

I-453

H型構造基本断面のフラッター振動に関する研究

京都大学工学部	学生員	伊藤裕一
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
京都大学工学部	学生員	重高浩一

1. まえがき 近年盛んに建設が進められている超長大橋梁では、固有振動数あるいは構造減衰が相対的に低下することから、特に桁断面の対風性能を得るために十分な配慮が必要となり、耐風安定性の良好な桁断面を探るためには、まず発現機構という振動の本質を探り、その上で有効な解決策を見出すことが必要となってくる。本研究では、H型構造断面の1自由度ねじれ振動を取り上げ、著者らのこれまでの研究¹⁾を踏まえつつ、特に断面辺長比 B/D (B :幅員、 D :桁高)との関係より各種の特性を調べた。

本研究で用いた模型を図1に示す。模型の断面辺長比は、フランジ部分を取り替えることにより2~12.5の範囲で変化可能である。また、 $B/D=20$ の模型はウェブ厚さの薄い別の模型を用いた。模型表面には圧力抗を設け、端部には気流の2次元性を確保するため端版を取り付けてある。模型スパン長は600mmである。振動応答は模型を風洞(測定部高さ1m, 幅0.7m, 長さ5m)内に水平にバネ支持し捩れ1自由度に固定して測定し非定常圧力は振動倍振幅 3° の強制加振を行い、表面圧力を測定した。

2. 実験結果及び考察 図2に $B/D=2, 3, 26, 5$ の風速—応答振幅図を示す。また図3に倍振幅が 1° 以上の応答が発生した風速域を不安定(振動発生域)などとして整理し、過去の研究例^{2), 3)}やストロハル数 St から計算されたカルマン渦による共振風速⁴⁾も併せて示す。

図よりH型断面の一自由度捩れ振動の応答特性は、 B/D をパラメータとして次のように分類される。 B/D が3.4より小さい断面では、振動が収まる高風速側で不安定なリミットサイクルが存在し、零発振しなくなる限定型の捩れ振動が見られる。 B/D が約10以上では、捩れ振動は一自由度支持、迎角 0° において発生しない。その中間の辺長比においては発散型の捩れ振動が発生する。前縁剥離型のねじれ渦励振の発現する無次元風速 U/fB は 180° 位相の場合に3.33、 540° 位相の場合に1.11となる。カルマン渦による共振風速は、辺長比が2以下で今回測定された不安定領域と重なるようであり、今回の限定型の振動はカルマン型の渦励振の影響とも考えられるが今後の研究が待たれる。

この3種のタイプに対応させ、 $B/D=3, 9, 4, 20$ の3断面において非定常圧力を測定した。平均圧力分布を図4に示す。限定型の振動が生じる $B/D=3$ では、断面側面全体でほぼ一様に近い平均圧力分布を示す。これは側面全体が剥離せん断層の内側に入っているためと思われる。発散型の捩れ振動が発生する $B/D=9, 4$ では、断面中央付近で急速な圧力回復がみら

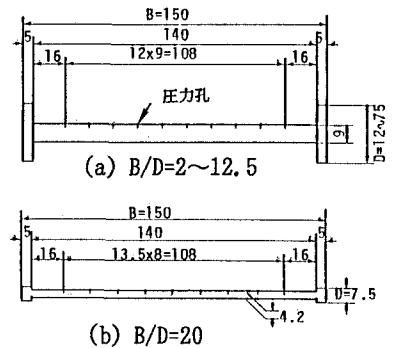


図1 模型概略図 (unit in mm)

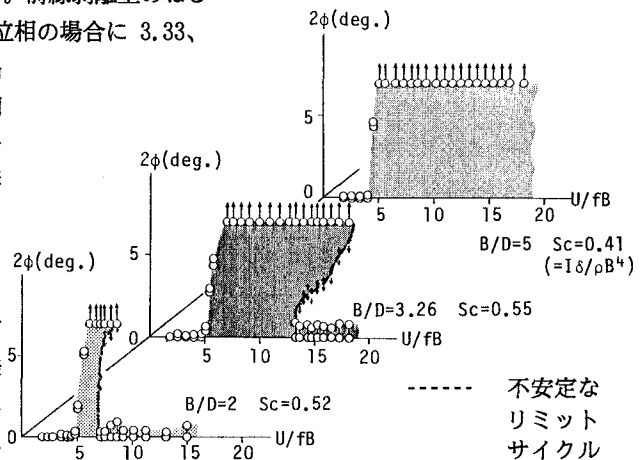


図2 風速—応答振幅図(一様流中)

れる。これは、剥離せん断層が断面に再付着することにより、前縁側に剥離バブルが形成されているためと思われる。なお、変位と圧力の位相差から、この断面では前縁から後縁に向かって圧力の位相が遅れるという結果が得られた。これは、振動に同期した剥離バブルの揺動により渦が放出され、側面上を流下しているためと考えられる。（これは久保らが報告している平均圧力、位相差の結果⁵⁾とも一致する。） $B/D=20$ の偏平な断面では、前縁付近で急速な圧力回復がみられることから剥離バブルが形成されているものの、9.4断面のような位相差

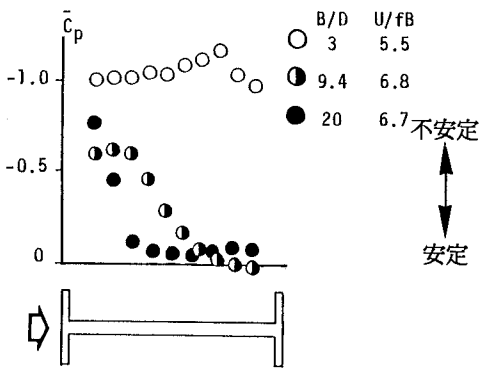


図4 平均圧力係数（一樣流中、 $2\phi=3^\circ$ ）

の分布は見られなかったことから、振動に同期した明確な渦放出は生じていないものと思われる。

次に一樣流と2種類の乱流（ $Iu=12\%$ 、 $Iu=4.8\%$ ）中において測定した断面辺長比に対する非定常空気力係数 A_2^* の関係を図6に示す。ここで A_2^* は R. H. Scanlanの提唱した、流体による振れに対する励振力をあらわす無次元量である。またこの図は、倍振幅 3° 無次元風速 $U/fB=15$ におけるものである。 A_2^* の値がピーク（最も不安定）となる辺長比は、一樣流中では7.5付近であり、無次元風速 $U/fB=7.5$ における実験結果¹⁾（倍振幅0.15radにおいて測定）でピークを示す B/D が5.5付近であった事と比べると、振れフラッターの励振力の風速に対する増加率が辺長比によって異なることが考えられる。一方、乱流の及ぼす影響が辺長比5.5付近を境として異なるという特性は風速に関わらないようである。3種のタイプ分けに対応させれば、限定型の応答が得られる辺長比では乱流により不安定化、発散型の応答が得られる辺長比では概ね安定化するとと言える。

3. まとめ H型断面の振れ空気力振動特性は、3.4と10付近という2種類の辺長比を境として、限定型、発散型、安定型と分類される。非定常圧力測定より、上記の分類は、完全剥離するタイプ、渦が側面を流下するタイプ、渦の流下が見られないタイプの3種に対応していると考えられる。また乱れの効果も辺長比により異なり、限定型では発散型に移行し大きく不安定化するのに対し、発散型では辺長比が大きくなるにつれて安定化の程度が大きくなる。今後各々の振動の発生要因がより明らかにされることが望まれる。

1) 松本 勝・白石成人 他、土木学会論文集第416号、1990年4月

4) 中村泰治・中島正道 他、九州大学応用力学研究所所報第59号、1983年

2) F. B. Farquharson, Bull. of Univ. Washington Eng., Exp. Station, No. 116, Part 1, 1949

5) 久保喜延・平田鋼三 他、日本風工学会誌41号

3) 吉村虎蔵・中村泰治 他、土木学会論文報告集第230号、1974年

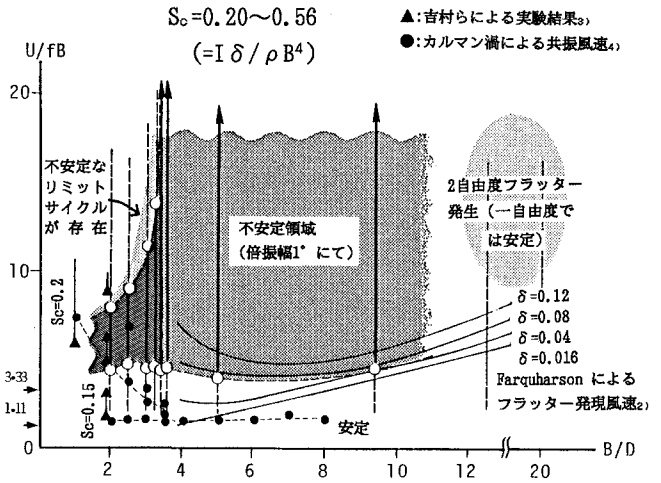


図3 不安定領域（一樣流中、倍振幅 1° による）

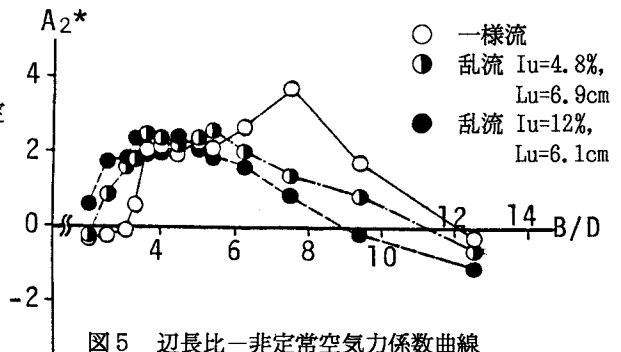


図5 辺長比—非定常空気力係数曲線

（倍振幅 3° ，無次元風速 $U/fB=15$ ）