

加工硬化を用いたインフレーターチューブの展開実験

金沢大学 自然科学研究科 機能機械科学専攻
泉田 啓 五十嵐雄介 小田智之
太田俊介 藤原直史 菅沼直樹
渡邊秋人 堀 利行 伊藤裕明 (サカセ・アドテック)
角田博明 (早稲田大) 渡辺和樹 (ウエルリサーチ)

研究背景と目的

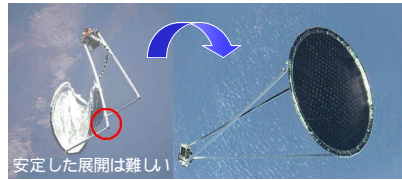
インフレーター構造物とは・・・

風船状に形成した膜面にガスで内圧をかけ、膨張させることにより所望の形状を達成し、膜面を硬化させることにより製作する構造物。

軽量・高収納率が特徴の為、輸送コストのかかる大型宇宙構造物への利用が見込まれている。

課題

- ・展開挙動の安定化
- ・展開完了後の形状保持
- ・展開実験における重力の影響



研究目的とアプローチ チューブ形状について検討

- ・膨張展開時に安定に伸びる直進性に優れた折畳み方法 → 芒星折
- ・膨張展開後に除圧しても形状を保つ → 加工硬化による形状保持
構造要素の設計方法
- ・検証方法 → 航空機微小重力実験

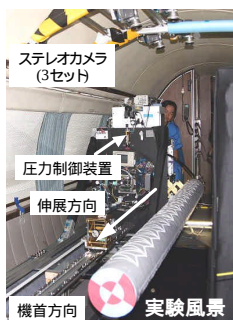
安定に伸展し直進性に優れた芒星折

問題点 膨張展開挙動が不安定で制御し難い

アプローチ 展開時に安定に伸びる直進性に優れた折畳み方法の芒星折を開発。既存のN角形と比較し、実験により確かめる。

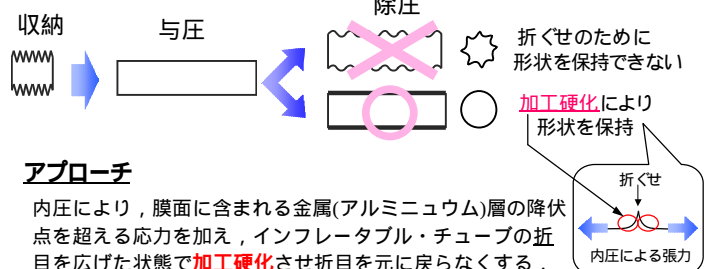
	既存のN角形折	提案する芒星折
折畳形状	 四角形折 六角形折	完全対称展開タイプ(十亀1998年)に分類 三芒星折 五芒星折
特徴	一般には面外方向に弾性変形しなければ展開できない	
形状	一意に決まる	折畳形状パラメータに設計自由度 面外方向に弾性変形しない設計?
展開	蛇行・振動	安定に伸展し直進性に優れる

実験方法 材料が柔らかく、展開挙動に重力が影響するので、航空機の放物線飛行による微小重力環境下で展開実験を行った。



加工硬化による形状保持

問題点 折癖のため除圧後に与圧時の形状が失われる



アプローチ

内圧により、膜面に含まれる金属(アルミニウム)層の降伏点を超える応力に加え、インフレーター・チューブの折目を広げた状態で加工硬化させ折目を元に戻らなくする。除圧後は膜面のみで形状を保ち所望の剛性を達成する。

実験方法

- ・使用材料 : アルミニウムラミネートフィルム
- ・展開終了後、除圧状態での振動数を計測し、チューブの剛性を評価する。
- ・2種類の内圧の設定により加工硬化の有無を確認する。

内圧の設定で加工硬化を制御
加工硬化する 14 kPa ⇔ 3 kPa 加工硬化しない

実験結果

振動数計測結果

折形状	保持内圧	Al厚さ	微小重力	比較地上実験		理論値
	[kPa]	[μm]	[Hz]	水平展開[Hz]	鉛直展開[Hz]	[Hz]
五芒(a)	3	7	1.2	0.9	-	3.0
六角形	14	7	1.7	1.5	2.4	
		7	2.1	1.5	3.0	
五芒(b)		7	2.1	1.9	2.4	

- ・保持内圧3kPaと14kPaによる違い
振動数(剛性)の上昇により加工硬化による形状保持を確認
- ・実験より理論値の振動数が高い
理論値は折目のない薄肉円形パイプの理想的片持ち梁として算出
- ・地上実験結果では重力の影響が出る。
水平方向では小さく、鉛直方向では大きく出る傾向がわかる。

使用供試体

- 六角形折 : 既存の折畳方法 (比較実験)
- 五芒星折(a) : 予備実験で優良な展開挙動を得た形状パラメータ
- 五芒星折(b) : 五芒星折(a)と異なった形状パラメータ (比較実験)

微小重力展開実験結果

- ・六角形折は膜面が弾性変形し、蛇行して振動した。
- ・適した形状パラメータを有する五芒星折(a)は、膜面が殆ど弾性変形せずに展開し、直進性を実現。
- ・五芒星折(b)の形状パラメータは不適切で、根元付近で折れ曲がった。

適切に設計された五芒星折の展開直進性を実証!

形状	膨張展開の様子	伸展全体図	拡大図	結果
六角形折				
五芒星折(a)	Start 			
五芒星折(b)				地上実験ではこれだけ顕著に現れなかった