

연구논문

GIS를 이용한 경지정리 토양처리 분석시스템 개발

Development of Soil Analysis System for Land Readjustment Using GIS

고홍석* · 이주승** · 이소열***

Goh, Hong-Seok · Lee, Ju-Seung · Lee, So-Yeal

要 旨

현재까지 경지정리 조사설계를 위한 토양조사결과 처리, 토양도 제작·분석 및 그에 따른 적절한 건설기계 선정은 모두 수작업에 의해 이루어져 왔다. 본 연구에서는 지리정보시스템을 이용하여 이러한 작업을 전산화하였다. 다양한 토양 분포 양상을 띠는 산간지역경지정리 조사설계 지구의 현장조사 및 실내분석 시험치에 대한 자료를 수집하여 기본도와 주제도를 작성하고, 데이터베이스를 구축하였다. 이를 분석하여 대상지역의 경지정리시 사용되는 적절한 건설기계 선정방안을 제시하고 기존의 수작업 내용과 비교·검증하였다.

핵심용어 : GIS, 경지정리, 토양통, 토양도

Abstract

It has been a common practice to use manually processed soil maps in planning of land readjustment. This study is intended to develop a geographic information system for computerized processing of soil maps. The pilot region of land readjustment for this study was set at a mountain area with diverse formation of soil. Cadastral maps were employed for the basis map, and the main map was prepared using the information obtained from in-situ soil survey and laboratory tests. The detailed soil maps were drawn using the geographic information system, and analyzed and compared with manually processed maps. The soil maps, in conjunction with a computer program of land readjustment design, can be applied in estimation of soil works appropriate for the given soil condition, and also in selecting the efficient construction equipments.

Keywords : Geographic Information System, Land Readjustment, Soil map

1. 서 론

2002년 말 우리 나라의 국토면적은 9,954천 ha, 그 중에 논 면적은 1,146ha 그리고 경지정리가 완료된 면적은 691천 ha로 논 면적의 60%에 불과하다. 국토의 67%가 산악지인 점을 감안하면 논은 효율성 제고 차원뿐만 아니라 통일을 대비하여 식량안보 면에서도 지속적으로 관리하고 경지정리를 확대해 나가야 할 것이며, 이에 따라 경지정리의 기초자료로서 토양도는 중요한 의미를 가진다. 기존의 토양도 분석 작업은 수작업으로 많은 시간이 소요되어 비효율적이었으며, 설계기초자료 획득에 대한 정밀도가 부족하였다. 이를 개선하기 위하여 관련 정보를 DB화하고 분석 후 활용하기 위해서 GIS의 도입

의 필요성이 부각되었다. GIS는 위치자료와 속성자료를 결합하여 종합적으로 처리할 수 있으며, 대상지역의 특성에 따라 공간적 정보분석을 계속적으로 입력, 저장, 처리, 검색할 수 있다(이신호 외, 1993). 이런 GIS를 통하여 그동안 주관적이고 경험적이며 수작업으로 수행되었던 토양도 분석 및 토양처리 방법 선정과 그에 따른 건설장비 선정을 객관적이고 합리적으로 개선하고자 하였다.

본 연구의 목적은 경지정리 대상지역에서 현장조사 및 실내분석시험을 통해 얻은 경지정리를 위한 각종 조사결과를 GIS 소프트웨어를 이용하여 수치입력 후 처리하는 과정에서 토양별 특성과 분포면적을 도면상에 표현할 수 있는 주제도 설정방법을 연구하고, 토양도 작성 시 중첩에 의한 자동화된 변환절차를 보여줌으로서 신뢰도 높

2004년 8월 18일 접수, 2004년 10월 2일 채택

* 전북대학교 농업생명과학대학 생물자원시스템공학부 교수 (minju@chonbok.ac.kr)

** 주저자, 전북대학교 대학원 농공학과 박사수료 (bigfoot@chonbok.ac.kr)

*** 농업기반공사 금강사업단 과장 (soylee@karico.co.kr)

은 토양분석자료의 전산화 처리방안을 모색하는데 있다.

경지정리를 위한 토양도 작성의 목적은 대상지구의 토양종류의 유형별 분포상태를 계통적으로 분류하고 이화학적 제 특성을 조사 분석하여 각 토양별 특성에 알맞은 적정 토양처리 방법을 선정, 합리적인 설계 및 시공이 이루어질 수 있도록 하는데 있다.

지금까지는 토양도를 통해 얻어진 토양분석자료를 설계자가 활용하기 위해서 현장조사결과 및 분석결과를 수작업으로 통합 작성하여 설계 실무에 적용하여 왔다. 그러나 수작업으로 토양도면을 작성한다는 것은 많은 시간이 소요되는 작업이며, 잘못 작성하게 되면 처음부터 다시 작성해야 하는 수정 및 갱신의 어려움이 있고, 완성된 도면으로부터 설계기초자료 획득 시 면적 및 토공량 산출에 구적기 등을 이용함으로써 정밀도가 떨어졌다.

대상지역의 토양조사 관련자료를 입력하고 저장, 갱신, 처리, 분석, 응용함에 있어 GIS의 도입이 적합한 것으로 사료되며, 경지정리설계에 적용할 수 있는 토양처리분석을 위한 토양도를 작성하는데 작업의 전산화 및 도면의 전산화는 경지정리 설계전산화 못지 않게 중요한 것이다.

연구 방법은 경지정리 조사설계지구의 현장조사 및 실내분석 시험치에 대한 자료를 습득·수집하여 수치화하고, 기본도와 주제도를 구축하여 분석한 후 최종 토양도를 작성한 후 조사결과와 활용가치 향상 정도를 기존의 수작업 내용과 비교·검증하였다.

2. 대상지구 선정 및 각종 토양 조사 시험

2.1 대상지구 선정

대상지구 선정을 위하여 농업기반공사에서 기본 조사한 지구 중 중산간지인 남원시 관내의 내동지구, 풍촌지구, 구상지구를 검토하였다. 이들 지구 중에서 재경지정리 및 토양현황이 단순한 지구는 제외하고 토양현황이 다양하고 자료 입력이 비교적 쉬우며 분석시험 결과 자료가 잘 관리된 내동지구를 선정하여 GIS의 실질적인 적용 가능성과 보다 효율이 좋은 사례를 제시하고자 하였다.

2.2 토양도 작성을 위한 토양 조사 시험

토양조사시험은 각 토양별 특성에 알맞은 적정 토양처리기준을 설정하여 합리적인 설계 및 시공이 이루어질 수 있도록 하기 위해 실시한다. 선택된 내동지구의 토양조사 분석 결과치를 입수하여 데이터베이스를 구축하고 이를 보완하여 활용하였다. 토양조사 시험방법과 종류는 다음과 같다.

2.2.1 현장조사시험

토양분류를 위한 현장조사는 1/3,000~5,000 평면도 또는 지형도를 기본도로 하여 시굴(Auger boring)조사 회수를 1ha당 1공을 기준으로 1.0~1.2m 깊이까지 시굴에 의한 토양의 물리·형태적 제 특성을 조사 파악하고, 토양통의 분류 및 토양종류별 분포를 표시하는 경계선을 작도한다(류기승, 1989).

1) 토양통 조사

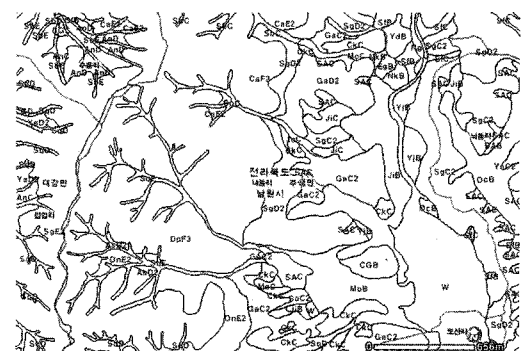
토양통(土壤統, Soil Series) 조사는 토양분류 단위에서 가장 기본이 되는 것으로 표토의 토성을 제외한 토층의 중요한 형태적 특성이 유사한 토양을 기준하여 설정된 저차분류 단위이다. 그리고 토양통은 지형, 모재(퇴적양식), 모암, 토성, 토색, 토양배수등급, 유효 토심, 돌·자갈함량, 층위의 배열, 반층의 유무, 토양구조의 발달정도, 이화학적 성질, 점토광물학적 특징 등 제반 요소에 의하여 구분되며, 현재까지 농촌진흥청에서 밝혀진 국내의 지형별 분포 토양통의 종류는 378개통이다.

그림 1은 전북 남원시 주생면 내동리 일원의 토양현황을 나타낸 정밀 토양도로 토양통 기호 및 경계선이 표시되어 있다.

경지정리는 필지별 개념이 적용되어져야 하므로 농촌진흥청에서 발행한 토양도로 참조하여 사업지구내를 필지별로 정밀하게 토양조사를 하여야 한다.

표 1은 토양도에 표시된 토양통 번호에 대해 설명한 것이며, 본 시스템에서는 토양도에 표시된 토양통에 대한 토양별 형태적 특성, 분포면적 및 비율을 데이터베이스로 구축하여 토양통도 속성정보 검색이 가능하도록 하였다.

내동지구에 포함된 토양통은 43개로 이 중에서 예산 토양통의 물리 및 화학적 특성을 나타낸 것이 표 2이다(농업기술연구소, 1983).



출처 <http://asis.rda.go.kr>(농업토양정보시스템)

그림 1. 대상지구의 토양도

표 1. 토양도 설명 예시(예산, 예천, 오산)

토양부호	토 양 명	영문번호
58 예 산	양토, 침식이심한 15-30% 경사	YaD2
59 예 천	사양토, 2-7% 경사	YaD2
60 오 산	자갈이있는양토, 침식이심한 7-15% 경사	OnC3

주) 농업기술연구소 발행 토양도 참조(토양통 No. 58~No. 60)

표 2. 예산 토양통의 물리 및 화학적 특성

토양통명	예 산					
층위	A11	A12	B1	B2	B3	
깊이(cm)	0-7	7-20	20-35	35-60	60-100	
자갈함량 > 2mm(%)	7.2	5.1	4.5	12.5	5.5	
토 성	양토	양토	사양토	양토	사양토	
ph H ₂ O(1:1)	5.7	5.7	6.0	6.0	6.2	
유기물(%)	1.09	0.87	0.78	0.78	0.41	
염기치환용량 (me/100gr)	8.9	9.0	6.5	5.9	4.9	
치환성 염기 (me/100gr)	Ca	1.9	0.8	1.0	0.6	0.5
	Mg	0.62	0.83	1.31	1.42	1.45
	Na	0.07	0.10	0.17	0.15	0.12
	K	0.17	0.25	0.18	0.10	0.08
	Total	2.76	1.98	2.66	2.27	2.15
염기 포화도(%)	31.0	22.0	40.9	38.5	43.9	
유효 인산(ppm)	7	6	6	4	4	

2) 토양단면조사

단면조사는 대상지구내 25ha당 1지점의 비율로 분포된 토양의 대표되는 위치를 선정후 시향 깊이 1m까지를 원칙으로 하여 유효 토심, 층위의 배열, 토성, 토색, 돌·자갈함량, 토양구조, 공극, 견고도, 점착성, 글라이(Glei)층 등 토층의 여러 가지 특성을 조사한다. 그림 2는 토양단면도의 한 예이다.

3) 원추관입시험

지내력 조사는 경지정리 시공에 있어 중장비 투입에 따른 중기계의 작업능률 산정과 합리적인 공사비 산출의 기초자료가 되므로 중장비 기중선정 및 사용기준을 판정하기 위하여 시행한다. (Cone 지수)에 따라 2kgf/cm² 미만은 초습지, 2~6kgf/cm²까지는 일반 습지구역으로 구분하며, 그 외는 일반지역으로 구분한다. 그림 3은 각 지점에

대한 지내력값을 도표화하여 토양보고서에 나타난 예로서 qc값이 2~6kgf/cm² 범위이므로 습지에 해당된다.

4) 기타 현장조사 시험

배수개선대책을 검토할 필요가 있을 경우에는 지하수위를 조사하며, 삼투량이 과다하거나 보비력이 낮으며 토심이 얇은 사·벽질토에 있어서 영농상 필요한 작토 조성 및 토층개량을 위하여 객·복토원을 조사하고, 토양의 물리·화학적 성분 분석에 필요한 토양시료를 채취하여 표토와 심토, 전층 또는 층위별로 분석한다.

2.2.2 실내분석시험

현장에서 채취한 토양시료는 농촌진흥청 토양 물리·화학 표준분석법에 준하여 작물생육 장애인자 파악 및 토양의 비옥도를 판정하기 위하여 다음 항목의 이화학 분석시험을 실시한다.

- 1) 입도분석
- 2) 토양산도
- 3) 염도
- 4) 유기물 함량
- 5) 유효인산
- 6) 염기치환용량
- 7) 토양오염도

2.3 토양처리 방법

경지정리 대상지의 토양처리는 분석결과에 따라 토양 처리기준에 의거, 적절한 토양처리방법과 대안이 선정된 후, 처리방법별 면적을 산출하고 이를 토양도에 표시하여야 하며, 경지정리 설계자가 이해하기 쉽도록 작성하

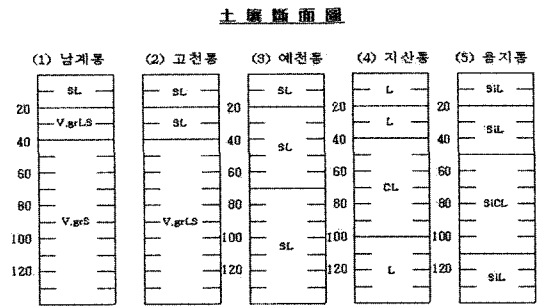


그림 2. 토양 단면도

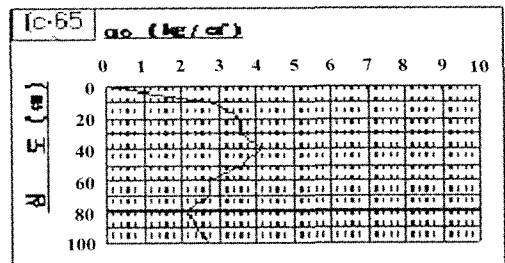


그림 3. 원추관입시험 저항곡선도(지내력도)

여야 한다.

토양처리 방법은 표 3과 같으며, 경지정리 설계 시에는 현장의 제반 여건을 검토하고 분석하여 종합적인 판단이 이뤄져야 한다. 이때 각각의 토양처리 방법들은 토양처리면적산출과 토량산출, 적절한 장비선정과 장비대수산정, 운반거리산정 등을 공통적인 분석사항으로 포함하고 있다.

표 3. 토양처리 방법과 분석포인트

토양처리 방법	분석 포인트	검토사항
표토처리	임시 사토장 선정	하층토 이용시 적합성 조사
객토, 복토	객복토원 선정 장비이동경로 선정	보수.보비력 투수성,공극률 화학적성분 조사
석력제거	심토혼합 가능성	돌, 자갈 함량 20% 이하
심토파쇄	40cm이상 깊이의 심토 파쇄 장비선정	식질경도 여부 투수성, 통기성
습지제거	장비선정의 중요기준 포괄대책 마련	지내력시험치 qc=6kgf/cm ² 미만
심토혼합	절토시 심토노출 여부 혼합용 표토 확보	철,망간,규소 등의 집적여부
표토제거	하층토양 재이용 사토장 선정	퇴적물로 인한 불량토층 여부
병행토양 처리	시공조건, 작물생육, 영농관리를 복합적으로 고려함	다 공종 병행

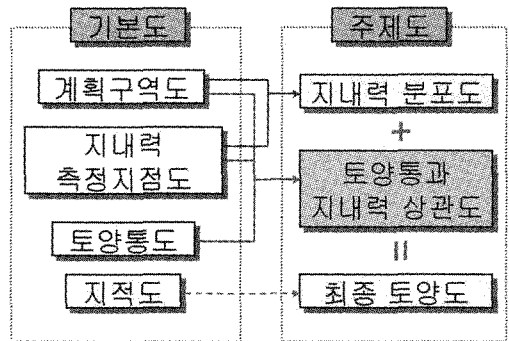


그림 4. 시스템 계통 설계도



그림 5. 시스템 구현 순서도

3. 토양처리 지리정보시스템 구현 및 적용

3.1 시스템 설계 및 구현순서

그림 4는 기본도 및 주제의 구성과 상관관계를 나타낸 시스템 계통 설계도이다. 지내력 측정을 위한 현장시험으로 원추관입시험을 실시한 위치를 계획구역도상에 중첩하고 특정 지점에서 측정된 값이 일정한 면적에 적용되도록 하기 위하여 Thiessen 다각형 망을 이용해 구역을 설정하고 지내력 분포도를 구성한다. 여기에 토양통도를 다시 중첩하여 지내력과 토양통의 상관관계를 구성하고 속성데이터베이스를 구축하여 분석한다. 종전에 수작업은 지내력 측정값에 효과적으로 토양도를 반영하여 분석하지 못함으로써 토양처리 방안선정에 많은 시행착오를 일으켰으나 본 연구에서 개발한 방법을 이용하여 보다 쉽게 토양처리방법을 결정할 수 있다.

그림 5는 대상지구의 선정에서부터 최종 토양도 보고서를 작성하는 과정을 나타낸 것이다.

3.2 도형DB 구축

3.2.1 기본도 구성

경지정리 설계를 위하여 작성된 .dwg 파일중 지적 Layer를 추출하여 대상지구의 경위도 좌표를 입력하고 ArcView에서 사용할 수 있는 파일로 변환시켜 지적도를 만들었다. 그러나 향후에는 수치지적도를 입수하여 활용하면 시간과 비용의 절감을 가져 올 것이다. 또한 .dwg 파일에서 대상지구의 구역만을 추출하여 계획구역도를 작성하였다. 경지정리를 위한 지도는 육안으로 각각의 필지를 확인할 수 있을 정도가 되어야 하므로 최소한 1:5,000이상의 대축척 지도를 제작한다.

현재 토양도로 이용될 지도는 1:3,000도를 주로 사용되고 있는데 이는 지적도(1:1,200)를 축소하여 사용하고 있는 실정이다.

그림 6는 지적도에서 경지정리 대상지만을 추출하여 구역으로 설정한 것이다.

지적도와 계획구역도를 참조하여 대상지구의 지내력

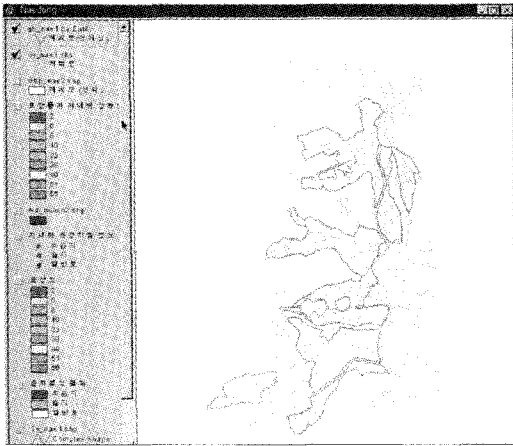


그림 6. 내동지구 계획구역도

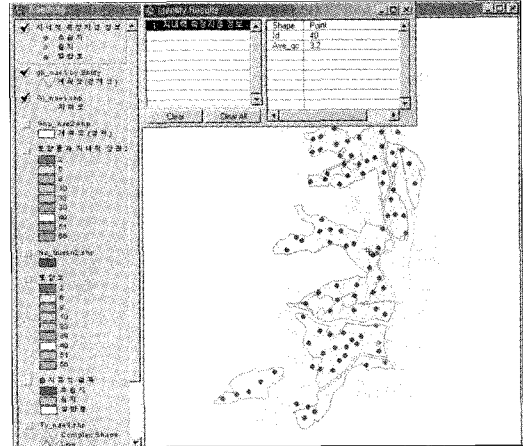


그림 7. 지내력 측정 지점도

측점 지점을 디지털화하고 속성을 입력하였다.

지내력 측정 지점도는 지구내 101개소의 측정 위치를 포함하고 있으며 본 연구에서는 측정지점 좌표를 이용하여 입력하였으나 GPS 등을 이용하면 보다 정확하고 신속하게 처리할 수 있을 것이다.

계획 구역 외의 측정값도 계산에 포함하였는데 이는 사업 시행 중에 계획구역으로 포함될 상황에 대비한 것이다. 현장에서 실측된 각 지점별 지내력은 심도 0~100cm 까지 각각 10cm 단계별로 세밀하게 측정되어 있으나 본 연구에서 토양통에 따른 토양처리방법을 선정하는데 있어서는 대략적인 지내력 정보만으로도 현장의 상태를 대변할 수 있을 것으로 판단하여, 측정된 단계별 지내력을 평균하여 각 지점을 대표하는 지내력 값으로 정하였다. 그러나 향후 본 시스템을 확장하고 표토처리 방법 및 작업 기계 선정, 토층별 토공량 산출 등에 이용하고자 할 경우에는 심도별로 보다 정확한 데이터를 입력하여야 할 것이다.

그림 7은 사업지구내 지내력 시험을 실시한 위치와 속성조회 결과를 나타낸 것이다. 원추관입시험에 의해 나온 지내력값(q_c)을 조회한 결과로서 40번 측정지점의 평균 $q_c = 3.2\text{kgf/cm}^2$ 임을 나타낸다.

토양통도는 대상지역의 농업진흥청 토양도를 입수하여 지적도와 계획구역도를 참조하여 디지털화한 후 정위치 편집을 시행하여 작성하고 토양통 데이터베이스를 연결하였다.

그림 8는 토양통 자료 검색화면이다.

대상지구 내에 분포되어 있는 토양통은 고천통, 남계통, 예천통 등 모두 9 종류였다.

3.2.2 주제도 구성

주제도는 기본도를 참고하여 2단계로 구성하였다. 그

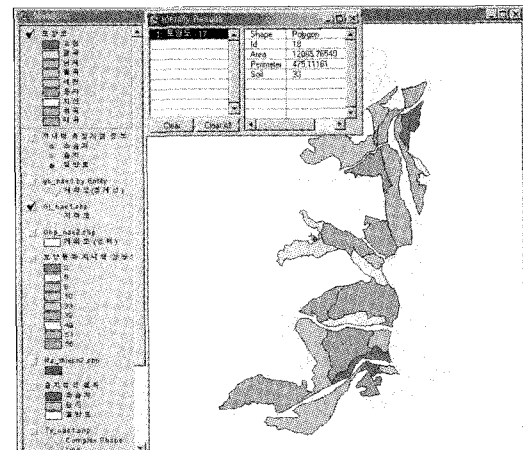


그림 8. 토양통 자료 검색화면

림 9는 지내력 측정지점별 영향 면적을 산출하고자 지내력 측정 지점도를 이용하여 Thiessen 다각형 망을 구성한 후 계획구역도와 중첩하여 Clipping 처리한 결과이다. 그림에서 붉은색으로 표현된 부분은 $q_c < 6.0\text{kgf/cm}^2$ 인 습지 구역임을 나타낸다.

지내력 분포도에 토양통도를 중첩하여 그림 10과 같은 토양통과 지내력 상관도를 작성하였다. 토양통과 지내력 상관도에서는 선택된 주제에 따라 활성화된 주제도의 속성을 검색할 수 있다.

토양처리 방법에는 표토처리, 복토, 객토, 습지, 석력 제거 등이 있는데, 그림 11은 대상지역 내 토양통과 지내력 상관관계를 고려하여 결정된 토양도를 조회한 화면이다. 토양처리 방법에 따라 구역별로 색상을 달리하여 표현하였다. 토양통 분류 33번 예천통은 습지구역으로

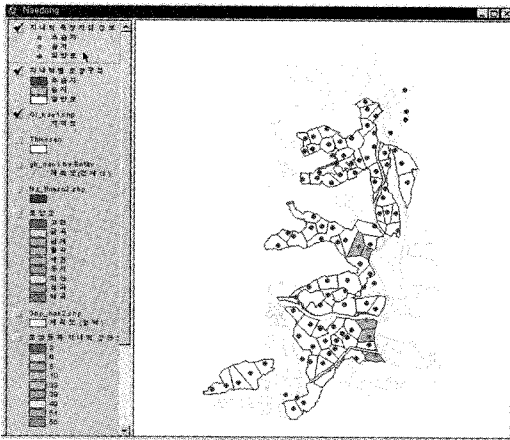


그림 9. 내동지구 지내력 분포도

토지이용 추천지목을 위해 배수로 보완 및 암거배수 등이 권장됨을 알 수 있다.

3.3 속성DB 구축

3.3.1 속성자료

필요한 지형자료로는 현장조사 결과에 의한 시험치(토양조사, 지내력 조사), 실내분석 시험 결과치, 토양처리방법이 있다. 이들은 경지정리 설계 기준에 의해서 얻어지며 토양처리면적을 산출하는 중요 근거자료로 사용된다.

현장조사 시험 결과치중 삼투량은 지구 전체에 적용되는 인자이기 때문에 별도의 자료관리는 하지 않았으며, 각각의 지점에 대한 토양의 지내력 시험치는 습지, 초습지를 구분 짓는 경지정리에 있어서 중요한 인자이기 때문에 시험 데이터는 제출용 보고서에 첨부하고 결과치는 토양도에 반영하도록 작성하였다. 속성은 MS Access를 이용하여 입력하고 성과도 작성에 이용할 수 있도록 배려하였으며, 토양도 화면에 추가가 가능하도록 하였다.

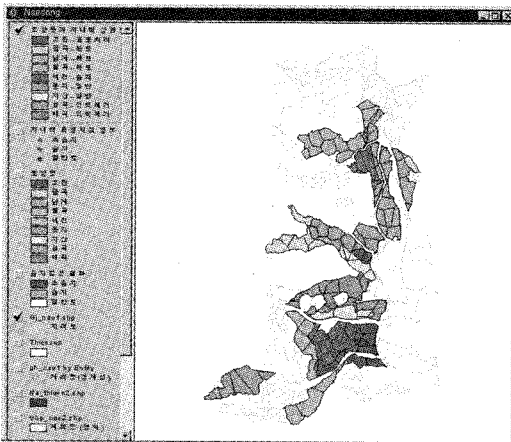


그림 10. 내동지구 토양통과 지내력 상관도

3.4 적용결과

첫째, 지내력 분포도를 이용하여 습지 구역을 분류하였다.

둘째, 계획 구역을 각 토양통별로 구분하고 토양처리방법별로 면적을 산출하였다. 이때, 면적산출은 단순소회만으로도 결과를 얻을 수 있어 종래의 수작업에 비하여 작업속도가 현저히 빨라졌다.

셋째, 계획구역과 토양조사 결과를 중첩한 결과, 계획구역임에도 토양조사를 실시하지 않은 경우와 토양조사를 했으나 계획에 반영되지 않은 경우가 있었다. 그림 12에서는 계획구역이나 토양조사를 실시하지 않은 지역을 표시한 것이며, 그림 13은 토양조사를 실시했으나 계획

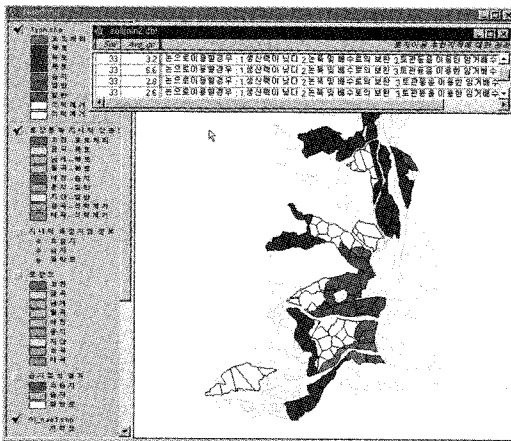


그림 11. 토양처리 검색 화면

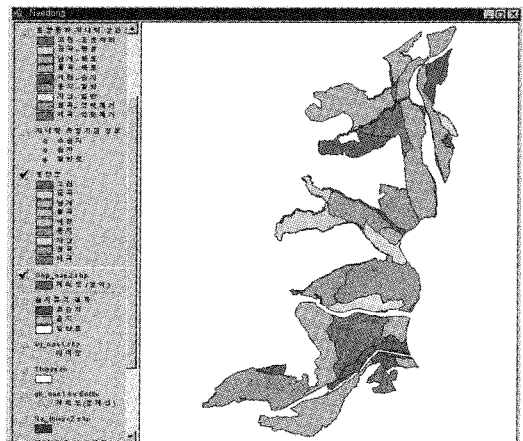


그림 12. 계획구역내 미 토양조사 지역 표시

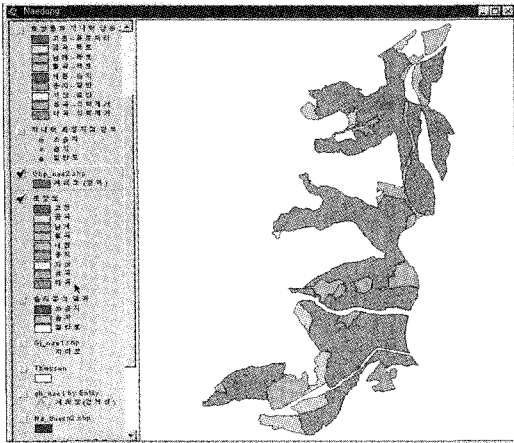


그림 13. 토양조사 지역내 미 계획지역 표시

에 반영되지 않은 지역을 표시한 것이다.

4. 결 론

본 연구는 GIS를 이용하여 경지정리 설계의 근간이 되는 토양처리를 위한 연구로서 토양처리기준을 바탕으로 대상지역을 선정하여 구체적인 구현시스템인 토양처리 지리정보시스템 개발을 시도한 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1. 토양도 작성은 기존에는 수작업으로 작도하였으나 지리정보시스템을 이용하여 자동화하였으며, 추후에 이 시스템은 토양처리분석을 실시하는데 프로토타입이 될 것이다.
2. 현장조사 및 실내분석시험 결과에 따른 시험치를 GIS를 활용하기 위한 정확화를 시도하였으며, 이는 경지정리 설계의 질적 향상과 신뢰도 제고에 기여할 것이다.

3. GIS를 이용한 토양도 작도는 경지정리 설계 자동화와 연계할 수 있는 가능성을 제시하였다.
4. 분석의 정확도와 신뢰성을 높이기 위해서는 앞으로 토양처리를 위한 분석 인자간의 관계를 면밀하게 규명하는 후속 연구가 필요할 것이다.

참고문헌

1. 국립지리원. 1998. 수치지도 활용상 문제점 종합 분석. 국립지리원.
2. 김원태 외 4인. 1999. 인접하는 수치지도 간의 경계영역 불일치 보정. 한국지형공간정보학회논문집 Vol. 7, No. 1, pp. 41-52.
3. 김재영 외 6인. 1996. 토질역학. 건국대학교 출판부.
4. 김채승, 윤창진. 1999. ESRI Arcview 지리정보체계. 대영사.
5. 농림수산부·농어촌진흥공사. 1996. 농업생산기반정비사업계획설계기준(계획·경지정리편). pp. 313-329.
6. 농어촌연구원. 1998. 내동지구 일방경지정리사업 기본조사보고서. 농어촌진흥공사. pp. 345-391.
7. 농업기술연구소. 1983. 한국토양총람. 농촌진흥청.
8. 농업기술연구소. 1986. 토양해설도. 농촌진흥청.
9. 류기승. 1989. 토질조사 보고서 작성방법. 농공기술 Vol. 6, No. 2, 농업진흥공사. pp. 118-129.
10. 유복모. 1999. 지형공간정보론. 동명사.
11. 이신호, 최진용, 김한중. 1993. 지리정보시스템을 이용한 농촌지역의 토지 적합성 분석. 한국지형공간정보학회논문집 Vol. 1, No. 1, pp. 153-158.
12. 정창주 외 4인. 1995. GIS를 이용한 경지정리 모형화 기술 개발. 농공기술 No. 47, 농어촌진흥공사.
13. Burrough, P. A. 1986. Principles of GIS for Land Resources Assessment, Clarendon, Oxford, Chapter 4 Reviews Alternative Methods of Data Input and Editing for GIS.
14. David L. 1993. A GIS-Based Method for Integrating Expert Knowledge into Land Suitability Analysis. Urban & Regional Information System Association Vol. II.
15. Fisher, H. T. 1978. Theoretical Cartography. Lab. for Computer Graphics and Spatial Analysis. Havard.