



# 3차원 가속도를 고려한 도로곡선부 유형별 설계기준 제시

## Development of Standard of Highway Curve Geometric Considering 3-D Acceleration

박정하\*      박제진\*\*      박태훈\*\*\*      하태준\*\*\*\*  
 Park, Jung Ha      Park, Je Jin      Park, Tae Hoon      Ha, Tae Jun

### Abstract

According to "A guide Book to Highway Design", most road elements are chosen based on a certain design speed in order to ensure obtaining safe and smooth traffic operating. However, road safety in practical way is correlative to not only all element of roads but also road shape, for example, between straight line and curves line and between curved lines. Also, it is relates to alignments such as horizontal alignment, vertical alignment, and cross section. That is, the practical road design should be examined in both sides of 3 dimension and consecutiveness as the practical road is a 3-dimensional successive object. The paper presents a concept for acceleration to evaluate consistency of road considering actual road shape on 3-dimension. Acceleration of vehicle is influential to road consistency based on running state of vehicle and state of drivers. Especially, the magnitude of acceleration is a quite influential element to drivers. Based on above, the acceleration on each point 3-D road can be calculated and then displacement can be done. Computation of acceleration means total calculation on each axis.

**Keywords :** 3-D, acceleration, curve, geometric, design

### 요 지

현행 도로설계의 기준이 되는 「도로의 구조·시설 기준에 관한 규칙 해설 및 지침」에서는 설계속도에 따라 도로 선형별 최소 설계기준을 정하고 있으며, 이 기준을 만족시키면 교통안전성이 확보되는 것으로 규정하고 있다. 이러한 설계기준에 적용되고 있는 개별 설계요소들은 원칙적으로 차량 및 운전자 특성을 감안하여 설치기준이 정립되었으나, 설계요소간의 연관성 또는 일관성에 대한 깊이있는 연구를 통해 제반 기준이 정립된 것은 아니다. 결과적으로, 현재의 도로설계기준이 개별 설계요소들의 조합에 의해 결정되는 도로의 안전성, 일관성 문제를 모두 고려하지는 못하였다. 따라서, 본 연구에서는 기존의 설계기준에 내재된 문제점을 인지하고 해결을 위해 우선적으로 3차원 가속도를 고려한 선형 설계방안에 대한 연구를 수행하였으며, 이를 통해 더욱 안전하고 조화로운 도로건설을 유도하고자 한다.

**핵심용어 :** 3차원, 가속도, 곡선부, 기하구조, 설계

\* 비회원 · 한국교통연구원 국가교통조사분석사업단  
 \*\* 정회원 · 교신저자 · 한국도로공사 도로교통연구원 책임연구원  
 \*\*\* 정회원 · 전남대학교 토목공학과 박사수료  
 \*\*\*\* 정회원 · 전남대학교 토목공학과 부교수



# 1. 서론

## 1.1 연구의 배경 및 목적

현행 도로설계의 기준이 되는 「도로의 구조·시설 기준에 관한 규칙 해설 및 지침」에서는 설계속도에 따라 도로 선형별 최소 설계기준을 정하고 있으며, 이 기준을 만족시키면 교통안전성이 확보되는 것으로 규정하고 있다. 이러한 설계기준에 적용되고 있는 개별 설계요소들은 차량 및 운전자 특성을 원칙적으로 감안하여 설치기준이 정립되었으나, 설계요소간의 연관성 또는 일관성에 대한 깊이있는 연구를 통해 제반 기준이 정립된 것은 아니다.

결과적으로, 현재의 도로설계기준이 개별 설계요소들의 조합에 의해 결정되는 도로의 안전성, 일관성 문제를 모두 고려하지는 못한다고 하겠다.

도로설계실무에 있어서도 도로를 평면선형과 종단선형으로 구분하여 설계하고 대안을 마련하고 있으나, 운전자의 실제 주행은 3차원 공간에서 수행되는 것으로 도로설계자와 운전자 사이에 상호 부조화에 따른 문제점이 발생할 수 있다. 따라서 도로선형의 안전성은 3차원적 환경에서 검토되는 것이 가장 바람직하다.

따라서, 본 연구에서는 기존의 설계기준에 내재된 문제점을 인지하고 해결을 위해 우선적으로 3차원 가속도를 고려한 선형 설계방안에 대한 연구를 수행하였으며, 이를 통해 더욱 안전하고 조화로운 도로건설을 유도하고자 한다.

본 연구의 목적은 첫째, 주행속도, 곡선반경, 편경사, 종단경사를 고려한 도로곡선부 유형별 3차원 가속도와 가속도 변화율을 산정하고, 둘째, 이를 고려한 도로곡선부 유형별 설계안전성 평가기준을 제시하여, 셋째, 도로곡선부 유형별 곡선반경비율과 완화곡선비율, 평면곡선부 내 직선 설치기준 등의 현행 설계기준을 검토해보고, 궁극적으로 새로운 3차원 가속도를 고려한 도로곡선부 유형별 설계기준을 제시하고자 함에 있다.

## 1.2 연구의 범위 및 방법

본 연구의 공간적 범위는 도로곡선부를 대상으로 하였다. 여기서, 도로곡선부란 평지의 평면곡선부, 일정한 종단경사를 갖는 평면곡선부, 종단경사가 변화하는 평면곡선부를 의미하며, 평면곡선부에는 복합곡선(Compound Curve), 반향곡선(Reverse Curve), 배향곡선(Hair Pin Curve)이 포함된다.

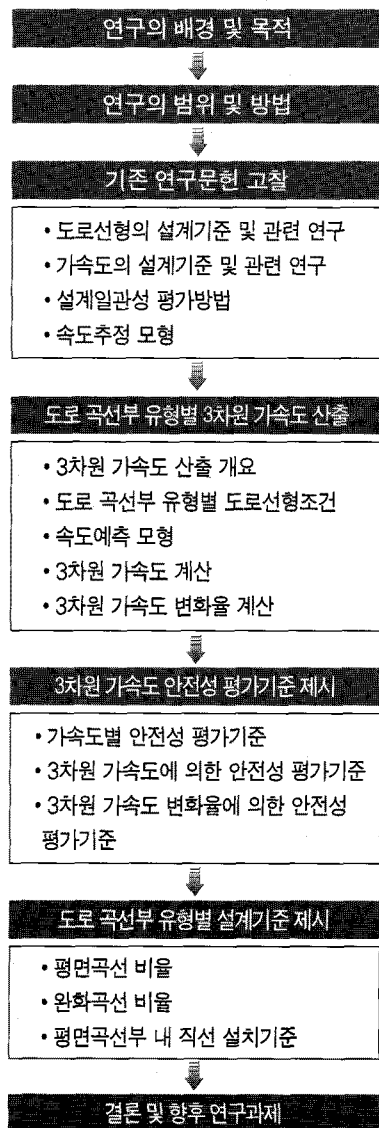


그림 1. 연구수행 흐름도



본 연구는 그림 1의 순서에 따라 수행하며, 연구 수행과정에 담겨있는 내용은 다음에 제시한 바와 같다.

- ① '도로선형', '가속도', '설계일관성 평가'로 나누어 해당 기존 연구문헌을 고찰한다.
- ② 도로곡선부 유형별 3차원 가속도를 산출하기 위해 우선, 해당 유형별 도로선형조건을 정한다.
- ③ 3차원 가속도 산출에 필요한 주행속도는 속도 추정 모형을 적용하여 구한다. 도로곡선부 유형별 속도 추정 모형식은 자료수집이 미비한 관계로 기존연구문헌 고찰을 통해 얻는다.
- ④ 3차원 도로선형과 주행속도를 고려한 각 지점별 가속도를 계산하고, 합성한다.
- ⑤ 도로곡선부 각 유형의 지점별 3차원 가속도와 가속도 변화율을 고려한 안전성 평가기준을 제시한다.
- ⑥ 현재의 설계기준을 3차원 속도 및 가속도에 적용시켜 적정성을 판단한 후, 새로운 도로곡선부 유형별 설계기준(복합/반향곡선부의 평면곡선 반경 비율, 반향곡선부의 완화곡선 비율, 평면곡선부 내 직선 설치기준)을 제시한다.

## 2. 기존 연구문헌 고찰

본 연구의 기존 연구문헌 고찰은 크게 '도로선형의 설계기준 및 관련연구', '가속도의 설계기준 및 관련연구', '설계일관성 평가방법'의 세 가지로 분류하여 조사한다.

### 2.1 도로선형 설계기준 및 관련 연구

평면선형이란 도로의 중심선이 입체적으로 그리는 형상을 평면적으로 본 것이다. 평면선형의 설계요소로서는 직선, 원곡선, 완화곡선이 있다. 이 세가지 요소는 자동차의 주행궤적, 인간의 특성, 도로의 특성 및 지형적 특성을 고려하여 결정되어야 한다. 특히

평면곡선부인 원곡선과 완화곡선 부분에서는 설계속도와 평면곡선반경의 관계는 물론 횡방향미끄럼마찰계수, 편경사, 확폭 등의 설계요소들이 조화를 이루어야 한다. 이와 같이 평면선형은 많은 도로 선형요소들과 연관되어 있다. 도로이용자의 안전성과 쾌적성을 확보하기 위해서는 도로선형별로 설계기준을 고려해서 결정해야 한다. 평면선형은 직선과 곡선의

표 1. 도로선형 관련 연구

연구자	년도	연구대상	연구내용
Pfundt	1969	평면곡선	• 평면곡선의 수가 많은 동일거리의 도로구간이 평면곡선의 수가 적은 동일거리 가진 도로구간에 비해 덜 위험하다.
Glennon & Leisch	1985	완화곡선	• 완화곡선은 평면곡선부에서 마찰수요를 줄여주어 사고율을 2~9%정도 줄일 수 있다.
Lamm	1988	평면선형	• 복합곡선 내에 직선부 최소길이 $L_T = \frac{V_{av} \times \Delta V_{85}}{11.064}$
Smith & Lamm	1994	평면선형	• 직선들 사이의 짧은 평면곡선의 조합은 좋지 않다. • 평면곡선반경과 오목종단곡선반경의 비 : 0.1~0.2 범위내로 설계
O' Cinneide	1995	완화곡선	• 완화곡선이 운전자가 평면곡선 주행을 과소평가하게 유도할 수 있다. • 평면곡선반경이 200m 이상이면 직선-원곡선보다 완화곡선-원곡선의 사고율이 더 커진다.
Hassan & Easa	1998	조합선형	• 블록 종단곡선 다음에 반경이 작은 평면곡선부를 설치하지 않는다.
FHWA	1999	도로선형변곡점	• 차량 진행방향과 같은 종 방향의 운전자시선이 변화하거나, 끊어지는 허용 최대빈도 수가 평면선형:2번, 종단선형:3번 이하로 한다.
Lamm	2000	조합선형	• 종단곡선의 정점과 급한 평면곡선 곡률구간은 조합시키지 않는다.
정준화	2001	평면선형	• 반향곡선 사이 직선길이 : 설계속도의 2배~6배 • 연속된 곡선부 사이의 직선부평가: 가. 감속없이 주행할 수 있는 거리



조합이다. 평면곡선에는 단곡선, 복합곡선, 배향곡선, 반향곡선이 있다.

복합곡선(compound curve)은 같은 방향으로 굽고 곡률이 다른 2개 이상의 원곡선이 직접 접속하는 곡선으로 곡률의 차가 클 경우에는 두 개의 원곡선 사이에 중간의 곡률을 가진 원곡선을 넣거나 완화곡선을 넣는 것이 좋다. 반향곡선(reverse curve)은 반경이 다른 두 개의 단심곡선이 접속점에서 공통접선이 되어 양 곡선의 중심이 그 접선 양측에 있는 형태를 말한다. 배향곡선(hair pin curve)은 헤어핀모양으로 된 곡선으로 산악지역 도로에서 종단경사를 완화할 목적으로 지그재그 식으로 올라가는 도로에서 볼 수 있으며, 교각이 180°에 가깝다. 종단선형은 크게 종단경사와 종단곡선으로 구성되어 있다. 종단선형은 같은 설계속도구간이라 할지라도 지형조건 및 차량의 오르막 능력 등에 따라 모든 차량에서 동일한 주행상태를 유지시켜줄 수 없는 요소를 포함하고 있어, 모든 자동차에 대하여 설계속도를 확보할 수 있도록 설계하는 것은 경제적 타당성을 확보할 수 없다. 우리나라와 같이 산지가 많은 지형에서는 경제적인 면과 속도저하 측면을 동시에 고려하여 합리적으로 종단경사의 설계가 이루어지도록 하여야 한다. 도로선형의 기본적인 특징을 토대로 현재까지 연구되어진 도로선형 관련 국내·외 연구를 살펴보면 앞의 표 1과 같다.

## 2.2 가속도 정의 및 관련 연구

가속도란 어떤 선(직선 또는 곡선)을 따라 운동하는 점의 시각 0에서의 위치를  $O$ 라 하고,  $t$  초 후의 위치를  $P$ 라고 한다. 이 선에 따른  $O, P$ 사이의 통과거리를  $s$ 라고 하면  $s$ 는  $t$ 의 함수  $s(t)$ 이다. 함수  $s(t)$ 의 1계도함수  $v = ds/dt$ 는 속도이고, 2계도함수  $a = dv/dt$ 는 그 가속도이다. 또 가속도벡터를 가속도라고도 한다. 실제로 도로를 주행하는 차량도 가속도를 받게 되는데 이는 브레이크와 엑셀레이터로 인한 진행방향 가속도( $Y$ )와 평면선형(평면

곡선반경)과 스티어링에 따른 횡방향 가속도( $X$ ) 그리고, 종단선형(종단곡선반경)에 따른 종방향 가속도( $Z$ )를 합성한 값이다. 이와 같은 가속도 관련 국내·외 연구를 살펴보면 표 2와 같다.

표 2. 가속도 관련 연구

연구자	년도	연구 대상	연구 내용
Rice & Alianello	1978	운전자 가감속력	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 운전자 요구 : 0.2g</li> <li>• 운전자 한계 : 0.3g</li> <li>• 승용차 한계 : 0.7g</li> </ul>
AASHTO	2001	종방향 가속도	• 종단곡선설계에 있어 운전자 쾌적성 한계 : 0.3%
김유철	2003	지방부 4차로	• 3차원 도로선형을 고려한 가속도를 사용한 설계일관성 평가방법 제시
김용길	2004	지방부 4차로	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 횡방향 가속도를 고려한 곡선부 도로 변이구간의 도로 안전성 평가</li> </ul> $a_t(x) = a_f(x) = a_c(x) - a_s(x)$ $= 0.0772 \times c_p(x) \times [V(x)]^2 - 0.01 \times g \times e(x)$

## 2.3 설계일관성 평가방법

도로선형의 일관성이란 해당도로의 기하구조 특성이 운행상의 특성(운전자가 그 도로에 기대할 수 있는 것과 운행 서비스의 질과 관련하여 자신이 받아들이는 것에 따라 규정된 특성)과 일관성을 가질 때의 조건을 말한다. 즉, 운전자가 해당도로에 기대하는 선형(기하구조)수준이 설계에 의해 일관성이 있게 제공되는 상태(설계자 관점이 아닌 운전자 관점에서)를 말한다. 다시 말해서 설계일관성은 운행수준의 일관성이라 할 수 있다. 도로선형설계와 관련된 일관성은 다음과 같은 내용과 크게 관련되어진다.

- ① 설계수준과 기준을 일괄되게 적용하는가?
- ② 운행수준이 일정하게 유지되는가?
- ③ 안전수준이 일정하게 확보되는가?
- ④ 운전자부하는 적절한 수준이하로 유지되는가?  
(최소로 하고 있는가?)
- ⑤ 경제적으로 설계수준이 유지되고 있는가?



표 3. 속도추정 모형식

연구자	년도	연구대상	추 정 식				
Lamm	1987	평면곡선부	$CCR = \frac{57,300}{L_s} \left( \sum r_i + \sum 2r_i \right)$ $V_{85} = 95.780 - 0.076CCR \quad V_{85} = 96.152 - \frac{2,803.769}{r}$				
Krammes et al	1994	종단경사 <5% 곡률3~12°	$V_{85} = 102.45 - 1.57D + 0.0037 L - 0.10 I$				
K. Fitzpatrick & J. M. Collins	2000	지방부 2차로	평면곡선부, $-9\% \leq G \leq -4\%$		$V_{85} = 102.10 - 3077.13 / R$		
			평면곡선부, $-4\% \leq G \leq 0\%$		$V_{85} = 105.98 - 3709.90 / R$		
			평면곡선부, $0\% \leq G \leq 4\%$		$V_{85} = 104.82 - 3574.51 / R$		
			평면곡선부, $4\% \leq G \leq 9\%$		$V_{85} = 96.61 - 2752.19 / R$		
			오목 종단곡선과 조합된 평면곡선부		$V_{85} = 105.32 - 3438.19 / R$		
			LSD블록종단곡선과 조합된 평면곡선부		$V_{85} = 103.24 - 3576.51 / R$		
정 준 화	2001	일반국도 4차로 평면곡선부	위치	모형식	$\alpha$	$\beta$	$\gamma$
			-100m	$V_a$	-	-	-
			BC	$\alpha + \beta V_a$	-4.0514	1.0078	-
			1/4L	$\alpha + \beta V_a$	8.1464	0.8615	-
			2/4L	$\alpha + \beta V_a + \gamma (1/R^2)$	32.0474	0.6687	-507253.21
			3/4L	$\alpha + \beta V_a + \gamma (1/R^2)$	40.4202	0.5898	-450375.10
			EC	$\alpha + \beta V_a + \gamma (1/R^2)$	42.9706	0.5735	-350163.45
			+100m	$\alpha + \beta V_a$	34.3867	0.6481	-
한국건설 기술연구원	2003	지방부 2/4차로 도로	2차로		$V_{85c} = 85.1 - 2375 / R$		
			4차로		$V_{85c} = 107.54 - 4825.8 / R$		

설계일관성은 크게 Speed Considerations, Safety Considerations, Performance Considerations로 나눌 수 있다. 이 중 본 연구에 필요한 부분인 속도 특성에 의한 안전성 평가방법은 속도추정모형을 통하여 설계단계에서도 안전성 평가가 가능하도록 하고 있다. 대표적인 국내·외 주행속도 추정모형을 정리하면 표 3과 같다.

### 3. 도로 곡선부 유형별 3차원 가속도

#### 3.1 3차원 가속도 산출개요

실제 도로를 주행하는 차량은 3차원 가속도의 영

향을 받게 된다. 3차원 가속도는 진행방향 가속도,

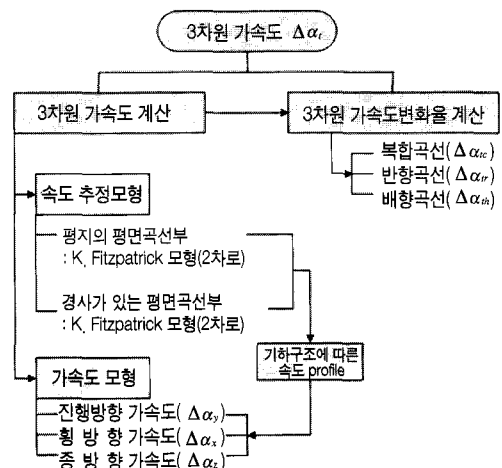


그림 2. 3차원 가속도 계산과정



횡방향 가속도, 종방향 가속도의 합성에 의한 값이다. 도로 곡선부 설계기준 제시를 위해 선행되어야 할 3차원 가속도 산출과정은 그림 2와 같다.

### 3.2 도로 곡선부 유형별 도로선형 조건

도로곡선부란 평면곡선부와 종단선형이 조합된 선형을 말한다. 도로곡선부의 유형은 크게 평지의 평면곡선부, 일정한 종단경사를 갖는 평면곡선부, 종단경사가 변화하는 평면곡선부로 나누고, 세가지 유형으로 분석한다. 여기서, 평면곡선부는 복합곡선(compound curve), 반향곡선(reverse curve), 배향곡선(hair pin curve)을 포함한다. 도로곡선부 유형별 선형조건은 표 4와 같다.

표 4. 도로 곡선부의 유형별 구분

유형	내 용		
평면선형	복합곡선		
		원곡선1 + 원곡선2	원곡선 + 클로소이드 + 원곡선2
	반향곡선		
		원곡선1 + 원곡선2	원곡선1 + 클로소이드1 + 클로소이드2 + 원곡선2
종단선형	종단경사	-9% ~ -4%	
		-4% ~ +4%	
		+4% ~ +9%	
	종단곡선	오목 종단곡선	
		볼록 종단곡선	

### 3.3 3차원 가속도 계산

#### 3.3.1 횡방향 가속도

횡방향마찰에 의한 횡방향 가속도의 경우, 실제 차량 안에 탑승하고 있는 운전자가 부담하게 된다는 점에 착안하여 곡선부 변이구간에서 운전자가 받는 지점별 횡방향 가속도는 지점별 구심가속도와 지점별 편경사에 의한 가속도의 차로 나타낼 수 있으며, 기본 구조를 식 (1), (2), (3)과 같이 나타낼 수 있다.

$$a_y(X) = a_f(X) = a_r(X) - a_e(X) \quad (1)$$

$$a_r(X) = \frac{[v(X)]^2}{R_p(X)} = 0.0772 \times C_p(X) \times [V]^2 \quad (2)$$

$$a_e(X) = 0.01 \times g \times e(X) \quad (3)$$

#### 3.3.2 진행방향 가속도

진행방향 가속도는 속도 profile을 근거로 각 지점 간의 가·감속도를 산출하며, 그 값은 식 (4)를 통해 구할 수 있다. 단, 각 지점 사이의 구간에서는 등가속도 운동을 한다고 가정한다.

$$a_y = \frac{V^2 - V_0^2}{2(X - X_0)} \quad (4)$$

#### 3.3.3 종방향 가속도

현재 「도로의 구조·시설 기준에 관한 규칙 해설 및 지침」에서는 종단곡선의 크기를 종단곡선의 변화비율(K)값을 적용해 설계기준을 정하고 있다. 이외에도 종단곡선의 크기를 표시하는 방법으로 종단곡선 반경(R<sub>y</sub>)을 이용하는 경우도 있다. 가속도를 계산하기 위해서는 종단곡선의 변화비율(K)이 아닌 종단곡선반경(R<sub>y</sub>)을 사용하여야 하므로 이 두 변수의 관계를 이용하여 R<sub>y</sub>에 의한 종방향 가속도를 구하면 식 (5)와 같다.



$$a_z = \frac{V^2}{100 \times K} = \frac{V^2}{R_c} \quad (5)$$

### 3.4 도로 곡선부 유형별 3차원 가속도 변화율 계산

도로곡선부 유형별(복합곡선, 반향곡선, 배향곡선) 설계기준을 제시하기 위해서, 위에서 알아본 3차원 가속도 계산식을 통해 지점별 가속도를 구하고, 이에 따른 3차원 가속도 변화율 ( $\Delta a_z$ )를 산출한다.

## 4. 3차원 가속도 안전성 평가기준 제시

도로형상에 따라 차량에 영향을 미치는 3차원 가속도를 이용하여 도로 설계기준을 제시하기 위해 3차원 가속도 계산식을 도출하였으며, 도출된 방향별 가속도의 안전성 평가 범위가 구축되어야 도로설계기준 제시가 가능하다. 본 절에서는 방향별 가속도의 안전성 평가범위와 이를 합성한 3차원 가속도의 안전성 평가범위를 제시하였다. 이 중 방향별 가속도와 3차원 가속도의 안전성 평가범위는 표 5, 표 6과 같은 특성을 보인다. 3차원 가속도는 3등급(I, II, III), 가·감속 특성별로 나누어 안전성 평가범위를 제시하였다.

표 5. 방향별 가속도의 안전성 평가범위

진행방향 가속도	감속시(양호 1.48m/s <sup>2</sup> , 보통 2.0m/s <sup>2</sup> )
	가속시(양호 0.89m/s <sup>2</sup> , 보통 1.25m/s <sup>2</sup> )
횡방향 가속도	좌, 우 모두 0.2g (1.96m/s <sup>2</sup> )
종방향 가속도	불록·오목 모두 0.3m/s <sup>2</sup>

표 6. 3차원 가속도 안전성 평가범위

I 등급	감속시	2.47m/sec <sup>2</sup> ≥ $a_z$
	가속시	2.17m/sec <sup>2</sup> ≥ $a_z$
II 등급	감속시	2.47m/sec <sup>2</sup> < $a_z$ ≤ 2.82m/sec <sup>2</sup>
	가속시	2.17m/sec <sup>2</sup> < $a_z$ ≤ 2.34m/sec <sup>2</sup>
III 등급	감속시	$a_z$ > 2.82m/sec <sup>2</sup>
	가속시	$a_z$ > 2.34m/sec <sup>2</sup>

## 5. 도로 곡선부 유형별 설계기준 제시

### 5.1 도로 곡선부 속도특성을 고려한 곡선반경 설계기준 제시

표 3에서 제시한 속도추정모형을 설계현장에서 바로 활용하여 설계 일관성을 검토하기에는 현실적으로 어려움으로 이를 더욱 손쉽게 3차원 도로선형 안전성을 파악할 수 있는 실질적인 방안을 본 절에서 제시한다. 그림 3은 종단구배(-4%~+4%)를 가지는 복합곡선부의 곡선반경 비율에 관한 '관계형 설계도표'이다.

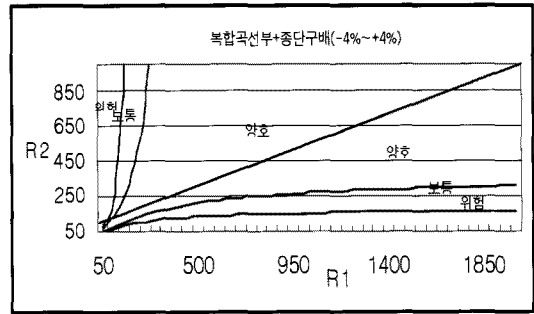


그림 3. 종단경사(-4%~+4%) 있는 복합곡선반경 조화표

### 5.2 도로 곡선부 가속도 특성을 고려한 곡선반경 설계기준 제시

본 절에서는 이전에 제시한 3차원가속도 계산과정과 안전성 평가기준을 적용하여 3차원 가속도를 효과적으로 하는 도로곡선부 곡선반경 조화표를 그림 5와 같이 제시하였다.

그림 5는 종단경사(+4%~+9%)와 복합곡선으로 이루어진 도로곡선부에 대한 조화표로서 동일한 도로조건에서 속도를 효과적으로 한 조화표 그림 4와 많은 차이가 있음을 알 수 있다.

운전자의 주행특성을 고려한 속도예측식을 효과적으로 한 설계기준은 도로의 기하학적인 특성을 다소 배제하게 되고, 3차원 가속도에 의한 설계기준은 운



전자의 특성보다는 도로의 기하학적 특성과 주행차량의 특성을 고려하게 되므로 이와 같은 결과가 도출되었다고 볼 수 있을 것이다.

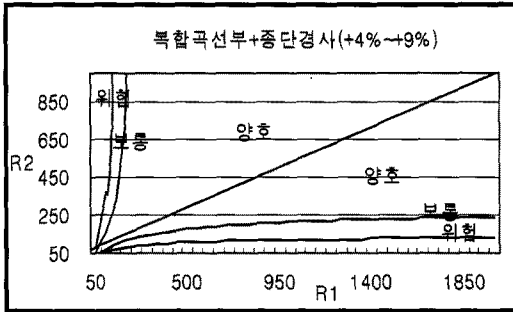


그림 4. 중단경사(+4%~+9%) 있는 복합곡선반경 조화표

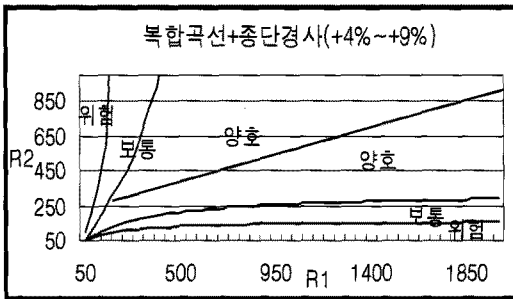


그림 5. 중단경사(+4%~+9%) 있는 복합곡선반경 조화표

## 6. 결론 및 향후 연구과제

### 6.1 결론

도로는 평면선형과 중단선형이 조합하여 3차원적 특성을 가지고 있으나, 현재 도로 설계기준은 이를 만족시키지 못하고 있다는 점에 착안하여 운전자의 실제 주행이 이루어지는 3차원 공간에서의 도로선형의 안전성을 평가하기 위해 본 연구를 수행하였다. 본 연구에서는 기존의 설계기준에 내재된 이러한 문제점을 인지하고 이의 해결을 위해 우선적으로 3차원 가속도를 고려한 도로 곡선부 설계방안에 대한 연

구를 수행하였다. 그 결과, 다음과 같은 결과가 도출되었다.

- ① 차량의 주행계적( $C_p(X)$ )과 도로 곡선부 속도 특성을 고려한 3차원 가속도와 가속도 변화율을 산출할 수 있다.
- ② 계산된 3차원 가속도의 안전성 범위를 결정하고, 이에 따른 운전자 주행행태를 고려한 도로 곡선부 유형별 곡선반경비율과 완화곡선비율, 그리고 평면곡선부 내 직선 설치기준 등을 제시할 수 있다

본 연구에서 제시한 도로 곡선부 설계기준을 실무에 적용한다면 설계자와 도로 이용자 사이의 상호부조화에 따른 문제점을 줄일 수 있으며, 곡선부 내 사고 위험성도 감소시킬 수 있을 것이라 판단된다.

### 6.2 향후 연구과제

도로의 안전성 평가기준을 확립하는데 기여하고 궁극적으로 도로 안전에 기여하는데 목적을 두고 수행된 본 연구의 향후 연구과제는 다음과 같은 내용으로 수행되어질 수 있을 것으로 판단된다.

- ① 속도 profile을 구하기 위하여 3차원 형상이나 복합선형 내 지점별 속도추정모형에 관한 연구가 필요하다.
- ② 가속도 안전성 평가 범위제시에 있어 오르막과 내리막에 대한 운전자 주행 행태를 고려한 추가 검증이 필요하다.
- ③ 3차원 가속도와 주행속도를 모두 고려한 도로 곡선부 설계기준 제시에 대한 연구가 필요하다.
- ④ 실제 도로를 주행하는 운전자의 주행상 불쾌감이나 위험도 측정이 가능한 실험차량을 통하여 안전성 평가의 정확한 기준 제시가 필요하다.





참고문헌

강재수(2000), "도로에서의 인간공학", 엔지니어즈.  
건설교통부(2000), "도로의 구조·시설 기준에 관한 규칙  
해설 및 지침".  
김용길(2004), "횡방향 가속도모형을 이용한 곡선부 도  
로의 변이구간 평가에 관한 연구", 석사학위논문, 전  
남대학교.  
박제진 외(2008), "3차원시거를 이용한 도로일관성 평  
가에 관한 연구", 대한교통학회지 제26권 제3호, 대  
한교통학회  
정준화 외(1998), "도로 곡선부의 안전성 향상을 위한  
평면선형설계 지침 연구", 한국건설기술연구원.  
하태준 외(2003), "가속도를 고려한 도로의 설계일관성  
평가기법에 관한 연구", 대한교통학회지 제21권 제  
1호, 대한교통학회.

AASHTO(2001), "A Policy on Geometric Design of  
Highways and Streets", American Association  
of State Highway and Transportation Officials.  
FHWA(2000), "Speed Prediction for Two-Lane  
Rural Highways", Federal Highway Administ-  
ration  
Hassan, Y., Easa, S.M., Abd EL Halim, A.O.(1996),  
"Analytical Model for Sight Distance Analysis  
on 3-D Highways Alignment", TRR 1523,  
TRB.  
R. Lamm(2000), "Highway Design and Traffic  
Safety Engineering Handbook", McGraw-Hill.

접 수 일: 2008. 8. 25  
심 사 일: 2008. 8. 28  
심사완료일: 2008. 10. 30