

2018년 「국가교통조사 · DB시스템 운영 및 유지보수」

빅데이터를 활용한 여객O/D 신뢰도 제고 연구



2018년 「국가교통조사 · DB시스템 운영 및 유지보수」

3

빅데이터를 활용한 여객O/D 신뢰도 제고 연구



2018년 「국가교통조사 · DB시스템 운영 및 유지보수」

빅데이터를 활용한 여객O/D 신뢰도 제고 연구

2018.12



3

2018년 「국가교통조사·DB시스템 운영 및
유지보수」

빅 데이터를 활용한 여객O/D 신뢰도 제고 연구

3

제 출 문

국토교통부장관 귀하

본 보고서를 국가정보화사업 중 「2018년도 국가교통조사·DB시스템 운영 및 유지보수」의 최종보고서로 제출합니다.

2018년 12월

한국교통연구원

원장 오 재 학

**본 『2018년도 국가교통조사·DB시스템 운영 및
유지보수』는 다음 연구진에 의해 수행되었습니다.**

참 여 연 구 진

<한국교통연구원>	
연구책임자	◦ 김주영 연구위원
연 구 진	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 박인기, 최정민, 조종석 연구위원 ◦ 박용일, 황순연, 천승훈, 장동익, 송태진, 성홍모, 김병관, 우왕희 부연구위원 ◦ 신영권, 김동호, 김규진 주임전문원, 이종우 전문연구원, 김정은 전문원 ◦ 강국수, 고두환, 김관용, 김성민, 김은미, 박미란, 박준호, 오연선, 이선아, 이선영, 이용철, 이해선, 정승환, 정승연, 조용훈, 탁지훈, 홍성표 연구원 ◦ 서유진, 노수진 연구조원
<한국해양수산개발원>	
연 구 진	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 이호춘 부연구위원 ◦ 류희영, 반영길 연구원
<한국항공협회>	
연 구 진	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 성인영 실장 ◦ 박수경 과장, 손병열 과장, 유인아 대리

『2018년도 국가교통조사·DB시스템 운영 및 유지보수』

보고서 구성 및 담당연구진

번 호	과 제 명	연 구 진
제 1권	요약보고서	박용일, 신영권, 박준호,
제 2권	전국여객O/D 보완갱신	조종석, 강국수, 박미란,
제 3권	빅데이터를 활용한 여객 O/D 신뢰도 제고 연구	김병관, 정승환
제 4권	항공여객 O/D조사	성인영, 박수경, 유인아
제 5권	전국화물 O/D 전수화 및 장래수요예측	성홍모, 박인기, 김정은, 조용훈 이용철
제 6권	전국해상화물 O/D 전수화 및 장래예측	이호춘, 류희영, 반영길
제 7권	빅데이터를 활용한 화물O/D 신뢰도 제고 연구	성홍모, 박인기, 김정은, 조용훈 이용철
제 8권	교통분석용 네트워크 구축	최정민, 김동호, 우왕희, 김정민 탁지훈, 이선아
제 9권	KTDB 플랫폼 기반지도 구축	최정민, 김동호, 우왕희, 김정민 탁지훈, 이선아
제10권	국가교통통계조사	황순연, 오연선, 고두환
제11권	특별교통대책기간 통행실태 조사	장동익, 김동호, 김은미
제12권	교통혼잡지도 DB구축	천승훈, 김성민, 김관용
제13권	대중교통 정책지원 고도화를 위한 모바일 빅데이 터 DB구축	송태진, 이해선, 홍성표, 이선영, 이종우
제14권	교통유발원단위 첨단조사 연구	황순연, 오연선, 고두환
제15권	국가교통DB시스템 운영 및 유지보수	김규진

『2018년도 국가교통조사·DB시스템 운영 및 유지보수』

과제별 공동참여·위탁용역 사업자

【공동사업 참여기관】

- 전국 여객O/D 현행화 공동사업 (수도권 부문)
 - 서울연구원, 경기개발연구원, 인천발전연구원
- 전국 여객O/D 현행화 공동사업 (대구광역시권 부문)
 - (재)대구경북연구원
- 전국 여객O/D 현행화 공동사업 (제주특별자치도 부문)
 - 홍익대학교산학협력단
- 전국 여객O/D 현행화 공동사업 (부산·울산권 부문)
 - 경성대학교산학협력단, (주)나우컨설팅
- 전국 여객O/D 현행화 공동사업 (대전·충청권 부문)
 - (주)홍익기술단, 더블유비그룹코리아

【위탁용역 사업자】

- ViewT 1.0 서비스 제공을 위한 DB구축 및 시스템 개선
 - (주)큐빅웨어
- GIS기반 교통망 DB구축
 - (주)큐빅웨어
- 2018년 국가교통조사 중 특별교통통행실태조사 및 이용자 만족도 조사
 - (주)리서치랩
- 도로 및 철도 교통분석용 네트워크 보완갱신
 - (주)큐빅웨어
- 수출입 항공화물 기종점 통행량조사 위탁용역
 - (주)코리아데이터네트워크

【위탁용역 사업자】

- ViewT 2.0 서비스 제공을 위한 통신빅데이터 구축 및 기능개발
 - ㈜큐빅웨어
- 국가교통DB시스템 운영 및 유지보수 중 2018년 KTDB HW 유지보수 및 서버운영 SW 라이선스 갱신
 - ㈜휴버텍
- 모바일 빅데이터 분석 환경 구현 및 교통분석용 DB 구축
 - ㈜케이티
- 2018년도 국가교통DB Brief 발행
 - 텍스트앤드이미지
- 전국 여객 O/D 웹기반 검증프로그램 구축
 - ㈜제이에스소프트
- 국가교통통계 DB 조사관리 시스템 개선방안
 - ㈜블루와이즈
- 사용자 요구사항 분석을 위한 설문조사
 - ㈜지알아이리서치
- 국가교통빅데이터 플랫폼 아키텍처 설계
 - ㈜지음지식서비스
- 화물 O/D신뢰도 향상을 위한 검증자료 구축
 - 서울시립대학교 산학협력단
- 혼잡(불안정류)상황 교통수요 추정 방안 연구
 - 공주대학교 산학협력단

최종보고서 목차

제 1권 요약보고서

제 2권 전국여객O/D보완갱신

제 3권 빅데이터를 활용한 여객O/D 신뢰도 제고 연구

제 4권 항공여객 O/D조사

제 5권 전국화물O/D 전수화 및 장래수요예측

제 6권 전국해상화물O/D 전수화 및 장래예측

제 7권 빅데이터를 활용한 화물 O/D 신뢰도 제고 연구

제 8권 교통분석용 네트워크 구축

제 9권 KTDB 플랫폼 기반지도 구축

제 10권 국가교통통계조사

제 11권 특별교통대책기간 통행실태 조사

제 12권 교통혼잡지도 DB구축

제 13권 대중교통 정책지원 고도화를 위한 모바일 빅데이터 DB구축

제 14권 교통유발원단위 첨단조사연구

제 15권 국가교통DB시스템 운영 및 유지보수

목 차

요 약

제1장 과업의 개요 1

제1절 과업의 개요 및 필요성 / 3

제2절 과업의 범위 및 내용 / 4

제2장 도로교통 환경변화를 고려한 도로통행비용함수 개선방안 연구 5

제1절 연구의 개요 / 7

제2절 도로 통행비용함수 관련 기존 연구 검토 / 9

제3절 도로통행비용함수 개선 방안 정립 / 22

제4절 연속류 도로 통행비용함수 분석 / 28

제5절 단속류 도로 통행비용함수 분석 / 68

제6절 도로 통행비용함수 산정 결과 검토 / 118

제3장 통신자료 이용 주요 통행지표 산출 및 KTDB 신뢰도 개선 123

제1절 연구의 개요 / 125

제2절 분석 통신자료의 구조와 전수화 / 127

제3절 통신자료와 조사자료 기반의 O/D 비교 / 129

제4절 통신자료를 활용한 연평균일통행량(AADT) 전환계수 산출 / 141

제5절 통신자료의 시간대별 통행량 검토 / 146

제6절 결론 및 향후 연구방향 / 156

참고문헌 159

표 목 차

〈표 2- 1〉 도로통행비용함수의 파라메타 (주정열, 1993)	9
〈표 2- 2〉 도로통행비용함수의 파라메타 (장덕형, 1993)	10
〈표 2- 3〉 도로통행비용함수의 파라메타 (강호익, 1996)	10
〈표 2- 4〉 도로통행비용함수의 파라메타 (임용택, 2007)	10
〈표 2- 5〉 국내 기존 도로통행비용함수 산정 연구 검토	11
〈표 2- 6〉 Chattanooga 모형의 도로통행비용함수 파라메타 (North Georgia TPO, 2013)	13
〈표 2- 7〉 1985 HCM을 이용한 도로통행비용함수 파라메타 (Horowitz, 1991)	13
〈표 2- 8〉 미국 MPO 인구규모별 도로통행비용함수 파라메타 (NCHRP Report 716, 2012)	14
〈표 2- 9〉 2008년 KTDB 사업 도로통행비용함수 구축관련 조사연구 결과	15
〈표 2-10〉 교차로 밀도에 따른 다차로 도로 등급 분류	16
〈표 2-11〉 2012년 KTDB 사업 도로통행비용함수 조사연구 결과	17
〈표 2-12〉 2001년~2002년 KTDB 전국 지역간 도로통행비용함수	18
〈표 2-13〉 2001년 KTDB 5대 광역권 도로통행비용함수	18
〈표 2-14〉 2002년 KTDB 5대 광역권 도로통행비용함수	18
〈표 2-15〉 2003년~2009년 KTDB 도로통행비용함수	19
〈표 2-16〉 2010년~2012년 KTDB 도로통행비용함수	20
〈표 2-17〉 2013년~2016년 KTDB 도로통행비용함수	21
〈표 2-18〉 고속도로 AVC 자료 형태	29
〈표 2-19〉 고속도로 콘존정보 자료 형태	29
〈표 2-20〉 차종별 승용차 환산 계수	30
〈표 2-21〉 연속류 도로통행비용함수(VDF) 등급별 분석 자료 개수	32
〈표 2-22〉 연속류 도로의 용량 및 임계속도 산정 결과	36
〈표 2-23〉 연속류 도로통행비용함수(VDF) 등급별 안정류/불안정류 자료 개수	37
〈표 2-24〉 V/C와 s/s0 관계식 설정 과정 (VDF1 안정류 예시)	42
〈표 2-25〉 고속도로와 도시고속도로 안정류 관계식(다항식) 설정 결과	43
〈표 2-26〉 고속도로와 도시고속도로 불안정류 관계식(지수식) 설정 결과	43
〈표 2-27〉 고속도로와 도시고속도로 초기속도와 임계속도 비율	45
〈표 2-28〉 연속류 도로통행비용함수(VDF) 등급별 안정류/불안정류 최종 자료 개수 ..	52
〈표 2-29〉 α , β 파라미터 범위별 최적 대안 산정 결과	59

〈표 2-30〉 연속류 도로통행비용함수(VDF) 등급별 안정류/불안정류 분석 자료 개수	60
〈표 2-31〉 자유통행속도와 임계속도를 이용한 α 파라미터 산정 결과	61
〈표 2-32〉 α 값에 대한 최적 β 파라미터 산정 결과	62
〈표 2-33〉 연속류 도로통행비용함수 산정 결과	64
〈표 2-34〉 ViewT 데이터의 평균 교통량자료 형태(예시)	69
〈표 2-35〉 ViewT 데이터의 평균 속도자료 형태(예시)	69
〈표 2-36〉 단속류 도로통행비용함수(VDF) 등급별 분석 자료 개수	71
〈표 2-37〉 단속류 도로의 용량 및 임계속도 산정 결과	73
〈표 2-38〉 단속류 도로통행비용함수(VDF) 등급별 안정류/불안정류 자료 개수	74
〈표 2-39〉 단속류의 안정류/불안정류 관계식(다항식) 설정 결과	83
〈표 2-40〉 단속류 도로통행비용함수(VDF) 등급별 안정류/불안정류 자료 개수	98
〈표 2-41〉 α , β 파라미터 범위별 최적 대안 산정 결과(VDF9)	107
〈표 2-42〉 단속류 α , β 파라미터 산정 결과	108
〈표 2-43〉 단속류 도로통행비용함수 산정 결과	113
〈표 2-44〉 집계 %오차(%Error) 비교·평가	119
〈표 2-45〉 차종별 집계 %오차(%Error) 비교·평가	120
〈표 2-46〉 고속국도와 일반국도 %RMSE 비교·평가	121
〈표 2-47〉 국지도와 지방도 %RMSE 비교·평가	121
〈표 3- 1〉 KTDB 통신자료의 구조	128
〈표 3- 2〉 통신자료와 조사자료 기반 O/D의 시도별 발생량 비교	130
〈표 3- 3〉 통신자료와 조사자료 기반 O/D의 시도별 도착량 비교	130
〈표 3- 4〉 통신자료와 O/D자료의 시도별 유출·유입량 비교	131
〈표 3- 5〉 통신자료와 O/D자료의 시도 내부통행량 및 내부통행비율 비교	132
〈표 3- 6〉 통신자료와 O/D자료의 통행원단위 비교	133
〈표 3- 7〉 통신자료와 O/D자료의 대도시권역간 통행량 비교	134
〈표 3- 8〉 통행거리분포 비교(전국)	135
〈표 3- 9〉 통행거리분포 비교(수도권)	136
〈표 3-10〉 통행거리분포 비교(부산울산권)	137
〈표 3-11〉 통행거리분포 비교(대구광역시권)	138
〈표 3-12〉 통행거리분포 비교(대중세종충청권)	139
〈표 3-13〉 통행거리분포 비교(광주광역시권)	140

〈표 3-14〉 시도별 평일, 주말, 일평균 통행량 및 원단위 비교	141
〈표 3-15〉 평일과 주말통행의 통행거리분포 비교	142
〈표 3-16〉 통신자료의 평일평균 통행량 분포	143
〈표 3-17〉 통신자료의 월평균 일통행량 분포	143
〈표 3-18〉 통신자료 기반의 연평균일통행량(AADT) 환산계수	144
〈표 3-19〉 고속도로 TCS자료 기반의 연평균일통행량(AADT) 환산계수	145
〈표 3-20〉 고속철도 수송실적자료 기반의 연평균일통행량(AADT) 환산계수	145
〈표 3-21〉 통행유형별 시간대 분포 (읍면동 내부통행 포함)	147
〈표 3-22〉 통행유형별 시간대 분포 (읍면동 내부통행 제외)	148
〈표 3-23〉 대도시권역별 시간대별 통행량 분포	150
〈표 3-24〉 대도시권역별 시간대별 통행량 분포 (야간상주지 → 주간상주지)	151
〈표 3-25〉 대도시권역별 시간대별 통행량 분포 (주간상주지 → 야간상주지)	152
〈표 3-26〉 대도시권역별 시간대별 통행량 분포 (주간상주지 ↔ 야간상주지)	153
〈표 3-27〉 수단O/D자료기반의 대도시권역별 시간대별 분포	154
〈표 3-28〉 통신자료와 기존 조사자료기반의 첨두집중을 비교	155

그림목차

〈그림 2- 1〉 교통량-속도 관계도	25
〈그림 2- 2〉 AVC 자료(82만개) VDF1의 1차로 교통량-속도	25
〈그림 2- 3〉 도로통행비용함수 추정을 위한 통행시간(t)과 V/C 데이터 예상	25
〈그림 2- 4〉 교통량-속도 관계와 V/C-교통수요 산정	26
〈그림 2- 5〉 교통량과 교통수요의 관계	27
〈그림 2- 6〉 도로통행비용함수 용량 산정을 위한 변곡점 검토	33
〈그림 2- 7〉 VDF 1 등급의 자료순서에 따른 교통유율 변화점	34
〈그림 2- 8〉 교통량-속도 관계식 및 도로비용함수에서의 용량과 임계속도 관계	34
〈그림 2- 9〉 도로용량편람(KHCM)의 고속도로 설계속도별 임계속도	35
〈그림 2-10〉 임계속도 산출을 위한 이상치 제거	36
〈그림 2-11〉 연속류 도로 VDF 등급별 차로 용량 검토 결과	38
〈그림 2-12〉 고속도로 안정류 교통량-속도 관계식 설정 결과	44
〈그림 2-13〉 도시고속도로 안정류 교통량-속도 관계식 설정 결과	44
〈그림 2-14〉 고속도로 불안정류 교통량-속도 관계식 설정 결과	46
〈그림 2-15〉 도시고속도로 불안정류 교통량-속도 관계식 설정 결과	46
〈그림 2-16〉 지역구분과 차로개수에 따른 고속도로 불안정류 교통량-속도 관계식 비교	47
〈그림 2-17〉 연속류 교통류-속도 관계에 따른 이상치 제거	48
〈그림 2-18〉 교통량(Volume) → 교통수요(Demand) 변환 전·후 데이터 비교	51
〈그림 2-19〉 연속류 도로통행비용함수 파라미터 분석을 위한 데이터 셋	53
〈그림 2-20〉 지역구분과 차로개수에 따른 연속류 도로 분석 데이터 셋 비교	56
〈그림 2-21〉 VDF1의 포화도-통행시간 (V/C , t/t_0) 데이터	57
〈그림 2-22〉 VDF1의 log 선형 변환 ($\ln(V/C)$, $\ln(t/t_0-1)$) 데이터	57
〈그림 2-23〉 VDF 1 α , β 변화에 따른 오차(RMSE) 변화	58
〈그림 2-24〉 지역구분과 차로개수에 따른 연속류 도로통행비용함수 역전현상 검토	63
〈그림 2-25〉 고속도로 도로통행비용함수 산정 결과	66
〈그림 2-26〉 도시고속도로 도로통행비용함수 산정 결과	67
〈그림 2-27〉 VDF 9 등급의 자료순서에 따른 교통유율 변화점	72
〈그림 2-28〉 단속류 도로 VDF 등급별 차로 용량 검토 결과	75
〈그림 2-29〉 단속류 도시부 1차로 교통량-속도 관계식 설정 결과(안정류)	84

〈그림 2-30〉 단속류 지방부 1차로 교통량-속도 관계식 설정 결과(안정류)	84
〈그림 2-31〉 단속류 도시부 2차로 이상 교통량-속도 관계식 설정 결과(안정류)	85
〈그림 2-32〉 단속류 지방부 2차로 이상 교통량-속도 관계식 설정 결과(안정류)	85
〈그림 2-33〉 단속류 도시부 1차로 교통량-속도 관계식 설정 결과(불안정류)	86
〈그림 2-34〉 단속류 지방부 1차로 교통량-속도 관계식 설정 결과(불안정류)	86
〈그림 2-35〉 단속류 도시부 2차로 이상 교통량-속도 관계식 설정 결과(불안정류)	87
〈그림 2-36〉 단속류 지방부 2차로 이상 교통량-속도 관계식 설정 결과(불안정류)	87
〈그림 2-37〉 단속류 교통류-속도 관계에 따른 이상치 제거	89
〈그림 2-38〉 단속류 도로통행비용함수 파라미터 분석을 위한 데이터 셋(계속)	99
〈그림 2-39〉 도시부 1차로 VDF별 통행시간 역전현상 검토	109
〈그림 2-40〉 지방부 1차로 VDF별 통행시간 역전현상 검토	109
〈그림 2-41〉 도시부 2차로 VDF별 통행시간 역전현상 검토	110
〈그림 2-42〉 지방부 1차로 VDF별 통행시간 역전현상 검토	110
〈그림 2-43〉 VDF 등급별 역전현상 수정	111
〈그림 2-44〉 단속류 도로통행비용함수 산정 결과	114
〈그림 3- 1〉 통행거리분포 비교(전국)	135
〈그림 3- 2〉 통행거리분포 비교(수도권)	136
〈그림 3- 3〉 통행거리분포 비교(부산울산권)	137
〈그림 3- 4〉 통행거리분포 비교(대구광역권)	138
〈그림 3- 5〉 통행거리분포 비교(대전세종충청권)	139
〈그림 3- 6〉 통행거리분포 비교(광주광역권)	140
〈그림 3- 7〉 평일과 주말통행의 통행거리분포 비교	142
〈그림 3- 8〉 통행유형별 시간대 분포 (읍면동 내부통행 포함)	147
〈그림 3- 9〉 통행유형별 시간대 분포 (읍면동 내부통행 제외)	148
〈그림 3-10〉 대도시권역별 시간대별 통행량 분포	150
〈그림 3-11〉 대도시권역별 시간대별 통행량 분포 (야간상주지 → 주간상주지)	151
〈그림 3-12〉 대도시권역별 시간대별 통행량 분포 (주간상주지 → 야간상주지)	152
〈그림 3-13〉 대도시권역별 시간대별 통행량 분포 (주간상주지 ↔ 야간상주지)	153
〈그림 3-14〉 수단O/D자료기반의 대도시권역별 시간대별 분포	154

요약

요 약

1. 과업의 개요

가. 과업의 개요

- KTDB 전국통행조사는 5년 단위로 수행되고 있으나 한정된 재원으로 전국가구 1~2%의 소규모 표본 조사에 의존함
- 빅데이터 활용이 전 사업 분야에서 시급한 현안 과제로 인식되며, KTDB O/D 역시 빅데이터를 활용한 환경변화가 필요함
- 통신데이터, 내비데이터 등 빅데이터를 활용한 O/D 신뢰도 개선 연구를 수행하여 기존 조사기반 O/D 신뢰성 및 효율성을 개선하고자 함
- 또한, 교통 빅데이터를 활용하여 최근 도로교통환경 변화를 반영할 수 있도록 도로통행비용함수(Volume Delay Function)를 개선함으로써 교통수요분석의 신뢰도를 개선하고자 함

나. 과업의 필요성

- KTDB 교통수요예측 신뢰도 제고 및 교통수요예측 과정의 빅데이터 활용 요구가 증대되고 있으며 다양한 측면에서의 KTDB 신뢰도 제고 방안을 마련할 필요가 있음
- 기존 조사기반 O/D는 교통특성 변화를 반영하기에 한계가 있어 교통 빅데이터 기반 O/D 신뢰도 개선 연구를 통하여 O/D 구축 효율화 및 신뢰도 확보 노력이 필요함
- 빅데이터 기반 O/D와 도로통행비용함수는 보다 현실적인 교통특성을 반영할 수 있어 KTDB 신뢰성 확보에 필수적이며 이를 위한 검증과정과 적용방안을 연구할 필요가 있음

다. 과업의 범위

- 본 연구는 크게 교통 빅데이터를 활용한 여객 O/D 신뢰도 연구와 도로통행비용함수 개선의 두 부분으로 구분되어 수행됨
- 공간적 범위로는 대도시권을 포함한 전국을 대상으로 하며 시간적 범위로는 내비게이션, TCS, 통신자료 등 수집 가능한 최신 자료의 빅데이터를 대상으로함
- 내용적 범위
 - 변화된 도로 교통 환경을 고려한 도로통행비용함수 개선방안 연구
 - 교통 빅데이터를 활용한 여객 O/D 신뢰도 개선 연구

라. 과업의 주요 내용

- 1) 도로교통 환경변화를 고려한 도로통행비용함수 개선방안 연구
 - 도로특성 변화 분석을 위한 교통량/속도 자료 수집 및 가공
 - 도로통행비용함수의 용량, α , β 등 주요 파라미터 갱신
 - 도로통행비용함수 검증 및 적용 방안 검토
- 2) 통신자료 이용 주요 통행지표 산출 및 KTDB 신뢰도 개선
 - 분석 통신자료와 조사자료 기반의 여객O/D 비교
 - 통신자료를 활용한 연평균일통행량(AADT) 전환계수 산출
 - 시간대별 통행량 검토

2. 도로교통 환경변화를 고려한 도로통행비용함수 개선방안 연구

가. 연구의 개요

1) 연구의 배경 및 필요성

- 도로통행비용함수는 링크 교통량과 통행시간간의 관계 함수로 교통수요예측 단계에서 수단선택 및 경로선택과 교통SOC 타당성분석의 통행비용 및 교통망비용을 결정하는 중요한 역할을 수행함
- 도로통행비용함수란 교통량지체함수라고도 불리며 영문으로는 Link Cost Function, Link Performance Function 또는 Volume Delay Function 등 다양하게 표기되고 본 보고서에서는 도로통행비용함수를 줄여서 VDF로 표기하기로 함
- 현재, KTDB는 현장조사 및 최적화 기법을 통해 34개 등급으로 세분화된 도로통행비용함수를 제공하고 있음
- 최근, 다양한 첨단교통자료의 활용이 가능해짐에 따라 전국 도로교통망을 대상으로 ITS 장비 및 내비게이션 등 첨단자료를 수집하여 실제 차량통행 자료를 분석함으로써 현실적인 도로 통행특성이 반영된 도로통행비용함수를 산정할 수 있음
- 도로교통 환경, 도로 및 차량성능, 통행자 특성이 변화함에 따라 보다 정확한 교통수요 분석 및 교통망 효과 평가를 위해서는 합리적이고 최적화된 도로통행비용 설정이 필요함
- 교통수요분석의 신뢰도 제고를 위하여 도로통행비용함수를 개선할 필요가 있고 본 연구에서는 첨단기술을 통해 수집된 교통 빅데이터를 기반으로 도로통행비용함수를 개선하고자 함

2) 연구의 범위 및 주요 내용

① 연구의 범위

- 시간적 범위로는 도로통행비용함수 분석에 필요한 데이터 수집이 가능한 가장 최근 자료를 이용하고자 함
- 고속도로 : 한국도로공사 AVC 교통량, 속도자료 (2017년 기준)
- 기타도로 : KTDB View-T 교통량, 속도 1시간 집계자료 (2016년 기준)
 - 기타도로는 도시고속도로, 국도, 국지도, 지방도, 광역시도, 시군도를 포함함
- 공간적 범위로는 고속도로, 도시고속도로의 연속류 도로와 신호교차로가 존재하는 단속류 도로를 대상으로 전국 34개 등급의 모든 도로를 대상으로 함
- 내용적 범위로는 도로통행비용 함수의 α , β 파라미터를 갱신하고 검증하는 것을 주요 연구 내용으로 함
 - 2017년도 과업에서는 전국 도로망을 대상으로 내비게이션 자료를 이용하여 자유통행속도를 개선하였고 본 연구에서는 자유통행속도를 제외한 주요 파라미터를 개선하고자 함

② 연구의 주요 내용

- 도로교통 환경변화를 고려한 도로통행비용함수 개선방안 연구를 수행함에 있어서 다음과 같은 연구 내용을 수행하고자 함
 - 도로 통행비용함수 관련 연구 및 기존 구축 현황 검토
 - 도로 통행비용함수 구축 기본 방향 설정
 - 도로특성 변화 분석을 위한 교통량/속도 자료 수집 및 가공
 - 도로통행비용함수의 용량, α , β 등 주요 파라미터 갱신
 - 도로통행비용함수 산정 결과 검증
- 자료 수집 및 가공, 파라미터 갱신 부분은 고속도로와 기타도로에 따라 분석 자료가 다르기 때문에 연속류와 단속류 도로로 구분되어 수행되어 짐

나. 도로 통행비용함수 관련 기존 연구 검토

1) 국내 연구 검토

- 기존 연구들은 통계적 모형과 수리최적화 모형 2가지로 분류할 수 있고 기존 국내 연구를 정리하면 다음 <표 1>와 같고 기본적으로 통계모형 보다는 수리모형이 α, β 값이 크게 산정되어지는 경향이 있는 것으로 분석됨
- 통계모형에서는 α 가 고속도로가 국도보다 작고 β 는 고속도로가 국도보다는 크게 산출되나 수리모형은 α, β 모두가 고속도로가 국도보다 크게 산출되는 것으로 나타남
- BPR식에서 용량상태에 도달했을 때의 통행시간이 자유통행시간 $\times (1 + \alpha)$ 이므로 일반적인 수준에서 α 가 1을 넘지 않는 것이 합리적이라 볼 경우, α 값에 대해서는 통계적 모형이 좀 더 합리적이라 판단됨
- 또한, 용량수준을 넘어설 경우 통행시간은 급격히 증가하는 것이 일반적이라 할 경우, 수리최적화모형으로 산출된 β 값이 조금 더 합리적일 수 있다고 판단됨

<표 1> 국내 기존 도로통행비용함수 산정 연구 검토

모형 분류		도로구분	α		β		비 고
			도로별	평균	도로별	평균	
통계적 모형	BPR식	고속도로	0.58	0.61	2.40	1.84	장덕형 (1993)
		고속도로 (8차로)	0.77		1.20		강호익 (1996)
		고속도로 (4차로)	0.48		1.91		
		국도, 지방도	0.30	0.83	2.00	1.67	이의은 (1986)
		국도 (8차로)	0.93		1.80		강호익 (1996)
		국도 (4차로)	1.30		2.30		
		국도 (4차로)	0.80		0.58		
	직선식	국도 (4차로)	25.06	-	-	-	김병기 (2002)
	지수식	국도 (4차로)	0.43	-	-	-	
수리최적화 모형		전 국	2.72	2.38	6	4.00	서선덕 (1990)
		전 국	2.04		1.99		주정열 (1993)
		고속도로	2.06	2.67	1.09	3.57	임용택 (2008)
		고속도로 (2차로)	3.931		5.316		
		고속도로 (4차로)	1.459		1.943		
		고속도로 (6차로 이상)	3.210		5.936		
		국 도	1.38	1.09	1.91	3.15	주정열 (1993)
		일반국도 (2차로)	1.896		3.894		임용택 (2008)
		일반국도 (4차로)	0.430		3.566		
		일반국도 (6차로 이상)	0.653		3.232		

2) 국외 연구 검토

- Irwin, Dodd와 Von Cube(1961)는 차로별 교통량과 용량간 관계에 의해 불연속적으로 적용하는 두 개의 직선식과 이를 발전시킨 세 개의 직선식을 제안하였으나 함수가 비연속이기 때문에 교통수요예측 과정의 수리 최소화문제인 통행배정에 사용할 수 없는 단점이 있음
- Smock(1962)는 DATS(Detroit Area Transportation Study)에 사용하기 위한 지수식 형태의 지체함수를 개발하였고 각 링크의 용량을 추정하기 위해 링크의 종점에 있는 교차로 용량을 평균하여 산출함
- Wardrop(1968)은 도로망의 전체 통행속도와 교통량과의 관계를 표시하는 지체함수를 개발하였으며, 신호 교차로에서의 대기시간과 신호 교차로간의 통행시간을 차량 연동식 또는 고정식 신호 두 가지에 대하여 평균 지체와 교통량 관계를 개략적인 식으로 유도함으로써 산출함
- 미국의 공로국(BPR : Bureau of Public Roads, 1964)은 현재 가장 많이 사용되는 BPR식을 개발하였으며 파라메타 α, β 값은 통상 0.15, 4를 적용하여 사용하고 있으나 링크의 특성에 따라 수정하여 사용하고 있음
- Steenbrink(1974)는 BPR식의 Practical Capacity 대신에 서비스 수준 E 용량을 사용하여 네덜란드의 교통환경에 대하여 $\alpha = 2.62, \beta = 5$ 의 값을 추정함
- Davidson(1966)은 대기행렬 이론에 근거한 이론적 함수를 제시하였고 링크교통량이 용량을 초과하는 경우 이를 반영하지 못하는 단점을 가지고 있기 때문에 이를 추정하기 위해서는 최소 자승법 등 통계적인 처리가 필요함
- 영국 교통부(1985)에서는 도시부, 외곽부 및 도시간 도로 등 지역구분에 따라 여러 형태의 링크에 대하여 속도-교통량 관계의 상수를 제시하고 교통량 수준에 따라 3단계로 시간-교통량 관계식을 제시하고 있음
- Spicess & Heinz(1989)는 BPR식의 급격히 증가하는 곡선 형태에 대한 문제점을 보완하기 위하여 Conical 함수를 제안하였고 통행배정단계에서 수렴속도 향상을 위해 개발되었으나 교차로에 지체를 별도로 표현할 수 없다는 단점이 있음
- Florian and Nguyen(1976)은 도로의 특성인 링크길이, 차로수와 더불어 기하구조에 따른 곡선반경 및 편구배 등에 따른 요소를 반영시킨 함수식을 개발함
- North Georgia Transportation Planning Organization(TPO)의 Chattanooga 모형(2013)은 BPR식을 사용하고 있으며 도로유형과 제한속도(자유속도)에 따라 분류된 파라미

터를 적용하고 있음

<표 2> Chattanooga 모형의 도로통행비용함수 파라메타 (North Georgia TPO, 2013)

도로유형	자유속도 $\geq 70\text{mph}$		70mph > 자유속도 $\geq 55\text{mph}$		55mph > 자유속도	
	α	β	α	β	α	β
고속도로	0.88	9.8	0.83	5.5	0.56	3.6
다차로도로	1.0	5.4	0.83	2.7	0.71	2.1
2차로 도로	0.71	2.1	0.71	2.1	0.71	2.1
센트로이드 컨넥터	1.0	5.4	1.0	5.4	1.0	5.4

- NCHRP Report 716(2012)은 1985 Highway Capacity Manual을 이용하여 BPR식의 파라미터를 추정한 Horowitz(1991)의 연구를 인용한 고속도로와 다차로도로의 설계속도별 α, β 값을 제시하고 있음

<표 3> 1985 HCM을 이용한 도로통행비용함수 파라메타 (Horowitz, 1991)

파라미터	고속도로			다차로도로		
	70 mph	60 mph	50 mph	70 mph	60 mph	50 mph
α	0.88	0.83	0.56	1.00	0.83	0.71
β	9.8	5.5	3.6	5.4	2.7	2.1

- 또한, NCHRP Report 716에서는 MPO Documentation Database를 토대로 18개 MPO가 대부분 지체함수로 BPR식을 사용하고 있고 MPO별로 매우 다양한 α, β 값을 적용하고 있다고 언급하며 <표 4>과 같이 MPO 인구규모별 사용하고 있는 파라미터와 전체 평균값을 정리하여 제시함
 - 고속도로(Freeways)
 - $\alpha = 0.312$
 - $\beta = 5.883$
 - 간선도로(FReeways)
 - $\alpha = 0.514$
 - $\beta = 3.001$

<표 4> 미국 MPO 인구규모별 도로통행비용함수 파라메타 (NCHRP Report 716, 2012)

구분		n	평균		최소		최대		표준편차		전체평균	
			α	β	α	β	α	β	α	β	α	β
고속도로 (Freeways)	인구>100만	13	0.48	6.95	0.10	4.00	1.20	9.00	0.36	1.39	0.312	5.883
	100만 \geq 인구>50만	5	0.43	8.82	0.15	5.50	0.88	10.00	0.39	1.92		
	50만 \geq 인구>20만	1	0.15	8.00	0.15	8.00	0.15	8.00	-	-		
	20만 \geq 인구 \geq 5만	1	0.15	8.80	0.15	8.80	0.15	8.80	-	-		
간선도로 (Arterials)	인구>100만	11	0.53	4.40	0.15	2.00	1.00	6.00	0.29	1.66	0.514	3.001
	100만 \geq 인구>50만	4	0.42	5.20	0.15	3.20	0.75	10.00	0.29	3.22		
	50만 \geq 인구>20만	1	0.50	4.00	0.50	4.00	0.50	4.00	-	-		
	20만 \geq 인구 \geq 5만	2	0.45	5.60	0.15	3.20	0.75	8.00	0.42	3.39		

출처: MPO Documentation Database (n = MPO Documentation Database의 모형 개수)

3) 국가교통DB(KTDB) 도로통행비용함수 산정 연구 검토

① 2008년 국가교통조사 및 DB구축 사업(도로통행비용함수 구축관련 조사연구)

○ 도로통행비용함수 조사 대상 : 고속도로, 준연속류 도로(신호교차로 간격 1km 이상)

○ 현장조사 수행 내용

- 1~4차로로 나누어 206개 지점의 교통량과 통행속도(지점속도)를 조사
- 구간속도 조사를 위하여 GPS가 설치된 프로브차량 조사를 수행 (시험차량조사)

○ 주요 연구 내용

- 고속도로와 일반국도의 일전환계수 산정
- 고속도로와 준연속류 도로의 용량 산정
- 고속도로와 준연속류 도로의 α , β 등 주요 파라미터 산정

○ 도로용량 산정 방법

- 고속도로 용량 산정
 - 15분 교통류율(1시간 환산)을 이용하여 최대 교통유율이 아닌 첨두시간 교통유율 누적곡선의 변곡점을 선정함

- 다차로의 용량은 모든 차로의 교통량을 합하여 전체 용량으로 선정함
- 준연속류 용량
 - 고속도로와 같이 교통량을 이용한 용량을 산정한 것이 아니라 이상적 도로조건
의 포화교통유율(2200pcphpl)에 유효녹색시간비(g/C)를 조사하여 적용함
 - 신호교차로 밀도에 따른 도로등급별 평균 유효녹색시간(g)과 신호주기(C)를 조
사 후 용량을 산정함
 - 교차로 밀도에 따른 영향을 따로 고려하지 않고 α , β 파라미터에서 고려된다고 가정함
- α , β 파라미터 산정
 - 실제 조사된 교통량과 속도 자료를 이용하여 관계식 추정을 통해 파라미터를 산정한
후 통행배정을 수행하여 검증함
 - MATLAB을 이용하여 α , β 를 0.001 단위로 변화시켜 최적값을 찾으며 이는 도로통행비
용함수 등급별 α , β 역전현상을 피하기 위한 제약을 주기위해서 선택한 방법으로 보임
 - 교통량과 속도자료는 15분 단위 교통유율(1시간 환산)과 15분 평균속도를 이용함
 - V/C 적용에서 고속도로는 임계속도 이상일 경우, 조사된 교통량/C를 적용하고 임
계속도 이하일 경우, $(C \times 2 - \text{조사된 교통량})/C$ 를 적용함
 - 준연속류에서는 용량이 하류부 신호교차로에서 결정된다고 보고 교통량 자체를 수요
로 간주하여 조사된 교통량/C를 그대로 적용함

<표 5> 2008년 KTDB 사업 도로통행비용함수 구축관련 조사연구 결과

변경 도로위계(편도)		교차로밀도	VDF	용량	α	β
고속도로(2차로)		-	2	1,600	0.611	2.772
고속도로(3차로 이상)		-	3	1,925	0.526	2.707
준 연속류(1등급)	1차로	0.0 < D < 0.3	4	1,217	0.686	1.991
준 연속류(1등급)	2차로 이상		5	1,467	0.668	1.911
준 연속류(2등급)	1차로	0.3 ≤ D < 0.7	6	1,346	0.809	1.849
준 연속류(2등급)	2차로 이상		7	1,295	0.798	1.809
준 연속류(3등급)	1차로	0.7 ≤ D < 1.0	8	1,309	0.818	1.849
준 연속류(3등급)	2차로 이상		9	1,367	0.803	1.815

② 2012년 국가교통조사 및 DB구축 사업 (도로통행비용합수 조사연구)

○ 현장조사 수행 내용

- 속도조사 : 84개 지점
- 교통량조사 : 본조사 124개 지점과 추가 보완조사 40개 지점

○ 자유통행속도와 용량 산정

- 고속도로 FTMS, 국도 AVC, 지자체 VDS, 현장조사 84개의 지점 속도조사 자료를 이용함
- 5분단위 속도와 교통량을 이용하여 자유통행속도와 용량을 산정함
- 최대 교통유율을 용량으로 고려하였음

○ α , β 파라미터 산정

- 고속도로와 기타도로를 분리하여 파라미터를 산정하였고 최적화 기법을 적용하여 하모니서치 기법으로 관측 교통량과 배정 교통량의 차이를 최소화하는 최적해를 찾음
- 고속도로
 - 2시간 첨두 교통량 기준으로 최적화 기법의 정산과정을 수행함
 - 15분 교통량, 15분 평균통행시간을 이용하여 2시간 평균교통량과 평균통행속도로 환산하였고 TCS O/D를 적용함
 - 관측교통량과 TCS O/D를 이용하여 기본적으로 통행배정과 α , β 파라미터 탐색의 바이레벨 형태의 네트워크 최적화 문제를 구성함
- 다차로 도로
 - 전일(1일)자료 기반으로 분석하고 V/C의 1일 용량(C)을 위해 고속도로 0.078, 다차로도로 0.106의 일전환계수를 적용함
 - 1일 O/D와 관측교통량을 이용하여 고속도로와 같이 최적화 문제를 구성하고 최적 α , β 를 찾음

<표 6> 교차로 밀도에 따른 다차로 도로 등급 분류

구분	1등급	2등급	3등급	4등급	5등급	6등급
밀도	0.0~0.3	0.3~0.7	0.7~1.0	1.0~2.0	2.0~4.0	4.0~

<표 7> 2012년 KTDB 사업 도로통행비용함수 조사연구 결과

정산범위			V ₀ (km/시)	용량(대/시)	α	β	
고속도로	1	2차로 이하	101	1,700	0.55	2.60	
	2	3차로 이상	121	1,900	0.48	2.50	
	3	2차로 이하	98	1,700	0.50	2.40	
	4	3차로 이상	92	1,900	0.42	2.30	
다차로 도로	5	1등급	1차로	72	680	0.85	2.85
	6		2차로 이상	90	1,300	0.70	2.20
	7	2등급	1차로	70	650	0.86	2.75
	8		2차로 이상	86	1,200	0.73	2.10
	9	3등급	1차로	68	630	0.87	2.60
	10		2차로 이상	84	1,100	0.76	2.00
	11	4등급	1차로	66	600	0.88	2.40
	12		2차로 이상	82	950	0.78	1.90
	13	5등급	1차로	65	580	0.89	2.25
	14		2차로 이상	80	800	0.80	2.80
	15	6등급	1차로	62	550	0.89	2.15
	16		2차로 이상	75	780	0.82	1.75

4) KTDB 도로통행비용함수의 변화 과정

- 2001년부터 본 과업 년도 이전까지의 KTDB에서 적용하여 왔던 도로통행비용함수의 변화 과정을 정리하였고 2010년 수도권 OD의 KTDB 통합 이전에는 수도권(SDI)은 도시부 단속류에 대하여 별도의 Conical 함수식을 적용하였으나 본 보고서는 KTDB에 초점을 맞춰서 정리함
- KTDB 도로통행비용함수의 파라미터 값은 초기에는 단순히 미국 BPR함수의 기본값인 4.0을 적용하였으나 점차 자체연구 수행을 거듭하면서 국내 도로실정에 맞는 최적값을 찾아왔음

① 기준년도 2001년~2002년 도로통행비용함수

- 2001년~2002년 도로통행비용함수는 전국 지역간과 5대 광역권의 도로통행비용함수가 구분되어 사용됨
- 전국 지역간은 고속도로와 도시고속도로의 연속류 도로는 $\alpha = 0.58$, $\beta = 2.4$ 를 적용하고 기타도로는 BPR식의 기본값인 $\alpha = 0.15$, $\beta = 4.0$ 을 적용하였으며 광역권은 거의 모든 도로에 일률적인 값을 적용함

<표 8> 2001년~2002년 KTDB 전국 지역간 도로통행비용함수

도로위계(편도)	VDF	자유속도(km/h)	용량(pcphpl)	α	β
고속도로(1차로)	1	80	1,600	0.58	2.4
고속도로(2차로)	2	117	2,200	0.645	2.047
고속도로(3차로이상)	3	118.6	2,200	0.601	2.378
일반국도(1차로)	4	70	1,500	0.15	4
일반국도(2차로)	5	80	2,000	0.15	4
일반국도(3차로이상)	6	90	2,000	0.15	4
지방도, 국지도(1차로)	7	60	1,500	0.15	4
지방도, 국지도(2차로)	8	70	2,000	0.15	4
지방도, 국지도(3차로이상)	9	80	2,000	0.15	4
시군도	10	40	4,000	0.15	4
Dummy	11	20	-		
도시고속화도로(2차로이하)	12	90	2,200	0.58	2.4
도시고속화도로(3차로이상)	13	100	2,200	0.58	2.4
고속도로연결램프	15	50	1,600	0.15	2.4

<표 9> 2001년 KTDB 5대 광역권 도로통행비용함수

도로위계(편도)	VDF	자유속도(km/h)	용량(pcphpl)	α	β
고속도로	1	90	1,100	0.5	2
국도	2	80	1,000	0.5	2
지방도	3	60	800	0.5	2
간선도로, 보조간선도로	5	50	700	0.5	2
Dummy	7	-	-	-	-
하천일방통행(광주)	8	70	800	0.5	2
제2순환도로(광주)	9	70	700	0.5	2

<표 10> 2002년 KTDB 5대 광역권 도로통행비용함수

도로기능	도로위계	자유속도(km/h)	용량(pcphpl)	α	β
주간선	고속국도	100	2,200	0.65	2.05
	도시고속도로	90	2,000	0.58	2.4
	국도(2차로이상)	80	1,000	0.58	2.4
	시도	70	800	0.58	2.4
	국지도, 지방도(2차로이상)	80	1,000	0.58	2.4
보조간선	시도	50	700	0.58	2.4
	국도, 지방도(1차로)	60	750	0.58	2.4
집산, 국지도로	시도	40	500	0.58	2.4
기타	교량, 램프, 터널, 고가	60	1,000	0.58	2.4
센트로이드 컨넥터		100	30,000	-	-

② 기준년도 2003년~2009년 도로통행비용함수

- 2003년~2009년은 도로위계와 차로수에 따른 도로통행비용함수를 적용하였고 고속도로는 「고속도로 Network Analysis 모형연구(Ⅱ), 한국도로공사(1997)」에 의거하여 정산된 값을 적용하였으며 기타도로들은 미국의 BPR함수식의 파라메타를 적용함
- 광역권은 별도로 구분하지 않고 기본적으로 전국지역간 도로통행비용함수와 동일하게 사용하였으나 광역시 내부인 단속류에는 수도권과 동일하게 지체시간 33초를 추가로 반영함

<표 11> 2003년~2009년 KTDB 도로통행비용함수

도로위계 (편도)	VDF	자유속도(km/h)	용량(pcphpl)	α	β
고속도로 (1차로)	1	80	1,600	0.58	2.40
고속도로 (2차로)	2	117	2,200	0.65	2.05
고속도로 (3차로 이상)	3	119	2,200	0.60	2.38
국도 (1차로)	4	70	750	0.15	4.00
국도 (2차로)	5	80	1,000	0.15	4.00
국도 (3차로 이상)	6	90	1,000	0.15	4.00
지방도, 국지도 (1차로)	7	60	750	0.15	4.00
지방도, 국지도 (2차로)	8	70	1,000	0.15	4.00
지방도, 국지도 (3차로 이상)	9	80	1,000	0.15	4.00
광역시도, 시군도(1차로)	10	40	4,000	0.15	4.00
광역시도, 시군도(2차로)	11	40	4,000	0.15	4.00
광역시도, 시군도(3차로 이상)	12	40	4,000	0.15	4.00
센트로이드 커넥터	13	20	-	-	-
도시고속화도로 (3차로 이상)	14	90	2,200	0.58	2.40
도시고속화도로 (2차로 이하)	15	90	2,000	0.15	4.00
고속도로 연결램프	16	50	1,600	0.15	4.00

③ 기준년도 2010년~2012년 도로통행비용함수

- 2010년~2012년은 기존 도로위계 구분에서 기타도로를 교차로 밀도에 따라 분류하여 전체 20개로 구성된 새로운 VDF등급 체계를 구축함
- 통행비용함수의 α , β 는 고속국도와 기타도로 1등급~3등급 도로는 「2008년 국가교통 수요조사 및 DB구축사업」중 “도로통행비용함수 구축관련 조사연구”에서 제시된 결과 값을 사용하였고 기타도로 4등급 ~ 6등급의 α , β 는 「2011년 국가교통조사 및 DB구축사업」에서 현실에 맞게 추정함
- 모든 도로의 초기속도 및 용량은 기본적으로 「2011년 국가교통조사 및 DB구축사업」에서 새롭게 현실교통 상황에 맞게 추정함

<표 12> 2010년~2012년 KTDB 도로통행비용함수

구 분		VDF	차로구분	자유속도(km/h)	용량(pcphpl)	α	β
고속국도		1	2차로 이하	90	1,700	0.611	2.772
		2	3차로 이상	107	1,900	0.526	2.707
도시고속도로		3	2차로 이하	80	1,700	0.611	2.772
		4	3차로 이상	92	1,800	0.526	2.707
국도/ 국지도/ 지방도/ 광역시도/ 시군도	1등급	5	1차로	60	1,400	0.686	1.991
		6	2차로 이상	65	1,650	0.668	1.911
	2등급	7	1차로	55	1,300	0.809	1.849
		8	2차로 이상	60	1,550	0.798	1.809
	3등급	9	1차로	50	1,200	0.818	1.849
		10	2차로 이상	55	1,450	0.803	1.815
	4등급	11	1차로	40	1,050	0.74	1.845
		12	2차로 이상	50	1,300	0.879	1.83
	5등급	13	1차로	30	800	0.826	1.76
		14	2차로 이상	40	1,100	0.89	1.736
	6등급	15	1차로	15	600	0.932	1.73
		16	2차로 이상	25	800	0.947	1.723
램프	연결램프	17	-	50	1,000	0.15	4
	요금소	18	-	50	1,000	0.15	4
센트로이드 커넥터		20		50	1,000		

④ 기준년도 2013년~2016년 도로통행비용함수

- 2013년~2016년 도로통행비용함수는 이전 분류체계에서 도시부와 지방부 구분을 추가하여 34개 VDF 등급체계를 구축하였고 「2012년 국가교통조사 및 DB구축 사업」부터 「2014년 국가교통조사 및 DB구축 사업」 까지 3년간의 연구를 통해 도로통행비용함수 관련 파라미터를 새롭게 갱신함
- 2014년 도로통행비용함수부터, 기타도로의 등급 구분을 위해 교차로 밀도 대신 신호 교차로 밀도를 적용하였고 2016년 도로통행비용함수의 자유통행속도는 「2017년 국가교통조사 및 DB구축 사업」에서 내비게이션자료의 개별 차량속도 분석을 통하여 실제 도로통행자의 통행행태를 묘사할 수 있도록 개선됨

<표 13> 2013년~2016년 KTDB 도로통행비용합수

구분		지역구분	VDF	차로구분	자유속도(km/h)		용량 (pcphpl)	BPR	
					'13년~'15년	'16년		α	β
고속국도		도시부	1	2차로이하	100.7	92.4	1,846	0.56	1.8
		지방부	2		95.2	97.7	1,786	0.55	2.09
		도시부	3	3차로이상	115.1	98.3	2,028	0.57	1.68
		지방부	4		108.2	99.5	1,987	0.57	2.07
도시고속도로		도시부	5	2차로이하	95.5	84.5	1,773	0.47	2.43
		도시부	7	3차로이상	97.5	91.4	2,182	0.48	2.4
국도/ 국지도/ 지방도/ 광역시도/ 시군도	1등급	도시부	9	1차로	66.5	38.8	1,100	0.51	2.69
		지방부	10		67.5	53.5	1,090	0.51	2.82
		도시부	11	2차로이상	80.7	64.2	1,420	0.67	2.16
		지방부	12		82.3	83.4	1,400	0.65	2.24
	2등급	도시부	13	1차로	63.9	37.5	957	0.54	2.47
		지방부	14		65	51.2	925	0.54	2.16
		도시부	15	2차로이상	79.2	60.8	1,341	0.68	2.08
		지방부	16		80.7	72.6	1,188	0.72	2.14
	3등급	도시부	17	1차로	55.7	36.1	873	0.6	2.15
		지방부	18		62.8	46.3	767	0.59	1.87
		도시부	19	2차로이상	71	52.6	1,242	0.69	1.93
		지방부	20		72.2	68.5	971	0.73	1.82
	4등급	도시부	21	1차로	51	31.5	862	0.6	1.92
		지방부	22		58.1	44.9	583	0.63	1.87
		도시부	23	2차로이상	69.6	45.6	985	0.71	1.8
		지방부	24		70	64.1	831	0.8	1.81
	5등급	도시부	25	1차로	44.1	28.4	636	0.67	1.86
		지방부	26		54.4	41.6	580	0.68	1.79
		도시부	27	2차로이상	62.4	42	936	0.72	1.79
		지방부	28		69.3	57.5	756	0.82	1.72
	6등급	도시부	29	1차로	38.3	27.7	595	0.8	1.82
		지방부	30		44.2	38.9	465	0.72	1.72
		도시부	31	2차로이상	57	39.7	801	0.82	1.66
		지방부	32		60	52.3	736	0.83	1.7
센트로이드 커넥터		35		-	-	-	-	-	
중앙고속		36		80.6	96.7	1,035	0.54	2.33	
램프		연결램프		33	50	46.8	1,000	-	-
		요금소		34	50	46.8	1,000	-	-

다. 도로통행비용함수 개선 방안 정립

1) 기본 분석 방향

- 도로통행비용함수의 자유통행속도는 최근 「2017년 국가교통조사 및 DB구축 사업」에서 갱신한 속도를 적용하고 용량(C), α , β 의 파라미터는 본 연구를 통하여 새롭게 갱신하고자 함
- 본 연구에서는 교통류 이론 및 교통공학적 측면에서 속도와 교통량의 관계를 이용하여 용량, α , β 파라미터를 산정하고 수요분석 측면에서 검증하고자 함
 - 1단계 : 공학적 측면에서 속도와 교통량 관계식을 이용하여 α , β 파라미터 산정
 - 2단계 : 모형적 측면에서 통행배정 신뢰도 분석을 통한 α , β 파라미터 정산
- 교통량/용량비 또는 포화도(V/C)와 속도(통행시간)의 관계를 나타내는 것이 도로통행비용함수이며 이러한 관계의 정확도에 초점을 두고 파라미터를 산정한 후 모형 정산을 수행함
- 고속도로와 기타도로의 이용 가능한 자료가 다르고 교통류 특성이 다르기 때문에 연속류와 단속류로 구분하여 도로통행비용함수 분석을 수행하고자 함
- $V/C > 1$ 인 불안정류의 경우, 용량을 초과한 교통량은 관측될 수 없기에 수요분석에서의 V/C는 엄밀히 말하면 수요(D)/용량비(C)라 할 수 있음
- 따라서 불안정류의 교통량을 교통수요로 환산하여 분석해야 하고 이를 위해 $V/C > 1$ 상황의 통과수요를 추정하기 위한 방법론을 적용하여 분석을 수행함

2) 분석시간 단위 설정

- V/C의 단위 시간은 기본적으로 1시간으로 설정하여 분석을 수행함
- 1일 단위의 V/C로 설정하여 분석할 경우, 논리적으로 명확하지 않은 일전환계수의 적용이 필요하므로 교통량과 용량의 관계는 1시간 분석 단위에서 의미가 있음
- 논리적으로 V/C의 용량(C)은 1시간 단위이며 속도와 교통량의 관계는 1시간(교통유율) 측면에서 설명이 가능함

3) 도로통행비용함수 α , β 파라미터 산정 방안

① 고속도로 통행비용함수 분석 방안

○ 분석자료

- 한국도로공사 AVC 자료 (15분 교통량, 속도)
 - 한국도로공사 협조를 통하여 혼잡(Congestion Zone)단위 12개 차종별 15분 교통량과 속도 이용

○ 분석방안

- 도로공사 15분 AVC 자료를 1시간 교통유율로 집계하여 1시간 단위 분석

② 도시고속도로 및 다차로도로 통행비용함수 분석 방안

○ 분석자료

- View-T 자료 (1시간 단위 시간대별 집계 교통량, 속도)
 - 관측 교통량과 추정 교통량
 - 속도자료는 View-T의 내비게이션 차량통행 속도자료를 이용

○ 분석방안

- View-T 플랫폼에 입력된 관측교통·추정교통량과 속도 자료를 이용하여 1시간 단위 분석

③ 도로통행비용함수 α , β 파라미터 산정 방법론

○ 도로통행비용함수 형태

$$t = t_0(1 + \alpha(V/C)^\beta)$$

- t_0 (자유통행시간) : 기존 갱신된 free-flow speed 적용
- C (도로용량) : AVC 및 View-T 데이터를 이용하여 신규 용량 검토 후 적용
- V (교통수요) : AVC 및 View-T 데이터의 교통량 이용
- t (링크 통행시간) : AVC 및 View-T 데이터의 링크속도 이용
- AVC 및 View-T 데이터의 교통량 자료는 실제 도로를 통과한 교통량으로 $V/C > 1$ 구간의 데이터가 존재하지 않는 한계가 발생하여 교통수요를 추정하여야 함

○ BPR 식 α , β 파라미터 산정 방법

- 일반적으로 BPR식은 다음과 같이 수식 유도를 통하여 곡선을 직선 형태로 변환하여 회귀분석을 통해 α , β 파라미터를 산정함

$$t = t_0(1 + \alpha(v/c)^\beta)$$

$$1 + \alpha(v/c)^\beta = \frac{t}{t_0}$$

$$\ln(\alpha(v/c)^\beta) = \ln\left(\frac{t}{t_0} - 1\right)$$

$$\ln\alpha + \beta\ln(v/c) = \ln\left(\frac{t}{t_0} - 1\right)$$

$$\ln\alpha = b, \quad \beta = a, \quad \ln(v/c) = x, \quad \ln\left(\frac{t}{t_0} - 1\right) = y \quad \Rightarrow \quad ax + b = y$$

$$\therefore \alpha = \exp(b), \quad \beta = a$$

- BPR식을 보면, $V/C \leq 1$ 구간은 V/C 에 따른 통행시간의 변화가 크지 않고 $V/C > 1$ 구간은 통행시간의 변화가 급격하기 때문에 위에서 설명한 단순한 직선식 변환으로 α , β 파라미터를 추정하는 데는 한계가 있음
- 또한, 도로통행비용함수 등급 간에 역전현상을 조정하기 위해서는 단순히 회귀분석을 수행하는 것이 아니라 가능한 모든 대안을 모두 분석하여 α , β 파라미터를 산정하고자 함
- α 와 β 값을 0.01 만큼 변화시켜 통행시간(속도의 역수)의 추정값과 실측값의 오차가 최소화 되는 최적값을 찾음 (heuristic analysis method)

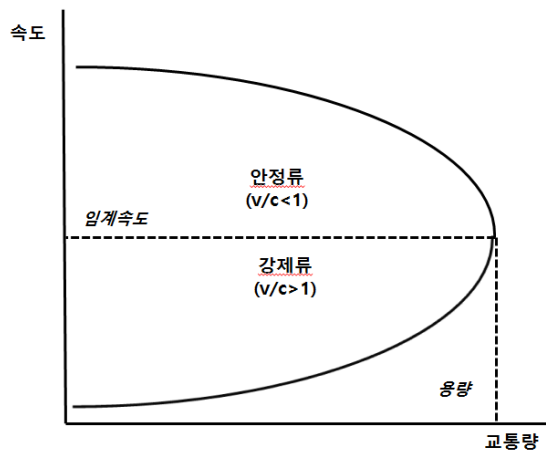
4) 불안정류(혼잡상황) 교통량과 교통수요의 관계

① 도로통행비용함수의 용량대비 교통량비 (V/C)

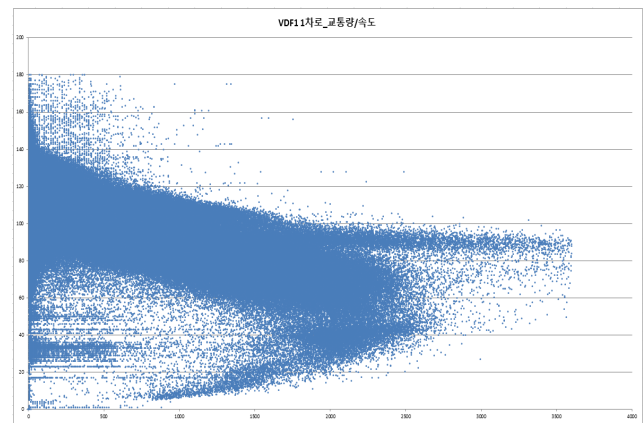
- 교통공학 이론에 의하면 교통량은 단위시간 동안 도로의 한 지점을 통과하는 차량 대수를 나타내며 이러한 교통량은 용량을 초과하여 관측될 수 없음
- 고속도로 AVC와 기타도로의 View-T의 수집된 교통량은 통과교통량으로 용량을 초과

한 교통상황(LOS F 이하)에서 용량이하의 교통량만이 수집된다고 할 수 있음

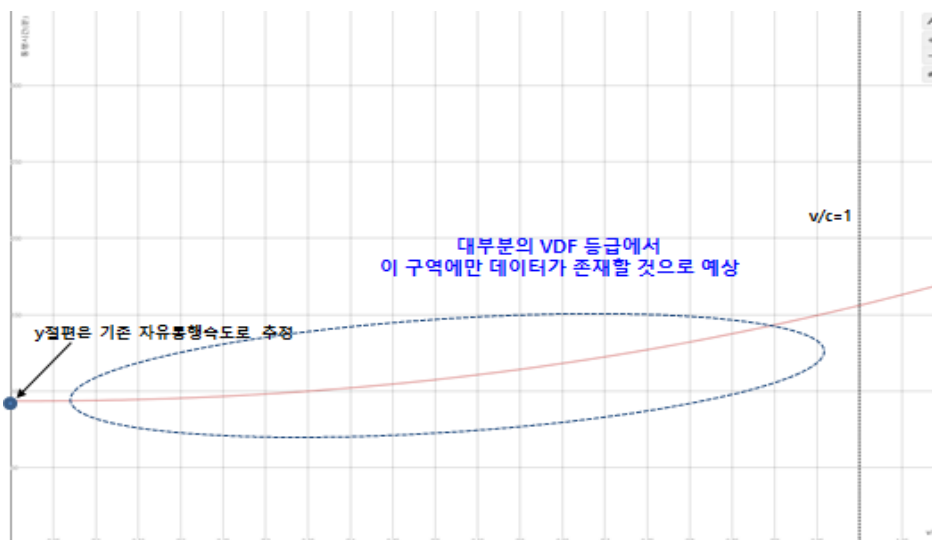
- 이러한 관계를 고려할 때, 도로통행비용함수 구축을 위한 통행시간(t)과 교통량/용량 비(V/C)를 도식해 보면 V/C 가 1보다 큰 구간의 데이터의 거의 존재하지 않을 것으로 예상됨
- 따라서, 도로통행비용함수 구축을 위해서는 교통량(V)은 실제 도로(링크)를 통과하고자 하는 수요개념으로 접근해야 함



<그림 3-1> 교통량-속도 관계도

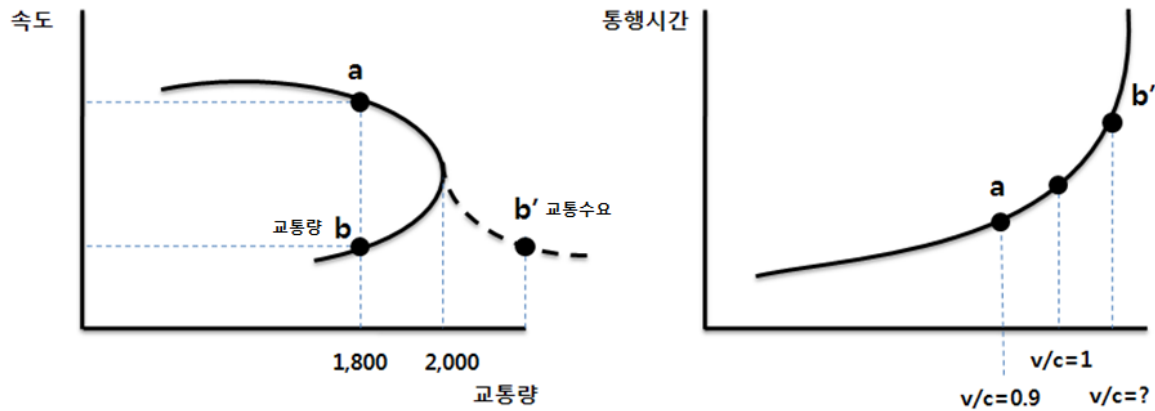


<그림 3-2> AVC 자료(82만개) VDF1의 1차로 교통량-속도



<그림 3> 도로통행비용함수 추정을 위한 통행시간(t)과 V/C 데이터 예상

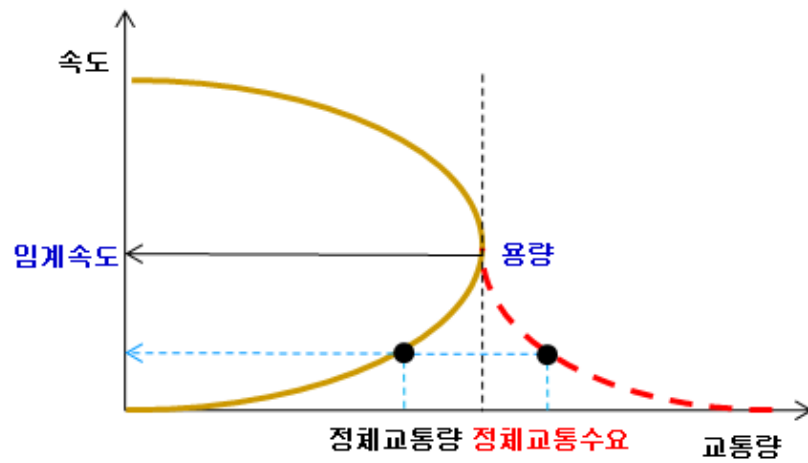
- 결국, 도로통행비용함수 추정을 위해서는 용량이상의 교통수준에 대해서는 교통량을 이용하여 도로(링크)를 통과하고자하는 교통수요를 추정할 필요가 있음



<그림 4> 교통량-속도 관계와 V/C-교통수요 산정

② 불안정류 교통수요의 추정

- 교통수요란 도로를 통과하고자 하는 수요를 의미하며 도로의 통과수요 또는 정체수요라고도 표현할 수 있으며 다음과 같은 관계가 성립함
 - IF 교통수요(V) > 용량(C) THEN 교통량 < 수요
 - IF 교통수요(V) ≤ 용량(C) THEN 교통량 = 수요
- 「2008년 국가교통조사 및 DB구축 사업」(도로통행비용함수 구축관련 조사연구)에서는 임계속도를 기준으로 임계속도 이하의 불안정류 상태의 교통량을 교통수요로 전환하는 방법론을 정립하고 이를 검증함
 - 시뮬레이션 모델을 이용하여 교통수요를 추정하고 교통량을 용량을 기준으로 대칭시킨 결과와 통계적으로 동일하다는 근거를 제시함
 - VISSIM 마이크로시뮬레이터를 이용하여 대기행렬 차량수를 계산하여 교통수요를 추정하고 통계적 유의성을 검증함
 - 시뮬레이션 상의 15분 간격 대기행렬대수, 통과교통량, 임계속도 그리고 임계교통량을 이용하여 시뮬레이션과 용량대칭 방법의 2가지 방법으로 교통수요를 추정 후 동일여부를 t-test 검정함
 - 시뮬레이션 교통수요 = 15분 동안의 통과교통량 + 대기행렬 차량대수
 - 용량대칭 교통수요 = 2 × 용량(C) - 교통량(V)



<그림 5> 교통량과 교통수요의 관계

- 본 연구에서도 지난 2008년 KTDB사업 도로통행비용함수 구축관련 조사연구를 준용하여 이번 연구에서 용량과 임계속도를 새로 검토하고 이를 기준으로 다음과 같이 용량을 대칭시켜 V/C 를 산정하고자 함

$$\text{임계속도 이상 } V/C = \frac{\text{관측 교통량}}{1\text{차로용량} \times \text{차로수}}$$

$$\text{임계속도 이하 } V/C = \frac{(1\text{차로용량} \times \text{차로수}) \times 2 - \text{관측 교통량}}{1\text{차로용량} \times \text{차로수}}$$

라. 연속류 도로 통행비용함수 분석

1) 분석 개요

- 고속도로와 도시고속도로인 연속류 도로를 대상으로 통행비용함수를 추정하고 고속도로는 한국도로공사의 AVC 자료를 이용, 도시고속도로는 KTDB View-T 자료를 이용함
- 자료수집 및 가공처리 과정은 고속도로 AVC 자료에 초점을 두어 서술하고 도시고속도로의 KTDB View-T 자료에 관한 수집 및 가공처리는 단속류 도로 분석에서 서술하기로 함
- 원시자료 처리과정 이후 고속도로와 도시고속도로를 포함한 연속류 도로를 대상으로 VDF 등급별 용량 산정 과정, 교통량-속도 관계식 설정, α , β 파라미터 산정 과정을 수행함

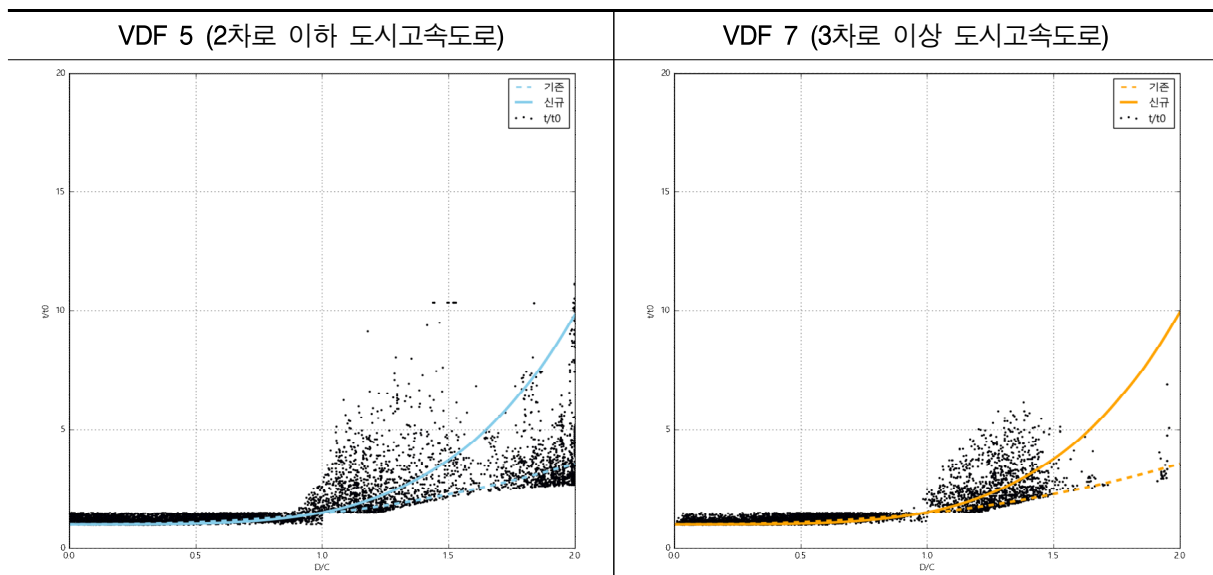
2) 연속류 도로통행비용함수 분석 결과

- 최종 결정된 연속류 도로통행비용함수의 자유속도 (t_0), 용량(C), α , β 파라미터를 정리하면 다음과 같음
- 용량은 기존과 큰 차이는 없으나 고속도로는 다소 증가하였고 도시고속도로는 감소하여 도시고속도로의 용량이 고속도로의 용량보다는 적게 산정됨
- α 파라미터는 고속도로는 기존 보다 작게, 도시고속도로는 기존 보다 크게 산정되었으며 도시부가 지방부 보다 크게 산정되었으며 2차로 이하 도로가 3차로 이상 도로 보다 다소 작게 산정됨
- β 파라미터는 모든 연속류 도로가 기존 보다 크게 산정되었으며 도시부가 지방부 보다 작게 산정되었으며 2차로 이하 도로가 3차로 이상 도로 보다 크게 산정됨

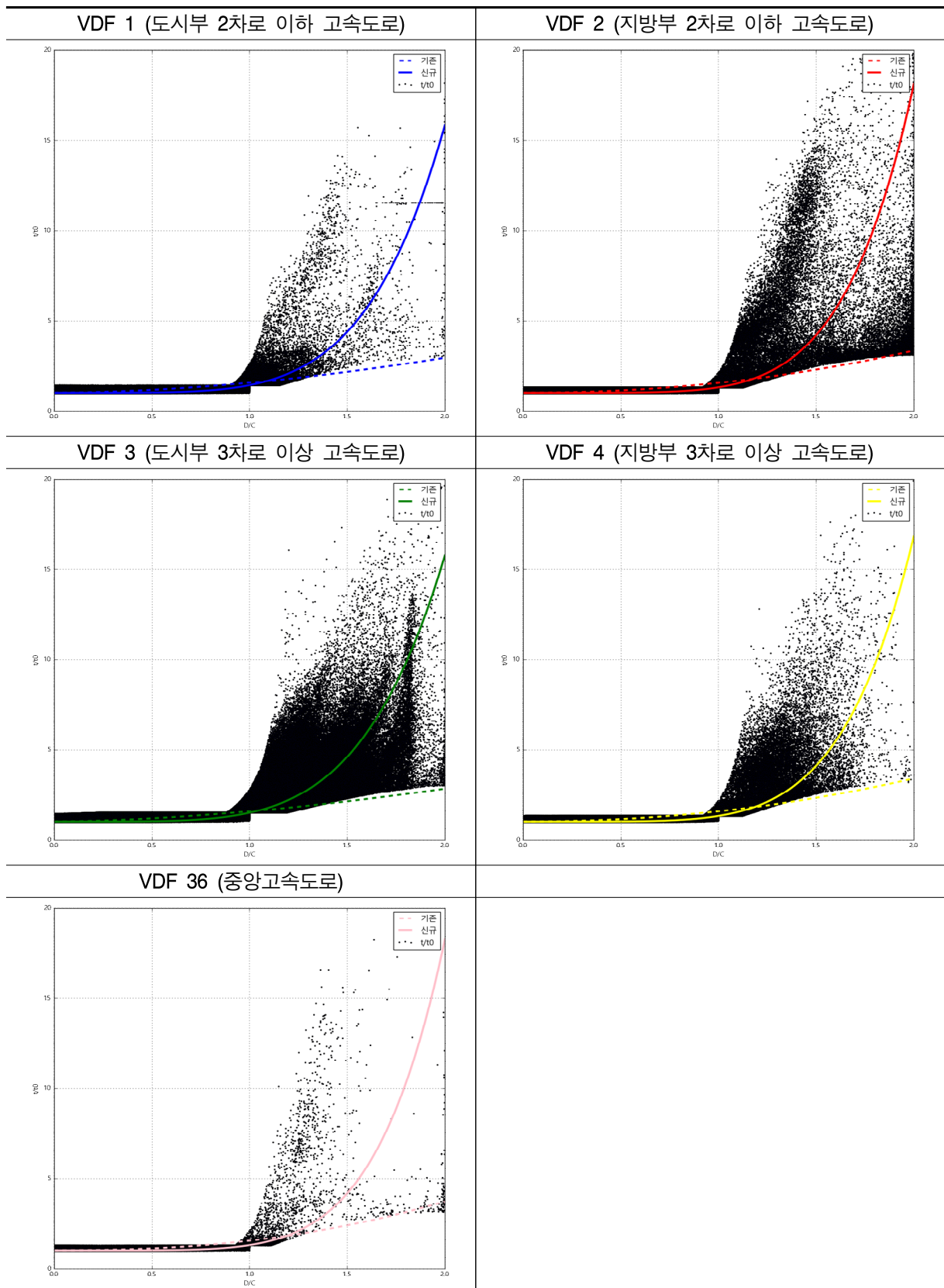
<표 14> 연속류 도로통행비용함수 산정 결과

구분	지역구분	VDF	차로구분	자유속도 (km/h)	기존			개선(신규)		
					용량 (pcphpl)	BPR 파라미터		용량 (pcphpl)	BPR 파라미터	
						α	β		α	β
고속국도	도시부	1	2차로이하	92.4	1,846	0.56	1.80	1,847	0.42	5.14
	지방부	2		97.7	1,786	0.55	2.09	1,825	0.30	5.83
	도시부	3	3차로이상	98.3	2,028	0.57	1.68	2,109	0.49	4.91
	지방부	4		99.5	1,987	0.57	2.07	1,990	0.31	5.67
도시고속도로	도시부	5	2차로이하	84.5	1,773	0.47	2.43	1,793	0.51	4.11
	도시부	7	3차로이상	91.4	2,182	0.48	2.40	1,813	0.52	4.10
중앙고속		36		96.7	1,035	0.54	2.33	1,158	0.29	5.89

- 관련 연구에서 검토한 NCHRP Report 716에서 제시하는 18개 MPO의 고속도로($\alpha = 0.312$, $\beta = 5.883$)와 간선도로($\alpha = 0.514$, $\beta = 3.001$)의 α , β 평균값과 본 연구의 결과가 매우 유사한 것으로 보여 짐
- 도시고속도로는 도로법에 따른 고속국도(고속도로)가 아니며 신호와 진출입 차량의 영향을 최소화한 자동차 전용도로인 일반도로로서 연속류 성격의 간선도로 역할을 수행함
- 미국 MPO의 고속도로와 간선도로 α , β 평균과 비교할 때 본 연구의 결과가 비현실적으로 산정된 것은 아니라고 판단됨
- 본 연구의 신규 도로통행비용함수와 기존 도로통행비용함수를 비교하면 <그림 3-6>, <그림 3-7>과 같으며 기존 통행비용함수에 비하여 혼잡이 증가함에 따라 통행시간이 급격히 증가하는 것으로 나타남
- 이러한 결과는 기존 KTDB 통행비용함수가 혼잡이 발생함($V/C > 1$)에도 불구하고 속도가 현실보다 높고 통행시간이 크게 감소하지 않는다는 KTDB 사용자 의견을 어느 정도 반영할 수 있는 결과라 할 수 있음



<그림 6> 도시고속도로 도로통행비용함수 산정 결과



<그림 7> 고속도로 도로통행비용함수 산정 결과

마. 단속류 도로 통행비용함수 분석

1) 분석 개요

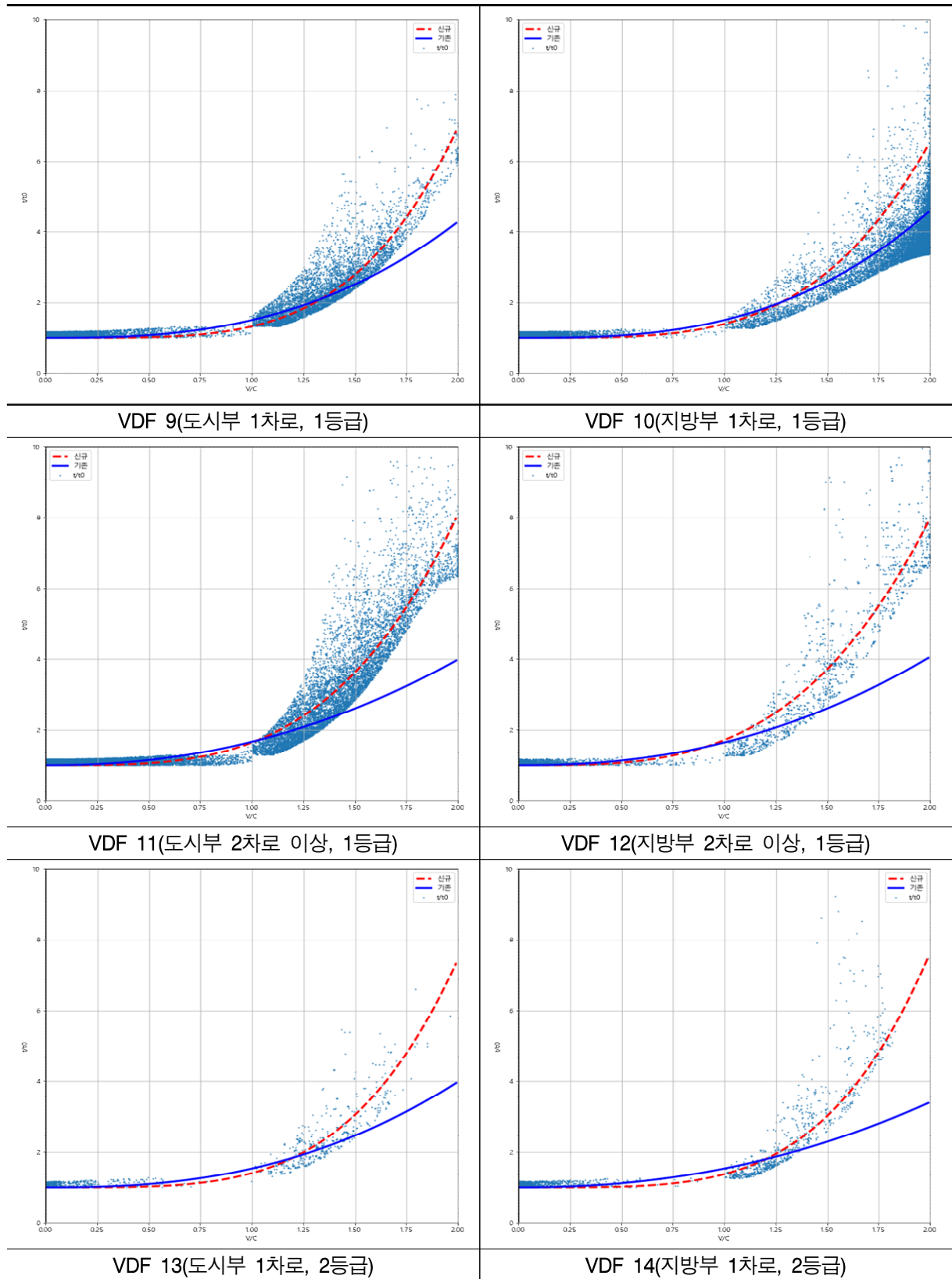
- 단속류 도로 통행비용함수 파라미터 추정을 위해 2016년 기준 KTDB View-T 평균속도/교통량자료, 교통망 GIS DB 자료 등을 활용함
- 데이터 처리 과정 이후 단속류 도로를 대상으로 VDF 등급별 용량 및 임계속도 산정, 교통량-속도 관계식 설정, α , β 파라미터 산정 과정을 수행함

2) 단속류 도로통행비용함수 분석 결과

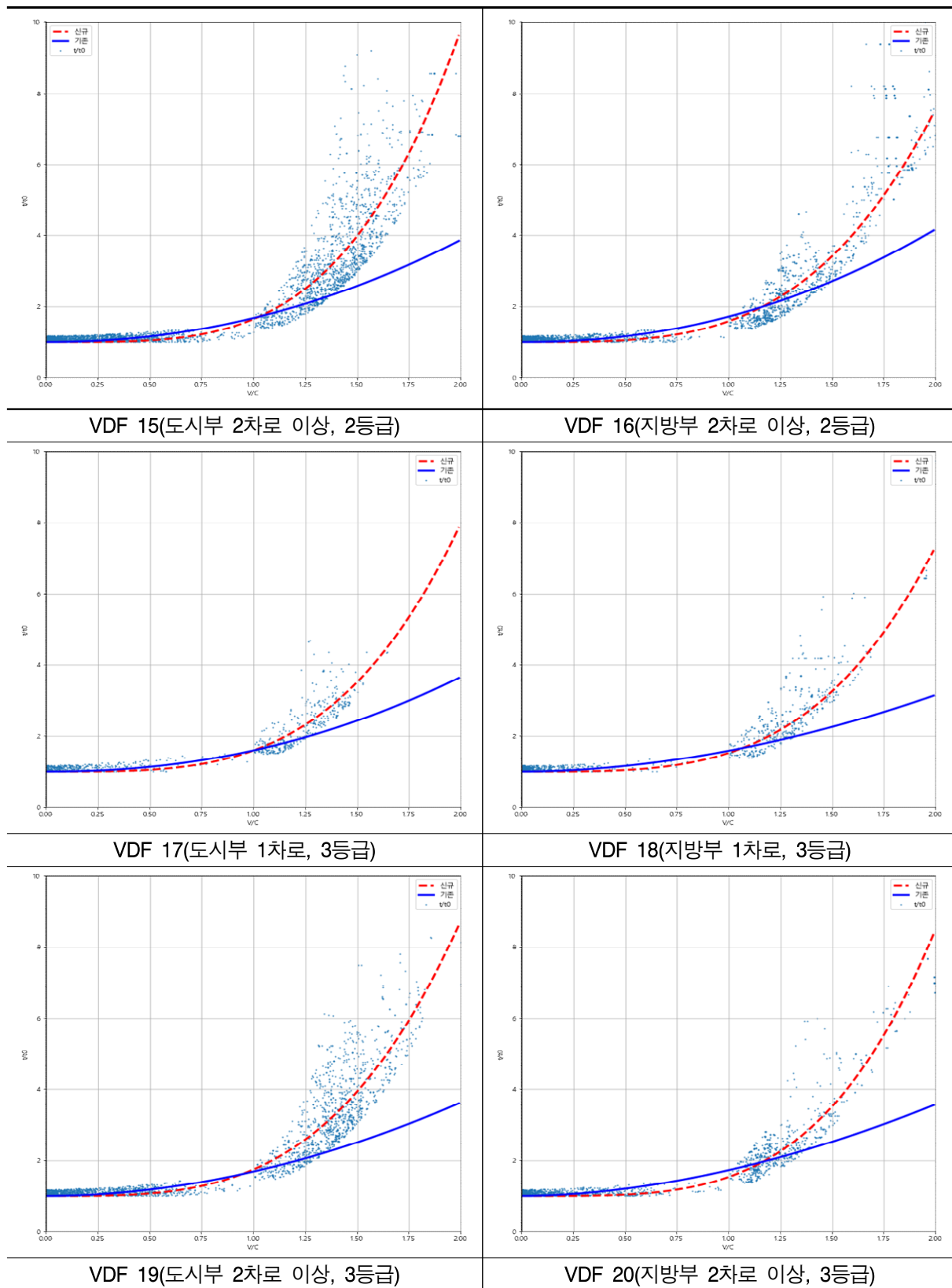
- 최종 결정된 단속류 도로통행비용함수의 자유속도(t_0), 용량(C), α , β 파라미터를 정리하면 다음과 같음

<표 15> 단속류 도로통행비용함수 산정 결과

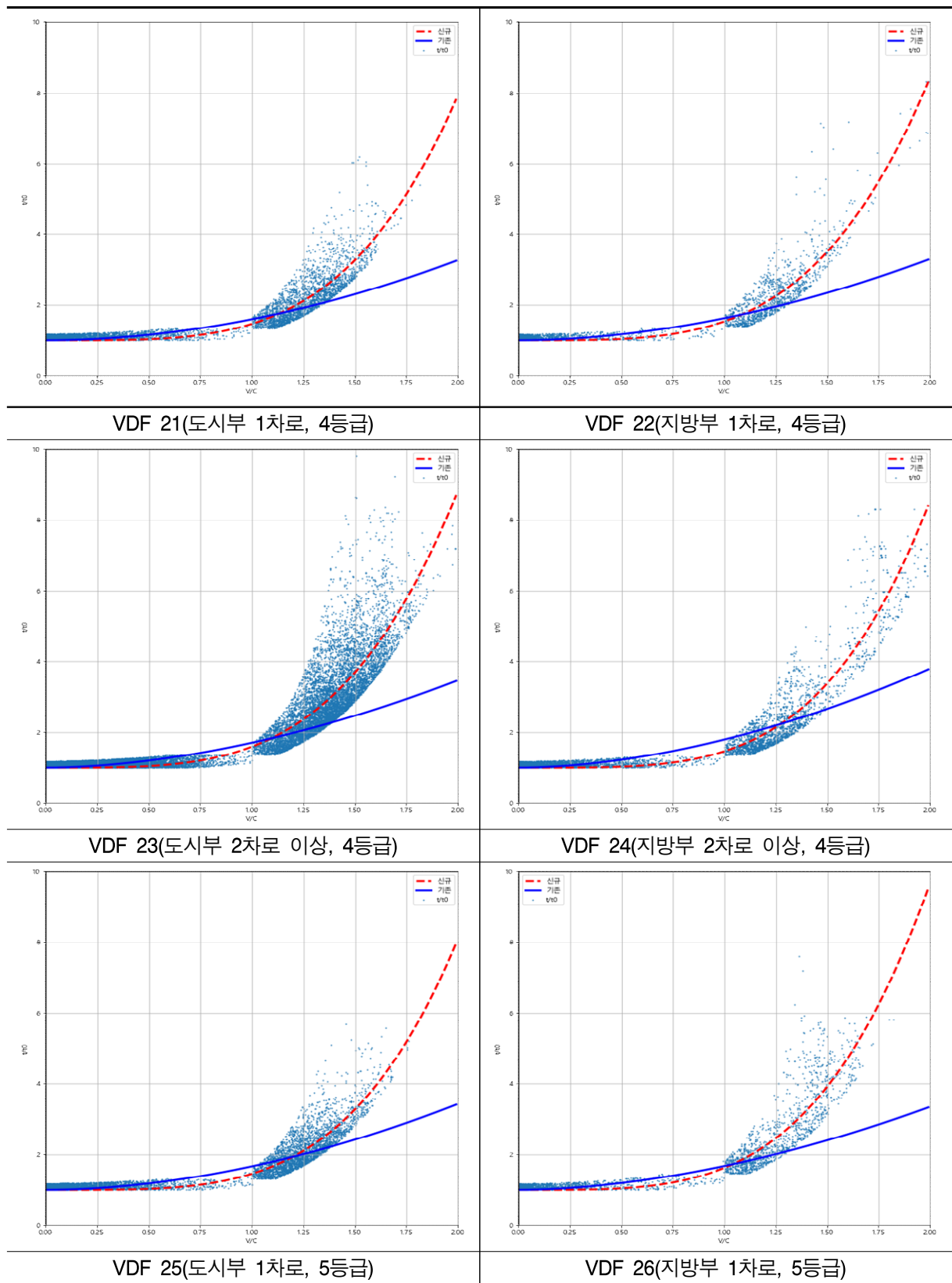
구분	지역구분	VDF	자유속도 (km/h)	기존			개선(신규)		
				용량	BPR 파라미터		용량	BPR 파라미터	
				(pcphpl)	α	β	(pcphpl)	α	β
1등급	도시부	9	38.8	1,100	0.51	2.69	982	0.45	3.59
	지방부	10	53.5	1,090	0.51	2.82	816	0.4	3.8
	도시부	11	64.2	1,420	0.67	2.16	1,404	0.65	3.45
	지방부	12	83.4	1,400	0.65	2.24	1,291	0.72	3.28
2등급	도시부	13	37.5	957	0.54	2.47	870	0.41	3.98
	지방부	14	51.2	925	0.54	2.16	690	0.38	4.13
	도시부	15	60.8	1,341	0.68	2.08	1,301	0.65	3.76
	지방부	16	72.6	1,188	0.72	2.14	1,007	0.59	3.48
3등급	도시부	17	36.1	873	0.6	2.15	827	0.6	3.54
	지방부	18	46.3	767	0.59	1.87	678	0.53	3.58
	도시부	19	52.6	1,242	0.69	1.93	1,219	0.75	3.37
	지방부	20	68.5	971	0.73	1.82	920	0.54	3.8
4등급	도시부	21	31.5	862	0.6	1.92	728	0.47	3.89
	지방부	22	44.9	583	0.63	1.87	573	0.54	3.79
	도시부	23	45.6	985	0.71	1.8	989	0.6	3.71
	지방부	24	64.1	831	0.8	1.81	841	0.47	4.01
5등급	도시부	25	28.4	636	0.67	1.86	697	0.46	3.95
	지방부	26	41.6	580	0.68	1.79	480	0.63	3.79
	도시부	27	42	936	0.72	1.79	988	0.58	3.75
	지방부	28	57.5	756	0.82	1.72	803	0.44	4.15
6등급	도시부	29	27.7	595	0.8	1.82	564	0.49	3.92
	지방부	30	38.9	465	0.72	1.72	446	0.66	3.7
	도시부	31	39.7	801	0.82	1.66	810	0.62	3.66
	지방부	32	52.3	736	0.83	1.7	733	0.41	4.22



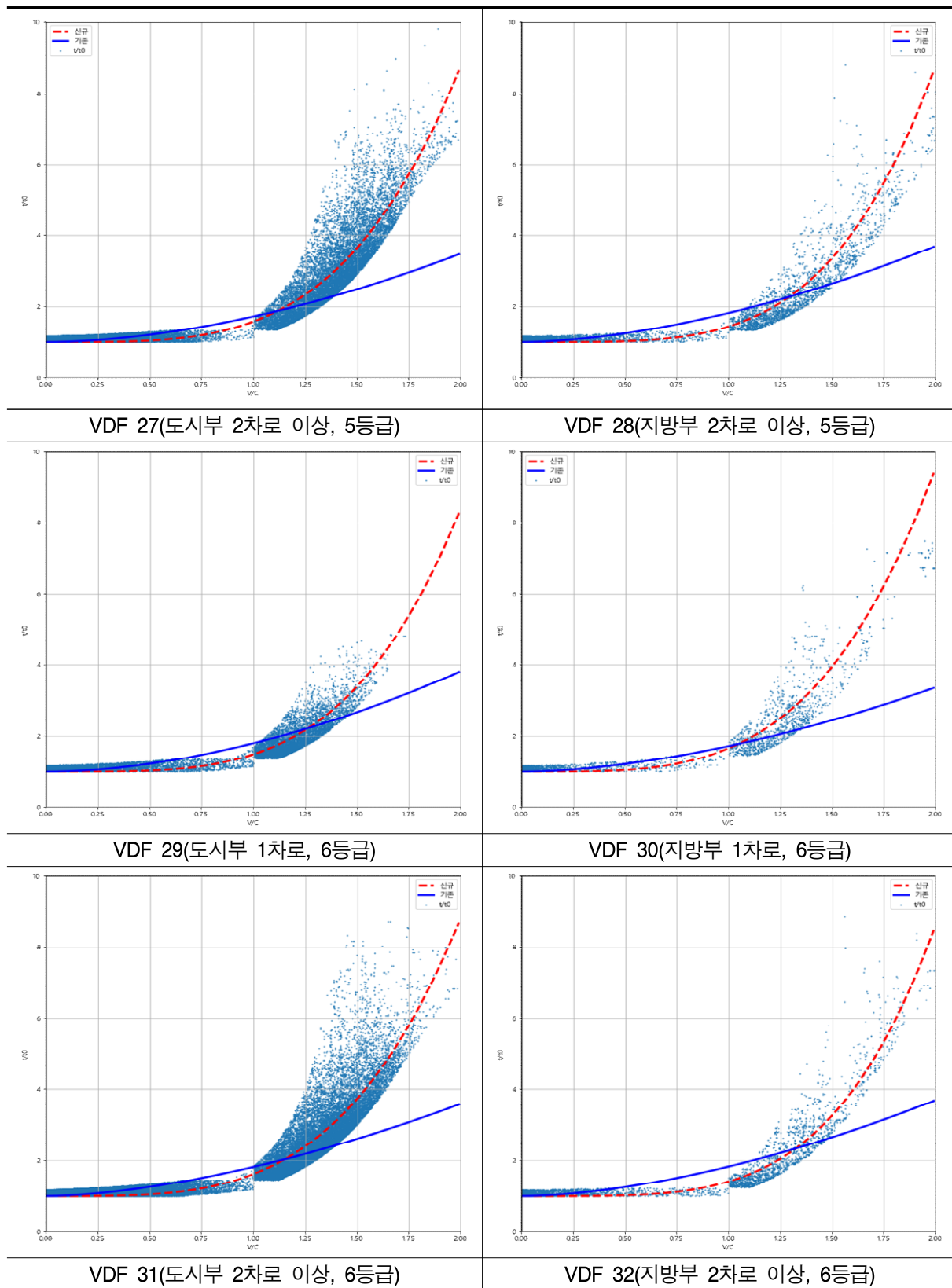
<그림 8> 단속류 도로통행비용함수 산정 결과



<그림 계속> 단속류 도로통행비용함수 산정 결과



<그림 계속> 단속류 도로통행비용함수 산정 결과



<그림 계속> 단속류 도로통행비용함수 산정 결과

바. 도로 통행비용함수 산정 결과 검토

1) 도로통행비용함수 산정 결과 검토 개요

- 본 연구에서 새롭게 개선된 도로통행비용함수(VDF)의 산정 결과를 검토하기 위하여 전국 여객 O/D와 교통분석용 네트워크를 이용하여 통행배정 결과에 대한 신뢰도를 검토함
- 신뢰도 검증을 위한 전국 여객 O/D와 교통분석용 네트워크는 본 과업 수행년도에서 구축된 2017년 기준 현행화 O/D와 네트워크를 이용함
 - 통행량 : 2017년 현행화 전국 여객 O/D
 - 네트워크 : 2017년 현행화 전국 교통분석용 네트워크
- 기존 도로통행비용함수와 신규 도로통행비용함수의 상대적 비교·평가를 위하여 정산 과정을 거치지 않은 기본 네트워크에서 검증 과정을 수행함
- 여기서의 검토 결과는 네트워크 정산과정을 수행하지 않은 결과로 단지 기존과 신규 VDF의 비교·평가를 위한 것이며 추후 신규 VDF로 교체 시 추가 정산작업을 수행하면 통행배정 신뢰도를 향상시킬 수 있을 것임
- 동일한 O/D와 네트워크에서 도로통행비용함수만 기존 VDF와 신규 VDF를 적용하여 통행 배정된 교통량과 관측 교통량의 차이를 비교하여 신뢰도 검증을 수행함

2) 배정 교통량과 관측 교통량의 오차(%Error) 검증

- 기존과 신규 VDF를 적용하여 통행배정을 수행 후 총 4,164개 교통량 관측지점을 대상으로 도로유형별로 배정 교통량과 관측 교통량의 집계오차를 비교함
- 전체 오차는 기존 -12.1%에서 -9.4%로 줄어들었고 지역간 통행에서 중요한 고속국도와 일반국도는 -8.1%에서 -5.1%로 오차가 줄어들음
- 고속국도, 국지도, 지방도는 오차가 감소하였고 일반국도는 오차가 증가하였으나 고속국도가 (-)오차에서 (+)오차가 발생함
- 이는 고속국도가 다소 과 배정되는 것을 의미하는데 추후 고속국도와 관련한 네트워크 연결성 검토 및 추가정산 과정을 수행하여 고속국도 통행에 대한 보정작업을 수행할 필요가 있음

- VDF의 상대적 비교에서 전체 네트워크와 고속국도+일반국도에서 기존 VDF 보다는 신규 VDF가 다소 %오차가 감소함을 확인할 수 있었음

<표 16> 집계 %오차(%Error) 비교·평가

구분	고속국도	일반국도	국지도	지방도	전체	고속국도+일반국도
지점수	1,178	2,986	626	1,978	6,768	4,164
관측합계	55,442,924	27,333,801	4,554,282	8,997,505	96,328,513	82,776,725
기존_배정합계(a)	52,708,656	23,364,651	2,768,313	5,871,861	84,713,480	76,073,306
신규_배정합계(b)	55,872,382	22,707,423	2,807,054	5,887,053	87,273,912	78,579,805
기존 %error	-4.9	-14.5	-39.2	-34.7	-12.1	-8.1
신규 %error	0.8	-16.9	-38.4	-34.6	-9.4	-5.1
b-a	3,163,726	-657,227	38,741	15,192	2,560,432	2,506,499

- 승용차, 버스, 트럭의 차종별로 검토해보면 합계 배정 교통량은 일반국도를 제외하고 모든 도로에서 증가하고 특히 고속국도의 배정 교통량이 많이 증가함
- 승용차는 일반국도를 제외하고 모든 도로에서 배정 교통량이 증가하고 버스, 트럭은 공통적으로 국지도와 지방도의 배정 교통량이 감소하며 버스만 유일하게 일반국도의 배정 교통량이 증가함
- 신규 VDF 적용 시, 전체 도로망에서는 승용차, 버스, 트럭의 %오차가 감소하였으나 고속국도+일반국도에서는 승용차, 트럭은 %오차가 감소하나 버스는 증가함
- 전반적으로 고속국도에 통행배정이 많이 되는 것으로 보이며 추후 정산과정을 통해 고속도로와 일반국도 등의 기타도로의 통행배정이 합리적으로 이루어 질 수 있도록 보정작업을 수행할 필요가 있음

<표 17> 차종별 집계 %오차(%Error) 비교·평가

구분		고속국도	일반국도	국지도	지방도	전체	고속국도 +일반국도
지점수		1, 178	2, 986	626	1, 978	6, 768	4, 164
관측 교통량	승용차	24, 820, 163	15, 258, 408	2, 306, 226	4, 576, 883	46, 961, 680	40, 078, 571
	버스	3, 430, 842	1, 444, 743	292, 182	613, 664	5, 781, 430	4, 875, 585
	트럭	27, 191, 919	10, 630, 651	1, 955, 875	3, 806, 959	43, 585, 403	37, 822, 569
	합계	55, 442, 924	27, 333, 801	4, 554, 282	8, 997, 505	96, 328, 513	82, 776, 725
배정 교통량 (기존VDF)	승용차	23, 086, 005	13, 109, 533	1, 693, 739	3, 694, 808	41, 584, 085	36, 195, 538
	버스	4, 118, 718	860, 295	122, 197	271, 739	5, 372, 948	4, 979, 013
	트럭	25, 503, 933	9, 394, 823	952, 377	1, 905, 314	37, 756, 447	34, 898, 755
	합계	52,708,656	23,364,651	2,768,313	5,871,861	84,713,480	76,073,306
배정 교통량 (신규VDF)	승용차	24, 618, 017	13, 078, 975	1, 774, 111	3, 755, 089	43, 226, 191	37, 696, 991
	버스	4, 346, 144	881, 254	121, 011	265, 500	5, 613, 909	5, 227, 397
	트럭	26, 908, 222	8, 747, 195	911, 931	1, 866, 465	38, 433, 813	35, 655, 417
	합계	55,872,382	22,707,423	2,807,054	5,887,053	87,273,912	78,579,805
차이 (신규-기존)	승용차	1, 532, 012	-30, 559	80, 372	60, 280	1, 642, 105	1, 501, 453
	버스	227, 426	20, 959	-1, 186	-6, 238	240, 960	248, 385
	트럭	1, 404, 289	-647, 628	-40, 445	-38, 850	677, 366	756, 661
	합계	3,163,726	-657,227	38,741	15,192	2,560,432	2,506,499
차이비율(%) (신규-배정)	승용차	6.6%	-0.2%	4.7%	1.6%	3.9%	4.1%
	버스	5.5%	2.4%	-1.0%	-2.3%	4.5%	5.0%
	트럭	5.5%	-6.9%	-4.2%	-2.0%	1.8%	2.2%
	합계	6.0%	-2.8%	1.4%	0.3%	3.0%	3.3%
기존 VDF %오차	승용차	-7.0%	-14.1%	-26.6%	-19.3%	-11.5%	-9.7%
	버스	20.0%	-40.5%	-58.2%	-55.7%	-7.1%	2.1%
	트럭	-6.2%	-11.6%	-51.3%	-50.0%	-13.4%	-7.7%
	합계	-4.9%	-14.5%	-39.2%	-34.7%	-12.1%	-8.1%
신규 VDF %오차	승용차	-0.8%	-14.3%	-23.1%	-18.0%	-8.0%	-5.9%
	버스	26.7%	-39.0%	-58.6%	-56.7%	-2.9%	7.2%
	트럭	-1.0%	-17.7%	-53.4%	-51.0%	-11.8%	-5.7%
	합계	0.8%	-16.9%	-38.4%	-34.6%	-9.4%	-5.1%

3) 배정 교통량과 관측 교통량의 %RMSE 검증

- 전국 네트워크 시스템차원에서 6,768개 지점에 대한 %RMSE의 결과를 비교하면 다음 <표 18>, <표 19>과 같고 %RMSE의 수식은 다음과 같음

$$- \%RMSE = \frac{\sqrt{\sum(\text{추정치} - \text{실측치})^2 / (n-1)}}{\sum(\text{실측치} / n)} \times 100$$

- 신규 VDF 적용 시 %RMSE는 고속국도와 일반국도 모두 감소하여 고속국도+일반국도가 53.7%에서 51.8%로 다소 감소함
- 국지도와 지방도의 %RMSE도 감소하여 전체 교통망에 대해서는 65.7%에서 63.4%로 감소함

<표 18> 고속국도와 일반국도 %RMSE 비교·평가

구분	고속국도				일반국도				고속국도+일반국도			
	지점수	기존	신규	차이	지점수	기존	신규	차이	지점수	기존	신규	차이
1~5,000	21	112.5	129.2	16.7	1,352	116.7	108.8	-7.9	1,373	116.8	109.9	-6.9
5,000~10,000	38	98.0	98.5	0.5	716	72.4	69.3	-3.1	754	74.0	71.1	-2.8
10,000~20,000	207	55.1	72.2	17.1	580	54.5	53.0	-1.5	787	54.6	59.3	4.7
20,000~30,000	251	36.8	47.6	10.8	217	51.2	50.0	-1.2	468	43.8	48.6	4.8
30,000~40,000	155	30.4	33.8	3.4	75	52.4	50.0	-2.5	230	38.7	39.6	0.9
40,000~50,000	101	29.9	31.9	2.0	23	51.4	52.3	0.9	124	34.2	35.8	1.6
50,000~60,000	102	30.6	29.6	-1.0	7	51.7	37.0	-14.7	109	31.9	29.9	-2.0
>60,000	303	27.6	24.2	-3.3	16	26.0	26.4	0.4	319	27.5	24.3	-3.2
전체	1,178	35.5	34.3	-1.2	2,986	76.3	73.6	-2.7	4,164	53.7	51.8	-1.9

<표 19> 국지도와 지방도 %RMSE 비교·평가

구분	국지도				지방도				전체			
	지점수	기존	신규	차이	지점수	기존	신규	차이	지점수	기존	신규	차이
1~5,000	372	125.7	125.4	-0.4	1,501	152.2	153.8	1.7	1,373	131.8	129.1	-2.8
5,000~10,000	122	76.1	74.2	-1.9	235	90.8	88.1	-2.7	754	77.7	75.1	-2.7
10,000~20,000	76	71.1	69.0	-2.1	170	80.2	75.0	-5.2	787	60.4	62.6	2.2
20,000~30,000	28	57.8	55.0	-2.8	41	70.3	64.5	-5.8	468	46.9	50.2	3.3
30,000~40,000	19	60.0	55.6	-4.4	16	69.6	66.8	-2.8	230	42.7	42.7	0.0
40,000~50,000	5	57.7	49.0	-8.8	7	75.7	71.2	-4.5	124	37.8	38.4	0.6
50,000~60,000	2	131.4	130.8	-0.5	3	47.8	51.6	3.8	109	34.3	32.6	-1.7
>60,000	2	141.4	141.3	-0.2	5	42.2	47.1	4.9	319	28.1	25.1	-3.0
전체	626	117.0	112.9	-4.1	1,978	133.1	128.3	-4.8	4,164	65.7	63.4	-2.3

- 일반국도, 국지도, 지방도는 전구간의 교통량 수준에서 %RMSE가 낮아졌으며 고속국도는 교통량 수준이 높은 지점에서는 감소하지만 교통량 수준이 낮은 지점에서는 증가함
- 고속도로 전체의 %RMSE는 기존 보다는 좋아지나 1-50,000 pcu 수준의 지점에 대해서는 정산적업을 수행하여 신뢰도를 좀 더 향상시킬 수 있는 방안을 검토할 필요가 있음

라. 소결

- 기존 도로통행비용함수 보다 현실적인 도로통행 특성을 반영하기 위하여 교통 빅데이터를 활용하여 새로운 도로통행비용함수를 산정함
- 기존 일부 구간의 현장조사 자료에 의존하지 않고 빅데이터를 활용하여 전국 도로를 대상으로 데이터를 확보하여 전국을 대상으로 분석을 수행함
- 기존 도로통행비용함수 보다는 α 값은 작아지고 β 값은 커졌지만 미국 NCHRP Report의 18개 MPO의 고속도로($\alpha=0.312$, $\beta=5.883$), 간선도로($\alpha=0.514$, $\beta=3.001$) 평균값과 비교했을 때는 유사한 수준으로 나타남
- %오차와 %RMSE의 비교에서 신규 도로통행비용함수가 기존 보다는 더 나은 결과를 보여 향후 교통수요분석에서 신규 도로통행비용함수를 사용하여도 큰 무리가 없을 것으로 판단됨
- 향후, 신규 도로통행비용함수에 대한 정산과정을 거쳐 통행시간, 통행경로, 통행배정 결과의 추가적인 신뢰도 검증을 수행한다면 기존 보다 교통수요분석의 신뢰도를 향상시킬 수 있을 것이라 판단됨

3. 통신자료 이용 주요 통행지표 산출 및 KTDB 신뢰도 개선

가. 연구의 개요

1) 연구의 배경 및 필요성

- 어떤 한 지역에서 다른 지역으로 사람들의 이동량을 의미하는 전국 여객기종점 통행량(O/D)은 교통SOC사업의 타당성분석을 위한 기초자료로서의 역할 외에도 여러 교통 정책분석을 위한 통계자료로서 다양하게 활용되고 있음
- 이러한 여객 O/D는 5년 단위로 수행되는 전국 여객기종점 통행량(O/D) 조사 자료에 기반하여 구축됨
- 현재까지의 전국 여객기종점 통행량(O/D) 조사는 조사원이 직접 현장 설문조사를 수행하는 인력식 방식으로 밖에 수행할 수 없어, 많은 예산과 시간이 소요되었음
- 이로 인해 KTDB에서는 표본조사(전국 가구의 약 1%, 2016년 가구 통행실태조사 기준)를 수행해 왔으며, 낮은 표본율은 여객O/D의 신뢰도를 저해하는 요소로 작용해 왔음
- KTDB에서는 이러한 한계를 극복하기 위해 다양한 기관에서 생산되는 통계자료들을 검토하고 적용하는 연구를 지속적으로 수행하여 왔음
- 통신자료는 사람의 이동을 파악할 수 있는 자료이며 전수에 가까운 빅데이터로서, 기존 방식의 조사자료를 보완 또는 대체할 수 있을 것이라 기대되는 자료임
- 이에, 본 연구에서는 통신자료를 여객O/D구축에 적용하기 위한 방법을 다방면으로 검토하고 기존 조사기반의 KTDB O/D와 비교함으로써, 기존 O/D의 신뢰성을 검증하고자 함
- 또한, 평일기준의 O/D와 함께 배포하고 있는 연평균일통행량 전환계수, 첨두집중율을 통신자료에 기반하여 산정함으로써, 신뢰도 제고방안도 함께 검토하고자 함

2) 연구의 범위

① 시간적 범위

- 2016년
 - 2016년 10월 기준의 통신자료
 - 2016년 기준의 여객 O/D 및 화물 O/D

② 공간적 범위

- 제주도를 포함한 전국
 - 17개 시도, 250개 시군구 단위

③ 내용적 범위

- 분석 통신자료의 구조와 전수화
- 분석 통신자료와 조사자료 기반의 여객O/D 비교
 - 17개 시도간, 대도시시권역간 통행 분석
 - 유출/유입량, 내부통행량, 통행 원단위, 통행거리분포(TLFD) 분석
- 통신자료를 활용한 연평균일통행량(AADT) 전환계수 산출
 - 13개 지역간 연평균일통행량 전환계수 산출
 - 기존 수송실적 기반의 연평균일통행량 전환계수와 비교
- 시간대별 통행량 검토
 - 전국 및 대도시권역별 시간대별 통행량 검토
 - 기존 조사자료 기반으로 산정된 시간대별 통행량 분포와 비교

나. 분석 통신자료의 구조와 전수화

- 분석에 활용한 자료는 (주)KT의 통신자료로, 한국교통연구원 (2018)의 「모바일 자료 기반 통행수요 추정 및 교통지표 발굴」 연구와 김주영 외 (2019) 「빅데이터 기반의 교통수요 예측의 신뢰도 제고 연구」에서 1차적으로 가공한 자료를 본 연구에서 활용하였음

<표 20> KTDB 통신자료의 구조

데이 블명	시간대별 이동인구 수	대상 기간	2016-10-01~2016-10-31				
개요	전국 O/D트립별 이동인구 (일*시간대*성*연령대*OD트립타입)						
번호	컬럼ID	컬럼명	Type	길이	Null	PK	비고
1	o_polygon	출발폴리곤	string				
2	o_base_ymd	출발 일자	string				yyyymmdd
3	o_timezn_cd	출발시간대	string				00-23
4	o_trip_type	출발지 OD트립타입	string				D (주간상주지), N (야간상주지), X (잠재상주지)
5	d_polygon	도착폴리곤	string				
6	d_base_ymd	도착 일자	string				yyyymmdd
7	d_timezn_cd	도착시간대	string				00-23
8	d_trip_type	도착지 OD트립타입	string				D (주간상주지), N (야간상주지), X (잠재상주지)
9	sex_type_itg_cd	성별 정보	string				M, F
10	age_itg_cd	연령대 정보	integer				0:0-9 10:10-19
11	total	인구 수	integer				
12	base_ymd	기준일	string				
13	o_add	출발행정구역	string				통계청 행정동 코드 7자리
14	d_add	도착행정구역	string				통계청 행정동 코드 7자리
15	day_w	요일					1 (월요일) ~7 (일요일)

- KT 통신자료의 표본율은 모집단의 약 30%수준이며, 국내 이동전화 가입자들의 공간적, 성·연령별 분포가 통신사별로 차이가 존재하지 않는다고 판단되어, 표본 특성 조정을 위한 별도의 사후 가중치는 적용하지 않았음
- 다만, 본 연구의 목적은 전국 통행량을 추정하고, 조사자료 기반의 여객O/D와 비교하는데 있기에, 표본자료에 시장점유율을 반영하여 표본 통행량을 전수화 하였음

다. 통신자료와 조사자료 기반의 O/D 비교

- 본 절에서는 통신자료와 기존 조사기반의 KTDB O/D와 비교함으로써, 통신자료의 특성과 여객O/D구축에 적용하기 위한 방법을 검토하고, 기존 O/D의 신뢰성을 검증하고자 함
- 통신자료상에서는 통행목적, 이용교통수단이 구분되지 않기에, 통행의 총량적인 측면에서 기존 조사기반의 O/D자료와 비교를 수행하였음
- 비교에 활용한 O/D자료는 2016년 기준의 주수단O/D, 수단O/D, 화물자동차O/D임
 - (여객)수단O/D : 하나의 목적으로 통행함에 있어 이용한 개별교통수단의 통행 하나 하나 집계된 통행량 자료
 - (여객)주수단O/D : 하나의 목적으로 통행함에 있어서 이용한 개별교통수단 중 가장 주가 되는 (통행시간이 길거나, 통행거리가 가장 긴) 교통수단만을 집계한 통행량 자료 (한 개의 목적통행당 한 개의 주교통수단이 존재)
 - 화물자동차O/D : 화물수송목적의 화물자동차 통행량 자료

1) 시도별 통행량 비교

- 통신자료와 조사기반의 O/D자료의 통행량을 비교한 결과는 <표 21>와 <표 22>과 같음
- 통신자료의 경우 전국 총통행량이 131백만 통행으로 이는 주수단O/D(130백만 통행)의 총통행량과 유사한 것으로 나타났으며, 주수단O/D+화물O/D(134백만 통행)와 수단O/D(139백만 통행)보다는 적은 것으로 나타남
- 시도별 발생량과 도착량 비교 시 통신자료와 O/D자료 사이에 다소 차이가 있으나, 전반적인 시도별 통행량 분포는 유사하게 나타났음
- 통신자료는 앞서 설명한 것과 같이 체류시간 25분을 기준으로 통행이 분리되어 있기 때문에, 수단간의 환승이 미포함된 주수단 통행(목적통행)의 개념에 가까움
- 따라서, 본 연구에서 통신자료와 조사기반의 O/D자료 비교 시에는 주수단O/D 또는 주수단+화물O/D를 기준으로 비교를 수행

<표 21> 통신자료와 조사자료 기반 O/D의 시도별 발생량 비교

(단위: 통행/일)

시도	통신자료 (A)	주수단O/D (B)	차이 (B-A)	주수단O/D+ 화물O/D (C)	차이 (C-A)	수단O/D (D)	차이 (D-A)
서울	27,559,177	25,688,250	-1,870,927	26,303,430	-1,255,747	29,672,029	2,112,852
부산	8,813,050	9,630,469	817,419	9,898,124	1,085,074	10,173,522	1,360,472
대구	6,618,555	6,518,273	-100,282	6,743,000	124,445	6,761,501	142,946
인천	6,456,871	6,235,734	-221,137	6,479,734	22,864	6,773,393	316,522
광주	4,138,906	4,324,394	185,487	4,472,772	333,866	4,439,163	300,256
대전	4,491,760	4,623,207	131,447	4,786,202	294,441	4,751,767	260,006
울산	3,010,782	3,173,384	162,602	3,279,969	269,187	3,220,796	210,015
경기	28,854,775	26,584,646	-2,270,129	27,448,471	-1,406,304	28,731,404	-123,370
강원	4,276,714	4,185,697	-91,018	4,324,578	47,864	4,438,333	161,618
충북	4,279,867	4,489,986	210,120	4,657,427	377,560	4,578,070	298,203
충남	5,616,983	6,296,587	679,603	6,524,134	907,150	6,487,351	870,367
전북	4,670,678	4,944,762	274,084	5,116,959	446,281	5,320,884	650,206
전남	4,171,846	4,646,503	474,657	4,853,102	681,256	4,811,902	640,057
경북	7,028,622	7,089,680	61,057	7,367,679	339,056	7,243,815	215,192
경남	8,059,926	8,800,496	740,570	9,061,962	1,002,036	9,019,772	959,846
제주	2,197,223	2,169,501	-27,722	2,244,319	47,096	2,185,652	-11,571
세종	719,177	650,610	-68,567	662,538	-56,639	662,444	-56,733
합계	130,964,912	130,052,177	-912,735	134,224,400	3,259,488	139,271,797	8,306,885

<표 22> 통신자료와 조사자료 기반 O/D의 시도별 도착량 비교

(단위: 통행/일)

시도	통신자료 (A)	주수단O/D (B)	차이 (B-A)	주수단O/D+ 화물O/D (C)	차이 (C-A)	수단O/D (D)	차이 (D-A)
서울	27,372,335	25,661,299	-1,711,036	26,280,949	-1,091,386	29,668,297	2,295,963
부산	8,829,164	9,625,144	795,980	9,895,639	1,066,474	10,170,181	1,341,017
대구	6,655,261	6,524,819	-130,442	6,759,509	104,248	6,764,296	109,036
인천	6,534,159	6,298,382	-235,777	6,537,208	3,049	6,830,366	296,207
광주	4,157,531	4,324,588	167,056	4,472,241	314,710	4,222,161	64,630
대전	4,501,532	4,630,348	128,815	4,794,186	292,654	4,758,088	256,556
울산	3,004,689	3,164,320	159,632	3,268,535	263,846	3,211,768	207,080
경기	28,997,092	26,546,619	-2,450,473	27,407,256	-1,589,836	28,675,771	-321,321
강원	4,271,052	4,186,958	-84,094	4,322,495	51,444	4,439,717	168,665
충북	4,274,479	4,479,873	205,394	4,646,725	372,246	4,566,336	291,857
충남	5,589,628	6,290,466	700,837	6,518,147	928,519	6,481,068	891,439
전북	4,671,354	4,945,720	274,365	5,120,496	449,142	5,322,164	650,809
전남	4,153,771	4,648,101	494,331	4,854,645	700,874	5,030,360	876,589
경북	6,991,024	7,092,721	101,698	7,363,902	372,878	7,251,110	260,086
경남	8,052,528	8,810,031	757,503	9,074,635	1,022,107	9,026,751	974,223
제주	2,198,000	2,170,074	-27,925	2,244,892	46,893	2,186,225	-11,774
세종	711,312	652,714	-58,598	662,940	-48,372	667,137	-44,175
합계	130,964,912	130,052,177	-912,735	134,224,400	3,259,488	139,271,797	8,306,885

2) 대도시권역간 통행량 비교

- 대도시권역간 통신자료와 O/D자료의 통행량 분포를 비교하였음
- 대도시권역간의 통행량은 O/D자료가 통신자료보다 더 많은 것으로 나타남
- 수도권(서울, 인천, 경기) 내부통행량은 통신자료 62백만, O/D자료 59백만으로, 통신자료가 3백만 통행 더 많은 것으로 나타남

<표 23> 통신자료와 O/D자료의 대도시권역간 통행량 비교

(단위: 통행/일)

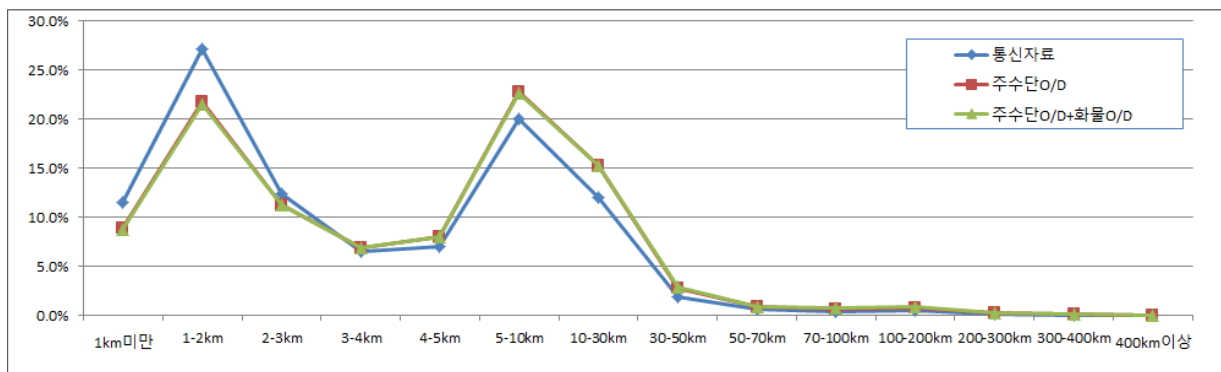
통신자료(A)	수도권	부산울산권	대구광역시권	대전충청권	광주광역시권	기타권	제주권	합계
수도권	62,346,804	23,972	26,377	284,912	11,705	162,870	14,183	62,870,823
부산울산권	24,956	16,152,940	95,394	11,475	2,261	105,791	3,654	16,396,471
대구광역시권	26,817	100,553	11,314,018	20,420	1,834	100,623	1,929	11,566,195
대전충청권	310,092	12,442	21,281	14,648,006	8,654	104,789	2,522	15,107,787
광주광역시권	12,295	2,272	1,869	7,768	4,771,657	94,930	1,348	4,892,141
기타권	168,597	114,430	106,807	102,132	100,330	17,339,485	2,491	17,934,272
제주권	14,024	3,119	1,853	2,238	1,058	3,058	2,171,873	2,197,223
합계	62,903,586	16,409,729	11,567,599	15,076,952	4,897,500	17,911,546	2,198,000	130,964,912

O/D자료(B)	수도권	부산울산권	대구광역시권	대전충청권	광주광역시권	기타권	제주권	합계
수도권	59,313,503	59,896	53,430	483,888	25,175	273,705	22,038	60,231,636
부산울산권	55,338	18,198,011	177,432	20,383	8,232	185,071	5,077	18,649,545
대구광역시권	51,773	171,751	11,524,392	30,994	3,808	146,533	2,373	11,931,625
대전충청권	490,121	21,922	32,769	15,941,030	11,930	129,312	3,216	16,630,301
광주광역시권	24,428	8,207	4,660	12,144	5,110,026	169,065	1,436	5,329,966
기타권	268,261	187,993	153,886	130,426	171,632	18,290,949	3,862	19,207,010
제주권	21,988	4,947	2,323	3,132	1,379	3,661	2,206,890	2,244,319
합계	60,225,413	18,652,727	11,948,893	16,621,998	5,332,181	19,198,296	2,244,892	134,224,400

차이(B-A)	수도권	부산울산권	대구광역시권	대전충청권	광주광역시권	기타권	제주권	합계
수도권	-3,033,300	35,924	27,054	198,976	13,470	110,835	7,855	-2,639,187
부산울산권	30,382	2,045,071	82,039	8,909	5,971	79,280	1,423	2,253,074
대구광역시권	24,956	71,199	210,374	10,574	1,974	45,911	444	365,430
대전충청권	180,029	9,480	11,488	1,293,024	3,276	24,523	694	1,522,514
광주광역시권	12,132	5,935	2,790	4,376	338,368	74,135	88	437,824
기타권	99,664	73,563	47,079	28,294	71,302	951,464	1,372	1,272,737
제주권	7,964	1,827	470	894	321	603	35,017	47,096
합계	-2,678,173	2,242,999	381,294	1,545,046	434,681	1,286,750	46,893	3,259,488

3) 통행 거리분포 (TLFD, Trip Length Frequency Distribution) 비교

- 통행거리는 전국 250개 시군구 기준으로, 교통분석용 도로네트워크 자료에서 시군구간 최단거리를 산출하여 적용하였음
- 전반적인 통행 거리대별 분포는 통신자료와 O/D자료가 유사함
- 통신자료의 경우, 통행거리가 3km미만인 단거리 통행비율이 O/D자료에 비해 높게 나타남



<그림 9> 통행거리분포 비교(전국)

<표 24> 통행거리분포 비교(전국)

	통신자료	주수단O/D	주수단O/D+화물O/D
1km미만	11.5%	8.8%	8.7%
1-2km	27.0%	21.7%	21.5%
2-3km	12.3%	11.3%	11.3%
3-4km	6.5%	6.8%	6.8%
4-5km	7.0%	8.0%	8.0%
5-10km	19.9%	22.7%	22.6%
10-30km	12.0%	15.2%	15.3%
30-50km	1.9%	2.8%	2.9%
50-70km	0.6%	0.8%	0.9%
70-100km	0.5%	0.7%	0.8%
100-200km	0.5%	0.7%	0.9%
200-300km	0.2%	0.3%	0.3%
300-400km	0.1%	0.1%	0.2%
400km이상	0.0%	0.0%	0.0%
합계	100.0%	100.0%	100.0%

라. 통신자료를 활용한 연평균일통행량(AADT) 전환계수 산출

- 현재 KTDB에서 구축한 전국 지역간 및 대도시권 O/D는 주중 기반의 자료를 이용하여 구축한 주중 O/D로, 주말통행 반영이 필요한 경우를 위해 연평균일통행량(AADT) 전환계수를 별도로 배포하고 있음
- 특정 수단의 수송실적 자료에 기반하여 산출해왔기 때문에 수단별로는 주중과 주말통행패턴을 정확하게 파악할 수 있는 장점이 있으나, 적용범위가 한정적이었음
- 본 연구에서는 이러한 한계점을 보완하기 위해 빅데이터 중의 하나인 통신자료를 기반으로 연평균일통행량 전환계수 산출하고, 기존 연평균일통행량 전환계수와의 비교를 통해 통신자료 기반 연평균일통행량 전환계수 적용의 합리성을 검토함

1) 통신자료의 시도별 평일, 주말, 일평균 발생·도착량 검토

- 평일과 주말의 평균통행량을 비교 했을 시, 평일이 주말보다 많은 것으로 나타났음
- 전국기준 평일은 1인당 평균 2.55회 통행을, 주말은 2.32회 통행을 하는 것으로 나타남

<표 25> 시도별 평일, 주말, 일평균 통행량 및 원단위 비교

(단위: 명, 통행/일, 통행/인)

구분	총인구	통행량 (발생기준)			원단위		
		평일평균	주말평균	월평균	평일평균	주말평균	월평균
서울	9,805,506	27,559,177	23,752,693	26,208,489	2.81	2.42	2.67
부산	3,440,484	8,813,050	8,218,171	8,601,964	2.56	2.39	2.50
대구	2,461,002	6,618,555	6,182,349	6,463,772	2.69	2.51	2.63
인천	2,913,024	6,456,871	6,009,614	6,298,167	2.22	2.06	2.16
광주	1,501,557	4,138,906	3,820,425	4,025,897	2.76	2.54	2.68
대전	1,535,445	4,491,760	4,038,211	4,330,824	2.93	2.63	2.82
울산	1,166,033	3,010,782	2,645,567	2,881,189	2.58	2.27	2.47
경기	12,671,956	28,854,775	26,389,322	27,979,937	2.28	2.08	2.21
강원	1,521,751	4,276,714	4,132,320	4,225,478	2.81	2.72	2.78
충북	1,603,404	4,279,867	3,875,727	4,136,462	2.67	2.42	2.58
충남	2,132,566	5,616,983	5,047,909	5,415,054	2.63	2.37	2.54
전북	1,833,168	4,670,678	4,342,999	4,554,405	2.55	2.37	2.48
전남	1,796,017	4,171,846	3,846,824	4,056,515	2.32	2.14	2.26
경북	2,682,169	7,028,622	6,410,554	6,809,308	2.62	2.39	2.54
경남	3,339,633	8,059,926	7,324,840	7,799,089	2.41	2.19	2.34
제주	623,332	2,197,223	2,079,449	2,155,432	3.52	3.34	3.46
세종	242,507	719,177	610,066	680,460	2.97	2.52	2.81
합계	51,269,554	130,964,912	118,727,041	126,622,441	2.55	2.32	2.47

2) AADT 전환계수 산출 및 기존 환산계수와 비교

- 통신자료 평일평균 및 일평균통행량에 기반해 연평균일통행량(AADT, Annual Average Daily Trip) 전환계수를 산정하였음

<표 26> 통신자료의 평일평균 통행량 분포

(단위: 천통행/일)

구분	수도권	부산	대구	광주	대전	울산	강원	충북	충남 세종	전북	전남	경북	경남	합계
수도권	62,347	14	13	9	32	4	109	86	168	24	11	27	12	62,857
부산	14	8,467	8	1	2	43	1	2	2	1	3	18	248	8,810
대구	13	8	6,283	1	2	4	2	4	2	2	1	271	23	6,617
광주	9	1	1	3,948	2	0	0	1	3	17	153	1	2	4,138
대전	33	2	3	2	4,259	1	2	49	121	11	2	5	3	4,492
울산	5	48	5	0	1	2,877	1	1	1	0	1	38	33	3,011
강원	115	1	2	0	2	1	4,123	17	3	1	0	11	1	4,276
충북	91	2	4	1	50	1	17	4,031	52	5	1	18	3	4,278
충남 세종	185	2	3	4	130	1	3	56	5,900	37	5	6	4	6,336
전북	25	2	2	18	12	0	1	5	35	4,538	23	2	7	4,670
전남	12	4	2	170	2	1	0	1	4	24	3,933	1	15	4,170
경북	28	20	304	1	6	42	11	19	6	2	1	6,570	21	7,029
경남	12	258	25	2	3	31	1	3	4	7	15	21	7,679	8,060
합계	62,890	8,827	6,654	4,157	4,501	3,004	4,271	4,273	6,300	4,671	4,152	6,990	8,051	128,742

<표 27> 통신자료의 월평균 일통행량 분포

(단위: 천통행/일)

구분	수도권	부산	대구	광주	대전	울산	강원	충북	충남 세종	전북	전남	경북	경남	합계
수도권	59,868	16	16	12	38	5	136	98	186	32	15	34	16	60,472
부산	18	8,224	11	1	2	47	1	2	2	2	4	26	257	8,598
대구	16	11	6,096	1	3	6	2	5	3	3	2	284	30	6,462
광주	12	1	1	3,813	2	0	0	1	4	21	165	1	3	4,025
대전	40	2	3	2	4,074	1	2	52	127	14	2	6	4	4,331
울산	6	52	6	0	1	2,734	1	1	1	1	1	43	35	2,881
강원	149	2	3	0	3	1	4,026	20	4	1	0	14	1	4,225
충북	104	3	5	1	54	1	20	3,854	56	7	2	24	4	4,134
충남 세종	204	2	4	5	136	1	4	59	5,617	45	7	7	5	6,095
전북	34	2	3	23	15	1	1	7	43	4,383	29	3	10	4,554
전남	16	5	3	181	3	1	0	2	6	30	3,786	2	20	4,055
경북	36	28	311	1	7	47	14	24	7	3	2	6,304	27	6,809
경남	15	266	32	3	4	34	1	4	5	10	20	26	7,380	7,799
합계	60,517	8,615	6,494	4,043	4,342	2,878	4,210	4,129	6,061	4,550	4,036	6,774	7,792	124,440

- 통신자료 기반의 연평균일통행량(AADT, Annual Average Daily Trip) 전환계수 산정 결과는 아래와 같음
 - 연평균일통행량 전환계수 = 연평균일통행량(월평균일통행량) / 평일평균통행량
 - 기존 수송실적 기반의 전환계수와 비교를 위해 13개 지역으로 구분하여 산정함

<표 28> 통신자료 기반의 연평균일통행량(AADT) 환산계수

구분	수도권	부산	대구	광주	대전	울산	강원	충북	충남 세종	전북	전남	경북	경남	합계
수도권	0.96	1.21	1.25	1.28	1.21	1.20	1.24	1.15	1.11	1.31	1.28	1.24	1.25	0.96
부산	1.23	0.97	1.35	1.48	1.33	1.11	1.31	1.35	1.29	1.55	1.43	1.40	1.04	0.98
대구	1.25	1.35	0.97	1.26	1.29	1.42	1.41	1.31	1.28	1.50	1.60	1.05	1.28	0.98
광주	1.28	1.44	1.21	0.97	1.25	1.38	1.20	1.31	1.32	1.24	1.08	1.25	1.44	0.97
대전	1.19	1.23	1.25	1.22	0.96	1.26	1.25	1.07	1.06	1.30	1.32	1.23	1.35	0.96
울산	1.14	1.07	1.36	1.28	1.22	0.95	1.38	1.22	1.09	1.40	1.25	1.11	1.07	0.96
강원	1.30	1.48	1.51	1.26	1.39	1.58	0.98	1.21	1.32	1.32	1.18	1.33	1.54	0.99
충북	1.14	1.34	1.37	1.32	1.07	1.32	1.19	0.96	1.06	1.27	1.35	1.29	1.36	0.97
충남 세종	1.10	1.22	1.25	1.32	1.05	1.14	1.24	1.06	0.95	1.20	1.33	1.17	1.28	0.96
전북	1.38	1.63	1.59	1.24	1.33	1.58	1.24	1.30	1.23	0.97	1.23	1.47	1.43	0.98
전남	1.34	1.46	1.62	1.06	1.41	1.43	1.15	1.42	1.38	1.23	0.96	1.40	1.32	0.97
경북	1.29	1.42	1.02	1.21	1.24	1.12	1.30	1.28	1.24	1.37	1.30	0.96	1.29	0.97
경남	1.26	1.03	1.25	1.43	1.39	1.10	1.32	1.33	1.31	1.39	1.29	1.27	0.96	0.97
합계	0.96	0.98	0.98	0.97	0.96	0.96	0.99	0.97	0.96	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97

- 음영으로 표시된 13개 지역 내부통행의 경우, 평일통행량이 주말이 포함된 월평균일통행량 보다 많은 것으로 나타남
- 13개 지역간 통행의 경우 주말이 포함된 월평균 일통행량이 평일통행량 보다 많은 것으로 나타났으며, 이는 지역간 통행은 주말통행이 평일통행보다 많은 것을 의미함
- 다만, <표 29>와 <표 30>의 기존 고속도로 TCS자료 및 고속철도 수송실적에 기반해 산정된 연평균일통행량 환산계수와 비교하면, 통신자료의 평일과 연평균 통행량의 차이가 큼을 확인할 수 있음
- 이러한 차이 발생한 원인으로 아래와 같이 몇 가지 요인이 존재할 수 있음
 - 기존 연평균일통행량 환산계수는 특정 수단(승용차 및 고속철도)에 대해서만 산출되었으나, 통신자료는 모든 수단을 포함
 - 기존 환산계수는 연간 자료를 활용하여 분석했으며, 통신자료는 10월 한달 자료만을 사용해서 분석을 진행했기 때문

- 통신자료 기반의 AADT환산계수 적용에 앞서서, 1년치 자료를 활용해 산출하고, AADT환산계수의 적용범위(승용차, 버스, 철도수단)를 감안해 적용방법론 검토가 추가로 필요함

<표 29> 고속도로 TCS자료 기반의 연평균일통행량(AADT) 환산계수

구분	수도권	부산	대구	광주	대전	울산	강원	충북	충남 세종	전북	전남	경북	경남	합계
수도권	0.94	1.01	1.05	1.07	1.03	1.01	1.15	1.01	1.02	1.15	1.14	1.09	1.08	0.96
부산	1.01	1.05	1.10	1.08	1.09	1.07	1.00	0.97	0.93	1.07	1.08	1.18	0.99	1.02
대구	1.06	1.08	0.91	1.07	1.12	1.13	1.19	1.13	1.04	1.19	1.18	0.99	1.12	0.99
광주	1.22	1.07	1.08	0.95	1.00	1.07	1.00	1.00	1.00	1.12	1.06	1.10	1.15	1.06
대전	1.04	0.98	1.09	1.00	0.91	1.05	1.06	0.96	1.00	1.12	1.10	1.14	1.13	0.99
울산	1.00	1.08	1.13	1.01	1.05	0.95	1.16	1.01	0.93	1.04	1.01	1.08	1.01	1.03
강원	1.18	1.13	1.19	1.00	1.07	1.21	1.09	1.05	1.04	1.06	1.05	1.22	1.15	1.11
충북	1.03	0.92	1.11	1.00	0.96	1.03	1.04	0.97	0.96	1.06	1.03	1.13	1.07	1.01
충남 세종	1.03	0.88	1.01	1.00	1.00	0.93	1.04	0.95	1.03	1.15	1.13	0.99	1.03	1.03
전북	1.18	1.01	1.18	1.12	1.14	1.06	1.05	1.06	1.22	1.04	1.08	1.07	1.18	1.11
전남	1.16	1.05	1.14	1.06	1.13	0.98	1.04	1.03	1.22	1.08	1.06	1.02	1.15	1.08
경북	1.10	1.19	1.00	1.04	1.12	1.10	1.21	1.13	0.99	1.05	1.02	1.05	1.10	1.05
경남	1.08	0.99	1.11	1.12	1.18	1.02	1.16	1.09	1.08	1.18	1.12	1.11	0.97	1.00
합계	0.96	1.01	0.99	1.06	0.99	1.03	1.10	1.00	1.03	1.09	1.08	1.04	1.00	1.00

주 : TCS_전차종의 통행분포량이 100대/일 미만인 경우는 계수값을 '1'로 적용

<표 30> 고속철도 수송실적자료 기반의 연평균일통행량(AADT) 환산계수

구분	수도권	부산	대구	광주	대전	울산	강원	충북	충남 세종	전북	전남	경북	경남	합계
수도권	1.05	1.09	1.08	1.10	1.03	1.08	1.00	0.88	0.98	1.14	1.09	1.05	1.06	1.06
부산	1.14	1.20	1.26	1.00	1.17	1.18	1.00	1.10	1.20	1.00	1.00	1.23	1.25	1.16
대구	1.08	1.20	1.00	1.00	1.13	1.23	1.00	1.05	1.18	1.00	1.00	1.05	1.17	1.11
광주	1.11	1.00	1.00	1.00	1.03	1.00	1.00	1.05	1.12	1.06	0.94	1.00	1.00	1.10
대전	1.03	1.10	1.10	0.97	1.00	1.10	1.00	0.93	0.94	1.01	1.11	1.02	1.12	1.04
울산	1.04	1.13	1.21	1.00	1.07	1.00	1.00	1.05	1.03	1.00	1.00	1.15	1.00	1.07
강원	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
충북	0.86	1.06	1.02	1.00	0.92	1.08	1.00	1.00	0.89	1.04	1.03	1.03	0.99	0.92
충남 세종	0.98	1.11	1.11	1.09	0.92	1.04	1.00	0.87	1.11	1.12	1.14	1.08	1.20	1.02
전북	1.16	1.00	1.00	1.04	1.20	1.00	1.00	1.11	1.18	1.00	1.18	1.00	1.00	1.14
전남	1.09	1.00	1.00	1.06	1.16	1.00	1.00	1.07	1.16	1.25	1.07	1.00	1.00	1.11
경북	1.05	1.20	1.08	1.00	1.04	1.23	1.00	1.08	1.12	1.00	1.00	1.13	1.15	1.07
경남	1.05	1.28	1.25	1.00	1.12	1.00	1.00	0.98	1.18	1.00	1.00	1.23	1.19	1.09
합계	1.06	1.11	1.11	1.09	1.05	1.11	1.00	0.94	1.03	1.12	1.09	1.06	1.09	1.07

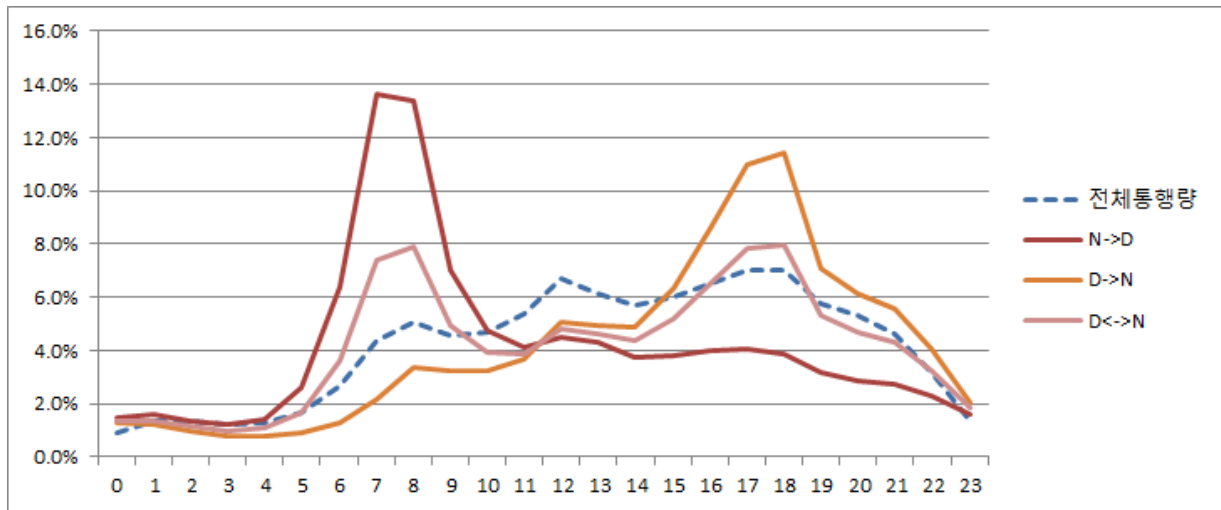
주 : 철도(일반+고속철도 통행량의 합)의 통행분포량이 100인/일 미만인 경우는 계수값을 '1'로 적용

마. 통신자료의 시간대별 통행량 검토

- 현재 KTDB에서 구축한 전국 지역간 및 대도시권 O/D는 전일(일평균) 기반의 자료로, 출퇴근 시간의 통행분석 등을 위해 필요한 시간대별 O/D는 시간대별 수송실적 등 활용 가능한 자료의 부재로 구축에 어려움이 존재
- 이에 대한 방편으로, KTDB에서는 한국개발연구원(2008)의 「도로·철도 부문 사업의 예비 타당성조사 표준지침 수정·보완 연구(제5판)」의 첨두집중율 산출방법에 따라 조사자료에 기반한 첨두집중율을 산출하여 별도 제공하고 있음
- 본 연구에서는 통신자료를 기반으로 시간대별 통행량 분포를 검토하여 첨두집중율을 산정하였음
 - 본 연구에서 시간대별 통행의 출발시간 기준임

1) 전국 시간대별 통행량 분포 검토

- 시간대별 통행량을 비교함에 있어 읍면동 내부통행량의 포함한 경우와 제외한 경우 두 가지를 나눠서 검토하였음
- 또한, 시간대별 통행량을 아래 4가지 통행 유형으로 구분하여 비교하였음
 - 야간상주지(N) → 주간상주지(D) : 거주지를 포함한 야간상주지에서 직장, 학교 등 주간 상주지로의 통행 (주로 출근, 등교목적 통행)
 - 주간상주지(D) → 야간상주지(N) : 직장, 학교 등 주간 상주지에서 거주지를 포함한 야간상주지로의 통행 (주로 귀가목적 통행)
 - 야간상주지(N) ↔ 주간상주지(D) : 통근 및 통학 목적의 통행
 - 전체 : 위의 3가지 유형에 더해 잠재활동지↔주간상주지(D), 야간상주지(N)↔ 잠재활동지, 잠재활동지↔잠재활동지간의 통행유형까지 포함된 모든 통행
- 전체 목적에 대한 시간대별 통행량 분포를 검토했을 시에, 아침 출근시간대(8시~9시), 점심시간대(12시~13시), 저녁 퇴근시간대(17시~19시)에 첨두 특성을 갖는 것으로 나타남
- 읍면동 내부통행량 제외 시에는 위의 첨두통행 특성이 더욱 두드러지게 나타남



<그림 10> 통행유형별 시간대 분포 (읍면동 내부통행 포함)

<표 31> 통행유형별 시간대 분포 (읍면동 내부통행 포함)

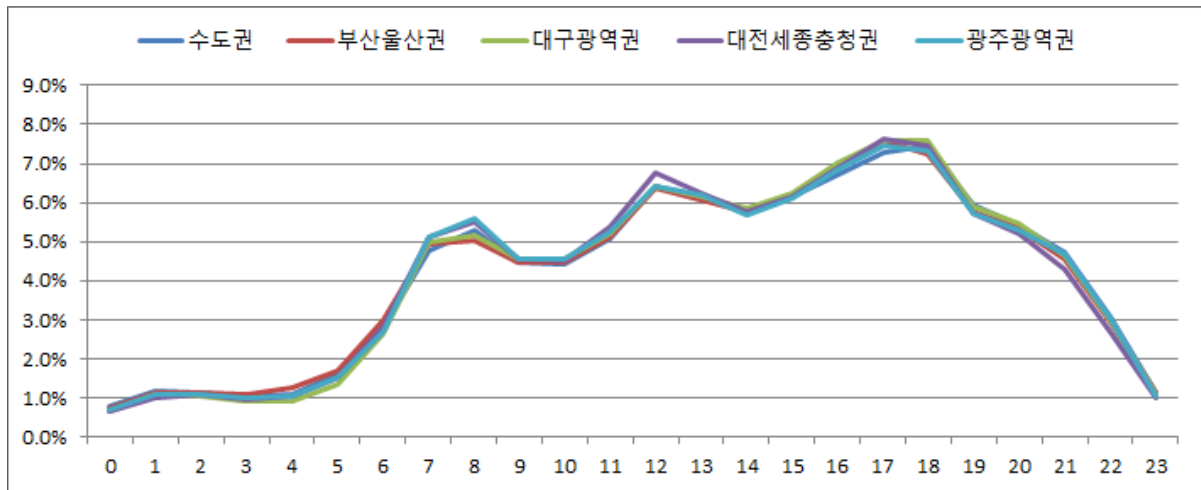
(단위: 통행/일)

출발 시간대	전체		야간상주지(N) → 주간상주지(D)		주간상주지(D) → 야간상주지(N)		야간상주지(N) ↔ 주간상주지(D)	
	통행량	비율	통행량	비율	통행량	비율	통행량	비율
0	1,195,746	0.9%	228,319	1.5%	234,806	1.3%	463,125	1.4%
1	1,783,466	1.4%	241,206	1.6%	221,948	1.2%	463,154	1.4%
2	1,760,458	1.3%	210,360	1.4%	175,563	1.0%	385,923	1.1%
3	1,623,102	1.2%	190,747	1.2%	144,977	0.8%	335,724	1.0%
4	1,709,468	1.3%	221,269	1.4%	139,102	0.8%	360,371	1.1%
5	2,204,670	1.7%	397,808	2.6%	164,761	0.9%	562,568	1.7%
6	3,524,142	2.7%	981,761	6.4%	240,590	1.3%	1,222,351	3.6%
7	5,689,487	4.3%	2,090,740	13.6%	403,135	2.2%	2,493,875	7.4%
8	6,636,903	5.1%	2,047,366	13.4%	614,392	3.3%	2,661,759	7.9%
9	5,992,431	4.6%	1,073,861	7.0%	601,256	3.3%	1,675,117	5.0%
10	6,119,878	4.7%	728,692	4.8%	595,166	3.2%	1,323,858	3.9%
11	7,083,108	5.4%	630,433	4.1%	674,340	3.7%	1,304,772	3.9%
12	8,781,387	6.7%	692,896	4.5%	933,462	5.1%	1,626,358	4.8%
13	8,073,188	6.2%	657,641	4.3%	907,332	4.9%	1,564,973	4.6%
14	7,469,452	5.7%	576,974	3.8%	902,323	4.9%	1,479,297	4.4%
15	7,884,064	6.0%	582,832	3.8%	1,161,545	6.3%	1,744,376	5.2%
16	8,568,275	6.5%	609,324	4.0%	1,581,647	8.6%	2,190,971	6.5%
17	9,152,953	7.0%	623,787	4.1%	2,014,319	11.0%	2,638,106	7.8%
18	9,162,516	7.0%	593,389	3.9%	2,095,438	11.4%	2,688,827	8.0%
19	7,548,432	5.8%	486,951	3.2%	1,305,110	7.1%	1,792,061	5.3%
20	6,951,030	5.3%	440,543	2.9%	1,131,048	6.2%	1,571,590	4.7%
21	6,080,477	4.6%	416,640	2.7%	1,028,301	5.6%	1,444,941	4.3%
22	4,192,913	3.2%	352,737	2.3%	743,974	4.0%	1,096,712	3.3%
23	1,777,366	1.4%	243,398	1.6%	372,535	2.0%	615,933	1.8%
합계	130,964,912	100.0%	15,319,673	100.0%	18,387,070	100.0%	33,706,743	100.0%

2) 대도시권역별 통행유형별 시간대별 통행량 분포 비교 (읍면동 내부통행 제외 시)

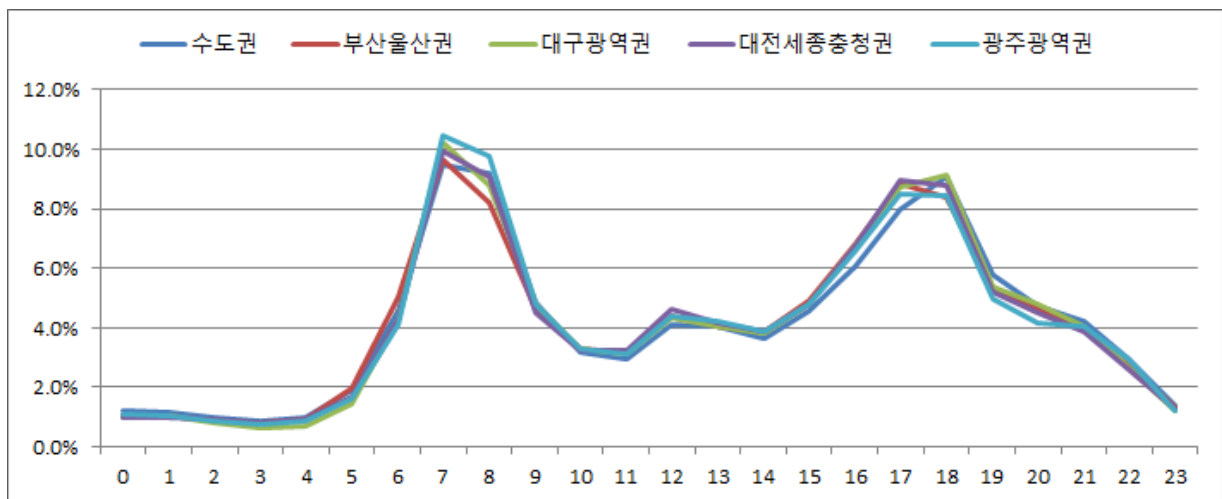
- 읍면동 내부통행을 제외한 경우로 대도시권역별 시간대별 통행량 분포를 산출함
- 대도시권역별 비교 시에도 시간대별 통행량 분포가 유사하게 나타났음

① 전체통행



<그림 11> 대도시권역별 시간대별 통행량 분포

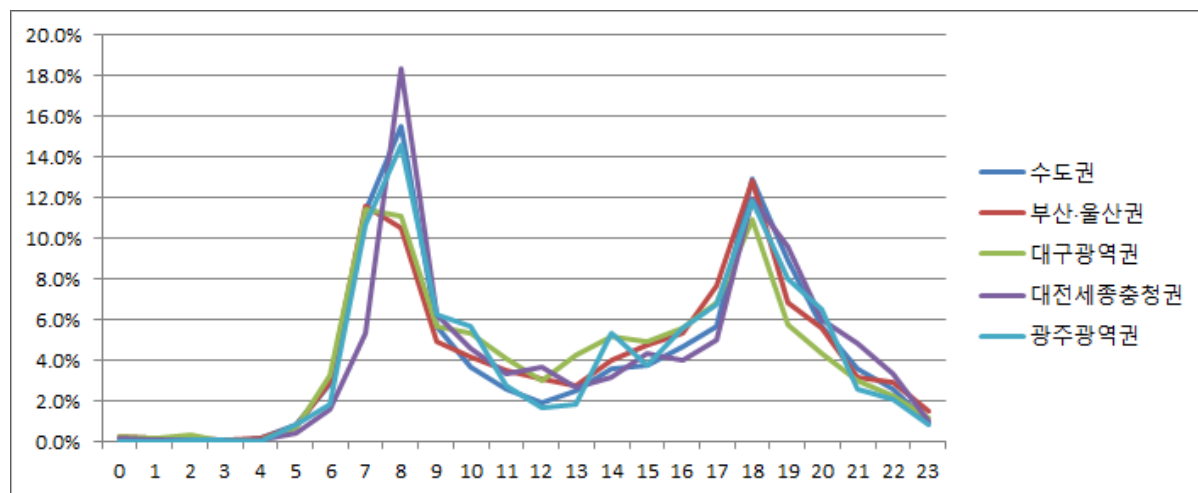
② 주간상주지(D) ↔ 야간상주지(N) 통행



<그림 12> 대도시권역별 시간대별 통행량 분포 (주간상주지 ↔ 야간상주지)

3) 조사자료 기반의 시간대별 통행량 분포와의 비교

○ 통신자료와 기존 조사자료에서 산출한 대도시권역별 시간대별 통행량 분포를 비교함



<그림 13> 수단O/D자료기반의 대도시권역별 시간대별 분포

<표 32> 수단O/D자료기반의 대도시권역별 시간대별 분포

출발시간대	수도권	부산울산권	대구광역시	대전세종충청권	광주광역시
0	0.2%	0.3%	0.3%	0.1%	0.0%
1	0.1%	0.2%	0.2%	0.1%	0.0%
2	0.1%	0.2%	0.3%	0.1%	0.1%
3	0.0%	0.1%	0.0%	0.0%	0.1%
4	0.2%	0.1%	0.1%	0.1%	0.0%
5	0.8%	0.8%	0.7%	0.5%	0.9%
6	2.8%	2.9%	3.2%	1.6%	1.9%
7	11.4%	11.6%	11.5%	5.3%	10.7%
8	15.5%	10.5%	11.1%	18.3%	14.6%
9	5.7%	5.0%	5.7%	6.3%	6.3%
10	3.7%	4.2%	5.3%	4.6%	5.7%
11	2.6%	3.5%	4.1%	3.3%	2.8%
12	1.9%	3.1%	3.0%	3.7%	1.6%
13	2.5%	2.7%	4.3%	2.7%	1.8%
14	3.6%	4.0%	5.2%	3.2%	5.4%
15	3.7%	4.8%	4.9%	4.4%	3.8%
16	4.7%	5.4%	5.6%	4.0%	5.6%
17	5.7%	7.7%	6.8%	5.0%	6.8%
18	12.9%	12.8%	10.9%	11.9%	11.9%
19	9.0%	6.8%	5.8%	9.6%	8.0%
20	5.7%	5.6%	4.3%	6.0%	6.5%
21	3.6%	3.2%	3.0%	4.8%	2.6%
22	2.6%	2.9%	2.3%	3.3%	2.1%
23	1.0%	1.5%	1.2%	1.0%	0.9%
합계	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%

※ 승용차, 버스, 철도/지하철, 택시 통행량만을 집계

- 기존 O/D자료의 시간대별 통행량 분포 및 첨두집중율은 승용차, 버스, 지하철/철도, 택시 수단을 대상으로 산출함
- 통신자료의 경우 교통수단이 구분되지 않으나, 최대한 유사한 조건에서의 비교를 위해 도보통행 비중이 높은 읍면동 내부통행량이 제외된 <표 11>의 권역별 시간대별 분포와 비교하였음
- 기존 조사기반의 O/D자료에서는 아침 출근시간대 (오전 7~8시)와 저녁 퇴근시간대 (18시~19시)에 굉장히 높은 첨두율을 보이며, 통신자료에서와 달리 점심시간대(12시~13시)에 첨두특성이 보이지 않음
- 첨두집중율 산정결과에서 이러한 차이를 확연히 확인할 수 있음

<표 33> 통신자료와 기존 조사자료기반의 첨두집중율 비교

구분		첨두집중율	수도권	부산울산권	대구광역시권	광주광역시권	대전세종충청권
O/D자료 기반		첨두시	12.19%	10.68%	10.10%	11.29%	11.53%
		비첨두시	3.18%	3.54%	3.68%	3.42%	3.35%
통신자료 기반	전체통행	첨두시	6.98%	7.03%	7.16%	7.02%	7.19%
		비첨두시	4.23%	4.20%	4.21%	4.23%	4.20%
	야간상주지(N) ↔ 주간상주지(D)	첨두시	8.94%	8.78%	9.23%	9.29%	9.19%
		비첨두시	3.76%	3.82%	3.74%	3.70%	3.73%

- 이러한 차이를 보이는 이유는 가구통행실태조사 시 반복적이며 일상적인 출퇴근 통행은 잘 수집되나, 단시간 또는 단거리간의 통행은 누락되기 쉽기 때문으로 사료됨
- 이는 기존 조사기반의 시간대별 통행량분포와 통신자료에서 야간상주지(N)↔주간상주지(D)간의 시간대별 통행량분포([그림 12])가 굉장히 유사하다는 점에서 확인할 수 있음

바. 결론 및 추후 연구방향

1) 결과 요약

- 본 연구에서는 기존 조사자료 기반의 O/D를 보완 또는 대체할 수 있을 것이라 기대되는 통신자료를 다방면으로 검토하고 기존 조사기반의 KTDB O/D와 비교하였음
- 또한, 평일기준의 O/D와 함께 배포하고 있는 연평균일통행량 전환계수, 첨두집중율 등을 통신자료에 기반하여 산정함으로써, 신뢰도 제고방안도 함께 검토하였음

① 통신자료와 조사자료 기반의 O/D 비교

- 통신자료와 조사자료 기반 O/D자료를 시도 (및 시군구) 단위로, 통행발생량, 유출/유입량, 내부통행량, 통행원단위, 대도시권역간통행량, 통행거리분포 (TLFD) 항목에 대해 비교하였음
 - 25분 체류시간기준으로 통행이 구분된 통신자료는 O/D자료의 주수단(목적) 통행 개념과 가까워, 주수단O/D(+화물O/D)와 통행량 비교를 수행함
 - 통신자료의 경우 전국 총 통행량이 131백만 통행, O/D자료는 134백만 통행으로 O/D자료의 통행량이 다소 더 많은 것으로 나타남
 - 지역간 통행은 통신자료에 비해 O/D자료의 통행량이 많았으며, 내부통행량 또한 수도권(서울, 인천, 경기), 대구, 강원, 세종을 제외하고는 O/D자료 통행량이 더 많음
 - 통신자료와 O/D자료의 통행 거리대별 분포는 유사하게 나타났으며, 통행거리가 3km 미만인 단거리 통행의 비율은 통신자료에서 더 높게 나타났고, 5~30km 거리대 통행 비율은 O/D자료에서 더 높게 나타남
- 통신자료와 O/D자료가 통행량의 통행거리에 따라 차이가 나타나는 것은 원자료의 특성 및 구축방법의 영향으로 판단됨
 - 지역간 통행의 경우, O/D자료는 교통수단별 수송실적 기반하여 구축하나, 통신자료는 체류시간25분에 기반해 구축되었기 때문에 장거리 통행이 단절되었을 가능성이 존재
 - 주로 시도 및 읍면동 내부에서 이루어지는 도보/자전거를 이용한 단거리 통행의 경우, 통신자료에서는 모든 통행이 집계되는 반면, O/D자료에서는 (도보/자전거의 수송실적 부재로) 조사표본의 원단위에 의존할 수밖에 없는데, 일반적으로 가구조사 수행 시 단거리 통행의 누락이 많은 편이기 때문으로 사료됨

② 통신자료를 활용한 연평균일통행량(AADT) 전환계수 산출

- 통신자료 기반의 평일통행과 주말통행특성을 비교하였음
 - 전국기준 평일은 1인당 평균 2.55회 통행을, 주말은 2.32회 통행을 하는 것으로 나타남
 - 평일과 주말의 통행거리 분포 차이는 미미하게 나타남
 - 연평균일통행량 전환계수 산정결과, 각 지역 내부통행의 경우 평일통행량이 주말통행량보다 많은 반면, 지역간 통행의 경우 주말통행량이 더 많은 것으로 나타남
- 통신자료와 기존 수송실적 기반의 연평균일통행량 전환계수를 비교하였음
 - 기존 KTDB에서 제공하고 있는 고속도로 TCS자료 및 철도 수송실적 자료보다 통신자료에서의 평일과 주말통행량의 차이가 크게 나타남
 - 두 자료간에 이러한 차이가 나타나는 요인으로, 기존 연평균일통행량 전환계수는 특정 수단(승용차 및 고속철도)에 대해서만 산출되었으나, 통신자료는 모든 수단을 포함
 - 또한, 기존 환산계수는 연간 자료를 활용하여 분석했으며, 통신자료는 10월 한달 자료만을 사용해서 분석을 진행한 점의 영향도 존재할 수 있음 (월별로 주말통행량이 다른 점 검토 필요)

③ 통신자료의 시간대별 통행량 검토

- 통신자료를 기반으로 시간대별 통행량 분포를 검토하고, 첨두집중율을 산정하였음
 - 통신자료에서 교통수단이 비록 구분되지 않으나, 일반적으로 도보통행의 경우 읍면동 내부통행의 비중이 높은 편임
 - 도보통행을 제외한 시간대별 분포를 검토하기 위해서 읍면동 내부통행량의 포함한 경우와 제외한 경우로 구분하여 검토함
 - 전국 기준 시간대별 통행량 분포를 검토했을 시에, 아침 출근시간대(8시~9시), 점심시간대(12시~13시), 저녁 퇴근시간대(17시~19시)에 첨두 특성을 갖는 것으로 나타남
 - 읍면동 내부통행량 제외 시에는 위의 첨두통행 특성이 더욱 두드러지게 나타남
- 통신자료와 기존 조사자료 기반의 첨두집중율 산정결과를 비교하였음
 - 기존 조사기반의 O/D자료에서는 아침 출근시간대 (오전 7~8시)와 저녁 퇴근시간대 (18시~19시)에 굉장히 높은 첨두율을 보이며, 통신자료에서와 달리 점심시간대(12시~13시)에 첨두특성이 보이지 않음

- 이러한 차이를 보이는 이유는 가구통행실태조사 시 반복적이며 일상적인 출퇴근 통행은 잘 수집되나, 단시간 또는 단거리간의 통행은 누락되기 쉽기 때문임

2) 한계점 및 향후 연구방향

- 본 연구에서는 통신자료만을 활용하여 분석을 진행하였기 때문에 분석범위나 분석방법 등이 제한적이었으며, 향후 연구 시 보완이 필요함
 - 본 연구에서는 전수화 가중치로 시장점유율만을 고려하였으나, 읍면동 수준에서의 분석을 위해서는 전수화 가중치를 보다 세밀하게 반영할 필요가 있음
 - 통신자료 상에 통행목적과 이용교통수단 구분할 수 없었으나, 앞으로 수단별 수송실적, 교통카드, 공간정보 자료 등과 매칭을 통해 보완 가능할 것임
- 기존 조사자료 기반 O/D구축 시에 통신자료를 활용하는 방안 관련하여, 다음 사항에 대한 향후 검토가 필요함
 - 통신자료에서 통행시간 및 통행속도의 파악을 통해, 모집단의 추정이 어려운 도보통행량을 보정하는데 활용하는 방안
 - 또한, 기존 가구통행실태조사에서 누락될 수 있는 비가정기반 통행을 보정하는 데 활용하는 방안
- 연평균일통행량 전환계수로서의 활용을 위해서는, 1년치 통신자료 자료를 사용하고, 수송실적 등을 활용해 장거리 통행에 대한 추가 보정 수행이 필요할 것으로 사료됨
- 통신자료에 기반해 산정된 침두집중율의 경우 기존 조사자료 기반 침두집중율의 단점을 보완하는 자료로서, 바로 활용 가능할 것으로 기대됨
 - 그러나, 침두집중율을 적용하는 방법은 침두 O/D와 전일 O/D의 통행 방향성이 동일하다는 근본적인 한계가 있으므로, 앞으로 시간대별 O/D를 구축하는데 있어 통신자료의 활용방안에 대한 연구가 필요함
- 과거 O/D자료는 단순히 SOCT당성 분석 등에만 활용처가 국한되었으나, 현재에는 정책분석이나 다양한 미시적인 교통 분석에도 활용되고 있음
 - 이는 O/D자료로부터 사람들의 통행목적, 이용교통수단을 포함한 통행행태, 즉 교통을 직접적으로 파악할 수 있기 때문임
- 미시적인 수준까지 O/D 자료의 신뢰도에 대한 요구가 점점 증대되고 중요해지는 시기에, 통신자료를 포함한 새롭게 활용가능한 빅데이터들은 O/D의 신뢰도를 보다 높이는데 큰 기여를 할 것으로 여겨짐

제1장 과업의 개요

제1절 과업의 개요 및 필요성

제2절 과업의 범위 및 내용

제1장 과업의 개요

제1절 과업의 개요 및 필요성

1. 과업의 개요

- KTDB 전국통행조사는 5년 단위로 수행되고 있으나 한정된 재원으로 전국가구 1~2%의 소규모 표본 조사에 의존함
- 빅데이터 활용이 전 사업 분야에서 시급한 현안 과제로 인식되며, KTDB O/D 역시 빅데이터를 활용한 환경변화가 필요함
- 통신데이터, 내비데이터 등 빅데이터를 활용한 O/D 신뢰도 개선 연구를 수행하여 기존 조사기반 O/D 신뢰성 및 효율성을 개선하고자 함
- 또한, 교통 빅데이터를 활용하여 최근 도로교통환경 변화를 반영할 수 있도록 도로통행비용함수(Volume Delay Function)를 개선함으로써 교통수요분석의 신뢰도를 개선하고자 함

2. 과업의 필요성

- KTDB 교통수요예측 신뢰도 제고 및 교통수요예측 과정의 빅데이터 활용 요구가 증대되고 있으며 다양한 측면에서의 KTDB 신뢰도 제고 방안을 마련할 필요가 있음
- 기존 조사기반 O/D는 교통특성 변화를 반영하기에 한계가 있어 교통 빅데이터 기반 O/D 신뢰도 개선 연구를 통하여 O/D 구축 효율화 및 신뢰도 확보 노력이 필요함
- 빅데이터 기반 O/D와 도로통행비용함수는 보다 현실적인 교통특성을 반영할 수 있어 KTDB 신뢰성 확보에 필수적이며 이를 위한 검증과정과 적용방안을 연구할 필요가 있음

제2절 과업의 범위 및 내용

1. 과업의 범위

- 본 연구는 크게 교통 빅데이터를 활용한 여객 O/D 신뢰도 연구와 도로통행비용함수 개선의 두 부분으로 구분되어 수행됨
- 공간적 범위로는 대도시권을 포함한 전국을 대상으로 하며 시간적 범위로는 내비게이션, TCS, 통신자료 등 수집 가능한 최신 자료의 빅데이터를 대상으로함
- 내용적 범위
 - 변화된 도로 교통 환경을 고려한 도로통행비용함수 개선방안 연구
 - 교통 빅데이터를 활용한 여객 O/D 신뢰도 개선 연구

2. 과업의 주요 내용

가. 도로교통 환경변화를 고려한 도로통행비용함수 개선방안 연구

- 도로특성 변화 분석을 위한 교통량/속도 자료 수집 및 가공
- 도로통행비용함수의 용량, α , β 등 주요 파라미터 갱신
- 도로통행비용함수 검증 및 적용 방안 검토

나. 통신자료 이용 주요 통행지표 산출 및 KTDB 신뢰도 개선

- 분석 통신자료와 조사자료 기반의 여객O/D 비교
- 통신자료를 활용한 연평균일통행량(AADT) 전환계수 산출
- 시간대별 통행량 검토

제2장 도로교통 환경변화를 고려한 도로통행비용함수 개선방안 연구

제1절 연구의 개요

제2절 도로통행비용함수 관련 기존 연구 검토

제3절 도로통행비용함수 개선 방안 정립

제4절 연속류 도로통행비용함수 분석

제5절 단속류 도로통행비용함수 분석

제6절 도로 통행비용함수 산정 결과 검토

제2장 도로교통 환경변화를 고려한 도로통행비용함수 개선방안 연구

제1절 연구의 개요

1. 연구의 배경 및 필요성

- 도로통행비용함수는 링크 교통량과 통행시간간의 관계 함수로 교통수요예측 단계에서 수단선택 및 경로선택과 교통SOC 타당성분석의 통행비용 및 교통망비용을 결정하는 중요한 역할을 수행함
- 도로통행비용함수란 교통량지체함수라고도 불리며 영문으로는 Link Cost Function, Link Performance Function 또는 Volume Delay Function 등 다양하게 표기되고 본 보고서에서는 도로통행비용함수를 줄여서 VDF로 표기하기로 함
- 현재, KTDB는 현장조사 및 최적화 기법을 통해 34개 등급으로 세분화된 도로통행비용함수를 제공하고 있음
- 최근, 다양한 첨단교통자료의 활용이 가능해짐에 따라 전국 도로교통망을 대상으로 ITS 장비 및 내비게이션 등 첨단자료를 수집하여 실제 차량통행 자료를 분석함으로써 현실적인 도로 통행특성이 반영된 도로통행비용함수를 산정할 수 있음
- 도로교통 환경, 도로 및 차량성능, 통행자 특성이 변화함에 따라 보다 정확한 교통수요 분석 및 교통망 효과 평가를 위해서는 합리적이고 최적화된 도로통행비용 설정이 필요함
- 교통수요분석의 신뢰도 제고를 위하여 도로통행비용함수를 개선할 필요가 있고 본 연구에서는 첨단기술을 통해 수집된 교통 빅데이터를 기반으로 도로통행비용함수를 개선하고자 함

2. 연구의 범위 및 주요 내용

가. 연구의 범위

- 시간적 범위로는 도로통행비용함수 분석에 필요한 데이터 수집이 가능한 가장 최근 자료를 이용하고자 함
- 고속도로 : 한국도로공사 AVC 교통량, 속도자료 (2017년 기준)
- 기타도로 : KTDB View-T 교통량, 속도 1시간 집계자료 (2016년 기준)
 - 기타도로는 도시고속도로, 국도, 국지도, 지방도, 광역시도, 시군도를 포함함
- 공간적 범위로는 고속도로, 도시고속도로의 연속류 도로와 신호교차로가 존재하는 단속류 도로를 대상으로 전국 34개 등급의 모든 도로를 대상으로 함
- 내용적 범위로는 도로통행비용 함수의 α , β 파라미터를 갱신하고 검증하는 것을 주요 연구 내용으로 함
 - 2017년도 과업에서는 전국 도로망을 대상으로 내비게이션 자료를 이용하여 자유통행속도를 개선하였고 본 연구에서는 자유통행속도를 제외한 주요 파라미터를 개선하고자 함

나. 연구의 주요 내용

- 도로교통 환경변화를 고려한 도로통행비용함수 개선방안 연구를 수행함에 있어서 다음과 같은 연구 내용을 수행하고자 함
 - 도로 통행비용함수 관련 연구 및 기존 구축 현황 검토
 - 도로 통행비용함수 구축 기본 방향 설정
 - 도로특성 변화 분석을 위한 교통량/속도 자료 수집 및 가공
 - 도로통행비용함수의 용량, α , β 등 주요 파라미터 갱신
 - 도로통행비용함수 산정 결과 검증
- 자료 수집 및 가공, 파라미터 갱신 부분은 고속도로와 기타도로에 따라 분석 자료가 다르기 때문에 연속류와 단속류 도로로 구분되어 수행되어 짐

제2절 도로 통행비용함수 관련 기존 연구 검토

1. 국내 연구 검토

- 이의은(1986)은 부산-울산간 국도와 지방도를 분석 대상으로 BPR식의 파라메타를 도출하였는데 $\alpha=0.3$, $\beta=2$ 에서 실상황을 잘 묘사하는 것으로 제시하고 통행자 구분, 지역유형, 교통시설 유형별로 세분화하여 적용하는 방안이 강구되어야 한다고 제안함
- 최기주(1986)는 서울의 도시가로인 영동지역을 대상으로 BPR, Smock, Davidson함수의 적합도를 검증하였는데 도시부 가로에서는 Davidson식(파라메타 J 값=0.09)이 우수하고 지역별 특성에 따라 지체함수를 분별하여 선택하여야 한다고 제안함
- 서선덕(1989)은 처음으로 우리나라 전국 도로망에서 BPR 지체함수의 파라메타를 산출하였고 Bi-level Programming 모형을 통하여 $\alpha=2.72$, $\beta=6$ 이 우리나라의 도로망에 가장 적합한 값이라고 제시함
- 주정열(1993)은 분석대상을 전국 규모의 지역간 도로망과 도시 가로망으로 구분하여 BPR식과 Davidson식의 파라메타를 검증하였고 BPR식이 전반적으로 모든 차로에서 통행행태를 잘 묘사하고 Davidson식은 도시부 3차로 도로의 통행행태를 잘 나타내는 것으로 분석함

<표 2-1> 도로통행비용함수의 파라메타 (주정열, 1993)

함수식	파라메타	지역간				도시내					
		총량	고속도로	국도	지방도	총량	간선도로	보조간선	1차로	2차로	3차로
BPR	α	2.04	2.06	1.38	1.9	2.0	0.9	2.05	1.65	5.79	-
	β	1.99	1.09	1.91	3.0	3.04	4.5	2.00	3.3	0.95	-
Davidson	J	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.33

- 장덕형(1993)은 21년간(1971년-1991년)의 고속도로 O-D자료를 사용하여 고속도로의 BPR형태의 지체함수를 산출하였고 서비스 수준에 따라 파라미터를 제시함

<표 2-2> 도로통행비용함수의 파라메타 (장덕형, 1993)

초기값 범위	기준용량	산출결과
$0 < \alpha \leq 1$ $0 < \beta \leq 10$	LOS C	$\alpha=0.17, \beta=1.5$
	LOS D	$\alpha=0.37, \beta=2.3$
	LOS E	$\alpha=0.58, \beta=2.4$

- 강호익(1996)은 고속도로 교통관리시스템의 차량검지기 자료와 국도 상시교통량 조사 자료를 이용하여 고속도로와 국도에 대하여 BPR 형태의 도로통행비용함수 파라메타를 산출함

<표 2-3> 도로통행비용함수의 파라메타 (강호익, 1996)

구 분	차로수	α	β	R^2
고속도로	8	0.77	1.20	0.517
	4	0.48	1.91	0.588
국도	4	0.93	1.80	0.573
	2	1.30	2.30	0.770

- 김병기(2003)는 국도 기능분류 상으로 국도 I 이고 4차로인 도로를 대상으로 상시교통량 조사 자료를 이용하여 회귀분석을 통해 도로 기하구조, 교통특성 및 주변 환경 등을 반영한 BPR 모형, 직선 모형, 지수 모형을 통하여 도로통행비용함수의 파라메타를 추정함
- 임용택(2008)은 고속도로와 일반국도를 대상으로 국가교통DB를 이용한 배정교통량과 도로교통량통계연보(2006)상 관측교통량과의 차이를 최소화시키는 방법으로 파라메타를 추정하였으나 통행배정의 현실 묘사력 향상을 위한 수리모형 적용으로 공학적 이론에서 보았을 때 파라미터 값이 너무 크거나 적게 산출됨

<표 2-4> 도로통행비용함수의 파라메타 (임용택, 2008)

도로등급	자유속도 (Km/h)	용량/차로 (pcupl)	파라메타	
			α	β
고속도로(1차로)	80	1,600	3.931	5.316
고속도로(2차로)	117	2,200	1.459	1.943
고속도로(3차로이상)	119	2,200	3.210	5.936
일반국도(1차로)	70	750	1.896	3.894
일반국도(2차로)	80	1,000	0.430	3.566
일반국도(3차로 이상)	90	1,200	0.653	3.232

- 기존 연구들은 통계적 모형과 수리최적화 모형 2가지로 분류할 수 있고 기존 국내 연구를 정리하면 다음 <표 2-5>와 같고 기본적으로 통계모형 보다는 수리모형이 α, β 값이 크게 산정되어지는 경향이 있는 것으로 분석됨
- 통계모형에서는 α 가 고속도로가 국도보다 작고 β 는 고속도로가 국도보다는 크게 산출되나 수리모형은 α, β 모두가 고속도로가 국도보다 크게 산출되는 것으로 나타남
- BPR식에서 용량상태에 도달했을 때의 통행시간이 자유통행시간 $\times (1 + \alpha)$ 이므로 일반적인 수준에서 α 가 1을 넘지 않는 것이 합리적이라 볼 경우, α 값에 대해서는 통계적 모형이 좀 더 합리적이라 판단됨
- 또한, 용량수준을 넘어설 경우 통행시간은 급격히 증가하는 것이 일반적이라 할 경우, 수리최적화모형으로 산출된 β 값이 조금 더 합리적일 수 있다고 판단됨

<표 2-5> 국내 기존 도로통행비용함수 산정 연구 검토

모형 분류		도로구분	α		β		비 고
			도로별	평균	도로별	평균	
통계적 모형	BPR식	고속도로	0.58	0.61	2.40	1.84	장덕형 (1993)
		고속도로 (8차로)	0.77		1.20		강호익 (1996)
		고속도로 (4차로)	0.48		1.91		
		국도, 지방도	0.30	0.83	2.00	1.67	이의은 (1986)
		국도 (8차로)	0.93		1.80		강호익 (1996)
		국도 (4차로)	1.30		2.30		
		국도 (4차로)	0.80		0.58		
	직선식	국도 (4차로)	25.06	-	-	-	김병기 (2003)
	지수식	국도 (4차로)	0.43	-	-	-	
수리최적화 모형		전 국	2.72	2.38	6	4.00	서선덕 (1989)
		전 국	2.04		1.99		주정열 (1993)
		고속도로	2.06	2.67	1.09	3.57	임용택 (2008)
		고속도로 (2차로)	3.931		5.316		
		고속도로 (4차로)	1.459		1.943		
		고속도로 (6차로이상)	3.210		5.936		
		국 도	1.38	1.09	1.91	3.15	주정열 (1993)
		일반국도 (2차로)	1.896		3.894		임용택 (2008)
		일반국도 (4차로)	0.430		3.566		
		일반국도 (6차로 이상)	0.653		3.232		

2. 국외 연구 검토

- Irwin, Dodd와 Von Cube(1961)는 차로별 교통량과 용량간 관계에 의해 불연속적으로 적용하는 두 개의 직선식과 이를 발전시킨 세 개의 직선식을 제안하였으나 함수가 비연속이기 때문에 교통수요예측 과정의 수리 최소화문제인 통행배정에 사용할 수 없는 단점이 있음
- Smock(1962)는 DATS(Detroit Area Transportation Study)에 사용하기 위한 지수식 형태의 지체함수를 개발하였고 각 링크의 용량을 추정하기 위해 링크의 종점에 있는 교차로 용량을 평균하여 산출함
- Wardrop(1968)은 도로망의 전체 통행속도와 교통량과의 관계를 표시하는 지체함수를 개발하였으며, 신호 교차로에서의 대기시간과 신호 교차로간의 통행시간을 차량 연동식 또는 고정식 신호 두 가지에 대하여 평균 지체와 교통량 관계를 개략적인 식으로 유도함으로써 산출함
- 미국의 공로국(BPR : Bureau of Public Roads, 1964)은 현재 가장 많이 사용되는 BPR식을 개발하였으며 파라메타 α, β 값은 통상 0.15, 4를 적용하여 사용하고 있으나 링크의 특성에 따라 수정하여 사용하고 있음
- Steenbrink(1974)는 BPR식의 Practical Capacity 대신에 서비스 수준 E 용량을 사용하여 네덜란드의 교통환경에 대하여 $\alpha = 2.62, \beta = 5$ 의 값을 추정함
- Davidson(1966)은 대기행렬 이론에 근거한 이론적 함수를 제시하였고 링크교통량이 용량을 초과하는 경우 이를 반영하지 못하는 단점을 가지고 있기 때문에 이를 추정하기 위해서는 최소 자승법 등 통계적인 처리가 필요함
- 영국 교통부(1985)에서는 도시부, 외곽부 및 도시간 도로 등 지역구분에 따라 여러 형태의 링크에 대하여 속도-교통량 관계의 상수를 제시하고 교통량 수준에 따라 3단계로 시간-교통량 관계식을 제시하고 있음
- Spicess & Heinz(1990)는 BPR식의 급격히 증가하는 곡선 형태에 대한 문제점을 보완하기 위하여 Conical 함수를 제안하였고 통행배정단계에서 수렴속도 향상을 위해 개발되었으나 교차로에 지체를 별도로 표현할 수 없다는 단점이 있음
- Florian and Nguyen(1976)은 도로의 특성인 링크길이, 차로수와 더불어 기하구조에 따른 곡선반경 및 편구배 등에 따른 요소를 반영시킨 함수식을 개발함
- North Georgia Transportation Planning Organization(TPO)의 Chattanooga 모형(2013)

은 BPR식을 사용하고 있으며 도로유형과 제한속도(자유속도)에 따라 분류된 파라미터를 적용하고 있음

<표 2-6> Chattanooga 모형의 도로통행비용함수 파라메타 (North Georgia TPO, 2013)

도로유형	자유속도 $\geq 70\text{mph}$		70mph > 자유속도 $\geq 55\text{mph}$		55mph > 자유속도	
	α	β	α	β	α	β
고속도로	0.88	9.8	0.83	5.5	0.56	3.6
다차로도로	1.0	5.4	0.83	2.7	0.71	2.1
2차로 도로	0.71	2.1	0.71	2.1	0.71	2.1
센트로이드 컨넥터	1.0	5.4	1.0	5.4	1.0	5.4

- NCHRP Report 716(2012)은 1985 Highway Capacity Manual을 이용하여 BPR식의 파라미터를 추정한 Horowitz(1991)의 연구를 인용한 고속도로와 다차로도로의 설계속도별 α, β 값을 제시하고 있음

<표 2-7> 1985 HCM을 이용한 도로통행비용함수 파라메타 (Horowitz, 1991)

파라미터	고속도로			다차로도로		
	70 mph	60 mph	50 mph	70 mph	60 mph	50 mph
α	0.88	0.83	0.56	1.00	0.83	0.71
β	9.8	5.5	3.6	5.4	2.7	2.1

- 또한, NCHRP Report 716에서는 MPO Documentation Database를 토대로 18개 MPO가 대부분 지체함수로 BPR식을 사용하고 있고 MPO별로 매우 다양한 α, β 값을 적용하고 있다고 언급하며 <표 2-8>과 같이 MPO 인구규모별 사용하고 있는 파라미터와 전체 평균값을 정리하여 제시함
 - 고속도로(Freeways)
 - $\alpha = 0.312$
 - $\beta = 5.883$
 - 간선도로(FReeways)
 - $\alpha = 0.514$
 - $\beta = 3.001$

<표 2-8> 미국 MPO 인구규모별 도로통행비용함수 파라메타 (NCHRP Report 716, 2012)

구분		n	평균		최소		최대		표준편차		전체평균	
			α	β	α	β	α	β	α	β	α	β
고속도로 (Freeways)	인구>100만	13	0.48	6.95	0.10	4.00	1.20	9.00	0.36	1.39	0.312	5.883
	100만 \geq 인구>50만	5	0.43	8.82	0.15	5.50	0.88	10.00	0.39	1.92		
	50만 \geq 인구>20만	1	0.15	8.00	0.15	8.00	0.15	8.00	-	-		
	20만 \geq 인구 \geq 5만	1	0.15	8.80	0.15	8.80	0.15	8.80	-	-		
간선도로 (Arterials)	인구>100만	11	0.53	4.40	0.15	2.00	1.00	6.00	0.29	1.66	0.514	3.001
	100만 \geq 인구>50만	4	0.42	5.20	0.15	3.20	0.75	10.00	0.29	3.22		
	50만 \geq 인구>20만	1	0.50	4.00	0.50	4.00	0.50	4.00	-	-		
	20만 \geq 인구 \geq 5만	2	0.45	5.60	0.15	3.20	0.75	8.00	0.42	3.39		

출처: MPO Documentation Database (n = MPO Documentation Database의 모형 개수)

3. 국가교통DB(KTDB) 도로통행비용함수 검토

가. 주요 도로통행비용함수 산정 연구 검토

- 1) 2008년 국가교통조사 및 DB구축 사업(도로통행비용함수 구축관련 조사연구)
 - 도로통행비용함수 조사 대상 : 고속도로, 준연속류 도로(신호교차로 간격 1km 이상)
 - 현장조사 수행 내용
 - 1~4차로로 나누어 206개 지점의 교통량과 통행속도(지점속도)를 조사
 - 구간속도 조사를 위하여 GPS가 설치된 프로브차량 조사를 수행 (시험차량조사)
 - 주요 연구 내용
 - 고속도로와 일반국도의 일전환계수 산정
 - 고속도로와 준연속류 도로의 용량 산정
 - 고속도로와 준연속류 도로의 α , β 등 주요 파라미터 산정
 - 도로용량 산정 방법
 - 고속도로 용량 산정

- 15분 교통류율(1시간 환산)을 이용하여 최대 교통유율이 아닌 첨두시간 교통유율 누적곡선의 변곡점을 선정함
- 다차로의 용량은 모든 차로의 교통량을 합하여 전체 용량으로 선정함
- 준연속류 용량
 - 고속도로와 같이 교통량을 이용한 용량을 산정한 것이 아니라 이상적 도로조건인 포화교통유율(2200pcphpl)에 유효녹색시간비(g/C)를 조사하여 적용함
 - 신호교차로 밀도에 따른 도로등급별 평균 유효녹색시간(g)과 신호주기(C)를 조사 후 용량을 산정함
 - 교차로 밀도에 따른 영향을 따로 고려하지 않고 α , β 파라미터에서 고려된다고 가정함
- α , β 파라미터 산정
 - 실제 조사된 교통량과 속도 자료를 이용하여 관계식 추정을 통해 파라미터를 산정한 후 통행배정을 수행하여 검증함
 - MATLAB을 이용하여 α , β 를 0.001 단위로 변화시켜 최적값을 찾으며 이는 도로통행비용함수 등급별 α , β 역전현상을 피하기 위한 제약을 주기위해서 선택한 방법으로 보임
 - 교통량과 속도자료는 15분 단위 교통유율(1시간 환산)과 15분 평균속도를 이용함
 - V/C 적용에서 고속도로는 임계속도 이상일 경우, 조사된 교통량/C를 적용하고 임계속도 이하일 경우, (C×2-조사된 교통량)/C를 적용함
 - 준연속류에서는 용량이 하류부 신호교차로에서 결정된다고 보고 교통량 자체를 수요로 간주하여 조사된 교통량/C를 그대로 적용함

<표 2-9> 2008년 KTDB 사업 도로통행비용함수 구축관련 조사연구 결과

변경 도로위계(편도)		교차로밀도	VDF	용량	α	β
고속도로(2차로)		-	2	1,600	0.611	2.772
고속도로(3차로 이상)		-	3	1,925	0.526	2.707
준 연속류(1등급)	1차로	0.0<D<0.3	4	1,217	0.686	1.991
준 연속류(1등급)	2차로 이상		5	1,467	0.668	1.911
준 연속류(2등급)	1차로	0.3≤D<0.7	6	1,346	0.809	1.849
준 연속류(2등급)	2차로 이상		7	1,295	0.798	1.809
준 연속류(3등급)	1차로	0.7≤D<1.0	8	1,309	0.818	1.849
준 연속류(3등급)	2차로 이상		9	1,367	0.803	1.815

2) 2012년 국가교통조사 및 DB구축 사업(도로통행비용함수 조사연구)

○ 현장조사 수행 내용

- 속도조사 : 84개 지점
- 교통량조사 : 본조사 124개 지점과 추가 보완조사 40개 지점

○ 자유통행속도와 용량 산정

- 고속도로 FTMS, 국도 AVC, 지자체 VDS, 현장조사 84개의 지점 속도조사 자료를 이용함
- 5분단위 속도와 교통량을 이용하여 자유통행속도와 용량을 산정함
- 최대 교통유율을 용량으로 고려하였음

○ α , β 파라미터 산정

- 고속도로와 기타도로를 분리하여 파라미터를 산정하였고 최적화 기법을 적용하여 하모니서치 기법으로 관측 교통량과 배정 교통량의 차이를 최소화하는 최적해를 찾음
- 고속도로
 - 2시간 첨두 교통량 기준으로 최적화 기법의 정산과정을 수행함
 - 15분 교통량, 15분 평균통행시간을 이용하여 2시간 평균교통량과 평균통행속도로 환산하였고 TCS O/D를 적용함
 - 관측교통량과 TCS O/D를 이용하여 기본적으로 통행배정과 α , β 파라미터 탐색의 바이레벨 형태의 네트워크 최적화 문제를 구성함
- 다차로 도로
 - 전일(1일)자료 기반으로 분석하고 V/C의 1일 용량(C)을 위해 고속도로 0.078, 다차로도로 0.106의 일전환계수를 적용함
 - 1일 O/D와 관측교통량을 이용하여 고속도로와 같이 최적화 문제를 구성하고 최적 α , β 를 찾음

<표 2-10> 교차로 밀도에 따른 다차로 도로 등급 분류

구분	1등급	2등급	3등급	4등급	5등급	6등급
밀도	0.0~0.3	0.3~0.7	0.7~1.0	1.0~2.0	2.0~4.0	4.0~

<표 2-11> 2012년 KTDB 사업 도로통행비용함수 조사연구 결과

정산범위			$V_0(\text{km/시})$	용량(대/시)	α	β	
고속도로	1	2차로 이하	101	1,700	0.55	2.60	
	2	3차로 이상	121	1,900	0.48	2.50	
	3	2차로 이하	98	1,700	0.50	2.40	
	4	3차로 이상	92	1,900	0.42	2.30	
다차로 도로	5	1등급	1차로	72	680	0.85	2.85
	6		2차로 이상	90	1,300	0.70	2.20
	7	2등급	1차로	70	650	0.86	2.75
	8		2차로 이상	86	1,200	0.73	2.10
	9	3등급	1차로	68	630	0.87	2.60
	10		2차로 이상	84	1,100	0.76	2.00
	11	4등급	1차로	66	600	0.88	2.40
	12		2차로 이상	82	950	0.78	1.90
	13	5등급	1차로	65	580	0.89	2.25
	14		2차로 이상	80	800	0.80	2.80
	15	6등급	1차로	62	550	0.89	2.15
	16		2차로 이상	75	780	0.82	1.75

나. KTDB 도로통행비용함수의 변화 과정

- 2001년부터 본 과업 년도 이전까지의 KTDB에서 적용하여 왔던 도로통행비용함수의 변화 과정을 정리하였고 2010년 수도권 OD의 KTDB 통합 이전에는 수도권(SDI)은 도시부 단속류에 대하여 별도의 Conical 함수식을 적용하였으나 본 보고서는 KTDB에 초점을 맞춰서 정리함
- KTDB 도로통행비용함수의 파라미터 값은 초기에는 단순히 미국 BPR함수의 기본값인 4.0을 적용하였으나 점차 자체연구 수행을 거듭하면서 국내 도로실정에 맞는 최적값을 찾아왔음

1) 기준년도 2001년~2002년 도로통행비용함수

- 2001년~2002년 도로통행비용함수는 전국 지역간과 5대 광역권의 도로통행비용함수가 구분되어 사용됨
- 전국 지역간은 고속도로와 도시고속도로의 연속류 도로는 $\alpha = 0.58$, $\beta = 2.4$ 를 적용

하고 기타도로는 BPR식의 기본값인 $\alpha = 0.15$, $\beta = 4.0$ 을 적용하였으며 광역권은 거의 모든 도로에 일률적인 값을 적용함

<표 2-12> 2001년~2002년 KTDB 전국 지역간 도로통행비용함수

도로위계(편도)	VDF	자유속도(km/h)	용량(pcphpl)	α	β
고속도로(1차로)	1	80	1,600	0.58	2.4
고속도로(2차로)	2	117	2,200	0.645	2.047
고속도로(3차로이상)	3	118.6	2,200	0.601	2.378
일반국도(1차로)	4	70	1,500	0.15	4
일반국도(2차로)	5	80	2,000	0.15	4
일반국도(3차로이상)	6	90	2,000	0.15	4
지방도, 국지도(1차로)	7	60	1,500	0.15	4
지방도, 국지도(2차로)	8	70	2,000	0.15	4
지방도, 국지도(3차로이상)	9	80	2,000	0.15	4
시군도	10	40	4,000	0.15	4
Dummy	11	20	-		
도시고속화도로(2차로이하)	12	90	2,200	0.58	2.4
도시고속화도로(3차로이상)	13	100	2,200	0.58	2.4
고속도로연결램프	15	50	1,600	0.15	2.4

<표 2-13> 2001년 KTDB 5대 광역권 도로통행비용함수

도로위계(편도)	VDF	자유속도(km/h)	용량(pcphpl)	α	β
고속도로	1	90	1,100	0.5	2
국도	2	80	1,000	0.5	2
지방도	3	60	800	0.5	2
간선도로, 보조간선도로	5	50	700	0.5	2
Dummy	7	-	-	-	-
하천일방통행(광주)	8	70	800	0.5	2
제2순환도로(광주)	9	70	700	0.5	2

<표 2-14> 2002년 KTDB 5대 광역권 도로통행비용함수

도로기능	도로위계	자유속도(km/h)	용량(pcphpl)	α	β
주간선	고속국도	100	2,200	0.65	2.05
	도시고속도로	90	2,000	0.58	2.4
	국도(2차로이상)	80	1,000	0.58	2.4
	시도	70	800	0.58	2.4
	국지도, 지방도(2차로이상)	80	1,000	0.58	2.4
보조간선	시도	50	700	0.58	2.4
	국도, 지방도(1차로)	60	750	0.58	2.4
집산, 국지도로	시도	40	500	0.58	2.4
기타	교량, 램프, 터널, 고가	60	1,000	0.58	2.4
센트로이드 컨넥터		100	30,000	-	-

2) 기준년도 2003년~2009년 도로통행비용함수

- 2003년~2009년은 도로위계와 차로수에 따른 도로통행비용함수를 적용하였고 고속도로는 「고속도로 Network Analysis 모형연구(Ⅱ), 한국도로공사(1997)」에 의거하여 정산된 값을 적용하였으며 기타도로들은 미국의 BPR함수식의 파라메타를 적용함
- 광역권은 별도로 구분하지 않고 기본적으로 전국지역간 도로통행비용함수와 동일하게 사용하였으나 광역시 내부인 단속류에는 수도권과 동일하게 지체시간 33초를 추가로 반영함

<표 2-15> 2003년~2009년 KTDB 도로통행비용함수

도로위계 (편도)	VDF	자유속도(km/h)	용량(pcphpl)	α	β
고속도로 (1차로)	1	80	1,600	0.58	2.40
고속도로 (2차로)	2	117	2,200	0.65	2.05
고속도로 (3차로 이상)	3	119	2,200	0.60	2.38
국도 (1차로)	4	70	750	0.15	4.00
국도 (2차로)	5	80	1,000	0.15	4.00
국도 (3차로 이상)	6	90	1,000	0.15	4.00
지방도, 국지도 (1차로)	7	60	750	0.15	4.00
지방도, 국지도 (2차로)	8	70	1,000	0.15	4.00
지방도, 국지도 (3차로 이상)	9	80	1,000	0.15	4.00
광역시도, 시군도(1차로)	10	40	4,000	0.15	4.00
광역시도, 시군도(2차로)	11	40	4,000	0.15	4.00
광역시도, 시군도(3차로 이상)	12	40	4,000	0.15	4.00
센트로이드 커넥터	13	20	-	-	-
도시고속화도로 (3차로 이상)	14	90	2,200	0.58	2.40
도시고속화도로 (2차로 이하)	15	90	2,000	0.15	4.00
고속도로 연결램프	16	50	1,600	0.15	4.00

3) 기준년도 2010년~2012년 도로통행비용함수

- 2010년~2012년은 기존 도로위계 구분에서 기타도로를 교차로 밀도에 따라 분류하여 전체 20개로 구성된 새로운 VDF등급 체계를 구축함
- 통행비용함수의 α , β 는 고속국도와 기타도로 1등급~3등급 도로는 「2008년 국가교통 수요조사 및 DB구축사업」중 “도로통행비용함수 구축관련 조사연구”에서 제시된 결과

값을 사용하였고 기타도로 4등급 ~ 6등급의 α , β 는 「2011년 국가교통조사 및 DB구축사업」에서 현실에 맞게 추정함

- 모든 도로의 초기속도 및 용량은 기본적으로 「2011년 국가교통조사 및 DB구축사업」에서 새롭게 현실교통 상황에 맞게 추정함

<표 2-16> 2010년~2012년 KTDB 도로통행비용함수

구 분		VDF	차로구분	자유속도(km/h)	용량(pcphpl)	α	β
고속국도		1	2차로 이하	90	1,700	0.611	2.772
		2	3차로 이상	107	1,900	0.526	2.707
도시고속도로		3	2차로 이하	80	1,700	0.611	2.772
		4	3차로 이상	92	1,800	0.526	2.707
국도/ 국지도/ 지방도/ 광역시도/ 시군도	1등급	5	1차로	60	1,400	0.686	1.991
		6	2차로 이상	65	1,650	0.668	1.911
	2등급	7	1차로	55	1,300	0.809	1.849
		8	2차로 이상	60	1,550	0.798	1.809
	3등급	9	1차로	50	1,200	0.818	1.849
		10	2차로 이상	55	1,450	0.803	1.815
	4등급	11	1차로	40	1,050	0.74	1.845
		12	2차로 이상	50	1,300	0.879	1.83
	5등급	13	1차로	30	800	0.826	1.76
		14	2차로 이상	40	1,100	0.89	1.736
램프	연결램프	15	1차로	15	600	0.932	1.73
		16	2차로 이상	25	800	0.947	1.723
램프	요금소	17	-	50	1,000	0.15	4
	요금소	18	-	50	1,000	0.15	4
센트로이드 커넥터		20		50	1,000		

4) 기준년도 2013년~2016년 도로통행비용함수

- 2013년~2016년 도로통행비용함수는 이전 분류체계에서 도시부와 지방부 구분을 추가하여 34개 VDF 등급체계를 구축하였고 「2012년 국가교통조사 및 DB구축 사업」부터 「2014년 국가교통조사 및 DB구축 사업」 까지 3년간의 연구를 통해 도로통행비용함수 관련 파라미터를 새롭게 갱신함
- 2014년 도로통행비용함수부터, 기타도로의 등급 구분을 위해 교차로 밀도 대신 신호 교차로 밀도를 적용하였고 2016년 도로통행비용함수의 자유통행속도는 「2017년 국가

교통조사 및 DB구축 사업」에서 내비게이션자료의 개별 차량속도 분석을 통하여 실제 도로통행자의 통행행태를 묘사할 수 있도록 개선됨

<표 2-17> 2013년~2016년 KTDB 도로통행비용함수

구분		지역구분	VDF	차로구분	자유속도(km/h)		용량 (pcphpl)	BPR	
					'13년~'15년	'16년		α	β
고속국도		도시부	1	2차로이하	100.7	92.4	1,846	0.56	1.8
		지방부	2		95.2	97.7	1,786	0.55	2.09
		도시부	3	3차로이상	115.1	98.3	2,028	0.57	1.68
		지방부	4		108.2	99.5	1,987	0.57	2.07
도시고속도로		도시부	5	2차로이하	95.5	84.5	1,773	0.47	2.43
		도시부	7	3차로이상	97.5	91.4	2,182	0.48	2.4
국도/ 국지도/ 지방도/ 광역시도/ 시군도	1등급	도시부	9	1차로	66.5	38.8	1,100	0.51	2.69
		지방부	10		67.5	53.5	1,090	0.51	2.82
		도시부	11	2차로이상	80.7	64.2	1,420	0.67	2.16
		지방부	12		82.3	83.4	1,400	0.65	2.24
	2등급	도시부	13	1차로	63.9	37.5	957	0.54	2.47
		지방부	14		65	51.2	925	0.54	2.16
		도시부	15	2차로이상	79.2	60.8	1,341	0.68	2.08
		지방부	16		80.7	72.6	1,188	0.72	2.14
	3등급	도시부	17	1차로	55.7	36.1	873	0.6	2.15
		지방부	18		62.8	46.3	767	0.59	1.87
		도시부	19	2차로이상	71	52.6	1,242	0.69	1.93
		지방부	20		72.2	68.5	971	0.73	1.82
	4등급	도시부	21	1차로	51	31.5	862	0.6	1.92
		지방부	22		58.1	44.9	583	0.63	1.87
		도시부	23	2차로이상	69.6	45.6	985	0.71	1.8
		지방부	24		70	64.1	831	0.8	1.81
	5등급	도시부	25	1차로	44.1	28.4	636	0.67	1.86
		지방부	26		54.4	41.6	580	0.68	1.79
		도시부	27	2차로이상	62.4	42	936	0.72	1.79
		지방부	28		69.3	57.5	756	0.82	1.72
	6등급	도시부	29	1차로	38.3	27.7	595	0.8	1.82
		지방부	30		44.2	38.9	465	0.72	1.72
		도시부	31	2차로이상	57	39.7	801	0.82	1.66
		지방부	32		60	52.3	736	0.83	1.7
센트로이드 커넥터		35			-	-	-	-	-
중앙고속		36			80.6	96.7	1,035	0.54	2.33
램프		연결램프		33	50	46.8	1,000	-	-
		요금소		34	50	46.8	1,000	-	-

제3절 도로통행비용함수 개선 방안 정립

1. 기본 분석 방향

- 도로통행비용함수의 자유통행속도는 최근 「2017년 국가교통조사 및 DB구축 사업」에서 갱신한 속도를 적용하고 용량(C), α , β 의 파라미터는 본 연구를 통하여 새롭게 갱신하고자 함
- 본 연구에서는 교통류 이론 및 교통공학적 측면에서 속도와 교통량의 관계를 이용하여 용량, α , β 파라미터를 산정하고 수요분석 측면에서 검증하고자 함
 - 1단계 : 공학적 측면에서 속도와 교통량 관계식을 이용하여 α , β 파라미터 산정
 - 2단계 : 모형적 측면에서 통행배정 신뢰도 분석을 통한 α , β 파라미터 정산
- 교통량/용량비 또는 포화도(V/C)와 속도(통행시간)의 관계를 나타내는 것이 도로통행비용함수이며 이러한 관계의 정확도에 초점을 두고 파라미터를 산정한 후 모형 정산을 수행함
- 고속도로와 기타도로의 이용 가능한 자료가 다르고 교통류 특성이 다르기 때문에 연속류와 단속류로 구분하여 도로통행비용함수 분석을 수행하고자 함
- $V/C > 1$ 인 불안정류의 경우, 용량을 초과한 교통량은 관측될 수 없기에 수요분석에서의 V/C 는 엄밀히 말하면 수요(D)/용량비(C)라 할 수 있음
- 따라서 불안정류의 교통량을 교통수요로 환산하여 분석해야 하고 이를 위해 $V/C > 1$ 상황의 통과수요를 추정하기 위한 방법론을 적용하여 분석을 수행함

2. 분석시간 단위 설정

- V/C 의 단위 시간은 기본적으로 1시간으로 설정하여 분석을 수행함
- 1일 단위의 V/C 로 설정하여 분석할 경우, 논리적으로 명확하지 않은 일전환계수의 적용이 필요하므로 교통량과 용량의 관계는 1시간 분석 단위에서 의미가 있음
- 논리적으로 V/C 의 용량(C)은 1시간 단위이며 속도와 교통량의 관계는 1시간(교통유율) 측면에서 설명이 가능함

3. 도로통행비용함수 α, β 파라미터 산정 방안

가. 고속도로 통행비용함수 분석 방안

- 분석자료
 - 한국도로공사 AVC 자료 (15분 교통량, 속도)
 - 한국도로공사 협조를 통하여 혼잡 (Congestion Zone) 단위 12개 차종별 15분 교통량과 속도 이용
- 분석방안
 - 도로공사 15분 AVC 자료를 1시간 교통유율로 집계하여 1시간 단위 분석

나. 도시고속도로 및 다차로도로 통행비용함수 분석 방안

- 분석자료
 - View-T 자료 (1시간 단위 시간대별 집계 교통량, 속도)
 - 관측 교통량과 추정 교통량
 - 속도자료는 View-T의 내비게이션 차량통행 속도자료를 이용
- 분석방안
 - View-T 플랫폼에 입력된 관측교통·추정교통량과 속도 자료를 이용하여 1시간 단위 분석

다. 도로통행비용함수 α, β 파라미터 산정 방법론

1) 도로통행비용함수 형태

$$t = t_0(1 + \alpha(V/C)^\beta)$$

- t_0 (자유통행시간) : 기존 갱신된 free-flow speed 적용
- C (도로용량) : AVC 및 View-T 데이터를 이용하여 신규 용량 검토 후 적용
- V (교통수요) : AVC 및 View-T 데이터의 교통량 이용
- t (링크 통행시간) : AVC 및 View-T 데이터의 링크속도 이용
- AVC 및 View-T 데이터의 교통량 자료는 실제 도로를 통과한 교통량으로 $V/C > 1$

구간의 데이터가 존재하지 않는 한계가 발생하여 교통수요를 추정하여야 함

2) BPR 식 α , β 파라미터 산정 방법

- 일반적으로 BRP식은 다음과 같이 수식 유도를 통하여 곡선을 직선 형태로 변환하여 회귀분석을 통해 α , β 파라미터를 산정함

$$t = t_0(1 + \alpha(v/c)^\beta)$$

$$1 + \alpha(v/c)^\beta = \frac{t}{t_0}$$

$$\ln(\alpha(v/c)^\beta) = \ln\left(\frac{t}{t_0} - 1\right)$$

$$\ln\alpha + \beta\ln(v/c) = \ln\left(\frac{t}{t_0} - 1\right)$$

$$\ln\alpha = b, \quad \beta = a, \quad \ln(v/c) = x, \quad \ln\left(\frac{t}{t_0} - 1\right) = y \quad \Rightarrow \quad ax + b = y$$

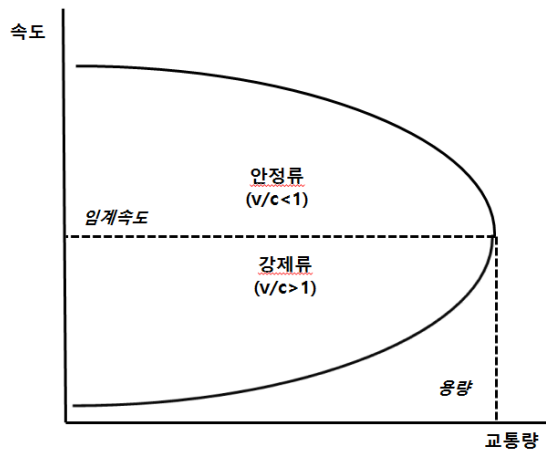
$$\therefore \alpha = \exp(b), \quad \beta = a$$

- BPR식을 보면, $V/C \leq 1$ 구간은 V/C 에 따른 통행시간의 변화가 크지 않고 $V/C > 1$ 구간은 통행시간의 변화가 급격하기 때문에 위에서 설명한 단순한 직선식 변환으로 α , β 파라미터를 추정하는 데는 한계가 있음
- 또한, 도로통행비용함수 등급 간에 역전현상을 조정하기 위해서는 단순히 회귀분석을 수행하는 것이 아니라 가능한 모든 대안을 모두 분석하여 α , β 파라미터를 산정하고자 함
 - α 와 β 값을 0.01 만큼 변화시켜 통행시간(속도의 역수)의 추정값과 실측값의 오차가 최소화 되는 최적값을 찾음 (heuristic analysis method)

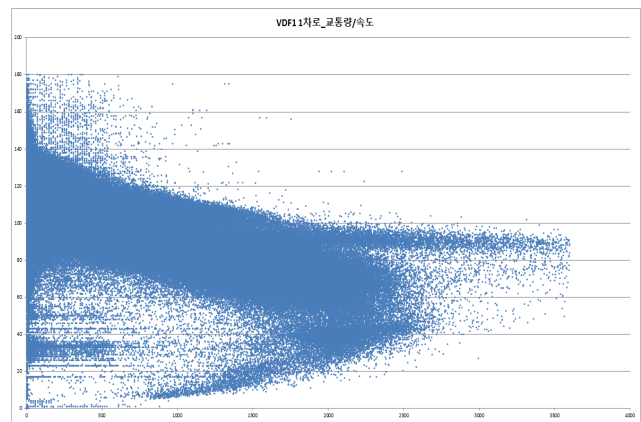
4. 불안정류(혼잡상황) 교통량과 교통수요의 관계

가. 도로통행비용함수의 용량대비 교통량비(V/C)

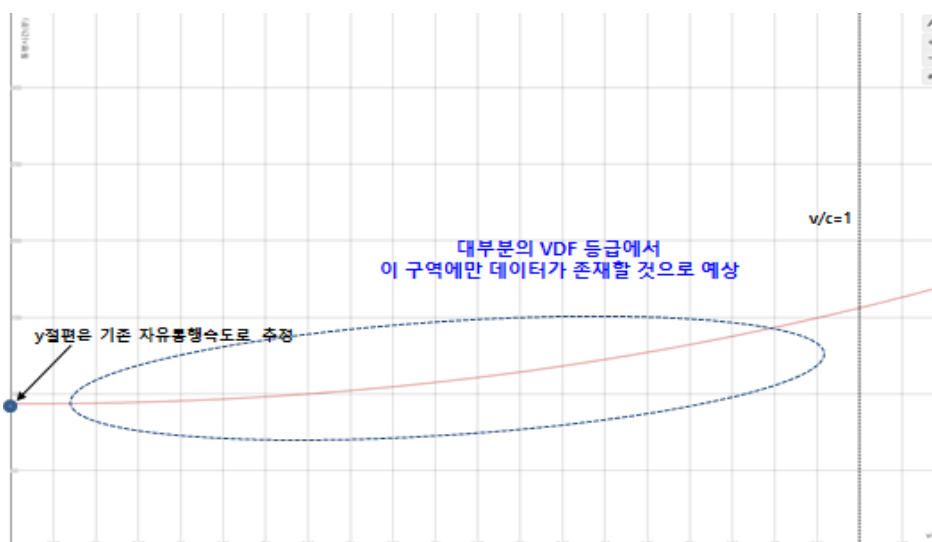
- 교통공학 이론에 의하면 교통량은 단위시간 동안 도로의 한 지점을 통과하는 차량 대수를 나타내며 이러한 교통량은 용량을 초과하여 관측될 수 없음
- 고속도로 AVC와 기타도로의 View-T의 수집된 교통량은 통과교통량으로 용량을 초과한 교통상황(LOS F 이하)에서 용량이하의 교통량만이 수집된다고 할 수 있음
- 이러한 관계를 고려할 때, 도로통행비용함수 구축을 위한 통행시간(t)과 교통량/용량비(V/C)를 도식해 보면 V/C 가 1보다 큰 구간의 데이터의 거의 존재하지 않을 것으로 예상됨
- 따라서, 도로통행비용함수 구축을 위해서는 교통량(V)은 실제 도로(링크)를 통과하고자 하는 수요개념으로 접근해야 함



<그림 2-1> 교통량-속도 관계도

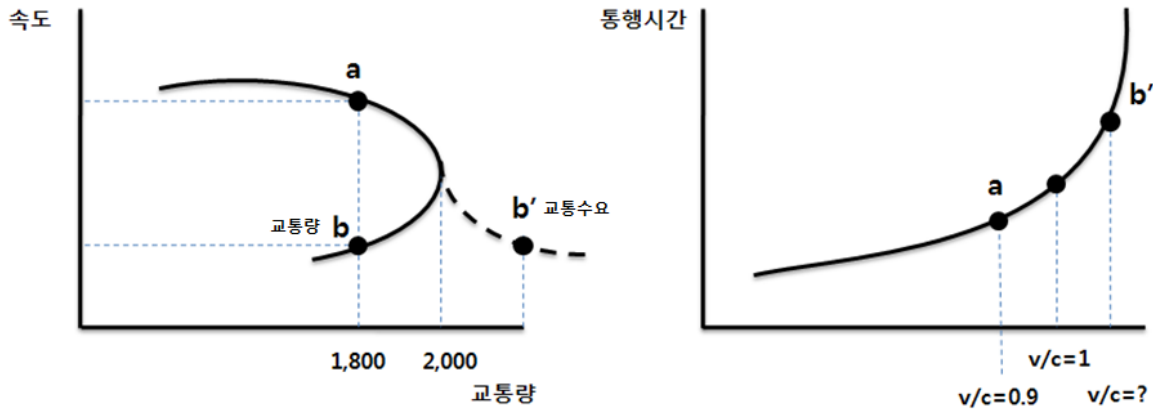


<그림 2-2> AVC 자료(82만개) VDF1의 1차로 교통량-속도



<그림 2-3> 도로통행비용함수 추정을 위한 통행시간(t)과 V/C 데이터 예상

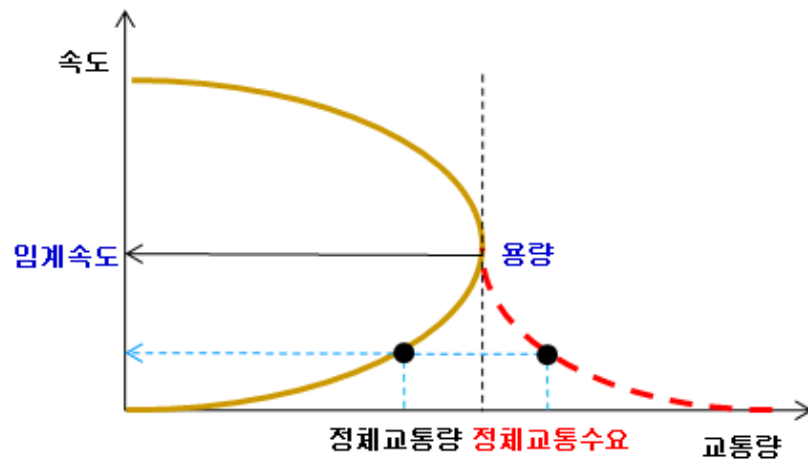
- 결국, 도로통행비용함수 추정을 위해서는 용량이상의 교통수준에 대해서는 교통량을 이용하여 도로(링크)를 통과하고자하는 교통수요를 추정할 필요가 있음



<그림 2-4> 교통량-속도 관계와 V/C-교통수요 산정

나. 불안정류 교통수요의 추정

- 교통수요란 도로를 통과하고자 하는 수요를 의미하며 도로의 통과수요 또는 정체수요라고도 표현할 수 있으며 다음과 같은 관계가 성립함
 - IF 교통수요(V) > 용량(C) THEN 교통량 < 수요
 - IF 교통수요(V) ≤ 용량(C) THEN 교통량 = 수요
- 「2008년 국가교통조사 및 DB구축 사업」(도로통행비용함수 구축관련 조사연구)에서는 임계속도를 기준으로 임계속도 이하의 불안정류 상태의 교통량을 교통수요로 전환하는 방법론을 정립하고 이를 검증함
 - 시뮬레이션 모형을 이용하여 교통수요를 추정하고 교통량을 용량을 기준으로 대칭시킨 결과와 통계적으로 동일하다는 근거를 제시함
 - VISSIM 마이크로시뮬레이터를 이용하여 대기행렬 차량수를 계산하여 교통수요를 추정하고 통계적 유의성을 검증함
 - 시뮬레이션 상의 15분 간격 대기행렬대수, 통과교통량, 임계속도 그리고 임계교통량을 이용하여 시뮬레이션과 용량대칭 방법의 2가지 방법으로 교통수요를 추정 후 동일여부를 t-test 검정함
 - 시뮬레이션 교통수요 = 15분 동안의 통과교통량 + 대기행렬 차량대수
 - 용량대칭 교통수요 = 2 × 용량(C) - 교통량(V)



<그림 2-5> 교통량과 교통수요의 관계

- 본 연구에서도 지난 2008년 KTDB사업 도로통행비용함수 구축관련 조사연구를 준용하여 이번 연구에서 용량과 임계속도를 새로 검토하고 이를 기준으로 다음과 같이 용량을 대칭시켜 V/C 를 산정하고자 함

$$\text{임계속도 이상 } V/C = \frac{\text{관측 교통량}}{1\text{차로용량} \times \text{차로수}}$$

$$\text{임계속도 이하 } V/C = \frac{(1\text{차로용량} \times \text{차로수}) \times 2 - \text{관측 교통량}}{1\text{차로용량} \times \text{차로수}}$$

제4절 연속류 도로 통행비용함수 분석

1. 분석 개요

- 고속도로와 도시고속도로인 연속류 도로를 대상으로 통행비용함수를 추정하고 고속도로는 한국도로공사의 AVC 자료를 이용, 도시고속도로는 KTDB View-T 자료를 이용함
- 본 절의 자료수집 및 가공처리 과정은 고속도로 AVC 자료에 초점을 두어 서술하고 도시고속도로의 KTDB View-T 자료에 관한 수집 및 가공처리는 단속류 도로 분석에서 서술하기로 함
- 원시자료 처리과정 이후 고속도로와 도시고속도로를 포함한 연속류 도로를 대상으로 VDF 등급별 용량 산정 과정, 교통량-속도 관계식 설정, α , β 파라미터 산정 과정을 수행함

2. 고속도로 자료수집 및 자료처리

가. 고속도로 AVC 자료수집

- 고속도로 원시 AVC 자료는 혼잡(Congested Zone) 단위의 차로별 차종별로 15분 교통량과 15분 속도자료이며 여기서 혼잡은 상행·하행 방향별 IC(JC)~IC(JC) 구간을 의미함
- 고속도로 원시 AVC 자료는 2017년 1월 1일 부터 12월 30일 까지 2017년 전체 1년 자료를 수집하였고 AVC 원시자료의 형태는 <표 2-18>과 같음
- 결국, 하나의 AVC 자료는 IC(JC)~IC(jc) 구간의 15분 차로단위 교통량과 속도자료이며 총 44,934,592개의 자료가 수집됨
- 도로통행비용함수는 차로의 통행비용함수가 아니라 링크의 통행비용함수이므로 차로별 자료를 링크로 표현될 수 있는 혼잡자료로 집계하여야 하며 이를 위해서는 혼잡내 모든 차로의 교통량과 속도가 수집되어야 함
- 이를 판단하기 위하여 차로수 등 혼잡정보를 수집하였고 자료의 형태는 <표 2-19>와 같으며 전국 고속도로에 대하여 518개의 혼잡정보를 수집함

<표 2-18> 고속도로 AVC 자료 형태

노선명	일자	시간	구간명	방향	AVC_ID	차로번호	교통량 차종1	...	교통량 차종13	속도 차종1	...	속도 차종13
경부선	20170121	1230	영천IC-경산IC	서울	0010AV00300	1	144	...	1	122.61	...	64
경부선	20170121	1245	영천IC-경산IC	서울	0010AV00300	1	146		0	122.86		0
경부선	20170121	1300	영천IC-경산IC	서울	0010AV00300	1	151		0	120.73		0
경부선	20170121	1315	영천IC-경산IC	서울	0010AV00300	1	135		0	117.53		0
경부선	20170121	1330	영천IC-경산IC	서울	0010AV00300	2	147		0	124.58		0
경부선	20170121	1345	영천IC-경산IC	서울	0010AV00300	2	152		0	121.04		0
경부선	20170126	1030	영천IC-경산IC	서울	0010AV00300	2	102		0	123.81		0
경부선	20170126	1045	영천IC-경산IC	서울	0010AV00300	2	101		0	119.85		0
경부선	20170126	1100	영천IC-경산IC	서울	0010AV00300	3	119		0	120.47		0
경부선	20170126	1115	영천IC-경산IC	서울	0010AV00300	3	123		0	123.08		0
경부선	20170126	1130	영천IC-경산IC	서울	0010AV00300	3	148		0	121.93		0
경부선	20170126	1145	영천IC-경산IC	서울	0010AV00300	4	138		0	121.25		0
경부선	20170126	1200	영천IC-경산IC	서울	0010AV00300	4	121		0	121.61		0
경부선	20170126	1215	영천IC-경산IC	서울	0010AV00300	4	180		0	119.69		0

<표 2-19> 고속도로 콘존정보 자료 형태

콘존ID	콘존길이	기점종점 방향 구분코드	시작 노드 ID	종료 노드 ID	차로수	노선 번호	제한 속도	노선 구성 순번	콘존명	버스 전용 차로 유무	도로 등급 구분 코드	도로명
1300CZS070	2100	S	479	252	4	1300	100	2	88JC-김포공항IC	0	109	인천국제공항선
1300CZE080	1800	E	479	478	4	1300	100	8	88JC-북로JC	0	109	인천국제공항선
1040CZE040	5580	E	2	7	2	1040	100	4	가락IC-서부산HC	0	101	남해제2지선
1040CZS030	2000	S	2	498	2	1040	100	3	가락IC-서부산TG	0	101	남해제2지선
0550CZE160	7740	E	121	1005	2	550	100	9	가산IC-군위JC	0	101	중앙선
0550CZS150	6280	S	121	118	2	550	100	26	가산IC-다부IC	0	101	중앙선
0120CZS180	10600	S	166	165	2	120	100	6	가조IC-거창IC	0	101	광주대구선
0120CZE190	14800	E	166	167	2	120	100	12	가조IC-해인사IC	0	101	광주대구선
1200CZS020	2550	S	295	283	3	1200	100	8	가좌IC-도화IC	0	101	경인선
1200CZE030	4130	E	295	294	3	1200	100	3	가좌IC-서인천IC	0	101	경인선
0450CZE230	14530	E	57	262	2	450	110	25	감곡IC-여주JC	0	101	중부내륙선

나. 고속도로 AVC 자료처리

- 고속도로 원시 AVC 자료는 차로별 차종별 교통량과 속도자료이며 이러한 차로별 차종별 자료의 오류를 검토하여 링크단위의 도로통행비용함수 분석을 위해 차로가 아닌 링크(구간) 자료로 집계하여야 함

- AVC 자료 : 차로별 차종별 교통량/속도 자료
 - 차로별 차종별 자료 → 콘존 자료로 집계 (차로 VDF 산정이 아닌 링크 VDF 산정)
 - 고속도로 AVC 자료는 다음과 같은 단계로 오류 및 집계 처리되어 도로통행비용함수의 고속도로에 해당하는 VDF 등급별로 분석이 가능하도록 가공처리 됨
- ① 일자별 AVC 자료 → 1년 AVC 자료 결합 (44, 934, 592개)
 - ② AVC 자료 오류 검토 (교통량, 속도 한계 및 논리)
 - 도로공사 FTMS 오류검토 기준을 적용 198, 508개 (0.4%) 오류제거 (44, 736, 084개)
 - (교통량) 15분 교통량 > 900대 또는 15분 교통량 < 0
 - (속도) 속도 > 180km/h 또는 속도 < 0km/h
 - (논리) 15분 교통량 ≠ 0 면서 속도 = 0, 교통량 = 0 면서 속도 > 1
 - ③ 차로별 차종별 15분 교통량 → 차로별 1시간 교통유율(veh/h) 변환
 - 1시간 교통유율(veh/h) = 15분 교통량(veh/0.25h) × 4
 - ④ 차로별 1시간 자료 오류 검토 (교통량, 속도 한계 및 논리)
 - 127, 836 (0.3%) 제거 (44, 608, 248개)
 - (교통량) 1시간 교통유율 > 3600대/시 또는 1시간 교통유율 < 0
 - (속도) 속도 > 180km/h 또는 속도 < 0km/h
 - (논리) 1시간 교통유율 ≠ 0 면서 속도 = 0, 1시간 교통유율 = 0 면서 속도 ≠ 0
 - ⑤ 차로별 차종별 교통유율 (veh/h) → 차로별 차종별 승용차(pcu/h) 환산
 - 차종별 교통량을 승용차 단위로 환산하는 기준은 수요분석을 위한 기초자료이므로 한국개발연구원(KDI) 예비타당성 지침 전국기준을 적용함

<표 2-20> 차종별 승용차 환산 계수

버스			트럭			
평균	소형	보통	평균	소형	중형	대형
2.13	1.30	3.70	1.56	1.30	3.70	3.80

출처: 도로·철도 부문 사업의 예비타당성 표준지침 수정·보완 연구(제5판), 한국개발연구원

- ⑥ 차로별 차종별 교통유율 및 속도를 차로 교통유율 및 속도로 집계
 - 차로별 차종별 교통유율(pcu/h) → 차로별 교통유율(총pcu) = \sum 차종별 교통유율

- 차로별 차종별 속도(km/h) → 차로별 평균속도(km/h) = pcu 가중평균
- ⑦ 콘존 교통유율(pcu/h) 및 평균속도 산출 (16, 102, 357개)
- 콘존 교통유율 = \sum (차로별 교통유율)
 - 콘존 차로평균 교통유율 = \sum (차로별 교통유율) / 차로수
 - 콘존 평균속도 = 차로별 교통유율 가중평균
- ⑧ 콘존구간 지방부/도시부 구분
- 콘존 리스트 구축 : 전국 고속도로 IC(JC)~IC(JC))
 - 콘존 리스트의 KTDB Level 6 네트워크 상 From - To 노드 추출 (IC 노드 추출)
 - IC별 행정구역(읍면동) 매칭 : IC 노드의 행정구역 코드, 행정구역명으로 지방부/도시부 관별
 - From-To 노드 모두 동지역일 경우 → 도시부
 - From-To 노드 모두 읍·면지역일 경우 → 지방부
 - From-To 읍·면·동 두 개 지역으로 혼용될 경우 → 전체 링크연장 중 더 많이 포함되는 행정구역으로 구분
- ⑨ 콘존 교통유율 및 속도 자료에 지방부/도시부 코드 삽입
- ⑩ 집계된 콘존 교통유율 및 속도 자료에 콘존정보의 차로정보 삽입 및 검증
- 차로자료가 집계된 콘존자료의 차로수와 콘존정보 차로수 일치여부 검토
 - 만약, 차로자료를 집계한 콘존자료의 차로수가 콘존정보의 차로수와 일치하지 않으면 특정 차로의 데이터가 누락된 것임
 - 차로자료 누락으로 완전한 링크자료 구축이 불가능하므로 데이터 삭제함
 - 콘존의 경우 수집된 AVC 자료의 차로수와 콘존정보의 차로가 일치하지 않는 콘존의 경우는 분석에서 제외함
 - 자료 3, 590, 435개 (22.3%) 제거 → 자료 12, 511, 922개 (77.7%)
 - 콘존 개수 518개 → 409개 (79.0%)
- ⑪ 콘존 자료 VDF 등급 부여
- 콘존자료의 차로수, 지역구분(지방부/도시부) 정보를 이용 5개의 고속도로 VDF 등급을 부여함
- ⑫ VDF 등급별 콘존(링크) 교통유율-속도 자료 분리
- 도로등급별 분석을 위하여 VDF 등급별 링크단위 분석 자료를 분리하여 구축함

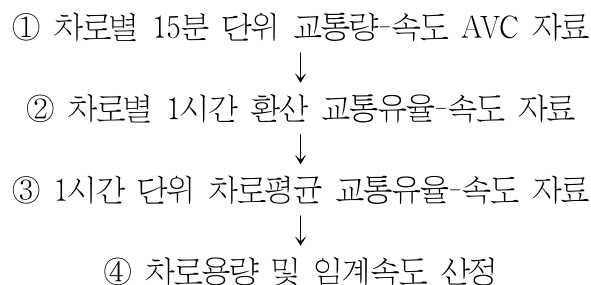
<표 2-21> 연속류 도로통행비용함수(VDF) 등급별 분석 자료 개수

구분	차로구분	지역구분	VDF	자료 개수	비고
고속 국도	2차로이하	도시부	1	824,230	고속도로 AVC 자료
		지방부	2	7,119,250	
	3차로이상	도시부	3	2,364,453	
		지방부	4	1,538,512	
	중앙고속도로		36	665,477	
도시고속도로	2차로이하	도시부	5	13,164	KTDB
	3차로이상	지방부	7	10,146	View-T 자료

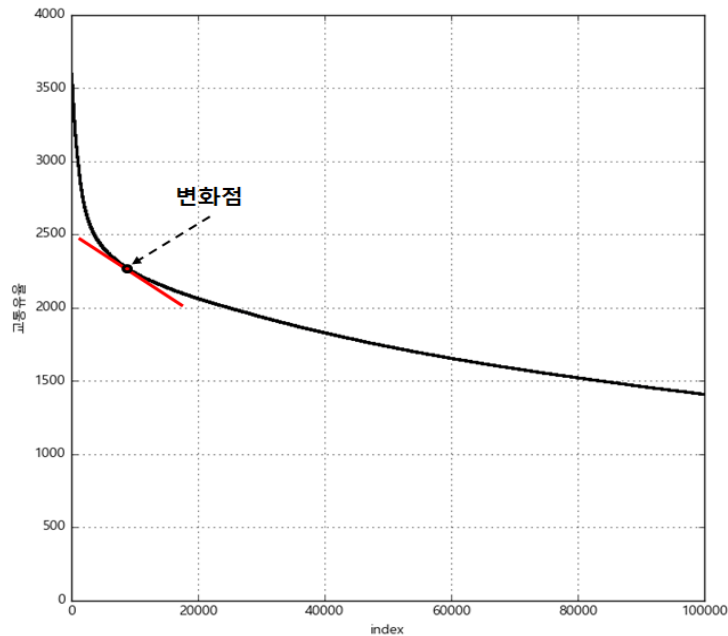
3. 연속류 도로통행비용함수 용량 및 임계속도 검토

가. 연속류 도로통행비용함수 용량 검토

- 도로 용량이란 주어진 도로 조건에서 15분 동안 무리 없이 최대로 통과할 수 있는 승용차 교통량을 1시간 단위로 환산한 값으로 정의되며 도로의 한 구간이 1시간 단위시간 동안 처리할 수 있는 최대 교통유율이라 할 수 있음
- 일반적으로 도로용량편람에서 용량을 산정할 때 1시간 교통량이 아닌 15분 교통량을 1시간 단위로 환산한 교통량(교통유율)을 이용하고 이렇게 1시간 단위로 환산한 교통량을 교통유율이라는 별도의 용어로 정의하고 있음
- 본 연구에서도 고속도로의 경우 15분 단위의 AVC 데이터를 1시간 단위로 환산하고 차로별 자료를 콘존자료로 집계한 1시간 차로평균 교통유율을 산정하여 도로 용량을 산정하고자 함

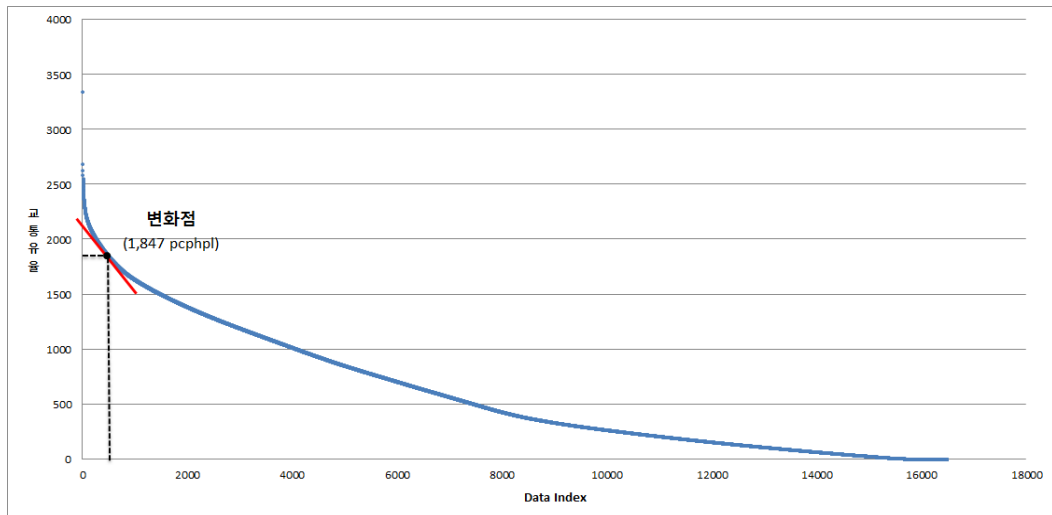


- 고속도로 AVC 검지시스템의 오류로 인하여 이상치로 볼 수 있는 높은 교통유율이 수집될 수 있기에 최대 교통유율(pcu/h)이 아닌 어느 정도 빈도수가 확보된 데이터 중 최대 교통유율을 선정하고자 함
- 이를 위하여 VDF 등급별로 차로평균 교통유율을 내림차순으로 정렬한 후 데이터의 변화율을 분석하여 급격하게 변화하는 데이터의 변화폭이 완만해 지는 변곡점을 선정하여 용량을 산정함



<그림 2-6> 도로통행비용함수 용량 산정을 위한 변곡점 검토

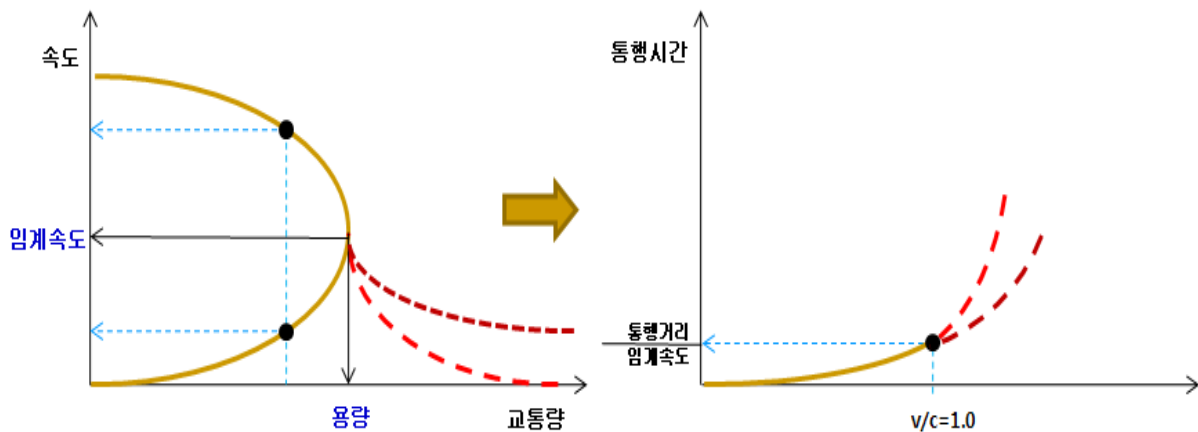
- 결국, 고속도로 도로통행비용함수의 용량은 최대 교통유율이 아닌 차로평균 교통유율의 변화율 분석을 통하여 용량을 검토함
 - 극단적 이상치 자료 제외의 개념
 - 교통량 내림차순으로 정렬 후 변화점 검토 (heuristic method)
- VDF 등급별 차로평균 교통유율을 내림차순으로 정렬한 후 50개 데이터 단위로 변화점(변곡점)을 검토하였고 변화율 -1.0을 경계로 변화점을 선정하여 용량을 산정함
- <그림 2-7>은 VDF 1 등급에 대한 예시로 교통유율을 내림차순으로 정렬하여 50개 데이터 단위로 자료순서에 따른 교통유율의 변화점과 변화율을 나타낸 것임



<그림 2-7> VDF 1 등급의 자료순서에 따른 교통유율 변화점

나. 연속류 도로통행비용함수 임계속도 검토

- 임계속도(critical speed)란 교통량이 용량상태에 도달할 때, 즉 $V/C = 1.0$ 일 경우의 속도를 나타내며 교통량-속도 관계식에서 안정류와 불안정류를 나누는 경계속도가 됨
- 임계속도는 도로통행비용함수에서 교통량과 용량비인 포화도(V/C)가 1.0일 때의 통행시간을 결정하는 중요한 의미를 가짐

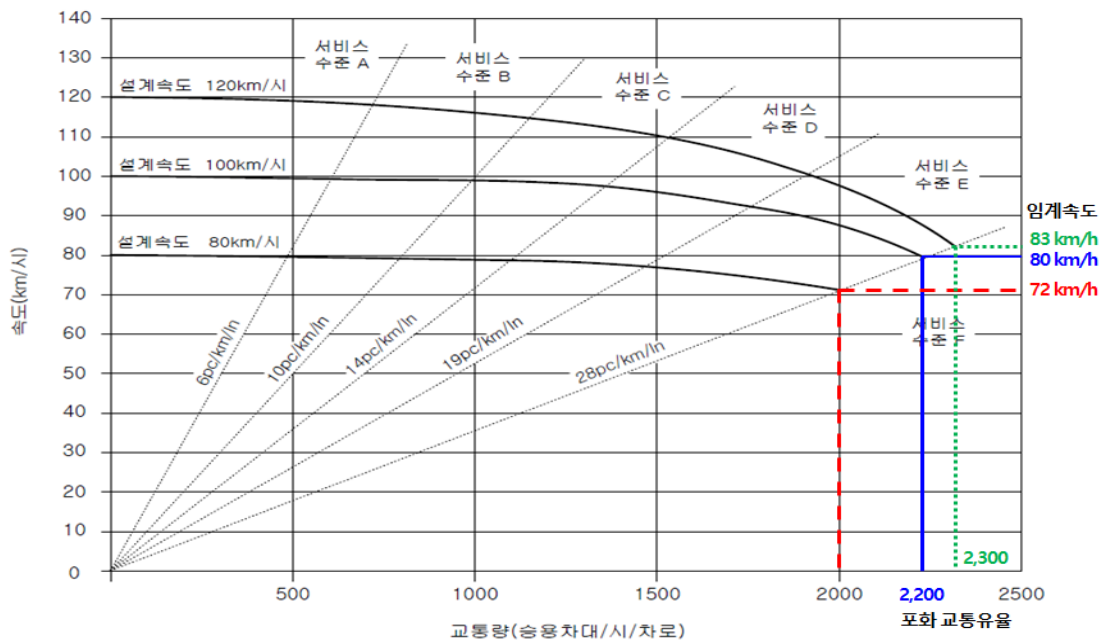


<그림 2-8> 교통량-속도 관계식 및 도로비용함수에서의 용량과 임계속도 관계

- 도로용량편람에서는 고속도로 기본구간에 대하여 설계속도별로 임계속도가 다르게 나

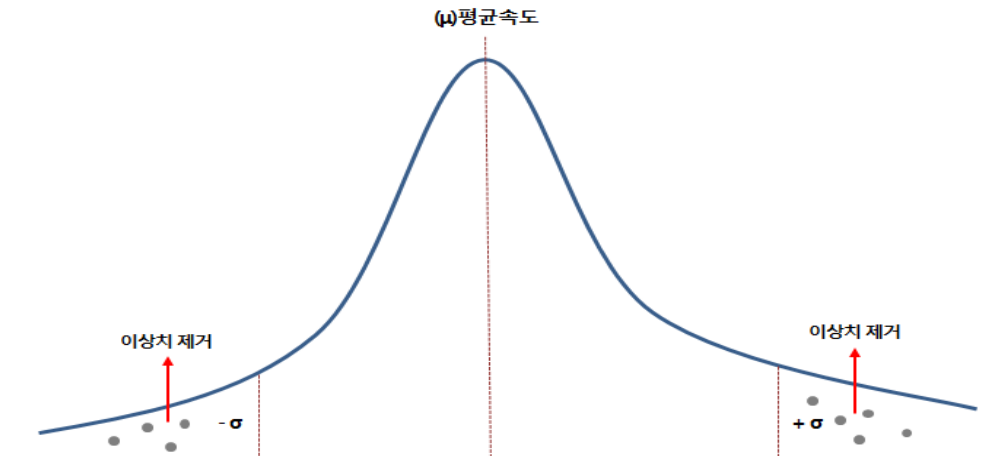
타나는 것으로 제시하고 있으나 일반적인 설계속도 100km/h 고속도로에 대해서 임계속도를 80km/h로 제시하고 있음

- 즉, 설계속도 100km/h인 고속도로에서 용량상태를 넘어가기 이전까지는 차량들이 최소 80km/h 이상으로 통행을 한다는 것으로 이는 이상적인 도로환경에서는 가능할지라도 다양한 제약이 존재하는 도로환경에서는 다소 높은 속도라 볼 수 있음



<그림 2-9> 도로용량편람(KHCM)의 고속도로 설계속도별 임계속도

- 본 연구에서는 현재 VDF 등급체계에서 각 VDF 등급의 도로환경을 대표할 수 있는 임계속도를 수집된 자료를 기반으로 다시 산정하고 함
- 이를 위하여 고속도로 VDF 등급별로 산정된 도로용량의 교통유율을 기준으로 ± 100 대 (pcu)의 교통량-속도 자료를 대상으로 이상치를 제거한 평균속도를 산정하고 이를 임계속도로 정의하고자 함



<그림 2-10> 임계속도 산출을 위한 이상치 제거

- 임계속도 = (용량 \pm 100pcu)의 교통량-속도 자료 중 이상치가 제거된 자료의 평균속도
- (용량 \pm 100) 교통량 자료의 μ (평균속도) \pm σ (속도편차)를 벗어나는 자료를 이상치로 제거하고 이상치가 제거된 평균속도 산출
- 다음 <표 2-22>는 고속도로와 도시고속도로 VDF 등급에 대하여 최종적으로 산정된 용량과 임계속도 산정결과를 정리한 것임

<표 2-22> 연속류 도로의 용량 및 임계속도 산정 결과

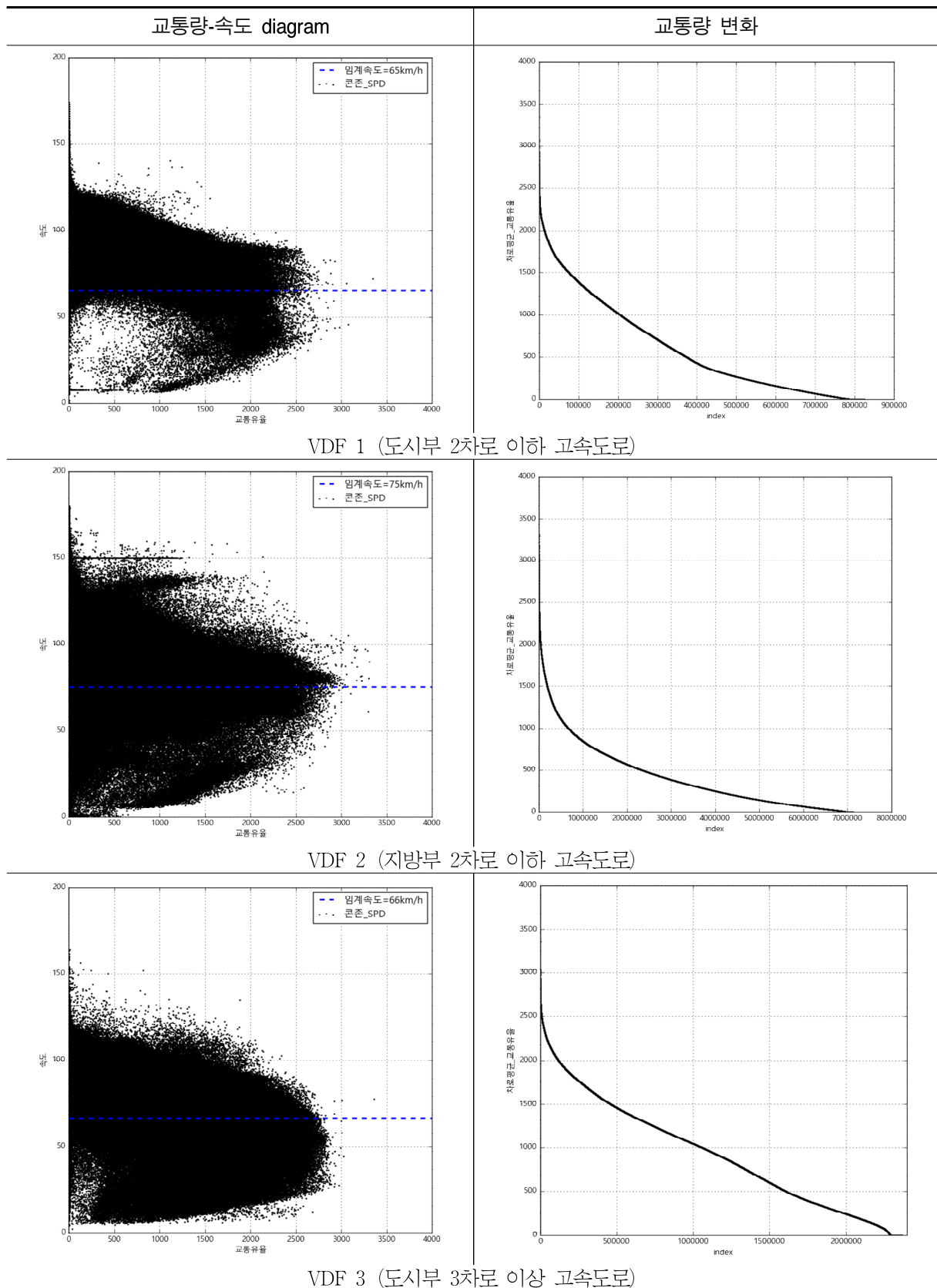
VDF 등급	도로위계	지역구분	차로구분	차로평균 용량 (pcphpl)		임계속도 (km/h)	
				기존 용량	신규 용량	표준편차	산정결과
VDF1	고속도로	도시부	2차로 이하	1,846	1,847	16.0	65
VDF2		지방부		1,786	1,825	10.5	75
VDF3		도시부	3차로 이상	2,028	2,109	13.6	66
VDF4		지방부		1,987	1,990	13.6	76
VDF36		지방부	2차로	1,035	1,158	11.3	75
VDF5	도시 고속도로	도시부	2차로 이하	1,773	1,793	19.5	56
VDF7		지방부	3차로 이상	2,182	1,813	14.2	60

- 용량은 기존 용량과 비슷한 수준으로 산정되었으나 중앙고속도로인 VDF 36의 경우는 기존 용량보다 다소 증가하였고 이는 과거 보다 중앙고속도로의 선형 계량 등으로 도로의 성능이 향상되었기 때문이라 판단됨

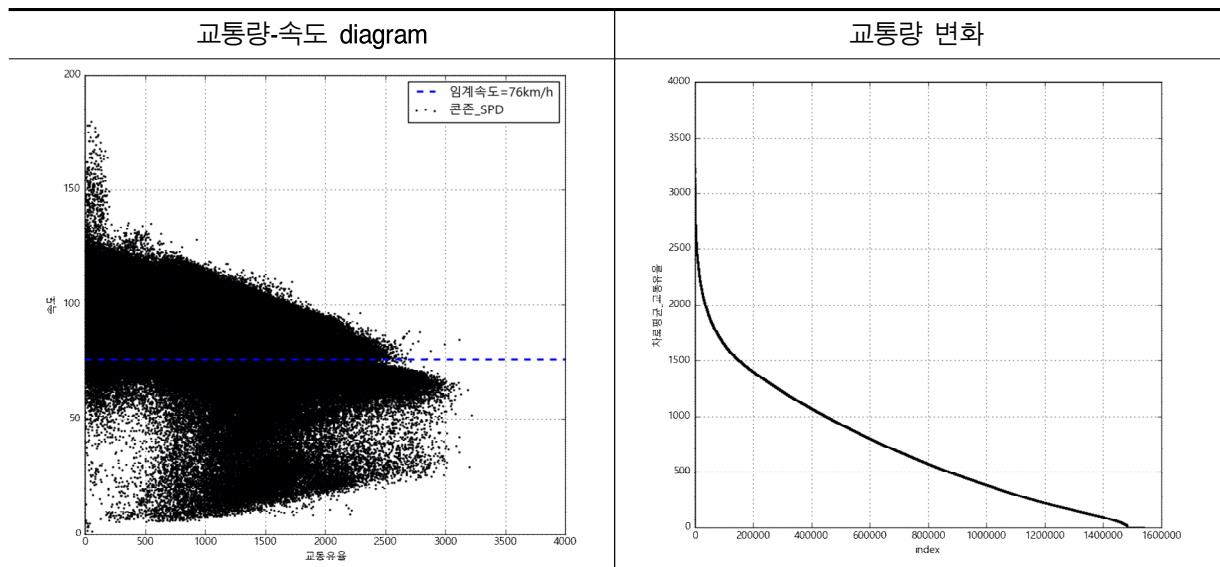
- 임계속도는 고속도로 기본구간의 이상적인 조건의 80km/h 보다는 낮게 산정되었으며 차로수의 영향보다는 지역구분(도시부/지방부)의 영향에 따라 차이가 발생하는 것으로 나타남
 - 같은 도시부, 지방부 도로의 경우 2차로 이하와 3차로 이상 도로에서 임계속도의 차이가 크지 않음
 - 차로수가 같아도 도시부인지 지방부인지에 따라 차이가 큼
- 도시고속도로는 고속도로 보다는 용량과 임계속도가 낮게 산정되었고 이는 도시고속도로가 일반적인 고속도로 보다는 진출입로가 많고 도시부에 있는 만큼 차로폭 등 도로설계의 제약이 많기 때문이라 판단됨
 - 도시고속도로는 연속류 도로의 성격을 갖지만 도로법에 따른 도로의 분류에서 고속도로가 아닌 일반 도로법에 영향을 받기에 시설기준이 낮고 간선도로의 역할을 수행함
- 고속도로 VDF 1~4와 중앙고속도로 VDF 36의 차로별 교통량-속도 관계 및 용량을 검토하기 위해 자료를 도식화하면 <그림 2-11>과 같음
- 산정된 임계속도를 기준으로 속도가 임계속도 보다 높으면 안정류, 임계속도 보다 낮으면 불안정류로 분류하고 VDF 등급별로 안정류/불안정류 분석을 위한 데이터 개수를 정리하면 다음과 같음

<표 2-23> 연속류 도로통행비용함수(VDF) 등급별 안정류/불안정류 자료 개수

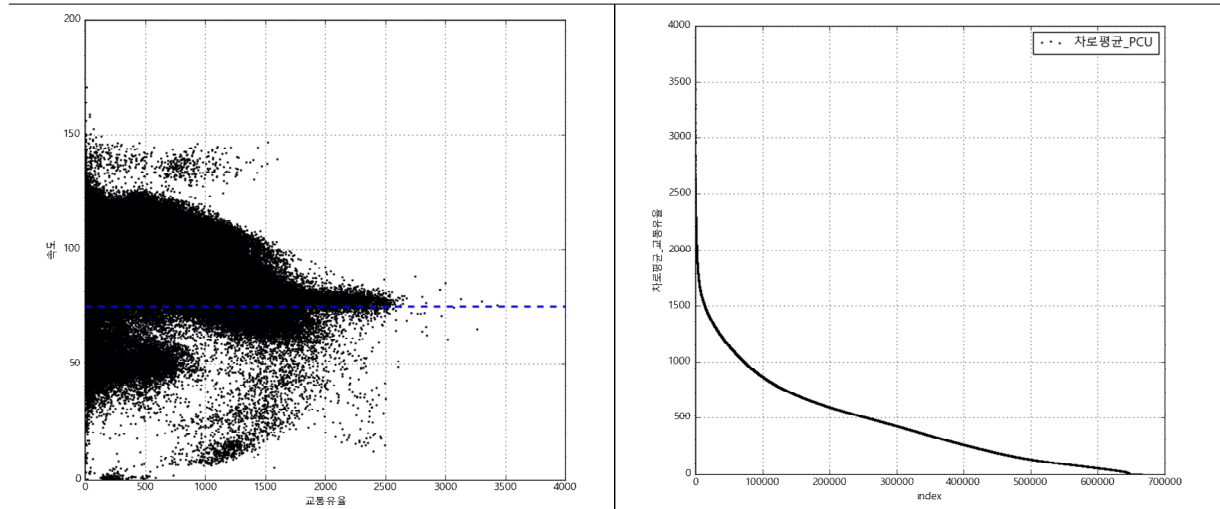
구분	차로구분	지역구분	VDF	교통류	자료 개수	비고
고속 국도	2차로이하	도시부	1	안정류	743, 143	고속도로 AVC 자료
				불안정류	81, 087	
		지방부	2	안정류	6, 596, 951	
				불안정류	522, 299	
	3차로이상	도시부	3	안정류	1, 952, 341	
				불안정류	412, 112	
		지방부	4	안정류	1, 377, 476	
				불안정류	161, 036	
	중앙고속도로		36	안정류	613, 157	
				불안정류	52, 320	
도시고속도로	2차로이하	도시부	5	안정류	3, 245	KTDB View-T 자료
				불안정류	703	
	3차로이상	지방부	7	안정류	4, 919	
				불안정류	533	



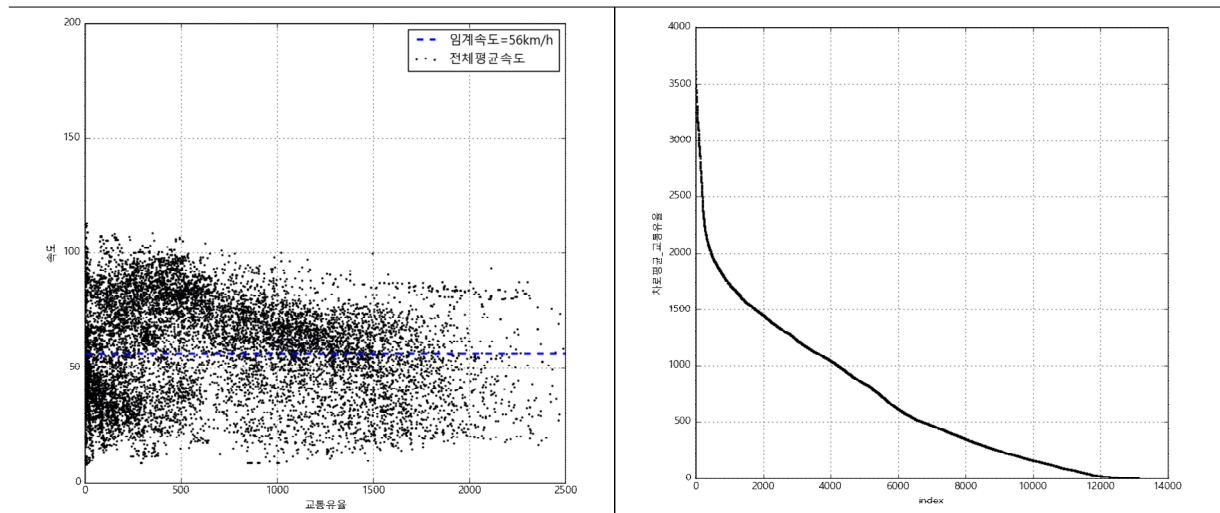
<그림 2-11> 연속류 도로 VDF 등급별 차로 용량 검토 결과



VDF 4 (지방부 3차로 이상 고속도로)

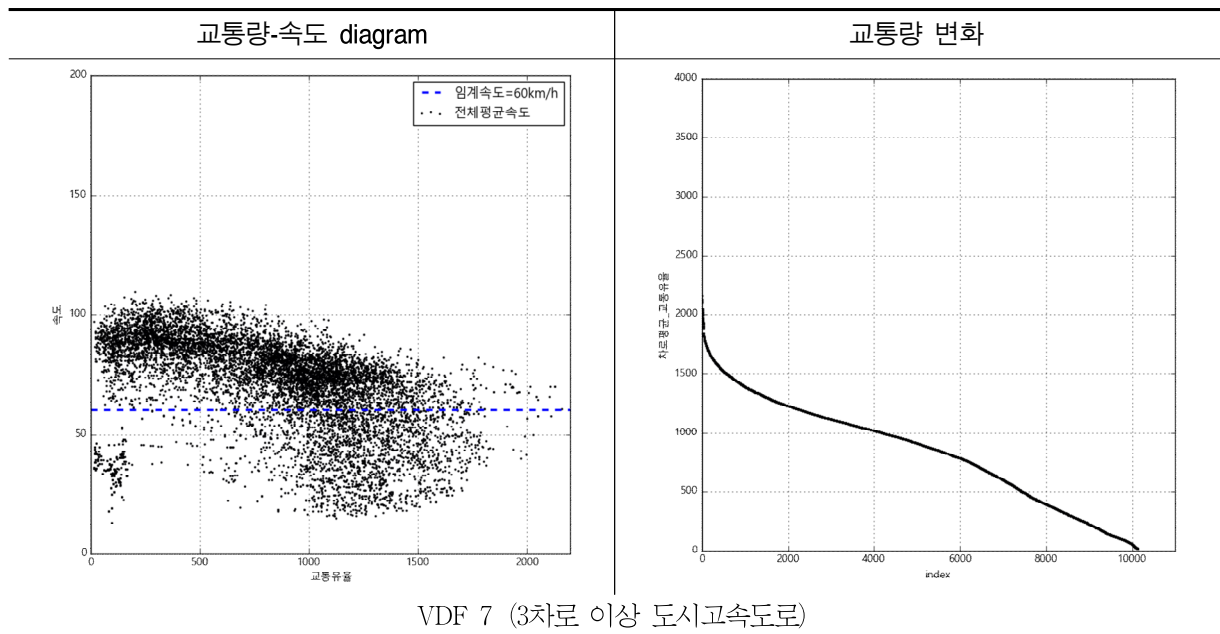


VDF 36 (중앙고속도로)



VDF 5 (2차로 이하 도시고속도로)

<그림 계속> 연속류 도로 VDF 등급별 차로 용량 검토 결과



<그림 계속> 연속류 도로 VDF 등급별 차로 용량 검토 결과

4. 교통량-속도 관계식 설정 및 이상치 제거

가. 교통량-속도 관계식 설정

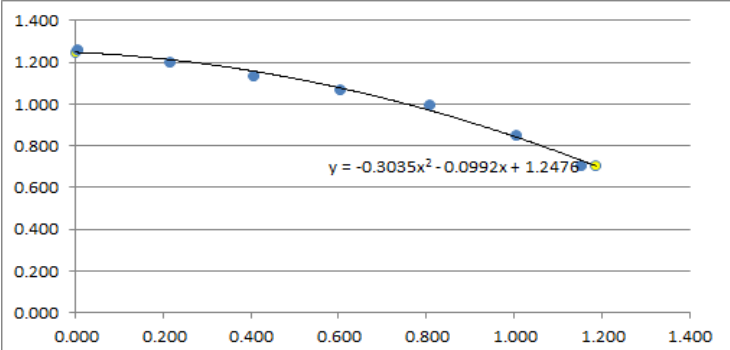
1) 교통량-속도 관계식 설정 방안

- 도로통행비용함수는 포화도 (V/C)에 따른 통행시간(t)의 변화를 나타내는 것으로 이러한 관계를 정확히 묘사하기 위해서는 기초 분석 자료인 교통량(V)-속도(s) 데이터의 오류를 최소화해야 함
- 이를 위하여 각 VDF 등급별로 등급에 해당하는 교통량-속도 관계식을 추정하고 관계식을 기준으로 범위를 설정하여 관계식 범위에서 크게 벗어나는 자료를 오류 데이터로 제거하고자 함
- 최종 추정하고자 하는 도로통행비용함수가 포화도 (V/C)에 따른 통행시간비 (t/t_0)의 관계식인 $t/t_0 = F(V/C)$ 의 함수 형태이고 VDF 등급별로 상태적인 비교가 가능하도록 교통량-속도 관계식을 (V/C)에 따른 속도비 (s/s_0)인 $s/s_0 = F(V/C)$ 로 추정함
 - 여기서, t_0 는 자유통행시간(초기통행시간)를 나타내고 s_0 는 자유통행속도(초기속도)를 나타냄

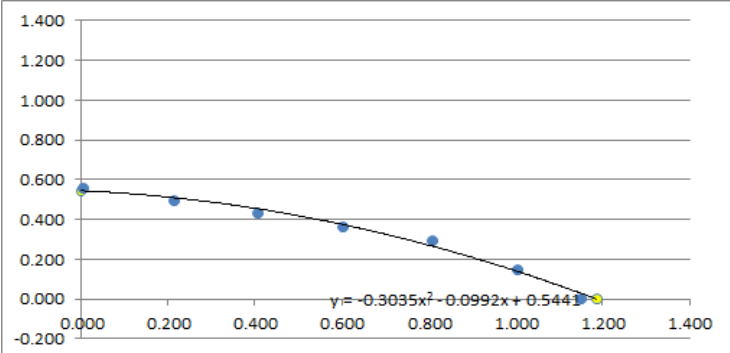
- VDF 등급별로 임계속도를 기준으로 안정류와 불안정류로 구분하여 교통량-속도 관계식을 추정하였는데 안정류는 포화도의 2차식 형태로 불안정류는 지수식 형태가 가장 적합한 것으로 분석됨
- 교통량-속도 관계식 설정 과정은 1차 관계함수를 설정한 후 교통량이 0일 때, 속도가 자유통행속도가 되고 교통량이 용량상태일 때, 속도가 임계속도가 되도록 관계식을 조정하는 다음과 같은 순서로 수행됨
 - ① 데이터를 이용하여 V/C 와 s/s_0 관계함수 설정
 - ② V/C 와 s/s_0 관계함수 비율 조정을 위한 포인트 선정 및 함수식 추정
 - ③ s_c/s_0 (임계속도/자유속도) = 0 되도록 관계함수를 y축으로 $-s_c/s_0$ 만큼 평행이동
 - ④ 교통류에 따라 $(V/C, s/s_0)$ 의 x, y값 비율 조정
 - 안정류: $(0, x') \rightarrow (0, 1-s_c/s_0)$ & $(y', 0) \rightarrow (1, 0)$ 이 되도록 x, y 비율 조정
 - 불안정류: $(0, x') \rightarrow (0, 0-s_c/s_0)$ & $(y', 0) \rightarrow (1, 0)$ 이 되도록 x, y 비율 조정
 - ⑤ 다시 y축으로 $+s_c/s_0$ 만큼 평행이동
 - ⑥ V/C 와 s/s_0 의 관계가 안정류: $(0, 1)$ 또는 불안정류: $(0, 0)$ 과 $(1, s_c/s_0)$ 이 되도록 조정된 포인트로 함수식 재추정
- 다음은 VDF 1을 예시로 안정류에 대한 V/C 와 s/s_0 의 관계식을 추정하는 과정을 보여주고 있음

<표 2-24> V/C와 s/s_0 관계식 설정 과정 (VDF1 안정류 예시)V/C(y)와 $s/s_0(x)$ 관계함수 설정

포인트	x^2	x	y
0	0.000	0.000	1.248
1	0.000	0.003	1.262
2	0.045	0.213	1.202
3	0.165	0.406	1.136
4	0.362	0.602	1.070
5	0.651	0.807	1.002
6	1.008	1.004	0.857
7	1.323	1.150	0.710
8	1.407	1.186	0.703

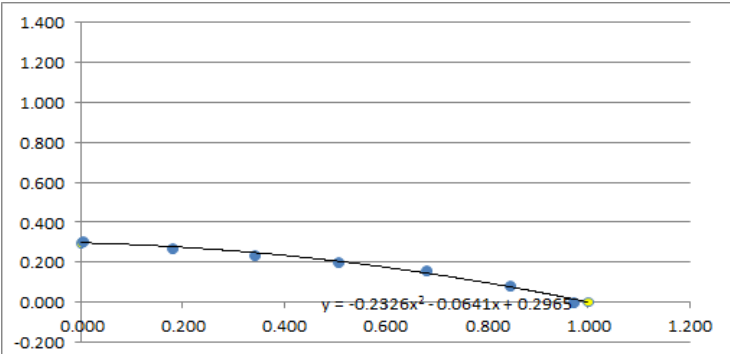
y축으로 - sc/s_0 만큼 평행이동

포인트	x^2	x	y
0	0.000	0.000	0.544
1	0.000	0.003	0.559
2	0.045	0.213	0.499
3	0.165	0.406	0.433
4	0.362	0.602	0.367
5	0.651	0.807	0.299
6	1.008	1.004	0.154
7	1.323	1.150	0.007
8	1.407	1.186	0.000

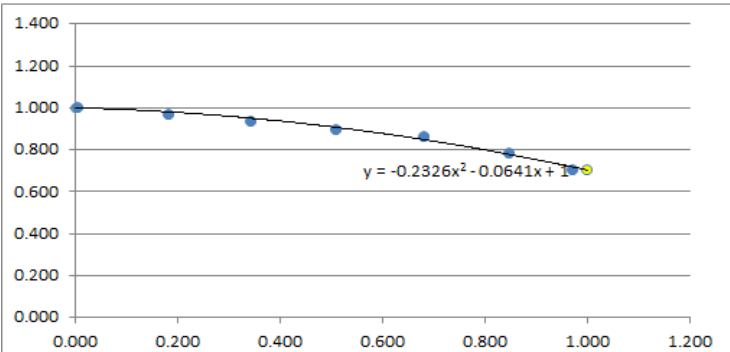


x, y 비율 조정

포인트	x^2	x	y
0	0.000	0.000	0.297
1	0.000	0.003	0.304
2	0.032	0.180	0.272
3	0.117	0.342	0.236
4	0.258	0.508	0.200
5	0.463	0.680	0.163
6	0.717	0.847	0.084
7	0.940	0.970	0.004
8	1.000	1.000	0.000

y축으로 + sc/s_0 만큼 평행이동 및 관계식 재추정

포인트	x^2	x	y
0	0.000	0.000	0.544
1	0.000	0.003	0.559
2	0.045	0.213	0.499
3	0.165	0.406	0.433
4	0.362	0.602	0.367
5	0.651	0.807	0.299
6	1.008	1.004	0.154
7	1.323	1.150	0.007
8	1.407	1.186	0.000



2) 교통량-속도 관계식 설정 결과

- 교통량-속도 관계식 설정 방법에 따라 VDF 등급별로 안정류/불안정류에 대해서 최종적으로 추정된 V/C 와 s/s_0 관계식은 다음과 같음

<표 2-25> 고속도로와 도시고속도로 안정류 관계식(다항식) 설정 결과

VDF등급	s/s_0	계수1	V/C	+	계수2	V/C	+	상수
VDF1	$y=$	-0.2326	x^2	+	-0.0641	x	+	1
VDF2	$y=$	-0.0419	x^2	+	-0.1802	x	+	1
VDF3	$y=$	-0.2753	x^2	+	-0.0837	x	+	1
VDF4	$y=$	-0.1025	x^2	+	-0.1436	x	+	1
VDF36	$y=$	-0.1731	x^2	+	-0.0511	x	+	1
VDF5	$y=$	-0.2520	x^2	+	-0.0851	x	+	1
VDF7	$y=$	-0.2872	x^2	+	-0.0568	x	+	1

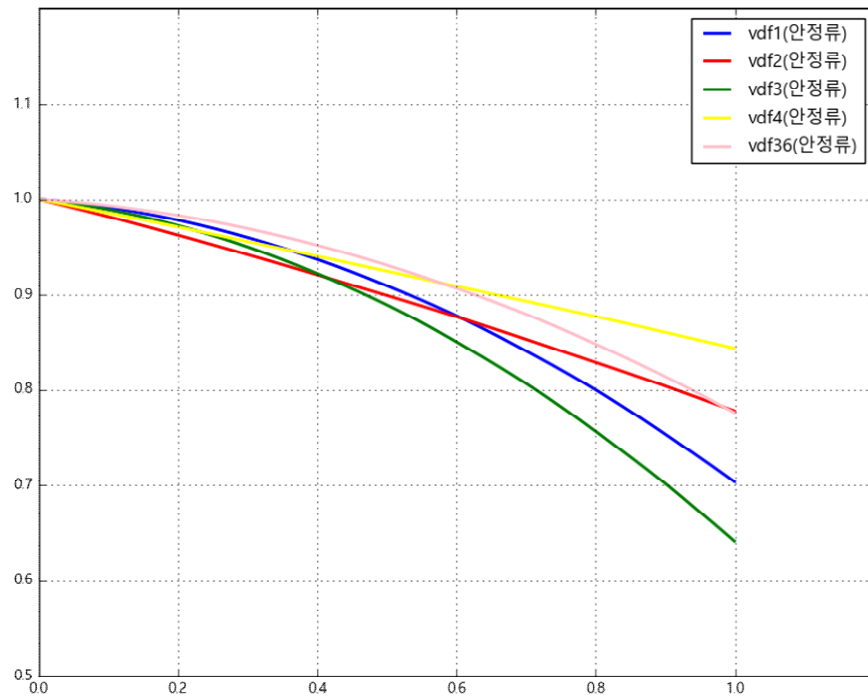
<표 2-26> 고속도로와 도시고속도로 불안정류 관계식(지수식) 설정 결과

VDF등급	s/s_0	계수1	$\exp($	계수2	\times	V/C
VDF1	$y=$	0.012	$\exp($	4.0698	\times	$x)$
VDF2	$y=$	0.013	$\exp($	4.0851	\times	$x)$
VDF3	$y=$	0.0262	$\exp($	3.1959	\times	$x)$
VDF4	$y=$	0.0113	$\exp($	4.2043	\times	$x)$
VDF36	$y=$	0.0075	$\exp($	4.6357	\times	$x)$
VDF5	$y=$	0.0200	$\exp($	3.5000	\times	$x)$
VDF7	$y=$	0.0217	$\exp($	3.4134	\times	$x)$

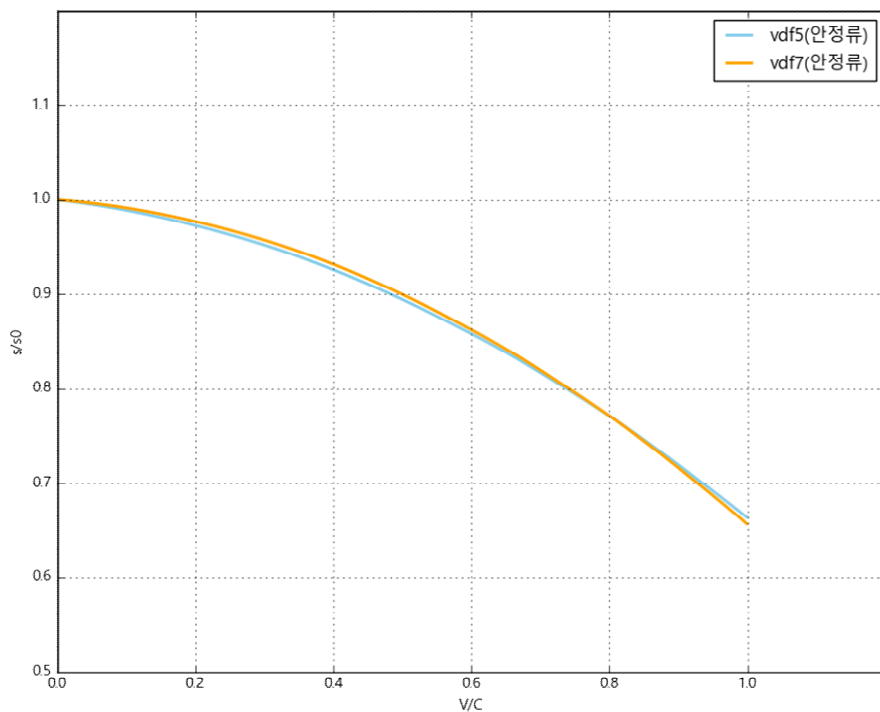
① 안정류 결과 검토

- 고속도로와 도시고속도로의 안정류 관계식 추정 결과를 도로등급별로 비교해 보면 다음 <그림 2-12>, <그림 2-13>과 같음
- $V/C \leq 1$ 인 안정류에서 도시부의 경우, VDF 1 보다 VDF 3의 속도가 더 내려가고 지방부의 경우, VDF 2 보다는 VDF 4의 속도가 더 내려가는 것으로 나타나 2차로 이하 도로 보다는 3차로 이상 도로가 V/C 증가에 따라 속도가 더 많이 떨어지는 것으로 나타남
- VDF 1, 3인 도시부 도로가 VDF 2, 4, 36인 지방부 도로 보다 V/C 증가에 따라 속

도가 더 내려가는 것으로 나타나며 차로수의 차이보다는 지역구분의 차이에 따라 더 크게 속도가 떨어지는 것으로 나타남



<그림 2-12> 고속도로로 안정류 교통량-속도 관계식 설정 결과



<그림 2-13> 도시고속도로로 안정류 교통량-속도 관계식 설정 결과

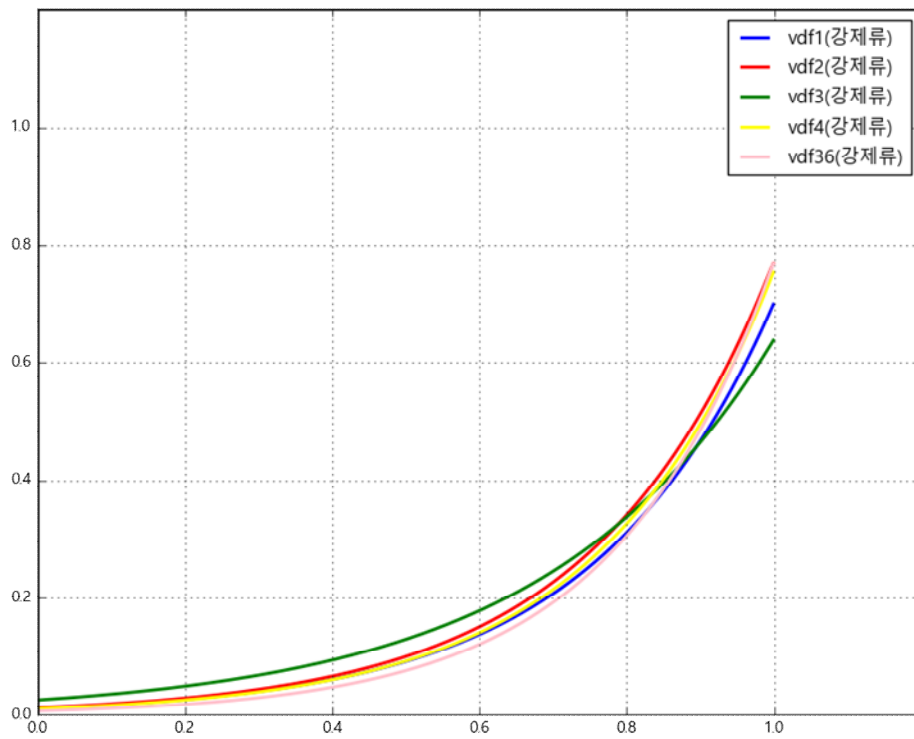
- 이러한 결과는 자유통행속도와 임계속도를 이용하여 $s_0/s_0 - s_c/s_0 = 1 - s_c/s_0$ 로 결정되고 고속도로의 초기속도는 유사한 반면 도시부 도로가 지방부보다 임계속도 낮고 2차로 이하 도로가 3차로 이상 보다 임계속도가 다소 낮기 때문임
- 다음 <표 2-27>의 초기속도와 임계속도 비율을 보면 이러한 결과를 잘 이해할 수 있음

<표 2-27> 고속도로와 도시고속도로 초기속도와 임계속도 비율

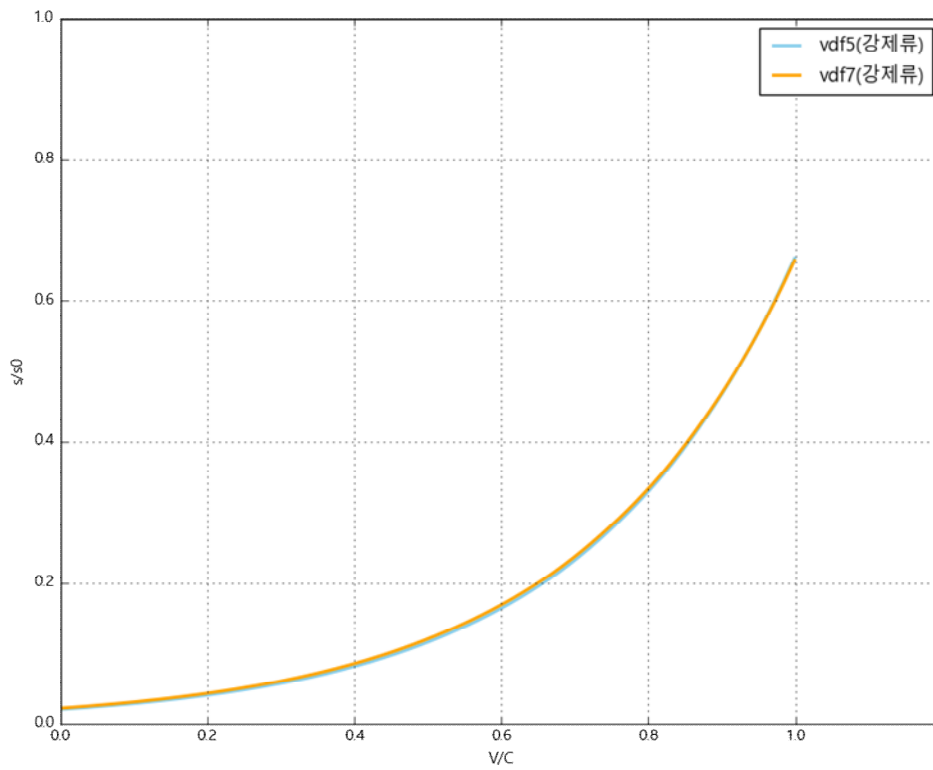
VDF 등급	도로위계	지역구분	차로구분	초기속도 (s_0)	임계속도 (s_c)	s_0/s_0	$s_0/s_0 - s_c/s_0$ ($1 - s_c/s_0$)
VDF1	고속도로	도시부	2차로 이하	92.4	65	0.70	0.30
VDF2		지방부		97.7	75	0.77	0.23
VDF3		도시부	3차로 이상	98.3	66	0.67	0.33
VDF4		지방부		99.5	76	0.76	0.24
VDF36		지방부	2차로	96.7	75	0.78	0.22
VDF5	도시	도시부	2차로 이하	84.5	56	0.66	0.34
VDF7	고속도로	지방부	3차로 이상	91.4	60	0.66	0.34

② 불안정류 결과 검토

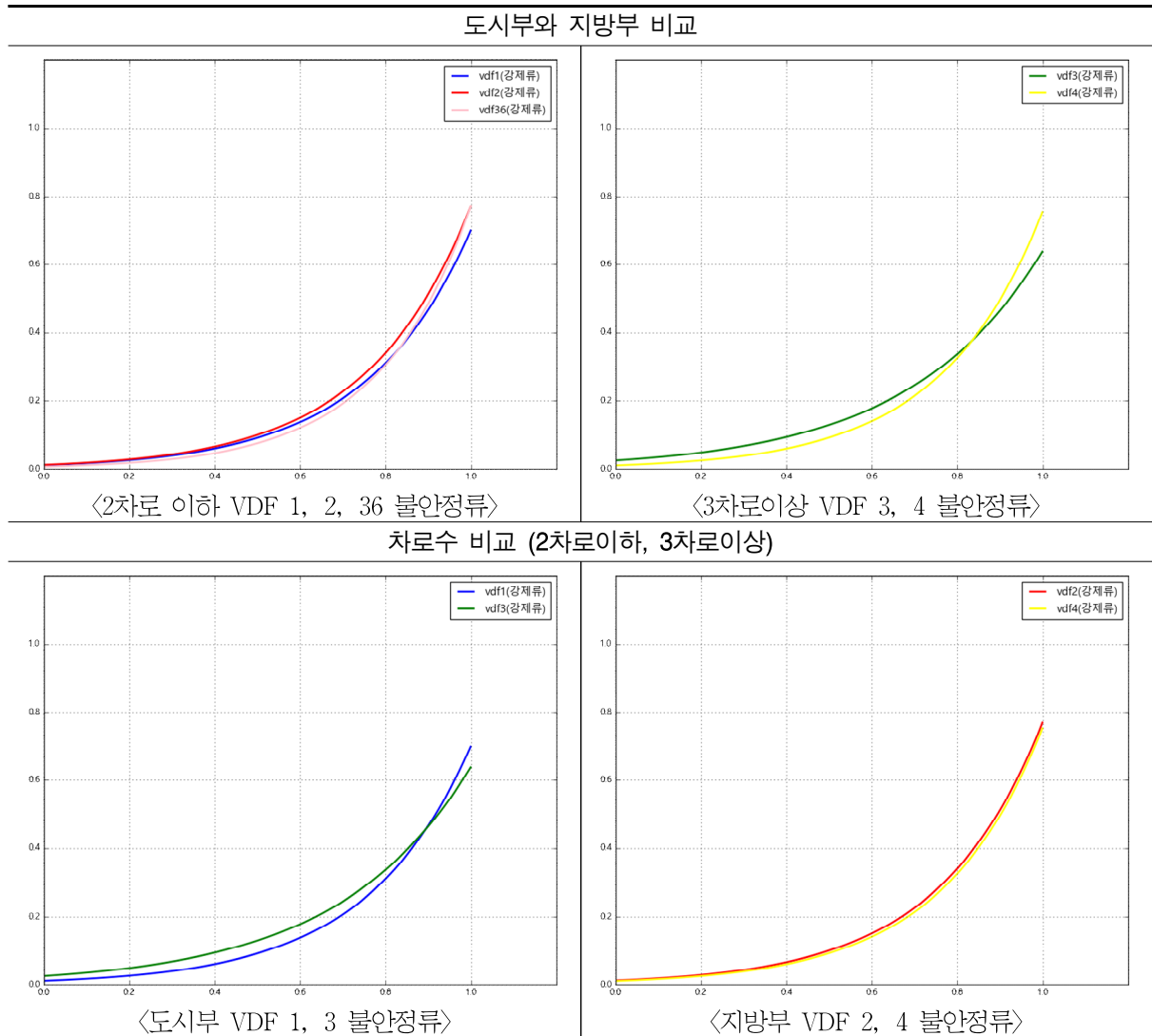
- 고속도로와 도시고속도로의 불안정류 관계식 추정 결과를 도로등급별로 비교해 보면 다음 <그림 2-14~16>과 같음
- 안정류에서 교통량이 증가할수록, 즉, V/C 가 커질수록(혼잡증가) 속도가 더 많이 낮아졌다면 불안정류의 경우는 반대로 V/C 가 커질수록(혼잡완화) 속도가 적게 높아짐
- VDF 2, 4, 36인 지방부 도로가 VDF 1, 3인 도시부 도로 보다 V/C 증가에 따라 속도가 많이 올라가는 것으로 남
- 도시부의 경우, 2차로 이하인 VDF 1이 3차로 이상인 VDF 3 보다는 V/C 가 커질수록 속도가 더 많이 증가하는 것으로 나타났으나 지방부의 경우는 차로수에 의한 차이가 거의 나타나지 않음
- 또한, 도시고속도로의 경우도, 2차로 이하인 VDF 5와 3차로 이상인 VDF 7의 관계식이 큰 차이가 없이 유사하게 나타남



<그림 2-14> 고속도로 불안정류 교통량-속도 관계식 설정 결과



<그림 2-15> 도시고속도로 불안정류 교통량-속도 관계식 설정 결과



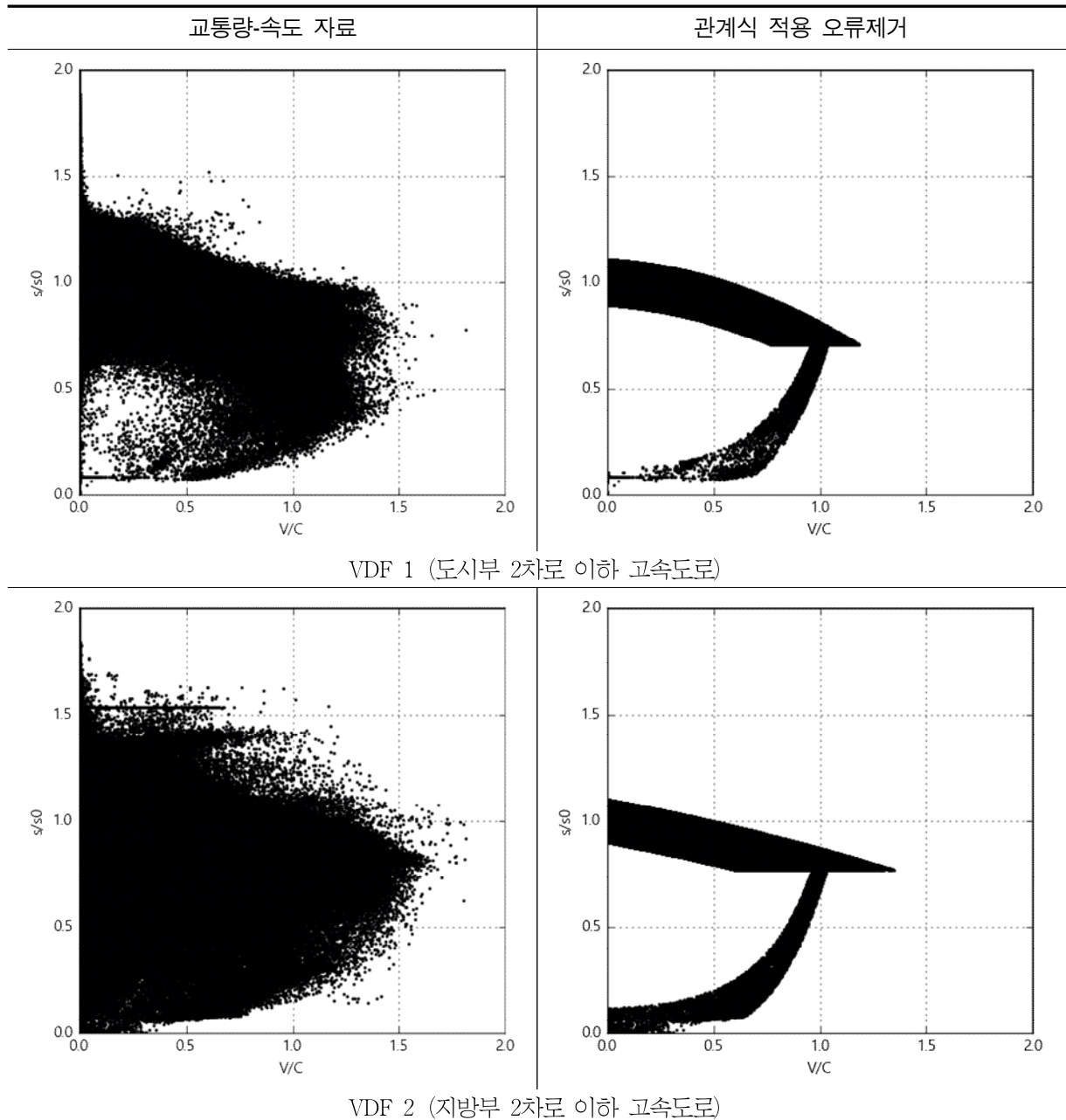
〈그림 2-16〉 지역구분과 차로개수에 따른 고속도로 불안정류 교통량-속도 관계식 비교

나. 교통량-속도 관계에 따른 이상치 제거

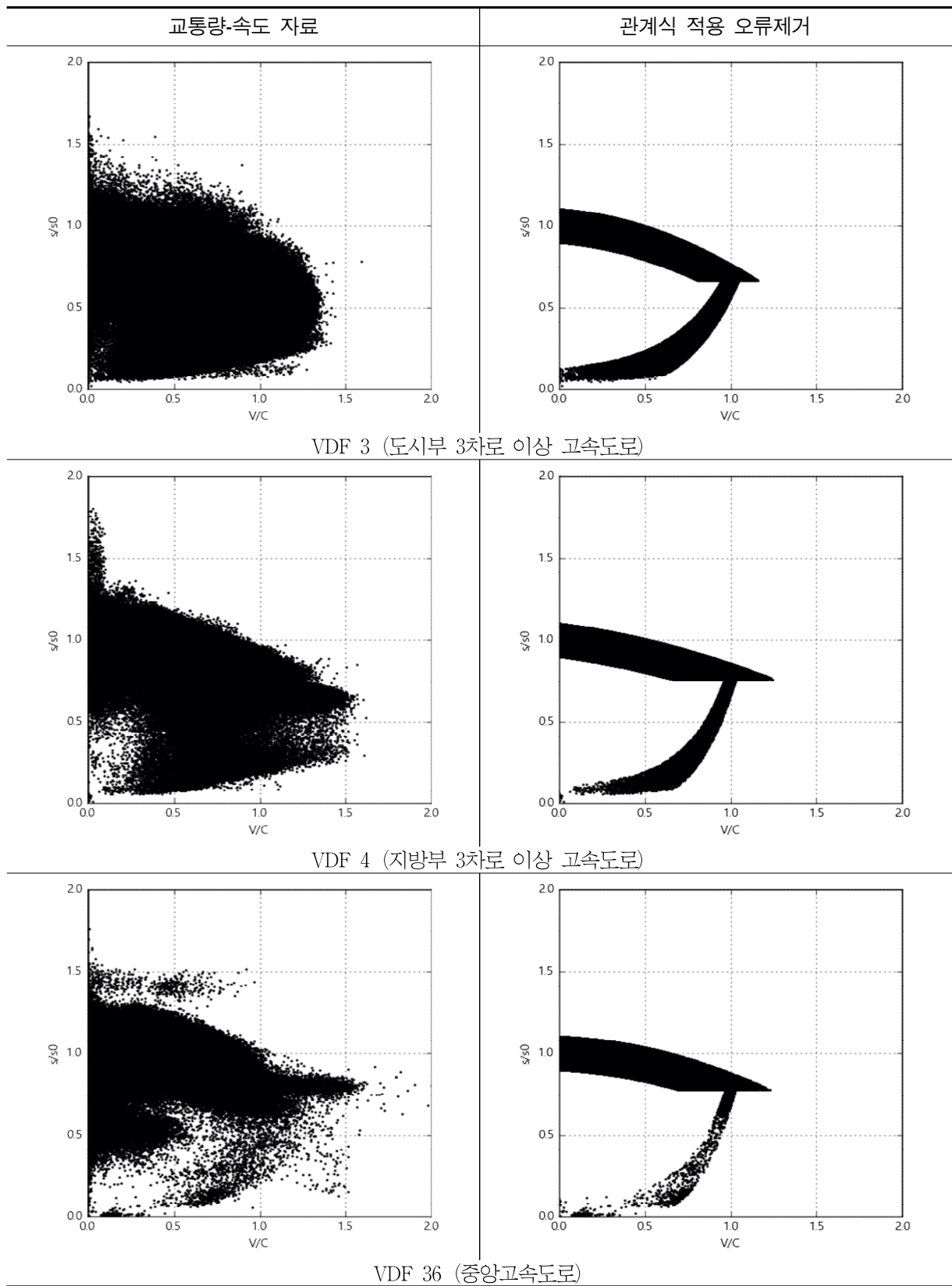
- 앞서 자료수집 및 자료처리과정에서 수행한 AVC 원시자료의 1차 오류제거와 별도로 교통량-속도 관계에 따른 2차 오류제거 과정을 수행함
- 임계속도를 기준으로 구분한 안정류와 불안정류에서 추정된 교통량-속도 관계식을 이용하여 해당 포화도(V/C)에 대한 속도를 추정하고 관측 속도가 설정된 관계식의 범위를 벗어나는지를 판단함
- 교통량을 관계식에 대입하여 포화도에 따른 속도를 추정하고 데이터 개수는 충분하기에 관측 속도(데이터)가 추정된 속도(관계식)의 $\pm 10\text{km/h}$ 의 범위를 벗어날 경우 오류

자료로 간주하여 제외함

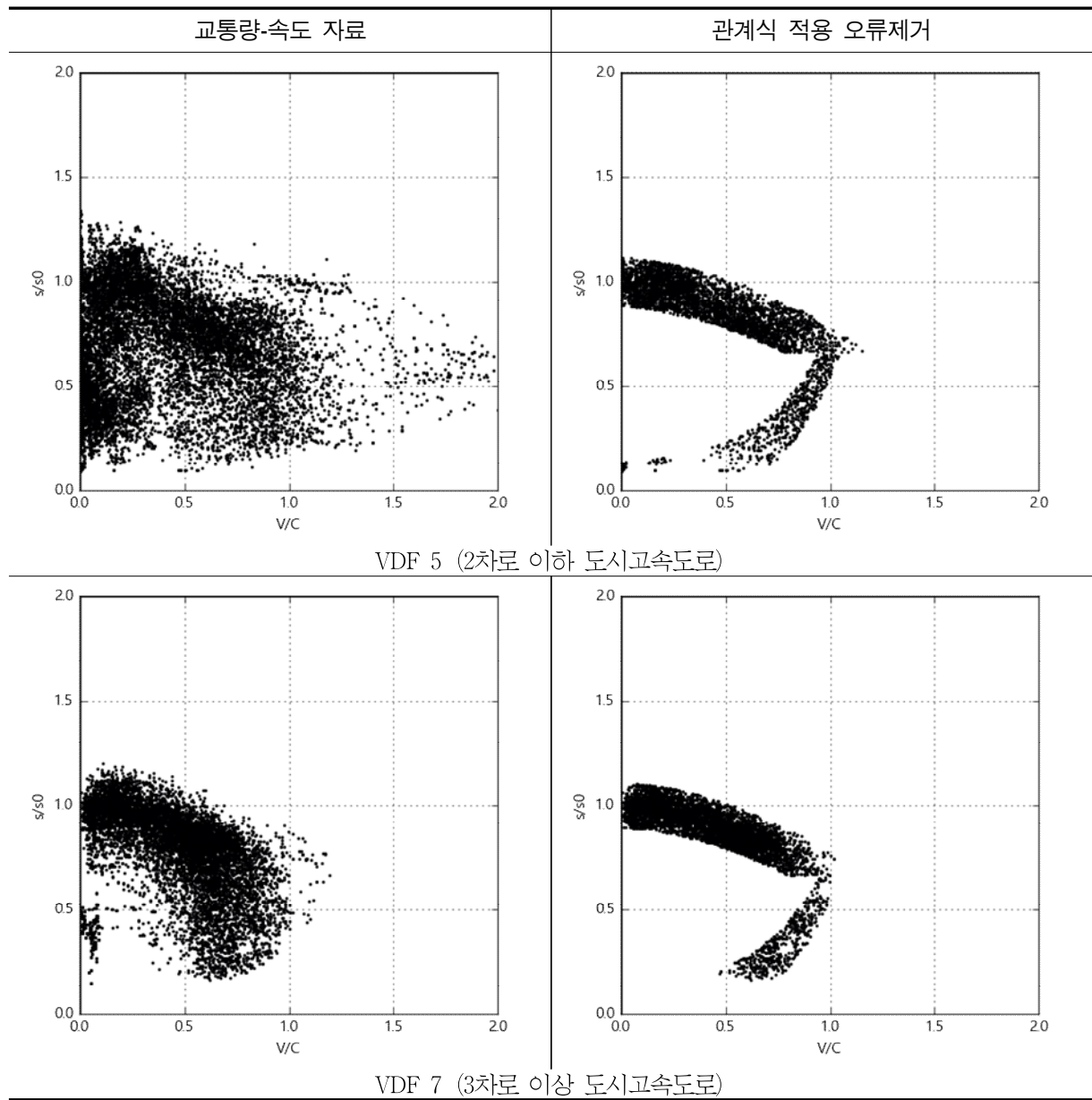
- 관측값 > 추정값 + 10km/h or 관측값 < 추정값 - 10km/h → 오류(분석제외)
- 다음은 교통량-속도 관계에 의해서 설정된 속도의 20km/h 버퍼(buffer)를 초과하는 자료를 제외한 후 교통량-속도 자료의 변화를 보여주고 있음



<그림 2-17> 연속류 교통류-속도 관계에 따른 이상치 제거



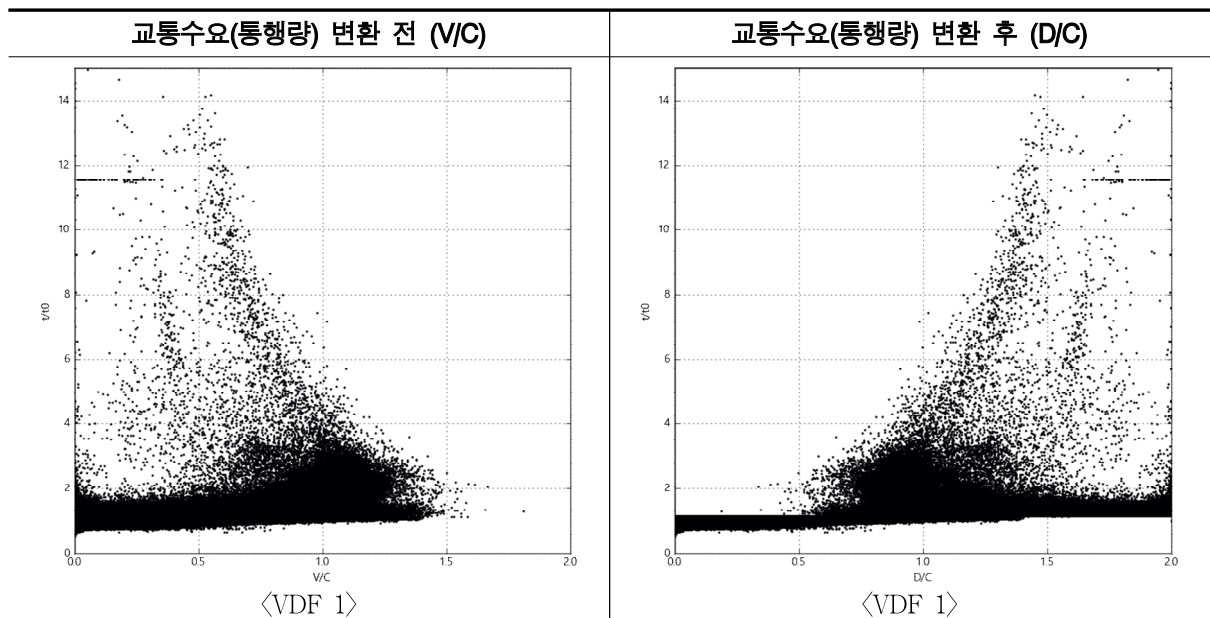
<그림 계속> 연속류 교통류-속도 관계에 따른 이상치 제거



<그림 계속> 연속류 교통류-속도 관계에 따른 이상치 제거

5. 통행량-통행시간 관계로 전환

- BRP 형태의 도로통행비용함수를 추정하기 위해서는 교통량-속도 관계로 수집된 자료를 앞에서의 <그림 2-8>과 같이 통행량-통행시간 관계로 전환해야 함
- 교통량이라는 용어 대신에 통행량이라는 용어를 사용한 것은 교통수요분석을 위한 도로통행비용함수에는 실제 도로를 통과한 교통량을 고려하는 것이 아닌 도로를 통과하고자 하는 교통수요를 고려하기 때문임
- 다음과 같이 교통수요가 용량을 초과하여 교통량이 교통수요보다 적은 불안정류 상태에서는 교통량을 교통수요로 전환해 주어야 함
 - IF 교통수요(D) > 용량(C) THEN 교통량(V) < 교통수요(D) (불안정류 상태)
 - IF 교통수요(D) ≤ 용량(C) THEN 교통량(V) = 교통수요(D) (안정류 상태)
- 이를 위하여 「2008년 국가교통조사 및 DB구축 사업」(도로통행비용함수 구축관련 조사연구)에서 검증된 용량 대칭방법을 적용하여 교통수요(통행량)를 추정하고 통행량(D/C)-통행시간(t/t_0) 관계로 분석 자료를 구축함



<그림 2-18> 교통량(Volume) → 교통수요(Demand) 변환 전·후 데이터 비교

- 교통공학측면의 교통량-속도 관계에서 V/C 와 교통계획측면의 통행량-속도 관계에서

교통량(Volume)과 통행량(Demand)으로 구분되어 V/C와 D/C로 다르게 표기하여야 하나 통상 도로통행비용함수에도 V/C로 표기하기에 이후 분석에서 구분 없이 V/C로 표기하기로 함

- 통행량-통행시간 관계로 변환 한 후 통행량으로 전환된 V/C와 통행시간(속도)과의 관계를 고려하여 추가적으로 3차 오류검토를 수행하였고 최종적으로 도로통행비용함수 추정에 활용되는 자료 수는 다음과 같음

- $V/C \leq 0.45$ 이고 통행시간(t) \geq 임계통행시간(t_c) (속도(s) \leq 임계속도(s_c))

- 통행시간(t) $>$ 자유통행시간(t_0) (속도(s) $>$ 자유속도(s_0))

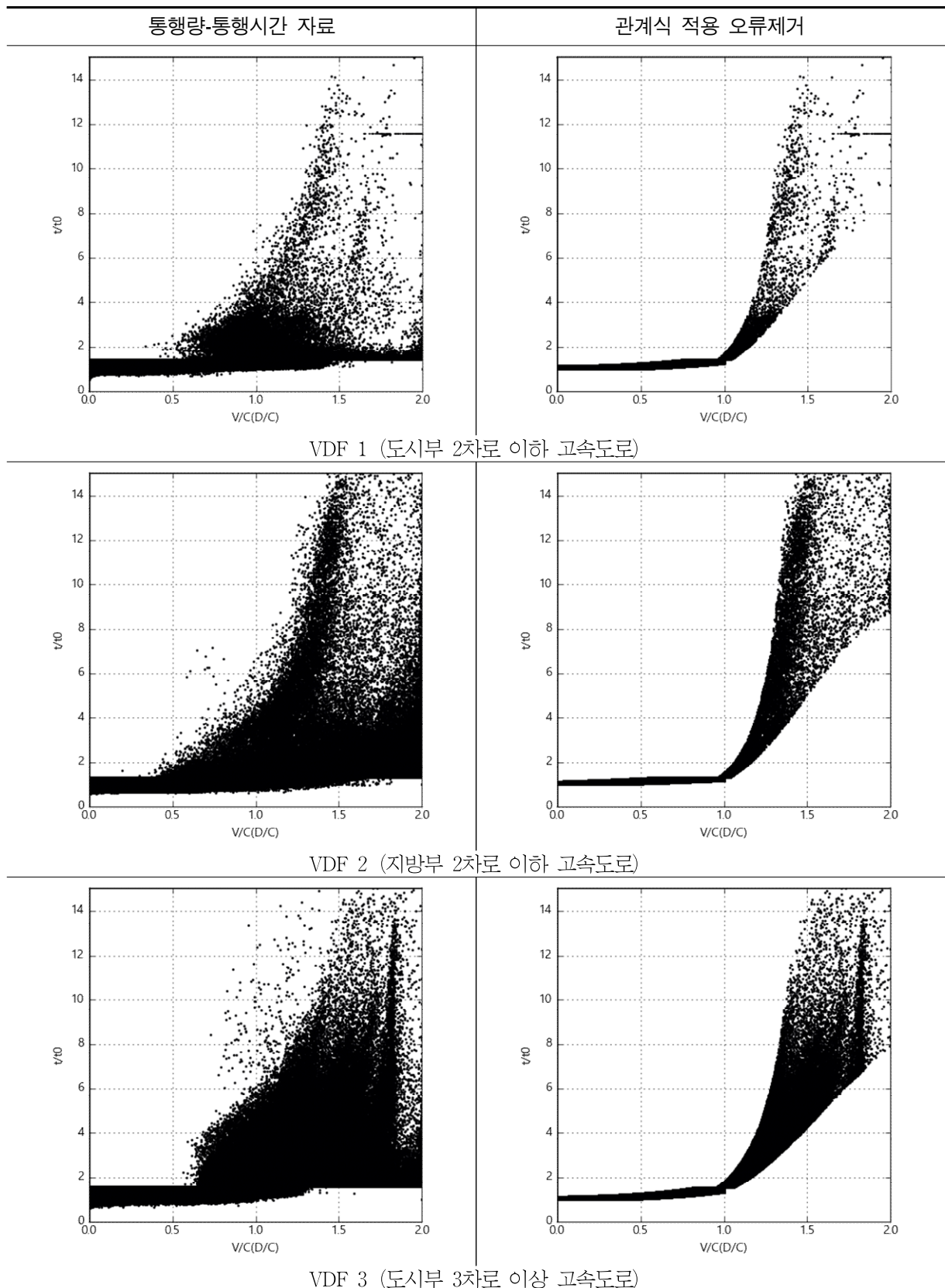
- $V/C > 1$ 이고 통행시간(t) \leq 임계통행시간(t_c) (속도(s) \geq 임계속도(s_c))

- 최종적으로 도로통행비용함수 α , β 파라미터 추정에 활용되는 VDF 등급별 자료 수는 다음과 같음

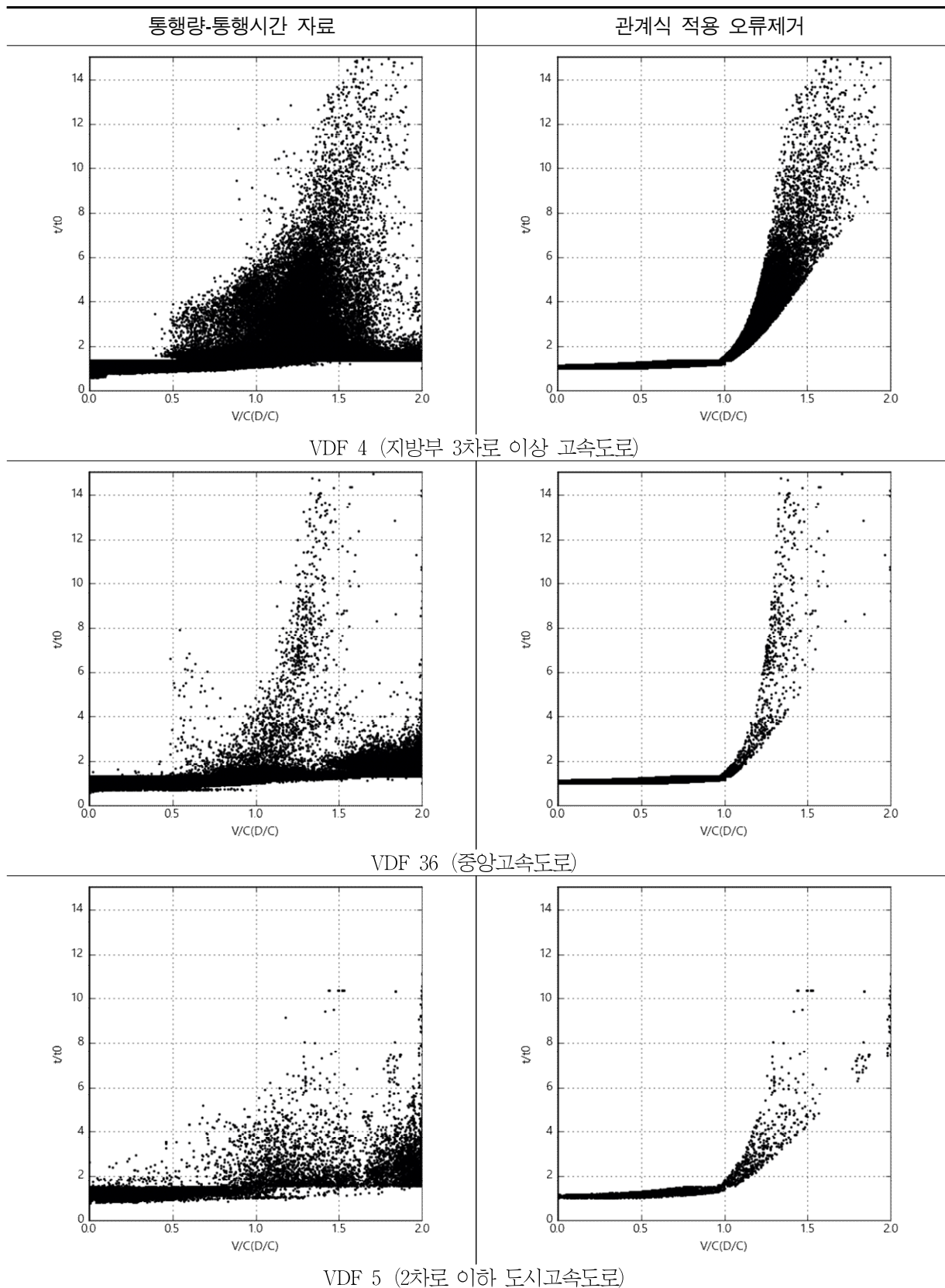
<표 2-28> 연속류 도로통행비용함수(VDF) 등급별 안정류/불안정류 최종 자료 개수

구분	차로구분	지역구분	VDF	교통류	콘존(링크)단위			비고
					최초 자료	최종 자료	비율	
고속 국도	2차로이하	도시부	1	안정류	743, 143	362, 422	48. 8%	고속도로 AVC 자료
				불안정류	81, 087	6, 327	7. 8%	
		지방부	2	안정류	6, 596, 951	3, 447, 852	52. 3%	
				불안정류	522, 299	18, 544	3. 6%	
	3차로이상	도시부	3	안정류	1, 952, 341	1, 129, 109	57. 8%	
				불안정류	412, 112	84, 710	20. 6%	
		지방부	4	안정류	1, 377, 476	851, 406	61. 8%	
				불안정류	161, 036	12, 562	7. 8%	
중앙고속도로		36	안정류	613, 157	286, 153	46. 7%		
			불안정류	52, 320	2, 012	3. 8%		
도시 고속도로	2차로이하	도시부	5	안정류	7, 148	3, 245	45. 4%	KTDB View-T 자료
				불안정류	5, 965	703	11. 8%	
	3차로이상	지방부	7	안정류	7, 580	4, 919	64. 9%	
				불안정류	2, 554	533	20. 9%	

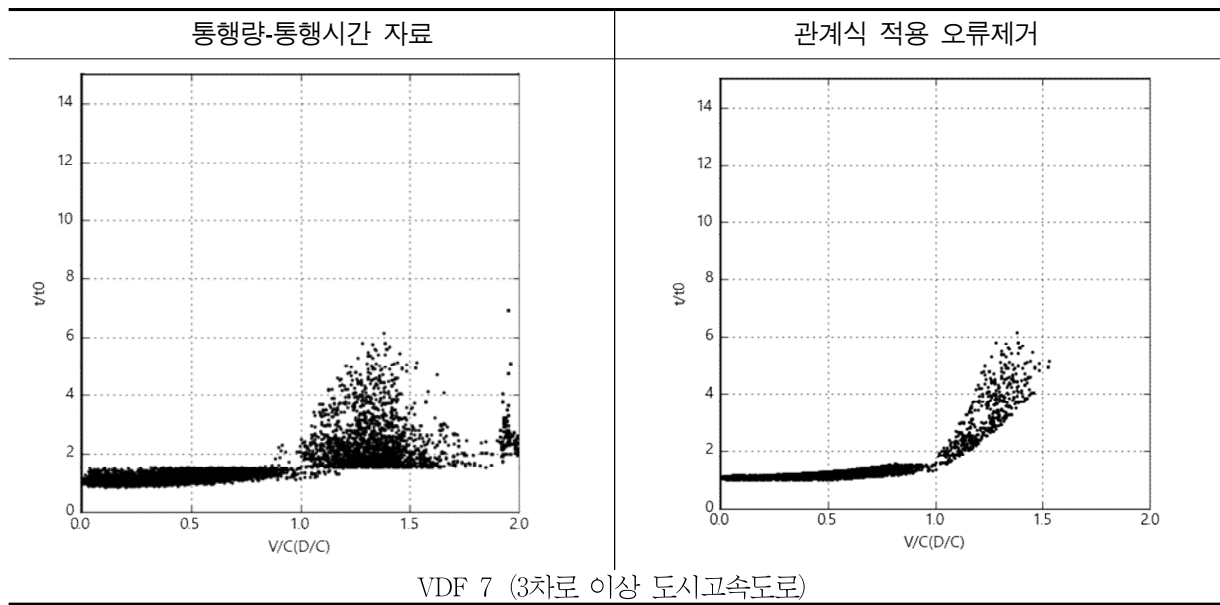
- 최초 분석 자료와 교통량-속도 관계에 의한 오류제거와 통행량-통행시간 관계에 의한 오류제거 이후의 최종 분석 자료를 비교해 보면 다음과 같음



<그림 2-19> 연속류 도로통행비용함수 파라미터 분석을 위한 데이터 셋

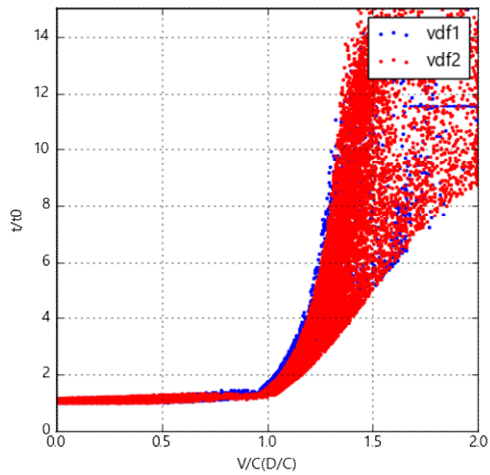


<그림 계속> 연속류 도로통행비용함수 파라미터 분석을 위한 데이터 셋

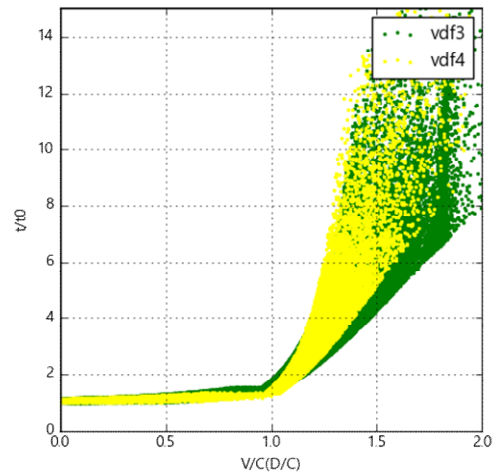


<그림 계속> 연속류 도로통행비용함수 파라미터 분석을 위한 데이터 셋

고속도로 도시부와 지방부 비교

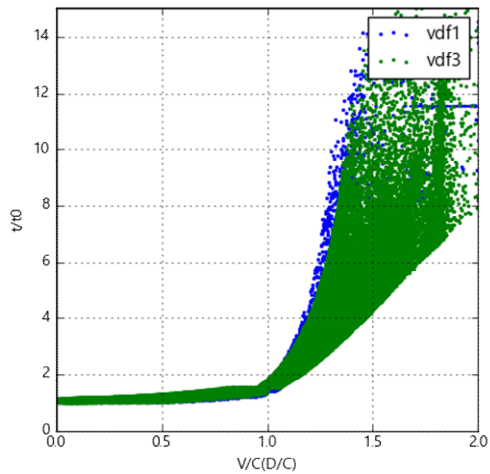


〈2차로 이하 VDF 1, 2〉

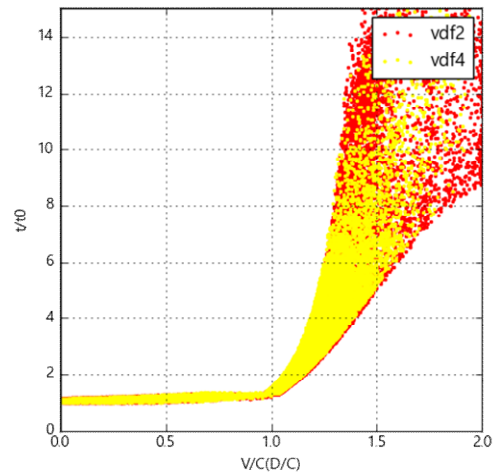


〈3차로 이상 VDF 3, 4〉

고속도로 차로수 비교 (2차로이하, 3차로이상)

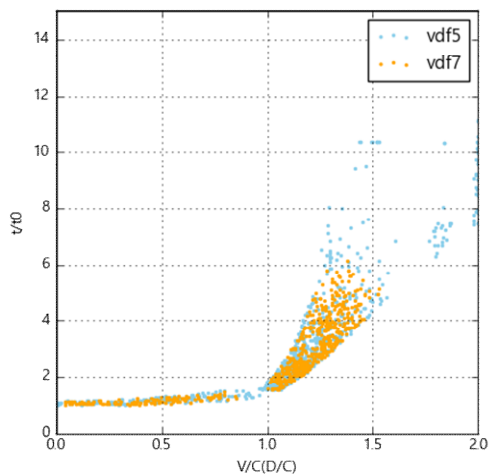


〈도시부 VDF 1, 3〉



〈지방부 VDF 2, 4〉

도시고속도로 차로수 비교 (2차로이하, 3차로이상)



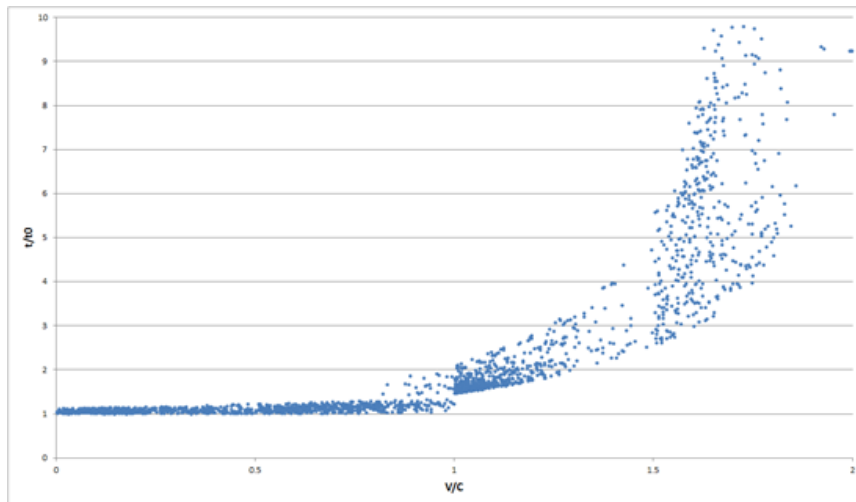
〈도시부 VDF 5, 7〉

<그림 2-20> 지역구분과 차로개수에 따른 연속류 도로 분석 데이터 셋 비교

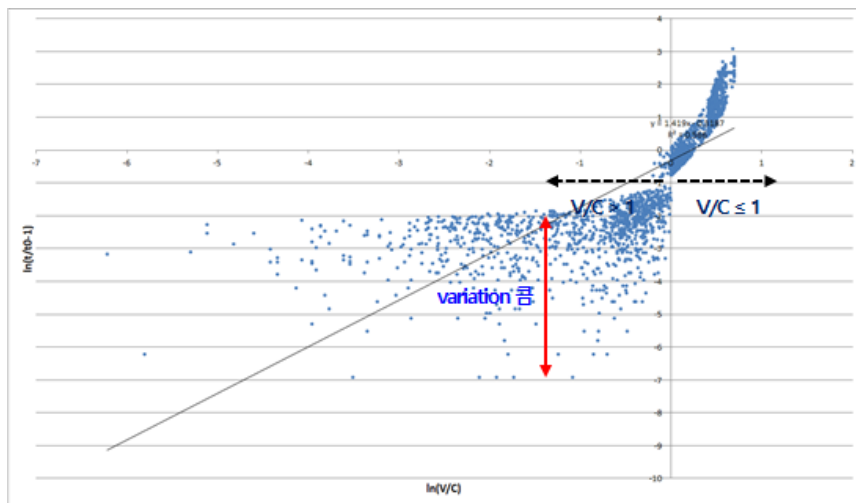
6. 연속류 도로통행비용함수 파라미터 산정

가. 연속류 도로통행비용함수 파라미터 산정 방안

- 데이터의 형태를 보면 $V/C \leq 1$ 인 안정류 구간과 $V/C > 1$ 인 불안정류 구간의 통행량 변화에 따른 통행시간 변화 패턴이 크게 다르기 때문에 log를 취한 선형식으로 α , β 파라미터를 추정하는 데는 한계가 있음



<그림 2-21> VDF1의 포화도-통행시간 (V/C , t/t_0) 데이터



<그림 2-22> VDF1의 log 선형 변환 ($\ln(V/C)$, $\ln(t/t_0-1)$) 데이터

- 데이터를 기반으로 α , β 파라미터를 추정하면 도로통행비용함수 등급 간에 역전현상

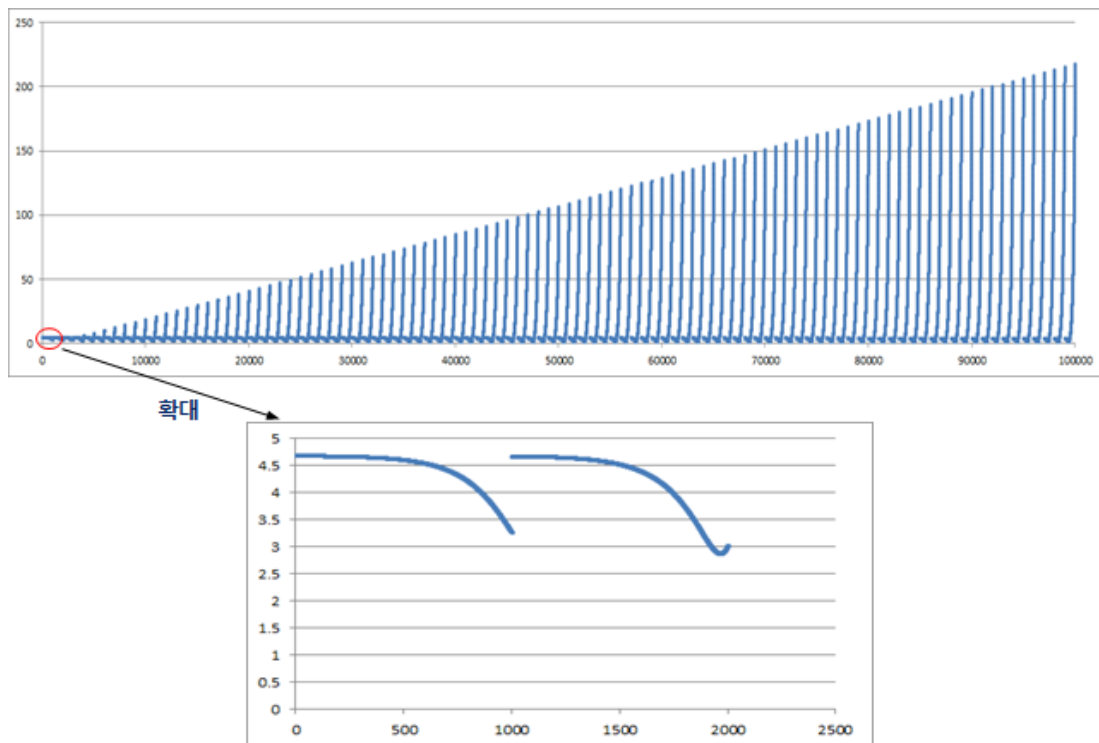
이 발생할 수 있고 이를 검토하기 위하여 가능한 모든 파라미터 대안을 모두 분석하고자 함

- 따라서, α 와 β 파라미터를 0.01 만큼 변화시켜 통행시간(t)에 대한 BPR식 α , β 대안에 따른 추정값과 데이터의 실측값간의 오차(RMSE)가 최소화 되는 최적 파라미터를 찾음

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\hat{t}_i - t_i)^2}{n}}$$

여기서, \hat{t}_i = BPR식으로 추정한 통행시간; t_i = 데이터의 통행시간; n = 데이터 개수

- α 는 0.00 에서부터 용량상태인 임계속도가 자유통행속도의 절반이 되는 1.00 까지 0.01 단위로 변화를 시켰고 β 는 0.00 에서부터 최대 10.00 까지 0.01 단위로 변화를 시킴
- $100(\alpha) \times 1,000(\beta) = 100,000$ 개 대안 분석
- 다음 <그림 2-23>은 VDF 1을 예시로 α , β 파라미터를 0.01씩 변화시킬 경우의 통행시간에 대한 RMSE 변화를 보여주고 있음

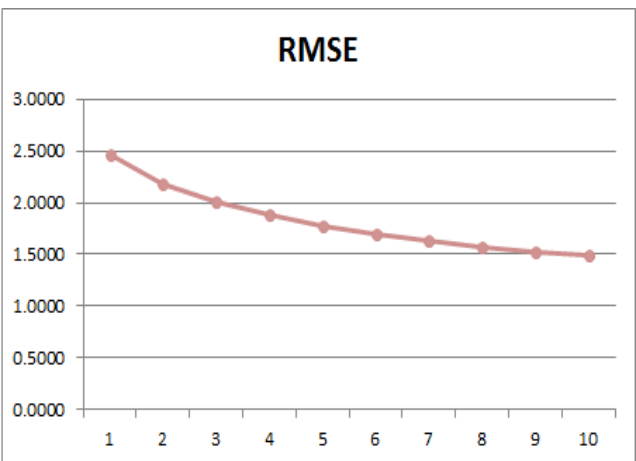


<그림 2-23> VDF 1 α , β 변화에 따른 오차(RMSE) 변화

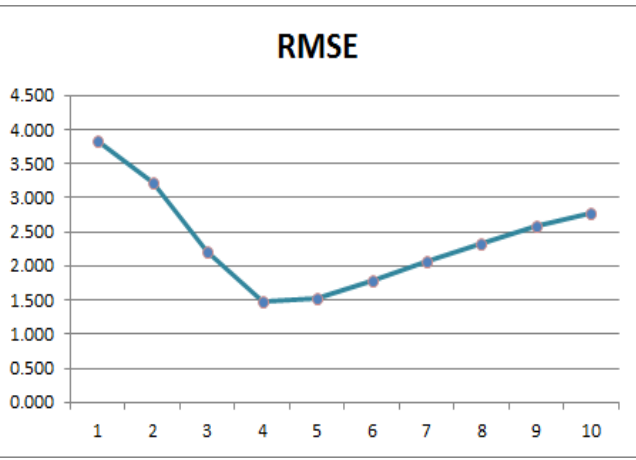
- 다음 <표 2-29>는 VDF 1에 대하여 α 와 β 파라미터의 범위를 고정시켰을 경우, RMSE가 최소가 되는 α , β 값을 산정한 결과를 보여주고 있음

<표 2-29> α , β 파라미터 범위별 최적 대안 산정 결과

α 범위에 따른 최적 대안			
VDF1	α	β	RMSE
RMSE 최소	1.00	3.78	1.4869
RMSE 최대	1.00	10.00	217.7469
$0.0 < \alpha < 0.1$	0.09	7.46	2.4543
$0.1 \leq \alpha < 0.2$	0.19	6.35	2.1804
$0.2 \leq \alpha < 0.3$	0.29	5.71	2.0064
$0.3 \leq \alpha < 0.4$	0.39	5.25	1.8778
$0.4 \leq \alpha < 0.5$	0.49	4.90	1.7767
$0.5 \leq \alpha < 0.6$	0.59	4.61	1.6948
$0.6 \leq \alpha < 0.7$	0.69	4.37	1.6275
$0.7 \leq \alpha < 0.8$	0.79	4.15	1.5721
$0.8 \leq \alpha < 0.9$	0.89	3.97	1.5268
$0.9 \leq \alpha \leq 1.0$	1.00	3.78	1.4869



β 범위에 따른 최적 대안			
VDF1	α	β	RMSE
RMSE 최소	1.00	3.78	2.031
RMSE 최대	1.00	10.00	133.678
$0 < \beta < 1$	1.00	0.99	3.835
$1 \leq \beta < 2$	1.00	1.99	3.218
$2 \leq \beta < 3$	1.00	2.99	2.211
$3 \leq \beta < 4$	1.00	3.78	1.487
$4 \leq \beta < 5$	0.90	4.00	1.529
$5 \leq \beta < 6$	0.48	5.00	1.794
$6 \leq \beta < 7$	0.25	6.00	2.077
$7 \leq \beta < 8$	0.13	7.00	2.336
$8 \leq \beta < 9$	0.07	8.00	2.578
$9 \leq \beta \leq 10$	0.03	9.06	2.781



- RMSE를 최소화하는 대안은 $\alpha=1.00$, $\beta=3.78$ 이며 α 의 범위를 고정하였을 때도 α 가 점점 커질수록 RMSE가 작아지는 것을 알 수 있음
- 그림을 보면 α 가 1.00보다 더 커질수록 RMSE가 더 작아질 수 있는 것으로 나타나지만 RMSE 최소 대안인 $\alpha=1.00$ 조차도 $V/C=1$ 일 경우의 통행시간이 자유통행시간의 2배가 되는 값으로 매우 큰 값이라 할 수 있음
- 반면, β 는 0.01에서 10.00 사이의 3.78에서 RMSE를 최소화 시키는 것으로 나타나며

$0.00 < \beta < 1.00$ 구간에서 RMSE를 최소화하는 최적값을 찾을 수 있는 것으로 판단됨

- 이러한 현상은 고속도로와 도시고속도로 모두에 대해서 동일하게 발생하는 것으로 나타났다으며 결국, α 는 이론적으로 합리적인 논리를 근거로 산정하여 고정하고 β 에 대해서 RMSE를 최소화 하는 대안을 찾는 방법을 적용함

나. 연속류 도로통행비용함수 파라미터 산정을 위한 데이터 선정

- <표 2-28>의 최종 데이터 셋을 보면 알 수 있듯이 안정류와 불안정류의 자료 개수의 차이가 매우 큰 것으로 나타나면 이렇게 불균형적인 자료를 그대로 이용할 경우 안정류에 더 초점이 맞춰져 파라미터가 산정될 수 있음
- 따라서, 표본수가 적은 불안정류 자료 개수에 맞춰서 안정류 자료를 랜덤하게 추출하여 다음과 같이 α , β 파라미터 산정을 위한 데이터를 다시 구축함
 - 안정류 자료 : 불안정류 자료 개수에 맞게 안정류 자료를 랜덤 추출 이용
 - 불안정류 자료 : 최종 분석 데이터 셋의 자료를 모두 이용

<표 2-30> 연속류 도로통행비용함수(VDF) 등급별 안정류/불안정류 분석 자료 개수

구분	차로구분	지역구분	VDF	교통류	콘존(링크)단위			비고
					최종 자료	분석 자료	합계	
고속 국도	2차로이하	도시부	1	안정류	362,422	6,327	12,654	고속도로 AVC 자료
				불안정류	6,327	6,327		
		지방부	2	안정류	3,447,852	18,544	37,088	
				불안정류	18,544	18,544		
	3차로이상	도시부	3	안정류	1,129,109	84,710	169,420	
				불안정류	84,710	84,710		
		지방부	4	안정류	851,406	12,562	25,124	
				불안정류	12,562	12,562		
	중앙고속도로		36	안정류	286,153	2,012	4,024	
				불안정류	2,012	2,012		
도시 고속도로	2차로이하	도시부	5	안정류	3,245	703	1,406	KTDB View-T 자료
				불안정류	703	703		
	3차로이상	지방부	7	안정류	4,919	533	1,066	
				불안정류	533	533		

다. 연속류 도로통행비용함수의 파라미터 산정

1) 연속류 도로통행비용함수 α 파라미터 산정

- 본 연구에서는 도로통행비용함수를 BPR식으로 구성하고자 하며 BPR식에 대한 다음과 같은 수식 유도도 α 값을 추정할 수 있음

$$\text{BPR식: } \frac{t}{t_0} = 1 + \alpha(V/C)^\beta$$

$$V/C = 1 \text{ 경우, } \frac{t_c}{t_0} = 1 + \alpha, \quad \frac{t_c}{t_0} = \frac{l/s_c}{l/s_0} = \frac{s_0}{s_c}$$

$$\frac{s_0}{s_c} = 1 + \alpha \Rightarrow \therefore \alpha = \frac{s_0}{s_c} - 1$$

여기서, t_0 = 자유통행시간; t_c = 임계통행시간; s_0 = 자유통행속도; s_c = 임계통행속도;
 l = 링크길이

- VDF 등급별로 산정된 자유통행속도(초기속도)와 임계속도를 적용하여 <표 2-31>과 같이 α 파라미터를 산정함

<표 2-31> 자유통행속도와 임계속도를 이용한 α 파라미터 산정 결과

구분	VDF	임계속도(s_c)	자유속도(s_0)	자유속도/임계속도	α
고속국도	1	65	92.4	1.42	0.42
	2	75	97.7	1.30	0.30
	3	66	98.3	1.49	0.49
	4	76	99.5	1.31	0.31
	36	75	96.7	1.29	0.29
도시고속도로	5	56	84.5	1.51	0.51
	7	60	91.4	1.52	0.52

2) 연속류 도로통행비용함수 β 파라미터 산정 및 역전현상 검토

- 자유통행속도와 임계속도를 이용하여 α 를 산정하여 고정하고 RMSE를 최소화하는 β 를 산정하였고 통행시간 측면에서 하위도로와 상위도로의 역전현상을 검토함
 - 연속류 도로에서 역전현상이란, 동일한 V/C에서 3차로 이상 도로의 통행시간이 2차

로 이하 도로의 통행시간 보다 더 크게 나타나는 현상을 말함

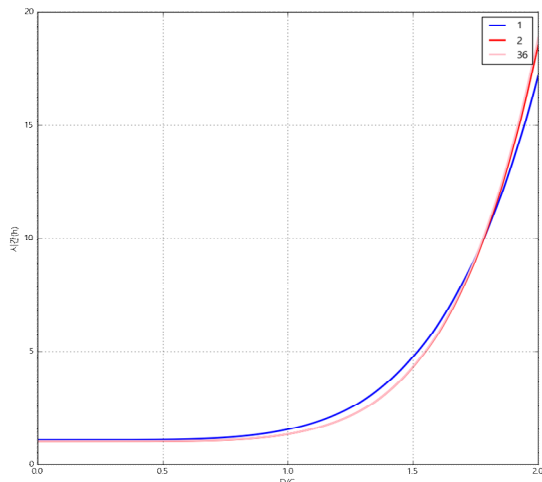
- 최종 산정된 α , β 파라미터는 다음과 같으며 <그림 2-24>와 같이 VDF간 역전현상을 검토하면 상위도로와 하위도로간의 역전현상이 발생하지 않는 것으로 나타남

<표 2-32> α 값에 대한 최적 β 파라미터 산정 결과

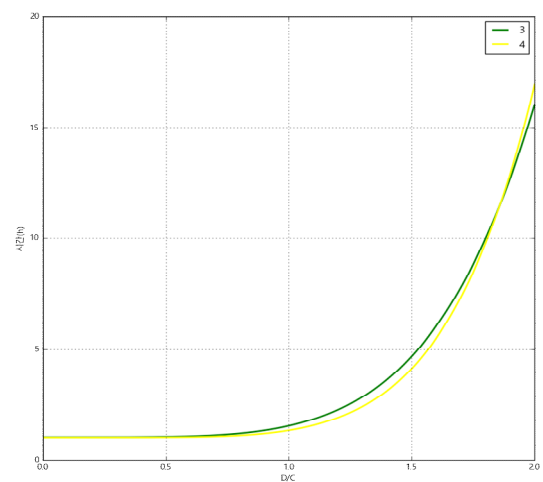
구분	VDF	α	β	RMSE (α 고정할 경우)	최소 RMSE (α 고정안할 경우)
고속국도	1	0.42	5.14	1.845	1.487
	2	0.30	5.83	2.869	2.259
	3	0.49	4.91	1.095	0.967
	4	0.31	5.67	2.510	1.544
	36	0.29	5.89	2.615	2.031
도시고속도로	5	0.51	4.11	1.413	1.117
	7	0.52	4.10	1.064	0.568

- 자유속도/임계속도로 α 를 고정하지 않고 α 를 최대 1.00까지 고려하여 최적 대안을 산정할 경우의 RMSE와 비교를 하였고 크게 RMSE가 증가하지는 않는 것으로 보여짐
- 고속도로 도시부의 경우 2차로 이하 도로(VDF 1)와 3차로 이상 도로(VDF 3)간에 역전현상은 발생하지 않으며 지방부의 경우 3차로 이상 도로(VDF 4)가 약간 통행시간이 적게 걸리는 것으로 나타나지만 큰 차이는 없음
- 동일 차로 개수에서 지방부와 도시부의 지역구분을 비교해 보면 $V/C \leq 1$ 구간에서는 지방부 도로가 도시부 도로보다 통행시간이 덜 걸리나 V/C 가 1보다 커지면서 지방부 도로가 통행시간 더 걸리는 현상이 발생함
 - 이러한 결과는 기존 KTDB 도로통행비용함수를 비교해 보았을 때도 동일한 현상임
- 도시고속도로의 경우도 2차로 이하 도로(VDF 5)와 3차로 이상 도로(VDF 7)간에 역전현상은 발생하지 않는 것으로 나타남

고속도로 도시부와 지방부 비교

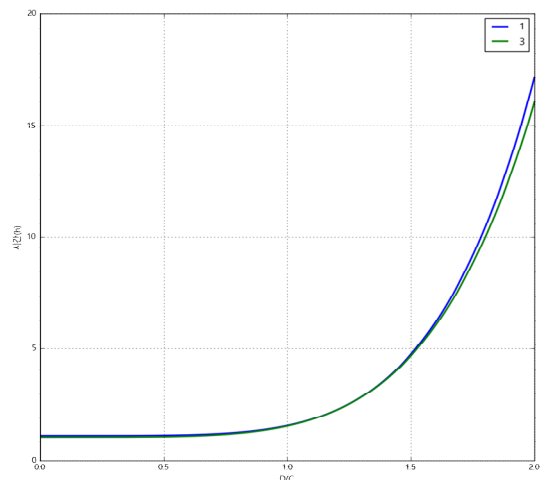


〈2차로 이하 VDF 1, 2, 36〉

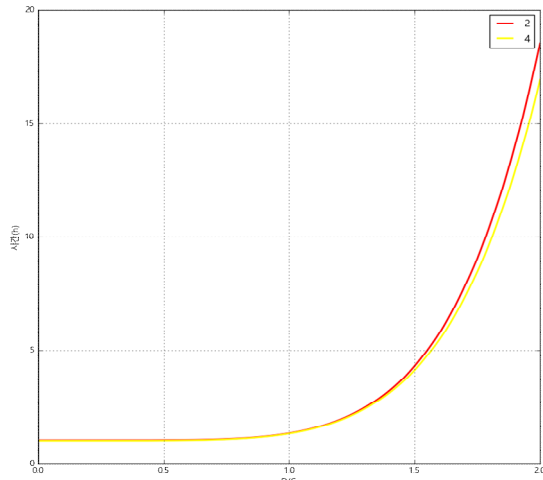


〈3차로이상 VDF 3, 4〉

고속도로 차로수 비교 (2차로이하, 3차로이상)

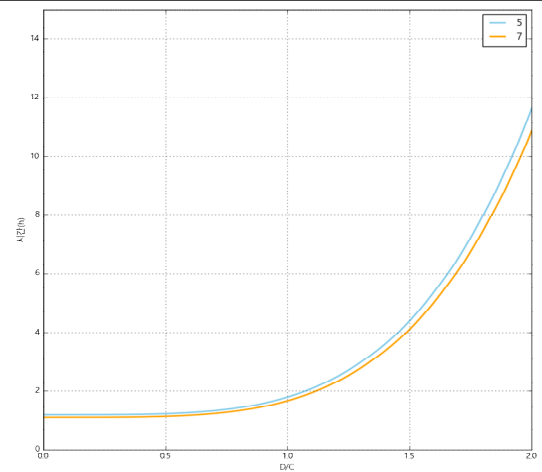


〈도시부 VDF 1, 3〉



〈지방부 VDF 2, 4〉

도시고속도로 차로수 비교 (2차로이하, 3차로이상)



〈그림 2-24〉 지역구분과 차로개수에 따른 연속류 도로통행비용함수 역전현상 검토

7. 연속류 도로통행비용함수 분석 결과

- 최종 결정된 연속류 도로통행비용함수의 자유속도(t_0), 용량(C), α , β 파라미터를 정리하면 다음과 같음
- 용량은 기존과 큰 차이는 없으나 고속도로는 다소 증가하였고 도시고속도로는 감소하여 도시고속도로의 용량이 고속도로의 용량보다는 적게 산정됨
- α 파라미터는 고속도로는 기존 보다 작게, 도시고속도로는 기존 보다 크게 산정되었으며 도시부가 지방부 보다 크게 산정되었으며 2차로 이하 도로가 3차로 이상 도로 보다 다소 작게 산정됨
- β 파라미터는 모든 연속류 도로가 기존 보다 크게 산정되었으며 도시부가 지방부 보다 작게 산정되었으며 2차로 이하 도로가 3차로 이상 도로 보다 크게 산정됨

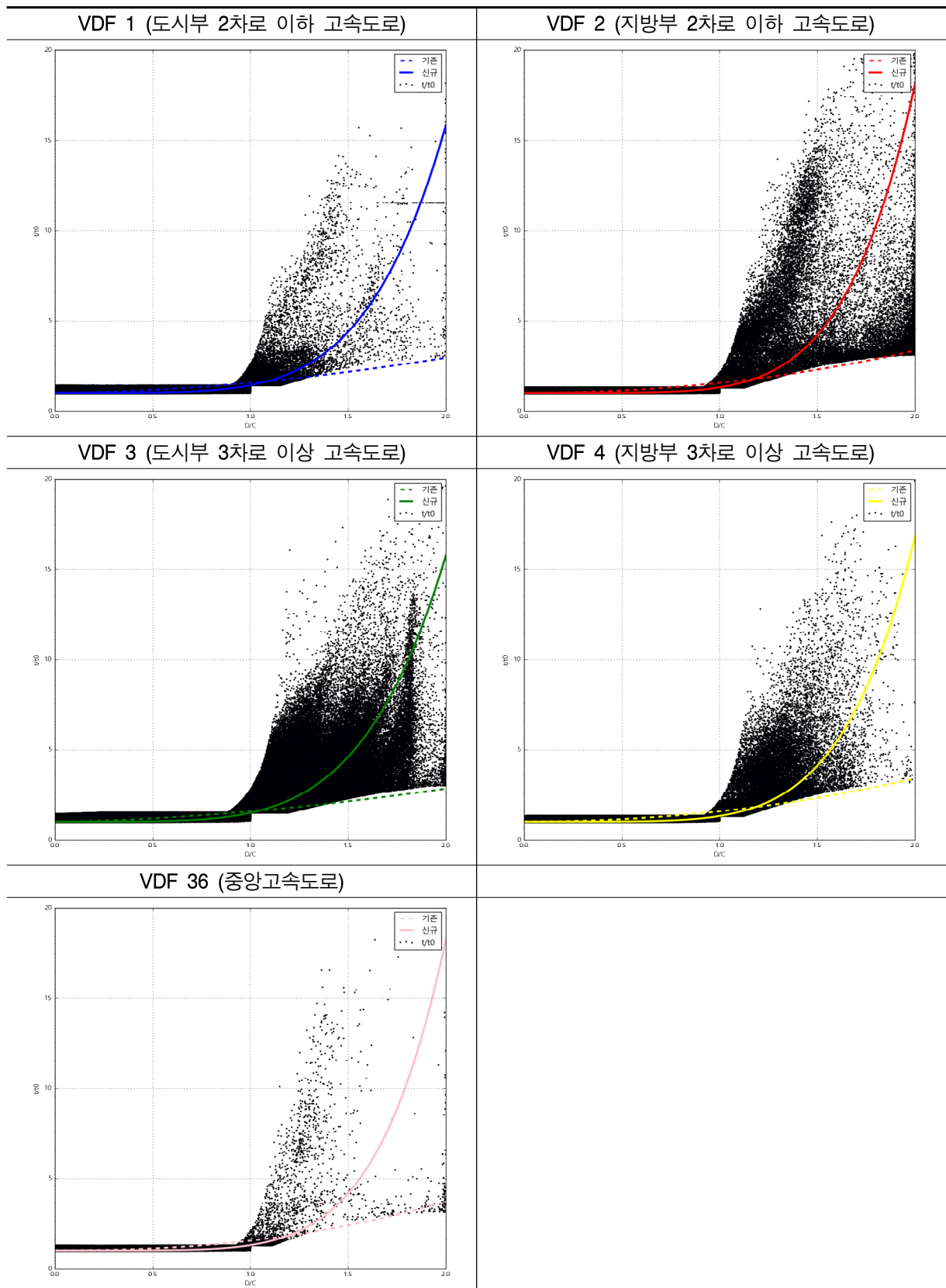
<표 2-33> 연속류 도로통행비용함수 산정 결과

구분	지역구분	VDF	차로구분	자유속도 (km/h)	기존			개선(신규)		
					용량 (pcphpl)	BPR 파라미터		용량 (pcphpl)	BPR 파라미터	
						α	β		α	β
고속국도	도시부	1	2차로이하	92.4	1,846	0.56	1.80	1,847	0.42	5.14
	지방부	2		97.7	1,786	0.55	2.09	1,825	0.30	5.83
	도시부	3	3차로이상	98.3	2,028	0.57	1.68	2,109	0.49	4.91
	지방부	4		99.5	1,987	0.57	2.07	1,990	0.31	5.67
도시고속도로	도시부	5	2차로이하	84.5	1,773	0.47	2.43	1,793	0.51	4.11
	도시부	7	3차로이상	91.4	2,182	0.48	2.40	1,813	0.52	4.10
중앙고속	36			96.7	1,035	0.54	2.33	1,158	0.29	5.89

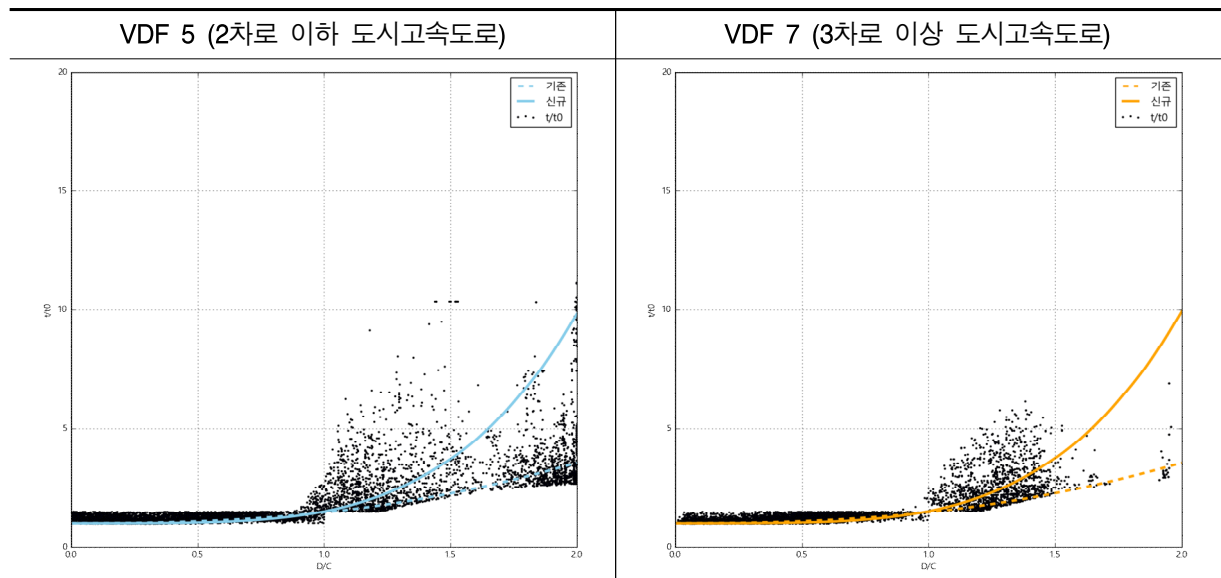
- 관련 연구에서 검토한 NCHRP Report 716에서 제시하는 18개 MPO의 고속도로($\alpha=0.312$, $\beta=5.883$)와 간선도로($\alpha=0.514$, $\beta=3.001$)의 α , β 평균값과 본 연구의 결과가 매우 유사한 것으로 보여 짐
- 도시고속도로는 도로법에 따른 고속국도(고속도로)가 아니며 신호와 진출입 차량의

영향을 최소화한 자동차 전용도로인 일반도로로서 연속류 성격의 간선도로 역할을 수행함

- 미국 MPO의 고속도로와 간선도로 α , β 평균과 비교할 때 본 연구의 결과가 비현실적으로 산정된 것은 아니라고 판단됨
- 본 연구의 신규 도로통행비용함수와 기존 도로통행비용함수를 비교하면 〈그림 2-25〉, 〈그림 2-26〉과 같으며 기존 통행비용함수에 비하여 혼잡이 증가함에 따라 통행시간이 급격히 증가하는 것으로 나타남
- 이러한 결과는 기존 KTDB 통행비용함수가 혼잡이 발생함($V/C > 1$)에도 불구하고 속도가 현실보다 높고 통행시간이 크게 감소하지 않는다는 KTDB 사용자 의견을 어느 정도 반영할 수 있는 결과라 할 수 있음



<그림 2-25> 고속도로 도로통행비용함수 산정 결과



<그림 2-26> 도시고속도로 도로통행비용함수 산정 결과

제5절 단속류 도로 통행비용함수 분석

1. 분석 개요

- 단속류 도로 통행비용함수 파라미터 추정을 위해 2016년 기준 KTDB View-T 평균속도/교통량자료, 교통망 GIS DB 자료 등을 활용함
- 데이터 처리 과정 이후 단속류 도로를 대상으로 VDF 등급별 용량 및 임계속도 산정, 교통량-속도 관계식 설정, α , β 파라미터 산정 과정을 수행함
- 단속류 도로 통행비용함수 파라미터 추정방법은 연속류의 도로 통행비용함수 파라미터 추정방법을 준용하였으며, 교통량 수준을 고려하여 방법을 변경하였음
- 따라서, 본 절에서는 연속류와 다른 방법론과 결과위주로 기술함

2. 데이터 수집 및 처리

가. 활용자료 수집

- 단속류 도로 통행비용함수 파라미터 추정을 위해 KTDB에서 제공하고 있는 교통 빅데이터 플랫폼(ViewT)에서 사용하고 있는 2016년 기준 링크 평균속도(시간대별), 평균교통량(시간대별)자료를 수집함
- 또한, VDF 등급 구분을 위해 교통망 GIS DB의 Link_ID, NODE ID(UP, DOWN), LENGTH, LANE(UP, DOWN), 제한속도, 도로종류, 신호등밀도 등을 활용함
- 이외 통계청 행정구역분류 코드, KTDB 통행비용함수(초기속도, 용량)을 추가로 활용함

<표 2-34> ViewT 데이터의 평균 교통량자료 형태(예시)

v_link_id	도로 등급	연장	도로명	도로 번호	...	시간	전체	승용차	버스	트럭
53780287401	103	0.568	하동포구대로	19	...	0	8.2	7.5	0.0	0.7
53780287401	103	0.568	하동포구대로	19		1	28.2	24.5	0.1	3.6
53780287401	103	0.568	하동포구대로	19		2	21.3	18.8	0.1	2.5
53780287401	103	0.568	하동포구대로	19		3	19.4	17.1	0.1	2.2
53780287401	103	0.568	하동포구대로	19		4	23.3	20.4	0.1	2.8
53780287401	103	0.568	하동포구대로	19		5	33.0	28.3	0.1	4.5
53780287401	103	0.568	하동포구대로	19		6	61.3	50.7	0.4	10.3
53780287401	103	0.568	하동포구대로	19		7	113.9	89.8	0.9	23.2
53780287401	103	0.568	하동포구대로	19		8	164.9	125.8	1.6	37.5
53780287401	103	0.568	하동포구대로	19		9	164.2	125.3	1.6	37.3
53780287401	103	0.568	하동포구대로	19		10	191.2	143.8	2.0	45.4
53780287401	103	0.568	하동포구대로	19		11	212.0	157.8	2.4	51.8
53780287401	103	0.568	하동포구대로	19		12	210.2	156.6	2.3	51.3
53780287401	103	0.568	하동포구대로	19		13	202.4	151.4	2.2	48.8
53780287401	103	0.568	하동포구대로	19		14	196.0	147.0	2.1	46.8

<표 2-35> ViewT 데이터의 평균 속도자료 형태(예시)

v_link_id	도로 등급	연장	도로명	도로 번호	시도명	시군구명	읍면동명	시간	평균 속도
53750077101	106	1.001	남면로	1024	경상남도	남해군	남면	12	37.6
53750077101	106	1.001	남면로	1024	경상남도	남해군	남면	11	38.3
53750077101	106	1.001	남면로	1024	경상남도	남해군	남면	13	38.5
53750077101	106	1.001	남면로	1024	경상남도	남해군	남면	10	38.8
53750077101	106	1.001	남면로	1024	경상남도	남해군	남면	8	38.9
53750077101	106	1.001	남면로	1024	경상남도	남해군	남면	9	38.9
53750077101	106	1.001	남면로	1024	경상남도	남해군	남면	6	38.9
53750077101	106	1.001	남면로	1024	경상남도	남해군	남면	7	38.9
53750077101	106	1.001	남면로	1024	경상남도	남해군	남면	5	39.1
53750077101	106	1.001	남면로	1024	경상남도	남해군	남면	4	39.3
53750077101	106	1.001	남면로	1024	경상남도	남해군	남면	14	39.4
53750077101	106	1.001	남면로	1024	경상남도	남해군	남면	3	39.6
53750077101	106	1.001	남면로	1024	경상남도	남해군	남면	15	39.8
53750077101	106	1.001	남면로	1024	경상남도	남해군	남면	16	40.9
53750077101	106	1.001	남면로	1024	경상남도	남해군	남면	21	40.9

나. 데이터 처리

- 단속류 VDF 등급별 통행비용함수의 파라미터를 추정하기 위해서는 필요한 데이터가 하나의 테이블로 구성되어 있어야함
- 따라서, 평균 교통량과 평균 속도로 나누어져 있는 ViewT 데이터 합치, 교통망 GIS DB 합치, VDF 등급부여 등의 데이터 처리과정을 수행함

1) 행정구역분류 코드 정리

- 내비게이션 데이터의 V_Link를 도시부 및 지방부로 구분하기 위해 통계청의 행정구역 분류 코드를 정리함
 - 행정구역분류번호(행정동)기준으로 중복항목을 제거하여 하나의 코드만 존재하도록 중복 코드값 제거

2) 데이터 합치

① ViewT 교통량, 속도 데이터 합치

- 데이터 속성 중 [v_link_id]와 [시간]이 매칭 되도록 ViewT 교통량, 속도 데이터 합치

② 교통망 GIS DB의 노드/링크 속성정보 합치

- V_link_id에 대해 도시부 및 지방부 구분을 위한 NODE ID(UP, DOWN), 차로당 용량 산정을 위한 방향별 Lane, VDF 등급 구분을 위해 신호등 밀도(TL+DENSITY) 등 합치
- 노드정보와 통계청 행정구역분류 코드를 이용하여 읍/면/동 정보 입력 후 도시부, 지방부 구분
 - V_Link_id 시종점의 행정구역이 “동”이면 도시부, “읍/면”이면 지방부로 구분
 - V_Link_id 시종점의 행정구역 구분이 다를 경우(예:시점(읍/면), 종점(동)) 도시부로 구분

③ VDF 등급 부여

- 신호등밀도, 도시부/지방부 구분, 차로수 정보를 이용하여 VDF 등급 구분

④ 교통량을 승용차로 환산한 총교통량 산출

- “〈표 2-20〉 차종별 승용차 환산 계수”를 적용하여 교통량을 승용차(PCU)로 환산
 - 버스, 트럭의 승용차환산계수는 평균값을 적용
 - 분석을 위해 차로당 방향별 승용차 교통량으로 변환

⑤ 데이터 이상치 제거

- 합치한 데이터 중 교통량, 속도 자료 하나라도 누락되어 있는 자료는 분석에서 제외
- 링크의 시종점이 읍/면/동 이외(출장소 등)로 되어 있는 경우 분석에서 제외

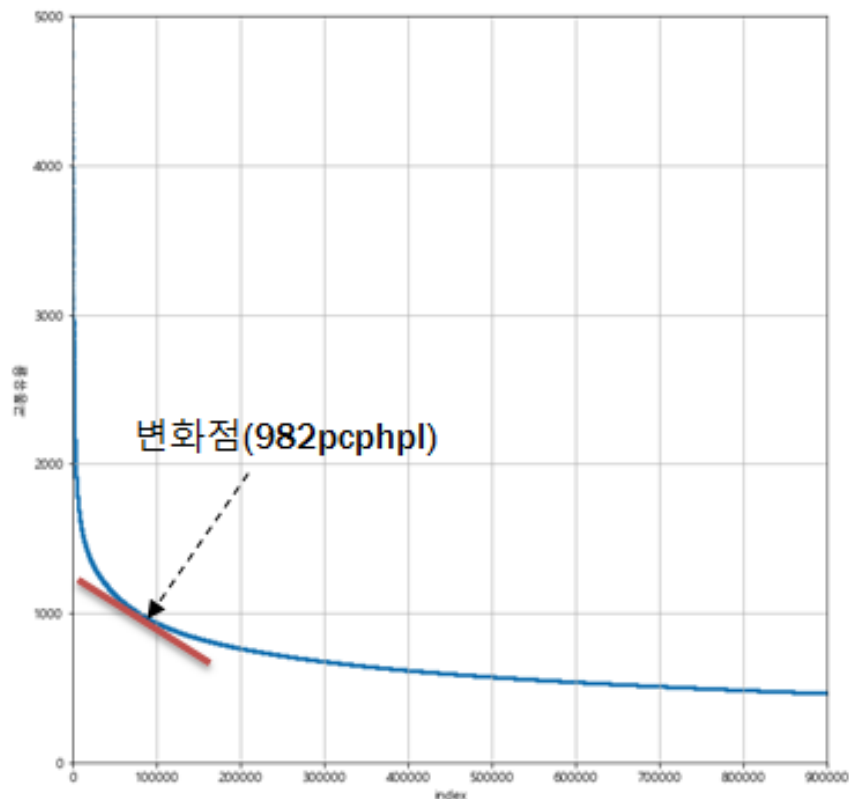
<표 2-36> 단속류 도로통행비용함수(VDF) 등급별 분석 자료 개수

구분	지역구분	VDF 등급	차로구분	합치 자료 개수	이상치 자료 개수	분석 자료 개수
1등급	도시부	9	1차로	2, 117, 616	953, 378	1, 164, 238
	지방부	10		3, 858, 432	1, 548, 605	2, 309, 827
	도시부	11	2차로이상	602, 952	63, 198	539, 754
	지방부	12		863, 424	44, 745	818, 679
2등급	도시부	13	1차로	116, 496	30, 252	86, 244
	지방부	14		517, 896	132, 208	385, 688
	도시부	15	2차로이상	161, 856	6, 430	155, 426
	지방부	16		266, 208	11, 403	254, 805
3등급	도시부	17	1차로	98, 904	26, 193	72, 711
	지방부	18		203, 880	57, 043	146, 837
	도시부	19	2차로이상	133, 344	5, 361	127, 983
	지방부	20		155, 328	8, 157	147, 171
4등급	도시부	21	1차로	368, 064	93, 509	274, 555
	지방부	22		355, 080	102, 368	252, 712
	도시부	23	2차로이상	706, 176	27, 754	678, 422
	지방부	24		412, 728	23, 828	388, 900
5등급	도시부	25	1차로	502, 200	141, 458	360, 742
	지방부	26		254, 064	86, 611	167, 453
	도시부	27	2차로이상	1, 544, 352	66, 044	1, 478, 308
	지방부	28		422, 544	31, 473	391, 071
6등급	도시부	29	1차로	530, 184	170, 541	359, 643
	지방부	30		242, 736	91, 980	150, 756
	도시부	31	2차로이상	1, 783, 512	106, 825	1, 676, 687
	지방부	32		346, 248	37, 005	309, 243
합계				16, 564, 224	3, 866, 369	12, 697, 855

3. 단속류 도로통행비용함수 용량 및 임계속도 검토

가. 단속류 도로통행비용함수 용량 검토

- 단속류의 VDF별 용량을 산정하기 위해 데이터처리 과정에서 차로당 방향별 교통량 (PCU/시)으로 변환을 수행하였음
- 데이터의 이상치로 볼 수 있는 높은 교통유율이 용량 산정시 활용될 수 있기 때문에 어느 정도 빈도수가 확보된 데이터 중 최대 교통유율을 선정하고자 함
- 연속류 용량산정 방법과 동일하게, VDF 등급별로 차로평균 교통유율을 내림차순으로 정렬한 후 데이터의 변화율을 분석하여 급격하게 변화하는 데이터의 변화폭이 완만해 지는 변곡점을 선정하여 용량을 산정함
- VDF별 교통량 수준을 고려하여 변화율 1.5~0.8을 경계로 변화점을 선정



<그림 2-27> VDF 9 등급의 자료순서에 따른 교통유율 변화점

나. 단속류 도로통행비용함수 임계속도 검토

- 단속류 VDF 등급별로 도로환경을 대표할 수 있는 임계속도를 수집한 자료 기반으로 선정함
- 산정된 VDF 등급별 도로용량의 교통유율을 기준으로 ± 20 대(PCU)의 교통량-속도 자료를 대상으로 이상치를 제거한 평균속도를 산정하고 이를 임계속도로 정의함
 - 연속류의 임계속도 산정 방법과 동일하지만, 단속류의 교통량은 연속류보다 현저히 적기 때문에 용량 ± 20 대(PCU) 기준으로 임계속도 산정

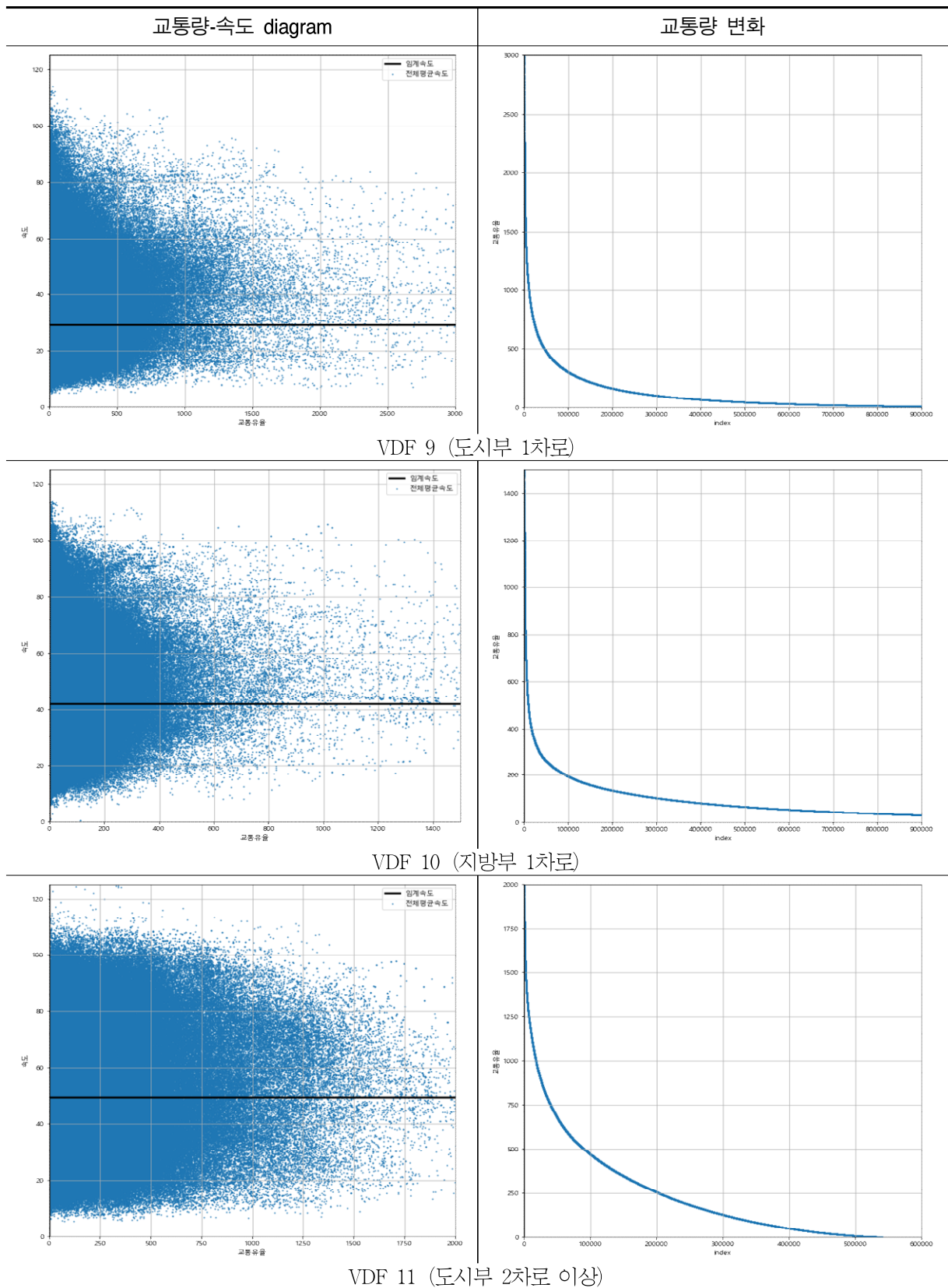
<표 2-37> 단속류 도로의 용량 및 임계속도 산정 결과

구분	지역구분	VDF	차로구분	용량 (pcphpl)		임계속도(km/h)
				신규 용량	기존 용량	
1등급	도시부	9	1차로	982	1,100	29.1
	지방부	10		816	1,090	42.0
	도시부	11	2차로이상	1,404	1,420	49.4
	지방부	12		1,291	1,400	65.5
2등급	도시부	13	1차로	870	957	28.6
	지방부	14		690	925	40.5
	도시부	15	2차로이상	1,301	1,341	43.4
	지방부	16		1,007	1,188	52.8
3등급	도시부	17	1차로	827	873	23.9
	지방부	18		678	767	33.2
	도시부	19	2차로이상	1,219	1,242	36.1
	지방부	20		920	971	49.5
4등급	도시부	21	1차로	728	862	23.5
	지방부	22		573	583	32.3
	도시부	23	2차로이상	989	985	33.3
	지방부	24		841	831	47.1
5등급	도시부	25	1차로	697	636	21.6
	지방부	26		480	580	28.5
	도시부	27	2차로이상	988	936	31.2
	지방부	28		803	756	43.1
6등급	도시부	29	1차로	564	595	20.2
	지방부	30		446	465	26.7
	도시부	31	2차로이상	810	801	27.3
	지방부	32		733	736	42.0

- 단속류의 도로용량은 일부 VDF 등급을 제외하고 기존 용량대비 대부분 소폭 감소하는 것으로 나타남
- 하위 등급으로 갈수록 임계속도가 낮아지며, 지방부 보다는 도시부가, 2차로 보다는 1차로의 임계속도가 낮게 산정되었음
 - 도시부의 경우 지방부보다 도로폭이 상대적으로 좁고 교통량이 많아 임계속도가 더 낮은 것은 논리적으로 타당한 것으로 판단됨
 - 2차로 보다는 1차로의 임계속도가 낮은 것 역시 논리적으로 타당한 것으로 보임
- 산정된 임계속도를 기준으로 속도가 임계속도 보다 높으면 안정류, 임계속도 보다 낮으면 불안정류로 분류함

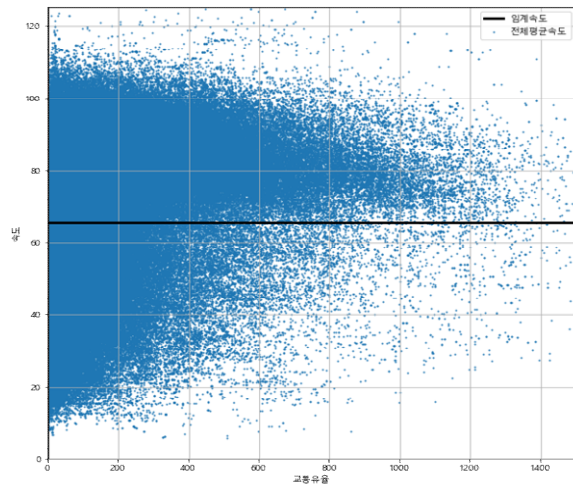
<표 2-38> 단속류 도로통행비용함수(VDF) 등급별 안정류/불안정류 자료 개수

구분	지역구분	VDF 등급	차로구분	안정류	불안정류
1등급	도시부	9	1차로	474, 215	690, 023
	지방부	10		1, 663, 038	646, 789
	도시부	11	2차로이상	251, 439	288, 315
	지방부	12		478, 385	340, 294
2등급	도시부	13	1차로	67, 571	18, 673
	지방부	14		284, 801	100, 887
	도시부	15	2차로이상	113, 434	41, 992
	지방부	16		196, 270	58, 535
3등급	도시부	17	1차로	56, 576	16, 135
	지방부	18		117, 951	28, 886
	도시부	19	2차로이상	101, 561	26, 422
	지방부	20		111, 929	35, 242
4등급	도시부	21	1차로	179, 391	95, 164
	지방부	22		191, 960	60, 752
	도시부	23	2차로이상	488, 229	190, 193
	지방부	24		274, 278	114, 622
5등급	도시부	25	1차로	224, 834	135, 908
	지방부	26		122, 602	44, 851
	도시부	27	2차로이상	978, 260	500, 048
	지방부	28		249, 670	141, 401
6등급	도시부	29	1차로	237, 028	122, 615
	지방부	30		111, 363	39, 393
	도시부	31	2차로이상	1, 111, 801	564, 886
	지방부	32		160, 703	148, 540

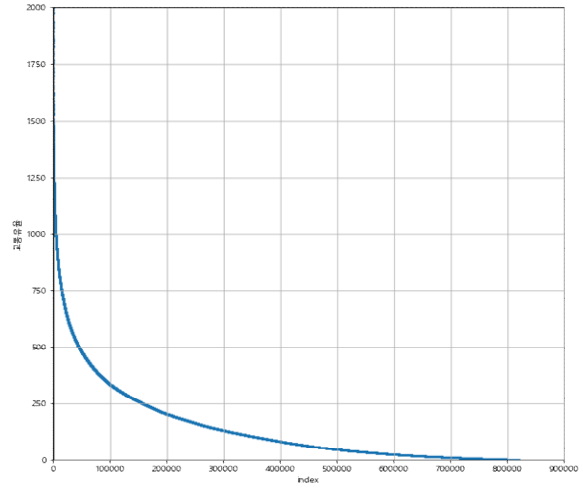


<그림 2-28> 단속류 도로 VDF 등급별 차로 용량 검토 결과

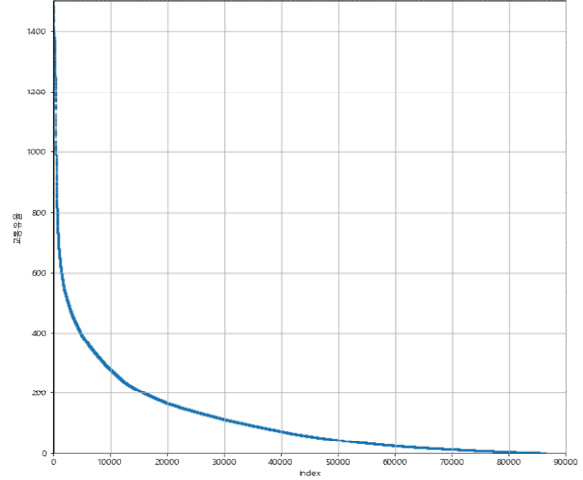
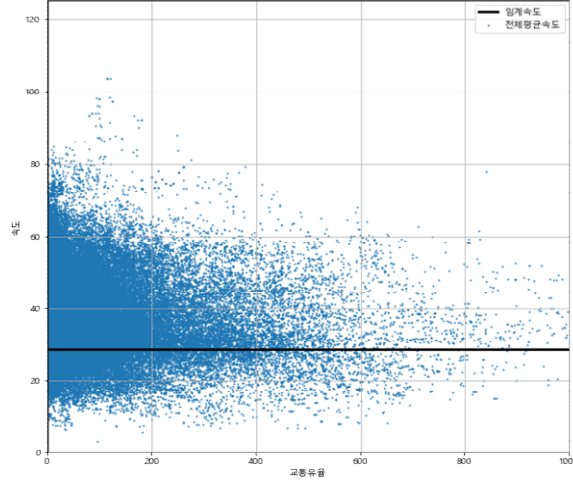
교통량-속도 diagram



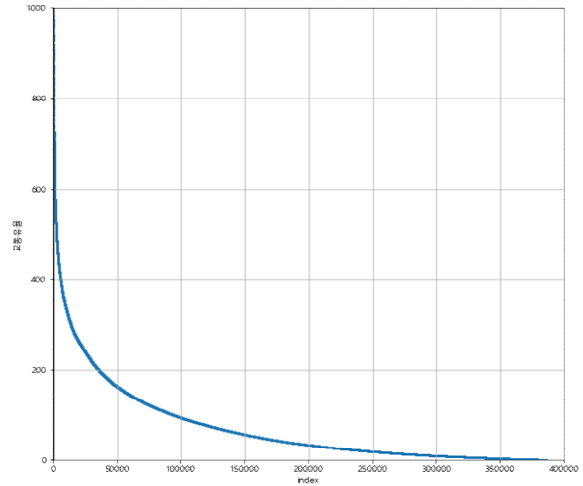
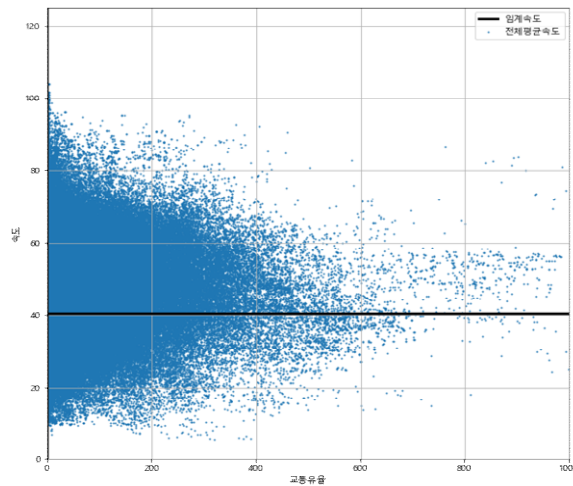
교통량 변화



VDF 12 (지방부 2차로 이상)

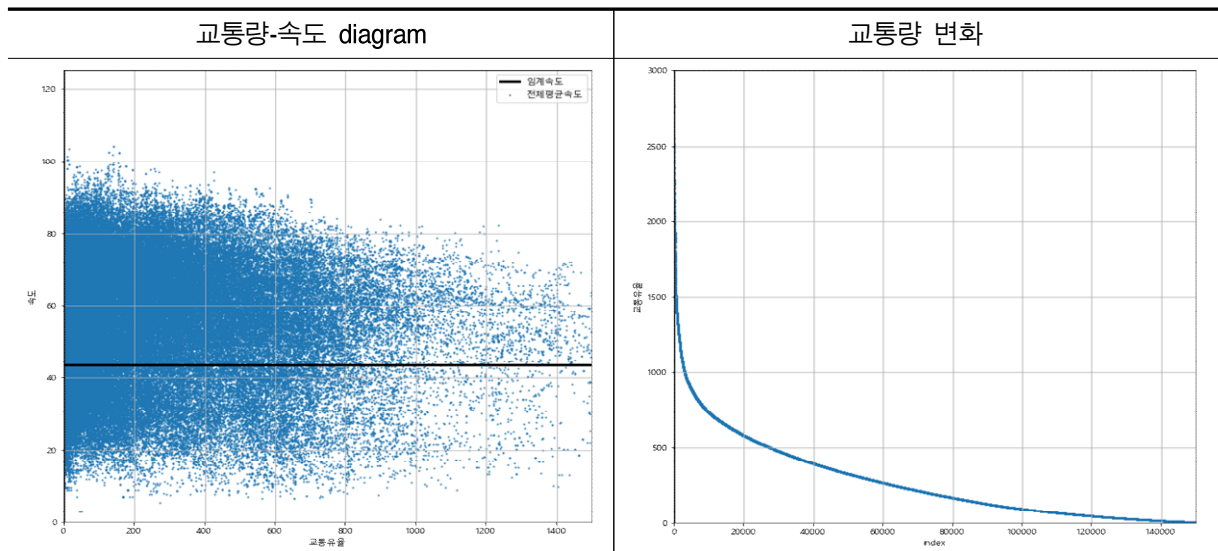


VDF 13 (도시부 1차로)

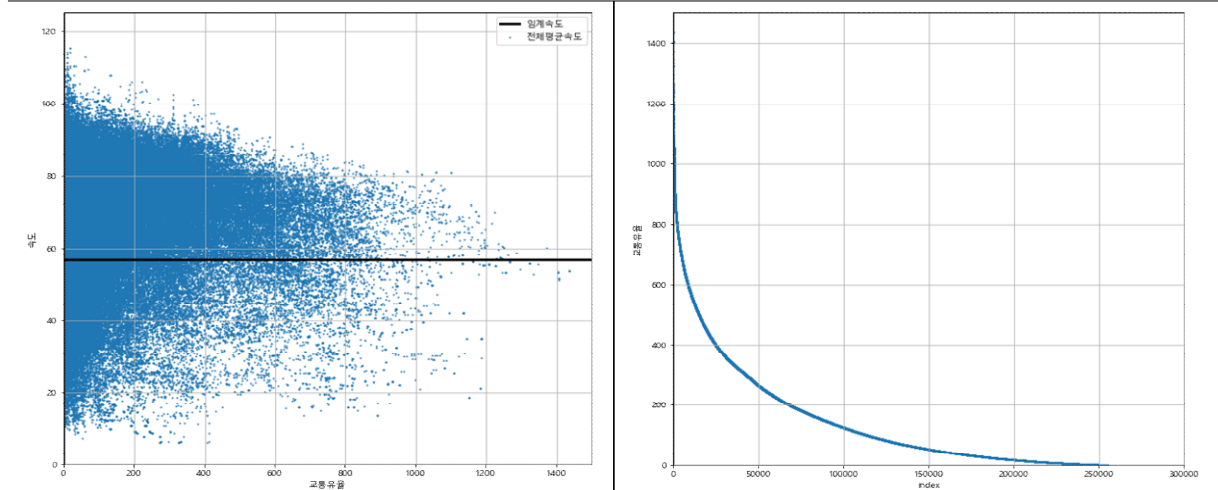


VDF 14 (지방부 1차로)

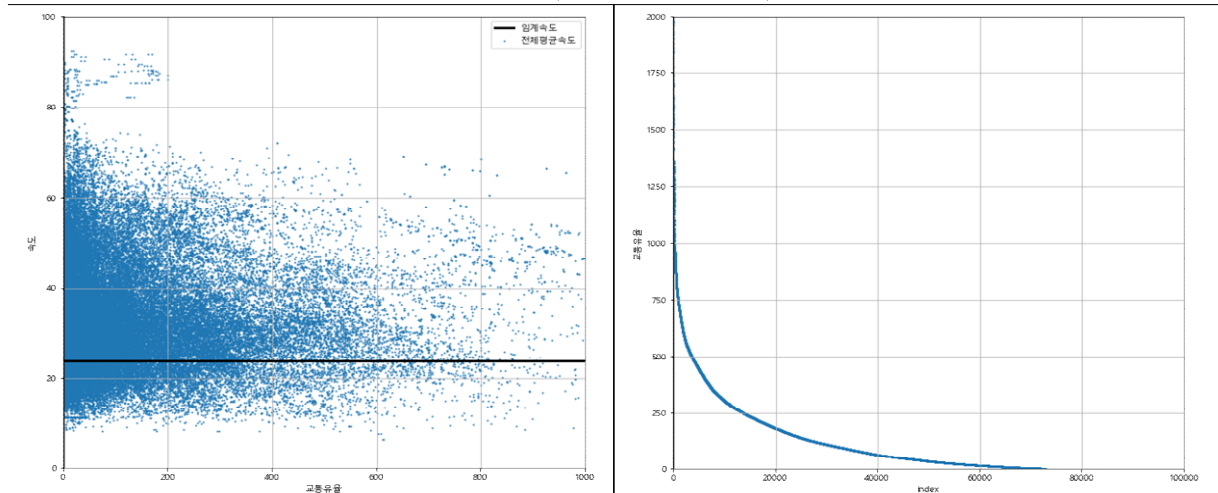
<그림 계속> 단속류 도로 VDF 등급별 차로 용량 검토 결과



VDF 15 (도시부 2차로 이상)



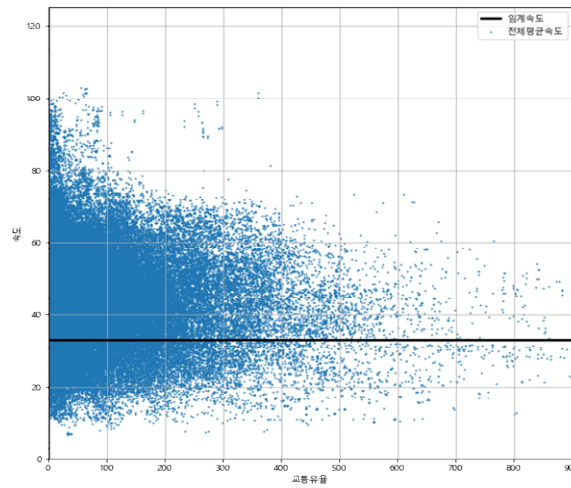
VDF 16 (지방부 2차로 이상)



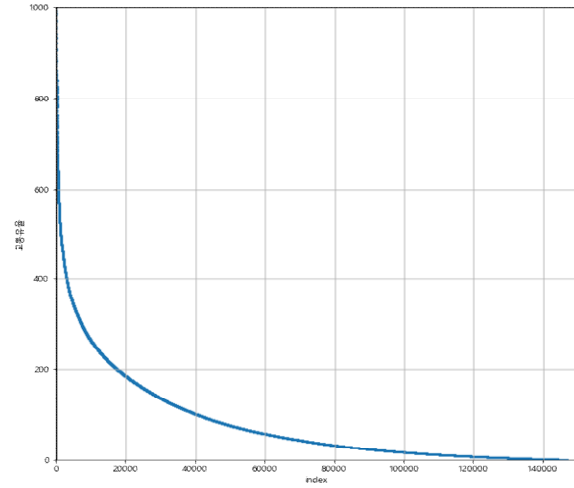
VDF 17 (도시부 1차로)

<그림 계속> 단속류 도로 VDF 등급별 차로 용량 검토 결과

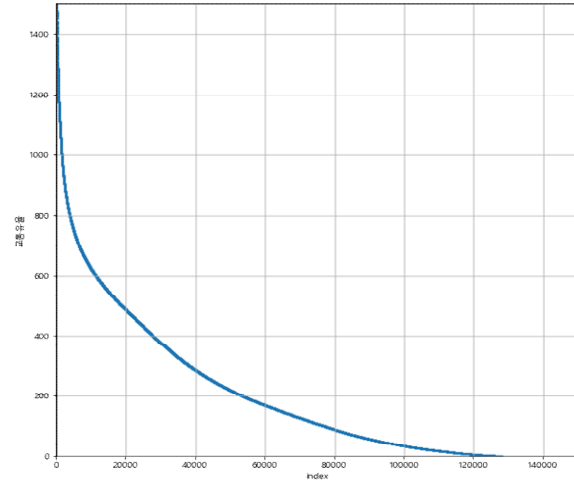
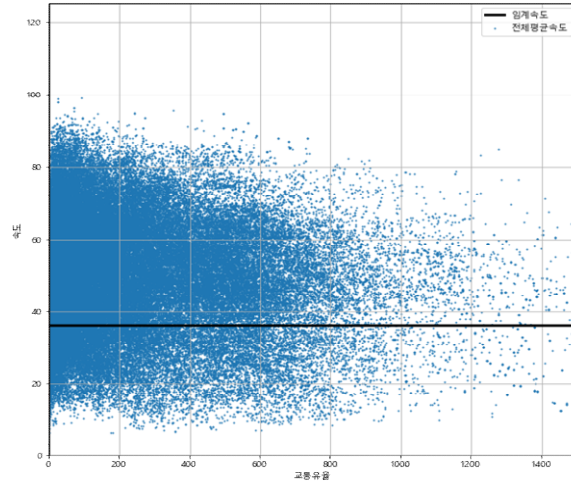
교통량-속도 diagram



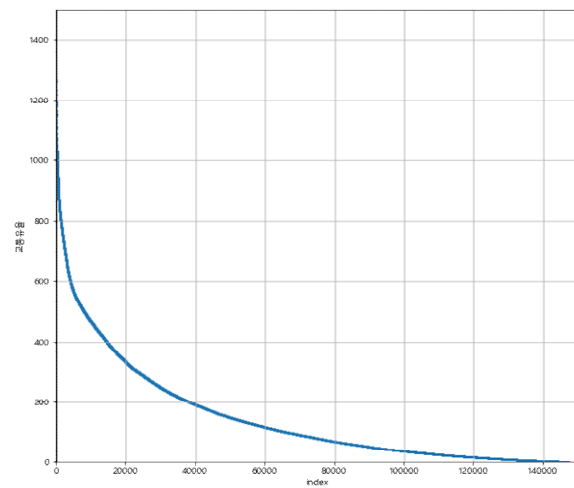
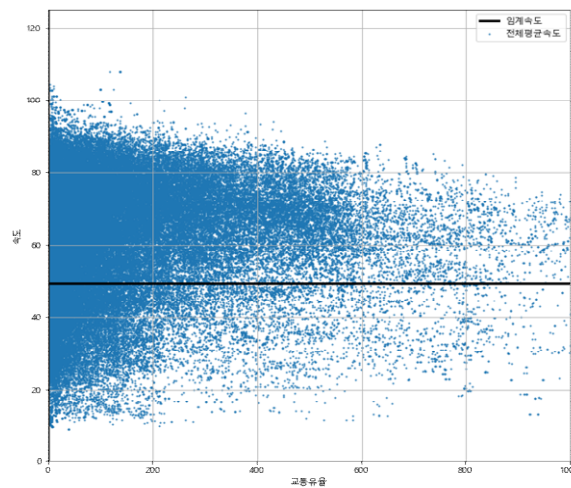
교통량 변화



VDF 18 (지방부 1차로)

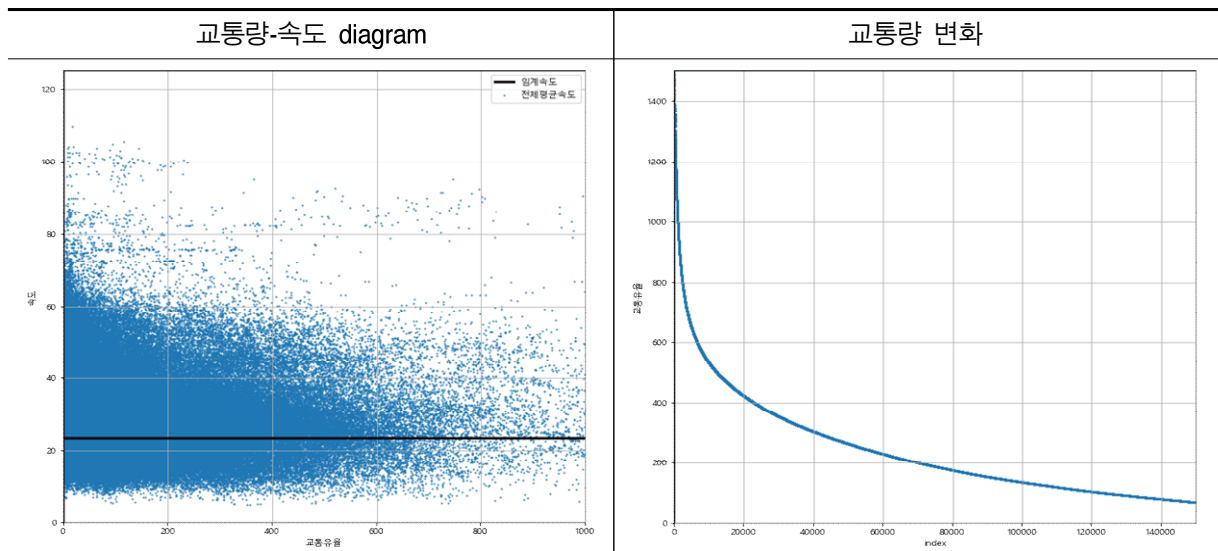


VDF 19 (도시부 2차로 이상)

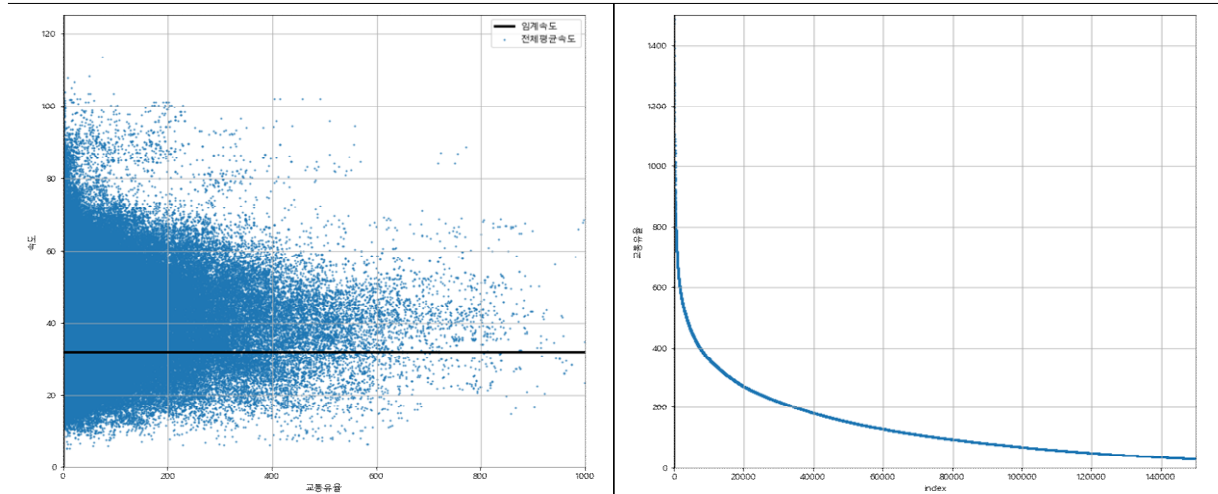


VDF 20 (지방부 2차로 이상)

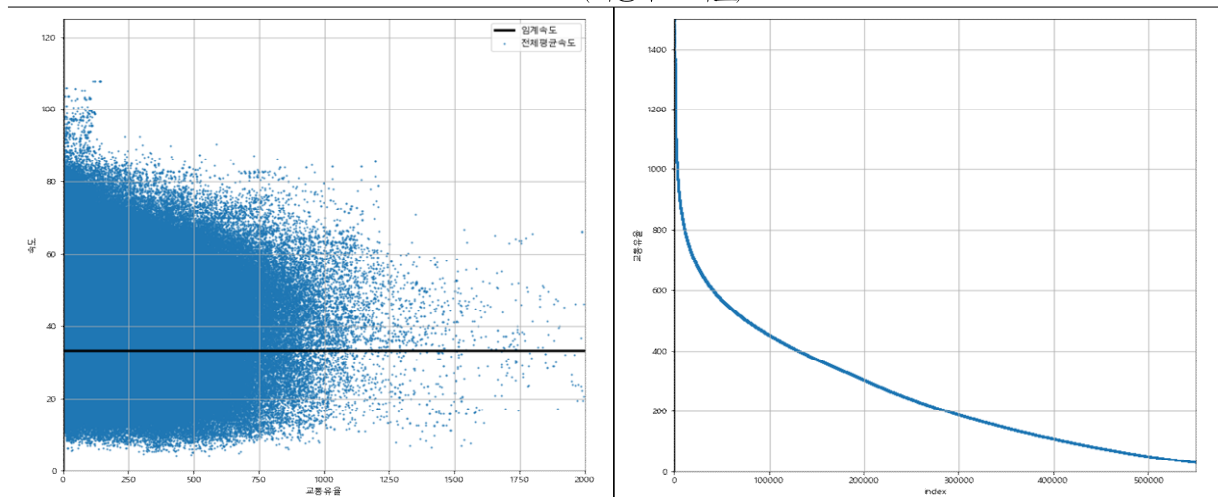
<그림 계속> 단속류 도로 VDF 등급별 차로 용량 검토 결과



VDF 21 (도시부 1차로)



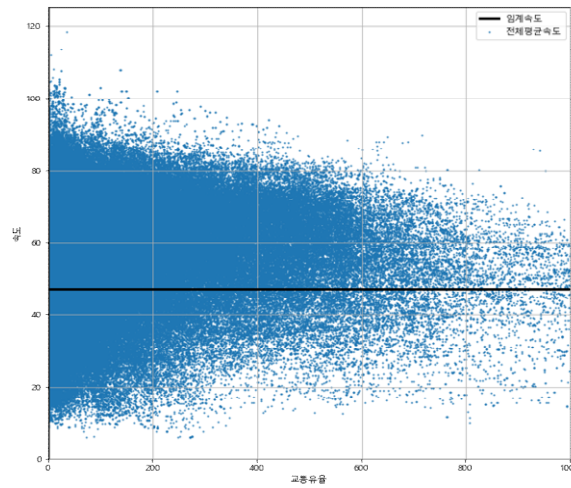
VDF 22 (지방부 1차로)



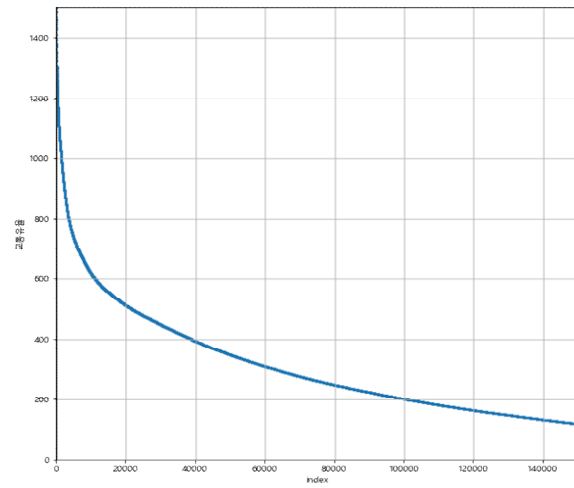
VDF 23 (도시부 2차로 이상)

<그림 계속> 단속류 도로 VDF 등급별 차로 용량 검토 결과

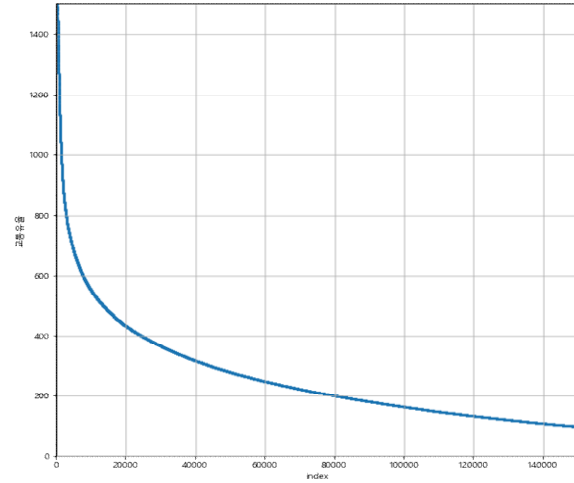
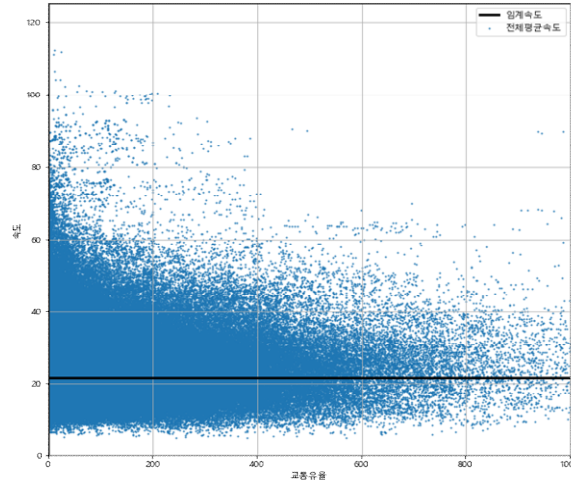
교통량-속도 diagram



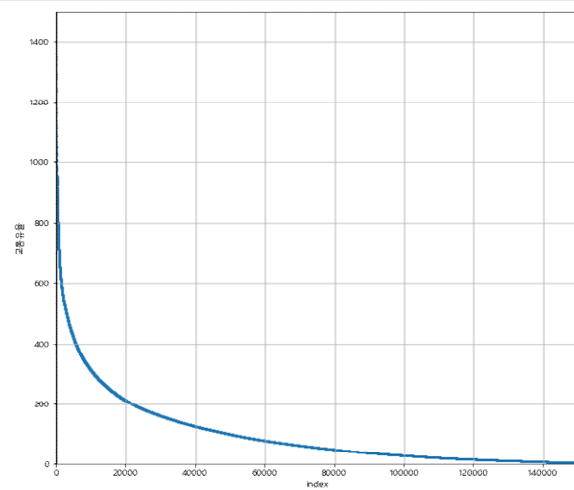
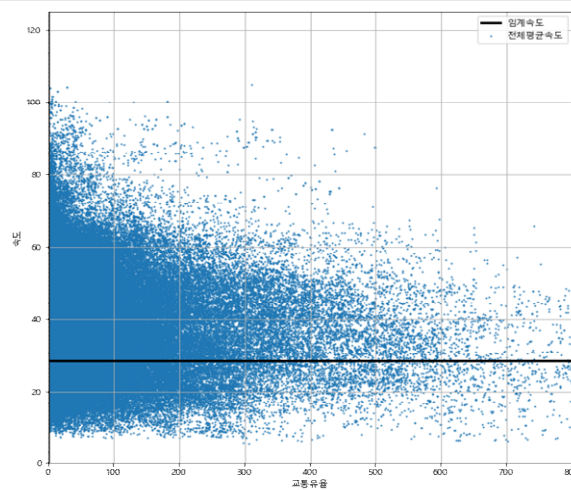
교통량 변화



VDF 24 (지방부 2차로 이상)

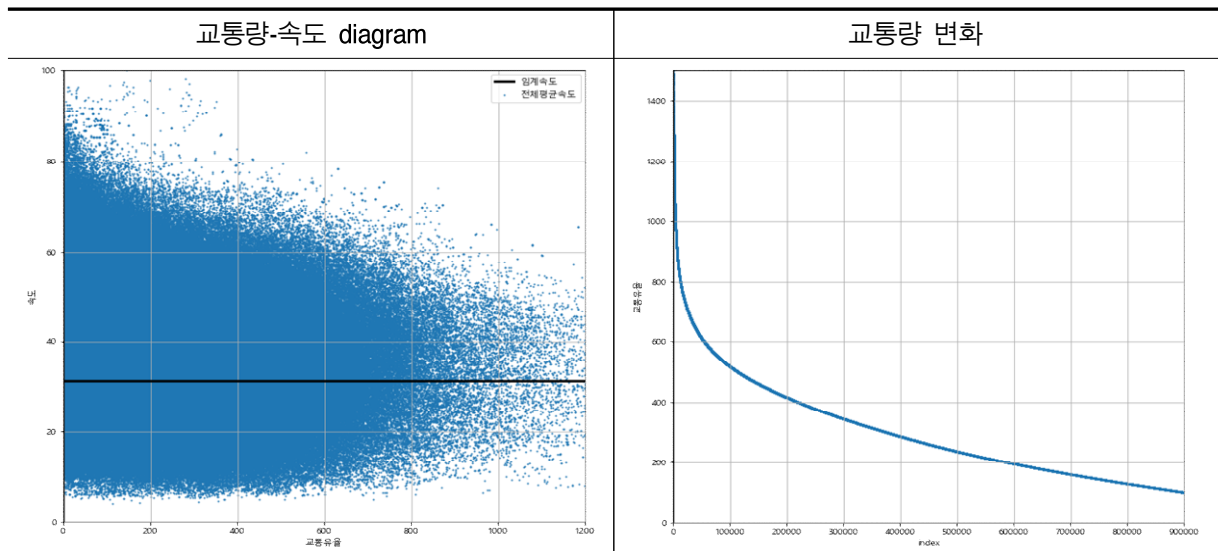


VDF 25 (도시부 1차로)

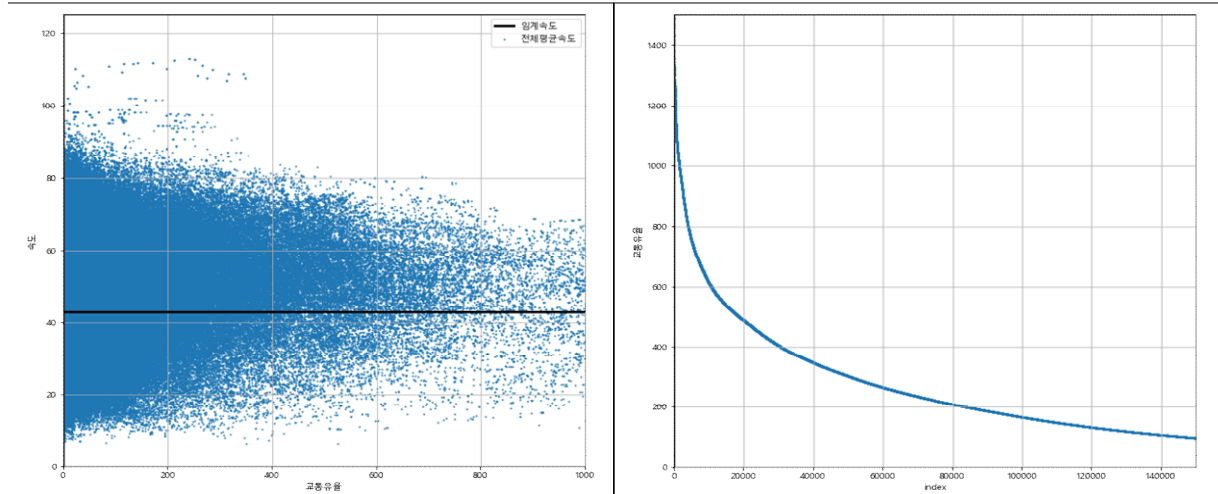


VDF 26 (지방부 1차로)

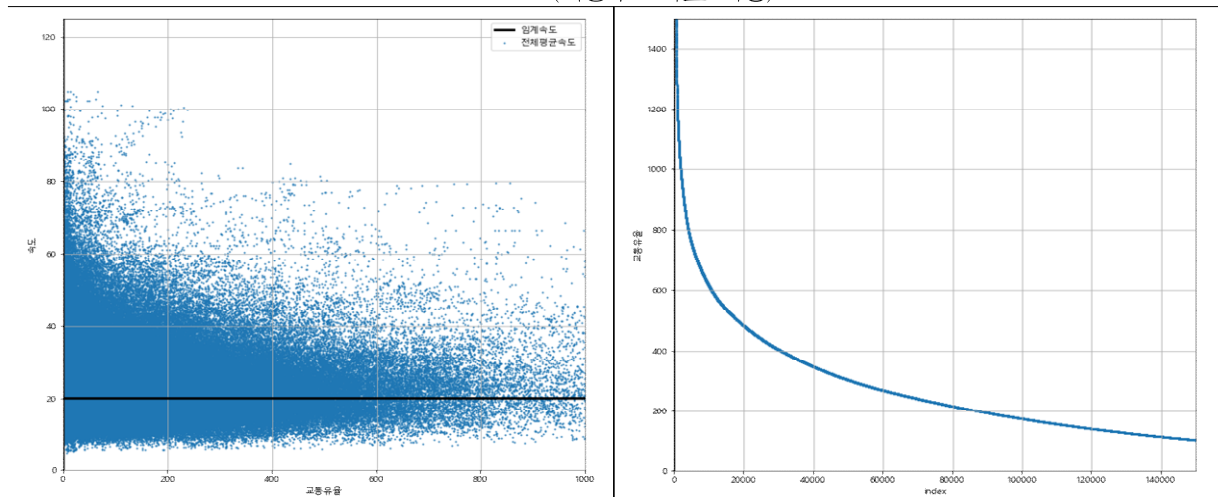
<그림 계속> 단속류 도로 VDF 등급별 차로 용량 검토 결과



VDF 27 (도시부 2차로 이상)



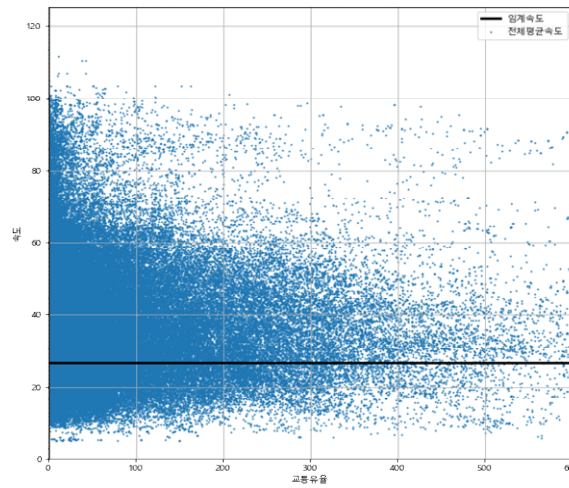
VDF 28 (지방부 2차로 이상)



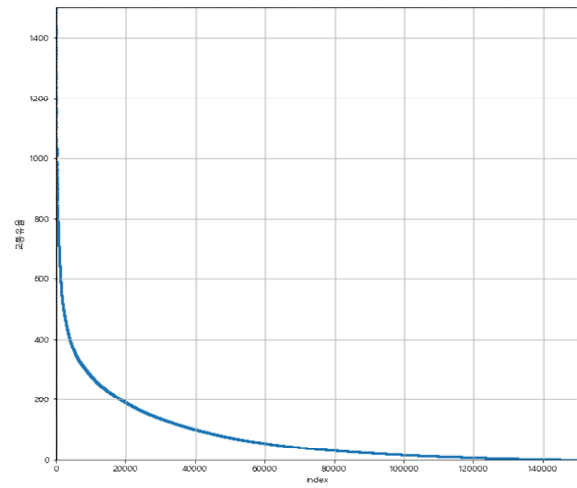
VDF 29 (도시부 1차로)

<그림 계속> 단속류 도로 VDF 등급별 차로 용량 검토 결과

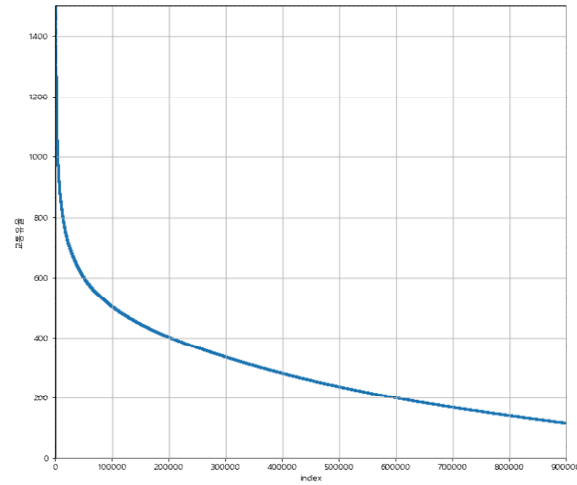
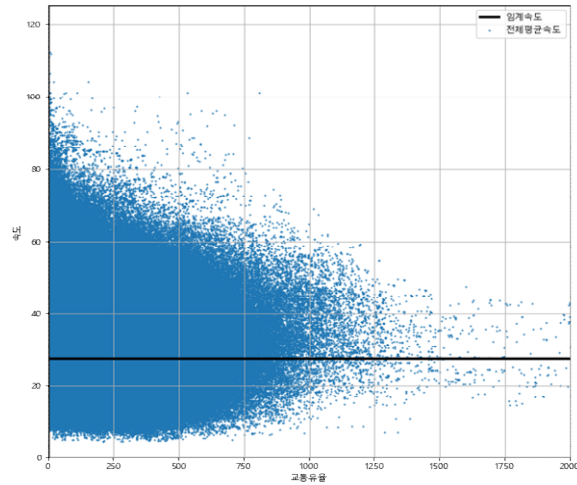
교통량-속도 diagram



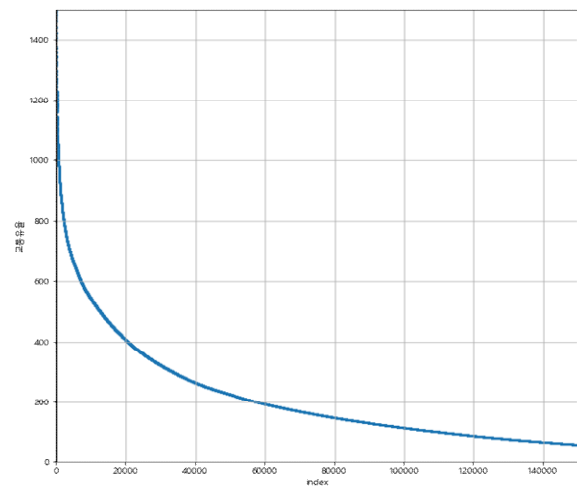
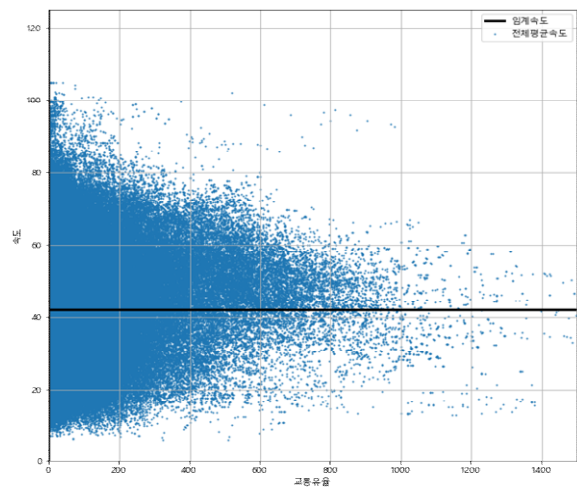
교통량 변화



VDF 30 (지방부 1차로)



VDF 31 (도시부 2차로 이상)



VDF 32 (지방부 2차로 이상)

<그림 계속> 단속류 도로 VDF 등급별 차로 용량 검토 결과

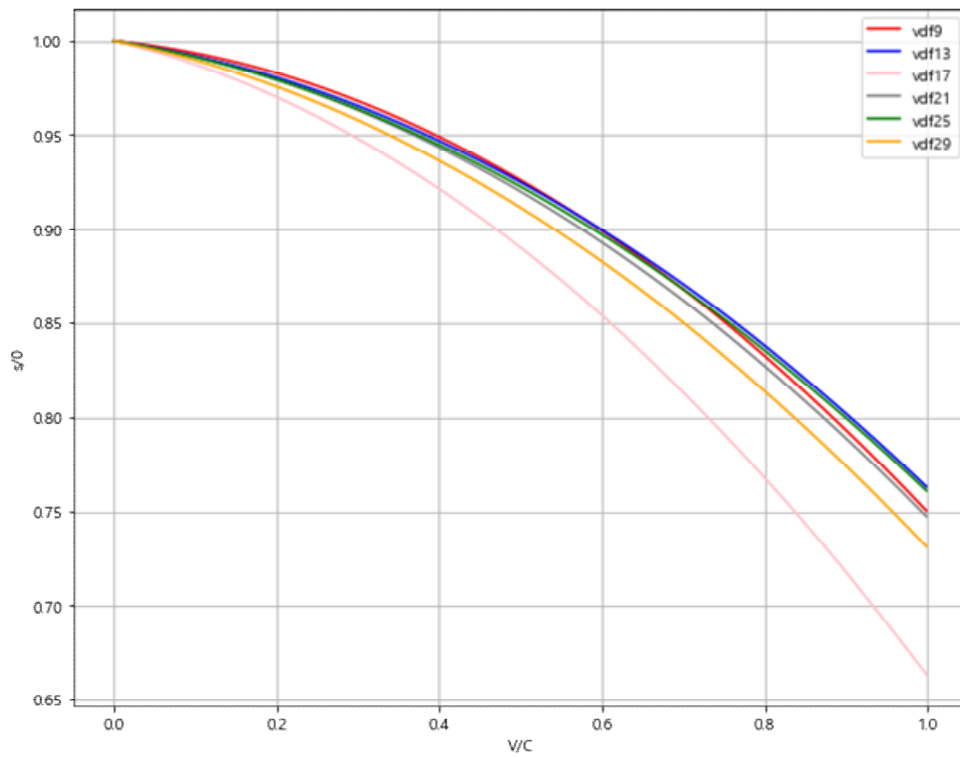
4. 교통량-속도 관계식 설정 및 이상치 제거

가. 교통량-속도 관계식 설정

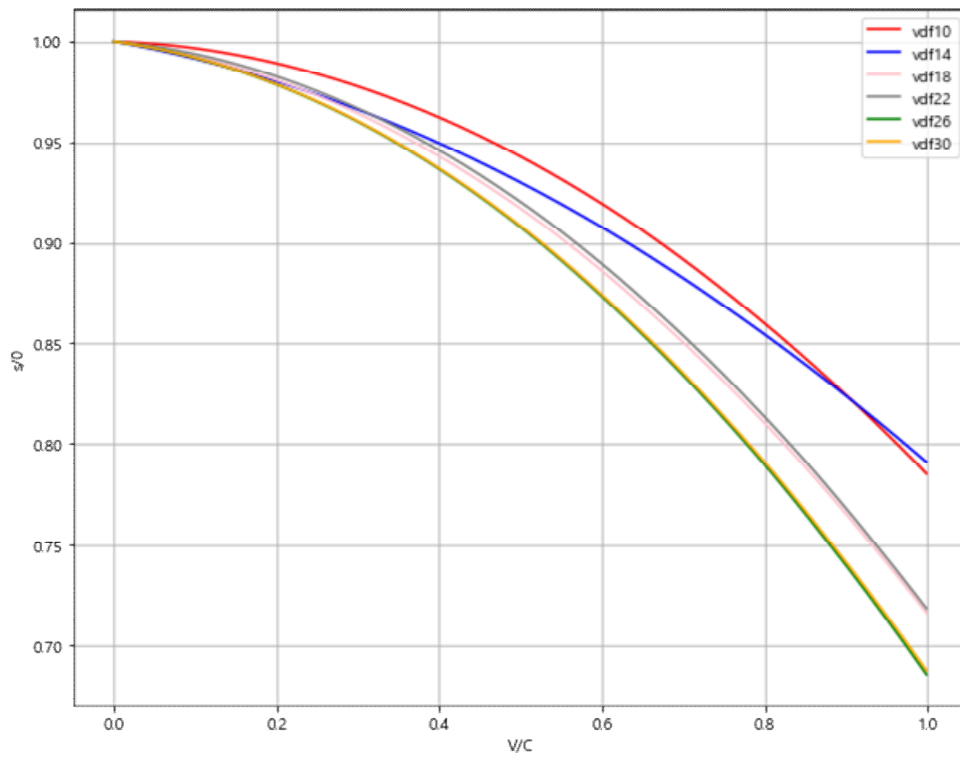
- 교통량-속도 데이터의 이상치를 제거하기 위한 관계식 설정 방법은 연속류와 동일한 방법으로 분석을 수행함
 - 단속류의 경우 안정류/불안정류 모두 2차식 형태로 추정하는 것이 가장 적합한 것으로 분석됨
- 교통량-속도 관계식 설정 방법에 따라 VDF 등급별로 안정류/불안정류에 대해서 최종적으로 추정된 V/C 와 s/s_0 관계식은 다음과 같음

<표 2-39> 단속류의 안정류/불안정류 관계식(다항식) 설정 결과

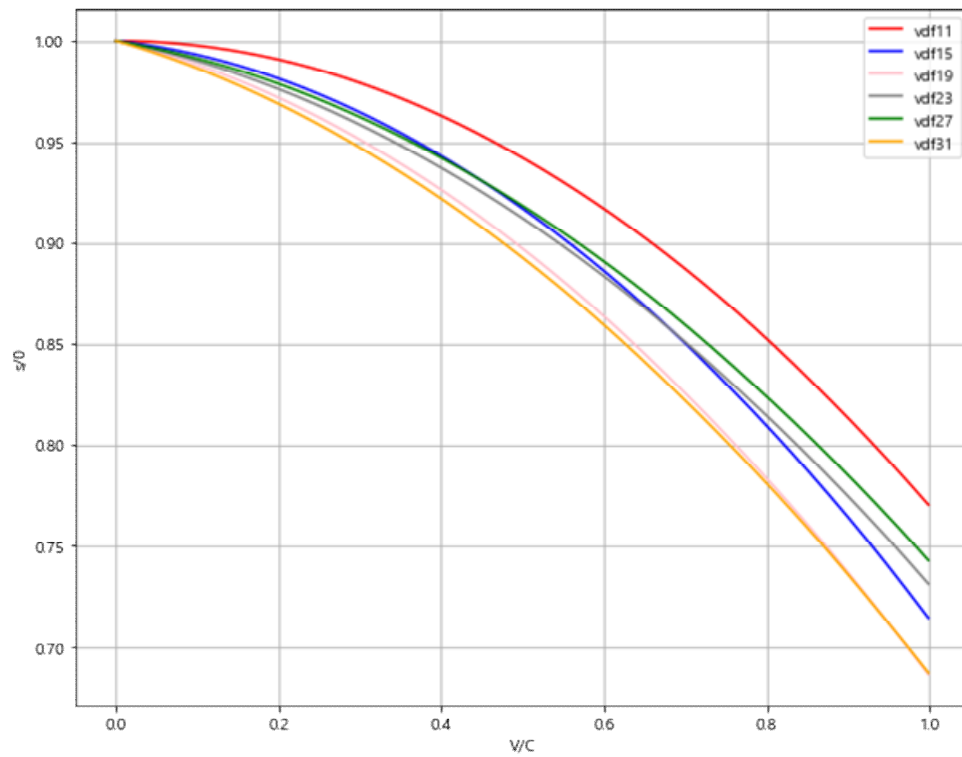
구분	지역구분	VDF	차로구분	안정류			불안정류		
				x^2	x	a	x^2	x	a
1등급	도시부	9	1차로	-0.2052	-0.0448	1.0000	0.4689	0.2628	0.0180
	지방부	10		-0.2013	-0.0137	1.0000	0.4016	0.3318	0.0496
	도시부	11	2차로이상	-0.2294	-0.0005	1.0000	0.7556	0.0064	0.0080
	지방부	12		-0.1964	-0.0185	1.0000	0.6946	0.0893	0.0007
2등급	도시부	13	1차로	-0.1750	-0.0622	1.0000	0.5044	0.2434	0.0160
	지방부	14		-0.1381	0.0711	1.0000	0.6544	0.1362	0.0007
	도시부	15	2차로이상	-0.2403	-0.0454	1.0000	0.6789	0.0337	0.0004
	지방부	16		-0.2100	-0.0630	1.0000	0.5963	0.1291	0.0015
3등급	도시부	17	1차로	-0.2348	-0.1021	1.0000	0.6381	0.0246	0.0000
	지방부	18		-0.2356	-0.0483	1.0000	0.6400	0.0747	0.0007
	도시부	19	2차로이상	-0.2167	-0.0970	1.0000	0.6537	0.0318	0.0000
	지방부	20		-0.1708	-0.1060	1.0000	0.6984	0.0239	0.0000
4등급	도시부	21	1차로	-0.1868	-0.0662	1.0000	0.6562	0.0900	0.0006
	지방부	22		-0.2445	-0.0373	1.0000	0.7104	0.0073	0.0000
	도시부	23	2차로이상	-0.1874	-0.0815	1.0000	0.6752	0.0554	0.0000
	지방부	24		-0.1910	-0.0738	1.0000	0.5830	0.1483	0.0033
5등급	도시부	25	1차로	-0.1699	-0.0694	1.0000	0.7024	0.0578	0.0008
	지방부	26		-0.2602	-0.0545	1.0000	0.6746	0.0101	0.0000
	도시부	27	2차로이상	-0.1891	-0.0683	1.0000	0.7200	0.0231	0.0000
	지방부	28		-0.2156	-0.0352	1.0000	0.5449	0.2014	0.0027
6등급	도시부	29	1차로	-0.1845	-0.0846	1.0000	0.6518	0.0786	0.0002
	지방부	30		-0.2585	-0.0542	1.0000	0.6317	0.0546	0.0004
	도시부	31	2차로이상	-0.1967	-0.1161	1.0000	0.6496	0.0372	0.0000
	지방부	32		-0.1705	-0.0267	1.0000	0.7557	0.0466	0.0005



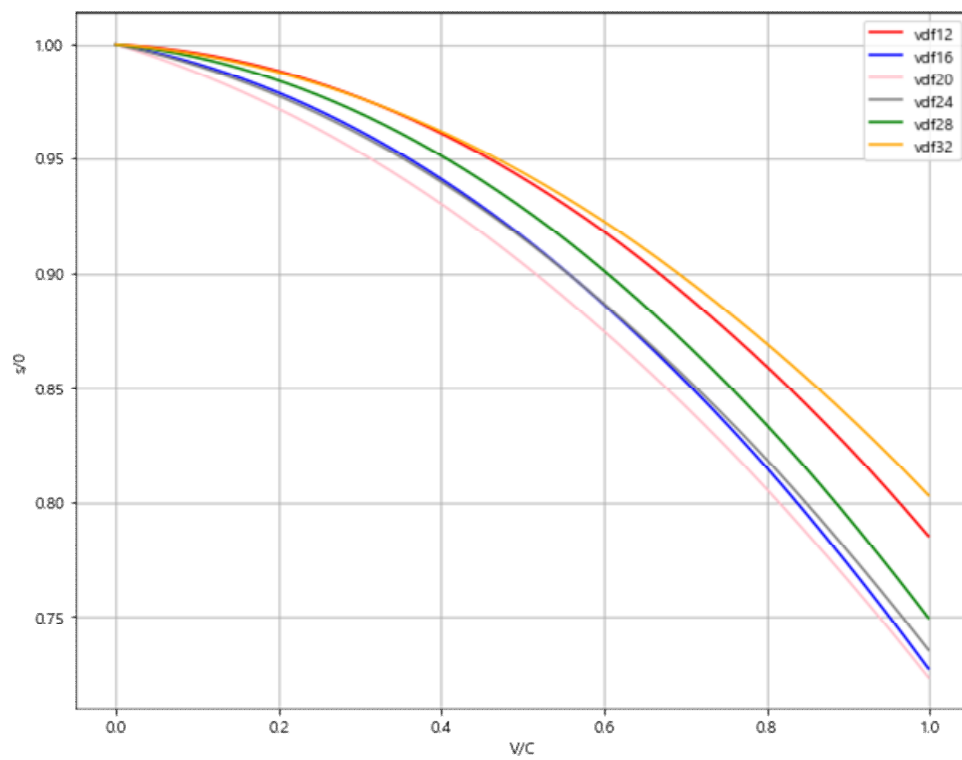
<그림 2-29> 단속류 도시부 1차로 교통량-속도 관계식 설정 결과(안정류)



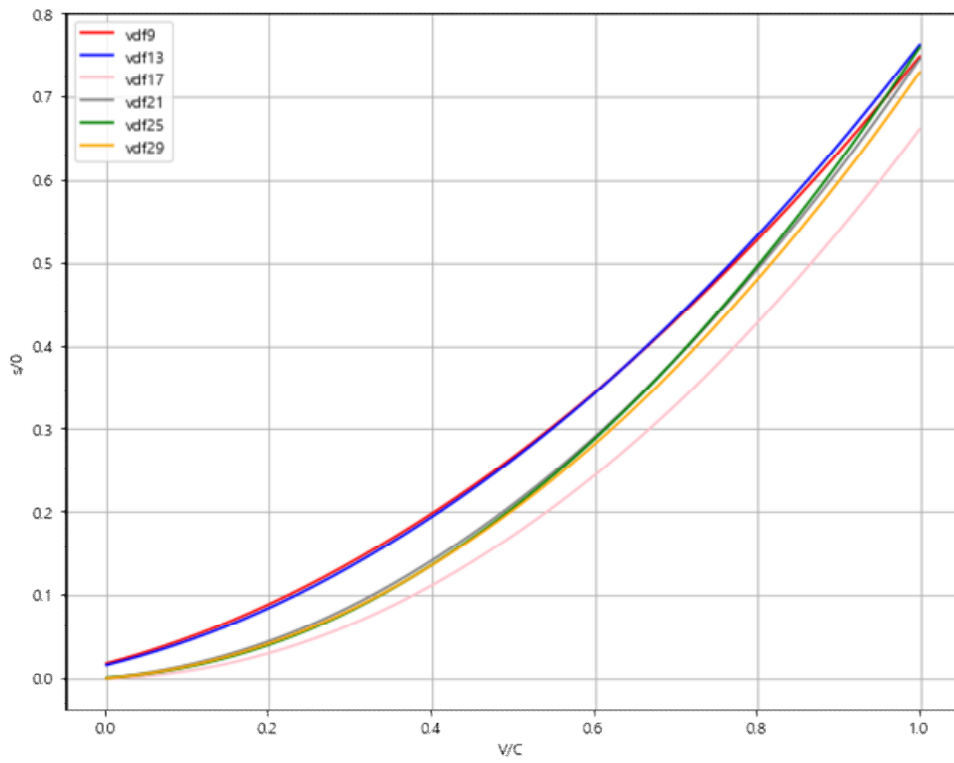
<그림 2-30> 단속류 지방부 1차로 교통량-속도 관계식 설정 결과(안정류)



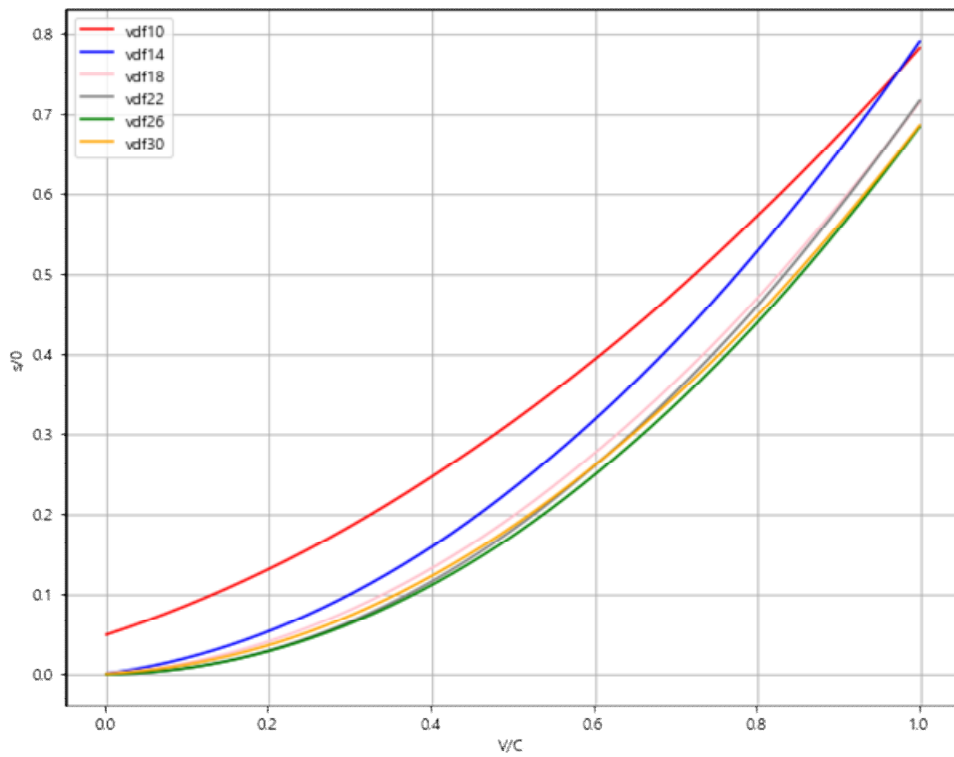
<그림 2-31> 단속류 도시부 2차로 이상 교통량-속도 관계식 설정 결과(안정류)



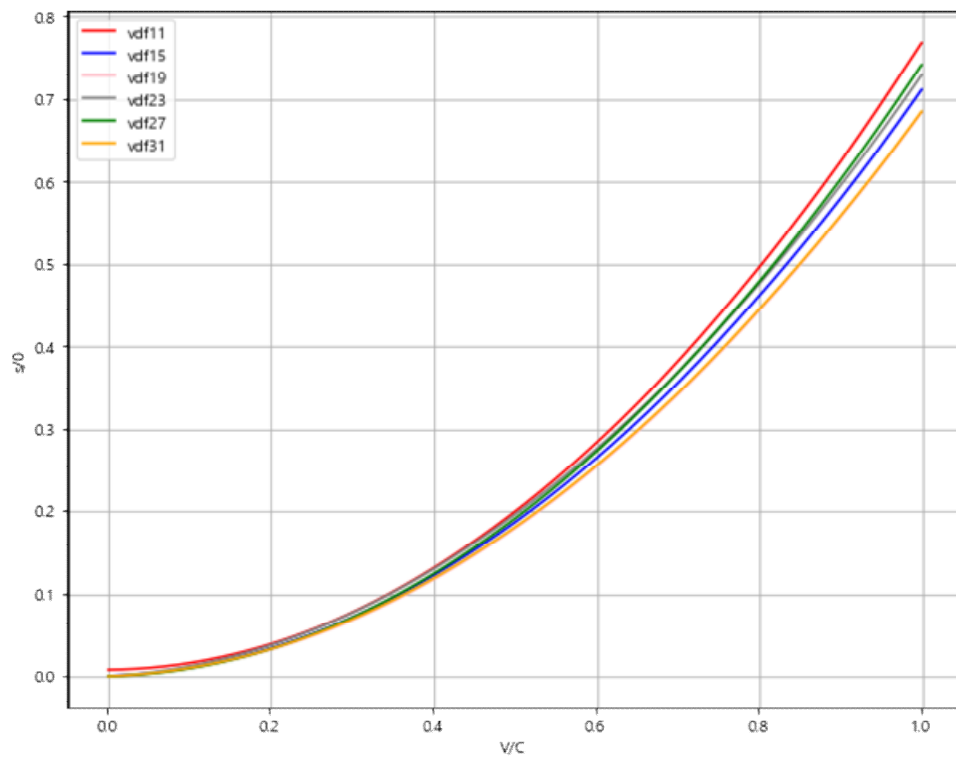
<그림 2-32> 단속류 지방부 2차로 이상 교통량-속도 관계식 설정 결과(안정류)



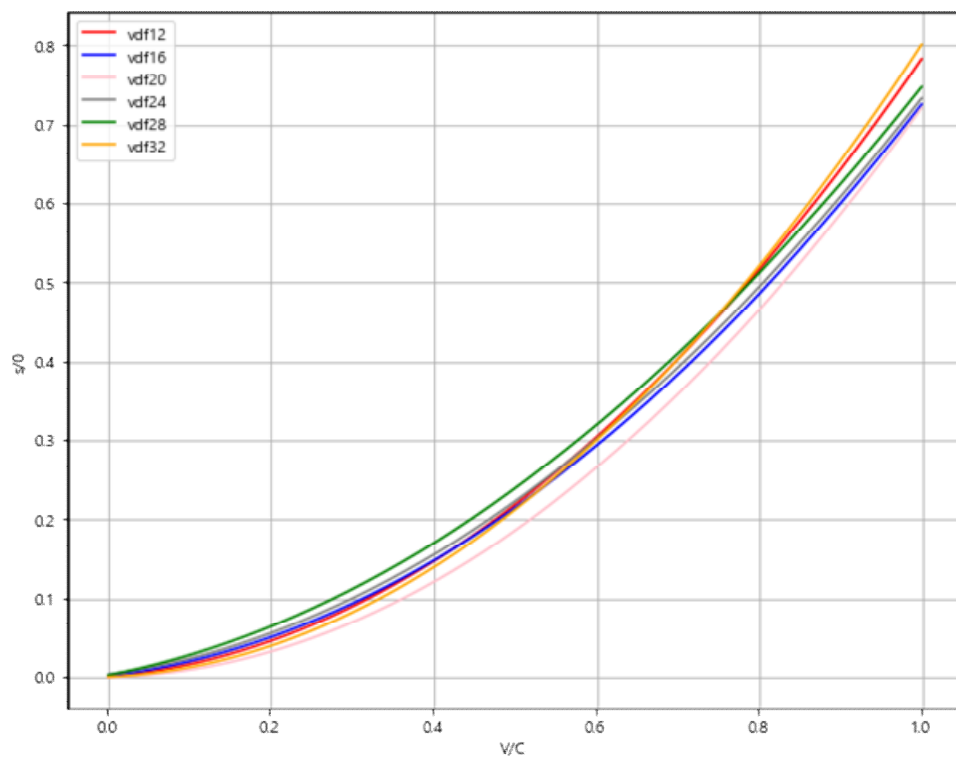
<그림 2-33> 단속류 도시부 1차로 교통량-속도 관계식 설정 결과(불안정류)



<그림 2-34> 단속류 지방부 1차로 교통량-속도 관계식 설정 결과(불안정류)



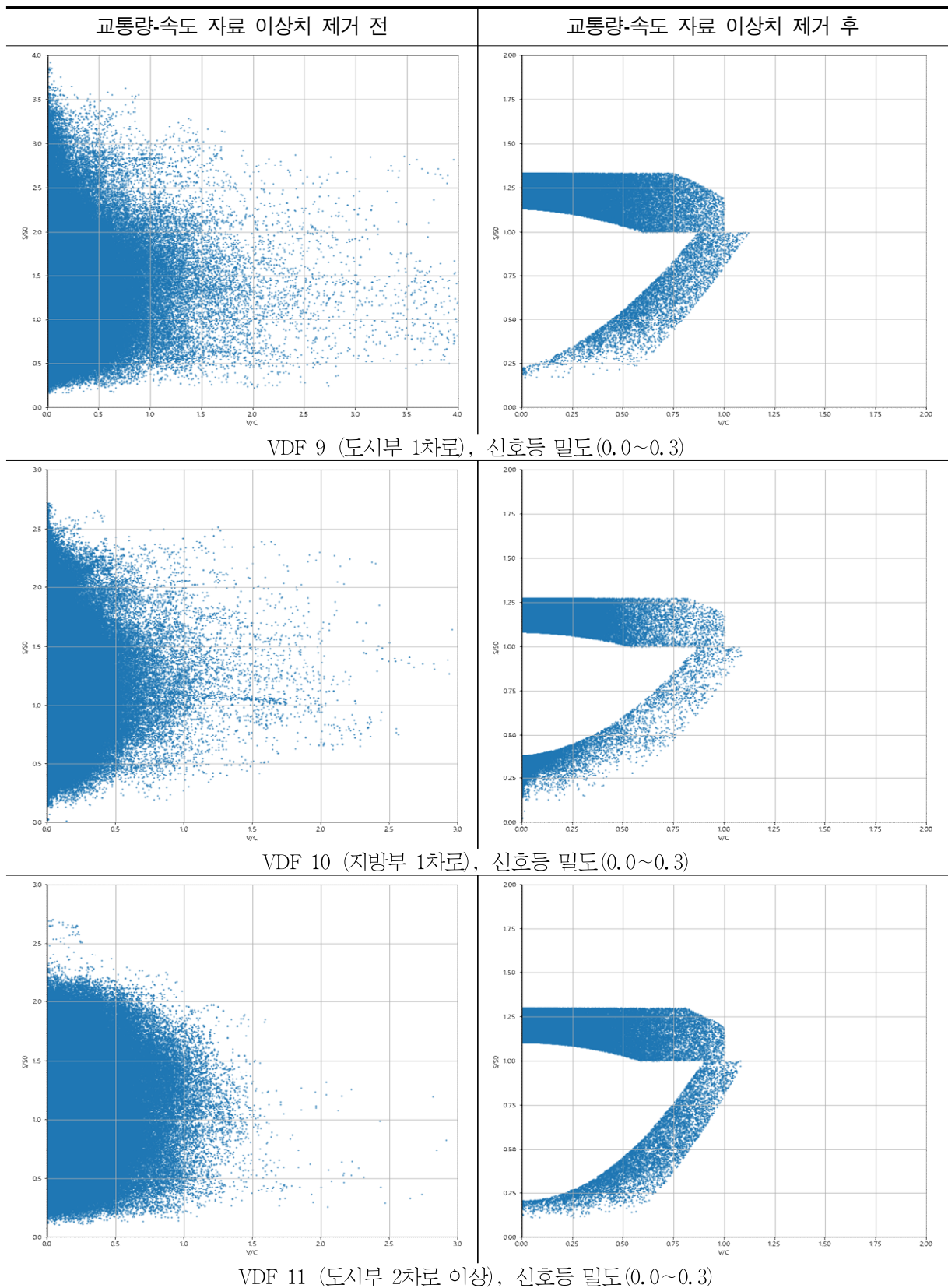
<그림 2-35> 단속류 도시부 2차로 이상 교통량-속도 관계식 설정 결과(불안정류)



<그림 2-36> 단속류 지방부 2차로 이상 교통량-속도 관계식 설정 결과(불안정류)

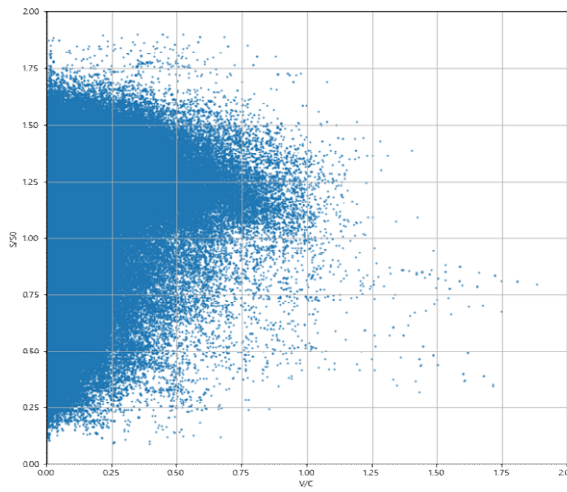
나. 교통량-속도 관계에 따른 이상치 제거

- 자료수집 및 자료처리과정에서 수행한 데이터 1차 이상치 제거 외에 추가적으로 교통량-속도 관계에 따른 2차 오류제거 과정을 수행함
- 임계속도를 기준으로 구분한 안정류와 불안정류에서 추정된 교통량-속도 관계식을 이용하여 해당 포화도(V/C)에 대한 속도를 추정하고 관측 속도가 설정된 관계식의 범위를 벗어나는지를 판단함
- 교통량을 관계식에 대입하여 포화도에 따른 속도를 추정하고 관측 속도(데이터)가 추정된 속도(관계식)의 특정 범위를 벗어날 경우 오류 자료로 간주하여 제외함
 - 단속류의 초기속도는 VDF 등급별로 차이가 크게 나타나기 때문에 비율을 이용하여 이상치를 제거함
 - 임계속도 대비 초기속도 비율(S_c/S_o)에서 초기속도 $\pm 15\%$ 범위를 벗어난 경우 이상치로 간주함
- 다음은 교통량-속도 관계에 의해서 설정된 속도의 30% 버퍼(buffer)를 초과하는 자료를 제외한 후 교통량-속도 자료의 변화를 보여주고 있음

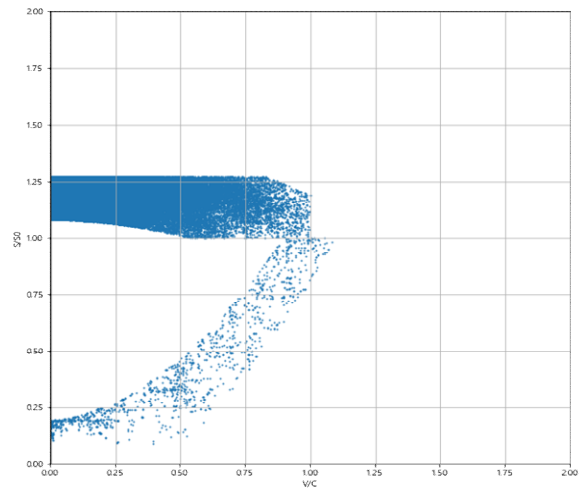


<그림 2-37> 단속류 교통류·속도 관계에 따른 이상치 제거

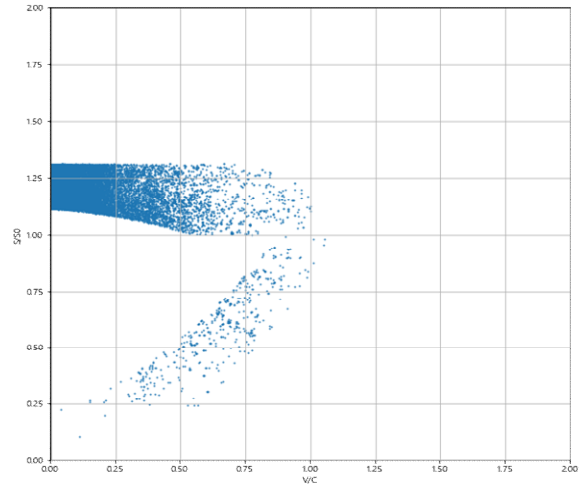
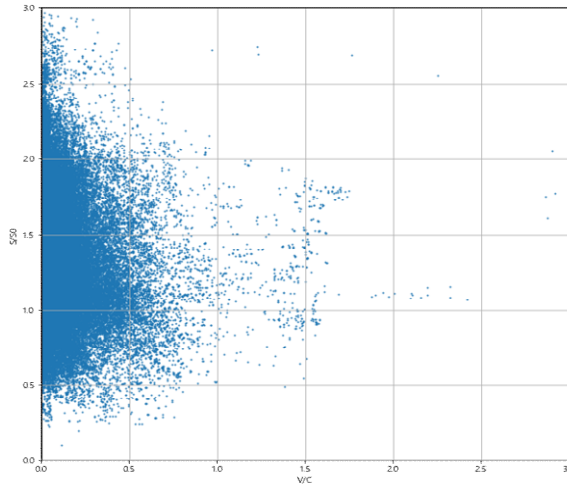
교통량-속도 자료 이상치 제거 전



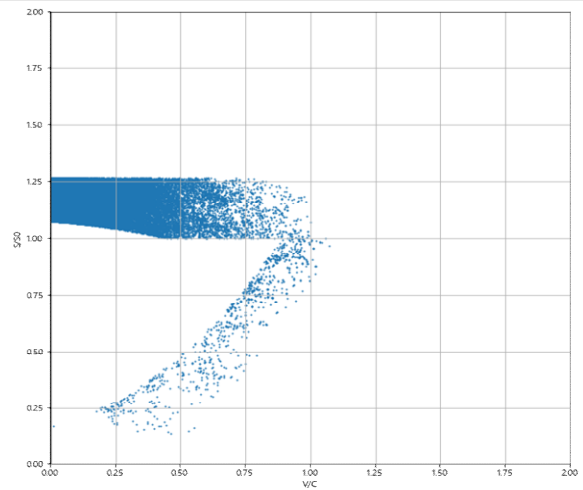
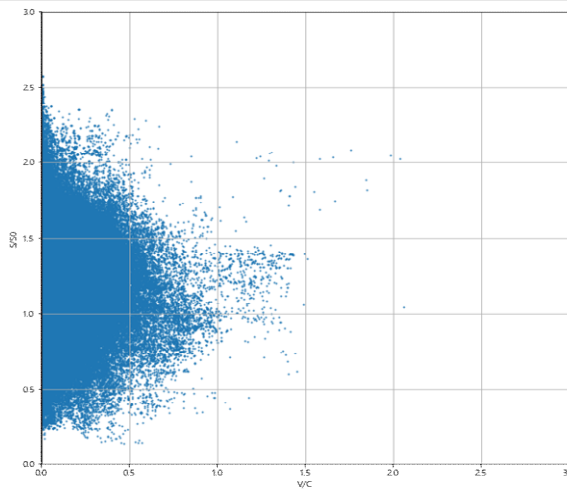
교통량-속도 자료 이상치 제거 후



VDF 12 (지방부 2차로 이상), 신호등 밀도 (0.0~0.3)



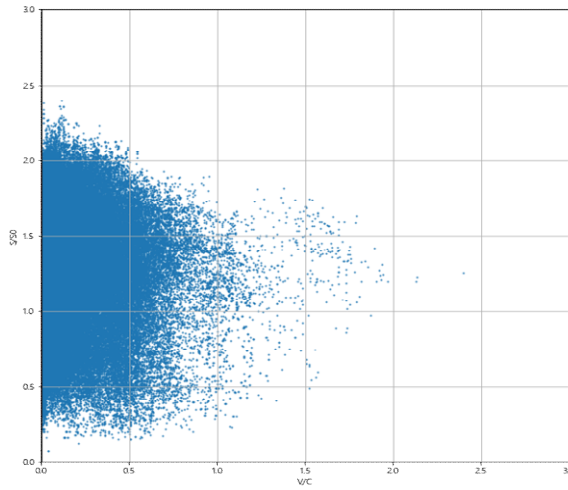
VDF 13 (도시부 1차로), 신호등 밀도 (0.3~0.7)



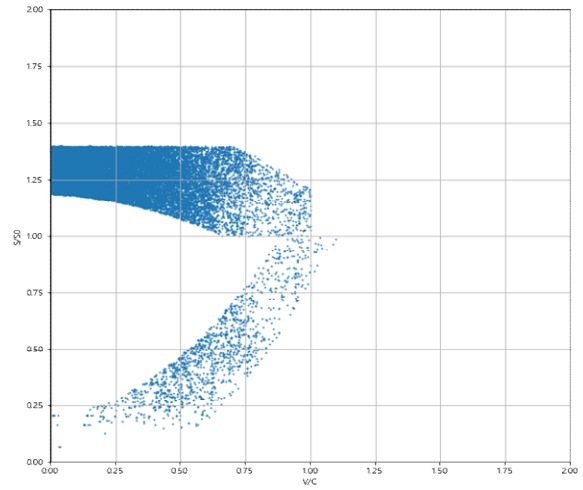
VDF 14 (지방부 1차로), 신호등 밀도 (0.3~0.7)

<그림 계속> 단속류 교통류-속도 관계에 따른 이상치 제거

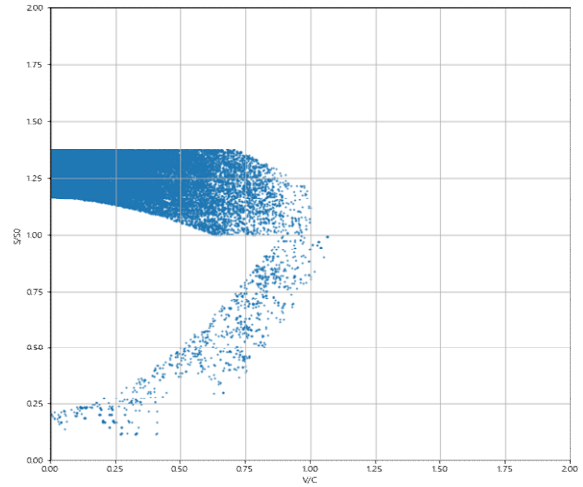
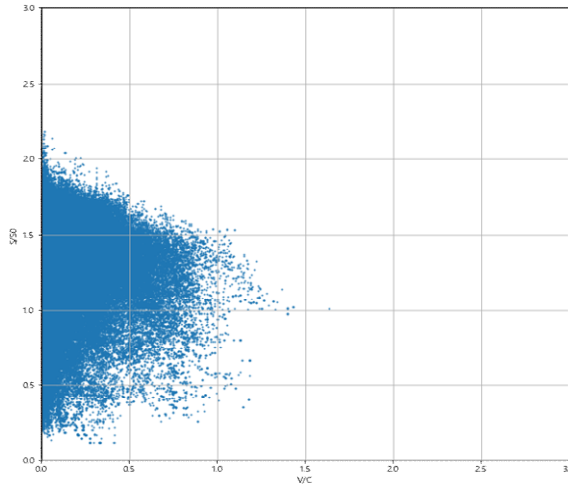
교통량-속도 자료 이상치 제거 전



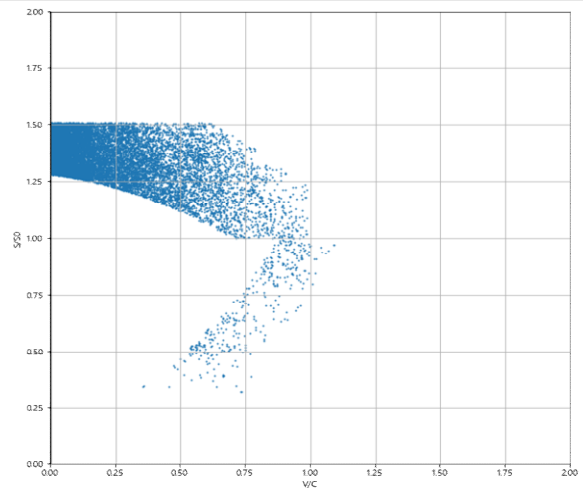
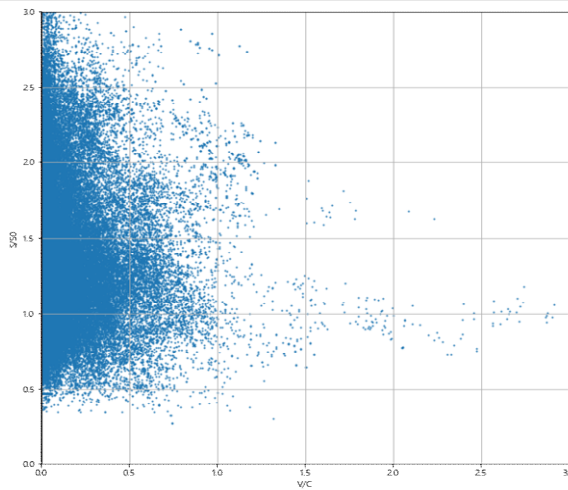
교통량-속도 자료 이상치 제거 후



VDF 15 (도시부 2차로 이상), 신호등 밀도 (0.3~0.7)



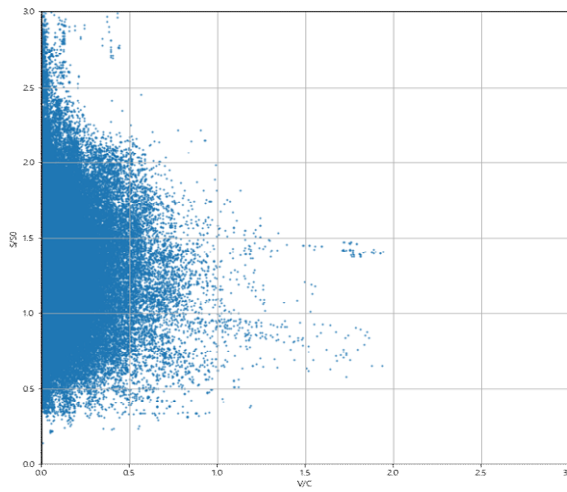
VDF 16 (지방부 2차로 이상), 신호등 밀도 (0.3~0.7)



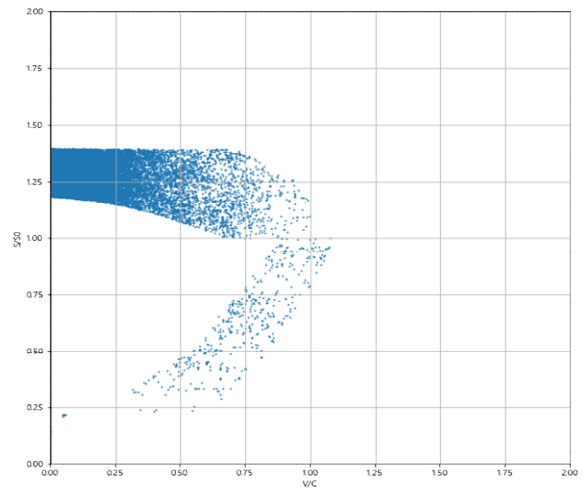
VDF 17 (도시부 1차로), 신호등 밀도 (0.7~1.0)

<그림 계속> 단속류 교통류-속도 관계에 따른 이상치 제거

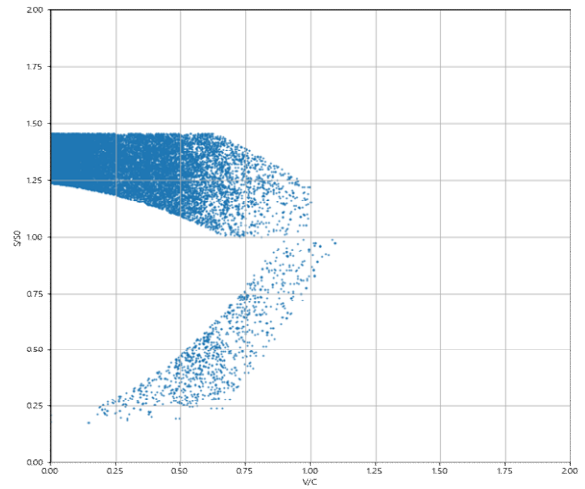
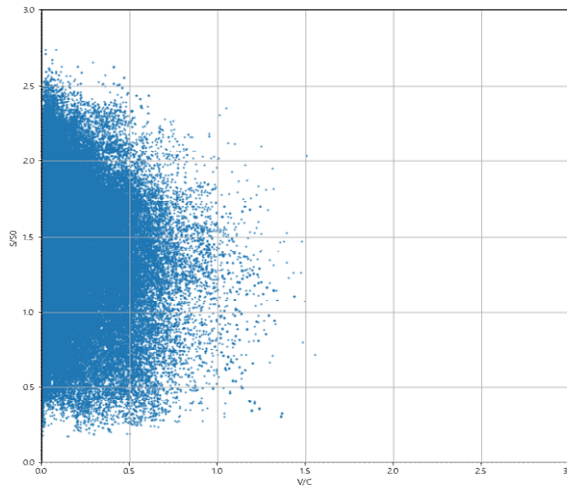
교통량-속도 자료 이상치 제거 전



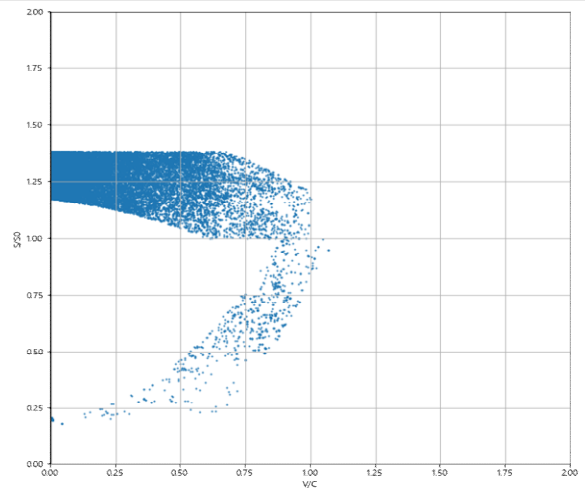
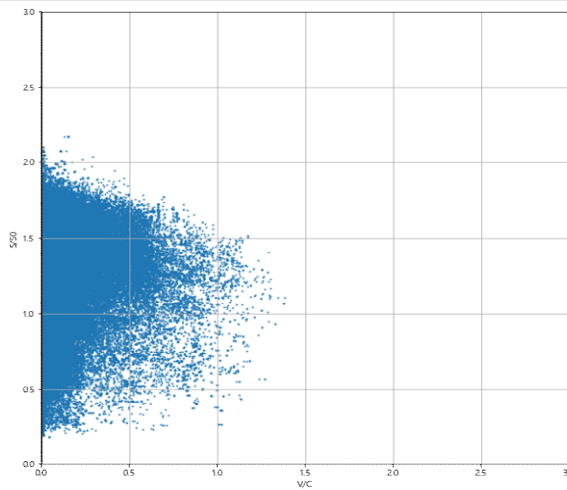
교통량-속도 자료 이상치 제거 후



VDF 18 (지방부 1차로), 신호등 밀도(0.7~1.0)

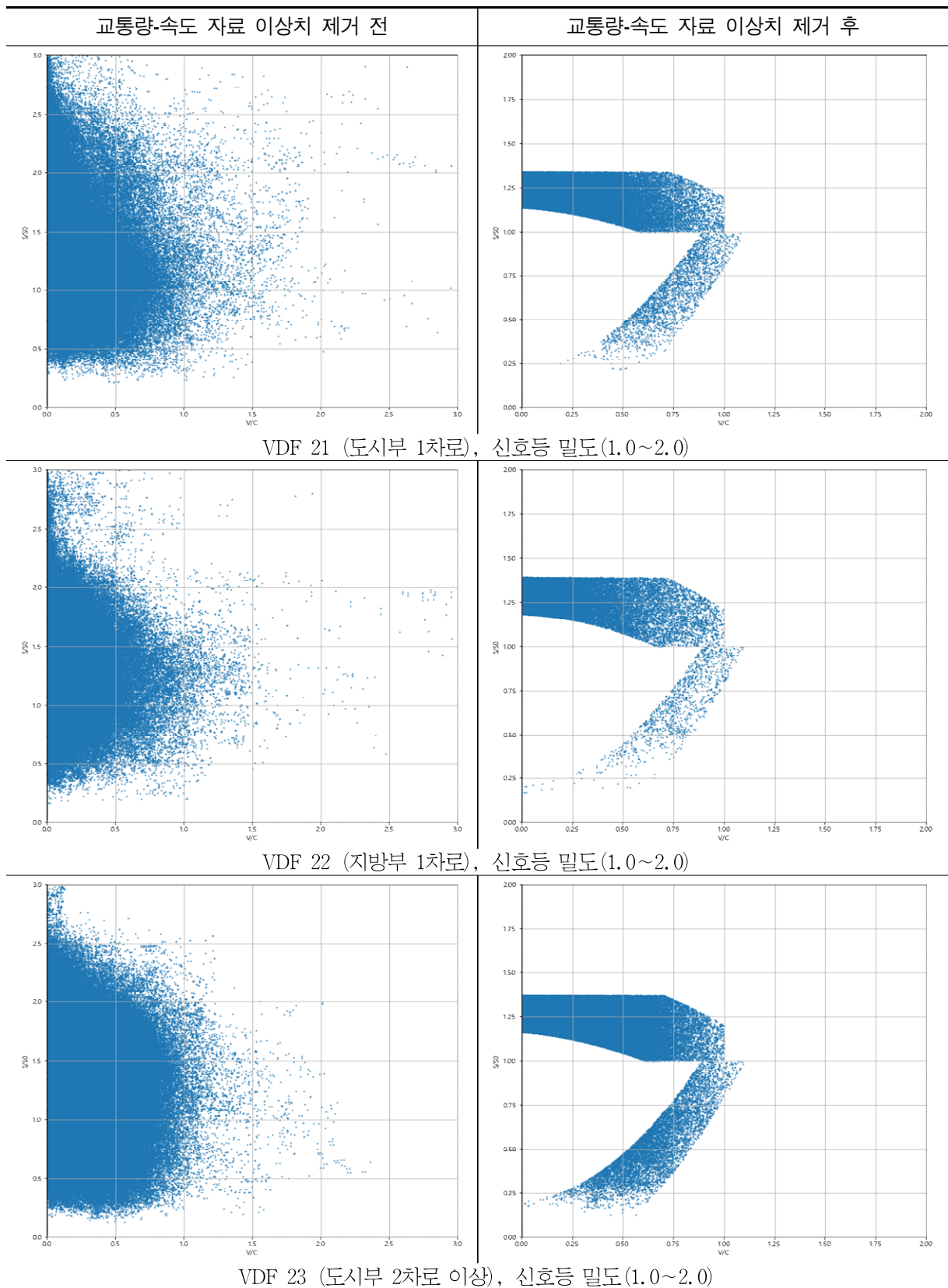


VDF 19 (도시부 2차로 이상), 신호등 밀도(0.7~1.0)



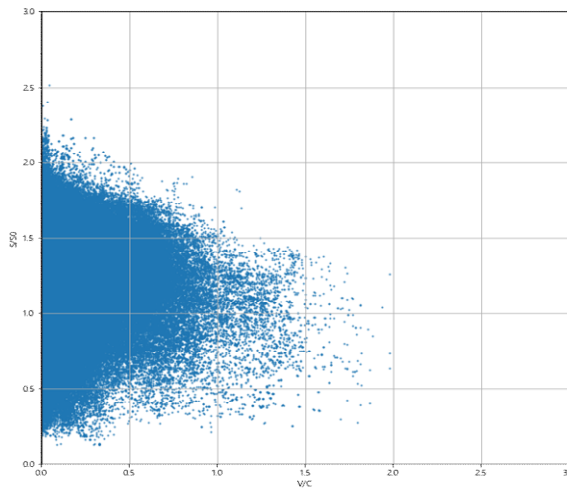
VDF 20 (지방부 2차로 이상), 신호등 밀도(0.7~1.0)

<그림 계속> 단속류 교통류-속도 관계에 따른 이상치 제거

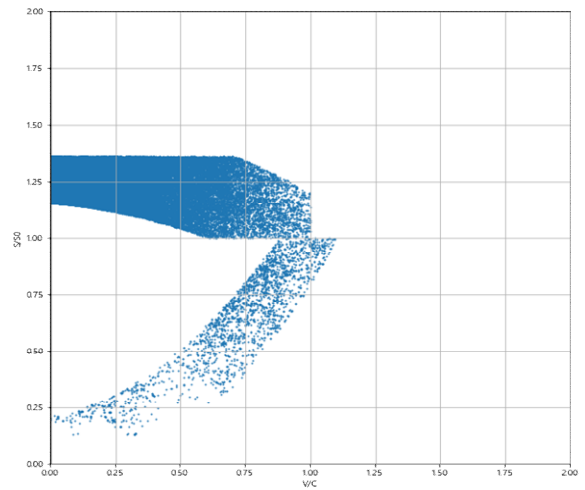


<그림 계속> 단속류 교통류-속도 관계에 따른 이상치 제거

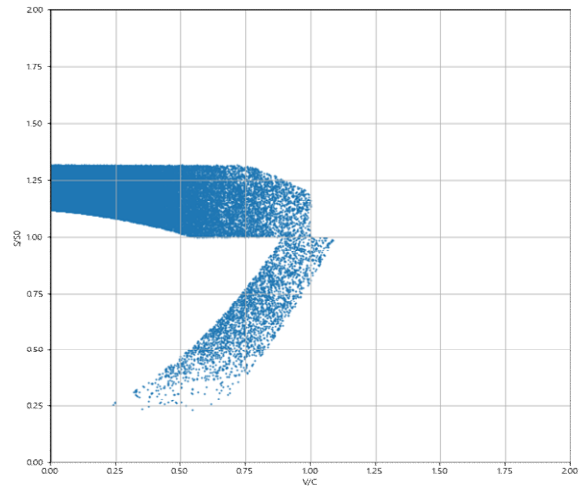
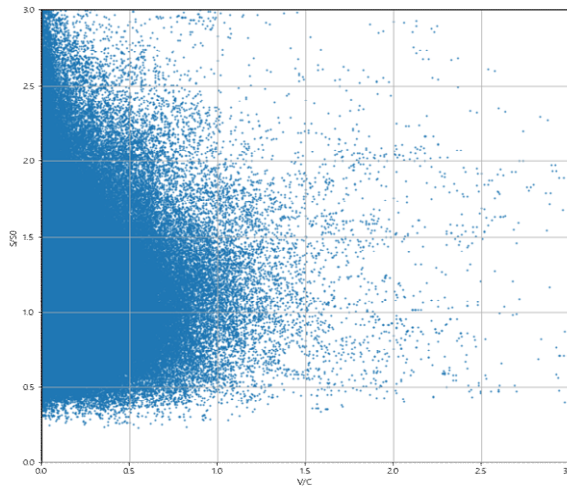
교통량-속도 자료 이상치 제거 전



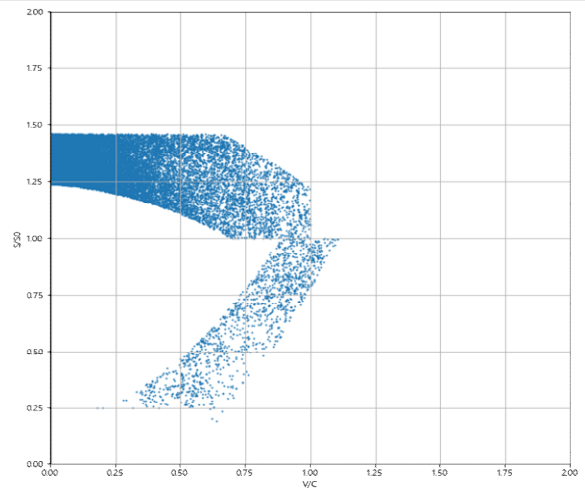
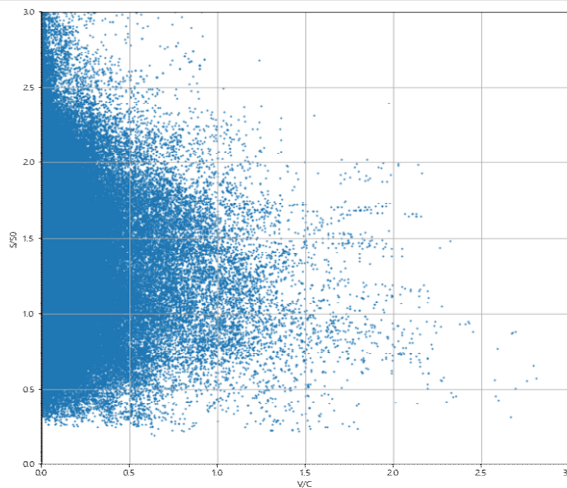
교통량-속도 자료 이상치 제거 후



VDF 24 (지방부 2차로 이상), 신호등 밀도(1.0~2.0)



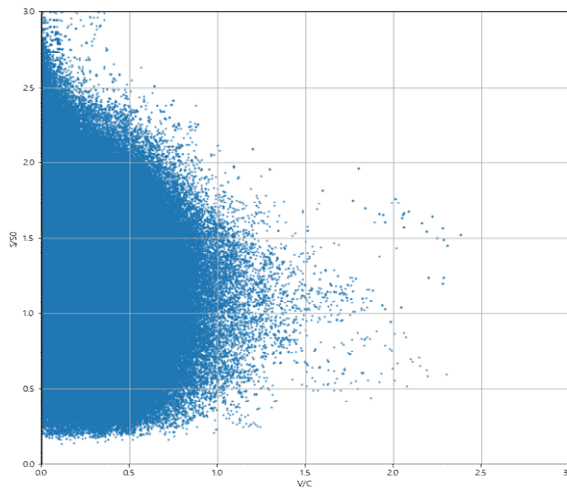
VDF 25 (도시부 1차로), 신호등 밀도(2.0~4.0)



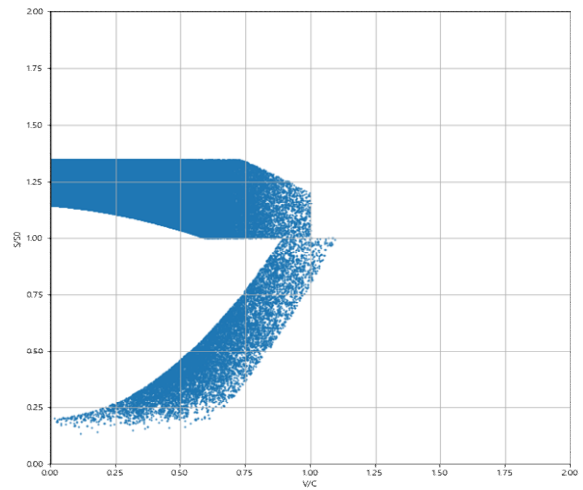
VDF 26 (지방부 1차로), 신호등 밀도(2.0~4.0)

<그림 계속> 단속류 교통류-속도 관계에 따른 이상치 제거

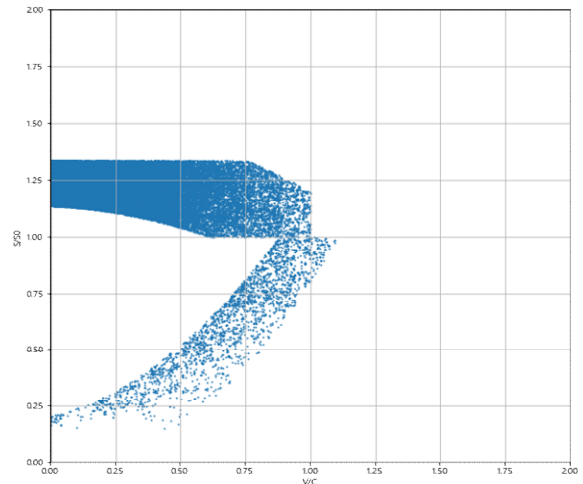
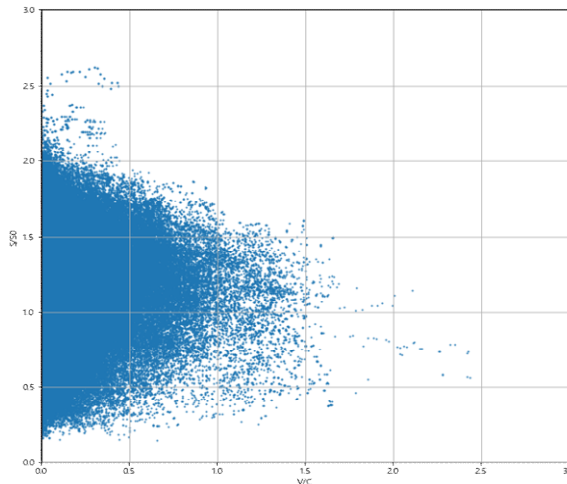
교통량-속도 자료 이상치 제거 전



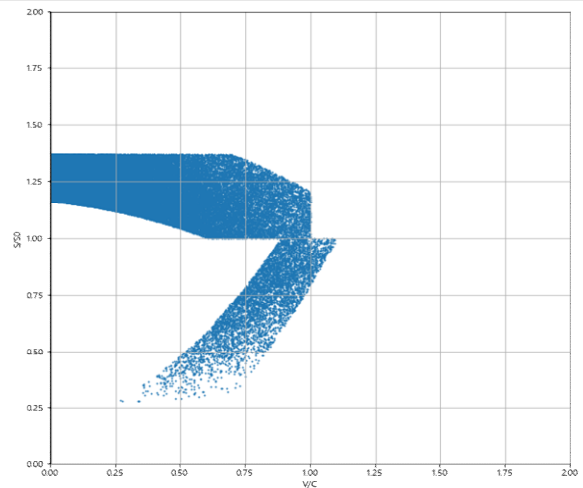
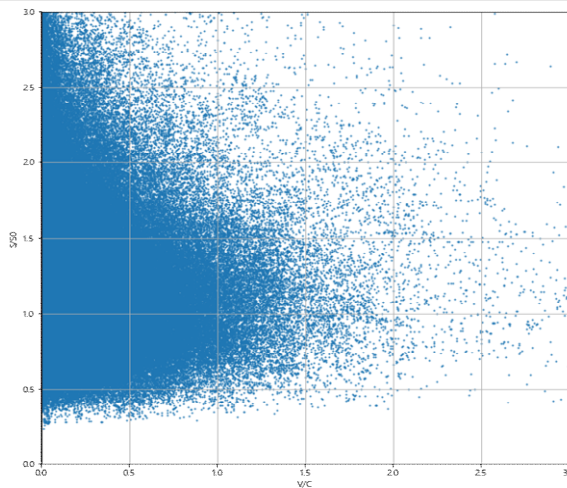
교통량-속도 자료 이상치 제거 후



VDF 27 (도시부 2차로 이상), 신호등 밀도(2.0~4.0)



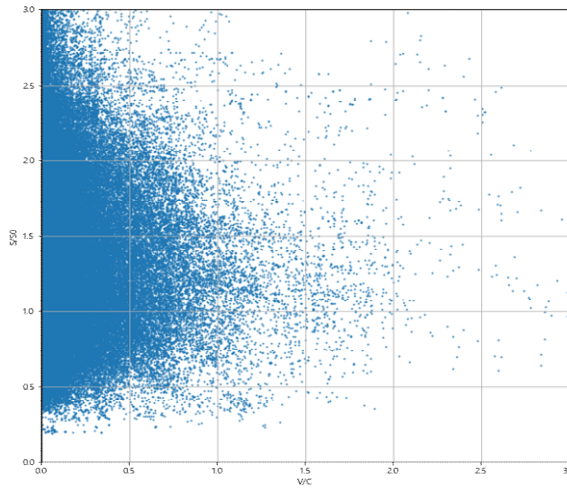
VDF 28 (지방부 2차로 이상), 신호등 밀도(2.0~4.0)



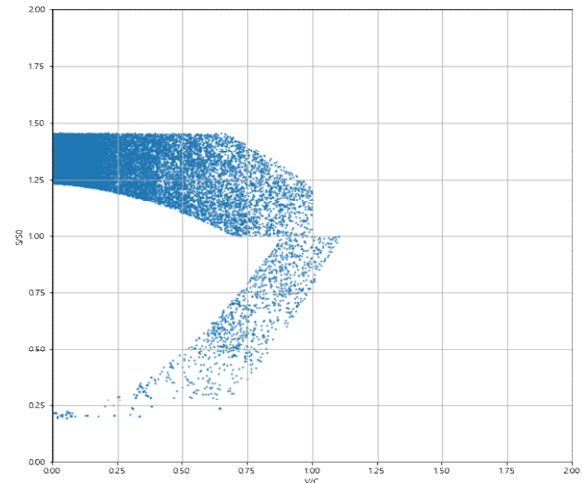
VDF 29 (도시부 1차로), 신호등 밀도(4.0 이상)

<그림 계속> 단속류 교통류-속도 관계에 따른 이상치 제거

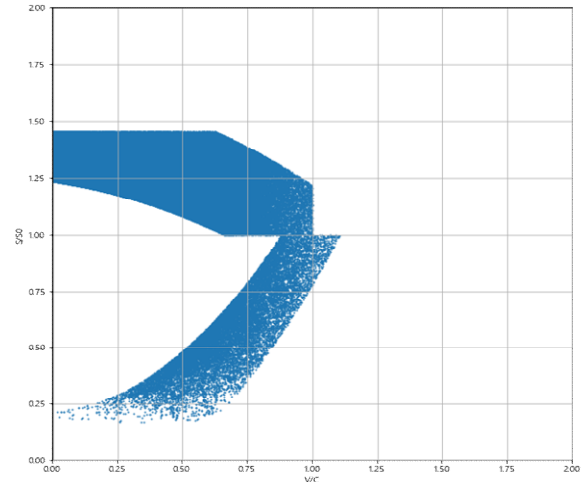
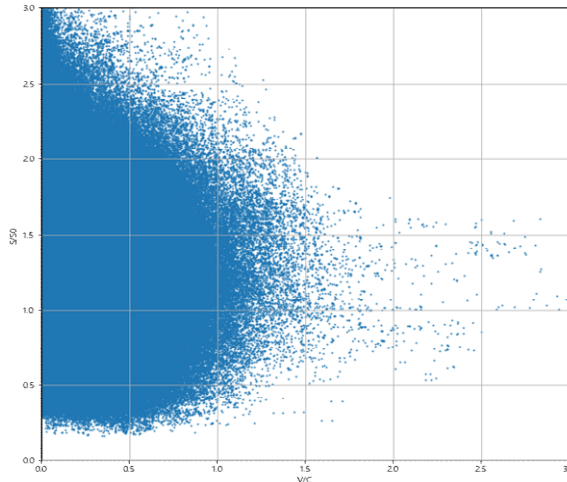
교통량-속도 자료 이상치 제거 전



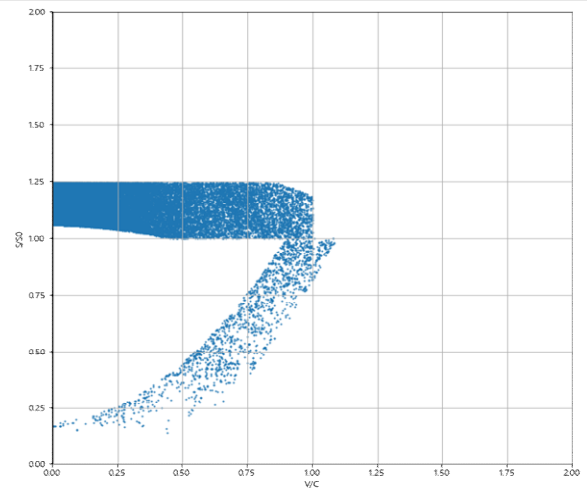
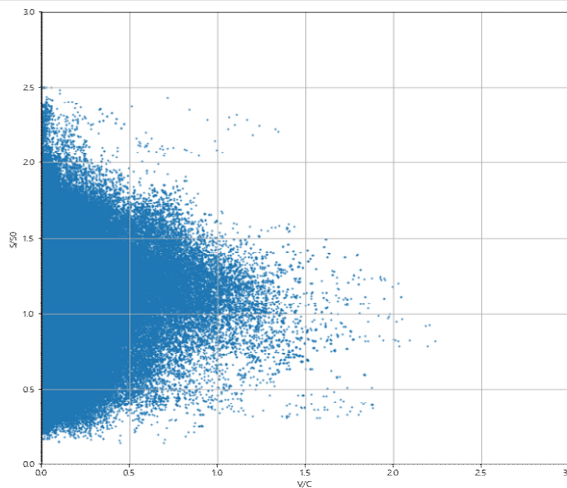
교통량-속도 자료 이상치 제거 후



VDF 30 (지방부 1차로), 신호등 밀도(4.0 이상)



VDF 31 (도시부 2차로 이상), 신호등 밀도(4.0 이상)



VDF 32 (지방부 2차로 이상), 신호등 밀도(4.0 이상)

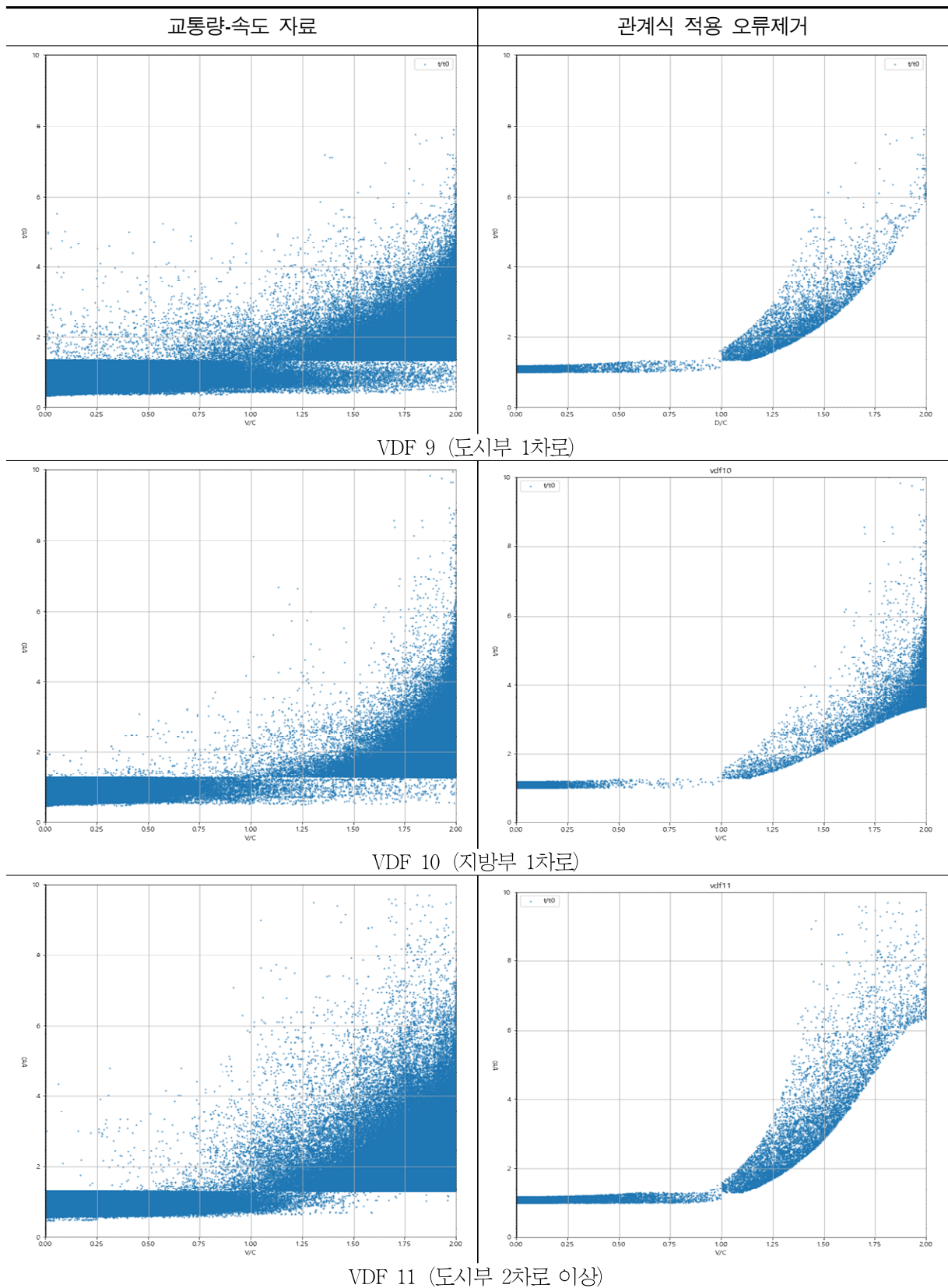
<그림 계속> 단속류 교통류-속도 관계에 따른 이상치 제거

5. 통행량-통행시간 관계로 전환

- 연속류와 같은 방법으로 교통수요가 용량을 초과하여 교통량이 교통수요보다 적은 불안정류 상태에는 교통량을 교통수요로 전환함
 - IF 교통수요(D) > 용량(C) THEN 교통량(V) < 교통수요(D) (강제류 상태)
 - IF 교통수요(D) ≤ 용량(C) THEN 교통량(V) = 교통수요(D) (안정류 상태)
- 이를 위하여 「2008년 국가교통조사 및 DB구축 사업」(도로통행비용함수 구축관련 조사연구)에서 검증된 용량 대칭방법을 적용하여 교통수요(통행량)를 추정하고 통행량(D/C)-통행시간(t/t₀) 관계로 분석 자료를 구축함
- 통행량-통행시간 관계로 변환 한 후 통행량으로 전환된 V/C와 통행시간(속도)과의 관계를 고려하여 추가적으로 3차 오류검토를 수행하였고 최종적으로 도로통행비용함수 추정에 활용되는 자료 수는 다음과 같음
 - $V/C \leq 0.45$ 이고 통행시간(t) ≥ 임계통행시간(t_c) (속도(s) ≤ 임계속도(s_c))
 - 통행시간(t) > 자유통행시간(t₀) (속도(s) > 자유속도(s₀))
 - $V/C > 1$ 이고 통행시간(t) ≤ 임계통행시간(t_c) (속도(s) ≥ 임계속도(s_c))
- 안정류와 불안정류의 자료 개수 차이가 크게 발생하여 VDF별 최소 자료 개수 기준으로 표본수를 맞춰 α , β 를 추정함
 - 안정류의 자료 개수가 불안정류 보다 월등히 많아 파라미터 추정시 안정류의 영향이 크게 작용하기 때문에 파라미터 추정시에는 불안정류 자료 개수에 맞추어 분석을 수행함
- 최종적으로 도로통행비용함수 α , β 파라미터 추정에 활용되는 VDF 등급별 자료 수는 다음과 같음

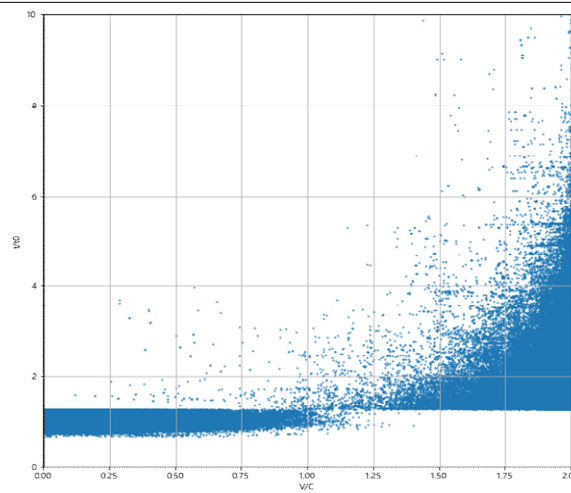
<표 2-40> 단속류 도로통행비용함수(VDF) 등급별 안정류/불안정류 자료 개수

구분	지역 구분	VDF	차로 구분	최초 자료		최종 자료		분석 자료	
				안정류	불안정류	안정류	불안정류	안정류	불안정류
1등급	도시부	9	1차로	474, 215	690, 023	123, 035	5, 331	5, 331	5, 331
	지방부	10		1, 663, 038	646, 789	570, 291	14, 535	14, 535	14, 535
	도시부	11	2차로 이상	251, 439	288, 315	67, 064	8, 502	8, 502	8, 502
	지방부	12		478, 385	340, 294	187, 624	1, 574	1, 574	1, 574
2등급	도시부	13	1차로	67, 571	18, 673	18, 569	475	475	475
	지방부	14		284, 801	100, 887	96, 703	893	893	893
	도시부	15	2차로 이상	113, 434	41, 992	31, 840	1, 600	1, 600	1, 600
	지방부	16		196, 270	58, 535	64, 792	1, 201	1, 201	1, 201
3등급	도시부	17	1차로	56, 576	16, 135	16, 143	363	363	363
	지방부	18		117, 951	28, 886	32, 637	467	467	467
	도시부	19	2차로 이상	101, 561	26, 422	27, 085	1, 158	1, 158	1, 158
	지방부	20		111, 929	35, 242	36, 940	743	743	743
4등급	도시부	21	1차로	179, 391	95, 164	59, 608	2, 585	2, 585	2, 585
	지방부	22		191, 960	60, 752	52, 940	1, 137	1, 137	1, 137
	도시부	23	2차로 이상	488, 229	190, 193	126, 936	9, 053	9, 053	9, 053
	지방부	24		274, 278	114, 622	100, 696	2, 572	2, 572	2, 572
5등급	도시부	25	1차로	224, 834	135, 908	75, 949	3, 094	3, 094	3, 094
	지방부	26		122, 602	44, 851	29, 411	1, 298	1, 298	1, 298
	도시부	27	2차로 이상	978, 260	500, 048	301, 064	13, 707	13, 707	13, 707
	지방부	28		249, 670	141, 401	86, 566	2, 724	2, 724	2, 724
6등급	도시부	29	1차로	237, 028	122, 615	75, 963	5, 757	5, 757	5, 757
	지방부	30		111, 363	39, 393	24, 812	1, 160	1, 160	1, 160
	도시부	31	2차로 이상	1, 111, 801	564, 886	358, 329	19, 420	19, 420	19, 420
	지방부	32		160, 703	148, 540	56, 632	1, 816	1, 816	1, 816
합계				8, 247, 289	4, 450, 566	2, 621, 629	101, 165	101, 165	101, 165

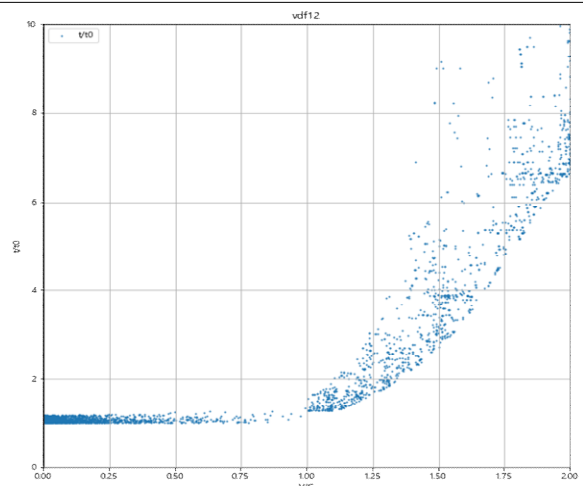


<그림 2-38> 단속류 도로통행비용함수 파라미터 분석을 위한 데이터 셋(계속)

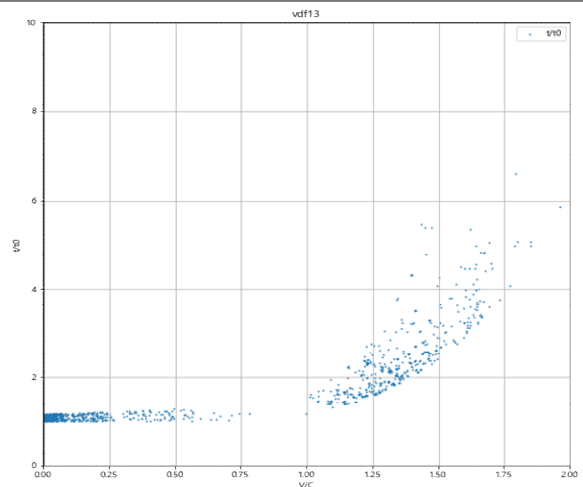
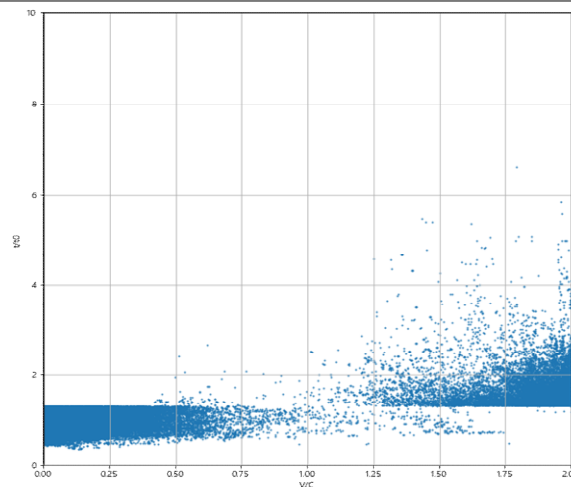
교통량-속도 자료



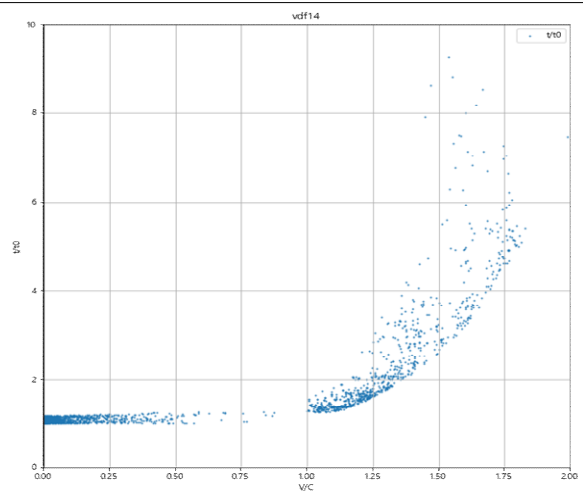
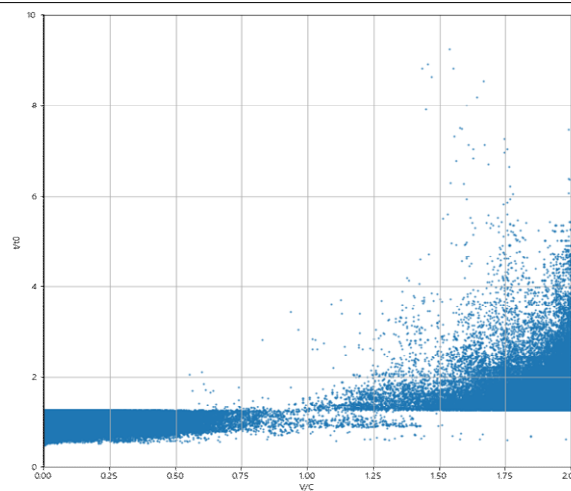
관계식 적용 오류제거



VDF 12 (지방부 2차로 이상)

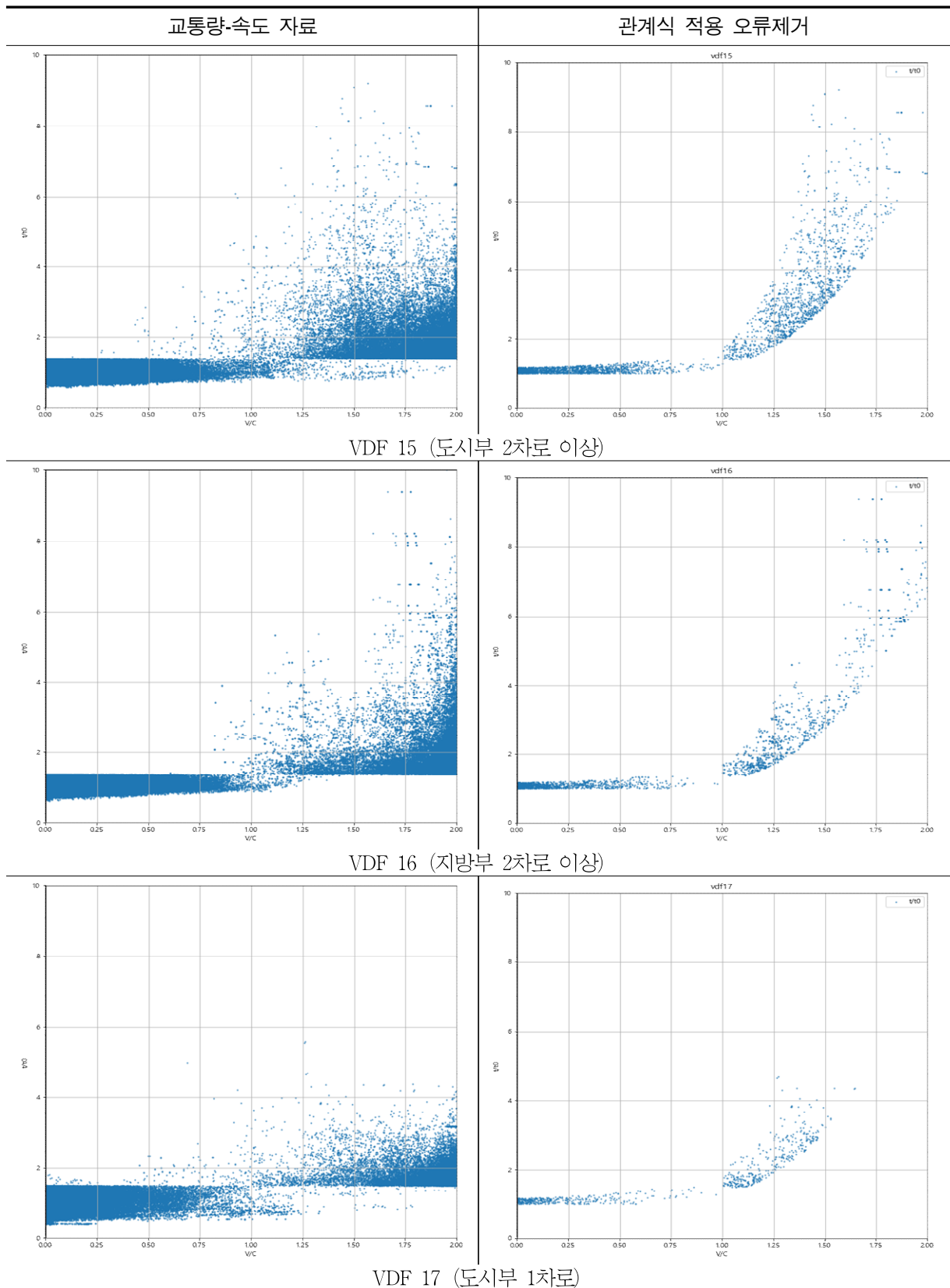


VDF 13 (도시부 1차로)



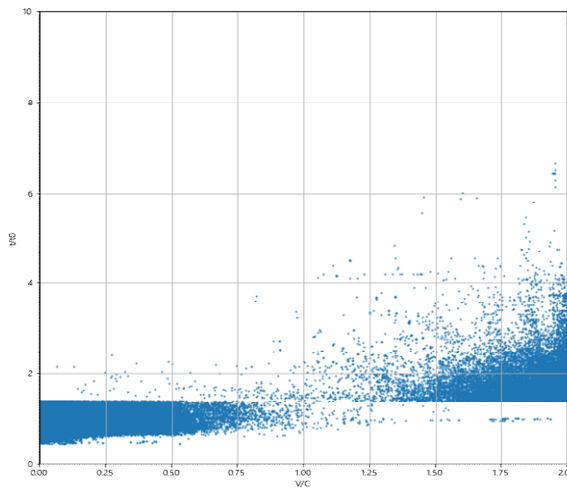
VDF 14 (지방부 1차로)

<그림 계속> 단속류 도로통행비용함수 파라미터 분석을 위한 데이터 셋

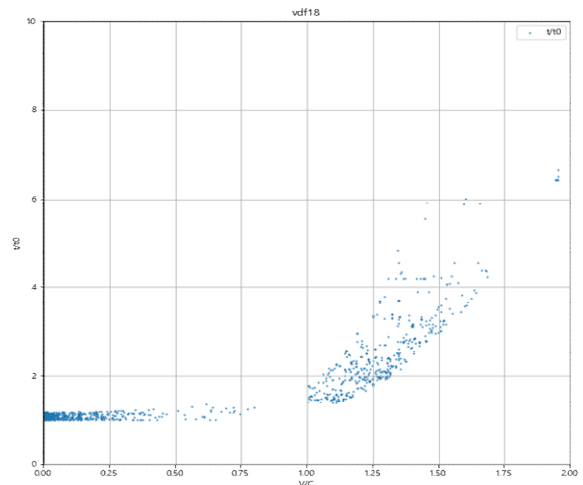


<그림 계속> 단속류 도로통행비용함수 파라미터 분석을 위한 데이터 셋

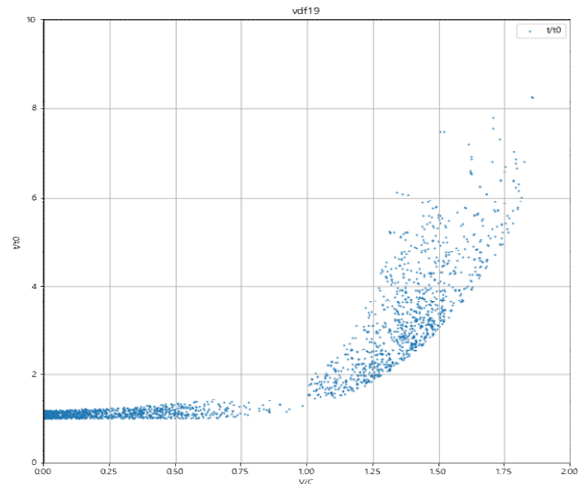
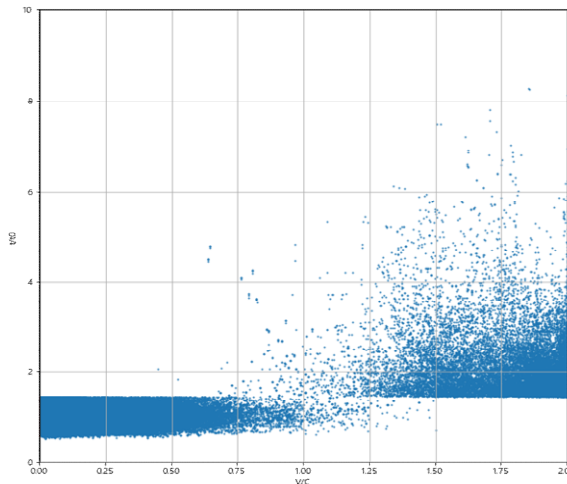
교통량-속도 자료



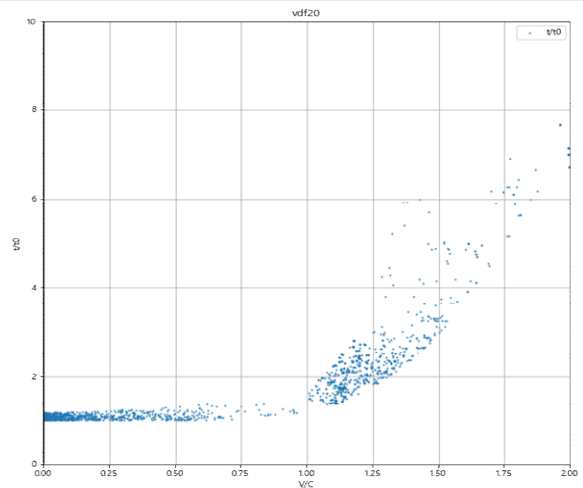
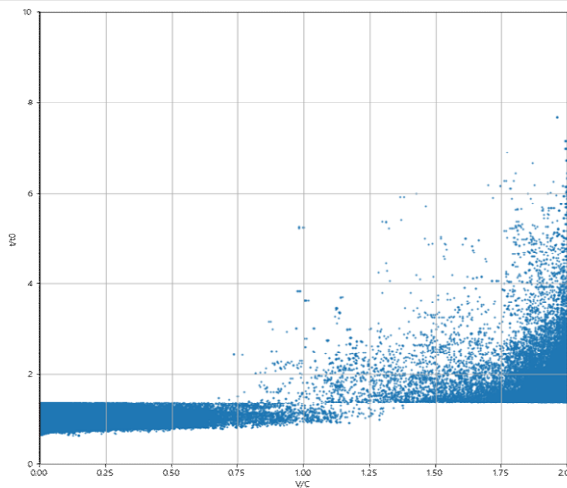
관계식 적용 오류제거



VDF 18 (지방부 1차로)

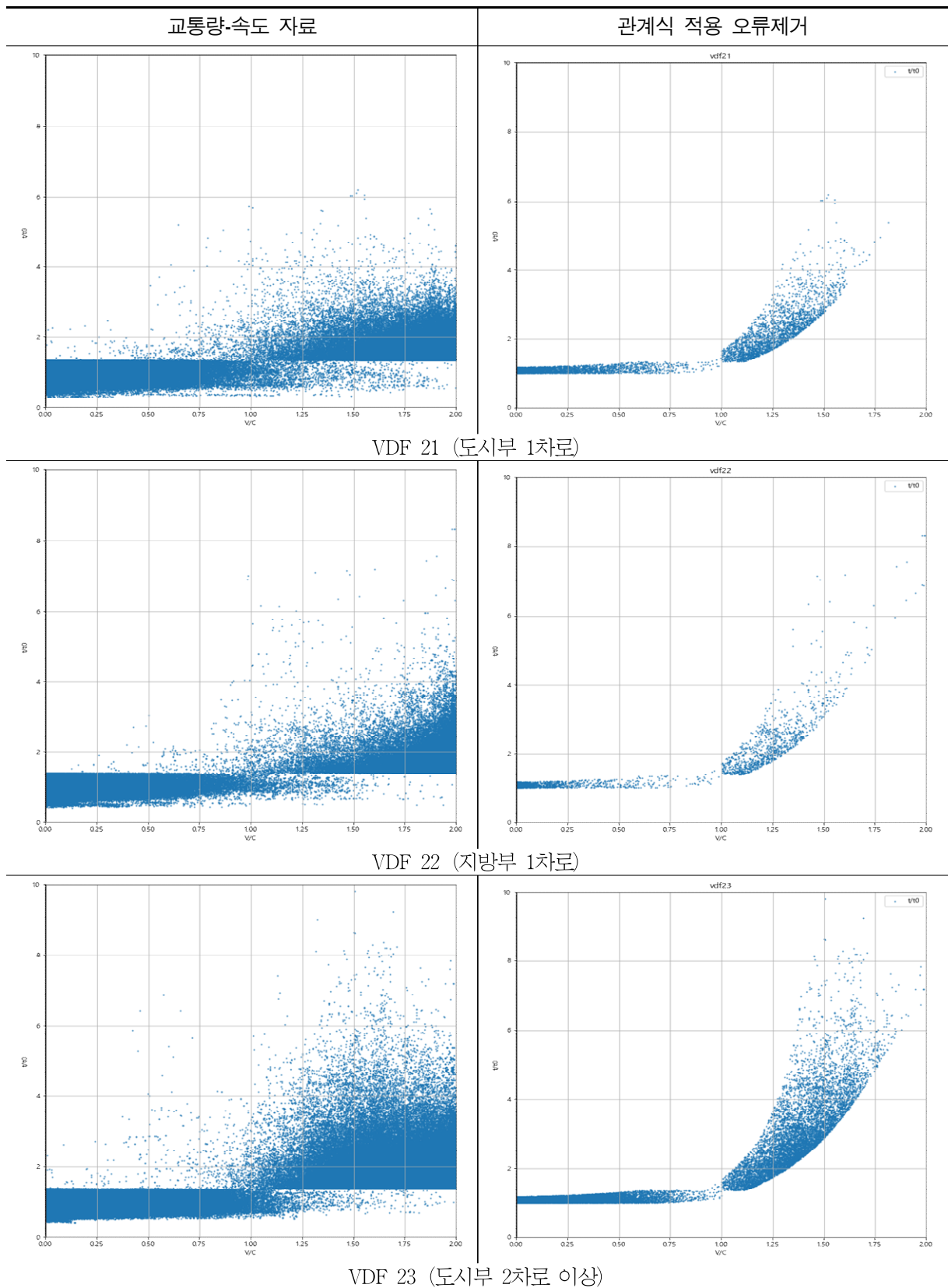


VDF 19 (도시부 2차로 이상)



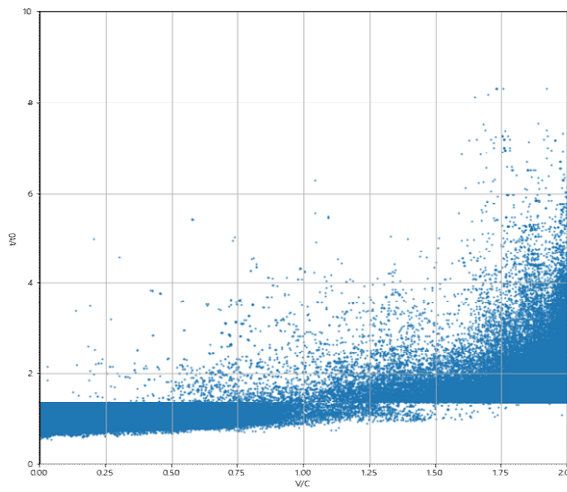
VDF 20 (지방부 2차로 이상)

<그림 계속> 단속류 도로통행비용함수 파라미터 분석을 위한 데이터 셋

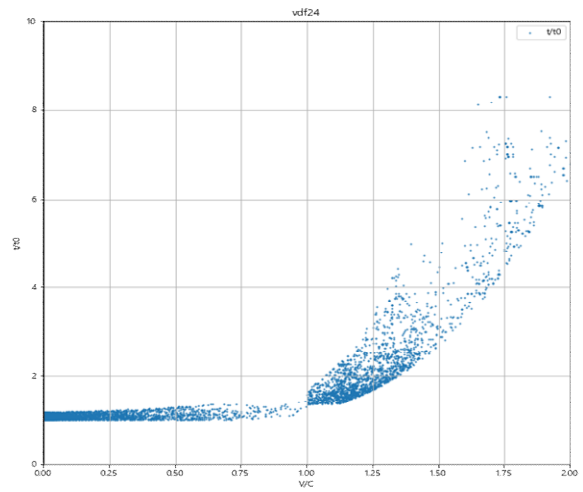


<그림 계속> 단속류 도로통행비용함수 파라미터 분석을 위한 데이터 셋

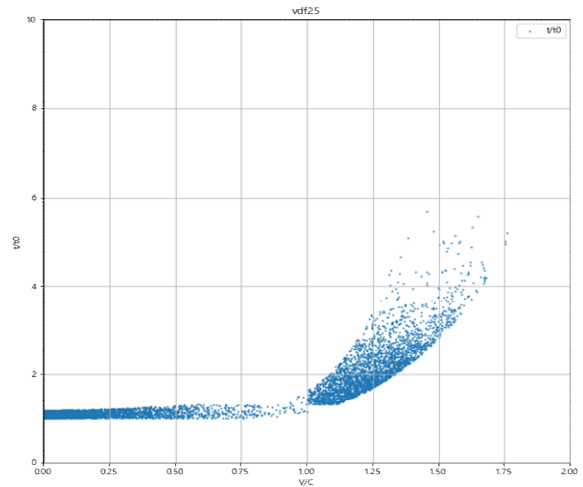
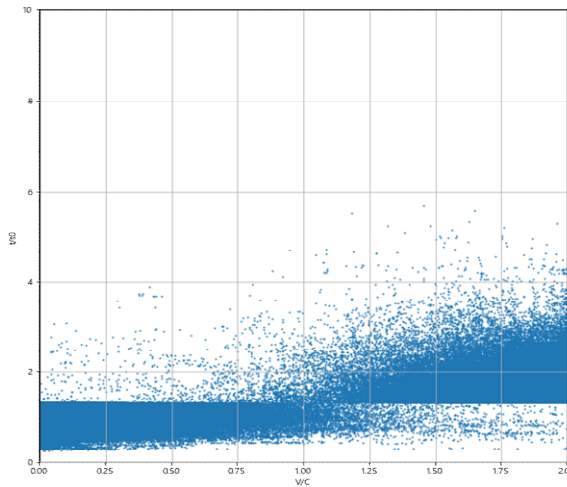
교통량-속도 자료



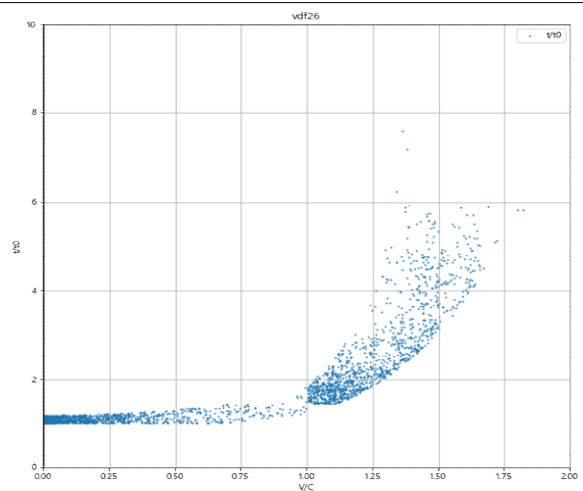
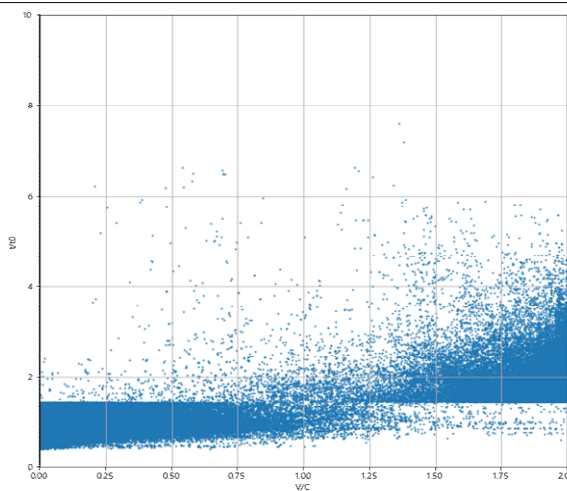
관계식 적용 오류제거



VDF 24 (지방부 2차로 이상)

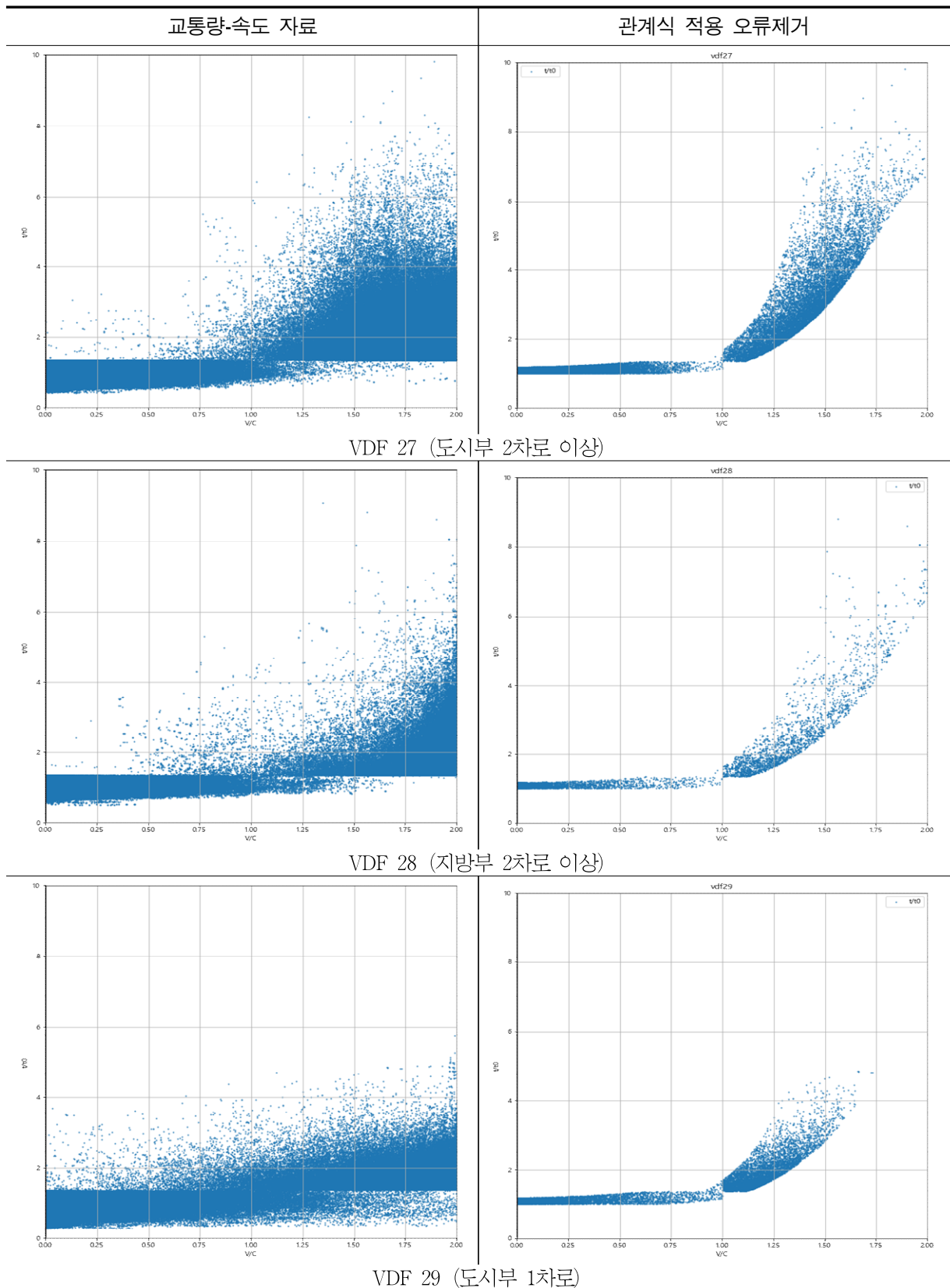


VDF 25 (도시부 1차로)

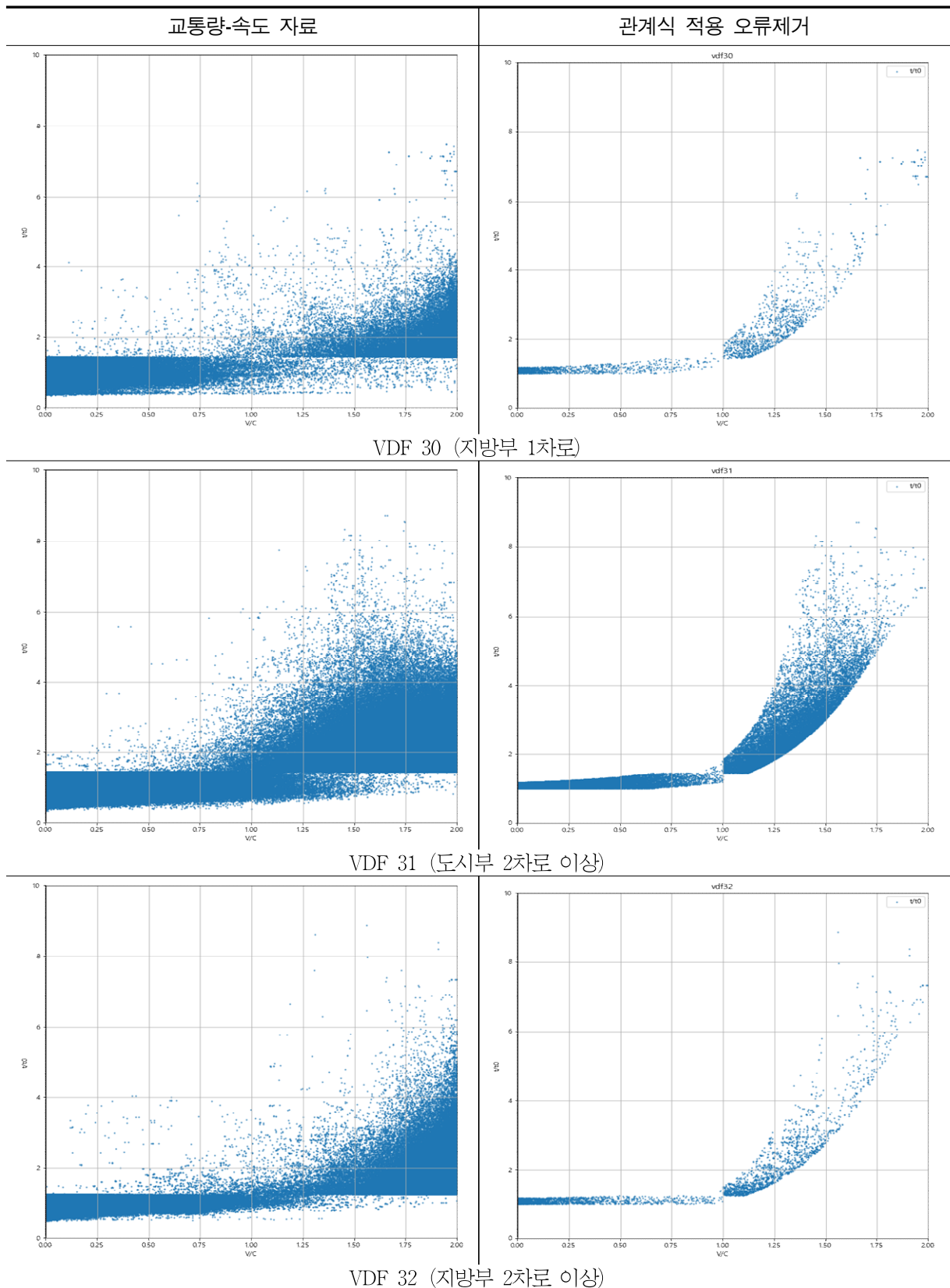


VDF 26 (지방부 1차로)

<그림 계속> 단속류 도로통행비용함수 파라미터 분석을 위한 데이터 셋



<그림 계속> 단속류 도로통행비용함수 파라미터 분석을 위한 데이터 셋



<그림 계속> 단속류 도로통행비용함수 파라미터 분석을 위한 데이터 셋

6. 단속류 도로통행비용함수 파라미터 산정

가. 단속류 도로통행비용함수 파라미터 산정 방안

- 연속류의 방법과 동일하게, α 와 β 파라미터를 0.01 만큼 변화시켜 통행시간(t)에 대한 BPR식 α , β 대안에 따른 추정값과 데이터의 실측값간의 오차(RMSE)가 최소화 되는 최적 파라미터를 찾음
- α 는 0.00 에서부터 용량상태인 임계속도가 자유통행속도의 절반이 되는 1.00 까지 0.01 단위로 변화를 시켰고 β 는 0.00 에서부터 최대 10.00 까지 0.01 단위로 변화를 시킴
- $100(\alpha) \times 1,000(\beta) = 100,000$ 개 대안 분석

<표 2-41> α , β 파라미터 범위별 최적 대안 산정 결과(VDF9)

α 범위에 따른 최적 대안			
VDF9	α	β	RMSE
RMSE 최소	0.45	3.59	0.321
RMSE 최대	1	10	109.661
$0.0 < \alpha < 0.1$	0.09	6.37	0.570
$0.1 \leq \alpha < 0.2$	0.19	5.15	0.430
$0.2 \leq \alpha < 0.3$	0.29	4.41	0.357
$0.3 \leq \alpha < 0.4$	0.39	3.87	0.326
$0.4 \leq \alpha < 0.5$	0.45	3.59	0.321
$0.5 \leq \alpha < 0.6$	0.5	3.39	0.324
$0.6 \leq \alpha < 0.7$	0.6	3.02	0.341
$0.7 \leq \alpha < 0.8$	0.7	2.7	0.370
$0.8 \leq \alpha < 0.9$	0.8	2.4	0.404
$0.9 \leq \alpha \leq 1.0$	0.9	2.14	0.441

α Range	RMSE
$0.0 < \alpha < 0.1$	0.570
$0.1 \leq \alpha < 0.2$	0.430
$0.2 \leq \alpha < 0.3$	0.357
$0.3 \leq \alpha < 0.4$	0.326
$0.4 \leq \alpha < 0.5$	0.321
$0.5 \leq \alpha < 0.6$	0.324
$0.6 \leq \alpha < 0.7$	0.341
$0.7 \leq \alpha < 0.8$	0.370
$0.8 \leq \alpha < 0.9$	0.404
$0.9 \leq \alpha \leq 1.0$	0.441

β 범위에 따른 최적 대안			
VDF9	α	β	RMSE
RMSE 최소	0.45	3.59	0.321
RMSE 최대	1	10	109.661
$0 < \beta < 1$	1	0.99	0.627
$1 \leq \beta < 2$	0.87	1.99	0.446
$2 \leq \beta < 3$	0.59	2.99	0.341
$3 \leq \beta < 4$	0.45	3.59	0.321
$4 \leq \beta < 5$	0.37	4	0.330
$5 \leq \beta < 6$	0.22	5	0.409
$6 \leq \beta < 7$	0.12	6	0.521
$7 \leq \beta < 8$	0.07	7	0.635
$8 \leq \beta < 9$	0.03	8.06	0.740
$9 \leq \beta \leq 10$	0.02	9	0.825

β Range	RMSE
$0 < \beta < 1$	0.627
$1 \leq \beta < 2$	0.446
$2 \leq \beta < 3$	0.341
$3 \leq \beta < 4$	0.321
$4 \leq \beta < 5$	0.330
$5 \leq \beta < 6$	0.409
$6 \leq \beta < 7$	0.521
$7 \leq \beta < 8$	0.635
$8 \leq \beta < 9$	0.740
$9 \leq \beta \leq 10$	0.825

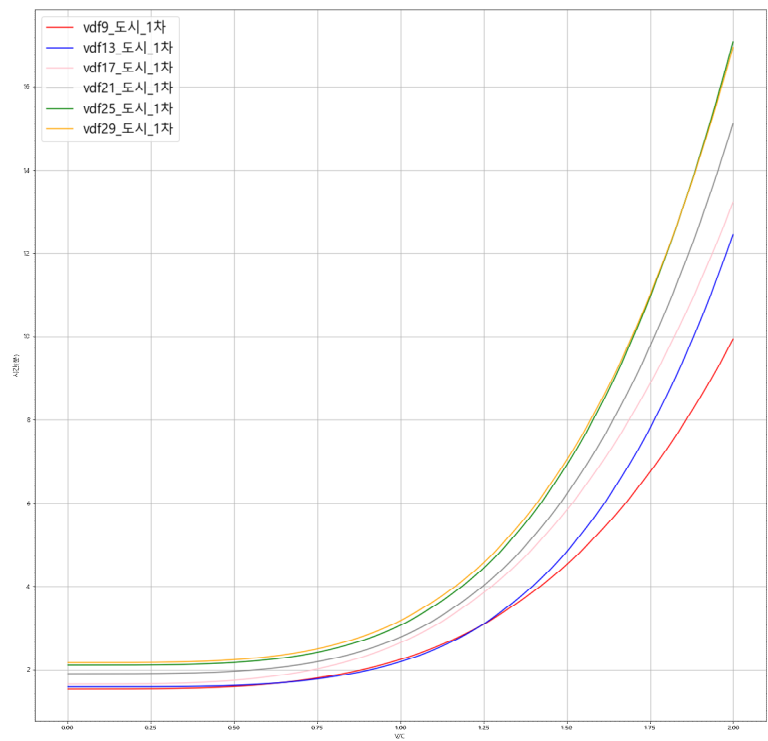
- VDF 9의 RMSE가 가장 작은 α , β 값은 각각 0.45, 3.59로 나타났으며, 대부분의 VDF 등급에서 VDF 9와 같은 형태로 RMSE가 분포됨

나. 단속류 도로통행비용함수 파라미터 산정

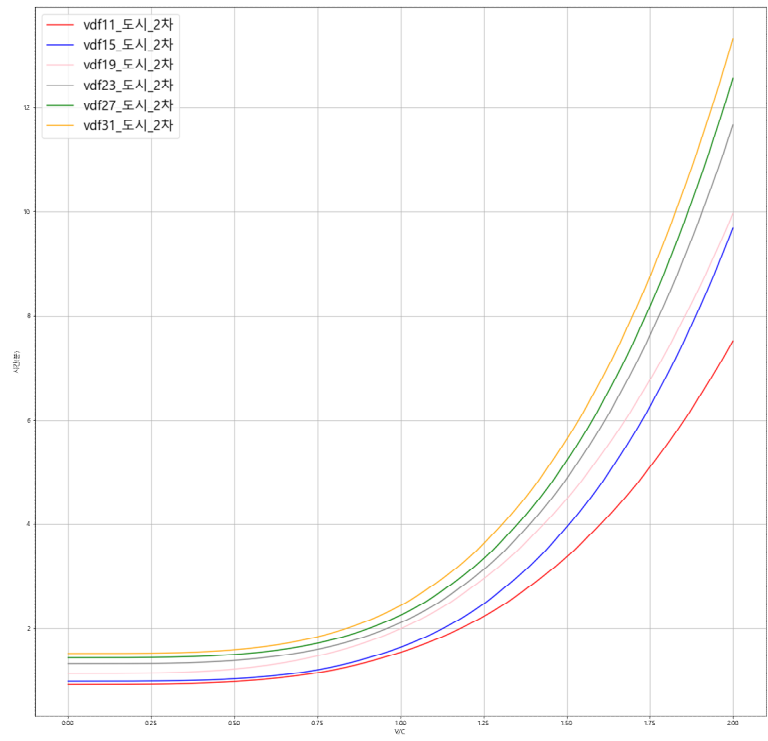
- 단속류의 경우 연속류와 다르게 RMSE가 최소가 되는 α , β 를 선정함
 - 연속류의 경우 α 를 고정하고 RMSE가 최소가 되는 β 값을 산출함
- 최종으로 산정된 α , β 를 이용하여 통행시간을 검토하여 VDF 등급간에 역전현상을 검토함
 - 지역구분과 차로수 등급이 같은 VDF 등급간에 역전현상을 검토하여 역전현상이 발생하는 VDF 등급은 역전이 되지 않도록 조정함

<표 2-42> 단속류 α , β 파라미터 산정 결과

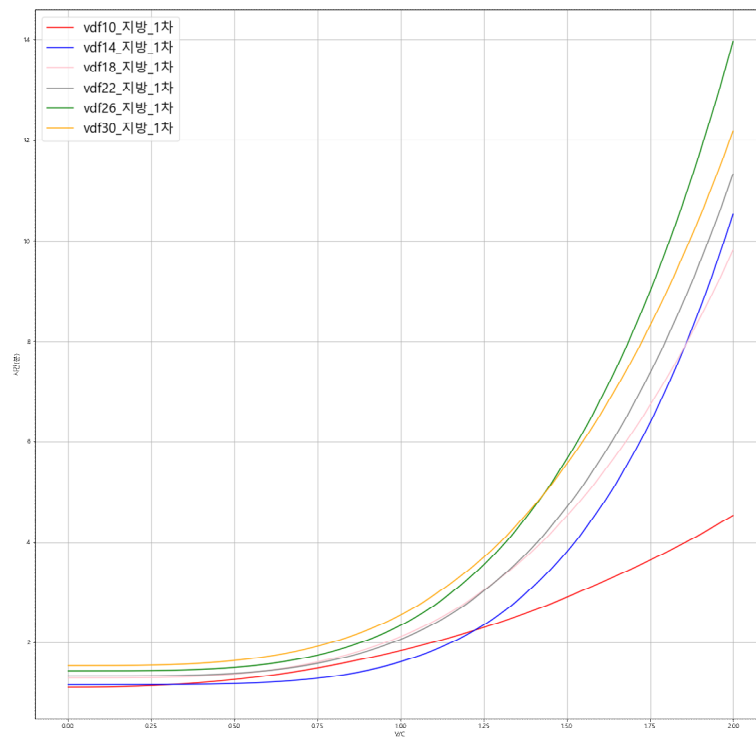
구분	지역구분	VDF	차로구분	RMSE 최소 파라미터			역전 현상 수정		
				α	β	RMSE	α	β	RMSE
1등급	도시부	9	1차로	0.45	3.59	0.32	-		
	지방부	10		0.62	2.3	0.86	0.4	3.8	1.69
	도시부	11	2차로이상	0.65	3.45	0.54	-		
	지방부	12		0.72	3.28	0.82	-		
2등급	도시부	13	1차로	0.37	4.2	0.41	0.41	3.98	0.41
	지방부	14		0.38	4.4	0.50	0.38	4.13	0.52
	도시부	15	2차로이상	0.65	3.76	0.70	-		
	지방부	16		0.59	3.76	0.82	0.59	3.48	0.87
3등급	도시부	17	1차로	0.6	3.54	0.29	-		
	지방부	18		0.63	3.38	0.38	0.53	3.58	0.40
	도시부	19	2차로이상	0.75	3.37	0.53	-		
	지방부	20		0.64	3.33	0.35	0.54	3.8	0.39
4등급	도시부	21	1차로	0.47	3.89	0.29	-		
	지방부	22		0.54	3.79	0.33	-		
	도시부	23	2차로이상	0.6	3.71	0.50	-		
	지방부	24		0.47	4.01	0.48	-		
5등급	도시부	25	1차로	0.46	3.95	0.27	-		
	지방부	26		0.63	3.79	0.42	-		
	도시부	27	2차로이상	0.58	3.75	0.45	-		
	지방부	28		0.44	3.9	0.35	0.44	4.15	0.40
6등급	도시부	29	1차로	0.47	3.86	0.22	0.49	3.92	0.23
	지방부	30		0.66	3.39	0.39	0.66	3.7	0.46
	도시부	31	2차로이상	0.62	3.66	0.44	-		
	지방부	32		0.41	4.22	0.34	-		



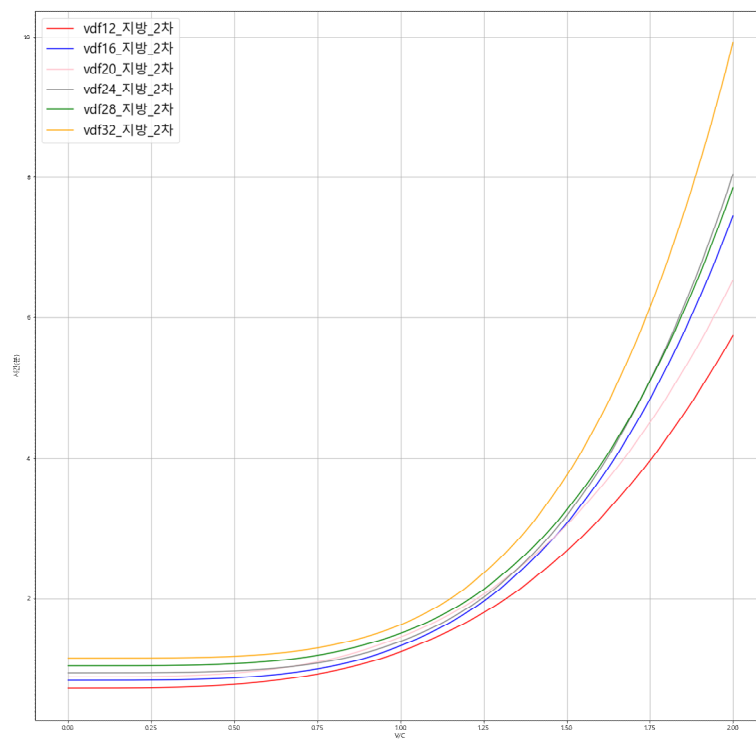
<그림 2-39> 도시부 1차로 VDF별 통행시간 역전현상 검토



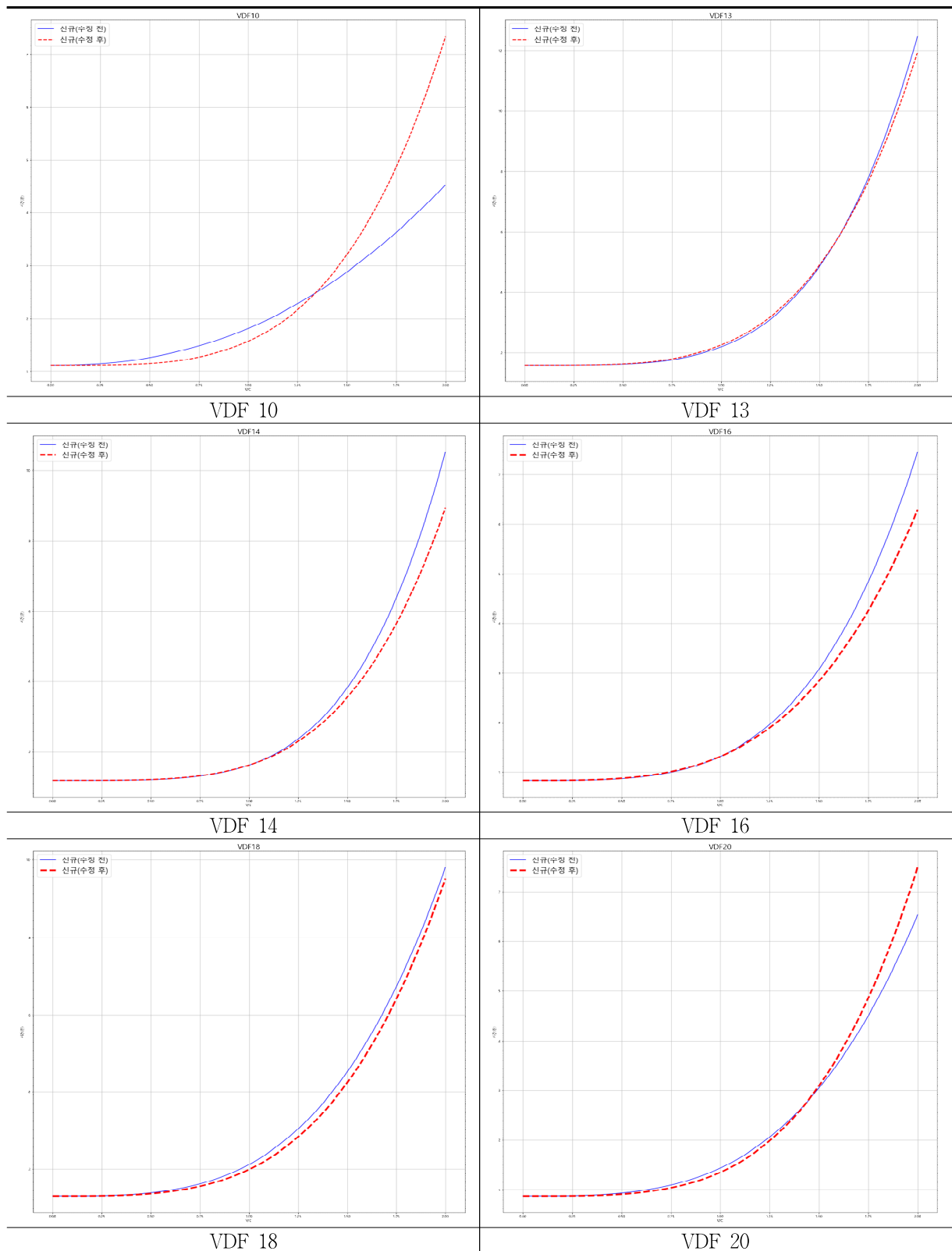
<그림 2-40> 지방부 1차로 VDF별 통행시간 역전현상 검토



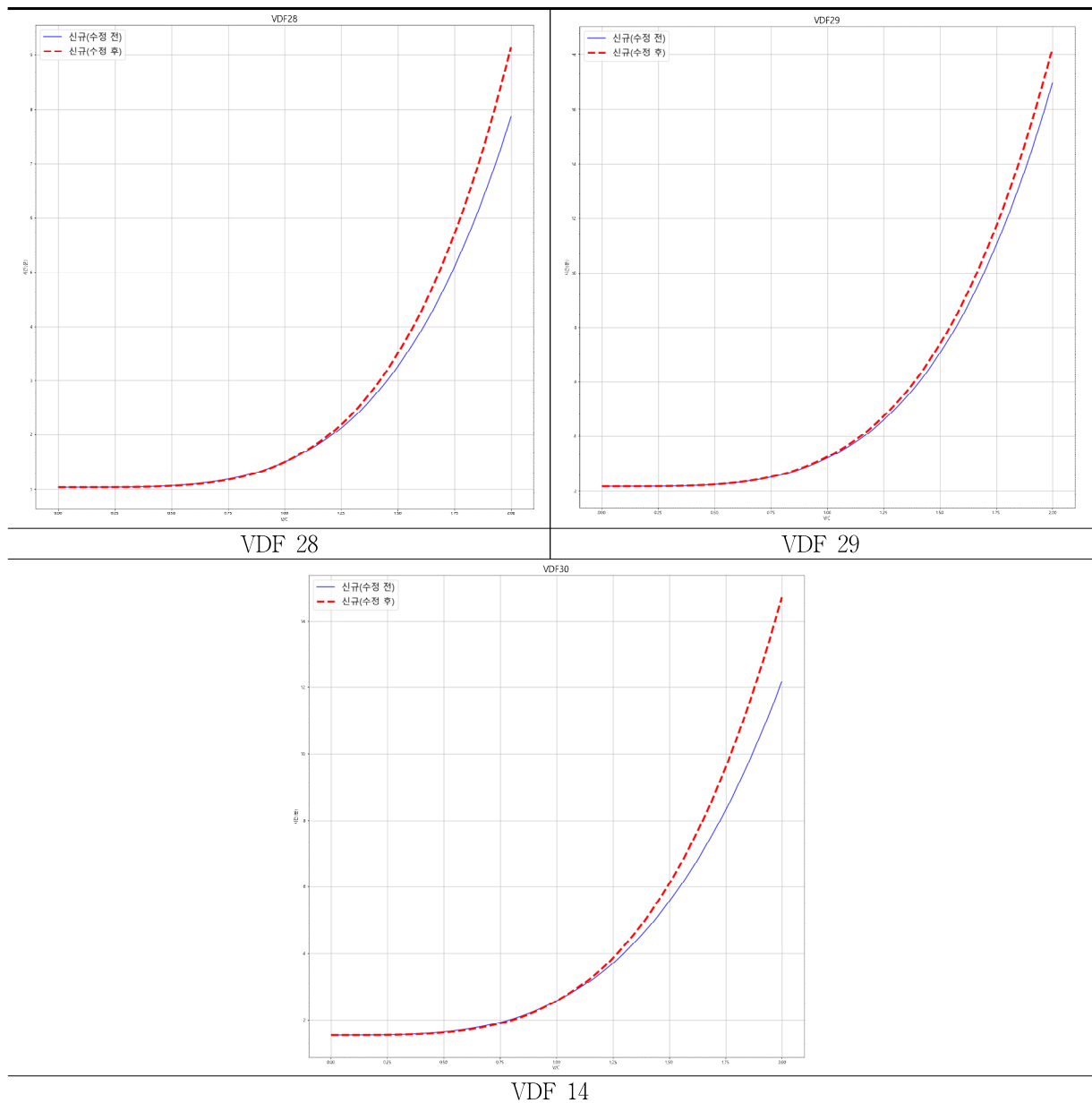
<그림 2-41> 도시부 2차로 VDF별 통행시간 역전현상 검토



<그림 2-42> 지방부 1차로 VDF별 통행시간 역전현상 검토



<그림 2-43> VDF 등급별 역전현상 수정



<그림 계속> VDF 등급별 역전현상 수정

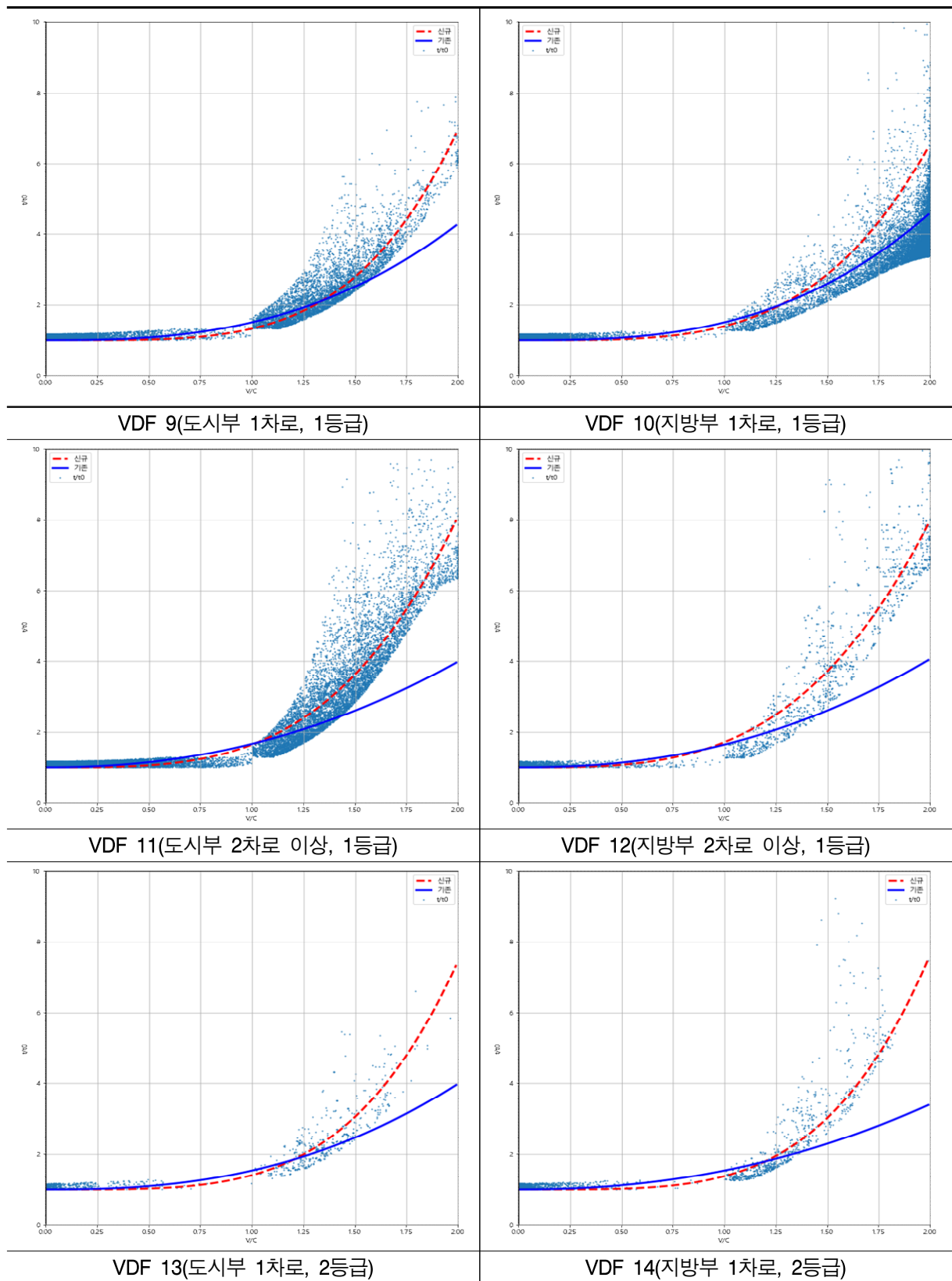
7. 단속류 도로통행비용함수 분석 결과

- 최종 결정된 단속류 도로통행비용함수의 자유속도(t_0), 용량(C), α , β 파라미터를 정리하면 다음과 같음
- 용량은 일부 VDF 등급을 제외하고 기존용량 대비 대부분 소폭 감소하는 것으로 나타남
- α 파라미터는 전체적으로 기존보다 적은 것으로 나타났으며, β 파라미터는 기존 대비 모두 큰 것으로 나타남

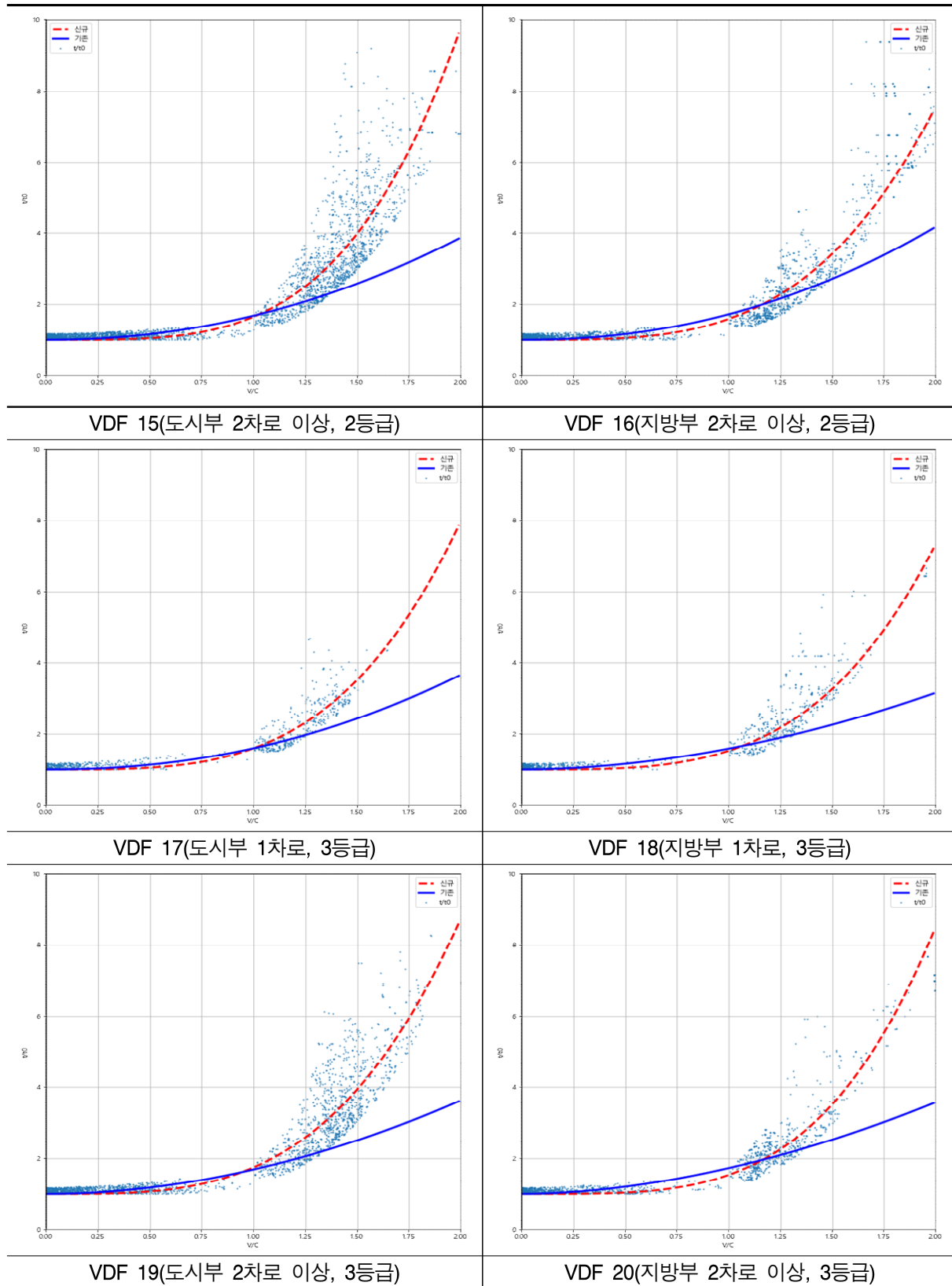
<표 2-43> 단속류 도로통행비용함수 산정 결과

구분	지역구분	VDF	자유속도 (km/h)	기존			개선(신규)		
				용량	BPR 파라미터		용량	BPR 파라미터	
				(pcphpl)	α	β	(pcphpl)	α	β
1등급	도시부	9	38.8	1,100	0.51	2.69	982	0.45	3.59
	지방부	10	53.5	1,090	0.51	2.82	816	0.4	3.8
	도시부	11	64.2	1,420	0.67	2.16	1,404	0.65	3.45
	지방부	12	83.4	1,400	0.65	2.24	1,291	0.72	3.28
2등급	도시부	13	37.5	957	0.54	2.47	870	0.41	3.98
	지방부	14	51.2	925	0.54	2.16	690	0.38	4.13
	도시부	15	60.8	1,341	0.68	2.08	1,301	0.65	3.76
	지방부	16	72.6	1,188	0.72	2.14	1,007	0.59	3.48
3등급	도시부	17	36.1	873	0.6	2.15	827	0.6	3.54
	지방부	18	46.3	767	0.59	1.87	678	0.53	3.58
	도시부	19	52.6	1,242	0.69	1.93	1,219	0.75	3.37
	지방부	20	68.5	971	0.73	1.82	920	0.54	3.8
4등급	도시부	21	31.5	862	0.6	1.92	728	0.47	3.89
	지방부	22	44.9	583	0.63	1.87	573	0.54	3.79
	도시부	23	45.6	985	0.71	1.8	989	0.6	3.71
	지방부	24	64.1	831	0.8	1.81	841	0.47	4.01
5등급	도시부	25	28.4	636	0.67	1.86	697	0.46	3.95
	지방부	26	41.6	580	0.68	1.79	480	0.63	3.79
	도시부	27	42	936	0.72	1.79	988	0.58	3.75
	지방부	28	57.5	756	0.82	1.72	803	0.44	4.15
6등급	도시부	29	27.7	595	0.8	1.82	564	0.49	3.92
	지방부	30	38.9	465	0.72	1.72	446	0.66	3.7
	도시부	31	39.7	801	0.82	1.66	810	0.62	3.66
	지방부	32	52.3	736	0.83	1.7	733	0.41	4.22

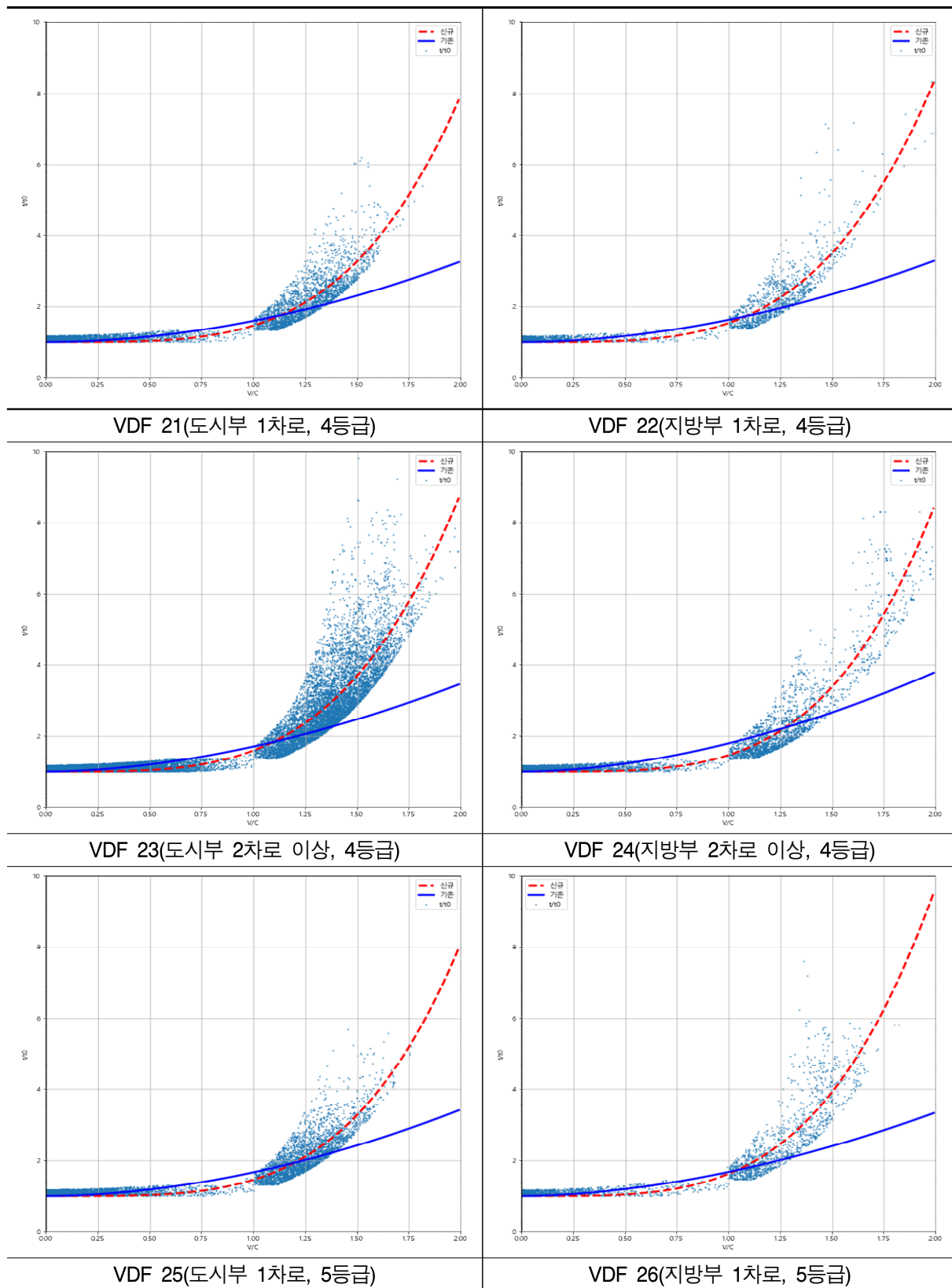
- 연속류와 마찬가지로, 기존 통행비용함수에 비하여 혼잡이 증가함에 따라 통행시간이 급격히 증가하는 것으로 나타남



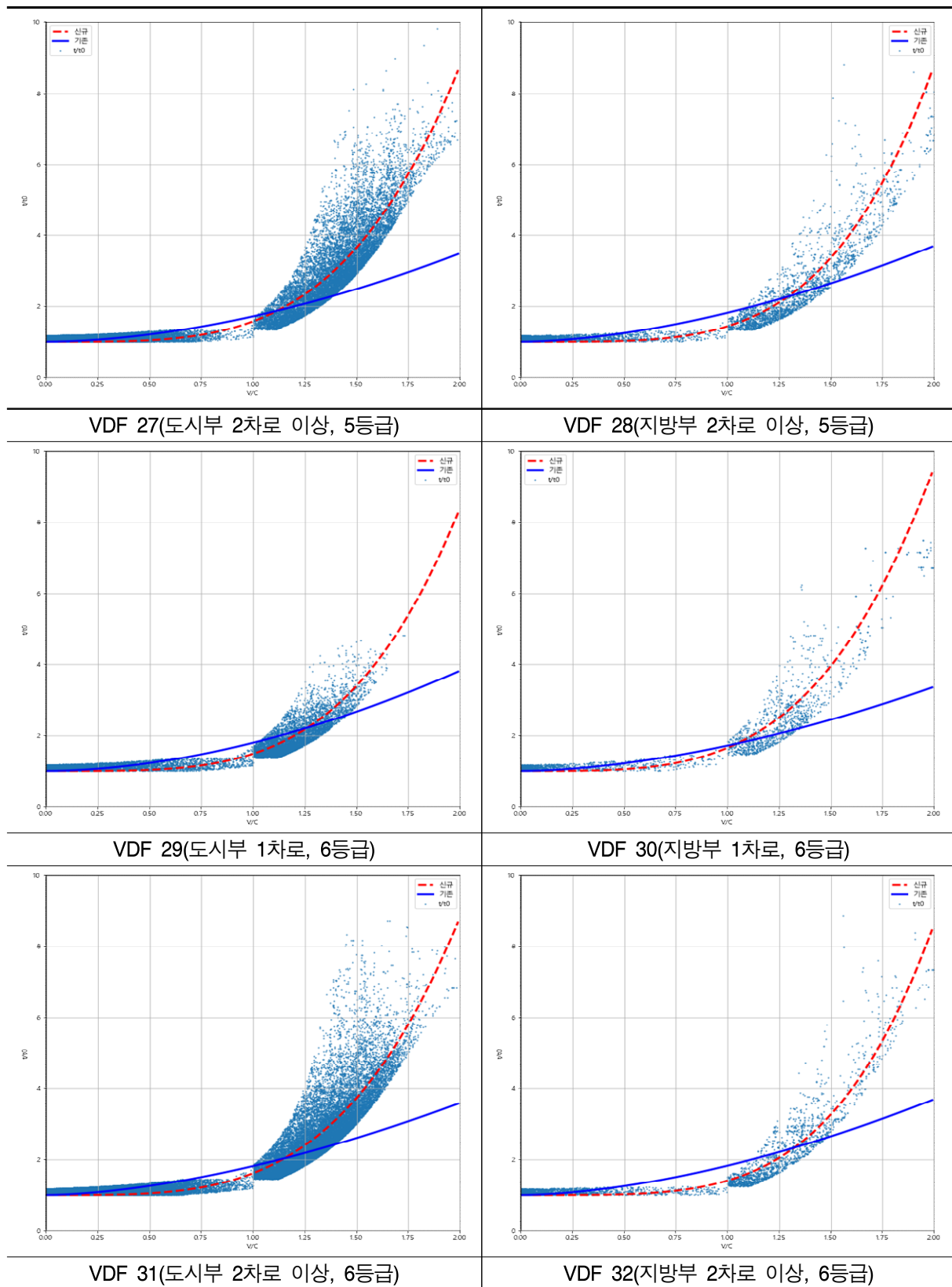
<그림 2-44> 단속류 도로통행비용함수 산정 결과



<그림 계속> 단속류 도로통행비용함수 산정 결과



<그림 계속> 단속류 도로통행비용함수 산정 결과



<그림 계속> 단속료 도로통행비용함수 산정 결과

제6절 도로 통행비용함수 산정 결과 검토

1. 도로통행비용함수 산정 결과 검토 개요

- 본 연구에서 새롭게 개선된 도로통행비용함수(VDF)의 산정 결과를 검토하기 위하여 전국 여객 O/D와 교통분석용 네트워크를 이용하여 통행배정 결과에 대한 신뢰도를 검토함
- 신뢰도 검증을 위한 전국 여객 O/D와 교통분석용 네트워크는 본 과업 수행년도에서 구축된 2017년 기준 현행화 O/D와 네트워크를 이용함
 - 통행량 : 2017년 현행화 전국 여객 O/D
 - 네트워크 : 2017년 현행화 전국 교통분석용 네트워크
- 기존 도로통행비용함수와 신규 도로통행비용함수의 상대적 비교·평가를 위하여 정산 과정을 거치지 않은 기본 네트워크에서 검증 과정을 수행함
- 여기서의 검토 결과는 네트워크 정산과정을 수행하지 않은 결과로 단지 기존과 신규 VDF의 비교·평가를 위한 것이며 추후 신규 VDF로 교체 시 추가 정산작업을 수행하면 통행배정 신뢰도를 향상시킬 수 있을 것임
- 동일한 O/D와 네트워크에서 도로통행비용함수만 기존 VDF와 신규 VDF를 적용하여 통행 배정된 교통량과 관측 교통량의 차이를 비교하여 신뢰도 검증을 수행함

2. 배정 교통량과 관측 교통량의 오차(%Error) 검증

- 기존과 신규 VDF를 적용하여 통행배정을 수행 후 총 6,768개 교통량 관측지점을 대상으로 도로유형별로 배정 교통량과 관측 교통량의 집계오차를 비교함
- 전체 오차는 기존 -12.1%에서 -9.4%로 줄어들었고 지역간 통행에서 중요한 고속국도와 일반국도는 -8.1%에서 -5.1%로 오차가 줄어들음
- 고속국도, 국지도, 지방도는 오차가 감소하였고 일반국도는 오차가 증가하였으나 고속국도가 (-)오차에서 (+)오차가 발생함
- 이는 고속국도가 다소 과 배정되는 것을 의미하는데 추후 고속국도와 관련한 네트워

크 연결성 검토 및 추가정산 과정을 수행하여 고속국도 통행에 대한 보정작업을 수행할 필요가 있음

- VDF의 상대적 비교에서 전체 네트워크와 고속국도+일반국도에서 기존 VDF 보다는 신규 VDF가 다소 %오차가 감소함을 확인할 수 있었음

<표 2-44> 집계 %오차(%Error) 비교·평가

구분	고속국도	일반국도	국지도	지방도	전체	고속국도+일반국도
지점수	1,178	2,986	626	1,978	6,768	4,164
관측합계	55,442,924	27,333,801	4,554,282	8,997,505	96,328,513	82,776,725
기존_배정합계(a)	52,708,656	23,364,651	2,768,313	5,871,861	84,713,480	76,073,306
신규_배정합계(b)	55,872,382	22,707,423	2,807,054	5,887,053	87,273,912	78,579,805
기존 %error	-4.9	-14.5	-39.2	-34.7	-12.1	-8.1
신규 %error	0.8	-16.9	-38.4	-34.6	-9.4	-5.1
b-a	3,163,726	-657,227	38,741	15,192	2,560,432	2,506,499

- 승용차, 버스, 트럭의 차종별로 검토해보면 합계 배정 교통량은 일반국도를 제외하고 모든 도로에서 증가하고 특히 고속국도의 배정 교통량이 많이 증가함
- 승용차는 일반국도를 제외하고 모든 도로에서 배정 교통량이 증가하고 버스, 트럭은 공통적으로 국지도와 지방도의 배정 교통량이 감소하며 버스만 유일하게 일반국도의 배정 교통량이 증가함
- 신규 VDF 적용 시, 전체 도로망에서는 승용차, 버스, 트럭의 %오차가 감소하였으나 고속국도+일반국도에서는 승용차, 트럭은 %오차가 감소하나 버스는 증가함
- 전반적으로 고속국도에 통행배정이 많이 되는 것으로 보이며 추후 정산과정을 통해 고속도로와 일반국도 등의 기타도로의 통행배정이 합리적으로 이루어 질 수 있도록 보정작업을 수행할 필요가 있음

<표 2-45> 차종별 집계 %오차(%Error) 비교·평가

구분		고속국도	일반국도	국지도	지방도	전체	고속국도 +일반국도
지점수		1,178	2,986	626	1,978	6,768	4,164
관측 교통량	승용차	24,820,163	15,258,408	2,306,226	4,576,883	46,961,680	40,078,571
	버스	3,430,842	1,444,743	292,182	613,664	5,781,430	4,875,585
	트럭	27,191,919	10,630,651	1,955,875	3,806,959	43,585,403	37,822,569
	합계	55,442,924	27,333,801	4,554,282	8,997,505	96,328,513	82,776,725
배정 교통량 (기존VDF)	승용차	23,086,005	13,109,533	1,693,739	3,694,808	41,584,085	36,195,538
	버스	4,118,718	860,295	122,197	271,739	5,372,948	4,979,013
	트럭	25,503,933	9,394,823	952,377	1,905,314	37,756,447	34,898,755
	합계	52,708,656	23,364,651	2,768,313	5,871,861	84,713,480	76,073,306
배정 교통량 (신규VDF)	승용차	24,618,017	13,078,975	1,774,111	3,755,089	43,226,191	37,696,991
	버스	4,346,144	881,254	121,011	265,500	5,613,909	5,227,397
	트럭	26,908,222	8,747,195	911,931	1,866,465	38,433,813	35,655,417
	합계	55,872,382	22,707,423	2,807,054	5,887,053	87,273,912	78,579,805
차이 (신규-기존)	승용차	1,532,012	-30,559	80,372	60,280	1,642,105	1,501,453
	버스	227,426	20,959	-1,186	-6,238	240,960	248,385
	트럭	1,404,289	-647,628	-40,445	-38,850	677,366	756,661
	합계	3,163,726	-657,227	38,741	15,192	2,560,432	2,506,499
차이비율(%) (신규-배정)	승용차	6.6%	-0.2%	4.7%	1.6%	3.9%	4.1%
	버스	5.5%	2.4%	-1.0%	-2.3%	4.5%	5.0%
	트럭	5.5%	-6.9%	-4.2%	-2.0%	1.8%	2.2%
	합계	6.0%	-2.8%	1.4%	0.3%	3.0%	3.3%
기존 VDF %오차	승용차	-7.0%	-14.1%	-26.6%	-19.3%	-11.5%	-9.7%
	버스	20.0%	-40.5%	-58.2%	-55.7%	-7.1%	2.1%
	트럭	-6.2%	-11.6%	-51.3%	-50.0%	-13.4%	-7.7%
	합계	-4.9%	-14.5%	-39.2%	-34.7%	-12.1%	-8.1%
신규 VDF %오차	승용차	-0.8%	-14.3%	-23.1%	-18.0%	-8.0%	-5.9%
	버스	26.7%	-39.0%	-58.6%	-56.7%	-2.9%	7.2%
	트럭	-1.0%	-17.7%	-53.4%	-51.0%	-11.8%	-5.7%
	합계	0.8%	-16.9%	-38.4%	-34.6%	-9.4%	-5.1%

3. 배정 교통량과 관측 교통량의 %RMSE 검증

- 전국 네트워크 시스템차원에서 6,768개 지점에 대한 %RMSE의 결과를 비교하면 다음 <표 2-46>, <표 2-47>과 같고 %RMSE의 수식은 다음과 같음

$$- \%RMSE = \frac{\sqrt{\sum(\text{추정치} - \text{실측치})^2 / (n-1)}}{\sum(\text{실측치}/n)} \times 100$$

- 신규 VDF 적용 시 %RMSE는 고속국도와 일반국도 모두 감소하여 고속국도+일반국도가 53.7%에서 51.8%로 다소 감소함
- 국지도와 지방도의 %RMSE도 감소하여 전체 교통망에 대해서는 65.7%에서 63.4%로 감소함

<표 2-46> 고속국도와 일반국도 %RMSE 비교·평가

구분	고속국도				일반국도				고속국도+일반국도			
	지점수	기존	신규	차이	지점수	기존	신규	차이	지점수	기존	신규	차이
1~5,000	21	112.5	129.2	16.7	1,352	116.7	108.8	-7.9	1,373	116.8	109.9	-6.9
5,000~10,000	38	98.0	98.5	0.5	716	72.4	69.3	-3.1	754	74.0	71.1	-2.8
10,000~20,000	207	55.1	72.2	17.1	580	54.5	53.0	-1.5	787	54.6	59.3	4.7
20,000~30,000	251	36.8	47.6	10.8	217	51.2	50.0	-1.2	468	43.8	48.6	4.8
30,000~40,000	155	30.4	33.8	3.4	75	52.4	50.0	-2.5	230	38.7	39.6	0.9
40,000~50,000	101	29.9	31.9	2.0	23	51.4	52.3	0.9	124	34.2	35.8	1.6
50,000~60,000	102	30.6	29.6	-1.0	7	51.7	37.0	-14.7	109	31.9	29.9	-2.0
>60,000	303	27.6	24.2	-3.3	16	26.0	26.4	0.4	319	27.5	24.3	-3.2
전체	1,178	35.5	34.3	-1.2	2,986	76.3	73.6	-2.7	4,164	53.7	51.8	-1.9

<표 2-47> 국지도와 지방도 %RMSE 비교·평가

구분	국지도				지방도				전체			
	지점수	기존	신규	차이	지점수	기존	신규	차이	지점수	기존	신규	차이
1~5,000	372	125.7	125.4	-0.4	1,501	152.2	153.8	1.7	1,373	131.8	129.1	-2.8
5,000~10,000	122	76.1	74.2	-1.9	235	90.8	88.1	-2.7	754	77.7	75.1	-2.7
10,000~20,000	76	71.1	69.0	-2.1	170	80.2	75.0	-5.2	787	60.4	62.6	2.2
20,000~30,000	28	57.8	55.0	-2.8	41	70.3	64.5	-5.8	468	46.9	50.2	3.3
30,000~40,000	19	60.0	55.6	-4.4	16	69.6	66.8	-2.8	230	42.7	42.7	0.0
40,000~50,000	5	57.7	49.0	-8.8	7	75.7	71.2	-4.5	124	37.8	38.4	0.6
50,000~60,000	2	131.4	130.8	-0.5	3	47.8	51.6	3.8	109	34.3	32.6	-1.7
>60,000	2	141.4	141.3	-0.2	5	42.2	47.1	4.9	319	28.1	25.1	-3.0
전체	626	117.0	112.9	-4.1	1,978	133.1	128.3	-4.8	4,164	65.7	63.4	-2.3

- 일반국도, 국지도, 지방도는 전구간의 교통량 수준에서 %RMSE가 낮아졌으며 고속국도는 교통량 수준이 높은 지점에서는 감소하지만 교통량 수준이 낮은 지점에서는 증가함
- 고속도로 전체의 %RMSE는 기존 보다는 좋아지나 1~50,000 pcu 수준의 지점에 대해서는 정산작업을 수행하여 신뢰도를 좀 더 향상시킬 수 있는 방안을 검토할 필요가 있음

4. 소결

- 기존 도로통행비용함수 보다 현실적인 도로통행 특성을 반영하기 위하여 교통 빅데이터를 활용하여 새로운 도로통행비용함수를 산정함
- 기존 일부 구간의 현장조사 자료에 의존하지 않고 빅데이터를 활용하여 전국 도로를 대상으로 데이터를 확보하여 전국을 대상으로 분석을 수행함
- 기존 도로통행비용함수 보다는 α 값은 작아지고 β 값은 커졌지만 미국 NCHRP Report의 18개 MPO의 고속도로($\alpha=0.312$, $\beta=5.883$), 간선도로($\alpha=0.514$, $\beta=3.001$) 평균값과 비교했을 때는 유사한 수준으로 나타남
- %오차와 %RMSE의 비교에서 신규 도로통행비용함수가 기존 보다는 더 나은 결과를 보여 향후 교통수요분석에서 신규 도로통행비용함수를 사용하여도 큰 무리가 없을 것으로 판단됨
- 향후, 신규 도로통행비용함수에 대한 정산과정을 거쳐 통행시간, 통행경로, 통행배정 결과의 추가적인 신뢰도 검증을 수행한다면 기존 보다 교통수요분석의 신뢰도를 향상시킬 수 있을 것이라 판단됨

제3장 통신자료 이용 주요 통행지표 산출 및 KTDB 신뢰도 개선

제1절 연구의 개요

제2절 분석 통신자료의 구조와 전수화

제3절 통신자료와 조사자료 기반의 O/D 비교

**제4절 통신자료를 활용한 연평균일통행량
[AADT] 전환계수 산출**

제5절 통신자료의 시간대별 통행량 검토

제6절 결론 및 향후 연구방향

제3장 통신자료 이용 주요 통행지표 산출 및 KTDB 신뢰도 개선

제1절 연구의 개요

1. 연구의 배경 및 필요성

- 어떤 한 지역에서 다른 지역으로 사람들의 이동량을 의미하는 전국 여객기종점 통행량(O/D)은 교통SOC사업의 타당성분석을 위한 기초자료로서의 역할 외에도 여러 교통 정책분석을 위한 통계자료로서 다양하게 활용되고 있음
- 이러한 여객 O/D는 5년 단위로 수행되는 전국 여객기종점 통행량(O/D)조사 자료에 기반하여 구축됨
- 현재까지의 전국 여객기종점 통행량(O/D)조사는 조사원이 직접 현장 설문조사를 수행하는 인력식 방식으로 밖에 수행할 수 없어, 많은 예산과 시간이 소요되었음
- 이로 인해 KTDB에서는 표본조사(전국 가구의 약 1%, 2016년 가구 통행실태조사 기준)를 수행해 왔으며, 낮은 표본율은 여객O/D의 신뢰도를 저해하는 요소로 작용해 왔음
- KTDB에서는 이러한 한계를 극복하기 위해 다양한 기관에서 생산되는 통계자료들을 검토하고 적용하는 연구를 지속적으로 수행하여 왔음
- 통신자료는 사람의 이동을 파악할 수 있는 자료이며 전수에 가까운 빅데이터로서, 기존 방식의 조사자료를 보완 또는 대체할 수 있을 것이라 기대되는 자료임
- 이에, 본 연구에서는 통신자료를 여객O/D구축에 적용하기 위한 방법을 다방면으로 검토하고 기존 조사기반의 KTDB O/D와 비교함으로써, 기존 O/D의 신뢰성을 검증하고자 함
- 또한, 평일기준의 O/D와 함께 배포하고 있는 연평균일통행량 전환계수, 첨두집중율을 통신자료에 기반하여 산정함으로써, 신뢰도 제고방안도 함께 검토하고자 함

2. 연구의 범위

가. 시간적 범위

- 2016년
 - 2016년 10월 기준의 통신자료
 - 2016년 기준의 여객 O/D 및 화물 O/D

나. 공간적 범위

- 제주도를 포함한 전국
 - 17개 시도, 250개 시군구 단위

다. 내용적 범위

- 분석 통신자료의 구조와 전수화
- 분석 통신자료와 조사자료 기반의 여객O/D 비교
 - 17개 시도간, 대도시시권역간 통행 분석
 - 유출/유입량, 내부통행량, 통행 원단위, 통행거리분포(TLFD) 분석
- 통신자료를 활용한 연평균일통행량(AADT) 전환계수 산출
 - 13개 지역간 연평균일통행량 전환계수 산출
 - 기존 수송실적 기반의 연평균일통행량 전환계수와 비교
- 시간대별 통행량 검토
 - 전국 및 대도시권역별 시간대별 통행량 검토
 - 기존 조사자료 기반으로 산정된 시간대별 통행량 분포와 비교

제2절 분석 통신자료의 구조와 전수화

1. 분석 통신자료의 구조

- 분석에 활용한 자료는 (주)KT의 통신자료로, 한국교통연구원 (2018)의 「모바일 자료 기반 통행수요 추정 및 교통지표 발굴」 연구와 김주영 외 (2019) 「빅데이터 기반의 교통수요 예측의 신뢰도 제고 연구」에서 1차적으로 가공한 자료를 본 연구에서 활용하였음
- 한국교통연구원 (2018)의 연구에서는 기지국과 체류시간 기반의 KT통신자료를 가공·보정하여 교통폴리곤 단위의 통행행태 DB를 구축하였음
 - 체류시간 25분을 기준으로 경로(Pass-by)와 체류(Stay area)를 구분하고, 이를 바탕으로 통행을 분리 구축함
 - 체류지역은 체류시간대, 체류시간(3시간 이상), 반복횟수(주3회 이상)를 감안하여 주상주지역과 잠재 활동지역으로 구분함
 - 주간상주지역은 오전9시~12시 또는 오후 1시~6시 사이에 3시간 이상 체류한 지역으로 직장이나 학교 등이 포함
 - 야간상주지역은 오전0시~6시 사이에 3시간 이상 체류한 지역으로 주로 거주지가 해당
- 김주영 외 (2019)의 연구에서는 한국교통연구원 (2018)의 통신자료를 추가 보정하여 분석에 사용하였음
 - 한국교통연구원 (2018)의 통신자료에서는 3인 미만 통행의 경우 3인으로 처리되어 통행이 과다집계될 수밖에 없는 문제가 존재하여, 김주영 외 (2019)의 연구에서는 이를 보완하기 위해 추가 보정방법을 적용하였음
- 본 연구에서는 활용한 통신자료의 분석시점은 2016년 10월 기준의 일자별 자료를 사용했으며, 공간적 범위는 전국임
 - 자료 및 분석 여건 상 10월 한달치의 통신자료를 사용하였으나, 10월이 1년의 통행특성을 대표할 수 있다고 가정하고 분석을 수행함
- 본 연구에서 사용한 통신자료의 구조는 다음과 같음

<표 3-1> KTDB 통신자료의 구조

테이블명	시간대별 이동인구 수	대상 기간	2016-10-01~2016-10-31				
개요	전국 O/D트립별 이동인구 (일*시간대*성*연령대*OD트립타입)						
번호	컬럼ID	컬럼명	Type	길이	Null	PK	비고
1	o_polygon	출발폴리곤	string				
2	o_base_ymd	출발 일자	string				yyyymmdd
3	o_timezn_cd	출발시간대	string				00~23
4	o_trip_type	출발지 OD트립타입	string				D(주간상주지), N(야간상주지), X(잠재상주지)
5	d_polygon	도착폴리곤	string				
6	d_base_ymd	도착 일자	string				yyyymmdd
7	d_timezn_cd	도착시간대	string				00~23
8	d_trip_type	도착지 OD트립타입	string				D(주간상주지), N(야간상주지), X(잠재상주지)
9	sex_type_itg_cd	성별 정보	string				M, F
10	age_itg_cd	연령대 정보	integer				0:0~9 10:10~19
11	total	인구 수	integer				
12	base_ymd	기준일	string				
13	o_add	출발행정구역	string				통계청 행정동 코드 7자리
14	d_add	도착행정구역	string				통계청 행정동 코드 7자리
15	day_w	요일					1(월요일)~7(일요일)

2. 분석 통신자료의 전수화

- 일반적으로 표본자료에 기반해 모집단의 특성을 분석하기에 앞서, 표본자료가 모집단과 유사한 특성을 갖도록 사후가중치의 적용이 필요함
- 본 연구에서 활용한 통신자료는 (주)KT 이동전화에 가입된 사람들의 자료이며, KT는 국내 이동전화 시장의 약 30%를 점유하고 있음
- KT 통신자료의 표본율은 모집단의 약 30%수준이며, 국내 이동전화 가입자들의 공간적, 성·연령별 분포가 통신사별로 차이가 존재하지 않는다고 판단되어, 표본 특성 조정을 위한 별도의 사후 가중치는 적용하지 않았음
- 다만, 본 연구의 목적은 전국 통행량을 추정하고, 조사자료 기반의 여객O/D와 비교하는데 있기에, 표본자료에 시장점유율을 반영해 표본 통행량을 전수화 하였음

제3절 통신자료와 조사자료 기반의 O/D 비교

- 본 절에서는 통신자료와 기존 조사기반의 KTDB O/D와 비교함으로써, 통신자료의 특성과 여객O/D구축에 적용하기 위한 방법을 검토하고, 기존 O/D의 신뢰성을 검증하고자 함
- 통신자료상에서는 통행목적, 이용교통수단이 구분되지 않기에, 통행의 총량적인 측면에서 기존 조사기반의 O/D자료와 비교를 수행하였음
- 비교에 활용한 O/D자료는 2016년 기준의 주수단O/D, 수단O/D, 화물자동차O/D임
 - (여객)수단O/D : 하나의 목적으로 통행함에 있어 이용한 개별교통수단의 통행 하나하나 집계된 통행량 자료
 - (여객)주수단O/D : 하나의 목적으로 통행함에 있어서 이용한 개별교통수단 중 가장 주가 되는 (통행시간이 길거나, 통행거리가 가장 긴) 교통수단만을 집계한 통행량 자료 (한 개의 목적통행당 한 개의 주교통수단이 존재)
 - 화물자동차O/D : 화물수송목적의 화물자동차 통행량 자료

1. 시도별 통행량 비교

- 통신자료와 조사기반의 O/D자료의 통행량을 비교한 결과는 <표 3-2>와 <표 3-3>과 같음
- 통신자료의 경우 전국 총통행량이 131백만 통행으로 이는 주수단O/D(130백만 통행)의 총통행량과 유사한 것으로 나타났으며, 주수단O/D+화물O/D(134백만 통행)와 수단O/D(139백만 통행)보다는 적은 것으로 나타남
- 시도별 발생량과 도착량 비교 시 통신자료와 O/D자료 사이에 다소 차이가 있으나, 전반적인 시도별 통행량 분포는 유사하게 나타났음
- 통신자료는 앞서 설명한 것과 같이 체류시간 25분을 기준으로 통행이 분리되어 있기 때문에, 수단간의 환승이 미포함된 주수단 통행(목적통행)의 개념에 가까움
- 따라서, 본 절 이후의 통신자료와 조사기반의 O/D자료 비교 시에는 주수단O/D 또는 주수단+화물O/D를 기준으로 비교를 수행하였음

<표 3-2> 통신자료와 조사자료 기반 O/D의 시도별 발생량 비교

(단위: 통행/일)

시도	통신자료 (A)	주수단O/D (B)	차이 (B-A)	주수단O/D+ 화물O/D (C)	차이 (C-A)	수단O/D (D)	차이 (D-A)
서울	27,559,177	25,688,250	-1,870,927	26,303,430	-1,255,747	29,672,029	2,112,852
부산	8,813,050	9,630,469	817,419	9,898,124	1,085,074	10,173,522	1,360,472
대구	6,618,555	6,518,273	-100,282	6,743,000	124,445	6,761,501	142,946
인천	6,456,871	6,235,734	-221,137	6,479,734	22,864	6,773,393	316,522
광주	4,138,906	4,324,394	185,487	4,472,772	333,866	4,439,163	300,256
대전	4,491,760	4,623,207	131,447	4,786,202	294,441	4,751,767	260,006
울산	3,010,782	3,173,384	162,602	3,279,969	269,187	3,220,796	210,015
경기	28,854,775	26,584,646	-2,270,129	27,448,471	-1,406,304	28,731,404	-123,370
강원	4,276,714	4,185,697	-91,018	4,324,578	47,864	4,438,333	161,618
충북	4,279,867	4,489,986	210,120	4,657,427	377,560	4,578,070	298,203
충남	5,616,983	6,296,587	679,603	6,524,134	907,150	6,487,351	870,367
전북	4,670,678	4,944,762	274,084	5,116,959	446,281	5,320,884	650,206
전남	4,171,846	4,646,503	474,657	4,853,102	681,256	4,811,902	640,057
경북	7,028,622	7,089,680	61,057	7,367,679	339,056	7,243,815	215,192
경남	8,059,926	8,800,496	740,570	9,061,962	1,002,036	9,019,772	959,846
제주	2,197,223	2,169,501	-27,722	2,244,319	47,096	2,185,652	-11,571
세종	719,177	650,610	-68,567	662,538	-56,639	662,444	-56,733
합계	130,964,912	130,052,177	-912,735	134,224,400	3,259,488	139,271,797	8,306,885

<표 3-3> 통신자료와 조사자료 기반 O/D의 시도별 도착량 비교

(단위: 통행/일)

시도	통신자료 (A)	주수단O/D (B)	차이 (B-A)	주수단O/D+ 화물O/D (C)	차이 (C-A)	수단O/D (D)	차이 (D-A)
서울	27,372,335	25,661,299	-1,711,036	26,280,949	-1,091,386	29,668,297	2,295,963
부산	8,829,164	9,625,144	795,980	9,895,639	1,066,474	10,170,181	1,341,017
대구	6,655,261	6,524,819	-130,442	6,759,509	104,248	6,764,296	109,036
인천	6,534,159	6,298,382	-235,777	6,537,208	3,049	6,830,366	296,207
광주	4,157,531	4,324,588	167,056	4,472,241	314,710	4,222,161	64,630
대전	4,501,532	4,630,348	128,815	4,794,186	292,654	4,758,088	256,556
울산	3,004,689	3,164,320	159,632	3,268,535	263,846	3,211,768	207,080
경기	28,997,092	26,546,619	-2,450,473	27,407,256	-1,589,836	28,675,771	-321,321
강원	4,271,052	4,186,958	-84,094	4,322,495	51,444	4,439,717	168,665
충북	4,274,479	4,479,873	205,394	4,646,725	372,246	4,566,336	291,857
충남	5,589,628	6,290,466	700,837	6,518,147	928,519	6,481,068	891,439
전북	4,671,354	4,945,720	274,365	5,120,496	449,142	5,322,164	650,809
전남	4,153,771	4,648,101	494,331	4,854,645	700,874	5,030,360	876,589
경북	6,991,024	7,092,721	101,698	7,363,902	372,878	7,251,110	260,086
경남	8,052,528	8,810,031	757,503	9,074,635	1,022,107	9,026,751	974,223
제주	2,198,000	2,170,074	-27,925	2,244,892	46,893	2,186,225	-11,774
세종	711,312	652,714	-58,598	662,940	-48,372	667,137	-44,175
합계	130,964,912	130,052,177	-912,735	134,224,400	3,259,488	139,271,797	8,306,885

2. 시도별 유출·유입량

- 전국 기준으로 유출/유입량 비교 시, O/D자료가 통신자료에 비해 5,519천통행이 더 많은 것으로 나타났음
- 시도별로 비교 시에도 O/D자료가 통신자료에 비해 유출/유입량이 많은 것으로 나타남
- 즉, 시도 내부를 제외한 시도간의 통행량은 통신자료보다 O/D자료가 더 많은 것으로 나타났음
- 시도별 유출량과 유입량의 방향성을 검토하기 위해 유출/유입 비율을 살펴보면, O/D 자료는 0.95~1.05의 분포를 갖는 반면, 통신자료는 0.89~1.09의 분포를 가짐
- 즉, 유출량과 유입량의 차이는 통신자료가 O/D자료에 비해 더 큰 것으로 나타남

<표 3-4> 통신자료와 O/D자료의 시도별 유출·유입량 비교

(단위: 통행/일)

시도	통신자료 (A)			주수단OD+화물OD (B)			차이 (B-A)	
	유출량	유입량	유출/유입	유출량	유입량	유출/유입	유출량	유입량
서울	2,501,233	2,314,391	1.08	3,964,137	3,941,655	1.01	1,462,903	1,627,264
부산	346,149	362,263	0.96	598,876	596,390	1.00	252,727	234,127
대구	335,719	372,424	0.90	554,533	571,042	0.97	218,814	198,617
인천	658,552	735,840	0.89	1,089,206	1,146,679	0.95	430,654	410,839
광주	191,104	209,729	0.91	318,837	318,306	1.00	127,733	108,578
대전	232,361	242,133	0.96	421,555	429,539	0.98	189,194	187,406
울산	134,041	127,948	1.05	238,522	227,088	1.05	104,481	99,140
경기	2,654,455	2,796,772	0.95	4,213,789	4,172,575	1.01	1,559,335	1,375,802
강원	153,575	147,913	1.04	225,368	223,285	1.01	71,793	75,372
충북	248,550	243,162	1.02	391,851	381,149	1.03	143,302	137,987
충남	370,021	342,666	1.08	553,596	547,609	1.01	183,575	204,943
전북	132,180	132,856	0.99	197,281	200,818	0.98	65,101	67,961
전남	238,550	220,475	1.08	368,199	369,742	1.00	129,649	149,267
경북	458,772	421,173	1.09	701,033	697,257	1.01	242,261	276,084
경남	381,119	373,722	1.02	634,102	646,776	0.98	252,983	273,054
제주	25,350	26,127	0.97	37,430	38,003	0.98	12,080	11,876
세종	114,957	107,092	1.07	187,551	187,953	1.00	72,594	80,861
합계	9,176,688	9,176,688	1.00	14,695,867	14,695,867	1.00	5,519,178	5,519,178

3. 시도 내부통행량 및 내부통행비율 비교

- 전국 기준에서 각 시도 내부에서만 움직이는 내부통행량을 검토했을 시에, 유출/유입량과는 반대로 통신자료가 O/D자료에 비해 내부통행량이 더 많은 것으로 나타남
- 서울, 대구, 인천, 경기, 강원, 세종 지역의 내부통행량은 통신자료가 O/D자료에 비해 더 많고, 그 외 시도의 경우는 O/D자료가 통신자료보다 내부통행량이 더 많음
- 각 시도의 총 발생량 중 통행이 시도 내부에서만 이루어지는 내부통행량 비율은 시도별로 통신자료 0.84~0.99의 분포를 보이나, O/D자료의 경우 0.72~0.98 분포를 보임
- 통신자료와 O/D자료의 내부통행비율은 수도권 및 광역시에서 조금 더 큰 차이를 보임

<표 3-5> 통신자료와 O/D자료의 시도 내부통행량 및 내부통행비율 비교

(단위: 통행/일)

시도	통신자료 (A)			주수단O/D+화물O/D (B)			차이 (B-A)	
	발생량	내부통행량	내부통행비율	발생량	내부통행량	내부통행비율	내부통행량	내부통행비율
서울	27,559,177	25,057,944	0.91	26,303,430	22,339,294	0.85	-2,718,650	-0.06
부산	8,813,050	8,466,901	0.96	9,898,124	9,299,248	0.94	832,347	-0.02
대구	6,618,555	6,282,836	0.95	6,743,000	6,188,467	0.92	-94,369	-0.03
인천	6,456,871	5,798,319	0.90	6,479,734	5,390,529	0.83	-407,790	-0.07
광주	4,138,906	3,947,802	0.95	4,472,772	4,153,935	0.93	206,133	-0.02
대전	4,491,760	4,259,399	0.95	4,786,202	4,364,647	0.91	105,248	-0.04
울산	3,010,782	2,876,741	0.96	3,279,969	3,041,447	0.93	164,706	-0.03
경기	28,854,775	26,200,320	0.91	27,448,471	23,234,682	0.85	-2,965,638	-0.06
강원	4,276,714	4,123,139	0.96	4,324,578	4,099,210	0.95	-23,929	-0.01
충북	4,279,867	4,031,317	0.94	4,657,427	4,265,576	0.92	234,259	-0.02
충남	5,616,983	5,246,962	0.93	6,524,134	5,970,538	0.92	723,576	-0.01
전북	4,670,678	4,538,498	0.97	5,116,959	4,919,679	0.96	381,181	-0.01
전남	4,171,846	3,933,295	0.94	4,853,102	4,484,903	0.92	551,608	-0.02
경북	7,028,622	6,569,851	0.93	7,367,679	6,666,645	0.90	96,794	-0.03
경남	8,059,926	7,678,807	0.95	9,061,962	8,427,859	0.93	749,052	-0.02
제주	2,197,223	2,171,873	0.99	2,244,319	2,206,890	0.98	35,017	-0.01
세종	719,177	604,220	0.84	662,538	474,987	0.72	-129,233	-0.12
합계	130,964,912	121,788,224	0.93	134,224,400	119,528,534	0.89	-2,259,600	-0.04

4. 통행원단위 비교

- 통신자료와 O/D자료의 전국 기준 인구당 통행원단위 비교 시, 통신자료는 1인당 평일 2.55회 통행을, O/D자료의 경우 2.62회 통행하는 것으로 나타남
- 시도별 비교 시 서울, 경기, 세종 지역의 인구당 통행원단위는 통신자료가 O/D자료에 비해 더 높게 나타난 반면, 그 외 시도는 O/D자료의 통행원단위가 통신자료보다 더 높게 나타남

<표 3-6> 통신자료와 O/D자료의 통행원단위 비교

(단위: 명, 통행/일, 통행/인)

시도	총인구	통신자료 (A)		주수단O/D+화물O/D (B)		차이 (B-A)
		통행량(발생기준)	원단위	통행량(발생기준)	원단위	원단위
서울	9,805,506	27,559,177	2.81	26,303,430	2.68	-0.13
부산	3,440,484	8,813,050	2.56	9,898,124	2.88	0.32
대구	2,461,002	6,618,555	2.69	6,743,000	2.74	0.05
인천	2,913,024	6,456,871	2.22	6,479,734	2.22	0.00
광주	1,501,557	4,138,906	2.76	4,472,772	2.98	0.22
대전	1,535,445	4,491,760	2.93	4,786,202	3.12	0.19
울산	1,166,033	3,010,782	2.58	3,279,969	2.81	0.23
경기	12,671,956	28,854,775	2.28	27,448,471	2.17	-0.11
강원	1,521,751	4,276,714	2.81	4,324,578	2.84	0.03
충북	1,603,404	4,279,867	2.67	4,657,427	2.90	0.23
충남	2,132,566	5,616,983	2.63	6,524,134	3.06	0.43
전북	1,833,168	4,670,678	2.55	5,116,959	2.79	0.24
전남	1,796,017	4,171,846	2.32	4,853,102	2.70	0.38
경북	2,682,169	7,028,622	2.62	7,367,679	2.75	0.13
경남	3,339,633	8,059,926	2.41	9,061,962	2.71	0.30
제주	623,332	2,197,223	3.52	2,244,319	3.60	0.08
세종	242,507	719,177	2.97	662,538	2.73	-0.24
합계	51,269,554	130,964,912	2.55	134,224,400	2.62	0.07

5. 대도시권역간 통행량 비교

- 대도시권역간 통신자료와 O/D자료의 통행량 분포를 비교하였음
- 대도시권역간의 통행량은 O/D자료가 통신자료보다 더 많은 것으로 나타남
- 수도권(서울, 인천, 경기) 내부통행량은 통신자료 62백만, O/D자료 59백만으로, 통신자료가 3백만 통행 더 많은 것으로 나타남

<표 3-7> 통신자료와 O/D자료의 대도시권역간 통행량 비교

(단위: 통행/일)

통신자료(A)	수도권	부산울산권	대구광역시권	대전충청권	광주광역시권	기타권	제주권	합계
수도권	62,346,804	23,972	26,377	284,912	11,705	162,870	14,183	62,870,823
부산울산권	24,956	16,152,940	95,394	11,475	2,261	105,791	3,654	16,396,471
대구광역시권	26,817	100,553	11,314,018	20,420	1,834	100,623	1,929	11,566,195
대전충청권	310,092	12,442	21,281	14,648,006	8,654	104,789	2,522	15,107,787
광주광역시권	12,295	2,272	1,869	7,768	4,771,657	94,930	1,348	4,892,141
기타권	168,597	114,430	106,807	102,132	100,330	17,339,485	2,491	17,934,272
제주권	14,024	3,119	1,853	2,238	1,058	3,058	2,171,873	2,197,223
합계	62,903,586	16,409,729	11,567,599	15,076,952	4,897,500	17,911,546	2,198,000	130,964,912

O/D자료(B)	수도권	부산울산권	대구광역시권	대전충청권	광주광역시권	기타권	제주권	합계
수도권	59,313,503	59,896	53,430	483,888	25,175	273,705	22,038	60,231,636
부산울산권	55,338	18,198,011	177,432	20,383	8,232	185,071	5,077	18,649,545
대구광역시권	51,773	171,751	11,524,392	30,994	3,808	146,533	2,373	11,931,625
대전충청권	490,121	21,922	32,769	15,941,030	11,930	129,312	3,216	16,630,301
광주광역시권	24,428	8,207	4,660	12,144	5,110,026	169,065	1,436	5,329,966
기타권	268,261	187,993	153,886	130,426	171,632	18,290,949	3,862	19,207,010
제주권	21,988	4,947	2,323	3,132	1,379	3,661	2,206,890	2,244,319
합계	60,225,413	18,652,727	11,948,893	16,621,998	5,332,181	19,198,296	2,244,892	134,224,400

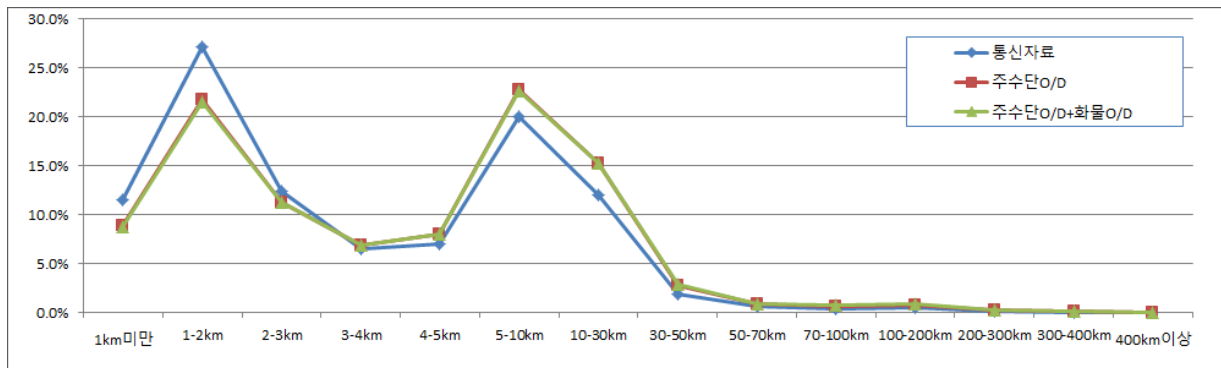
차이(B-A)	수도권	부산울산권	대구광역시권	대전충청권	광주광역시권	기타권	제주권	합계
수도권	-3,033,300	35,924	27,054	198,976	13,470	110,835	7,855	-2,639,187
부산울산권	30,382	2,045,071	82,039	8,909	5,971	79,280	1,423	2,253,074
대구광역시권	24,956	71,199	210,374	10,574	1,974	45,911	444	365,430
대전충청권	180,029	9,480	11,488	1,293,024	3,276	24,523	694	1,522,514
광주광역시권	12,132	5,935	2,790	4,376	338,368	74,135	88	437,824
기타권	99,664	73,563	47,079	28,294	71,302	951,464	1,372	1,272,737
제주권	7,964	1,827	470	894	321	603	35,017	47,096
합계	-2,678,173	2,242,999	381,294	1,545,046	434,681	1,286,750	46,893	3,259,488

6. 통행 거리분포 (TLFD, Trip Length Frequency Distribution) 비교

- 통신자료와 O/D자료상 통행들의 거리대별 분포를 검토하였음
- 통행거리는 전국 250개 시군구 기준으로, 교통분석용 도로네트워크 자료에서 시군구간 최단거리를 산출하여 적용하였음

가. 전국

- 전반적인 통행 거리대별 분포는 통신자료와 O/D자료가 유사함
- 통신자료의 경우, 통행거리가 3km미만인 단거리 통행비율이 O/D자료에 비해 높게 나타남



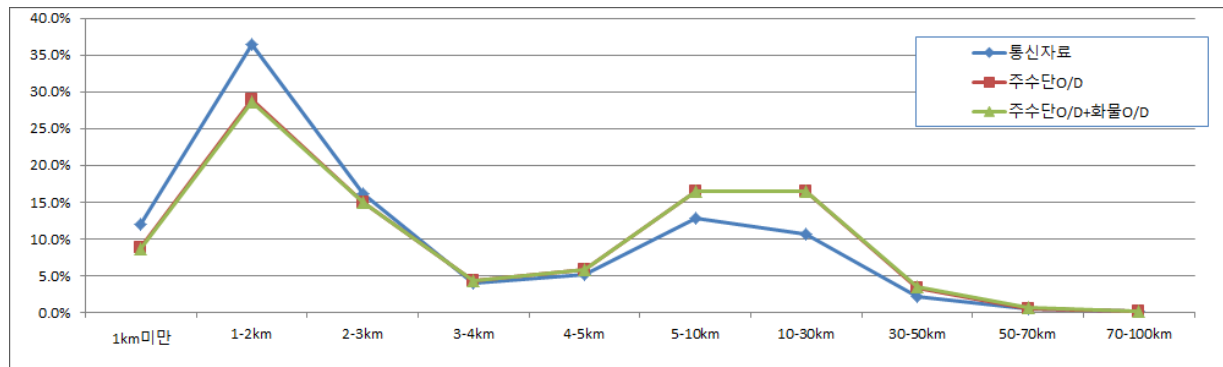
<그림 3-1> 통행거리분포 비교(전국)

<표 3-8> 통행거리분포 비교(전국)

	통신자료	주수단O/D	주수단O/D+화물O/D
1km미만	11.5%	8.8%	8.7%
1-2km	27.0%	21.7%	21.5%
2-3km	12.3%	11.3%	11.3%
3-4km	6.5%	6.8%	6.8%
4-5km	7.0%	8.0%	8.0%
5-10km	19.9%	22.7%	22.6%
10-30km	12.0%	15.2%	15.3%
30-50km	1.9%	2.8%	2.9%
50-70km	0.6%	0.8%	0.9%
70-100km	0.5%	0.7%	0.8%
100-200km	0.5%	0.7%	0.9%
200-300km	0.2%	0.3%	0.3%
300-400km	0.1%	0.1%	0.2%
400km이상	0.0%	0.0%	0.0%
합계	100.0%	100.0%	100.0%

나. 수도권

- 전국과 마찬가지로 통신자료는 3km미만의 단거리 통행비율이 O/D자료 보다 높게 나타남
- O/D자료와 통신자료의 통행거리분포 비교 시 큰 차이를 보이는 통행거리 구간은 5~30km 거리대로 나타남



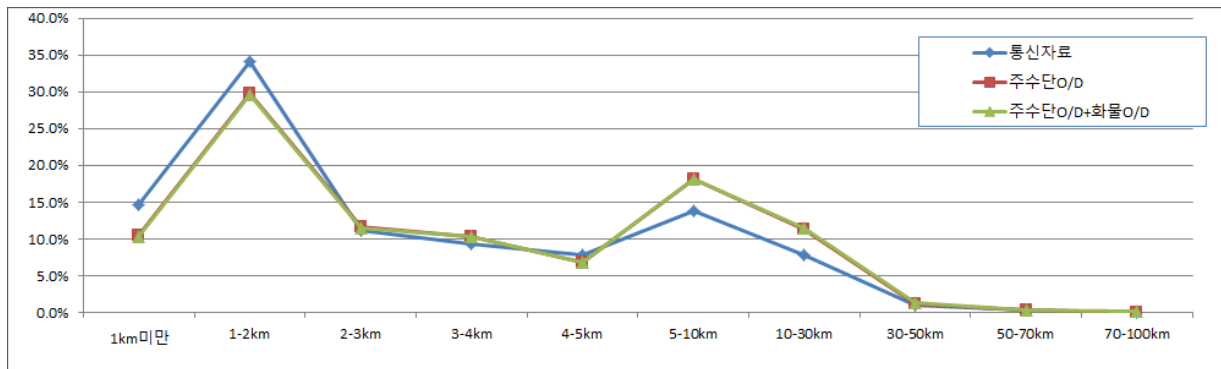
<그림 3-2> 통행거리분포 비교(수도권)

<표 3-9> 통행거리분포 비교(수도권)

	통신자료	주수단O/D	주수단O/D+화물O/D
1km미만	11.9%	8.8%	8.7%
1-2km	36.5%	28.9%	28.7%
2-3km	16.2%	15.0%	15.0%
3-4km	4.0%	4.3%	4.4%
4-5km	5.2%	5.9%	5.9%
5-10km	12.8%	16.5%	16.4%
10-30km	10.7%	16.5%	16.6%
30-50km	2.2%	3.3%	3.4%
50-70km	0.4%	0.6%	0.6%
70-100km	0.1%	0.2%	0.2%
합계	100.0%	100.0%	100.0%

다. 부산울산권

- 부산울산권의 경우, 통신자료는 2km미만의 거리대에서 통행비율이 O/D자료 보다 높게 나타남
- O/D자료와 통신자료의 통행거리분포 비교 시 큰 차이를 보이는 통행거리 구간은 5~30km 거리대로 나타남



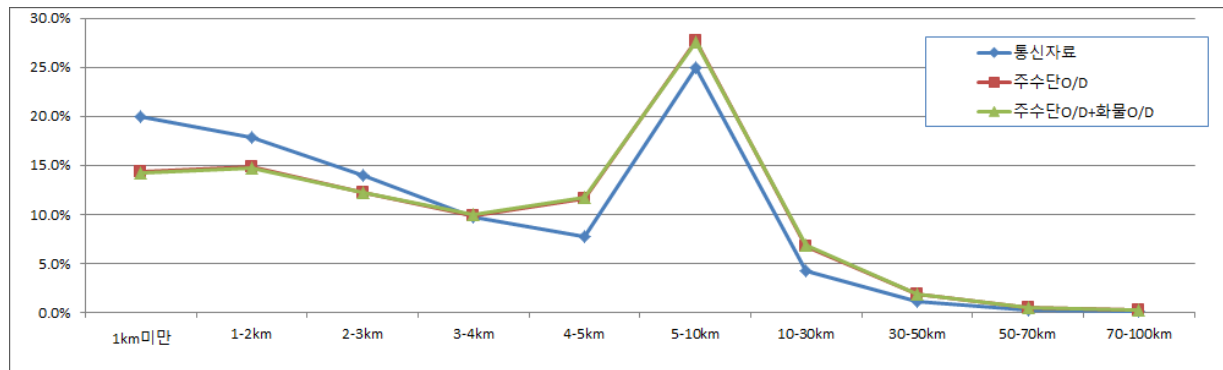
<그림 3-3> 통행거리분포 비교(부산울산권)

<표 3-10> 통행거리분포 비교(부산울산권)

	통신자료	주수단O/D	주수단O/D+화물O/D
1km미만	14.6%	10.5%	10.4%
1-2km	34.1%	29.8%	29.6%
2-3km	11.2%	11.6%	11.5%
3-4km	9.3%	10.3%	10.3%
4-5km	7.8%	6.8%	6.8%
5-10km	13.9%	18.1%	18.1%
10-30km	7.8%	11.3%	11.4%
30-50km	1.0%	1.3%	1.4%
50-70km	0.3%	0.3%	0.4%
70-100km	0.0%	0.1%	0.1%
합계	100.0%	100.0%	100.0%

라. 대구광역권

- 대구광역권의 경우, 통신자료는 3km미만의 거리대에서 통행비율이 O/D자료 보다 높게 나타남
- O/D자료와 통신자료의 통행거리분포 비교 시 큰 차이를 보이는 통행거리 구간은 4~10km 거리대로 나타남



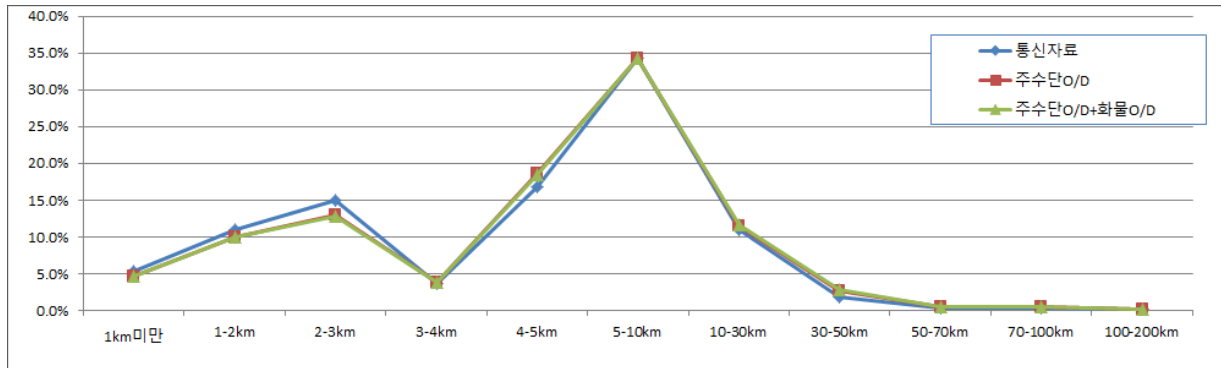
<그림 3-4> 통행거리분포 비교(대구광역권)

<표 3-11> 통행거리분포 비교(대구광역권)

	통신자료	주수단O/D	주수단O/D+화물O/D
1km미만	20.0%	14.3%	14.2%
1-2km	17.8%	14.8%	14.8%
2-3km	14.0%	12.2%	12.2%
3-4km	9.7%	9.9%	9.9%
4-5km	7.8%	11.6%	11.8%
5-10km	24.9%	27.7%	27.5%
10-30km	4.2%	6.8%	6.8%
30-50km	1.1%	1.9%	1.9%
50-70km	0.2%	0.5%	0.5%
70-100km	0.2%	0.3%	0.3%
합계	100.0%	100.0%	100.0%

마. 대전세종충청권

- 대전세종충청권의 경우, 통신자료는 3km미만의 거리대에서 통행비율이 O/D자료 보다 높게 나타남
- 대전충청권은 타 권역에 비해 통신자료와 O/D자료의 통행거리분포 차이가 적은 것으로 나타남



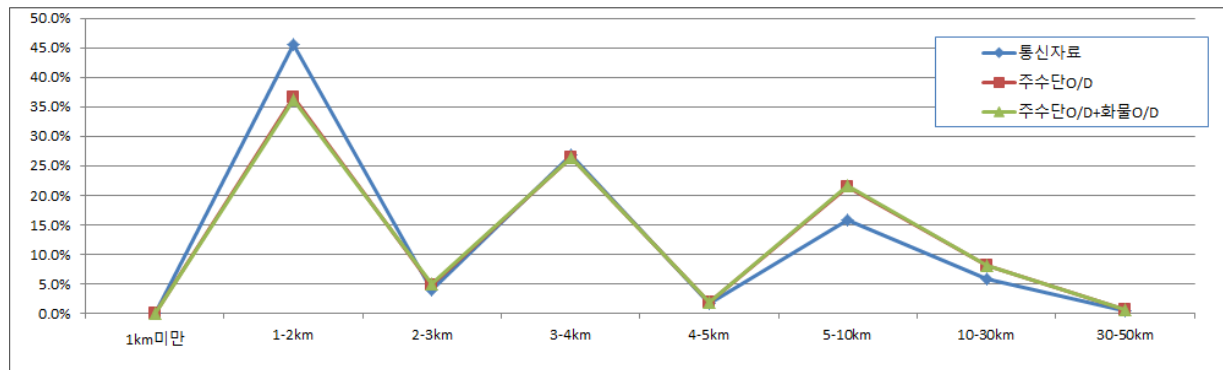
<그림 3-5> 통행거리분포 비교(대전세종충청권)

<표 3-12> 통행거리분포 비교(대전세종충청권)

	통신자료	주수단O/D	주수단O/D+화물O/D
1km미만	5.3%	4.7%	4.7%
1-2km	11.1%	10.0%	10.0%
2-3km	15.1%	13.0%	12.9%
3-4km	3.7%	3.8%	3.8%
4-5km	16.9%	18.6%	18.5%
5-10km	34.3%	34.3%	34.2%
10-30km	11.0%	11.6%	11.7%
30-50km	1.9%	2.7%	2.8%
50-70km	0.4%	0.5%	0.6%
70-100km	0.3%	0.5%	0.5%
100-200km	0.1%	0.2%	0.2%
합계	100.0%	100.0%	100.0%

바. 광주광역시권

- 광주광역시권의 경우, 통신자료는 2km미만의 거리대에서 통행비율이 O/D자료 9% 높게 나타남
- 10~30km 거리대에서는 O/D자료가 통신자료에 비해 통행비율이 6% 더 높게 나타남



<그림 3-6> 통행거리분포 비교(광주광역시권)

<표 3-13> 통행거리분포 비교(광주광역시권)

	통신자료	주수단O/D	주수단O/D+화물O/D
1km미만	0.0%	0.0%	0.0%
1-2km	45.6%	36.6%	36.1%
2-3km	3.9%	4.8%	5.0%
3-4km	26.8%	26.5%	26.5%
4-5km	1.6%	1.8%	1.8%
5-10km	15.8%	21.4%	21.6%
10-30km	5.9%	8.0%	8.2%
30-50km	0.4%	0.7%	0.7%
합계	100.0%	100.0%	100.0%

제4절 통신자료를 활용한 연평균일통행량(AADT) 전환계수 산출

- 현재 KTDB에서 구축한 전국 지역간 및 대도시권 O/D는 주중 기반의 자료를 이용하여 구축한 주중 O/D로, 주말통행 반영이 필요한 경우를 위해 연평균일통행량(AADT) 전환계수를 별도로 배포하고 있음
- 연평균일통행량(AADT) 전환계수 산출을 위해서는 일자별로 수집되는 자료가 요구되며, 이에 일자별로 수집되는 철도수송실적, 고속도로 TCS자료, 교통량 상시조사지점 자료를 활용해 계수를 구축해 왔음
- 특정 수단의 수송실적 자료를 활용해왔기 때문에 수단별로는 주중과 주말통행패턴을 정확하게 파악할 수 있는 장점이 있으나, 적용범위가 한정적이었음
- 본 연구에서는 이러한 한계점을 보완하기 위해 빅데이터 중의 하나인 통신자료를 기반으로 연평균일통행량 전환계수 산출하고, 기존 연평균일통행량 전환계수와의 비교를 통해 통신자료 기반 연평균일통행량 전환계수 적용의 합리성을 검토하고자 함

1. 통신자료의 시도별 평일, 주말, 일평균 발생·도착량 검토

<표 3-14> 시도별 평일, 주말, 일평균 통행량 및 원단위 비교

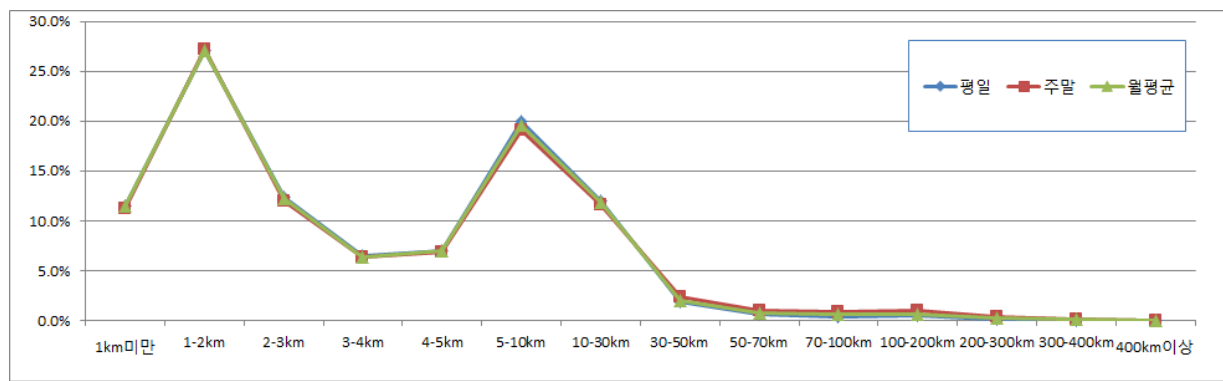
(단위: 명, 통행/일, 통행/인)

구분	총인구	통행량 (발생기준)			원단위		
		평일평균	주말평균	월평균	평일평균	주말평균	월평균
서울	9,805,506	27,559,177	23,752,693	26,208,489	2.81	2.42	2.67
부산	3,440,484	8,813,050	8,218,171	8,601,964	2.56	2.39	2.50
대구	2,461,002	6,618,555	6,182,349	6,463,772	2.69	2.51	2.63
인천	2,913,024	6,456,871	6,009,614	6,298,167	2.22	2.06	2.16
광주	1,501,557	4,138,906	3,820,425	4,025,897	2.76	2.54	2.68
대전	1,535,445	4,491,760	4,038,211	4,330,824	2.93	2.63	2.82
울산	1,166,033	3,010,782	2,645,567	2,881,189	2.58	2.27	2.47
경기	12,671,956	28,854,775	26,389,322	27,979,937	2.28	2.08	2.21
강원	1,521,751	4,276,714	4,132,320	4,225,478	2.81	2.72	2.78
충북	1,603,404	4,279,867	3,875,727	4,136,462	2.67	2.42	2.58
충남	2,132,566	5,616,983	5,047,909	5,415,054	2.63	2.37	2.54
전북	1,833,168	4,670,678	4,342,999	4,554,405	2.55	2.37	2.48
전남	1,796,017	4,171,846	3,846,824	4,056,515	2.32	2.14	2.26
경북	2,682,169	7,028,622	6,410,554	6,809,308	2.62	2.39	2.54
경남	3,339,633	8,059,926	7,324,840	7,799,089	2.41	2.19	2.34
제주	623,332	2,197,223	2,079,449	2,155,432	3.52	3.34	3.46
세종	242,507	719,177	610,066	680,460	2.97	2.52	2.81
합계	51,269,554	130,964,912	118,727,041	126,622,441	2.55	2.32	2.47

- 평일과 주말의 평균통행량을 비교 했을 시, 평일이 주말보다 많은 것으로 나타났음
- 전국기준 평일은 1인당 평균 2.55회 통행을, 주말은 2.32회 통행을 하는 것으로 나타남

2. 통신자료의 평일 및 주말통행의 통행거리분포 비교

- 평일과 주말에 따른 통행량 분포에 변화 여부를 확인하기 위해 평일/주말 통행거리 분포를 비교함
- 시군구 기준에서 통행거리분포 산정 시, 평일과 주말통행의 통행거리대별 분포비 차이는 미미한 것으로 나타남



<그림 3-7> 평일과 주말통행의 통행거리분포 비교

<표 3-15> 평일과 주말통행의 통행거리분포 비교

	평일평균	주말평균	월평균
1km미만	11.5%	11.3%	11.4%
1-2km	27.0%	27.2%	27.1%
2-3km	12.3%	11.9%	12.2%
3-4km	6.5%	6.3%	6.4%
4-5km	7.0%	6.9%	7.0%
5-10km	19.9%	19.1%	19.6%
10-30km	12.0%	11.6%	11.9%
30-50km	1.9%	2.4%	2.0%
50-70km	0.6%	1.0%	0.7%
70-100km	0.5%	0.8%	0.6%
100-200km	0.5%	1.1%	0.7%
200-300km	0.2%	0.3%	0.2%
300-400km	0.1%	0.1%	0.1%
합계	100.0%	100.0%	100.0%

3. AADT 전환계수 산출 및 기존 환산계수와의 비교

- 통신자료 평일평균 및 일평균통행량에 기반해 연평균일통행량(AADT, Annual Average Daily Trip) 전환계수를 산정하였음

<표 3-16> 통신자료의 평일평균 통행량 분포

(단위: 천통행/일)

구분	수도권	부산	대구	광주	대전	울산	강원	충북	충남 세종	전북	전남	경북	경남	합계
수도권	62,347	14	13	9	32	4	109	86	168	24	11	27	12	62,857
부산	14	8,467	8	1	2	43	1	2	2	1	3	18	248	8,810
대구	13	8	6,283	1	2	4	2	4	2	2	1	271	23	6,617
광주	9	1	1	3,948	2	0	0	1	3	17	153	1	2	4,138
대전	33	2	3	2	4,259	1	2	49	121	11	2	5	3	4,492
울산	5	48	5	0	1	2,877	1	1	1	0	1	38	33	3,011
강원	115	1	2	0	2	1	4,123	17	3	1	0	11	1	4,276
충북	91	2	4	1	50	1	17	4,031	52	5	1	18	3	4,278
충남 세종	185	2	3	4	130	1	3	56	5,900	37	5	6	4	6,336
전북	25	2	2	18	12	0	1	5	35	4,538	23	2	7	4,670
전남	12	4	2	170	2	1	0	1	4	24	3,933	1	15	4,170
경북	28	20	304	1	6	42	11	19	6	2	1	6,570	21	7,029
경남	12	258	25	2	3	31	1	3	4	7	15	21	7,679	8,060
합계	62,890	8,827	6,654	4,157	4,501	3,004	4,271	4,273	6,300	4,671	4,152	6,990	8,051	128,742

<표 3-17> 통신자료의 월평균 일통행량 분포

(단위: 천통행/일)

구분	수도권	부산	대구	광주	대전	울산	강원	충북	충남 세종	전북	전남	경북	경남	합계
수도권	59,868	16	16	12	38	5	136	98	186	32	15	34	16	60,472
부산	18	8,224	11	1	2	47	1	2	2	2	4	26	257	8,598
대구	16	11	6,096	1	3	6	2	5	3	3	2	284	30	6,462
광주	12	1	1	3,813	2	0	0	1	4	21	165	1	3	4,025
대전	40	2	3	2	4,074	1	2	52	127	14	2	6	4	4,331
울산	6	52	6	0	1	2,734	1	1	1	1	1	43	35	2,881
강원	149	2	3	0	3	1	4,026	20	4	1	0	14	1	4,225
충북	104	3	5	1	54	1	20	3,854	56	7	2	24	4	4,134
충남 세종	204	2	4	5	136	1	4	59	5,617	45	7	7	5	6,095
전북	34	2	3	23	15	1	1	7	43	4,383	29	3	10	4,554
전남	16	5	3	181	3	1	0	2	6	30	3,786	2	20	4,055
경북	36	28	311	1	7	47	14	24	7	3	2	6,304	27	6,809
경남	15	266	32	3	4	34	1	4	5	10	20	26	7,380	7,799
합계	60,517	8,615	6,494	4,043	4,342	2,878	4,210	4,129	6,061	4,550	4,036	6,774	7,792	124,440

- 통신자료 기반의 연평균일통행량(AADT, Annual Average Daily Trip) 전환계수 산정 결과는 아래와 같음
 - 연평균일통행량 전환계수 = 연평균일통행량(월평균일통행량) / 평일평균통행량
 - 기존 수송실적 기반의 전환계수와 비교를 위해 13개 지역으로 구분하여 산정함

<표 3-18> 통신자료 기반의 연평균일통행량(AADT) 환산계수

구분	수도권	부산	대구	광주	대전	울산	강원	충북	충남 세종	전북	전남	경북	경남	합계
수도권	0.96	1.21	1.25	1.28	1.21	1.20	1.24	1.15	1.11	1.31	1.28	1.24	1.25	0.96
부산	1.23	0.97	1.35	1.48	1.33	1.11	1.31	1.35	1.29	1.55	1.43	1.40	1.04	0.98
대구	1.25	1.35	0.97	1.26	1.29	1.42	1.41	1.31	1.28	1.50	1.60	1.05	1.28	0.98
광주	1.28	1.44	1.21	0.97	1.25	1.38	1.20	1.31	1.32	1.24	1.08	1.25	1.44	0.97
대전	1.19	1.23	1.25	1.22	0.96	1.26	1.25	1.07	1.06	1.30	1.32	1.23	1.35	0.96
울산	1.14	1.07	1.36	1.28	1.22	0.95	1.38	1.22	1.09	1.40	1.25	1.11	1.07	0.96
강원	1.30	1.48	1.51	1.26	1.39	1.58	0.98	1.21	1.32	1.32	1.18	1.33	1.54	0.99
충북	1.14	1.34	1.37	1.32	1.07	1.32	1.19	0.96	1.06	1.27	1.35	1.29	1.36	0.97
충남 세종	1.10	1.22	1.25	1.32	1.05	1.14	1.24	1.06	0.95	1.20	1.33	1.17	1.28	0.96
전북	1.38	1.63	1.59	1.24	1.33	1.58	1.24	1.30	1.23	0.97	1.23	1.47	1.43	0.98
전남	1.34	1.46	1.62	1.06	1.41	1.43	1.15	1.42	1.38	1.23	0.96	1.40	1.32	0.97
경북	1.29	1.42	1.02	1.21	1.24	1.12	1.30	1.28	1.24	1.37	1.30	0.96	1.29	0.97
경남	1.26	1.03	1.25	1.43	1.39	1.10	1.32	1.33	1.31	1.39	1.29	1.27	0.96	0.97
합계	0.96	0.98	0.98	0.97	0.96	0.96	0.99	0.97	0.96	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97

- 음영으로 표시된 13개 지역 내부통행의 경우, 평일통행량이 주말이 포함된 월평균일통행량 보다 많은 것으로 나타남
- 13개 지역간 통행의 경우 주말이 포함된 월평균 일통행량이 평일통행량 보다 많은 것으로 나타났으며, 이는 지역간 통행은 주말통행이 평일통행보다 많은 것을 의미함
- 다만, <표 3-19>와 <표 3-20>의 기존 고속도로 TCS자료 및 고속철도 수송실적에 기반해 산정된 연평균일통행량 환산계수와 비교하면, 통신자료의 평일과 연평균 통행량의 차이가 큼을 확인할 수 있음
- 이러한 차이 발생한 원인으로 아래와 같이 몇 가지 요인이 존재할 수 있음
 - 기존 연평균일통행량 환산계수는 특정 수단(승용차 및 고속철도)에 대해서만 산출되었으나, 통신자료는 모든 수단을 포함
 - 기존 환산계수는 연간 자료를 활용하여 분석했으며, 통신자료는 10월 한달 자료만을 사용해서 분석을 진행했기 때문

- 통신자료 기반의 AADT환산계수 적용에 앞서서, 1년치 자료를 활용해 산출하고, AADT환산계수의 적용범위(승용차, 버스, 철도수단)를 감안해 적용방법론 검토가 추가로 필요함

<표 3-19> 고속도로 TCS자료 기반의 연평균일통행량(AADT) 환산계수

구분	수도권	부산	대구	광주	대전	울산	강원	충북	충남 세종	전북	전남	경북	경남	합계
수도권	0.94	1.01	1.05	1.07	1.03	1.01	1.15	1.01	1.02	1.15	1.14	1.09	1.08	0.96
부산	1.01	1.05	1.10	1.08	1.09	1.07	1.00	0.97	0.93	1.07	1.08	1.18	0.99	1.02
대구	1.06	1.08	0.91	1.07	1.12	1.13	1.19	1.13	1.04	1.19	1.18	0.99	1.12	0.99
광주	1.22	1.07	1.08	0.95	1.00	1.07	1.00	1.00	1.00	1.12	1.06	1.10	1.15	1.06
대전	1.04	0.98	1.09	1.00	0.91	1.05	1.06	0.96	1.00	1.12	1.10	1.14	1.13	0.99
울산	1.00	1.08	1.13	1.01	1.05	0.95	1.16	1.01	0.93	1.04	1.01	1.08	1.01	1.03
강원	1.18	1.13	1.19	1.00	1.07	1.21	1.09	1.05	1.04	1.06	1.05	1.22	1.15	1.11
충북	1.03	0.92	1.11	1.00	0.96	1.03	1.04	0.97	0.96	1.06	1.03	1.13	1.07	1.01
충남 세종	1.03	0.88	1.01	1.00	1.00	0.93	1.04	0.95	1.03	1.15	1.13	0.99	1.03	1.03
전북	1.18	1.01	1.18	1.12	1.14	1.06	1.05	1.06	1.22	1.04	1.08	1.07	1.18	1.11
전남	1.16	1.05	1.14	1.06	1.13	0.98	1.04	1.03	1.22	1.08	1.06	1.02	1.15	1.08
경북	1.10	1.19	1.00	1.04	1.12	1.10	1.21	1.13	0.99	1.05	1.02	1.05	1.10	1.05
경남	1.08	0.99	1.11	1.12	1.18	1.02	1.16	1.09	1.08	1.18	1.12	1.11	0.97	1.00
합계	0.96	1.01	0.99	1.06	0.99	1.03	1.10	1.00	1.03	1.09	1.08	1.04	1.00	1.00

주 : TCS_전차종의 통행분포량이 100대/일 미만인 경우는 계수값을 '1'로 적용

<표 3-20> 고속철도 수송실적자료 기반의 연평균일통행량(AADT) 환산계수

구분	수도권	부산	대구	광주	대전	울산	강원	충북	충남 세종	전북	전남	경북	경남	합계
수도권	1.05	1.09	1.08	1.10	1.03	1.08	1.00	0.88	0.98	1.14	1.09	1.05	1.06	1.06
부산	1.14	1.20	1.26	1.00	1.17	1.18	1.00	1.10	1.20	1.00	1.00	1.23	1.25	1.16
대구	1.08	1.20	1.00	1.00	1.13	1.23	1.00	1.05	1.18	1.00	1.00	1.05	1.17	1.11
광주	1.11	1.00	1.00	1.00	1.03	1.00	1.00	1.05	1.12	1.06	0.94	1.00	1.00	1.10
대전	1.03	1.10	1.10	0.97	1.00	1.10	1.00	0.93	0.94	1.01	1.11	1.02	1.12	1.04
울산	1.04	1.13	1.21	1.00	1.07	1.00	1.00	1.05	1.03	1.00	1.00	1.15	1.00	1.07
강원	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
충북	0.86	1.06	1.02	1.00	0.92	1.08	1.00	1.00	0.89	1.04	1.03	1.03	0.99	0.92
충남 세종	0.98	1.11	1.11	1.09	0.92	1.04	1.00	0.87	1.11	1.12	1.14	1.08	1.20	1.02
전북	1.16	1.00	1.00	1.04	1.20	1.00	1.00	1.11	1.18	1.00	1.18	1.00	1.00	1.14
전남	1.09	1.00	1.00	1.06	1.16	1.00	1.00	1.07	1.16	1.25	1.07	1.00	1.00	1.11
경북	1.05	1.20	1.08	1.00	1.04	1.23	1.00	1.08	1.12	1.00	1.00	1.13	1.15	1.07
경남	1.05	1.28	1.25	1.00	1.12	1.00	1.00	0.98	1.18	1.00	1.00	1.23	1.19	1.09
합계	1.06	1.11	1.11	1.09	1.05	1.11	1.00	0.94	1.03	1.12	1.09	1.06	1.09	1.07

주 : 철도(일반+고속철도 통행량의 합)의 통행분포량이 100인/일 미만인 경우는 계수값을 '1'로 적용

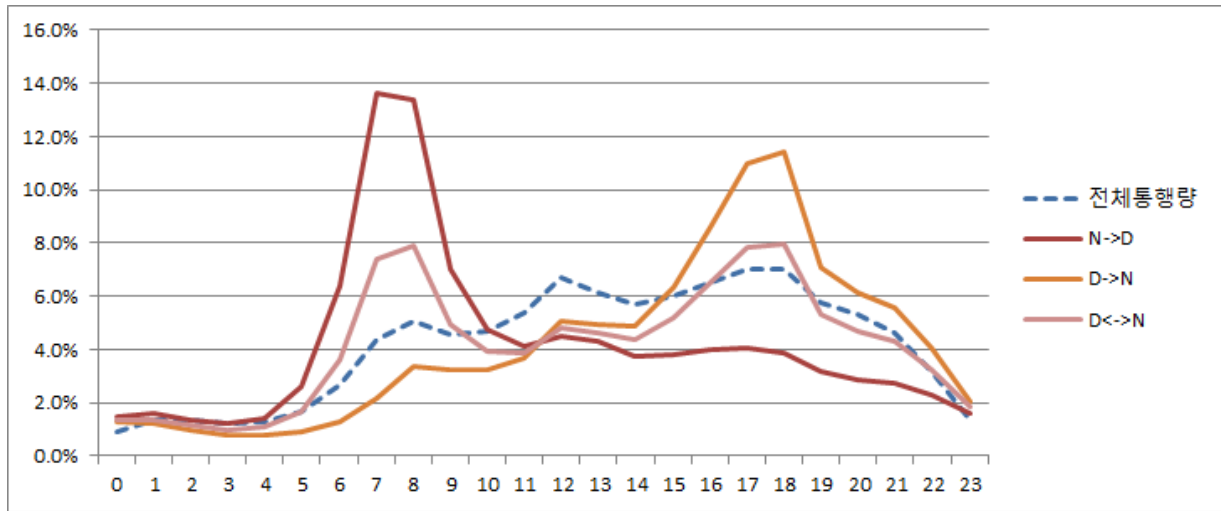
제5절 통신자료의 시간대별 통행량 검토

- 현재 KTDB에서 구축한 전국 지역간 및 대도시권 O/D는 전일(일평균) 기반의 자료로, 출퇴근 시간의 통행분석 등을 위해 필요한 시간대별 O/D는 시간대별 수송실적 등 활용 가능한 자료의 부재로 구축에 어려움이 존재
- 이에 대한 방편으로, KTDB에서는 한국개발연구원(2008)의 「도로·철도 부문 사업의 예비타당성조사 표준지침 수정·보완 연구(제5판)」의 첨부집중을 산출방법에 따라 조사자료에 기반한 첨부집중을 산출하여 별도 제공하고 있음
- 본 연구에서는 통신자료를 기반으로 시간대별 통행량 분포를 검토하여 첨부집중을 산정하였음
 - 본 절에서 시간대별 통행의 출발시각 기준임

1. 전국 시간대별 통행량 분포 검토

- 시간대별 통행량을 비교함에 있어 읍면동 내부통행량의 포함한 경우와 제외한 경우 두 가지를 나눠서 검토하였음
 - 통신자료에서는 교통수단이 비록 구분되지 않으나, 도보통행의 경우 읍면동 내부통행의 비중이 높기에 도보통행을 제외한 시간대별 분포를 검토하기 위해서 두 가지 경우를 분리함
- 또한, 시간대별 통행량을 아래 4가지 통행 유형으로 구분하여 비교하였음
 - 야간상주지(N) → 주간상주지(D) : 거주지를 포함한 야간상주지에서 직장, 학교 등 주간 상주지로의 통행 (주로 출근, 등교목적 통행)
 - 주간상주지(D) → 야간상주지(N) : 직장, 학교 등 주간 상주지에서 거주지를 포함한 야간상주지로의 통행 (주로 귀가목적 통행)
 - 야간상주지(N) ↔ 주간상주지(D) : 통근 및 통학 목적의 통행
 - 전체 : 위의 3가지 유형에 더해 잠재활동지↔주간상주지(D), 야간상주지(N)↔잠재활동지, 잠재활동지↔잠재활동지간의 통행유형까지 포함된 모든 통행

가. 읍면동 내부통행량 포함 시



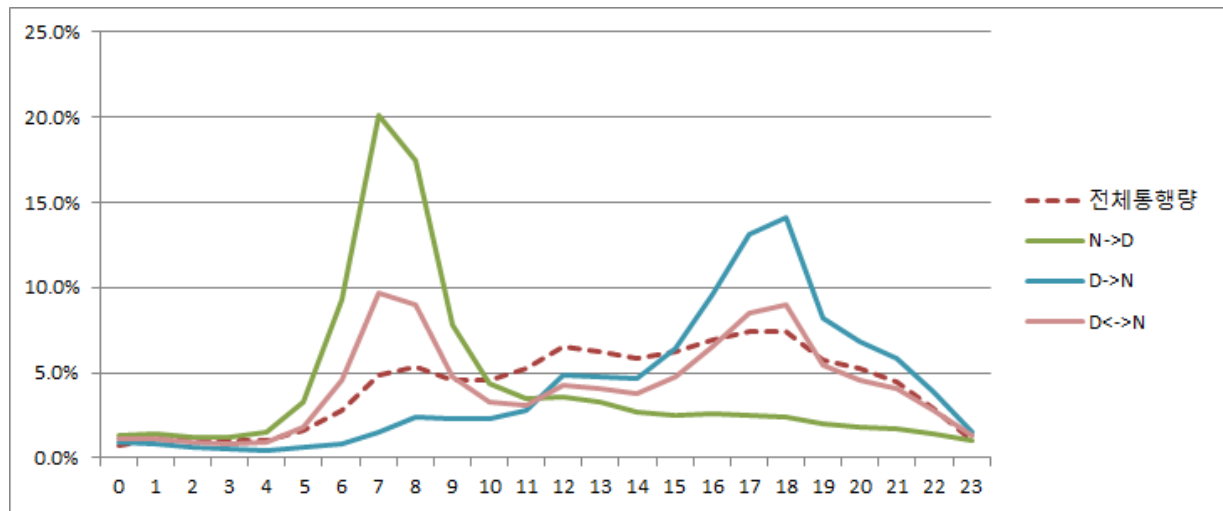
<그림 3-8> 통행유형별 시간대 분포 (읍면동 내부통행 포함)

<표 3-21> 통행유형별 시간대 분포 (읍면동 내부통행 포함)

(단위: 통행/일)

출발 시간대	전체		야간상주지(N) → 주간상주지(D)		주간상주지(D) → 야간상주지(N)		야간상주지(N) ↔ 주간상주지(D)	
	통행량	비율	통행량	비율	통행량	비율	통행량	비율
0	1,195,746	0.9%	228,319	1.5%	234,806	1.3%	463,125	1.4%
1	1,783,466	1.4%	241,206	1.6%	221,948	1.2%	463,154	1.4%
2	1,760,458	1.3%	210,360	1.4%	175,563	1.0%	385,923	1.1%
3	1,623,102	1.2%	190,747	1.2%	144,977	0.8%	335,724	1.0%
4	1,709,468	1.3%	221,269	1.4%	139,102	0.8%	360,371	1.1%
5	2,204,670	1.7%	397,808	2.6%	164,761	0.9%	562,568	1.7%
6	3,524,142	2.7%	981,761	6.4%	240,590	1.3%	1,222,351	3.6%
7	5,689,487	4.3%	2,090,740	13.6%	403,135	2.2%	2,493,875	7.4%
8	6,636,903	5.1%	2,047,366	13.4%	614,392	3.3%	2,661,759	7.9%
9	5,992,431	4.6%	1,073,861	7.0%	601,256	3.3%	1,675,117	5.0%
10	6,119,878	4.7%	728,692	4.8%	595,166	3.2%	1,323,858	3.9%
11	7,083,108	5.4%	630,433	4.1%	674,340	3.7%	1,304,772	3.9%
12	8,781,387	6.7%	692,896	4.5%	933,462	5.1%	1,626,358	4.8%
13	8,073,188	6.2%	657,641	4.3%	907,332	4.9%	1,564,973	4.6%
14	7,469,452	5.7%	576,974	3.8%	902,323	4.9%	1,479,297	4.4%
15	7,884,064	6.0%	582,832	3.8%	1,161,545	6.3%	1,744,376	5.2%
16	8,568,275	6.5%	609,324	4.0%	1,581,647	8.6%	2,190,971	6.5%
17	9,152,953	7.0%	623,787	4.1%	2,014,319	11.0%	2,638,106	7.8%
18	9,162,516	7.0%	593,389	3.9%	2,095,438	11.4%	2,688,827	8.0%
19	7,548,432	5.8%	486,951	3.2%	1,305,110	7.1%	1,792,061	5.3%
20	6,951,030	5.3%	440,543	2.9%	1,131,048	6.2%	1,571,590	4.7%
21	6,080,477	4.6%	416,640	2.7%	1,028,301	5.6%	1,444,941	4.3%
22	4,192,913	3.2%	352,737	2.3%	743,974	4.0%	1,096,712	3.3%
23	1,777,366	1.4%	243,398	1.6%	372,535	2.0%	615,933	1.8%
합계	130,964,912	100.0%	15,319,673	100.0%	18,387,070	100.0%	33,706,743	100.0%

나. 읍면동 내부통행량 제외 시



<그림 3-9> 통행유형별 시간대 분포 (읍면동 내부통행 제외)

<표 3-22> 통행유형별 시간대 분포 (읍면동 내부통행 제외)

(단위: 통행/일)

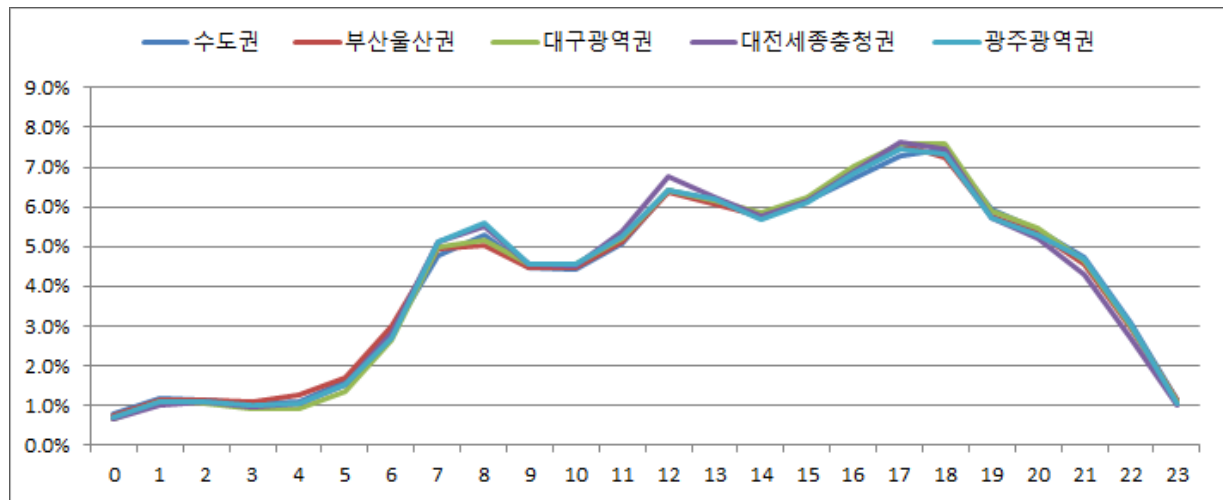
출발 시간대	전체		야간상주지(N) → 주간상주지(D)		주간상주지(D) → 야간상주지(N)		야간상주지(N) ↔ 주간상주지(D)	
	통행량	비율	통행량	비율	통행량	비율	통행량	비율
0	551,528	0.7%	108,502	1.3%	97,782	0.9%	206,284	1.1%
1	833,791	1.1%	117,489	1.4%	85,774	0.8%	203,263	1.1%
2	825,005	1.1%	105,168	1.3%	65,516	0.6%	170,685	0.9%
3	757,448	1.0%	97,282	1.2%	53,000	0.5%	150,282	0.8%
4	826,042	1.1%	122,768	1.5%	50,378	0.5%	173,147	0.9%
5	1,215,672	1.6%	274,020	3.3%	63,158	0.6%	337,178	1.8%
6	2,181,782	2.8%	766,546	9.3%	92,828	0.9%	859,375	4.6%
7	3,755,480	4.9%	1,659,149	20.1%	158,225	1.5%	1,817,373	9.7%
8	4,100,498	5.3%	1,444,975	17.5%	250,694	2.4%	1,695,670	9.0%
9	3,521,207	4.6%	645,959	7.8%	244,444	2.3%	890,403	4.7%
10	3,504,313	4.5%	363,570	4.4%	247,819	2.3%	611,390	3.2%
11	4,041,383	5.2%	286,025	3.5%	298,064	2.8%	584,089	3.1%
12	5,074,261	6.6%	297,689	3.6%	515,451	4.9%	813,140	4.3%
13	4,849,893	6.3%	272,183	3.3%	500,684	4.7%	772,867	4.1%
14	4,528,643	5.9%	221,618	2.7%	489,915	4.6%	711,533	3.8%
15	4,836,158	6.3%	209,330	2.5%	680,863	6.4%	890,192	4.7%
16	5,333,072	6.9%	211,250	2.6%	1,017,987	9.6%	1,229,237	6.5%
17	5,756,746	7.5%	209,574	2.5%	1,392,602	13.2%	1,602,176	8.5%
18	5,711,890	7.4%	197,676	2.4%	1,491,179	14.1%	1,688,854	9.0%
19	4,461,269	5.8%	164,378	2.0%	865,251	8.2%	1,029,630	5.5%
20	4,050,270	5.2%	147,858	1.8%	718,426	6.8%	866,284	4.6%
21	3,461,658	4.5%	138,223	1.7%	621,010	5.9%	759,233	4.0%
22	2,222,711	2.9%	116,777	1.4%	407,548	3.9%	524,325	2.8%
23	807,173	1.0%	81,032	1.0%	163,841	1.5%	244,873	1.3%
합계	77,207,893	100.0%	8,259,041	100.0%	10,572,442	100.0%	18,831,483	100.0%

- 전체 목적에 대한 시간대별 통행량 분포를 검토했을 시에, 아침 출근시간대(8시~9시), 점심시간대(12시~13시), 저녁 퇴근시간대(17시~19시)에 첨두 특성을 갖는 것으로 나타남
- 야간상주지(N) → 주간상주지(D)로의 통행(출근, 등교목적 등)은 오전 7~9시 시간대에서 가장 높은 비율을 보임
- 주간상주지(D) → 야간상주지(N)로의 통행(귀가목적 등)은 오후 5~7시 시간대에서 가장 높은 비율을 보임
- 주간상주지(D) ↔ 야간상주지(N)로의 통행(통근통학 목적)은 마찬가지로 오전 7~9시 시간대와 오후 5~7시 시간대에 첨두 특성을 보이는 것으로 나타남
- 읍면동 내부통행량 제외 시에는 위의 첨두통행 특성이 더욱 두드러지게 나타남

2. 대도시권역별 통행유형별 시간대별 통행량 분포 비교 (읍면동 내부통행 제외 시)

- 앞서 검토한 전국 기준의 시간대별 통행량 분포를 대도시권역별로도 동일하게 비교·검토하였음
- 여기서는 읍면동 내부통행을 제외한 경우를 활용하여 시간대별 통행량 분포를 산출함
- 모든 통행목적이 포함된 전체통행 검토 시, 아침 출근시간대, 점심시간대, 저녁 퇴근 시간대에서 첨두 특성을 보임
- 대도시권역별 비교 시에도 시간대별 통행량 분포가 유사하게 나타났음
- 통행유형별로 첨두를 검토 시, 권역별 첨두 시간대는 모두 동일하게 나타남
 - 야간상주지(N) → 주간상주지(D) 통행 첨두시간대 : 오전 7시~9시
 - 주간상주지(D) → 야간상주지(N) 통행 첨두시간대 : 오후 5시~7시
 - 야간상주지(N) ↔ 주간상주지(D) 통행 첨두시간대 : 오전 7시~9시, 오후 5시~7시

가. 전체통행

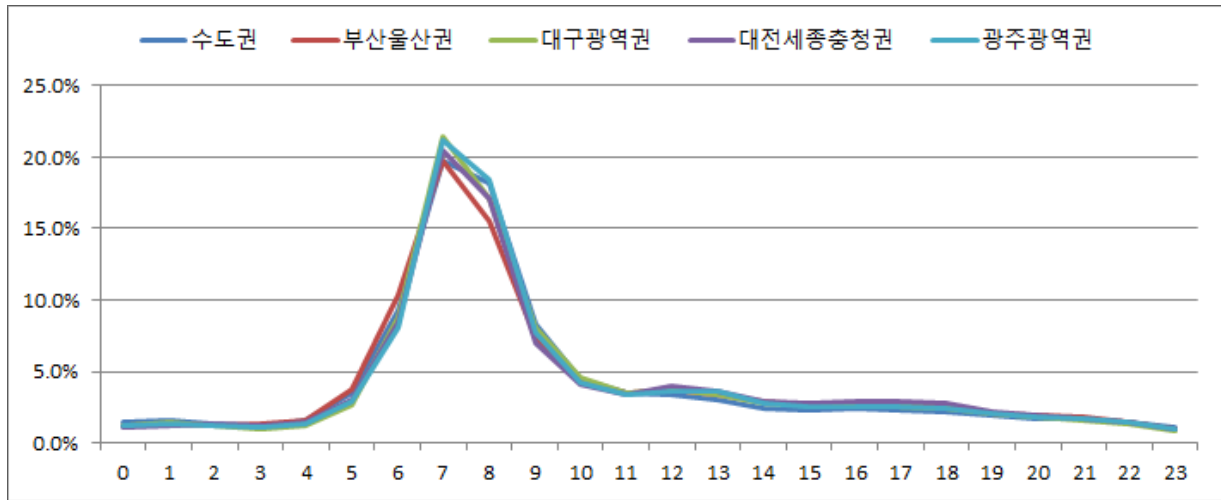


<그림 3-10> 대도시권역별 시간대별 통행량 분포

<표 3-23> 대도시권역별 시간대별 통행량 분포

출발시간대	수도권	부산울산권	대구광역시	대전세종충청권	광주광역시
0	0.8%	0.7%	0.7%	0.7%	0.7%
1	1.2%	1.1%	1.1%	1.0%	1.1%
2	1.1%	1.1%	1.0%	1.1%	1.1%
3	1.0%	1.1%	0.9%	1.0%	1.0%
4	1.1%	1.3%	0.9%	1.0%	1.0%
5	1.6%	1.7%	1.4%	1.5%	1.5%
6	2.8%	3.0%	2.6%	2.8%	2.7%
7	4.8%	4.9%	5.0%	5.1%	5.1%
8	5.3%	5.0%	5.2%	5.5%	5.6%
9	4.5%	4.5%	4.5%	4.6%	4.6%
10	4.4%	4.5%	4.6%	4.5%	4.5%
11	5.1%	5.1%	5.2%	5.4%	5.2%
12	6.4%	6.4%	6.4%	6.8%	6.4%
13	6.2%	6.1%	6.1%	6.2%	6.2%
14	5.7%	5.8%	5.9%	5.8%	5.7%
15	6.1%	6.2%	6.3%	6.2%	6.1%
16	6.7%	6.9%	7.0%	6.9%	6.9%
17	7.3%	7.6%	7.6%	7.6%	7.5%
18	7.5%	7.2%	7.6%	7.5%	7.3%
19	5.9%	5.8%	5.9%	5.7%	5.7%
20	5.4%	5.3%	5.4%	5.2%	5.3%
21	4.7%	4.5%	4.7%	4.3%	4.7%
22	3.1%	3.0%	3.0%	2.7%	3.0%
23	1.1%	1.1%	1.1%	1.0%	1.0%
합계	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%

나. 야간상주지(N) → 주간상주지(D) 통행

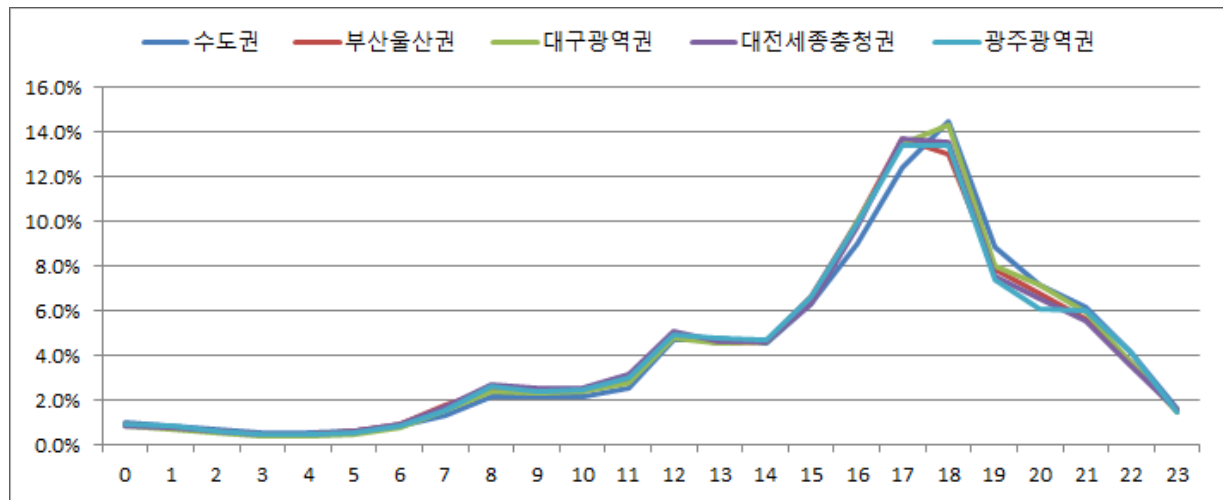


<그림 3-11> 대도시권역별 시간대별 통행량 분포 (야간상주지 → 주간상주지)

<표 3-24> 대도시권역별 시간대별 통행량 분포 (야간상주지 → 주간상주지)

출발시간대	수도권	부산울산권	대구광역시	대전세종충청권	광주광역시
0	1.5%	1.2%	1.2%	1.1%	1.2%
1	1.6%	1.3%	1.4%	1.2%	1.3%
2	1.3%	1.2%	1.2%	1.4%	1.2%
3	1.2%	1.3%	1.0%	1.2%	1.1%
4	1.6%	1.5%	1.2%	1.5%	1.3%
5	3.5%	3.7%	2.7%	3.0%	2.9%
6	9.2%	10.3%	8.8%	8.5%	8.1%
7	19.8%	19.8%	21.5%	20.4%	21.2%
8	18.1%	15.5%	17.1%	17.1%	18.4%
9	8.3%	7.4%	8.1%	7.1%	7.7%
10	4.5%	4.3%	4.6%	4.1%	4.3%
11	3.5%	3.5%	3.5%	3.4%	3.3%
12	3.3%	3.7%	3.7%	4.0%	3.7%
13	3.0%	3.4%	3.4%	3.6%	3.6%
14	2.5%	2.9%	2.8%	2.9%	2.8%
15	2.3%	2.7%	2.6%	2.8%	2.6%
16	2.4%	2.7%	2.6%	2.9%	2.5%
17	2.3%	2.7%	2.6%	2.9%	2.6%
18	2.2%	2.5%	2.5%	2.7%	2.4%
19	1.9%	2.1%	2.0%	2.2%	2.0%
20	1.7%	1.9%	1.8%	1.9%	1.8%
21	1.7%	1.8%	1.6%	1.7%	1.7%
22	1.5%	1.5%	1.3%	1.4%	1.4%
23	1.1%	1.0%	0.9%	0.9%	0.9%
합계	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%

다. 주간상주지(D) → 야간상주지(N) 통행

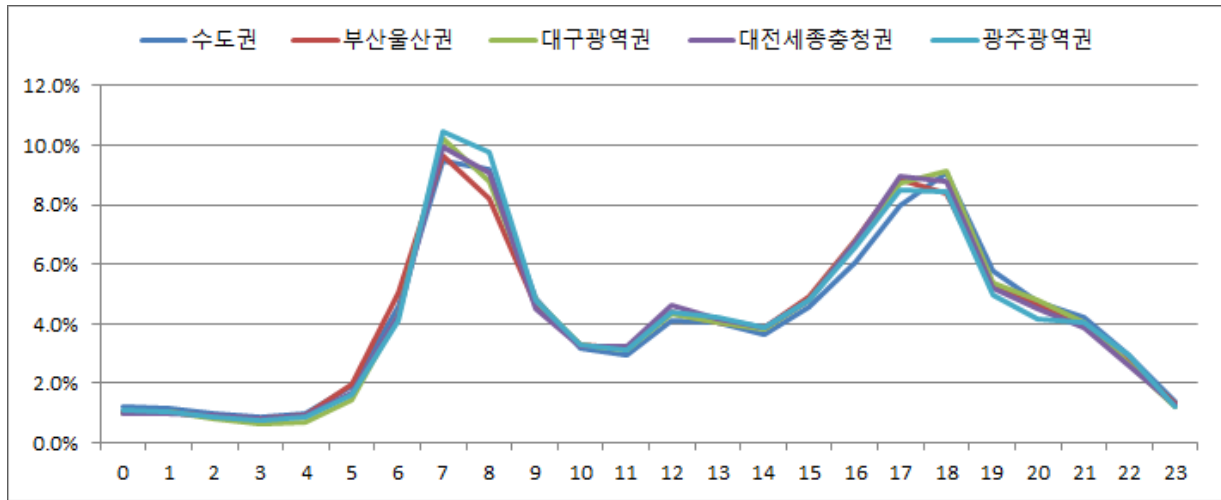


<그림 3-12> 대도시권역별 시간대별 통행량 분포 (주간상주지 → 야간상주지)

<표 3-25> 대도시권역별 시간대별 통행량 분포 (주간상주지 → 야간상주지)

출발시간대	수도권	부산울산권	대구광역시	대전세종충청권	광주광역시
0	1.0%	0.9%	0.8%	0.9%	1.0%
1	0.9%	0.8%	0.7%	0.8%	0.8%
2	0.7%	0.6%	0.5%	0.6%	0.6%
3	0.6%	0.5%	0.4%	0.5%	0.5%
4	0.5%	0.5%	0.4%	0.5%	0.5%
5	0.6%	0.6%	0.5%	0.6%	0.6%
6	0.9%	0.9%	0.8%	1.0%	0.9%
7	1.4%	1.8%	1.5%	1.7%	1.6%
8	2.2%	2.5%	2.4%	2.7%	2.6%
9	2.2%	2.4%	2.3%	2.5%	2.4%
10	2.2%	2.5%	2.4%	2.6%	2.5%
11	2.6%	3.0%	2.8%	3.2%	3.0%
12	4.7%	5.0%	4.8%	5.1%	4.9%
13	4.8%	4.6%	4.5%	4.6%	4.8%
14	4.6%	4.6%	4.6%	4.7%	4.7%
15	6.3%	6.6%	6.4%	6.4%	6.6%
16	9.0%	10.0%	10.0%	9.8%	10.0%
17	12.4%	13.7%	13.5%	13.7%	13.4%
18	14.5%	13.0%	14.3%	13.6%	13.4%
19	8.9%	7.9%	8.0%	7.6%	7.4%
20	7.1%	6.8%	7.1%	6.5%	6.1%
21	6.2%	5.6%	5.9%	5.5%	6.0%
22	4.1%	3.7%	3.7%	3.5%	4.2%
23	1.6%	1.6%	1.5%	1.5%	1.5%
합계	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%

라. 주간상주지(D) ↔ 야간상주지(N) 통행



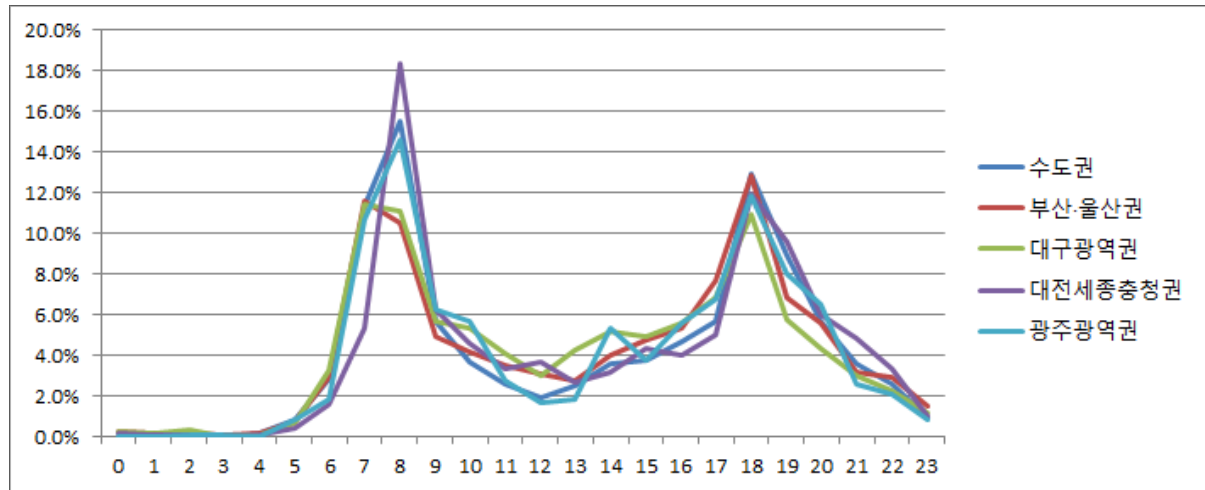
<그림 3-13> 대도시권역별 시간대별 통행량 분포 (주간상주지 ↔ 야간상주지)

<표 3-26> 대도시권역별 시간대별 통행량 분포 (주간상주지 ↔ 야간상주지)

출발시간대	수도권	부산울산권	대구광역시	대전세종충청권	광주광역시
0	1.2%	1.1%	1.0%	1.0%	1.1%
1	1.2%	1.0%	1.0%	1.0%	1.0%
2	1.0%	0.9%	0.8%	0.9%	0.9%
3	0.9%	0.8%	0.7%	0.8%	0.8%
4	1.0%	0.9%	0.7%	0.9%	0.9%
5	1.9%	2.0%	1.4%	1.7%	1.6%
6	4.6%	5.0%	4.3%	4.3%	4.1%
7	9.5%	9.7%	10.2%	10.0%	10.4%
8	9.2%	8.2%	8.8%	9.1%	9.8%
9	4.9%	4.6%	4.8%	4.5%	4.8%
10	3.2%	3.3%	3.3%	3.2%	3.3%
11	3.0%	3.2%	3.1%	3.3%	3.1%
12	4.1%	4.4%	4.3%	4.6%	4.4%
13	4.0%	4.1%	4.1%	4.2%	4.2%
14	3.6%	3.9%	3.8%	3.9%	3.9%
15	4.5%	4.9%	4.8%	4.8%	4.8%
16	6.1%	6.8%	6.8%	6.8%	6.6%
17	8.0%	8.9%	8.7%	8.9%	8.5%
18	9.1%	8.4%	9.2%	8.8%	8.5%
19	5.8%	5.3%	5.4%	5.2%	5.0%
20	4.8%	4.6%	4.8%	4.5%	4.2%
21	4.2%	3.9%	4.0%	3.9%	4.1%
22	3.0%	2.7%	2.7%	2.6%	2.9%
23	1.4%	1.3%	1.2%	1.3%	1.2%
합계	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%

3. 조사자료 기반의 시간대별 통행량 분포와의 비교

○ 통신자료와 기존 조사자료에서 산출한 대도시권역별 시간대별 통행량 분포를 비교함



<그림 3-14> 수단O/D자료기반의 대도시권역별 시간대별 분포

<표 3-27> 수단O/D자료기반의 대도시권역별 시간대별 분포

출발시간대	수도권	부산·울산권	대구광역시	대전·세종·충청권	광주광역시
0	0.2%	0.3%	0.3%	0.1%	0.0%
1	0.1%	0.2%	0.2%	0.1%	0.0%
2	0.1%	0.2%	0.3%	0.1%	0.1%
3	0.0%	0.1%	0.0%	0.0%	0.1%
4	0.2%	0.1%	0.1%	0.1%	0.0%
5	0.8%	0.8%	0.7%	0.5%	0.9%
6	2.8%	2.9%	3.2%	1.6%	1.9%
7	11.4%	11.6%	11.5%	5.3%	10.7%
8	15.5%	10.5%	11.1%	18.3%	14.6%
9	5.7%	5.0%	5.7%	6.3%	6.3%
10	3.7%	4.2%	5.3%	4.6%	5.7%
11	2.6%	3.5%	4.1%	3.3%	2.8%
12	1.9%	3.1%	3.0%	3.7%	1.6%
13	2.5%	2.7%	4.3%	2.7%	1.8%
14	3.6%	4.0%	5.2%	3.2%	5.4%
15	3.7%	4.8%	4.9%	4.4%	3.8%
16	4.7%	5.4%	5.6%	4.0%	5.6%
17	5.7%	7.7%	6.8%	5.0%	6.8%
18	12.9%	12.8%	10.9%	11.9%	11.9%
19	9.0%	6.8%	5.8%	9.6%	8.0%
20	5.7%	5.6%	4.3%	6.0%	6.5%
21	3.6%	3.2%	3.0%	4.8%	2.6%
22	2.6%	2.9%	2.3%	3.3%	2.1%
23	1.0%	1.5%	1.2%	1.0%	0.9%
합계	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%

※ 승용차, 버스, 철도/지하철, 택시 통행량만을 집계

- 기존 O/D자료의 시간대별 통행량 분포 및 첨두집중율은 승용차, 버스, 지하철/철도, 택시 수단을 대상으로 산출함
- 통신자료의 경우 교통수단이 구분되지 않으나, 최대한 유사한 조건에서의 비교를 위해 도보통행 비중이 높은 읍면동 내부통행량이 제외된 <표 3-10>의 권역별 시간대별 분포와 비교하였음
- 기존 조사기반의 O/D자료에서는 아침 출근시간대 (오전 7~8시)와 저녁 퇴근시간대 (18시~19시)에 굉장히 높은 첨두율을 보이며, 통신자료에서와 달리 점심시간대(12시~13시)에 첨두특성이 보이지 않음
- 첨두집중율 산정결과에서 이러한 차이를 확연히 확인할 수 있음

<표 3-28> 통신자료와 기존 조사자료기반의 첨두집중율 비교

구분		첨두집중율	수도권	부산울산권	대구광역시권	광주광역시권	대전세종충청권
O/D자료 기반		첨두시	12.19%	10.68%	10.10%	11.29%	11.53%
		비첨두시	3.18%	3.54%	3.68%	3.42%	3.35%
통신자료 기반	전체통행	첨두시	6.98%	7.03%	7.16%	7.02%	7.19%
		비첨두시	4.23%	4.20%	4.21%	4.23%	4.20%
	야간상주지(N) ↔ 주간상주지(D)	첨두시	8.94%	8.78%	9.23%	9.29%	9.19%
		비첨두시	3.76%	3.82%	3.74%	3.70%	3.73%

- 이러한 차이를 보이는 이유는 가구통행실태조사 시 반복적이며 일상적인 출퇴근 통행은 잘 수집되나, 단시간 또는 단거리간의 통행은 누락되기 쉽기 때문으로 사료됨
- 이는 기존 조사기반의 시간대별 통행량분포와 통신자료에서 야간상주지(N) ↔ 주간상주지(D)간의 시간대별 통행량분포(그림 3-13)가 굉장히 유사하다는 점에서 확인할 수 있음

제6절 결론 및 향후 연구방향

1. 주요 결과

- 본 연구에서는 기존 조사자료 기반의 O/D를 보완 또는 대체할 수 있을 것이라 기대되는 통신자료를 다방면으로 검토하고 기존 조사기반의 KTDB O/D와 비교하였음
- 또한, 평일기준의 O/D와 함께 배포하고 있는 연평균일통행량 전환계수, 침두집중율 등을 통신자료에 기반하여 산정함으로써, 신뢰도 제고방안도 함께 검토하였음

가. 통신자료와 조사자료 기반의 O/D 비교

- 통신자료와 조사자료 기반 O/D자료를 시도 (및 시군구) 단위로, 통행발생량, 유출/유입량, 내부통행량, 통행원단위, 대도시권역간통행량, 통행거리분포(TLFD) 항목에 대해 비교하였음
 - 25분 체류시간기준으로 통행이 구분된 통신자료는 O/D자료의 주수단(목적) 통행 개념과 가까워, 주수단O/D(+화물O/D)와 통행량 비교를 수행함
 - 통신자료의 경우 전국 총 통행량이 131백만 통행, O/D자료는 134백만 통행으로 O/D자료의 통행량이 다소 더 많은 것으로 나타남
 - 지역간 통행은 통신자료에 비해 O/D자료의 통행량이 많았으며, 내부통행량 또한 수도권(서울, 인천, 경기), 대구, 강원, 세종을 제외하고는 O/D자료 통행량이 더 많음
 - 통신자료와 O/D자료의 통행 거리대별 분포는 유사하게 나타났으며, 통행거리가 3km 미만인 단거리 통행의 비율은 통신자료에서 더 높게 나타났고, 5~30km 거리대 통행 비율은 O/D자료에서 더 높게 나타남
- 통신자료와 O/D자료가 통행량의 통행거리에 따라 차이가 나타나는 것은 원자료의 특성 및 구축방법의 영향으로 판단됨
 - 지역간 통행의 경우, O/D자료는 교통수단별 수송실적 기반하여 구축하나, 통신자료는 체류시간25분에 기반해 구축되었기 때문에 장거리 통행이 단절되었을 가능성이 존재
 - 주로 시도 및 읍면동 내부에서 이루어지는 도보/자전거를 이용한 단거리 통행의 경우, 통신자료에서는 모든 통행이 집계되는 반면, O/D자료에서는 (도보/자전거의 수송실적 부재로) 조사표본의 원단위에 의존할 수밖에 없는데, 일반적으로 가구조사 수행 시 단거리 통행의 누락이 많은 편이기 때문으로 사료됨

나. 통신자료를 활용한 연평균일통행량(AADT) 전환계수 산출

- 통신자료 기반의 평일통행과 주말통행특성을 비교하였음
 - 전국기준 평일은 1인당 평균 2.55회 통행을, 주말은 2.32회 통행을 하는 것으로 나타남
 - 평일과 주말의 통행거리 분포 차이는 미미하게 나타남
 - 연평균일통행량 전환계수 산정결과, 각 지역 내부통행의 경우 평일통행량이 주말통행량보다 많은 반면, 지역간 통행의 경우 주말통행량이 더 많은 것으로 나타남
- 통신자료와 기존 수송실적 기반의 연평균일통행량 전환계수를 비교하였음
 - 기존 KTDB에서 제공하고 있는 고속도로 TCS자료 및 철도 수송실적 자료보다 통신자료에서의 평일과 주말통행량의 차이가 크게 나타남
 - 두 자료간에 이러한 차이가 나타나는 요인으로, 기존 연평균일통행량 전환계수는 특정 수단(승용차 및 고속철도)에 대해서만 산출되었으나, 통신자료는 모든 수단을 포함
 - 또한, 기존 환산계수는 연간 자료를 활용하여 분석했으며, 통신자료는 10월 한달 자료만을 사용해서 분석을 진행한 점의 영향도 존재할 수 있음 (월별로 주말통행량이 다른 점 검토 필요)

다. 통신자료의 시간대별 통행량 검토

- 통신자료를 기반으로 시간대별 통행량 분포를 검토하고, 첨두집중율을 산정하였음
 - 통신자료에서 교통수단이 비록 구분되지 않으나, 일반적으로 도보통행의 경우 읍면동 내부통행의 비중이 높은 편임
 - 도보통행을 제외한 시간대별 분포를 검토하기 위해서 읍면동 내부통행량의 포함한 경우와 제외한 경우로 구분하여 검토함
 - 전국 기준 시간대별 통행량 분포를 검토했을 시에, 아침 출근시간대(8시~9시), 점심시간대(12시~13시), 저녁 퇴근시간대(17시~19시)에 첨두 특성을 갖는 것으로 나타남
 - 읍면동 내부통행량 제외 시에는 위의 첨두통행 특성이 더욱 두드러지게 나타남
- 통신자료와 기존 조사자료 기반의 첨두집중율 산정결과를 비교하였음
 - 기존 조사기반의 O/D자료에서는 아침 출근시간대 (오전 7~8시)와 저녁 퇴근시간대 (18시~19시)에 굉장히 높은 첨두율을 보이며, 통신자료에서와 달리 점심시간대(12시~13시)에 첨두특성이 보이지 않음
 - 이러한 차이를 보이는 이유는 가구통행실태조사 시 반복적이며 일상적인 출퇴근 통

행은 잘 수집되나, 단시간 또는 단거리간의 통행은 누락되기 쉽기 때문임

2. 한계점 및 향후 연구방향

- 본 연구에서는 통신자료만을 활용하여 분석을 진행하였기 때문에 분석범위나 분석방법 등이 제한적이었으며, 향후 연구 시 보완이 필요함
 - 본 연구에서는 전수화 가중치로 시장점유율만을 고려하였으나, 읍면동 수준에서의 분석을 위해서는 전수화 가중치를 보다 세밀하게 반영할 필요가 있음
 - 통신자료 상에 통행목적과 이용교통수단 구분할 수 없었으나, 앞으로 수단별 수송실적, 교통카드, 공간정보 자료 등과 매칭을 통해 보완 가능할 것임
- 기존 조사자료 기반 O/D구축 시에 통신자료를 활용하는 방안 관련하여, 다음 사항에 대한 향후 검토가 필요함
 - 통신자료에서 통행시간 및 통행속도의 파악을 통해, 모집단의 추정이 어려운 도보통행량을 보정하는데 활용하는 방안
 - 또한, 기존 가구통행실태조사에서 누락될 수 있는 비가정기반 통행을 보정하는 데 활용하는 방안
- 연평균일통행량 전환계수로서의 활용을 위해서는, 1년치 통신자료 자료를 사용하고, 수송실적 등을 활용해 장거리 통행에 대한 추가 보정 수행이 필요할 것으로 사료됨
- 통신자료에 기반해 산정된 침두집중율의 경우 기존 조사자료 기반 침두집중율의 단점을 보완하는 자료로서, 바로 활용 가능할 것으로 기대됨
 - 그러나, 침두집중율을 적용하는 방법은 침두 O/D와 전일 O/D의 통행 방향성이 동일하다는 근본적인 한계가 있으므로, 앞으로 시간대별 O/D를 구축하는데 있어 통신자료의 활용방안에 대한 연구가 필요함
- 과거 O/D자료는 단순히 SOCT당성 분석 등에만 활용처가 국한되었으나, 현재에는 정책분석이나 다양한 미시적인 교통 분석에도 활용되고 있음
 - 이는 O/D자료로부터 사람들의 통행목적, 이용교통수단을 포함한 통행행태, 즉 교통을 직접적으로 파악할 수 있기 때문임
- 미시적인 수준까지 O/D 자료의 신뢰도에 대한 요구가 점점 증대되고 중요해지는 시기에, 통신자료를 포함한 새롭게 활용가능한 빅데이터들은 O/D의 신뢰도를 보다 높이는데 큰 기여를 할 것으로 여겨짐

참고문헌



참고문헌

[도로교통 환경변화를 고려한 도로통행비용함수 개선방안 연구]

1. 강호익. (1996). 도로유형별 지체함수 정립과 교통배정에 미치는 영향분석. 서울대학교 대학원 박사학위 논문.
2. 국토교통부. (2013). 도로용량편람.
3. 김병기, 강원의, 백남철, & 한대철. (2003). 국도 기능별 통행저항함수 추정에 관한 연구. 대한토목학회 학술대회, 158-163.
4. 서선덕. (1989). Implementation and evaluation of nonlinear bilevel programming model of equilibrium network design problem. University of Illinois at Urbana-Champaign.
5. 이의은. (1986). 링크체증함수 및 일반화 비용함수의적용에 관한 고찰. 서울대학교 대학원 석사학위 논문.
6. 임용택, 강민구, 추상호, & 이상민. (2008). 도로 통행지체함수의 파라미터 추정 및 검증. 대한교통학회지, 26, 17-29.
7. 장덕형. (1993). 고속도로 통행의 지체함수와 통행저항 파라미터의 민감도 분석에 관한 연구. 서울대학교 대학원 박사학위 논문.
8. 주정열. (1993). 통행배정모형의 도로용량함수 비교 및 적용에 관한 연구. 서울대학교 대학원 석사학위 논문.
9. 최기주. (1986). 용량저항함수의 비교분석 및 그 적용방안에 관한 연구. 서울대학교 대학원 석사학위 논문.
10. 한국개발연구원. (2008). 도로 및 철도부문사업의 예비타당성조사 표준지침 수정 보완 연구(제5판).
11. BUREAU, O. P. R. (1964). Traffic assignment manual. US Department of Commerce.
12. Davidson, K. B. (1966). A flow travel time relationship for use in transportation planning. In Australian Road Research Board (ARRB) Conference, 3rd, 1966,

Sydney (Vol. 3, No. 1).

13. Florian, M., & Nguyen, S. (1976). An application and validation of equilibrium trip assignment methods. *Transportation Science*, 10(4), 374-390.
14. Irwin, N. A., Dodd, N., & Von Cube, H. G. (1961). Capacity restraint in assignment programs. *Highway Research Board Bulletin*, (297).
15. North Georgia Transportation Planning Organization. (2013). Chattanooga Travel Demand Model.
16. Smock, R. (1962). An iterative assignment approach to capacity restraint on arterial networks. *Highway Research Board Bulletin*, (347).
17. Steenbrink, P. A. (1974). Transport network optimization in the Dutch integral transportation study. *Transportation Research*, 8(1), 11-27.
18. Spiess, H. (1990). Conical volume-delay functions. *Transportation Science*, 24(2), 153-158.
19. Systematics, C. (2012). Inc. NCHRP Report 716: Travel Demand Forecasting: Parameters and Techniques. Transportation Research Board of the National Academies, Washington, DC.
20. Wardrop, J. G. (1968). Journey speed and flow in central urban areas. *Traffic Engineering & Control*, 8(8).

[통신자료 이용 주요 통행지표 산출 및 KTDB 신뢰도 개선 연구]

1. 김주영, 김동호, 성홍모, & 송태진. (2019). 빅데이터 기반의 교통수요 예측의 신뢰도 제고 연구-기종점통행량(O/D) 구축방법론 개발을 중심으로(1차년도). 한국교통연구원 기본연구보고서
2. 한국개발연구원. (2008). 도로·철도 부문 사업의 예비타당성조사 표준지침 수정·보완 연구(제5판).
3. 한국교통연구원. (2018). 모바일 자료 기반 통행수요 추정 및 교통지표 발굴, 2017년 국가교통조사·DB시스템 운영 및 유지보수 최종보고서.