

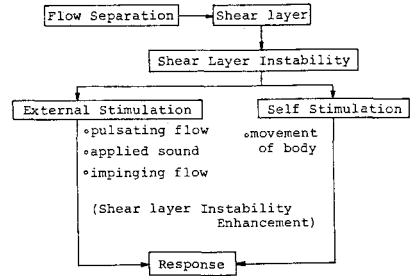
構造基本断面のフラッタ発生機構に関する研究

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
 建設省 正員 船橋早治

京都大学工学部 正員 松本勝
 三菱重工業 正員 岸明信

1. まえかき

科学技術の進歩に伴ない構造物の長大化、軽量化が進み、これらの耐風安定性は増々重要性を増している。しかも、自励振動であるフラッタ現象は直接構造物の破壊につながるため是非とも避けなければならない。そのためには、フラッタ発生機構を十分理解することが必要不可欠である。一般に bluff な断面で発生する空力振動現象は右図のような機構となっており、と考える。このように、物体振動と剥離せん断層の挙動とは密接な関係にあると思われる。本研究では、剥離せん断層の挙動を脈流を作用させて制御した。そして、空力振動挙動に対する剥離せん断層の不安定性の増幅効果を実験により求め、フラッタ発生機構について考察を行なう。



具体的には、実験Ⅰでは静止矩形断面柱に脈流を作用させ剥離せん断層の不安定性の増幅効果について調べ、実験Ⅱでは振動中の模型に脈流を作用させその応答振幅変化を調べる。

2. 実験装置および方法

使用された風洞は京都大学工学部土木工学教室に設置された吹き出し式エッスル型風洞であり、高さ1.0m、幅0.7m、長さ5mである。風洞下流端における閉塞率を回転プレートと穴あきプレートにより、周期的に変化させることにより脈流を発生させた。また、模型には気流の2次元性を確保するために両端部に端板が設けられている。

〔実験Ⅰ〕 対象とした断面は矩形断面であり、その断面比、寸法および実験条件について Table.1 に記す。模型表面の圧力変動を模型表面の圧力孔から直流増幅器（豊田工機 AA 2300）確率相関分析器（SAI-42, SAICOR社）フーリエ変換器（SAI-470, SAICOR社）を介してオシロスコープにパワースペクトルを表示した。

Table. 1 Test Condition

〔実験Ⅱ〕 空力振動中の模型に脈流を作用させ、その応答振幅変化を調べる。使用模型ならびに対象とした空力振動は次のようである。

- ・完全剥離型渦励振 --- 1:0.5 矩形断面
- ・前縁剥離型渦励振（曲げとたわみ） --- 1:2 矩形断面
- ・ギャロップ --- 1:1, 1:2 矩形断面
- ・ねじれフラッタ --- 1:2, 1:5 矩形断面

a/D	D×B (mm)	U (m/sec)	Re	f _p (Hz)
0.5	50×25	3.0	1.031×10 ⁴	0 + 45.0
0.62	31×50	4.0	1.375×10 ⁴	0 + 44.8
1.0	50×50	3.5	1.203×10 ⁴	0 + 44.0
2.0	50×100	4.0	1.375×10 ⁴	0 + 35.2
2.8	50×140	3.0	1.031×10 ⁴	0 + 46.4
3.0	50×150	3.0	1.031×10 ⁴	0 + 42.0
4.0	40×160	2.8	7.698×10 ³	0 + 48.0
5.0	40×200	4.0	1.100×10 ⁴	0 + 44.0
6.0	30×180	3.0	6.186×10 ³	0 + 45.0
7.6	25×190	1.5	2.577×10 ³	0 + 35.7
8.0	25×200	1.5	2.577×10 ³	0 + 43.5
10.0	20×200	1.6	2.199×10 ³	0 + 48.0
20.0	10×200	1.26	8.660×10 ²	0 + 47.25

3. 実験結果および考察

〔実験Ⅰ〕 一般に剥離せん断層の不安定性の増幅効果は、パワースペクトルにおけるス

Naruhito SHIRAIISHI Masaru MATSUMOTO Hiromichi SHIRATO Akinobu KISHI o Shoji FUNABASHI

ストロハル数成分(f_s)のピークと脈流周波数(f_p)のピークによつて推し量ることが出来る。Fig.1は、その結果である。Fig.1より $Re < 2$ なる断面においては剥離せん断層の不安定性の増幅は f_s におけるピークの卓越、つまりカルマン渦の形成強化という形で現れている。また、その程度が顕著なのは $Re = 2.5, 4.5$ 付近であり、渦励振の発現風速との関係が深いと考えられる。 $2 \leq Re < 6$ なる断面においては、 f_s と f_p におけるピークとが混在しているが、ピークの高さは全体的に f_p におけるものの方が高く、その極大値は前縁剥離型渦励振の発現風速に対応する無次元周波数の2倍付近に集中しており、前縁剥離型渦励振との関係が深いと考えられる。 $Re \geq 6$ なる断面においては、 f_p におけるピークしか認められず、それらの極大値は $Re = 2.5$ 付近に集中しており、再付着型渦励振との関係が深いと考えられる。

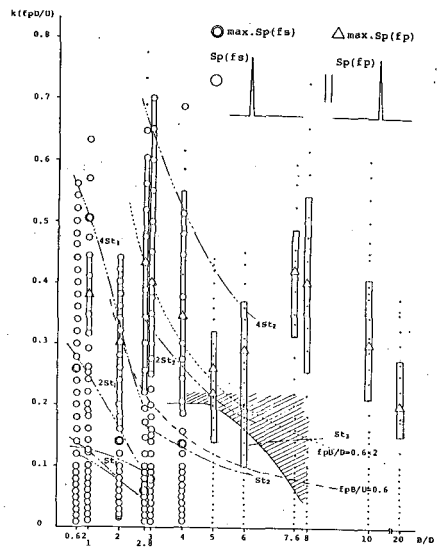


Fig. 1 Unsteady pressure characteristics on the side surface of bodies in pulsating flow (leading edge)

〔実験Ⅱ〕 1:2矩形断面以外の断面では、実験Ⅰにおいて剥離せん断層の不安定性の増幅が確認された周波数帯域で応答振幅の増大の傾向が認められた。完全剥離型渦励振は脈流刺激によりカルマン渦の巻き込みの強化の結果応答振幅が増大したと考えられる。本実験で対象とした1:1矩形断面のギャロッピングは、脈流刺激により、剥離せん断層の曲率が增大し内部循環流内の負圧が大きくなり自励力が増幅したためと考えられる。わじれフラッタは脈流による刺激の結果、1:2矩形断面では剥離せん断層の曲率が増し後縁部への流れの非定常再付着の促進、1:5矩形断面では前縁部での剥離せん断層の曲率増大と同時に安定したvorticity patchの形成と流下が原因と考えられる。

以上のように、実験Ⅰと実験Ⅱから剥離せん断層の不安定性の増幅がしやすい領域では空力振動が発生しやすくかつ発達する可能性を示唆する結果が得られた。

4. 結論

- (1) 静止断面周りの圧力特性より矩形断面は次の3つのタイプに大別される。
 - ① 完全剥離タイプ… $Re < 2$ の断面で完全剥離型渦励振が発現する断面である。剥離せん断層の不安定性の増幅は $Re = 2.5, 4.5$ 付近で顕著であり、安定したカルマン渦放出を行う。
 - ② 前縁剥離タイプ… $2 \leq Re < 6$ の断面で前縁剥離型渦励振が発現する断面である。前縁剥離型曲げ渦励振の発現風速 $U_{cr} = 1.67 \cdot Re$ の逆数で定義される無次元周波数の2倍付近で剥離せん断層の不安定性が増幅される。
 - ③ 再付着タイプ… $Re \geq 6$ の断面でストロハル数の2倍付近で剥離せん断層の不安定性が増幅される。
- (2) 各種空力振動(渦励振、ギャロッピング、わじれフラッタ)中における脈流刺激による応答振幅の変化は、変化に至る過程に差異があるものの、剥離せん断層の不安定性が増幅しやすい領域で振幅が増大する傾向にある。