



## 自動車緊急避難車線の計劃設計

Design of Truck Escape Ramps

具 本 忠\*  
Koo, Bon Chung

### 목 차

- 서언
- 요약

#### 제 1 장 서론

1. 일반 사항
2. 배경
  - 가. 문제의 범위
  - 나. 예방 조치
  - 다. 자동차 긴급 피난 차선의 발전
  - 라. 연구 및 발전
  - 마. 이용 현황

#### 제 2 장 자동차 긴급 피난 차선의 위치

1. 적용 형태
2. 자동차 긴급 피난 차선의 필요성
  - 가. 문헌 연구
  - 나. 긴급 피난 차선의 필요성에 대한 설문 조사
  - 다. 긴급 피난 차선의 필요성 요약

3. 긴급 피난 차선의 위치 선정
  - 가. 문헌 검토
  - 나. 설문 조사
  - 다. 위치 선정 요약

#### 제 3 장 자동차 긴급 피난 차선의 설계

1. 긴급 피난 차선의 형식
2. 기존 긴급 피난 차선의 형식에 대한 검토
3. 긴급 피난 차선의 진입로
4. 설계 진입 속도
5. 긴급 피난 차선의 구조
  - 가. 긴급 피난 차선의 선형
  - 나. 긴급 피난 차선의 기울기
  - 다. 긴급 피난 차선의 폭
  - 라. 감속량
  - 마. 긴급 피난 차선의 길이
6. 사용 재료
7. 제동 노반 포설의 두께

### Summary

This synthesis has been prepared from a review of literature on Truck Escape Ramps technology and a survey of current practice by state department of transportation. Their locations have been determined usually from a combination of accident experience and engineering judgement, but new tools are emerging that can identify needs and sites without waiting for catastrophic accidents to happen. The Grade Severity Rating Systems holds promise in this regard.

\* 農漁業土木 技術士, 農漁村振興公社 定住圏開發處 道路部長

Design Procedures for truck escape ramps continue to evolve. Gravel arrester beds are clearly the preferred choice across the country.

Rounded aggregate, uniformly graded in the approximate size range of 13 to 18mm. Technical publications typically have classified TER types as paved gravity, sandpile, and arrester bed ramps. The design speed for vehicle entry into the ramp is critical to the determination of ramp length.

An escape ramp should be designed for a minimum entry speed of 130km/hr, a 145km/hr design being preferred. The ramps should be straight and their angle to the roadway alignment should be as possible. The grade of truck escape ramps show the adjustment of ramp design to local topography, such as the tradeoff of ramp length against earthwork requirements. A width of 9 to 12m would more safely accommodate two or more out-of-control vehicles. Regarding comments on the most effective material, most respondents cited their own specification or referred to single graded, rounded pea gravel.

The consensus essentially is that single graded, well-rounded gravel is the most desirable material for use in arrester beds. The arrester beds should be constructed with a minimum aggregate depth of 30cm. Successful ramps have used depths between 30 and 90cm.

## • 서언

고속도로 관계자 및 기술자들에게 관심의 대상이 되고 있는 제분야에 대한 방대한 양의 관련 정보들이 이미 수집되어 있는데 이러한 정보들은 실무자들이 일상 업무를 통하여 직면하게 되는 문제 해결을 위한 활발한 연구 및 시공 사례를 통하여 얻어진 것이다. 지금까지는 이렇게 수집된 유용한 정보들을 관련 기술자, 업계 및 관리자들이 쉽게 이용할 수 있는 체계적인 정비가 되지 못하였기 때문에 AASHTO(American Association of State Highway and Transportation officials)에서는 국가 보조 고속도로 조사 사업(National Cooperative Highway Research Program)을 통하여 교통 조사국(Transportation Research Board : TRB)으로 하여금 일련의 프로젝트를 수행함으로써 수집된 모든 자료로부터 유용한 지식을 총정리하고 관련 분야에 대한 현행 시공법을 보고서로 작성하였다. 본 보고서는 다양한 시공법을 발췌하여 작성된 것으로서 필요한 경우 상세한 설명을 첨가하였으나 핸드북이나 설계 지침에서 쉽게 찾아볼 수

있는 상세한 지침은 기술하지 않았다.

그러나 주제별로 최상의 해결 방법을 요약하여 기술하였으므로 설계 지침으로서도 손색이 없을 것이며 사용자의 경험과 지식을 본 보고서와 적절히 연계시키므로써 문제 해결에 크게 도움이 될 것으로 사료된다.

본 보고서는 고속도로 설계 기술자, 유지 관리 종사자, 안전 관리 공무원, 교통 기술자와 기타 고속도로 대형 자동차의 안전 운행 책임자들에게 자동차의 긴급 피난 차선의 위치 선정, 설계 기준, 유지 관리 절차는 물론 긴급 피난 차선 기능과의 유기적인 상관성에 대한 정보를 제공하기 위하여 작성되었다.

고속도로 관계 공무원, 기술자 및 연구자들은 가끔 고속도로와 관련된 문제들에 직면할 때 문서화 또는 문서화되지 않은 경험 등의 형태로 많은 정보가 산재되어 있고 평가되지 않은 상태로 있음을 알게 된다.

때로는 비용이 많이 소요된 연구 결과가 소용없이 되고 값진 경험이 간과될 수도 있으며 문제 해결을 위한 실질적인 방법에 충분한 관심을 기울이지 않을 수도 있다.

이러한 바람직하지 못한 현상을 정정하기 위하여 교통 조사국(TRB)을 연구 주체로 일련의 국가 보조 고속도로 조사 사업을 수행함으로써 통상적인 고속도로 문제들을 조사하여 이용 가능한 정보를 분석하여 국가 보조 고속도로 조사 보고서를 발간토록 하고자 한다.

자동차 운전자나 도로 이용자는 물론 沿道 住民들은 가끔 내리막길 급경사를 대형 화물차가 폭주함으로써 안전을 위협하게 되는데, 급경사의 내리막길은 대형 자동차가 고속으로 달릴 경우 저속 기어, 브레이크는 물론 엔진 브레이크를 모두 사용하더라도 제어가 불가능하여 대형 충돌 사고가 발생할 수도 있다. 이러한 점을 고려하여 미국의 여러 주에서는 자동차의 긴급 피난 차선을 설치하여 폭주 화물차를 고속도로로부터 안전하게 대피토록 하고 있는데 본 보고서는 자동차 긴급 피난 차선(Truck Escape Ramps)에 대한 위치, 설계, 사용 재료, 구조, 공사비 등에 대한 정보를 제공하고 있다.

또한 전방의 주의 표지판이나 긴급 피난 차선에서의 차량 제어 장치 및 차량 회수 방법 등 운영시 고려 사항 뿐만 아니라 이용 빈도의 형태, 긴급 피난 차선의 유지 관리 및 운전자와 관련된 사항 등의 정보도 기술되어 있다. 본 보고서를 종합 보고서로 발전시키고 심도있는 내용으로 발전시키기 위하여 교통 조사국(TRB)에서는 다수의 주 고속도로 당국을 포함한 많은 기관들로부터 정보를 수집하여 분석하였고 분야별 전문가로 구성된 심의 위원회의 지도 하에 평가하고 체계화하도록 하여 심사 위원의 심의를 받도록 하였다.

본 보고서는 작성 당시에 일정 범위 내에서 수용할 수 있는 시공법을 기술한 바 곧바로 실무에 적용할 수 있으며 사업이 진척됨에 따라 새로운 지식이 기존의 정보·기술과 복합되어 크게 향상될 것으로 기대해 마지 않는다.

## ● 요약

본 보고서는 자동차 긴급 피난 차선에 관한 기술 자료, 문헌의 검토와 각 주별 운송 당국에 대한 설문 조사 결과를 기본으로 하여 작성되었다.

자동차 긴급 피난 차선(Truck Escape Ramps)이 미국의 고속도로에 채택된 것은 35년의 역사가 있으며 지금은 서부의 산악 지대로부터 에팔라치아까지, LA 교외는 물론 동북부의 조그마한 마을까지 약 27개 주에서 채택하고 있다. 과거에는 자동차의 긴급 피난 차선의 위치는 통상 사고 발생 경위와 기술적인 판단에 따라 선정하였지만 지금은 대형 사고가 발생되기 전에 자동차 긴급 피난 차선의 필요성과 위치를 선정할 수 있는 새로운 방법이 도입되고 있다.

방법중에는 경사 평가제(Grade Severity Rating System : GSRS)가 유력한 방법으로 평가된다. 자동차 긴급 피난 차선의 설계법은 지금도 계속적으로 발전 단계에 있으며 현재는 <자갈 제동 노반식 피난 차선>의 선호도가 높은 것으로 되어 있다. 입자가 둥글고 균일한 입도 분포로서 입경이 13~18mm인 자갈이 회전 저항이 커서 피난 차선의 노반 재료로 많이 사용되고 있다. 긴급 피난 차선의 길이 결정을 위한 새로운 계산 방법은 공사비 절감에 초점을 두고 있으며 긴급 피난 차선의 폭과 종점부의 처리에 관한 설계법에 대한 연구가 진행중에 있다.

각 주별 조사에 의하면 1주일에 1~2회 이상 이용되는 곳이 있으며 자동차의 이용이 적어 4륜 구동 차량의 운전자들이 차를 시험하는 등 국도 운전 연습장으로 사용되는 곳도 있었다.

따라서 긴급 피난 차선의 목적 외 사용을 제한하는 안내 표지판의 설치와 규정 강화를 위한 노력이 요구되고 있다. 내리막길의 정상부에는 미리 안내판을 설치하고 브레이크 점검 구역을 설치해 두면 안전 운행에 도움을 줄 수 있을 것이며 공공 정보 매체를 이용한 안내 광고를 함으로써 운전자가 한계 상태에 위치한 자동차의

긴급 피난 차선을 적극적으로 이용할 수 있도록 유도하는 방법이 사용되고 있다.

적절한 유지 관리는 긴급 피난 차선의 효율적인 운영에 필수적인 요소로서 사용 후 입도 조정 및 표면 처리(fluffing : 부풀림)가 필요하며 설계시나 유지 관리시에 노반의 細粒土 除去 作業은 긴급 피난 차선의 수명 연장은 물론 만족할 만한 기능 유지에 결정적인 요인이 될 것이다. 현행 시공법을 개선하기 위하여는 몇 개 분야의 추가 연구가 필요하다. 예를 들면 비용 편익 분석, 위치 선정 기법 확립, 진입 속도 및 피난 차선 연장의 결정 조건, 골재 기능 평가, 다수 진입로의 필요성, 효과적인 운전자 교육 정책 등이 그것이다.

자동차 긴급 피난 차선은 유용한 시설로 여러 곳에서 그 기능이 발휘되고 있으므로 많은 고속도로 관계자들은 설계, 시공 및 유지 관리 측면에서 유의해야 할 것이다.

## 제 1장 서론

### 1. 일반 사항

본 보고서는 자동차 긴급 피난 차선에 대한 것으로서 많은 조사 연구 결과와 경험으로부터 긴급 피난 차선의 위치, 설계 기준, 유지 관리 및 긴급 피난 차선의 기능 수행상 이들의 상호 연관성을 규명하고 긴급 피난 차선에서 발생 가능한 문제점들과 그 해결책은 물론 긴급 피난 차선의 조사 연구의 필요성, 긴급 피난 차선을 이용하는 화물차 및 기타 자동차 운전자들의 교육에 관한 정보를 제시하기 위한 것이다.

따라서 본 보고서는 다음의 2가지 기본적인 자료를 바탕으로 작성되었다.

① 자동차 긴급 피난 차선에 관한 문헌 조사이다.

주 정부나 관련 기관, 업체들로부터 수집된 문헌을 교통 조사 정보 서비스(Transportation

Research Information Service : TRIS)의 데이터베이스에 의하여 확인된 것을 검토하여 사용하였다.

② 각 주별 운송 회사에 대한 현행 제도에 관한 설문 조사로서 자동차의 긴급 피난 차선을 설치한 27개 주에서 회신된 설문서 응답서를 분석하여 사용하였다.

보고서의 내용은 긴급 피난 차선의 위치, 설계, 시공시 유의 사항, 유지 관리 사항, 긴급 피난 차선 부지 이용 및 운전자의 유의 사항 등의 항목으로 구분하여 각 장별로 기술하였으며 전체적인 이해 증진을 위하여 서두에 긴급 피난 차선에 관한 일반적인 사항과 발전 과정을 기술하였다.

## 2. 배경

### 가. 문제의 범역

대형 자동차가 고속도로의 내리막길에서 고속으로 주행하는 것은 도로 이용자들 뿐만 아니라 연도변 주민들에게도 치명적인 위험을 줄 수 있다는 것은 오래 전부터 알려진 바로서 실제로 급경사에서 대형 자동차는 저속 기어, 브레이크 및 엔진 브레이크 등을 모두 사용하더라도 정지하기가 매우 어려운 것으로 알려져 있다. 따라서 과속 자동차의 문제는 보통 브레이크의 파열로 연결되는데 브레이크의 파열에는 여러 가지 원인이 있다.

예로서 트레일러나 견인차의 브레이크 시스템에 결함이 있거나 잘못 조작된 경우 운전 미숙이나 국지적인 지형 여건의 미숙지, 감속 장치에 대한 과신 또는 감속 장치 부족 등이 있으며 이와 같은 현상에 의하여 브레이크가 과열되어 파열될 수 밖에 없다.

『경사평가제 : Grade Severity Rating System - Users Manual』의 최근 통계에 의하면 내리막길에서 운전자가 주행 속도를 조절할 수 없는 경우 발생하는 결과는 대단히 큰 것으로 밝

혀졌는데 어느 산악 지대에서는 화물차 사고의 1/6이 내리막길에서 발생한 것으로 조사되었다.

1981년 국가 고속도로 교통 안전 당국(National Highway Traffic Safety Administration : NHTSA)에서 조사한 바로는 연간 과속 자동차에 의하여 발생한 사고는 총 2,450건에 달하는데 그로 인한 피해액은 약 300억원에 이르는 것으로 나타났다.

그러나 총 사고 2,450건 중 2,150건은 긴급 피난 차선을 이용한 것으로 나타났으며 이 경우의 피해액은 불과 약 8억원 정도이고 나머지 300건에 의한 피해액은 전체의 97.3%인 288억원인 것으로 나타났다. 또한 중량 27톤 이상의 화물차를 포함한 자동차의 과속 사고의 약 1/2 정도가 과열에 의한 브레이크 파열이 직접원인으로 조사되었다.

#### 나. 예방 조치

연간 약 320억원 이상의 사회적 손실을 유발하는 과속 자동차에 대하여 사회적인 관심이 날로 증대되고 있는 가운데 많은 자동차가 저속기어 등에 의한 엔진 브레이크나 정기적인 브레이크 시스템 점검 등을 통하여 자동차의 브레이크 시스템을 강화하고 있으며 미숙련 운전자를 위한 교육이 활발하게 이루어지고 있다.

또한 자동차의 안전 관련 업체들에 의한 철저한 도로 점검이 수시로 이루어지고 있으며 주고속도로 관리국에서는 운전자들에게 특정 지역의 도로 상태에 대한 정보와 안내를 대량으로 제공하고 있다.

최근에는 이러한 예방에 그치지 않고 유사시를 대비하여 고속도로 상에 보다 성능이 좋은 자동차의 긴급 피난 차선을 설치하고 있다.

#### 다. 자동차 긴급 피난 차선의 발전

교통 기술자 협회(ITE: Institute of Transportation Engineers)의 보고서 『Truck Escape

Ramps』에 의하면 자동차 긴급 피난 차선은 브레이크 파열로 과속 상태에 있는 운전자들의 반응을 근거로 발전되었다고 하였으며 그와 같은 상태에 직면하고 있는 운전자는 완전히 제어 불가능상태가 되기 전에 도로를 벗어나려고 하는 심리상태가 된다고 보고하였다.

긴급 대피 차선이 설치되기 전에는 제어 불능인 자동차가 도로변에 설치된 모래나 자갈더미에 충돌하거나 때로는 속도를 줄이기 위하여 경사진 언덕이나 벌목 도로 등으로 방향을 돌려 도로를 벗어나서 달리곤 하였다. 이와 같이 제동 기능을 상실한 과속 자동차를 위한 구조물이 1956년 캘리포니아에서 최초로 설치되었으며 1977년까지 20개 주에서 60개소 이상의 구조물이 설치되었다.

그동안 이러한 구조물의 효과가 큰 것으로 판명되었으며 자료도 축적되었다. 1979년 연방 고속도로 당국(Federal Highway Administration)에서 자동차의 긴급 피난 차선의 설계에 관한 지침서를 발간하였으며 이 책이 지금까지 긴급 피난 차선 설계의 기본서로 사용되고 있다.

#### 라. 연구 및 발견

자동차 긴급 피난 차선에 대한 관심이 증대함에 따라 효과적인 사용을 위한 설치 장소, 연장, 경사, 사용 재료, 유지 관리 등의 설계 방법도 연구가 활발하게 진행되었으며 이에 대한 연구사업이 캘리포니아, 콜로라도, 뉴욕, 오레곤, 펜실베이니아 등의 지역에서 시작되었으며 이와 유사한 내용의 연구가 호주, 영국에서도 실시되었다.

그 내용은 Wambold씨의 연구 보고서(1983)에 자세히 기술되어 있다. 일부의 내용은 자동차의 긴급 피난 차선 진입 도로와 특성, 긴급 피난 차선내에서의 주행 속도 등에 대한 것도 있는데 진입 속도, 구배, 피난 차선 노면의 회전 저항 등을 함수로 하여 긴급 피난 차선 연장을 계산하는 공식도 유도되었다. 그러나 아직도 긴

급 피난 차선의 설치 및 시공에 대한 확실한 방법이 정립되지 않은 실정이며 본 보고서에서는 기존의 연구 결과로부터 공통점을 도출하고 방향을 설정하여 향후 필요한 연구 과제를 제시하고자 한다.

#### 마. 이용 현황

1990년 현재 미국에 설치된 긴급 피난 차선의 수는 27개 주에 약 170여개소에 달하며 이 숫자는 1970년의 58개소에 비하면 약 3배에 해당한다.

이들의 대부분은 서부 지역에 위치하고 있으나 미시시피 강의 동쪽에 위치한 12개 주에서도 약 60개소가 설치되어 있고 경사도가 없는 주는 남부, 중서부 및 대초원 지역에 위치한 주이다.

이미 설치된 긴급 피난 차선의 이용도는 위치에 따라서 상당한 차이를 보이고 있으며 예를 들면 한번도 사용된 적이 없는 곳도 있는 반면 West Virginia의 I-16호 고속도로에 위치한 긴급 피난 차선은 2년 동안 1주일에 1회 정도 이용되고 있다. 또한 남부 캘리포니아주의 I-5호 고속도로는 1일 교통량이 35,000대 정도이며 이중 약 35%가 대형차 교통량인데 이곳에 설치된 긴급 피난 차선은 2.5~3일에 1회 정도 이용되고 있다.

그러나 아무리 사용 빈도가 낮다 하더라도 긴급 피난 차선이 필요한 장소에서 설치되어야 할 것이며 긴급 피난 차선 완공 후 불과 6개월밖에 안 된 시점에서 발생한 다음의 사고는 이러한 관점에서 음미해 볼 필요가 있을 것으로 생각된다.

철광석을 실은 총중량 33.5톤의 트레일러 화물차가 내리막길을 운행하는 도중에 브레이크 파열을 일으켰는데 그때가 마침 오전중 교통량이 많은 시간이라 자동차 운전자는 길어깨를 이용하여 저속 차량들을 피할 수 있었으며 자동차의 긴급 피난 차선에 시속 60~70km로 진입하여 약 45m를 주행한 후 무사히 정지할 수 있었다. 사고 당시 도로 주행 차량들은 모래더미로

부터 약 300m 전방에 정지하였다. 만약 이때 긴급 피난 차선이 없었을 경우 과거 동일 장소에서의 사고유형과 비교해 보면 최소한 10대 이상의 자동차가 충돌하여 파손되었을 것으로 추정된다.

<그림1>은 제동 노반식 긴급 피난 차선에 무사히 정지되어 있는 화물차의 모습이다.

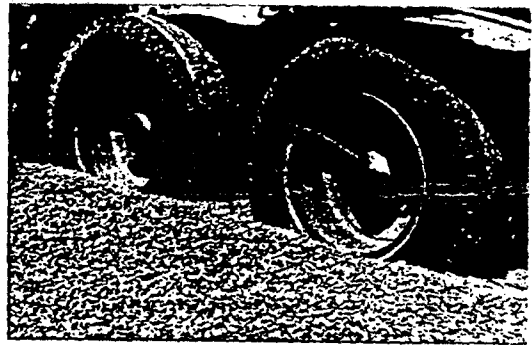


그림1. A gravel arrester bed results in safely controlled stops.

## 제2장 자동차 긴급 피난 차선의 위치

### 1. 적용 형태

긴급 피난 차선은 다음 2가지 유형으로 사용된다.

- ① 교외 산악 지대의 긴 내리막길
- ② 교통 과밀 지역의 짧고 구배가 급한 내리막길

상기 ②항의 경우 사고가 발생하면 인적, 물적 피해가 대단히 크게 된다. 또한 ②항의 경우는 경사로의 종점부에서 정지를 요하거나 저속으로 주행해야 할 장소도 포함되는데 버지니아주 리치몬드의 I-95호 고속도로 톨게이트 진입부의 짧은 내리막길에 위치한 긴급 피난 차선이 바로 이러한 예에 속한다.

다음 <표1>에는 몇개 주의 도로 기술기의 특성에 대하여 기술하고 있다.

표1. 도로 기울기의 특성

펜실베이니아주		
1-376	5.0	2.9
1-279	5.5	2.7
스톱스페리 도로	10.5	0.7
혈톤 도로	10.0	0.5
아이다호주		
레위스톤 힐	6.0~7.0	11.3
화이트버드 힐	7.0	11.3
오래곤주		
시스큐서미트	5.0~6.4	11.3
캘리포니아주		
I-80	5.0~6.0	64.4

펜실베이니아주의 경우 경사부 도로의 연장은 0.8km도 안 되지만 도로의 기울기는 7.0~10.0% 정도로 급하여 연간 5~6회의 화물차 사고가 발생하는데 이것은 화물차의 통행량이 많은 원인도 있겠으나 때로는 혼잡한 도로를 화물차가 저속으로 주행함으로써 발생하기도 한다.

이와는 반대로 도로의 기울기는 완만하지만 길이가 긴 경우에도 문제를 야기시켜 사고가 발생하는데 아이다호 및 오래곤 주의 경우 도로의 기울기는 5.0~6.4%이지만 도로 연장이 11.3km나 된다.

극단적인 예로서 Donner Pass와 Sacramento 사이의 I-80 고속도로에서는 64.4km구간에 1.8km 이상의 고저차가 있으며 5.0~6.0% 기울기가 계속하여 이어져 있다.

조사 결과에 의하면 미시시피 강의 동부에 위치한 10개 주에서 짧은 내리막길에 긴급 피난 차선을 설치하였으며 그 수는 총 긴급 피난 차선의 10%에 지나지 않고 대부분이 산악 지대의 긴 내리막길에 설치한 것으로 나타났다.

## 2. 자동차 긴급 피난 차선의 필요성

긴급 피난 차선의 필요성 여부의 결정을 위하

여는 몇가지 고려 사항이 있으나 주마다 상이하며 아직까지 공식화 또는 보편화가 되지 못하고 있는 실정이다.

극단적인 예로서 설문 응답자 중에는 긴급 피난 차선의 필요성 판단 기준으로 주행중 제동시 브레이크에 연기가 나는 것을 지표로 선정하기도 하였다.

### 가. 문헌 연구

긴급 피난 차선의 필요성 여부 결정에 대한 명확한 판정 방법을 제시하고 있는 문헌은 아직 없으나 1979년 신문 보도 <긴급 피난 차선의 위치 및 이용에 대한 각 주별 실태 조사>라는 제하의 기사에서 ECK씨는 <자동차 긴급 피난 차선(TER)의 필요성을 판정하는 방법에는 아직도 정해진 기준이 없으며 다만 토공과 공사비를 절감할 수 있는 장소에 설치하고 있을 뿐이다>라고 하였다.

<그림2>는 ECK씨의 조사 결과를 분석하여

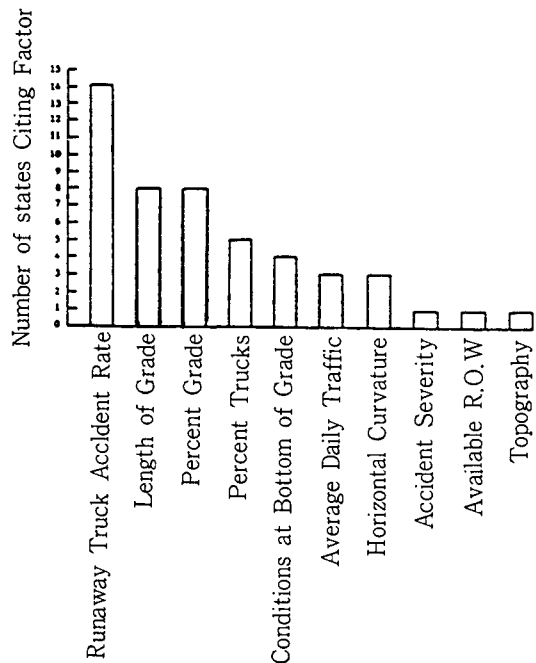


그림2. Factors considered in determining TER need

도식화한 것이다. <그림2>에서 긴급 피난 차선의 필요 여부 판정 인자로는 사고 빈도로서 다른 요인과 비교하여 2배 정도 많음을 알 수 있다.

또한 내리막 도로의 길이, 기울기, 평면 선형 및 내리막길 종점부 상태 등 현지 여건에 관한 항목은 1일 평균 교통량과 화물차 통과율 등 교통량 특성과 더불어 대체로 같은 정도이나 위치 선정시 매우 중요한 항목인 긴급 피난 차선 용지 확보 및 지형은 그다지 중요한 요인이 아닌 것으로 나타났다.

현재까지의 조사 자료로는 긴급 피난 차선의 필요 여부를 판정하는 기준을 설정하기는 어려운 것으로 생각되며 최근에 AASHTO에서 발간한 『A policy on Geometric Design of Highways and Streets ; Green Book』에서는 다음과 같이 제안하였다.

<긴 내리막 경사를 가진 사면에서나 지형적으로 선형 계획상 하향 경사를 두어야 할 경우 브레이크 파열을 일으킨 차량이 주행 도로를 벗어나 정지할 수 있도록 적절한 위치를 선정하여 긴급 피난 차선을 계획하는 것이 바람직하다. 이때 그 필요성은 도로를 주행하는 차량과 브레이크 파열을 일으킨 차량의 운전자 및 연도변거주자의 안전을 우선적으로 고려하여 결정해야 한다.>

여기서 AASHTO의 긴급 피난 차선에 대한 내용은 FHWA의 『긴급 피난 차선 설계에 관한 임시 지침서(1979)』를 요약하여 그대로 인용하였는데 주의를 요하며 또한 ITE(Institute of Transportation Engineers' : 교통기술자협회)보고서의 『긴급 피난 차선 판정에 관한 지침』에서는 다음과 같이 기술하고 있다.

<그러나 긴급 피난 차선의 필요성을 판정할 때 고려할 사항은 아직도 충분히 연구되어 있지 않은 상태이며 또한 여러 가지 고려 사항 간에 상호유기적인 관계가 있으므로 충분한 연구를 통하여 수치적인 근거를 제시할 수 있을 때까지

기술자의 판단에 따라 처리함이 바람직하다.>

사고 발생 내역을 첫째 요인으로 지적하였으며 다음은 평면 선형과 주행 속도와의 관계, 사고의 심각성(예 : 높은 통학 버스 교통량) 등이 지적되고 있다.

또한 점진적인 개선 방안으로는 도로 표지판 설치, 속도 제한, 강제 건인(pull-off) 지역을 설치한 후 긴급 피난 차선을 설치하는 것이다. 이러한 점진적인 개선 방안은 현재 급경사지에 채용되는 기법으로서 증가하는 사업비와 더불어 브레이크 파열 문제를 해결하는데 효과적이며 사업비 조달도 보다 용이하게 해 준다.

이러한 관점에서 경사 평가제(Grade Severity Rating System ; GSRS)가 유용하게 사용될 수 있을 것으로 사료되며 여기서 경사 평가제란 내리막길에서 <그림3>과 같이 차량의 중량에 따라 최대 안전 속도를 운전자에게 알리는 자동차 중량별 최대 속도 표지판(Weight Specific Speed Sign : WSS)을 설치하는 것을 말한다.

5 AXLES OR MORE	
WEIGHT	MAX SPEED
65000-70000	35
70000-75000	25
75000-80000	15

그림3. Example of weight specific speed (WSS) sign.

최대 안전 속도는 브레이크의 온도로부터 계산되는 것으로서 내리막길의 종점부에 도달하였을 때 급정거를 하여 브레이크의 온도가 설정 온도를 초과하지 않는 주행 속도로 정의되는데



제어 불능 자동차의 경우 브레이크의 온도는 약 260℃ 이상이 될 수도 있다.

GSRs는 제한 속도 이상에 대하여도 적용 가능하므로 내리막길에서의 화물차의 속도 제한 결정 및 경사도 평가 뿐만 아니라 내리막길을 따라 약 0.8km마다 브레이크의 온도를 계산하는 컴퓨터 프로그램 옵션을 선택함으로써 긴급 피난 차선의 위치와 필요성을 결정할 수 있다. 또한 최대 안전 속도를 산출함에 따라 교통 공학의 발전을 도모하며 사고 예방의 한 방법을 제시할 수도 있다.

자동차의 사고가 없다고 하는 것은 안전하게 급정거할 수 있는 제동 장치의 성능을 나타내기 보다는 정지 필요성이 없다는 것을 나타내는 것으로서 내리막길에서 규정 속도 이상으로 주행하는 자동차들은 충분히 높은 브레이크의 온도를 갖도록 하여 차량 제동으로 인한 사고를 예방해야 할 것이다. 따라서 GSRs를 이용하면 사고 발생전에 위험을 인지할 수도 있으며 사전에 적절한 대책을 수립할 수도 있다.

GSRs를 이용하기 전에 차량의 중량별 최대 속도의 적용 위치는 현장 답사를 통하여 선정할 수도 있다.

과속 자동차에 대한 시민들의 불평은 말할 것도 없고 기타 도로 경찰로부터의 속도 위반 사고 기록, 가드레일 및 기타 도로 시설의 유지 관리 기록, 소방서로부터의 브레이크 과열 기록 등 모든 요인이 심각한 자동차의 과속 주행과 연관되어 있으며 이들은 모두 긴급 피난 차선의 필요성 지표가 될 수 있을 것이다.

#### 나. 긴급 피난 차선의 필요성에 대한 설문 조사

자동차 긴급 피난 차선의 필요성에 관한 일정한 기준이 없다는 것은 설문 조사 결과에서도 그대로 나타났는데 그 설문조사 결과는 다음과 같다.

〈설문〉 다음과 같은 항목이 긴급 피난 차선의

설치결정에 어떤 영향을 미치는가?

- ① 사고 발생 내역
- ② 경사도 평가제(GSRs)
- ③ 기술적 판단
- ④ 기타(구체적으로 기록)

〈결과〉

① 사고 발생 내역이 긴급 피난 차선의 설치 결정에 영향을 주었다는 주는 21개 주이었으나 사고 발생 내역 하나만 가지고 결정한 주는 한 곳도 없었다.

② 또한 GSRs는 11개 주에서 고려한 것으로 나타났으며 그 중 2개 주에서는 GSRs 하나의 인자만으로 결정한 것으로 나타났다.

③ 기술적 판단에 의한 주는 24개주였으며 그 중 2개 주는 결정적인 요인으로 작용한 것으로 나타났다.

④ 기타 사항으로는 21개 주에서 다양하게 제시하였는데 그 항목은 다음과 같다.

- 긴급 피난 차선의 위치 : 학교 인근 지역
- 브레이크에서의 연기
- 강제 규정
- 화물차의 속도
- 도로 표지판
- 여론
- 도로 용지

⑤ 몇몇 주에서는 사고 발생 내역이 지역적인 관심을 고조시키고 실제 사업 시행을 위한 욕구를 증대시켜 주므로 긴급 피난 차선에 대한 제일 중요한 기준이라고 응답하였으며 기타 3개 주에서도 이와 유사한 의견을 제시하고 있다.

⑥ GSRs에 관해서는 여타 주에서 점차 관심이 높아지고 있으며 결정적인 요인으로 생각하는 수가 있는 반면에 그다지 중요하지 않다는 주도 있었다.

여기서 Caltrans씨의 보고서를 소개하면 다음과 같다.

〈만약 신설 고속도로나 기존 고속도로의 선형 변경 구간에서 내리막길의 자동차 최대 안전 속

도가 90.0km/hr 또는 그 이하이거나 곡선부를 안전하게 주행할 수 있는 속도에 대하여는 1개소 이상의 긴급 피난 차선을 검토해야 한다.

이때 고려할 사항은 ① 총 교통량, ② 화물차의 교통량(특히 3축, 4축 및 5축 화물차), ③ 내리막길 차선의 수, ④ 대부분의 브레이크 파열 자동차가 긴급 피난 차선을 통과하기 전에 도로를 벗어날 수 있는 곡선부가 있는지의 여부, ⑤ 안전 지대 존재 여부(브레이크 파열 자동차가 다른 차와 충돌하거나 도로를 벗어나지 않고 감속할 수 있는 접선 도로 등) 등이다.

속도 제한 표지판이 사고를 줄일 수는 있지만 긴급 피난 차선의 설치 여부를 결정하는 요인은 아니다. 또한 아무리 자동차가 브레이크 파열을 일으킬 가능성이 희박한 내리막길이라 하더라도 부근에 마을이 있고 자동차가 마을로 진입 가능한 곳이라면 긴급 피난 차선을 설치할 수도 있다.)

#### 다. 긴급 피난 차선의 필요성 요약

문헌 및 설문 조사에 나타난 바와 같이 긴급 피난 차선의 설치에 대한 일반적으로 사용할 수 있는 명확한 기준이 없고 다만 <사고 발생 내역>, <기술적 판단>이 가장 많이 사용되는 요인으로 나타났으며 인접 지역에 마을이 있거나 활동 상태에 위험이 되는 경우 긴급 피난 차선을 설치할 수도 있는 것으로 분석되었다.

아직 긴급 피난 차선 설치 여부를 결정하는 명확한 방법이 없어 이를 위한 연구를 필요로 하며 일반적으로 긴급 피난 차선 각각의 경우가 독립적인 설치 방법을 수립할 수 있을 만큼 충분히 독특한 변수를 나타내고 있다.

긴급 피난 차선의 설치 여부를 결정하는 가장 유력한 해석 기법은 계속적으로 사용 빈도가 증가 추세에 있는 GSRs를 이용하는 것이며 일단 설치하는 것으로 결정되면 구체적인 위치 선정을 위한 또다른 기준을 적용해야 한다.

### 3. 긴급 피난 차선의 위치 선정

#### 가. 문헌 검토

Young씨는 1979년 오레곤 주 Siskiyou Summit 긴급 피난 차선에서의 실험을 설명하면서 <위치 선정시에는 우선 경제적인 측면이 고려되어야 하며 그 외에도 긴급 피난 차선 예정지는 표고가 높은 도로 구간보다 결빙, 강설 등이 적은 기후 조건을 가져야 한다>라고 하였다.

같은 시기에 Eck씨는 <그림4>와 같이 위치 선정시 고려 사항에 대한 각 주별 조사 결과를 보고한 바 지형 요소가 가장 높은 인자이며 그 다음으로 평면 선형, 사고 위치 순으로 나타났다. 또한 선정된 위치를 보면 접선 커브와 평면 커브는 거의 같은 반면 상향 기울기 긴급 피난 차선과 같이 절토부가 성토부보다 약 2배 이상 많은 것으로 나타났다.

1982년도의 설문 조사를 요약하면 다음과 같다.

<긴급 피난 차선의 타당성과 설계 형태 및 위치 등은 기본적으로 기술적 판단을 바탕으로 이루어져야 하며 각각의 긴급 피난 차선은 다음의 요소를 고려하여 제각기 독특한 설계 조건을 갖고 있다.>

- ① 긴급 피난 차선의 지역 특성
- ② 도로의 기울기 및 선형
- ③ 연도변 지역의 토지 이용
- ④ 환경 영향
- ⑤ 산 정상으로부터의 거리
- ⑥ 과속 자동차의 최대 예상 속도

콜로라도 지역 보고서는 긴 산악 도로의 경사 지에서의 위치 선정 기준은 다음과 같이 설명하고 있다.

<긴급 피난 차선의 위치는 어느 정도까지는 지형 요소에 의거 결정되지만 설계 과정에서 사고 기록에 대한 내용을 검토하여 분석하는 것도 매우 중요하다. 콜로라도 지역에 설치된 긴급 피난 차선에서의 사고 기록을 검토한 결과 다음

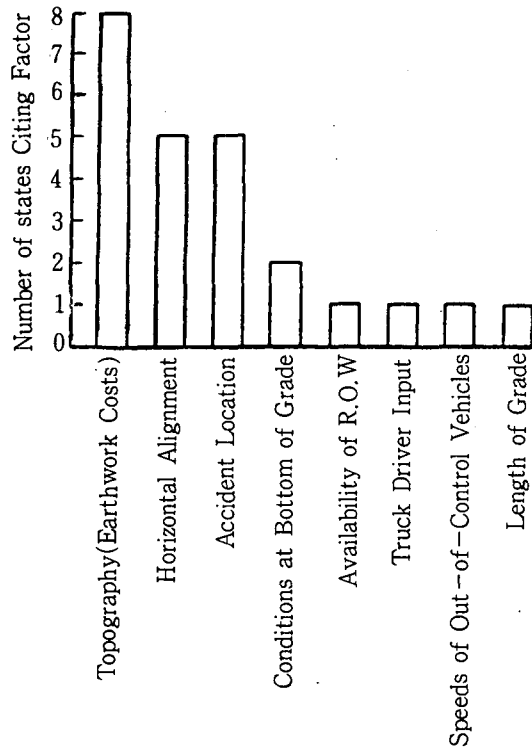


그림4. Factors considered in site selection

과 같은 결론을 얻을 수 있었다.)

① 긴급 피난 차선은 대부분의 과속 자동차를 차단할 수 있는 장소에 설치해야 한다.

② 급경사지에는 제어 불능인 자동차가 대형 참사를 일으킬 수 있는 속도로 주행할 수 있는 지점에 설치한다.

③ 경사지 정부에서의 사고는 여타 지점의 사고보다 그 정도가 덜 심한 편이다.

④ 긴급 피난 차선은 도로의 곡선부 전에 설치하여 제어 불능인 과속 자동차로 하여금 선택의 여지를 주어서는 안된다.

⑤ 경험에 의하면 경사지의 정부로부터 4.8~7.2km 정도 떨어진 곳에 위치한 긴급 피난 차선은 제어 불능인 과속 자동차의 70~80% 정도를 차단할 수 있는 것으로 나타났다.

Ballard씨는 주 별로 각기 다른 위치 선정 기준을 기술하고 있으며 6개 주에서는 특별한 조

건 하에서의 위치 선정을 기술하고 있다.

캘리포니아주의 현행 긴급 피난 차선 설계 지침은 다음과 같다.

〈긴급 피난 차선의 위치는 노상 제동이든 중력 피난 차선이든 대체로 지형에 의하여 결정되며 아주 긴 경사지 도로를 제외하고는 통상 경사지의 하반부에 대하여서만 위치를 검토하는데 이것은 과속 자동차의 운전자가 긴급 피난 차선의 필요성을 절실하게 느끼고 이용을 갈망하는 구간이 대체로 경사지 도로의 하반부이기 때문이다. 긴급 피난 차선은 곡선부에는 설치하지 말아야 하는데 이는 곡선부 설치의 과속 자동차의 운전자가 이미 직면하고 있는 제어 문제에 추가적인 부담을 주기 때문이며 경우에 따라서는 곡선부에 설치된 접선 방향의 긴급 피난 차선을 우회도로로 오해할 소지가 있기 때문이다. 따라서 긴급 피난 차선은 도로의 접선 구간을 따라 설치하는 것이 가장 좋다.〉

Caltrans 설계 지침서에 의하면 다중 차선의 고속도로 상에서는 좌측 긴급 피난 차선을 설치할 수 있다고 하였으며 이것은 물론 대향 차선으로 가로질러갈 필요가 없는 중앙 분리대가 상당히 넓은 곳에서만 설치 가능하다. 좌측 긴급 피난 차선은 ITE 보고서에서도 기술하고 있는데 다만 이때 좌측 출구로 착각할 수도 있으므로 주의를 요한다고 하였다.

AASHTO의 『Green Book』에서는 긴급 피난 차선의 위치는 사고 내역을 기본으로 하여 결정되어야 한다고 하였으며 긴급 피난 차선의 예정지에 대한 사고 자료의 분석에는 내리막길 인접지역에 대한 평가와 자동차의 추정 최고 속도가 포함되어야 하며 인구 과밀 지역이나 도로의 곡선부 전에 설치하여 과속 자동차가 안전하게 이용할 수 있도록 함은 물론 도로 우측에 접선 방향으로 설치해야 한다고 기술하고 있다.

#### 나. 설문 조사

긴급 피난 차선의 위치 선정에 대한 하나의

들에 박힌 일정한 절차를 거쳐 결정하는 주는 하나도 없었으며 위치 선정시 고려 사항에 대한 설문 응답 자료를 분석한 결과는 다음과 같다.

〈설문〉 다음 중 위치 선정시 고려 사항을 말하시오.

- ① 경사지의 頂部로부터의 거리
- ② 도로의 평면 선형
- ③ 도로 연변 지역의 토지 이용
- ④ 지형
- ⑤ 기타

11개 주에서는 거리, 선형, 지형을 적절히 조합하여 위치를 선정한다고 응답하였으며 이 중 몇개 주는 토지 이용을 포함시키기도 하였다.

경사지의 정부로부터의 거리만으로 결정한다는 주와 도로의 평면 선형만으로 결정한다는 주가 각기 1개 주씩 있었으며 지형이 유일한 고려 사항이라고 응답한 주도 4개 주나 되었다.

또한 9개 주에서는 토지 이용 및 기타 인자를 고려하여 위치를 선정하는 것으로 나타났으며 항상 상기의 요인들을 조합하여 선정하고 있었다.

어떤 주에서는 급커브와 긴급 피난 차선이 동시에 운전자의 시야에 들어오게 하는 것이 운전자의 결정에 도움을 준다고 하였다. 또한 사고 내역을 하나의 요인으로 거론한 주도 있었으며

이에 대해서는 사고의 위치를 선정한다는 주와 과속 자동차의 마을 진입 재발 방지를 요인으로 지적한 주 등을 합하여 응답자의 1/3이 동의하였다.

#### 다. 위치 선정 요약

긴급 피난 차선의 위치선정에 대한 확실한 방법이 정립된 것은 없는데 현재의 시행 방법은 설문 조사에서 나타난 바와 같이 기술적인 판단에 대한 신뢰성을 그대로 지속할 뿐이다.

위치 선정에 대한 결정적인 요인으로는 지형, 선형, 경사지의 정부로부터의 거리 등으로서 이러한 요인들이 주행 속도와 선형에 따른 위험에 대비한 긴급 피난 차선의 설치 공사비 산정에 반영되고 있다.

위치 선정에 대한 자세한 내용은 캘리포니아주 설계 지침서와 ITE 보고서를 참고하기 바란다.

### 제3장 자동차 긴급 피난 차선의 설계

#### 1. 긴급 피난 차선의 형식

1960년대 후반부터 긴급 피난 차선은 전형적으로 충격식, 모래더미식, 노반 제동식으로 분류되어 기술 서적에 기술되기 시작하였으며 이러

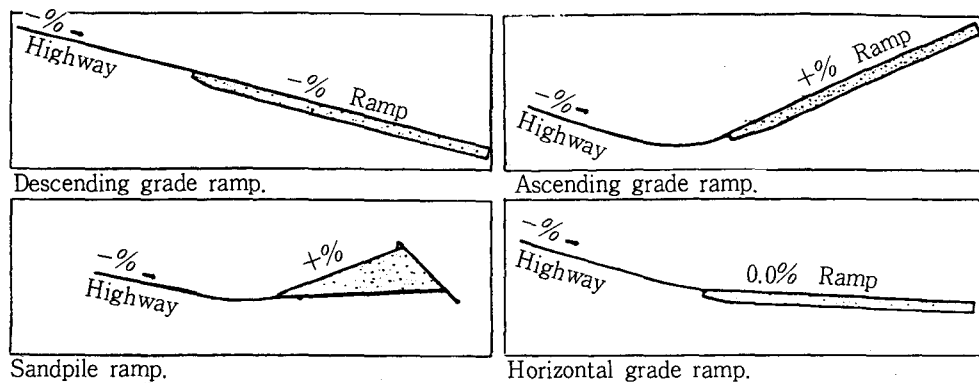


그림5. Basic types of truck escape

한 분류는 사용 재료와 긴급 피난 차선 경사 등 2가지 특성에 의하여 이루어진 것이다.

현재 시행되고 있는 형식은 <그림5>에 나타난 바와 같이 사용 재료와 긴급 피난 차선 경사를 적절히 조합하여 4가지로 분류할 수 있다. 옛날부터 많이 사용되어온 상향식(중력식 : Gravity Type) 긴급 피난 차선은 종종 벌목로나 기타 선형 변경 계획시 폐쇄된 기존 도로를 이용하기도 하였으며 긴급 피난 차선의 길이가 짧고 급경사로 되어 있어 운전자가 정지 전 뿐만 아니라 때로는 정지 후에도 후진으로 인하여 불편을 겪었을 것으로 사료된다.

모래더미식(Sand pile type)도 긴급 피난 차선 설치 초기에 많이 사용된 형식으로서 특히 동부의 경사와 선형이 불량한 지역에서 많이 볼 수 있는데 상향식(중력식)과 같이 저속 차량에 대한 중력을 이용한 방식이다.(<그림6> 참고)

노반 제동식(Arrester Bed Type) 긴급 피난 차선은 입도가 큰 느슨한 골재의 회전 저항력을 이용한 방식으로 이 방식을 이용하면 긴급 피난 차선을 평지나 내리막길 뿐만 아니라 요철이 있는 지형에서도 설치가 가능하다.

## 2. 기존 긴급 피난 차선의 형식에 대한 검토

William씨는 주 별로 기설치 되었거나 계획 중에 있는 긴급 피난 차선의 형식을 조사한 바 미시시피 강을 중심으로 동부와 서부로 구분하여 분석한 결과는 <표2>와 같다.

동부 지역의 주에서는 모래더미식 1개소를 제외한 모든 긴급 피난 차선은 상향식(중력식)으

표2. 긴급 피난 차선의 형식 채택 현황(1970)

형식	동부지역	서부지역	비고
노반제동식	13(모래 7)	11(모래 1)	중력식
상향식	13	8	
조합식	4	9	
계	30	28	

로 되어 있고 서부지역은 2/3 이상이 노반 제동식을 채택하고 있다.

Ballard씨는 형식별 길이를 비교 분석하면서 모래더미식이 통상 연장이 60m~120m로서 가장 짧았으며 형태 및 지형적인 제한을 받고 있다. <그림7>은 모래더미식의 예를 든 것이다.

또한 가장 긴 긴급 피난 차선 형식은 상향식(중력식)으로서 길이가 365m~460m나 된다.



그림6. Example of a gravity ramp in British Columbia(possibly an old logging road)

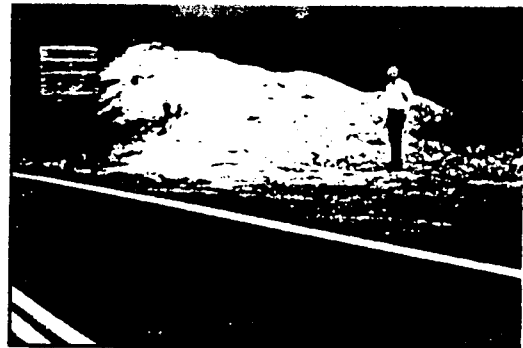


그림7. An early sandpile ramp.

〈그림8〉은 영국에서 설계된 자갈층을 사용한 노반 제동식 긴급 피난 차선으로서 기울기에 따라 변하기는 하지만 노반 제동식 긴급 피난 차선의 길이는 보통 모래더미식 보다 길고 상향식(중력식)보다는 짧다.

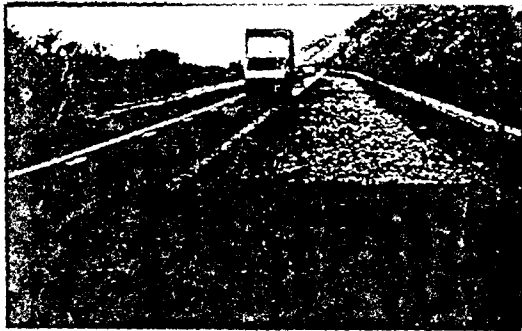


그림8. An early version of a gravel arrester bed along Shoulder of a British motorway

### 〈설문 조사〉

26개 주의 설문 응답 결과를 분석해 보면 〈표3〉과 같이 거의 모든 주가 노반 제동식(Arrester Bed)을 선호하고 있다.

표3. 형식별 채택 현황(1970)

형식	기설치	설치중	계획	비고
모래더미식	2	2	1	중력식
상향식	4	-	1	
노반 제동식	22	22	17	

### 3. 긴급 피난 차선의 진입로

1980년대 이전의 진입로(Approach to Ramps)에 대한 기술적인 정보는 거의 없는 실정이며 많은 경험을 통하여 기술 축적이 이루어져 왔다.

Williams씨는 진입로 에이프론 끝 부분을 직각으로 잘라서 한개의 축에 있는 바퀴가 동시에 노반에 진입할 수 있도록 할 것을 제안하였다. 이것은 최초 감속시 차량 제어를 용이하게 하기 위한 것이다.

Tye씨는 자갈 노반은 주행 차선으로부터 충분히 크게 수평 방향의 흠을 만들어서 자갈이 뒤로 튀지 않도록 해야 한다고 하였다.

이러한 지침들은 예상되는 과속 자동차 운전자들의 당황한 심리 상태를 인지하는 것이며 가능한 한 긴급 피난 차선을 최대한 볼 수 있게 하여 운전자들로 하여금 긴급 피난 차선을 이용하여 과속 차량이 안전하게 정지할 수 있다는 것을 확실히 느끼도록 해야 할 것이다.

따라서 긴급 피난 차선의 일부분이 지형 등에 의하여 가려지는 경우에는 제어 불능인 과속 차량의 운전자들이 긴급 피난 차선을 회피할 수도 있다는 사실에 유의해야 한다. 설계 지침서에는 다중 차선 고속도로에 대하여 운전자들이 긴급 피난 차선의 접근이 용이하도록 최소한 300m 정도의 보조 차선을 설치하여야 한다고 명시되어 있다. 이때 보조 차선의 길이 결정은 차선수와 교통량 등에 의하여 결정되며 이에 대한 컴퓨터 프로그램은 〈Caltrans Division of Traffic Operation〉으로부터 이용할 수 있다.

추가적으로 ITE 보고서에서는 자갈로 된 긴급 피난 차선으로 진입하는 에이프론의 길이가 길면 운전자가 자동차를 긴급 피난 차선에 일직선으로 맞추어 운전할 수 있는 여유가 그만큼 커진다고 하였다.

AASHTO의 『Green Book』에서는 운전자가 미리 대비할 수 있도록 시간적인 여유를 주기 위한 표지판과 충분한 시거 등을 통하여 분명히 하는 긴급 피난 차선의 진입부 필요성을 강조하면서 다음과 같이 기술하였다.

〈긴급 피난 차선의 진입부는 과속으로 주행하는 차량이 안전하게 진입할 수 있도록 해야 하며 주행 차선으로부터의 진입부 표면은 제어 불능인 차량의 두 개의 전륜이 동시에 긴급 피난 차선의 노반에 닿을 수 있도록 하며 실제 감속이 시작되기 전에 운전자가 어느 정도 시간적으로 준비할 수 있도록 설계되어야 한다.〉

〈그림9〉는 고속도로에서 매우 눈에 잘 띄는

긴급 피난 차선을 예시한 것이다.

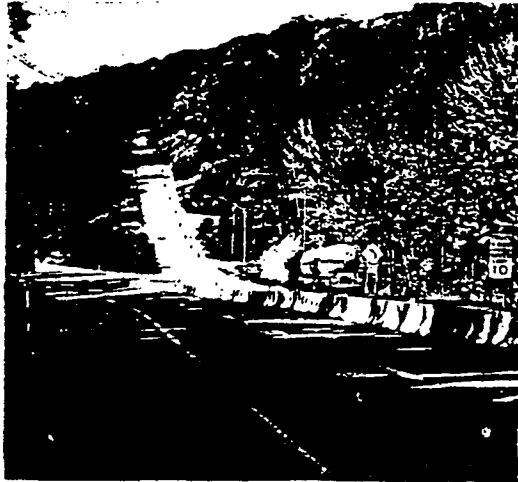


그림9. Highly visible gravel arrester bed

#### 〈설문 조사(Survey Responses)〉

진입로 가시 거리, 보조 차선 및 비상 차선 폭에 대한 설문 조사를 요약하면 다음과 같다.

① 가시 거리 : 27개 주로부터의 응답 중 14개 주가 무응답이거나 가시 거리는 진입로와 관계가 없다고 응답하였고 4개 주에서는 AASHTO 기준을 적용하고 있다. 그 외에는 가시 거리를 정지 시거인 약 300m를 들기도 하였으며 최대 시거를 줌으로써 운전자가 긴급 피난 차선의 사용을 위하여 적절히 대응할 수 있다고 응답한 주도 있었다. 또한 가시 거리는 운전자의 반응이 요구되는 최소한의 시간을 만족시켜야 한다고 응답한 주도 있었다.

② 보조 차선 : 보조 차선의 설치에 응답한 23개 주를 분류하면 10개 주는 긍정적으로, 8개 주는 부정적으로, 나머지 5개 주는 제한적으로 답하였는데 제한적으로 답한 5개 주는 〈필요한 경우에 설치〉, 〈장소가 허락한다면 설치(14개소 중 5개소)〉, 〈경우에 따라서 설치〉, 〈1개소에만 설치〉 및 〈인접 긴급 피난 차선을 위하여 짧은 보조 차선 설치〉 등이 있다.

③ 비상 차선의 폭 : 24개 주의 응답 결과 5~

6개 주는 좁은 폭으로 시작하여 넓게 끝나는 테이프형의 가변 차선 폭으로 응답하였으며 그 범위는 0~9.0m, 3.0~6.0m, 3.0~8.0m, 4.5m~9.0m 및 6.0m~9.0m이다. 그 외에는 대부분 일정 값을 제시하였는데 그 범위와 응답자 수는 다음과 같다.

표4. 비상 차선의 폭에 대한 설문 결과

범위	주	범위	응답자
3.6~4.3m	5주	7.3m	3주
4.9~5.5m	4주	8.5~9.0m	2주
6.0m	2주		

#### 4. 설계 진입 속도

긴급 피난 차선으로의 차량 진입 설계 속도는 긴급 피난 차선의 길이를 결정하는 데 매우 중요한 인자이다. AASHTO의 『Green Book』에 의하면 긴급 피난 차선은 진입 속도가 최소한 130km/hr로 설계되어야 한다고 하였으며 대체로 145km/hr 정도를 많이 사용한다. 물론 이것은 제어 불능인 차량이 Tye씨와 ITE 보고서에서 제시한 속도로 긴급 피난 차선 진입 전의 선행을 잘 파악할 수 있다는 것을 전제로 한 것이다.

여기서 ITE 보고서는 아이다호 주의 교통국 매뉴얼에 소개된 경사지에서 속도 계산식을 제시하였는데 이 식은 에너지 합산 과정과 반복적인 계산을 기본으로 한 식으로 다음과 같다.

$$V = 5.469 \left[ 0.03443V_o^2 - H - KL - 0.000016VmL - (0.0012FLVn^2 / W) \right]^{1/2}$$

여기서

V = 거리 L에서의 속도(mph)

V<sub>o</sub> = 초기속도(mph)(1mile=1.6093km)

H = 거리 L에서의 수직거리(ft)

(1ft=0.3048m)

K = 상수로써 표면 마찰 및 속도와 관계없는 기계적 손실에 따라 정함(포장 도로 : 0.01675, 자갈 도로 : 0.26175)

$L = \text{거리 (ft)}$   
 $V_m = (V + V_o) / 2 \text{ (mph)}$   
 $F = \text{차량 앞 부분의 면적 (ft}^2\text{)}$   
 $V_n^2 = (V^2 + V_o^2) / 2$   
 $W = \text{차량 중량 (lbs) (1bs=0.00045톤)}$   
 PTI(Pennsylvania Transportation Institute)에  
 서 보유하고 있는 PC용 컴퓨터 프로그램인 PSU  
 truck을 이용하면 내리막길에서 어떤 지점에서의  
 과속 자동차의 속도를 계산할 수 있다. 이 프로

그램에서는 엔진이나 브레이크에 의한 감속은 고  
 려하지 않았으며 초기 속도와 기울기의 특성을  
 이용하여 계산된 속도로서 내리막길의 긴급 피난  
 차선 설치 지점에서의 차량의 속도를 계산함으로  
 써 진입 속도를 결정할 수 있을 것이다.

〈설문 조사〉

23개 주의 응답서를 분석한 결과는 다음 <표 5>와 같다.

표 5. 설문 조사 결과

사용식	응답자	사용식	응답자
AASHTO <sup>2)</sup> 사용	6 주	공식 사용(1개 인자만 사용)	3 주
고속도로의 설계 속도 사용	3주	전술한 공식 사용	1주
100~130km/hr	6주	기타	4주

주 : 기타는 <연구중>, <구배 및 길이>, <130km/hr 또는 지형적으로 곤란한 경우 그 이하> 및 <긴급 피난  
 차선 직전의 커브길 최대 속도> 등이 있다.

5. 긴급 피난 차선의 구조

가. 긴급 피난 차선의 선형(Ramp Alignment)

현행 지침서에 의하면 <긴급 피난 차선의 선형  
 은 직선이어야 하며 도로와의 분기각은 가능한  
 한 작게 해야 한다>고 하였는데 이것은 자갈 노  
 반에 진입한 차량은 핸들 조정 능력이 없기 때  
 문이다.(<그림10> 참고)

또한 지형적으로 제약을 받는 경우 긴급 피난  
 차선의 선형을 고속도로와 거의 평행하게 설치  
 하는 것도 용지 수요를 최소화할 수 있다.

25개 주의 설문서를 분류해보면 약 1/2 정도  
 는 도로에 접하여 직선으로 설치한 것으로 나타  
 났으며 나머지는 지형적으로 가능한 경우를 제  
 외하고는 대부분의 선형이 곡선으로 되어 있다.

어떤 주에서는 내리막길에 설치된 긴급 피난  
 차선을 도로와 평행하게 설치하였다고 응답하였  
 다.

조사 결과 고속도로와의 분기 각도는 작은 것  
 으로 나타났으며 다음 <표6>과 같이 응답하였다.

표6. 분기 각도에 대한 응답결과

분기각도	응답자	분기각도	응답자
3° 이하	10개 주	6°~10°	4개 주
3°~5°	6개 주	10° 이상	4개 주

나. 긴급 피난 차선의 기울기(Ramp Grade)

피난 차선의 기울기는 지형 여건에 따라 결정  
 되는데 예로서 절성토량이 균형을 이루도록 하  
 는 것이 좋다. 상향 경사인 경우는 긴급 피난  
 차선의 길이가 짧아지는 반면 하향 경사인 경우  
 는 길이가 길어지는데 이것은 길이를 계산하는  
 식에서 기울기에 대한 인자를 고려하여 반영할  
 수가 있다.

제동 노반이 일정한 기울기를 유지하느냐는  
 질문에 8개 주는 그렇다고 하였으나, 10개 주는  
 그렇지 않다고 하였으며, 나머지 7개 주는 보통  
 일정한 구배를 갖도록 하지만 반드시 그런 것은  
 아니라고 응답하였다.

어떤 보고서에서는 과속 자동차 운전자의 눈  
 에 나타나지 않는 부분이 있는가를 점검하기 위



하여는 긴급 피난 차선의 종단 선형 검토가 필요하기도 하였다.

〈그림9〉에서와 같이 전체가 한눈에 잘 보이는 긴급 피난 차선의 경우 기울기가 변함으로써 전체 또는 일부가 보이지 않는 긴급 피난 차선보다 운전자의 입장에서는 더 접근하기가 쉬운 것은 두 말할 필요도 없다.

#### 다. 긴급 피난 차선의 폭(Ramp Width)

AASHTO 『Green Book』에서는 긴급 피난 차선 폭에 대하여 다음과 같이 설명하고 있다.

〈2대 이상의 차량이 단시간 내에 긴급 피난 차선의 필요성을 느끼게 되는 일이 있을 수 있으므로 긴급 피난 차선의 폭은 한대 이상의 차량을 수용할 수 있도록 계획되어야 한다. 보다 더 큰 폭을 선호하기도 하지만 어떤 지역에서는 최소 폭을 8.0m로 한 곳도 있다. 따라서 2대 이상의 제어 불능인 차량을 동시에 수용하기 위하여는 9.0m~12.0m의 폭이 바람직하다.〉

〈그림11〉은 아리조나 주의 긴급 피난 차선의 예를 든 것이다.

같은 이유로 ITE 보고서와 캘리포니아 설계 지침서에서는 최소 폭을 8.0m로 규정하고 있으며 중력식의 경우에는 이용 시간이 짧고, 차량 회수를 위한 대기 시간을 요하지 않기 때문에 폭이 더 좁아도 무방하다고 되어 있음.(예 : 4.3m 정도)

설문 조사를 통하여 다수의 차량이 긴급 피난 차선을 동시에 사용한 적이 있는지의 여부를 조사한 결과 25개 응답 주 중 17개 주에서는 부정적이었으며 3개 주가 〈한 번 또는 드물게〉 등으로 대답하였다. 긍정적인 주는 캘리포니아, 콜로라도, 오레곤, 테네시 및 버지니아였다. 이들 5개 주는 오래 전부터 긴급 피난 차선을 설치하여 운영해 오던 주로서 피난 차선 폭이 공사비와 직접 관련이 있으므로 많은 관심을 갖고 있다. 그러나 아직도 많은 주에서는 2대의 차량이 동시에 이용할 수 있도록 폭을 확장하는 것은

설계에 반영되어 있지 않고 일반적으로 사용하는 3.6~12.0m를 사용하고 있다.



그림10. Ramps should be straight and should leave the roadway at the smallest angle possible.

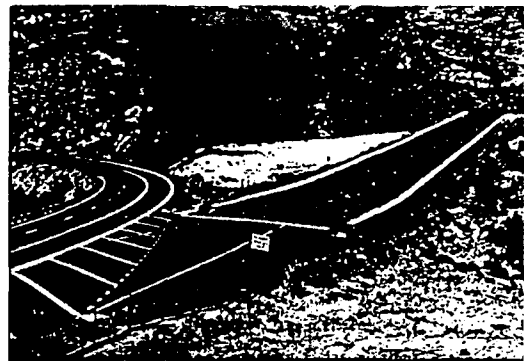


그림11. This Arizona site facilitates entry and use by more than one vehicle at a time. Note pavement marking to minimize parking or confusion about the main travel lane direction.

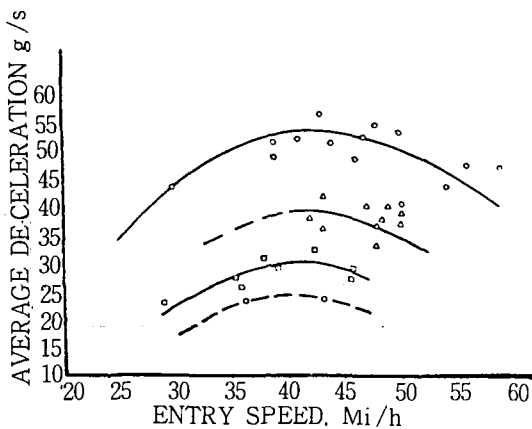
15개 주에서는 폭을 8.0m 이하로 하고 있으며 10개 주는 8.0m 이상으로 설계하고 있는데 특히 8.0m 이하의 주에서 7개주는 5.5m 이하이고 4개 주는 5.5~6.0m이며 나머지 4개 주는 7.3~7.6m였다.

### 라. 감속량(Deceleration Rates)

자동차 긴급 피난 차선의 설계시 고려 사항으로서 차량에 가해지는 허용 감속량이 있는데 허용 감속량을 너무 낮게 하면 긴급 피난 차선의 연장이 길어지고 공사비도 증가하며 허용 감속량을 너무 높게 하면 외적 요인 뿐만 아니라 연결된 트레일러의 방향이 틀어져서 차량이 파손되거나 운전자가 피해를 입는 요인이 될 수도 있다.

Cocks씨와 Goodram씨의 시험에 의하면 노반에 의한 감속 정도는 진입 속도에 따라 변하는데 <그림12>에서 중간 정도의 진입 속도에서 감속 정도가 최고인 것을 알 수 있으며 대형 세미 트레일러와 같이 진입 속도가 최고일 것으로 예상되는 차량의 경우 차륜축의 구조상 노반 제동시에 감속 정도는 상대적으로 낮은 감속량을 갖고 있다.

또한 <그림12>의 평균 감속 자료에 대한 현장



- Dump truck, > 30 in of river gravel(AASHTO GRADE 57)
- Dump truck, 18 in of crushed limestone(28)
- △ Tractor trailer, >30 in of river gravel(grade 57)
- Tractor trailer, 18 in of crushed limestone(28)
- Regressions

그림 12. Relationship of entry velocity and deceleration rate.

시험 결과표를 보면 화물을 적재한 트랙터-트레일러의 경우 90cm 두께의 강자갈 노반에서의 감속량은  $0.35g$ ( $g$ =중력가속도) $=3.43m/sec$ 이고 244cm 두께의 강자갈 노반에서는  $0.39g=3.82m/sec$ 이며 덤프 트럭의 평균 감속량은 90cm 두께의 강자갈 노반에서  $0.5g=4.9m/sec$ 인 것을 알 수 있다.

Whitfield씨 등은 제동 노반에 종단 곡선을 넣을 경우  $g$ 의 값이 높아지면 차량과 운전자에게 위험하므로 주의를 요한다고 지적하고 있다.

Penn Dot에서 자동차 운전자에게 배포한 책자에 의하면 시험 차량이나 과속 자동차 운전자가 긴급 피난 차선을 주행하여 본 결과 비상시에 당황하여 급정거하는 것 보다는 긴급 피난 차선에 진입하는 것이 충격 정도가 덜 한 것으로 기술하고 있다.

### 마. 긴급 피난 차선의 길이(Ramp Lenth)

1945년에 발표된 이후 지금까지 사용되고 있는 기본식으로서 회전 저항( $R$ )과 경사( $G$ )도를 고려하여 자동차의 정지에 요구되는 거리를 계산하는 식이다.

$$L = \frac{V^2}{30(R \pm G)}$$

식에서

$L$  = 정지하기 위한 거리 (ft) (1ft=0.3048m)

$V$  = 진입 속도 (mph) (1mile=1.6093km)

$G$  = 경사도(%)

$R$  = 회전 저항

상기식에서 경사도는 긴급 피난 차선 내에서도 변할 수 있는데 등구배 구간 중점에서의 최종 속도는 그 다음 구배 구간의 초기 속도( $V_i$ )로 되며 이때  $V^2$ 는 다음 식으로 계산한다.

$$V^2 = V_i^2 - 30L(R \pm G)$$

다음의 <표7>은 AAHTO 및 기타 기관에서 제시하는 재료별 회전 저항값을 나타낸 것이다.

<그림13>은 콜로라도 제동 노반에서의 현장 실측을 통하여 트랙터-트레일러의 진입 속도와

표7. R 값

재료	R 값	재료	R 값
시멘트 콘크리트	0.010	느슨한 쇠석	0.050
아스팔트 콘크리트	0.012	느슨한 자갈	1.100
자갈다짐	0.015	모래	0.150
느슨한 토사, 모래	0.037	콩자갈	0.250

정지거리와의 관계를 나타낸 것으로서 노반 재료는 아스팔트 포장 위에 9.5mm체 통과율이 90~100%인 자갈(pea gravel)을 45cm 두께로 포설한 것이다. 이 두께는 현행 추천 두께 보다 작은 값으로서 정지거리가 윗식으로 계산한 값 보다 큰 것을 나타내고 있다.

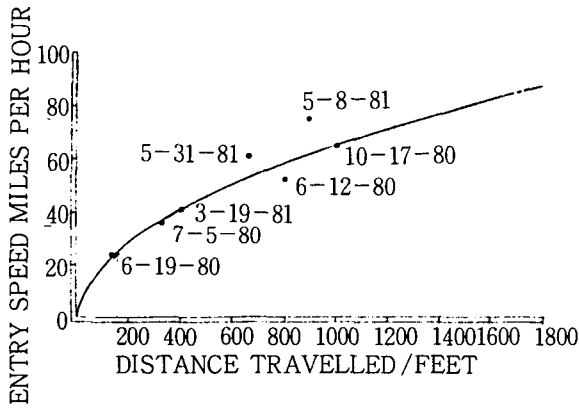


그림 13. Entry speed vs ramp stopping distance

최근에 노반 제동에 대한 시험 결과를 보면 자갈 입경이 크고 노반 두께가 클 수록 회전 저항이 큰 것으로 나타났는데 펜실바니아 고속도로 설계 매뉴얼에서는 제동 노반 길이를 결정하는 식으로서 다음과 같은 3차원식을 채택하고 있다.

$$L = AV + BV + CV^2 + DV^3$$

여기서

L = 제동 거리(노반 길이) (ft)

V = 진입 속도 (mph)

A, B, C, D = 상수(입경 분포 범위가 6.4~38.1mm 이고 평균 입경이 13~18mm인 강자갈의 회전

저항에 따라 결정됨)

설문 조사에 의하면 총 26개 주 중 2/3가 FHWA식을 사용한다고 하였으며 이들 중 어떤 주는 안전상 FHWA식으로 계산된 길이에 8.0m를 더하여 사용하고 있다고 응답하였다. 그외 4개 주는 진입 속도, 노반 재료 및 경사 등을 이용하여 길이를 결정하고 있는데 1개 주는 경사와 경험적으로, 3개 주는 경험에 의거 길이를 결정한다고 응답하였다.

지형이나 개발 여건상 충분한 긴급 피난 차선 길이를 확보하지 못할 경우에는 정지 거리를 줄이기 위하여 언덕과 같이 노면 중앙부를 0.3~0.6m 정도 높여서 속도를 감속시킬 수도 있지만 이는 좋은 방법이 되지 못한다.

<그림14>는 긴급 피난 차선의 설계 예를 나타낸 평면도로써 긴급 피난 차선의 위치를 운전자가 명확히 알 수 있도록 안내 표지판 등의 설계에 세심한 주의를 필요로 한다.(<그림15, 16>참고)

## 6. 사용 재료

AASHTO에서 제시한 긴급 피난 차선에 사용되는 재료의 필수 조건은 다음과 같다.

<제반 노반의 표층 재료는 깨끗하고 쉽게 다져지지 않아야 하며 높은 회전 저항 계수를 갖는 것이어야 한다. 골재를 사용할 경우에는 골재의 입자가 둥글고 입도가 균일하며 가능한 한 세립자를 포함하지 않는 것이 좋으며 단일 입도의 입경이 큰 재료를 사용함으로써 표층이 다져졌을 때 다시 교환해 주는 등의 유지 관리비를 줄일 수 있을뿐만 아니라 수분 함유 및 동결로 인하여 발생될 수 있는 문제를 감소시킬 수 있다. 때로는 느슨한 자갈이나 모래가 사용되기도 하지만 표층 재료로 제일 많이 사용되는 재료는 9.5mm체 통과율이 90~100%인 자갈(pea gravel)이다. 몇몇 주에서는 최대 입경이 38mm인 자갈로 좋은 효과를 얻은 것으로 알려져 있다.>

자동차 긴급 피난 차선 설계집은 광범위한 현장 재료 시험을 통하여 다음과 같이 제시하고 있다.

① 대략 입경이 균일하고 매끄러우며 둥글고 부서지지 않은 자갈이 가장 효과적이며 1.3mm 정도의 입경이 가장 좋다.

② AASHTO의 골재 번호 NO.57이 가장 좋은 재료로 판명되었다.

③ 로스엔젤레스 마모 시험 등과 같은 적절한 마모 시험을 통하여 제동 노반에 사용되는 골재의 내구성을 평가해야 한다.

④ 타이어가 노반을 침투할 수 있도록 전단 강도가 낮은 재료를 사용하는 것이 좋다.

⑤ 둥근 입경의 자갈이 모가난 부순 골재보다 감속 효과가 크다.

또한 최종 보고서는 다음과 같이 기술하고 있다

① 제동 노반에 사용되는 재료는 둥글고 부서지지 않은 강자갈(또는 인조석)이 좋으며 입경은 0.4mm~38.1mm, 평균 입경은 13~18mm가 좋다.

② 세립토는 씻어낸 AASHTO 골재 NO.57 재료가 효과가 있으며 골재 세척 비용 절감을 위하여 씻지 않은 상태로 부설해도 좋으나 다만 추가적으로 심도를 15cm 정도 깊게 하여야 한다.

캘리포니아 설계 지침서에 기록된 이상적인 재료는 구슬이 가장 좋다고 하였으며 제동 노반 골재는 잘 씻어야 배수가 잘되며 부서지지 않은 자갈로서 입경과 모양이 균일한 것으로 해야 한다고 규정하고 있다.

표8. 제동 노반의 입도 분포

입도	주								
	아리조나	캘리포니아	콜로라도	메릴랜드	네바다	뉴멕시코	오레곤	테네시	버몬트
50mm			100						
40mm		100							
25mm		90~100	25		100		100		
19mm		0~10	10		90	100	90~100	100	100
16mm									90~100
13mm			5		25~50	97~100	0~10		
10mm	90~100		0~5	90~100	0~20				
NO.4		0~2		0		0~5		8	0~5
NO.8								4	
NO.10							0~2	4	

〈설문 조사 결과 요약〉

골재 형태와 입경 및 사고 발생시 가장 효과적이었다고 생각되는 골재에 대한 설문 조사 결과 총 27개 주의 내용을 분석하면 단순히 <콩자갈(pea gravel)>이라고 응답한 주로부터 완전한 시방 규정을 제시한 주 등 매우 다양하였다.

14개 주는 pea gravel, 4개 주는 부순 돌을 사용하고 있으며 <표8>에 자세한 내용을 표시하

였다.

그외 제동 노반 재료로서 pea gravel을 사용하는 주의 응답 결과를 요약하면 다음과 같다.

- ① 입경이 13mm~18mm인 씻은 자갈
- ② 입경이 9.5mm인 자갈과 조도 및 파쇄면의 비율 등에 관한 부수적인 시방 사항
- ③ AASHTO 골재 NO.5 또는 최대 입경이 13mm인 자갈

④ 입경이 9.5mm인 자갈

가장 효과적인 재료에 대한 조사 결과 대부분의 응답자들은 주 자체의 시방서를 인용하거나 입경이 균일한 둥근 pea gravel을 제시하였다.

따라서 제동 노반용 재료로는 입경이 균일한 둥근 자갈이 가장 적합한 것으로 나타났다.

7. 제동 노반 포설

AASHTO의 『Green Book』에서는 제동 노반의 최소 깊이는 30cm이고 30~90cm 범위로 규정하고 있는데 이것은 FHWA 설계 지침서 (1979년)에도 규정되어 있다.

제동 노반의 깊이에 대한 조사 연구 및 현장 경험으로 볼 때 깊이를 좀더 증가시킬 필요가 있는 것으로 생각된다. 1970년대 후반에 설치된 Siskiyou Summit 긴급 피난 차선의 제동 노반의 깊이는 약 45cm로 되어 있으나 제 기능을 발휘하고 있는 것으로 나타났다.

또한 Whitfield는 다양한 축적의 모델 시험을 실시하여 제동 노반의 최대 깊이는 60cm로 해야 한다고 추천하였으며 깊이가 45cm 이하인 경우에는 회전 저항이 감소된다고 하였다. 그러나 캘리포니아 주에서는 1986년까지 필요 깊이의 결정에 어떤 확신이 고려되지 않았다고 하였으며 경험적으로 볼 때 노반에 세립토가 혼입되면 바닥의 30cm 정도 두께는 견고한 기층을 형성하게 되고 자동차는 표면으로부터 30cm 정도만 침투하게 되므로 노반의 최소 깊이는 75cm로 하고 90cm 정도가 바람직하다고 기술하였다.

펜실바니아 주의 연구 결과 다음과 같이 노반의 두께를 증가시키는 것이 좋다고 하였다.

즉, 제동 노반으로서 강자갈을 사용할 경우 노반의 두께를 최소한 105cm로 해야 하는데 여기에는 특히 중화물차의 사용 빈도가 높은 곳에 설치된 제동 노반에서 세립분을 많이 함유한 자갈의 경우에는 노반의 효율성이 떨어지게 되므로 이에 필요한 두께인 15cm를 포함하고 있다.

제동 노반의 깊이는 긴급 피난 차선의 전길이에 걸쳐서 일정한 필요는 없으며 진입부에서의 과도한 감속을 방지하기 위하여 진입부에서는 약 10cm로부터 시작하여 약 30m 전진한 후 소요 두께를 유지하는 등 두께를 점차 증대시키는 것이 좋은 것으로 나타났다.

설문 조사 결과는 다음 <표9>와 같이 나타났다.

표9. 제동 노반의 두께별 응답 결과

두께	응답자	두께	응답자
45.0cm	5개 주	90.0cm	10개 주
45.0~75.0cm	1개 주	105.0cm	1개 주
60.0cm	5개 주		

조사 결과 9개 주에서는 진입부에서부터 두께를 점차 증대시키는 것으로 나타났으며 초기 두께를 2개 주는 7.5cm, 3개 주는 15cm, 4개 주는 30cm라고 응답하였다.

소요 두께의 연장은 3개 주가 30m이고 1개 주는 60m이었으며 나머지 주는 무응답으로 나타났다.

•참고 문헌

- 『Synthesis of Highway Practice 178 - Truck Escape Ramps』, David K. Withford

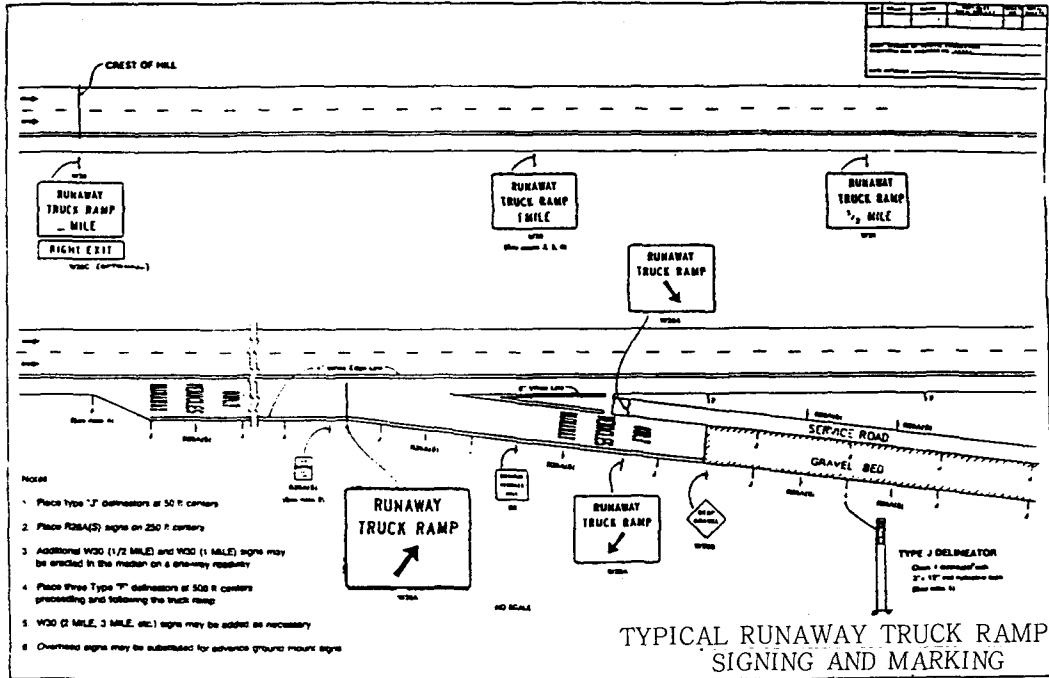


그림14. Recommended site signing, from California guidelines

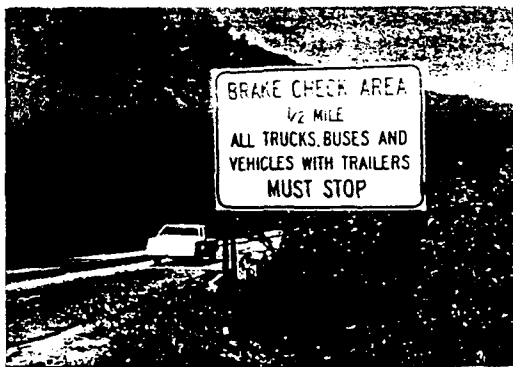


그림15. Advance signing for turnout.



그림16. A brake check area created at the top of a grade in Arizona.