

# 도로설계에서 가상현실의 적용



이 수 현 | ㈜베이스시스템 대표이사  
 강 인 석 | 경상대학교 토목공학과 교수  
 이 화 형 | ㈜베이스시스템 차장

## 1. 서론

컴퓨터 소프트웨어와 하드웨어 기술의 비약적인 발전으로 인하여 구현이 가능하게 된 가상현실(VR: Virtual Reality)은 실제의 특정한 환경이나 상황을 컴퓨터로 제작하여 3차원으로 시뮬레이션 하는 신기술이며 항공기와 탱크의 조종법 훈련, 수술 실습, 게임, 과학적 시각화 등에 주로 이용되어 왔다. 최근에 와서는 토목과 건축공학을 포함하는 건설분야에서도 기존의 획일화된 전통 방식의 설계 및 시공을 탈피하고 다양한 사고를 통한 미래지향적인 기술의 접목을 위하여 가상현실 기술의 적용이 요구되고 있다. 가상현실은 토목과 건축 (CAE: Civil and Architectural Engineering) 프로젝트의 계획에서 시공단계까지 시·공간의 한계를 극복하게 해 주었으며, 복잡한 프로젝트의 경우는 사용자가 쉽게 이해할 수 있게 실제 시공될 구조물의 3차원 가시화를 해주어 설계 실수를 포함한 오류들을 제거할 수 있도록 도움을 주었다.

이처럼 가상현실은 특수 분야뿐만 아니라 일반 공학 프로젝트에서 보다 광범위하게 적용 및 연구되었으며 특히, 최근 건설분야 프로젝트에서는 단순한 가상현실이 아닌 IT기술과 가상현실 기술을 접목한 가상건설 통합 관리를 위한 시스템 구축 노력이 다각도로 진행되고

있다. 본 특집기사에서는 도로분야에서 적용이 가능한 몇 가지 가상현실 분야의 개발 성과를 소개하고 그 적용 사례를 살펴 봄으로서 도로를 포함한 토목공학분야에서 직면한 문제를 짚어 보고자 한다. 본 특집기사에서 적용한 가상현실 소프트웨어는 현재 이미 실무에 적용중인 프로그램으로 이를 이용한 도로분야 프로젝트 사례와 재난 및 교통시뮬레이션을 포함한 추가적인 가상현실의 활용방안과 4D CAD를 이용한 가상 공정관리에 대해 살펴보고자 한다.

## 2. 가상현실 기술

컴퓨터는 건설분야에서 시방서 등의 설계 기준에 의한 구조물의 구조해석, 설계도서 작성, 가상현실을 포함한 컴퓨터 그래픽을 짧은 시간에 정확하게 제작할 수 있게 해주었다.

토목공학에서 가상현실 연구에 대해서는 VR 적용으로 자연재난을 표현한 Xie와 4D 모델에 관한 강인석의 연구에서 확인할 수 있으며 Xie의 연구 이후인 2000년부터 CAE에서 가상현실이 거론되어 왔다. 최근에는 강인석의 4D 공정관리시스템 등을 포함한 가상현실 기술을 이용한 연구가 활발하게 이뤄지고 있다.

가상현실 기술은 컴퓨터를 이용하여 실제 주변 상황

과 환경 등 많은 양의 데이터를 모형으로 제작하는 것이므로 컴퓨터 용량 및 기술이 제한적이었던 과거에는 가상현실을 구현하는 것에 상당한 어려움이 있었다. 그러나 현재는 컴퓨터의 발달로 개인용 컴퓨터만으로도 충분히 가상현실을 구현할 수 있게 되었다. 가상현실은 시스템 환경에 따라 Desktop VR과 Immersive VR로, 사용자 수에 따라 Single PC VR과 Distribution VR(DVR)로 구분된다. DVR은 주로 게임이나 교육시스템으로 많이 활용되며 Single PC VR은 주로 CAE분야 등에서 많이 활용된다. 가상현실시스템은 일반적으로 다음과 같은 기본 요소들을 포함하고 있다.

- 3차원 좌표(x, y, z) 시스템 구조
- 프레임과 텍스처로 결합된 3차원 모델
- 비, 구름, 눈 등과 같은 자연현상
- 객체 행동시물레이션, 장면
- 텍스처 처리 및 메모리관리

그리고 이에 더하여 가상현실을 보다 실제적으로 표현하기 위한 LOD(Level of Detail)나 Rendering같은 기술과 대용량 데이터 처리를 위한 메모리 관리 기술, Advance Video Card와 같은 컴퓨터 하드웨어를 통해 가상현실을 자연스럽게 역동적으로 제작할 수 있게 되었으며 위와 같은 하드웨어, 소프트웨어, 인터넷 등의 앞선 컴퓨터 기술들이 가상현실 시물레이션을 더욱 강력하게 뒷받침하고 있다.

### 3. 토목공학 관련 문제와 VR을 이용한 해결 방안

컴퓨터가 위에서 언급한 바와 같이 토목분야의 도면 작성과 수치해석 등에 큰 도움은 되었지만 실제 업무에서는 다음과 같이 다양하고 복잡한 사용자(설계 및 시공 기술자)의 요구가 증가하여 사용자의 요구를 완벽하게 충족시키지는 못하고 있다.

- 복잡한 대규모 프로젝트에서 모든 부분을 2D로 표현하는 것에는 한계가 있다.
- 프로젝트 수행과정에서 계획 등이 수시로 변경이 되는데 그것을 제대로 반영하기가 쉽지 않다.
- 프로젝트가 복잡하여 관리가 어렵다.
- 프로젝트 시스템은 전문가가 사용하기에도 어려운 부분이 많다.
- 특정환경과 현황을 3D로 구축하기가 용이해야 한다.
- 지하시설물 계획이 증가하며, 기존에 완성된 구조물과의 간섭문제가 발생한다.

가상현실 제작 도구인 소프트웨어는 상위와 같은 문제점들을 해결하기 위해 활용되었으며, 활용분야는 <표 1>에서 보는 바와 같다.

<표 1> CAE 분야의 가상현실 적용 예

구분	세부 적용	문제해결
도로	도로, 고가도로, 교차로, 영업소, 휴게소	선형설계, 편익설계
교통	교통흐름 시물레이션, 교통신호 시물레이션	신호계획, 교통정체
터널	지하도, 지하철, 산악 터널, 해저 터널	디자인
교량	아치형교, 현수교, 교량형식 비교, 교량건설	형상 디자인
하천	하천 제정비, 하천 복원	경관 검토
건축	건축계획, 주차공간 계획, 일조검토, 조망권 검토	경관 계획, 조망
철도	교차로, 지하도, 역사, 보행로, 역사보수, 경전철	경관, 작동
항만, 공항	공항, 항만, 해변 경관디자인	경관
공원	공원계획, 공원 편의시설 검토	디자인 검토
공법	단계별 공사 시공, 새로운 터널시공법, 가시설 시공, 기존 도로 및 역 확장	시물레이션, 체계화
재난	산사태, 도시재난, 교통사고, 홍수, 재난 지도, 화재	사전검토, 계획
교육	공사 방법 교육, 가상 프로젝트 생성	지도 연습

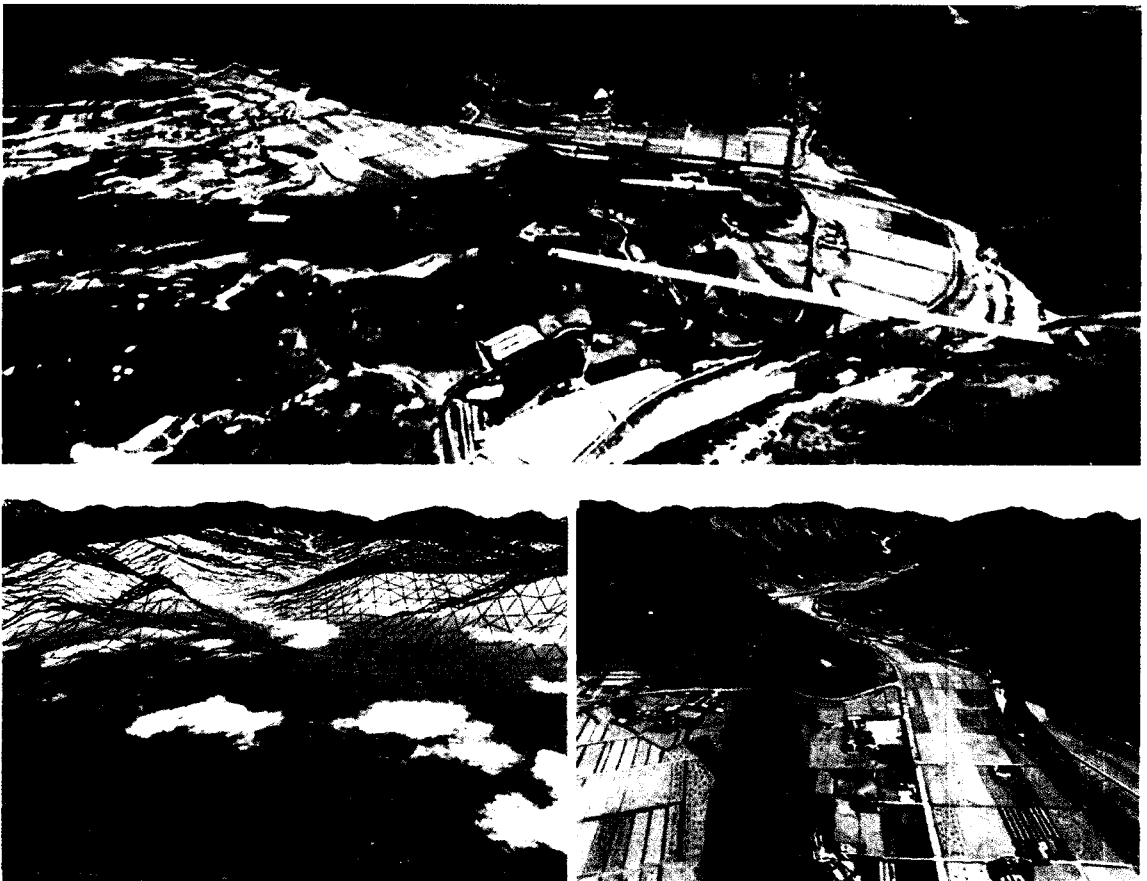
#### 4. 가상현실 도구를 이용한 적용 사례

한국도로공사는 도로 설계에 있어서 3차원 시뮬레이션 중요성을 인지하고 3년 전부터 본격적으로 노선 선정, 각종 구조물 및 방음벽 계획 시 3차원 시뮬레이션을 활용하여 적합성을 판단하는 지침을 마련하였다. 최근에는 3차원 도로 설계 및 도로 경관 설계 등에 교통관리라는 첨단 IT 기술뿐만 아니라 자동차 관련 연계 기술을 융·복합하여 도로라는 하나의 골격에 지능을 가미한 신기술 사업인, 스마트하이웨이 사업을 국토해양부와 함께 추진 중이다. 이와 같은 흐름에 맞추어 본 장에서는 고속도로의 계획 및 설계 단계에서 실제 3차원 시뮬레이션(VR)을 적용한 사례를 소개하고자 한다.

#### 4.1 고속도로의 3차원 설계 검토 및 시뮬레이션 사례

춘천-양양간 고속도로 건설공사의 실시설계에는 3차원 시뮬레이션 기법이 적용되었다. <그림 1> 춘천-양양간 고속도로는 강원권과 수도권을 동서로 묶어 국토의 균형적인 발전에 기여하는 목적으로 계획되었다. 그러나 본 구간은 수려한 자연 환경, 특히 백두대간의 보존 때문에 「친환경 고속 도로」로 지정되어 환경 파괴가 최소화하는 시공법과 미관 및 주변경관과 조화를 고려한 교량, 국내최장 터널(10.9km 세계12번째)등 다양한 설계 요소가 도입되어 노선이 계획되었다.

이와 같은 미관 및 경관에 대한 고려를 위하여 평면,



<그림 1> 춘천~양양간 고속도로 선형

중단선형 계획 및 교량형식 등의 선정 시 종래의 평면적 검토에서 탈피하여 3차원 시뮬레이션을 활용하여 설계를 검토하였다. 이에 따라 주변환경, 교통안전, 미관 등의 다양한 고려사항을 설계단계에서부터 충분히 인지할 수 있어 보다 효율적이고 진일보한 도로 설계를 지향하고자 하였다. 3차원 시뮬레이션을 통한 다양한 검토 사례들을 소개하면 다음과 같다.

· 현황 모델링 및 도로(선형) 계획

계획 도로를 중심으로 주변 현황을 모델링하고, 도로 내 지장물인 표지판, 가로수, 방음벽, 차선, 방호벽, 요금소, 휴게소, 주차시설과 그 밖의 기타 시설물을 반영하여 3차원의 도로 요소, 연도 요소, 원경 요소를 구축한다. 이를 활용한 운전자가 도로 내에서 바라보는 내부 경관과 연도자나 지역주민이 그 도로 요소를 도로 밖에서 바라보는 외부 경관을 정지 경관이나 시점의

이동에 따라 연속해서 변화하는 연속 경관으로 실시간(real time) 검토한다.

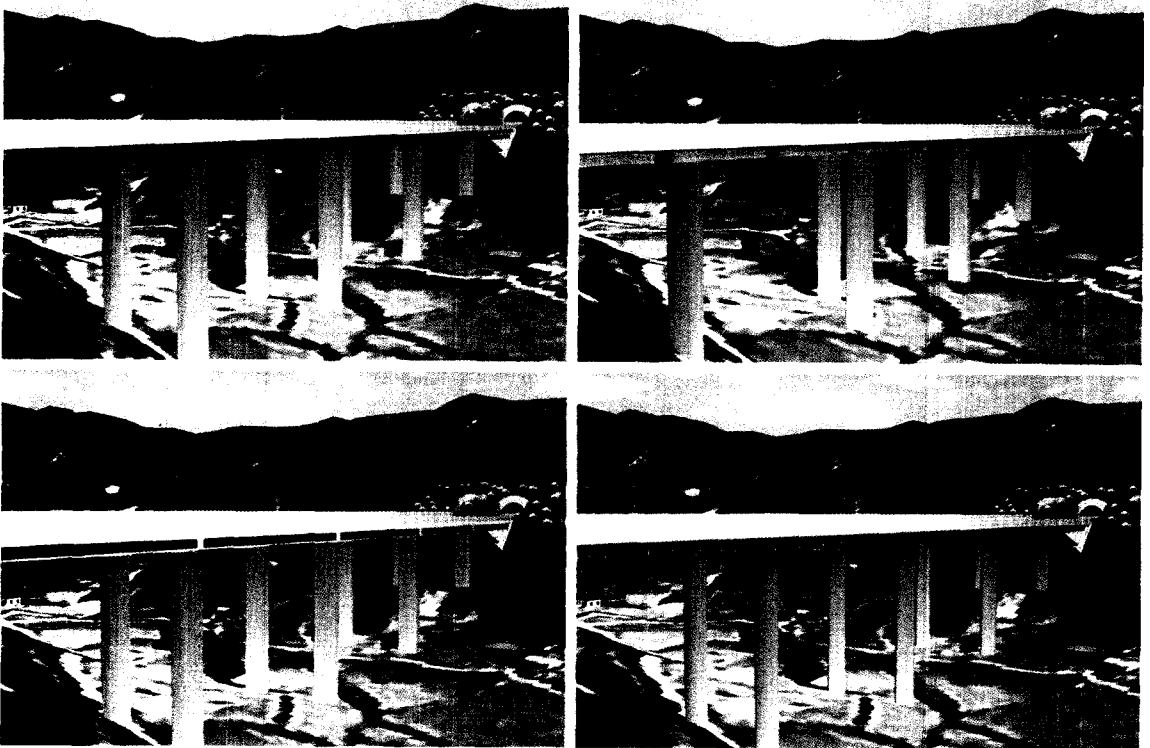
· 교량형식 선정

교량은 다양한 형식을 가질 수 있으므로, 다양한 교량 형식별로 구조물의 형태와 규모를 미리 검토하여 교량 주변 자연환경 및 거주지역의 경관과의 조화를 검토할 수 있다. 또한 교량의 외관을 변경하면서 얻어지는 미관, 통일감, 재료의 조화 등을 다양하게 검토할 수 있다.

〈그림 2〉

· 방음벽 계획

방음시설이 획일적인 모델이나 형식으로 설치되어 이용자 및 연도주민의 쾌적성을 저해하는 경우가 많아 시뮬레이션 기법을 적용하여 형식 선정한다. 이는 도로 주변 거주민에게 소음의 차단 효과를 주고 도로 사용자



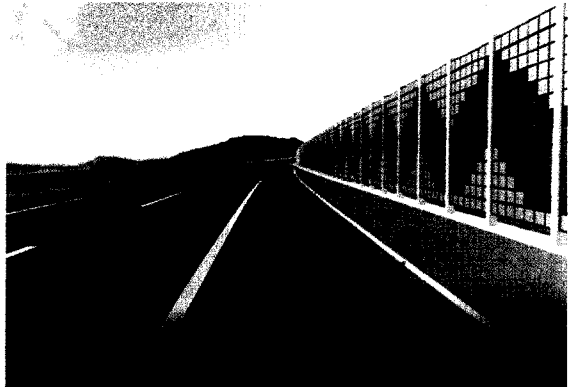
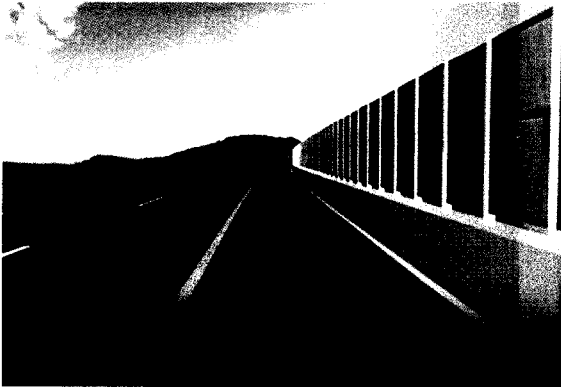
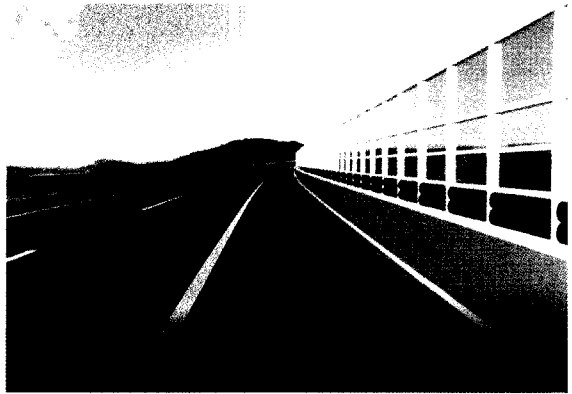
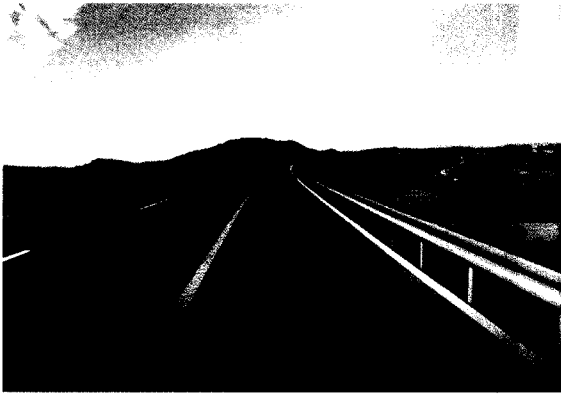
〈그림 2〉 교량형식 검토

에게는 개방감을 높여줄 수 있는 방음시설 대안 선정에 도움을 줄 수 있다. <그림 3>

· 중앙분리대 안전 도장

도로 구간의 중앙분리대에 도장을 처리하여 운전자

의 주행 안정성을 높일 필요가 있다. 이런 사례에서도 3차원 시뮬레이션을 통하여 도장 형태별 인지도 차이 및 주변 경관과의 조화를 검토하여 도장 형태를 선정한다. <그림 4> <그림 5>



<그림 3> 방음벽 설치 형식 검토



<그림 4> 직선부 중앙분리대 도장 검토

<그림 5> 곡선부 중앙분리대 도장 검토

· 터널 형식

터널 구간의 갱문 및 갱구 이미지, 터널 내 벽면 타일 형식 등을 3차원으로 검토하여 주변환경과 조화롭고 지역의 특성을 반영하는 시뮬레이션 기법을 적용하여 터널형식을 선정한다. <그림 6> <그림 7>

· 휴게소 및 구조물 형태

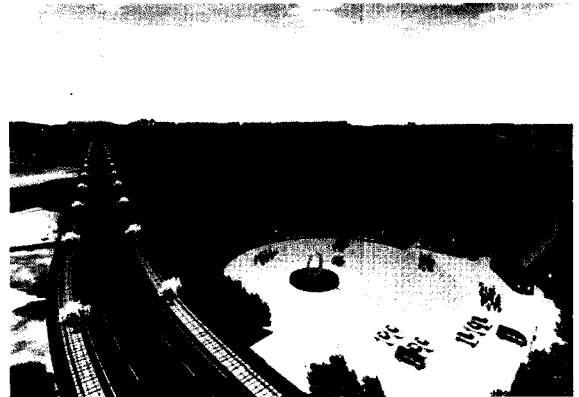
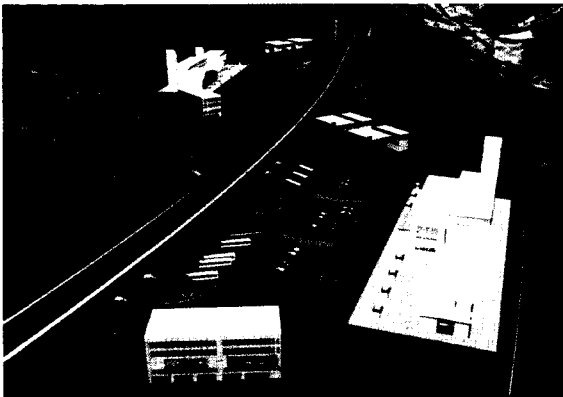
구조물의 외관(건물, 주차시설 등) 및 규모와 주변경관과의 조화를 검토한다. <그림 8> <그림 9>



<그림 6> 터널 갱구 형식 검토



<그림 7> 터널 내 벽면 타일 형식 검토



<그림 8> 휴게소 경관

<그림 9> 주변 시설물 경관(국도)

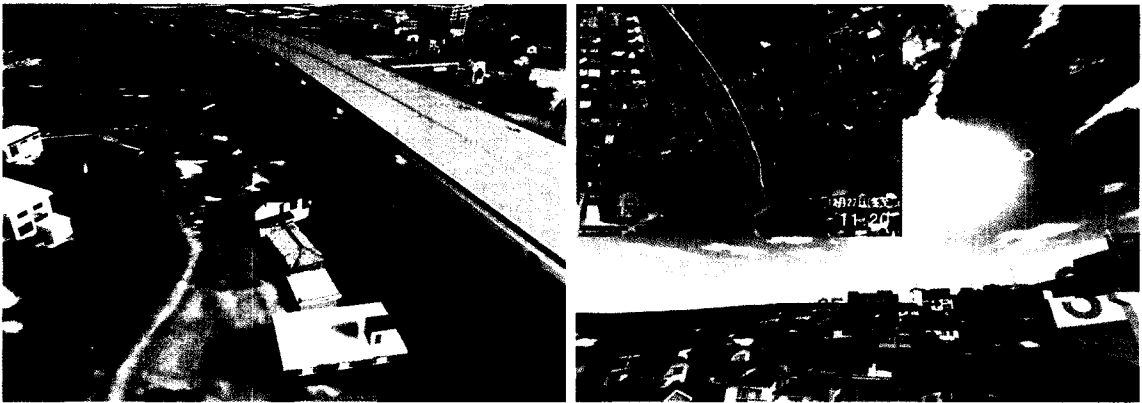
· 민원발생 구간

최근 들어 도로개설로 인한 인접 마을의 생활환경(일조권<그림 10>, 조망권, 공사중 소음, 차량 소음, 먼지 등)에 대한 민원 문제가 크게 대두되었다. 이에 따른 마을 주민들의 민원은 공사 중단과 공사비 증가로 나타나고 있다. 이를 설계 단계에서 그 적정성을 미리 검토한다.

이와 같이 가상현실을 활용하여 도로 설계 단계에서 시설물들의 대안별로 다양한 검토를 할 수 있다. 아래의 <표 2>는 도로의 설계 과정에서 가상현실을 적용 가능한 분야에 대하여 보여준다.

이와 같은 3차원 설계 검토 및 시뮬레이션의 기대효과는 다음과 같다

- 기술적 측면: 설계기법 노하우 축적 및 기술력 향상, 업그레이드된 도로 설계
- 환경적 측면: 친환경적 경관설계 및 시뮬레이션을 통한 쾌적한 도로환경 확보
- 사회·경제적 측면: 준공 후 도로운영 및 유지관리 시 나타날 수 있는 위험요소를 사전에 제거하여 교통사고로 인한 사회적 손실비용 감소, 노선선정 등 계획 결정시 시간단축으로 설계시간과 비용 절감



<그림 10> 일조일영 시뮬레이션 검토

<표 2> 고속도로 설계에서 가상현실 적용 예

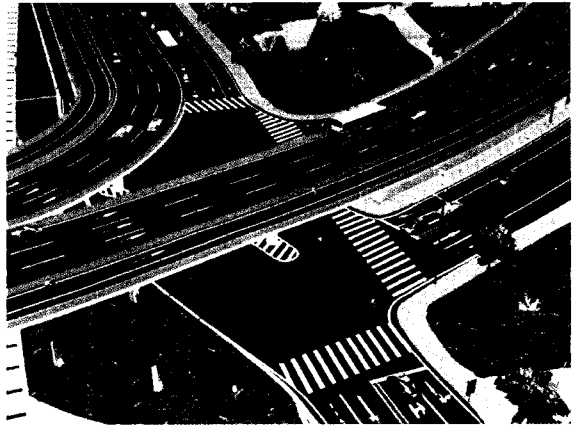
구분	활용 방안	비고
선형	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 노선검토 시 비교 안에 대한 장, 단점 분석</li> <li>· 주변지역과 도로의 조화 및 경관 검토</li> <li>· 주행 시뮬레이션을 통한 시거 등 교통안전성 및 주변 경관 검토</li> <li>· 선형, 출입시설 자문, 심의 및 주민설명회 등의 자료로 활용</li> </ul>	
교량	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 교량형식 선정 시 비교 안에 대한 장, 단점 분석</li> <li>· 주변지역과 교량과의 조화 및 미관 검토</li> <li>· 주행 시뮬레이션을 통한 주변 경관 확인(난간 높이 검토)</li> <li>· 교량설치로 인한 일조권 영향 검토</li> <li>· 교량형식 심사 등의 참고자료로 활용</li> </ul>	
터널	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 갱구부 형식 및 위치선정 시 비교 안에 대한 장, 단점 분석</li> <li>· 주변지역과 터널 갱구부와의 조화 및 미관 검토</li> <li>· 주행 시뮬레이션을 통한 안전성 검토</li> </ul>	
방음벽	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 주행 시뮬레이션을 통한 설치 전, 후 비교</li> <li>· 주변지역과 방음벽과의 조화 및 미관검토</li> </ul>	
휴게소	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 주변경관과 친환경적인 조화 및 미관검토</li> </ul>	

### 4.2 주행 시뮬레이터(Driving Simulator)

과거에 수행된 교통시뮬레이터는 사실적 표현의 부족으로 도로나 빌딩은 선이나 박스형태로 표현하였고, 차량의 이동은 점으로 하여 단순한 2차원 구조로 표현한 반면 UC-win/Road는 <그림 11>의 두 사진에서처럼 더욱 실제적 상황을 매우 사실적으로 표현할 수 있다. 교통흐름, 차량비율, 교차로 신호, 운행중인 차들은 실제와 같이 표현할 수 있으며 도로차선변경, 연결도로의 재설정, 교통신호제어, 도로파손 등의 기능에 관한 교통상황도 제어가 가능하다. 이와 같이 가상현실 프로그램들은 사용자가 주행 시뮬레이터를 통해 운전, 보행할 수 있어 교통계획이나 설계에 이용자의 입장을 충분히 고려할 수 있다.

### 4.3 재해 예측 시뮬레이션

재해예측이나 감소 대책은 세계적으로 매우 중요한 이슈이다. 자연재해에 대한 기사는 거의 매일 TV나 뉴스 매체에서 매일 다루어진다. 특히, 최근에는 재해에서 2차적으로 발생하는 환경오염 문제 또한 중요히 여기고 있다. 3차원 가상현실 기술을 이용하면 도로와 주변에서 발생 가능한 재해를 미리 예측하고 그에 따라 유발되는 피해를 <그림 12>, <그림 13>, <그림 14>, <그림 15>와 같이 모사할 수 있다. 3차원 가상현실 기법을 적용한 사실적인 표현은 재해 발생시 정부기관의 대응능력을 향상시킬 수 있으며 이를 근거로 도로사용자들과 도로관리주체에 재해와 재난에 대한 더욱 강력한 경고를 할 수 있다.



<그림 11> 교통시뮬레이션

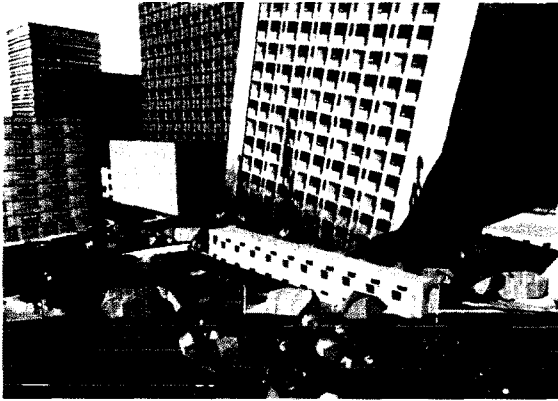


<그림 12> 제방파괴로 인한 홍수 피해

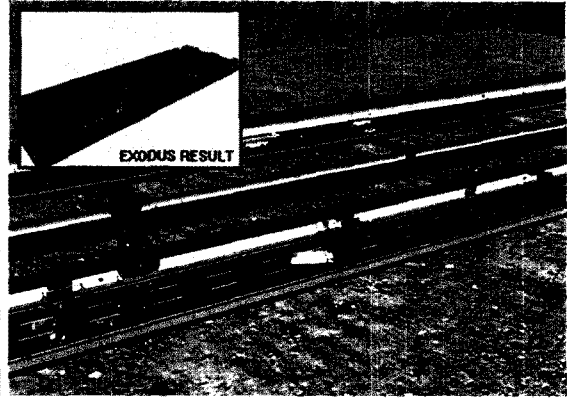


<그림 13> 산사태로 인한 유실로 도로마비





〈그림 14〉 지진으로 인한 빌딩 붕괴



〈그림 15〉 터널 내 교통사고로 인한 화재

## 5. 가상현실에 기초한 건설공정관리

### 5.1 4D CAD의 개념

가상현실에 기초한 건설공정관리는 토목공사의 기존 공정표 일정(Time)에 각 공정의 3차원 도면을 연계하여 공사진행 일자 별 시설물의 건설 현황을 3차원으로 연속 모사(Simulation)하는 4D CAD시스템의 일종이다. 이러한 시스템에서는 3차원 객체와 일정의 개별적인 정보를 통합하여 4차원 객체라는 새로운 정보를 생성하게 된다. 즉, 실제 공사 이전에 당해 공사의 일정기간 경과후의 완성상태를 3차원의 가상적 모습으로 사전에 구현할 수 있고, 같은 방식으로 일, 주, 달, 년 단위 등으로 시설물의 완성상태를 자유자재로 사전 검

증할 수 있는 방법론이다. 〈그림 16〉은 4D CAD를 교량의 공사관리에 적용한 사례를 개념적으로 보여준다. 〈그림 16〉의 상단부분은 교량공의 공정표를 표현하고 있으며, 중간부위 그림은 교량공의 3D도면이며, 하단부에서는 공정표 일정과 3D도면이 합성되어 4D CAD로 시뮬레이션 되는 모양을 표현하고 있다.

### 5.2 4D CAD의 활용성

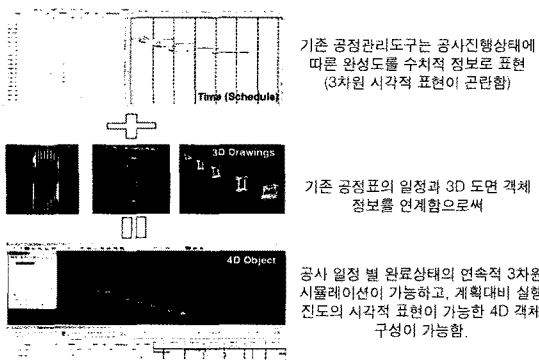
4D CAD 공정관리시스템은 공사 일정별 완료상태 표현외에도 다양한 기능들을 제공하고 있다.

- 공사참여자간 효과적 의사결정도구 역할: 도로공사에 참여하는 시공사, 발주자, 감리자간의 공정 회의 시 공구별/구역별 공정진도 현황을 실시간 파악할 수 있어 매우 효과적인 의사결정도구 역할을 할 수 있다.

- 공구별 공정관리 효율화: 4D CAD에서는 공구별/구역별 구간설정이 가능하므로, 해당 구간 공정정보의 별도 관리가 가능하다.

- 공정관리 오류를 시각적으로 파악: 공정표 작성시 공정간의 수순이 잘못되어 있는 경우, 4D CAD시스템에서는 잘못된 공정수순 그대로를 순차적으로 3차원화면에 구현하여 공정오류를 시각적으로 확인할 수 있다.

〈그림 17〉은 이러한 4D CAD시스템의 적용효과를 요약하여 나타내고 있다. 그림의 우측부분에서 상단부



〈그림 16〉 4D CAD 시스템 개념

분은 교량공의 4D시물레이션에서 교각, 트러스, 상판 순서로 공정이 진행됨을 시각화하여 공정의 오류를 파악할 수 있고, 하단부 그림에서는 오류를 수정하여 교각, 상판, 트러스의 정상수순으로 공정을 수정한 모양을 표현하고 있다.

적용효과	적용방법	4D 구현시점
공정수준의 오류 조기 발견	• 공정표상의 잘못된 수순이 있는 경우 오류상태로 시물레이션 수행	
	• 공정 수순의 오류를 시각적으로 조기 파악 가능	
	• 예로서, 교각 → 트러스 → 상판의 공정수순 오류파악 가능 (교각 → 상판 → 트러스)	
시공성 및 작업 효율의 시각적파악	• 실제 작업 공간이 4D에서 재현되므로, 시각적으로 재현된 작업 공간내 가상 작업 성형 파악이 가능하고, 실제 작업에서의 작업 시공성 및 작업 효율 시각적 파악가능	
시설물 이력 관리 시각화가능	• 시설물 유지관리단계에 부위 또는 구조물 별 노후화 정도와 4D 표현 • 시설물 해체시 해체수순의 4D표현 가능	

〈그림 17〉 4D CAD 적용효과 요약

기본적으로 4D CAD의 적용은 공사개시 이전에 임의 시점의 공사 완성상태를 3차원으로 확인하는 사전모의 조작 기능이 있으므로, 설계대비 완성상태의 오류 확인과 주요 공정 시점별 계획대비 진도상태의 시각적 확인이 가능해진다. 또한 시각화된 공정정보에 의해 공사참여자들의 의사소통 효율화 및 경영진에 대한 공사계획 및 진도보고 등에 효율적 도구로 활용될 수 있다.

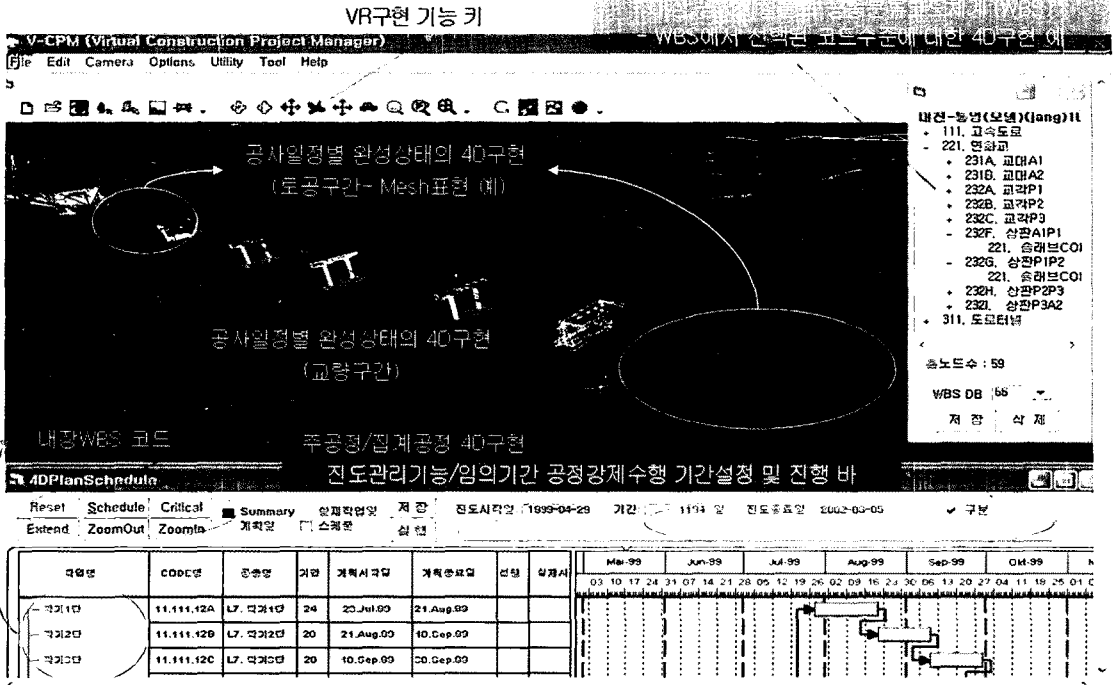
일반적으로 공사기획단계의 4D CAD의 적용효과로는 프로젝트의 내용을 시각화 함으로서 정확한 프로젝트 기획범위를 확인할 수 있고, 설계단계에는 설계모습의 실제 완성상태를 즉각 확인하므로 시공성이 가미된 설계를 할 수 있다. 또한 시공단계에는 일정별 공정현황을 계획대비 시각적으로 파악할 수 있으며, 다수의 하도급 업체를 포함한 다양한 공사참여자에게 시각화된 공통적 정보제공을 통해 공사관리의 효율화를 유도할 수 있다.

### 5.3 도로 시설물의 4D CAD 구성 특징

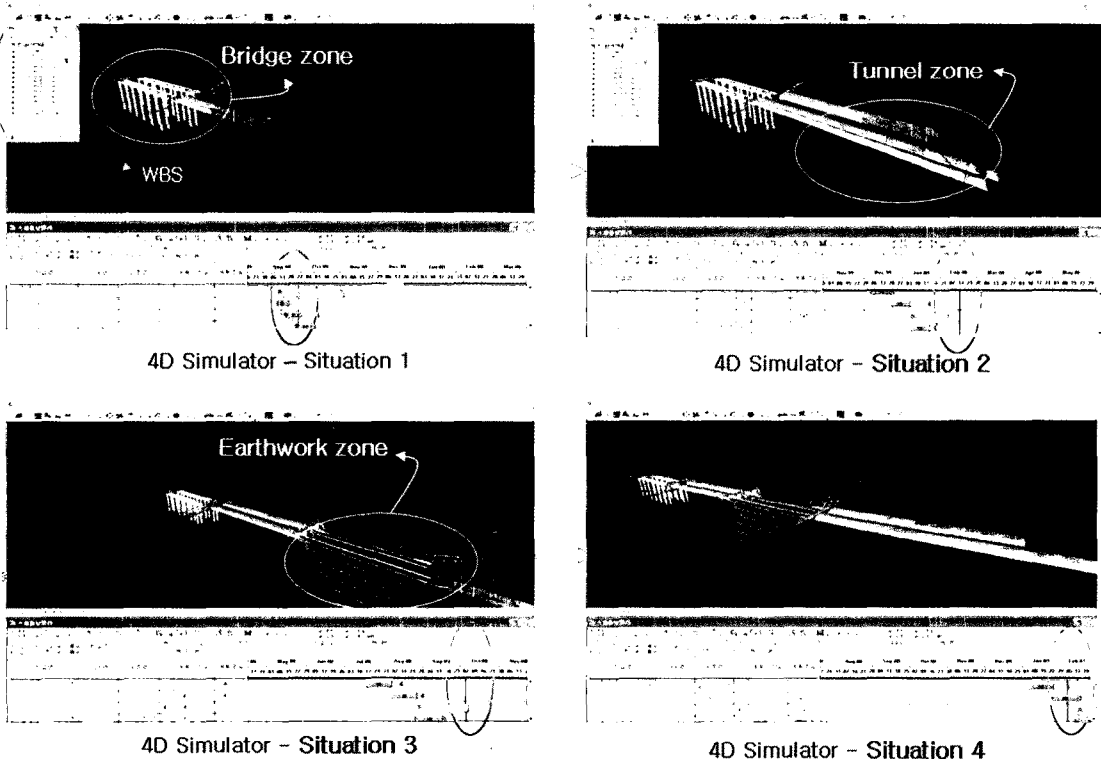
건축공사 시설물은 제한된 공간에서 수직 반복적 공정으로 진행되므로 3D 및 4D객체의 구성이 용이하다. 반면에 토목시설물은 비 반복적 부위들로 구성된 수평적 작업들로 진행되므로 상대적으로 3D 및 4D객체 생성이 어렵다. 특히 도로 건설공사는 토공 작업을 다수 포함하므로 흙쌓기 및 흙깎기에 의한 지형의 변화가 많다. 이와 같은 변화는 공사일정에 따라 3차원 형상으로 선형에 따라 표현되어야 하므로 4D객체의 구성은 더욱 용이하지 않다. 이러한 4D CAD 구현시에는 삼각망 구성에 의한 자연지형의 4D 객체 구현 방법론과 흙쌓기/흙깎기 작업형상에 따른 지형변화 형태를 일정별로 객체화하기 위한 방법론 등이 필요하다. V-CPM은 이러한 기능들이 구현되어 도로 분야에 적용하기에 용이한 4D CAD시스템이다. 특히 도로공사에 수반되는 다이크(Dike)와 측구 등의 시공부위는 공사일정에 따라 수평적으로 공정이 진행되는 부분으로 수직 부위의 건축공사 위주로 활용되는 시스템들에서는 이러한 시공시물레이션을 위해서 별도의 시스템 구축이 필요하다.

### 5.4 V-CPM의 가상공정관리를 위한 도로시설물 4D CAD구현 기능

일반적인 4D CAD시스템의 기본 화면은 상단부 3D시물레이션부분과 하단부 공정표부분으로 구성된다. 그러나 다양한 공정이 포함되는 도로공사 적용을 위한 4D CAD시스템은 기본적으로 도로공사 공종분류체계 (Work Breakdown Structure, WBS)와 진도율 표현기능 등이 요구된다. 〈그림 18〉은 이러한 기능을 갖춘 시스템의 화면 모양을 표현하고 있으며, 외부의 공정관리도구와 CAD도구에서 작성된 일정계산파일과 CAD도면 파일을 활용할 수 있다. 설계변경 등의 실무적인 시스템 활용 편리성을 위해서는 4D CAD도구 내에서 자체적으로 일정과 도면을 생성시킬 수 있는 기능 구성도 필요하다.



<그림 18> V-CPM 초기화면



<그림 19> V-CPM 도로시설의 공사 일정별 4D CAD 구현 모습

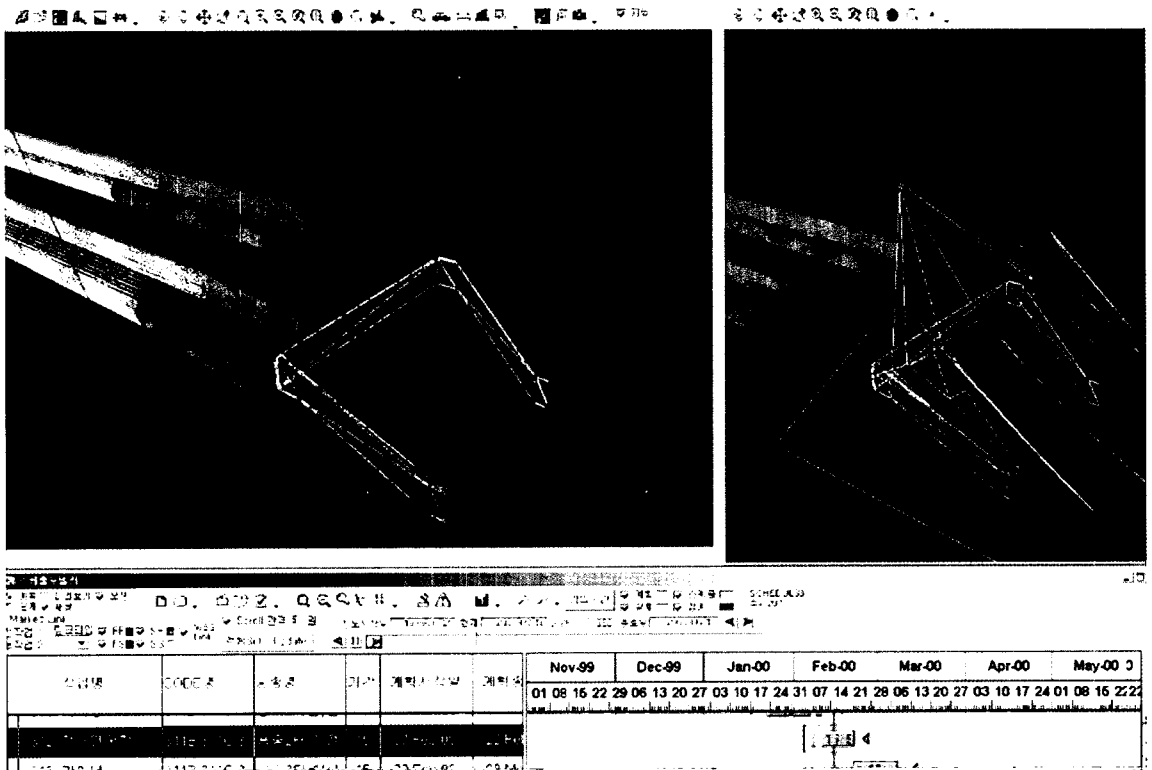
〈그림 18〉에서 4D구현은 하단의 스케줄 진행바를 실행하면 해당 일정이 진행되면서 각 일정별 작업 활동과 연계된 3D모델들이 순차적으로 구현되며, 색상의 변화 표현에 따른 진도관리 정보를 시각화할 수 있다.

〈그림 19〉는 토공과 교량 및 터널공사를 포함하는 전형적인 도로시설공사의 공사일정별 3차원 완성상태를 Pre-construction 기능으로 구현한 것으로, 하단 부공정표에서 검토시점(적색 바)을 임의로 증대함에 따라 해당 공정계획에 따른 완성상태를 연속 구현하는 모양을 표현하고 있다. 이러한 기능은 공사 시공단계는 물론 계획단계와 설계단계에서도 사전에 실제공사를 가정하여 임의 기간 경과후의 3차원 완성상태를 검증할 수 있게 된다. 이로써 설계대비 실제 완성상태의 오차를 시각적으로 검증하는 장점을 갖게 되며, 공사참여자간에 강력한 의사결정도구 역할을 할 수 있다.

4D CAD시스템에서는 기존의 수치적 공정 진도현황

을 계획 대비 실제 3차원 화면으로 제공하여, 당초 계획 대비 실적의 지연 공중, 초과 공중 등을 색상으로 구분하여 확인할 수 있다. 이러한 기능은 기존의 보합 개념의 수치적 진도관리를 시각적 정보로 변화시켜 획기적으로 개선할 수 있다. 〈그림 20〉은 V-CPM의 공사진도 정보의 시각화 모습이다.

〈그림 20〉에서 좌측은 당초 계획공정에 의한 현시점의 완료 상태이며, 우측은 실제 실행 진도에 의한 현시점의 완료 상태로서, 우측에서는 적색, 청색 등 색상에 따라 계획대비 초과달성, 지연달성 부위를 시각적으로 표현하고 있다. 이러한 도구는 실제 공사개시 이전은 물론 또는 공사진행 과정에도, 관리자가 원하는 기간만큼 공기가 가상적으로 경과되었을 때의 시설물 완성상태를 화면상에서 3D객체로 확인할 수 있으므로, 공사관리의 정확성을 획기적으로 높일 수 있다.



〈그림 20〉 V-CPM의 계획대비 실행 공사진도 정보 시각화 구현 기능

### 5.5 4D CAD 기대효과

기존의 공정관리 소프트웨어들은 수치적 정보중심이 고 일부 그래픽 정보도 2차원적 정보제공에 그치고 있는 반면에, 4D CAD시스템은 공사일정과 3차원 도면정보를 연계한 4차원적 정보를 제공함으로써 시각적 정보 활용의 극대화를 추구하고 있다. 도로공사관리에 4D CAD시스템 적용 시 가장 기본적 기능은 공사일정 경과에 따른 도로 시설물 완성상태의 3차원 연속구현기능이며, 이러한 기능자체가 기존 공정관리도구와 비교 시 획기적으로 공정관리의 효과를 향상시키는 기능이 된다. 건설공사 공정관리기법의 발전 방향은 수치적 공정정보의 시각화 도구 활용으로 집약될 것이며, 이러한 기술에서 4D CAD 시스템은 대표적 차세대 방법론의 하나가 될 수 있다.

## 6. 맺음말

도로 설계 분야에서 3D CAD를 사용한 가상현실의 적용은 이미 기술자들에게 직접적으로 다가오고 있다. 도로의 기능성에 더불어 경관과의 조화 및 친환경적인 도로 계획 요소들이 대두되는 현실에서 3차원 가상현실은 도로 계획의 성과와 도로 설계의 수준을 한 단계 높여줄 수 있는 기술이라 판단된다. 2차원 평면 요소에서는 검토가 어려웠던 부분들이 컴퓨터 기술의 개발과 더불어 다양하게 고려함으로써 도로사용자와 발주자 그리고 도로 주변 거주민의 만족도가 모두 상승될 수 있을 것이라 판단된다.

본 특집기사에서 소개하는 3차원 도로 설계와 검토 및 재난과 교통 시뮬레이션과 4차원 공정관리 등은 이미 국내에서 연구와 개발이 완료되어 다양하게 활용되고 있다. 도로 프로젝트의 계획에서부터 시공과정까지 가상현실을 적용하여 얻을 수 있는 기대효과는 다음과 같이 정리할 수 있다.

#### 1) 복잡한 계획의 빠른 이해

2) 계획설정을 보다 자세하고 단순화하며 새로운 아이디어를 도출

3) 문제점 도출이 쉬우며 빨리 해결이 가능

4) 오류 최소화로 인한 비용절감

5) 계획참가자들의 좋은 커뮤니케이션 수단

6) 훌륭한 교육적 효과

7) 수치적 공정정보의 시각화 도구로 활용

이와 같은 기대효과를 극대화하고자 도로기술자들은 종래의 2차원적 설계 방식과 더불어 3차원 시각화에 의한 도로 설계 및 시공의 접근 방식을 도로 건설에 적용할 필요가 있으며 최신 IT 기술을 도로 분야에 접목해 보다 친환경적이고 경관 요소, 디자인 요소, 운전자의 심리적 요소 등이 고려된다면 한차원 높은 도로의 건설이 가능해 질 것으로 기대된다.

#### 참고문헌

1. Xie L.& Wen R.(2000). Digital disaster reduction system, Journal of Natural Disaster, Vol,9 No,2, P,1-9
2. 강인석, "가상건설기반 토목공사 시뮬레이션기법 구성 및 활용", 대한토목학회지 특집기사, 56권 7호, pp30-37, 2008
3. Burdea G.C. & Coiffet P. (1994). Virtual Reality technology, John Wiley and Sons, NewYork
4. 강인석, 경상대학교 토목공학과 시공정보관리실 <http://cm.gnu.kr>, 진주, 대한민국, 2008
5. FORUM8, <http://www.forum8.co.jp>, Tokyo, Japan, 2008
6. (주)베이스소프트, <http://www.basis.co.kr>, 서울, 대한민국, 2008
7. (주)지오엔티, <http://www.geont.co.kr>, 서울, 대한민국, 2008
8. 경관도로 정비사업 업무 편람, 국토해양부, 2008