

S7-3-7.

アルミニウムダブルスキン構造の変形圧潰モードおよびエネルギー吸収特性

○ [機] 林 沛 征 (工学院大学大学院) [機] 川 崎 健 (日立製作所)
[機] 大場 英資 (日立製作所) [機] 小久保 邦雄 (工学院大学)

Study on the Energy Absorption of Double Skin Structure

Peizheng LIN(Graduate School,Kogakuin University), Takeshi KAWASAKI(Hitachi.Ltd)

Hideshi OHBA(Hitachi.Ltd), Kunio KOKUBO(Kogakuin University)

In recent years aluminum double skin hollow structure is used not only for vehicle structures but also for energy absorption members. In this paper an energy absorber for railway vehicle using the double skin hollow structure is developed. The finite element analyses have been carried out to simulate collapse phenomena. And load carrying capacity and energy absorption are obtained. The collapse experiment under quasi-static condition verifies the simulation proposed. Numerical analysis has given a good agreement with the experiment for absorption energy and load-displacement curve and deformation mode.

キーワード : アルミニウムダブルスキン構造, エネルギー吸収, 座屈, 有限要素法

Key Words : Aluminum double Skin Structure, Energy Absorption, Buckling, Nonlinear Finite Element

1. 緒言

鉄道車両のような大型の構造物の衝突を考える場合には衝撃エネルギーが大きい単なる薄肉角管などの構造では衝撃エネルギーを吸収することが難しく、大型の構造物の衝突時のエネルギー吸収材の開発が重要になっている^(1~4)。

アルミニウムのダブルスキン構造の中空部材は図1に示されるように押出により両面に外皮が構成され、中央部分にリブが配置された構造を押出により製造する。大型の押出機を用いることにより大型のダブルスキン構造を成型することが可能となる。両面の外皮とリブが一体で成型されるため、溶接などは不要になり、剛性と強度が向上する。アルミニウムのダブルスキンの構造のエネルギー吸収特性に関する研究はこれまでもなされているが、まだ十分ではなく、これらの部材を衝撃吸収材として応用する場合には効率の良いエネルギー吸収材を開発するために衝撃圧潰現象を正確に把握することは極めて重要である。そこで本研究では、

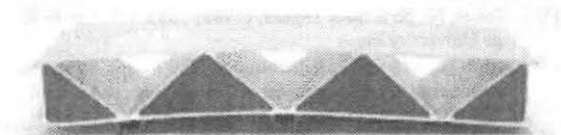


Fig.1 Double skin structure

アルミダブルスキンから構成した四角箱型吸収材を研究対象として、アルミ構造材の圧潰変形モードとエネルギー吸収特性の関係を検討する。

2. 準静的圧潰試験の概要

箱型吸収材を構成するダブルスキン中空材の材料として焼鈍したアルミニウム A6N01-O を用い、箱型吸収材の構造としてはアルミダブルスキンの中空部材を四辺に配置した構体が用いられる。四辺を構成する中空型材は角部で溶接により接合され、全体は図2に示されるように四角箱型のものとする。箱型吸収材の全体の寸法としては、長手方向の長さは 300mm、箱型断面の横幅は 275mm、縦幅は 200mm。実験では 100 ト

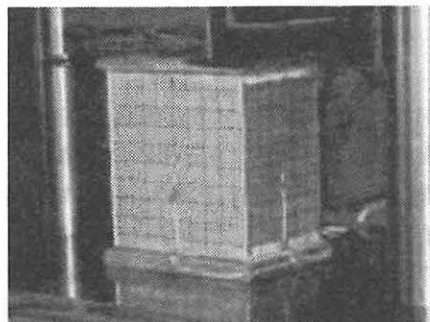


Fig.2 Experimental setup

ンの能力を持つ万能型引張圧縮試験機を用い、試験体に対して長手方向に圧潰試験を行う。図 2 にはこの実験装置を示す。圧壊速度は約 5mm/min とし、準静的な圧潰状態を模擬した。実験では箱型吸収材の上端に 200mm まで圧潰変位を与える。

3. 有限要素解析

箱型吸収材の静的圧潰解析は陽解法の有限要素汎用プログラム LS-DYNA を用いて解析を行う。解析モデルは図 8 に示されるように剛体がダブルスキン箱型吸収材に衝突する場合について有限要素解析を行う。アルミニウム材料は弾塑性モデルとして仮定し、縦弾性係数 $E=68.9\text{GPa}$ 、降伏応力 $\sigma=63\text{MPa}$ 、ポアソン比 $\nu=0.33$ とする。真応力と対数ひずみの関係は材料実験から図 9 ように多直線により近似する。溶接部の材料特性には縦弾性係数 $E=68.9\text{GPa}$ 、降伏応力 $\sigma=135\text{MPa}$ 、ポアソン比 $\nu=0.3$ 、ひずみ硬化係数 $E_T=410\text{MPa}$ とする。モデルの離散化は 4 節点シェル要素を用いた。

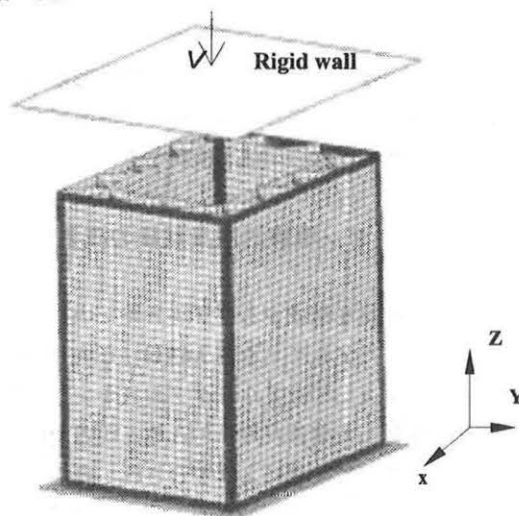


Fig.3 Analysis model

4. 実験と解析の結果および考察

図 4, 5 には実験と解析により軸方向に箱型吸収材に 200mm 程度圧潰変位を加えたときの変形図を示す。図 6 には荷重が実験から得られた最大荷重、変位量が箱型吸収材の長さで無次元した荷重-変位の関係を示す。図 4 の実験結果をみると、軸圧縮により箱型吸収材の側板とリブが逐次端部から広がってゆき、座屈変形していく。ダブルスキン中空材内部にリブが配置されているため、箱型吸収材の壁面ではリブのピッチで蛇腹

状に変形してゆく。また、中空材内部に配置しているリブの拘束によって各ピッチの座屈変形の波長は小さくなり、図 6 に示された荷重-変位の関係においてが変形により荷重が安定して変化し、より安定したエネルギー吸収をすることができる。図 6 の実験と解析の荷重-変位の関係を比較すると、解析と実験の結果がよく一致していることがわかる。両者とも同じ変位で最大荷重となる。最小荷重もほぼ同じ変位で到達する。最後にほぼ同じ $u/L=0.61$ で圧潰限界変位になり、圧潰荷重が急激に増加する。

変形によるエネルギー吸収量については圧潰限界変位になるときの解析結果によるエネルギー吸収量は実験結果から得られたエネルギー吸収量と比較し、両者の差はわずか 2% であることがわかる。

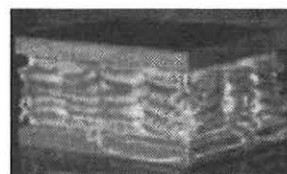


Fig.4 Deformation of the energy absorber

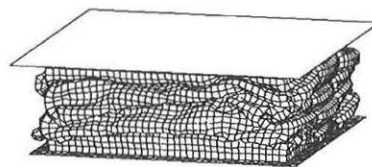


Fig.5 Deformation of the energy absorber

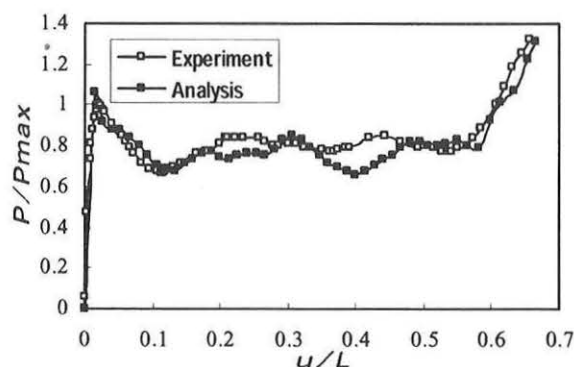


Fig.6 Load and displacement (experiment and analysis)

5. 参考文献

- (1) Jones, N., *Structural Impact*, (1989), 385-488, Cambridge University Press
- (2) Zhu, G., ほか 3 名, Estimation of The Plastic Structural Response Under Impact, *Int. J. Impact Eng.*, 4-4 (1986), 271-282
- (3) 小久保・ほか 3 名, 機論, 61-583, A (1995), 140-145
- (4) 川崎・ほか 6 名, 機論, 65-636, A (1999), 1832-1838.