

## 海上橋建設時に観測された気流傾斜角のCFDによる再現の検討

東京理科大学大学院 学生会員 ○佐々木 怜於 東京理科大学工学部 フェロー 木村吉郎  
 東京理科大学大学院 学生会員 田村亮 (株) 風工学研究所 非会員 片山延洋

### 1. 背景と目的

伊良部大橋は、宮古島と伊良部島を結ぶ最大スパン 180m の長大橋である(図 1)。耐風性の検討が重要であることから、建設時の仮栈橋の脇の栈台に、海面上の高さ 24m の観測ポールを設置し、16 ヶ月(2011 年 7 月~2012 年 10 月)に渡り風観測が実施された。その際、海上にも関わらず風向によっては、4~6° の大きな吹き上げの気流傾斜角が観測された。観測された吹き上げの気流傾斜角は、建設用に設置されている仮栈橋等が影響していると考えられたため、それらを再現した風洞実験が実施された。しかし風洞実験では、吹き上げの気流傾斜角のうち 3° 程度までしか説明できなかつた。そこで本研究では、風洞実験で省略した橋軸方向の一部トラス材を含めた仮栈橋をモデル化して、数値流体解析(CFD)により、特に気流傾斜角に着目して風環境の特性を検討した。

### 2. 解析手法

解析には、SCRYU/Tetra(ソフトウェアクレイドル製)を用いた。モデル化は、まず、観測ポールを中心に半径 100m および 150m 内の埋め立て道路、仮栈橋等に対して行ったが、両者の結果に大きな差がなかつたので、以下では半径 100m 以内をモデル化した結果を示す。流入境界に高さ 25m で風速 40m/s の勾配流を設定した。風向が南東の場合には、観測ポールの風下に風速計があるために除外し、北から 45° 刻みで 7 風向の解析を行った(図 2)。解析は定常解析で行った。収束判定は、流速、圧力、乱流エネルギー、乱流消失率の平均変動値が 10<sup>-6</sup> または、200 サイクル間に気流傾斜角の変動値がほぼ無い時を収束判断とした。解析条件を表 1 に示す。



図 1 風観測地点

表 1 解析条件

乱流モデル	標準 k-ε モデル
最小メッシュサイズ	腕木あり:7mm, 腕木なし:56mm
解析領域 [m]	230 × 800 × 1500
流入境界	高さ 25m で風速 40m/s の勾配流
流出境界	圧力規定
上空境界	すべり境界条件
側面境界	すべり境界条件
地表面境界	対数則
壁面境界	対数則

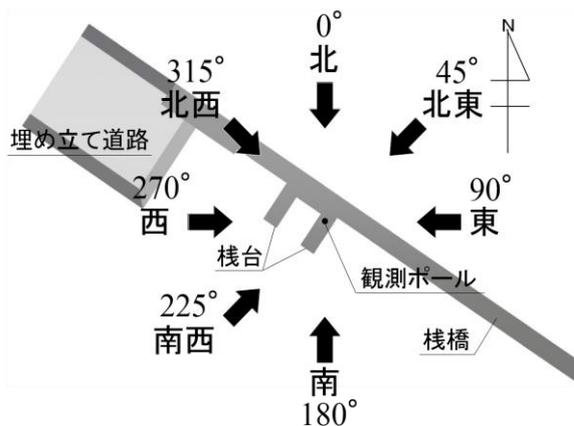


図 2 解析する観測ポール周りの 7 風向

キーワード 風環境, 気流傾斜角, CFD, 風向

連絡先 〒278-8510 千葉県野田市山崎 2641 5 号館 橋梁研究室 TEL:04-7124-1501

### 3. 解析結果

各風向における解析結果を、一様流の風洞実験結果、実測結果と共に図3に示す。ここで、風洞実験で用いられた模型は観測用ポールを中心とした半径150m(模型寸法1.5m)の範囲で、埋め立て道路、仮栈橋、観測ポールを再現しており、腕木材等(図4)は再現されていない。一方、解析で用いたモデルは、前述のように半径100mの範囲をモデル化したものである。腕木材なしのCFDによる傾斜角、風洞実験の結果と同程度であるが、風向の違いによる傾向については、必ずしも対応していない。風洞実験の模型と対応させる形で、仮栈橋モデルの一部トラス材を省略した場合の風向南の解析結果は、気流傾斜角 $1.59^\circ$ であり、省略しない場合の結果( $1.75^\circ$ )より小さくなったが差は大きくは無い。腕木材を再現した場合のCFDの結果は、腕木材無しの場合よりも、 $0.2\sim 0.7^\circ$ 程度大きくなっている。この差は、風洞実験で、風観測用ポールの一部および風速計固定用のアームを再現した縮尺1/3の部分模型を用いて得られた傾斜角の $1.3^\circ$ と比べると半分程度と小さいが、風向による大小の傾向は似ていた。なお、風洞実験では勾配流中での測定も行ったが、その場合は傾斜角はさらに大きくなっておりCFDの結果との差はさらに大きくなる。

さらに、別途、島の地形のみによる影響を、観測点を中心に12km四方、24km四方の2通りの範囲を対象としてモデル化しCFDにより検討したが、風速計高さ25mにおいて、傾斜角は $0.04^\circ$ 程度以下であったことから、地形のみによる影響は無視できると考えられる。

### 4. メッシュサイズの検討

風速計の腕木材を除くと、トラス材の幅が、全体のメッシュの切り方と比較するとかなり細かい。そこで、最小メッシュサイズの影響を検討した。検討は、仮栈橋モデルのうち風速計を繋ぐ腕木材、橋軸方向の一部トラス材を除き、仮栈橋の長さ10m分を取り出し、メッシュサイズを最小トラス材の幅の1/2(=通常の解析)と、1/3(=より細かくしたもの)で比較したが、大きな差は見られなかった。確認のために、半径100mの仮栈橋全体でもメッシュサイズを最小のトラス材幅の1/3とした場合の解析を行ったが、その場合も影響は小さかった。一方、床板の上方で、吹き上げの風の再現性を向上させるために、床板の上方、約9m高さまでのメッシュを細かくした場合には、細かくしない場合よりも傾斜角が大きくなる傾向があった。

### 5. まとめ

本研究で行ったCFDによる傾斜角は、たとえば南風についていうと、観測結果の4割程度しか再現できていない。また、風洞実験とも結果が整合しないなど、さらに検討が必要である。波浪による影響の検討も今後の課題だが、風速がそれほど高くない場合でも同様の傾斜角が観測されており、支配的な要因は風向と考えている。

謝辞：東京工業大学の田村哲郎教授には、貴重なご助言を頂きました。ここに記して感謝いたします。

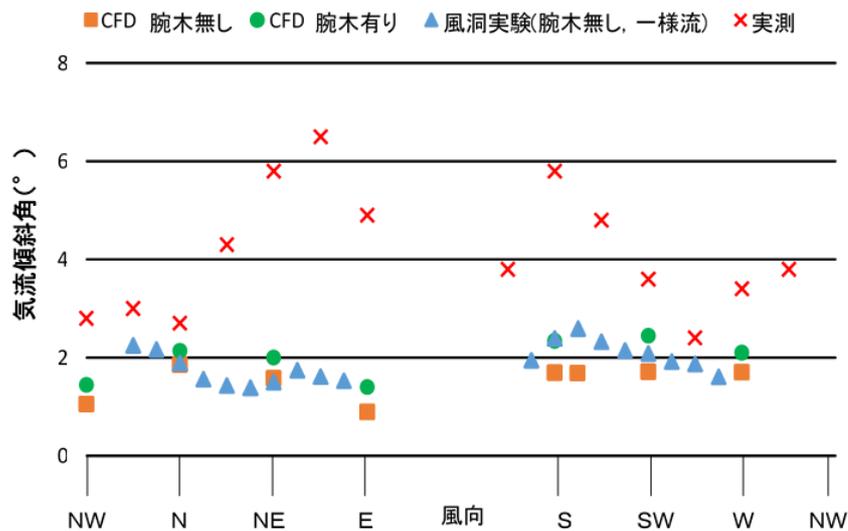


図3 風向毎の解析結果



図4 腕木材と風速計