

競技場片持ち屋根におけるスタビライザーの設置に伴う風荷重低減に関する研究
 - (その2) 風応答性状に及ぼす影響の把握 -

Study on Wind Load Reduction Due to Installation of Stabilizers on Stadium Cantilever Roofs
 -(Part 2) Understanding Effect on Wind Response Properties-

○伊藤拓海³, 宮里直也¹, 岡田章², 廣石秀造¹, 鴛海昂¹
 *Takumi Ito³, Naoya Miyasato¹, Akira Okada², Shuzo Hiroishi¹, Akira Oshiumi¹

Abstract : In the previous paper (Part 1), the authors investigated the effect of the stabilizer installed on the cantilever roof of the stadium on the wind pressure characteristics. As shown in (Part 1), when the stabilizer angle is large, the mean wind force coefficient of the stabilizer becomes positive pressure, and the uplift at the roof is lower than the none model, suggesting that a wind load reduction effect can be obtained. Based on the above, in this paper (Part 2), a numerical analysis was conducted with the aim of understanding the effect of the disturbance caused by the stabilizer on the bending moment of the roof support.

1. はじめに

前報(その1)では、競技場の片持ち屋根先端にスタビライザーを設置した際の風圧力特性に及ぼす影響を把握するため、風洞実験を行った。平均風力係数は基本的に負の値を示す一方、スタビライザー角度が大きき場合、スタビライザー部の平均風力係数が正の値を示すため、吹上荷重を低減できることが示唆された。一方、スタビライザーを設置した場合、屋根部中央の変動風力係数がスタビライザーなしのモデルに比べて大きくなり、スタビライザーによって乱れが発生することが確認された。

以上より本報(その2)では、屋根支持部の曲げモーメントに着目し、スタビライザー設置による風荷重低減効果について数値解析を用いて検討を行った。

2. 数値解析概要

(その2)では、風洞実験で得られた風圧力特性を用いて、静的数値解析と、慣性項および減衰項を無視した準静的応答解析を行い、風荷重応答性状の把握を試みる。

検討モデル概要をFig. 1に示す。検討モデルは、屋根架構を剛体の梁に置換し、屋根支持部を剛接合とした実スケールの簡易モデルである。また、検討パラメータは前報(その1)と同様とし、スタビライザーを付加しない「none」モデルに加え、屋根角度(以下「R角度」と称す)を5°ピッチで-10~10°, 各屋根角度にてスタビライザー角度(以下「S角度」と称す)を10°ピッチで0~90°で変化させた。なお、スタビライザーの角度は屋根面に対する角度として定義している。

荷重条件をFig. 2に示す。風荷重の基準速度圧は、建築基準法^[1]の基準風速34m/s(H=10m)およびべき法則を用いて求めた屋根軒高(H=27m)での設計風速41m/sより、 $1/2\rho U^2$ を用

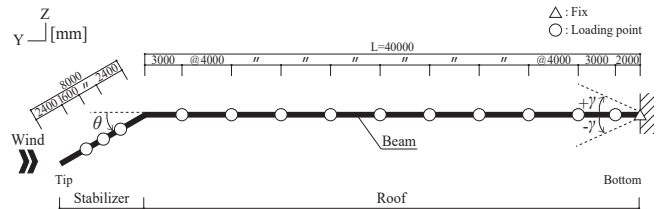


Figure 1. Outline of Model

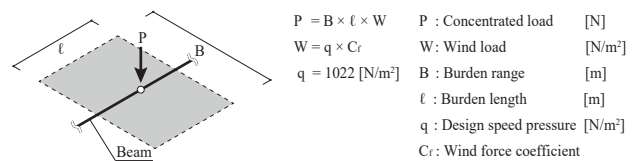


Figure 2. Loading condition

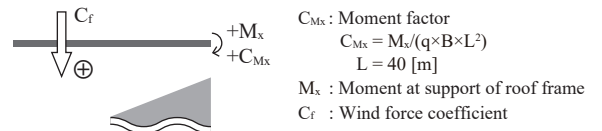


Figure 3. Definition of various coefficients

いて1,022N/m²とした。さらに、風洞実験で得られた風力係数と負担面積を考慮して、計13節点に集中荷重として載荷した。なお、各節点の風力の負担幅は単位幅とした。また、風力係数は静的解析には平均風力係数、準静的応答解析には風力係数の時刻歴データを用いた。

各種係数の定義をFig. 3に示す。風力係数は屋根を下に押す方向を正とする。また、屋根支持部に作用する曲げモーメントM_xは屋根架構に揚力が生じる方向を正とし、M_xを速度圧、負担幅および跳ね出し長さの2乗で除して無次元化した曲げモーメント係数C_{Mx}を定義した。ここで、C_{Mx}を算出する際の跳ね出し長さLはスタビライザーを設置したモデルにおいても屋根部分の長さである40mとした。

3. 数値解析結果および考察

準静的応答解析による曲げモーメント係数C_{Mx}の平均値、

1 : 日大理工・教員・建築 2 : 日大理工・上席研究員 3 : 日大理工・院(前)・建築

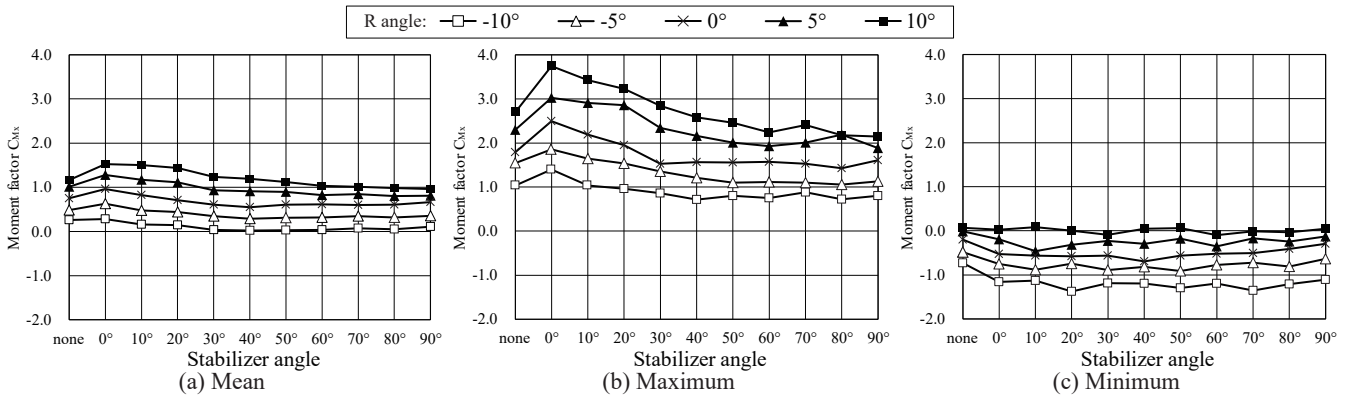


Figure 4. Moment factor C_{Mx}

最大値および最小値をFig. 4に示す. 各値は解析を5回行った結果の平均値である. なお, 静的解析の結果は準静的応答解析の平均値と概ね一致したため, ここでは省略する.

Fig. 4(a)より, スタビライザーを設置した場合, R角度 $-10\sim 0^\circ$ では, S角度 40° 以下の範囲でS角度が大きくなるほど C_{Mx} は小さくなった. これは, S角度が大きくなり, スタビライザー上面の風向方向の受圧面積が増加したことにより, 屋根先端の吹下方向の力が増加したためと考えられる. 一方, S角度 50° 以上では角度により大きな値の変化は確認されなかった. したがって, 平均場においてはS角度を 40° とすることで十分な低減効果を得られることが示唆された.

一方, R角度 5° および 10° では $-10\sim 0^\circ$ とは異なり, S角度の増加に伴い, C_{Mx} の値は小さくなった. これより, R角度を上向きとする場合, S角度をより大きくすることで低減効果を得られることが把握された.

Fig. 4(b)より, C_{Mx} は, Fig. 4(a)の平均値と性状は概ね同様の傾向を示したが, 値が最小となるS角度は平均値と違いが生じた.

Fig. 4(c)より, C_{Mx} は明確な傾向がなく, R角度によって C_{Mx} が最小となるS角度が異なる. また, R角度が 5° 以下では, 全S角度で負の値を示し, 吹下方向となっている. これより, スタビライザー設置の際には吹下側に対する考慮も必要となる場合があることが示唆された.

Fig. 5にnoneモデルに対するスタビライザー設置モデルの平均値および最大値の低減率を示す. なお, 図中に示す値は各屋根角度にて最も低減率の大きいS角度の値である. 最大値における低減率は, R角度 $0\sim 10^\circ$ では約20%となり, R角度 -10° および -5° では約30%となった. 一方, 平均値における低減率はR角度が小さくなるほど大きくなり, -10° では約94%となった. これは, R角度が小さいほどnoneモデルの吹上方向のモーメントの平均値が小さくなり, それに伴い平均値における低減率が大きくなったためと考えられる.

ここで本構造を静的解析で評価するための基本的知見を

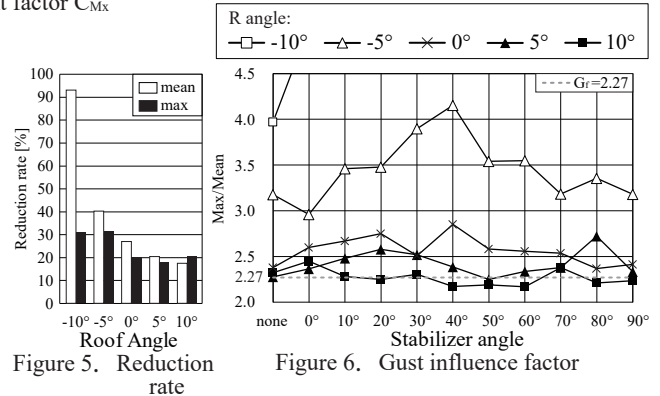


Figure 5. Reduction rate

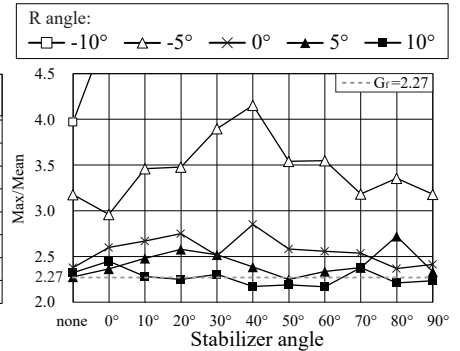


Figure 6. Gust influence factor

得るため, ガスト影響係数を算出した. なお, ガスト影響係数は準静的応答解析の最大値を平均値で除して算出した. つまり, 吹上方向の動的効果を評価するものである.

ガスト影響係数の算出結果をFig. 6に示す. 併せて図中に建築基準法⁴⁾によって算出されるガスト影響係数 $G_f=2.27$ を示す. 算出結果よりR角度 10° では $G_f=2.27$ を下回る場合があるが, その他は $G_f=2.27$ を上回っており, 特にR角度 -10° では4以上と非常に大きな値となった. これは, -10° における平均値が非常に小さく, 最大値に対する比率が小さいためと考えられる. また, 本報での算出値は準静的応答解析の結果を用いており, 慣性項および減衰項を考慮していないため, 通常の算出値に比べ値が大きくなる可能性がある. しかし, 本構造を建築基準法で定められた G_f を用いて評価する場合は危険側の評価となることもあることが示唆された.

4. まとめ

本報(その2)では, 風洞実験で得られた風圧力特性を用いて静的解析および準静的応答解析を行い, スタビライザーの設置が屋根支持部の曲げモーメントに及ぼす影響を把握した. 今後は, 動的風応答解析を実施する予定である.

参考文献

- [1]国土交通省住宅局建築指導課: 2020年度版建築物構造関係技術基準解説書, 2020.10
- [2]日本建築学会: 建築物荷重指針・同解説2015年版, 2015.2