

### 3차원 지형정보를 이용한 최적노선 선정 Selection of The Optimal Line using 3D GIS

한병철<sup>1)</sup> · 최 현<sup>2)</sup> · 강상윤<sup>3)</sup> · 강인준<sup>4)</sup>

Han, Byoung Cheol · Kang, Sang Yun · Choi, Hyun · Kang, In Joon

<sup>1)</sup> 부산대학교 토목공학과 석사과정(E-mail:abyss21c@hotmail.com)

<sup>2)</sup> 부산대학교 생산기술연구소 특별연구원 공학박사(E-mail:xhyun@pusan.ac.kr)

<sup>3)</sup> 부산지방 국토관리청 도로시설부 도로계획과 계장(E-mail:ksy5181@moct.go.kr)

<sup>4)</sup> 부산대학교 토목공학과 교수(E-mail:kangprof@hanmail.net)

#### Abstract

Roads which were not considered conditions such as capacity of the traffic have made seriously traffic problems and complex road lines. Construction of new roads have to make efficiently for solving the above problems and gain benefits. Simulation using 3D-GIS help find a matter of the design and do understanding users who work in the practical businesses. This study is showed selection of the optimal road line based on 3D-GIS through the traffic modeling.

## 1. 서 론

과거의 도로 계획은 도로망의 거미줄화 뿐만 아니라, 도로 상호간의 통행량 중복으로 인해 효율성이 떨어지는 결과를 초래하였다. 특히 기존도로와의 접근성, 통행량을 무시한 설계는 비용 대 효율의 측면에서 상당히 불합리한 결과를 나타내며, 도심지 교통량 적체 현상의 주 원인이라 할 수 있겠다. 새로운 도로의 건설은 우선적으로 모든 조건(예를 들어 비용, 현재 차량의 소통량, 장애의 교통 수요량을 고려)에 부합하여야 하며, 적합한 노선 선정에 따른 도로건설로 최대의 이익을 산출해 낼 수 있어야 한다. 이러한 조건을 충족시키기 위해서는 프로젝트 초기단계에서 세밀한 계획이 요구되며, 결과적으로 많은 비용과 시간을 절약할 수 있게 된다. 특히 3차원-GIS로 인한 시각적인 시뮬레이션은 초기설계상의 허점을 발견할 수 있을 뿐만 아니라, 사용자 및 실무자의 빠른 이해와 효율적인 의사 결정을 도모할 수 있게 된다.

본 연구에서는 3차원 지형정보 기반에 따른 통행발생 모델링을 제시하여 최적 노선을 선정하고자 한다.

## 2. 이론

### 2.1 3D-GIS

1990년대에 컴퓨터의 급속한 발달과 효율의 증진을 위해 3차원 지리정보시스템의 연구가 활발히 이루어졌다. 단순한 시각적 효과로써의 3차원이 아닌, 실제 좌표 데이터의 처리 및 공간분석 데이터 변환의 필요성이 강조된 것이 사실이다. DEM(Digital Elevation Model)과 같은 정형화된 고도 데이터의 3차원 가시화 및 지형분석은 많이 이루어지고 있으나, 통합 환경에서 도심지의 인공지형지물(즉, 도로 및 고가

빌딩)과 자연지형지물에 대한 복합적인 3차원 공간 분석은 드문 현실이다.

그러나 데스크탑, HPC를 비롯한 퍼스널 컴퓨터의 급진적인 발달로 인해 현재 세계적으로 3차원 GIS가 연구되어지고 있고, 그에 맞는 대용량의 데이터베이스 연구가 한창이다. 도시를 구성하는 요소들의 형태와 속성을 3차원으로 구축하면 도시계획, 행정, 공공서비스, 환경, 교통, 건설, 제조, 금융, 매체산업 등 다양한 분야의 핵심적인 분석에 중요 역할을 하기 때문이다. 국내에서도 많은 연구를 시도하고 있지만 아직 초보적인 수준에 머물러 있고 기술발전이 이루어지지 않는다면 해외 기술과 제품에 의존해야 하는 것이 현실이다. 해외는 국내보다 좀더 깊이 있는 연구가 이루어지고 있는 상황이지만 3차원 시물레이션 기술개발을 통한 각종 분석 사례는 미흡하다고 할 수 있다.

먼저, 기술개발을 위해 필요한 사항은 거대한 용량의 데이터를 다룰 수 있는 데이터베이스 설계가 이루어져야 하고 또 고속 시물레이션 시 생기는 속도의 저하를 해결할 수 있어야만 한다. 현재 국내에서 해결한 사례는 없고 해외에는 그와 유사한 사례가 있지만 고가의 SGI장비, UNIX 기반에서 수행되는 것이어서 시스템 구축에 비용이 많이 든다.

그러므로 이 같은 3차원 데이터를 모두 처리한다는 것은 현실적으로 무리가 따르므로, 저가의 PC기반에서 사용 가능하고, 대용량 데이터의 처리가 원활하게 이루어지는 시물레이션 기술개발이 필요하다.

## 2.2 교통수요의 예측

최적화조건(평형조건)과 관련한 워드롭의 가정에 의해 이용자 평형배분법과 시스템 평형 배분법의 두 가지가 있다. 워드롭은 잉여자 균형상태의 경우 교통망 내 모든 이용자가 결로 이용에 대해서 주체적으로 인식한다는 가정 하에서 출발하여 노선선택 과정에서 이용자 형태와 관련하여 두 가지 원칙을 제시하였다. 본 연구에서는 정태적 모형중 이용자 평형배분법을 적용하였다.

$$\text{목적함수} : \text{Min} \sum_a \int_0^{V_a} C_a(V) dV$$

$$\text{제약조건} : \sum_{\gamma} T_{ij}^{\gamma} = T_{ij}$$

$$T_{ij}^{\gamma} \geq 0$$

$$V_a = \sum_i \sum_j \sum_{\gamma} T_{ij}^{\gamma} \delta_{ij}^{\gamma a}$$

$C_a(V)$  = 링크 a의 통행비용함수

$T_{ij}^{\gamma}$  = i→j로의 통행항중  $\gamma$ 번째 경로를 이용하는 통행량

$T_{ij}$  = i→j로의 총 통행량

$\delta_{ij}^{\gamma a}$  = 링크 a가 i→j로의 총 통행량

그렇지 않으면 0

도로건설사업의 경우 교통수용예측은 일정 수준 신뢰도를 확보할 수 있다고 인정되는 개통 후 20년을 시간적 범위로 하는 것이 일반적이므로 표 1과 같은 모델링을 제시하였다.

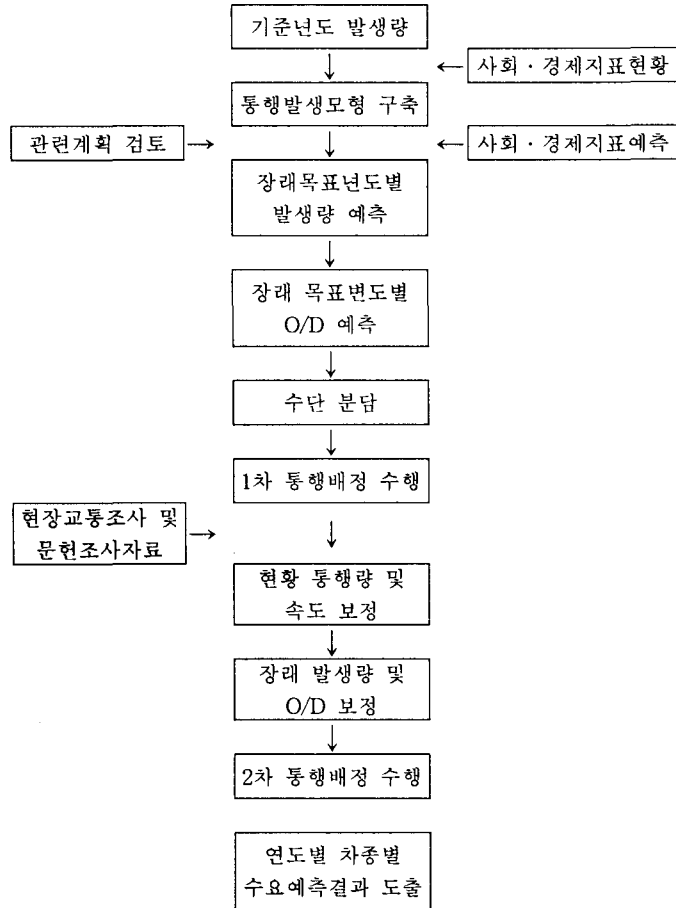


표 1. 교통 수요 모델링

### 2.3 노선 계획

최적노선선정 시 도로노선은 다양한 자료와 객관적인 분석을 토대로 하여 최적노선대를 선정하고 최적노선을 선정하는 업무처리 단계를 거치게 된다. 타당성조사 및 기본 계획에서 결정된 최적 노선대안에서 각 비교노선의 경제성, 시공성, 환경성 등을 평가하여 최적노선을 선정한다. 1:1,000지형도상에서 선정된 최적노선대의 범위 내에서 도로 등급에 부응할 수 있는 설계 기준을 설정하고 현지답사를 거쳐 1:10,000 지형도상에 비교 노선 대안을 도출한다. 이 비교 노선 대안을 경제적, 기술적, 환경적 측면에서 비교 평가하여 최적 노선을 선정한다.

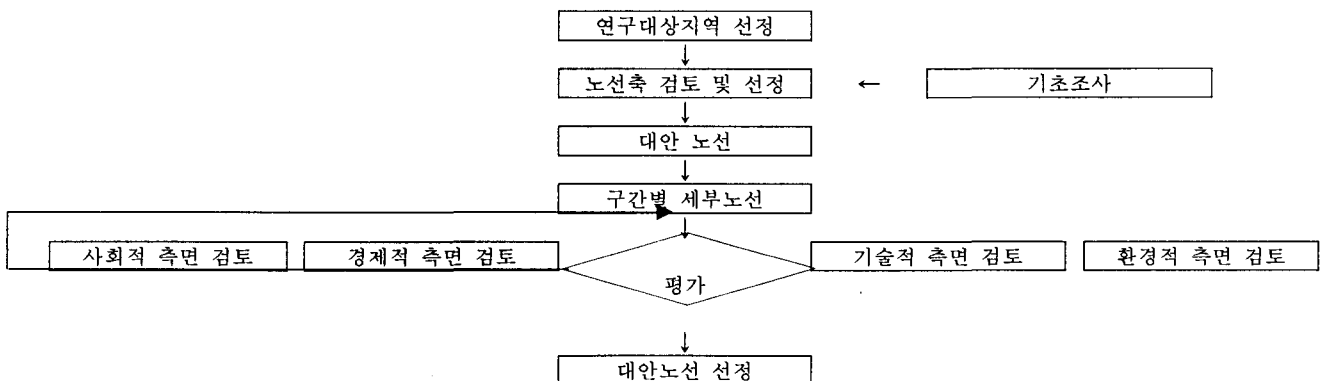


표 2. 대안노선 선정 과정

### 3. 모델링

#### 3.1 연구대상지역

본 연구는 부산광역시 금정구 장전동(중앙로) 지역에서 북구 화명동(다대항배후지역)지역을 경유하는 외부순환도로의 기능을 담당하는 주간선도로로서 산성터널에서 장전동 중앙로로 연결되는 접속도로 노선을 선정하였다.

#### 3.2 대상지의 지형 재현

본 연구에서는 사실적인 지형의 재현을 위해 불규칙 삼각망모델을 사용하였다. 3차원 GIS를 적용하기 위해서는 연구대상지역의 고도값이 필요하므로 TIN망을 만든 후 각 vertex의 x,y좌표값의 z값을 추출하였고, 지형의 완성도를 확인하기 위하여 그림 1과 같이 3차원 렌더링을 하여 완성도를 확인하였다.

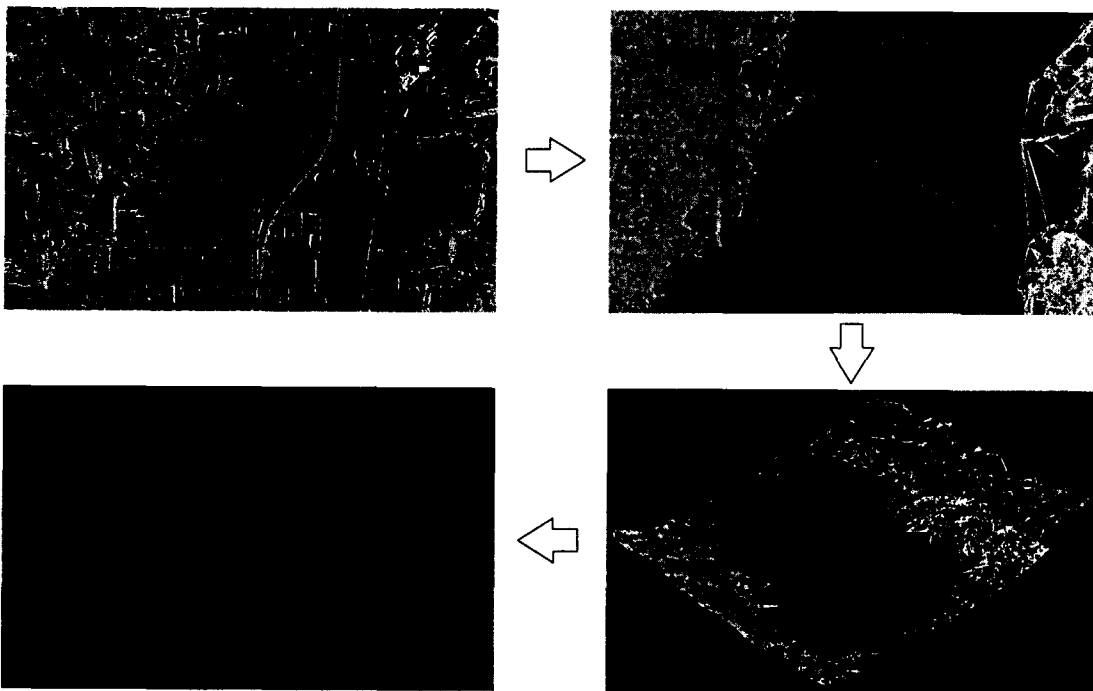


그림 1. DEM 추출 절차

#### 3.3 구조물 및 도로의 설계

기존의 설계된 도로에 대한 3차원 모델링을 위한 자료구축은 1:1,000 수치지형도상의 도로를 바탕으로 구축하였다. 기존도로 및 교량에 대한 노선선정 방식을 간단히 정리하면, 먼저 도로 중심선의 3차원 좌표를 수치지도에서 구하고, 그림 2와 같이 도로 횡단면의 경사를 고려하여 도로중심 선형에 의해 도로의 바깥쪽 좌표가 설정되게 폴리곤을 형성한다.

도로형상의 생성에서 폴리곤의 간격은 종방향의 커브나 기복이 심한 곳은 간격이 좁게, 변화가 적은 곳은 간격을 넓게 하는 것이 이상적이다. 따라서 본 연구에서는 5m 간격의 삼각망을 구성하였고 변화가 적은 곳에서는 10m 간격으로 삼각망이 구성되도록 설정하였다. 그 결과 1km당 대략 200개에서 1,000개의 삼각망이 형성되었다. 도로 주행기법에서 도로의 차선은 도로 설계의 평가 검토에서 특히 중요한 요소이다.

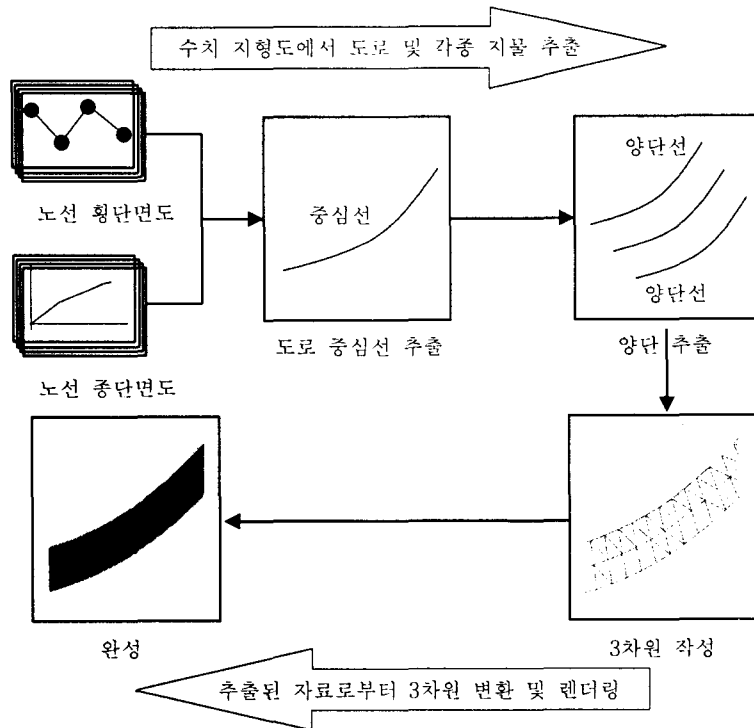


그림 2. 도로지역의 3차원 구성절차

일반적으로 수치지도나 항공사진으로는 도로의 명확한 차선을 알 수가 없기 때문에 현장 답사를 통하여 데이터 자료로 구축하였다. 차선의 중심위치를 나타내는 선에 적절한 단면형상을 부여하고, 3차원 모델을 구성하였다. 그리고 마지막으로 도로와 관련된 여러 가지 부대시설 이른바 가로등, 가로수, 중앙분리대, 펜스, 가드레일 등 여러 데이터는 현장 측량을 실시하여 일정한 크기의 3차원 형태로 만들어 실제와 같은 간격대로 구성하였다. 관측시점에서 멀리 있는 구조물은 작게 보이므로 화면상 대응하는 픽셀 수가 적고 상세한 모델을 사용 하여도 정밀한 묘사는 필요가 없다고 보았다. 이러한 점들을 고려하면 관측시점에서 멀리 있는 모델은 절점수를 많이 하지 않아도 된다.

### 3.4 텍스처 맵핑

폴리곤으로 처리된 구조물의 경우 텍스처 맵핑을 통하여 입체감을 줄 수 있다. 그러나 원거리 지형지물의 경우 폴리곤으로 처리하기에는 많은 어려움이 따른다. 벡터 자료의 방대함으로 인한 PC의 부하를 초래하게 되고, 그 결과 속도면에서 비효율적이다.

본 연구에서는 대상 지역의 항공 사진을 중첩하여 원경과 지형지물의 입체감을 높여 효율적인 모델을 만들었다. 그림 3은 폴리곤으로 나타낸 3차원 형상이고 그림 4는 텍스처 맵핑한 화면이다.

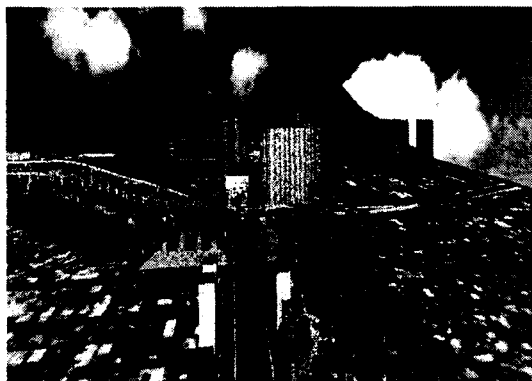


그림 3. 삼각망과 폴리곤으로 형성된 3차원 형상

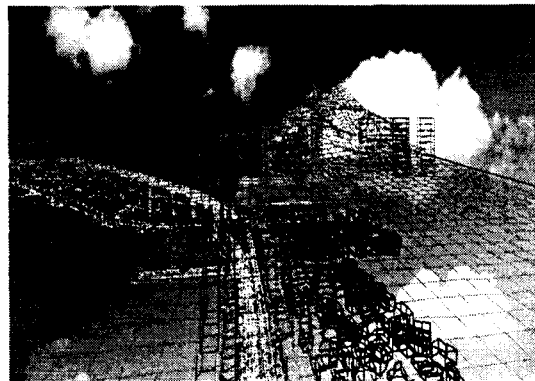


그림 4. 대상지역을 렌더링한 화면

### 3.5 시뮬레이션

주행경로의 설정을 통해 실제 도로를 주행하는 효과를 비롯, 설계상의 문제점을 찾아낼 수 있다. 그림 5는 경로 설정에 따른 시뮬레이션을 보여주고 있다.

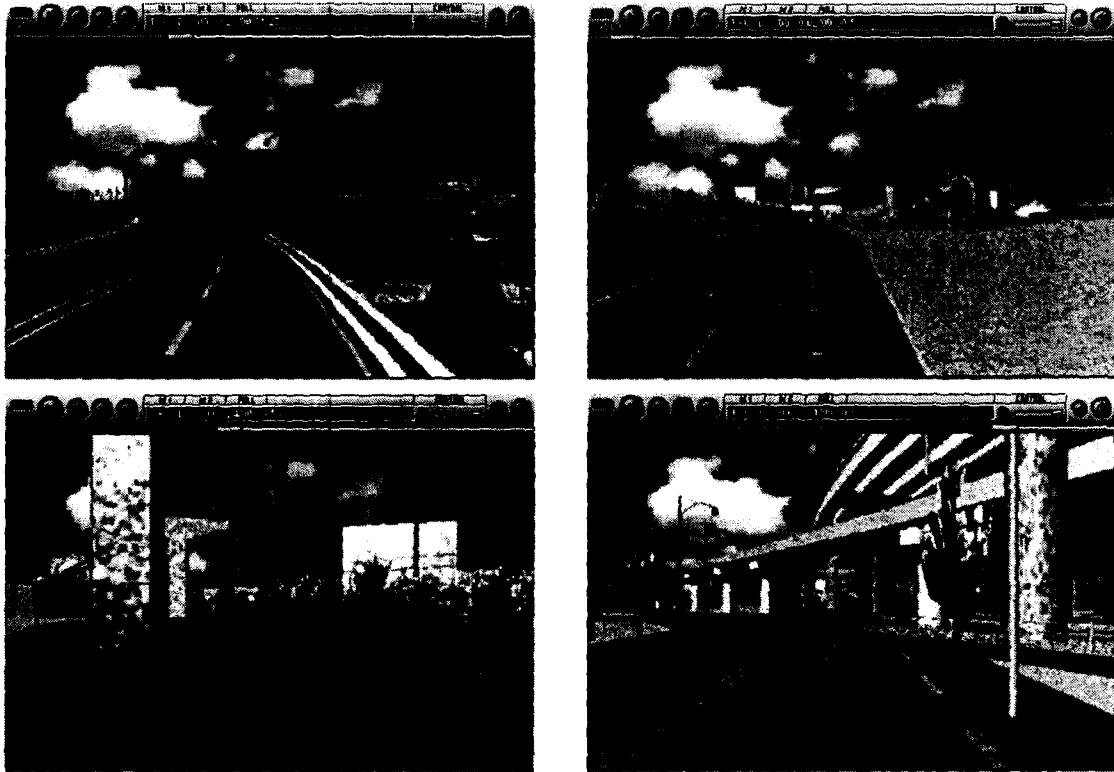


그림 5. 주행경로 설정에 따른 시뮬레이션

### 3.6 최적 노선의 선정

대안 1은 도시계획도로를 일부 변경하여고가 교량으로 I.C에 접속하는 안이며, 2안은 도시계획도로를 변경하여 평면교차로로 기존의 도로에 접속하는 방안이다. 3안은 도시계획도로를 최대한 수용하여고가 교량으로 중앙로에 접속하는 안이고, 4안은 도시계획도로를 일부 변경하여고가분리 교량으로 I.C에 접속하는 방안이다.

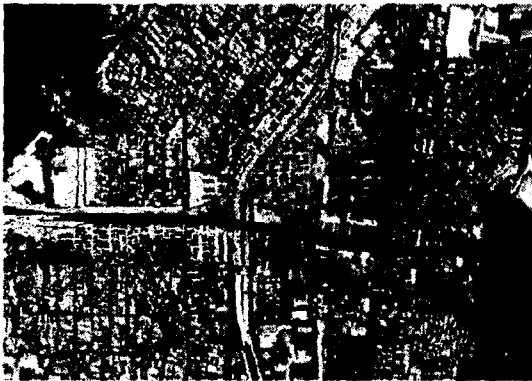


그림 6. 대안노선 1



그림 7. 대안노선 2



그림 8. 대안노선 3



그림 9. 대안노선 4

본 연구에서 노선 대안별 교통수요예측 결과 고가교량 노선대안별 교통수요예측 결과 고가교량 I.C. 접속 대안1이 64,852대/일, 기존의 도로로 접속 대안 2의 경우는 62,801대/일로 나타났으며, 고가교량 중앙로 접속 대안 3은 66,191대/일, 고가분리교량으로 I.C. 접속 대안 4는 63,917대/일로 예측되었다. 교통수요측면에서 과급효과가 큰 대안은 고가교량 중앙로 접속안인 대안 3으로 나타났으며 장전로 평면접속 대안2가 과급효과가 가장 적은 것으로 분석된다. 대안 1은 대안 3보다는 과급효과가 적으나 대안 2와 4보다는 큰 것으로 나타났다. 교통수요측면에서는 대안 3이 가장 바람직한 것으로 났으나 대안 3의 경우 고가교량으로 중앙로 접속시 연결로 설치여건이 좋지 않으며 장래 계획노선이 건설되지 않은 상황에서 중앙로 접속시 종점부 처리가 곤란하다. 대안 2의 경우 교통수요측면에서 제일 불리한 대안이며 특히, 장전로 평면 접속시 교통처리가 매우 곤란하여 인접도로를 대폭 확충하지 않는 한 바람직하지 않은 대안이며, 대안 4의 경우는 고가분리교량으로써 주거지역을 고가교량이 통과하므로 인하여 민원이 발생할 것으로 판단된다.

대안 1의 경우 대안 3보다 교통수요는 소폭 감소하나 연결로 및 종점부 처리가 양호하며 개통시 기존 도시고속도로 및 경부고속도로와의 연계가 이루어짐으로서 조기에 부산광역시 북부권의 외곽순환도로망을 완성하여 교통류의 연속성을 확보할 수 있었다.

#### 4. 결과

본 연구는 3차원-지형정보를 이용한 시뮬레이션을 통해 최적노선 선정 연구로써, 결과는 다음과 같다. 첫째, 접속부 처리의 다양한 모델링을 통해서 바람직한 도로 설계를 도출할 수 있다.

둘째, 시각화에 따라 초기설계 단계에서의 의사 결정, 문제점을 찾아내어, 설계 변경 등에 따른 추가 비용의 발생 문제를 해결할 수 있다.

셋째, 현장에서 사용 시 실무자의 이해를 돕는데 큰 효과를 발생시킬 수 있다.

특히, 각각의 구조물의 데이터베이스를 구축할 경우, 가시적인 공정관리의 효과도 기대할 수 있을 것으로 보인다.

#### 참고문헌

건설교통부, 2000, “도로의 구조·시설에 관한 규칙” pp. 109~217

건설교통부, 1999, 도로설계편람

한창복, 1999, “최적도로노선을 위한 지형공간정보체계의 적용에 관한 연구”, 부산대학교 대학원 석사학위논문

남주헌 “ISA & VRML” 미학사(김수종), 2002

Douglass Davis, William Ribarsky, T.Y. Jiang, and Nickolas Faust, 1998, “Intent, Perception, and

Out-of-Core Visualization Applied to Terrain”, Report GIT-GVU-98-12, pp. 455~458, IEEE Visualization '98

Douglass Davis, William Ribarsky, T.Y. Jiang, Nickolas Faust, and Sean Ho, 1999, “Real-Time Visualization of Scalably Large Collections of Heterogeneous Objects”, Report GIT-GVU-99-13, pp. 437~440, IEEE Visualization '99

Douglass Davi, William Ribarsky, T.Y. Jiang, Nickolas Faust, and Sean Ho, 2000, “Visualization of Large Collections of Objects in a Global Scale Environment”, IEEE Computer Graphics & Applications

Gregory Turner, Jacques Haus, Gregory Newton, William Ribarsky, Larry Hodges, and Nick Faust, 1996, “4D Symbology for Sensing and Simulations”, Report GIT-GVU-96-12, Proceedings of the SPIE Aerospace/Defense Sensing & Controls Symposium, Proc. SPIE Vol. 2740, pp. 31~41

Peter Lindstrom, David Koller, William Ribarsky, Larry Hodges, Nick Faust, and Gregory Turner, 1996, “Real-Time, Continuous Level of Detail Rendering of Height Fields”, Report GIT-GVU-96-02, Computer Virtual GIS Graphics (SIGGRAPH '96), pp. 109~118

Peter Lindstrom, David Koller, William Ribarsky, Larry Hodges, and Nickolas Faust, 1997, “An Integrated Global GIS and Visual Simulation System”, Report GIT-GVU-97-07, submitted to Transactions on Visualization and Computer Graphics

Tony Wasilewski, Nickolas Faust, and William Ribarsky, 1999, “Semi-Automated and Interactive Construction of 3D Urban Terrains”, Proceedings of the SPIE Aerospace/Defense Sensing, Simulation & Controls Symposium, Vol. 3694A

Zachary Wartell, Larry Hodges, and William Ribarsky, 1999, “Distortion in Head-Tracked Stereoscopic Displays Due to False Eye Separation”, Report GIT-GVU-99-01, SIGGRAPH 99, pp. 351~358

INTERGRAPH Working with InRoads SelectCAD, 1999