

エアビームによる大型仮設屋根の開発

太陽工業（株） 正会員 ○ 川岸 靖
同上 谷協孝一
同上 珠玖義樹

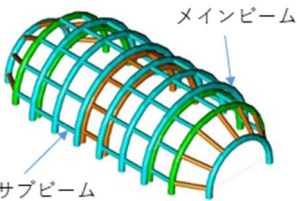
1. はじめに

仮設テントは、熱中症対策や水害後の復旧工事、または新型コロナウイルス発生時などの外来診療所の用途（陰圧式エアテント：写真－1）、原子力発電所事故時の緊急避難施設となる陽圧テントなど、さまざまな場面で使用されている。さらに近年、異常気象の影響などで、予期せぬ自然災害により、避難場所確保やその復旧作業のため短時間で設置可能な大型の仮設屋根（大型仮設テント）が必要とされる場面が増えている。

このような場面では、重機が必要な金属フレーム式の仮設テントよりも、短時間で、かつ人力でも設置可能な大型エアテントが向いている場合が少なくない。しかし、従来の大型エアテントは、風速 5～10m/s 程度が限界であるため、使用可能な環境や条件が限定されている。そこで、緊急時に展開し、風速 15m/s の風圧力に耐える大型エアテントの実大モデル実験を行った。



写真－1



図－1 エアビームによる大型仮設屋根

表－1 試作棟の仕様

試作棟の仕様	
構造形式	内袋式大型エアテント
形 状	外寸：間口12.4m×奥行6.9m×高さ4.2m アーチ形状
ビーム直径	メインビーム：φ700、サブビーム：φ500
材 質	エアビーム、屋根膜：ポリエステル繊維布＋PVCコーティング膜材、内袋：ポリウレタンフィルム

表－2 開発の流れ・検討項目

実験項目		
1	ジョイント部品	試作検証
		エアリーク試験
2	継手の検証	ディテールの検証実験
		曲げ剛性確認試験
3	実大モデル実験	インフレーション・デフレーション実験
		載荷実験
4	屋根膜の検証	展張・収納実験
5	柱脚部の検討	柱脚の固定実験
6	内圧制御装置	装置の実用試験
7	エアジャッキ	運用実験

2. 想定した形状および仕様

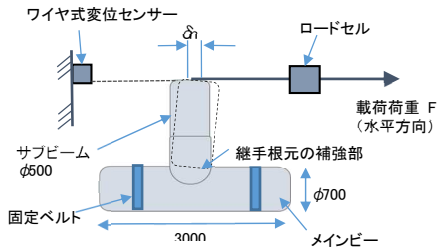
人力での展開を考慮し、用途や使い易さから、間口を約 12m とし、1 棟のサイズを奥行約 7m、高さ約 4m と設定した。さらに空間を広げる場合は、図－1 のように奥行方向に複数の連棟ができる構造とした。風速 15m/s で設計するためには、構造体となるエアビームの内圧を高めて剛性を上げ、張綱などで風に対する横揺れや変形を抑える必要がある。また、テント本体には数十キロ～数百キロの面荷重や吹上力が作用するため、地盤への固定方法、テント本体の形状や、膜材の選定などを有限要素法による構造解析によって検討した後、基礎実験や実大モデル実験により開発を進める事とした。

3. 検討項目および実験

エアビームは内袋式のメインビームとサブビームの組合せ構造として、構造解析により、試作棟の形状、ビーム径、内圧、膜材を表－1 のように決定した。また、開発の流れは表－2 に示す通りである。本論文では、実験項目 2、3 についてまとめている。

3-1. 接合部のジョイントリング

内袋式エアビームにおいては、メインビームとサブビームの接合部に T 字継手や十字継手が存在するため、ジョイントリングと称する接合部品を開発した。これによって分離と接続が可能で、気密性も有する。



図－2 T字継手曲げ試験の概要

キーワード 大型テント，エアビーム，仮設屋根

連絡先 〒153-0043 東京都目黒区東山 3-16-19 太陽工業株式会社 国土事業本部 TEL：03-3714-3425

3-2. T字継手の曲げ剛性試験

内袋式エアビームのT字継手や十字継手は、メインビームとサブビームが分離できる構造であり、継手の根元が一部補強された仕様となるため、その部分が全体剛性に与える影響を推定するためにT字継手の曲げ剛性試験を行った。

試験は、図-2に示す様にφ700のビームを架台にベルトで固定し、φ500のビームの先端を①水平方向と②鉛直方向にロードセルを介して引き込み、その移動距離をワイヤ式変位センサーで計測した。載荷荷重を最大58.8Nとし、内圧を5kPa、7kPa、10kPaの3種類とした。試験結果を表-3に示す。剛性比は、解析値に比べ内圧の大小に関わらず30~40%程度であった。

3-3. 実大モデル実験

実大モデルにて、外力が作用した場合を想定し、各節点に荷重を作用させた場合の変形量を計測し、解析値と比較した。

試験体は、図-5に示す形状で、内圧を5kPaと7kPaとした。載荷は表-4に示す条件で、1点載荷、2点載荷および9点載荷を実施した。

荷重は、エアビームの各節点からロープを下げ、0.1kN/個の重りを所定数吊り下げ、各節点の鉛直変形量を、スケールとレベルによって計測した。基礎については、仮設鉄骨を組み、支柱の回転を拘束するように固定した。

主な試験結果を図6、7に示す。

中央1点載荷のCASE1と偏荷重であるCASE2において、載荷点における変形量（実験値）は解析値の70~75%の値であった。また、9点載荷のCASE7（表-5）ではビームの頂部の節点（2、5、8）において、解析値に比べて1.24~1.33倍の変形量であった。

4. まとめ

T字継手試験の結果では解析値に比べて実験値は小さい側となっていたため、実大モデルの載荷試験結果についても、同様の結果になると推測していた。1点載荷や2点載荷では、解析値に比べ載荷点で約70%であったが、全点載荷では頂部の変形量が解析値より1.3倍程大きく出ていた。

高さに対する変形量を考えると、1.5%程度($\delta/h=67\text{ mm}/4200\text{ mm}$)なので、測定誤差や治具のがたつきなどの影響も考えられるが、再度実験による確認を実施したい。

また、今後屋根膜や支柱の固定、展開・収納など、運用面での検証実験も併せて実施する予定である。

参考文献

1) 空気膜構造 設計と応用／著者：石井一夫、発行：工業調査会

表-3 T字継手の曲げ剛性試験結果

内圧 P	載荷荷重 F		実験値 (内袋式)		解析値		剛性比 Kn/Ka
			変形量 δ_n	剛性 Kn	変形量 δ_a	剛性 Ka	
kPa	N	向き	mm	N/mm	mm	N/mm	
10	58.8	水平	24.6	2.39	55.9	1.05	0.44
		鉛直	24.7	2.38	61.3	0.96	0.40
7	58.8	水平	18.6	3.16	63.6	0.92	0.29
		鉛直	24.7	2.38	75.6	0.78	0.33
5	58.8	水平	25.5	2.31	72.9	0.81	0.35
		鉛直	29.1	2.02	94.2	0.62	0.31

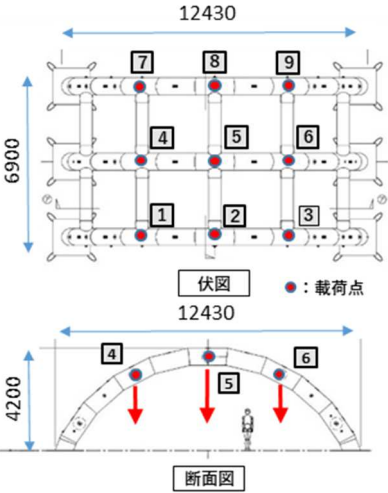


図-5 実大モデル載荷試験体

表-4 実大モデル試験の実験条件

載荷点	載荷荷重	内圧
CASE 1	5	0.5 k N
CASE 2	6	0.5 k N
CASE 3	4, 6	各0.5 k N
CASE 4	2	0.5 k N
CASE 5	3	0.5 k N
CASE 6	1, 3	各0.5 k N
CASE 7	1~9 全点	各0.2 k N
		5kPa

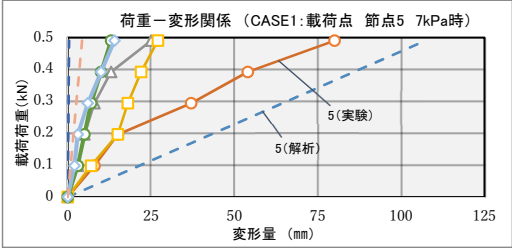


図-6 CASE1の試験結果

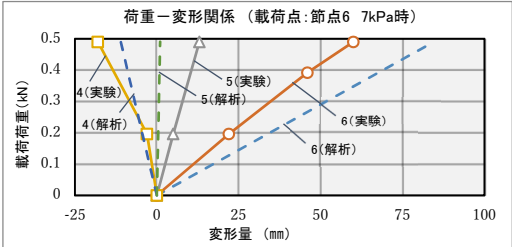


図-7 CASE2の試験結果

表-5 CASE7の試験結果(鉛直変形量) 5kPa 時 [単位:mm]

節点	1	2	3	4	5	6	7	8	9
実験値	36	59	30	33	67	37	30	58	34
解析値	29.9	46.4	29.7	33.2	50.3	32.7	29.9	46.7	29.7
実験値/解析値	1.20	1.27	1.01	0.99	1.33	1.13	1.00	1.24	1.14