

B-4

CFD解析による競技場片持ち屋根の風荷重予測に関する研究

-側面板の有用性及び最適寸法の検証-

Study on Wind Load Prediction of Stadium Cantilever Roof Using CFD Analysis

-Examination of Usefulness and Optimum Scale of Side Plates-

○森下諒³, 岡田章¹, 宮里直也¹, 廣石秀造²

*Ryo Morishita³, Akira Okada¹, Naoya Miyasato¹, Shuzo Hiroishi²

Abstract : Generally, the wind load is dominant load in the cantilevered roof of the stadium. Wind tunnel test or CFD analysis is used to evaluate wind load. CFD analysis has advantages such as unlimited reproducibility and visualization of flow. On the other hand, CFD analysis has the disadvantage that it takes a lot of analysis time. In wind tunnel test, a method of installing side plates may be used to simplify the test. In this paper, CFD analysis with side plates is performed to understand the usefulness of the side plates in anticipation of reducing the analysis load. In addition, grasp the appropriate size of side plates.

1. はじめに

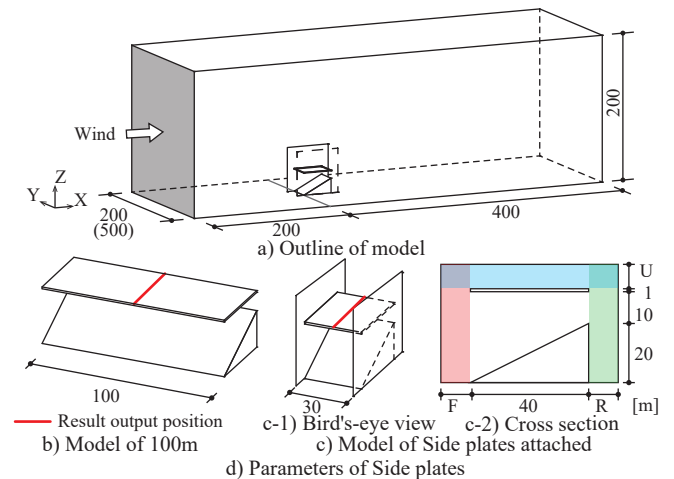
競技場の片持ち式屋根架構は、跳ね出し長さが大きくなるため軽量構造が採用されることが多く、一般的に、地震荷重より風荷重が支配的となる。このような構造では、精密な模型を用いた風洞実験により風荷重評価を行う方法が一般的であるが、大略の風荷重の把握が必要となる構造計画初期段階では、風洞実験の適用は困難なことが多い。これらの状況をふまえて、既報^[1]では構造計画に有用な簡易風洞実験手法の確立を目的とした研究が報告されている。特に模型両端に側面板を設けることで、気流の二次元性の確保が可能であり、模型の簡易化に向けた側面板の有用性が確認されている。しかし、側面板の寸法や設置位置等、側面板の最適な使用方法について定量的な検討はされていない。

一方、近年では様々な分野にてCFD解析(数値流体解析)が活用されている。CFD解析を用いる利点として再現規模に制限がない事、流れの可視化が可能など事などが挙げられ、今後より風荷重予測に活用されることが予想される。しかし、解析に膨大な時間を要するといった問題点も挙げられる。

以上の諸点を踏まえ、本報では解析負荷の低減を期待し、側面板を使用したCFD解析の有用性を検証する。併せて、適切な側面板寸法の把握を目的として検討する。

2. 数値解析概要

Fig.1に解析概要を示す。解析領域は X×Y×Z=600m×200m(100mモデル解析時は500m)×200mとし、風流入口から200mの位置にスタンド及び屋根の先端が来るようにモデルを配置した。本検討においては100mモデル(Fig. 1-b)と側面板設置モデル(Fig. 1-c)の2種類を設け、100mモデルによる解析結果を基準



	Standard	Length(Magnification)		
Forward [F]	40m	0m, 8m(×0.2), 10m(×0.25), 12m(×0.3)		
Rear [R]	40m	0m, 4m(×0.1), 8m(×0.2), 12m(×0.3)		
Up [U]	30m	0m, 24m(×0.8), 30m(×1.0), 36m(×1.2)		

Figure1 Outline of CFD analysis
Table1 Analysis conditions

Analysis area	600(X)×200(Y)×200(Z) [m]
Turbulence model	LES [WALE model]
Boundary condition	Ground・Model surface no - slip
	Upper・Side surface free - slip
Air flow	Uniform flow
Velocity	34[m/s]

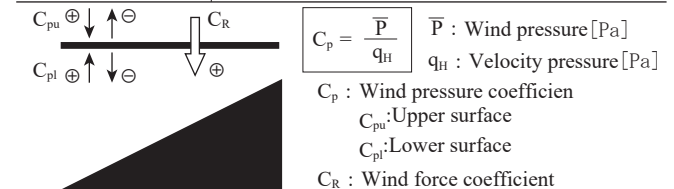


Figure2 Definition of various coefficients

として、側面板設置モデルの結果と比較、検討を行った。なお、モデル中央一列(図中赤線)の解析結果について検証を行う事にした。パラメータ(Fig. 1-d)は側面板の寸法とし、モデルの前方(F), 後方(R), 上方(U)各部分の寸法を変更した。なお側面板の出寸法は、前方Fと後方Rはモデルの跳ね出し長さ(40m), 上方Uはモデルの

高さ(30m)を基準として、比率にて設定した。また、検討は①前方F(R=0m, U=30m), ②後方R(Fは①の結果より設定, U=30m), ③上方U(F, Rともに①, ②の結果より設定)の順序にて進めた。

Table. 1に解析条件を示す。本報では、LES解析(WALEモデル)を用いた。地表面及びモデル表面はno-slip境界とし、領域側面及び上面はfree-slip境界とした。また、気流は一様流、流速は34m/sとした。

Fig. 2に各種係数の定義を示す。本報では上面風圧係数, 下面風圧係数をそれぞれ C_{pu} , C_{pl} と示す。また、両者の差($C_{pu}-C_{pl}$)より屋根面に作用する風力係数 C_R を算出する。

3. 数値解析結果及び考察

3-1. 上下面平均風圧係数・平均風力係数の結果

Fig. 3に解析結果を示す。前方の長さ(F)の検討結果(Fig. 3-a)より、下面平均風圧係数は100mモデルと比較すると、グラフの傾向は概ね一致しているが、前方の長さ(F)によらず側面板設置モデルの方が幾分大きな正圧となっている。次に、上面平均風圧係数を見ると、前方F=0mでは屋根前方で大きな負圧、後方で小さな負圧となり、他のモデルと大きく異なる結果となった。またF=8mでは屋根後方で、F=12mでは前方で100mモデルの結果と差が大きくなっている。一方、F=10mでは100mモデルと全体的な傾向が一致し、値も大きな差が見られなかった。よって、前方の長さ(F)を10mと決定した。

後方の長さ(R)の検討(Fig. 3-b)では、下面平均風圧係数は前方(F)の結果と同様の傾向が確認された。一方、上面平均風圧係数では、R=0mで多少の差がみられるものの側面板長さによる差が小さく、特に屋根前方ではほぼ一致している。これより、屋根後方の側面板長さの変更は、屋根前方に比べて影響が小さいと考えられる。特に、屋根前方で100mモデルと一致しており、屋根後方においても差が小さいことから、後方の長さ(R)は8mと決定した。

上方の長さ(U)の検討(Fig. 3-c)では、下面平均風圧係数は、100mモデルと比較して、屋根前方でU=0mを除きUの高さによらず一致するが、屋根後方では約0.2の差が生じている。一方、平均風力係数(Fig. 3-d)は、U=0mを除き幾分ばらつきは見られるが、100mモデルに対して、屋根前方ではより強い吹上となり、後方ではほぼ一致する結果となった。

以上より、本検討の範囲では、側面板の寸法は、前方(F)0.25倍、後方(R)0.2倍、上方(U)0.8倍とすることでその影響を最小化できることが把握された。また、適切な寸法の側面板を使用することで気流の二次元性を確保することが可能であり、CFD解析における側面板の有用性が把握された。

3-2. 風向分布・平均風速

Fig. 4に100mモデル(Fig. 4-a)と側面板寸法が前方(F)10m、後方(R)8m、上方(U)24mの側面板設置モ

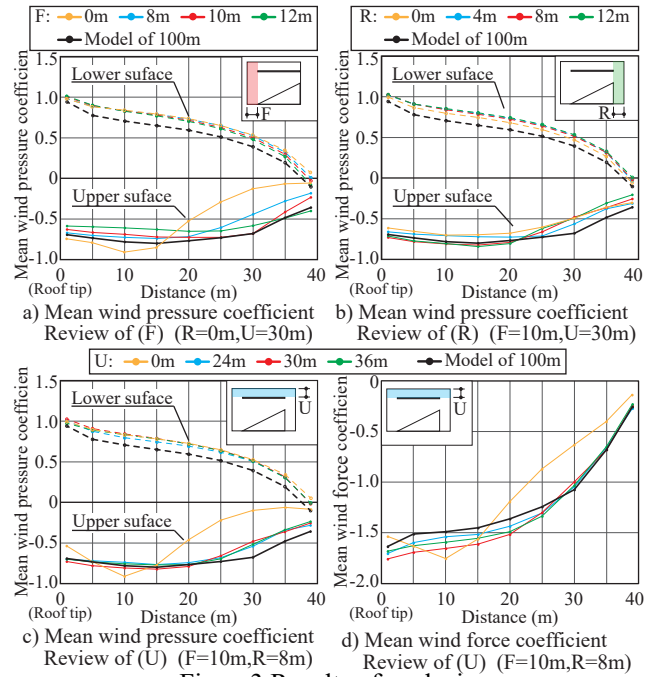


Figure3 Results of analysis

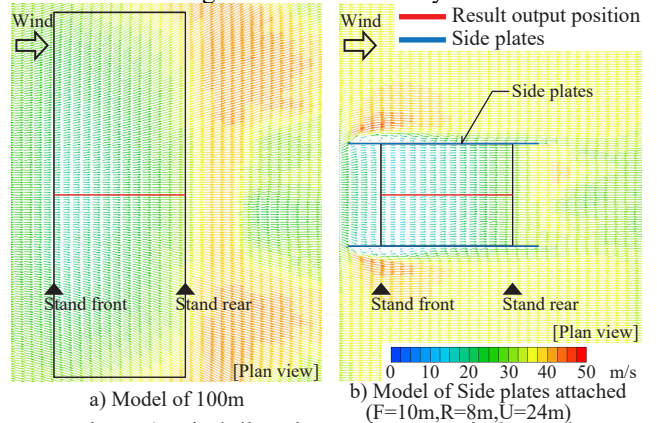


Figure4 Wind direction and Mean wind speed distribution (Z=25m)

デル(Fig. 4-b)の高さ25mにおける風向・平均風速分布図を示す。両図を比較すると概ね分布は一致していることが確認できる。しかし、スタンド前方にて100mモデルに対し、側面板設置モデルの方が風速が減少していることが確認できる。これは側面板設置の影響で屋根とスタンドの間に流れる気流が必要以上に制限された事が要因と推察される。

4. まとめ

本報ではCFD解析における側面板の有用性及び適切な側面板寸法について把握した。今後、本報の結果を踏まえて、側面板を有するモデルを用いたCFD解析により、屋根面へのルーバー設置に伴う屋根架構の風荷重低減効果などについて検討を行う予定である。

5. 参考文献

[1] 金田崇興, 他: 競技場スタンドを覆う片持ち式屋根構造の構造計画および風荷重に関する研究その3, 日本建築学会大会(関東), 1997
 [2] 日本建築学会: 建築物荷重指針を活かす設計資料2, 丸善出版, 2017.2