熱可塑性ポリエステルエラストマー成形品の変形挙動 —ハニカム型成形品の圧縮変形解析—

(第29巻第5号掲載)

磯貝 悠美子*・古市 謙次*・住山 琢哉*・山下 勝久*・野々村 千里*

熱可塑性ポリエステルエラストマーは、ゴムとエンジニアリングプラスチックの両方の特性を有しており、衝撃緩衝材として建築用芯材、家具材、車両材などへの適用が進んでいる。なかでもハニカム型構造を持つ落橋防止装置用の緩衝材は、衝撃緩衝材としての代表的な用途の一つである。

ハニカム型構造は、蜂の巣状の正六角形の断面を持つセルが多数集まった構造を有しており、そのセル壁の厚み、セルのサイズ等の構造パラメータの変更によって衝撃緩衝材としてのエネルギー吸収性能を調整できる。

ハニカム型緩衝材に使用される素材としては、アルミニウムや複合材からなる薄肉のパネルを対象として、衝撃特性に関する研究が報告されている。一方、樹脂単体から成るハニカム型構造の衝撃緩衝材では、成形の都合上そのセル壁がテーパを含んだ厚肉となる。そのため形状因子がエネルギー吸収性能に与える影響は、アルミハニカムのようなセル壁が均一かつ薄肉のものよりも複雑になる。さらにこれら形状の要因に加え、樹脂材料そのものの複雑な力学挙動のため、エネルギー吸収性能に与えるそれぞれの要因の影響は十分に明らかにされていない。

熱可塑性ポリエステルエラストマーの優れた性能を生かし、ハニカム型緩衝材の用途を拡大するためには、複数のセルから構成される形状やセル壁のテーパ、吸収性能を調節するために緩衝材の端面に施されたセル壁の切欠の役割などを明確にすることが重要な課題の一つである。本研究では、熱可塑性ポリエステルエラストマー製のハニカム型構造の緩衝材を対象として、セル壁のテーパ構造や切欠が緩衝材のエネルギー吸収特性（荷重－変位曲線）に及ぼす影響について、圧縮試験と理論解析、および有限要素法による数値解析を用いて以下のことを明らかにした。

(1) 圧縮試験と理論解析による評価

一般的なハニカム型緩衝材の圧縮時における荷重－変位曲線は、その特徴から、セル壁の弾性変形領域（領域Ⅰ）、セル壁の塑性座屈変形を伴うプラトー領域（領域Ⅱ）、セル壁の緻密化領域（領域Ⅲ）に分類できる。これら3つの領域について、圧縮試験、理論解析による評価を実施した。

領域Ⅰの弾性変形領域の荷重－変位曲線は、単一のハニカムセルの理論を複数セル用に拡張した理論を適用することにより、圧縮子とセル壁の初期の接触面積のみから影響を受けることが分かった。したがって、セル壁に施された切欠は、初期の接触面積を減らすことで荷重の極大値を低下させる役割を担うことになる。領域Ⅱのプラトー領域においては、座屈変形によるセル壁の接触と厚みが影響する。このため、テーパ構造を無視してセル壁の均一厚みを仮定する理論解析の結果は実成形品の荷重－変位曲線を正確に表せないことを明確にした。また、領域Ⅲのセル壁の緻密化の位置は、セル壁のテーパ構造が接触箇所へ影響するため、領域Ⅱと同様に理論解析では実測を表すには不十分であることがわかった。これらを踏まえると、有限要素法を用いた荷重－変位曲線の評価が必要となる。

(2) 有限要素法による評価

ハニカム型緩衝材の有限要素法による数値解析的な評価では、圧縮時のセル壁の座屈において曲げ変形の影響が大きいため、構成則の材料定数は曲げ試験から同定しなければならぬ。そこで、実成形品から切り出した試験片の曲げ試験から材料定数を決定した。

有限要素法による圧縮解析の結果、領域Ⅰにおいては、理論解析における評価と同様にセル壁の切欠が、初期荷重の極大値を低下させることがわかった。つまり、切欠は周辺部材に生じる衝撃荷重（最大荷重）を抑制する役割を果たすことが明確に示された。また、領域Ⅱ、Ⅲにおいて、セル壁のテーパ構造はプラトー領域の荷重値、およびセル壁が緻密化を開始する位置に影響を及ぼすことを明らかにした。このように、ハニカム型緩衝材の実製品形状を有限要素法により正確にモデル化することにより、圧縮試験における荷重の極大値とその時の変位量を定性的に再現することが可能となった。ただし、プラトー領域の荷重値およびセル壁が緻密化を開始する位置の予測には、実測で得られる座屈モードの再現が課題として残る。

Resume of the Paper Receiving the JSPP Best Paper Award

* 東洋紡(株) 総合研究所

* Isogai, Yumiko

* Furuichi, Kenji

* Sumiyama, Takuya

* Yamashita, Katsuhisa

* Nonomura, Chisato