

공 학 석 사 학 위 논문

도시고속도로 연결로 접속부의 속도전환계수  
평가에 관한 연구

Evaluation of Speed Conversion Factors within the Ramp Influence Areas of  
Urban Freeway

指導教授 金 殆 坤

2004年 8月

한 국 해 양 대 학 교 대 학 원

토 목 환 경 공 학 과 權 純 凡

本 論 文 을 權 純 凡 의 工 學 碩 士 學 位 論 文 으 로 認 准 함

위 원 장    金 度 三    인

위    원    慶 甲 秀    인

위    원    金 殆 坤    인

2004年 8月

한 국 해 양 대 학 교 대 학 원

토 목 환 경 공 학 과 權 純 凡

# Evaluation of Speed Conversion Factors within the Ramp Influence Areas of Urban Freeway

*Soon Beom, Kwon*

*Department of Civil and Environmental Engineering,  
Graduate School, Korea Maritime University, Pusan Korea*

## Abstract

Urban freeway means the principal arterial that provides the higher levels of mobility, safety and efficiency in the movement of high-volumes of traffic at high speeds in the big city. However, most of the urban freeways don't play their roles in the mobility, safety and efficiency because they experience the severe transportation problems by the incoming or outgoing traffic on the urban freeway ramp junctions regardless of the peak periods. Thus, the purpose of this study is to investigate and analyze the speed characteristics on the urban freeway ramp junctions, construct and verify the speed conversion models, and finally clarify the relationship between the mean speeds on the urban freeway ramp junctions in the big city.

From the results of the speed characteristic analyses, construction and verification for the speed conversion models on the urban freeway ramp junctions under the study, the following conclusions were drawn ;

- i) The on-ramp flow was shown to exceed the capacity, but the off-ramp flow was

shown to be under the capacity during the peak periods,

- ii) The on-ramp speed showed a big difference during the time periods, but the off-ramp speed didn't show a big difference regardless of the time periods,
- iii) Speed conversion factors( $\alpha$ ,  $\beta$ ) in the Yule & Kendall's model were proved to be almost consistent with those of the integrated model on the ramp junctions of urban freeway. However, they were proved to be completely different from the speed conversion factors( $\alpha$ ,  $\beta$ ) in the on-ramp and off-ramp models on the ramp junctions of urban freeway, respectively,
- iv) Speed conversion factors( $\alpha$ ,  $\beta$ ) in the Yule & Kendall's model were also proved to be completely different from the speed conversion factors( $\alpha$ ,  $\beta$ ) under the stable and unstable conditions on the ramp junctions of urban freeway, respectively, and
- v) The speed conversion models were proved to be definitely classified by the ramp types(on-ramp and off-ramp) and the flow conditions(stable and unstable conditions) for a higher explanatory power in the model construction.

## 목 차

ABSTRACT .....	i
NOMENCLATURE .....	v
그림 차례 .....	vi
표 차례 .....	vii
<b>제 1 장 서론 .....</b>	<b>1</b>
1.1 연구 배경 .....	1
1.2 연구 목적 및 필요성 .....	1
1.3 연구내용 및 방법 .....	3
<b>제 2 장 이론적 고찰 .....</b>	<b>4</b>
2.1 시간평균속도 .....	4
2.2 공간평균속도 .....	4
2.3 속도전환모형 .....	5
<b>제 3 장 자료 수집 및 분석 .....</b>	<b>10</b>

3.1 조사구간의 선정 .....	10
3.2 자료의 수집 및 분석방법 .....	12
3.2.1 교통류 상태의 구분 .....	12
3.3 속도특성분석 .....	13
3.3.1 시간평균속도 .....	13
3.3.2 공간평균속도 .....	16
3.3.3 속도의 비교·분석 .....	19
<b>제 4 장 모형 구축 및 검증 .....</b>	<b>24</b>
4.1 모형 구축 .....	24
4.2 모형 검증 .....	27
<b>제 5 장 결론 및 향후 연구과제 .....</b>	<b>32</b>
<b>부    록 .....</b>	<b>34</b>
<b>참고문헌 .....</b>	<b>37</b>

## NOMENCLATURE

$C_V$	변동계수(%)
$D$	공간평균속도( $U_S$ ) 산정을 위한 구간길이(km)
$N$	관측된 차량의 총 수(veh/h)
$U_S$	공간평균속도(km/h)
$U_T$	시간평균속도(km/h)
$U_{Tu}$	단위시간 동안의 시간평균속도(km/h)
$f_i, N_u$	단위시간 동안의 차량 수(veh/15min)
$k_i$	단위시간 동안의 구간밀도(veh/km)
$k$	단위시간 동안의 구간밀도( $k_i$ )의 합(veh/km)
$q_i$	단위시간 동안의 교통량(veh/15min)
$q$	관측된 교통량의 총 수(veh/h)
$t_i$	도로구간( $D$ )을 통과하는 차량 $i$ 의 통행시간(h)
$u_i$	차량 $i$ 의 속도(km/h)
$\bar{u}_i$	단위시간 동안의 평균속도(km/h)
$\sigma_S$	공간평균속도( $U_S$ )의 표준편차(km/h)
$\sigma_T$	시간평균속도( $U_T$ )의 표준편차(km/h)
$\sigma_{Tu}$	단위시간 동안 시간평균속도( $U_{Tu}$ )의 표준편차
$\alpha$	속도전환모형에서의 회귀계수
$\beta$	속도전환모형에서의 회귀계수

## 그림 차례

<그림 3.1> 조사구간 개략도 .....	10
<그림 3.2> 조사지점 개략도 .....	11
<그림 3.3> 시간평균속도분포(합류부) .....	14
<그림 3.4> 시간평균속도분포(분류부) .....	14
<그림 3.5> 공간평균속도분포(합류부) .....	17
<그림 3.6> 공간평균속도분포(분류부) .....	17
<그림 3.7> 조사지점별 시간평균속도와 공간평균속도(합류부) .....	20
<그림 3.8> 조사지점별 시간평균속도와 공간평균속도(분류부) .....	20
<그림 3.9> 속도의 변동에 대한 시간평균속도와 공간평균속도의 관계 .....	21
<그림 4.1> 통합 모형에 대한 검증 .....	27
<그림 4.2> 합류 영향권에 대한 모형 검증 .....	28
<그림 4.3> 분류 영향권에 대한 모형 검증 .....	28
<그림 4.4> 안정류에 대한 모형 검증 .....	29
<그림 4.5> 불안정류에 대한 모형 검증 .....	29
<그림 4.6> 합류 영향권에서 안정류에 대한 모형 검증 .....	30
<그림 4.7> 합류 영향권에서 불안정류에 대한 모형 검증 .....	30
<그림 4.8> 분류 영향권에서 안정류에 대한 모형 검증 .....	31
<그림 4.7> 본선구간 대한 모형 검증 .....	31



## 표 차례

<표 3.1> 조사지점별 접속부 형태 .....	11
<표 3.2> 차중구분 및 승용차 환산계수 .....	12
<표 3.3> 조사지점별 시간평균속도(km/h) .....	15
<표 3.4> 조사지점별 공간평균속도(km/h) .....	18
<표 3.5> 시간평균속도와 공간평균속도의 분산 .....	19
<표 3.6> 교통류 상태에 따른 속도특성 .....	23
<표 4.1> 연결로 접속부 형태와 교통류 상태에 따른 회귀분석 통계량 .....	25
<표 4.2> 속도진환모형 .....	26
<표 4.3> 모형 검증 .....	27

# 제 1 장 서 론

## 1.1 연구 배경

도시고속도로(urban freeway)란 도시지역 내 자동차 전용도로로 대량의 차량통행을 신속하게 처리하기 위해 높은 설계기준이 요구되는 양방향 4차로 이상의 고속도로를 의미한다. 오늘날 급격한 경제성장과 생활수준의 향상으로 통행수요가 날로 급증하고 있는 상황 하에서 도시고속도로는 도시지역 내 인적·물적 수송에 중추적인 역할을 담당하고 있다.

그러나 대부분의 도시고속도로는 용량을 초과하여 이용차량이 집중함으로써 교통체증이 발생하고 있고, 더구나 교통시설의 불합리한 설계와 비효율적인 운영 등으로 인하여 시간대에 관계없이 극심한 교통체증을 겪고 있으며, 특히 출퇴근시간대에 집중하는 차량으로 인해 본선(mainline section)과 연결로(ramp)의 접속부에서 교통체증이 더욱 심화되고 있는 상황이다.

따라서 이러한 도시고속도로의 교통문제를 해결하기 위해서는 새로운 도시고속도로의 건설과 함께 지속적인 도로시설의 확충도 필요하겠지만, 기존 도시고속도로의 교통특성에 대한 보다 신뢰성 있는 분석을 통하여 도시고속도로의 교통관리체계를 구축하는 것이 더욱 시급한 연구과제로 대두되고 있다.

## 1.2 연구 목적 및 필요성

일반적으로 도시고속도로에서 차량은 자유류 속도(free flow speed : FFS)로 높은 이동성(mobility)을 유지해야하지만, 주변 서비스도로의 부족과 이용차량의 집중으로

도시고속도로가 높은 이동성을 유지한다는 것은 결코 쉬운 일이 아니며, 특히 도시고속도로의 본선과 연결로의 접속부에서 발생하는 차량 간의 상충으로 도시고속도로의 이동성은 점점 줄어들고 있다. 이러한 도시고속도로의 이동성 문제는 도시고속도로에 대한 교통특성자료(교통량, 속도, 점유율)의 상호관계를 명확히 정립한 후에 특성분석을 실시하여 문제점을 파악하고 적절한 대안을 설정하여 시행함으로써 해결될 수 있는데, 이 중에서 속도는 도시고속도로를 운행하는 차량의 운전자에게 가장 예민하게 받아들여지는 요소이기 때문에 도로의 설계와 서비스수준(level of service, LOS) 평가의 중요한 척도가 되고 있다.

흔히 속도에는 도로의 어느 한 지점을 통과하는 차량의 지점속도인 시간평균속도(time mean speed,  $U_T$ )와 도로의 특정구간을 통행하는 차량의 구간속도인 공간평균속도(space mean speed,  $U_S$ )로 나타낼 수 있는데, 도로의 교통특성분석을 실시하기 위해서는 직접적인 구간속도의 측정이 이루어져야 하겠지만 관측상의 어려움 때문에 지점속도를 측정하여 구간속도로 전환하는 방법이 많이 사용되고 있다. 그러나 시간평균속도( $U_T$ )를 공간평균속도( $U_S$ )로 전환하는데 있어서 안정류와 불안정류가 혼재하는 연결로 접속부 영향권에서는 안정류와 불안정류의 속도에 대한 특성이 상이하기 때문에 도시고속도로에서 보다 신뢰성 있는 교통특성에 대한 연구를 수행하기 위해서 우선적으로 서론 다른 교통류 상태에서의 시간평균속도( $U_T$ )와 공간평균속도( $U_S$ )의 상호관계에 대한 연구가 수행되어야 할 것이다.

따라서 본 연구에서는 부산지역 도시고속도로 연결로 접속부 영향권 내에서 관측된 속도특성자료를 중심으로 i) 연구대상구간에 대한 속도특성을 조사하고, ii) 교통류 상태별·연결로 접속부별 기존의 시간평균속도와 공간평균속도의 관계를 상호 비교·분석하며, iii) 교통류 상태별·연결로 접속부별 속도전환모형을 구축·검증하여 최적의 속도전환계수를 평가함으로써 보다 신뢰성 있는 속도전환모형을 제시하고자 한다.

### 1.3 연구내용 및 방법

연구대상지역으로 부산지역 내 양방향 4차로(차로폭원 3.7m, 본선 제한속도 80km/h, 연결로 제한속도 50km/h) 도시고속도로의 연결로 접속부 6개 지점(합류부 3개, 분류부 3개 지점)을 선정하여 연결로 접속부 영향권 내에 설치된 검지기(NC-97)로부터 매 15분단위로 1주일동안 관측된 속도특성자료를 바탕으로 진출·입 연결로 접속부 형태에 따라 합류부와 분류부, 그리고 교통류상태에 따라 안정류와 불안정류로 구분하여 비교·분석을 실시하고, 시간평균속도와 공간평균속도간의 속도전환계수를 평가하기 위해 회귀모형을 구축·검증하였다.

본 연구에서는 속도특성자료의 비교·분석과 모형구축 및 검증을 위해 Microsoft Office XP와 SPSS(ver 10.0)가 실시간자료와 함께 사용되었다.

## 제 2 장 이론적 고찰

### 2.1 시간평균속도

시간평균속도( $U_T$ )는 차량이 도로상의 어느 한 지점을 통과하는 순간의 지점속도의 측정치를 산술평균한 속도로서 다음과 같이 정의된다.

$$U_T = \frac{\sum u_i}{N} \quad (2. 1)$$

$U_T$  : 시간평균속도(km/h)

$N$  : 관측된 차량의 총 수

$u_i$  : 차량  $i$ 의 속도(km/h)

### 2.2 공간평균속도

공간평균속도( $U_S$ )는 차량이 임의의 도로구간을 통과하는 구간속도로서 소요된 평균통행시간에 기초하여 다음과 같이 정의된다.

$$U_S = \frac{D}{\frac{1}{N} \sum t_i} \quad (2. 2)$$

$$t_i = \frac{D}{u_i} \quad (2. 3)$$

- $U_S$  : 공간평균속도(km/h)  
 $D$  : 도로구간(km)  
 $N$  : 관측된 차량의 총 수  
 $t_i$  : 도로구간( $D$ )을 통과하는 차량  $i$ 의 통행시간(h)  
 $u_i$  : 차량  $i$ 의 속도(km/h)

여기서, 공간평균속도에 관한 식 (2. 2)는 다음과 같이 속도  $u_i$ 의 조화평균으로 나타낼 수 있다.

$$\begin{aligned}
 U_S &= \frac{D}{\frac{1}{N} \sum t_i} = \frac{D}{\frac{1}{N} \sum \frac{D}{u_i}} & (2. 4) \\
 &= \frac{1}{\frac{1}{N} \sum \frac{1}{u_i}}
 \end{aligned}$$

## 2.3 속도전환모형

시간평균속도( $U_T$ )와 공간평균속도( $U_S$ )의 관계는 속도의 변화가 거의 없는 경우 별다른 차이를 보이지 않으나 신호가로나 연결로 접속부에서와 같이 지체와 서행이 반복되어 속도의 변화가 심한 경우 공간평균속도( $U_S$ )는 시간평균속도( $U_T$ )보다 낮은 값을 나타낸다.

Drake et al.(1967)은 Chicago지역의 도시고속도로에서 관측된 시간평균속도( $U_T$ )와 공간평균속도( $U_S$ )에 대한 자료를 이용하여 다음과 같은 선형 회귀방정식을 세웠다.

$$U_S = 1.026 U_T - 1.890 \quad * \quad (2. 5)$$

\* SI단위에서 3.042

식 (2. 5)에서 속도의 단위는 mile/h이며, SI단위로 전환할 때 우변의 상수항은 3.042가 사용된다. 그러나 식 (2. 5)가 사실상 높은  $R^2$ 값을 보이더라도 시간평균속도( $U_T$ )와 공간평균속도( $U_S$ )의 관계는 근본적으로 비선형의 관계가 있음을 주시할 필요가 있다. 예를 들어, 거리가 1km인 도로상의 어느 구간을 왕복하는 두 대의 차량 A와 B에 대해서 두 차량 모두 출발지에서 목적지까지 갈 때는 통행시간이 1분이 걸렸지만 돌아올 때 차량 A는 1분 30초, 차량 B는 45초가 걸린 경우를 생각해 보면 출발지에서 목적지까지의 구간에서의 시간평균속도( $U_T$ )와 공간평균속도( $U_S$ )는 모두 60km/h로 동일하다. 그러나 목적지에서 돌아오는 구간에서의 시간평균속도는 60km/h, 공간평균속도는 53.3km/h로 두 평균속도 간에 상당한 차이가 나타난다. 이 경우 식 (2. 5)는 두 평균속도간의 관계를 명확히 설명할 수 없기 때문에 시간평균속도와 공간평균속도간의 관계를 설명하기 위해서는 그 도로구간을 운행하는 차량의 속도편차가 고려되어야 한다.

Wardrop(1950)은 시간평균속도( $U_T$ )와 공간평균속도( $U_S$ )의 차이를 다음과 같은 유도과정을 통하여 두 평균속도는 공간평균속도의 분산( $\sigma_S^2$ )과 공간평균속도( $U_S$ )의 비만큼 차이가 발생한다는 사실을 보여 주었다.

시간평균속도( $U_T$ )는 도로상의 어느 한 지점에 대한 속도의 개념으로 교통량에 대하여 가중 평균한 속도로 나타낼 수 있고, 공간평균속도( $U_S$ )는 도로의 어느 구간에 대한 공간적인 개념이므로 그 도로 위를 점유하는 차량의 밀도에 대하여 가중 평균한 속도로서 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$U_T = \frac{\sum q_i \overline{u_i}}{\sum q_i} = \frac{\sum q_i \overline{u_i}}{q} \quad (2.6)$$

$\overline{u_i}$  = 단위시간 동안의 평균속도(km/h)

$q_i$  = 단위시간 동안의 교통량(veh/h)

$$\sum q_i = q_1 + q_2 + \dots = q$$

$$U_S = \frac{\sum k_i \overline{u_i}}{\sum k_i} = \frac{\sum k_i \overline{u_i}}{k} \quad (2.7)$$

$\overline{u_i}$  = 단위시간 동안의 평균속도(km/h)

$k_i$  = 단위시간 동안의 구간밀도(veh/km)

$$\sum k_i = k_1 + k_2 + \dots = k$$

여기서,  $q_i = k_i \overline{u_i}$

$$\sum q_i = \sum k_i \overline{u_i}$$

식 (2.6)과 (2.7)에서

$$\sum q_i = q, \quad \sum k_i \overline{u_i} = kU_S$$

$$q = kU_S \quad \text{이므로}$$

식 (2.6)을 다시 쓰면

$$U_T = \frac{\sum q_i \overline{u_i}}{q_i} = \frac{\sum (k_i \overline{u_i}) \overline{u_i}}{kU_S} = \frac{1}{U_S} \sum \frac{k_i}{k} \overline{u_i}^2 \quad (2.8)$$



$$\begin{aligned}
&= \frac{1}{U_S} \sum \frac{k_i}{k} [U_S + (\bar{u}_i - U_S)]^2 \\
&= \frac{1}{U_S} \left[ \sum \frac{k_i}{k} U_S^2 + \sum \frac{k_i}{k} 2U_S(\bar{u}_i - U_S) + \sum \frac{k_i}{k} (\bar{u}_i - U_S)^2 \right]
\end{aligned}$$

여기서,  $\sum \frac{k_i}{k} (\bar{u}_i - U_S) = 0$

$$\sum \frac{k_i}{k} (\bar{u}_i - U_S)^2 = \sigma_S^2 \text{ 이므로}$$

식 (2. 8)은 다음과 같이 정리된다..

$$\begin{aligned}
U_T &= \frac{1}{U_S} [U_S^2 + 0 + \sigma_S^2] \\
&= U_S + \frac{\sigma_S^2}{U_S}
\end{aligned}$$

따라서 시간평균속도( $U_T$ )와 공간평균속도( $U_S$ )의 관계는 다음과 같이 쓸 수 있다.

$$U_T = U_S + \frac{\sigma_S^2}{U_S} \quad (2. 9)$$

여기에서 식 (2. 9)는 공간평균속도( $U_S$ )와 분산( $\sigma_S^2$ )을 이용하여 시간평균속도( $U_T$ )를 구하는 식이다. 그러나 교통특성분석에 적용되는 속도는 공간평균속도( $U_S$ )로써 공간평균속도( $U_S$ )는 관측이 용이하지 않을 뿐만 아니라 공간평균속도( $U_S$ )를 다시 시간평균속도( $U_T$ )로 전환하는 경우는 거의 없으므로 실제로 관측이 용이한 시간평균속도( $U_T$ )를 이용하여 공간평균속도( $U_S$ )로 전환할 수 있는 모형이 Yule &

Kendall(1950)에 의하여 다음과 같이 제시되었다.

$$U_S \doteq U_T - \frac{\sigma_T^2}{U_T} \quad (2. 10)$$

여기서,  $\sigma_T^2 = \frac{\sum q_i (u_i - U_T)^2}{q}$

여기에서 식 (2. 10)은 산술평균속도( $U_T$ )와 공간평균속도( $U_S$ )간의 관계를 수학적  
으로 유도한 식으로 평균에 비교하여 편차가 적은 경우에 한하여 시간평균속도( $U_T$ )  
를 관측하여 공간평균속도( $U_S$ )로 전환하는데 이용되는 식이었다.

한편, 식 (2. 9)와 식(2. 10)의 관계에서 시간평균속도( $U_T$ )와 공간평균속도( $U_S$ )의  
관계는 각 평균속도에 대한 분산의 비로 다음과 같이 나타낼 수 있다.

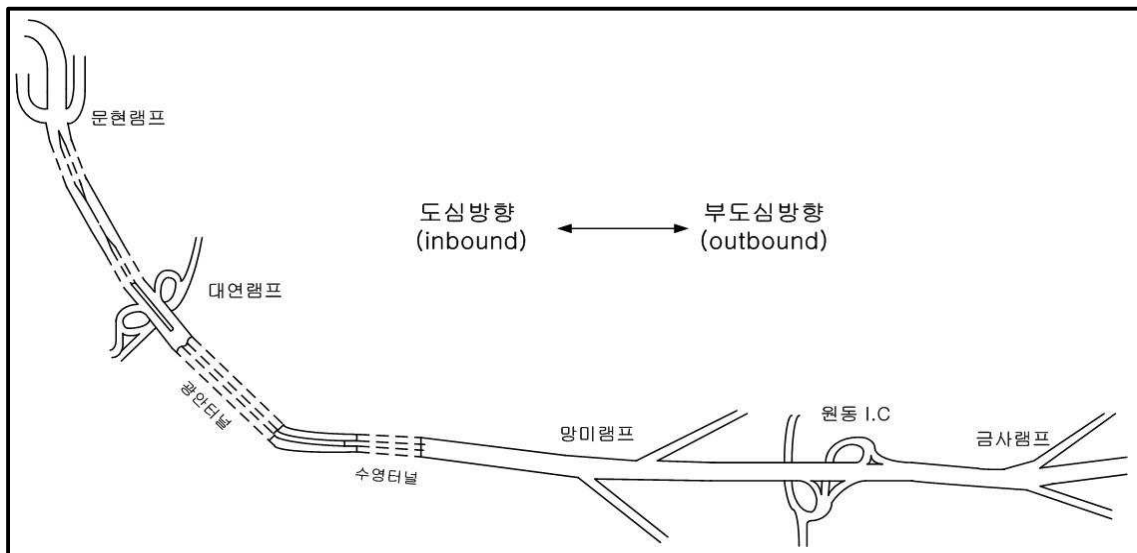
$$\frac{U_S}{U_T} \doteq \frac{\sigma_S^2}{\sigma_T^2} \quad (2. 11)$$

## 제 3 장 자료 수집 및 분석

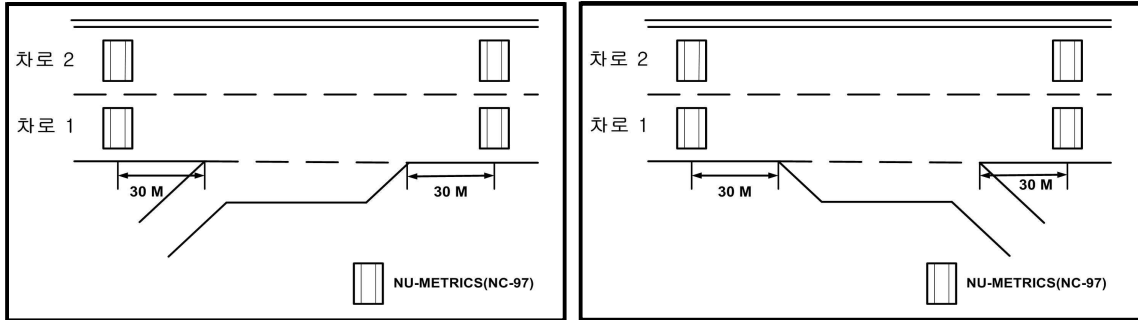
### 3.1 조사구간의 선정

본 연구의 조사대상구간으로 부산지역을 남북축으로 가로지르는 도시고속도로상의 차량이 합류 또는 분류되는 연결로부근의 합류부와 분류부를 선정하였으며 본선은 4차로 도로(제한속도 80km/h)이고 각 접속부에서 연결로(제한속도 50km/h)는 1차로로 가속차로는 평행식 형태를 취하고 있다(참조 <그림 3.1>).

특히, 도심방면의 지점 A(문현 접속부)에서 지점 C(망미 접속부)까지의 구간은 합류 영향권 범위 내에 터널이 위치하고 있어 본선에 합류하는 차량과 터널에 대한 영향으로 다른 구간에 비하여 속도 및 용량의 감소현상이 자주 발생되기 때문에 상습적인 정체로 인한 교통와해 현상이 나타나 불안정류의 관측이 용이한 지역이다.



<그림 3.1> 조사구간 개략도



<그림 3.2> 조사지점 개략도

<표 3.1> 조사지점별 접속부 형태

구분	조사지점	접속부 형태	비고
A	문현 접속부	합류	영향권 내 터널 존재
B	대연 접속부	합류	영향권 내 터널 존재
C	원동IC	합류	-
D	망미 접속부	분류	-
E	금사 접속부	분류	-
F	원동IC	분류	속도감지카메라 설치

조사 지점은 부도심방향의 합류 접속부 영향권(지점 A, 지점 B, 지점 C)과 분류 접속부 영향권(지점 D, 지점 E, 지점 F)을 선정하였으며, HCM2000, KHCM 2001의 기준에 따라 연결로 접속부 영향권을 고어부에서부터 450m 범위 내로 정의하였다. 연결로 접속부의 본선차로에 고어부와 테이퍼 끝 지점을 기준으로 30m 전·후방으로 연결로 접속차로(차로 1)와 안쪽차로(차로 2)에 검지기(NC-97)를 설치하여 교통 특성자료를 수집하였다(참조 <그림 3.2>, <표 3.1>).

## 3.2 자료의 수집 및 분석방법

본 연구대상 연결로 접속부 영향권 내 교통류 상태에 따른 속도전환모형의 구축을 위하여 각 지점에서 1주일동안 수집된 15분 단위의 교통특성 자료 중에서 차종별 교통량과 속도특성자료를 이용하였다.

교통량은 차종별로 각각 6m이하, 6m이상 12m이하, 12m이상을 기준으로 소형, 중형, 대형으로 구분하여 15분 단위로 수집되었으며, 도로용량편람(KHCM2001)의 고속도로 기본구간 평지지형기준에 따라 승용차 환산계수를 적용한 중차량 보정계수를 고려하여 1시간 교통류율을 산정하였다(참조 <표 3.2>).

<표 3.2> 차종구분 및 승용차 환산계수

차종구분	차량 길이	승용차 환산계수
소형	0 ~ 6m	1.0
중형	6m ~ 12m	1.5
대형	12m ~	2.0

### 3.2.1 교통류 상태의 구분

본 연구대상 연결로 접속부 영향권 내 교통류의 상태에 따라 속도특성이 상이하므로 교통류율에 따른 속도의 산점도를 이용하여 용량 점에서의 속도(임계속도)를 기준으로 임계속도보다 큰 경우를 안정류(stable flow)로 구분하였고, 작은 경우를 불안정류(unstable flow)로 구분하였다.

특히, 교통류의 상태에 따라 분류한 결과 합류 영향권에서는 지점 A와 지점 B에서 불안정류가 관측되었고, 분류 영향권에서는 전일 시간대에 걸쳐 자유류 속도(free flow speed : FFS)가 유지되는 것으로 관측되었다(참조 부록).

### 3.3 속도특성분석

#### 3.3.1 시간평균속도

본 연구대상구간 내 시간평균속도( $U_T$ )는 차량이 관측지점을 통과하는 순간의 지점속도를 산술평균한 속도로서 그 단위는 kilometer per hour(km/h)로 표현되며, 다음과 같이 산정되었다.

$$U_T = \frac{\sum \overline{u_i} f_i}{\sum f_i} \quad (3.1)$$

$U_T$  : 시간평균속도(km/h)

$\overline{u_i}$  : 단위시간 동안의 평균속도(km/h)

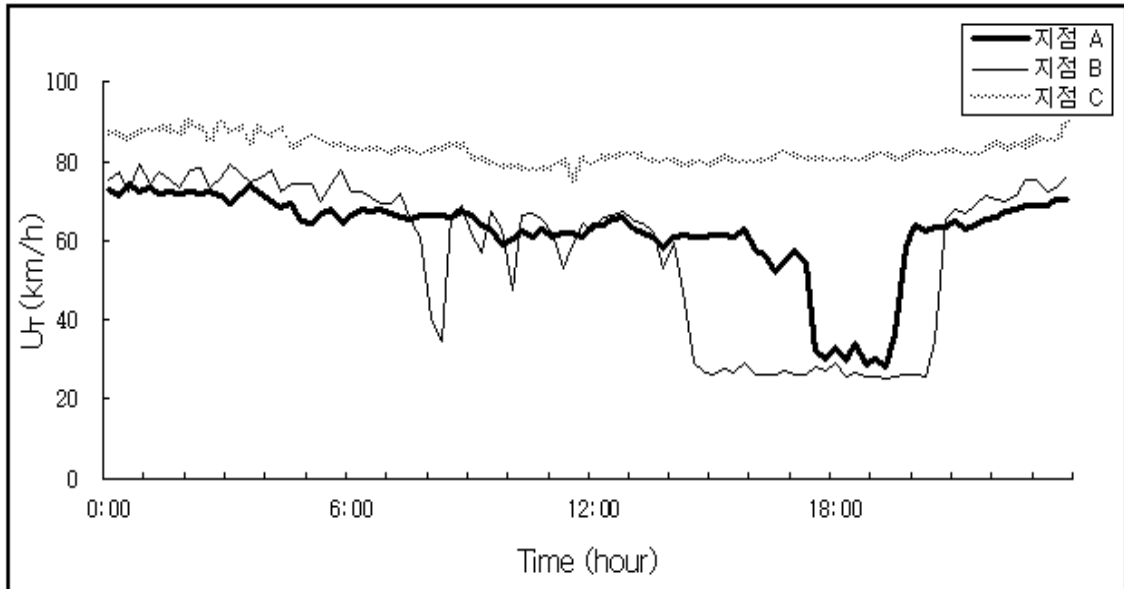
$f_i$  : 단위시간 동안의 차량 수(veh/15min)

본 연구대상 도시고속도로의 합류 영향권에서 관측된 시간평균속도( $U_T$ )의 분포를 보면 합류-후-합류형태를 취하는 지점 A와 지점 B에서 유입차량의 집중으로 인하여 시간평균속도( $U_T$ )의 급감현상을 보이고 있었다. 특히, 지점 A와 지점 B사이에서는 오전 시간대(07:00~09:00)와 오후 시간대(14:00~21:00)에 극심한 속도감소를 보였으며, 지점 C에서는 전일 시간대에 걸쳐 다소 완만한 시간평균속도( $U_T$ )분포를 보이는 것으로 나타났다.

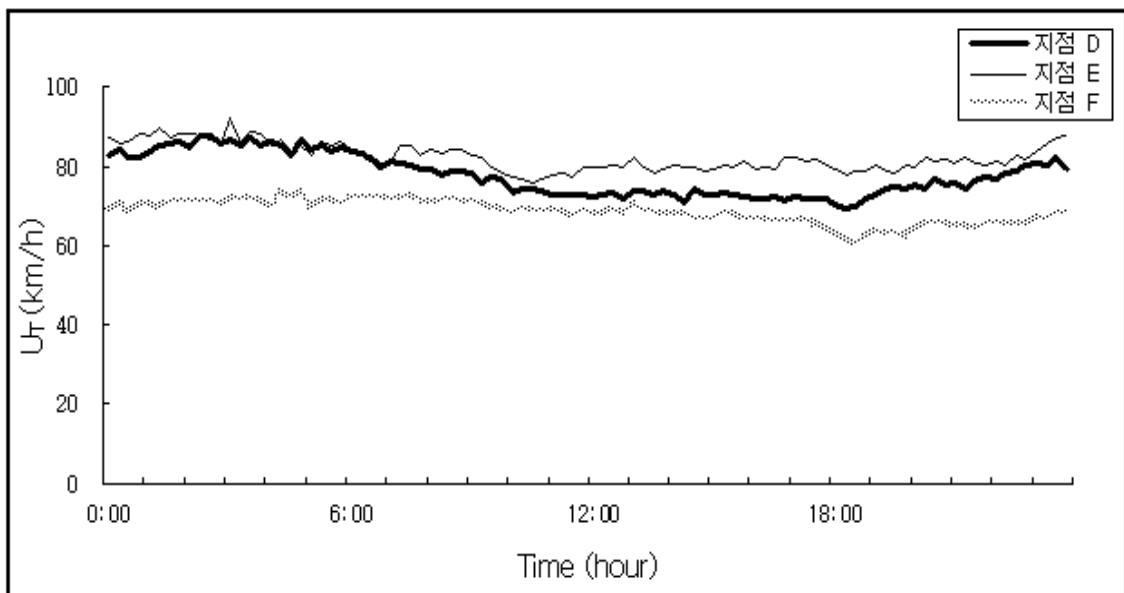
반면 분류 영향권에서는 지점 D와 지점 E에서 새벽시간대(0:00~06:00)에 다소 높은 시간평균속도( $U_T$ )분포를 보였다(참조 <그림 3.3>, <그림 3.4>).

한편, 지점 C, F에서는 분류 접속부 부근에 속도감지카메라가 설치되어 있어 속도단속의 영향으로 합류부에서 분류부보다 높은 속도를 보였으며, 용량상태에 도달

할 만큼 교통량이 집중되지 않아 전일 시간대에 걸쳐 시간평균속도( $U_T$ )분포의 변동이 적게 나타났다.



<그림 3.3> 시간평균속도분포(합류부)



<그림 3.4> 시간평균속도의 분포(분류부)

합류 영향권에서 시간평균속도( $U_T$ )는 지점 A, 지점 B 그리고 지점 C에서 각각 62km/h, 57.5km/h, 82.9km/h로 지점 B에서 가장 낮은 값을 보였으며, 지점 A와 지점 B에서 시간평균속도( $U_T$ )의 변동 폭이 큰 것으로 나타났다. 또한 가장 높은 시간평균속도( $U_T$ )를 보인 지점 C에서는 전일시간대에 걸쳐 약 80km/h의 속도를 나타냈다.

반면 분류 영향권에서 시간평균속도( $U_T$ )는 지점 D, 지점 E 그리고 지점 F에서 각각 77.7km/h, 82.2km/h, 68.8km/h로 속도단속의 영향을 받는 지점 F에서 가장 낮은 값을 보였으나 시간평균속도( $U_T$ )의 변동은 적은 것으로 나타났다(참조 <표 3.3>).

전반적으로 시간평균속도( $U_T$ )가 분류 영향권보다는 합류 영향권에서 낮게 관측되었으며, 시간평균속도( $U_T$ )의 변동 폭이 크게 나타났다. 또한 교통량이 집중되지 않아 자유류 속도가 유지되는 경우에 지점별로 시간평균속도( $U_T$ )의 변동의 폭은 합류부와 분류부 모두 적게 나타난다는 사실을 확인할 수 있었다(참조 <그림 3.3>, <그림 3.4>).

<표 3.3> 조사지점별 시간평균속도(km/h)

조사지점		평균	최대	최소
합류부	A	62.0	74.6	28.2
	B	57.5	79.2	25.2
	C	82.9	90.2	74.7
분류부	D	77.7	87.9	69.7
	E	82.2	91.9	75.6
	F	68.8	73.7	60.5



### 3.3.2 공간평균속도

본 연구대상구간 내 공간평균속도( $U_S$ )는 도로상의 어느 특정구간을 통행하는 차량의 평균통행시간에 기초한 구간속도로써 그 단위는 kilometer per hour(km/h)로 다음과 같이 산정되었다.

$$U_S = \frac{1}{\frac{1}{\sum f_i} \sum \frac{f_i}{u_i}} \quad (3. 2)$$

$U_S$  : 공간평균속도(km/h)

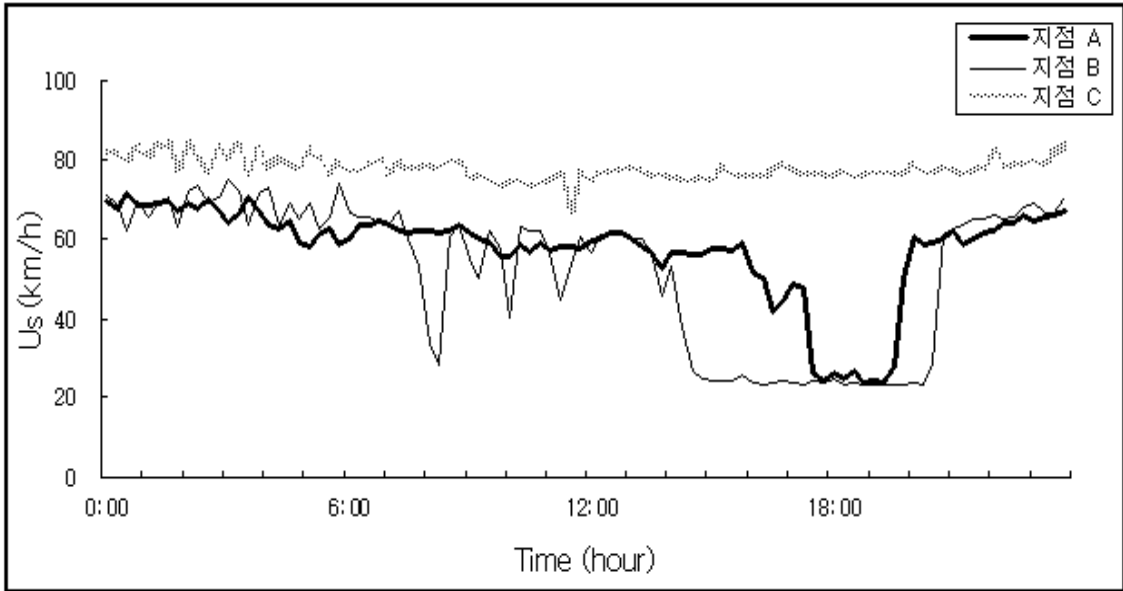
$\bar{u}_i$  : 단위시간 동안의 평균속도(km/h)

$f_i$  : 단위시간 동안의 차량 수(veh/15min)

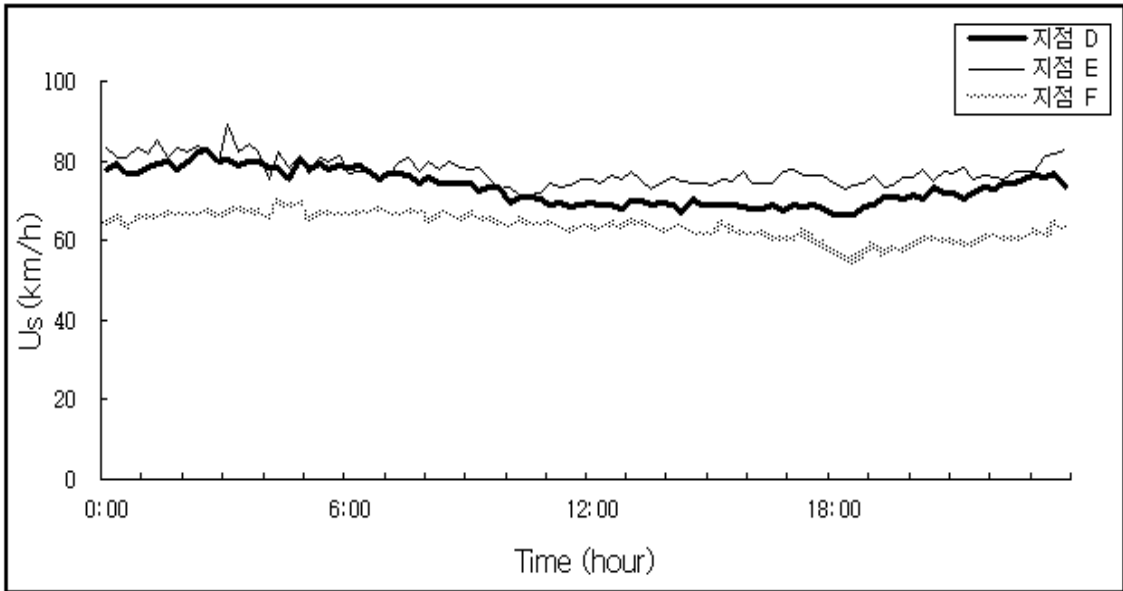
본 연구대상 도시고속도로의 합류 영향권에서 관측된 공간평균속도( $U_S$ )의 분포를 보면 시간평균속도( $U_T$ )에서의 경우와 마찬가지로 합류-후-합류형태를 취하는 지점 A와 지점 B구간에서 유입차량의 집중으로 인하여 공간평균속도( $U_S$ )의 급감을 확인할 수 있었다. 특히, 지점 A와 지점 B사이에서는 오전 출근시간대(07:00~09:00)와 오후 시간대(14:00~21:00)에 극심한 속도감소를 보였으며, 지점 C에서는 전일 시간대에 걸쳐 다소 완만한 공간평균속도( $U_S$ )분포를 보이는 것으로 나타났다.

반면 분류 영향권에서는 지점 D와 지점 E에서 새벽시간대(0:00~06:00)에 다소 높은 공간평균속도( $U_S$ )분포를 보였다(참조 <그림 3.5>, <그림 3.6>).

한편, 지점 C, F에서는 분류 접속부 부근에 속도감지카메라가 설치되어 있어 속도단속의 영향으로 분류부보다 합류부에서 높은 공간평균속도( $U_S$ )분포를 보였으며, 용량상태에 도달할 만큼 교통량이 집중되지 않아 전일 시간대에 걸쳐 공간평균속도( $U_S$ )의 분포에 변동이 적은 것으로 생각되었다.



<그림 3.5> 공간평균속도의 분포(합류부)



<그림 3.6> 공간평균속도의 분포(분류부)

합류 영향권에서 공간평균속도( $U_S$ )는 지점 A, 지점 B 그리고 지점 C에서 각각 53.4km/h, 43.4km/h, 78km/h로 지점 B에서 가장 낮은 값을 보였으며, 지점 A와 지점 B에서 공간평균속도( $U_S$ )의 변동 폭이 큰 것으로 나타났다. 또한 가장 높은 공간평균속도( $U_S$ )를 보인 지점 C에서는 전일시간대에 걸쳐 약 80km/h의 속도를 나타냈다.

반면 분류 영향권에서 공간평균속도( $U_S$ )는 지점 D, 지점 E 그리고 지점 F에서 각각 73km/h, 77.3km/h, 63.6km/h로 속도단속의 영향을 받는 지점 F에서 가장 낮은 값을 보였으나 공간평균속도( $U_S$ )의 변동은 적은 것으로 나타났다(참조 <표 3.4>).

시간평균속도( $U_T$ )의 경우와 마찬가지로 공간평균속도( $U_S$ )도 분류 영향권보다는 합류 영향권에서 낮게 관측되었으며, 공간평균속도( $U_S$ )의 변동 폭이 크게 나타났다. 또한 교통량이 집중되지 않아 자유류 속도가 유지되는 경우에 지점별로 공간평균속도( $U_S$ )의 변동의 폭은 합류부와 분류부 모두 적게 나타난다는 사실을 확인할 수 있었다.

<표 3.4> 조사지점별 공간평균속도(km/h)

조사지점		평균	최대	최소
합류부	A	53.4	71.9	23.9
	B	43.4	75.1	22.9
	C	78.0	84.1	66.9
분류부	D	73.0	82.5	66.5
	E	77.3	89.1	70.9
	F	63.6	69.9	54.7

### 3.3.3 속도의 비교 · 분석

#### 가. 시간평균속도와 공간평균속도의 비교 · 분석

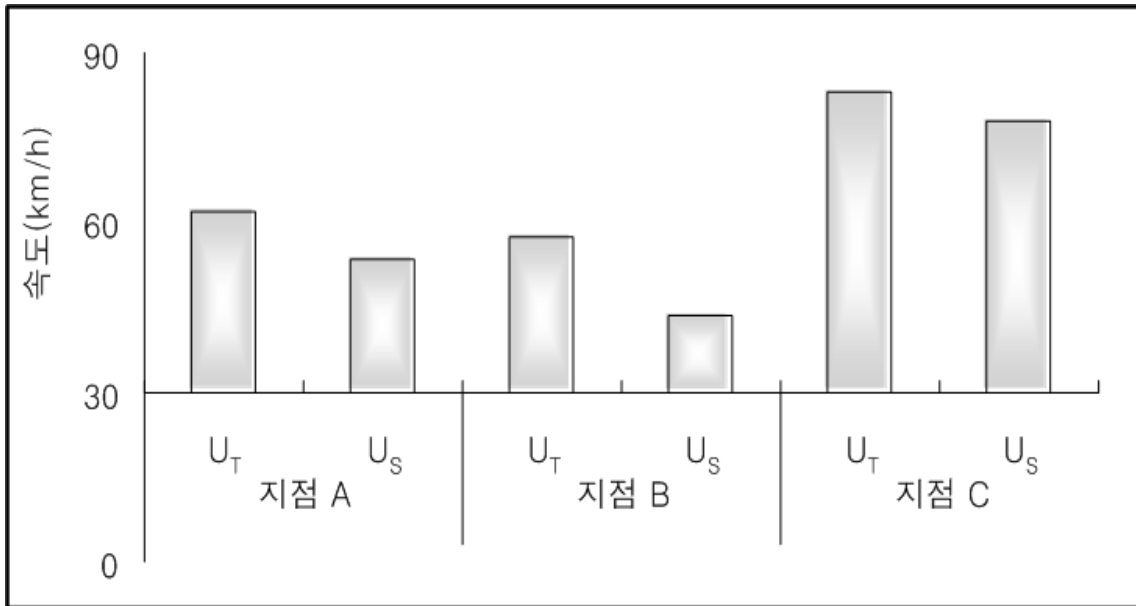
본 연구대상 도시고속도로의 합류 및 분류 영향권에서의 시간평균속도( $U_T$ )와 공간평균속도( $U_S$ )를 비교 · 분석한 결과는 다음과 같았다.

전반적으로 시간평균속도( $U_T$ )가 합류 및 분류 영향권에서 공간평균속도( $U_S$ )보다 큰 값을 보였으며, 특히, 유입차량의 집중으로 시간평균속도( $U_T$ )의 급감과 함께 변동이 큰 지점 A와 지점 B에서 시간평균속도( $U_T$ )와 공간평균속도( $U_S$ )의 차이가 비교적 크다는 것을 알 수 있었다(참조 <그림 3.7>, <그림 3.8>).

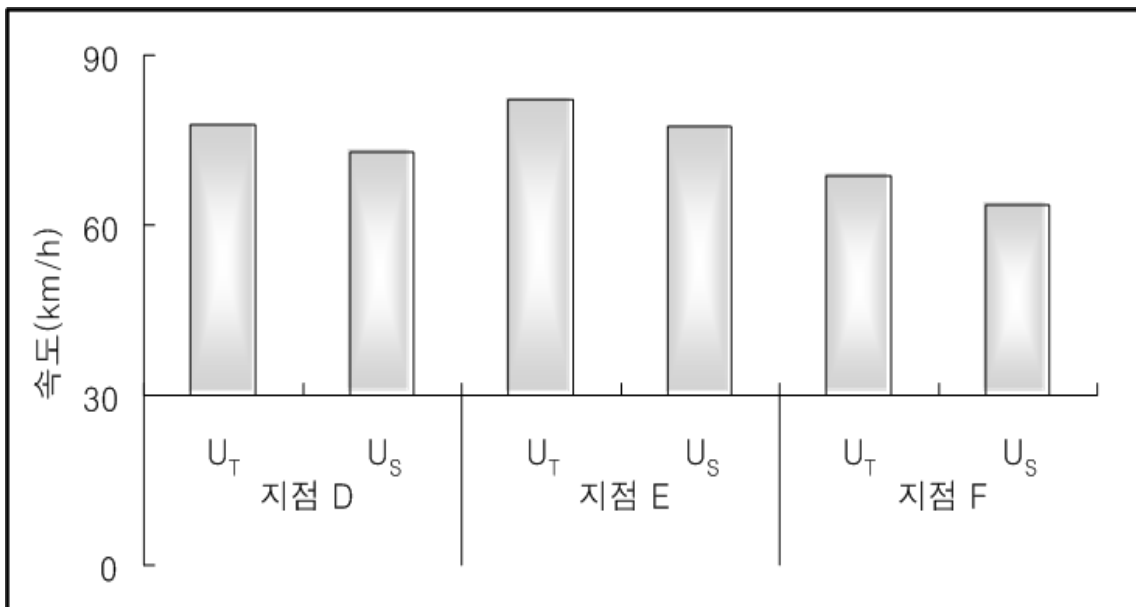
또한 각 지점별 시간평균속도( $U_T$ )와 공간평균속도( $U_S$ )의 시간대별 분산( $\sigma^2$ ) 값을 비교해 본 결과 자유류 속도가 유지되는 지점 D, 지점 E 그리고 지점 C, F에서 시간평균속도의 분산( $\sigma_T^2$ )보다 공간평균속도의 분산( $\sigma_S^2$ )이 다소 작은 값을 보였으나 시간대별 속도의 변동이 큰 지점 A와 지점 B에서는 시간평균속도의 분산( $\sigma_T^2$ )보다 공간평균속도의 분산( $\sigma_S^2$ )이 더 큰 값을 보였다(참조 <표3.5>).

<표 3.5> 시간평균속도와 공간평균속도의 분산비교

구분	합류부			분류부		
	지점 A	지점 B	지점 C	지점 D	지점 E	지점 F
$\sigma_T^2$	119.5	385.3	9.8	27.3	12.2	8.8
$\sigma_S^2$	155.3	417.8	7.7	19.3	12.0	11.0



<그림 3.7> 조사지점별 시간평균속도와 공간평균속도(합류부)



<그림 3.8> 조사지점별 시간평균속도와 공간평균속도(분류부)

한편, 속도의 변동에 대한 시간평균속도( $U_T$ )와 공간평균속도( $U_S$ )의 관계를 파악하기 위하여 수집된 속도특성자료에 대해서 다음과 같이 15분 단위시간 당 시간평균속도의 분산( $\sigma_{Tu}^2$ )을 구하고 시간평균속도( $U_T$ )와 공간평균속도( $U_S$ )의 차이를 비교해 본 결과 시간평균속도의 분산( $\sigma_{Tu}^2$ )이 커질수록 두 평균속도의 차이가 큰 값을 보였으며, 그 범위 또한 넓어지는 것을 알 수 있었다(참조 <그림 3.9>).

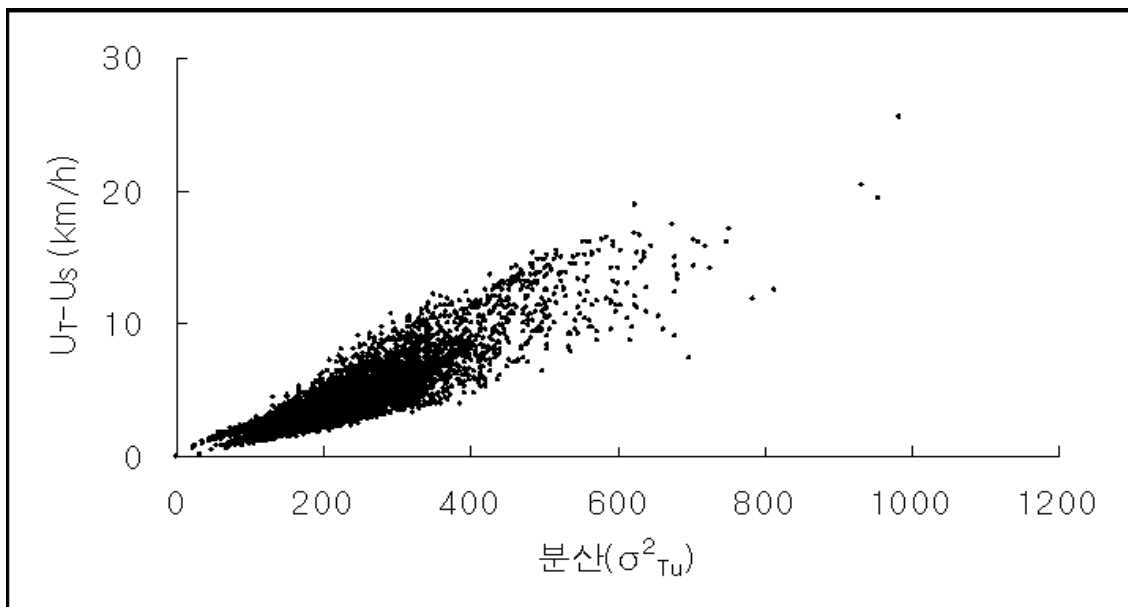
$$\sigma_{Tu}^2 = \frac{\sum (u_i - U_{Tu})^2}{N_u} \quad (3. 3)$$

$\sigma_{Tu}^2$  : 단위시간에 대한 시간평균속도 분산

$u_i$  : 단위시간 동안의 개별 차량속도(km/h)

$U_{Tu}$  : 단위시간 동안의 시간평균속도(km/h)

$N_u$  : 단위시간 동안의 차량 수(veh/15min)



<그림 3.9> 평균속도 차와 분산과의 관계

## 나. 교통류 상태에 따른 비교·분석

본 연구대상구간 내 교통류 상태에 따른 시간평균속도( $U_T$ )와 공간평균속도( $U_S$ )간의 관계를 파악하기 위하여 수집된 교통특성자료를 이용하여 안정류와 불안정류로 구분하였으며 교통류 상태에 따라 시간평균속도( $U_T$ )와 공간평균속도( $U_S$ ) 그리고 시간평균속도의 분산( $\sigma_T^2$ )을 구하고 다음과 같이 비교·분석 하였다.

안정류 상태에서 시간평균속도( $U_T$ )와 공간평균속도( $U_S$ )는 73.1km/h, 67.8km/h로 나타났고, 불안정류 상태에서 시간평균속도( $U_T$ )와 공간평균속도( $U_S$ )는 35.6km/h, 29.4km/h로 나타났다. 또한 안정류와 불안정류 상태에서 시간평균속도의 분산( $\sigma_T^2$ )은 327.6, 325.0으로 약간의 차이를 보였으나 평균속도의 차이를 고려한 변동계수( $C_V$ )를 비교할 경우 안정류에서 24.8%, 불안정류에서 50.6%로 큰 차이를 보였다.

$$C_V = \frac{\sigma_T}{U_T} \times 100 \quad (3.5)$$

$C_V$  : 변동계수(%)

$\sigma_T$  : 시간평균속도의 표준편차

$U_T$  : 시간평균속도(km/h)

여기서 Yule & Kendall(1950)이 제시한 시간평균속도( $U_T$ )와 공간평균속도( $U_S$ )의 관계에서 두 평균속도의 차이는 분산( $\sigma_T^2$ ) 대 속도( $U$ )의 비만큼 차이가 난다는 사실에 유의하여 두 평균속도를 비교해 본 결과, 안정류와 불안정류 상태에서 시간평균속도( $U_T$ )와 공간평균속도( $U_S$ )의 차이는 모두 약 6km/h로 안정류에서는 분산( $\sigma_T^2$ ) 대

속도( $U$ )의 비 보다 두 평균속도의 차이가 크게 나왔으며, 불안정류에서는 두 평균속도의 차이가 작게 나와 Yule & Kendall(1950)이 제시한 시간평균속도( $U_T$ )와 공간평균속도( $U_S$ )의 관계식에 교통류 상태에 따른 보정이 필요하다는 사실을 확인할 수 있었다(참조 <표 3. 6>).

**<표 3.6> 교통류 상태에 따른 속도특성**

교통류 상태	$U_T$	$U_S$	$\sigma_T^2$	$C_V$
안정류	73.1km/h	67.8km/h	327.6	24.8%
불안정류	35.6km/h	29.4km/h	325.0	50.6%



## 제 4 장 모형 구축 및 검증

### 4.1 모형 구축

본 연구대상 도시고속도로의 합류 및 분류 영향권 내에서 관측된 속도특성자료를 이용하여 합류 및 분류 영향권 내 교통류 상태에 따른 속도전환모형을 다음과 같이 구축하였으며, 또한 조사구간 내의 분선구간에 대한 자료를 별도로 수집하여 분선구간에 대한 속도전환모형을 구축하여 그 결과를 비교·분석하였다.

Yule & Kendall(1950)이 제시한 시간평균속도( $U_T$ )와 공간평균속도( $U_S$ )에 대한 관계식에 따라 공간평균속도( $U_S$ )를 종속변수로, 시간평균속도( $U_T$ )와 시간평균속도의 분산( $\sigma_T^2$ )을 독립변수로 이용하여 아래의 식과 같이 속도전환모형을 구축하였다.

$$U_S = \alpha U_T - \beta \frac{\sigma_T^2}{U_T} \quad (4.1)$$

$\alpha, \beta$  : 속도전환모형의 회귀계수

$U_S$  : 공간평균속도(km/h)

$U_T$  : 시간평균속도(km/h)

$\sigma_T^2$  : 시간평균속도의 분산

연결로 접속부 형태와 교통류 상태별로 구분하여 회귀분석을 실시한 결과 다음과 같은 속도전환모형이 구축되었으며, 전반적으로 결정계수( $R^2$ )값이 0.98이상으로 높은 설명력을 보였다. 특히, 교통류 상태별 회귀계수( $\alpha, \beta$ )의 값은  $\alpha$ 값이 안정류에서 1.018, 불안정류에서 0.931로 1에 근사한 값을 보였으나  $\beta$ 값은 안정류에서 1.922, 불안정류에서 0.314의 값을 보여 교통류 상태에 따라 큰 차이를 나타내었으며, 연결로 접속 형태별로는  $\alpha$ 값이 합류 영향권에서 0.974, 분류 영향권에서 1.01로 1에 근사한 값을 보였으나,  $\beta$ 값은 합류 영향권에서 0.876, 분류 영향권에서 1.631의 값을 보여 연결로 접속부 형태에 따라 역시 큰 차이를 보였다. 그리고 본선구간에서의  $\alpha$ 값은 0.983,  $\beta$ 값은 1.012를 보였으며, 전체 연결로 접속부에 대한  $\alpha$ 값이 0.984,  $\beta$ 값은 1.021로 본선구간과 연결로 접속부에서의 차이는 나지 않는 것으로 나타났다(참조 <표 4.1>, <표 4.2>).

<표 4.1> 연결로 접속 형태와 교통류 상태에 따른 회귀분석 통계량

구 분		$\alpha$	95% 신뢰구간		$\beta$	95% 신뢰구간		$R^2$
			하한 값	상한 값		하한 값	상한 값	
본선구간		0.983	0.975	0.991	1.012	0.805	1.220	0.988
연결로 접속 형태	통합	0.984	0.983	0.985	1.021	0.998	1.043	0.987
	합류부	0.974	0.972	0.975	0.876	0.845	0.907	0.987
	분류부	1.010	1.009	1.011	1.631	1.598	1.664	0.991
교통류 상태	안정류	1.018	1.017	1.019	1.922	1.898	1.946	0.987
	불안정류	0.931	0.926	0.937	0.314	0.282	0.345	0.986
합류부	안정류	1.021	1.020	1.023	2.036	2.001	2.071	0.983
	불안정류	0.931	0.926	0.937	0.314	0.282	0.345	0.986
분류부	안정류	1.010	1.009	1.011	1.631	1.598	1.664	0.991
	불안정류	-	-	-	-	-	-	-

<표 4.2> 속도전환모형

구분		모형식	$R^2$
본선구간		$U_S = 0.983U_T - 1.012\frac{\sigma_T^2}{U_T}$	0.988
연결로 접속 형태	통합	$U_S = 0.984U_T - 1.021\frac{\sigma_T^2}{U_T}$	0.987
	합류부	$U_S = 0.974U_T - 0.876\frac{\sigma_T^2}{U_T}$	0.987
	분류부	$U_S = 1.010U_T - 1.631\frac{\sigma_T^2}{U_T}$	0.991
교통류 상태	안정류	$U_S = 1.018U_T - 1.992\frac{\sigma_T^2}{U_T}$	0.987
	불안정류	$U_S = 0.931U_T - 0.314\frac{\sigma_T^2}{U_T}$	0.986
합류부	안정류	$U_S = 1.021U_T - 2.036\frac{\sigma_T^2}{U_T}$	0.983
	불안정류	$U_S = 0.931U_T - 0.314\frac{\sigma_T^2}{U_T}$	0.986
분류부	안정류	$U_S = 1.010U_T - 1.631\frac{\sigma_T^2}{U_T}$	0.991
	불안정류	-	-

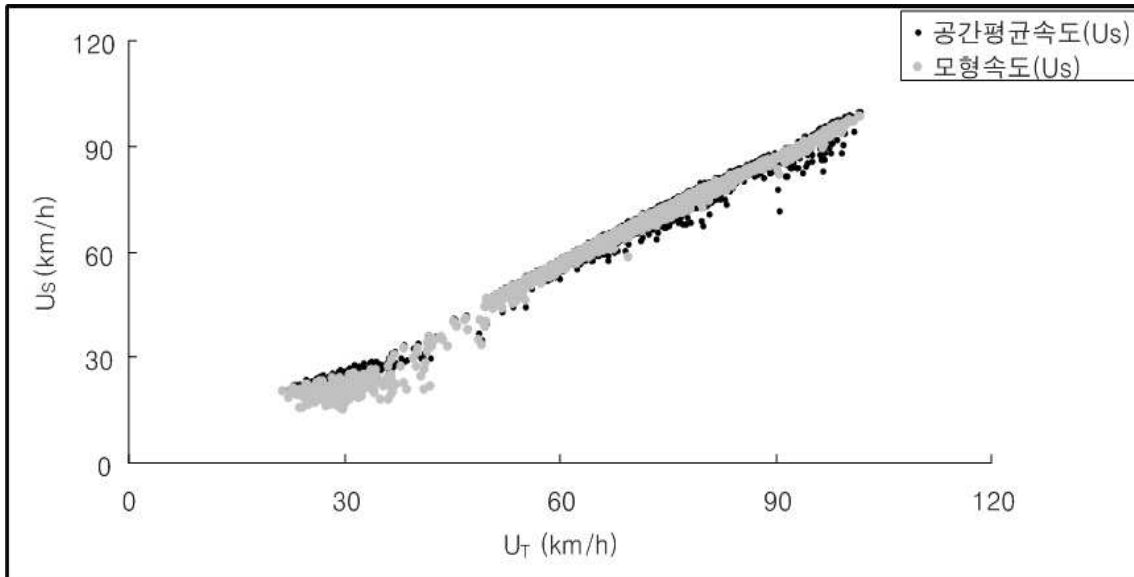
## 4.1 모형 검증

본 연구대상 도시고속도로의 합류 및 분류 영향권 내에서 구축된 속도전환모형의 검증을 위하여 모형구축에 사용되지 않은 조사지점 자료의 공간평균속도와 구축된 모형 식으로부터 산출된 공간평균속도사이에 상관관계분석을 실시한 결과, 연결로 접속부 형태별로는 합류 영향권과 분류 영향권에서 상관계수( $R$ )가 각각 0.998, 0.995로 매우 높은 설명력을 나타내었으며, 교통류 상태별로는 안정류와 불안정류에서 0.998, 0.99로 역시 매우 높은 설명력을 나타내어 모두 0.99이상의 값을 보임으로써 모형의 설명력이 매우 높은 것으로 분석되었다(참조 <표 4.3>, <그림 4.1~4.9>).

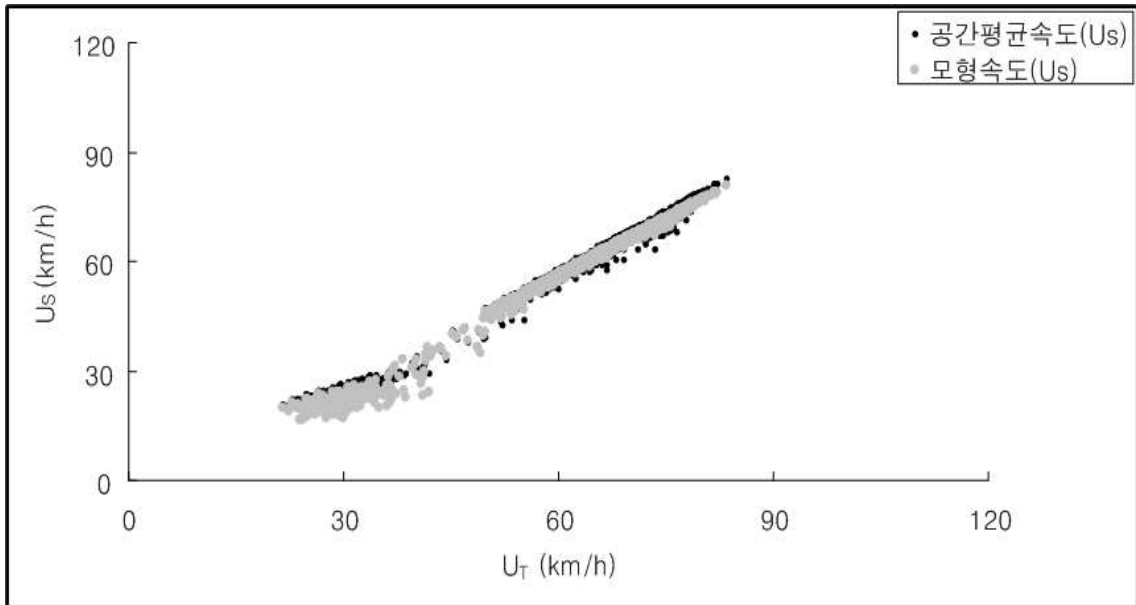
<표 4.3> 모형 검증

구분	본선 구간	통합	합류부	분류부	안정류	불안정류	합류부		분류부	
							안정류	불안정류	안정류	불안정류
$R^*$	0.999	0.997	0.998	0.995	0.998	0.990	0.998	0.990	0.995	-

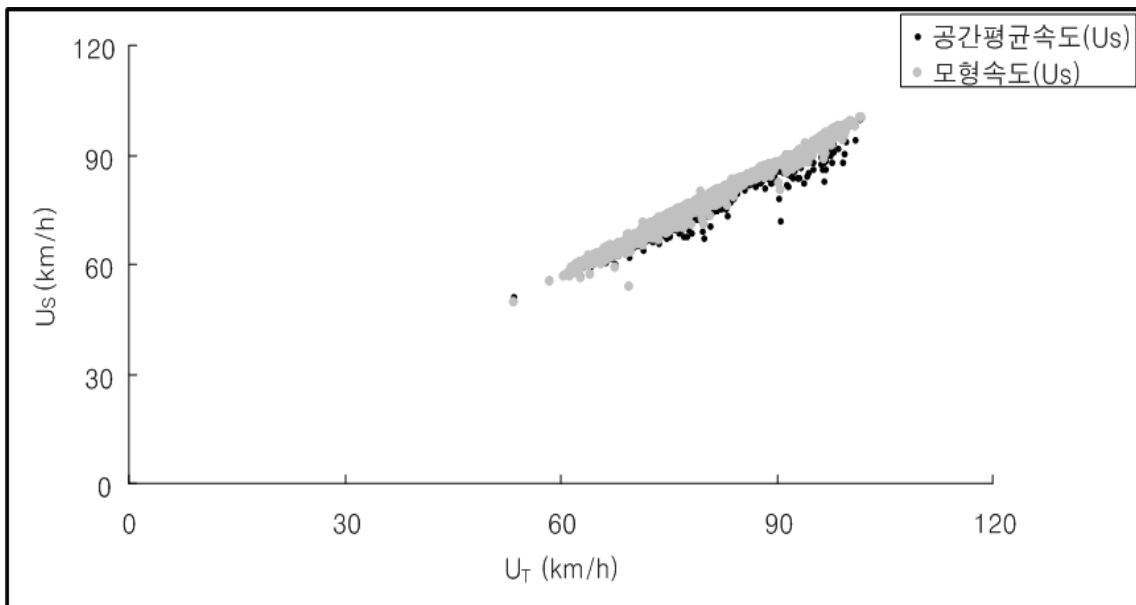
\*  $R$  : 상관계수



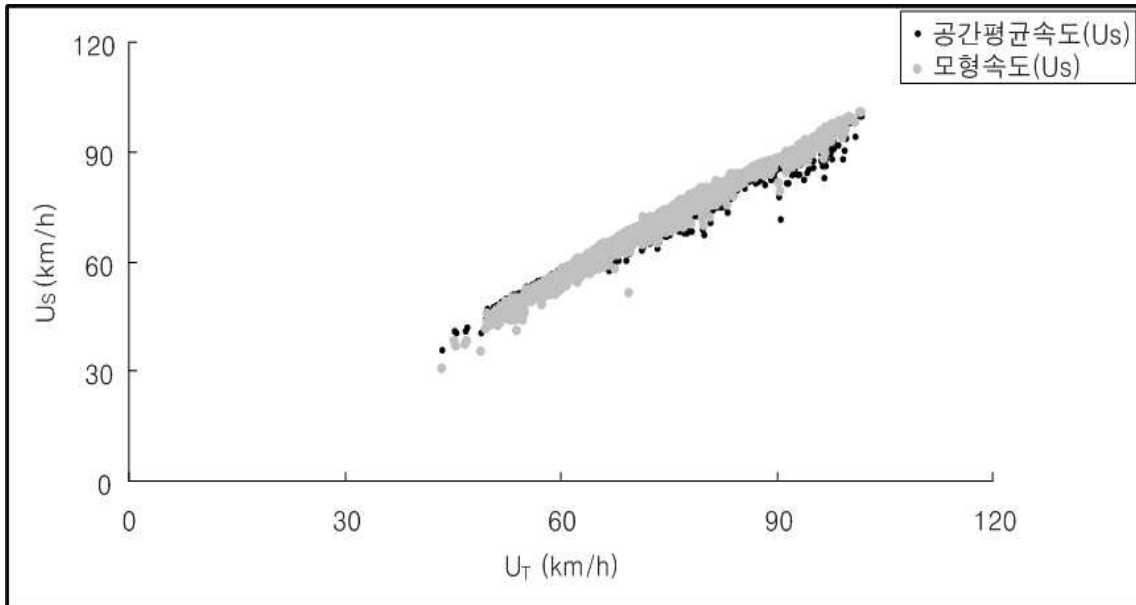
<그림 4.1> 통합 모형에 대한 검증



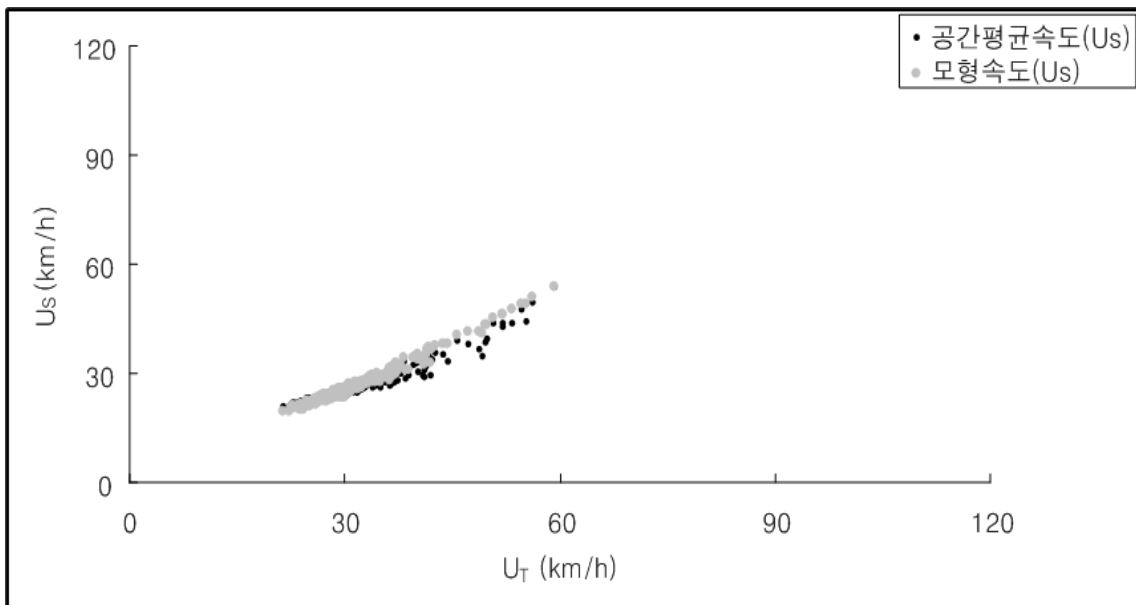
<그림 4.2> 합류 영향권에 대한 모형 검증



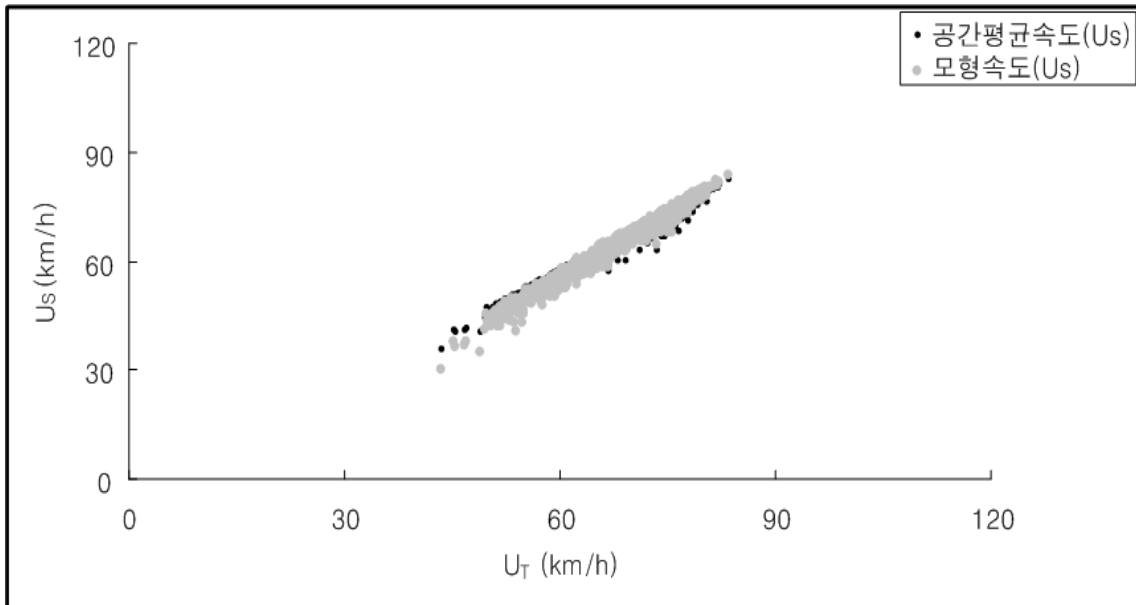
<그림 4.3> 분류 영향권에 대한 모형 검증



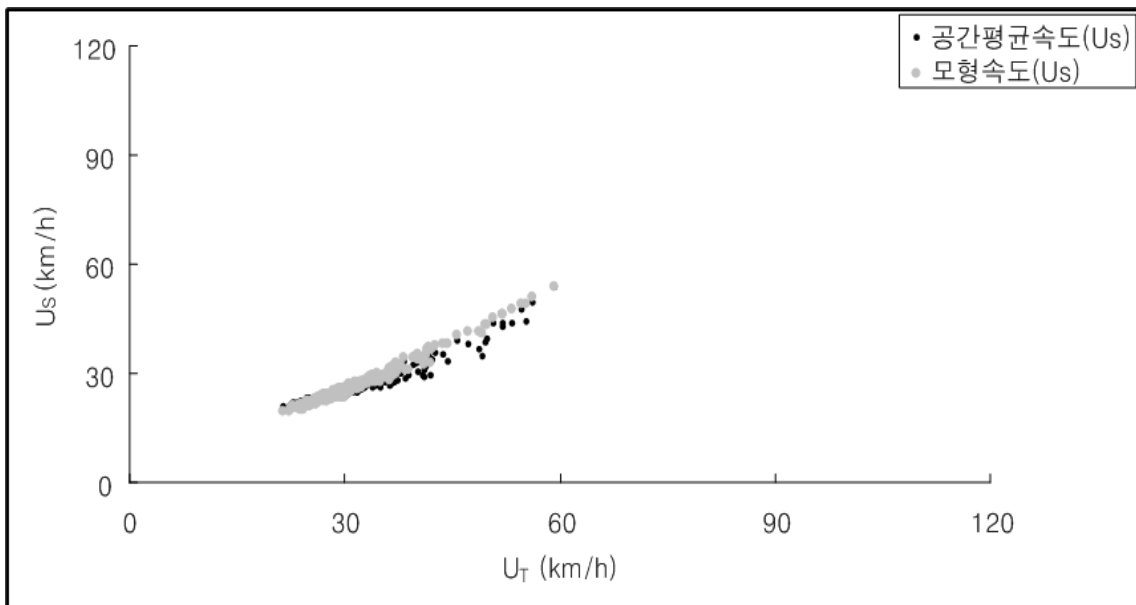
<그림 4.4> 안정류에 대한 모형 검증



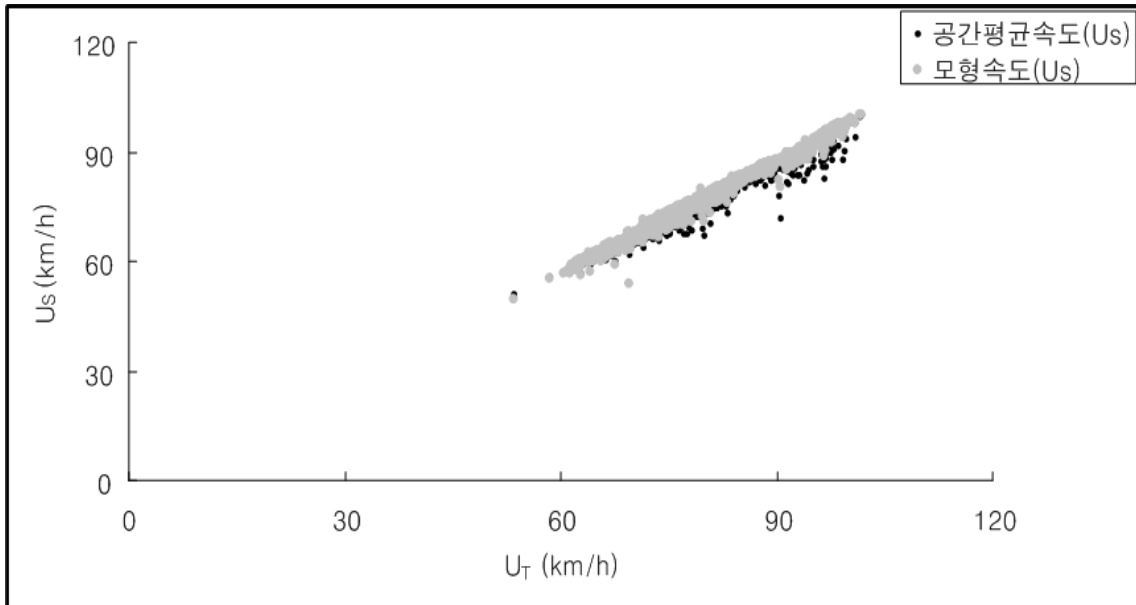
<그림 4.5> 불안정류에 대한 모형 검증



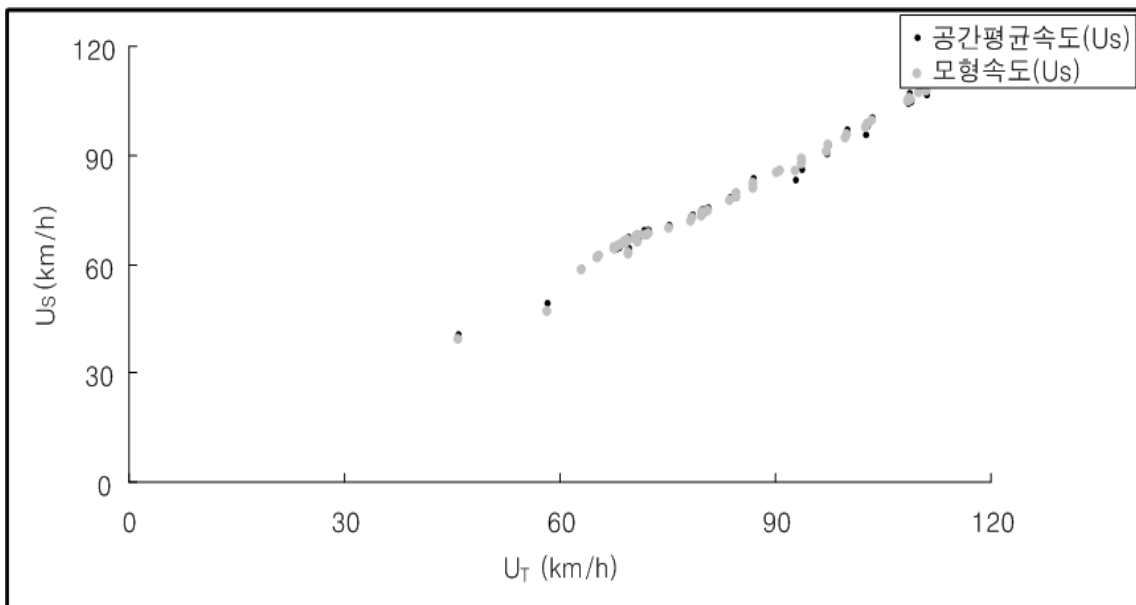
<그림 4.6> 합류 영향권에서 안정류에 대한 모형 검증



<그림 4.7> 합류 영향권에서 불안정류에 대한 모형 검증



<그림 4.8> 분류 영향권에서 안정류에 대한 모형 검증



<그림 4.9> 본선구간에 대한 모형 검증



## 제 5 장 결론 및 향후 연구과제

본 연구대상 도시고속도로의 합류 및 분류 영향권에 내 교통류 상태에 따른 속도 특성자료의 비교·분석과 속도전환모형의 구축 및 검증을 통하여 다음과 같은 결론에 도달하게 되었다.

- i) 연결로 접속부 형태별로 합류 영향권에서는 시간대별로 속도의 변동 폭이 큰 값을 보였으나 분류 영향권에서는 전일 시간대에 걸쳐 일정한 속도를 보였으며, 속도의 분산이 클 수록 시간평균속도( $U_T$ )와 공간평균속도( $U_S$ )의 차가 큰 것으로 나타났다.
- ii) Yule & Kendall이 제시한 시간평균속도( $U_T$ )와 공간평균속도( $U_S$ )의 관계식을 이용한 속도전환모형에서의 계수  $\alpha$ 와  $\beta$ 값이 합류 영향권과 분류 영향권 내 안정류와 불안정류 상태에서 현저한 차이가 나타나 시간평균속도( $U_T$ )를 공간평균속도( $U_S$ )로 전환하는데 있어서 연결로 접속부 형태별·교통류 상태별로 분리·적용되어야 할 것으로 판단되었다.
- iii) 도시고속도로의 합류 및 분류 영향권 내 교통류 상태에 따른 속도전환모형에 대해서 결정계수( $R^2$ )값이 전반적으로 0.98이상의 값을 보임으로써 매우 높은 설명력을 보였으며, 상관관계분석을 이용한 모형 검증결과 상관계수( $R$ )값이 0.99이상으로 나타나 구축된 속도전환모형을 이용하여 도시고속도로에서의 교통특성분석을 실시할 경우에 매우 신뢰성 있는 결과를 기대 할 수 있을 것으로 판단되었다.

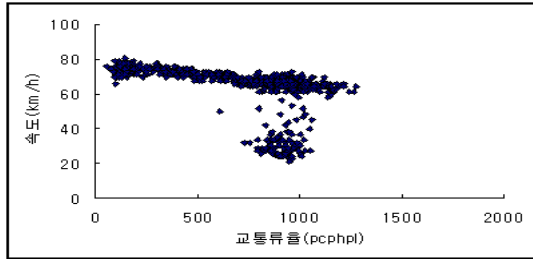
본 연구에서 구축된 속도전환모형은 도시고속도로의 연결로 접속부에서의 자료를

이용하여 구축된 모형으로써 연결로 접속부 형태별·교통류 상태별로 적절하게 구분하여 교통특성분석에 적용될 때 신뢰성 있는 결과를 기대 할 수 있을 것으로 판단되었다.

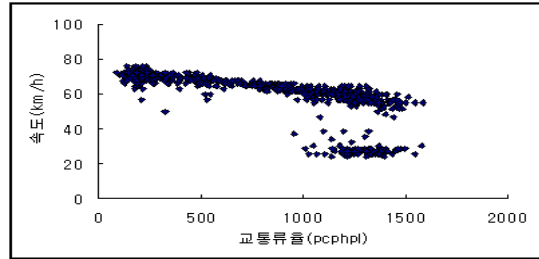
향후 도시고속도로 연결로 접속부의 기하구조특성과 주변영향을 고려한 속도전환 모형의 연구가 지속적으로 수행되어야 하고, 교통흐름에 있어서 도시고속도로와 같은 연속류 뿐만 아니라 신호조건이 고려된 단속류에서의 속도전환모형에 대한 연구도 수행되어야 할 것으로 생각되었다.

## 부 록

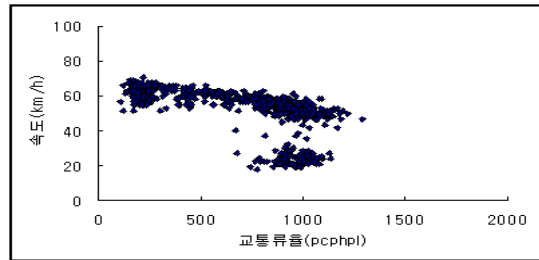
### A. 문현 연결로



합류 전 차로 1

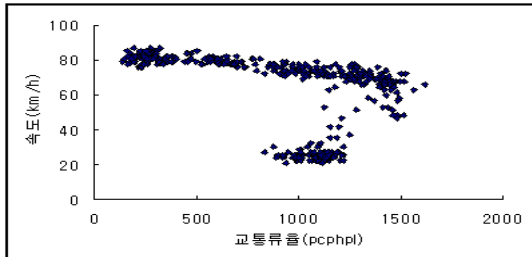


합류 후 차로 1

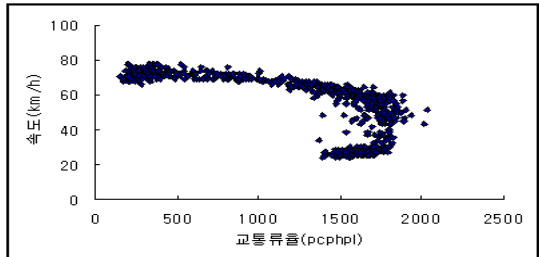


합류 후 차로 2

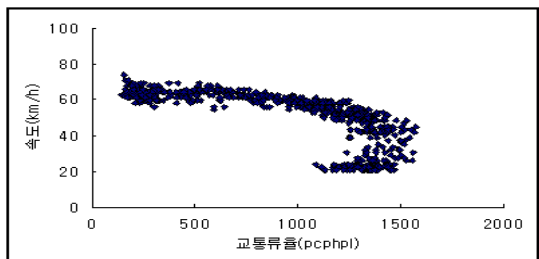
### B. 대연 연결로



합류 전 차로 1

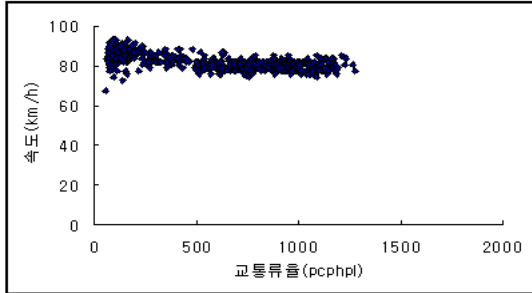


합류 후 차로 1

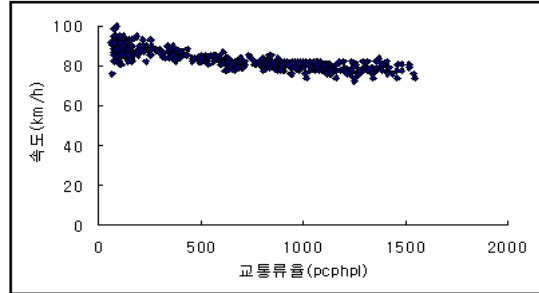


합류 후 차로 2

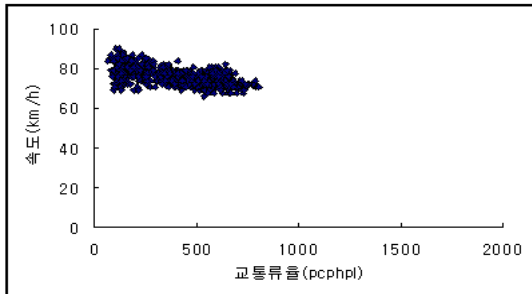
C. 원동 IC (합류부)



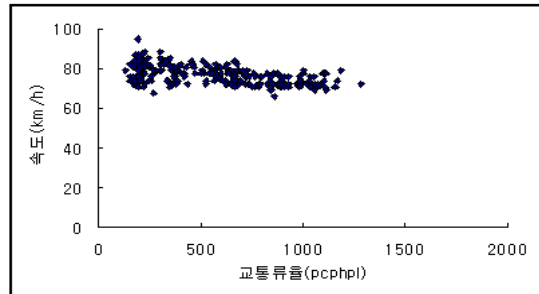
합류 전 차로 1



합류 후 차로 1

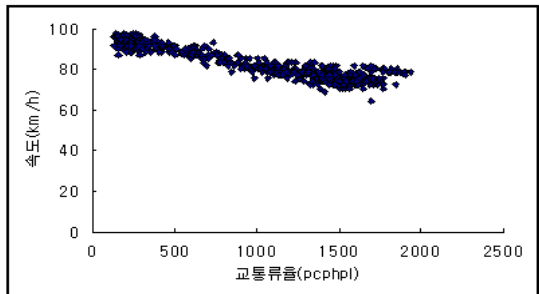


합류 전 차로 2

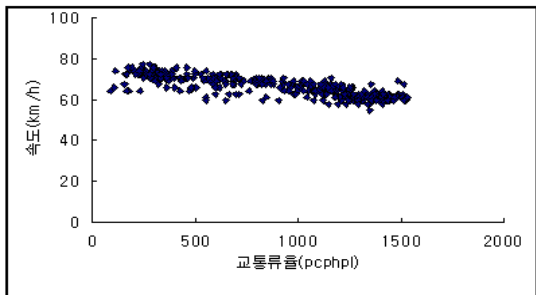


합류 후 차로 2

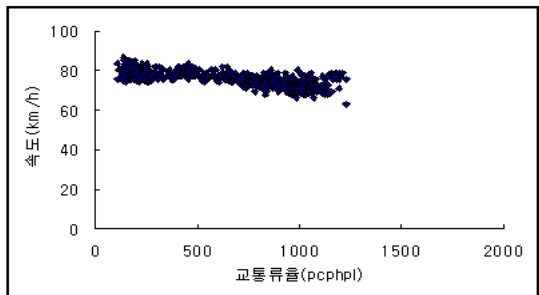
D. 망미 연결로



합류 후 차로 1

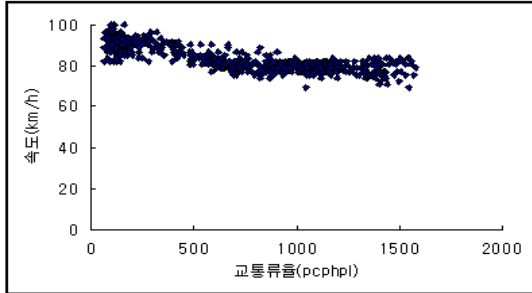


합류 전 차로 2

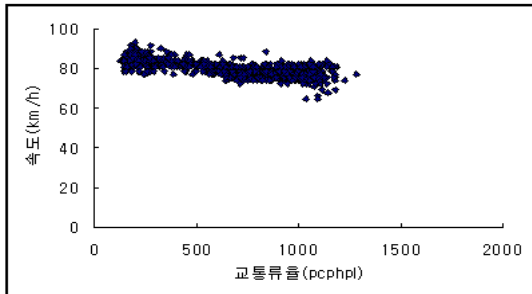


합류 후 차로 2

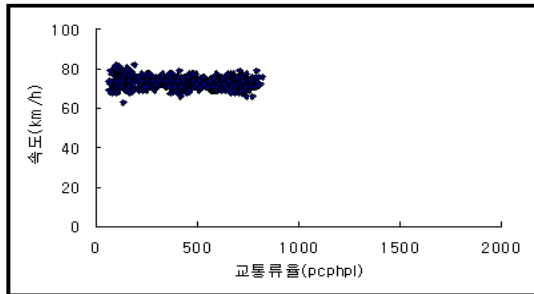
E. 금사 연결로



합류 전 차로 1

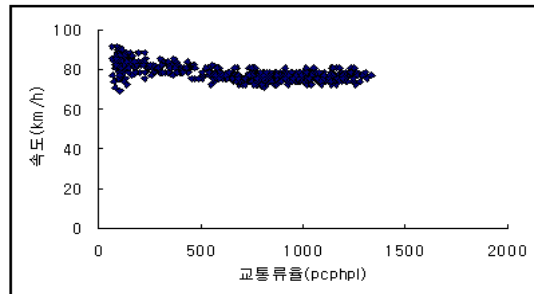


합류 전 차로 2

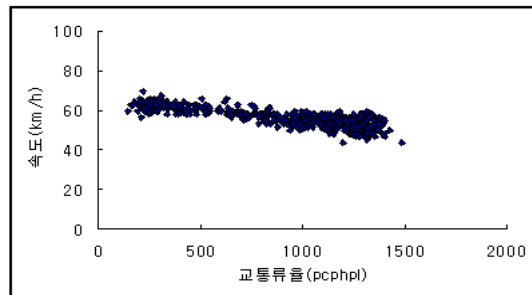


합류 후 차로 2

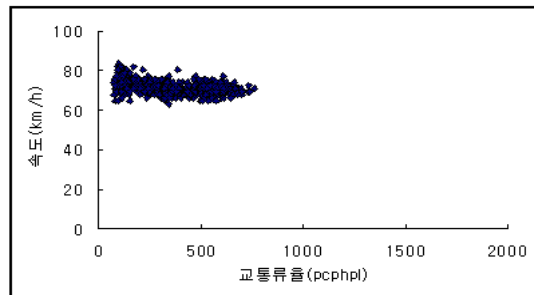
F. 원동 IC (분류부)



합류 후 차로 1



합류 전 차로 2



합류 후 차로 2

## 참 고 문 헌

- 1) TRB, "Highway Capacity Manual", Special Report 209, Washington. D. C., 1998, pp. 5-1~5-14.
- 2) TRB, "Highway Capacity Manual", Special Report 209, Washington. D. C., 2000, pp. 7-1~7-14.
- 3) TRB, "Traffic Flow Theory", Special Report 165, D. C., 2000, pp. 2-1~2-32.
- 4) Wardrop, J. G, "A Method for Estimating Speed and Flow of Traffic from A Moving Vehicle", Part II, 1954.
- 5) Yule & Kendall, "An Introduction to the Theory of Statistics", 14th ed.(1950) Hafner, p150.
- 6) Garber, N. J. and Hoel, L. A., "TRAFFIC & HIGHWAY ENGINEERING", 3rd ed., Brook/Cole(Thomson Learning), 2002, pp. 173~177.
- 7) A. D. May, "Traffic Fundamentals", 1990, pp. 232 ~ 246.
- 8) Gary A. Davis, Nancy L. Nihan, Mahammad M. Hamed, and Leslie N. Jacobson, "Adaptive Forecasting of Freeway of Traffic Congestion", TRB NO .1287, 1990.
- 9) 신광식, "고속도로의 합류구간 내 속도변화추정모형 구축에 관한 연구", 한국해양대학교 대학원 석사학위 논문, 2000.
- 10) 김종식, 박용진, "교통류 특성에 따른 공간평균속도와 시간평균속도의 비교 연구", 産業技術研究所論文集, Vol. 20 No.1, 1997.
- 11) 박여정, "도시고속도로의 램프접속 영향권 내 속도전환모형구축에 관한 연구", 한국해양대학교 대학원 석사학위 논문, 2004.
- 12) 건설부, "도로용량편람(KHCM)", 2001, pp. 73~117.
- 13) 서혜선의 외 4명 "SPSS를 활용한 회귀분석", (주)데이터솔루션, 2001, pp. 164~200.

## 감사의 글

사고뭉치 막내아들 뒷바라지에 고생하시면서도 바른길을 걸을 수 있도록 행동으로 일 깨우쳐 주신 아버님과 힘들 때마다 사랑으로 끌어안아 주신 어머님께 부족한 점이 많은 논문이지만 그동안의 노고에 약간의 보답이 되기를 바랍니다. 그리고 지금까지 또 하나의 기둥으로 항상 든든한 버팀목이 되어준 형에게도 깊은 감사를 드립니다.

또한, 때로는 따뜻한 격려로, 때로는 따가운 질책으로 제자들 세세한 것 하나까지 관심과 사랑으로 이끌어주신 김태곤 교수님과 사모님께 깊은 감사의 마음을 전합니다. 아울러, 듬직한 스승으로 가르침을 주신 이중우 교수님, 김도삼 교수님, 경갑수 교수님, 김태형 교수님께도 감사드립니다.

후배들에게 아낌없는 조언과 관심으로 더 큰 세상을 볼 수 있도록 이끌어주신 현철선배, 은진선배, 광식선배, 정훈선배, 인영선배, 아영선배, 동수선배, 승길선배, 진풍선배, 인석선배, 양주선배, 대호선배, 경진선배, 태준선배님께 감사를 드립니다.

연구실에서 크고 작은일 함께 겪으며 많은 도움이 되었던 한발 먼저 사회에 나가 있는 여정이, 그리고 남아서 계속 연구실을 지켜나갈 지영이, 행렬이, 미연이에게도 그동안의 고마운 마음을 전합니다.

두터운 정으로 많은 격려와 인간적인 질책을 아끼지 않은 동환이형, 현상이형에게도 감사드리며, 논문 자료수집에 많은 도움을 주었던 동기 민기와 그의 처 유정화양에게 깊은 감사를 드립니다.

마지막으로 학창시절동안 많은 일을 함께 겪으며 앞으로 같은 길을 걸어갈 토목공학과 95동기들과 늦은 나이에 국방의 의무를 다하면서도 친구로서 항상 같은 자리에 있어준 신의를 잃지 않는 죽마고우.. 상병 김준혁군에게 격려와 감사 마음을 전합니다.