

## 하천유량관리를 위한 GIS 하도단면 구축

최철관\* · 김상호\*\* · 배덕효\*\*\* · 한건연\*\*\*\*

### Establishment of GIS River Section for Water Flow Management

Cheol-Gwan Choi\* · Song-Ho\*\* · Deg-Hyo Bac\*\*\* · Kun-Yeun Han\*\*\*\*

#### 요 약

하천의 흐름해석 분야에서는 모형이 요구하는 입·출력 자료의 구성이 복잡할 뿐만 아니라 흐름의 공간적 분포특성 도사가 매우 중요하지만 지금까지 체계적인 자료관리가 이루어지지 않은 실정이다. 본 연구에서는 등고, 하천, 표고, 경계 및 하도단면 등으로 구성된 국가지리정보시스템과 연계된 데이터베이스를 구축하는 방법과 등간격 하도단면 자료를 구축하는 방법을 제안하였다. 연구 대상지역은 팔당댐 하류에서 인도교 지점에 이르는 한강구간을 선택하였다. 구축된 데이터 베이스는 연구 대상지역의 과학적인 하천유량 관리에 유용하게 이용될 것이다.

**ABSTRACT** : The systematic data management system in the area of river flow analysis has not yet constructed, even though the need is evident due to the complicated process of tremendous input/output data in the modeling study and the importance of visualization of spatial flow variation. The objectives of this study are to suggest the method for constructing the NGIS-based river database based on contour, river, elevation, boundary layers and river cross sections and to provide the algorithm for interpolating equi-distance river cross section points. The selected study area is the main Han River starting from Paldang dam site to Indogyo bridge. The constructed database will be useful for the scientific water flow management system in the study area.

---

\* 창원대학교 토목공학과 석사과정(Groduate Student, Dept. of Civil Eng., Changwon National Univ., kyeongnam 641-73, Korea)

\*\* 한국건설기술연구원 공학박사(Senior Researcher, Water Resources and Environmental Research Div., Korea Institute of Construction Technology, Koyang, Kyonggi 411-410, Korea)

\*\*\* 창원대학교 토목공학과 부교수(Associate Professor, Dept. of Civil Eng., Changwon National Univ., Kyeongnam 641-773, Korea)

\*\*\*\* 경북대학교 토목공학과 교수(Prof., Dept. of Civil Eng., Kyungpook National Univ., Taegu 702-701, Korea)

## 1. 서 론

이상적인 하천 유량관리 시스템의 구축은 하천의 흐름을 정확히 해석할 수 있는 수치모형의 개발과 수치모형이 요구하는 모든 자료가 적절히 조화를 이룰 때 가능하다. 때로는 하천의 흐름을 정확히 해석할 수 있는 우수한 모형이 개발되어도 모형이 요구하는 입력자료가 없는 경우가 많아 효율적인 유량관리가 이루어지지 않는 경우가 있다. 특히 하천의 흐름해석 분야에서는 입·출력 자료의 구성이 매우 복잡할 뿐 아니라 흐름의 공간적 분포 특성 도시가 매우 중요함에도 불구하고 지금까지 체계적인 자료관리가 이루어지지 않은 실정이었다. 90년대 이후 국내에서도 관심이 고조되고 있는 지형정보시스템(GIS)의 개발 및 응용은 이와 같은 한계를 극복하는데 많은 도움이 될 것이다.

각종 다양한 정보를 수집·저장·분석·제공하기 위한 하드웨어, 소프트웨어, 자료, 인력, 조직 및 제도적인 장치로 구성되어 있는 지형정보시스템은 컴퓨터의 발달로 최근 응용 분야가 급속히 증가하고 있으며, 특히 지형, 지질, 지리, 토지 등과 관련된 분야에 필요한 정보를 그들 특성에 알맞게 활용하고 있다. 이와 같은 지형정보시스템의 장점은 자료가 데이터베이스 내에서 수치형태로 처리되므로 많은 양의 자료를 빠른 시간내에 처리할 수 있을 뿐 아니라 각종 자료들을 다양한 방법과 관점에서 통합하여 모델링함으로써 새로운 정보를 만들 수 있다는 것이다(심순보와 김주훈, 1998).

이러한 지형정보시스템의 이용 분야는 크게 나누어 지형분석, 석유 및 광물자원 개발, 환경영향평가 및 관리, 적지 선정, 토지 및 수자원관리, 사회 기반시설관리, 지도 데이터베이스 구축, 재해분석 및 관리 등 다양한 분야에 응용되고 있다. 특히, GIS와 하천 수자원 분야와의 연계는 동수역학 모델링을 통한 유량 관리시 입력자료의 작성 및 모형으로의 연계가 용이하고, 출력자료 역시 입력자

료와 같은 형태로 수치지도에 쉽게 전환되어 그래픽으로 나타낼 수 있는 장점을 가지고 있다. GIS 데이터 구조 중 격자구조는 대상지역을 일정 크기의 셀로 나누어 모델링하는 유한요소법 방식의 모델링과 매우 유사한 자료구조를 가지므로 입력자료나 출력자료의 모형 연계가 아주 용이하다. 그 밖에 GIS와의 연계는 지리적 위치에 기본을 둔 공간 데이터베이스의 검색 및 수정이 용이하다는 장점이 있다. 그럼에도 불구하고 지금까지 수자원 분야의 GIS 응용은 대부분이 유역 경계추출, 표고분석 등 유역 수자원관리에 국한된 실정이었다.

본 연구에서는 현재 구축중인 국가지리정보시스템(NGIS)과 연계하여 국내 팔당댐 하류로부터 인도교 지점에 이르는 한강구간의 흐름해석, 수질관리, 유사관리 등에 응용될 수 있도록 하도 지형정보시스템을 구축하는 방안을 제시하고자 한다. 특히 하도 대표단면의 산출, 갈수기 이차원 흐름해석, 하천 유량관리 등에 유용하게 활용될 수 있는 등간격 하도단면 구축방안을 제시하고자 한다.

## 2. 적용 대상지역 및 기본자료

연구 대상구간은 경기도 팔당댐 직하류부터 한강 인도교까지의 구간이며, 종단거리는 약 42.5km이다. 유입되는 대소 지류들은 표 1과 같이 왕숙천을 비롯하여 6개의 하천이 있다. 연구구간의 하도 단면자료는 횡단측량 성과가 모두 존재하며 크게 서울시 구간과 경기도 구간으로 나누어 하도 단면의 특징을 설명할 수 있다.

한강의 서울시 관내구간은 상류 서울시와 경기도의 경계에서부터 하류부 경기도 고양시의 경계까지 28.5km이다. 한강은 하폭 750~1,200m 사이로 비교적 안정된 폭원을 유지하고 있으며, 1982년에서 1986년까지 한강종합개발사업으로 하도가 정비되어 저수로 폭 650~900m에 최소 수심 2.5m을 유지하면서 상시유량이 유하하고 있다(서울특별시, 1998). 반면에 한강의 경기도

<표 1> 한강유입 지천 현황

하천명	유입지점		하천현황		유역내 행정구역
	위치	안별(岸別)	유역면적(Km <sup>2</sup> )	유로연장(Km)	
왕숙천	경기도 구리시 토평동	우	276.50	37.00	구리시, 미금시, 남양주군
고덕천	서울시 강동구 고덕동	좌	18.52	6.83	강동구
성내천	서울시 송파구 신천동	좌	33.56	9.77	강동구, 송파구, 하남시
탄천	서울시 강남구 삼성동	좌	300.95	35.62	강동구, 송파구, 성남시
중랑천	서울시 성동구 성수동	우	299.60	34.80	성동구, 성북구, 노원구, 의정부시
반포천	서울시 동작구 동작동	좌	29.10	8.10	관악구, 서초구, 강남구

구간은 팔당댐 하류에서부터 서울시와 경기도의 경계에 이르는 총 14km 구간이다. 본 구역은 1993년 9월 미사리 지역의 개발사업이 완료되어 팔당댐에서 미사리 지역에 이르는 구간을 제외한 본 연구의 모든 대상구간은 하도정비가 이루어진 상태이다.

### 3. GIS 자료의 공간데이터 구축

본 연구 대상구간의 하천 GIS 시스템을 구축하기 위하여 기본적인 자료는 국가지리정보시스템 자료를 활용하였다. 국가지리정보시스템은 인간의 활동이 미치는 모든 영역에서 정확하고 체계적인 각종 정보의 활용과 국가 경쟁력의 향상을 목적으로 국립지리원이 1980년대 중반부터 지도 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 지형도 수치지도를 제작하였다.

연구 대상구간에 사용된 자료는 1/5,000 축척의 지형도로 AutoCAD 파일 형식인 Dxf 형태로

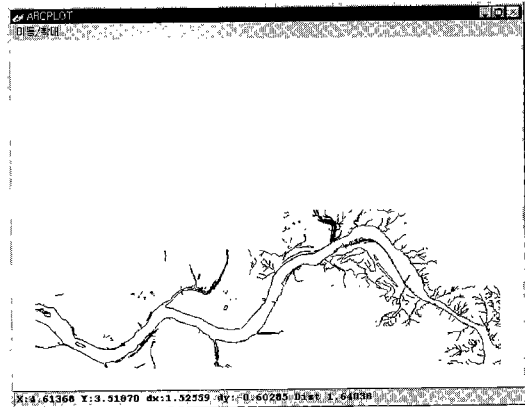
되어 있다. 지형자료로 사용된 1/5,000 수치지형도는 수 많은 layer를 내포하고 있는데 자료구축에 필요한 등고, 표고, 하천, 경계 layer들만 남기고 다른 레이어들은 삭제하여 효율적인 공간데이터 구축이 되도록 하였다. 표 2는 본 연구에 사용된 주제별 레이어와 Layer Code를 나타낸 것이다. 주제별로 분류된 Dxf 파일 형식의 각 레이어를 Arc/Info에서 사용이 가능한 공간 데이터 형식으로 변환하기 위해서 위상(Topology)관계를 구축하였다(ESRI, 1995). 위상관계 구축은 데이터의 방향성, 연결성, 인접성, 면접성, 근접성 등의 관계를 저장한다는 점에서 중요한 의미를 가지며 이러한 위상을 만들어주기 위해서는 Build, Clean의 기능을 이용한다(송인성과 문병채, 1998). 이렇게 위상이 구축되면 주제별 공간 데이터는 Coverage 형식으로 나타낼 수 있게 되어 분석과 검색이 가능한 데이터 베이스가 된다. 본 연구에 사용된 각 주제별 Coverage는 그림 1~그림 4와 같으며 이러한 Coverage 이외에 사용목적에 따라 여러 가지 공간데이터 및 속성 데이터를 구축할 수 있다.

<표 2> 주제별 레이어와 레이어 코드

주제별	Layer Code	비 고
등고 Coverage	7111, 7114, 7121, 7124	등고 속성 중 불록지, 오목지 특성을 나타내는 레이어명
표고 Coverage	7217	등고 속성 중 표고를 나타내는 레이어명
하천 Coverage	2111, 2112, 2113, 2114	하천의 좌안과 우안의 경계를 나타내는 레이어명
경계 Coverage	7334, 9999	도곽의 경계를 나타내는 레이어명



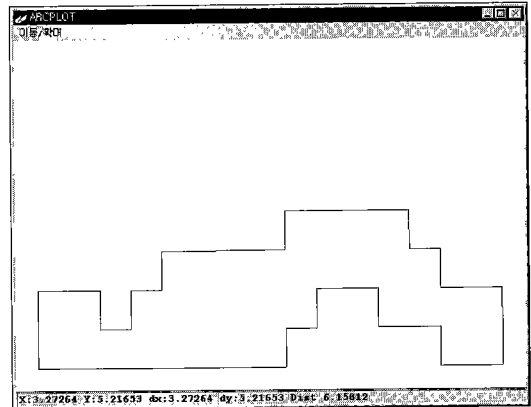
[그림 1] 등고 Coverage



[그림 2] 하천 Coverage



[그림 3] 표고 Coverage



[그림 4] 경계 Coverage

#### 4. 하도단면의 공간데이터 구축

본 연구 대상구간의 하도단면 자료는 서울특별시(1998) 횡단도 등의 지형도를 사용하였다. 하천횡단 성과를 지형정보시스템에서 사용 가능한 공간 데이터로 변환하기 위해서는 하도 단면자료로부터 각 단면의 측점을 중부도 원점 ( $E 126^{\circ} \sim E 128^{\circ}$ )을 기준으로 하는 TM 좌표로 변환하여 현재 NGIS의 좌표와 일치시켜야 한다(김상호, 1999). 또한 각 측점의 표고를 변환된 TM 좌표와 함께 GIS에서 사용할 수 있도록 데이터를 구성하여야 한다.

일반적으로 하도단면 자료는 흐름의 직각방향으로  $x, z$  좌표로써 각각 수평거리와 표고로 측정된다. 그림 5에서와 같이 특정 단면의 좌우 제방측점의 TM 좌표  $L_{TM}(X_1, Y_1, Z_1), R_{TM}(X_2, Y_2, Z_2)$ 를 알고 있을 경우 각 측점좌표  $(x_i, z_i)$ 를 실제계 TM 좌표로 변환이 가능하다. 즉  $L_{TM}, R_{TM}$ 으로

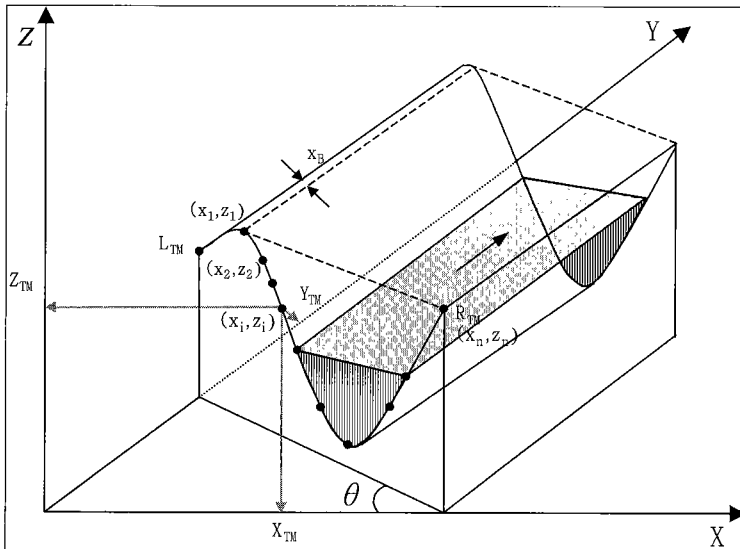
부터 단면이 놓여진 방위각  $\theta$ 을 산정하고 좌측 제방측점에서의 거리  $x_i$ 을 이용하여 각 단면의 모든 측점에 대해 식 (1)~식 (3)으로부터 TM 좌표를 산정할 수 있다.

$$X_{TM} = L_{TM} + (x_i - x_B) \times \cos \theta \quad (1)$$

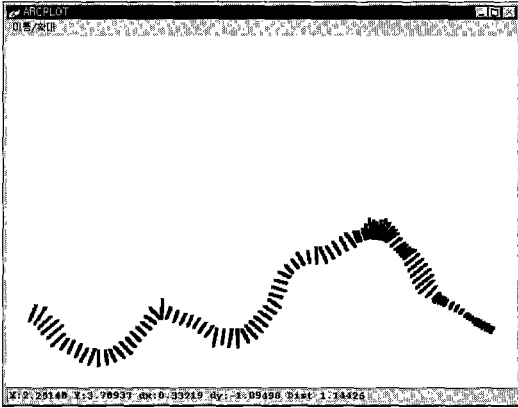
$$Y_{TM} = L_{TM} + (x_i - x_B) \times \sin \theta \quad (2)$$

$$Z_{TM} = z_i \quad (3)$$

TM 좌표로 변환된 하도단면 측점을 Arc/Info에서 사용할 수 있는 Coverage로 변환하기 위해서 Generate, Joinitem 등의 Arc/Info 기능을 이용하여 공간분석이 가능하도록 point 속성을 부여하고 하상을 표현하기 위해  $z$ 값과 연계하였으며, 그 결과를 도시하면 그림 6과 같다.



[그림 5] 좌표변환 개념도



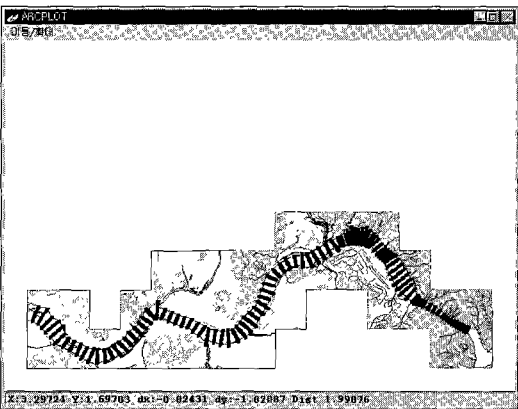
[그림 6] 하도단면 데이터

## 5. 공간데이터의 연계

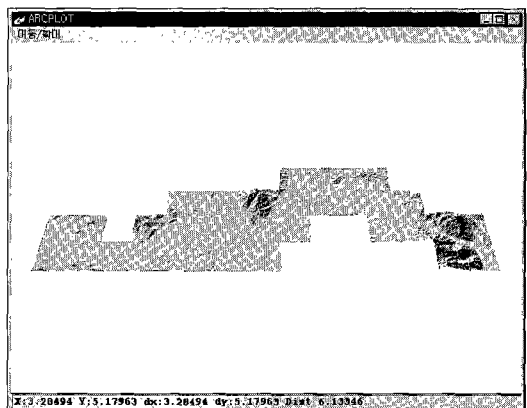
구축된 공간 데이터들은 GIS의 공간분석 기능을 사용하여 자료로 활용하기 위해 각 Coverage를 중심으로 중첩하게 되며, Coverage의 중첩을 위해 TIN이나 GRID 모듈을 사용할 수 있다. GRID는 래스터 또는 셀 위주의 지리적 분석을 위한 모델로써 연속적인 surface를 정확하게 묘사할 수 있는 특징을 가지고 있다. TIN은 surface 정보를 생성하고 저장, 분석, 도시하는데 사용되는 surface modeling tool로서 Point(x,

y, z)값을 가진 불규칙하게 분산되어 있는 점들로부터 상호 인접거리와 표고 등을 계산하여 삼각면의 형태를 구성하게 되며, 인접 삼각면의 위상관계를 저장하고 있기 때문에 자료구조가 지형을 비롯한 여러 가지 형태의 surface를 분석·도시하는데 효과적인 모델로 알려져 있다. 또한 하천의 흐름해석 분야에서 삼각형 격자는 흐름에 대한 유한요소 해법의 기본격자로 사용되므로 GIS의 TIN자료와 FEM의 삼각형 격자사이의 연관은 FEM이 GIS의 TIN자료를 이용하여 해석할 수 있는 직접적인 연관이 있다 (김철, 1998).

본 연구에서는 하천의 흐름해석에 대한 유한요소 해법의 기본격자로 사용되는 TIN을 이용하여 하도단면 Coverage와 둑고, 경계, 하천 Coverage를 연계하였다. Arc/Info에서 여러 가지 Coverage를 하나의 TIN Coverage로 형성하기 위해 Createtin 기능을 이용하였다. 본 연구대상 구역의 자료점이 비교적 많은 것으로 판단되어 선형보간(linear interpolation) 방법을 선택하였다. 또한 경계 Coverage의 경우 Hardclip 옵션을 사용하여 polygon 이외의 지역은 보간을 하지 않도록 하였다(Milne와 Sear, 1997). 이러한 과정으로 중첩된 Coverage는 하도단면 공간데이터로써 그림 7~그림 10과 같고, 그림 11은 하도 단면자료와 국기수치지도 공간데이터의 연계 개념도를 나타낸 것이다.

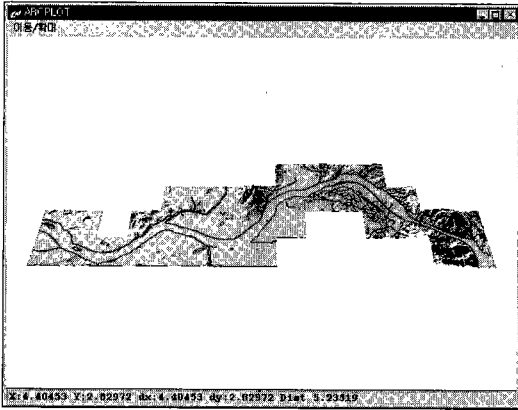


[그림 7] 합성후의 Coverage

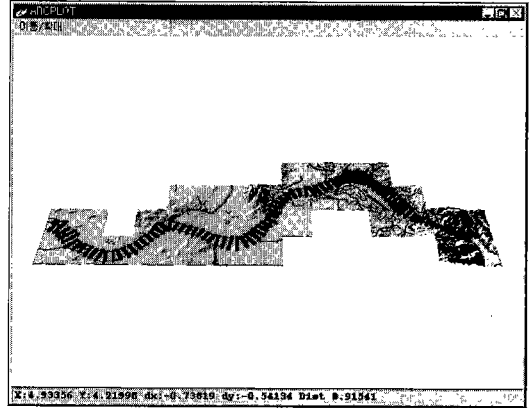


[그림 8] 연구대상구간의 TIN

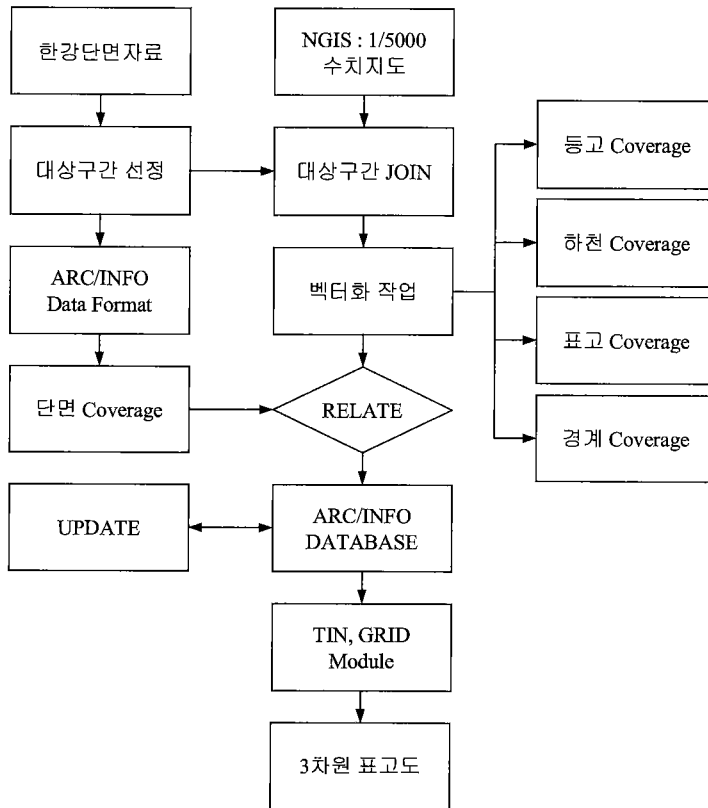
하천유량관리를 위한 GIS 하도단면 구축



[그림 9] TIN & 하천



[그림 10] TIN & 하천, 단면 Coverage



[그림 11] 공간데이터의 연계

## 6. 등간격의 하도단면 구축

하천에서의 흐름해석을 위해서는 하도단면의 기하학적 형상, 하상경사, 조도계수 등과 같은 수리·수문학적 특성치의 산정을 필요로 한다. 이들 자료 가운데 일부는 직접 측량되기도 하고, 일부는 측정된 자료를 입력자료로 하여 수치모형을 통해서 간접적으로 산출되기도 한다. 수치모형의 적용을 위해서는 적용 모형의 종류에 따라 요구되는 입력자료가 차이가 있지만 기본적으로 하도단면 자료를 요구하므로 GIS을 이용하여 하도단면을 구축함으로써 보다 편리하게 이러한 값들을 추출할 수 있다.

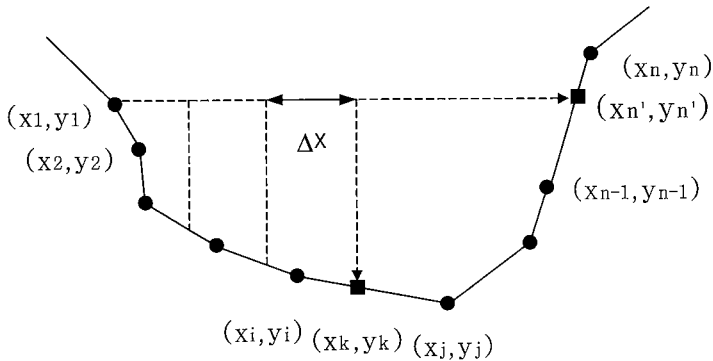
통상 실측되는 하도단면 자료는 앞 절에서 기술한 바와 같이 불규칙한 단면을 갖는 자료이다. 이들 하도단면 자료는 흐름해석에 직접 이

용되기도 하나 대표 하도단면의 산출, 이차원 하도흐름 해석분야의 유한요소해석에는 등간격의 하도단면 자료가 유용하게 사용될 수 있으므로 그 방법을 기술하면 다음과 같다.

측점의 간격이 불규칙한 하도단면 자료를 등간격의 하도단면으로 변환하기 위한 개념은 그림 12와 같다. 먼저 좌측 제방측점  $(x_1, y_1)$ 과 우측 제방측점  $(x_n, y_n)$ 의 표고  $y_1$ 과  $y_n$ 을 비교하여 낮은 측점의 표고  $y_1$ 과 동일한 보간점  $(x_{n'}, y_{n'})$ 를 식 (4)에 의해 결정한다. 그 후 수평거리인  $L_x = x_{n'} - x_1$ 으로 산정할 수 있고, 이를 등간격의 측정수  $m$ 으로 나누면  $\Delta x$ 가 결정된다. 좌안 측점  $(x_1, y_1)$ 으로부터 등간격  $\Delta x$ 의  $k$ 번째 보간 측점  $(x_k, y_k)$ 는 다음 식 (5)에 의해 결정된다.

$$x_{n'} = \frac{x_j - x_i}{y_j - y_i} y_k - \frac{x_j x_i - x_i y_j}{x_j - y_i} ; \quad y_{n'} = y_1 \quad (4)$$

$$x_k = k \Delta x ; \quad y_k = \frac{y_j - y_i}{x_j - x_i} x_k - \frac{x_j x_i - x_i y_j}{x_j - y_i} \quad (5)$$

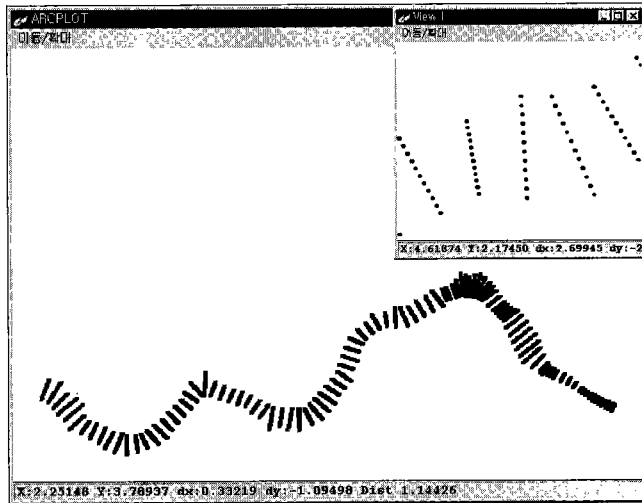


[그림 12] 등간격 하도단면 정의도



이와 같이 계산된 등간격의 하도단면 자료는 앞 절에서 기술한 방법에 따라 TM 좌표로 변환이 가

능하며, Arc/Info의 Coverage로 변환하면 그림 13과 같은 등간격의 하도단면 자료를 구축할 수 있다.



[그림 13] 등간격 하도단면 자료

<표 3> 실측치와 등간격 하도단면 자료의 비교

	위 치	단 면 적 ( m <sup>2</sup> )			윤 변 ( m )		
		실 측 치	등 간 격	오 차 (%)	실 측 치	등 간 격	오 차 (%)
서 울 시 구 간	잠실수중보 하류지점	11,259.47	10,949.19	-2.76	978.53	976.69	-0.19
	광진교 지점	9,492.82	9,413.54	-0.84	837.43	833.82	-0.43
	왕숙천 하류지점	16,641.06	16,437.38	-1.22	1,075.06	1,067.73	-0.68
경 기 도 구 간	미나동 지점	1,492.61	1,475.04	-1.18	640.65	640.53	-0.02
	팔당대교 지점	1,245.59	1,239.33	-0.50	589.98	589.96	-0.01
	팔당댐 하류지점	1,272.97	1,268.40	-0.36	230.12	229.99	-0.06

본 연구에서 사용한 팔당댐 하류로부터 인도교까지 총 단면수는 100개이며 그 중 서울시 구간은 56개, 경기도 구간은 44개 단면으로 구성되어 있다. 불규칙한 단면을 갖는 실측치와 등간격 하도단면의 기하학적 특성을 비교하기 위해 표 3과 같이 6구간의 하도단면을 선정하였다. 선정된 단면은 하상 측정자료에 의해 단면의 변화가 거의 없었던 것으로 판단되는 것이며, 서울시 구간의 비교적 잘 정비된 구간과 그렇지 못한 경기도 구간으로 나누어 선택하였다. 각 단면의 등간격 측정수를 21개로 하여 단면적과 윤변을 계산한 결과는 표 3과 같다. 표에서 보는 바와 같이 GIS상에서 계산된 등간격 하도단면과 실측치의 단면적 및 윤변 산정결과의 차이는 각각 -0.36~ -2.76%, -0.01~-0.68% 차이를 보이고 있어 등간격의 측정수를 21개 즉, 소단면의 수를 20개로 할 경우 그 차이는 미미한 것으로 판단된다. 본 연구에서 제안한 등간격 하도단면의 구축은 사용자가 임의로 하도단면의 측정수와 측정간격을 조정할 수가 있어 이차원 흐름해석을 위한 유한요소해석 등에 유용하게 사용될 수 있을 것이다.

## 7. 결 론

본 연구는 효율적인 하천 유량관리를 위해 필수적인 하도단면 D/B화에 GIS를 적용할 수 있는 방법을 제시하고 팔당댐 하류에서 인도교지점에 이르는 한강유역의 하도단면 데이터를 구축함으로써 향후 하천 유량관리를 위한 기초자료로 활용하도록 하였다. 또한 불규칙한 하도단면 측점을 등간격의 측정데이터로 변환시키는 프로그램을 개발하고 이를 GIS의 하도단면 공간데이터로 구축하여 대표단면의 산출, 이차원

하도 흐름 및 수질해석분야의 유한요소해석 등에 유용하게 활용될 수 있도록 하여, 보다 체계적인 하천관리가 되도록 하였다.

## 참 고 문 헌

1. 김상호 (1999). "신뢰도 분석기법을 이용한 2차원 수질시스템의 개발". 박사학위논문, 경북대학교.
2. 김철 (1998). "GIS와 GIS 수문학의 소개". 한국수자원학회지, 한국수자원학회. 제31권 제1호, pp. 15-25
3. 서울특별시 (1998). "한강수로 용역보고서." 한강관리사업소.
4. 송인성, 문병채 (1998). "도시 및 지역계획가를 위한 지리정보분석 기법." 문운당.
5. 심순보, 김주훈(1998). "GIS를 이용한 수자원관리 시스템 분석." 한국수자원학회지, 제31권 제1호, pp. 36-48.
6. ESRI (1995). "Understanding GIS, The ARC/INFO Method", Environmental Systems Research Institute, INC.
7. Milne, J.A., Sear, D.A. (1997). "Modelling river channel topography using GIS". Geographical Information Science, Vol. 11, No. 5, pp. 499-519.

## 감사의 글

"본 연구는 한국과학재단 특정기초연구(과제번호 98-0601-04-01-3)의 일부로 수행되었으며 지원에 감사드립니다."