

住友重機械工業 正員 ○武内隆文  
 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

1. まえがき

矩形柱に発現する渦励振には、既往の研究<sup>1), 2), 3)</sup>により、カルマン渦型以外に、低風速域で現われる自己励起型の渦励振が存在することが知られている。単独柱の渦励振について、この2種類が存在することは周知であるが、タンデム矩形柱に発現する渦励振に関しては、未だ発現する応答は明確になっていないのが現状であろう。一方、橋梁主塔等 bluff断面のタンデム配列柱では、応答に2つの渦励振のピークが現われることを確認<sup>4)</sup>している。本研究では、タンデム矩形柱に現われる渦励振の発現がいかなるものであるかの解明を目的とし、動的応答特性(V-A)計測と後流中のStrouhal(St)数計測風洞実験を通じた考察を行った。

2. 実験内容と結果の考察

2.1 風洞実験内容： 風洞実験に使用したタンデム配列状態の矩形柱の代表寸法表示法を図1に示す。対象とした矩形柱は、断面辺長比  $B/D = 1.0, 0.77, 0.5$ の3種類である。実験は、(1) V-A計測実験( $B/D=1, W/D=4, 6$ :各柱の $m\delta/\rho D^2 = 3.5$ )と、(2) タンデム柱静止状態のSt数計測実験とである。尚、V-A実験の2体の模型の質量、振動数、初期構造減衰は同一に調整しており、迎角 $0^\circ$ の一様流中で実験した。

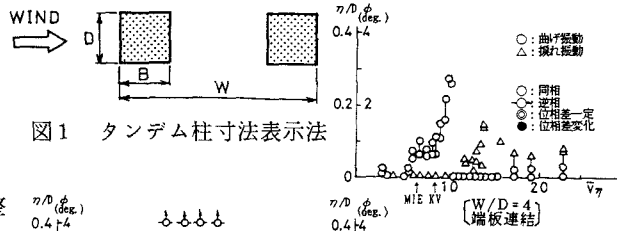


図1 タンデム柱寸法表示法

2.2 実験結果と考察：

(1) 動的応答特性からの考察：タンデム矩形柱のV-A実験結果を図2に示す。いずれも $B/D=1$ で、 $W/D=4$ の結果を上・中段に、そして、 $W/D=6$ の結果を下段に示している。ここで着目する応答は、曲げ振動であり、独立支持状態では下流柱の応答である。上段に示す $W/D=4$ の端板連結の場合に顕著であるが、換算風速 $V_r=5.5$ 付近から発現するピークと、 $V_r=10$ 付近にピークをもつ2つの渦励振ピークが明確に現れている。

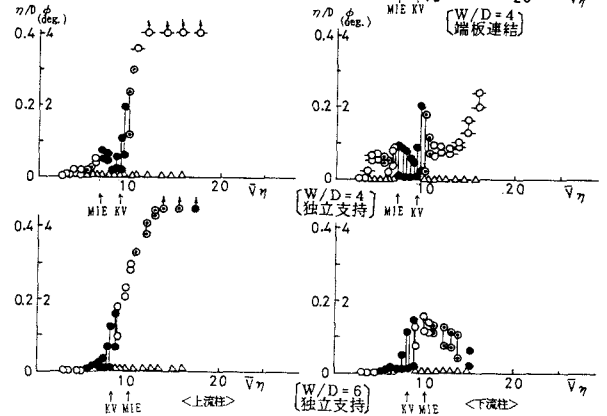


図2 タンデム矩形柱に発現する渦励振( $B/D=1$ )

この2つの渦励振ピークを、ここでは新たに、タンデム形状全体( $W/D$ )として現れる自己励起型渦励振(MIE( $W/D$ ))と略すと、カルマン渦型渦励振(KVと略す)と考えた。つまり、単独柱においては図3に示すように、 $B/D \geq 2$ 断面では、カルマン渦型と、前縁剝離渦と後流二次渦との一体化により発現する自己励起型の2種類の渦励振が存在するが、同様な現象がタンデム柱においても発現しているものと考えた。尚、MIE( $W/D$ )の Onset Velocityは  $V_r \text{ onset} = 1.67 \times (W/D)$ として算出した値を使っている。図2の上・下段の図中に示す通り、 $W/D=4$ については、MIE, KVとも

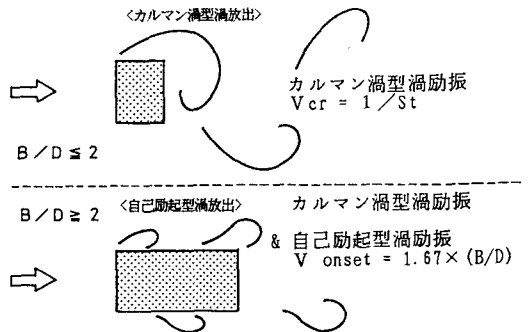


図3 単独矩形柱に発現する渦励振

算出された値は応答と良い一致を示していることが明らかである。また、下段の $B/D=6$ についても、なだらかではあるが、下流柱ではKVと考えられる $V_r=7\sim 8.5$ 付近(●印)と、MIE(W/D)と考えられる $V_r=10$ 付近(○印)の2つのピークが存在しており、この応答も算出される値と良い一致を示している。

(2) タンデム柱後流中St数計測からの考察：タンデム配列柱固定状態での $B/D=1$ 断面について、St数とW/Dとの関係を図4に示す。図中、単独柱の $B/D$ を、タンデム柱のW/Dと読みかえて、岡島の研究結果<sup>5)</sup>を△印で示すが、 $W/D \leq 4.5$ までは、これと値は異なるものの傾向的には類似している。しかしながら、タンデムの場合、 $B/D=4.5$ で極小値を示した後、St数は単独柱のものとは大きく異なる。このメカニズムは図中上部に示す通り、 $W/D < 4.5$ では2柱が一体化した形での渦放出に起因したSt数であり、 $W/D > 4.5$ では上流からの放出渦が下流柱より前で巻き込む、下流柱の影響を受けた形の上流柱単独柱としての渦放出に起因したSt数であると理解された。また、実験を実施したW/D全体に渡り、後流中で計測される渦放出口密度のピークは1つだけで、St数(図中実線○印)は1つだけ存在した。すなわち、静止状態の断面後流には、それぞれのW/Dに対し1種類のカルマン渦放出パターンだけが存在するものと考えられた。これに対し、MIE(W/D)は、前述の式による計算値を、図中鎖線で示している。従って、この鎖線と実線で示す、2本の線がタンデム柱の渦励振発現風速を表わしていることが理解される。つまりタンデム配列柱の $2.5 \leq W/D \leq 6$ の領域では、MIE(W/D)とKVの2つの渦励振の存在の可能性が、考えられた。また、別途行われたスプリッタープレートを後流中に設置しての後流中変動風速計測実験よりMIEの存在が確認されている。これらの結果を設計面からの利用を考えて示したものが図5であり、同図は $B/D$ を変化させた場合( $B/D=1, 0.77, 0.5$ )のW/DによるSt数変化の様子を示している。単独柱の値は既往の結果<sup>6)</sup>と良い一致を示している。これより、橋梁主塔等に採用される $B/D \leq 1$ の比較的Bluffな断面のSt数は図5の結果の平行移動で求められると考えられ、これらの断面の渦励振については、MIEとKVの発現の推定が、かなりの確度で可能になったものと理解される。

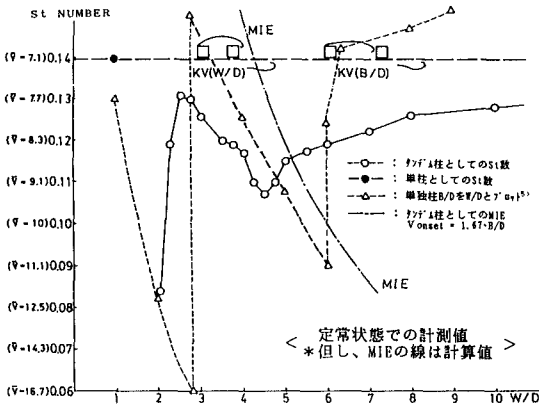


図4 タンデム柱後流中Stと渦励振( $B/D=1$ )

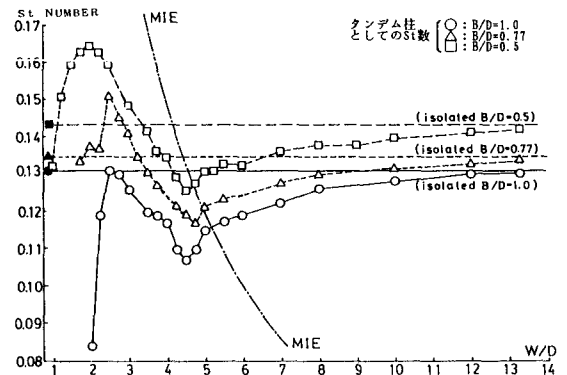


図5 異なる $B/D$ における $W/D$ -St数の関係

### 3. 得られた成果及び今後の課題

(1) 比較的Bluffなタンデム型柱( $1 \geq B/D \geq 0.5$ )に発現する渦励振には、カルマン渦型とW/D(タンデム配列2本柱を一体化した形状)に起因した自己励起型の2種類の渦励振の発現の可能性が新たに指摘された。

(2) カルマン渦型渦励振の発生メカニズムは、 $B/D=4.5$ を境に異なることが推定された。つまり $B/D < 4.5$ では見かけ2柱を一体化した形での渦放出が、 $B/D > 4.5$ では単柱としての渦放出が起こっているものと考えられた。これらのメカニズムの解明及び三次元系の応答については今後実験的に取り組んで行く予定である。

<文献> 1)白石・松本, 土木学会論文報告集, 第322号, 1982 2)中村・渡辺, 土木学会第34回年講, 昭54年10月 3)小林紘士, 大阪大学博士学位論文, 昭53年11月 4)武内・北原, 住友重機械技報 Vol. 36 No. 106, 1988. 4 5)岡島厚, 日本風工学会誌, 第17号, 昭58年 6)C. W. Knisly, 日本風工学会誌, 第33号, 昭62年9月