

강풍시 도로의 주행안정성을 확보하기 위한 종합적인 방풍대책

An overall wind shielding program for enhancing driving stability

권순덕¹⁾ · 정운용²⁾

Kwon, Soon Duck · Jeong, Un Yong

요약: 본 연구에서는 강풍을 받는 차량의 주행안정성을 증가시키기 위한 일련의 종합적인 대책을 제시하였다. 본 연구는 크게 세가지 부분으로 구성된다. 첫 번째로 차종별 속도제한 및 통행제한 기준을 마련하였다. 두 번째는 방풍대책의 필요여부를 판단할 설치 기준을 작성하는 것으로, 국부적인 지형의 보정을 통한 기상자료의 확률적인 모델을 이용하여 위험도를 판단하는 과정을 제시하였다. 세 번째는 풍속을 저감시킬 수 있는 효과적인 방풍벽을 제안하는 것으로 전산유체해석과 풍동실험을 통하여 풍속감소 효과, 경제성, 시각적 개방성을 고려한 방풍벽을 설계하였다. 아울러 현장실험을 통하여 4가지 방풍벽의 성능에 대한 검증을 하였다.

ABSTRACT: This paper presents a program for protecting vehicles against side winds on highways. The present study consists of three processes. The first one involves giving a guideline for evaluating driving safety in high winds. The second one involves making a guideline for determining the necessity of wind protection system for a certain road area. A reasonable procedure is suggested based on the probability model of wind data on weather stations and the correction of local topographical conditions. The third one involves design of wind barriers. Both CFD analyses and wind tunnel tests were performed to find the proper type of wind barrier considering vehicle controllability, structural safety, economical efficiency as well as driver's visibility. Performance of the designed wind fences was verified from field tests. The performance of the four different types of wind barrier installed at the elevated bridge were tested and some of the results were provided.

핵심용어: 방풍대책, 주행안정성, 방풍벽, 차량, 풍동실험

KEYWORDS: wind protection plan, driving safety, wind fence, vehicle, wind tunnel test

1. 서론

국부적인 지형의 특성상 강풍으로 인하여 도로위를 주행하는 차량의 주행 안전성이 위협받는 경우가 빈번히 발생하고 있다. 이러한 차량 주행안전성의 저하로 인하여 발생할 수 있는 문제점으로는 인접 주행차량과의 접촉사고, 도로시설물의 파손과 같은 직접적인 피해뿐만 아니라 교통의 원활한 흐름을 방해하고, 운전자에게 심리적인 불안감을 줌으로써 생길 수 있는 경제적, 사회적 피해가 있다. 본 연구에서는 도로에서 강풍에 의한 차량 주행안정성을 확보하기 위한 종합적인 방풍대책을 수립하는데 목적을 두었다. 이러한 과정에서 일련의 이전 논문들(정운용, 2002; 권순덕, 2003; 정운용, 2003)의 결과를 정리하고, 도로의 위험도 판정 방법과 방풍벽 성능검증을

위한 현장실험 결과 등을 추가하여, 차량 주행안정성을 확보하기 위한 종합적인 대책을 제시하였다.

2. 문제 해결 방법

특정 도로구간에 대한 방풍대책을 수립하려면 먼저 횡풍에 의하여 차량의 주행안정성이 위협을 받는지 판단하고, 이를 바탕으로 능동적인 방풍대책을 설치하거나 속도제한과 같은 수동적인 방풍대책을 수립할 수 있다. 이를 정리하면 종합적인 대책을 수립하기 위하여 아래의 3단계 검토가 필요하다

- (1) 구간내의 도로가 횡풍에 대하여 위험한가?
- (2) 위험하다면 어떤 대책을 수립하는 것이 적합한가?
- (3) 능동적인 방풍대책 수립시 어떤 시설이 적당한가?

1) 정희원, 전북대학교 토목공학과 조교수
(Tel: 063-270-2289, Fax: 063-270-2421 E-mail: sdkwon@chonbuk.ac.kr)
2) 정희원, 한국도로공사 도로교통기술원 책임연구원 (UYJEONG@freeway.co.kr)

본 논문에 대한 토의를 2005년 12월 31일까지 학회로 보내주시면 토의 회답을 게재하겠습니다.

위의 검토를 수행하려면 몇가지 기준이 필요하다. 먼저 어느 정도의 풍속에서 차량의 주행안정성이 위협받는지 알아야 한다. 즉 횡풍속과 차량 속도와의 위험도 관계를 정의할 필요가 있다. 그 다음으로는 특정 구간의 도로를 주행하는 차량이 횡풍에 대하여 위험한지를 판단하기 위한 기준이 필요하다.

본 논문은 위의 세가지 항목에 대한 검토 과정을 바탕으로 차량의 주행안정성을 확보하기 위한 절차를 수립하였다. 이 과정을 정리하면, 3단계 검토 중에서 첫 번째 과정으로 먼저 현장조사와 더불어 관련자료를 수집한다. 그리고 이를 바탕으로 특정구간의 도로에서 방풍대책이 필요한지를 판단하게 된다. 그 다음은 두 번째 과정으로 방풍대책이 필요할 경우에 아래의 두 가지 방법 중에서 선택한다.

- (1) PLAN-A: 능동적인 대책으로 방풍벽 등을 설치하여 구간내를 통행하는 차량을 적극적으로 보호한다.
- (2) PLAN-B: 수동적인 대책으로 풍속에 따라 단계별로 차량의 속도를 제한하고, 특정 풍속 이상이 되면 도로를 차단한다.

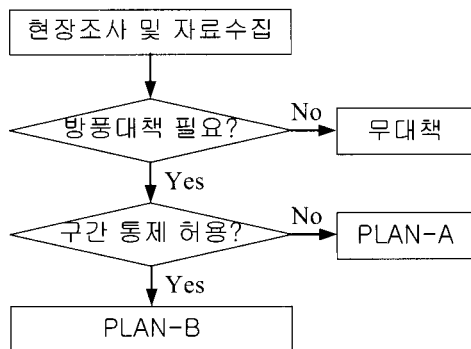


그림 1. 방풍대책 수립절차

$$F_y = \sqrt{\frac{1}{1-Y}} - 1 \tag{1}$$

여기서, $Y = 2y_G / y_{allow}$, y_G =차량의 이탈거리, y_{allow} =(차선평-차폭)/2 이다.

횡풍에 의하여 차량이 어떤 거동을 할 때를 사고로 간주할지를 정의하기 위해서는 공학적인 판단이 필요하며, 이를 바탕으로 사고에 대한 판단기준을 정하면 다음과 같다.

- (1) 주행 경로 이탈 : $F_y > 3$
- (2) 수평회전 과다 : yaw각 > 10o
- (3) 전도 : (한쪽 바퀴의 수직 반력) = 0

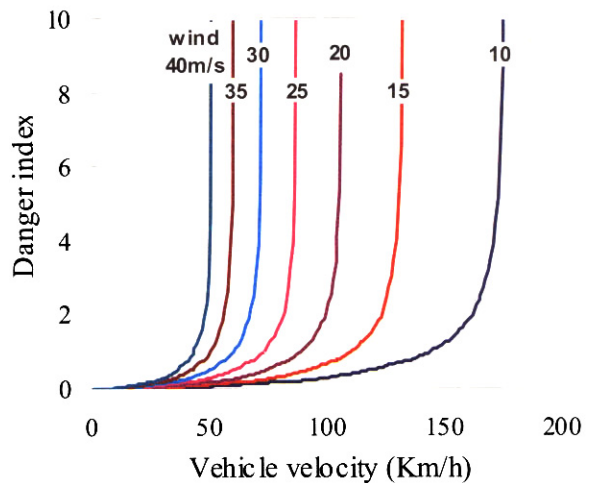


그림 2. 승용차의 횡풍속-차량속도별 위험도지수

3. 주행위험도 판단 기준 (권순덕, 2003)

횡풍이 불면 차량은 원래의 경로를 벗어나서 다른 경로로 움직이게 된다. 이때 횡풍에 대하여 어느 정도의 차량 반응이 위험한지는 이탈 거리의 발생 빈도에 달려 있다. 이러한 평가를 하기 위한 하나의 기준으로 이탈 거리가 주행중인 차선을 넘어가느냐의 여부로 결정하며, 이를 수치로 표시하기 위해서 사고위험도 지수(F_y)를 도입하였다(Emmelman, 1981). 차량의 이탈거리를 y_G 라 할 때, 차량이 편향됨에 따라 위험도는 서서히 증가하며, 이웃 차선에 도착하면 위험도가 급격히 높아져서 무한대가 된다.

주행경로 이탈량과 수평회전량은 차량에 작용하는 각종 정적 힘의 평형으로부터 구하였다(Gillespie, 1992). 국내의 승용차에 대한 제원을 측정하고, 풍동실험을 통하여 구한 공기력계수를 사용하여 구한 횡풍속-차량속도별 위험도지수를 그림 2에 나타내었다.

주행 위험도를 판정하기 위해서는 그림 3과 같이 독립적으로 산정한 주행경로 이탈 풍속과 전도 풍속 중에서 작은 값을 위험풍속으로 사용한다. 이러한 해석 결과를 바탕으로 승용 및 소형 승합차에 대한 단계별 속도제한 및 통행제한 기준을 제시하면 표 1과 같다.

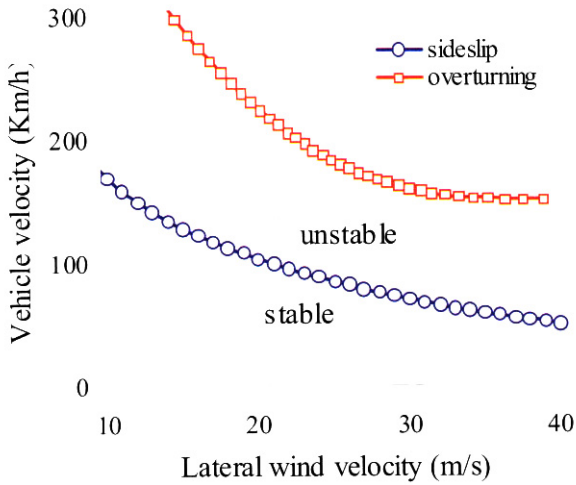


그림 3. 승용차의 주행안정성

표 1. 차량속도제한 기준

풍속	대책
15.0 m/s	속도제한 : 70.0 Km/h
20.0 m/s	속도제한 : 50.0 Km/h
25.0 m/s 이상	통행제한

4. 방풍대책 설치 기준

4.1 위험도 판단기준

방풍대책의 설치 여부를 결정하기 위해서는 특정 도로구간을 달리는 차량의 위험도 여부를 판단해야 한다. 앞장에서 횡풍속이 25m/s를 넘으면 차량의 주행안정성이 위험한 것으로 나타났다. 따라서 사고 가능성이 높은 풍속 25m/s를 방풍대책의 기준으로 삼을 수 있다. 하지만 특정 지역에서 일년중 풍속 25m/s를 넘는 기간이 얼마 이상일 때 대책을 강구해야 하느냐는 적절한 기준이 없는 관계로 상당히 정하기 어려운 문제이다.

도로의 위험도를 판단할 수 있는 유일한 기준으로는 한국도로공사에서 사용하고 있는 “고속도로 사고다발지역 선정기준”이 있다. 이 기준에 따르는 동일한 장소에서 동일한 원인으로 일년에 6번 이상의 사고가 발생하면 위험구간으로 판단하여 도로구조 등을 개선하도록 하고 있다. 이 기준을 바람에 의한 차량 주행안정성에도 그대로 적용할 수 있으므로 이를 바탕으로 판단기준을 마련한다.

풍속의 재현기간 R과 초과확률 P의 관계는 다음과 같다.

$$R = \frac{1}{P} \tag{3}$$

그런데 풍속 V에 대한 초과확률 P는 1년에 반드시 1회 이 풍속을 초과할 확률이다. 따라서 1년에 6회이상 초과할 확률을 역으로 계산하면 재현기간은 1/6년이 된다. 이때 재현기간 1/6에 해당하는 풍속은 해당지역 기상자료 중에서 월최대풍속이나 일최대풍속을 바탕으로 구한다(Liu, 1991).

이를 정리하면 위험풍속은 10분 평균풍속 25m/sec를 기준으로 산정하고, 위험풍속 산정시 해당하는 재현기간은 1/6년으로 한다. 단 계곡사이의 교량과 같이 터널을 빠져나오자마자 바로 쉼 바람을 접하게 되는 구간의 경우에 위험풍속은 3초 평균풍속 25m/s를 기준으로 한다.

4.2 기존 도로의 위험도 판정방법

그림 4에서는 기존구간에서 방풍대책이 필요한지를 판단하기 위한 위험도 판정 순서를 흐름도 형식으로 보여주고 있다. 기존 도로의 특정 구간에 방풍대책이 필요한지 여부를 판단하기 위해서는 먼저 가장 가까운 인근 기상관측소의 풍속 및 풍향 자료를 확보한다. 이때 필요한 기상자료는 10분 평균 일최대풍속과 그에 해당하는 풍향이다.

기상관측소와 도로 현장은 주변 지형이 다르므로 바로 이용할 수는 없다. 따라서 기존 노선의 현장에서 풍속과 풍향을 예측할 수 있는지를 먼저 판단하여야 한다. 정확한 판정을 위해서는 예측이 필수적이지만, 불가피하게 측정을 할 수 없으면 국부적인 지형의 영향을 보정해 준다. 만약 측정이 가능하다면 실측한 풍향 풍속과 인근 기상관측소 자료와의 상관성을 조사한다. 만약 특정기간동안 지역1과 지역 2의 평균풍속이 각각 U1, U2라면, 재현기간 R에 해당하는 두 지역의 풍속 V1과 V2의 관계는 다음과 같다.

$$V_1 = \frac{U_1}{U_2} V_2 \tag{4}$$

실측치와의 관계를 바탕으로 보정한 기상관측소의 장기관측 풍속에 대하여 재현기간 1/6년인 풍속을 구한 후, 이를 위험 풍속 25m/s와 비교한다. 이때 만약 재현기간 1/6년인 풍속이 25m/s보다 크면 위험구간이므로 방풍대책이 필요하고, 만약 작으면 방풍벽이 필요없다. 하지만 방풍벽이 필요없다 하더라도 재현기간 1/6년인 풍속이 15~25m/s 범위 내에 있다면 차량의 속도제한은 필요하다.

만약 풍향에 대한 자료도 확보할 수 있다면 방풍대책의 필요여부의 판단에 활용할 수 있다. 즉 도로와 직각인 방향으로 바람이 불어야 차량의 주행안정성이 위협받는데, 만약 도로에 부는 바람의 주 방향이 도로와 나란하다면 차량은 크게 영향

을 받지 않다. 따라서 도로와 수직인 방향으로 ±30도 범위내에서 부는 바람이 불 확률을 따져서 그 확률만큼 재현기간을 감소시킬 수 있다.

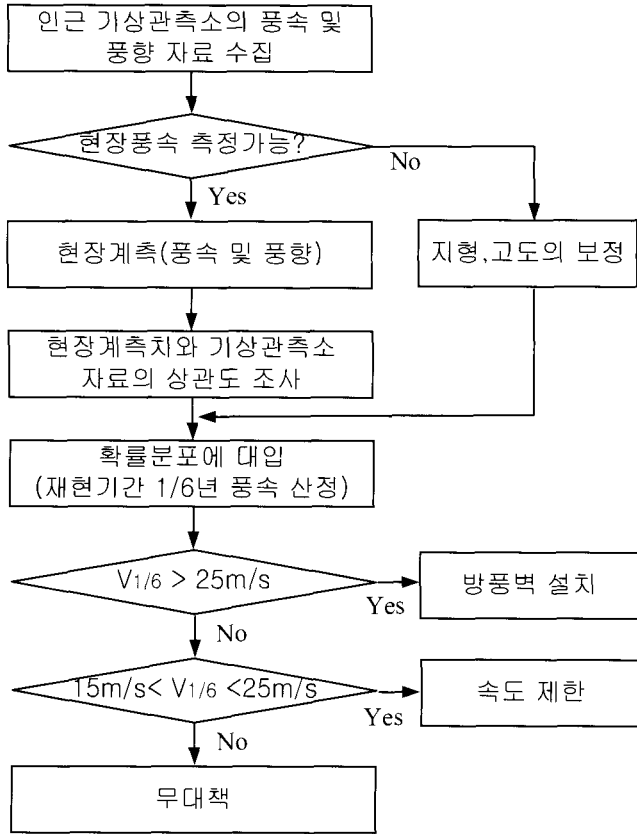


그림 4. 기존구간의 위험도 판정순서

4.3 신설 도로의 위험도 판정방법

현장의 풍속을 추정하기 위해서는 실제로 측정하여 기상관측 자료와 비교하는 것이 가장 바람직하지만, 신설구간의 경우에 실측을 할 여건이 되지 않는 경우가 대부분이다. 따라서 이러한 경우에는 상당한 오차를 포함하지만, 인근 기상관측소의 자료를 바탕으로 보정을 하는 수밖에 없다.

그림 5에서는 신설구간의 위험도 판정 순서를 보여주고 있다. 이 경우에도 먼저 가장 가까운 인근 기상관측소의 풍속 및 풍향 자료를 확보한다. 기상관측소의 자료에서 지형과 고도 등을 보정하는 방법은 다음과 같다. 먼저 기상관측소의 풍속을 경고도 풍속으로 환산하고, 이를 바탕으로 현장의 조도를 고려하여 지상 10m 높이에 해당하는 풍속으로 환산한다. 이때 기상관측소나 도로현장이 산이나 성토지 등에 위치하고 있다면 보정해야 한다.

이렇게 환산된 현장의 10m 높이의 풍속을 바탕으로 재현기간 1/6년인 풍속을 계산한다. 계산된 풍속을 고도보정하면 풍

속 25m/s가 넘는 고도가 나오는데, 이를 위험고도라 한다. 만약 현장고도가 위험고도보다 높다면 방풍대책을 설치해야 한다. 이때 위험풍속 25m/s는 일반적인 구간에서는 10분 평균 풍속을 사용하고, 터널-교량 구간은 풍속이 전혀 없다가 바로 바람을 맞으므로 3초 평균 풍속을 사용한다.

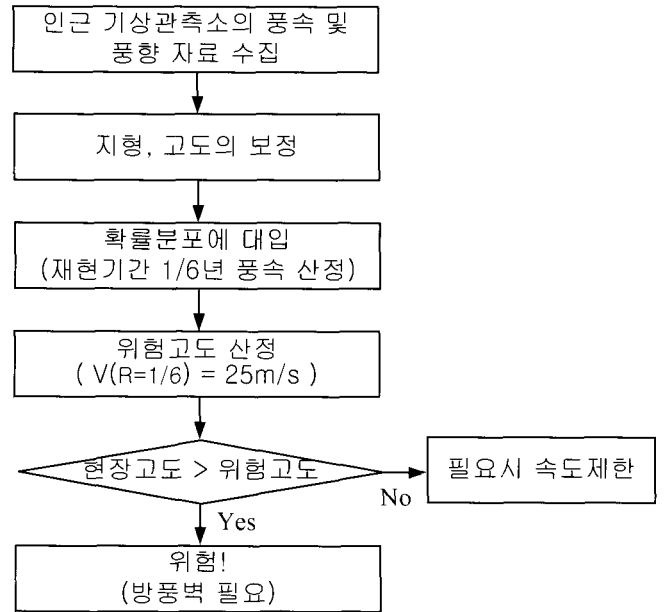


그림 5. 신설구간의 위험도 판정순서

5. 방풍벽의 설계

5.1 접근 방법

일반적으로 방풍벽의 재료로는 철망, 유공절판강판, 팽창메탈, 경량 콘크리트판 등이 사용될 수 있는데, 이 중에서 팽창메탈의 경우 이미 도로의 중앙분리대, 방현망 등으로 적용되어 왔으므로 도로시설물로서 재료의 내구성 및 경제성은 검증

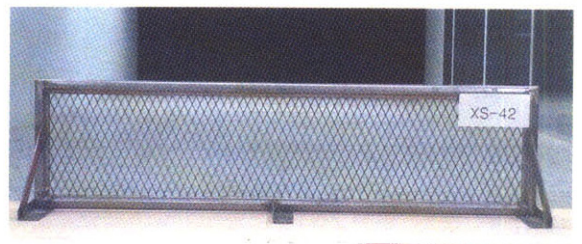


그림 6. 팽창메탈형 방풍벽

되었다고 볼 수 있다. 아울러 경량 콘크리트판은 방음벽으로 사용되고 있으므로 마찬가지로 검증된 재료이다. 그림 6과 표

2에서는 팽창메탈형 방풍벽의 모습과 제원(정운용, 2002)을 나타냈으며, 그림 7과 표 3에서는 경량 콘크리트판형 방풍벽의 모습과 제원을 보여주고 있다

표 2. 팽창메탈형 방풍벽의 제원

실험체명	규격 (mm)				공극률 (%)
	L	H	T	W	
XS-32	12	30.5	1.6	2.0	60.9
XS-33	12	30.5	2.3	3.0	53.7
XS-41	22	50.8	1.6	2.0	78.2
XS-42	22	50.8	2.3	2.5	75.3
XS-43	22	50.8	3.2	3.5	66.5
XS-61	34	76.2	2.3	3.0	79.7
XS-62	34	76.2	3.2	4.0	74.7

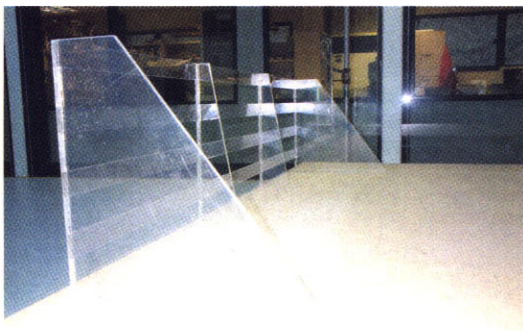


그림 7. 경량콘크리트판형 방풍벽

표 3. 경량콘크리트판형 방풍벽의 제원

구분	전체높이		solid 개수	empty 간격	전체높이	공극률 (%)
	solid	empty				
H1	200	200	5	40.00	400	50.0
H2	160	240	4	60.00	400	60.0
H3	120	280	3	93.33	400	70.0

효율적인 방풍벽 설계를 위해 고려되어야할 변수들을 결정하기 위하여 전산유체해석과 풍동실험을 수행하였다. 해석과 실험의 대상으로는 팽창메탈을 사용한 방풍벽과 경량 콘크리트 패널을 이용한 방풍벽을 사용하였다. 풍동실험에 앞서 전산유체해석에서는 방풍벽의 효과를 비교하고, 전반적인 유체흐름의 양상을 파악하였다. 풍동실험에서는 평균적 풍속 감소 효과 및 난류성분 등의 공간 및 시간상의 변동특성들을 파악하였다. 실험에서는 방풍벽의 풍속감소 특성으로서 가장 중요한 요인이라고 할 수 있는 공극률과 공극의 크기를 변수로 설정하고, 이 변수들이 풍속감소 및 난류성분에 어떠한 영향을

미치는지 분석하였다.

5.2 전산유체해석

실험 결과와 비교하고, 실험을 통하여 얻기 어려운 방풍벽 후미에서의 바람의 공간분포를 보다 명확히 가시화하여 나타내기 위해서 전산유동장 해석에 기초한 수치 시뮬레이션을 수행하였다(정운용, 2003). 이때 해석은 2차원모델을 적용하였으며, 유동장 해석은 유한체적법에 바탕을 둔 범용 CFD코드인 Fluent-5를 사용하였다.

해석결과를 보면, 공극률이 매우 큰 경우에는 방풍망이 막고 있어도 방풍효과가 크지 않았고, 오히려 국부적으로는 방풍망을 설치하지 않았을 때보다 풍속이 증가하는 것으로 나타났다. 특히 이러한 최대 풍속이 발생하는 높이가 대형차량의 상부에 해당하므로 대형 차량의 경우 주행성이 악화될 우려가 있다. 공극률이 감소함으로써 보이는 특징으로는 방풍벽에서 차단된 바람이 방풍벽을 타고 넘어가는 유동의 양이 증가하고, 이에 따라 방풍벽에 의한 차단효과(shelter effect)가 매우 확실하게 구별되어서 나타난다는 점이다.

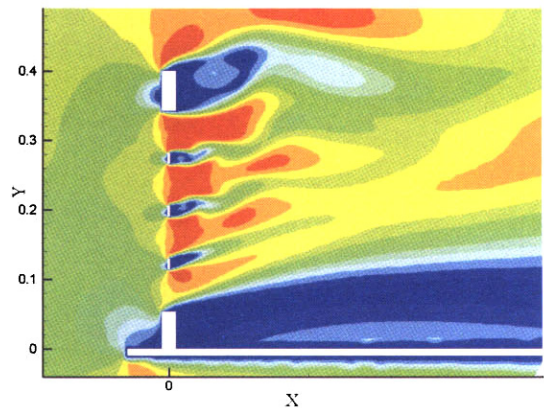


그림 8. 메탈형 방풍벽(XS-61)의 유동장 해석 결과

5.3 풍동실험

그림 9는 팽창메탈형 방풍벽에서 풍속감소율과 공극률의 관계를 나타내었고, 그림 10에서는 경량콘크리트판형 방풍벽의 후미에서 측정된 평균풍속의 분포를 나타내었다. 그림을 보면 모든 방풍벽에서 풍속 감소효과가 나타나지만, 일반적으로 공극률이 클수록 평균풍속은 커지고 난류강도는 줄어드는 전반적인 경향을 볼 수 있다. 한편 팽창메탈형 방풍벽에서 공극률 ϕ 에 따른 평균풍속 감소효과의 함수관계를 나타내기 위해서 1차 회귀분석을 수행한 결과는 식 (5)에 나타내었다.

$$\frac{U_{red}}{U_{no.fence}} (\%) = 1.1764\Phi(\%) - 12.3028 \quad (5)$$

여기서, U_{red} = 방풍벽 설치시의 평균풍속, $U_{no.fence}$ = 미설치시의 평균풍속.

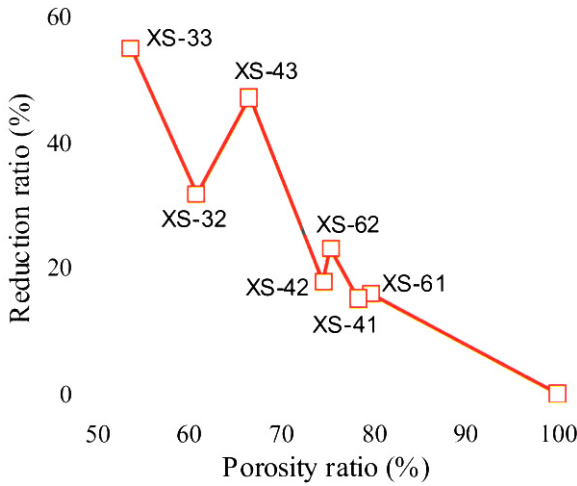


그림 9. 풍속감소율과 공극률의 관계(팽창메탈형 방풍벽)

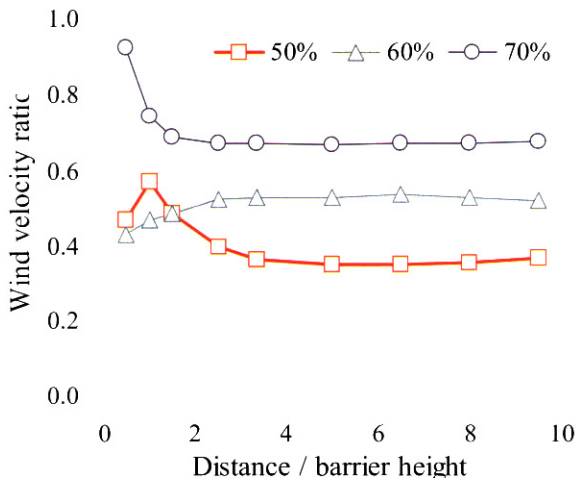


그림 10. 후미의 평균풍속의 분포(경량콘크리트판형 방풍벽)

난류강도와 공극률의 관계는 평균풍속과 공극률의 관계와는 반대로 공극률이 증가할수록 난류강도는 줄어든다(그림 11). 한편 팽창메탈형 방풍벽과 경량콘크리트판형 방풍벽 모두에서 공극률이 큰 경우에 부분적으로 방풍벽을 설치하지 않았을 때 보다 오히려 풍속이 크게 나오는 점이 있는데 이는 공극률이 너무 크기 때문에 풍속 감소 효과가 거의 없고, 오히려 방풍벽 하단의 테두리를 넘어 들어오는 풍속이 방풍벽 미설치시

보다 증가하였기 때문일 것으로 판단된다. 특히 경량콘크리트 판형 방풍벽에서는 판의 위치에 따라 방풍벽 바로 후면의 풍속이 크게 변하는 단점을 지니고 있는 것으로 나타났다.

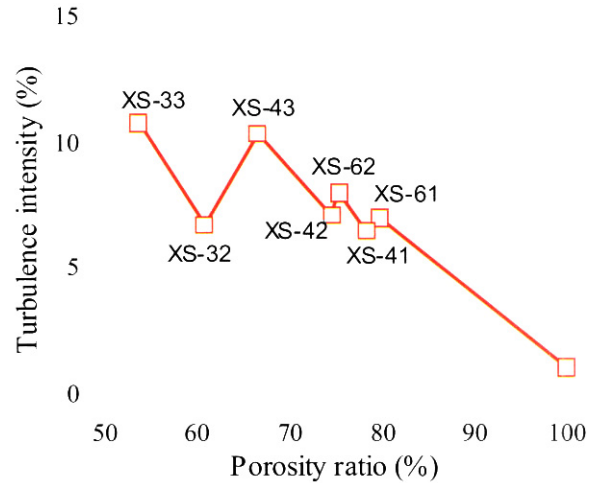


그림 11. 난류강도와 공극률의 관계(팽창메탈형 방풍벽)

6. 성능검증을 위한 현장실험

풍동실험과 전산유체해석을 통하여 4가지 타입의 팽창메탈 방풍벽을 현장 설치용으로 선정하였다. 이를 바탕으로 최종적으로 방풍벽의 효과를 검증하고, 향후 다른 지역에 적용할 보다 효과적인 방풍벽 형식을 선정하기 위해서는 현장시험을 실시하였다.

6.1 시험설치 모델 및 계측방법

방풍벽의 실제 성능을 검증하기 위한 시험설치 현장은 영동고속도로 구간중 터널과 교량이 교차되는 성산1교 구간으로 그림 12와 같다. 시험구간을 4구간으로 세분하여 각기 다른 공극률을 가진 메탈팽창형 방풍벽을 각각 119m씩 연속적으로 설치하였다. 방풍벽은 도로의 좌·우측 모두 설치하는데, 그 규격은 높이 4.27m(기존 콘크리트 방호책 포함), 지주간격 4m로 설계하였다. 그림 13은 차량 주행중에 본 방풍벽의 모습이다. 도로용 방풍벽은 방풍효과와 함께 시각적으로 개방감이 있어야 하는데, 개발된 방풍벽은 공극률 55% 이상이기 때문에 상대적으로 방풍벽에 작용하는 풍하중이 작고, 시각적인 개방감을 느낄 수 있다.

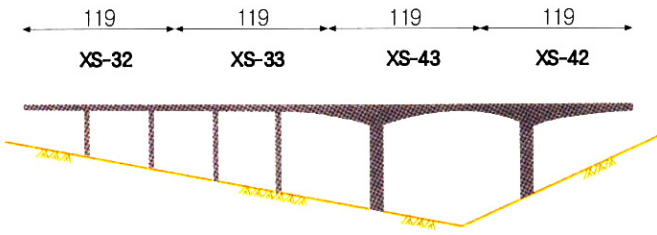


그림 12. 성산1교에 설치된 4가지 메탈판형 방풍벽



그림 13. 성산1교에 설치된 방풍벽

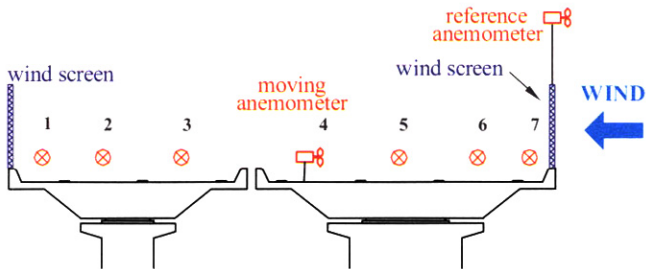


그림 14. 풍속의 계측 방법

방풍벽에 의한 풍속의 감소효과를 비교하기 위하여 방풍벽 외부 및 내부에 각각 풍속계를 설치하여 풍속을 계측하였다. 도로위의 풍속은 이동이 가능한 휴대용 프로펠러타입 풍속계를 이용하여 교량 바닥판 상면으로부터 1.6m 높이에서 각 지점마다 5분씩 측정하였다. 도로의 상행선에는 추월차선을 포함하여 3차선+갓길이 있고, 하행선에는 2차선+갓길이 있다. 풍속은 5차선+갓길2차선을 합쳐서 도로면을 횡단하여 각 방풍벽별로 총 7개소를 측정하였다(그림 14).

6.2 현장실험결과

현장계측 결과는 그림 15와 16에 정리하였다. 실험 결과를 보면, 시험설치한 4가지 종류의 방풍벽 모두가 상당한 방풍효과가 있는 것으로 나타났다. 아울러 지형적인 영향으로 과대

평가 된 내용을 배제하면 풍동실험과 동일하게 공극률에 따라 방풍효과가 결정되는 것으로 보인다. 또한 운전자의 조망권 확보 측면도 만족할만한 결과를 보였다.

시험설치된 4종류의 방풍벽 중에서 특히 XS-33(공극률 54%)과 XS-32(공극률 61%)가 우수한 성능을 보인 것으로 판단된다. XS-33의 경우, 고정 풍속계가 위치한 곳과 가장 근접한 계측점들로 가장 정확한 평가가 이루어졌다고 판단되며, 풍속 감소효과는 62%정도로 풍속을 절반이하로 감소시킬 수 있었다.

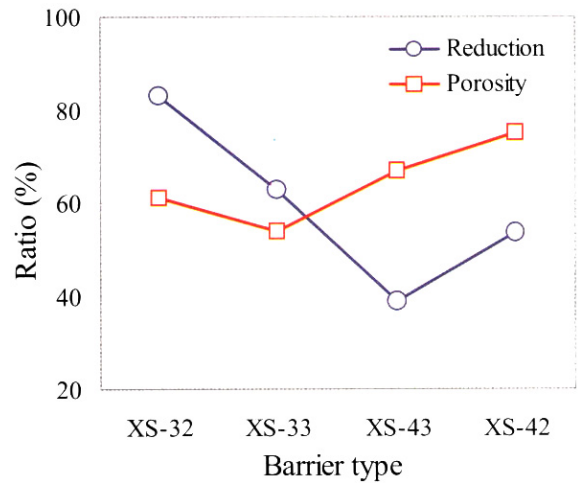


그림 15. 방풍벽 형식별 풍속저감율

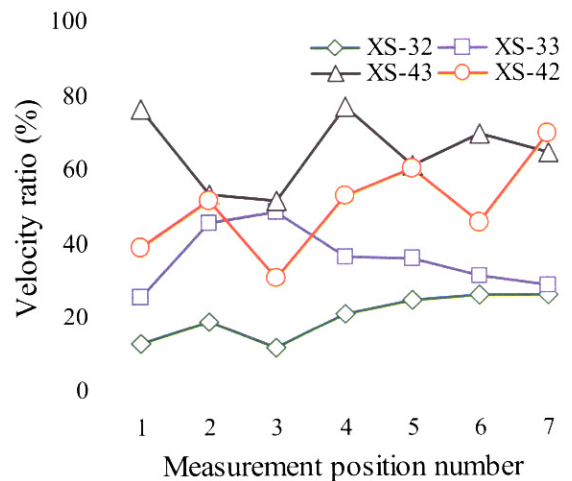


그림 16. 계측위치별 풍속분포

풍동실험 결과와 현장실험 결과가 일부 일치하지 않는 부분이 있다. 현장실험은 차량이 주행하는 고속도로에서 수행한 관계로 측정 시간과 횡수에 큰 제약이 있었으며, 사용한 계측기의 정밀도도 풍동실험과 비교하여 많이 떨어진다. 또한 비교를 위하여 외부에 설치한 풍속계의 위치가 고정됨에 따라 교량 경

간을 따른 풍속의 공간변화의 영향도 반영하지 못했다. 따라서 이러한 점을 고려할 때 현장실험 결과만을 가지고 XS-32의 성능이 가장 우수하다고 판단하기는 성급하며, 전반적으로 XS-32와 XS-33의 풍속감소율이 우수하다고 판단된다.

7. 결 론

본 연구에서는 지형특성상 발생할 수 있는 지엽적인 강풍이 부는 도로 위를 주행하는 차량의 주행안정성을 향상시키기 위한 대책을 마련하는데 목적을 두고 있다. 이를 위하여 본 연구에서는 먼저 풍속별 차량의 속도제한 및 통행제한 기준을 마련하였고, 방풍대책의 필요여부를 판단할 검토절차를 제시하였으며, 풍속을 저감시킬 수 있는 효과적인 방풍벽을 설계하고 현장실험을 통하여 검증하였다. 결론적으로 본 연구에서는 도로 위를 주행하는 차량의 바람에 대한 주행안정성을 확보하기 위한 종합적인 방풍대책을 제시하였다.

감사의 글

이 연구는 교량설계핵심기술연구단을 통하여 지원된 건설교통부 건설핵심기술연구개발사업에 의하여 수행되었습니다.

참 고 문 헌

권순덕, 정운용 (2003) 강풍에 의한 차량 주행 안전성 평가, 대한토목학회 논문집, Vol.23 No.5A.

정운용, 권순덕, 정봉조, 박태규 (2003) 도로의 주행안전성 확보를 위한 팽창메탈형 방풍벽, 한국강구조학회지, Vol.15 No.1.

정운용, 박태규 (2002) 다공성 방풍벽의 방풍성능에 대한 실험적 평가, 대한토목학회논문집, 제22권 6-A호.

정운용, 박태규 (2003) 전산유동장해석을 이용한 다공성 방풍벽의 방풍성능 평가, 대한토목학회 논문집, Vol.23 No. 5A.

日本鋼構造協會 (1997) 構造物の耐風工學, 東京電氣大學出版

局.

日本道路協會 (1991) 道路橋耐風設計便覽, 日本道路協會.

Baker, C.J. (1986) A simplified analysis of various types of wind induced road vehicle accidents, *J. of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, 22, pp69-85.

Borrelli, J., et. al., (1987) Wind Barrier : A reevaluation of height, spacing, and porosity, Summer Meeting of the American Society of Agricultural Engineers, Baltimore.

Emmelman, H.J. (1981) Driving stability in side winds, *Aerodynamics of Road Vehicles*, Hucho (ed.), Vargel Verlag, pp201-221.

Gillespie, T.D. (1992) *Fundamentals of Vehicle Dynamics*, Society of Automotive Engineers.

Liu, H. (1991) *Wind Engineering - A Handbook for Structural Engineers*, Prentice-Hall.

Papesch, A.J.G., (1992) Wind tunnel tests to optimize barrier spacing and porosity to reduce wind damage in horticultural shelter systems, *J. of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, V.41-44.

Ranga Raju, K.G., et. al., (1988) Experimental study on characteristics of flow past porous fences, *J. of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, V.29.

Smith, B.W. and Barker, C.P. (1998) Design of wind screens to bridges, experience and application on major bridges, *Bridge Aerodynamics*, Balkema, pp289-298.

Wyatt, T.A. (1992) Recent British developments: Wind shielding of bridges for traffic, *Aerodynamics of Large bridges*, Balkema, pp159-170.

(접수일자 : 2004. 9. 13 / 심사일 2004. 9. 23 / 심사완료일 2005. 5. 13)