

# 도로 및 철도의 종단선형 탐색을 위한 벡터방식의 Vertical Control Point 처리기법 연구

김정현\* · 한창근\*\*

Kim, Jeong Hyun\*, Han, Chang-Gun\*\*

## Management of Vertical Control Points by Vector Method for Determination of Highway and Railroad Vertical Alignment

### ABSTRACT

There have been noticeable developments for the optimization of the highway and railroad alignments with the IT and computerized tools. The designers expect that all of the quantitative design elements should be considered. This study developed a methodology which can be useful for the vertical alignment design. It provides a accurate "vertical control point" searching method, and makes the vertical alignment optimization more efficiently. The vector method makes the searching faster and calculates more accurate application sections. The results from this method generate more reliable vertical alignments than the conventional raster method for less computation time.

**Key words :** Vertical alignment, Vector method, Alignment optimization

### 초 록

선형 설계 시 고려해야 할 수많은 정량적 또는 정성적인 인자들에 대하여 최신 IT기술을 접목하고 컴퓨터의 빠른 연산기능을 이용하여 단시간에 좀 더 많은 선형을 검토할 수 있는 선형 최적화 기술은 그동안 주목할 만 한 발전을 이루어 왔다. 특히 선형 최적화시 정량적인 설계요소의 정확한 반영과 수준 높은 성과품 출력에 대한 사용자의 요구는 설계기술자의 수준을 요구하는 단계에 이르렀다. 이런 요구사항에 부응하여 본 연구는 종단선형 최적화시 기존의 방식을 탈피한 보다 정밀한 Vertical Control Point(VCP) 적용구간을 탐색하고 설계에 적용할 수 있는 방안을 마련 하였다. 이는 벡터방식을 이용한 VCP처리 기법으로 빠른 탐색 과 정확한 적용구간을 계산해 냄으로서 종전 래스터방식 결과와 비교해 보았을 때 보다 신뢰할 수 있는 종단선형을 도출할 수 있게 되었다. 특히 래스터 방식에 비해 벡터방식을 적용 할 경우 정밀도가 향상 되리라는 것은 주지의 사실이나, 선형최적화 기술의 선결조건인 처리속도를 저하시키지 않고 벡터방식을 적용 하였다는 것이 본 연구의 성과라고 할 수 있다.

**검색어 :** 종단선형, 벡터방식, 선형최적화

## 1. 서론

종단선형 최적화시 지형장애물을 고려한 구조물 설치를 위해서는 현재 작업 중인 평면선형의 지형장애물 통과여부를 판단하는 것은 매우 중요하고 반드시 필요한 정보이다. 단 한 개의 평면선형에 대하여 종단설계를 하는 경우는 평면선형이 지나는 노선 상에 지형장애물

\* 정회원 · 교신저자 · 한국철도기술연구원 책임연구원 (Corresponding Author · Korea Railroad Research Institute · kimjh@krii.re.kr)

\*\* 지엔알테크놀로지 대표 (hcg@korea.com)

Received February 27, 2013/ revised April 2, 2013/ accepted May 8, 2013

존재 여부만 판단하면 된다. 그러나 eiRAIL을 이용하여 노선선정을 할 경우 설계영역과 시중점만 주어진 상태에서 수천-수만 개의 평면선형이 생성되며 각각의 평면선형은 서로 다른 지장물 정보를 가지게 된다. 각각의 지형장애물은 프로젝트 특성상 특정한 종단설계 방식(교량/터널/토공/통과)을 요구한다.

최근에는 인공지능(AI)분야인 유전자 알고리즘과 신경망이론을 적용하여 도로 선형최적화에 관한 연구가 진행되고 있으며, 과거 2차원적인 평면선형 또는 종단선형만을 대상으로 최적화 모형이 개발되었다면, 3차원 최적화 모형의 개발이 이루어지고 있으며 도로의 평면 및 종단선형 등을 동시에 고려하는 방법들이 연구되고 있으며, 대표적으로 2010년에 종료된 국가연구사업인 “친환경·지능형 도로 설계 기술”에서 이러한 연구방법을 통하여 노선 최적화 프로그램을 개발하였다. 종단선형 최적화 시 VCP 적용구간에 대하여 래스터방식을 적용하고 있으며, cell크기에 따른 오차(정확도)의 한계가 있다. 지능형 철도 노선선정 프로그램(eiRAIL)<sup>1)</sup>을 이용하여 선형최적화를 수행하는 것은 컴퓨터 내부에서 수많은 평면선형이 생성되고 각각의 평면선형에 대하여 종단선형 최적화를 수행하는 과정의 반복 작업이라 할 수 있다. 종단선형 최적화시 구조물(교량/터널) 설치의 최적화옵션에서 설정한 질/성토고에 의한 교량터널 설치옵션에 따르는 경우와 평면선형이 지장물(기준도로, 철도, 하천, 건물 등)을 통과하는 경우 종단설계 상 지형장애물 접촉을 피하여 구조물 을 설치 해야하는 두가지 경우가 발생한다.

질/성토고에 의하여 설치되는 구조물은 알고리즘에 의하여 최적화가 진행 되면서 공사비가 낮은 적절한 구조물이 설치되도록 프로그램 내부에서 자동으로 계획고를 설정하지만, 평면상 지장물을 통과하는 부분의 종단상 구조물은 설계자의 의도가 반영된 구조물이 설치되어야 한다는 차이가 있다. 평면선형과 접하는 지형장애물에 대하여 폭, 높이, 통과여유폭등을 사전에 지정(VCP설정)하여 종단선형이 지장물의 간섭을 피하여 원활한 종단계획이 이루어져야 한다(김관중, 2006).

본 연구에서는 이런 설계 요구사항을 만족하기 위하여 수치지형도 엔티티를 이용한 VCP 속성정보를 설정하고 선형 최적화시 빠른 시간 내 관련정보를 획득하여 설계에 반영할 수 있는 방안을 도출 하였다.

## 2. 문헌고찰

토목 분야에서도 지형공간 분석과 연계하여 국내·외적으로 다양한 연구가 진행되고 있으며, 수치지도를 활용한 공간분석을

1) 「지능형 철도 선형 계획 기술 개발」 연구과제의 최종성과품인 지능형 철도 노선 선정 프로그램명으로써, 철도 사업 초기단계에 최적 선형 탐색 및 공사비 산출을 지원하는 프로그램

통하여 도로·철도·교통 등 계획 및 운영관리 업무에 다양하게 적용 하고 있다. Ferris, Ned A.(1990)는 SQL기반에서 도로의 최적노선 선정에 대해 발표하였다.

같은 해 Wang, George Ren-Zheng는 그래프 자료 객체를 이용하여 도로를 표현하고 관리하는 논문을 발표하였다. Tao Fang (1993)는 GIS 자료구조 형식 중 래스터 영상을 이용하여 최적 경로 탐색 모델에 대한 연구 논문을 발표하였다. Mark Hollingshed and Bob Gerlt(1994)는 교통계획, corridor 위치연구, 배수계산, alignment design optimization 등을 포괄적으로 연구하였다.

국내에서도 서용운(1991)은 “GIS기법을 활용한 최적노선선정에 관한 연구”에서 GIS를 이용하여 연구대상지역을 일정한 초기의 정규형 격자로 구분하고, 각 정규형 격자에서 토지이용도, 지가, 경사도 등을 고려하여 얻어진 가중치를 적용하였다. 최가주, 박인철 등(1996)은 교통계획과 연구 분석에서 공간 자료개념을 도입하여 경로 산정 시 누적비용을 고려하지 않고 대안노선을 도출하였다. 이종달(2001) 등은 GIS분석기법과 신경망 알고리즘에 의한 도로 노선결정연구에서 원 데이터를 임의적으로 가공 없이 입력하여 노선선정이 가능한 신경망기법을 제시하였다(이종달, 2001).

## 3. 래스터방식과 벡터방식의 비교

### 3.1 래스터 데이터

#### 3.1.1 래스터 데이터 구조의 개념

래스터 데이터 모델은 그리드 데이터(grid data) 모델이라고도 하며, 벡터 데이터 모델과 더불어 중요한 GIS 데이터 모델이다. 래스터 모델은 지표를 기하학적인 격자 형태로 나누어 공간 현상을 표현한다. 즉 그리드 셀(grid cell)이라고 불리는 정사각형의 최소단위들의 집합으로 공간 현상을 표현하려 고하는데, 일단 특정 크기의 그리드 셀로 특정 지역을 표현하면 그 단위 셀 크기를 변화하지 않는다.

#### 3.1.2 래스터 데이터 구조의 특징

래스터 데이터 구조의 장점은 첫째로, 공간을 표현함에 있어서 상대적으로 구조가 단순하다. 각 셀에 하나의 숫자를 가진 그리드 셀로 표현되므로, 복잡한 실세계의 공간현상을 쉽게 개념화함으로써 보다 손쉽게 효율적으로 공간 분포와 패턴을 인식할 수 있다. 또한 실생활에 존재하는 다양한 데이터를 바로 래스터 데이터 구조로 변환할 수 있다.

둘째로, 래스터 데이터 구조를 이용하여 손쉬운 연산처리가 가능하다. 각 셀에 속성 값은 코드화되었기 때문에 지도 중첩이나 근접 등의 공간분석 기능을 쉽고 빠르게 처리할 수 있다.

이와는 상대적으로 래스터 데이터 구조의 단점은 첫째, 래스터

Table 1. Comparison Between Vector Data and Raster Data

	Vector Data	Raster Data
Dats Structure	Arbitrary expression possible comprehensive structure	Constant square shape (supprot compressed file) simple data structure
Accuracy	Depend on basic map	Depend on cell
Spatial Data Type	Point, Line, Polygon	Cell area unit only
Link w/Attribute Data	Can link point, line, area separately w/ spatial data	Cannot link by cell unit w/ spatial data
Amount of Data	Depend on the amount of spatial data	Depend on the size and the accuracy of figure
Zoom In/Out	No change by zoon in/out	Rough rendering by zoom in/out
Selective Magagement	Possible to manage/output user selected data item(s)	Can manage by whole figure
Spatial Analysis	Require comprehensive programming	Simple
Network Analysis	Layered data view	Flatten data view

데이터 모델은 시각적 효과도 떨어지며 공간적으로 부정확하다.

둘째, 일반화에 의해 발생한 공간적 부정확성이 발생하며, 공간 정확도가 낮기 때문에 이로 인해 거리 측정이나 지역에 대한 면적 측정 등의 어려움이 있다.

셋째, 벡터 데이터 모델과 비교해볼 때 상대적으로 해상력이 낮다. 해상력을 높이기 위해 아주 많은 숫자의 셀을 사용하는 경우 해상력은 좋아질 수 있지만 그래픽 자료의 양이 훨씬 많아져 많은 저장용량이 요구되면서도 만족할만한 정확도는 제공하지 못한다 (한창근 등, 1999).

### 3.2 벡터 데이터

#### 3.2.1 벡터 데이터 구조의 개념

벡터 데이터 모델은 지도상에 공간현상을 표현할 때 공간차원 (spatial dimension)이라는 개념을 토대로 하고 있으며, 이에 근거하여 0, 1, 2, 3차원 공간 유형을 일반화한다. 이렇게 일반화된 공간 유형들은 각각 관련 속성들을 가지고 있으며 어떤 경우는 같은 저장 공간에서, 어떤 경우는 분리된 저장 공간에 유지 관리된다.

#### 3.2.2 벡터데이터 구조의 특징

벡터 데이터 구조의 장점은 첫째, 좀 더 지도와 비슷하고, 시각적 효과가 높으며, 복잡한 현실세계의 묘사가 가능하다.

둘째, 벡터 데이터 모델은 고해상력을 지원하때문에 결과물을 보다 상세하게 표현할 수 있으며, 높은 공간적 정확성을 제공한다.

셋째, 벡터 데이터 모델은 저장 공간을 적게 차지하며, 래스터 데이터 구조에 비해 저장능력이 우수하다.

넷째, 공간객체에 대한 속성정보의 추출, 일반화, 갱신이 매우 용이하다.

벡터 데이터 구조의 단점은 첫째, 벡터 데이터 구조는 복잡하며,

래스터 데이터 구조보다 관리하기가 어렵다.

둘째, 래스터 데이터의 경우 데이터를 수정하는 경우 특성 셀의 값을 지우고 새로운 값을 입력하면 되지만, 벡터 데이터의 경우 노드와 벡터 좌표와 긴 배열로 저장되어 있어 좌표값과 연결성 등을 수정하여야 하기 때문에 벡터 데이터 모델은 보다 기술적인 지식을 요구한다(Antenucci, 1991).

## 4. 기존 래스터방식 VCP 탐색방법

지형분석을 통한 선형 탐색 기법에 적용되는 지장물 등은 한 개 이상의 인접한 셀(cell)들로 이루어진다. 하나의 선형에 지장물들 간의 교차점에 해당하는 객체는 다수가 존재할 수 있고, 동일 객체에 속한 모든 셀들에 고유한 번호를 매기는 작업을 레이블링이라고 한다. 동일 객체를 정확히 파악해내야 교차점을 구할 시 동일 객체 내에서만 교차 시중점을 구할 수 있다.

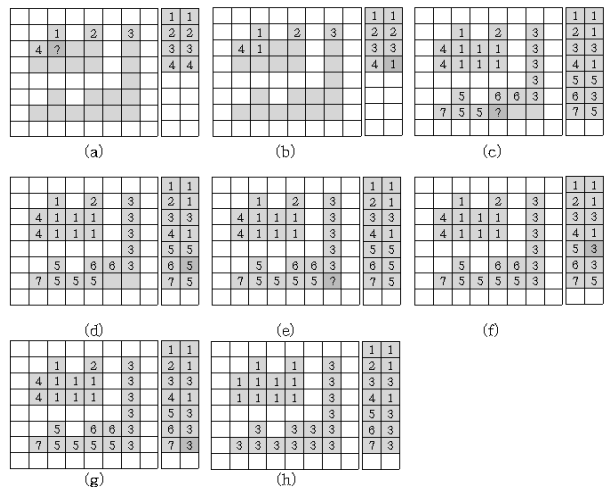


Fig. 1. Process of Grid Labeling Technique Application

그리드분석을 통한 VCP 처리 기법은 등가 테이블을 만들면서 모든 교차점 셀들을 두 번 스캔함으로써 레이블링을 수행한다. 스캔은 분석된 그리드 중에서 계획선형과 지장물들간의 교차된 셀들을 차례대로 모두 방문하는 것을 의미한다. 레이블링 기법의 첫 번째 스캔에서는 교차된 셀들을 저장된 순서대로 방문하면서 객체에 해당하는 셀인 경우 레이블을 지정한다. 이 때, 객체에 해당하는 셀의 이웃 셀 중 이미 스캔이 된 세 개의 이웃 셀의 레이블 정보를 검사하여 해당 셀의 레이블을 지정한다. 이미 스캔이 된 세개의 이웃 셀의 레이블은 네 가지 경우로 분류할 수 있다.

첫째로, 세 개의 이웃 셀에 레이블이 존재하지 않은 경우는 새로운 레이블을 지정하고, 자기 자신의 레이블을 가리키는 새 등가 테이블 항목을 생성한다. 둘째로, 세 개의 이웃 셀 중 하나에만 레이블이 존재하는 경우는 이웃 셀과 동일한 레이블을 지정한다. 셋째로, 세 개의 이웃 셀 모두에 레이블이 존재하며, 서로 동일한 레이블인 경우는 이웃 셀과 동일한 레이블을 지정한다. 넷째로, 세 개의 이웃 셀 모두에 레이블이 존재하며, 서로 다른 레이블인 경우는 세 개의 레이블 중 가장 작은 번호의 레이블을 지정하고, 세 개의 레이블 중 큰 두 개의 번호의 레이블이 작은 번호의 레이블을 가리키도록 등가 테이블을 조정한다. 위의 첫 번째 경우 세 개의 이웃 셀에 레이블이 존재하지 않는다는 것은 세 개의 이웃 셀이 객체가 아닌 것임을 의미한다.

위와 같은 작업을 수행하면서 모든 셀을 방문하면 첫 번째 스캔이 완료된다. 첫 번째 스캔이 완료되면 등가 테이블을 정리하는 작업이 필요하다. 등가 테이블을 정리해야 하는 이유는 이웃 셀들이 동일한 레이블을 가져야 하기 때문이다. 등가 테이블에 존재하는 두 개의 레이블 쌍(Llarge, Lsmall)이 서로 다른 경우, Lsmall의 값을 Eq(Lsmall)으로 변경해주어야 한다. 이때 함수 Eq(L)은 등가 테이블에서 레이블 L이 가리키고 있는 레이블을 반환하는 함수이다. 레이블링 기법에서 두 번째 스캔에서는 등가 테이블을 참조하여 객체에 해당하는 셀에 고유한 레이블을 부여한다. 즉 객체에 해당하는 셀에 현재 매겨진 레이블 번호가 Lk라면, 등가 테이블을 참조하여 Eq(Lk)값을 새 레이블로 할당한다. 모든 객체 셀에 대하여 새로운 레이블을 할당하면 레이블링이 완료된다. 위에서 설명된 레이블링 기법의 적용 절차를 나타낸 것이다.

위에서 계획선형과 지장물들과의 교차지점을 레이블링 기법으로 객체로부터 나온 셀에 레이블을 할당함으로써 특정 객체의 셀들로 분류를 할 수 있었다. 이로써 특정 지장물에 대해 계획선형이 지나가는 위치에 교량이 설치될 수 있음이 명확하게 구분되었다.

위에서 설명된 계획선형과 교차 분류된 특정 지장물에 포함된 셀들로부터 VCP의 시점과 종점을 검출하여야 한다. 교차된 셀들을 도로선형 위의 수직 좌표로 나타내었을 때, 하나의 지형장애물에 속해있는 모든 셀들의 그룹에서 가장 먼 거리의 두 셀이 VCP의

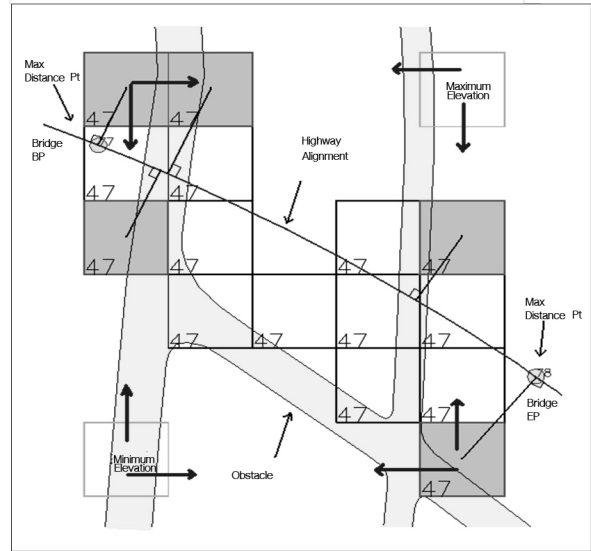


Fig. 2. Determination of Beginning and Ending Point from Edge Cells

시점과 종점부분이 된다. 즉, 계획선형의 시점에서 가까운 셀의 수직좌표가 VCP의 시점이 되고, 계획선형의 시점에서 먼 셀의 수직좌표가 VCP의 종점이 된다.

여기에서 모든 셀들의 거리를 구하기 위해  $N2(N$ 은 셀의 개수)만큼 계산하게 되면, 속도가 저하되므로 교차된 셀들 중 실제로 계산에 필요한 최외각 셀이 될 후보를 결정한다. 최외각에 위치한 최저 X, Y 좌표 셀, 최고 X, Y 좌표 셀에 속해 있는 셀들인 4개의 모서리에서 상하좌우 방향으로 뻗어나가면서 처음 만나는 셀을 최외각 셀의 후보로 결정한다. 결정된 후보 셀들의 중심점에서 도로선형 위의 수직점을 찾고, 그 수직점 간에 거리가 가장 먼 두 수직점을 찾아낸 지점이 VCP의 시점과 종점이 된다.

## 5. 벡터방식 VCP 탐색방법

최적화시 수많은 평면선형에 대하여 사용자의 설계의도가 반영된 종단선형을 도출 하기 위하여 내부적으로 생성된 현재 평면선형이 사용자가 설정한 VCP 통과여부를 판단하는 과정이 반드시 필요하다. 이 과정에 소요되는 컴퓨터 계산시간이 전체 최적화 과정에서 차지하는 비율이 상당히여 조금이라도 연산시간을 줄이려고 비록 오차는 발생하지만 그리드분석을 이용한 라스타방식을 적용하여 VCP정보를 구하였다. 그러나 본 연구에서는 VCP를 AutoCAD의 폴리라인으로 입력하고 각각의 버텍스에 속성(설계자의 의도)을 부여하여 최적화시 빠른탐색 알고리즘을 적용하여 종단선형 구성시 구조물설치의 정확성과 속도를 높이는데 중점을 두었으며 종전의 라스타방식을 탈피한 새로운 VCP 접근방법을

구현 하였다.

VCP설정은 2단계로 나누어 입력할 수 있다. 1단계로 VCP에 해당하는 하천, 도로, 철도, 기타 지장물 등에 대하여 먼저 폴리라인을 구성한다. 이때 폴리라인 각각의 벡스는 지장물의 중심을 지정하고 VCP의 항목, 저항 값, 표시칼라를 설정한다. 설계영역의 모든 하천, 도로, 철도에 대하여 VCP입력을 완료한 후 2단계로 1단계에서 입력한 폴리라인에 대하여 각 벡스별로 좌우 폭 및 계획고, 선형통과 시 통과방법 등을 설정한다.

eiRAIL에서 VCP처리의 기본단위는 VCP를 구성하는 폴리라인의 벡스로부터 출발한다. 좀더 정밀한 VCP설정을 원하면 1단계 입력시 VCP의 폴리라인의 벡스 간격을 조밀하게 구성하면 미세설정이 가능하다. 단 데이터 구성 시 소요되는 입력시간과 최적화 효율성을 전체적으로 감안하여 폴리라인 벡스 간격은 적당히 조절 되어야 한다. 1단계 입력 시 설정한 VCP는 폭이 없는 중심점만 가지고 있는 폴리라인이다. 이 폴리라인의 벡스는 번호순으로 나열 되는데 각각의 벡스별로 좌우 폭과 종단선형 통과시 통과 계획고, 여유높이 및 통과방법 등을 상세 설정 한다.

계획고의 설정은 직접 EL값을 상수로 설정 할 수 있으며 계획고 높이에 @를 먼저 입력한 후 이어서 EL값이 설정되면 종단선형이 해당 VCP 벡스를 통과할 경우 종단지반 높이에서 EL값만큼 이격하여 통과하도록 설정한다는 의미이다. 또한 @-EL 값을 설정 하면 종단지반 높이에서 EL값만큼 계획고를 낮추어 터널로 통과 하도록 설정 할 수 있다. 계획고 설정부분은 종단선형 결정에 있어 상당히 중요한 정보 이므로 설정 시 매우 신중하게 고려해야 한다. VCP 통과방법으로 교량, 터널 토공중 하나를 설정할 수 있으며 평면선형이 어느 벡스 부분을 통과 할지 모르는 관계로 각 벡스 별로 통과방법이 서로 상이할 설계를 원할 경우에는 각각 다르게 설정 하여야 한다.

Fig. 3은 평면선형과 VCP와의 교차발생 여부를 체크하는 방법을 순서대로 도식화 하였다. VCP레과 측정점 배열을 구성하는 이유는 선형중심 폴리라인과 VCP폴리라인과의 교차여부를 빠르게 확인하기 위함이다. 두 폴리라인은 벡스들의 집합으로 이루어진 관계로 두 엔티티의 교차점 발생여부를 체크하는 원칙적인 방법은 각각의 벡스를 선분으로 하여 상대 엔티티의 선분과 교차여부를 일일이 확인하는 방법이 있다. 이 방법을 수백, 수천 개에 달하는 모든 VCP 에 대하여 적용 하였을 경우 VCP 탐색시간 이 길어진다는 단점이 있다.

본 연구에서는 두 렉간의 교차 혹은 완전포함 여부만 일단 체크하여 두가지 경우에 해당이 되지 않는 VCP는 일단 교차발생 가능성이 없다고 판단한다. 두 렉이 교차 또는 완전포함이라도 두 폴리라인이 교차한다고 판단할 수 없는 관계로 위에서 언급한 원칙적인 방법에 의하여 구체적인 교점을 구한다. 교점이 1개 이상 일 경우는 VCP가

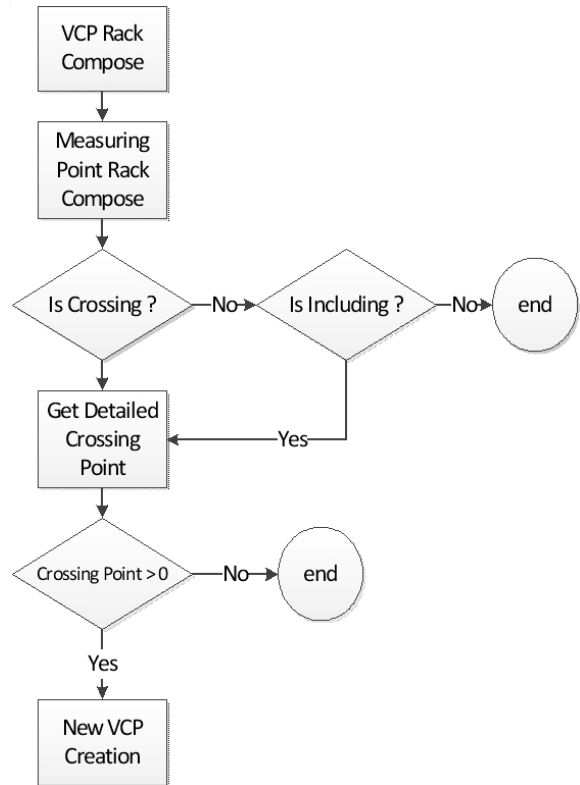


Fig. 3. Flow of VCP Application

발생 하였다고 판단한다. 이 방식의 서치 효율성을 제고 하기 위한 일환으로 VCP 입력시점에서의 레포인트 배열 구성 및 측정 포인트 배열의 적절한 배분 등을 다양한 테스트를 통하여 설정 하였다.

## 6. VCP 적용구간 계산방법

선형 중심선과 VCP와의 교차점이 1개 이상일 경우는 종단선형상 VCP 처리를 하여야 한다. 모든 VCP는 시중점을 가지므로 VCP탐색에서 구해진 교차점을 이용하여 VCP적용구간을 계산한다.

먼저 측정포인트 1, 2와 교차가 발생한 벡스 1, 2를 구한 후 교차점(Crosspt)을 획득한다. VCP의 벡스는 좌우측 폭을 가지며 두폭이 서로 다를수 있으므로 교차지점의 VCP 좌우폭을 보간한다. Fig. 4 와 같이 보다 정확한 VCP 적용구간을 구하기 위하여 교차가 발생한 선형라인과 VCP 라인에서 Vcp Skew를 구한다.

Vcp Skew를 위에서 구한 보간 좌우폭에 적용하여 측정점을 구성 할 VCP 좌우 폭을 재계산 한다. 최종 VCP 좌우폭이 구해지면 교차점에 해당하는 측정번호를 구한 후 점1(Stapt1), 점2(Stapt2), 점3(VtxNo2)의 클럭와이즈를 고려하여 VCP 적용구간 측정번호를 계산한다.

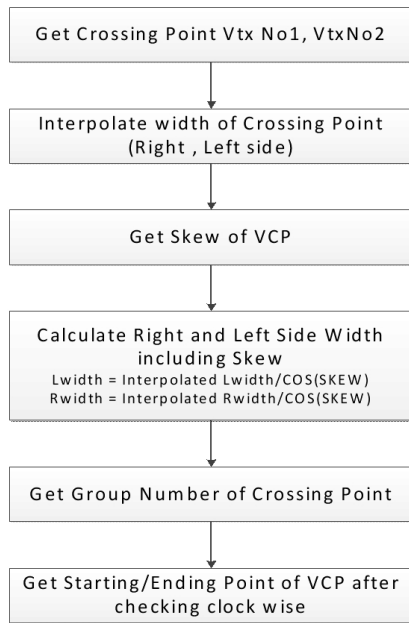


Fig. 4. Flow of Search for VCP Application Section

### 7. VCP적용 시 탐색결과 비교

평면선형 상에 하천과 기존도로가 존재 할 경우 각 지장물에 대해 지반에서 6m 이격하여 교량으로 통과하도록 VCP설정을 하였다. 하천 폭은 50m이고 기존도로 폭은 20m이다. 전체 설계영역은 60km x 60km이고 PC의 메모리를 고려하여 래스터 분석을 위한 그리드 셀 사이즈는 20m로 설정한다(20m일 경우 셀의 갯수는 9백만개이고 10m일 경우는 3천6백만개가 된다).

Fig. 5은 벡터방식과 래스터 방식을 각각 적용 하였을 경우 보여지는 결과 화면이다.

종단선형을 비교 하였을 때 벡터방식을 적용한 VCP 적용구간은 정확하게 구하였지만 래스터방식을 적용한 VCP의 적용구간은 각각 19m와 20m의 오차가 발생 하였음을 확인할 수 있다.

래스터방식은 공간해석이 매우 단순하여 셀 단위로 정보를 나타내는 구조적 한계를 가진다.

이는 Fig. 5에서 보는바와 같이 두가지 방식의 처리방법의 차이점에 따라 발생하는 당연한 결과이다. 아래 래스터방식의 하천통과시 VCP 적용구간 획득 확대그림을 보면 계획선형 중심이 지나가는 하천정보 셀은 모두 4개임을 확인할 수 있다. 반면에 벡터방식의 VCP적용구간 획득은 두라인의 교차점을 정확하게 구하는 것을 알 수 있다.

두 방식을 각각 적용하여 출력된 종단면도의 교량 연장은 래스터 방식 B1=73m, B2=40m, 벡터방식 B1=54m, B2=21m 로 상당한 차이가 있음을 보여준다. 결과적으로 래스터방식을 이용한 VCP적

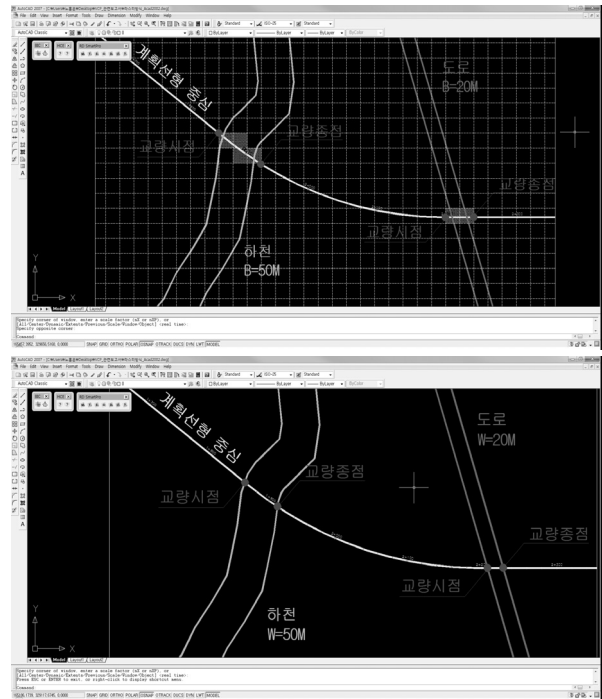


Fig. 5. VCP Application Sections by Rater Method and Vector Method

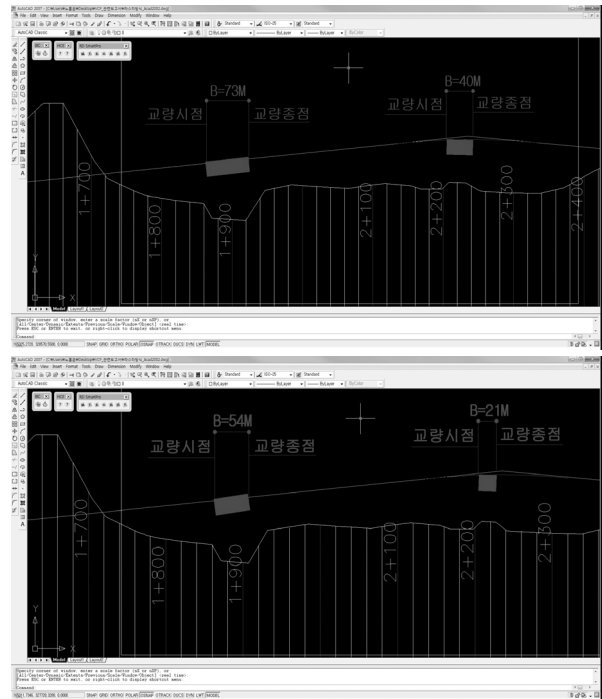


Fig. 6. VCP Profiles by Rater Method and Vector Method

용구간 계산은 설계영역이 넓고 그리드 셀사이즈가 크면 클수록 더 많은 오차가 발생함을 알 수 있다.

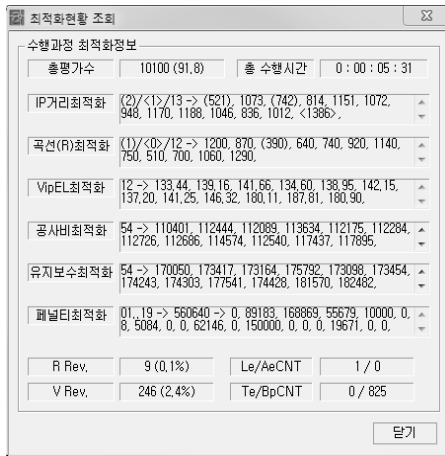


Fig. 7. View of Optima Search Process



Fig. 9. Elapsed Time of Vector Method



Fig. 8. Elapsed Time of Rater Method

## 8. 수행속도 분석

EiRAIL을 이용한 선형 최적화시 두 방식의 수행속도를 정확하게 측정하기 위하여 모듈별 수행속도 분석 PILOT 프로그램을 제작하였다. 먼저 래스터방식의 최적화현황 조회화면을 보면 총 10,100 개의 선형을 평가하고 5분 31초의 시간이 소요 되었음을 알 수 있다. 이어서 수행시간 분석화면의 No.3 VCP서치 소요시간을 보면 40.05초로 기록되며 전체 최적화 소요시간의 12.1%를 차지하고 있음을 확인 할 수 있다.

그럼에도 불구하고 두방식의 전체 최적화 시간이 크게 차이가 나지 않고, 벡터방식 VCP시중점의 정확성을 감안하면 벡터방식 적용시 수행시간 분석 내용은 의미가 크다고 판단된다.

단, Table 2에서 나타나는 수행시간 분석자료는 오직 최적화 프로그램의 런타임 시간만을 나타낸다. 프로그램을 수행하여 벡터

Table 2. Comparison of Elapsed Time

	Raster	Vector
No. of alignments	10,100	10,100
Total elapsed Time (A)	331.2 sec	336.0 sec
VCP searching time (B)	40.05 sec	4.09 sec
B/A	12.1%	1.2%
Elapsed time / alignment	32.8 millisec	33.2 millisec

방식의 VCP정보를 가져오기 위해서는 사전에 AutoCAD상에서 VCP와 관련된 폴리라인을 입력하고 폭과 높이를 지정해 주는 등의 일련의 작업이 선행 되어야 한다. 이 과정은 분명히 래스터방식에 비해 번거롭고 데이터 구성시간 역시 AutoCAD를 다루는 숙련도에 따라 개인차가 크겠지만 결코 간단한 작업은 아닐것으로 판단된다. 그러나 이러한 과정에서 설계자의 의도가 반영되어 선택적인 자료 입력이 가능 한 관계로 그 또한 전체 최적화 속도를 높이는 결과를 가져 올 것이다.

## 9. 결론

래스터방식의 VCP 적용방안은 설계영역이 작고 선형연장이 짧은 경우 그리드 셀 사이즈를 2-3m로 설정하여 VCP 적용구간의 발생오차가 작고 설계상 무시해도 좋을 경우 또는 셀 크기가 클 경우에는 사용 가능하다. 그러나 설계영역이 확장되고 정밀도를 유지 하기위해 셀의 개수가 많을 경우는 보다 정확한 VCP 적용구간을 구하기 위하여 선형라인과 지장물 라인의 교점을 직접 구하는 벡터방식의 탐색방법을 적용하는 것이 유리하다.

두 방식의 VCP적용 처리속도는 얼마나 빠른 지장물 검색이 가능한가에 달렸는데 검색속도는 두 방식의 데이터 양에 의존하며

본 연구에서는 효율성을 고려한 검색 알고리즘을 적용하여 두 방법 적용 시 전체 최적화 속도치는 거의 없는 것으로 나타났으나, 래스터 방식의 데이터 양은 영역의 크기와 정밀도(셀사이즈)에 의해 기하급수적으로 늘어나는 특징을 가진다. 반면 벡터방식은 설계에 영향을 미치는 지장물 정보인 공간 데이터 양에 의존 되지만 수치지도상 수많은 정보 중 설계자가 선별적으로 입력할 수 있는 여지가 있다.

벡터방식의 VCP설정시 소요되는 데이터 입력시간은 레이어별로 설정하는 래스터방식에 비해 시간이 더 소요될 것으로 예상되지만 선별적 입력 및 VCP 적용구간의 정확성을 고려하면 벡터방식의 탐색 방법 적용이 바람직할 것으로 판단된다.

향후 벡터방식의 지장물 입력데이터 구성을 좀더 쉽고 간편하고, 빠르게 구성 할 수 있는 사용자 인터페이스개선이 이루어진다면 보다 효율적인 알고리즘 수행이 이루어질 것이다.

## References

- Antenucci, John C. (1991). Geographic information systems, Chapman & Hall, N.Y., U.S.A.
- Han, C. B., Chang, Y. G. and Kang, I. J. (1999). *Determination of optimal alignment using geographic information system for roadway design*, Urban Research Report, Pusan National University, Vol. 8, pp. 83-92 (in Korean).
- Kim, K. J. (2006). "A study on the comparison of determination method for optimal roadway route." *Journal of the Korean Society of Road Engineers, Korean Society of Road Engineers*, Vol. 30, No. 8-4, pp. 159-179 (in Korean).
- Lee, J. D. (2001). "Route development using gis and neural networks." *Journal of KSCE, KSCE*, Vol. 21-4, pp. 393-404 (in Korean).