

I-452

鈍いH型断面にみられる振れ振動に関する研究

京都大学大学院	学生員	重高浩一
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
三菱重工業（株）	正 員	平井滋登
京都大学大学院	学生員	伊藤裕一

1. はじめに 橋梁の長大化が進むにつれ、その可撓性の増大や振れ剛性の低下に起因する様々な空力不安定振動がしばしば重大な問題となる。その解決にあたっては、各種の制振技術が開発されているが、有効な方法を風洞実験により試行錯誤的に探すという手法のみでは、効率的ではないと思われる。そこで、効率的に解決策を得るために、問題となる空力振動の発生機構を解明する事が重要であると思われる。ここでは、以上のような状況を考慮しつつ、H型断面の振れ振動を取り上げ、特に限定型の振れ振動のみられる、鈍い断面について、各種の応答特性を調べた。

2. 結果及び考察 断面辺長比 $B/D=3$ (B : 幅員, D : 桁高) のH型断面の振れ応答特性について、特にスクルートン数 Sc の影響と乱流効果に着目しつつ、比較的高風速域まで調べた。なお、ここでは、スクルートン数 Sc は、 $I \delta / \rho B^4$ と定義した (ただし、 I : 単位長さ当り慣性モーメント, δ : 無風時の倍振幅 1° における対数減衰率, ρ : 空気密度)。スクルートン数 Sc による一様流中の応答の変化を図1に示す。また、倍振幅 1° における不安定な無次元風速域 U/fB をスクルートン数 Sc に対して示したものが図2である。

一様流中では、いったん発生した振動が高風速になれば零発振しなくなる、限定型の応答性状を有することが明らかとなった。また、振動がおさまる側では、不安定なリミットサイクルが存在している。この不安定なリミットサイクルが、どこまで続くのかは、興味深い問題であるが、倍振幅 7° 以上の応答の測定が困難なため、ここでは明らかにできなかった。さらに、振動の収まる風速にはスクルートン数による大きな変化はみられないが、発現風速はスクルートン数とともに増加する傾向が認められる。

下流側フランジを撤去したT型断面とH型断面の応答を比較した結果を図3に示す。なお、ここではT型の場合も幅員 B は150mmとして辺長比と無次元風速を求めている。下流側フランジの撤去により発現風速が低下するとともに、不安定なリミットサイクルがほぼ消えて、振動風速域が狭くなっている。また振幅が大きいくほど、両者の振動風速域の違いが大きいくという傾向が認められる。

この結果は、剝離せん断層と下流側フランジの干渉が振幅に大きく依存することが考えられるため、特に差が出たことが考えられる。

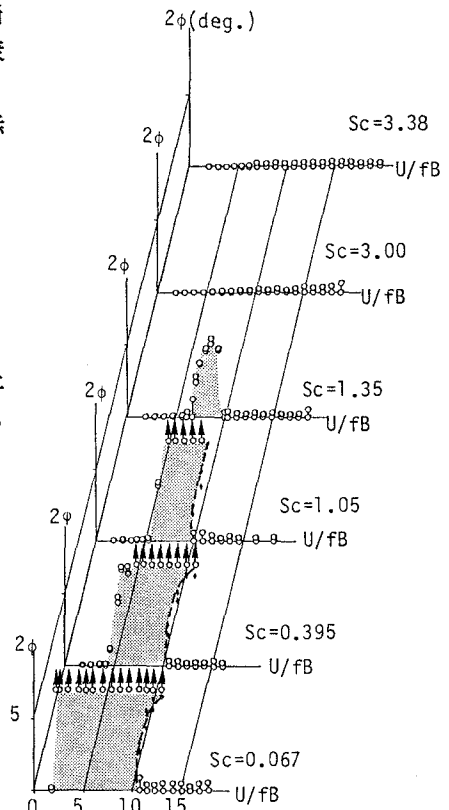


図1 風速-応答振幅図（一様流中）
（破線は不安定なリミットサイクル）

一様流と乱流2種類にみられる応答の差異に注目すると、乱流中では、2種類の乱流ともに限定型となることはなく、いずれの場合も高風速まで振動が続いている。また、スクリーン数の増加により、一様流中での振動がすべてみられなくなっても、乱れの強さが大きな乱流($I_u \approx 12\%$)中では振動を生じている。このことから、乱流強度が大きいほど不安定化効果が大いといと結論づけられる。

一様流と2種類の乱流を用いて測定した、非定常空気力係数 A_2^* と風速の関係を図4に示す。ここに、非定常空気力係数 A_2^* は、R.H.Scanlan¹⁾ の提案によるもので流体による振れ振動に対する励振力を表す無次元量であり、正の時は励振力が負の時は減衰力が働いている事を意味し、 $2\phi(\text{deg.})$ 次式により求められる。

$$A_2^* = I / \pi \rho B^4 (\delta_0 - \delta)$$

ただし、 δ_0 は無風時の対数減衰率であり、倍振幅 3° において測定した値を用いて計算を行った。

一様流中では無次元風速 U/fB が9付近で最も励振力が働き、それより風速が大きくなると A_2^* の値が急激に減少して負になり減衰力が作用するようになっていることがわかる。

これに対して、2種類の乱流中ではともに、風速の上昇とともに A_2^* の値が単調に上昇している。従って、この断面では、高風速域で乱流中のみ励振力が作用するという極めて強い乱流の不安定効果が存在している。2種類の乱流の比較では、乱れの強さの大きな乱流($I_u \approx 12\%$)の方が、より大きな不安定効果を示している。

3. まとめ 断面辺長比 $B/D=3$ のH型断面においては、限定型の振れ振動が発生することが明らかとなった。T型断面の応答との比較により、この振動は、剥離せん断層と下流側フランジとの干渉によって不安定化しているものと思われる。また、乱流により限定型の振動が発散型の振動に変化し、大きく不安定化することが明らかとなった。しかし、振動の発現機構そのものについては、まだ不明な点が残されており、今後さらに詳しい研究が望まれる。

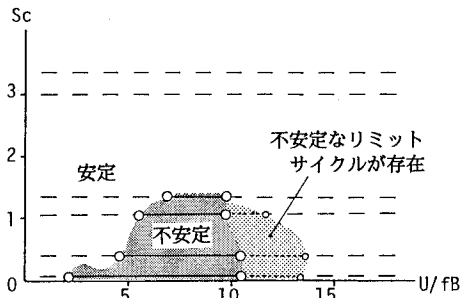


図2 不安定領域
(倍振幅 1° , 一様流中)

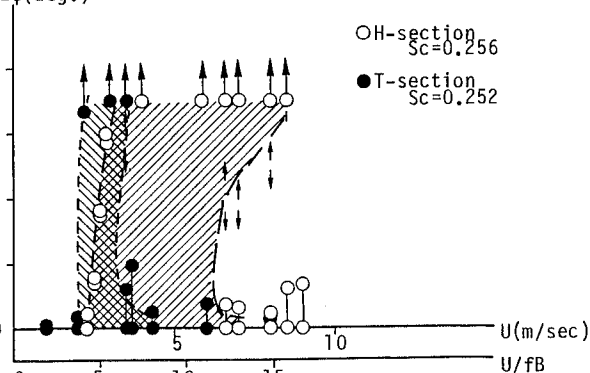


図3 H型断面とT型断面の応答の比較
(一様流中)

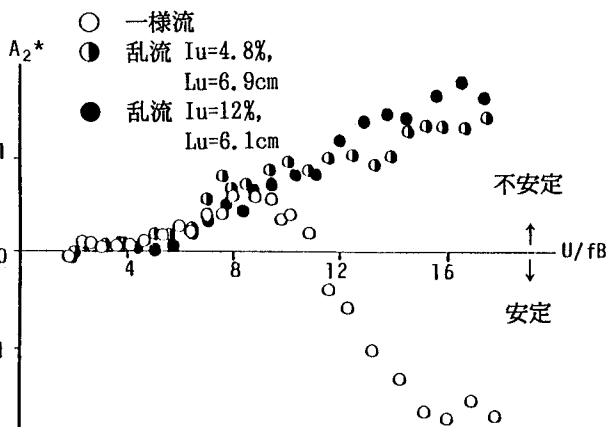


図4 風速—非定常空気力係数曲線
(倍振幅 3°)

(参考文献) 1) R.H.Scanlan, "Modern Approaches to Solution of the Wind Problems of Long Span Bridges", ENGINEERING JOURNAL/AMERICAN INSTITUTE OF STEEL CONSTRUCTION