

# 도로건설사업 시 지형 훼손 최소화를 위한 절·성토 높이 기준 연구

김미리\* · 김수련\* · 신지훈\*\* · 성현찬\*\*

\*단국대학교 대학원 · \*\*단국대학교 녹지조경학과

## A Study on the Standard of Cutting and Filling Height to Minimize Topographical Damage in Road Side Construction

Kim, Mi-Ri\* · Kim, Su-Ryeon\* · Shin, Ji-Hoon\*\* · Sung, Hyun-Chan\*\*

\*Graduate School of Dankook University

\*\*Dept. of Landscape Architecture, Dankook University

### ABSTRACT

The purpose of this study is to analyze the relationship between height of cutting and filling as well as the height of slope of roadsides. It also suggests the rational height of slope to minimize topographical damage in road construction. Hence, in this study, 44 cases of expert's opinions related to height of slope in Environmental Impact Assessment(EIA) for road construction projects are reviewed, and 23 cases of data related to height of cutting and filling in EIA for road construction projects are used for analyzing relationship between height of slopes and height of cutting or filling of roadside. The results are as follows; Most of heights of cutting, filling and slope in EIA for road construction are over the required standards 20 or 30m(in case of cutting) and 10 or 15m(in case of filling). It also shows that there is high-level correlation between height of cutting and filling and height of slope of roadside. According to regression analysis, it is suggested that the general standard of each heights of cutting and filling are 25.33~33.23m(in case of cutting) and 14.56~18.08m(in case of filling), but it should be considered in EIA review for road construction projects that these heights suggested in this study are over the required standards.

*Key Words: Road Construction, Environmental Impact Assessment, Road Side Slope, Height of Slope*

### 국문초록

본 연구의 목적은 경기도 도로건설사업의 환경영향평가를 대상으로 도로 건설시 절·성토 높이와 비탈면 높이와의 관계를 분석하고, 도로 건설사업 시 지형적 훼손을 최소화할 수 있는 합리적인 비탈면 높이 기준을 제시하는 데에 있다. 이를 위해 도로건설사업 환경영향평가서 내 비탈면 높이와 관련된 전문가 의견이 제시된 44개의 사례를 검토하고, 그 중에서 절·성토고 높이에 관해 언급된 23개의 사례를 추출하여 분석에 활용하였다. 본 연구의 결과를 요약하면 다음과

**Corresponding author:** Ji-Hoon Shin, Dept. of Landscape Architecture, Dankook University, Chungnam 330-714, Korea, Tel.: +82-41-550-3634, Fax: +82-41-550-3048, E-mail: sjihoon@dankook.ac.kr

같다. 환경영향평가서 상에 제시된 대부분의 절·성토 높이 및 비탈면 높이는 기준 높이인 20~30m(성토 높이), 그리고 10~15m(절토 높이)를 초과하고 있으며, 도로변의 절·성토 높이가 비탈면의 높이와 높은 상관관계가 있다는 것을 보여 주고 있다. 그리고 회귀분석 결과에 따르면 각각의 절·성토 높이는 절토 높이의 경우 25.33~33.23m, 성토 높이의 경우 14.56~18.08m로 나타났으며, 이러한 높이 기준은 일반적인 높이 기준보다 높은 것으로 나타나, 향후 환경영향평가서 검토 시에 충분히 고려되어야 할 사항으로 판단된다. 본 연구는 환경영향평가서에 제시된 절·성토 높이 및 비탈면 높이만을 고려하고 있어, 실제 제안된 높이가 지형 훼손을 최소화할 수 있는지에 대한 검증은 불가능하였으며, 따라서 본 연구에서 제시된 높이 기준을 바탕으로 비탈면 높이에 대한 친환경성 검증을 위한 심층적인 연구가 진행될 필요가 있다.

주제어: 도로건설사업, 환경영향평가서, 도로 비탈면, 비탈면 높이

## 1. 서론

도로의 개발 시 백두대간의 능선축, 주요 산림 등의 보전을 고려한 계획이 수립되기도 하나, 여전히 환경영향평가 ‘도로의 건설’ 사업의 환경영향평가서 내에 노선 결정을 위하여 제안된 대안에서는 원지형 보전을 포함한 환경성보다는 안정성과 사업의 경제성을 우선하여 결정되고 있는 실정이다.

현재 일반적으로 활용되는 ‘환경친화적 도로설계 지침(Ministry of Land, Infrastructure, and Transport · Ministry of Environment, 2010)’ 등에서 제한하고 있는 절·성토 기준(땅짜기 비탈면 높이 30m, 흙쌓기 비탈면높이 15m 등)은 재해안정성을 토대로 마련되어 친환경 측면의 고려가 부족하며, 환경영향평가서 중 ○○도로 개발사업에서 제시된 전문가 검토의견에서는 ‘절·성토고 높이가 비탈면 발생의 근본 원인이므로 높이를 낮추어야 한다.’는 의견이 제시되기도 하였다. 또한, 환경영향평가서의 지형·지질에서 전문가가 제시한 절·성토고 및 비탈면 높이와 관련된 의견은 검토자에 따라 의견이 주관적으로 제시되고 있어, 도로건설사업으로 인한 일반적인 지형 변화 정도를 파악할 수 있는 구체적인 기준 마련이 필요하다.

Joo(2005)는 ‘환경친화적 도로노선을 위한 환경성지표 선정 및 평가방향에 관한 연구’에서 절·성토 기준은 절대적 기준이 아닌 다양한 노선대안 중 지형·지질 측면에서의 바람직한 대안을 선정하기 위한 기준이라 하였고, Kim(2005)은 비탈면 내진평가 방법에 한계가 있으며, 적용 및 평가기준도 설계자의 경험을 바탕으로 판단하고 있다고 하였다. Hwang(2007), Na(2010)은 기존 설계기준의 토사지반 표준경사에 대한 안전율은 전반적 재검토가 필요하며, 합리적인 절토사면의 기준이 필요하다고 하였다.

이렇듯 안전성 측면에서도 절대적인 기준이 아닌 설계자의 판단에 따라 결정되는 절·성토고는 보편적인 환경에서 활용될 수 있는 기준의 범위에 관한 검토가 필요하다. 또한, 표고가 낮은 구릉성 산림 지역은 현재의 절·성토 기준을 중심으로 적용하게 될 경우, 불필요한 원지형 훼손 가능성을 높여 절·성

토고를 높게 되는 영향을 미칠 수 있다.

고속도로 절토 비탈면 녹화 연구에서 Kim(2008)은 절토고가 낮아지면 녹화율이 높아져 친환경성이 높아진다고 하였다. 이는 원지형 훼손을 최소화할 뿐만 아니라, 절·성토고를 낮추는 것이 곧 친환경성을 높이는 것으로 이해할 수 있다.

이에 따라 본 연구는 도로건설사업을 위하여 작성된 환경영향평가서 44개의 사례를 활용하여 국내 지형 여건에 따른 절·성토고의 평균분포를 분석하고, 절·성토고에 따른 비탈면 높이 변화의 상관관계를 파악하여 도로건설 시 지형 훼손을 저감하는 방향으로의 개발을 유도할 수 있는 평가기준을 마련하기 위한 기초 자료를 제공하는데 목적이 있다.

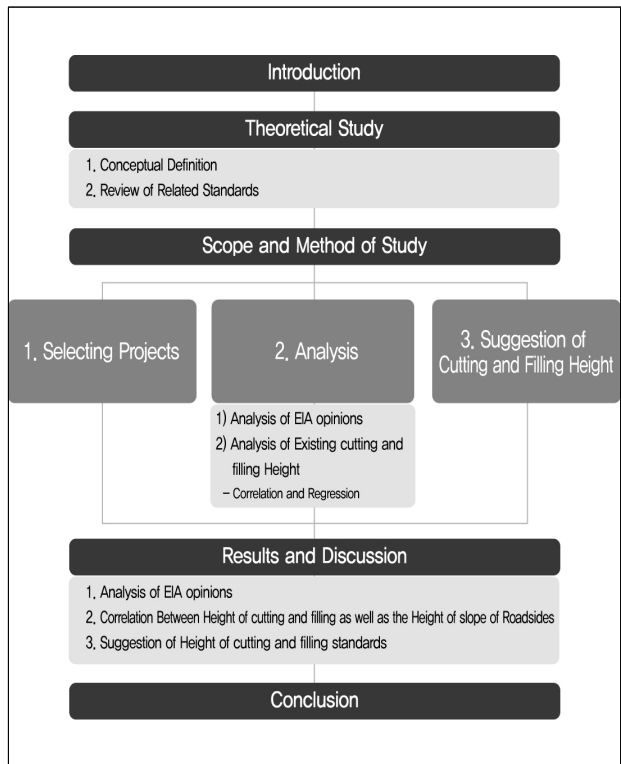


Figure 1. Research process

## II. 이론적 고찰

### 1. 개념 정의

Lee(2005)는 '절토고'를 계획절취 지반고의 중심선에서 현재의 지반고까지 절취되는 수직높이라 하였고, '성토고'는 현재의 지반고에서 계획절취 지반고의 중심선까지 성토되는 수직높이라 하였다. '절토사면고'는 계획절취 지반고에서 좌우측 사면의 절취로 발생하는 사면의 수직높이, '성토사면고'는 성토구간에서 계획절취 지반고의 가장자리에서 사면이 현 지반고와 만나는 지점까지의 수직높이라 하였다.

지형이 변화하는 형태에 따라 절·성토고가 비탈면의 높이보다 낮거나, 비슷할 수도 있으며, 높을 수도 있다. 특히, 산봉우리 또는 산골짜기를 포함하여 노선이 계획된 도로 건설 사업의 경우, 절·성토로 발생된 비탈면의 높이는 절·성토고보다 낮으나, 산림의 원지형을 과도하게 훼손할 뿐만 아니라, 친환경성을 저하시키는 요인이 된다(Figure 2 참조).

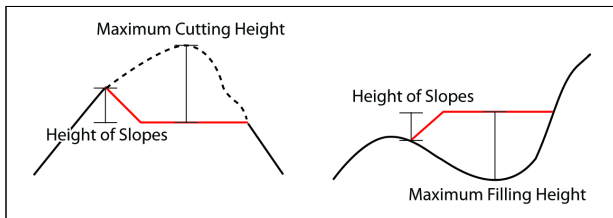


Figure 2. Conceptual diagram of cutting and filling height

\* 개념도는 연구자가 이해를 돕기 위하여 작성한 것임.

### 2. 관련 기준 검토

도로건설사업에서 일반적으로 활용되고 있는 건설공사 비탈면 설계지침(Ministry of Land, Infrastructure, and Transport, 2011), 사전환경성검토 업무매뉴얼(Ministry of Environment, 2010), 도로설계편람(Ministry of Land, Infrastructure, and Transport, 2012), 환경친화적 도로건설 지침(Ministry of Land, Infrastructure, and Transport · Ministry of Environment, 2010) 등 절·성토 및 비탈면과 관련하여 제시하고 있는 기준 및 이와 관련한 연구 내용을 검토하였다.

관련 지침 및 연구에서 절·성토고 또는 절·성토고 비탈면 높이에 대하여 제시된 기준은 절토고 및 절토 비탈면 높이는 20m 또는 30m 이상, 성토고 및 성토 비탈면 높이는 10m 또는 15m 이상으로 제시되고 있었다. 그러나 이 값은 비탈면 조사, 안정 해석, 횡단면도 작성과 같이 추가 검토가 필요한 기준으로, 친환경적 측면의 원지형 훼손에 대한 고려는 전혀 이루어지지 않고 있다(Table 1 참조).

## III. 연구 범위 및 방법

### 1. 대상 사업의 선정

본 연구에서 분석된 환경영향평가서는 환경영향평가 정보지원시스템(EIASS)에서 공개된 사업 중 1995년부터 2013년까지 추진된 도로건설사업 중 2013년 4월을 기준(총 940건)으로 178건으로 가장 많은 건수의 도로건설사업이 실시된 경기도를 대

Table 1. Standard in related index and study of road construction project

No.	Title	Standard	Note
1	MLIT (2011)	- In case of cutting height is over 20m(If road length section is above 200m, geophysical exploration application.)	Geophysical exploration application
2	MLIT (2011)	- Minimization of cutting height and filling height - Height of cut slope over 20m - Height of filling slope over 10m	Slope investigation, need of analysis of slope safety
3	MLIT · ME (2010)	- Height of cut slope over 30m - Height of filling slope over 15m	Suggestion of cross sectional view
4	Lee (2005, KEI)	- Cutting height over 30m - Height of cut slope over 30m - Filling height over 15m - Height of filling slope over 15m	Suggestion of cross sectional view
		- Cutting height over 20m - Height of cut slope over 30m - Filling height over 10m - Height of filling slope over 10m	Development section of particular cutting and filling
5	Kim (2002, KEI)	- Cutting height over 30m(A center-line standard) - Height of cut slope over 30m - Filling height over 10m(A center-line standard) - Height of filling slope over 10m	Suggestion of cross sectional view

\* MLIT: Ministry of Land, Infrastructure, and Transport

Table 2. The number of regional road construction projects on EIASS

Region	The number of projects	Region	The number of projects
Seoul	8	Busan	12
Daegu	22	Incheon	22
Gwangju	15	Daejeon	13
Ulsan	21	<b>Gyeonggi</b>	<b>178</b>
Gangwon	81	Chungbuk	66
Chungnam	95	Jeon-buk	69
Jeonnam	97	Gyeong-buk	120
Gyeongnam	111	Je-ju	10
Total	940		

\* 2013년 4월 환경영향평가 정보지원시스템(<http://www.eiass.go.kr/>)에서 제공 중인 도로건설사업 건수를 기준으로 활용함.

상지역으로 설정하였다. 경기도의 경우, 산지 및 구릉지, 평지 등 다양한 지형이 분포하고 있어, 산봉우리 및 산골짜기에 대한 절·성토 사면의 영향이 비교적 높이 나타날 여지가 있는 것으로 판단하였다.

경기도의 도로건설사업 중 평가서 자료의 수집 가능성을 고려하여 정보공개가 '동'으로 되어 있고, 협의가 완료되어 열람이 가능한 환경영향평가서를 활용하였다. 또한, 도로의 개발 시 원지형 훼손 정도가 도로를 확장하는 사업보다 신설하는 도로가 더 크므로 '신설'하는 사업을 대상으로 선별하였다.

본 기준을 토대로 자전거길 조성사업(2개)을 제외한 총 44개의 도로개발사업을 Table 3과 같이 선정하였으며, 사업명은 코드를 부여하여 제시하였다.

## 2. 분석 방법

### 1) 환경영향평가서 검토의견 분석

환경영향평가서 내 지형·지질과 관련한 전문가 검토의견에서 공통적으로 제시된 절·성토고, 비탈면 높이, 검토의견의 유형 등을 분석하였다.

### 2) 절·성토고와 비탈면 높이 현황 분석

대상 사업별로 설계한 최대 절·성토고, 지점의 비탈면 높이와 관련한 정보를 환경영향평가서에서 도출하였다. 도출한 표본 중 최대 절토고의 값이 과도하게 크거나 낮은 경우는 데이터의 일관성에서 벗어난 것으로 판단하였으며, 이로 인한 편차가 큰 부분을 제외하기 위하여 최대 절·성토고를 95%의 신뢰구간 수준에서 분포 범위를 산출하였다. 최대 절토고, 최대 성토고, 비탈면 높이의 데이터 값이 모두 있는 사업 23개를 대상으로 SPSS 12.0 프로그램을 사용한 단순회귀 분석을 통하여 '절·성토고와 비탈면높이'의 변수들을 분석하였다.

Table 3. List of sample data in project

No.	Code	Cutting height(m)		Filling height(m)		Reception date
		Maximum cutting height	Height of slopes	Maximum filling height	Height of slopes	
1	A	41	-	23	-	1996
2	B	34.71	-	12.15	-	1997
3	C	28.68	-	18.09	-	1997
4	D	60.8	-	26.18	-	1998
5	E	58.35	-	18	18	1998
6	F	40.5	40.5	10.93	10.93	1999
7	G	33.12	33.1	12.63	-	1999
8	H	18.62	-	13.18	-	1999
9	I	31.61	-	13.2	-	2000
10	J	0.93	-	15.51	-	2000
11	K	38.91	49.34	17.67	-	2001
12	L	37	-	16.18	-	2001
13	M	20.17	-	16.31	-	2001
14	N	41.8	31.8	14.5	27.1	2002
15	O	40.4	48.4	25.1	27.3	2002
16	P	29.74	36.35	11.51	9.86	2002
17	Q	27.9	23.84	15.5	15.96	2002
18	R	7.07	-	11.84	-	2002
19	S	13.66	-	10.69	-	2003
20	T	26.6	-	21	-	2003
21	U	18.6	39.9	17.91	17.2	2003
22	V	25.53	38.87	22.23	21.97	2004
23	W	25.82	26.86	15.77	18.16	2004
24	X	-	-	14.78	6.8	2004
25	Y	38.3	42.49	10.74	9.1	2004
26	Z	24.13	30.51	11.06	-	2004
27	AA	41	-	17	-	2004
28	AB	27.5	35.1	14.1	15.8	2004
29	AC	21.5	32.5	13.3	12.5	2005
30	AD	26.66	36.4	17.1	10	2005
31	AE	32.22	-	34.48	-	2005
32	AF	22.26	26.77	7.47	9.82	2005
33	AG	25.04	-	12.97	11.52	2007
34	AH	48.56	-	27.21	-	2008
35	AI	31.2	35.2	13.8	-	2008
36	AJ	35.6	37.4	26.6	30.1	2008
37	AK	14.47	14.47	12.08	12.08	2008
38	AL	3.36	-	5.27	-	2008
39	AM	30	23.7	18.5	18.5	2009
40	AN	27.1	31.6	11.6	10	2009
41	AO	47.4	-	-	-	2010
42	AP	9.65	-	14.66	22.58	2011
43	AQ	23.4	40	20.4	31.2	2011
44	AR	28.05	34.6	19.53	20.6	2012
Total		43	23	43	23	-

(1) 상관관계분석

SPSS 12.0 프로그램을 이용하여 절·성토고와 비탈면 높이의 산포도 분석을 통하여 변수 사이의 함수관계를 추정하고, 상관관계분석을 실시하였다.

(2) 회귀분석

SPSS 12.0 프로그램을 이용하여 최대 절토고, 최대 성토고와 비탈면 높이에 대한 회귀분석을 실시하고, 회귀방정식을 산출하였다. 추정된 회귀식의 적합성은 변수들에 대한 값 중 유의한 R<sup>2</sup>의 값 확인을 통하여 검증하였고, 이후 회귀방정식에 따른 회귀계수를 추론하였다.

3. 절·성토고 기준 제시

도로건설사업과 관련한 지침, 연구기준, 표본의 기초 통계량 분석 결과, 검토의견, 상관성 분석 결과 및 회귀분석 결과 등을 비교·분석하여 친환경적 측면을 고려한 최대 절토고와 최대 성토고의 범위를 도출하였다.

**IV. 연구 결과 및 고찰**

1. 환경영향평가서 검토의견 분석

대상 사업 중 27.3%(12개)가 높이를 조절해야 한다는 검토의견을 제시하였다. 검토의견의 대부분은 지침이나 관련 연구에서 제시된 기준을 중심으로 설계된 높이보다 낮추는 방향으

Table 4. Examination opinion proposed height control standard

No.	Code	Cutting height (m)	Height of cutting slopes (m)	Filling height (m)	Height of filling slopes (m)
1	F	-	Under 20	Under 10	-
2	T	Under 30	-	Under 20	-
3	U	-	Under 30	-	-
4	AE	Under 30	-	Under 20	-
5	AG	-	Under 20	-	Under 15
6	AI	Under 9	Under 30	-	-
7	AJ	Under 30	-	Under 15	-
8	AM	-	Under 20, 45.7	-	-
9	AN	-	Under 29, under 20	-	Under 15
10	AO	-	Under 40, 45.6	-	-
11	AP	Under 9	-	-	-
12	AQ	Under 9	49.77 ⇒ 29.2	-	-
Total		Under 9m, under 30m	Under 20m, 30m, 40m	Under 10m, 15m, 20m	Under 15m

로 제안되는데, 일부 지역별 특성에 따라 절토고 9m 이하로 적용되기도 하였다(Table 4 참조).

2. 절·성토고와 비탈면 높이와의 관계 분석

1) 기술통계

전체 44개 대상지 중 누락된 경우를 제외하여 최대 절·성토고는 각각 43개, 최대 절·성토고의 비탈면 높이는 각각 23개의 자료(표본)를 수집하였다(Table 3 참조).

수집된 표본의 정보는 기술통계분석을 통해 표본평균, 표준편차, 표준오차 및 95%의 신뢰구간에 대한 범위 값을 Table 5에 제시된 바와 같이 도출하였다.

최대 절토고의 범위는 25.33~33.23m, 최대 성토고는 14.56~18.08m로 대부분 지침 기준보다 초과되고 있는 것으로 나타났다(Table 5 참조).

2) 상관관계분석

(1) 표본 대상 선정

전체 44개 사업 중 최대 절·성토고에 따른 비탈면 높이의 자료가 모두 제시된 각 23개의 자료(표본)를 수집하였다(Table 6 참조).

(2) 산포도 분석

독립변수와 종속변수의 형태적 관계의 확인을 위해 산포도를 작성한 결과, 각각의 값은 모두 일직선 위에 있는 선형성의 형태를 나타냄에 따라, 함수관계가 존재하는 독립변수가 하나인 선형회귀모형이 되는 것을 알 수 있다(Figure 3 참조).

(3) 상관관계 분석

최대 절·성토고와 비탈면 높이의 상관관계를 분석하기 위해 상관분석을 실시한 결과, 최대 절토고와 비탈면 높이의 상관계수는 0.5688로 약 56.9%의 상관관계를 보이며(Table 7 참조), 최대 성토고와 비탈면 높이의 상관계수는 0.7710으로 약 77.1%

Table 5. Basic statistics of sample

Division	Cutting height(m)		Filling height(m)	
	Maximum cutting height	Height of slopes	Maximum filling height	Height of slopes
Sample mean	29.28	34.33	16.32	16.83
Standard deviation	12.84	7.96	5.71	7.18
Standard error	1.96	1.66	0.87	1.5
Interval value	25.33 < μ < 33.23	30.89 < μ < 37.78	14.56 < μ < 18.08	13.72 < μ < 19.94

Table 6. Sampling list to correlation analysis

No.	Code	Cutting height(m)		Filling height(m)	
		Maximum cutting height	Height of slopes	Maximum filling height	Height of slopes
1	E	-	-	18	18
2	F	40.5	40.5	10.93	10.93
3	G	33.12	33.1	-	-
4	K	38.91	49.34	-	-
5	N	41.8	31.8	14.5	27.1
6	O	40.4	48.4	25.1	27.3
7	P	29.74	36.35	11.51	9.86
8	Q	27.9	23.84	15.5	15.96
9	U	18.6	39.9	17.91	17.2
10	V	25.53	38.87	22.23	21.97
11	W	25.82	26.86	15.77	18.16
12	X	-	-	14.78	6.8
13	Y	38.3	42.49	10.74	9.1
14	Z	24.13	30.51	-	-
15	AB	27.5	35.1	14.1	15.8
16	AC	21.5	32.5	13.3	12.5
17	AD	26.66	36.4	17.1	10
18	AF	22.26	26.77	7.47	9.82
19	AG	-	-	12.97	11.52
20	AI	31.2	35.2	-	-
21	AJ	35.6	37.4	26.6	30.1
22	AK	14.47	14.47	12.08	12.08
23	AM	30	23.7	18.5	18.5
24	AN	27.1	31.6	11.6	10
25	AP	-	-	14.66	22.58
26	AQ	23.4	40	20.4	31.2
27	AR	28.05	34.6	19.53	20.6
Total		23		23	

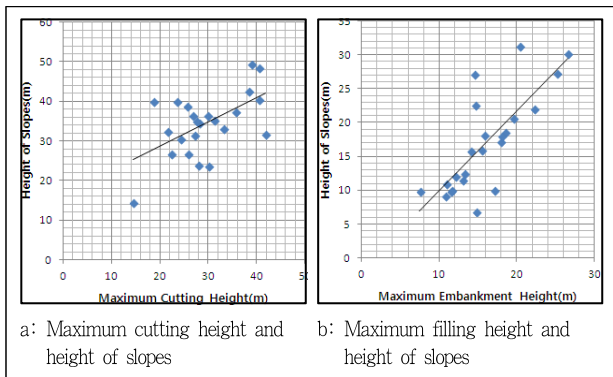


Figure 3. Degree of scattering of independent variable and dependent variable

Table 7. Correlation analysis between height of slopes and height of cutting

		Hight of slopes	Hight of cutting
Hight of slopes	Pearson correlation coefficient	1	.569**
	P-value(two-tailed)		.005
	N	23	23
Hight of cutting	Pearson correlation coefficient	.569**	1
	P-value(two-tailed)	.005	
	N	23	23

\*\*p<0.01

Table 8. Correlation analysis between height of slopes and height of filling

		Hight of slopes	Hight of filling
Hight of slopes	Pearson correlation coefficient	1	.771**
	P-value(two-tailed)		.005
	N	23	23
Hight of filling	Pearson correlation coefficient	.771**	1
	P-value(two-tailed)	.005	
	N	23	23

\*\*p<0.01

의 상관관계를 보였다(Table 8 참조). 이를 통하여 최대 절·성토고와 비탈면 높이는 비교적 높은 상관관계가 있는 것으로 나타났다. 이러한 결과를 토대로 비탈면의 높이가 높을수록 최대 절·성토고의 높이도 높아지는 것을 알 수 있다.

3) 회귀분석

상관관계의 통계적 유의성 분석을 위하여 최대 절·성토고와 비탈면 높이를 각각 독립변수와 종속변수로 설정하고, 회귀분석을 실시한 결과는 Table 9와 같으며, 유의확률이 0.05보다 작은 0.00로 나타나 두 변수간 유의성이 인정되는 것으로 나타났다.

Table 9. Coefficient of simple regression model

Model	Unstandardized coefficients		Standardized coefficients	t	P-value
	B	Standard error	$\beta$		
1	Regression constant	16.31	5.85	2.79	0.01
	Height of cutting	0.62	0.19	0.57	3.17
2	Regression constant	-1.85	3.51	-0.53	0.60
	Height of filling	1.18	0.21	0.77	5.55

\* 1: Maximum cutting height, 2: Maximum filling height

또한, 회귀분석에서는 회귀식의 상수값이 최대 절토고 16.31m, 최대 성토고 -1.85m로 분석되었으며, 독립변수의 회귀계수는 최대 절토고의 경우 0.62m, 최대 성토고의 경우 1.18m이었다. 이를 통하여 산출된 회귀식은 다음과 같다.

$$Y_1 = 16.31 + 0.62X_1$$

$$Y_2 = -1.85 + 1.18X_2$$

$Y_1$ : 최대 절토고에 따른 비탈면 높이,  $X_1$ : 최대 절토고

$Y_2$ : 최대 성토고에 따른 비탈면 높이,  $X_2$ : 최대 성토고

회귀식의 유효성(적합성) 판단을 위한 결정계수  $R^2$ 의 값은 최대 절토고의 경우 0.32로 비교적 낮은 설명력을 보이고 있는 것으로 나타났으며, 최대 성토고의 경우 0.59로 나타나 보통 수준의 설명력을 보이고 있는 것으로 나타났다.

또한, 회귀식에 따르면 절토고가 발생하는 지점의 일반적인 비탈면 높이가 16.31m이고, 최대 절토고가 1m씩 증가함에 따라 비탈면 높이는 0.62m씩 증가하는 것으로 나타났다. 최대 절토고 1m에 따른 비탈면 높이의 95% 신뢰구간은 0.21~1.02m이었다. 성토고가 발생하는 지점의 일반적인 비탈면 높이는 -1.85m이고, 최대 성토고가 1m씩 증가함에 따라 비탈면 높이가 1.18m씩 증가하는 것으로 나타났다. 최대 성토고 1m에 따른 비탈면 높이의 95% 신뢰구간은 0.74~1.62m이었다.

### 3. 절·성토고 기준 제안

1) 최대 절·성토고 현황 분석을 통한 절·성토고 기준 검토  
 최대 절·성토고의 현황 분석에서 도출된 범위값(최대 절토고 25.33~33.23m, 최대 성토고 14.56~18.08m)을 최대 절·성토고에 따른 비탈면 높이의 회귀방정식에 대입한 결과, 절토에 따른 비탈면 높이는 32.01~36.91m로 지침기준인 20m, 30m를 모두 초과하고, 성토에 따른 비탈면 높이 역시 15.33~19.48m로 현재 지침기준인 10m, 15m를 모두 초과하고 있었다. 따라서 도로개발 시 지형 훼손을 최소화하기 위하여 최대 절토고는 25.33m 이하, 최대 성토고는 15.33m 이하로 가급적 낮추는 것이 바람직한 것으로 나타났다.

2) 관련 연구 및 지침 기준의 적용을 통한 절·성토고 기준 검토  
 관련 연구에서 제시된 최대 절·성토고의 기준(최대 절토고 20m, 30m 이하, 최대 성토고 10m, 15m 이하)을 회귀방정식에 대입해 보면, 절토비탈면 높이는 28.71m(+8.71m 초과), 34.91m(+4.91m 초과)로 모두 기준을 초과하였다. 성토비탈면 높이 역시 15.33m(+5.33m 초과), 19.48m(+4.48m 초과)로 제안된 기준을 모두 초과하는 것으로 나타났다.

또한 Ministry of Land, Infrastructure, and Transport ·

Ministry of Environment(2010), Ministry of Land, Infrastructure, and Transport(2012)의 지침기준은 비탈면 높이를 중심으로 평가되고 있어, 기준이 되는 비탈면 높이(절토비탈면 20m, 30m 이하, 성토비탈면 높이 10m, 15m 이하)를 회귀방정식에 적용하여 절·성토고 값을 검토하였다.

그 결과, 절토비탈면 높이가 20m, 30m인 경우, 최대 절토고는 각각 5.95m, 22.08m로 나타났고, 성토비탈면 높이가 10m, 15m인 경우 최대 성토고는 각각 10.04m, 14.28m로 나타났다.

### 3) 절·성토고 검토 결과의 종합

관련 연구에서 제시된 최대 절토고는 20m, 30m 이하이었으나, 실제 도로개발사업에서는 95%의 신뢰구간에서 최대 절토고가 25.33~33.23m로 최소 3.23m~최대 13.23m 더 절토되고 있는 것으로 나타났다. 지침의 비탈면 높이 기준(절토비탈면 20m, 30m 이하)을 만족하기 위한 최대 절토고가 5.95m, 22.08m임을 감안하면, 도로개발사업에서는 최소 3.25m~최대 27.28m 더 절토되고 있는 것으로 분석되었다.

최대 성토고의 경우, 관련 연구에서 기준은 10m, 15m 이하이었으나, 실제 사업에서는 95% 신뢰구간에서 14.56~18.08m로 최소 0m~최대 8.08m 더 성토되고 있는 것으로 나타났다. 지침의 비탈면 높이 기준(성토비탈면 10m, 15m 이하)을 만족하기 위한 최대 성토고가 10.04m, 14.28m임을 감안하면, 최소 0.28m~최대 8.04m 더 성토되는 것으로 볼 수 있다.

따라서 도로개발사업에서 지형 훼손을 최소화하기 위해서는 최대 절·성토고는 사업에서 일반적 설계 범위(최대 절토고 25.33~33.23m, 최대 성토고 14.56~18.08m)를 고려하되, 그 범위는 관련 연구 및 지침에서 제시하는 기준보다 최대 절토고는 최소 3.23m~최대 27.28m, 최대 성토고는 최소 0m~최대 8.08m 더 훼손되고 있는 것임을 감안하여 노선을 결정하거나 절·성토고를 낮추는 방안을 강구하여야 할 것이다.

## V. 결론

본 연구는 관련 연구 및 지침 기준, 도로건설사업 환경영향평가서 44개 사례 중 23개 표본을 활용한 상관관계 및 회귀분석을 통하여 최대 절·성토고의 높이에 따른 비탈면 높이의 영향 정도를 파악하여 현재 도로건설 시 지형 훼손을 저감하는 방향으로의 개발을 유도하는데 목적이 있다.

환경영향평가서에서 설계된 높이 값은 최대 절·성토고와 비탈면 높이와 관련한 연구 및 지침의 기준보다 대부분 초과되고 있었으며, 대상 사업 중 27.3%가 제안된 높이를 기준보다 낮추는 방향으로 조절해야 한다는 검토의견을 제시하였다. 또한, 최대 절·성토고와 비탈면 높이의 상관성 분석에서 높은 상관관계가 있는 것을 알 수 있었으며, 회귀분석 시 두 변수간

유의성이 인정되는 것으로 나타나 최대 절토고와 비탈면 높이 사이의 회귀식  $Y_1 = 16.31 + 0.62X_1$ , 최대 성토고와 비탈면 높이 사이의 회귀식  $Y_2 = -1.85 + 1.18X_2$ 로 산출되었다.

도출된 회귀식에 도로개발사업 환경영향평가서의 최대 절·성토고와 관련 연구 및 지침에서 제시된 값을 적용하여 분석한 결과, 절토고는 최소 3.23m~최대 27.28m, 성토고는 최소 0m~최대 8.08m 더 훼손되고 있는 것으로 나타나, 실제로는 과도한 규모의 절·성토가 이루어지고 있는 것으로 판단된다.

도로개발사업에서 지형 훼손을 최소화하기 위해서는 최대 절·성토고는 일반적으로 설계되고 있는 범위(최대 절토고 25.33~33.23m, 최대 성토고 14.56~18.08m)를 고려하되, 그 범위는 관련 연구 및 지침에서 제시하는 기준보다 실제로는 더 훼손되고 있는 것임을 감안하여 노선을 결정하거나 절·성토고를 낮추는 방안을 강구하여야 할 것이다.

본 연구에서 환경영향평가서 분석 시 실제 절토고와 성토고, 비탈면의 높이를 명확하게 제시하고 있는 경우가 적어, 분석에 사용된 사례가 연구의 초기단계보다 많이 줄어들어, 결과적으로 통계적 처리에 대한 어려움이 있었고, 향후 보다 충분하고 정밀한 데이터를 활용한 분석이 필요한 것으로 생각된다. 또한 본 연구는 환경영향평가서에 제시된 절·성토 높이 및 비탈면 높이만을 고려하고 있어, 실제 제안된 높이가 지형 훼손을 최소화할 수 있는지에 대한 검증은 불가능하였으며, 따라서 본 연구에서 제시된 높이 기준을 바탕으로 비탈면 높이에 대한 친환경성 검증을 위한 심층적인 연구가 진행될 필요가 있다.

## 인용문헌

- Hwang, Y. C. and H. S. Lee(2007) Analytical evaluation on design criteria for cut slopes. Journal of Korean Geo-Environmental Society 8(3): 51-57.
- Joo, Y. J., B. S. Byun and J. G. Choi(2005) A study on building environmental indices for environmentally friendly road. Korea Environmental Policy and Administration Society 13(1): 91-111.
- Kim, J. H., Y. S. Lee and S. D. Cho(2005) Earthquake resistant design methods on the slopes. Journal of Korean Society of Hazard Mitigation 5(1), 23-32.
- Kim, J. J.(2008) A Study on Afforestation Construction for Cutting Slope in Expressway : Focusing on Wonju · Hoengseong Area in Young-dong Expressway. Graduate School, Sangji University.
- Kim, J. Y.(2002) A study on reasonable estimation and assessment method of environmental impact. Korea Environment Institute.
- Lee, S. J.(2005) Consideration of drawing up a geological features of the ground item in environment impact statement at road construction project. Korea Environment Institute.
- Ministry of Environment(2010) Prior Environmental Review Work Manual.
- Ministry of Land, Infrastructure, and Transport(2011) The Construction Slope Design Standard.
- Ministry of Land, Infrastructure, and Transport(2012) Highway Design Manual.
- Ministry of Land, Infrastructure, and Transport · Ministry of Environment (2010) Environmental Friendly Road Construction Manual.
- Na, Y. S.(2010) A Study on the Suitability of the Design Criteria for Soil Cut Slopes in Korea. Graduate School, Dongguk University.
- <http://www.eiass.go.kr/>

---

원 고 접 수 일: 2014년 1월 5일  
 심 사 일: 2014년 2월 10일(1차)  
 계 재 확 정 일: 2014년 2월 10일  
 3 인 의 명 심 사 필