令和元年 8 月 5 日

ハルトコーティング塗布によるガラスの衝撃強度向上の確認試験

大阪工業大学　工学部　教授
西川　出

目的

ガラスの耐衝撃性を向上する一手法としてガラスコーティングが考えられる。
本試験はガラスコーティング（ハルトコーティング）によってどの程度ガラスの衝撃強度が向上するのかを定量的に明らかにすることを目的とする。

試験方法

市販のフロートガラスを試験対象とする。試験片は 100mm×100mm×2mm 厚のフロートガラス板である。このガラス板にハルトコーティングを施したものを処理材、このコーティング処理を施さないもの(バージン材）を未処理材と称することにする。

衝撃試験機にはΦ13 の丸棒をポールとするスタンドを使用した。ポールの長さは 2m である。このポールにマグネットスタンドのマグネット部を逆さに装着できるように字具を作成し、マグネット部を固定した。このマグネット部に鉄球を保持させる構造とした。落球させる鉄球はマルテンサイト系ステンレス鋼 SUS403 の球であり、64g と 95g の 2 種類の球を用いた。球の落下場所は試験片の中心部となるように試験片固定ベースをセットした。このベースは 100mm×100mm×50mm の S45C 鋼製で十分硬度の高いものを採用した。これにより落球のエネルギがすべてガラスに伝わるようにした。落下高さを調節することにより、落下エネルギーを変化させ、そのエネルギーで試験片が破壊するか否かを判定した。それぞれの落下エネルギーに対して基本的には n=5 で試験することとした。

図 1　落球衝撃試験機

図 2　鋼球把持部

図 3 試験片固定用ベース

試験結果

64g の鉄球による試験結果のうち、未処理材に対して落球試験を行った結果を表 1 に、ハルトコーティング処理を施したもの（処理材）に対して落球試験を行った結果を表 2 に示す。

表１　64g の鉄球による未処理材の試験結果

落下高さ	破壊
300mm	○
250mm	×
250mm	○
250mm	×
250mm	○
250mm	○
240mm	○
240mm	×
240mm	×
240mm	×
240mm	○
230mm	×
230mm	○
230mm	×
230mm	×
230mm	×

表２　64g の鉄球による処理材の試験結果

落下高さ	破壊有無
350mm	×
350mm	○
350mm	○
350mm	×
350mm	○
340mm	○
340mm	×
340mm	×
340mm	×
340mm	○
330mm	×
330mm	×
330mm	×
330mm	○
330mm	×

次に 95g の鉄球による試験結果のうち、未処理材に対して落球試験を行った結果を表３に、ハルトコーティングを施したもの（処理材）に対して落球試験を行った結果を表４にまとめて示す。

表３　95g の鉄球による未処理材の試験結果

落下高さ	破壊有無
300mm	○
200mm	○
100mm	×
100mm	×
100mm	○
100mm	○
100mm	×
80mm	×
80mm	×
80mm	○
80mm	×
80mm	×

表 4　95g の鉄球による処理材の試験結果

落下高さ	破壊有無
200mm	○
200mm	○
200mm	×
200mm	×
200mm	○
200mm	×
180mm	×
180mm	×
180mm	×
180mm	×
180mm	○
160mm	×
160mm	○
160mm	○
160mm	○
160mm	○
140mm	×
140mm	×
140mm	×
140mm	×
140mm	×

表 1 ～表 4 の試験結果を用いて、落下高さから下記の式により鉄球落下によりガラス試験体に加えられるエネルギーを求めた。ガラス試験体に加えられるエネルギーは鉄球の位置エネルギーE に等しいとして求めた。

$$E = mgh$$

ここで m は鉄球の質量[kg]、g は重力加速度 9.80665[m/s^2]、h は落下高さ[m]である。

これらのエネルギーを加えた場合にガラス試験体に破壊が生じる確率を求め、それぞれ表 5～表 8 にまとめた。

表 5　64g の鉄球による未処理材の試験結果

落下高さ[m]	エネルギーE[J]	破壊確率
0.300	0.188	1.0
0.250	0.157	0.6
0.240	0.151	0.4
0.230	0.144	0.2

表 6　64g の鉄球による処理材の試験結果

落下高さ[m]	エネルギーE[J]	破壊確率
0.350	0.220	0.6
0.340	0.213	0.4
0.330	0.207	0.2

表 7　95g の鉄球による未処理材の試験結果

落下高さ[m]	エネルギーE[J]	破壊確率
0.300	0.279	1.0
0.200	0.186	1.0
0.100	0.0931	0.4
0.080	0.0745	0.2

表 8　95g の鉄球による処理材の試験結果

落下高さ[m]	エネルギーE[J]	破壊確率
0.200	0.186	0.5
0.180	0.168	0.2
0.160	0.149	0.8
0.140	0.130	0.0

これらの結果を試験に用いた鉄球別に図にまとめなおしたものが図 4 および図 5 である。

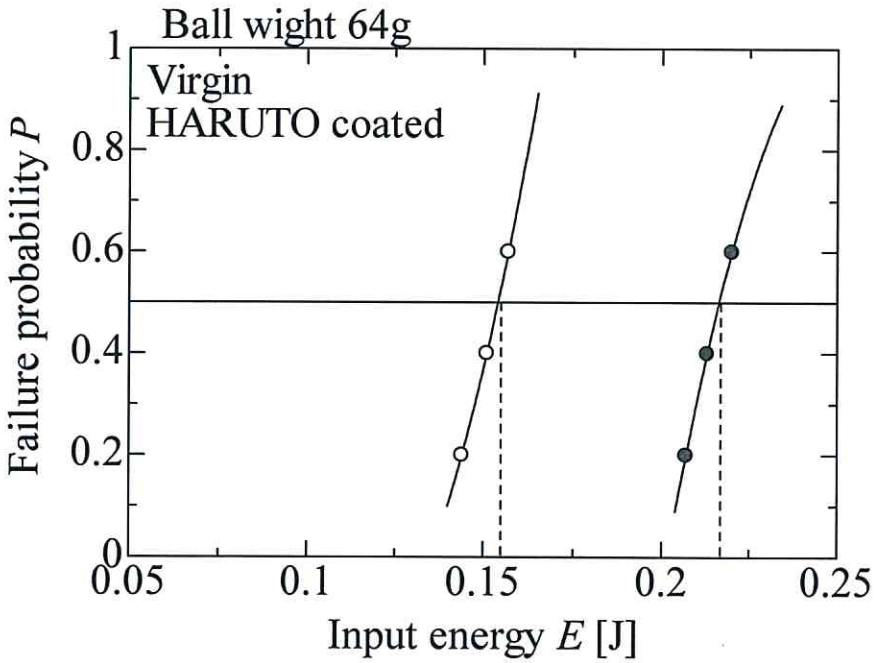

図 4　64g の鉄球による試験結果の比較

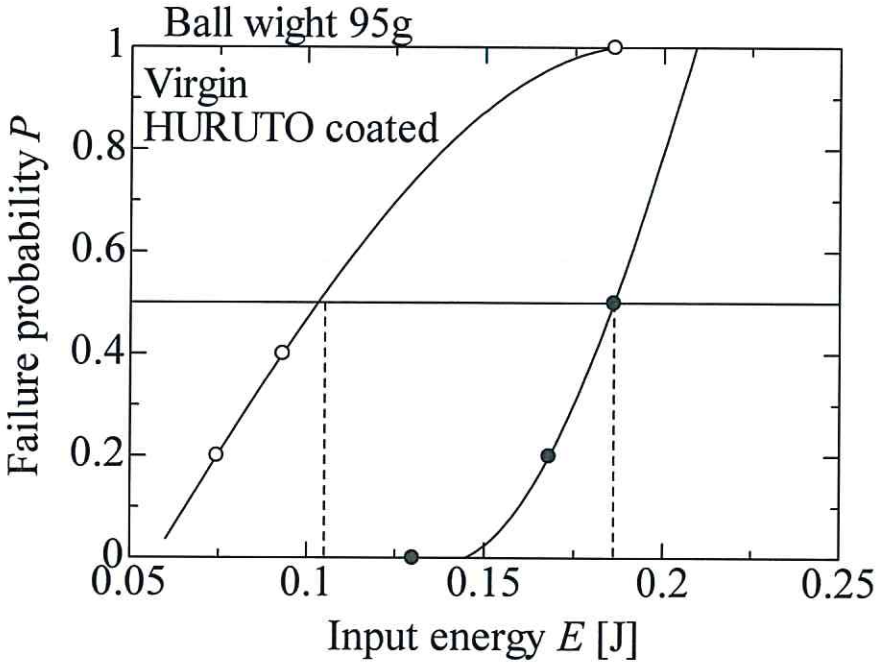

図 5　95g の鉄球による試験結果の比較

破壊確率 50%の時のエネルギーを試験体の耐衝撃強度と定義すると、64g の鉄球を用いた結果の図 4 からは未処理材の破壊エネルギーは0.155[J]、処理材の破壊エネルギーはおよそ0.217[J]と読みとれる。また 95g の鉄球を用いた結果の図 5 からは未処理材の破壊エネルギーは 0.105[J]、処理材の破壊エネルギーは 0.186[J]と読みとれる。これらの結果を総合すると、ガラス試験体にハルトコーティングを施すことによって未処理材に比べ 64g 落球試験では 1.4 倍程度、95g 落球試験では 1.77 倍程度の強度向上が生じていることがわかる。

結論

ハルトコーティングによりガラスの耐衝撃強度が 1.4～1.7 倍程度向上し、このコーティングにより有意な耐衝撃強度向上効果が認められることがわかった