

투명방음판의 품질기준 설정에 관한 연구(1) - 기계적 특성 및 안전성 평가

Study on Quality Criteria for Transparent Soundproof Panels(1) - Evaluation of Mechanical Performance and Safety

장 태 순* · 김 철 환* · 황 철 호**

Taesun Chang, Chulhwan Kim and Cheolho Hwang

(2009년 12월 17일 접수 ; 2010년 9월 30일 심사완료)

Key Words : Noise Barrier(방음벽), Transparent Soundproof Panel(투명방음판), Polycarbonate(폴리카보네이트), PMMA(폴리메틸 메타크릴레이트), Laminated Glass(접합유리)

ABSTRACT

A variety of materials may be used for soundproof panels. The major advantage of transparent materials over traditional materials in noise barriers is aesthetics. The transparent panel materials such as clear plastic or glass are an ideal way of reducing or virtually eliminating the visual impact of a noise barrier. With the use of transparent materials, the drivers' view of the roadside and the sunlight penetration to the highway would not be blocked. Korean Industrial Standards for soundproof panels have been established. But, transparent soundproof panels are not included in this standards. And, some specifications provide only a few basic characteristics for transparent soundproof panels. To develop guidelines on quality criteria for transparent soundproof panel, their mechanical properties such as wind load resistance, safety under impact, and abrasion resistance were experimentally investigated.

1. 서 론

고속도로 주변에 설치된 방음벽은 2008년을 기준으로 3,024개소에 총 설치연장 약 741 km(노선 연장 대비 23.7%)에 이르고 있다. 고속도로 교통소음 저감 목적으로 주로 사용되는 알루미늄 또는 압출 성형 시멘트 방음판은 음향학적 성능은 우수하나

주변 환경과의 조화가 용이하지 않아 도시 경관을 저해하며 운전자와 도로변 거주민들에게 증압감을 주고 시야를 가리는 단점이 있다. 최근 조망권에 대한 민원인들의 요구와 방음벽 디자인 평가 등으로 인하여 방음벽 전체 또는 일부에 투명방음판을 적용하는 사례가 급속히 증가하는 추세이다.

투명방음벽은 일조·경관과 관련한 방음벽 특유의 문제점을 해소할 수 있고, 도로 이용자 측의 시야 확보, 단조로움 및 압박감 등을 해소할 수 있으며, 나들목(IC) 또는 분기점(JCT) 등 도로 진입 시 시계차단으로 발생할 수 있는 사고를 예방할 수 있는 장점이 있다. 또한 불투명성 방음벽 설치 시 그들이 생기게 되어 동절기에 노면 결빙이 지속되는 현상이 있으나 투명방음벽을 사용할 경우 이를 예방할

* 교신저자; 정희원, 한국도로공사 도로교통연구원

E-mail : tschang@ex.co.kr

Tel : (031)371-3494, Fax : (031)371-3287

* 정희원, 한국도로공사 도로교통연구원

** 정희원, 한남대학교 기계공학과

이 논문의 일부는 2009년 추계 소음진동 학술대회에서 발표되었음.

수 있는 효과가 있어 투명방음벽에 대한 요구는 더 많아질 것으로 예상된다. 그러나 플라스틱 소재가 대부분인 기존의 투명방음판 중 상당수는 시간이 경과됨에 따라 황변과 재질 변성, 오염물질 등의 부착, 굽힘 등 여러 요인으로 인해 투명도가 떨어지고 오염된 상태로 남아 오히려 도시 미관을 해치는 경우도 있다.

현재 방음판의 품질기준과 관련하여 금속재, 금속재 컬러, 비금속재 컬러, 목재 재질을 사용한 방음판은 한국산업규격이 제정되어 있으나, 투명방음판은 아직 한국산업규격이 마련되어 있지 않다. 일부 시방서에 제시된 기준에 의해 관리되고는 있으나, 시험방법 및 기준에 대한 객관적 근거가 미흡하거나 일부 항목의 경우 적정성에 대한 논란이 있어 이에 대한 종합적인 검토가 필요한 실정이다.

이 연구에서는 투명방음판의 소재 특성을 감안한 성능시험방법 및 기준 도출의 일환으로, 국내·외 기준 검토 및 방음판 재질별 성능시험을 통해 투명방음판의 내풍하중 성능 평가를 위한 하중변위시험, 유지관리 및 안전성 확보를 위한 충격 시험, 내마모성 시험 등 기계적 특성 및 안전성 확보와 관련한 성능평가방안을 검토하였다.

2. 투명방음판의 소재

방음판용으로 사용되고 있는 투명 소재는 크게 폴리메틸메타크릴레이트(polymethylmethacrylate, 이하 PMMA), 폴리카보네이트(polycarbonate, 이하 PC) 등의 투명 플라스틱 계열과 유리 계열로 나눌 수 있다.

PMMA는 우수한 투명성, 내광성, 표면광택 등의 특성으로 지금까지 조명, 광학부품, 차량 부품, 건재, 잡화 등 수많은 용도로 사용되고 있다. 투명 플라스틱 중에서 광선투과율이 가장 높고, 굴절률과 복굴절률이 가장 낮은 대표적인 등방성 재료이며 성형성도 양호하다. 또한 광선의 내부 흡수나 산란에 의한 손실이 적고 굴절률의 파장의존성도 적다.

PC는 투명 또는 약한 갈색을 띠는 비정질의 플라스틱으로서 내충격성, 내열성, 상용성 등이 우수하여 전기·전자기기, 자동차 부품, 의료기기 등 광범위한 분야에 사용되고 있다. 무충전의 플라스틱 재료 중에서 최고의 내충격 강도를 가져서 상온에

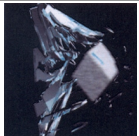
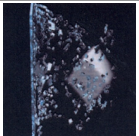
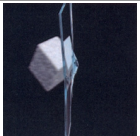

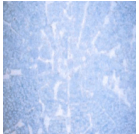
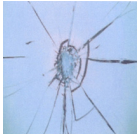
서의 아이조드(Izod) 충격강도는 50~70 kg-cm/cm²이다. 취화온도는 영하 135℃인데 비해 용점은 230℃로서 광범위한 온도 범위(-40~120℃)에서 사용이 가능하며 가시광선 투과율은 80~90%로서 가볍고 깨어지지 않는 유리 대체용으로 사용된다⁽¹⁾. PC는 자외선에 의해 황변과 열화 현상이 일어나기 쉬우므로 옥외 사용 시에는 광안정제(light stabilizer) 등을 이용한 황변방지 처리가 필수적으로 요구된다. 또한 표면이 무르기 때문에 표면경도 향상을 위해 하드 코팅(hard coating) 등이 적용되기도 한다.

유리는 광투과성, 내후성, 내화학성, 내마모성 등 다른 재료를 통하여 쉽게 구현할 수 없는 장점을 가지나, 충격에 의한 파괴 시, 날카로운 파편 발생으로 인해 위험한 단점이 있으므로 파손에 의한 피해를 줄이기 위한 방안으로 안전유리가 사용된다. 안전유리는 일반적으로 접합유리(laminated glass)와 강화유리(tempered glass)로 구분될 수 있다. 강화유리는 강도가 우수하지만 집중하중을 가하게 되면 쉽게 파손되고, 일단 파손이 되면 유리 전체가 쏟아져 내리는 문제점이 있다.

이러한 유리의 단점을 보완하기 위해 개발된 접합유리는 최소 두 장의 판유리 사이에 투명하면서도 접착력이 강한 특수 접합필름을 삽입하고 온도와 압력을 높여 밀착시켜 만들어지는 유리로서 Table 1에서 보는 바와 같이 파손이 되어도 필름이 유리 파편의 비산을 방지하여 부상 및 피해를 최소화 할 수 있다⁽²⁾.

접합필름으로 사용되는 물질은 여러 가지가 있으나, 물성 및 성능, 그리고 제조 측면에서 PVB(polyvinyl butyral)를 사용한 접합유리가 가장 우수하다고 알려져 있다. 우리나라에서 사용되고 있는 PVB

Table 1 Cracking of glass

	Float glass	Tempered glass	Laminated glass
High-speed photographs			
After impact			

수지는 수입 의존도가 큰 고가의 수지로서 성형용 수지는 그중 5%이고, 95%에 이르는 필름 형태의 PVB는 대부분 자동차 안전유리용 라미네이트 필름으로 사용되고 있다.

3. 시험방법

3.1 내풍하중성

방음판의 내풍하중성 시험에 대해서는 금속재 방음판 한국산업규격인 KS F 4770-1에서 지역별 풍속에 따른 하중변위시험을 규정하고 있다⁽³⁾. KS F 4770-1에서 제시하고 있는 집중 재하에 의한 시험방법은 재하량 및 재하 속도를 정확하게 조절할 수 있고, 기계 장비를 사용하므로 인력 부담이 적은 장점이 있다. 그러나 실제 풍하중은 분포 하중의 형태로 작용하므로 동일한 크기의 모멘트를 만들어 내더라도 발생하는 처짐은 차이를 보이게 된다. 더욱이 KS F 4770에서의 집중 하중 형태의 재하 하중은 빔 모델에서 산정되었으므로 실제의 경우인 판 모델과는 차이를 나타낸다⁽⁴⁾. 국내에서 사용 중인 투명방음판은 대부분 투명 재질의 판을 알루미늄 또는 강재 프레임에 끼운 형태로서 투광부재 (transparent sheet)와 프레임부재의 강도 차이가 커서 시험하중의 대부분을 프레임부재가 받게 된다. 또한 프레임부재와 투광부재의 단차로 인하여 KS F 4770의 시험방법을 그대로 적용할 경우 시험하중이 프레임부재에만 재하되므로 투광부재와 프레임부재의 접속부에 대한 검토가 이루어지지 않아 투명방음판 전체의 내풍하중 성능을 평가하기에는 한계가 있다(Fig. 1).

투명방음판의 허용 최대 변위량 기준은 EN 1794-1(등분포 하중 재하 방식) 및 KS F 4770(집중

하중 재하 방식)에서 공통적으로 제시하고 있는 탄성변형량 기준 (50 mm 이하) 및 영구잔류변형량 기준(시험용 방음판 최대길이/500 mm 이하)를 준용하는 것이 타당하다고 판단되나, 프레임 및 투광재질의 판으로 구성된 투명방음판의 특성을 감안하여 EN 1794-1에서 규정하는 등분포 하중 시험과 유사한 하중 시험 방법을 Fig. 2와 같이 제안하였다⁽⁵⁾.

EN 1794-1의 시험방법은 하중 분포를 위한 2 mm 두께의 강철판과 하중체로서 구조용 강재를 이용하였으나, 투명방음판의 프레임부재와 투광부재의

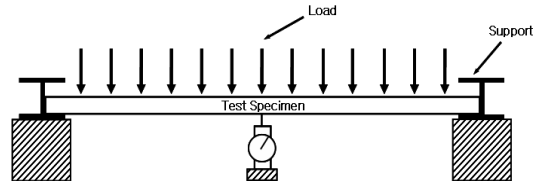


Fig. 2 Schematic diagram of load testing equipment

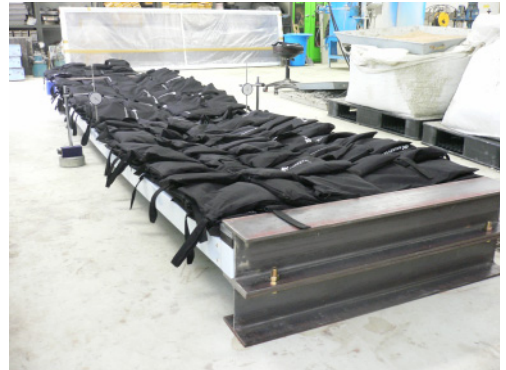


Fig. 3 Wind load test by the suggested method

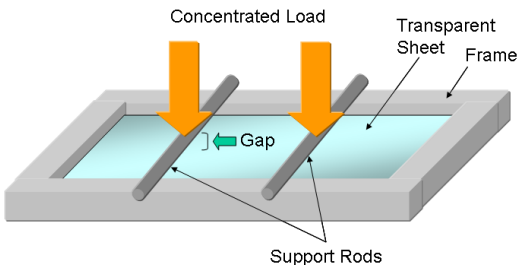


Fig. 1 The formation of the gap between a sheet and support rods at the concentrated load test

Table 2 Specimens for load deflection test

Type	Size(mm)	Frame materials	Sheet materials
A	1,960×1,000×60	Aluminum	PMMA (t: 8 mm)
	3,960×1,000×60		
B	1,960×1,000×100	Aluminum	PMMA (t: 8 mm)
	3,960×1,000×100		
C	3,960×1,000×96	Aluminum	PMMA (t: 8 mm)
	1,960×1,000×95		
D	3,960×1,000×95	Steel	Laminated Glass (t: 8.4 mm)
	1,960×1,000×95		
E	3,960×1,000×84	Steel	PMMA (t: 10 mm)
	2,960×1,000×90		
F1	2,960×1,000×90	Steel	PMMA (t: 8 mm)
	3,960×1,000×90		
F2	3,960×1,000×90	Steel	Laminated glass (t: 8.4 mm)

단차를 감안하여 강철판은 이 시험에서는 제외하였으며 하중체로는 직경 약 2 mm의 강구를 채운 주머니(최대 5 kgf 이하)를 사용하였다. 주머니는 10×10 mm 크기의 것으로서 방수처리된 재질로 제작하였다. 지지대로 방음판 높이와 동일한 길이의 H형강(150×150×7×10 mm)을 사용하였다.

제안된 시험방법의 적용성 검증을 위해 여러 종류의 투명방음판 시료에 대하여 시험을 실시하였다(Fig. 3). 지지대에 시험편을 고정하고 30분 후 자중 조건에서의 변위량을 측정하였다. 방음판 위에 하중체가 재하면을 벗어나거나 국부에 편중되지 않도록 균등히 재하하고 30분 후 자중 및 부하 조건에서의 처짐량, 즉 탄성 변위량을 측정하였다. 하중체의 재하 순서는 시험체의 중앙에서부터 시작하여 외측으로 진행하였다.

또한 하중체를 모두 제거한 후 30분이 경과하면 영구 잔류 변위량을 측정하였다. 모든 변위량은 방음판 길이의 중간의 양 끝단에서 다이얼 인디케이터를 사용하여 소수점 이하 둘째자리까지 측정된 후 두 값의 산술평균값을 변위량으로 산정하였다.

3.2 내충격성

투명방음벽은 사람 또는 차량에 의해 충격을 받을 가능성이 존재하며, 이로 인한 투명방음판의 파손은 유지보수 비용의 증가뿐만 아니라 파편 비산으로 인한 2차 피해까지 일으킬 수 있다. 따라서 내충격성 기준의 설정을 위해서는 충격 시에도 깨어지지 않는 조건과 파괴되었을 시 파편의 발생을 최소화하는 조건을 동시에 고려할 필요가 있다. 투명방음판의 내충격성 평가를 위하여 접합유리의 한국산업규격인 KS L 2004의 낙구 충격 시험과 쇼트백(shot bag) 시험으로 시험편의 내충격성을 검토하였다⁶⁾.

낙구 충격 시험은 충격에 의해 투명방음판이 손상되지 않아야 할 최소한의 성능 기준을 설정하기 위해 실시한 것으로, 약 610×610 mm 크기의 시험편을 철제 지지틀 위에 올려놓고 무게가 2,260 g인 호칭 3의 강구를 시험편의 중심점에 자유 낙하시킨 후 시험편의 파괴 상태를 조사하였다(Fig. 4(a)). 파괴되지 않은 경우에는 낙하 높이를 높이면서 시험편의 파괴 상태를 관찰하였다. 다만 유리의 경우, 플라스틱 수지에 비해 충격강도가 떨어지므로, 호칭

2의 무게 1,040±10 g인 강구로도 시험하였다.

한편, 방음판 파손 시 파편의 비산으로 인한 2차 피해의 정도를 파악하기 위하여 쇼트백 시험을 실시하였다(Fig. 4(b)). 가격체는 가죽 주머니의 중앙에 볼트를 삽입하고, 납산탄을 충전한 후 주머니의 위아래를 볼트로 조이고, 다시 가죽 주머니의 표면을 나비 12 mm의 유리 섬유로 보강한 점착테이프로 비스듬히 겹치도록 감아 표면을 완전히 덮어씌운 것으로서 무게는 45±0.1 kg이다(Fig. 5(a)). 그러나 쇼트백 시험장치를 제작하여 예비 시험을 실시한 결과, 가격체의 표면을 구성하는 가죽 주머니와 점착테이프의 탄성이 시험 결과의 편차를 유발하는 것으로 조사되었다. 또한 쇼트백 시험장치를 이용하여 가능한 최대 높이에서 PMMA 시험편을 가격하였으나 충격력 부족으로 파괴되지 않아 파괴 후의 현상을 관찰할 수 없는 문제점이 있었다. 이는 건축용



(a) Falling ball test



(b) Pendulum test

Fig. 4 Impact testing equipments



(a) Shot bag



(b) Steel ball

Fig. 5 Impact object for the pendulum test

안전유리의 안정성을 평가하기 위한 기존 쇼트백 충격시험의 경우, 달리는 아이에 부딪혔을 때를 가정하여 가격체를 설정한 것이나, 도로변 방음판의 경우 다양한 가격체가 존재하므로 좀더 실제 상황에 가까운 시험 결과를 얻기 위해서는 가격체의 변경이 요구되었다. 이에 따라, 가격체에 의한 오차를 최소화하고 파괴 후의 파편 비산 정도를 효과적으로 파악하기 위하여 가격체를 동일한 무게의 강구로 대체하여 시험을 실시하였다(Fig. 5(b)).

3.3 내마모성

청소 등으로 인한 스크래치를 예방하기 위하여 기존 여러 시방서에서는 연필경도 4H~6H 수준을 요구하고 있다. 그러나 PC의 경우 소재가 무른 탓에 연필로 하중을 가하는 경우 표면처리를 하더라도 요구 기준을 만족시키기가 어려우며, 실제 사용 환경에서 국부적으로 하중을 가하는 연필경도 시험 방법 및 기준의 적절성 여부도 논란이 많다. 따라서 투명방음판의 내마모성 평가에 대해서는 흠먼지나 청소에 의한 긁힘 저항성을 잘 반영할 수 있는 테이버(Taber) 마모 시험이 더 적절하다고 판단된다.

여러 종류의 시편에 대해 KS M ISO 5470-1 및 KS M ISO 9352에 따라 테이버 마모 시험을 실시하였다^(7,8). CS-10F 마모륜을 사용하여 100회전, 300회전, 500회전 후의 흐림도(haze)를 각각 측정하였다. 흐림도는 전방 산란에 의해 입사광으로부터 2.5° 이하의 편차를 가지고 시험편을 지나 투과된

Table 3 Load deflection for transparent soundproof panels

Type	Size(mm)	Test load(kPa)	Elastic deflection(mm)	Permanent deformation(mm)	Remarks
A	1,960×1,000×60	2.2	28.00	3.30	
		2.9	-	-	Frame damage
	3,960×1,000×60	1.6	>150	-	Out of range
B	1,960×1,000×100	2.2	25.66	1.16	
		2.9	-	-	Frame damage
	3,960×1,000×100	1.6	83.24	7.60	
C	3,960×1,000×96	1.6	-	-	Frame damage
D	1,960×1,000×95	4.4	3.08	0.48	
		2.9	41.70	0.71	
	3,960×1,000×95	4.4	-	-	Sheet collapse
E	3,960×1,000×84	3.6	55.65	3.40	No damage
		4.4	76.06	12.51	No damage
F1	2,960×1,000×90	4.4	21.38	3.72	
		4.4	-	-	Sheet collapse
F2	3,960×1,000×90	3.6	-	-	Sheet collapse

광의 비율(%)로 정의되며, KS M ISO 14782에 따라 측정하였다⁹⁾.

4. 결과 및 고찰

4.1 내풍하중성

여러 재질과 규격의 투명방음판에 대한 시험하중 및 변위량 측정 결과를 Table 3에 나타내었다. Type A의 경우 1,960×1,000×60 mm 규격의 제품은 2.2 kPa 재하 시 내하중 등급 4호에 해당하는 기준을 만족하였으나, 내하중 등급 3호에 해당하는 시험하중인 2.9 kPa 재하 시에는 프레임부재가 손상되었다. 3,960×1,000×60 mm 규격의 제품은 1.6 kPa 재하 시 탄성 변위량이 기준을 훨씬 초과하였으나 처짐이 이 시험 장치 구성의 측정 가능 범위를 넘어 정확한 측정값은 구할 수 없었다.

Type B의 1,960×1,000×100 mm 제품은 2.2 kPa 재하 시 기준을 만족하였으나, 2.9 kPa 재하 시 프레임부재가 손상되었다. 3,960×1,000×100 mm 제품은



Fig. 6 Frame damage



Fig. 7 Sheet collapse

1.6 kPa 재하 시 프레임부재의 꺾임 등은 발생하지 않았으나, 탄성 변위량이 기준을 초과하였다.

Type C의 경우 1.6 kPa 재하 시 Fig. 6과 같이 프레임부재의 꺾임이 발생하여 내하중 등급 5호 기준도 만족하지 못하였다.

Type D의 1,960×1,000×95 mm 제품은 4.4 kPa 재하 시 기준을 만족하였다. 3,960×1,000×95 mm 제품은 2.9 kPa 재하 시 내하중 등급 3호에 해당하는 기준을 만족하였으나, 4.4 kPa 재하 시에는 투광부재에 균열이 발생하며 프레임부재로부터 이탈하였다(Fig. 7).

Type E의 경우 3.6 kPa 재하 시 허용 변위량 기준을 초과하였으나, 투광부재의 손상이나 프레임부재로부터의 이탈 등의 문제점은 발생하지 않아 프레임과 투광부재의 고정 상태가 양호한 것으로 조사되었다.

Type F1의 2,960×1,000×90 mm 제품은 4.4 kPa 재하 시 내하중 등급 1호에 해당하는 기준을 만족하였다. 그러나 Type F1과 F2의 3,960×1,000×90 mm 규격의 제품은 각각 4.4 kPa, 3.6 kPa 재하 시 투광부재에 균열이 발생하며 프레임부재로부터 이탈하였다.

결과적으로, 프레임부재 자체의 변형은 적으나 투광부재가 파손되거나 프레임부재로부터 이탈한 제품도 있었으며, 내하중 등급 1호의 하중에 대해 탄성 변위량은 기준을 초과함에도 불구하고 프레임부재와 투광부재의 고정 상태가 양호한 제품도 있었다. 따라서 풍하중을 받는 투명방음판에 대하여 제안 방법이 투광부재와 프레임부재의 안전성을 동시에 평가하는 데 효과적인 것으로 판단된다.

4.2 내충격성

투명방음판 소재 및 두께별 낙구 충격 시험 결과를 Table 4에 나타내었다.

8 mm 두께의 PMMA 시험편의 경우 낙하높이 190 cm에서 파손이 되었다. 두께 10 mm PMMA는 낙하높이 300 cm에서 파손되었으며, 이는 8 mm 두께에 비해 50% 이상의 내충격성 증가에 해당된다. 두께 12 mm의 PMMA인 경우도 마찬가지로 두께 10 mm에 비해 유사한 정도의 내충격성 증가를 나타내었다.

8 mm 두께의 PC의 경우, 낙하높이를 최대 900 cm

까지 높여 시험을 실시하였으나 시험편이 파손되지 않았다.

접합유리는 균열이 발생한 경우도 파편이 거의

발생하지 않았으며, 강구도 관통되지 않았다(Fig. 8).

PMMA는 두께의 증가에 따라 내충격성이 크게 향상된 것에 비해 접합유리는 두께가 증가한 경우에도

Table 4 Falling ball impact resistance

Specimen	Thickness (mm)	Falling height(cm)									Ball weight (g)
		130	150	190	240	300	380	480	560	900	
PMMA	8		○	×							2,260
	10			○	○	×					2,260
	12					○	○	×	×		2,260
PC	8							○	○	○	2,260
	8.4	○	○	○	○	○	△				1,040
Laminated glass	8.4	△									1,040
	8.4	○	○	○	△						1,040
	8.4	○	○	○	○	△					1,040
	8.4		○	△							2,260
	12.4		○	△	△						2,260
	16.4		△								2,260
	Heat strengthened laminated glass	10.8		△							

○ : no breakage, △ : broken, but not penetrated, × : penetrated



(a) PMMA(8T)



(c) Laminated glass(16.4T)



(b) Laminated glass(8.4T)



(d) Heat strengthened laminated glass(10.8T)

Fig. 8 The result of falling ball test(falling height: 190 cm at (a) and (b), 150 cm at (c) and (d), ball weight : 2,260 g)

Table 5 Pendulum impact resistance

Specimen	Thickness (mm)	Drop heights of impactor(unit : cm)								
		30	38	48	61	77	96	120	150	170
PMMA	8			△	△	×				
	10		△			△	×			
	12							△	×	
PC	8		○	○	○	○	○	○		
Laminated glass	8.4								△	△
	12.4	△								
	16.4	○	○	○	△					
Heat strengthened laminated glass	10.8	△								

○ : no breakage, △ : breaks safely, × : fragments separate



(a) Laminated glass (12.4T) (b) Heat strengthened laminated glass(10.8T)

Fig. 9 The result of pendulum test(drop height : 30 cm)

뚜렷한 내충격성의 향상은 확인할 수 없었다.

8.4 mm 두께의 접합유리에 대한 낙구 충격 시험 결과의 편차가 크게 나타난 이유는 유리 재질의 특성상 내충격성이 불순물에 의해 영향을 받기 쉽고, 온도 변화에도 민감하기 때문인 것으로 추정되며, KS L 2004의 낙구 충격 시험에서 6개의 시료에 대하여 시험하도록 규정한 것도 이러한 재질 특성과 무관하지 않다고 판단된다.

접합유리의 낙구 충격 시험 결과의 편차가 큰 것을 감안하면 PMMA가 접합유리에 비해 내충격 강도가 우수하다고 볼 수 있으나, 파편 발생 측면에서는 오히려 불리한 점이 있다. PMMA의 비중이 1.17~1.21 정도로 2.5인 유리에 비해 반이 안 되므로 실제 상황에서 파편으로 인한 피해 정도는 정확히 예상하기 어려우나, 두께의 증가 등을 통해 안전성을 향상시킬 필요가 있다고 판단된다.

한편, 도로 상의 화물차에서 적재된 화물이 떨어

지면서 방음판에 부딪치거나 도로 상의 돌이나 사람이 던진 돌에 의해 방음판에 충격이 가해져서 방음판이 깨지는 경우, 방음판의 파편이 2차 위험요소가 될 가능성이 있다. 이러한 영향을 검토하기 위한 진자 충격 시험 결과를 Table 5에 나타내었다.

8 mm 두께의 PMMA는 가격체 높이 61 cm의 충격에서는 파괴가 되었으나 파편의 결락으로 인한 노출 부분은 발생하지 않았으며, 높이 77 cm의 가격체 충격에 의한 파괴 시 발생한 파편은 시료로부터 약 1 m 거리에 떨어졌다. 시료의 두께가 두꺼워질수록 내충격 강도는 상당히 증가하는 것으로 조사되었다.

두께 8 mm PC의 경우, 가격체의 높이를 38~120 cm로 변화시키면서 가격하였으나 시험편은 깨지지 않았다.

접합유리의 경우, 8.4 mm 두께의 시험편에 대해 가격체의 높이를 170 cm로 하여 시험한 경우에도 시험편에 균열은 심하게 발생하였으나, 파편이 필름에 고정되어 파편의 결락은 발생하지 않았다. 12.4 mm 두께의 접합유리와 10.8 mm 두께의 배강도 접합유리에 대해 가격체 높이 30 cm에서 시험한 결과, 더 얇은 두께의 배강도 접합유리가 일반 접합유리보다 균열 발생이 적었다.

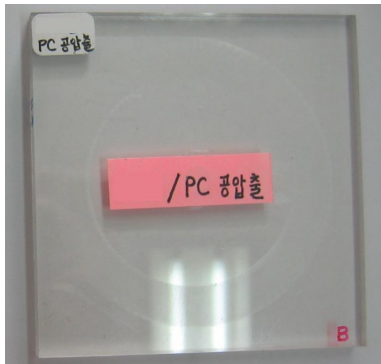
4.3 내마모성

투명방음판의 표면경도 평가와 관련하여 여러 종류의 시편에 대하여 테이버 마모 시험을 실시하고 연필경도 시험 결과와 비교하여 Table 6에 나타내었다.

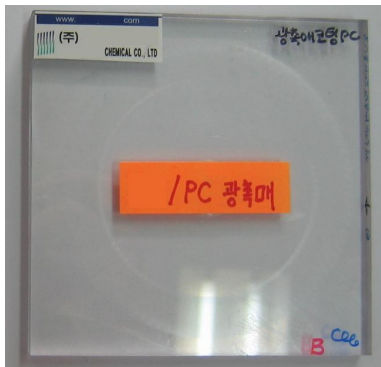
연필경도 시험은 도장 용융 아연도금 강판 및 강대에 대한 규격인 KS D 3520에 따라 시행하였으며,

Table 6 Variation of haze value after Taber abrasion

Specimen		Pencil hardness	Initial haze (%)	$\Delta H(\%)$		
				100 turns	300 turns	500 turns
PC	Original	2B	0.2	24.1	28.1	29.7
	Co-extruded	2B	0.4	24.0	27.6	31.9
	TiO ₂ -coated	B	0.8	19.0	-	-
PMMA	Original	3H	0.7	12.0	16.2	18.4
	Anti-pollution-coated	5H	1.7	14.3	21.8	-
Laminated glass		9H	0.2	0.3	-	-



(a) Co-extruded PC

(b) TiO₂ coated PC**Fig. 10** Specimens after abrasion

연필은 미쓰비시 연필로 방음판에 대해 약 45°를 유지하면서 10 N의 하중을 가하여 측정하였다⁽¹⁰⁾. 시험 결과, PMMA의 연필경도는 3H~5H 정도로 나타났다.

PC의 연필경도는 2B~B 수준으로 PMMA에 비해 낮은 것으로 조사되었다. 따라서 높은 표면경도가 요구되는 환경에서 PC를 사용하기 위해서는 하드 코팅(hard coating) 등의 표면처리가 필수적이다.

테이버 마모 시험은 마모 시험을 실시하기 전에 흐림도를 측정하고 100회전, 300회전, 500회전 후의 흐림도를 측정해서 흐림도 변화(ΔH)를 구하였다. Fig. 10은 공압출 PC, 그리고 TiO₂ 광촉매 코팅 PC 시험편에 대하여 테이버 마모 시험을 시행한 후의 시험편으로서 육안으로 원형 자국을 쉽게 확인할 수 있다.

최근 내마모성 평가와 관련하여 세척 기술의 향상, 내오염 기능성 코팅 기술 개발 등으로 브러시 청소에 의한 스크래치 발생을 방지하기 위해 요구되던 내마모성에 대한 필요성이 감소하고 있으므로, 고내마모성이 요구되는 경우에 한하여 JIS K 6735에서 제시하고 있는 내마모용 PC의 내마모성 기준인 테이버 마모 시험(100회전) 후 흐림도 변화(ΔH) 15% 이하를 만족하는 수준이 적절할 것으로 판단된다⁽¹¹⁾.

5. 결 론

이 연구에서는 투명방음판의 품질기준을 정립하기 위한 일환으로 투광부재로 사용되는 소재들의 특성을 감안한 기계적 물성 및 안전성 평가방안을 검토하였다. 내풍하중 성능을 평가하기 위한 허용 최대 변위량은 KS F 4770-1의 기준을 준용하되 투광부재와 프레임으로 구성되는 투명방음판의 구조적 특성을 감안했을 때 3등분점 집중하중 시험방법은 적절하지 않으므로, EN 1794-1의 등분포 하중재하 시험 방법을 응용하여 제안하였다. 내충격성 시험은 접합유리 한국산업규격인 KS L 2004를 참고하여 충격에 의해 투명방음판이 손상되지 않아야 할 최소한의 성능 기준을 설정하기 위해 낙구 충격 시험을 제안하고, 충격 후 파편 비산에 따른 2차 피해 예방을 위해 진자 충격 시험의 적용을 제안하였다. 다만 진자 충격 시험은 가격체에 따른 시험 오차를 최소화하고 파편 결락 상태를 효과적으로 확인하기 위해 기존의 쇼트백 가격체를 동일 무게의 강구로 교체하는 것으로 제안하였다. 내마모성 평가는 실제 청소 작업 환경을 감안하여 국부적인 하중을 가하는 연필경도 시험보다는 테이버 마모 시험에 의한 평가가 더 적절할 것으로 판단되며, 최근 세척 기술의 향상, 기능성 코팅 기술 개발 등으로 내마모성에 대한 필요성이 감소하고 있으므로, 고내

마모성이 요구되는 경우에 한하여 JIS K 6735에서 규정하는 내마모용 PC의 내마모성 기준을 준용하는 것이 바람직하다고 판단된다.

참 고 문 헌

(1) Kang, K. B., 2005, Transparent Plastic Materials for Display Industry, Korea Institute of Science and Technology Information.

(2) Kim, K. H., Lee, S. H., Song, T. H. and Kim, D. H., 2009, Practical Use Technology Development of Laminated Glass, Korea Institute of Construction Technology.

(3) Korean Agency for Technology Standards, 2001, KS F 4770-1; Soundproof Panel-Metal.

(4) Heo, Y. and Kim, H. S., 2003, "Investigation and Analysis of Regulations for the Safety of the Noise Barrier," Transactions of the Korean Society for Noise and Vibration Engineering, Vol. 13, No. 9, pp. 730~730.

(5) CEN, 2003, EN 1794-1; Road Traffic Noise

Reducing Devices - Non-acoustic Performance, Part 1: Mechanical Performance and Stability Requirements.

(6) Korean Agency for Technology Standards, 2003, KS L 2004; Laminated Glass.

(7) Korean Agency for Technology Standards, 2002, KS M ISO 5470-1; Rubber-or Plastics-coated Fabrics-determination of Abrasion Resistance - Part 1 : Taber abrader.

(8) Korean Agency for Technology Standards, 2007, KS M ISO 9352; Plastics-Determination of Resistance to Wear by Abrasive Wheels.

(9) Korean Agency for Technology Standards, 2008, KS M ISO 14782; Plastics-determination of Haze for Transparent Materials.

(10) Korean Agency for Technology Standards, 2008, KS D 3520; Prepainted Hot-dip Zinc-coated Steel Sheets and Coils.

(11) Japanese Industrial Standards Committee, 2006, JIS K 6735; Plastics-polycarbonate Sheets-Types, Dimensions and Characteristics.