# 지형정보를 이용한 수리구조물 종·횡단 설계시스템

## Profile Design System of Agricultural Irrigation Facility using Geographic Data

박 미 정*·윤 성 수·이 정 재(서울대)
Park, Mee Jeong · Yoon, Seong Soo · Lee, Jeong Jae

**Abstract**

This study is aimed to develop system that can export height automatically with Hierarchical Delaunay Triangulation and finally provide profile of hydraulic channel using 3D terrain geometry model. In this study, by using the object-oriented technique, we developed the traverse and cross-section design system of agricultural facilities, which maintain a consistency in the irrigation design process. This system can design the traverse and cross-section profile for the line type facilities. The results of this study, as for the design based on geography, after carrying out the modeling by using TIN of which employs Delaunays algorithm, it was found that the latitudinal design of the facility is feasible. And, as for the formulation of TIN, we obtained more precise result from using contour, stream, and road data rather than using the contour by itself.

## Ⅰ. 서 론

최근 GIS를 이용한 지형정보처리에 대한 관심이 증가하면서 구조물 설계에 응용하고자 하는 연구가 활발히 진행되고 있다. 실제로 토목 선형 설계분야에서는 수치지도를 이용해서 대상지역을 3차원 모델링 후 이로부터 선형의 지반고를 추출해낸 다음 지반고 자료와 종단선형 자료를 도출해내는 소프트웨어를 사용하여 시간과 인력을 절감하고 있다.

그러나 이러한 단순, 단일 기능의 프로그램은 각 프로그램에 의한 작업 결과가 각각의 독립된 저장형태로 분산되어, 단위 프로그램의 설계 결과가 다른 프로그램에서 재 사용되기 어렵다. 수리조직은 수리시설물이 계층적으로 연결되어 있어 객체지향의 개념과 잘 일치한다. 수리조직의 설계는 최적의 관개시스템을 구성할 때까지 여러 대안의 작성, 비교, 평가를 거치므로 설계정보를 객체에 정의하여 시스템에 이용한다면 수리시설물 설계에 용이 할 것이다. 그러므로 본 연구에서는 수리시설물 설계를 대상으로 GIS에 의해 대상지역에 대한 3차원 모델링 후 수리시설물의 노선을 결정하고 노선에 대한 종횡단면도와 토공량 등의 설계 자료를 산출하고 그 결과가 유기적으로 연결되고 재 이용될 수 있는 시스템을 객체지향기술을 이용하여 개발하고자 한다.

---

2001년도 한국농공학회 학술발표회 논문집 (2001년 10월 12일)

## Ⅱ. 수치지형 모델

수치지형모델(DTM : Digital Terrain Model)은 지형의 연속적인 변화를 수치적으로 표현하는 방법으로 공간자료를 표현한다. 여기서, 지형은 단지 고도만을 의미하는 것이 아니라 지표면의 다른 속성을 포함한다. 지표면은 고도를 표현하는 방법으로는 수치고도 모델을 수학적으로 정의된 면(polygon)이나, 점(point), 선(line)으로 나타내는 방법과 이미지를 이용한 기법으로 나뉘어 진다. 지형을 표현하는 이미지기법은 지형을 수평으로 절단하여 등고선처럼 선을 이용한 방법, 반대로 지형을 수평으로 절단하여 수직 절단면으로 표현하는 방법 등 선형자료 추출법과 규칙적인 격자 배열, 불규칙적인 배열을 이용한 방법 등 포인트 자료를 이용한 방법으로 구분된다. 이들 중 임의의 지형을 자료의 손실없이 지형을 구현하는 방법으로 주로 불규칙적인 배열을 이용한 지형표현 방법이 주로 사용된다.

### 1. 지형모델의 수치화

불규칙적인 삼각형 분할방법(TIN : Triangular Irregular Network)은 Peuker(1978) 등이 수치고도 모델로서 자료의 중복을 최소화하고, 경사면의 연산을 효율적으로 수행하기 위해 작성되었다. TIN은 Delaunay 삼각법에 따라 불규칙하게 배치된 결절이나 관찰지점을 삼각법에 따라 연속적인 삼각면을 연결한 모델이다. Delaunay 삼각형은 외접하는 원 내부에 삼각형의 꼭지점외에 다른 점을 없도록 작성한다. 그림 1은 Delaunay 삼각법에 TIN 구성 알고리듬이다.

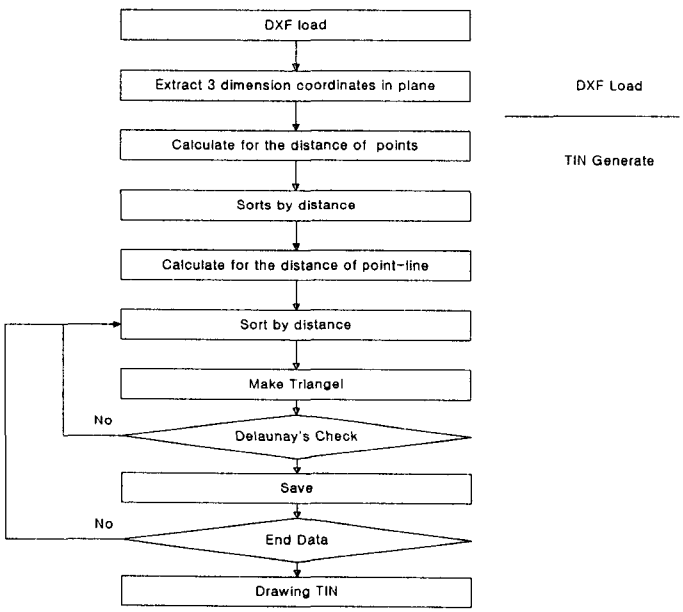
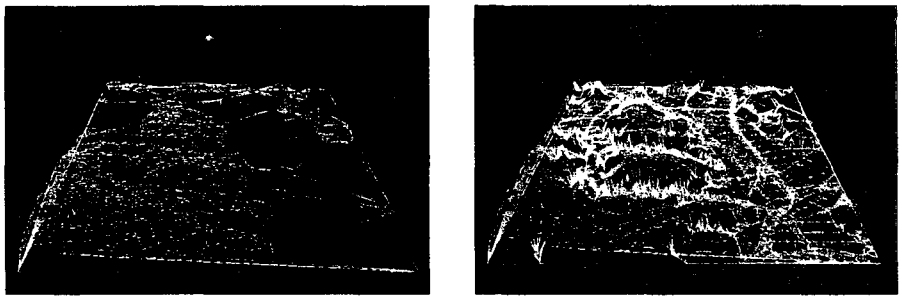



Fig. 1 Delaunay TIN Algorithm

본 연구에서는 Delaunay 알고리듬을 이용하여 DXF자료형으로 구성된 수치지도를 TIN으로 변환하였다. 일반적으로 TIN은 등고선 자료만을 이용한다. 그러나 등고선만을 이용하면 하천

과 도로로 변화된 지형을 표시하기가 어려워 구성된 TIN 망이 실제 지형과 차이를 보인다. 따라서 지형을 좀 더 효과적으로 표현하기 위해 등고선, 도로, 하천 수치지도를 결합(overlap)하여 TIN을 구성하였다. Fig. 2 은 등고선만을 이용할 때와 하천과 도로망을 결합하여 구성한 TIN 모습이다.



<a> <b>

Fig. 2 Generated TIN (a) TIN by Contour, (b) TIN by Contour, Stream, and Road

## 2. 표고의 추출

구성된 TIN을 이용한 임의 점의 표고 추출은 그 점을 포함한 TIN 요소의 좌표를 이용한다. TIN 요소의 세 점 $P_1$, $P_2$, $P_3$ 가 각각 좌표 $(x_1, y_1, z_1)$, $(x_2, y_2, z_2)$, $(x_3, y_3, z_3)$를 갖고, 알고자 하는 지점 $P_k$의 x, y 좌표가 $(x_k, y_k)$ 라면 $P_k$ 점의 표고는 다음과 같다.

$$
\begin{aligned}
a &= (x_2 - x_1)(Z_3 - Z_1) - (z_2 - z_1)(x_3 - x_1) \\
b &= (z_2 - z_1)(y_3 - y_1) - (y_2 - y_1)(z_3 - z_1) \\
c &= (y_2 - y_1)(x_3 - x_1) - (x_2 - x_1)(y_3 - y_1) \\
d &= -ay_1 - bx_1 - xz_1 \\
z_k &= \frac{-ay_k - bx_k - d}{c}
\end{aligned}
\qquad (1)
$$

Fig. 3 는 구성된 TIN을 기반으로 표고를 추출하는 모습이다.

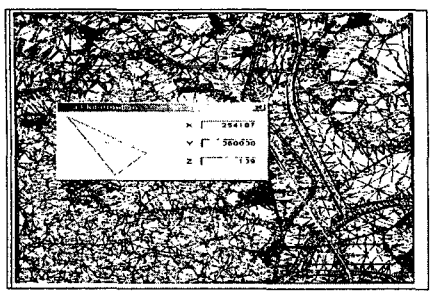


Fig. 3 Extracted Elevation

## Ⅲ. 종·횡단의 설계 모델

수치지형모델을 기반으로 농업시설물을 배치, 설계하기 위해 먼저 설계의 과정을 중심으로 작업의 과정을 살펴보았다. 그림 4는 설계과정과 그에 따른 결과를 보여 준다. 이 과정에서 종·횡단의 수치지형설계의 목표를 설정하였다.

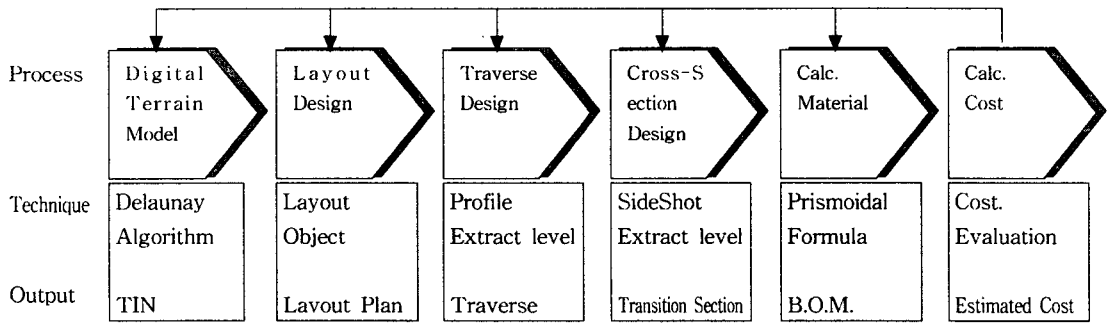



Fig. 4 Design Procedure for Layout

### 1. 평면선형의 결정

평면선형은 시설물의 배치설계에서 가장 먼저 결정하는 것으로 시설물이 설치된 위치를 결정하는 과정이다. 용수로 설계의 경우 관개구역에 원만히 관개할 수 있는 수로의 종적, 횡적 위치를 결정하는 단계, 개거, 암거, 수로교 등 수로의 종단구조물의 형태를 결정하는 수로조직 결정 단계, 그 후 수리계산, 구조계산, 도면 작성, 수량산출, 공사비 산정 단계로 진행된다. 시설물의 설계 단위는 시설물 객체이므로 설계된 객체에 관련된 자료와 처리방법이 포함되어 있다. Fig. 5와 Fig. 6는 저수지와 수로의 설치위치에 저수지와 수로를 배치하는 모습이다.

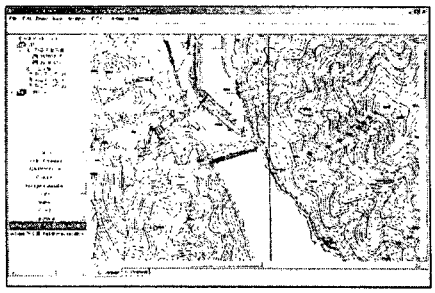


Fig. 5 Locating a Reservoir on Topological Map

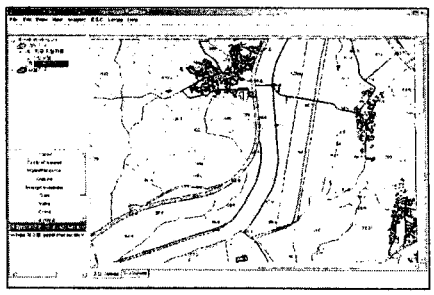


Fig. 6 Locating a Channel at Topological Map

### 2. 종단면도의 추출

설치 위치가 결정된 시설물의 표고를 입력하기 위해 시설물 객체의 속성을 변경해야 한다. 수로의 경우처럼 길이 방향이 긴 구조물은 구배를 갖으므로 상류쪽과 하류쪽의 표고가 다르다. 이 경우 profile을 구해 토적량을 산정할 필요가 있다. Fig. 21 는 수로의 계획고와 지반고를

토대로 작성된 profile이다.

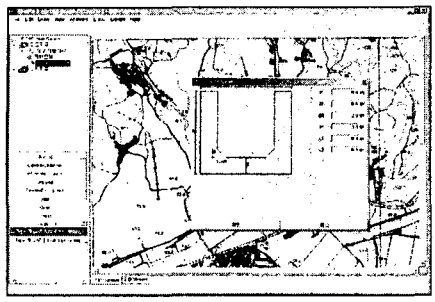


Fig. 7 Assign the Dimension for Irrigation Facility

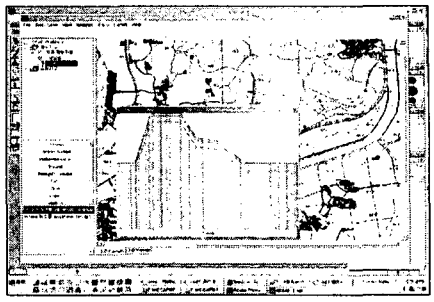


Fig. 8 Profile of Open Channel

### 3. 횡단면도의 결정

시설물의 종단이 구성되면 다음으로 횡단면을 구성해야 한다. 횡단면도는 공사비를 결정하기 위한 토공량을 알기 위해 필요한데, 먼저 종단면의 일정한 측점이나 변곡점에서 종단선형에 수직한 방향의 연속선에서 일정한 폭(offset)까지의 변곡점의 좌표 값을 추출한다. 절·성토 면에서의 경사면의 좌표는 지반고와 계획고에 의한 추정 경사면과 만나는 지점까지인데, 이를 자동적으로 추출하기 위해 표준단면도 형태의 기본도를 이용하였다. 이 기본도는 벡터자료형으로 지형 단면과 overlap하여 횡단의 변곡점을 추출한다. 횡단의 횡단이 추출되면 이를 이용하여 각주 공식에 의해 토공량을 계산하여 토적곡선을 그리고, 이를 토대로 공사비를 추정할 수 있다.

## Ⅳ. 결론

수리조직은 수리시설물이 계층적으로 연결되어 있어 객체지향의 개념과 잘 일치한다. 수리조직의 설계는 최적의 관개시스템을 구성할 때까지 여러 대안의 작성, 비교, 평가를 거치므로 설계정보를 객체에 정의하여 시스템에 이용한다면 수리시설물 설계에 용이 할 것이다. 본 연구는 수리시설물 설계를 대상으로 설계 대상 지역에 대한 3차원 모델링 후 수리시설물의 노선을 결정하고, 노선에 대한 종횡단면도와 토공량 등의 설계 자료를 산출하고, 그 결과가 유기적으로 연결되고 재 이용될 수 있는 시스템을 객체지향기술을 이용하여 개발하였다.

본 연구의 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

- 수리시설물을 통합설계시스템이 갖추어야 할 사항인 설계 대상지구의 시설물의 배치(layout design), 종·횡단 설계과정, 그리고 수량의 산출, 공사비의 추출과정을 지원을 위한 3차원 지형을 모델링 하였다.
- 지형정보를 3차원 모델링하여 수치지도로 변환은 Delaunay 알고리듬에 의한 TIN을 이용하며 모델링한 결과 시설물의 종·횡방향 설계가 가능하였다.
- TIN의 구성은 등고선만 이용하는 것보다 등고선과 하천, 도로 자료를 이용하는 것이 더 정

밀함을 알았다.

· 횡단면도를 작성하기 위한 변곡점의 추출은 표준단면도를 이용함이 효과적임을 알았다.

## 참고문헌


1. 김성아, 1998, 프로세스 지향적 건축설계 지원시스템의 개발, 대한건축학회지, 제14권, 제1호, pp21-28
2. 배연정, 2001, 농업수리구조물 통합설계시스템을 위한 P-C 모델의 적용과 개선, 석사학위논문, 서울대학교
3. 신은영, 김경주, 조문영, 1997, 설계업무 프로세스 모델 구축에 관한 연구 - 실시설계를 중심으로- , 대한건축학회지, 제15권 제7호, pp99-106
4. 윤성수, 2001, An Integrated Design System For Irrigation Facilities Using Object-Oriented And Evolutionary Structural Optimization Techniques, 박사학위논문, 서울대학교
5. 이재철, 김영민, 김치경, 홍성목, 1999, 구조설계통합시스템을 위한 관점/계층기반 데이터모델, 대한건축학회지, 제15권 제3호, pp47-54
6. 최종현, 1997, 델로니 삼각형 알고리즘을 이용한 불규칙삼각망 생성에 관한 연구, 석사학위논문, 연세대학교
7. Abdalla, G.A., 1989, Object-oriented Principles and Techniques for Computer-Integrated Design, Ph.D. Dissertation, University of California at Berkeley, Califiifornia
8. Howard, H. C., J. A. Abdalla, D. H. Douglas Phan, 1992, Primitive-Composite Approach for Structural Data Modeling, ASCE J. of. Computing in Civil Engineering, Vol.6, No.1, pp19-39