

数値流体解析を用いた隅切り矩形断面の空力特性解析

横浜国立大学大学院 学生会員 ○松島 史弥 横浜国立大学 正会員 勝地 弘
 横浜国立大学 フェロー 山田 均 横浜国立大学 正会員 西尾真由子

1. はじめに

塔状構造物は細長い形状であるため固有周期が長く低減衰であるため耐風性の考慮が必要である。塔状構造物の耐風制振対策手法の1つに、構造物の矩形断面の隅角部を直角に切り取る‘隅切り’という手法があり、抗力低減、空力振動抑制に効果が認められている。また、隅切りによる安定化効果を剥離干渉法と関連付けて説明することも行われている。これまで既往風洞実験により、その効果、メカニズムは検討されているものの、系統的な調査がなされていない。そこで、本研究では数値流体解析を用いて断面まわりの流れ特性を分析することで隅切り諸元と空力特性の関係について詳細に検討した。

2. 解析方法

2次元静的解析により隅切り断面の空力特性を検討した。まず数値流体解析結果と岡島ら¹⁾による既往風洞実験結果を比較し再現性の検証をすることで解析条件・メッシュを決定し、①レイノルズ数効果、②隅切り高さ比 d/D 、③隅切り幅比 b/B 、④隅切り倍率の4項目について特性を検討した。検討ケースは表1のように①は原形断面においてレイノルズ数を変化させた5ケース、②、③、④はレイノルズ数 10,000 において隅切りサイズを変化させたそれぞれ3ケースずつ設定した。対象項目以外は原形断面と同条件としている。検討項目は空気力係数、周面圧力係数(図3に測定点を示す)、全体圧力分布、剥離点での剥離角、剥離幅、全体流速分布、流速ベクトル分布とした。解析領域は断面前方に $10D$ 、後方に $15D$ 、上下に $10D$ ずつとした。境界は対象断面を対数則分布、領域左面を一様流の流入境界、領域右面は流出境界として $P=0.0Pa$ を与え、領域上下面を Slip 条件とした。解析メッシュは正方形形状とし、断面近傍の再現性向上のため図2のように断面に近づく程小さいメッシュを配置した。また断面近傍の再現性向上のため層状メッシュを2層配置した。本解析は RANS 解析手法の $k-\epsilon$ モデルで解析を行い、時間間隔を $\Delta t=0.001s$ とした。時間積分法は陰解法非定常解析を用い2次精度風上差分で計算した。

表1 解析ケース

項目	Case
①レイノルズ数	$Re = (0.25, 0.50, 0.75, 1.0, 2.5) \times 10^4$
②隅切り高さ比 d/D	$d/D = 0.0833, 0.115, 0.133$
③隅切り幅比 b/B	$b/B = 0.235, 0.273, 0.376$
④隅切り倍率	0.8, 1.0, 1.2

3. 解析結果

①の結果では、レイノルズ数が増加しても流速ベクトル分布での流れの様子に変化がみられず剥離幅もほぼ一定であった。周面圧力係数は第2剥離点直後で、 $Re=7,500$ 以下では圧力係数が低下し $Re=10,000$ 以上で圧力係数が増加した。風洞実験結果ではレイノルズ数の変化により剥離幅が大きく変化しており、解析と風洞実験で多少異なる結果となった。②、③、④の結果では共通して、第1剥離点での剥離流が第2剥離点に衝突することで大

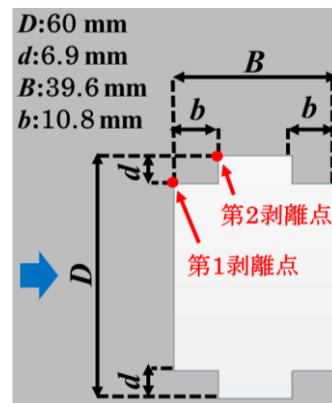


図1 隅切り原形断面

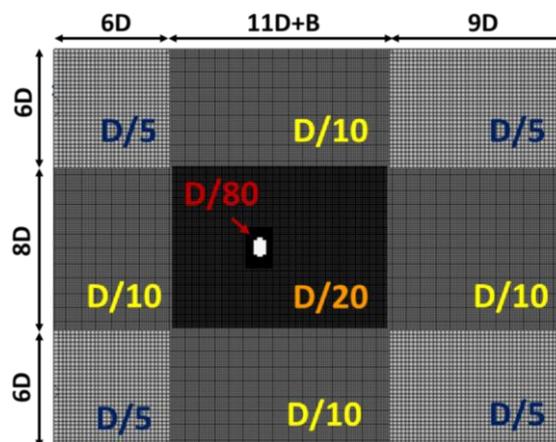


図2 メッシュ分割

キーワード : 数値流体解析, 隅切り

連絡先 : 〒240-8501 横浜市保土ヶ谷区常盤台 79-5 TEL 045-339-4243 FAX 045-348-4565

きく特性が変化した。ここでは、第1剥離点からの剥離せん断層が隅切り垂直面にぶつかることを衝突と定義し、衝突の有無は流速ベクトル分布による流れの様子から判断した。②では d/D が大きい場合($d/D=0.133$)、③では b/B が小さい場合($b/B=0.235$)、④では相似倍率が大きい場合(相似倍率 1.2)に剥離流の衝突が起こった。図4に②における流れ状況を示す。剥離流の衝突により、第2剥離点直後に負圧部が生じることで図6に示すように変動揚力係数が大きくなった。これより剥離流が衝突することにより振動発生の可能性が高くなるといえる。また第2剥離点直後の負圧部の影響で断面背面の圧力も低下し、図6に示すように抗力係数が大きくなった。その他に、剥離流が衝突し、第2剥離点で再剥離することで剥離幅が大きくなり、衝突しない場合と流れパターンが異なった。またそれぞれの項目で特有な特性があり、②では隅切り高さ比が極端に小さく剥離流が衝突しない場合には、第2剥離点で後方から前方隅切り部へ逆流が生じ、この影響で前方隅切り部の剥離渦が断面から遠ざかり剥離幅が大きくなった。③では図7に示すように隅切り幅比が大きく剥離流が衝突しない場合には、隅切り幅比が大きくなるほど前方隅切り部の負圧範囲が広がることで抗力係数が小さくなった。④では図8に示すように隅切り倍率が小さく剥離流は衝突しない場合には、隅切り倍率が大きくなるほど前方隅切り部でより負圧となるが、隅切り面積が大きくなるため負圧範囲も広がることで抗力係数がほとんど変化しなかった。

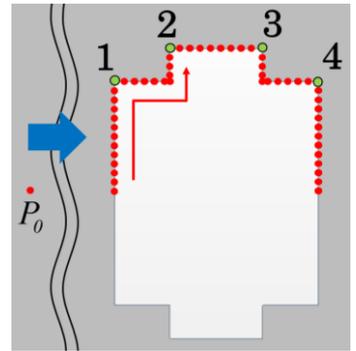


図3 圧力測定点

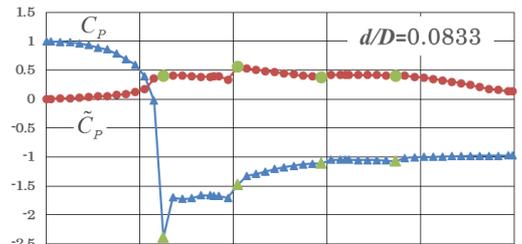


図5 原形断面 周面圧力係数分布

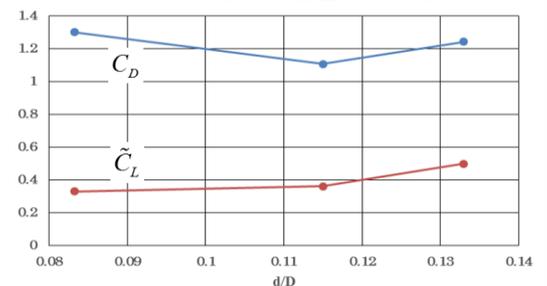


図6 隅切り高さ比 抗力係数・変動揚力係数

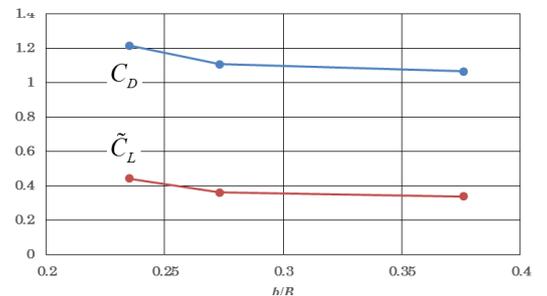


図7 隅切り幅比 抗力係数・変動揚力係数

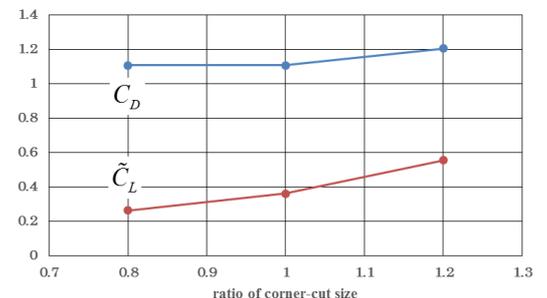


図8 隅切り相似比 抗力係数・変動揚力係数

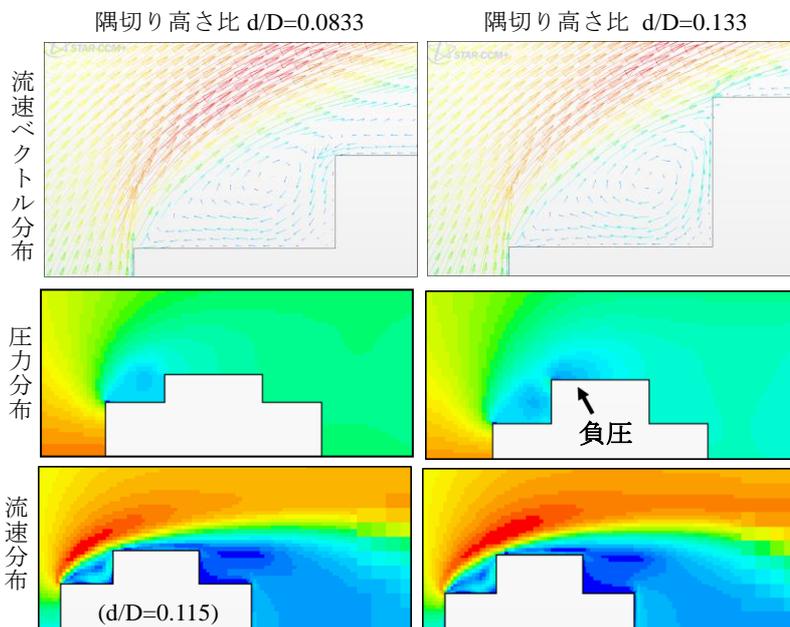


図4 隅切り高さ比 各分布図

4. まとめ

第2剥離点での剥離流の衝突により隅切り断面の空力特性が大きく変化することが確認できた。剥離流が衝突することで断面の周面圧力係数が大きく変化し、抗力係数が大きく、変動揚力係数が大きく、剥離幅が大きくなった。また隅切り高さ比や幅比、隅切り倍率にそれぞれ特有な特性が明らかになった。

参考文献

1) 岡島厚, 上野久儀, 阿部彰人: 隅切り矩形断面柱の空力特性におよぼすレイノルズ数の影響, 日本風工学会誌 No.49 pp1-13, 1991