

# 고령사회를 고려한 고속도로 설계기준 개선방안 연구

## A Study on the Improvement of Highway Design for Aged Society

조규태\* · 노관섭\*\* · 이재식\*\*\* · 김동균\*\*\*\*

Cho, Gyu Tae · Noh, Kwan Sub · Lee, Jae Sik · Kim Dong Gyun

### 1. 서론

현재 우리나라는 출산율 저하와 고령인구 비율의 급속한 증가라는 사회적 현상이 크게 부각되고 있는 실정이다. 고령인구의 급격한 증가는 고령운전자의 양산을 초래하여 매년 교통사고 발생건수와 부상자수가 급격히 증가하는 추세에 있으며, 현재 도로설계기준 및 안전체계로는 만족시킬 수 없는 많은 문제점이 예상되고 있다. 실제로 경기개발연구원(2003)은 고령인구가 증가함에 따라 고령운전자도 같이 증가한다는 연구결과를 도출하였으며, 고령운전자의 증가는 고령층의 삶의 질 향상, 승용차 중심의 교통체계로의 변환, 핵가족화에 따른 독거노인 가구의 증가, 그리고 고령층의 활동능력을 인정받고자 하는 욕구 등 여러 가지 요인으로 인해 발생된다고 하였다.

하지만, 국내 도로설계는 운전자의 연령을 반영한 설계가 이루어지고 있지 않기 때문에, 본 연구에서는 고령 사회(aged society)에 대비하여 우리나라보다 고령화를 먼저 경험한 선진외국의 사례 분석 및 고령운전자 설문조사 등을 통하여 고령운전자를 고려한 고속도로 설계기준 개선방안을 제시하고 고속도로 설계기준 개선에 대한 단기 및 중·장기 로드맵을 구축하는 방안을 제시하고자 한다.

### 2. 고령운전자의 신체적 특성 분석

고령자의 신체적 기능은 청·장년층과 비교하여 특정한 장애를 갖고 있지 않은 상태에서도 신체의 전반적인 기능이 낮다. 참고적으로 가장 신체적인 기능이 왕성한 20대 청년층의 신체기능지수를 100으로 보았을 때 고령자의 운동능력과 신체기능을 나타내는 지표는 다음 그림 1과 같다.

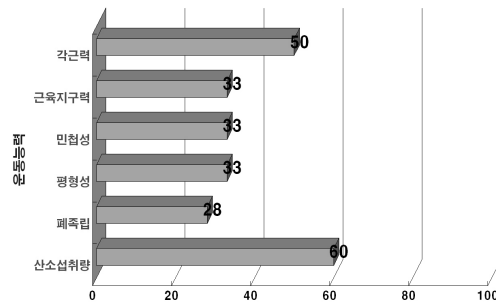


그림 1. 20대와 고령자의 운동능력 비교

#### 2.1 고령운전자의 인지반응시간

##### 가. 긴급 상황에서 운전자들의 인지반응 시간

오르막길에서 예상치 못한 장애물을 만났을 때의 인지 반응 시간을 조사한 결과(Olson, P.L., Sivak, M.(1986))에 따르면 젊은층과 고령층 운전자의 인지반응시간은 95%의 사람들이 1.6초의 시간 안에 분포되어 있음을 알 수 있다. 이 수치는 도로 기하구조를 설계하고, 도로 표지판 및 이정표를 설치하는데 사용되고 있다.

\* 정희원 · 인천대학교 공학기술연구소 연구교수 · 공학박사(E-mail : ichogt@yahoo.co.kr)

\*\* 정희원 · 한국건설기술연구원 기반시설연구본부 책임연구원 · 공학박사(E-mail : ksno@kict.re.kr)

\*\*\* 정희원 · 인천대학교 토목환경공학과 박사과정 · 공학석사(E-mail : romeoz26@nate.com) - 발표자

\*\*\*\* 비희원 · 인천대학교 공학기술연구소 연구원 · 석사과정(E-mail : eladamri@hanmail.net)

#### 나. 연속적 행동에서의 인지반응 시간

연속적인 행동에서의 인지반응시간은 행동의 수가 많아질수록 증가한다. 한 가지 예정된 단일 움직임에 대한 고령 운전자와 젊은 운전자간의 인지 반응시간은 기능적으로 큰 차이가 없지만, 고령운전자들이 2,3개의 연속적인 행동을 할 때에는 젊은 운전자에 비하여 현저히 느림을 알 수 있다(Staplin, L., Lococo, K., Sim). 이러한 결과들로 미루어 볼 때에 상대적으로 나이가 많은 운전자들은 긴급한 상황에서 이미 어떤 조치를 취한 후에 또 다른 조치를 취해야 할 때에 상대적으로 불리하다고 할 수 있다.

#### 다. 도로표지(위험물체)에 대한 인식/확인 거리

고령 운전자들은 도로표지(위험물체)에 대한 인식 확인 거리가 그림 2에서와 같이 젊은 운전자에 비해 짧다는 것을 알 수 있다. 젊은 층 그룹은 도로표지나 위험물체를 약 185m 전방에서 확인할 수 있는 반면에 고령자 그룹은 약 125m 전방에서 확인하는 것으로 나타났다.(Helmut T.Z.(1999))

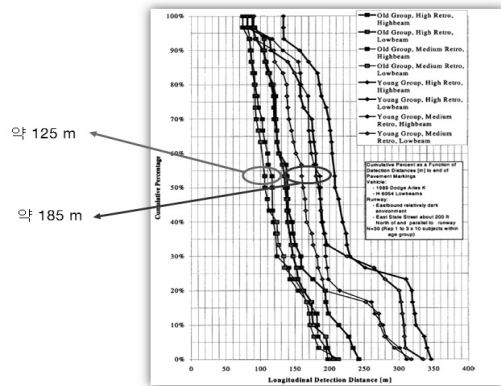


그림 2. 도로표지(위험물체)에 대한 인식/확인 거리

### 2.2 고령운전자의 시각성능

#### 가. 야간시 곡선 구간에서 필요한 차선의 명암대비

커브의 방향을 인식하기 위하여 필요한 차선의 명암대비는 다가오는 차량의 전조등의 불빛에 따라서 현저하게 증가한다. 필요한 차선 명암대비는 거리에는 크게 영향을 받지 않고 있음을 알 수 있다. 고령 운전자에게 필요한 차선의 명암대비는 청·장년층 보다 현저하게 높았다.

이러한 결과로부터 운전자들, 특히 고령 운전자들은 차선의 광도를 증가시키면 안전운전에 도움이 될 수 있음을 알 수 있다.

표 1. 연령층별로 본 차선의 contrast

시험대상 집단	곡 선 거 리							
	30M				60M			
	No Glare		Glare		No Glare		Glare	
	평균	표준편차	평균	표준편차	평균	표준편차	평균	표준편차
청장년층(n=29)	1.20	0.36	2.42	1.69	1.23	0.29	2.35	1.16
고령층(n=30)	1.17	0.54	2.88	2.06	1.32	0.51	3.25	3.05

자료 : Staplin, L., Lococo, K., Sim, J. 『Volume II : Traffic control design elements for accomnodating drivers with diminished capacity』, 1990

#### 나. 시각적 대상의 명도대비 및 색상

글자 식별을 위한 평상시, 낮시간의 밝기에서 필요한 명도 대비(brightness contrast)는 글자의 크기, 주어진 배경에서의 색깔 대비, 나이에 따라 차이를 보인다. 고령 운전자들은 젊은 운전자들에 비해 평균 2.13배의

명도대비를 필요로 하는 것으로 나타났다. 또한 고령층 일수록 색의 구분을 잘하지는 못하는 것으로 드러났다. 사용된 6가지 색 중에서 나이가 많은 운전자들은 초록색과 청록색을 선호하였고, 빨간색과 파란색은 기피하였다.

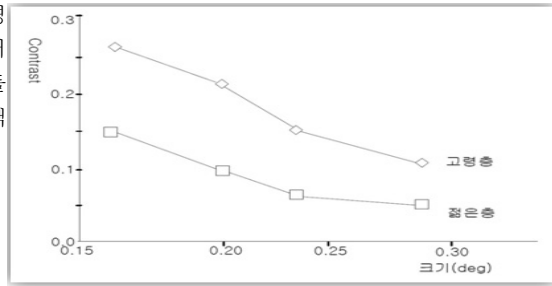


그림 3. 글자크기와 필요 명도대비

### 3. 고령운전자 고속도로 교통사고 특성 분석

고령운전자의 고속도로 교통사고는 그림 4와 같이 주야별로는 주간사고가 62.0%로 야간의 38.0% 보다 많았으나, 고속도로에서 발생한 사망사고는 야간사고가 50.7%를 차지해 주간 보다 야간에 사망사고가 더 많이 발생하는 것으로 나타났다.

그림 5와 같이 낮 시간대인 14-16시간대에 전체의 11.7%로 가장 많았으며, 16-18시간대와 18-20시간대가 각각 11.3%와 10.9%가 발생하여 주로 낮 시간대와 저녁시간대에 사고가 많이 발생하는 것으로 나타났다. 전체사고는 오후 6시 이후부터 자정까지 발생빈도가 높은 것으로 나타났으며, 고속도로사고는 자정이후 새벽시간대와 낮 시간대에 많이 발생한 것으로 분석되었다.

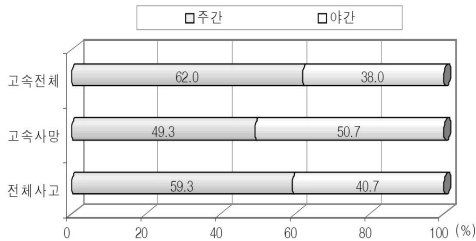


그림 4. 주야별 발생건수 구성비 비교

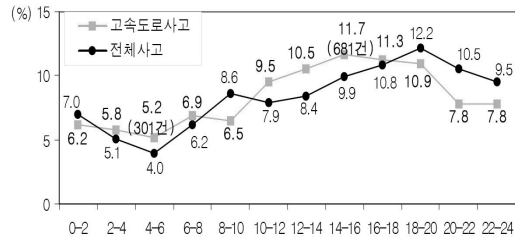


그림 5. 시간대별 발생건수 구성비 비교


### 4. 선진외국 고령화 관련 개선 사례

미국, 일본, 유럽(독일) 선진외국의 고령화 관련 교통정책은 크게 도로관련 대책과 교통환경 정비 대책으로 구분할 수 있으며, 그 내용을 요약하면 표 2와 같다.

표 2. 선진외국의 교통 정책 사례

구분	도로 관련 대책	교통 환경 정비 대책
미 국	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 1998년 ‘고령운전자를 위한 도로설계지침’ 설계 반영(FHWA)               <ul style="list-style-type: none"> <li>▶ 평면교차로(Intersection at grade)</li> <li>▶ 회전교차로(Roundabouts)</li> <li>▶ 입체교차로(Interchange)</li> <li>▶ 도로 곡선과 앞지르기 지역 (Roadway curvature and Passing zone)</li> <li>▶ 건설/작업구간 지역 (Construction / Work zone)</li> <li>▶ 도로-철도 교차로</li> </ul> </li> <li>● Texas 교통연구소에서 고령자의 도로주행 안전에 대한 시뮬레이터 활용기술 개발 및 적용방안 연구</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 55세 이상 운전능력 테스트 실시</li> <li>● [55 Alive Driver Safety Program] 안전교육 실시</li> <li>● 3년에 한번씩 [Coaching the Mature Driver] 프로그램을 통해 55세 이상 운전자의 운전능력 강화 교육 실시</li> </ul>

표 2. 선진외국의 교통 정책 사례(계속)

구 분	도로 관련 대책	교통 환경 정비 대책
<p>일 본</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 자동차 제작에 적용하는 안전기준을 강화. (1993. 5) (제동장치 성능 개선, 안전띠 장치 의무화, 서리 제거장치, 본체 충격흡수 강화, 가속기 복원장치 이중화 등의 내용)</li> <li>● 고령운전자 실버마크(Silver Mark)의 부착 &lt;Silver Mark 예&gt;</li> </ul> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Lift를 장착한 택시 및 노선버스의 운영</li> <li>● Handi-Cab(장애인 및 고령자 전용 택시) 및 각종 전용 정기셔틀버스 운영</li> <li>● 철도 역사 내 엘리베이터 등 보조제도 활용</li> <li>● 65세 이상의 운전자에 대하여 3년마다 적성검사 실시</li> <li>● 1998년 4월 이후 운전면허 자진 반납 제도화</li> <li>● 고령자를 대상으로 한 '도로교통법'제정 시행               <ul style="list-style-type: none"> <li>· 법 14조 : 고령보행자가 안전하게 도로를 횡단할 수 있도록 적절한 도움을 주어야 함.</li> <li>· 법 71조 : 운전자는 일시정지 및 서행을 하여 고령자의 통행을 방해해서는 안 됨.</li> <li>· 시행규칙 120조: 실버마크를 표시하고 있는 70세 이상 운전자에게 위험운전이나 끼어들기를 하면 5만엔 이하의 벌금과 벌점 1점.</li> </ul> </li> </ul>
<p>유 럽</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 독일, 프랑스 등 고령운전자에 대한 도로 설계기술 개발 중</li> <li>● 영국의 Leeds 대학, 스웨덴 도로교통연구원(VTI) 등 고령자의 도로주행 안전성 확보를 위한 연구 진행</li> <li>● 선진 유럽 국가의 경우 차량의 안전도를 정부가 직접 규제하여 신차평가 시 다양한 평가차종으로 정면·측면·보행자충돌 등을 시험함</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 고령자를 위한 Service               <ul style="list-style-type: none"> <li>▶ ST (Special Transport) service</li> <li>▶ ambulance service</li> <li>▶ Dial-A-ride service (Door to Door)</li> </ul> </li> <li>● 대중교통 Service               <ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Mobility Bus</li> <li>▶ Carelink Bus</li> <li>▶ Service Route: 장애인의 편의를 고려한 시설 버스</li> </ul> </li> <li>● 1990년대부터 이미 모든 공공교통시설 별로 적용 ☞ 이동의 장애를 해소</li> <li>● 장애인 및 고령자의 자립생활과 사회통합을 지원하기 위한 최상위 법으로 '장애인 평등법' 제정</li> <li>● 각 국별 고령자 운전면허 갱신에 대한 엄격한 기준 적용(2년 혹은 3년마다 적성검사 실시 혹은 교육 실시)</li> <li>● 면허 자동소멸 제도 및 조건부 면허 허용 등 다양한 방안을 도입(영국, 스웨덴 등).</li> </ul>

### 5. 고령운전자 설문조사 및 분석

고령운전자를 고려한 고속도로의 안전성 향상을 위하여 고령 운전자의 운전행태를 파악하고 고속도로 주행시 안전성 검토 및 개선 요구사항을 살펴보기 위하여 고령운전자를 대상으로 설문조사를 실시하였다.

설문조사 방법은작성된 설문조사 양식지를 (주)한국도로학회 61세 이상 고령자중 운전면허 소지자를 대상으로 인터넷을 통해 설문을 실시하였다. 총 77명이 설문지를 작성하여 재 송부하였으며 설문 조사 결과를 조사 대상자의 인적 자료, 고령 운전자의 고속도로 운전행태에 대한 자료, 고령 운전자를 고려한 고속도로 설계기준 개선에 대한 항목별로 분석하였고, 고속도로 설계기준 개선에 대한 항목은 본선 구간과 IC구간으로 나누어 분석하였다.

### 5.1 고령운전자를 고려한 고속도로 설계기준 개선 시 고려해야 할 요소(본선구간)

기하구조 개선 요소의 중요도 설문결과 그림 6과 같이 기하구조 개선 요소 중 시거확보 여부를 최우선으로 고려해야 하며 속도제한, 기하구조(선형)의 설계기준, 휴게소 진입을 위한 가,감속 차로의 길이, 양보차로의 설계기준 개선, 포장상태 개선, 등의 순으로 우선 고려해야 한다고 응답했다. 각 항목별 가중 점수는 중요도에 따라 배분된 점수(1~5점)와 응답자수를 곱하여 계산된 합계점수를 비교하여 결정하였다.

그림 7은 고령 운전자를 고려한 고속도로 설계 기준 개선 시 부대시설(안전시설) 개선 요소의 중요도를 묻는 질문에 대한 응답으로 표지판의 방향 안내와 표지판의 글자 크기 개선을 가장 중요한 개선 요소로 선정하였고, 기타 다른 요소들은 비슷한 결과를 나타내고 있다.

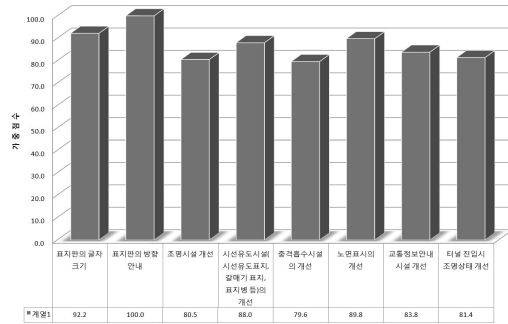
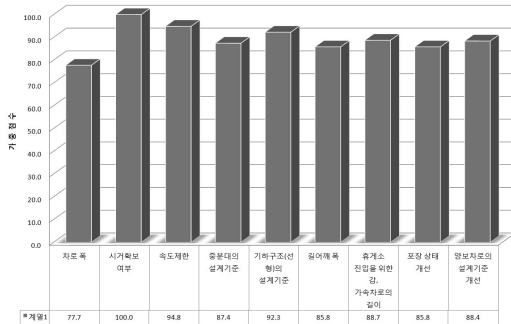


그림 6. 기하구조 개선 요소에 대한 응답자 분포      그림 7. 부대시설 개선 요소에 대한 응답자 분포

### 5.2 고령운전자를 고려한 고속도로 IC(인터체인지) 설계기준 개선 시 고려해야 할 요소

고속도로 본선 개선 요소는 시거확보 여부를 최우선으로 고려해야 한다고 나타났지만, IC개선에 있어서는 IC 곡선반경 및 가감속 차로의 개선이 최우선으로 나타났다. 그 다음이 변이구간(Taper), IC 시거확보 여부의 개선, 유출입 속도의 개선 등의 순으로 나타났다.

그림 9는 고령 운전자를 고려한 고속도로 IC(인터체인지) 설계 기준 개선 시 부대시설(안전시설) 개선 요소의 중요도를 묻는 질문에 대한 응답으로 IC 출구표지판의 방향 안내와 출구 표지판의 글자 크기 개선을 가장 중요한 개선 요소로 선정하였고, IC노면표시 개선, IC 시선유도시설의 개선, IC램프에 적용하는 조명시설 개선 순으로 나타났다.

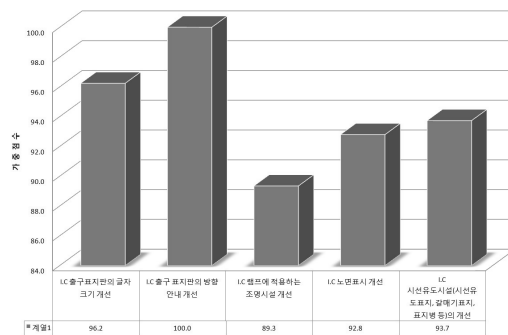
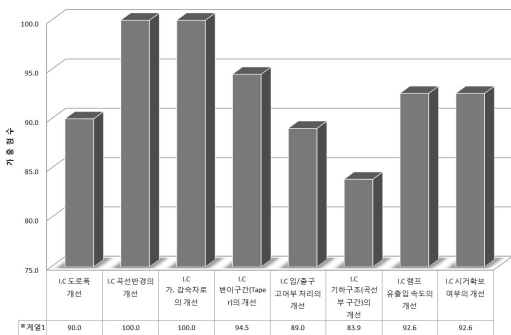


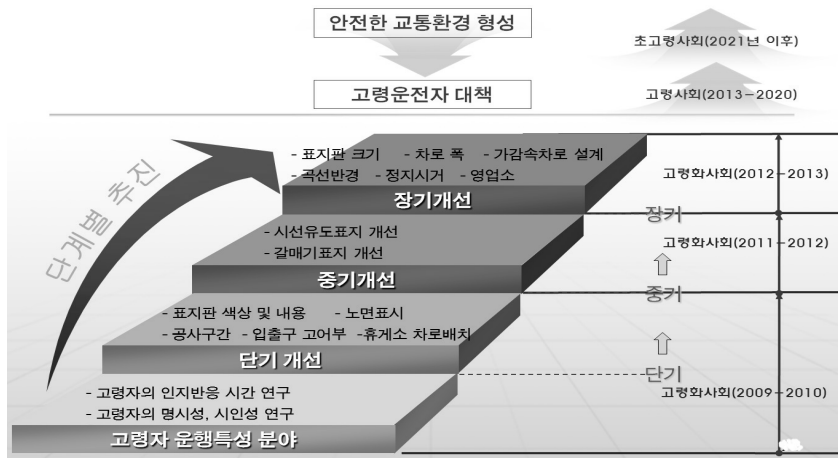
그림 8. IC 기하구조 개선 요소에 대한 응답자 분포      그림 9. IC 부대시설 개선 요소에 대한 응답자 분포

## 6. 결론

선진외국의 고령화를 고려한 설계기준 개선 사례와 설문조사 결과로 고령운전자를 고려한 기하구조 개선 요소의 중요도를 파악할 수 있으며, 개선할 수 있는 요소를 단기, 중기, 장기로 구분하면 다음과 같이 나타낼 수 있다.

구분	현행	개선(안)	
단기	입출구 고어부 처리	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 운전자의 안전을 고려한 안전 시설 없음</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 고어부에 안전시설 설치</li> </ul>
	표지판 색상 및 내용	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 도로의 구조 시설 기준에 관한 규칙 적용</li> <li>■ 도로표지규칙 및 관련 지침 적용</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 표지판 색상 개선</li> <li>■ 야간운전 시인성 확보를 위한 LED 사용</li> <li>■ 표지판의 방향안내의 개선</li> <li>■ 보다 높은 최소반사계수 적용</li> </ul>
	노면표시	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 교통노면표시 설치/관리 매뉴얼 적용</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 고령 운전자가 방향을 인지하기 쉽도록 설치 간격 및 설치 개수 조정</li> <li>■ IC출구 및 휴게소 입구 갈라 포장으로 고령 운전자를 위한 시인성 증가</li> </ul>
	공사구간	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 도로의 구조 시설 기준에 관한 규칙 적용</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 도로안내표지 및 교통안전표지 개선</li> <li>■ 조명시설 및 VMS 설치</li> </ul>
중기	휴게소 차로배치	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 도로의 구조 시설 기준에 관한 규칙 적용</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 고령운전자 전용주차공간 확보</li> </ul>
	시선유도/갈매기 표지	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 도로 안전시설 설치 및 관리지침 적용</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 설치 간격 및 크기 조정</li> </ul>
장기	표지판 크기	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 도로의 구조 시설 기준에 관한 규칙 적용</li> <li>■ 도로표지규칙 및 관련 지침 적용</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 표지판 글씨 크기 확대</li> </ul>
	차로 폭		<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 차로 폭 개선</li> </ul>
	가/감속차로 설계		<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 평행식 가/감속 차로 권장</li> </ul>
	변이구간		<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 변이구간 길이 개선</li> </ul>
	가속차로		<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 가속차로 개선</li> </ul>
	감속차로		<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 감속차로 개선</li> </ul>
	곡선반경		<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 곡선반경 개선</li> </ul>
	정지시거		<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 정지시거 개선</li> </ul>
영업소	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 고령운전자 전용부스 설치</li> </ul>		

따라서, 우리나라 인구증가 추세를 반영하여 고령 사회를 고려한 고속도로 설계기준 개선의 단기·중기 및 장기의 단계별 Road Map 수립은 다음과 같이 나타낼 수 있다.



### 참고 문헌

1. 도로교통안전관리공단, “교통사고 통계분석”, 2001~2005
2. (주)한국해위기술공사, “고속도로 교통사고요인 분석 보고서”, 2008
3. 신연식, “고령운전자의 운전행태 고찰 및 안전운전대책 연구”, 교통개발연구원, 2001
4. 이주행, “고령운전자의 교통사고 특성에 관한 연구”, 1994
5. FHWA, “Highway Design Handbook”, 2000
6. Olson, P.L., Sivak, M. “Perception-response time to unexpected roadway hazards. Human Factors.28(1)”, 1986
7. TRB, “Transportation in an Aging Society”, 2004