

構造断面柱のストローハル数に及ぼすレイノルズ数効果について

九州工業大学工学部 学生員 周 建芹
九州工業大学工学部 正 員 久保喜延
九州工業大学工学部 学生員 広中忠孝
九州工業大学工学部 学生員 田崎賢治

1. はじめに

橋梁の耐風設計において断面の決定は、縮尺模型を用いた風洞実験によって確認、検討がなされる。最近では2000mを超えるような超長大橋も計画されており、風洞実験でその耐風性を検討する場合、風洞上の制約のため縮尺率の大きな模型によって実験することになる。その結果、非常に低いレイノルズ数域で実験を行わざるを得ない。しかしながら、曲面をもつ構造物以外の場合には、流れの剥離点がほぼ一定しているとしてレイノルズ数の影響を無視できるとした従来の考え方では対応できない状況が生ずる。したがって、風洞実験におけるレイノルズ数の影響についての十分な検討が必要と思われる。そこで、構造基本断面のうち、一般にレイノルズ数の影響を受けにくいとされているH形断面柱と長方形断面柱について、レイノルズ数効果を剥離と直接結びつくストローハル数との関係から検討することを本研究の目的とした。また、橋梁断面についても同様な検討を加えた。

2. 実験方法

実験には、測定断面が $0.4 \times 0.4\text{m}$ の風洞を使用し、固定された模型の後流渦の変動風速を熱線流速計で測定することにより、ストローハル数を求めた。熱線流速計で計測された風速変動をスペクトルアナライザーで解析して、後流渦の周波数として記録した。さらに、後流渦周波数のばらつきをみるために各風速毎に3~10回の計測を行い、各風速でのスペクトルをフロッピーディスクに格納した。実験に使用した模型は、図-1(a)に示す $B/D=7$ のH形断面柱と $B/D=2, 4, 6$ の長方形断面柱である。ここで、 B は模型幅、 D は模型高を示す。また、橋梁断面柱としては図-1(b)に示す形状の異なる3つのフェアリングを図-1(c)に示す橋梁基本断面の斜線部に取り付けたものを用いた。なお、フェアリング中の名称を各橋梁断面の名称とした。これらの断面の変動風速の測定位置を図-2に示す。

3. 実験結果

1) 基本断面

図-3は $B/D=7$ のH形断面柱における Re 数と St 数の関係を示したものである。この図によれば、 $Re < 4000$ の範囲では St 数に大きな変動がみられるが、 $Re > 4000$ の範囲では $St=0.8$ 程度で一定値になっている。また、変動の大きさも Re 数が低くなるにしたがって、大きくなっている。スペクトルの分布は Re 数が低い範囲では明確なピークを示さず、 Re 数が高い範囲では明確なピークを示しており、 Re 数が低い範囲では St 数に及ぼす Re 数の影響が大きいと考えられる。

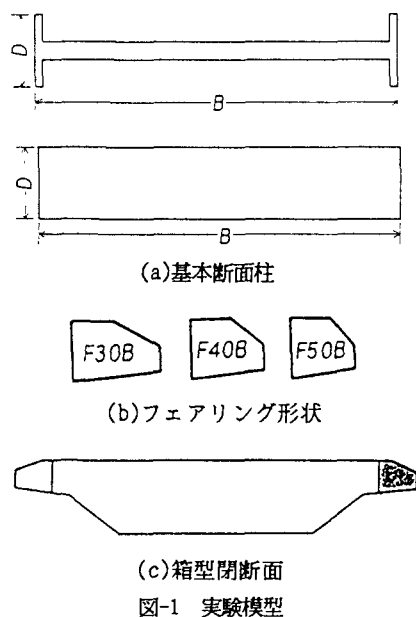


図-1 実験模型

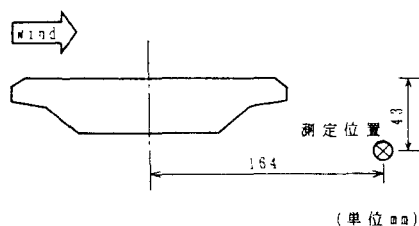


図-2 測定位置

(単位 mm)

図-4はそれぞれ $B/D=2, 4, 6$ の長方形断面柱の Re 数と St 数の関係を示したものである。図-4(a)は $B/D=2$ の場合であるが、 $Re < 1000$ の範囲で St 数に大きな変動がみられるものの、 $Re > 1000$ では $St=0.08$ でほぼ一定の値を示している。スペクトルの分布は $1000 < Re < 6000$ では明瞭なスペクトルのピークがみられ、 $Re > 6000$ の範囲では2個のピーク値がある。このように $Re > 6000$ の範囲で2個の St 数が存在しているのは前縁隅角部からの剥離渦と後縁隅角部からの2次渦によるものと考えられる。

図-4(b)、は $B/D=4$ の場合における Re 数と St 数の関係を示したものである。 $Re < 5000$ の範囲で St 数に変化が生じており、 $Re > 5000$ の範囲では $St=0.12$ とほぼ一定値を示している。また、スペクトルの分布は全体的に明瞭であるが、 $Re < 5000$ の範囲では Re 数が小さくなるにつれて、 St 数は大きくなっている。

図-4(c)は $B/D=6$ の場合における Re 数と St 数の関係を示したものである。 $B/D=4$ の場合と同様に $Re < 5000$ の範囲では Re 数が小さくなるにしたがって、 St 数が大きくなる傾向にある。また、同じ Re 数でも、 St 数のばらつき具合は $B/D=4$ の場合より大きい。このように、 B/D の変化とばらつき具合についてみると、 B/D が大きくなると Re 数に対する St 数の変動も大きくなり、 $B/D=2$ ではほとんど影響がないと考えられる。すなわち、偏平率が大きいと St 数に及ぼす Re 数の影響が大きいことを示している。

2) 橋梁断面

図-5はフェアリング形状の異なる3つの橋梁断面について Re 数と St 数の関係を示したものである。これらの断面では、 $Re < 7000$ の範囲で St 数に大きな変動がみられ、 $Re > 7000$ では $St=0.2$ 程度でほぼ一定値を示している。また、変動の大きさも偏平率が大きく、比較的流線形性の高いF30Bが大きく、偏平率が小さく非流線形性の高いF50Bが比較的小さなばらつき具合を示している。このように橋梁断面柱も長方形断面柱と同様な傾向を示している。

4. まとめ

以上の結果をまとめると次のようになる。

- 1) H形断面柱や長方形断面柱の St 数は Re 数の低い範囲では影響を受け、また、長方形断面柱では偏平率が大きくなると St 数に対する Re 数の影響も大きくなると考えられる。
- 2) 上述の結論は橋梁断面においても同様なことが考えられ、特に低い Re 数の範囲で風洞実験を行う場合には、 Re 数の効果を考慮する必要があると考えられる。

<参考文献> 1) 久保他：縮尺の異なる橋梁断面模型の耐風特性、第46回年次学術講演会概要集、1991, 9

2) 久保他：P C斜張橋断面の空力応答特性に与える Re 数の影響、日本風工学会誌、1991, 4

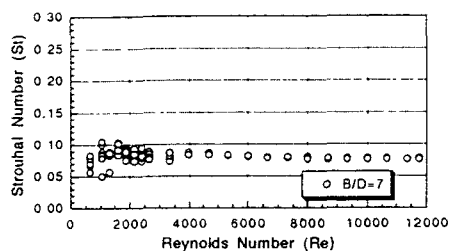
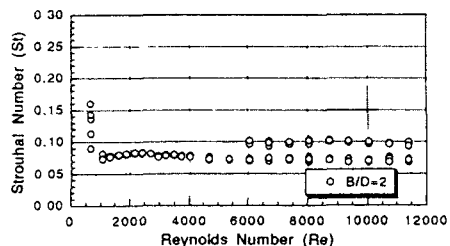
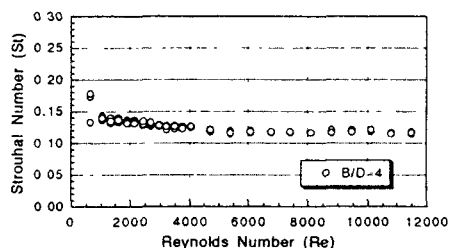


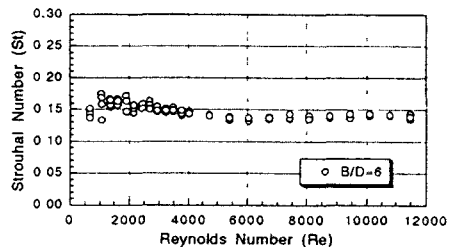
図-3 H形断面柱



(a) $B/D=2$



(b) $B/D=4$



(c) $B/D=6$

図-4 長方形断面柱

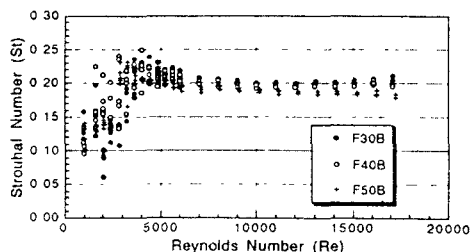


図-5 橋梁断面