

94-05-10

경지정리의 최적설계에 관한 연구

A Study of the Optimum Design of Land Rearrangement

1994. 11

연구기관
서울대학교 농업생명과학대학 부설
농업개발연구소

농림수산부
농어촌진흥공사



제 출 문

농어촌진흥공사 사장 귀하

본 보고서를 “경지정리 최적설계에 관한 연구”의 최종연구보고서로 제출합니다.

1994년 11월 30일

연구기관명 : 서울대학교 농업생명과학대학
부설 농업개발연구소

책임연구원 : 정 창 주 (서울대학교 농업생명과학대학 교수)
연구원 : 이 남 호 (안성산업대학교 농촌개발과 조교수)
연구원 : 조 성 인 (서울대학교 농업생명과학대학 조교수)
연구원 : 송 창 섭 (건국대학교 농공학과 강사)
보조연구원 : 최 영 수 (서울 대학교 농업개발연구소 특별연구원)
보조연구원 : 최 중 섭 (서울 대학교 농업개발연구소 특별연구원)
보조연구원 : 김 학 진 (서울 대학교 대학원 석사 과정)
보조연구원 : 김 승 찬 (서울 대학교 대학원 석사 과정)
보조연구원 : 이 강 걸 (서울 대학교 대학원 석사 과정)
보조원 : 배 점 숙 (컴퓨터 프로그래머)
농어촌진흥공사 : 정 병 호 (농어촌 연구원 수석연구원)
: 김 주 인 (농어촌 연구원 기준정비연구실 과장)
: 강 구 덕 (농어촌용수사업처 과장)

요 약 문

1. 연구과제명 : 경지정리의 최적설계에 관한 연구

2. 연구기간 : 1994. 5.01 - 1994. 11. 30

3. 연구의 필요성 및 목적

국내에서의 경지정리에 관한 연구는 재단법인 한국농지개발연구소에서 농지개량 조합 연구회와의 연구용역사업으로 수년간 실시되고 있으나, 이것은 주로 농업토목적 기술을 바탕으로 한 연구사업으로 농업기계화의 시각에서의 경지정리나 경지의 구획별의 기계이용효율 극대화에 관한 연구는 수행되지 않고 있다.

기계이용효율 극대화라는 관점에서의 연구는 본 연구팀에서 92년에서 93년까지 “농업 기계이용의 효율제고를 위한 경지정리의 기초설계 기술개발에 관한 연구”를 수행하였는데 경운, 정지, 이앙, 수확 작업 등의 작업가능일수율과 포장작업효율을 결정하고 작업효율에 따른 구획의 크기와 조합된 작업시의 적정한 구획의 크기를 분석·제시하였으며 주요 농업기계별로 가능한 영농규모를 결정하였다. 또한, 농업기계 대형화에 따른 기계이용효율 제고를 위한 구획의 크기와 면적을 결정하였으며 개발된 rule들을 이용하여 경지정비 설계기준설정을 위한 경지정리 전문가 시스템을 최종적으로 개발하였다.

그러나, 경지정리계획이 농업기계 이용효율 향상측면과 함께 용배수 효율성과 경사도 및 토양에 따른 토목적인 측면을 고려한 종합적인 경지정리 계획수립에 관한 연구에 대해서는 미비한 실정이다. 외국의 경우를 보면, 우리 농업과 엇비슷한 일본에서는 본 연구사업과 같은 내용의 연구가 이미 오래전부터 실시되고 있다. 특히, 일본 농림수산부의 농업연구센터에서는 제 3팀이라는 대구획 수도작 생산기술 연구

팀을 만들어서 농업기계화 뿐 아니라 대구획화에 따른 수도작 생산기술의 정립과 대구획 경지정리의 설계기준을 마련하는 대대적인 연구가 진행중에 있다.

따라서, 농업기계 이용효율 측면에서의 경지정리 설계기준을 농업토목적인 측면을 고려한 설계인자와 결합시키며 대구획화, 토지이용의 극대화, 농작업체계의 변화, 농업기계의 대형화 및 적정 토공비용에 따른 최적의 경지정리 설계기준을 제시하는 것이 필요하다.

우리 나라의 수도생산을 위한 적절한 경지정리 설계기준을 확립하기 위해서는 생산기술의 변화와 그에 따른 농업기계의 변화를 함께 고려하면서 농업기계이용효율을 극대화한다는 측면을 고려해야 한다. 그러나 경지기반의 적정 설계기준을 마련함에 있어서는 농업기계화의 이용효율 향상 측면이상으로 지형의 경사도, 기반조성 경비, 용배수 조작, 농로의 구조와 배치, 토양 특성 등 토목적인 측면에서의 고려 또한 중요한 설계인자이기 때문에 이를 결합한 최적의 경지정리 설계기준을 제시하는 것이 절실히 요구된다. 따라서, 본 연구의 구체적인 목적은 다음과 같다.

- 1) 농업기계 이용효율 측면에서의 경지정리 설계기준을 농업토목적인 측면을 고려한 설계 인자와 결합 시킨다.
- 2) 경지정리의 기계적 측면과 토목적인 측면에서의 상충되는 설계인자를 구명하여 대구획화, 토지이용의 극대화, 농작업체계의 변화, 농업기계 대형화 및 적정토공비용에 따른 최적의 경지정리 설계기준을 제시한다.

4. 연구의 내용 및 결론

- 1) 농업토목측면을 고려한 결정인자들의 영향을 분석하여 기본구획 크기와 형상을 제시하였다.

- 2) 현행 용배수로 설계기준, 구획확대에 따른 용배수량, 그리고 재배기술 변화에 따른 설계 용수량 등을 검토하고, 설계용수량을 분석하여 적정 용배수로의 설계방향을 제시하였다.
- 3) 토질 및 토양의 종류 및 함수율이 농업기계 효율에 미치는 영향을 트랙터에 의한 경운작업과 콤바인 수확작업에 대하여 분석하였다.
- 4) 농업기계의 이용효율 제고를 위한 농로의 폭, 농로 기울기, 교차로에서의 귀자르기, 농로의 포장, 진입로 설치 등에 대한 설계기준과 교통량에 따른 농로폭을 제시하였다.
- 5) 물량, 중기비, 운반비 등의 공사비 산출 방법을 제시하고, 이들 토공비용을 고려한 경지정리 설계기준을 제시하였다.
- 6) 개산과 상세적산의 각각의 경우에 대하여 공사비 산정 프로그램을 개발하고 구획의 크기, 용배수로의 배치 형태, 경사도 등에 따른 토공비용을 분석하였다.
- 7) 지형정보를 이용하여 지역실정에 적합한 경지정리 시스템을 구성하기 위하여 PC ARC/INFO를 이용한 GIS를 구축하였다. 또한 농기계선정 프로그램(ESMF)이나 토공비용계산 프로그램, 경지정리 전문가시스템(ESLA)에서 필요한 인자들을 ARC/INFO에서 제공할 수 있도록 하였다.
- 8) 농업기계 이용효율 극대화, 토지 및 지형정보의 이용, 용배수로 조건 등을 고려한 통합적인 경지정리 최적설계를 위한 경지정리 전문가 시스템을 개발하였다. 개발된 경지정리 전문가 시스템은 GIS와 결합하여 그 결과를 가시적으로 제시될 수 있도록 하였다.

5. 연구결과 실용화방안

- 1) 농업기계 효율을 제고하기 위한 지대별(평야지, 중간산지, 도시근교 등) 적정 구획의 크기와 토양 종류, 지형의 경사도, 용수원, 연중강우조건에 따른 용배수 조건과의 관계를 구명하여 적정한 용배수로 설계할 수 있다.
- 2) 농업기계의 이용효율을 제고를 위해 필요한 농로의 폭, 농로의 노면 구조, 농로의 높이 등의 농로설계기준이 경지정리에 반영될 수 있으며, 교통량 추정을 통하여 효율적인 농로설계를 유도할 수 있다.
- 3) 구획의 크기 및 경사도에 대한 따른 대구획이 가능한 조건을 검토하여 구획 크기결정자료로 활용할 수 있다.
- 5) 농업기계의 이용효율 증대와 지형의 기울기에 따른 정지공사비를 고려하여 최적의 구획크기를 분석할 수 있다.
- 6) 경지정리에 필요한 기본구획의 설정, 농로와 용배수로의 설치, 농업기계 이용 효율증대, 지형 및 토목조건, 공사비 등이 종합적으로 고려되어 경지정리가 설계될 수 있도록 전문가시스템을 가시적으로 활용할 수 있다.
- 7) 지형정보를 이용하기 위한 GIS시스템과 결합된 경지정리 최적설계를 위한 전문가시스템의 개발 및 활용기술을 축적할 수 있다.
- 8) 경지정리 이후의 지형도의 변화를 미리 확인할 수 있는 GIS시스템 활용기술 구축.

SUMMARY

1. **Title** : A Study of the Optimum Design of Land Rearrangement

2. **Periods of Study** : 1994. 5. 01 - 1994. 11. 30 (Total 6 Months)

3. Object and Necessity of the Study

- 1) Establishment of optimum design criteria considered efficient field machinery operation, effective water management, and low construction cost in land rearrangement.
- 2) Development of expert system linked together to GIS for practical use and visualization of land rearrangement system integrated with various factors such as enlargement of farm blocks, maximization of cultivated land, change of farm mechanization system, farm machinery enlargement, and optimal construction cost.

4. Scope of the Study and Conclusions

- 1) Design of irrigation and drainage canals for the enlarged farm blocks.
- 2) Design of irrigation canals for the direct seeded paddies.
- 3) Travel test of field machinery to find the effect of various soil types and moisture content of the soil on the field efficiency of farm machinery. Slip of field machinery and soil physical properties such as surface stiffness, cone index, footprint sinkage were measured in

different soils of silty clay loam(SiCL) and clay loam(CL). Especially, The slip of a combine had little difference according to different soil texture and moisture content of soil.

- 4) Design of farm road to improve field machinery utilization efficiency and the optimal width of farm road based on the agricultural traffic volume. Maximum longitudinal slope, maximum lateral slope and pavement of farm road were designed in the point of safe and efficient machine run. The design criteria of cross road was also suggested.
- 5) Development of the program to calculate the construction cost in land rearrangement considered field conditions such as slope and size of farm land, type of canal, soil texture, and construction condition.
- 6) Development of an expert system for the maximization of the efficiency of field machinery, the utilization of geographical information, and the determination of the size of farm land related to irrigation condition.

5. Results of the study and Suggestion for Application

ESLA(Expert System for Land Arrangement) is composed of subprograms such as ESMF(Program for the selection of agricultural machinery), COST/ESTM(Program for the calculation of rough/detail construction cost in land rearrangement), IRRIGATE(Program for the design of irrigation and drainage canals), and other useful utilities. The subprograms are formed in SML files of PC ARC/INFO and obtain necessary parameters to get the results from ARC/INFO. In order to use

ESLA, all files should be made of SML files. For more information about ESLA, make reference the user's guide.

6. Recommendations

- 1) Test is necessary in order to verify the practicality of the developed land rearrangement system in a pilot farm.
- 2) Continuous revision of basic data used in ESLA is required for practical use.

여 백

목 차

제1장 농업토목측면을 고려한 기본구획의 크기와 형상의 결정 ..	15
1.1 용수조건	15
1.2 배수조건	20
1.3 원예시설	22
1.4 지형경사	24
1.5 포장조건	24
1.6 수평정도(水平精度)	25
1.7 구획의 결정	25
1.7.1 장변결정	26
1.7.2 단변결정	27
제2장 적정용배수로의 설계방향 제시	29
2.1 현행 용배수로 설계기준	29
2.1.1 설계용수량 결정	29
2.1.2 설계배수량 결정	31
2.2 구획확대에 따른 용배수량의 검토	33
2.2.1 용수량변화의 검토	33
2.2.2 배수량변화의 검토	34
2.3 재배기술변화에 따른 용수량의 검토	36
2.3.1 이앙재배와 직파재배	37
2.3.2 재배방식별 관개수량의 추정	43
2.3.3 재배방식별 설계용수량의 검토	45

2.4 설계용수량 산정방법의 검토	56
2.4.1 설계용수량 산정공식	56
2.4.2 설계용수량의 분석	61

제 3 장 토질 및 토양의 종류에 따른 농업 기계 효율 분석64

3.1 목적	64
3.2 토양의 분류	64
3.3 각 토양에서의 농업 기계 효율 분석	66
3.3.1 트랙터 작업 효율 실험 및 결과	67
3.3.2 콤바인 주행 성능 실험 및 결과	70
3.4. 결론	80

제 4 장. 농업기계의 이용효율 제고를 위한 농로 설계82

4.1 '93년도 연구결과 요약	82
4.2 교통량에 근거한 농로의 최적 나비의 결정	83
4.2.1 연구 방향	83
4.2.2 농로의 분류	84
4.2.3 교통량 추정	85
4.2.4 교통량 추정결과에 따른 농로폭의 결정	92
4.2.5 결론	95
4.3 농로의 기울기	95
4.3.1 종단기울기	95
4.3.2 횡단기울기	96
4.4 교차로에서의 귀 자르기	96

4.5	진입로	97
4.5.1	경사도	97
4.5.2	폭	98
4.6	농로의 포장	98
4.7	결론	99
 제 5 장 토공비용을 고려한 경지정리 설계기준 분석		100
5.1	개론	100
5.1.1	경지정리공사의 특이점	100
5.1.2	정지계획	104
5.2	공사비 산출	112
5.2.1	적산의 개념	112
5.2.2	물량산출	113
5.2.3	토공기계의 선정	119
5.2.4	공사비 구성	122
5.2.5	일위대가의 작성	123
5.2.6	기계경비의 산출	127
5.2.7	운반비 산출	129
5.3	공사비 산정 프로그램의 개발	131
5.3.1	개산인 경우	131
5.3.2	상세적산의 경우	138
5.3.3	개산의 공사비 산정을 위한 입,출력의 예	139
5.4	개산에 의한 경지정리 공사비의 분석	150
5.4.1	구획의 크기에 따른 비용분석	150
5.4.2	용배수로 배치형태에 따른 비용의 분석	155

5.4.3 경사도에 따른 비용의 분석	155
5.5 요약 및 결론	158

제 6 장. GIS와 전문가시스템을 이용한 경지정리 설계 160

6.1. GIS 소개	160
6.2. GIS 자료구축 장비 및 software	161
6.3. ARC/INFO를 이용한 GIS 정보구축	162
6.3.1 지형정보의 입력	162
6.3.2 지형자료의 정리 및 수정	164
6.3.3 속성정보의 입력	165
6.4. PC ARC/INFO를 이용한 경지정리 (사례)	165
6.4.1 SML(Simple Macro Language)	166
6.4.2. 경지정리 전문가시스템과 지형정보시스템과의 결합	169
6.4.3 ARC/INFO를 이용한 경지정리	170
6.5 경지정리 최적설계를 위한 GIS의 평가	174

제 7 장. 경지정리 전문가시스템의 개발 176

7.1 개발 목적	176
7.2 농업기계 이용효율 제고를 위한 경지정리 전문가시스템	176
7.3 경지정리 최적설계 시스템의 구성	177
7.4 전문가시스템 개발도구 : HCLIPS	178
7.5 경지정리 전문가시스템 개발	179
7.5.1 경지정리 전문가 시스템과 다른 부분과의 연관도	180
7.5.2 지식 베이스(Knowledge-base)	181

7.5.3 경지정리 전문가시스템 : ESLA(Expert System for Land reArrangement) 182
7.5.4 경지정리 전문가시스템 : 실행예 183
7.6 경지정리 전문가시스템의 평가 185

參考文獻 186

여 백

제1장 농업토목측면을 고려한 기본구획의 크기와 형상의 결정

경구의 크기와 형상을 결정하는 기준이 되는 인자는 경구의 단변을 제한하는 인자와 장변을 제한하는 인자로 구분될 수 있다. 단변을 제한하는 인자에는 지형경사와 유효토심 및 석력함양과 같은 포장조건이 있고, 장변을 제한하는 인자에는 포장의 수평정도, 용수조건, 배수조건, 원예시설의 유무등이 있다.

1.1 용수조건

구획의 형상 및 크기는 용수로 배치의 수리조건에 의해 제한을 받을 경우가 많다. 이양작업이나 직파재배를 위해 씨래질할 때에 담수후의 기계작업은 될 수 있는대로 짧은 시간에 하는 것이 기계능률을 높이고 또한 용수량도 절감하는 것이 된다. 따라서 필요한 시간 이내에 담수할 수 있는 경구의 면적이 필요하다. 또 용수로는 경구의 단변에 접하는 일이 많으므로 누수담 지대에서는 씨래질할 때나 건담직파의 초기 관수할 때에 장변이 길면 물이 부족한 경우에는 경구의 말단까지 도달하지 않게 될 우려도 있어 이러한 지역에서는 장변의 길이를 제한하여야 할 것이다.

포장에 물을 공급할 때에 물이 퍼지는 상황은 물꼬에서의 유량과 포장의 투수성에 따라 변하게 된다. 공급수량을 일정하게 하면 담수되는 부분이 증가되고 이에 따라 침투량이 증가되기 때문에 물의 진행속도는 그만큼 늦어진다. 이 때 침투량이 급수량 보다 크면 물의 진행은 정지된다. 물의 진행속도를 증가시키기 위해서는 급수량을 증가시켜야 되지만 급수량은 용수로의 유량이나 물꼬의 크기에 따

라 결정되기 때문에 급수량의 증대도 한계가 있다. 이를 위해서는 급수시간을 연장할 수 있으나 이 또한 영농작업에 따라 제한되기 때문에 효율적인 물관리를 위해서는 경구의 장변을 적정한 선에서 결정하여야 한다. 따라서 각종 토양의 투수 조건하에서 시간별 물의 진행속도를 추정하는 것은 경구의 장변을 결정하는데 중요한 자료가 될 수 있다. 본 연구에서는 물의 진행속도의 계산을 위해 식(1-1)을 사용하였는데 이는 古木敏也(1993)에 의해 제안되었던 것을 일부 수정하였다. 이 식은 급수 시작 후 t 시간에 있어서의 물 도달거리를 시간별로 계산할 수 있는데 그 기본 개념은 다음과 같다.

그림 1-1 에서 보는것과 같이 최초 1시간 동안 급수된 물은 작토층과 그 이하의 토층을 포화 시킨후 적정 담수심을 확보하는데 사용되는 것으로 가정하였다. 이때 공급되는 수량을 이양 전에 씨래질에 사용되는 수량으로 한다. 씨래질 용수량은 “농지개량사업계획 설계기준 경지정리편”에 의거 140mm 로 하였다. 단위급수량 q 는 1시간 동안 급수되는 총량을 경구의 단변으로 나눈 값을 사용한다. 급수 1 시간후 부터 논에 공급된 물은 그 이전에 물이 공급된 지역에서 발생하는 침투량으로 사용되고 그 잔여분이 씨래질 용수량으로 사용된다. 급수 시작후 n 시간 때에는 n-1 시간까지 물이 도달한 지역에서 침투가 발생되고 나머지만 물이 진행되는데 기여하게 된다.

$$L_t = L_{t-1} + \frac{q - P \cdot L_{t-1}}{H_t} \dots\dots\dots(1-1)$$

여기서, L_t = 급수 t 시간후의 물진행거리 (m)

q = 단위급수량 ($m^3/hr/m$)

P = 침투량 (m/hr)

H_t = 씨래질에 필요한 용수량 (m)

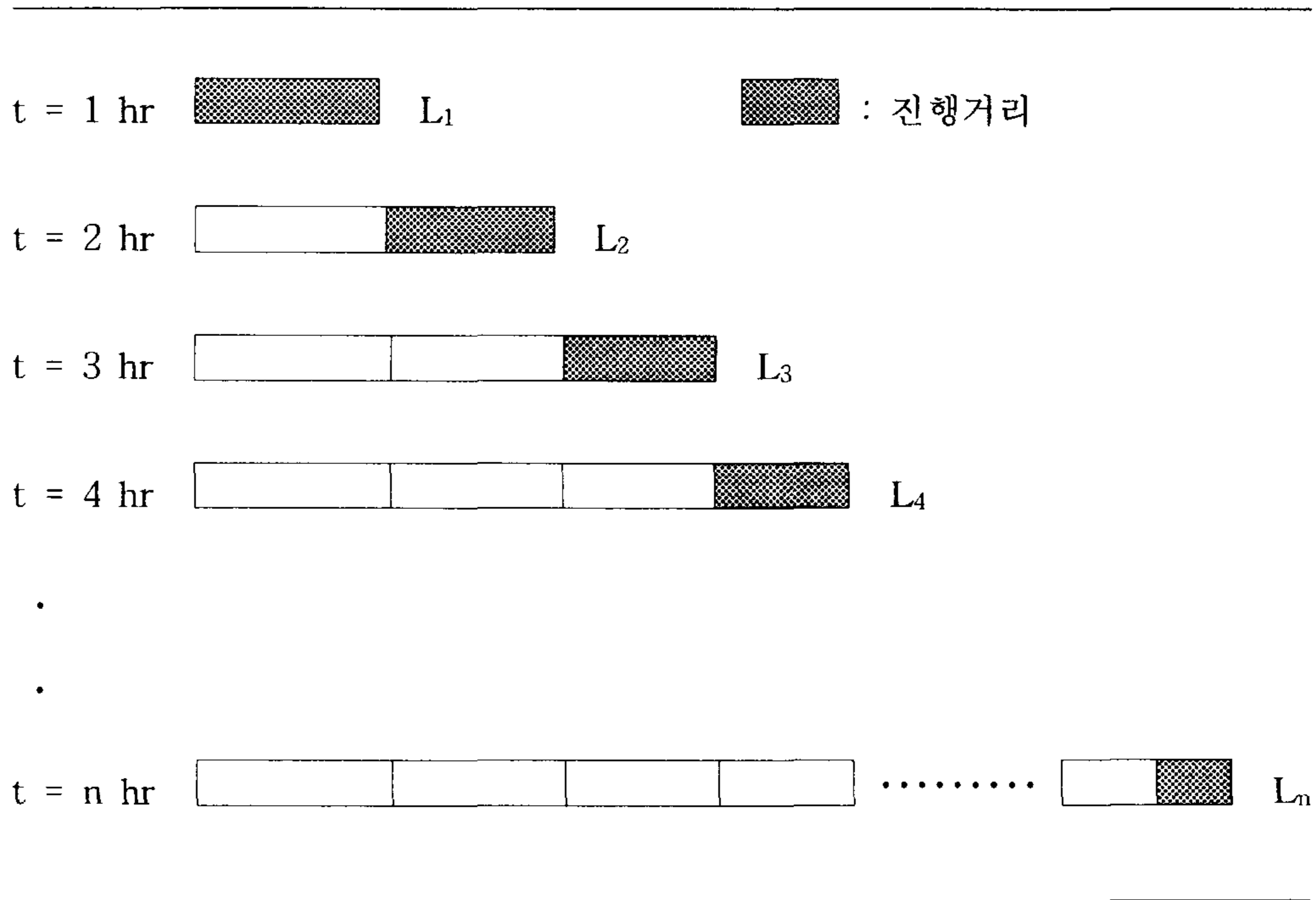


그림 1-1. 물진행거리의 계산

이양용수량을 24시간 동안 공급할 경우, 물꼬를 통한 유량은 $0.016 \text{ m}^3/\text{sec}/\text{ha}$ 이다. 따라서 본 연구에서는 물꼬를 통해서 논에 공급되는 유량을 0.01, 0.015, $0.02 \text{ m}^3/\text{sec}$ 로 하였고, 각각에 대하여 경구의 단변이 30, 40, 50, 60, 80, 100m 로 변할 때 식(1-1)에 의하여 시간별 물진행거리를 계산하고 그 결과를 그림 1-2, 그림 1-3, 그림 1-4 와 같이 도시하였다.

한 경구에 써래질 용수를 공급할 때, 24 시간 이내에 공급하는 것을 기준으로 되어 있는데, 이 경우에 물꼬를 통한 급수유량별 경구의 단변별 물진행거리를 계산하고 정리한 결과는 표 1-1과 같다. 물진행거리는 $Q = 0.01 \text{ m}^3/\text{sec}$ 의 경우 60-185m, $Q = 0.015 \text{ m}^3/\text{sec}$ 의 경우 86-275m, $Q = 0.02 \text{ m}^3/\text{sec}$ 의 경우 113-365m이다.

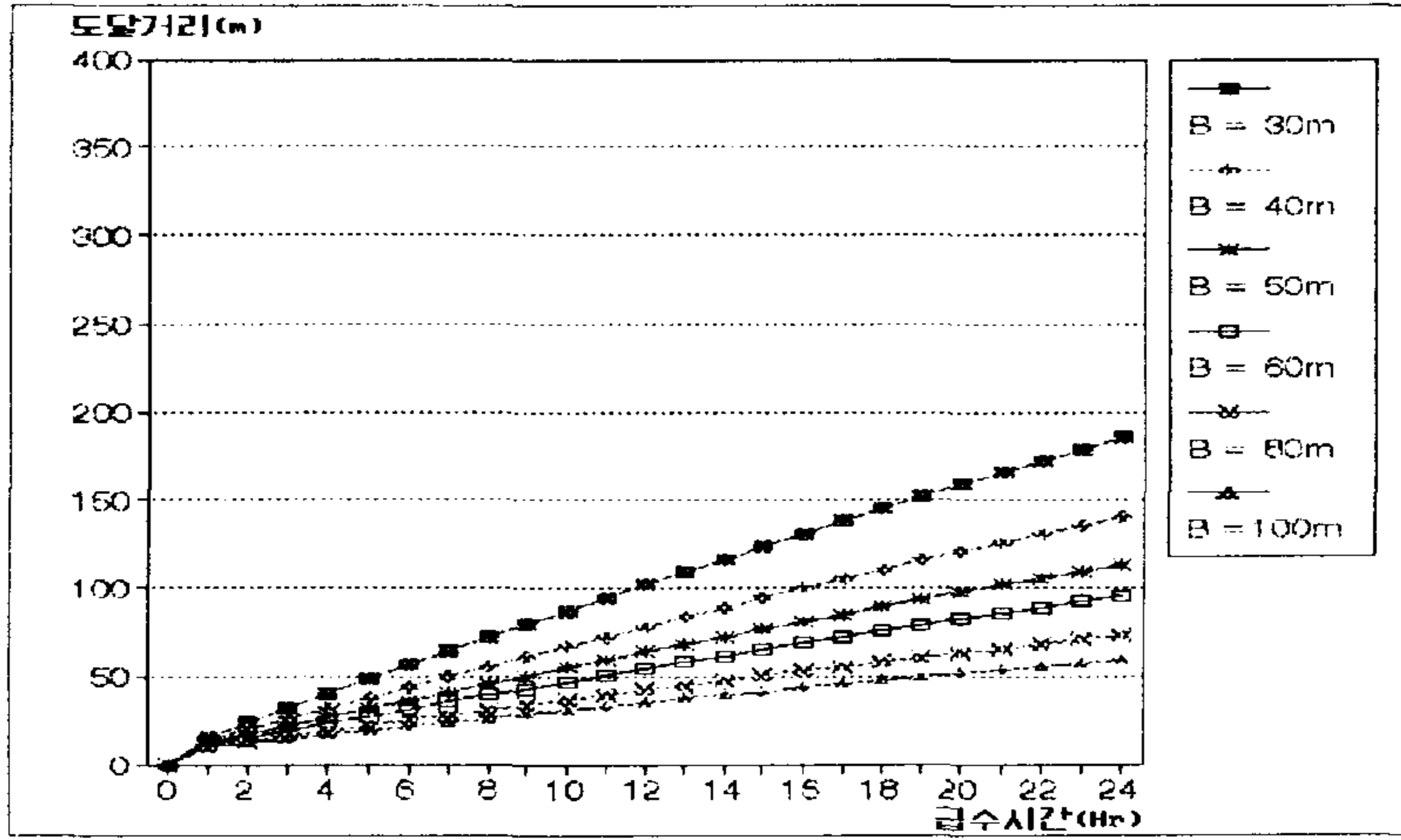


그림 1-2. 물도달거리(Q=0.01cms)

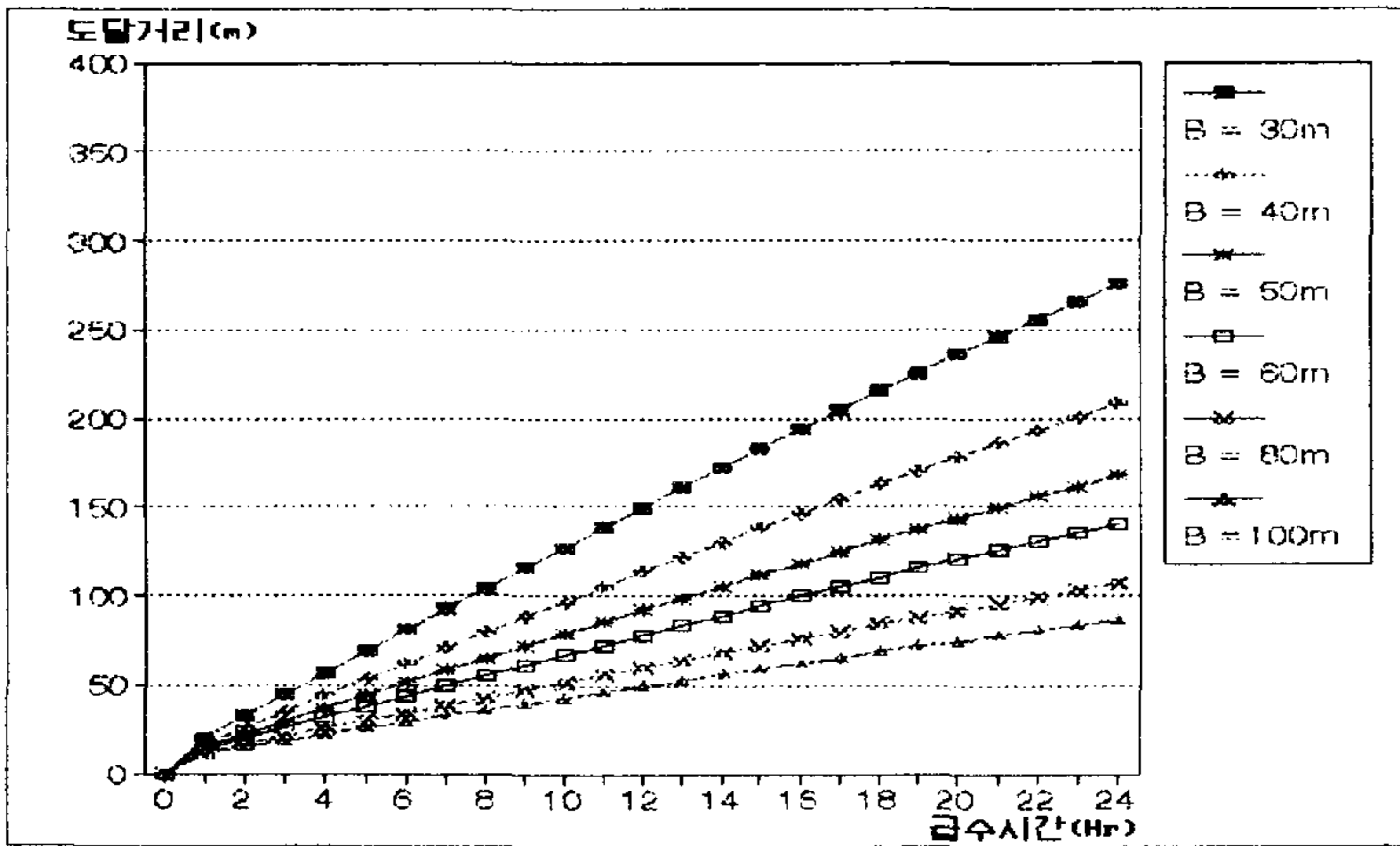


그림 1-3. 물도달거리(Q=0.015cms)

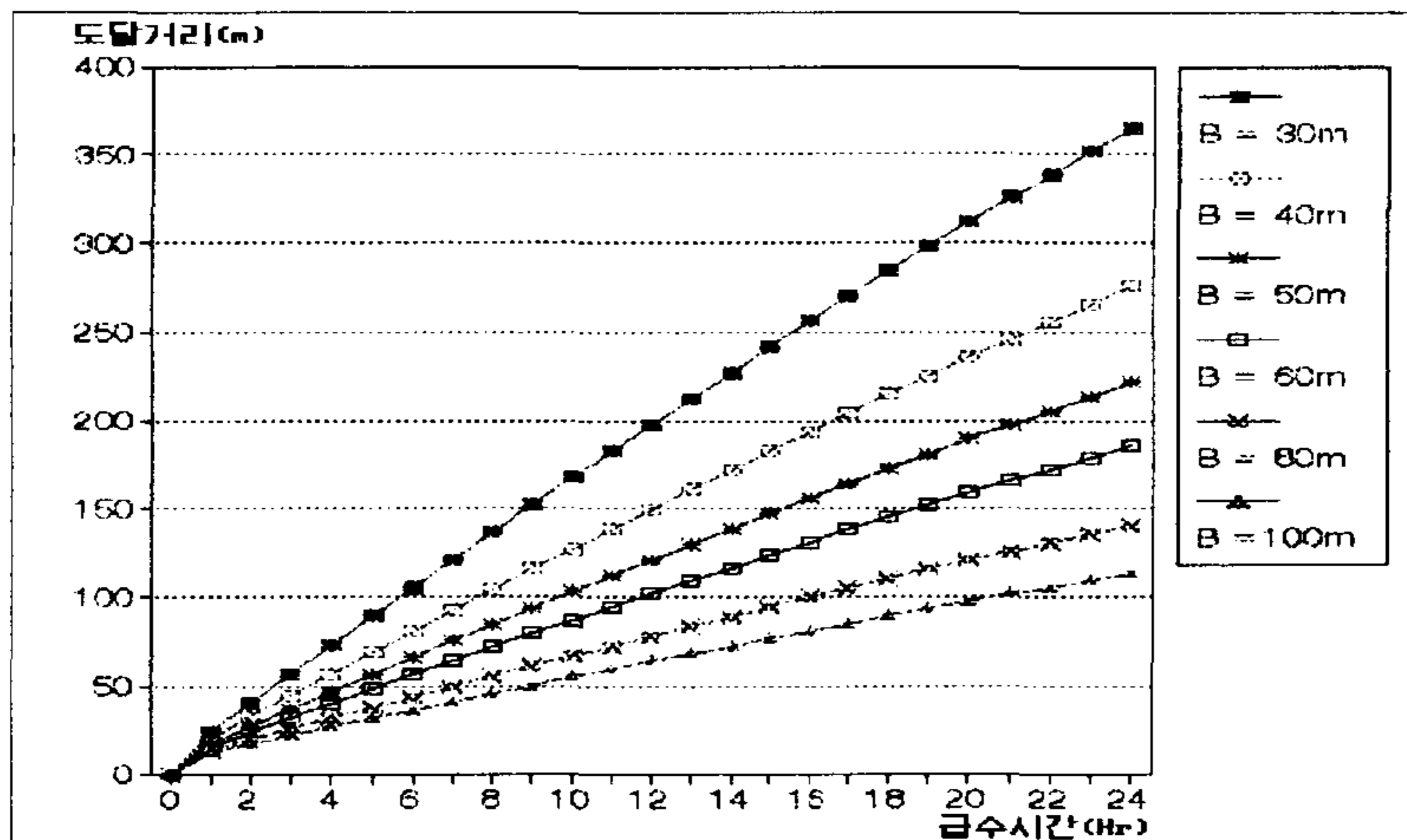


그림 1-4. 물도달거리(Q=0.02cms)

급수유량이 0.01, 0.015, 0.02 m³/sec 일때 급수면적은 각각 5.6, 8.3, 1.1ha 이다. 대구획의 단변의 길이를 50-60m 로 할 경우 물진행거리를 고려한 장변의 길이는 100-200m 로 할 수 있을 것으로 생각된다.

표 1-1. 급수유량별 단변별 물진행거리

단변(m)	물진행거리 (m)		
	Q=0.01 cms	Q=0.015cms	Q=0.02 cms
30	185	275	365
40	140	208	275
50	113	167	221
60	95	140	185
80	73	107	140
100	60	86	113

1.2 배수조건

중간낙수, 제초제살포, 담수직파, 담전운환의 전작등에서 신속하게 낙수할 필요가 있는 경우, 장변이 길게되면 낙수에 장시간을 요하게 되어 수도재배 또는 전작상 문제가 생긴다.

본 연구에서는 논에서의 배수소요시간을 추정하기 위하여 배수물꼬를 통한 배수량을 계산하였다. 계산을 위하여 논의 배수조직을 그림 1-5와 같이 orifice로 가정하였다. 그림에서 Q = 배수물꼬를 통한 배수량 (m^3/sec), α = 매개변수, h = 논의 담수심 (m)이다. 매개변수 α 를 결정하기 위해 아래와 같은 일본농업토목종합연구소의 시험결과를 이용해서 보정을 실시하였다. 보정결과는 그림 1-6에서 보는 것과 같이 양호한 결과를 보였다.

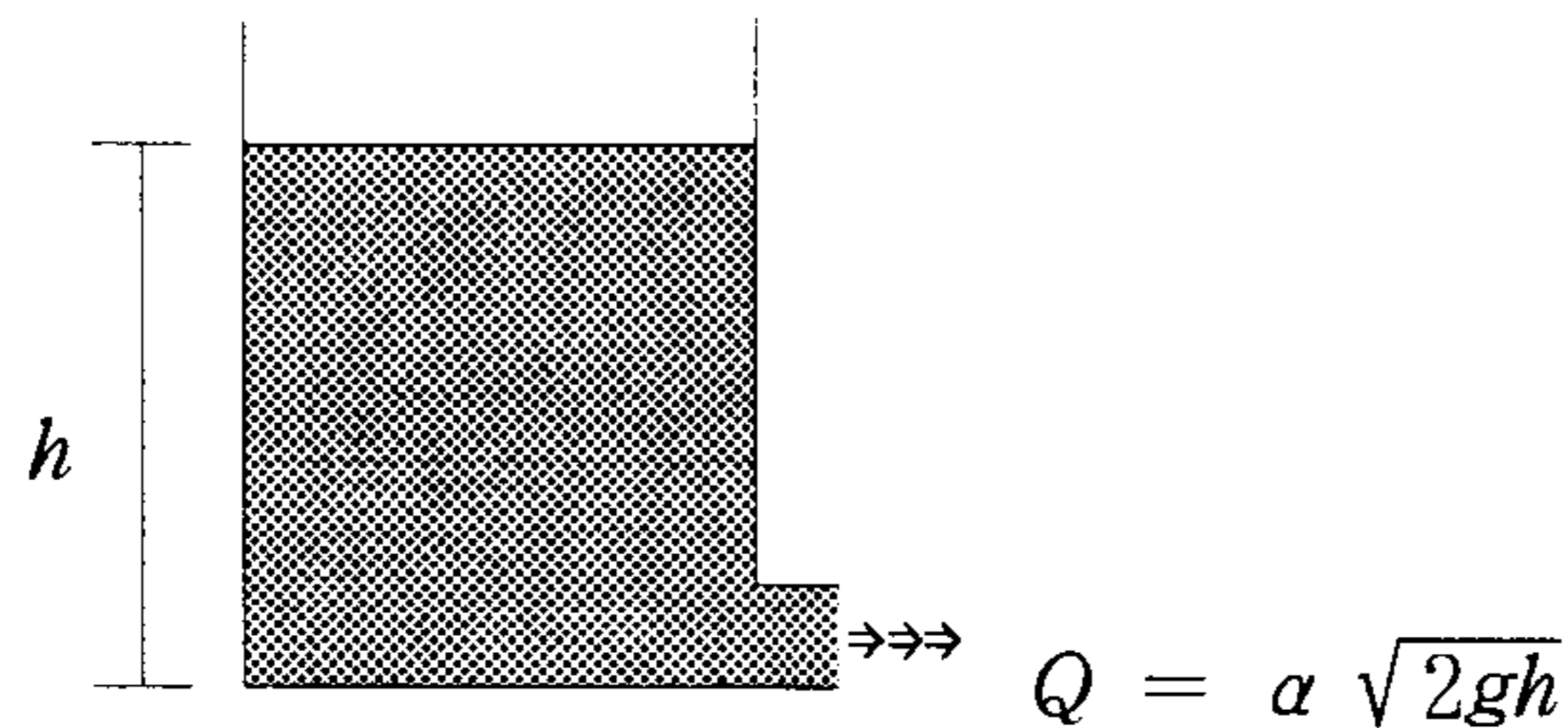


그림 1-5. 배수모형의 모식도

표 1-2. 낙수시험결과

단변 x 장변 (m x m)	담 수 심 (mm)		낙수시간 (hr)
	낙수전	낙수후	
30 x 100	25	12	3
30 x 100	55	7	5
40 x 100	35	25	5.5
40 x 100	71	19	6
80 x 125	54	34	5.5
125 x 80	79	42	8

보정된 α 를 이용하여 배수면적 0.3, 0.4, 0.5, 0.6, 0.8, 1.0ha 별로 초기담수심이 0.02m 에서 0.2m 까지 변화할 때 물이 완전 배제되는 시간을 계산하고 정리하였는데 그 결과는 그림 1-7에 도시되어 있다. 논의 물을 24시간 이내에 배제한다는 기준을 설정할 경우 담수심이 100mm 일때 적정경구의 크기는 0.6-0.7 ha 가 된다.

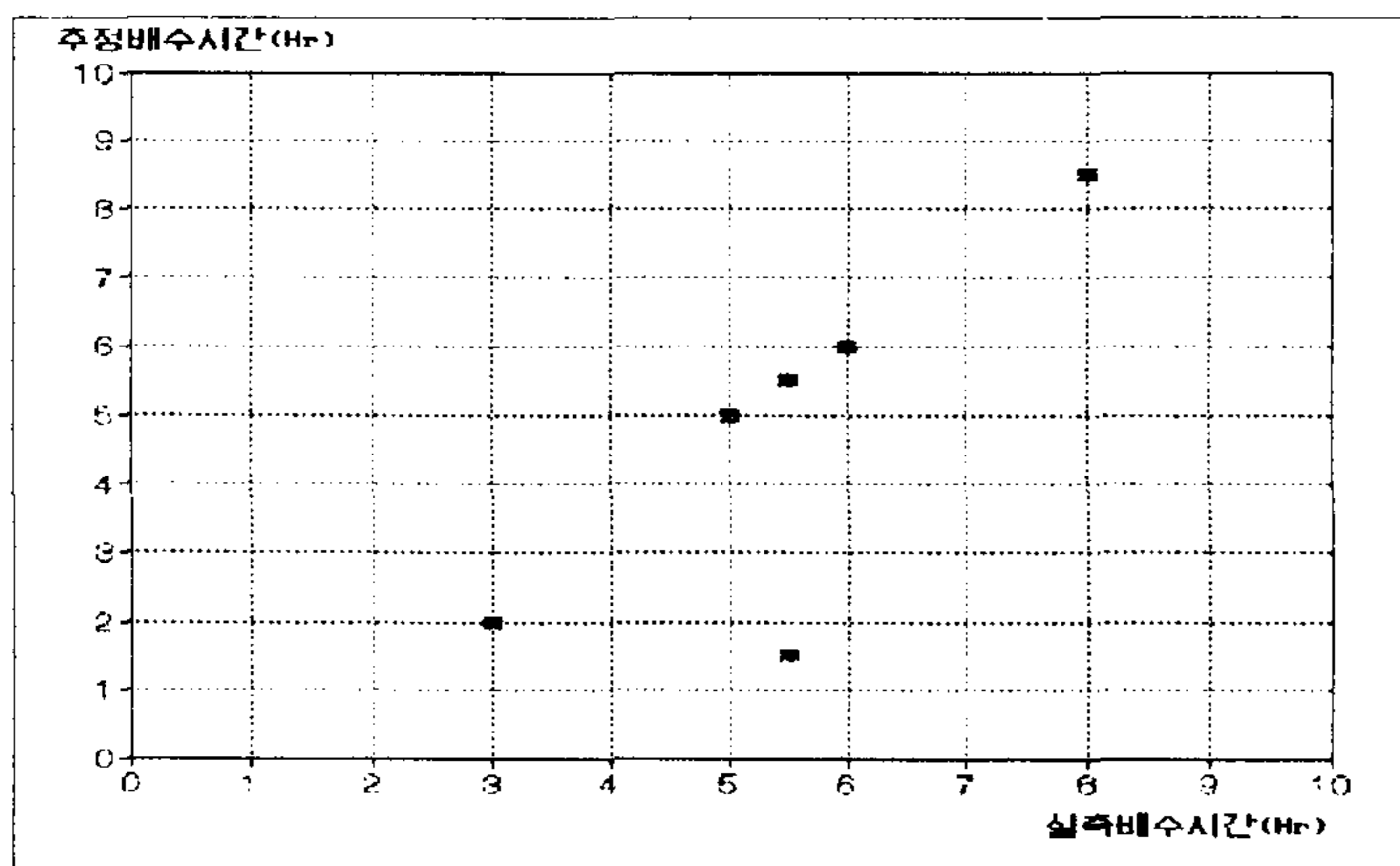


그림 1-6. 배수모형의 보정결과

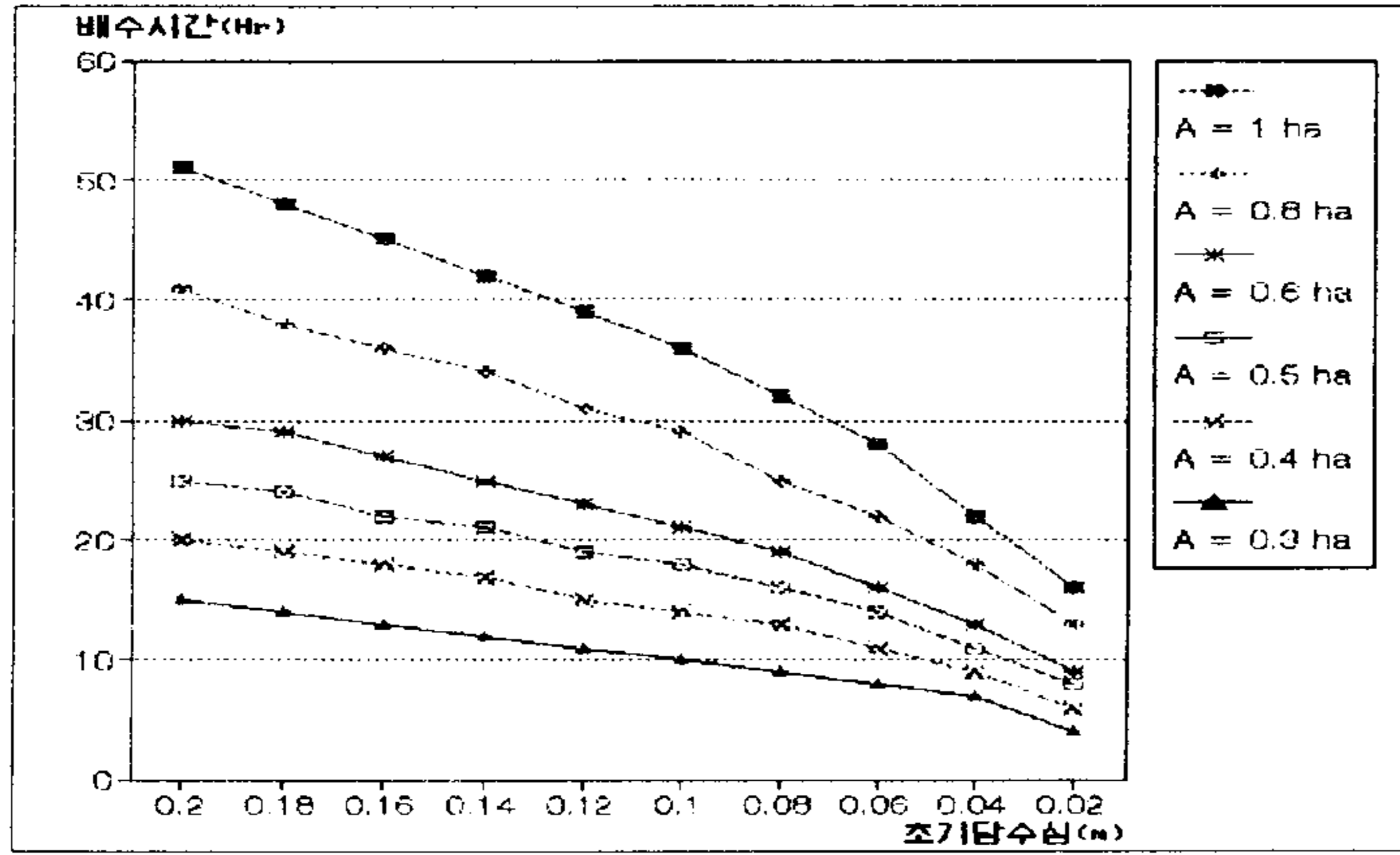


그림 1-7. 배수면적별 담수심별 배수시간

1.3 원예시설

시설 하우스의 길이는 대부분이 구획여건에 의해 결정되기 때문에 시설의 규격화와 각종장치의 활용에 많은 지장을 초래하고 있는 것으로 보고되고 있다. 현재 논의 경지정리사업은 경구장변을 대부분 100m정도 되고 있어 재배관리상 부적합 문제가 생기기 쉽고 구조역학적으로도 문제가 있다.

적정 하우스의 길이에 대한 문헌자료를 정리하면 표 1-3과 같다. 농촌진흥청 (1993)의 “시설원예 현대화 하우스모델 설정 및 재배효과에 관한 연구”에 의하면 적정 하우스의 길이를 40-50m 내외로 제안하고 있다. 서울대학교 농업개발연구소 (1992)의 “집중생산시설의 단지화 모델의 개발”연구에 의하면 지형적인 조건을 고려하여 길이를 70m로 설정한 바 있다. 일본의 立花一雄(昭和 54)등은 하우스의 길이를 50m정도가 바람직한 것으로 하였다. 농업토목 핸드북(1993)에 의하면 신

속한 담면배수와 수확물의 반출노력의 경감을 필요로 할 때는 경구의 장변을 70m 까지 짧게 하거나 배수지거에 접하여 경작도를 배치하는 것으로 정하고 있다. 그러나 절대적인 것은 아니고 지형이나 여러조건에 따라 조정할 수 있다. 또한 하우스의 설치방향은 單棟의 경우에는 동서 방향으로 連棟의 경우에는 남북방향으로 설치하는 것이 하우스바닥의 일사량분포 측면에서 유리한 것으로 보고되고 있다. 반면에 경구의 방향은 등고선의 방향에 따라 좌우되고 있다. 따라서 적정하우스의 길이를 40-50m로 하면 경구의 장변이 100m, 150m, 200m이고 단변이 40m, 50m로 되는 경우 크게 문제가 없을 것으로 생각된다.

표 1-3. 적정 하우스길이

구 분	하우스길이	자 료
농촌진흥청 (1993)	40 - 50m	시설원에 현대화 하우스 모델 설정및 재배효과에 관한 연구
서울대농개연 (1992)	70m	집중생산시설의 단지화 모델의 개발 연구
立花一雄 (1979)	50m	農業環境調節工學
한국농공학회 (1993)	70m	농업토목핸드북

1.4 지형경사

경구의 장변은 등고선에 평행하게 단변은 직각방향으로 잡는 것이 가장 경제적이며 지형의 기울기나 지형변화는 주로 정지공사비 때문에 구획의 크기 특히 단변 길이에 대하여 제한조건이 된다. 논은 단변이 길면 길수록 정지토공량은 증대되고, 또 인접 경구와 답면차는 커지게 된다. 답면차가 커지면 기계의 이동과 비탈면 보호도 문제가 생긴다. 경사지에 있어서 단변길이의 최대한도를 결정하는데는 정지비와 답면차를 고려하여 여러가지 비교검토하여야 한다.

일반적으로 지형의 기울기가 평탄한 곳에서 기계작업능률면을 위주로 단변의 길이를 결정할 수 있다. 경사지에서는 지형의 변화가 크므로 부분적으로는 지형조건만이 구획형상을 결정하는 요인이 되는 수도 있다. 즉 기울기가 1/100 이상에서는 지형의 기울기가 구획형상 결정의 최대요인이 되고 기계작업능률은 어느 정도 희생이 되는 때도 있다. 포장정비는 노동생산성의 향상을 중요한 목적으로 하고 있기 때문에 수도작에 있어서의 기계화 작업은 어느 종류의 기계를 어떻게 조합하여 지형에 따라 어느 작업체계로 하는 것이 이상적인가를 생각하여야 한다. 또 급경사지에서는 토공량을 적게하고 장변을 길게하는데 유리한 방식의 검토가 필요하다.

1.5 포장조건

경구단변결정에 영향을 미치는 토양조건에는 유효토층의 깊이 및 석력함량등이 있다. 유효토층은 작물의 뿌리가 신장하는 범위를 말한다. 경지정리공사를 하는 경우 토층이 교란된다. 이때 아래경우와 같이 표토와 하층토의 특성이 동일

하지 않아 영농에 부적합한 경우에는 포토처리가 요구된다.

- 하층토층의 투수성이 불량하여 공사후 유효토층의 투수도가 낮게 될 경우
- 유효토층이 작고 하층토가 모래·자갈이거나 유기질이 과소한 경우

작토층의 확보와 토양의 물리적 특성을 개량하기 위해 객토를 시행하는 경우가 많은데 인근에 객토용으로 사용할 수 있는 토취장이 없는 경우 공사비 부담이 많아질 수가 있다. 작토층에 포함되어 있는 돌과 자갈 등은 영농에 지장을 초래하게 되므로 제거되어야 한다.

이와같이 토양조건에 따라 공사비 부담이 증가할 수 있다. 지형경사가 증가하게 되면 절.성토량도 증가하게 되어 상하토층의 교란이 뒤 따르게 되므로 경구의 단변길이를 제한하는 인자가 된다.

1.6 수평정도(水平精度)

경구의 크기를 결정하는 포장조건 중의 하나는 포장의 수평정도를 들 수 있다. 수도작의 경우 생육시기별로 적당한 담수심이 유지되어야 한다. 너무 얇게 되면 온도조절기능의 저하, 약제 효과의 감소등 생육에 지장을 주게 된다. 따라서 논 표면은 가급적 수평으로 유지하는것이 바람직하다. 그러나 구획이 커지게 되면 논표면을 수평으로 유지하는것이 어렵게 된다.

1.7 구획의 결정

이상에서 살펴 본 것과 같이 기본구획의 크기 및 형상은 여러인자에 의해 영

향을 받는다. 구획의 장변과 단변을 제한하는 인자들이 각각 독립적일 수도 있고 또한 어떤 경우에는 서로 관련이 있을 수 있지만 본 연구에서는 장변제한인자와 단변제한인자는 서로 독립적이라고 가정을 하여 구획결정기준을 장변·단변별로 구분하였다.

1.7.1 장변결정

구획의 장변을 결정하는 인자는 배수조건, 용수조건, 포장의 수평정도로 하였고, 각 인자들의 조건은 표 1-4와 같이 설정하였다.

표 1-4. 구획장변제한인자들의 조건

구 분		상 태
배수조건	양 호	건답
	보 통	보통답
	불 량	습답
용수조건	양 호	용수원 풍부, 물관리 양호
	불 량	용수원 부족, 물관리 불량
포장수평정도	양 호	시공양호
	불 량	시공불량

배수조건은 논외의 건습정도에 따라, 용수조건은 이용가능수량의 다소와 적정 물관리의 실시 여부에 따라, 포장수평정도는 시공능력에 따라 구분하였다. 각 조건들이 종합되었을 경우의 구획장변결정기준은 표 1-5와 같다.

표 1-5. 구획장변결정기준

배수조건	용수조건	포장수평정도	장변길이(m)
양호	용수풍부	양호	200
		불량	150
	용수부족	양호	150
		불량	100
보통	용수풍부	양호	150
		불량	100
	용수부족	양호	100
		불량	100
불량	용수풍부	양호	100
		불량	100
	용수부족	양호	100
		불량	100

1.7.2 단변결정

구획의 단변을 결정하는 인자는 지형조건, 포장조건으로 하였고, 각 인자들의 조건은 표 1-6과 같이 설정하였다.

지형조건은 경사정도에 따라 평탄지, 완경사지, 보통경사지, 급경사지로 구분하였다. 포장조건은 객토처리나 석력제거 작업의 필요성 여부에 따라 구분하였다. 각 조건들이 종합되었을 경우의 구획단변결정기준은 표 1-7과 같다.

표 1-6. 구획단변제한인들의 조건

구 분		상 태
지형조건	평탄지	경사 1/500 이하
	완경사지	경사 1/500 - 1/50
	보통경사지	경사 1/50 - 1/20
	급경사지	경사 1/20 이상
포장조건	양호	객토처리나 석력제거 불필요
	불량	객토처리나 석력제거 필요

표 1-7. 단변결정기준

지형조건	포장조건	단변길이(m)
평탄지	양호	60
	불량	60
완경사지	양호	50
	불량	40
보통경사지	양호	40
	불량	30
급경사지	양호	30
	불량	30

제2장 적정용배수로의 설계방향 제시

2.1 현행 용배수로 설계기준

2.1.1 설계용수량 결정

용수로의 통수단면은 수도 생육기간중 필요한 계절 최대용수량을 통과시킬 수 있는 단면으로 한다. 일반적으로 정지용수, 이앙용수 및 보급수를 동시에 공급하는 이앙말기의 최대수량이나 관개기간 중의 최대용수량 중에서 설계용수량(계절 최대용수량)이 나타나므로 이를 상호비교하여 결정한다.

1. 단위용수량의 계산

가. 씨래질용수량 (q_1)

$$q_1 = \frac{D_p}{8640(1-l)} \dots\dots\dots(2-1)$$

여기서, q_1 = 씨래질용수량($m^3/sec/ha$)

D_p = 이앙용수(mm)

l = (간선20%, 지선15%, 지거10%, 콘크리트5%)

나. 이앙기 관리용수량 (q_2)

$$q_2 = \frac{dep+dp}{8640(1-l)} \dots\dots\dots(2-2)$$

여기서, q_2 = 이앙말기 관리용수량($m^3/sec.ha$)

dep = 이앙말기 증발산량(mm/day)

dp = 침투량(mm/day)

다. 관개기 최대관리용수량 (q_3)

$$q_3 = \frac{dmt + dp}{8640(1-l)} \dots\dots\dots(2-3)$$

여기서, q_3 = 관개기 최대관리용수량($m^3/sec/ha$)

dmt = 관개기 최대증발산량(mm)

2. 지선·지거의 용수량 계산

가. 기준

- 용수계통마다 이양소요일수는 10일간으로 한다.
- 40ha 이하는 1일 최대 4ha를 이양하는 것으로 한다.
- 40ha 이상은 계통면적의 1/10씩을 이양하는 것으로 한다.
- 상류측 통수량이 하류측 통수량보다 계산상 적을 경우에는 하류측 통수량과 동일하게 되는 지점까지 하류측 단면을 적용한다.

나. 용수량 계산

용수지선 및 용수지거의 설계용수량은 이양말기의 용수량(Q_1)과 수도생육기의 관리기 최대용수량(Q_2)을 산정·비교하여 큰 값을 택하여 통수단면 계산에 사용토록 한다.

1) 이양말기 용수량

$$Q_1 = A \cdot q_1 \quad (A \leq 4.0ha \text{의 경우}) \quad \dots\dots\dots(2-4)$$

$$Q_1 = 4 \cdot q_1 + (A - 4) \cdot q_2 \quad (4.0ha < A \leq 40.0ha \text{의 경우}) \quad \dots\dots(2-5)$$

$$Q_1 = \frac{1}{10} \cdot A \cdot q_1 + \frac{9}{10} \cdot A \cdot q_2 \quad (A > 40.0ha \text{의 경우}) \quad \dots\dots(2-6)$$

여기서, Q_1 = 이양말기 용수량(m^3/sec)

A = 관개면적(ha)

q_1 = 씨레질 용수량($m^3/sec/ha$)

$q_2 =$ 이양말기 관리용수량($m^3/sec/ha$)

2) 관리기 최대용수량

$Q_2 = A \cdot q_3 \dots\dots\dots(2-7)$

여기서, $Q_2 =$ 관리기 최대용수량(m^3/sec)

$q_3 =$ 관개기 최대관리용수량($m^3/sec/ha$)

2.1.2 설계배수량 결정

홍수시의 설계배수량은 말단포장(배수지거 및 배수지선의 일부)에 있어서는 수도단작의 경우 원칙적으로 1일우량 1일배제에 의하고, 논밭윤환을 도입하는 경우는 4시간 배제에 의해 산정된 배수량이어야 한다.

1. 기준우량

경지정리사업내에서 취급되는 계획기준우량은 경제효과를 고려하여 1/10(10년) 정도의 확률우량을 취하는 것이 적당하다. 단, 지구내를 통과하는 승수로나 공공적 성격을 띠는 배수로는 1/20이상의 확률우량을 사용한다.

2. 배수로 지배구역의 구분

경지정리 지구내 경지, 지구외 경지 및 지구외 산지로 세분하여 각각의 면적을 산출하여 배수량 계산에 이용한다.

3. 단위배수량 계산

단위배수량이란 단위면적당 배수량을 의미하며, 합리식을 이용하여 산정하면 다음과 같다. 단, 홍수량 계산에 이용되는 합리식은 전체 유역면적이 500ha 이하인 경우에 적용하는 것이 좋으며, 유역면적이 500ha 이상인 경우에는 수정가지야마식이나 단위도법에 의하여 산정된 홍수량을 사용하는 것이 좋다.

$$q = \frac{1}{3.6} F \cdot R \cdot a \quad \dots\dots\dots(2-8)$$

여기서, $q =$ 단위배수량($m^3/sec/ha$)

$F =$ 유출계수

$a =$ 단위면적($1ha$) = $0.01km^2$

$R =$ 강우강도(mm/hr) = $\frac{R_{24}}{24} \left[\frac{24}{T} \right]^{2/3}$

$R_{24} =$ 일최대우량(mm)

$T =$ 배제시간(hr) - 지구내 경지 = 24 시간
 - 지구외 경지 = 12 시간
 - 지구외 산지 = 1 시간

표 2-1. 유출계수 F의 값

유출의 상태	유출계수	유출의 상태	유출계수
급준한 산지	0.75-0.90	삼기층 산악	0.70-0.80
기복이 있는 토지 또는 산림	0.50-0.75	유역이 반이상인 평야인 대하천	0.50-0.75
관개중의 논	0.70-0.80	산지하천	0.75-0.85
평지하천	0.50-0.75	평탄한 경지	0.45-0.60

2.2 구획확대에 따른 용배수량의 검토

용수로의 단면결정을 위한 설계용수량은 일반적으로 이양용수량이 최대인 경우가 대부분이기 때문에 이시기에 구획확대에 따른 용수량 증가요소를 검토하였다. 대구획화된 논에서는 일반적으로 답면의 수평정도가 양호하지 않기 때문에 이를 고려하여 10-20mm 의 용수량을 가산하는 것이 바람직하다.

경구의 크기가 확대되면 용수량이 증가할 가능성이 높다. 그 이유로는 첫째, 효율적인 물관리가 곤란하게 되어 관리손실이 증가하게 되고 둘째, 포장내에서의 물머리 진행속도가 느려지므로 침투량이 증가할 수 있기 때문이다.

2.2.1 용수량변화의 검토

구획의 확대에 따른 설계용수량의 변화 유무를 검토하기 위한 고려사항은 다음과 같다.

① 대구획화에 따른 이양용수량의 증가 : 현행구획 140mm, 대구획 160mm

② 구획장변의 길이 변화에 따른 급수면적의 증가 :

현행구획 100m, 대구획 150, 200m

③ 수로의 재료변화에 따른 수로손실율의 변화 :

현행구획 토공수로, 대구획 토공·콘크리트수로

따라서 이러한 변화를 고려하여 용수량 변화를 계산하기 위해 표 2-2와 같이 5가지 경우에 대해 검토하였다. 또한 용수지거의 길이를 500 m, 증발산량을 5 mm/day, 침투량을 5 mm/day로 가정하였다. 계산결과는 표 2-3과 같은데, 대구획의 경우 현행구획보다 적게는 10% (M4:장변150m,콘크리트수로)에서 많게는 20% (M3:장변 200m,토공수로)정도 증가하는 것으로 나타났다.

표 2-2. 검토조건

구 분	이앙용수량	수로손실율	장변길이	수로재료	TYPE
현 행	140 mm	10 %	100 m	토 공	M1
대구획	160 mm	10 %	150 m		M2
			200 m		M3
		5 %	150 m	콘크리트	M4
			200 m		M5

표 2-3. 설계용수량 변화계산

TYPE	단위용수량(m ³ /sec/ha)		설계용수량	
	씨래질용수량	관리용수량	(m ³ /sec)	%
M1	0.0183	0.0013	0.0915	100
M2	0.0206	0.0013	0.1063	116
M3			0.1095	120
M4	0.0195	0.0012	0.1005	110
M5			0.1035	113

2.2.2 배수량변화의 검토

구획의 확대에 따른 설계배수량의 변화 유무를 검토하기 위한 고려사항은 다음과 같다.

- ① 구획장변의 길이 변화에 따른 배수면적의 증가 :

현행구획 100m, 대구획 150, 200m

설계배수량의 계산을 위하여 배수지거의 길이를 500 m, 설계강우량을 10년 발생빈도의 240 mm/day로 가정하였다. 시간당 강우강도 $R = \frac{R_{24}}{24} \left(\frac{24}{24}\right)^{\frac{2}{3}} = 10\text{mm/hr}$

이고 단위배수량 $q = \frac{1}{3.6} F \cdot R \cdot a = 0.0194 \text{ m}^3/\text{sec}/\text{ha}$ 가 된다.

표 2-4. 설계배수량 변화계산

장변길이	배수량 (m^3/sec)	지표수배제단면배수로의 통수량(m^3/sec)			
		평탄지	완경사지	보통경사지	급경사지
100 m	0.097	0.214	0.271	0.607	0.858
150 m	0.146				
200 m	0.194				

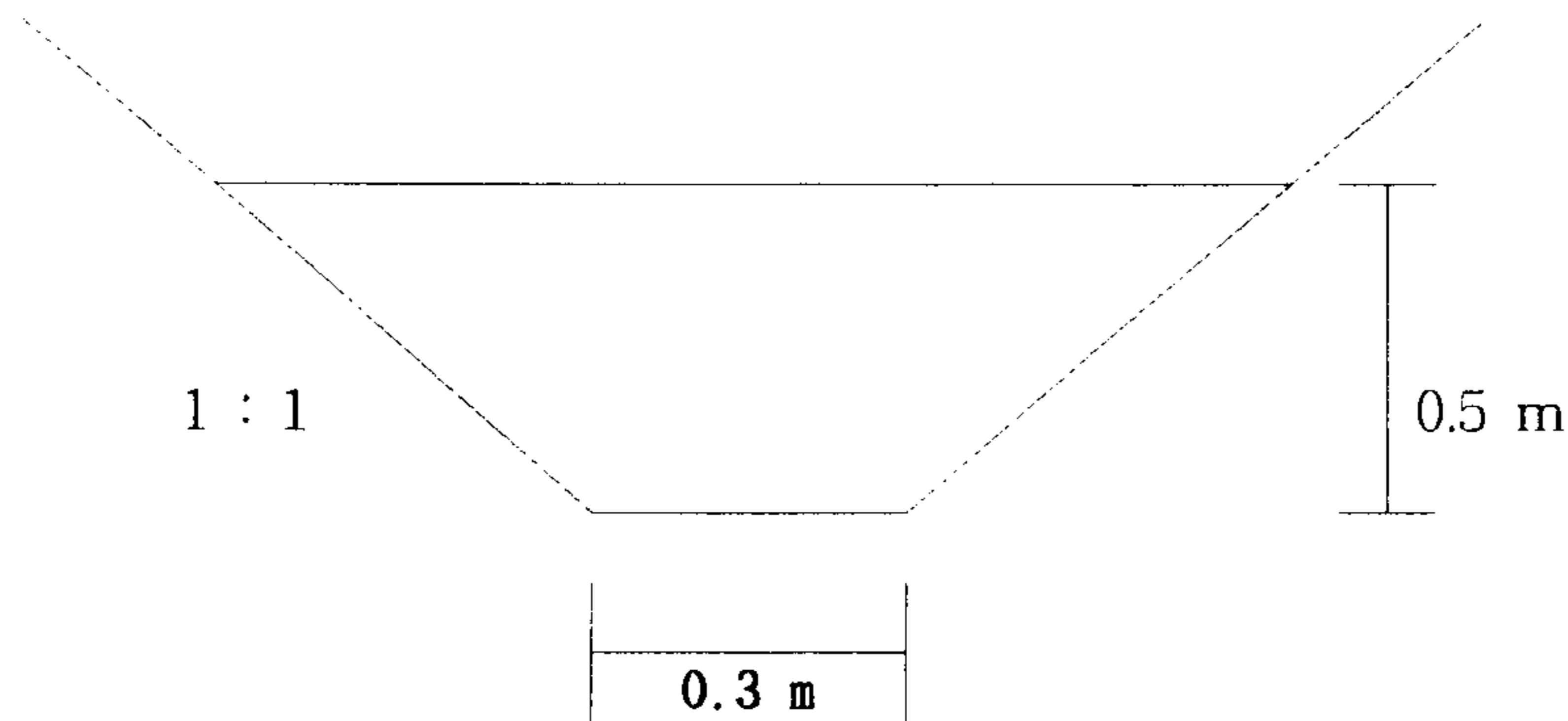


그림 2-1. 지표수배제를 위한 최소배수로단면

계산결과는 표 2-4에 정리되어 있는데 구획의 장변의 길이가 150, 200m일때 배수량은 각각 0.146-0.194 m^3/sec 의 값을 보인다. 장변의 길이가 150, 200m로 확

대될 때 현행 설계기준에 의한 배수로 단면으로 충분한지를 검토하기 위해 그림 2-1에 도시된 지표수 만을 배제 할 경우를 위한 최소단면의 통수량을 경사지별로 계산하였다. 최소배수로단면의 통수량은 0.214-0.858 m³/sec로 장변 200m 일 때의 배수량 0.194 m³/sec보다 크다. 따라서 구획확대에 따라 배수량은 증가하지만 배수지거의 길이가 500m를 초과하지 않는 경우에는 배수로단면의 변화는 없어도 될 것으로 판단된다.

2.3 재배기술변화에 따른 용수량의 검토

최근 들어 벼 농사의 국제경쟁력을 높이기 위한 방안으로 직파재배방식이 보급되어 확대되고 있다. 직파재배란 육묘와 이앙작업을 생략하여 논에 직접 파종함으로써 자재비와 인건비를 절약할 수 있는 방법이다.

직파재배는 포장의 파종조건에 따라 물관리가 크게 다르며 현재 실시하고 있는 직파재배에는 담수직파와 건담직파의 두가지 방법으로 구분할 수 있다. 담수직파는 논에 물이 있는 상태에서 파종하는 방법으로 표면에 파종하고 복토는 하지 않는데 이앙재배보다도 조기에 용수를 필요로 한다. 또, 씨레질을 필요로 한다. 건담직파는 밭상태의 논에 파종하고 어느 정도 밭아된 후에 서서히 논에 물을 대는 것이다. 씨레질물이 불필요하므로 물이 모자라는 지역에서도 가능하나 집단재배가 중요하므로 담수직파에 자유로이 담수를 할 수 있는 것이 필요하다. 씨레질을 하지 않으므로 관리용수와 양분의 유실이 많아지는 단점이 있고 파종후 밭아까지의 물관리가 중요하다.

재배방식별로 물관리방법이 서로 다르기 때문에 물이 필요한 시기와 그 양이 다르게 된다. 어떤 관개지역 내에서 이앙재배, 건담직파, 담수직파가 병행되는 경우 재배방식별 구성비율에 따라 저수지관개량과 수로의 설계용수량이 변화하게

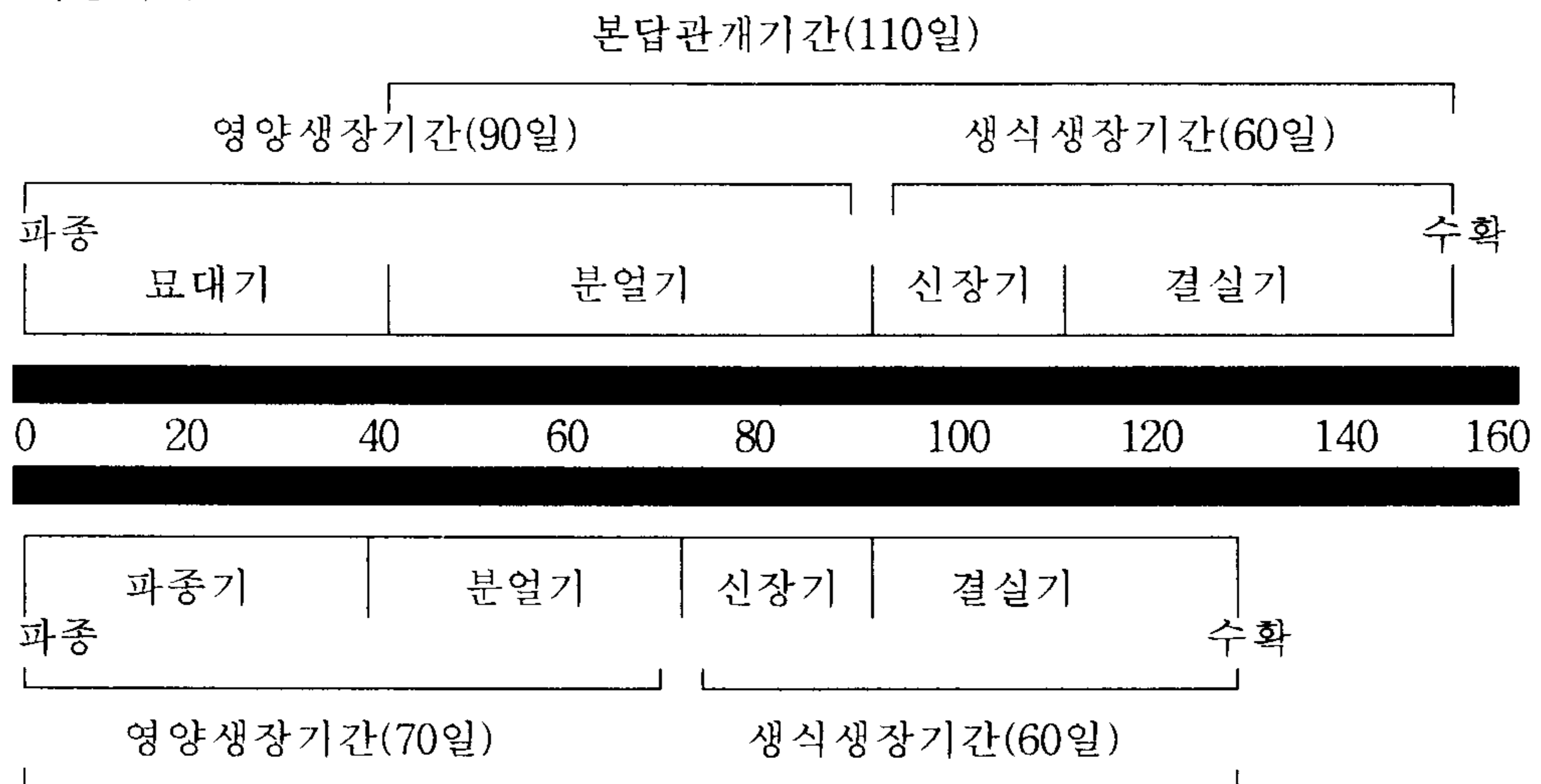
된다. 따라서 이에 의한 수리시설의 규모가 재 검토되고 결정되어야 할 것이다.

2.3.1 이양재배와 직파재배

1. 재배기술별 생육시기

재배방식별 생육시기는 품종, 파종시기, 기상조건 등에 따라 변하는데 개략적으로 살펴보기로 한다. 그림 2-2에서 보는 바와 같이 이양재배는 파종에서 수확까지 150일, 직파재배의 경우는 130일이 소요된다. 본답관개기간은 이양재배가 110일, 직파재배가 130일 이다.

<이양재배>



<직파재배>

그림 2-2. 재배방식별 생육시기

2. 직파재배의 적정파종기

건답직파재배와 담수직파재배의 적정파종시기는 다음과 같다.

가. 건답직파

일평균 기온이 13-15⁰C 이상이면 파종이 가능하며 파종후 출아 소요일수가 15일 전후일 때를 실용파종기로 간주한다. 파종후 기온조건이 아무리 좋더라도 토양수분이 부족하면 발아를 하지 않으므로 반드시 기온조건과 토양수분조건을 동시에 고려하여야 한다. 파종적기를 지나치게 강조할 경우 파종기에 비가 오면 파종을 하지 못하는 경우가 있으므로 파종적기를 기다리지 말고 유효파종 早限期까지 앞당겨 파종하는 것이 안전한 파종방법이며 지역별 숙기별 파종적기는 다음표와 같다.

표 2-5. 지역별 건답직파 파종기

지 역	파 종 시 기		
	조 생 종	중 생 종	중 만 생 종
중 북 부	4.20 - 5.15	4.20 - 5.10	4.20 - 5. 5
중 부	4.20 - 5.20	4.20 - 5.15	4.20 - 5.10
남 부	4.20 - 5.25	4.20 - 5.20	4.20 - 5.15

나. 담수직파

담수직파의 파종기는 그 지역의 기상조건, 품종의 조만성 및 저온 발아성등에 따라 달리 해야 하지만 대체로 평균기온 15⁰C 이상일 때를 직파재배의 파종온도로 보고 있는데 물온도는 기온보다 3-4⁰C 가 높으므로 그 지역의 평균기온이 11-12⁰C 이상이 되면 담수직파재배의 파종이 가능하다. 지역별, 숙기별로 파종기는 다음표와 같다.

표 2-6. 지역별 담수직파 파종기

지 역	파 종 시 기		
	조 생 종	중 생 종	중 만 생 종
중 북 부	4.20 - 5.20	4.20 - 5.15	4.20 - 5.10
중 부	4.20 - 5.25	4.20 - 5.20	4.20 - 5.15
남 부	4.15 - 5.30	4.15 - 5.25	4.15 - 5.20

3. 재배기술별 물관리방식

가. 이앙재배의 물관리

벼는 담수조건에서 재배하는 작물이라고 해서 항상 물속에서 생육하는 수생식물은 아니다. 논에서의 관개는 생육시기에 따라 때로는 깊게, 때로는 얇게 관개해야 하는가 하면 때에 따라서는 완전히 물을 떼는 등 알맞은 관개와 배수가 필요하다. 벼 재배기간 중의 물관리의 중요성은 벼의 생장의 조정, 양분의 흡수 조절, 사용한 농약의 용해 등 여러면으로 벼생육에 관계하고 있다는 점이다. 특히 담수조건에서 재배되는 벼에서의 관개와 배수의 물관리는 논 토양중 근역에 산소를 공급해 주고 논 토양 중에 용해되어 있는 뿌리를 해치는 각종 유해물질을 배수를 통해 배제시킴으로서 뿌리의 활력을 생육 후기까지 지속시키는 효과도 있다.

1) 이앙직후 활착기

이앙작업이 완료되면 물을 대주어야 하는데 논 물의 깊이는 일반적으로 이앙 후 2-3일은 보온과 증산을 방지하여 활착이 잘 되도록 3cm 정도로 한다. 기온이 낮거나 바람이 심하게 불 때는 다소 물을 깊게 대어 보온과 묘의 동요를 막는게 좋으나 지나치게 물이 깊으면 활착이 늦어지고 초기생육이 불량해진다.

2) 분얼기의 물 관리

활착이 끝나고 분얼기에 들어간 벼는 깊은 담수가 분얼을 저해하는 요인이 되므로 1-2cm 정도로 얇게 관수하도록 한다. 또한 이앙후 제초제 사용시기에 그 효과를 저하시키지 않도록 물관리를 유의해야 한다.

3) 무효분얼기의 중간 낙수

출수전 35-40일 경이 되면 분얼발생을 억제시키기 위해서 중간낙수를 실시한다. 중간낙수후의 관수로 뿌리에 급격한 변화를 주지않도록 관개, 배수를 1-2회 반복한 뒤에 담수하도록 한다.

4) 생식생장기의 물 관리

유수형성기와 수잉기를 거쳐 수확기까지는 벼의 생육량이 가장 많고 엽면적이 가장 큰 시기이므로 식물체로부터의 증산량도 급격히 많아지므로 물이 부족하지 않도록 유의해야 한다. 따라서 중간낙수 이후의 시기는 뿌리의 활력을 유지시켜 주면서 유수의 성장과 발육이 순조롭게 이루어지도록 2-3일 간격으로 간단관개를 실시해서 뿌리에 산소공급을 함으로서 노화를 방지토록 하는 것이 바람직하다.

5) 등숙기의 물 관리

이 시기는 기온이 점차 낮아지고 벼의 엽면 증산량도 적고 수면이 앞에 가려 수면 증발량도 적으므로 다량의 관개수는 필요치 않으므로 2-3일 간격으로 간단관개를 실시한다. 이 시기는 수온보다 기온의 영향을 받기 쉬우므로 저기온의 경우에는 야간에 물을 3cm 정도로 깊게 대주고, 조생종으로 고온기에 등숙되는 경우 물 흘러대기를 실시해서 수온을 낮추어 양분의 소모를 적게 하는 것이 좋다.

6) 낙수

논물을 완전히 떼는 낙수의 적기는 기상, 토성, 병충해 발생 등에 따라 다르나

정상적으로 생육한 벼의 낙수는 대체로 출수후 35일 경이다.

나. 건답직파재배의 물관리

1) 건답기간

파종후 고랑에 관개하면 물의 표면장력과 토양공극의 모세관현상에 의해 물이 상면으로 스며들면서 종자가 수분을 흡수하여 출아가 된다. 이때 물이 과다하게 상면위로 올라오면 식질토의 경우에는 물이 빠진 후 표토가 딱딱하게 굳어져 종자가 출아하는데 지장이 있다. 고랑관개후 자연적으로 물이 빠지는데 사질토는 관개후 1일이내에 물이 빠지며, 식질토는 2일정도 지나면 고랑의 물이 거의 빠진다. 건답직파에서 관수를 하는 것은 종자가 발아하는데 필요한 최소한의 수분이 공급되어야 하기 때문이다. 고랑은 관개수로로 이용하고, 파종후에 강우가 계속되면 토양이 과습하여 종자의 발아가 불량하기 때문에 배수를 시켜야 하는데 이 경우 고랑을 배수로로 활용할 수 있는 장점이 있다. 파종후 10 - 15일 정도 지나면 출아가 시작되는데 뿌리의 발육을 좋게하고 심근성으로 생육시켜 도복을 경감시키고 과번무를 방지하기 위하여 밭상태로 유지시킨다. 이 기간중 너무 건조해서 출아가 늦어지는 경우에는 한차례 고랑에 관수를 해 주는 것이 효과적이다.

2) 담수기간

건답에서 담수상태로 이상적인 전환은 고랑관개를 하여 일주일 정도 경과시키면서 뿌리가 담수상태에서 적응하도록 한 후 상면위로 담수시켜 건답상태에서 담수로 전환되는 과정에서 뿌리와 지상부의 생육장해를 최소화하여야 한다.

3) 낙수기

건답직파는 이앙에 비하여 배수가 용이하므로 낙수시기를 며칠 늦추는 것이 좋다. 너무 일찍 낙수시키면 근활력이 저하되고, 이삭으로의 양분전류가 원활하

지 못하여 등숙불량으로 미질이 떨어짐과 동시에 천립중의 감소로 수량이 떨어질 우려가 있으므로 너무 일찍 낙수하지 않도록 한다.

다. 담수직파재배의 물관리

담수직파재배는 이앙재배보다 본답 생육기간이 20-30일이 길기 때문에 이앙재배보다 많은 관개수를 필요로 한다. 본답 준비에 있어서 정지, 씨레질 할 때 많은 양의 관개수가 필요한데 이때의 관개 용수량은 토성, 지하수위, 경심 및 토양 수분함량에 따라 차이가 생긴다.

1) 생육초기

저온기에는 물에 의한 보온효과가 있어 출아를 촉진하므로 담수를 깊게하고 누수를 막아 수온상승을 꾀하여야 한다. 담수기간은 지역에 따라 다르지만 일반적으로 파종 후 2-3주간은 심수담수를 하는 것이 바람직한데 심수담수를 하면 피등, 잡초의 발생이 적고 새의 피해도 줄여 입모율을 향상시킬 수 있다. 한편 물을 깊게 오래 계속대면 입모율이 떨어지므로 물을 깊게 대는 기간은 본엽 2엽기까지 이고 담수중에 강풍이 불면 물결로 인하여 활착 못한 종자가 한곳으로 밀릴 우려가 있으므로 얇게 대준다.

2) 생육기-생육후기

담수직파는 분얼기부터 등숙기에 걸쳐서 간단관개와 중간낙수를 하면 뿌리의 수직발달이 신장되고 활력이 증진되어 등숙향상은 물론 도복도 경감시키므로 꼭 실천해야 할 중요한 과제이다. 낙수시기는 이앙재배와 같으며 작업기의 능률을 높이기 위하여 배수상태를 고려하여 결정해야 한다. 특히 배수가 불량한 논에서는 중간낙수를 강하게 하는 것이 좋다.

2.3.2 재배방식별 관개수량의 추정

직파재배는 이앙재배보다 본답 생육기간이 20일 정도 길기 때문에 특히 담수 직파재배의 경우 이앙재배보다 많은 관개수량을 필요로 하는 것으로 보고되고 있다. 직파재배가 이앙재배보다 20-30% 정도 추가로 물이 필요하다는 것이 일반적으로 알려져 있다. 농촌진흥청자료(1992년,벼직파재배기술)에 의하면 담수직파재배는 관개수량이 관개기간 동안 1,208mm, 이앙재배는 973mm 정도로 담수직파재배가 235mm 약 24% 정도 더 필요한 것으로 되어있다. 또한 건담직파재배에 필요한 관개수량에 관한 문헌으로는 농촌진흥청자료(1991년,벼건담직파재배의 신기술)가 있는데 1,240mm 가 관개기간에 필요한 것으로 되어있다. 따라서 담수직파재배나 건담직파재배 모두 관개수량이 약 1,200mm 정도되는 것으로 보고되고 있는데 이들 자료는 모두 여러 가정하에서 계산에 의해 이루어진 것으로 보인다.

본 연구에서는 앞에서 살펴본 재배방식별 생육시기, 파종기, 물관리방법 등을 고려하여 관개기간에 필요한 관개수량을 계산하였다. 증발산량은 1982-1986년간 서울대학교 농업개발연구소에 의해 수원에서 실측된 자료를 이용하였고, 침투량은 5mm/day로 가정하였고 건담직파의 경우는 특히 침투손실이 많을 것으로 보아 30%를 추가하는 것으로 하였다. 강우량은 수원 측후소의 평년값을 이용하였다. 강우유효율은 수원지방을 대상으로한 물수지계산 결과(1988년,저수지 물관리연구)를 이용하여 40%로 하였다. 계산 근거 및 결과는 표 2-7에 정리되어 있다. 본답 기간은 이앙재배가 110일, 직파재배가 130일이나 건담직파재배는 파종에서 발아할 때 까지 30일간은 관개기간에서 제외하였다. 이앙재배와 담수직파재배는 씨레질에 필요한 용수 140mm가 공급되는 반면에 건담직파재배는 파종후 적정토양수분유지를 위한 고랑관개에 필요한 물 30mm를 공급하는 것으로 가정하였다. 계산결과는 건담직파재배가 874mm로 가장 적은 것으로 나타났고 이앙재배는 915mm, 담수직

파재배는 1,010mm로 가장 관개수량이 많이 필요한 것으로 나타났다. 담수직파재배가 이앙재배보다 약 10% 정도 관개수량이 추가 소요되는 것으로 나타났다.

표 2-7. 이앙재배와 직파재배의 관개수량계산

구 분	이앙재배	건답직파재배	담수직파재배
본 답 기 간	110 일 (5.20-9.10)	130 일 (5.01-9.10)	130 일 (5.01-9.10)
본답관개기간	110 일	100 일	130 일
강 우 량	856 mm	833 mm	918 mm
유효강우량	342 mm	333 mm	367 mm
증발산량	567 mm	527 mm	637 mm
침 투 량	550 mm	650 mm	600 mm
써레질용수	140 mm	고랑관개 30 mm	140 mm
관개수량 (%)	915 mm (100)	874 mm (96)	1010 mm (110)

2.3.3 재배방식별 실제용수량의 검토

이앙재배, 담수직파재배, 건담직파재배는 각각 물의 필요시기 및 필요방법이 상이하다. 물관리의 편의 및 효율제고를 위해서는 용수구역별로 단일방식의 집단재배가 이루어지는 것이 바람직하나 앞으로 상당기간 각 재배방식들이 병행될 것이 예상된다. 본 연구에서는 재배방식별로 파종·이앙기에 필요한 용수량의 산정기준을 설정하고, 주어진 조건하에서 각 재배방식들이 병행될 때 용수량의 변화를 계산한다.

1. 용수량산정기준

가. 이앙재배·담수직파재배

이앙재배와 담수직파재배는 물이 필요한 시기는 다르나 파종이나 이앙 직전에 씨레질을 필요한다는 점에서 동일한 기준을 적용토록 하였다. 용수계통의 관개면적을 A ha, 씨레질기간을 n 일, 씨레질용수량은 (2-1)식에 의한 q_1 $m^3/sec/ha$, 관리용수량은 (2-2)식에 의한 q_2 $m^3/sec/ha$ 로 가정하였다. 제 1일째에는 A/n 의 면적에 씨레질용수를 공급하고, 제 2일째에는 새로운 씨레질면적 A/n 에 대해 씨레질용수를 공급하고 제 1일째 파종 또는 이앙한 면적에 관리용수를 공급하여 아래에서 보는 것과 같이 $n+1$ 일에는 관리용수만이 공급된다. 이를 도시하면 그림 2-3과 같다.

$$\begin{aligned} 1 \text{ 일} & : \frac{A}{n} \cdot q_1 \\ 2 \text{ 일} & : \frac{A}{n} \cdot q_1 + \frac{1}{n} A \cdot q_2 \\ 3 \text{ 일} & : \frac{A}{n} \cdot q_1 + \frac{2}{n} A \cdot q_2 \\ & \vdots \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 n \text{ 일} & : \frac{A}{n} \cdot q_1 + \frac{n-1}{n} A \cdot q_2 \\
 n+1 \text{ 일} & : A \cdot q_2
 \end{aligned}$$

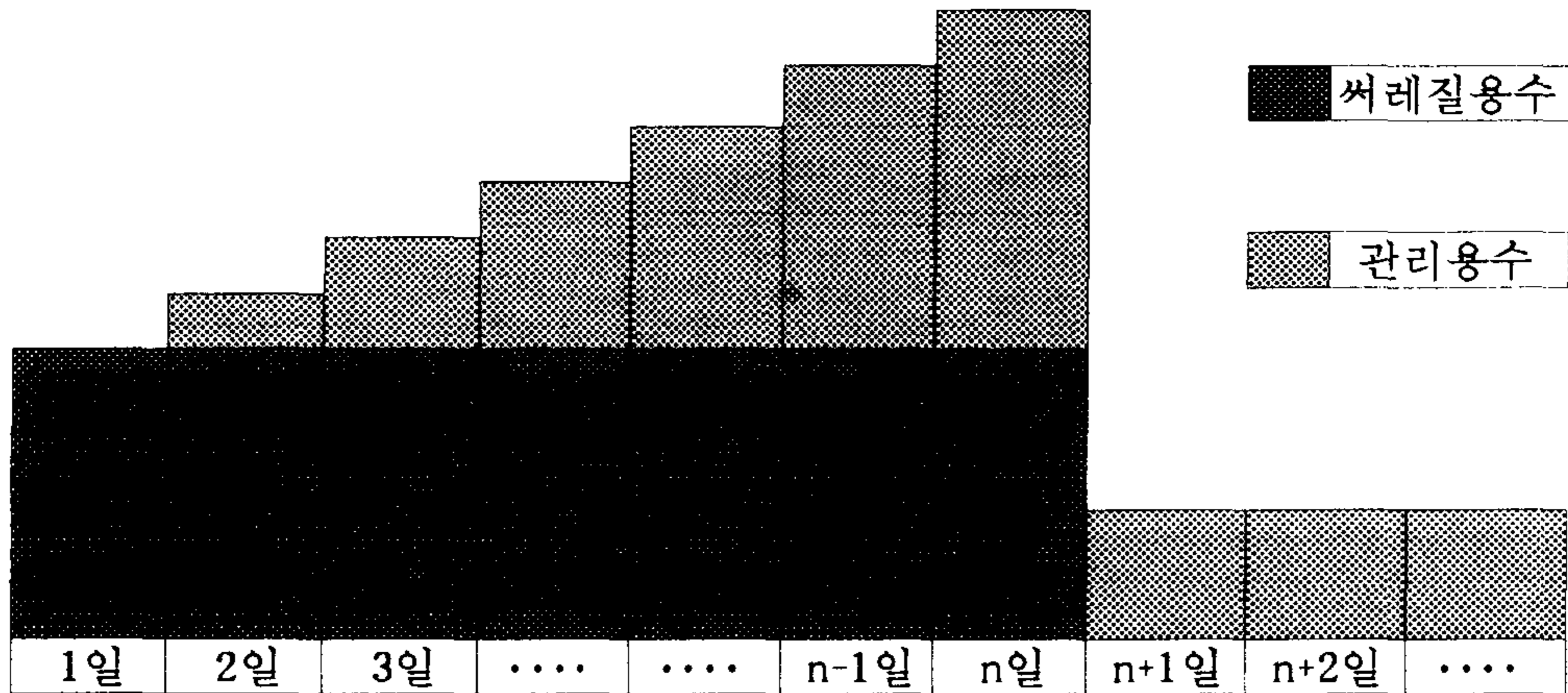


그림 2-3. 이양재배와 건답직파재배의 용수량변화

나. 건답직파재배

건답직파재배의 경우 파종후 30일 정도후 부터 관개를 실시하는 것으로 하였다. 파종기간을 n 일로 하였을 때 아래에서 보는 것과 같이 관개시작 1일째에는 A/n 의 면적에 제 2일째에는 $2A/n$ 면적에, n 일에는 전체 면적 A 에 관리용수가 공급된다. 이를 도시하면 그림 2-4와 같다.

$$\begin{aligned}
 1 \text{ 일} & : \frac{1}{n} A \cdot q_2 \\
 2 \text{ 일} & : \frac{2}{n} A \cdot q_2 \\
 & \vdots \\
 n \text{ 일} & : A \cdot q_2
 \end{aligned}$$

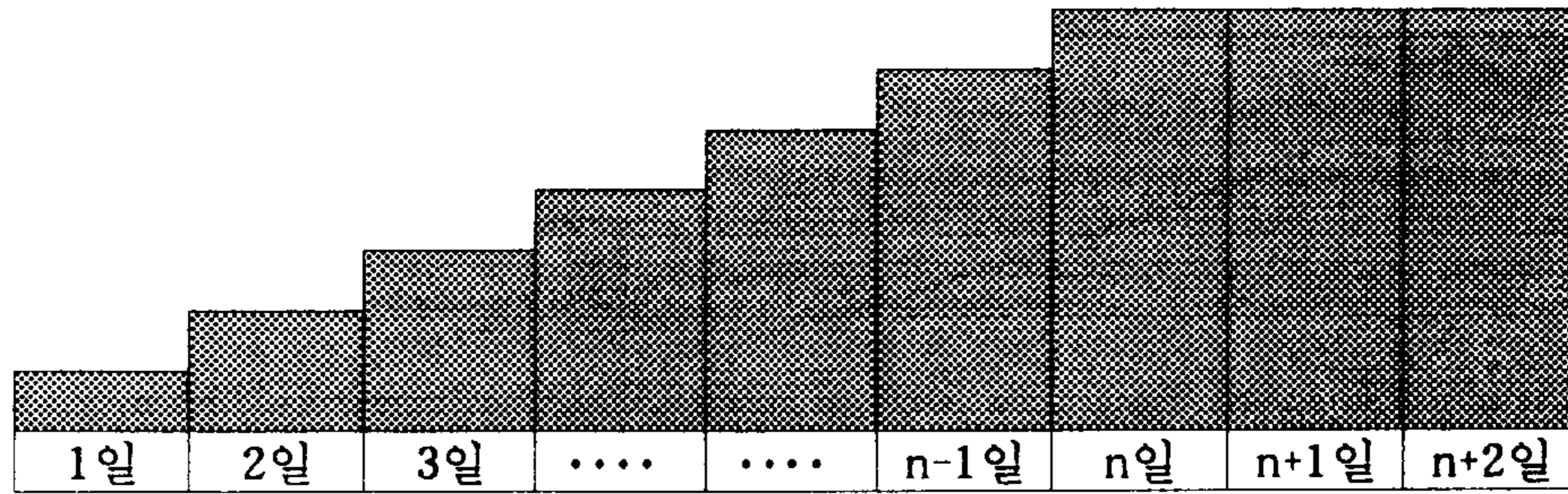


그림 2-4. 건답직파재배의 용수량변화

2. 최대용수량계산

각 재배방식별 용수량산정기준을 이용하여 각 재배방식들이 동일구역내에서 병행될 때의 파종·이앙기간의 용수량변화를 계산하고 여러 경우에 대해 비교·검토한다. 계산에는 용수구역별 면적, 재배방법별 재배면적, 재배방법별 파종시기 또는 이앙시기, 수로효율, 토양의 침투량, 일증발산량, 썩레질용수량에 관한 자료가 필요하다. 대상기간 동안의 재배방식별 일별 필요수량을 계산하고 이를 종합하여 용수로별 일별 필요수량을 계산한다. 이 계산 결과로 부터 일별 용수량변화, 최대용수 필요시기, 최대용수량을 결정한다.

용수량의 변화를 검토하기 위한 계산조건은 다음과 같다.

- ① 용수구역 : 100 ha
- ② 침투량 : 5 mm/day
- ③ 증발산량 : 5 mm/day
- ④ 수로효율 : 10%
- ⑤ 파종기 및 기간 : 4월 21일 부터 10일간
- ⑥ 이앙기 및 기간 : 5월 21일 부터 10일간

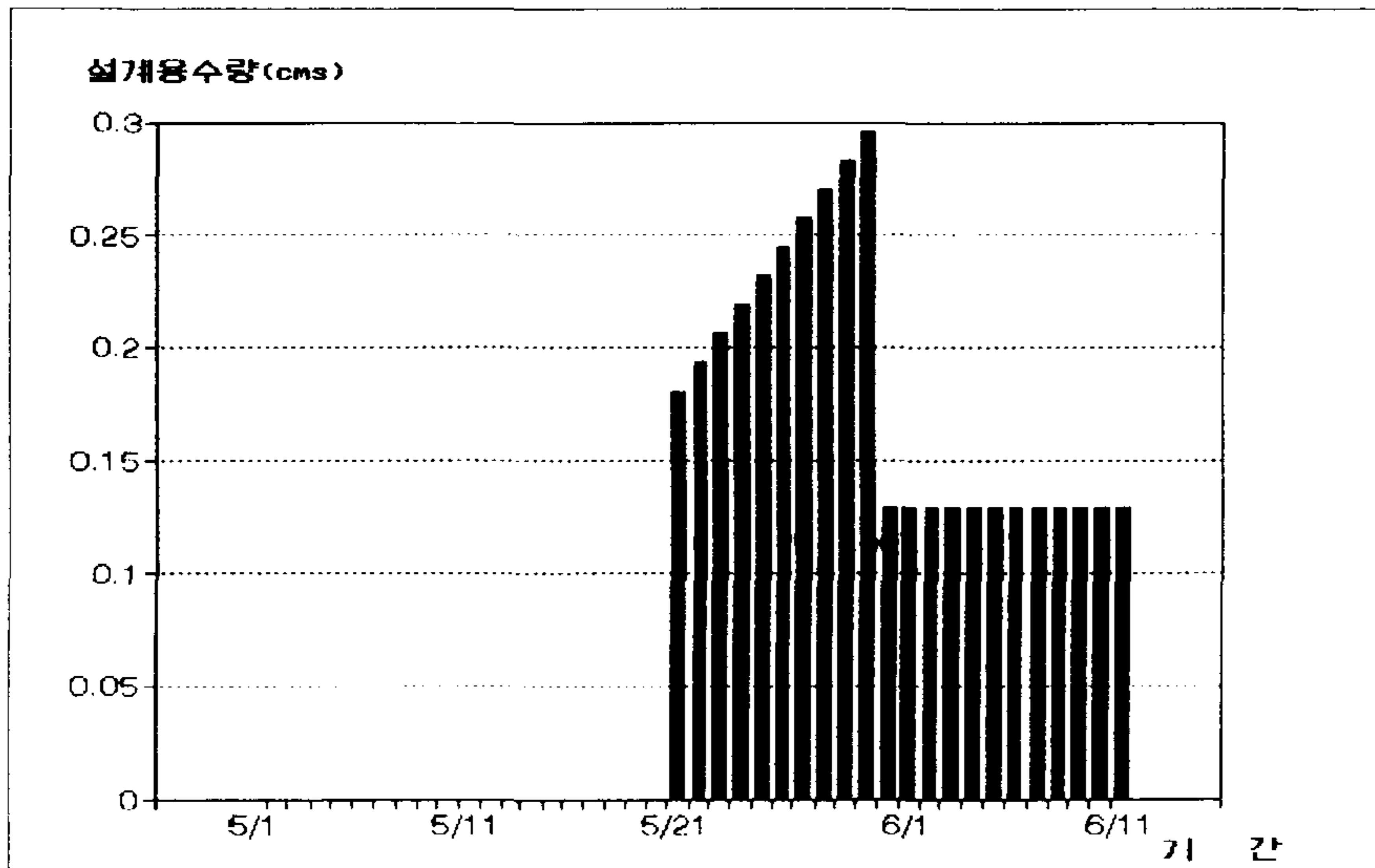


그림 2-5. 용수량의 일별변화(이양재배 100%)

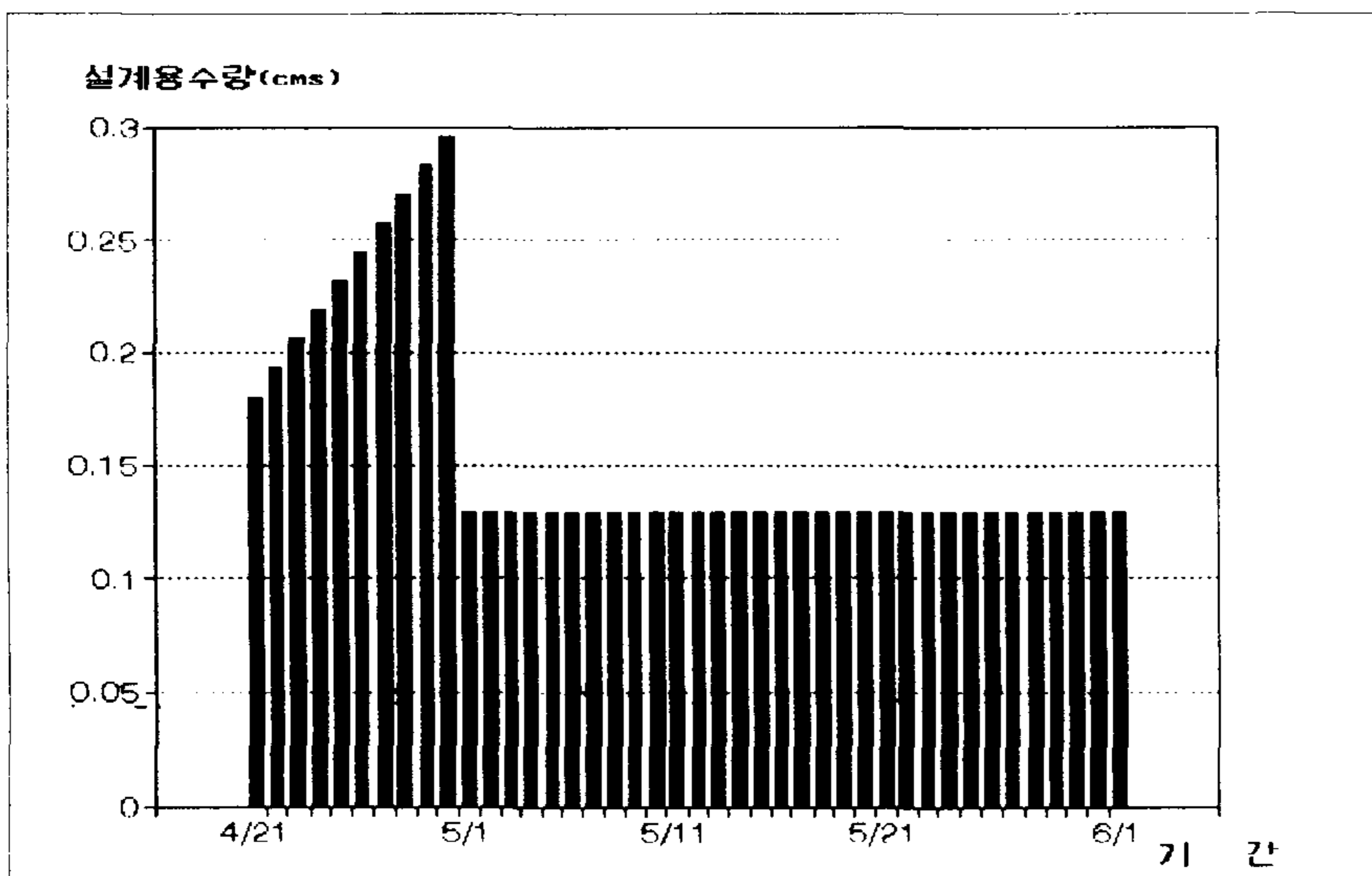


그림 2-6. 용수량의 일별변화(담수직파 100%)

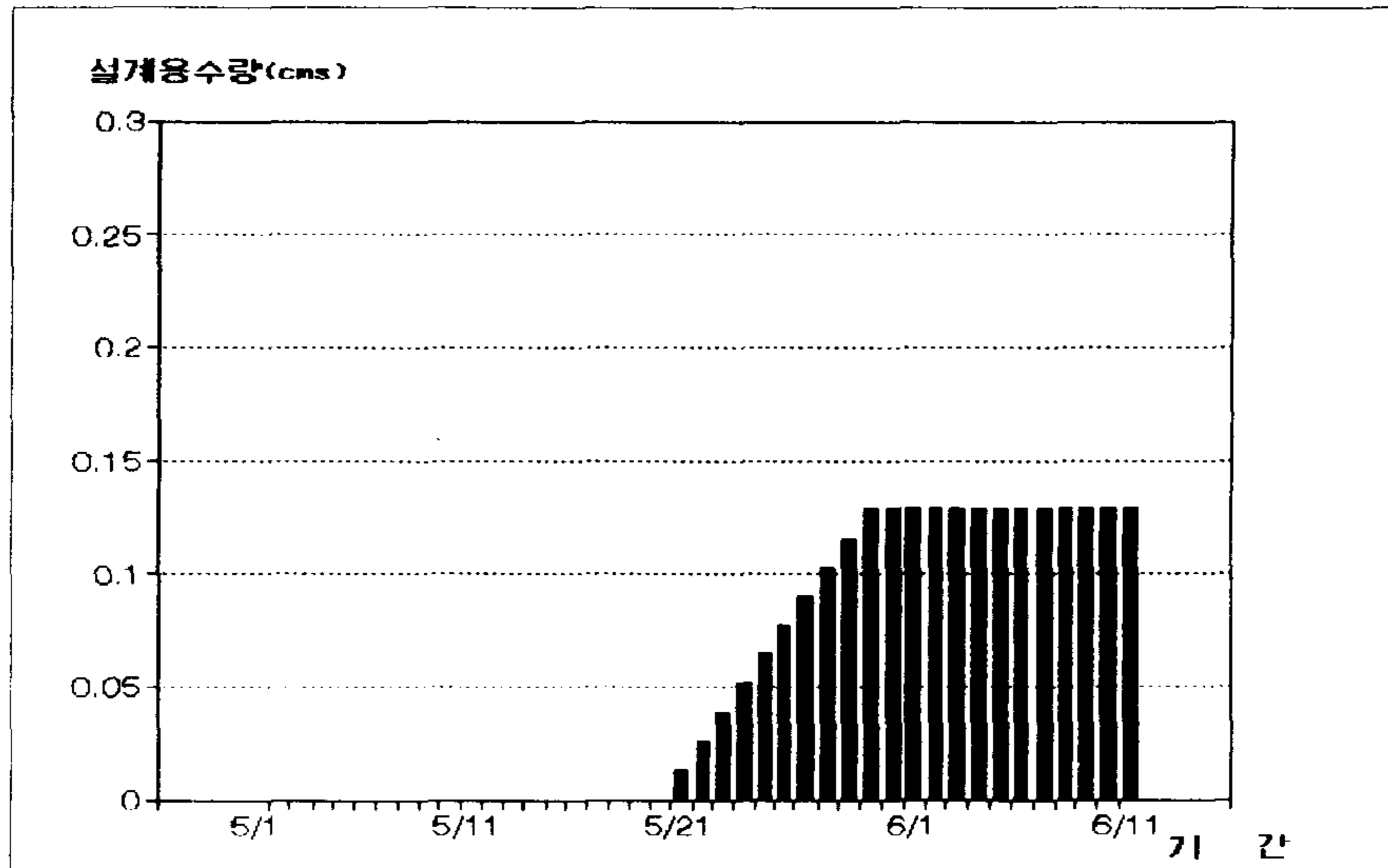


그림 2-7. 용수량의 일별변화(건답직파 100%)

재배방식별 구성비율의 변화에 따라 계산이 되었는데 그 결과는 그림 2-5에서 그림 2-15에 도시되어 있다. 그림 2-5는 이양재배, 그림 2-6은 담수직파재배, 그림 2-7은 건답직파재배만을 한 용수구역에서 실시되는 경우의 일별 용수량변화를 보이고 있다. 그림 2-8은 각 재배방식이 1/3 씩 이루어 질 때의, 그림 2-9에서 그림 2-11은 2개의 재배방식들이 절반씩을 차지할 경우의 일별 용수량의 변화를 보이고 있다. 그림 2-12에서 그림 2-15는 이양재배와 담수직파재배가 그 구성비율을 달리하는 경우의 용수량변화를 도시하고 있다.

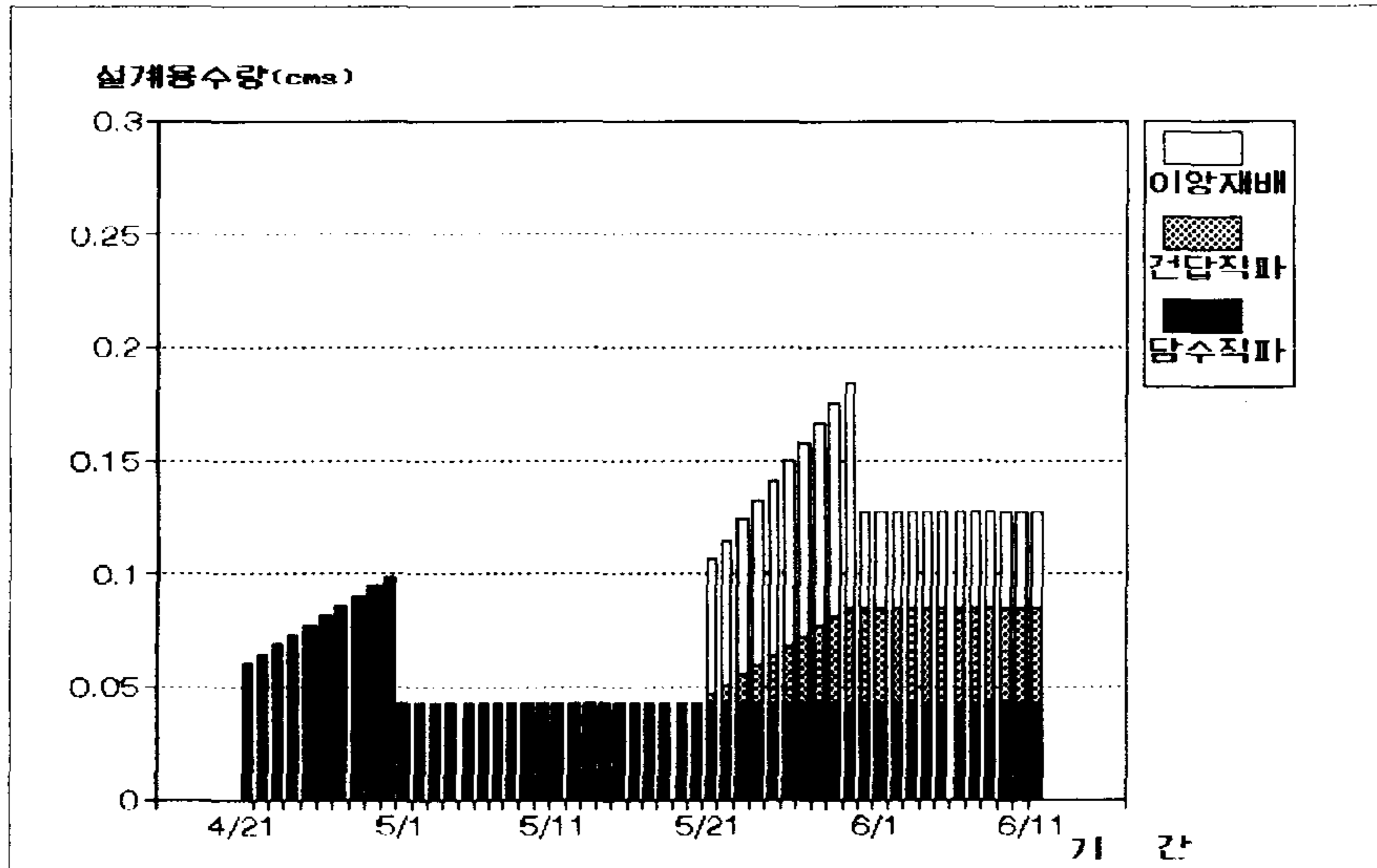


그림 2-8. 용수량의 변화(이양재배, 건답직파, 담수직파 33.3%)

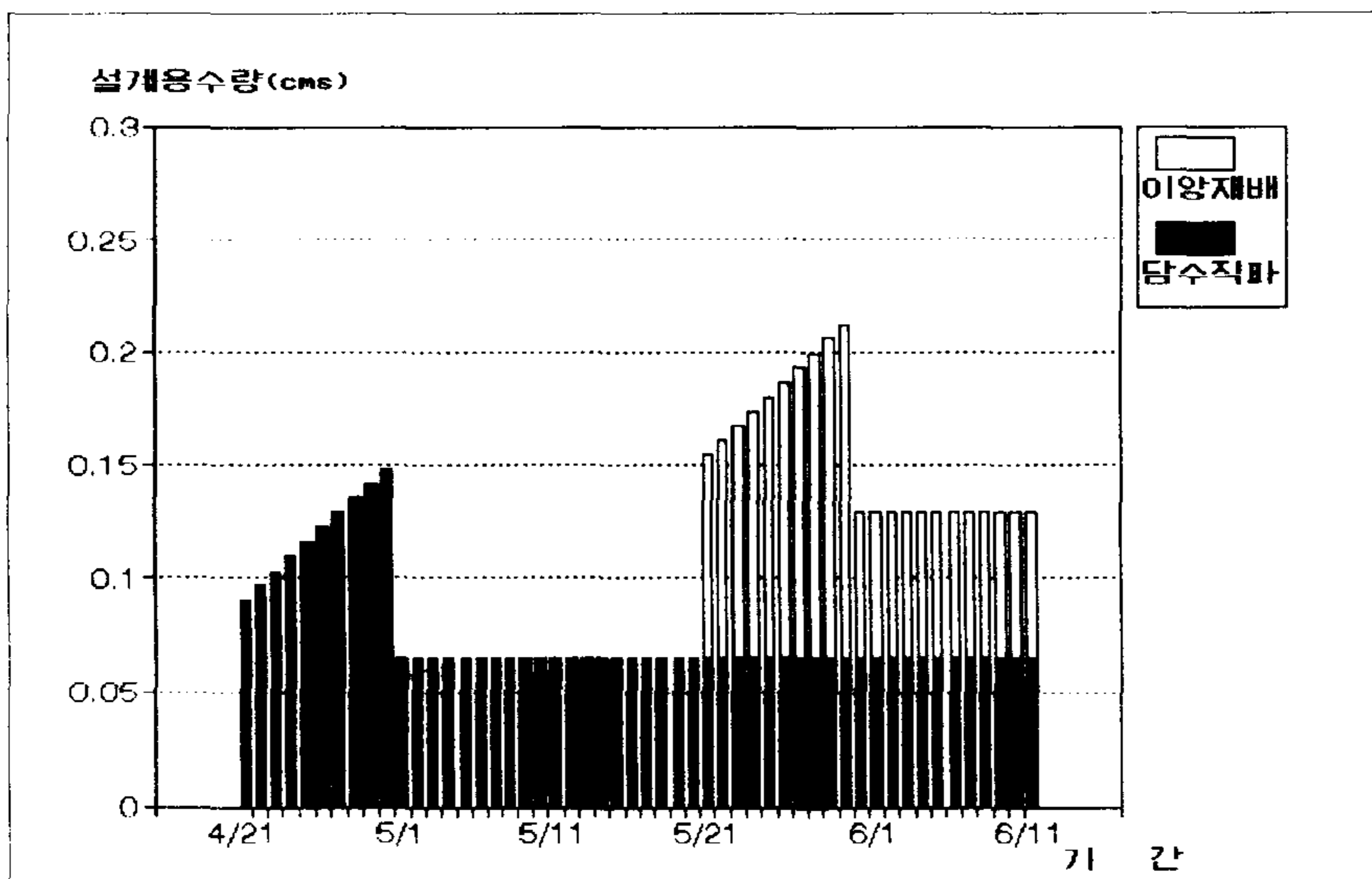


그림 2-9. 용수량의 일별변화(이양재배 50%, 담수직파 50%)

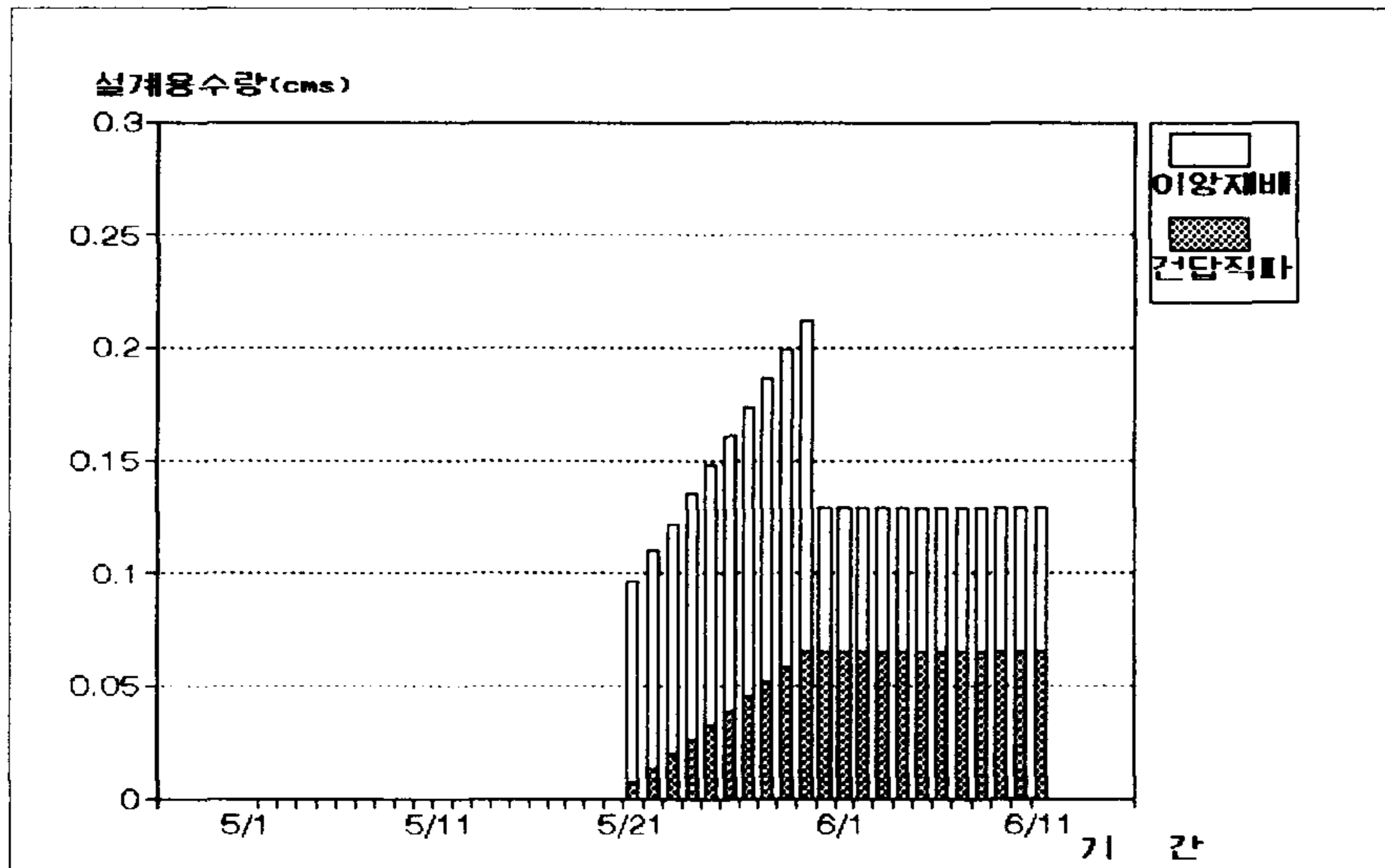


그림 2-10. 용수량의 일별변화(이양재배 50%,건답직파 50%)

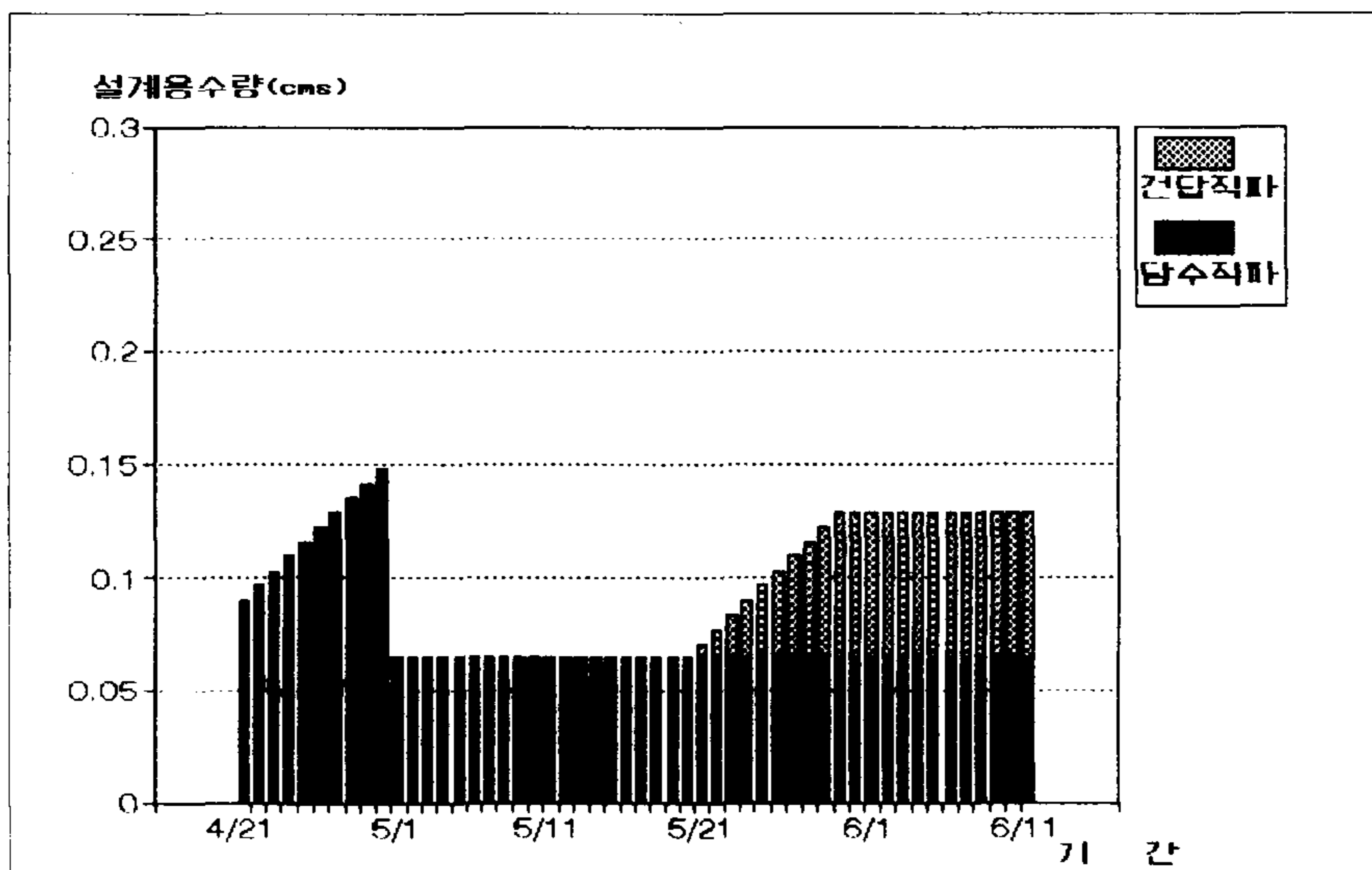


그림 2-11. 용수량의 일별변화(건답직파 50%,담수직파 50%)

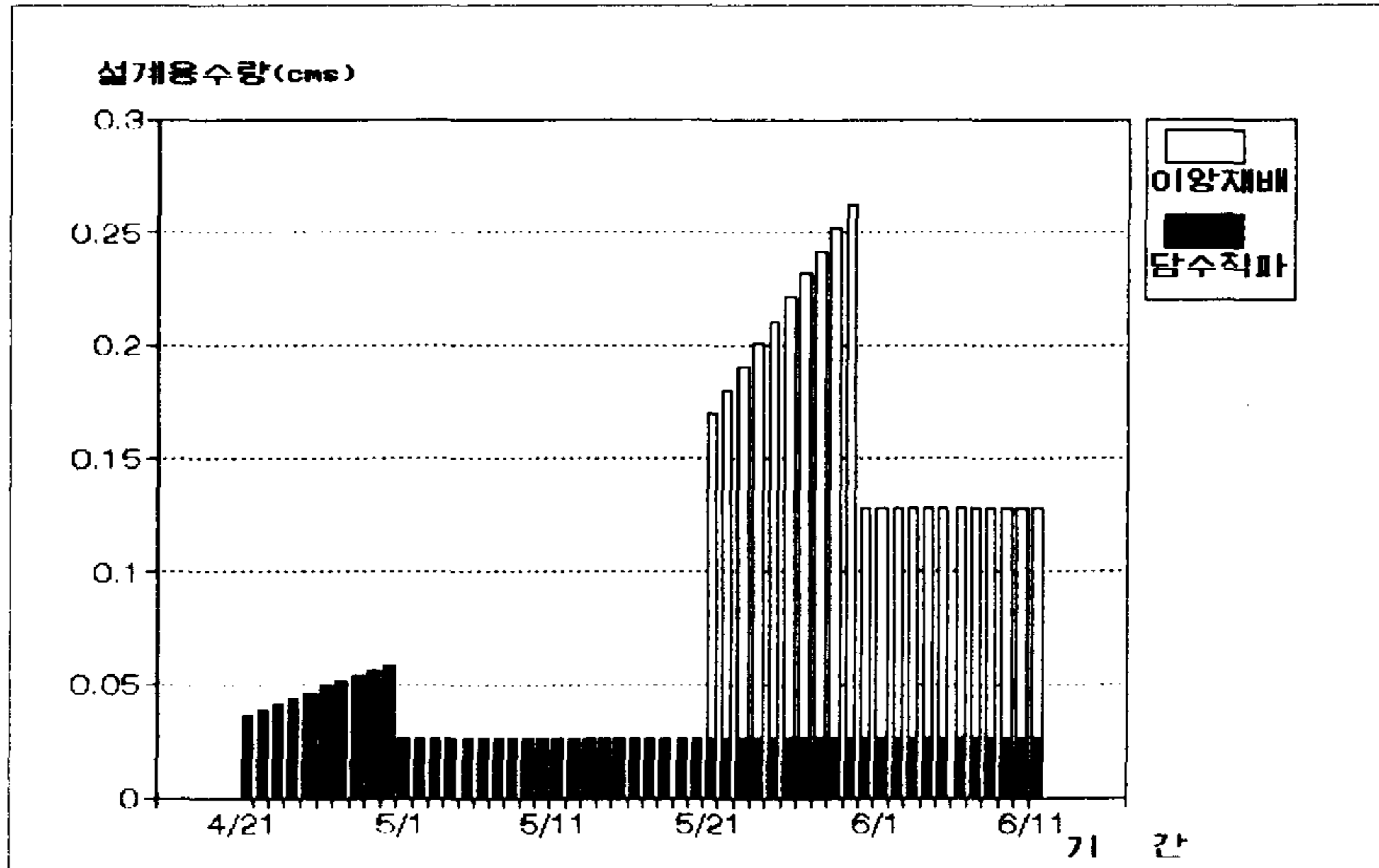


그림 2-12. 용수량의 일별변화(이양재배 80%,담수직파 20%)

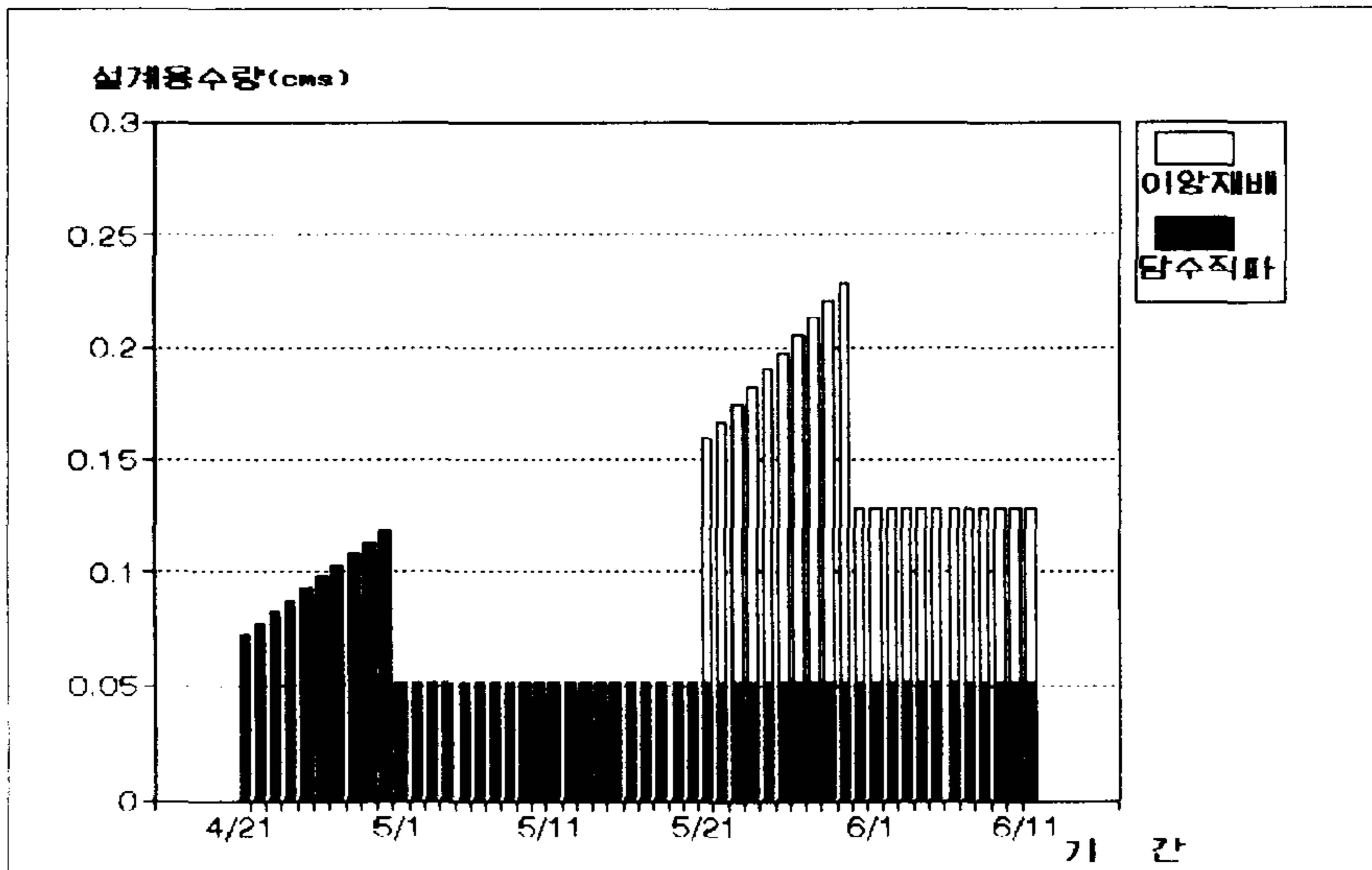


그림 2-13. 용수량의 일별변화(이양재배 60%,담수직파 40%)

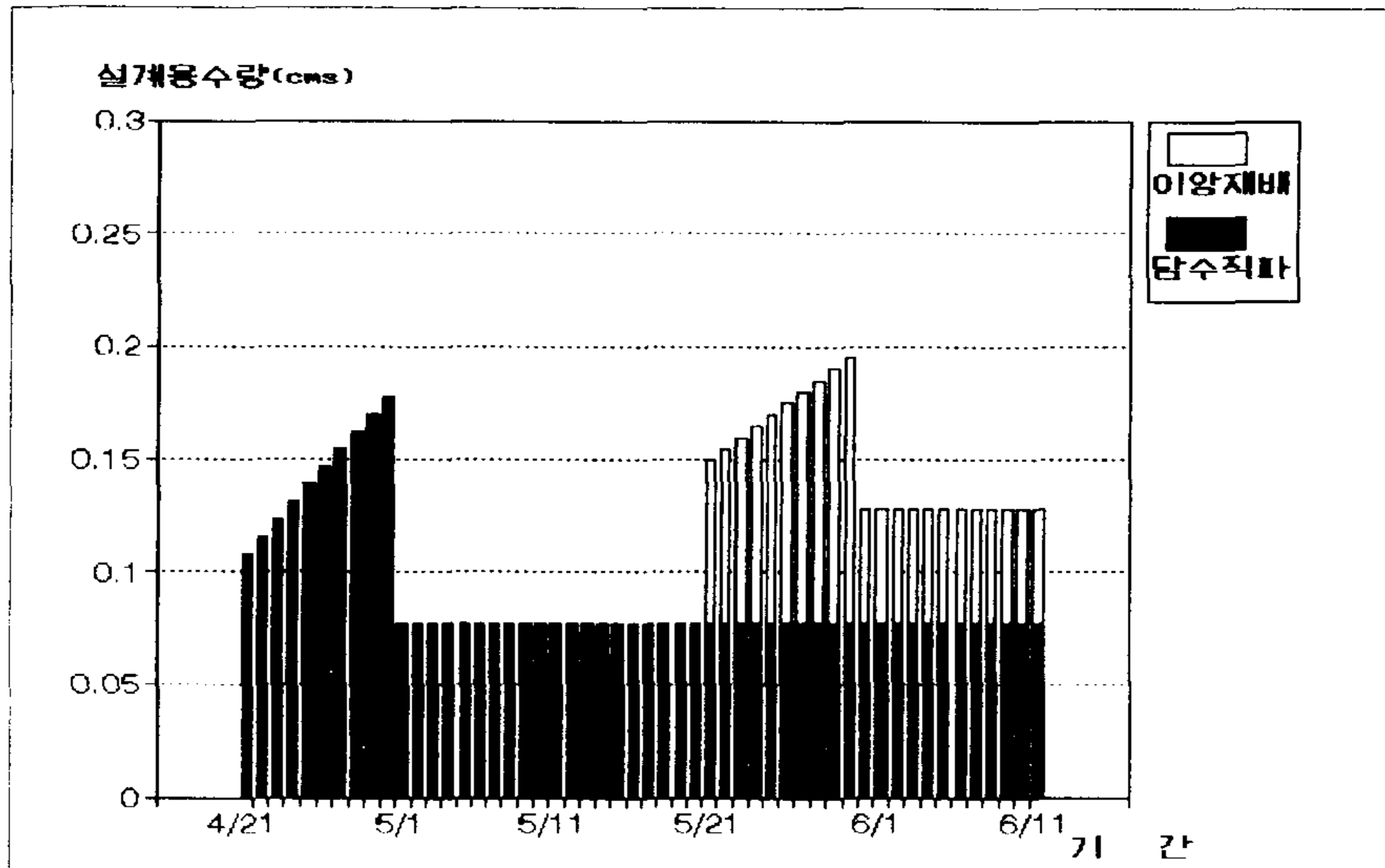


그림 2-14. 용수량의 일별변화(이양재배 40%,담수직파 60%)

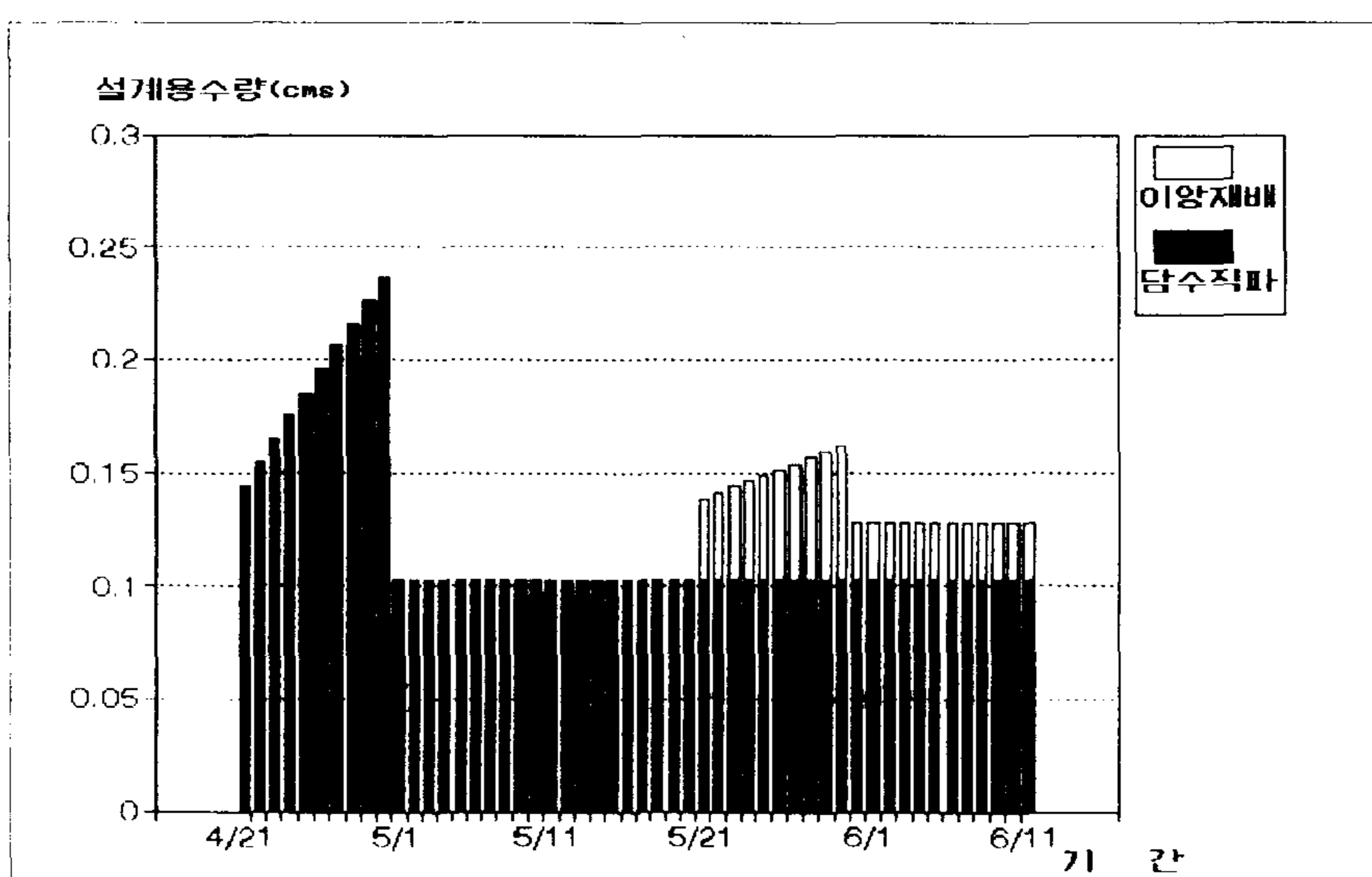


그림 2-15. 용수량의 일별변화(이양재배 20%,담수직파 80%)

이상의 계산 결과를 정리하면 표 2-8과 같다. 주어진 조건에서 가장 큰 용수량은 $0.296 \text{ m}^3/\text{sec}$ 로서 용수구역 내에서 이양재배만이 실시되거나 또는 담수직파재배만이 실시되는 경우에 나타났다. 가장 적은 용수량은 건답직파재배만이 실시되는 경우에 나타나는데 용수량은 $0.129 \text{ m}^3/\text{sec}$ 의 값을 보인다. 이양재배와 담수직파재배의 구성비의 변화에 따른 용수량의 변화를 살펴보기 위해 이들의 계산 결과를 그림 2-16과 같이 도시하였다. 그림에서 보면 이양재배비율이 40%일 때 최저값을 보이고 이를 중심으로 비율이 커지거나 작아짐에 따라 용수량이 증가하는 것으로 나타났다.

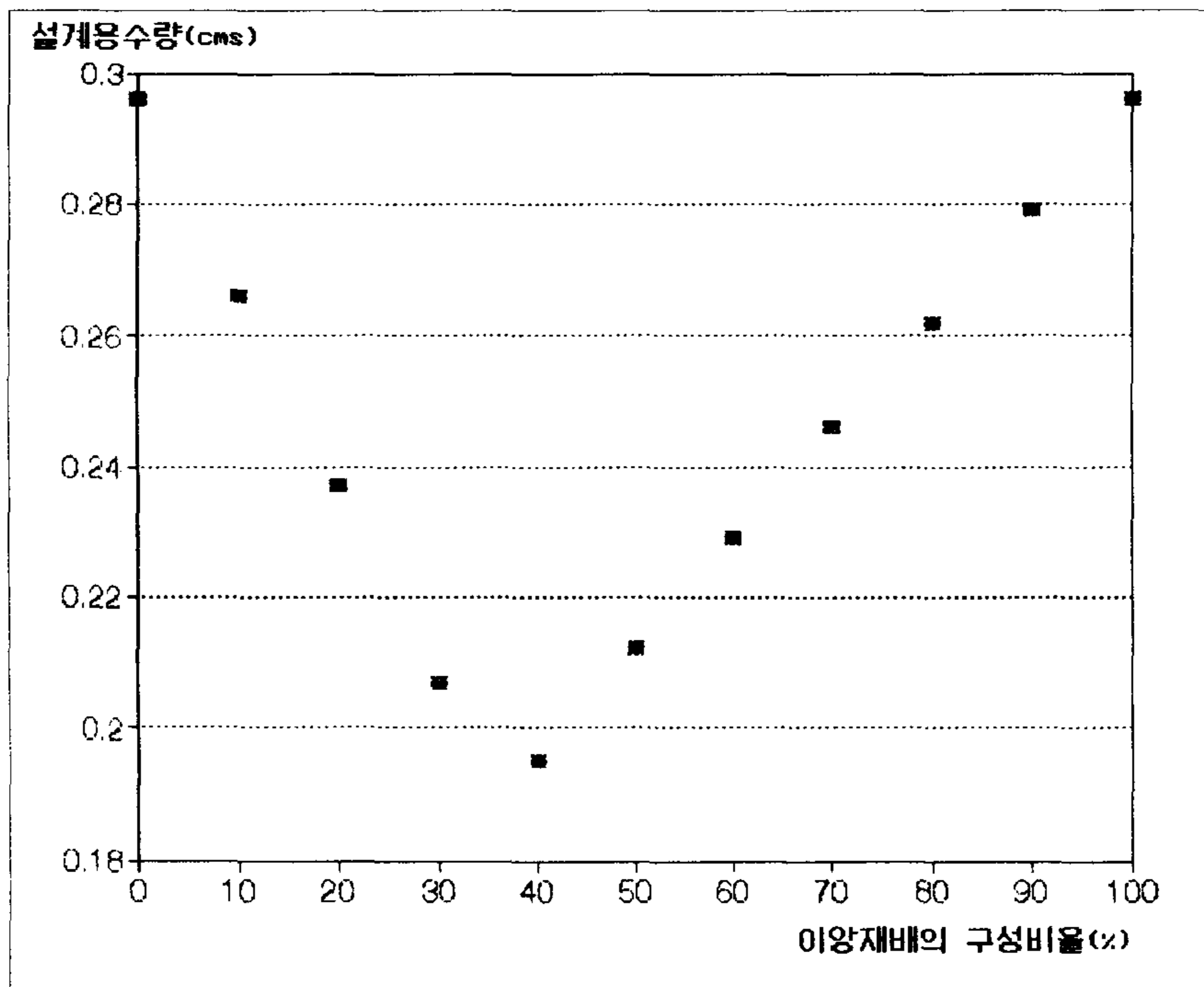


그림 2-16. 이양재배 구성비율에 따른 설계용수량 변화

표 2-8. 설계용수량의 변화

재배방식별 구성비(%)			용수량 (m ³ /sec/100ha)
이앙재배	담수직파재배	건답직파재배	
0	0	100	0.129
100	0	0	0.296
90	10	0	0.279
80	20	0	0.262
70	30	0	0.246
60	40	0	0.229
50	50	0	0.212
40	60	0	0.195
30	70	0	0.207
20	80	0	0.237
10	90	0	0.266
0	100	0	0.296
50	0	50	0.212
0	50	50	0.148
33.3	33.3	33.3	0.184

이상에서 살펴본 최대용수량의 크기는 파종·이앙기간을 대상으로 한 결과인데, 각 재배방식들이 병행되는 경우의 용수량은 기존의 이앙재배방식만을 사용하는 경우의 용수량보다 적은 값을 보이기 때문에 증발산량이 최대가 되는 시기의 관리용수량과의 비교·검토가 필요할 것으로 생각된다.

결론적으로 직파재배방식이 도입되어도 기존 수로조직의 규모를 변화시키지 않아도 충분히 대처할 수 있을 것으로 판단된다.

2.4 설계용수량 산정방법의 검토

논관개의 성패를 좌우하는 가장 중요한 인자의 하나는 적기에 적량의 관개용수공급인데 이를 위해서는 수원공으로부터 포장까지 물을 공급할 수 있는 적정규모의 도수시설이 필요하다. 이러한 도수시설의 규모를 결정하는 인자들은 수로의 지배면적, 증발산량, 침투량, 관개효율 및 용탈의 필요성 등이 있는데 일반적으로 관개용 수로의 규모는 작물생육 기간 중에서 용수를 필요로 하는 시기를 기준으로하여 결정되기 때문에 관개기간중 2-3일간 만을 위한 용수로 단면이 설계되어서 이용효율이 낮아 비경제적이다. 또한 설계유량에 비해 상시(常時)유량이 적기 때문에 유속이 적어지고 단위체적당 윤변이 커지므로 침투량과 삼투량이 증가하게 되어 결과적으로는 도수효율이 감소하게 되고 유속감소에 따른 퇴적의 가능성도 증가된다.

본 연구에서는 이용효율이 높은 경제적인 용수로단면 결정을 위한 기초작업으로서 현재 우리나라에서 사용되고 있는 공식을 분석하고 아시아 지역에서 적용되는 공식들의 구조에 대해 알아보고 이들의 적용성에 대해 고찰해 보고자 한다.

2.4.1 설계용수량 산정공식

최대용수량이란 관개기간의 최대용수시기에 충족되어야 할 수량으로서 용수로를 포함한 각종 수리구조물의 통수단면의 크기를 결정하는데 기준이 되는 용수량이다. 최대용수량은 용수로의 지배면적, 지역의 자연조건, 관개방법 및 수리관행에 따라 최대 용수시기의 단위용수량을 산정하고 식2-9와 같이 이에 용수로가 지배하는 관개면적을 곱함으로써 얻어진다.

$$Q_{\max} = q \cdot A \quad \dots\dots\dots(2-9)$$

여기서, Q_{\max} : 최대용수량(m^3/sec)

q : 최대용수시기의 단위용수량($m^3/sec.m^2$)

A : 관개면적(m^2)

다음에는 각국에서 사용되고 있는 최대용수량을 결정하는 공식들에 대해 살펴본다.

1. 한국

현행 설계기준에 의하면 이양시기의 단위용수량과 증발산량이 최대되는 시기의 단위용수량을 비교하여 큰 것을 선택하도록 되어있다.

가. 이양 시기의 단위용수량

$$q = \frac{\frac{1}{n} [W_t + (n-1)W_m]}{1-L} (m/day) \quad \dots\dots\dots(2-10)$$

여기서, n : 이양일수(days)

W_t : 이양용수량(m)

W_m : 관리용수량(= 증발산량 + 삼투량)(m/day)

L : 수로손실

나. 증발산량이 최대가 되는 시기의 단위용수량

$$q = \frac{W_{mm}}{1-L} (m/day) \quad \dots\dots\dots(2-11)$$

여기서, W_{mm} : 최대관리용수량(m/day)

대부분의 경우에 (2-10)식에 의한 단위용수량이 (2-11)식에 의한 것보다 크므로 (2-10)식에 관하여만 언급하기로 한다.

(2-9), (2-10)식에서

$$Q_{\max} = \frac{\frac{A}{n} [W_i + (n-1)W_m]}{1-L} (m^3/day) \dots\dots\dots(2-12)$$

(2-12)식에서 “ $A/n \cdot W_i$ ” 는 이양시기에 매일 일정한 면적(A/n)에 이양을 실시하는데 이에 필요한 용수량을 나타내며 “ $A/n \cdot (n-1)W_m$ ”은 이양이 끝난 지역에 이양 다음날부터 관리용수가 공급되기 시작하는데 이양 마지막날에 공급되는 최대관리용수량을 나타낸다. 즉, 이양 마지막날에 Q_{\max} 가 되는데 이것은 우리나라의 용수로는 관개기간중 단 1일간만 발생하는 설계유량에 대해 단면이 결정되고 있다는 것을 의미한다.

2. 대만

대만에서 사용되었던 재래공식은 (5)식과 같다.

$$Q_{\max} = \frac{\frac{A}{n} W_i + AW_m}{1-L} (m^3/day) \dots\dots\dots(2-13)$$

이 식을 (2-13)식과 비교하면 두 식은 동일한 개념에서 출발하여 한가지 점만을 제외하면 대동소이하다. 즉 (2-12)식의 “ $A/n \cdot (n-1)W_m$ ” 이 “ AW_m ”으로 변화되었는데 이는 (2-12)식에서는 이양 다음날부터 관리용수를 공급하는 반면 (2-13)식에서는 이양 당일부터 관리용수를 공급하는것이 유일한 차이점이다. 이양기간의 유효유량은 무시한다는 가정은 한국의 경우에도 동일하다.

3. 말레이시아

Goor - Zijlstra에 의해 개발된 공식이 말레이시아에서 사용되고 있는데 다음과 같다.

$$IA dt = W_m y dt + W_t dy \quad \dots\dots\dots(2-14)$$

여기서 I : 이양기간에 총관개면적 A 에 공급되는 양(m/day)
 t : 관개시작일로 부터의 시간 (day)
 y : t 시각에서의 이양면적(m²)

기본공식은 (2-14)식과 같은데 이양기간의 미소시간(dt)동안 공급된 관개량 ($IA dt$)는 그 중 일부는 이미 이양이 완료된 지역에 관리용수($W_m y dt$)로 사용되고 나머지는 새로운 지역의 이양용수($W_t dy$)로 사용된다.

(6)식을 정리하면 :

$$dt = W_t \frac{dy}{IA - W_m y} \quad \dots\dots\dots(2-15)$$

이되며 이것을 $t = 0$ ($y = 0$)에서 부터 $t = n$ ($y = n$)까지 적분하여 정리하면 (2-16)식과 같다.

$$I = \frac{W_m \exp\left(\frac{n W_m}{W_t}\right)}{\exp\left(\frac{n W_m}{W_t}\right) - 1} \quad \dots\dots\dots(2-16)$$

따라서 최대용수량은 다음과 같다.

$$Q = \frac{A W_m \exp\left(\frac{n W_m}{W_t}\right)}{\left[\exp\left(\frac{n W_m}{W_t}\right) - 1 \right] (1 - L)} \quad \dots\dots\dots(2-17)$$

이 공식의 개발에 사용된 가정은 다음과 같다.

- ① 이양기간 일정한 수량을 공급한다.

② 이양기간의 유효용량은 무시한다.

③ 관리용수는 매일 공급한다.

즉, 이 경우에는 매일 일정한 수량이 공급되기 때문에 n 가 증가할수록 이양이 완료된 면적이 증가되고 이에 따라 공급수량 중에서 관리용수가 차지하는 비중이 증가되는 반면 이양용수는 감소하게 되어 일 이양면적이 감소한다.

4. Hagan - Wang 공식

Hagan - Wang에 의해 개발된 공식은 앞의 세가지 공식과는 달리 유회관개를 근간으로하였는데 다음과 같은 원칙 또는 가정을 내포하고있다.

① 이양기 뿐만 아니라 전생육기간에 걸쳐 미리 예정된 유회계획에 의거하여 관리용수를 공급한다.

② 최대용수시기의 최대화

③ 이양기간 중의 유효용량은 무시한다.

④ 관개용수의 구성요소

- 관리용수량(W_m)

- 이양용수량(W_l) = 씨래질용수량 (W_{ks}) + 담수심(W_u)

⑤ $W_l = W_{ks} + W_u = W_1 + W_2$ (2-18)

여기서 W_1, W_2 : 이양용수량의 1차, 2차 공급량

⑥ 1차 이양용수량은 씨래질 용수량과 같거나 커야한다.

$$W_1 \geq W_{ks}$$

이상의 조건을 고찰하여 이양용수량을 2차에 걸쳐 공급하는 경우와 일시에 전량을 공급하는 경우에 대한 공식이 제시되었다.

1) 일시에 이양용수량을 공급하는 경우

$$Q = \frac{AW_m}{[1 - (1 - \frac{SW_m}{W_t})^\alpha] (1-L)} \dots\dots\dots(2-19)$$

여기서 S : 유회간격
 α : 유회관개회수

2) 분할공급하는 경우

$$Q = \frac{AW_m}{[1 - (1 - \frac{SW_m}{W_1})^\alpha] (1-L)} \dots\dots\dots(2-20)$$

여기서 W_1 은 (10)식과 다음 식을 이용하여 시산법에 의해 결정한다.

$$\frac{W_2}{W_1} = (1 - \frac{SW_m}{W_1})^\alpha \dots\dots\dots(2-21)$$

2.4.2 설계용수량의 분석

앞에서 살펴본 공식들의 거동을 분석하기 위하여 아래와 같은 임의의 조건을 설정하여 그 결과를 비교·검토하였다.

- (조건) ① 관개면적 (A) = 100 ha
- ② 이양일수(n) = 20 days
- ③ 유회간격(s) = 5 days
- ④ 유회관개회수(L) = n/s = 4
- ⑤ 이양용수량(W_t) = 150 m/m = 0.15 m
- ⑥ 관리용수량(W_m) = 8 mm/day = 0.008 m/day

- ⑦ 수로손실(L) = 0.2
- ⑧ 쓸래질용수량(Wts) = 0.10 m
- ⑨ 담수심(Wtt) = 0.15 - 0.10 = 0.05 m

위의 조건에 각 공식을 적용하여 계산된 설계용수량의 결과가 표 2-9에 정리되어 있다.

표 2-9. 각 공식별 최대용수량의 비교

공 식	최대용수량 (m ³ /sec)	%	비 고
한 국	0.218	100	
대 만	0.224	103	
말레시아	0.176	81	
Hagan-Wang	0.147	67	분할공급
	0.163	75	일시공급

표 2-9 에 나타난 결과를 보면 대만, 한국, 말레시아, Hagan-Wang의 순으로 최대용수량이 작아진다. 한국의 경우와 비교하면 대만은 3%가 많은 값을 사용하고 있고 말레시아는 19%, Hagan-Wang의 경우는 33-25% 정도 설계용수량이 적은 값을 사용하게 된다. 이는 한국과 대만의 공식은 이양말일의 용수량이 최대용수량이 되어 이용효율이 낮아 그 값이 가장 큰값을 보이고 있다. 이러한 수리조작은 공급수량의 선형적인 증가를 전제로 하는데 현실적으로는 관개조직의 작동상 어려운 점이 있기때문에 일반적으로 이양시작일부터 수로최대유량을 보내게 되어 물의 낭비를 초래하여 관개효율을 저하시키는 요인이 되고 있다. 이와같은 문제

점을 부분적으로 해결할 수 있는 것이 말레이시아의 공식인데 이것은 이양기간동안의 일유량을 고정시킴으로서 이용효율을 높이고 최대용수량을 감소시키는 결과를 보이는 반면 이양면적이 날로 감소하게 되어 이양기간이 길어지는 난점이 있다. Hagan - Wang 의 공식은 가장 적은 값을 보이고 있는데 이는 이 공식이 앞의 공식들이 내포하고 있는 문제점들을 부분적으로 개선하기 위하여 이양용수량 중에서 담수를 위한 수량은 이양이 완료된 후에 공급함으로서 최대수요를 분산, 감소시켰기 때문이다. 이와 같은 담수심 유지에 필요한 수량을 이양용수량에 포함시켰을 때는 말레이시아의 공식에 의한 결과와 가장 근접한 값을 나타내고 있다.

관개용 수로의 이용효율을 높이고 단면의 크기를 축소시키기 위한 기초작업으로서 현행 설계기준으로 사용되고 있는 공식과 타국가에서 사용되고 있는 공식에 대해 검토한 결과 우리나라에서 사용하고 있는 공식의 구조적인 문제점이 발견되어 이의 개선이 필요한 실정이다.

제 3 장 토질 및 토양의 종류에 따른 농업 기계 효율 분석

3.1 목적

현재 우리 나라의 농기계 보급은 매년 꾸준한 증가 추세에 있으며 기종도 소형 경운기로부터 대형 트랙터, 4조 콤바인 등 다양하며 갈수록 대형화되는 경향에 있다. 그럼에도 불구하고 지금까지 토양과 농기계와의 관계를 연구한 것을 보면 주로 소형의 농기계에 관한 것이었다. 그러므로 현재와 같은 농기계 보급 추세로 보면 대형 농기계의 포장내 작업 효율 분석은 매우 절실히 요구되는 바이다.

대형 농기계가 경지 내에서 주행시 토성, 토양의 판비중, 토양의 경도, 경사 등의 토양 성질에 따라 크게 영향을 받게 되며 특히 동일한 토양일지라도 수분 조건(함수율)에 따라서 토양 표면 성질은 아주 달라지므로 농기계 작업 능률은 이에 따라 영향을 받게 된다.

본 연구는 토성 및 토양 수분 함량이 상이한 조건에서 토양의 물리성과 농기계(트랙터, 4조 콤바인)작업 능률과의 관계를 구명하고 아울러 적정 작업 시기와 토양 조건을 판정하여 작업 능률을 향상시키는데 필요한 자료를 얻고자 한다.

3.2 토양의 분류

통일 분류법, AASHO분류법, 삼각 좌표에 의한 분류법, 입경에 의한 분류법, 입도 분포에 의한 분류법 등이 있다. 이상의 분류법들은 모두 다 토양 입자의 크기를 기준으로 토양을 분류한 것이다.

우리 나라의 대표토로는 표 3 - 1 에 나와 있는 토양 분류 중에서 (〰)로 표시된 것이다. SP, SM, SC로 분류된 토양은 주로 강변이나 하천 주변의 경지에서 많이 볼 수 있으며 ML, CL로 분류된 토양은 대단위 평야 지역에 많이 분포되어 있는 것으로

알려져 있다. 그러므로 여기에서 보면 우리 나라 대부분의 토양은 ML, CL의 범주 안에 든다고 할 수 있다.

표 3 - 1.

주요구분		분류기호		대표명	
粗粒토 No. 200체 50%이하 통과	자갈 No.4 체 50%이하 통과분	깨끗한 자갈	G W	입도 분포 양호한 자갈 자갈 모래 혼합토	
			G P	입도 분포 불량한 자갈 또는 자갈 모래 혼합토	
		細粒分을 함유한 자갈	G M	실트질자갈, 자갈 모래	
			G C	실트 혼합토	
	모래 No.4 체 50%이상 통과분	깨끗한 모래	S W	점토질자갈, 자갈 모래 점토 혼합토	
			S P	입도 분포 양호한 모래 또는 자갈 섞인 모래	
		細粒分을 함유한 모래	S M	실트질모래, 실트섞인 모래	
			S C	점토질 모래, 점토 섞인 모래	
	細粒토 No. 200체 50%이상 통과	실트 및 점토		M L	무기질 실트, 극세사, 암분, 실트 및 점토질 세사
				C L	저, 중塑性의 無機질 점토, 자갈 섞인 점토, 모래 섞인 점토, 실트섞인 점토, 점성이 낮은 점토
O L				저塑性 유기질 실트, 유기질실트 점토	
M H				無機질실트, 운모질 또는 규소질 세사 또는 실트, 탄성이 있는 실트	
C H				高塑性 無機質 점토 점질 많은 점토	
O H				중 또는 高塑性 유기질 점토	
有機質토		P T	이탄토 및 기타 高有機質토		

G : 자갈	P : 입도 분포가 나쁜 깨끗한 흙
S : 모래	M : SILT를 함유하고 있는 흙
M : 극히 가는 모래	C : 점토를 함유하고 있는 흙
또는 塑性이 없는 岩分形의 SILT	L : 액성한계가 50%이하인 흙
C : 無機질의 점토(CLAY)	(압축성이 낮음)
O : 有機질의 점토 및 SILT(유기질)	H : 액성한계가 50%이상인 흙
W : 입도 분포가 좋은 깨끗한 흙	(압축성이 높음)

3.3 각 토양에서의 농업 기계 효율 분석

토양의 물리성을 측정하고 판단하는 방법에는 다음의 방법들이 사용되고 있다. 농업 기계의 차륜침하량, 회전수, 진행속도 등을 조사하여 진행저하율, 작업능률을 구하고 이를 다시 토양물리성과 비교하여 상호관계를 조사하는데 아래의 물리성들이 이용되었다.

- ① **판비중** - 3 Inch Core로 흙을 채취하여 이를 건조한 후 건조 전과 후의 무게를 측정하여 비중 계산
- ② **표면 경도** - 山中式 경도계를 토양 표면에 눌러 보아 경도계에 표시된 값을 읽어서 측정하거나 일정 무게의 추를 낙하하여 토양 표면에 박힌 깊이를 측정하여 경도 계산
- ③ **원추관입저항** - 원추를 토양 표면에서 깊이 방향으로 관입시켜 그 저항력을 측정하고, 그 값을 깊이에 따른 평균으로 환산한 값을 토양 경도로 사용
- ④ **전단 저항과 마찰저항** - 이는 Coulomb의 법칙에 의해 나타내짐

$$\tau = c + \sigma_f \tan \alpha$$

- τ : 전단저항
- c : 점착력
- σ_f : 파괴면의 수직응력
- α : 흙의 내부마찰각
- $\sigma_f \tan \alpha$: 마찰저항

⑤ 판침하량 - 일정 규격의 판에 일정 하중을 주었을 때 판이 들어간 깊이를 측정

토성 및 수분함수율 차이에 따른 토양물리성 변화 결과는 다음과 같이 나타났다.

① 판비중 - 토양 수분 함량이 증가될수록 감소되는 경향이었으나 사양토는 변화폭이 적음

② 경도 - 점토 함량이 많을수록 높았고 토성이 같으면 수분 함량이 많을수록 감소

③ 전단저항 - 점착성이 큰 식양토에서 높았으며 수분 함량이 증가될수록 급격히 낮아짐

④ 마찰저항 - 수분 함량이 증가될수록 감소되었으며 식양토보다 사양토에서 저항이 큼

⑤ 판침하량 - 수분 함량 43.2%인 미세질식양토의 2.0cm를 제외하고는 모두 0.2cm 미만

3.3.1 트랙터 작업 효율 실험 및 결과

- '논土壤의 物理性이 農機械 作業能率에 미치는 影響' 1)

1. 방법

미사질식양토, 미사질 양토, 사양토인 포장을 선정하여 각각 3수준의 토양 함수율에서 경운작업시의 트랙터 작업 효율을 측정하였다. 공시기는 46ps 트랙터였으며 플라우작업은 18cm × 72cm(깊이 × 폭)으로 하고, 로타베이타작업은 18cm × 150cm(깊이 × 폭)이 되도록 실시하였다. 또한 모든 실험수준에서 차륜침하량, 회전수, 진행속도 등을 조사하여 진행저하율 및 작업능률을 구하고 이를 다시 토성, 수분함량 등 토양 물리성과 비교하여 상호관계를 조사하였다.

토양의 물리성 측정에 있어서 판비중은 3" Core로 시료를 채취하여 계산하였으며 경도는 山中式 경도계로 측정하였고, 원추관입저항, 마찰저항, 전단저항, 판침하량은 SR-2형 토양저항측정기로 측정하였다. 足跡深은 체중을 발 뒤꿈치에 주고 밟았을 때

1. 한국 토양 비료학 회지. 1984. 17(2). : 155~160

토양표면으로부터 들어간 깊이를 측정하였다.

표 3 - 2. 실험 토양의 물성치

Soil texture	Moisture Content (%)	Bulk Density (g/cm ³)	Hardness		Resistance(g/cm ²)			Plate Singkage (cm)	Footprint Sinkage (cm)
			(mm)	(kg/cm ²)	Cone	Friction	Shear		
SL	10.5	1.35	24.0	11.8	15.1	52	375	0.1	1.0
	23.8	1.35	23.0	10.0	11.5	49	263	0.1	1.6
	26.3	1.33	18.0	4.7	6.2	43	226	0.2	2.6
SiL	26.2	1.29	25.0	14.0	14.7	50	427	0.1	1.5
	35.1	1.07	19.6	5.9	4.9	40	338	0.2	2.1
	46.9	1.08	8.0	1.0	1.7	18	119	4.5	5.5
SiCL	27.3	1.28	26.0	16.7	15.4	63	517	0.1	0.7
	36.0	1.13	18.8	5.2	6.7	38	375	0.2	1.6
	43.2	1.08	14.0	2.6	2.7	31	278	2.0	3.3

2. 결과

가. 토성 및 수분 함량(함수율) 차이에 따른 작업 능률 변화

토성별 수분함수율 변화에 따른 트랙터의 작업 능률 및 차륜 침하량과 슬립의 측정치를 표 3 - 3에 나타내었으며 구체적인 결과는 다음과 같다.

① 전체 작업 능률

- 토양 성질, 작업 속도, 경심, 滑降率, 침하량 등에 따라 좌우되고 이들 각 요인들 간에 높은 상관관계를 보였으며, 트랙터의 로타베이타 작업 능률이 플라우보다 높았다. 그러나 적정 작업 조건이 다르기 때문에 토성 및 수분 함량별 경향은 일정하지 않았다.

② 차륜침하량

- 기중 및 토성에 관계없이 토양 수분이 많아질수록 증가되었으며 토성별 침하량은 식양질이 사양질 토양보다 적었다. 경운 방법별로는 플라우 작업시 침하량이 로타베이타보다 깊었다.

③ 진행저하율

- 트랙터는 수분 함량이 많아질수록 증가되었다.

④ 전단 저항과 작업 능률

- 트랙터는 기계 성능에 따라 근본적으로 작업 능률에 차이가 있으며 로타베이타 작업이 플라우 작업보다 작업 능률이 높았다. 트랙터 작업은 46마력을 사용했기 때문에 동력이 충분하므로 작업 조건에서는 전단 저항이 증가될수록 플라우 및 로타베이타 작업 능률이 증가되는 경향을 보였다.

⑤ 토양 경도와 작업 능률

- 플라우 작업은 토양 경도 16 Kg/cm²까지 경도가 증가될수록 작업 능률도 계속 증가하였고 로타베이타 작업은 경도 10 Kg/cm²에서 가장 높아 적정 경도는 8~12 Kg/cm²범위로 나타났다.

⑥ 足跡深

- 족적심과 트랙터 작업 능률과의 관계를 보면 토성에 따라 약간의 차이는 있으나 족적심 1~2cm 에서 부착 작업기에 관계없이 거의 모든 토양에서 작업 능률은 최고 수준을 나타냈다. 즉 트랙터 작업에서 적정 작업 범위는 족적심 2cm 이하이고, 불가능 범위는 5cm이상이다. 또한 토성에 따라 작업 능률 차이가 있었는데 트랙터는 사양토의 작업 능률이 로타베이타 작업시 높았으나 플라우는 낮은 편이었으며 미사질양토의 족적심이 5.5cm인 경우 작업 능률이 급격히 떨어져 거의 불가능하였다. 山中式 경도계에 의한 경도와 족적심과는 고도의 유의성 있는 상관관계($r = -0.944$)로서 측정 방법별로 공통적으로 상관관계가 높아 족적심 측정에 의한 농기계 작업 적정 시기를 선택함에 별다른 문제가 없을 것으로 판정되었다.

표 3 - 3. 토성별 수분함수율 변화에 따른 작업 능률 및 차륜침하량과 슬립

	Machine	Attachment	Moisture content(%)							
			SL		SiL			SiCL		
			10.5	26.3	26.2	35.1	46.9	27.3	36.0	43.2
Wheel sinkage (cm)	Cultivator	Plower	1.30	1.60	1.53	1.80	4.45	1.03	1.55	1.73
		Rotary	1.00	1.20	1.21	2.23	5.07	1.05	2.07	2.23
	Tractor	Plower	1.43	2.42	1.57	2.40	6.30	1.20	1.73	2.70
		Rotavator	1.23	1.65	1.37	2.00	5.30	1.06	1.15	2.00
Slippage (%)	Cultivator	Plower	10.3	10.9	17.2	17.2	28.3	29.4	1.40	2.1
	Tractor	Plower	14.7	15.5	8.5	14.2	-	10.0	13.5	18.5
Workability (a/hr)	Cultivator	Plower	5.01	5.08	4.76	4.80	4.05	3.79	5.25	4.22
		Rotary	10.99	10.88	8.35	7.74	5.52	8.85	9.26	7.51
		Rotary sower	14.97	18.55	14.88	16.50	14.16	19.34	20.58	14.12
	Tractor	Plower	20.12	18.54	19.80	19.34	-	21.69	20.83	19.49
		Rotavator	40.00	39.20	40.68	39.68	28.91	39.37	39.22	37.74

3.3.2 콤바인 주행 성능 실험 및 결과

1. 방법

가. 대상 포장의 선정

실험 대상 포장은 토양분류도를 참고하여 위에서 나누어 놓은 토양 분류에 적합한 토양이 있는 지역을 선정하였다. 토양 분석 방법은 pipette method를 이용하였으며 이는 토양의 입자 크기에 따라 침전 속도가 다르게 나타나는 원리를 이용한 방법이다.

나. 토양 물리성의 측정

① 토양 함수율

실험에 쓰인 토양 샘플은 대상 경지의 토양물리성을 측정한 2지역에서 표토을 약 3cm가량 제거하여, 일정 크기의 캔을 박아서 채취하였다. 토양함수율 측정은 오븐법을

이용하여 건량기준함수율로 나타내었으며 다음에 건량기준(Dry Basis)함수율을 구하는 식을 나타내었다.

$$\text{토양함수율(\%)} = \frac{\text{건조전의 무게(g)} - \text{건조후의 무게(g)}}{\text{건조후의 무게(g)}}$$

공시 포장은 경기도 수원시 탑동에 위치하고 있는 논을 택하였으며 실험은 중부 지방에서 수확이 대개 시작되는 10월 중순부터 말(10. 12 ~ 10. 30)까지 실시하였다.

실험 포장은 식양토와 사토질토양을 택하였으며 표 3 - 4에 토양 샘플의 입도 분석결과를 나타내었다.

표 3 - 4. 토양 시료의 입도 분석표

Field	Composition		Clay	texture
	Sand(%)	Silt(%)		
#1	61.2	28.8	10.0	SiCL
#2	49.2	28.8	22.0	SiCL
#3	45.8	27.2	22.0	CL

이를 미 농무성의 삼각분류도에 따라 분류해 보면 미사질 식양토(SiCL)와 식양토(CL)로 분류될 수 있으며 콤바인 주행 실험은 위의 두 가지 토양의 경지에서 모두 실시하였고, 표면 경도, 원추관입저항, 족적심은 미사질 식양토에 한해 측정하였다.

② 표면 경도, 원추관입저항, 족적심

대상 포장의 가장자리에서 중심으로 임의의 다섯 군데를 선정하여 측정하였다. 우선 표면 경도는 한 위치에서 5회 측정하여 그 평균값을 계산하였고, 족적심은 표면 경도를 측정한 곳의 주위에서 체중을 발뒤꿈치에 싣고 토양을 눌러 그 깊이를 자로 측정한 것

이다. 원추관입저항은 底面積 2cm^2 의 원추를 사용하여 실험하였으며, 담면으로부터 깊이 0~ 15cm에서의 평균콘지수를 사용하였다. 평판침하량도 토양의 물리성을 나타내는 지표로 사용되고 있으나, 본 실험 대상 함수율에서는 판의 침하량이 적어 실험 수준간 유의성이 예측되지 않았으므로 이 평판침하량은 측정하지 않았다.

다. 콤바인 주행 성능 실험

콤바인 주행 성능은 직진주행시와 선회주행시에 따른 특성을 나타내나 선회 주행 시의 주행 성능은 토양의 상태보다 작업자의 숙련도에 의해 보다 크게 좌우되므로, 본 연구에서는 토양의 종류 및 함수율에 따른 주행 성능의 평가에 그 목적이 있었으므로 직진 주행시의 주행 성능만을 측정하였다.

콤바인의 주행은 토양 다짐의 영향을 피하기 위해 동일 경로의 중복 주행을 피하여 주행시켰다. 포장에서의 콤바인의 주행속도는 콘크리트에서 $1.12(\text{km/hr})$ 로 나오는 작업 단수로 하였으며 주행속도와 Slip을 측정하기 위해 크로울러 한 부분에 테이프로 표시를 한 후 콤바인의 속도가 정상 속도에 이르도록 콤바인이 출발하여 일정 회전수에 이르렀을 때 말뚝을 박고 5회전 후 말뚝을 박아 그 때의 시간과 각 말뚝 사이의 거리를 측정하였다. 측정시 콤바인은 예취부와 탈곡부를 모두 가동시켜 콤바인의 엔진에 걸리는 부하가 실제의 조건에 유사하도록 하였다. 이와 같은 실험을 2개의 다른 토성을 가진 포장에서 3회 이상 반복 시행하였으며 포장에서 실험이 끝난 후 콘크리트 도로에서 주행거리와 시간을 측정하였다. 이는 진행저하율을 계산할 기준을 설정하기 위한 것으로 콘크리트의 진행저하율은 0이라고 가정하였다. 진행저하율은 다음의 식을 이용하여 계산하였다.

$$S = \frac{l_0 - l}{l_0} \times 100(\%)$$

여기서, l_0 = 콘크리트 노면에서 바퀴 1회전 당 전진거리

l = 포장에서 실험 중에 1회전 당 전진거리

실험에 사용된 콤바인의 주요제원은 표 3 - 5에 나타내었다.

표 3 - 5. 공시 콤바인의 주요 제원

기종		대동 RX355
기체치수	길이(mm)	4150
	너비(mm)	1675
	높이(mm)	2040
무게(Kg)		1865
최대출력/회전		34PS/3000rpm
작업능력(분/10a)		20~40
주행속도	전진	저(경사) 0~0.68, 보통 0~1.06, 주행 0~1.50
	후진	저(경사) 0~0.51, 보통 0~0.80, 주행 0~1.12

2. 결과

가. 토성 및 수분함량(함수율) 차이에 따른 토양물리성 변화

그림 3 - 1은 실험일자별 공시포장의 함수율의 변화를 나타내고 있다. 실험 초기와 중기에 강우로 인하여 함수율의 증가와 감소가 반복되고 있는 것은 이 기간 중 잦은 강우로 인해 토양 함수율의 급격한 변화가 초래되었다고 판단하며 이 기간 중의 강우량은 표 3 - 6에 나타내었다. 강우량과 토양함수율과의 관계를 보면 10월 12일을 전후로 많은 비가 와서 13일에 함수율이 매우 높게 나타났고 16일 경에 한번 더 비가 와서 다시 1~2일 정도 지난 후 토양 함수율이 높게 나타났다. 이는 토양 수분이 토양에 침투하는 데 상당한 시간이 소요됨을 알 수 있었다. 실험기간 동안의 토양함수율은 35% 이상임으로서 일반적인 수확작업시의 토양 함수율보다 높았으며, 이는 콤바인의 주행성능 실험을 일반적인 토양조건보다 가혹한 조건에서 실시하여 가능한 한 주행한계 상황

의 자료를 얻기 위함이었다.

표 3 - 6. 실험 기간중의 강우량

날 짜	10/12	10/15	10/16	10/20	10/21
강우량(mm)	71.3	4.3	54.4	1.8	25.6

그림 3 - 2는 함수율과 축적심과의 관계를 나타내며, 그림 3 - 3은 함수율과 표면경도와의 관계를, 그림 3 - 4는 함수율과 콘지수와의 관계를 각각 나타내고 있다.

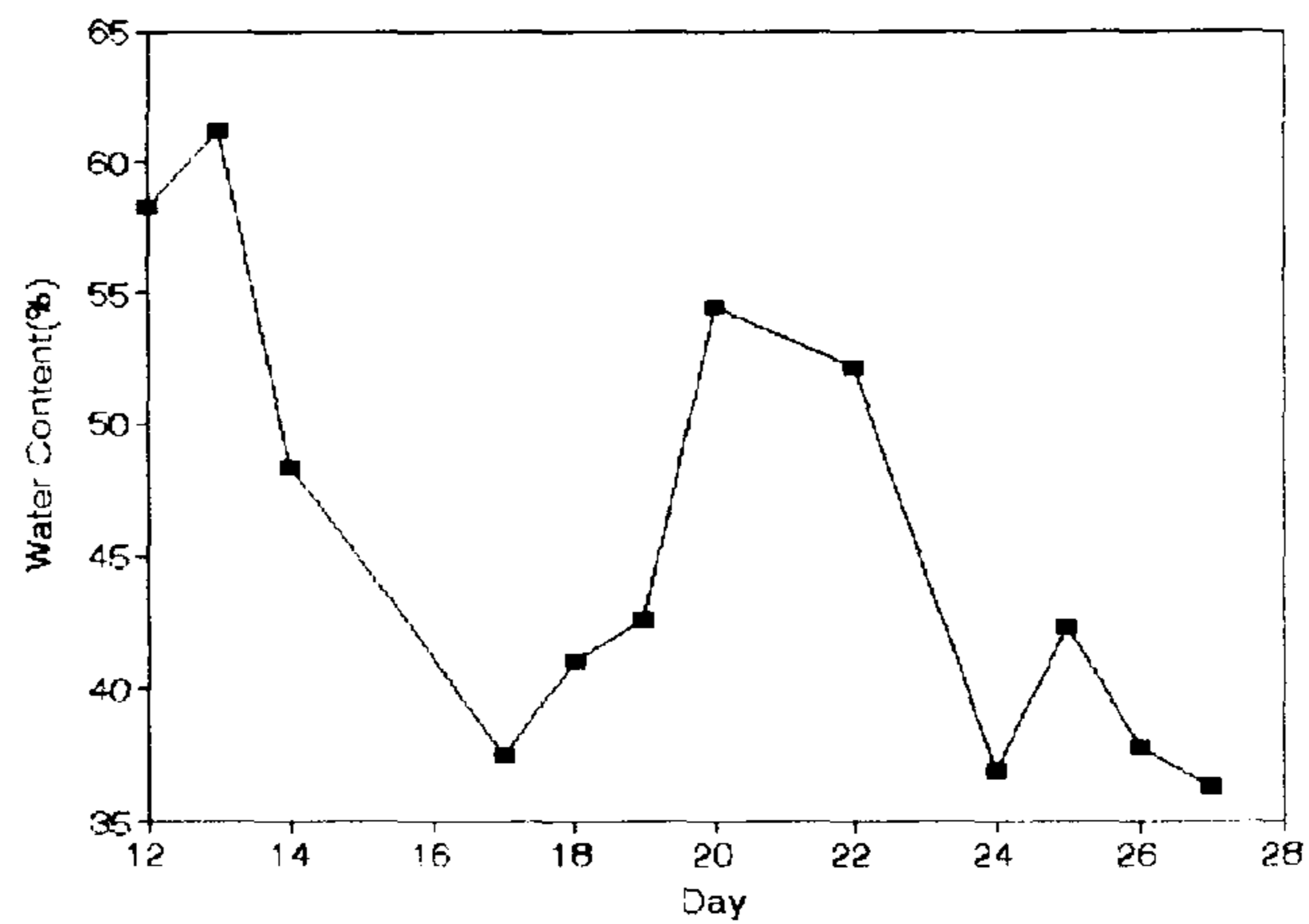


그림 3 - 1. 실험일자별 함수율 변화

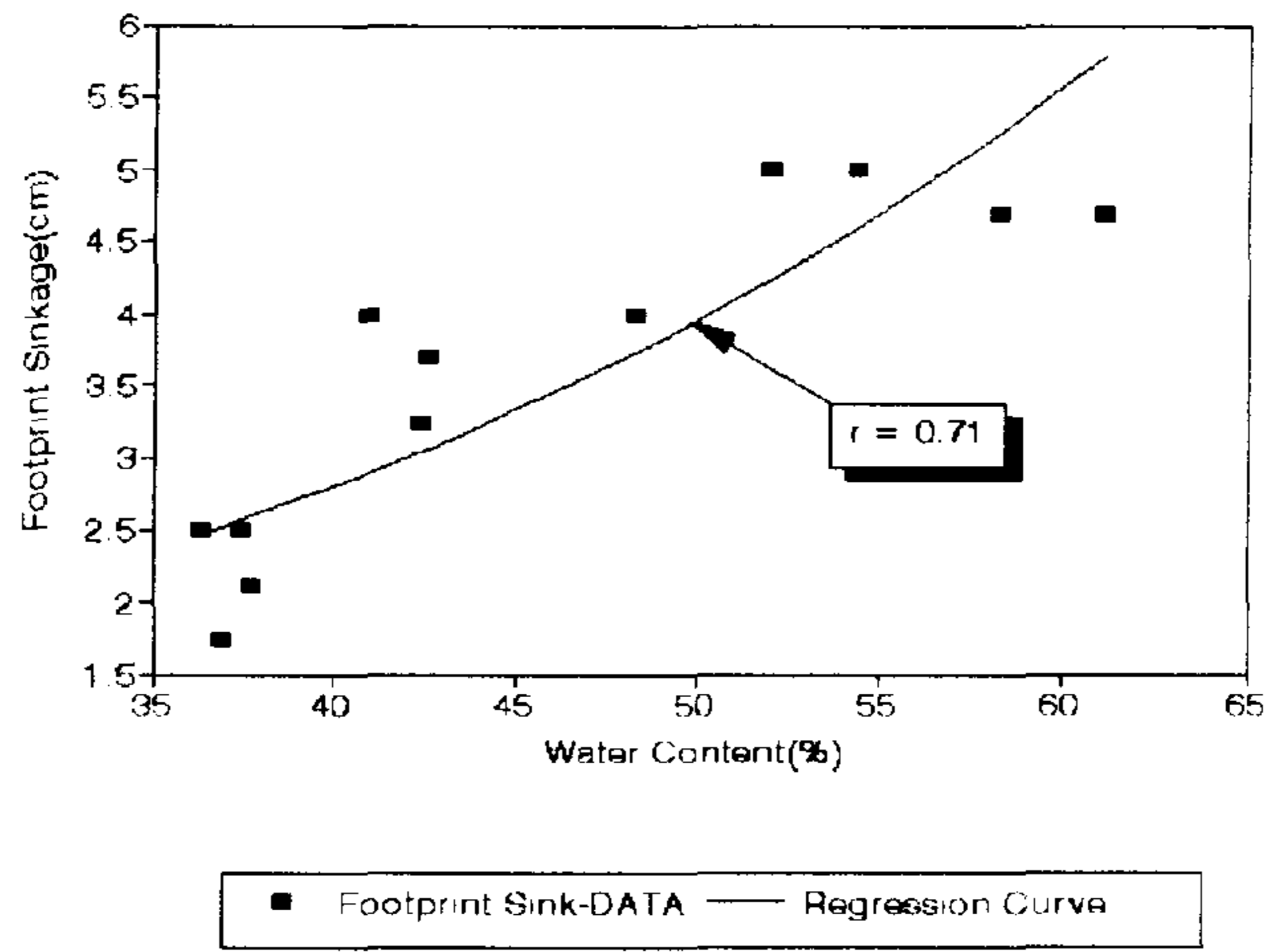


그림 3 - 2. 함수율과 족적심

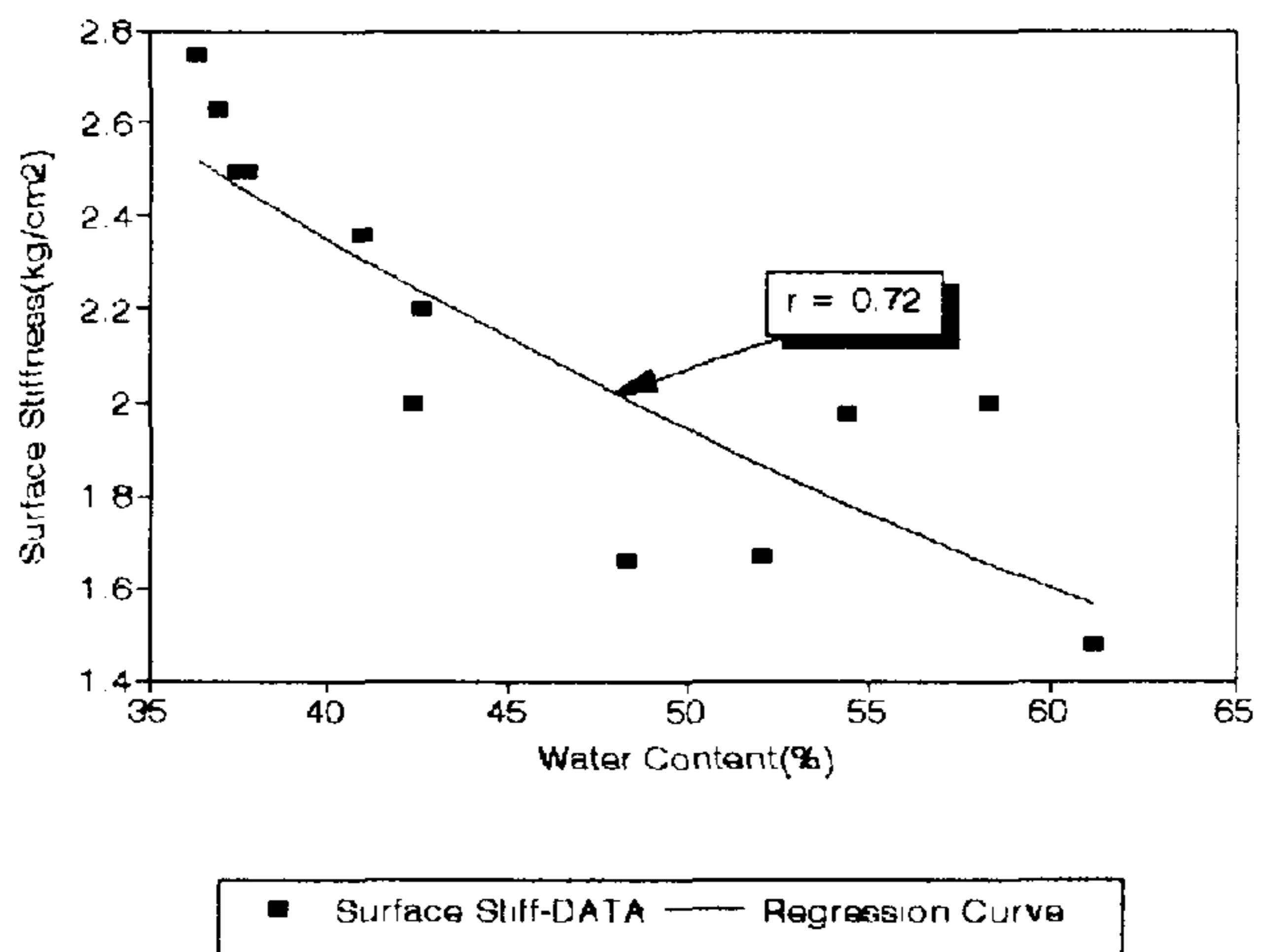


그림 3 - 3. 함수율과 표면경도

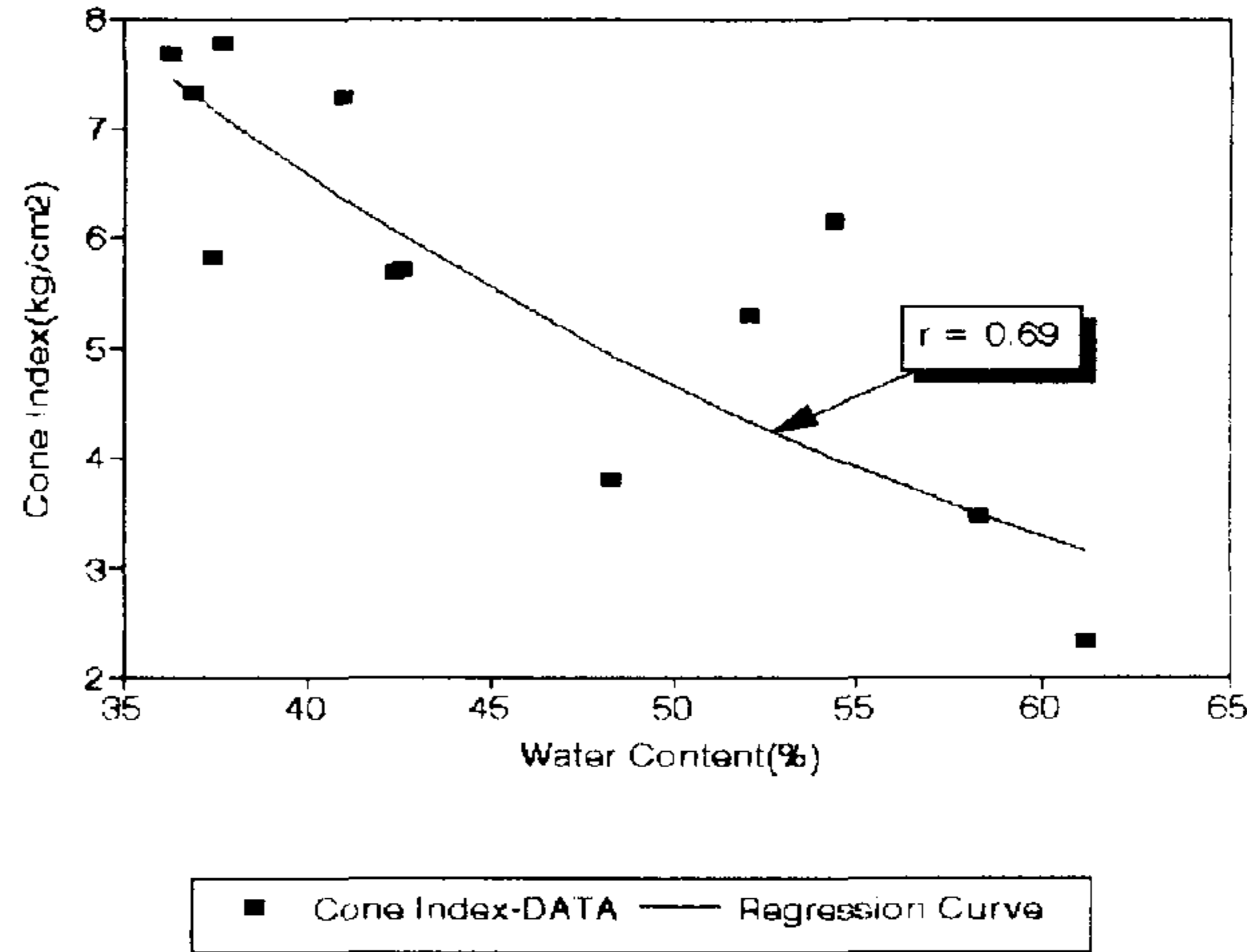


그림 3 - 4. 함수율과 콘지수

표 3 - 7에는 측정된 이들 토양 물리성과 함수율간의 회귀식을 나타내고 있다.

표 3 - 7. 각 토양물리성간의 회귀식

구 분	수 식	r
함수율/콘지수	$Y = \text{EXP}(-0.0345X + 3.26)$	$r = 0.686$
함수율/표면경도	$Y = \text{EXP}(-0.0192X + 1.62)$	$r = 0.721$
함수율/죽적심	$Y = \text{EXP}(0.0342X - 0.34)$	$r = 0.708$
콘지수/죽적심	$Y = \text{EXP}(-0.1345X + 1.99)$	$r = 0.429$
콘지수/표면경도	$Y = \text{EXP}(0.0969X + 0.19)$	$r = 0.722$
표면경도/죽적심	$Y = \text{EXP}(-0.7068X + 2.74)$	$r = 0.661$

① 함수율과 죽적심

- 함수율과 축적심의 상관관계는 다른 물리성에 비하여 높은 것으로 나타났다. 따라서 축적심은 간편하고 신속하게 토양의 경도를 측정할 수 있는 척도로 이용될 수 있다고 판단된다.

② 함수율과 표면경도

- 전체적으로 반비례 관계를 보였으며 함수율이 30 ~ 65(%)로 증가함에 따라 표면경도는 $3.5 \sim 1.5\text{Kg/cm}^2$ 로 감소하는 경향을 나타내었다. 저함수율 근처에서는 표면경도가 급격히 증가하며 고함수율로 갈수록 데이터의 분산이 커지는 것으로 나타났다. 고함수율 근처에서 분산이 되는 이유는 토양의 수분이 많아지면 토양이 연약해지는 정도가 측정 지점에 따라 많은 차이가 존재하기 때문으로 판단되어 표면 경도는 토양의 함수율이 약 45%이하인 경우에 토양의 경도 측정에 사용되는 것이 바람직한 것으로 보인다. 표면 경도와 축적심은 모두 토양의 표면 상태를 알아내는 지표이며 따라서 콘지수보다는 표면 경도가 축적심보다 좀 더 상관관계가 존재한다고 판단할 수 있다. 표면경도와 축적심 모두 지표에서 대략 3~5cm정도를 측정하지만 표면경도계의 지표관입 방식과 축적심의 지표관입방식이 다른데서 차이가 존재한다고 할 수 있다. 지표와 닿는 면적이 다르며 힘을 주는 방식도 서로 차이가 있다. 표면경도측정을 적절히 이용하면 원추관입저항을 측정하는 것 보다는 빠르고 간편하게 측정할 수 있음을 알 수 있다.

③ 함수율과 콘지수

- 표면경도와 비슷한 경향을 보였으며 표면경도보다는 상관관계가 낮은 것으로 나타났다. 표면 경도와 마찬가지로 고함수율 부근에서 측정치가 회귀식을 기준으로 크게 나타났다. 이는 토양의 수분이 많아지면 토양의 깊이에 따라 연약해지는 정도가 콘지수의 깊이에 따른 변이보다 더 크기 때문인 것으로 판단되었다. 콘지수가 $6(\text{Kg/cm}^2)$ 이상이 되면서부터 표면경도의 값이 같은 콘지수 값에 비해 변이가 심한 것은 표토 밑의 토양 보다는 표토가 빨리 건조되어지는데서 기인한 것으로 판단된다.

나. 토성 및 수분함량(함수율) 차이에 따른 주행성능 변화

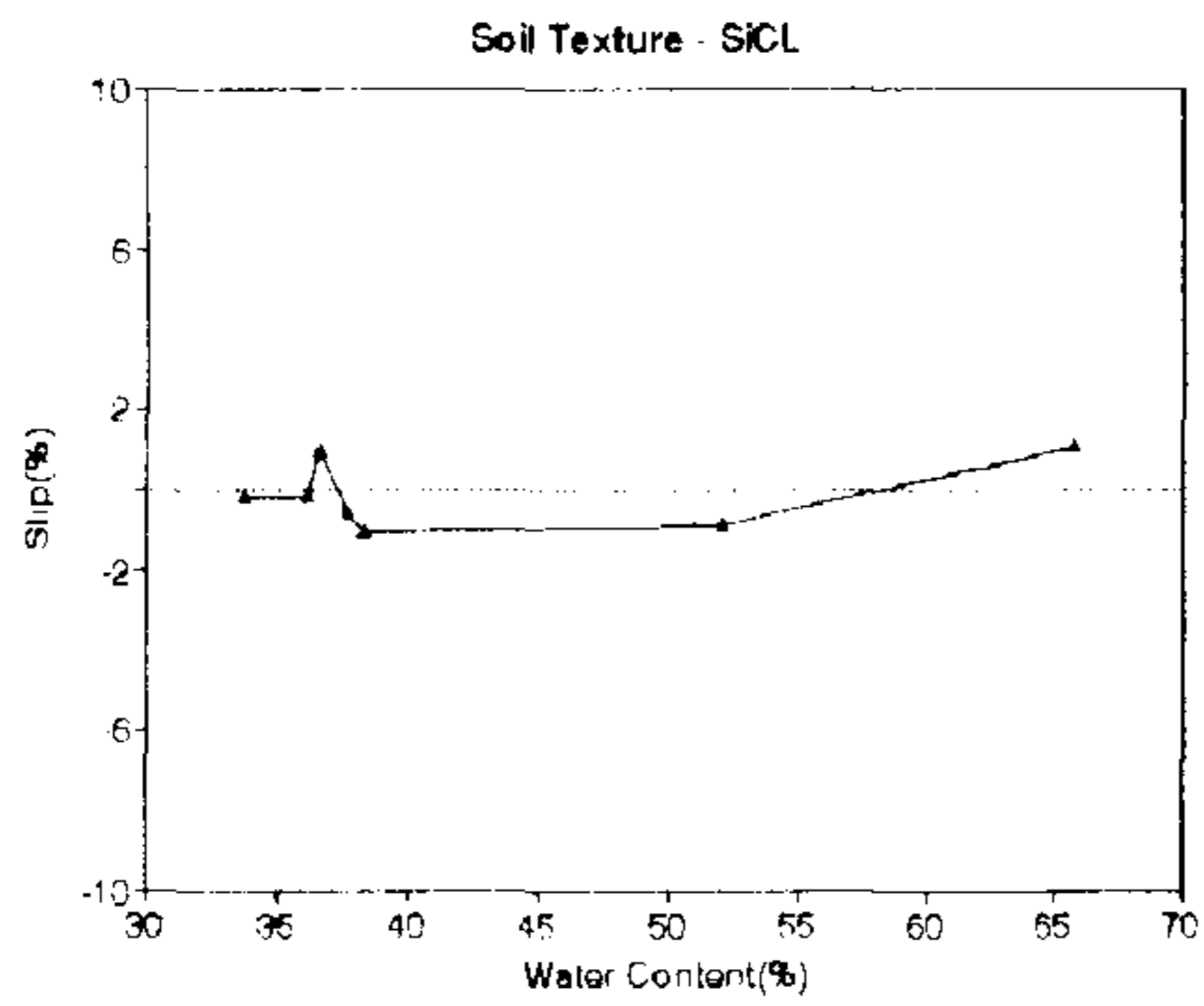


그림 3 - 5. 미사질식양토에서의 진행저하율 변화

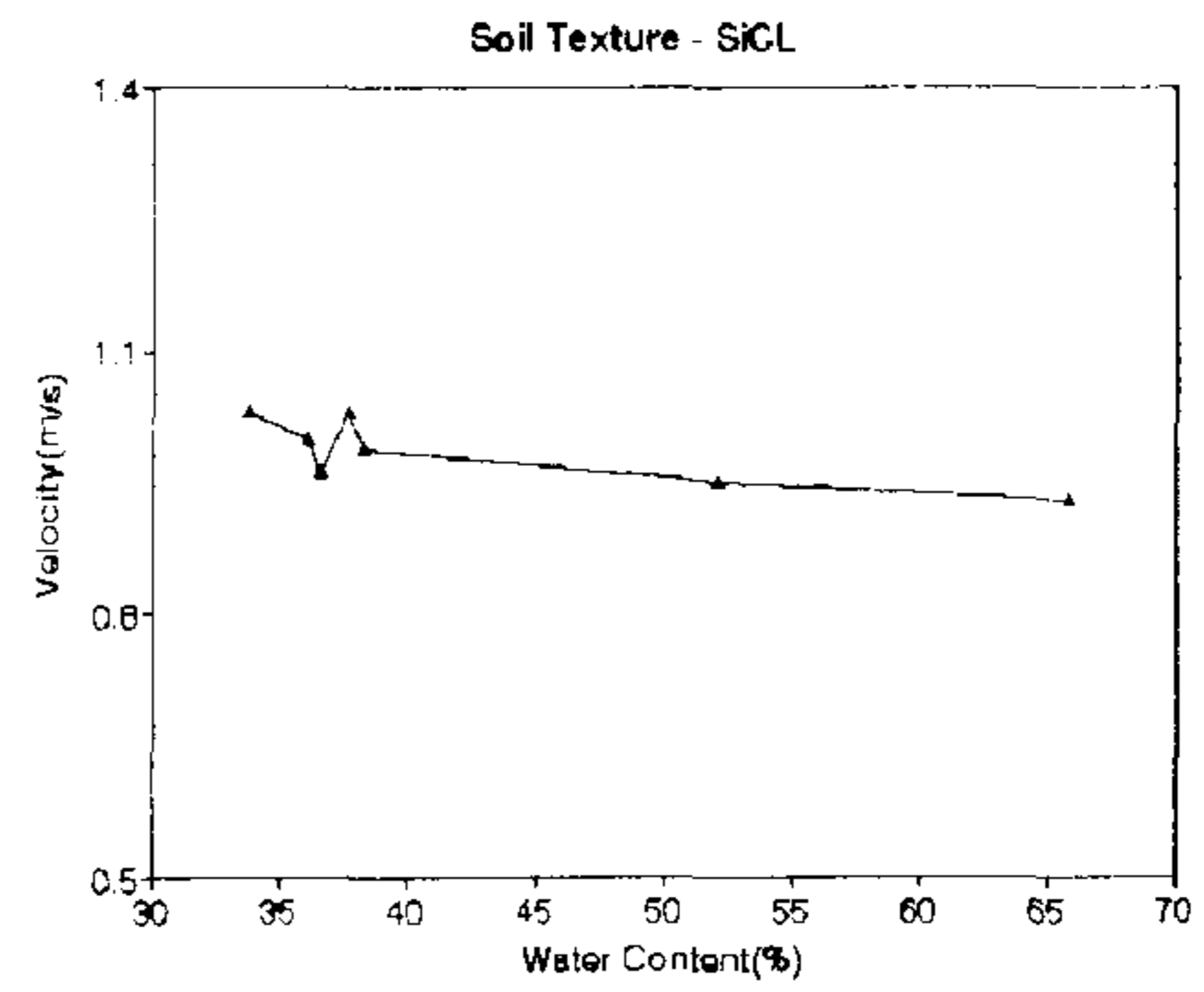


그림 3 - 6. 미사질식양토에서의 주행속도 변화

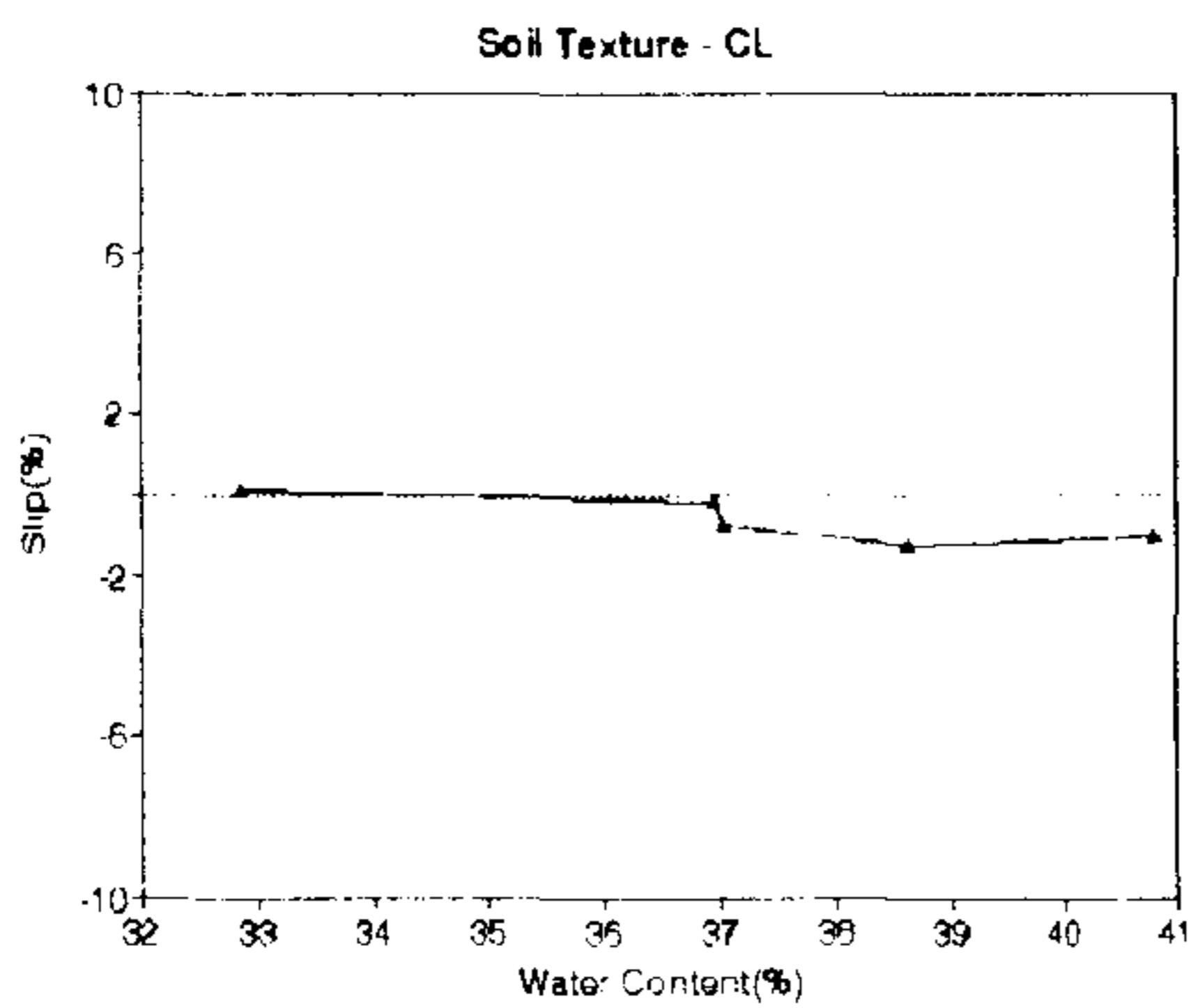


그림 3 - 7. 사양토에서의 진행 저하율 변화

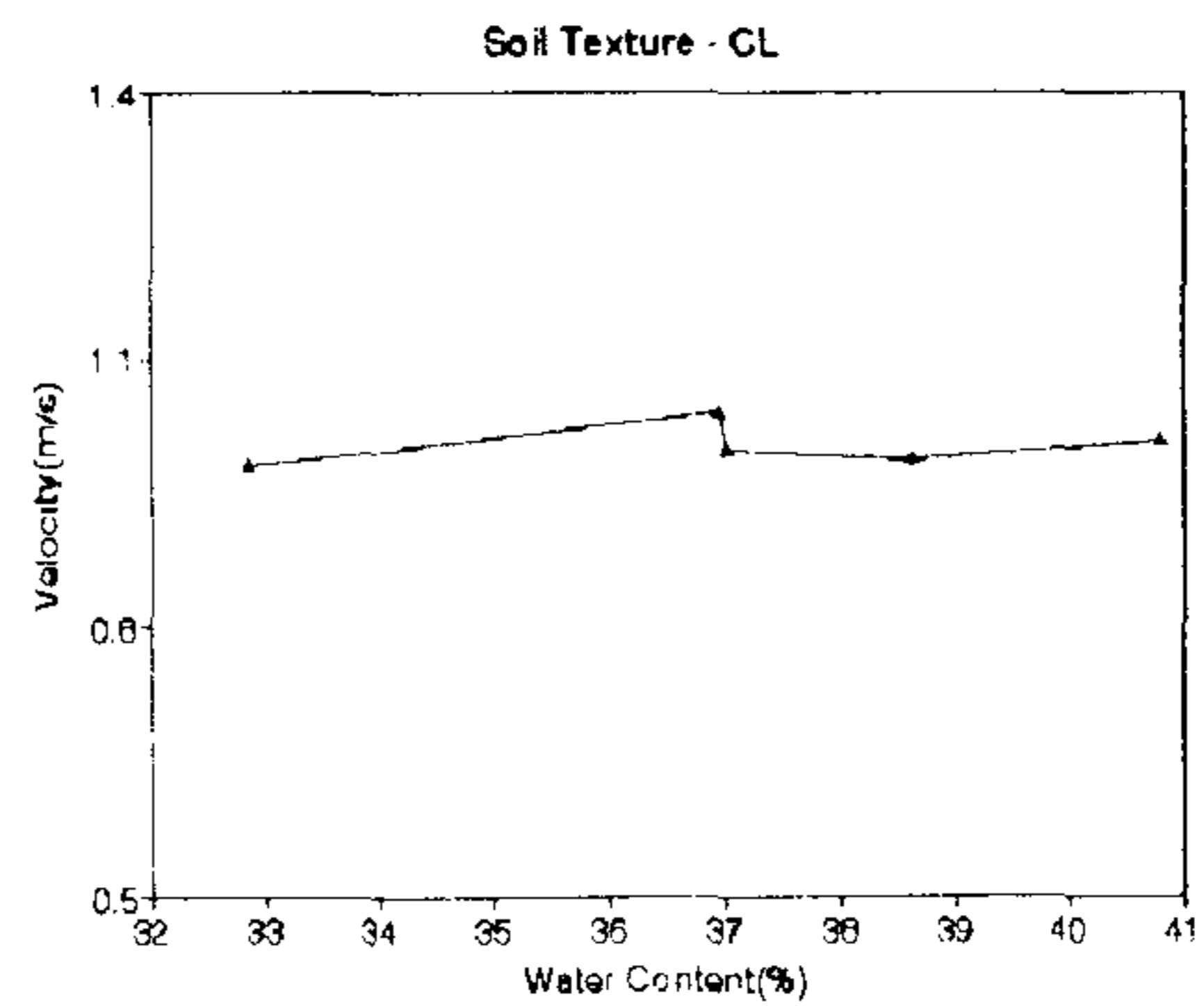


그림 3 - 8. 사양토에서의 진행속도 변화

- 함수율에 따른 진행저하율은 실험함수율 30~40% 범위에서 전체적으로 약 -1.0~0.5(%)인 것으로 나타났다. 이는 실험 수준의 토양함수율의 변화에 따른 콤바인의 진행저하율은 거의 무시할 수 있는 값으로서 토양함수율에 따른 차이가 없는 것을 알 수 있었다. 여기서, 진행저하율값이 (-)의 값은 기체의 전진속도보다 포장에서의 전진속도가 더 크다는 것을 의미한다. 이는 콤바인 주행부가 크로울러의 앞쪽 바퀴가 관성력에 의해 궤도를 앞으로 계속 밀어서 함수율이 높은 곳에서는 앞으로 미끄러져 가는 현상이 발생하기 때문으로 판단된다. 그러나 실제로 -1.0이라는 값은 측정상의 오차 등을 고려할 때 크게 의미있는 것으로는 보이지 않으며, 이러한 현상의 정확한 구명을 위해서는 보다 넓은 토양함수율 수준에서 추가적인 연구가 필요할 것으로 보인다. 따라서, 함수율차이에 따른 진행저하율으로 인한 작업효율의 변화는 고려하지 않아도 되는 것으로 판단되었다.

표 3 - 8. 사양토에서의 콤바인 주행성능

토 성	함수율(%)	주행거리(m)	소요시간(sec)	속도(m/s)	1회전당 주행거리(m)	진행저하율
사 양 토	40.80	17.90	16.88	1.06	3.58	-1.01
		18.00	17.59	1.02	3.60	-1.58
		17.80	18.53	0.96	3.56	-0.45
사 양 토	36.95	17.80	17.22	1.03	3.56	-0.45
		17.60	17.03	1.03	3.52	0.68
		17.85	16.78	1.06	3.57	-0.73
사 양 토	37.03	17.85	17.78	1.00	3.57	-0.73
	38.61	17.95	18.12	0.99	3.59	-1.29
	32.85	17.70	18.04	0.98	3.54	0.12
콘크리트주행 (기준)	-	1회전당 평균주행거리(m)			3.54	

표 3 - 9. 미사질 식양토에서의 콤바인 주행성능

토 성	함수율(%)	주행거리(m)	소요시간 (sec)	속도(m/s)	1회전당 주행거리(m)	진행 저하율
미사질식양토	52.10	17.80	18.85	0.94	3.56	-0.45
		17.60	18.75	0.94	3.52	0.68
		17.73	17.81	1.00	3.55	-0.02
		17.78	19.02	0.93	3.56	-0.31
		17.85	19.00	0.94	3.57	-0.73
미사질식양토	65.80	17.55	19.44	0.90	3.51	0.96
		17.50	18.52	0.95	3.50	1.25
미사질식양토	36.60	17.70	18.50	0.96	3.54	0.12
		17.40	18.10	0.96	3.48	1.81
미사질식양토	37.86	17.60	17.18	1.02	3.52	0.68
		17.90	16.81	1.06	3.58	-1.01
		17.95	17.75	1.01	3.59	-1.29
미사질식양토	36.12	17.75	17.69	1.00	3.55	-0.16
	33.75	17.75	17.28	1.03	3.55	-0.16
	38.34	17.90	18.10	0.99	3.58	-1.01
콘크리트주행 (기준)	-	1회전당 평균주행거리(m)			3.54	

3.4. 결론

본 실험은 토양의 종류와 토양의 물리성에 따른 농업기계의 효율을 분석하여 경지정리 계획수립의 자료로 활용하기 위하여 실시되었다.

트랙터의 경우는 기존의 발표논문의 내용을 정리하였고, 콤바인의 경우는 토양물리성 실험을 10월중순에서 하순까지, 주행실험은 10월말 경에 수행하였다. 토양물리성은 미

사질 식양토(SiCL)에서 표면경도, 콘지수, 축적심을 측정하고 함수율과 관련지어 데이터화하였고, 콤바인 주행실험은 우리나라 수도작 재배 대표토로 판단되는 두 토성 - 미사질 식양토(SiCL)와 식양토(CL) - 에 대하여 수행하였다. 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

가. 트랙터는 기계성능에 따라 근본적으로 작업능률에 차이가 있으며 로타베이타 작업이 플라우 작업보다 작업능률이 높았다. 트랙터작업은 46마력을 사용했기 때문에 동력이 충분하므로 본 시험 작업조건에서는 전단저항이 증가될수록 플라우 및 로타베이타 작업능률이 증가되는 경향이였다.

트랙터의 플라우 작업은 토양경도 16 Kg/cm²까지 경도가 증가될수록 작업능률도 계속 증가하였고 로타베이타 작업은 경도 10 Kg/cm²에서 가장 높아 적정경도는 8~12 Kg/cm²범위로 판단된다.

나. 수확시기의 토양 물리성과 함수율과의 관계는 지수함수 형태로 나타냈을 때 본문에서 나타낸바와 같이 대부분 $r^2 = 0.7$ 정도로 나타났다. 토양물리성 데이터 대부분이 저함수율 부근에서는 회귀곡선 부근에 인접해 있는 경향이고, 고함수율일수록 회귀곡선과 큰 variation을 보였으며 이는 고함수율의 토양에서는 동일 포장내의 함수율, 토양물리성의 차이가 많아 분산이 크게 나타난 것으로 판단된다.

다. 토양의 종류와 함수율의 변화에 따른 콤바인의 주행성능은 실험 수준간에 진행저하율의 변화가 $\pm 1(\%)$ 내외로서 그 유의성이 인정되지 않아 차이가 없는 것으로 나타났다. 특히 함수율 65%에서 진행저하율이 1% 정도로 작게 나타나 수확적기의 콤바인 수확작업에서는 토양의 함수율이 작업능률에 영향을 미치지 않는 것으로 판단된다.

제 4 장. 농업기계의 이용효율

제고를 위한 농로 설계

4.1 '93년도 연구결과 요약

93년도에 수행한 농로 설계에 관한 연구는 농로의 나비, 높이, 종단기울기, 횡단기울기, 진입로의 폭과 경사도를 결정하는 것이었다.

농로의 폭은 농로의 기능과 지나다니는 차량의 차량폭에 따라 결정하였다. (표4-1 참고)

표 4-1. 농로 종류별 설계 나비

농로	차량의 종류	기본폭	교차간격	여유폭	노견폭	계	농로폭
간선	트럭 대 트럭	5.0	0.5	0.6	1.0	7.1	7.0
	트럭 대 대형트랙터	5.0	0.5	0.6	1.0	7.1	7.0
	대형트랙터 대 대형트랙터	5.0	0.5	0.6	1.0	7.1	7.0
지선	트럭 대 트럭	5.0	0.3	0.2	0.5	6.0	6.0
	트럭 대 대형트랙터	5.0	0.3	0.2	0.5	6.0	6.0
	대형트랙터 대 대형트랙터	5.0	0.3	0.2	0.5	6.0	6.0
경작로	트럭 일방통행	2.5	-	-	1.0	3.5	3.0~4.0
	대형트랙터 일방통행	2.5	-	-	1.0	3.5	3.0~4.0
	대형 4각 베일러 통행	2.8	-	-	1.0	3.8	3.0~4.0

농로의 높이는 농로의 보존을 위하여 그 기준을 제시하였고, 배수를 용이하게 하는 농로의 횡단기울기와 농기계의 원활한 주행을 위한 농로의 종단기울기를 결정하였다. 그리고 농로에서 경지로 농기계가 쉽게 진입하기 위해서 적절한 폭과 경사의 진입로를 설치해야 함을 서술하였다.

이상의 연구 성과를 기초로 하여 본 연구에서는 농로의 나비를 결정함에 있어 차량 폭과 함께 교통량을 고려하였으며, 교차로 선회시의 조향 편리를 고려한 귀 자르기, 진입시 안정성을 고려한 진입로의 경사도 및 나비의 결정을 다루었다.

4.2 교통량에 근거한 농로의 최적 나비의 결정

4.2.1 연구 방향

농업기계의 효율적인 이용을 위해서는 폭이 넓은 농로가 필요할 것이다. 하지만 농로의 기능을 충분히 발휘하면서 적절한 폭을 설정하여야 감보율을 줄임으로써 최적의 경지정리가 된다. 특히 우리나라의 경우 농토가 좁은 관계로 최적의 농로설계를 위해서는 교통량에 따른 효율적인 농로폭의 조정이 매우 필요하다.

기존의 농로폭의 결정(표4-1 참고)은 먼저 농로의 기능에 따른 농로 분류에 따라 농기계의 차량폭을 기초로 농로폭을 결정하는 것이다. 농업기계의 이용효율제고를 위한 경지정리의 기초설계기술개발연구에 의하면 간선농로, 지선농로, 경작로의 기능에 따라 일률적으로 폭을 결정하고 있다. 그리고 간선과 지선을 가장 폭이 큰 차량이 교차하는 경우를 가정하여 기본폭을 결정하였고, 경작로의 경우는 일방통행으로 보아 기본폭을 결정하였다.

본 연구에서는 농로를 지나다니는 차량의 차량폭을 중심으로 결정한 기준을 발전시켜 농로의 교통량을 감안한 폭의 변화를 제시하고자 한다.

4.2.2 농로의 분류

간선농로는 부락간, 부락과 포구간, 구획 상호간, 일반도로와 부락간, 타 지역과 경지정리구역간의 생산, 가공, 유통시설 등을 서로 연결시켜 주는 주요한 도로이다. 그러므로 연결 지점과의 관련성이 중요하고, 교통량에 따라 나비를 결정하여야 하며 이때의 교통량의 추정은 당연히 연결 지점과의 관련성을 기초로 하여야 할 것이다.

지선농로는 각 경작도로를 연결시켜 주는 도로이며, 필요에 따라 단독 또는 용배수지선의 독에 접하게 한다. 일반적으로, 간선농로에 비하여 교통량이 적고 나비도 좁다. 또한 본 연구에서는 교통량에 따라 지선농로를 세가지로 구분하였다.

경작로는 간선 또는 지선농로에서 분기하여 직접 각 구획에 이르는 농로로서 경작시 트랙터의 來往 및 수확물 운송을 위하여 각 구획에 직접 접속하는 도로이다. 경작로는 각 경구의 단변에 접한 수로의 독에 부처 설치한 도로이다. 보통 포장내에서는 지선농로와 경작로가 배치된다.

그림4-1을 보면 빗금친 부분은 하나의 농구를 나타내며 배수지거를 중심으로 양쪽에 포구가 하나씩 있다. 그리고 포구는 여러개의 경구로 나누어지는데 이러한 경구가 경작의 중심단위가 된다. 보통의 경우 농구의 장변, 즉 경구의 단변쪽에 농기계가 경지로 출입할 수 있는 진입로가 있고, 여기에 접해 경작로를 배치한다. 하지만 이는 일률적인 것은 아니며 때에 따라서는 경구의 단변에 지선농로나 간선농로가 접할 수가 있다.

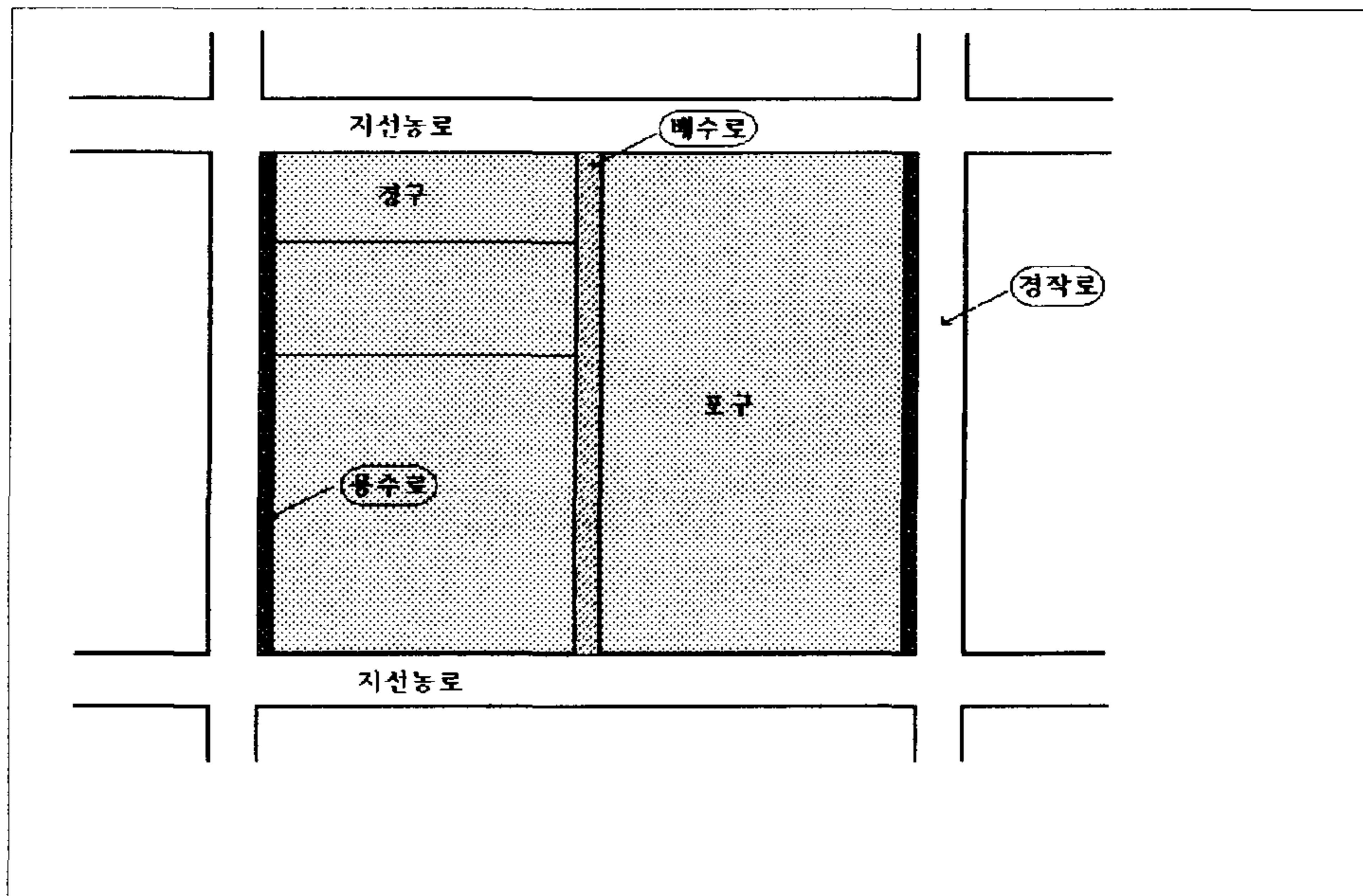


그림 4-1. 농구(빗금친 부분)의 형상

4.2.3 교통량 추정

본 연구에서의 교통량분석은 주로 포장내 농로(지선농로와 경작로)를 대상으로 할 것인데, 그 이유는 간선농로는 연결지점과의 관련성이 중요하므로 구체적인 경지정리지역의 설계시에 고려하여야 하고 일반적인 기준을 마련하기엔 어렵기 때문이다.

1 교통량 추정의 방법

가. 전제

교통량 추정은 지역의 상황, 작업체계 등의 여러 요인을 고려하여야 한다. 하지만 모든 요인을 고려하여서는 정확한 분석이 안될 뿐만 아니라 가능하지도 않다. 또한 교

통량은 그 성격상 변화 가능한 여러 상황에 영향을 많이 받기에 모든 요인을 예측할 수 없다. 그러기에 본 연구에서는 다음과 같이 몇 가지 가정 하에 교통량 추정을 하였다.

- ① 일년 중 가장 교통량이 많은 수확작업시기를 분석시기로 한다.
- ② 작업가능일수를 9/20~10/30까지 40일로 보고 이중 지방의 기후에 따른 수확적기를 30일 정도로 본다.
- ③ 작업가능일수율은 80%로 한다.
- ④ 분석대상의 농로는 농업교통¹⁾을 위한 목적으로만 사용되는 것으로 한다.
- ⑤ 단위면적당 벼수확량은 최근 10년간의 통계량에서 백분위수 90의 값을 취한다.
- ⑥ 수확량이 지역별로 다르므로 차이가 크지 않다면 제일 수확이 잘되는 지역으로 한다.
- ⑦ 수확기계는 3조 및 4조콤바인을 기준으로 한다.

나. 농로이용형태

본 연구에서는 다음과 같이 농로이용형태를 규정하였고, 그 이외의 이용형태에 대해서는 교통량 추정에 고려하지 않았다.

-
- 1) 농업교통 :
 - a. 농지로 작물재배를 위해 왕래하는 교통, 농업기계의 주행 등
 - b. 농지 및 농업시설까지 농업용 자재 운반을 위한 교통
 - c. 농지와 농업시설, 취락 등을 연결하는 농산물의 1차 수송에 관계되는 교통
 - d. 농업시설, 취락 등과 시장, 소비지를 연결하는 2차 수송에 관계되는 교통

- <1> 수확작업을 위해 포장으로 이동 (콤바인+트랙터+트레일러)
- <2> 수확물을 미곡종합처리장이나 건조시설로 옮김 (트랙터+트레일러)
- <3> 한 포장에서 작업 종료 후 다른 포장으로의 이동 (콤바인+트랙터+트레일러)
- <4> 하루의 작업을 끝내고 귀환 (콤바인+트랙터+트레일러)

다. 교통량 분석모델

위에서 밝힌 가정과 농로이용형태를 바탕으로 교통량 분석모델을 세웠다.

모델의 구성은 면적에 비례하여 교통량을 나타냄으로써 교통량을 알려는 교차로를 지나야만 도달할 수 있는 면적을 단위면적당 교통량에 곱함으로써 구하는 것이다.

이를 식으로 표시하면,

$$T_{ij} = A_{ij} \times T_{tot} / (E_d \times D_w)$$

여기서, T_{ij} : i 열, j 행의 교차로에서의 일별 교통량 (대/일),
 A_{ij} : i 열, j 행의 교차로가 담당하는 경작면적 (ha),
 T_{tot} : 수확시기의 단위면적당 교통량 (대/ha),
 E_d : 작업가능일수율(소수),
 D_w : 작업가능일수(일)

여기서 T_{tot} 는 수확시기를 전체를 통하여 1ha의 경작면적에 대한 교통량이다. 이를 표시하면,

$$T_{tot} = T_a + T_b + T_c$$

여기서, T_{tot} : 수확시기의 단위면적당 농업교통량 (대/ha),
 T_a : 단위면적당 통작교통량 (대/ha),
 T_b : 단위면적당 수확물 운송 교통량 (대/ha),

T_c : 단위면적당 포장간 이동 교통량 (대/ha)

T_a 는 단위면적당 통작교통량으로서 작업을 시작하러 포장에 가는 교통량과 작업을 끝낸 후 마을로 돌아오는 교통량을 나타낸다. 이 경우 이동을 할 때에는 트랙터가 끄는 트레일러에 콤바인을 싣는 것으로 가정하였다.

$$T_a = T_{cg}/A_m$$

여기서, T_a : 단위면적당 통작교통량 (대/ha),

T_{cg} : 일당 통작교통량 (대/일),

$$T_{cg} = 1(\text{트랙터}+\text{트레일러}+\text{콤바인}) \times 2(\text{왕복}) \times C_t$$

여기서, C_t : 보통승용차 환산 계수(표 4-2 참조)

A_m : 콤바인의 일당 평균작업면적 (ha/day),

$$A_m = E_f \times T_r$$

여기서, E_f : 콤바인의 작업능률 (ha/hr)

T_r : 하루 중 콤바인의 실제작업시간(hr/day)

T_b 는 단위면적당 수확물 운송 교통량으로서 수확물을 미곡종합처리장이나 기타 저장, 처리소로 가지고 가는 교통량을 나타낸 것이다.

$$T_b = (W_h / W_t) \times 2(\text{왕복}) \times C_t$$

여기서, T_b : 단위면적당 수확물 운송 교통량 (대/ha),

W_h : ha당 평균수확량 (kg),

W_t : 트레일러의 용량 (kg),

C_t : 보통승용차 환산 계수 (트랙터의 경우 1.9)

표 4-2. 차종별 환산계수 (보통승용차 환산율)

차종	보통 승용차	버스	대형트럭	소형트럭	트럭(경사륜차, 이륜차)	농용트랙터	경운기
환산계수	1.0	1.9	1.9	1.5	0.8	1.9	1.0

T_c 는 단위면적당 포장간 이동 교통량으로서 한 필지에 대하여 수확작업이 끝난 후, 다음 필지로 이동할 때의 교통량을 나타낸 것이다.

$$T_c = (1/At) \times Ct$$

여기서, T_c : 단위면적당 포장간 이동 교통량 (대/ha),
 At : 한 경작구의 면적(ha),
 Ct : 보통승용차 환산 계수 (트랙터의 경우 1.9)

라. 생산량에 따른 단위면적당 필요차량대수 결정

- 논벼의 단위면적(ha)당 수량, W_h : 4,610kg(1992년, 최근 10년간 통계중 백분위수 80~90사이의 값)
- 트레일러의 적재용량, W_t : 1,000kg(현재 생산되는 트레일러 중 최소의 적재용량)
- 단위면적당 수확물 운송 교통량, T_b : $(4610/1000) \times 2 \times 1.9 = 17.518$ (대/ha)
- 콤바인의 각종 제원

3조식=> 작업능률(ha/hr), E_f : 0.24

실제작업시간 (hr), T_r : 4.98

하루평균작업면적 (ha/일), A_m : $0.24 \times 4.98 = 1.195$ (1필지 900평 기준)

4조식=> 작업능률(ha/hr), E_f : 0.4

실제작업시간 (hr), T_r : 5.20

하루평균작업면적 (ha/일), A_m : $0.4 \times 5.2 = 2.08$ (1필지 900평 기준)

∴ 앞으로의 계산은 콤바인 3조식을 기준으로 한다. 왜냐하면 3조식으로 계산했을 경

우 교통량이 더 많게 나오기 때문이다.

◦ 일당 통작교통량 (대/일, <1>+<4>) : $1(\text{콤바인}+\text{트랙터}+\text{트레일러})\times 2(\text{왕복})\times 1.9(\text{보통승용차환산계수})=3.8$

◦ 단위면적당 통작교통량(대/ha), T_a : 일당 통작교통량 / 콤바인의 하루평균작업면적
 $=3.8/1.195=3.18$

◦ 단위면적당 포장간 이동 교통량 (대/ha, <3>): $3\times 1.9 = 5.7$ (대/ha, 한 경작포장을 최소한 1000평으로 보고 계산한 것임)

◦ 수확시기의 단위면적당 농업교통량 (대/ha)

콤바인3조식 작업:

$$4.61\times 2\times 1.9 + 3.8/1.195 + 5.7 = 26.4$$

콤방인4조식 작업:

$$4.61\times 2\times 1.9 + 3.8/2.08 + 5.7 = 25.045$$

2 교통량 추정

위에서 구한 단위면적당 농업교통량을 보면 대체적으로 수확물의 운송에서 교통량이 많음을 알 수 있다.

그림4-2는 추상화한 경리정리지구를 가정한 것이다.

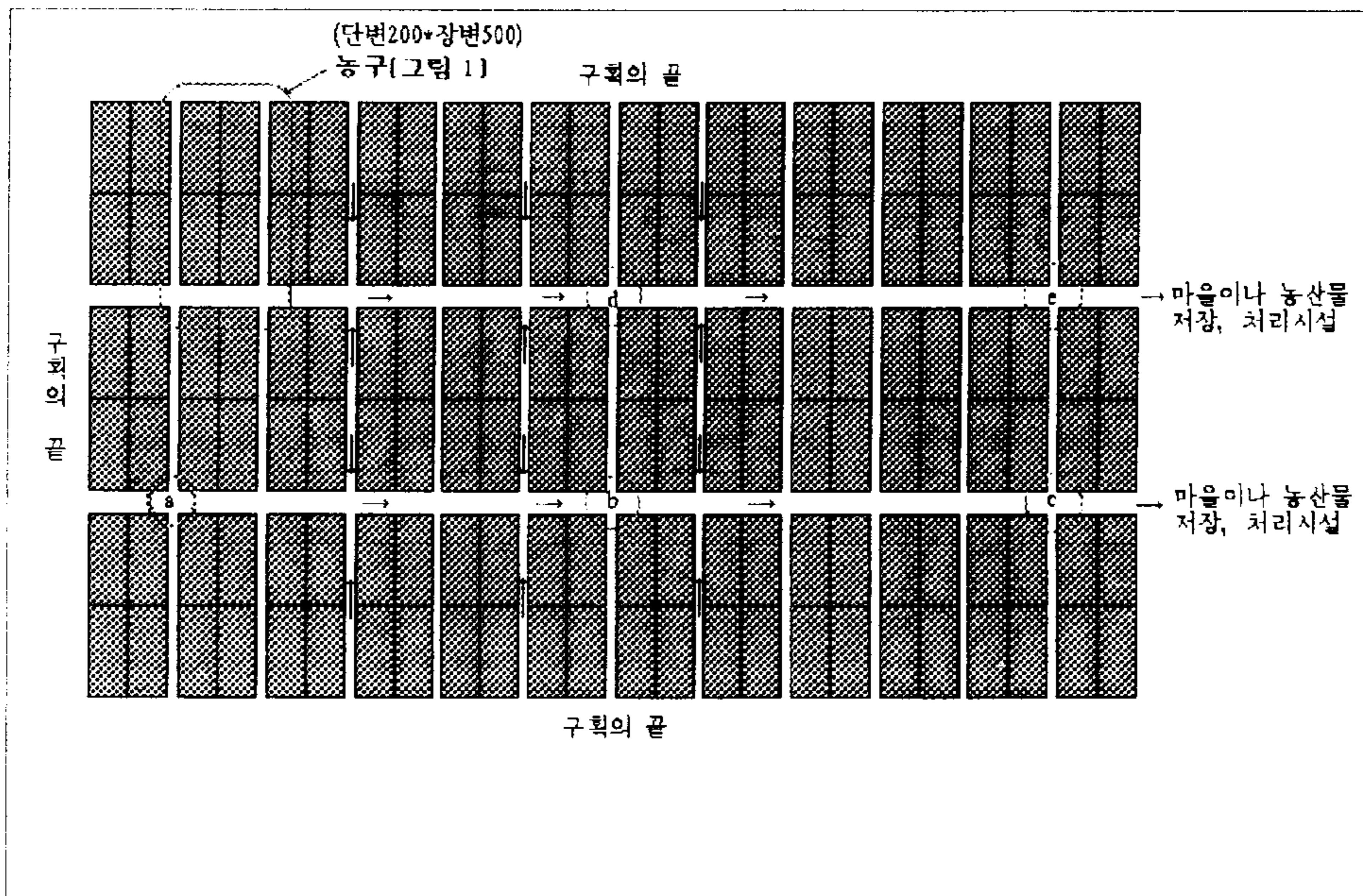


그림 4-2. 교통량 추정을 위한 가상의 구획

그림4-2를 보면 단변 200m. 장변 500m의 농구가 일렬로 12개씩 3줄 배치되어 있다. 여기서 왼편은 지구의 끝이고 그 쪽으로의 통행량은 없으며, 오른쪽은 마을이나 농산물 건조, 처리시설과 연결되어 있는 간선농로가 있다고 가정하였다. 이 경우 교차점 a, b, c, d, e의 교통량을 계산해 본다면 a교차로의 경우 아래 왼쪽 구석의 농구(10ha)와 그 위의 농구에 진입하는 교통량이 있다. 그런데 위 농구의 경우는 위쪽의 지선농로도 통행할 수 있으므로 교차로 a가 담당하는 교통량은 $15\text{ha} \times 26.4 = 396(\text{대})$ 가 된다.

여기서 계산한 교통량은 수확시기 중에 임의로 분포될 수 있다. 만약 수확시기를 30일로 보고 작업가능일수율을 80%(전국의 기상정보를 기초로 백분위수 10의 값)으로 하고 하루 중 작업시간을 9시간(오전 10시~오후7시)으로 한다면 시간당 교통량은 위에서 계산한 교통량에서 수확시기동안의 작업시간을 나눈 값($396 / (30 \times 0.8 \times 9) = 1.833$)이 된다. 이 값의 의미는 시간별로 교통량이 균일하다고 가정한다면 교차점 a를 지나는 교통량은 시간당 1.833대라는 말이 된다. 교차점 b, c, d, e에서의 교통량도 이와 같이

계산해 보면

$$b, d : 90\text{ha} \times 26.4(\text{대/ha}) / (30 \times 0.8 \times 9) = 11 (\text{대/hr})$$

$$c, e : 165\text{ha} \times 26.4(\text{대/ha}) / (30 \times 0.8 \times 9) = 20.17 (\text{대/hr})$$

와 같이된다. 만약 산물식으로 수확을 한다고 하더라도 교통량은 이보다 더 많으리라고 생각되지는 않는다. 왜냐하면 산물식으로 수확작업을 할 때 수확물 운송 차량은 최소한 3톤 이상은 적재할 수 있게 설계될 것이라 예상되어 그 만큼 도로를 운행하는 차량 대수는 줄어들 것이기 때문이다.

4.2.4 교통량 추정결과에 따른 농로폭의 결정

위에서 추정한 교통량을 일반적으로 적용하여 농로폭을 결정하는 기준으로 적용할 수 있을 것이다. 여기서의 농로폭은 지선농로만을 대상으로 하였다. 그 이유는 경작로의 경우 그 폭이 3~4m정도로 기계가 통과할 수 있는 최소한의 폭이므로 변화 정도가 클 수가 없고 간선농로의 경우 기능상 지역에서의 여러 상황에 따라 폭이 배치될 것이라 생각했기 때문이다. 표4-3은 지선농로를 폭에 따라 구분한 것이다.

표4-3. 교통량에 따른 지선농로의 폭(※간선농로나 경작로의 폭은 표4-1과 같다)

지선농로의 종류	교통량(대/일)	기본폭(m)	교차간격	여유폭	노견폭	농로폭(합계)
지선농로大	100이상	5.0	0.5	0.5	0.5	6.5
지선농로中	30~100	5.0	0.3	0.2	-	5.5
지선농로小	30 이하	2.5	-	1.0	0.5	4

1. 간선농로가 농구의 장변과 평행한 경우

그림4-3을 보면 간선농로가 농구의 장변과 평행한 하나의 구획을 상징하였고, 이 구획의 경지정리 상황은 그림과 같이 농구를 중심으로 표현되었다. 그림에서 경계가 그려진 조그만 장방형은 하나의 기본적인 농구(200×500)로 보았으며, 제일 왼쪽 농구부

터 $i = 1, 2, 3, 4 \dots$, 맨 위쪽부터 $j = 1, 2, 3, 4$ 와 같이 번호를 매겼다.

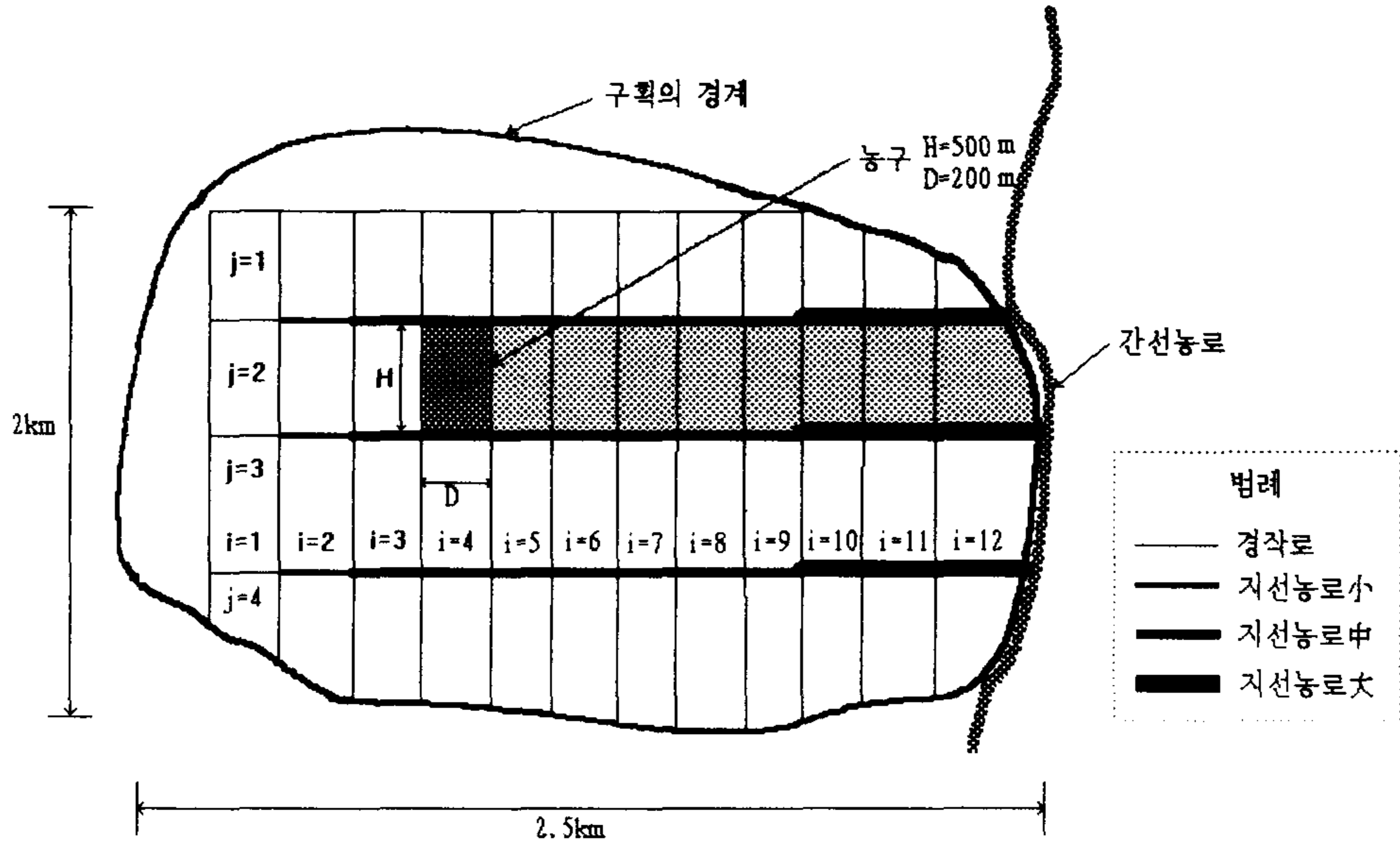


그림 4-3. 포장구획에서의 교통량 계산(농구의 장변에 접해 간선농로가 난 경우)

농기계가 빗금을 진하게 친 부분($i=4, j=2$ 위치의 농구)의 어느 경구에서 작업을 한다고 생각할 경우 간선농로가 맨 오른쪽에 위치해 있으므로 그림에서 옅은 회색의 구획을 지나오게 될 것이다. 그러므로 i 가 클수록 그 구획에 접한 도로에서의 교통량은 많다. 한편 교통량은 j 와는 무관하다. $i = 1, 2$ 까지는 교통량이 30(대/일)이하이다.($i=2$ 일 경우, $T_{ij}=10(\text{ha}) \times 2(i) \times 26.4(T_{\text{tot}})/24= 22$) 이때는 교통량이 적으므로 지선농로小로 한다. $i = 3 \sim 9$ 까지는 교통량이 30 보다는 크고 100 보다는 작으므로 지선농로中으로 한다. 한편 $i = 10$ 이상인 구간에서는 교통량이 100이상이므로 지선농로大로 배치한다. 이상의 결과로 볼 때 지선농로小는 구획의 끝으로부터 400m까지 배치할 수 있으며 지선농로中은 지선농로小가 끝나는 지점으로부터 1400m, 지선농로大는 지선농로中이 끝나는 지점으로부터 간선농로와 접하는 부분까지 배치할 수 있다. 한편 지선농로의 평행

간격은 농구의 장변길이(500m)로 정했다.

2. 구획의 농구의 장변과 구획을 지나는 간선농로가 서로 직교하는 경우

그림4-4는 구획의 농구의 장변과 구획을 지나는 간선농로가 서로 직교하는 경우를 살펴본 것이다. 구획의 모양과 장단변비는 그림4-3과 같다.

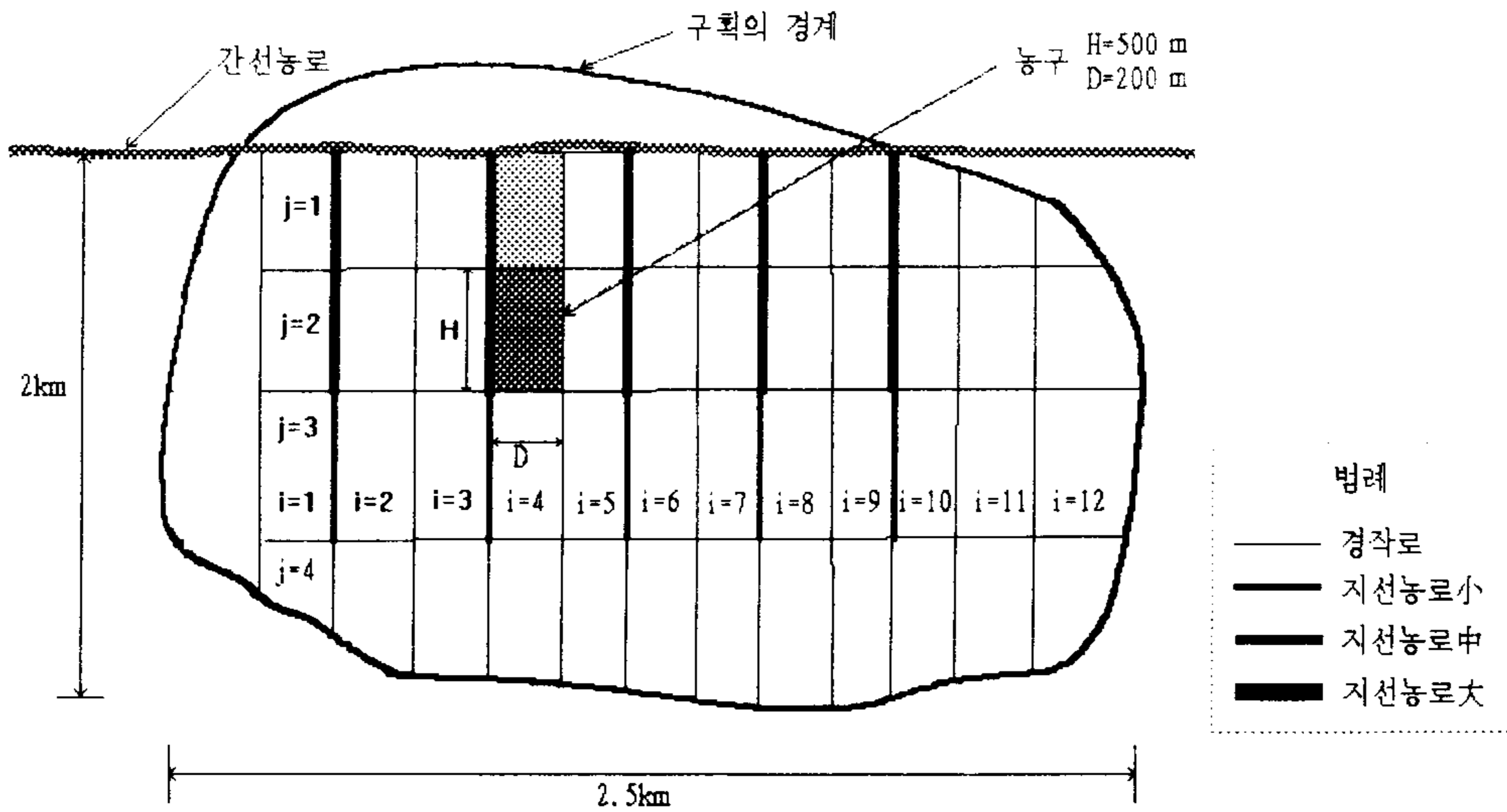


그림 4-4. 구획에서의 교통량 계산(농구의 단변에 접해 간선농로가 난 경우)

이 경우 j=1 행의 경작로가 간선농로와 모두 직교한다. 하지만 경작로는 각 경작구에 진입하기 위한 도로이므로 j= 2, 3, 4 행의 농구로 진입하기 위해서는 간선농로에서 직교하여 분기하는 지선농로가 필요하다. 그리고 이 지선농로는 양방향 통행이 가능해야 하므로 최소한 지선농로中 이상은 되어야 할 것이다. 한편 직교하여 분기하는 지점의 교통량은 j=1,2,3,4에 도달하기 위한 것이므로 i=1열의 교차점의 경우 교통량은

44($T_{ij}=10 \times 4 \times 26.3/24=44$)이다. 그러므로 그림과 같이 두 구획마다 하나씩 간선농로에 직교하여 지선농로中을 배치한다. 그리고 간선농로에 평행한 농로는 통행량이 적으므로 경작로로 배치한다.

4.2.5 결론

이상에서 가장 교통량이 많을 것으로 여겨지는 수확시기에 수확을 위한 교통량을 추정함으로써 농로의 폭을 결정하였다. 계산된 교통량은 비교적 매우 적었으며, 많은 교통량이 오가는 구간이라 할지라도 교통량은 100(대/일)을 넘는 경우가 거의 없음을 알 수 있다. 그러기에 실제 현실의 경지정리설계시 지선농로大를 배치하는 만큼의 간격이면, 간선농로를 설치하여 농지와 마을(또는 농산물 저장, 처리 시설)을 연결하는 것이 더욱 바람직할 경우가 많을 것이다.(간선농로의 평행간격은 대략 1km 이상이어야 한다.) 그러기에 실제 경지정리 설계에서 그 지역의 상황에 따른 여러 변수를 반영해야 한다. 한편 경지정리 구획내의 농로가 간선농로나 일반 도로를 대신하는 지름길 역할을 한다면 간선농로를 여기에 배치하거나 다른 방도를 세워야 할 것이다. 교통량이 특정 시간, 특정 일에 몰리는 것과 같이 예측할 수 없는 경우는 그 정도가 각 구간마다 가능성이 비슷하다고 볼 수 있으므로 문제가 되지 않을 것이다.

4.3 농로의 기울기

4.3.1 종단기울기

교통량이 적은 지선농로, 경작로의 최대종단기울기는 그 농로를 통행하는 농업기계 등의 등판능력, 제동능력 등을 고려하여 안전주행과 함께 노면의 유지, 영농형태 등을 검토하여 결정하도록 한다. 설계속도에 따른 최대종단기울기는 표4-4와 같다. 트랙터와 같은 농업기계는 대부분 설계속도를 30km/hr로 하면 충분하므로 최대종단기울기는 11% 정도가 된다.

표 4-4. 설계속도에 따른 최대종단기울기 및 제한장

설계속도(km/h)	종단기울기(%)	제한장(m)
50	7	500
	8	400
	9	300
40	8	400
	9	300
	10	200
30	9	-
	10	-
	11	-
20	10	-
	11	-
	12	-

4.3.2 횡단기울기

노면의 횡단 기울기는 일반적으로 배수 관점에서는 유속의 일정 한도 내에서는 클수록 좋으나 차륜의 안전주행면에서는 적은 편이 좋다. 원칙적으로 2~4%정도로 결정하면 된다. 농로에서는 속도가 느린 농기계가 주행하기 때문에 이 정도의 기울기는 거의 문제가 되지 않는다.

4.4 교차로에서의 귀 자르기

농로의 교차지점에서는 계획된 교통량을 감안하여 귀 자르기를 설치한다.

귀 자르기를 하면 경구의 모양이 장방형이 되지 않으므로 가능한 한 최소의 귀 자르기가 되도록 한다. 귀 자르기는 교차하는 농로의 폭과 트레일러를 부착한 트랙터가 여유있게 통행할 수 있도록 결정한다. 따라서 교차하는 농로의 나비가 클 때에는 귀 자르기가 필요없는 경우가 있으며 일반적으로 교차하는 농로의 폭이 좁을수록 귀 자르기

는 커지게 된다.

귀 자르기의 표준은 표 4-5와 같다.

표 4-5. 교차농로폭에 따른 귀 자르기의 크기

교차농로나비(m)	귀 자르기 1변 길이(m)
3 ~ 3	2.0
3 ~ 4	1.5
3 ~ 5	1.0
4 ~ 4	1.0
4 ~ 5	0.5
5 ~ 5	0

4.5 진입로

4.5.1 경사도

진입로의 최대경사는 트랙터의 정지1차횡전각에 안전계수를 곱한 값으로 한다. 표 4-6의 정지1차횡전각에서 진입속도(매우 적은 수치임)를 고려한 안전계수를 0.6으로 보고 가장 작은 정지1차횡전각은 37.2° 이므로 최대경사는 약 22° 가 된다.

표 4-6 후륜 구동형 트랙터의 정지1차횡전각

트랙터의 크기				정지1차횡전각(°)
마력(PS)	중량(kg)	후륜폭(cm)	축간거리(cm)	
20	1056	110	140	37.2
25	1440	131	180	42.7
49	2068	135	210	41.6

4.5.2 폭

농기계의 선회반경을 고려해서 약 4m이상으로 한다. 본 연구에서는 트랙터를 대상으로 최소선회반경을 조사하여 폭의 결정 기준으로 삼았다.(표4-7)

표 4-7. 각종 트랙터의 최소선회반경

회사명	형식명	규격	최소선회반경(mm) (좌선회반경*우선회반경)
국제종합(株)	KTE390-4WDS	디젤 35마력	2555*2550
	F395D	디젤 39마력	2910*2850
	F475D	디젤 47마력	3080*3000
	1650K	디젤 51마력	3460*3440
대동공업(株)	L2203-4WD	디젤 22마력	2340*2295
	L3503-4WD	디젤 35마력	2690*2670
	L3503-4WD-C	디젤 35마력	2690*2670
	L4350-4WD	디젤 43.5마력	2838*2818
	F4630	디젤 64마력	3660*3640
	F6610	디젤 86마력	3810*3850
	F7810	디젤 105마력	4160*4210
동양물산(株)	TL2540-SP	디젤 25마력	2305*2290
	TA4340	디젤 41마력	2710*2760
대흥기계(株)	DHT5300	디젤 53마력	3453*3558
	DHT7800	디젤 78마력	4035*4070

4.6 농로의 포장

농로를 포장하는 것은 농기계의 주행시 안정성을 높여 주고 소통을 원활하게 하며 농로의 보존성을 향상시킨다. 특히 농로의 경우 교통량이 적기는 하나 포장을 하지 않

을 경우 보존성이 심각히 떨어진다. 비로 인한 침식이나 잡초들의 성장으로 인해 결국은 폭이 충분함에도 불구하고 농기계의 소통에는 불편함을 주는 경우가 많다. 그러기에 간선농로나 지선농로大, 지선농로中의 경우에는 아스팔트나 콘크리트로 포장하도록 하고 지선농로小와 경작로도 최소한 사리도로 포장하도록 한다.

4.7 결론

본연구는 농로의 설계 요인을 농업기계의 이용효율증대의 측면에서 검토하였다. 농로의 교통량을 경지의 면적에 따라 모델을 세워 분석하였고, 이 결과에 따라 농로의 폭을 조정함으로써 농업기계의 통행을 극대화하면서도 감보율을 줄임으로써 최적의 농로 폭을 제시하였다. 교통량 분석에 의하면 지선농로, 경작로의 경우 하루 50대 이하의 적은 교통량이 대부분이며 따라서 적체가 생겨 농기계의 이용효율이 떨어질 가능성은 거의 없는 것으로 나타났다. 다만 운행의 편의, 속도의 향상 등의 목적으로 지선농로의 폭을 교통량에 따라 변화시켰다.

한편 농로의 포장은 농로를 오랫동안 유지시켜 줄 뿐만 아니라 농업기계의 주행성, 안정성에 커다란 영향을 끼치므로 사리도 이상으로 하는 것이 좋으며 기계가 안전하고 여유있게 운행할 수 있도록 교차로에서의 귀자르기, 진입로의 설계기준을 제시하였다.

제 5 장 토공비용을 고려한 경지정리 설계기준 분석

5.1 개론

5.1.1 경지정리공사의 특이점

경지정리공사는 주로 토공(earth work)이 대부분을 차지하며, 구조물은 특수한 지구를 제외하고는 규모가 작고 구조가 간단한 소형구조물이므로 지방노무자로서도 대부분을 담당할 수 있는 공사이다. 특히, 일반토목공사와 비교할 때 공사기간의 제약 또는 정지공사와 같이 넓은 면적을 가진 공사라는 점에서 특수한 문제를 내포하고 있다. 따라서, 설계와 시공에 있어 이 점에 염두를 두고 치밀한 계획을 수립해야 한다.

1. 공사기간

경지정리사업은 대부분 기성답이므로 공사착수 전은 비재배기간이어서 토질이 습하여 공사조건이 나쁜 데다 답이작기간을 이용하게 되므로 수확 후 모내기 전까지라는 공사기간의 제약을 받게 된다. 더우기, 우리나라는 일반적으로 겨울철에는 작업불능기간이 길며, 특히 1-2월은 완전히 휴공상태이므로 공사기간은 더욱 단축된다. 특히, 공사준공시기는 모내기 직전인 까닭에 만약에 공사가 지연되면 1년간의 수확피해는 물론 이에 대한 보상비가 가산되어 사업효과도 문제가 되며, 또한 사회적인 문제가 야기된다. 따라서, 수확기 전에 모든 착공준비를 완료하고 기간 내에 완공할 수 있도록 치밀한 계획을 세워야 한다.

그러므로, 사업지구를 책정할 때 공사기간과 시공계획을 고려하여 시행면적의 규모를 정해야 한다. 즉, 1년간 시행면적은 시공방법에 따라서 다르겠으나 한 단지의 크기는 500 ha 이내가 적당하다. 또한 공사기간은 대개 수확 후 11 월부터 다음해 모내기 전인 5 월말까지 이다.

2. 공사의 특수성

경지정리공사는 주로 정지공사, 수로공사, 도로공사 또는 배수암거공사 등으로 구성되며, 경지정리공사라고 해서 별다른 새로운 공법이나 시공기술을 필요로 하는 것이 아니다. 다만, 일반토목공사와 특이한 점은 시한부공사인 데다가 일반토목공사는 점과 선의 공사인데 비하여 경지정리공사는 땅고르기와 같이 평면적인 요소를 많이 가지고 있으므로 고도의 정밀성이 필요하다.

그리하여, 다른 공사보다 공사비가 많이 필요하므로 사업계획을 수립할 때에는 이와 같은 경비를 충분히 고려하여야 한다.

3. 표준공정

1) 경지정리공사의 계획 및 공사비 산출

경지정리공사의 설계 및 공사비의 산출은 일반적으로 다음 순서에 의해 하는데 모두 확실적인 것이 아니고, 병행하거나 피드백 등을 하여 경제적인 공사비를 산출하는 것이 중요하다.

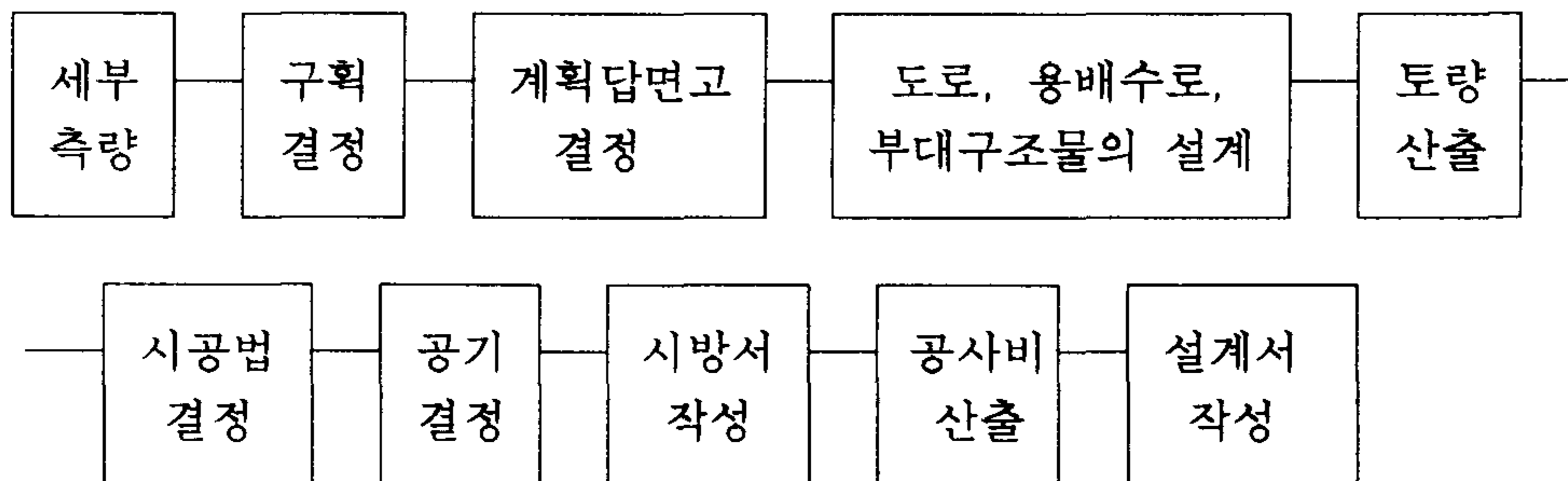


그림 5-1. 경지정리공사의 계획 및 공사비 산출 과정

가. 세부측량

구획의 결정, 토량계산 등은 1/1200 - 1/1000 축척의 지적도와 지형도에 의하여 하나, 이것이 이미 되어있는 경우의 세부측량으로서는 주요한 간선용수로, 계획답면고결정 및 계획취수위 결정에 중요한 영향을 미치는 용수로, 배수로, 붙임부 등의 깎기와 쌓기가 있는 도로와 아울러 부대구조물 설치장소 등에 대하여 하는 종횡측량이 주가 된다.

나. 구획의 결정

미리 계획된 구획설정의 기본사항 및 지형과 간선이 되는 도로, 용배수로의 배치 등을 고려하여 구획 및 도로, 수로의 배치도를 작성한다.

다. 계획답면고의 결정

지형조건, 용수의 취수위를 검토하면서 답면고를 결정한다. 계획답면고는 토공설계 및 공사비 산출의 기초가 되므로 충분히 검토한 후에 결정하여야 한다. 계획답면고는 현황의 경구마다의 면적과 표고의 상승평균으로 미리 가계획답면고를 정하고, 그 후 도로용토, 구수로 매립용토의 필요량을 계산에 넣어 확정한다. 이 경우 취수위관계가 복잡한 곳이나 지형이 크게 변화하는 지면의 답면부터 먼저 정하고 인접답은 이에 따라서 정하면 된다. 각 포구의 계획고는 반드시 일정한 고저차를 붙일 필요는 없고, 흙의 이동을 고려하여 정하면 된다.

라. 도로, 용배수로, 부대구조물의 설계

구조물은 품질의 향상, 공기의 단축, 성력 등의 관점에서 가급적 규격화하고 또한 기성품의 이용을 꾀하는 것이 바람직하다.

마. 토량계산

계획 및 시행전 담면고와 현황, 계획평면도를 토대로 토공량을 산정한다. 토공량을 산정할 때는 전체적인 토량의 균형을 고려하여 구획할, 담면표고를 재검토하여야 한다.

바. 시공법의 결정

시공순서, 시공기계, 재료 등을 고려하여 결정한다.

사. 공기의 결정

기상조건, 영농 등 지구의 실정을 고려하여 결정한다.

아. 시방서의 작성

일반 시방서외에 그 공사에 필요한 특별시방서를 작성하도록 하여 공사시공의 적정을 기하도록 작성하여야 한다. 일반 시방서를 작성할 때에는 포장으로서의 질(구획의 확대, 정지, 농도정비, 용배수의 개량, 지내력의 강화, 토양, 토층개량 등)의 향상을 꾀하는 것과 수익자와 직결된 공사이기 때문에 공사가 그 역할에 지배되기 쉬우므로 시공전에 충분한 의견조정을 꾀하는 항목을 엮어 넣을 필요가 있다.

특별시방서는 세척, 재료, 시공, 기타 등으로 분류하여 세척에서는 전반적인 사항, 재료의 항에서는 그 공사에 사용되는 재료의 형상, 치수, 강도의 규제, 필요하면 제품의 지정 등 시공의 항에서는 각 공종의 기준, 시공의 순서, 시공방법, 유의사항, 처리사항, 끝마무리 규제 등, 시공할 때의 문제가 생길 사항에 대한 규제를 하여야 한다.

2) 경지정리공사의 시행

경지정리사업의 표준공정은 그림 5-2와 같은데, 모든 고정이 획일적인 것이 아니므로 지구의 설정에 따라 공사가 가장 효율적으로 시공될 수 있도록 노력하여야 한다. 더우기 표토다루기는 계획상 반드시 필요한 경우만 채택한다.

특히, 포장과 도로, 용배수로의 구조물 등이 접촉하는 장소는 잔토, 부족토의 처리, 가설공 등이 서로 관련되므로 작업이 중복되지 않도록 주의하여야 한다.

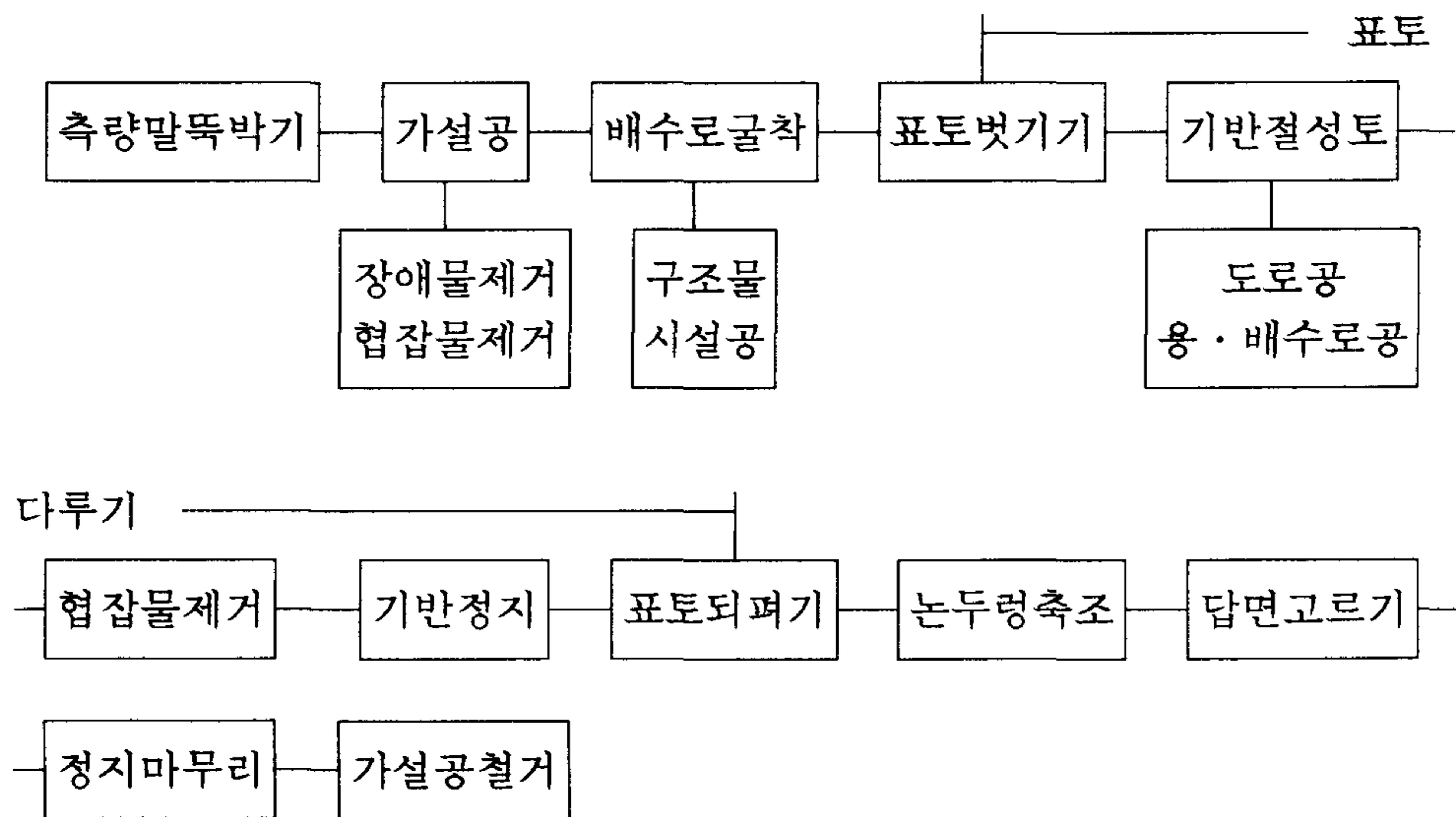


그림 5-2. 경지정리사업의 표준공정

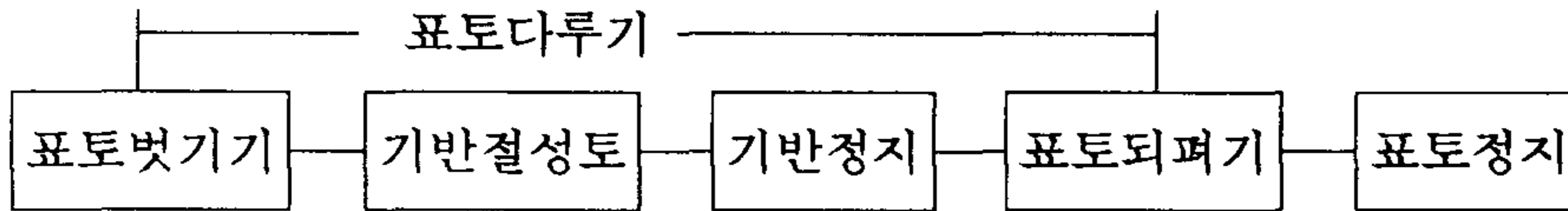
5.1.2 정지계획

1. 정지공의 특징

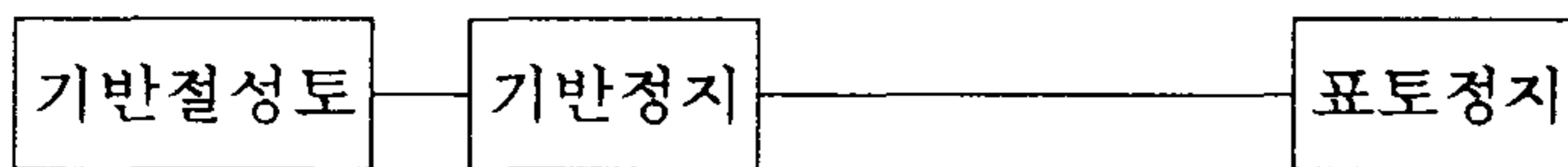
논의 정지공은 일반적으로 기경지를 대상으로 하는 농지정비에서 포장의 구획 형질 변경하고자 할 때, 실시하는 정지공은 공사완료 후에 곧 영농이 가능하도록

포장을 조성하여야 한다, 따라서, 설계, 시공 때에는 이점에 세심한 주의를 해야 한다. 다음은 표준공정 중에서 정지공에 관련되는 작업공정이다.

(1) 표토다루기를 할 경우



(2) 표토다루기가 없는 경우



정지공은 용배수로, 도로공 등의 공정과 평행해서 실시되는 경우가 많으므로 지구의 모든 사정에 대응해서 시공시기나 작업량의 평준화 등을 고려한 시공계획을 세워서 이것을 근거로 가장 효율적인 시공이 될 수 있게 배려해야 한다.

2. 정지계획

가. 표토다루기

표토다루기는 작물재배면에서는 바람직하나 공사비면에서는 높은 비율을 차지하므로, 작토의 지력, 작토의 두께, 하층토의 이화학적성, 경사, 환지 등에 대한 농민의 의견, 경제성 등을 종합적으로 판단한 후에 결정해야 한다.

표토다루기는 표토를 15 - 20 cm 깊이로 깎아서 모아 두었다가 기반조성을 한 후에 다시 이 흙을 제자리에 돌이켜 정지할 때까지의 공사를 말하며, 경토를 중시하여 표토다루기를 하게 된다.

일반적으로 표토다루기는 기반을 깎고 쌓은 하층토의 양부에 따라 필요여부를

결정하게 된다. 여기에는 크게 석력제거나 복토, 객토계획도 포함되어야 한다.

1) 표토다루기가 필요한 경우

- i) 하층토에 사력질토양과 같은 나쁜 요소가 많아 비배관리를 하더라도 표토수준에 이르기 어려운 경우
- ii) 하층토가 표토와 같지 않고, 이물질이 퇴적되어 토층이 이동하게 되면 비배관리가 어려운 경우
- iii) 하층에 자갈층, 사질토양이 있어서 뿌리의 성장을 저해할 경우
- iv) 하층토보다 투수성이 지나치게 크거나 낮을 경우

2) 표토다루기가 필요없는 경우

- i) 하층토가 표토와 거의 같은 경우
- ii) 시비관리를 잘 하면 우수한 경토가 될 수 있는 양호한 흙인 경우

3) 표토다루기가 곤란한 경우

기반조성 후 표토를 다시 펴는데 곤란하고 유실량이 많은 경우이다.

- i) 지구전체를 매립하여 표고를 높인 경우
- ii) 표고차가 50 cm 이상인 경우
- iii) 배수효과가 적은 연약지반, 과습지대인 경우

표토다루기를 생략한 경우에는 시공 직후에 절토부와 성토부에 지력차가 생기므로, 특히 절토부에 중점을 두어 단단한 하층토를 파서 부드럽게 만들어 시비관리를 잘하여 경작에 알맞는 흙으로 만들어야 하며, 성토부는 매몰된 유기물의 분해를 촉진하기 위한 경운과 쇄토를 삼입하고 과습과 침하에 대한 대책을 세워야 한다.

토양조건에 따른 표토다루기의 적부기준 및 하층토의 적성기준을 보면 표 5-1 및 표 5-2 와 같다.

표 5-1. 토양조건에 따른 표토다루기 적부기준

성 질	기 준 항 목	요 인 항 목	적 성 범 위
비 옥 도 - 환원성과 양분의 결핍과 과잉	산화환원성 자연비옥도 양분의 풍부	y. 암모늄질소 생성량 f. 보비력, 고정력 n. 전탄소, 전질소	N 10 mg 이상 20mg 이하 (풍건토 30°) 0.8 % 이상 6 mg(pH 7) 이상, 2,200 이하 25 % 이상, 0.15 % 이상
물 리 성 - 근활동 및 근근 역의 제한	유효토층의 두께 사력함량 토성의 치밀도	d. 조사함량 m. 자갈함량 조사 및 자갈 g. 최고치밀도	50 cm 이상 40 % 이상(중량 %) 50 % 이상 55 % 이상 24 mm 이하 山中식경도계

표 5-2. 하층토의 적성기준

적 성 기 준	적성등급	적성범위를 벗어나는 항목
표토다루기를 생략함 -표토다루기를 생략하기 바람 -생략하자면 충분한 대책이 필요함 표토다루기가 필요함	I II III	f, n, g 중의 1 - 2 항목 f, n, d, g, m 중의 3-4 항목 5 항목 이상으로 그 중에서 n, d, g 를 포함

주) I. N, K, P 의 증시정도의 대책이 필요.

II. N, K, P 외에 Si, Ca, Mg 등의 증시 또는 유기질비료, 토양개량제 등의 병용

III. 표토다루기를 생략하면 상기 개량대책을 하더라도 농작물재배의 곤란 성이나 감수를 피할 수 없다.

나. 기반조성

표토를 벗겨낸 다음, 구획의 기반을 정비하는 공사로 기반 절성토작업과 기반정지사업으로 대별된다.

기반 절성토작업은 표토를 벗긴 후에 고저차가 있는 기반을 절성운토하여 수평으로 대충 마무리할 때까지의 공정이며, 기반정지작업은 절성토작업 후에 실시하는 고름질 작업이다. 중기로 작업할 경우에는 거의 구분되지 않고 연속되는 것이 현실이다.

다. 정지마무리

기반정지 후에 표토되폐기를 하여 고름질작업을 하는 마무리공정으로 정지공중에서 가장 기술을 요하는 작업이다.

단 시간에 능률을 올려서 정밀도를 높이지 않으면 표토가 몇 겹으로 전압되어 작업이 곤란하거나 벼 생육에 영향을 미치게 된다. 벼생육상의 적정침투량은 20 mm/일 내외인데, 지나치게 다져지는 경향이 있으므로 주의를 요한다.

1) 답면고름질 작업

고름질정지의 정밀도는 10 m 방안수준측량에 의한 평균표고와의 고저차로 표시한다. 전축점의 고저차는 수도재배의 제약 때문에 적어도 5 cm 범위가 좋다. 수면경사가 있더라도 ± 5 cm 범위의 고저차이면 용수로측과 배수로측 사이의 담수심차는 10 cm 이내에 있게 된다.

2) 심토기반조성

고름질정밀도의 측정법 및 고저차의 허용한계는 수면고르기의 기준을 적용한다.

한 구획안에서 질토, 성토로 생기는 부등침하를 고려하며, 특히 고르기에 주의하여야 한다. 심토고르기가 고르지 못하면 수면건조가 불균등하며, 또한 성토하는 흙의 두께가 고르지 못하면 생육이 고르지 못하여 생장이 얼룩지는 원인이 된다.

라. 궤멸지율

어느 지구 안에 배치된 도로, 용수로, 논두렁의 면적을 전면적으로 나눈 백분율을 나타내며, 농가의 경영면적이 영세한 경우에는 궤멸지율의 대소가 농가에 큰 영향을 준다.

그림 5-3 에서 구획의 장변은 논두렁으로 경계를 이루고 있으며, 단변은 그 한변에 배수로, 다른 한변에는 용수로로 경계를 이루고 있다. 여기서, 논두렁의 비탈기울기를 1:0.5라고 가정하면,

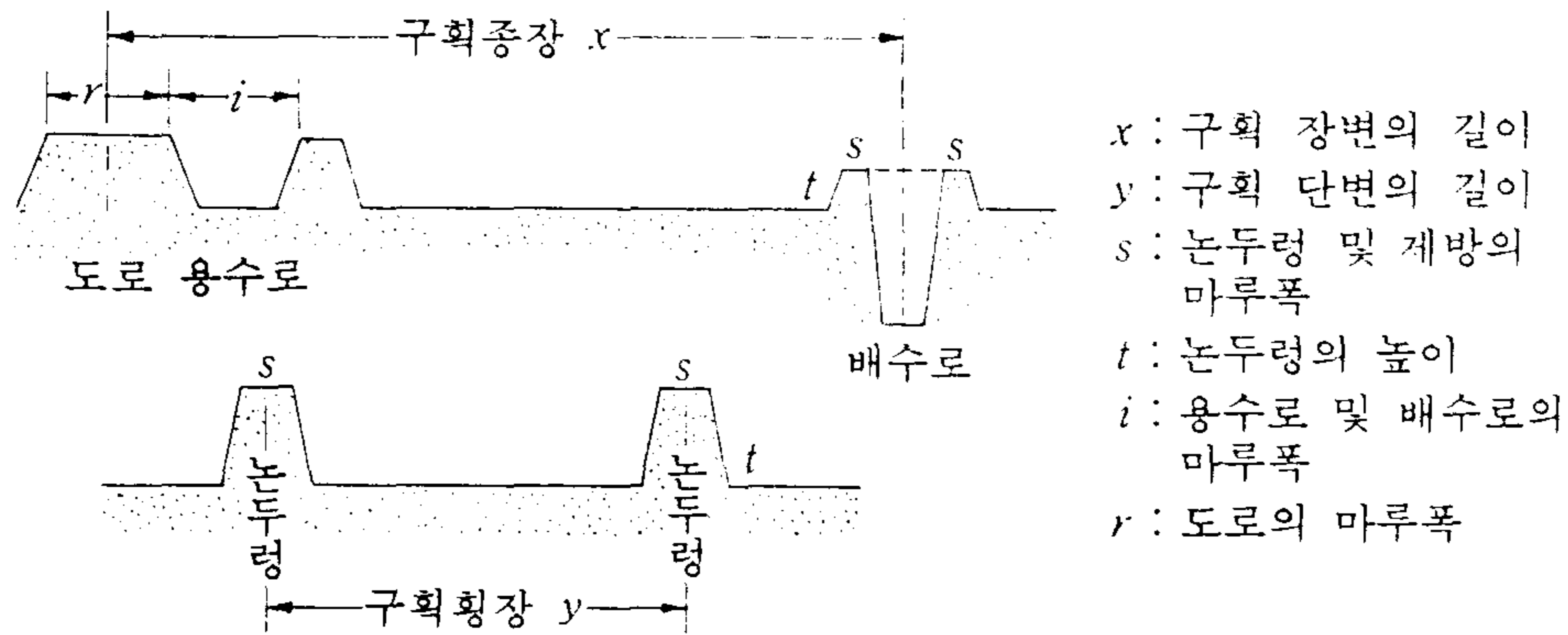


그림 5-3. 궤멸지율의 계산

$$\text{구획면적 } q = x \times y$$

$$\text{케멀지면적 } A = 2\left(\frac{s}{2} + t \times 0.5\right) \times x + \left\{ \frac{1}{2}(s + t \times 0.5 + i + r + t \times 0.5) + \left(\frac{i}{2} + s + t \times 0.5\right) \right\} \times y$$

여기서, $s=0.3$ m, $t=0.3$ m, $i=1.0$ m, $r=4.0$ m, $Q=1$ ha(=1002 m²)

A를 최소로 하기 위하여 $dA/dx = 0$ 로부터 장변과 단변의 관계를 구하면 다음과 같다.

1) 측면경사 1 : 0.5 인 경우

$$\text{장변의 길이} = 7.417 \times \text{단변의 길이}$$

2) 측면경사 1 : 1.0 인 경우

$$\text{장변의 길이} = 5.278 \times \text{단변의 길이}$$

케멀지율은 경구의 크기에 따라 도로, 수로, 논두렁의 배치간격이 바뀌게 되는 것이 일반적이다. 그러나, 도로, 수로의 폭이 고정된 경우, 구획의 크기가 커질수록 케멀지율은 감소하게 된다. 표 5-3은 경구의 크기에 따른 케멀지율을 나타내며, 이를 도시하면 그림 5-4와 같다.

표 5-3. 경구의 크기와 궤멸지율

단 변(m)	장 변(m)	면 적(a)	궤 멸 지 율(%)
10	50	7.5	12.9
20	50	10	11.9
25	80	20	7.96
20	100	20	7.45
30	100	30	6.45
40	100	40	5.95
50	100	50	5.65
20	150	30	5.97
30	150	45	4.97
40	150	60	4.67
50	150	75	4.17

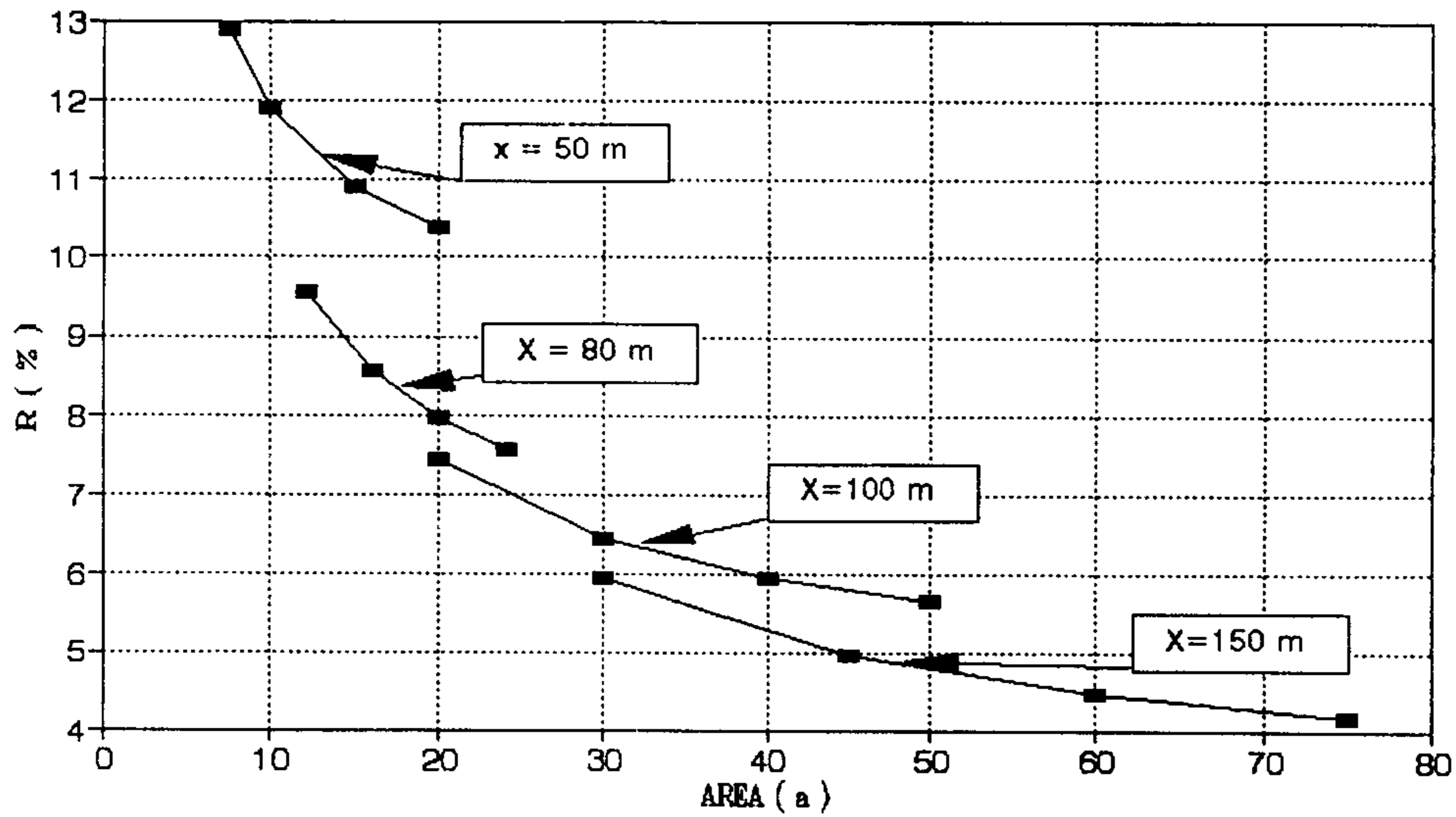


그림 5-4. 경구의 면적과 궤멸지율

5.2 공사비 산출

5.2.1 적산의 개념

1. 적산의 정의

적산(estimate)은 구체적으로 공사 또는 제조에 소요되는 재료의 수량 및 품 또는 기계사용량 등을 노무공량으로 산출하여 공사원가계산을 하는 방법으로 재료비, 노무비, 경비, 일반관리비, 이윤으로 구성되는 것을 말한다. 공사비 계산은 예정공사 가격의 결정이나 공사입찰가격의 결정 또는 공사시공을 위한 실행예산서 작성 등에 있어서 행해진다.

일반적으로 건설공사의 완성에 있어서 갖추어야 할 요건은 안정, 품질, 공기, 원가로 구성되는데, 원가를 어떻게 하여 저렴하게 하여 이 요건을 충족시키느냐 하는 것이 적산의 중요한 고려요소가 되는 것이다. 발주자는 예정가격의 적정을 위해, 수주자는 채산성을 위해 합리적인 적산이 이루어지도록 하여야 한다.

2. 적산의 분류

적산을 목적별로 구분하여 개산(概算)과 상세적산(詳細積算, 명세적산)으로 나눌 수 있다. 개산은 공사의 계획을 수립하고자 할 때, 공사비를 추정 계산하여 설계 및 시공계획 수립시 경제성을 비교검토하거나 산출된 공사비를 다른 각도로 분석하고자 할 때 구하는 것으로 주로 과거의 시공실적 등에 일정비율을 가하여 구하는 것이 일반적이다. 이에 반하여 상세적산은 계약의 내용, 설계도서, 지방조건 등의 계약서류와 현장조건을 감안하여 종합적으로 공사내용의 상세항목에 따라 일위대가표 또는 단가산출 근거를 바탕으로 구하는 것이다.

5.2.2 물량산출

공사의 수량적산은 성계도서와 미리 결정된 적산기준에 의하여 정도와 객관성이 있도록 계산되어야 한다. 실제 수량적산 과정에서 취합부분의 공제방법, 개구부의 대소정도에 따른 가감, 마무리 물량의 산출방법 등 세부면에서 개인의 경험과 주관에 따라 처리되는 경우가 많다. 그러나, 이러한 것들도 통일된 표준 적산기준 작성으로 정도 높은 수량조서를 작성할 수 있도록 제도화하여야 할 것이다. 또한, 수량의 소수의는 표준품셈에 적용기준이 정해져 있다.

수량계산의 근거가 되는 수식도 극히 단순하고 산술적인 계산의 반복이지만 그 계산의 내용은 다종, 다양한 계산의 집계이므로 계산식이 복잡하다든가 부호 또는 소수점이 불명확하면 계산과정에서 뜻하지 않은 실수를 하게 되므로 이를 방지하기 위하여 수식의 표현이나 계산순서 등을 명확하게 정리한 수량산출근거, 즉 산출기초를 명시하여야 한다.

1. 정지도적계산

정지도공량은 일필측량에 의한 현황 평면도와 계획평면도를 토대로 계산한다. 정지도공량의 변동은 사업비에 끼치는 영향이 크므로 원칙적으로 전면적을 일필계산으로 한다. 정지도공량계산은 논바닥정지 외에 도로용토, 구수로 매립용토, 구도로 잔토, 두렁용토, 담구의 절토와 성토, 정지용토 등의 조정을 고려해야 한다.

정지도공량에는 각 구역 내를 정지하는 보통땅고르기와 부용시설토공부를 제거, 매립 등을 하는 특별땅고르기로 나눈다.

가. 보통땅고르기

일반 담구획의 땅고르기계산은 서식(1)에 의하며, 계산과정은 다음과 같다.

- i) 구역 내의 구두령에 의한 구필지별 표고와 면적을 구한다.
- ii) 구역 내의 최저논바닥과 땅고르기표고와의 고차를 ①란에 기입한다.
- iii) 면적 \times 고차① = 토량 ①'
- iv) 총토량① \div 총면적 = 평균고차
- v) A 계획고 = ii)항 땅고르기표고 + 평균고차
- vi) B 계획고 = 용배수계획을 위한 각 구획의 땅고르기계획고
- vii) 고차② : 보통땅고르기인 경우는 A 계획고와 같으나, 특별땅고르기가 있는 경우는 구지번의 표고와 B 계획고와의 차이를 계산하여 기입한다.
- viii) 토량② = 각 필지별 면적 \times 고차②
- ix) 토량③ = 구획면적 \times A, B 고차
- x) 보통땅고르기토량 = 토량②' = 순인력 + 인력 + 중기
- xi) 특별땅고르기토량 = 토량②'
- viii)항에서 산출된 일반정지 때의 토량은 보통땅고르기 토량이 되고,
- ix)항에서 구한 토량은 특별땅고르기 토량이 된다.

나. 특별지균

1) 각 구획의 특별땅고르기

보통땅고르기계산에서 일필땅고르기의 높이가 결정되면, 용배수지거와 계획수위와의 관계를 비교하여 용배수의 지장유무를 확인한다. 땅고르기 표고가 높아서 전면적에 걸친 용수공급이 원활하지 못한 경우에는 절토하여 답면표고를 낮추고 절토량은 저위부에 매립 또는 성토용으로 유용한다. 또, 구획이 낮아 배수에 지장이

있는 경우에 있어 주변의 토취장이나 주변의 담에서 토취하여 담면표고를 높여야 한다.

2) 기토공시설물의 괴폐에 따른 특별땅고르기

기설용수로 및 제방을 철거할 때에는 종횡단도를 작성하여 절토량을 산출하여 구수로 등을 매립할 때에도 종횡단도를 작성하여 토적을 계산한다. 계획평면도를 이용하여 특별땅고르기를 계획하면 편리하다. 가급적 특별땅고르기에 의한 성토에 유용하도록 하고 유용거리가 멀거나 또는 유용할 곳이 없을 때에는 사토장을 정해야 하며, 성토시는 토취장을 선정하여야 한다. 이러한 경우 특별땅고르기 이동계획 조서를 작성하여야 하며 가중평균치를 사용하여 이동토량의 평균이동거리를 산정한다.

서식 (1) 정지토적계산서

가 지번	구 지번	면적 (m ²)	표고 (m)	① 고차 (m)	①' 토량 (m ³)	A 계획 고 (m)	B 계획 고 (m)	② 고차 (m)	②' 토량 (m ³)	A, B 고차		③토량		보통땅고르기			논 두렁 (m)	
										각기 (m)	쌓기 (m ³)	각기 (m)	쌓기 (m ³)	순 인력	인 력	중 기		
1-3	257	1200	10.3	1.30	1560			0.23	276									
	261	1000	10.0	1.00	1000													
	27-3	800	9.8	0.80	640													
	계	3000	9.0	1.07	3200	10.07	10.07		276						37.5	238.5	80	

서식 (2) 특별땅고르기 이동계획조서

구획번호	절토 (m ³)	성토 (m ³)	이동위치	이동거리 (m)	평균거리 계산	비고
1-4	540	540	7-2	100	54000	가중평균치를 이용
1-8	510	510	1-5	100	51000	
계	1050				105000	

* m³당 평균이동거리(L) = 105000 ÷ 1050 = 100 (m)

2. 중기작업

땅고르기 작업에 있어서 구획의 크기와 땅고르기의 깊이에 따라 땅고르기 토량 중에서 중기작업량과 인력작업량의 구분방법은 다음과 같다.

가. 도차 땅고르기 토량(V1)

- 불도우저의 땅고르기 작업에서 10 cm 깊이를 최소로 한다.
- 작업량이 $V > \frac{A}{40}$ 인 경우에 적용
- 도차 지균토량 $V_1 = V - \frac{A}{80}$

나. 도차 작업후 인력작업 토량(V2)

- 중기작업 후 잔여땅고르기의 고저차를 0.1 m로 본다.
- 한 구획에서 전체면적의 1/2이 인력지균을 요하는 것으로 본다.
- 논외 담수심을 60 mm로 보고 최소 10 mm까지의 담수심도 무방한 것으로 본다.

- 50 mm 를 깎아서 낮은 부분에 쌓는 것으로 하되, 그 중에서 25 mm 를 깎아서 저위부에 성토하는 것으로 본다.

- 도자작업 인력작업 토량 $V_2 = 0.025 \times \frac{A}{2} = \frac{A}{80}$

다. 순인력 작업토량 (V3)

- 도자작업이 불가능한 경우, 즉 작업량이 $V < \frac{A}{40}$ 인 경우에 정지토량은 전부 인력작업으로 간주한다.

라. 지내력에 의한 습지의 구분

- 각 정지토량은 순인력, 인력, 중기작업으로 구분하며, 아울러 각각은 지반의 지내력에 따라 일반 땅고르기와 습지, 초습지로 구분하여 계산한다. 흙의 지내력과 습지의 구분은 다음 기준에 의해서 산정한다.

- 초습지구역 : $q_c < 2 \text{ kg/cm}^2$: 작업토량을 전부 인력을 산정한다.

- 습지구역 : $q_c = 2 \sim 5 \text{ kg/cm}^2$: 습지도자에 의한 작업.

- 일반구역 : $q_c \geq 5 \text{ kg/cm}^2$: 일반도자에 의한 작업.

3. 도로 및 용배수로

도로는 용수로나 배수로에 붙여서 설계하는 것을 원칙으로 하며, 토적계산에 의해서 물량을 산정한다. 본 연구에서는 4 가지 형태에 대하여 구분하여 검토하였으며, 이 때 도로의 배치형태에 따라 용배수로의 배치형태에 따라 달라지게 되는데 사용된 도로의 배치형태는 다음과 같다.

TYPE A : 용수로 + 도로

TYPE B : 용수로 + 도로 + 배수로

TYPE C : 배수로 + 도로

TYPE D : 배수로

4. 용배수로 구조물

경지정리에 사용되는 용배수로의 형태는 설계자의 의도, 구역의 지형적인 조건, 주민의 의향 등에 따라서 다양하게 변화할 수 있다. 따라서, 본 연구에서는 용배수로에서 가장 기본적으로 필요한 공작물에 대하여 호형별로 물량을 산출하여 적용하였으며, 적용된 구조물은 다음과 같다.

- 적용 구조물 : 낙차공, 유말공, 분수문, 용수잠관, 용수암거, 답절토관,
급수관, 배수관 등

5.2.3 토공기계의 선정

경지정리 공사의 시행에 있어 시공지구의 현황, 흙의 특성에 따라 기계의 능력을 최대한 발휘할 수 있는 기종을 선정하는 것은 공비, 공정, 마무리 품질의 확보에 막대한 영향을 미친다. 따라서, 흙의 특성, 구획의 크기, 처리용토량, 운토거리 등을 고려하여 적합한 기계를 선정, 조합하여야 한다.

1. N 치와 지층의 연경

경지정리공사에 있어 사용되는 각종 기계는 기계의 용량이나 작업종류에 따라 적정한 지내력을 확보해야 작업이 가능하다. 따라서, 흙의 종류, 흙의 상태에 따라 가능한 지내력을 판단하여야 한다. 표 5-4는 모래질 흙과 점성토의 N 치와 내부마

찰각의 관계를 나타낸 것이다.

표 5-4. N 치와 지층의 연경(Terzaghi and Peck)

N 치	모래의 밀도	내부마찰각	N 치	점질토의 밀도	압축강도(kg/cm ²)
4 이하	대단히 느슨함	28.5° 이하	2 이하	대단히부드럽다	0.25 이하
4 ~ 10	느슨함	28.5 ~ 30°	2 ~ 4	부드럽다	0.25 ~ 0.5
10 ~ 30	중간 정도	30 ~ 36°	4 ~ 8	중간정도	0.5 ~ 1.0
30 ~ 50	치밀하다	36 ~ 41°	8 ~ 15	점착력 강함	1.0 ~ 2.0
50 이상	대단히 치밀	41° 이상	15 ~ 30	점착력이 대단함	2.0 ~ 4.0
			30 이상	대단히 굳다	4.0 이상

2. 콘지지력과 토공기계의 작업한계

지반의 지내력을 계산하는 방법에는 N치로부터 추정하거나 콘시험에 의한 결과로부터 추정할 수 있다. 또한, 이로부터 지반의 연경에 따라 작업가능한 기계를 선정하여야 한다. 표 5-5는 콘 시험결과에 의한 지지력에 따른 토공기계의 작업가능한 한계를 나타낸다.

표 5-5. 콘 지지력과 토공기계의 작업한계

시공기계	콘 지지력(q, kg/cm ²)
습지불도우저	4 이하에서 작업 가능
중형불도우저	5 ~ 7
스크레이퍼	5 ~ 10
자주식 스크레이퍼	10 ~ 13
덤프트럭	15 이상

3. 운토거리별 토공기계의 선정 및 조합

토공기계의 선정은 시공법, 작업조건, 작업능률, 토질 등의 조건에 적합하며 최소의 공사비로 준공할 수 있는 기계를 선정, 조합하여야 한다. 표 5-6은 일반적인 토공기계의 운토거리별 적정기계의 예를 보여주고 있다.

표 5-6. 운토거리별 적정기계의 조합예

모우터그레이더	적합
트랙터셔블(후론트)	가능
" (스트레이트)	
" (오머레이트)	
블도우저	
머멧도우저	
다이어도우저	
스크레이퍼도우저	
스크레이퍼+트랙터	
모우터스크레이퍼	
스크레이퍼도우저 + 트럭	
셔블+트랙터	
셔블+토공기관차	

5.2.4 공사비 구성

공사비의 구성은 공사의 성질과 계약방법에 따라 달라지게 된다. 또한, 공사비를 어떻게 구성할 것인가 하는 것은 적산업무 전체에 관계되는 기본적인 문제인 것이다.

우리나라의 경우는 공공 공사에 있어서는 “예산회계법 시행령”에 따라 원가계산을 하도록 되어 있으며, “원가계산에 의한 예정가격 작성준칙”에 의한 공사비 구성 요소는 그림 5 와 같다. 이 밖에 부가가치세, 관급자재비, 용지비, 설계비 등을 포함하는 것이 일반적이다.

재료비는 공사에 필요한 모든 재료비용의 합계액이며, 이는 다시 공사에 직접 소요되는 주요재료와 부품비용인 직접공사비와 소모재료비인 간접재료비로 구분할 수 있다. 노무비는 노동력을 대가로 지급되는 임금으로서 기본급, 제수당, 상여금, 퇴직급여 충당금 등의 합계액으로, 기본급은 재무부 장관이 연초에 고시하는 정부 노임단가를 근거로 산출한다. 또한, 노무비는 계약된 공작물의 시공에 직접 종사하는 자의 임금인 직접노무비와 직접 공작물의 시공에 참여하지 않으나 공작물의 시공에 관련한 현장사무소에 종사하는 자의 임금인 간접노무비로 구분할 수 있으며, 이는 주로 간접노무비율을 적용하여 구하는 것이 일반적이다.

경비는 공사의 시공을 위하여 소요되는 공사원가 중에서 재료비와 노무비를 제외한 비용을 경비라고 하며, “원가계산에 의한 예정가격 작성준칙”에 의하면 23 종에 한하여 인정하고 있다.

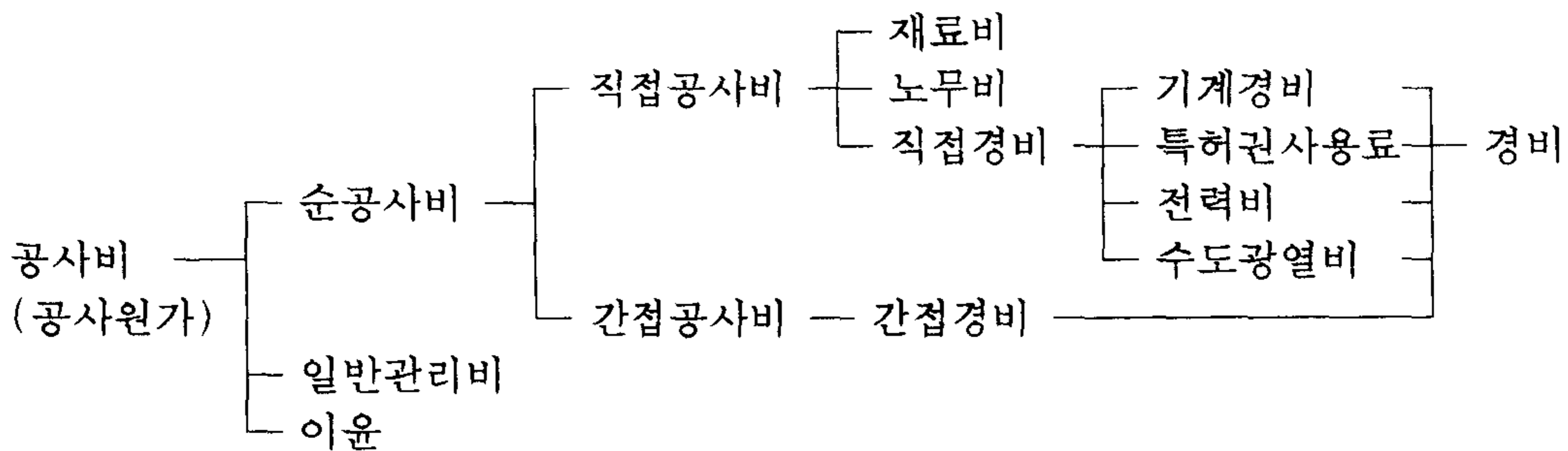


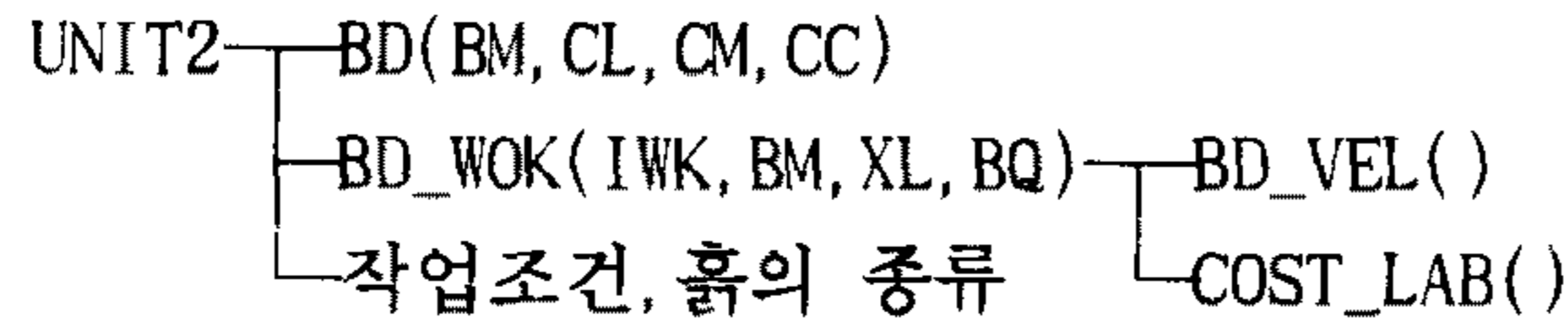
그림 5-5. 원가계산 작성준칙에 의한 공사비의 구성

5.2.5 일위대가의 작성

일위대가(Itemized unit cost)표는 주로 장비를 사용하지 않고 인력으로 이루어지는 공종의 단가를 산출하는 과정으로, 일위대가란 공사 또는 제조이 있어 단위당 소요되는 자재와 이에 소요되는 노무량에 대한 가격이다.

본 연구에서는 '94 품셈을 기준으로 작성하였으며, 약 60 여종에 대하여 서브루틴화하여 작성되었으며, 일위대가의 적용과정은 다음과 같다.

- 예: 증기지균인 경우



1. 소요단가의 적용기준

단가기준은 정부나 기타 공공기관에서 발표,고시한 단가를 적용하는 것이 일반적이나 여기에 해당하는 품목이 없는 경우에는 물가정보지나 견적서를 기준한다. 공사비 산출에 적용하는 단가의 기준은 다음과 같다.

- 노임단가 : 설계당시의 정부고시 노임단가를 기준한다.
- 자재단가 : 설계당시의 조달청 가격정보를 기준한다.
- 유류단가 : 설계당시의 가격정보의 대리점가격을 기준한다.
- 장비단가 : 표준품셈에 따른 단가산출을 기준한다.

2. 일위대가 적용 서부루틴

가. 지균

UNIT1 : 일반지균 (인력, 중기후 인력) -- 건지와 습지 구분

UNIT2 : 중기지균 (도자)

UNIT3 : 논두렁 쌓기

UNIT3A : 논두렁 고르기(인력)

UNIT5 : 표토처리

UNIT7 : 특별지균

나. 용배수로 토공

UNIT4A : 순흙쌓기 (중기)

UNIT4B : 순흙쌓기 (인력)

UNIT6A : 흙깎기 (중기 , BH07)

UNIT6B : 흙깎기 (중기 , BH04)

UNIT6C : 흙깎기 (인력)

UNIT8A : 유용흙쌓기 (중기)

UNIT8B : 유용흙쌓기 (인력)

UNIT9A : 사토처리 (중기)

UNIT9B : 사토처리 (인력)

UNIT10A : 취부성토 (중기, BH07)

UNIT10B : 취부성토 (인력)

다. 용배수로 구조물

UNIT11A : 터파기 (중기 , BH07)

UNIT11B : 터파기 (인력)

UNIT12A : 퇴메움 (중기 , BH07)

UNIT12B : 퇴메움 (인력)

UNIT13 : 기초모래

UNIT14A : 모르터 (1:2)

UNIT14B : 모르터 (1:3)

UNIT14C : 모르터 (1:5)

UNIT15A : 무근콘크리트(B130, 소형)

UNIT15B : 무근콘크리트(B130, 인력)

UNIT15C : 무근콘크리트(B130, 기계)

UNIT16A : 콘크리트(B180, 소형)

UNIT16B : 콘크리트(B180, 인력)

UNIT16C : 콘크리트(B180, 기계)

UNIT16D : LEAN CONCRETE

UNIT17A : 철근가공 및 조립(10 m³ 이하)

UNIT17B : 철근가공 및 조립(10 m³ 이상)

UNIT18A : 거푸집(4회, 10 m³ 이하)

UNIT18B : 거푸집(4회, 10 m³ 이상)
UNIT19A : 흙관 접합 및 부설 (D200)
UNIT19B : 흙관 접합 및 부설 (D250)
UNIT19C : 흙관 접합 및 부설 (D300)
UNIT19D : 흙관 접합 및 부설 (D400)
UNIT19E : 흙관 접합 및 부설 (D500)
UNIT19F : 흙관 접합 및 부설 (D600)
UNIT19G : 흙관 접합 및 부설 (D700)
UNIT19H : 흙관 접합 및 부설 (D800)
UNIT19I : 흙관 접합 및 부설 (D900)
UNIT19J : 흙관 접합 및 부설 (D1000)
UNIT19K : 토관 접합 및 부설 (D500)
UNIT19L : 흙관 접합 및 부설 (D600)
UNIT19M : 흙관 접합 및 부설 (D700)
UNIT20 : 호안블록
UNIT21 : WIREMESH (# 8)
UNIT22A : 문비(1-1호형)
UNIT22B : 문비(1-2호형)
UNIT23A : 스펀들(φ 25)
UNIT23B : 스펀들(φ 32)
UNIT24A : 권양기(1-1형)

UNIT24A : 권양기(3-1형)

UNIT25 : 배수관 부설

UNIT26 : 급수관 부설

UNIT27 : 콘크리트 포장(t=20 cm)

5.2.6 기계경비의 산출

공사규모의 대형화, 다양화에 따라 시공속도와 시공능력 그리고 품질향상의 필요성과 안전시공, 공사비 절감의 당위성, 중노동의 기피, 노임의 상승 등으로 기계화 시공이 절실히 요청되고 건설기계 없이는 공사가 불가능하게 되었다. 따라서, 공사원가에서 기계경비가 차지하는 비중이 점차 커져가고 있으며, 이에 따라 기계경비의 적산이 매우 중요한 위치를 차지하게 되었다.

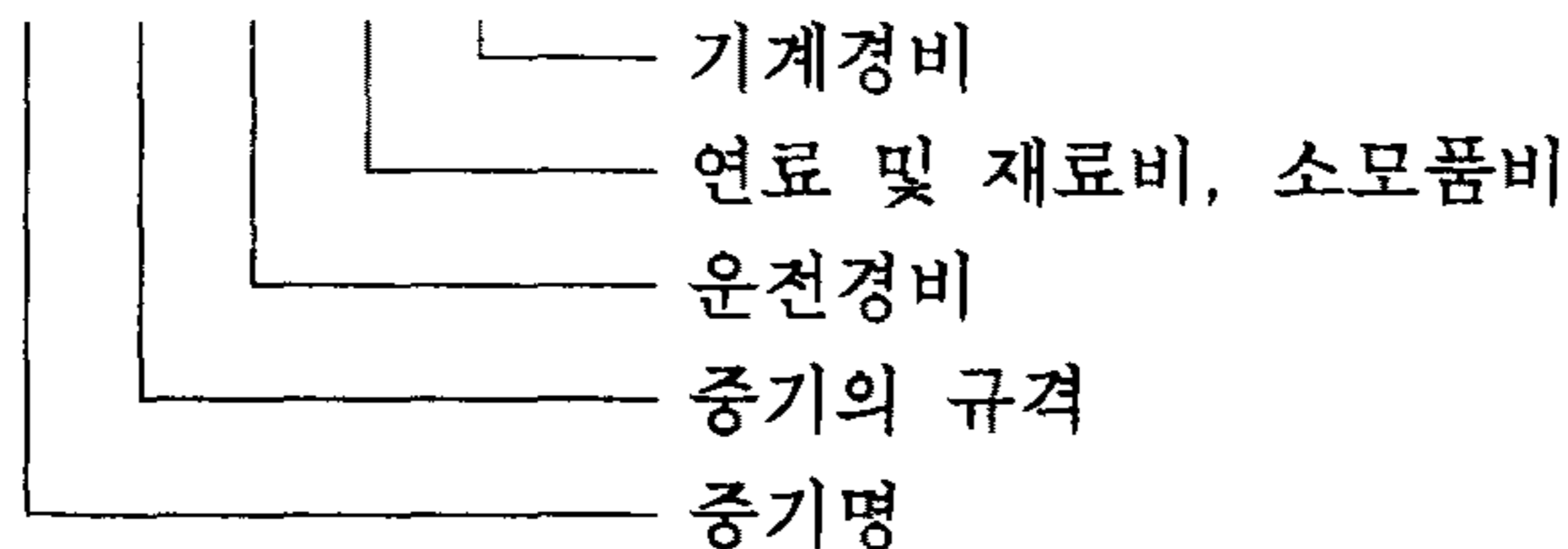
일반적으로 기계경비는 상각비, 정비비, 관리비의 합계인 기계경비와 현장에서 작업하는 데 필요한 운전사, 조수 및 조장 등에게 지급되는 운전노무비와 기계의 연료 및 윤화류, 소모품비 등의 운전경비, 기타 운반비, 조립 및 해체비 등으로 구성된다.

1. 시간당 중기사용료

본 연구에서는 경지정리에 사용되는 각종 중기의 시간당 사용료는 중기명에 따라 구할 수 있도록 서브루틴화하여 작성하였으며, 적용 예는 다음과 같다.

- 불도우저인 경우

CALL BD(BM, CL, CM, CC)



가. 기계경비

중기의 기계경비는 '94 년도 품셈을 기준하여 중기비와 기계손료비율을 산출하였다.

나. 운전 경비

운전경비는 '94 년도 품셈의 운전노무비 산정품을 기준으로 작성하였으며, 노무단가는 '94 년 정부고시 노임단가를 적용했으며, 기타 적용조건은 다음과 같다.

- 일일 작업시간 : 8 시간 기준
- 운전일수율 : 23일/25일
- 상여금 및 퇴직급여 적립금 : 300 % + 100 %

다. 연료비 및 재료비

중기작업에 소비되는 주연료와 윤활류 등의 잡유는 '94 년 품셈을 기준으로 작성하였으며, 유류단가는 가격정보의 대리점가격을 적용하였다.

2. 시간당 작업량 산출

각종 중기의 작업종류별 시간당 작업량 산출은 '94 품셈에 명시된 작업량 산정 기준식을 적용하였으며, 단가산출의 적용 예는 다음과 같다.

- 불도우저 : CALL BD_WOK(IWK,BM,XL,BQ)

IWK : 작업의 종류

BM : 규격

XL : 작업거리-->CALL SMOVE(A1)

BQ : 시간당 작업량

또한, 불도우저 및 백호의 작업종류는 표 5-7과 같이 분류하여 적용한다.

표 5-7. 중기의 작업종류에 따른 IWK

중기명	IWK	작업의 종류	비 고
불도우저	1	굴착운반	
	2	흙쌓기	
	3	흙깎기	
	4	고르기	
	5	잔토처리	
	6	모으기	
	7	다지기	
	8	펴기	
유압식 백호	1	흙깎기	
	2	터파기	
	3	되메움	

5.2.7 운반비 산출

1. 대운반 산정 조건

대운반비의 산정조건은 대상지역의 지형적인 조건 및 지리적인 위치에 따라 달라지게 된다. 본 연구에 적용한 조건은 다음과 같으나, 다른 지역에 적용할 경우에는 지역 조건에 맞도록 수정하여 사용하여야 한다.

가. 양회 및 철근의 운반

양회 및 철근의 운반의 현장입구까지의 운반은 구역화물로 취급하여 철근 및 양회의 단가에 포함하도록 하였으며, 여기서는 상하차비와 창고까지의 운반비만 산정하였으며, 그 조건은 다음과 같다.

- 적재 및 운반에 소요 되는 인원 : 7 인 기준
- 창고 까지의 운반거리 : 17 m

나. 골재의 운반

모래와 자갈 등의 골재는 현장 근처의 골재원에서 구입하여 운반하는 것으로 가정하였다. 골재의 원석대는 별도로 산정하여 재료비에 포함하도록 하였으며, 여기서 산정되는 운반비는 골재장에서 현장까지 중기에 의한 운반비를 산정한 것이다. 운반은 10.5 t 덤프트럭으로 사용하는 것으로 가정했으며, 운반거리는 2 차선 포장도가 30 km 이고, 1 차선 비포장도로는 10 km 로 채취장 진입 및 현장진입에 각각 5 km 씩으로 가정하여 산정하였다.

다. 철재류의 운반

일반 철재류의 운반거리는 30 km를 기준하였으며, 특수철재류는 90 km를 기준하여 산정하였다.

라. 목재류 운반

목재류의 운반은 인근 시읍에서 운반하는 것으로 가정하여 운반거리를 10 km를 기준하였다.

마. 흙관류 및 호안블록

흙관류 및 호안블록의 운반은 제작공장에서 구역화물로 운반하는 것으로 가정하였으며, 운반거리는 90 km 이내를 적용하였다.

2. 소운반비의 산정

현장 내 각종 자재의 소운반은 경운기 사용하여 운반하는 것으로 간주하였으며, 운반거리는 간·지선의 거리에 따라 산정하도록 하였다.

5.3 공사비 산정 프로그램의 개발

5.3.1 개산인 경우

개산인 경우에는 공사구획을 일정한 기울기를 가진 장방향 구역으로 환산하여 공사비를 산정한다. 이 때, 토공량은 정지토적과 용배수로 및 도로의 토공량을 계상하고 구조물 물량은 일정한 비율을 적용하여 계상하는 것으로 한다.

1. 지형의 경사도 및 방향

지형의 경사도는 공사구역의 시점에서 종점까지 일정한 구배를 가지는 것으로 환산하고, 횡경사의 방향에 따라 용배수로 및 도로의 배치를 달리하는 것으로 한다.

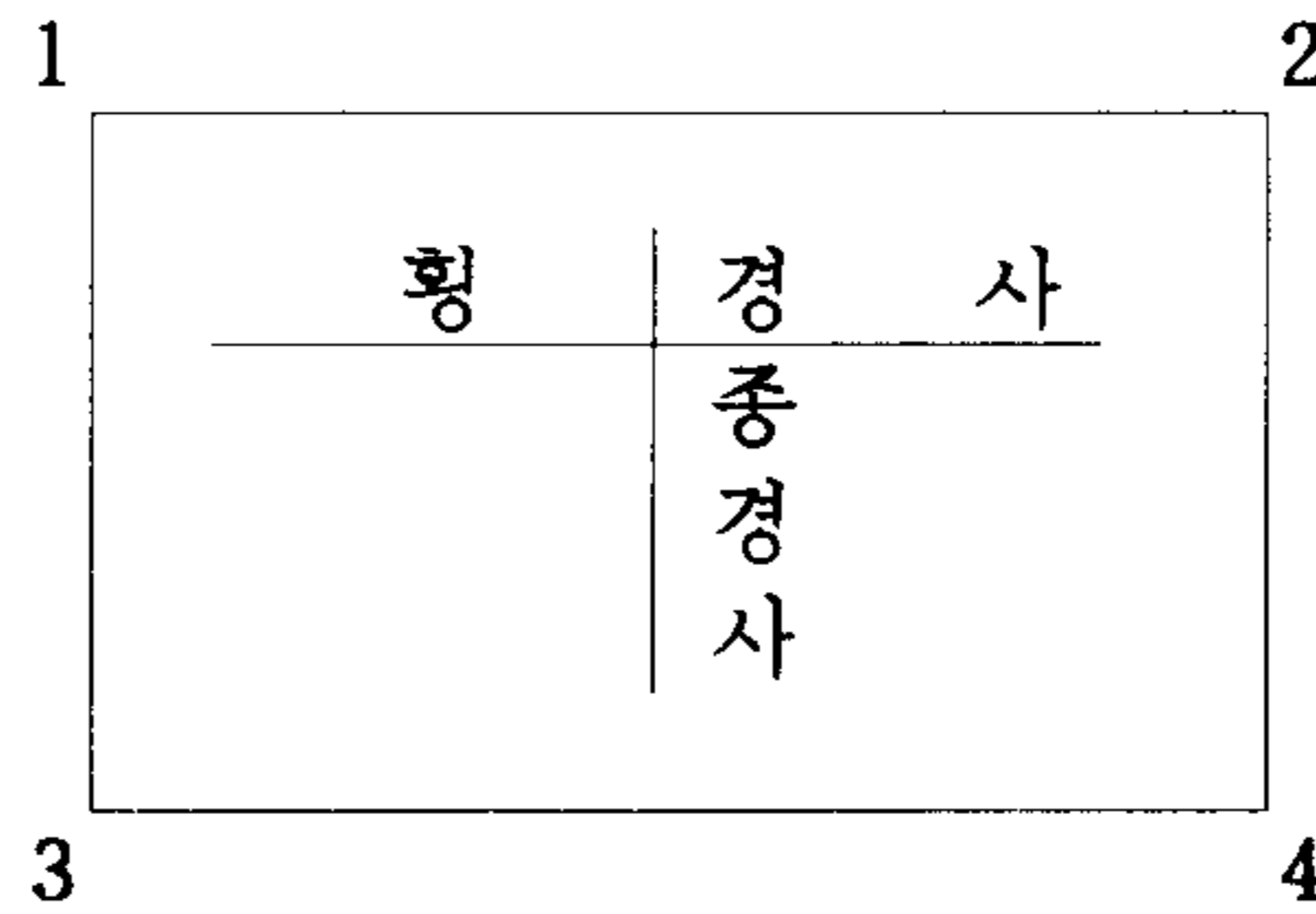


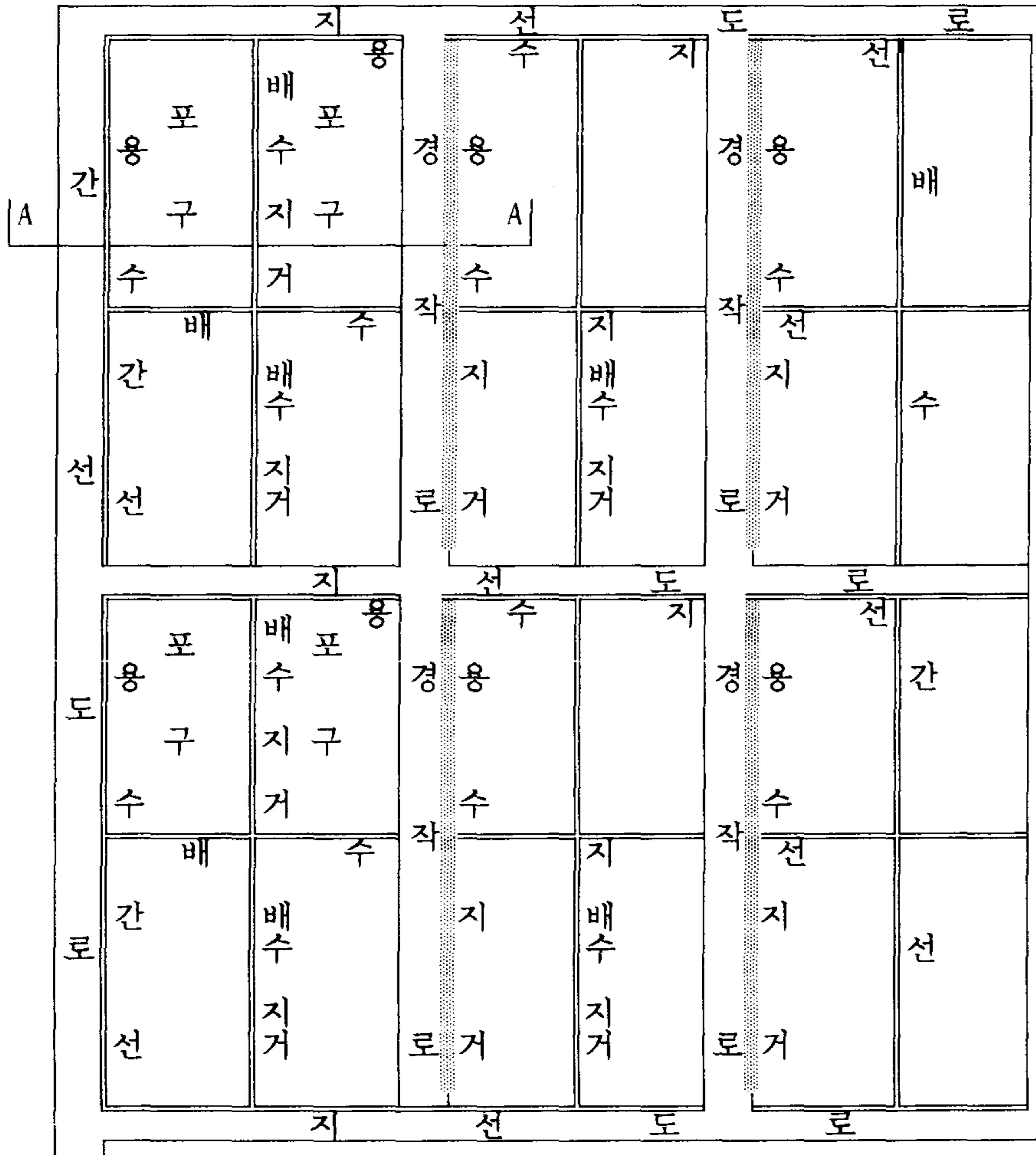
그림 5-6. 개산인 경우 단면형상

2. 용배수로 및 도로의 형상

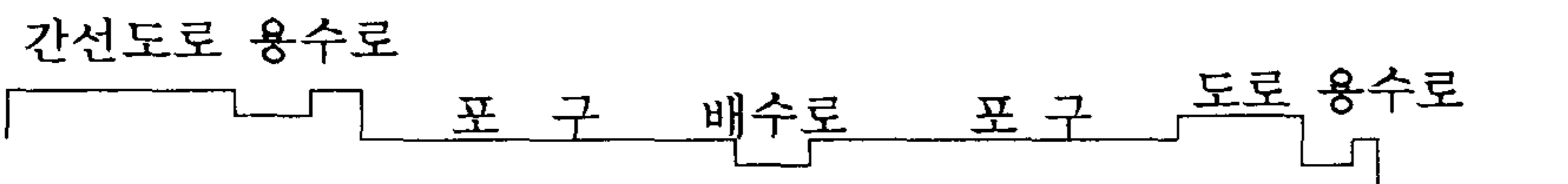
가정단면의 형상에 따라 용배수로 위치 및 도로의 위치를 달하는 것으로 가정한다. 종방향 및 횡방향의 경사도에 따라 용배수로 도로의 배치형태를 표 5-8과 같이 구분하였다. 그림 5-7 은 각 배치형태를 도시한 것이다.

표 5-8. 종횡방향의 경사도에 따른 용배수로 배치형태

배치형태	TYPE 1	TYPE 2	TYPE 3	TYPE 4
횡방향 경사	완경사	완경사	급경사	급경사
종방향 경사	완경사	급경사	완경사	급경사

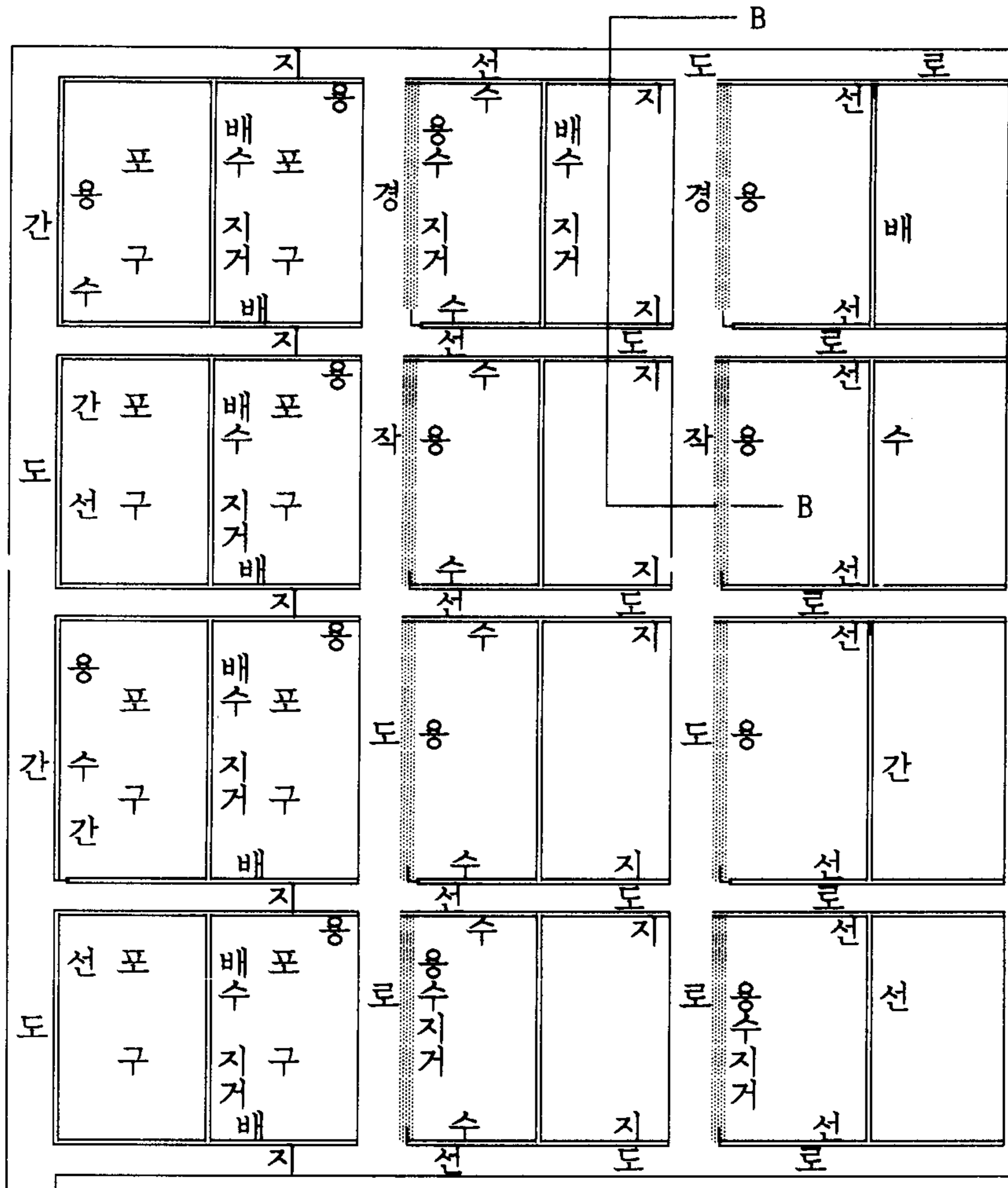


(a)

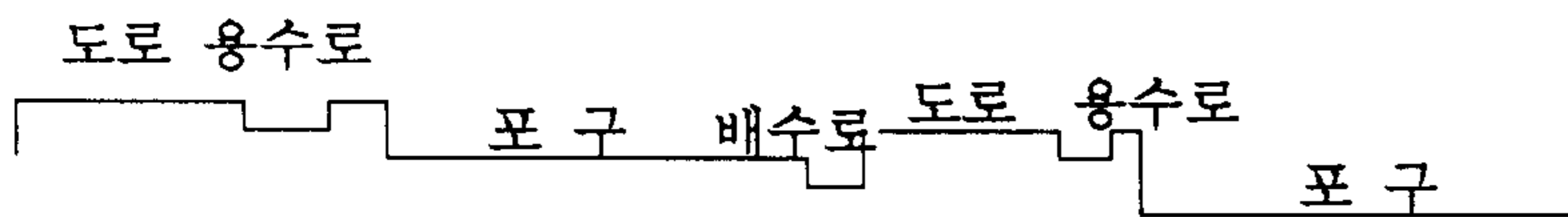


(b)

그림 5-7. 용배수로 배치형태 (TYPE 1)
 (a) 용배수로 배치형태
 (b) A-A 단면도



(a)

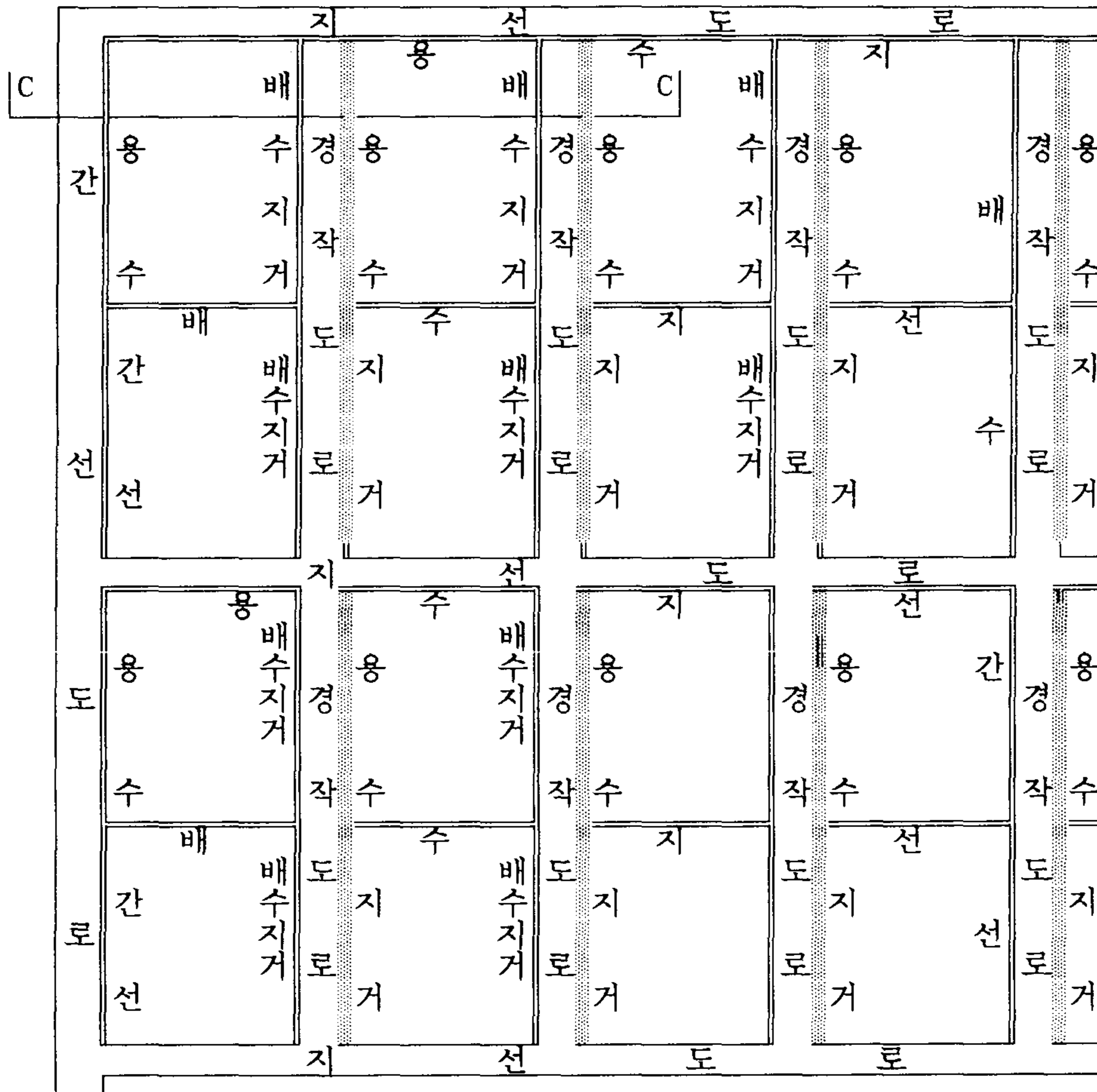


(b)

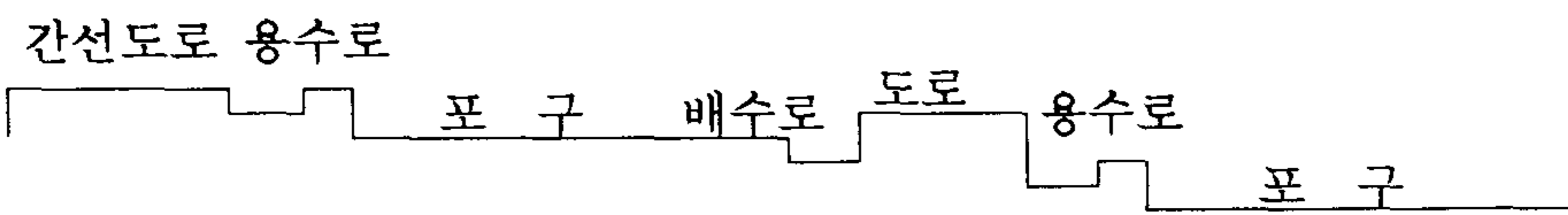
그림 5-7 계속 (TYPE 2)

(a) 용배수로 배치형태

(b) B-B 단면도



(a)

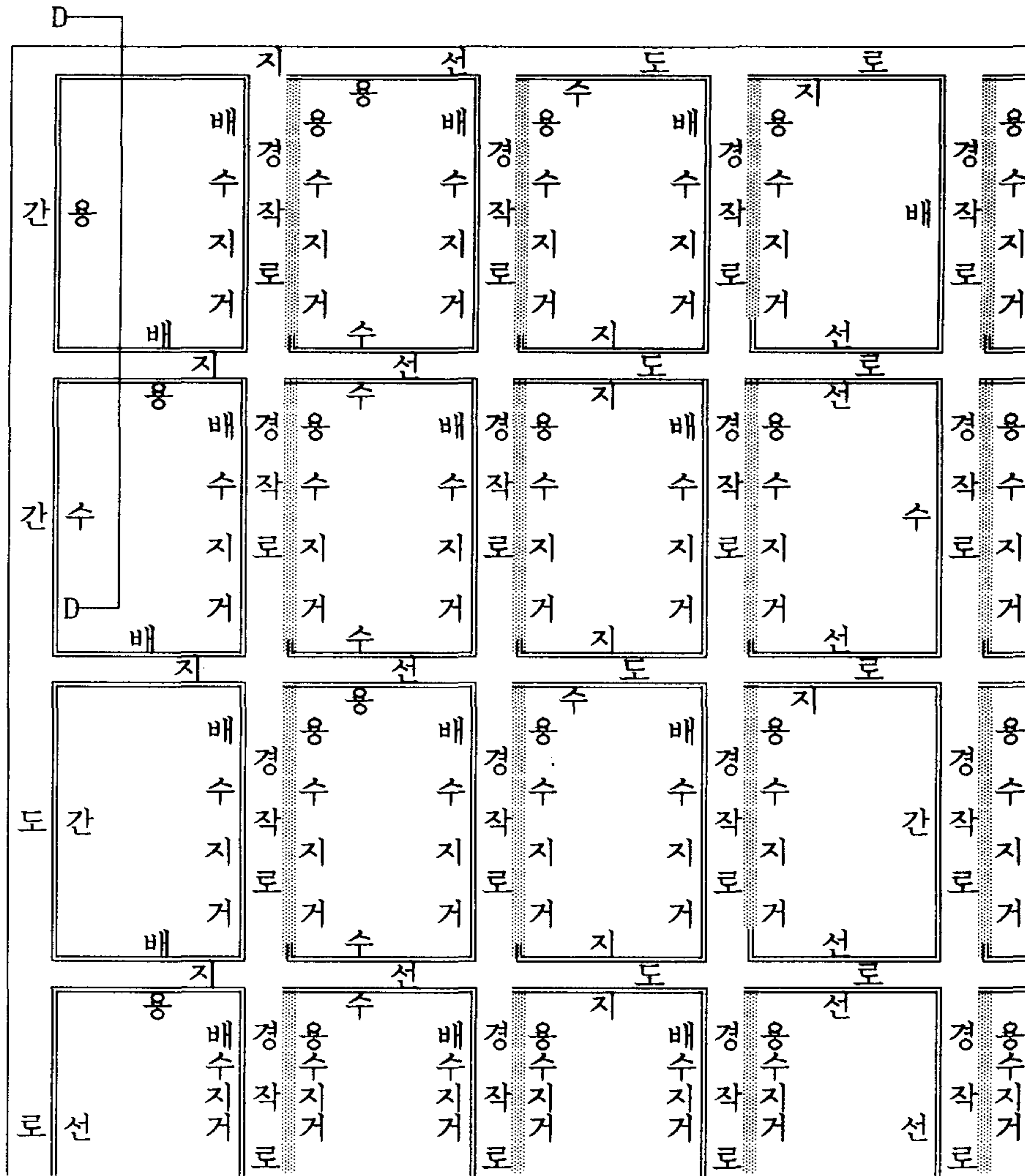


(b)

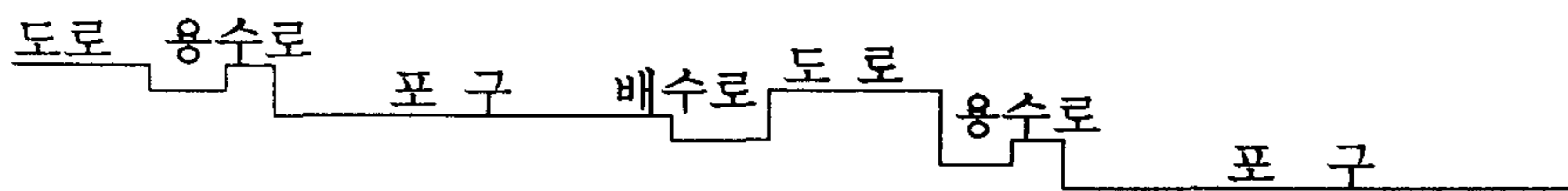
그림 5-7 계속 (TYPE 3)

(a) 용배수로 배치형태

(b) C-C 단면도



(a)



(b)

그림 5-7 계속 (TYPE 4)

(a) 용배수로 배치형태

(b) D-D 단면도

3. 프로그램의 흐름도

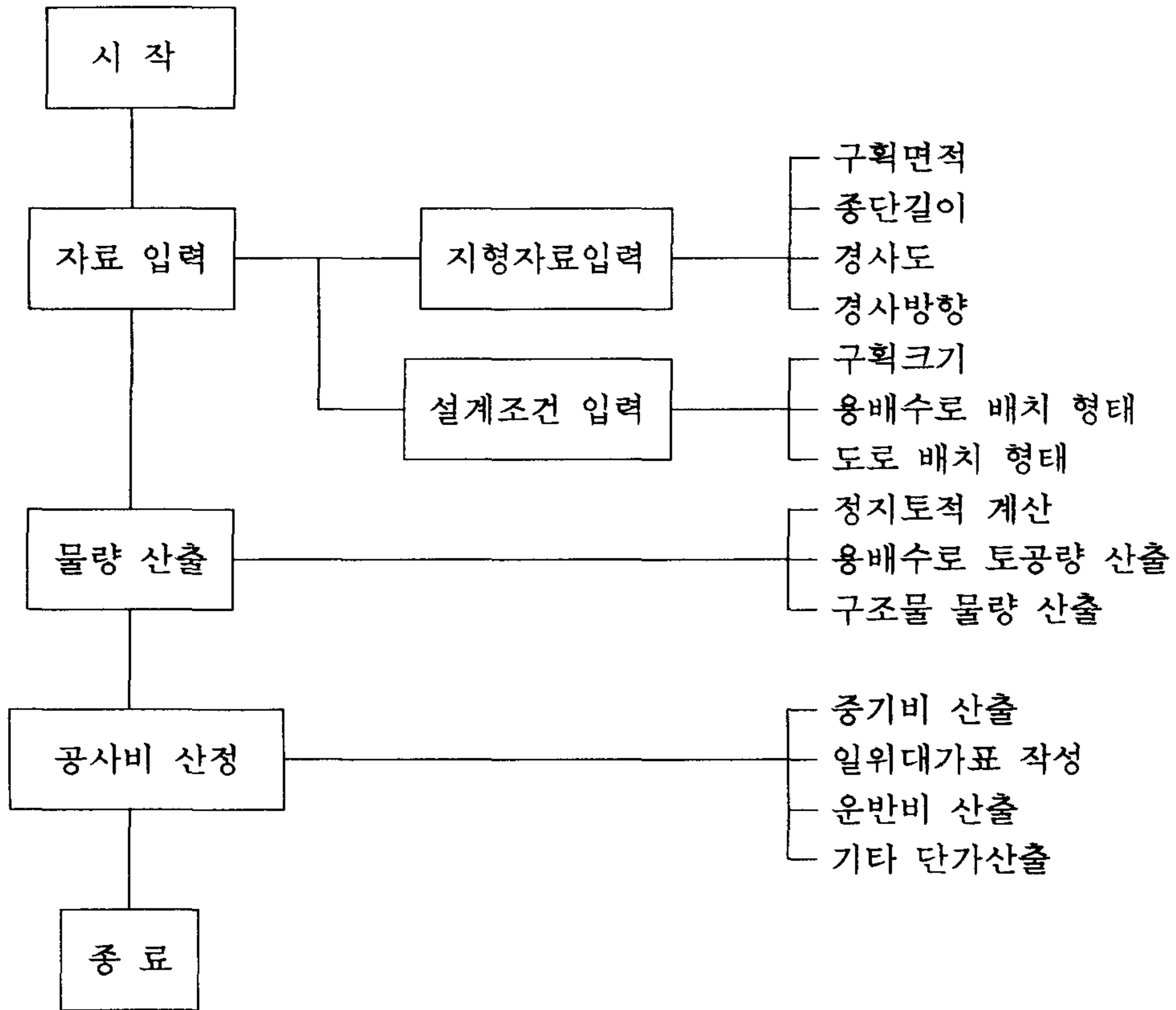


그림 5-8. 개산인 경우의 프로그램 흐름도

4. Program 의 구성

가. 전체적인 구성 및 계산내용

경지정리 공사의 개산을 위한 프로그램은 약 105 개의 서브루틴으로 이루어져 있으며 주요 계산항목 및 구성은 다음과 같다.

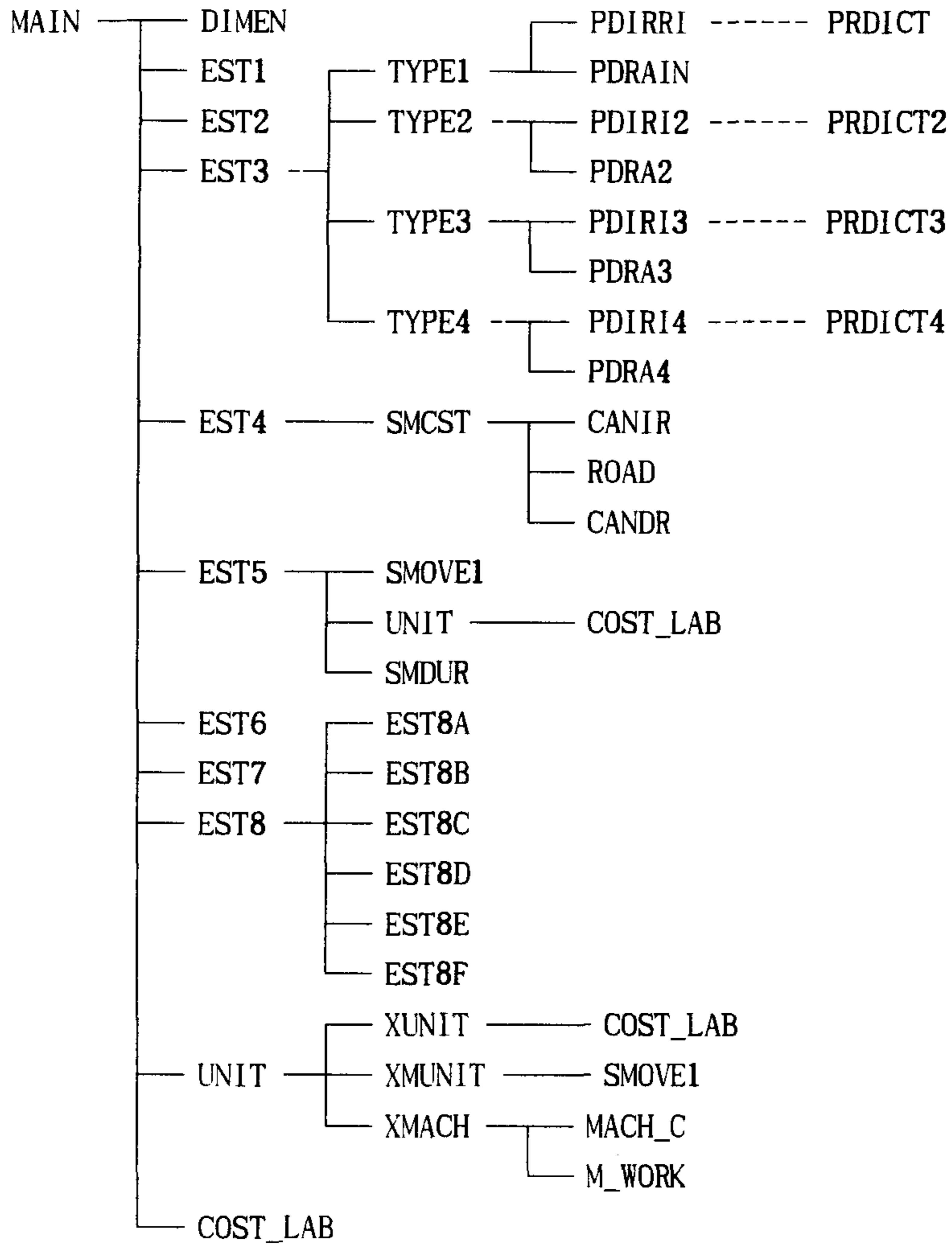


그림 5-9. 개산인 경우의 구성도

표 5-9. 각 부프로그램의 주요 계산내용

부프로그램명	주요 계산내용
DIMEN	배열의 설정 및 초기화
EST1	구획의 정리, 장단변길이의 산정, 지반고 계산
EST2	정지토적의 계산
EST3	용배수로의 연장, 계획고 산정
EST4	용배수로 토공량 산출
EST5	지균공사비의 산정
EST6	용배수로 토공비용의 산정
EST7	용배수로 구조물 물량산출
EST8	용배수로 구조물 공사비 산출
EST9	관급자재비의 계산
UNIT	일위대가 및 증기비 산출
COST_LAB	정부고시 노임단가

5.3.2 상세적산의 경우

상세적산인 경우는 개산의 결과로부터 얻은 결과를 검토하여 공사의 시행이 확정된 후에 실설계의 도면과 시방서에 따라 다음의 각 항목을 상세하게 적산하는 것이다. 정지토적의 결과로부터 특별지균의 유무, 복토, 객토 등의 계획이 확정되면 그에 따른 자료를 다시 입력하여 순공사비와 그외 부대공사비 및 경비를 산정하는 것으로 프로그램의 순서에 따라 계산한다.

본 연구에서는 GIS 작업에 의하여 생성된 파일로부터 자료를 입력받아 정지공사비만 산정하도록 작성하였다. 구조물 공사비를 계산할 경우에는 설계가 확정된 후에 도면과 시방서에 따라 산출된 물량을 입력하고 개산프로그램을 수정하여 사용하도록 되어 있다.

5.3.3 계산의 공사비 산정을 위한 입,출력의 예

1. 입력의 예

개산인 경우, 자료의 입력은 FREE FORMAT 으로 입력하도록 되어 있으며, 입력 예는 다음과 같으며 입력하는 항목은 다음 설명과 같다.

1000000.0 1000.0 60.0 58.0 57.5 55.5

100.0 30.0

2.0 1.0 2.0

4.0

0.

가. 구획면적 : 정리하고자 하는 대상지구의 총 면적(m²)으로 약 500ha까지 가능

나. 종방향 길이 : 구획의 주경사방향의 길이(m)

다. 지구를 대표하는 4 지점의 지반고 : 종,횡방향의 경사도를 구하기 위한 표고

라. 장변,단변의 길이 : 구획의 크기가 정해진 경우에는 크기를 입력하고, 구획의 크기에 따른 개산을 할 경우에는 "0.0"을 입력하면 종,횡경사에 따라 크기 산정하도록 되어 있다.

마. 흙의 종류 : 대상지구를 대표할 수 있는 흙의 종류

(1:사질토, 2:보통토, 3:점질토, 4:력질토, 5:전석토, 6:연암, 7:보통암)

바. 건습지의 구분 : 습지를 구분하여 입력(보통 : 1.0 , 습지 : 2.0)

사. 현장의 조건 : 현장의 작업조건 입력(양호:1.0, 보통:2.0, 불량:3.0)

아. 용배수로의 배치형태 : 설계자의 의도에 따라 용배수로 배치형태를 입력.

--> 0 으로 입력하면 중횡경사에 따라 배치형태를 결정하도록 되어 있다.

자. 옵션 : 반복계산 등의 옵션을 부여하도록 수정가능.

2. 출력의 예

개산 프로그램을 수행한 결과는 출력옵션에 따라 조정할 수 있도록 수정이 가능하도록 프로그램되어 있으나, 앞에서 언급한 일반적인 입력자료로부터는 다음과 같은 출력결과를 얻을 수 있다.

가. 정지토적의 계산 결과

나. 용배수로의 토공량

다. 용배수로의 계획고 및 낙차고

라. 지균공사비

마. 용배수로의 토공공사비

바. 용배수로의 구조물 물량 집계

사. 용배수로 구조물 공사비

아. 지급자재비

자. 총공사비의 집계

상세적산인 경우는 GIS 자료로부터 구한 입력치를 받아 계산을 수행하며, 그 결과는 정지토적의 계산과 그에 따른 지균공사비를 산정하여 출력한다.

** 정지토적 계산 예

ADJ. ELEV. AND VOLUME OF CUTTING

NEW L.N	G.L.	AREA	ADJ. EL.	V. OF CUT	N. LAB	LAB.	MACH.	DURUNG
1 - 1	60.00	2000.0	59.70	93.27	.00	25.00	68.27	100.00
1 - 2	59.60	2000.0	59.30	93.27	.00	25.00	68.27	100.00
1 - 3	59.20	2000.0	58.90	93.27	.00	25.00	68.27	100.00
1 - 4	58.80	2000.0	58.50	93.27	.00	25.00	68.27	100.00
1 - 5	58.40	2000.0	58.10	93.27	.00	25.00	68.27	100.00
1 - 6	58.00	2000.0	57.70	93.27	.00	25.00	68.27	100.00
1 - 7	57.60	2000.0	57.30	93.27	.00	25.00	68.27	100.00
1 - 8	57.20	2000.0	56.90	93.27	.00	25.00	68.27	100.00
1 - 9	56.80	2000.0	56.50	93.27	.00	25.00	68.27	100.00
1 - 10	56.40	2000.0	56.10	93.27	.00	25.00	68.27	100.00
SUM BL(1)		20000.0		932.73	.00	250.00	682.73	
50 - 1	41.75	2000.0	41.45	93.27	.00	25.00	68.27	100.00
50 - 2	41.35	2000.0	41.05	93.27	.00	25.00	68.27	100.00
50 - 3	40.95	2000.0	40.65	93.27	.00	25.00	68.27	100.00
50 - 4	40.55	2000.0	40.25	93.27	.00	25.00	68.27	100.00
50 - 5	40.15	2000.0	39.85	93.27	.00	25.00	68.27	100.00
50 - 6	39.75	2000.0	39.45	93.27	.00	25.00	68.27	100.00
50 - 7	39.35	2000.0	39.05	93.27	.00	25.00	68.27	100.00
50 - 8	38.95	2000.0	38.65	93.27	.00	25.00	68.27	100.00
50 - 9	38.55	2000.0	38.25	93.27	.00	25.00	68.27	100.00
50 - 10	38.15	2000.0	37.85	93.27	.00	25.00	68.27	100.00
SUM BL(50)		20000.0		932.73	.00	250.00	682.73	
TOTAL		1000000.		46637.	0.	12500.	34137.	

** 용배수로 토공량 계산 예

3rd IRRI. CAN.

No. : 40

STATION	DIST	MEAN DIST.	MBANKMENT AREA	VOLUME	CUTTING AREA	VOLUME	REUSE	NET BANKING	NET DISP.
0	.0	10.0	2.07	20.71	.04	.42	.42	20.29	.00
1	20.0	20.0	4.38	87.59	.00	.00	.00	87.59	.00
2	20.0	10.0	6.61	66.07	.00	.00	.00	66.07	.00
AFTER	.0	10.0	3.61	36.10	.00	.00	.00	36.10	.00
3	20.0	10.0	5.78	57.78	.00	.00	.00	57.78	.00
AFTER	.0	10.0	2.47	24.75	.00	.01	.01	24.74	.00
4	20.0	10.0	4.97	49.71	.00	.00	.00	49.71	.00
AFTER	.0	10.0	1.94	19.41	.06	.60	.60	18.80	.00
5	20.0	20.0	4.19	83.70	.00	.00	.00	83.70	.00
6	20.0	10.0	6.40	63.98	.00	.00	.00	63.98	.00
AFTER	.0	10.0	3.42	34.20	.00	.00	.00	34.20	.00
7	20.0	10.0	5.57	55.75	.00	.00	.00	55.75	.00
AFTER	.0	10.0	2.34	23.39	.01	.13	.13	23.26	.00
8	20.0	10.0	4.77	47.73	.00	.00	.00	47.73	.00
AFTER	.0	10.0	1.81	18.12	.08	.80	.80	17.31	.00
9	20.0	20.0	3.99	79.84	.00	.00	.00	79.84	.00
10	20.0	10.0	6.19	61.90	.00	.00	.00	61.90	.00
TOTAL	200.	200.0		830.72		1.97	1.97	828.75	.00

** 용배수로 계획고 계산 예

3ST IRRI. CANNEL...
IRRI. No. : 2

STA.	LENGTH	G. L.	DESIGN EL.	DROP
1	.00	59.50	59.40	.00
2	20.00	59.10	59.36	.00
3	20.00	58.70	58.83	.50
4	20.00	58.30	58.30	.50
5	20.00	57.90	57.76	.50
6	20.00	57.50	57.73	.00
7	20.00	57.10	57.20	.50
8	20.00	56.70	56.66	.50
9	20.00	56.30	56.13	.50
10	20.00	55.90	56.10	.00
11	20.00	55.50	56.06	.00

3ST DRAIN. CANNEL...
DRAIN. No. : 40

STA.	LENGTH	G. L.	DESIGN EL.	DROP
1	.00	41.75	40.80	.00
2	20.00	41.35	40.40	.37
3	20.00	40.95	40.00	.37
4	20.00	40.55	39.60	.37
5	20.00	40.15	39.20	.37
6	20.00	39.75	38.80	.37
7	20.00	39.35	38.40	.37
8	20.00	38.95	38.00	.37
9	20.00	38.55	37.60	.37
10	20.00	38.15	37.20	.37
11	20.00	37.75	37.16	.00

** 지균 공사비 계산 예

COST OF ADJ. LEVEL

DIV.	SIZE	Q-TY	UNIT	TOTAL		LABOUR		MATERIAL		MACHINE	
				UNIT	COST	UNIT	COST	UNIT	COST	UNIT	COST
GRADING LABOUR		12500.	m ³	1936.	24200000.	1936.	24200000.	0.	0.	0.	0.
GRADING MACHINE		34136.	m ³	620.	21164320.	194.	6622384.	107.	3652552.	319.	10889380.
DURUNG BH-0.4		9000.	m ³	2108.	18972000.	1833.	16497000.	56.	504000.	219.	1971000.
S. GRADING		82819.	m ²	701.	58056120.	701.	58056120.	0.	0.	0.	0.
TOTAL					122392400.		105375500.		4156552.		12860380.

** 용배수로 토공비 계산 예

COST OF 2nd DRAINAGE CANNEL

DIV.	SIZE	Q-TY	UNIT	TOTAL		LABOUR		MATERIAL		MACHINE	
				UNIT	COST	UNIT	COST	UNIT	COST	UNIT	COST
NET BANK.	MACH.	6035.	m ³	783.	4725405.	245.	1478575.	135.	814725.	403.	2432105.
..	LABR.	671.	m ³	8748.	5869908.	8748.	5869908.	0.	0.	0.	0.
NET CUTT.	MACH.	7577.	m ³	455.	2745925.	184.	1110440.	44.	265540.	227.	1369945.
..	LABR.	842.	m ³	3683.	3101086.	3683.	3101086.	0.	0.	0.	0.
RESUE	CROSS.	8007.	m ³	275.	2201925.	86.	688602.	47.	376329.	142.	1136994.
DISP.	MACH.	370.	m ³	291.	107670.	91.	33670.	50.	18500.	150.	55500.
..	LABR.	42.	m ³	3453.	145026.	3453.	145026.	0.	0.	0.	0.
TOTAL					18896940.		12427310.		1475094.		4994544.

** 용배수로 구조물 물량 계산 예

TOTAL QT OF STRUCTURES ... 2nd IRR. CANAL

DIVIS	MAT	UNIT	DIVIS 40. EA	END F 10. EA	SYPH 40. EA	SUM
EXCAVATION	MACHINE	m ³	699.1	162.9	2559.6	3421.0
...	LABOUR	m ³	77.7	18.1	284.4	380.0
BACKFILL	MACHINE	m ³	559.1	135.9	2047.7	2742.0
...	LABOUR	m ³	62.1	15.1	227.5	304.0
DISPOSAL	LABOUR	m ³	155.6	30.0	568.8	754.0
CONC(B180)	OVER 10	m ³	.0	.0	455.2	455.0
CONC(B180)	UNDER 3	m ³	23.6	16.0	.0	39.0
CONC(B130)	OVER 10	m ³	.0	.0	39.6	39.0
CONC(B130)	UNDER 3	m ³	19.6	4.9	.0	24.0
FORM(4)	OVER 10	m ²	.0	.0	3140.0	3140.0
FORM(4)	UNDR 10	m ²	388.0	142.0	.0	530.0
STEEL-BAL	OVER 10	Kg	.0	.0	21000.0	21000.0
STEEL-BAL	UNDR 10	Kg	1920.0	500.0	.0	2420.0
BED SANDS	...	m ³	48.0	11.0	120.0	179.0
HUME-PIPES	D200	m	300.0	.0	.0	300.0
HUME-PIPES	D400	m	.0	50.0	.0	50.0
HUME-PIPES	D600	m	.0	.0	500.0	500.0
WIREMESH	#8	m ²	123.2	30.8	247.6	401.0
GATES	0.4X0.4	EA	40.0	.0	.0	40.0
SPINDLE	D-25	m	40.0	.0	.0	40.0
ELEVATOR	1-1	EA	40.0	.0	.0	40.0

** 용배수로 구조물 공사비 계산 예

COST OF 1st DRAI. CANAL

DIV.	SIZE	Q-TY	UNIT	TOTAL		LABOUR		MATERIAL		MACHINE	
				UNIT	COST	UNIT	COST	UNIT	COST	UNIT	COST
EXCAVATION	MACH.	12195.	m ³	548.	6682860.	222.	2707290.	53.	646335.	273.	3329235.
.....	LABOUR	1355.	m ³	4604.	6238420.	4604.	6238420.	0.	0.	0.	0.
BACKFILL	MACH.	8446.	m ³	412.	1410482.	167.	1410482.	40.	3670394.	205.	1731430.
.....	LABOUR	938.	m ³	3913.	3670394.	3913.	3670394.	0.	0.	0.	0.
DISPOSAL	LABOUR	4166.	m ³	3453.	14385200.	3453.	14385200.	0.	0.	0.	0.
CONCRETE	B180-H	3263.	m ³	65875.	214950100.	49440.	161322700.	10764.	35122930.	5671.	18504470.
CONCRETE	B180-L	86.	m ³	82646.	7107556.	67084.	5769224.	10441.	897926.	5121.	440406.
CONCRETE	B130-H	1014.	m ³	49787.	50484020.	33025.	33487350.	10981.	11134730.	5781.	5861934.
CONCRETE	B130-L	6.	m ³	78327.	469962.	62560.	375360.	10575.	63450.	5192.	31152.
FORM	OVR-10	15297.	m ²	12758.	195159100.	6932.	106038800.	5806.	88814380.	20.	305940.
FORM	UND-10	559.	m ²	14811.	8279349.	8985.	5022615.	5806.	3245554.	20.	11180.
STEEL	OVR-10	151704.	Kg	218.	33001550.	217.	32919770.	0.	51057.	0.	30721.
STEEL	UND-10	4960.	Kg	275.	1361714.	274.	1359040.	0.	1669.	0.	1004.
SAND BED	LABOUR	45.	m ³	21495.	967275.	9759.	439155.	7714.	347130.	4022.	180990.
HUME-PIPE	D800	100.	m	47116.	4711600.	38018.	3801800.	640.	64000.	8458.	845800.
WIREMESH	# 8	5041.	m ²	1128.	5686248.	267.	1345947.	861.	4340301.	0.	0.
TOTAL					554565900.		380293600.		148399900.		31274260.

** 지급자자비 계산 예

COST OF MATERIALS

MATERIAL	SIZE	QTY	UNIT	U. COST	T. COST
CEMENT	40kg/BAG	79205.	bag	1923.	152311800.
HUME-PIPE	D200	300.	m	6213.	1863900.
HUME-PIPE	D400	315.	m	10753.	3387038.
HUME-PIPE	D600	1100.	m	19912.	21902760.
HUME-PIPE	D800	100.	m	34919.	3491900.
CONC-PIPE	D500	200.	m	13327.	2665400.
STEEL-BAR	D10	60.	ton	265550.	16036560.
STEEL-BAR	D13	228.	ton	261220.	59605180.
STEEL-BAR	D16	31.	ton	256870.	7928036.
TOTAL					269192600.

** 총 공사비 집계 예

TOTAL COST OF CONSTRUCTION

SIZE	GRADING	ROUTE(SOIL)	ROUTE(STRUCTURE)	MATERIAL	SUM
100.X 20.	122392400.	200687400.	1684550000.	269192600.	2276822000

** 상세적산의 정지토적계산 예

CAL. OF 1ST ADJ. ELEVATION.

O.L.	L.N.	AREA	HEIGHT	DEL H.	MASS1	ELEV.1	ELEV.2	DEL.H	MASS2	NET.L	LABOUR	MACHINE	LEVEE

	1												
	1	788.	41.50	.50	394.00								
	2	69.	42.00	1.00	69.00			.46	31.72				
TOATL		857.	41.00	.54	463.00	41.54			31.72	.00	10.71	21.01	80.00

	3												
	2	772.	42.00	1.00	772.00			.10	79.19				
	1	287.	41.50	.50	143.50								
	3	185.	42.00	1.00	185.00			.10	18.98				
	5	155.	42.00	1.00	155.00			.10	15.90				
TOATL		1399.	41.00	.90	1255.50	41.90			114.06	.00	17.49	96.57	80.00

	5												
	1	1104.	41.50	.50	552.00								
	4	347.	41.50	.50	173.50								
	8	159.	41.50	.50	79.50								
	6	387.	41.50	.50	193.50								
TOATL		1997.	41.00	.50	998.50	41.50			.00	.00	.00	.00	80.00

	8												
	1	406.	41.50	.50	203.00								
	5	452.	42.00	1.00	452.00			.34	154.70				
	7	178.	42.00	1.00	178.00			.34	60.92				
	8	577.	41.50	.50	288.50								
	11	258.	41.50	.50	129.00								
	6	126.	41.50	.50	63.00								
TOATL		1997.	41.00	.66	1313.50	41.66			215.63	.00	24.96	190.66	80.00
=====													
SUM									514.96	.00	78.14	436.83	

** 상세적산의 지균공사비 출력 예

COST OF ADJ. LEVEL

DIV.	SIZE	Q-TY	UNIT	TOTAL		LABOUR		MATERIAL		MACHINE	
				UNIT	COST	UNIT	COST	UNIT	COST	UNIT	COST
GRADING	LABOUR	78.	m ³	7205.	561990.	7205.	561990.	0.	0.	0.	0.
GRADING	MACHINE	436.	m ³	2123.	925628.	664.	289504.	368.	160448.	1091.	475676.
DURUNG	BH-0.4	144.	m ³	2108.	303552.	1833.	263952.	56.	8064.	219.	31536.
	S. GRADING	285.	m ²	701.	199785.	701.	199785.	0.	0.	0.	0.
TOTAL					1990955.		1315231.		168512.		507212.

COST OF GRADING

TOTAL	C. OF LAB	C. OF MAT	C. OF MACH
1990955.	1315231.	168512.	507212.

5.4 계산에 의한 경지정리 공사비의 분석

공사비의 분석을 위하여 대상지역의 횡방향 경사도는 1/400, 면적은 100 ha 로 가정하여 정지비, 용배수로의 공사비 및 지급자재비를 각각 비교검토하였다. 여기서는 가설공사비와 증기운반비, 일반관리비 등의 간접비용은 제외하였다.

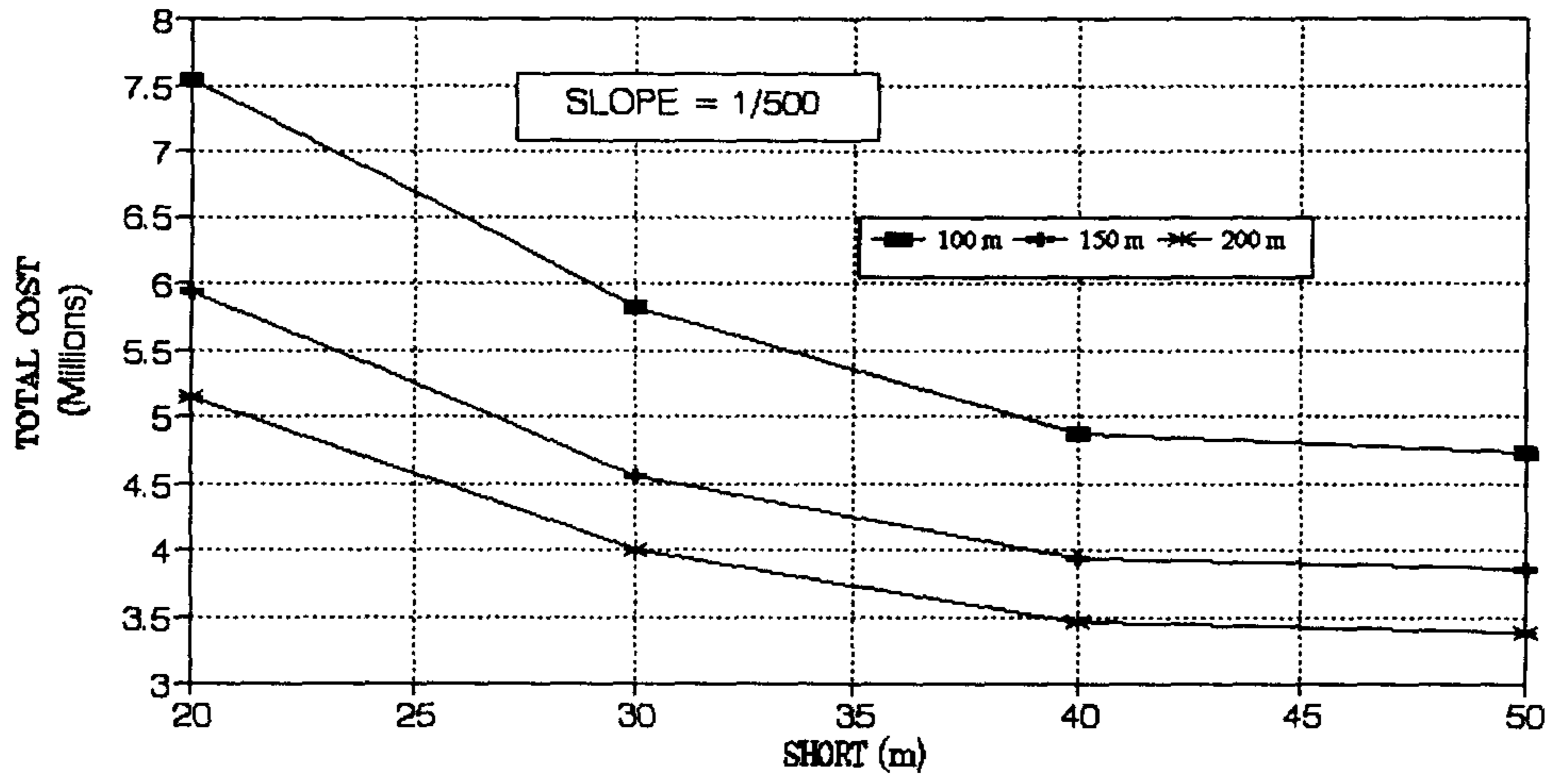
5.4.1 구획의 크기에 따른 비용분석

용배수로의 배치형태는 가장 일반적인 TYPE 4로 하고, 종방향 경사도가 1/500, 1/50 일 때, 장변은 100 ~ 200 m, 단변의 길이는 20 ~ 50 를 달리하여 각각의 공사비를 검토하였다. 그림 5-9는 각각의 전공사비를 비교한 것이다. 경사도가 1/500 인 경우가 1/50 인 경우보다 전체적으로 공사비는 적게 드는 것을 알 수 있다. 또한, 경사도에 관계없이 장변과 단변이 길수록 공사비는 감소하게 되는 것을 알 수 있다. 단변의 길이가 증가할 수록 공사비는 급격하게 감소하다가 약 30 ~ 40 m 이후에는 거의 공사비의 감소가 추세가 적어짐을 알 수 있다. 따라서, 경사도가 1/500 인 경우는 단변을 50 m, 1/50 인 경우는 단변을 40 m 로 취하면 공사비 측면에서 유리한 것을 알 수 있다.

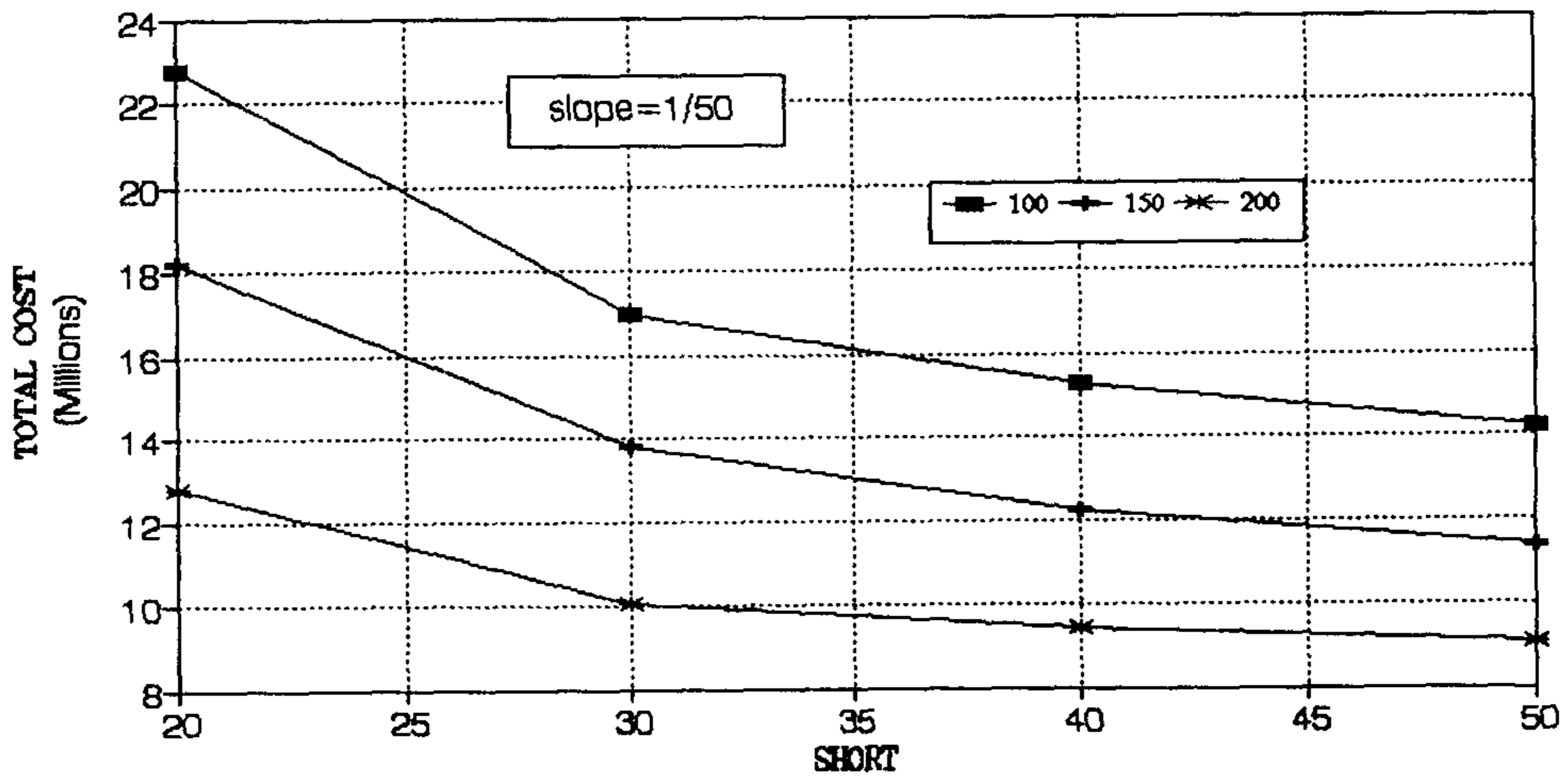
그림 5-10은 정지비용을 비교한 것이다. 경사도가 1/500 일 때는 장변이 150 m, 단변이 30 m 일 때 정지비용은 최소가 됨을 알 수 있다. 반면, 1/50 인 경우는 장변과 단변의 길이가 클수록 정비비용은 점차 증가하는 것을 알 수 있다.

그림 5-11은 용배수로의 공사비를 비교한 것이다. 전체적으로 장·단변의 길이가 커질수록 용배수로의 공사비는 감소하는 것을 알 수 있다. 이는 장·단변의 길이가 커짐에 따라 전체적인 구조물 물량이 감소하기 때문이다.

그림 5-12는 자재비용을 비교한 것으로, 장·단변의 길이가 커질수록 자재비용은 감소하는 것을 알 수 있다. 이는 장·단변의 길이가 커짐에 따라 구조물의 수량이 감소하기 때문이다.



(a)

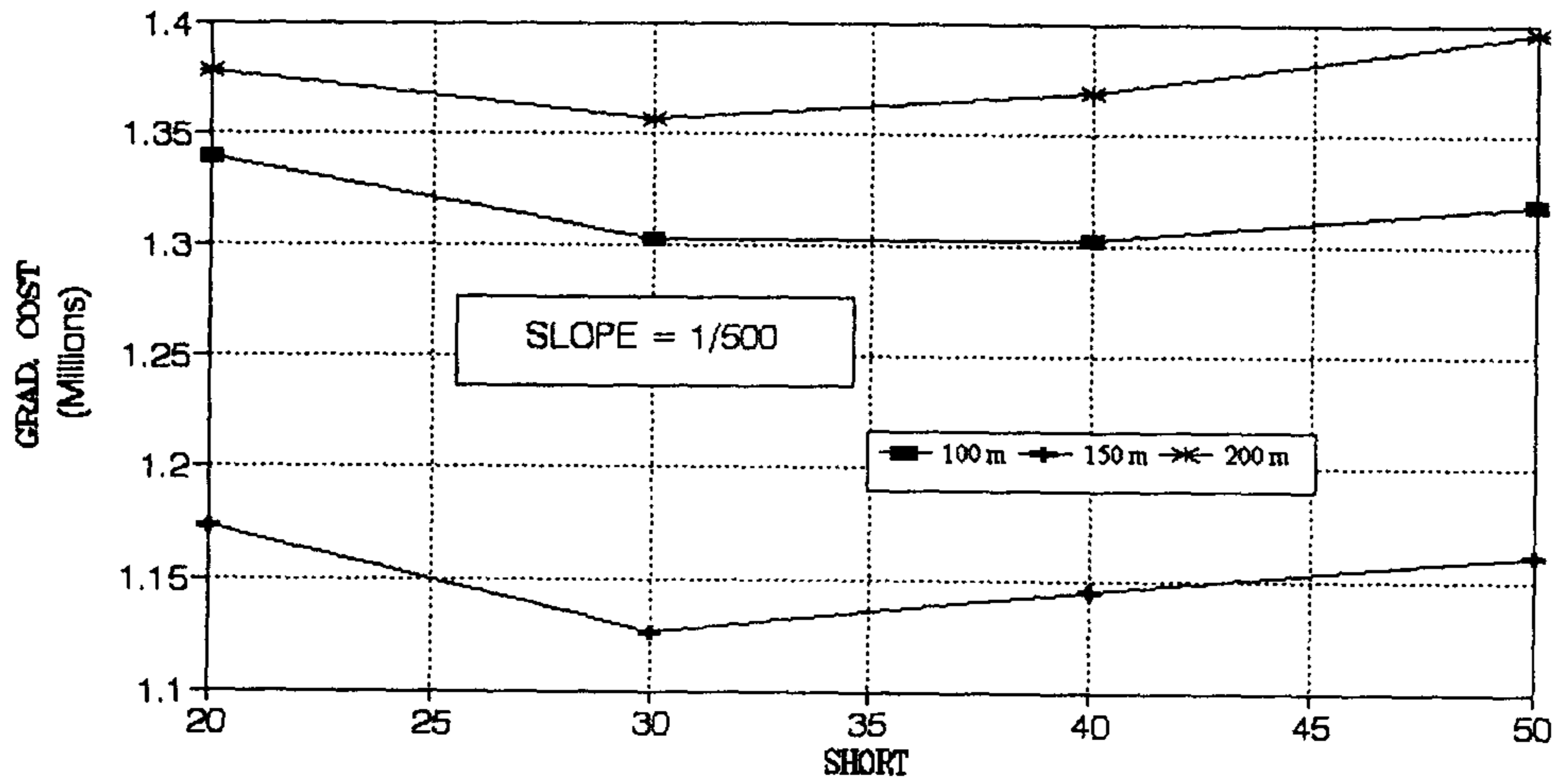


(b)

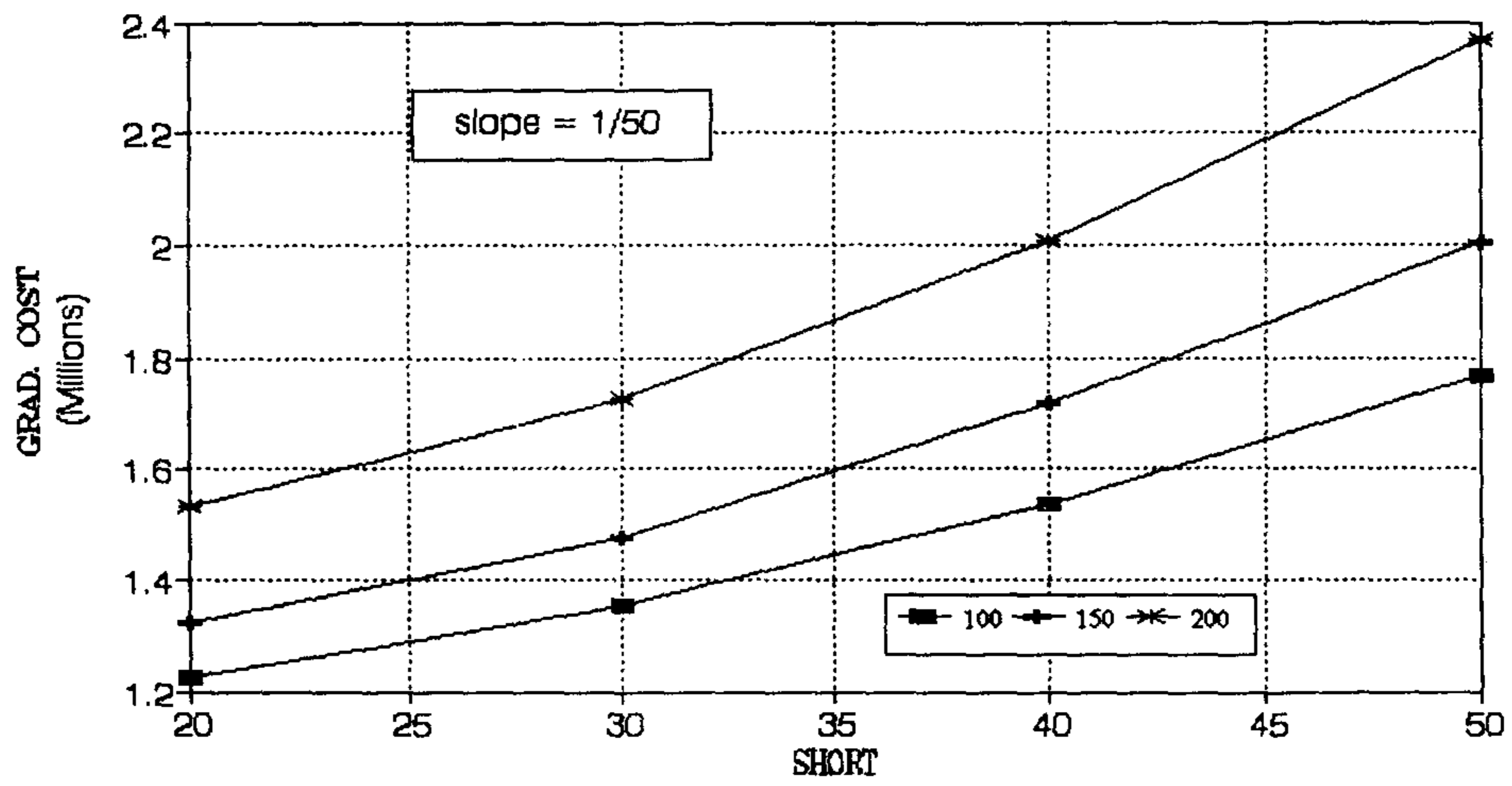
그림 5-10 구획의 크기에 따른 전공사비의 비교

(a) SLOPE = 1/500

(b) SLOPE = 1/50



(a)

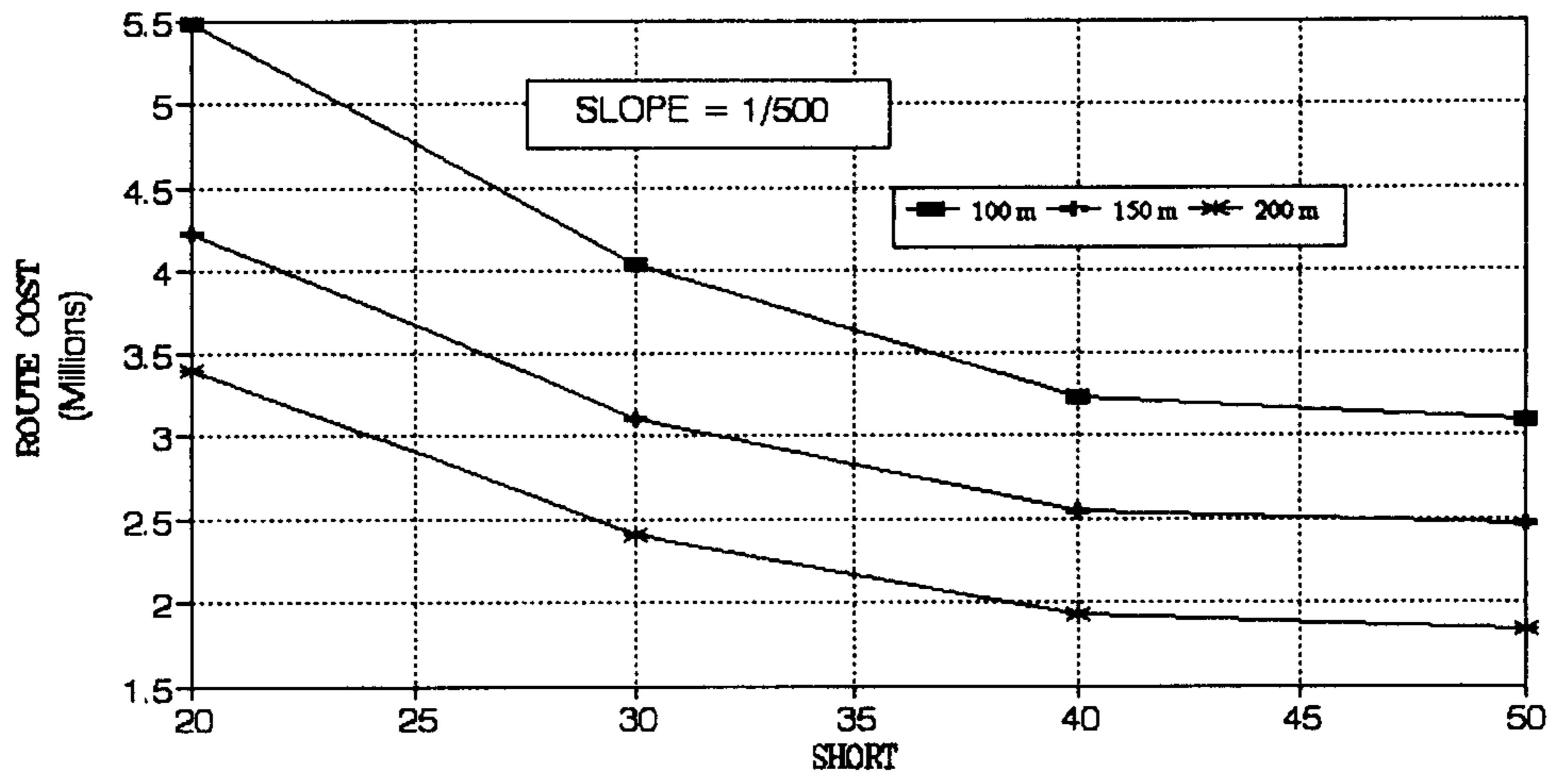


(b)

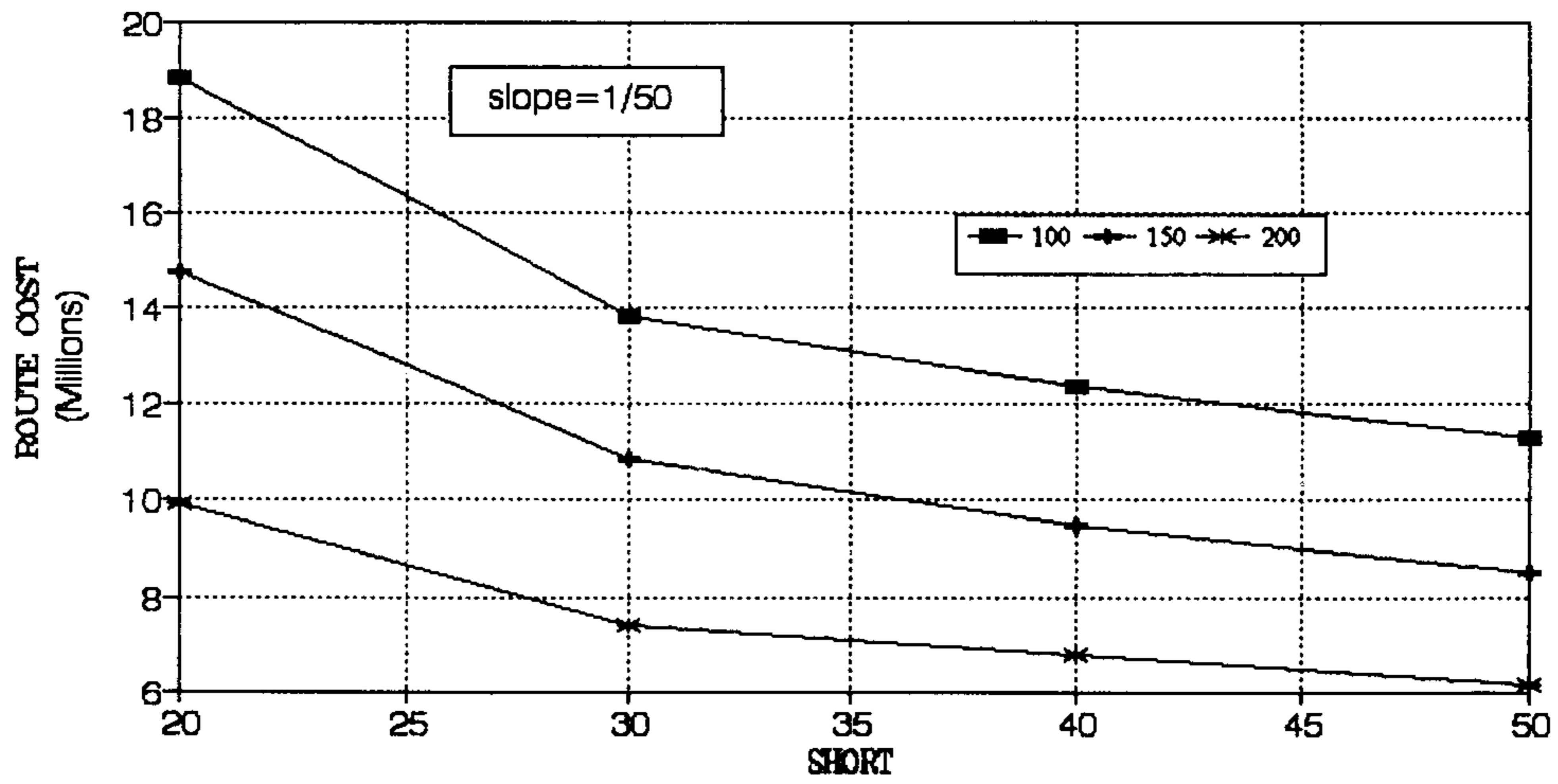
그림 5-11 구획의 크기에 따른 정지비의 비교

(a) SLOPE = 1/500

(b) SLOPE = 1/50



(a)

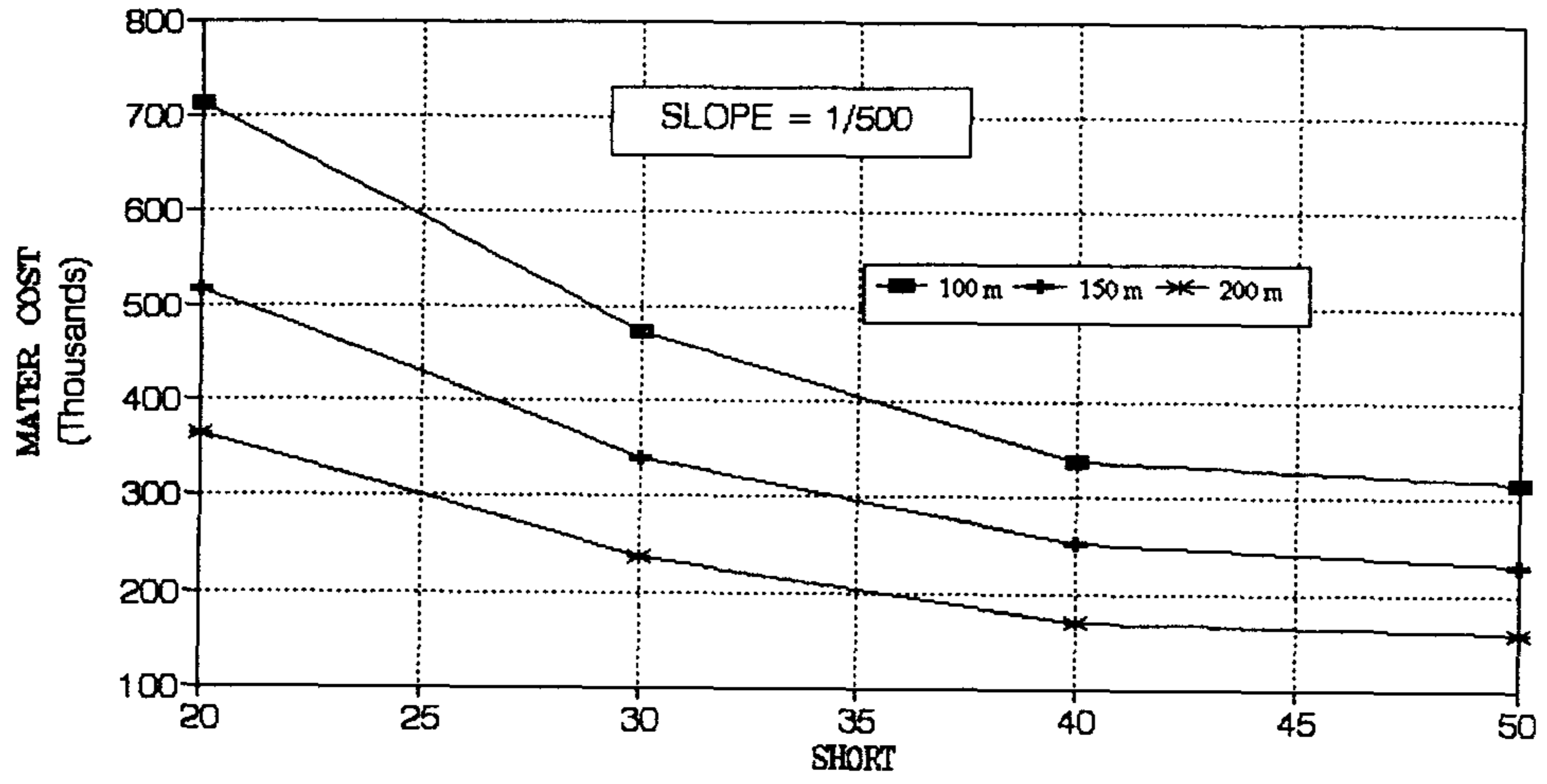


(b)

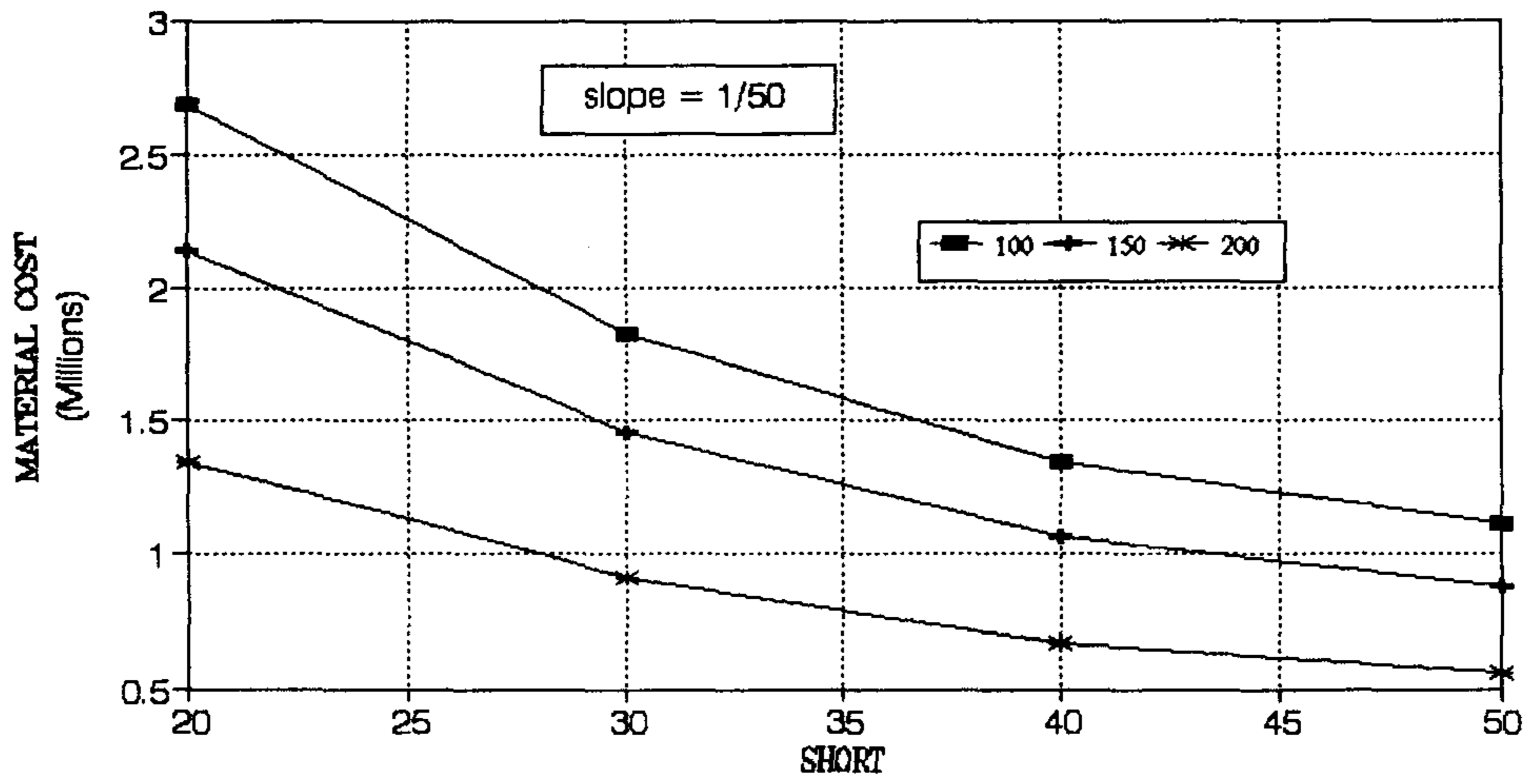
그림 5-12 구획의 크기에 따른 용배수로 공사비의 비교

(a) SLOPE = 1/500

(b) SLOPE = 1/50



(a)



(b)

그림 5-13. 구획의 크기에 따른 자재비의 비교

(a) SLOPE = 1/500

(b) SLOPE = 1/50

5.4.2 용배수로 배치형태에 따른 비용의 분석

용배수로의 배치형태에 따른 공사비의 검토는, 종방향 경사도가 1/500 인 경우에 대하여 장변이 100 m 일 때, 단변의 길이에 따른 각각의 비용을 비교하였다.

그림 5-14는 단변의 변화에 따른 전공사비를 도시한 것이다. 단변이 적은 경우에는 배치형태에 거의 영향을 받지 않는 것으로 나타나고 있으나, 단변이 길어지는 경우에는 용배수로의 배치형태에 상당한 영향을 받는 것을 알 수 있다.

그림 5-15는 용배수로 배치형태에 따른 정지비를 도시한 것으로, 정지비는 용배수로의 배치형태에 무관하게 나타났다. 이는 구획의 크기가 정해지고 경사도가 일정한 경우에는 지균량이 동일하기 때문이다.

5.4.3 경사도에 따른 비용의 분석

종방향의 경사도에 따라 공사비를 검토하기 위하여 장변이 일정한 경우에 대하여 단변의 길이를 변화시켜 각각의 공사비를 비교하였다.

그림 5-16은 경사도에 따른 전공사비를 검토한 것이다. 경사도가 급할수록 전공사비는 증가하는 경향을 나타내고 있는데, 단변이 길면 계속 공사비의 증가를 보이는 반면, 단변이 짧은 경우에는 증가율이 둔화되는 경향을 보인다. 따라서, 단변의 길이에 따라 공사비 측면에서 유리한 단변의 존재를 확인할 수 있다.

그림 5-17은 경사도에 따른 정지비를 비교한 것이다. 완경사인 경우는 장변을 길게, 급경사인 경우는 단변을 짧게 하는 것이 정지비 측면에서 유리한 것으로 나타나고 있다.

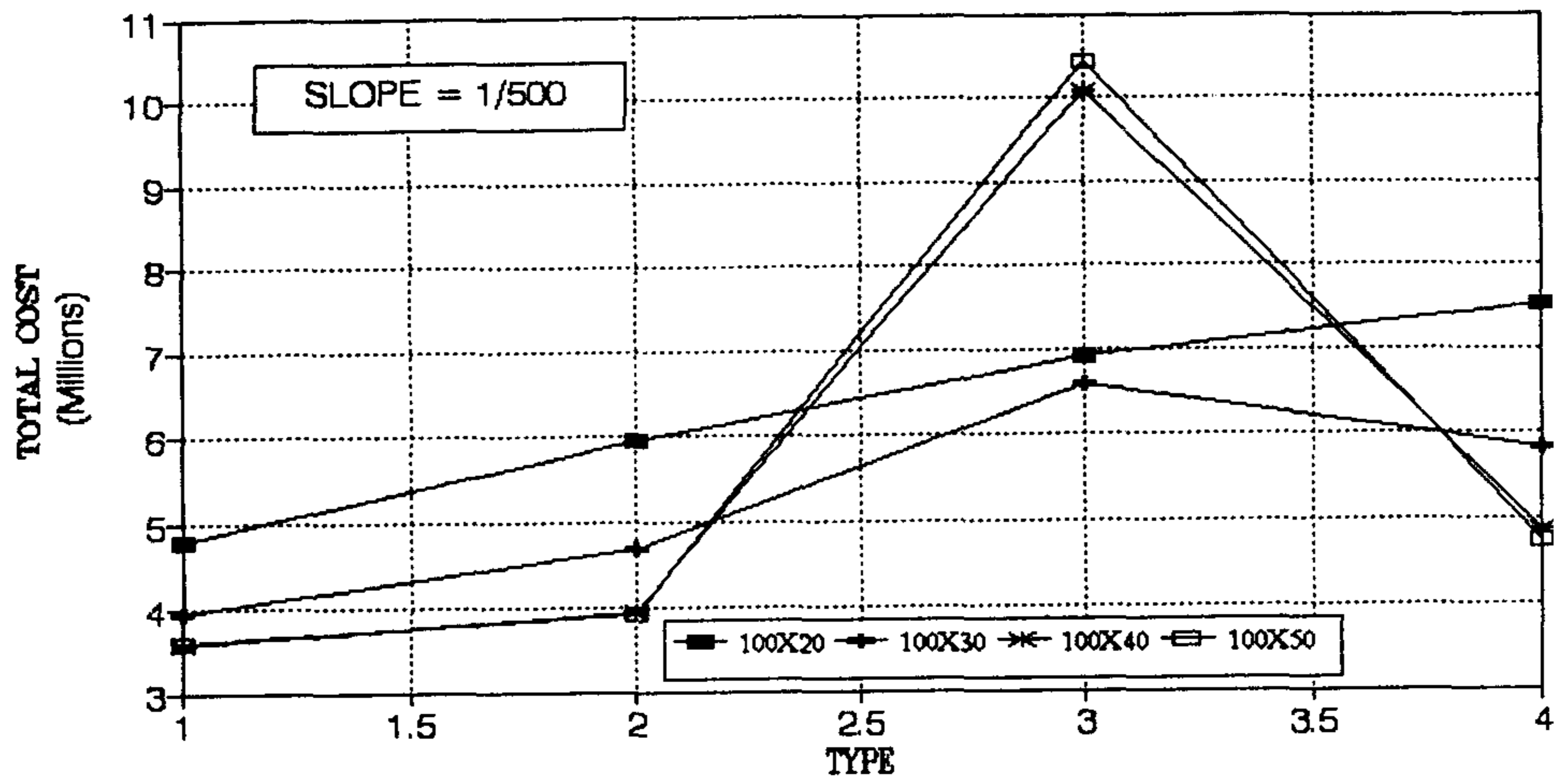


그림 5-14. 용배수로 배치형태에 따른 전공사비의 비교

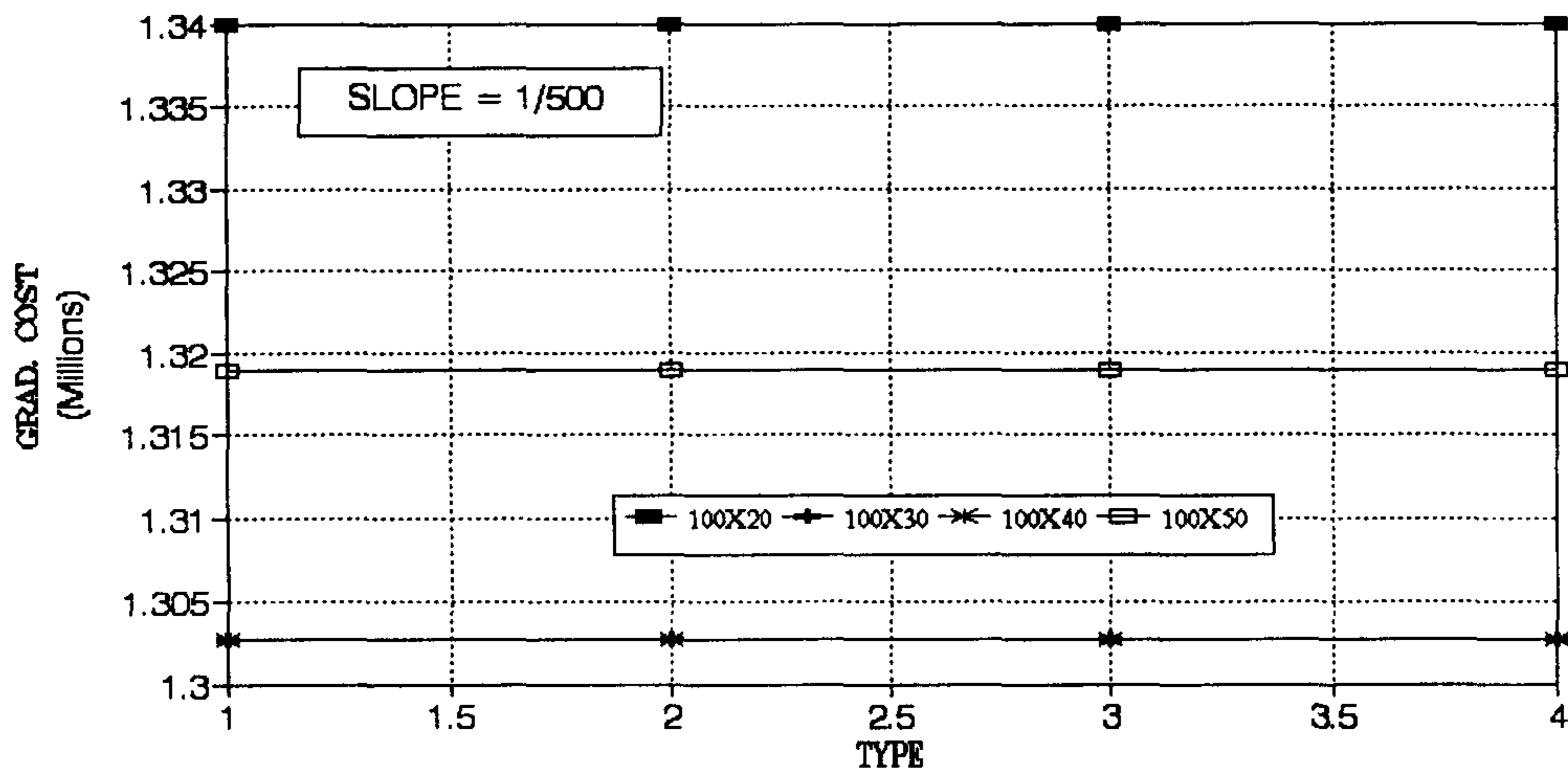


그림 5-15. 용배수로 배치형태에 따른 정지비의 비교

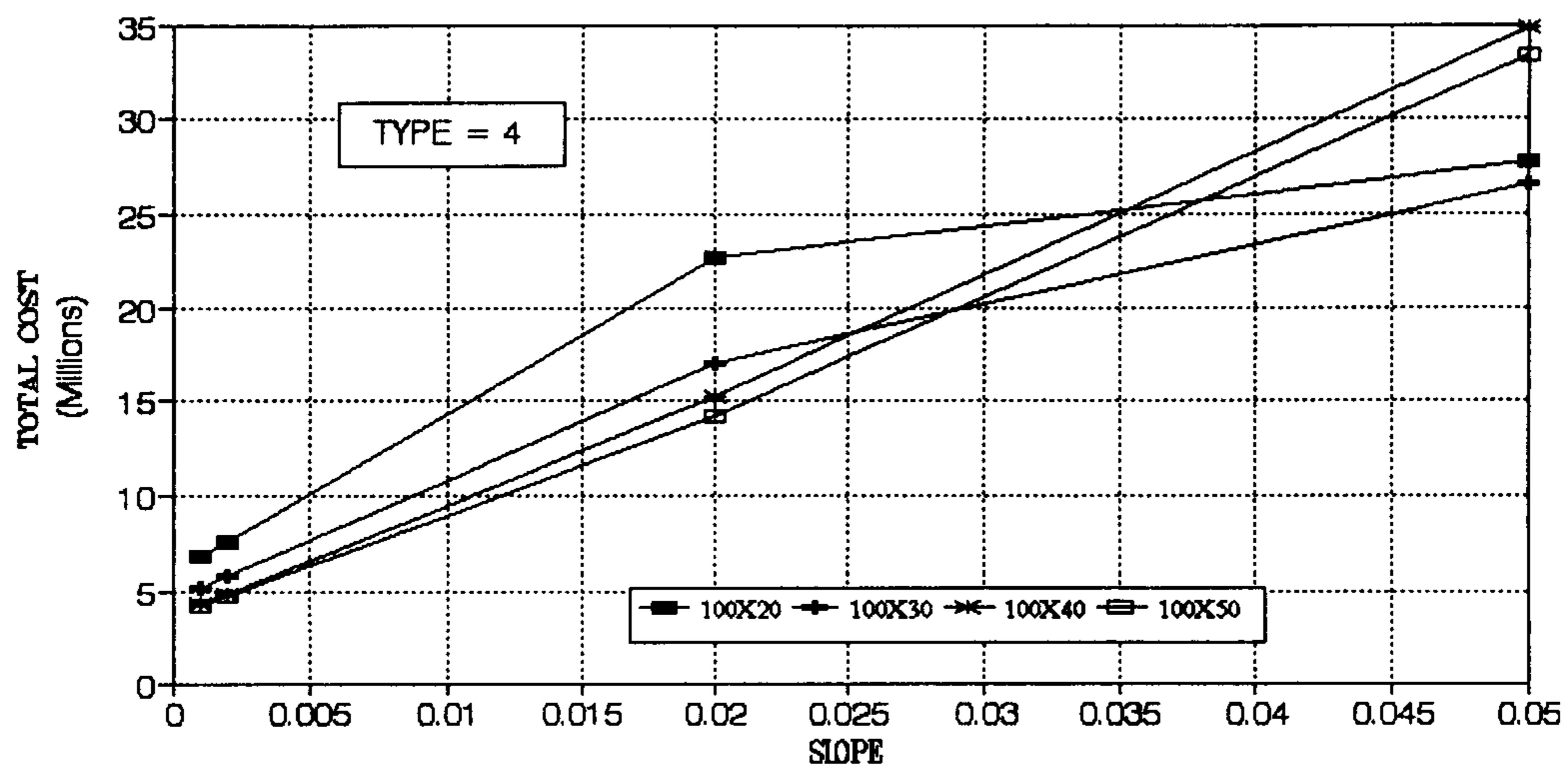


그림 5-16. 경사도에 따른 전공사비의 비교

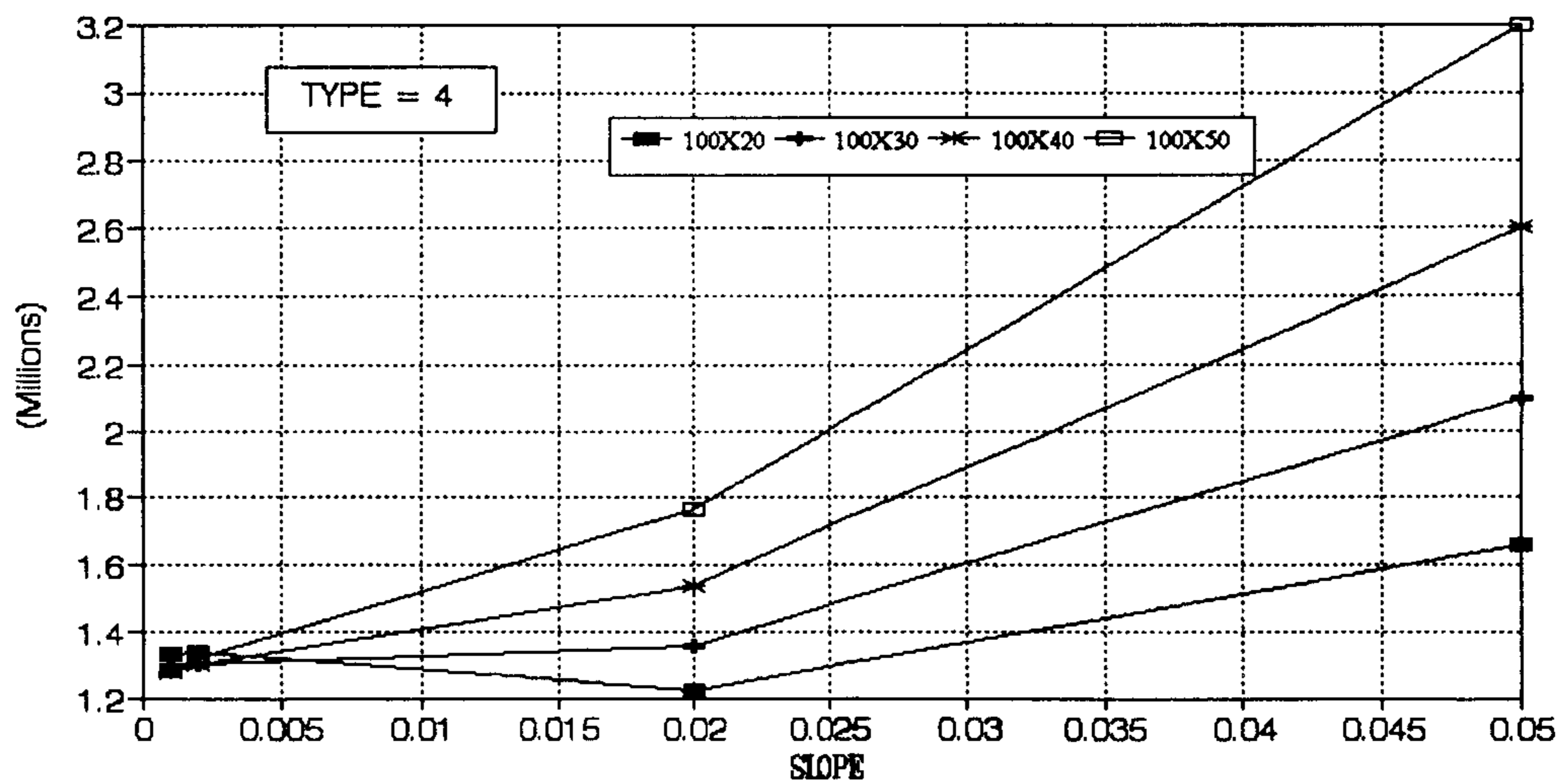


그림 5-17. 경사도에 따른 정지비의 비교

5.5 요약 및 결론

경지정리의 최적설계를 위하여 적합한 방법으로 신속하게 공사비를 구하는 것은 설계나 적산업무에서 가장 중요한 작업일 것이다. 우선 경지정리의 시행검토를 위한 개략적인 공사비를 구할 수 있는 프로그램을 개발하여 수행한 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 개발된 프로그램을 이용하면 경사도, 경구의 크기, 용배수로의 배치형태, 흙의 현장조건 등을 감안한 공사비를 산정할 수 있다.
2. 횡방향 경사도가 약 1/400 인 지역의 공사비를 분석한 결과에 의하면(가설공사비, 중기운반비, 간접비용은 제외)

가. 구획의 크기에 따른 분석

- 완경사인 경우는 경구의 크기가 커질수록 공사비는 절감되는 것으로 나타났다으며, 비교적 급경사인 지역에서는 비용이 최소가 되는 단변의 길이를 구할 수 있는 것으로 나타났다.
- 횡방향 경사도가 1/400 인 지역에서, 종방향 경사도가 1/500 인 경우는 경구의 크기가 200×40 ~ 200×50, 경사도가 1/50 인 경우에는 200×30, 경사도가 1/25 인 경우는 경구의 크기가 200×20 일 때 공사비 측면에서 가장 유리한 구획크기로 나타났다.

나. 용배수로의 배치형태에 따른 분석

- 아주 완경사인 경우는 TYPE 1 이나 TYPE 2 가 공사비면에서 유리한 것으로 나타났으며, 일반적인 경사도에서는 TYPE 4 가 가장 적당한 것

으로 판단되었다.

다. 경사도에 따른 비용분석

장변의 길이를 고정한 상태에서 단변의 길이를 산정하기 위하여 각각의 단변에 대한 공사비를 분석한 결과, 경사도가 1/100 이상에서는 단변의 길이가 30 m 정도가 가장 적합하며, 1/100 이하의 경사도에서는 단변은 40 ~ 50 m로 하는 것이 공사비 측면에서 가장 유리한 것으로 나타났다.

3. 본 연구에서 개발된 프로그램은 공사의 시행검토를 위한 개산공사비의 적산을 위하여 본문에서 언급한 현장조건이 입력되어 있다. 따라서, 현장의 조건이 변하는 경우에는 조건을 수정하여 사용하여야 한다. 또한, 상세적산을 위하여 사용할 경우에는 부프로그램을 약간 수정하면 쉽게 사용할 수 있을 것으로 사료된다.

제 6 장. GIS와 전문가시스템을 이 용한 경지정리 설계

6.1. GIS 소개

지리 및 토지 정보 시스템(GIS, Geographical Information System)이란 정보 시스템에 지형 자료가 첨가된 형태의 시스템으로서, 종이지도 또는 원도를 전산처리가 가능하도록 수치로 전환하여 컴퓨터에 입력하고 그 위에 토지, 자원, 시설물, 환경, 사회, 경제, 통계 등 관련 정보를 체계적으로 입력하여 각종 의사결정에 활용하는 시스템을 말한다. GIS는 자료가 데이터베이스 내에서 수치형태로 처리되므로 많은 양의 자료가 빠른 속도와 적은 비용으로 관리되고, 검색될 수 있고, 자료들을 다양한 방법과 관점에서 통합하여 모델링 함으로써 새로운 정보를 창출할 수 있다.

GIS의 다른 용어로는 LIS(Land Information System), UIS(Urban Information System) 등으로 쓰이기도 하며, 시설물 관리나 지적관리 등과 같이 특별한 목적으로 사용할 때에는 AM/FM(Automated Mapping/Facilities Management), MPC(Multi Purpose Cadaster) 등으로 불리기도 한다. 대표적인 소프트웨어로는 ARC/INFO, IDRISI, GRASS, GEOMAP, CARIS, SYMAP 등이 있으며, 현재 널리 사용되는 것으로는 ARC/INFO와 IDRISI가 있다.

일반적인 GIS의 시장수요로는 중앙정부나 지방정부 등의 관공서가 대부분을 차지하며, 시설관리, 지구자원분석, 지도제작 등에도 그 수요가 있다. GIS는 GPS(Global Positioning System)를 이용한 자동항법체계나, 망분석 및 모의실험,

천연가스 및 광물개발, 산림자원의 관리 및 보수, 지하수 오염의 모델링 및 오염추적 등의 환경영향평가 및 감시, 건물의 유지 및 하자보수, 지하철의 선로관리, 폐기물 처리장소의 최적지 결정 및 분석, 부동산 정보관리, 교통 및 도시계획 등 여러 곳에 이용되고 있으며, 그 응용분야는 확대될 전망이다.

현재 우리 나라에서는 UIS와 FM을 중심으로 도시지역을 대상으로 GIS를 도입하거나, 전동차의 선로관리, 도로의 보수 및 관리 등에 ARC/INFO를 사용하는 초보적인 수준이다.

6.2. GIS 자료구축 장비 및 software

GIS를 위한 지형정보 DB를 구축하기 위해 사용된 디지타이저(digitizer)는 Summergraphics MM Series Tablet을 사용하였다. 크기는 12inch×12inch로, 4개의 button을 가지고 있는 것이다. 이를 ACAD에서 받아들여 ARC/INFO에서 사용할 수 있는 파일로 변환시킨 후, 여기에 속성자료를 첨가하여 경지정리에 사용하였다.

디지타이징을 위한 소프트웨어로는 ACAD ver.11을 사용하였다. 여기서 받아들여진 정보를 ARC/INFO용 파일 포맷으로 변환시킨다.

GIS용 시스템으로는 대표적인 것이 ARC/INFO와 IDRISI가 있다. IDRISI는 레스터자료 중심의 GIS 시스템으로, 미국 Clark 대학교 대학원 지리학과에서 개발하였다. 주로 원격탐사(Remote Sensing)에서 얻은 자료를 분석하는데 사용하는 시스템으로, PC상에서 운용되는 것이 대부분이며, 벡터형의 자료를 주로 가지게 되는 경지정리에는 적합하지 않은 단점이 있다. ARC/INFO는 벡터자료중심의 GIS 시스템으로 미국의 ESRI에서 개발한 것으로 workstation과 PC상에서 널리 사용되고 있다. 지형자료를 표시하는 ARC(벡터자료의 line 성분)와 속성자료를 표시하는

INFO (Information)가 결합된 것으로, 현재 우리 나라 뿐만 아니라 전 세계적으로 보급된 대표적인 GIS 팩키지로서, 강력한 자료분석도구를 가지고 있고, ACAD에서 얻은 자료를 변환하는 것이 용이하여 많이 사용되고 있다. 본 연구에서도 PC ARC/INFO를 사용하여 경지정리를 수행하였다.

PC ARC/INFO는 IBM PC 486에 설치되었으며, 원하는 출력을 보기 위하여 플로터가 아닌 PostScript기능이 있는 LazerJet 4 프린터를 사용하였다.

이들을 연결하여 표시한 것이 그림 6-1이다.

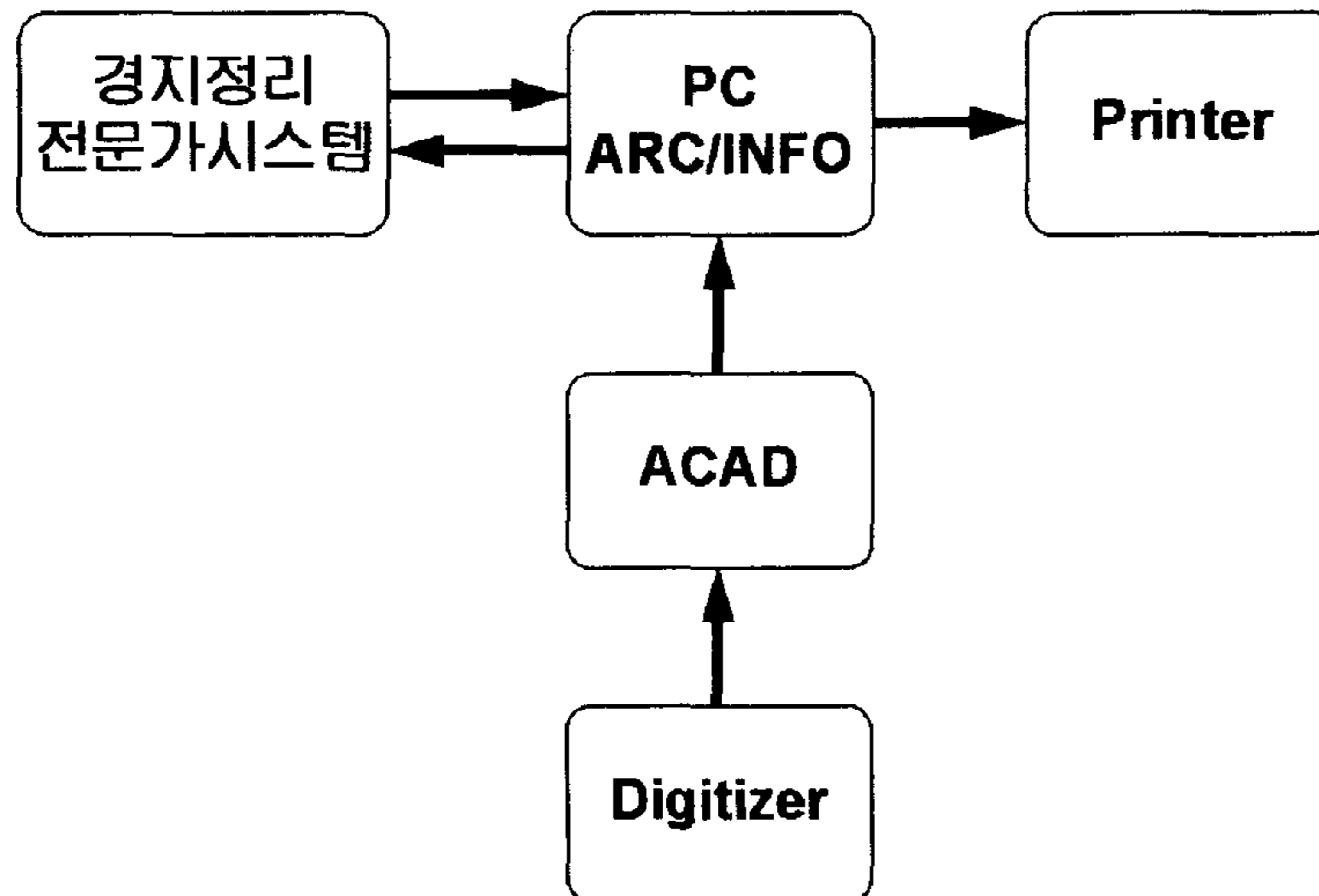


그림 6-1. GIS를 위한 S/W 와 H/W

6.3. ARC/INFO를 이용한 GIS 정보구축

6.3.1 지형정보의 입력

경지정리를 위한 지도는 육안으로 각각의 필지를 확인할 수 있을 정도가 되어

야 하므로 최소한 1:5,000이거나 그 이하가 되어야 한다. 현재 농어촌진흥공사에서 보유하고 있는 지형정보자료는 1:25,000 과 1:50,000 축척의 지도뿐이고, 1:5,000의 지도는 보유하지 있지 않다. 또한, 그에 해당하는 ARC/INFO Archive File Format의 자료를 구비하고 있지 않은 관계로, 국립지리원에서 1977년에 제작한 1:5,000 축척의 지도를 사용하였다.

대상지역은 세 곳으로 설정하였는데, 경기도 여주군에 있는 상대리와, 우곡리, 그리고 효지리의 일부분을 디지털화하였다. 선정된 지역은 모두 경지정리가 되지 않은 지역으로, 세 곳 모두 하천이 옆으로 지나가고 있는 지역이다. 이는 관개시에 물을 확보하기 위하여 선정하였다. 이들 중 우곡리는 완전한 평야지역이고, 상대리는 약간의 경사도가 있으며, 효지리는 경사도(1/162)의 완경사지다. 또한 선정된 지역 내에는 경지정리가 되지 않은 논 이외에도 중간중간에 밭 또는 그 이외의 지역(과수원 등)이 존재하여, 이는 경지정리를 하고 난 후 모두 논으로 바뀐다고 가정하였다. 기존의 농로가 존재할 경우에도 경지정리 후 새로운 농로로 대체되는 것으로 가정하였다. 그림 6-2는 디지털타이저를 이용한 지형정보를 입력하는 장면을 보여주고 있다.

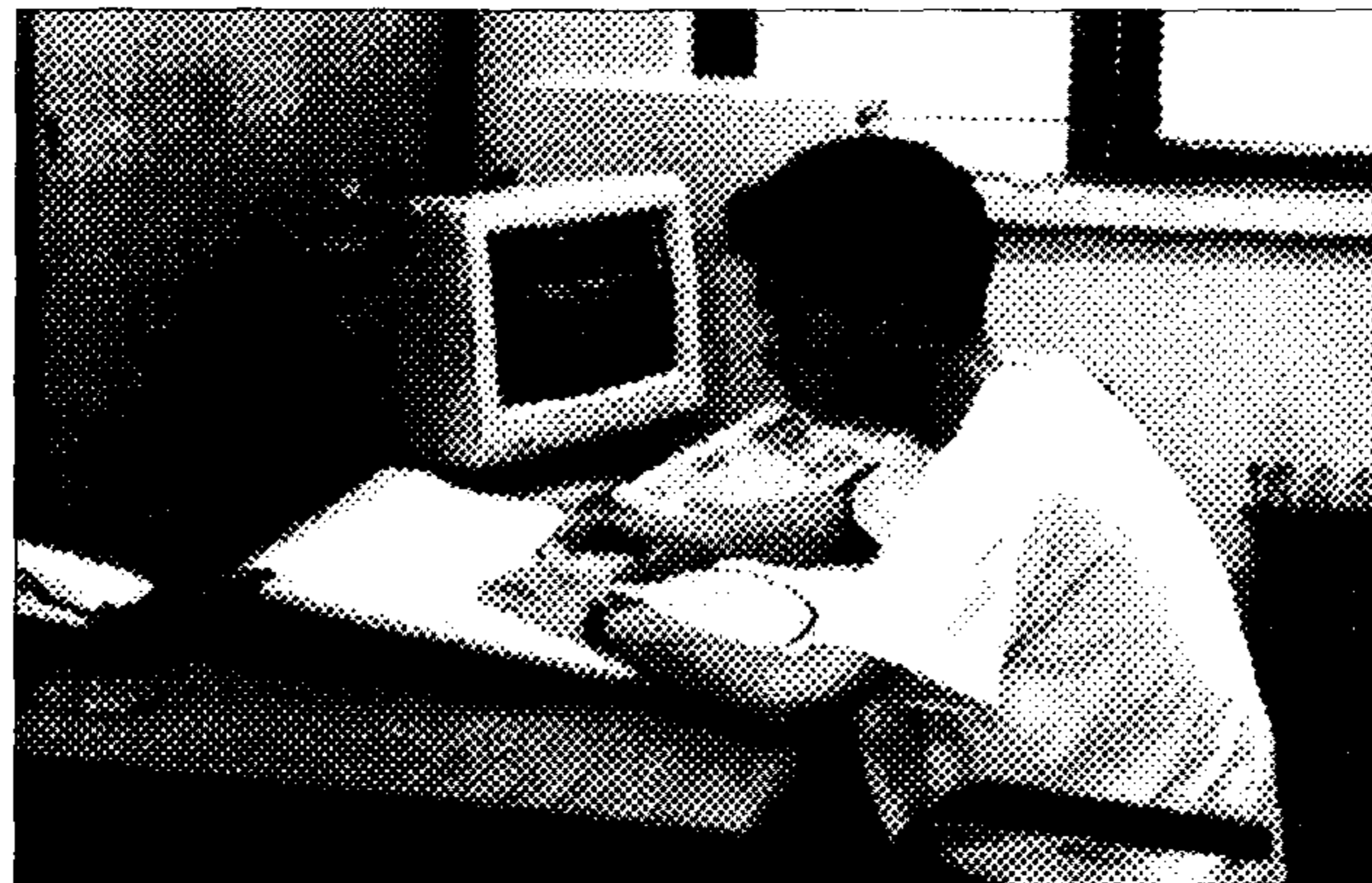


그림 6-2. 디지털타이저를 이용한 지형정보의 입력

6.3.2 지형자료의 정리 및 수정

먼저 지도를 디지털화한 후, ACAD로부터 받아들여진 디지털화된 지형 자료를 ARC/INFO파일 포맷(하나의 coverage)으로 바꾸었다. 이를 다시 경위도좌표에서 TM좌표로 바꾸고, arc들을 결합·분리하여 원하는 지형을 ARC/INFO상에서 작업할 수 있도록 바꾸었다.

아래 그림 6-3과 그림 6-4는 디지털화한 지역의 각각의 필지 모양과 지형을 나타낸다.

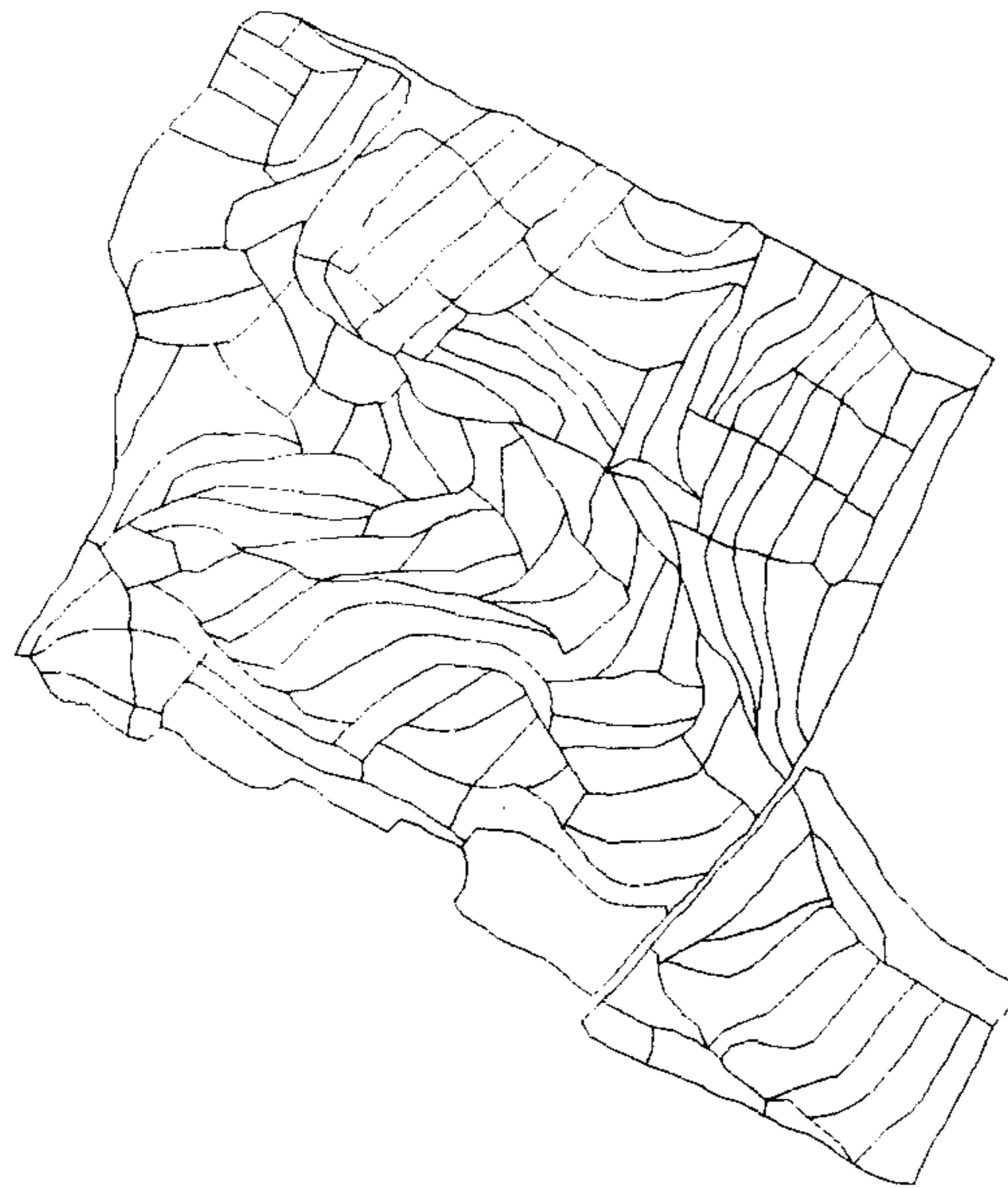


그림 6-3. 여주군 효지리의 일부의 지형도(1:5,000)

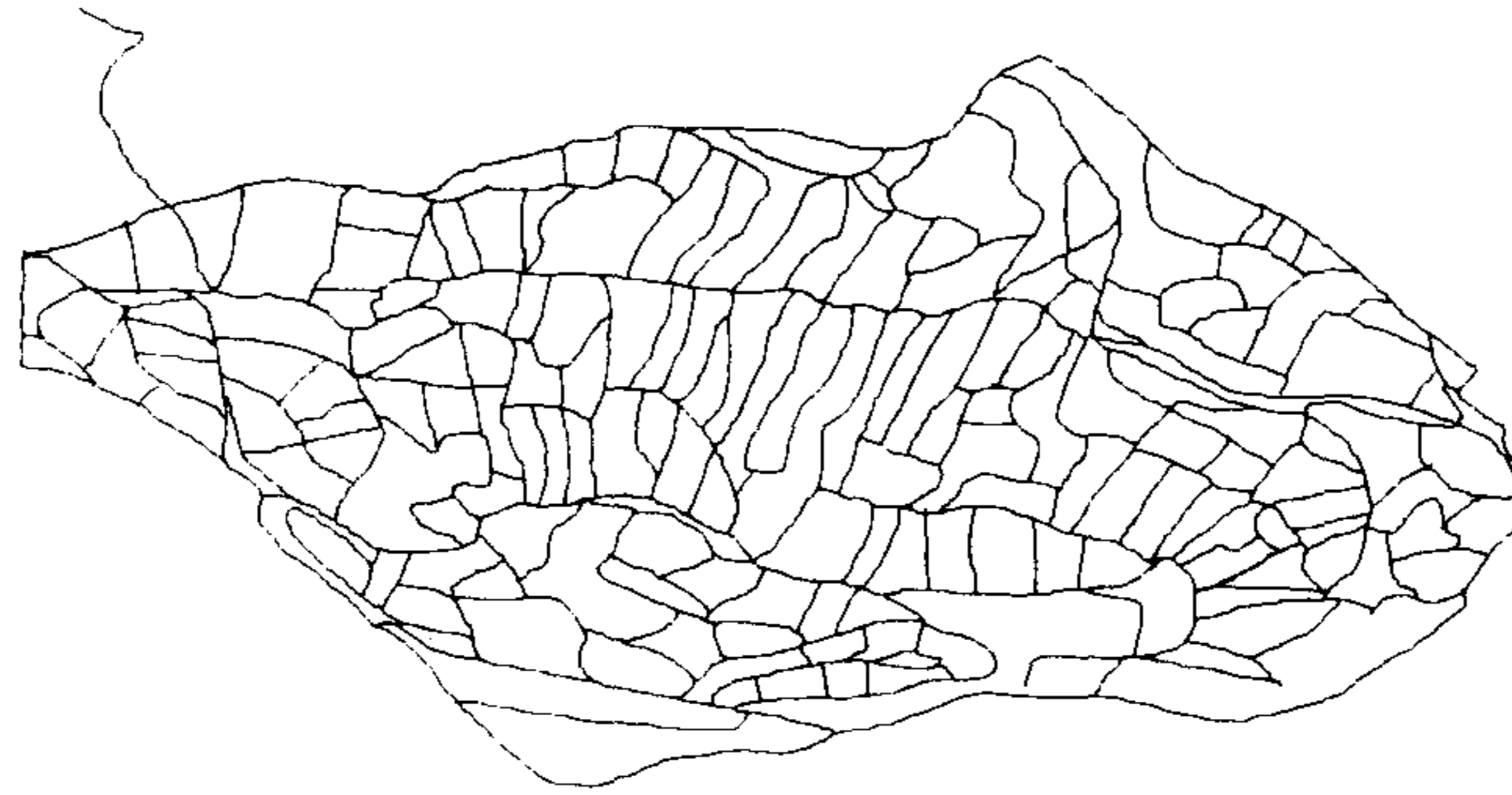


그림 6-4. 여주군 상대리 일부의 지형도 (1:5,000)

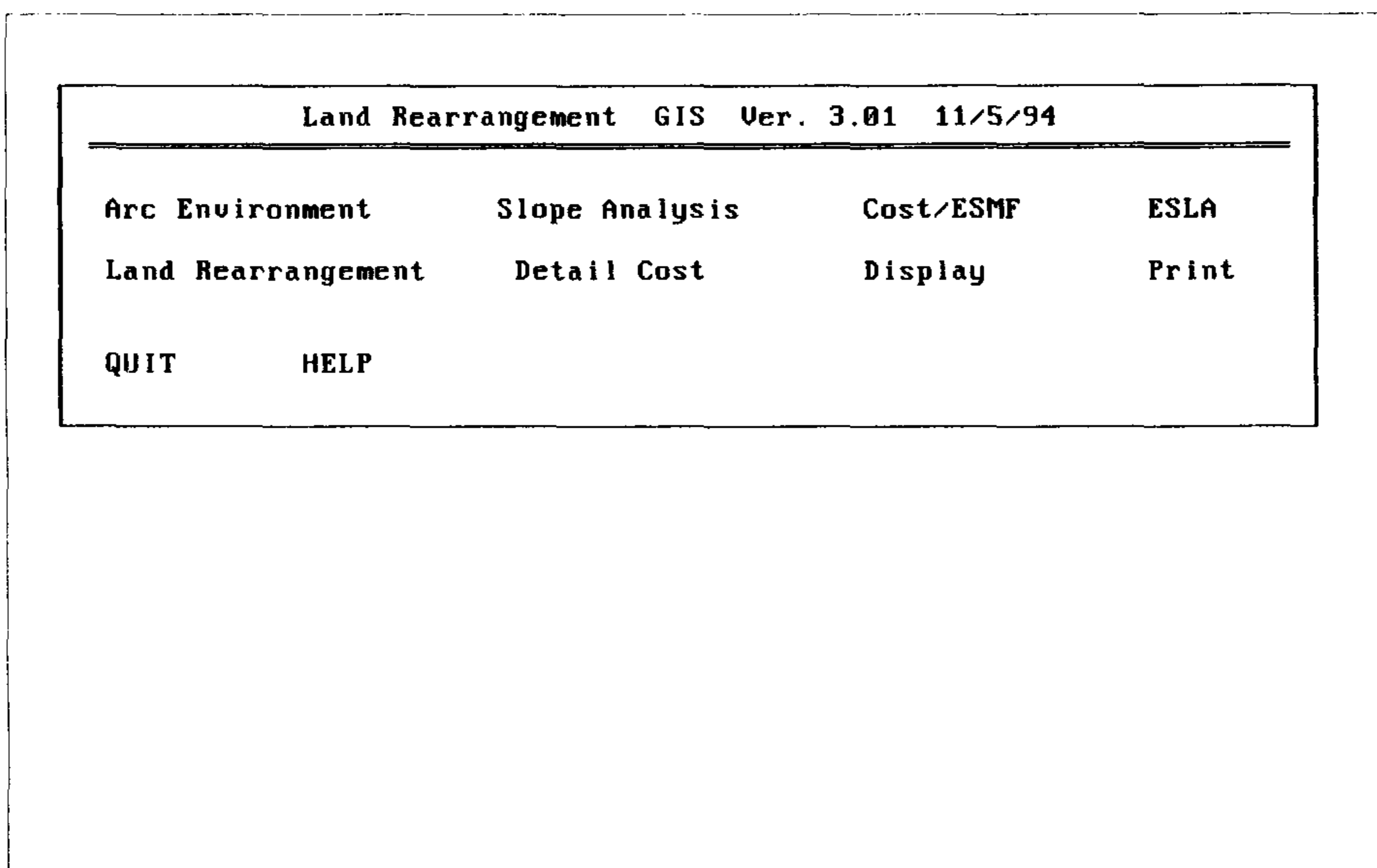
6.3.3 속성정보의 입력

필요한 지형정보로는 경지의 용도, 등고선(또는 표고를 표시한 것), 도로 및 하천이 있다. 경지의 용도는 논, 밭, 과수원 등을 해당 지역에 그 속성 값으로서 할당해 주면 가능하다. 등고선은 그 지역의 경사도를 계산하는데 필요한 것이나, 현재 구비하고 있는 PC용 ARC/INFO에는 이를 처리할 수 있는 모듈(ARCTIN)이 존재하지 않은 관계로 각 필지의 표고점을 이에 해당하는 값으로서 할당해줌으로써 이를 대신하였다. 반면, 이것은 W/S에서는 가능한 작업으로 등고선을 이용하여 경사도를 계산해 낼 수 있다. 도로 및 하천은 처음 디지털이징한 지도에서 이들만을 추출하여 새로운 레이어를 만든다. GIS에서는 작업의 대부분이 데이터의 입력부분이다.

6.4. PC ARC/INFO를 이용한 경지정리 (사례)

6.4.1 SML(Simple Macro Language)

본 연구에서는 PC ARC/INFO의 .SML(Simple Macro Language)화일을 사용하여 메뉴화일을 작성하였다. .SML화일은 PC ARC/INFO의 작동을 Pulldown메뉴 형식으로 보여주도록 작성하였다. SML은 interpreter방식으로 dos의 배치화일이나 베이직 프로그램과 같이 한번에 한 줄씩 실행되며, PC ARC/INFO내부의 복잡한 명령이나 명령의 형식을 알지 못해도 PC ARC/INFO를 사용할 수 있도록 구성할 수 있다. 메뉴에는 여러 가지의 부메뉴들이 존재하며 각각 원하는 작업을 할 수 있다. 이를 이용하면 대부분의 작업을 자동적으로 처리해 줄 수 있다. 아래의 그림 6.5는 처음의 메뉴화면상태를 나타내고 그림 6.6은 메뉴중의 하나인 Display의 부메뉴를 나타낸 것이다. 즉, 주메뉴(그림 6-5)에서 Display의 작업을 선택하면 그림 6-6의 화면이 나오고, 여기서 경지정리 전의 상태(Area(Before)), 경지정리 후의 상태(Area(After)) 등을 선택함으로써 그 지형을 화면으로 볼 수가 있다.



Land Rearrangement GIS Ver. 3.01 11/5/94			
Arc Environment	Slope Analysis	Cost/ESMF	ESLA
Land Rearrangement	Detail Cost	Display	Print
QUIT	HELP		

그림 6-5. ARC/INFO메뉴화일의 처음 상태

그림 6-5에서 Arc Environment는 처음에 ARC/INFO가 작업할 환경을 설정해 준다. 즉, 경지정리를 하기 위한 지역의 ARC/INFO에서의 coverage이름을 설정해 주고, 현재의 작업 디렉토리내에 있는 coverage들을 확인할 수 있도록 해준다. Slope Analysis는 주어진 지형의 경사도를 분석해 주어 경사도와 그 방향을 계산해 주는 메뉴이고, Cost/ESMF는 전문가시스템을 위하여 입력될 자료를 만들어 낸다. 즉, 개략적인 토공비용을 산출하고, 적절한 농업기계를 선정하여 이를 전문가시스템으로 넘겨준다.

ESLA는 경지정리 전문가시스템으로 Slope Analysis, Cost/ESMF에서 얻어진 결과를 이용하여 결과를 출력한다. 경지정리 전문가시스템에서 나온 결과를 이용하여 Land Rearrangement에서 경지정리된 지형을 제작하고, Detail Cost에서 세부 토공비용을 산출한다. Display는 완성된 경지정리 지형을 제시해 주고, Print는 지도를 출력하는데 사용된다.

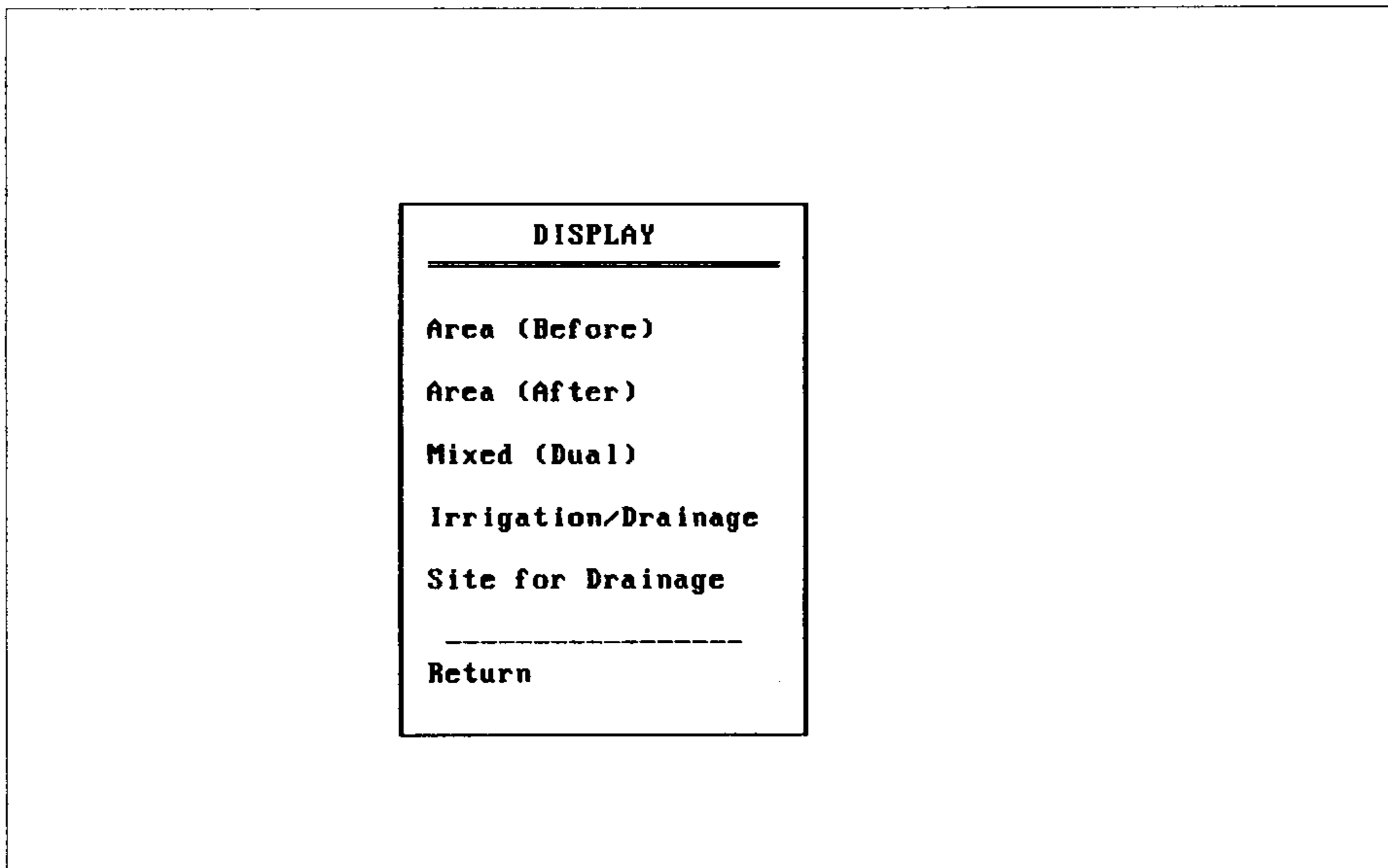


그림 6-6. Display의 부메뉴

.SML의 구동은 다음 과정과 같다. 즉, 처음의 메뉴화면에서 하나의 메뉴를 선택하면 그것에 해당하는 .SML화일이 선택되어 그 메뉴에 알맞은 화면을 만들어 주고 이것에 알맞은 PC ARC/INFO의 작업을 수행해 준다. PC ARC/INFO의 메뉴화면을 만들기 위해 사용된 .SML화일의 계층구조를 살펴보면 그림 6.7과 같다. 처음에 경지정리 프로그램을 구동시키기 위해서는 [ARC]프롬프트 상에서 &run starter나, dos 프롬프트 상에서 arc starter를 입력하면 가능하다.

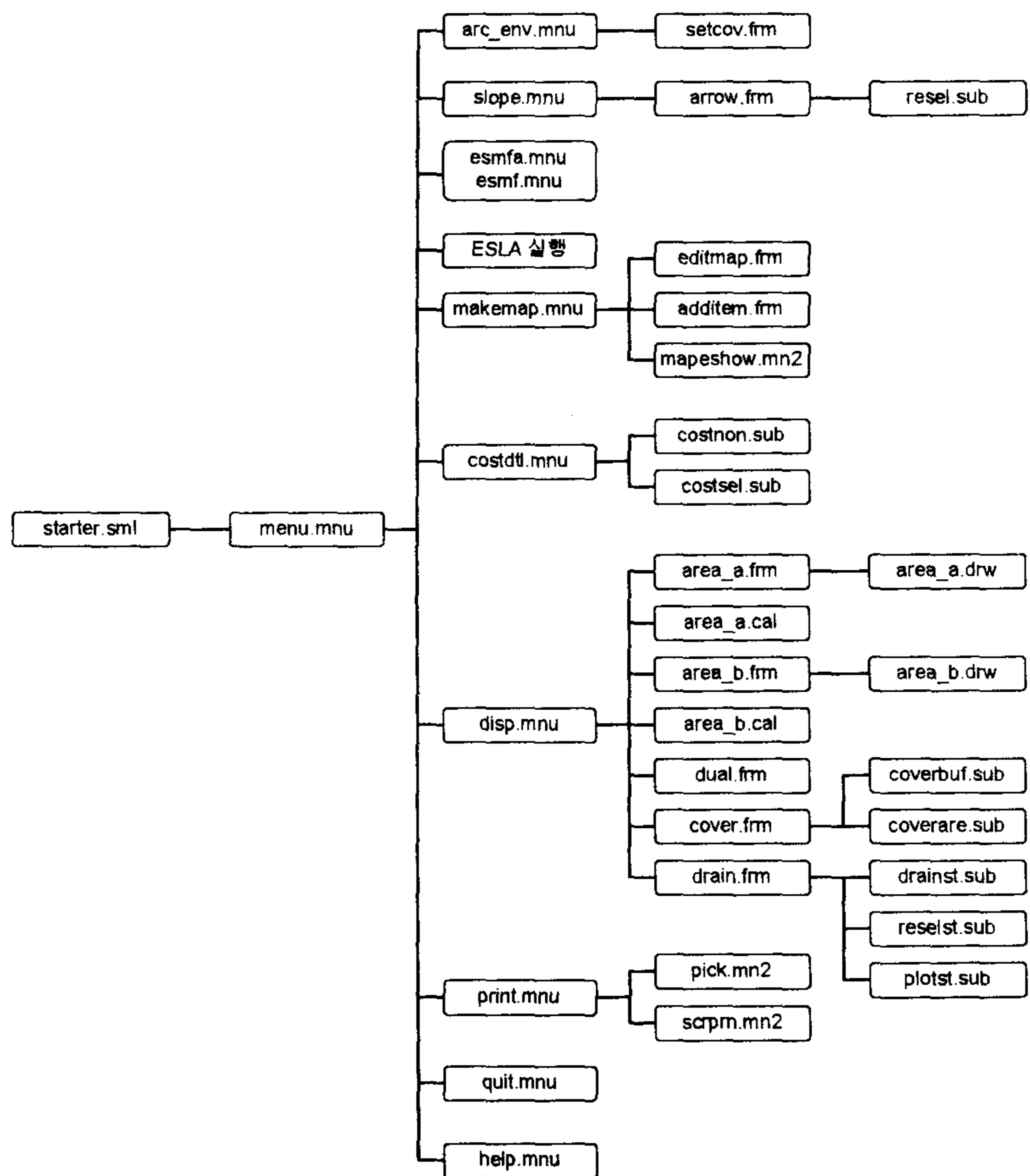


그림 6-7. *.SML화일의 계층구조

6.4.2. 경지정리 전문가시스템과 지형정보시스템과의 결합

경지정리 전문가시스템에서 나오는 결과로는 다음과 같은 것들이 있다.

- ① 포장설계 - 장변, 단변, 배수면으로부터 포장까지의 높이,
경사도에 따른 포장의 집단화의 개수, 포장간의 고저차
- ② 농로설계 - 간선·지선농로 폭, 용·배수로 폭, 배수면에서 농로까지의 높이
- ③ 작업효율
- ④ 실작업율
- ⑤ 작업체계에 따른 적정 작업기계의 선정

이중 ARC/INFO에서 사용하는 것으로는 ①과 ②가 있다. 이들을 이용하여 ARC/INFO상에서 경지정리된 그림을 그려주면 된다.

아래 그림 6-8은 그 흐름도를 보여주고 있다.

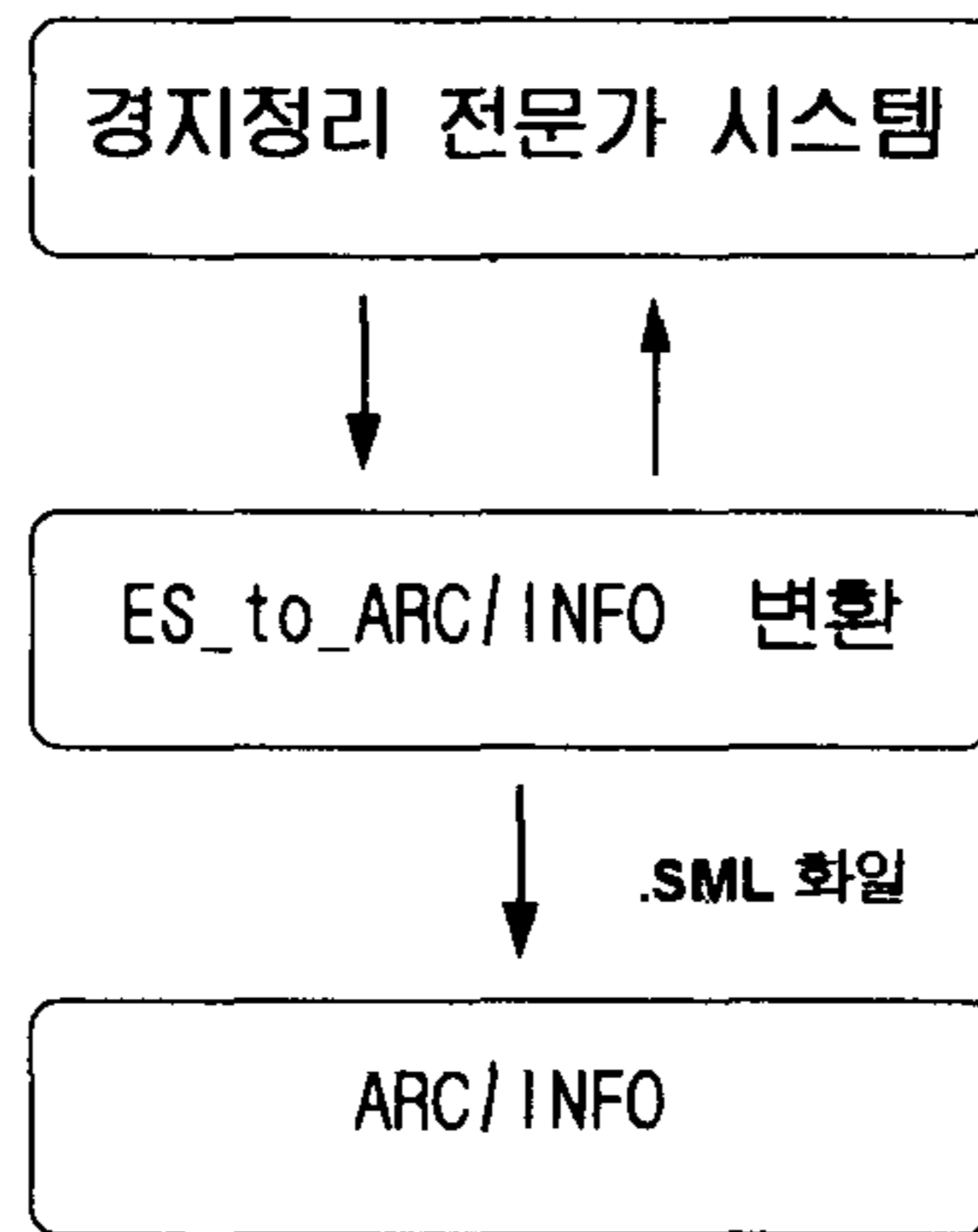


그림 6-8. 경지정리 전문가시스템과 ARC/INFO의 결합

먼저 ARC/INFO상에서 경사도를 분석하여(그림 6-5의 Slope 메뉴) 이를 전문가시스템으로 넘겨준다. PC ARC/INFO상에서 구현할 수 없는 것들은 대부분 C언어를 이용하여 프로그램을 작성하였는데, PC ARC/INFO는 특별한 경사도 분석도구가 없는 관계로, C언어를 이용하여 프로그램을 작성하고 이것을 ARC/INFO와 연결시켰다. 다음, 경지정리 전문가시스템에서 나온 결과를 이용하여 ARC/INFO에서 경지정리된 지도를 만드는데 사용할 수 있는 형식의 화일을 작성해 준다. 이것도 C언어를 이용하여 프로그램하고 ARC/INFO와 연결시켰다. 즉, 먼저 해당지역에 알맞도록 경지정리된 지형을 만들어주고 이를 원래의 지도와 합성하여 원하는 경지정리 지역을 만들어 낸다. 이를 이용하여 경지정리 전문가시스템이 구동될 때마다 새로운 경지정리지역이 생성되며, ARC/INFO는 각각의 모듈을 이용하여 새로운 경지정리 형태를 보여주게 된다.

6.4.3 ARC/INFO를 이용한 경지정리

경지정리의 모형은 시각적으로 주로 PC ARC/INFO를 통하여 사용자에게 전달된다. 또한, PC ARC/INFO는 지도의 디스플레이를 위하여 여러가지 기능을 가지고 있다.

경지정리는 먼저 대구획의 방향이 설정되어야 하는데, 이것은 전문가시스템 및 개략도공비용산출을 위하여 이용된다. 이를 위해서 PC ARC/INFO에서 표고점을 이용하여 대구획방향과 경사도를 구해낸다.(그림 6-9)

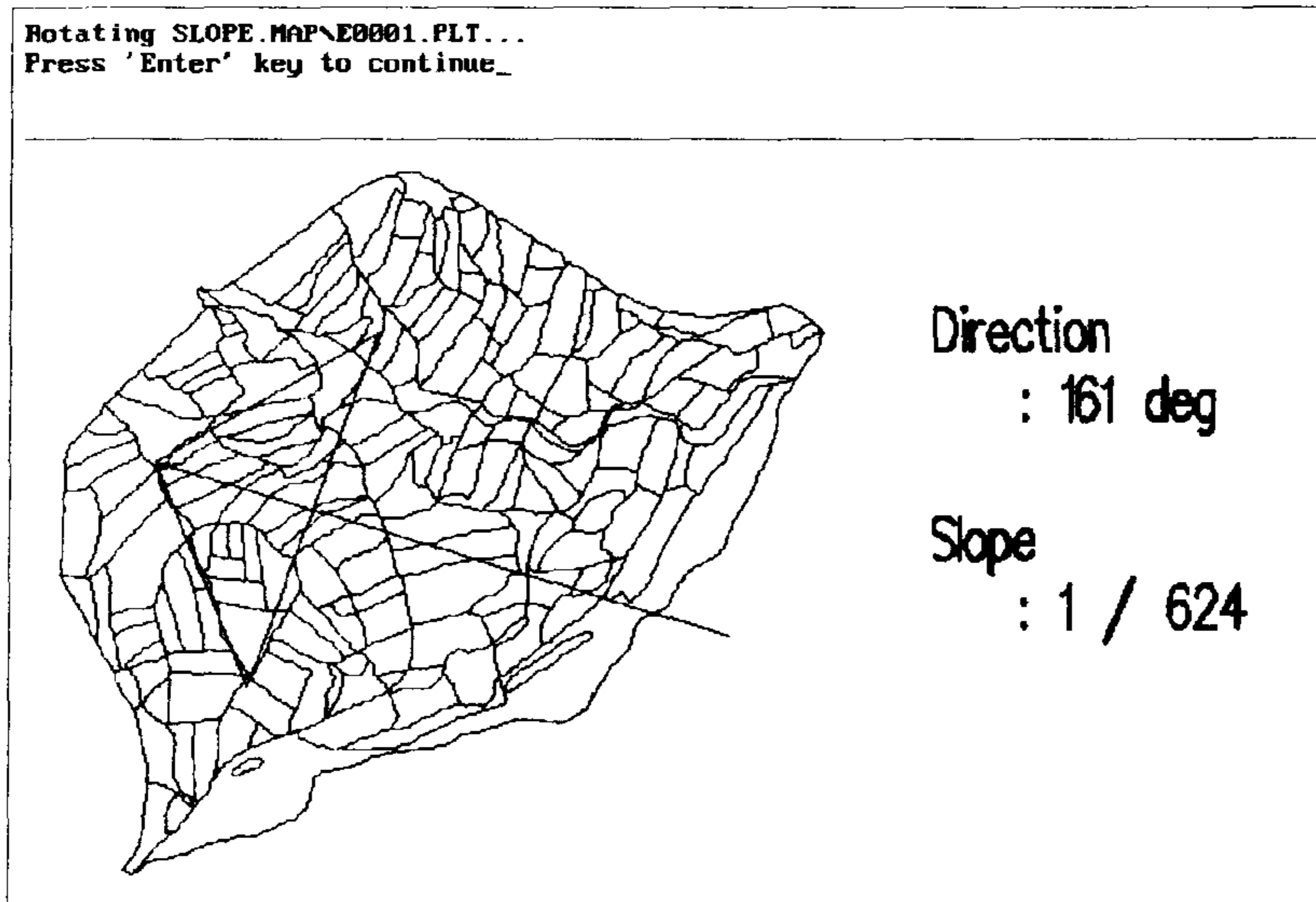


그림 6-9. 여주군 우곡리의 경사도 분석 사례

먼저 TM 좌표가 같고 경계가 원래 지도와 같은 지역에 도로와 하천만 있는 빈 지도를 만들고, 경지정리 전문가시스템에서 얻어진 인자들을 기초로 하여, 빈 지도 위에 간선 및 지선 농로, 필지, 용수로 및 배수로 등을 만든다. 이 경지정리의 기본도와 원래의 지도를 합성하여 원하는 경지정리된 지형도를 만들어낸다. 이를 그림 6-10에 나타내었다.

또한, 경지정리 전과 경지정리 후의 상태를 볼 수 있도록 하였으며, 용배수로의 단면의 형태를 볼 수 있도록 하였고, 지형의 표고가 낮은 지점과 하천을 끼고 있는 지역을 융합하여 배수지점의 적정위치를 제시해 주도록 하였다.

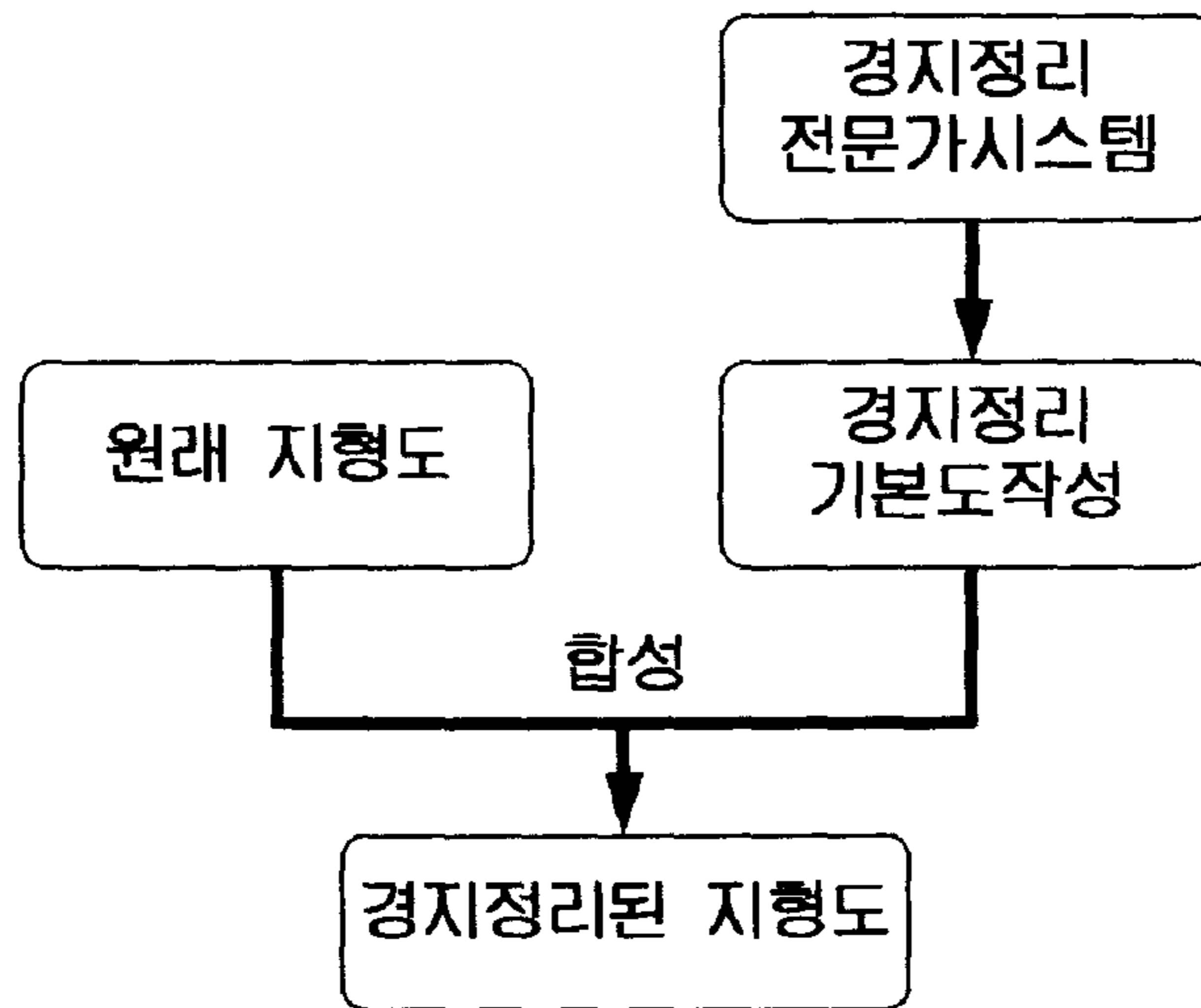


그림 6-10. 경지정리 지형도의 작성

일단 경지정리가 되면, 경지정리된 지역에서 필지와 농로, 용수로 및 배수로 등의 면적 및 길이가 계산되며, 이것은 ARC/INFO를 통하여 통계적으로 볼 수가 있고, 이들을 바탕으로 경지정리에 필요한 토공비용을 산출하게 된다. 즉, 토공비용을 산출하기 위하여 가지구번과 구지구번의 번호 및 각각의 면적, 표고 등을 계산하여 이를 텍스트파일로 작성한 후 이를 토공비용을 산출하는 프로그램의 데이터 파일로서 넘겨준다.

아래의 그림 6-11은 우곡리의 경지정리하기 전의 모습을 나타내고, 그림 6-12는 경지정리를 한 후의 지형을 나타내고 있다.



그림 6-11. 여주군 우곡리의 원래 지형도

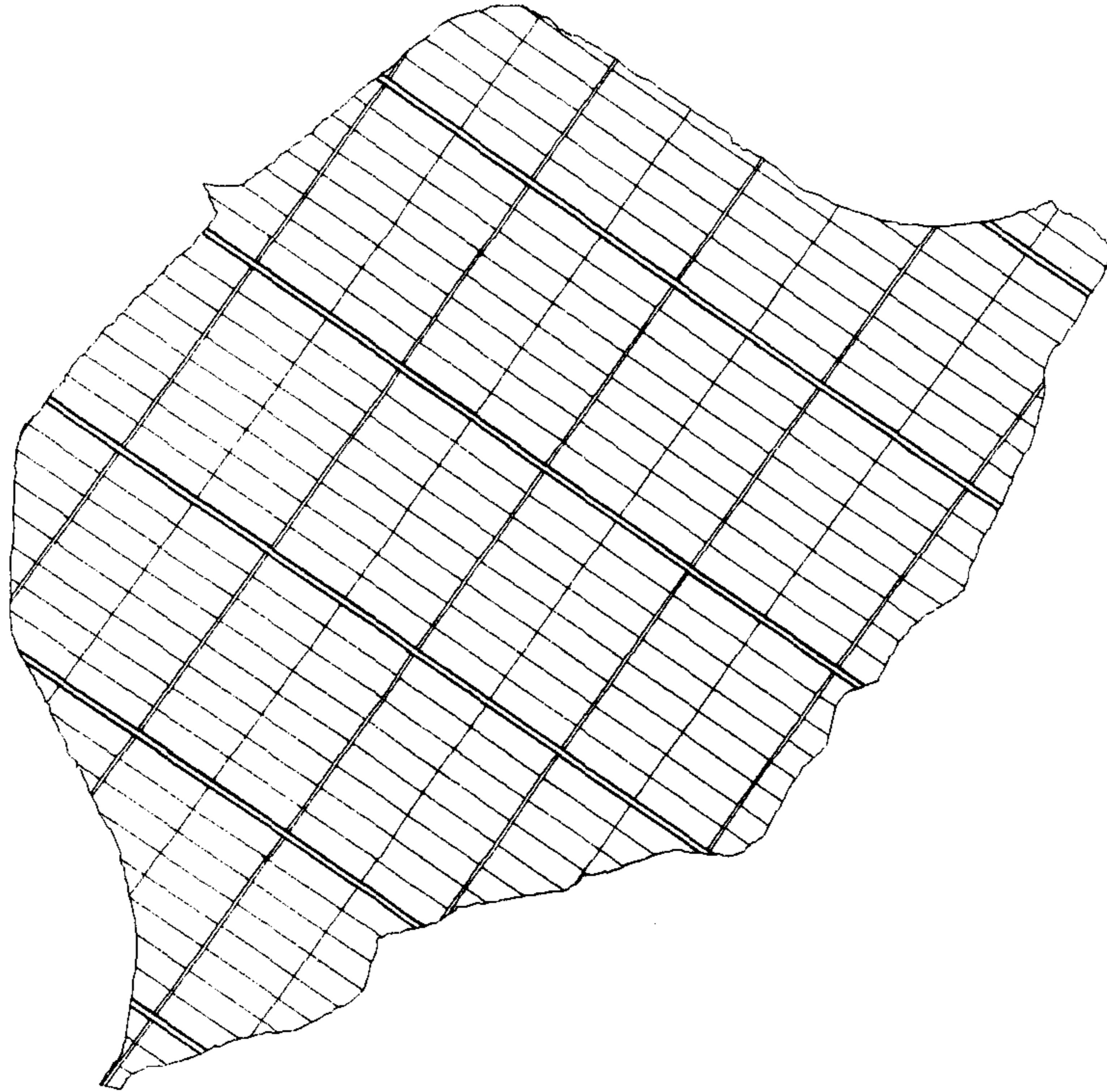


그림 6-12. 여주군 우곡리의 경지정리 후의 지형도 (사례)

6.5 경지정리 최적설계를 위한 GIS의 평가

본 장에서는 PC ARC/INFO를 이용하여 경지정리의 방향을 제시하였다. 즉, 경지정리 전의 모습과 경지정리 후의 모습을 제시해 줌으로서 경지의 변화를 예측할 수 있도록 하였다. 또한, 농기계 선정 프로그램(ESMF)이나, 토공비용 계산 프로그램(Detail Cost), 경지정리 전문가시스템(ESLA)의 각각에서 필요한 인자들을 ARC/INFO에서 제공해 주었다.

시스템의 전체적인 구성은 이들 프로그램들을 ARC/INFO에서 통합하여, ARC/INFO가 구동되는 상태에서 작동될 수 있도록 구성되어 있다. 즉, PC ARC/INFO가 주 프로그램이 되어 다른 프로그램들을 불러 쓰는 형식을 취하고 있다. 이는 PC ARC/INFO의 SML에 의하여 가능하며, ARC/INFO의 다른 기능들도 SML을 통하여 원하는 작업을 할 수 있도록 되어있다.

제 7 장 . 경 지 정 리 전 문 가 시 스 템 의 개 발

7.1 개 발 목 적

본 연구 과제에서 경지정리 최적설계를 위한 전문가시스템 개발의 구체적인 목적은 본 연구의 각 세부 과제에서 도출된 다음과 같은 결과들을 유기적으로 통합해 내는 데 있다.

- 주요 농작업에 투여되는 농업기계의 포장효율 및 포장능률을 극대화할 수 있는 기본구획(장변·단변)의 크기를 제시하고 실작업률을 향상시킬 수 있는 경지기반설계기준을 제시한다.
- 경지기반의 적정 설계기준을 마련함에 있어서 농업기계의 이용효율 뿐만 아니라 지형의 경사도, 용배수조작의 편의성, 포장 진입의 용이성 제고, 사회·경제적 요건 등도 고려하여 제시한다.
- 기본구획의 크기, 용배수로, 포장 조건 등에 따른 공사비를 분석/산출하여 경지정리 설계시 공사비 산출을 위한 방법을 제시한다.

7.2 농 업 기 계 이 용 효 율 제 고 를 위 한 경 지 정 리 전 문 가 시 스 템

주요 농작업기계의 포장 효율 및 포장 능률을 최적화 하기 위한 경지정리 전문가시스템의 개발은 '농업기계 이용효율제고를 위한 경지정리의 기초설계기술 개발 연구 I, II'(정; 1992-1993)에서 수행되어 다음과 같은 결과를 얻었다.

- 전문가시스템 구축을 위하여 미국 NASA에서 개발된 전문가시스템 개발 도구인 CLIPS를 사용자의 편의성을 고려하여 한글 입출력이 가능하도록 하고, menu, graphics, text-display 기능 등을 추가한 HCLIPS를 개발하였다.
- 적기작업조건, 최소 비용 조건 등을 고려한 농업진흥지역의 기계화 체계 개발을 위해, Microsoft Fortran을 이용하여 ESMF(Expert System Mechanized Farming)를 개발하였다.

- 경지정리 대상 면적, 경사도의 크기 및 방향 등의 입력 인자를 고려한 Rule base를 작성하여 전문가시스템을 개발하였다.
- 개발된 경지정리 전문가시스템은 출력으로 기본구획의 크기 등을 비롯한 포장조건, 간/지선 농로의 폭 등을 포함하는 농로조건, 용배수로 설계조건, 적정 작업체계를 위한 농작업기계의 선정 결과 등을 포함하고 있다.
- 또한 전문가시스템으로부터 도출된 결과를 사용자가 용이하게 파악할 수 있도록 하기 위한 Graphic display 프로그램을 개발하였다.

7.3 경지정리 최적설계 시스템의 구성

본 연구에서 개발한 경지정리 최적설계 시스템은 GIS, 전문가시스템 이외에도 각각의 세부 과제에서 수행된 결과들을 바탕으로 구성된 프로그램들을 통합한 형태로, 현재 구축된 경지정리 최적설계 시스템의 주요 구성도는 그림 7-1과 같다.

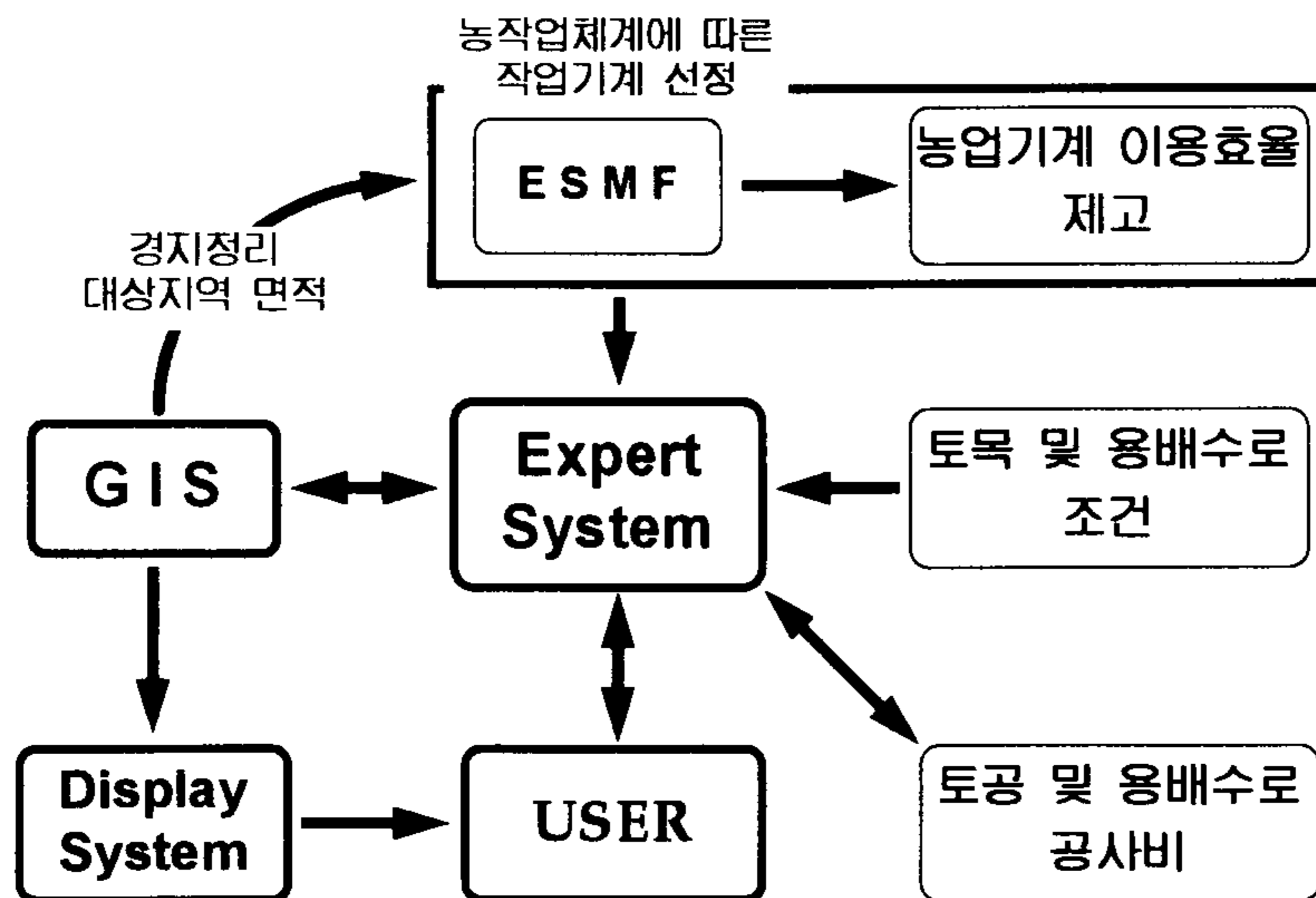


그림 7-1. 경지정리 최적설계 시스템 구성도

이와 같이 구성된 경지정리 최적설계 시스템은 그림 7-2와 같은 실행 순서를

가지고 실행된다.

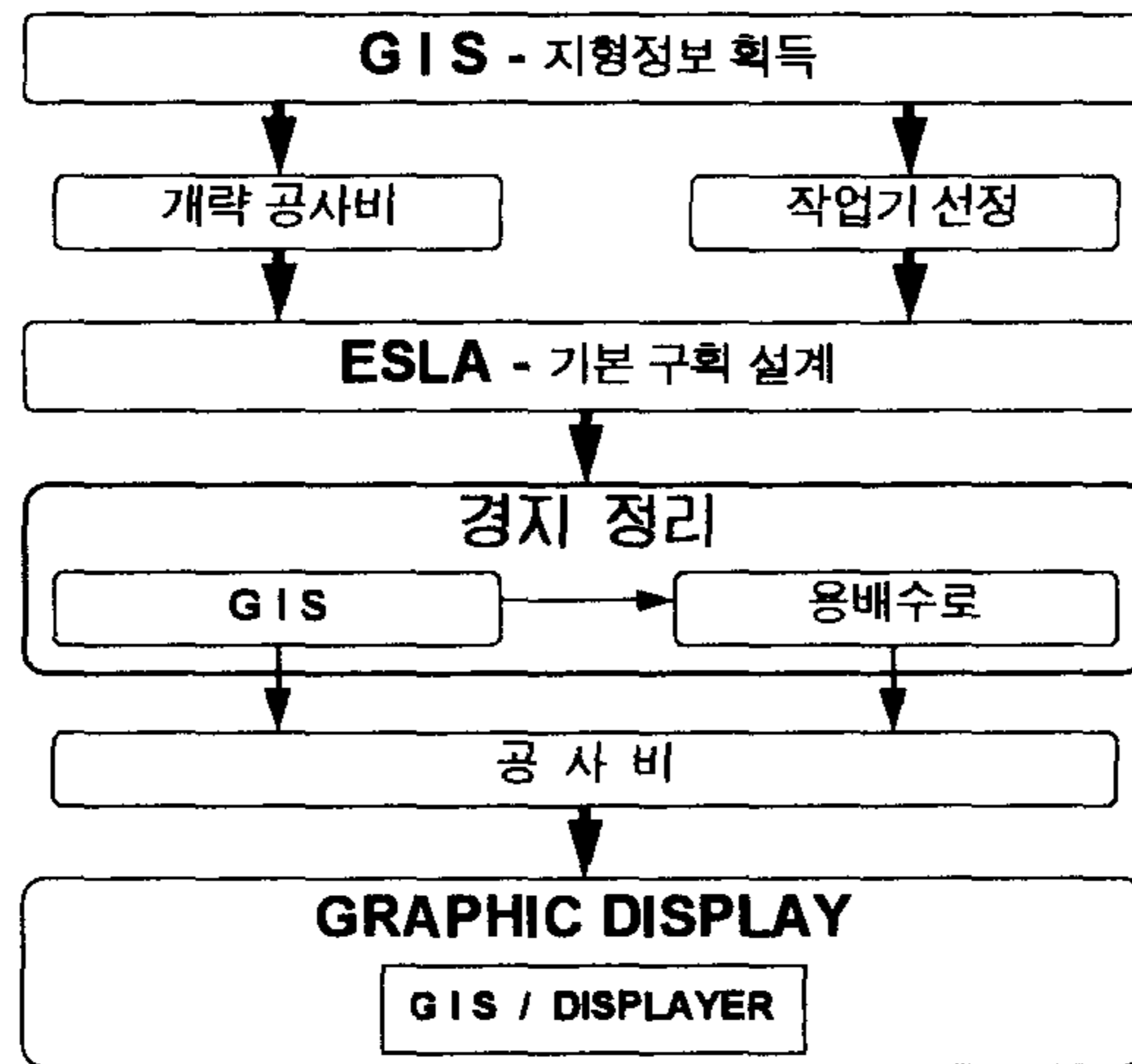


그림7-2. 경지정리 최적설계 시스템의 흐름도

7.4 전문가시스템 개발도구 : HCLIPS

일반적으로 전문가시스템을 개발하는 방법은 전문가시스템 개발 도구를 사용하는 방법과 직접 프로그래밍 하는 방법이 있으며, 직접 프로그래밍 하는 방법은 인공지능 언어인 LISP나 PROLOG 등을 이용한다. 이러한 방법은 전문가의 지식을 규칙화하는 지식 베이스(Knowledge Base) 구축에 드는 시간과 노력에 비해, 추론 기관 프로그램과 인터페이스의 개발 등에 더욱 많은 시간과 노력을 많이 소모하게 된다. 따라서 이러한 방법은 상당한 수준의 인공지능 프로그래밍 기술을 요구하게 되고 추후에 개발된 시스템의 기능과 지식의 보완 및 유지에 있어 전체 프로그램의 틀 속에서 수정을 해야 하는 등 어려움을 겪게 된다.

본 연구에서는 전문가시스템 개발 도구를 이용하여 기본적인 전문가시스템을 개발하였으며, 필요한 부분은 C로 프로그래밍한 새로운 모듈을 추가하는 혼합적인

형식을 취함으로써, 지식 베이스의 구축에 좀 더 많은 투자를 할 수 있었고 사용자 인터페이스의 개선도 도모할 수 있었다. 전문가시스템 개발에 사용된 개발 도구는 '농업기계 이용효율제고를 위한 경지정리의 기초설계기술 개발 연구 I, II'에서 개발된 HCLIPS를 이용하였다.

HCLIPS는 순방향 추론기능을 바탕으로 전문가시스템을 개발할 수 있는 NASA에서 개발된 CLIPS를 사용하기 편리하도록 개선한 것으로 '농업기계이용효율제고를 위한 경지정리 전문가시스템의 개발', '시설재배 수박의 주요병 진단을 위한 전문가시스템', '포도 주요병 관리를 위한 전문가시스템' 등의 개발에 사용되어 성과를 올린 바 있다.

7.5 경지정리 전문가시스템 개발

본 연구에서 개발된 경지정리 전문가시스템은 다음과 같은 조건을 고려하여 장/단변이 결정되도록 구성되었다.

- 농작업기계 이용효율 극대화
- 토목/지형 조건
- 토공 및 용배수로 공사비

따라서 이러한 조건을 바탕으로 종합적인 결론을 내리기 위한 방법이 필요하다. 본 연구에서는 각각의 결론을 확신도 개념을 도입하여 하나의 결론으로 유도하였으며, 확신도의 계산은 MYCIN에서 이용한 방법을 사용하였다.

$$CF(x, y) = \begin{cases} x + y - xy, & \text{if } x, y > 0 \\ x + y + xy, & \text{if } x, y < 0 \\ \frac{x + y}{1 - \min(|x|, |y|)}, & \text{if } x \text{ and } y \text{ are of opposite signs} \end{cases}$$

7.5.1 경지정리 전문가 시스템과 다른 부분과의 연관도

경지정리 전문가 시스템의 출력은 주요 출력 결과인 대구획 방향, 포구의 장/단변, 균평구, 경구의 장/단변, 용배수로의 크기, 농로의 폭 이외에도 부수적인 결과물인 농작업체계에 따른 기계효율 등과 같은 여러 가지가 있다. 주요 출력 결과인 포구 및 경구의 장/단변, 농로의 폭, 용배수로 크기 등의 결정을 위해 경지정리 전문가시스템은 경지정리 최적설계 시스템의 나머지 각 부분들과 유기적인 관련을 맺고 있다. 경지정리 전문가시스템과 각 부분과의 데이터의 흐름도 및 세부 연관도를 보면 그림 7-3, 7-4, 7-5들과 같다.

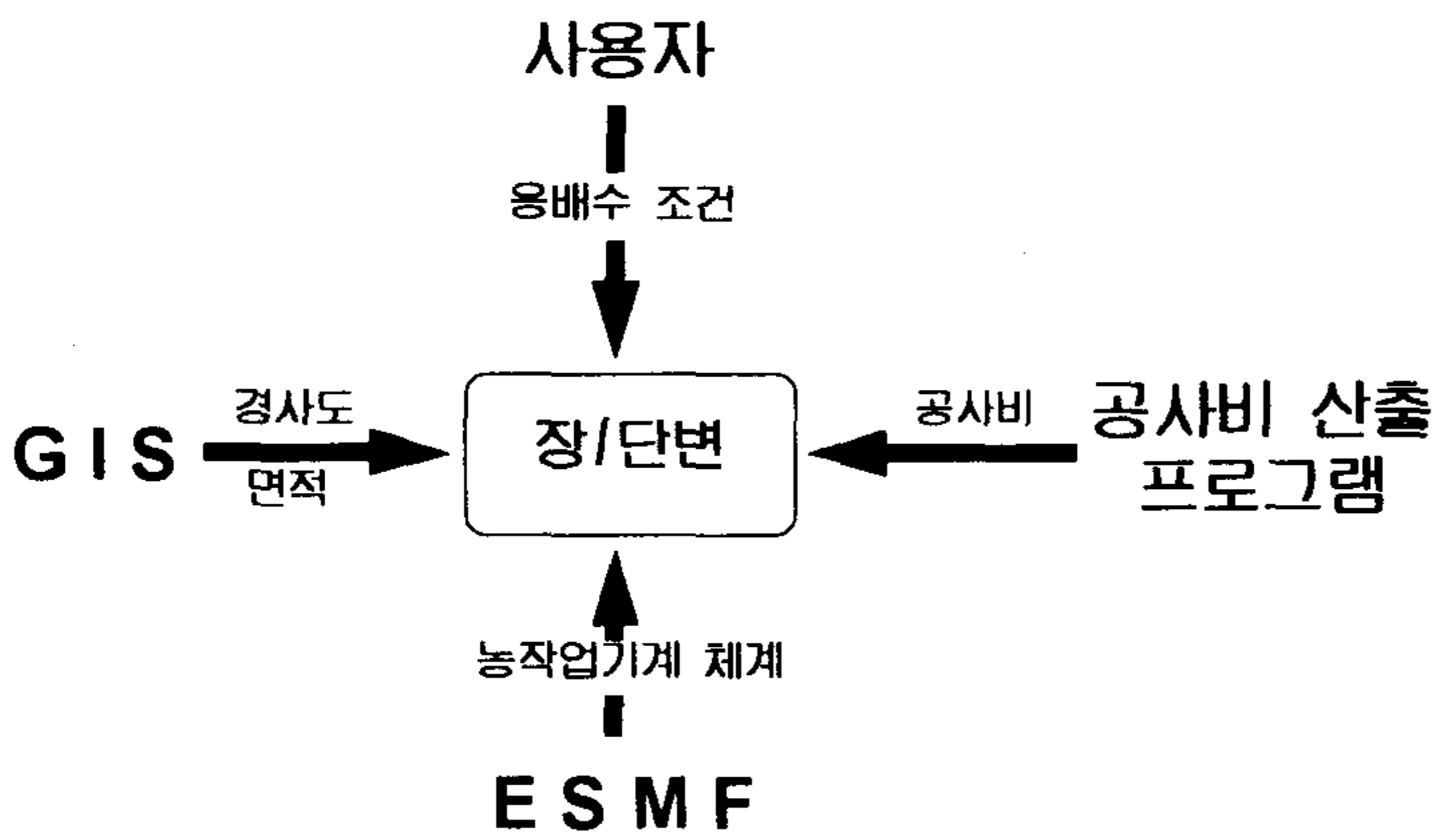


그림 7-3. 포구 및 경구의 장단변

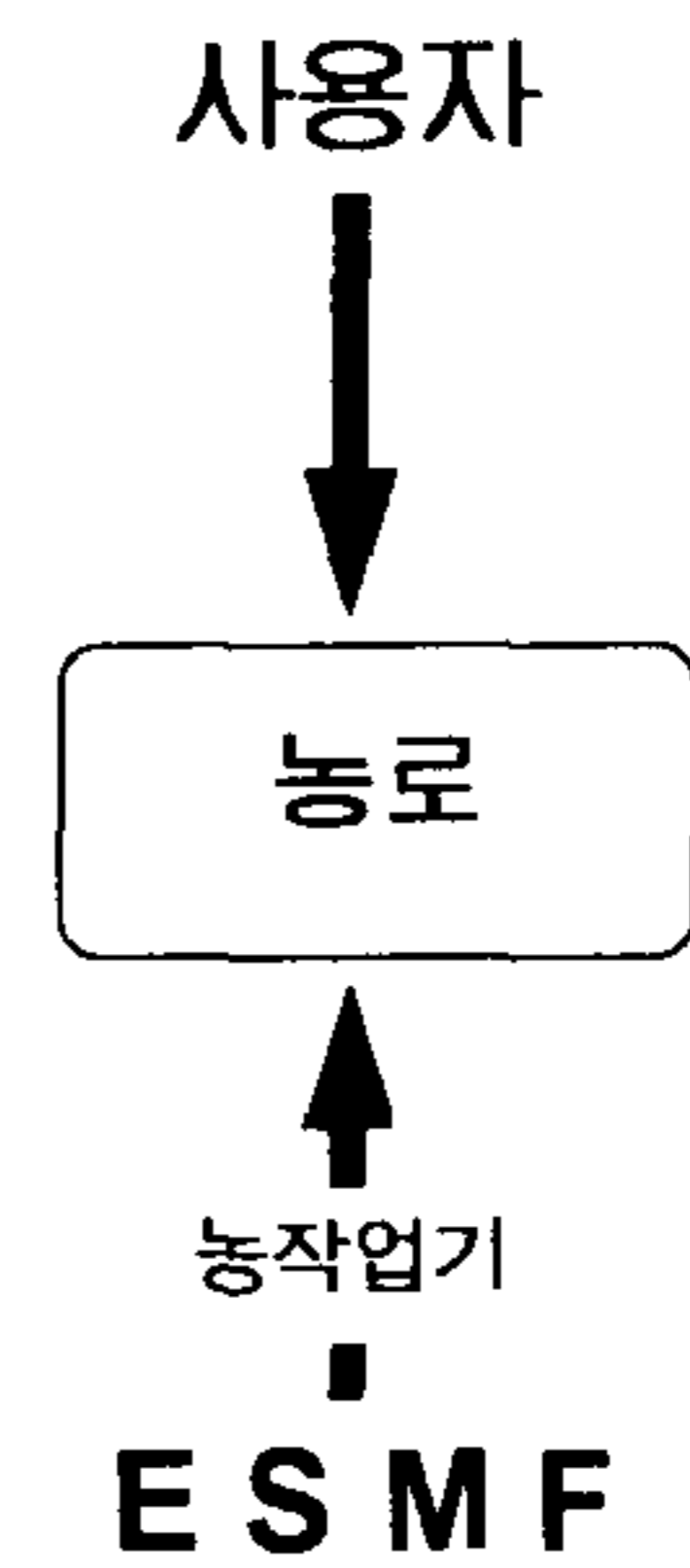


그림 7-4. 농로의 폭

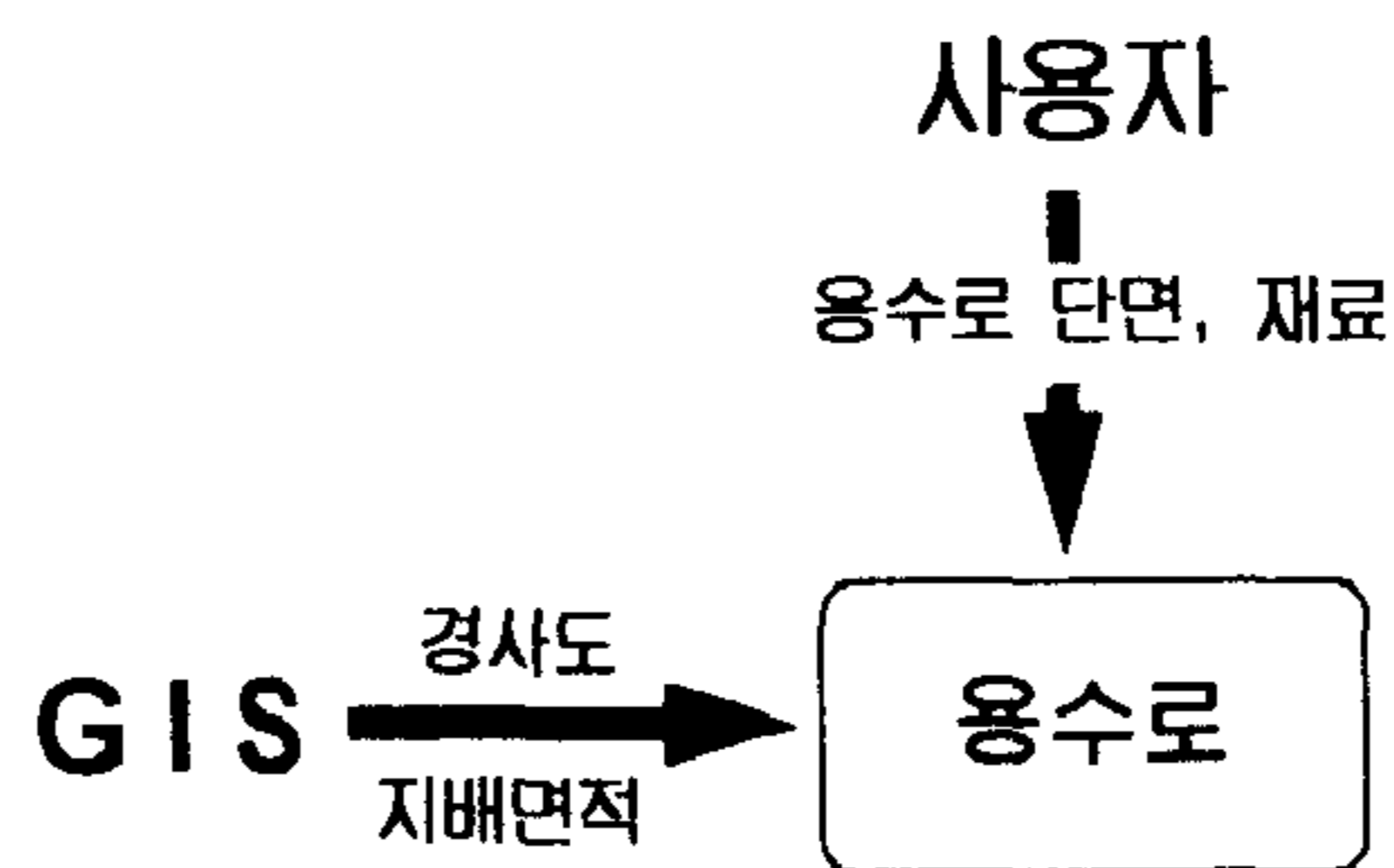


그림 7-5 용수로 (용수지선)

7.5.2 지식 베이스(Knowledge-base)

전문가시스템을 구축하기 위해서는 해당 분야의 전문가들의 전문적인 지식을 체계화하여, 지식 베이스로 만들어야 한다. 본 연구에서 개발한 경지정리 전문가 시스템은 I, II차년도 연구 결과와, III차년도 연구 결과들을 종합하여 지식 베이스로 구성하였다. 주요 지식 제공자들은 다음과 같다.

- 경지정리 설계 기준, 경지정리 실태
 - 농어촌 진흥공사 경지정비 설계실 연구원
 - 농지개발조합 연합회 경지설계실 연구원
 - 농민 SURVEY (충북 옥천군, 충남 예산군, 전북 부안군; 위탁영농회사 등)
 - 서산 현대농장 현지 답사자료
 - 한국농지개발연구소
 - 농어촌진흥공사 기준화연구실

- 용배수로 설계 기준
 - 이남호(안성 산업대학교)

- 토목/지형 조건
 - 이남호(안성 산업대학교)

- 농로 설계 기준
 - 농업기계이용의 효율제고를 위한 경지정리의 기초설계기술개발연구(I, II) (정창주)

- 농업기계 이용효율 극대화

- 농업기계이용의 효율제고를 위한 경지정리의 기초설계기술개발연구(I, II)
(정창주)

7.5.3 경지정리 전문가시스템 : ESLA(Expert System for Land reArrangement)

위와 같은 과정을 통하여 본 연구에서 개발된 경지정리 전문가시스템의 명칭은 ESLA(Expert System for Land reArrangement)이라고 한다. ESLA는 전체 시스템인 경지정리 최적설계 시스템의 일부로써 사용된다.

프로그램 실행을 위해서, GIS에서 분석한 대상 지형의 경사도 정보, 시공비 계산 프로그램의 개략적인 시공 비용 계산표, 농작업 체계 선정 프로그램에서 출력하는 농업기계 선정 자료 등이 필요하다. 이러한 자료 화일을 바탕으로 사용자에게 몇 가지 질문을 하여 추가 정보를 취득하고, 추론 엔진을 거쳐 다음과 같은 출력을 GIS 및 다른 프로그램을 위해, 자료 화일로 생성한다.

- 최적의 대구획 방향
- 포구의 장/단변 길이
- 균평구
- 경구의 장/단변 길이
- 농로의 폭
- 작업효율
- 실작업 효율

7.5.4 경지정리 전문가시스템 : 실행에

경지정리 전문가시스템은 화살표 키와, 스페이스, 리턴 키 등만으로 조작하는 편리한 환경의 전문가시스템이다. 경지정리 최적설계 시스템의 ESLA 항목을 선택하면, 사용자는 전문가시스템을 사용할 수 있게 된다. 그러나 사용자는 반드시 ESLA를 실행하기 전에, 경사도 분석, 개략 공사비 산정, 농작업 체계 산정을 위한 프로그램들을 각각의 메뉴 항목을 선택하여 실행하여야 한다.

ESLA를 실행시키면, 전문가시스템의 구동 및 사용자에게 질문할 내용들을 담은 지식 베이스가 ESLA에 의해 읽혀지고, 그림 7-6과 같은 TITLE화면이 등장한다. 이후 그림 7-7, 7-8, 7-9, 7-10과 같은 질문 화면을 통해, 전문가시스템의 질문에 답하게 된다.

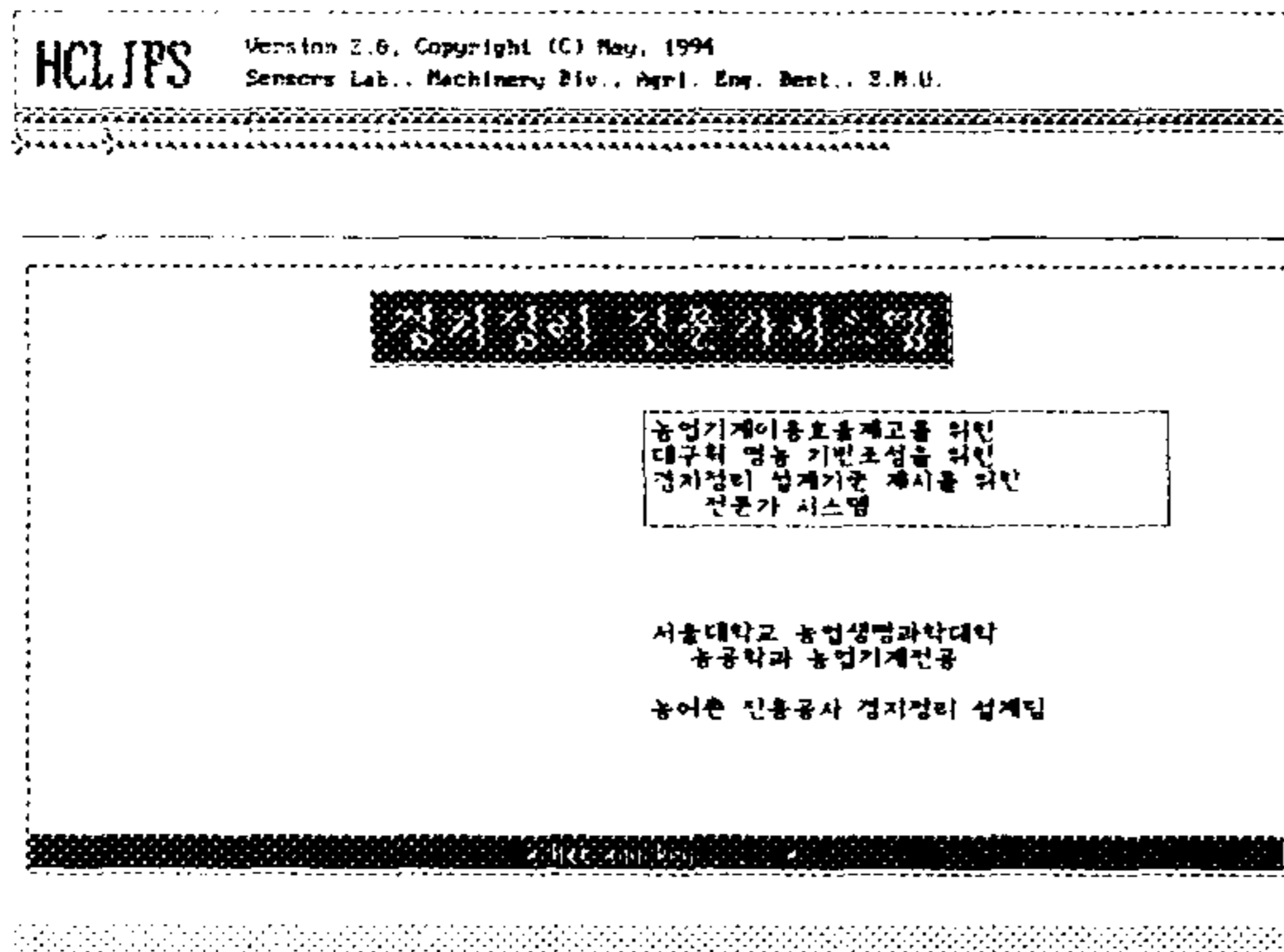


그림 7-6. ESLA의 TITLE 화면

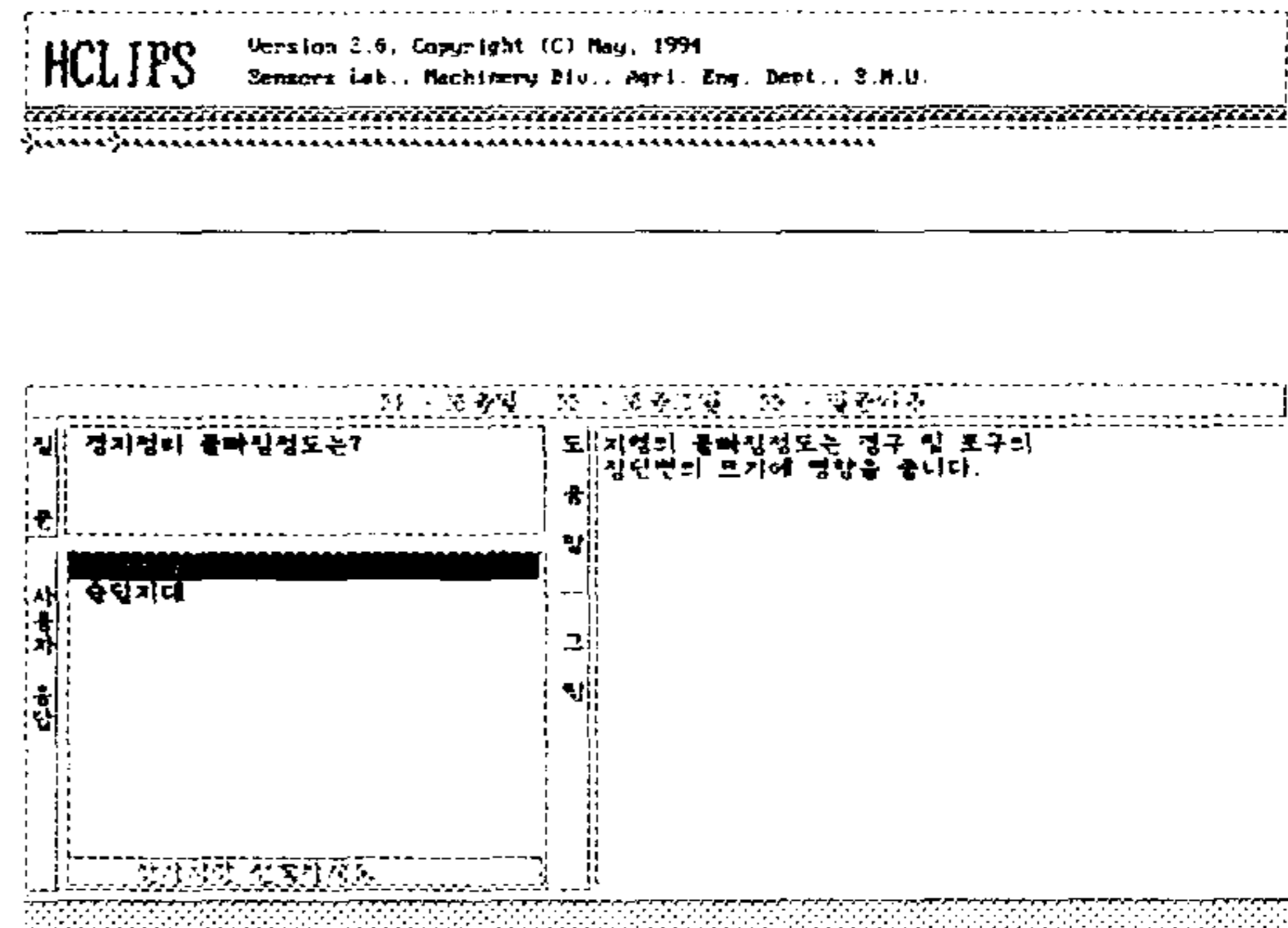


그림 7-7. '토양 조건' 질문 화면

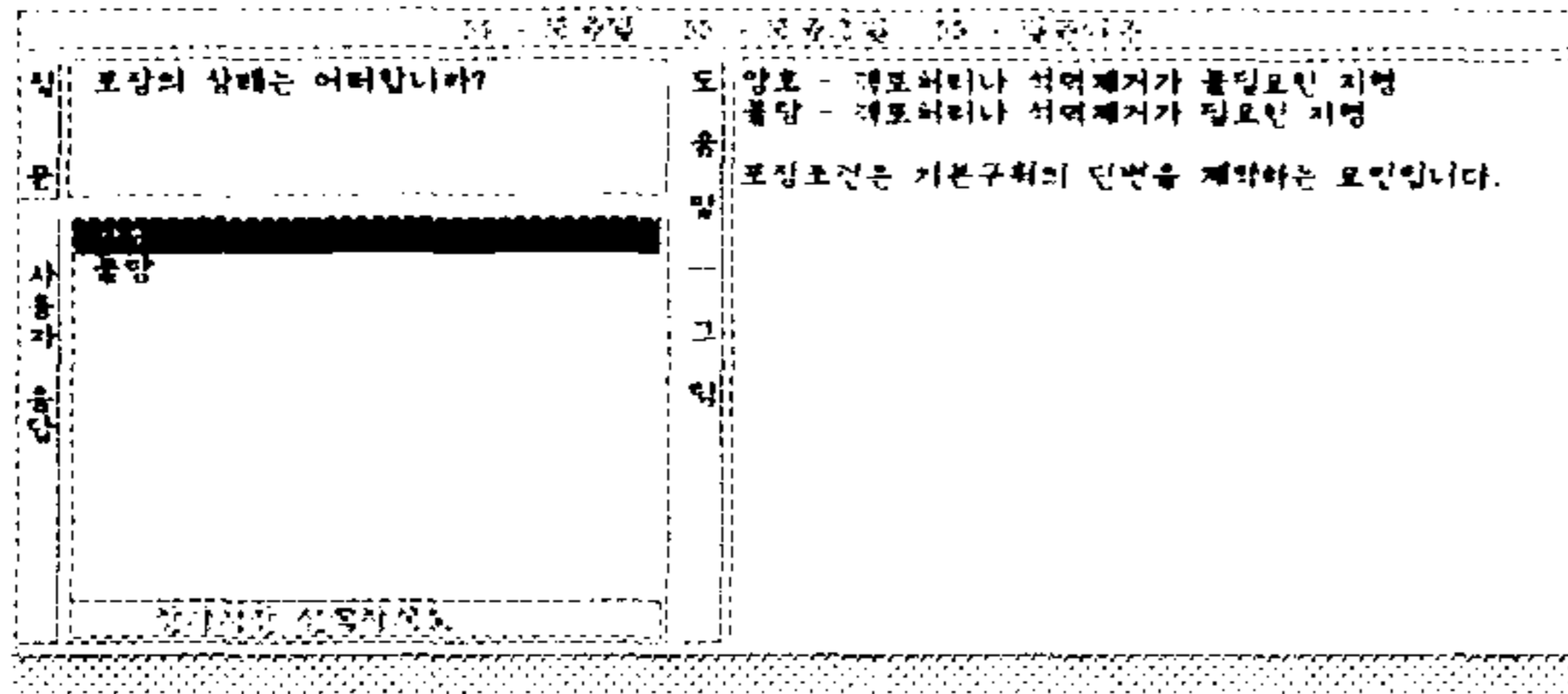


그림 7-8. '포장상태' 질문 화면

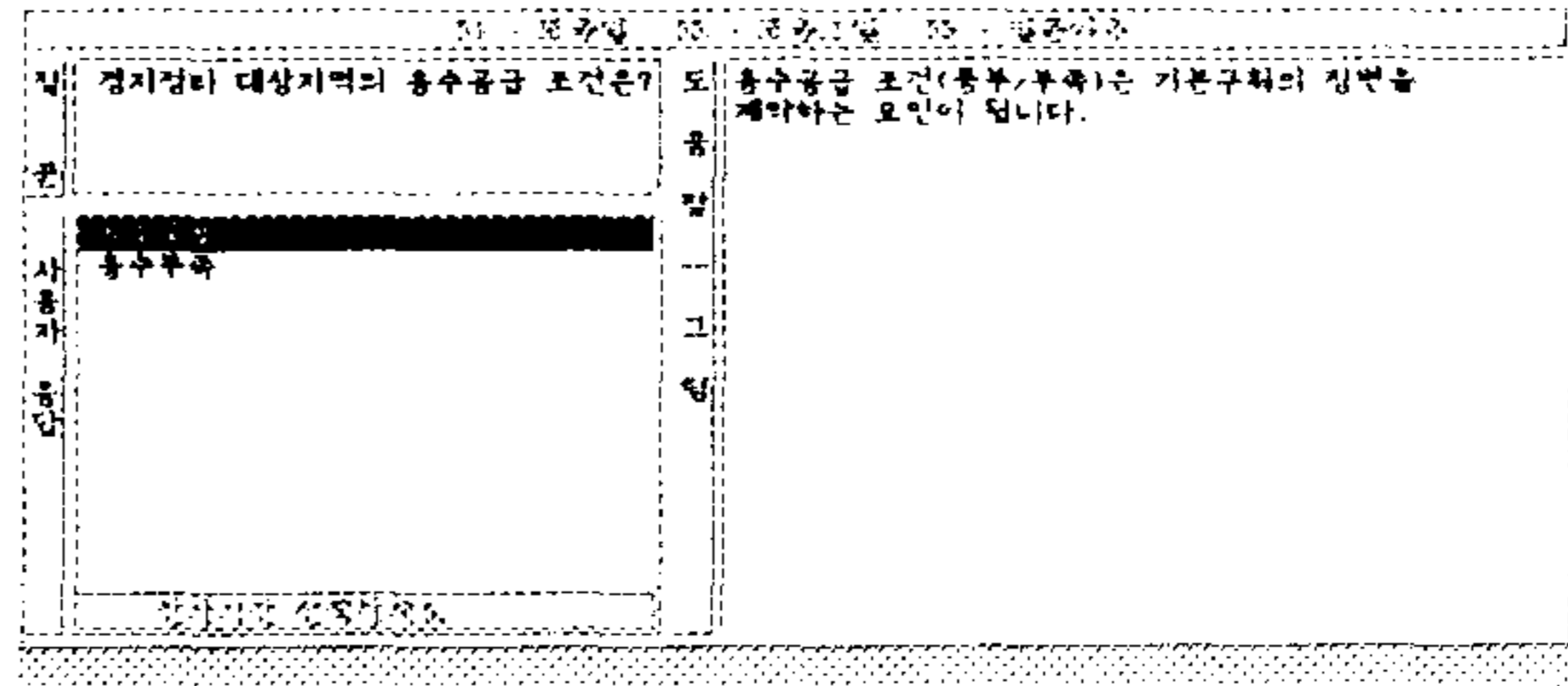


그림 7-9. '용수조건' 질문 화면

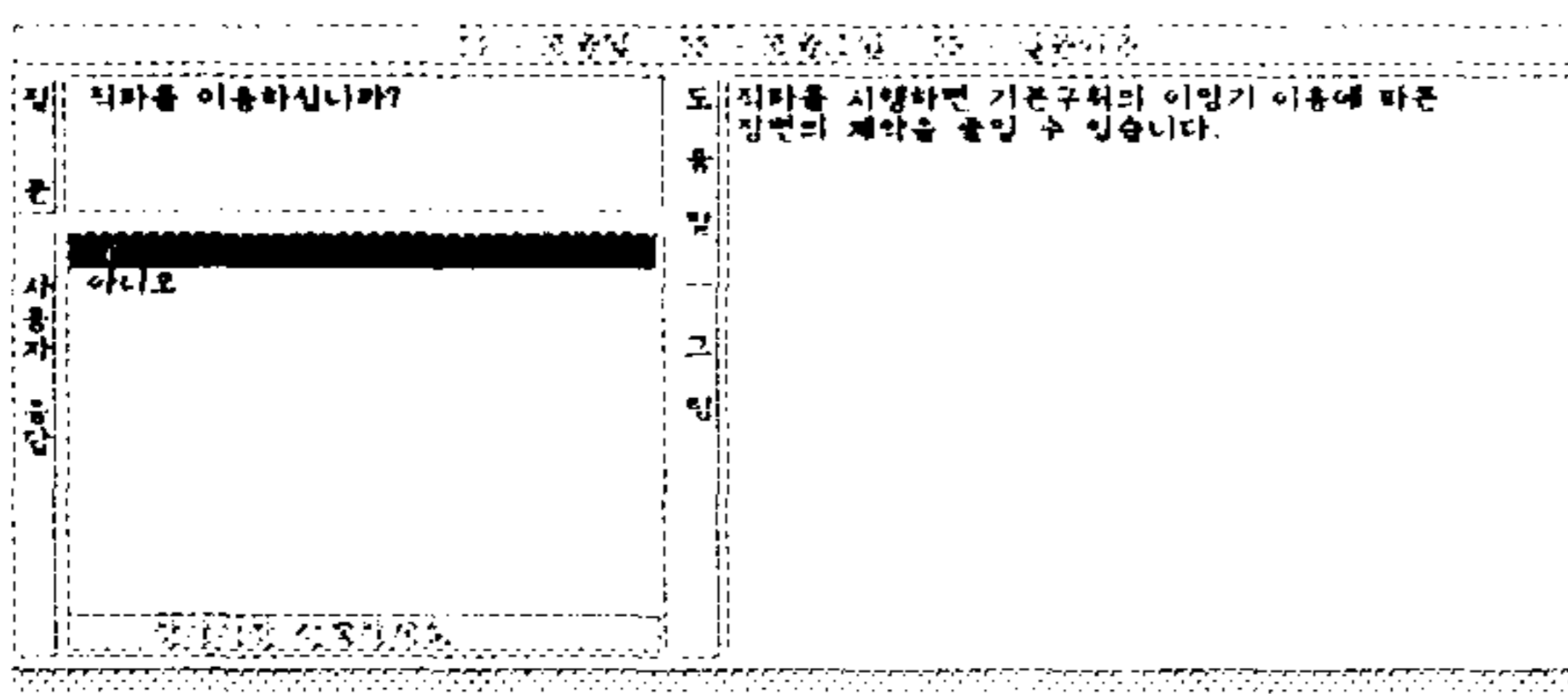


그림 7-10. '직파여부' 질문 화면

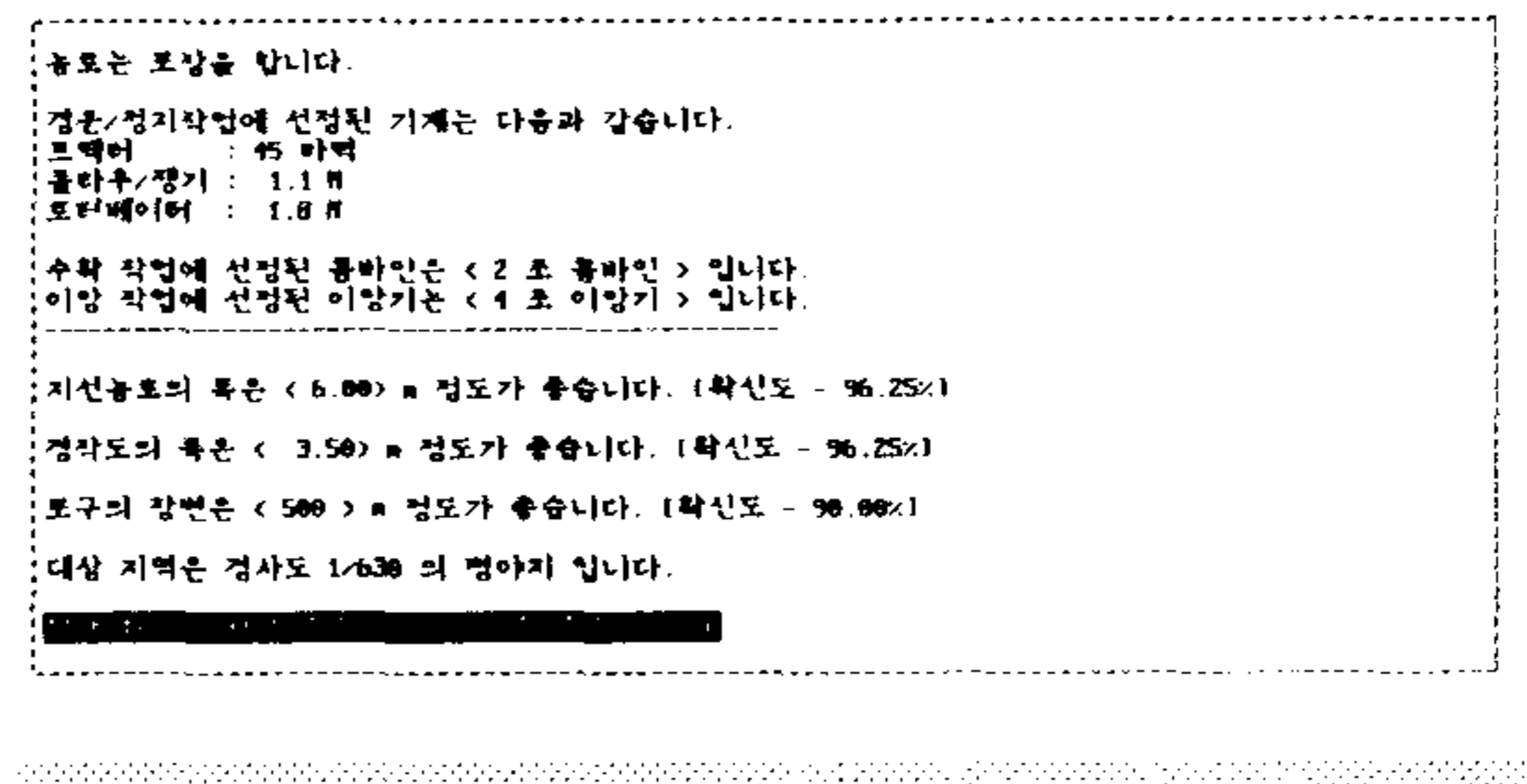


그림 7-11. 결과 출력 화면

질문이 끝나면 사용자는 그림 7-10에서와 같이, 새로운 창(Window)이 열리고, 이곳에 포구 및 경구의 장/단변, 농로의 폭 등과 같은 결론을 포함하는 출력을 얻게 된다. 이와 같이 도출된 결론은 앞에서도 언급한 바와 같이 다시 경지정리 최적설계 시스템에 의해서, GIS, 상세 공사비 계산 프로그램, 용배수로 크기 결정 프로그램 등에게 전달된다.

7.6 경지정리 전문가시스템의 평가

본 연구에서 개발한 경지정리 전문가시스템, ESLA는 GIS (지형정보시스템)과의 연계를 통하여, 지역의 지형 정보를 입력 정보로 사용하였다. 또한 I, II차년도 연구에서 개발된 ESMF (농작업체계 선정을 위한 프로그램)를 개선하였고, COST/ESTM (개략 공사비/상세 공사비 산출을 위한 프로그램) 및 IRRIGATE (용배수로 크기 계산을 위한 프로그램)과 경지정리 최적설계 시스템 구성을 위한 몇 가지 프로그램을 개발하여 전문가시스템과 연계하였다.

개발된 전문가시스템은 농업기계 이용효율 극대화, 토지 및 지형 정보의 이용, 용배수로 조건의 고려 등을 통하여, 경지정리에서 사용될 최적의 기본구획 크기를 결정할 수 있도록 개발되었다. 이렇게 개발된 경지정리 전문가시스템은 GIS와 결합을 통하여 사용자에게 경지정리 이후의 상황을 가시적으로 제시할 수 있었다.

參考文獻

1. 경상남도농촌진흥청. 1989. 직파재배의 이해.
2. 경상남도농촌진흥청. 1990. 벼직파재배기술개발.
3. 구리시. 1993. 국도47호선 연결도로 개설공사 실시설계 종합보고서.
4. 국립농업자재검사소. 1992. 농업기계검사연보.
5. 김경욱, 정두영. 1990. 농용 트랙터-트레일러 시스템의 횡전도 시뮬레이션. 한국 농업기계학회지 15(4) : 298-309.
6. 김경욱. 1987. 경사지 농업의 기계화. 한국농업기계학회지 12(3) : 62-72.
7. 김시원 외6인. 1984. 농업수리학, 향문사.
8. 농림수산부. 1983. 농지개량사업계획 설계기준 (경지정리편).
9. 농림수산부. 1983. 농지 개량사업계획 설계기준 (관개편).
10. 농림수산부 농어촌진흥공사. 1983. 土壤 分類圖 : 47.
11. 농림수산부 농어촌진흥공사. 1988. 品質管理指導書 : 450-469.
12. 농업기술연구소. 1983. 우리 나라 農耕地의 土壤分類 : 21-25.
13. 농촌진흥청. 1990. 벼 기계이앙재배의 신기술.
14. 농촌진흥청. 1991. 벼 건답직파재배의 신기술.
15. 농촌진흥청. 1993. 벼직파재배기술.
16. 농촌진흥청. 1993. 시설원예 현대화 하우스 모델설정및 재배효과에 관한 연구.
17. 민 원. 1993. 도로공학.

18. 서울대농업개발연구소. 1992. 집중생산시설의 단지화 모델의 개발 연구.
19. 서울시정개발연구원. 1993. 도시정보 데이터베이스의 이해.
20. 연상호, 이상석. 1994. GIS 개론 및 실습. 한울아카데미.
21. 유근배. 1993. 지리정보론. 상조사.
22. 이규승, 이용국, 이중용, 박승제, 김상헌. 1984. 水稻圃場에서의 動力耕耘機의 走行性에 關한 研究. 韓國農業機械學會紙 9(2) : 8-18.
23. 임인건. 1993. 한글라이브러리 : 한라프로 2.4 라이브러리 설명서. 가남사.
24. 임인건. 1993. 한글라이브러리 : 한라프로 2.4 사용자 안내서. 가남사.
25. 정창주. 1990. 新稿 農業機械學 : 122-125.
26. 정창주. 1992. 농업기계 이용효율제고를 위한 경지정리의 기초설계기술 개발 연구 I. 농어촌진흥공사.
27. 정창주. 1993. 농업기계 이용효율제고를 위한 경지정리의 기초설계기술 개발 연구 II. 농어촌진흥공사.
28. 정창주 외 공저. 1992. 農作業機械의 分析과 設計 : 1-21.
29. 조성인, 김승찬. 1993. CLIPS를 사용한 한글 전문가 시스템을 위한 사용자 인터페이스의 개발. 한국농업기계학회지 18(2) : 133-143.
30. 조성인, 박은우, 이강걸, 김승찬. 1994. 시설 재배 수박병 진단을 위한 전문가시스템의 개발. 한국생물생산시설환경학회지 3(1) : 28-35.
31. 조인상, 김리열, 조영길, 임정남, 엄기태. 1984. 논土壤의 物理性이 農機械 作業能率에 미치는 影響. 韓國土壤肥料學會紙 17(2) : 155-160.
32. 한국농공학회. 1993. 농업토목핸드북.
33. 한국농지개발연구소. 1991. 농지정비를 위한 방향설정연구. 농어촌진흥공사.

34. 한국농지개발연구소. 1992. 경지정비사업시행체제개선과 금후의 발전방향 정립에 관한 연구. 농지개량조합연합회.
35. 한국농지개발연구소. 1993. 경지종합정비사업 설계기준방향 정립과 시범사업평가에 관한 연구. 농지개량조합연합회.
36. 日本 農林水産省 構造改善局. 1983. 농촌도로 : 101-143.
37. 日本 農業土木綜合研究所. 1993. 大區劃圃場整備計劃指針檢討業務 總括報告書.
38. 立花一雄 外3人. 1979. 農業環境調節工學.
39. Earles, J.D. 1973. Irrigation Canal System Capacity Design. J. of the Irrigation and Drainage Div. ASCE 99(IR3).
40. Giarratano, Joseph C. and Gary Riley. 1989. Expert Systems. PWS-KENT Publishing Company. Boston. USA.
41. Goodchild, Michael F. and Kemp, Karen K. 1990. Application Issues in GIS. NCGIA Core Curriculum. University of California.
42. Goodchild, Michael F. and Kemp, Karen K. 1990. Supplement Issues in GIS. NCGIS Core Curriculum. University of California.
43. Goodchild, Michael F. and Kemp, Karen K. 1990. Technical Issues in GIS. NCGIS Core Curriculum. University of California.
44. Hagan, R.E. and J.K.Wang. 1977. Minimizing Canal Capacity for Irrigation, J. of the Irrigation and Drainage Div. ASCE 103(IRI).
45. Harrison, Patrick R. 1990. COMMON LISP AND ARTIFICIAL INTELLIGENCE. Prentice-Hall International Editions.
46. Huggins, Larry F., John R. Barrett and Don D. Jones. 1986. Expert Systems: Concepts and Opportunities. Agricultural Engineering 67(1): 21-23.

47. Rewerts, Chris C., Bernie A. Engel, Joseph B. Rogers, and Don D. Jones. 1990. An End-User Interface for Agricultural Software. *AI Applications* 4(2): 57-65.
48. Software Technology Branch, Lyndon B. Johnson Space Center(NASA). 1991. CLIPS Reference Manual Vol. I. II. COSMIC. Athens. GA. USA.
49. Software Technology Branch, Lyndon B. Johnson Space Center(NASA). 1991. CLIPS User's Guide. COSMIC. Athens. GA. USA.
50. Van de Goor,G.A.W. and G.Zijlstra. 1977. Irrigation Requirement for Double Cropping of Lowland Rice in Malaya. PUB.14. ILRI. The Netherlands.

분야별 공동연구 참여내역

공동연구 항목	연구용역기관 참여자	농어촌진흥공사 공동연구자
용배수로 설계방향 제시	안성산업대학교 농촌개발과 조교수 이남호	농어촌진흥공사 강구덕
농업기계의 이용효율 제고를 위 한 지대별 농로의 설계기준 제시	서울대학교 농업생명과학대학 교수 정창주	
토질 및 토양의 종류에 따른 농 업기계 효율분석	서울대학교 농업생명과학대학 교수 정창주	
대구획이 가능한 조건과 구획의 크기/경사도에 따른 구획결정 기 준 제시	서울대학교 농업생명과학대학 교수 정창주	농어촌진흥공사 김주인
토공비용에 따른 경지정리 설계 기준 분석	건국대학교 농공학과 강사 송창섭	
토지이용효율 극대화를 위한 경 지정리 방향제시	서울대학교 농업생명과학대학 조교수 조성인	농어촌진흥공사 정병호
지형정보시스템(GIS)과 결합한 통합적인 경지정리 시스템 구성	서울대학교 농업생명과학대학 조교수 조성인	