

공 학 석 사 학 위 논 문

도로의 오르막차로 설계
프로그램 개발

지도교수 이 종 출

이 論文을 專攻學科로 提出함



부 경 대 학 교 산 업 대 학 원

토 목 공 학 과

김 태 현

김태헌의 공학석사 학위논문을 인준함

2004년 6월 19일

주심 공학박사 김 상 용



위원 공학박사 김 명 식



위원 공학박사 이 중 출



목 차

표목차	i
그림목차	ii
Abstract	iv
1. 서론	1
1.1 연구배경 및 목적	1
1.2 연구범위 및 연구방법	3
1.3 연구연혁	5
2. 오르막차로 설계 및 프로그램 개발 이론	8
2.1 오르막차로 설계	8
2.1.1 오르막차로 설계 및 운영방식	8
2.1.2 오르막차로 설치기준	9
2.2 프로그램 개발 이론	14
2.2.1 고속도로로	14
2.2.2 2차로도로로	17
3. 오르막차로 설계 프로그램 개발	24
3.1 프로그램 개요 및 순서도	24
3.2 프로그램 구성	26
4. 프로그램 적용 및 검증	33

4.1 대상도로의 프로그램 적용	35
4.2 가속차로에 대한 검토	36
4.3 수계산에 의한 검증	38
4.3.1 서비스수준 분석	38
4.3.2 오르막차로 설계	39
4.3.3 오르막차로 제원의 확정	40
4.4 오르막차로 구간의 시각화	42
 5. 결론	 45
 참고문헌	 46

표목차

표 2.1	국·내외 오르막차로 설치시 고려사항	13
표 2.2	국·내외 오르막차로 설치 기준	13
표 2.3	고속도로 기본구간의 차로폭 및 측방여유폭 보정계수	15
표 2.4	고속도로 기본구간의 서비스수준	15
표 2.5	고속도로 특정경사구간의 승용차 환산계수	16
표 2.6	2차로도로의 서비스수준	19
표 2.7	2차로도로의 일반적인 첨두시간계수(PHF)	20
표 2.8	2차로도로의 승용차 환산계수	20
표 2.9	2차로도로의 차로폭 및 측방여유폭에 따른 보정계수	20
표 2.10	2차로도로 특정경사구간에 대한 승용차 환산계수	21
표 2.11	방향별 분포 및 추월금지구간 비율에 따른 보정계수	23
표 4.1	적용 대상도로의 도로조건 및 교통조건	33
표 4.2	가속차로 길이	37
표 4.3	테이퍼 길이	37
표 4.4	프로그램 적용 결과와 수계산 결과 비교	40

그림 목차

그림 1.1	연구의 진행과정	4
그림 2.1	오르막차로 설치방법 I	9
그림 2.2	오르막차로 설치방법 II	9
그림 2.3	속도-경사도에 따른 감속곡선(표준트럭 200lb/hp)	11
그림 2.4	속도-경사도에 따른 가속곡선(표준트럭 200lb/hp)	11
그림 2.5	도로유형 I 서비스수준	18
그림 2.6	도로유형 II 서비스수준	18
그림 3.1	프로그램 순서도	25
그림 3.2	개발된 프로그램 초기화면	26
그림 3.3	메뉴바의 구성	27
그림 3.4	툴바의 구성	27
그림 3.5(a)	파일의 부메뉴	27
그림 3.5(b)	프로젝트 부메뉴	27
그림 3.5(c)	오르막차로 부메뉴	27
그림 3.5(d)	오르막차로설계 부메뉴	27
그림 3.6	프로젝트 구성의 모습	27
그림 3.7	프로젝트 기본사항 입력	28
그림 3.8	프로젝트 기본사항 세부 구성	28
그림 3.9	종단경사 프레임	29
그림 3.10	도로조건 및 교통조건 입력	30
그림 3.11	서비스수준 분석 진행	31
그림 3.12	서비스수준 분석	31
그림 3.13	서비스수준 분석 종료	31
그림 3.14	오르막차로 설치 화면	32

그림 4.1	2차로도로 적용 프로젝트 구성	33
그림 4.2	2차로도로 적용 프로젝트 기본사항	34
그림 4.3	2차로도로 적용 도로조건 및 교통조건	35
그림 4.4	2차로도로 적용 서비스수준 분석	35
그림 4.5	2차로도로 적용 오르막차로 설치	36
그림 4.6	오르막차로 설치과정	39
그림 4.7	시각화한 수치도형 결과화면	42
그림 4.8	확대된 오르막차로 구간의 결과화면	43
그림 4.9	오르막차로의 구간횡단 화면	44

*Development of Design Program
for Climbing Lane on Highway*

Tae-Heon, Kim

*Department of Civil Engineering, Graduate School of Industry,
Pukyong National University*

Abstract

Heavy vehicle takes up 1/3 among entire traffic flow at Korea which has mountainous topography of more than 60% of the national territory, and the average running speed of the heavy vehicle at the level terrain is almost equal with the average speed of the passenger car, but its speed would be reduced at upgrade affected by gradient because of decrease of horse power per unit weight.

Speed deterioration of heavy vehicle interferes with the other traffic and results the decrease of traffic capacity, and it increases travel cost. As well the possibility of accident with over-passing by the other traffic on two-way high way would be increased, and it risks traffic safety. To solve such problems, climbing lane should be constructed and operated..

Climbing lane should be considered with traffic capacity, economical efficiency, and traffic safety, but it must be considered as much with economical aspect. Especially, at the upgrade section, it is difficult to

calculate the level of service because there are more composite grades than single grades.

The program, using by Visual Basic 6.0, which analyzes the level of service considered with composite grade and abstract the beginning and end point of climbing lane on free way and two-way highway, has been already developed. Therefore, when designing with the program, we would like to develop the other program that furnishes numerical graphic file form which is helpful to designer for the efficient plan.

We are able to estimate beforehand whether climbing lane could be constructed or not with the calculations based on comparison with topographic conditions through reconnaissance with simple graphics before establishing detailed design for the climbing lane calculated by developed program. If impossible, by exposing an alternative plan for adjustment of taper length and shoulder width, moving of center line of highway, and change of vertical or horizontal alignment, it is expected that there is saving time and saving expense when planing detailed design for each matters which are unable to expect the possibility of constructions.

1. 서론

1.1 연구배경 및 목적

국토의 60% 이상이 산악지역인 우리나라의 교통류에는 화물차가 약 1/3을 차지하고 있으며, 평지부에서 화물차의 평균주행속도는 승용차와 거의 동일하나 경사구간에서는 단위 중량당 마력이 작으므로 경사의 영향을 받아 속도가 저하된다.

경사구간에서의 속도저하는 다른 차량의 주행을 방해하여 교통용량을 감소시키는 요인이 될 뿐 아니라, 주행비용을 증가시키며 2차로 도로의 경우에는 추월등의 행동이 늘어나 사고가능성을 증가시켜 교통안전에 위협요소를 더한다. 이러한 문제점을 해결하기 위하여는 오르막차로를 설치하여 운영하여야 할 것이다.

우리나라의 “도로의 구조·시설 기준에 관한 규칙”¹⁾에서는 “종단경사가 있는 구간에서 자동차의 오르막 능력 등을 검토하여 필요하다고 인정되는 경우에 오르막차로를 설치하여야 한다. 다만, 설계속도가 40km/h 이하인 경우에는 오르막차로를 설치하지 아니 할 수 있으며, 오르막차로 폭은 본선의 차로 폭과 같게 설치하여야 한다.”고 규정되어 있다. 오르막차로 설치시 검토 사항은 교통용량, 경제성, 교통안전 등이 있다. 현재, 오르막차로 설치시 경제적인 측면을 많이 고려하고 있으며, 특히 오르막 경사 구간에서 교통용량에 대한 서비스수준은 오르막 경사가 단일 경사가 아닌 복합 경사가 많기 때문에 서비스수준 산정에 있어서 많은 어려움이 있다.

본 연구에서는 Visual Basic 6.0을 이용하여 고속도로, 2차로 도로에 대한 복합적인 오르막 경사를 고려하여 서비스수준을 분석하고 오르막차로의 시·종점 위치를 추출하고, 설계시 설계자가 효율적인 계획을 할 수 있는 수치도형파일 형태를 제공하는 프로그램을 개발하고자 한다.

개발된 프로그램에 의해 계산된 오르막 차로 및 테이퍼를 간단하게 자동

그래픽하여 이를 지참, 본격적인 세부선계에 앞서 사전에 현지 단사를 관측 지형 등 여러 조건과 비교 검토 해봄으로써 계산된 대로 오르막차도를 설치할 수 있는지를 판단할 수 있고, 불가능하다면 테이퍼의 집속 변이율 조정, 길어깨폭의 조정, 본선의 중심선 이동, 종단 또는 평면선형 변경 등의 대안을 미리 도출함으로써, 설치 가능 여부를 예측치 못해 매 안별마다 세부 설계를 하는데 따른 시간과 비용 등을 크게 절감할 수 있을 것으로 기대된다.

1.2 연구범위 및 연구방법

본 연구는 교통량을 고려한 복합경사구간에 대한 오르막차로 설계에 관한 연구로서 도로용량편람²⁾에서 제시된 고속도로 기본구간, 2차로도로에 대한 오르막 경사 구간의 서비스수준을 분석하고, 오르막차로의 설치 여부를 판단한 후 오르막차로의 시점과 종점의 위치를 추출하여 설계상에 나타나는 수치도형파일을 설계자가 볼 수 있도록 프로그래밍 하였다. 이 과정은 객체지향언어인 Visual Basic을 이용하여 연구를 수행하였다.

본 연구의 수행을 위한 연구절차는 다음과 같다. 먼저, 관련문헌을 고찰하여 국내·외 오르막차로 설계기준과 이론적 배경을 검토하여 연구수행 방법을 도출한다. 대상구간은 복합경사구간의 교통량(서비스수준)을 고려하여, 도출된 결과들을 기초자료로 이용하여 프로그램을 개발한다.

또한, 오르막경사를 가진 대상도로를 선정하여 설계속도, 차로폭 등의 도로 조건과 교통조건에 대한 자료를 프로그램에 적용하여 검증한다. 개발된 프로그램은 오르막차로의 시·종점 추출뿐만 아니라, 설계자가 볼 수 있는 수치도형파일을 함께 제공한다.

그림 1.1은 연구의 진행과정을 보여주고 있다.

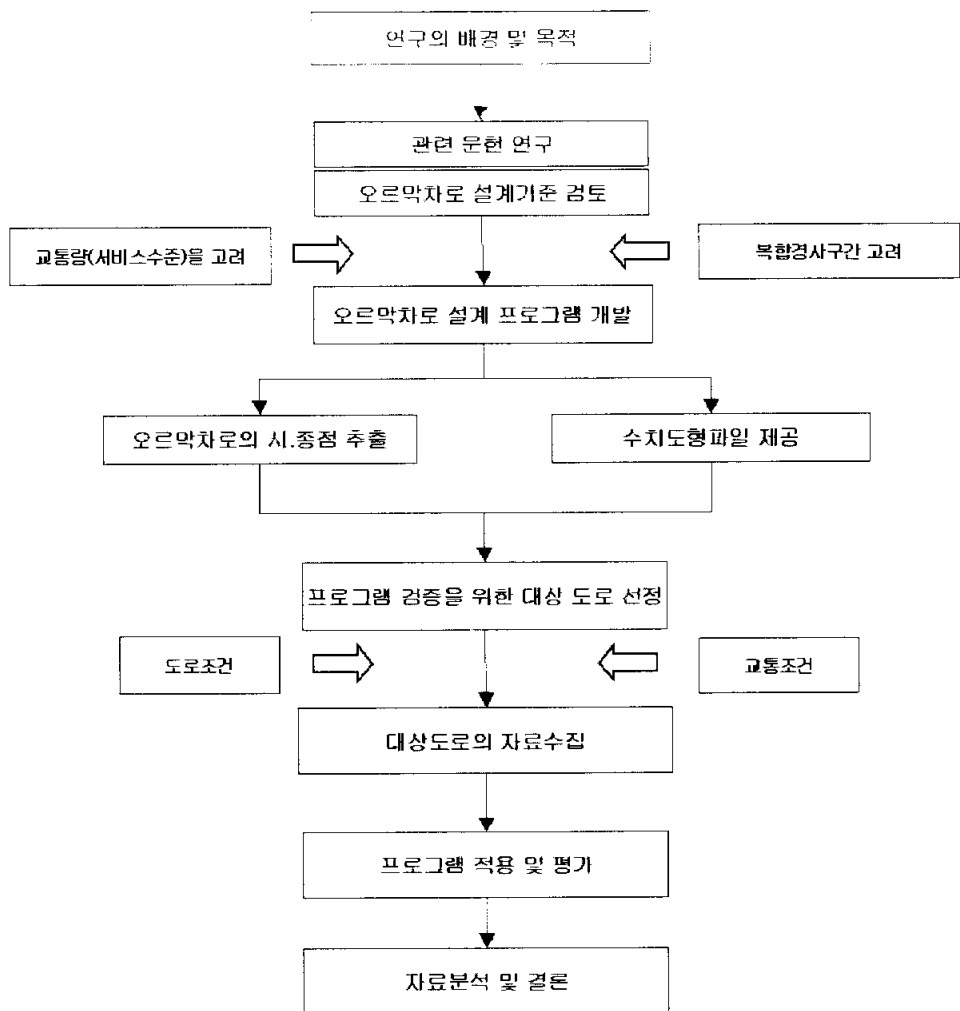


그림 1.1 연구의 진행과정

1.3 연구연혁

우리나라에서 도로의 근대적인 모습을 보이기 시작한 시기는 1960년대 부터이며, 도로의 기하학적 설계에 대한 기준을 제정한 것은 1965년 7월 19일자로 대통령령 제2177호로 도로구조령³⁾을 처음 제정하였다. 이때의 도로 구조령은 일본의 도로구조령을 모방하였으며, 그 후 자동차 시대를 대비하여 1979년 11월 17일자로 대통령령 제9664호로 전면 개정하여 이에 의거 도로를 신설 또는 개축하는데 적용하여 왔다.

그리고, 최근 급속한 경제성장과 삶의 질 향상에 수반되는 사회기반시설의 수요증가와 아울러 1990년대 이후부터는 국민생활 수준이 크게 향상됨에 따라 도로의 신속성·편리성과 더불어 안전성에 대한 국민적 욕구가 한층 더 증대되어 왔고, 한편으로는 교통량의 급증, 차량의 대형화와 고속화와 함께 성능도 크게 증대되었고, 시간가치의 상승 등 교통상황과 국민의식이 크게 변화되었고, 그간의 도로건설로 설계와 시공에 관한 기술도 충분히 축적되었다.

이와 같은 상황에 부응하고자 1990년 5월 4일, 대통령령 제 13001호로 도로구조·시설기준에 관한 규정⁴⁾으로 개정되었으며, 빠르게 변화하는 기술적인 문제와 교통상황, 국민의 요구 등에 보다 유연하게 대응키 위해 1999.8.9 법체계를 건설교통부령으로 전환하여 도로의 구조·시설기준에 관한 규칙으로 개정 공포하였다.(건설교통부령 제206호)

박창호⁵⁾ 등은 대형차의 승용차 환산계수의 산정을 위하여 해석적인 연구를 하였고, 황영도⁶⁾가 도로의 기하구조설계의 일관성에 관하여 연구한 바 있으며, 유경수⁷⁾ 등은 오르막차로 설치기준 및 운영방안을 평가하였으며, 장명순⁸⁾ 등은 국내 자동차 등록현황표와 성능 제원표를 이용하여 90백분위 수에 해당하는 90kg/kw의 값을 대표트럭으로 결정하였다. 대표트럭의 성능 곡선 도출을 위해 15톤 덤프 트럭의 적재량을 조정하여 대표트럭의 중량/마력비와 동일하게 맞추었고, 실제 경사가 있는 고속도로를 주행하게 하여

국내 트럭 성능 곡선을 제시한 바 있다. 김중표¹⁶⁾는 합류특성에 의한 오르막차로 설계기준에 대해 연구하였으며, 권오천¹⁰⁾ 등은 오르막차로 종전부 교통류 합류특성 및 설계기준에 관하여 연구한 바 있고, 장상복¹¹⁾은 우리나라 양방향 2차로 도로의 승용차환산계수 결정에 관하여 연구하였으며, 이동민¹²⁾ 등은 2차로도로의 새로운 서비스수준분석 적도의 개발에 관하여 연구하였다. 최재성¹³⁾ 등은 우리나라 일반국도의 화물차 성능 곡선 산출식 정립에 관하여 연구하였으며, 한대철¹⁴⁾은 다차로도로 평지구간의 차종별 승용차환산계수 산정에 관하여 연구한 바 있으며, 박달식¹⁵⁾은 설계속도 80km/h인 일반국도 다차로도로의 차로별 교통류특성 및 용량산정에 관하여 연구한 바 있으며, 강상민¹⁶⁾은 오르막 경사를 고려하여 서비스 수준을 분석하고, 오르막 차로의 시·종점을 추출하는 프로그램을 개발하는 연구를 수행하였다.

국외 연구로는 Willey¹⁷⁾는 트럭을 중량 대 브레이크 마력 값을 이용하여 네 가지 그룹으로 분류한 뒤, 비교적 성능이 떨어지는 3번째, 4번째 그룹을 대표트럭으로 선정하였다. 그는 경사지 진입속도, 진행 거리, 오르막 한계 속도를 조사하여 1000ft당 속도 감속률을 계산한 후, 2%, 5%, 6%에 대한 트럭 성능 곡선을 작성하였고, 3%, 4%, 7%에 대해서는 작성된 성능 곡선을 토대로 보간하여 완성하였는데 경사지 진입속도는 모든 경사도에 대해서 47mph를 적용하였다. Huff¹⁸⁾ 등은 Willey의 트럭 성능 곡선을 이용하여 좀 더 발전된 형태를 개발했는데 그는 주로 수식에 의해 트럭 성능 곡선을 도출하였다. 대표트럭의 중량/마력비 값은 391lb/hp를 사용하였으며, 이것이 Willey의 연구와 차이 점이며 경사지 진입속도는 47mph로 동일하게 사용하였다. John¹⁹⁾ 등은 교통류 안정과 용량에 대한 경사의 영향에 관하여 연구하였으며, Homburger²⁰⁾는 2차로도로 오르막차로 종점부에서 안전성 분석에 관하여 연구하였으며, Guell²¹⁾ 등은 2차로 도로 용량 분석에 관하여 연구하였고, Morral²²⁾ 등은 2차로 지방도로 서비스수준 측정에 관하여 연구하였다. Firestine²³⁾ 등은 트럭에 대한 오르막차로를 결정하기 위한 새로운

방법을 제시하였으며, Morral²⁴⁾ 등은 추월에 대한 2차로 도로 서비스수준 측정에 관하여 연구하였고, John²⁵⁾ 등은 지방도로에서 트럭에 대한 도로망 차로 안전성을 고려하였다. Hoban²⁶⁾은 2차로도로 서비스수준 측정 방안에 대하여 연구하였으며, Archilla²⁷⁾ 등은 트럭의 주행 시 작용하는 힘에 관련된 요소들을 식으로 정리하고 식에 포함된 매개변수의 추정을 위해 현장 조사를 실시하였다. 이를 통하여 아르헨티나의 일반국도 조건에 맞는 트럭 성능 곡선 산출식을 정립하였다. 이 산출식에서 추정된 매개변수와 관련된 변수들은 공기저항, 타이어 회전시 도로면과의 마찰저항, 브레이크 마력 동력계수이다. Archilla가 사용한 대표트럭은 현장 통행 자료를 이용한 것으로 전체 아르헨티나 트럭 구성비 중 50, 85 백분위수에 해당하는 136, 190kg/kw였으며 경사지 진입속도는 100km/h로 제시하였고 추정된 매개변수와 선정된 대표트럭으로 트럭 성능 곡선을 제시하였다. Hai Yang²⁸⁾ 등은 도로망 설계에 대한 모델링과 알고리즘에 관하여 연구하였으며, 도시 운송망의 용량과 서비스수준을 모델링 하였다.

2. 오르막차로 설계 및 프로그램 개발 이론

2.1 오르막차로 설계

2.1.1 오르막차로 설계 및 운영방식

우리나라의 오르막차로 설치는 속도-경사도를 작성하여 허용 최저 속도 이하의 구간이 500m 미만인 경우는 오르막차로를 설치하지 않으며, 그 구간이 500m 이상이 되는 경우에는 그 도로의 교통특성 및 지역여건에 따라 2가지 형태로 설계하여 비교·설치할 수 있다.

첫 번째 방법은 오르막차로를 주행차로에 변이구간으로 접속시키는 방법이고, 두 번째 방법은 오르막차로를 주행차로와 연속하여 접속시키는 방법이다. 첫 번째 방법은 저속자동차가 연속된 주행이 아닌 차로 변경에 의하여 주행하게 되나, 속도가 낮은 자동차의 주행을 유도하는 것이므로 주행차로의 변이구간 접속부에 특별히 평면곡선을 설치하지 않아도 좋으며, 고속자동차의 연속된 주행을 확보할 수 있어 일방향 2차로 이상인 도로에서 효과적이지만 양방향 2차로도로에서는 운전자의 주행특성상 불리한 점이 있다. 현재 우리나라 도로에서 오르막차로 설치시 사용하고 있는 방법인 두 번째 방법은 우리나라 운전자의 특성상 여러 가지 문제점이 발견되고 있다. 그 중 가장 큰 문제점으로 운전자의 심리상 저속 자동차가 오르막차로 구간에서도 본선차로를 그대로 주행함에 따라 교통지체가 발생하는 요인이 되고 있으며, 이로 인하여 고속 자동차가 오르막차로를 이용한 앞지르기 등으로 교통사고를 야기시키는 경우가 있다.

그림 2.1과 그림 2.2는 오르막차로 설치에 대한 두 가지 방법을 나타낸 그림이다.



그림 2.1 오르막차로 설치방법 I

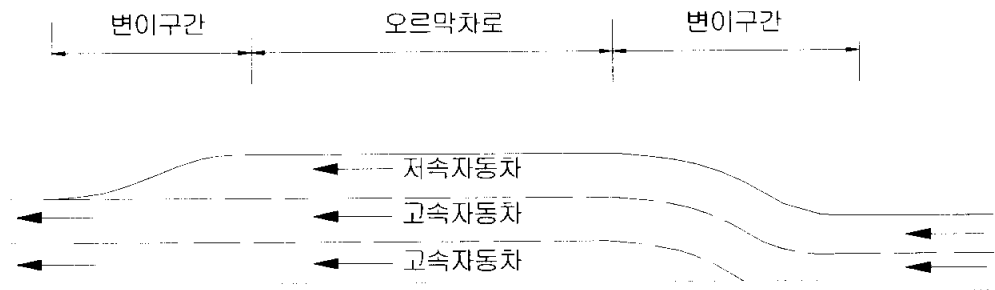


그림 2.2 오르막차로 설치방법 II

2.1.2 오르막차로 설치기준

우리나라의 도로의 구조·시설기준에 관한 규칙에서는 “종단경사가 있는 구간에서 자동차의 오르막 능력 등을 검토하여 필요하다고 인정되는 경우에는 오르막차로를 설치하여야 한다. 다만, 설계속도가 40km/h 이하인 경우에는 오르막차로를 설치하지 아니할 수 있다. 오르막차로의 폭은 본선의 차로폭과 같게 설치하여야 한다.”고 되어있으며, 오르막차로의 설치시에는 교통용량, 경제성, 교통안전에 유의하여 설치하여야 한다. 대형 자동차의

최고 속도는 설계속도 80km/h 이상인 경우는 80km/h, 설계속도 80km/h 미만인 경우는 설계속도와 같은 속도로 하며, 대형 자동차의 허용 최저 속도는 설계속도 80km/h 이상인 경우는 60km/h, 설계속도 80km/h 미만인 경우는 설계속도에 20km/h를 감한 값으로 한다.

종단경사구간에서 경사길이에 대한 대형 자동차의 속도변화는 그림 2.3과 그림 2.4를 이용하여 속도-경사도를 작성하고 허용 최저속도 보다 낮은 속도의 주행구간을 오르막차로의 설치구간으로 정한다.

또한, 속도-경사도의 작성시 종단곡선구간은 직선경사구간이 연속된 것으로 가정하며, 종단곡선길이가 200m 미만인 경우는 종단곡선길이를 반으로 나누어 앞뒤의 경사로 정한다. 종단곡선길이가 200m 이상이며 앞뒤의 경사차가 0.5% 미만인 경우에는 종단곡선길이를 반으로 나누어 앞뒤의 경사로 정하며, 종단곡선길이가 200m 이상이며 경사차가 0.5% 이상인 경우는 종단곡선길이를 4등분하여, 양끝의 1/4 구간은 앞뒤 경사로하고 가운데 1/2 구간은 앞뒤 경사의 평균값으로 가정한다.

2000년도에 개정된 도로의 구조·시설 기준에 관한 규칙에서는 오르막 구간에서의 화물자동차의 오르막능력(중량/마력비)은 200lb/hp를 표준으로 하고 있지만, 그 이전에는 300lb/hp를 표준으로 사용하였고, 유경수⁸⁾ 등은 한국형 화물차 성능곡선 개발연구에서 국내 화물차 분포특성을 고려할 때 화물차 분포의 90%에 해당하는 150lb/hp를 표준트릭으로 사용할 것을 건의하였다.

고속도로의 분석 대상 구간이 다양한 경사가 연이어 있을 경우, 경사가 3% 보다 크지 않거나 경사 길이가 1km를 초과하지 않을 경우는 평균 경사 방법으로 경사를 산정하여 분석에 적용하면 된다. 산정된 평균 경사는 전체 경사를 대표할 수 있다. 그러나, 경사 조건이 다른 경우, 총 경사 길이가 1km를 넘거나 경사가 3% 이상일 경우는 복합 경사 분석 방법을 사용한다. 복합 경사 분석 방법은 다양한 경사 구간에서 발생하는 트릭의 최저 속도와 동일하게 주행할 수 있는 경사와 경사 길이를 산정하여 분석에 활용한다.

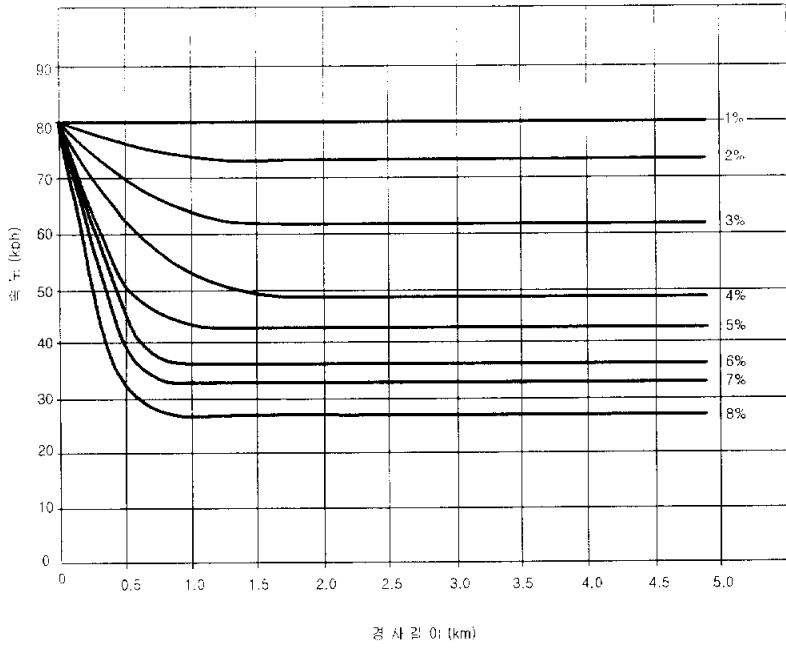


그림 2.3 속도-경사도에 따른 감속곡선 (표준트럭 200lb/hp)

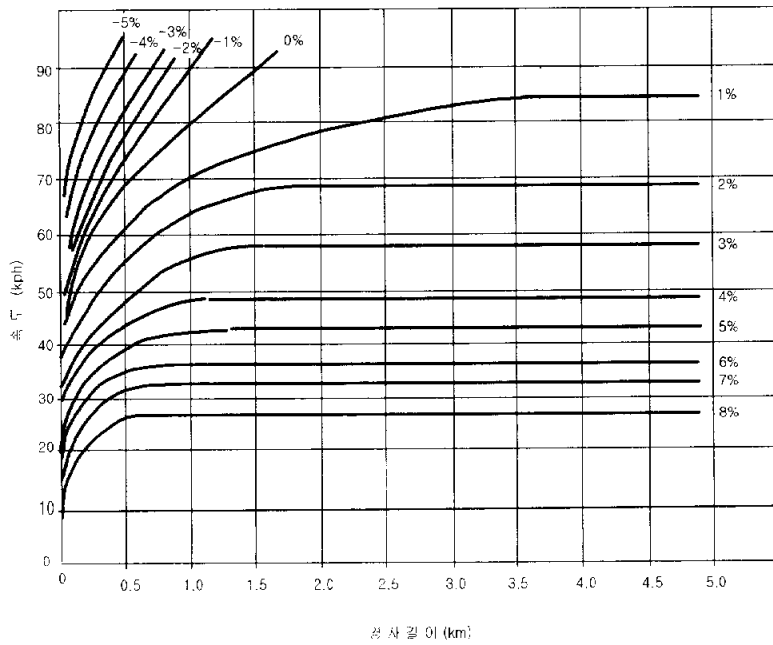


그림 2.4 속도-경사도에 따른 가속곡선 (표준트럭 200lb/hp)

복합 경사 구간 분석에 있어서 가장 중요한 것은 트럭의 최저 속도를 찾는 것이다. 왜냐하면 트럭의 속도가 최저가 될 때 교통의 흐름에 가장 큰 영향을 주기 때문이다. 그리고 트럭의 속도가 최저가 되는 지점은 연속적인 다양한 경사 구간에서 언제나 마지막 구간에서 나타나는 것은 아니다. 예를 들면, 2,000m의 4% 경사 구간 다음에 연속적으로 1,000m의 2% 경사 구간이 존재한다면 중차량의 최저 속도가 되는 지점은 4% 경사 구간의 종점이다.

트럭의 가·감속 곡선을 이용한 복합 경사 구간 분석은 모든 경우의 복합 경사에서 적용이 가능한 것은 아니다. 만약, 첫 번째 경사 구간이 하향 경사이고 경사 길이가 길거나 너무 짧은 경우는 트럭의 가·감속 곡선을 이용한 분석을 수행할 수 없다. 이러한 경우는 현장에서 관측한 속도를 토대로 적절한 승용차 환산계수를 적용해야 할 것이다.

표 2.1과 표 2.2는 국내·외 오르막차로 설치시 고려사항과 오르막차로 설치 기준이다.

표 2.1 국·내외 오르막차로 설치시 고려사항

구분	도로의 구조·시설 기준에 관한 규칙	AASHTO	일본의 도로구조평의 해설과 운용
고려사항	· 교통용량과 교통량의 관계(서비스수준) · 고속주행 자동차와 저속주행 자동차의 구성비 · 종단경사를 낮추어 설계하는 방안과 오르막차로를 설치할 때의 경제성 · 고속 주행에 따른 편의 및 쾌적성 도로와 공사비 절감에 따른 경제성 · 교통사고 감소에 따른 사고 비용 절감	· 시간당 200대의 차량을 초과하는 오르막길 교통량 · 시간당 20대의 차량을 초과하는 오르막길 트럭 교통량 · 15km/h 이상의 감속 · E 또는 F 서비스수준 경사 구간 · 2단계 이상의 서비스수준 감소	· 서비스수준 · 종단경사값(도로조건) · 종단경사길이 · 계획 교통량/교통용량(교통조건) · 대형차 혼입율

표 2.2 국·내외 오르막차로 설치 기준

구분	도로의 구조·시설 기준에 관한 규칙 (2000)	AASHTO ※()는 HCM	일본의 도로구조평의 해설과 운용	RAS
표준트럭	200lb/hp	180kg/kw(200lb/hp)	225lb/hp	-
종단경사	-	(고속도로중 경사 구간 3% 이하가 1mile 이상 구간, 3% 이상 1/2mile 이상 구간 고려)	5%이상 (고속도로 3% 이상)	-
트럭의 허용 최저 속도	-설계속도 80km/h 이상 : 60km/h -설계속도 80km/h 이하 : 20km/h 감한 값	-15km 이하 감소 · E, F 서비스수준 인접구간 서비스 수준 2단계 이하	- 트럭최고속도 : 80km/h · 허용최저속도 : 트럭최고속도의 1/2	30km/h 이상 제각시 설치
차로폭	본선차로폭과 동일		3.0	-
오르막차로 설치 최소길이	200m 이상	-	200m 이상	- 2노면도로 : 1,500m 이상 - 1노면도로 : 500m 이상
태 이 퍼 길	120 km/h 시점부	-	-	-도로진설시 오르 막차로는 내측(좌 측) 설치 : 테이퍼 길이는 60m
	종점부	-	-	
	100 km/h 시점부	-	-	-도로개축시 외측 (우측) 설치 : 테이퍼 길이는 200m
	종점부	-	-	
이 간	80 km/h 시점부	45m	45m	
	종점부	60m	60m	
최소간격				2 노 면 도 로 2,500m 이내, 1노 면도로 800m 이내 에 있으면 두 개의 오르막차로 연결

2.2 프로그램 개발 이론

2.2.1 고속도로

고속도로의 복합경사구간에 대한 서비스수준 분석은 먼저, 차로폭 및 측방여유폭 보정계수를 표 2.3으로부터 결정하고, 표 2.5에 의해 승용차 환산계수를 결정하여 중차량 보정계수를 산출한다.

그리고 계획교통량 또는 조사된 교통량을 식 (1)에 의해 첨두시간 환산교통량으로 바꾸어 준다. 여기서, 첨두시간계수는 한 시간동안 교통수요의 시간적 변동을 나타내며 첨두시간에 관측된 15분 교통량 중에서 가장 많은 15분 교통량을 1시간 기준으로 환산한 교통량에 대한 첨두시간 교통량의 비로 나타낸다. 이 값이 1.00에 가까울수록 교통량의 시간적 변화가 적은 것을 의미한다. 교통류를 관측해 보면, 첨두 15분 동안 가장 많이 관측된 교통류가 한 시간동안 지속되지 않는데, 첨두시간계수(PHF)는 이러한 현상을 반영한 것이다.

$$V_P = \frac{V}{PHF} \quad (1)$$

여기서, V_P : 첨두시간 교통량(대/h)

V : 교통량(대/h)

PHF : 첨두시간계수

표 2.3 고속도로 기본구간의 차로폭 및 측방여유폭 보정계수

		한쪽에만 측방여유가 확보된 경우				양쪽에 측방여유가 확보된 경우			
측방여유폭(m)	차로폭(m)								
	3.5 이상	3.25	3.00	2.75	3.5 이상	3.25	3.00	2.75	
1.5 이상 1.0 0.5 0.0	4차로(편도 2차로) 고속도로								
	1.00	0.96	0.90	0.80	0.99	0.96	0.90	0.80	
	0.98	0.95	0.89	0.79	0.96	0.93	0.87	0.77	
	0.97	0.94	0.88	0.79	0.94	0.91	0.86	0.76	
	0.90	0.87	0.82	0.73	0.81	0.79	0.74	0.66	
1.5 이상 1.0 0.5 0.0	6차로 이상(편도 3차로 이상)인 고속도로								
	1.00	0.95	0.88	0.77	0.99	0.95	0.88	0.77	
	0.98	0.94	0.87	0.76	0.97	0.93	0.86	0.76	
	0.97	0.93	0.87	0.76	0.96	0.92	0.85	0.75	
	0.94	0.91	0.85	0.74	0.91	0.87	0.81	0.70	

표 2.4 고속도로 기본구간의 서비스수준

서비스 수준	밀도 (pcpkmpl)	설계 속도 120 kph		설계 속도 100 kph		설계 속도 80 kph	
		교통량 (pcphpl)	v/c 비	교통량 (pcphpl)	v/c 비	교통량 (pcphpl)	v/c 비
A	<6	≤700	<0.3	≤600	<0.27	≤500	≤0.25
B	≤10	≤1,150	≤0.5	≤1,000	<0.45	≤800	≤0.40
C	≤14	≤1,500	≤0.65	<1,350	≤0.61	<1,150	≤0.58
D	≤19	≤1,900	≤0.83	≤1,750	≤0.8	≤1,500	≤0.75
E	≤28	<2,300	≤1.00	<2,200	≤1.00	≤2,000	≤1.00
F	>28	-	-	-	-	-	-

표 2.5 고속도로 특정경사구간의 승용차 환산계수

경사 (%)	경사 길이 (km)	중차량 차량 비율(%)					
		5	10	20	30	40	50
0	모든 경우	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
< 3	< 0.0~0.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
	≤ 0.5~1.0	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
	≤ 1.0~1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
	≤ 1.5~1.8	2.0	2.0	2.0	1.5	1.5	1.5
	≤ 1.8~2.5	2.5	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
	> 2.5	3.0	2.5	2.0	2.0	2.0	2.0
< 4	< 0.0~0.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
	≤ 0.5~1.0	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
	< 1.0~1.2	2.0	2.0	2.0	1.5	1.5	1.5
	≤ 1.2~1.5	3.0	2.5	2.0	2.0	2.0	2.0
	≤ 1.5~1.8	3.5	3.0	2.0	2.0	2.0	2.0
	> 1.8	4.0	3.0	2.5	2.0	2.0	2.0
< 5	< 0.0~0.4	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
	≤ 0.4~0.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
	≤ 0.5~0.8	2.0	2.0	2.0	1.5	1.5	1.5
	≤ 0.8~1.0	4.0	3.0	2.5	2.0	2.0	2.0
	≤ 1.0~1.5	5.0	4.0	3.0	3.0	2.5	2.0
	> 1.5	5.5	4.0	3.5	3.0	3.0	2.5
< 6	< 0.0~0.4	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
	≤ 0.4~0.5	2.0	2.0	2.0	2.0	1.5	1.5
	≤ 0.5~0.8	4.0	3.0	2.5	2.0	2.0	2.0
	≤ 0.8~1.0	6.0	4.5	4.0	3.0	3.0	2.5
	≤ 1.0~1.5	6.5	5.0	4.0	4.0	3.0	3.0
	> 1.5	7.0	5.0	4.5	4.0	3.5	3.0
< 7	< 0.0~0.4	2.0	2.0	1.5	1.5	1.5	1.5
	≤ 0.4~0.5	4.0	3.0	2.5	2.0	2.0	2.0
	≤ 0.5~0.8	6.0	4.5	4.0	3.0	2.5	2.5
	≤ 0.8~1.0	7.5	6.0	5.0	4.5	4.0	3.5
	≤ 1.0~1.5	8.0	6.0	5.5	5.0	4.0	3.5
	> 1.5	8.0	6.5	5.5	5.0	4.0	3.5
< 8	≤ 0.0~0.4	3.0	2.5	2.0	2.0	2.0	2.0
	≤ 0.4~0.5	6.0	5.0	4.0	3.0	2.5	2.0
	≤ 0.5~0.8	8.0	6.0	5.0	4.5	4.0	3.5
	≤ 0.8~1.0	9.0	7.5	6.5	6.0	5.0	4.0
	≤ 1.0~1.5	9.5	7.5	7.0	6.0	5.0	4.0
	> 1.5	9.5	7.5	7.0	6.0	5.0	4.0
≥ 8	≤ 0.0~0.4	5.0	3.5	3.0	2.0	2.0	2.0
	≤ 0.4~0.5	8.0	6.0	5.5	4.0	4.0	3.5
	≤ 0.5~0.8	10.0	8.0	7.0	6.5	5.5	4.5
	≤ 0.8~1.0	10.5	9.0	8.0	7.0	5.5	4.5
	≤ 1.0~1.5	11.0	9.0	8.0	7.0	5.5	4.5
	> 1.5	11.0	9.0	8.0	7.0	5.5	4.5

점분시간 환산 교통량을 산정한 후, 주어진 도로 및 교통 조건에 대한 용량(C)을 식 (2)에 의해 산출하고, 식 (1)과 식 (2)로부터 교통량 대 용량비(V_p/C)를 산출한다.

$$C = C_j \times N \times f_w \times f_{HV} \quad (2)$$

여기서, C_j : j설계속도의 용량(대/h/차로)

N : 편도 차로수

f_w : 차로폭 및 측방여유폭 보정계수

f_{HV} : 중차량 보정계수

산출된 교통량 대 용량비에 상응하는 밀도값을 표 2.4에서 보간법으로 찾고 서비스수준을 판정한다. 서비스수준 판정 결과에 따라 오르막차로 설치 여부를 결정하여 그림 2.3과 그림 2.4의 속도-경사도 곡선에 의해 오르막차로 설치 위치를 결정한다.

2.2.2 2차로도로

2차로도로의 서비스수준 분석은 고속도로와 달리 총지체율을 구하기 이전에 분석 대상도로의 유형을 결정해야 한다. 2차로도로의 도로유형은 두 가지 유형으로 나뉜다. 도로유형 I 은 자유속도 100km/h, 도로유형 II는 자유속도 80km/h로 관측되는 도로에서 산출된 값이다. 현장조사 결과, 설계속도 80km/h이상으로 건설된 2차로도로의 자유속도는 100km/h에 가깝고 설계속도 80km/h 미만으로 건설된 2차로도로의 자유속도는 80km/h에 근접하고 있으므로 2차로도로는 이와 같은 2개 유형으로 구분하여 분석에 적용하여도 크게 무리가 없다. 그림 2.5와 그림 2.6은 도로유형 I 과, 도로유형 II에 대한 서비스수준을 나타낸 그림이다.

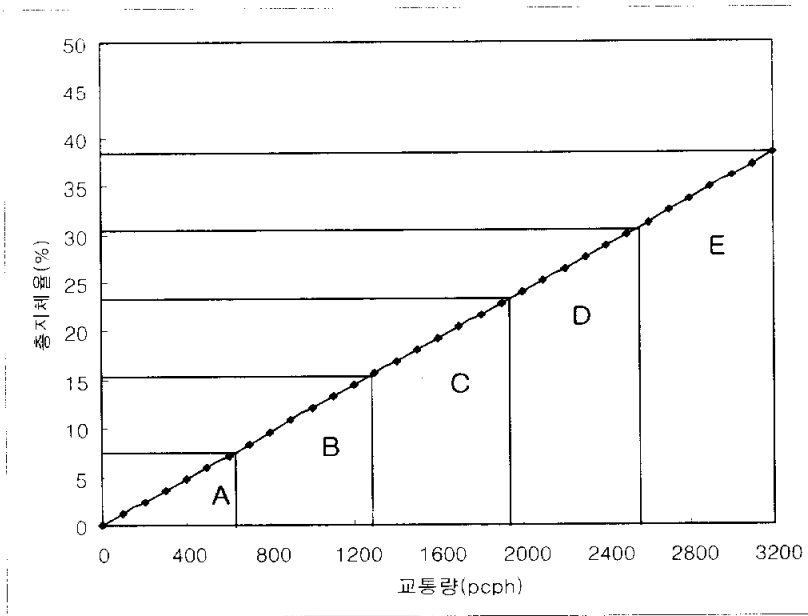


그림 2.5 도로유형 I 서비스수준

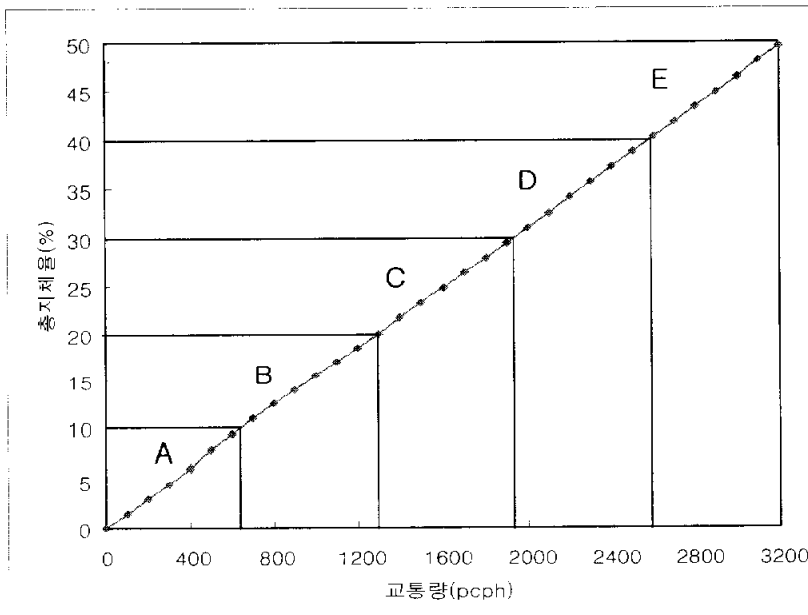


그림 2.6 도로유형 II 서비스수준

2차로도로의 서비스수준은 A~F까지 여섯 단계로 구분되며, 서비스수준을 나타내는 효과적도는 총지체율이며 교통량에 따른 각 서비스수준은 표 2.6 및 그림 2.5, 그림 2.6과 같다.

표 2.6 2차로도로의 서비스수준

구 분	총지체율(%)		교통량(대/h)
	도로유형 I	도로유형 II	
A	≤ 8	≤ 10	≤ 650
B	≤ 15	≤ 20	≤ 1,300
C	≤ 23	≤ 30	≤ 1,900
D	≤ 30	≤ 40	≤ 2,600
E	≤ 38	≤ 50	≤ 3,200
F	> 38	> 50	-

도로유형 결정 후 이상적인 조건에서의 총지체율을 구하기 위해 식 (3)에 의해 첨두시간 환산 교통량을 산출한다.

$$V_P = \frac{V}{PHF \times f_{HV}} \quad (3)$$

여기서, V_P : 첨두시간 환산 교통량(대/h)

V : 첨두시 최대 교통량(대/h)

PHF : 첨두시간 계수(표 2.7)

f_{HV} : 중차량 보정계수

$$f_{HV} = 1/[1 + P_{HV}(E_{HV} - 1)] \quad (4)$$

여기서, P_{HV} : 중차량의 구성비(%/100)

E_{HV} : 중차량의 승용차환산계수(표 2.8)

표 2.7 2차로도로의 일반적인 침투시간계수(PHF)

교통량 (대/시/양방향)	침투시간계수	교통량 (대/시/양방향)	침투시간계수
≤ 200	0.80	≤ 1,600	0.93
≤ 400	0.83	≤ 1,800	0.94
≤ 600	0.86	≤ 2,000	0.95
≤ 800	0.88	≤ 2,200	0.95
≤ 1,000	0.90	≤ 2,400	0.96
≤ 1,200	0.91	> 2,400	0.96
≤ 1,400	0.92		

서비스 수준	A	B	C	D	E
침투시간 계수	0.86	0.92	0.95	0.96	1.00

주) 침투시간계수는 현장에서 측정하는 것이 바람직하고, 본 표는 일반적인 값이므로 제한적으로 사용하여야 함

표 2.8 2차로도로의 승용차 환산계수

차량구분	평 지	구릉지
트럭·버스	1.5	2.4
트레일러	1.9	

주) 산지부는 특정경사부분의 승용차 환산계수를 적용

표 2.9 2차로도로의 차로폭 및 측방여유폭에 따른 보정계수

차로폭(m) \ 측방여유폭(m)	≥ 3.50	≥ 3.25	≥ 3.00	≥ 2.75
≥ 1.5	1.00	1.03	1.06	1.09
≥ 1.0	1.03	1.06	1.09	1.12
≥ 0.5	1.06	1.09	1.12	1.15

표 2.10 2차로도로 특정경사구간에 대한 승용차 환산계수

경사 (%)	경사길이 (km)	승용차 환산계수			경사 (%)	경사길이 (km)	승용차 환산계수		
		일방향교통량 (vph)					일방향교통량 (vph)		
		<300	<600	≥600			<300	<600	≥600
3	< 0.4	1.9	1.7	1.5	7	< 0.4	5.1	4.6	4.0
	< 0.8	2.3	2.3	2.4		< 0.8	7.8	6.2	4.6
	< 1.2	3.0	3.0	2.9		< 1.2	9.8	7.4	4.9
	< 1.6	3.6	3.3	3.1		< 1.6	12.1	8.5	5.1
	< 2.4	4.5	4.0	3.4		< 2.4	15.0	9.8	5.3
	< 3.2	5.0	4.2	3.5		< 3.2	16.2	10.2	5.4
	≥ 6.4	7.4	5.7	4.0		≥ 6.4	18.6	10.5	5.7
4	< 0.4	2.5	2.3	2.0	8	< 0.4	6.5	5.8	4.2
	< 0.8	2.9	3.2	2.6		< 0.8	10.0	8.2	4.7
	< 1.2	3.8	4.0	3.2		< 1.2	13.4	9.4	5.1
	< 1.6	4.5	4.4	3.3		< 1.6	16.3	10.3	5.4
	< 2.4	5.5	5.0	3.6		< 2.4	19.1	11.3	5.8
	< 3.2	6.0	5.3	3.7		< 3.2	20.2	11.7	6.0
	≥ 6.4	8.5	6.5	4.3		≥ 6.4	22.0	12.0	6.4
5	< 0.4	3.2	2.8	3.6	9	< 0.4	8.6	7.1	4.3
	< 0.8	4.5	4.2	3.8		< 0.8	18.5	10.2	5.5
	< 1.2	5.8	5.1	4.0		< 1.2	22.4	11.4	6.0
	< 1.6	6.8	5.5	4.1		< 1.6	24.1	12.0	6.2
	< 2.4	8.2	6.0	4.4		< 2.4	25.7	12.7	6.5
	< 3.2	9.0	6.3	4.6		< 3.2	26.8	13.1	6.7
	≥ 6.4	10.9	7.2	5.0		≥ 6.4	28.2	13.5	7.1
6	< 0.4	4.0	3.9	3.8	10	< 0.4	10.6	7.3	5.6
	< 0.8	6.1	5.2	4.2		< 0.8	20.1	10.2	6.6
	< 1.2	7.8	6.1	4.5		< 1.2	24.6	11.8	7.0
	< 1.6	9.0	6.8	4.6		< 1.6	26.7	12.7	7.2
	< 2.4	10.9	7.9	4.9		< 2.4	27.7	13.5	7.5
	< 3.2	11.9	8.5	5.0		< 3.2	28.6	13.9	7.6
	≥ 6.4	13.4	9.4	5.4		≥ 6.4	29.9	14.7	7.8

주) 제시된 방향별 분포 및 추월금지구간 비율 값 이외에 대해서는 보간법으로 적용

특정경사구간의 승용차 환산계수는 경사도와 경사길이, 방향별 교통량의 변화에 따라 첨두시간 환산 교통량 산정 결과 방향별 분포를 고려한 일방향 첨두시간 환산 교통량이 1,700대/h/차로를 초과하거나 양방향 3,200대/h/차로를 초과할 경우에는 LOS가 F이므로 분석을 종료하고, 초과하지 않을 경우 분석 절차를 진행한다.

산출된 원두시간 환산 교통량에 해당하는 이상적인 조건에서의 총지체율을 식(5)와 식(6)중 해당하는 도로유형에서 구한다.

$$\text{도로유형 I : } TDR_I = 0.012 \times v \quad (5)$$

$$\text{도로유형 II : } TDR_{II} = 0.0155 \times v \quad (6)$$

여기서, TDR_I : 도로유형 I 이상적인 조건에서의 총지체율(%)

TDR_{II} : 도로유형 II 이상적인 조건에서의 총지체율(%)

이상적인 조건에서의 총지체율에 도로조건과 교통조건에 따른 총지체율 보정계수를 적용하여 식(7)에 적용하여 총지체율 산정 후 도로유형에 따라 서비스수준을 판정한다.

$$TDR = TDR_i \times f_{dw} \times f_{ddp} \quad (7)$$

여기서, TDR : 주어진 도로 및 교통조건에서 해당 교통량의 총지체율

TDR_i : 해당 도로의 교통량에 대한 이상적인 조건의 총지체율

f_{dw} : 차로폭 및 측방여유폭원에 따른 총지체율 보정계수(표 2.9)

f_{ddp} : 방향별 분포 및 추월금지구간비율에 따른 총지체율 보정계수(표 2.11)

표 2.11 방향별 분포 및 추월금지구간 비율에 따른 보정계수

양방향 교통량 (pcph)	방향별 분포비율 및 추월금지구간 비율에 따른 보정계수					
	추월금지구간 비율(%)					
	0	≤ 20	≤ 40	≤ 60	≤ 80	≤ 100
방향별 분포 (상향/하향) 30/70						
≤ 200	0.36	0.36	0.43	0.56	0.87	1.12
≤ 400	0.36	0.37	0.48	0.48	0.59	0.64
≤ 600	0.80	0.81	0.94	1.04	1.06	1.11
≤ 800	0.90	0.93	1.01	1.05	1.06	1.08
≤ 1,400	1.00	1.06	1.09	1.06	1.05	1.04
≤ 2,000	1.00	1.05	1.05	1.04	1.04	1.04
방향별 분포 (상향/하향) 40/60						
≤ 200	0.90	0.93	1.01	1.03	1.05	1.11
≤ 400	0.90	0.94	1.01	1.04	1.07	1.11
≤ 600	0.96	0.99	1.08	1.09	1.09	1.11
≤ 800	1.03	1.04	1.09	1.14	1.12	1.11
≤ 1,400	1.10	1.10	1.10	1.10	1.11	1.12
≤ 2,000	1.10	1.10	1.10	1.10	1.11	1.12
방향별 분포 (상향/하향) 50/50						
≤ 200	1.00	1.00	1.02	1.05	1.05	1.06
≤ 400	1.00	1.20	1.31	1.55	1.53	1.57
≤ 600	1.00	1.17	1.20	1.30	1.31	1.38
≤ 800	1.00	1.13	1.17	1.21	1.25	1.29
≤ 1,400	1.00	1.06	1.10	1.15	1.15	1.21
≤ 2,000	1.00	1.04	1.05	1.06	1.09	1.08
≤ 2,600	1.00	1.02	1.02	1.02	1.03	1.03
≤ 3,200	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.02
방향별 분포 (상향/하향) 60/40						
≤ 200	1.02	1.25	1.43	1.68	1.97	2.44
≤ 400	1.02	1.24	1.40	1.58	1.79	2.07
≤ 600	1.01	1.23	1.38	1.49	1.60	1.69
≤ 800	1.01	1.18	1.29	1.36	1.43	1.47
≤ 1,400	1.01	1.13	1.21	1.24	1.25	1.25
≤ 2,000	1.01	1.16	1.16	1.19	1.21	1.23
방향별 분포 (상향/하향) 70/30						
≤ 200	1.03	1.25	1.91	2.50	2.61	3.01
≤ 400	1.03	1.26	1.49	1.69	1.88	2.02
≤ 600	1.02	1.15	1.28	1.37	1.57	1.69
≤ 800	1.02	1.14	1.24	1.31	1.40	1.48
≤ 1,400	1.02	1.14	1.20	1.26	1.23	1.27
≤ 2,000	1.01	1.12	1.18	1.23	1.21	1.23
방향별 분포 (상향/하향) 80/20						
≤ 200	1.05	1.46	1.49	2.21	2.84	3.56
≤ 400	1.05	1.48	1.66	1.92	2.03	2.17
≤ 600	1.04	1.10	1.16	1.29	1.44	1.57
≤ 800	1.04	1.06	1.07	1.15	1.20	1.26
≤ 1,400	1.03	1.06	1.07	1.15	1.20	1.26

서비스수준 분석 결과로부터 오르막차로 설치여부를 판단하고 오르막차로 설치시 고속도로에서와 같은 방법으로 오르막차로를 설계한다.

3. 오르막차로 설계 프로그램 개발

3.1 프로그램 개요 및 순서도

본 연구에서 개발된 프로그램은 객체지향언어인 Visual Basic 6.0을 이용하였으며, 2차로도로와 고속도로에서 오르막차로 설계에 적용이 가능하다. 여기서, 오르막차로를 설치하기 전에 총지체율에 의한 서비스수준을 판정해야 오르막차로 설치 여부를 결정할 수 있기 때문에 해당 도로의 서비스수준을 먼저 결정한다.

총지체율에 의한 서비스수준 판정은 해당 도로의 도로조건 및 교통조건을 조사하여 입력자료로 사용한다. 도로조건에 대한 자료는 설계속도, 측방여유폭(한쪽만 존재할 경우 그 값을 입력하고 양쪽에 존재할 경우 평균 값을 적용한다), 차로폭, 추월금지구간 비율 (2차로도로의 경우만 해당)등 선형에 관계된 요소들이고, 교통조건에 대한 자료는 교통량(양방향), 첨두시간계수, 방향별 분포, 중차량 구성 비율 등 교통에 관계된 요소들이다.

또한, 총지체율 산정을 위해 해당 도로에 대해 조사된 교통량으로부터 첨두시간 환산 교통량을 산정하고, 첨두시간 교통량에 따른 이상적인 조건에서의 총지체율을 산정한 후, 도로조건 및 교통조건에서 적용되는 계수들의 보정을 거쳐 최종 총지체율을 산정하고 이로부터 서비스수준을 결정한다.

서비스수준 결정 결과로부터 오르막차로 설치 여부에 따라, 오르막차로를 설치할 필요가 없을 경우 프로그램은 종료되며, 오르막차로를 설치해야 할 경우 오르막차로 시점부와 종점부의 위치가 계산되고 시각적으로 거리에 따른 속도변화를 알 수 있다. 또한 시각화된 수치도형파일을 제공하여 효율적인 오르막차로 설계를 할 수 있도록 프로그래밍 하였다.

이상의 과정들을 도식화하면 그림 3.1과 같다.

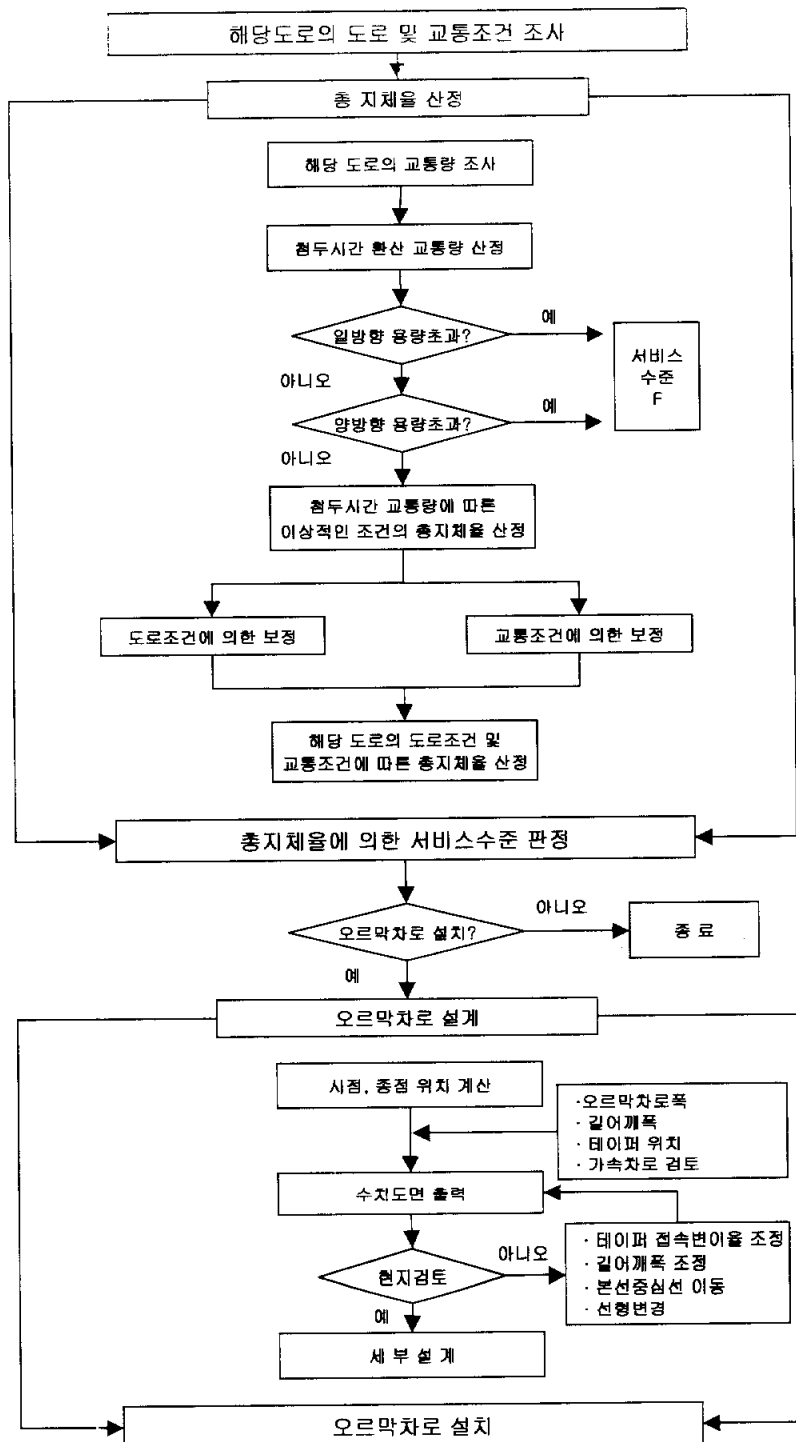


그림 3.1 프로그램 순서도

3.2 프로그램 구성

본 연구에서 개발된 프로그램은 객체지향언어인 Visual Basic 6.0을 사용하였으며, 프로그램 명은 “CLIMBING LANE DESIGN 2004” 이다. 그림 3.2는 본 프로그램의 초기화면이다.



그림 3.2 개발된 프로그램 초기화면

메뉴바(그림 3.3)는 파일, 프로젝트, 오르막차로, 오르막차로설계로 구성되어 있고, 파일 부메뉴(그림 3.5(a))는 불러오기, 저장하기, 인쇄, 종료 등으로 구성되어 있고, 프로젝트 부메뉴(그림 3.5(b))는 프로젝트 구성과 프로젝트 기본사항으로 나누어져 있다.

또한, 오르막차로 부메뉴(그림 3.5(c))는 도로조건, 교통조건 그리고 오르막차로 설치로 구성되어 있으며, 오르막차로설계 부메뉴(그림 3.5(d))는 전체화면, 확대된 화면, 구간횡단으로 구성되어 있다. 구성된 메뉴들은 쉽게 이용할 수 있도록 툴바에도 배치되어 있고, 각각의 아이콘에 마우스를 위

치시키면 도움받을 수 있다. 그림 3.4에서 제일 왼쪽 아이콘에서부터 새 작업, 열기, 저장, 인쇄, 취소, 실행, 프로젝트 구성, 프로젝트 기본사항, 도로조건 및 교통조건, 오르막차로 설치, 전체화면, 확대된 화면, 구간횡단으로 배치되어 있다.



그림 3.3 메뉴바의 구성



그림 3.4 툴바의 구성

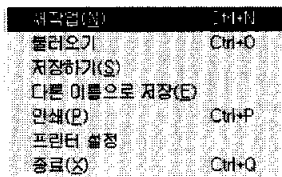


그림 3.5(a) 파일의 부메뉴



그림 3.5(b) 프로젝트 부메뉴



그림 3.5(c) 오르막차로 부메뉴



그림 3.5(d) 오르막차로설계 부메뉴

본 프로그램 실행은 프로젝트 구성으로부터 시작되며, 툴바의 5번째 아이콘을 클릭하여 그림 3.6과 같은 창이 나타나며, 불러오기를 클릭하여 기존 프로젝트를 불러오거나 새 프로젝트 명을 입력하여 저장할 수 있다.

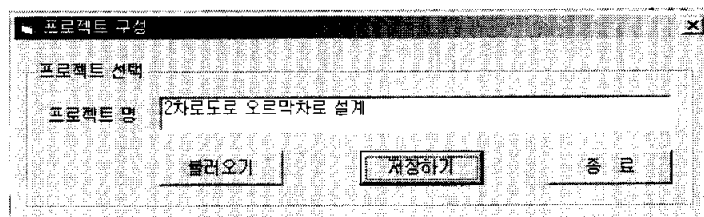


그림 3.6 프로젝트 구성의 모습

프로젝트 구성 실행 후, 툴바의 6번째 아이콘을 클릭하면 프로젝트 기본사항을 입력할 수 있는 창이 뜬다. 프로젝트 구성에서 프로젝트 명을 입력하였으므로, 그림 3.7에서 보는 바와 같이 프로젝트 명은 따로 입력하지 않아도 된다.

여기서, 프로젝트 기본사항은 프로젝트 명, 설계단계, 발주처, 도로구분, 도로유형, 설계속도, 차로수, 경사구간, 종단경사, 경사길이 등으로 구성되어 있다. 각각의 구성들을 세부적으로 살펴보면 그림 3.8과 같다.

그림 3.7 프로젝트 기본사항 입력

그림 3.8 프로젝트 기본사항 세부 구성

그림 3.8에서 설계단계와 도로구분은 드롭다운 목록으로 되어 있기 때문에 목록에서 제시된 것 이외에는 입력이 불가능하다. 그러나, 설계속도, 차로수, 구간, 종단경사, 경사길이는 일반적으로 많이 사용하는 값들이 List로 입력되어 있지만, 해당되는 값이 없을 경우 원하는 값을 입력할 수 있는 드롭다운 콤보 형식으로 되어있다.

종단경사 프레임에서 구간, 종단경사, 경사길이를 지정하고 입력을 클릭하면, 그림 3.9와 같이 왼쪽의 MSFlexGrid에서 출력된다.

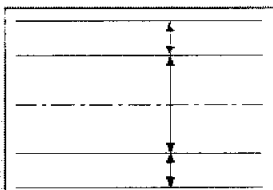
구간	종단경사	경사길이
1구간	5	750
2구간	6	1200
3구간		
4구간		
5구간		

구 간: 2 종단경사: 6 % 경사길이: 1200 m [입력]

그림 3.9 종단경사 프레임

프로젝트 기본사항을 입력하여 저장하고, 툴바의 7번째 아이콘을 클릭하면 그림 3.10과 같이 도로조건 및 교통조건을 입력하는 창이 뜬다. 도로조건 프레임과 교통조건 프레임으로 구성되어 있으며, 각각의 자료들을 입력하고 적용을 클릭하면 첨두시간 환산 교통량이 산정된다.

도로조건
X



설계속도 km/h

측방여유폭 한쪽 양쪽

차로폭 m

추월금지구간 비율 %

교통량(일방향)

첨두시간계수

방향별분포(상행/하행)

중차량구성비율

대/시

%

첨두시간 환산 교통량 대/시

적용

저장(S)

종료(Y)

그림 3.10 도로조건 및 교통조건 입력

첨두시간 환산 교통량의 결과에 의해 서비스수준 분석을 진행할 것인지 종료할 것인지 판단되며, 서비스수준 분석 진행시 그림 3.11과 같은 창이 뜨고, 확인을 클릭하면 그림 3.12와 같은 서비스수준 분석 결과가 나타난다. 그림 3.12에서 TDRi는 이상적인 조건에서 총지체율이며, f_{dw} 는 차로폭 및 측방여유폭에 따른 보정계수로서 데이터베이스로부터 조건에 맞는 값을 불러들여 나타낸다. f_{dwP} 는 특정경사구간의 승용차 환산계수를 말하며, 데이터베이스로부터 조건에 맞는 값을 불러들인다. TDR는 TDRi와 f_{dw} , f_{dwP} 의 관계로부터 계산된다. 이 결과들로부터 서비스수준을 결정 후, 오르막차로 설치 여부를 판단하며, 오르막차로 설치가 결정되면 다음 단계인 오르막차로 설치를 하거나, 교통흐름에 큰 문제가 되지 않는다면 오르막차로를 설치하지 않아도 되므로 프로그램을 종료한다.

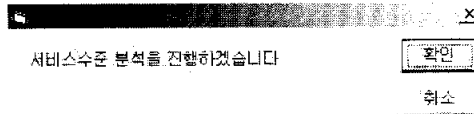


그림 3.11 서비스수준 분석 진행

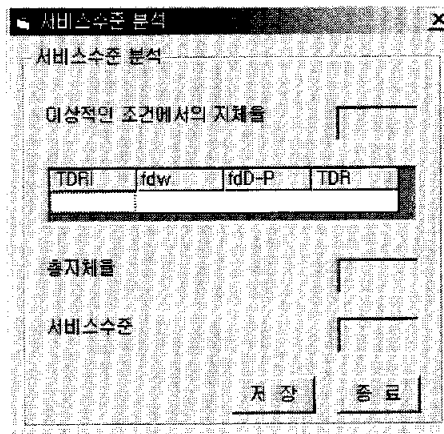


그림 3.12 서비스수준 분석

그리고, 서비스수준 분석 종료 시 그림 3.13과 같은 창이 뜨며, 서비스수준 분석결과는 F를 뜻한다. 그러므로, 교통흐름이 좋지 않은 상태이므로 다음 단계인 오르막차로를 설치 해야한다.

본 연구에서는 미국의 AASHTO 기준에 따라서 서비스수준 E 또는 F 일 경우에 오르막차로를 설치하도록 하였다.



그림 3.13 서비스수준 분석 종료

툴바의 10번째 아이콘을 클릭하면 그림 3.14와 같은 오르막차로 설치 창이 나타나고, 설치를 클릭하면 오르막차로 설치 시점과 종점의 위치가 산

정되어 나타나며, 아래 종단경사(%)에는 경사와 경사에 따른 길이가 표현되고, 속도(km/h)에는 거리에 따른 속도변화와 오르막차로 시점과 종점이 표현되어 시각적으로 쉽게 알아볼 수 있다.

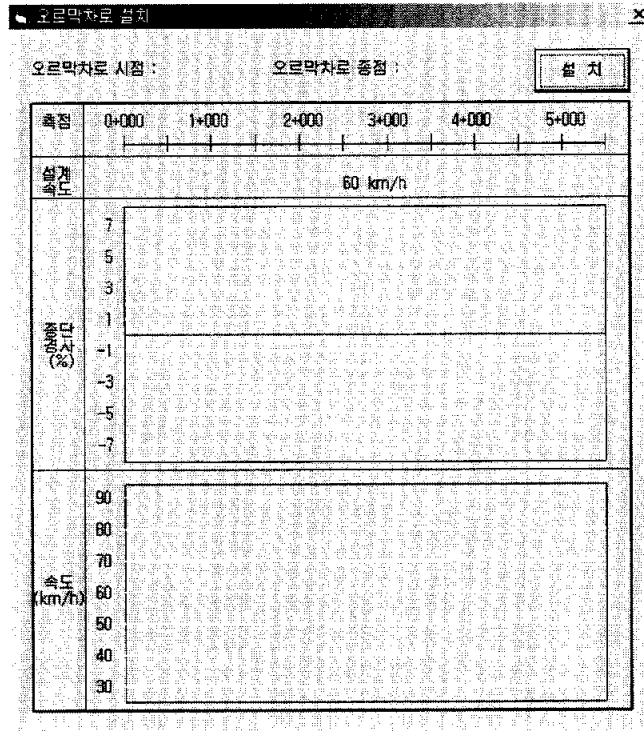


그림 3.14 오르막차로 설치 화면

4. 프로그램 적용 및 검증

4.1 대상도로의 프로그램 적용

개발된 프로그램은 2차로도로 경사구간에 대하여 적용하였다. 적용 대상 도로는 지방부 양방향 2차로도로의 침두시간 1시간 교통량은 1,500대/h 이며, 도로조건과 교통조건은 표 4.1과 같다.

표 4.1 적용 대상도로의 도로조건 및 교통조건

도로조건	교통조건
설계속도 : 70km/h 차로폭 : 3.25m 측방여유폭 : 1.0m 경사도 : 6% 경사구간길이 : 800m 추월금지구간 : 60%	교통량(양방향) : 1,500대/h 방향별 교통량 분포(상향/하향) : 60/40 대형차 구성비 : 19% 침두시간계수 : 0.92



그림 4.1 2차로도로 적용 프로젝트 구성

그림 4.1에서 프로젝트 명은 “2차로도로 오르막차로 설계”로 입력하였다. 그림 4.2에서 프로젝트 명은 그림 4.1에서 입력한 내용과 같은 내용을 보여주고 있으며, 설계단계는 실시설계, 발주처는 부산지방 국토 관리청으로 입력하였다. 대상도로는 2차로도로이며, 설계속도가 70km/h 이므로 도로유형 2에 해당한다. 2차로도로이므로 차로수는 1차로이며, 대상도로는 종단경사 6%와 경사길이 800m를 가진 도로로써, 입력한 내용은 그림 4.2와 같다.

프로젝트 기본사항

프로젝트 명: 2차로도로 오르막차로 설계

설계단계: 실시설계 | 발주처: 부산지방 국토 관리청

도로구분: 2차로도로 | 도로유형 1: 도로유형 1 | 도로유형 2: 도로유형 2

설계속도: 70 km/h

차로수(면도): 1 차로

종단경사

구간	종단경사	경사길이
1구간	6	800
2구간		
3구간		
4구간		
5구간		

구 간: | 입력

종단경사: 6 %

경사길이: 800 m

저장(S) | 종료(X)

그림 4.2 2차로도로 적용 프로젝트 기본사항

그림 4.3은 대상도로의 도로조건과 교통조건을 입력한 그림이다. 설계속도는 그림 4.2에서 입력한 값인 70km/h로 되어있고, 측방여유폭은 한쪽에만 1m, 차로폭은 3.25m, 추월금지구간 비율은 60%, 양방향 교통량 1,400대/h, 첨두시간계수는 0.92, 방향별분포(상향/하향)는 60/40 그리고 증차량 구성비율은 19%이다. 이상의 값들을 입력 후, 적용을 클릭하여 첨두시간 환산 교통량 2508대/h가 계산되고, 서비스분석 진행창이 나타났다.

도로조건

설계속도 km/h

측방여유폭 ☐ 한쪽 ☐ 양쪽

차로폭 m

추월금지구간 비율 %

교통3 서비스수준 분석을 진행하였습니다

교통 대/시

첨두시간계수

방향/분포(상행/하행) /

중차량구성비율 %

첨두시간 환산 교통량 대/시

그림 4.3 2차로도로 적용 도로조건 및 교통조건

그림 4.4는 서비스수준을 결정하는 그림으로써, 데이터베이스로부터 f_{dw} (차로폭 및 측방여유폭에 따른 보정계수), f_{dw-p} (방향별 분포 및 추월금지 구간 비율에 따른 보정계수)를 불러들여 조건에 맞는 값이 선택되어져 보여진다.

식 (6)과 식 (7)로부터 이상적인 조건에서의 지체율은 38.8%, 총지체율은 45.24%가 계산되었으며, 서비스수준은 E로 결정되었다.

서비스수준 분석

이상적인 조건에서의 지체율 %

TDR	f_{dw}	f_{dw-p}	TDR
38.1	1.06	1.1	42.1

총지체율 %

서비스수준

그림 4.4 2차로도로 적용 서비스수준 분석

그림 4.5는 오르막차로 설치에 대한 그림이다. 위 그래프는 종단경사와
정사각비를 보여주고 있으며, 아래 그래프는 속도와 거리와의 관계를 보여
주는 그래프이다.

이상의 결과로써, 본 연구에 적용된 도로는 오르막차로의 설치가 필요하
다고 판단되고, 오르막차로의 시점은 0+289이고 오르막차로 종점은 0+844
이다.

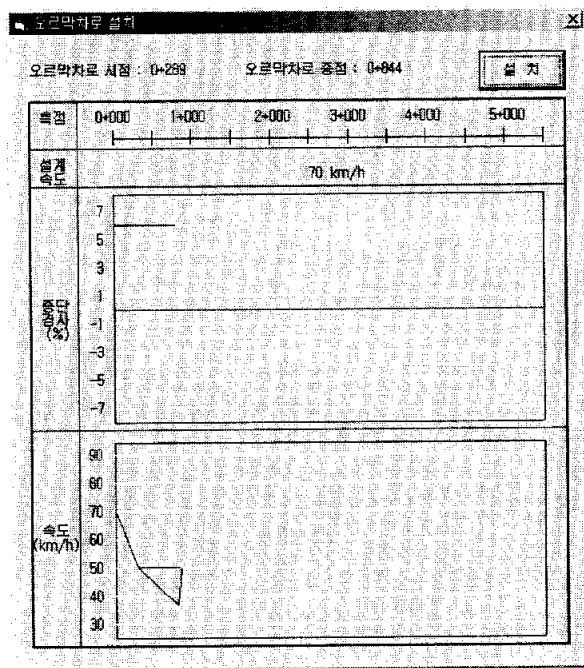


그림 4.5 2차로도로 적용 오르막차로 설치

4.2 가속차로에 대한 검토

오르막 차로로 주행하던 차량이 본선으로 진입하기 위해서는, 본선으로
주행하는 차량에 지장을 주지 않도록 본선에 설계속도만큼 가속한 후 진입
하여야 하므로 이에 필요한 길이만큼 오르막 차로에 이어 연장할 필요가
있다. 이에 대하여 검토해 보면, 오르막 차로의 종점 부근에서 본선의 설계
속도보다 20km/hr 낮은 만큼 가속된 연장이므로 추가할 연장은 본선과

오르막 차로 종점간의 속도 차이인 20km/hr 만큼 가속하는 길이일 것이다. 4차선 이상인 고속도로나 국도등의 확장 신설인 경우에는 다차로이므로 오르막 차로가 필요없는 경우가 많고, 실제 오르막 차로를 설치하는 경우는 양방향 2차로이며, 이 도로는 비교적 저급 도로로서 설계속도가 대부분이 60km/hr 이하이다. 이런 경우, 본선 설계속도 60km/hr, 접근로 설계속도 40km/hr에 해당되므로 별도의 가속차로가 필요없을 것으로 생각되며 (도로의 구조·시설 기준에 관한 규칙 제34조 3항) 대신 테이퍼의 변이율을 가능한 한 완화(최대 1/30) 접속시키면 될 것이다.

테이퍼의 길이 $3.25 \times 30 = 97.5\text{m} > \text{규정 } 60\text{m}$

표4.2 및 표4.3은 도로의 구조·시설기준에 관한 규칙에서 정한 가속차로 및 테이퍼의 길이에 관한 기준이다.

표4.2 가속차로 길이

본선설계속도(km/hr)			120	110	100	90	80	70	60
연결로 설계속도 (킬로미터 /시간)	80	변이구간 을 제외한 가속차로의 최소길이 (미터)	245	120	55	-	-	-	-
	70		335	210	145	50	-	-	-
	60		400	285	220	130	55	-	-
	50		445	330	265	175	100	50	-
	40		470	360	300	210	135	85	-
	30		500	390	330	240	165	110	70

표4.3 테이퍼 길이

본선설계속도 (킬로미터/시간)	120	110	100	90	80	60	50	40
변이구간의 최소길이(미터)	90	80	70	70	60	60	60	60

본 예제에서는 본선설계속도 70km/hr, 접근로 설계속도 50km/hr 이므로 가속차로 길이는 50m 이상, 테이퍼 길이는 60m 이상이다.

4.3 수계산에 의한 검증

4.3.1 서비스수준 분석

2차로도로이므로 대상도로의 유형을 결정해야 한다. 설계속도가 70km/h 이므로 도로유형 II에 해당된다.

첨두시간 환산 교통량은 식 (3)으로부터,

$$V_p = \frac{1,500}{0.92 \times 0.65} = 2,508 \text{ 대/h} \quad \text{이 된다.}$$

여기서, 첨두시간 계수는 (표 2.7)에 의해 0.93이며, 승용차 환산계수는 (표 2.8)에 의해 3.8이다.

$$f_{HV} = \frac{1}{1 + 0.19(3.8 - 1)} = 0.65 \quad (\text{식 (4)})$$

첨두시간 환산 교통량은 2,508대/h이고, 방향별 분포가 큰 값이 60%이므로 일방향 첨두시간 환산 교통량은 1,505대/h가 된다. 일방향 교통량이 용량 값 1,700대/h를 초과하지 않고 양방향 3,200대/h를 초과하지 않으므로 분석 절차를 진행한다.

이상적인 조건에서의 총지체율은 도로유형 II에 대한 식 (6)으로부터 $TDR_{II} = 0.0155 \times 2,508 = 38.8\%$ 이 되고, 총지체율은 식 (7)에 의해서 $TDR = 38.8 \times 1.06 \times 1.10 = 45.24\%$ 가 된다.

여기서, f_{dw} 는 표 2.9로부터 1.06, f_{dp} 는 표 2.11로부터 1.10이다.

그러므로, 대상도로의 서비스수준은 표 2.5로부터 E임을 알 수 있다. 서비스수준 E는 방향조작과 속도선택의 자유가 거의 없는 상태로써, 교통량이 조금만 많아지거나 교통류에 작은 혼란이 발생하면 곧 교통와해가 일어나기 때문에 오르막차로의 설치가 필요한 것으로 판단된다.

4.3.2 오르막차로 설계

오르막차로의 설계는 속도-경사도에 의해 그림 4.6과 같이 진행된다. 진입속도가 70km/h이므로 속도 70km/h와 경사 6%가 만나는 위치인 0.15km가 경사구간의 시점이다. 속도가 20km/h 이하로 저하되는 지점이 오르막차로 설치 시점이므로 50km/h와 경사 6%가 만나는 위치인 0.44km가 시점이 되는데 경사구간의 시점부터 0.29km(0.44-0.15km)가 되는 지점이다. 6% 경사에 대한 경사길이 0.8km(0.95km) 동안 계속 감속주행하여, 주행속도는 37km/h까지 감소한다. 경사구간이 끝나면서 경사 0인 지점부터 가속주행을 하면서 주행속도 50km/h를 회복하게 되는 거리 0.04km(0.09-0.05km)를 더해주면 오르막차로 종점부의 위치가 된다.

그러므로, 오르막차로 시점부는 0+290이고, 종점부는 0+840이다.

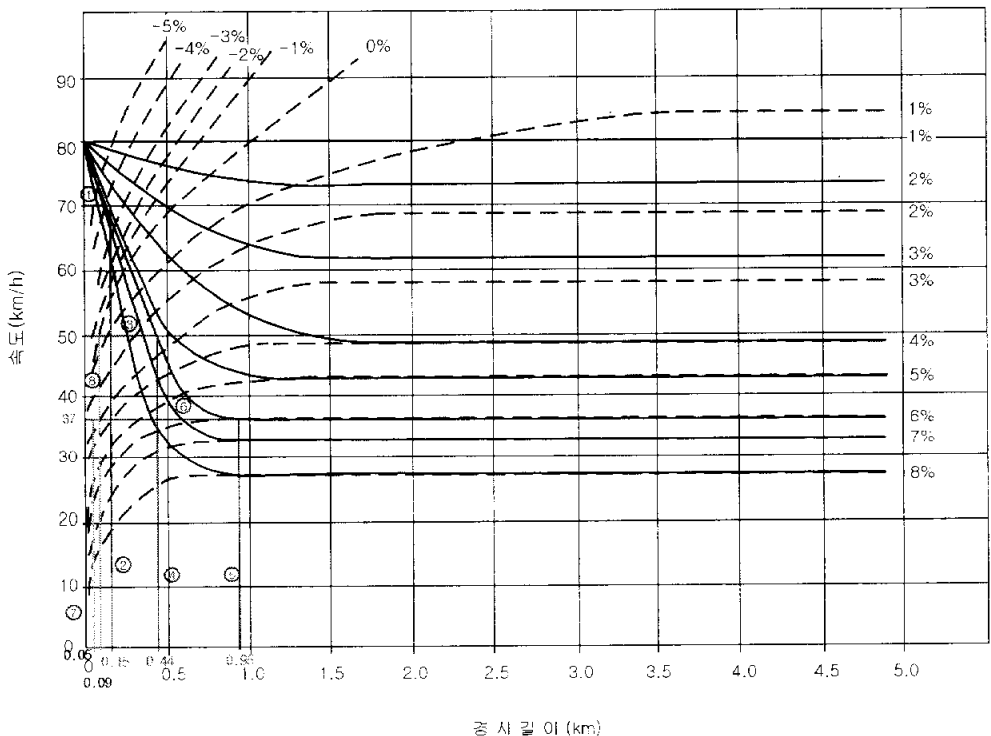


그림 4.6 오르막차로 설치 과정

표 4.4는 개발된 프로그램에 적용된 결과와 수계산에 의해 계산된 결과를 보여주고 있다.

표 4.4 프로그램 적용 결과와 수계산 결과 비교

구 분	프로그램 적용 결과	수계산에 의한 결과
침두시간 환산 교통량(대/h)	2,508	2,508
이상적인 조건에서의 지체율(%)	38.8	38.8
f_{dw}	1.06	1.06
$f_{dl} P$	1.10	1.10
총지체율(%)	45.2	45.2
서비스수준	E	E
오르막차로 시점	0+289	0+290
오르막차로 종점	0+844	0+840

표 4.4에서 서비스수준 분석 진행과정에서는 프로그램 적용 결과와 수계산에 의한 결과가 같은 값을 알 수 있다. 그러나 오르막차로 시점에서는 1m, 종점에서는 4m의 차이가 있는 것을 알 수 있다. 오르막차로 위치에서 차이가 나는 이유는 수치화된 값이 아닌 도식화된 그래프로부터 값을 구하는 것이기 때문에 개개인의 주관적인 관점에 의한 차이로 판단된다.

4.3.3 오르막차로 제원의 확정

도로설계에서는 일반적으로 측점을 20m 단위로 하는 점을 감안하여 다음과 같이 오르막차로의 제원을 확정할 수 있다.

- 오르막차로 폭 : 3.25m
- 길어깨 폭 : 1m
- 진입테이퍼 시점 : 0+220 (테이퍼의 변이율 1/15~1/25, **1/18**)
- 오르막차로 시점 : 0+280
- 오르막차로 종점 : 0+840
- 가속차로 종점 : 0+900
- 진출테이퍼 종점 : 0+980 (테이퍼의 변이율 1/20~1/30, **1/25**)

4.4 오르막차로 구간의 시각화

그림 4.7은 프로그램상에서 도로조건과 교통조건을 만족하는 대상도로를 선정하여 그에 따른 수치지형도를 입력한 후, 오르막차로의 제원 (시점부·종점부 위치와 경사, 오르막차로 구간의 연장과 폭)을 적용하여 나타난 오르막차로 구간의 프로그램 결과화면을 보여주고 있다.

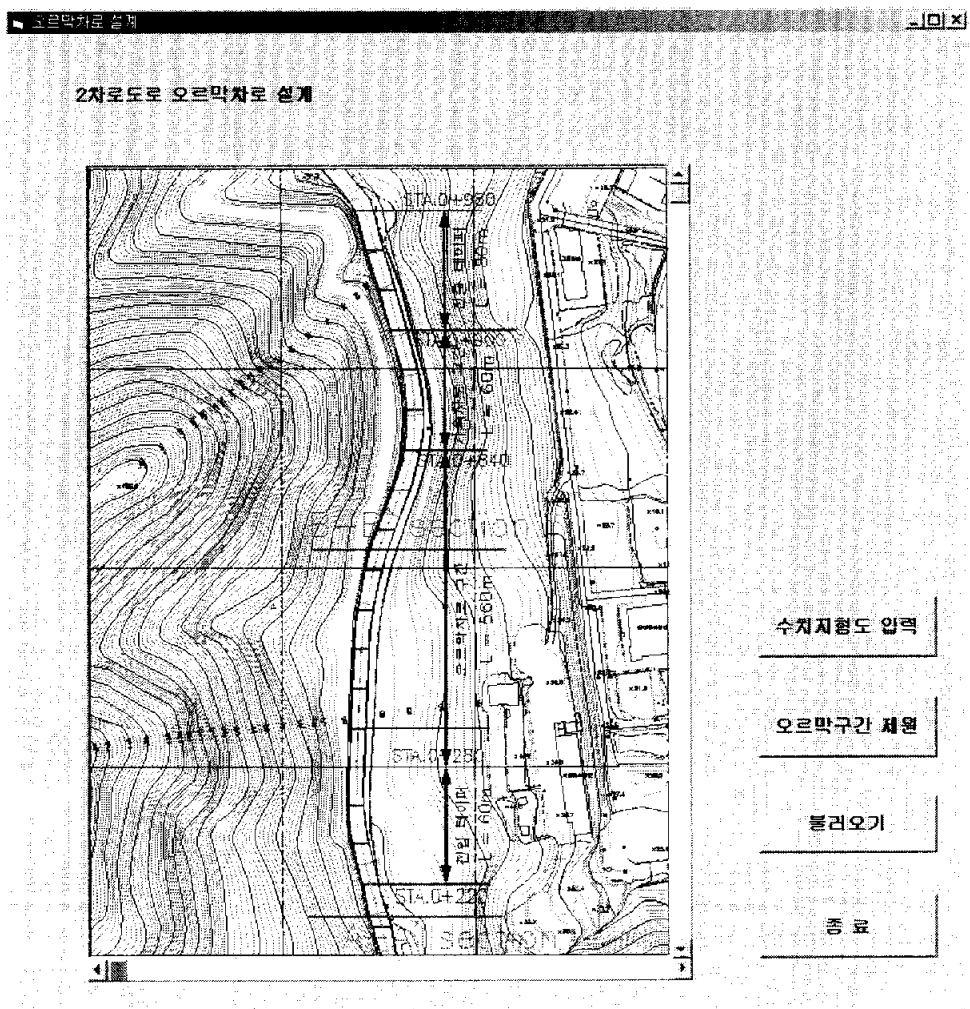


그림 4.7 시각화한 수지도형 결과화면

그림 4.8은 대상도로의 오르막차로 구간을 확대시킨 모습을 나타내고 있다. 이는 초기에 입력한 오르막차로의 제원 (2차로도로의 폭과 오르막 구간의 폭, 시점부·종점부 테이퍼 길이, 경사)에 따라 시각화하여 나타난 화면이며, 구간별로 확대·축소하여 수치지형도상의 오르막구간을 명확히 나타나게 하였다.

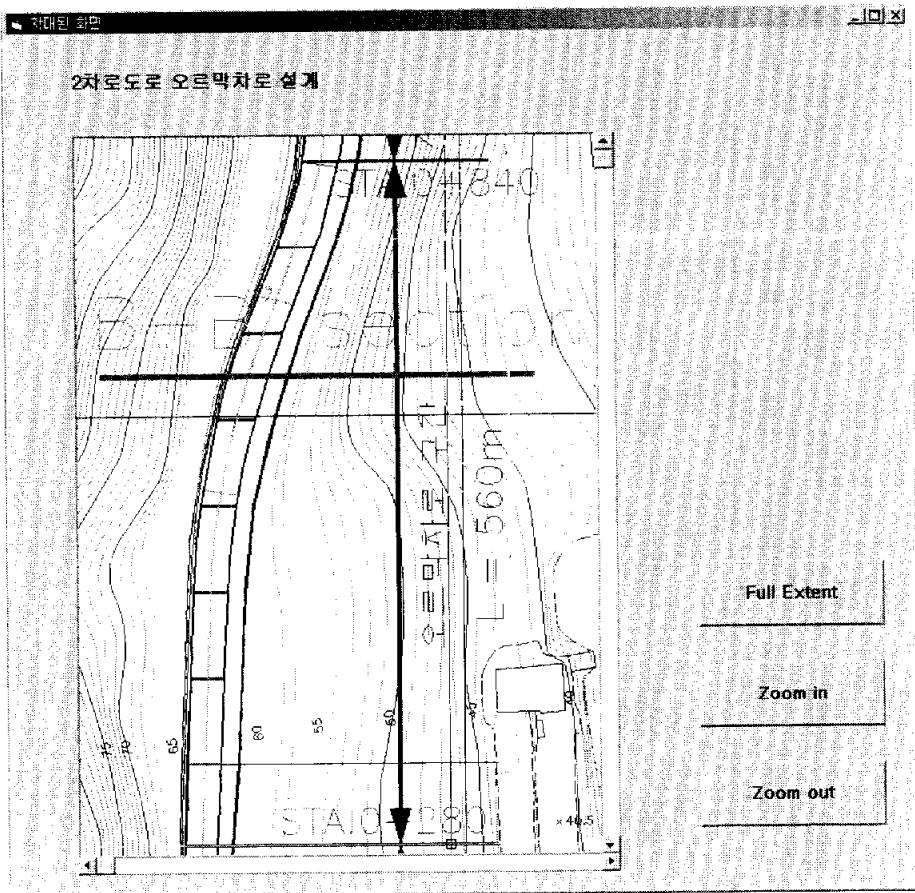


그림 4.8 확대된 오르막차로 구간의 결과화면

그림 4.9은 오르막차로 구간 시점부 이전의 횡단도면과 오르막차로 구간
의 횡단도면을 비교하여 나타낸 결과 화면이다. 이는 오르막차로의 설치에
있어서 물량산출에 관한 정보를 제공한다.

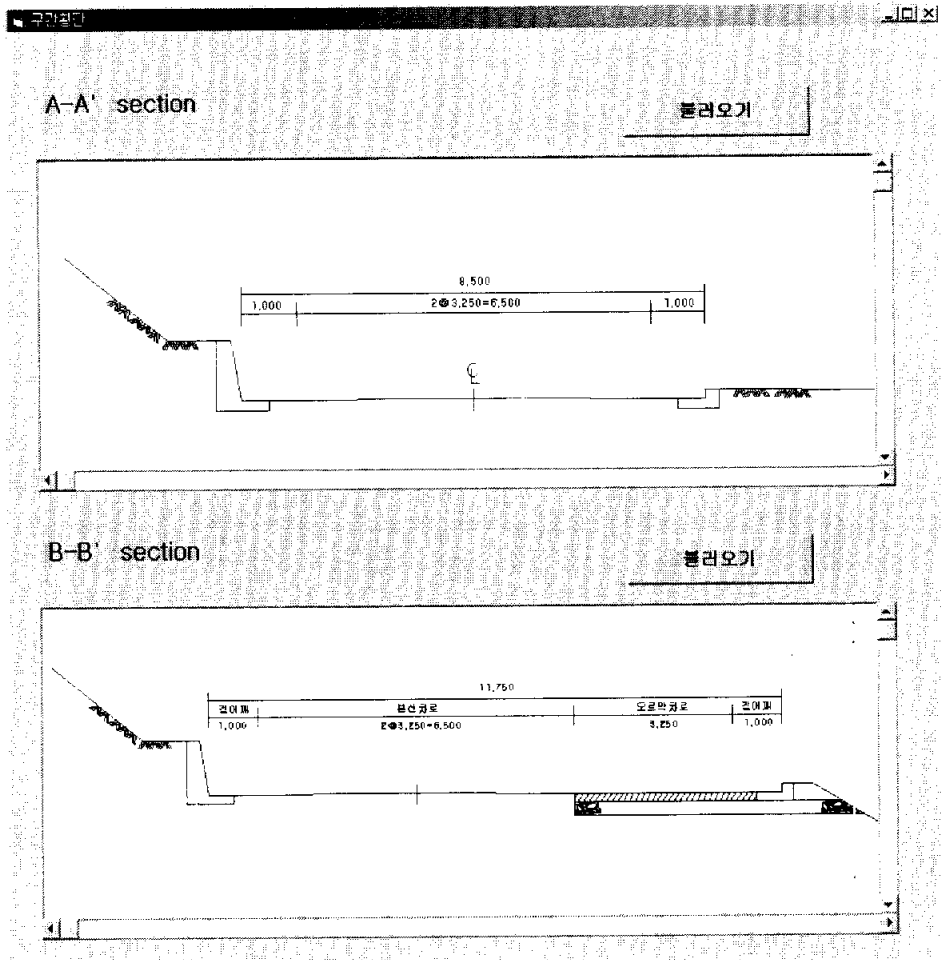


그림 4.9 오르막 차로의 구간횡단 화면

5. 결 론

지금까지 도면형식으로 작성되고 관리되어 왔던 도로대장이 본격적으로 수치지도화되고 있고, 오르막차로 설계 시에도 종전에는 수계산으로 하여 왔으나 최근에는 전산으로 처리할 수 있는 프로그램이 개발되었다. 또한 오르막차로를 설계함에 있어서 지금까지는 오르막차로 종점에서 속도가 20km/hr 차이가 나는데도 테이퍼로서만 직결함으로써 본선차량의 흐름에 지장을 주고 위험요소가 잠재해 있었다.

본 연구에서는 수치지도화된 도로대장과 오르막차로 설계의 전산 프로그램을 접목시켜 그래픽 함과 동시에 축척을 필요에 따라 조절·출력할 수 있도록 프로그램을 개발하여 대상도로의 검증을 통하여 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1. 도로설계에 있어서 설계조건을 입력변수로 하여 오르막차로의 세부설계를 자동화 할 수 있는 프로그램을 개발하였다.
2. 설계속도 60km/hr 이하인 도로에서는 테이퍼의 변이율을 완화(1/30 정도)하여 접속시키면 문제가 없겠으나, 설계속도가 60km/hr를 초과할 때에는 규정에 맞는 가속차로를 두어야만 원활한 흐름이 될 것이다.
3. 출력된 도면과 현지답사를 통해 시공가능여부를 즉시 판단할 수 있고, 불가능할 시에는 테이퍼 접속변이율 조정, 길어깨폭의 조정, 본선중심선의 이동, 선형변경 등을 통해 새로운 대안을 빠른 시간 내에 도출할 수 있다.
4. 지금까지의 설계방법은 도면이 거의 완료된 상태에 이르러 현지검토 및 설치가능여부를 판단할 수 있었으며 또한 이를 몇 번씩 반복하여야만 함으로써 설계기간과 비용이 많이 소요되었으나 본 연구결과에 의해 간단히 출력된 설계와 도면을 이용함으로써 설계기간과 비용을 획기적으로 줄일 수 있을 것으로 기대된다.

참고문헌

1. 건설교통부, “도로의 구조·시설기준에 관한 규칙 해설 및 지침”, 기문당, 2000
2. 대한교통학회, “도로용량편람”, 대한교통학회, 2001.
3. 건설부, “도로구조령”, 건설부, 1965.
4. 건설부, “도로구조·시설기준에 관한 규정”, 건설부, 1990.
5. 박창호, 윤항묵, 전경수, “대형차의 승용차 환산계수의 산정을 위한 해석적 연구”, 대한교통학회지, 제8권, 제2호, pp. 99~107, 1990.
6. 황영도, “도로의 기하구조설계의 일관성에 대한 연구”, 도시행정대학원 석사학위논문, 서울시립대학교, 1992.
7. 유경수, 장명순, “오르막차로 설치기준 및 운영방안 평가”, 대한교통학회지, 제12권, 제1호, pp. 151~172, 1994.
8. 유경수, 장명순, 서영찬, 박재범, “한국형 트럭 성능 곡선 개발 연구”, 대한교통학회지, 제15권, 제4호, pp. 21~34, 1997.
9. 김종표, “합류특성에 의한 오르막차로 설계기준 연구”, 한양대학교, 대학원, 1999.
10. 권오철, “오르막차로 종점부 교통류 합류특성 및 설계기준에 관한 연구”, 도시계획학 석사학위논문, 한양대학교, 1998.
11. 장상녹, “우리나라 양방향 2차로 도로의 승용차환산계수 결정에 관한 연구”, 석사학위논문, 서울시립대학교, 1999.
12. 이동민, “2차로도로의 새로운 서비스수준분석척도의 개발에 관한 연구”, 석사학위논문, 서울시립대학교, 2000.
13. 최재성, 김영록, “우리나라 일반국도의 화물차 성능 곡선 산출식 정립”, 대한교통학회지, 제19권, 제6호, pp. 119~129, 2001.
14. 한대철, “다차로도로 평지구간의 차종별 승용차환산계수 산정에 관한 연구”, 석사학위논문, 한양대학교, 2001.

15. 박달식, “일반국도 다차로도로 차로별 교통류특성 및 용량산정에 관한 연구”, 석사학위논문, 한양대학교, 2002.
16. 강상민, “도로의 오르막차로 진출 프로그램 개발”, 석사학위논문, 부경대학교, 2004.
17. Willey, William. E., “Uphill Truck Speeds”, Roads and Streets, pp. 52~54, 63, 68, 1949.
18. Huff, T. S., Scrivner, F. H., “Simplified Climbing Lane Design Theory and Road Test Results”, Highway Research Board Bulletin No. 104, 1955.
19. A. D. St. John, D. R. Kobett, “Grade effects on Traffic Flow Stability and Capacity”, National Cooperative Highway Research Program report 185, 1978.
20. W. S. Homburger, “An Analysis of Safety at the Terminals of Climbing Lanes on Two-Lane Highways”, FHWA, 1986.
21. Guell, D. L., Virkler, M. R., “Capacity Analysis of Two-Lane Highways”, Transportation Research Record 1194, Transportation Research Board.
22. Morral, J. F., Werner, A., “Mesuring Level of service for two lane rural highways”, Canadian Journal of Civil Engineering, pp. 385~398, 1982.
23. M. Firestine, W. Hughes, R.V. Demaree, “New Methods for Determining Requirements for Truck-Climbing Lanes”, FHWA, 1989.
24. Morral, J. F., Werner, A., “Measuring Level of Service of Two-Lane Highways by Overtaking”, Transportation Research Record 1287, Transportation Research Board.
25. A. D. St. John., D. W. Harwood, “Safety Considerations for Truck

- Climbing Lanes on Rural Highway". TRR 1303, TRB, 1990.
26. Hoban, C. J., "Alternative Level of Service Measure for Two-Lane Highways". TRR Committee on Highway Capacity and Quality of Service Two-Lane Roads Subcommittee.
 27. Adrian Ricardo Archilla, Aristides Osvaldo Fernandez De Cieza, "Truck Performance on Argentinean Highways", TRR 1555, Transportation Research Board.
 28. Yang, H., Bell, M. G. H., "Models and Algorithms for Road Network Design : A Review and Some New Developments", Transport Review 18, pp. 257~278, 1998.

감사의 글

實務를 접할 때마다 느껴온 不足感을 조금이라도 解決해 보고자 夜讀을 시작하였으나 2년이라는 期間은 너무나 짧았습니다. 처음 생각하였던 대로 전혀 되지 못하고, 이렇게 형편없는 內容을 論文이라는 이름으로 提出한다는 것에 대하여 저 자신에게 화가 나기도 하는 한편, 너무나 부끄럽습니다.

그러나, 저는 여기 담긴 內容보다 나름대로는 열심히 하였다는 것으로 自慰하고자 하며, 이를 契機로 앞으로 더욱 精進하고자 覺悟를 새롭게 다져 봅니다.

먼저, 저의 晩學에 적극 指導해 주신 이종출 교수님께 感謝 올리며, 바쁘신 와중에, 저의 論文이 完成될 수 있도록 지도해주신 김상용 교수님, 김명식 교수님께 感謝 말씀 올립니다.

또한, 저의 學文 研究에 여러 가지로 觀心과 指導를 아끼지 않으셨던 손인식 교수님, 이동욱 교수님, 정두회 교수님을 비롯한 토목공학과 여러 교수님께도 깊은 感謝 말씀드립니다.

본 논문을 위해 애써주신 측량 연구실 서동주, 장호식 박사님과 노태호, 김진수, 박규열, 김성호, 강운성, 김세준 연구원들에게도 특별히 感謝 말씀드리고 싶습니다.

또한, 말없이 內助해 주신 아내에게 고맙고, 딸 松娥, 아들 亨植 이에게 아버지가 본보기가 되었는지 모르겠구나. 마지막으로 실컷 공부시키지 못해 마음 아파하시다 가신 父母님 靈前에도 얹드려 여쭙니다.

金 泰 憲 올림