HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	人工魚礁部材模型の組合わせによる後流域の流体力学的特性
Author(s)	王, 成海; 佐藤, 修; 梨本, 勝昭; 山本, 勝太郎
Citation	北海道大學水産學部研究彙報, 40(3), 182-192
Issue Date	1989-08
Doc URL	http://hdl.handle.net/2115/24031
Type	bulletin (article)
File Information	40(3)_P182-192.pdf

Instructions for use

Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Papers : HUSCAP

北 大 水 産 彙 報
40(3), 182-192. 1989.

人工魚礁部材模型の組合わせによる後流域の流体力学的特性

王　成海*・佐藤　修*
梨本勝昭*・山本勝太郎*

Hydrodynamic Characteristics of Eddy behind Two Arranged Components of an Artificial Reef Structure

Cheng-Hai WANG*, Osamu SATO*, Katsuaki NASHIMOTO*
and Katsutaro YAMAMOTO*

Abstract

A pair, including a square prism and a cylinder, and a pair of square prisms, were arranged in a row and in a tandem at different intervals, to investigate the interference of eddies behind them. The experiment was carried out in a large-scale water channel with the Reynolds number kept at 1.5×10^4. The eddy was measured by a strain gage sensor and the frequency and the strength of eddy were analyzed by computer based on the obtained analog data. In the case of the row arrangements, when the interval became greater than 3 times the width of the square prism or cylinder there existed two dominant frequencies for the square prism and the cylinder pair, and one dominant frequency for the pair of square prisms. Also, as the interval was increased, the eddy strength became greater and the distributions became independent. In the case of the tandem arrangement, there existed only one dominant frequency when the square prism was in front of the cylinder, and two dominant frequencies when the cylinder was in front of the square prism. The eddy of the downstream component was strongly influenced by the upstream component, and the eddy strength became considerable weaker compared with the singular component.

緒　　言

人工魚礁はいろいろな形状のものが考案され設置されているが，基本的には様々な部材の組合わせから成っている。この部材の形と大きさが違えば魚礁の後流域にできる渦流の周波数，渦流の強さなどの流体力学的特性が異なってくる。人工魚礁に魚が蝟集するのはこの流体力学的特性が大きな要因であると考えられている[1]。しかし，これまでの人工魚礁に関する流体力学的研究[2~6]ではいずれも渦流の周波数や強さの特性について量的な把握がなされていない。このため前々報[7]では，現在使われている各種の人工魚礁の代表的な構成部材である円柱，三角柱，四角柱の部材模型を作り，これらの模型を流れの中に単独で置いた場合の模型の後流域における一般流と垂直な方向の圧力変動を測定し，模型の大きさが同じ場合，その変動圧の強さは四角柱模型が最も大きく，周波数は円柱模型が最も高くなることを報告した。また前報[8]では，四角柱模型の後流域の変動圧の強さは模型の大きさが違ってもその分布が相似となることを示した。

* 北海道大学水産学部漁具設計学講座
(*Laboratory of Fishing Gear Engineering, Faculty of Fisheries, Hokkaido University*)

これらの結果はいずれも部材模型を単独で流れの中に置いた時のものである。本報では，これらの構成部材をどのように組合わせるのが最適な構造の人工魚礁なのかを知るために，周波数の最も高い円柱模型と変動圧の最も大きい四角柱模型を流れに対して並列または直列に配置した時の後流域の流体力学的特性を明らかにすることを目的とした。

実 験 方 法

実験にはパドル方式の北海道大学水産学部の大型回流水槽を使用した。水槽の測定部の寸法は長さが 8 m，幅が 2 m，深さが 1.2 m である。水深は 1 m とした。この水槽に，1 本の四角柱模型と 1 本の円柱模型，2 本の四角柱模型どうしを，図 1 に示すように平行な 2 枚の板の間に所定の間隔で模型の中を通したボルトで固定し，この平行な板を水槽底面に立てたスタンドと水槽上面から降りるジャッキの間に挟み，模型を流れに対して並列または直列に配置した。使用した模型の幅は 6 cm，高さは 30 cm である。後流域の変動圧を，前々報[7]で使用した歪ゲージを貼ったカンチレバー式のセンサーをトラバース装置に取り付け，センサーの受圧面が流れに平行になるようにして模型の水中部分のほぼ中央の水深 13 cm のところを前後左右に平面的に移動させて計測した。平行な板は上の方を模型の幅より狭くし，模型を直列に配置した時にもセンサーを模型の真後ろへ移動するのに支障のないように工夫した。図 2 に模型の配置と計測点の位置関係を示す。W_1 は模型を並列に配置した時の模型どうしの間隔，W_2 は前後に配置した時の間隔である。長さ A は模型の後端から計測点までの中心線上の距離，B は中心線から計測点までの垂直距離である。図中の矢印は流れの方向，マイナスの符号は模型の前後および左右を表わす。これらの長さを模型の大きさ a で割った無次元パラメーター W_1/a, W_2/a, A/a, B/a で二つの模型の無次元間隔，計測点の無次元距離を表わす。ここに模型の幅 a の値は 6 cm である。この無次元間隔を，四角柱どうし

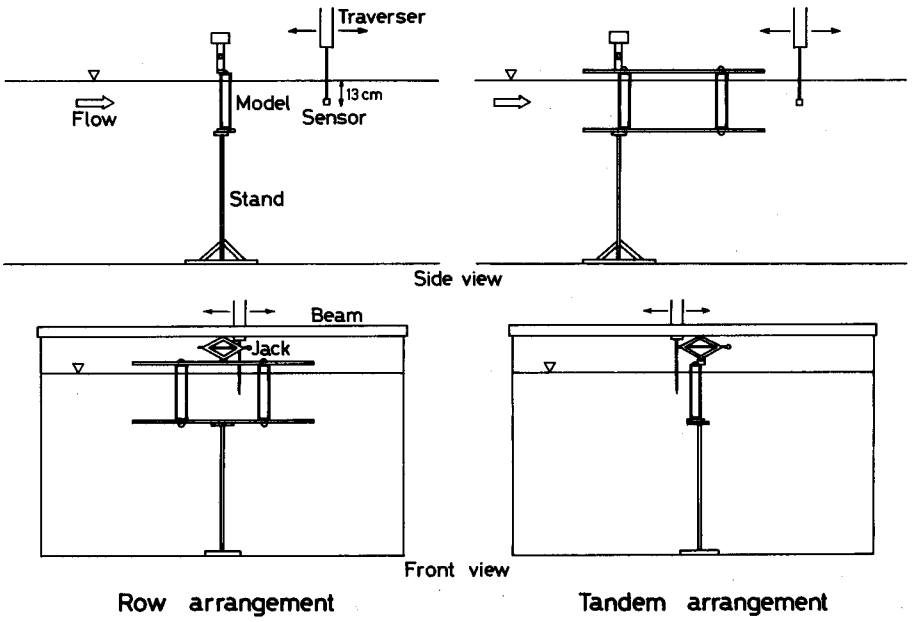

Fig. 1. Experimental apparatus.

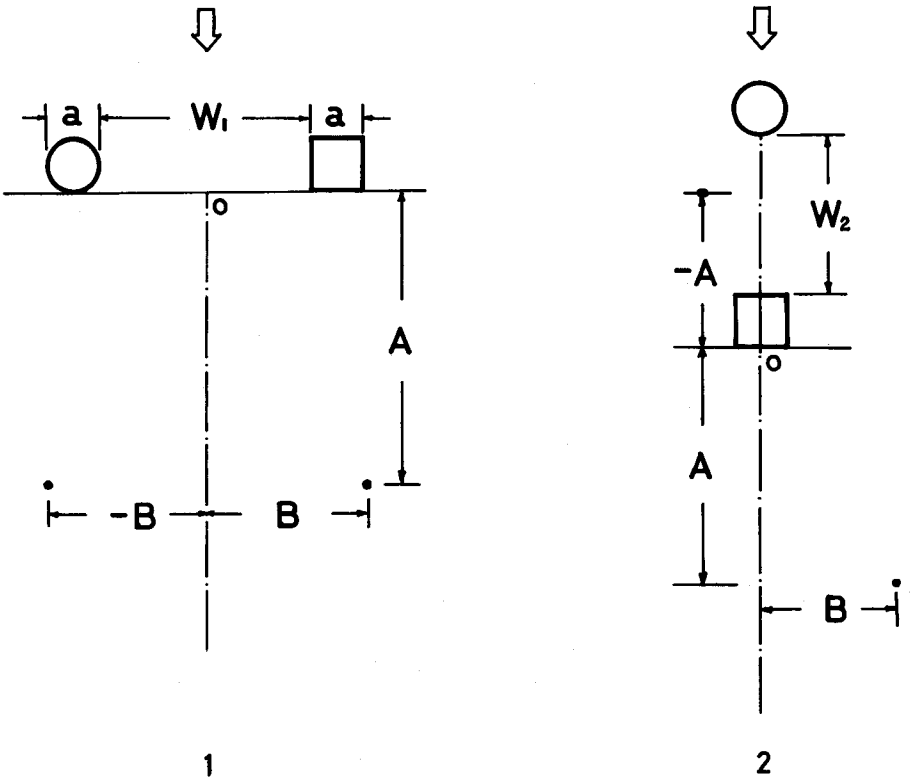

Fig. 2. Parameters for arrangement of two components.
1 : row arrangement 2 : tandem arramgement

では 1, 3, 5, 7, 9, 11 に，円柱と四角柱の組合わせでは 1, 3, 5, 7, 9 とした。流速を 30 cm/sec に設定した。センサーで得られた変動圧の時系列データを A/D 変換し，コンピューターで変動圧の周波数およびその強さについて解析した。測定のサンプリング周波数は 20 Hz，サンプリングの時間は 12.8 秒である。周波数の解析には FFT アルゴリズムを使用した。変動圧の強さの解析には前報[8]で定義した無次元パラメーター CP_{RMS} ($CP_{RMS}=P_{RMS}/0.5\rho\ U^2$, P_{RMS} は変動圧の二乗平均，ρ は水の密度，U は一般流の流速) を用いた。

結 果 と 考 察

周波数の変化

1) 並列の場合

図 3 は円柱模型と四角柱模型を模型間隔 $W_1/a=1, 3, 7, 9$ となるように並列に配置した時の $A/a=5$ における変動圧のパワースペクトルである。B/a のマイナスが円柱模型の後流域である。図からわかるように，模型の間隔が $W_1/a=1$ の場合，変動圧は安定した卓越周波数を持たず，間隔が $W_1/a=3$ より大きくなると，これらの模型を単独で流れに置いた時と同じ周波数がそれぞれの後流域に現れる。また変動圧のパワーの強さは四角柱の後流域の方が円柱より大きい。

図 4 は四角柱どうしを並列に $W_1/a=1, 3, 9, 11$ の間隔で配置した時の $A/a=5$ における変動圧

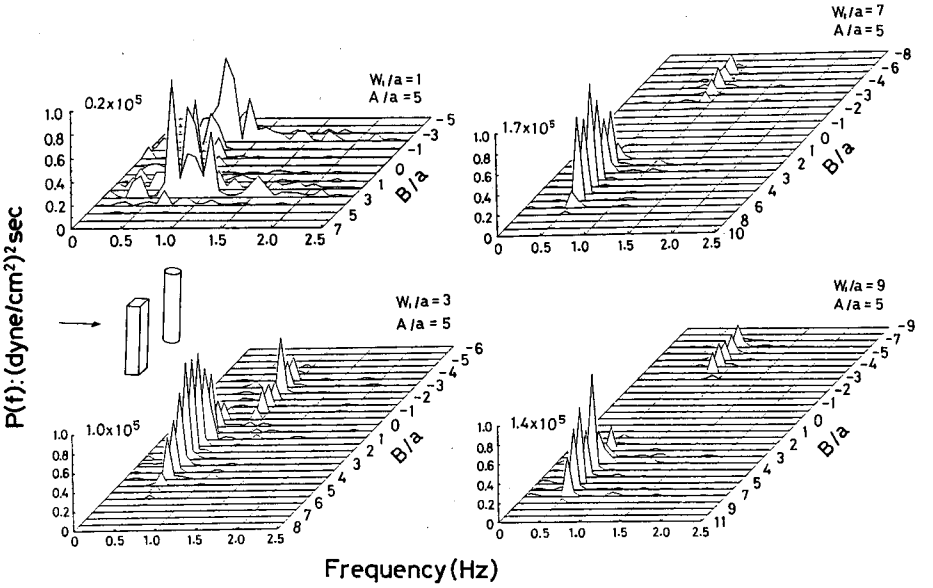

Fig. 3. Power spectra of eddy of the pair of square prism and cylinder in row arrangement.

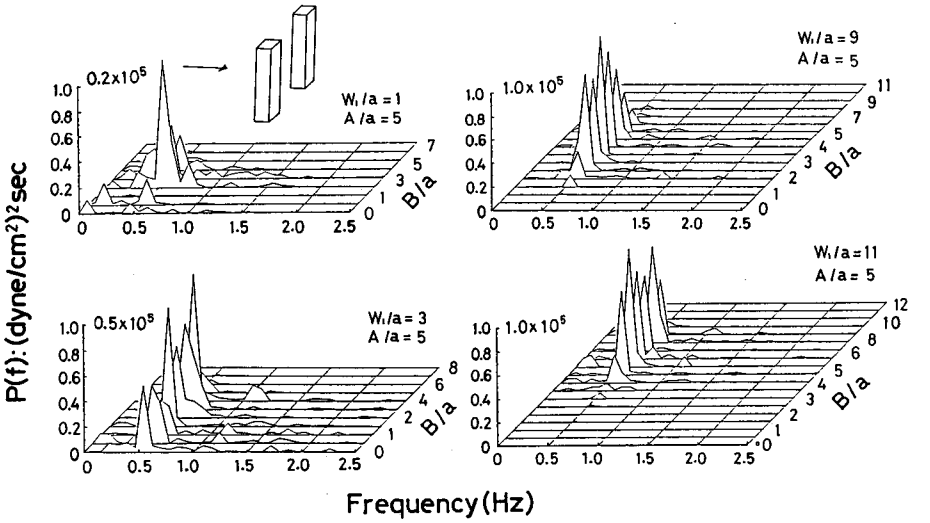

Fig. 4. Power spectra of eddy of two square prisms in row arrangement.

のパワースペクトルである。この場合も円柱模型と四角柱模型を並列に配置した時と同様に，模型の間隔が $W_1/a=1$ の場合では周波数は安定していないが，$W_1/a=3$ より大きくなると周波数は模型単独の時と同じになり模型相互の影響が周波数には及んでいない。

2) 直列の場合

図5は四角柱模型を円柱模型の前方に配置し，模型の前後間隔 W_2/a を11にした場合の変動圧

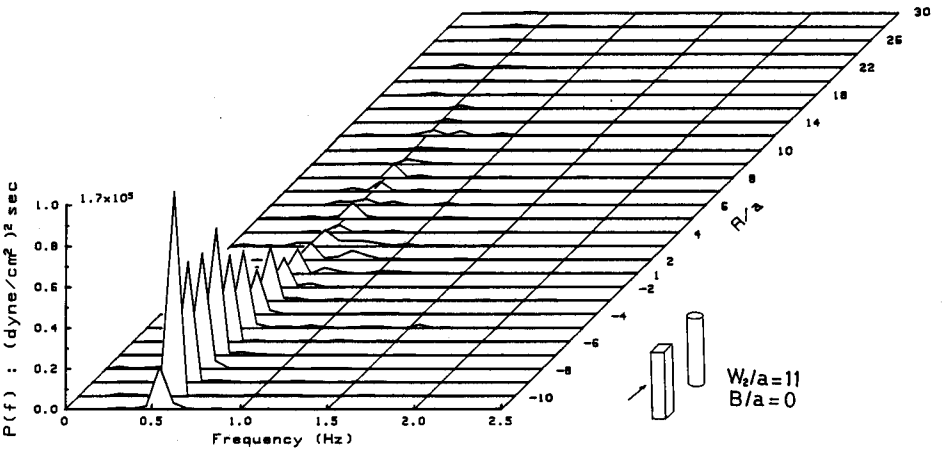

Fig. 5. Power spectra of eddy of the pair of square prism and cylinder in tandem arrangement, square prism being in front of cylinder.

のパワースペクトルである。A/a のマイナスが前方にある模型の後流域で後方にある模型の後流域は $A/a=1$ から始まる。A/a 軸の不連続は後方にある模型のところでは測定ができないことによるものである。このように模型を直列に配置した場合では，円柱模型の後流域の周期は前方にある四角柱模型の周波数と同じになり，後方の円柱模型は前方の四角柱模型による渦流に強く影響されて，円柱単独の時の周波数特性を失う。逆に，円柱模型を四角柱模型の前方に配置した場合のパワースペクトルを図 6 に示す。この場合には，四角柱模型の後方の周波数は前方にある円柱模型の周波数とはならず，四角柱単独の時の周波数と同じになるが，パワーの強さは円柱よりも小さくなった。また，周波数が不安定な状態になる無次元距離 A/a は前方に円柱模型のない場合より短くなった。

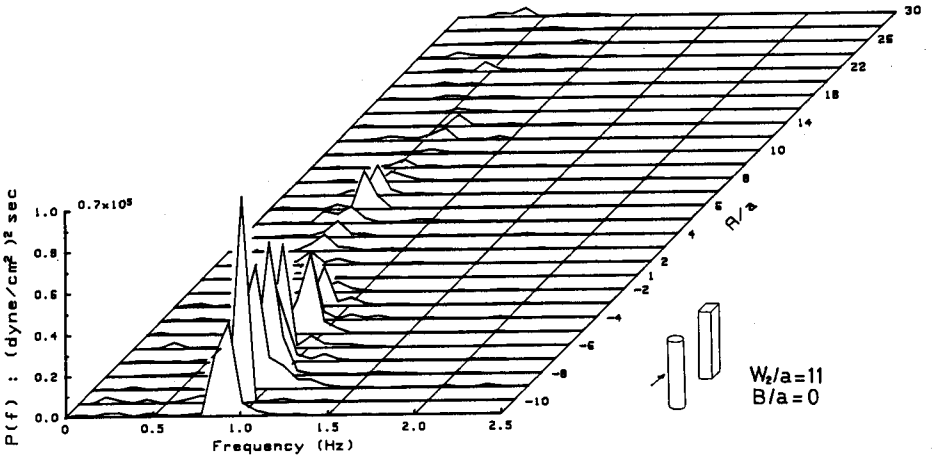

Fig. 6. Power spectra of eddy of the pair of square prism and cylinder in tendem arrangement, cylinder being in fornt of square prism.

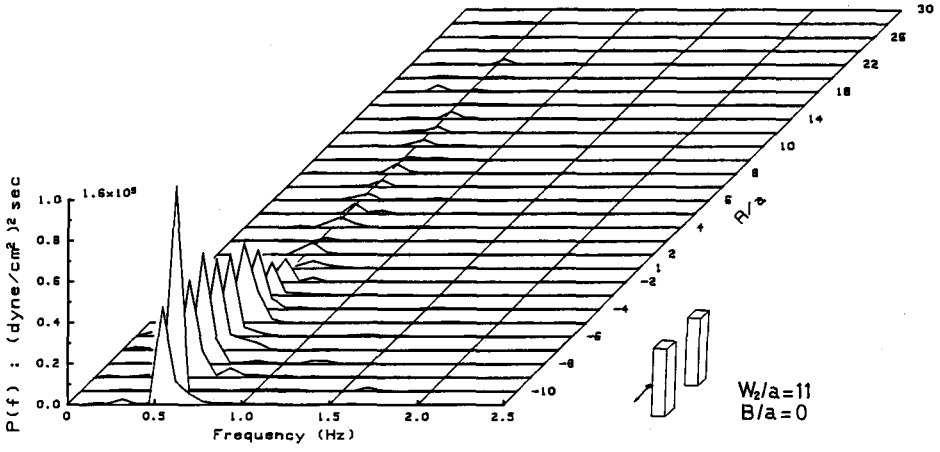

Fig. 7. Power spectra of eddy of two square prisms in tandem arrangement.

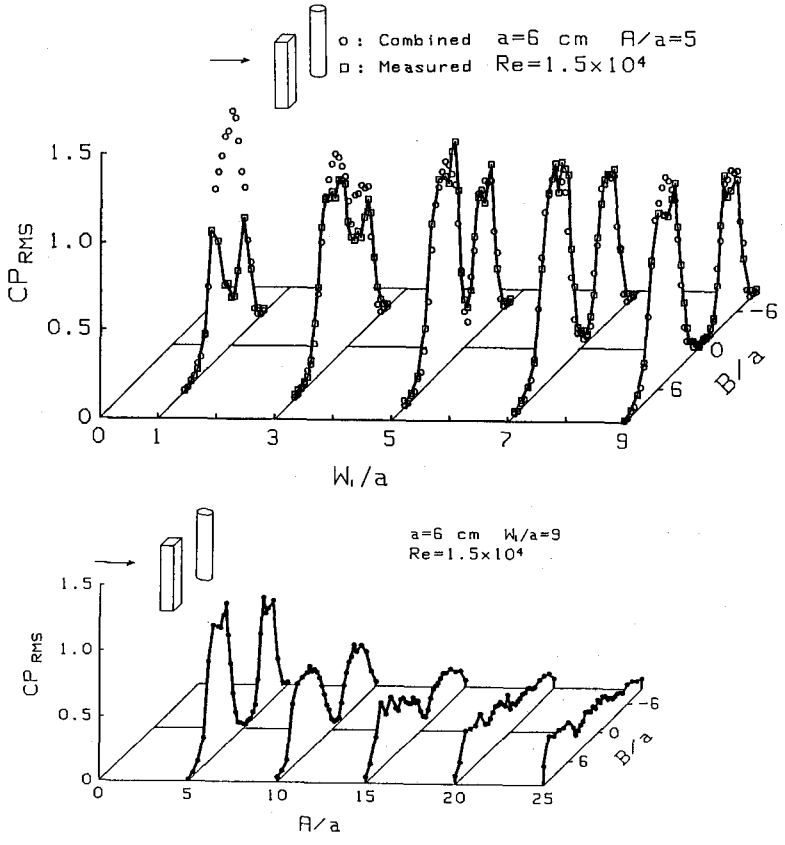

Fig. 8. Comparison of the distributions of CP_{RMS} of the pair of square prism and cylinder with ones combined from singular components (top). The distributions of CP_{RMS} of the pair of square prism and cylinder in row arrangement (bottom).

図7に同じ四角柱模型を直列に配置した場合の変動圧のパワースペクトルを示す。後方にある模型は前方の模型によって影響され，変動圧のパワーは小さくなり卓越周波数が安定する領域も狭くなるが，周波数は四角柱を単独で置いた時と同じである。

変動圧の強さの分布

1) 並列の場合

図8の上の図は円柱模型と四角柱模型を並列に配置した時の $A/a=5$ における変動圧の CP_{PMS} の分布と，円柱模型と四角柱模型を単独で置いた時の CP_{RMS} を合成して得られた CP_{RMS} の分布を模型の間隔別に示したものである。図からわかるように，CP_{RMS} の値は四角柱の後流域の方が円柱より大きく，両側への広がりも大きくなっている。$B/a=0$ 付近では模型の間隔の増加によって CP_{RMS} は減少し，間隔が $W_1/a=9$ になるとほとんどゼロとなり，模型どうしが互いに独立したものになると考えられる。また模型の間隔の増加につれて CP_{RMS} の分布は合成した CP_{RMS} に良

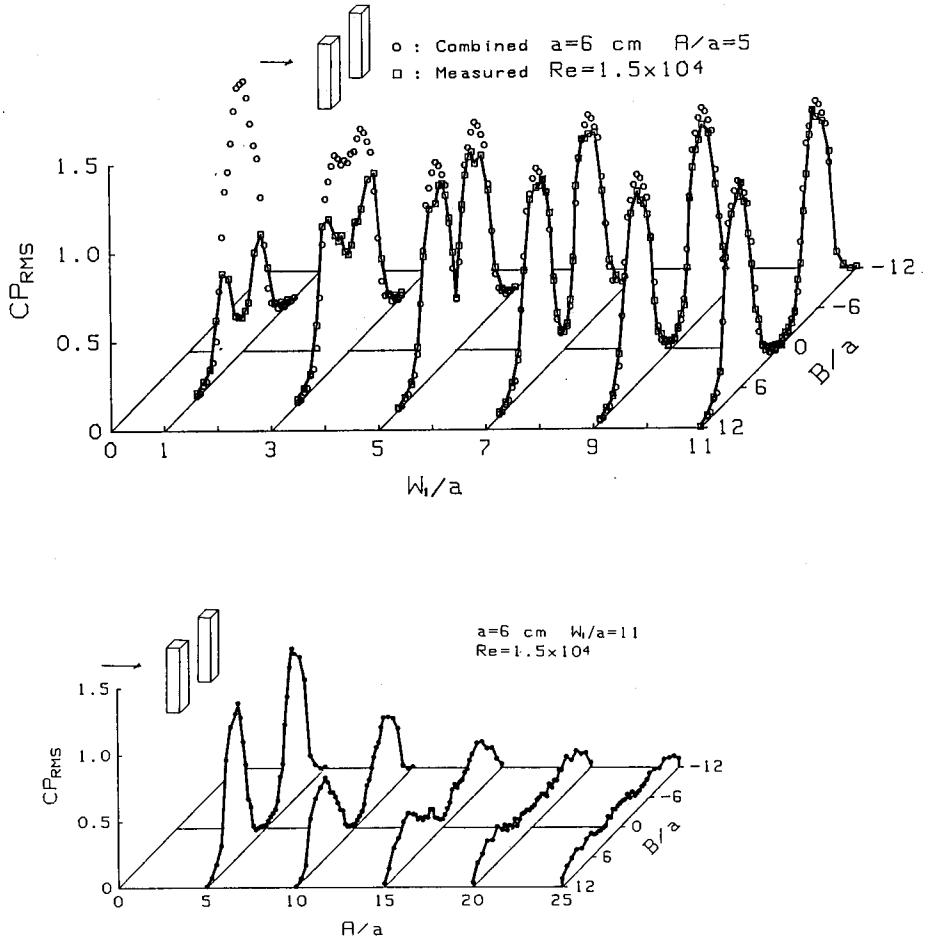

Fig. 9. Comparison of the distributions of CP_{RMS} of two square prisms with ones combined from singular components (top). The distributions of CP_{RMS} of two square prisms in row arrangement (bottom).

く一致するようになる。同図の下は，この模型間隔が $W_1/a=9$ の場合について，無次元距離 A/a の増加にともなう CP_{RMS} 値の分布の様子を示したものである。CP_{RMS} の分布は A/a が大きくなるにしたがって両側の二つのピークが次第に消え平坦なものとなる。同様に四角柱模型どうしを並列に配置した時の CP_{RMS} の分布を図9に示す。この場合には模型間隔が $W_1/a=11$ になると，その分布は互いに独立し模型単独の場合と同じになる。また下流方向への距離 A/a の増加による

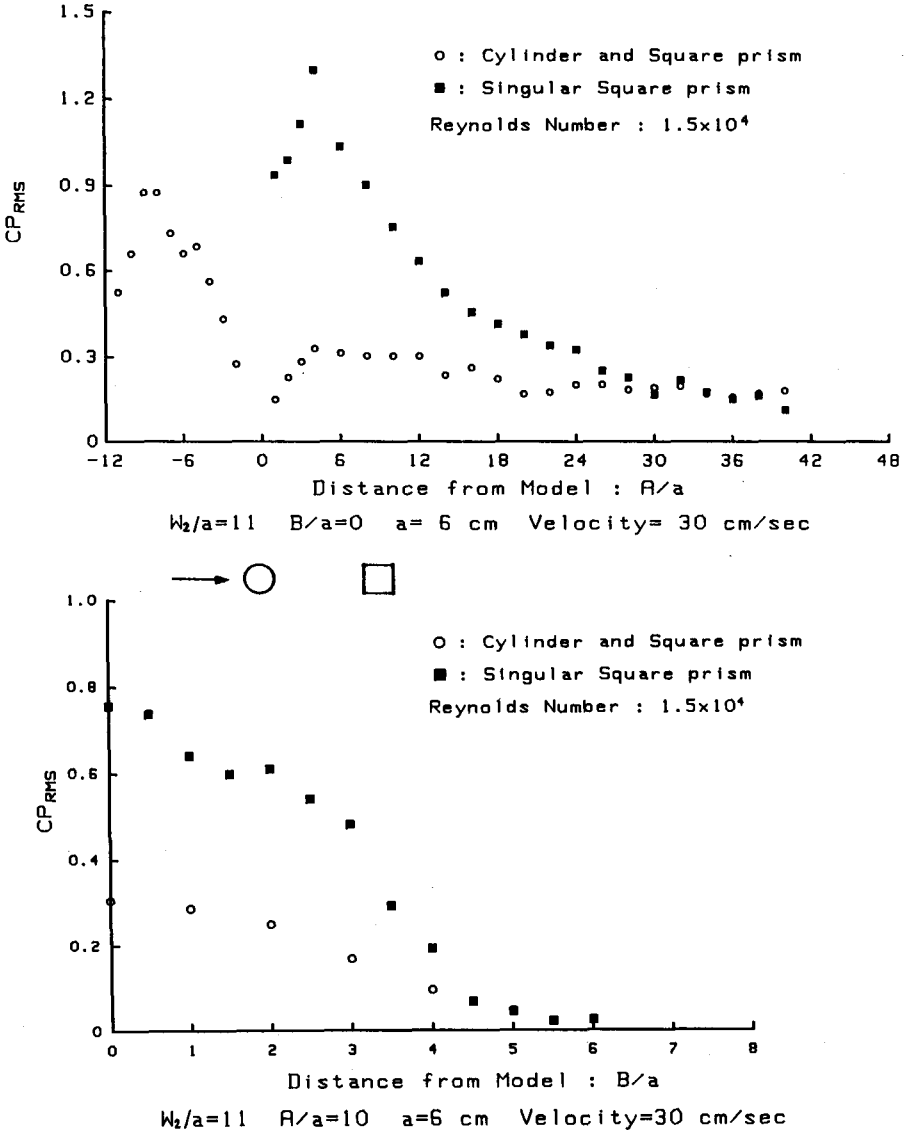

Fig. 10. Comparison of the distribution of CP_{RMS} of the pair of square prism and cylinder in tandem arrangement with one of singular square prism, cylinder being in front of square prism.

CP_{RMS} の分布の様子は円柱模型と四角柱模型を並列に配置した場合と同じである。

2) 直列の場合

図 10 は前方に円柱模型を後方に四角柱模型を模型間隔 $W_2/a=11$ として直列に配置した時の，$B/a=0$ と $A/a=10$ における CP_{RMS} の分布と四角柱模型を単独で配置した時の CP_{RMS} の分布を比較したものである。両方向とも後方に位置する四角柱模型の後流域の CP_{RMS} の値は四角柱模型単独の時より小さく，前方の円柱模型の存在が四角柱模型の渦流を十分に発達させなかったもの

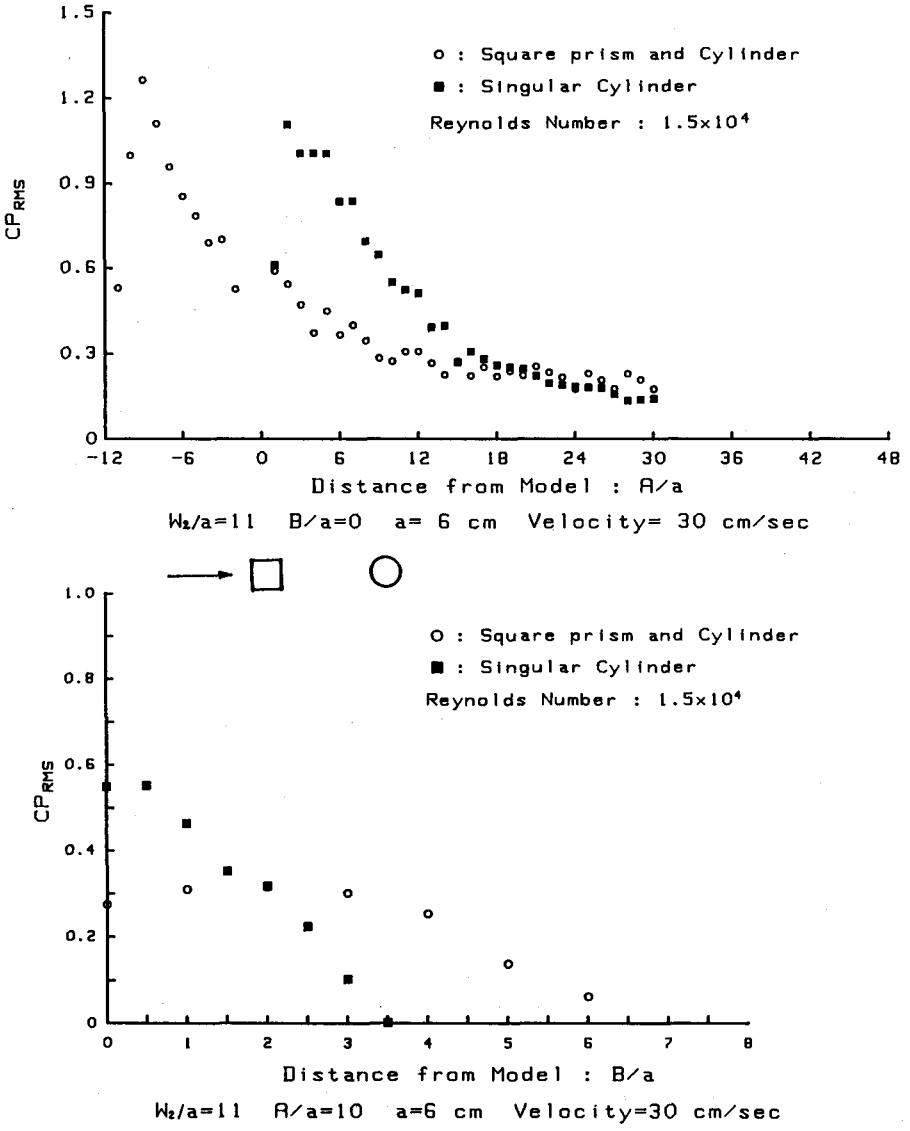

Fig. 11. Comparison of the distribution of CP_{RMS} of the pair of square prism and cylinder in tandem arrangement with one of singular cylinder, square prism being in foront of cylinder.

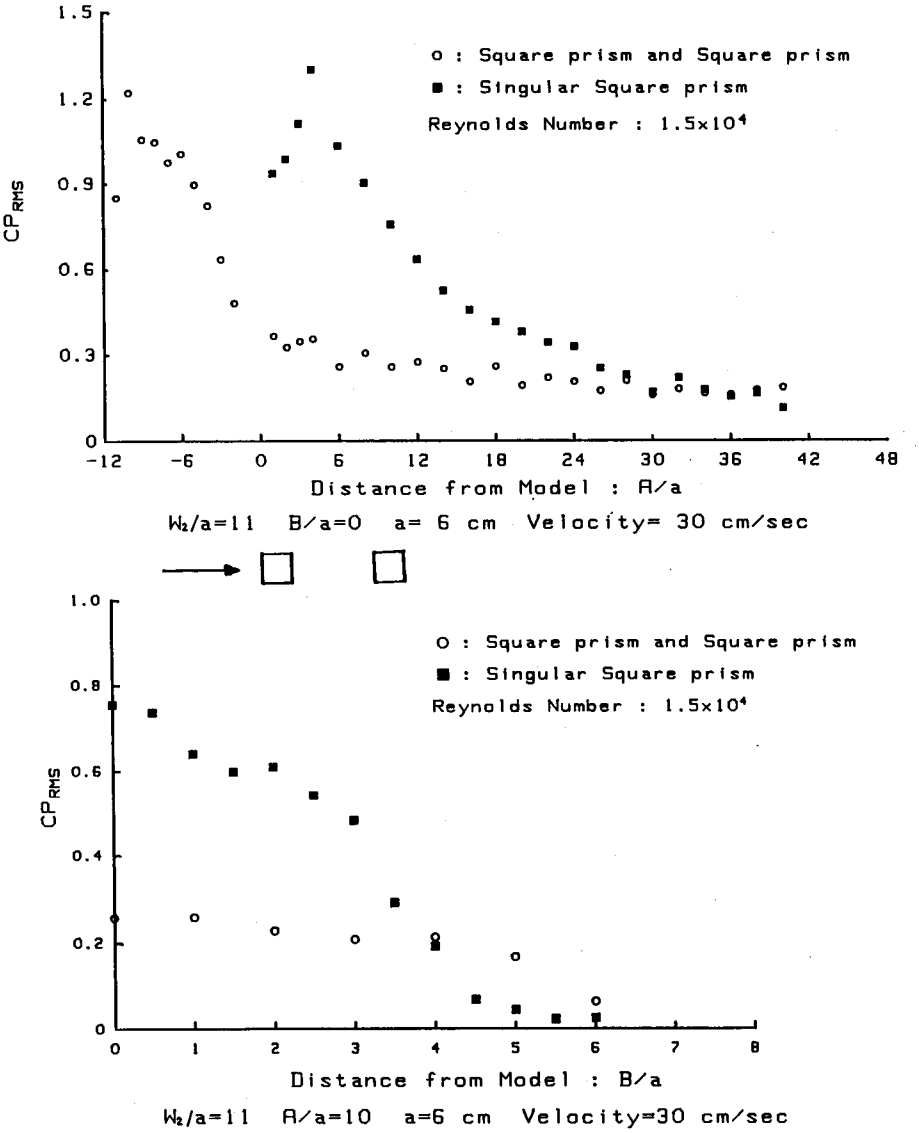

Fig. 12. Comparison of the distribution of CP_{RMS} of two square prisms in tandem arrangement with one of singular square prism.

と思われる。図 11 は前方に四角柱模型を後方に円柱模型を同じ模型間隔 $W_2/a=11$ で直列に配置した時の CP_{RMS} の分布を示す。円柱模型は前方の四角柱模型に強く影響されて中心線上に沿った CP_{RMS} の値は模型単独の時よる小さくなるが，側方への分布幅は広くなる。図 12 は同じく四角柱模型どうしを直列に配置した時の CP_{RMS} の分布を示す。この場合も後方の模型の CP_{RMS} は，模型単独の時より小さくなる。

現在，人工魚礁として多く使われている角型魚礁の部材は四角柱であり，部材の幅は 20 cm か

ら50 cmで，その部材の間隔は部材幅の6倍である。本実験の結果をこのような大きさの部材に適用してみると，流れの中で角型魚礁の部材による渦流が互いに影響し合い魚礁の内部とその下流には一つの連続した大きな渦流域ができているものと考えられる。

要　　約

人工魚礁の代表的部材である円柱と四角柱の部材模型を，流れに並列に配置した場合と直列に配置した場合の模型後流域に発生する渦流の変動圧を測定した結果，次のことが明らかになった。

1) 円柱模型と四角柱模型，四角柱模型どうしを並列に配置した場合，ともに模型間隔が部材幅の3倍を越えると変動圧の周期は模型単独の場合と同じになる。また変動圧の強さは，円柱模型と四角柱模型では模型間隔を部材幅のほぼ9倍，四角柱模型どうしでは11倍離すと模型単独の場合の強さと同じになる。

2) 直列の場合，円柱模型が四角柱模型の後方にある時，円柱模型の後流域には円柱模型単独の時の周波数は見られず四角柱模型の周波数だけが現れ，変動圧の強さも模型単独の時より小さくなる。

3) 円柱模型が四角柱模型の前方にある時，四角柱の後流域での周波数は前方にある円柱に影響されず模型単独の時と同じになるが，渦流の変動圧の強さは単独のときより小さくなる。

4) 四角柱模型2本を直列に配置した場合，後方の模型は前方にある模型に影響されて，渦流の変動圧の強さが小さくなると同時に，安定した卓越周波数を持つ範囲は減少する。

文　　献

1) 魚礁総合研究会 (1976). 人工魚礁の理論と実際 (1), 水産増養殖叢書 26. 118 p. 日本水産保護協会，東京.

2) 佐藤　修 (1977). 人工魚礁に関する諸問題. 沿岸海洋研究ノート. **14**, 88-100.

3) 影山芳郎・大阪英雄・山田英巳 (1981). 水槽実験による多孔立方体魚礁モデル回りの可視化. 水産土木. **17**, 1-10.

4) 佐久田博司・佐久田昌昭・渡辺浩一郎・大西　寛 (1981). 人工沈設魚礁模型の流体力学的特性に関する基礎的研究. 水産土木, **18**, 7-19.

5) 佐久田昌昭・黒木敏郎・高木儀昌・川口　智・福田敏宏 (1982). 大型人工魚礁の流体力学的特性に関する実験的研究. 人工魚礁の影響範囲について. 日本大学理工学部学術講演会論文集, 53-55.

6) 松見吉晴・瀬山　明 (1985). 群体魚礁周辺の流況特性について. 第32回海岸工学講演論文集, 652-656.

7) Wang, C.H. and Sato, O. (1986). Hydrodynamic Characteristics in Simplified Components of Artificial Reef Structures. *Bull. Fac. Fish. Hokkaido Univ.* **37**, 190-206.

8) Wang, C.H., Sato, O., Nashimoto, K. and Yamamoto, K. (1988). On Similarity of Eddy Area behind Simplified Components in Artificial Reef Structure. *Bull. Fac. Fish. Hokkaido Univ.* **39**, 96-105.