

タンデム配列偏平矩型断面の空力特性

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
住友重機械工業 正 員 武内隆文 京都大学工学部 正 員 白土博通
京都大学大学院 学生員〇周 春明

1. まえがき

流体中にタンデム配置された物体の空力特性は、物体間の相互干渉によって、単一物体における場合とは大きく相違している。鈍い矩型断面については、既にいくつかの研究がなされており⁽¹⁾、上流柱の前縁からの剝離流および後流と、下流柱の剝離流が相互に影響を及ぼし、タンデム構造系全体の振動応答を単独柱のものとは異なったものになっている。しかし、偏平断面では、空力現象の発生機構が鈍い断面のものとはかなり異なることが考えられる。さらにタンデム配列の偏平断面の空力特性が、単独柱に比べてどのように変化するかについての研究も少ないようである。本研究では同一形状 $B/D=10$ の二つの偏平な矩型断面の一方を固定し、他方をバネ支持する実験から偏平断面のタンデム系としてのフラッター振動特性に関する考察を行った。

2. 実験概要

風洞実験に用いた模型を図1に示す。模型の断面辺長比は $B/D=10$ ($B=10\text{cm}$, $D=1\text{cm}$)である。タンデム配置の振動応答特性を分析する基礎資料を得るために、まず実験断面を単独柱として曲げ、振れ一自由度および曲げ振れ二自由度支持での自由振動実験を行った。続いてタンデム模型の間隔比 W/D を25として、一方を固定し、他方を各々の曲げ、振れ一自由度と曲げ振れ二自由度支持し、模型の曲げ応答 η と振れ応答 ϕ を調べた。模型端部には気流の2次元性を確保するために端板を取り付けた。

3. 実験結果及び考察

①上流断面 上流断面を振れ振動数 $f_u \phi = 3.51\text{Hz}$ 、曲げ振動数 $f_u \eta = 3.05\text{Hz}$ 、($f_u \phi / f_u \eta = 1.15$)に設定した。図2に上流断面の単独柱振れ一自由度の振れ振動応答と、タンデム配置した時に下流断面を固定して上流断面を振れ一自由度支持した場合の振れ振動応答を示す。図3には上流断面の単独柱曲げ振れ二自由度の振れ振動と、下流断面固定、上流断面曲げ振れ二自由度の振れ振動について、その応答振幅及び曲げ振れ間の位相差を示す。図2, 3より、タンデム配置で下流断面を固定した場合には、上流断面の二自由度振動のフラッター発現無次元風速 $V/f_u \phi D$ が単独柱の場合に比べて208.3から150.0に低下しており、リミットサイクルの形も大きく変わっている。特に、振れ一自由度の振動応答は単独柱の場合ほとんど生じないのに対し、タンデム配列では振れフラッターが生じており、そのフラッター発現風速はタンデム曲げ振れ二自由度の場合(図3)よりやや高くなっている。また、振動発生時には振れと曲げの振動数比は1となっており、位相差を見ると、単独柱の場合フラッター発現限界風速付近で 10° で、風速の増加と共に 0° に近づく。タンデム配置の場合には、位相差は単独柱の場合よりやや小さくな

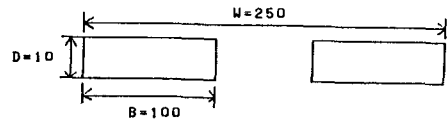


図1 模型概略図(単位 mm)

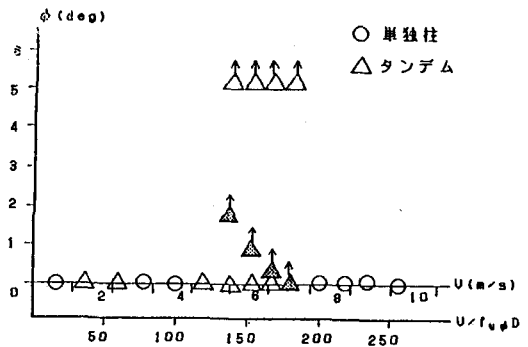


図2 上流柱の振れ一自由度応答

Masaru MATSUMOTO Naruhito SHIRISHI Takafumi TAKEUCHI Hiromichi SHIRATO Chunming ZHOU

ている。これは下流断面の存在により、上流断面の前縁からの剝離流のパターンが変化することに起因し、振れフラッターが励起されたものと考えられるが、詳細については、今後更に検討の必要があると考える。

②下流断面 下流断面を振れ振動数 $f_d \phi = 3.69\text{Hz}$ 、曲げ振動数 $f_d \eta = 3.21\text{Hz}$ ($f_d \phi / f_d \eta = 1.15$) に設定した。図4 に下流断面の単独柱振れ一自由度の振れ振動と、タンデム配置で上流側の断面を固定した下流断面を振れ一自由度支持した場合の振れ振動の応答を示す。図5 には下流断面の単独柱曲げ振れ二自由度の振れ振動と、上流断面固定、下流断面曲げ振れ二自由度の振れ振動の応答振幅と曲げ振れ間の位相差を示す。図5より、タンデム配置では、上流断面を固定したときの下流断面の二自由度振動のフラッター発現無次元風速 $U/f_d \phi D$ が、単独柱の155.6に比べ173.4と高くなっている。さらに、タンデム配置の場合、上流断面を固定すると、下流断面のフラッター振動の発達は単独柱のように急激ではなく、風速の増大とともに振幅が漸増している。また、リミットサイクルから見れば単独柱では不安定であるが、タンデム配置で上流断面を固定した場合には下流断面は安定になっていることもわかる。また、振動発生時には振れと曲げの振動数比は1となっており、位相差を見ると、単独柱の場合フラッター発現限界風速付近で 11° で、風速の増加と共に 0° に近づく。タンデム配置の場合には、位相差は、上流柱の場合と逆で単独柱の場合より大きめの値になっており、風速増加とともにほぼ 10° に近づいている。これは上流断面の存在により、下流断面の前縁からの剝離流の励振効果が低減されたことによるものと考えられる。

4. まとめ

- (1) 一本柱においても、振れ1自由度支持の場合、フラッターが発現しなかったのに対し、曲げ振れ2自由度支持の場合には、フラッター発現がみられ、フラッター特性が支持自由度によって大きく変わることが明かとなった。
- (2) 偏平断面のタンデム配置実験により、上下流断面の相互空力干渉によって上流断面のフラッター発現風速は低下するが、下流断面の発現風速は増大し、タンデム配置によりフラッター限界風速に変化が認められた。
- (3) また、タンデム配置の場合に、振れ1自由度系でもフラッターが生じ、単独柱の2自由度フラッターから特性が変化するという特徴的な現象が認められた。今後、このような現象発生メカニズムをより明らかにするため、さらに検討をすすめることが必要であると思われる。

(参考文献): (1)武内・松本・白石: JWE, 41(1989-10), pp.41~42

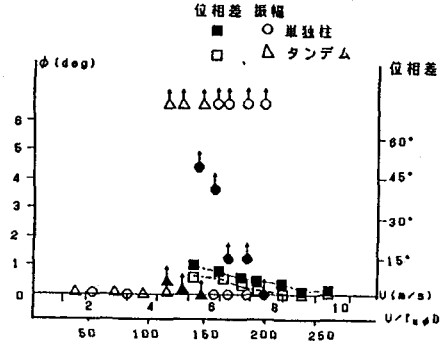


図3 上流柱の二自由度振れ応答

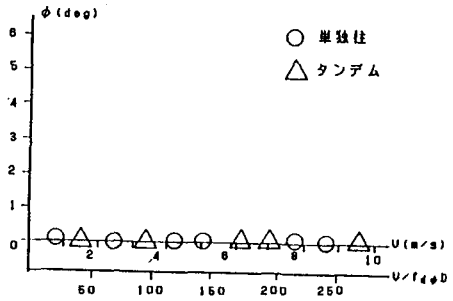


図4 下流柱の振れ一自由度応答

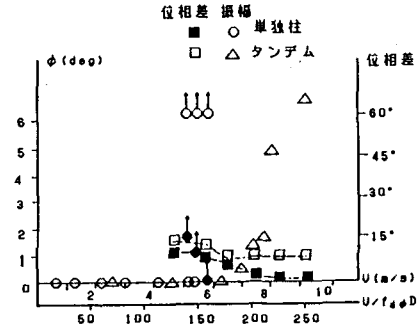


図5 下流柱の二自由度振れ応答