

□ 論 文 □

多車路 高速道路 車輛 橫方向 走行軌跡에 의한 車路別 適定幅 研究

(Evaluation of Variable Lane Width Need Based on Vehicle Lateral Displacement on Eight Lane Freeway)

徐 廷 男

(건화엔지니어링)

張 明 淳

(한양대학교 교통공학과)

李 豐 熙

(한국도로공사)

요 약

8차로 고속도로에서 중앙분리대와 길어깨에 의해 측방여유폭이 제공되는 외측차로(1·4차로)와 측방여유폭이 제공되지 않는 내측차로(2·3차로)에서 나타나는 운전자의 횡방향 주행특성을 4개 지점에서 비디오 촬영하여 분석한 결과는 다음과 같다.

- (1) 차량의 횡방향주행궤적은 차로의 중심으로 부터 주행방향의 좌측으로 이격된 주행행태를 보이고 있으며 이는 운전석의 위치에 의한 영향으로 판단된다.
- (2) 차량의 병행주행시 외측차로의 중심이격거리는 평균 0.38m이고 내측차로의 중심이격거리는 평균 0.34m로 나타났으며 T-test 결과 내측차로와 외측차로의 주행이격거리는 신뢰도 95%에서 상이한 것으로 나타났다.
- (3) 외측차로의 주행궤적간 이격거리는 평균 3.90m이고 내측차로의 주행궤적간 이격거리는 평균 3.54m로서 내측차로의 주행궤적간 이격거리는 외측차로의 주행궤적간 이격거리보다 0.36m 작다. 특히 내측차로의 주행궤적간 이격거리는 내측차로간 차로 중심간 간격인 3.6m 보다 0.1m 작은 것으로 나타났다.
- (4) 내측차로 확장 대안으로 기존 도로폭 유지안(3.5m, 3.7m, 3.7m, 3.5m)과 기존 도로폭 확장안(3.6m, 3.7m, 3.7m, 3.6m)을 고려할 수 있으며 두 대안의 비교·분석결과 경제적 영향을 고려할 때 기존 도로폭 유지안이 우수한 것으로 분석되었다.

* 본 연구는 한양대학교 공학기술연구소 연구비지원(1996년)에 의해 수행되었음.

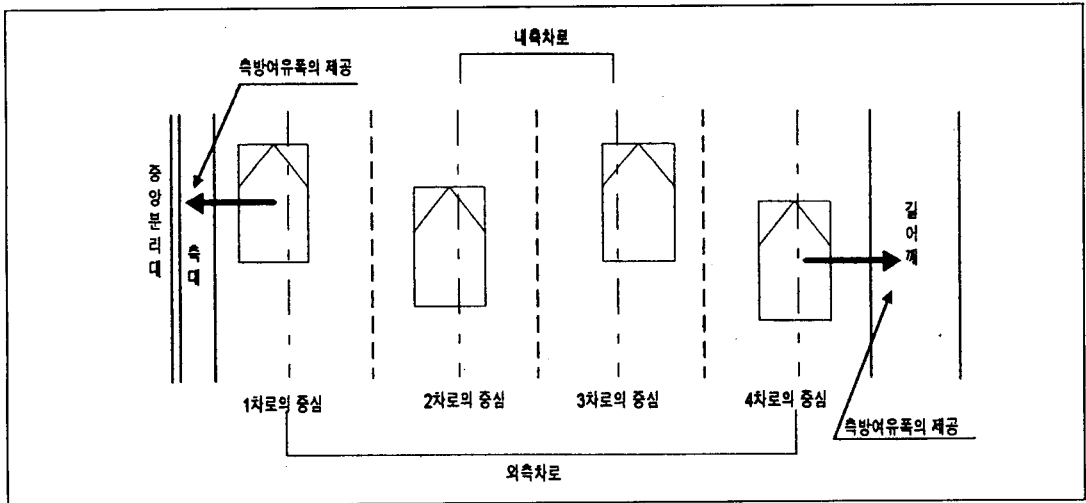
1. 서론

고속도로의 횡단면 설계시 고려되는 횡단구성요소로는 차로(차선에 의해서 구분되는 도로의 부분), 중앙분리대, 길어깨, 측대등이 있다. 이 중에서 측대와 길어깨(갓길)는 해당 도로를 주행하는 차량에게 측방여유폭을 제공하여 안전성을 높이기 위한 목적으로 제공되고 있다.

우리나라를 비롯한 미국, 일본, 영국 등에서는 고속도로 설계시 각 차로폭을 동일하게 규정하고 있다. 그러나 <그림 1>에서와 같이 8차

로(편도 4차로)인 고속도로의 경우 진행방향의 외측차로에는 길어깨(갓길)로 인한 측방여유폭이 제공되고 좌측차로에는 측대로 인한 측방여유폭이 제공되나 내측차로에는 이러한 측방여유폭이 제공되지 않는다.

따라서 본 연구에서는 8차로 고속도로를 주행하는 운전자들이 측방여유폭이 제공되는 외측차로와 측방여유폭이 제공되지 않는 내측차로에서 보이는 횡방향 주행궤적 행태를 규명하고, 아울러 이에 부합되는 외측차로와 내측차로의 적정차로폭 제시를 목적으로 하고 있다.



<그림 1> 외측차로와 내측차로의 구분

또한 차량의 주행시 영향을 미치는 설계요소 중 횡단구성 요소(차도, 중앙분리대, 길어깨, 측대)만을 고려하여 연구를 수행하였으며 중앙분리대 및 길어깨를 갖고 있는 8차로 고속도로를 대상으로 하였다.

본 연구는 현장 조사를 통해 수집된 자료를 통계적으로 분석하는 절차로 수행되었다.

2. 측방여유폭 및 차로폭 관련 문헌의 검토

우리나라의 도로용량편람[2], 미국의 A Policy on Geometric Design of Highways and Streets[4], Highway Capacity Manual[5]에서는 측방여유폭과 차로폭이 교통용량에 미치는 영

향을 각각 분리하여 고려하지 않고 측방여유폭과 차로폭을 병합하여 접근하고 있다.

우리나라의 도로용량편람[2]에서는 이상적인 상태에서의 고속도로 측방여유폭을 1.5m 이상으로, 차로폭은 3.5m 이상으로 규정하고 있으며, 측방여유폭 및 차로폭이 이상적인 상태가 아닌 경우, 즉 주행차량에게 충분한 여유폭이 제공되지 않을 경우에는 운전자들은 차간거리 (Spacing)를 길게하게 되고 이는 곧 용량 감소의 원인임을 제시하고 있다.

한편 Highway Capacity Manual[5]에서는 측방여유폭 및 차로폭이 1.8m 및 3.6m에 미달하는 경우 운전자의 통행행태에 미치는 영향에 대해 다음과 같은 사항들을 제시하고 있다.

- 평균 주행속도의 감소 및 주행시간의 증대.
- 차로변경 기회의 감소.
- 합류 교통류와 차로 변경 교통류에 의한 상충현상 증대.
- 교통사고 발생 증대.
- 운전자에 대한 물리적·심리적 압박 증대.
- 고속도로 운영상 문제점 발생.

Armour, M.[6]는 차량의 주행 행태에 길어깨의 형식, 길어깨 폭, 차로폭 그리고 도로의 노면 표시가 미치는 영향을 분석하였다. 그는 도로의 횡단요소 중 차량의 주행 행태에 큰 영향을 미치는 요소로 길어깨의 형식과 차로폭을 제시하고 있으며 차로폭이 증가되고 길어깨가 명확하게 구분되는 경우에 그렇지 않은 경우와 서로 상이한 주행행태를 보이고 있음을 밝히고 있다. 또한 그는 차량이 단독으로 주행하는 경우와 옆차로를 주행하는 차량의 영향을 받으면서 주행하는 경우에도 서로 상이한 주행행태를 보이고 있음을 제시하고 있다.

Trigg, T.J.와 Wisdom, P.H.[7]는 도로의 시선 유도표지에 대한 차량의 주행행태를 분석하였

는데 분석을 통해서 그는 차량의 주행차로변경 및 횡방향 궤적, 그리고 차간 간격이 도로의 노면 표시에 따라 서로 상이한 형태를 보이고 있으며, 아울러 옆 주행 차량에 의해서도 상이한 주행행태를 보이고 있음을 밝히고 있다.

한편, Miller, E.J.와 Steuart, G.N.[8]는 다양한 차로폭에 대한 차량의 횡방향 주행궤적 및 주행 속도를 조사·분석하였다. 이들은 차량의 횡방향 주행궤적이 차량 크기, 차로폭 그리고 차로의 유형에 영향을 받고 있음을 규명하였다.

Taragin, A.[9]은 고속도로 길어깨 상에 있는 물체에 의한 운전자들의 주행 행태에 대한 연구를 통해 도로의 폭원이 넓고 서비스 수준이 높은 고속도로에서는 주행 속도가 길어깨 상의 물체로 인해 큰 영향을 받지 않지만 도로 폭원이 좁은 고속도로의 경우에는 길어깨와 인접한 차로의 주행 속도가 낮아지고 차량의 주행궤적이 차로의 중심으로 부터 크게 이격되는 주행 행태임을 규명 했으며, 이러한 현상은 4차로 고속도로 보다는 2차로 고속도로의 경우 더욱 확연함을 밝히고 있다.

Oellers, F.W.[10]는 차로폭이 교통류에 미치는 영향에 대한 연구를 통해 주행차량의 행태를 구간 주행속도 분포, 시간간격, 밀도, 각 차로에서의 횡방향 시거 인식 행태로 구분하여 이에 대한 다중회귀분석을 실시하였다.

Van-Winkle, S.N.[11]은 도시지역에서는 기존의 이상적 차로폭인 12ft를 경제성 및 도로 건설 용지의 여건에 따라 좁히고 대신 차로수를 늘리는 방안에 대한 타당성을 제시하였다.

Hadi, M.A.[12]는 음이항 회귀분석(Negative Binomial Regression)을 이용하여 고속도로의 횡단 설계요소들이 안전에 미치는 효과를 서비스 수준별로 추정하여 횡단 설계요소의 향상으로 인한 사고율의 감소를 기대하였다. 연구 결과로 차로폭, 중앙분리대폭, 측대폭, 길어깨폭의 증대

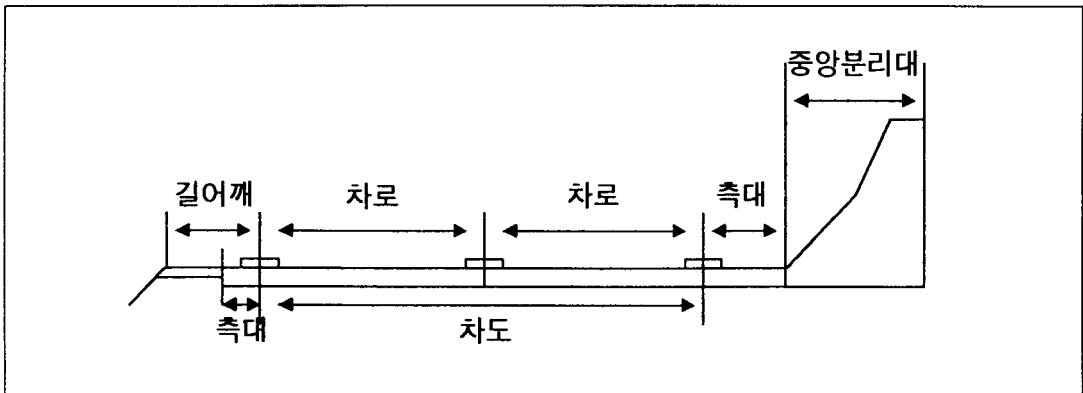
가 안전성을 향상시키는 것으로 분석되었음을 제시하고 있다.

Hummel, T.[13]은 차로폭의 감축이 교통안전과 교통류에 미치는 영향에 대한 연구를 수행하였다.

2-1 측방여유폭 · 차로폭의 설계 기준 검토

국내의 경우 도로의 구조 · 시설 기준에 관한

규정 해설 및 지침[1]에서는 <그림 2>에서와 같이 고속도로에서 차로폭을 노면표시의 중심선에서 중심선까지로 규정하고 있으며 <표 1>에서와 같이 설계속도 80km/hr 이상인 경우에는 최소 3.5m 이상의 차로폭을 확보해 주도록 규정하고 있다. 한편 도로 설계 요령[3]에서는 실제 우리나라의 고속도로 차로폭은 도로관리의 통일성과 연계성 및 효율성을 높이기 위해 최소 차로폭 3.6m로 설계 · 시공되고 있음을 밝히고 있다.



<그림 2> 우리나라 고속도로 횡단구성 요소

<표 1> 설계속도에 따른 최소 차로폭 제원

설계속도(km/hr)	최소 차로폭(m)
80km 이상	3.5
60 이상 ~ 80 미만	3.25
60 미만	3.0

자료: 도로의 구조 · 시설 기준에 관한 규정 해설 및 지침[1]

외국에서 적용하는 차로폭을 살펴 보면 <표 2>와 같이 일반적으로 3.5m~3.75m의 차로폭을

적용하고 있으며 100km/hr~140km/hr 범위의 설계속도로 규정하고 있다.

〈표 2〉 외국의 고속도로 설계속도에 따른 차로폭의 제원

차로폭(m)	설계속도 (km/hr)
3.5	뉴질랜드(100), 인도(100), 멕시코(110), 노르웨이(120), 칠레(120), 프랑스(130), 룩셈부르크(140)
3.6	영국(120), 홍콩(100)
3.75	서독(140), 이탈리아(140), 덴마크(120), 핀란드(120), 스웨덴(110)

자료: 도로의 구조·시설 기준에 관한 규정 해설 및 지침[1]

한편 길어깨의 경우 도로의 구조·시설 기준에 관한 규정 해설 및 지침[1]에서는 고속도로에는 차도와 접속하여 차도의 우측에 길어깨를

설치해야 하고 설계속도 및 도로의 구분에 따라 〈표 3〉과 같은 길어깨의 최소폭을 확보하도록 규정하고 있다.

〈표 3〉 도로의 구분 및 설계속도에 따른 길어깨폭

설계속도(km/hr)	도로 구분	차도 우측에 설치하는 길어깨의 최소폭(m)
80이상	고속도로	3.0
	도시고속도로	2.0
	일반도로	2.0
60이상 80미만	일반도로	1.75
50이상 60미만	일반도로	1.25
50미만	일반도로	1.0

자료: 도로의 구조·시설 기준에 관한 규정 해설 및 지침[1]

2-2 검토 결과 및 적용

현재 적용 중인 국내·외 고속도로 횡단구성 설계 요소 중 측방여유폭과 차로폭에 대한 설계기준을 검토한 결과 설계속도를 기준으로 하여 차로폭 및 길어깨를 규정하고 있으며 이는 국가별로 차이를 보이고 있다.

또한 설계되는 차로폭의 경우 설계속도에 부합되는 규정 차로폭을 각 차로마다 동일하게 적용하는 것으로 검토되었다.

조사대상지점은 8차로 고속도로로서 유출입 교통류가 본선을 주행하는 차량에 영향을 미치지 않도록 유출입 시설이 없는 직선부 지점을 선정기준으로 하였다.

또한 본 연구에서는 안정교통류(stable flow) 상태 일때의 자료만을 수집하였는데 그 이유는 불안정 교통류(unstable flow)일 경우 정체로 인해 차량들이 설계속도에 가까운 높은 속도로 주행하는 것이 불가능하여 임계상태(Critical Condition)를 설계기준으로 반영하는 것이 불가능하기 때문이다.

조사지점의 선정 기준을 요약하면 다음과 같다.

- 8차로 고속도로 기본구간
- 안정상태의 교통류(Stable Flow)로서 서비스 수준 C(평균통행속도 90km/h이상)이상

3. 자료 수집 및 정리

3-1 현장 조사 지점의 선정

- 인 지점
- 직선구간
 - 유출입 교통류의 영향을 받지 않는 지점
 - 차로수의 변화가 없는 지점
 - 콘크리트 중앙분리대의 설치 및 50cm이상의 측대 확보 지점
 - 3.0m 이상의 길어깨 확보 지점
- 이상의 조건들을 만족시키는 최적 조사지점

으로서 <표 4>와 같이 달래내, 백현, 망향, 청계의 4개 지점이 선정되었다.

조사 지점의 본선 차로수는 8차로이며 설계속도는 120km/hr, 차로폭은 3.6m, 길어깨 폭은 3.0m, 측대는 1m인 것으로 관측되었으며 안정상태(Stable Flow)일 때의 교통류에 대한 관측을 위해 관측시간대를 비첨두 시간대로 선택하여 조사하였다.

<표 4> 조사 대상 지점

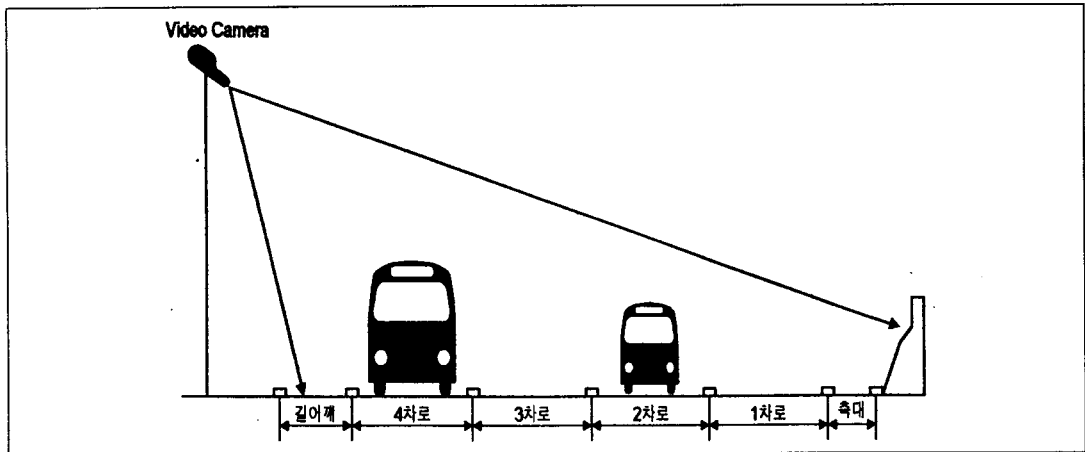
조사 지점	서울지점* (경부선, km)	표 본 수			평면선형	종단선형
		단독주행	병행주행	계		
백현(상행)	18.3	858	1,156	2,014	직선	평지
청계(상행)	-2.8	361	411	722	직선	내리막
달래내(상행)	13.0	1,844	2,333	4,177	직선	내리막
망향(상행)	79.3	326	1,193	1,519	직선	평지

주: *는 한남대교 남단 기준임.

3-2 자료의 수집 및 구분

본 연구의 자료 수집 방법은 한국 도로공사 상황실의 협조하에 <그림 3>에서 보는 바와 같

이 최적 조사지점에 대한 비디오 촬영을 실시하였으며 차로를 주행하는 차량의 번호판 중심을 기준으로하여 차량의 횡방향 주행궤적을 분석하였다.



<그림 3> 자료 수집 상황도

또한 조사 지점에서 자료 수집시 주행차로를 변경하거나 기타 도로여건상 급격한 주행궤적의 변화를 보이는 자료는 제외하였으며 <그림 4>에서와 같이 단독주행의 경우와 옆차로의 차량에 영향을 받는 상태에서 주행하는 병행주행

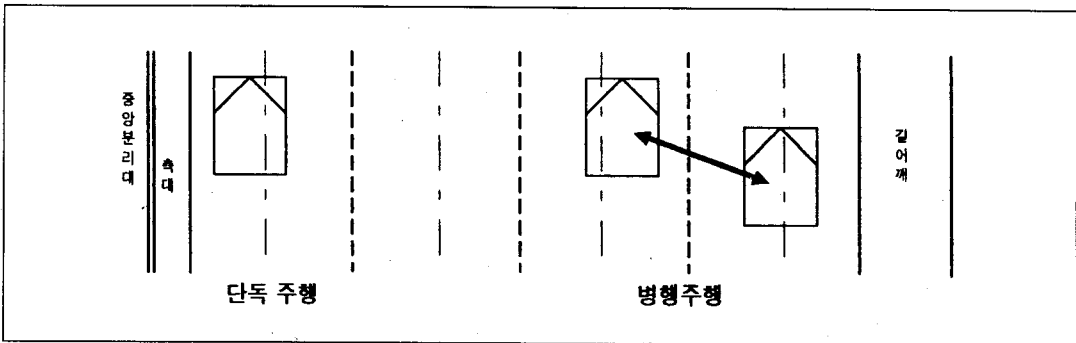
의 경우로 구분하여 각 차로의 주행궤적과 차로와 차로간 주행궤적 거리를 분석하였는데 이때 비교된 차로는 <표 5>와 같이 내·외측 차로 중 상호 영향을 미치는 차로를 차로군(lane grouping)으로 구분하여 자료를 정리하였다.

<표 5> 주행형태에 따른 자료 구분

구 분	주 행 형 태		
	단독주행시	병행주행시	
	Y_i	Y_i	X_{ij}
비교차로군	1차로 : 2차로	1차로 : 2차로	1차로 ~ 2차로
	3차로 : 4차로	3차로 : 4차로	2차로 ~ 3차로 3차로 ~ 4차로

주 : Y_i 는 i 차로의 중심으로 부터 이격된 거리임.

X_{ij} 는 i 차로와 j 차로의 주행궤적간 간격임.



<그림 4> 단독주행과 병행주행 구분도

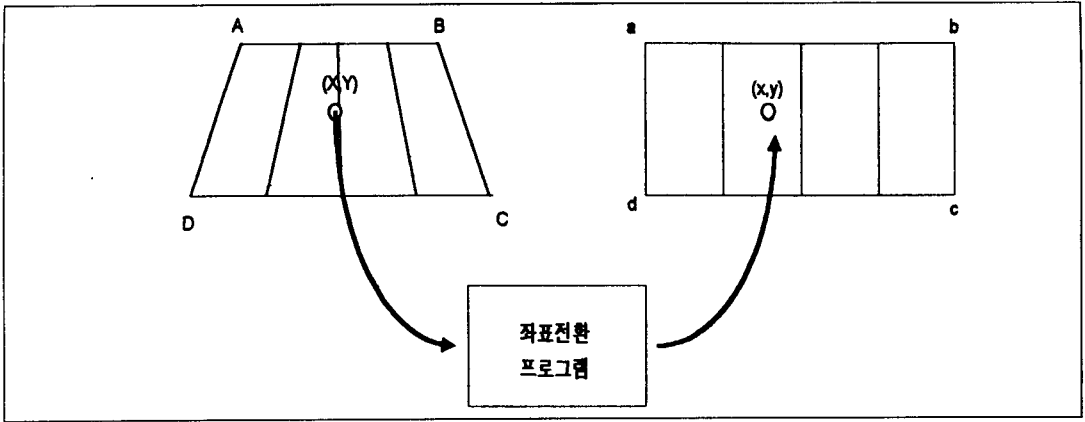
3-3 주행궤적 측정방법

본 연구에서 가장 중요한 관건은 도로상을 주행하는 차량들의 횡방향 주행궤적을 정확하게 관측하고 이를 통계적으로 분석하는 것이라 할수 있다.

각 차로를 주행하는 차량들의 주행궤적을 측정하기 위해서 본 연구에서는 <그림 5>와 같이

좌표전환프로그램[16, 17, 18]을 이용하였다.

좌표전환프로그램은 <그림 5>에서 $a \cdot b \cdot c \cdot d$ 에 해당하는 실제 도로상에서의 좌표와 이에 대응하는 화면상의 4개의 좌표(A · B · C · D)를 입력하도록 되어 있으며 본 연구에서는 조사지점의 $a \cdot b \cdot c \cdot d$ 를 측정하여 좌표전환을 실시하였다.



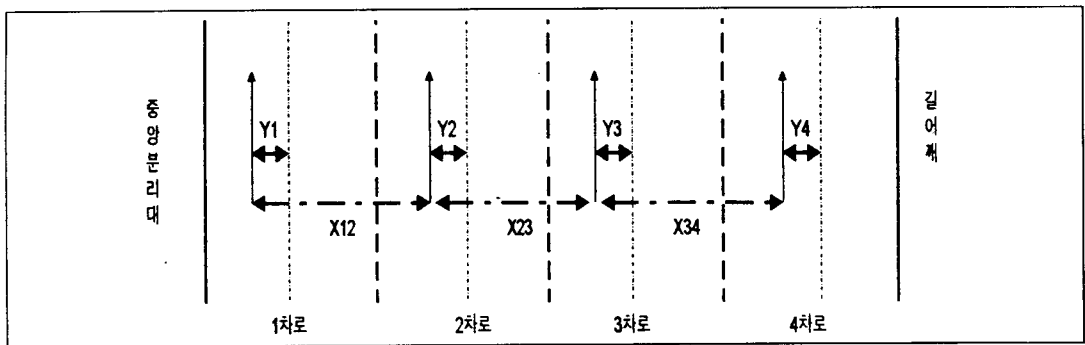
<그림 5> 좌표전환 프로그램

4. 차량 횡방향 주행 궤적 분석 결과

4-1 통계적 분석을 위한 가설의 설정

본 연구에서는 내·외측차로의 횡방향 주행 궤적에 대한 비교를 위해 <그림 6>에서와 같이

차량 주행시 차로의 중심에서 부터 이격되는 거리(Y_i)와 각 차로별 주행궤적간의 거리(X_{ij})를 통계적 검증을 위한 변수로 선정하여 분석하였으며 자료들의 통계적 처리를 위해 통계 Software 인 SAS(Statistical Analysis Software) 를 이용하였다.



<그림 6> 통계적 검증을 위한 가설

(1) 차로의 중심선 이격거리(Y_i)

본 가설은 차량이 주행함에 있어 차로의 중심 이격 거리(Y_i 는 i 차로 중심으로 부터의 이격 거리)가 측방여유폭이 제공되는 외측차로와 그

렇지 못한 내측차로간의 차이를 보이고 있는지를 통계적으로 검증하기 위한 가설로서 단독 주행시와 병행 주행시로 구분하여 통계적 검증을 시행하였다.

이때 설정된 귀무가설(H₀)로는 중심 이격거리 (Y_i)가 비교하고자 하는 내·외측 차로간에 통계적으로 차이가 없다는 것이고 이에 대응하는 대립가설(H₁)로는 중심 이격거리(Y_i)가 내·외측 차로간에 통계적으로 차이가 있다는 것으로 설정하였으며, 이를 요약하면 다음과 같다.

$H_0 : Y_1 = Y_2, Y_3 = Y_4$ $H_1 : Y_1 \neq Y_2, Y_3 \neq Y_4$ <p>이때 Y_i는 i차로 중심으로 부터 이격된 거리임.</p>

(2) 각 차로별 주행 궤적간의 거리(X_{ij})

본 가설은 병행주행시 외측차로와 내측차로 간 차량의 주행궤적간 거리(X_{ij})는 i차로와 j차로 주행궤적간의 거리에 대한 통계적 검증을 위한 가설로서 편도 4차로 고속도로인 대상 구간 지점에 대해 1차로-2차로, 2차로-3차로, 3차로-4차로로 구분하여 검증하였다.

이때 설정된 귀무가설(H₀)로는 궤적간의 거리(X_{ij})가 비교되는 내·외측 차로간에 통계적으로 차이가 없다는 것이고 이에 대한 대립가설(H₁)로는 궤적간의 거리(X_{ij})가 통계적으로 차이를 보인다는 것이며 이를 요약하면 다음과 같다.

$H_0 : X_{12} = X_{23}, X_{34} = X_{23}$ $H_1 : X_{12} \neq X_{23}, X_{34} \neq X_{23}$ <p>이때 X_{ij}는 i 차로 j 차로간의 주행궤적 간격임.</p>

4-2 단독 주행시 차량의 횡방향 주행궤적 특성 분석

차로의 중심으로부터 이격된 거리에 대한 지

점별, 차로별 분포는 부록I에 제시되어 있다. 이를 정리한 결과가 <표 6>에 제시되어 있으며 95% 신뢰도 하에서 T-test를 통한 각 차로군의 비교시 조사지점별로 분석 결과의 차이를 보이고 있다. 8개의 가설검증에서 4개는 각각 4개는 채택되어 단독주행시에는 내측차로와 외측차로간 차량의 횡방향 주행궤적이 상이하다는 판단을 내릴 수가 없는 것으로 분석되었다.

각 조사 지점에 대한 단독 주행시 차량의 횡방향 주행궤적을 나타내면 <그림 7>과 같다. 주행궤적의 특성을 살펴 보면 차량은 주행차로의 중심선으로부터 운전석이 있는 진행방향의 좌측으로 이격되어 주행하는 형태를 보이는 것으로 조사되었는데, 이는 좌측에 위치한 운전석의 위치로 인해 영향을 받는 것으로 판단된다.

4-3 병행 주행시 차량의 횡방향 주행궤적 특성 분석

(1) 차로 중심 이격거리

차량의 병행주행시 주행차로의 중심으로 부터 이격된 거리에 대한 지점별, 차로별 분포는 부록 2에 제시되어 있다. 이들의 결과를 정리하면 <표 7> 및 <그림 8>과 같다. 95% 신뢰도 하에서 T-test를 통한 각 차로군간의 비교·분석 결과 <표 7>에서와 같이 귀무가설이 모두 기각되어 조사지점 모두 내·외측 차로간에 서로 상이한 주행궤적을 보이고 있는 것으로 나타났다.

병행주행시 조사지점을 평균한 각 차로의 중심이격거리는 1차로 0.58m, 2차로 0.30m, 3차로 0.38m, 4차로 0.19m인 것으로 나타났다. 즉 병행 주행시 외측차로인 1차로와 4차로의 중심이격 거리는 평균 0.38m로 나타났으며 내측차로인 2차로와 3차로의 중심이격거리는 평균 0.34m로 나타났다.

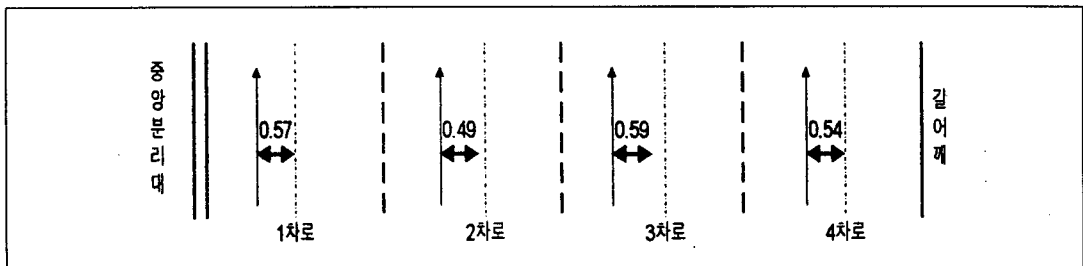
<표 6> 단독 주행시 차로 중심 이격거리

(m)

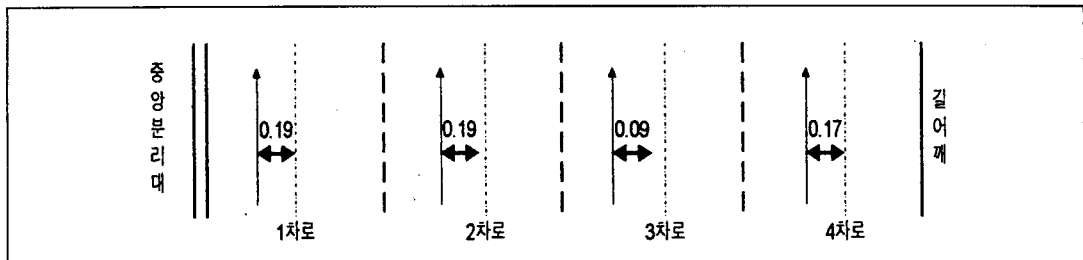
조사지점	차로	N	평균 (\bar{X})	표준 편차(s)	최대값	최소값	T	Prob> T	평가결과
백현	1	388	0.57	0.29	1.42	-0.36	2.903	0.0038	Y외측 ≠ Y내측
	2	163	0.49	0.30	1.35	-0.47			
	3	179	0.59	0.30	1.39	-0.56	1.3044	0.1931	Y외측 = Y내측
	4	128	0.54	0.32	1.23	-0.36			
청계	1	80	0.19	0.36	1.17	-0.66	-0.0740	0.9411	Y외측 = Y내측
	2	125	0.19	0.37	1.17	-1.71			
	3	89	0.09	0.29	0.75	-0.57	-1.5104	0.133	Y외측 = Y내측
	4	67	0.17	0.35	1.61	-1.02			
달래내	1	873	0.16	0.71	1.38	-1.41	-4.2	0.0001	Y외측 ≠ Y내측
	2	393	0.28	0.30	1.26	-0.63			
	3	375	0.42	0.29	1.15	-0.85	2.0949	0.0369	Y외측 = Y내측
	4	203	0.36	0.35	1.35	-1.05			
망향	1	175	0.33	0.30	1.31	-0.47	3.9795	0.0002	Y외측 ≠ Y내측
	2	35	0.17	0.20	0.57	-0.19			
	3	42	0.29	0.20	0.60	-0.29	3.0477	0.0029	Y외측 ≠ Y내측
	4	74	0.14	0.27	0.66	-0.62			

주: 신뢰도 95% 임.

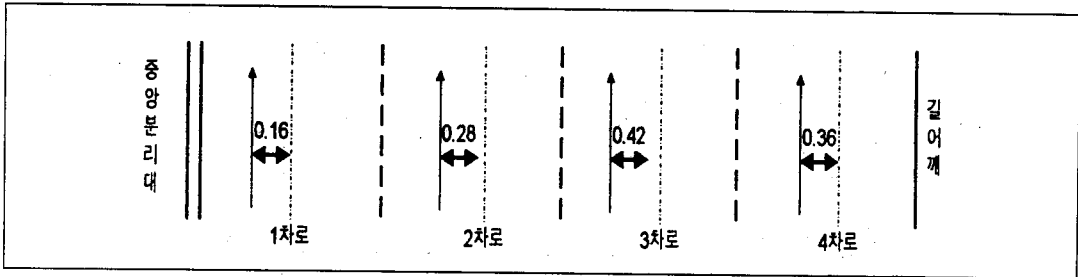
· 백현



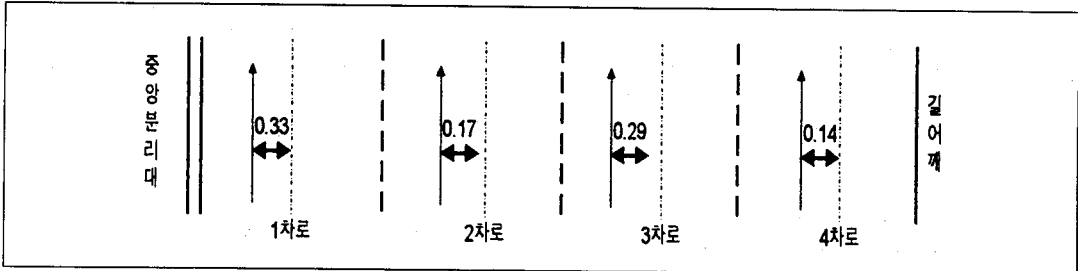
· 청계



· 달래내



· 방향



〈그림 7〉 단독주행시 차로 중심 이격 거리 (m)

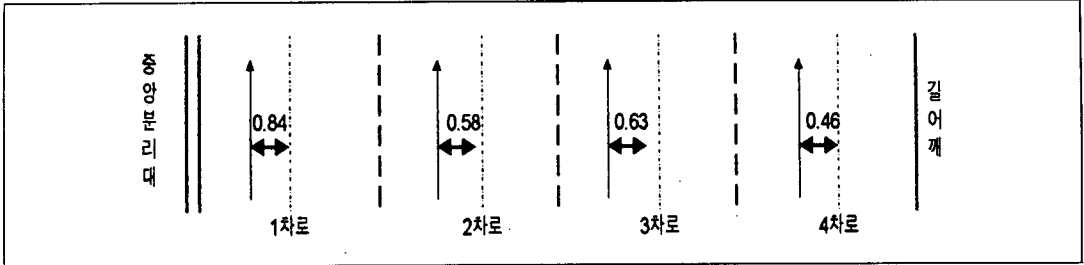
〈표 7〉 병행 주행시 차로 중심 이격거리

(m)

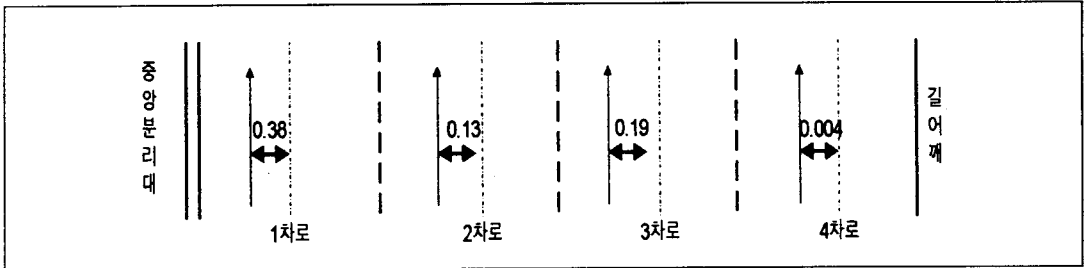
조사지점	차로	N	평균 (\bar{X})	표준 편차(σ)	최대값	최소값	T	Prob> T	평가결과
백현	1	292	0.84	0.28	1.50	-0.36	11.1578	0.0001	$Y_{외측} \neq Y_{내측}$
	2	372	0.58	0.32	1.57	-0.51			
	3	329	0.63	0.29	1.28	-0.60	6.1375	0.0	
	4	163	0.46	0.30	1.19	-0.55			
청계	1	69	0.38	0.33	1.17	-0.57	4.6202	0.0	$Y_{외측} \neq Y_{내측}$
	2	131	0.13	0.39	1.07	-1.77			
	3	143	0.19	0.37	1.78	-1.20	3.4345	0.0007	
	4	68	0.004	0.35	0.90	-0.81			
달래내	1	659	0.56	0.29	1.22	-0.74	15.3009	0.0	$Y_{외측} \neq Y_{내측}$
	2	821	0.32	0.30	1.26	-0.88			
	3	619	0.44	0.30	1.20	-1.19	5.9826	0.0	
	4	234	0.30	0.32	1.10	-0.74			
망향	1	367	0.52	0.33	1.31	-0.47	15.1727	0.0001	$Y_{외측} \neq Y_{내측}$
	2	386	0.18	0.26	1.00	-0.19			
	3	288	0.26	0.27	0.94	-0.53	8.9755	0.0001	
	4	152	-0.02	0.34	1.50	-1.03			

주: 신뢰도 95% 임.

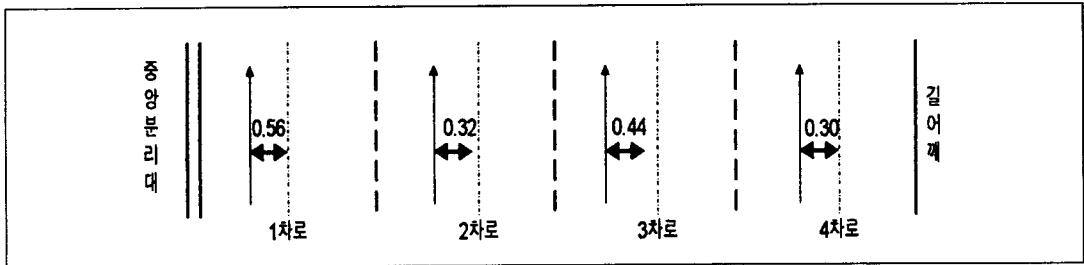
· 백현



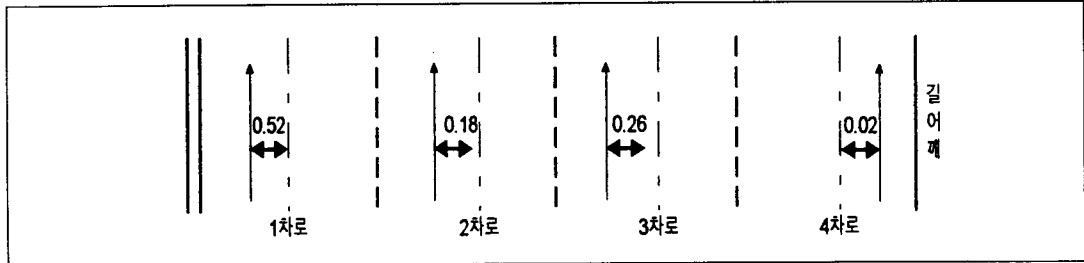
· 청계



· 달래내



· 망향



〈그림 8〉 차로의 중심으로 부터 이격된 거리(병행주행시, m)

(2) 차로별 주행궤적간 이격거리 특성

조사지점에 따른 차량의 주행궤적간 이격거리를 나타내면 <표 8> 및 <그림 9>와 같다. 외

측차로간의 주행궤적간 거리는 1차로~2차로의 경우 3.88m~3.96m로 나타났고 3차로~4차로의 경우에는 3.78m~3.94m로 나타났다. 내측차로의

주행체적간 거리인 2차로~3차로의 경우에는 3.50m~3.75m로 나타났다. 즉 외측차로에 있어서 1~2차로의 경우는 조사지점 평균 주행체적간 거리는 평균 3.92m이고 3차로~4차로의 평균 주행체적간 거리는 3.87m여서 외측차로 1~2차로 및 3~4차로를 합한 평균 주행체적간 거리는 3.90m인 반면에 내측차로의 경우 2~3차로의 평균 주행체적간 거리는 3.54m로 나타나 내측차로의 이격거리는 외측차로의 이격거리보다 0.36m 작은 것으로 나타났다.

측방여유폭이 제공되는 외측차로와 그렇지

못한 내측차로를 95% 신뢰도 하에서 T-test를 통해 비교한 결과 외측차로간의 간격인 1차로-2차로간의 간격과 3차로-4차로간의 간격이 내측차로간의 주행체적 간격인 2차로-3차로 간의 간격보다 크고, 또한 내측차로간의 간격은 평균 3.54m로서 차로 중심 간의 간격인 3.6m보다 0.06m 작은 것으로 분석되어 안전성 측면에서 이에 대한 고려가 필요한 것으로 분석되었다. 95% 신뢰도에서 T-test 과정에 의한 분석결과 및 통계치는 <표 8>과 같다.

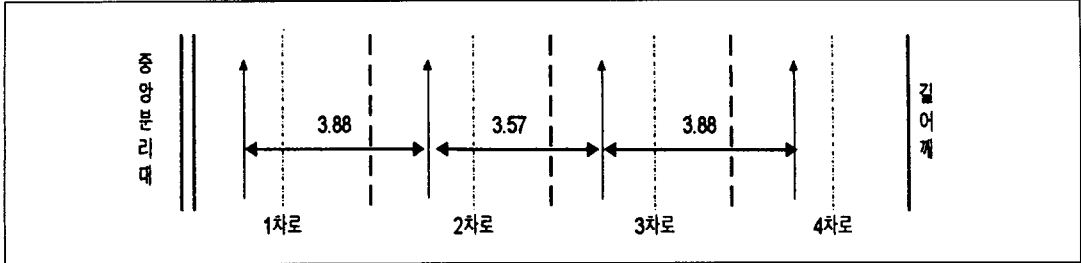
<표 8> 차로별 주행체적간 이격거리에 대한 통계치

(m)

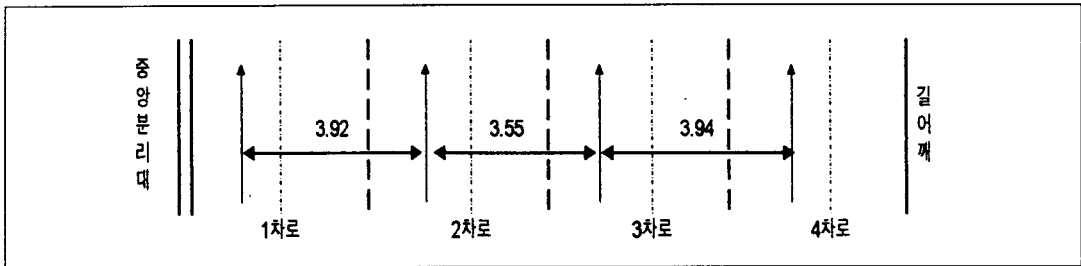
조사지점	분석 지표	X ₁₂	X ₂₃	X ₃₄	X ₂₃
백현	N	270	225	181	225
	Mean	3.88	3.57	3.88	3.57
	Std Dev	0.41	0.37	0.37	0.37
	최대값	5.53	4.69	5.08	4.69
	최소값	2.31	2.33	3.03	2.33
	T	8.6116		-8.143	
	Prob > T	0.0		0.0001	
	평가	X ₁₂ ≠ X ₂₃		X ₃₄ ≠ X ₂₃	
정계	N	71	108	76	108
	Mean	3.92	3.55	3.94	3.55
	Std Dev	0.49	0.45	0.42	0.45
	최대값	5.81	4.56	4.90	4.56
	최소값	2.87	1.76	2.86	1.76
	T	5.2197		-5.9291	
	Prob > T	0.0		0.0	
	평가	X ₁₂ ≠ X ₂₃		X ₃₄ ≠ X ₂₃	
달래내	N	644	543	197	543
	Mean	3.93	3.50	3.78	3.50
	Std Dev	0.37	0.38	0.42	0.38
	최대값	5.30	5.08	5.05	5.08
	최소값	2.80	2.40	2.49	2.40
	T	19.3605		-8.6041	
	Prob > T	0.0		0.0	
	평가	X ₁₂ ≠ X ₂₃		X ₃₄ ≠ X ₂₃	
망향	N	448	196	207	196
	Mean	3.96	3.55	3.89	3.55
	Std Dev	0.42	0.33	0.42	0.33
	최대값	5.31	4.46	5.15	4.46
	최소값	2.83	2.61	2.73	2.61
	T	13.307		-9.0889	
	Prob > T	0.0001		0.0001	
	평가	X ₁₂ ≠ X ₂₃		X ₃₄ ≠ X ₂₃	

주: 신뢰도 95% 임.

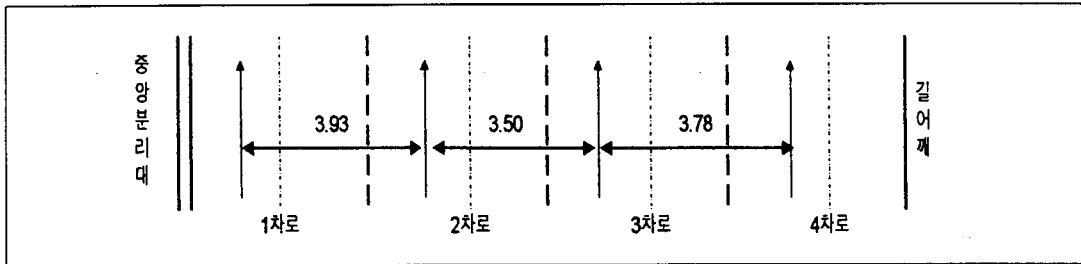
· 백현



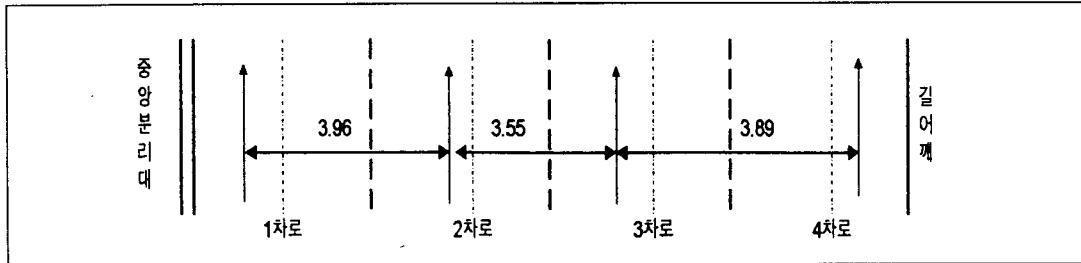
· 청계



· 달래내



· 망향



〈그림 9〉 차로별 주행 궤적간 평균이격거리 (m)

4-4 내측 차로간 주행궤적 분포

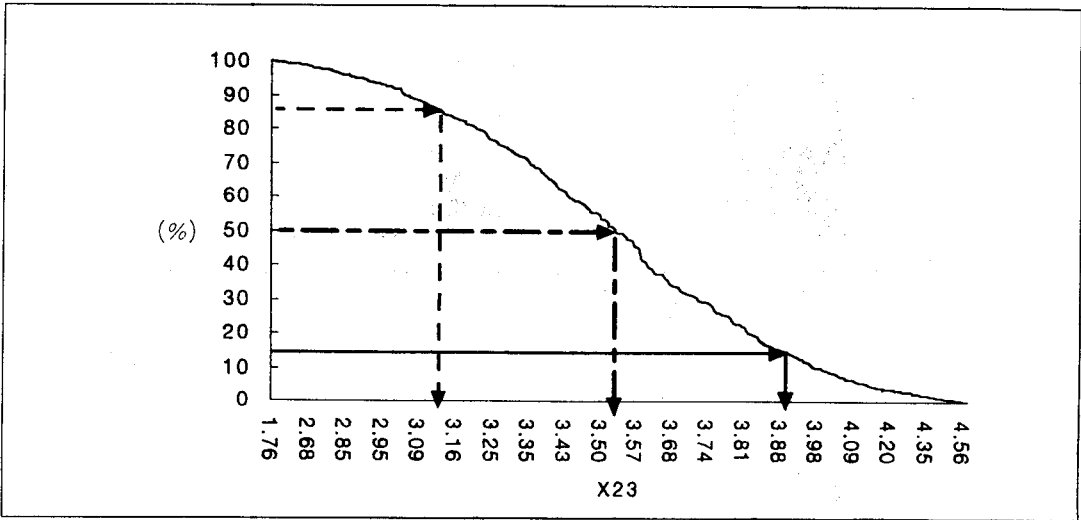
차량 주행 궤적간 이격거리에 대한 분석 결

과 내측차로간 이격거리가 외측차로간 이격거리보다 작고, 또한 차로 중심간의 간격인 3.6m보다도 작은 것으로 분석되었다. 이때 비교 기준

이 되는 차로 중심간의 간격 3.6m는 차량이 각 차로의 중심을 주행 할때 옆차로와의 상호 영향을 최소화하는 최적상태로 고려한 간격이다.

본 연구에서는 조사 지점에서 수집된 내측

차로간 주행 궤적 간격을 <그림 10>에서와 같이 15%, 50%, 85% 누적 백분율로 산출한 후 차로 중심간의 거리 3.6m를 고려하여 내측 차로 확장폭을 산출하였다.



<그림 10> 내측 차로간 주행궤적의 누적 분포도

분석 결과 <표 9>에서와 같이 누적 백분율이 85%일 경우 3.1m, 50%에서는 3.5m, 15%에서는 3.9m로 분석 되었다. 내측차로간 주행궤적간격을 85%로 기준할 경우에는 주행궤적간격이 3.1m에 불과하여 현행 차로 기준 간격 3.6m를 만족시키기 위해서는 4.1m의 차로폭이 필요한 것으로 나타나고 있다. 즉 85%의 주행궤적간격을 기준하는 경우에는 현행 기준과 상당한 차

이가 발생하여 고속도로의 경제적 건설에 부정적인 영향을 미치게 된다. 따라서 주행궤적간격의 분포는 50%로 설정하여 분석함이 타당한 것으로 나타나고 있다. 50% 기준시 차로 중심간 간격인 3.6m를 확보하기 위해서는 내측차로를 0.1m 확장하여 3.7m의 차로폭이 필요한 것으로 분석되었다.

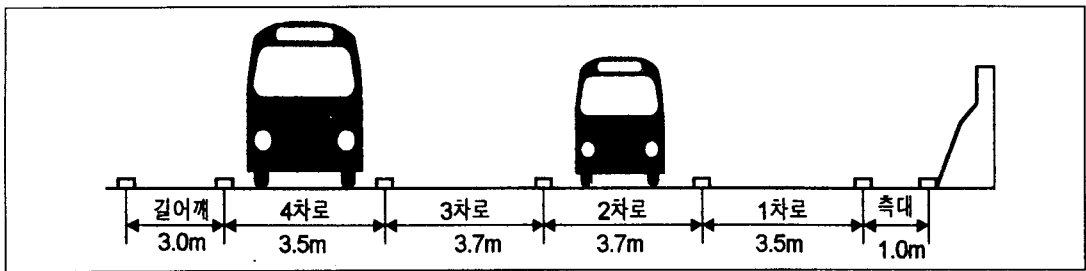
<표 9> 내측차로간 주행궤적의 누적 분포표

누적범위(%)	주행궤적간격(m)	차로 중심간격(3.6m)과의 차이	필요 차로폭(m)
85	3.1	0.5	4.1
50	3.5	0.1	3.7
15	3.9	-0.4	3.2

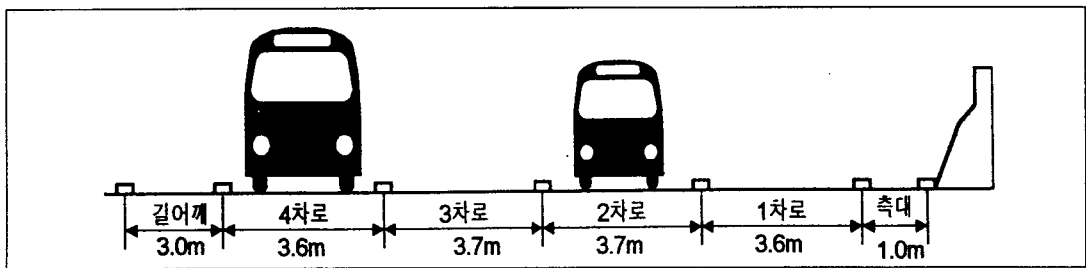
5. 내측차로폭 확장대안별 평가분석

내측 차로폭 확장 대안으로서 <그림 11>과 같이 기존 도로폭 유지안(3.5m, 3.7m, 3.7m, 3.5m)과 <그림 12>와 같이 기존 도로폭 확장안

(3.6m, 3.7m, 3.7m, 3.6m)을 고려 할 수 있다. 두 대안 모두 내측 차로폭을 확장함으로써 내측차로간 주행궤적 간격의 확장을 유도하였으나 외측 차로의 경우에는 있어서는 두 대안간에 차이가 있다.



<그림 11> 내측차로 확장시 기존 도로폭 유지안



<그림 12> 내측차로 확장시 기존 도로폭 확장안

5-1 대안 평가 방법

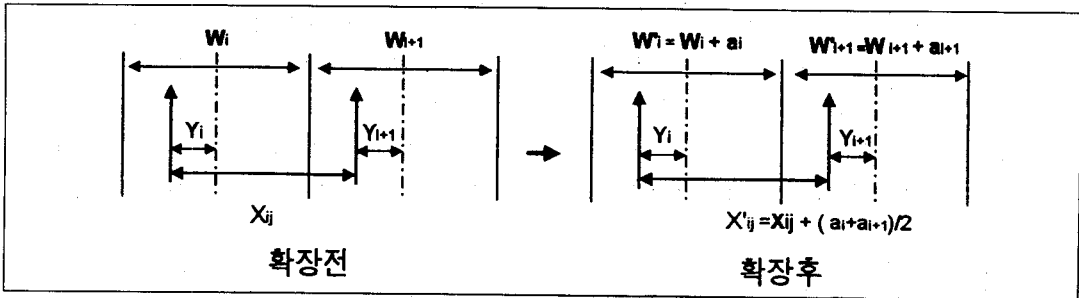
평가에 앞서 기본 가정 사항으로 차로폭의 확장에도 차로의 중심과 차량 주행궤적간의 거리(Y_i)가 차로폭 확장전과 동일하다는 가정을 수립하였는데, 이는 차로 중심이격거리 및 차량 궤적간의 간격에 대한 임계상태(critical condition)를 고려한 것이다.

차로폭 확장에 따른 차로 중심 이격거리(Y_i) 및 주행궤적간 간격(X_{ij})은 <그림 13>에서

와 같다.

차로폭 확장량 a_i, a_{i+1} 에 대해서 주행 궤적간 간격(X_{ij})의 변동량은 $\frac{a_i + a_{i+1}}{2}$ 이고, 따라서 차로폭 확장에 따른 주행궤적간의 변화량(X'_{ij+1})은 $X'_{ij} = X_{ij} + \frac{a_i + a_{i+1}}{2}$ 이다.

본 연구에서는 대안의 비교·분석을 위해서 각각의 차로폭 확장 대안에 따른 주행궤적간의 간격변화량(X'_{ij+1})과 현장 조사에서 관측된 기존안의 주행궤적 간격의 분포를 고려하여 각 대안을 비교·평가하였다.



〈그림 13〉 차로폭 확장에 따른 차로 중심 이격거리(Y_i) 및 주행궤적간 간격(X_{ij})

5-2 기존 도로폭 유지 대안

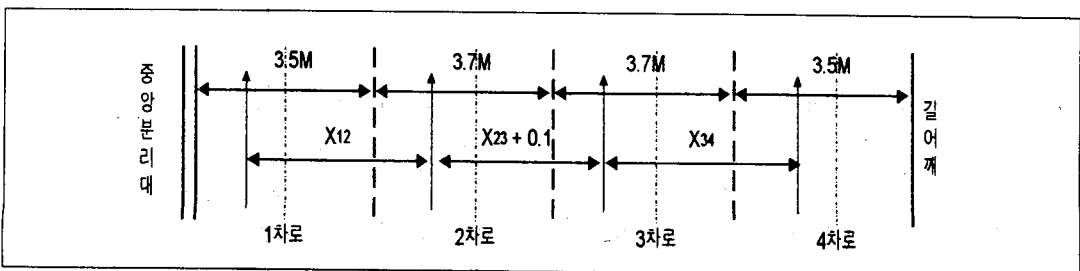
기존 도로폭 유지안은 〈그림 11〉과 같다. 본 대안의 특징은 내측차로의 필요 차로폭인 0.1m를 확보하고 이를 외측차로에서 감축시키는 대

안으로서 대안 시행시 각 차로의 주행간격간 간격 및 변동량은 〈표 10〉과 〈그림 14〉와 같다. 이때 각 차로별 평균 주행궤적간 간격은 1차로-2차로가 3.92m, 2차로-3차로가 3.64m, 3차로-4차로가 3.87m로 분석되었다.

〈표 10〉 주행궤적간 간격 변동량 (기존도로폭 유지안)

$$X'_{12} = X_{12} (=3.92m) + \frac{-0.1 + 0.1}{2} = 3.92m$$

$$X'_{23} = X_{23} (=3.54m) + \frac{0.1 + 0.1}{2} = 3.64m$$

$$X'_{34} = X_{34} (=3.87m) + \frac{0.1 - 0.1}{2} = 3.87m$$


〈그림 14〉 주행궤적간 간격 변동량 (기존도로폭 유지안)

5-3 기존 도로폭 확장 대안

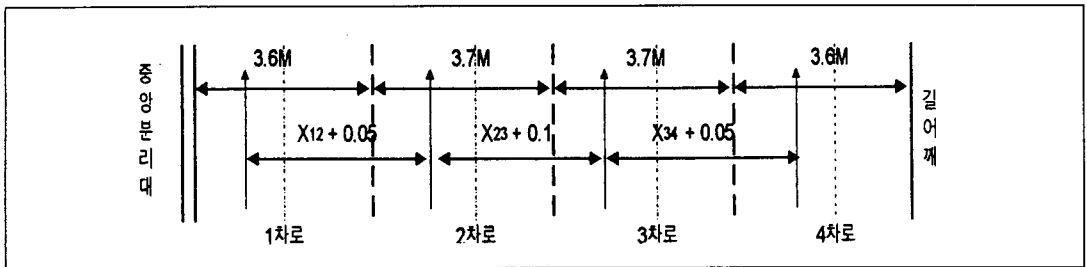
기존 도로폭 확장 대안은 <그림 12>와 같다. 본 대안의 특징은 외측차로를 기존의 3.6m로 유지하면서 내측차로의 필요 확장량 0.1m를 확

장해 주는 대안으로서 본 대안의 시행시 각 차로의 주행궤적 간격 및 변동량은 <표 11>과 <그림 15>와 같다. 이때 각 차로별 평균 주행궤적간 간격은 1차로-2차로가 3.97m, 2차로-3차로가 3.64m, 3차로-4차로가 3.92m로 분석되었다.

<표 11> 주행궤적간 간격 변동량 (기존도로폭 확장안)

$$X'_{12} = X_{12} (=3.92m) + \frac{0.0 + 0.1}{2} = 3.97m$$

$$X'_{23} = X_{23} (=3.54m) + \frac{0.1 + 0.1}{2} = 3.64m$$

$$X'_{34} = X_{34} (=3.87m) + \frac{0.1 - 0.0}{2} = 3.92m$$


<그림 15> 주행궤적간 간격 변동량 (기존도로폭 확장안)

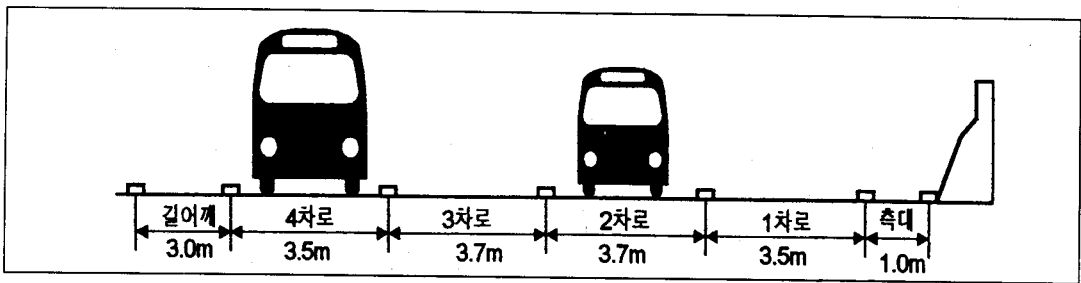
5.4. 대안의 비교 · 평가

각 대안에 따른 주행궤적간 변동량은 <표 12>와 같다. 도로폭 유지대안과 도로폭확장대안 공히 내측차로의 이격간격은 3.64m로 현행 차로폭 기준안 3.6m를 초과하여 만족시키고

있다. 외측차로폭의 경우에는 도로폭 유지대안과 도로폭 확장대안 공히 외측차로폭의 이격간격이 3.6m를 초과하고 있어 경제적인 관점에서 도로폭 유지대안이 바람직한 대안으로 분석되고 있다.

〈표 12〉 대안별 주행궤적간 변동량

구 분	주행궤적(m)		
	X ₁₂	X ₂₃	X ₃₄
도로폭 유지안	3.92	3.64	3.87
도로폭 확장안	3.97	3.64	3.92



〈그림 16〉 적정차로폭을 적용한 고속도로 횡단 설계

6. 결론 및 건의

6-1 결론

본 연구는 편도 4차로인 다차로 고속도로 4 지점을 대상으로 측대와 길어깨에 의한 측방여유를 제공하는 외측차로(1·4차로)와 측방여유를 제공받지 못하는 내측차로(2·3차로)에서의 횡방향 주행궤적 특성을 분석하고 이를 기본으로 한 적정 차로폭을 제시하였으며 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

- (1) 차량의 횡방향 주행궤적은 차량의 중심으로 부터 주행방향의 좌측으로 이격된 주행행태를 보이고 있으며 이는 운전석의 위치에 의한 영향으로 판단된다.
- (2) 차량의 병행주행시 외측차로의 중심이격거리는 평균 0.38m이고 내측차로의 중심이격거리는 평균 0.34m로 나타났으며 T-test 결과 내측차로와 외측차로의 중심이격거리는

신뢰도 95%에서 상이한 것으로 나타났다.

- (3) 외측 차로의 주행궤적간 이격거리는 평균 3.90m이고 내측차로의 주행궤적간 이격거리는 평균 3.54m로서 내측차로의 주행궤적간 이격거리는 외측차로의 주행궤적간 이격거리보다 0.36m 작다. 특히 내측차로의 주행궤적간 이격거리는 내측차로간 차로 중심간 간격인 3.6m 보다 0.1m 작은 것으로 나타났다.
- (4) 내측차로간의 주행궤적이 차로의 중심선간 거리(3.6m)보다 적으므로 최소 간격을 확보해 주기 위해서는 관찰된 내측 차로의 주행궤적간 간격의 누적 백분율 중 85%일 경우 4.1m, 50%일 경우 3.7m의 내측차로폭이 필요한 것으로 분석되었으나 85%의 주행궤적 간격을 기준으로 하는 경우 현행 기준과 상당한 차이가 있어 경제성 고려시 부적합하므로 50% 주행궤적 간격을 기준으로 3.7m의 적정 내측차로폭이 산정되었다.

- (5) 내측차로 확장대안으로 기존 도로폭 유지안 (3.5m, 3.7m, 3.7m, 3.5m)과 기존 도로폭 확장안(3.6m, 3.7m, 3.7m, 3.6m)을 고려할 수 있으며 두 대안의 비교·분석결과 경제적 영향을 고려할 때 기존도로폭 유지안이 타당한 것으로 분석되었다.

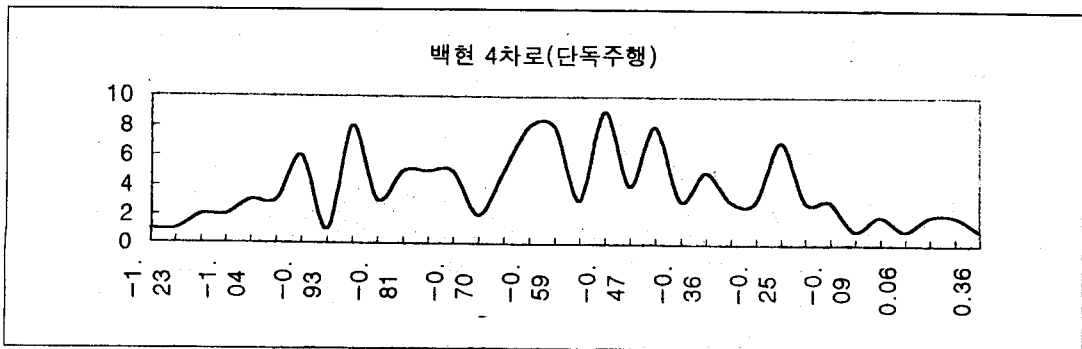
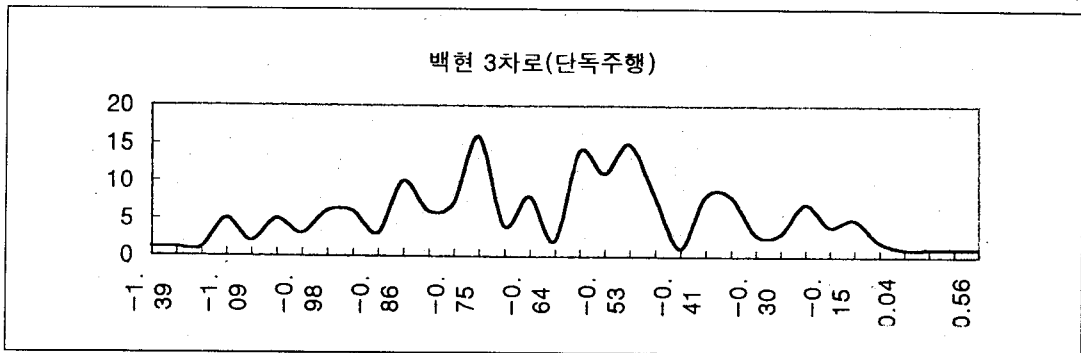
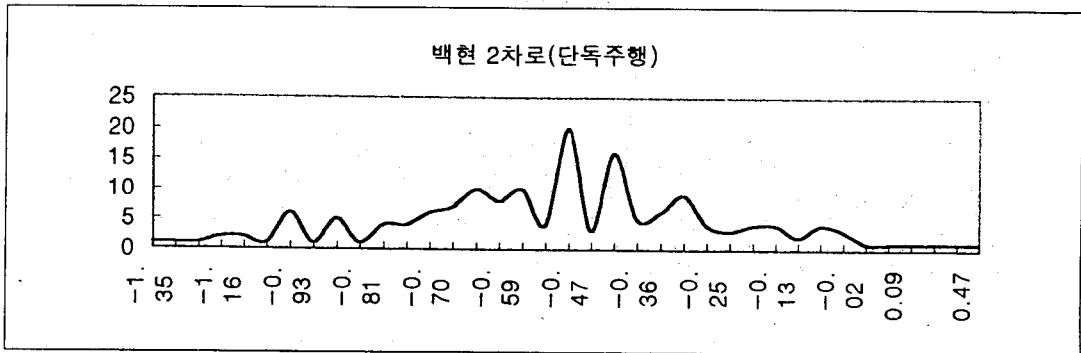
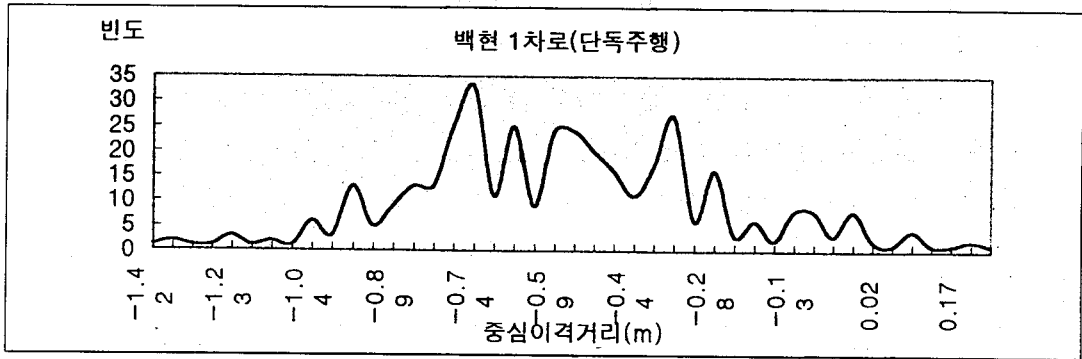
6-2 건의

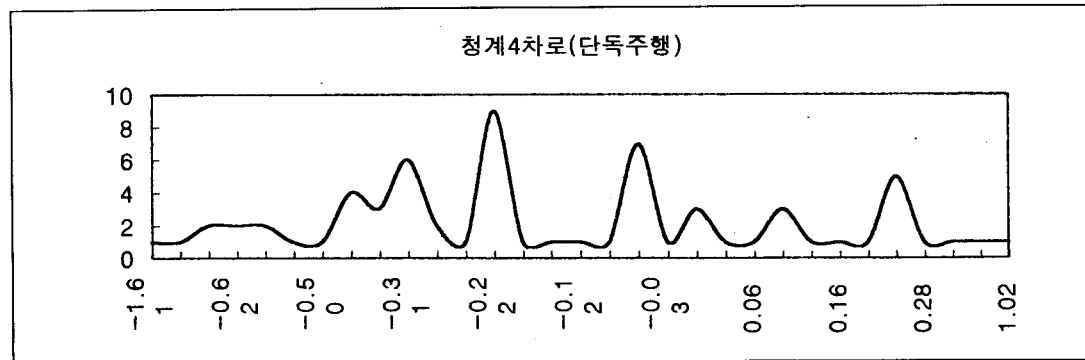
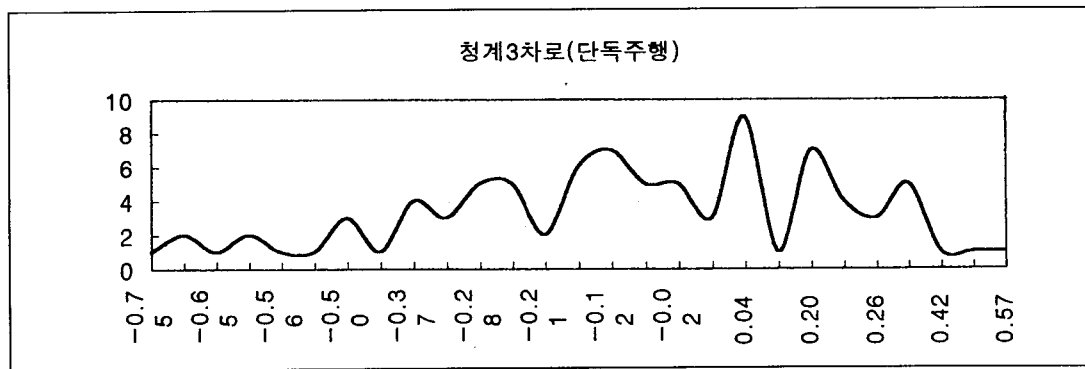
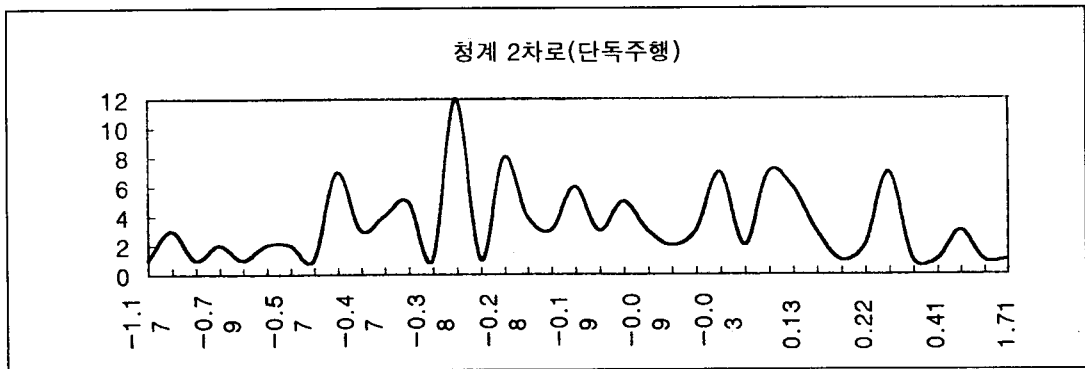
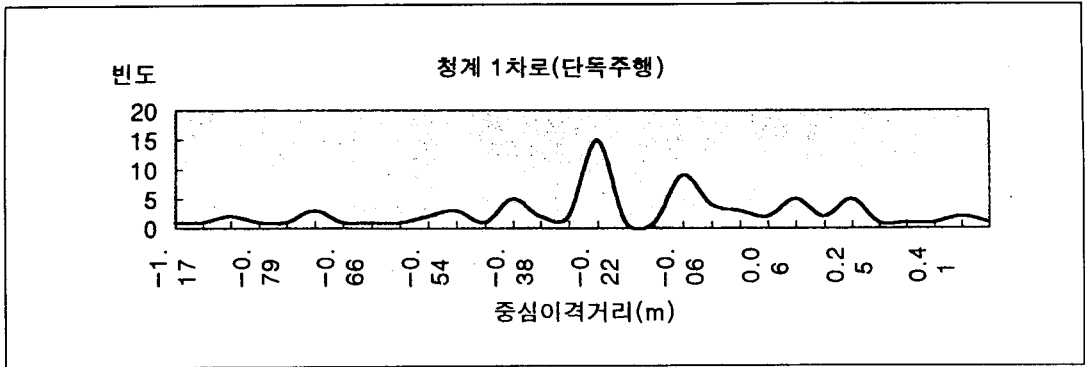
1. 내측차로 주행차량의 안전성을 확보해 주기 위하여 편도 4차로 고속도로에서 외측차로 (1·4차로)의 차로폭은 3.5m로, 내측 차로 (2·3차로)의 차로폭은 3.7m로 설계되어야 할 것을 건의한다.
2. 본 연구의 범위가 직선부인 편도 4차로 고속 도로에 국한되어 있으므로 직선부가 아닌 곡 선부 대상의 연구 및 편도 3차로 고속도로에 대한 추가적인 연구를 건의한다.

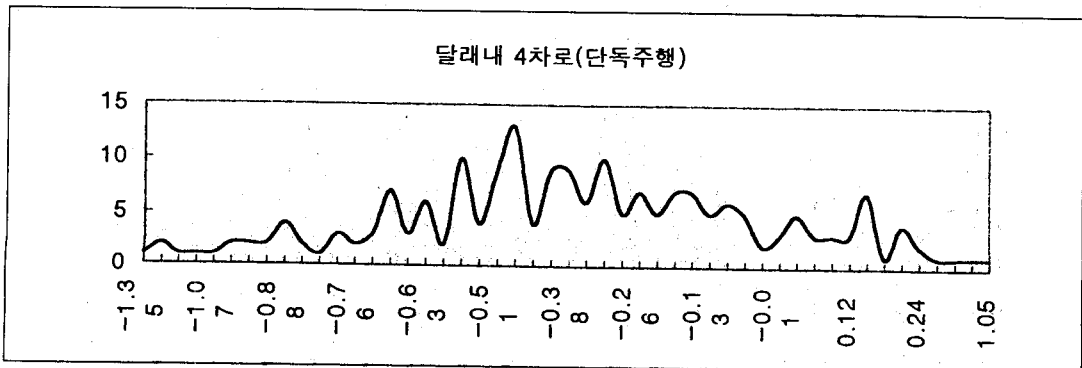
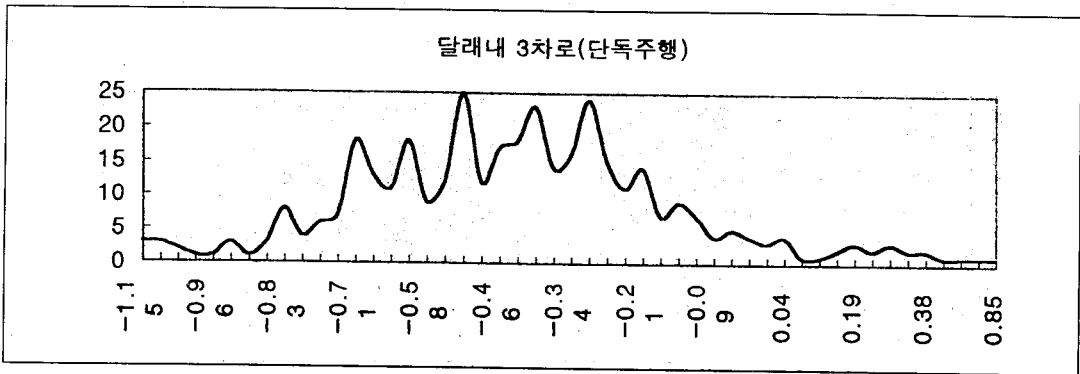
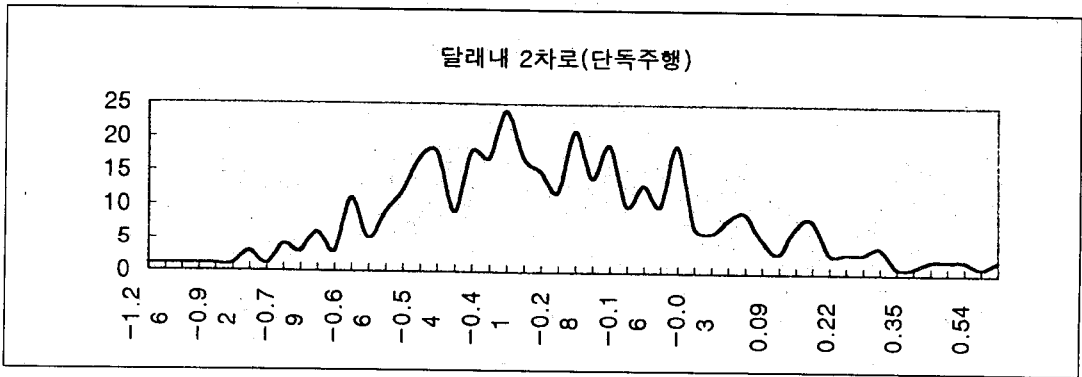
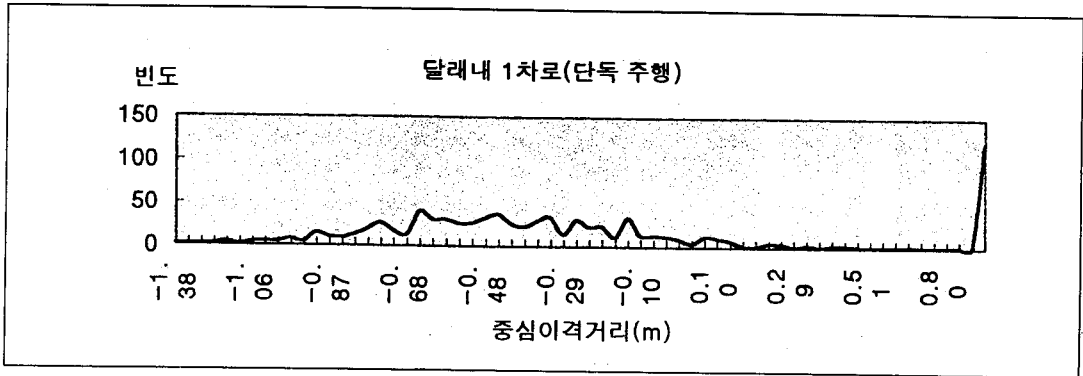
■ 참고 문헌

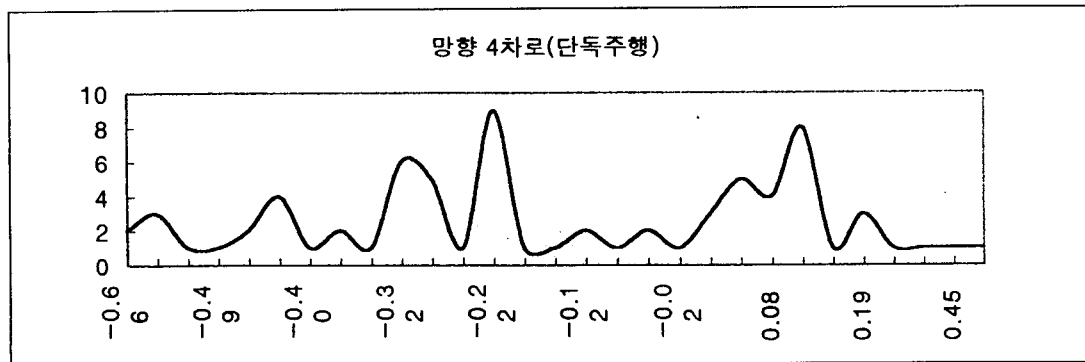
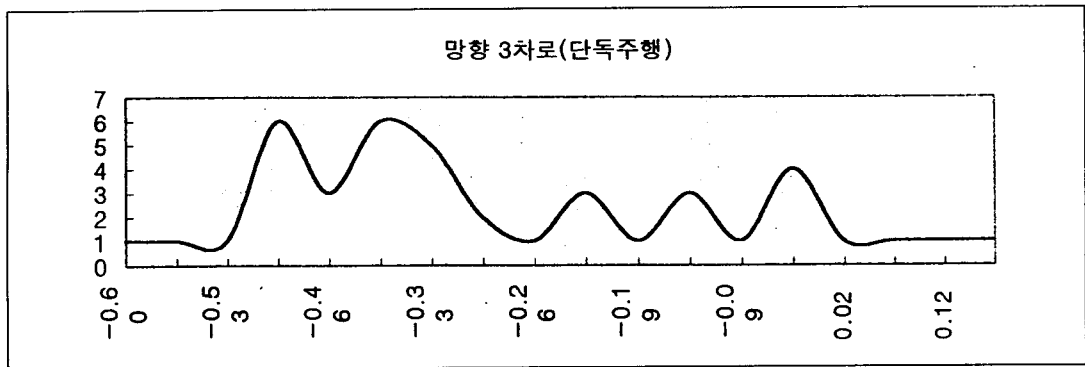
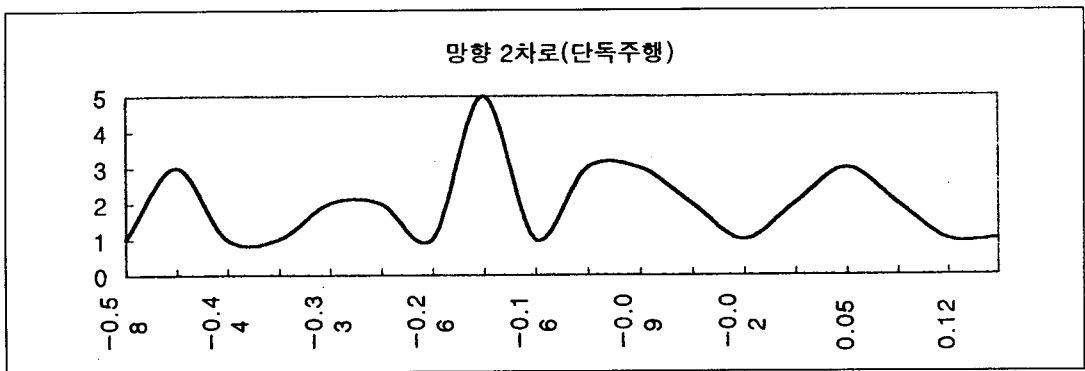
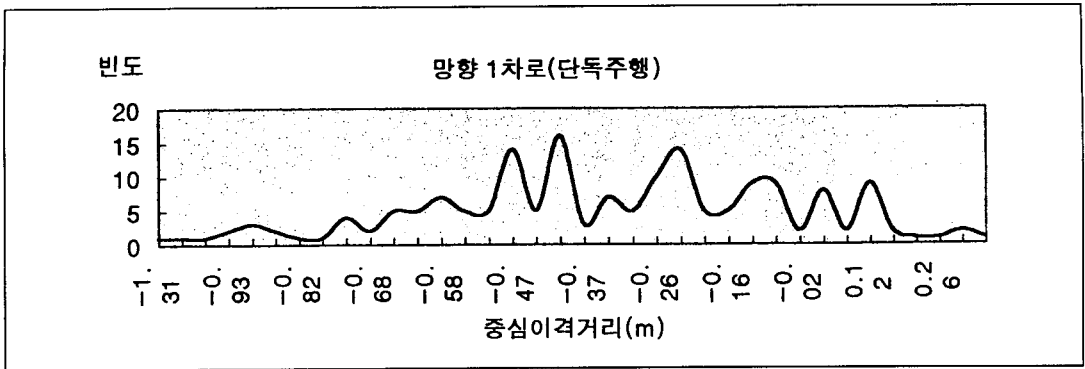
1. 건설부, 도로의 구조·시설기준에 관한 규정 해설 및 지침, 1990
2. 건설부, 도로용량편람, 1992
3. 한국도로공사, 도로설계요령, 1992
4. AASHTO, A Policy on Geometric Design of Highways and Streets, 1994
5. Transportation Research Board, Highway Capacity Manual, 1994
6. Armour, M., Effect of Road Cross-Section on Vehicle Lateral Placement, AUST ROAD RES, pp30-40, 1985
7. Triggs, T. J., Wisdom, P. H., Observations of Vehicle Lateral Position-Keeping and Effects of Pavement Delineation Marking, 9th Australian Road Research Board Conference Brisbane, 1979
8. Miller, E. J., Vehicle Lateral Placement on Urban Roads, ASCE Journal of Transportation Engineering, pp495-508, 1982,
9. Taragin, A., Driver Behavior as Affected by Object on Highway Shoulders, Highway Research Board Proceeding, 1955
10. Oellers, F. W., Investigation of the Influence of Lane Width on the Flow of Traffic on Roads with Separate Carriageway, TRB-TRIS, 1976
11. Van Winkle, S. N., Effective Lane Widths, Public Works, 1990
12. Hadi, M. A., Estimating Safety Effects of Cross-Section Design for Various Highway Type Using Negative Binomial Regression, Transportation Research Record, 1995.
13. Hummel, T., Literature Review on the Decrease of the Traffic Lanes on Motorways, IRRD-OECD, 1988
14. 日本 道路協會, 道路構造令の 解説と 運用, 昭和 58年 2月
15. 交通工學研究會, 道路의 計劃と 設計, 昭和 63年 5月
16. Hallert, B., "Photogrammetry, Basic Principles and General Survey.", McGraw-Hill, New York, 1960.
17. Bleyl, R. L., "Traffic Analysis of Time Lapse Photographs Without Employing a Perspective Grid.", Traffic Engineering, Aug. 1972, pp 29-31.
18. Chang, M. S.(장명순) Engineering Factors Affecting Traffic Signal Yellow Time, FHWA Report No. FHWA/RD-85/054, 1984

부록 1. 단독주행시 차량 횡방향주행궤적의 지점별, 차로별 분포









부록 2. 병행주행시 차량 횡방향주행궤적의 지점별, 차로별 분포

