

矩形断面の渦励振特性に対する乱流の影響について

京都大学大学院 学生員○山岸 稔 京都大学工学部 正 員 松本 勝
 京都大学工学部 正 員 白石成人 京都大学工学部 正 員 白土博通
 水産庁 正 員 西崎孝之* 三井建設 正 員 辻本和弘**
 三井造船 正 員 赤瀬雅之**
 (*研究当時 京都大学大学院生, **研究当時 京都大学学生)

1. はじめに 断面辺長比 B/D (B :桁幅, D :桁高)が約2~6の断面では, 自己励起型渦励振の発生する可能性があり, 乱流中でのそれらの特性を把握することは極めて重要である. 過去に, 乱流中で $B/D=2$ の矩形断面及び六角形断面の渦励振応答が一樣流に比べ, ほとんど変化しない, あるいは若干増加傾向にあることが報告されている¹⁾. また, 断面辺長比 $B/D=3$ の矩形断面では, 撓み振動時で気流の乱れ強さが増加すると最大応答振幅は若干増加するとも報告されている²⁾. 本研究は, $B/D=2\sim6$ の基本的な矩形断面を用い, 渦励振発生メカニズム解明を目的として行われた. 本稿では, 渦励振特性に対する乱流の影響に着目する.

2. 振動応答特性 断面辺長比 $B/D=3$ ($D=50\text{mm}$), $4, 5$ ($D=40\text{mm}$), 6 ($D=30\text{mm}$)の矩形断面について, 気流を一樣流, 乱流($I_u=4.8\%$)の2種類に変化させ, 撓み1自由度の風速応答振幅実験を行った. 一樣流中, 乱流($I_u=4.8\%$)中での渦励振の最大無次元倍振幅 $2A/D$ の断面辺長比に対する変化を図1に示す. 図中にはスクルートン数が約8と約25の場合を示している. この図より, 全断面通じて一樣流中の応答値に比べ, 乱流中の応答値は減少していることがわかる. $B/D=3\sim6$ の断面では, 一樣流中で最大応答振幅が断面辺長比の増加に従い, 減少している. この傾向はスクルートン数の大小に依存していない. また, 乱流中で, $B/D=3\sim5$ では断面辺長比の増加とともに最大応答振幅は減少傾向にある. ところが, $B/D=6$ の場合には, 乱流による応答振幅低減効果は小さくなり, 一樣流中での傾向とは異なる. この乱流中の傾向は, スクルートン数に依存していない. このように, $B/D=3\sim5$ 断面と $B/D=6$ 断面とでは, 乱流による振幅低減効果が異なる.

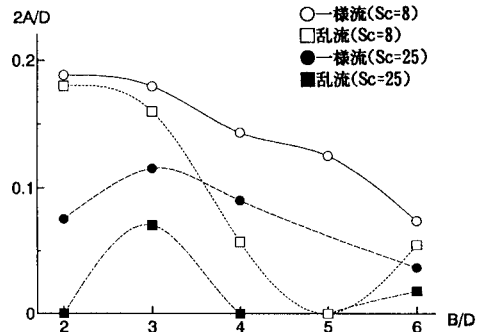


図1 渦励振の最大無次元倍振幅

次に, 矩形断面の特性としてストローハル数($St=fD/U$)と断面辺長比 B/D の関係を図2に示す. そして, 例として $B/D=3, 6$ の各矩形断面の風速応答振幅図を図3, 4に示す. 図3-1, 4-1はスクルートン数が約8のスプリッタ板なしの場合の各断面における図であり, 図3-2, 4-2はスクルートン数が約8で更に断面後縁から D 後方にカルマン渦を抑制する目的でスプリッタ板(幅600mm, 長さ910mm)を挿入した場合の図である. また, 図3-3, 4-3では, スクルートン数が約25でスプリッタ板なしの場合の図を示す.

図3-1, 2, 3より, $B/D=3$ の場合, 一樣流中, 乱流中ともに無次元風速5付近から渦励振が発生していることがわかる. このことは渦励振開始無次元風速がスプリッタ板の有無, スクルートン数の変化には依存していないことを示している. そして, その開始無次元風速は図2に示す $0.6D/B$ の逆数, つまり $1.67B/D$ にほぼ一致している. この傾向は, ここには図に示していないが, 断面辺長比 $B/D=4, 5$ においても確認されている. 次に, スプリッタ板の有無による応答の違いをみると(図3-1, 2), 断面の後流

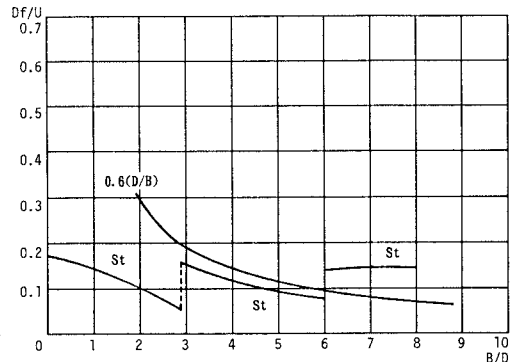


図2 矩形断面の特性

域にスプリッタ板を挿入した場合、一様流中では応答振幅は大きく増大しており、乱流中では、ほとんど応答振幅に違いはない。ここには図に示していないが静止断面で後流域の流速変動スペクトル測定を行っており、スプリッタ板挿入時および乱流時では、カルマン渦が完全に抑制されていることが確認されている。つまり、ここで発生している渦励振は自己励起型渦励振であると考えられる。更にスクルートン数による応答の相違をみると（図3-1,3）、乱流による応答振幅の低減効果に多少違いがある。これは、振幅の大小で前縁剥離渦の強さが違うためであると考えられる。

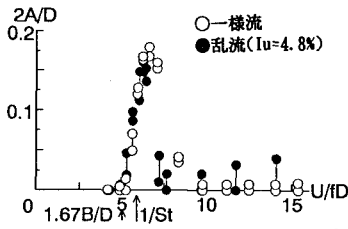
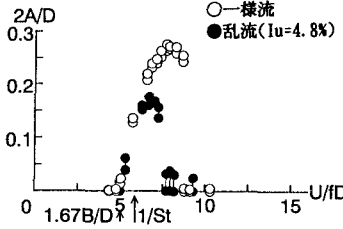
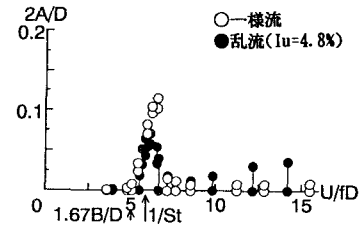
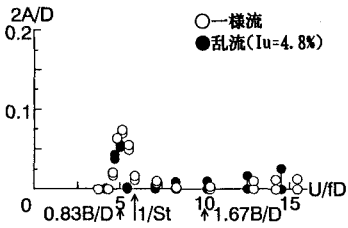
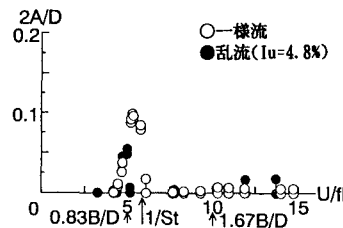
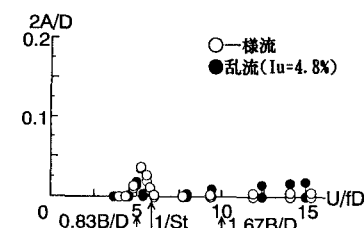
図3-1 スプリッタ板なし($Sc=7.9$)図3-2 スプリッタ板付き($Sc=8.0$)図3-3 スプリッタ板なし($Sc=25.1$)図3 風速応答振幅図（矩形断面 $B/D=3$ ）

図4-1,2,3より、 $B/D=6$ の場合、一様流、乱流ともに無次元風速5弱から渦励振が発生していることがわかる。この開始無次元風速はスプリッタ板の有無、スクルートン数に依存していない。また、一様流中において、後流域にスプリッタ板を挿入した場合（図4-1,2）、振幅が増大している。つまり、この断面においても自己励起型渦励振が発生しているものと考えられる。ところが、この渦励振開始無次元風速は約5であり、先の2つの断面とは異なり、図2に表されている $0.6D/B$ の逆数とはかなり違った値をとっている。ただ、無次元風速5は $1.67B/D$ の約 $1/2$ であり、断面振動2周期で前縁剥離渦が後縁に達することで励起する、つまり開始無次元風速が $0.83B/D$ となる渦励振である可能性がある。ここでは図に示していないが、これらの断面の位相差特性は、 $B/D=3, 4, 5$ では、変位に対する変動圧力の位相差が断面前縁で 0° 、後縁で 360° 、 $B/D=6$ では、前縁で 0° 、後縁で 720° という結果が得られており、応答図の開始無次元風速とは対応がとれている。更にスクルートン数による乱流中の応答低減効果（図4-1,3）は、 $B/D=3$ と同様に多少の違いが見受けられる。

図4-1 スプリッタ板なし($Sc=8.4$)図4-2 スプリッタ板付き($Sc=10.3$)図4-3 スプリッタ板なし($Sc=24.8$)図4 風速応答振幅図（矩形断面 $B/D=6$ ）

3. まとめ 1) $B/D=6$ の断面は $B/D=3\sim5$ とは励振形態が異なり、開始無次元風速が $0.83B/D$ となる自己励起型渦励振が発生する。2) $B/D=3\sim5$ では、断面辺長比の増加に従い、一様流中、乱流中ともに最大応答振幅は減少するが、 $B/D=6$ では乱流による応答振幅の低減効果が小さくなる。これは1)で示した励振機構の相違が要因と考えられる。3)スクルートン数、つまり振幅の大小により乱流中の応答低減効果は異なるものと思われる。

謝辞 本研究遂行にあたり、ご協力いただいた京都大学大学院 青木 淳氏に感謝致します。

参考文献 1)武田ら：“気流の乱れ強度と渦励振応答振幅”，第39回土木学会年次学術講演会講演概要集，1984。

2)本田ら：“渦励振に及ぼす乱流効果についての実験的研究”，第37回土木学会年次学術講演会講演概要集，1982。