

B-31

大規模スタジアムにおける片持ち屋根構造の空力減衰評価に関する基礎的研究
 -屋根の仕上げ材の有無による空力減衰性状の差異について-

Basic Research on Aerodynamic Damping of Cantilever Roof Structure in Large-Scale Stadium
 - Differences in Aerodynamic Damping Properties with and without Roof Finishing Material -

○金子春花³, 岡田章¹, 宮里直也¹, 廣石秀造²

*Haruka Kaneko³, Akira Okada¹, Naoya Miyasato¹, Shuzo Hiroishi²

Abstract : In recent years, the development of new structural materials and construction methods has made it possible to design and construct structures that are lightweight and have large-span roofs. In such a large-span structure, the aerodynamic stability of the roof surface is often a problem because the roof surface is easily deformed and vibrated by the wind. Especially for the cantilever roof of a large-scale stadium, it is considered that the influence of aerodynamic damping is large. In this report, the purpose of this report is to quantitatively evaluate the structural damping and aerodynamic damping. An experimental study will be conducted to understand this.

1. はじめに

大空間建築の屋根架構は、一般に軽量構造が適用されることが多く、風荷重が支配的となる場合には、屋根面の空力安定性がしばしば問題となる。屋根面に作用する風荷重は接近流の乱れによる変動空気力だけでなく、構造物自体の運動に伴う付加的な空気力である「非定常空気力」が作用するため、非常に複雑なものとなる。この非定常空気力は屋根を空力的に安定化あるいは不安定化させる場合がある。後者は空気力が負減衰として働くことが原因である。

屋根面が振動する際、減衰力は架構の「構造減衰」と「空力減衰」の2つに大別され、特に大規模スタジアムの片持ち屋根では、空力減衰の影響が大きいと考えられる。既報^[1]では、膜屋根を有する大スパンのドームにおいて、仕上げ材や膜材の施工により減衰定数が増加しており、その要因が空力減衰であると報告されている。しかし、大規模スタジアムの片持ち屋根を対象とした固有振動特性に関する検討事例は少ないのが現状である。

以上を踏まえて、本報では大規模スタジアムの片持ち屋根における空力減衰の定量的な評価方法の提案のために必要なデータの蓄積を目的として、屋根面の有無による減衰の変化を実験的に検証する。また、既報^[2]では、減衰定数は振動振幅に依存することが報告されていることから、固有振動特性の振幅依存性についても、実験的に検証する。

2. 小規模模型による自由振動試験

2-1. 試験概要

片持ち屋根架構の振動特性を評価するため、小規模模型を用いて自由振動試験を行った。模型は、スタジアムの一部を取り出した、縮尺1/10の片持ち屋根モデルとし、トラスの骨組をアルミパイプ(Φ8, Φ5)、接合部を3DプリンターによるABS樹脂で作製し

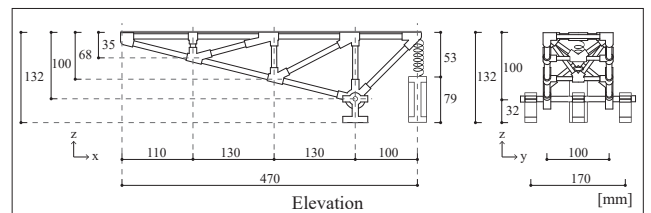


Fig.1 Outline of specimen

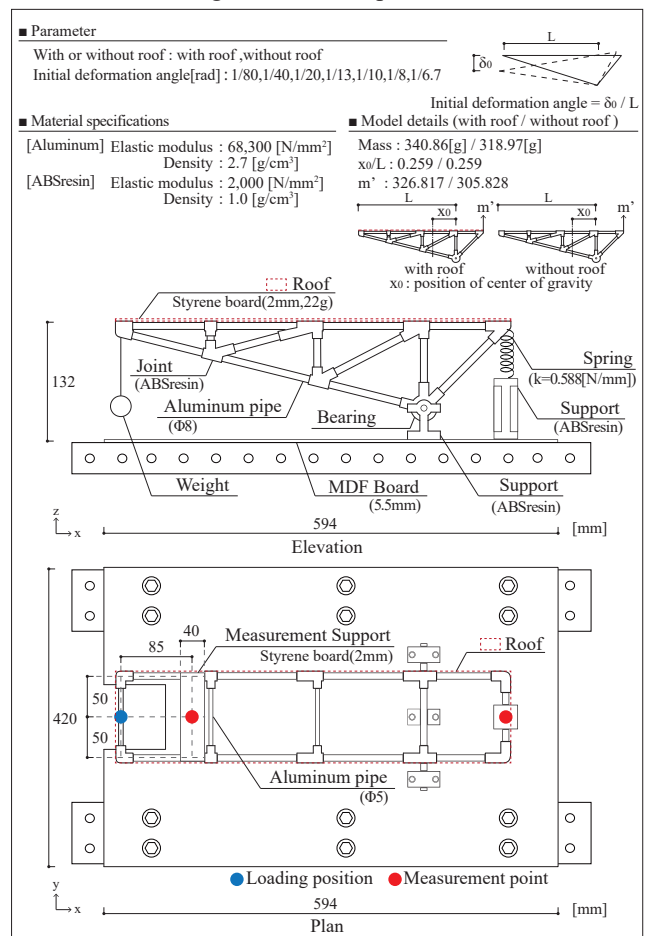


Fig.2 Outline of experiment

1 : 日大理工・教員・建築 2 : 日大短大・教員・建築 3 : 日大理工・院(前)・建築

た．試験体及び試験概要をFig. 1, 2に示す．模型は屋根架構部(骨組, 接合部)と屋根面から構成され, 架構部はトラス構造とし, 支点には完全ピン支承となる様にベアリングを用いた．片持ち屋根架構を安定化させるため, 後方1箇所にはばねを用いてバックスティを設置した．検討項目は, 屋根面の有無及び初期変形角とし, 初期変形角は, 1/80, 1/40, 1/20, 1/13, 1/10, 1/8, 1/6.7radの7ケースとした．また, 初期変形角は先端部分の鉛直変位量 δ_0 を, 支点-先端部分のスパンLで除したものと定義した．屋根先端部分に紐で錘を吊るすことで初期変形角を強制的に与え, その後, 紐を切断することにより自由振動させ, Fig. 2に示す測定点の鉛直変位(Z方向)をレーザー変位計にて測定した．なお, 自由振動実験用の錘が無い時の存在張力を付加質量 m' と見なした時, 後方のばねのバネ定数kと m' から算出した固有周期の理論値 T_0 は屋根ありで0.148sec, 屋根なしで0.143secである．

2-2. 試験結果及び考察

実験より算出した固有振動特性をTable 1に示す．減衰率は, 以下(1)式の数減衰率により算出した．

$$\delta = \frac{1}{m} \cdot \ln \frac{a_n}{a_{n+m}} \quad (1)$$

ここで, 時刻 t_n における n 番目の振幅を a_n (mm), $n+m$ 番目の振幅を a_{n+m} (mm) とし, $m=10$ の減衰率を算出した．また, 減衰定数 h (%) は数減衰率 δ に 10^2 を乗じたものとする．空力減衰(A-damping)は, 屋根ありと屋根なしの減衰の差から算出した．

初期変形角と固有周期の関係をFig. 3に示す．上記の理論値 T_0 と比較すると, 屋根の有無によらず自由振動結果の方が約1.6倍程度長周期となっている．これは, 架構自体の振動特性の影響と考えられる．

初期変形角1/10radにおける自由振動波形をFig. 4に示す．Fig. 4-a)より, 初期振幅が大きい場合に減衰が大きく生じている．また, 屋根ありと屋根なしについて, Fig. 4-b)より, $T=0\sim 5$ secの5秒間で 2π の位相のずれを確認した．このことから, 屋根なしと比較して屋根ありの場合は, 短い時間で振動が収束することを確認した．

初期変形角と減衰定数の関係をFig. 5に示す．初期変形角1/40~1/6.7radにおいて, 初期変形角の増加に伴って, 屋根ありの減衰が大きくなることを確認した．一方, 屋根なしの減衰定数は, 変形角による影響は小さい．また, 屋根ありの場合, 空力減衰によって全体の減衰が大きくなっている．このことから, 空力減衰の振幅依存性を確認した．

3. まとめ

本報では, 屋根の有無による振動特性の変化及び, 空力減衰の振幅依存性の把握を目的として, 自由振動試験を行った．初期変形角の大きさにより空力減衰が変化したことから, 空力減衰の振幅依存性を確認した．

今後は, 気圧や屋根面の開孔率などをパラメータとし, 空気条件が変化した際の空力減衰の変化について

Table 1 Natural vibration characteristics

Angle[rad]	Natural period[sec]		Damping ratio[%]		
	with roof	without roof	with roof	without roof	A-damping
1/80 (0.013)	0.245	0.232	3.00	3.12	-0.12
1/40 (0.025)	0.245	0.232	2.52	2.25	0.27
1/20 (0.050)	0.245	0.233	2.91	2.05	0.86
1/13 (0.075)	0.247	0.233	3.69	2.40	1.29
1/10 (0.100)	0.247	0.233	4.33	2.56	1.77
1/8 (0.125)	0.247	0.233	5.21	2.74	2.47
1/6.7 (0.150)	0.247	0.235	5.92	2.86	3.06

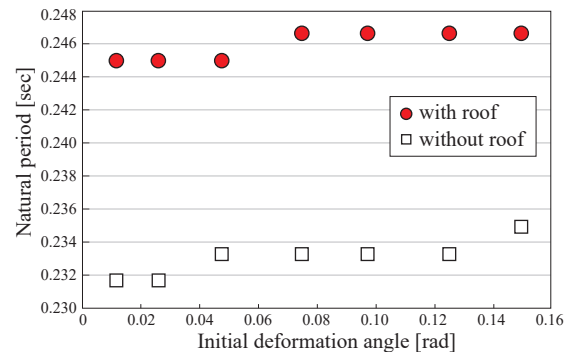


Fig.3 Initial deformation angle-Natural period

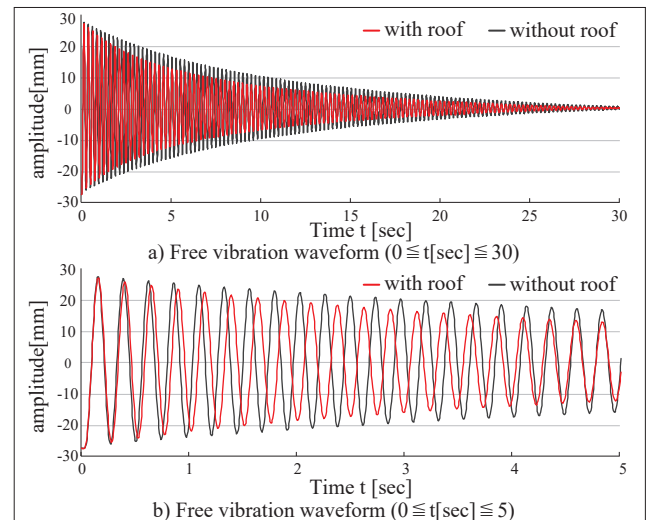


Fig.4 Free vibration waveform (δ_0/L 1/10rad)

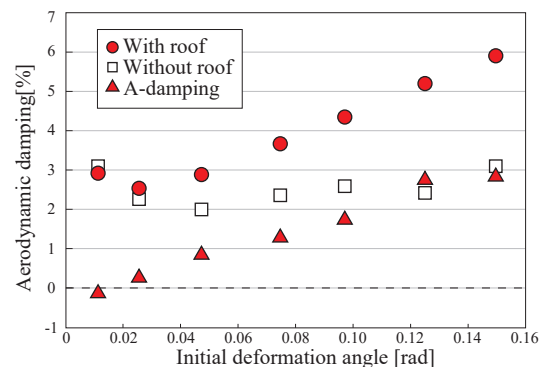


Fig.5 Initial deformation angle-Aerodynamic damping

検討を行う予定である．

4. 参考文献

[1] 糸井達哉, 他: 「膜屋根を有する構造物の振動特性評価」, 大成建設技術センター報第39号, pp.32_1-32_8, 2006.2
 [2] 福和伸夫, 他: 「振動実験に基づく鉄骨3階建住宅の固有振動特性に関する研究」, 構造工学論文集 Vol. 41, pp. 279-288, 1995. 3