

偏平矩形断面柱のねじれの渦励振について

九州産業大学 正員 吉村 健 有明工業専門学校 三宅昭春
同 学員 國田東二・学員 平山智良・学員 永松輝雄

① まえがき 偏平な矩形やH型等の構造断面に生じる曲げモードとねじれモードの渦励振は、断面の上・下面に形成される剝離渦、すなわち、弦長 d を1波長あるいは2波長とするいわゆるエッジトーンの渦(これらをそれぞれ $n=1$ と $n=2$ の渦と呼ぶ)に起因するフラッタであることは周知のとおりである。曲げモードでは、これらの渦との共振風速付近から励振が始まるが、一方、ねじれモードの場合、必ずしも共振風速付近から励振が始まらないことを白石・松本¹⁾は指摘している。これは、励振発生種の(タネ)である $n=1$ あるいは $n=2$ の渦と励振との関連が明確でないことを意味するものである。

本研究では、断面比の異なる8種の矩形断面模型を用いてねじれモードの渦励振の風洞実験を行ない、励振の種類(タネ)との関連を調べた。また、H型断面のウェブを弾性膜に置換した“H型膜”のフラッタ実験も行ない、検討の一助とした。

② 矩形断面の渦励振発生風速域 上記の目的で、極慣性モーメントの小さい模型に粘性ダンパを取り付け、系の減衰を増加させて渦励振発生風速域を狭めて行った。そして、その風速域ごとの渦との共振風速に収束するかを調べた。図-1へ3は実験結果の一例であり、それぞれ1:3、1:4および1:8の名断面の風速-応答曲線を示す。ストローハル数は $Sc = f d / V$ で定義し、これを直線で図示している。ここに、 f は静止模型の渦放出振動数、 V は風速。また、共振風速 $V_{cr} = 1/Sc$ とスクリーン数 $Sc = 2I / \rho \alpha^4 \delta_0$ は図中に記すとおりである。ここに、 I は単位スパンあたりの極慣性モーメント、 ρ は空気密度、 δ_0 は無風時減衰。

これら一連の実験値から渦励振発生風速域を求め、その無次元量 $\bar{V} = V/fd$ (f は気流中における系の振動数で、固有振動数 f_0 と異なる。図-1へ3参照)と断面比 d/b (b は断面の高さ)を、縦軸と横軸にそれぞれ取りプロットすると図-4のようになる。図中●印と○印が発生風速域を示し、■印は共振風速である。図-5は、 $1/Sc$ を縦軸に取りプロットしたものであり、■印

は完全剝離型と再付着型の断面のカルマン渦に関する Sc 数を示す。これらの図中に濃い網目で記す $n=1$ の曲線は、■印を通り、第2の発振の発生風速域が収束した位置付近を結んだものである。■印が $Sc = 0.5 \sim 0.6$ なる値を示すことから、この曲線は $n=1$ の渦の共振風速分枝を表わすものと考えてよい。また、薄い網目はこの $n=1$ の曲線から推定した $n=2$ の渦の共振風速分枝である。この曲線上に第2発振の発生風速域が収束するのを図に見ることでできる。

さて、図-4に見るように、応答特性は次の3つの型に分類される。すなわち、①共振風速より高風速域で励振を生じるもの(共振風速付近から発現開始); 1:3断面の第2の発振 ②共振風速より低風速域で励振を生じるもの(共振風速付近で発現終止); 1:4断面 ③共振風速の両側で励振を生じるもの; 1:5~1:9の第1と第2の発振、の3つである。なお、田島²⁾が示したように、断面比1:2~1:3に対する Sc 数は、1:3付近で不連続となる。この Sc 数より、1:2断面の第1の発振は②の型、1:3断面の第1の発振は①の型、および1:2断面の第2の発振は③の型にそれぞれ属することがわかる。

1:3断面と1:4断面の第2の発振が、それぞれ①と②の型に属することは、図-1,2でも判別することができる。つまり、1:3断面では、渦による強制振動を経て励振の発現が始まるのに対し、1:4断面の場合、励振発現終止風速付近から強制振動に移行するのであって、渦と物体振動系との共振として現象をとらえるならば、上記のことはいわば自明であるといえる。

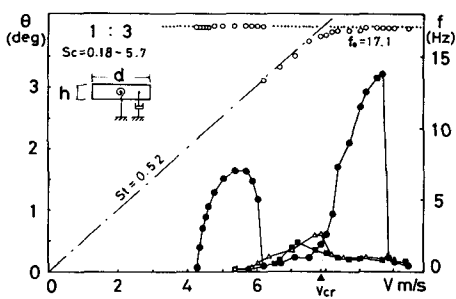
従来から指摘され、また図-4にも見るように、1:2~1:7断面の励振の中には、発現開始風速がほぼ $\bar{V}=1$ に等しいものがある。このため、これらは同じ渦に起因する励振であると誤解されて来た。しかし、これらの(1:2~1:3)と(1:4~1:7)の励振は、別種の渦に起因するフラッタであることは上記のとおりである。本実験結果によれば、1:3~1:5の断面における $\bar{V}=1$ 付近の励振では、不安定なリミットサイクルが認めら

れた。生じたフラッタがハードフラッタであることは“柱体自身の振動によって形成される渦—種々なし”の渦”が励振の発現をもたらす直接の原因であると考えられることでも、この意味で、 $V=1$ 付近の励振は純粋なフラッタであるといえないだろうか³⁾。

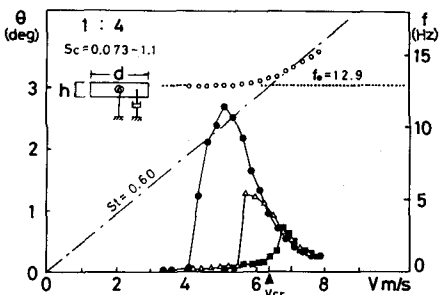
③ H型梁の渦励振発生風速域 H型梁でも上記の矩形断面と全く同じ発生機構の渦励振を生じる⁴⁾⁵⁾。図-6は、図-5と対応するH型梁の渦励振発生風速域を示したものである。H型梁の場合、気流方向の断面で見た対称モードと逆対称モード(図中のさし絵参照)が、対称性という意味で、それぞれ上記のお支持梁型の曲げとおおのれモードと対応すると考えてよい。さて、1:5~1:12断面の場合、 $Sc=0.5\sim0.6$ を境にして、それより上側(低風速側)で逆対称モードの励振が、また、それより下側(高風速側)で対称モードの励振

がそれぞれ発生している。つまり、これらはそれぞれ上記の②と①の型に属しており、逆対称モードの渦励振の発現が共振風速付近で終止するのは、特異な現象ではないことを示す一つの例であるといえる。

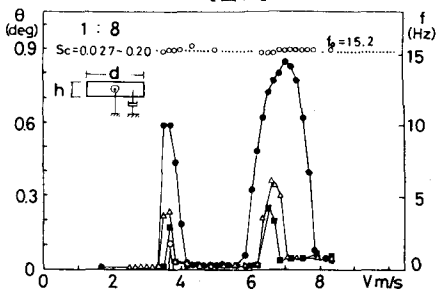
④ むすび 以上の検討の結果、偏平矩形断面に生じるおおのれモードの渦励振は、 $n=1$ あるいは $n=2$ の渦に起因するフラッタであることが示された。おわりに、本研究を行なうにあたり、九産大の院生・卒業生諸君の援助を受けたことを記し、謝意を表します。



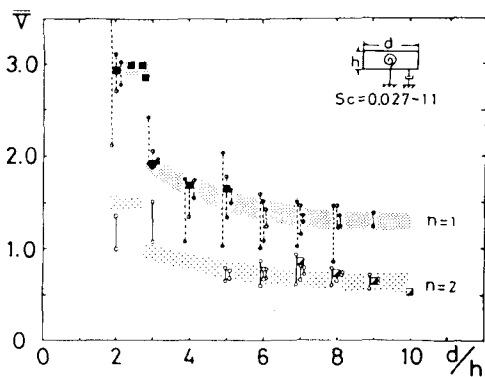
【図1】



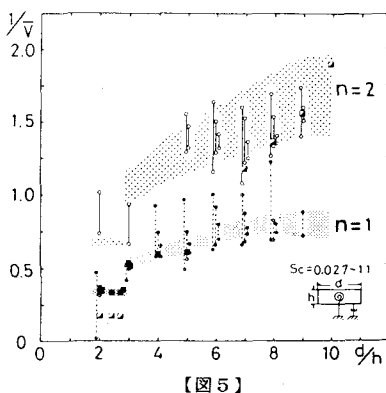
【図2】



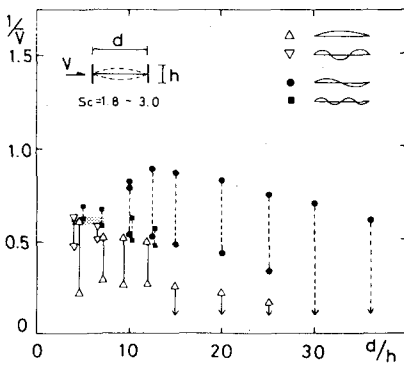
【図3】



【図4】



【図5】



【図6】

参考文献

- 1) 日石・秋本:
土木学会論文報告集,
第322号, 1982.
- 2) 岡島:
日本風工学会,
第17号, 1983.
- 3) 吉村 ほか:
土木学会西部支部
研究発表会講演記録集,
1986.
- 4) 三宅 ほか:
第8回 風工学
シンポジウム論議集, 1984.
- 5) 三宅 ほか:
工不学会西部支部
研究発表会講演記録集,
1986.