

농업생산기반정비사업계획설계기준

개 간 편

농 립 부

개정의 동기 및 주안점

1. 개정의 동기

「농지개량사업계획설계기준 개간편」은 1972년에 제정되어 35년이 되었고 그 동안 농어촌정비법 등 각종 관련 법규가 개정되었으며, 또한 많은 농업환경의 변화와 건설기술의 발전 등에 따라 설계기준의 개정이 필요하게 되었다. 특히 최근의 개간사업은 과거의 정부나 공공기관 주도의 대규모사업이 아닌 민간 자체 등의 소규모 형태로 이루어지고 있으며 지역적으로도 그 편차가 크다. 따라서 국내·외의 각종 관련 자료를 수집하여 우리 현실 여건에 맞도록 개간 계획, 설계, 시공 및 유지관리에 필요한 기준을 개정하게 되었다.

2. 개정의 주안점

2.1 편제

1) 전체적인 편제는 기존의 「농지개량사업계획설계기준 개간편(1972)」을 기준으로 작성하였다.

2) 설계기준을 위한 중요 사항은 주요 항목별로 박스(Box) 안에 표기하였으며, 이는 모든 설계에서 지켜야 할 기본적인 사항을 규정하는 기준을 수록하였다.

3) 또한, 박스 아래에는 박스 안의 기준에서 규정하지 않은 사항, 선택적으로 적용할 사항, 일반적인 기술해석, 표준적인 설계사례, 기타 참고가 되는 국내·외 설계 자료 및 설계 실무요령 등을 설명하여 편람, 사례, 적용 등의 내용을 기술함으로써 설계기준을 체계화하도록 하였다.

2.2 개정 내용

1) 모든 용어 및 내용 등은 한글 사용을 원칙으로 하고 가능한 한 쉽게 표현하도록 하였으며, 부득이 한 경우 필요에 따라 영문과 한자를 괄호 안에 표기하도록 하였다.

2) 실무경험을 가진 전문가의 의견을 충분히 검토하고 이를 반영하여 우리나라 실정에 맞고 실무에 활용할 수 있도록 하였다.

3) 기술용어 등은 관련분야의 개간업무편람 및 농공용어사전을 참고로 하였으며, 외래어는 외래어 표기법을 준용하였다.

4) 관련 법규 및 법령 등은 가장 최근에 개정된 것을 이용하였다.

5) 토지이용을 위한 환경영향검토 부분을 신설하여 농업환경보전의 중요성을 계획단계에서 고려하도록 하였다.

6) 도로계획에서 교량의 폭 및 농로의 모서리 폭을 시대 변화에 맞도록 개정하였다.

7) 개간과 관련된 부대시설에 대해 환경친화적으로 계획할 수 있도록 기준을 정립하였다.

차 례

개 간 편

제 1 장 총설	1
1.1 개간의 의의	1
1.2 개간의 기본방향	1
1.3 개간의 특수성	2
1.4 개간사업의 효과	3
1.5 설계기준의 목적 및 적용범위	3
1.5.1 설계기준의 목적	3
1.5.2 적용범위	4
제 2 장 현황조사	5
2.1 조사개요	5
2.1.1 조사계획단계	5
2.1.2 실시단계	6
2.2 조사순서	6
2.3 기본도 작성	7
2.3.1 기본도의 종류	7
2.3.2 대상구역의 결정	9
2.3.3 기본도의 작성	9
2.3.4 경계측량	9
2.4 입지조건	10
2.4.1 개간적지의 조건	10
2.5 토지이용 현황조사	13

2.6 기상 및 수문조사	16
2.6.1 기상조사	16
2.6.2 수문조사	16
2.7 지형 및 지질조사	19
2.7.1 지형조사	19
2.7.2 지질조사	20
2.8 토양 및 식생조사	22
2.8.1 토양조사	22
2.8.2 식생조사	24

제 3 장 토지이용 및 환경성 검토	30
3.1 토지분류 조사	30
3.1.1 예비조사	30
3.1.2 현지조사	31
3.1.3 개간적지 여부의 결정	36
3.2 토지이용능력 구분	38
3.2.1 토지형태 분류	38
3.2.2 토지이용능력 분류	38
3.2.3 토지이용 구분	39
3.3 환경성 검토	40
3.3.1 환경성 검토의 법적 근거	41
3.3.2 환경성 검토 업무체계도	42
3.3.3 환경성 검토 대상사업	44
3.4 사전재해영향성 검토	47
3.4.1 법적근거	47
3.4.2 사전재해영향 검토사업	50
3.5 원상복구	51

제 4 장 계획과 공사	53
4.1 개간공사	53
4.1.1 개간작업	54
4.1.2 계단형 개간	69
4.1.3 원지형 개간	92
4.1.4 사면형 개간	104
4.1.5 개량 원지형 개간	114
4.2 토양개량	122
4.2.1 개간지의 토양조건	122
4.2.2 토층개량	123
4.2.3 객토	127
4.2.4 산성토양의 개량	131
4.3 구획계획	133
4.3.1 구획계획의 방향	133
4.3.2 구획의 크기와 형상	134
4.3.3 경사지의 구획	136
4.4 용배수계획	137
4.4.1 용수계획	137
4.4.2 배수계획	144
4.4.3 수원계획	153
4.5 도로계획	154
4.5.1 농도의 계획 및 종류	154
4.5.2 노선선정	156
4.5.3 농도의 형상 및 구조	157
4.5.4 농도의 포장시공	160
4.5.5 경사지 농도의 배치	162
4.5.6 농도의 배수처리	163

4.6 부대시설	166
4.6.1 생활용수시설	166
4.6.2 방재시설	167
제 5 장 영농	176
5.1 작물	176
5.1.1 작물 선택상의 유의점	176
5.1.2 작물의 작부계획	177
5.2 지력의 증진	177
5.2.1 개간지 토양의 특성	177
5.2.2 지력증진 방법	179
제 6 장 유지관리	184
6.1 유지관리의 의의	184
6.1.1 유지관리의 목표	184
6.1.2 유지관리의 범위	186
6.2 유지관리의 내용	186
6.2.1 유지관리 내용	186
6.2.2 시공지의 유지관리법	187
6.2.3 점검과 조사	188
6.3 유지관리의 실시	189
6.3.1 사면보호공의 유지관리	189
6.3.2 사면 유지관리의 유의점	191

제 1 장 총설

1.1 개간의 의의

개간은 미간지인 임야, 황무지 등을 개발하여 논, 밭, 과수원 등의 농지를 조성하는 것을 말한다.

개간이란 농업에 이용하여 생산을 증대시킬 목적으로 황무지, 소택지(沼澤地), 폐염전, 임야 등의 미간지를 개발하여 농지로 조성하고 그 부대시설을 설치 또는 변경하는 것을 말한다.

일반적으로 개간의 내용은 개간작업, 부대시설로 대별된다. 개간작업은 미간지를 농지의 형태로 정비하기 위한 작업으로서 농지로 만드는 것을 말한다. 부대시설은 당해 개간지의 영농을 위하여 필요한 시설로서 관리사, 창고, 퇴비사 및 고정온실 등을 말한다.

1.2 개간의 기본방향

개간은 종합개발의 일환으로 추진되어야 하며 단순한 물리적·공간적인 농지의 확장이라는 개념을 떠나 산업입지로서 지속가능한 농업을 위한 시설구비에 역점을 두어야 한다.

개간은 토지자원의 농업용지로의 규모 확대 가능성은 크지만 개발조건으로 볼 때 대부분의 대상지가 경사지라는 입지조건으로 인해 어려운 경우가 많다.

장차 농지로 조성할 수 있는 개간적지에 조림을 한다거나, 목야지 또는 과수원으로 밖에 이용할 수 없는 토지를 밭으로 개간하는 등과 같은 잘못된 토지이용과 특히 경사지에 대해서 토양침식도 고려하지 않고 개간하는 등 잘못된 개발은 조성된 농지자체에서 얻는 수익보다 간접적인 피해와 국토의

황폐를 초래하게 되는 것이다. 따라서 올바른 개발이용을 위해서는 자연상태에 있는 토지자체를 면밀히 평가 분석한 토지능력구분에 근거를 두고 여기에 기술적·사회적인 여건에 적합한 개발이 이루어져야 한다.

개간을 하는 데 있어서 주요 기본방향을 보면 다음과 같다.

1) 개간은 종합개발의 일환으로 추진되어야 한다. 이제까지의 개간은 주로 논이나 밭을 주 대상으로 하는 산발적인 농지조성이었다. 그러나 금후의 과제는 기경지를 포함한 그 지역전체의 토지이용도를 최대한으로 높인다는 관점에서 종합적이고 입체적인 구조 위에 새로운 영농체제를 유치할 수 있는 방향으로 개발하여야 한다.

2) 개간사업의 내용은 단순한 물리적·공간적인 농지의 확장이라는 개념을 떠나 산업입지로서 새로운 농업전개를 위한 시설구비에 역점을 두어야 한다. 산업도로의 개설 또는 정비를 비롯하여 관개 및 배수시설과 방재시설 등 기간시설의 건설이 타 사업과의 유기적인 관련 하에 이루어져야 한다.

1.3 개간의 특수성

개간은 대개 입지조건이 불리한 곳이 대상이 되므로 개발에 과다한 노력이 투입되며, 숙전, 숙답화 까지 소요되는 영농노력의 과중과 용수조건의 제약 등이 따르게 된다. 또한 토지소유자와 개간자가 서로 다른 경우 개간지의 소유권과 분배문제를 비롯하여 투자자본과 수익성에 대한 보장 등 많은 문제점을 내포하고 있다.

우리나라의 개간대상지가 주로 경사지 임야이며 기존 농지에 비하여 비교적 높은 곳에 위치하기 때문에 노동의 부담과 토지생산력의 저하는 피할 수 없다. 그러나 국지기후 및 토성의 다양성을 이용하여 새롭고 적합한 품종을 시험개발하거나 또는 이에 적응하는 특수작물의 재배지로서의 이용은 개간지에 기대되는 농업개발의 새로운 분야라 할 수 있다.

개간은 농업생산의 기반조성을 목적으로 농지를 조성하는 공사이기 때문에 일반적인 토목공사 등과는 성격을 달리하는 점이 많으며 다음과 같은 특수조건을 포함하고 있다.

① 입지조건이 나쁜 장소이다.

② 면공사이기 때문에 설계의 기초가 되는 각종 조사항목을 개간예정지 전 구역에 걸쳐서 상세히 조사한다는 것은 어려우므로 일반적으로 표준조사에 의존하게 된다.

③ 설계조건을 획일적으로 설정하기 곤란하여 현지의 상황에 따라 변경조치를 취하는 경우가 많다.

④ 토지 및 노동의 생산성이 높은 포장을 조성하는 것이 최종 목적이므로 완성된 후에 형상, 치수 등의 물리적 요소만으로 평가하기 어렵다.

⑤ 동일면에 대해서 몇 종류의 공사를 반복 시공할 뿐 아니라 취급하는 흙의 함량에 따라 시공이 제약되므로 기상조건, 특히 강우, 서리, 눈의 영향을 심하게 받는 경우가 많다.

⑥ 여러 가지 공종이 서로 관련되어 있어서 공정관리가 어려우며, 공사기간의 결정은 강우 등의 기상조건 외에 조성지에서 영농할 작부체계와 파종 등의 재배관리와도 관련이 있기 때문에 이를 고려하여야 한다.

⑦ 지형, 식생 등의 형태를 광범위하게 바꾸게 되므로 재해방지에 특별히 주의해야 한다.

1.4 개간사업의 효과

개간사업의 투자효과는 국토의 효율적 이용에 있다.

1.5 설계기준의 목적 및 적용범위

1.5.1 설계기준의 목적

이 기준은 농어촌정비법에 근거한 농업생산기반정비사업 중 개간사업에 관한 예정지조사, 계획, 설계, 시공 및 관리 등 개간에 필요한 일반적인 사항을 기술한 것으로 개간 사업과 관련되는 기술과 방법의 체계화 및 기술 수준의 향상에 기여함을 목적으로 한다.

이 기준은 농어촌정비법(1994년 12월 22일 법률 제4823호) 제14조 4항의 규정에 근거하여 시행하는 농업생산기반정비사업으로 이루어지는 개간사업과 관련된 계획, 설계, 시공 및 관리에 관한 일반적인 사항을 기술한 것이다.

설계기준의 목적을 위해 필요한 내용을 박스(Box) 안에 기준으로 제시하고, 하위개념으로 설계기준에서 규정하지 않은 사항으로 일반적인 기술해설, 표준적인 설계 및 적용사례, 국내외 기술, 참고자료 등은 박스 아래에 기술하여 기준의 적용에 있어 참고가 되도록 하였다.

1.5.2 적용범위

이 기준은 농어촌정비법에 근거한 농업생산기반정비사업으로 이루어지는 개간의 계획, 설계, 시공 및 관리에 대하여 적용하며, 이 기준에서 사용된 법규, 기준, 편람, 표준시방서 등의 규정이나 관련근거가 개정된 경우에는 개정된 규정 및 관련근거를 적용한다.

이 설계기준 내용은 기술수준의 향상 또는 기타 필요에 따라 개정하여 시행하며, 적용이 적합하지 않은 경우에는 기술심의 및 자문 등으로 실무지침을 정하여 운용할 수 있다. 여기에 관련된 주요 자료는 농어촌정비법(1994. 12. 22. 법률 제4823호), 개간업무지침(1995. 12. 5. 농림수산부 훈령 제835호), 개간업무편람(2006. 12.), 산림기본법(2001. 5. 24. 법률 제6477호), 환경정책기본법(1990. 8. 1. 법률 제4257호), 자연재해대책법(2007. 1. 26. 법률 제8283호) 등이다.

제 2 장 현황조사

2.1 조사개요

현황조사는 농어촌정비법 제14조 제4항의 규정에 따라 농업생산기반정비사업 중 개간사업을 시행함에 있어 전국의 미간지를 농지로 개발함에 따르는 기본사항을 조사, 분석, 검토하기 위한 것이다.

개간사업은 지금까지 농지로 이용하고 있지 않던 토지를 사업대상으로 하고 있다. 그러므로 그곳의 자연적 입지조건 등에 대해서 신중히 조사하여 그 결과를 토대로 계획을 수립하여 사업을 실시하게 된다. 이를 위해 해당 농가 및 농업관련기관, 행정기관 등이 함께 사업추진체계를 구성하여 조사계획의 검토에서 실시설계 및 시공에 이르기까지 면밀한 협조가 있어야 하는데, 특히 단계별로 다음과 같은 점에 유의한다.

2.1.1 조사계획단계

조사계획단계에서는 해당 지역의 입지조건, 지역주민의 의견, 그리고 관련기관과의 긴밀한 협조 등을 고려하여 사업계획을 수립한다.

조사계획단계에서 유의할 점을 보면 다음과 같다.

- 1) 개발대상지역의 자연적 입지조건이나 해당 농가의 의견 등을 충분히 수렴하여 사업계획을 수립한다.
- 2) 농업기관이나 행정기관과 협조하여 지역의 농업기술 수준을 고려하여 실현 가능한 사업계획을 수립한다.
- 3) 사업계획에는 경영의 안정을 위하여 소요되는 비용이나 수익자 부담 등의 검토도 포함하여야 하며, 그 내용에 대해서 수익자나 지역관계자 등의 이해를 얻도록 한다.

2.1.2 실시단계

개간에 적합한 지역의 선정에는 자연적·사회적·경제적 입지조건을 상세히 조사한 후 그 토지를 개간하여 목적에 부합하는 농업경영을 할 수 있는지, 국토자원의 이용목적에 부합하는지, 농지보전을 할 수 있는지, 다른 산업과의 조정이 가능한지 등을 신중히 검토한다.

실시단계에서 유의할 점은 다음과 같다.

1) 사업계획서의 내용을 토대로 지역의 조합, 수익자, 행정기관 등과 사업의 실시 및 내용에 대해서 분석·검토할 수 있는 조직을 구성한다.

2) 사업계획서의 검토 결과에 따라 내용을 변경할 필요가 있을 경우에는 지역관계자에게 비용부담의 증감 등을 포함한 변경내용에 대한 이해와 합의를 얻도록 한다. 개발의 필요성과 목적에 부합하는 사업계획이 되도록 기본조사를 실시하며 실시설계가 이루어지도록 한다.

2.2 조사순서

계획수립에 필요한 조사의 순서는 사업의 규모 및 지역특성에 따라 일률적으로 규정하는 것은 적절하지 않다. 우선 예정지조사에 의해서 지역의 개략적 현황을 파악하고 그 결과에 의해 사업의 필요성을 판단함과 동시에 해당 지역의 개발계획 및 관련 농업생산기반정비사업계획 등 그 지역의 장래 개발방향에 따라 개간사업의 기본방침을 설정한다. 이 기본방침 및 예정지 조사의 결과를 토대로 하여 조사계획을 수립하고 기본조사를 실시한다.

기본조사의 결과에 따라 계획을 확정하고 실시설계를 시행한다. 이것은 모든 조사가 완료된 후 계획과 설계를 시행한다는 것을 의미하는 것은 아니다. 조사, 계획, 설계는 언제나 연계될 수 있도록 병행·추진시키고, 계획 및 설계 시행 중에 발생하는 새로운 문제에 대응하여 필요한 조사를 한다.

그림 2.2.1은 개간사업조사계획의 흐름을 나타낸 것이다. 일반적으로 기본도를 작성하고 이를 바탕으로 토지자원측면에서 개발적지 조사 및 토지권리 조정을 위한 조사와 개발방향을 명시하기 위한 사회·경제적 조사, 그리고 기상, 수문 등의 수자원 조사 등으로 구분된다. 이들 조사를 병행 실시하여 상호간의 관계를 검토한 후 개발구상을 수립하고 조사결과에 따라 영농계획, 토지이용계획, 공사계획 등의 계획서를 작성한다.

2.3 기본도 작성

개간계획 수립시의 첫 단계는 기본도의 작성이다. 개발예정지역에서 개발가능지 선정은 토지분류, 기상, 수문, 농업개황 등의 조사와 영농계획, 토지이용계획, 공사계획 등의 검토가 필요하다.

개간사업은 조사와 계획의 내용이 다양하고 조사범위가 광범위하기 때문에 기본도는 토지분류, 농지분배 및 공사 등의 각종 계획과 사업실시에 있어 매우 중요한 자료가 된다.

2.3.1 기본도의 종류

기본도는 조사와 계획의 내용, 그리고 조사단계에 따라서 적절한 축척을 사용한다.

개간계획 수립을 위한 기본도의 경우

- 1) 유역면적을 파악하고, 기상 및 수문 관측기록의 적용범위 결정 등에는 1/25,000 또는 1/50,000 지형도를 이용한다.
- 2) 토지분류, 식생조사, 토지이용현황 조사, 용·배수계통 조사, 토지소유자 조사, 공사계획 조사 등에는 1/5,000 지형도 또는 1/6,000 임야도를 이용한다.
- 3) 개량원지형공(改良原地形工)의 계획, 공사설계, 환지계획 등에는 일반적으로 1/1,000 또는 1/1,200의 기본도를 이용한다.

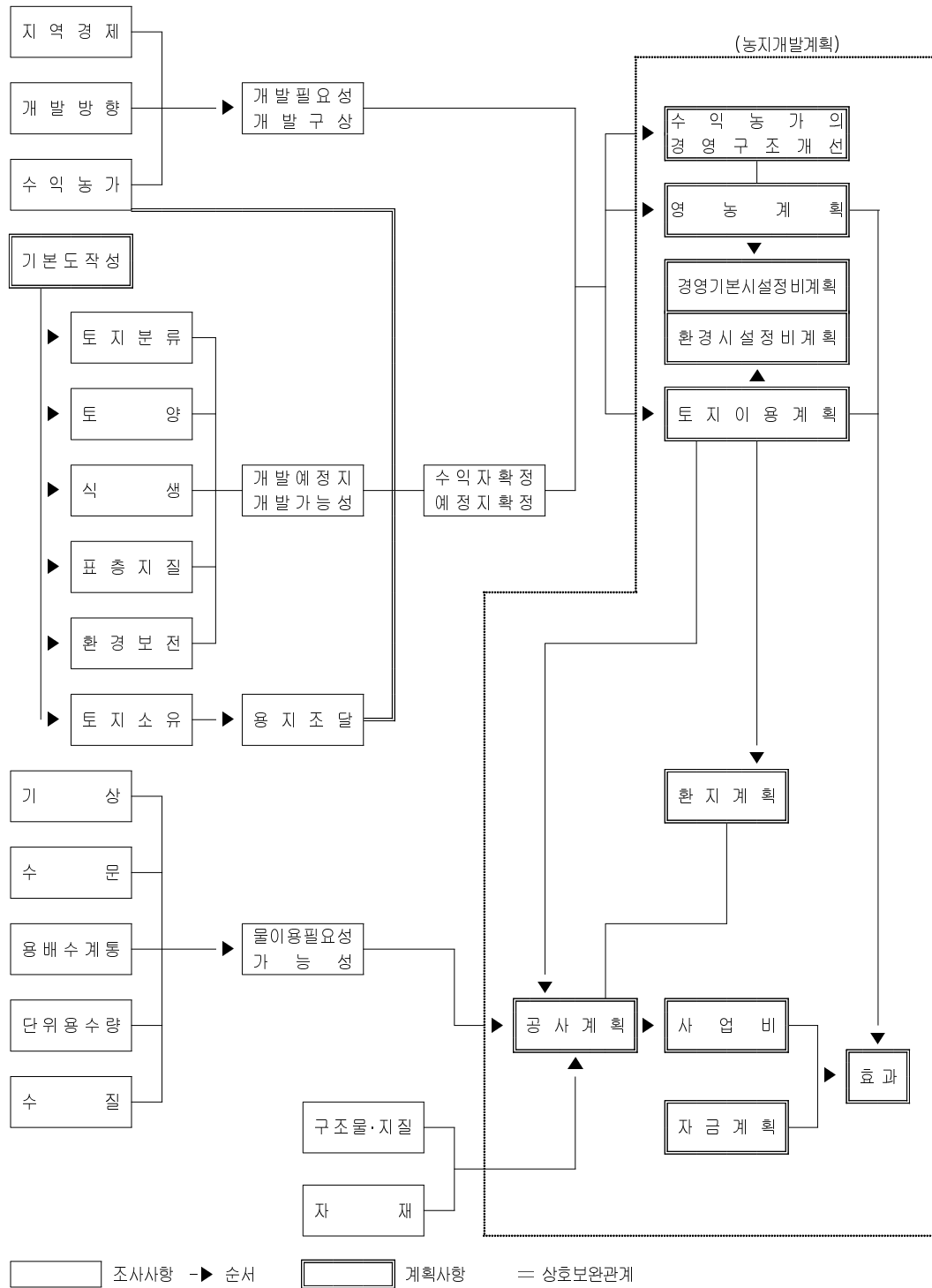


그림 2.2.1 개간사업 조사계획 흐름도

2.3.2 대상구역의 결정

지형도, 토지이용현황도 등 각종 도면자료를 수집하여 개발예정지역의 현황을 파악하여 대상구역을 결정한다.

국토지리정보원 발행의 1/25,000 지형도 등을 기본으로 하여 항공사진, 토지소유관계도(임야도, 지적도)와 개발예정지역의 토지이용 현황도를 참고로 하여 수정·보완하고 그 도면을 기초로 개발가능지의 개략적인 형태를 표시한다.

수익자의 의사와 용지 조달 가능성을 고려하여 조사대상구역을 결정하는 동시에 수원시설, 용·배수시설, 농로 등의 계획과 범위를 고려하여 대상구역을 결정한다.

2.3.3 기본도의 작성

원도(原圖)의 작성방법은 항공사진을 도화(圖化)하는 방법과 임야도와 지적도의 복사본을 기본으로 지상에서 지형측량한 도면을 이용하여 작성하는 방법 등이 있다.

농지조성의 경우는 개간 대상구역이 넓고 산지를 주 대상으로 하기 때문에 일반적으로 항공측량에 의하여 도화하는 것이 바람직하다.

도화작업은 답사 → 표지설치 → 촬영 → 도화 → 성과확인의 순서로 시행한다. 도화하는 지형도의 축척과 등고선의 간격은 일반적으로 개간의 경우는 1/1,200 ~ 1/3,000의 축척과 등고선의 간격을 1.0 ~ 2.0m로 한다.

2.3.4 경계측량

도화된 지형도에 토지소유자별 지적의 경계를 표시하는 작업으로서 지상측량에 의하여 얻은 성과와 임야(토지)대장을 참고하여 관계자의 입회하에 측량한다.

개발예정지는 임야 또는 황무지로서 기존경계가 불분명하고, 수목이 우거져 있을 뿐 아니라 변형된 지형이 많은 지역을 대상으로 하기 때문에 경계측량을 할 때는 세심한 주의를 필요로 한다.

환지(換地)가 필요한 경우는 확정측량에 앞서 종전 지적측량을 하게 되므로 분쟁이 발생하지 않도록 신중을 기한다.

2.4 입지조건

미간지(개발예정지) 내에는 농경지가 될 수 있는 양호한 토지와 농경지로 전혀 이용할 수 없는 토지가 다양하게 분포하기 때문에 기본계획 수립시에는 해당 토지를 일정한 기준에 의해 분류함과 동시에 입지조건을 검토하여 합리적인 이용계획을 수립한다.

2.4.1 개간적지의 조건

어느 지구의 토지를 개간하는 것이 기술적으로나 경제적으로 적합한가 하는 것을 심의하는 기준으로서 기상, 토지의 표고, 경사, 토양, 용수, 농지보전, 도로와 교통, 사회·경제적 조건 등 다양하게 고려하여야 한다.

개간 적지는 개간 후에 안정된 농사를 지을 수 있어야 하고, 개간하는 것이 현재의 용도로 이용하는 것 보다 효과적이어야 하며 농지보전상 지장이 없도록 유의하여야 하며, 다음과 같은 사항들을 중심으로 검토한다.

가. 기상

개간 대상지역의 기상은 농업과 밀접한 관계가 있기 때문에 작물재배에 적합한 기후와 기상조건을 갖추어야 한다. 작물생육에 중요한 기상인자에는 기온, 일조시간, 강수량, 서리의 시기, 풍향 및 풍속 등 매우 다양하다. 이중 작물 생육에 가장 지배적인 요인으로는 기온을 들 수 있다.

한랭지대의 농업지역은 월평균기온이 10℃ 이상 되는 달이 4개월 이상이고,

혼합농업과 경종(耕種) 농업지역은 일평균기온 13℃ 이상인 일수가 110일 이상이며, 5월부터 9월까지의 월평균기온이 15℃ 이상이면 영농이 가능하다.

그러나 다른 조건이 양호하고 일평균기온 13℃ 이상인 일수가 90일 이상이며, 5월부터 9월까지의 월평균기온이 13℃ 이상이면 혼합농업과 경종농업이 가능하다.

나. 토지의 표고

토지의 표고가 높아지면 기온이 낮아진다. 우리나라는 대략 고도 100m당 약 0.7℃씩 낮아지고 있는데, 일반적으로 토지의 경사도가 완만하면 그 감소율이 낮고 급하면 높다. 그러나 획일적으로 표고의 한계를 정할 수 없으므로 개간지의 표고를 조사하여 고도가 재배할 작물의 생육에 적절한 기온의 범위 안에 드는 곳을 선정한다.

다. 토지의 경사

우리나라는 국토의 대부분이 산지로 이루어져 있으므로 개간 가능지를 산지에서 찾게 되며, 논지 약 20%, 밭지 약 40%, 과수원의 약 70%는 산지에 있는 경사지를 개간한 것이다.

개간적지의 경사조건은 다음과 같다.

1) 지형의 경사도에 따라 주거지에서 경지 사이의 생산물 및 자재 운반의 노동력에 차이가 나타나며(상승에 2.0~2.3배, 하강에 1.5~1.7배), 그 한계경사는 대체로 25°이다.

2) 경지 자체의 경사도가 급하면 영농노동력이 약 27% 가량 증가하여 생산비 또한 증가한다. 일반적으로 농작업의 경우 경운기나 트랙터는 8~10°, 우마는 15°, 인력은 30°~40°가 경사한계이다.

3) 15° 이하이면 등고선 경작과 대상재배로 토양침식을 방지할 수 있으나, 그 이상은 토양보전시설을 갖추거나 또는 계단공이나 개량원지형공으로 경지면의 경사를 낮추어야 한다.

급경사가 개간을 제한하는 중요인자는 되지 못하지만 소득향상을 위하여 집약재배를 하거나 기계화를 통한 대규모 영농에서는 토지경사를 기계경작에

알맞도록 절토나 성토공사로 낮추어야 한다. 그러나 토공작업을 무리하게 시행하게 되면 과도한 비용지출로 적지조건을 충족시키지 못할 수도 있다.

라. 토양

개간사업은 절토 및 성토공사 작업만으로 완료되는 것이 아니라 그곳에서 작물을 적절히 재배할 수 있는 토양의 조건이 매우 중요하다. 유효토층의 두께, 토성, 자갈 함유량 등이 적지조건을 구성하는 요소가 될 수 있으나 인위적으로 토양을 개량할 수 있으므로 극단적으로 불량한 토양이 아니면 개간은 가능하다. 즉, 농지로 적합한 토양은 토심이 깊고 자갈이 적으며 토양수분이 많을수록 좋다. 이와 같이 토양조건을 갖추어야 개간 후에 작물 경작이 이루어질 수 있기 때문에 토양조건이 개간의 적지선정에 매우 중요한 기준이 된다.

마. 용수

개간지의 안전한 영농을 위해서는 작물의 생육에 필요한 물을 충분히 확보하여야 한다. 또, 개간지 영농에 종사할 사람들을 정착시키는 계획을 수립할 경우에는 농가에 필요한 생활용수도 안정적으로 공급하여야 한다. 일반적으로 위생·방화시설을 고려하여 500ℓ/일/호의 급수계획을 수립한다.

음용수는 수질이 양호하여야 하므로 빗물에 의존하는 일은 드물고 지표수나 지하수에 의존하는데, 계절적으로 갈수(渴水)가 되지 않는 수원이어야 한다.

바. 농지보전

우리나라는 지세나 기상 여건상 풍수해가 자주 발생하므로 경사지의 침식과 붕괴, 강풍지대의 풍식 등의 재해를 방지한다. 이러한 재해는 지표의 식생상태와 밀접한 관계가 있으므로 국토보전 차원에서 재해예방을 목적으로 현존하는 산림보전지역을 재평가하여 그 지역은 조사대상에서 원칙적으로 제외한다. 즉, 특수 우량림, 모수림(母樹林)(종자·접수(接穗)·삽수(插穗) 등을 얻기 위해 육성 지정한 우량림)등 보호를 요하는 곳, 토양보전과 치산치수를 위한 보안림, 사방지정지 등의 녹지와 토양보전 대상지는 개간대상에서 제외한다.

사. 도로와 교통

개간 대상지는 기존의 도로 가까이 위치하거나 교통에 지장이 없는 지역이 적합하다. 효율적인 영농을 위해서는 기존 도로까지 연결하는 도로를 신설하여야 하며, 이에 대한 기술적, 경제적 관점에서 그 타당성을 고려해야 한다. 도로밀도는 250m/ha가 적정하며 고립성이 강한 산간의 소규모 생산지를 방사상으로나 순환상으로 연결하여 도로망을 형성해야 한다. 이와 함께 ① 각종 농산물생산지를 단지화하여 기계화영농을 촉진시키고, ② 다양한 농산물을 집·출하지점에 집중시켜 유통시키고, ③ 농지, 주거지 및 시장을 직결·긴밀화시키고, ④ 농업과 관광을 연계하도록 한다.

아. 사회·경제적 조건

개간적지를 판단할 경우 물리적 조건뿐만 아니라 채소, 화훼, 과수 등 각종 농산물의 생산과 유통이 원활하게 지원되는 지역인지, 또는 작목별 생산자 단체 등이 조직되어 잘 운영되고 있는 지역인지 등 사회적, 경제적 조건 등도 충분히 검토하여야 한다.

자. 기타 조건

채초지, 임지(林地) 등을 개간할 경우에는 토지이용상의 조정이 필요하며, 수산업이나 광업권과 관계가 있는 토지는 관련기관과 협의를 한다.

이상의 여러 조건을 충족하는 경우라도 공공목적의 사업계획이 확정된 지역이나 채종림(採種林) 보존을 위한 국유림이나 시험림, 명승고적지, 공설묘지 등은 제외한다.

2.5 토지이용 현황조사

개간사업 토지이용계획의 기초자료를 얻는 데 필요한 조사로서 해당 개간사업지역의 토지이용현황 즉 경지, 초지, 임야 등 이용구분별 개발가능면적 등을 조사한다.

대상구역 전반에 걸쳐 기존의 각종 자료(지형도, 법적 용도구역 자료 등)에 의하여 도면상에서 이용구분별 면적을 조사하고 이를 기초로 하여 현지에서 조사·확인하여 표 2.5.1에 정리·기재한다. 그리고 계획지구 내의 토지에 대하여 시·군에 비치되어 있는 지적원도와 토지대장에 의하여 공부(公簿)상의 지적을 조사하고 이를 현지에서 확인하여 표 2.5.2에 정리한다. 마지막으로 토지소유자별 면적을 공부(公簿)상에서 조사하여 표 2.5.3에 정리·기재한다.

표 2.5.1 토지이용현황 조사표

구 분	면 적(ha)	이용상태	비 고
임 야			
경 지			
논			
밭			
과수원			
목야지(牧野地)			
채초지(집약초지)			
도 로			
폐염전(廢塩田)			
하 천			
유 지(溜池)			
택 지			
구 거(溝渠)			
기 타			

표 2.5.2 지구내 토지이용현황

토지소유지	지번	공부상 지목 및 지적		현재 지목 및 지적		비고
시(군)면리	번지	지목	지적	지목	지적	

표 2.5.3 토지 소유자별 면적

소유지	지 번	지 목	지 적	토지소유자		비고
				주 소	성 명	

2.6 기상 및 수문 조사

2.6.1 기상조사

영농계획, 용·배수계획, 방재계획 등의 기초자료 확보에 필요한 조사로서 지역의 일반기상, 특수기상, 재해기록에 대해서 조사한다. 기상자료는 계획대상지역이나 인근 관측소에서 수집하며, 사전에 관측소의 위치, 표고, 관측항목, 기간, 신뢰성 등을 조사한다. 기존 관측소의 자료를 얻을 수 없을 때나 부족할 때에는 관측기구를 설치해서 관측한다.

일반기상 자료는 가능한 한 장기간 동안의 자료를 조사하며, 최근 10년 동안에 대해서 기온, 강수량, 풍향, 풍속, 서리, 눈, 일조시간, 가뭄일수 등을 조사한다.

특수기상은 관개계획, 방재계획 수립에 필요한 자료로 특히 강우량, 가뭄일수 등에 대해서 조사한다. 재해기록은 과거의 이상기상에 의한 해당 지역 부근의 재해현황 등을 포함하여 조사한다. 재해기록의 수집, 청취, 답사 등에 의해서 하천범람, 담수상황, 냉해, 연속가뭄, 연속강우, 폭설, 강풍 등의 농업 재해기록을 조사한다.

기상조사 항목과 각종 계획과의 관계는 표 2.6.1과 같다.

2.6.2 수문조사

지역개발에 수반한 용·배수계획 및 지역의 수계보전계획 등을 수립하는 기초자료로 활용하기 위하여 용·배수현황 조사, 용수량 및 신규수원 조사, 유출기구 조사 등을 시행한다.

개간사업지구는 기득 수리권이 없고 신규 이수(利水)가 필요하다. 그러므로 특히 수리실태와 취수 가능량 조사가 중요하다. 또한 농지조성이 광범위할 경우에는 유황변화에 수반한 홍수량의 증가, 갈수량의 감소 등을 검토한다.

표 2.6.1 기상조사 항목과 각종 계획과의 관계

항 목	일반기상	특이기상	영농 계획	관개 계획	배수 계획	방재 계획	시공 계획
기 온	최고·최저기온 연평균기온 일평균기온 작물 생육기간 평균기온		○ ○ ○				○
강수량	연강수량 월강수량 일우량 시간우량 4시간우량 연속우량 강수일수 가뭄일수 연속가뭄일수 관개기간 연속가뭄일수	최대일우량 최대시간우량 최대4시간우량 최대연속우량 최대연속 가뭄일수 관개기간최대 연속가뭄일수	○ ○	○ ○ ○	○ ○ ○ ○	○ ○ ○ ○	○
풍 향 풍 속	월별 평균 풍속 월별 최대 풍속 최대 풍향		○ ○			○	
안 개	월별 발생일수		○				
서 리	초상일(初霜日) 만상일(晩霜日) 무상기간		○ ○ ○				
눈	초설일 종설일 적설기간 최대적설심		○ ○ ○				○ ○ ○ ○
일 조	일조시간		○				

가. 용·배수현황 조사

관련되는 하천이나 계곡수 등에 대하여 수리현황, 홍수에 의한 피해상황을 조사하여 이수 및 치수 측면의 이용현황, 필요한 수원 및 배수현황을 파악한다. 특히 관련 수계에서 발전, 상수도, 공업용수, 농업용수 등 각종 물의 이용에 대해서 수리권, 허가수량, 관행 취수량, 시기별 취수량 등을 조사한다. 이를 위하여 각종 시설계획과 설계내용을 면밀히 검토함과 동시에 현지조사, 유량 측정 등을 실시하여 취수예정지점에서 취수량의 과부족 상태를 파악한다.

유량은 기존 실측자료로부터 평년(일반적으로 10개년 정도의 평균) 및 기준년(1/10 확률년)의 유량을 구하게 되는데 자료가 필요시에는 조사기간 중에도 실측한다.

배수현황에 대해서는 각 배수계통과 습지, 담수 등에 의한 침수지역의 범위를 현지에서 확인하고 배수불량의 주요원인으로 지적되는 ① 지형적 원인, ② 토양적 원인, ③ 호수와 바다 등 외수의 영향, ④ 하천의 범람 등에 대한 특성을 분석한다. 또한 특수기상, 배수로 상황, 담수흔적, 피크 지속시간 등의 계수 판단에 필요한 청취, 배수관행 등에 대해서도 조사한다.

나. 용수량 및 신규 수원조사

발 조성에 따른 물이용 형태별 필요수량을 조사한다. 발판개 등의 소비수량은 물론 음용수, 방재용수 등에 대해서도 충분히 검토한다. 수원조사는 용·배수 현황조사에서 실시하는데 지하수 이용의 경우에는 시굴 또는 시추를 하여 양수시험에 의해서 이용가능수량을 확인한다.

다. 유출기구조사

지역 내에서 우량과 유출량의 상관을 조사함과 동시에 지형, 경사도, 지목·지표상태를 파악하여 지역의 유출 메카니즘을 분석한다. 또한 인근에 농지를 조성한 지구가 있는 경우에는 조성 전후의 유량 등 자료를 수집하여 유출변화현황을 파악한다.

2.7 지형 및 지질조사

2.7.1 지형조사

지형조사의 주요 내용은 지형분류이며 지형분류는 토지의 자연적인 성격을 파악하기 위한 것이다. 따라서 지형의 성인적(成因的) 분류를 중심으로 형태 및 지표·지질 분류를 시행한다.

가. 일반적 기준

1) 지표면의 기복량(起伏量)

평탄, 느린 경사, 느린 파상기복(波狀起伏), 심한 톱니모양의 기복, 급한 경사 등을 조사한다. 가능한 적당한 방향의 평균경사도 일정면적(예; 1km²)내 최고 해발표고와 최저 해발표고와의 표고차를 구하고 필요하다면 지형단면도를 작성한다.

2) 하천, 계곡수의 분포상태

하천이나 계곡의 너비, 하천 바닥면에 대한 평수시(平水時)의 수면 폭의 비, 하안(河岸)의 비고차(比高差), 언덕의 기울기 등을 조사한다.

3) 토지표면의 미세지형

1/25,000 지형도에 표시되지 않을 정도의 미세지형도 파악한다.

4) 침식 및 충적작용에 따르는 변화

강우, 특히 호우시 지표에 있어서 붕괴되기 쉬운 부분 또는 유출물이 퇴적될 수 있는 위치 및 넓이와 주위와의 관계 등을 조사한다.

5) 식생

대상지구에 성장하고 있는 다년생 식물에 대해서는 주요 수종과 밀도 및 수령을 조사하는 동시에 지피물(地被物)의 상태를 파악한다. 또한 일년생 식물에 대하여 지역에서 잘 성장하는 종류를 조사하여 토양의 성질과 개간 후의 적정 작물을 선정한다.

나. 지형구분 및 조사의 기준

지형은 일반적으로 충적저지(沖積低地), 홍적대지(洪積台地), 선상지(扇狀地), 단구(段丘), 구릉, 화산산지, 일반산지, 고원 등 8가지로 구분된다. 이들 지형구분을 토대로 지형의 특징을 파악하고 수원취득의 난이도 및 수원의 종류, 주요한 지질조건, 토양층의 발달 여부, 시공대책을 강구할 수 있으며, 특히 미세지형상 주의할 점 등에 대해서도 조사한다.

2.7.2 지질조사

지질조사는 충적층과 홍적층의 구분, 제3기층, 화산퇴적물, 암반의 종류, 암질과 그 분포상황 등을 주요 내용으로 하여 조사한다.

가. 충적층과 홍적층

충적층(沖積層)은 강, 호수, 바다 등 물이 있는 곳의 연안(沿岸) 주변에 분포한다. 주로 자갈, 모래, 진흙 및 이들의 혼합층으로 이루어지며 하천부지, 삼각주 및 일부의 선상지(扇狀地) 등에 분포하고 대체로 연약하고 두께는 산간평야부가 수 m에서 수십 m정도, 해안평야에서 10m에서 20~30m 정도, 때로는 이보다 깊다.

홍적층(洪積層)은 주로 굵은 돌, 자갈, 모래, 진흙, 로옴(loam) 등으로 되어 있고 부분적으로는 연약하나 대체로 충적층보다 고결도(固結度)가 높다.

충적층과 홍적층의 구별은

- 1) 지형에 따라 낮은 평지를 포함한 평야, 분지(盆地), 소선상지를 홍적층 지대로 구분한다.
- 2) 노두(露頭)에 보이는 고결도가 아주 낮은 경우는 충적층, 손으로 비벼서 떨어져 흩어지는 정도 또는 그 이상 약간 단단한 경우에는 홍적층으로 판단한다.

나. 제3기층

지형적으로 구릉, 낮은 단구(段丘)를 이루며 대지(台地)의 기반(基盤)에 해당

되는 부분이며 때로는 역암층(礫岩層)을 지나 보통은 사암, 혈암(頁岩)의 누층(累層)으로 사암(砂岩)의 경우에는 부근에 노출암(露出岩)이 많고 혈암이 많은 경우에는 둥근 지형을 이루고 있는 경우가 많다.

이러한 지질의 토지는 토질이 좋으나 부분적으로 심도의 차가 크고 소량의 수원(水源)을 얻기에는 어렵지 않으나 대량의 용수를 얻기 위해서는 조사연구가 필요하다. 또 토양층의 깊이, 수원의 유무 등을 알기 위해서는 암석의 분포 상태, 주향(走向)과 경사, 단단함과 무름, 풍화의 정도 등을 조사한다.

다. 화산퇴적물

화산회(火山灰), 화산사력, 응회암(凝灰岩), 집괴암(集塊岩) 및 각종 용암류(溶岩類)로서 이들의 구별은 보통의 지질도에는 일괄하여 화산회, 사력층 또는 용암(대개의 경우는 안산암(安山岩)으로 이밖에 현무암(玄武岩), 기타 등)으로 표시되어 있는 수가 많다. 지하의 비교적 얕은 곳에 응회암, 집괴암 또는 용암이 있는 것이 일반적이며 이들 암석이 나타나기까지 표층토의 심도, 아래 지반의 투수(透水)의 정도 등을 자세히 조사한다.

라. 고기암반(古期岩盤)

중·고생대의 수성암(水成岩)은 사암(砂岩), 경사암(硬砂岩), 점판암(粘板岩), 혈암(頁岩), 석회암(石灰巖), 규암(珪岩)을 포함하며 매우 단단한 암반이다.

암석의 종류에 따라서는 경연(硬軟), 풍화, 수식(水蝕)에 대한 저항력의 정도, 분해의 속도에 차이가 있으므로 암질(岩質) 및 분포범위에 대하여 조사한다.

점판암, 혈암은 풍화하기 쉬우며 양질의 토양이 되기 쉽고, 화강암(花崗岩) 지대에서는 석영입자(石英粒子)로 인하여 주로 모래 토양이 되며, 수원(水源)으로서는 석회암(石灰巖) 이외에서 계곡수(溪谷水)나 소량의 용출수(湧出水)를 얻을 수 있다.

2.8 토양 및 식생조사

2.8.1 토양조사

토양은 지형, 지질과 관련이 깊으며 표토가 생산성이 높은 근군역(根群域)을 형성하는 토양에 알맞아야 한다. 따라서 표토의 성질을 파악하여 근군역 토양에 알맞도록 개량하기 위한 자료 취득이 기본이다.

토양조사는 현지토양조사와 토양분석조사로 구분되며, 표토의 깊이, 유효토층의 두께, 부식함량, 토성, 자갈함량, 노암비율, 토양수분관계, 경사, 침식, 식생 등을 조사한다. 이를 바탕으로 개발구역의 판정, 토지이용계획, 작목결정, 토층개량계획 및 토양개량제 투입량의 산정에 크게 영향을 끼친다고 판단되는 토양구간의 경계를 확인한다.

가. 현지 토양조사

토양도(농촌진흥청)를 이용해서 개략조사한 후 현지에서는 표 2.8.1과 같이 조사목적에 따라 그 지점을 설정하여 조사한다.

조사는 핸드오거(soil auger)나 천공(穿孔)으로 실시하는 것이 원칙이다. 때로는 25ha에 1점 비율로 깊이 1.0~1.5m의 시갱을 파서 토양단면을 관찰함과 동시에 토층의 두께, 층계(層界), 토성, 역·부식, 이탄, 토색, 구조, 공극, 정밀도, 그레이(gray)층, 산화침전물, 함수량, 가소성, 점착성, 흙의 경도, 식물뿌리의 분포상황 등을 조사한다. 토양침식이 문제가 되는 지대는 단면 조사지점 부근에서 침식의 종류와 정도를 조사한다.

표 2.8.1 토양조사지점 설정기준 일람

조사항목	측정지점 설정기준	목 적
시굴조사	일반적으로 1h에 1점 이상	토양통 경계를 정하기 위하여 보링스틱 등으로 실시
시갱(試坑)조사	일반적으로 25ha에 1점	1m ² 넓이에서 1m 깊이의 구멍을 파서 토양단면 조사
pH 조사	5ha 방안(方眼)의 교점마다	산성토양 개량자료를 산정 하기 위하여 지표에서 25 cm 까지 사이의 시료 채취
부식함량조사	5ha 방안(方眼)의 교점마다	완충능(緩衝能) 측정지점 선정, 이화학 특성의 파악
토양분석조사	토양통 또는 100ha에 1점 pH·치환산도는 25ha에 1점	

나. 토양분석조사

토양통마다 또는 일반적으로 100ha에 1점 비율로 층위별 시료에 대해서 입경조성, 염기치환 용량, 치환성 석회, 인산 흡수계수를 조사하고, 25ha에 1점 비율로 pH, 치환산도, 유기물을 조사한다.

산지토양은 다음과 같이 적황색토, 유사반충토, 암석토, 갈색삼림토로 분류하고 있다.

1) 적황색토

주로 경사가 완만한 저구릉지, 구릉지, 홍적대지에 분포하는데, 토양배수가 양호하며 유효토심이 깊고, 점토의 함량이 높으며, 유기물함량이 낮다.

특히 화강암이나 화강 편무암을 주요 재료로 발달한 토양은 강한 산성을 띠며 양이온 치환용량이 낮고, 인산 등이 부족하여 농경지로 이용하려면 토양의 물리·화학적 성질을 개량한다.

2) 유사반층토

주로 산록 및 구릉지의 경사가 완만한 개발가능지대에 많이 분포하고 있는 토양으로, 표토 30cm 하부에 단단한 점토반이 형성되어 있어서 심토파쇄에 의한 물리적 개량이 선행되어야 한다.

3) 암쇄토

산악토라고도 하며 주로 경사가 급한 구릉지를 비롯하여 산악지에 넓게 분포하고 있어서 토양침식이 심하고, 표토의 유실이 많아 토심이 얕으며, 비옥도가 낮아서 개발대상지에서 제외되는 토지이다. 즉, 기존 경지에 비하여 공극률이 낮고, 경도가 매우 단단하다. 또한 토양삼상 중 기상(氣相)이 낮고 고상(固相)이 높다.

4) 갈색삼림토

높은 산악지대나 비교적 경사가 완만한 활엽수림 아래에서 발달된 토양으로, 고지대의 저온으로 유기물의 분해가 늦고 유기물 함량이 높아서 토색이 암갈색 또는 갈색을 띠는 것이 특징이다. 감자 채종지(採種地)나 여름무, 배추의 재배지로 이용되고 있다.

2.8.2 식생조사

개발예정지구 내의 식생현황을 파악하여 농지, 목초방목지, 방풍림 등의 토지이용구분의 기초자료로 이용함과 동시에 조성예정지에 대한 입목의 벌채, 흙태우기, 뿌리뽑기 등에 필요한 공사비 산정의 기초자료가 된다.

기본도는 1/2,500 ~ 1/5,000 지형도를 사용하며, 사전조사(도상검토)와 현지조사로 나눌 수 있다.

가. 사전조사(도상검토)

항공사진, 산림관련 도면 및 산림대장 등의 기존자료를 이용하여 실내작업을 실시한다. 이에 앞서 표 2.8.2 및 표 2.8.3과 같은 식생상태의 구분과 기준을 참고하여 현지조사를 위한 준비를 한다.

표 2.8.2 식생상태의 구분 및 기준

명 칭		기 호	비 고
암 석 나지(裸地) 경 지		R Ba Cu	
입 목 지	침엽수림 활엽수림 침활혼효림	N L NL	침엽수 75% 이상 활엽수 75% 이상 침활혼효율 25 ~ 75%
생육지류	죽림지	B	도로, 수로, 수면 등
	갈대지	S	
	야초지	G	
	벌채적지 (伐採跡地)	C	
	기 타	E	

표 2.8.3 수관소밀도(樹冠疎密度) 구분기준

소 밀 도	기 호	비 고
높음(密)	a	수관밀도 80% 이상
보통(中)	b	수관밀도 50 ~ 80%
낮음(疎)	c	수관밀도 20 ~ 50%
매우 낮음(極疎)	d	수관밀도 20% 이하

나. 현지조사

사전조사에서 작성한 식생관련 도면을 현지 조사시 휴대하면서 표 2.8.2와 표 2.8.3에 따라 식생상태를 확인한다.

입목지, 벌채적지를 대상으로 임상구분, 수종, 수관 소밀도를 구분할 때에는 각 구분마다 선정된 현지 표본구(20m×20m)에 대해서 표 2.8.4의 요령으로 표 2.8.5의 측정항목을 조사한다.

표 2.8.4 표본조사법

조 사 법	내 용
면에 의한 방법 : 방형구법(方形區法, Quadrat method)	방형틀을 사용하여 조사하는 방법으로 틀내의 식피율(植被率)·피복도 및 빈도·풀의 길이·풀의 양 등을 측정(조사개수는 식생형(植生型)마다 5~8개소를 무작위로 선정)
선에 의한 방법 : 라인법(線狀被覆度法, 線狀頻度法)	선을 사용하여 조사하는 방법으로 그 선에 닿는 종의 빈도와 피복도를 측정(조사개수는 식생형마다 5~10라인을 무작위로 선정)

(주) 방형구법에서 틀의 1변장(邊長) 및 라인법에서 라인장(長)의 기준은 다음과 같다.

구 분	단초형 (短草型)	장초형 (長草型)	양치형 (羊齒型)	억새형	관목형 (灌木型)	수림형 (樹林型)
틀의 1변장(m)	0.25	1.0	1.0 ~ 2.0	1.0 ~ 2.0	20 이상	10 이상
라인장(m)	10	2.0	20	20	20 이상	20 이상

표 2.8.5 측정 항목

측정 항목		내 용
초생지 · 관목지	식피율	전 식물의 관부(冠部)에 의하여 피복되는 부분의 면적률을 10% 간격으로 10계급으로 표시
	피복도	식물 관부의 퍼짐에 대한 투영면적을 의미함 10% 간격으로 10계급으로 나타내며, 다음과 같이 4계급으로 나타낼 경우도 있음 매우 높은 밀도 : 70% 이상 높은 밀도 : 50 ~ 70% 낮은 밀도 : 25 ~ 50% 매우 낮은 밀도 : 25% 이하
	빈 도	측정틀을 단위로 한 종(種)의 출현률을 나타냄
	풀의 길이	주요 풀의 평균적 풀의 길이(지상에서 잎 끝까지의 길이)인데, 우점도(優占度)의 산출에 사용할 경우에는 최장의 1개체 측정도 가능함
	풀의 양	방목, 예취(刈取)로 이용 가능한 풀의 양(지상 5 ~ 10cm 예취)을 ha당 kg으로 표시
수림지	수 령	생육의 경과년수
	수 고	측고기(測高器) 및 목측(目測)으로 측정
	울폐도 (鬱閉度)	각 수종 관부의 지면에 대한 정사영(正射影)의 외연(外緣)을 맺은 면적의 단위면적에 대한 비율을 통해 다음과 같이 나타냄 매우 높은 밀도 : 70% 이상 높은 밀도 : 50 ~ 70% 낮은 밀도 : 25 ~ 50% 매우 낮은 밀도 : 25% 이하
	직 경	수종마다 흉고직경과 지상 10cm 부위의 직경을 측정
	재적 (材積)	수종, 밀도(ha당 나무 수), 직경, 나무높이로부터 입목간재적표(立木幹材積表) 등에 의해 추정

식생과 지력, 흙의 산도, 토양수분의 관계는 다음과 같다. 일반적으로 삼림지는 초생지 보다 지력이 높다.

1) 식생에 의한 지력 판단

① 일반적인 판단

- 수목이 굵고 높으면 : 비옥토
- 수목이 밀생하고 낮으면 : 불량토
- 수목이 굵고 낮으면 : 토층이 얇고 자갈이 많다.

2) 수목에 의한 지력 판단

① 수종에 의한 판단

- 가장 기름진 토지 : 느릅나무, 고로쇠나무, 전나무, 오동나무, 밤나무, 식나무, 팽나무, 참피나무, 칠엽수, 층층나무, 노린재나무 등
- 기름진 토지 : 들매나무, 오리나무, 느티나무, 떡갈나무, 엄나무, 물푸레나무, 뽕나무, 단풍나무, 황철나무(백양), 낙엽송, 가문비나무, 보리수 등
- 약간 기름진 토지 : 생열기나무(까치밥, 까마귀밥), 후박나무, 회화나무, 상수리나무, 잎갈나무 등
- 지력이 불량한 토지 : 자작나무, 해송, 소나무, 자귀나무, 아카시아, 버드나무, 철쭉, 향나무, 노간주나무, 리기다소나무, 다릅나무 등

3) 초생에 의한 지력 판단

① 일반적인 판단

- 풀의 길이가 길고 굵은 토지 : 비옥토
- 풀의 길이가 짧은 토지 : 불량토

② 초생의 종류에 의한 판단

- 가장 기름진 토지 : 쭉, 야고초, 췌기풀, 조릿대풀, 췌, 호장근 등
- 습지로서 비옥한 토지 : 논냉이, 물매화풀, 물창개나무 등
- 비옥하지 않은 토지 : 참억새, 고사리, 참나무, 마타리, 도라지, 은방울꽃, 싸리 등
- 습지로서 비옥하지 않은 토지 : 갈대, 붓꽃, 등심초(골풀), 독미나리, 창포, 돌단풍, 박하, 부처꽃, 큰중나리, 난쟁이붓꽃, 개미나리 등

4) 토양수분과 식생과의 관계

- 건조지를 나타내는 식물 : 소나무, 해송, 자작나무, 밤나무, 졸참나무(굴참나무), 가죽나무(떡갈나무), 물참나무, 병꽃나무, 마타리, 고사리, 노간주나무, 향나무, 녹나무 등
- 습지를 나타내는 식물 : 수양버들, 오리나무, 사시나무, 칠엽수, 호두나무, 선마(관중, 회초미), 황철나무, 들매나무, 리기다소나무, 귀룽나무, 까치박달, 자작나무, 물봉선화, 수레꽃 등

5) 흙의 산도와 식생과의 관계

- 활엽수가 많은 토지 : 토층이 깊고 산성이 약하다.
- 침엽수가 많은 토지 : 토층이 얇고 산성이 강하다.

6) 토양의 깊이

- 깊은 토양에 자라는 수종 : 갈참나무, 밤나무, 느릅나무, 느티나무, 물푸레나무, 전나무 등
- 보통 깊이에 자라는 수종 : 소나무, 오리나무, 단풍나무 등
- 얇은 토양에 자라는 수종 : 사시나무, 황철나무, 자작나무, 버드나무, 가문비나무 등

7) 토양의 조밀

- 치밀한 토양에 견디는 수종 : 소나무, 전나무, 낙엽송, 가문비나무, 상수리나무, 느티나무 등
- 느슨한 토양에 견디는 수종 : 아카시아, 소나무, 해송, 오리나무 등

8) 토양의 종류

- 식토에 견디는 수종 : 갈참나무, 상수리나무, 뱀나무, 소나무, 낙엽송
- 사토에 견디는 수종 : 소나무, 버드나무, 아카시아, 황철나무 등
- 석탄토에 견디는 수종 : 느릅나무, 느티나무, 단풍나무, 낙엽송, 소나무, 전나무, 수수꽃다리 등
- 산성토에 견디는 수종 : 소나무, 해송, 가문비나무, 전나무, 갈참나무, 낙엽송, 물푸레나무 등

제 3 장 토지이용 및 환경성 검토

3.1 토지분류 조사

토지분류 조사는 농지개발의 적합성 여부를 판단하는 중요한 조사로서, 경사, 토층의 두께, 토성, 자갈함량, 침식도의 5개 항목을 중심으로 영농계획, 토지이용계획, 공사계획 등을 수립하기 위한 자료를 얻기 위하여 조사한다.

3.1.1 예비조사

토지분류 조사를 효율적으로 실시하기 위하여 경사 및 표층지질에 대해서 기존자료를 기본으로 개략경사구분도(예찰도)와 지표지질도를 작성하여 현지조사의 구체적인 방법·순서 등을 정해서 실시한다.

예비조사의 기본이 되는 개략경사구분도 작성은 지형도(1/2,500 ~ 1/5,000)를 사용해서 경사도를 측정하는데, 그 기준계산식은 식(3.1.1)과 같다.

$$\cot \theta = \frac{d \cdot M}{h} \dots\dots\dots (3.1.1)$$

식에서, d : 지형도상 등고선의 간격

M : 지형도축척의 도수 (예: 축척 1/5,000인 경우 5,000)

h : 표고차

θ : 경사도(°)

지형도와 계산기를 이용하여 경사도를 산정할 경우 식(3.1.2)을 이용한다.

$$\tan \theta = \frac{h}{d \cdot M} \dots\dots\dots (3.1.2)$$

경사도는 소유역단위로 구분하여 가장 낮은 곳과 가장 높은 곳의 평균경사도를 말한다.

여기서 경사도를 %로 나타내면 다음과 같다.

$$\text{경사도}(\%) = \tan \theta \times 100 \dots\dots\dots (3.1.3)$$

실제로 작업을 할 때에는 사용하는 지형도의 축척에 따라 표 3.1.1과 같은 조건표를 작성한다.

표 3.1.1 축척역수의 조건표

축척 1/25,000 (M=25,000), 표고차 50m (h=50)인 경우					
d (cm)	θ (도)	d (cm)	θ (도)	d (cm)	θ (도)
11.458	1	0.746	15	0.346	30
2.286	5	0.579	20	0.286	35
1.134	10	0.429	25	0.238	40

표층지질도는 지형·표층지질·표층지질의 층두께·구성지질·지질의 경도 등의 조사결과를 표시 식으로 나타낸다.

3.1.2 현지조사

개략경사구분도와 표층지질도를 기본으로 각 항목별로 조사하며, 개략 조사와 정밀조사로 구분하여 실시한다.

가. 개략조사

개략조사는 조사지구의 현황을 파악해서 정밀조사를 할 때 각 요인별 측정 조사가 전체적으로 다르지 않도록 사전에 개략적인 현지조사를 한다.

조사지역 전체를 대상으로 지형·지질·토양·기후·식생 등을 직접 조사하고, 토양단면의 특징과 제한인자 등을 파악·고찰해서 경제성과 효율성을 고려하여 정밀조사방침·정밀조사순서·기계준비 등을 결정한다.

나. 정밀조사

정밀조사 측점이 많을수록 정밀도는 높아지나, 조사기간·인원 등의 제한이 있으므로 소지형단지(대략 5 ha 이하) 또는 100~200m 방안에 따라서 경사·유효토층의 두께·토성·자갈함유량·침식정도 등을 측정·확인한다.

대규모단지(대략 5ha 이상)인 경우에는 1단지 내에서도 다른 등급이 존재할 경우가 많으므로 일단 100~200m 방안(1~4ha)에 1점 비율로 측정한다. 각 항목별 조사결과는 개발형태별(밭·초지별)로 정해진 등급과 기호로 나누어 구분한다.

다. 항목별 조사

1) 경사

핸드레벨(hand level), 클리노미터를 사용하여 예비경사구분의 확인조사를 실시하여 표 3.1.2를 기준으로 현지경사가 예비조사결과와 다를 경우에는 현지에서 수정한다.

2) 유효토층의 두께

기암·반층 또는 역층까지의 두께를 나타내는 것으로 표 3.1.3의 기준에 따라 토층을 제한하는 요인을 확인한다. 조사지점에 대해서 보링 스틱이나 핸드오거(hand auger)로 시굴조사를 하고, 또한 25ha에 1점 비율로 상세조사를 한다. 시굴깊이는 1.0~1.5m이다.

3) 토성

지표 아래 50cm까지의 토성을 대상으로 토양의 점착성, 모래함량, 촉감의 정도 및 건토의 응집력의 대소 등을 종합해서 표 3.1.4의 기준에 따라 판정한다.

조사는 100~200m 방안의 각 교점에 대해서 시굴조사를 실시하며, 25ha에 1점 비율로 상세조사도 실시한다.

표 3.1.2 토지경사 분류기준(밭)

급위	구분	경 사	적 성	도면의 채색
I	1	3° 이하	침식의 위험성이 없음. 승용 트랙터에 의한 기계화 일관작업에 전혀 지장이 없음.	녹
II	2-a 2-b 2-c	3 ~ 8° 8 ~ 12° 12 ~ 15°	침식의 위험성 소 ~ 중. 승용 트랙터에 의한 기계화 일관작업에 어느 정도 지장이 있음.	황
III	3-a 3-b 3-c	15 ~ 20° 20 ~ 25° 25 ~ 30°	침식의 위험성 중 ~ 대. 작업효율은 낮으나 기계의 부분이용이 가능함.	적
IV	4-a 4-b	30 ~ 35° 35° 이상	침식의 위험성 큼. 개간의 한계. 개간부적합	자

표 3.1.3 토층의 두께 분류기준(밭)

등급	유효토층 두께(cm)	적 성
I	100 이상	적정한 생산을 올리고, 적절한 관리작업 가능
II	100 ~ 70	계단공은 경사에 따라 공법이 제한됨. 원지형개간에 적합
III	70 ~ 40	계단공은 경사에 따라 어느 정도 공법이 제한됨. 원지형개간에는 대체로 적합
IV	40 이하	계단공은 조성 곤란. 원지형개간은 가능하나, 적정한 생산을 올리고 적절한 관리작업은 곤란

표 3.1.4 토성 분류기준

급 위	토 성	밭
I	점토함량 15 ~ 45% (사질양토 ~ 미사질식토)	적정한 생산과 적절한 관리작업을 하는데 거의 제한인자가 없다.
II	점토함량 5 ~ 15% (조사질양토 ~ 미사질양토)	적정한 생산과 적절한 관리작업을 하는데 어느 정도 제한인자가 있어서 토양에 따라서는 토지 개량대책이 필요하다.
III	점토함량 45% 이상 (중점토 또는 저위, 중간이탄토)	적정한 생산과 적절한 작업을 하는데 매우 큰 제한인자가 있기 때문에 토지개량대책이 필요하다.
IV	점토함량 5% 이하 (미사 또는 고위이탄토)	적정한 생산과 적절한 관리작업을 하는데 각각 커다란 제한인자가 있기 때문에 개간에 적합하지 않다.

4) 자갈함유량

25ha에 1점 비율로 시굴조사(깊이 표 3.1.5 참조, 폭 1.0m, 길이 1.0m)를 실시하여 영농에 지장이 있는 자갈(직경 5.0cm이상의 미풍화 또는 반풍화력)의 용적비를 구하여 표 3.1.6의 기준에 따라 분류한다. 표층지질도 등을 사용하여 자갈함유량이 제한요인이 된다고 판단되면 5~10ha에 1점 비율로 시굴조사를 한다. 자갈의 크기는 표 3.1.7과 같이 구분한다.

표 3.1.5 자갈제거의 목표와 조사할 깊이(H)의 표준치

구 분	자갈제거 목표		조사할 깊이 H (cm)
	대 상	작토 두께(cm)	
논	소력 또는 중력 이상	15 ~ 20	30 ~ 60
보통밭	중력 또는 중력 이상	20 ~ 25	60 ~ 90

(주) 소력 : 30 ~ 50cm, 중력 : 50 ~ 100cm

표 3.1.6 자갈함유량 분류기준

구분	급위	자갈함유량 (경사도)	적 성
밭	I	5% 이하 (3° 이하)	작목에 관계없이 적정한 생산과 적절한 관리작업을 쉽게 할 수 있다.
	II	5 ~ 10% (3 ~ 8°)	작목에 따라서는 적정한 생산과 적절한 관리작업을 하는데 약간의 지장은 있으나 제거할 필요는 없다.
	III	10 ~ 30% (8 ~ 15°)	적정한 생산과 적절한 관리작업을 하자면 커다란 지장이 생기므로 제거할 필요가 있다.
	IVa	30% 이상 (15 ~ 25°)	경지로서의 이용은 부적합. 단, 작목에 따라서는 제거후 이용가능
	IVb	노암	개간 부적합지

표 3.1.7 자갈의 구분

구 분	크기의 범위	적 요
미소력	30mm 체를 통과하고 2mm 체에 잔류하는 것	체 규격은 KSF에 준한다.
소력	50mm 체를 통과하고 30mm 체에 잔류하는 것	
중력	100mm 체를 통과하고 50mm 체에 잔류하는 것	
대력	지름 10 ~ 20 cm	
거력	지름 20 ~ 30 cm	
거암	지름 30 cm 이상	

5) 침식도

기본도에 100 ~ 200m 방안을 짜서 교점마다 20m×20m 크기의 표본구를 설치하고, 표토유실의 정도와 심토 노출, 걸리(gully) 발생을 표 3.1.8에 따라 분급한다.

표 3.1.8 침식도 분류기준

급위	적 성
I	표토의 유실이 지표면의 25% 이하로서 잔여표토가 15cm 이상인 것
II	표토의 유실이 지표면의 25 ~ 75%로서 잔여표토가 15cm 이하인 것
III	표토의 유실이 지표면의 75% 이상으로 심토 일부가 유실된 것
IV	걸리 침식지

각각의 분류기준을 종합한 개간적지 선정기준은 표 3.1.9와 같다.

표 3.1.9 개간적지 선정기준

인자 급위	경사 (%)	유효토층 두께(cm)	토 성	자갈함량 (%)	침 식도
I	0 ~ 3° (0 ~ 5)	100 이상	점토함량 15 ~ 45% (사질양토 ~ 미사질식토)	5 이하	지표유실 25%이하, 잔여 표토두께 15cm 이상
II	3 ~ 8° (5 ~ 14)	100 ~ 70	점토함량 5 ~ 15% (조사질양토 ~ 미사질양토)	5 ~ 10	지표유실 25 ~ 75%, 잔여 표토두께 15cm 이하
III	8 ~ 15° (14 ~ 26)	70 ~ 40	점토함량 45% 이상 (중점토 또는 저위, 중간 이탄토)	10 ~ 30	지표유실 75% 이상, 심토 일부 유실
IV	15 ~ 25° (26 ~ 46)	40 이하	점토함량 5% 이하 (사토 또는 고위 이탄토)	30 이상	걸리 침식지

6) 보완조사

농지조성에서 개량원지형개간과 같이 대규모 절·성토를 하는 토지는 깊은 시굴이나 보링을 하며, 계획조성지의 토성·자갈함량 등의 경향을 파악해서 토층개량계획과 공사계획을 수립한다.

3.1.3 개간적지 여부의 결정

개간적지 선정기준의 결과 및 농지조성 종합판단 적성 결과를 토대로 관련법규의 저촉여부, 환경에의 영향, 영농조건 등 관련사항을 종합적으로 검토하여 결정한다.

개간적지 여부의 결정은 대상토지에 대해 주요 요인별로 현지조사한 결과를 종합화한 <표 3.1.9 개간적지 선정기준>과 <표 3.1.10 농지조성 종합판정과 적성> 결과에 따르는 것을 원칙으로 한다. 즉, 일반 발작물 등 농지이용 목적에 따른 농지적지 조건을 고려하며, I, II 등급에 대해 우선적으로 적지선정을 하도록 한다. 부득이하게 III, IV등급지인 경우에는 관련법규, 환경성, 영농

조건 등을 종합적으로 검토 판단하여 제한적 또는 부적합 요인을 사전에 해결하는 경우에 한해 관계기관의 심의를 거쳐 조성할 수 있다.

개간대상지 선정과 관련하여 개간대상 제외지역과 개간대상지 선정은 개간업무 편람(농림부 2006. 12.)의 개간업무지침 제4조와 제6조 규정에 따른다.

표 3.1.10 농지조성 종합판정과 적성

급위	발 적 성
I	농지로 가장 적합한 토지로서 거의 제한인자가 따르지 않으며, 경사가 거의 수평($0 \sim 3^\circ$)이고, 침식위험이 적고, 토심이 깊고(100m 이상), 자갈이 거의 없고(5% 이하), 배수가 잘되어 작업하기 쉬우며, 보수력이 좋아서 생산성이 보통 이상인 우수한 토지
II	토양관리와 침식에 의한 농지보전이 요구되나 느린 경사($3 \sim 8^\circ$)로 기계화 경운이 가능하고, 깊은 토심(70~100m)으로 일반적으로 등고선 경작·대상 재배 등으로 안전하게 경운작물과 목초재배를 할 수 있는 생산력이 보통인 토지
III	중간 경사도($8 \sim 15^\circ$)와 중간 자갈함량(10~30%), 얇은 토심(40~70cm), 낮은 보수성, 낮은 비옥도 등으로 II급지보다 더욱 엄격한 제한이 따르는 것으로 농지보전대책을 적극적으로 세워서 작물선택을 해야 농경에 약간 적합한 토지로 생산성이 보통 이하가 된다. 그러나 경제적인 채산이 맞도록 영농할 수 있으므로 중단용지로 우선 분배되어야 하는 토지
IV	매우 엄격한 제한이 따르므로 일반적으로는 농경에 부적합하다. 다만, 기후 또는 경제적 여건이 매우 좋고 엄격한 작물 선택과 엄격한 관리를 하면 경지로 이용할 수 있으나, 일반적으로는 임지 방목지로 적합하다. 급한 경사($15 \sim 25^\circ$), 심한 침식, 얇은 토심(40cm 이하), 많은 자갈함량(30% 이상), 낮은 보수력 등은 많은 개선대책이 필요한 토지

3.2 토지이용능력 구분

토지이용능력등급을 구분할 때에는 토지분류조사의 5가지 제한인자를 표기하되, 등급의 종합표시는 로마자로 표기한다. 특별히 사용할 가능성이 있거나, 침식에 유의해야 하는 것은 등급 다음에 별도의 기호로 표기한다. 개간의 최종목표는 농지조성이므로 토양특성에 근거를 두고, 생산능력·기상조건·토성 등 토지이용시 제한조건을 중심으로 토지이용능력을 등급별로 판정한다.

3.2.1 토지형태 분류

토지형태분류(land-type classification)는 토지의 3성격(자연적 성상, 위치적 성질, 현황이용형태)에 대해서 각각 생산능력면에서 공통성을 가지는 몇가지 범주(기후구분·지형분류·토양분류·자연식생구분·교통편의분류·현황토지이용분류 등)로 토지형태를 분류하여 토지이용계획 작성시 비교대조자료로 이용한다.

3.2.2 토지이용능력 분류

토지이용능력분류(land-use-capability classification)은 토지형태분류에 의해서 토지취급단위마다 분류한 토지를 밭·수원지로 개간하는데, 자연적 조건, 위치적 조건 및 농지개량 기술적 조건 등의 측면에서 이용의 적합성 또는 가능성에 따라 등급을 나눈다.

토지이용능력의 등급 구분시에는 자연적 조건으로 경운·관리 및 침식방지의 효율성, 생육의 제한성 등을 검토해야 하고, 위치적 조건에는 생산물 수송의 경제적 거리한계, 농지개량 기술적 조건으로는 계단형·관개형·지력증진 등의 농지개량 기술시공의 효율성을 검토한다.

3.2.3 토지이용 구분

토지이용구분(land-use classification)은 토지이용계획 작성기법의 최종 단계로 장래에 목표로 하는 토지이용형태를 나타내는 중요한 기법이며, 그림 3.2.1의 개념도에 따라 실시한다.

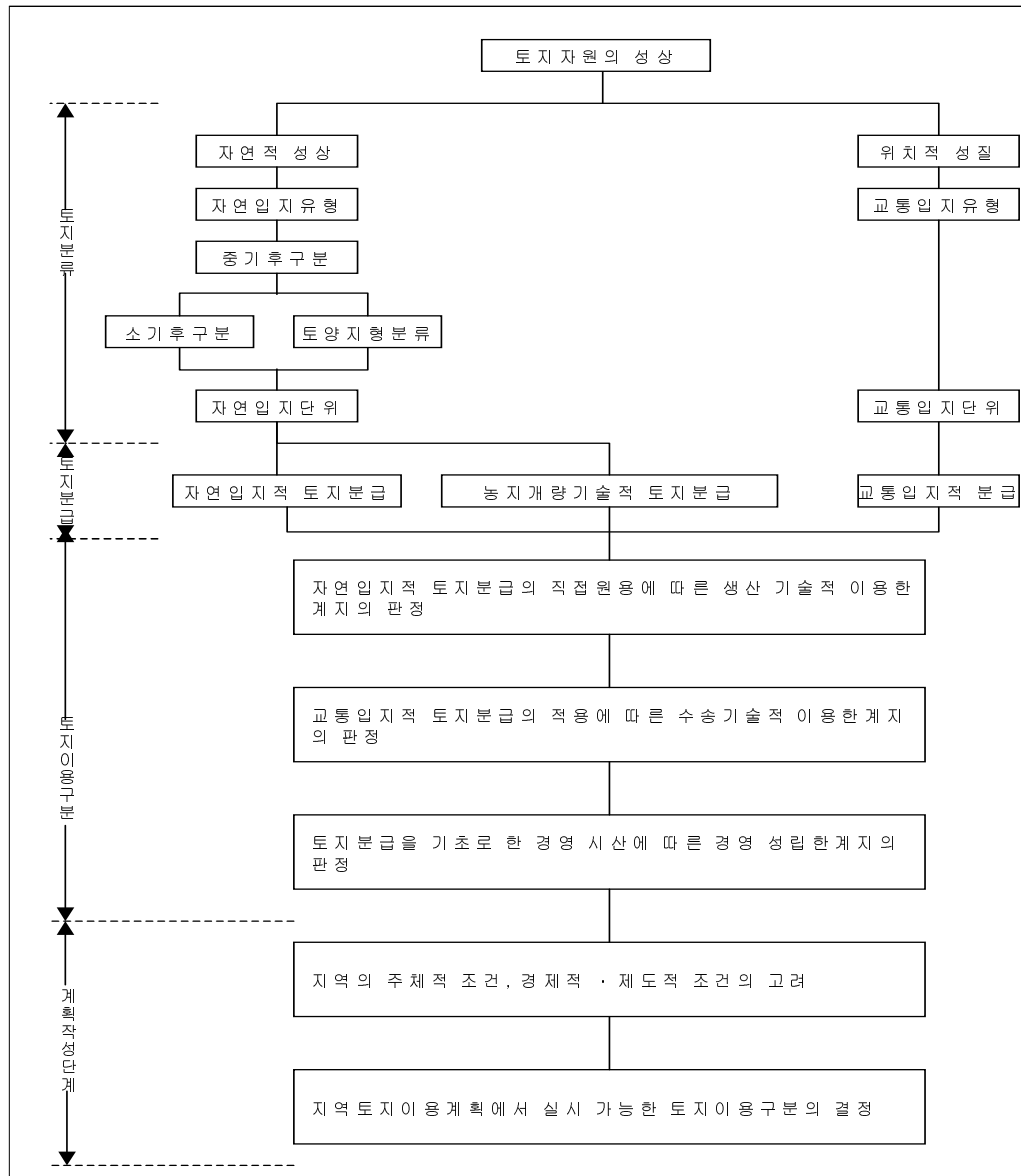


그림 3.2.1 토지이용구분방법의 개념도

토지이용능력 구분에 의해서 이용의 적응성 또는 가능성을 평가하여 등급을 매긴 토지를 다시 농업의 생산용지로서 각각 밭·수원지·임지 등의 적합성과 효율성을 비교 및 판정하여 토지이용계획의 기본방향을 결정한다.

생산용지에서는 토지 순수익 또는 지역 순생산을 최대로 높이는 관점에서 토지이용구분을 하고 있다. 경지 등 농지의 이용구분은 다음과 같은 방법으로 실시한다.

1) 자연입지적 토지이용능력분급(개간적지기준) 및 교통입지적 토지 분류 기법을 직접 적용해서 이용적지나 부적합지를 구별하여 판정한다.

2) 토지이용능력구분 결과를 토대로 경영의 적지나 부적합지를 판정한다.

3) 어떠한 이용에도 적지로 판정되는 토지는 상대적인 적합성을 판정한다.

이와 같은 토지이용구분은 농업생산이라는 특정조건을 전제로 한 것이지만, 지역발전을 위한 토지이용계획은 종합적인 배려와 조정을 한다.

앞으로 국토이용계획법 중에서 농업진흥지역·산림보전지역·자연환경보전 지역 등도 재검토되고, 토지이용관계법령도 정비되어 종합적이고 계획적이며, 질서있는 토지이용이 되도록 재정립한다.

3.3 환경성 검토

환경성 검토를 통하여 일정한 보전수준을 유지하는 사업계획을 수립해야 하는 것은 물론, 사업구역 내의 자연환경을 보전하며, 주변에도 나쁜 영향을 끼치지 않도록 환경정비계획을 수립한다. 여기에는 경관·문화재·학술적 보호의 대상이 되는 생물·지형·지질·자연현상 등을 보전하기 위한 조치가 포함된다.

농업개발이 주변의 환경에 미치는 영향요인으로는 ① 농지 구성에 관련된 공사, ② 공사완료 후의 농지·도로·수리시설 등의 존재, ③ 농지에서 실시하는 영농, ④ 농지 외의 도로·수리시설 등의 공용화와 인구증가에 의한 생활 활동 등이 있다.

환경에 관련되는 영향을 넓게 추출하기 위하여 환경영향요인에 의한 직접적인 영향뿐 아니라, 간접적 영향이나 요소 간의 상호관계로 생기는 현상에 대해서도 취급한다. 계획을 수립할 때에는 공사 진행과정 및 공사완료 후에는 환경보전과 영속적·안정적 생산을 목표로 한다. 환경에 가장 큰 영향을 끼치는 것은 공사 중에 발생하는 경우가 많으므로, 공사계획의 검토결과에 따라서는 사업량·공법·공사기간 등을 재검토한다. 이 경우 ① 수질 및 수량의 보전, ② 붕괴 등의 재해방지, ③ 자연보호(식생·야생동물·기타), ④ 경관보전, ⑤ 악취방지, ⑥ 소음·진동방지 등의 항목에 유의한다.

3.3.1 환경성 검토의 법적 근거

대규모 개발사업에 대해 그 시행에 따른 환경영향저감방안을 검토하는 환경영향평가와 개발관련 행정계획 또는 보전이 필요한 지역내 소규모 개발사업에 대해 미리 환경성을 검토하는 사전환경성검토로 구분하며, 그 체계는 그림 3.3.1과 같다.

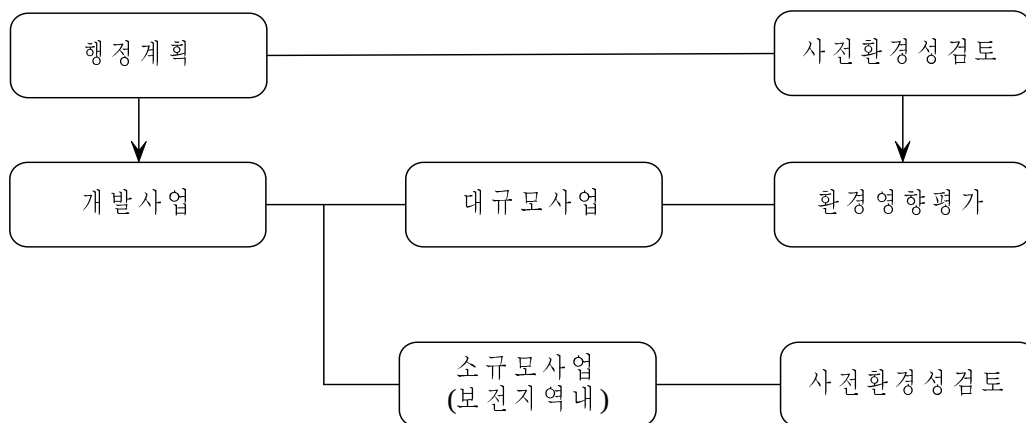


그림 3.3.1 환경성평가의 체계

사전환경성검토 법적근거는 환경정책기본법 제25조이며, 요청시기는 동법 제25조에 따르며, 환경영향평가의 법적 근거는 환경·교통·재해 등에 관한 영향평가법이고, 개발사업에 따른 환경영향을 최소화하기 위한 제도이다.

3.3.2 환경성 검토 업무체계도

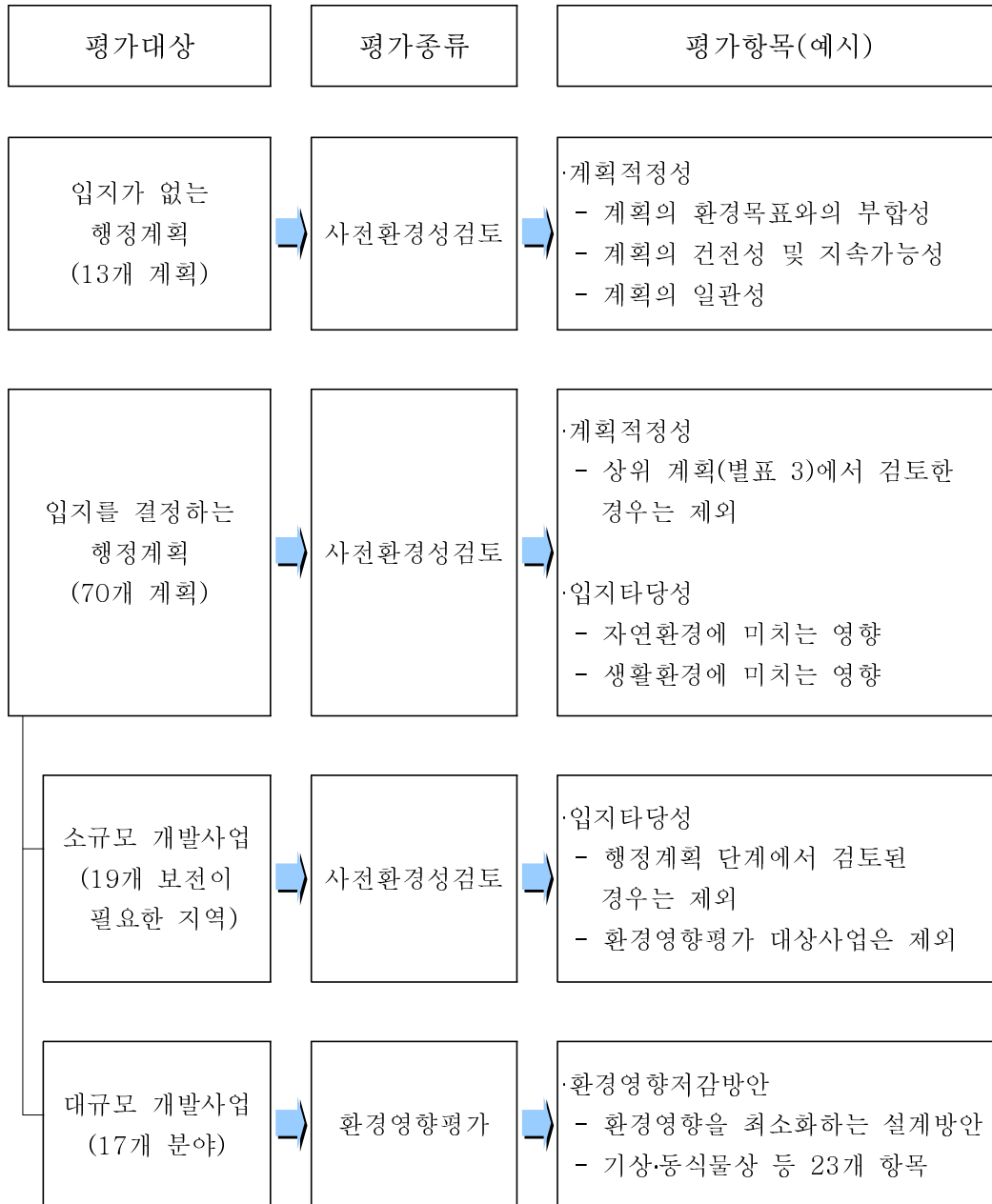


그림 3.3.2 환경성검토 업무체계도

표 3.3.1 사전 환경성검토와 환경영향평가

구 분	사전 환경성 검토	환경영향평가
법 적 근 거	◦환경정책기본법	◦환경·교통·재해 등에 관한 영향평가법
주 요 기 능	◦개발 관련 행정계획 또는 개발사업의 적정성, 입지의 타당성 등을 검토	◦개발사업으로 인한 환경영향을 최소화하는 저감방안 강구
협 의 시 기	◦행정계획의 수립 확정 전, 개발사업 인허가 전	◦행정계획이 확정된 이후 개발사업을 위한 실시계획 승인전
대 상 사 업	◦개발 관련 행정계획 * 16개 분야 83개 ◦보전용도지역(19종)내 소규모 개발사업 (행정계획이 수립되지 아니하는 사업)	◦대규모 개발사업 * 17개 분야
협 의 청 기 관	◦행정계획 수립(또는 승인)기관, 개발사업 인허가 기관	◦개발사업 인허가 기관
평 가 서 류	◦사전환경성검토서	◦환경영향평가서
의 건 수 령	◦주민공람·설명회, 공청회 등	◦공고, 공람, 설명회, 공청회 - 사전환경성검토시 실시한 경우 생략 (3년이 경과하지 않고, 사업규모 변경이 30%이하 일 경우 등의 요건 충족시)
협 의 체 계	◦중앙행정기관의 장인 경우 환경부장관과 협의, 그 외는 지방환경청장과 협의	◦좌 등
협 의 기 간	◦30일 이내(10일 연장)	◦45일 이내(15일 연장)
총소요 기 간	◦2-3개월(현장조사 1개월)	◦1년 이상(현장조사 4개월)

(주) 환경정책기본법 시행령 제7조

[별표2] 제1호 행정계획

[별표2] 제2호 보전이 필요한 지역 내의 개발사업

[별표3] 중점검토항목·의견수렴방법·환경성검토협의회구성 등에 관하여 별도로 고시할 수 있는 행정계획의 범위

3.3.3 환경성 검토 대상사업

1) 사전환경성 검토 대상사업

환경정책기본법 시행령 표 3.3.2에 의거 농림지역, 개발제한구역, 생태계보전지역 등 보존용도지역에서의 5,000 ~ 50,000㎡ 이상의 개발사업은 인·허가(승인)전에 사전환경성검토를 받아야 한다.

표 3.3.2 보전이 필요한 지역에서의 개발사업(환경정책기본법 시행령)

사업계획면적 구 분	5,000㎡ 이상	7,500㎡ 이상	10,000㎡ 이상	50,000㎡ 이상
국토의 계획 및 이용에 관한 법률	자연환경보전지역 보전관리지역	농림지역 생산관리지역	계획관리지역	
개발제한구역의 지정 및 관리에 관한 특별조치법	개발제한구역			
자연환경보전법	생태보전핵심구역 자연유보지역	생태보전완충구역	생태보전전이구역	
야생동식물 보호법	야생동식물 보호구역			
산지관리법			공익용산지	공익용 산지 외 산지
자연공원법	공원자연 보존지구	공원자연 환경지역		
습지보전법	습지보호지역	습지주변관리지역 습지개선지역		
수도법	광역상수도 설치지역 (공동주택의 건설)	광역상수도 설치지역 (공동주택의 경우 제외)		
하천법			하천구역	
소하천정비법		소하천구역		
지하수법	지하수보전구역			
그 밖의 개발사업	사업계획 면적이 가목 내지 사목에 따른 최소 사전환경성검토대상 면적의 60% 이상인 개발사업 중 환경오염, 자연환경훼손 등으로 지역균형발전과 생활환경이 파괴될 우려가 있는 사업으로서 관계 행정기관의 장이 미리 시·도 또는 시·군·구 환경보전자문위원회의 의견을 들어 사전환경성검토가 필요하다고 인정한 사업			

(주) 1) 위 표에 따른 사전환경성검토대상이 중복되는 경우에는 중복하여 검토하지 아니하며, 하나의 개발사업이 가목에는 해당하나 나목·다목 및 마목 내지 사목에 해당되지 아니하는 경우에는 가목을 적용함

- 2) 「산림법」 제5조에 따른 조림·육림·벌채 및 병해충구제 등 산림사업, 「사방사업법」 제2조 제2호에 따른 사방사업, 「농지법」 제20조에 따른 토양의 개량·보전을 위한 사업 및 「농어촌정비법」 제2조 제3호 나목에 따른 농업생산기반개량사업은 위 표의 사전환경성검토대상에서 제외한다.
- 3) 위 표의 가목의 지역 중 농림지역 및 관리지역에서의 「농어촌정비법」 제2조 제2호에 따른 농어촌정비사업에 대하여는 그 사전환경성검토대상이 되는 규모를 환경부장관이 따로 정하여 고시할 수 있다.

(2) 환경영향평가 대상사업

환경·교통·재해 등에 관한 영향평가법 시행령 중 다음 표 3.3.3의 기준에 근거하여 해당사업의 경우 평가 실시한다.

표 3.3.3 환경영향평가 대상사업 범위

구 분	대상사업의 범위	평가서 제출시기 또는 협의요청시기
개간 및 공유수면의 매립	(1) 공유수면매립법 제2조 제3호의 규정에 의한 매립사업 중 면적이 30만㎡ 이상인 것. 다만, 항만법 제2조 제2호의 규정에 의한 지정항만 및 신항만건설촉진법 제2조 제1호의 규정에 의한 신항만 또는 국토의계획 및 이용에 관한 법률 제6조 제4호의 규정에 의한 자연환경보전 지역에서는 3만㎡ 이상인 것	공유수면매립법 제9조의 규정에 의한 매립면허 전(국가·지방자치단체 또는 정부투자기관이 매립하는 경우에는 동법 제38조 제1항의 규정에 의한 매립의 협의 또는 승인 전)
	(2) 농어촌정비법 제2조 제3호의 규정에 의한 간척 또는 개간사업 중 면적이 100만㎡ 이상인 것	농어촌정비법 제8조의 규정에 의한 사업시행 계획의 수립 전

표 3.3.4 환경영향평가 항목

평가분야	평가항목	주요 평가 내용
공통사항		토지이용계획, 시설배치계획, 특정야생동식물 등의 보호대책
자연 환경 (4)	기 상	기온, 일조시간 등 기상변화 예측 및 대책
	지형지질	지형변화, 토지사면의 안정성, 지반침하 여부
	동식물상	동식물상의 서식지·자생지 훼손, 해양 동·식물상 변화 대책
	해양환경	해양수질 오염도, 해저지형 및 수심변화
	수리수문	수량변화 및 급수계획, 유지용수량, 유출계수 변화
생활 환경 (11)	토지이용	주변 토지이용 상황을 고려한 입지분석, 완충녹지 설치계획
	대기질	배출원별 오염물질 저감방안, 연료사용계획, 비산먼지 저감대책 등
	수질	오 폐수 처리계획, 용수공급계획, 하천 및 지하수 오염방지대책 등
	토양	오염물질에 의한 토양오염 발생 및 방지대책
	폐기물	쓰레기 발생량 예측 및 처리대책 폐기물 처리시설의 입지 검토
	소음진동	소음진동발생원 및 완충녹지 방음벽 등 저감대책
	악취	발생원, 영향범위 및 저감대책
	전파장애	전파장애요인, 전파장애 정도 및 저감대책
	일조장애	일조영향을 고려한 시설물 배치계획
	위락경관	지역경관특성, 주요 조망점에서의 경관변화 및 대책
	위생공중보건	공중위생시설, 질병유발요인 및 보건위생대책
사회 경제 환경 (7)	인구	인구밀집에 따른 환경영향 및 대책
	주거	주거지역에 미치는 환경영향 및 대책
	산업	산업구조변화, 피해예측 및 대책
	공공시설	공공시설의 분포규모 등 수용용량 분석 및 대책
	교육	교육시설의 수용용량에 미치는 영향 및 대책
	교통	교통량 변화, 교통량차선용량 등 분석 및 대책
	문화재	문화재, 보전가치가 있는 건조물유적에 미치는 영향 및 보호대책

3.4 사전재해영향성 검토

개간을 할 때에는 사전재해영향성검토를 통하여 개간에 따른 재해유발요인을 예측하고 분석하여 이에 대한 대책을 강구해야 한다.

"사전재해영향성검토"라 함은 자연재해에 영향을 미치는 각종 행정계획 및 개발사업으로 인한 재해유발요인을 예측·분석하고 이에 대한 대책을 강구하는 것을 말한다. 사전재해영향성검토 협의제도 기능은 재해유발요인의 사전검토를 통하여 개발사업에 대한 계획초기단계의 재해에 미치는 영향을 최소화하는데 있다.

3.4.1 법적근거

사전재해영향성검토의 법적 근거는 농어촌정비법 제6조의 규정에 의한 농업생산기반정비계획 및 동법 제8조의 규정에 의한 농업기반정비사업시행계획 등의 각종 개발사업이 사전재해영향성검토 협의제도의 대상사업으로 규정되어 있다.

또한 자연재해대책법의 제2조의 규정에 사전재해영향성검토 항목이 규정되어 있으며, 동법 제4조 사전재해영향성검토협의와 동법 5조 사전재해영향성검토협의대상, 그리고 동법 6조 사전재해영향성검토협의 이행의 관리·감독 등이 규정되어 있다.

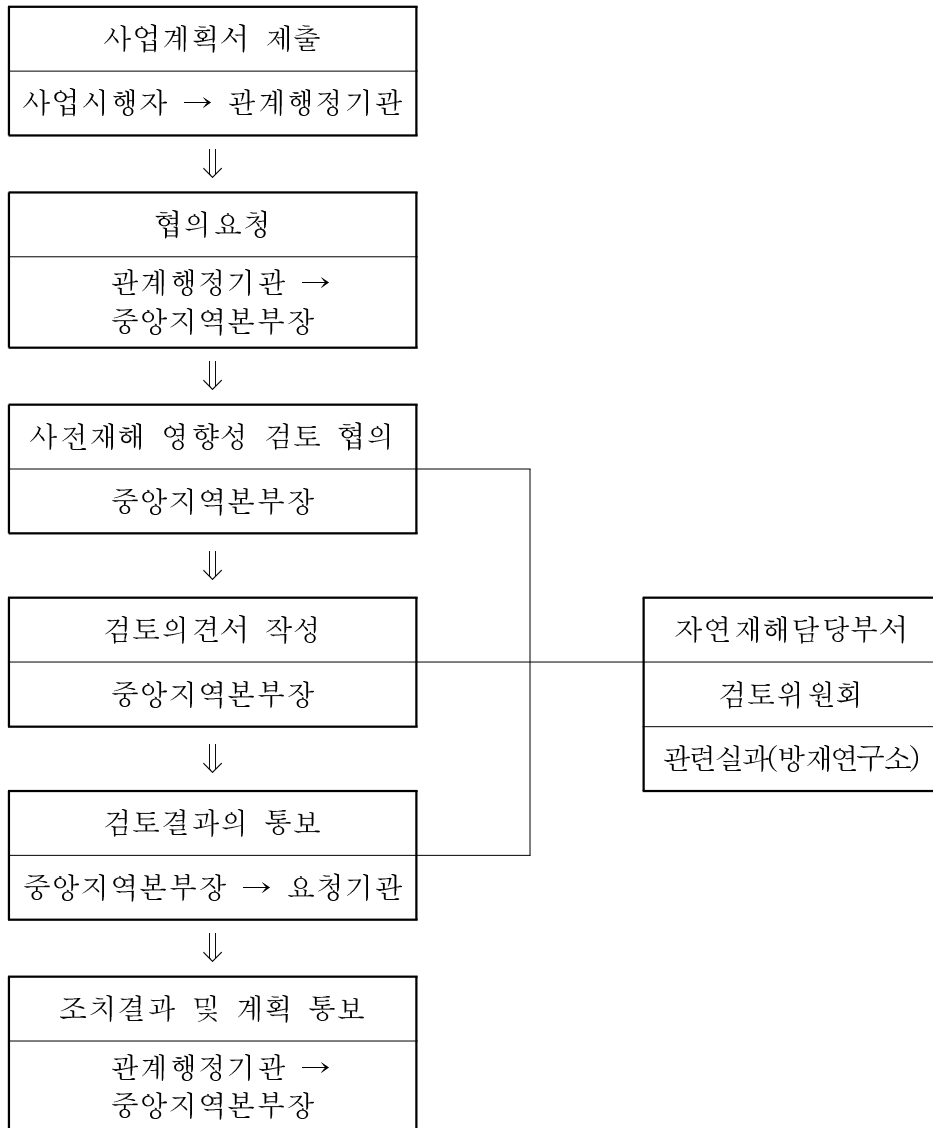


그림 3.4.1 사전재해영향성검토 협의 업무 흐름도

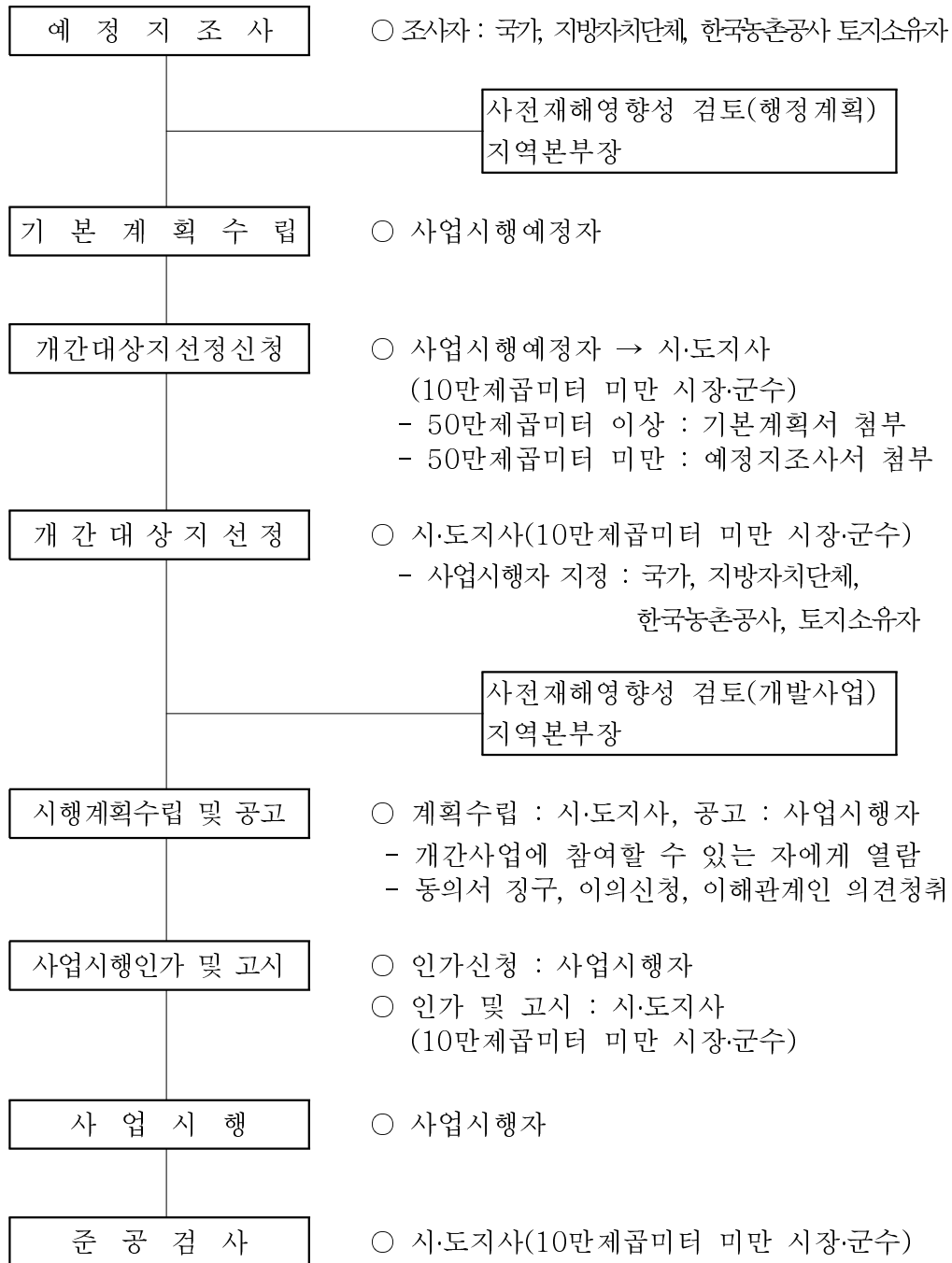


그림 3.4.2 개간사업 사전재해영향성검토 협의절차

표 3.4.1 사전재해 영향성 검토

구 분	사전재해 영향성 검토
법적근거	○ 농어촌정비법, 자연재해대책법
주요기능	○ 개발 관련 행정계획 또는 개발사업의 적정성, 입지의 타당성 등을 검토
협의를기	○ 농어촌 정비법 제8조 규정에 의하여 시행계획 수립 전에 협의
대상사업	○ 행정계획 ※ 34법령 48개 계획 ○ 개발사업 ※ 40법령 47개 사업
협의를청기관	○ 행정계획 수립(또는 승인)기관, 개발사업 인허가 기관
평가서류	○ 사전재해영향성 검토서
협의체계	○ 중앙본부장 또는 지역본부장
협의기간	○ 30일 이내 (부득이한 사유가 있는 경우 10일 범위 안에서 연장 할 수 있다)
총소요기간	○ 2 ~ 3개월 (현장조사 1개월)

3.4.2 사전재해영향 검토사업

가. 대상사업

대상사업은 다음과 같이 12가지로 분류하여, 각 사업 특성에 따라 유형별 검토를 통해 각 사업단계별로 제시되고 있는 재해영향 관련 항목들을 정리하고, 기본계획 및 세부설계시 반영하고 있는 한국농촌공사 기준의 재해 관련 항목에 대해 분석한다. 다음은 재해영향평가 실무지침서에서 발췌된 적용 가능한 항목들에 대해 각 사업별로 분류한다.

- 1) 농촌용수개발사업 : 행정계획
- 2) 경지정리사업 기본계획 : 행정계획

- 3) 배수개선사업 : 행정계획
- 4) 수리시설개보수사업 기본계획(수원공) : 행정계획
- 5) 수리시설개보수사업 기본계획(평야부) : 행정계획
- 6) 받기반정비사업 기본계획 : 행정계획
- 7) 농촌용수개발사업 세부설계 : 개발사업
- 8) 경지정리사업 세부설계 : 개발사업
- 9) 배수개선사업 세부설계 : 개발사업
- 10) 수리시설개보수사업 세부설계(수원공) : 개발사업
- 11) 수리시설개보수사업 세부설계(평야부) : 개발사업
- 12) 받기반정비사업 세부설계 : 개발사업

나. 평가항목

농촌용수개발, 경지정리, 배수개선, 수리시설개보수, 받기반정비사업에 대한 사전재해영향성검토서 협의시 필수적으로 검토하여야 할 항목들을 표 3.4.2에 수록 하였다.

3.5 원상복구

불법개간지 산지관리법에 의하여 처리한다.

표 3.4.2 사전재해영향성 필수검토항목

평가항목	항목분류	주요내용
공통 항목	행정 계획	재해위험요인 기초조사
		인근지역 및 시설에 미치는 재해영향 및 예방
		재해위험지구 및 과거 재해발생현황
		침수위험지구 현황 및 침수가능성 분석
		개발계획 현황 및 토지이용 계획
		대상지역내 하천 및 소하천 조사
		재해저감시설 현황 및 재해예방
	개발 사업	재해위험요인 기초조사
		인근지역 및 시설에 미치는 재해영향 및 예방
		재해위험지구 및 과거 재해 발생현황
		침수위험지구 현황 및 침수가능성 분석
		재해저감을 고려한 토지이용계획이나 시설물 배치여부
		과도한 지형변경으로 인한 재해발생여부
		대상지역내 하천 및 소하천의 복개나 유로변경 여부
		대상지역내 우수유출 저감대책
		재해저감시설 현황 및 재해예방
입지 유형별		개발로 인한 절성토면의 토사유출 및 사면붕괴 방지대책
		침수예상구역 파악 및 피해방지 대책
		재해취약요인 분석
		제반 피해방지 대책 수립 제시
협의대상 유형별		충분한 지역조사를 통한 시행계획 수립
		무분별한 개발행위 방지를 위한 사업계획 적정성 검토
		농업기반시설 설치에 따른 재해영향예측 및 저감대책 수립
대상사업 범위별		시설안전과 재해예방 및 경보체계 등 방재관리에 대한 사항 검토

제 4 장 계획과 공사

4.1 개간공사

개간공사는 산지·원야지 등을 개발하여 밭·논·수원지 등의 농용지를 조성하는 공사로 농업생산의 기반조성을 목적으로 한다. 단순히 벌목을 하고 뿌리뽑기를 하는 토목공사를 포함하여 지력향상을 고려한 개간이 되어야 한다. 또한 농지의 이용목적에 효과적으로 달성할 수 있도록 사업비·공사기간 등을 고려하여 적합한 조성공법과 시공방법을 결정한다.

개간방식과 그에 따른 공법은 표 4.1.1과 같다.

표 4.1.1 개간방식과 특징

포장 형태	개간 방식	공법	적 용 조 건		조성방법과 특징
			경사도	토층	
계단 밭	계단형 개간	초생대형 승수로형	15° 이상 15° 이상	보통 보통	절·성도를 횡단방향으로 이용하여 수평에 가까운 전면을 조성
	원지형 개간	집약형	0 ~ 15°	얕음	현지형대로 전면 경운
경사 밭	사면형 개간	간이형	특별한 제한 없음	얕음	현지형대로 부분 경운하거나 축력 경운
		다단심경형	15° 이상	깊음	대체로 현지형대로 등고선에 따라 경운하여 하단으로 떨어뜨린다.
	개량 원지형 개간	경작로형	특별한 제한 없음	깊음	계단부를 경작로로 하고 사면을 경운한다.
		경사완화형	특별한 제한 없음	깊음	크게 흙을 깎거나 쌓아 완경사로 만든다.
		상층개량형	15° 이상	깊음	상단의 흙을 하단에 떨어뜨려 조성경사를 현경사로 만든다.
개답		침투억제형	특별한 제한 없음	자갈땅 저습지 화산회 경사지	객토, 바닥다짐 병용
		침투촉진형	특별한 제한 없음	이탄지	개거, 암거 배수 병용

4.1.1 개간작업

개간의 목적은 지력이 좋은 경지를 만드는데 있으므로 단순히 벌목을 하고 뿌리를 뽑는 토공 과정을 밟는 것뿐만 아니라 항상 지력을 염두에 두어 지력을 더 증진시킬 수 있는 개간을 하도록 노력해야 한다. 이를 위해 농가의 경영에 적합하고 지력증진이 가능한 개간 작업방식을 찾아내는 것이 선행되어야 한다.

모든 기술의 적용과정과 마찬가지로 개간기술에도 다음과 같은 제약이 있다.

① 영농에서의 제약 : 개간한 다음에 영농에 지장이 있는 개간기술은 아무리 능률이 좋을지라도 적당하지 못하다. 예를 들면 개간지의 뿌리뽑기작업은 단순한 뿌리뽑기작업에 그치는 것이 아니고 뿌리뽑기 후의 지력을 염두에 두어야 한다.

② 농가의 경제력에 따른 제약 : 개간농가는 경제력이 약하기 때문에 고성능 기계가 있더라도 비용을 고려할 때 이용하기 어려운 경우가 많다.

③ 지역에 따른 제약 : 일반적으로 개간지는 교통이 불편한 토지가 많으므로 사용재료를 구하기 쉽고, 수리(修理)도 현지나 그 부근에서 가능하여야 한다.

④ 작업이 쉬울 것 : 현재의 개간지에서 하고 있는 작업은 주로 개인이나 몇 호의 공동체에서 실시하고 있기 때문에 어려운 전문기술을 필요로 하는 방법은 소용없을 경우가 많다.

⑤ 작업능률이 높을 것 : 개간은 일련의 작업으로 이루어져 있으므로 개간전체의 능률을 높이는 기술이 필요하다.

이러한 조건하에 산림을 개간하는 공종은 벌목 → 수집, 소토(흙태우기), 협잡물 제거 → 뿌리뽑기 → 막갈이 → 쇄토의 5단계를 거치게 된다. 각 공종마다 복잡한 요소를 가지고 있기 때문에 작업 전체에 걸친 작업량을 품셈표에 의해 결정하기는 어렵다.

가. 작업방식의 개요

개간의 목적은 지력이 좋은 경지를 만드는데 있으므로 단순히 벌목이나 뿌리뽑기 등의 흙을 파서 일으키는 토목적인 것만으로 안 된다. 항상 지력을 염두에 두고 지력을 증진시킬 수 있는 개간을 하도록 노력해야 한다. 이를 위해 개간과정에 다년생 목초를 재배하거나 방목 등을 이용하는 생물학적인 수단을 생각할 필요가 있다. 이는 개간농가의 경영에 적합하면서 지력이 증진할 수 있는 개간 작업방식을 찾아내는 것이 선결 문제이다.

벌목지는 뿌리뽑기를 하여야 이용할 수 있는데 뿌리뽑기를 하자면 많은 시간과 노력이 든다. 따라서 근주를 방치한 채 몇 년간 경작하여 근주가 썩는 것을 기다려 뿌리뽑기를 하여야 한다. 벌목지가 근주 없이 기계력으로 자유로이 경운할 수 있는 밭이 되자면 개간 후 5~6년, 때로는 10년 정도 지나야 한다. 이런 어려움을 없애자면 강력한 기계력을 이용하여 단번에 뿌리를 뽑는 수밖에 없다. 다만, 토지의 경사가 급하면 작업 능률이 떨어지거나 불가능하게 되는 결점이 있다. 지내력에 따른 적용기종은 표 4.1.2에서 보는 바와 같다.

표 4.1.2 지내력에 따른 적용기종의 표준

기 종 명	지내력 (kgf/cm ²)	비 고
① 초동습지~초습지형 크롤러식 트랙터	1~4	◦휠식 트랙터는 일반적으로 크롤러식보다 연약지반에 약하고, 어터치먼트에 의한 영향이 크다. 그러나 지내력은 전륜구동형에서 5kgf/cm ² 이상, 후륜구동형에서 8kgf/cm ² 이상이 바람직 하다.
② 습지형 크롤러식 트랙터	2~6	
③ 보통형 크롤러식 트랙터 (11톤 이하)	5~7	
④ 보통형 크롤러식 트랙터 (11톤 이상)	7~10	◦지내력은 시공기계는 표준적인 작업을 하는데 필요한 지반지지력의 최저치이다. 또, 지내력은 일반적으로 접지압의 약 10배가 필요하다고 하나 작업에 따른 「이김질」로 매우 열화되므로 주의해야 한다.
⑤ 크롤러식 트랙터 견인 스크래퍼	8 이상	
⑥ 모터 스크래퍼	12이상	◦접지압은 정지상태에서 시공기계의 접지면의 단위면적당 중량이다.
⑦ 덤프 트럭	15이상	

(주) 지내력은 깊이 50cm까지의 큰 지지력의 평균치

최근 레이크도저(rake dozer)를 사용하여 뿌리뽑기와 동시에 전석, 관목 등을 제거하고, 경반층도 파쇄하게 되어 첫갈이의 효과가 커서 점차 보급하게 되었다. 레이크도저는 트랙터 앞에 6~8 본의 날을 가진 레이크판을 장치한 것으로, 이 날을 근주에 밀어 붙쳐 근주를 흔들며 흙을 느슨하게 한 다음 흙속에 날을 꽂아서 근주를 들어 올려 뿌리를 뽑는다. 이 날은 불도저 모양으로 표토만을 깎지 않고 심토까지 느슨하게 만들며, 땅속에 남아 있는 뿌리나 전석까지도 지표로 끌어 올릴 수 있고, 관목이나 치수도 동시에 제거할 수 있다. 그 다음에는 바로 트랙터로 끄는 쟁기를 사용하여 간단히 경운할 수 있다. 기계개간은 능률이 매우 높기 때문에 다음과 같은 조건만 갖추어 주면 매우 유리하다.

- ① 뿌리뽑기 작업 등에는 상당히 무리한 힘이 필요하므로 고장이 적은 기계일 것.
- ② 운전, 정비를 잘하는 우수한 숙련공이 있을 것.
- ③ 대형 트랙터가 지날 수 있는 도로와 교량을 갖출 것.
- ④ 개간면적이 크고 경사가 적당할 것.
- ⑤ 기계개간을 담당할 전문조직이 있을 것.
- ⑥ 기계개간과 그 후의 영농이 균형이 잡힐 것.

나. 작업요령

개간작업은 벌목 → 수집, 소토(흙태우기) → 헐잡물 제거 → 뿌리뽑기 → 막갈이, 쇄토의 5단계이며, 각 공사마다 여러 가지 복잡한 요소를 가지고 있어서 작업 전체에 걸친 품셈표로서 확정적인 숫자를 제시한다는 것은 쉽지 않다.

기계 개간의 예를 들면 표 4.1.4와 같다.

표 4.1.3 1호당 개간면적과 영농면적의 표준

(단위 : ha)

구 분		1년차	2년차	3년차	4년차	5년차	6년차	7년차	계
개 간 면 적	1년 1작지	0.7	1.0	1.0	0.7	0.6	-	-	4.0
	2년 3작지	0.6	0.8	0.7	0.5	0.4	-	-	3.0
	1년 2작지	0.55	0.6	0.5	0.35	-	-	-	2.0
	2년 5작지	0.5	0.4	0.3	-	-	-	-	1.2
영 농 면 적	1년 1작지	0.3	1.0	1.9	2.9	3.6	4.0	7.0	
	2년 3작지	0.3	0.9	2.0	3.3	3.7	4.2	4.5	
	1년 2작지	0.4	1.3	2.6	3.7	3.9	4.0	4.5	
	2년 5작지	0.3	1.5	2.5	3.0	3.3	4.0	4.5	

표 4.1.4 기계개간 예 (10a당)

공 정		작업방법	사용연료, 인부, 기타
별 목		인 력	4.5인
뿌 리 뽑 기	큰뿌리뽑기	6톤 트랙터	경유 25ℓ, 모빌 3ℓ, 그리스 0.07kg, 특수기계유 1.5ℓ
	뿌리뽑기	1일 5시간 작업 10a	경유 10ℓ, 모빌 1ℓ, 그리스 0.07kg, 특수기계유 0.5ℓ
	인 부	1개월 1.5ha	운전수 1인, 조수 1인, 인부 2인
	기계손료		약간
전석제거		인력과 기계	인부 4.4인, 정유5.2ℓ, 모빌2.2ℓ
기경쇄토		인력과 기계	경유 40ℓ, 모빌 6ℓ, 그리스 0.14kg, 기계손료 약간, 인부 5.5인
기계 수리 정비			약간

1) 별목

별목은 농용지 조성의 전 공정으로, 수림지를 대상으로 기계력(클리어링도저 등)에 의해 수목을 절단하는 작업으로서 나무를 넘어뜨린 후의 원목이나 지엽의 집적작업과는 구별된다. ‘베기’가 주로 야초·갈대·소관목을 대상으로

하는 작업인 데 비해서 벌목은 주로 입목을 대상으로 하며, 사용하는 기계·기구도 크게 다르다.

벌목의 특징은 유효한 표토의 이동이 적고(표토 보전), 벌목 → 청소, 집적 후 플라우잉 해로우(plowing harrow) 등으로 ‘곧장파쇄’나 ‘첫갈이’를 취하는 경우와 불경운법으로 목초지화 시킬 경우가 있다. 방목지는 양질의 수목을 적당히 남겨서 자음림으로 이용해야 한다. 직경 5cm 이하의 관목이나 유수는 잡초를 베어 눕히는 작업과 동시에 벨 수 있고, 직경 5~15cm 정도 되는 나무는 도끼나 낫으로 찍어 넘기거나 팽이로 파서 들어내며, 때로는 로프를 밑뿌리에 감아서 뿌리를 뽑는 것과 같이 트랙터 등으로 잡아당기기도 한다. 직경이 15cm 이상 되는 것은 도끼나 톱, 체인 톱(chain saw), 클리어링 도저(clearing dozer)로 베어 눕힌다.

벌목작업 능률시험에 의하면 침엽수·활엽수가 모두 직경 7cm를 경계로 이보다 가는 것은 낫을 쓰고, 굵은 것은 톱을 쓰는 것이 능률적이며, 체인 톱은 직경 15~20cm 이상 되는 나무를 베는 데 능률적이다.

벌목 시기는 노동력관계상 농한기가 알맞은데, 눈이 많이 내리는 지방은 2~3월이 좋다. 소요노동력은 지형과 식생의 상황에 따라 큰 차가 있다. 수목이 많은 곳이면 70~80명/ha, 적은 곳은 20~30명/ha 정도 필요하다.

2) 뿌리뽑기

뿌리뽑기 방법에는 ① 인력뿌리뽑기법(팽이로 파는 법, 인력 뿌리뽑기법), ② 축력뿌리뽑기법(직인법, 회전 견인법, 활차견인법), ③ 동력뿌리뽑기법(뿌리뽑기법, 트랙터법, 도저법), ④ 화약뿌리뽑기법, ⑤ 소각뿌리뽑기법, ⑥ 부패뿌리뽑기법 등이 있다. 여기서는 가장 많이 사용되는 동력뿌리뽑기법에 대해서 기술한다.

(1) 윈치 뿌리뽑기법 : 발동기나 전동기를 이용하여 윈치(winch)로 뿌리를 뽑는 것인데, 중량이 무겁고, 이동에 시간과 노동력이 들기 때문에 큰 근주로 나무수가 많은 곳에서 이용한다. 윈치뿌리뽑기 기계로는 주경 40cm 정도 되는 것을 1일 40주 정도 제거할 수 있다.

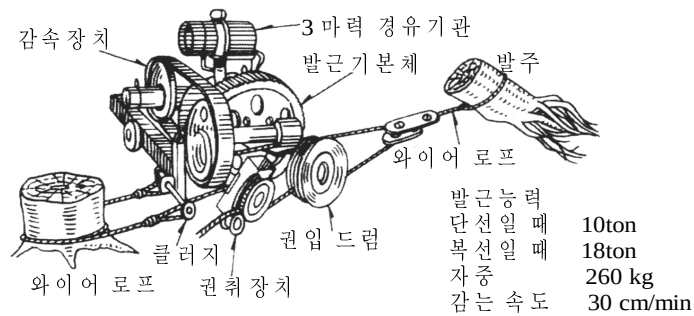


그림 4.1.1 원치 뿌리뽑기

(2) 트랙터 뿌리뽑기법 : 트랙터 뒤에 와이어를 매어 뿌리를 잡아당긴다. 주경 20cm 이하의 것은 대개 1회로 제거되고, 1일 300주 정도 뽑을 수 있다. 와이어를 근주에 매는 대신에 클립을 사용하면 작업능률이 향상된다(그림 4.1.3 참조). 근주가 큰 것은 미리 측근을 절단하거나 큰 측근을 와이어로 뽑고 난 다음에 주근을 제거한다.

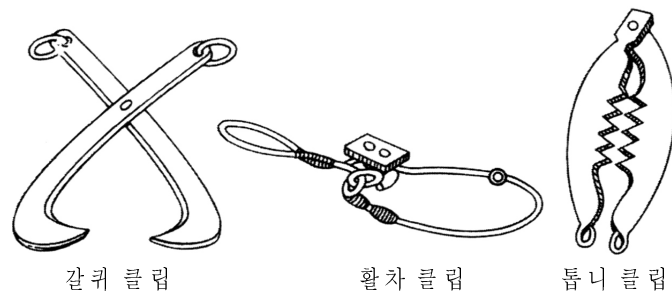
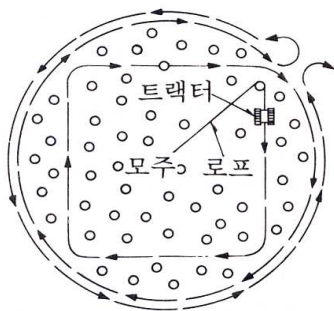


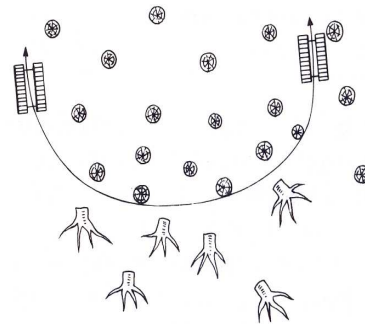
그림 4.1.2 뿌리제거용 클립

트랙터의 견인력은 휠(wheel)형이면 기동륜에 걸리는 무게의 60% 이하이고, 크롤러(crawler)형이면 전중량의 70~90%이다. 그러나 현지에서 내는 힘은 현지의 지형상태, 특히 토양수분에 많은 제한을 받기 때문에 무리를 해서 트랙터가 손상되지 않도록 주의해야 한다.

트랙터 작업은 운전사와 2명의 작업인부가 필요하다. 2대의 트랙터를 그림 4.1.3(b)와 같이 왕복운동하면 뿌리가 전후로 흔들린다. 이와 같은 일을 몇 번 반복하고 나면 마침내 뿌리가 뽑히고, 때로는 와이어의 한 끝을 모주에 매고 그림 4.1.3(a)에서와 같이 1대의 트랙터로 원운동을 서로 반대방향으로 반복운동해서 뽑는다.



(a) 트랙터 1대



(b) 트랙터 2대

그림 4.1.3 트랙터에 의한 뿌리뽑기

트랙터를 이용한 뿌리뽑기법은 이 밖에도 그림 4.1.4와 같이 트랙터에 윈치를 얹고 와이어로 감아서 뿌리를 뽑는 방법이 있다. 윈치를 장치한 트랙터를 활력뿌리뽑기 기계로 생각하면 된다. 작업은 트랙터 운전사 외에 작업인부 5~6인으로 1일 100~200주 정도 뽑을 수 있다.

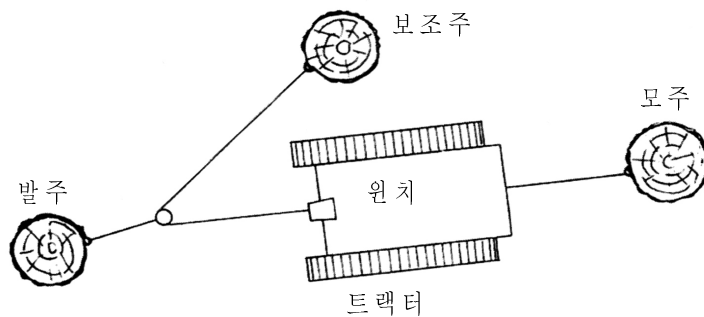


그림 4.1.4 트랙터 윈치에 의한 뿌리뽑기

(3) 불도저 뿌리뽑기법 : 이 방법은 적어도 20ha 이상 되는 넓은 곳이 아니면 경제적이지 못하다. 불도저에 붙어 있는 배토판을 이용하여 직경 10~20cm의 나무를 일단 밀고서, 이 때 뿌리가 솟아오르면 그 흙 속에 배토판을 넣어서 흙과 함께 밀어 버리는 것이다(그림 4.1.5 참조). 힘은 큰데 레이크도저 만큼 능률이 오르지 않고, 뿌리와 함께 흙도 밀어 올리므로 작업 후에 다시 메워야 한다. 그리고 표토가 얇고 심토가 좋지 못한 경우에는 심토를 노출시켜 지력을 떨어뜨리는 결점이 있다.

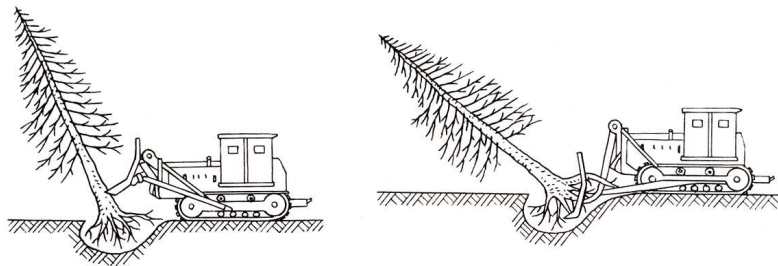


그림 4.1.5 불도저에 의한 뿌리뽑기

보통 뿌리뽑기 소요시간은 1~3분이다. 주경 25~75cm 되는 큰 근주를 제거하려면 먼저 배토판으로 근주 둘레의 흙을 깎고 동시에 측근을 자른다. 다음에 배토판을 뿌리 아래에 넣어서 밀어 올린다. 소요시간은 주당 5~20분이다. 그리하여 50HP의 불도저이면 0.05~0.1ha/hr를 밀어서 정리할 수 있다. 이 방법은 관목이 밀생한 곳이나 죽림을 개간하는데 사용하기 알맞다.

뿌리뽑기시험 예를 들어 보면 표 4.1.5와 같으며, 이 방법은 관목이 밀생한 곳이나 죽림에 응용하기 알맞다.

표 4.1.5 불도저 뿌리뽑기 시험 예

기 종	수 종	주 경(cm)	1시간 당 본수
D7	소나무	15	60~90
D8	소나무	13	40~50
D9	낙엽송	16	50~70

(4) 레이كد저 뿌리뽑기법 : 뿌리뽑기작업은 대체로 불도저와 같다. 관목이나 지름이 작은 뿌리이면 레이크 날을 땅속에 20~30cm 깊이로 넣어서 밀면 관목이나 뿌리가 레이크 앞에 모이므로 이것을 적당한 간격으로 모아 운반 정리한다. 이것을 배근선이라 한다. 배근작업 순서는 그림 4.1.6과 같다. 배근선의 배치는 지형, 배근량, 포장구획 등에 따라 다르며, 일반적인 표준은 표 4.1.6과 같다.

표 4.1.6 지형별 배근선 간격(m)

근 주 량 (본 / ha)	평 지	완경사 (기복 작음)	완경사 (기복 큼)	급경사 (10°이상)
100 이하	120	100	80	50
100 ~ 500	100	80	70	50
500 ~ 1,000	80	70	60	50
1,000 ~ 2,000	70	60	50	50
2,000 ~ 3,000	60	50	50	50
3,000 이상	60	50	50	50

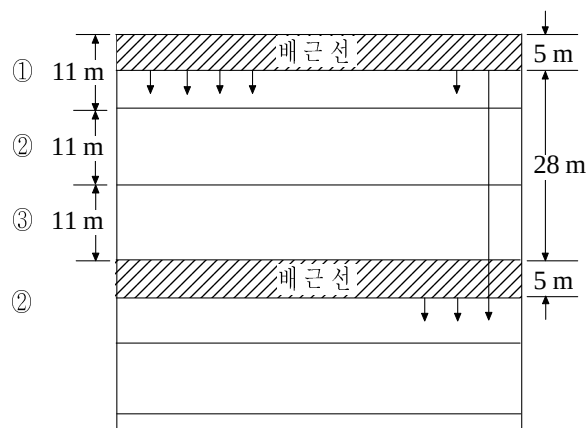


그림 4.1.6 배근거리와 배근선

그리고 배근은 관리작업이나 기계운행에 지장이 되고 방치해 두면 들쭉, 해충 등의 번식을 조장하게 되므로 땅속에 묻거나 말려서 태운다. 레이크도저는 불도저 모양으로 흙을 밀지 않으므로 표토를 다시 되메울 필요가 없고 땅속의 전석도 지상으로 모두 나와서 작업 후 곧바로 막갈이를 할 수 있다. 그리하여 개간용으로 이용 가치가 매우 높다. 직경 10~30cm 정도의 중간근주는 근주를 밀어서 혼든 다음 레이크를 뿌리아래 넣어 포기를 들어 올려서 뽑는다. 직경 30~40cm 이상의 큰 근주는 레이크 양단의 절단도로 측근을 자르고, 다음은 중간주에서 한 것과 같은 방법으로 뽑는다. 근경에 따른 적용기종은 표 4.1.7과 같으며 뿌리뽑기 시험 예는 표 4.1.8과 같다.

표 4.1.7 근경과 기종(레이크도저)

근 경(cm)	6 ~ 18	19 ~ 30	30이상
기종(톤 급)	7	11	18

표 4.1.8 레이크도저 뿌리뽑기 시험 예

주 경(cm)	80HP		50HP		40HP	
	분	초	분	초	분	초
11 ~ 20		8		5		7
21 ~ 30		8		13	4	20
31 ~ 40		20		31		50
41 ~ 50	1	0	2	14	4	30
51 ~ 60	1	30	3	17		-
61 ~ 70	3	50		-		-
71 ~ 80	4	10		-		-
81 ~ 90	6	0	4	0		-

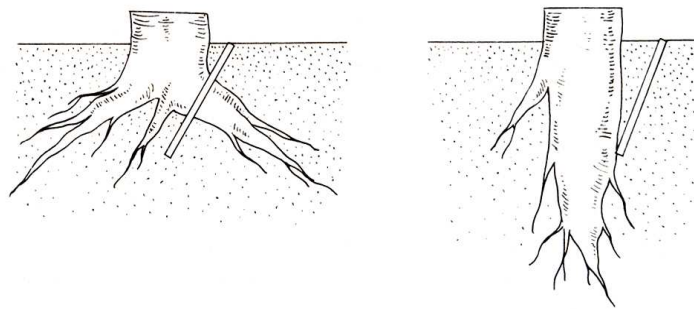
(주) 벌목 후 2년째 것임

레이크도저나 불도저는 근경이 매우 크면 측근을 몇 번이고 잘라야 되므로 능률이 훨씬 떨어진다. 즉 근경 60cm이상 되는 것을 뿌리뽑기 하자면 1시간

이상 걸린다. 그러므로 이때는 화약으로 근주를 폭파시킨 후 다음에 이들 기계를 사용하면 5~6분 만에 쉽게 뽑을 수 있다.

(5) 화약병용 레이크도저 뿌리뽑기법 : 근경 40cm 이상 되는 큰 것은 일단 화약으로 근주를 파열하거나 치숫게 하여 레이크도저로 뿌리를 뽑는 것이 경제적이다.

그림 4.1.7과 같이 토중장약으로 근주 끝에서 10~15cm 정도 떨어진 점에 지표와 60°로 밑으로 향해서 오거(auger)로 구멍을 뚫어 화약을 넣고, 뇌관을 묻어 도화선을 지상에 끌어서 구멍을 흙으로 메운 다음 점화한다.



(a) 측근계

(b) 직근계

그림 4.1.7 토중장약

화약은 칼릿(carit) L, 도화선은 제2종, 뇌관은 6호를 쓴다. 이것은 보통의 화약뿌리뽑기와는 달리 폭발력만으로 뿌리를 뽑는 것이 아니므로 화약이 적게 든다. 화약병용의 효과는 근경이 클수록 크다. 근경별 표준화약량과 그 효과를 살펴보면 표 4.1.9 및 4.1.10과 같다.

표 4.1.9 근경별 표준화약량

근경(cm)	40	50	60	70	80
칼릿(g)	320	420	520	620	720

표 4.1.10 화약비용의 효과

기종		대형			중형	
근경(cm)		35	40	50	30	40
뿌리 제거 소요시간(s)	화약	50	70	160	50	80
	비화약	80	140	435	65	265

3) 막갈이(rough plowing)

막갈이는 표토를 갈아엎어 지표면의 헐잡물과 잡초를 묻어서 잡초와 해충의 발생을 막고 흙의 물리적 성질을 개선하여 작물이 자라는데 알맞은 상태로 만드는 작업이다. 그러므로 막갈이는 개간작업 중에서 가장 중요한 것으로 막갈이의 깊이가 알맞고 반전이 완전히 고르게 되면 개간은 일단 성공한 것이라 말할 수 있다.

(1) 막갈이의 깊이

개간지는 숙전에 비해서 지력이 떨어진다. 지력이 낮고 토양 개량의 속도가 느릴수록 막갈이의 깊이는 알아야 한다. 막갈이의 깊이를 알게 하는 이점은 다음과 같다.

- ① 개간당초의 수입이 가장 적은 시기에 노력을 절약한다.
- ② 지표에 가까울수록 지력이 높다.
- ③ 작토량이 적어서 토양개량이 쉽다.
- ④ 작물 선택을 잘하면 수량이 많다.
- ⑤ 점차 심경을 해가면 유기질의 분열이 빠르고 따라서 숙지화도 빠르다.

그러나 깊이가 얕으면 재배 작물의 종류가 한정된다. 보통작물의 생육과 수확을 최소한으로 확보할 수 있는 깊이의 정도는 토질에 따라 다르나 10~15cm 정도이다.

초목이 무성하고 낙엽이 쌓인 곳은 일반적으로 지력이 높으므로 처음부터 20~30cm 깊이로 막갈이를 해도 좋으나, 지력이 낮은 곳은 초년에 10cm, 2년도에 15cm, 3년도에 20cm로 점차 깊이 경운해야 한다. 이때 어느 경우이건 반전

은 완전히 해야 한다. 반전이 불완전하면 잡초가 나오고 지표에 남은 식물의 분해가 늦어진다. 표토보다 심토가 지력이 높으면 뒤집어 엷는 갈이를 하는 것이 좋다.

막갈이는 인력, 축력, 기계력의 세 가지 방법이 있으며, 여기서는 기계력 막갈이를 기술한다.

(2) 기계력 막갈이

기계력으로 막갈이를 하는 기계로는 자동경운기, 트랙터 불도저 또는 레이 크도우저의 4종류가 있다.

① 자동경운기에 의한 막갈이

자동 경운기를 사용하여 로터리로 경운을 하면 쟁기로 흙을 반전하는 것과는 달리 아무것이나 자르면서, 썩어서 팽연하게 만든다. 정지면이 수평이고 뿌리뽑기가 완전히 이루어져서 조건이 좋은 곳의 막갈이에 이용되나 보통은 잔뿌리에 걸려서 무리한 경우가 많다. 일반적으로 크랭크식 자동경운기는 수직으로 내려치는 날로 옆으로 뻗어 있는 뿌리를 절단할 수 있지만 위로 자란 것은 절단하지 못하고 로터리(rotary)식을 통해 절단이 가능하다. 막갈이의 작업능률은 1일 0.07~0.25ha 정도이다. 그런데 기경과 쏘토를 동시에 할 수 있으므로 축력에 비해서 그 능률이 떨어지지 않는다.

② 트랙터에 의한 막갈이

트랙터의 종류, 마력 수, 플라우(plow)의 종류와 크기, 운전속도 등은 토질에 알맞아야 하며, 소정의 깊이까지 흙이 고르게 기경되고 반전이 완전하여야 한다. 트랙터는 25~80HP를 사용하고 있는데 보통 40HP만 있으면 충분하다. 대형 트랙터는 작업능률이 높은 반면 이동이 곤란하여 도로가 없는 개간지에서는 사용할 수 없다. 한편 조릿대나 관목류가 많은 곳에서 25HP 이하의 트랙터는 작업이 곤란하다. 엔진은 4행정 디젤 기관이 좋고 막갈이의 속도는 3.5 km/hr 이하이다. 트랙터 뒤에 설치하는 플라우는 보통 플라우, 디스크 플라우, 부시 브레이크 플라우가 사용된다.

부시 브레이크 플라우는 관목과 작은 수목을 절단, 매몰하는 강력한 벚을 가지고 있으며, 경심은 토질과 관목의 밀도에 따라 15~30cm로 조절할 수 있고, 역토의 나비는 50~60cm이다. 30~40HP의 트랙터를 끄는 부시 브레이크

플라우는 직경 6~8cm, 높이 2m정도의 관목과 직경 25cm 이하의 잡주를 파 일으킬 수 있다. 디스크 플라우는 심경은 할 수 없으나, 근주와 돌덩이가 많은 곳이나 벼으로 일으킬 수 없는 건조지나 중점토지의 막갈이에 잘 쓰인다.

직경 60cm로서 흙을 자르는 나비가 약 24cm되는 디스크 플라우를 3개 붙이면 72cm를 단번에 갈 수 있다. 이것을 시속 3km/hr의 트랙터로 작업하면 1시간에 약 30a, 1일에 약 2ha를 갈 수 있다. 트랙터에 의한 작업 능률은 25HP, 트랙터로 1일 6시간 작업하여 1.0~1.5ha를 막갈이 할 수 있다. 다만 면적이 좁으면 작업능률이 떨어지므로 장변은 적어도 200~300m 정도 되어야 하고, 단변은 최소 20m 이상 되어야 한다. 그리고 대규모의 공동작업을 할 수 있는 곳이 아니면 도입하기 힘들다.

③ 불도저나 레이크도저에 의한 막갈이

뿌리뽑기에서 기술한 바와 같이 뿌리뽑기와 동시에 경운하는 것으로 배토판이나 레이크를 20~27cm 깊이로 삽입하여 전진법으로 사방향으로 약 3m 정도 전진하여 표층을 부드럽게 깨뜨린 다음 1.5m정도 후퇴하는 일을 반복하거나, 후퇴법으로써 1~2m 전진하고 2~4m 후퇴하는 일을 반복하여 표층토를 부드럽게 깨뜨리면서 막갈이 하는 것으로 주름잡이라고도 한다. 1일 작업 능률은 1~1.5ha 정도이다. 일반적으로 가장 좋은 운토거리는 30~60m이고 100m가 대체적인 한도이다. 지형에 따라 정지상 흙을 운반할 필요가 있거나 지반이 척박한 곳으로 표토 다루기를 할 필요가 있을 경우는 이 거리마다 흙을 모았다가 심토의 주름을 잡은 다음 그 위에 다시 편다. 작업효율은 토지의 기울기에 따라 다른데 5°까지는 별로 지장이 없고 15°까지는 작업할 수 있다. 운토거리 30m에서 평지의 운토량을 100%로 하면 1/10 오르막길에서 63%, 1/10 내리막길에서 10%를 나를 수 있다.

1일 평균 취업시간은 8시간이고 1일의 실제 작업시간은 5시간으로 1개월에 약 20일 동안 가동할 수 있다. 마력 수 40~75HP의 불도우저로 주연료가 경유이면 보통 소비량은 6.3~10.3ℓ/hr이다. 그리고 1대 1일당 소요실인원은 운전수 1인, 조수 1인, 잡부 15인, 그밖에 흙깎기 날, 케이블 및 잡품이 든다.

불도저의 작업능력은 다음 식으로 나타난다.

$$\text{토량(V)} = \frac{Q \times f \times 60 \times E}{C_m} \quad (\text{m}^3/\text{hr}) \dots\dots\dots (4.1.1)$$

여기서 Q : 1회 흙 운반량(m^3)으로 배토판의 용량에 해당하며, 그 용량은 평탄지에서 보통 흙을 판 것이면 $Q = 1.2 \sim 2.4 \text{m}^3$ 로 보통 2.0m^3 이다.

f : 토랑환산계수로서 토질과 그 수분 함유량에 의하여 다르며 보통 $0.7 \sim 0.9$ 이다.

E : 작업효율이며 $65 \sim 75\%$ 이다.

C_m : 왕복에 소요되는 시간(분)으로서 불도우저에 따라 다르나 전진에 $32 \sim 43 \text{m/min}$, 후진에 $53 \sim 57 \text{m/min}$ 가 많다.

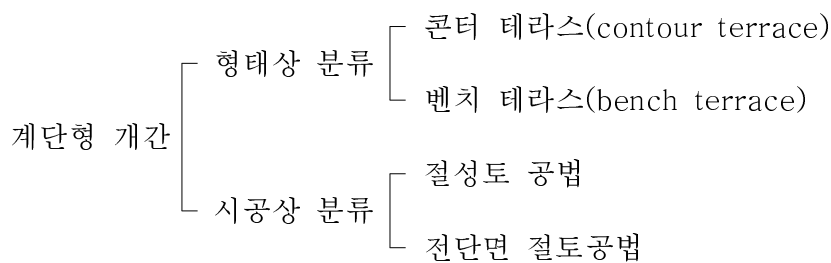
4) 쉐토

막갈이를 한 흙은 파상으로 배열하여 고저가 많고 큰 흙덩이가 산재하며, 그 상태로 작물을 재배할 수 없다. 다시 흙덩이를 깨트리고 초목근을 자르고 표토를 부드럽게 골라 다듬질 하면서 지표부근에 아직 남아있을 험잡물을 제거하여 밭을 말끔히 정리한다. 이것이 쉐토작업이며 기계력 쉐토를 살펴보면, 트랙터가 끄는 디스크해로우로 쉐토하는 것이 보통이다. 이것은 복열식으로 전열과 후열의 원판의 방향이 서로 반대로 장치되어 레버에 의해서 X자형으로 조정할 수 있다. 원판의 총수는 $24 \sim 32$ 매로 원판의 크기는 축력용 디스크해로우보다 약간 크며, 특히 심경 후의 쉐토에 쓰는 것은 직경 $50 \sim 60 \text{cm}$ 인 것이 있다. 썩레질하는 방법 및 시기는 축력 쉐토일 때와 같고 작업능률은 직경 47cm 32 매 디스크해로우를 45HP 의 트랙터가 끄는데 1일 6시간 작업으로 가로 세로 2회 썩레질하면 2.5ha 정도이다. 이것은 2마리가 끄는 축력 쉐토의 $6 \sim 7$ 배, 인력 쉐토의 약 150 배에 해당한다. 소형 트랙터로는 1ha 당 4시간 정도 걸린다.

4.1.2 계단형 개간

산지 지역에서는 급경사지가 많아서 개량원지형 개간 또는 계단형 개간으로 조성할 경우가 많다. 일반적으로 토지경사도 15°이상 되는 경사지의 개간은 토양보전을 피하기 위하여 계단형으로 조성한다. 흙의 이동량이 많아서 조성비가 많이 들고 조성 면적에 비하여 재배면적이 작고 또 농작업의 기계화에 제약을 받기 때문에 영농작물의 종류 및 수익성을 고려하여 조성방법을 결정한다.

가. 분류



1) 형태상의 분류

(1) 콘터 테라스(contour terrace) : 등고선 모양으로 조성하는 테라스로 원경사도에 의하여 테라스 나비가 증감하고 또 일정한 경사도를 넘어서면 테라스가 끊어지고 경사가 느리게 되면 조각 계단이 조성되기도 한다.

(2) 벤치 테라스(bench terrace) : 각 단마다 독립한 계단밭으로서 종래 흔히 보는 계단밭으로 원경사의 완급에 구애됨이 없이 일정한 나비의 테라스로 조성하며, 개량원지형 개간공법(경사 완화형)은 이 벤치 테라스를 대형화한 것이라 볼 수 있다.

콘터 테라스가 주로 흙의 횡단유용만으로 기반조성을 하는데 반해 벤치 테라스는 흙의 횡단유용 외에 흙의 종단유용도 따르는 점이 차이가 있다. 실제로 시공할 때는 양자를 병용하는 경우가 많다.

2) 시공상의 분류

(1) 절·성토공법 : 기반조성을 할 때 동일단면내의 절·성토(횡단유용)를 지구의 상단에서 등고선 상으로 시공하여 흙의 이동을 최소로 하는 공법이다. (그림 4.1.8 참조)

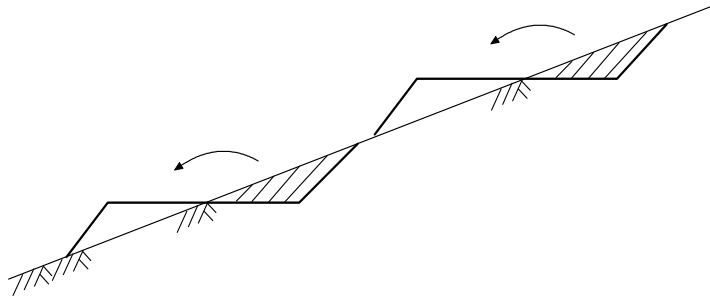


그림 4.1.8 절·성토공법

(2) 전단면 절토공법 : 지구의 최하단은 절·성토 공법으로 기반조성을 하고 상단으로 옮겨서 그 단면의 흙을 전부 절토하여 하단에 떨어뜨린다. 다음에 상단으로 옮겨가서 단면의 절토 전량을 2단에 옮긴다. 이와 같은 방법으로 각 단마다 치환하여 나가는 방법이다.

기반의 안정과 표토를 따로 다루게 되어 경작표토의 조성을 좋게 할 수 있는 좋은 방법이다.(그림 4.1.9 참조)

본 공법의 특징은 다음과 같다.

① 원경사면에 성토하는 일 없이 모두 절토면에 경토를 얹어두고 있기 때문에 강우로 붕괴할 위험성이 가장 적다.

② 경작토의 팽연화와 표토, 심토 및 공기의 혼합으로 토양의 물리적 개량을 촉진한다.

③ 과수원에서는 재식 구덩이의 굴착이 쉽다.

④ 경작토가 두터워서 보수력이 증감한다.

⑤ 협잡물의 제거가 쉽다.

⑥ 절·성토 공법과 비교하면 기반조성에서 절토공과 정지공(경토의 형성)의 두 공정을 거치게 되어 공사비가 증가한다.

⑦ 운전사가 숙련되어야 한다.

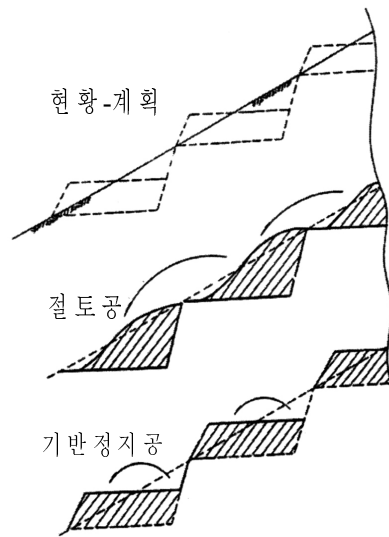


그림 4.1.9 전단면 절토공법

나. 포장의 형태 결정

포장의 모양은 작물의 종류 배수계획 및 시공기계의 종류 등에 의하여 결정한다.

1) 작물의 종류에 의한 포장의 형태 결정

표준단면과 원 경사를 고려하여 영농전문가와 협의 후 조성 폭과 조성순서를 결정한다.

2) 배수 계획에 의한 포장의 형태 결정

① 일시에 배수하는 계획 : 배후지에서 유입하는 유입수와 지구 내의 강수를 한데 모아 지구 밖으로 배수하도록 하는데, 테라스는 원지형과 역기울기로 만들어 비탈끝에 승수로를 설치하여 지선배수로, 간선배수로를 거쳐서 지구 밖으로 배수도록 한다. 집중호우 때는 일시적으로 유하하기 때문에 지선 및 간선배수로 단면을 크게 만들어야 한다.

② 유출시간을 늦추는 배수계획 : 유입수와 지구 내 강수를 한곳으로 집중시키지 않고 지구 내 강수는 각각 전 지면과 사면에 유하시켜서 그 동안에 보수시켜 일시에 지구 밖으로 배수시키는 일 없이 유출시간을 늦추는 것으로 테라스는 원경사에 순기울기가 되게 만든다.

3) 시공기계에 의한 포장의 형태결정

① 소형기계 (7톤 급) : 영농형태상 작은 나비로 만들기 때문에 소형기계를 사용할 경우 경토질 흙, 자갈, 근주 등의 영향을 받기 쉬워서 시공상 매우 곤란을 받으며 시공손실이 상당히 생긴다.

② 중형기계 (11톤 급) : 기계의 작업 폭, 출력 안정도 등으로 보아 테라스의 나비, 절토량 및 경사 등이 알맞아서 가장 좋다.

③ 대형기계 (18톤 급) : 큰 단면(폭 5m 이상)의 조성에는 알맞으나 계단형 개간공법에는 잘 쓰지 않는다. 시공 장소가 산간부에 한정되어 기계를 도입하는데 도로장해가 많다.

다. 토공의 시공한계

절성토 공법의 조성 기울기는 순기울기로 5°까지 가능하나 3°정도가 알맞으며, 5°이상일 경우는 시공을 할 때 현재 사면상의 성토부분을 발판으로 하여야 하기 때문에 위험성이 따른다. 전단면 절토공법에서는 현재사면의 성토위에서 작업하는 일이 없어서 전자보다 위험성은 적으나 7°이상은 곤란하다. 현재 경사와 관련되는 위험성으로 시공한계를 결정하면 다음 표 4.1.11과 같다.

표 4.1.11 시공별 시공한계

토지경사	절성토 공법	전단면 절토공법
15 ~ 25°	시공용이	시공용이
25 ~ 28°	약간 곤란하나 시공가능	약간 곤란하나 시공가능
28 ~ 30°	야간 곤란하나 시공가능	숙련을 요하고 부분적으로 불가능한 곳이 생긴다.
30° 이상	숙련을 요하고 영농상 문제가 많아 부득이한 경우가 아니면 계획하지 않음.	계획하지 않음.

라. 토량계산

계단밭의 조성은 일반적으로 지형이 복잡한 경사지에서 이루어질 뿐 아니라 넓은 면적에 걸친 흙의 이동이 따르기 때문에 정밀한 토량계산은 곤란하다. 그러므로 보통은 표준 단면법으로 계산한다. 그 순서는

① 축척 1/1,000 정도의 지형도를 사용하여 지구내를 등고선간격으로부터 현재경사 $15^{\circ} \sim 20^{\circ}$, $20^{\circ} \sim 25^{\circ}$, $25^{\circ} \sim 30^{\circ}$ 의 구역으로 구분하여 각각의 산술 평균경사 17.5° , 22.5° , 27.5° 를 각 구역의 표준경사로 한다.

② 도로, 배수로, 방재림 등의 시설용지를 도상에 표시하여 이들을 제외함으로써 계단밭 조성의 대상이 되는 구역을 확정하여 면적을 계산한다.

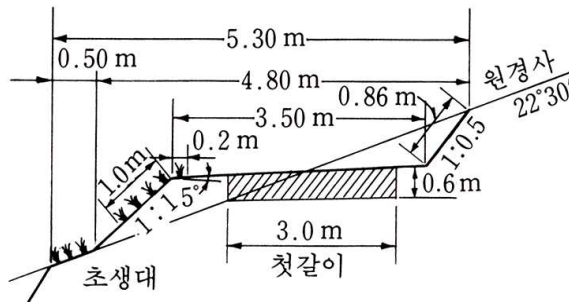
③ 경사층으로 구분된 지구의 표준경사를 그 구역의 원경사로 하여 이것에 계단밭 조성의 제원을 대입하여 표준 횡단면도를 작성한다.

④ 표준단면의 각부 수치로부터 단위면적(보통 10a)당의 수치를 구하고 구역의 면적을 곱하여 구역의 수량으로 한다.

전단면 절토법일 경우는 절토량의 1/4을 정지토량으로 보아 따로 취급한다.

1) 절성토 공법의 단면 및 운반토량 계산

그림 4.1.10은 평균경사 22.5° , 조성 기울기 5° , 조성나비 3.5m, 전나비 5.3m의 계단공(절성토 공법)의 표준단면도이며 표 4.1.12은 10a당 토량 계산값이다.



조성 폭 : 3.5m

조성 기울기 : 5°

절토사면 : 1 : 0.5

성토사면 : 1 : 1.0 비탈머리에서 1.0m만
사면보호공을 한다.

비탈머리 : 때잔디, 줄떼, 목초파종

컷갈이 : 폭 3.0m, 깊이 0.6m로 심경

그림 4.1.10 계단공의 토공량 계산 예

표 4.1.12 수량계산 예 (10a 당)

항 목	계 산	수 량
연 장	$1000 \div (4.80 + 0.50)$	188.6m
절·성토량	$0.0336 \times 3.5 \times 3.5 \times 188.6$	134.6m³
기 경 료	$3.00 \div 5.30$	0.57
깎은 비탈면 마무리	$0.245 \times 3.5 \times 188.6$	161.7m²
성토보호 마무리	$0.369 \times 3.5 \times 188.6$	243.6m²
비탈머리 초생	188.6×0.20	37.7m²

절토단면(Cs)은 다음 방법으로 구한다.

(1) 절토단면(Cs)과 성토단면(Bs)을 따로 계산할 경우

계단형 개간공법에서는 깎은 비탈면 기울기 1:0.5, 성토비탈면 기울기 1:1.0 이 표준이어서 절토단면(Cs) = 성토단면(Bs)이라고 가정하더라도 절토와 성토의 경계점은 조성폭 중앙점의 b/2가 되지 않는다.

그러므로 절토단면과 성토단면을 따로 계산하는 것이 바람직하다. 이하 계산식과 계산 값을 표시한다.

절토단면

$$C_s = \frac{OP + PN}{2} \times PM$$

$$B_s = \frac{b^2}{2} \{ \cos(\theta - \alpha) + \sin(\theta - \alpha) \cot(\beta - \theta) \} \sin(\theta - \alpha)$$

$$B = b \{ \cos(\theta - \alpha) + \sin(\theta - \alpha) \cot(\beta - \theta) \} \cos \theta$$

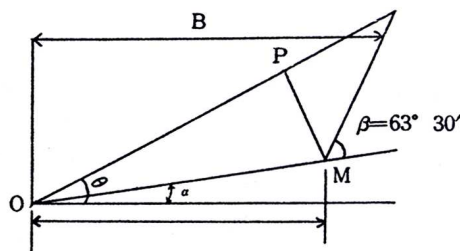


표 4.1.13 C_s 값

θ b	15°	17.5°	20°	22.5°	25.0°	27.5°	30.0°
1.5	0.223	0.283	0.360	0.441	0.527	0.628	0.738
1.6	0.258	0.308	0.410	0.502	0.599	0.714	0.840
1.7	0.286	0.370	0.462	0.566	0.676	0.806	0.948
1.8	0.321	0.415	0.518	0.635	0.758	0.904	1.063
1.9	0.357	0.462	0.578	0.708	0.845	1.007	1.184
2.0	0.396	0.512	0.640	0.784	0.936	1.116	1.312
2.1	0.437	0.564	0.706	0.864	1.032	1.230	1.446
2.2	0.479	0.620	0.774	0.949	1.133	1.350	1.588
2.3	0.524	0.677	0.846	1.037	1.238	1.476	1.735
2.4	0.570	0.739	0.922	1.129	1.348	1.607	1.889
2.6	0.669	0.865	1.082	1.325	1.582	1.885	2.217
2.8	0.778	1.004	1.254	1.537	1.835	2.187	2.872
3.0	0.891	1.141	1.440	1.764	2.106	2.511	2.952
3.2	1.014	1.311	1.638	2.007	2.396	2.857	3.559
3.4	1.114	1.480	1.850	2.226	2.705	2.225	3.792
3.6	1.283	1.660	2.540	2.540	3.033	3.616	4.251

표 4.1.14 B 값

θ b	15°	17.5°	20°	22.5°	25.0°	27.5°	30.0°
1.5	1.650	1.695	1.748	1.802	1.862	1.931	2.007
1.6	1.760	1.808	1.864	1.922	1.986	2.059	2.141
1.7	1.370	1.921	1.981	2.042	2.110	2.188	2.275
1.8	1.980	2.034	2.097	2.162	2.234	2.317	2.408
1.9	2.090	2.147	2.214	2.282	2.358	2.445	2.542
2.0	2.200	2.260	2.330	2.402	2.482	2.574	2.676
2.1	2.310	2.373	2.447	2.552	2.606	2.703	2.810
2.2	2.420	2.486	2.563	2.642	2.730	2.831	2.944
2.3	2.530	2.599	2.680	2.762	2.854	2.960	3.077
2.4	2.640	2.712	2.796	2.882	2.978	3.089	3.211
2.6	2.860	2.938	3.029	3.123	3.227	3.346	3.479
2.8	3.080	3.164	3.262	3.363	3.475	3.604	3.746
3.0	3.300	3.390	3.495	3.603	3.723	3.861	4.014
3.2	3.520	3.616	3.728	3.843	3.971	4.118	4.282
3.4	3.740	3.842	3.961	4.683	4.219	4.376	4.549
3.6	3.960	4.068	1.194	4.304	4.468	4.633	4.817

$$B = b \{ \cos (\Theta - \alpha) + \sin (\Theta - \alpha) \cot (\beta - \Theta) \} \cos \Theta$$

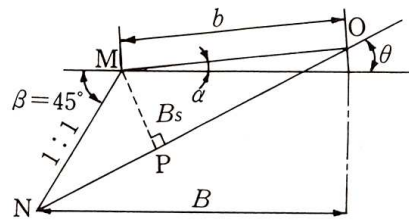


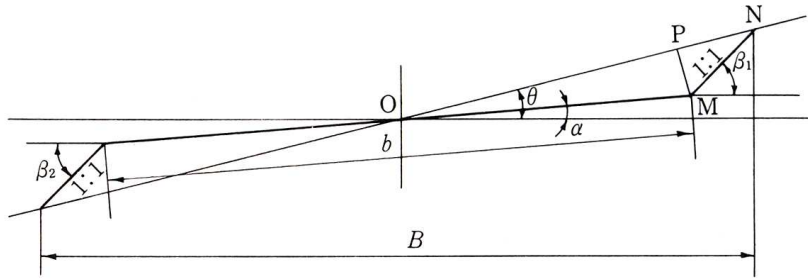
표 4.1.16 B 값

θ b	15°	17.5°	20°	22.5°	25.0°	27.5°	30.0°
1.5	1.863	1.991	2.147	2.328	2.553	2.847	3.228
1.6	1.987	2.123	2.290	2.483	2.723	3.037	3.443
1.7	2.111	2.256	2.433	2.638	2.893	3.227	3.658
1.8	2.236	2.389	2.576	2.794	3.064	3.416	3.874
1.9	2.360	2.521	2.719	2.949	3.234	3.606	4.089
2.0	2.484	2.654	2.862	3.104	3.404	3.796	4.304
2.1	2.608	2.787	3.005	3.259	3.574	3.986	4.519
2.2	2.732	2.917	3.148	3.414	3.744	4.176	4.734
2.3	2.857	3.052	3.291	3.670	3.915	4.365	4.950
2.4	2.981	3.185	3.434	3.725	4.085	4.555	5.165
2.6	3.229	3.450	3.721	4.035	4.425	4.935	5.595
2.8	3.478	3.716	4.007	4.346	4.766	5.314	6.026
3.0	3.726	3.981	4.293	4.656	5.106	5.694	6.456
3.2	3.974	4.246	4.579	4.966	5.446	6.074	6.886
3.4	4.223	4.512	4.865	5.277	5.787	6.453	7.317
3.6	4.471	4.777	5.152	5.587	6.127	6.833	

(2) 절토단면과 성토단면을 동일하게 가정하는 경우

절토단면, 성토단면을 별도로 계산하여 토양의 평형을 고려해서 계산상 정확하게 하였다 하더라도 실제로는 근주가 묻혀 있거나 횡단방향의 습곡이 커서 반드시 실제 시공에 부합한다고 볼 수 없다.

그러므로 간략하게 절토와 성토의 경계점이 조성폭의 중앙점인 $b/2$ 에 있다고 가정하여 개략적인 토공량을 알고자 할 경우에 10a당 절·성토 계산의 계산식 및 계산치를 표시하면 다음과 같다.



θ = 원지반 경사각 α = 조성 기울기 b = 조성유효폭
 β = 계단폭 β_1 = 절토사면 기울기
 β_2 = 성토사면 기울기 H = 계단높이

① 절토단면적

$$C_s = \frac{(\text{---} + \text{---})}{2}$$

여기서, $\text{---} = \frac{b}{2} \cos(\theta - \alpha)$

$$\text{---} = \frac{b}{2} \sin(\theta - \alpha)$$

$$\text{---} = \frac{b}{2} \cos(\theta - \alpha) \cot(\beta_1 - \theta)$$

$$\therefore C_s = \frac{b}{2} \{ \cos(\theta - \alpha) + \sin(\theta - \alpha) \cot(\beta_1 - \theta) \} \sin(\theta - \alpha)$$

② 10a당 절토량 산출 ($\alpha = 2^\circ$ 로 가정함)

$$\alpha = 10a \text{ 당 연장}$$

$$V = 10a \text{ 당 절토량이라고 하면,}$$

$$L = 1,000/B$$

$$B = 2(\text{---} + \text{---}) \cos \theta$$

$$L = \frac{1,000}{2} \left(\text{---} + \text{---} \right) \cos \theta$$

$$V = Cs \times L = \frac{1000}{2} \cdot \left(\frac{1000}{2} + \frac{1000}{2} \right) = \frac{1000}{2} \cdot \frac{2(O'P + PN) \cos \theta}{8} = \frac{1000}{8} \cdot \frac{2 \cdot b \cdot \sin(\theta - \alpha) \cdot 4 \cos \theta}{\cos \theta} = 125 \cdot b \cdot \sin(\theta - \alpha) \sec \theta$$

표 4.1.17 $\alpha = 0^\circ$ 일 때의 10a 당 절토량 (m³)

조성폭 (m)	원기울기 θ						
	15°	17.5°	20°	22.5°	25°	27.5°	30°
3.5	117.20	137.94	159.25	181.21	204.00	227.76	252.61
4.0	133.95	157.65	182.00	207.10	233.15	260.30	288.70
4.5	150.69	177.35	204.75	232.98	262.29	292.83	324.78
5.0	167.43	197.06	227.50	258.87	291.43		
5.5	184.18	216.76	250.25	284.79			
6.0	200.92	236.47	273.00	310.65			

표 4.1.18 $\alpha = 5^\circ$ 일 때의 단(段)당 절토량 (m³)

조성폭 (m)	원기울기 θ						
	15°	17.5°	20°	22.5°	25°	27.5°	30°
3.5	78.6	99.3	120.5	142.2	165.1	188.4	213.5
4.0	89.8	117.4	137.7	162.7	188.6	215.8	244.0
4.5	101.1	127.6	154.9	183.1	212.2	242.7	274.5
5.0	112.3	141.8	172.2	203.5	235.8	269.7	305.0
5.5	123.5	156.0	189.4	223.8	259.4	296.7	335.5
6.0	134.8	170.2	206.6	244.1	283.0	323.6	366.0

2) 전단면 절토공법의 단면 및 운반토량 계산

$$10a \text{ 당 연장 } (L) = \frac{1000}{B}$$

$$\text{절토량} (V) = C_s \times L$$

$$\text{기반정지토량} (V') = C_s' \times L$$

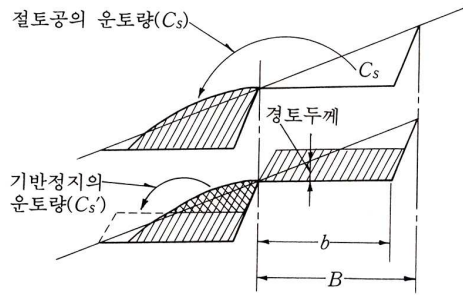


그림 4.1.11 절토와 정지 운반토량

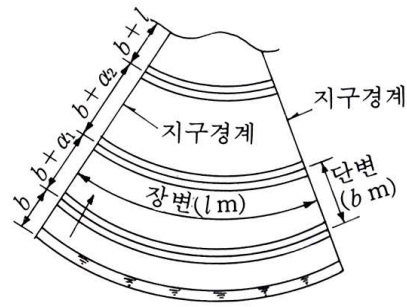


그림 4.1.12 전단면 절토공 평면도

위 그림에서 표시한 바와 같은 절토량(C_s)을 계산하면 10a 당 절토량(V) 및 기반정지 토량(V')을 구할 수 있다. C_s 는 절토량 공법을 응용하여 구한다. 단 기획지구가 고위부로 올라갈수록 장변이 짧아질 경우는 경토의 두께를 일정하게 만들 필요가 있거나 혹은 개량원지형 개간공법(토층 개량형)이나 사면형 개간공법과 같은 데서는 단변장(b)으로 해서는 그 목적을 이룰 수 없으므로 절토량을 같게 하기 위하여 고위부로 올라갈수록 단변장(b)을 $(b + a_1)$, $(b + a_2) \dots$ 와 같이 길게 만들 필요가 있다.

3) 평균 작업 거리

계단형 개간공사에서의 평균작업거리를 보면 표 4.1.19와 같다.

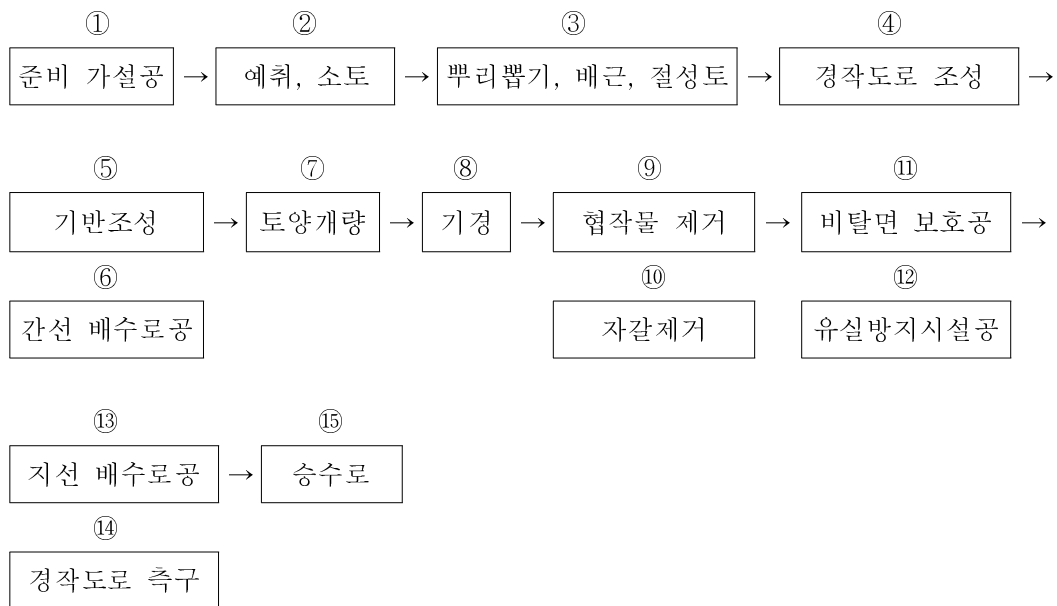
표 4.1.19 계단공에서의 평균 작업거리

현재경사 조성나비(m)	10°	15°	20°	25°	20°
4.5	12.5	11.5	10.5	9.5	8.5
5.0	13.5	12.5	11.5	10.5	9.5
6.0	14.5	13.5	12.5	11.5	10.5
7.0	15.5	14.5	13.5	12.5	-
8.0	16.5	15.5	14.5	-	-
9.0	17.5	16.5	-	-	-
10.0	18.5	-	-	-	-

마. 공정과 시방

1) 절성토 공법

(1) 표준 공정



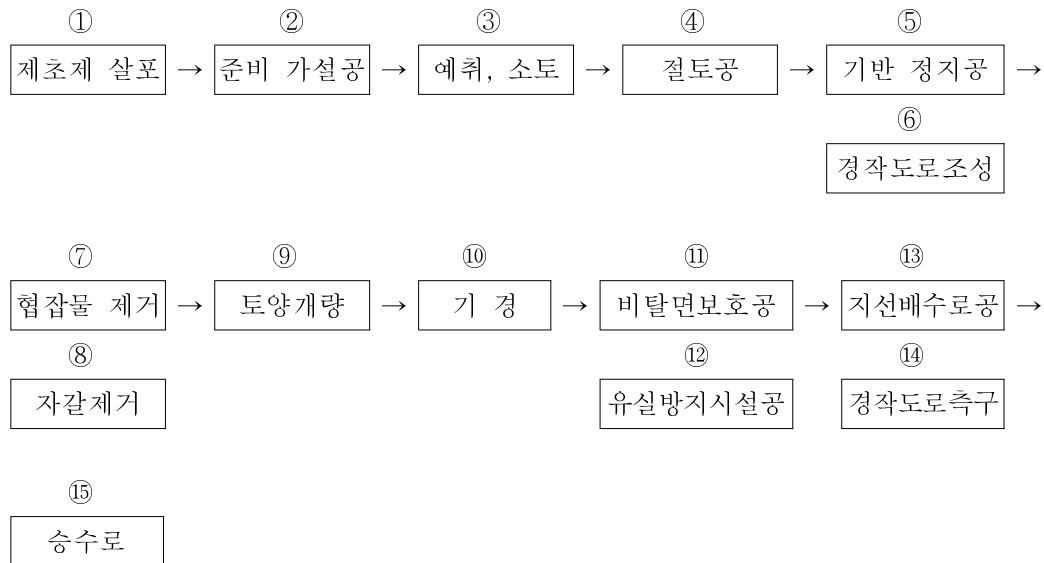
(2) 공정과 시방에 관한 주의사항

표 4.1.20 공정과 시방에 관한 주의사항

공정	작업 내용 및 적용기계	설계 시방상의 주의사항
① 준비가설공	개량 원지형 개간 참조	좌 등
② 예취, 소토	원지형 개간 참조	좌 등
③ 뿌리뽑기, 배근, 절성토공	표준단면에 따라서 현지에 계단 폭(나비)을 표시하는 폴(pole)을 세워서 이것을 목표로 지구의 상단에서 등고선에 따라 절성토공(기반조성)을 한다. 절토작업은 불도저를 사용하는데 경사 10° 이하는 16톤급, 10°~25°는 11톤급, 25° 이상은 7톤급이 많이 쓰인다.	시방서에 계단차(사면고)를 일정하게 유지하도록 지시할 경우는 표준단면에 의한 계산토량과는 별도로 종단유용을 예측하여 절·성토량의 1~2할 정도 토량을 계상한다.
⑤ 기반정지공	절성토한 다음 불도저로 5~6일 정도 주행하면서 도중의 불균한 땅을 수정하는 작업이다. 특히 종단기울기(예1/100)를 규제할 경우는 공 들여 시공한다.	정밀도는 15cm를 취한다.
⑥ 간선배수로	대단면굴착(상폭 1.0m이상)을 필요로 하고 100m이상의 길이가 긴 경우 소형 백호우(backhoe)에 의한 시공도 가능하다.	기계굴착의 경우라도 사전부분은 인력굴착 부분으로 계상한다.
⑦ 토량개량	사면형 개간 참조	
⑧ 기경	경심은 작물에 따라 다른데 수원지는 11톤 레이코도로 깊이 0.6m까지, 11톤 불도저로 깊이 0.9m까지 주름잡이 공법으로 시공	
⑨ 협작물제거	기경으로 노출한 목편, 소근주	개량 원지형 개간 참조
⑩ 자갈제거	자갈을 인력으로 지구 밖 또는 지구 내 소정 장소에 반출하는 작업이다. 원지형 개간 참조	개량 원지형 개간 참조
⑪ 비탈면	깎은비탈면 : 인력으로 다듬는다. 사면기울기는 1:0.3로 토질에 따라 결정하는데 1:0.5가 보통이다. 성토사면 : 줄 잔디 등으로 성토사면 전체를 다지는 일은 내부 침투수의 배출구를 막게 되어 성토내부에 활동면을 형성하여 붕괴의 원인이 되므로 1:1로 마무리하여 꼭대기는 줄때 잔디를 입힌다. 이것을 비탈면 보호공이라 한다. 그 하부는 기계 시공을 한 채 보호하고 협잡물, 근주 등을 버림으로써 오히려 사면의 안정을 보전하는 공법이 적당하다.	
⑫ 유실방지공	개량 원지형 개간 참조	
⑬ 지선배수로공	라향 참조	
⑭ 경작도로측구	개량 원지형 개간 참조	
⑮ 승수로		

2) 전단면 절토공법

(1) 표준공정



(2) 공정과 시방에 관한 주의사항

표 4.1.21 공정과 시방에 관한 주의사항

공 정	작업 내용 및 적용기계	설계 시방상의 주의사항
④ 절토공	11톤 불도저로 지구의 최하단부터 등고선상으로 절토하여 1단씩 상단의 절토를 떨어트려서 순차 치환해 나가는 작업(사면형 개간공법 및 개량원지형 개간공법, 토층 개량형)과 유사하다.	
⑤ 기반정지	절토층으로 치환한 상태는 개량 원지형 개간공법(토층 개량형) 및 비탈면 개간공법과 같다. 본 공법에서는 다시 이것을 지구의 상단부터 11톤 불도저로 절토하고 고른 후 소정의 테라스를 조성한다.	절토상으로 평연하게 된 상태에서 시공하기 때문에 기계의 작업 능력산정에서 $f = 1.0$ 으로 한다.
⑩ 기경	전단면이 평연한 흙이므로 「기반정지공」의 단계에서 다져져 있으므로 레이크도저(11톤)로 백시공을 실시한다.	

바. 계단밭의 표준단면

계단밭은 ① 재배작물과 재배관리, ② 토양보전, ③ 시공기계의 종류 등을 감안하여 결정하는데 그림 4.1.13는 계단밭의 표준단면이다. 등고선에 따라서 조성하는 계단밭(콘터테라스)에서는 원경사 θ 에 따라서 전면폭 b 가 변화하는데 절토층 C_s 와 성토층 B_s 가 같은 경우를 예로 계단밭의 제원을 계산한 결과는 표 4.1.22와 같다.

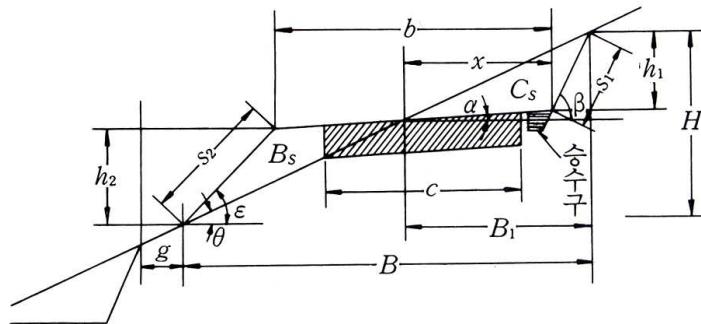


그림 4.1.13 계단밭의 표준단면

b : 전면폭	α : 전면경사도
B : 계단폭	θ : 원경사도
B_1 : 절토폭	β : 절토사면 경사도
h_1 : 절토고	ϵ : 성토사면 경사도
h_2 : 성토고	C_s : 절토량
H : 계단고	B_s : 성토량
g : 초생대폭	x : 중심점에서 상단 비탈 끝까지의 거리
s_1 : 절토사면 길이	B_2 : 중심점에서 상단 비탈 머리까지의 거리
s_2 : 성토사면 길이	
c : 경지폭	

표 4.1.22 원경사별 계단발 단면 제원

θ°	χ	$C_s = (B_s)$	1	B-1	1	2	1	2	H
15.0	0.515b	0.0347b ²	0.569b	0.604b	0.107b	0.119b	0.120b	0.168b	0.314b
17.5	0.520b	0.0458b ²	0.590b	0.640b	0.141b	0.159b	0.158b	0.225b	0.388b
20.0	0.526b	0.0586b ²	0.614b	0.681b	0.207b	0.207b	0.199b	0.293b	0.491b
22.5	0.532b	0.0663b ²	0.642b	0.729b	0.219b	0.261b	0.145b	0.369b	0.568b
25.0	0.538b	0.0907b ²	0.671b	0.790b	0.266b	0.328b	0.297b	0.464b	0.681b
27.5	0.548b	0.1132b ²	0.711b	0.860b	0.325b	0.408b	0.363b	0.577b	0.823b
30.5	0.559b	0.1416b ²	0.751b	0.952b	0.384b	0.511b	0.439b	0.723b	0.984b

(주) $\alpha = 5^\circ$, $\beta = 63^\circ 26' (\tan \beta = 2)$, $\varepsilon = 45^\circ$

1) 전면 경사도(α)

조성 기울기라고도 하는데 토질, 강우강도, 시공 및 영농용 기계, 계단고 등을 고려하여 결정한다. 일반적으로 8° 이내의 순기울기로 만드는 경우가 많다. 강수를 단시간에 배제할 목적으로 산쪽으로 경사지는 역기울기로 하기도 하나 다루는 토양이 많고 큰 단면의 배수로로 필요로 할 뿐 아니라 승수로의 배수능력을 넘는 강우가 아니면 절토부가 과포화되어 붕괴할 위험이 따르기 때문에 주의하여야 한다.

2) 전면 폭(b)

테라스 나비라고도 한다. 재배작물, 영농기계, 시공기계 등에 따라 결정된다. 과수원일 경우는 성장후 수관의 크기를 추정하여 이것에 관리 작업상 필요한 통행폭을 감안하여 결정하는데 최소한 수관 직경에다 0.5m를 가산한 폭이 필요하다.

3) 사면경사도(ε, β)

성토, 절토의 사면기울기는 토질에 따라 사면의 안정을 유지할 수 있도록 결정한다. 토질 시험에 의한 상세한 값을 기본으로 원호활동면법으로 이론적인 산출을 하는 방법도 있으나, 개간공사의 실태에서 볼 때, 경험적 값을 사용해도 지장이 없다. 토양에 의한 일반적인 기준은 표 4.1.23과 같다.

표 4.1.23 사면의 경사기준

토 양	절토기울기 (β)	성토기울기 (ε)
화강암질	1 : 1.0	1 : 1.0 ~ 1.5
고생층질	1 : 0.5 ~ 1.0	1 : 0.8 ~ 1.0
안산암질	1 : 0.3 ~ 0.5	1 : 0.8 ~ 1.0

(주) 성토 높이는 1.5m 이내로 하고, 부득이한 경우라도 2.0m를 한도로 한다.

4) 계단발의 길이와 종단기울기

포장의 장변은 관리 작업 기계의 운행상 길수록 좋으나 기계의 도입이 어려울 경우는 너무 길면 수확물의 반출 등이 불편하다. 또 장변의 길이가 증가할수록 승수독의 단면도 크게 되기 때문에 100~200m 정도로 하는 것이 보통이다. 전단의 종단기울기는 배수를 고려하여 중앙을 높게 만들고 좌우는 1/150 ~ 1/200의 기울기를 만든다.

사. 경토면의 조성 및 기울기

1) 경토면의 경사 기울기 (θ)

토성과 작물에 따라 다르나 기울기(θ)가 클수록 안기장(ℓ)이 길어서 재배면적이 크고 추가 토양이 적으므로 조성비도 싸게 할 수 있다. 그러나 기울기가 크면 그만큼 침식방지 효과가 감소되며 기계시공이 곤란하므로 영농에 출력과 기계력을 이용할 수 있게끔 $\theta = 3 \sim 5^\circ$ 로 하고 최대 8° 이하로 하는 것이 좋다. 일반적으로 경토면의 기울기는 6° 이하가 좋고 $3 \sim 5^\circ$ 가 가장 좋으며 수평으로 만들 필요는 없다. 반면 10° 이상이 되면 토양이나 비료가 유실되기 쉬우므로 계단발은 사면경작과 크게 차이는 없다.

2) 계단비탈의 경사각 (P)

계단비탈의 기울기가 급할수록 경작토 면의 넓이는 늘어나나 붕괴될 위험도 커진다. 그러므로 흙의 안식각 이내로 시공하는 것이 좋으나 경토 면적이 많이 줄어들기 때문에 실제 비탈면은 잔디로 보호하여 흙의 안식각 이내로 시공하지 않는다. 비탈기울기, 원경사도, 계단폭에 대한 비탈면과 경작면이 차지하는 나비는 표 4.1.24와 같다.

표 4.1.24 원경사도 비탈기울기 계단폭에 대한 비탈면과 경작면폭
(경작면이 수평인 경우)

원경사도(°)	비탈기울기		50°				60°				70°			
	계단폭		27m		36m		27m		36m		27m		36m	
	항 목		비탈면폭	경작면폭	비탈면폭	경작면폭	비탈면폭	경작면폭	비탈면폭	경작면폭	비탈면폭	경작면폭	비탈면폭	경작면폭
12			7.5m	22.2m	9.9m	29.7m	6.6m	23.7m	8.7m	31.5m	6.0m	24.9m	8.1m	33.3m
14			8.7	21.3	11.7	28.5	7.8	23.1	10.5	30.9	7.2	24.6	9.6	32.7
16			10.2	20.4	13.5	27.3	9.0	22.5	12.0	30.0	8.4	24.3	11.1	32.4
18			11.4	19.5	15.3	26.1	10.2	21.9	13.5	29.4	9.3	23.7	12.6	31.8
20			12.9	28.9	17.1	24.9	11.4	21.3	15.0	28.5	10.5	23.4	14.1	31.2
22			13.1	18.0	18.9	23.7	12.6	20.7	16.8	27.6	11.7	23.1	15.6	30.6
24			15.6	16.8	21.0	22.5	13.8	20.1	18.6	26.7	12.9	22.5	17.1	30.3
26			17.1	15.9	22.8	21.3	15.3	19.5	20.4	25.8	14.1	22.2	18.6	29.7
28			18.6	15.0	24.9	19.8	16.5	18.6	22.2	24.9	15.3	21.9	20.4	29.1
30			20.4	13.8	27.0	18.6	18.0	18.0	24.0	24.0	16.5	21.3	22.2	28.5

비탈면에 잔디를 심는 대신 다년생 목초나 사료, 비료목을 심도록 하면 β 를 무리하게 만들지 않아도 좋다. 비탈 기울기의 한계는 표 4.1.25와 같이 절토면은 60~65°, 성토면은 50~55°로 하고, 목초비탈면이면 35~45°, 석축은 75°로 하는 것이 일반적인 한계이다.

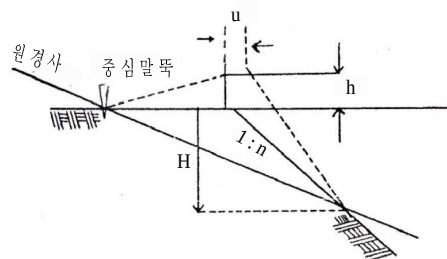
표 4.1.25 계단발의 비탈 기울기

경사도(°)	수직거리	수평거리	기울기
75	1	0.27	1 / 0.27 석축
70	"	0.36	1 / 0.36 "
65	"	0.47	1 / 0.47 절취면
60	"	0.58	1 / 0.58 "
55	"	0.70	1 / 0.70 성토면
50	"	0.84	1 / 0.84 "
45	"	1.00	1 / 1.00 목초성토면
40	"	1.40	1 / 1.40 "
34	"	1.50	1 / 1.50 "

계단밭의 토공방법은 규준틀을 짜고 그 사이에 줄을 쳐서 설계 크기로 시공한다. 흙은 굴착하면 일반적으로 용적이 늘어나지만 공사 중의 압축, 준공 후의 수축, 침하 등으로 인해 당초 용적보다 감소되므로 성토할 때 미리 소정의 단면보다 높이 및 폭을 약간 크게 할 필요가 있다. 이것을 더돈기(extra banking)라 한다. 더돈기 양은 지반, 성토 토질, 성토 높이에 따라 가감하는데 대체적인 표준은 높이의 10% 정도를 더 둔다. 각종 토질에 따른 표준은 표 4.1.26과 같다.

표 4.1.26 더돈기

종 별	u	h
자 갈	$H / 40$	$H / 40$
모 래	$H / 15$	$H / 23$
보통토	$H / 9$	$H / 24$
점 토	$H / 8$	$H / 12$



돌을 쉽사리 얻을 수 있는 곳이면 석축이 좋으나, 최근에는 대부분 녹색공간의 조성을 많이 하므로 식생공이 가장 좋은 방법이라 할 수 있다. 근래에는 식생 종자를 대량으로 취급하는 종자뽑기기공을 많이 사용한다. 종자뽑기 방법에는 세 가지 방법으로 압축공기에 의한 종자뽑기기공(모르터 건 ; mortar gun), 수공에 의한 종자뽑기기공(하이드로시더 ; hydroseeder), 멀치 스프레더 (mulch spreader) 방법이 있다. 표 4.1.27~4.1.29는 각각의 뽑기기공에 대한 품셈표를 나타낸다.

표 4.1.27 모르타건(mortar gun)에 의한 종자뿌기기 품셈기준

항 목	수 량	항 목	수 량
모르타 뿌기기기계	1대	흙체가름인부	1명
공기컴프레서	1대	흙·물 등 현장내 소운반차(2톤급)	1대
시공담당기사	1명		
노즐 인부	2명	기계운전사	1명
기계운반용트럭(6톤급)	1대	급수펌프	1대
기계운전사	1명	호스	약간
재료계량 인부	1명	호스 인부	1명
재료투입 인부	1명		

표 4.1.28 하이드로시더에 의한 종자뿌기기 품셈기준

항 목	수 량	항 목	수 량
하이드로시더	1 대	노즐 인부	2명
시공담당 기사	1 명	호스 인부	1명
기계 운전사	1 명	재료투입 인부	1명

표 4.1.29 멀치 스프레더에 의한 피복 품셈기준

항 목	수 량	항 목	수 량
멀치스프레더	1대	짚(1,000m ² 당)	500kg
분사 인부	1명	아스팔트유제 (침입도 150 ~ 200)	200ℓ
재료담당 인부	2명	살포유효거리	15 ~ 22m
재료운반 및 트럭운전사	1명		

계단발을 만들고 나서 절토가 어느 정도 다져지거나 비탈면에 초목이 무성하여 보호 작용을 할 때까지는 토양 침식의 우려가 있으므로 거친 토양 조건에서 그림 4.1.14(a)와 같이 비탈의 성토부분을 절토부분보다 느리게 하거나 그림 4.1.14(b)와 같이 비탈중간에 원지반의 일부를 30~50cm 정도 남겨 두어서 비탈길로 이용하는 특수형도 좋은 방법이다. 때로는 비탈머리에 소일시멘트(soil cement)를 시공하거나 석회를 섞어 이겨서 이화토를 만들어 보호하기도 한다.

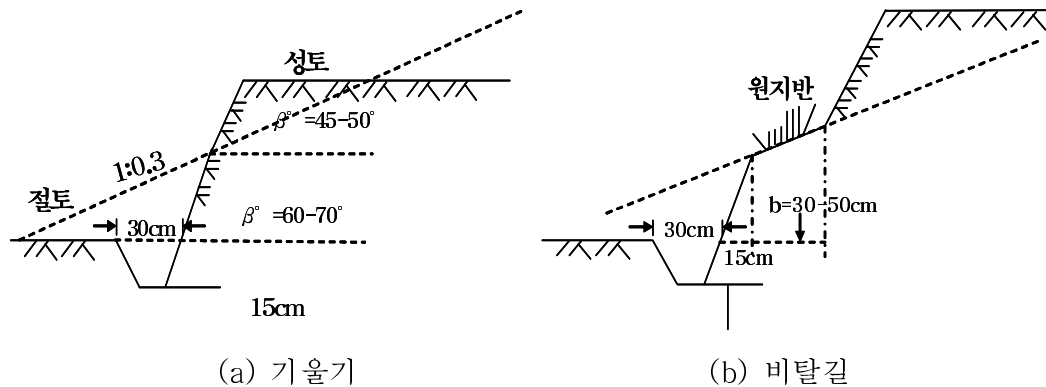


그림 4.1.14 계단 비탈면

3) 계단높이(h)와 계단폭(ℓ)

원지형이 급하면 계단높이가 높아지고 안기장이 짧아진다. 계단높이가 커지면 상하 계단면과의 연결이 불편하고 호우에 무너질 우려가 있으므로 되도록 낮은 것이 좋고 흙비탈일 경우 1.5m 석재이면 2m를 한도로 한다. 계단폭(ℓ)은 영농상 최소한 3m는 필요하고 불도우저로 계단발을 시공할 때도 3m이하는 능률이 떨어져서 좋지 않다.

4) 배수구

비탈면에 흘러내리는 빗물을 처리하기 위하여 계단의 비탈끝에 폭 30cm, 깊이 15cm 정도의 배수구를 만들고 다시 이 배수구의 물을 받아 아래로 배수하기 위하여 등고선에 직각으로 약 100m 간격의 배수지선을 배치한다. 실제로 경작도로에 접해서 설치되는 경우가 많다. 배수지선은 일반적으로 급기울기로 만들어야 하기 때문에 수로저면이 매우 심하게 세굴된다. 낙차공이나 장식공 또는 초생수로 호안공사 같은 것을 만들어 보호해야 한다. 승수로나 배수로의

단면결정은 기준우량으로 5~10년에 1회 정도 발생할 것으로 예상되는 최대 10분간 우량을 취하고 초생수로의 허용유속은 1~2m/s 이내로 한다.

승수로나 배수로에 군데군데 수조를 만들어 두면 필요에 따라 관개수나 소독용수로 이용할 수 있다. 배수로는 강우가 없을 때 농도로 이용하도록 하는 것도 좋다. 개간밭의 둑간배수는 등고선 두둑이 작은 배수구에 접하는 부분 1~2m를 등고선보다 조금 아래로 굽혀서 둑고랑에 기울기를 붙여두면 둑간과 잉수를 작은 배수로에 쉽게 뽑아낼 수 있기 때문에 걸리 침식을 막을 수 있다. 이 목초대는 축우나 기계의 회전 장소로 편리하게 이용할 수 있다. 목초는 라디노 클로버와 같이 단초형(短草型)의 포복성(匍匐性)을 가진 목초가 좋다.

아. 배수로 계획

1) 일시에 배수하는 계획

배후지에서 유입하는 유입수를 지구 내 강수와 한번에 배수할 경우, 각 테라스의 비탈 끝에 승수둑을 등고선과 직각 방향으로 설치하여 경작 도로측구를 지선 배수로로 겸용시키고 지구 내 최하단에 간선 배수로를 두어서 지구 밖으로 배제한다. 때로는 지구의 계곡부를 현재대로 보존하여 자연 배수대로 하여 지선배수로 또는 간선 배수로의 기능을 갖도록 한다. 승수로의 단면은 윗나비 0.5m, 깊이 0.2~0.3m 정도의 막파기 수로로 만든다. 지선배수로, 간선 배수로의 단면과 간격은 집수량에 알맞도록 결정한다.

2) 유출시간을 늦추는 배수계획

유입수 및 지구내의 강수를 일시에 배제하지 않고 배수시간을 늦추어 분산시킬 경우로 각 테라스에 승수둑을 설치하지 않고 지선배수로(경작도로 측구, 자연 배수대와 겸용일 경우도 있음)와 간선배수로로 배수한다. 지구내 강우 및 배후지에서의 유입수를 모으는 간선 배수로는 집수면적이 여러개로 되어 지표수 유하 중에 지표작용이 현저하게 나타나며 유역 중에 침수성이 큰 부분이 있을 것으로 보아 배수량 설계는 편의상 10년 확률 정도의 시간강우(mm/hr)를 적용하고 지구내 유출률은 0.6~0.8 정도로 본다.

4.1.3 원지형 개간

지형상 원지형 그대로 개간하는 것이 기술적으로 매우 곤란하거나 토양 보전상 좋지 않다고 생각되는 지대를 제외하고 이 개간방법에 의하면 조성면적에 비하여 재배면적 비율이 높고 질·성토에 따른 흙을 이동하지 않기 때문에 다른 개간 방법에 비하여 조성비가 적은 이점이 있어 널리 적용되고 있다.

일반적으로 토지 경사도 15° 이하의 경우에 적용하고 있으나 초지 조성사업이 확대되는데 따라 조성 후에 지표가 식생으로 파괴되어서 토양 보전에 염려가 없는 경우는 15°이상의 급경사지에서도 방목지로 조성한다.

가. 계획

원지형 개간의 계획 포장 배치는 ① 구획 분할을 결정하는 포장계획, ② 토양, 토성, 토층의 개량계획, ③ 지구 내의 도로배치계획, ④ 발판개 및 연료수, 잡용수 계획, ⑤ 배수지로부터의 유입수 및 지구 내 강우에 대한 배수계획 등을 고려하여 결정한다.

1) 포장의 구획

토지이용구분에서 정한 영농조건을 만족시키는 면적을 가지고, 농기계의 작업능률을 높이기 위하여 장단변의 비가 큰(4:1) 장방형이 좋다. 그런데 개간지는 대개 뿌리뽑기작업이 따르게 되어 배근선의 위치, 즉 근주의 경제적 운반 거리에 따라 구획분할이 결정되는 수가 많다. 또 경사지에서는 일반적으로 등고선 재배를 전제로 구획분할을 하게 되는데, 경사 8° 이하는 등고선에 평행하게 얇은 승수로를 설치하는 것 이외는 평지와 같이 취급할 수 있다. 경사도 8° 이상으로 토양보전·등고선경작을 해야 할 경우에는 이것을 고려하여 구획의 방향을 정하고, 영농수단에 따라 도입되는 작업기의 운행·암거배수·심토파쇄 등이 시공에 지장이 생기지 않는가를 충분히 검토한 다음에 결정해야 한다.

2) 토양, 토성, 토층의 개량

토지분류·토양조사 등에 의하여 작물생육에 저해되는 요인이 있다고 인정된 경우에는, 토양개량제로서 석회·인산비료 등을 치환산도·인산흡수계수 등의 시험성적에 따라 살포한다. 또, 필요에 따라서는 암거배수·심토파쇄·객토 등의 토층개량도 실시한다.

3) 지구 내 도로의 배치

배양작물의 종류, 관리용 기계 등에 따라 다르나 포장 내 어느 지점에서나 50m 정도에서 도로에 나갈 수 있도록 노선밀도(대체적인 표준은 200~250m/ha)를 정한다. 지구 내 도로망의 배치는 개설도로의 위치, 신설노선의 선형 및 종단 기울기를 고려하여 정하고 나비는 통행차량의 종류에 의하여 결정한다.

4) 용·배수로의 배치

관개방법이 살수관개 또는 고랑관개에 따라 전면의 정지 정도가 달라지므로 사전에 미리 관개방법을 결정해 두어야 한다. 배수로는 지구 안 뿐 아니라 배후지의 유입수도 배수할 수 있는 단면이어야 하고, 그 배치는 일반적으로 도로의 양측구를 최대한 이용하게 되며, 도로망에 준하는 수로망을 형성하는 경우가 많으므로 용수계획과 배수계획은 전문서적을 참고하여 결정한다.

나. 시공

넓은 지역의 개간은 초기에 영농 기반을 확립하기 위해 고성능 기계를 투입하여 단시간에 조성하는 특징이 있다. 기계의 특성을 잘 이용해야 조성비용도 저렴하고 시공 상태도 고르며 양호하다. 기계화 영농을 전제로 하는 구획의 대형화나 토양, 토성 등의 개량도 가능하게 한다. 최근 들어 기계의 성능이 향상되어 조성, 개량을 하는 방식도 다양하며, 목적에 적합한 공법을 조합하도록 하고 있다. 특수한 성능을 가진 기계 일수록 범용성이 결여되므로 조성하려고 하는 토지의 지형, 토질, 장애물의 정도, 지내력 등의 시공조건 등을 고려하여 결정한다.

다. 공정과 시방

1) 제초제 살포

제초제는 약제의 잔류효과와 토양 개량 자재의 살포시기 등을 고려해 안전

한 기간을 예상하여 살포한다. 살포면적이 적을 경우 급경사지는 인력으로 살포하는데 보행용 수평분관(boom sprayer)이나 비행기를 이용한다. 이때 주의할 사항은

① 입목 근주가 많은 지대나 초벌이 긴 지대는 트랙터전인 붐 스프레이어는 살포가 곤란하다.

② 붐 스프레이어 등으로 살포할 때는 약제의 보급, 운반에 드는 비용을 계상한다.

③ 처리하려는 초류와 그 생육 정도에 따라 살포량을 결정한다.

④ 약제의 잔효성을 고려하여 토양 개량제(탄산칼슘은 염소산염의 산화력을 억제한다.)의 살포시기, 파종시기 등을 표시하고 역산하여 충분히 안전한 시기에 약제를 살포하도록 한다.

대표적인 개간용 제초제와 그 사용량은 표 4.1.30과 같다.

표 4.1.30 개간용 제초제와 사용량

약제명	상품명	적용초류명	사용량(kg/10a)
DPA	다우뽕	방동사니, 조릿대풀, 참억새	3 ~ 6, 2.4D첨용
ATA	개간수용제	광엽 다년생 초목	1 ~ 2
염소산염	크르레트소우다 구사도오루	방동사니, 조릿대풀 쇠뜨기, 실망초	7 ~ 10

2) 장애물 처리

수집, 소토, 협잡물 제거는 4.1.1 다에 준하는데 특히 조릿대풀, 억새, 어린나무, 풍화되고 부서진 자갈, 민둥땅 등은 개간 작업에 방해가 되는데, 이것을 인력으로 단번에 처리하면 막대한 일수와 노력이 들고 기계로 밀어 배제하면 귀중한 표토를 많이 상실하여 경제적, 영농적 요구를 충족시키지 못한다. 근래 고성능의 새로운 기계가 개발되어 플라우잉 해로우(plowing harrow)에 의한 파쇄, 로터베이터(rotavater), 로터리 틸러(rotary tiller)에 의한 파쇄 등으로 이들 장애물을 다른 곳으로 이동하지 않고 그 자리에서 파괴, 분쇄, 절단하게 되었다. 이들 기계 중에서 특히 레이크 도저는 민둥땅을 파서 지구내의 오목한

부분을 메워 지표면을 고르는데 알맞으며, 플라우잉 해로우는 꽃무늬형 디스크가 많고 지름 66~76cm의 초대형 중량 해로우는 시공각도를 취하기에 따라 Offset형과 Tandem형으로 나눈다. 경심은 디스크 지름의 $\frac{1}{3}$ 이며, 강력한 파괴력을 얻으려면 중량 15~3.5톤인 것을 사용하고, 시공속도를 유지하기 위하여 18톤급 이상의 대형 트랙터를 사용한다. 장애물 처리에 이용되는 기계기구의 특성을 들면 표 4.1.31과 같다.

표 4.1.31 장애물 처리에 이용되는 기계기구의 특성

시 공 조 건	플라우잉 해로우	로타리 캐터	로타리 킬러		로터 베이터
			자주식	견인식	
소관목과 장초류가 혼생하고 자갈과 근주가 노출하지 않는 경우	○	○	△	△	
소관목과 장초류가 혼생하고 자갈과 근주가 노출한 경우		△			
경사지(특히 잘 미끄러지는 곳)		○		△	○
혼윤지대		○		△	○
풍화·부서진 자갈이 많은 지대	△			△	○
자갈을 포함하는 지대	○	○			
잡초지대(평탄지)	○	△	○	○	○

(주) ○는 적당한 것, △는 약간 적당한 것

3) 뿌리뽑기

잡수(직경 6cm 미만)는 미리 인력으로 뽑거나 배근을 할 때 처리하며, 대근주(지름 45cm 이상)는 화약폭파나 다른 방법을 사용한다. 뿌리뽑기 품셈은 1본당 뿌리뽑기시간에 가중시간을 곱한 것이 아니라 분포상태를 고려한 뿌리뽑기군(지름 45cm이상은 제외)을 대상으로 가중시간을 얻어서 결정한다. 뿌리뽑기는 일차적으로 레이크도저를 많이 사용하는데 대상 뿌리의 지름과 분포상태, 형상, 토질 등을 고려하여 적용 레이크도저를 결정한다.

뿌리 지름 6~18cm 정도의 작은 것은 중형 레이크도저를 사용하고, 그 이상

은 대형 레이كد저를 사용하는데, 대소 주경이 혼성하여 있을 경우는 식생상황을 조사하여 알맞은 기종을 선정한다. 대근주를 뽑은 자리는 주변의 흙으로 메우도록 하고 이에 드는 시간도 계상해야 한다. 수종, 주경에서 본 적용 뿌리 뽑기기계는 표 4.1.32와 같다.

표 4.1.32 조건별 뿌리뽑기 적용 기계

식 생 조 건	23톤급	18톤급	11톤급	7톤급	적요
직경 6~18cm의 근주가 약간 있는 지대				○	○은 적당 △은 화약비용
직경 6~18cm의 근주가 반이상이고 기타는 직경 19~30cm인 지대			○		
상기와 유사한 지대로 직경 30~45cm를 약간 포함하는 지대			△		
직경 6~18cm의 근주가 직경 19~30cm의 근주가 반반인 지대		○	△		
상기와 유사한 조건이나 직경 30~45cm를 약간 포함하는 지대		○			
직경 6~18cm, 직경 19~30cm, 직경 30~45cm의 혼성주		○			
상기와 유사지대로 근경 45cm이상을 포함할 경우		○			
근경 30~45cm의 근주가 주가 되는 식생지대		△			
상기와 유사지구로 근경 45cm이상을 포함할 경우	△	△			

(주) 위 표는 평탄지에서 벌목 직후의 활엽수에 관한 것이어서 경사수종, 벌목후의 경과년수에 따른 차이를 고려해야 함.

4) 배근

뽑은 근주를 지구 밖이나 지구주변 혹은 지구내의 적당한 집적지에 운반·정리하는 작업으로, 다음의 기경작업이 용이하도록 처리한다. 배근선의 위치

및 간격은 지형, 토질, 뿌리지름과 그 본수 및 분포 상태 등과 같은 시공 조건 외에 영농에서 요구하는 토지이용 계획에 의한 경작계획(도로, 배수로, 경계, 택지 등), 토지개량사업(암거배수, 심토파쇄 등)을 고려하고, 영농상의 기계활용, 토양보전 등을 고려하여 결정한다. 그 작업 순서는 그림 4.1.3과 같으며, 배근선 간격의 기준은 표 4.1.6과 같다. 이 표에서 큰뿌리뽑기 지구, 자갈, 벌목, 넘어뜨리기, 부서진 자갈, 나무지름 6cm이하의 소관목, 유실목 벌채후의 지엽 등이 많이 존재할 경우는 그 값을 감해야 하며, 레이크에 걸리지 않는 잔근이나 험잡물을 제거할 필요가 있을 때에는 인력작업으로 제거하고, 운반은 경운기나 트랙터 견인 트레일러를 이용하는 것이 효과적이다.

5) 자갈 제거

지표면에 노출된 자갈 및 풍화된 자갈과 경작토 속에 묻혀있는 부서진 자갈, 파묻힌 나무 등을 파 올려서 배제하는 작업으로 배제할 자갈의 크기 및 수량 등을 조사하여, 원칙적으로 자갈이 많은 지대는 기경전에 제거하는데, 경운쇄토 후 재배제할 필요가 있을 때에는 시공회수를 명시한다.

제거한 자갈의 퇴적위치는 배근선의 위치 결정에 준하며, 흙속의 자갈 등을 제거할 때는 소요되는 시간을 별도로 계상하고 큰 암석은 제거 후 주위의 흙으로 메우도록 하며 이에 드는 시간을 계상하고 기계로 처리가 불가능한 큰 암석은 화약을 활용하도록 한다. 그리고 사용되는 기계 사이로 빠져나가는 자갈 등은 인력으로 제거하는데, 목도, 리어커, 경운기, 트랙터, 견인 트레일러 등을 이용하면 효율적이다. 영농형태, 기준작물을 고려하여 불필요한 것까지 제거하지 않도록 주의한다(과수원, 방목지는 작은 돌까지 처리할 필요가 없다). 자갈을 제거하는데 사용하는 기계로는 레이크도저가 많이 쓰인다. 기종에 따라 다르나 레이크 핏치가 30~40cm되는 것으로는 큰 암석을 제거할 수 있으나 작은 자갈은 제거할 수 없다. 근래 40HP정도의 트랙터로 견인하는 Rock Picker가 개발되어 지표면에 산재하는 크기 4cm이상 무게 90kg이하의 자갈을 채석하고 있는데, 단점은 지표면이 어느 정도 평탄하여야 하며 함수비가 높은 지구는 자갈에 부착한 흙을 제거할 수 없다. 그리고 지표면에 5cm이하의 작은 돌이 산재하는 곳은 20HP정도의 트랙터가 견인하는 스톤피커(Stone Picker)의 레이크를 회전시켜 채석하고 있다.

민둥땅은 불도저나 레이크도저로 파서 밀어 오목한 부분을 메우고 부서진 자갈은 자갈 제거에 준하며 파묻힌 나무도 레이크도저를 이용하여 처리하나 Ripper를 트랙터 뒤에 설치하여 필요한 깊이(지상에서 30~50cm)로 제거한다.

6) 막갈이

막갈이는 표토를 갈아엎어 파쇄·교반하여 지표면의 헐잡물과 잡초를 묻어서 잡초와 해충의 발생을 막고, 흙의 물리적 성질을 개선하여 작물이 자라는데 알맞은 상태로 만드는 작업이다. 그러므로 막갈이는 개간작업 중에서 가장 중요한 것으로 막갈이의 깊이가 알맞고, 반전이 완전히 고르게 되면 개간은 일단 성공한 것이라 할 수 있다.

개간지는 숙전에 비해서 지력이 떨어진다. 지력이 낮고 토양개량의 속도가 느릴수록 막갈이의 깊이는 알아야 한다. 요즈음 막갈이는 보통 기계력에 의하며, 갈이방식에는 재래의 발토판(botton) 쟁기, 브러시 브레이커쟁기에 의한 반전방식(단, 8° 이상의 경사지는 힐사이드 쟁기(hill side plow)를 사용), 플라우잉 헤로우와 초중디스크 헤로우에 의한 파쇄방식, 로터베이터와 로터리 틸러에 의한 교반방식, 레이크 또는 불도저에 의한 주름잡이 방식이 있다. 이 중에서 어느 것을 택할 것인가는 영농에서 요구하는 지형·토질·지지력 등의 자연조건, 소토, 베기 등 준비 작업의 유무, 장애물 처리방법 등에 따라 결정한다.

또한, 과수원 조성지는 특히 심경을 요구하므로 레이크도저에 의한 주름잡이 방식이나 맘모스쟁기(mammoth plow, 초대형 심경용 쟁기)에 의한 혼층경을 하기도 한다. 혼층경은 이 밖에도 토층개량의 수단으로 지구 밖에서 양질토를 반입하는 대신에 지표면 아래 40~120cm에 있는 양질토를 갈아 반전하여 표층토에 혼합시키는 데 쓰기도 한다. 경운작업에 주로 쓰이는 기계의 특성을 나타내면 표 4.1.33과 같다.

표 4.1.33 기경 기계의 특성과 경운 깊이

구분	시공조건	브러시 블레이커 쟁기	기타의 발토판 쟁기	플라우 잉해로	원판 플라우	로터 베이터	로터리 킬러		레이크 도저	혼층경 플라우
							자주식	견인식		
식생과 준비작업	장애물이 없는 잡초지	○	○	○	△	△	○		○	○
	밀생주의 뿌리뽑기 흔적지	△		○	○	○	○	○	○	
	준비작업이 완전한 장초류지	○		○		△	○	○	○	○
	준비작업이 불완전한 장초류지	△		△			○	○	○	△
기울기	8° 이하의 경사지	○	△	○	△	○		○		○
	8° 이상의 경사지	△		△		○		△	○	
자갈층	표토가 얇은 지대			○	○	○	○	○		
	자갈을 함하는 지대	○	△	○						
성능	경운깊이 (m)	15 ~ 25	12 ~ 18	15 ~ 25	10 ~ 20	10 ~ 18	20 ~ 25	20 ~ 25	50 ~ 90	40 ~ 120
	작업폭 (cm)	46 ~ 66	40 ~ 74		50 ~ 100	120 ~ 180	120 ~ 160	100 ~ 120		40 ~ 50

(주) ○은 적당, △은 약간 적당

7) 쇄토

경운한 흙을 다시 잘게 부수고 동시에 표층을 고르게 하는 작업으로, 사용되는 기계는 각종 디스크 해로우, 로터 베이터, 로터리 킬러, 티스해로우(teeth harrow)가 있다. 일차적으로 디스크해로우로 2~3회 정도 쇄토작업을 하고 그

뒤에 티스헤로우로 고르게 정지하는 수가 많다.

이 작업사이에 토양개량 자재를 살포하여 표토와 혼합한다. 어느 공법을 채용할 것인가는 경사, 토양, 자갈의 유무 등의 시공조건 외에 영농에서 요구하는 분쇄도 기경에 사용한 기계 등에 따라서 결정해야 한다. 그리고 어느 기종이건 4회 이상 운행하는 일은 쇄토 효과보다 트랙터에 의한 다짐의 피해가 크게 되므로 주의해야 하며 경사지의 쇄토 작업은 최종회 방향과 평행하게 하여 강수로 생기는 물길 발생을 막도록 한다. 개활지 쇄토작업에 쓰이는 디스크 해로우는 지름 50~60cm인 것이 많은데, 쇄토 효과를 높이려면 디스크의 지름이 큰 Offset형이 좋고, 정지효과를 높이려면 디스크의 판수가 많은 Tandem형이 좋으며, 장초류의 절단효과를 높이려면 중량이 큰 꽃무늬(cutaway disk)형이 주로 쓰인다. 기경작업과 쇄토작업과의 관계를 표시하면 대체로 표 4.1.34와 같다.

표 4.1.34 기경 및 쇄토작업에서 기구의 배합

기경에 사용된 기구	쇄토에 적당한 기구
브러시 브레이커쟁기	디스크 해로, 로터베이터, 로터리 톨러
기타의 발토판쟁기	디스크 해로, 로터베이터, 로터리 톨러
플라우잉 해로	(디스크 해로), 로터베이터, 로터리 톨러
디스크 쟁기	디스크 해로, 로터베이터, (로터리 톨러)
로터베이터	로터베이터, 로터리 톨러
로터리 톨러	로터리 톨러
혼충경쟁기	디스크 해로

(주) ()는 일반적이 아님.

토양개량 자재의 살포는 Lime Sower나 Broad-Caster를 사용하는데 살포량이 7t/ha를 초과하면 Lime Sower로 1회에 살포하기 곤란하므로 2회로 나누어 살포하며, 탄산칼슘과 가용성 인비를 혼합 살포할 때는 그 혼합비가 항상 일

정하도록 하고, 작업능률을 올리기 위하여 견인트랙터 1차에 Lime Sower 2차를 배치하며, 지구의 모서리는 인력으로 뿌리되 수동식 살포기를 사용한다.

8) 파종, 복토, 다짐

파종은 종자와 비료를 동시에 살포하며, 보통 화목류 종자와 두류 종자를 혼파하는데 두과종자, 화목과종자 및 비료를 각각 별도의 Hopper에 넣어 1회의 작업으로 작업 당 1.9~2.0m에 걸쳐 시비, 파종, 다짐을 동시에 하는 Grass land drill이 있으며, 옥수수과 같은 대립파종도 가능하다. 또한, 한 Hopper에 넣어 별도의 Hopper에 넣은 비료를 작업 당 1.5~1.8m에 걸쳐 동시에 뿌리는 Grain drill과 입자가 작은 종자를 파종하는 Broad-Caster가 있다. 파종 후 종자 보존과 발아, 활착을 촉진하기 위하여 복토와 다짐을 한다. 복토는 간단한 Bush harrow를 쓰고 다짐은 작은 롤러가 주반모양으로 배열되어 작업 폭이 넓어서 능률적인 Culti-packer나 수개의 롤러(지름 60~70cm, 중량 1~2t)가 배열하여 서로 독립 회전함으로써 견인저항을 작게 하고 롤러 면에 흙을 파서 다짐효과를 높이도록 한 캠브리지 롤러(Cambridge Roller)가 사용되고 있다. 그 밖에 트랙터의 중량을 이용하여 타이어로 다짐하거나 도로다짐용 롤러로 다짐하기도 한다.

라. 시공 예

시공조건을 표 4.1.35와 같이 가정한다.

표 4.1.35 시공조건

조성공법 시공조건	I 형	II 형
① 구획	200m×50m=10,000m ²	100m×100m=10,000m ²
② 토질	식양토	중 점토
③ 토지경사	7° ~ 10°(습곡이 많음)	4° ~ 6° (비교적 고른)
④ 자갈	다소 있음	거의 없음
⑤ 식생	침엽, 활엽의 혼성림 지름0 ~ 5cm 200본 6 ~ 18 830본(S군) 19 ~ 30 180본(M군) 31 ~ 45 33본(L군)	침엽, 활엽의 혼성림 지름2 ~ 5cm 600본 6 ~ 18 1,120본(S군) 19 ~ 30 410본(M군) 31 ~ 45 85본(L군) 45 이상 7본
⑥ 초생	조릿대풀의 밀생지	잡초
⑦ 민둥땅, 풍화자갈	없음	없음
⑧ 파묻힌 나무	없음	없음
⑨ 토양개량 자재	염화칼슘 3.5t/ha	염화칼슘 7.5t/ha
살포량	가용성 인비 0.5t/ha	가용성 인비 0.5t/ha
⑩ 배근선의 위치		
⑪ 파종량	350kg/ha	
⑫ 표토	비교적 얇다. 15cm 정도	비교적 깊다. 30cm 정도

표 4.1.35의 시공조건으로부터 적당한 공법을 검토하여 적용기계를 표 4.1.36과 같이 결정한다.

표 4.1.36 시공방법 및 적용기계의 결정

구 분	I 형	II 형	적 요
① 준비작업 및 장애물 처리	염소산염을 인력으로 살 포하여 고사시킨다.	주로 어린나무를 인력 으로서 제거하고 소토 는 하지 않음	II형에서 부쉬 브레이커 쟁기로 반전하므로 5cm미 만의 어린나무는 베어 깔 고, 뿌리는 갈아 엷는다.
② 뿌리뽑기	11톤급 레이크도저로도 가능하나 기경 작업에 18 톤급 트랙터로 푸라우잉 헤로우를 사용하게 되므 로 18톤급으로 뿌리뽑기 하기도 한다.	대근주가 많으므로 18 톤급 레이크 도저를 사 용한다.	
③ 배근	18톤급 레이크도저 사용	18톤급 레이크 도저 사용	
④ 자갈제거	인력으로 제거함		
⑤ 기경	18톤급 트랙터가 견인하 는 푸라우잉 헤로우에 의 한 췌토 방식을 채용함.	부쉬 브레이커 쟁기로 반전시킨다. 견인차는 7 톤급 트랙터를 쓴다.	I 형은 표토가 얇아서 푸 라우잉 헤로우를 쓰고 II 형은 반전시키는 방법을 취하였다.
⑥ 췌토①	Offset헤로우를 7톤급 트 랙터로 견인한다.	Offset헤로우를 7톤급 트랙터로 견인한다.	
⑦ 토양개량	라임 소위로 살포한다. 견인차는 7톤급 트랙터를 사용한다.	라임소위로 살포한다. 견인차는 7톤급 트랙터 를 쓰고 살포량이 8톤 이어서 4톤씩 2회로 나 누어 살포한다.	
⑧ 췌토②	로터베이터를 이용한다. 견인차는 타이어 트랙터 를 쓴다.	자주식 로타리 톨러로 췌토 교반한다.	
⑨ 정지	하지 않음		
⑩ 파종	그라스 랜드 드릴에 의 함. 견인차는 7톤 급 트 랙터를 사용한다.		
⑪ 전압	캠브리지 로울러로 1회. 견인차 7톤급 트랙터		

4.1.4 사면형 개간

영농기계의 운영을 위하여 나비 2m정도의 경작로를 배치하고 간선도로, 지선도로, 경작로를 유기적으로 연결하여 일관된 기계운행 체계가 가능하도록 배치한다. 형식적으로는 종래의 계단형 개간에서의 테라스면을 경작로로 하고 사면에 재배하는 것이고, 조성 기술면으로는 전단면 절토방식 계단형 개간 또는 개량 원지형 개간에 의한 변형이라 할 수 있다.

사면전은 그림 4.1.15처럼 전체 모양은 계단밭과 닮았으나 사면을 재배대상으로 하고 테라스면을 경작도로로 이용하여 관리작업 기계를 운행하는 것으로 토지의 효율적인 이용과 기계화 영농에 관한 계단밭의 단점을 보완하는 방식이다. 단 밭면이 경사지고 조성 기울기는 일반적으로 원경사보다 급하게 되므로 경사 전체의 초생에 의한 토양침식 방지를 할 수 있는 과수원지 조성에 한정된다. 원경사 15~25°정도에 적용되는 방식이다.

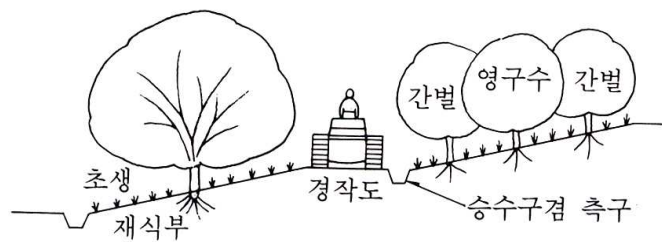


그림 4.1.15 사면형 개간공법

사면전의 장점은 다음과 같다.

- ① 토지 이용률이 높다.
- ② 기계화 영농에 적응성이 높다.
- ③ 급경사지의 기계에 의한 심경이 가능하다.

이 공법은 밭면이 경사면이어서 수식(水蝕)을 받기 쉬우므로 사면 전체를 초생으로 피복하여 침식을 방지할 수 있는 수원지(樹園地)에 한정된다.

가. 계획

포장계획은 ① 영농기계를 효율적으로 작동할 수 있는 도로배치, ② 강우로 발생하는 지표수, 용수의 배수처리 및 토양보존, ③ 조성하기 위한 공정계획, ④ 발판개, 방제용수의 시설배치 등을 염두에 두고 설정해야 한다.

1) 포장계획

(1) 재식나비의 결정 : 과수의 종류, 작업기 운반기계의 기종, 규격, 밀식 계획, 간벌계획, 영구적인 나무의 정지, 정지방식에 따라 다르나 일반적으로 사과는 7~8m 정도이다. 현재 경사가 급할 경우는 재식부를 넓히는 것이 조성 기울기가 완만하게 되어 적과(摘果), 시비 등 인력작업을 편하게 할 수 있다.

일반적으로 조성 기울기는 30°정도에서 재식부를 결정한다. 재식 폭은 한 포장 안에서 표준 경사도를 정하여 표준 폭을 설정하며, 포장 내에서 경사도가 바뀌는 부분은 재식폭을 적당히 선택하여 경작로의 종단기울기가 균일하게 되도록 만든다. 또 경사도가 매우 느린 부분에서 재식 폭이 표준에 비하여 2배 이상으로 확대되는 부분에서는 사이에 경작로를 배치하여 2차 사면 받을 조성한다.

(2) 경작로 : 경작로는 원경사가 20° 이하이면 트랙터나 소형 트럭이 통행할 수 있도록 2.0m 정도의 폭을 취한다. 경작로의 측구, 즉 승수로(承水溝)는 저폭 0.3m, 깊이 0.3m, 사면 기울기 1:0.3 정도로 만들어 단면으로 소정의 수량을 배제할 수 있게 종단기울기를 1/30~1/50로 정하며, 횡단기울기는 5°이내가 되게 만든다.

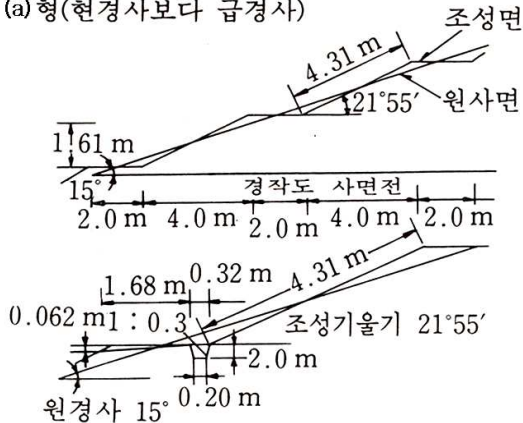
(3) 배수로 : 경작로 측구를 원지형의 오목한 부분 또는 연장 100m 정도에서 집수하여 등고선에 직각방향으로 설치한다. 이 종단배수로는 당초 식생에 의한 배수대, 현장 채취 돌 또는 콘크리트 제품으로 포장한다. 이 종단수로 방식으로 배수처리를 하면 상하방향으로 설치하는 지선수로의 측구는 필요없게 되어 지선수로와 경작로의 연결이 용이하다.

(4) 토양보존 : 사면전의 조성 기울기는 원지형개간이나 개량 원지형 개간에 비하여 급경사로 되기 때문에 토양보존에 특별히 주의한다. 발면은 물론

경작로를 포함하여 발면을 초생으로 피복한다. 잡초의 자연 번식을 기다리는 경우 침식을 받을 우려가 있으므로 목초, 야초의 파종 및 깎깎이를 한다.

(5) 표준단면도 : 그림 4.1.16(a)는 비탈면을 조성 기울기로 수정하여 전혀 경작로의 독이 없는데 그림 4.1.16(b)는 경작로의 절단토로 독이 생겨서 원경사도가 급할수록 길게 되어 있으며, 또 계단 높이가 생겨서 살포각도에 미치지 못하는 부분이 생기는 단점이 있으므로 일반적으로 그림 4.1.16(a)의 방식이 좋다.

(a)형(현경사보다 급경사)

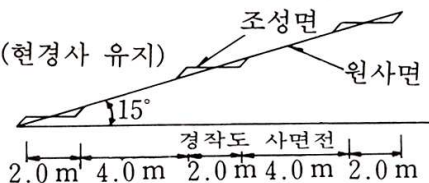


$$\text{조성기울기 } \frac{1.61}{4} = 0.4025 \approx \tan 21^{\circ}55'$$

$$\begin{aligned} \text{채식사면장} &= 4 \times \frac{1}{\cos 21^{\circ}55'} \\ &= 4 \div 0.928 \\ &= 4.31 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{측구굴착토량} &= (0.20 + 0.32) \times \\ &\quad \frac{1}{2} \times 0.20 = 0.052 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

(b)형(현경사 유지)



$$\begin{aligned} \text{제 2 차성토} &= 1.68 \times 0.062 \times \\ &\quad \frac{1}{2} = 0.052 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

그림 4.1.16 경작도형 사면전의 표준단면도

(6) 방제용 수조시설 : 고속 살포기를 운행할 때 탱크차를 수반하여 방제용수를 급수하기도 하나 경사지에서는 이 방법이 매우 비효율적이다. 방제효율을 높이기 위하여 경작로 200~300m마다 1m³ 정도의 수조를 설치하여 배관으로 수원에서 수조에 급수하여 이 수조로부터 고속살포기의 자급펌프로 보급하는 방식으로 한다. 방제 필요수량은 1회당 500ℓ/10a 이다.

2) 도로계획

사면밭을 관리하기 위한 영농기계의 통행을 원활하게 하기 위하여 폭 2m 정도의 경작도를 재식조열(栽植條列)마다 배치하고, 간선농도·지선농도·경작도를 유기적으로 연계하여 일관된 기계운행체계가 원활하게 유통될 수 있도록 계획한다.

경작지, 과수원의 도로밀도는 원경사·작업체계·조원형태 등에 따라 변화하는데, 현재의 기계화작업 실태를 살펴볼 때 경작도 예정지에도 과수를 심어 이 곳을 일시적으로 이용하고 있어서 경작도는 5~6수열에 1줄씩 만들어져 있다.

그러나 영농상 포구를 둘러싸는 지선농도망은 불가결한 것이어서 이를 포함한 필요 최저도로밀도는 300~430m/ha이다. 각 작업체계에 적합한 도로밀도는 표 4.1.37과 같다.

표 4.1.37 작업체계에 적합한 도로밀도

작업체계	도로구분	폭(m)	도로밀도(m/ha)
A, B형 0~10°	지선농도	4.0	300~350
	작업기통로	2.0	1,400
A, B형 10~20°	지선농도	4.0	320~380
	경작도	2.0	1,400
C, D형 20~25°	지선농도	4.0	380~430
	경작도	1.0	1,400
E형 20~25°	지선농도	4.0	380~430
	경작도	0.3~0.7	1,400

(주) 경작도는 각 수열마다 축조한다.

경사진 밭은 특히 간선농도·지선농도·경작도가 일관적으로 체계있게 짜여서 기계운행이 원활해야 한다. 일반적으로 경사지(8°이상)에서 경사방향과 경사도가 농도의 배치를 강하게 규제하여 급경사지에서는 지선농도를 그 종단기울기의 허용한계 내로 유지하기 위하여 경사면을 좌우로 S자를 그리도록 배

치해야 한다. 그러면서도 지선농도의 폭은 공사비의 절감, 토지이용도의 제약으로 좁은 것이 보통이어서 지선농도와 경작도의 교각을 크게 만들어야 기계의 출입이 원활하게 된다(그림 4.1.17 참조).

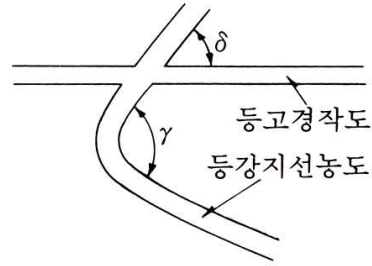
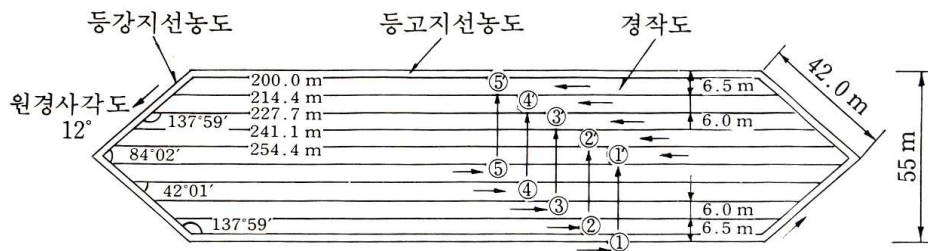


그림 4.1.17 농도의 교각

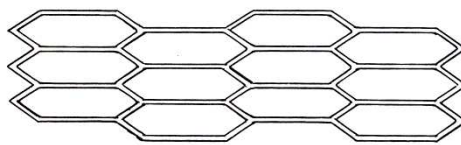
그림 4.1.18은 농도배치와 운행순서의 한 예이다. 지선농도의 곡률반경 · 종단기울기 등은 작업기의 선회반경 · 등판각도 · 횡전각도(橫轉角度) 등에 의하여 결정하는데, 다음의 3형식이 기본적인 도로배치법이다.

(1) 귀갑방식

등강지선농도(종단기울기 β)의 뇌광부의 굴절각도 γ 및 등강지선농도의 등고경작도(또는 등고지선농도)의 교각 δ 는 원경사각 α 가 클수록, 또는 β 가 작을수록 작게 된다(그림 4.1.17 참조). 그리하여 γ 와 δ 가 작게 될수록 차바퀴의 선회가 곤란하게 되므로 교차각이 적어도 120° 이상 되어야 한다.



(a) 귀갑형 도로배치



(b) 뇌광형 도로

그림 4.1.18 뇌광형 도로

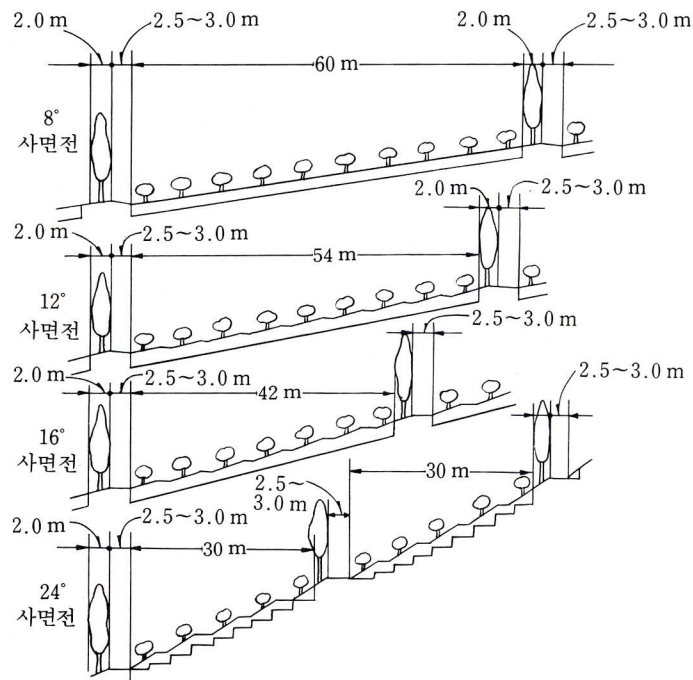


그림 4.1.19 원경사도별 사면전 횡단배치도

경작도형 사면발(작업체계 A, B형)의 등강지선농도 굴곡부를 좌우대칭으로 배치하고, 이것을 등고지선농도와 연결해서 지선농도로 둘러싸인 포구 내에 우수초의 경작도를 설치하여 등강지선농도와 경작도 사이를 출입할 때 쉽게 선회하면서 순회경로를 거쳐 재배관리작업을 하게 된다. 즉, 그림 4.1.18 (a)에서 ① → ①' → ② → ②'는 그 경로를 표시한 것이다. 순회주행에서 등강지선농도의 주행은 농작업에 무효주행에 해당하며, 다만 경작도를 둔각으로 출입하는 데 필요한 주행이다.

따라서, 그 비율은 귀갑형포구의 장변을 길게 만들수록 감소시킬 수 있다. 그런데 장변이 길게 되면 포구면적이 늘어나므로 농가의 경영면적이 작을 경우에는 농지분배상 문제가 생긴다.

한 귀갑단위의 포구를 상하좌우로 연결시키면 등강지선농도가 뇌광형이 되어 대향하는 뇌광형의 정점을 횡방향으로 맺는 지선농도가 만들어진다(그림 4.1.18(b) 참조).

뇌광형농도의 순회주행에서 등강농도의 굴절부만으로는 교차각이 90° 이하로 되어 차량의 선회가 어렵다. 그러므로 이 부분은 충분히 여유를 준 곡률선형으로 설정할 필요가 있다. 뇌광형의 회전반경은 최소 3.5m만 있으면 스피드스프레이어의 통행이 가능한데, 10m를 확보할 수 있으면 대형 일반차량도 통행이 가능하다.

종단기울기는 도로의 성능상 1/10 이내로 좋으나, 노선연장이 길어져서 무효주행거리가 증가하므로 최대 1/7(약 8°) 이하로 하되 지형상황에 따라 되도록 느리게 해야 한다. 지선도로 폭은 3.0 m 정도 있으면 충분하다.

다음은 각종 경사도에 따른 귀갑형의 배치도를 나타낸 것이다(그림 4.1.20 참조).

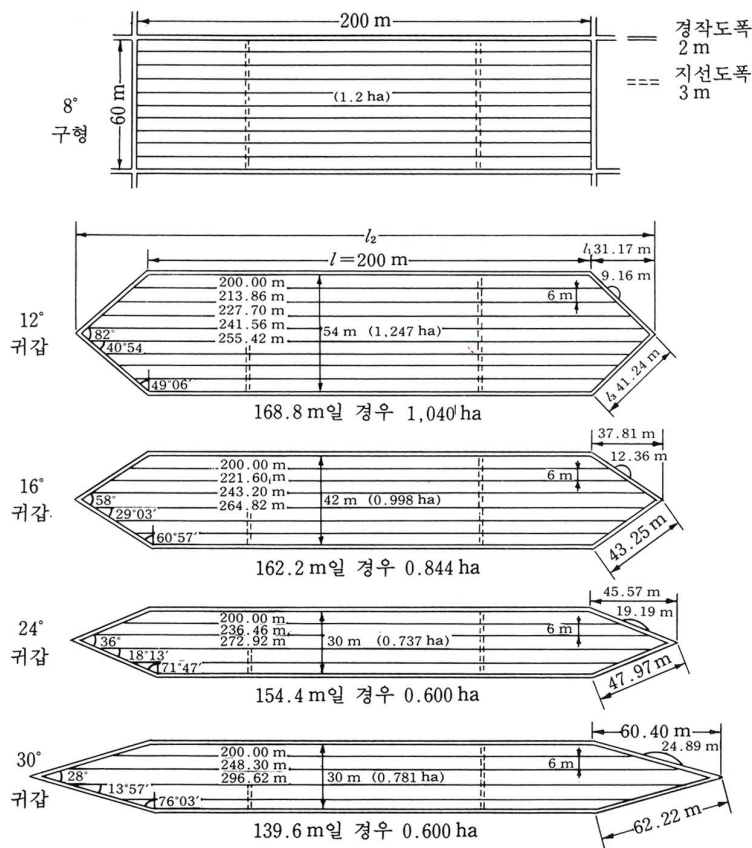


그림 4.1.20 원경사도에 대응한 경작도 배치

(2) 양단회전방식

양단회전방식의 경우에는 그림 4.1.21과 같이 경사면 발에 2m로 설치한 경작도의 양단부에서 상하의 경작도를 곡선으로 연결하여 최상부의 경작도에서 최하부의 경작도까지 S자로 연결하고, 출입거리의 단축과 방향전환을 위하여 중앙에 비스듬히 상하로 관통하는 폭 4m의 등강지선농도를 배치한다. 지선농도는 그림 4.1.22와 같은 단면으로 만들어서 일반차량의 통행 외에 작업기의 횡단선회가 가능하면서 배수로도 겸하게 한다. 선회경작도는 상단으로 옮기는 사면전의 산쪽에 그림 4.1.23과 같이 측구를 두어 작업기의 활동을 방지한다. 그리고 경작도는 중앙의 지선농도를 향해서 1/30 ~ 1/50의 종단기울기를 붙여서 배수를 겸하게 한다.

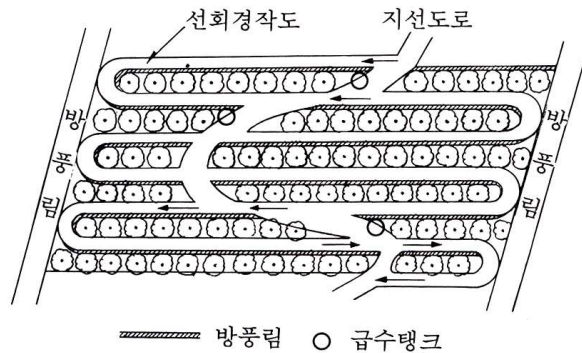


그림 4.1.21 양단선회식 농도배치

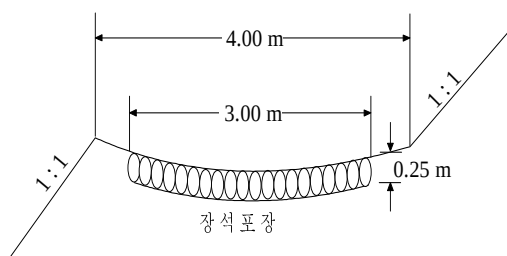


그림 4.1.22 등강지선농도

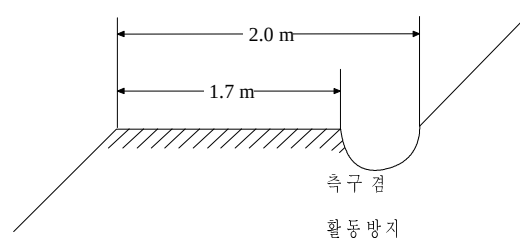


그림 4.1.23 경작도의 단면

(3) 동심원방식

동심원방식은 독립한 등고선으로 형성되는 지형에 채용되는 도로배치방식으로 그림 4.1.24에서 동심원으로 표시하였으나 타원형·원형·요철(凹凸)이 있는 다변형일지라도 대체로 등고선에 평행하게 환상(環狀)으로 경작도를 만들고, 종단기울기 1/10 이하를 가진 지선농도로 상·하단을 연결하고 이와 대칭형이 되게 또 하나의 지선농도를 설치하면 된다. 이 방식은 기계의 주행을 일정한 방향으로 규제하면 몇 대의 작업기일지라도 지체 없이 운행할 수 있으며, 또한 무효주행이 매우 적은 장점이 있다.

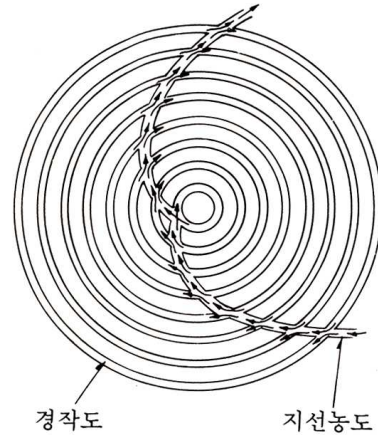


그림 4.1.24 동심원형 도로 배치방식

나. 공정과 시방

사면형 개간의 실시예가 적기 때문에 시방에 대해서 보편화된 것이 없으나 공법의 일반적 순서는 다음과 같다. 현재 경사 15°이하에서는 원지형 개간에 준한 공법으로 뿌리뽑기기경(주름잡이)을 하여 사면전 조성 표준단면도에 따라서 경작도와 사면부를 정형하여 시공할 수 있다. 사면정형의 기계시공이 어려워 일반적으로 인력시공 하며, 때로는 원치를 이용한 톨러로 시공하기도 한다.

제초제 살포, 베기 등의 준비 작업을 마치고 나면 경사면의 하부로부터 등고선과 평행하게 불도저를 운행한다. 그 방법은 배토판 폭을 기준으로 한 절토폭 단위로 토양 개량제를 살포한 다음에 불도저를 포장의 장변방향으로 전단면 절토방식 요령으로 절토하여 가능한 범위에서 배근·협잡물·자갈을 제거한다. 토양 개량의 깊이를 크게 할 필요가 있을 경우에는 절토면 위에 다시 토양 개량자재를 살포하여 결점에서 주름잡이로 기경작업을 하면서 후진하여 출발점에 돌아오면 상단에 옮기도록 한다.

이와 같은 공정을 반복한다. 이렇게 절토한 부분은 상단의 절토를 밀어 떨어뜨려 현재 경사와 거의 비슷한 상태로 돌아온다. 한 포장의 절토 기경이 끝나고 나면 사면전의 표준단면도에 따라서 경작로를 불도저로 절·성토하여 재식물(사면) 정지와 노면정형을 마치고 파종, 다짐을 하여 전 공정을 완료한다.

전단면 절토, 기경(주름잡이)의 조합으로 연결되는 반복 공정을 다단식 심경법이라 한다. 이 공법을 사용하면 경사 25°까지의 심경은 쉽게 이루어지며 경사 30°까지의 심경도 가능하다.

그림 4.1.25에서 I 형은 절토면을 수평하게 시공하기 위하여, 원경사가 급해지는데 따라서 절토고가 크게 되어 토양이 증가하고 암반의 영향을 받기 쉬우며, 경심이 필요이상 깊어지는 단점이 있으나 심경 효과는 II 형보다 크다.

II 형은 절토면을 완만한 기울기로 만들면서 시공하기 때문에 경심이 비교적 평균화하고 토공량이 I 형에 비하여 감소하여 얇은 토층에 알맞으며, 작업도 쉬우나 비스듬히 주름잡이를 하는 배토판의 조작에 있어 약간의 숙련이 필요하다. 일반적으로 절토 기경이 일체작업으로 이루어져야 하므로 11톤급 불도저가 최적기종이다. 경작로 굴착은 조성 폭이 좁기 때문에 발토판 폭이 좁은 2톤급 또는 5톤급 불도저가 유리하다. 다짐복토는 Bush harrow로 한다.

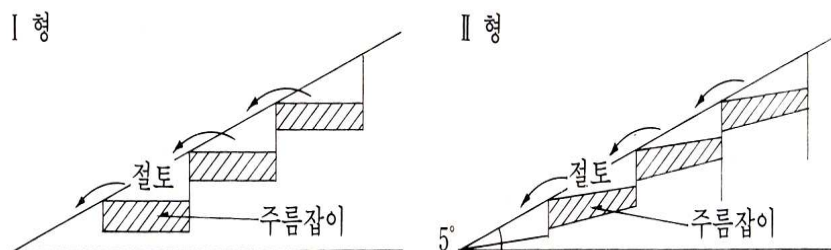


그림 4.1.25 다단식 심경법의 두 가지 형태

4.1.5 개량 원지형 개간

복잡한 지형의 경사지를 크게 절·성토하여 토지의 이용률을 높이며 고도의 기계화 영농이 가능하도록 포장을 조성하는 공법이다. 절·성토 작업은 계단밭 조성의 토공을 대표적으로 확장한 것이지만 조성후의 모습이 기복이 없는 원지형 개간과 같기 때문에 개량 원지형 개간이라 부르고 있다. 개간작업에 많은 토량의 이동이 따르므로 원지형 개간이나 계단형 개간에 비해서 공사비가 많이 들기 때문에 경제성이 유리하여야 하며, 토사의 유출방지, 사면보호에 대하여도 특별한 조치가 있어야 한다.

개량 원지형 개간은 현재의 지형에 따라서 다음 3가지 형으로 대별한다.

- ① 습곡정형형 : 현재 지표면의 작은 기복을 깎고 메워서 균일한 조성 기울기를 가진 밭으로 만드는 방법으로 원지형 개간에 가까운 성격을 가진다.
- ② 경사완화형 : 산정부나 사면을 대담하게 절토하여 계곡부에 성토함으로써 0~7°정도의 완경사를 가진 일정한 기울기의 밭을 조성하는 방법으로 개량 원지형 개간 중에서 대표적인 공법이다.
- ③ 토층개량형 : 전단면 절토 방식의 계단형 개간과 같이 사면의 저위부로부터 등고선에 따라 절토하여 1단 위의 흙을 하단에 떨어뜨려서 배치하여 나가는데 조성면을 복상으로 만들지 않고 현재 경사와 비슷하게 만드는 공법으로 경사지의 심경(토층개량)을 행할 경우가 많다.

가. 계획

현재 지형, 영농작물, 영농기계의 종류, 농지보전, 경제효과, 시공의 난이 등을 검토하여 ① 조성방식, ② 포장의 구획, ③ 테라스 나비와 테라스면 기울기, ④ 기경깊이, ⑤ 비탈면 높이와 비탈면 기울기, ⑥ 비탈면 보조공, ⑦ 경작도로의 배치, ⑧ 배수처리에 대한 종합계획을 세운다. 그리고 이 방식은 원지형 개간과는 달리 계곡부나 오목한 땅에 성토할 때 뿌리뽑기한 근주를 묻으므로 배근선이 특별한 경우를 제외하고는 존재하지 않기 때문에 구획 분할은 오직 도로와 배수로의 위치에 의하여 결정된다.

1) 습곡정형형

등고선에 따라서 승수로, 경작도로를 배치하고 이에 직각방향으로 배수로, 지선도로를 연결하는데 이들 도로, 수로의 상호간격에 따라 구획의 형상, 크기가 결정된다. 재식 폭은 작물의 종류, 방제 작업기의 기종, 간격, 밀식계획, 간벌계획에 따라 정하되 영농 전문가와 협의하여 결정해야 한다. 배수 계통 평면도에서 표시한 바와 같이 구획의 장변은 반드시 직선일 필요는 없으나 등고선에 나란히 설치해야 한다. 주의할 사항은 다음과 같다.

① 조성 기울기 : 현재 경사와 거의 같게 되므로 토지경사 20° 이상인 지대는 이 형식이 맞지 않는다.

② 재식면의 기경 : 작물에 따라 약간 다르나 과수류 0.6m, 뽕나무 0.9m, 기타 0.3m가 보통이다.

③ 경작도로 : 나비는 최소한 2m로 종단기울기는 등고선에 따라 설정하는데 측구의 통수를 가능하게 하기 위하여 $1/30 \sim 1/50$ 정도 취한다. 측구단면은 바닥나비 0.3m, 길이 0.3m, 옆기울기 $1:0.3 \sim 0.5$ 정도의 막파기 수로를 만든다. 한편 경작도로의 횡단기울기는 5° 이내로 만든다.

④ 승수로 : 경작도로와 평행하게 배치하여 경작도로 측구와 같게 만들거나 또는 자연 배수대에 이끌어 낸다. 단면은 경작도로 측구와 같게 만들거나 또는 얇고 넓은 단면의 초생도로(나비 0.5~10m, 깊이 0.1~0.2m로 만든다. 승수로의 간격은 배재 폭에 따라 계획한다.

⑤ 지선배수로 : 경작도로 측구 및 승수로에서 흘러오는 유수를 받아서 간선배수로 등에 종단배수하는 것으로. 집수량에 따라서 단면형상, 간격, 기울기를 결정한다. 재료는 현장 채취의 자갈이나 콘크리트 제품을 사용한다.

⑥ 자연배수대 : 현재의 계곡부를 습곡정지하지 않고 남겨서 원 식생(입목은 벌채) 그대로 배수로로 이용하는 것이다. 돌붙임이나 콘크리트 제품을 사용할 경우에 비하여 시공의 어려움(소운반 등)이 없을 뿐 아니라 완공 후에 붕괴할 위험이 적은 이점이 있다. 현재 경사가 급하고 자갈의 현장 채취가 가능할 경우 그림 4.1.26과 같이 간단한 낙차공을 설치하면 효과적이다.

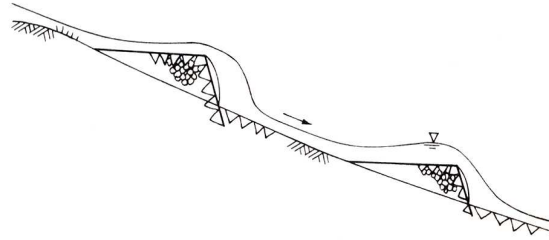


그림 4.1.26 자연배수대의 소낙차공

⑦ 지선도로 : 경사지의 개간에서 경작도로와 지선도로의 배치는 영농상 가장 유의하여 설계해야 한다. 현재 경사가 7° 이내이면 지선도로는 경작도로와 직각방향에 직선으로 배치할 수 있다. 그러나 종단기울기를 $1/8$ (최소한 $1/7$ 정도)에서 멈추게 하는 것이 바람직하므로 8° 이내의 경사지에서는 배향곡선(Mair Pin Curve)을 설치할 필요가 있다. 이 경우에 경작도로와 둔각으로 교차하는 부분은 별도로 하고 예각으로 교차하는 부분은 문제가 된다. 현재 경사 10° 까지는 예각부분의 확대 폭으로 무리하나마 영농기계의 운행(포장에서 다음 단의 포장으로)이 가능하나 10° 이상의 예각부분에서는 소형트랙터의 운행만 가능하며 전진작업을 하여야 하므로 피견인 작업기의 운행에 지장을 가져온다. 따라서 고속 살포기 등의 작업을 목적으로 하는 지선도로를 만들자면 귀갑방식, 양단회전방식, 동심원방식 등을 취하여야 한다. 도로를 자재(비료, 종자) 운반에만 사용하고 고속살포기 등이 통용하지 않을 경우에는 단순히 지선도로와 경작도로를 연결시키는 것만으로도 좋다. 이 경우 지선도로의 간격은 $100 \sim 160\text{m}$ 정도로 한다. 또 습곡부에서 부득이 종단기울기가 $1/7$ 로 될 경우는 콘크리트 포장(두께 $0.15 \sim 0.20\text{m}$)을 하여 소형트랙터의 운행을 하게 할 수 있다. 폭은 넓을수록 좋으나 토지이용과 경제성 등을 고려하여 일차선 운행이 가능하게 $2.0 \sim 3.0\text{m}$ 로 한다(표 4.1.38 참조). 지선도로 측구는 지선 배수로와 같은 기능을 갖도록 하고 단면은 확률 $1/10$ 년 정도의 강우를 대상으로 결정하여 석재 또는 콘크리트 블록포장을 한다.

표 4.1.38 농로의 나비

도로폭(m)	교 통 종 류	해당노선		
5.0 ~ 7.0	콤바인과 같이 나비가 넓은 농구의 운행	경 작 도 로	지 선 도 로	간 선 도 로
5.0 ~ 6.5	트럭과 트럭의 운행			
5.0 ~ 6.0	트럭과 우마차의 운행			
3.5 ~ 4.0	우마차와 우마차의 운행			
2.5 ~ 3.5	우마차와 리어카의 운행			
2.5 ~ 3.0	리어카와 리어카 또는 우마차와 사람의 운행			
2.0	리어카와 사람의 운행			
1.5	사람과 사람의 운행			
0.75	보행자 선			

⑧ 간선배수로 : 자연 배수대를 간선 배수대로 할 경우도 있으나 일반적으로 지구 안에서 지구 밖으로 통하는 말단 배수계획이 필요하다. 각 지선 배수로와 도로측구에서 유입하는 토사혼입의 혼수를 일단 침사지 또는 낙차공으로 받아서 양수만 지구 밖으로 배수하는 것이 간선 배수로의 역할이다. 단면 형상은 집수량에 따라서 계획하고 재료는 콘크리트 제품을 사용한다. 낙차공과 침사지도 콘크리트 제품을 사용하고 현장타설 콘크리트는 피하는 것이 경제적이다.

2) 경사완화형

개량 원지형 개간 중에서 가장 이상적인 형태로 현지형을 완전히 변화시키기 때문에 구획 형상도 비교적 자유로이 취할 수 있다. 고속 살포기를 도입하는 영농 방식에서는 영농작업의 성력화가 크게 기대되기 때문에 이 형식이 가장 바람직하다. 지선도로와 지선 배수로를 그대로 두고 경작도로의 유수를 바꿈으로써 다른 작물에도 적용할 수 있다. 주의사항은 다음과 같다.

- ① 조성 기울기 : 0 ~ 7°가 일반적이다.
- ② 재식면의 기경 : 습곡정형형과 같다.
- ③ 경작도로 : 습곡정형형과 같다.

④ 승수로 대 경작도로 : 바닥나비 0.2m, 옆기울기 1:0.3 정도의 흙수로 또는 바닥나비 0.5m, 깊이 0.1~9.2m 정도의 초생수로가 적합하다.

⑤ 비탈끝 배수로 : 배후지에서의 유입수 및 사면강우를 비탈 끝에서 받아 지선 배수로를 거쳐 배제할 목적으로 설치한다. 흙 수로나 초생수로가 가격이 저렴하나 시공 후 사면에 흐르는 토사가 퇴적되어 수로청소를 쉽게 할 목적으로 콘크리트제품을 일반적으로 사용한다. 단면과 형상은 집수량에 따르지만 지구내 배수계통은 비교적 소단면으로도 가능하며 U자를 많이 사용하고 있다.

⑥ 지선도로 : 포장 조성 기울기를 0~7°로 만들게 되므로 테라스(terrace)의 절단경사에 따라서 직선적으로 배치할 수 있다. 나비는 토지 이용도를 충분히 고려하여 2.0~3.0m로 한다. 특수한 예로서 조성 기울기를 15°정도로 크게 취할 경우 및 기타의 사항은 습곡정형형을 참조한다.

⑦ 간선 배수로 : 습곡정형형을 참조할 것.

⑧ 암거배수 : 습곡부의 최심부(대개는 습곡부를 이루고 있음)에 지름 200~300mm의 집수관을 설치하되 집수량 및 절토단면의 크기에 따라 자갈 또는 쇠단의 양을 결정하여 집수관을 감아서 설치한다. 쇠단은 지름 0.3~0.5m 정도가 설치하기 알맞다.

⑨ 사면보호 : 절토 사면 경사는 1:0.5~1.0로 하되 토질에 따라 변화시킨다. 높이 3m 이상일 경우는 적당히 나비 0.5~1.0m의 비탈길을 설치한다. 절토면이 보통 흙, 사질토이면 풀씨를 뿌린다. 성토사면 경사도는 1:1.0~1.5로 하고 줄잔디를 입히고, 높이 2m 이상일 경우는 나비 0.5~1.0m의 비탈길을 설치한다. 또 비탈의 밑다짐공으로서 돌(연장 35cm정도) 또는 콘크리트 판 등을 시공한다.

3) 토층개량형

개량 원지형 개간의 한 종류이나 사면형 개간과 유사하다. 다른 점은 사면전이 배재면 1단마다 경작도로를 배치하여 고속살포 방식이 가능하도록 지선도로와 결합하고 있는데, 이 토층개량형 원지형 개간은 경작도로의 간격을 15~20cm로 취하여 고속살포방식을 그다지 고려하지 않고 급경사지의 심경(토층개량)을 주목적으로 한 공법이다.

나. 시공

1) 운토계획

(1) 습곡정형형

① 표준단면법 : 지구를 몇 개의 블록으로 나누어 1블록에 대해서 1개의 표준면을 현황-계획 평면도에 그리면서 각각의 표준 단면도(횡단)에 대하여 절토면적, 성토면적을 산정하고 각 블록의 길이를 곱해서 절토, 성토의 체적을 구하는 방법이다. 표준단면을 선택하기가 어려워서 숙련이 필요하므로 계산을 할 경우 이외는 거의 사용하지 않는다.

② 단면법(중횡단면법) : 각 단면(측점 20~50m 마다)의 절토 및 성토면적을 산출하여 거리 평균법 또는 단면 평균법에 의하여 토량을 계산하는 방법으로 일반적으로 도로의 토공량 산정방법과 같다.(경사 완화형에서 설명한다.)

③ 등고선법 : 계획 평면도에 절·성토의 경계를 기입하여 절토, 성토마다 인접한 등고선과 등고선사이에 들어가는 부분의 면적 Δ 을 구적기로 측정하고, 다음 식으로 절토 또는 성토량(ΣV)을 산정한다.

$$\Sigma V = \frac{h}{3} \{A_0 + A_n + 4(A_1 + A_3 + \dots A_{n-1}) + 2(A_2 + A_4 + \dots A_{n-2})\} \quad (4.1.5)$$

식에서, h : 등고선 간격

이 방법은 절토부분과 성토부분이 크게 구분된 곳에서 편리하나, 습곡정형형인 경우는 작은 절토부분 및 성토부분이 남아 그 하나하나를 공식에 대입하여 산출하여야 하므로 복잡하다. 그러나 남은 절토량과 성토량을 평면도에 그릴 수 있기 때문에 상호위치를 정확하게 알 수 있어서 운토계획을 세우는데 편리하다.

(2) 경사완화형

① 표준 단면법 : 습곡정형형과 같다.

② 단면법(횡단단면법) : 도로공사에서 토공량 산정 방법과 마찬가지로

계획지구의 중형 단면도를 작성하여 운반토량 및 평균 작업거리를 계산한다.

④ 토량계산서의 작성 : 현황-계획 평면도를 작성하여 습곡부에 따라서 중심선(center line)을 설정하고 어느 한쪽 끝을 기점(No.0)으로 하여 20~50m의 간격(지형 및 지구 경계의 변위점이 적고 면적이 큰 경우는 50m)으로 도상측점을 취하여 이들 측점에 관해서 평면도로부터 횡단면도를 작성하여 계획 횡단을 기입해 나간다. 단, 계획횡단의 설정에 앞서서 먼저 종단도를 작성하여 종단기울기를 결정해야 한다.

측척은 다음과 같다.

현황-계획 평면도 : 1/500 또는 1/1,000

종단면도 : $H=1/500$ 또는 $1/1,000$, $V=1/200$ 또는 $1/300$

횡단면도 : $1/200$ 또는 $1/300$ 또는 $1/500$

횡단면도로부터 다음 표 4.1.39와 같은 서식의 토량 계산서를 작성한다.

표 4.1.39 단면법에 의한 개량 원지형 개간 토량 계산서 양식

No.	단거리	평균 거리	절토		성토				절토		절토 합계
			단면	토적	단면	토적	흙의 변화율	수정 토량	단면	토적	
0											
1											
19											

위 표에서 절토, 성토, 절토로 절토가 2개가 있는 것은 횡단면속에 절토부분이 2기로 나누어 있기 때문이며, 각각의 절토량을 따로 산출하면 다음에 운토거리(평균 작업거리) 산정에 편리하기 때문이다.

⑤ 평균작업 거리의 산정 : 운반토량을 정밀하게 계산하더라도 운토거리(평균작업 거리)를 대략 결정하여서는 적당한 계산을 할 수 없다. 따라서 평균작업 거리의 산정은 가급적 정밀하게 계산해야 한다. 산정방법에는 토량 계산서와 횡단면에 의한 계산방법이 있다. 전자는 일반적인 사용방법으로 운토계획을 도상에 세우면서 하나하나의 운반토량 거리를 평면도상에 기입해 가다

가 어느 절점의 거리마다 하중을 평균하여 평균작업 거리를 구하는 방법이다. 후자는 먼저 횡단면 안에서만의 유효토에 대해서 평균작업 거리를 산출하고 (각 단면내의 운토거리는 횡단면도에서 읽는다.) 다음에 횡단유효 토 후에 잔토, 부족토에 대해서 각각의 중심 위치를 계산하여 그 중심간 거리를 종단 유효상의 평균작업 거리로 한다. 계산으로 산출할 수 있기 때문에 도상계획과 같은 계획은 없으나 횡단을 위한 측점간의 거리에 비하여 횡단 연장이 매우 큰 경우(폭이 넓은 지반의 경우)는 약간 계산의 정도가 떨어지나 간단히 계산되는 장점이 있다.

단면법에 의한 운토계산에서 전반적으로 주의할 사항은 다음과 같다.

㉠ 현황 평면도에서 횡단도를 작성하는데 중심선(center line)의 종단면과 횡단면의 1~2개소에 대하여는 실측하여 현황도의 등고선을 검사하는 것이 좋다.

㉡ 종횡단면도에 계획선을 기입하여 토량계산을 하고, 이때 절토량과 성토량의 균형이 잡히지 않을 경우는 균형을 이룰 때까지 계획선의 설정을 수정한다. 단 허용오차는 당해 조성면적에 고르게 퍼는 것을 전제로 높이 3cm 정도의 절토량 나머지가 있게 하는 것이 적당하다.

③ 등고선법 : 습곡정형형을 참조할 것

(3) 토층 개량형

① 표준단면법 : 지구를 평균 경사별로 몇 개의 블록으로 나누어 각각의 평균 경사를 그린 현황도에 목적하는 계획선을 기입하는 방법으로 계단개간-전단면 절토방법에서 기술하는 「절토토량 계산」항을 참조할 것.

② 단면법(종횡단면법) : 토층 개량형에서는 사용치 않음.

③ 등고선법 : 토층 개량형에서는 사용치 않음.

4.2 토양개량

토지분류·토양조사·수문조사 등의 결과를 통하여 토층의 투수성·비옥도 등에 결함이 있어서 작물의 생육을 저해하는 조건이 있을 경우에는 토지생산성 및 노동생산성을 개선할 목적으로 토층개량을 한다.

토양개량방법에는 심경, 심토판쇄경, 혼층경, 불량토층의 제거, 객토, 밑다짐 등이 있으며, 토양의 이화학적 성질을 개량하여 작물의 생육과 농작업에 알맞도록 경작토층을 만들어야 한다.

4.2.1 개간지의 토양조건

개간으로 새롭게 조성된 밭과 기반정비 후의 밭은 토양의 이화학성에 단점이 있어서 기존 밭에 비하여 작물생육이 부진하다. 개간지와 기반정비 후의 토양이 개량되어 안정되고 높은 생산력을 가진 토양조건을 갖추도록 한다.

토양의 단점을 개량하면서 재배를 계속하면 밭은 점차 작물의 요구에 적합하게 된다. 즉, 개간 초기에 존재하였던 유해물질이 감소하고, 물·공기와 영양분이 작물이 필요로 하는 때에 공급되어 작토의 두께가 충분하게 된다.

정상적인 밭 토양에서 작물 요구에 따라 물·공기·영양분을 공급할 수 있는 것은 부식과 단립상태가 좋은 표토를 가지고 있기 때문이다. 부식상태가 좋고 단립화한 표토는 투수성·통기성·보수성이 뛰어나며 인산효과로 인하여 미생물의 움직임이 활발하다.

일반적으로 개간초기의 토양이 생산성이 낮은 이유는 다음과 같다.

(1) 심토의 노출과 시공시 다짐 과다

대규모의 조성·정비에 따라 심토가 노출하는 경우가 많아진다. 또한, 대형 시공기계의 압력으로 인하여 토양이 견고하게 되어 배수불량과 통기불량 상태가 된다.

(2) 산성이 강하다

미개간 토양은 산성인 경우가 많다. 이는 첫째 유기산에 의한 것이고, 둘째 점토입자에 수소이온이 흡착되기 때문이다. 노출된 심토는 중성에 가까운 것도 있으나 심토의 완충능력이 약해지면 pH는 쉽게 변화한다.

(3) 새로 개간된 토양으로 산성이 강해지면, 특히 화산회토에서는 알루미늄 이온에 의한 피해가 크게 나타난다. 알루미늄 이온은 뿌리를 직접 손상시키고, 영양분 대신에 점토에 흡착되어 토양의 영양분 보유능력을 약화시킨다. 또한, 인산이온과 결합하여 불용성 인산알루미늄을 만들어 인산을 무효화시킨다.

(4) 유효한 영양분의 결여

심토가 노출된 경우에는, ① 유기성분이 적어지고, 이와 관련하여 ② 양분 함유량이 적어지며, ③ 살포한 비료의 보유력도 작아지게 된다. 새로 조성·정비된 밭에서는 질소, 인, 칼륨의 3 요소가 부족하며, 마그네슘, 붕소 등 특정요소가 부족하게 된다.

(5) 미생물 움직임이 약하다

산성토양에는 곰팡이 종류는 많으나, 유기물을 분해하여 질소와 같은 영양분을 만드는 세균류는 적다. 새로 개간된 토양에서는 근입균이 생식하지 않게 된다.

대책으로는, ① 석회 살포로 산성을 교정, ② 퇴비 등 유기물 비료의 살포, ③ 인산비료의 증가 살포, ④ 심토파쇄 등 토층개량을 실시한다.

4.2.2 토층개량

토층개량의 주 목적은 토층의 결합시정을 통하여 토층의 이화학적 성질을 개선하고, 농지의 토지생산성 및 노동생산성 향상에 있다. 또한 토지의 투수성을 증대시켜 토양침식을 경감시키며 보수력을 높여 강우의 급격한 유출증대를 막는 등 지역의 수문순환을 조절하기 위하여 토층개량을 실시한다.

가. 토층개량의 대상 및 효과

토층개량의 대상이 되는 농지는, ① 배수불량으로 지내력이 약하여 농기계작

업능률이 크게 떨어지고 있는 농지, ② 작토는 얇은데 속흙이 너무 굳은 층으로 되어 있는 농지, ③ 작토는 불량하나 속흙은 비옥한 토층으로 되어 있는 농지, ④ 자갈층으로 구성되어 작물뿌리의 신장이 저해되거나 누수가 많은 농지, ⑤ 노후화되어 생산력이 떨어지는 농지, ⑥ 경작에 장애가 될 만큼 자갈 또는 불량토층이 많이 존재하는 농지 등이 있다.

토층개량의 효과는 다음과 같다.

1) 객토로 작토의 두께를 증대시키며, 작토의 이화학적 성질을 개선하거나 지내력을 높인다.

2) 혼층경이나 심경에 의해 유효토층을 깊게 하고, 토양의 이화학적 성질을 개선한다.

3) 심토파쇄 등에 의하여 하층경반을 부드럽게 하여 투수성 및 보수력을 높이는 동시에 토양침식을 감소시킨다.

4) 경작에 장애가 되는 불량토층이나 자갈을 제거하여 작업능률을 높이는 동시에 작물 생육환경을 개선시킨다.

5) 바닥다짐을 하거나 차수재를 작토 밑층에 깔아서 누수를 억제시킨다.

6) 토양의 통기성을 좋게 하여 유기물의 분해를 촉진시켜 작물뿌리의 생육이 활발해 진다.

7) 하층의 철·칼륨·규산 등의 성분을 표층에 되돌려서 그 화학적 성질을 좋게 한다. 우리나라와 같이 강우량이 많고, 산성토양이 많이 분포되어 있으면 각종 토양성분이 하층으로 이동하게 되므로 이들 성분을 표층에 되돌려 비료성분의 천연공급력을 증가시키는 것이 효과적이다.

8) 토양의 보수력과 비료성분의 흡수력을 높이고 심경을 하여 한해를 방지한다.

나. 토층개량방법

1) 심경

작토층이 얇으면 작물뿌리의 신장을 저해하고, 양분의 흡수범위가 좁아서 높은 생산력을 기대하기 어렵다. 새로 개간한 땅이나 쟁기 바닥층에 경반이 형성되어 작토의 깊이가 한정되어 있는 경지는 보통의 경지보다 깊게 갈아 근

균역을 확대시키는 한편 포장용수량 및 통기·투수성을 높여야 한다.

이를 위하여 깊게 갈이 하는 것을 심경이라 한다. 속흙이 모래흙 또는 자갈층으로 된 경우와 속흙이 아산화철 등과 같은 유해물질을 함유하고 있는 밭의 경우에는 심경이 피해를 주는 경우도 있으므로 사전에 충분한 토양조사가 필요하다.

쟁기 바닥층에 경반이 형성되는 깊이는 사용하는 쟁기의 종류에 따라 다르며, 그 개요는 표 4.2.1과 같다.

표 4.2.1 쟁기 바닥층의 경반 깊이와 가는 깊이

경운에 사용되고 있는 쟁기	쟁기바닥층의 경반깊이(cm)	심경 깊이 (cm)
축 력 용 쟁 기	14 ~ 18	20 ~ 25
경 운 기	15 ~ 20	20 ~ 25
휠형 트랙터 직결플라우	16 ~ 25	22 ~ 30

심경할 때는 심토경플라우·대형 로터베이터·브러시 브레이커쟁기 등을 사용한다. 이를 사용한 최적경심은 표 4.2.2와 같다.

표 4.2.2 심경용 기계와 최적경심

기 계 명	건 인 차	최적 경심(cm)
대형 로터베이터	7톤급 트랙터	18 ~ 23
브러시 브레이커쟁기	7톤급 트랙터	20 ~ 30
심토경 플라우	7톤급 트랙터	25 ~ 30

2) 심토 파쇄경

화강암질 풍화토(석비레)와 같은 경층이 지표 가까이 있거나 중점토지대는 근균역이 좁을 뿐 아니라 비가 오면 과습하고, 가뭄시에는 너무 건조하여 경반이 형성된다. 이와 같은 곳은 팬 브레이커(pan breaker)·리퍼(ripper)를 11 ~ 18ton급 트랙터로 끌거나 레이크도저로 경반을 파쇄하여 심토층을 연약하

게 만들어 준다. 팬 브레이커는 두더지암거굴착기의 탄환부분을 치즐(chisel, 끌모양의 날)로 바꾼 것으로, 중형 또는 대형 트랙터로 견인하여 깊이 40~60 cm까지의 심토를 파쇄하여 느슨하게 한다. 작업에 앞서서 지표면에 석회를 뿌려 두면 심토가 파쇄된 균열 사이로 침투하여 더욱 효과적인 토양개량이 된다.

3) 혼층경

제3기층의 화산회토나 화강암지대의 화강암질풍화토(석비레), 해안지대의 이 점토, 중점토지대의 중점토 등이 분포된 곳은 심토가 단단하나, 표토에 비하여 양분이 많다고 판단되면 심토를 반전하여 표토와 혼합하거나 또는 표토와 치환하기 위하여 혼층경을 한다. 혼합할 깊이는 토층단면에 따라 결정하지만 보통 60~80cm 깊이까지 혼합한다.

대형 플라우를 트랙터로 견인하는데 경심이 80cm 이상이 되면 초대형 플라우와 18t급 이상의 트랙터가 필요하여 전체길이가 7~10m에 이른다. 최근에는 1~2m의 대형 디스크 플라우를 많이 사용한다.

일반적으로 하층토가 반전되어 표면에 올라오는 비율은 발토판 플라우보다 디스크 플라우쪽이 높다. 플라우잉 만으로는 각 층의 혼합(1차)이 충분하지 못하므로 반드시 디스크 해로잉을 하여 흙을 잘 혼합(2차)한다.

혼층경의 작업능률은 표 4.2.3과 같다. 필요에 따라 승수로 적절한 간격으로 설치하여 배수를 촉진하며, 이 경우 전체의 배수망을 정비하여 지구 내의 배수는 물론 배후지에서 오는 지표수와 복류수의 유입유무도 조사하여 승수를 설치한다.

표 4.2.3 혼층경의 작업능률(h/ha)

플라우	견인 트랙터	경심 (cm)	구획면적(ha) (단변(m)×장변(m))	포장조건			
				양 호	보 통	약간불량	불 량
대 형	11 t급	60	0.5 (50×100)	8.6~13.2	9.1~13.5	9.7~14.3	10.8~16.1
			1.0 (50×200)	6.1~9.2	6.4~9.4	6.8~10.0	7.5~11.2
초대형	18 t급	80	0.5 (50×100)	10.3~15.1	10.9~16.1	11.4~17.2	12.8~19.0
			1.0 (50×200)	7.4~10.9	7.8~11.5	8.2~12.3	9.1~13.6
초대형	23 t급	110	0.5 (50×100)	10.8~15.9	11.5~17.0	12.0~18.1	13.4~20.0
			1.0 (50×200)	8.1~11.8	8.5~12.6	8.9~13.5	10.0~14.9

(주) 포장조건은 경사, 흙의 부착성 등을 고려하여 정한다.

4) 불량토층의 제거

작물재배시 좋은 흙과 좋지 못한 흙이 서로 층을 이루고 있는 지대의 토층 개량은 혼층경이 효과적이지만, 좋은 흙과 혼합해도 풍화되기 어려운 화강암 질풍화토(석비레)·자갈 등은 농지 밖으로 제거한다.

작토 중에 함유되는 자갈의 허용량은 작목에 따라 다르다. 과수원에서는 묘목을 심는 부분 이외에는 자갈을 제거하지 않아도 무방하나, 보통 논과 밭에서는 경운하는데 지장이 없는 깊이까지 제거한다.

4.2.3 객토

토양이 열악하여 바닥다짐만으로는 누수성을 개선할 수 없거나 경토의 노후화, 저습지의 경토부족, 또는 불량토성으로 형성된 곳은 토성을 개선하기 위하여 객토한다.

개간지의 토층이 얇거나 토성이 사력토 또는 불량토이거나 저습지이면 객토에 의해 경토를 개선한다. 객토량은 다음 식으로 계산한다.

$$H_1 = \frac{W_3 H_3 - W_2 H_2}{W_1} \dots\dots\dots (4.2.1)$$

$$H_2 = \frac{W_3 H_3 (P_3 - P_1)}{W_2 (P_2 - P_1)} \dots\dots\dots (4.2.2)$$

식에서, W_1 : 원토(개량할 흙)의 가비중

W_2 : 객토의 가비중

W_3 : 개량토(객토 후 개량된 흙)의 가비중

P_1 : 원토(개량할 흙)의 점토함유율

P_2 : 객토의 점토함유율

P_3 : 개량토(객토 후 개량된 흙)의 점토함유율

H_1 : 객토를 혼합한 원토의 깊이(cm)

H_2 : 객토의 두께(cm)

H_3 : 개량토층의 두께(cm)

W_1, W_2, P_1, P_2 는 원토와 객토를 분석하여 결정한다. P_3 은 25 ~ 50%(양토나 식양토)를 취하고, P_3 이 정해지는 데 따라 W_3 도 대체로 결정된다. H_3 은 15 ~ 20cm로 정한다.

이들 값을 사용하여 먼저 식 (4.2.2)에서 객토의 두께 $H_2(\text{cm})$ 를 구한다. 이 H_2 값을 사용하여 식 (4.2.1)로부터 $H_1(\text{cm})$ 을 구한다. 이 H_1 은 객토를 혼합한 원토의 깊이이다.

만약에 $H_1 + H_2 = H_3$ 이라 가정하면 H_2 는 다음 식으로 구한다.

$$H_2 = \frac{W_1 H_3 (P_3 - P_1)}{W_2 (P_2 - P_3) + W_1 (P_3 - P_1)} \dots\dots\dots (4.2.3)$$

이 식은 $H_1 + H_2 = H_3$ 의 가정에 한계가 있으나 그 값이 불명확한 W_3 을 포함하지 않는 점이 식 (4.2.2)보다 우수하다. 어느 식을 이용하더라도 결과에 큰 차가 없다. 다만, 채토량은 수축·침하를 고려하며, 여유량은 토질에 따라 보통 점토는 10%, 점질토는 22%, 사질양토는 12 ~ 15% 정도의 기준에 따른다.

표 4.2.4 점토함량별 객토 대상면적

점토함량(%)	5 이하	5 ~ 10	10 ~ 15	계
대상면적(천 ha)	44	70	189	303

표 4.2.5 경토심 18cm의 점토함량을 15%로 올리는데 필요한 객토량

(M/T/10a)

대상지 점토함량(%)	객토의 점토함량(%)						
	25	27.5	30	32.5	35	35.5	40
6	103	90	81	73	67	62	57
7	95	84	76	68	61	57	52
8	88	78	68	62	56	51	47
9	81	70	61	55	50	46	42
10	72	62	54	48	43	39	36
11	61	52	45	40	36	33	30
12	50	42	36	32	29	25	23
13	36	30	25	23	20	18	16

객토의 비용은 흙의 비용이나 보상비는 비교적 적고 운반비가 대부분을 차지한다. 운반할 토량, 운반거리 등의 조건을 고려하여 적합한 운반방법을 선택하며 능률적이고 경제적인 방법으로 객토한다.

일반 토공작업에서의 운반횟수는 다음 식으로 나타낸다.

$$N = T / \frac{2D}{V} + t \dots\dots\dots (4.2.4)$$

식에서, N : 1일의 운반횟수

T : 순노동시간 450분으로 가정함.

D : 운반거리(m)

V : 평균속도로 트럭 250m/분

t : 적하 대기시간으로 토운차 6~15분, 트럭 20~25분

표 4.2.6 운반방법과 특성

기 구	규 격	단위용적 (m³)	적하대 기시간 (분)	동력	1km왕복 시간(분)	운반거리 (m)	비 고
지 게	가로 91cm, 깊이 52cm, 열린각 70°	0.04 ~ 0.05	2 ~ 2.5	인력 1인 어깨	29	50 ~ 80	1m³는 20 ~ 25짐
목도	85cm평방	0.06 ~ 0.07	2		29	100	1m³는 15 ~ 18짐
리어카	2바퀴	0.2 ~ 0.3		인력 2인 어깨	28	200	
손수레	1바퀴	0.08 ~ 0.14	8	인 력	29	150	
우마차	4바퀴	0.72	8	축 력	27 ~ 32	100 ~ 1,000	
토운차	2인압	0.6 ~ 0.7	20	인 력	27	200 ~ 700	
트럭	보통 덤프차	0.6 ~ 1.2	7	기관력		6,000	
토운차	8ton 다수연결	1.2	20	기관력		4,000	
스크레퍼 (카리울)		3.0 ~ 6.5		기관력		100 ~ 500	
턴아플 (모터스크 레퍼)		6.5		기관력		1,500	
불도저		1.2 ~ 2.4		기관력		50 ~ 100	

표 4.2.7 객토방법

종 별	개 량 요 점	재료와 객입기준
(가) 토성개량 (사질·점질이 많은 경우)	① 사질이 많으면 양질의 점토를 넣어 수분과 양분을 흡수·유지하고, 벼의 쓰러짐·냉해 등의 피해를 막는다. ② 점질이 많으면 사토를 넣어 공기와 물의 소통과 비료분해를 촉진하고, 벼의 생육장애를 막는다.	경토 10cm가 사양토가 되도록 계산한다. ① 논·의 객토기준점토 10a당 25~40m ³ (2.5~4cm두께) ② 밭의 객토기준 사토 10a당 18~40m ³ (1.8~4cm두께)
(나) 양분보급 (경토가 부족할 경우)	① 원토에 모자라는 비료와 3요소 중의 성분, 희소광물질을 포함하는 흙을 선정한다. ② 물리성 개선에 의한 지온상승과 화학성 개선에 의한 유기질분해의 촉진	객토기준은 (가)에 준함
(다) 경토보충 (경토부족일 경우)	① 양질경토·저수지·호수·수로·하천 바닥의 퇴적토를 넣어서 한해·냉해·병충해를 막는다. ② 경토는 한번에 전량을 모두 넣는다.	경토가 15~20cm이상 되게 넣는다. ① 양질경토는 10a당 60m ³ (두께 6cm)으로 한다. ② 퇴적토는 1회에 10a당 30m ³ 이내로 넣고 총량 60m ³ 를 한도로 한다.
(라) 사력질화 층지반의 누수방지 (누수과다 또는 냉해논의 경우)	바닥다짐을 하지 못할 경우에 실시함. ① 표토를 걷고 심토면에 점토를 넣어 다지고 표토를 다시 펴놓는다. ② 위에 준하여 심토 10cm를 파 일으키고 점토나 벤토나이트를 혼입하여 다진 다음 표토를 다시 펴놓는다. ③ 풋베기호밀 등을 함께 넣으면 효과가 있고 경제적이다.	객입점토는 보수력, 벼의 신장, 원토의 상태를 조사하여 결정한다. ① 점토 10a당 40~60m ³ (두께 4~6cm) ② 벤토나이트 10a당 1~2t
(마) 노후담개량 (1) 건답지대의 일반노후담 (선상지·경사지로 지하수가 낮고 건조한 논)	① 철·염기가 많아 치환성이 높은 짧은 점토로 된 산토를 넣어 경토나 바닥에서 용탈하는 철분·인산·활성점토를 보충하여 황화수소의 발생을 억제하고 뿌리부패로 인한 냉해·병해를 막는다. ② 산토는 일시에 너무 많이 넣지 않고 퇴비 사용에 주의한다. ③ 바닥에 산화철이 집적되어 있으면 제거 후 경토를 잘 혼합한다. 누수방지에 주의한다.	① 퇴적토는 좋은 재료이다. ② 산토는 안산암·제삼기혈암 등의 중성암계·염기성암계가 좋다. ③ 객토기준 10a당 25m ³ (두께 2.5cm)이상 40m ³ 정도로 넣는다.
(2) 습답지대의 노후된논(경토 부족 논·누수과다 논)	① 위의 경우에 준해서 철분을 보충하고 냉해·병해를 막는다. ② 배수설비·매립·누수방지도 겸하여 병행한다.	재료는 일반노후화논인 경우에 준해서 선택하고 원인에 따라 적절히 객토한다.
(3) 산성관개수에 의한 노후화 논	① (마)~(1)에 준하여 철분을 보충한다. ② 산성관개수를 중화시킨다.	(마)~①에 준한다.

4.2.4 산성토양의 개량

산성토양을 개량하여 숙지화하기 위해서는 우선 염기를 보충하여야 하며, 경제적으로 가장 보충하기 쉬운 성분이 석회이다. 석회는 토양의 이학적 성질을 개량하는데도 효과가 있다. 경지에 금비를 사용하면 그 속에 포함되어 있는 산기에 의하여 토양을 산성화시키는 작용이 있으므로, 석회를 사용하여 중화시킴으로써 산성화를 방지한다.

우리나라는 산성암의 분포가 넓고 강우량이 많아 토양생성 과정에서 석회, 칼리, 소다 고토 등의 염기류가 용탈되기에 가장 알맞은 조건을 갖추고 있다. 지금까지 자연상태로 방치된 미간지의 대부분은 산성토양 또는 염기 결핍 토양이다. 개간지의 평균치환 산도는 20.2를 나타내며, 이중에서 치환산도 5 이상이 73%이다. 치환산도 5 이상의 토양은 칼슘비료를 사용하지 않으면 보리, 밀 등과 같이 산성에 약한 작물은 영향을 받게 된다.

산성토양의 개량에 쓰이는 석회의 대부분은 소석회와 석회암분말(통칭, 탄산석회)로 최근 개간지에도 탄산석회를 사용하고 있다. 소석회와 탄산석회의 석회분 함유비율은 대체로 1:0.5이다. 석회의 비효는 분말도에 따라 매우 다르며 분말도 100메쉬(mesh) 이하는 비료효과가 거의 없다.

산성토양의 개량에 쓰이는 석회사용량은 토양의 산도에 따라 결정된다. 토양의 산도를 나타내는 방법에는 수소이온농도(pH)에 의한 방법 즉 산성의 정도를 그 높이로 표시하는 방법과 전산도(全酸度) 또는 가수산도에 의한 방법 즉 산성의 정도를 그 양으로 표시하는 2가지 방법이 있다. 이 2가지 방법으로 표시되는 산도의 상호관계는 토성에 따라 다르다. 예를 들면 사질토는 pH는 높으나 전산도는 크지 않고, 점질토는 pH는 낮으나 전산도는 대단히 크다.

(1) 전산도 또는 가수산도부터 토양의 산성을 중화시키는데 필요한 탄산석회의 사용량(소석회일 경우의 사용량은 그 0.7배)은 다음과 같다.

표 4.2.8 전산도와 탄산석회 시용량 (t / ha)

전산도 또는 가수산도	중화할 경토의 두께			비 고
	10cm	15cm	20cm	
10	0.5	0.75	1.0	산출기초 (1) 토양가비중을 1로 함. (2) 경토두께 10cm, 1ha의 토양 중량을 1,000t 으로 함. (3) 탄산석회의 순도는 가산하지 않음. (규격은 95% 이상)
20	1.0	1.5	2.0	
30	1.5	2.25	3.0	
40	2.0	3.0	4.0	
50	2.5	3.75	5.0	
60	3.0	4.5	6.0	
70	3.5	5.25	7.0	
80	4.0	6.0	8.0	
90	4.5	6.15	9.0	
100	5.0	7.5	10.0	

(2) 산성의 세기(pH치)로부터 바로 중화에 필요한 탄산석회 시용량을 결정하는 일은 어려우나 실질적인 개략치를 표시하면 표 4.2.9와 같다.

표 4.2.9 pH값과 탄산석회 시용량의 개략값(t / ha)

토양의 염화가리 침출액의 pH치	경토의 두께 10cm	비 고
4.0	1.50 이하	부식산성 토양은 보통 이 기 준표의 3배 정도가 필요하다.
4.5	1.50	
5.0	1.13	
5.5	0.75	
6.0	0.38	
6.5	소 량	
7.0	불 요	

4.3 구획계획

구획계획은 재배작물, 기계작업, 용지보전, 용·배수, 기상재해 방지 등을 고려하여 구획의 형상 및 크기, 용·배수로 및 농도의 배치 등을 정한다.

4.3.1 구획계획의 방향

가. 소유구

소유구는 원칙적으로 한변을 도로에 붙여서 설치하며, 둘레에는 고정시설을 설치하지 않는다(그림 4.3.1 참조). 소유구를 설정할 때에는 기계이용방법 등과의 관계를 고려할 필요가 있으며, 기계 이용시에는 경영조건이 유사한 농가의 일정규모별로 환지계획을 수립한다.

기계이용이 진전되면 가능한 한 큰 면적에 동일 작물을 재배해서 모든 작업을 단순화하는 것이 유리하지만, 농가의 소유지가 1단지이면 윤작체계를 채택하는 곳은 2~3단지 정도로 묶는다.

기계 이용시에는 가능한 한 대규모 면적에 동일 작물을 재배해서 모든 작업을 단순화하는 것이 유리하지만, 농가의 소유지가 1단지이면 경작권의 교환 등을 하지 않는 한 다품목재배를 할 수 없게 되어 개별경영을 전제로 하는 영농에 장애가 될 수 있다.

나. 경구

경구(field lot)의 크기와 형상을 결정하는 요인은 작업체계마다 기계작업·재배관리작업·관개방법의 세 가지이다. 경구의 장단변의 길이는 기계작업의 효율을 되도록 높일 수 있게 하고, 또 시비·방제·수확·운반 등의 재배관리에도 적합하게 만든다. 경구는 원칙적으로 동일 작물이 재배되는 밭으로 계획하고 관개의 1단위가 된다.

다. 포구

포구(field block)의 크기와 형상은 간지선농도의 배치에 의해 정해지는데, 도로배치계획을 세울 때에는 도로의 기능증진 외에 포구 내의 토양보전, 경구 및 소유구의 배치 등과의 관계를 고려한다. 토양보전은 기존에 소구획으로 구분되어 있던 포구가 확대되고 정돈된 경구를 구성하게 되면 포구 내의 지표유출수는 짧은 시간에 흘러내려 토양침식을 가속화할 우려가 있기 때문에, 포구는 토양·지형·밭두둑의 방향·윤작체계 등을 고려해서 지표배수계통을 정비하도록 계획한다.

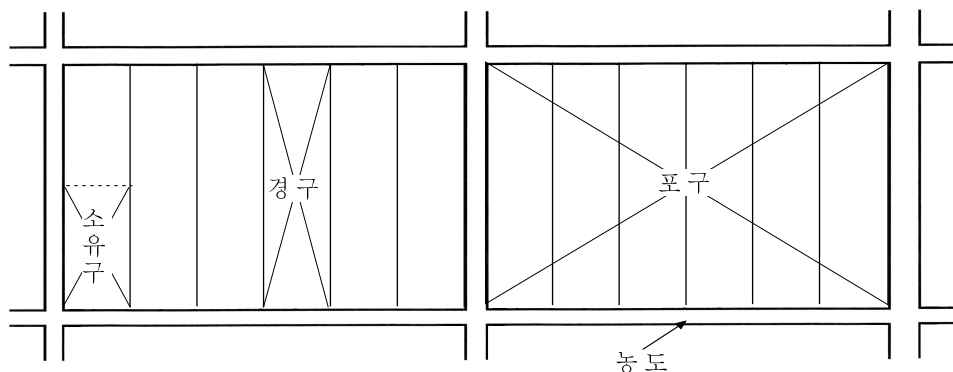


그림 4.3.1 밭구획의 개념도

4.3.2 구획의 크기와 형상

인력으로 경운하는 밭은 한 구획의 크기가 크게 문제 되지 않으나, 생산수단이 축력농구에서 동력농기구로 변화함에 따라 구획과 노동능률 사이에 큰 관계가 있다. 1일의 작업공정을 책정하는 기준은 가장 힘이 드는 경운작업을 대상으로 정하는 경우가 많다.

경운작업공정은 토질·농기구·경운법 등에 따라 다르다. 1일 공정은 축력이용의 작업공정에서 밭은 0.25~0.4ha가 많으며 0.3ha가 표준이다.

구획의 길이는 우경에서 보통 120~140m가 한계이고, 자동경운기나 트랙터는 길이의 한계가 더 길어진다. 중형(30HP) 트랙터 경운에 적합한 구획은 장변 250~1,800m이며, 단변은 농기계의 회전에 필요한 길이로 15~20m의 정수배가 된다. 밭관개를 하는 곳은 표 4.3.1의 구획장변에 따른다.

표 4.3.1 밭관개에서 이랑 길이의 기준(m)

토질	이랑의 경사				
	1/100	1/150	1/200	1/250	1/300
식토	120	80	60	40	20
양토	90	60	40	30	15
사토	60	40	30	20	10

밭구획계획에서 경구의 크기와 형상은 기계의 작업효율, 관리작업, 관개방법, 농가 경영면적 등의 요인을 고려하여 결정한다.

가. 농업기계의 작업효율과 경구

농업의 기계화가 진행되어 트랙터 등을 이용하는 경우에는 농기계의 직진은 빠르므로 이 직진 부분을 많게 하고, 회전엔 걸리는 시간을 전체로서 적게 하는 것이 효율적이다. 즉, 경구의 장단변비가 클수록 작업능률은 향상된다. 그러나 파종기, 이앙기, 분무기 등과 같이 종자·비료·농약 등의 자재의 보급이 필요한 것은 호퍼용량에 제한이 있어서 도로 위에서 보급을 하면 장변의 길이가 제한인자가 된다. 이 경우의 장변의 길이는 다음 식으로 산출한다.

$$D = C \frac{V}{H \times W} \dots\dots\dots (4.3.1)$$

식에서, D : 허용주행거리(m) (보급에서 다음 보급까지의 주행 거리)

V : 호퍼의 용량(kg)

H : 10a당 시용량 또는 파종량(kg)

D : 작업폭(m)

C : 유횠평용량 비율로 $c = \frac{100-a}{100}$ (a : 허용잔존비율)

장변의 길이는 장변의 한 끝에서 보급하는 경우 150~200m, 양끝에서 보급하는 경우에는 2배인 300~400m 정도이다.

나. 관리작업과 경구

경구의 형상과 크기를 규제하는 주요 관리작업은 방제·시비·수확이다. 농업기계계의 포장 내의 주행으로 방제가 불가능한 경우에는 동력분무기 또는 동력 살포기로 도로 위에서 방제작업을 한다. 살포기의 농약 도달거리는 액체일 때 20m, 분체일 때 50m 정도이므로 양쪽의 농도에서 작업을 하면 경구의 단변의 길이는 이 거리의 2배 이상이 되면 효율성이 저하된다. 따라서 경구의 경계에 작업도로를 장변에 평행하게 설치하는 경우에는 살포거리가 단변의 길이를 규제하는 인자가 된다.

수확작업에서 수확물을 인력으로 도로까지 운반하는 경우의 한계는 50m로 한다. 이 경우 장변의 길이는 100m 이내가 되는데, 이륜차를 사용하거나 경구 내에 임시도로를 설치하면 된다.

4.3.3 경사지의 구획

소는 경사 25°까지 활동할 수 있으나 농기구는 종류에 따라 다르다. 쟁기는 8°(최대 10°)까지 평지와 같이 경운할 수 있으나, 그 이상 되면 별도의 쟁기를 사용하며 한계는 25° 이하이다. 모워(mower)로 베기작업을 하거나 해로(harrow)로 췌토·정지를 하게 되면 10°까지는 평지와 같으나, 그 이상 되면 능률이 저하되며 사용한계는 15°(최대 20°) 이하이다.

컬티베이터(cultivator)로 중경·제초·배토하는 작업은 경사지에서 어렵고, 등고선에 평행하게 휴간작업을 하는 일은 7~8°까지 할 수 있으나 아래쪽의 작물이 매몰되는 경향이 많다.

전체적으로, 경사 10° 이하에서는 평지와 같은 크기의 구획에서 작업할 수 있으나 경사 10~15°인 경우에는 등고선이랑을 만들고 승수로 만들어야 하므로, 구획의 장변이 등고선과 평행하게 된다. 초지에서는 상·하경작업을 할 수 있어서 최대 20°까지 기계화 관리작업(경운·췌토·정지·시비 등)이 가능하다.

4.4 용배수계획

용·배수계획은 농지의 노동생산성을 향상시키기 위하여 농지에 발생하는 강우, 증발산, 침투 등 물의 자연적인 순환을 보완하여 인위적으로 농지의 수분환경을 조절하기 위하여 실시한다. 즉, 농지의 생산성 향상이란 관점에서 물의 자연순환이 적절한지의 여부를 판단해서 부족한 경우에는 물을 보급하고, 과잉인 경우에는 배제하도록 계획을 수립한다.

4.4.1 용수계획

개간지의 용수공급 지침은 「농업생산기반정비사업 계획설계기준-관개편」을 따른다.

가. 밭의 용수계획

농지개간 및 농지정비시 다음과 같은 사항을 주의하여 사업을 실시한다.

용수계획은 자유로운 물 이용을 전제로 세우는 것으로 새로운 작물도입이 가능해지는 경우가 많으나, 새로운 작물은 대체적으로 노동집약적인 것이 많다. 따라서 용수계획은 기계이용계획과 관련하여 지구에 적응하도록 합리적으로 결정한다.

수분보급 이외의 다른 목적을 위하여 용수계획을 세우면 여러 가지 효과가 있으나 큰 의미는 없다. 따라서 용수조직계획을 세울 때에는 경제성과 함께 생력화가 큰 과제가 되며, 다음과 같은 사항에 유의한다.

(1) 채소를 기간작물로 하는 지구는 기계화작업, 관개수의 생력화로 보아 지표정치식을 채용하는 것이 유리하다.

(2) 보통 밭작물·목초 등을 기간작물로 하는 지구는 이동식 대형살수기 또는 자주식 살수기 등이 경제적이다.

(3) 과수원지나 채소밭에서 가장 효율적인 방법은 집중자동제어방식이지만, 이를 위해서는 대규모 작물단지가 형성되어야 한다.

나. 밭의 물수지 구성

우리 나라와 같은 기후조건 하에서 밭관개를 위해서는 작물의 뿌리가 토양 중의 수분을 직접 흡수하는 토층부분(근군역)의 물수지를 파악하여 결정한다.

1) 토양의 물수지

근군역의 물수지 구성요소를 보면 그림 4.4.1과 같다.

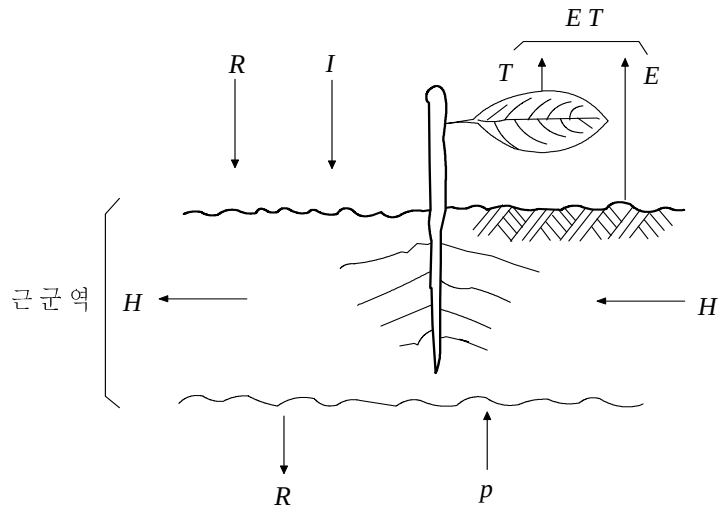


그림 4.4.1 토양수의 물수지 모형

유입(input)에 해당하는 물의 요소에는 지표에서 침입하는 강우 R, 관개용수량 I, 하층에서 모관상승에 따라 공급되는 물 P의 3가지 종류가 있다. 한편, 유출(output)에 해당하는 물의 요소에는 작물이 흡수해서 엽면으로부터 증산(transpiration)되는 수분 T, 토양면으로부터 직접 증발(evaporation)하는 수분 E, 근군역에서 하부로 침투하는 침투손실수 L의 3가지가 있다.

일반적으로 증발과 증산을 합해서 증발산 ET(evapotranspiration)로 취급하고, 관개계획에 있어서도 이 값이 사용되고 있다.

유입항에서 유출항을 빼낸 나머지는 토양 속에 저류되어 토양수분량의 증가 ΔW 로 되고, 이를 정리하면 (4.4.1)식과 같은 물수지식이 성립된다.

$$\Delta W = R + I + P - ET - L \quad \dots\dots\dots (4.4.1)$$

근근역 내에서 수평방향의 수분이동 H , H' 를 고려하여야 하나, 넓은 면적을 대상으로 하는 경우에는 이들의 이동은 무시할 수 있다. 각 항은 보통 1일 당·단위면적당의 단위로 표시하고 mm / 일의 단위가 사용된다.

2) 작물에 의한 물이용과 토양의 수분저류 특성

강우는 시간적으로 불규칙하게 발생하기 때문에 그 양의 변동 폭이 큰 반면, 증발산은 시간적으로 연속 발생하기 때문에 강우에 비하여 그 양적 변동이 뚜렷하게 적다.

양자 간의 차이는 토양이 지닌 수분저류 특성을 통하여 시간적으로 조정되기 때문에 밭에서의 물이용은 토양특성에 의하여 좌우되므로 토양이 밭에서의 물 이용효율을 지배하는 결정적인 요인이 된다.

다. 관개수량

작물, 토양 및 기상조건을 토양의 물 수지를 이용하여 종합적으로 파악한 결과 수분저류체로서 토양이 가지는 최대용량의 지표인 총신속유효수분량(總迅速有效水分量)을 산정한다. 이 총신속유효수분량을 바탕으로 관개작업 및 관개시설 조건을 고려해서 밭 관개계획의 기본이 되는 1회 관개수량과 간단일수가 결정된다.

1) 밭 관개계획의 기본원칙

관개작업에 있어서 가장 많은 노력을 필요로 하는 것은 이동식 스프링클러의 경우 포장에서 포장으로의 이동작업과 관개지점을 이동하는 작업이다. 따라서, 토양의 저류능력을 최대한으로 이용하여 관개횟수를 가능하면 적게 한다.

관개계획을 세울 때에는 무강우 기간의 기상 및 작물조건을 기준으로 하여 관개용수량·시설규모 등을 결정한다. 밭 관개계획에서는 보통 10년에 1년 발생하는 갈수년의 기상조건을 기준으로 한다.

2) 일소비수량

밭 관개계획에서는 소비수량으로서 증발산량을 생각할 수 있다. 증발산량 ET는 지역·토양·기상·작물조건 등에 의하여 크게 달라지기 때문에 관개계획을 세울 때에는 실측해서 산정한다.

주요 실측법으로는 토양수분의 변화를 측정하여 무강우기간의 일변화량으로부터 ET를 구하는 토양수분추적법, 물수지가 얻어지거나 또는 중량측정이 가능한 라이시미터(lysimeter)에 의한 방법, 용기(보통 철제 상자가 이용됨)에서 작물을 재배하여 소비수량을 구하는 방법 등이 있다.

3) 관개수량

증발산량이 유효수량보다 많은 기간 중에는 유효토층의 수분이 감소하는데, 그 감소량이 클 때 관개가 필요하다. 유효수량이란 포장에 내린 강우 중에서 토양에 유효하게 보존되는 양을 말하며, 보통 5mm/일 이하의 비는 식물체에 부착하기 때문에 토양에 유효하게 보유되는 것이 아니다. 또한, 포장용수량 이상의 비는 지표유출에 의하여 포장 밖으로 유출되기도 하고 아래층으로 침투하기도 하기 때문에 이것도 유효수량이라고 하지 않는다. 밭관개에서는 안전성을 고려하여 실제 우량의 80%를 유효수량의 상한으로 한다. 유효토층에 공급을 필요로 하는 수량이 순용수량이다.

관개수량에는 순관개수량 및 손실을 고려한 조관개수량 등이 있다. 이들은 시설용량 결정의 기본이 되는 것으로 다음 식에 의해 산출된다.

$$\textcircled{1} \text{ 순관개수량} = \text{최대계획일소비수량} \times \text{간단일수}$$

$$\textcircled{2} \text{ 포장관개수량} = \text{순관개수량} / \text{적용효율}$$

$$\textcircled{3} \text{ 조관개수량} = \text{순관개수량} / \text{관개효율}$$

포장관개수량은 살포기에 의해 살포되는 수량으로서 말단살포시설의 계획에 사용된다. 조관개수량은 포장관개수량에다 반송 중의 손실수량을 예상한 것으로 수로의 용량결정 등에 사용된다.

지구 전체에 필요한 용수량은 다음과 같이 구한다.

$$\textcircled{4} \text{ 순용수량} = \text{계획일소비수량} \times \text{관개면적}$$

수원으로서 저수지를 계획하는 경우 또는 기별 변화를 알고자 하는 경우는 유효수량을 고려해서 일별로 계산한다. 이 경우 다음 관수 예정일까지 유효수량이 있어도 그 일수는 변경하지 않고 간단일수를 일정하게 두고 관개수량을 수정한다.

$$\textcircled{5} \text{ 조용수량} = \text{순용수량} / \text{관개효율}$$

다목적으로 이용하는 경우는 필요에 따라 계획일소비수량에다 더 보텐 값을 사용한다.

4) 윤환관개

간단일수가 경과하는 사이에 포장관개작업을 완료하도록 관개지역을 몇 개의 블록(block)으로 구분하면 관개작업을 합리적으로 실시할 수 있고, 송수시설도 계속 이용할 수 있으므로 시설용량을 최소로 한다.

이와 같이 지역을 몇 개의 블록으로 나누어 각 블록을 차례로 관개하는 방법을 윤환관개라고 하며, 하나의 윤환단위를 윤환블록이라고 한다. 밭관개시설 계획에서는 윤환관개를 기본으로 한다.

라. 관개효율

밭관개는 밭작물의 생육에 맞는 토양수분을 유지시키기 위해 포장으로 물을 공급하는 행위이므로 용수원의 물을 송·배수로를 통해 포장에 도수하여 밭의 유효토층에 도달하도록 하는 과정을 거친다. 이 과정에서는 여러 손실이 발생하므로 밭 관개계획에서는 이러한 손실을 고려하여 충분한 효율을 지닌 시스템이 되도록 한다.

1) 적용효율

지표관개에서는 한 구획의 관개가 시작되는 곳에서 끝나는 곳까지 관개용수가 도달하는 데 일정한 시간이 소요되며, 관개가 시작되는 곳에서 먼저 침투가 시작되어 관개가 끝나는 곳에서 침투가 시작될 때까지 그림 4.4.2의 사선부분에 해당하는 물이 이미 토양 중에 침투해 있다. 더욱이 관개가 끝나는 부분에서 유효토층까지 침투하도록 관개하려면 그림에서 보는 바와 같이 손실수량은 더 증가한다. 이 손실은 밭 고랑의 길이와 토양의 성질에 따라 변화되지만, 지표관개에서는 이 손실수량이 전체의 25% 이하가 되도록 밭고랑의 길이를 제한한다.

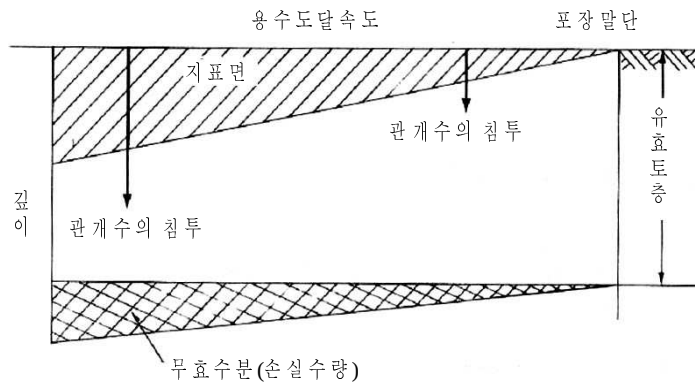


그림 4.4.2 물 적용효율 설명도

이와 같이 유효토층 전체에 필요한 관개수량을 공급하는 데에는 손실이 따른다. 지표관개에서는 이러한 손실을 예상하고 관개수량을 늘려야 하는데, 이 손실에 기인하는 효율을 적용효율(water application efficiency)이라고 한다. 스프링클러관개에서의 적용효율은 살수분포형이 중복되는 넓이에 의하여 결정되며, 스프링클러의 배치와 밀접하게 관련된다.

2) 운송효율

용수원에서 포장까지 용수를 운송하는 동안에 수로에서의 누수손실과 배수시의 배수손실이 생긴다. 수로에서의 침투(누수)손실과 증발손실이 상당한 양을 차지하지만 송수관리와 배수조작에 따르는 손실수량도 많다.

일반적으로 관수로에서는 5% 정도의 손실이 있다고 생각되므로 운송효율(water conveyance efficiency)은 85~95% 정도로 예상된다. 조정지 등을 설치함으로써 운송효율은 크게 개선된다.

3) 관개효율과 조용수량

수원시설과 관개시설을 계획하는 경우에는 일소비수량과 유효우량을 기준으로 순용수량을 구하고, 이것에 적용효율과 운송효율을 고려하여 수원지점과 각 노선지점에서 필요한 조용수량을 산출한다. 송·배수시설 계획에서는 최대소비시기의 유효우량을 고려하지 않는 경우의 조용수량을 대상으로 한다. 운송효율과 적용효율을 합해 관개효율(irrigation efficiency)이라고 하며, 그 기준은 표 4.4.1과 같다.

표 4.4.1 관개효율의 기준

구 분	적용효율 (%)	송수손실률 (%)	관개효율 (%)
살수관개	80 ~ 90	5 ~ 10	70 ~ 85
고랑관개	70	5 ~ 10	60 ~ 65

마. 관개방법과 관개시설

1) 관개방법

포장으로 도수된 용수를 토양에 공급하는 방법은 다음과 같다.

- ① 지표관개(surface irrigation)
- ② 스프링클러관개(sprinkler irrigation)
- ③ 점적(물방울)관개(drip irrigation)

토양·작물·관개작업·지형 등의 조건에 따라 적절한 관개방법을 선택하며, 최근에는 시설원예에서 점적관개를 많이 사용하고 있다.

2) 말단시설

용수의 이용효율, 송·배수시설, 말단작업조건 등을 고려하여 적절한 관개방법을 선택한다. 여기서는 많이 사용하는 스프링클러시설에 대해 설명한다.

가) 스프링클러

스프링클러(sprinkler)는 관내의 압력수를 이용하여 압력에너지를 운동에너지로 변환하여 살수하는 장치이다. 물방울은 초기속도와 방향이 주어지면 공기의 마찰저항과 중력작용을 받으며 비행한다.

스프링클러는 고압·중압 및 저압의 3가지 형태로 분류되며, 작물·지형·토양조건 등에 따라 적절한 압력형태를 선택한다. 특히, 경사가 급하고, 바람이 강할 때에는 살수분포가 한쪽으로 치우치기 때문에 적용효율이 크게 저하될 수 있다.

나) 스프링클러의 배치

스프링클러에 의하여 살수되는 물은 스프링클러를 중심으로 하는 동심원 상에 분포하며, 이와 같은 살수 분포를 중첩시키면 살수심분포도가 얻어진다. 스프링클러의 간격을 크게 하면 살수심분포도가 크게 된다. 모든 지점에서 최저한

계 순용수량을 만족하도록 살수하면 부분적으로 살수심이 큰 곳이 생겨서 총 살수량은 순용수량을 초과한다. 따라서, 살수분포가 커지면 적용효율은 낮아지게 된다.

적용효율이 85% 정도 되도록 스프링클러의 배치간격을 결정한다. 스프링클러의 밀도가 높아지면 시설비가 많이 들기 때문에 살수분포도형이 양호한 스프링클러를 선택하는 것이 물의 이용효율을 향상시켜 시설비용을 절약할 수 있다.

4.4.2 배수계획

농지의 배수시설은 강우에 의한 피해를 방지하며 지하수위를 적절히 유지해서 작물이나 목초의 생육조건을 양호하게 하여 관리용기계의 작업에 알맞은 농지로 유지하기 위한 필수시설이다.

배수에는 계획배수량을 배수하천까지 안전하게 배제하는 홍수시배수와 평상시 유출수를 정상적으로 배수하는 상시배수가 있는데, 양자 모두 고려하여 결정한다.

가. 배수시설계획

농지개발은 산악지나 구릉지에서 많이 이루어지므로 단지구성이 소규모로 산재된 경우가 많다. 작물이나 목초는 토양에 정착하면 내수성이 증대하여 강우의 지표유출에 의한 유실, 황폐화 위험이 감소한다. 따라서 경사지에 설치하는 배수시설은 저지대 평지에 있는 논 등과는 달리 지구 전체를 대상으로 하는 대규모 시설이 필요한 경우는 적다.

반면, 산간 경사지에 조성한 농지는 재해가 발생하면 가속적으로 황폐화시켜 개발지구까지 피해 가능성이 크다.

배수계획을 수립할 때에는 조성된 농지 안의 배수(경사지안 배수이며 그림 4.4.3의 A구역)와 농지 밖의 배수(경사지밖 고위부 배수이며 그림 4.4.3의 B구역) 처리 및 배수하천으로의 도수(그림 4.4.3에서 C점까지)를 포함한 관개유역 전체의 배수(지역배수)를 종합적으로 검토한다.

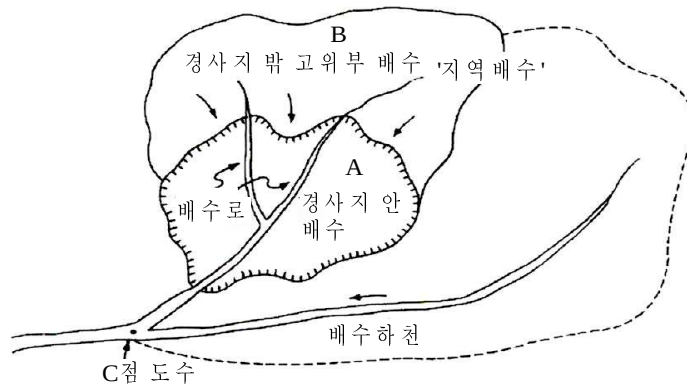


그림 4.4.3 배수구역 개념도

배수방식에는 배수로방식과 암거배수방식이 있다. 배수로방식은 강우에 의한 유출수나 지표정체수를 개수로의 유입을 배제하는 방식이며, 암거배수방식은 지하수위가 높고 습윤한 구역의 과잉지하수나 개수로로 배제할 수 없는 지표정체수를 암거로 배제하는 방식으로, 각각의 기능을 적절하게 조합하여 배치한다.

1) 계획기준우량과 계획배수량

개간지 배수시 경사지가 많아 빗물을 배수구역 안에서 조정지 등을 만들어 홍수 조절없이 지구밖으로 배제하는 경우가 많다. 이 경우에는 최대 유출량이 배수로계획의 기초가 되기 때문에 홍수도달시간 내의 평균 유효강우강도로부터 계획배수량을 산정하여 배수로 단면을 결정한다.

계획기준우량의 규모는 10년 확률우량을 취하는데, 개발지구의 하류측에 재해를 입힐 우려가 있거나, 침식피해를 줄 경우에는 배수시설 관련기관과 협의하여 결정한다.

비교적 대규모인 배수하천 개수나 조정지를 설치하여 유출수의 일시저류를 할 경우에는 지역을 대표하는 연속강우과형을 가정해서 유출량 수문곡선으로부터 계획배수량을 산정한다.

2) 배수로의 계통화

배수시설은 개간지를 안전하고 이용관리조건을 유지하기 위해서 필요한 기

본시설이다. 배수로 계획은 방재계획과도 연결되므로, 배수로 계획을 세울 때에는 현지상황, 농지조성계획, 개간지의 기계화 작업체계 등을 검토하여 결정한다.

배수로의 계통화는 농지내의 배수는 물론 지구 밖의 고위부로부터의 유입수 처리와 이들의 배수를 지구 밖으로 계통적으로 안전하게 처리하는 것이다. 배수로를 계통화시킬 때에는 다음 사항을 고려한다.

(1) 지구 밖으로부터의 유입수는 원칙적으로 지구 밖에서 처리한다. 부득이 지구안으로 받아들일 때에는 배수로 단면의 결정·침식방지 등을 충분히 배려하여 배수로계획을 세운다.

(2) 지구 밖으로의 배수는 배수하천의 통수단면을 반드시 검토하여 단면확폭의 여부, 호안여부 등에 대해서 검토한다.

(3) 농지조성에 수반한 토사유실에 대비하기 위하여 지구 안 또는 지구 밖의 배수로에 사방보(둑)나 침사지를 설치할 경우에는 배수량을 충분히 검토하여 배수로 단면을 결정한다. 그리고 배수로계획에 의하여 하류의 소류지, 수리시설의 이용상황 등에 지장을 주지 않도록 한다.

(4) 개발할 대상구역이 광범위해서 유출량의 증대로 배수하천의 통수능력 등을 초과하여 상당한 규모의 길이로 배수하천의 하류부까지 단면확폭이나 호안 등을 계획할 필요가 있을 경우에는 침투유출량을 지연시키는 조정지를 설치한다. 조정지는 가능하면 식수원·토사조 등의 다양한 기능을 부여한다.

(5) 농지에 설치하는 배수로는 배수의 계통화를 위하여 ① 이랑승수로 및 승수로, ② 집수로(지선배수로), ③ 간선배수로, ④ 배수하천으로 구분한다. 일단 ①과 ②는 인공배수로, ③과 ④는 자연배수로로 취급하고 있는데, 조성지나 배수계통의 구분으로 정비가 이루어지는 것은 아니므로, 단지의 면적·지형 등에 따라서는 지구로부터의 배수를 승수로 등의 자연배수로에 유하시키는 경우도 있다. 그러므로 간·지선배수소가 반드시 필요한 것은 아니다.

① 이랑승수로 및 승수로

㉔ 이랑승수로 : 조성사면에서 시공 도중이나 그 후에 발생하는 토양침식을 최대한 억제하면서 경사면(12~20° 정도 까지)을 농지화하는 방법이다. 경사각도에 따라 수직고에 대한 사면장을 표 4.4.2와 같이 계산해서 그 끝부분

에 승수로를 등고선에 평행하게 설치하는 것으로, 조성초기에 승수기능을 크게 발휘시켜 토양보전을 철저히 하고 토양보수력을 증가시키면서 농지조성을 한다.

표 4.4.2 테라스 승수로 간격표

도(°)	S(%)	VI(m)	HI(m)	SL(m)
8	14.1	2.76	19.57	19.76
10	17.6	3.29	18.71	19.00
12	21.3	3.86	18.10	18.57
14	24.9	4.41	17.69	18.23
16	28.7	4.99	17.40	18.10
18	32.5	5.57	17.14	18.02
20	36.4	6.16	16.93	18.02

(주) 1) $VI = 0.305\left(2 + \frac{S}{2}\right)$, $HI = 0.305\left(VI \times \frac{100}{S}\right)$ 에 의함.

2) 허용오차 $\pm 15\%$ 임, 채초지는 100% 증가 가능함.

이랑승수로는 각종 개간공법의 적용에 앞서 경사지표면(개간 후는 경사지면)의 유출수를 받아서 집수로에 유도하여 배수처리한다.

㉠ 승수로 : 승수로는 지구 내의 승수로와 지구 밖의 승수로로 구분되는데, 지구내의 승수로는 개간지에 내린 빗물의 유하에 따르는 수식의 위험성을 방지하여 안전하게 집수로에 유도하기 위한 수로로 등고선에 평행하게 설치한다.

지구 밖의 승수로는 지구 밖의 고위부로부터 흘러오는 유출수가 지구 안에 유입하는 것을 방지하며, 안전하게 지구 밖으로 빗물을 배제하기 위하여 설치하는 수로로 지구경계선을 따라서 설치한다.

수로는 배수계획에서 항구적으로 설치되는 경우와 조성공사 중이나 또는 그 직후의 농지보전을 위하여 일시적으로 설치할 경우가 있다. 관리용 도로 등의 측구도 가능하면 승수로의 기능을 겸하도록 계획한다.

② 집수로

집수로는 승수둑·승수로 및 암거로부터 유출한 물을 모아서 등고선에 대략 직각방향으로 배수하는 수로이며, 볼록부 집수로방식과 오목부 집수로방식이 있다. 농지가 평탄한 경우에는 경구의 크기나 관리용 기계의 작업조건과도 관련이 있으며, 일반적으로 200~300m 간격으로 설치한다.

개량원지형개간에서는 집수로의 배출계획이 수식방지나 재해방지에 매우 중요한 시설이다. 집수로도 지구 밖의 집수로와 지구 내의 집수로로 구분된다. 간선·지선도로의 측구는 집수로로 이용한다.

③ 간선배수로

간선배수로는 집수로에서 유입하는 유출수나, 지형에 따라서는 암거로부터 흘러오는 유출수도 모아서 배수하천으로 방류하는 수로이며, 신설할 경우에는 주로 지구의 최저위부에 설치하는데, 보통 자연계류 등을 이용한다. 이 수로는 배수량도 많고, 암거배수계획을 고려하여 수로부지가 높아지는 등 필요에 따라 호안공·낙차공·바닥다짐공 등의 시설을 설치한다.

④ 배수하천

배수로의 구분에서 배수하천은 하천법상의 하천으로서 건설부장관, 시·도 지사가 지정하는 국가하천, 지방하천 및 일반하천 등을 지칭한다.

농지개발사업에서 배수로의 배수는 모두 이 배수하천으로 유입하게 되므로, 배수계획에서는 배수하천의 계획배수위(외수위)를 고려하여 계획배수량을 안전하게 배출할 수 있도록 검토한다.

농지개발사업에서 배수하천의 개수까지를 편입시키는 경우는 적으나, ‘바닥 낮추기’, ‘폭의 확대’ 또는 ‘시설개수’ 등이 필요할 경우에는 당해 하천관리자와 충분한 협의를 하여 결정한다.

3) 배수로의 배치

가) 승수로

승수로의 배치는 토양조사 결과 현지 또는 인근 유사지점에서 세류침식이 발생하기 시작하는 한계 사면장의 조사, 과거의 시공사례 등을 검토하여 결정한다.

지구 내의 승수로는 관리용 작업기의 운행을 고려하여 배치하며, 수로는 사

다리꼴수로나, 광폭테라스상의 막과기 수로·막과기 이랑을 만들며, 시공후의 침식방지를 위해서 초생수로로 한다.

승수로의 제원은 표 4.4.2에 따르고, 승수로의 간격은 20~50m의 시공사례가 많이 나타나고 있다. 승수로의 길이는 현지상황을 고려하나, 너무 길게 되면 승수로의 단면이 커져서 소류력과 수로침식에 대한 문제가 발생하게 되므로 주의한다. 조성 직후의 초기침식을 방지하려면 임시승수로를 밀집하여 배치한다.

나) 집수로

경작지면이 습곡일 경우의 수로배치는 집수로의 배치위치에 따라 그림 4.4.4와 같이 블록부 집수로방식과 오목부 집수로방식으로 나눈다.

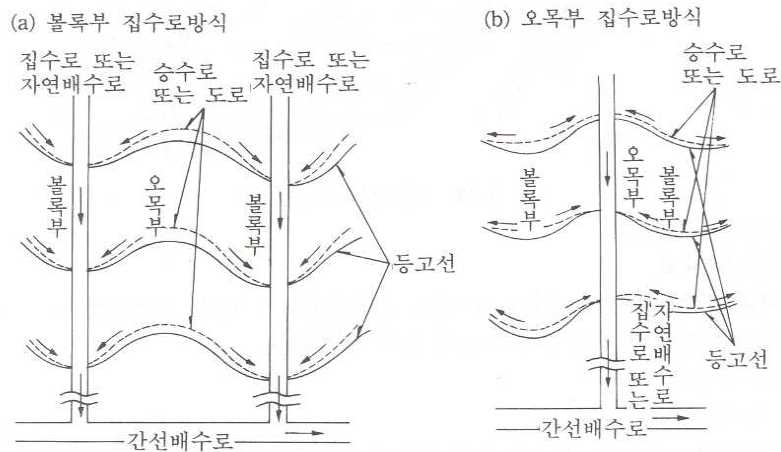


그림 4.4.4 집수로의 배치계획(예)

블록부 집수로방식은 블록부에 집수로를 설치하고 승수로는 오목부로부터 등고선에 대하여 1/30~1/50의 내림기울기로 집수로에 연결시키는 방식이다. 이 방식은 지표유출수를 오목부에 집중시킴으로써 수식에 강하고 수로구조물의 안정성이 좋다.

단점으로는 경작지의 고위부에 지구 밖의 유역이 존재하고 있어서 유입수를 배제해야 하는 경우에는 기존의 배수계통을 변경해야 하며, 승수로의 단면에 충분한 여유를 취하여 월류에 의한 수식을 방지한다.

오목부 집수로방식은 오목한 부분에 집수로를 설치하여 승수로를 볼록부부터 오목부로 향하여 1/30 ~ 1/50 기울기로 집수로에 연결하는 방식이다. 이 방식의 장점은 기존의 승수계통을 변경하는 일 없이 자연에 가까운 상태에서 배수하는 것이다. 이 방식은 개량원지형개간에서 직선적인 유로를 설치하거나 또는 성토한 부분에 집수로를 설치할 경우 토양침식에 약하므로 수로구조물이 불안정하게 된다.

다) 간선배수로

간선배수로의 배치는 이용할 수 있는 자연배수로의 위치, 현지 지형 또는 배수하천과의 관련을 고려하여 그림 4.4.5와 같이 결정한다.

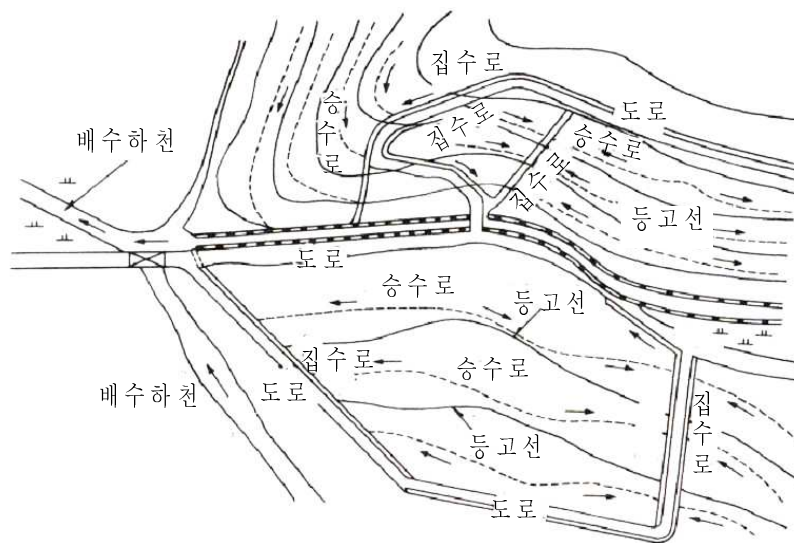


그림 4.4.5 배수로의 배치(예)

라) 초생배수로

(1) 초생배수로의 설치 위치

이랑·승수·독·승수로·집수로 등을 대상으로 초생배수로를 설치하면 토양침식 억제효과가 크다. 수로 설치는 지구내 저지대 또는 자연배수대가 적합하다. 대상재배지 또는 등고선 경작지는 배수로의 위치를 임의로 선정할 수 있으나, 테라스지인 경우에는 배수호가 자연배수대에 연결되도록 설치한다.

자연배수로는 침식으로 결리가 발생하지 않으면 유출에 강한 토질이며, 목초 생육에 충분한 습기가 있어서 초생배수로 설치가 곤란한 곳도 있으므로 조사 후 결정한다.

(2) 초생배수로의 설계

강우에 따른 유출수는 토양침식을 유발하여 경작지는 물론 수공구조물도 심한 피해를 받게 된다. 따라서, 유출수의 에너지를 감소시키고 배수처리를 위한 수로를 만들고 초생으로 보호하여 수로 자체의 침식도 막아야 한다. 초생수로는 수로 자체에 피해없이 유출량을 원활하게 배제할 수 있도록 얇은 포물선으로 설계하며, 유출수가 불연속으로 흘러 저수량과 고수량의 차가 심하면 복합단면으로 계획한다.

초생배수로의 종단길이는 30m로 하며, 이를 초과하면 낙차공을 설치하고, 목초류의 피복이 좋아진 후 배수에 이용한다. 수로단면을 결정하는 주요인자는 ① 지배면적(유역면적), ② 지형(경사도), ③ 토질 및 수분흡수율, ④ 피복작물 등이 있다.

(3) 유속의 결정

초생배수로의 설계는 추정된 유출량이 수로 내부의 초생피복에 영향을 주지 않는 유속 및 단면으로 결정한다. 수로 내의 초생상태(피복초의 종류, 밀도)에 따른 허용유속은 시험과 경험에 의하여 결정하며, 초생배수로의 허용유속은 다음과 같이 추정하여 사용한다.

① 0.9 m/sec : 기후 또는 토양조건이 좋지 못하여 빈약하게 잔디가 있는 경우

② 1.2 m/sec : 풀씨를 뿌려서 피복초의 밀생상태가 보통인 경우

③ 1.5 m/sec : 피복초의 밀생상태가 좋은 경우

④ 1.8 m/sec : 피복초가 완전히 착근하여 조밀하게 생육한 상태일 경우

⑤ 2.1 m/sec : 피복초의 종류가 양질이며, 조밀하게 잘 자란 특별한 경우로서 수로의 관리상태가 좋은 경우

일반적으로 설계최대유속은 식생의 종류, 밀생도, 토양의 침식성 등을 고려하여 표 4.4.3과 같이 결정한다.

표 4.4.3 초생배수로의 허용유속

초 종	허용 유속(m/sec)					
	내식성 토양(%)			수식성 토양(%)		
	0 ~ 5	5 ~ 10	10 이상	0 ~ 5	5 ~ 10	10 이상
버뮤다 그래스	2.4	2.1	1.8	1.8	1.5	1.2
켄터키 블루그래스	2.1	1.8	1.5	1.5	1.2	0.9
매듭풀, 위핑 러브그래스	1.05					
췌	1.05					
바랭이	1.05			0.75		
임시피복용 1년초	1.05			0.75		

수로 내의 조도는 유속을 방해하는 요소로 조도계수값 n 이 크면 클수록 마찰의 정도가 커진다. 따라서, 풀이 무성할 때와 적을 때가 다르며, 수로의 수심에 따라서도 수심이 낮을 때 큰 값을 나타낸다(표 4.4.4 참조).

표 4.4.4 각종 조도계수 n 값

재료 및 운영 상태	n 값
사행으로 변화가 심하며 수초가 많은 수로	0.070
사행으로 수초가 우거지고 유속이 완만한 수로	0.080
보통 흙바닥의 수로	0.028
작은 자갈 바닥의 수로	0.018

(4) 초생배수로의 시공

초생수로의 시공과정은 지형여건과 시공 장비에 따라 다르며, 주로 트랙터에 보통쟁기·디스크쟁기·디스크 해로(disk harrow)를 장착하여 시공한다.

인력에 의한 시공순서는 다음과 같다.

① 초생배수로 중심선의 상·하단에 설치한 말뚝을 기준으로 5~10m 마다 말뚝을 설치한다.

② 중심선의 양쪽 수로 폭에 따라 말뚝을 설치하면 초생배수로의 양변이 된다.

③ 기초를 파서 좋은 표토를 넣고, 10~20cm마다 도랑을 판 다음 목초를 이식하고 복토한 뒤 충분히 다진다.

④ 식생망(망 안에 흙과 비료와 종자를 혼입한 것)이 있으면 아래부터 위로 진행하면서 직경 20~25cm의 풀씨주머니를 2cm정도 겹쳐 쌓아올리면서 복토한 다음에 다져 둔다.

⑤ 식생을 한 후에 강우가 없으면 물을 주고 덮어 준다.

4.4.3 수원계획

기존의 수원은 대부분 논에 이용되고 있으며, 수리권관계로 새로 하천수를 이용하기 위해서는 용수량의 검토 또는 종합적 수원이용계획의 검토 등을 통한 하천수의 효율적인 이용이 필요하다.

지형, 지질을 고려하여 발관개의 경우 구릉지와 같이 하천유량이 부족한 지역에서는 일반적으로 하천수의 이용이 곤란한 경우가 많고, 또한 이용수량이 적을 때 스프링클러 관개를 위해 가압(加壓)이 필요한 경우 등 직접 지하수를 양수하는 편이 경제적이다.

심층지하수는 장소에 따라서 소규모적인 발관개용수로서 적당하지만 그 수원수량에는 한계가 있기 때문에 보링, 전기탐사, 방사능탐사, 양수시험 등의 충분한 조사를 통하여 부존량의 실태를 파악해야 한다.

저수지는 필요한 시기에 필요한 양을 공급할 수 있으므로 발관개와 같은 간단관개에 적합한 수원이다.

어떤 수원시설을 채택하더라도 발관개의 수원으로서 이용가능수량에 대해서는 필요수량의 시기별 변화를 고려해서, 그 총량과 함께 시기별 변화를 파악한다.

이용가능수량에 대해서는 장기간의 실측자료를 기본으로 하여 그 통계처리에 의해 수원의 확실성을 파악하고 계획을 수립한다. 갈수량이 적은 하천에서 최대한으로 취수하는 경우에는 특히 수원과 관개지구의 중간에 조절지 또는 저수조를 설치하고, 펌프 운전시간의 연장, 펌프 시설용량의 감량 등 수원시설에 대한 검토가 필요하다. 이 경우 펌프의 운전시간은 24시간을 기준으로 계획한다.

수원계획의 결정에 있어서는 도입될 작물체계나 작부율 등을 검토하여 용수를 효율적으로 사용하도록 한다. 수리시설의 구조나 물관리조직의 내용에 따라서는 용수시스템 계통내에서 물관리를 위한 관리손실을 예상해야 할 경우가 있으므로, 이를 위한 수원수량의 확보를 고려한다.

계획기준년은 10년에 1회 정도 발생하는 한발년을 채택한다. 하천취수의 경우는 확률 1/10정도의 갈수년을 계획기준년으로 한다. 저수지의 경우는 원칙적으로 저수용량 확률 1/10 정도의 해를 채택하는데 관개기간 중의 연속 한발일수 및 유효우량에 대해서도 검토한다.

기타 수원인 경우에는 관개기간 중의 연속한발일수 및 유효우량을 통계처리해서 확률 1/10 정도의 해를 계획기준년으로 한다. 이들 계획기준년 결정의 기본이 되는 기상, 수문기록 등의 자료처리는 원칙적으로 20년 이상으로 한다.

4.5 도로계획

농도의 신설 또는 개량에 따른 기능과 효과는 지역사회의 농업 및 경제·교통조건 그리고 생활환경에 큰 영향을 주는 것으로, 그 기능은 다양·복합적이므로 종합적으로 판단하여 결정한다.

도로는 개발한 후에도 생산활동 영역의 확대, 농지의 수확물 반출, 비료, 그 밖의 자재반입, 수송노동력 및 비용의 경감, 학생의 통학 등 새로운 농촌기반시설이 되도록 계획한다.

4.5.1 농도의 계획 및 종류

농도계획은 정비의 목적, 수혜지의 결정, 농업생산 및 영농상황, 노선 배치, 구조, 시공 및 관리 사업비와 효과 등에 대한 구체적인 내용을 분석하여 결정한다.

가. 계획방향

농도는 농업 및 농촌생활의 기반이 되며, 사회간접자본이라는 점을 감안하여 지역의 장래발전을 고려하여 계획하며, 농업생산의 근대화 및 농산물유통의 합리화와 사회생활환경의 개선에 기여할 수 있도록 계획한다.

농도계획은 대상지역의 기상·수문·지질 등의 자연조건 및 인구·산업·토지이용 등의 사회·경제조건과 도로·교통상황 등을 조사하여 지역의 현황과 각종 개발계획을 검토하여 정비목표를 설정한다.

나. 농도의 종류

농도는 그 주기능이나 배치에 따라 기간농도와 경지내 농도로 구분하고, 이의 이용목적에 따라 다음과 같이 구분한다.

1) 기간농도

기간농도는 농업 생산활동·농산물 유통 등 농업적 이용이 주가 되며, 이와 함께 농촌의 사회생활활동에도 이용된다. 예를 들면, 몇 개 마을 또는 몇 개의 읍·면·리·동에 걸치는 농업지역 안을 연결하는 농도나 이들 농업지역과 국도·지방도 등을 연결하는 농도 등을 말한다. 즉, 농업용 자재를 지역 내의 농업창고에 반입하거나 농산물을 처리·가공·저장하고, 유통시설에 집하 또는 이들 시설에서 도시소비지에 수송하는 데 이용되는 농도이다.

2) 경지내 농도

경지내 농도는 경지 내의 통작, 영농자재의 반입, 경지에서의 농산물 반출 등 농업생산활동에 주로 이용되는 농도이다.

가) 간선농도

마을간, 마을과 포구, 포구 상호간, 일반도로와 마을, 다른 지역과 농지정비구역의 생산·가공·유통시설 등을 서로 연결시켜 주는 도로이다.

나) 지선농도

간선농도에서 분기하여 포구와 경구에 연결되는 농도로서 농작업을 위한 왕래, 비료·농약 등 영농자재의 반입, 수확물을 경지에서 반출하는 데 이용된다. 또, 논밭의 농지정비계획에서는 지선농도를 통작도(세로 지선농도)와 연락도(가로 지선농도)로 구분하고 있다. 여기서 통작도는 각 경구의 단변에 접하

여 간선농도와 각 경구를 연결하는 농도를 말하고, 연락도는 통작도를 가로로 연결하는 연락용 농도이다.

다) 경작도

수확 및 방제작업 등에 이용하기 위해 경구의 경계부 또는 경구내에 설치하는 농도로서 일반적으로 농업용 농도이다.

4.5.2 노선선정

지구 내의 마을계획·상하수도계획·관개배수계획·방풍림계획·농지보전계획 등을 연구·검토하고, 기존 개간지구의 이용실태를 고려하여 도로망을 구성한다. 이 노선망으로 실제 도면 위에 합리적이라 판단되는 노선을 결정한다.

노선 선정시 주의할 사항은 다음과 같다.

- 1) 되도록 경사가 느리고, 급경사에 부딪치지 않도록 할 것.
- 2) 거리가 비교적 짧고, 급한 굴곡이 생기지 않을 것.
- 3) 절토량과 성토량을 되도록 적게 하면서 토공의 균형을 이룰 것.
- 4) 토지침식이나 붕괴될 위험이 있는 곳은 피할 것.
- 5) 토질이 좋은 곳을 통과시켜야 하며, 점토지보다 역질지대가 좋다.
- 6) 지표수 및 지하수의 처리가 잘 되고, 하안지면은 최고수위보다 1.0m 이상 높게 여유를 둘 것.
- 7) 가교 지점수나 그 스패(span)수가 적은 지점을 택할 것.
- 8) 되도록 별이 잘 들고, 바람이 잘 통하는 곳을 지날 것.
- 9) 도로재료, 즉 모래·자갈·석재 등을 채취하기 쉬운 곳을 택할 것.
- 10) 기존 토지소유경계에 자연 발생적으로 형성된 도로인 경우에는 예외임

도면에서 몇 개의 예정선이 결정되면 현지조사(reconnaissance)로 타당성을 검토하고, 각 후보노선에 따른 예측(preliminary survey)을 하여 비교·검토해서 ① 공사시공이 가장 쉽고, ② 이용상의 안전성이 높고, ③ 비용·편익비율이 높은 것을 확정노선으로 선정하여 확정측량을 실시한다. 예측결과를 비교·검

토하는 세목은 다음과 같다.

①에 대하여 : 압거 · 터널 · 토공의 유무, 개소수, 토공량과 토질상으로 본 공사의 난이, 도로재료의 유무, 위치, 운반거리 및 난이, 사토장의 유무, 건설 기계도입의 난이

②에 대하여 : 노선성격상 갖추어야 할 구조물의 양 · 수해 · 붕괴 · 풍해 등 재해에 대한 안전도, 궤도와의 교차수

③에 대하여 : 노선연장, 기설도로의 이용률, 공사비, 수익면적, 용지비, 유지 관리의 난이

4.5.3 농도의 형상 및 구조

농도의 형상과 구조는 영농규모와 경작방법을 기본으로 하여 대형농업 기계(자동차 포함)가 안전하게 통행할 수 있도록 결정한다.

가. 폭

농도폭은 농도의 유효폭에 양쪽의 노견폭과 기타 필요한 여유폭을 합하여 결정한다 (표 4.5.1 참조).

표 4.5.1 농도종류별 설계폭

농도 구분	차 량 종 류 별	기본폭 (m)	교차 간격 (m)	여유폭 (m)	노견폭 (m)	계 (m)	농도폭 (m)
간선	자동차와 자동차	5.0	0.5	0.6	1.0	7.0	7.0
	자동차와 대형농기계	4.8	0.5	0.6	1.0	7.0	7.0
지선	자동차와 자동차	5.0	0.3	0.2	0.5	6.0	6.0
	자동차와 대형농기계	4.8	0.3	0.2	0.5	5.8	6.0
	대형농기계와 영농기계	4.6	0.3	0.2	0.5	5.6	6.0
경작도	자동차 일방통행	2.5	-	-	1.0	3.5	4.0
	대형농기계 일방통행	3.3	-	-	1.0	4.3	4.0

표 4.5.2 각종 농기계 및 차량폭

기 계	차량폭 (m)	기 계	차량폭 (m)
승 용 차	1.7	트레일러	1.9
대형트럭(6t 이상)	2.5	중자파종기	3.0
소형트럭(2t 이상)	1.7	롤 러	2.4
경운기(5 HP 이상)	0.7	퇴비살포기	2.0
트랙터(30 HP 미만)	1.1	디스크 해로	2.3
트랙터(30 HP급)	1.7	건초수확기	2.4
트랙터(50 HP급)	2.3	스피드 스프레이어(400ℓ)	1.0
콤바인(3조 이하)	1.7	스피드 스프레이어(800ℓ)	1.5
콤바인(20 HP급)	2.3		

나. 노면의 높이

노면을 잘 유지하기 위하여 간선농도는 농지면 위로 0.5m, 지선농도는 구획에 작업기를 도입하는 데 편리하도록 0.4m 이상 높게 한다.

농도는 용수지거에 부설하는 것이 일반적이나, 용수계획상 노면이 너무 높게 될 경우에는 배수지에 부설하는 방안도 검토한다.

한편, 급경사지에서 용·배수 겸용수로를 계획할 때에는 향후 유지관리, 농로의 기능 등을 고려하여 다음 방법으로 결정한다.

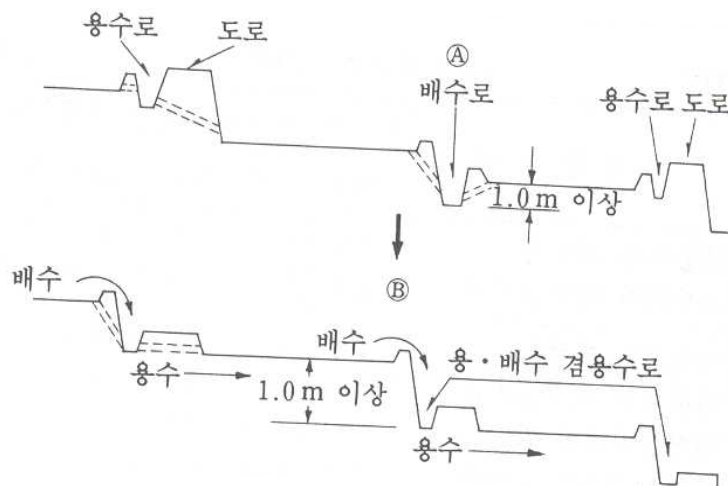


그림 4.5.1 농도와 용·배수로의 관계

그림 4.5.1에서

㉠의 경우

- 배수로 단면이 커지고 배수로 부지가 늘어난다.
- 배수로 도로의 사면장이 길어지고 사면을 보호할 필요가 생긴다.

㉡의 경우

- 배수로 도로의 사면장이 짧아진다.
- 도로에서 경구(배미구)의 진입이 수월하다.
- 배수의 재이용이 쉽다.
- 수로의 유지·관리에 도로를 이용하기 때문에 편리하다.

다. 종단기울기

간선농도의 최대 종단기울기는 보통의 경우 8%(4°36'), 특별한 경우 12%(6°51')를 표준으로 한다. 단, 8% 이상의 종단기울기에 대해서는 100m를 한도로 하는 제한길이를 설치하고, 이 제한길이 안에서 길이 30m 이상으로 완화기울기 2.5% 이내의 접속구간을 설치한다.

라. 횡단기울기

노면중앙을 양쪽보다 높여서 노면배수가 잘 되도록 한다. 횡단기울기는 흙도로 3~6%, 콘크리트 및 아스팔트 포장도로는 빗물의 허용유속한도 내에서 클수록 좋으나 차량의 안전이나 주행을 고려하여 작게 한다(표 4.5.3).

표 4.5.3 설계속도와 선형요소

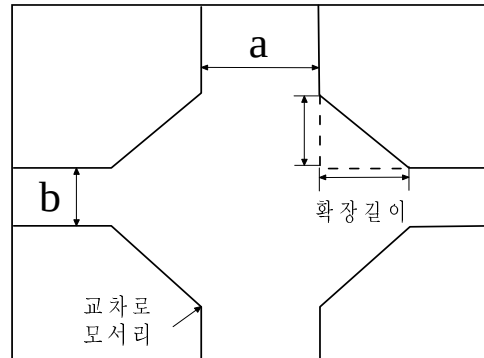
설계속도 (km/h)	최소곡선반경(m)			완화 곡선길이 (m)	최대종단기울기(%)	
	일반	특례	바람직한 최소곡선반경		일반	특례
50	100	80	150	40	6	9
40	60	50	100	35	7	10
30	30		65	25	8	11
20	15		30	20	9	12

마. 교차로

농도의 교차로는 직교하는 것을 원칙으로 하며, 대형 농기계 및 운반 장비, 차량의 통행을 원활하게 하기 위하여, 모서리부분을 확장하며 확장 폭은 1~3m가 표준이다. 교차로 농도의 확장 폭의 표준은 표 4.5.4와 같다.

표 4.5.4 교차로 농도의 확장폭(m)

교차 도로의 농도폭(m)		a		
		3	4	5
b	3	3.0	2.5	2.0
	4	2.5	2.0	1.5
	5	2.0	1.5	1.0



4.5.4 농도의 포장시공

노상의 성토재료는 지역의 토질에 따라 가능한 지구 안에서 처리하는 것이 경제적이다. 지반이 연약하거나 양질토가 없을 경우에는 지구 밖에서 운반하여 사용하며 경제성을 고려하여 결정한다.

가. 노면구조

농도의 노면구조는 흙도로·매카담도로·아스팔트 또는 콘크리트 포장도로 등을 들 수 있는데, 농업생산활동에 사용되는 농도의 노면구조를 어느 수준으로 할 것인가는 계획교통량·연간 이용율 등에 따라 차이가 있다. 계획교통량이 많고, 비영농기에도 마을과 마을간, 마을과 일반도로를 연결하는 간선농도는 교통이 빈번하므로 노상성토의 재질이 양호하여 필요 없는 경우를 제외하고는 자갈을 부설한다. 지선농도는 일반 토사도라 하더라도 시공시 양질의 성토재료를 사용하여 농도의 기능이 최대한 발휘되도록 계획한다.

도로의 포장시공은 그림 4.5.2와 같이 도로의 구조 분류에 따라 시행한다.

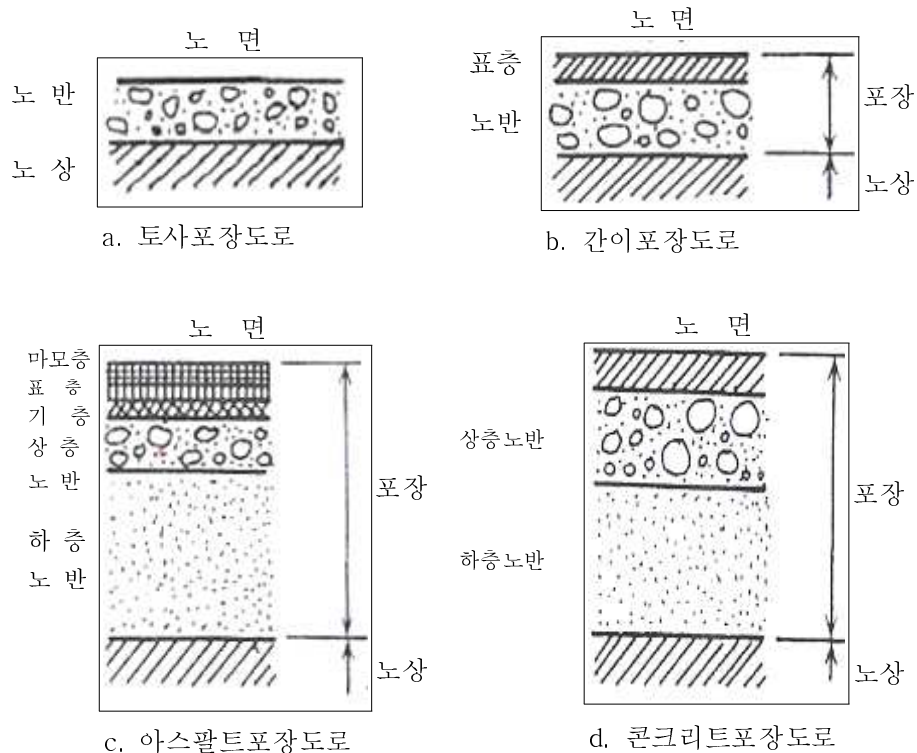


그림 4.5.2 도로의 구조 분류

나. 진입도

농도는 영농의 필수기반시설로 농지규모와 관계없이 반드시 설치되어야 한다. 따라서, 개간사업계획에 반드시 포함되어 시공기계의 출입 및 안정적인 영농을 위한 진입도의 확보방안이 명시되어야 한다. 진입도가 없거나 협소한 경우 토지소유자의 사전 동의나 매입하는 등의 조치를 취해야 한다.

농도는 농지표면으로부터 최소한 0.4m 이상 높게 설치되므로 소형·중형·대형의 각종 기계가 농도에서 경지에 진입하자면 진입도가 필요하다. 설치장소는 50a 미만의 경구이면 농도에서 경지로 향하여 왼쪽 끝에 1개소를 설치하고, 진입도의 폭은 트랙터의 회전반경이나 콤바인 폭을 고려하여 4m로 한다.

진입도와 밭의 고저차가 30cm 이하인 경우에는 흙관을 놓고 그 위에 흙을 덮

는 정도로 만든다. 진입도의 기울기는 트랙터의 경사지 오르막 한도를 고려하여 18°(32.5%) 이내로 한다.

다. 간이 교량

농지 진출입을 위한 간이교량은 일반적으로 2개 경구에 1개소를 설치하며, 농기계 출입이 원활하도록 진입로와 밭의 고저차가 있는 경우 1개 경구에 1개소 설치할 수 있다. 간이교량의 폭은 대형농기계의 이용 등을 고려하여 5~7m를 표준으로 하며, 도로면과 경지면의 높이차를 고려하여 결정한다.

표 4.5.5 간이 교량 폭 기준(m)

구획 규모	a (m)	b (m)	c (m)
소·중 구 획	3~4	6	4
	5이상	5	4
대구획	4	7	5
	5이상	6	5

4.5.5 경사지 농도의 배치

경사지 농도는 농기계 작업 효율, 관개방식 등에 따라 결정되는 경구의 장·단변 길이에 따라 배치된다. 8°이상의 경사지 또는 복잡한 지형의 밭은 안전성, 농작업의 효율성, 농지보전 등의 효과를 얻기 위하여 곡선형 배치를 한다.

가. 완경사지 농도

지형경사가 5%(2.9°) 이하인 보통밭은 농기계작업·관개방식 등을 고려하여 경구의 장변길이는 대개 200m가 되며, 이 길이가 포구의 한변 길이, 즉 도로

간격(통작도의 간격)이 된다. 채소재배지는 종묘·수확물의 운반을 거의 인력으로 하기 때문에 운반거리의 한계를 50m로 하고 있으며, 채소밭의 도로간격은 100m가 된다. 보통작물인 경우도 기계화가 불충분한 영세규모의 경작지는 이 정도의 도로 간격이 필요하다. 이 경우 개인간 또는 인접 경작자와의 협의에 의해서 경작도를 가설한 후 경영규모의 확대, 기계화의 진전에 따라 경작도를 폐지하고 경구를 확대한다.

통작도에 교차하는 연락도의 간격은 마을의 형태, 경지의 분산상황에 따라 달라진다. 경지의 집단화가 이루어지고, 마을과 경지의 위치관계가 단순한 경우에는 연락도의 간격을 500m이상으로 하나, 여러 경작자의 경영과 여러 마을에 속해 있는 경지가 복잡할 경우에는 간격을 200~500m로 한다.

나. 경사지 농도

지형경사가 14%(8°)를 넘는 경사지 밭 지역 및 복잡한 지형은 직교격자형의 도로망으로 하면 도로종단경사가 20%(11.3%)를 넘는 부분이 생기게 된다. 포장면과 큰 단차가 생겨서 도로이용상·도로관리상 또는 농지보전상 불리하게 되므로 직교격자형의 도로배치를 하지 않고, 교통의 안전, 농지보전 및 도로관리를 고려하여 선형배치로 한다. 도로는 과다한 절·성토를 하지 않고도 제한경사 이하가 되게 선형을 선택하여 포장면과의 단차를 줄이도록 한다.

경사지에서 도로측구 및 포장노면은 배수조직의 일부로 이용되는 경우가 있으므로, 이 경우에는 배수기능면도 고려하여 배치한다. 과다한 배수부담은 도로를 파손하고 교통에 지장을 주게 되므로, 측구와 배수로를 부대하는 노면은 견고한 구조로 축조한다.

4.5.6 농도의 배수처리

일반적으로, 농도의 축조재료는 빗물로 인해 그 강도가 저하된다. 즉, 농도의 파괴는 빗물이 원인으로 노면이 담수되면 교통의 안전성을 위하여 배수시설을 설치한다.

농도의 배수는 다음사항을 고려하여 표면배수·지하배수·사면배수·구조물의 배수 및 동상에 대하여 검토한다(그림 4.5.3 참조).

- 1) 노면배수의 지체에 의한 교통정체나 슬립(slip) 사고
- 2) 노면 또는 인접부에서 유입하는 지표수의 농도 내부의 침투에 의한 농도의 파괴
- 3) 인접부로부터의 침투수, 지하수위의 상승으로 인한 농도의 노화 및 파괴
- 4) 사면의 침식붕괴
- 5) 교량·터널·옹벽 등 구조물의 기능저하 및 파괴
- 6) 한랭지는 동결에 의한 노상지지력의 저하 및 농도의 파괴

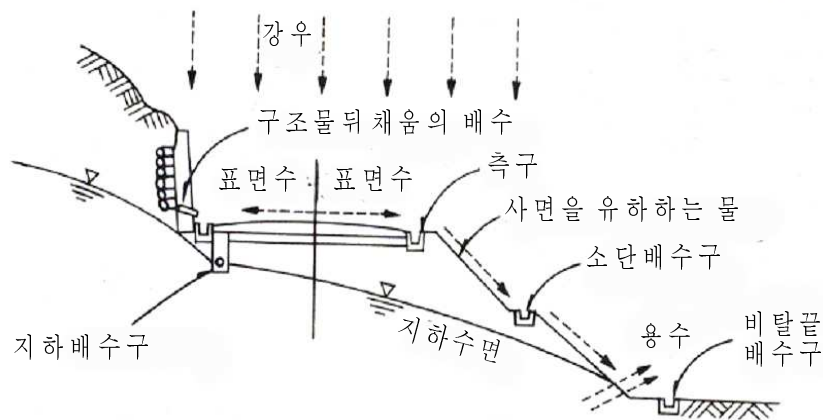


그림 4.5.3 농도의 배수처리

가. 표면배수

표면배수는 강수에 의하여 생긴 노면수 및 인접부에서 농도로 유입하는 물을 측구 등으로 유도하여 농도 내부로 침투하는 것을 방지하기 위한 것으로, 집수범위는 다음사항을 고려하여 결정한다.

- 1) 농도부지 내에 내린 빗물은 원칙적으로 표면배수시설로 배제한다.
- 2) 농도부지 밖에 내린 빗물은 지형상 부득이한 경우를 제외하고는 원칙적으로 표면배수시설에 유입시키지 않는다. 단, 경사지의 경지내 농도는 유역배수와 농도용지배수를 같이 처리하는 것이 합리적이고 경제적인 경우가 있다. 이 경우에는 경사지유역을 포함한 집수범위로 계획한다.

나. 지하배수

지하배수는 노반 및 노상배수로 구분되며, 노면하의 지하수위를 저하시키고 농도의 인접지대 및 노면에서 침투하는 물을 배제한다.

1) 노반배수

노반배수는 보통 측구 밑에 유공배수관을 묻어 노반 내의 물을 배제하는 공법을 사용한다.(그림 4.5.4 참조)

2) 노상배수

노상배수는 노반배수에 비해 깊은 곳에 배수구를 만들며 측구 밑에 설치한다(그림 4.5.4 참조). 인접부로부터 침투수가 있을 경우에는 차단배수구를 설치한다(그림 4.5.5 참조).

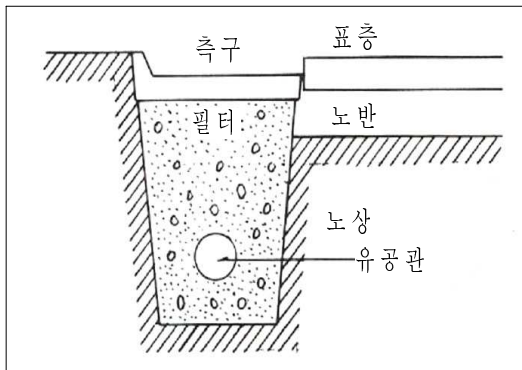


그림 4.5.4 노반 및 노상배수구의 예

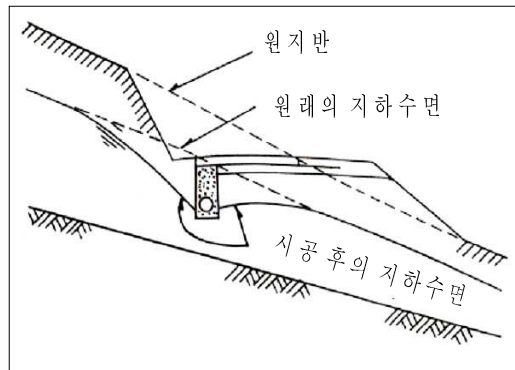


그림 4.5.5 차단배수구의 예

3) 사면배수

농도의 절토·성토사면은 빗물·지표수 등의 유하·침투로 침식을 받거나 사면붕괴를 일으키므로 사면보호공과 함께 사면배수시설을 설치한다.

4.6 부대시설

개간사업후 안정적인 영농활동을 위해서는 기반시설의 정비와 함께 관련 부대시설의 정비가 필요하다. 주민의 안정적인 생활용수 확보, 주택 및 공동시설의 확보, 자연재해로부터 방재 안전시설의 확보, 정비와 함께 환경적 측면도 고려한 종합적인 농지개발이 되도록 계획한다.

4.6.1 생활용수시설

생활용수량은 기후·풍토·습관·환경 등에 따라 다르나, 농촌은 도시에 비하여 용수량이 적어서 평야지대의 농촌은 1호당 150~250ℓ, 빗물을 이용하는 산촌은 100~150ℓ를 기준으로 한다.

안정적인 농촌생활을 위해서는 음료·취사·세탁·목욕 등에 필요한 물과 가축사육에 필요한 물, 즉 농촌생활용수를 확보한다.

계획 급수량의 표준은 표 4.6.1과 같으며 여기에 계획급수대상수량을 곱하면 된다. 기본적인 생활용수이외에 위생·방화 등의 용수량을 고려하면 1호당 하루에 500ℓ의 급수계획을 세우는 것이 안전하며, 농산물 가공을 고려하면 용수량은 별도로 추가한다.

총 생활용수량이 결정되면 개간대상지인 구릉지·대지·산지 등에서 필요수량을 확보한다. 용수원은

- ① 지표수(하천수·호수·저수지),
- ② 지하수(천층수·심층수·용천수·복류수),
- ③ 천수(직접 이용) 등이 있다.

4.6.2 방재시설

개간지구의 생활과 생산을 유지하고, 지구 내·외의 안전을 위하여 방재시설이 필요하다. 방재시설에는 방풍림·방무림·방조림·토사방지림 등의 방재림과 경사지에 대한 수식방지시설이 있다.

자연지는 식물로 보호를 받고 있기 때문에 폭풍우의 침식을 받더라도 정상침식(normal erosion)이 나타나며, 인위적으로 개간된 토지는 목초 등으로 피복될 때 까지 가속침식(accelerated erosion)이 발생한다. 적절한 보전대책을 세우지 않으면 수식과 풍식으로 작물이 피해를 입게 되며, 경지는 지력을 잃어 파괴되며, 주택과 제반 시설도 위협을 받게 된다.

가. 방풍림

방풍림은 바람의 파괴작용을 막고 보온작용($1 \sim 4^{\circ}\text{C}$)을 하는 것으로, 강풍이 부는 해안·하안·산기슭·고원·대지 같은 곳에 조성한 개간지는 바람 때문에 작물·경지·시설 등에 나쁜 피해를 주므로 지구 내·외의 보전상 방풍림(wind breaks)이 필요하다. 방풍림을 만들면 경지면적이 줄고 그늘이 져서 기존개간지에 신설하기는 매우 어려우므로 사전에 방풍계획을 수립한다.

1) 방풍기능

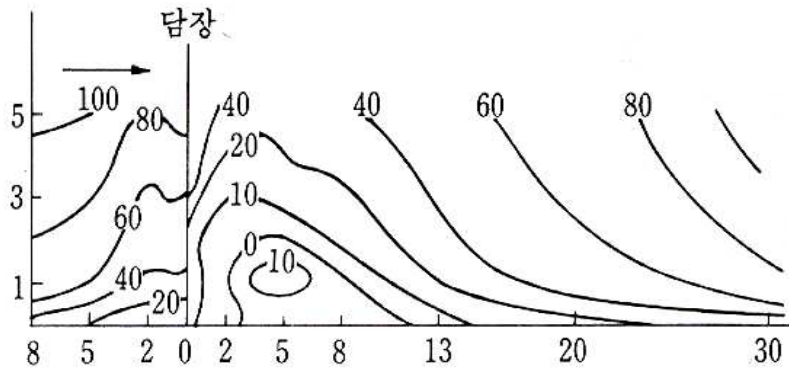
방풍림의 풍상·풍하에서 소용돌이가 생기면서 풍속이 감소하고 풍향을 상공으로 바꾸는 역할을 하는데, 특히 풍하에서는 높은 곳과 낮은 곳에서 서로 반대방향의 기류가 생기면서 풍속이 없는 풍안이 생긴다. 풍속감소의 효과는 방풍림의 밀도와 풍속에 따라 다르며, 일반적으로 풍상에서 5배, 풍하에서 20배 되는 거리까지 그 영향이 미친다(그림 4.6.1 참조).

표 4.6.1 계획급수량 (표준)

급 수 종 별		계 획 단 위
음생 료활 수용 수	일반 학교 여관 병원	계획급수인구 1 인당 수 용 인 원 1 인당 숙박수용인원 1 인당 1 상 당
가 축 사 육 용 수	젖소 비육우 말 돼지 양 닭	계획사육마리수 1 마리당 계획사육마리수 1 마리당 계획사육마리수 1 마리당 계획사육마리수 1 마리당 계획사육마리수 1 마리당 계획사육필수 1 마리당
방 제 용 수	굴 차 뽕나무 기타 수원지 하우스 채소 기타 작물	계획대상면적 10 a당 계획대상면적 10 a당 계획대상면적 10 a당 계획대상면적 10 a당 계획대상면적 10 a당 계획대상면적 10 a당
세 정 용 수	트랙터·트럭 승용차 트레일러 기타 채소·과실	계획대상대수 1대당 계획대상대수 1대당 계획대상대수 1대당 계획대상대수 1대당 계획대상대수 1대당
육묘용수		계획대상면적 10 a당
관개용수		계획대상면적 10 a당

(주) 급수량은 표준값으로 지역 실정에 따라 증감할 수 있다.

1일 평균급수량	1일 최대급수량	비 고
100 ~ 150 ℓ/인 · 일 35 ℓ/인 · 일 70 ℓ/인 · 일 250 ℓ/인 · 일	150 ~ 225 ℓ/인 · 일 52 ℓ/인 · 일 105 ℓ/인 · 일 375 ℓ/인 · 일	1일 최대/1일 평균 = 1.5 정도
150 ℓ/마리 · 일 50 ℓ/마리 · 일 45 ℓ/마리 · 일 20 ~ 50 ℓ/마리 · 일 8 ℓ/마리 · 일 0.2 ~ 1.0 ℓ/필 · 일	225 ℓ/마리 · 일 75 ℓ/마리 · 일 67 ℓ/마리 · 일 30 ~ 75 ℓ/마리 · 일 12 ℓ/마리 · 일 0.3 ~ 1.5 ℓ/필 · 일	1일 최대/1일 평균 = 1.5 정도
	500 ~ 1,000 ℓ/10a 300 ~ 400 ℓ/10a 100 ~ 200 ℓ/10a 200 ~ 1,000 ℓ/10a 300 ~ 400 ℓ/10a 200 ~ 500 ℓ/10a	계획 1일 최대급수량 은 작물마다의 방제 시기 · 회수 · 대상면 적을 조합한 다음에 연간의 순별 1일 최 대급수량을 구한다.
100 ℓ/대 · 일 350 ℓ/대 · 일 50 ℓ/대 · 일 5 ℓ/대 · 일 적 당 량	150 ℓ/대 · 일 525 ℓ/대 · 일 75 ℓ/대 · 일 7 ℓ/대 · 일 적 당 량	
	700 ~ 800 ℓ/10a	
	3,000 ~ 8,000 ℓ/10a	



(거리는 담장높이의 배수, 풍속은 원풍 14m/sec의 %를 나타낸다.)

그림 4.6.1 방풍담장 부근의 비풍속 분포도

2) 방풍림 조성

방풍림은 지대가 평탄하고, 주풍이 5m/sec 이상인 토지나 5m/sec 이하로 흙이 가벼운 화산회토나 사토로서 건조하기 쉬운 토지, 계절적으로 폭풍이 부는 토지, 냉해의 우려가 있는 고랭지에서는 방풍림을 조성한다.

방풍림의 위치는 방풍기능을 충분히 발휘하면서 농지 피해가 적도록 제방·능선·논두렁·도로·하천부지 등 영농에 적합하지 않은 지대를 이용하며, 방향은 주풍에 직각으로 설치하며 입지조건에 따라 45° 까지 설치한다.

방풍효과를 위해서는 주방풍림에 직각으로 부방풍림을 두어 전체가 바둑판 모양을 이루도록 방풍림망을 형성하면 효과적이다. 방풍림대의 길이는 길수록 좋고, 중간에 절단된 곳이 나무높이의 2배 이상 비어 있으면 풍속이 더해진다. 방풍림대폭은 보통 나무높이의 2~4배, 열수는 3~5열이 적당하다. 주방풍림폭은 20~50m, 부방풍림폭은 10~30m가 표준이다.

방풍림대의 간격은 유효거리로는 나무높이의 25배이나 안전상 20배로 한다. 방풍림은 전체가 하나의 장벽을 형성하면서 나무높이가 높고, 수간이 밀생하면서 가지가 낮게 뻗어 있는 것을 선택한다. 수목열 중에서 중앙은 침엽수, 양바깥쪽에 활엽수를 중앙부터 연차간격(3~5년)을 두면서 심는 것이 좋으며, 추후 갱신할 때에도 유리하다.

수종은 ① 기후, 풍토에 알맞고, ② 바람에 대한 저항력이 강하고, ③ 생장이 빠르며, ④ 인공조림과 천연갱신이 잘 되고, ⑤ 강건하고 수명이 길며, ⑥ 수간이 밀생하고 가지가 아래까지 붙어 있으며, ⑦ 연료, 용재 등으로 이용가치가 높아야 한다.

침엽수는 활엽수보다 풍·설해에는 약하나 나무의 높이가 높기 때문에 방풍 효과가 큰 것이 많다. 방풍림은 단순림이 아닌 혼효림으로서 침·활엽수와 교목·관목 등을 적당히 혼합하여 조림한다.

나. 토사방지림

사면붕괴는 지질구조와 관련이 많은데, 같은 기울기의 비탈에서 일어나는 일은 드물고, 비탈이 S자형을 이루고 있는 변곡점 부근에서 볼록형 부분이 떨어지는 경우가 많다. 따라서 계류하천 기슭의 경사지나 산복 요곡부, 경사가 급한 산복으로 S자형의 돌출부는 붕괴되기 쉽다. 경사도 20° 이하와 40° 이상 되는 비탈은 비교적 붕괴가 적고, 30° 내외의 산복에서 많이 일어나므로, 산지나 구릉지를 개간할 때에는 충분히 고려한다.

산림은 산지가 붕괴되는 것을 ① 뿌리로 흙을 감싸고, ② 임목 자체의 무게로 지면을 압밀하고, ③ 낙엽부식토로 수식을 방지하고, ④ 뿌리로 기암의 경계를 둘러싸서 보호한다.

토사방지림 조성법 중 산복공사 방법은 다음과 같다.

산복의 경사가 완만하면 직접 조림할 수 있으나 25° 이상 되면 산복공사를 한 다음에 조림한다. 산복공사는 지면을 고정시켜 수식과 토사붕괴를 예방한다. 산복에는 불규칙한 요철이 있어 빗물이 낮은 곳으로 집중하여 흐를 때 수식이 발생한다. 이곳은 침식을 받기 쉬우므로 길이 30~40cm, 폭 20~25cm, 두께 3~6cm의 때잔디를 입혀둔다. 이것을 비탈다듬기(整度工, slope grading works)라 한다. 지반이 연약한 비탈은 짚이나 쉼으로 덮고, 횡목으로 누른 다음 말뚝을 박아서 고정시킨다. 이를 쉼덮기공, 짚덮기공이라 한다(그림 4.6.2 참조).

비탈다듬기를 한 산복은 경사의 완급에 알맞게 등고선에 따라 수직고 1.2~2.0m마다 폭 0.6~1.0m의 계단을 만들고, 그 위에 선폐공, 석축공·편책공과 같이 흙을 모으고 묘목을 심는다. 성토사면에는 근처에서 쉽게 구할 수 있는 재료로 보호한다(그림 4.6.3, 그림 4.6.4, 그림 4.6.5 참조).

간단한 산복공에서는 비탈다듬기를 한 후 수직고 1m마다 폭 0.5m의 계단을 만들고, 계단 가장자리에 풀이나 칩을 심고, 안쪽에 묘목을 심는데, 이것이 풀계단공(grass strip-terracing structures)이다(그림 4.6.6 참조).

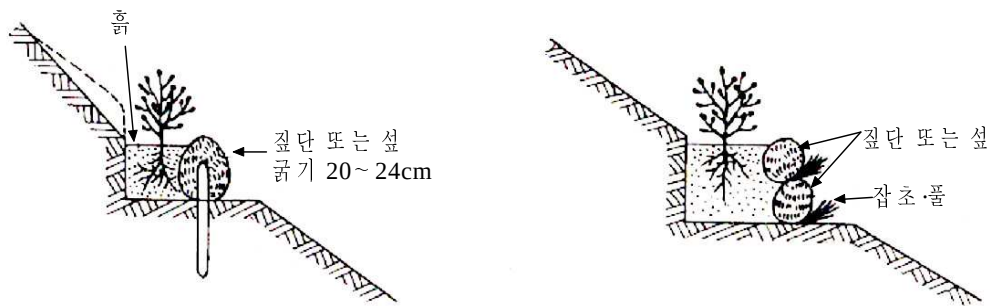


그림 4.6.2 짚단·싹 덮기

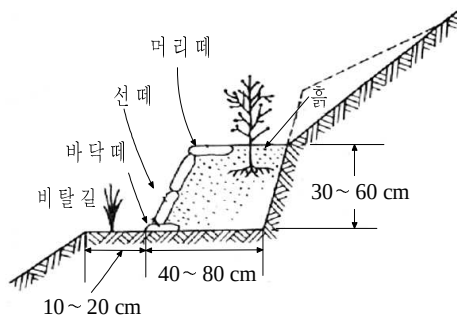


그림 4.6.3 선폐공

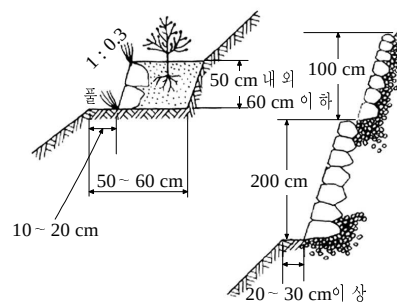


그림 4.6.4 석축공

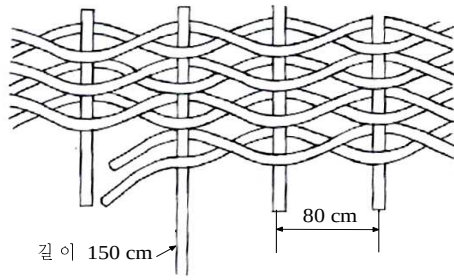


그림 4.6.5 편책공

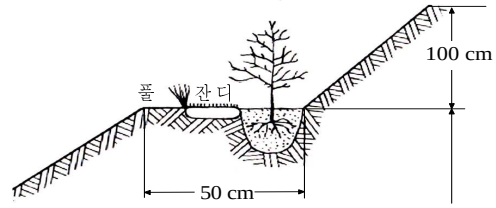


그림 4.6.6 플계단공

토사방지림은 기존림을 이용하고 부족분만 보완하는 것이 좋으나, 신설할 경우에는 ① 토지를 빨리 고정시킬 것, ② 발아력이 강할 것, ③ 장래 지상부의 중량으로 균열이 일어나지 않을 것, ④ 건조에 강하며 내구력이 강할 것, ⑤ 지상부에 비하여 나무뿌리의 신장력이 클 것, ⑥ 동해·병충해·한해 등에 저항력이 강한 수종을 선택하며, 침엽수보다 활엽수가 좋다.

오리나무류는 번식력이 강하고, 메마른 땅에서도 잘 자라며, 뿌리가 땅 속에서 흙을 고결시키고, 측근은 비탈을 고정시키는 작용이 있으며, 뿌리에서는 근저균의 작용으로 공중질소를 고정시키므로 좋은 수종이다. 소나무는 척박지·암석지 등에서도 잘 자라나 송충·소나무혹벌레의 피해가 심하고, 해송은 해안에 알맞다. 초본류는 목본류와 같이 혼파하여 1차적으로 초본류로 지표면을 덮어 표토의 이동을 방지한 후, 2차적으로 목본류를 식생 조성하여 토사의 붕괴를 방지하는 것이 더욱 효과적이다.

다. 수식방지시설

수식은 강우·용설·해빙으로 토립자가 아래로 운반되는 현상으로 빗방울침식·면상침식·세류침식·결리침식의 네 가지로 구분한다. 환경사지에서는 이토가 가장 침식이 잘 되나 경사가 17° 이상이 되면 사질토에서 침식이 크게 나타난다.

수식방지대책에는 농법상의 대책과 공법상의 대책이 있다. 전자는 개간후 지력유지를 위하여 등고선경작과 대상재배를 하는 것이고, 후자는 배수시설·결리(gully) 안정공·계단밭 조성 등 일련의 토목적인 수단에 의하는 것이다.

이러한 수식방지시설은 유지관리를 소홀히 하면 그 효력을 충분히 발휘하지 못한다.

수식에서 가장 피해규모가 크게 나타나는 걸리침식에서 걸리가 유역의 분수계 부근에 나타나면 식물보호대를 조성한다. 유역의 중간 부분에서 걸리가 발생하여 진행상태에 있으면 적절한 방지수단이 필요하다.

걸리를 복구하는 가장 좋은 방법은 걸리 전체나 또는 걸리 앞부분을 식물로 덮는 것이다. 걸리에는 심토가 노출되어 있어 식물생육이 어려우므로 관리에 유의한다. 짧은 다년생 만초로 생육이 좋은 것은 1년에 10m 정도 자라므로, 식재가 불가능한 급경사 사면 등에 침식방지 효과가 있다.

걸리 부분에 식물을 심어 뿌리가 안정될 때까지는 유출수가 걸리 부분에 집중하지 않도록 하며, 이를 위해서는 다음과 같은 방법이 있다.

1) 유역 안에 강우를 저류하는 방법

사방보 · 소류지 등을 축조하여 유출수를 감소시키고, 간접적으로는 등고선 경작 · 대상재배 등의 수식방지농법을 채택하거나, 밭을 초지나 산지로 전환한다.

2) 걸리에 유출수가 들어가지 않도록 유향을 바꾸는 방법

앞의 방법을 적용해도 유출수가 생기면 걸리 앞부분에 유수로를 만들고, 유수로 주변에 영년생 식물의 여과대를 만들어서 토사가 유수로에 흘러들어가는 것을 방지한다. 유수로는 위험강우기의 최대유출수를 모두 배수할 수 있는 단면으로 한다. 유수로는 막파기 흙수로이면 1/100 이하의 기울기로 하며, 걸리 앞부분에서 걸리 깊이의 3배 이상 떨어진 곳에 설치한다.

3) 걸리에 들어온 유출수를 안전하게 흘려 보내는 방법

식생이나 식생과 구조물을 병용해서 걸리에 유입해 들어온 물을 안전하게 흘려 보낸다. 식생으로는 수목 · 관목 · 잔디 · 목초 등을 심는다. 걸리의 유로부에는 유로를 횡단하여 2~3m 간격으로 초생대를 만든다. 초생대의 폭은 0.3m 이상으로 취하고, 걸리 양측에 고수위 이상의 높이까지 심는다(그림 4.6.7). 불충분할 경우에는 추가로 쇠 · 말뚝 · 철망 등을 사용하여 일시적인 저수보를 설치한다.

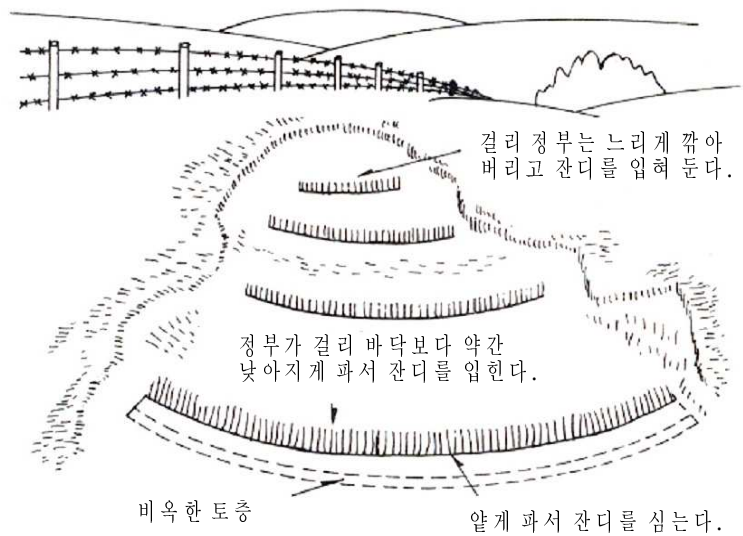


그림 4.6.7 잔디 저지보

저수보(둑)는 걸리 앞부분과 유로부의 침식을 방지하여 식물의 생육환경을 좋게 하기 위해 설치한다. 둑은 높이 30cm 정도 되는 작은 것을 계단상으로 많이 만들고, 5~10년에 일어나는 최대유량을 월류시키는 단면으로 한다.

저수보 하류에는 짧은 물받이(apron)공으로 하는 것이 안전하고, 둑의 수명은 3~8년 정도이다. 대규모의 걸리로 유역이 넓으면 돌·콘크리트·흙으로 본격적인 구조물을 설치한다.

제 5 장 영농

5.1 작물

5.1.1 작물 선택상의 유의점

개간지에 작물을 농업경영에 도입하여 합리적인 경영에 의하여 소득을 높이려면 우선 지역의 입지조건에 적절한 재배작물을 선정하여 생산성과 수익성이 확보 되도록 하여야 한다.

영농상 적합한 작물은 자연적인 재배환경에 잘 적응하여야 하며 경영, 경제적으로 유리한 조건을 구비하여야 한다. 그러므로 작물을 선택하는 데는 먼저 기상, 토양 등의 자연환경에 적합한 종류를 고르고, 그 중에서 가장 수익성이 높은 것을 선택하도록 한다. 그런데 같은 작물 중에서도 품종에 따라서 환경 적응성이 다르고 품질에 차이가 있어서 수익성도 다른 경우가 많으므로, 개간지에서는 우선 기상·토양 등의 자연재배환경을 과학적으로 면밀히 조사한다.

이 중에서 기상환경은 해마다 일정하지는 않지만 다년간의 경험과 개간지 인근에 있는 기상관측소 및 그 관련기관이나 농촌진흥청, 각도 농업기술원, 각 시군 농업기술센터 등에서 관측한 결과를 참고로 할 수 있으므로 비교적 용이한 편이다. 그러나 토양환경은 지역에 따라서 차이가 심하고, 특히 전혀 작물을 재배한 바 없는 새로운 개간지는 경험이나 육안으로는 충분히 토양의 특성을 파악할 수 없으므로 관계기관에 의뢰하여 물리화학적인 분석을 하도록 하며, 이러한 토양 조사는 개간지 개량의 기초 자료로도 중요하다. 분석조사가 곤란한 경우는 개간지와 비슷한 다른 지역 기개간지의 실례를 조사하여 참고로 한다.

또한, 경영·경제적 조건이 유리하여 수익성이 높아야 하므로 재배목적(이용성), 토지이용도, 노동력 확보, 경제적 입지조건(시장성) 등 여러 가지 사항에 대한 충분한 연구와 배려를 하여 재배작물을 선택한다.

5.1.2 작물의 작부계획

작부체계는 일정한 토지에 몇 가지 작물을 조합하여 일정한 순서로 순환적으로 재배하는 방식을 말한다. 작부체계에는 재배되는 전후 작물의 조합과 동시에 간작, 혼작 등의 공간적인 조합인 협의의 작부체계와 작물의 조합뿐 만 아니라 재배하는 작물의 생산을 위해 필요한 자원관리, 자재투입, 재배기술 등을 포함한 광의의 작부체계가 있다.

작물을 재배하려면 포장에 어떤 작물을 어떤 순서로 작부할 것이냐 하는 계획을 수립해야 한다. 작물을 선택할 때는 작부계획을 염두에 두고 하여야 하지만 이것은 불변인 것은 물론 아니고 수요의 변동 경영형태와 규모의 변화 지력의 변화 등에 따라 항상 변한다. 특히 신개간지에서는 토양이 개량될 때까지는 지력을 고려하고 재배가 가능한 작물로서 순차적으로 그 개량에 도움이 되는 작부방식을 수립한다.

5.2 지력의 증진

개간지 농업의 성공여부는 그 토양의 지력에 따라 달라진다. 우리나라는 밭토양이 논토양보다 지력이 낮으며 생산기반조성이 상대적으로 부족한 실정이다. 기경작 되고 있는 밭도 같은 조건이며 개간지 밭은 대체로 산성이다. 또한, 부식과 점토가 적고, 토양구조가 불량하며, 인산을 위시한 비료성분도 적어서 더욱 지력이 낮은 것이 일반적이므로 우선 영농의 목표는 토양의 물리·화학적 성질을 개선하여 토양의 비옥도(지력)를 높이도록 해야 한다.

5.2.1 개간지 토양의 특성

개간지 토양을 숙전화 하기 위해서는 물리적 성질 개량과 함께 토양산성의 교정, 유기질비료의 증시 등 화학적 성질을 개량하여야 하며 토양 침식의 방지도 병행하여야 한다.

가. 개간지 토양의 물리적 성질

1) 개간지 토양은 주로 구릉지대나 경사지이기 때문에 경사지형을 하고 있다. 따라서 토양침식이 크고 토양단면은 표층이 얇으며 공극률이 낮고 고상비율이 커서 경토의 가비중도 크다.

2) 개간지는 기경지에 비하여 액상공극량은 많으나 기상공극률이 매우 적으며 전공극량도 기경지 숙전(熟田)에 비해 매우 작는데 이는 대공극이 적기 때문이다. 또한 개간지는 토양구조(soil structure)가 발달되지 못하고 경사지이기 때문에 강수의 지중침투의 기회가 적고 유실되기 때문이다. 그리고 토양의 보수력이 낮아서 한해를 받기 쉬운 조건에 있다.

3) 토성(soil texture)은 사질인 경우가 많고 식질의 경우는 점토함량이 과다한 경우가 많다.

4) 이밖에 개간지토양은 경도가 커서 경운(ploughing)이 곤란하며, 유효심토(경토의 두께)가 낮아 작물의 정상생육이 대체로 곤란하다.

나. 개간지 토양의 화학적 성질

1) 개간지 토양은 기경지 숙전에 비하여 이미 산성화된 토양이거나 경사지 또는 기복지에 위치하므로 산성화되기 쉬운 조건에 있다. 따라서 화학적 성질의 면에서도 작물의 정상생육이 곤란한 상태에 있다.

2) 작토의 pH는 대부분 5.3 이하로 산성화되어 있으며, 유효인산의 함량이 4.2ppm 이하로 매우 적어 인산의 흡수계수가 600 ~ 2000(mg/100g)으로 매우 높다.

3) 또한 개간지 경토의 유기물함량(有機物含量)은 1.0% 이내로 매우 빈약하고 미량 요소도 매우 결핍되어 있으며, 치환성염기 특히 Ca, Mg, KO_2 , Na 등의 함량이 기경지에 비하여 극히 낮아 염기포화도(%)는 25% 내외에 불과하여 완충능(緩衝能)도 적은 것이 큰 특징이다.

4) 이러한 원인은 우리나라 토양의 모재가 산성암인 화강암과 화강편마암에서 유래되었다는 사실과 장기간동안 강우 등에 의해 나지상태에서 염기의 용탈이 이루어졌기 때문이다. 또한 유기물함량이 낮은 것은 경사지나 기복지이기 때문에 토양침식이 크게 작용하여 유거수와 함께 이들 유기물이 유실되

었기 때문이다.

개간지는 주로 밭으로 이용되는데 대부분 부식이 극히 부족하거나 미숙한 부식이 많은 경우(산간지)가 있고, 인산, 마그네슘, 망간, 붕소 등의 미량원소가 적게 함유되어 있으며, 산성이 강하고 경사지가 많아서 토양의 침식이 심한 것이 일반적이다. 강산성토양에서는 유용한 미생물의 활동이 저해되어 유기물의 분해가 잘 되지 않고 암모니아의 흡수력이 약해서 시용해도 용탈되어 비료성분의 손실이 커지며 인산은 시용해도 불용성이 되어 효과를 볼 수 없고 알루미늄 등 유해한 이온이 용출되어 해로운 등 여러 가지 원인 때문에 작물 생육에 해롭다.

5.2.2 지력증진 방법

새로 조성되는 개간지의 지력 증진을 위해서는 토심의 증대, 유기물의 시용, 석회질 및 인산질 비료의 시용과 토양보전을 위한 대책을 수립하여야 한다.

가. 토심(土深)의 증대

1) 개간지토양은 표토가 유실되어 작토가 얇고 대부분 잔적토이므로 토양의 경도가 매우 크다. 따라서 작토의 증대를 위한 심경(深耕)이 필요하므로 기계력 등을 이용하여 우선 심경에 주력하여야 한다.

2) 개간지 토양은 토양의 경도가 커서 경운이 곤란한 점이 있으나 농용석회의 시용과 다량의 유기물질의 시용으로 가비중을 감소시킴으로써 점차 경도의 개선이 이루어질 것이며, 동시에 작토의 보수력, 투수력의 향상과 작물근역 분포범위의 확대 등으로 심층토의 풍화가 촉진되어 유효토심(작토)도 점차 증대된다.

3) 유효토심을 증대시키기 위해서는 심경을 하여야 하나 이때는 유기물·농용석회 기타 시비량을 증대시켜야 하며, 이것이 또한 유효토심의 증대에 크게 기여한다.

나. 유기물의 다량 시용

1) 개간지토양은 가속침식(加速侵蝕)으로 인하여 표토의 유실이 많고 부식이 집적될 시간적인 여유가 없으며 대체로 유기물함량이 극히 낮다. 즉 개간지토양의 유기물함량은 1%내외로 기경지숙전의 1/2 정도이므로 다량의 유기물이 필요하다.

2) 작토의 유기물함량을 제고하기 위한 잠정적 방법으로는 작토중의 유기물함량이 소정의 목표함량(2~3%)으로 유지되게 하기 위하여 유기물투입량을 산정하여야 한다. 즉, 작토중의 유기물함량 증대 목표함량(%)을 G , 현존 경토중의 유기물함량을 P 라고 하면 $W\%$ 의 수분함량을 갖는 유기물의 10a당 사용량(M/T)은 $\frac{10 \times (A.P)}{100 - W} \times (G - P) \times B.D$ 가 된다. 예를 들면, 75%의 수분함량(W)을 갖는 완숙퇴비를 가비중($B.D$) 1.25, 유기물함량(P) 0.9%인 작토($A.P$) 10cm 깊이의 토양에 시용하여 유기물함량(G)을 2.0% 목표로 증대시키고자 할 때의 10a당 퇴비시용량은 $\frac{10 \times 10}{100 - 75} \times (2.0 - 0.9) \times 1.25 = 5.5 M/T$ 이 된다.

3) 완숙퇴비는 부숙도가 30% 정도이나 개간지에 있어서는 다량의 유기물시용을 요하며, 가속침식의 방지는 물론 보수력 등도 큰 문제가 되므로 생짚 등 미숙 퇴구비(manure)를 부초(敷草)하여 유효수분 보존, 토양유실방지를 기한 후 이를 갈아 엮어서 유기물증대를 도모하는 방법도 적용되어야 한다.

4) 이와 같은 방법으로 유기물질이 작토층에 투입되면 토양미생물에 의해 무기화되는 과정에서 미숙부식이나 균사, 폴리우러나이드(polyuronide) 등에 의해 토양의 미세입자들이 입단화되고 따라서 대공극이 증가되어 기상비율과 전공극량이 증대되어 보수력과 투수력 등 물리적 성질이 개선되어 작물생육이 촉진된다.

5) 작물생육이 촉진되면 근계가 발달하고 지상부의 생장량(生長量)이 증가하고 이에 따라 토양에 환원되는 유기물함량도 증가될 것이므로 토양 유기물함량이 증대된다.

6) 유기물을 시용하면 이에 함유된 각종 NH_4 , Mg^{+2} , Na^+ , Li^+ , K^+ 와 미량요소인 Fe, Cu, Zn, Mn, B, Mo 등도 공급되어 특히 산성화된 개간지토양에서 고정되기 쉬운 불용성인산을 활성 Al^{+3} , Cu^{+2} 등 중금속이온과 결합(협상착염,

chelate)하여 인산의 유효도를 증대시키는 효과가 있다.

다. 석회 물질의 사용

1) 개간지의 기경지숙전의 화학적 성질은 매우 달라서 보통 개간지의 토양 반응(pH)은 산성화되어 그 값이 낮고, 치환성 Ca, Mg의 함량이 낮아 염기포화도도 기경지의 1/3 정도이고 대부분의 교질물이 미포화교질임이 알려져 있다. 따라서 신개간지의 화학적 성질을 개량하기 위해서는 Ca, Mg 함량이 많은 농용석회나 용성인비를 사용하여야 한다.

2) 용성인비는 본래 인산질 비료이기 때문에 인산성분을 공급할 목적으로 그 사용량이 정해져야 한다. 그러나 인산공급목적으로 사용되는 용성인비의 양이 10a당 50kg 이상일 경우에는 농용석회 사용량을 용성인비에서 공급되는 Ca나 Mg함량만큼 감소시킬 수가 있다. 그 까닭은 용성인비 중에는 농용석회 성분말과 거의 대등한 Ca 및 Mg가 부성분으로 함유되어 있으며 산도 교정능력도 거의 같기 때문이다.

3) 농용석회의 적정 사용량은 토양의 성질에 따라 각기 다르므로 개간지에 따라서 작토의 토양시료에 대한 토양검정을 실시하고 그 결과에 의해서 소정의 적정산도(pH 6.5 정도)를 유지할 수 있는 양으로 산정하여야 한다.

4) 개간지에 따라 pH가 각각 다르므로 작토의 토양시료에 대한 석회소요량을 검정하여 적정석회소요량을 산정하여 사용하여야 하며 용성인비를 사용하는 경우에는 농용석회 적정소요량에서 용성인비 사용량 중의 석회함량을 감하여야 한다.

라. 인산질 비료의 다량 사용

1) 개간지토양은 Ca, Mg 등의 염기 함량은 물론 인산(P_2O_5)의 함량이 매우 낮아 유효인산함량이 기경지 작토중의 함량의 1/10정도로 알려져 있다. 즉 개간지 토양은 일반적으로 산성화되어 있어서 Al-P, Fe-P의 형태로 고정되어 유효태인산함량이 매우 낮다. 이 때문에 개간지토양에서는 인산의 부족이 거의 모든 작물의 정상생육에 제한인자가 되고 있다.

2) 인산질 비료를 작토에 사용하면 이의 흡착이 적음은 물론 흡착된다 하

여도 유효태인산이 토양교질물 표면에서 고정되고 작물이 흡수 이용하기 어려운 형태로 만드는 능력 즉, 토양의 인산흡수계수가 개간지토양에서는 일반적으로 더 크다. 따라서 인산질 비료의 다량사용이 개간지토양에서는 더욱 요구된다.

3) 일반적으로 인산흡수계수의 5%에 해당하는 인산성분량이 작토의 유효인산함량이며 작토중의 유효인산함량이 인산흡수계수의 5%에 미달일 경우에는 용성인비·중과석 등 유효인산을 사용하여야 한다.

가령, 어떤 개간지토양작토의 인산흡수계수(mg/100g)를 P_{ac} 이라 하고 작토의 토심(cm)을 A_p , 작토의 가비중을 B.D라 하면 10a당 인산흡수계수 5%에 해당하는 인산성분량 (P_2O_5) kg수는 $0.005 \times A_p \times P_{ac} \times B.D.$ - $0.01 \times A_p \times P \times B.D$ 에서 계산된다.

4) 개간지토양에 있어서는 인산흡수계수가 큰 반면 유효인산함량이 적기 때문에 인산질비료 사용량은 크게 증가한다.

마. 토양보전과 종합 대책

1) 개간지는 대부분 경사지나 기복지에 위치하므로 평탄기경지와 비교해 볼 때 비옥도에서 숙전화 이후에도 세심한 토양관리에 유의할 점이 많다. 그 중에서도 토양침식을 방지하여 적절하게 토양을 보전할 것인가 하는 문제는 매우 중요한 개간지 토양관리 사항이다.

2) 경사 개간지토양에서는 토양유실을 방지하기 위하여 재배법으로서 유거수 조절을 위한 경작법이 도입되어야 한다. 경사도 5° 이하의 개간지에서는 등고선재배법, 경사도 $5^\circ \sim 15^\circ$ 경사 개간지에서는 초생대 설치 및 대상재배법, 15° 이상의 경사개간지에서는 단구(段丘, terrace)설치재배법 등 경사도에 따라서 적절히 도입해야 한다.

3) 연간 나지기간을 단축하기 위하여 피복도가 큰 내식성(耐蝕性)작물을 도입하여 윤작, 간작, 교호작 등의 합리적인 작부체계를 수립해야 한다.

4) 숙전화기간은 물론 숙전 후에도 계속적으로 강우나 강설 후에 유거수량과 유거수 속도를 줄이고, 빗방울의 지표타격작용으로부터의 입단파괴 침식과 비옥도 침식을 방지하기 위해 야생풀 등으로 피복하는 부초법을 적용한다.

바. 작물에 일어나기 쉬운 원소결핍

개간지 토양의 경우 지력부족이나 토양성분의 부족으로 인해 작물에서 원소 결핍이 발생하는 경우가 있다. 따라서 작물재배 전에 표 5.2.1과 같이 각각의 재배작물별로 발생하기 쉬운 원소결핍을 검토하여 적절한 양분관리를 실시해야 한다.

표 5.2.1 작물에 일어나기 쉬운 원소결핍

구 분	질소	인산	칼리	칼슘	마그네슘	붕소	망간	철	아연	몰리브덴
벼	◎	○	○		○					
보 리	●	◎	◎		●		◎			
오 이	●		◎	○	◎	◎		◎		
토마토	◎		○	●	●	◎	○	○		○
가 지	◎		○		●	○		○		
수 박	●		◎	○	◎	○				
딸 기	○		◎	○	◎	○				
양배추	◎		●	◎	○	○				○
배 추	◎		◎	●	●	◎				
양 파	○	○	○	◎	○					
시금치	◎		◎	●	●	◎	○			○
샐러리	◎		◎	○	◎	●				
파	◎	○	○		○		○			
무	◎		◎		●	◎	○			○
당 근	◎	○	○		◎	○				
감 자	◎	○	●	○	◎	◎				
고구마	○	○	◎	○	◎	○				
감 귤	○		○	○	●	◎	◎	○	◎	○
사 과	○		○		◎	◎	○		○	
배	○		◎		◎	○	○		○	
포 도	○		◎		●	◎	○		○	
복숭아	○		●		●	○	○			

(주) ● 대단히 잘 일어난다. ◎ 일어나기 쉽다. ○ 일어난다.

제 6 장 유지관리

6.1 유지관리의 의의

6.1.1 유지관리의 목표

개간에 따른 토지와 부대시설의 유지관리는 합리적인 보전관리의 방향에서 지역의 자연조건에 맞고 안전을 확보할 수 있는 방법으로 유지관리 목표를 설정하여 실시한다.

개간시설의 유지관리는 조성된 토지와 부대시설, 시설물을 관리하는 시설관리, 유지관리업무를 담당하는 조직과 인원에 대한 운영관리, 그리고 주변 지역의 자연환경과의 조정관리 등 개간시설을 이용하는 모든 분야에 대하여 이루어져야 한다.

개간시설은 만들어지면서부터 오랜 기간 동안 지역주민과 주변의 자연환경과 조화를 이룰 수 있도록 보전해 가기 위해서는 장기적이고 종합적인 유지 및 관리가 이루어지도록 하여야 한다.

개간시설의 관리는 사업시점보다 상당히 뒤에 시작되는 것이므로 개간사업 실시기간 동안의 사회적, 경제적, 기술적인 변화와 상태를 충분히 고려하고 이들 변화에 대응할 수 있는 시설계획을 수립한다.

개간에서의 유지관리는 유지관리를 위한 노동력의 최소화, 경비의 절약, 개간지역의 안정성 등을 확보할 수 있도록 하여야 하나 이 세 가지 조건을 동시에 만족시키기는 어려움이 따른다. 따라서 개간지역 조건에 맞는 다음 사항을 고려하여 유지관리를 계획한다.

1) 지역조건에 적합한 영농방법과 작목을 선택하여 식량의 안정적인 공급이 가능하도록 유지관리를 할 필요성이 있다.

2) 농경지를 확장하여 토지소유의 영세성을 탈피하며, 농업경영의 규모 확대에 의한 생산성 향상이 가능하도록 시설을 배치하여 유지관리해가야 할 것이다.

3) 밭 농업의 발달로 벼농사 위주의 경제구조를 개선하여 농업생산의 선택

적 확대를 도모하고, 산사태 등의 자연재해 발생을 최소화하도록 한다.

4) 간접적으로는 농촌 유희실업자의 구제와 안정농가의 육성, 농업구조의 개선 등 농촌지역 사회의 활성화 역할을 하도록 인적 물적 자원의 효율적인 활용이 가능하도록 유지관리를 할 필요성이 있다.

5) 산지의 효율적인 이용으로 국토자원의 이용을 확대하되 지역의 지형과 지질 특성을 최대한 살릴 수 있는 방법으로 유지관리 되어야 될 것이다.

6) 개간사업 실시 후는 적절한 사면보호를 실시하여야 한다. 유지관리를 위해 고려할 수 있는 공법은 사면보호공법, 식생공법 등이 있다. 사면보호공법은 시공후의 기상과 지반의 변이, 주변 환경 변화 등에 따른 열화와 변형이 발생할 수 있으며, 식생공법은 목표로 하는 군락형성이 순조롭지 못한 경우가 발생하기도 한다. 이와 같은 상태의 발생을 미연에 방지하고 사면보호공의 목적인 사면의 안정성, 환경과의 조화, 경관의 보전 및 부속시설물과의 연속성 확보가 될 수 있도록 조치를 취하여야 한다.

7) 개간사업에 따른 사면은 비와 눈 등에 취약하여 항상 토사유출의 위험을 가지고 있다. 토사유출을 줄일 수 있는 배수시설과 처리에 대한 대책을 마련하여야 한다.

8) 토사유출로 인한 수질오탁 및 수질오염을 줄일 수 있는 조치를 취하고 유지관리가 잘 될 수 있도록 감독하여야 한다.

9) 항상 사면을 양호한 상태로 유지될 수 있도록 점검, 조사, 보정, 보수 등을 실시하여야 한다.

이와 같은 목표를 설정함에 있어서 다음과 같은 사항이 고려되어야 한다.

① 유지관리의 목표 및 시설의 정도는 현실적이어야 한다.

② 개간에 의한 자연의 재해발생을 최소화할 수 있도록 배수시설 등을 배치하고 관리한다.

③ 장래 유지관리비가 적게 들어야 한다.

④ 농업환경의 변화 등을 고려하여 현재 상태를 점진적으로 개선할 수 있도록 탄력적인 시설과 시설배치 등이 이루어져야 한다.

6.1.2 유지관리의 범위

개간사업의 유지관리는 정기적 유지관리와 비정기적 유지관리로 구분하여 계획을 수립한다.

개간사업을 통해 인위적으로 조성된 농지와 시설물이 본연의 기능을 수행할 수 있을 때까지는 일정기간이 필요하며, 그 기간 안에 발생하는 여러 가지 장애요인과 방해물은 적절히 제거하고 파괴된 곳과 각종 시설물은 보수하여야 한다. 이와 같은 유지관리는 개간 계획과 설계에 반영한다.

유지관리의 공간적 범위는 개간공사에 따른 개간지를 비롯한 토양개량 및 부대시설이며, 기능적 관리범위는 지형적 안정성, 생태적 기능성, 자연적 경관, 환경에 미치는 영향의 최소화 및 공간적 이용을 포함한다.

유지관리는 개간지내 일의 내용에 따라 다음과 같이 정기적 유지관리와 비정기적 유지관리로 구분할 수 있다.

① 정기적 유지관리 : 개간지내 정지작업 및 토사제거, 배수로 정비, 토사 유실의 위험성, 사면의 안정성, 수목전정, 제초

② 비정기적 유지관리 : 사면의 침식과 퇴적에 따른 유입토사의 처리, 산사태 등이 발생한 경우, 시설물이 파괴된 경우, 돌과 나무뿌리 제거, 기타 개간지로서의 기능에 장애를 가져오는 경우 등

6.2 유지관리의 내용

6.2.1 유지관리 내용

개간사업의 유지관리 내용은 개간공사, 토양개량, 구획계획, 용·배수 계획, 도로 계획, 부대시설로 구분하여 유지관리계획을 수립한다.

개간사업에 따른 시설물은 홍수와 장마에 의한 개간지 상하류의 세굴과 퇴적, 개간지의 지형변화, 태풍 등에 대한 사전대비 미흡과 관리 소홀 등 시설

의 파괴는 물론 인명과 재산손실 등 큰 재해를 발생시킬 가능성이 있다. 또한, 개간 시설물의 기능유지를 위하여 정기적인 시설점검, 진단분석, 보강과 보수 등을 실시하여야 한다. 개간공사, 토양개량, 구획계획, 용·배수계획, 도로계획, 부대시설은 관리가 매우 중요하므로 유지관리 및 모니터링을 지속적으로 실시한다.

개간은 개간공사, 토양개량, 구획계획, 용·배수계획, 도로계획, 부대시설 계획에 따라 사업이 실시되고 유지관리 되면서 지역의 새로운 자연환경을 형성하고 있다. 이는 유지관리 계획에 기초하여 시·군을 주체로 지역주민과 주변의 자연환경에 조화를 이루며 지역의 안전과 생명보호, 하류지역과 주변 지역의 재해방지를 위한 대책마련으로 적정한 유지관리를 실시하는 것이 중요하다.

6.2.2 시공지의 유지관리법

개간공사, 토양개량, 구획계획, 용·배수계획, 도로계획, 부대시설을 시공 후 목표로 하는 개간조건으로 조성한다하여도 순조롭게 자연으로 추이된다고는 할 수 없다. 특히, 시공직후에 강우 등으로 인해 힘든 노력과 장기간에 걸쳐 완성한 시공면의 일부가 파괴 또는 유실되는 경우가 있다. 이러한 경우 가능한 빨리 대처하여 조기에 보수하는 하는 것이 필요하다. 개간 시공지에 초기 단계에서 국부적인 붕괴가 발생하여 나지로 되는 것은 지표수의 흐름과 침투수의 집중에 의해 개간지의 기능 상실은 물론 개간이 어려운 나지부분의 확대와 사면의 붕괴 등으로 이어질 수 있다. 이러한 나지 및 토양유실과정은 시공한 기초구조물의 파괴와 관련되는 경우도 있다. 따라서 시공면의 파괴원인, 유발요인을 명확히 조사하고 조기 대처는 확대와 재발을 방지하는데 매우 중요하다. 구체적인 방법으로는 용·배수계획, 도로계획, 부대시설 계획을 통해 개간지 조건에 적합한 배수방법과 토사 배제와 유출 제어방법을 채용한다.

개간지 식생의 천이는 그 입지조건에 적합한 최고의 상태(climax)를 향해 점차 진행해 가는 것으로 볼 수 있다. 그러나 그 과정 중에 유지관리가 불충분한 경우 지금까지 강화되어온 방재기능이 떨어져 다시 황폐지로 역행하는 경우도 있다. 이를 방지하기 위해서는 잡초제거와 나무뿌리 뽑기, 토양개량 등을 통하여 개선해 갈 필요가 있다. 이러한 유지관리 결과 개간지의 다면적 보

전기능을 높일 수 있을 것이며 식생회복의 유도에도 효과를 발휘할 것이다.

따라서 식량의 확보, 경지면적의 확대, 그리고 토지의 효율적인 이용 등을 위해 자연환경에 조화로운 개간이 될 수 있도록 시공지의 적절한 유지관리를 실시해 가야 할 것이다.

6.2.3 점검과 조사

개간에 따른 사면의 점검과 사면손상 조사는 평상시에 정상적으로 실시하는 것과 호우, 태풍, 눈사태, 지진 등 단기간에 사면에 손상을 일으킬 수 있는 사태 발생 등 이상시에 실시되는 점검과 조사가 있다.

1) 평상시 점검과 조사

- ① 개간지 사면하부에의 낙석, 토사의 유출
- ② 농업시설물과의 이음부의 매립과 토사 유출상태
- ③ 사면의 배부름과 균열상태
- ④ 성토 상부의 균열과 침하
- ⑤ 사면으로부터의 용수상태
- ⑥ 식생의 유실, 쇠퇴, 도복 등
- ⑦ 물과 토양 흐름의 방향과 크기
- ⑧ 배수로, 소단(小段) 배수구 등의 퇴적물과 하천에 유하하는 토사량

2) 이상시 점검과 조사

- ① 지표수와 지하수, 용수의 위치와 수량 및 탁한 정도
- ② 낙석 및 붕괴토의 규모와 발생 위치의 상태
- ③ 사면의 배부름과 균열의 규모와 상태
- ④ 식생사면의 활동 현상, 사면과 상부의 도복
- ⑤ 구조물의 균열 확대 및 침하
- ⑥ 붕괴발생이 있는 경우는 그 규모의 확대 유무 및 개간지 주변에 미치는 영향

6.3 유지관리의 실시

6.3.1 사면보호공의 유지관리

개간지의 유지관리 실시는 특히 사면에서 많이 발생할 수 있는 문제점을 점검하고 대책을 세워 이를 보완해 갈 필요성이 있다. 사면의 경우 개간으로 인한 토사 유실과 침식 및 토사 유출 등으로 인해 발생할 수 있는 배수로와 수리구조물의 매몰과 퇴적 및 유출토사에 의한 탁수형성 등 수질오염과 밀접한 관련을 가지고 있다. 이러한 문제해결을 위해서는 사면보호공을 실시하여야 한다. 사면을 보호하는 공법은 크게 식생공법과 구조물공법을 이용하여 실시하고 적절한 유지관리를 하여야 한다. 여기서 식생공법의 대부분은 개간 완공시에 완성품이 아닌 시간을 들여서 목표로 하는 군락으로 이행하게 한다. 한편 구조물공법은 공사 완성시 완성품으로 소정의 성능을 발휘하게 하는 것이다. 이러한 식생공법과 구조물공법의 점검항목과 유지관리방법을 정리하면 표 6.3.1과 표 6.3.2와 같다.

표 6.3.1 식생공법의 점검항목과 유지관리방법

점검 항목	점검 내용	유지관리 방법	조치
식생 상황	생육상황	생육의 상태	심기, 추비
		번무 장애의 유무	풀베기, 제초, 간벌
		통행 장애의 유무	
	손상	고사, 손상 정도	추파, 추비, 보식
	병충해	종류와 증상 확인	풀베기, 제초, 간벌, 약제 살포
	침입식물	파생정도	제초제 살포, 인력제초
식생 기반의 상황	손상	지반 노출의 유무	생육기반의 부분 보수 등
		균열, 함몰, 붕괴 유무	용수처리, 배수로의 부분 보수 등
		용수, 누수	
녹화 기초공의 상황	손상	철망의 부상 유무	철망의 고정, 부분 보수 등
		손상의 정도	틀의 부분 보수 등
		틀의 균열, 변형, 함몰 유무	
기타	손상	수로 막힘의 유무	배수구 청소

표 6.3.2 구조물공법의 점검항목과 유지관리방법

공 종	점검 항목	원인, 유의 사항	유지관리 방법
콘크리트 불임 공법	균열	단순(건조, 수축)한 원인	진행을 막음. (V컷, 모르터 충전)
	단차가 있는 균열, 부풀음, 밀려나옴	원인이 토압이나 동결, 동토에 의한 경우	원인, 규모, 정도에 따른 보강방법의 검토 또는 재시공
돌붙임 공법	느슨해짐, 헐거움	돌 배면의 침하, 유출	충진, 다짐
블럭붙임 공법	침하	토사 유실, 평면토사의 침하, 유출	충진, 다짐, 침출방지 처리, 재점검
	배물림	평면 토사의 토압(활동)	침투수, 용수처리 후의 재시공
	기초부의 침하	토사의 세굴	기초처리, 배수, 재시공
현장타설 콘크리트 공법	거푸집의 균열	단순한 균열	폭, 길이 등의 관찰
		거푸집 단면의 중대한 균열	원인 규명, 정도의 검토를 통해 보강처리
	거푸집 하부의 공동	물에 의한 세굴	충진(모르터 등), 물 처리
	거푸집 표면의 박리	원인 : 동결에 의한 경우, 원인 : 노후화(중성화)	원인 상태에 따라 처리
	거푸집의 배부름	이상 토압의 발생	정도에 따라 대책공법 검토 또는 재시공
망태 공법	미끄럼 등	배면토사의 유출	유하수의 처리, 식물의 도입
		기초부의 세굴	유수의 처리, 기초부의 보강
	쌓기 돌의 붕괴	철선의 절단과 부식	철선의 보수
그물선반 공법	미끄럼 등	퇴적토사의 증가, 말뚝, 기둥의 부식	제거 식물의 도입, 보강, 재시공

6.3.2 사면 유지관리의 유의점

가. 식생공법

식생공법의 역할은 안정 기능 이외에 환경과 경관보전기능을 기대하는 경우가 많다. 따라서 사면에 어떠한 식물군락을 유지할 것인가(피복 목표)를 명확하게 할 필요가 있다. 따라서 식생공법의 유지관리는 사면자체의 파손개소의 보수 및 위험 예방작업, 목표로 하는 식물군락에 접근하는 작업, 목표가 달성된 식물군락을 유지하기 위한 작업이 있다.

나. 구조물공법

구조물의 파손은 폭풍, 호우, 지진 등의 재해 및 동결·융해 등에 의한 시간경과에 따른 열화를 원인으로 발생하는 경우가 많다. 또한 시공 시에 생각하지 못한 외력의 작용에 따른 변형과 붕괴가 발생하기도 한다. 점검 시에는 사면의 구조물 자체를 대상으로 하는 이외에 주변을 포함한 물의 거동에도 관심을 가져야 한다.

다. 낙석대책공법

낙석의 위험성은 폭풍, 호우, 지진 등의 재해 및 동결·융해 등으로 인한 시간경과에 따른 열화로 사면이 붕괴되는 경우가 많다. 낙석대책공법을 실시하는 사면은 경사가 급한 경우가 많으므로 일상의 점검에 의해 낙석 예방과 보호기능이 저하하지 않도록 세심한 주의와 충분한 조사를 통해 필요에 따라 적절한 대책을 강구할 필요가 있다.

집필자 및 검토, 심의, 편집자 명단

집필자

김기성 김선주 박종화 손재권 최진규 황한철

검토자

김명일 박태선 신수균 안명환 이홍규 진상문
최광열 최현철

심의자

변양석 이봉훈 이원희 임병호 임종완 조범호
주경노 최보규 홍병만

편집자

이영일 송태관 김광용

비매품

1) 농업생산기반정비사업계획설계기준

2) 개 간 편

2006년 12월 발행

발행 : 농림부
한국농촌공사

편수 : 한국농공학회

인쇄 : 대성사