

지형정보시스템기법을 이용한 친환경적 골프코스 설계

주영규^{1*} · 이활희¹ · 이무춘²

¹연세대학교 응용과학부 생물자원공학전공, ²연세대학교 환경공학부

Application of Geographical Information System on Golf Course Design for Reduction of Environmental Impacts

Young-Kyoo Joo^{1*}, Whal-Hee Lee¹, and Mu-Chun Lee²

¹Dept. of Biological Resources & Technology, Yonsei University, Wonju 220-710, Korea

²Dept. of Environmental Engineering, Yonsei University, Wonju 220-710, Korea

ABSTRACT

The construction of golf courses has had adverse effects on the natural landscape and delicate ecosystem of Korea. Efficiency in planning and design was necessary to minimize the environmental impact of the original construction. However, the ordinal design methods have limited the data processing by the massive scale of the project of golf course development.

Conventional design methods did not have a proper tool for alternative plans on pre-estimation of landscape destruction or minimizing of the environmental impact. Therefore, advanced computerized techniques need to be adapted for golf course design to solve the problems concerning the environmental impacts.

Geographic information system (GIS) was applied on the process of geographical data input and analysis through the final outputs. Simulation works by the total database management enable the pre-investigation of the design in view of an assessment of environmental impacts. It is also possible to evaluate plans easily and propose the alternatives properly. Precise quantity calculation of engineering works by computer system should be guaranteed scientific, economic, and environmentally-sound.

Key words : digital terrain model, environmental impact, golf course design, GIS, simulation.

*Corresponding author. Tel : 033-760-2250

E-mail : ykjoo@yonsei.ac.kr

서 론

우리나라는 골프, 스키 등 레저 스포츠의 인구가 급증함에 따라 많은 수의 골프장과 스키장이 건설되었고 현재 계획 중이거나 건설 중인 숫자도 대단히 많다. 그러나 이런 골프장 및 스키장 공사는 원지형 변화가 크며 생태계 파괴와 수목의 부족, 급경사로 홍수방지능력을 갖지 못하여 토사 유출과 더불어 농약, 비료의 유출이 심하여 물리적 환경 파괴와 환경오염에 대한 우려와 더불어 사회적 논란의 대상이 되어 있는 실정이다 (김 등, 1992; 김, 2000; 송, 2000).

외국 선진설계시스템과 토목환경분야에는 기술격차가 진산화에 뒤쳐져 있다. 따라서 많은 시간을 투자하여 수작업을 하거나 간단한 전산설계 프로그램으로 골프코스를 설계하여야 한다. 충분한 설계기간과 공사기간을 확보하지 못하고 있는 우리나라에서는 일반적인 수작업위주의 설계방식으로는 사전에 환경영향을 분석, 검토 및 대안작성을 하지 못하고 있어 문제점 발생이 더욱 심각하다 (송, 2000).

본 연구는 골프코스 건설 전 충분한 환경영향 평가와 설계의 정밀성, 효율성, 자료의 호환성을 극대화할 수 있는 전산화된 골프코스 설계 기법을 수행한다. 연구된 내용은 골프코스설계 전 과정을 지형정보시스템(Geographical information system)을 적용하여 지형 및 설계자료의 입력, 계산, 최종 설계도면(성과품)의 출력까지 적용하는 전산화한 기술체계의 구축으로 환경영향에 관한 사전검토 및 대안제시가 가능하며, 또한 정확한 물량산출 등이 계산될 수 있는 과학적이며 경제적이며 친환경적 설계가 가능한 전산설계기법의 적용과정을 연구하고자 하였다.

본 론

국내 골프코스의 설계 현황

설계의 시행기관은 공사를 발주하는 발주처, 설계 용역을 수행하는 설계용역업체, 공사서류를 인·허가 하는 관련 정부기관이 있다. 보통 발주처는 부지를 개발하고 설계용역업체에서는 발주처가 공사에 들어가기에 앞서 관련 정부기관에서 공사 인·허가를 받기 위한 도면과 서류를 작성한다.

용역업체는 발주처의 요구를 만족하기 위해 측량, 계획 및 설계업무를 수행한다. 이런 업무는 한 토목업체에서 전담할 수도 있으며 다른 전문토목업체에 그 업무를 분담 수행하기도 한다. 토목공사는 도로, 상하수도 와 같은 중요한 기간사업이며 설계기간이 정해져 있고 여러 업체들이 함께 전문분야를 수행하는 것이 일반적이고 관련 상위계획이 정해져 있어 관청의 인·허가를 받아야 한다. 특히 설계도면 및 시방서와 같은 것은 공사가 이루어지기 전에 반드시 감사, 평가를 받도록 되어 있어 공사일정에 맞추기 위해서는 각 관련기관과의 긴밀한 업무협조와 업무 스케줄 관리가 필수적이다. Fig. 1은 이러한 업무배경흐름을 보여준다.

그러나 업무시스템의 방대, 복잡함과 각종 기간산업의 법규 규제 때문에 실제로 이론상 완벽한 작업 및 일정관리를 하기가 어렵다. 또한, 자료의 공유와 통합시스템의 부재로 설계용역업무를 여러 업체들이 수행함에 따라 업무가 과중되는 경향이 있다. 이 결과로 설계 담당업체가 도면을 완성되지 못했거나 잘못 계획된 도면을 다른 골프코스 설계의 타분야 협력업체에 제공하게 된다면 추후 공사 시에 시행착오가 발생하게 되어 계속된 계획변경과 수작업의 반복이 이루어진다.

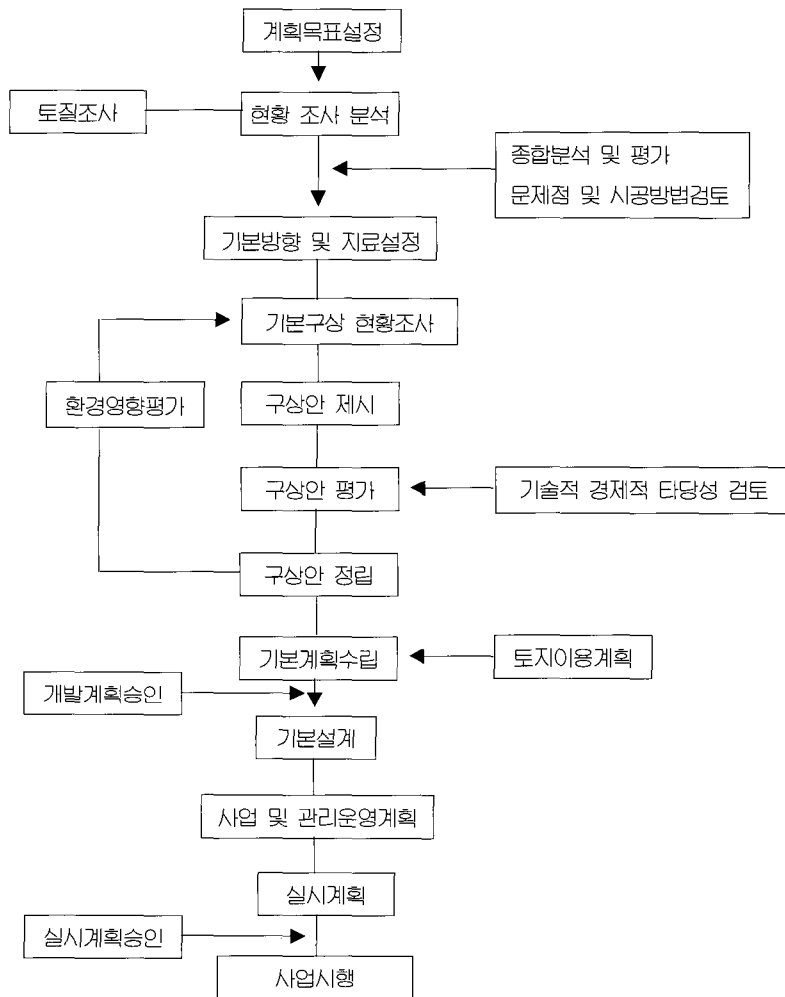


Fig. 1. 설계업무 흐름도

골프코스 설계의 구성

골프코스 설계의 구성은 기본설계와 실시설계로 크게 구분된다. 기본설계는 간략하게 공사계획에 관련된 도면을 만들어 인·허가를 받거나 개략적인 공사비를 산출하기 위한 설계이다. 이 기본설계에서 공사방법, 공사비 및 설계방식이 검토되고 관련기관에서 인증을 받는다.

실시설계는 인증된 기본설계를 바탕으로 세부적인 설계를 하고 완성된 도면과 공사단가서

를 발주처에 제공한다. 결국 기본설계는 대략적인 공사비 산출이나 인·허가를 위한 개략적이고 빠른 작업을 하여 설계기간에 성과품을 제출해 공사타당성을 검토 하도록 하는 것이 목적이고, 실시설계는 세부적인 설계를 통해 보다 근접한 공사비와 설계도면을 산출하는 것이 목적이다. 따라서 기본설계와 실시설계는 설계항목에서는 동일하지만 수행내용의 질과 양은 큰 차이가 있다.

골프코스 설계대상은 토목공사, 도로, 우수

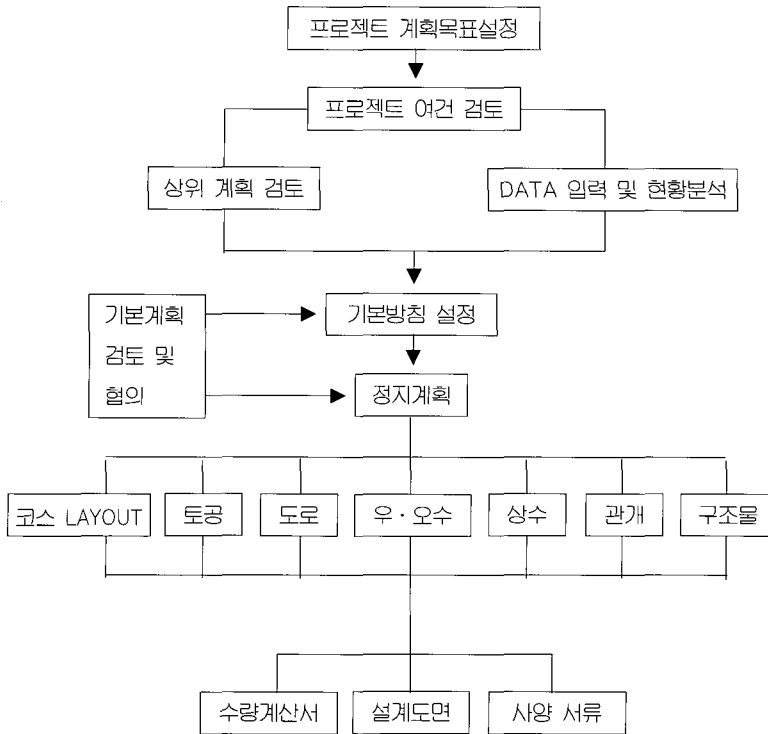


Fig. 2. 전산화 설계의 작업수행 순서도

및 우수배제시설, 상수 및 관개시설, 구조물 설계 등과 green, tee, fairway, bunker 및 hazard 설계 등이 있다. 실제 완성될 도로, 골프코스 구조를 표현하기 위해서 현황도, 평면계획도, 종단면도, 횡단면도가 이용되며 공사재료 및 공사비 산출을 위한 공사단가보고서, 공사재료보고서와 토공이동 계획도가 있다. Fig. 2는 전산화 설계의 작업수행 순서를 보여 주고 있다.

현황도는 측량부서에 측량해 온 자료를 사용해 등고선, 하천, 사지와 같은 지형현황과 지장물, 필지와 같은 지적도를 같이 표현하여 공사대상의 기초가 된다. 평면계획도는 공사의 청사진을 종합적인 각도에서 보여 주며 도로와 부지 및 각종 구조물의 명칭과 공사 될 위치, 모양이 표현된다. 종단면도는 공사대상을 종단측면에서 보아 지반높이(해수면 기준)와 계획높이

를 표현한다. 횡단면도는 종단면도에 의해 계획된 대상을 일정한 거리의 단면들로 구분하여 각 단면에 나타나는 지형이나 구조물을 표현해 토공량을 산출하여 단가산출에 필요한 근거를 제시해준다.

Fig. 2의 자료흐름에서와 같이 토목설계에서 도면작업은 물량을 산출하고 공사예산을 계산하는 토목설계에서 중요한 작업이고 또한 그 내용을 drawing해야 한다. 도로에서 물량을 산출할 경우 불도저의 유효 운반거리인 20m를 기준으로 하여 골프코스 18홀 평균 홀 길이와 이동로를 합하여 약 8,000m를 설계할 때 횡단면의 수가 500개 정도를 그려 계획선과 지반선 사이의 면적에 20m를 곱해 각 체인별로 토공량을 합해야 전체 물량이 산출하는 방대한 작업을 수행해야 한다.

지형정보시스템 (GIS)을 적용한 골프코스 설계기법의 목적

골프코스 전산화기법의 목적은 전술한 대로 골프코스설계의 문제를 해결하는 데 있다. 데이터처리와 설계과정을 전산화하여 작업수행을 신속·정밀하며, 특히 골프코스 건설에 의한 환경영향을 최소화하는 골프코스 계획을 수행하는 데 있다 (서, 2000). 또한 설계자료를 전산화하고 공유하여 친환경적 코스 설계를 수행할 수 있다. 부수적으로 경기의 기능적 효과 증대, 토지이용의 적정성, 코스 유지 관리의 용이 등을 충분히 검토할 수 있다.

골프코스 전산 설계시스템의 구성

골프코스 전산 설계시스템은 아래와 같이 크

게 6개의 시스템으로 구성되어 있다.

현황입력 시스템

Total station과 같은 항공측량 또는 vectorizing 등의 지형자료 측량기로부터 데이터를 입력, 유지, 관리한다.

지형구성 시스템

골프코스 지형자료를 삼각망(TIN, Triangular interconnection network) 및 등고선으로 생성한다.

CAD 시스템

평면선형계획, 종단선형계획, 횡단계획을 제도(drafting)함으로써 도형 선형실체(entity)구

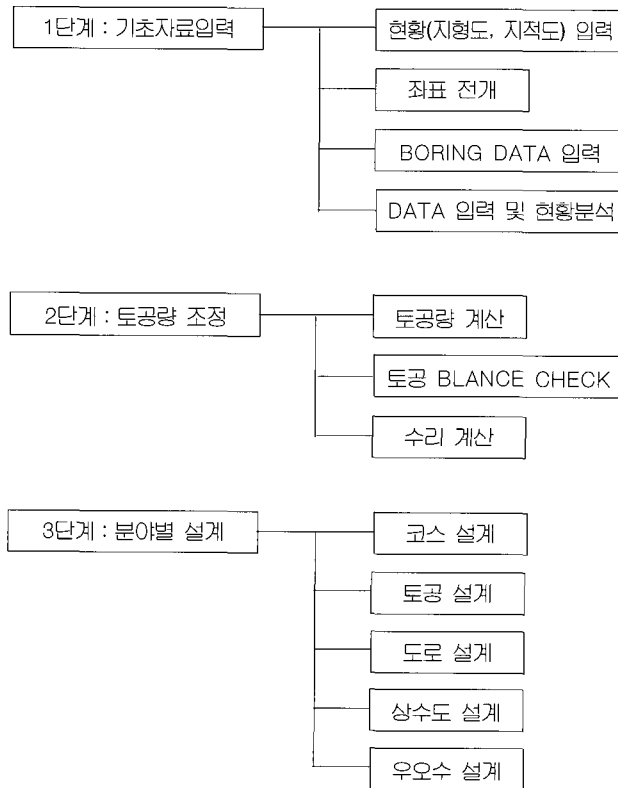


Fig. 3. 골프코스의 전산설계 수행과정

조로 유지, 관리한다.

토목계산 시스템

토공 기본자료를 유지, 관리하고 입력된 평면선형, 종단선형, 횡단계획과 지표면 자료를 이용해 구조물 위치를 자동계산하고 법면(비탈면) 등을 처리하며 보고서 및 도면을 출력한다. 지표면자료(surface) 관리 및 계산 시스템

지표면 및 계획면을 2차원 자료구조로 유지, 관리, 연산함으로써 토공량 등을 산출한다.

시뮬레이션 시스템

설계의 적합성평가를 실시하여 설계상 문제점과 사전 환경영향분석을 실시하고 문제점 발견 시 이의 보완 개선을 위하여 보행시뮬레이션(walking), 비행시뮬레이션(flying) 등의 기술을 적용한다.

골프코스 전산설계의 수행과정

골프장 전산설계 과정은 기초자료 입력 단계, 토공량 조정과 환경영향분석단계, 분야별 설계의 3단계로 Fig. 3과 같이 구분되며 전술

한 골프코스 전산 설계시스템의 6가지 구성으로 골프코스의 전산설계 수행과정을 차례대로 수행한다.

기초자료 입력단계

기초입력단계는 지형정보시스템에 자료를 입력하는 단계로서 골프코스 건설 전 지형정보입력과 골프코스 건설 후 계획평면정보의 입력으로 구분된다.

이 단계는 최종적으로 2개의 DTM(Digital terrain model) 수치지형모델을 만든다. 이 수치 지형 모델은 지형의 위치 및 높이의 수치를 적당한 밀도로 배치하여 data화하고 이 수치에 의해 표현되는 지형이다 (Hardwick 등, 1999). 이 모델의 수치를 사용하면 코스 layout, 조감도, 경관도, 면적 계산, 토공량 산출, 노선의 비교 설계, 계획고의 저장, 3차원 display, 종단도 및 횡단도 생성, 등고선 생성, 경사분석 등의 설계 등 설계에 필요한 종합적 데이터로 활용 할 수 있다 (Petrie and Kennie, 1990).

지형정보입력은 골프코스 건설 전의 기존 지

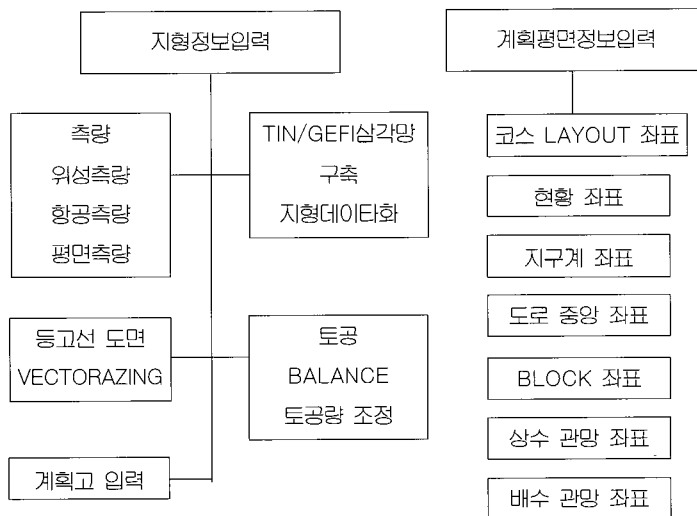


Fig. 4. 지형정보 및 골프코스 작업공정

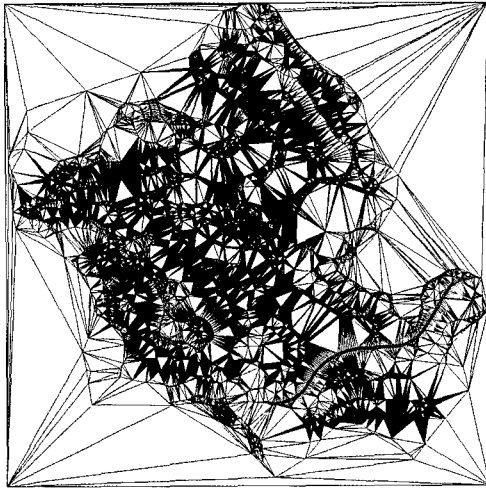


Fig. 5. 동광컨트리클럽 지형삼각망(TIN)

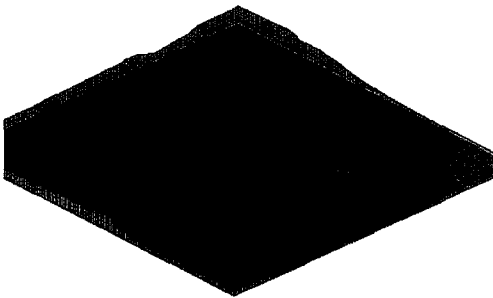


Fig. 6. GEF(Gridded elevation file)

형정보를 기초자료 시스템에 입력하여 Fig. 4에서와 같이 측량 data, boring data 등 주요 지형정보를 digital data화하여 저장한다.

저장된 데이터는 지형구성 시스템을 이용하여 가장 가까운 점들을 연결하는 삼각망 TIN (Triangular interconnection network)을 형성한다. 이 삼각망은 보통 점을 기준으로 정렬

된 위상정보를 관리하며 삼각형 각각마다 이웃된 3점을 관리하고 있으므로 그 위에 걸쳐진 도로평면중심선 등에 대한 지반높이를 정확하고 빠르게 구할 수 있으며 또한 등고선이나 그리드를 쉽게 구할 수 있다 (최, 1996; 윤, 1994; Kolingerová, 2000). Fig. 5는 동광컨트리 클럽의 지형을 TIN으로 형성한 그림이다.

여기에 다시 일정간격의 그리드를 TIN 위에 얻는다. 그리고 그리드와 삼각형이 만나는 점의 위치와 높이를 계산하여 Fig. 6에서 보는 것과 같이 그리드의 각 셀에 셀 높이값을 입력하여 GEF(Gridded elevation file) 작성한다. 실시 설계 단계에서는 그리드의 간격을 좁게 하여 더 정확한 값을 산출한다.

따라서 DTM의 생성순서는 지형자료의 입력과 이를 TIN으로 변형하고 GEF화한 후 최종적으로 DTM를 얻는다 (김, 2000; 송, 2000).

토공량 조정 및 환경영향분석 단계

골프코스 설계 시스템에서 토목계산 시스템과 지표면 자료 관리 및 계산 시스템을 이용하여 제작된 DTM에서 필요한 자료를 추출한다.

먼저 기존지형도 및 계획지형도의 DTM을 이용하여 그 지역의 성토 또는 절토량을 계산한다.

절성토량 계산원리는 Fig. 7에서와 같이 GEF 각 셀에서 지형데이터에서 계획데이터를 비교하여 구한다. 이때, 양수값이 나오면 절토 지역이고 음수값이 나오면 성토지역이 된다. Fig. 8은 양단면 평면법을 응용하여 절토지와

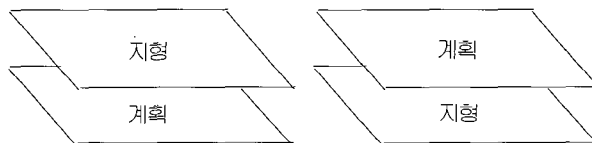


Fig. 7. 절토와 성토 계산 원리



Fig. 8. 동광컨트리클럽 건설공사 성토와 절토를 전산처리 한 그림

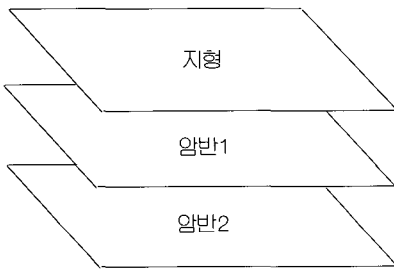


Fig. 9. 암반 추정선

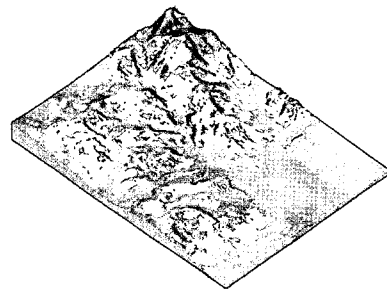


Fig. 10. 동광컨트리클럽 건설공사 경사분석도

성토지를 그 절성토량에 따라 가시화하여 절성토경계지(daylight lines)와 절성토 지역을 보여 준다. 그리고, 지역별 절성토 이동량 등의 세부보고서를 작성한다.

이 단계에서 설계자는 토공량의 과다에 의한 환경파괴의 영향여부를 면밀히 검토하며 절성토지의 높이, 주요 경관지의 공사 후 상황을 예측해야 한다. 또한 시추(boring) 주상도(Fig. 9)를 토대로 지역별 지층별 암 추정선을 제작하여 토공 이동시 문제점을 파악하고 토공이동로를 작성하여 토공량 balance check을 실시한다.

설계 검토결과 계획의 재검토가 필요할 경우에는 절토고와 성토고를 다시 조정하여 절성토의 균형을 용이하게 조정할 수 있다. 특히, 골

프코스 건설로 인한 과도한 물리적 환경영향이 우려될 때 기본계획의 전면적인 검토가 반드시 이루어져야 할 것이다(김 등, 1992).

토공량에 따른 환경영향평가가 끝나면 수리 분석단계로 넘어간다. 수리분석은 골프코스 자체보다는 코스 외부 주변환경에 더 많은 영향을 미치는 요소라고 할 수 있다. 골프코스 건설 후 유량 유속의 변화로 토사유출, 수질악화, 수서동·식물의 생태계변화로 환경파괴가 초래될 수 있기 때문이다.

우선 골프코스 건설 전의 강수량, 하천유량, 하천유속 등을 조사한다. 이와 더불어 골프코스 건설 후 발생하는 배수분구별 유량 유속을 10년, 20년, 30년 빈도 강수량을 적용시켜, Fig. 10의

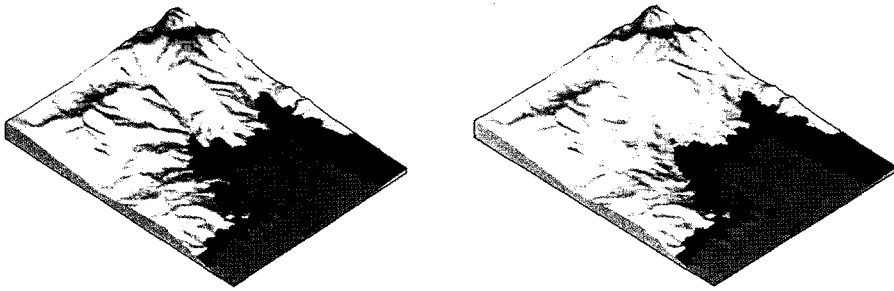


Fig. 11. 동광컨트리클럽 건설공사 골프 코스 공사 전후 모습



Fig. 12. Techiland(경기도 이천) 3번 홀 3차원 시뮬레이션

경사분석도를 토대로 수리계산을 실시한다.

설계자는 유량 유속이 건설 전과 변화가 없도록 배수관의 크기, 배수관경사를 조절하거나 가뭄과 홍수를 대비하여 저류지를 설계하여 수리학적 환경변화를 최소화시킨다. 물리적 환경 영향 평가가 끝나면 골프코스 설계자는 DTM을 바탕으로 club house의 위치, hole의 배치 등 기본설계(tentative design)를 수행한다.

Fig. 11은 동광컨트리클럽 골프코스 설계 이전과 이후의 지형변화를 전산 처리된 Database를 응용하여 3차원적 구도로 출력한 DTM이다. 또한, Fig. 12에서 보는 것과 같이 DTM을 3차원 시뮬레이션화하여 주요 관측지에서의

코스건설 전 경관을 분석하고 이를 기본설계에 반영하도록 한다.

제한된 지형조건 내에서 주위 자연지형과의 조화되는 hole의 구성과 특성을 살리고 적절한 par의 배열, 개발자의 요구 사항 등 다양한 설계요소에 의하여 기본설계를 결정한다.

일차적으로 기본설계가 완료되면 계획도면을 스캔 후 vectorizing 처리 후 계획 DTM을 제작한다. 이러한 지형정보시스템 기법을 적용한 골프코스 설계의 전산화는 database를 공유함으로써 설계의 시각화, 정보화, 가속화하여 효율적으로 토공처리 할 수 있으며 골프코스 주변의 생태계파괴를 최소화할 수 있는 토공량

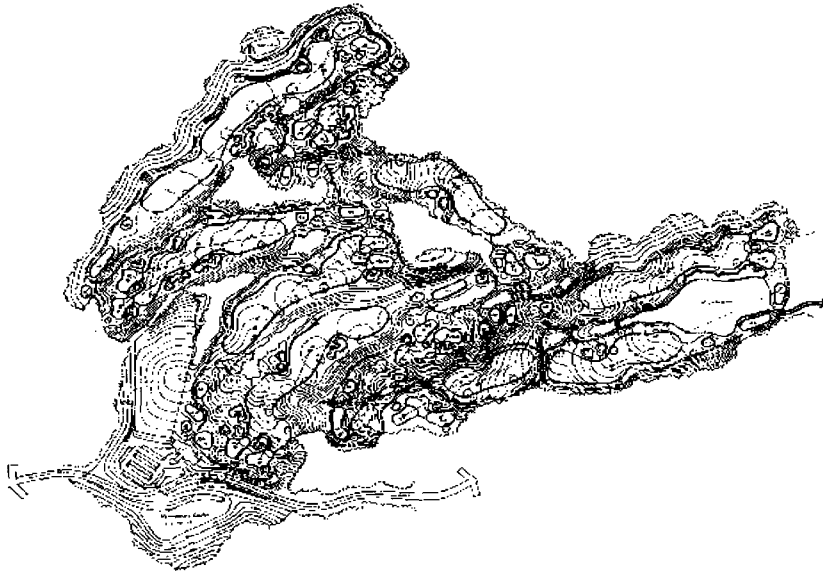


Fig. 13. 상부대(대전광역시) 골프코스 설계계획도

계산 및 수리계산을 할 수 있다.

분야별 설계 단계

지형정보시스템 기법의 적용은 계획의 단계에서부터 분야별 설계단계까지 전반적으로 적용된다. 기초자료 입력단계에서 골프코스 설계에 필요한 자료를 database화하여 각 전문분야별 설계자료를 공유할 수 있다. 이에 따라 상호 연관된 계획 및 실시설계의 일괄적 처리능력을 보유하게 된다.

분야별 설계는 크게 코스설계, 토공설계, 도로설계, 상수도설계 및 우·오수도 설계 등으로 나누어진다(Fig. 3). 코스설계(Fig. 13)는 공사 계획평면도 작성, hole별 평면도 작성, hole별 횡단도 작성, 수량산출, 내역서 작성으로 구성된다. 주로 골프코스에서 골프경기에 관련된 부분을 설계한다(김 등, 1992; 최, 1999). Fig. 14와 15는 저장된 database에 의해 골프코스의 각 hole을 중심선을 기준으로 20m 간격으로 나누어 종단면도를 작성한 종평면도와 횡단

면도이다.

도로설계는 도로계획평면도 작성, 도로 종, 횡단면도 작성, 수량산출 및 내역서 작성으로 구성된다. 골프코스 접근로나 단지 내의 도로에 노선명을 부여하고 노선별로 시 종점, IP, slope를 결정하여 평면도를 작성한다. Fig. 16는 동광컨트리 클럽 진입도로를 도로 중심선을 기준으로 20m 간격을 횡단면도를 작성한 도면의 일부분이다. 이와 같이 지형정보화 한 골프코스 설계 시스템은 평면계획, 토공계획과 더불어 정지 및 도로 등의 분야별 설계의 물량과 이동계획을 정확히 산출하여 준다.

이러한 지형정보화 한 골프코스 설계 시스템을 적용함으로써 골프코스 건설에 의한 지형변화에 의한 생태계와 경관의 물리적 파괴에 대한 환경영향을 최소화하는 효율적이고 고도의 기술적 요구를 충족시키는 계획 및 친환경적 골프코스 설계에 진일보된 발전이 가능하리라 사료된다(연 등, 2000).

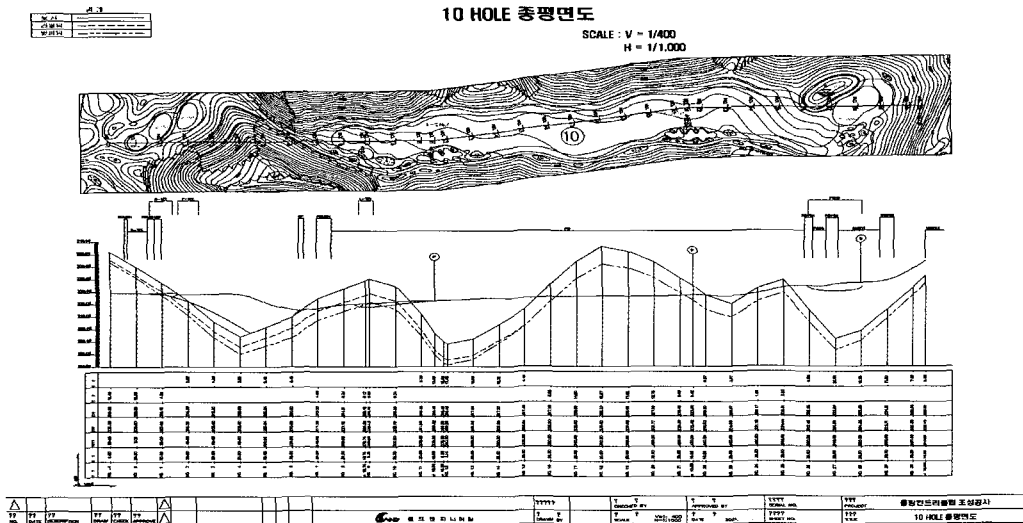


Fig. 14. 동광컨트리클럽 10번 홀 종평면도

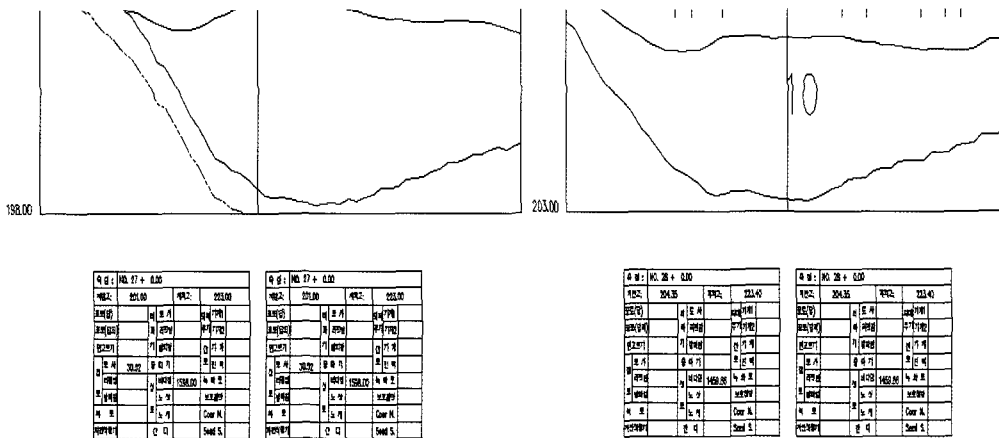


Fig. 15. 동광컨트리클럽 10홀 횡단면도

고찰

기존의 통상적 설계는 과도한 시간과 노력이 소요되어 골프코스설계의 타당성 평가에 필요한 충분한 분석 및 검토가 이루어지지 않고 설계를 마감하는 경우가 많았다. 특히, 공사 후의 경관변화에 대한 예측이나 물리적 환경영향 저감대책에 대하여 적절한 대안을 제시할 적절한

수단이 없었던 것이 사실이다.

일부 골프코스 설계용 프로그램은 단순 유틸리티 프로그램으로서 설계과정의 일부분을 전산화하여 입력, 분석, 설계도면을 산출하였으나 사업의 방대성으로 인한 설계자료의 처리에 정밀하고 효율적인 설계에 한계를 가지고 있다. 또한 코스 및 토공 등의 수량산출과 각종 내역서는 일반적으로 수작업이 병행되고 있는 실정이다.

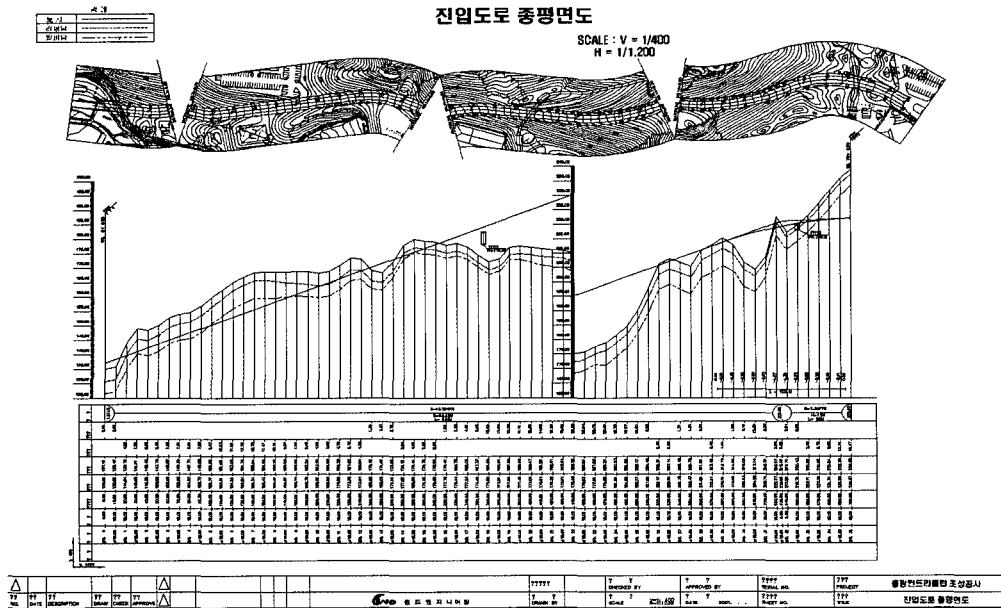


Fig. 16. 동광컨트리 클럽 진입도로 종평면도

본 연구에서는 친환경적 골프코스 설계에 있어서의 문제점을 지형정보시스템에 적용하는 기술에 대하여 연구하였다.

지형정보시스템을 이용한 골프코스 설계 package로서의 program화는 환경영향에 관한 사전검토가 가능하였고 특히 database의 공유와 설계과정의 가시화로 설계검토가 구체적이고 명확하였다. 또 설계변경이 용이하고 단순하며 정확한 물량산출 등이 전산처리 됨으로써 친환경적이고 과학적이며 경제적인 설계가 가능하였다.

토목공학적인 전산 설계기법의 지속적인 연구와 자료처리능력의 발전은 물리적 환경영향에 관한 사전 평가와 효율적으로 환경영향을 최소화하는 기술적 발전이 가능하리라 판단된다.

요 약

최근 많은 수의 골프장 건설로 인하여 국토

의 상당면적이 원지형의 변화 또는 파괴되고 있으며 주변 생태계가 급속한 변이를 겪고 있다. 골프코스 건설을 위해서는 정밀하고 효율적인 설계를 요하지만 기존의 통상적 설계방식으로는 사업의 방대성으로 인한 설계자료의 처리에 한계를 가지고 있었다. 특히 공사 후의 경관 변화에 대한 예측이나 환경영향 저감대책에 대하여 적절한 대안을 제시할 적절한 수단이 없었다. 따라서 이러한 문제점을 해결하기 위하여 지형정보시스템(GIS)을 골프코스 설계에 적용하여 건설에 따른 물리적 영향을 최소화시킬 수 있는 친환경적인 골프코스 설계 기법개발에 대하여 연구하였다. 연구된 내용은 지형정보시스템을 기초자료입력 단계에서부터 최종 성과물 단계까지 적용시켜 전 설계과정을 전산화하며, 부수적으로 골프 경기의 기능적 효과 증대 토지이용의 적정성, 코스유지 관리의 용이성 등을 사전 검토할 수 있는 친환경적 전산설계기법을 개발 연구하였다.

주요어 : 골프코스 설계, DTM, 유사모형, 지리정보시스템, 환경영향,

참고문헌

1. 김귀곤, 김명길, 김지덕, 오휘영, 이동근, 임상하, 주영규. 1992. 한국의 골프장 계획. 도서출판 조경. p. 16~47
2. 김태균. 2000. 산지개발을 위한 지리정보시스템의 활용에 관한 연구. 대구대학교 석사학위논문. p. 6~31
3. 서우현. 2000. 생태골프장 활성화방안. 월간 환경과 조경 제149호: p.58~68
4. 송호. 2000. 골프장의 필요성과 생태골프장. 월간 환경과조경 제149호: p52~61
5. 연상호, 김은형, 김성균, 이명우. 2000. 조경분야에서의 GIS활용과전망. 월간 환경과조경 제143호: p.58~69
6. 윤정학. 1994. 지형공간정보체계의 이용을 위한 불규칙삼각망 생성기법에 관한 연구. 연세대학교 석사학위논문. p. 1~26
7. 최종원. 1996. 델로니 삼각형 알고리즘을 이용한 불규칙 삼각망을 생성에 관한 연구. 연세대학교 석사학위논문. p. 5~22.
8. 최필순. 1999. 단지설계계산요강. 탐구문화사. p.133~176.
9. Hardwick, E. C., G. L. Miller, and D. Talmor. 1999. Design and Implementation of a Practical Parallel Delaunay Algorithm. *Algorithmica* 24:243~269
10. Kolingerová, I., and J. Kohout. 2000. Pessimistic Threaded Delaunay Triangulation by Randomized Incremental Insertion in Graphic Con'2000, Moscow State University, p.76-83
11. Petrie, G. and T. J. M. Kennie. 1990, Terrain modelling in surveying and civil engineering, Whittles Publishing.