

II-602

海峡に形成される大規模渦の計測例

大成建設(株) 正員 大谷英夫 正員 上野成三 正員 石野和男
明石3P下部工JV 正員 中川良隆 本四公団 岡田凌太

1.はじめに 海峡周辺の潮流場には海峡部で増大する潮流と陸域のシア一によりしばしば大規模な渦構造が発達する。西村ら¹⁾は、この大規模渦がベアリングや陸境界の鏡像効果により自走することを示し、この渦を自走渦と名付けた。明石海峡周辺では、西流時に淡路島西岸で成長した左旋の大規模渦が、その後の東流転流時に淡路島陸域の鏡像効果を受けて自走し東流に先だって海峡部を通過する様子がLANDSAT画像や航空写真から確認されている(西村¹⁾,藤原²⁾)。本研究では、明石海峡大橋3P橋脚付近の実測潮流に現れる1,2時間スケールの流速変動に着目して、西流転流時にも大規模な自走渦が発生することを示す。また、その渦の特性量、渦が橋脚背後の剥離域に及ぼす影響も検討した。

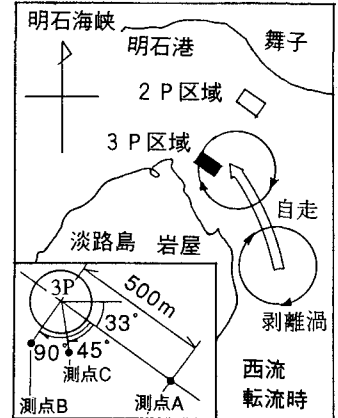


図-1 計測位置

2.計測方法 計測は明石海峡の淡路島寄りにある3Pケーソン周辺で行った。測点Aはケーソンから主流方向に500m、測点Bはケーソン直南側(主流方向から90°)の位置にある。測点A,Bは自記式プロペラ流速計を用い、流速と流向を2分間隔(1分間平均)で計測した。測点Cは、ケーソン南側(主流方向から45°)の海底面上(水深45m)に位置し、乱れ変動を抽出するため自記式電磁流速計を用いて1秒間隔で計測した。(図-1)

3.計測結果及び考察

1) 転流直後に発生する潮流の短周期変動

図-2に測点Bにおける実測潮流 V_B の時系列を示す。図には予測潮流 U にケーソンによる1.26倍の加速を考慮した値も併示した。転流直後の実測流速には、東流西流にかかわらず、予測潮流に見られない1~2時間スケールの短周期変動が生じた。この短周期変動の原因を調べるため、ケーソンの影響の少ない測点Aのデータ V_A を用い、実測潮流ベクトル V_A から予測潮流ベクトル U を引いた流速ベクトル U_v の時間変化(西流時)を図-3に示す。実測潮流 V_A の時系列も、図に併示した。但し、予測潮流ベクトル U の方向は実測潮流ベクトル V_A のピーク時の方向と一致させた。図によると U_v は、①転流後主流方向成分が増加し、②ピークに達する。その後、③主流方向から左向きに反れ、④左向き成分が卓越した後、⑤減速する。 U_v の変化は右旋の渦の進行方向左側の弦上の流速ベクトルを示しており、②は渦の中心付近が、④は渦の後方の外縁が通過した位相と考えられる。以上より図-2で示した短周期の流速変

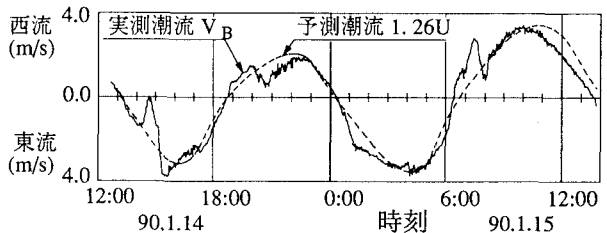
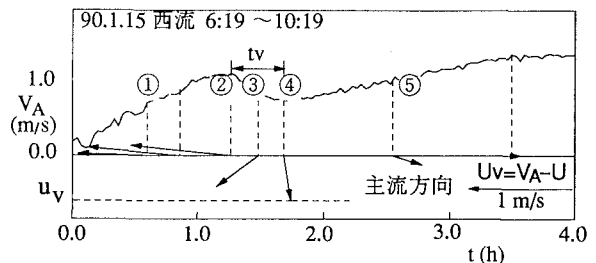


図-2 実測流速と予測潮流の時系列

図-3 ベクトル U_v の時系列

動は大規模渦に起因することが分かった。

2) 大規模渦の外縁流速、半径及び自走速度の特性 図-3の結果から渦の半径 R と自走速度 U_p を他のケースも含めて3ケース、そのオーダーを見積もる。位相④の流速を渦の外縁流速 u_v 、位相②から④の時間 t_v を渦の後半分が通過に要する時間とみなす。渦の運動はポテンシャルの渦糸モデルを仮定すると、 U_p は渦の強さ（循環）から求められる。ここで、渦の中心間隔を渦径の2倍と仮定すると $U_p = u_v/4$ 、渦通過期間の平均潮流速を $\bar{U}$ とすると $R = (U_p + \bar{U}) t_v$ となる。図-4に R 、図-5に U_p の半周期前（東流）の予測潮流の最大値 U_{max} との関係を求めた。図-4によると、 R はバラツキが大きいものの測点Aを通る海峡幅の約半分（約2.5km）となり、藤原²⁾の観測結果と一致する。図-5を見ると、 U_p は U_{max} に比例する傾向にあり U_{max} の約5%となる。さらに、西流の渦中心時の $\Delta u = V_A - U$ は、理論から推定される $U_p + u_v$ とほぼ一致することから、渦の強さを反映した量と言える。そこで、西流時の全データについて Δu を求め、 U_{max} との関係を調べた（図-6）。 Δu は U_{max} が2.0m/s以上で急速に増加することから、半周期前の潮流速がある限界流速以上になると大規模渦が急速に成長することが分かった。

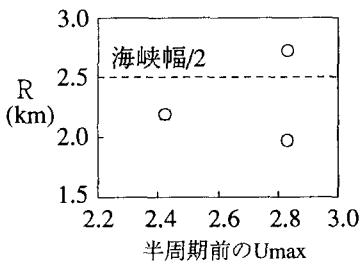


図-4 Rの計算結果

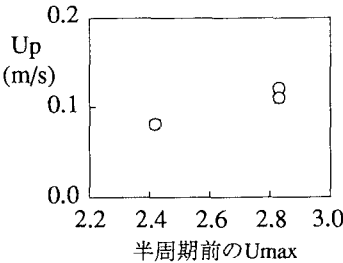


図-5 U_p の計算結果

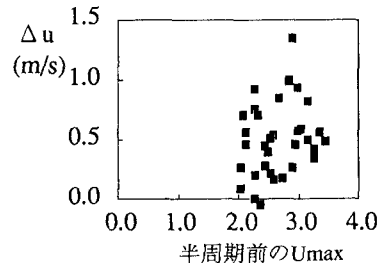


図-6 Δu と U_{max} の関係

3) 大規模渦がケーソン背後の剥離域に与える影響

図-7に海底上の測点Cで得られた3成分合成流速 V_C (a)、入射潮流速ベクトル V_A (b)、乱れ強度 $\sqrt{v'^2}$ と平均流速 V_{cm} の比(c)、乱れ v' の平均周期 M_0/M_1 の変化(d)（西流時）を示す。 V_{cm} は V_C を15.17minのローパスフィルターに通し大規模渦スケール以上の変動を除いたもので、 M_0, M_1 はスペクトルの0,1次モーメントである。(b)の矢印に示される大規模渦が通過し潮流方向が変化する位相で、 $\sqrt{v'^2}/V_{cm}, M_0/M_1$ は増加しスケールの大きな乱れが発生した。この変化は、一見、渦自体の乱れを捕らえた結果と思えるものの、渦による流向の変化に伴う剥離域の移動を反映している可能性が強い。なぜなら、①流向の変化に伴い剥離域が測点Cに近付くこと。②著者ら^{3),4)}の実験によれば、底面付近では剥離はかなり前方から始まること。の理由が挙げられる。

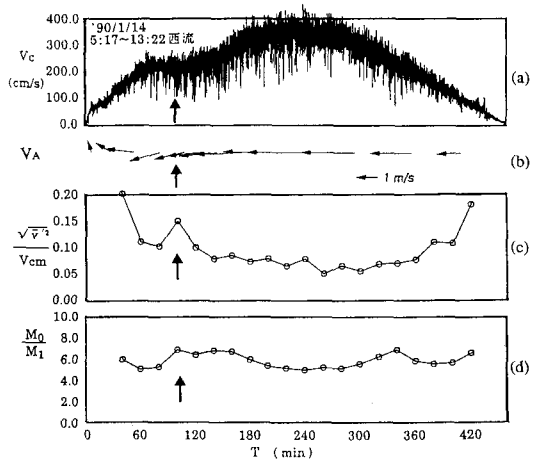


図-7 潮流の乱れ諸量

4.まとめ 潮流の実測結果を用いて、明石海峡に形成する大規模渦の特性を明らかにし、さらに渦によりケーソン周辺の流れの剥離域が変化することなどを示した。

<参考文献>

- 1) 西村, 畠山, 田中, 丸安: リモートセンシングに立脚した沿岸海域自走渦の運動論的研究, 土木学会論文集351号/Ⅱ-2, pp173-182, 1984.
- 2) 藤原建紀: 海水交換(1), 大阪湾中にトラップされた播磨灘系水, 日本海洋学会秋期大会講演要旨集, pp.12-13, 1979.
- 3) 石野, 大谷, 坂巻, 遠藤, 那須: 急潮流下海洋構造物周辺の洗掘防止工内の浸透流特性, 海岸工学論文集第38巻, pp191-195, 1991.
- 4) 大谷, 石野, 勝井: 捨石洗掘防止工を設置した橋脚周辺の流れ構造に関する実験的研究, 土木学会年講要集, pp.644-645, 1991.