

# 강풍시 도로에서의 차량주행 안전성 저하 문제와 그 대책

강재수 (한국도로공사 도로처 도로관리팀장)

정운용 (도로연구소 책임연구원)

## 1. 서론

해안이나 계곡지역 등의 도로를 통과하는 차량의 주행성에 관한 문제는 교량의 본연의 목적인 차량을 안전하게 통행시키기 위한 관점에서 보면 도로의 구조적 안전성 못지 않게 우선적으로 고려해야 할 중요한 사항이다. 특히 터널과 고교각 교량이 연속적으로 나타나는 구간에서 운전자가 터널을 통과해서 나올 때 계곡에서 불어오는 순간적인 강풍을 만나게 되면 높이가 높은 트럭이나 버스 등은 전도될 위험이 있으며, 그렇지 않은 차량도 주행성에 심각한 타격을 주어 예상치 못한 대형사고로 이어질 가능성이 크다.

외국의 사례를 보더라도 강풍으로 인하여 차량이 전도되는 사고나 순간적인 강풍으로 인하여 대형사고가 일어난 예들(그림 1 참조)이 많이 있다. 일례로 1990년 영국에서는 “Burns Night Storm”이라는 별명을 가진 돌풍으로 인하여 무려 390건의 교통사고가 발생한 사례가 있다(Baker 1992). 통계자료에 의하면, 차량사고의 약 2% 정도는 바람의 영향에 의한 것으로 추산된다고 한다(Smith 1998).

국내의 경우에도 특히 영동고속도로 신설 구간과 같이 산간지역을 통과하는 고교각 교량이나 서해안 고속도로와 같은 해안지역 통과 교량의 경우, 풍환경 특성이 다른 구간에 비해서 매우 열악하기 때문에 이러한 사고가 발생할 가능성이 이전에 비해서 상대적

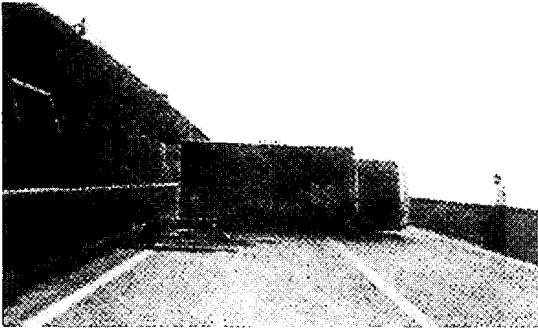
으로 커졌다고 볼 수 있어 이에 대한 대책이 필요한 시점이다.

강풍에 의한 차량 사고가 발생하는 경우 소중한 인명 피해나 부상과 같은 인사상의 손실은 물론이고 극심한 교통 혼잡과 그에 따른 경제적 손실도 무시할 수 없는 수준이 된다. 또한 이러한 사고가 장대교량과 같이 비교적 바람에 취약한 구조물 위에서 발생하는 경우, 강풍에 의한 사고가 심한 교통체증을 일으키면서 이러한 정체차량하중이 풍하중과 함께 매우 큰 하중으로 동시에 작용하여 교량의 구조적 안정성에조차 영향을 미칠 수도 있다.

따라서 본 기고에서는 차량의 주행안전성에 영향을 미치는 바람을 유형별로 분류하여 소개하고, 이에 대한 일반적인 대책에 대하여 논한다. 그리고 마지막으로 한국도로공사에서 추진하고 있는 영동지역 고속도로 강풍구간 내에 실시예정인 방풍벽 시험설치에 대하여 소개하고, 이때 수행한 방풍벽 형식의 검토 방법 및 실험내용 등을 간단히 소개하고자 한다.

## 2. 차량 주행성을 저해하는 바람의 유형

차량의 주행 안정성을 저해하는 요소는 높은 평균 풍속과 변동성이 강한 난류이다. 여기서 높은 평균 풍속은 주로 해안지역과 같이 기본적으로 바람이 센 곳



(일본 :新潟현의 국도 8호선 上輪大橋)

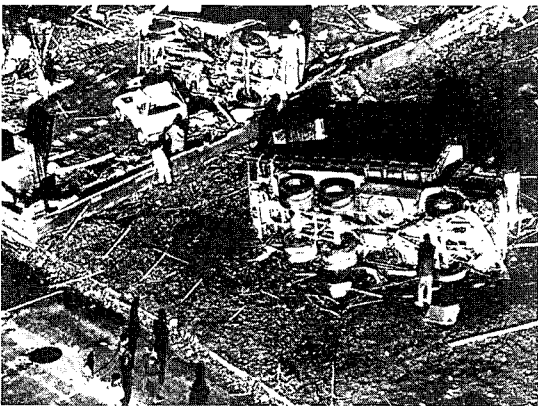
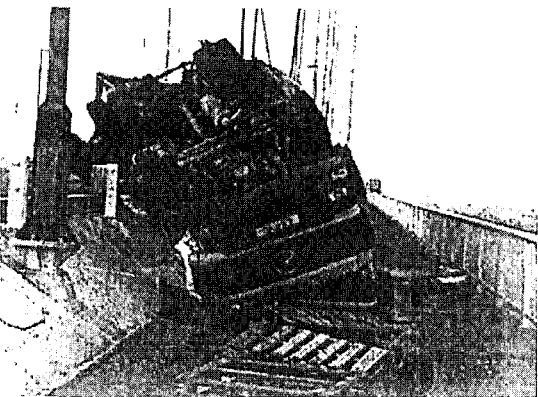


图 1-35 風による自動車の横転事故 (読売新聞社提供)

(일본)



(영국)

그림 1. 교량구간 바람에 의한 차량의 전복사고 사례

에서 문제가 된다. 평균풍속이 높은 지역은 강한 난류 발생지역에 비하여 차량사고의 위험이 비교적 적

지만 차량통행 속도제한에 따른 교통비용 손실을 생각해보면 이에 대한 대책마련이 필요하다. 또한 차량의 주행성을 심각한 영향을 미치는 것은 난류이다. 이러한 난류는 원래의 바람에 포함되어 있는 자연적인 성분보다는 주위의 지형지물 등에 의하여 교란된 변동 성분이 더 큰 영향을 미친다. 차량의 주행 안정성에 영향을 미치는 바람의 원인을 보다 상세히 알아보기 위하여 아래에서는 유형별로 구분하여 기술하였다.

## 2.1. 교량 형상의 영향

그림 2와 같이 교량의 모서리에서 박리된 기류가 회오리치면서 교량 위의 차량에 횡방향 압력을 가한다.

## 2.2. 고도차의 영향

성토부, 높은 교량, 능선, 고개 등(그림 3, 4)에서와 같이, 바람이 불어오는 쪽과 도로 사이에 고도차가 있을 경우 도로 위의 풍속은 훨씬 증가하는데, 실측 결과를 보면 4~5m 정도의 성토부라도 평균 풍속이 약 30%정도 증가한다.

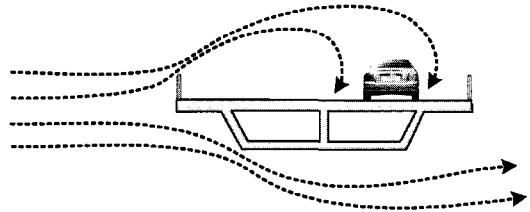


그림 2 교량 거더에 의하여 교란된 기류

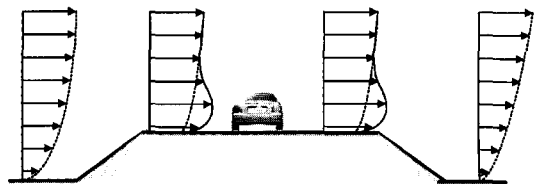


그림 3 성토부 노면에서 증가된 풍속

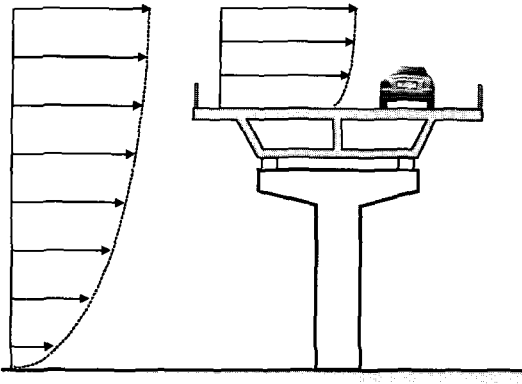


그림 4. 높은 교량 위의 풍속

### 2.3. 국부적인 지형의 영향

계곡이나 터널입구, 교각, 관목 숲 등(그림 5, 6)과 같이 바람이 모아지는 지형의 경우에 좁아지는 곳에서 풍속이 급격히 증가한다. 교각이나 장애물이 도로

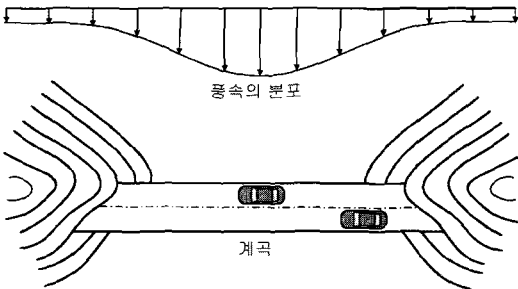


그림 5. 바람이 모아지는 계곡에서의 풍속 분포

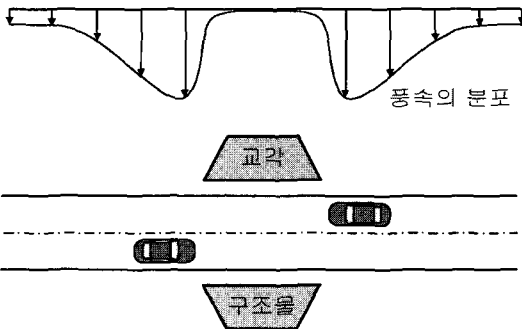


그림 6. 교각 등의 장애물에 의하여 국부적으로 증가한 풍속 분포

옆에 있을 경우에도 그 좌우에서 급격한 풍속의 증가가 발생하게된다.

## 3. 강풍시 안전대책

강풍의 영향으로 도로의 안전성과 주행성이 현저히 떨어지는 구간에 대해서는 반드시 해결방안을 수립해야 할 것이다. 강풍에 대비한 안전 대책으로는 통행 및 속도제한을 실시하는 방법과 도로변에 방풍 시설을 설치하는 방법이 있을 수 있다. 전자는 비교적 경제적인 안이 될 수 있으며, 후자의 경우에는 교통 통제가 어렵거나 통제시 경제적 손실이 더 큰 경우 적용하는 보다 적극적인 대책이라고 볼 수 있다.

### 3.1 차량 통과속도 및 통행제한

차량의 통과속도를 제한하는 방법은 외국에서도 많은 장대교량에서 실제로 행해지고 있는 방법이다. 표 1은 각 국가별 장대교량에서 이루어지는 강풍시 차량통행제한 기준을 비교한 것이다. 우리나라(서해대교)를 포함한 대부분의 통행제한 기준들이 '경고', '속도제한', '차량통제'의 순으로 이루어지고 있다. 그림 7에서는 서해대교와 외국의 차량통행제한 풍속을 순간풍속으로 환산하여 비교한 결과이다. 그림에서 볼 수 있듯이 일본의 신간선이나 철도를 제외하고는 서해대교의 기준이 결코 보수적인 기준이 아님을 알 수 있다. 그러나 이러한 차량속도제한이나 통제 방법을 적용하는 경우, 전술한 바와 같이 사회적으로 요구가 증가하고있는 교통여건 향상에 도움이 되지 않을 뿐 아니라 사회적 물류비용 증가 등을 감수하여야 한다는 문제가 발생하게 되므로, 이를 적용하고자 할 때에는 경제적, 사회적 여건을 고려하여 결정하여야 한다.

표 1. 각 국가별 바람에 대한 차량통행제한기준 비교

교 량	평 균 여 부	통행제한 기준 풍속(m/sec)
서해대교	10분 평균풍속	10 : 감속운행 15 : 70kph 20 : 50kph 25 : 차단
Humber bridge(영국)	순간풍속	15 : 고 풍속 경고 18 : 속도제한 시작 21(측면방향) : 대형차량 차단 27(진행방향) : 대형차량 차단 30 : 모든차량 32kph 36 : 완전차단
Store bell(덴마크 - 스웨덴)	순간풍속	15 : 대형차량 속도 제한 20 : 대형차량 차단 25 : 완전차단
일본 열차	10분 평균풍속	15 : 경계태세 20 : 25kph 25 : 운행중지
신간선	10분 평균풍속	20 : 경계 25 : 70kph 30 : 운행정지

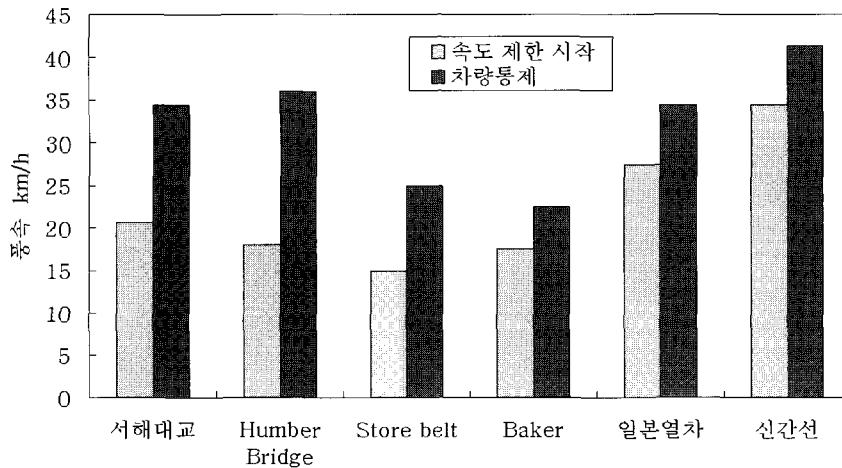


그림 7. 차량속도제한 및 통행제한기준풍속(순간풍속으로 환산) 비교

### 3.1 방풍 시설을 설치하는 방법

방풍벽을 설치하는 방법은 차량통제방법에 비하여 보다 적극적인 대처방안이라고 할 수 있다. 이러한

방풍벽을 설치하는 사례들은 외국에서도 많이 사용되고 있는 방법이다(그림 8 참조). 경제활동을 위해서 도로를 이용하는 사용자들의 측면에서 볼 때 방풍벽의 설치는 매우 큰 신뢰성을 준다. 방풍벽의 설치

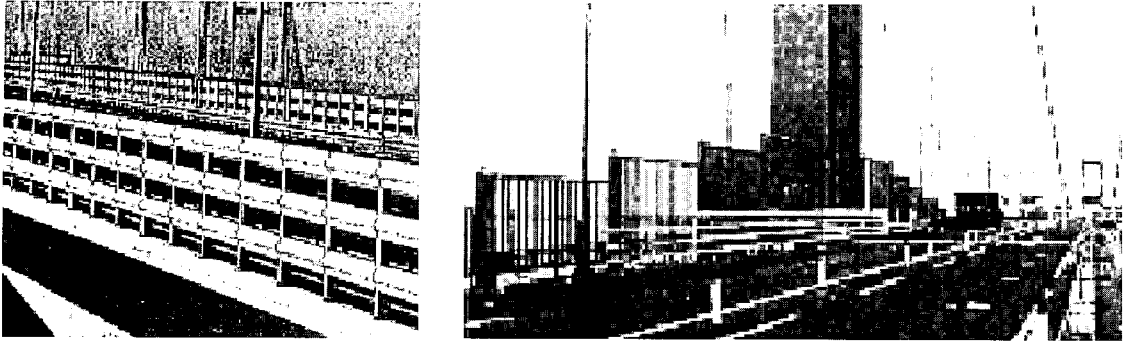


그림 8. 교량의 방풍벽 설치(제2세반교, 세반교-영국)

표 2. 교량 구간 방풍벽 설치 외국 사례

교 량 명	설 치 형 식	국 가
Second Severn bridge	전구간 방풍벽 설치	영 국
Kap Shui Mun bridge	하로도로 밀폐식 차단	홍 콩
Severn bridge	부분 방풍벽 설치	영 국
Queen Elizabeth II bridge	부분 방풍벽 설치	영 국

필요한 곳은 지형적, 기상학적 악조건에도 불구하고 반드시 도로가 놓일 필요가 있는, 대부분 대도시의 인구나 산업이 밀집된 지역을 연결하는 매우 중요한 동맥 역할을 하는 구간이 많다. 그런데 이런 도로를 강풍으로 인해 속도제한을 실시하거나 차단한다면 이에 의한 경제적 손실은 우회가 가능한 다른 어떤 도로의 차단에서 오는 손해에 비해 실로 막대할 것이다. 이럴 경우 방풍벽의 설치에 바람에 대한 보다 적극적인 대처 방법이 될 수 있다.

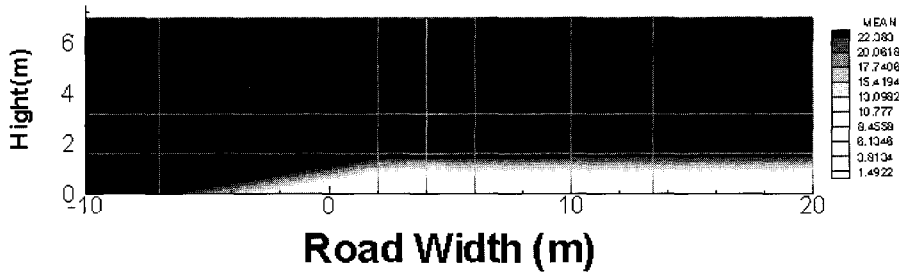
방풍벽의 설계에 있어 방풍벽의 높이와 바람의 투과율(porosity)이 주요 설계 변수가 된다. 이러한 해결 방안을 적용함에 있어서는 현장풍속, 통행차량 종류(대형차량, 소형차량), 방풍벽(만일 설치하는 경우)의 설치 규모(높이, 연장), 그리고 운전자의 시야를 고려하여 검토하는 것이 바람직하다.

#### 4. 풍동실험 및 현장실험을 통한 검증

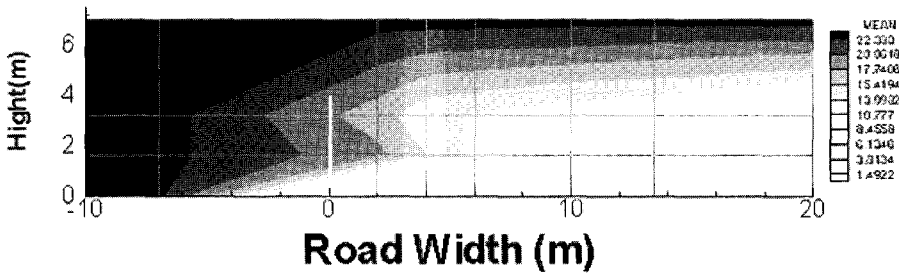
한국도로공사에서는 고속도로에 대한 종합적인 안

전대책을 수립하기 위하여 단계적으로 안전성검토 기준마련 및 방풍시설설치와 관련된 연구를 진행중에 있으며, 이를 통하여 강풍에 대비한 고속도로 차량통행제한 기준 마련 및 방풍시설물 설치를 단계적으로 추진해나가고 있다. 먼저 실험적으로 터널과 고교각 교량이 연속적으로 가설되어 강풍의 영향으로 문제가 발생될 가능성이 매우 높은 영동 산간지역 고속도로에 시험적으로 방풍시설을 설치하여 그 효과를 검증하고, 향후 이를 토대로 고속도로 전반에 걸친 안전대책을 마련할 계획이다.

시험설치 시 효율적인 방풍벽 설계를 위해 고려되어야 할 변수들을 결정하기 위하여 풍동실험을 수행하였다. 일반적으로 방풍벽의 재료로서는 철망이나 유공절판강판 또는 팽창메탈(expanded metal)등이 주로 사용되고 있으나(일본강구조협회, 1997), 이 중에서 팽창메탈의 경우 이미 도로의 중앙분리대 방현망등으로 적용되어왔으므로 도로시설물로서 재료의 내구성 및 경제성은 검증되었다고 볼 수 있다. 따라서 시험설치에서는 팽창메탈을 적용하였다. 사용한 방풍벽에 대한 풍동실험을 수행하고, 평균적 풍속 감소효



(방풍벽 미설치시)



(방풍벽 설치시 : XS-33 팽창매탈적용)

그림 9. 방풍벽 설치와 미설치시 풍속분포

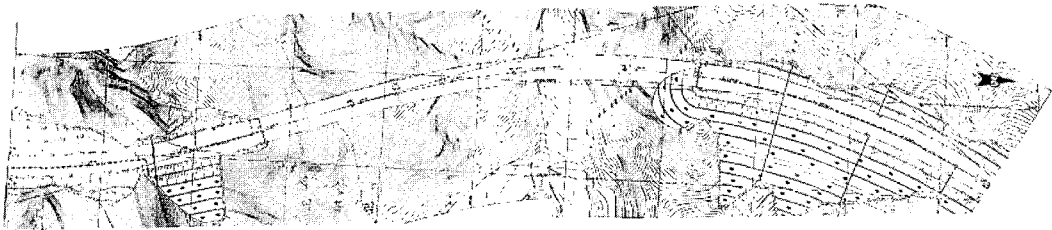


그림 10. 방풍벽 현장설치예정 구간(영동고속도로-성산1교)

과 및 난류성분 등의 공간 및 시간상의 변동특성들을 파악하고자 한다. 실험을 통하여 다공성 방풍벽의 풍속감소 특성으로서 가장 중요한 요인이라고 할 수 있는 공극률과 공극의 크기를 변수로 설정하고, 이 변수들이 풍속감소 및 난류성분에 어떠한 영향을 미치는지 분석하였다.

일반적으로 방풍망의 공극률이 작을수록 평균풍속의 감소효과가 더 클 것으로 생각되어진다. 그러나 공극률 0%의 재료를 사용하여 바람을 완전히 차단하

는 경우, 완벽한 방풍효과를 얻을 수는 있겠지만, 방풍벽에 작용하는 풍하중이 커져서 매우 과도한 설계가 될 수 있다. 특히 이러한 풍하중은 교량 구간의 경우 교량의 난간부위에 작용하게 되면 교량의 바닥판 설계 등에 첫 번째 고려해야 할 지배하중으로 작용할 수도 있다. 또한 완전 밀폐형을 사용하게 되면 주행 중 외부 경관에 대한 시야를 확보하기 어렵다. 따라서 도로 방풍벽의 설계에 있어서는 바람의 차단효과가 가장 중요한 변수이지만, 이에 못지 않게 풍하중

감소와 시계의 확보 나아가서 미관 및 유지 관리성을 고려하여 다공성 방풍벽의 공극률을 포함한 형식 선정이 이루어져야 한다. 이러한 측면에서 도로 방풍벽은 농업용 방호책 등과 같은 기존의 방풍벽들과는 다른 설계 개념으로 접근할 필요가 있음을 의미한다.

그림 9는 풍동실험결과 방풍벽 설치에 따라서 주위의 풍속이 어떠한 분포를 보이는 지를 보여주는 그림이다. 그림을 통하여 비교적 큰 공극을 가진 방풍벽을 사용하더라도 매우 높은 풍속감소 효과를 얻을 수 있음을 확인할 수 있다. 이렇게 선정된 4가지 방풍벽을 현장설치 및 실험을 통해 그 성능과 효과를 검토할 예정이다. 그림 10은 시험설치예정 구간중 하나인 성산1교 구간을 보여주고 있다.

## 5. 맺는말

산간 계곡지역이나 해안지대의 고속도로와 같이 고 풍속지역에서는 순간적인 바람에 의하여, 차량의 전복 사고나 주행성 악화로 인한 교통사고 등이 발생할 가능성이 크다. 이에 대한 대처방안으로는 풍속에 따라 차량의 통과속도를 제한하는 방법과 방풍벽을 설치하는 방법 등을 고려해 볼 수 있다. 이러한 방법들은 각각 공사비용이나 사회적 물류비용 등을 고려하여 합리적으로 취사 선택되어야 한다. 따라서 보다 합리적인 기준을 통하여 종합적인 강풍대책이 제시될 때, 차가 편하고 안전하게 다닐 수 있는 도로 본연의 기능은 회복될 수 있을 것으로 기대된다.

## 참고문헌

1. 日本鋼構造協會 (1997) 構造物の耐風工學, 東京電機大學出版局.
2. Baker, C. J. and Reynolds, S. A. (1992) Wind induced accidents of road vehicles, Accident Analysis and Prevention, Vol. 24, 6: 559-575.
3. Smith, B. W. and Barker, C. P. (1998) Design of wind screens to bridges, experience and applications on major bridges, Proc. the International symposium on advances in bridge aerodynamics, A. A. Balkema, Rotterdam, pp. 289-298.