

경사지 경지정리지구의 등고선 구획 최적설계

Optimal Design of Contour-Lined Plots for Land Consolidation Planning in Sloping Areas

강민구* · 박승우** · 강문성* · 김상민*

Kang, Min Goo · Park, Seung Woo · Kang, Moon Sung · Kim, Sang Min

Abstract

In this study, a new concept in a paddy consolidation project is introduced in that curved parallel terracing with contour-lined layout is adopted in sloping areas instead of conventional rectangular terracing. The contoured layout reduces earth-moving considerably compared to rectangular methods in consolidation projects. The objective of the paper is to develop a combinatorial optimization model using the network theory for the design of contour-lined plots which minimizes the volume of earth moving. The results showed that as the length of short side of plot is longer or the land slope is steeper, the volume of earth moving for land leveling increases. The developed optimization model is applied for three consolidated districts and the resulting optimal earth moving is compared with the volume of earth from the conventional method. The shorter is the minimum length of short side of a plot which increases the number of plots, the less is the volume of earth. As the minimum length of short side is 20 m for efficient field works by farm machinery, the volume of earth moving of optimal plot is less by 21.0~27.1 % than that of the conventional consolidated plots.

Keywords : Contour-lined plot, Land consolidation planning, Combinatorial optimization model, Network theory

I. 서 론

우리나라의 경지면적은 2000년 현재 1,889 천 ha로 국토면적의 19 %를 차지하고 있으며, 이중

논이 1,149 천 ha, 밭이 740 천 ha이다. 최근 5년간 연평균 19 천 ha의 농지가 도시화, 공업화 등에 따라 타용도로 전용되고 있으며, 연평균 24 천 ha의 농지가 농업노동력 부족, 영농조건외 불리 등 여러 가지 원인으로 휴경되고 있다 (농림부, 2001). 특히, 기계화영농이 어려운 지역과 생산성이 낮은 중산간 지역의 한계농지에 대한 경작포기가 증가하고 있으며 앞으로 더욱 늘어날 것으로 예상된다.

* 서울대학교 농업생명과학연구원
** 서울대학교 농업생명과학대학 생물자원공학부
* Corresponding author. Tel.: +82-2-880-4591
fax: +82-2-873-8725
E-mail address: kmg90@hanmail.net

중산간지의 농경지는 지형형상이 불규칙하고 경사가 급하여 평야지에 비해 정지에 많은 이동토량이 발생하여 경지정리 비용이 과다 소요되고, 실현 가능한 구획규모가 제한되어 있어 낮은 경지정리율을 보이고 있다. 따라서 기계화 영농이 어렵고 농업인구의 노령화에 따라 경작 포기자가 증가하고 있으며, 휴경화에 따라 농지가 황폐화되어 농업생산기반으로서의 역할을 할 수 없게 되고 있다. 경작 포기에 따른 농경지의 황폐화는 일부지역에 국한되어 발생하는 것이 아니라, 병충해 발생, 주변 식목으로 인한 그늘진 논의 발생, 도로관리 소홀에 따른 통행불편, 물관리상의 문제 등으로 인하여 집중적이고 집단적으로 빠르게 진행된다.

중산간지의 논의 경관을 활용한 휴양 및 레크레이션 창출 공간, 수자원함양과 국토의 보전, 생활환경 보전, 지역문화 및 지역사회의 유지기능, 자연환경 보전기능 등 다면적, 광역적, 공익적 기능을 수행한다 (김진수, 1996; 농업기반공사, 2001). 이들 지역의 경작포기를 방지하기 위해서는 경지정리를 통한 농기계 이용률을 높이고, 용배수로의 정비를 통한 물관리 효율을 증가시켜야 할 필요가 있다. 따라서, 경지를 정비하는데 소요되는 공사비를 절감하기 위한 새로운 계획기법의 개발이 필요하다.

중산간지의 경사지 논의 지형이 불규칙하게 휘어져 있고, 여러 개의 논의 겹쳐진 부정형이며, 복잡한 경사를 나타내므로 평야지와 같이 장방향 구획으로 경지정리를 하게 되면, 자투리땅이 생기게 되고 토공량이 증가하게 된다. 따라서, 경사지 논의의 경지정리시 과다한 토량의 이동을 방지하고, 농작업의 효율을 높이기 위해서는 구획의 장변을 등고선 방향에 일치시키는 등고선 구획형의 정비 방법의 적용이 필요하다. 일본의 농림통계협회(1997)에서는 등고선 구획을 형상별로 시험한 결과 구획형태가 일정한 조건을 충족하면 장방향 구획과 비슷한 작업효율을 나타낸다고 보고한 바가 있다.

본 연구에서는 경사지 경지정리지구의 구획형태를 등고선구획으로 설계할 경우, 등고선 구획의 형

태와 대상지구의 경사도에 따른 토공량의 변화를 비교분석하였다. 또한, 토공량을 감소시키면서 지형에 따라 구획의 단변길이가 변하는 등고선 구획을 배치하기 위하여 두 점간의 최단경로를 구하는 네트워크이론을 적용한 최적화 모형을 구성하였다. 최적화 모형의 적용성을 평가하기 위하여 기 시행된 경사지 경지정리지구에 적용하여 최적화 결과와 시행결과를 비교하였다.

II. 경사지 등고선구획의 토공량

1. 등고선구획 설계

경사지 논의 경지정리에 계획하는 등고선 구획에는 논두렁을 등고선에 따라 직선에 가깝게 배치하는 절선형 등고선 구획과 종전 논두렁을 이용해 곡선에 가깝게 배치하는 경구확대형 등고선 구획이 있다. 절선형 등고선 구획은 구획의 형태를 지형에 맞도록 계획하므로 장방향 구획에 비해 케말지나 정지토공량을 최소화 할 수 있으며, 경구확대형 등고선 구획 보다 정지 토공량이 작게 발생한다.

경사지의 등고선구획은 장방향 구획보다 토공량이 감소하나, 농작업기계의 작업효율을 확보하는 것이 필요하다. 등고선구획의 작업효율을 장방향 구획에 비슷한 상태로 유지하려면 구획의 장변을 평행하게 해야 하며, 굴절부의 각도를 일정 정도 이상으로 유지해야한다. 적절한 굴절각의 범위는 작업기계의 성능과 크기에 따라 다르지만 $150^{\circ} \sim 210^{\circ}$ 정도를 유지하면 작업기계의 작업효율이 직선주행과 거의 차이가 없다 (木村和弘, 1998). 또한, 농기계의 효율과 능률은 구획의 단변길이보다는 장변길이에 영향을 받으며, 장변길이가 길수록 증가한다. 따라서, 농기계의 작업효율을 고려할 경우 구획의 단변길이는 20 m 이상을 유지해야한다 (농림부, 1993).

본 연구에서는 Fig. 1과 같이 비틀린 장방향 구획을 경지정리전의 등고선(논두렁)에 접하도록 계

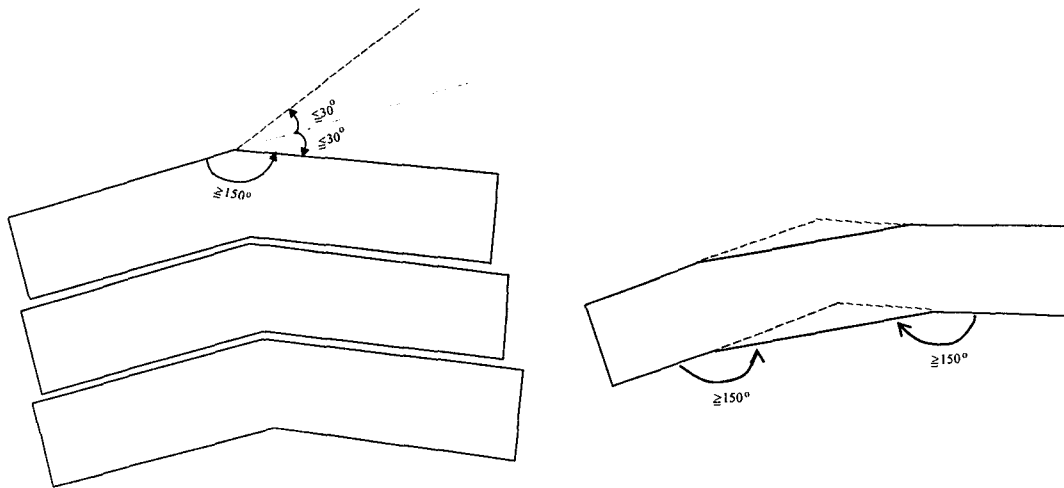
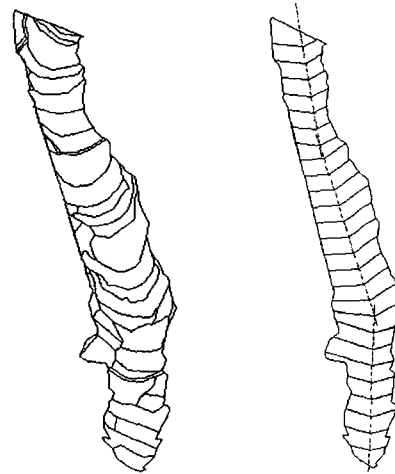


Fig. 1 Schematic diagram of contour-lined parallel plots

확하였으며, 굴절각은 150° 이상이 되도록 하였다. 굴절각의 크기가 150°보다 작은 경우에는 귀자르기를 하여 굴절각이 150° 이상이 되도록 하였다. Fig. 2는 경리정리전의 구획과 등고선 구획을 배치한 후의 구획을 나타낸 것이다. Fig. 2-(a)와 같이 경지정리전 경사지의 논은 여러 개의 논이 겹쳐져 있는 형상을 나타내며 경지정리를 할 경우 구획내에 여러 개의 필지가 포함되어 이동 토량이 많이 발생하게 된다. 등고선 구획의 배치는 구획의 방향이 동일한 영역에 대해서 Fig. 2-(b)와 같이 구획의 중심을 연결한 주축을 만들어 동일 주축내의 구획의 형태는 동일하고, 평행이 되도록 하였다. 구획의 방향이 바뀌는 지점에서는 두 개의 다른 구획형태를 연결시켜주는 구획이 필요하며, 이 경우에는 굴절각이 150° 이상이 되게 하고, 구획형태의 급격한 변화가 없도록 하였다.

2. 토공량 계산

등고선 구획 내에 포함되는 여러 개의 필지의 면적과 표고를 사용하여 토공량을 계산하기 위하여 면적가중평균법을 이용하였다. 면적가중평균법은 계획구획내의 현장에서 이동시킬 모든 토량과 맞아



(a) Before consolidation (b) After consolidation

Fig. 2 Design of contour-lined plots in sloping areas

떨어지는 계획 표고를 정한 후, 이 계획표고에 맞춰서 절·성토량을 계산하는 방법이다.

구획의 계획표고는 Fig. 3과 같이 구획에 포함된 공사전 필지의 면적과 표고를 이용하여 식 (1)과 같이 계산하며, 절·성토량은 식 (2), (3)과 같이 계산한다.

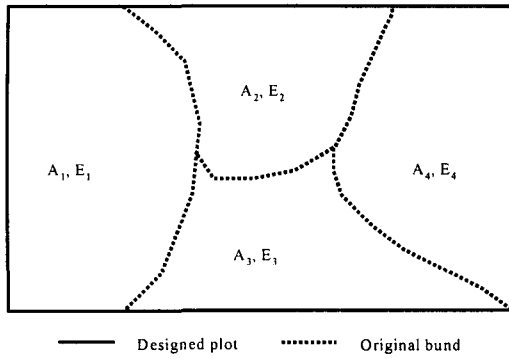


Fig. 3 Weighted average method for earthwork calculation (A_i : area, E_i : elevation)

$$E = \frac{\sum_{i=1}^n E_i A_i}{\sum_{i=1}^n A_i} \dots\dots\dots (1)$$

$$V_c = \sum (E_i - E) A_i, \quad E_i > E \dots\dots\dots (2)$$

$$V_f = \sum (E - E_i) A_i, \quad E_i \leq E \dots\dots\dots (3)$$

여기서, E는 구획의 계획표고 (m), E_i , A_i 는 각각 i 번째 필지의 공사전 표고 (m)와 면적(m^2), n은 새로운 구획에 포함되는 공사전 필지의 개수를 나타내며, V_c , V_f 는 각각 절토량(m^3)과 성토량(m^3)을 나타낸다.

지구전체에 대한 토공량 계산은 먼저, 공사전 지적도를 이용하여 각 필지를 단일 다각형(polygon)으로 만든 후 Arcview를 이용하여 각 필지에 대한 측량성곽을 입력하여 공사전 구획에 대한 수치지도를 작성한다. 계획구획의 도면은 장방형 구획, 등고선 구획 등 구획형태에 따라 AutoCAD를 이용하여 작성한 후 Arcview에서 수치지도화 하여 각 공사전 수치지도와 중첩을 시킨다. 계획구획에 포함되는 필지의 면적과 표고를 이용하여 면적가중평균법으로 계획표고를 계산한 후 절·성토량을 계산하며, 이 과정을 반복하여 구획크기별 토공량을 계산한다.

3. 대상지구 선정

대상지구는 2001년에 일반경지정리가 실시된 충청북도 구일, 누동, 국사지구로 3개 지구를 선정하였으며, 각 지구당 4개씩 12개의 포구를 선정하였다. 이들 지구들은 경지정리전에는 월담관개 및 월담배수로 물관리 효율이 떨어지고, 배수가 원활하지 않았으며, 농로폭이 협소하고 각 필지마다 농로가 없어 기계화 영농이 부진한 상태였다.

Table 1은 대상지구의 지형 및 제원을 나타낸 것이며, Fig. 4~Fig. 6은 각 지구의 공사시행전 지적도와 선정된 포구의 시공단면을 나타낸 것이다. 본 연구에서 선정된 포구의 면적은 1.44~7.71

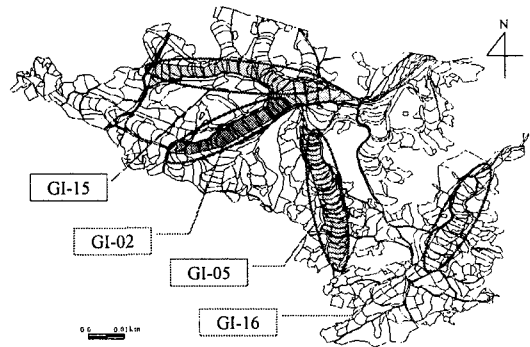


Fig. 4 Plane diagram of unconsolidated paddy field and the selected plots (Guil districts, Chungbuk province)

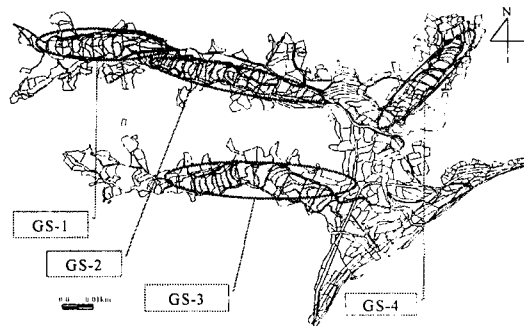


Fig. 5 Plane diagram of unconsolidated paddy field and the selected plots (Guksa districts, Chungbuk province)

Table 1 Physiographical characteristics of the consolidation districts used in this study

Selected districts				Selected plots			
Name	Area (ha)	Slope (%)		Name	Area (ha)	Slope (%)	Length of short side (m)
		E-W	N-S				
Guil	39.22	1.7	3.3	GI-02	3.10	2.7	32.3
				GI-05	3.77	4.7	34.6
				GI-15	2.48	1.5	50.2
				GI-16	4.55	1.7	43.3
Guksa	44.41	2.0	0.7	GS-1	3.83	3.2	54.8
				GS-2	6.06	1.7	57.7
				GS-3	7.71	2.3	55.8
				GS-4	3.43	2.8	46.1
Nudong	23.75	5.0	1.7	ND-1	1.44	11.1	27.8
				ND-2	1.45	6.9	33.0
				ND-3	2.98	7.6	29.6
				ND-4	3.67	6.0	30.7

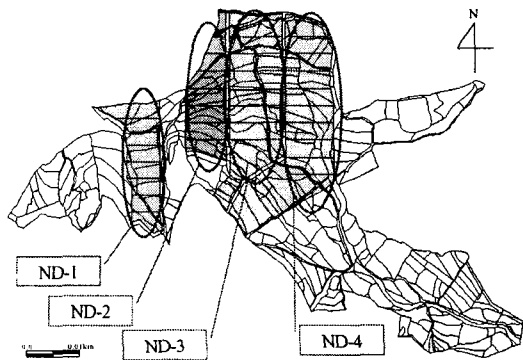


Fig. 6 Plane diagram of unconsolidated paddy field and the selected plots (Nudong districts, Chungbuk province)

ha이며, 경사도는 1.5~11.1 % 정도로 소규모 한계농지들이다. 선정된 포구의 경사도를 비교해 보면 누동지구가 다른 두 지구 보다 상대적으로 큰 값을 보이고 있으며, 이 때문에 토공량의 증가를 방지하기 위하여 누동지구의 단변길이가 다른 지구 보다 작은 값을 나타내고 있다.

4. 등고선구획의 토공량

가. 단변길이에 따른 토공량

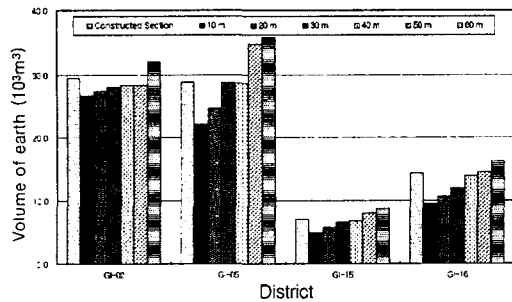
등고선 구획의 단변 길이에 따른 토공량을 비교하기 위하여 단변길이를 10~60 m로 변화시키며 구획을 설계하고 각각의 단변길이에 따른 토공량을 계산하여 비교하였다.

Table 2는 각 지구의 등고선구획 단변길이별 토공량을 나타낸 것이다. 대상지구 전체에 대해서 구획의 크기가 증가함에 따라 토공량의 증가를 나타내고 있으며, 이는 구획의 단변 길이가 길어짐에 따라 동일한 등고선 구획에 포함된 필지간 표고차이가 커지므로 절·성토량이 증가하기 때문이다.

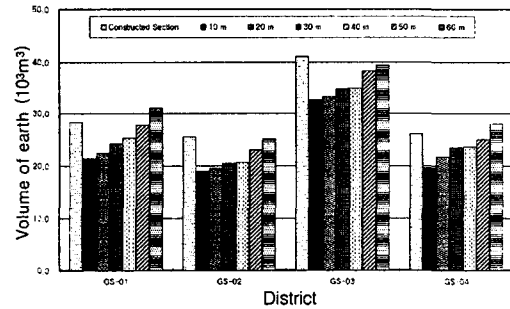
Fig. 7은 단변 길이별 토공량을 시공단면의 토공량과 비교한 것이다. 지구의 경사가 1.5~4.7 %를 나타낸 구일지구와 국사지구의 경우는 단변길이가 40~50 m 보다 작은 경우 적용된 모든 포구에서 시공된 장방형 단면 보다 등고선 구획단면의 토공량이 작은 결과를 나타냈다. 지구의 경사가 6.0~11.1 %를 나타내는 누동지구의 경우 다른 지구보

Table 2 Comparison of the volume of earth with contour-lined plots and the consolidated plots

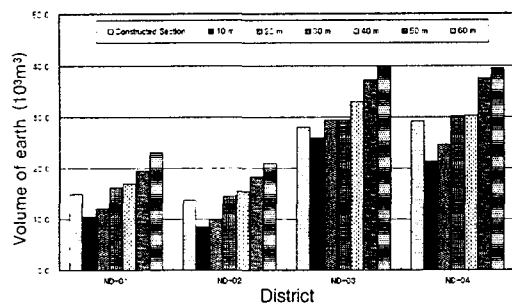
Name of district	Consolidated plot		Percentage of the volume of earth to the consolidated plots (%)						
	Short-sided size (m)	Volume (10 ³ m ³)	10 m	20 m	30 m	40 m	50 m	60 m	
Guil	GI-02	32.3	29.5	90.0	92.6	94.9	96.0	96.2	108.5
	GI-05	34.6	28.8	76.5	85.2	99.6	99.5	120.6	124.2
	GI-15	50.2	7.1	70.1	81.0	93.7	96.6	114.1	123.7
	GI-16	43.3	14.4	65.9	74.1	83.4	97.1	101.1	112.6
Guksa	GS-01	54.8	28.4	75.2	79.1	85.5	89.4	97.9	109.3
	GS-02	57.7	25.6	74.3	76.1	80.0	80.9	90.2	98.2
	GS-03	55.8	41.1	79.3	80.9	84.9	85.2	93.3	95.8
	GS-04	46.1	26.2	74.8	82.8	89.4	90.4	95.5	107.0
Nudong	ND-01	27.8	14.9	69.8	81.1	108.6	114.2	130.2	155.2
	ND-02	33.0	13.7	61.9	72.2	105.9	112.7	133.9	154.0
	ND-03	29.6	28.0	92.7	105.0	104.9	117.8	133.2	142.7
	ND-04	30.7	29.2	72.9	84.3	103.0	103.7	128.8	135.3



(a) Guil district



(b) Guksa district



(c) Nudong district

Fig. 7 Comparison of the earth moving volume with the different lengths of short-sided size

경사가 상대적으로 급하므로 단변길이가 20 m 보다 작은 경우에 적용된 모든 포구에서 시공된 장방형 단면 보다 등고선 구획단면의 토공량이 작은 결과를 나타냈다.

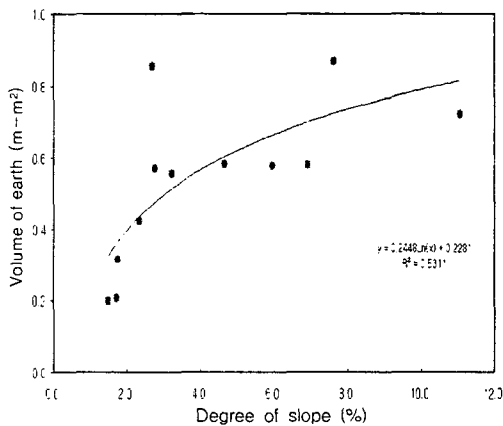
나. 경사도와 단변 길이에 따른 토공량 비교

단변길이별 경사도와 토공량의 관계를 회귀식을 이용하여 비교하였다. 토공량은 단위면적당 토공량을 사용하였으며, 회귀식은 자연로그 함수를 이용하였다.

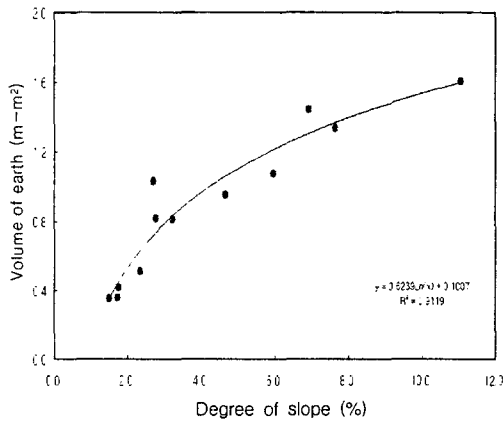
Table 3 Regression equations of the earth moving volume as related to land slopes for different lengths of short-sided size of a contour-lined plot

Short-sided size(m)	Regression Eq.	Regression coefficient (R)
10	$y = 0.2448 \ln(x) + 0.2281$	0.7287
20	$y = 0.3015 \ln(x) + 0.2124$	0.8019
30	$y = 0.4154 \ln(x) + 0.1583$	0.9171
40	$y = 0.4476 \ln(x) + 0.1468$	0.9271
50	$y = 0.6096 \ln(x) + 0.0535$	0.9610
60	$y = 0.6239 \ln(x) + 0.1007$	0.9549

(x : degree of slope(%), y : volume of earth (m³m²))



(a) short-sided size : 10 m



(b) short-sided size : 60 m

Fig. 8 Variations of earth moving volume for the short-sided size of contour-lined plot with land slopes

Table 3 은 선정된 포구의 경사도와 단위면적당 토공량의 상관관계를 회귀식으로 나타낸 것이며, Fig. 8은 이를 도식적으로 나타낸 것이다. 단위면적당 토공량과 경사도의 상관계수는 단변길이가 짧을수록 작으며, 단변길이가 길어질수록 높은 결과를 나타내고 있다. 이는 단변길이가 길어질수록 동일한 등고선 구획에 포함되는 필지들 간의 표고차가 커지기 때문이며, 경사지 논의 경지정리시 정지 토공량은 단변길이가 길수록 지형의 경사와 밀접한 관계를 나타내는 이유는 경사지의 경사가 일정하지 않고 불규칙하게 휘어져 있기 때문으로 판단된다.

III. 등고선 구획의 단변 최적화

II절에서와 같이 경사지 등고선 구획 설계시 토공량은 지구의 경사와 단변길이에 영향을 받는다. 또한, 경사지 지형이 불규칙하게 휘어져 있어서 복잡한 경사를 나타내므로 구획의 단변 길이를 일정하게 하는 것 보다 지형에 따라 구획의 단변길이를 조정하는 것이 토공량을 감소시킬 수 있다. 따라서, 구획크기가 일정하여 경지정리를 하는 것 보다 토공량을 최소화하는 구획의 형태를 선정하여 지구의 지형에 맞게 구획을 배치하는 것이 필요하다.

본 연구에서는 대상지구에 대한 등고선 구획의 최적배치를 위하여 두 마디간의 최단경로를 계산하는 네트워크이론을 적용한 최적화 모형을 구성하여 토공량을 최소화하는 구획의 최적조합을 결정하여 등고선 구획을 배치하였다.

1. 네트워크 이론

등고선 구획의 최적단변을 결정하기 위하여 네트워크에서 시점(source)과 종점(sink)간의 최단경로를 찾아가는 문제를 응용하였다. 최적경로 문제에서 두 마디간의 거리는 두 마디에 위치한 구획을 합할 경우의 토공량으로 대치되며, 최단거리는 최소 토공량을 나타낸다. 시점과 종점간의 최단경로

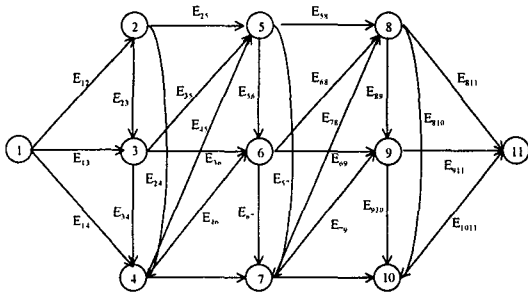


Fig. 9 Schematic diagram of network analysis

를 찾는 문제는 어떤 마디(node)을 경유하여야 토공량을 최소화할 수 있는 경로인가를 찾아내는 문제로 대치된다.

Fig. 9는 단변의 길이가 10 m 단위로 계획된 등고선 구획이 총 10 개이고, 단변의 길이는 최소 10 m, 최대 30 m로 제한된 경우를 나타낸 유방향 네트워크이다. ① → ②는 단변길이가 10 m인 등고선 구획을 나타내며, E₁₂는 이 구획의 토공량을 나타낸다. ① → ③은 단변길이가 10 m인 등고선 구획이 두 개 합쳐진 단면을 나타내며, E₁₃은 이 구획의 토공량을 나타낸다. ① → ④는 단변길이가 10 m인 등고선 구획이 세 개 합쳐진 단면을 나타내며, E₁₄는 이 구획의 토공량을 나타낸다. 만약 마디 ①에서 ⑪까지의 최단경로가 ①→②→⑤→⑧→⑪이라면 토공량을 최소화하는 구획의 단변길이는 각각 10 m, 30 m, 30 m, 30 m를 나타낸다.

최소 토공량을 나타내는 등고선 구획의 조합을

탐색하는 알고리즘은 두 마디사이의 최단 경로 탐색시 삼각연산을 수행하여 두 마디 사이의 거리를 수정하면서 최단거리를 구하는 방법인 수정캐스케이드법(Revised Cascade Method)를 사용하였다(박순달, 1998). 이 방법은 두 마디사이의 최단거리를 계산할 뿐만 아니라, 최단 경로의 경로행렬을 계산하여 시점과 종점사이에 포함된 임의의 두 마디사이의 최단 경로를 찾을 수 있다. 따라서, 최적 경로가 결정되었어도, 연속적으로 연결되어 있는 구획 중 도로, 용배수호가 포함되거나, 시공이 불가능한 구획이 포함될 경우 이를 고려하는 대안을 작성하거나 검토하기에 적합하다.

네트워크이론을 이용한 등고선구획의 최적조합은 먼저 각각의 등고선 구획에 포함되는 필지의 표고, 면적 자료를 사용하여 등고선 구획의 토공량을 계산한 후, 최소단면과 최대단면을 고려한 네트워크를 작성한 후 경로별 토공량을 계산한다. 네트워크 이론을 적용하여 전체 토공량을 최소화하는 등고선 구획의 조합을 선정하여, 각 마디간의 최소 토공량을 나타내는 등고선 구획의 조합을 선정한 결과와 함께 출력한다.

2. 최적 배치 결과

등고선구획의 최적배치 모형의 적용성을 평가하기 위하여 구일, 국사, 누동지구의 GI-05, GS-03, ND-04 등 3개 포구를 선정하였다. 지구의 등

Table 4 Comparison of the earth moving volume between the optimal contour-lined plot methods using different short size lengths and the rectangular consolidation method

Name of district	Consolidated plots		Percentage of the volume of earth to the consolidated plots (%)				
	Short-sided size (m)	Volume (10 ³ m ³)	10 m	20 m	30 m	40 m	50 m
GI-05	34.6	28.8	69.6	72.9	75.2	96.2	111.8
GS-03	55.8	41.1	76.0	77.0	80.8	84.1	92.3
ND-04	30.7	29.2	70.6	79.0	90.1	101.9	125.3

Table 5 Comparison of the number of plots between the optimal contour-lined plot methods using different short size lengths and the rectangular consolidation method

Name of district	Consolidated plots	Min. Size (m)	Number of plots						Sum
			Short-sided length (m)						
			10	20	30	40	50	60	
GI-05	16	10	15	2	3	5	1	0	26
		20	0	8	4	5	1	0	18
		30	0	0	9	4	2	0	15
		40	0	0	0	9	1	2	12
		50	0	0	0	0	7	3	10
GS-03	13	10	26	9	3	3	1	0	42
		20	0	17	6	2	2	0	27
		30	0	0	12	3	2	2	19
		40	0	0	0	11	4	1	16
		50	0	0	0	0	8	5	13
ND-04	14	10	23	5	2	0	1	0	31
		20	0	14	1	2	1	0	18
		30	0	0	10	2	0	1	13
		40	0	0	0	6	4	0	10
		50	0	0	0	0	4	4	8

고선구획 계획을 위한 단변의 최소길이는 10~50 m, 최대 단변길이는 60 m로 하여 토공량을 최소화하는 최적 단변 길이를 계산하였다.

Table 4는 시공단면과 최적화 단면간의 토공량을 비교한 것이며, Table 5는 시공단면과 최적단면간의 구획수를 비교한 것이다. 토공량은 Table 4와 같이 구획의 최소 단변길이를 10 m로 제한할 경우 세 지구 모두 최소 토공량을 나타냈으며, 농기계의 작업효율을 고려하여 최소 단변길이를 20 m로 제한할 경우에도 시공단면의 토공량 보다 21.0~27.1 % 감소된 결과를 나타냈다. 최소단변 길이를 시공단면의 단변길이와 비슷하게 제한할 경우의 토공량은 시공단면 토공량에 비해 8.0~25.0 % 감소된 결과를 타냈다. 등고선 구획의 최적배치에 따른 구획수는 Table 5와 같이 최소단변길이를 10 m로 할 경우, 단변의 길이가 다양하며 구획수가 증가하는 경향을 나타냈으며, 최소단변의 길이

가 길어짐에 따라 구획수는 감소하는 경향을 나타냈다. 이는 최소단면 길이를 작게 할 경우 필지간의 답고차가 큰 지역에서는 단변길이가 작아야 토공량이 최소가 되기 때문으로 판단된다.

Fig. 11은 GI-05 포구의 최소단변길이별 등고선 구획배치결과를 나타낸 것이며, Fig. 12는 최적 배치된 등고선 구획의 답고를 나타낸 것이다. 해당 포구의 경사가 4.7 %로 급한 경우는 아니지만 경사가 급하게 변하는 지역에서는 단변의 길이가 짧아지는 경향을 나타냈으며, 단변길이가 짧을 수록 인접구획간의 표고차가 작게 나타났다.

Fig. 13은 GS-03 포구의 최소단변길이별 등고선 구획배치결과를 나타낸 것이며, Fig. 14는 최적 배치된 등고선 구획의 답고를 나타낸 것이다. 해당 포구의 경사가 2.3 %로 다른 포구 보다 경사가 급하지 않으며, 장변의 길이가 다른 포구보다 길고 굴절각이 작아서 귀자르기를 하여 등고선구획을 설

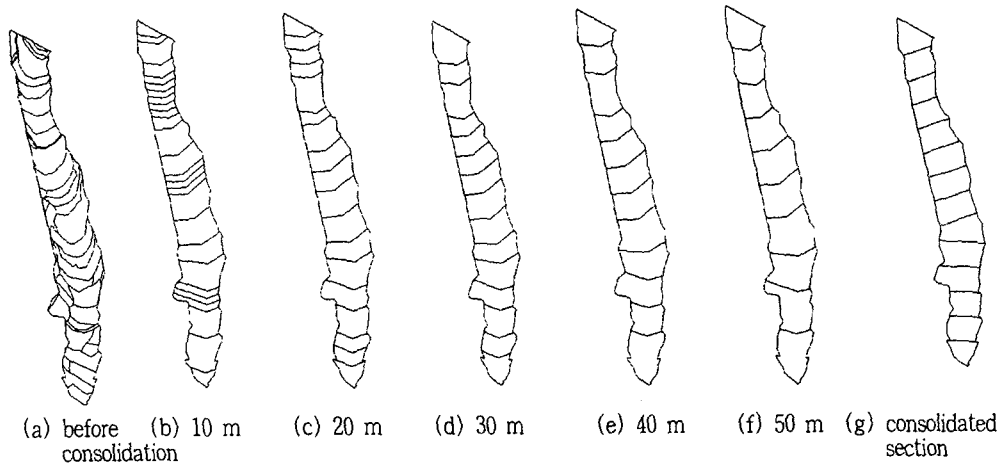


Fig. 11 Layout examples of contour-line plot methods using different short size lengths (GI-05)

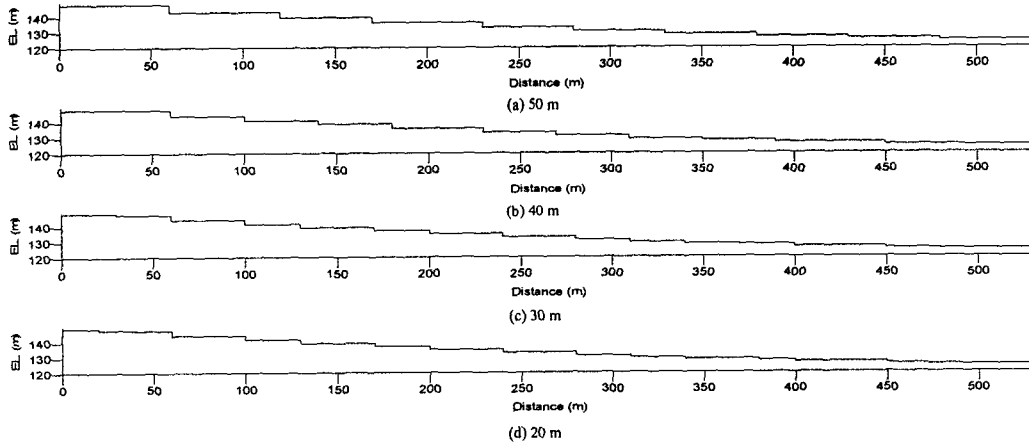


Fig. 12 Elevation of contour-lined plots as to minimum size of short side (GI-05)

계하였다. 이 포구에서는 경사가 다른 포구 보다 작으므로 인접구획간의 표고차가 작게 나타났다.

Fig. 15는 ND-04 포구의 최소단변길이별 등고선 구획배치결과를 나타낸 것이며, Fig. 16은 최적 배치된 등고선 구획의 답고를 나타낸 것이다. 해당 포구의 경사가 6.0 %로 다른 포구 보다 경사가 급하여 인접 구획간의 표고차가 크게 나타나고 있다.

IV. 요약 및 결론

본 연구에서는 경사지 경지정리지구의 구획형태를 등고선구획으로 설계할 경우, 등고선 구획의 형태와 대상지구의 경사도에 따른 토공량의 변화를 비교분석하였다. 또한, 토공량을 감소시키기면서 지형에 따라 구획의 단변길이가 변하는 등고선 구획을 배치하기 위하여 두 점간의 최단경로를 구하는 네트워크 이론을 적용한 최적화 모형을 구성하였

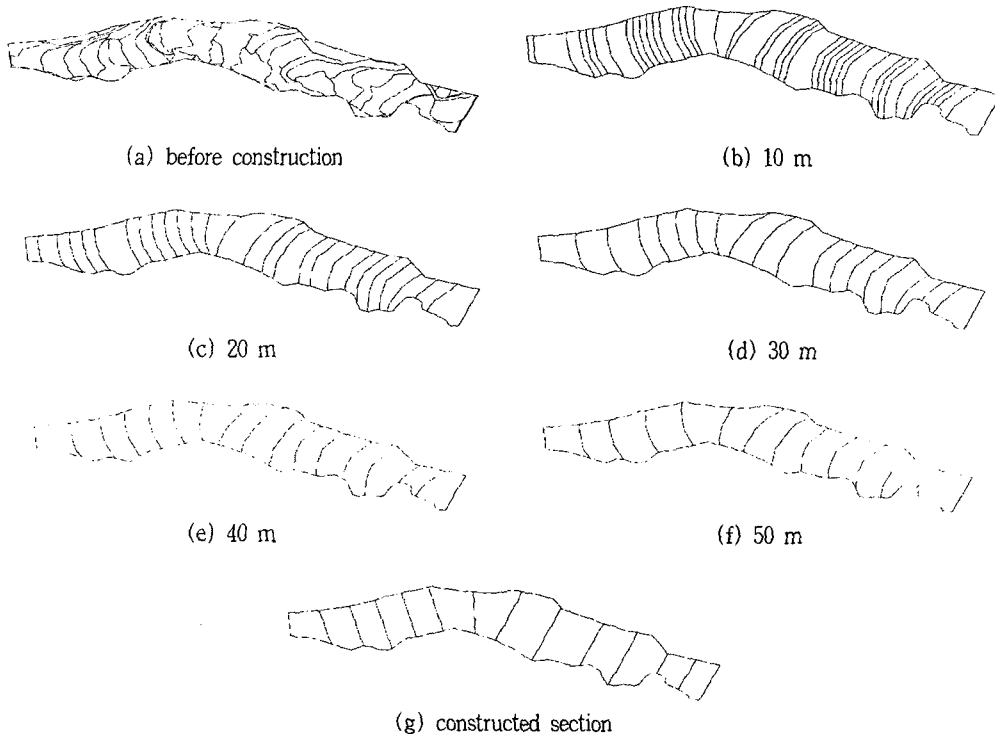


Fig. 13 Layout examples of contour-line plot methods using different short size lengths (GS-03)

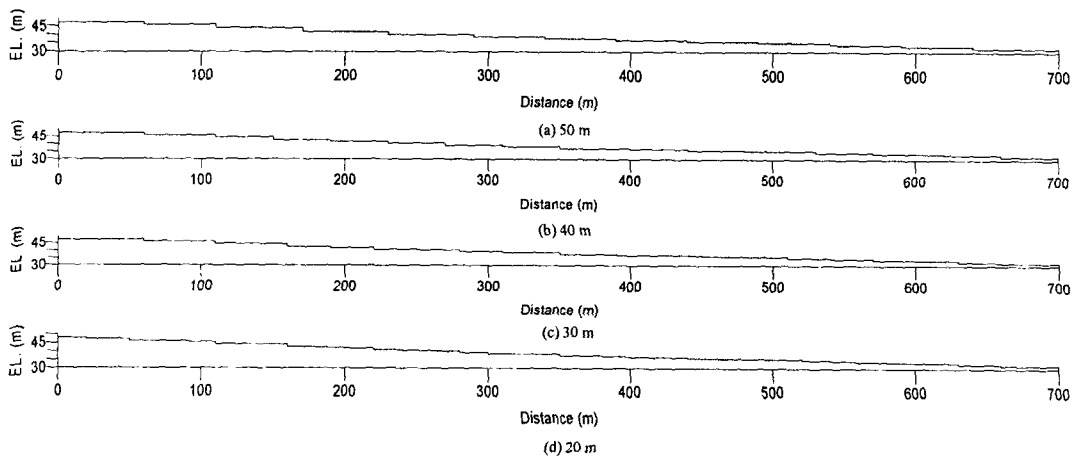


Fig. 14 Elevation of contour-lined plots as to minimum size of short side (GS-03)

다. 최적화 모형의 적용성을 평가하기 위하여 기시행된 경사지 경지정리지구에 적용하여 최적화 결과와 시행결과를 비교하였다.

본 연구의 결과를 요약하면 다음과 같다.

- ① 농기계의 작업효율을 고려하여 굴절각이 150° ~ 210° 가 되도록 한 등고선 구획을 경사지 경지정

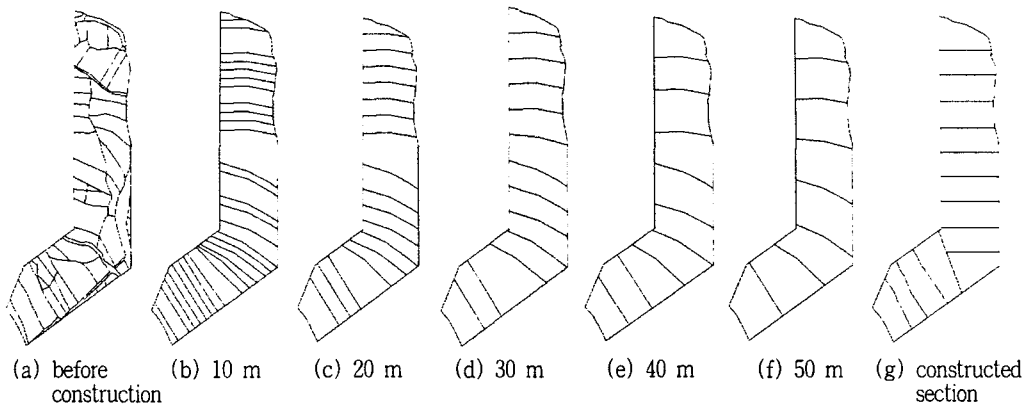


Fig. 15 Layout examples of contour-line plot methods using different short size lengths (ND-04)

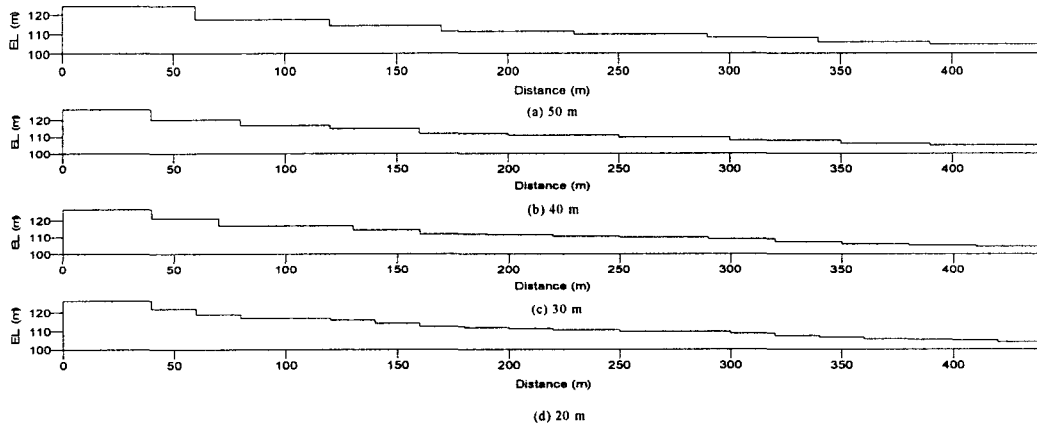


Fig. 16 Elevation of contour-lined plots as to minimum size of short side (ND-04)

리 지구에 적용할 경우 단변길이에 따른 토공량을 비교한 결과, 단변의 길이가 길어짐에 따라 동일한 구획내에 포함된 필지간의 표고차가 커지므로 토공량이 증가하는 경향을 나타냈다. 또한, 지구의 경사도와 단변길이에 따른 토공량을 비교한 결과, 단변 길이가 길어짐에 따라 지구의 경사도와 토공량간의 상관관계가 높아지는 경향을 나타냈다.

② 등고선 구획의 크기를 일정하게 하지 않고 토공량을 최소화하는 최적구획배치를 위하여 네트워크 이론을 적용한 최적화 모형을 구성하여 2001년 경지정리사업이 실시된 구일, 국사, 누동 등 3개 지구에 적용하여 시공 토공량과 최적화 결과를 비

교하였다. 시공토공량과 최적화 결과를 비교한 결과, 최소 단변길이를 10 m로 제한 할 경우 세 지구 모두 최소 토공량을 나타냈으며, 농기계의 작업 효율을 고려하여 최소 단변길이를 20 m로 제한할 경우에도 시공단면의 토공량 보다 21.0~27.1 % 감소된 결과를 나타냈다. 최소단변 길이를 시공단면의 단변길이에 비슷하게 제한할 경우의 토공량은 시공단면 토공량에 비해 8.0~25.0 % 감소된 결과를 타냈다.

③ 등고선 구획의 최적배치에 따른 구획수는 최소단변길이를 짧게 할 경우, 단변의 길이가 다양하며 구획수가 증가하는 경향을 나타냈다. 이는 최소

단면 길이를 작게 할 경우 필지간의 답고차가 큰 지역에서는 단면길이가 작아야 토공량이 최소가 되기 때문에 최소단면길이를 갖는 구획이 증가하기 때문으로 판단된다. 등고선 구획의 최적배치에 따른 구획의 표고를 비교한 결과, 단면의 길이가 길어짐에 따라 인접구획간의 표고차가 커지는 영향을 나타냈다. 또한, 경사지의 경사가 불규칙하기 때문에 인접구획간의 표고차는 일정하지 않으며, 저지대 보다 고지대에서 구획간의 표고차가 크게 나타났다.

References

1. Kim, J. S., 1996. Bund Collapse in Sloping Paddy Area by a Heavy Rainfall-Case Study for Dongrim-ri in Chungbuk Province. *Journal of the Korean Society of Agricultural Engineers* 38(5) : 55-63. (in Korean)
2. Homepage of Ministry of Agriculture and Forestry, 2001. http://www.maf.go.kr/agriinfo_2000/statistics_02_02_09.asp.
3. Ministry of Agriculture and Forestry, 1993. A Study of the Development of Basic Design Criteria of Land Rearrangement of Effective Use of Farm Machinery(II). (in Korean)
4. Rural Research Institute, Korea Agricultural & Rural Infrastructure Corporation, 2001. A Study on the Model Development and Institutional Improvement for Hilly-Mountainous and Less-Favored Areas. (in Korean)
5. Park, S. D., 1998. Operations Research, *Minyoungsa*. (in Korean)
6. Arita, H. and K. Kimura, 1997. Land consolidation of paddy field with reference to sustainable agriculture, *Association of agriculture and forestry statistics*, Tokyo. (in Japanese)
7. The Japanese Society of Irrigation, Drainage and Reclamation Engineering, 1999, Advanced paddy field engineering, *Shizan-Sha*, Tokyo, Japan.
8. Kazuhiro Kimura, 1998. The new land consolidation of paddy field in steep sloping area in mountainous village. *Journal of The Japanese Society of Irrigation, Drainage and Reclamation Engineering* 66(10) : 1017-1021. (in Japanese)