

接着構造中空部材の軸圧縮

Dynamic Axial Compression of Adhesive-Bonded Tubular Structure

山下 実^{*1}, 服部 敏雄^{*2}Minoru YAMASHITA^{*1} and Toshio HATTORI^{*2}^{*1} Center for Advanced Die Engineering and Technology, Gifu University, Gifu, 501-1193, Japan^{*2} Dept. of Mechanical and Systems Engineering, Gifu University, Gifu, 501-1193, Japan**Key Words** : Crush deformation, Adhesive-bonded structure, Impact

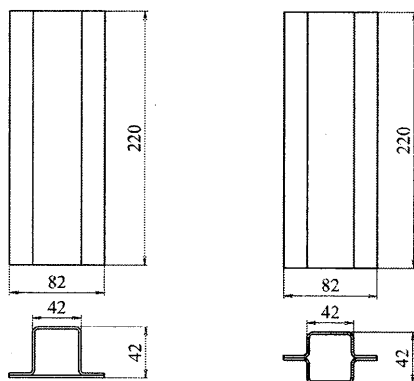
1. 結 言

車両衝突時に強度部材がいかにかうまく衝撃エネルギーを吸収するかということが乗員保護に対して極めて重要で、多くの研究が行われている¹⁻³⁾など。本研究では、純アルミニウム A1050 とその合金 A5052 板を用いて製作した接着構造のハット型断面筒状体の衝撃軸圧縮試験を行い、変形挙動を調査・検討した。さらに、数値シミュレーションで実験現象の再現を目的に試行的な計算を行い、断面形状、板厚、接着層の厚さが変形に及ぼす影響を検討し、接着部のはがれ挙動についても注目した。

2. 実験条件および実験方法

筒状体は Fig.1 に示すように、ハット部品と平板またはハット部品どうしを接着したものである。供試材は公称板厚 1 mm の純アルミニウム A1050-H24 とアルミニウム合金 A5052-H34 で、Table 1 に機械的特性を示す。ハット部品は半径 3 mm の V 曲げで製作した。接着剤はエポキシ液加熱硬化タイプ(イイダ産業製 OROTEX4901, せん断接着強さ: 約 25.5~27.0 MPa[1.6', SPC 使用], T 字剥離強さ: 140~190 N/25mm[0.8', SPC 使用])を用いた。

落錘式衝撃試験機を使用し、質量 29 kg の落錘を筒状体に 10 m/s で衝突させた。高速変形の様子は高速度ビデオカメラで記録した。圧縮荷重はロードセルで検出し、圧縮荷重を材料部分の横断面積で除して、圧縮応力を計算した。また、クラッシュ強度(繰返し座屈変形中の平均的圧縮応力)で評価した。



(a) Hat-Plate (Type I) (b) Hat-Hat (Type II)

Fig.1 Geometries of tubular structures

Table 1 Mechanical properties of sheet materials.

Material	C (MPa)	n	U.T.S.(MPa)	E (%)
A1050-H24	149.7	0.023	132	1.5
A5052-H34	399.1	0.148	248	8.3

Plastic property: $\sigma = C\varepsilon^n$

U.T.S.: Ultimate tensile strength

E: Total elongation

^{*1} 正員, 岐阜大学 金型創成技術研究センター (〒501-1193 岐阜市柳戸 1-1)^{*2} 正員, 岐阜大学 工学部

E-mail: minoruy@gifu-u.ac.jp

3. 実験結果と考察

各種実験条件における変形パターンを Fig.2 に示す. いずれの条件でも筒状体は繰返し座屈変形を呈し, ハット部と平板部は分離しないものの接着部に隙間が生じた. 繰返し座屈変形形状に関して, A1050 のものは A5052 のものよりも不規則であった. これは, A1050 は n 値が比較的小さいため一種の塑性不安定現象を発現しやすいことによるものと考ええる. A5052 について, Type II 筒状体は接着部の隙間があまり見られなかった. この理由は, Type II は接合面に関して対称形状であるため, 一旦, 座屈変形を生じると座屈周期が両部品で一致するため, 接合面に対して垂直方向の力が過大になりにくいと考えられる. 繰返し座屈変形中のクラッシュ強度を Fig.3 に示す. 横軸には材料の U.T.S.を採った. 200 MPa 近傍のプロットはハット部を A5052, 平板を A1050 で製作した筒状体のもので, 断面割合を考慮して決めたものである. 角部の多い Type II のものは Type I の約 1.7 倍になった. 材料の違いによるクラッシュ強度の変化率は U.T.S.の変化率よりも小さかった.

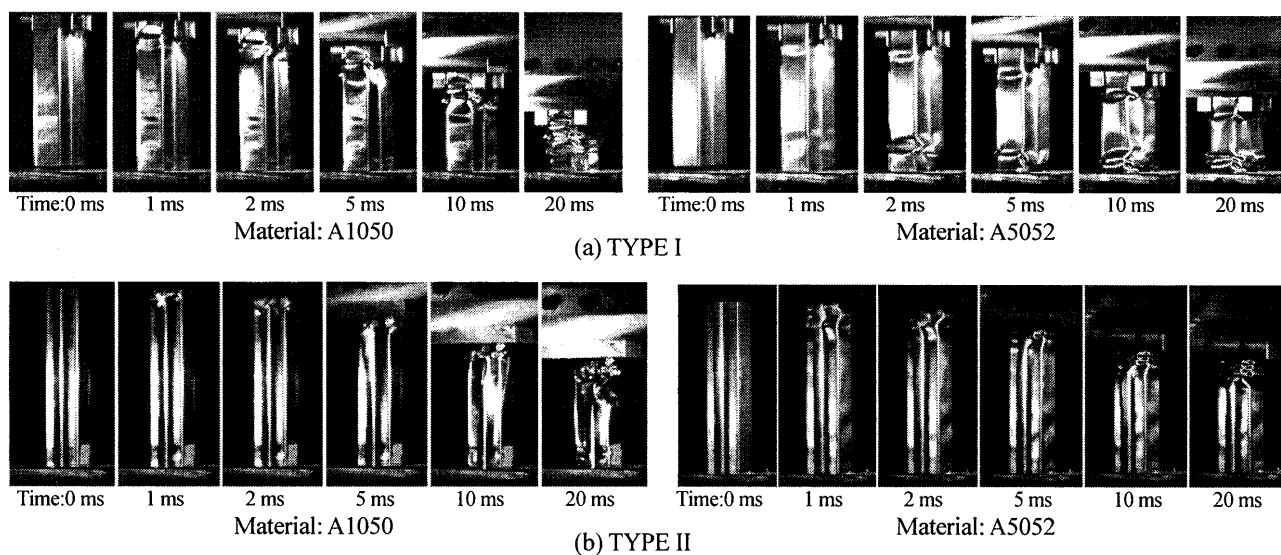


Fig.2 Progressive deformation patterns of tubular structures

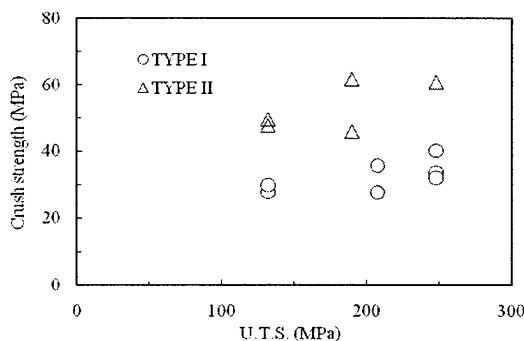


Fig.3 Crush strengths for various tubular structures

4. 接着構造中空部材の試行数値計算

計算に用いた筒状体モデルは Type I と Type II の 2 種類である. 実験で見られた接着部の挙動を再現することを狙った. ここでは, ハット部材のハット高さは Type I, II とも 40 mm, 横幅は 80 mm とし, 角部半径は 2.5 mm とした. 軸方向長さは 220 mm である. 筒状体は 4 節点四辺形シェル要素で離散化し, 対称な断面形状であるがモデル全体を解析対象とした. フランジ部の接着剤は 8 節点六面体要素で表した. 動的陽解有限要素法コード DYNA3D(Public domain version)⁴⁾を用いた. 筒状体の板厚は 0.5, 0.8, 1.0, 1.2, 1.5 mm, 接着剤の厚さは 0.3, 0.5, 0.7 mm としてパラメータ計算を行った. ドロップ・ハンマーについては, モデルの節点に初速度 10 m/s を与えた.

板材はひずみ速度依存性を含まない等方性弾塑性材料を仮定し, 塑性硬化特性として実験材料と同様に設定した. 境界面の静摩擦係数は 0.3, 動摩擦係数は 0.2 を仮定した. 接着剤については, ヤング率 10 GPa, 降伏応力

100 MPa 一定の弾塑性体を仮定した。相当塑性ひずみが2を超えるとその要素は強度を持たない特性となるよう設定し、接着層の破壊現象を表すことでフランジ部のはがれ挙動のシミュレートを試みた。

変形形状を Fig.4 に示す。Type I の A1050 では圧縮変形の後半まで繰返し座屈変形が継続し、フランジ部のはがれはほとんど見られなかった。A5052 では剥がれが顕著で繰返し座屈変形をほとんど示さなかった。一方、この材料の実験では、剥がれは目立つものの繰返し座屈変形を呈した。接着材の計算モデルについて現在の試行的条件に対して改善が必要である。Type II については、A1050 を想定した場合、繰返し座屈変形挙動に乱れが生じた。これは実験現象と同様であった。

A5052 の計算についてクラッシュ強度を Fig.5 に示す。Type I で繰返し座屈を示さない時は黒塗りでプロットした。接着層厚さの影響は、板厚が薄い時にはわずかに見られた。通常、クラッシュ強度は板厚の2乗弱に比例するとされている。本計算結果ではほぼ線形比例しており、接着フランジ部の剥れを伴う変形挙動が影響したものとする。

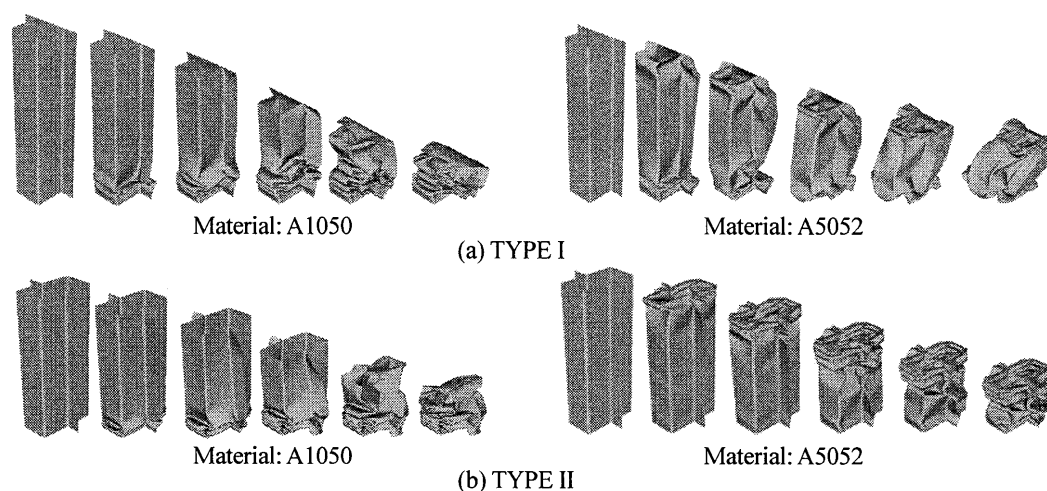


Fig.4 Progressive collapse patterns in computation

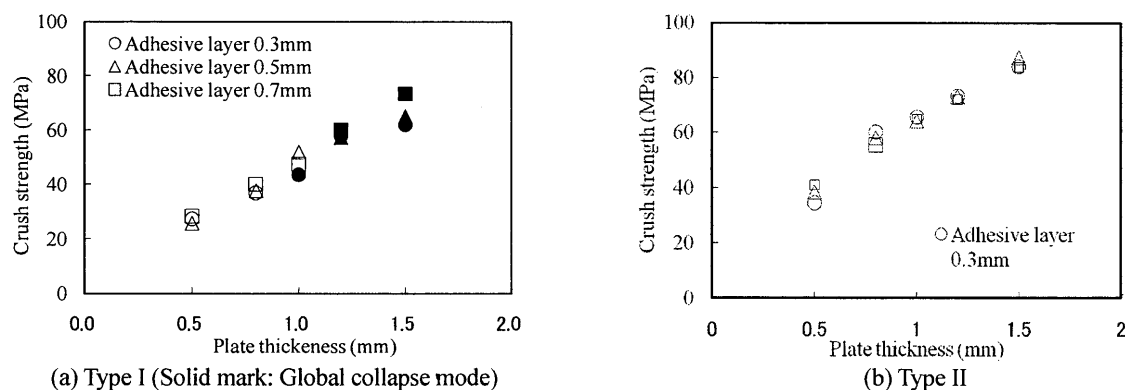


Fig.5 Crush strength under various conditions (Material: A5052)

参考文献

- (1) M. Langseth and O.S. Hopperstad, Static and dynamic axial crushing of square thin-walled aluminium extrusions, *Int. J. Impact Engng.*, Vol. 18 (1996) pp. 949-968.
- (2) 山下実, 後藤學, 高橋隆博, 澤入安彦, “各種ハット型断面を持つ強度部材の軸方向衝撃圧潰(第1報, 落錘衝撃試験機を用いた実験)”, 日本機械学会論文集(A編), Vol.68, No.668 (2002), pp.668-673.
- (3) Yamashita M., Gotoh M. and Sawairi Y., “Axial Crush of Hollow Cylindrical Structures with Various Polygonal Cross-sections - Numerical Simulation and Experiment”, *J. Mater. Proc. Technol.*, Vol.140 (2003), pp.59-64.
- (4) Halliquist J. O., *DYNA3D user's manual*, (1989).