



도로설계 적정화를 위한 새로운 지형구분에 관한 연구

Development of a New Terrain Type Classification to be used in Highway Design

김 상 엽* 최 재 성** 이 승 용*** 한 형 관****
 Kim, Sang Youp Choi, Jai Sung Lee, Seung Yong Han, Hyung Gwan

Abstract

The republic of Korea has put a great emphasis on the role of the road as widening a social infra-structural facility. Thus, vast amount of money has been invested on the road establishment. As a result, there has been fruitful outcomes in establishing the road system of the nation especially for the flat road with ease. However, in order to have more systematic and sustainable road system, we should turn our attention to more painful and high-cost regions such as mountainous districts and those are to be developed effectively. The configuration of the road is an important factor to be considered in making a decision for the road planning. Nevertheless, current road planning criterion has no such clarified and objective judging standard for figuring the configuration of the road out and, as a result, speed planning can be decided incorrectly. our research has acknowledged the necessity of estimating the configuration of the road and aimed to make it organized and sorted according to the height, slope, and the vehicle's speed. The results are as follows. First, our research made use of GIS data and classified the road into 9 different areas according to the height and the slope. Also, road classification being matched to the data of vehicle's speed, it has been shown that those characteristics of different areas have made an influence on vehicle's speed. Secondly, based on the results of the similarity between geographical classification and vehicle's speed of sorted groups according to the height and the slope, conclusively we have classified as flat, rolling region and mountain. Since our research has made use of vehicle's speed for National Highway, it is not applicable to different functional highways. However, for the highway to be established hereafter, it can be a standard for reflection geographical characteristics.

Keywords : *terrain type, GIS data, design speed, operating speed*

요 지

우리나라는 그동안 사회기반시설로서 도로역할을 중시하여 도로부문에 매년 대규모 예산을 투입했다. 그 결과 개발이 용이한 평탄지를 중심으로 한 국가 기간 도로망 체계 확보에 결실이 있었다. 그러나 앞으로 지속적인 도로망 체계를 건설하기 위해서는 산악지형과 같은 고비용이 들어가는 지형에 대해서 효율적으로 개발해야 하는 과제를 안고 있다. 이러한 지형은 도로 설계속도 결정단계에서 고려되어야 할 중요한 입력변수이다. 그럼에도 불구하고 현재 도로설계기

* 정회원 · 서울시립대학교 교통공학과 박사과정
 ** 정회원 · 서울시립대학교 교통공학과 교수
 *** 정회원 · 서울시립대학교 교통공학과 석사과정
 **** 정회원 · (주)한맥기술 전문



준상에는 지형구분을 위한 명확하고 객관적인 판단기준이 제시되어 있지 않기 때문에, 설계속도가 부정확하게 결정될 수도 있다. 본 연구는 지형구분의 필요성에 대해 인지하고 고도 및 경사 그리고 주행속도 자료를 바탕으로 합리적으로 지형구분을 하였으며, 연구결과는 다음과 같다.

첫째, 본 연구에서는 GIS data를 이용하여 고도와 경사도에 따라 지형을 9가지 AREA로 분류하였으며, 지형분류 data(AREA)와 주행속도 자료를 matching하여 분석한 결과, AREA의 분류에 따른 특성이 주행속도에 영향을 미치는 것으로 나타났다. 둘째, 본 연구에서는 고도와 경사도에 따른 지형분류와 지형분류에 따른 그룹 간 주행속도의 유의성 분석 결과를 근거로 평지, 구릉지, 산지로 우리나라 지형을 구분하였다. 본 연구는 일반국도를 대상으로 한 주행 속도자료를 이용하였기 때문에 지방도나 군도등 기능이 다른 도로에 대해서는 적용상의 한계가 있으나, 향후 도로건설시 도로가 통과하는 지역의 지형적 특성을 반영할 수 있는 하나의 기준이 될 것으로 기대된다.

핵심용어 : 지형구분, GIS데이터, 설계속도, 주행속도

1. 서론

1.1 연구 배경 및 목적

지금까지의 우리나라의 도로건설은 개발하기 쉬운 평지 및 대도시 중심으로 이루어졌으나 최근 전국도의 65%에 해당하는 산지의 개발에 대한 관심이 고조되고 있다. 또, 국토 균형 발전 및 친환경적인 도로 건설이 점차 이슈화 됨에 따라 자연과 인간 그리고 도로가 공존할 수 있는 산지부 도로 건설의 중요성이 커지고 있다.

이러한 배경에서 산지부 도로 건설을 위해 가장 시급한 것은 지형구분이라 판단된다. 지형구분이 정확하지 않으면 도로설계속도가 부정확하게 결정될 수 있기 때문이다.

세계 각국의 도로설계 지침에서는 도로설계시 무엇보다 지형구분을 명확히 해야한다고 언급하고 있다. 그 중 미국 AASHTO의 "A Policy on Geometric Design of Highways and Streets" (2004)에서의 내용을 인용하면, "도로 설계에서 가장 중요한 인자 중 하나인 설계속도는 도로의 기능 및 주변 토지이용, 예측 주행속도와 더불어 지형적 특성을 반영하여 논리적으로 결정하여야 한다."고 말하고 있다. 그러나 여기에서 지형은 평지, 구릉지, 산지(국내는 평지와 산지로 구분)로 구분하며, 설계 기준을 제시하고 있을 뿐, 지형구분을 어떻게 해야 하는지에 대한 명

확한 기준은 제시되어 있지 않다. 그에 따라 도로설계시 설계자의 주관적 판단에 따라 임의적으로 지형구분이 이루어지고 있다.

따라서, 본 연구에서는 현행 도로설계에서 지형구분에 대한 관련기준을 검토한 후, GIS data의 분석을 통한 우리나라의 지형분포 자료를 바탕으로 각 지형별 주행속도 자료를 연관시켜 분석함으로써 새로운 지형구분 기준을 제시하고자 한다.

1.2 연구 수행 방법

본 연구에서는 새로운 지형구분 기준을 제시하기 위해 국내의 도로설계기준을 검토하였다. 다양한 도로설계기준 중 지형과 가장 관계가 깊은 설계요소가 종단경사라 판단하였으며, 그에 따라 종단경사 및 등판성능곡선도(경사 - 속도도)에 대해 검토하였다.

그리고 도로설계와 관련하여 지형 구분에 대한 기준의 연구자료가 거의 없는 상황이기 때문에 도로설계분야 이외의 도시계획 및 지리정보(GIS)분야의 지형구분 방법 및 지형 구분 사례를 고찰하였다.

본 연구의 내용적 범위는 다음과 같다.

첫째, 불명확한 지형구분에 따른 현행 도로설계속도 결정과정 상의 문제점을 밝힌다.

둘째, 국내의 지형과 관련된 설계기준을 제시하고 요약하여 관련문헌을 검토하여 지형구분 방법 및 지형구분 사례를 고찰한다.



셋째, 각국의 설계기준 및 관련문헌 검토를 통하여 새로운 지형구분 기준을 제시한다.

넷째, GIS data와 주행속도 자료를 이용하여 지형적 특성과 차량의 주행속도에 대한 상관성을 살펴보고, 새로운 지형구분 기준에 대한 통계정적 검정을 수행한다.

다섯째, 새로운 지형구분 기준을 바탕으로 우리나라 국토에 대한 GIS data의 분석을 실시하여 지형별 분포를 밝힌다.

여섯째, 도로설계시 고려해야 할 일반적인 지형구분 기준을 제시한다.

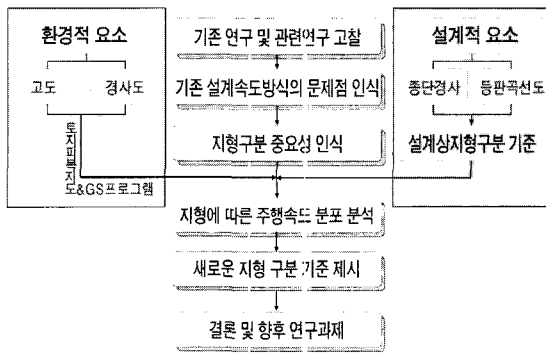


그림 1. 본 연구의 연구수행 방법

퍼보고, 이 기준들의 내용 중에서 지형과 밀접한 관련이 있는 중단경사와 차량의 등판성능 곡선도를 검토하였다. 검토한 각국별 중단경사 기준 및 등판성능 곡선도는 표 2와 같다.

2.1 관련 문헌 검토

본 연구에서는 도로 설계와 관련하여 지형 구분에 대한 기존의 연구자료가 거의 없는 상황이기 때문에 도로설계분야 이외의 도시계획 및 지리정보(GIS) 분야의 지형구분 방법 및 지형구분 사례를 고찰 하였다.

가. 국도확장사업을 위한 적정 도로설계 방안 연구 (최재성, 2004)

최재성은 '국도확장사업을 위한 적정 도로설계 방안 연구'에서 GIS data를 바탕으로 우리나라 일반 국도의 기능분류 및 지형, 지역을 구분하여 제시하였다. 지형구분은 고도의 분포 및 누적분포 자료를 바탕으로 이루어졌으며 그림 2와 같이 평지, 구릉지, 산지 세 가지로 구분하고 있다.

지형	기준
평지	100m 이하, 경사도 5° 이하
구릉지	100m~400m
산지	400m 이상

2. 이론적 고찰 및 해외사례 검토

2.1 국내의 관련 기준 검토

우선 표 1에 나와 있는 국내의 도로설계기준을 살펴

표 1. 국내의 설계기준 출처

구분	출처
우리나라	「도로의 구조·시설 기준에 관한 규칙」
미국	「A Policy on Geometric Design Highways and Street」-AASHTO
일본	「일본도로 구조령의 해설과 운용」
호주	「Rural Road Design」-AUSTROADS
영국	「Design Manual For Road And Bridges」

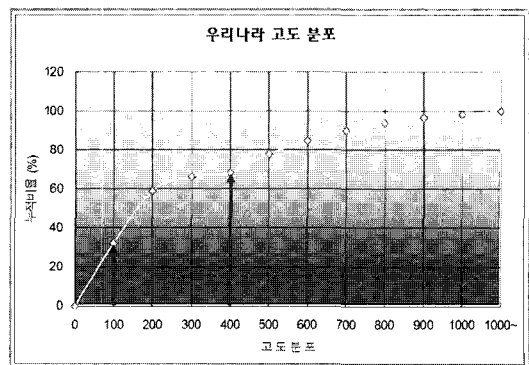


그림 2. 최재성의 연구에 따른 지형구분 기준



표 2. 각국별 종단경사기준 및 등판능곡선도

속도(km/h)

구분	종단경사기준	등판능곡선도																																																																																
우리나라	(단위:%) <table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">설계속도 (km/h)</th> <th colspan="2">고속도로</th> <th colspan="2">간선도로</th> <th colspan="2">집산도로</th> <th colspan="2">국지도로</th> </tr> <tr> <th>평지</th> <th>산지</th> <th>평지</th> <th>산지</th> <th>평지</th> <th>산지</th> <th>평지</th> <th>산지</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>80</td> <td>4</td> <td>6</td> <td>4</td> <td>7</td> <td>6</td> <td>9</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>70</td> <td></td> <td></td> <td>5</td> <td>7</td> <td>7</td> <td>10</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>60</td> <td></td> <td></td> <td>5</td> <td>8</td> <td>7</td> <td>10</td> <td>7</td> <td>13</td> </tr> <tr> <td>50</td> <td></td> <td></td> <td>5</td> <td>8</td> <td>7</td> <td>10</td> <td>7</td> <td>14</td> </tr> <tr> <td>40</td> <td></td> <td></td> <td>6</td> <td>9</td> <td>7</td> <td>11</td> <td>7</td> <td>15</td> </tr> <tr> <td>30</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>7</td> <td>12</td> <td>8</td> <td>16</td> </tr> <tr> <td>20</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>8</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	설계속도 (km/h)	고속도로		간선도로		집산도로		국지도로		평지	산지	평지	산지	평지	산지	평지	산지	80	4	6	4	7	6	9			70			5	7	7	10			60			5	8	7	10	7	13	50			5	8	7	10	7	14	40			6	9	7	11	7	15	30					7	12	8	16	20							8		<p>-도로의 기능및 지형, 설계속도 고려 -지형상황, 주변지장물 및 경계성을 고려하여 경우에 따라 1% 더한 값을 적용</p>
	설계속도 (km/h)		고속도로		간선도로		집산도로		국지도로																																																																									
평지		산지	평지	산지	평지	산지	평지	산지																																																																										
80	4	6	4	7	6	9																																																																												
70			5	7	7	10																																																																												
60			5	8	7	10	7	13																																																																										
50			5	8	7	10	7	14																																																																										
40			6	9	7	11	7	15																																																																										
30					7	12	8	16																																																																										
20							8																																																																											
미국	(단위:%) <table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">구분</th> <th colspan="6">설계속도(km/h)</th> </tr> <tr> <th>30</th> <th>40</th> <th>50</th> <th>60</th> <th>70</th> <th>80</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="4">간선도로</td> <td rowspan="2">지방부</td> <td>평지</td> <td></td> <td></td> <td>5</td> <td>5</td> <td>4</td> </tr> <tr> <td>구릉지</td> <td></td> <td></td> <td>6</td> <td>6</td> <td>5</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">도시부</td> <td>평지</td> <td></td> <td></td> <td>8</td> <td>7</td> <td>7</td> </tr> <tr> <td>구릉지</td> <td></td> <td></td> <td>9</td> <td>8</td> <td>7</td> </tr> <tr> <td rowspan="4">집산도로</td> <td rowspan="2">지방부</td> <td>평지</td> <td>7</td> <td>7</td> <td>7</td> <td>7</td> <td>6</td> </tr> <tr> <td>구릉지</td> <td>10</td> <td>10</td> <td>9</td> <td>8</td> <td>7</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">도시부</td> <td>평지</td> <td>9</td> <td>9</td> <td>9</td> <td>9</td> <td>7</td> </tr> <tr> <td>구릉지</td> <td>12</td> <td>12</td> <td>11</td> <td>10</td> <td>9</td> </tr> </tbody> </table>	구분	설계속도(km/h)						30	40	50	60	70	80	간선도로	지방부	평지			5	5	4	구릉지			6	6	5	도시부	평지			8	7	7	구릉지			9	8	7	집산도로	지방부	평지	7	7	7	7	6	구릉지	10	10	9	8	7	도시부	평지	9	9	9	9	7	구릉지	12	12	11	10	9	<p>-도로의 기능과 지역, 지형 고려 -차량의 등판능력과 도로 환경을 고려해서 적용한 값으로 국내 기준과 거의 동일</p>													
	구분		설계속도(km/h)																																																																															
30		40	50	60	70	80																																																																												
간선도로	지방부	평지			5	5	4																																																																											
		구릉지			6	6	5																																																																											
	도시부	평지			8	7	7																																																																											
		구릉지			9	8	7																																																																											
집산도로	지방부	평지	7	7	7	7	6																																																																											
		구릉지	10	10	9	8	7																																																																											
	도시부	평지	9	9	9	9	7																																																																											
		구릉지	12	12	11	10	9																																																																											
일본	(단위:%) <table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">설계속도 (km/h)</th> <th colspan="4">구분</th> </tr> <tr> <th>표준</th> <th>부득이한 경우</th> <th>적설한냉 심한지역</th> <th>기타지역</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>80</td> <td>4</td> <td>7</td> <td>6</td> <td>6</td> </tr> <tr> <td>60</td> <td>5</td> <td>8</td> <td>7</td> <td>8</td> </tr> <tr> <td>50</td> <td>6</td> <td>9</td> <td>7</td> <td>8</td> </tr> <tr> <td>40</td> <td>7</td> <td>10</td> <td>7.5</td> <td>8</td> </tr> <tr> <td>30</td> <td>8</td> <td>11</td> <td>7.5</td> <td>10</td> </tr> <tr> <td>20</td> <td>9</td> <td>12</td> <td>7.5</td> <td>10</td> </tr> </tbody> </table>	설계속도 (km/h)	구분				표준	부득이한 경우	적설한냉 심한지역	기타지역	80	4	7	6	6	60	5	8	7	8	50	6	9	7	8	40	7	10	7.5	8	30	8	11	7.5	10	20	9	12	7.5	10	<p>-차량의 등판능력과 지형, 지역적 특성을 고려 -일반 기준 외 특례치를 적용하여 종단경사를 적용</p>																																									
	설계속도 (km/h)		구분																																																																															
표준		부득이한 경우	적설한냉 심한지역	기타지역																																																																														
80	4	7	6	6																																																																														
60	5	8	7	8																																																																														
50	6	9	7	8																																																																														
40	7	10	7.5	8																																																																														
30	8	11	7.5	10																																																																														
20	9	12	7.5	10																																																																														
호주	(단위:%) <table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Design Speed (km/h)</th> <th colspan="3">Terrain</th> </tr> <tr> <th>Flat</th> <th>Rolling</th> <th>Mountainous</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>60</td> <td>6-8</td> <td>7-9</td> <td>9-10</td> </tr> <tr> <td>80</td> <td>4-6</td> <td>5-7</td> <td>7-9</td> </tr> <tr> <td>100</td> <td>3-5</td> <td>4-6</td> <td>6-8</td> </tr> <tr> <td>120</td> <td>3-5</td> <td>4-6</td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <p>* 10% 이상의 종단경사는 주의해야 함</p>	Design Speed (km/h)	Terrain			Flat	Rolling	Mountainous	60	6-8	7-9	9-10	80	4-6	5-7	7-9	100	3-5	4-6	6-8	120	3-5	4-6		<p>-교통량이 적은 산지부 도로에 대한 특례치 고려</p>																																																									
	Design Speed (km/h)		Terrain																																																																															
Flat		Rolling	Mountainous																																																																															
60	6-8	7-9	9-10																																																																															
80	4-6	5-7	7-9																																																																															
100	3-5	4-6	6-8																																																																															
120	3-5	4-6																																																																																
영국	<table border="1"> <thead> <tr> <th>도로의 기능</th> <th>최대 종단경사</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Motorways</td> <td>3%</td> </tr> <tr> <td>AP Dual Carriageways</td> <td>4%</td> </tr> <tr> <td>AP Single Carriageways</td> <td>6%</td> </tr> </tbody> </table>	도로의 기능	최대 종단경사	Motorways	3%	AP Dual Carriageways	4%	AP Single Carriageways	6%	<p>-예외적으로 구릉이 심한지역에서는 높은 경사 적용 가능</p>																																																																								
	도로의 기능	최대 종단경사																																																																																
Motorways	3%																																																																																	
AP Dual Carriageways	4%																																																																																	
AP Single Carriageways	6%																																																																																	



나. 환경친화적 산지·구릉지 개발기법 연구

지형분류에 관련된 참고문헌으로 한국토지공사의 '환경친화적 산지·구릉지 개발기법 연구(2000.11)'에서는 『일반적으로 산지는 평지보다 우뚝 솟아있는 땅으로서 해발 300m이상은 산지, 그 이하는 구릉지로 분류·정의 된다.』라고 산지 및 구릉지의 기준을 제시하고 있다. 이 기준은 경사도에 따른 공간적 특성에 대해 제시하고 있으나 분류 근거가 추상적이며 택지개발과 관련된 사항으로 본 연구의 목적과 거리가 있다고 판단된다. 표 3은 이 연구에서 제시한 경사도별 특성이다.

표 3. 경사도에 따른 공간적 특성

경 사 도	공 간 특 성
0°~4°	저의 평탄하게 보이며 가장 쾌적한 경사
4°~10°	이용상 쾌적한 경사
10°~30°	10°를 넘으면 도로의 기울기는 급해지고 자동차의 등판한계에 가까워짐.
30°~45°	급사면이라고 정의할 수 있으며 30°까지는 차량으로 올라갈 수 있음
45°~90°	경사도 범위초과로 사다리나 승강장치의 설치 필요

출처 : 한국토지공사, 환경친화적 산지·구릉지 개발기법 연구, 2000.

다. DEM을 이용한 한반도 지형의 경사도 분석

이금삼·조화룡(한국GIS학회)은 'DEM을 이용한 한반도 지형의 경사도 분석'에서 국내 지형을 경사도와 고도에 따라 분류하고 있다. 이 연구는 차량주행특성이 고려되지 않은 지형구분이라는 한계점이 있다.

라. 일본도시계획학회의 지형 구분

일본도시계획학회는 경사와 구배에 따라 지형을 평지-구릉지-산지로 구분을 하였다. 구릉지는 해발 300M이하, 경사도 5~20° 저구배 산지로 정의하고

표 4. DEM을 이용한 국토의 경사도 분석

지 형	경 사	지 형	고 도
평탄지	0°~1°	평 야	150m 이하
파랑성평야	1°~5°	구릉지	150m~500m
완경사지	5°~10°		
준완경사지	10°~15°	산 지	500m~1000m
준급경사지	15°~20°	고산지	1000m 이상
급경사지	20° 이상		

출처: 이금삼, 조화룡, DEM을 이용한 한반도 지형의 경사도 분석, 한국지리정보학회지 3권 1호, 2000.

표 5. 일본도시계획학회의 지형 구분 기준

구 분	경 사	구 배
평탄지	5° 이하	10% 이하
구릉지B	5°~15°	10%~30%
구릉지A	15°~20°	30%~40%
산 지	20° 이상	40 이상

있으며 지형 구분은 표 5와 같다. 그러나 이 기준 또한 차량주행특성과 지형구분간 연관성에 대한 고려가 이루어지지 않았다.

3. 지형구분을 위한 지형 특성 도출

3.1 현행 설계상의 문제점

가. 지형구분의 기준 불명확

도로설계시 지형에 대한 합리적이고 세부적인 고려가 이루어지지 않음에 따라 도로 건설상의 경제적·환경적인 문제를 유발하고 있다. 예를 들어, 지형구분기준이 명확하지 않아 비합리적으로 높은 설계속도가 채택되는 경우 그림 3의 Case A에서 처럼 Case B에 비해 큰 곡선반경 적용으로 인해 과도한 산사면 절토와 그에 따른 과도한 공사비를 유발할 수 있다.

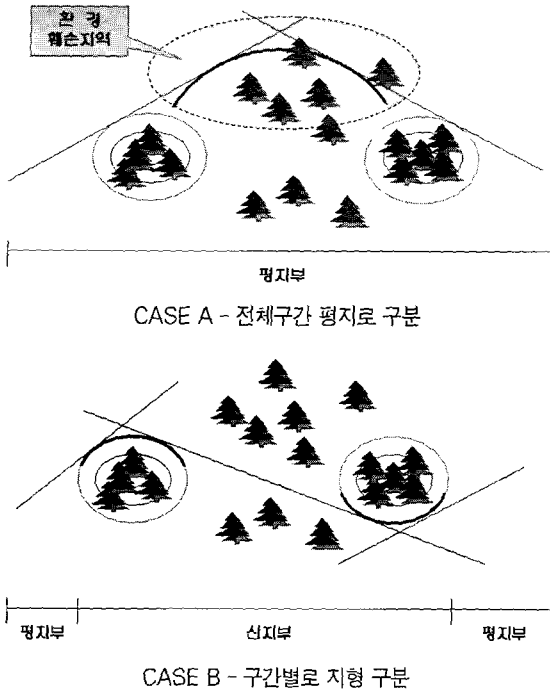


그림 3. 높은 설계속도 선정에 따른 도로설계 문제점의 예

나. 국내의 비교적 높은 설계기준

한국개발연구원에 의하면, 현재 산지부에 적용되는 설계속도 및 설계 기준이 비교적 높게 적용되고 있다고 지적하고 있다. 국도의 대부분이 주간선도로로 분류되는 현실에서 산지부에 일반국도가 계획되고, 또 산지부 일반국도 설계속도를 60km/h로 적용하는 것은 지나치게 높은 것으로 판단되며, 지나치게 높은 설계속도는 과도한 곡선반경 등을 요구함으로써 결과적으로 과도한 건설비로 이어지는 주요 원인이 된다고 지적했다.

다. 단순한 지형구분

최재성은 국내 지형 구분의 기준은 미비하며 지형 구분 세분화의 필요성을 강조하고 있다. 현재 국내의 지형구분 기준은 평지, 산지로 지형구분이 지나치게 단순화 되어 있다. 우리나라보다 산지의 분포가 적은 미국의 경우에도 산지, 구릉지, 평지의 세부분으로 나누고 있는 현실을 생각한다면 도로 설계기

준의 합리화를 위해서는 지형의 세분화가 필요하다고 보았다.

3.2 지형구분시 고려되어야 할 요소

도로설계시 지형의 구분은 설계노선 및 각종 시설물의 설계기준에 매우 큰 영향을 미친다. 따라서, 합리적인 도로설계를 위해서는 지형구분이 정확하게 이루어져야 한다.

그런데 지형과 관련된 사항을 살펴보면, 고도 및 경사도가 가장 중요한 요인으로 판단된다. 고도는 최재성의 연구와 한국토지공사의 '환경친화적 산지·구릉지 개발기법 연구(2000.11)', 일본 도시계획학회의 연구에서 고려했듯이, 도로지형구분을 위한 가장 기초적인 요소이다.

또한 경사도는 차량의 등판능력 및 도로설계시 종단경사와 밀접한 관계를 가지고 있다. 지형구분단계에서 지형에 적합한 경사도를 찾아내서 도로설계기준에 적용할 경우 과도한 공사비의 지출을 억제할 수 있을 것으로 판단된다.

3.3 지형구분 요소 기준 정립

본 연구에서는 지형구분시 고려되어야 할 요소를 고도, 경사도로 판단하고 각종 문헌 고찰 내용을 바탕으로 우리나라에 적합한 지형구분 기준을 제시하고자 한다.

첫째, 지형분류에 따른 고도의 기준은 GIS를 바탕으로 한 "국도확장사업을 위한 적정 도로설계 방안 연구"와 한국토지공사의 '환경친화적 산지·구릉지 개발기법 연구(2000.11)' 등을 참고하여 표 6에 제시하였다. 이는 우리나라의 고도 분포와 공간적 특성을 바탕으로 분류된 결과 값이다.

둘째, 경사도에 대한 기준은 각국의 지형별 종단경사 기준 및 차량의 등판성능곡선도를 바탕으로 기준을 정립하였다.



표 6. 지형 구분 기준(고도)

지형	고도
Height 1	0~100m
Height 2	400m 이하
Height 3	400m 이상

각국의 차량의 등판을 검토한 바 종단경사가 3% 이하일 경우에는 차량 속도가 크게 변화하지 않는 것으로 나타났다. 그에 따라 경사에 대해 특별한 고려가 필요 없는 종단 경사 3% 이하의 지형을 한 그룹으로 분류하였다.

그리고 산지와 같은 경사가 심한 지역은 설계속도가 낮기 때문에 종단경사 기준 검토시, 설계속도가 80km/h, 60km/h 일 때의 종단경사 기준을 검토하였다.

그 결과, 본 연구에서는 지형에 따른 종단경사의 적용 기준을 표 7과 같이 결정하였다.

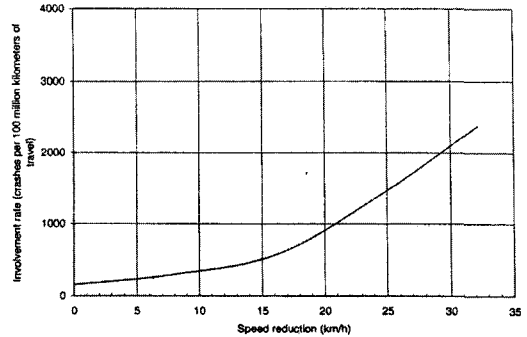
표 7. 지형 따른 종단경사 적용 기준

지형	경사	비교
Slope 1	0%~3%	속도변화가 거의 일어나지 않음
Slope 2	3%~9%	경사도에 따른 속도변화 정도가 적음
Slope 3	9%이상	경사도에 따른 속도변화 정도가 매우 큼

셋째, 추가적으로 고도와 경사도 이외에 경사의 길이에 대해 고려되어야 한다. 왜냐하면, 종단경사의 크기와 더불어 경사의 길이는 주행차량에 영향을 미치기 때문이다. 즉, 상당한 급경사라도 단구간이면 교통류에 미치는 영향은 작고 역으로 구배가 작아도 구배길이가 길면 영향이 크기 때문이다.

경사의 길이는 오르막구간에서 속도 변화에 따라 결정된다. AASHTO(2004)의 연구 결과에 따르면, 평균 주행속도와 비교해서 트럭의 속도가 15km/h 감소하는 지점에서 사고가 급격하게 증가하는 추세를 보이고 있다. 따라서, 주행속도가 15km/h 감소하는 종단경사 길이를 임계오르막 길이라고 판단하고

있다. 이 기준에 따라 각국의 등판성능곡선도를 검토한 결과, 9%이상의 종단경사에서 임계오르막 차로의 길이는 100m이하인 것으로 나타났다.



출처: AASHTO, A Policy on Geometric Design Highways and Street, 2004

그림 4. 속도감소 - 사고율 관계

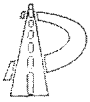
또한, 일본의 도로 설계 기준은 종단경사의 길이가 차량 주행의 안전성과 쾌적성에 영향을 미친다고 판단하여 경사별 등판 가능 거리표를 제시하고 있으며, 표 8과 같다.

표 8. 종단경사별 등판 가능 거리표 (일본)

(단위:m)

설계속도(km/h)	80	60	50	40	
시단속도(km/h)	80	60	50	40	
허용속도(km/h)	40	30	30	25	
종단경사 (%)	5	760			
	6	520	490		
	7	410	320	230	
	8		240	170	130
	9			130	100
	10				80

따라서, 본 연구에서는 경사의 길이가 80m인 지형에 대해서 고도와 경사도의 기준을 적용하여 지형을 분석하도록 한다.



4. 관련자료 분석을 통한 지형구분

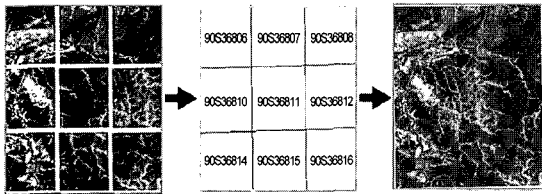
4.1 GIS data를 통한 분석

가. 고도/경사 자료 구축 과정

본 연구에서는 지형의 고도 및 종단경사 적용기준을 바탕으로 지형을 구분하기 위해서 국립지리원의 수치고도자료를 활용하였으며 GIS 구축과정은 최재성의 연구와 동일한 방법을 사용하였다.

GIS data 구축시, 각각 수집한 자료를 통합적으로 분석하고자 ArcGIS를 이용하였다. GIS database(수치고도자료, 교통주제도)의 좌표체계(평면좌표계 원점, 좌표계의 원점의 값, 축척계수)가 동일하지 않기 때문에 수치고도자료의 좌표체계로 교통주제도의 좌표체계를 변환하였다.

그림 5는 국립지리원에서 구축한 수치고도자료를 전국단위로 취합하는 도식화한 그림이다.



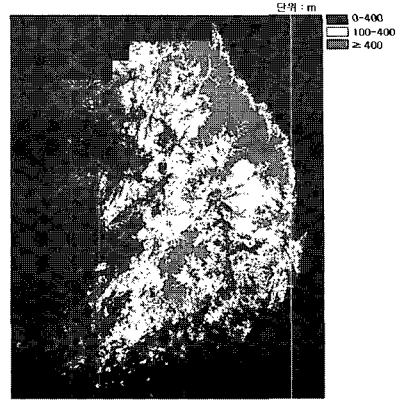
출처 : 최재성, 환경 친화적 도로 설계를 위한 기초 연구, 대한교통학회지 제23권 제7호, 2005.

그림 5. Mosaic Processing

이는 Erdas Imagine라는 프로그램을 이용하여 Mosaic Processing하는 과정으로 각 지역별 개별 file을 수치고도자료를 바탕으로 한반도 전체의 고도 자료를 만드는 방법이다. 그리고 종단경사의 제한 길이를 검토한 결과와 격자형 GIS자료의 단위를 고려하여 한 셀의 크기는 90m×90m로 하여 지형자료를 분석하였다.

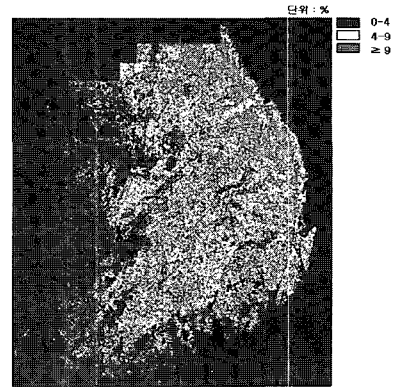
위 과정을 통하여 구축한 한반도 전체의 수치고도 자료를 Idrish Killimanjaro에서 지원하는 경사 계산법에 의거하여 경사도를 계산하여 경사도 data를 구축하였다.

Analysis of Height



〈GIS 고도 자료〉

Analysis of Slope



〈GIS 경사도 자료〉

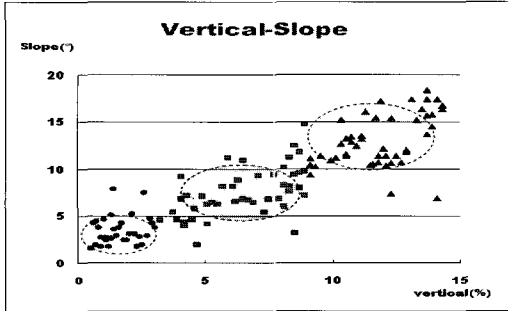
그림 6. 한반도 수치고도 자료 및 경사도 자료

나. GIS data 분석

Ⅲ장에서 제시한 지형별 종단경사 기준은 실제 지형(지반고)의 경사가 아닌 도로의 종단경사 수치이다. 따라서 경사에 따라 실제 지형을 구분하는 기준으로는 적절치 못하다. 따라서 본 연구에서는 도로상의 종단경사와 실제 경사의 관계를 분석하기 위해 교통주제도와 경사도 자료를 중첩시켰다. 즉, 교통주제도에 경사도 자료를 추가시켜 하나의 새로운 Data set을 구성하였다. 이렇게 구축된 GIS data를 바탕으로 일반국도 상의 종단경사와 실제 경사도 간의 관계를 살펴보았으며, 그에 따른 분포는 그림 7과 같다. 도로의 종단경사 기준과 실제 경사 분포를 나타내



는 산포도 자료에서 이산점을 제거하여 Grouping한 결과 그림 7의 결과를 도출할 수 있었다.



종단경사	Matching	실제 지형 경사도
0%~3%	▶	0°~5°
3%~9%	▶	5°~10°
9% 이상	▶	10° 이상

그림 7. 종단경사와 실제 지형 경사도

지금까지 관련 문헌 검토와 GIS data 분석 결과를 바탕으로 새롭게 도출한 지형 구분 기준을 한반도 전체에 적용하였으며 과정은 다음과 같다.

- ① 분류 기준에 따라 9개의 지형 분류
- ② 수치고도 자료와 경사도 자료 분류

구축된 수치고도 자료와 경사도 자료를 Idrish Killimanjaro의 Reclass기능을 이용하여 분류하였다.

- ③ 분류된 고도자료와 경사도 자료를 조합하여 9개의 AREA로 구분하고 면적 및 분포를 분석

위 과정을 macro moduler를 작성하여 실행한 결과, 한반도의 지형 분류자료로 구축하였으며 AREA 구분에 따른 분포를 제시하였다. macro moduler, AREA 분류자료 그리고 AREA별 면적 및 분포는 표 10과 같다.

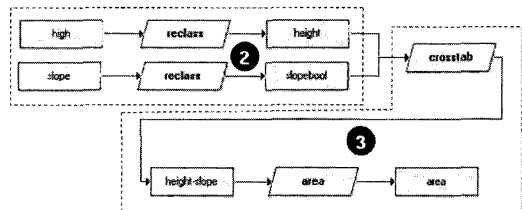
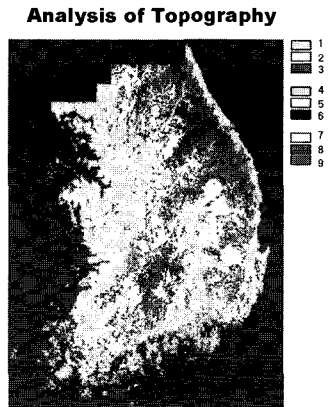
4.2 지형분류 case와 주행속도간의 관계

지금까지의 과정을 통해 우리나라의 지형을 고도와 경사도에 의해 분류하였다. 그 다음으로 본 연구에서는 분류된 지형이 실제 도로주행에 미치는 영향을 살펴보고 그 결과를 바탕으로 일반화된 지형 구분 기준을 제시한다.

표 9. 분류 기준에 따른 지형 case

구 분	0~100m	400m이하	400m이상
0°~5°	AREA 1	AREA 2	AREA 3
5°~10°	AREA 4	AREA 5	AREA 6
10° 이상	AREA 7	AREA 8	AREA 9

표 10. 지형 구분도/macro moduler/지형구분에 따른 분포 결과



(단위: km²)

경사도 \ 고도	0~100m		400m이하		400m이상	
	면적	%	면적	%	면적	%
0°~5°	20,518	20.6	5,771	5.8	302	0.3
5°~10°	7,124	7.2	9,183	9.2	1,069	1.1
10° 이상	4,444	4.5	29,962	30.2	20,996	21.1

가. 자료수집

새로운 지형 구분 기준과 주행속도간 상관관계 분석을 위해 최재성의 '환경 친화적 도로 설계를 위한 기초연구(2005)'에 이용된 주행속도 자료를 이용하였다. 이 자료는 현장조사 및 과거 논문 및 보고서의 자료(1999년~2005년)를 근거로 수집되었다. 그 중 현장조사 자료는 일반국도 2차로 도로를 대상으



로 차량간의 주행속도에 미치는 영향을 최소화할 수 있는 비침투시간대를 선정하여 수집한 주행속도 자료이다. 과거 논문 및 보고서의 원자료의 경우는 일련의 도로 환경에서 기대되는 자유교통류속도(free-flow-speed)가 맞는 지를 확인하여 현장조사 자료에 포함시켰다.

나. 주행속도 조사

$$N = \left(\frac{K \times S}{E} \right)^2$$

여기서

N:필요한 표본수

K:통계신뢰도계수

정규분포에서 신뢰구간 68%인 경우 $K=1.0$

정규분포에서 신뢰구간 95%인 경우 $K=2.0$

정규분포에서 신뢰구간 99%인 경우 $K=3.0$

S:속도표준편차(대부분의 속도분포는 표준편차가 5~10kph이다.)

E:속도의 허용오차

대부분의 속도분포가 정규분포를 따르기 때문에 신뢰도 95%, 속도표준편차 10kph, 속도의 허용오차 $\pm 2.0kph$ 이내의 범위로 하여 표본수를 산정하였으며, 위 최재성 연구의 표본 수는 통계적 분석에 필요한 표본 수 100개보다 다소 많은 130개이다. 분석에 이용된 속도 자료는 다음과 같은 조건에 의해 선별되었다.

① 과속차량 속도 자료는 속도분포를 높은 분포로 편중시킬 수 있으므로 제외시킨다.

② 차량군에 앞선 차량을 뒤따르는 차량의 속도를 포함하는 것은 낮은 속도분포로 편중시킬 수 있으므로 제외시킨다.

다. 지형과 주행속도와의 matching

본 연구 수행을 위하여, 일반국도의 주행속도 자료를 구축해 놓은 지점의 조건을 종합해보면 그림 8과 같다. 조사된 자료의 지점을 전국 일반국도 지도에

표시하면 그림 8의 오른쪽 그림과 같다. 본 연구에서 양방향 2차로에 대해 130개의 지점을 GIS-data에 매칭(matching)시킨 이유는, 각 지점의 주행속도를 구축한 새로운 AREA에 적용시키기 위해서이다.

구 분	자료 현황	
도로관할 구분	일반국도	
차로수	양방향 2차로	
차로폭	2.8m~4.0m	
길이개폭	0.3m~4.0m	

그림 8. 주행속도 자료 지점 현황

라. 분석 과정의 개요

고도와 경사에 따른 9가지 분류와 일반국도의 주행속도 관계에 대한 분석을 실시하기 위해 이미 구축한 고도-경사도 자료와 주행속도의 data를 matching 하였다. 지형구분도 상의 9개 지형 중 AREA 3의 경우 전체 지형에서 차지하는 비율이 매우 적기 때문에, AREA 3에 대해서는 분석을 실시하지 않았다.

본 연구에서 수행하여야 할 지형 분류(AREA)에 따른 속도차의 유의성을 검증하기 위하여 분산분석(ANOVA)을 사용하였고, 이러한 분석을 수행하기 위해서는 선결되어야 할 가정은 다음과 같다.

- ① 종속변수가 양적변수여야 한다.
- ② 정규성(Normality) : $e \sim N(0, \sigma^2)$
- ③ 등분산성(Equality of Variance) : $Var(e1) = Var(e2) = \dots = Var(en)$

①의 경우 종속변수는 주행속도이므로 만족한다. 그러나 정규성과 등분산성이 만족하는지는 통계적 분석을 통하여 검증할 필요가 있다.



1) 정규성 검정

정규성의 검정은 표본수가 2,000개보다 작으므로 Kolmogorov-Aimirnov 검증을 통하여 실시하였다.

그림 9의 아래 표의 결과에 따라 '양방향 2차로 도로는 정규분포를 따른다.' 연구가설은 유의확률이 0.017이므로 95%신뢰수준에서 유의하다. 즉, 양방향 2차로 도로의 주행속도 자료는 정규분포를 따른다고 볼 수 있다. 양방향 2차로 도로의 정규성 검증결과를 Q-Q도표와 히스토그램으로 나타내면 그림 9의 아래 도표와 같다.

양방향 2차로		빈도수
정규모수(a, b)	평균	69.04
	표준편차	6.263
Kolmogorov-Smirnov의 Z		1.542
근사유의확률(양쪽)		0.017

- a. 검정분포가 정규분포이다.
- b. 데이터로부터 계산

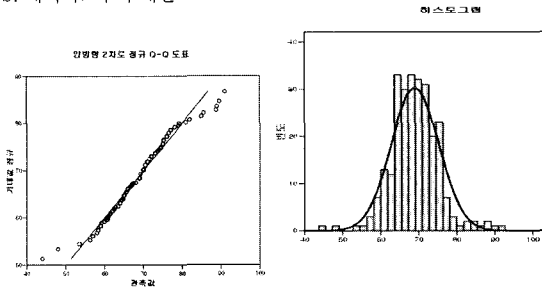


그림 9. 본 연구의 정규성 검정 결과

2) 등분산 검정

이어서 세 번째 가정인 분산의 동질성을 검정해 보기로 한다. 이러한 분산의 동질성 여부는 Levene의 등분산 검정값을 이용한다. 고도와 경사에 따른 여덟 가지로 분류된 지형 구분 자료에 대해서 표 11은 분산의 동질성을 검정한 결과를 제시하고 있다.

표 11. 분산의 동질성 검정 (ALL)

구 분	Levene 통계량	자유도 1	자유도 2	유의 확률
분산의 동질성 검정	0.903	7	122	0.440

Levene 통계량 0.903에 대한 유의확률 값이 0.440로서 ' $H_0: \sigma_1^2 = \sigma_2^2 = \sigma_3^2 = \sigma_4^2 = \sigma_5^2 = \sigma_6^2 = \sigma_7^2 = \sigma_8^2$ ' 이라는 귀무가설을 기각하지 못하므로 등분산성에 대한 가정에 문제가 없다고 판단된다.

따라서, 분석을 위한 모든 전제조건은 만족하게 된다.

마. AREA 분류에 따른 속도차의 유의성 검정

고도와 경사도에 따라 정의한 여덟 그룹에 대한 평균속도를 $\mu(i=1,2,4,5,6,7,8,9)$ 라 할 때, 각 지점에서의 AREA 분류에 따라 속도에 미치는 영향을 분산분석(ANOVA)을 통해 실시하기 위한 귀무가설(H_0)과 대립가설(H_1)은 다음과 같이 설정할 수 있다.

$$H_0 : \mu_1 = \mu_2 = \mu_4 = \mu_5 = \mu_6 = \mu_7 = \mu_8 = \mu_9$$

H_1 : 적어도 한 쌍에 있어서 μ_i 들 값은 서로 같지 않다.

표 12는 8개의 AREA를 대상으로 실시한 분산분석 결과이다.

표 12를 통해 분석 대상인 모든 지점에서 F검정의 결과 유의수준 0.05에서 평균속도가 같다는 귀무가설이 기각되었다. 결국, 본 연구에서 정의한 AREA 분류에 따라 평균속도의 차가 큼을 알 수 있다.

AREA 분류 간에 속도의 차가 존재하는 것을 밝혔지만, 각각의 AREA에 대한 속도 차에 대한 검증도 필요하다. 이를 위해 본 연구에서는 Tukey의 HSD 검정을 적용했다.

평균 μ_i 와 μ_j 에 대한 Tukey의 H_S_D검정에서는 먼저 아래 값을 계산하게 된다.

$$HSD_{ij} = q_{p,n-p;1-\alpha} \sqrt{\frac{1}{2} \left(\frac{1}{n_i} + \frac{1}{n_j} \right) MSE}$$

표 12. 분산분석 결과

항 목	자유도	평균제곱	F	유의 확률
집단-간	7	1852.485	34.771	0.000
집단-내	122	53.277		
합 계	129			



표 13. 다중비교(Tukey HSD)

집단 I	집단 II	평균차 (집단 I - 집단 II)	표준오차	유의확률	95% 신뢰구간	
					하한값	상한값
AREA 1	AREA 2	2.0405	1.3798	0.818	-2.176	6.257
	AREA 4	-0.7026	1.7425	1.000	-6.028	4.623
	AREA 5*	6.7863	1.3996	0.000	2.509	11.064
	AREA 6*	16.0399	1.4627	0.000	11.548	20.531
	AREA 7*	7.3561	2.0124	0.007	1.206	13.506
	AREA 8*	17.7461	2.4592	0.000	10.231	25.262
	AREA 9*	20.1414	1.9631	0.000	14.142	26.141
AREA 2	AREA 1	-2.0405	1.3798	0.818	-6.257	2.176
	AREA 4	-2.7431	1.8709	0.825	-8.461	2.975
	AREA 5*	4.7458	1.5566	0.041	-0.011	9.503
	AREA 6*	13.9993	1.6198	0.000	9.049	18.950
	AREA 7*	5.3156	2.1246	0.019	-1.177	11.808
	AREA 8*	15.7056	2.5518	0.000	7.907	23.504
	AREA 9*	18.1008	2.0780	0.000	11.750	24.451
AREA 4	AREA 1	0.7026	1.7425	1.000	-4.623	6.028
	AREA 2	2.7431	1.8709	0.825	-2.975	8.461
	AREA 5*	7.4889	1.8856	0.002	1.726	13.251
	AREA 6*	16.7425	1.9381	0.000	10.819	22.666
	AREA 7*	8.0587	2.3762	0.018	0.797	15.321
	AREA 8*	18.4487	2.7648	0.000	9.999	26.898
	AREA 9*	20.8440	2.3346	0.000	13.709	27.979
AREA 5	AREA 1*	-6.7863	1.3996	0.000	-11.064	-2.509
	AREA 2*	-4.7458	1.5566	0.041	-9.503	0.011
	AREA 4*	-7.4889	1.8856	0.002	-13.251	-1.726
	AREA 6*	9.2536	1.6367	0.000	4.252	14.256
	AREA 7	0.5698	2.1375	1.000	-5.963	7.102
	AREA 8*	10.9598	2.5626	0.001	3.128	18.791
	AREA 9*	13.3551	2.0912	0.000	6.964	19.746
AREA 6	AREA 1*	-16.0399	1.4697	0.000	-20.531	-11.548
	AREA 2*	-13.9993	1.6198	0.000	-18.950	-9.049
	AREA 4*	-16.7425	1.9381	0.000	-22.666	-10.819
	AREA 5*	-9.2536	1.6367	0.000	-14.256	-4.252
	AREA 7*	-8.6838	2.1840	0.002	-15.358	-2.009
	AREA 8	1.7062	2.6015	0.998	-6.244	9.657
	AREA 9	4.1015	2.1387	0.540	-2.434	10.637
AREA 7	AREA 1*	-7.3561	2.0124	0.007	-13.506	-1.206
	AREA 2*	-5.3156	2.1246	0.019	-11.808	1.177
	AREA 4*	-8.0587	2.3762	0.018	-15.321	-0.797
	AREA 5	-0.5698	2.1375	1.000	-7.102	5.963
	AREA 6*	8.6838	2.1840	0.002	2.009	15.358
	AREA 8*	10.3900	2.9424	0.011	1.398	19.382
	AREA 9*	12.7853	2.5424	0.000	5.016	20.555
AREA 8	AREA 1*	-17.7461	2.4592	0.000	-25.262	-10.231
	AREA 2*	-15.7056	2.5518	0.000	-23.504	-7.907
	AREA 4*	-18.4487	2.7648	0.000	-26.898	-9.999
	AREA 5*	-10.9598	2.5626	0.001	-18.791	-3.128
	AREA 6	-1.7062	2.6015	0.998	-9.657	6.244
	AREA 7*	-10.3900	2.9424	0.011	-19.382	-1.398
	AREA 9	2.3953	2.9089	0.992	-6.495	11.285
AREA 9	AREA 1*	-20.1414	1.9631	0.000	-26.141	-14.142
	AREA 2*	-18.1008	2.0780	0.000	-24.451	-11.750
	AREA 4*	-20.8440	2.3346	0.000	-27.979	-13.709
	AREA 5*	-13.3551	2.0912	0.000	-19.746	-6.964
	AREA 6	-4.1015	2.1387	0.540	-10.637	2.434
	AREA 7*	-12.7853	2.5424	0.000	-20.555	-5.016
	AREA 8	-2.3953	2.9089	0.992	-11.285	6.495

* : 두 AREA간에 5% 유의수준에서 속도차가 있음



여기서,

$q_{p,n-p;1-\alpha}$: 모수 p 와 자유도 $n-p$ 를 가지는 표준화 범위 분포(studentized range distribution)의 $(1-\alpha)$ 의 백분위수 값

n_i 와 n_j : i 와 j 수준에서의 반복수

MSE : 평균제곱오차

이 때 표본평균들이 아래 부등식을 만족하면 가설 $H_0 : \mu_1 = \mu_2$ 를 기각하여 μ_i 와 μ_j 는 유의수준 α 하에서 다르다고 결정한다.

$$|\bar{\mu}_i - \bar{\mu}_j| > HSD_{ij}$$

표 12를 통하여 분산분석에서 각 수준간의 차이가 있다는 결론을 얻었다. 그러나 그 차이가 어느 집단 간에서 나타나는지 살펴보기 위해, Tukey의 HSD 다중비교방법을 이용하여 분석한 결과, 집단간 평균값의 차이가 크게 발생하지 않는 경우가 생겼다.

표 13에서 각 집단간 평균값의 차를 알 수 있으며, 집단간 유의여부를 판단할 수 있다. AREA 1의 경우, AREA 2와 AREA 4와는 5% 유의수준에서 평균속도가 유사할 뿐 나머지 AREA와는 평균속도차가 큰 것을 알 수 있다. 반면, AREA 9의 경우는 AREA 6과 AREA 8과 평균속도가 유사한 것을 알

수 있다.

Tukey의 HSD 다중비교의 결과값과 지형 구분에 따른 주행속도 분포는 그림 10과 같다.

5. 지형 구분 기준 제시

본 연구에서는 지형분류(AREA)와 주행속도와의 분산분석을 통하여 나온 결과를 바탕으로 동질성을 갖는 AREA간에 그룹을 만들어 표 14와 같이 지형 구분 기준을 제시한다.

본 연구에 따른 지형 구분 기준을 타 연구와 비교해 보면 다음과 같다.

① 고도에 따른 분류 기준

최재성의 연구와 분류 기준이 동일하며, 이금삼의 연구와 비교했을 경우, 50m~100m 가량 낮은 결과 값이다.

② 경사에 따른 분류 기준

평지에 대한 경사 분류 기준은 최재성의 연구와 일본도시계획학회가 제시하는 기준과 동일하다. 그리고 이금삼의 연구와 비교했을 때, 본 연구의 평지는 평탄지/파랑성 평야에 해당하며, 구릉지는 완경사지, 산지는 준완경사지 이상의 지형에 해당한다.

주행속도	집단1	집단2	집단3
	낮음 ←————→ 높음		
AREA 분류	AREA 6 AREA 8 AREA 9	AREA 5 AREA 7	AREA 1 AREA 2 AREA 4

표 14. 본 연구의 새로운 지형 구분 기준

지형	기준
평지	100m이하/0°~10°, 400m이하/0°~5°의 지형
구릉지	100m이하/10°이상, 400m이하/5°~10°의 지형
산지	100m~400/10°이상, 400m이상의 지형

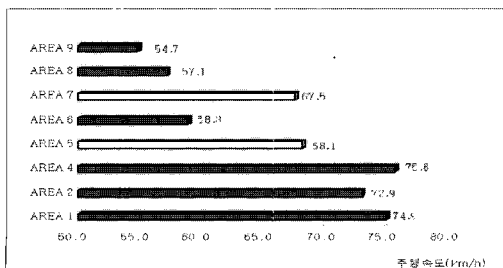


그림 10. AREA에 따른 주행속도의 분포

구분	0~100m	400m이하	400m이상
0°~5°	평지	평지	산지
5°~10°	평지	구릉지	산지
10°이상	구릉지	산지	산지



③ 지형분류(AREA)와 주행속도간의 관계 규명을 통한 지형구분

고도와 경사를 조합한 분류를 이용하여 도로건설과 관계되는 지형적 특성을 다른 연구 기준에 비해 잘 나타낼 것으로 판단되며, 타 연구의 기준과 차이가 발생하는 것은 지형적 특성 이외에 주행속도 분포를 지형 구분에 적용하였기 때문이다.

6. 결론 및 향후 연구과제

본 연구에서는 지형에 부합하는 도로 건설의 중요성이 커지고 있는 상황을 인지하고 도로설계속도 결정에 지대한 영향을 미치는 지형구분 합리화방안 구축이 가장 시급한 과제라고 판단하였다. 그에 따라 각국의 설계기준을 검토하고 수치고도자료와 GIS program을 이용하여 구축한 지형을 고도와 경사도에 따라 각각 AREA로 분류하였다. 또한 이렇게 분류된 지형이 주행 환경에 미치는 영향을 살펴보기 위해 지형분류자료와 주행속도자료를 matching하여 지형별 주행속도의 유의성을 검증하였다. 통계적 검증결과 지형적 특성에 따라 뚜렷한 주행속도 차이가 나타났으며, 이는 본 연구에서 분류한 고도와 경사도가 주행속도에 영향을 주고 있는 것으로 판단된다.

또한, 지형분류(AREA)와 주행속도 관계 규명을 통하여 3개의 동질적인 집단으로 구분하였으며, 3개의 집단에 대해 평지, 구릉지, 산지로 정의하였다.

본 연구는 일반국도를 대상으로 한 주행 속도자료를 이용하였기 때문에 지방도나 군도등 기능에 다른 도로에 대해서는 적용상의 한계가 있으나, 향후 도로 건설시 도로가 통과하는 지역의 지형적 특성을 반영할 수 있는 하나의 기준이 될 수 있다고 기대된다.

감사의 글

이 연구는 친환경·지능형 도로설계 기술개발 연구단을 통하여 지원된 건설교통부 건설핵심기술연구사업에 의하여 수행되었습니다. 연구지원에 감사드립니다.

참고문헌

1. 건설교통부(1999), "국도기능분류 및 효율적 투자방안 연구", 건설교통부, p.95-p.99
2. 건설교통부(2000), "도로의 구조·시설기준에 관한 규칙 해설 및 지침", 건설교통부, p46-p48
3. 이금삼, 조화룡(2000), "DEM을 이용한 한반도 지형의 경사도 분석", 대한지리정보학회지, 제3권, 제1호, p.35-p.43
4. 한국토지공사(2000), 환경친화적 산지·구릉지 개발기법 연구
5. 심관보(2005), "기능재분류와 GIS-T를 이용한 도로설계속도 적정화 방안", 서울시립대학교 박사논문, p.42-p.48.
6. 김상엽, 최재성(2005), 환경 친화적 도로 설계를 위한 기초 연구, 대한교통학회지 제23권 제7호, p17~p33
7. 최재성(2004), "국도확장사업을 위한 적정 도로설계방안연구", 교통정책연구, 제11권, 제1호, 교통개발연구원, p.51-p.69.
8. 한국개발연구원(2002), "공공투자사업의 예산관리의 효율화 방안(Ⅱ), 국도건설비합리화 방안", p.150-p.198
9. 건설교통부(2004), "환경친화적인 도로건설 편람"
10. AASHTO(2004), *A Policy on Geometric Design of Highways and Streets*, Washington, D.C.
11. FHWA(1997) *Flexibility in Highway Design*, U.S. Dept. of Transportation, Washington, D.C.
12. 사단법인 일본도로협회(1983), 일본 도로 구조령의 해설과 운용
13. AUSTRROAD(1993), *Rural Road Design-Guide to the Geometric Design of Rural Roads*
14. Jone Morall(2005), *Downgrade Passing Lanes on the Canadian Trans-Mountain Highway System*

접 수 일: 2006. 8. 2
 심사 일: 2006. 8. 21
 심사완료일: 2006. 9. 22