

GIS를 이용한 도시구역 홍수침수 분석시스템 구축

최성열*, 이재영**, 조원철***, 이재호****, 최철관*****

Development of Flood Inundation Analysis System for Urban Areas using GIS

Sung-Yeol Choi*, Jae-Young Lee**, Won-Cheol Cho***, Jae-Ho Lee****, Cheol-Kwan Choi*****

요 약

GIS를 이용한 홍수침수 분석시스템이 공항배수구역의 침수현상을 모의하기 위해 개발되었다. 본 연구에서 개발된 모형은 사용자 인터페이스인 GUI 시스템을 통한 Database 구축 및 입력자료 작성을 위한 전처리 과정과 주처리 해석모형을 통해 계산된 결과를 그래픽으로 처리하는 후처리 과정을 GIS(ArcView/Avenue)와 연계하여 통합적으로 구축·제시되었다. 주처리 해석모형은 노면수의 거동분석 모형과 하수배수체계의 분석모형을 통합하여 상호 연계 현상을 모의함으로써 구역에서의 유출량과 배수시스템과의 실제적인 거동을 해석하여 배수관로의 배수효과 및 압력류에 의한 침수현상을 모의함으로써 배수관로 유입에 따른 실제적인 현상을 모의하였다. 본 연구에서 개발된 홍수침수분석시스템은 향후 공항에서의 침수피해에 대한 시설전반에 대해 합리적인 대책관리방안 및 시설개선방안 수립을 위한 체계적인 의사결정에 크게 기여할 것으로 사료된다.

주요어 : 홍수침수, GUI 시스템, ArcView/Avenue, 하수배수체계

ABSTRACT : Flood inundation analysis system using GIS has been developed to simulate inundation in airport drainage areas. The model developed in this study has been synthetically presented and constructed the preprocess for database construction and input data preparing

* 방재안전기술원 대표이사
** 유신코퍼레이션 수자원부 과장
*** 연세대학교 토목공학과 교수
**** 인천국제공항 건설관리팀 과장
***** 방재안전기술원 사원

through a graphic user interface, GUI system and the postprocess processing graphically output resulted in mainprocess analysis model linked GIS(ArcView/Avenue). The mainprocess analysis model was simulated in real phenomenon caused by inflow of storm sewer system by simulation flooding due to backwater effect and surcharged flow in storm sewer system by simulating interaction coupling the overland flow analysis model and storm sewer system analysis model. In the future, the flood inundation analysis system developed in this study will be a great contribution to systematic decision-making for establishing the flood-mitigation management and facilities improvement plan to flooding damage in airport.

Key words : Flood inundation, GUI system, ArcView/Avenue, Storm sewer system

1. 서 론

최근 급속한 인구증가와 산업화로 인하여 이상강우의 발생빈도가 높고 홍수 발생이 증가함에 따라, 홍수로 인한 사회적·경제적 손실은 국민생활에 심각한 영향을 미치고 있다. 이에 따라 국가적 차원의 대규모 수공시설물 건설 및 홍수방어와 예측을 위한 시스템 개발에 많은 예산을 투입하고 있는 실정이다. 하지만, 기존의 노면수 및 하수관거 해석모형은 상호유기적으로 연결되어 있지 못하여 복잡한 배수체계를 가지는 유역의 모의가 어려우며, 특히 노면수의 지표저류 및 흐름과 하수관 흐름사이의 연계거동 분석이 미흡하고, 배수시설물의 저류효과 및 유수지 수위 변화에 따른 배수효과를 정확히 해석하지 못하고 있는 실정이다. 또한, 분석결과를 단순제시에만 그치고 있어 대량의 수문자료 관리 및 공간데이터에 대한 시스템내에서의 편집·가공을 통한 객관적인 가시화 및 과학적인 분석에는 한계가 있다.

특히, 공항과 같은 광활한 규모의 평지는 노면수 배수불량으로 인한 국지적인 침수가능성이 항상 존재하며 기존의 해석 방법으로는 노면수 배수체계 및 침수가능성 지역에 대한 동역학적인 분석이 수행되지 못하였다. 또한, 하수배수체계와 연계된 지표저류 및 흐름 해석이 미흡하여 이상강우 발생시 복잡한 배수체계내에서 발생할 수 있는 압력흐름에 대한 분석이 고려되지 못하였다. 따라서, 공항이라는 특수성을 인식하여 활주로 및 계류장에서 복잡한 노면수 배수체계를 처리할 수 있는 분석모형이 필요하게 되었으며, 최근의 집중호우시 예상되는 침수현황 파악 및 이에 따른 신속한 대처방안을 수립할 수 있는 기법이 요구되고 있다.

본 연구에서는 지리정보시스템(Geographic Information System, GIS)를 기반으로 노면수·하수관거를 동역학적으로 연계모의할 수 있도록 통합침수분석 모형을 개발하고, 공항 배수시설체계 전반에 대하여 임의의 예상강우량 및 지속시간으로 홍수침수피해 가능성을 검토하여 단계별 침수가능성 분석체계를 수립하고자 한다. 또한, 홍수침수

분석 모형 수행시 입력자료를 작성하여 수행하는 전처리 과정과 해석모형을 통해 계산된 결과를 그래픽으로 처리하는 후처리 과정을 GIS를 통해 구축·제시함으로써 사용자가 수치모의 결과를 곧바로 이해하고 적절한 판단을 내릴수 있도록 하였다.

2. 홍수침수 분석 모형의 개발

2.1 기존 모형의 한계성

기존의 노면수 해석 모형은 대부분 마찰경사를 유역경사와 동일하게 가정함으로써 배수영향이 큰 유역의 경우에는 부적합하며, 단순히 도달시간 및 거리의 변수로 물리적 현상을 해석하기 때문에 최종지점의 유출량만을 산출하여 침수현상에 대한 정량적 분석이 미흡하다.

기존 하수관로 해석모형의 경우, 공항과 같이 복잡한 배수체계를 가지는 유역의 모의가 어려우며, 이상강우 발생시 압력류 현상을 정확히 재현할 수 없다. 또한, 노면수의 지표저류와 연계거동 분석이 미흡하고, 배수시설물의 저류효과 및 유수지 수위 변화에 따른 배수효과의 처리가

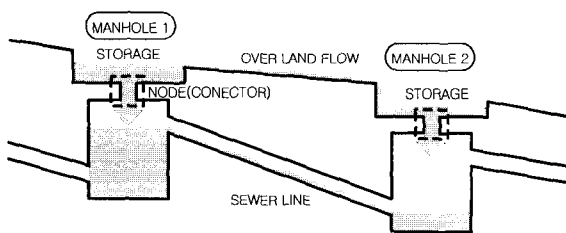
정확히 이루어지지 않고 있는 실정이다.

따라서, 본 연구에서는 기존 분석모형 (Storm Water Management Model, SWMM) 의 개량 및 노면수·하수관거의 통합연계 모형을 개발하여 대상지역에 적용함으로써 침수가능성을 분석하고 침수피해에 대비한 관리방안 및 시설개선방안을 위한 객관적 자료로 활용하고자 한다.

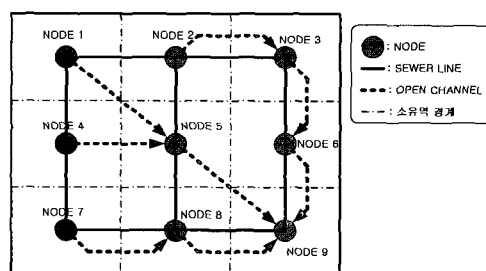
2.2 노면수·하수관거 통합홍수침수 분석모형 개발

개발된 노면수·하수관거 통합모형은 노면수 거동분석 모형과 하수배수체계 분석모형을 통합하여 물리적인 상호연계 현상을 모의함으로써 유역에서의 유출량과 배수시스템과의 실제적인 거동을 분석하고 배수관로의 부정류 해석과 배수효과 및 압력류에 의한 노면의 침수현상을 종합적으로 모의함으로써 배수관로 유입에 따른 실제적인 현상을 모의한다.

[그림 1], [그림 2]는 본 연구에서 개발된 노면수·하수관거 Coupling 모형의 개념도를 나타내며, 노면수 시스템으로 유입된 물은 맨홀의 연결관을 통하여 하수관망 시스템으로 유입되고, 하수시스템으



[그림 1] 노면수·하수관거 Coupling 모형의 개념도



[그림 2] 홍수침수가능성 분석 과정

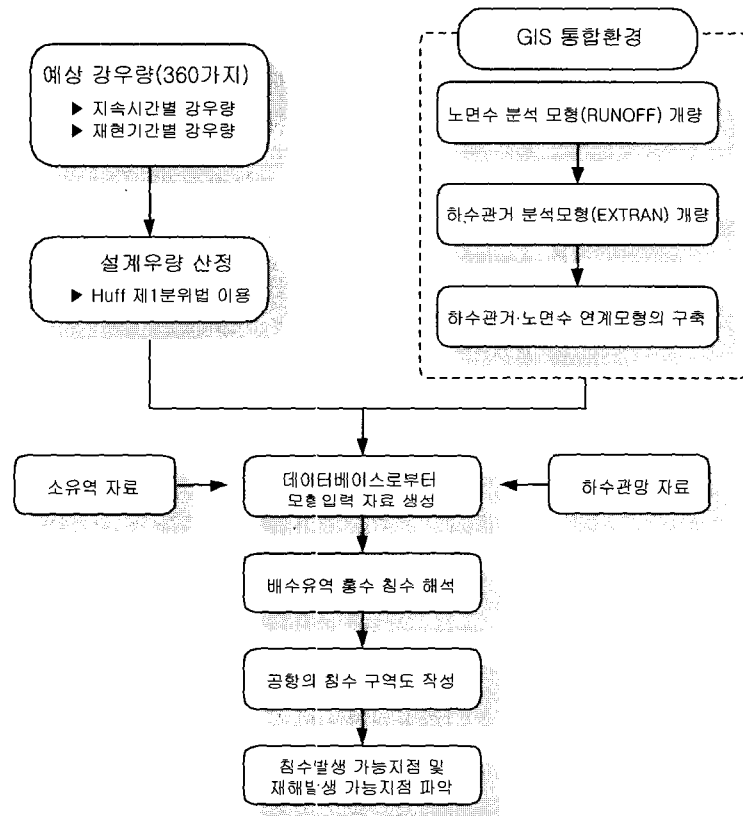
로 유입되지 못한 지표수는 지표저류되거나 하류유역으로 흘러가게 된다. 하수관망 시스템에서는 하수 관망을 통하여 하류 하수관으로 물을 유출시키고, 하수관이 만관 상태가 되어 압력류(surcharge flow)가 발생하게 되면 노면수 시스템으로 물을 유출시키며, 이때 지표 저류량과의 상호영향으로 맨홀에 있어서의 유출입이 결정되게 된다.

이와 같이, 노면수 시스템과 하수관망 시스템의 연결관을 통하여 짧은 시간에 집중적인 강우가 발생할 경우 지하의 하수관은 비어 있으나 유입구의 영향으로

노면의 우수가 하수관으로 배수되지 못하는 현상 또한 모의할 수 있게 된다.

2.3 홍수침수 분석모형의 분석과정

GIS를 기반으로 하는 노면수·하수관거의 동역학적 통합홍수 침수분석 과정은 [그림 3]와 같으며, 연구대상유역의 현장 조사 및 세부관련자료를 수집·분석하여 데이터베이스를 구축하고, 본 연구에서 개발된 통합침수 분석모형을 이용하여 예상강우별, 주요시설물별로 홍수침수 가능성을 분석하였다.



[그림 3] 홍수침수가능성 분석 과정

3. GIS 데이터베이스 구축

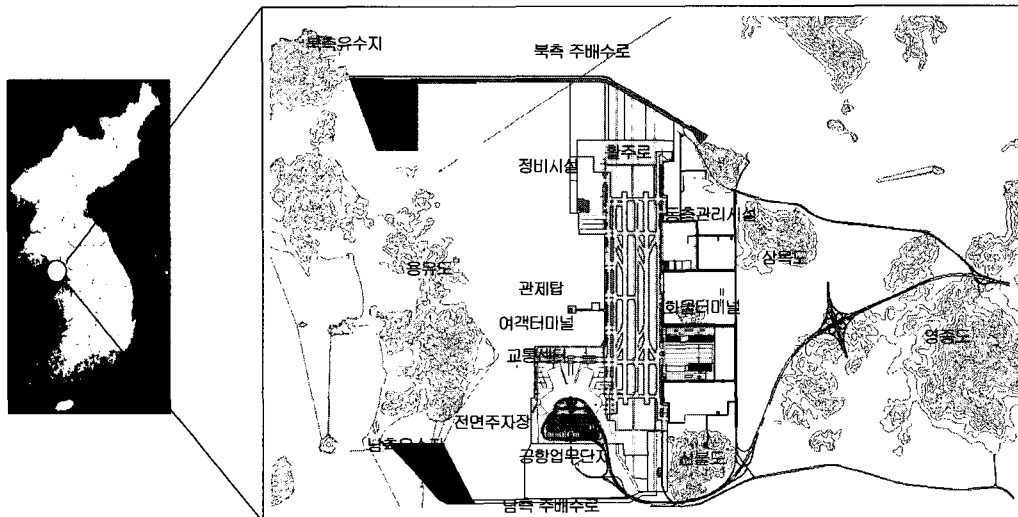
3.1 대상구역

대상구역은 [그림 4]와 같이 인천국제공항으로 지리적으로 한반도 중부지역에 접하고, 행정구역상 인천광역시 중구 운서동 영종·용유동 일원으로 서울로 부터 52km 떨어져 있으며, 동서방향으로 폭 4~5km, 남북방향으로 폭 4km의 광활한 간척지에 건설되었다. 동측의 영종도는 백운산(EL. 256m)이 주봉으로 비교적 완만한 경사의 낮은 구릉을 형성하고 있으며, 서측의 용유도는 오성산(EL. 172m)이 주봉으로 주변지역은 남측의 무의도, 북측의 신도, 장봉도 등의 작은 섬들로 구성되어 있다.

인천국제공항은 영종도, 용유도 사이에 17.3km의 방조제를 쌓아 1,700만평의 부지

를 조성하여 공항을 건설하였으며, 간석지 1,410만평, 육지부 290만평, 남북거리 8km, 동서간 거리 6~10km로서 여의도의 17배에 해당하는 엄청난 규모이다. 또한, 최종단계인 2020년까지 4단계로 나누어 공항건설이 시행될 예정이며, 1단계로 2000년에 완료되어 2001년 3월 29일부터 본격적인 운영을 시작하여 21세기 항공운송의 중추적인 기능을 수행하는 동북아시아의 관문으로서 주요한 역할을 담당하고 있다. 이러한 인천국제공항은 영종도와 신불도, 용유도간의 간석지를 방조제로 연결하여 공항운영에 필요한 지원시설을 신설하고 이에 따라 공항내 완벽한 배수체계를 수립하여 공항시설의 침수를 방지하도록 계획되었다.

또한, 공항부지 남측은 영종도에서 무의도까지 이르는 폭 3~5km의 넓은 간석지가 발달되어 있으며, 북측은 간석지는 크게 발달되어 있지 않지만, 여러 작은



[그림 4] 인천국제공항 연구대상 유역도

섬들과 북측방조제 사이에 장봉수가 발달되어 수심이 DL(-) 5.0~23.0m 정도로 분포하여 자연적인 항로를 이루므로 항로개발이 유리한 조건이다(수도권 신국제공항 AIRSIDE 토목시설 실시설계, 1997).

3.2 공간 데이터베이스 구축

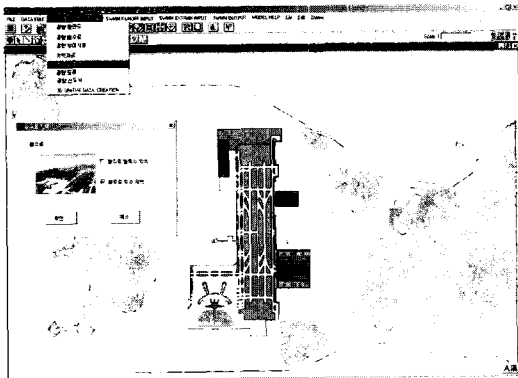
일반적으로 GIS의 지형 공간데이터를 구축하기 위해서는 기본적으로 국가지리정보시스템(National Geographic Information System, NGIS)자료를 활용하게 된다. 국가지리정보시스템은 인간의 활동이 미치는 모든 영역에서 정확하고 체계적인 각종 정보의 활용과 국가경쟁력의 향상을 목적으로 국립지리원이 1980년대 중반부터 지

도의 자동제작을 추진하였으며, 이러한 경험을 축적하여 기본계획에 의해 지리적 상관성이 있는 각종 지도 및 도형정보의 정확도와 신뢰도를 확보하기 위해 수치지도 제작사업을 본격적으로 착수하였으며, 우선적으로 1/1,000, 1/5,000, 1/25,000 축척의 수치지형도를 제작하였다.

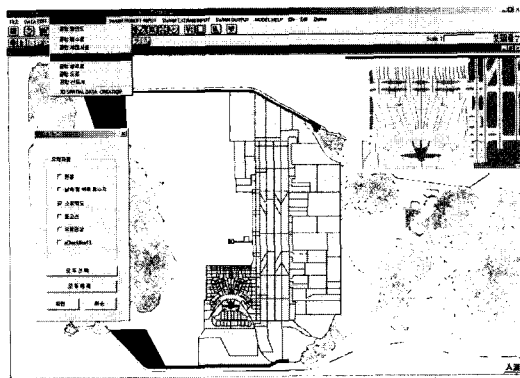
하지만 본 과업구간은 국가보안 시설물이므로 이러한 NGIS 데이터가 제공되지 않아 자료조사시 수집한 인천공항의 설계도면과 현장조사를 통하여 고도자료를 추출하고 GIS 데이터로 구축하였다. 구축된 GIS 데이터를 종류별로 구분하면 표 1과 같다. [그림 5]와 [그림 6]은 유역자료, 사진데이터, 활주로 및 소유역도의 구축된 데이터베이스를 도시한 것이며, 이러한

<표 1> GIS 데이터

| 주제별 구분 | | 공간데이터 |
|--------|-------|------------------------------------|
| 1 | 건물 | 여객터미널, 교통센터, 화물터미널 관제탑, 동측지원시설 등 |
| 2 | 배수체계 | 맨홀, U형 측구, 지선배수로, 간선배수로, 주배수로, 유수지 |
| 3 | 소유역자료 | 소유역도(348개), 등고선, 사진데이터 |
| 4 | 활주로 | 포장 및 비포장 지역 |



[그림 5] 활주로 데이터베이스



[그림 6] 소유역 데이터베이스

과정을 사용자 인터페이스(Graphic User Interface, GUI)를 통해 구현함으로써 초보자도 쉽게 운영할 수 있는 환경을 제공하고 있다. 이러한 공항의 전반적인 데이터 베이스 구축은 향후 체계적인 공항시설물 관리를 위한 필수적인 요인이라고 사료되며 객관적인 의사결정을 위한 수단으로서 제공되어야 할 것이다.

4. 분석시스템 설계 및 개발

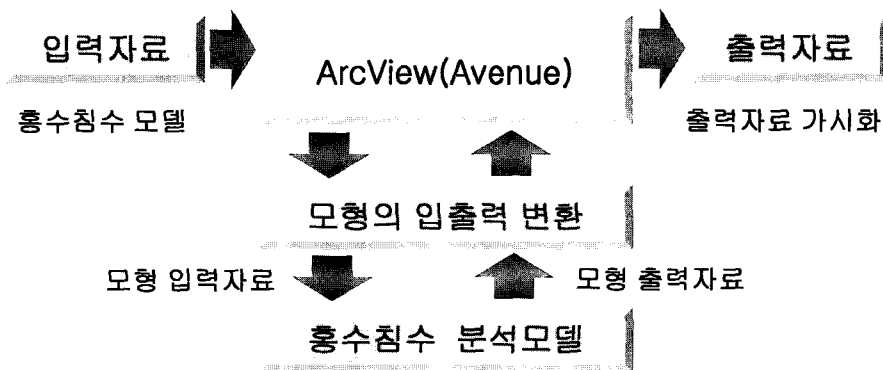
4.1 분석시스템의 기본설계

본 연구의 홍수침수 분석시스템 개발에 사용된 언어는 Avenue로서 이는 ArcView에 포함되어 있는 객체지향 프로그램 언어이며, 비교적 단순한 문법구조를 가지고 있다. 또한 Request라 불리는 다양한 라이브러리 함수를 이용하여 프로그램 작성을 지원함으로써 ArcView의 모든 기능을 바로 이용할 수 있는 개발환경이며, 자료를 수정·보완하거나 새로운 분석기능을 추가하여 완전한 응용프로그램을 개

발할 수 있는 장점이 있다(ESRI, 1998). 이러한 장점을 가지는 ArcView와 홍수침수 분석시스템의 기본 연계개념은 Avenue를 활용하여 모형의 입력화일에 대한 정보를 생성하고 출력화일을 도시하는 것이다. 즉, Avenue는 사용자로부터 적절한 형식의 모형 입력자료를 얻기 위하여 Coding된 Script를 실행하고, 생성된 입력문을 이용하여 홍수침수 분석모형을 수행하게 된다. 최종적으로 모형의 결과가 처리되고 GIS로 다시 Import되어 Chart나 Table 그리고 Coverage로 도시되어지며 이러한 일련의 과정은 [그림 7]과 같이 도식화 될 수 있다.

4.2 분석시스템의 구성

일반적으로 수리·수문 및 홍수침수 분석모형은 자연현상에 근접하도록 많은 이론과 매개변수들을 고려하고 있다. 따라서 합리적인 모델링을 수행하기 위해서 사용자는 모형의 이론배경에 충분한 이해를 갖고 해석대상유역에 타당한 자료를 입력하여야 한다. 그러나 대부분의 모형

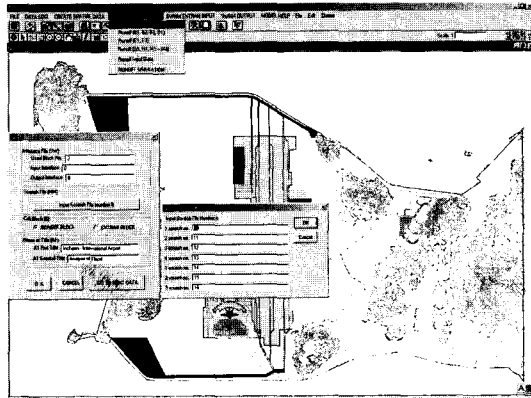


[그림 7] ArcView GIS / 홍수침수 분석시스템 연계도

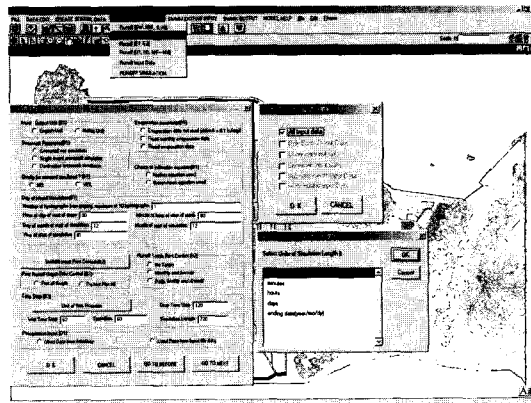
들은 사용자가 일정한 형식에 입력자료를 작성하도록 되어 있어 입력오류 및 부적당한 값으로 인하여 합리적인 모델링이 이루어지지 못하는 경우가 흔히 발생한다. 따라서 이러한 입력오류를 방지하고 타당한 입력자료의 작성이 가능하도록 모형의 입력모듈을 구성하였으며, 매개변수와 같이 사용자의 경험이나 모형에 대한 지식이 상당히 필요한 부분에는 입력자료에 대한 상세한 설명과 입력값 범위 등을 사용자에게 전달하도록 하여 사용자가 쉽게 모형을 수행할 수 있도록 하였다. 또한 지금까지 개발된 수치모형들은 해석결과를 단순히 산술적으로 제공하고 있어, 유출량 및 월류량 등의 해석결과를 효율적으로 도시하지 못하여 사용자가 신속히 판단하기 어려운 실정으므로, 본 연구에서는 ArcView GIS와 홍수침수 분석모형을 연계하여 해석결과의 도해적인 출력과 다양한 분석, 편집 및 합성을 통해 침수현황을 객관성 있게 판단하고자 하였다.

한편, 전처리 과정으로 구축된 모형입력자료와 주처리 과정인 노면수·하수관거 통합모형의 해석, 후처리 과정인 2, 3차원 침수예상도의 도시화를 통합적으로 연계·운영함으로써 각 예상강우별·지속시간별에 따른 대상유역을 모의하고 그 결과로부터 각종 배수시설물의 영향에 따른 대책수립을 위한 객관적인 자료로 활용하도록 하였다.

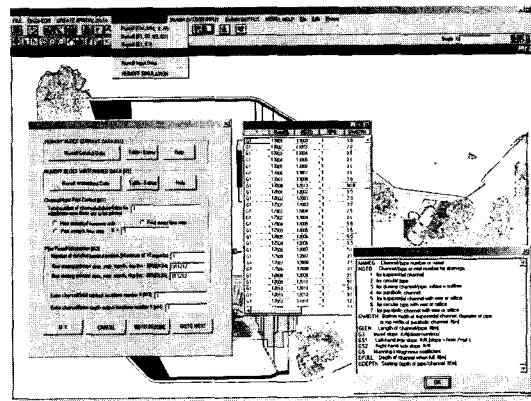
[그림 8]부터 [그림 13]은 노면수·하수관거 통합모형의 입력자료를 구성하는 과정으로서 사용자가 직접 타당한 값을 입력하거나 선택할 수 있도록 다양한 Dialog Box를 구성하였다.



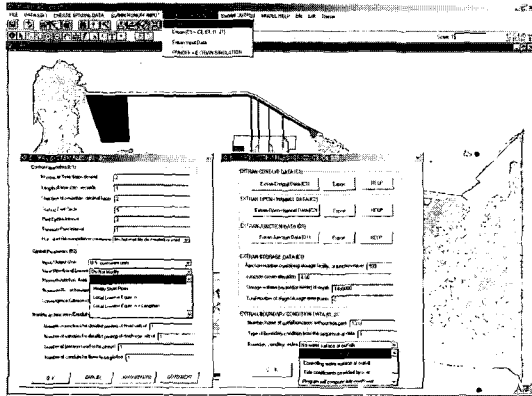
[그림 8] 프로그램 제어부분 입력창



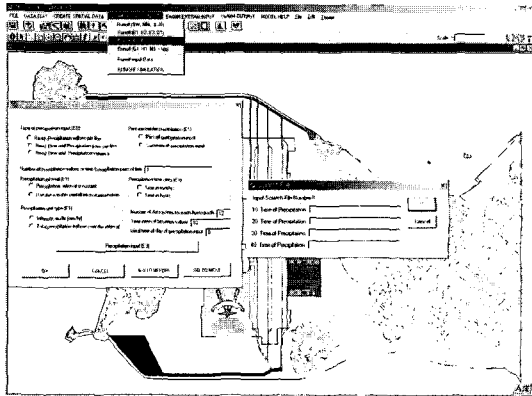
[그림 9] 강우자료 입력창



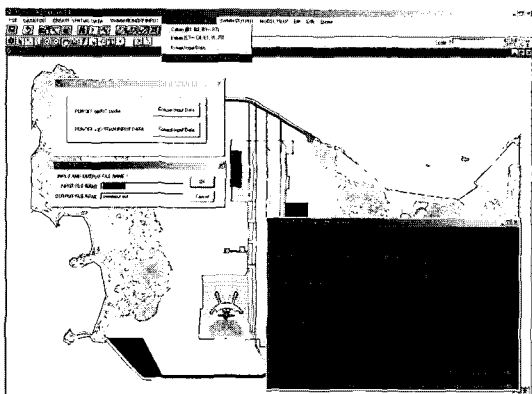
[그림 10] 소유역자료 입력창



[그림 11] 하수관거자료 입력창



[그림 12] 시간제어자료 입력창



[그림 13] 주처리 실행과정

5. 홍수침수 분석시스템의 적용

5.1 계획강우 분석

현재까지 사용되어 왔던 강우강도식은 공간적/시간적 분포가 불명확한 것이므로 이를 보완하기 위해 10분~120분까지의 12가지의 강우지속시간과 10mm/hr~ 300mm/hr의 30가지의 강우량을 조합하여 표 2과 같이 총 360가지의 강우사상을 설계하였다. 설계우량주상도는 인천지방의 지속시간별 확률강우량과 분위별 무차원 누가확률우량곡선값 등으로 Huff 분위에 대해 설계우량주상도를 산출하였으며, 그 중 인천지방 확률강우량 작성시 사용된 호우사상 309개중 가장 확률이 높은 분위인 1분위를 선정하였다. Huff 1분위는 이상강우나 집중호우 사상이 발생할 확률이 높은 전방 분포형이며, 이는 공항 배수시설체계 전반에 걸쳐 임의의 예상강우 및 지속시간에 따른 침수 가능성을 분석하고자 하는 본 연구의 목적과 부합되는 것으로 판단된다. 또한 본 모의에서 사용된 설계강우사상은 우리나라에서 발생할 수 있는 계렬라성 강우 및 이상강우를 충분히 고려할 수 있는 범주를 가지는 것으로 사료되므로, 강우 형태에 따른 침수지역을 사전에 파악하여 관련시설물의 안전을 도모하고 홍수침수 방지 대책을 수립하고자 한다.

<표 2> 적용 설계 강우강도

| 시간 강우량 | 지속시간 10분 | 지속시간 20분 | 지속시간 30분 | 지속시간 40분 | 지속시간 50분 | 지속시간 60분 | 지속시간 70분 | 지속시간 80분 | 지속시간 90분 | 지속시간 100분 | 지속시간 110분 | 지속시간 120분 |
|-----------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------------|--------------|--------------|
| 10mm | 60.0 | 30.0 | 20.0 | 15.0 | 12.0 | 10.0 | 8.6 | 7.5 | 6.7 | 6.0 | 5.5 | 5.0 |
| 20mm | 120.0 | 60.0 | 40.0 | 30.0 | 24.0 | 20.0 | 17.1 | 15.0 | 13.3 | 12.0 | 10.9 | 10.0 |
| 30mm | 180.0 | 90.0 | 60.0 | 45.0 | 36.0 | 30.0 | 25.7 | 22.5 | 20.0 | 18.0 | 16.4 | 15.0 |
| 40mm | 240.0 | 120.0 | 80.0 | 60.0 | 48.0 | 40.0 | 34.3 | 30.0 | 26.7 | 24.0 | 21.8 | 20.0 |
| 50mm | 300.0 | 150.0 | 100.0 | 75.0 | 60.0 | 50.0 | 42.9 | 37.5 | 33.3 | 30.0 | 27.3 | 25.0 |
| 60mm | 360.0 | 180.0 | 120.0 | 90.0 | 72.0 | 60.0 | 51.4 | 45.0 | 40.0 | 36.0 | 32.7 | 30.0 |
| 70mm | 420.0 | 210.0 | 140.0 | 105.0 | 84.0 | 70.0 | 60.0 | 52.5 | 46.7 | 42.0 | 38.2 | 35.0 |
| 80mm | 480.0 | 240.0 | 160.0 | 120.0 | 96.0 | 80.0 | 68.6 | 60.0 | 53.3 | 48.0 | 43.6 | 40.0 |
| 90mm | 540.0 | 270.0 | 180.0 | 135.0 | 108.0 | 90.0 | 77.1 | 67.5 | 60.0 | 54.0 | 49.1 | 45.0 |
| 100mm | 600.0 | 300.0 | 200.0 | 150.0 | 120.0 | 100.0 | 85.7 | 75.0 | 66.7 | 60.0 | 54.5 | 50.0 |
| 110mm | 660.0 | 330.0 | 220.0 | 165.0 | 132.0 | 110.0 | 94.3 | 82.5 | 73.3 | 66.0 | 60.0 | 55.0 |
| 120mm | 720.0 | 360.0 | 240.0 | 180.0 | 144.0 | 120.0 | 102.9 | 90.0 | 80.0 | 72.0 | 65.5 | 60.0 |
| 130mm | 780.0 | 390.0 | 260.0 | 195.0 | 156.0 | 130.0 | 111.4 | 97.5 | 86.7 | 78.0 | 70.9 | 65.0 |
| 140mm | 840.0 | 420.0 | 280.0 | 210.0 | 168.0 | 140.0 | 120.0 | 105.0 | 93.3 | 84.0 | 76.4 | 70.0 |
| 150mm | 900.0 | 450.0 | 300.0 | 225.0 | 180.0 | 150.0 | 128.6 | 112.5 | 100.0 | 90.0 | 81.8 | 75.0 |
| 160mm | 960.0 | 480.0 | 320.0 | 240.0 | 192.0 | 150.0 | 137.1 | 120.0 | 106.7 | 96.0 | 87.3 | 80.0 |
| 170mm | 1020.0 | 510.0 | 340.0 | 255.0 | 204.0 | 170.0 | 145.7 | 127.5 | 113.3 | 102.0 | 92.7 | 85.0 |
| 180mm | 1080.0 | 540.0 | 360.0 | 270.0 | 216.0 | 180.0 | 154.3 | 135.0 | 120.0 | 108.0 | 98.2 | 90.0 |
| 190mm | 1140.0 | 570.0 | 380.0 | 285.0 | 228.0 | 190.0 | 162.9 | 142.5 | 126.7 | 114.0 | 103.6 | 95.0 |
| 200mm | 1200.0 | 600.0 | 400.0 | 300.0 | 240.0 | 200.0 | 171.4 | 150.0 | 133.3 | 120.0 | 109.1 | 100.0 |
| 210mm | 1260.0 | 630.0 | 420.0 | 315.0 | 252.0 | 210.0 | 180.0 | 157.5 | 140.0 | 126.0 | 114.5 | 105.0 |
| 220mm | 1320.0 | 660.0 | 440.0 | 330.0 | 264.0 | 220.0 | 188.6 | 165.0 | 146.7 | 132.0 | 120.0 | 110.0 |
| 230mm | 1380.0 | 690.0 | 460.0 | 345.0 | 276.0 | 230.0 | 197.1 | 172.5 | 153.3 | 138.0 | 125.5 | 115.0 |
| 240mm | 1440.0 | 720.0 | 480.0 | 360.0 | 288.0 | 240.0 | 205.7 | 180.0 | 160.0 | 144.0 | 130.9 | 120.0 |
| 250mm | 1500.0 | 750.0 | 500.0 | 375.0 | 300.0 | 250.0 | 214.3 | 187.5 | 166.7 | 150.0 | 136.4 | 125.0 |
| 260mm | 1560.0 | 780.0 | 520.0 | 390.0 | 312.0 | 250.0 | 222.9 | 195.0 | 173.3 | 156.0 | 141.8 | 130.0 |
| 270mm | 1620.0 | 810.0 | 540.0 | 405.0 | 324.0 | 270.0 | 231.4 | 202.5 | 180.0 | 162.0 | 147.3 | 135.0 |
| 280mm | 1680.0 | 840.0 | 560.0 | 420.0 | 336.0 | 280.0 | 240.0 | 210.0 | 186.7 | 168.0 | 152.7 | 140.0 |
| 290mm | 1740.0 | 870.0 | 580.0 | 435.0 | 348.0 | 290.0 | 248.6 | 217.5 | 193.3 | 174.0 | 158.2 | 145.0 |
| 300mm | 1800.0 | 900.0 | 600.0 | 450.0 | 360.0 | 300.0 | 257.1 | 225.0 | 200.0 | 180.0 | 163.6 | 150.0 |

(주1) 표안의 마킹은 강우강도 최고기록(400mm/hr)를 초과하는 강우로 분석에서 제외

5.2 배수구역분할

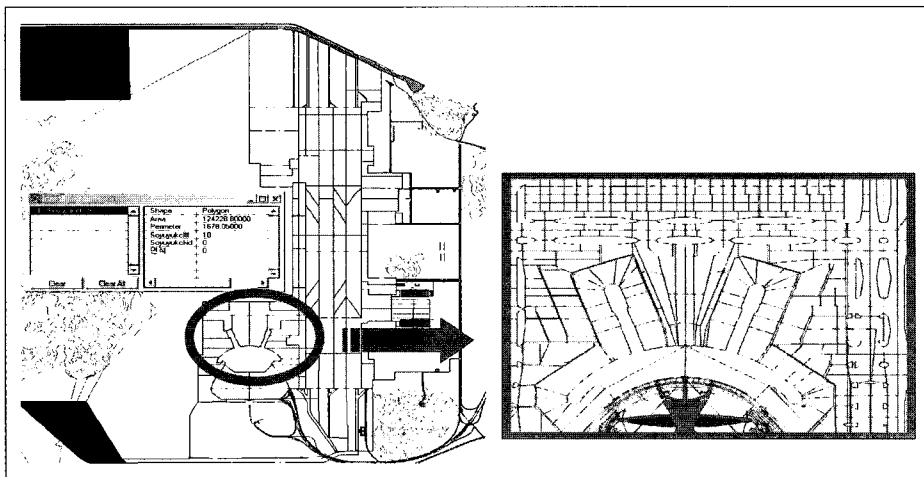
일반적으로 구역은 항공사진이나 지형도를 활용하여 배수구역의 경계를 설정하고, 배수구역도로 구역의 관로형태와 설치위치 등을 구성한 후, 소유역의 토지이용현황과 토양특성 등을 기초로 구역을 분할하게 된다. 따라서 본 연구에서는 주간선배수로를 중심으로 토지이용현황과 맨홀의 위치, 관로형태 등을 고려하여 그림 14와 같이 배수구역을 분할하였으며, 인천국제공항 AIRSIDE 배수시설 수리검토(인천국제공항공사, 1999)에 제시된 배수구역을 참고하였다.

5.3 공항의 홍수침수 가능성 분석

공항시설물에 대한 홍수침수가능성을 검토하기 위해 남측유수지로부터 북측유수지까지의 전체 배수체계를 대상지역으로 모의를 실시하였으며 모형의 계산조건은 다음과 같이 요약된다.

- 계산수행 시간 : 24시간
- 계산시간 간격 : 10초
- 소유역 분할 : 유입구(435개)의 위치 및 관로(436개)의 형태 등을 세부적으로 고려하여 384개의 소유역으로 분할
- 모 의 범 위 : 남측 유수지로부터 북측 유수지까지의 전체 배수체계
- 모 의 상 황 : 10분~120분까지의 12가지 강우지속시간과 10mm~300mm의 15가지의 강우량을 조합하여 총 360가지 강우사상에 대해 강우의 시간적 분포인 Huff 1분위(전방위 분포)를 채택하여 실제적인 강우사상 적용

계획강우에 따른 공항 주요시설물의 홍수침수 가능성을 분석한 결과, 전체 시설물의 침수양상을 파악할 수 있었으며, 설계규모내의 강우에 대해서 공항시설물은 대체적으로 안전한 것으로 모의되었다. 다만, 교통센터 부근과 공항동로 가배수로 지역이 우수배제능력이 미흡한 지역으로 모의되어 <표 3>과 같이 정리하였으



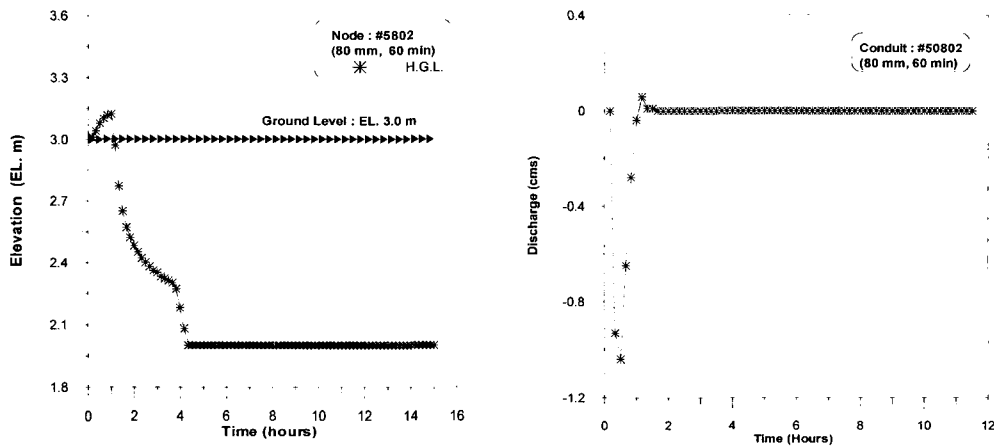
[그림 14] 배수구역 분할도

며, 그 침수원인은 다음과 같다.

① 교통센터 부근 : 교통센터 부근의 배수시설 설계규모는 20년 빈도(76.3mm/hr)로서, 설계규모내의 강우량에서 국부적인 침수가 발생하고 있어 우수배제 능력이 미흡한 것으로 판단되어진다. 이러한 원인은 여객청사 지붕에서 발생하는 우수와 인근 도

로유역의 노면수 유출량이 저지대인 교통센터 좌우측 부근의 집수맨홀에 집중되어 [그림 15]와 같이 빗물펌프장과 연결된 우수관로의 역류현상으로 맨홀의 범람현상을 야기시키기 때문인 것으로 나타났다.

② 동측 가배수로 : 화물계류장 동측 가배수로 유역은 미조성부지로서 공항지



[그림 15] 교통센터 부근의 동수경사선(HGL) 및 관로유량의 시간적 변동

<표 3> 주요지점 침수 해석 결과(강우량 80 mm/hr, 지속시간 60분)

| | 침수시간 (시작~종료) | 최대 침수심 | 침수원인 |
|---------|---------------------|-----------|--|
| 여객계류장 | - | - | 침수 미발생 |
| 교통센터 | 20분 ~ 1시간 10분 | 33.6cm | 여객터미널 지붕에서 발생하는 우수와 인근 도로 유역의 노면유출량이 저지대인 교통센터 좌우측 부근의 집수맨홀에 집중되어 빗물펌프장과 연결된 우수관로의 역류현상으로 맨홀의 범람현상을 야기시킨다. |
| 전면주차장 | - | - | 침수 미발생 |
| 화물계류장 | - | - | 침수 미발생 |
| 활주로 | - | - | 침수 미발생 |
| 동측 가배수로 | 40분 ~ 1시간 10분 | 11.1cm | 화물계류장 동측 저지대인 미조성부지의 유출량 지체로 인해 가배수로의 통수능 초과로 인한 범람현상이 발생하였다. |
| 남측 주배수로 | - | - | 침수 미발생 |
| 북측 주배수로 | - | - | 침수 미발생 |

역에서 발생된 우수가 저지대인 가배수로 인근 유역으로 배제되어 이 지역에서 유출량 지체가 발생하여 가배수로의 홍수량을 증가시키는 것으로 나타났고 설계규모 내의 강우사상에서 일부 가배수로 구간에서 월류로 인한 범람이 발생하였다.

<표 4>는 침수발생지점의 위치개소를 구체적으로 표시하여 공항의 침수현상을 구체적으로 파악할 수 있도록 하였다. 이와 같은 결과를 토대로 본 과업에서 개발된 통합침수분석모형을 이용하여 GIS기법을 활용한 2차원 침수예상도를 작성하

<표 4> 침수가능지역 지점수

| 시간 강우량 | 지속시간 10분 | 지속시간 20분 | 지속시간 30분 | 지속시간 40분 | 지속시간 50분 | 지속시간 60분 | 지속시간 70분 | 지속시간 80분 | 지속시간 90분 | 지속시간 100분 | 지속시간 110분 | 지속시간 120분 |
|-----------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------------|--------------|--------------|
| 10mm | 0(60.0) | 0(30.0) | 0(20.0) | 0(15.0) | 0(12.0) | 0(10.0) | 0(8.6) | 0(7.5) | 0(6.7) | 0(6.0) | 0(5.5) | 0(5.0) |
| 20mm | 0(120.0) | 0(60.0) | 0(40.0) | 0(30.0) | 0(24.0) | 0(20.0) | 0(17.1) | 0(15.0) | 0(13.3) | 0(12.0) | 0(10.9) | 0(10.0) |
| 30mm | 3(180.0) | 3(90.0) | 2(60.0) | 2(45.0) | 2(36.0) | 1(30.0) | 0(25.7) | 0(22.5) | 0(20.0) | 1(18.0) | 0(16.4) | 0(15.0) |
| 40mm | 6(240.0) | 4(120.0) | 4(80.0) | 3(60.0) | 2(48.0) | 2(40.0) | 2(34.3) | 2(30.0) | 2(26.7) | 2(24.0) | 2(21.8) | 2(20.0) |
| 50mm | 6(300.0) | 6(150.0) | 4(100.0) | 4(75.0) | 4(60.0) | 3(50.0) | 3(42.9) | 2(37.5) | 2(33.3) | 2(30.0) | 6(27.3) | 2(25.0) |
| 60mm | 6(360.0) | 6(180.0) | 4(120.0) | 4(90.0) | 4(72.0) | 4(60.0) | 4(51.4) | 4(45.0) | 3(40.0) | 4(36.0) | 3(32.7) | 2(30.0) |
| 70mm | (420.0) | 6(210.0) | 6(140.0) | 6(105.0) | 6(84.0) | 4(70.0) | 4(60.0) | 4(52.5) | 4(46.7) | 4(42.0) | 4(38.2) | 4(35.0) |
| 80mm | (480.0) | 6(240.0) | 6(160.0) | 6(120.0) | 6(96.0) | 4(80.0) | 4(68.6) | 4(60.0) | 4(53.3) | 4(48.0) | 4(43.6) | 4(40.0) |
| 90mm | (540.0) | 8(270.0) | 6(180.0) | 6(135.0) | 6(108.0) | 6(90.0) | 6(77.1) | 6(67.5) | 4(60.0) | 4(54.0) | 4(49.1) | 4(45.0) |
| 100mm | (600.0) | 11(300.0) | 8(200.0) | 6(150.0) | 6(120.0) | 6(100.0) | 6(85.7) | 6(75.0) | 6(66.7) | 6(60.0) | 4(54.5) | 4(50.0) |
| 110mm | (660.0) | 15(330.0) | 9(220.0) | 9(165.0) | 6(132.0) | 6(110.0) | 6(94.3) | 6(82.5) | 6(73.3) | 6(66.0) | 6(60.0) | 5(55.0) |
| 120mm | (720.0) | 26(360.0) | 12(240.0) | 10(180.0) | 8(144.0) | 6(120.0) | 6(102.9) | 6(90.0) | 6(80.0) | 6(72.0) | 6(65.5) | 6(60.0) |
| 130mm | (780.0) | 35(390.0) | 17(260.0) | 11(195.0) | 10(156.0) | 7(130.0) | 7(111.4) | 6(97.5) | 6(86.7) | 6(78.0) | 6(70.9) | 6(65.0) |
| 140mm | (840.0) | (420.0) | 21(280.0) | 17(210.0) | 14(168.0) | 10(140.0) | 10(120.0) | 7(105.0) | 6(93.3) | 6(84.0) | 6(76.4) | 6(70.0) |
| 150mm | (900.0) | (450.0) | 21(300.0) | 20(225.0) | 16(180.0) | 13(150.0) | 10(128.6) | 9(112.5) | 7(100.0) | 6(90.0) | 6(81.8) | 6(75.0) |
| 160mm | (960.0) | (480.0) | 35(320.0) | 29(240.0) | 30(192.0) | 20(160.0) | 14(137.1) | 13(120.0) | 13(106.7) | 13(96.0) | 12(87.3) | 12(80.0) |
| 170mm | (1020.0) | (510.0) | 48(340.0) | 32(255.0) | 35(204.0) | 29(170.0) | 20(145.7) | 14(127.5) | 14(113.3) | 13(102.0) | 13(92.7) | 12(85.0) |
| 180mm | (1080.0) | (540.0) | 60(360.0) | 38(270.0) | 43(216.0) | 35(180.0) | 28(154.3) | 17(135.0) | 18(120.0) | 15(108.0) | 14(98.2) | 13(90.0) |
| 190mm | (1140.0) | (570.0) | 72(380.0) | 39(285.0) | 46(228.0) | 36(190.0) | 32(162.9) | 24(142.5) | 21(126.7) | 16(114.0) | 15(103.6) | 13(95.0) |
| 200mm | (1200.0) | (600.0) | 82(400.0) | 45(300.0) | 51(240.0) | 39(200.0) | 34(171.4) | 27(150.0) | 26(133.3) | 22(120.0) | 16(109.1) | 16(100.0) |
| 210mm | (1260.0) | (630.0) | (420.0) | 48(315.0) | 57(252.0) | 45(210.0) | 37(180.0) | 32(157.5) | 27(140.0) | 27(126.0) | 22(114.5) | 19(105.0) |
| 220mm | (1320.0) | (660.0) | (440.0) | 55(330.0) | 60(264.0) | 50(220.0) | 41(188.6) | 36(165.0) | 31(146.7) | 32(132.0) | 25(120.0) | 23(110.0) |
| 230mm | (1380.0) | (690.0) | (460.0) | 57(345.0) | 68(276.0) | 54(230.0) | 45(197.1) | 42(172.5) | 35(153.3) | 34(138.0) | 27(125.5) | 25(115.0) |
| 240mm | (1440.0) | (720.0) | (480.0) | 64(360.0) | 71(288.0) | 62(240.0) | 51(205.7) | 44(180.0) | 37(160.0) | 36(144.0) | 34(130.9) | 27(120.0) |
| 250mm | (1500.0) | (750.0) | (500.0) | 64(375.0) | 78(300.0) | 68(250.0) | 56(214.3) | 49(187.5) | 43(166.7) | 37(150.0) | 34(136.4) | 30(125.0) |
| 260mm | (1560.0) | (780.0) | (520.0) | 71(390.0) | 85(312.0) | 75(260.0) | 60(222.9) | 53(195.0) | 48(173.3) | 43(156.0) | 36(141.8) | 35(130.0) |
| 270mm | (1620.0) | (810.0) | (540.0) | (405.0) | 90(324.0) | 79(270.0) | 63(231.4) | 58(202.5) | 53(180.0) | 49(162.0) | 37(147.3) | 36(135.0) |
| 280mm | (1680.0) | (840.0) | (560.0) | (420.0) | 97(336.0) | 79(280.0) | 66(240.0) | 62(210.0) | 54(186.7) | 54(168.0) | 46(152.7) | 41(140.0) |
| 290mm | (1740.0) | (870.0) | (580.0) | (435.0) | 101(348.0) | 86(290.0) | 76(248.6) | 64(217.5) | 57(193.3) | 56(174.0) | 50(158.2) | 42(145.0) |
| 300mm | (1800.0) | (900.0) | (600.0) | (450.0) | 107(360.0) | 93(300.0) | 83(257.1) | 69(225.0) | 59(200.0) | 61(180.0) | 53(163.6) | 48(150.0) |

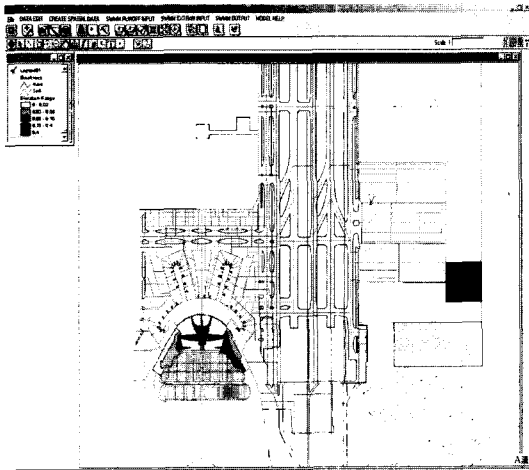
주1. 표안의 마킹은 강우강도 최고기록(400mm/hr)을 초과하는 강우로 분석에서 제외

주2. ()안의 숫자는 환산강우강도(mm/hr)

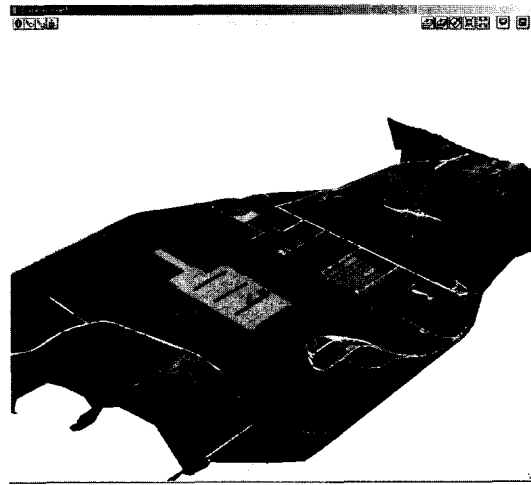
여 보다 객관적인 분석결과로 활용할 수 있도록 하였다.

[그림 16]과 [그림 17]과 같은 홍수침수 분석시스템의 침수구역도는 이상의 홍수 침수 분석결과를 도시한 것으로 침수되는 지역들의 침수심에 따라 다른 색깔로 표현하도록 시스템을 구성하였으며, 공간 데이터와 모형의 분석결과를 합성하여 그래픽으로 제공함으로써 대상구역의 전반적인 배수취약지역을 조기에 파악하여 효율적이고 합리적인 배수대책을 수립할 수 있도록 하였다.

이러한 홍수침수 분석시스템은 예상강우별 강우조건에 대한 침수양상의 예측과 그에 따른 신속한 구조적·비구조적 침수방지 대책을 수립하는데 크게 기여할 것으로 사료되며, 비전문가라 할지라도 기본적인 지식만 있다면 객관적이고 정확한 해석결과를 얻는데 도움이 되리라 판단된다.



[그림 16] 홍수침수 구역도



[그림 17] 3차원 침수 구역도

5.4 침수대책 방안 검토

교통센터 주변지역은 여객청사 지붕의 우수를 직접 배제하는 우수관로가 위치해 있고 좌우측에 주변도로 지역의 노면유출량과 여객청사 지붕의 일부우수를 처리하기 위한 빗물펌프장이 설치되어 있다. 또한 주변지역은 저지대로서 평상시 우수가 집중되는 곳이기도 하다. 이러한 지역적 특성으로 인해 설계규모내의 강우조건에서 교통센터 좌우측에 국부적인 침수가 발생하는 것으로 모의결과 나타났다. 따라서 이러한 침수가능성을 배제하기 위해서는 다음과 같은 사항을 들 수 있으며, 추가 신설 빗물펌프장 및 우수관로 위치도는 [그림 18]과 같다.

① 별도의 우수관로 설치 : 여객청사 지붕에서 발생하는 일부 우수와 주변 도로지역으로부터의 노면유출량 증가를 고려하여 교통센터 동측 빗물펌프장의 남측

방향에 위치한 간선배수로로 직접 우수를 배제할 수 있는 별도의 우수관로를 설치하여 기존 빗물펌프장의 유출부하를 방지하도록 하였다.

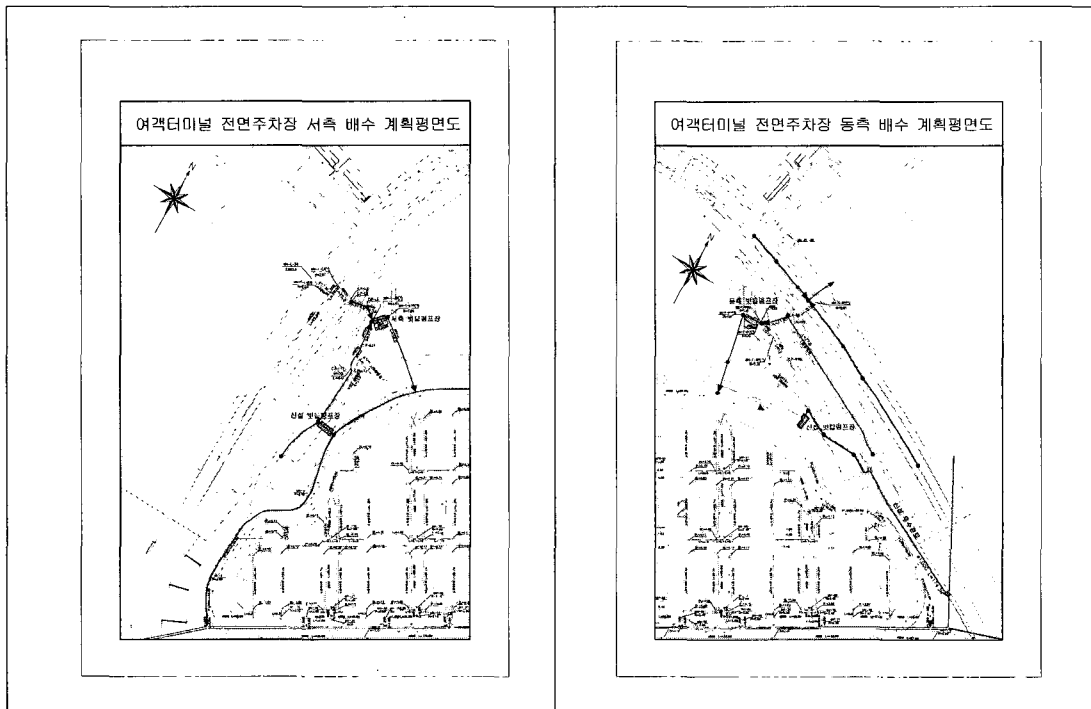
② 추가 빗물펌프장 신설 : 교통센터 좌우측 유역의 해당유출량을 기존 펌프장과 분산처리 할 수 있는 별도의 빗물펌프장을 각 1개소씩 신설하여 여객청사 지붕의 우수배제 관로에 합류시켜 남측 간선 배수로를 통하여 주배수로로 배제시키는 방안을 수립하였다.

6. 결 론

본 연구에서는 GIS기법을 도입하여 홍

수침수 분석모형의 전처리과정인 입력자료 구축과 주처리 과정의 침수가능성 분석 및 후처리 과정의 가시적인 도시화를 통합적으로 연계한 시스템을 구축하였으며, 공항부지의 유출, 배수 및 침수 양상을 객관적으로 파악할 수 있는 예측시스템으로 활용하여 최근의 집중호우시 예상되는 침수현황 파악 및 이에 따른 신속한 대처방안을 수립할 수 있도록 하였다. 또한 GIS를 기반으로 지표수-하수관거를 동역학적으로 모의할 수 있는 침수분석 모형을 개발하여 적용함으로써 인천국제공항 배수체계 전반에 대해서 침수가능성 분석체계를 수립하여 제시하였다.

이러한 통합시스템에 의한 예상강우별 (360가지 사상) 침수가능성 분석결과, 계



[그림 18] 기존시설(교통센터) 침수대책 방안

획규모 이내의 강우사상에서 교통센터 부근과 공항동측 가배수로 지역이 침수가 발생하여 우수배제능력이 취약한 것으로 나타났다. 이러한 공항의 침수가능성을 배제하기 위해 교통센터 좌우측에 빗물펌프장을 신설하고 교통센터 동측에 우수배제관로를 설치하는 방안이 수립되었다.

본 연구에서 개발된 홍수침수 분석시스템은 향후 공항시설전반에 대한 침수피해에 대비한 합리적인 대책관리방안 및 시설개선방안 수립을 위한 체계적인 의사결정에 크게 기여할 것으로 사료된다.

참고문헌

- 류주형, 1995, “지리정보시스템(GIS)을 이용한 충주호 주변지역의 비점오염원 분석”, 연세대학교 석사학위논문.
- 최연웅 외, 2002, “GIS기반의 하천수질관리시스템 구축 및 활용에 관한 연구”, 한국GIS학회지, 제10권 제2호, pp289-299.
- 최철관 외, 2000, “하천유량관리를 위한 GIS 하도단면 구축”, 한국GIS학회, 제8권 제1호, pp.131-140
- 서규우, 1999, 「도시유출모형」, 엔지니어즈.
- 연세대학교 건설공학연구소, 2002, “인천국제공항 홍수침수 가능성분석 및 대책수립 연구용역”, 최종보고서.
- 한국건설기술연구원, 1992, “수문모형 평가에 관한 연구”, 보고서.
- 인천국제공항공사, 1997, “수도권 신국제공항 AIRSIDE 토목시설 실시설계”, 기본설계 재검토보고서.
- 인천국제공항공사, 1999, “인천국제공항 LANDSIDE 토목시설 실시설계”, 종합보고서.
- 인천국제공항공사, 1992, “수도권 신국제공항부지조성 실시설계”, 최종보고서.
- 인천국제공항공사, 1997, “수도권 신공항 남측방조제 및 배수갑문 시설공사”, 보고서.
- Hromadka II, T.V., McCuen, Richard, and Yen, Chung Cheng, 1987, 「Computational Hydrology in Flood Control Design and Planning」, Lighthouse Publications.
- ESRI(1998). 「Programming with Avenue」. Environmental System Research Institute, INC.