 오차(%)  | 5.2   | 6.1   | 6.5   | 7.4   |
|      | 하천정비계획 | 102.5 | 104.1 | 106.5 | 107.5 |
| 봉암제  | 계산결과   | 102.5 | 102.5 | 102.5 | 102.5 |
|      | 오차(%)  | 0.0   | 1.5   | 3.8   | 4.7   |
|      | 하천정비계획 | 72.6  | 73.1  | 74.7  | 74.5  |
| 덕우제  | 계산결과   | 76.7  | 76.7  | 76.7  | 76.7  |
|      | 오차(%)  | 5.6   | 5.0   | 2.7   | 3.0   |
|      | 하천정비계획 | 56.1  | 56.4  | 57.1  | 57.4  |
| 덕은제  | 계산결과   | 48.0  | 48.2  | 48.3  | 48.3  |
|      | 오차(%)  | 14.4  | 14.5  | 15.5  | 15.8  |
|      | 하천정비계획 | 130.0 | 132.6 | 134.9 | 136.5 |
| 위전제  | 계산결과   | 126.8 | 127.0 | 127.1 | 127.1 |
|      | 오차(%)  | 2.5   | 4.2   | 5.8   | 6.9   |
|      | 하천정비계획 | 67.1  | 67.7  | 68.5  | 69.8  |
| 백석1제 | 계산결과   | 48.0  | 48.0  | 48.0  | 48.0  |
|      | 오차(%)  | 28.5  | 29.1  | 30.0  | 31.3  |
|      | 하천정비계획 | 0.0   | 86.0  | 112.5 | 113.1 |
| 도내제  | 계산결과   | 85.4  | 85.4  | 85.4  | 85.4  |
|      | 오차(%)  | -     | 0.7   | 24.1  | 24.5  |

<표1>에는 본 연구에서 구한 홍수범람예측의 계산결과가 표시되어 있는데 도내 제의 50년 빈도를 제외한 침수면적이 크게 차이를 보이지 않음을 알 수 있다. 도내 제의 50년 빈도값은 하천정비계획에 면적이 나와있지 않아 비교하지 못하였다.

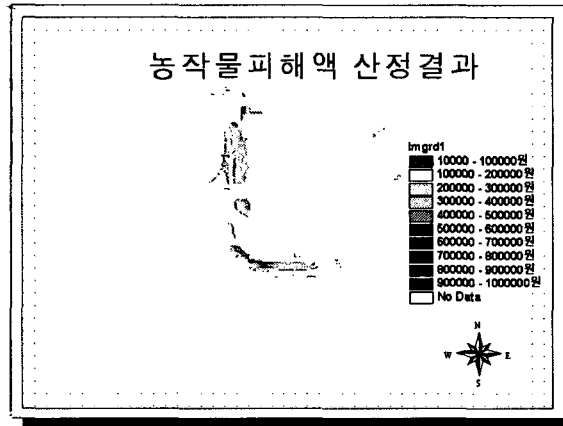
#### 4. 침수지역의 피해액 산정

피해액산정 입력 데이터는 문자열 형식의 데이터이다. 문자열 함수를 이용하여 원하는 데이터의 속성값을 불러온다. 속성값에 따라 행열의 크기가 정해지고 각 레이어에 따로 저장된다. 그리드 입력 폼에서는 아스키형식의 토지이용 그리드와 침수심 그리드를 입력할 수 있는데 침수심 그리드가 없을 경우 개략적으로 침수심을 계산하기 위해 아스키형식의 수치표고모형과 침수구역 그리드와 토지이용도를 입력한 후 침수심을 유도하도록 하였다. 이번 연구에서는 좀더 정확한 계산을 위해 침수 예측 결과인 침수심 그리드를 입력하였다. <그림3>은 아스키형식의 수치표고모형, 침수구역, 토지이용 그리드를 그리드 폼에 표시한 것으로 행과 열의 값의 연산과정을 확인할 수 있도록 하였다. 피해계수는 침수지역, 침수년도, 침수시간으로 나뉘는데 직접 선택하여 입력하도록 하였다.

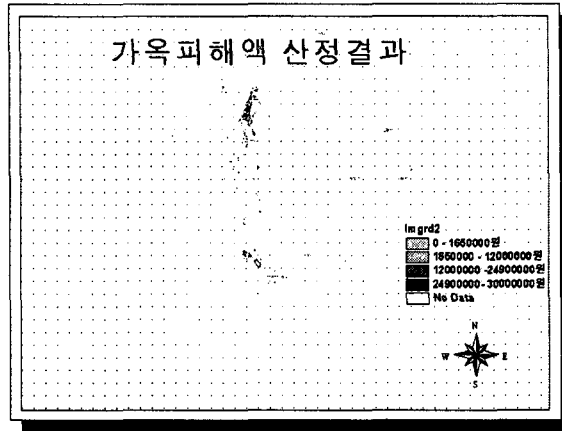
|    |       |       |    |       |       |    |       |       |
|----|-------|-------|----|-------|-------|----|-------|-------|
| 0  | -9999 | -9999 | 0  | -9999 | -9999 | 0  | -9999 | -9999 |
| 1  | -9999 | -9999 | 1  | -9999 | -9999 | 1  | -9999 | -9999 |
| 2  | -9999 | -9999 | 2  | -9999 | -9999 | 2  | -9999 | -9999 |
| 3  | -9999 | -9999 | 3  | -9999 | -9999 | 3  | -9999 | -9999 |
| 4  | -9999 | -9999 | 4  | -9999 | -9999 | 4  | -9999 | -9999 |
| 5  | -9999 | -9999 | 5  | -9999 | -9999 | 5  | -9999 | -9999 |
| 6  | -9999 | -9999 | 6  | -9999 | -9999 | 6  | -9999 | -9999 |
| 7  | -9999 | -9999 | 7  | -9999 | -9999 | 7  | -9999 | -9999 |
| 8  | -9999 | -9999 | 8  | -9999 | -9999 | 8  | -9999 | -9999 |
| 9  | -9999 | -9999 | 9  | -9999 | -9999 | 9  | -9999 | -9999 |
| 10 | -9999 | -9999 | 10 | -9999 | -9999 | 10 | -9999 | -9999 |
| 11 | -9999 | -9999 | 11 | -9999 | -9999 | 11 | -9999 | -9999 |
| 12 | -9999 | -9999 | 12 | -9999 | -9999 | 12 | -9999 | -9999 |
| 13 | -9999 | -9999 | 13 | -9999 | -9999 | 13 | -9999 | -9999 |

<그림 3> 그리드 입력 폼

농작물 피해액은 지역별 연도별 조건과 피해율에 따라 피해액을 산출하였다. 96년, 경기지역, 2일정도의 침수시간에 따른 피해율을 적용하여 <그림4>과 같은 결과를 얻을 수 있었다. 가옥의 경우도 지역별 피해계수를 적용하여 <그림5>과 같이 피해액을 산출하였다.



<그림 4> 농작물피해액산정결과



<그림 5> 가옥피해액산정결과

인명과 기타, 간접, 공공시설물, 경작지피해액은 방재종합대책 증장기계획조사 보고서에서 제시하는 피해율을 적용하여 <그림6>과 같은 폼에서 결과를 얻을 수 있었다. 얻은 결과와 하천정비계획에 나온 결과를 비교하여 그 오차와 함께 <표2>에 나타내었다.

| 치수경제성조사방법에 의한 홍수피해액결과  |            |         |          |        |       |       |         |        |          |       |       |             |          |         |       |        |  |               |        |        |       |     |  |
|--|------------|---------|----------|--------|-------|-------|---------|--------|----------|-------|-------|-------------|----------|---------|-------|--------|--|---------------|--------|--------|-------|-----|--|
| 지역별피해액   | 경기(현원)     | 강원      | 충북       | 충남     | 전북    |       |         |        |          |       |       |             |          |         |       |        |  |               |        |        |       |     |  |
| 인명(사망/부)   |            | 14      | 127      |        |       |       |         |        |          |       |       |             |          |         |       |        |  |               |        |        |       |     |  |
| 농작물피해액   | 83,037,093 |         |          |        |       |       |         |        |          |       |       |             |          |         |       |        |  |               |        |        |       |     |  |
| 가옥자산피해액  | 20,821,725 |         |          |        |       |       |         |        |          |       |       |             |          |         |       |        |  |               |        |        |       |     |  |
| 농경지피해액   | 3,525,755  |         |          |        |       |       |         |        |          |       |       |             |          |         |       |        |  |               |        |        |       |     |  |
| 공공시설물  | 49,745,862 |         |          |        |       |       |         |        |          |       |       |             |          |         |       |        |  |               |        |        |       |     |  |
| 기타피해액  | 3,034,175  |         |          |        |       |       |         |        |          |       |       |             |          |         |       |        |  |               |        |        |       |     |  |
| 간접피해액  | 2,995,978  |         |          |        |       |       |         |        |          |       |       |             |          |         |       |        |  |               |        |        |       |     |  |
| <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>인명피해액</th> <th>가옥자산피해액</th> <th>농경지피해액</th> <th>공공시설물피해액</th> <th>기타피해액</th> <th>간접피해액</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>수량 : 4,0895</td> <td>원수면적(ha)</td> <td>농경지원수면적</td> <td>발원수면적</td> <td>가옥원수면적</td> <td></td> </tr> <tr> <td>부상 : 126.8055</td> <td>281.79</td> <td>76.014</td> <td>0.405</td> <td>984</td> <td></td> </tr> </tbody> </table> |            |         |          |        |       | 인명피해액 | 가옥자산피해액 | 농경지피해액 | 공공시설물피해액 | 기타피해액 | 간접피해액 | 수량 : 4,0895 | 원수면적(ha) | 농경지원수면적 | 발원수면적 | 가옥원수면적 |  | 부상 : 126.8055 | 281.79 | 76.014 | 0.405 | 984 |  |
| 인명피해액  | 가옥자산피해액    | 농경지피해액  | 공공시설물피해액 | 기타피해액  | 간접피해액 |       |         |        |          |       |       |             |          |         |       |        |  |               |        |        |       |     |  |
| 수량 : 4,0895  | 원수면적(ha)   | 농경지원수면적 | 발원수면적    | 가옥원수면적 |       |       |         |        |          |       |       |             |          |         |       |        |  |               |        |        |       |     |  |
| 부상 : 126.8055  | 281.79     | 76.014  | 0.405    | 984    |       |       |         |        |          |       |       |             |          |         |       |        |  |               |        |        |       |     |  |

<그림 6> 피해액산정결과

〈표2〉 지구별 피해액 합계 (단위 : 백만원)

| 지구명  | 구분      | 50년  | 80년  | 100년 | 150년 |
|------|---------|------|------|------|------|
| 능산제  | 하천정비계획  | 115  | 124  | 132  | 145  |
|      | 본 연구 결과 | 135  | 146  | 149  | 156  |
|      | 오차(%)   | 16.8 | 17.4 | 12.5 | 7.5  |
| 봉암제  | 하천정비계획  | 254  | 275  | 294  | 328  |
|      | 본 연구 결과 | 311  | 332  | 343  | 362  |
|      | 오차(%)   | 22.1 | 21.0 | 16.8 | 10.4 |
| 덕우제  | 하천정비계획  | 180  | 193  | 206  | 226  |
|      | 본 연구 결과 | 268  | 281  | 287  | 298  |
|      | 오차(%)   | 49.0 | 45.4 | 39.1 | 31.9 |
| 덕은제  | 하천정비계획  | 139  | 149  | 160  | 165  |
|      | 본 연구 결과 | 137  | 144  | 147  | 152  |
|      | 오차(%)   | 1.7  | 3.6  | 8.1  | 7.6  |
| 위전제  | 하천정비계획  | 323  | 350  | 377  | 416  |
|      | 본 연구 결과 | 310  | 320  | 324  | 332  |
|      | 오차(%)   | 4.0  | 8.7  | 14.1 | 20.3 |
| 백석1제 | 하천정비계획  | 169  | 179  | 191  | 209  |
|      | 본 연구 결과 | 115  | 119  | 122  | 125  |
|      | 오차(%)   | 31.9 | 33.4 | 36.3 | 40.1 |
| 도내제  | 하천정비계획  | 0    | 227  | 315  | 345  |
|      | 본 연구 결과 | 216  | 222  | 225  | 229  |
|      | 오차(%)   | -    | 2.1  | 28.4 | 33.5 |

## 5. 결론

홍수재해시 응급복구비를 현장조사하지 않고 기존의 지형도 및 토지피복도 등의 자료를 이용하여 개략적으로 산정하는 GIS응용시스템을 개발하였다. 개발된 시스템은 경기도 파주시 문산천유역을 대상으로 적용되었으며 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1. HEC-RAS, ArcView, ArcView Extension인 HEC-GeoRAS를 이용하여 문산천 유역에 대한 홍수 빈도별 침수지역을 예측하여 1999년 홍수지역과 비교하였더니 거의 유사함을 알 수 있었다.
2. 침수지역에 대한 DEM, 토지이용 그리드를 작성하고 각 그리드에 대한 침수심, 토지이용에 따라 피해율을 적용하여 피해액을 계산하는 시스템을 개발하였다.
3. 피해액 산정시스템을 사용하여 계산한 피해액과 기존에 발표된 문헌에 나타난 피해액을 비교한 결과 오차가 작아 본 연구에서 개발한 시스템의 타당성을 입증하였다.



본 연구에서 개발된 침수지역 예측방법과 피해액산정 시스템이 응급복구비에 대한 개략적인 값을 현지조사를 거치지 않고 산정하는데 매우 도움이 될 수 있을 것이다.

## 참고문헌

1. 건설부, 『방재 종합대책 중장기 계획조사 보고서』. 제5권, pp.5-181, 1988.
2. 건설교통부, 『이상홍수관리기법 연구조사보고서』, pp.151-203, 1999.
3. 건설교통부, 『이상홍수관리기법 연구조사보고서 하천제방의 홍수방어능력 평가지침서』, pp.45-75, 1999.
4. 건설교통부, 『하천운영시스템 개발연구』, pp.3-122, 1999.
5. 건설교통부 한강홍수통제소, 『홍수관리종합운영시스템(I) 보고서』, pp.162-200, 1997.
6. 건설교통부 한강홍수통제소, 『홍수관리종합운영시스템(II) 보고서』, pp.201-206, 1998.
7. 건설교통부 한강홍수통제소, 『홍수관리종합운영시스템(I) GIS개발 지침서』, 1998.
8. 건설교통부, 『문산천 하천정비기본계획』, 1997.
9. 김철, 김석규, 김계호, GIS를 이용한 침수지역 분석, 한국수자원학회 학술발표, 2001.
10. U.S. Army Corps of Engineers, 『HEC-RAS RIVER Analysis System User's Manual』, 2000.
11. U.S. Army Corps of Engineers, 『HEC-Geo RAS An extension for support of HEC-RAS using in ArcView User's Manual』, 2000.
12. U.S. Army Corps of Engineers, Kevin Donnelly, "Flood plain Delineation of Unsteady flow Using Hec-RAS", 2000.
13. Daniel Snead, "Floodplain Visualization Using HEC-Geo RAS", 2000.
14. Eric Tate, "Floodplain Mapping and Terrain Modeling Using HEC-RAS and ArcView GIS", 1999.