

## 고속도로 연계성을 반영한 고속철도 수단선택모형 개발 및 적용

## Development of Mode Choice Model and Applications Considering Connectivity of Express Way

조항웅<sup>1</sup> · 정성봉<sup>†</sup> · 김시곤<sup>1</sup> · 오재학<sup>2</sup>

HangUng Cho · SungBong Chung · SiGon Kim · JaeHak Oh

**Abstract** Until now, in planning and constructing KTX and the Express Way, the connectivity and transfer between these facilities have not been considered. In this study the effect of mode choice behavior by connecting KTX and the Express Way is analyzed through estimating Multinomial Logit Model and Binary Logit Model. The SP and RP surveys to develop these models were carried out and the data were selected from the passengers using the KTX station, Express Bus Terminals and Rest Areas in the Express Way. To test the effect of connectivity and transfer in the field, the case study for Dongtan KTX station was carried out. According to the results, connecting the KTX station and the Express Way has the effect of increasing the demand by 30%. And this is caused by saving about 120 minutes of traveling time from Seoul to Pusan. This study shows that the connectivity and transfer can increase the efficiency of transportation system and the improvement in the mobility and accessibility will maximize the usages of these two facilities.

**Keywords** : Connectivity and transfer system, Mode choice behavior, Multinomial logit model, Binary logit model

**초 록** 지금까지 고속철도와 고속도로의 계획 및 건설은 시설 간 연계 환승에 대한 고려 없이 개별시설 확충 위주로 진행되었으며, 이로 인해 시설의 효율적 투자 및 활용은 이루어지지 않았다. 본 연구에서는 고속도로 연계성 향상으로 고속철도 수단선택행태에 미치는 영향을 다항로짓모형(Multinomial Logit Model)과 이항로짓모형(Binary Logit Model)을 활용하여 분석하였다. 모형개발을 위한 설문조사는 고속철도, 고속버스, 장거리 승용차 이용자를 대상으로 통행실태조사와 진술선호조사를 수행하였으며, 이를 통해 고속철도와 연계·환승수단에 대한 수단분담모형을 구축하였다. 수단선택모형을 통하여 고속도로와 고속철도가 연계 시 동탄역을 대상으로 사례분석을 수행한 결과 서울~부산 간 약 2시간의 통행시간이 단축되었으며, 이로 인해 약 30%의 수요증가 효과가 있는 것으로 분석되었다. 본 연구를 통하여 고속철도와 고속도로의 계획 시 연계·환승을 고려하여 건설 및 운영이 이루어질 경우, 고속철도의 이동성 기능과 고속도로의 접근성 기능을 결합함으로써 수단간 효율성을 극대화할 수 있을 것으로 판단된다.

**주요어** : 연계 환승체계, 수단선택행태, Multinomial logit model, Binary logit model

## 1. 서 론

## 1.1 연구의 배경 및 목적

우리나라의 경우 고속철도와 고속도로의 건설 및 운영 주체가 상이하여, 시설 간 연계 측면을 고려하지 않고 개별시설 위주로 건설·운영되어 왔다. 이에 따라 전체 교통망 측면에서 고속철도와 고속도로에 대한 중복투자 또는 과투자에 대한 논란이 발생하기도 하였는데, 최근에는 통행 효율성 제고 측면에서 두 수단간 연계 환승에 대한 필요성이 지속적으로 제기되고 있다.

최근 발표된 국토해양부의 『제4차 국토종합개발계획 수

정계획(2011년~2020년)』에서는 교통·물류분야를 철도 중심의 저탄소 녹색교통체계구축을 통해 탄소배출을 줄이는 등 친환경 녹색교통정책을 강조하고 있다. 이러한 정책기조를 반영하듯이 고속철도는 2004년 4월 경부고속철도 개통 이후 지역간 통행의 수단분담구조는 통행속도, 통행시간 및 통행거리의 비교우위 개념에 부합하는 합리적 구조로 바뀌고 있다.

일례로 2010년 11월 경부고속철도 2단계 개통으로 인해 정부측의 수요가 9% 증가하는 등 지역 간 여객수송에 중추적 역할을 담당하고 있다<sup>1</sup>.

최근 SOC투자에 대한 정부의 정책방향은 철도중심으로 바뀌고 있으나, 철도시설에 대한 단순 투자확대만으로는 효과적인 정책집행과 효율적 수단분담구조 확립 그리고 대도시

<sup>†</sup>교신저자 : 서울과학기술대학교 철도전문대학원  
E-mail : sbchung@snut.ac.kr

<sup>1</sup>서울과학기술대학교 철도전문대학원

<sup>2</sup>한국교통연구원 글로벌녹색융합연구본부

<sup>1</sup>2011년 11월 이후 경부고속철도 2단계 개통 이후 전후 비교, Korail 내부 자료(2011.2), 월·주말·평일 비교자료

권 혼잡감소는 쉽지 않을 것으로 보인다. 즉, 철도중심의 교통체계구축을 위해서는 좀 더 다양한 전략이 마련되어야 하는데, 이러한 전략 중 하나가 고속철도와 고속도로의 연계를 통해 육상교통수단의 효율성을 제고하는 방안을 들 수 있다. 일반적으로 지역간 통행에서 고속도로와 고속철도는 서로 경쟁노선으로 인식될 수 있으나, 이동성 측면의 고속철도와 접근성 측면의 고속도로의 순기능이 결합할 경우 기존 수단의 활용만으로 고속철도 역세권 확대 및 합리적인 수송분담구조 확립 그리고 이를 통한 지역간 통행시간단축 등의 효과를 볼 수 있을 것으로 판단된다.

특히, 고속철도 수요는 역사로의 접근성에 따라 이용규모가 달라질 수 있는데, 기존 역사의 경우 대부분 도심에 위치하고 있어 고속도로와의 연계성은 매우 낮은 수준에 머물고 있다. 만일, 고속철도와 고속도로를 연계시킴으로써 고속철도 비수혜권 지역의 접근성이 향상될 경우, 비수혜지역에서도 고속철도 서비스를 이용할 수 있을 뿐만 아니라, 지역간 형평성 제고 및 효율적인 교통체계구축을 가능하게 할 수 것으로 보인다.

이를 위해 본 연구에서는 고속철도와 고속도로 연계 시 발생하는 효과를 살펴보기 위해 수단분담모형을 구축한다. 이를 위해 고속철도, 고속도로 승용차 그리고 고속버스 이용자를 대상으로 설문조사를 수행한다. 또한, 개발된 모형의 적용성 검토를 위해 고속철도역 중 동탄역과 고속도로를 연계시킬 경우 발생하는 효과에 대한 사례분석을 수행하여 현실적으로 두 수단간 연계·환승 효과를 살펴보고자 한다.

### 1.2 연구내용 및 방법

본 연구에서는 고속철도, 고속버스 그리고 고속도로 승용차를 대상으로 설문조사를 시행하여 고속철도와 고속도로 연계·환승 시 수단전환효과를 수단분담모형 구축을 통해 살펴본다.

현재의 수단분담모형 구축을 위해 현시선호(RP, Revealed Preference)자료를 토대로 다항로짓모형(Multinomial Logit

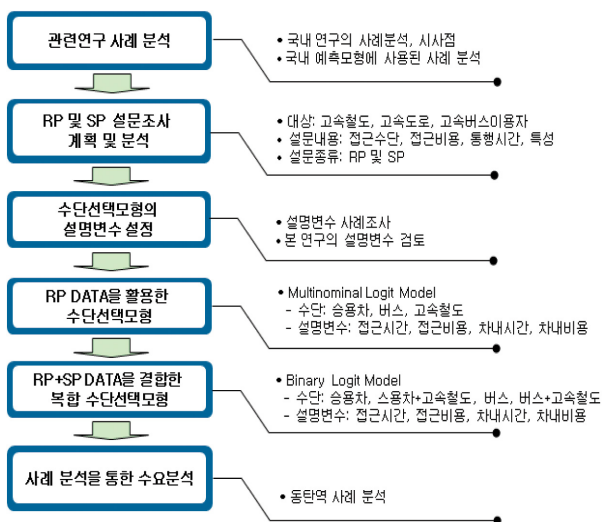


Fig. 1 Flow Chart

Model)을 구축하며, 연계·환승이 이루어질 경우 진술선호(SP, Stated Preference)와 현시선호자료를 결합한 이항로짓모형(Binary Logit Model)을 적용하여 수단분담모형을 구축하도록 한다. 이는 일반적인 통행 행태상 연계 환승으로 인한 수단전환은 타 수단에서 발생하는 것이 아니라 기존 수단에서 전환되는 경향이 있기 때문이다.

본 연구는 크게 3장으로 구성되며, 본문에서는 관련연구 사례 분석을 통하여 시사점을 도출하고, 현시선호자료 및 진술선호자료 설문조사분석 및 결과를 제시하도록 한다. 또한 이러한 자료를 통해 수단선택모형을 구축하였으며, 동탄역을 대상으로 사례분석을 수행하여 고속도로와 연계 시 수요전환 효과를 살펴보고자 한다.

## 2. 본 론

### 2.1 기존연구 고찰

기존 수단분담모형 구축 시 통행시간 및 통행비용을 제외한 변수로는 성별, 월평균 소득, 버스접근도, 지하철접근도 그리고 승용차 보유여부 등이 검토되었다. 이순주(2007)의 연구에서는 통행시간, 통행비용, 성별, 나이, 지역 더미, 종사자 수를 변수를 설정하였으며, 전은하 외(2007)는 조건부 로짓모형을 구축하기 위해 통근시간, 통근비용, 인구학적 변수, 사회·경제적 변수, 가구 변수 그리고 지역 변수 등을 포함하여 모형을 정립하였다. 이 외에도 많은 연구에서 수단분담모형 구축을 위해 통행시간, 통행비용 외 사회, 경제학적 변수, 지역변수, 가구 변수 그리고 승용차 보유여부 등을 변수로 반영하는 것으로 나타났다.

또한, 『서울시 장래교통수요 예측 및 대응방안(2004)』에서는 통행시간, 통행비용, 도착지점의 종사자, 성별, 기타 사회경제지표 등을 변수로 하여 다항로짓모형을 구축하였으며, 『수도권 장래교통수요 예측 및 대응방안(2009)』에서는 차내통행시간, 차외통행시간, 통행비용, 버스환승횟수 그리고 통행목적 등을 반영하여 모형을 구축하였다.

국토해양부(2010)의 『전국지역간 여객OD 보완 갱신』에서는 기·중점 통행실태 조사자료를 이용하여 로짓모형을 구축하여 활용하고 있다. 모형구축을 위한 수단은 공로를 이용하는 승용차, 버스, 철도 3개 수단으로 구분하였으며, 변수는 총 통행시간, 총 통행비용, 특별시 및 광역시 더미를 적용하였다.

『교통시설 투자평가지침(2009)』에서는 접근통행 분리 및 대안특정변수로 설정하여 제시하였으며, 수단은 승용차, 버스, 고속철도 그리고 일반철도의 4개 수단을 대상으로 통행비용, 접근시간, 차내 시간 등의 변수를 통해 모형을 구축하였다.

한편, 『예비타당성조사 표준지침 수정 및 보완 연구(제5판)』에서는 두 가지 형태의 수단분담모형을 제시하고 있는데, 2007년에 발표된 “2006년도 국가교통DB구축사업”의 수단선택모형과 『호남고속철도 기본계획 조사연구 보완용역(국토해양부, 2006)』에서 제시된 모형을 활용하고 있다. 이 모형에서는 통행시간과 통행비용을 변수로 하고, 수단을 승

**Table 1** Comparison of mode Choice Models

Classification	Model	Modes	Variables
Renew and Complement of National Passenger OD	Logit Model	Auto, Bus, Railway (Non-separation of common railway and KTX)	Travel time/cost, Dummy of regions
A study on Standard Guidelines for Pre-feasibility Study on Road and Railway(Version 5)	Logit Model	Auto, Bus, Railway, KTX	Travel time/cost
Development of Regional Mode choice Model for KTX Demand Forecasting	Logit Model	Auto, Express bus, KTX, Common Railway, Airline	Access time/cost, Travel time/cost, Car ownership, Number of accompanies, Dummies, etc.

용차, 버스, 일반철도 그리고 고속철도로 구분하여 모형을 구축하였다.

외국사례의 경우 미국 볼티모어 지역에서 활용되는 모형을 살펴본바, 수단선택모형구축 시 일반적으로 네스티드 로짓모형이 활용되고 있다. 특히, 현실적인 모형구축을 위해 ‘도보접근-대중교통’ 통행을 대중교통수단의 등급에 따라 일반수단과 프리미엄 수단으로 분리하였고 ‘승용차접근-대중교통’ 통행을 위한 하부모형은 분리하지 않고 있다. 또한, 모형에 포함된 변수는 차내통행시간, 터미널 접근시간, 승용차 운영비 및 통행료, 승용차 주차비, 대중교통 접근 및 대기 시간, 환승 관련 변수, 그리고 승용차 접근시간(주차장이나 역까지 소요시간) 등으로 구성된다. 볼티모어 수단선택모형은 도시 내 통행을 대상으로 구축하였으며, 목적별로 분리하여 모형을 구축하였다.

이처럼 기존의 연구사례를 살펴보면 국토해양부(2010)의 『전국지역간 여객OD 보완 갱신연구』에서는 일반철도와 고속철도를 구분하지 않고 수단분담모형을 구축하였기 때문에 수단분담 시 고속철도의 수요예측이 불가능하다. 또한, 『예비타당성 표준지침 수정 및 보완연구(제5판)』에 제시된 수단분담모형은 접근시간과 차내 시간의 미분리로 환승 시간, 환승 비용, 환승 횟수 등 환승과 관련한 변수를 고려하지 않고 있다. 이에 비해 미국사례 검토결과에서도 볼 수 있듯이 수단분담모형 구축 시 환승과 관련된 변수를 포함하여 대중교통 수단특성을 현실적으로 설명하고 있는 것으로 나타났다.

이에 따라 대중교통 간 환승 연계체계 구축으로 인한 효과를 분석하기 위해서는 환승 행태를 적절히 설명할 수 있는 변수를 포함하는 수단분담모형 개발이 필요한 것으로 판단된다.

## 2.2 설문조사

### 2.2.1 조사개요

미시행 시 수단별O/D 구축을 위해 현시선호에 대한 설문조사를 수행하였다. 본 연구에서는 고속철도역사(17개소) 7,790부, 고속버스터미널(6개소) 2,728부, 고속도로 휴게소(8개소) 1,953부 등 총 12,471부를 조사하여 분석하였다. 주요 설문내용으로는 성별, 나이, 직업 등 일반적인 내용과 함께 통행목적, 재차 인원, 통행비용 및 시간 등 기존 이용수단에 대한 관련 정보를 파악할 수 있는 항목으로 구성하였다.

또한 사업시행 시의 경우 즉, 고속철도와 고속도로 연계

환승으로 인한 수요전환 효과를 분석하기 위해, 현시선호 및 진출선호에 대한 설문조사를 수행하였다. 모형의 유의성을 확보하기 위해 고속버스터미널(6개소)와 고속도로 휴게소(8개소)에서 수집된 자료(총 4,559부)를 토대로 분석을 수행하였다. 진출선호자료는 고속도로와 고속철도의 연계 환승 시 접근시간, 차내 시간, 접근비용, 접근시간, 환승 횟수의 변화가 발생하므로 본 연구에서는 서비스 수준을 3개 수준으로 설정하여 복합수단에 대한 설문조사를 시행하였다.

### 2.2.2 설문결과 분석

설문조사 결과 유효 표본율은 고속철도 6,863부(88.1%), 고속버스터미널은 2,638부(96.7%) 그리고 고속도로 휴게소는 1,826부(93.4%)로 나타났다.

조사대상 연령대는 20대가 8.71%, 30대가 28.97%, 40대가 29.85%, 50대가 23.11% 그리고 60대 이상이 9.36%로 연령대 분석결과 30대~50대가 주를 이루고 있는 것으로 분석되었다.

통행목적의 경우 고속철도는 업무통행이 38.85%, 친지 방문이 28.98%로 가장 많으며, 고속버스이용자는 업무통행이 26.61%, 친지 방문이 38.36% 그리고 고속도로 승용차 이용자는 업무통행이 71.85%, 친지 방문이 16.27%로 분석되어, 업무통행과 친지방문의 비율이 높은 것으로 나타났다.

고속철도역사로의 접근수단은 지하철이 27.89%, 시내버스 23.79% 그리고 승용차가 20.17%를 차지하고 있으며, 고속버스 터미널의 경우 지하철과 시내버스가 약 30%씩 차지하고 있는 것으로 나타나 지하철을 이용한 접근이 가장 많은 것으로 분석되었다.

또한, 접근시간 분석결과 고속철도역사까지 20분 이하가 전체의 약 6.5%를 차지하고 있으며, 대부분이 30분~50분 정도 소요되는 것으로 나타났다. 이에 반해, 고속버스 터미널까지 소요되는 접근시간은 10분~30분이 대부분을 차지하는 것으로 분석되었다.

## 2.3 수단선택모형의 구축

### 2.3.1 변수설정 및 분석전제

수단분담모형 구축을 위한 변수는 성별, 연령분포, 가구 소득 등과 같은 일반적인 항목과 차내 시간 및 접근시간, 차내 및 접근 비용 등과 같은 통행특성 관련 변수 등을 검토하여 모형 설명력이 높고 장래 예측 가능한 변수 중 접근

시간, 차내시간, 접근비용 그리고 차내비용을 설명변수로 선정하였다.

본 연구의 경우 고속철도와 고속도로 연계 시 기존 이용수단인 승용차와 고속버스로부터 발생하는 전환 효과를 분석하기 위한 목적이므로 다음과 같은 가정을 설정하였다. 첫째, 사업 미시행 시의 경우 고속철도와 고속도로의 직접적인 연계가 없으므로 현시선호자료를 활용한 다항로짓모형을 구축하였다. 둘째, 사업 시행 시의 경우 기존 이용수단에 대해 수단간 전환은 없는 것으로 가정하였는데, 즉 버스에서 승용차+고속철도 수단으로 전환 또는 승용차에서 고속버스+고속철도 수단으로의 전환은 일반적인 통행패턴을 고려하여 발생하지 않는 것으로 전제하였다. 이에 따라 사업시행시는 현시선호 및 진술선호 자료를 함께 활용하여 이항로짓모형을 구축하였다.

2.3.2 모형설명 및 변수선정

다항로짓모형은 효용함수에 포함된 오차항이 대안간 독립적이며, 모두 Gumbel분포를 따른다는 가정으로부터 유도된다. 이에 따라 선택집합 내에서 의사결정자의 대안에 대한 효용은 식(1)과 같다.

$$U_{in} = V_{in} + \varepsilon_{in} \quad (1)$$

여기서,

$V_{in}$  : 효용의 관측 가능한 요소

$\varepsilon_{in}$  : 효용의 불확실성을 나타내는 확률오차항

대안 중에서 가장 높은 효용을 가지는 대안이 선택되며, 따라서 의사결정자  $n$ 이  $C_n$ 에서 대안  $i$ 를 선택할 확률은 식(2)와 같이 쓸 수 있다.

$$P(i|C_n) = P[U_{in} \geq U_{im}, \forall j \in C_n] \quad (2)$$

이때 오차항  $\varepsilon_{in}$ 은 Gumbel 분포를 따르며, Gumbel 분포의 누적확률밀도함수와 확률밀도함수는 식(3)과 같다.

$$\begin{aligned} F(\varepsilon) &= \exp[-e^{-\mu(\varepsilon-\eta)}], \eta > 0 \\ f(\varepsilon) &= \mu e^{-\mu(\varepsilon-\eta)} \exp[-e^{-\mu(\varepsilon-\eta)}] \end{aligned} \quad (3)$$

여기서,

$\eta$  : 위치모수(location parameter)

$\mu$  : 규모모수(scale parameter)

결국, 선택집합  $C_n$ 에서 의사결정자  $n$ 이 대안  $i$ 를 선택할 확률은 식(4)와 같다.

$$P(i|C_n) = \frac{e^{\mu V_{in}}}{\sum_{j \in C_n} e^{\mu V_{jn}}} \quad (4)$$

현시선호자료의 대안은 승용차, 버스, 고속철도의 총 3개 수단으로 하고, 진술선호자료는 ‘승용차+고속철도’ 수단과 ‘버스+고속철도’ 수단을 추가하여 모형을 구축하였다. 일반 철도의 경우 연계·환승으로 인해 전환수요가 발생하지 않을 것으로 판단되어 제외하였다. 또한, 대안 속성변수는 접근 및 환승 시간, 차내 시간, 접근 및 환승 비용, 차내비용으로 구성하였으며, 통행자 속성변수는 실제 수요예측 시 입력이 불가능하므로 모형구축 시 제외하였다.

2.3.3 모형정산 및 검증

(1) 현시선호(RP)모형- 접근통행 분리

승용차, 버스, 고속철도에 대해 접근 및 환승 시간과 차내 시간 및 비용 그리고 접근 및 환승 비용을 분리하여 다음과 같은 수단별 효용함수를 설정하였다. 각 파라미터와 모형에 대한 정산결과는 Table 2와 같다.

$$U_{auto} = \alpha_{auto} + \beta_2 \cdot \text{승용차 차내시간} + \beta_4 \cdot \text{승용차 차내비용}$$

$$U_{bus} = \alpha_{bus} + \beta_1 \cdot \text{버스 접근 및 환승시간} + \beta_2 \cdot \text{버스 차내시간} + \beta_3 \cdot \text{버스 접근 및 환승비용} + \beta_4 \cdot \text{버스 차내비용}$$

$$U_{HSR} = \alpha_{HSR} + \beta_1 \cdot \text{고속철도 접근 및 환승시간} + \beta_2 \cdot \text{고속철도 차내시간} + \beta_3 \cdot \text{고속철도 접근 및 환승비용} + \beta_4 \cdot \text{고속철도 차내비용}$$

(2) 현시선호 및 진술선호(RP+SP) 통합모형

연계·환승 시 수단분담모형 구축을 위해 포함된 변수의 수준을 3가지로 설정하여 진술선호에 대한 설문조사를 수행하였다. 하지만, 진술선호자료만으로 모형의 유의수준을 확보하는 데 한계가 있어, 진술선호자료와 현시선호자료를 통합하여 수단분담모형을 구축하였다.

특히, 효과적인 분석을 위해 모형구축 대상수단을 승용차, 승용차+고속철도, 고속버스, 그리고 고속버스+고속철도 등 4개 수단에 대한 효용함수를 도출하였다.

우선 승용차 단일 수단을 이용하는 경우 추가 환승이 이루어지지 않으므로 차내 시간 및 비용만으로 변수를 구성하

Table 2 Parameters of Multinomial Logit Model by Modes (Do-Nothing)

Modes	Statistics	$\alpha$	$\beta_1$	$\beta_2$	$\beta_3$	$\beta_4$
Auto	Parameter	0.637		-0.1146		-0.04024
	t-value	5.583		-20.41		-1.912
Bus	Parameter	0.7089	-0.0402	-0.1146	-0.0144	-0.05242
	t-value	7.791	-1.914	-20.41	-7.9654	-2.041
KTX	Parameter	-	-0.0402	-0.1146	-0.0144	-0.05242
	t-value	-	-1.914	-20.41	-7.9654	-2.041
Rho-Squared		$\rho_2(0)=0.298677, \rho_2(c)=0.202145$				

**Table 3** Parameters of Multinomial Logit Model For Auto and Auto+KTX (Do-Action)

Modes	Statistics	$\alpha$	$\beta_1$	$\beta_2$	$\beta_3$	$\beta_4$
Auto	Parameter	6.01		-0.6539		-0.355
	t-value	3.401		-2.920		-3.854
Auto + KTX	Parameter	-	-0.0575	-0.6539	-0.0189	-0.355
	t-value	-	-1.582	-2.920	1.642	-3.854
Rho-Squared		$\rho^2(0)=0.42677, \rho^2(c)=0.31578$				

**Table 4** Parameters of Multinomial Logit Model for Bus and Bus+KTX (Do-Action)

Modes	Statistics	$\alpha$	$\beta_1$	$\beta_2$	$\beta_3$	$\beta_4$
Bus	Parameter	5.216	-0.04897	-0.6067	-0.02415	-0.04187
	t-value	1.95	-1.177	-27.63	-82.15	-4.1225
Bus + KTX	Parameter		-0.04897	-0.6067	-0.02415	-0.04187
	t-value		-1.177	-27.63	-82.15	-4.1225
Rho-Squared		$\rho^2(0)=0.48987, \rho^2(c)=0.473698$				

였으며, 승용차+고속철도 환승 수단의 경우 차내 시간 및 비용 외에 환승으로 인한 시간 및 비용을 추가하여 모형을 구축하였다.

$$U_{auto} = \alpha_{auto} + \beta_2 \cdot \text{승용차 차내시간} + \beta_4 \cdot \text{승용차 차내비용}$$

$$U_{auto+HSR} = \alpha_{auto+HSR} + \beta_1 \cdot \text{접근 및 환승시간} + \beta_2 \cdot \text{차내시간} + \beta_3 \cdot \text{접근 및 환승비용} + \beta_4 \cdot \text{차내비용}$$

버스 단일수단을 이용하는 경우 환승이 이루어지지 않으므로 차내 시간 및 비용만으로 변수를 구성하였으며, 버스+고속철도 환승 수단의 경우 차내 시간 및 비용 외에 환승으로 인한 시간 및 비용을 추가하여 모형을 구축하였다.

$$U_{bus} = \alpha_{bus} + \beta_1 \cdot \text{버스접근 및 환승시간} + \beta_2 \cdot \text{버스 차내시간}$$

$$U_{bus+HSR} = \alpha_{bus+HSR} + \beta_1 \cdot \text{접근 및 환승시간} + \beta_2 \cdot \text{차내시간} + \beta_3 \cdot \text{접근 및 환승비용} + \beta_4 \cdot \text{차내비용}$$

### (3) 모형의 검증

일반적으로 효용함수에 대한 유의성 검증은 추정계수의 유의성, 우도비, 통행시간가치 그리고 탄력성 등을 통해 이루어지며, 본 연구에서도 이러한 측면에서 모형의 유의성을 검토하였다.

추정된 계수의 유의성 검토결과 통행비용 및 통행시간 계수의 부호는 “-”로 나타나 일반적인 통행패턴을 반영하고 있는 것으로 보이며, t-통계량 검토결과 대부분이 95%의 유의수준에 만족하나, 일부 접근통행시간계수 등 95%의 유의수준 미만으로 분석되었다. 또한 모든 효용함수의 우도비가 0.20~0.47로 나타나 다른 연구에서 도출된 효용함수의 우도비 값을 감안해 볼 때 적절한 것으로 판단된다.

통행시간가치는 일반적으로 접근통행시간가치가 차내통행시간가치보다 높은 것으로 알려져 있는데, 미국의 경우 통상적으로 접근통행시간가치가 2배 정도 큰 것으로 제시

하고 있는데, 본 연구에서는 접근시간가치는 11,998원/시~16,767원/시 그리고 차내 시간가치는 13,117원/시~8,475원/시로 분석되어 일반적인 경향을 따르고 있는 것으로 분석되었다.

일반적으로 도시내 통행과 같은 단거리 통행의 탄력성은 승용차보다 버스의 탄력성이 큰 것으로 분석되고 있다. 본 연구에서 구축한 지역간 수단분담 모형에서 복합수단의 경우 고속철도로 전환을 고려할 때 버스는 비용 및 시간에 덜 민감한 것으로 분석되었으며, 승용차의 경우 업무통행은 시간에 민감하여 탄력성이 상대적으로 큰 것으로 나타났다.

## 2.4 사례분석

### 2.4.1 사업개요 및 분석전제

구축된 수단분담모형을 토대로 고속철도와 고속도로의 연계효과를 살펴보기 위해 국내 운영되고 있는 고속철도역 중 고속도로와의 연계효과가 가장 클 것으로 기대되는 동탄역을 대상으로 사례분석을 실시하였다.

동탄역은 경부고속도로와 100m 이내에 위치하여 고속도로와 물리적 연계성이 높은 바, 사업시행 시 동탄역의 동선체계는 고속버스는 경부고속도로에서 환승, 승용차는 유출·입 진출로를 계획하는 것으로 가정하였다.

또한, 개통시점은 2016년으로 가정하였으며, 고속철도와 고속도로 연계·환승 시 승용차는 주차요금 10,000원/일, 환승시간의 경우 승용차 20분, 버스 15분, 대기시간은 20분으로 가정하였다.

### 2.4.2 연계효과 분석

수요분석과 관련된 기본 방법 및 기준은 국토해양부(2009)의 교통시설 투자평가지침(제3판)을 준용하였으며, 이를 바탕으로 영향권 산정 및 정산 등을 수행하였다.

Table 5 Model Validation

Classification	Do-nothing		Auto, Auto+KTX		Bus, Bus+KTX	
	Parameter	t-value	Parameter	t-value	Parameter	t-value
Access cost	-0.0144	-7.9654	-0.0189	1.642	-0.02415	-82.15
Access time	-0.04024	-1.914	-0.0575	-1.582	-0.04897	-1.177
In-vehicle cost	-0.05242	-0.05242	-0.355	-3.854	-0.04187	-4.1225
In-vehicle time	-0.1146	-0.1146	-0.6539	-2.92	-0.06067	-27.63
Auto Dummy	0.637	5.583	6.01	3.401	-	-
Bus Dummy	0.7089	7.791	-	-	5.216	1.951
KTX Dummy	-	-	-	-	-	-
Auto+KTX Dummy	-	-	-	-	-	-
Bus+KTX Dummy	-	-	-	-	-	-
Value of access time	16,767		18,254		12,166	
Value of in-veh. time	13,117		11,052		8,694	
Likelihood Ratio(LR)	0.298677		0.42677		0.48987	
Adjusted LR	0.202145		0.31578		0.473698	

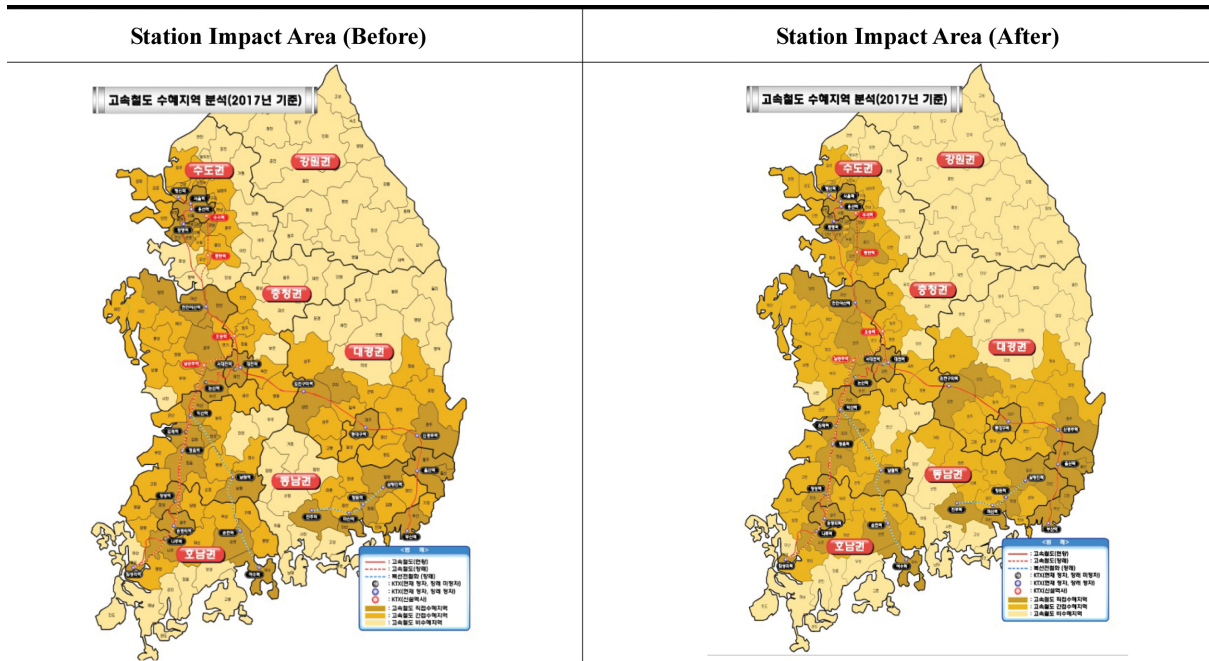


Fig. 2 Changes of Station Impact Area

장래수요예측 분석결과 고속도로와 고속철도 연계 시 전 환수요는 2016년은 승용차 전환 2,932인/일, 버스전환 4,345 인/일로 분석되었다(Table 5 참조).

동탄역의 이러한 수요증가 이유는 다음과 같이 해석될 수 있다. 고속철도와 고속도로의 연계로 인한 통행시간 단축이 고속철도 역세권의 확장으로 이어졌기 때문이다(Fig. 2 참조). 즉, 고속철도 서비스 수혜지역의 확대로 교통수단 선택 권 증대, 고속도로를 이용한 역사 접근성 향상 등으로 역

세권이 확대된 것으로 볼 수 있다. 일례로 승용차 환승으 로 인한 역세권 확대규모를 살펴보면, 승용차+고속철도 수 단이용 시 기존 역세권(20~30km)이 30~50km로 확대된 것 으로 나타났다. 이러한 역세권 확대에 의해 새롭게 고속철 도 서비스를 이용할 수 있게 된 지역은 고속도로가 접한 의 정부, 남양주, 구리, 용인시, 화성시 등이 해당되는 것으로 나타났다.

**Table 6** Travel Demand of Dongtan Station (Do-Action) (Unit : person/day)

Classification		2016			2036		
		On	Off	Total	On	Off	Total
Do-nothing		10,034	10,576	20,790	10,099	11,087	21,186
Do - Action	From auto	1,444	1,488	2,932	1,046	1,106	2,152
	From bus	2,162	2,183	4,345	2,218	2,335	4,553
	Sub total	3,606	3,671	7,277	3,264	3,441	6,705
	Demand	13,640	14,427	28,067	13,363	14,528	27,891
	Increase Rate (%)	35.9	34.1	35.0	32.3	31.0	31.6

### 3. 결 론

그 동안 고속철도와 고속도로는 시설 간 연계 환승 체계에 대한 고려 없이 개별 시설 확충 위주로 진행됐으며, 고속철도와 고속도로의 노선계획 수립 시 개별 수립에 따른 이동 교통시설 간 연계 환승 체계를 고려하지 못하는 정책이 이루어졌다.

현재 수단간 환승을 고려하기 위한 수단선택모형의 경우 수요분석 과정에 그 필요성은 인정받고 있지만 체계적으로 구축되어 있지 못한 실정이다. 이에 본 연구는 기존 고속철도, 고속버스, 승용차의 지역간 통행자를 대상으로 설문조사를 시행하였으며, 수단간 환승을 명확하게 반영할 수 있는 수단분담모형을 개발하였다.

이를 위해 본 연구에서는 접근/환승 시간 및 비용, 차내 시간 및 비용을 변수로 포함시켜 효용함수를 개발하였다.

본 연구에서는 경부고속철도 2단계 개통 이후 고속도로와 고속철도의 환승 거리가 제일 가까운 동탄역을 대상으로 사례분석을 수행하였다, 분석결과 전환수요는 2016년의 경우 승용차 전환 2,932 통행/일, 버스전환 4,345 통행/일로 분석되었으며, 연계 효과에 의한 수요증가는 미시행 시 대비 31%~35%의 효과가 있을 것으로 분석되었으나, 이러한 전환은 SP 설문조사의 설문응답자의 긍정 편향(Affirmation bias)와 정책반응 편향(Policy Response bias)가 존재할 수 있다.

향후 고속철도노선계획 또는 역사 계획 시 고속도로의 이동기능과 고속철도의 급행 서비스를 고려하여 계획단계부터 연계를 고려해야 할 것으로 판단된다. 이를 통해 단순 시설 확장 및 건설이 아닌 기존 시설의 효율적 연계를 통해 예산의 효율적 활용을 통해 고속철도와 고속도로의 순기능을 최대한 발휘할 수 있는 여건이 갖추어 질 것으로 보인다.

### 후 기

이 논문은 한국건설교통기술평가원의 국가교통핵심 기술개발사업 06교통핵심A02-02 고속철도·고속도로 연계환승 체계구축 기본구상 R&D사업의 지원으로 연구되었으며, 이에 감사드립니다.

### 참고문헌

- [1] S. LEE (2007) The Development of Mode Choice Model by RP Data: Focused on analysis of the city of Suwon, University of Seoul.
- [2] E. JEON, S. LEE( 2007), A Study of Mode Choice for Commuters in Seoul Metropolitan Area, Seoul Development Institute, 8(4), pp.107-125
- [3] S. RYU (2010) A Study on an Alternative Modal Split Models, Gyeonggi Research Institute.
- [4] K. Kim (2002) Stated Preference Survey and Analysis Research Methodology, The KoreaTransport Institute
- [5] J. Lee, S. Jang (2005) For Efficiency of Inter-Regional Traffic Using High-speed Rail Study on Increasing, The KoreaTransport Institute.
- [6] J. Lee (2009) A Development of Intercity Travel Mode Choice Model for High-speed Rail Demand Analysis,16(2), The KoreaTransport Institute.
- [7] Mministry of Construction and Transporation (2010) Fouth Country Planning General Plan Revision (2011-2020)
- [8] Mministry of Construction and Transporation (2009) Transport Investment Appraisal Guidelines
- [9] Mministry of Construction and Transporation (2010) Passenger OD Updating Complement National Support.
- [10] The KoreaTransport Institute (2008) Investment Evaluation System to Improve Facilities.
- [11] Metropolitan Transporation authority (2009) Metropolitan Area and The Corresponding Study on the Future Traffic Demand Forecasts.
- [12] J.-H. Park, H.-Y. Lee, S.-H. Hong (2006) A study on the economic feasibility analysis method for introducing the urban transit system, *Journal of the Korean Society for Railway*, 9(1), pp. 23-28.

접수일(2011년 6월 3일), 수정일(2011년 6월 24일),  
게재확정일(2011년 7월 22일)