

海上橋建設時に観測された気流傾斜角に関する CFD を用いた検討

東京理科大学大学院 学生会員 ○佐々木 怜於 東京理科大学理工学部 フェロー 木村吉郎
 東京理科大学(研究当時) 非会員 伊東光

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)。設計風速が高く耐風性の検討が重要であることから、建設用の仮栈橋の脇の栈台に、観測ポールを設置し、2011 年 7 月から 2012 年 10 月に渡り風観測が海面上高さ 24m において実施された。その際、海上にも関わらず風向によっては、 $4\sim 6^\circ$ 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、風洞実験で検討されたが、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った¹⁾。一方 CFD による気流傾斜角の特性検討も行ったが、CFD で現地の特性を再現できなかったのはトラス構造仮栈橋を限られた容量で解析していた事が原因の一つと考えられた。そこで本研究では CFD により気流傾斜角を再現できるかどうかを検討した。

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、観測ポールを中心に 100m 内の埋め立て道路、仮栈橋等に対して行った。流入境界に勾配流を設定し、風向は大きな正の気流傾斜角が観測された風向南の風を対象として解析した。観測点周りの一辺 50cm の立方体を 8 等分した時の、観測点を含む各頂点 27 点の平均を気流傾斜角として用いた。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^{-6} を下回る、または 2000 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

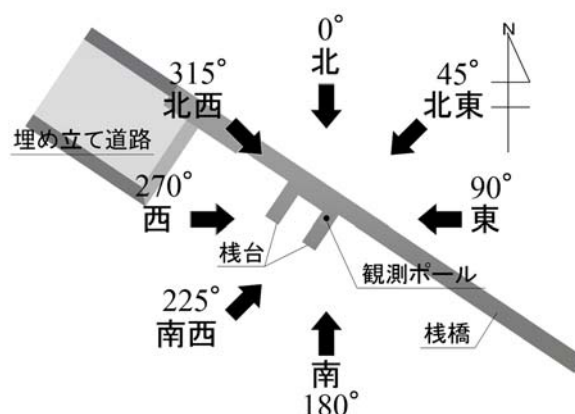


図 2 解析モデルの概略の平面図

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	56mm
解析領域 [m]	240×1000×1500
流入境界	高さ 25[m]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

キーワード 気流傾斜角, 自然風, 海上橋, CFD

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

3. メッシュ分割方法の検討

メッシュ分割が気流傾斜角に及ぼす影響を検討した。計算不可を抑えつつ、測定値に近い解析結果を得られるようにすることを目的とした。仮栈橋の情報において特に流れが複雑となり、その部分において正確な解析をすることが気流傾斜角にも影響すると考えられるため、そこにさらに細かいメッシュを配置した(図3)。メッシュ分割のケースは、仮栈橋上部3mを20cmのメッシュ分割(case1)、仮栈橋上部3mを10cmのメッシュ分割(case2)、仮栈橋上部3mまでのメッシュの大きさを40cmから5cmになめらかに変化させたケース(case3)の3ケースとした。メッシュ数は、case1, 2, 3の順に多い。結果、case1, 2, 3の気流傾斜角は、3.98°, 4.62°, 4.85°となった。風洞実験での測定値は4.9°であり、メッシュを細く分割し、大きさをなめらかに変化させたcase3の気流傾斜角が、最も実験値に近かった。

4. 解析対象モデル変更後の解析結果

3. で用いた解析モデルは概略のものであったため、風洞実験模型に対応するように詳細を修正した。変更したのは、栈台の寸法、栈台間の距離、海上道路の変更(図4左)と、伊良部大橋の下部工の追加(図4右)である。変更したモデルでは、気流傾斜角は2.67°となった。

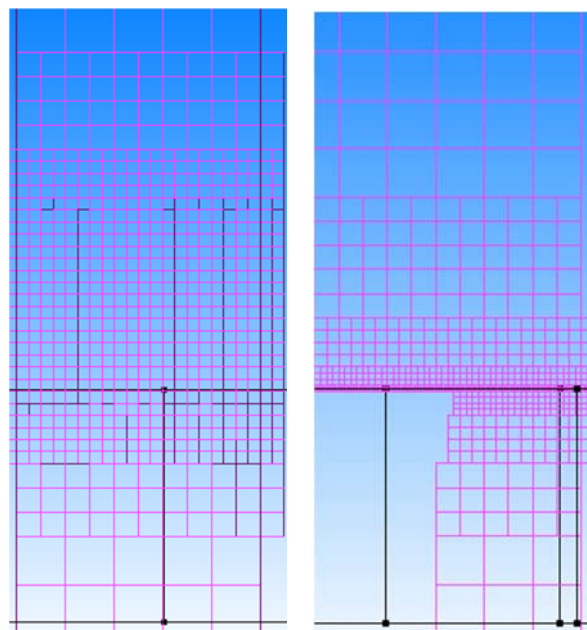


図3 メッシュ配置図(左:case1, 右:case3)

表2 メッシュ分割方法の解析結果の比較

	case1	case2	case3	実験値
メッシュ数	1,466,381	6,080,858	7,099,851	-
気流傾斜角(°)	3.98	4.62	4.85	4.9

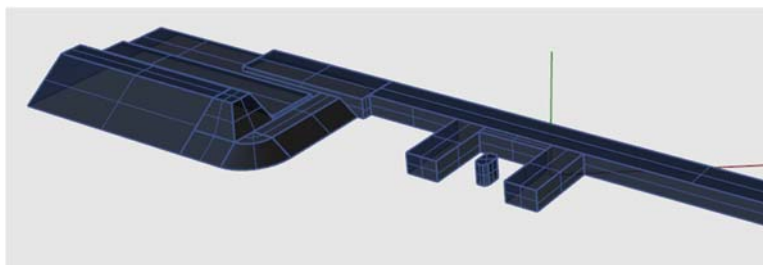
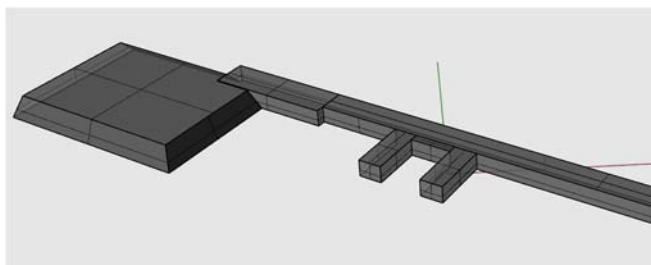


図4 仮栈橋モデル変更前(左)と変更後(右)

5. まとめ

本研究では、風洞実験での南風時の測定値を、数値流体解析で精度よく再現することを目的とした。風洞実験での値は4.9°であり、既往の研究で使用されていたモデルを使用し、メッシュの切り方を変更して解析を行った際には4.85°まで解析値を近づけることができた。さらに、正確な図面を参考にして作成したモデルに変更して解析も行ったが、解析結果は2.57°となり風洞実験の結果との整合性は悪くなった。この原因は明らかではなく、検討中である。なお、本研究においては、風工学研究所の方々大変お世話になった。ここに記して謝意を表します。

参考文献

- 1) 木村吉郎, 宮下康一, 勝村章, 仲嶺智, 橋梁の耐風性確認を目的とした海上での風観測結果の検討, 第22回風工学シンポジウム論文集, p19-24, 2012
- 2) 佐々木怜於, 田村亮, 木村吉郎, 片山延洋, 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, 土木学会第70回年次学術講演会, p1197-1198, 2015