

## 임도의 환경요인에 따른 임도구조의 변화\*

차두송<sup>1)</sup> · 최병구<sup>1)</sup> · 고성대<sup>1)</sup> · 오재현<sup>1)</sup>

## Changes of Road Structures according to the Environmental Factors in Forest Road\*

Du Song Cha<sup>1)</sup>, Byoung Koo Choi<sup>1)</sup>, Sung Dae Koo<sup>1)</sup> and Jae Heun Oh<sup>1)</sup>

### 요 약

본 연구는 산악지형에 적합한 임도노선을 개설하기 위한 기초 자료를 제공하기 위하여, 강원도 지역에 있어서 물리적으로 안정된 임도를 대상으로 지역별, 산지경사별, 토성별, 개설위치별에 따른 사면경사, 사면길이, 노폭 등의 임도구조요인의 변화에 대하여 분석하였다. 지역별 임도구조는 성토길이만 유의적인 차이가 없는 것으로 나타났으며, 그 이외의 지역은 각각 차이를 보이고 있었다. 산지경사별 임도구조는 노폭, 종단물매, 성토길이, 절토길이는 유의적인 차이가 보이지 않았으며, 성토경사는 30°이하·30~35°와 40°이상에서, 절토경사는 모든 지역에서 차이를 나타내고 있었다. 또한 토성별 임도구조는 노폭, 종단물매, 성토길이는 유의적인 차이가 없었으며, 그 이외의 요인은 서로 차이가 있는 것으로 나타났다. 개설위치에 따른 임도구조 변화는 절토경사는 유의적인 차이가 없는 것으로, 그 이외의 요인은 차이가 있는 것으로 나타났다.

### ABSTRACT

To provide the basic informations related to forest road construction of mountainous terrain, we analyzed changes of the road structure factors such as banking and cutting slope gradients, slope length, road width by the environmental factors such as locations, slope gradients, soil types, road position on physically stabilized forest roads constructed in Gangwon-do. All factors related to the road structures by locations were significant except for banking slope length. Road width, longitudinal gradients, banking and cutting slope length by slope gradients were not significantly different and banking slope gradients in the range less than 30°, from 30° to 35° and more than 40° and cutting slope gradients were significantly different for all areas. Road width, longitudinal gradients, banking slope length by soil types were not significantly different and others were significantly different. All factors related to the road structures by road position were significant except for cutting slope gradients.

*Key words* : slope gradients, slope length, road width, locations, soil types, road position

\* 이 논문은 2004년도 강원대학교 산림과학연구소의 학술연구지원사업에 의해 진행되었음.

1) 강원대학교 산림과학대학 산림경영·조경학부 : Division of Forest Management and Landscape Architecture, College of Forest Sciences, Kangwon National University, Chunchon 200-701, Korea.

## 서 론

임도는 산림의 효율적인 개설·이용의 고도화 또는 임업의 기계화 등 임업의 생산기반정비를 촉진하기 위해 필요한 산림사업에 있어서 동맥과도 같은 역할을 하는 사회간접자본시설로서 농·산촌간의 지역교통의 개선, 지역산업의 진흥 및 산림의 공익적 기능 발휘를 위한 시설 등 다목적으로 활용되고 있다.

그러나 임도시설은 산림내에 시설되는 인공구조물로서 아무리 잘 만들어진 시설물이라 하더라도 어느정도의 자연환경이 훼손되지만, 가능한 한 자연 환경의 피해를 최소화하고 경관저해 방지 등 자연과 조화로운 방향의 환경친화적인 녹색임도가 되도록 계획·시설하고 관리하여야 한다(산림조합중앙회, 2000).

우리나라 임도시설의 대부분은 저비용구조인 토공작업을 위주로 개설되기 때문에 집중강우시 임도노체유실 및 임도사면붕괴 등의 1차적 피해가 발생되며, 이로 인한 산사태, 토사유출, 하류수계의 수질오염 등의 2차적인 피해를 유발하며, 산림 휴양, 위락기능 저하 및 일부에 있어서는 지역교통로 역할을 저해시키는 피해를 야기시키고 있다. 특히, 2002년 태풍 루사 및 2003년 매미로 인한 임도사면의 붕괴로 인한 산사태 발생 및 사면의 침식에 따른 토사유출 등과 이로 인한 하천의 피해와 산림의 미적경관의 훼손은 임도에 대한 사회의 부정적 시각을 증폭시키고 있다(차두송과 지병윤, 2002).

그러므로 이와 같은 문제점을 해결하기 위해서는 기존의 안정화된 임도를 대상으로 임도의 환경요인에 따라서 임도의 구조가 어떠한 규격으로 개설되었는가를 검토하여, 현재의 환경친화적인 임도시설의 기초자료로서 활용하는 것이 바람직한 과제일 것으로 판단된다(차두송과 지병윤,

2001).

따라서 본 연구는 산악지형에 적합한 임도노선을 개설하기 위한 기초자료를 제공하기 위하여, 강원도 지역에 있어서 물리적으로 안정된 임도를 대상으로 지역별, 산지경사별, 토성별, 개설위치별에 따른 사면경사, 사면길이, 노폭 등 임도구조요인의 변화에 대하여 분석하였다.

## 재료 및 방법

### 1. 조사대상지

조사지역으로는 강릉시(개설년도 1995), 삼척시(개설년도 1995), 정선군(개설년도 1989), 철원군(개설년도 1993), 춘천시(개설년도 1991), 평창군(개설년도 1993), 화천군(개설년도 1992) 지역의 임도 15개 노선 230.43km를 대상으로, 총 530개소를 조사하였다.

### 2. 조사방법

임도의 환경요인으로는 지역, 산지경사, 토성(보통토사, 호박돌토사, 풍화암, 연암, 경암, 마사토), 개설위치(능선, 계곡, 사면)로 구분하여 조사하였으며, 임도의 구조요인으로는 총노폭, 종단물매, 성토사면경사, 성토사면 길이, 절토사면경사 및 절토사면길이를 조사하였다.

### 3. 분석방법

임도환경요인인 지역·산지경사·토성·개설위치별에 따른 임도구조요인인 총노폭, 종단물매, 성토사면경사, 성토사면길이, 절토사면경사, 절토사면길이의 변화를 알아보기 위해서 SAS

표 1. 임도구조 변화의 category 결정

| 요 인  | 1    | 2      | 3      | 4    | 5  | 6   |
|------|------|--------|--------|------|----|-----|
| 산지경사 | <30° | 30~35° | 35~40° | 40°< |    |     |
| 토 성  | 일반토사 | 호박돌토사  | 풍화암    | 연암   | 경암 | 마사토 |
| 개설위치 | 사 면  | 계 곡    | 능 선    |      |    |     |

(Statistical Analysis System)의 분산분석 및 Duncan의 다중검정을 실시하여 각각의 요인에 대한 유의성 검정을 실시하였다.

Category의 결정은 표 1과 같이 요인의 특성을 명확하게 표현될 수 있도록 산지경사는 4단계, 토성은 6단계, 개설위치는 3단계로 구분하였다.

## 결과 및 고찰

### 1. 임도 구조의 특성

#### 1) 지역별 임도구조의 특성

지역별 임도구조요인은 표 2와 같으며, 총노폭은 삼척지역이 평균 6.49m(5.1~8.5m), 종단물매는 춘천지역이 평균 3.82°(0.0~9.0°), 성토경사는 삼척지역이 평균 38.10°(33.0~42.0°), 성토사면길이는 평창지역이 평균 7.62m(1.50~14.4m), 절토사면경사는 철원지역이 평균 51.85°(34.0~64.0°), 절토사면길이는 평창지역이 평균 7.03m(3.5~13.0m)로 다른 지역과 비

교해 볼 때 상대적으로 높게 나타났다.

#### 2) 산지경사별 임도구조의 특성

산지경사별 임도구조요인은 표 3과 같으며, 총노폭은 30°~35°에서 평균 5.76m(3.7~9.0m), 종단물매는 30°이하에서 평균 3.09°(0~9°), 성토사면경사는 40°이상에서 평균 37.90°(30.0~42.0°), 성토사면길이는 40°이상에서 평균 6.47m(3.0~13.2m), 절토사면경사는 40°이상에서 평균 54.19°(33.0~65°), 절토사면길이는 40°이상에서 6.75m(3.4~20.1m)로 나타났다.

#### 3) 토성별 임도구조의 특성

토성별 임도구조요인은 표 4와 같으며, 총노폭은 일반토사에서 평균 5.80m(3.9~7.8m), 종단물매는 마사토에서 평균 3.20°(0~8°), 성토사면경사는 마사토에서 평균 37.94°(32.0~41.0°), 성토사면길이는 마사토에서 평균 6.72m(2.0~14.4m), 절토사면경사는 경암에서 평균 54.53°(34.0~63.5°), 절토사면길이는 마사토에서 7.47m(1.0~14.9m)로 나타났다.

표 2. 지역별 평균 임도구조요인 변화

| 지역 \ 구조 | 총노폭 (m) | 종단물매(°) | 성토사면경사(°) | 성토사면길이(m) | 절토사면경사(°) | 절토사면길이(m) |
|---------|---------|---------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 강릉      | 5.54    | 3.16    | 36.78     | 6.20      | 46.26     | 6.89      |
| 삼척      | 6.49    | 2.71    | 38.10     | 5.95      | 49.16     | 5.83      |
| 정선      | 5.66    | 2.33    | 37.54     | 6.49      | 43.47     | 6.52      |
| 철원      | 5.91    | 2.24    | 37.49     | 6.14      | 51.85     | 5.32      |
| 춘천      | 5.78    | 3.82    | 35.37     | 4.43      | 45.75     | 6.56      |
| 평창      | 5.51    | 2.58    | 36.14     | 7.62      | 45.04     | 7.03      |
| 화천      | 5.22    | 3.13    | 37.88     | 5.08      | 51.62     | 4.75      |
| 평균      | 5.73    | 2.85    | 37.04     | 5.99      | 47.59     | 6.13      |

표 3. 산지경사별 평균 임도구조 변화

| 경사(°) \ 구조 | 총노폭 (m) | 종단물매(°) | 성토사면경사(°) | 성토사면길이(m) | 절토사면경사(°) | 절토사면길이(m) |
|------------|---------|---------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| <30        | 5.83    | 3.09    | 36.23     | 4.88      | 41.03     | 5.11      |
| 30~35      | 5.76    | 2.66    | 36.74     | 5.77      | 45.06     | 5.99      |
| 35~40      | 5.56    | 3.07    | 37.47     | 6.33      | 50.49     | 6.31      |
| 40<        | 5.73    | 2.79    | 37.90     | 6.47      | 54.19     | 6.75      |

표 4. 토성별 평균 임도구조 변화

| 토성 \ 구조 | 총노폭 (m) | 중단물매(°) | 성토사면경사(°) | 성토사면길이(m) | 절토사면경사(°) | 절토사면길이(m) |
|---------|---------|---------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 일반토사    | 5.80    | 2.90    | 35.81     | 5.24      | 41.87     | 5.10      |
| 호박돌토사   | 5.76    | 2.76    | 37.01     | 5.17      | 44.01     | 5.28      |
| 풍화암     | 5.79    | 3.21    | 36.72     | 5.79      | 47.64     | 6.78      |
| 연암      | 5.75    | 2.89    | 37.71     | 6.52      | 50.86     | 6.37      |
| 경암      | 5.46    | 2.47    | 37.59     | 6.11      | 54.53     | 5.90      |
| 마사토     | 5.44    | 3.20    | 37.94     | 6.72      | 47.72     | 7.47      |

표 5. 개설위치별 평균 임도구조 변화

| 위치 \ 구조 | 총노폭 (m) | 중단물매(°) | 성토사면경사(°) | 성토사면길이(m) | 절토사면경사(°) | 절토사면길이(m) |
|---------|---------|---------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 사면      | 5.35    | 2.93    | 37.34     | 6.23      | 48.07     | 6.21      |
| 계곡      | 5.95    | 2.88    | 36.93     | 5.66      | 47.48     | 5.95      |
| 능선      | 5.71    | 2.94    | 37.02     | 6.10      | 48.99     | 6.37      |

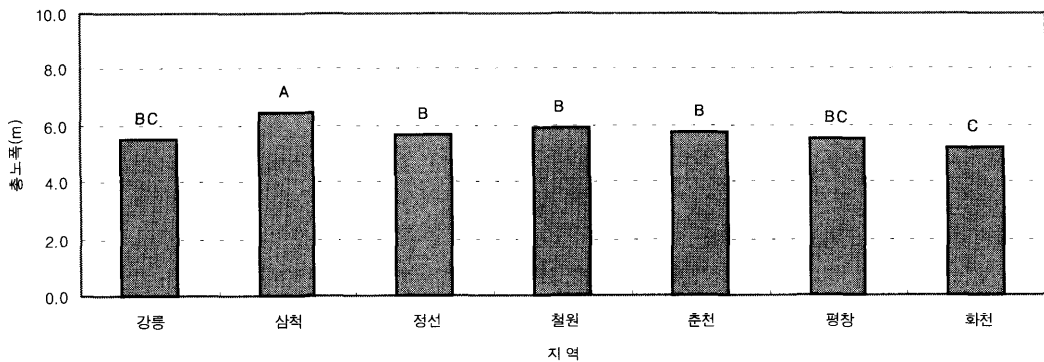
4) 개설위치별 임도구조의 특성

개설위치별 임도구조요인의 변화는 표 5와 같다. 총노폭은 계곡에서 평균 5.95m(3.2~9.6m), 중단물매는 사면에서 평균 2.93°(0~8°), 성토사면경사는 사면에서 평균 37.34°(25.0~42.0°), 성토사면길이는 사면에서 평균 6.23m(2.0~13.8m), 절토사면경사는 능선에서 평균 48.99°(29.0~65.0°), 절토사면길이는 능선에서 6.37m(3.3~20.1m)로 나타났다.

2. 지역별에 따른 임도구조의 변화

1) 총노폭 변화

총노폭은 삼척지역이 6.49m로 7개 지역중 가장 넓게 나타났으며, 화천지역이 5.22m로 가장 좁게 나타났다. Duncan의 다중검정결과 크게 삼척지역, 정선·철원·춘천지역, 화천지역에서 유의적인(유의수준 5%) 차이가 있는 것으로 나타났다으며, 강릉지역과 평창지역은 정선, 철원, 춘천지역, 화천지역과 동일하게 나타났다.



\* Same letter are not significantly different by Duncan's multiple range test (P=0.05).

그림 1. 지역별에 따른 총노폭 변화

삼척지역은 대부분 산정부에 임도를 개설하여 차량이 통과하기 쉽게 충분한 노면을 확보하기 위해 노폭을 넓게 한 것으로 판단된다.

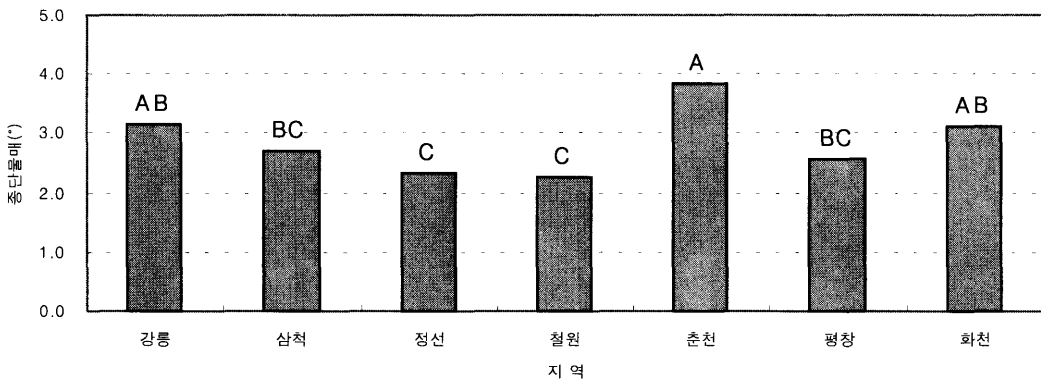
2) 종단물매 변화

종단물매는 춘천지역이 3.82°로 가장 높게 나타났으며, 철원지역이 2.24°로 가장 낮게 나타났다. Duncan의 다중검정결과 춘천지역, 정선·철원지역이 서로 유의적인(유의수준 5%) 차이가 있는 것으로 나타났으며, 강릉·화천지역은 춘천지역, 삼척·평창지역은 정선·철원지역과 동일

한 것으로 나타났다.

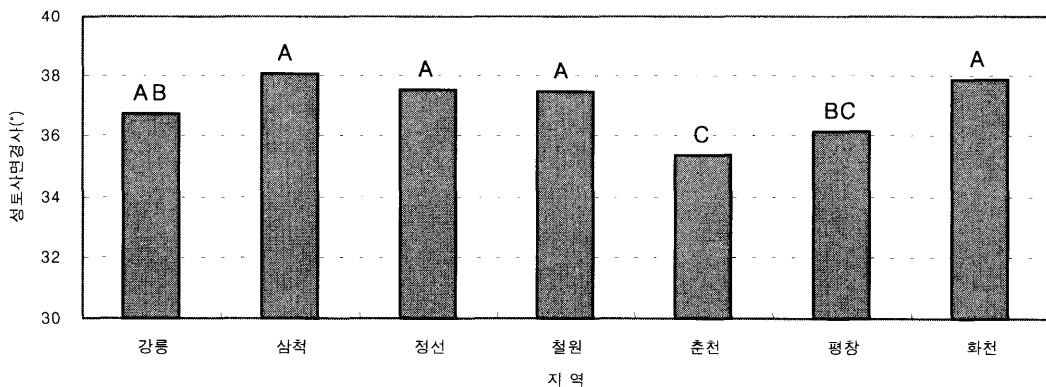
3) 성토사면경사 변화

성토사면경사는 삼척지역이 38.10°로 가장 높게 나타났으며, 춘천지역이 35.37°로 가장 낮게 나타났다. Duncan의 다중검정결과 삼척·정선·철원·화천지역의 성토경사는 유의적인(유의수준 5%) 차이가 없었으나, 삼척·정선·철원·화천지역과 춘천지역이 차이가 있는 것으로 나타났으며, 강릉지역은 삼척·정선·철원·화천지역과, 평창지역은 춘천지역과 동일한 것으로 나타났다.



\* Same letter are not significantly different by Duncan's multiple range test (P=0.05).

그림 2. 지역별에 따른 종단물매 변화



\* Same letter are not significantly different by Duncan's multiple range test (P=0.05).

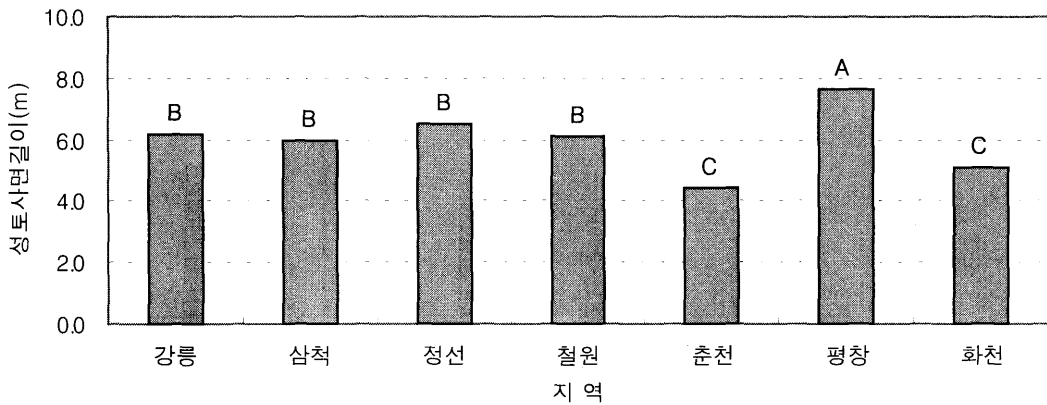
그림 3. 지역별에 따른 성토사면경사 변화

4) 성토사면길이 변화

성토사면길이는 평창지역이 7.62m로 가장 길게, 춘천지역이 4.43m로 가장 짧게 나타났다. Duncan의 다중검정결과 강릉·삼척·정선·철원지역이 유의적인(유의수준 5%) 차이가 없는 것으로 분석되었으며, 춘천·화천지역도 서로 차이가 없었다. 그러나 강릉·삼척·정선·철원지역과 춘천·화천지역, 평창지역은 유의적인 차이를 나타내고 있었다.

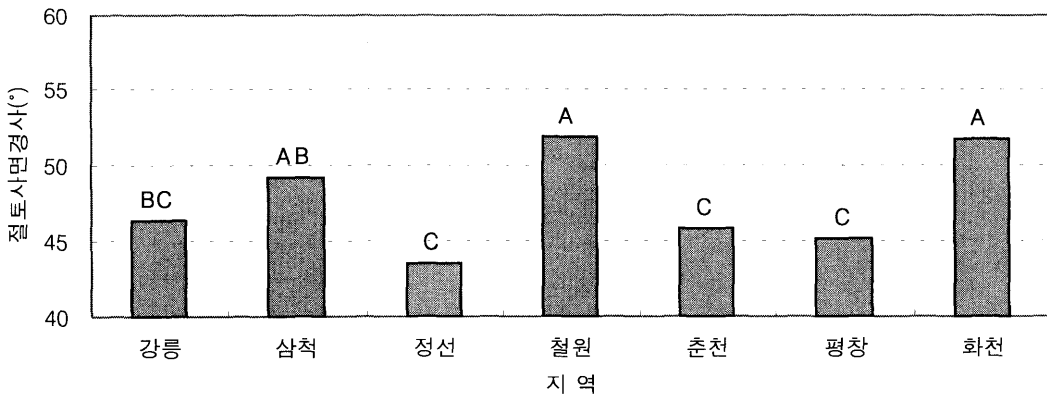
5) 절토사면경사 변화

절토사면경사는 철원지역이 51.85°로 가장 높게 나타났으며, 정선지역이 43.47°로 가장 낮게 나타났다. Duncan의 다중검정결과 철원·화천지역이 유의적인(유의수준 95%) 차이가 없는 것으로 나타났으며, 정선·춘천·평창지역도 차이가 없는 것으로 나타났다. 그러나 철원·화천지역과 정선·춘천·평창지역은 서로 차이가 나는 것으로 분석되었다. 강릉지역은 정선·춘천·평창지역과 동일한 것으로, 삼척지역은 철원·화천지역과 동일한 것으로 나타났다.



\* Same letter are not significantly different by Duncan's multiple range test (P=0.05).

그림 4. 지역별에 따른 성토사면길이 변화



\* Same letter are not significantly different by Duncan's multiple range test (P=0.05).

그림 5. 지역별에 따른 절토사면경사 변화

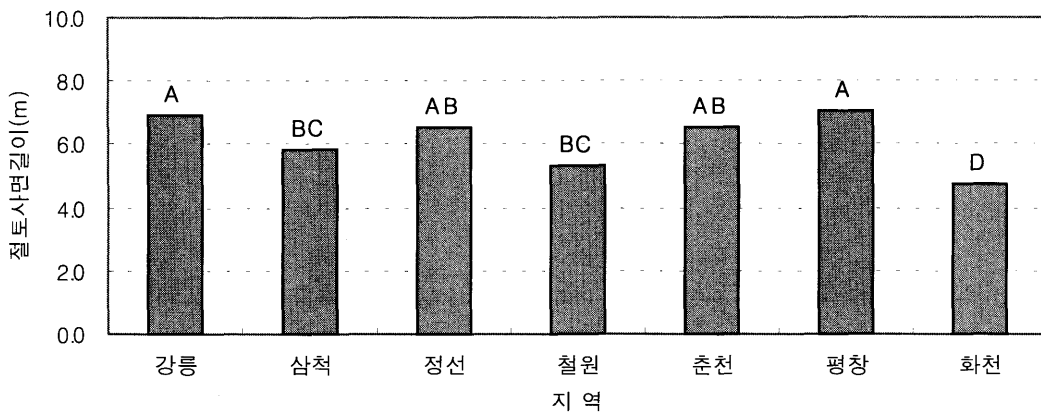
6) 절토사면길이 변화

절토사면길이는 평창지역이 7.03m로 가장 길게, 화천지역이 4.75m로 가장 짧게 나타났다. Duncan의 다중검정결과 강릉지역과 평창지역은 유의적인(유의수준 5%) 차이가 없는 것으로 나타났다, 강릉·평창지역과 화천지역이 서로 차이가 있는 것으로 분석되었다. 정선·춘천지역은 평창지역과 동일한 것으로 나타났다, 삼척지역과 철원지역이 동일한 것으로 나타났다.

3. 산지경사별에 따른 임도구조의 변화

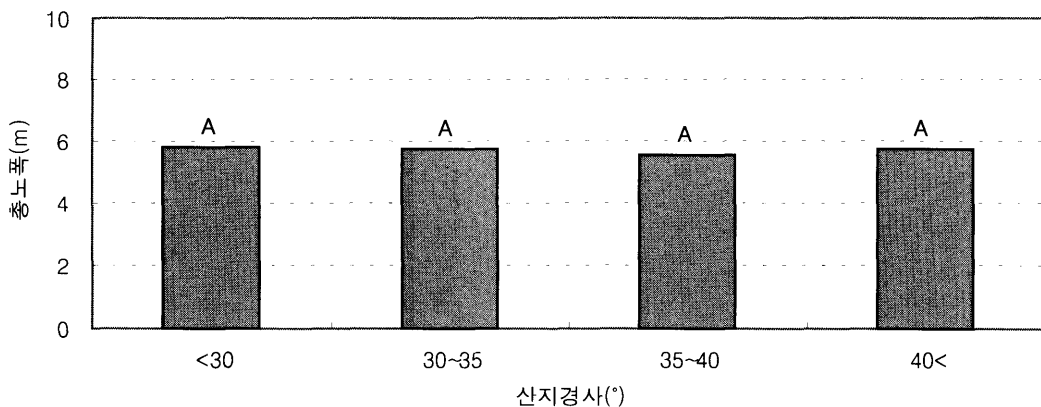
1) 총노퍽 변화

총노퍽은 30°이하에서 5.83m로 가장 넓게, 35°~40°에서 5.56m로 가장 좁게 나타났다. Duncan의 다중검정결과는 모두 유의수준에서 차이가 없는 것으로 나타나, 산지경사에 따라 총노퍽에는 영향이 없는 것으로 분석되었다.



\* Same letter are not significantly different by Duncan's multiple range test (P=0.05).

그림 6. 지역별에 따른 절토사면길이 변화



\* Same letter are not significantly different by Duncan's multiple range test (P=0.05).

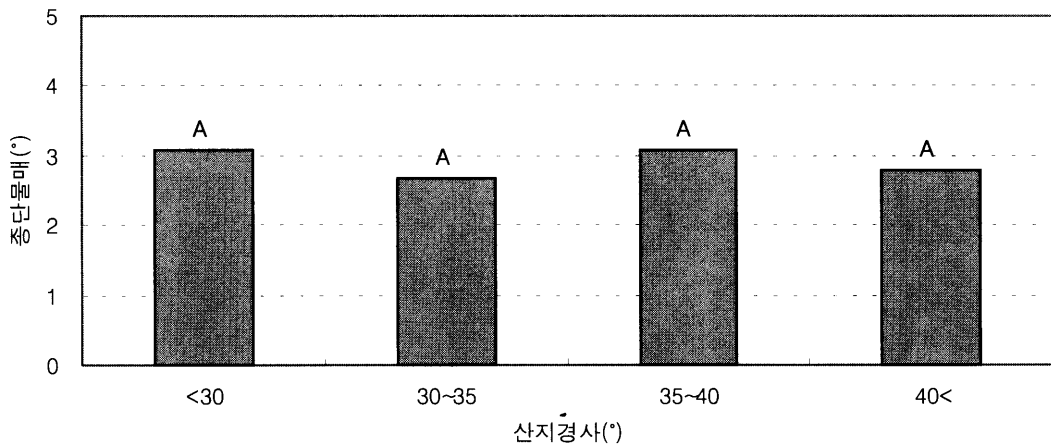
그림 7. 산지경사에 따른 총노퍽 변화

2) 종단물매 변화

종단물매는 30°이하에서 3.09°로 가장 높게, 30°~35°에서 2.66°로 가장 낮게 나타났다. 종단물매도 총노퍽과 같이 Duncan의 다중검정결과 유의적인 차이가 없는 것으로 나타나, 산지경사에 따라 종단물매에는 영향이 없는 것으로 분석되었다.

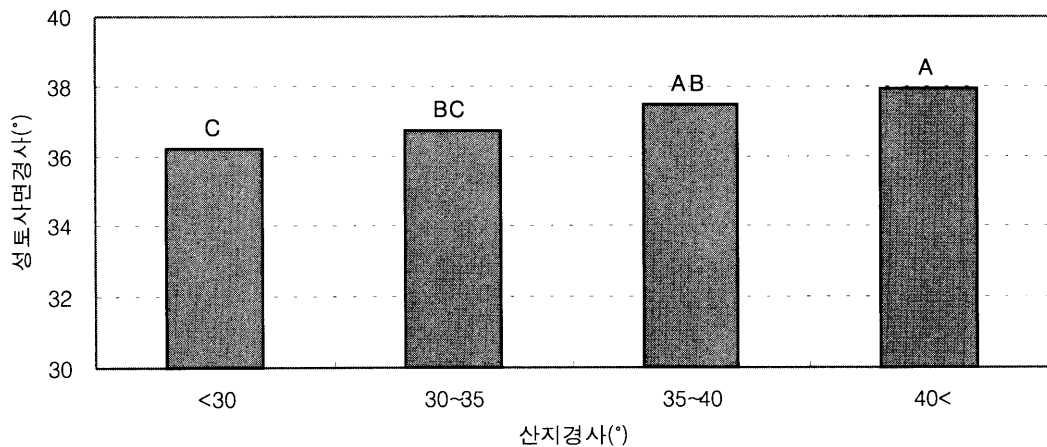
3) 성토사면경사 변화

성토사면경사는 40°이상에서 37.90°로 가장 높게, 30°이하에서 36.23°로 가장 낮게 나타났다. Duncan의 다중검정결과 성토사면경사 30°이하와 40°이상에서 유의적인(유의수준 5%) 차이가 있는 것으로 분석되었고, 35°~40°는 40°이상과 동일하였으며, 30°~35°는 30°이하와 동일하게 나타났다.



\* Same letter are not significantly different by Duncan's multiple range test (P=0.05).

그림 8. 산지경사에 따른 종단물매 변화



\* Same letter are not significantly different by Duncan's multiple range test (P=0.05).

그림 9. 산지경사에 따른 성토사면경사 변화

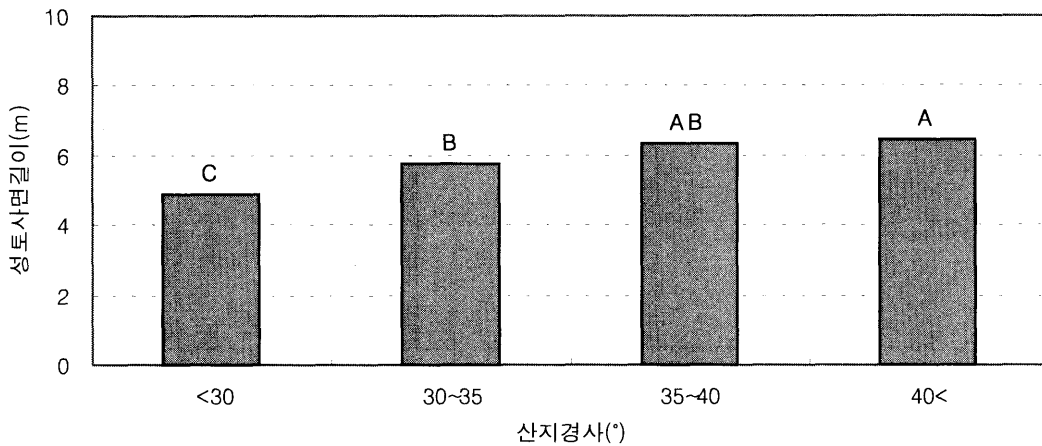


4) 성토사면길이 변화

성토사면길이는 40°이상에서 6.47m로 가장 길게, 30°이하에서 4.88m로 가장 짧게 나타났다. Duncan의 다중검정결과는 산지경사 30°이하, 30°~35°, 40°이상에서 유의적인(유의수준 5%) 차이가 있는 것으로 분석되었다. 산지경사 35°~40°는 30°~35°, 40°이상과 동일한 것으로 분석되었다.

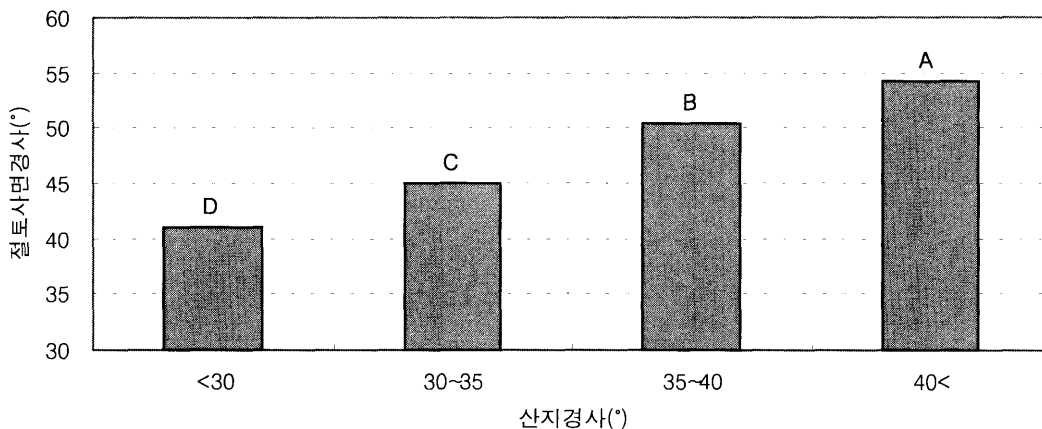
5) 절토사면경사 변화

절토사면경사는 40°이상에서 54.19°로 가장 높게 나타났으며, 30°이하에서 41.03°로 가장 낮게 나타났다. Duncan의 다중검정결과는 모두 유의적인(유의수준 5%) 차이가 있는 것으로 분석되어, 산지경사에 따라 절토사면경사는 많은 영향을 받는 것으로 분석되었다.



\* Same letter are not significantly different by Duncan's multiple range test (P=0.05).

그림 10. 산지경사에 따른 성토사면길이 변화



\* Same letter are not significantly different by Duncan's multiple range test (P=0.05).

그림 11. 산지경사에 따른 절토사면경사 변화

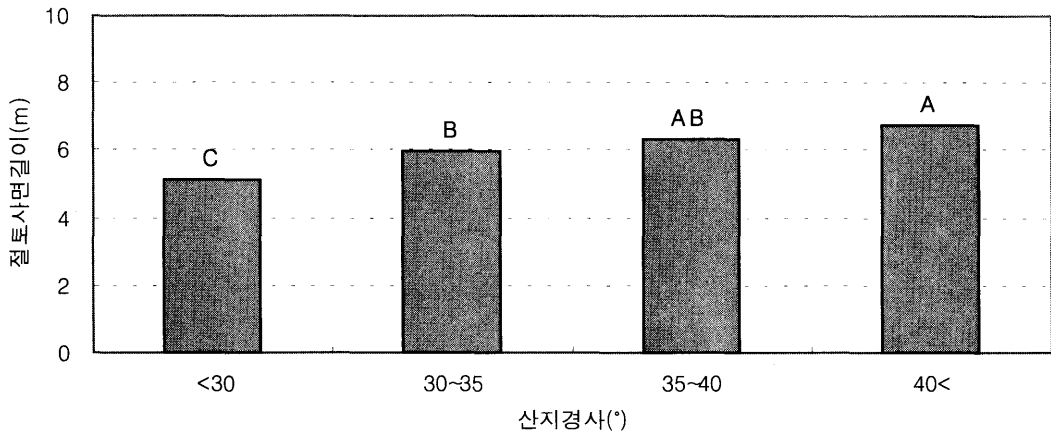
6) 절토사면길이 변화

절토사면길이는 40°이상에서 6.75m로 가장 길게 나타났고, 30°이하에서 5.11m로 가장 낮게 나타났다. Duncan의 다중검정결과는 산지경사 30°이하, 30°~35°, 40°이상은 유의적인(유의수준 5%) 차이를 나타내고 있었고, 산지경사 35°~40°는 30°~35°와 40°이상과 동일한 것으로 나타났다.

4. 토성에 따른 임도구조의 변화

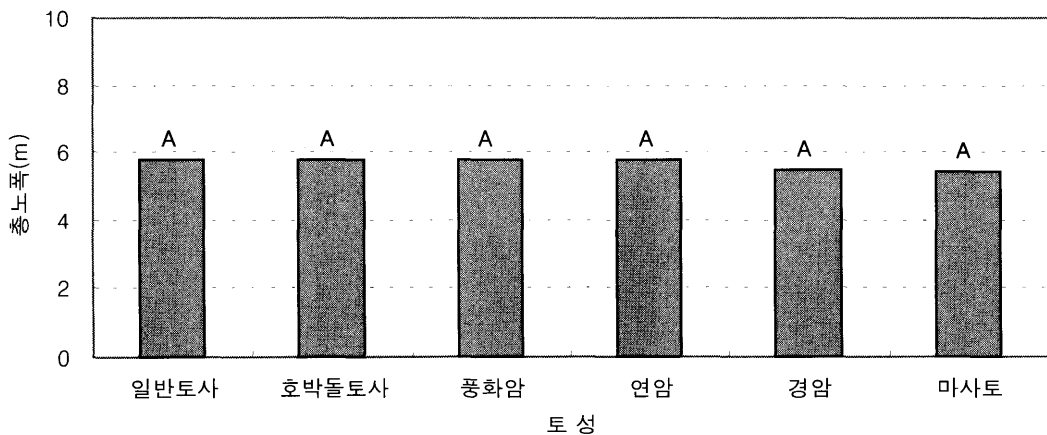
1) 총노폭 변화

총노폭은 일반토사에서 5.80m로 가장 높게, 경암에서 5.46m로 가장 낮게 나타났다. Duncan의 다중검정결과 모두 유의적인(유의수준 5%) 차이가 없는 것으로 분석되어, 토성에 따라 총노폭에는 영향이 없는 것으로 분석되었다.



\* Same letter are not significantly different by Duncan's multiple range test (P=0.05).

그림 12. 산지경사에 따른 절토사면길이 변화



\* Same letter are not significantly different by Duncan's multiple range test (P=0.05).

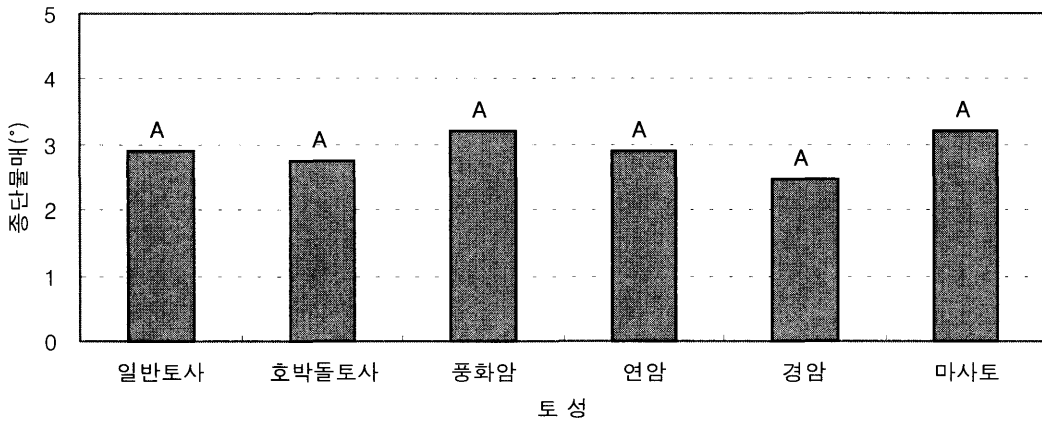
그림 13. 토성에 따른 총노폭 변화

2) 종단물매 변화

종단물매는 풍화암에서 3.21°로 가장 높게, 경암에서 2.47°로 가장 낮게 나타났다. Duncan의 다중검정결과 모두 유의적인(유의수준 5%) 차이를 나타내지 않아, 토성에 따라 종단물매에는 영향이 없는 것으로 분석되었다.

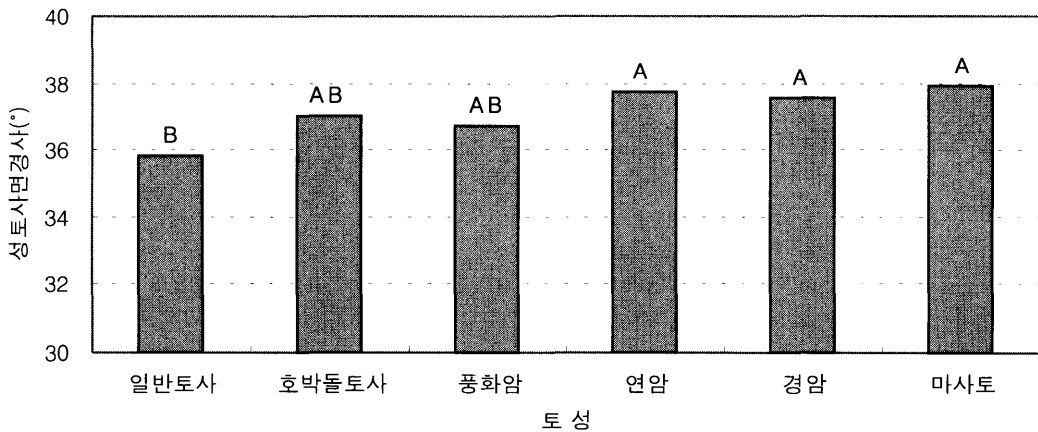
성토사면경사는 마사토에서 37.94°로 가장 높게, 일반토사에서 35.81°로 가장 낮게 나타났다. Duncan의 다중검정결과 연암·경암·마사토는 유의적인(유의수준 5%) 차이가 없는 것으로 나타났다, 연암·경암·마사토와 일반토사가 유의적인 차이를 나타내고 있었다. 호박돌토사·풍화암은 일반토사와 연암·경암·마사토과 동일한 것으로 분석되었다.

3) 성토사면경사 변화



\* Same letter are not significantly different by Duncan's multiple range test (P=0.05).

그림 14. 토성에 따른 종단물매 변화



\* Same letter are not significantly different by Duncan's multiple range test (P=0.05).

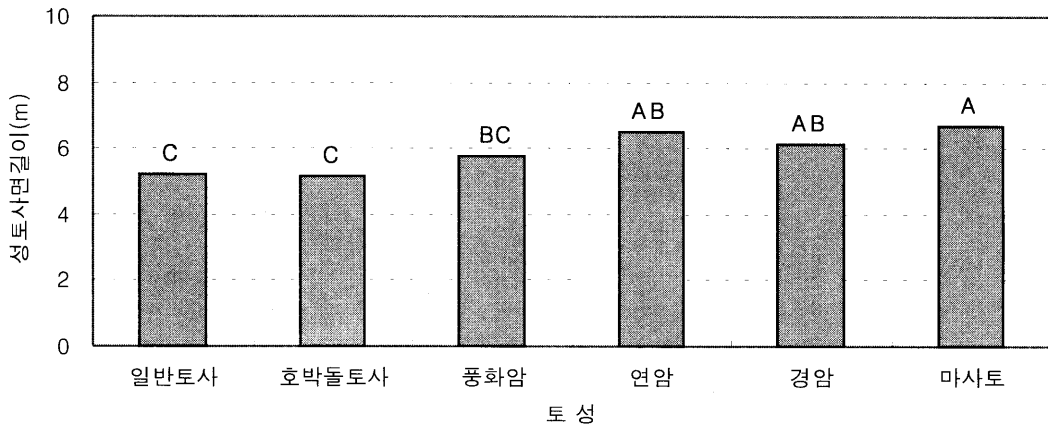
그림 15. 토성에 따른 성토사면경사 변화

4) 성토사면길이 변화

성토사면길이는 마사토에서 6.72m로 가장 길게 나타났고, 호박돌 토사에서 5.17로 가장 낮게 나타났다. Duncan의 다중검정결과 일반토사와 호박돌 토사는 유의적인(유의수준 5%) 차이가 없었다. 그러나 일반토사·호박돌 토사와 마사토는 유의적인 차이가 있는 것으로 분석되었으며, 풍화암은 일반토사·호박돌 토사와 동일하게, 연암·경암은 마사토와 동일하게 나타났다.

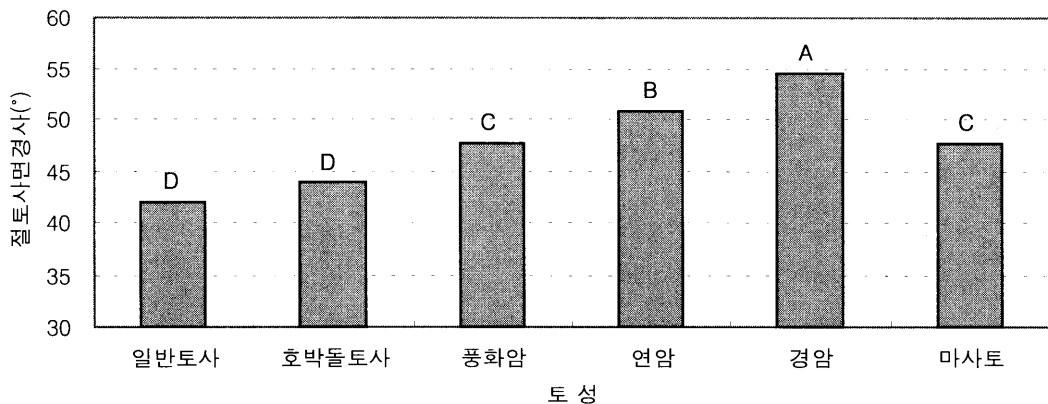
5) 절토사면경사 변화

절토사면경사는 경암에서 54.53°로 가장 높게 나타났고, 일반토사에서 41.87°로 가장 낮게 나타났다. Duncan의 다중검정결과는 일반토사와 호박돌토사, 풍화암과 마사토가 유의적인(유의수준 5%) 차이가 없는 것으로 나타났으며, 일반토사·호박돌토사, 풍화암·마사토, 연암, 경암은 차이가 있는 것으로 분석되었다.



\* Same letter are not significantly different by Duncan's multiple range test (P=0.05).

그림 16. 토성에 따른 성토사면길이 변화



\* Same letter are not significantly different by Duncan's multiple range test (P=0.05).

그림 17. 토성에 따른 절토사면경사 변화

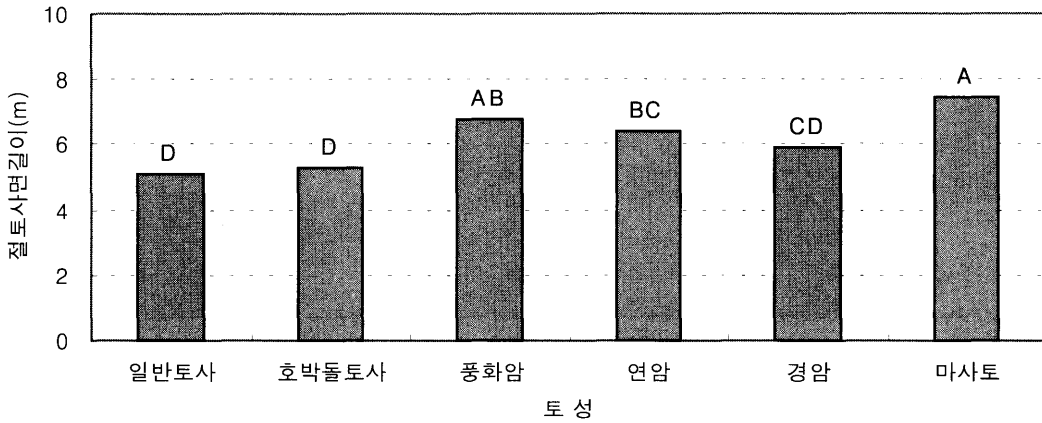
6) 절토사면길이 변화

절토사면길이는 마사토에서 7.47m로 가장 길게, 일반토사에서 5.10m로 가장 짧게 나타났다. Duncan의 다중검정결과 일반토사와 호박도토사는 유의적인(유의수준 5%) 차이가 없는 것으로, 일반토사·호박돌 토사와 마사토는 차이가 있는 것으로 나타났다. 풍화암은 마사토와 동일한 것으로, 경암은 일반토사·호박돌 토사와 동일한 것으로 분석되었다.

5. 개설위치에 따른 입도구조 변화

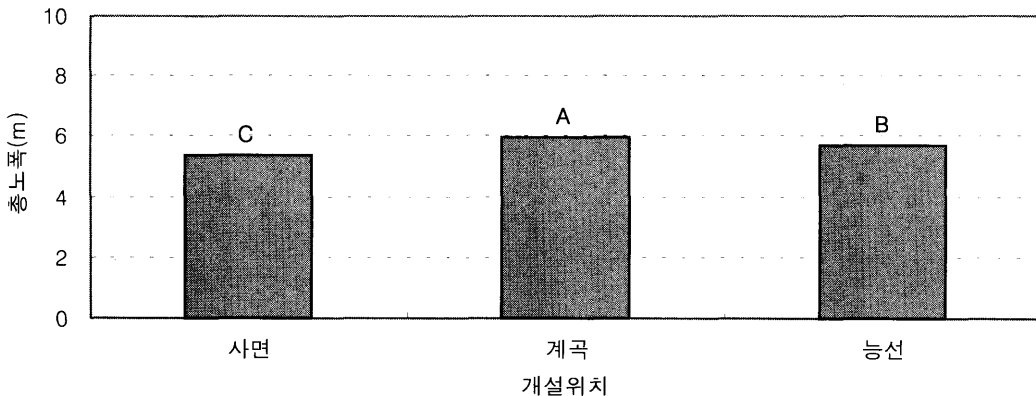
1) 총노폭 변화

총노폭은 계곡에서 5.95m로 가장 넓게 나타났고, 사면에서 5.35m로 가장 낮게 나타났다. Duncan의 다중검정결과 사면, 계곡, 능선 모두 유의적인(유의수준 5%) 차이가 있는 것으로 나타나, 개설위치에 따라 총노폭은 영향을 받는 것으로 분석되었다.



\* Same letter are not significantly different by Duncan's multiple range test (P=0.05).

그림 18. 토성에 따른 절토사면길이 변화



\* Same letter are not significantly different by Duncan's multiple range test (P=0.05).

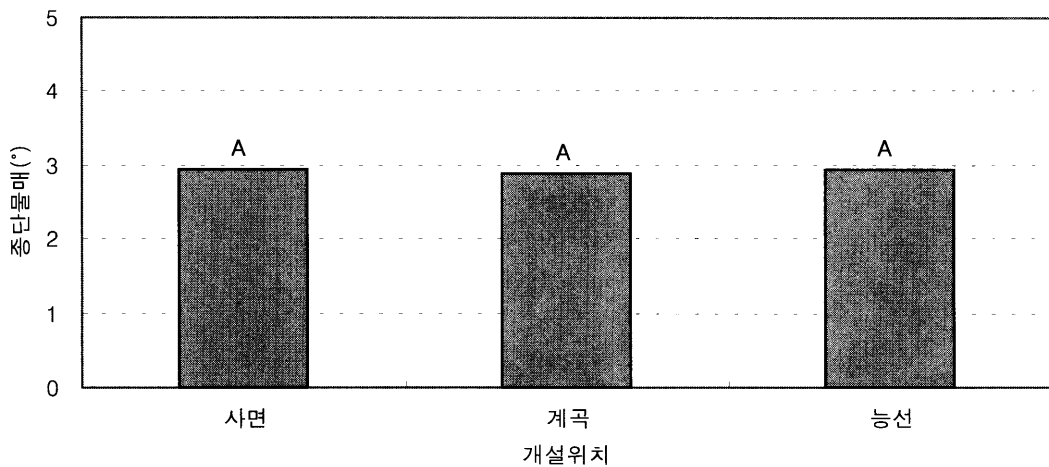
그림 19. 개설위치에 따른 총노폭 변화

2) 종단물매 변화

종단물매는 능선에서 2.94°로 가장 높게 나타났고, 계곡에서 2.88°로 가장 낮게 나타났다. Duncan의 다중검정결과 모두 유의적인(유의수준 5%) 차이가 없는 것으로 나타나, 개설위치에 따라 종단물매에는 영향이 없는 것으로 분석되었다.

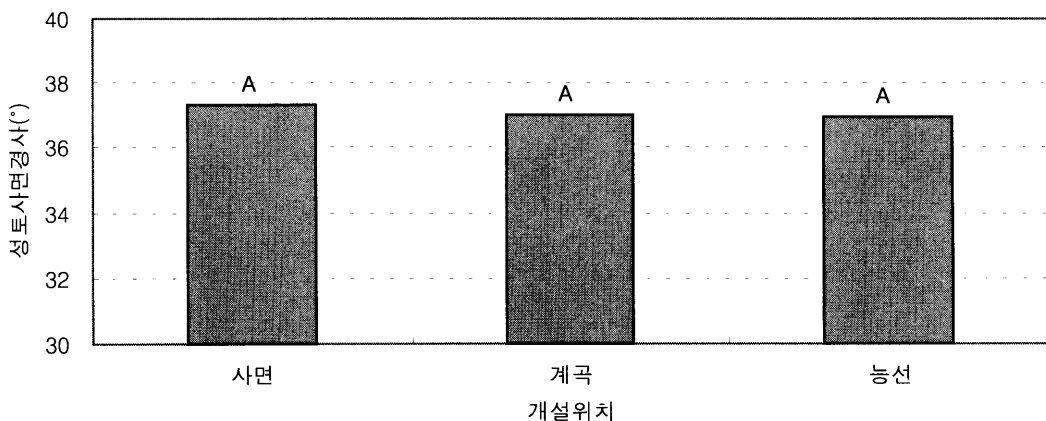
3) 성토사면경사 변화

성토사면경사는 사면에서 37.34°로 가장 높게 나타났고, 능선에서 37.02°로 가장 낮게 나타났다. Duncan의 다중검정결과 사면, 계곡, 능선 모두 유의적인(유의수준 5%) 차이가 없는 것으로 나타나, 개설위치에 따라 성토사면경사에는 영향이 없는 것으로 분석되었다.



\* Same letter are not significantly different by Duncan's multiple range test (P=0.05).

그림 20. 개설위치에 따른 종단물매 변화



\* Same letter are not significantly different by Duncan's multiple range test (P=0.05).

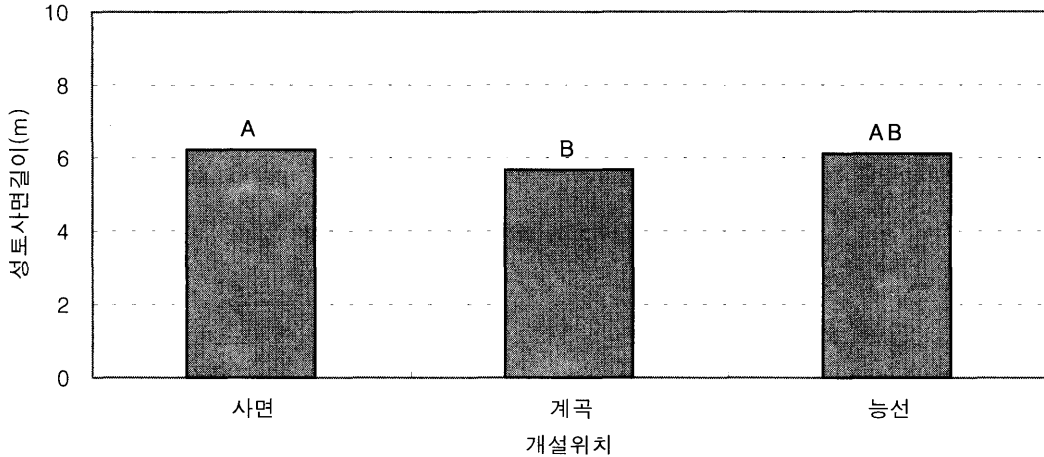
그림 21. 개설위치에 따른 성토사면경사 변화

4) 성토사면길이 변화

성토사면길이는 사면에서 6.23m로 가장 길게 나타났고, 계곡에서 5.66m로 가장 짧게 나타났다. Duncan의 다중검정결과는 사면과 계곡에서 유의적인(유의수준 5%) 차이가 있는 것으로 나타났고, 능선은 사면, 계곡과도 동일한 것으로 분석되었다.

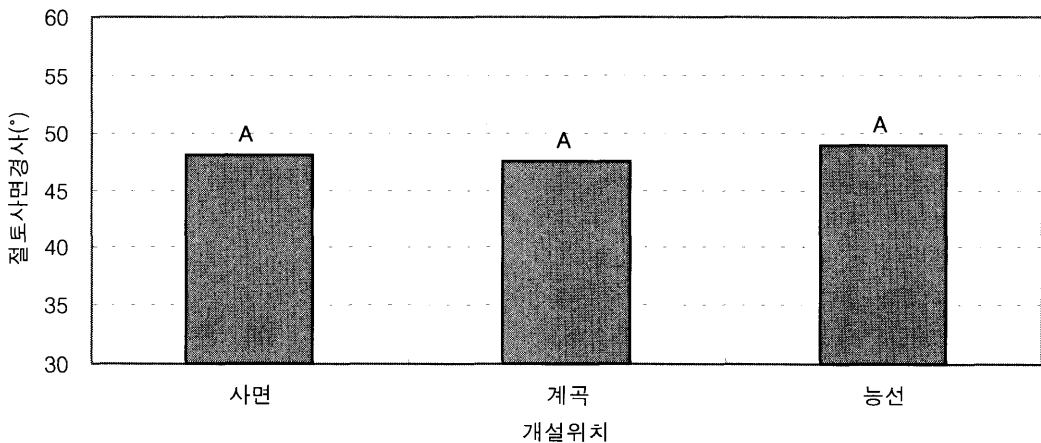
5) 절토사면경사 변화

절토사면경사는 능선에서 48.99°로 가장 높게 나타났고, 계곡에서 47.48°로 가장 낮게 나타났다. Duncan의 다중검정결과 사면, 계곡, 능선 모두 유의적인(유의수준 5%) 차이가 없는 것으로 나타나, 개설위치에 따라 절토사면경사에는 영향이 없는 것으로 분석되었다.



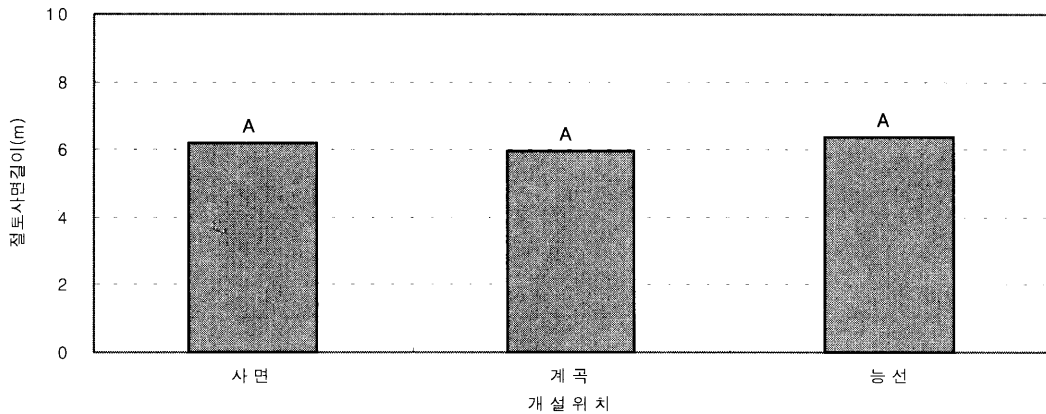
\* Same letter are not significantly different by Duncan's multiple range test (P=0.05).

그림 22. 개설위치에 따른 성토사면길이 변화



\* Same letter are not significantly different by Duncan's multiple range test (P=0.05).

그림 23. 개설위치에 따른 절토사면경사 변화



\* Same letter are not significantly different by Duncan's multiple range test ( $P=0.05$ ).

그림 24. 개설위치에 따른 절토사면길이 변화

#### 6) 절토사면길이 변화

절토사면길이는 능선에서 6.37m로 가장 길게, 계곡에서 5.95m로 가장 짧게 나타났다. Duncan의 다중검정결과는 사면, 계곡, 능선 모두 유의적인(유의수준 5%) 차이가 없는 것으로 나타나, 개설위치에 따라 절토사면길이에는 영향이 없는 것으로 분석되었다.

상기의 결과와 2004년 2월 11일에 개정된 현행 임도의 설계 및 시설기준 등(산림청, 2002)과 비교·검토해 보면, 노폭은 평균 5.73m로서 임도시설기준의 규격 3m보다는 2배 가까운 수치로서, 상당량의 임지면적을 훼손하였으며, 종단물매는 현지조사결과 평균 2.85%로서 시설규정의 설계속도에 따른 7~9%보다는 완만한 물매를 이루고 있다. 이것은 물매가 완만할수록 노선의 거리는 증대되어 밀도는 증가하지만, 일반적으로 현지지형을 살펴보면 등고선 임도에서는 종단물매가 대부분 0%에 가까운 상태를 이루고 있으며, 이와 같은 현상으로 인하여 노면의 정체수가 발생되어 노체파괴 및 사면붕괴의 원인을 제공하고 있다. 사면경사에 있어서, 성토사면경사는 임도시설기준의 1 : 1.5~2.0 보다는 약간 작은 값인 1 : 1.4로 시공되어 있으며, 절토사면경사는 시설기준에서 암석지 1 : 0.3~1.2, 토사지역 1 :

0.8~1.5로 규정되어 있으나, 조사결과에서는 암석지가 1 : 0.7, 토사지역은 1 : 1.1로 시공되어, 암석지에서는 완만하게, 토사지역에서는 적당한 물매로 시공되어 있음을 알 수 있다. 본 조사 대상임도는 1998년에 21세기 임도의 새로운 패러다임으로 추진하는 환경친화적인 녹색임도 추진방안(산림청, 1998) 이전에 시공된 임도를 대상으로 조사·분석하였음에도 불구하고 임도재해에는 매우 강한 것으로 조사되었다. 따라서 본 결과를 바탕으로 현행의 임도시설기준을 검토해 보면, 사면물매에서는 금후에도 현재의 시설기준으로 시공한 임도는 임도재해에 매우 강할 것으로 판단되며, 또한 임도의 기능이 최대한도로 발휘될 수 있도록 지속적으로 유지관리를 실행해야 할 것이다.

## 결론

지역별에 따른 임도구조변화는 종단물매와 성토사면길이가 춘천지역과 다른 6개 지역이 확인한 차이를 보이고 있다. 산지경사에 따른 임도구조변화는 산지경사가 달라도 총노폭과 종단물매에는 차이가 없는 것으로 분석되었으며, 성토사면



경사는 산지경사가 급할수록 임도시공시 물매를 자연안식각으로 완화시켜야 함에도 불구하고, 사면의 경사가 높아지고 있다. 성토사면길이는 산지경사가 증가함에 따라 자연히 성토사면길어도 증가하는 것으로 나타나, 산지사면경사가 성토사면길이에 많은 영향을 미치는 것으로 판단된다. 성토사면길이가 길어질수록 사면붕괴의 위험성이 많을 것이라 사료되므로 임도시공시 산지사면경사가 급한 지역은 될 수 있는 한 시공을 하지 않은 것이 바람직 할 것으로 보인다. 절토사면경사와 절토사면길이는 일반적으로 산지경사가 증가할수록 절토사면경사와 절토사면길어도 지형적인 영향을 많이 받게 되므로 인위적으로 경사를 낮추지 않는 한 증가할 수 밖에 없으리라 판단된다. 토성에 따른 임도구조변화는 충노폭과 종단물매는 토성에 따라 차이가 없는 것으로 분석되었고, 개설위치에 따른 임도구조변화는 종단물매, 성토

사면경사, 절토사면경사, 절토사면길이가 개설위치에 따라 차이를 나타내고 있지 않았다.

### 인용문헌

1. 산림조합중앙회. 2000. 환경친화적인 녹색임도 시설에 관한 연구. 244pp.
2. 차두송·지병윤. 2001. 임도구조의 변화에 영향을 미치는 요인분석. 2001년도 한국임학회 정기총회 및 학술연구발표회. 97-98.
3. 차두송·지병윤. 2002. 수량화Ⅱ류에 의한 임도절토사면의 붕괴요인 평가. 삼림과학연구 18 : 7-14.
4. 산림청. 1998. 환경친화적인 녹색임도의 구현을 위한 임도정책지침. 51pp.
5. 산림청. 2002. 임도의 설계 및 시설기준 등. 198-203.