

H型構造基本断面のフラッタ振動に対する実験的研究

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 京都大学大学院 学生員 〇重高浩一

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空力不安定振動がしばしば重大な問題となる。これらの不安定振動に対し効率的に解決策を得るためには、問題となる振動の発生機構を解明することが重要であると思われる。様々な空力振動の中でも、フラッタ振動と呼ばれるものは、気流中の物体の振動により物体周りの流れが変化し更に励振力が働くという振動であるので、構造物を直接破壊に至らしめる可能性を有し、ある起こり得る風速の範囲でその発生が決して許されない現象である。本研究では、著者らのこれまでの研究¹⁾を踏まえつつ、H型断面の振れ1自由度フラッタを取り上げ、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。

2. 実験概要 風洞実験に用いた模型の概略を、図1に示す。模型の断面辺長比 B/D は、幅の異なるフランジを取替えることにより、2~12.5の範囲で変化可能である。辺長比20の場合は、ウェブ厚さの薄い別の模型を用いた。模型表面には圧力測定のための圧力孔が設けてあり、端部には気流の2次元性を確保するために端板が取り付けられている。応答振幅は、模型をバネにより振れ1自由度の弾性支持をして測定を行った。非定常圧力は振動倍振幅 3° の強制加振を行って、表面圧力を測定した。

3. 結果及び考察 断面辺長比 B/D を変化させて応答振幅を測定した結果を図2に示す。図において不安定として示した領域は、倍振幅が 1° 以上の応答が発生した風速域と定義した。図より、H型断面の振れ振動応答特性は B/D をパラメータとして、次の様に分類されることが分かる。 B/D が3.4より小さい断面では、高風速で振動の収まる限定型の振れ振動がみられる。 B/D が約10以上では振れ振動は迎角 0° においては発生しない。その中間の B/D においては、発散型の振れ振動(振れフラッタ)が発生する。

この3種のタイプに対応させて、非定常圧力を測定した。その結果より平均圧力分布を図3に示す。 $B/D=3$ の鈍い断面では、側面全体でほぼ一様に近い分布を示す。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。 $B/D=9.4$ の断面では、断面中央付近で急速な圧力回復がみられる。これは、剥離せん断層が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、振動と圧力変動の位相差は、前縁から後縁に向かって圧力の位相が遅れているという結果が得られた。これより、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ものと考えられる。 $B/D=20$ の扁平な断面では、前縁付近で急速な圧力回復がみられ

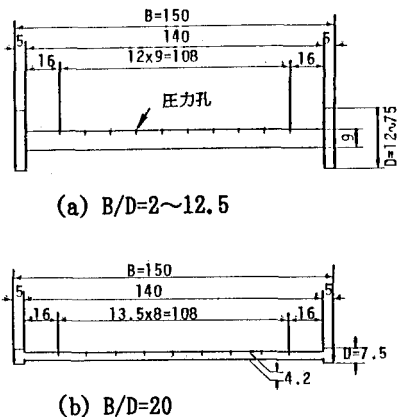


図1 模型概略図

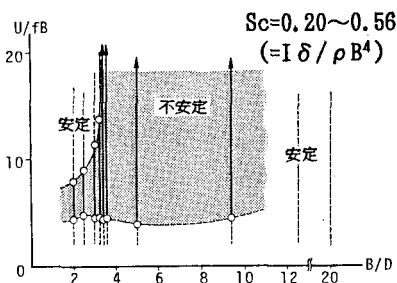


図2 不安定領域(一様流中)

Masaru MATSUMOTO Naruhito SHIRAIISHI Hiromichi SHIRATO Shigeto HIRAI Yuichi ITOU
 Koichi SHIGETAKA

ることから剥離バブルが形成されているものの、9.4の様な位相差の分布はみ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種類の乱流を用いて測定した非定常空気力係数 A_2^* の、断面辺長比 B/D による変化を図4に示す。ここに、 A_2^* は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、次式により求められる。

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

I : 単位長さ当りの慣性モーメント ρ : 空気密度

δ_0 : 無風時の対数減衰率 δ : 有風時の対数減衰率

なおこの図は、倍振幅 3° 、無次元風速 $U/fB=15$ において測定した値を用いている。 A_2^* の値がピーク（最も不安定）となる B/D に着目すると、一樣流中では7.5であるのに対し、2種類の乱流中では鋭いピークはみられないもののおよそ4から5付近と鈍い側に移行している。この傾向は、ピークとなる B/D の差異はあるものの、倍振幅 0.15rad 、 $U/fB=7.5$ において測定された結果¹⁾と一致している。これは、乱れが存在が剥離せん断層の曲率を大きくし、見かけ上の辺長比が長くなるかの様な効果が生じたとして説明できる。3種のタイプ分けに対応させてみると、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し、発散型の応答が得られる辺長比ではおおむね安定化することがいえる。

最後に、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5に示す。H型断面で限定型の応答が得られる辺長比では、不安定な風速域がやや低風速側に移行する。特に、振動の収まる側では、不安定なりミットサイクルが消え、大振幅になるほど両者の差異が大きくなる。これより、鈍いH型断面においては、剥離せん断層と後縁フランジ間の干渉が、特に大振幅時の不安定性の要因になっていることが考えられる。一方、H型断面で発散型の応答が得られる辺長比では、発現風速がやや高風速側に移行する程度の傾向を示すにとどまった。また、さらに偏平な断面では、H型の場合と同様に振れフラッタの発生はみられなくなった。これらより、剥離せん断層の再付着する偏平な断面の振れフラッタの発生機構には、下流側フランジの影響はさほど重要なものではないと考えられる。

4. まとめ H型断面の振れ振動応答特性は、3.4と10付近という2種類の辺長比を境界として、限定型、発散型、安定型というように分類される。その時の断面周りの流れのパターンは、完全剥離するタイプ、渦が側面を流下するタイプ、渦の流下がみられないタイプの3種に対応しているものと考えられる。その応答は、限定型の場合には乱流により不安定化し、発散型の場合には安定化する。さらに振動の発生機構も、辺長比により大きく異なることが推察される。今後、それぞれの振動の発生機構がより明らかにされることが望まれる。

(参考文献) 1) 松本勝、白石成人、伊藤裕一、湯川雅之、平井滋登, 「H型断面の振れフラッターに及ぼす変動気流周波数効果」, 日本風工学会誌41号, 1989年

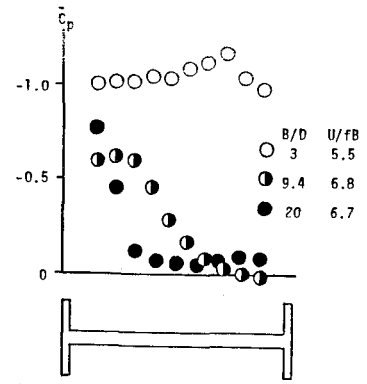


図3 平均圧力係数分布 (強制加振倍振幅 3°)

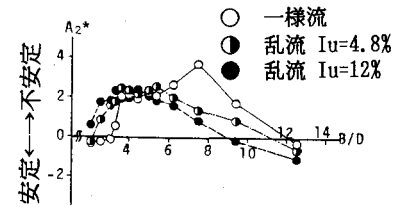


図4 辺長比-非定常空気力係数曲線

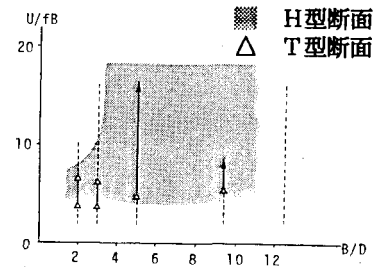


図5 不安定領域の比較