

I-A 200

H型断面のねじれフラッター振動の発生機構に関する基礎的研究

京都大学大学院 学生員〇市川靖生 京都大学工学部 正会員 松本 勝

京都大学工学部 正会員 白土博通 J R 西 日 本 正会員 藤井大三*

*研究当時京都大学大学院

1.はじめに H型断面のねじれフラッターは断面辺長比(B/D)によってその応答特性が大きく変化し、3.4と10付近という2種の辺長比を境界として、高風速では振動の発生しない(風速)限定型、発散型、安定型と分類できる¹⁾。断面辺長比B/D=3の断面は、限定型フラッターの発生する断面であるが、乱流中では発散型に移行する特徴的な断面である。本研究ではこの様に極めて複雑な現象である限定型ねじれフラッター現象に着目し、B/D=3のH型、T型断面について、主に自由振動実験、非定常圧力測定実験を行い、その発生機構を明らかにしようとするものである。

2.振動応答特性からの考察 Fig.1にB/D=3の断面の振動応答特性を示す。H型断面は、一様流中では発生風速域の幅広い限定型ねじれフラッターが発生するのに対し、乱流中では発散型ねじれフラッターが発生することがわかる(a,bを参照)。スプリッタープレート(S.P)を模型の後方に設置すると、上下のせん断層の干渉を断ち、カルマン渦の形成を妨げることができるが、スプリッタープレートを設置しない場合と比較して限定型ねじれフラッターの発生風速域が若干狭まるが、ほぼ同様の結果が得られており、振動応答特性を見る限りでは、カルマン渦の影響は小さい(a,cを参照)。又、後縁フランジの無いT型断面では、H型断面同様に限定型ねじれフラッターが発生するが発生風速域は狭くなる。限定型ねじれフラッターには後縁フランジが少なからず影響を及ぼしていると考えられる(a,dを参照)。

3.非定常圧力特性からの考察 加振振動数 $f=3\text{Hz}$ 、加振振幅 $2\phi=3^\circ$ の条件下で強制加振した時のB/D=3のH型断面の一様流中における断面側面の非定常圧力特性(変動圧力係数 $\tilde{C}_p$ 、位相差 ϕ 、無次元仕事 Wr)をFig.2に示す。但し、位相差 ϕ は模型頭上げ最大変位と模型上面の負圧のピークを対応させ、変位に対する変動圧力の位相の遅れを正の値としている。変動圧力係数、位相差は後縁部付近で若干傾向が異なるものの、断面側面上ではほぼ一定となり、完全剥離型の圧力特性である。又ここでは省くがスプリッタープレート有り、乱流中、T型断面の場合でも同様に完全剥離型の圧力特性である。ところで断面の安定、不安定は変動圧力係数と位相差から計算される無次元仕事の断面全体での積分値の正負により大方説明出来るが、この断面においては、変動圧力係数と位相差の分布が断面側面上で一定値を示す為に仕事分布が断面回転中心の前縁側と後縁側でほぼ対称となり、積分値の絶対値は非常に小さい値となる。即ち断面中央の前縁側と後縁側に作用する圧力特性の微妙な差がこの断面の安定、不安定を決定しているといえる。又、無次元仕事には位相差 ϕ の余弦が影響するため、 ϕ が 90° 或いは -90°

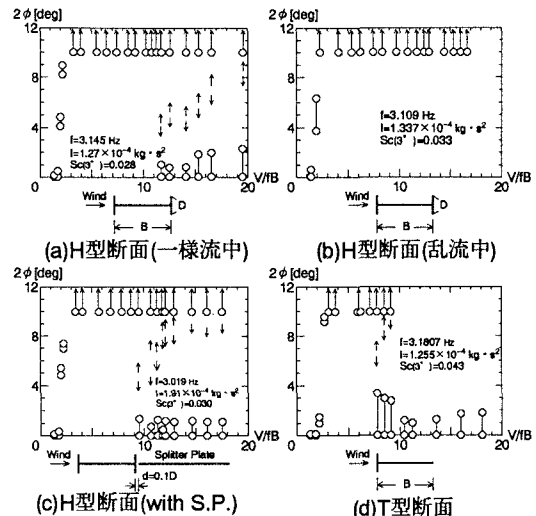


Fig.1 振動応答特性

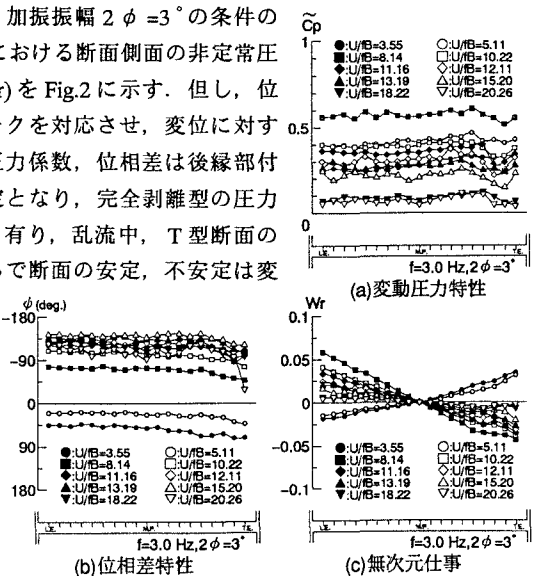


Fig.2 H型断面の非定常圧力特性(B/D=3,一様流中)

に近づくほど変動圧力の励振作用が大きくなる。従って、変動圧力係数の傾向が若干異なる後縁部付近の位相差 ϕ が 90° 或いは -90° に近づくことが、この断面の安定、不安定をより明確にすると考えられる。以降は断面中央での非定常圧力特性の風速に対する変化を示す。Fig.3は $B/D=3$ のH型断面の一樣流中と乱流中の比較である。これより、共に変動圧力係数と位相差が風速によって大きく変化しており、又、気流の乱れ強度の大きさによって、その変化の度合いも異なっている。特に、位相差特性については、一樣流中では、高無次元風速域において -135° 程度に漸近しているのに対し、 $Iu=4.8\%$ の乱流中では -90° 程度に漸近すると考えられる。即ち、 $Iu=4.8\%$ の乱流中においては、高無次元風速域においても振動が発生する圧力特性を示しており、このことが、乱流中における発散型ねじれフラッター発生に帰着すると考えられる。このように考えると、断面の安定、不安定には特に位相差特性が大きく影響していると考えられ、この断面における限定型ねじれフラッターは、位相が遅れるという流れの遅れに起因して発生すると考えられる。次に、Fig.4に $B/D=3$ のH型断面のスプリッタープレートの有無による比較を示す。スプリッタープレートの有無による振動応答特性の違いが小さいことは先述したが、その圧力特性の風速に対する変化の傾向は大きく異なっている。即ち、この断面の非定常圧力特性の風速依存性にはカルマン渦が影響していると考えられる。又、H型断面、T型断面、後縁フランジ高の小さい変形H型断面の比較をFig.5に示す。これらの断面の非定常圧力特性は、変動圧力係数は風速が上昇するにつれて徐々に大きくなり、H型断面では $U/1B=7$ 付近、T型断面ではそれよりも小さい $U/1B=5$ 付近の風速でピークを示した後に減少し非常に小さくなる。位相差 ϕ は風速の上昇とともに位相遅れから位相進みに転じ -135° 程度に漸近しているという点において類似しているが、位相遅れから位相進みに転じる、或いは -135° に漸近する風速域はT型断面のほうがより低風速となっている。又、どちらの断面においても変動圧力係数がピークを示す風速域で位相差が位相遅れから位相進みに転じている。従って、限定型振動が発生する断面にみられる非定常圧力特性の風速依存性には後縁フランジ高が大きく影響している。即ち、剥離せん断層と後縁フランジの干渉の度合いがこの風速依存性に大きく影響していると考えられる。

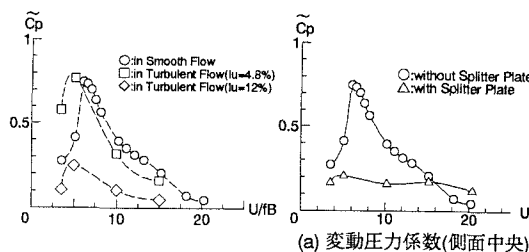


Fig.3 乱れの影響

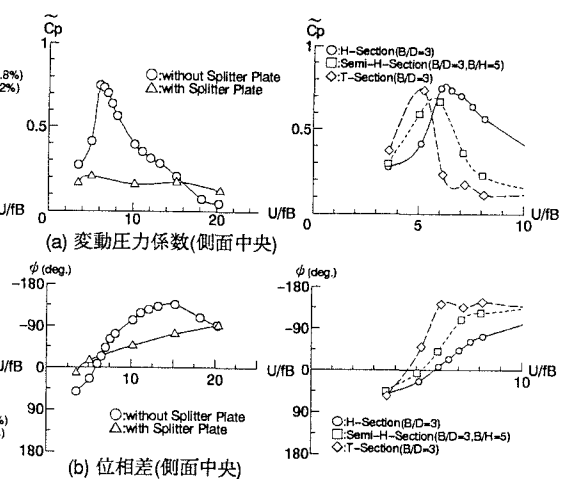


Fig.4 カルマン渦の影響

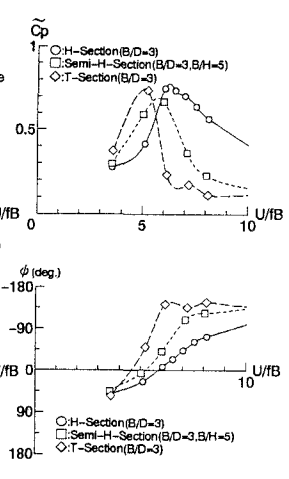


Fig.5 後縁フランジ高の影響

4. 結論 ◎ $B/D=3$ のH型断面の安定、不安定は断面中央の前縁側と後縁側に作用する圧力特性の微妙な差によって決定され、特に位相差特性が大きく影響している。振動が発生する風速域では、傾向の異なる後縁付近の変動圧力係数が不安定な方向に強調されている。◎ 変動圧力係数、位相差は風速に依存しており、乱れの影響により、その非定常圧力特性が風速に応じて大きく変化するという風速依存性の傾向が異なる。◎ 後流域にスプリッタープレートを設置し、カルマン渦の形成を妨げても限定型ねじれフラッターの発生風速域が若干狭まるがほぼ同様の振動応答特性が得られる。しかし圧力特性は大きく変化し、変動圧力係数は全風速域で変動圧力係数が非常に小さくなり、風速依存性も小さくなる。◎ 後縁フランジ高を変化させた各断面の非定常圧力特性の比較より、非定常圧力の風速依存性には、後縁フランジ高が大きく影響している。

謝辞 本研究の遂行に多大なる協力を頂いた京都大学大学院大東義志氏、重村好則氏に深く感謝致します。

参考文献 1) 松本ら”ねじれフラッター振動の発生機構に関する研究”京都大学防災研究所年報, 1990。