

九州大学 工学部

学生員 中島正道

九州大学応用力学研究所 正 員 中村泰治

同

渡辺公彦

1. はしがり

弦長/桁高 (d/h) = 2~5 の細長い断面の bluff な物体は、2つまたは1つの限定された低風速域で低風速励振を生じるが、それらの振動はカルマン渦とほとんど無関係に発生すると、広く認識されている。ところが、 $d/h = 5$ の H 形断面においては、2つの低風速励振のうち高風速側の振動は、カルマン渦との共振風速で発生している例もあり、未だこの点に関する説明が十分に言えない。本研究では、 $d/h = 5, 4, 3$ の H 形断面 (それぞれ、1:5H, 1:4H, 1:3H と呼ぶことにする)、さらに $d/h = 5, 7.5, 12.5$ の T 形断面 (それぞれ、1:5T, 1:7.5T, 1:12.5T と呼ぶことにする) について、曲げの振動実験を行い、それらの断面の低風速励振とカルマン渦との関係、そして発振限界風速について、二三の考察を行った。

2. 実験装置

使用した風洞の測定部断面は、高さ×幅 = $3\text{m} \times 0.7\text{m}$ 。模型の弦長 = $d = 36\text{cm}$ (1:3H, 1:4H), 60cm (その他)。 d/h は h を変化させることによって調節した。模型の固有振動数 = $f_0 = 7.03\text{Hz}$ (1:3H, 1:4H), 5.9Hz (その他)。対数減衰率 = $\delta_0 = 0.0046$ (1:3H, 1:4H), 0.012 (その他)。模型の質量 = $m = 0.170\text{kg}$ (1:3H, 1:4H), 0.277kg (その他)。(2 $m_0/\rho h^2$) $\delta_0 = 1.34$ (1:3H), 2.39 (1:4H), $6.16 \sim 38.5$ (その他)。追加実験として、スプリッタープレートを使用した実験も行ったが、スプリッタープレートの長さ = 120cm とした。測定風速範囲は、2~11 %s であった。なお、模型の振動数にストローハル数の解析には、FFT-アナライザーを使用した。

3. 実験結果

図1は、1:5Hの風速に対する振動振幅の変化を示す。本実験では、ストローハル数 = $St(h) = f_0 h / V = 0.116$ と測定され、カルマン渦との共振風速 = $V_{cr} = 5.8\%s$ である。図1を見ると、振動が2つの風速域で発生しており、高風速側の励振は V_{cr} の近傍より発生していることがわかる。実験では、低風速励振がカルマン渦に関係しているか否かを調べるために、スプリッタープレートと模型の後流中に取り付けた場合の応答特性が比較された。模型とスプリッタープレートの間隔 $\approx 0, 0.5h, \infty$ (スプリッタープレート無し) の3つの場合が比較されているが、 X が小さくなるにつれて振幅は小さくなる。しかし、 $X \approx 0$ となっても依然として振動が生じている。また発振限界風速は、スプリッタープレートの有無に関係なく一定である。 $X \approx 0$ の場合に、模型後流中の速度変動を熱線流速計で測定したが、卓越同波数成分は検出されなかった。

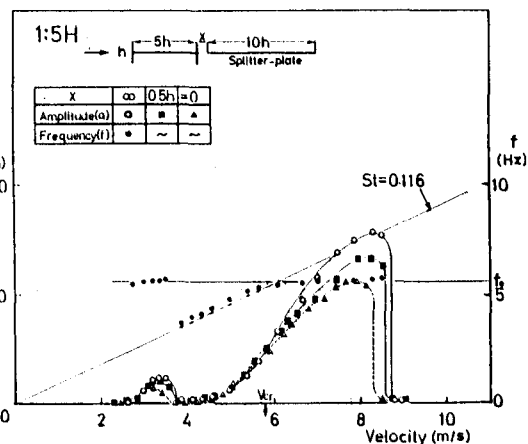


図1 1:5H 応答特性

図2は、1:4Hの応答である。ここで、 $St(h) = 0.148$, $V_{cr} = 4.01\%s$ であった。1:5Hと同じく、 V_{cr} 近傍で発生しており、スプリッタープレートを取り付けても、応答特性はそれほど大きく変化していないことがわかる。

図3は、1:3Hの応答である。固定した模型の後流中に置いた熱線流速計によって測定した流速変動には、2つの卓越周波数成分が存在したので、2つのストローハル数が定義できる。それらの値は、 $St(h)=0.208$, $St(h)=0.118$ であり、それぞれの値に対し、 $V_{cr}=3.8\%$, $V_{cr}=6.71\%$ であった。図3を見ると、 $V_{cr}=3.8\%$ ($St(h)=0.208$)で発振している。 $\alpha \approx 0$ と、 $\alpha \approx \infty$ と比較すると、 $\alpha \approx 0$ ではかなり振幅が減少しているが、それにもかわらず、励振が V_{cr} より発生することは、興味深い。

図1, 2, 3より次の事が明らかにされた。①曲げの低風速励振は、カルマン渦との共振風速より発現する。②それにもかわらず、スプリッタープレートを入れて、カルマン渦を消した状態でも発振する。③さらに、その場合発振限界風速は依然として共振風速に一致する。

追加実験として、H形の後縁を取り除いたT形断面の振動実験を行った。図4によると、1:5T, 1:7.5Tはいずれもカルマン渦との共振風速より、低風速励振が発現している。これらの実験結果は、H形断面の実験結果と同じである。なお、1:12.5Tについては、模型固定時の後流中の速度変動に、卓越周波数成分が存在しなかったため、 St は定義できなかった。それにもかわらず、低風速励振が発現している。

4. 結び

曲げの低風速励振は、一見カルマン渦と無関係に発振する。しかしなお、それはカルマン渦との共振風速より発振する。この一見矛盾する関係を明らかにする必要がある。

本研究は、タコマ橋の上下振動に関して、京都大学松本勝助教授と行った議論を動機として始められた。また、風洞実験に際し、応用力学研究所満田武入助手の援助を受けた。ここに記して謝意を表する。

参考文献

- ①中村・渡辺：第34回土木学会年次講演会概要集，1979
- ②中村・中島・渡辺：本講演会概要集，1983
- ③白石・松本：土木学会論文報告集，322号，1982
- ④小松・小林：Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics, 6 (1980) 335-362

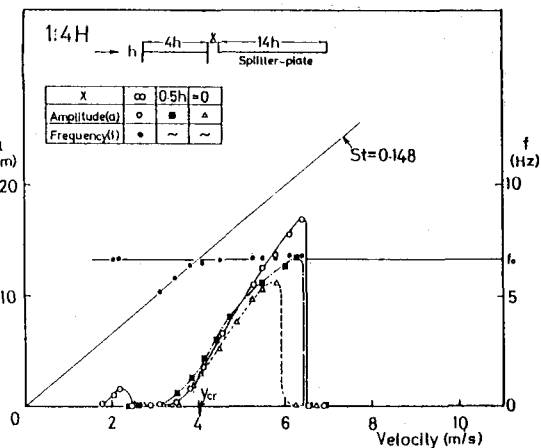


図2 1:4H-応答特性

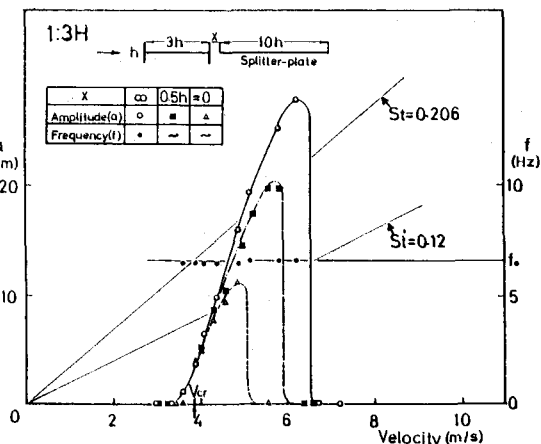


図3 1:3H-応答特性

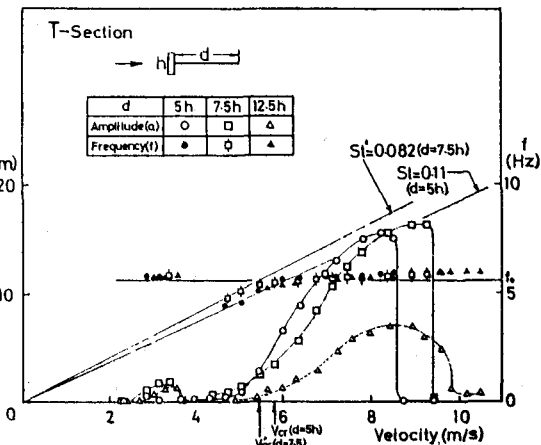


図4 T形-応答特性