

長期耐久性に優れる透光板材料の採用検討

首都高速道路株式会社正会員 ○引地 宏陽

首都高速道路株式会社正会員 蔵治 賢太郎

首都高速道路株式会社正会員 染谷 厚徳

1. はじめに

首都高速道路における透光型遮音壁の設置箇所は高架構造が多いことから、材料には耐衝撃性に優れるポリカーボネートを採用してきた。これは、積荷等の衝突により部材が破損した場合においても、破片落下による第三者被害が生じるリスクが極めて低いためである。しかし、ポリカーボネートは紫外線によって黄変・白濁してしまったり、耐衝撃性が低下し、衝撃が加わった時にパネルが割れてしまったりする事象が確認されている。

そのため、ポリカーボネートよりも耐候性・耐久性に優れる透過材料を選定し、透光型遮音壁として採用することを検討した。

2. 試験材料及び試験項目

以下に示す5つの新材料を選定し、各材料について表-1に示す試験を行った。

「難燃性積層アクリル」は、3mmのアクリル板2枚を3mmのアクリル樹脂で接着した材料である。アクリル樹脂はアクリル板同士の接着だけでなく、衝撃を受けた際、衝撃力を吸収する役割も担っている。アクリルは可燃物だが、難燃材を添加することにより自己消火性を確保している。

「化学強化合わせガラス」は、3mmの化学強化ガラス2枚を1.5mmのPVB（ポリビニルブチラル）樹脂で接着した材料である。衝撃を受けて割れても破片がPVB樹脂に接着し、飛散が抑制される。化学強化ガラスとは、ガラス表面のナトリウムイオンをカリウムイオンに置換させることでイオン径を大きくし、表面圧縮応力を増大させ強度を向上させたものである。ガラスが割れた際の破片が微細になる特徴を持っている。

「バイオマスプラスチック」は、トウモロコシのでんぷん等植物を原料とした樹脂製品であり、車の内装等に使われている。燃焼しても燃焼熱が低い上、ダイオキシンが発生しないといった特徴を持っている。

フッ素樹脂は「ETFE(ポリテトラフルオロエチレン)」と呼ばれおり、耐衝撃性や耐候性に優れる材料である。材料の厚さが0.33mmしかないことから、極めて軽量である。また、より耐候性に優れた「ECTFE(ポリクロロトリフルオロエチレン)」(t=0.3mm)も今回検討対象とした。

これまで採用してきたポリカーボネートは、紫外線で劣化しやすい単一材料であったため、黄変・白濁が生じてしまっていた。この短所を改善するために、ポリカーボネート板の両面にポリカーボネート樹脂と紫外線吸収剤を混ぜ合わせ押出成形をした「ポリカーボネート（共押）」の採用が広がってきていることから、今回検討対象とした。

表-1 試験概要

試験名	試験方法	参考
強度試験	部材に対し、枠材を含まない透光部材の面積部分に砂袋等で再現した風荷重3.0kN/m ² 相当の荷重を等分布載荷し、除荷後、破損の有無、変形状況を確認する。	NEXCO試験方法 ¹⁾
耐衝撃性試験	突起のついた3.0kNの鉄球を高さ950mmから振り子状に部材に衝突させ、割れ等で破損した部材破片の総重量、破片最大重量の測定を行う。	
耐燃性・滴下性試験	耐燃性試験は、透光部材に、温度を800度以上に調整した炎を1分間加熱し、着火状態を確認する。着火しない場合は、試験材の交換は行わず同一面を燃焼させ、30秒単位で燃焼時間を増やし、合計2分間加熱し、再び着火状態を確認する。滴下性試験は、耐燃性試験後、燃焼を再開し、炎が当たった部分が焼失した時点もしくは8分30秒（耐燃性試験と合わせて10分30秒）経過した時点で、着火状態及び滴下物が有無を確認する。	
音響透過損失試験	密閉された空間で、音源側で音を発生させ、試験体を透過してきた音を受音側で測定し、音響透過損失量を測定する。	JIS A 1416
耐候性試験	試験機に設置した透光部材に実際の太陽光に近い紫外線を人工的に照射し耐候性を評価する。なお、試験時間は実量20年相当とされる5000時間を採用した。	JIS K 7350-4
耐飛び石性試験	射出試験装置により加撃体を21.0m/sで1部材当たり計6か所衝突させ、1か所ごとに損傷を判定する。	NEXCO試験方法 ¹⁾

キーワード 透光板, 遮音壁, 道路景観, ポリカーボネート, 耐久性, 耐候性

連絡先 〒100-8930 東京都千代田区霞が関 1-4-1 (日土地ビル) 首都高速道路株式会社 T E L 03-3539-9422

表-2 各材料の性能確認試験結果

試験項目	材料名	アクリル	ガラス	バイオ	フッ素		ポリカ
					ETFE	ECTFE	
荷重強度		弾性範囲内	弾性範囲内	弾性範囲内	弾性範囲内	弾性範囲内	弾性範囲内
耐衝撃性 ①飛散防止率 ②破片最大重量		破損しない	①99.8% ②0.7g	破損しない	破損しない	破損しない	(破損しない)
耐燃性		着火後20分未満で自消	着火なし	着火後20分未満で自消	着火後焼失 滴下なし	着火後焼失 滴下なし	着火後20分未満で自消
滴下性		着火あり 滴下あり	着火なし 滴下なし	着火あり 滴下あり			着火あり 滴下あり
耐候性 ①黄変度 ②黄色度 ③曇価の変化量 ④全光線透過率		①1.39 ②2.8 ③2.9% ④91.3%	①-0.41 ②0.86 ③1.56% ④89.5%	①2.21 ②-0.20 ④4.52% ⑤83.6%	①0.18 ②3.26 ③10.32% ④88.6%	1000hの結果 ①-0.01 ②1.34 ③2.07% ④92.3%	①3 ②3 ③3% ④80.0%
音響透過損失 ①400Hz時の損失 ②1000Hz時の損失		①27.3dB ②33.8dB	①29.7dB ②35.4dB	①27.5dB ②34.1dB	①9.0dB ②13.1dB		①25.2dB ②32.0dB
耐飛び石性		材料内部のクラック	衝撃痕無し	衝撃痕無し	衝撃痕（凹み）有り	衝撃痕（凹み）有り	衝撃痕無し

3. 試験結果

各材料の性能確認試験結果を表-2 に示す。

難燃性積層アクリルは、耐燃性試験を行うと着火し黒煙が出るが、20 分未満で自消した。その後、滴下性を確認するために燃焼を再開すると、黒い液体となりポタポタと滴下したが、下枠を張り出すことでこれを受け止めることが出来た。耐飛び石性試験では衝撃により中間層であるアクリル樹脂付近にクラックが生じるが、表面割れは確認されなかった。

化学強化合わせガラスは、耐衝撃性試験を行うと割れが生じ、微細な破片が飛び散った。しかし、飛散量が少量（飛散防止率 99.8%）であり、破片最大重量も 0.7g と極めて軽量であった。耐燃性・滴下性試験では着火せず、滴下が生じなかった。

バイオマスプラスチックは、耐燃性試験を行うと着火するが瞬時に自消した。また、アクリルと異なり、黒煙が出ることは無かった。滴下性試験を行うと、部材が溶け水飴のように滴下した。

フッ素樹脂フィルム（ETFE、ECTFE）は耐衝撃性試験を行うと、フィルムが弾性であるため、鉄球の衝撃を吸収して跳ね返し、突起が当たった部分に関しては穴が開く結果となった。耐燃性試験では燃焼後すぐに部材が焼失するため、着火・滴下は見られなかった。音響透過損失試験では、フィルムが 1 枚であると損失量が非常に小さく、フィルムを異なる間隔で 3 枚並べれば基準値を満たすことが分かった。なお、ECTFE の耐候性試験については現在試験中であるため、表-2 は 1000 時間の結果を示している。

ポリカーボネート（共押）は同系材料であるバイオマスプラスチックと類似した性能を示した。ただし、滴下性試験での材料の滴下状況には違いがあり、黒い煤状の滴下物が流れる結果となった。

4. まとめ

試験結果から、採用検討材料が優れた性能を有していることがわかった。このことから、首都高速道路要領を性能規定化した²⁾。これにより、化学強化合わせガラス、難燃性積層アクリル、バイオマスプラスチック、ポリカーボネート（共押）の採用が可能となった。なお、フッ素樹脂フィルムは、1 枚では音響透過損失性能を満足しないため、透光型遮音壁材料としては採用できないが、衝撃を受けた際に弾力的な挙動を示すため、ライダー落下防止柵として活用することを予定している。

参考文献

- 1) NEXCO 試験方法 第 9 編 環境関係試験方法（平成 30 年 3 月）：東日本高速道路株式会社、中日本高速道路株式会社、西日本高速道路株式会社
- 2) 附属施設物設計施工要領 第 4 編 [遮音壁編]（平成 30 年 12 月）：首都高速道路株式会社