

## 주차장 램프의 종단곡선 제원 산정에 관한 연구

권성대\* · 김윤미\*\* · 홍정표\*\*\* · 하태준\*\*\*\*

Kwon, Sung-Dae\*, Kim, Yoon-Mi\*\*, Hong, Jeong-Pyo\*\*\*, Ha, Tae-jun\*\*\*\*

### Determination of Dimension of Vertical Curve Elements at Parking Lot Ramps

#### ABSTRACT

The demand for cars has been so steadily increasing based on the economic growth that the number of registered cars reached 18,870,000 as of the end of December, 2012. Due to this, the demand for the parking lots also rises continuously. Because of the limited ground space, the buildings ever becoming larger, and the trend of underground parking spaces, recent parking spaces are generally constructed underground. Accordingly, the parking lot ramps slope is limited to less than 17% by relevant laws to ensure the driver safety. However, when a driver enters a parking lot ramps whose slope is slightly steep, he frequently experiences his car body colliding with ramp brackets and often sees the scratches on ramp floor. Thus, this study is intended to prevent any damage to a structure and to contribute to ensuring the riding comfort and safety of drivers and passengers by presenting the details of proper vertical curve to prevent the collision of vehicles with ramp brackets through a vertical analysis of the first and last parts of a parking lot ramps. Because it is necessary to decide the appropriate and suitable vertical slope of a parking lot ramps, this study first identified the problems through site inspection, targeting the parking lot ramps of large buildings frequently that are used by many random people. Next, the possibility of mutual collision was assessed through a theoretical analysis of the first and last parts of a parking lot ramps. Lastly, the vertical curve of a parking ramp was analyzed to estimate its details, which was presented in this study. In conclusion, if the vertical curve presented through this study is used, it will help prevent any damage to the cars and structures, ensure the riding comfort and safety of the drivers, and further reestablish the criteria for vertical installation of a parking lot ramps.

**Key words** : Parking lot, Parking lot ramps, Vertical curve, Traffic safety, Slope

#### 초 록

최근 설치되는 주차장은 한정된 지상공간 및 건축물의 대형화, 지하화로 인하여 옥상이나 지하에 설치하는 것이 일반화되었으며 주차장 램프의 경사를 17%이하로 규제하고 있다. 하지만 주차장 램프 진입시 램프의 종단경사가 다소 급한 경우에 자동차의 차체와 경사로 바닥이 부딪치는 현상을 경험하거나 또는 경사로 바닥이 손상된 흔적을 자주 접하게 된다. 이에 본 연구는 주차장 램프의 사중점부에 대한 종단해석을 통하여 자동차 및 경사로 바닥과 접촉되지 않는 적절한 종단곡선의 제원을 제시하여 구조물의 손상을 방지하고 운전자 및 동승자의 승차감과 안전성 확보 하는데 도움이 되고자 한다. 본 연구에서는 첫 번째로 불특정 다수가 많이 이용하는 대형 건축물 주차장 램프를 대상으로 현장조사를 실시하여 문제점을 도출하였다. 두 번째로 주차장의 시점부 및 종점부에 대한 이론적 분석으로 상호 접촉여부를 평가하였으며 마지막으로 주차장 램프의 종단곡선 제원 산정을 위한 종단곡선 해석과 제원을 제시하였다. 또한, 종단곡선의 길이에 대한 분석 값과 일반식을 이용한 산정 값이 최소 0.4mm에서 최대 5mm이내의 차이로 적은 오차를 보이는 것을 검증하였다. 향후 본 연구를 통해 제시된 종단곡선을 적용할 경우 자동차 및 구조물의 손상을 방지하고 운전자의 승차감 및 안전성 확보는 물론 주차장 램프의 종단 설치기준이 재정립 될 것으로 기대된다.

**검색어** : 주차장, 주차장 램프, 종단곡선, 교통안전, 경사

\* 정회원 · 전남대학교 공업기술연구소 선임연구원 (Cheonnam National University · rjns0124@jnu.ac.kr)

\*\* 정회원 · 교신저자 · 전남대학교 토목공학과 박사수료 (Corresponding Author · Cheonnam National University · swityday@nate.com)

\*\*\* 한국도로공사 진안지사 차장 (Korea Expressway Corporation · juin0@ex.co.kr)

\*\*\*\* 정회원 · 전남대학교 토목공학과 교수 (Cheonnam National University · tjha@jnu.ac.kr)

Received October 28, 2014/ revised March 2, 2015/ accepted April 7, 2015

# 1. 서론

## 1.1 연구의 배경 및 목적

우리나라의 경제성장을 기반으로 개인생활의 질적 향상과 사회 구성원의 경제활동의 범위가 넓어짐에 따라 자동차의 수요는 매년 증가추세에 있으며 자동차 대수 증가와 더불어 이에 따른 주차장의 수요도 꾸준히 요구되고 있으나 현실적으로 부족한 실정이다. 또한 한정된 지상공간으로 인하여 옥외주차장보다는 건물의 내부에 주차공간을 확보하는 옥내주차장의 비율이 커지고 있다. 특히 건축물의 대형화, 지하화 추세에 따른 옥상주차장이나 지하주차장의 설치 는 거의 일반화 되었다고 볼 수 있다. 최근에는 주거 및 업무시설 주변 환경의 쾌적성과 생태도시 추구에 발맞추어 잔디, 조경 등의 녹지공간의 확보차원에서 옥외주차장보다는 옥내주차장이 선호되고 있다.

옥내주차장의 경우 기계식 주차장과 자주식 주차장으로 분류할 수 있으며 다층형식의 자주식 주차장의 경우 운전자가 자동차를 주차하기 위해 주차장으로 진입하거나 층간 이동시 또는 진출입시 주차장 램프의 시점과 종점부에서 차량의 일부가 경사로 바닥에 부딪치는 현상이 자주 발생하게 된다. 이로 인해 차량은 물론 구조물 에도 손상이 가해지며 운전자 및 차량 동승자 또한 심한 불편감을 느끼게 되며 부상 등 안전상의 문제가 유발될 가능성이 매우 높다.

주차장 관련 법규에는 주차장의 종단경사는 직선부 17%, 곡선부 14%를 초과하지 못하도록 명시되어 있으며 이에 따른 주차장 램프의 종단경사가 최소 법적 규제치일 경우 자동차의 주차를 위해 주차장 램프 진출입시 차체와 경사로 바닥과의 부딪침 현상이 나타나고 있다.

이에 본 연구에서는 주차장 직선부 램프의 사중점부에 대한 종단해석을 통하여 자동차 및 구조물의 손상을 방지하고 운전자 및 차량 동승자의 승차감과 안전성 확보에 적정한 종단곡선의 제원을 제시하고자 한다.

## 1.2 연구의 내용 및 방법

본 연구는 대형 아파트 단지의 주차장 램프 진출입부의 구조에 익숙한 거주민보다는 불특정 다수가 많이 이용하는 대형 마트나 관공서를 대상으로 해당 건물의 주차장 램프 직선부에 대한 현장조사를 실시하여 그 문제점을 파악하고 이에 대한 방안을 제시하고자 한다.

첫째, 주차장 램프의 종단곡선 분석을 위해 주차장에 관한 규칙, 도로 구조시설에 관한 규칙 등 관련 법규와 주차장 램프에 관한 연구에 대해서 먼저 고찰을 하였다.

둘째, 현장조사를 통해 자료수집을 하고 주차장 사중점에서 발생하는 문제점을 도출하였다.

셋째, 주차장 직선부 램프의 종단곡선 해석과 제원을 산정 후 검증을 실시하였다.

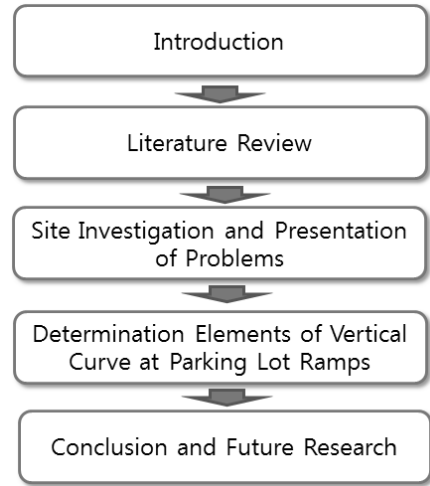


Fig. 1. Flowchart of Research

## 1.3 연구의 범위

본 연구의 범위는 광주광역시 소재에 있는 대중이용 건축물로써 자동차의 진출입이 많은 대형 마트와 영화관, 관공서를 대상으로 현장조사를 실시하였으며 대상 건축물의 주차장 램프의 진출입시 발생하는 문제점을 도출하고 관련 자료를 바탕으로 주차장 직선부 램프의 종단경사에 따른 종단곡선의 제원을 산정하였다.

- 시간적 범위 : 2013년 9월~12월
- 공간적 범위 : 광주광역시 소재 대중이용시설 6개소

## 2. 기존연구문헌 고찰

### 2.1 주차장에 관한 연구

#### 2.1.1 주차장법

주차장이란 자동차의 주차를 위한 시설로써 「주차장법(법률 제11690)」에 의거 다음과 같이 분류된다.

- 노상주차장: 도로의 노면 또는 교통광장의 일정한 구역에 설치된 주차장으로서 일반의 이용에 제공되는 것
- 노외주차장: 도로의 노면 또는 교통광장 외의 장소에 설치된 주차장으로서 일반의 이용에 제공되는 것
- 부설주차장: 건축물, 골프연습장, 그 밖에 주차수요를 유발하는 시설에 부대하여 설치된 주차장으로서 해당 건축물 시설의 이용자 또는 일반의 이용에 제공되는 것

### 2.1.2 경사로의 설계

주차장의 설계에서 경사로의 형식과 위치는 대지의 형상에 적합한 효율적 형식으로 선정할 필요가 있다. 주차장이 합리적인 운영형태로 설계되었는지 여부는 경사로의 계획에 의해 평가된다고 볼 수 있다.

경사로 계획시 안전성 측면에서 최대한 완만한 경사와 충분한 차선폭이 확보되도록 하고 직선형으로 설치하는 것이 바람직하다.

#### 2.1.2.1 경사로의 종단경사

경사로의 종단경사는 층고와 경사로의 길이에 의해 결정되며 층고는 통상 3.5~4m 내외가 많다. 「주차장법」 시행령에 직선부 경사로는 17%를 초과하지 않도록 규정되어 있으나 실제로는 17%는 상당히 급한 경사에 속하므로 12.5% 내외로 계획하는 것이 좋다. 경사로는 완만할수록 더 안전하지만 대지이용률, 공사비 등에서 보면 불리한 측면이 있다. 따라서 주차장 내외를 불문하고 경사로는 12.5% 정도보다 급한 경사가 되지 않도록 하는 것이 바람직하다.

#### 2.1.2.2 완화경사

경사로에서 그 양 끝에 평탄한 면과 접속되는 부분이 있다. 이 부분이 동선이 집중, 교차하는 곳으로 비교적 위험이 많은 장소이기 때문에 주차장 계획시 주의가 필요하다.

주행에 이질감을 주므로 경사를 완만하게 하여 완화경사를 평탄한 부분과 Ramp의 경사 부분과의 접속부분에 정확히 1/2씩 걸쳐 설치함으로써 밀면과 머플러 등의 손상을 미연에 방지하는 것이다. 경사로의 최저기준인 17%의 경우 자동차의 운전이 익숙하지 못한 운전자에게는 불안감을 주기 때문에 10~13% 정도의 경사로 하는 것이 바람직하다.

#### 2.1.2.3 횡단경사

주차장 경사로를 포함하여 일반적으로 자동차가 주행하는 노면에는 배수처리를 위해 횡단경사를 계획하여야 하며 약 2~3% 정도의 경사를 둔다. 또한 회전경사로의 경우 자동차의 회전시 원심력에 대처하기 위한 경사도 필요하며 이는 쾌적한 주행과 안전성 확보가 주목적이다.

#### 2.1.2.4 시각접촉거리 및 시야 확보

방향이 서로 다른 동선이 한 장소에서 만나는 경우 상대방의 움직임을 알 수 있는 시각적 접촉거리가 3~4초 정도 요구된다. 따라서 이러한 부분에는 설치된 벽체 등이 있을 경우 상호인식이 되도록 구멍을 내는 것이 좋다.

### 2.2 종단경사 및 종단곡선 설계에 관한 연구

두 개의 다른 종단경사가 접속될 때는 접속지점을 통과하는 자동차의 운동량 변화에 따른 충격의 완화와 정지시거를 확보할 수 있도록 서로 다른 두 종단경사를 적당한 변화율로 접속시켜야 하며 이러한 종단곡선은 볼록형과 오목형으로 구분된다.

종단곡선 변화비율은 접속되는 두 종단경사의 대수차가 1% 변화하는데 확보하여야 하는 수평거리이다. 또한, 종단곡선의 길이는 설계속도 및 종단곡선 형태에 따라 산정한 종단곡선 변화비율 길이와 필요한 종단곡선의 길이 중 큰 값의 길이 이상이어야 한다.

#### 2.2.1 Peltz and Schuman(1969)

Peltz and Schuman(1969)은 운전자들은 운전한지 처음 5년 동안 예상했던 것 보다 더 많은 사고와 범칙행위를 일으켰다. 사고 및 범칙행위는 20세까지 상승했고, 운전면허 합격 후 8년 후인 24세 때부터 뚝 떨어져 안전한 궤도에 오르기 시작했다.

#### 2.2.2 Mourant and Ge(1997)

Mourant and Ge(1997)은 초보운전자들이 적정 차로유지를 하는데 거의 모든 주의를 기울이므로, 차로변경을 위한 차량용 미러를 보기 위한 여분의 시각적 주의능력이 부족한 것으로 나타났다.

### 3. 주차장 램프 현장조사 및 문제점 도출

#### 3.1 주차장 램프 현장조사 및 자료수집

주차장 램프에 발생하는 문제점 도출을 위하여 대상 건축물 방문을 통해 주차장 램프의 실태를 파악하였다. 또한 주차장 램프 이용에 익숙한 장소 배제를 위해 볼록정다수의 이용이 많은 대형 건축물을 선정하여 조사하였다.

- 일시 : 2013년 9월
- 범위 : 광주광역시 소재 다중이용시설 6개소 직선부램프 주차장

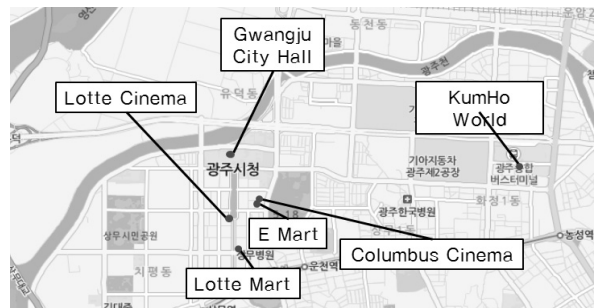


Fig. 2. Site Map

자동차가 주정차를 위해 주차장에 진출입시 경사로에서 차체가 부딪친 흔적을 확인하기 위하여 현장조사를 실시하였다. 현장조사 시 주차장의 경사로의 종단경사 및 경사로 표면의 상태를 확인하였으며 주차장 램프의 종단경사 측정은 배측정기를 이용하여 실측하였고 경사로 바닥의 손상상태는 육안조사를 하였다.

주차장 램프에 대한 경사로는 자동차의 주차장 진입부와 진출부를 기준으로 오르막 경사로의 사중점부와 내리막 경사로의 사중점부로 분류하여 조사하였으며 그에 따른 손상여부를 확인하였다.

Table 1. Field Survey of Parking Lot Ramps

Site	Use	Vertical Alignment		Surface Condition
		Spot	Value	
Columbus Cinema	Theater	Entry	17%	Damage (The Beginning of the Uphill Slope)
		Exit	17%	Damage (The Beginning of the Downhill Slope)
Lotte Cinema	Theater	Entry	17%	Damage (The End of the Downhill Slope)
		Exit	17%	Damage (The Beginning of the Uphill Slope)
Kumho World	Mall	Entry	17%	Install of Prevention Facilities
		Exit	17%	Damage (The Beginning and Exit of the Uphill Slope)
Lotte Mart	Mall	Entry	16%	Damage (The End of the Uphill Slope)
		Exit	16%	Damage (The End of the Downhill Slope)
E Mart	Mall	Entry	11%	Uncontacted
		Exit	11%	Uncontacted
Gwangju City Hall	public office	Entry	17%	Install of Prevention Facilities
		Exit	7%	Install of Hump

### 3.2 주차장 램프 문제점 도출

자동차를 이용하여 대형 건축물을 방문하기 위해서는 그 건축물 내에 설치되어 있는 옥내주차장을 이용하는 경우가 많다. 이를 위해 운전자는 주차장 램프의 경사로를 통해 자동차를 주차하게 되는데 경사로의 종단경사가 다소 급한 경우에는 진입과 진출시 경사로의 바닥과 자동차의 밑면이 서로 부딪치는 현상이 발생하게 된다. 현장조사 결과 주차장 램프의 직선구간의 법적 최대경사인 17%인 경우에서 대부분 경사로 바닥의 손상이 발생하였으며 종단경사 16%에서도 일부 손상흔적을 발견할 수 있었다.

주차장 램프의 종단곡선 제원 산정을 위하여 경사로의 사중점부를 다음 Fig. 3과 같이 구분하였다. 오르막경사로일 경우 오르막이

시작되는 부분과 내리막경사로일 경우 내리막이 끝나는 부분을 주차장 램프의 시점부(오목형)로 하였으며 오르막경사로의 끝부분과 내리막경사로의 시작부를 주차장 램프의 종점부(볼록형)로 정의하였다.

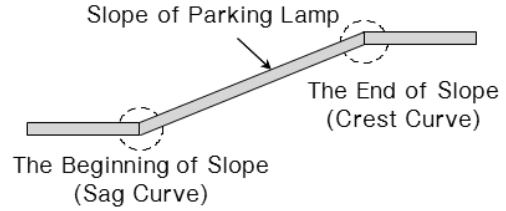
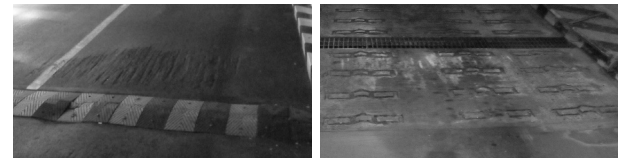


Fig. 3. Entry and Exit of Parking Ramp

Table 2. Problem of Parking Lot Ramps

Classification	Site	Problem
Entry	The Beginning of the Uphill Slope	Collision Floor and the Front of Car
	The End of the Downhill Slope	Collision Floor and the Back of Car
Exit	The End of the Uphill Slope	Collision Floor and the Axis of Car
	The Beginning of the Downhill Slope	Collision Floor and the Axis of Car



## 4. 주차장 램프 종단곡선 제원 산정

### 4.1 주차장 램프 종단곡선 분석모델 자동차 선정

주차장 램프의 종단곡선 제원 산정을 위한 분석 모델 자동차를 선정하기 위하여 국내 대표적인 자동차업체의 주요 차종에 대한 제원을 조사하였다.

자동차 홈페이지에 자동차 종류별 앞내진 길이와 뒷내진 길이가 정확히 공개되어 있는 현대자동차 중에서 자동차 보편성 및 고급화 추세 등을 고려하여 두 종류의 모델 자동차로써 “그랜저TG(Case 1)”와 “제네시스(Case 2)”를 선정하였으며 각 제원에서 최대조건을 고려하여 “조합자동차(Case 3)”를 만들어 분석하였다.

주차장 램프의 종단경사의 분석을 위해 적용된 분석 모델자동차 Case 1, Case 2, Case 3의 제원은 다음 Fig. 4와 같다.

Table 3. Specification of the Domestic Car (Unit : mm)

Vehicle	Length	Interval of Axis	Length of Front	Length of Back	Minimum Ground Clearance
YF-Sonata	4,820	2,795	940	1,085	150
Grandeur-TG	4,910	2,845	950	1,115	160
Genesis	4,985	2,935	885	1,165	150
Equus	5,160	3,045	880	1,235	155
SM5	4,905	2,775	-	-	-
SM7	4,995	2,810	-	-	-
K5	4,845	2,795	-	-	-
K7	4,970	2,845	-	-	-
K9	5,090	3,045	-	-	-

※ Minimum Ground Clearance is Experimental Value

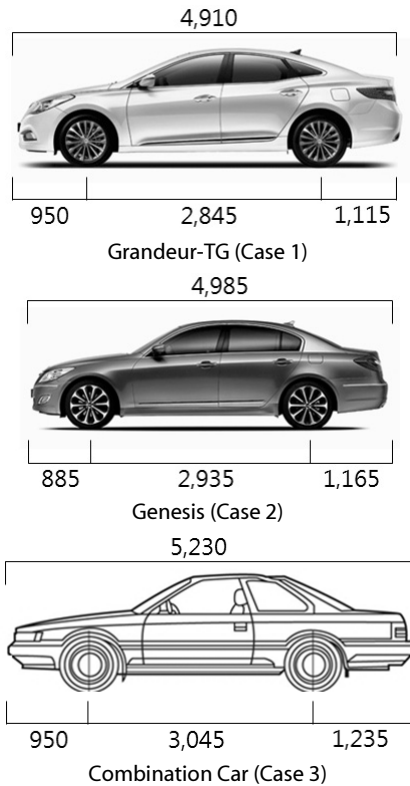


Fig. 4. Analysis Model Car

## 4.2 주차장 램프 종단경사와 자동차의 관계

### 4.2.1 주차장 램프 시점부 종단경사와 자동차의 관계

도로 설계시의 종단곡선은 주로 2차 포물선이 이용된다. 본 절에서는 두 종류의 분석 모델 자동차와 주차장 램프의 종단경사가 최소 법적규제인 17%일 때 발생하는 현상을 분석하고자 한다. 주차장 램프의 시점부에서 분석 모델 자동차가 종단곡선(오목형)

위를 주행할 경우 자동차와 주차장 램프의 종단경사와의 구조적 관계는 다음과 같다.

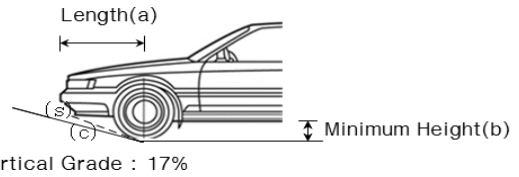


Fig. 5. The Beginning of Slope (Sag Curve)

위의 Fig. 5에서 자동차의 앞뒤내민 길이(a)와 최저지상고(b)와의 관계에서 직각삼각형이 형성되는데 이때 빗변(c)과 내민 부분(a)이 이루는 경사(s)가 램프의 종단경사 17% 보다 상대적으로 작을 경우에 이론상으로 주차장 램프의 경사로 바닥과 자동차의 차체가 접촉되는 현상이 발생하게 된다.

이때 자동차의 차체가 이루는 경사(s)는 높이를 거리로 나눈 값을 백분율로 나타낸 것이다.

이를 근거로 분석 모델 자동차(Case 1)에 대한 앞내민 길이와 경사로의 종단경사와의 관계를 분석하면 다음과 같다. 앞내민 길이(a) 950mm, 최저지상고(b) 160mm를 고려하여 자동차의 앞내민 부분의 경사를 계산하면 16.84%가 된다.

앞내민 길이(a) : 950mm

최저지상고(b) : 160mm

앞내민 부분의 경사(s) =  $(160/950) \times 100 = 16.84\%$

이는 경사로의 종단경사 17%보다 작은 값이므로 경사로 바닥과 자동차의 앞내민부분이 서로 접촉할 우려가 있음을 알 수 있으며 특히 조합자동차(Case 3)의 경우에는 경사로 바닥과 차체가 접촉되는 것으로 나타났다. 자동차의 차축을 중심으로 앞뒤내민 부분과 최저높이 관계에서 구한 자동차 차체 경사와 주차장 램프의 법적 최소 규정인 종단경사 17%와 비교하여 상호 접촉 여부를 분석한 결과는 Table 4와 같다.

Table 4. The Results about Beginning of Slope (Unit : mm, %)

Classification	Length (a)	Minimum Height (b)	Slope of Car (s=b/a)	State
Case 1	Front : 950	160	16.84	Contact Concerns
	Back : 1,115	230	20.63	Uncontacted
Case 2	Front : 885	150	16.95	Contact Concerns
	Back : 1,165	230	19.74	Uncontacted
Case 3	Front : 950	150	15.78	Contacted
	Back : 1,235	230	18.62	Uncontacted

자동차의 차 축을 중심으로 앞내민길이와 뒷내민길이를 도출하고 자동차의 최저높이를 통해 차체의 경사를 분석한 결과, 분석 대상 자동차 모두 앞내민부분의 경사가 뒷내민부분의 경사보다 낮은 것으로 나타났다. 이를 통해 차량이 앞부분이 주차장 램프의 경사로와 접촉되지 않고 통과한다면, 뒷내민부분도 접촉없이 통과 가능한 것으로 예상된다.

또한, 실제 자동차는 오르막과 내리막을 주행할 때 중력과 관성에 의해 무게가 한쪽으로 쏠리게 되는데, 움직임에 따른 차량의 변화는 없다고 가정하였다. 다만, 자동차의 승차정원이 모두 탑승한 경우를 가정한 자동차의 최저높이 및 램프 진입을 위해 감속하는 과정에서 발생하는 노즈다이브(Nose-Dive) 현상에 따른 변위를 고려할 필요가 있다.

노즈다이브 현상이란 주행 중 제동조작을 하면 감속도에 따라서 자동차 차체의 앞부분이 가라앉는 현상으로 자동차의 중심보다 낮은 타이어 접지면에서 뒤쪽으로 발생하는 제동력에 의해 모멘트가 작동하기 때문에 발생한다.

이에 본 연구에서는 주차장 램프 경사로와 접촉가능성이 높은 앞내민부분과 주행속도 감속 중 발생하는 노즈다이브 현상을 고려하여 램프 종단곡선을 산정하였으며, 도로 주행여건(오르막과 내리막)에 의한 변화는 없다고 가정하고 연구를 진행하였다.

Table 4은 정지상태의 자동차에 아무도 승차하지 않는 공차시제원에 따른 단순한 이론적 계산이며, 산정된 차량 최저지상고에 노즈다이브 현상으로 발생하는 차량 최저지상고의 변화를 추가적으로 고려하였다. 운전자 및 동승자의 무게를 고려하기 위해 20km/h 속도에서 운전자가 자동차를 제동할 경우에 10mm이하가 발생하는 실험 자료를 바탕으로 본 연구에서는 노즈다이브 크기를 최대값인 10mm로 가정하였다. 또한, 자동차의 정원승차시 탑승자의 몸무게 중량에 따라 자동차의 차체가 약간 가라앉게 되는데 이를 측정하기 위하여 65kg의 성인 5명을 기준으로 수차례 실제 측정하여 차체하단의 평균높이 변화량을 20mm로 가정하였다. 따라서 Table 4의 최저높이에서 30mm를 감하여 종단곡선 제원 산정에 반영하였다.

4.2.2 주차장 램프 종점부 종단경사와 자동차의 관계

주차장 램프의 종점부에서 분석 모델 자동차가 종단곡선(볼록형) 위를 주행할 경우 자동차와 주차장 램프의 종단경사와의 구조적 관계는 다음과 같다.

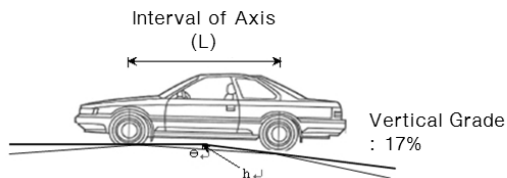


Fig. 6. The End of Slope (Crest Curve)

Fig. 6에서 주차장 램프의 경사도가 17% 일때 종단곡선에서 경사로의 변곡점까지의 높이(h)가 자동차의 최저높이보다 클 경우 이론상으로 경사로 바닥과 자동차의 차체가 접촉되는 현상이 발생하게 된다. 이를 근거로 분석 모델 자동차(Case 1)에 대해 계산하면 다음과 같다.

축간(L) : 2,845mm

양끝각( $\theta$ ) : 5° (변곡점 각도 : 170°이므로)

높이(h) =  $\tan\theta \times L \times 1/2 = \tan(5) \times 2,845 \times 1/2 = 124\text{mm}$

자동차의 최저높이보다 작은 값이므로 경사로 바닥과 자동차의 축간 사이에서는 서로 접촉되지 않음을 알 수 있다. 자동차의 축간과 법적 최소규정인 종단경사 17%일 경우 경사로 변곡점과의 관계를 비교하여 상호 접촉 여부를 분석한 결과는 Table 5와 같다.

Table 5. The Results about End of Slope (Unit : mm)

Classification	Interval of Axis (L)	Minimum Road Clearance	Inflection (h)	State
Case 1	2,845	160	124	Uncontacted
Case 2	2,935	150	128	Uncontacted
Case 3	3,045	150	133	Uncontacted

주차장 램프의 종점부에서는 경사로 바닥과 자동차의 차체가 접촉되지 않는 것으로 나타났으나 실제 현장조사 결과에서는 경사로 바닥의 손상 흔적을 확인할 수 있었다.

이는 실제 주행 중의 자동차에는 운전자뿐만 아니라 탑승인원의 중량이 작용하여 자동차의 최저지상고가 낮아지며 자동차의 운동 특성 및 차중에 따라 축간이 긴 중형차 이상의 자동차가 운행 중에 발생된 것으로 사료된다.

램프의 경사로 종점부에서는 이론상으로 접촉되지는 않았지만 시점부의 종단곡선 조정값과 같은 값을 적용하는 것이 바람직하다고 사료된다.

4.2.3 주차장 램프 종단경사 해석

실제 자동차가 주행 중인 경우에는 반드시 운전자가 승차하여 운전하게 되며 상황에 따라 동승자가 탑승한 상태가 된다. 따라서 종단경사 및 종단곡선을 해석함에 있어 자동차의 승차정원 탑승과 운동특성 등을 감안하여 모델 자동차의 최저지상고에서 30mm를 감한 제원, 즉 Case 1은 130mm, Case 2와 Case 3은 120mm를 최저지상고로 설정하였으며 그 제원은 다음 Fig. 7와 같다.

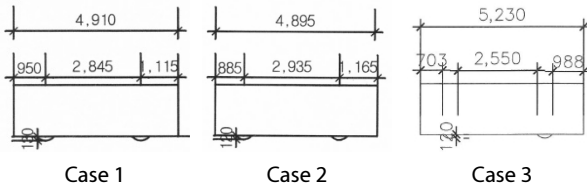


Fig. 7. Specification Analysis Model Car

위의 Case별 제원을 근거로 주차장 램프의 종단경사를 해석하여 보면 경사로의 종단경사가 17%일 때 시점부에서는 Case 1, Case 2, Case 3 모두 앞내민 부분과 뒷내민 부분이 경사로와 접촉이 되는 것으로 나타났다.

Case 1의 경우 종단경사 14%에서는 경사로 바닥과 자동차의 차체가 부딪치지 않았으나 Case 2와 Case 3의 경우는 종단경사 14%에서도 접촉이 되었으며 경사로의 종단경사 10%에서 서로 접촉이 되지 않는 것으로 나타났다.

또한 주차장 램프의 종점부에서는 Case 1의 경우 자동차의 축간과 부딪치지 않았으나 Case 2와 Case 3의 경우에는 접촉되었다. 자동차 Case별 종단경사 변화에 따른 해석결과는 Table 6과 같다.

Table 6. Drive Analysis of Case (Beginning of Slope)

Classification	Case 1	Case 2	Case 3
17%	 Collision Floor and the Front/Back of Car	 Collision Floor and the Front/Back of Car	 Collision Floor and the Front/Back of Car
14%	 Collisionless	 Collision Floor and the Front/Back of Car	 Collision Floor and the Front/Back of Car
10%	-	 Collisionless	 Collisionless

### 4.3 주차장 램프 종단곡선 제원 제시

주차장 램프의 종단경사 분석결과에 의하면 종단경사를 당초 17%에서 10%로 낮추어야 하나 건축물의 특성상 제한된 공간 속에서 종단경사를 조정하는 것은 다소 곤란할 것으로 사료된다. 따라서 종단경사가 변화하는 단면인 시점부와 종점부에 오목형과 볼록형의 종단곡선을 삽입하여 단면을 완화시킴으로써 주차장 램

프 진입시 발생하는 여러 가지 문제점을 사전에 방지할 수 있다고 본다.

Table 7. Drive Analysis of Case (End of Slope)

Classification	Drive Analysis	State
Case 1	 17%	Collisionless
Case 2	 17%	Collision Floor and the Axis of Car
Case 3	 17%	Collision Floor and the Axis of Car

### 4.3.1 시점부 종단곡선 제원 산정(오목형)

주차장 램프의 직선부 종단경사 17%를 기준으로 시점부에서 자동차의 차체와 경사로 바닥과의 충돌현상이 발생하지 않는 종단곡선은 다음 Fig. 8와 같으며 Case별로 종단곡선을 삽입하여 분석한 결과는 Table 8과 같다.

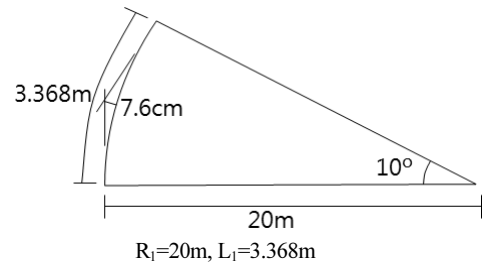


Fig. 8. Curve about Beginning of Slope

Table 8. Analysis of Vertical Curve about Beginning of Slope

Classification	Insert the Vertical Curve	State
Case 1	 17%	Have Secured Middle Ordinate more than 7.6cm
Case 2	 17%	Have Secured Middle Ordinate more than 7.6cm
Case 3	 17%	Have Secured Middle Ordinate more than 7.6cm

종단곡선의 크기의 표시방법에는 종단곡선의 반지름으로 나타내는 방법과 종단곡선 변화비율로 나타내는 방법이 있다.

$S_1, S_2$ 를 종단경사로 하면  $S_1, S_2$ 는 2차 포물선인 종단곡선의 접선이 되며 임의점의 곡선반경을  $R$ 이라 할 때  $S_1$ 은 매우 작으므로  $R \approx Kr$ 이 된다.

$$K = \frac{L}{|S_2 - S_1| \times 100} = \frac{L}{S} \quad (1)$$

여기서,  $L_1=3.368m, S=17\%$ 일 때  $K=19.812$ 로써 곡선반경 20m와 거의 유사한 값이 산정되어 조건에 만족하며 중앙종거( $h_1$ ) 값을 구하면 다음과 같다.

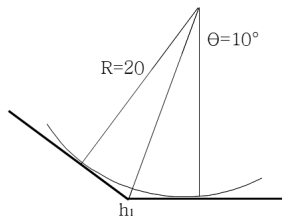


Fig. 9. Middle Ordinate( $h_1$ )

$$\cos(\theta/2) = R/(R+h)$$

에서 중앙종거 값은,

$$h_1 = R_1/\cos(\theta/2) - R_1 = 20/\cos(5) - 20 = 0.0764 = 7.6cm$$

주차장 램프의 설계 및 시공시에 경사로 시점부의 단면이 변화하는 부분에 삽입되는 종단곡선은  $L_1=3.368m$ , 오목형의 중앙종거( $h_1$ )=7.6cm로 하는 완화구간 필요하다고 판단된다.

#### 4.3.2 종점부 종단곡선 제원 산정(블록형)

주차장 램프의 종점부에 대한 종단곡선은 다음 Fig. 10와 같다.

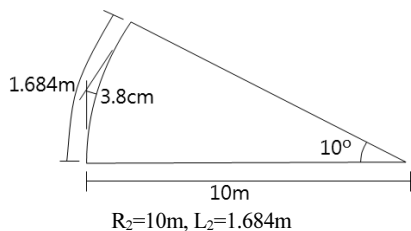


Fig. 10. Curve about End of Slope

Table 9. Analysis of Vertical Curve about End of Slope

Classification	Insert the Vertical Curve	State
Case 1		Have Secured Middle Ordinate more than 3.8cm
Case 2		Have Secured Middle Ordinate more than 3.8cm
Case 3		Have Secured Middle Ordinate more than 3.8cm

주차장 램프의 종점부 단면인 블록형 종단곡선의 중앙종거( $h_2$ ) 값을 구하면 다음과 같다.

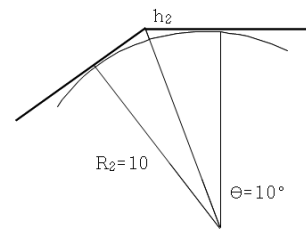


Fig. 11. Middle Ordinate( $h_2$ )

$$h_2 = R_2/\cos(\theta/2) - R_2 = 10/\cos(5) - 10 = 0.0382m = 3.8cm$$

주차장 램프의 설계 및 시공시에 경사로 종점부의 단면이 변화하는 부분에 삽입되는 종단곡선은  $L_2=1.684m$ , 블록형의 중앙종거( $h_2$ )=3.8cm로 하는 완화구간 필요하다고 판단된다.

#### 4.3.3 종단곡선 제원 일반식 제시

주차장 램프의 시종점부의 단면변화부에 종단곡선을 반영할 경우 종단곡선 길이 산정을 위한 일반식을 제시하고자 한다.

종단곡선 변화율( $K$ )과 임의의 곡선반경( $R$ )과의 관계 시점부(오목형)의 종단곡선 분석결과를 근거로 다음 식을 세울 수 있다.

$$K \approx R \quad (1)$$

$$K = \frac{L}{S}, \quad R = S + 3 \quad (2)$$

(1)과 (2)의 관계에서,



$$\frac{L}{S} = S + 3 \quad (2)$$

이므로 분석결과를 토대로 시점부(오목형)의 종단곡선 길이(L<sub>1</sub>)의 길이를 다음의 일반식으로 산정할 수 있다.

$$L_1 = \frac{S(S+3)}{100} \quad (3)$$

또한 종점부(볼록형)의 종단곡선 분석결과를 근거로 종점부(볼록형)에서 종단곡선 길이(L<sub>2</sub>)의 길이를 다음 식을 세울 수 있다.

$$L_2 = \frac{0.6S^2}{100} \quad (4)$$

일반식에 의해 산출된 주차장 램프의 종단경사별 종단곡선 길이 산정결과는 다음 Table 10과 같다.

Table 10. Vertical Curve According to Incline

Incline (%)	Entry (Sag Curve)		Exit (Crest Curve)	
	Radius of Curve (m)	Formula (L <sub>1</sub> )	Radius of Curve (m)	Formula (L <sub>2</sub> )
17	20	3.400	10.0	1.734
16	19	3.040	9.5	1.536
15	18	2.700	9.0	1.350
14	17	2.380	8.5	1.176
13	16	2.080	8.0	1.014
12	15	1.800	7.5	0.864
11	14	1.540	7.0	0.726
10	13	1.300	6.5	0.600

Table 11. Verify Formula

Incline (%)	Entry (Sag Curve)				Exit (Crest Curve)			
	Radius of Curve (m)	Vertical Curve Length (m)	Formula (L <sub>1</sub> )	Error (m)	Radius of Curve (m)	Vertical Curve Length (m)	Formula (L <sub>2</sub> )	Error (m)
17	20	3.368	3.400	0.032	10.0	1.684	1.734	0.050
16	19	3.014	3.040	0.026	9.5	1.507	1.536	0.029
15	18	2.680	2.700	0.020	9.0	1.340	1.350	0.010
14	17	2.365	2.380	0.015	8.5	1.182	1.176	-0.006
13	16	2.068	2.080	0.012	8.0	1.034	1.014	-0.020
12	15	1.791	1.800	0.009	7.5	0.896	0.864	-0.032
11	14	1.534	1.540	0.006	7.0	0.767	0.726	-0.041
10	13	1.296	1.300	0.004	6.5	0.648	0.600	-0.048

### 4.3.4 종단곡선 제원 일반식 검증

주차장 램프의 사중점부에 대한 종단경사 변화에 따른 종단곡선 길이를 산정함에 있어 Eqs. (3) and (4)와 같이 일반식을 제시하였다. 다음은 종단경사에 따라 일반식에 의해 산정된 종단곡선 길이와 현장조사 분석값을 통해 산정된 종단곡선 길이를 비교하였다.

종단곡선의 길이에 대한 분석 값과 일반식을 이용한 산정 값의 차이가 최소 0.4mm에서 최대 5mm이내의 차이로 근사값임을 알 수 있다.

## 5. 결론 및 향후 연구과제

### 5.1 결론

주차장의 램프 진출입시 측간 경사로의 시점과 종점부에서 자주 발생하는 차량과 바닥간의 부딪침 현상을 방지하고 자동차 운전자의 승차감과 안전성 확보를 위해 주차장 램프의 종단곡선 제원을 산정하였으며, 그 결과는 다음과 같다.

첫째, 현재 주차장 램프에 관련한 규정 및 연구문헌을 검토하고, 도로의 종단경사 및 종단곡선 설계에 관련한 연구문헌을 고찰하였다. 또한, 현장조사를 통해 자동차가 주차장 진출입시 램프의 사중점부에서 발생하는 문제점을 도출하였다. 현장조사 결과, 대부분 램프의 사중점부에 차량과 부딪힌 흔적을 발견할 수 있었다.

둘째, 법적 최대규제인 17% 경사를 기준으로 분석 모델 자동차를 선정하고 자동차의 최저 지상고를 고려하여 주차장 램프의 시점부(오목형) 및 종점부(볼록형)에 대한 종단곡선 해석과 종단경사별로 종단곡선을 반영하여 분석하였다. 주차장 램프에 종단경사 변화에 따른 종단곡선 제원과 종단경사 길이를 산정할 수 있는 일반식을 제시하였으며, 일반식과 현장조사 분석 값을 비교 검증하였다. 그 결과 종단곡선의 길이에 대한 분석 값과 일반식을 이용한 산정 값의 차이가 최소 0.4mm에서 최대 5mm이내의 차이로 근사 값을 알 수 있었다. 따라서 주차장 램프 종단곡선 산정시 본 연구를 통해 제시한 일반식을 이용하여 산정 가능할 것으로 사료된다.

결론적으로 향후 본 연구를 통해 주차장 램프 설계시 종단곡선 설치 기준의 재정립과 운전자의 안전성 확보 및 주행성 향상에 이바지할 것으로 판단된다.

### 5.2 향후 연구과제

본 논문의 연구 수행과정에 사공간적인 한계로 다음과 같은 향후 연구과제를 제시하였다.

첫째, 주차장 램프의 종단곡선 제원을 이론적으로 제시하였으나 사공간적 한계로 임의의 분석 모델을 선정하여 해석하였다. 따라서 향후 본 연구의 실제적용에 대한 결과분석과 외제 수입차량 및

자동차의 운전자 성향, 자동차의 운동특성, 차량하중 등 여러 가지 변수 등을 종합적으로 고려한 종단곡선 제원에 관한 심도 있는 연구가 필요 할 것으로 사료된다.

둘째, 차량 주행 시물레이션을 통해 차량의 움직임의 변화와 램프 구간 진입 속도, 감속 시점 등에 대한 추가적인 검토가 필요할 것으로 판단된다.

셋째, 내리막 램프로 진입할 경우, 차량의 무게 및 승차인원의 무게 등으로 인해 차량이 중력방향으로 무게가 이동되면서 발생하는 물리적 현상 등에 대한 고려가 필요할 것으로 판단된다.

마지막으로 본 연구에서는 램프의 형태를 직선부로 한정하였으나 곡선부 램프에 대한 향후 연구가 필요할 것으로 사료된다.

## References

- Choo, Y. S. (2008). *Planning and design of parking*, Construction Books (in Korean).
- KIDI (2007). *Nose-dive reproduced technique* (in Korean).
- Kim, K. H., Lee, K. P. and Lee, S. B. (2004). *Parking planning and design*, Industry Publishing Ltd. (in Korean).
- Ministry of Land, Infrastructure and Transport (2010). *Parking lot rules enforcement rules* (in Korean).
- Ministry of Land, Infrastructure and Transport (2012). *Road design standards* (in Korean).
- Ministry of Land, Infrastructure and Transport (2012). *Rules regarding the structure of the road facilities* (in Korean).
- Ministry of Land, Infrastructure and Transport (2013). *Statistics Data* (in Korean).