

運輸省第三港湾建設局 神戸調査設計事務所 正会員 荏司喜博

同上

正会員 曾我部隆久

(1) まえがき 海洋工事における S E P の採用は今後ますます多くなり、その安定性は重要な問題となろう。特に急潮流下の施工例は少なく、不明な問題が多い。運輸省第三港湾建設局は、米島海峡航路整備のため、岩礁の撤去工事を行ってきた。そこで昭和53年10月～12月にかけて、3回にわたり電磁誘導起爆方式による水中せん孔発破工法で発破（G X - 1 ダイナマイト、薬量合計1530kg）を実施した。同工事で S E P を用いて、口径210mm、孔数10、延長16mのさ孔作業を行った。本報告はこの時の記録をもとに S E P の安定性を検討したものである。

(2) 現地地形および S E P の諸元等 現地の海底地形は図-2に示すとおり、急峻な瀬も形成してあり、地質は花崗閃緑岩で表層は風化している。採用した S E P は表-1参照。S E P の据付は3回実施したが代表として、第3回目（12月20日～24日）の状況を図-2に示す。今回経験した潮流は南流5.4kt、北流6.5ktであった。

(3) カルマン渦の発生状況 12月24日9:30～10:30の間にカルマン渦の周期を調査した。方法をストップウォッチを用いた10組の発生時間測定である。その結果を表-2④に示す。いま、ストローハル数 $S = T_k \cdot D / U$ (T_k : カルマン渦の発生周期, D : 物体の代表的長さ, U : 流速) という関係から、 S を既定値と試算し実際に近い T_k を示す S を求めると、

0.19～0.20程度となる（表-2の⑥参照）。現地潮流3～6ktの時のレイノルズ数 $Re = U \cdot D / \nu$ を求めると $1.2 \sim 2.3 \times 10^6$ となり、図-3からストローハル数を求めると $S = 0.35 \sim 0.45$ となる。（ここで、 D としては脚径914mmに突出しているラック分60mmを加えた974mmを用いている）これは T_k の実測値からの推定値の約2倍の値である。このような違いの原因としてラックの存在なども考えられるが流速の測定精度、流速の分布については不明な要因があり早急な判断はできない。また図-3によると $Re = 1.2 \sim 2.3 \times 10^6$ に対しては $C_D = 0.4 \sim 0.5$ であるがこのような値を用いた S E P 脚の抗力算定は危険であることを示し、すくなくとも $C_D = 1.0$ 程度をとる必要があるといえる。ちなみに今回の施工事前の S E P の安全検討にあたっては、 $C_D = 1.2$ を持っている。（4）

S E P の振動—さ孔作業中、潮流が3ktをこえた状態でカルマン渦発生による振動誘起作用によって、S E P の振動が激しくなり安全のため、作業中止退避する事態が発生した。この現象は南潮時のみ発生した。振動のパターンなどの場合も同じで北側の2脚が大きく横振動し、南側の2脚はきわめてわずかに感じる程度であった。代表的な例として12月22日の潮流の速度と振動の関係を図-4に示す。このときの S E P の状態は図-5(A)に示す。図-4をみると11時半すぎに流速が5kt～3.8ktに達した頃から振動が大き



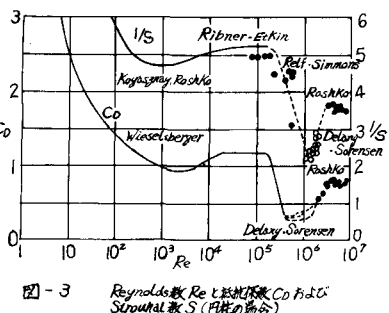
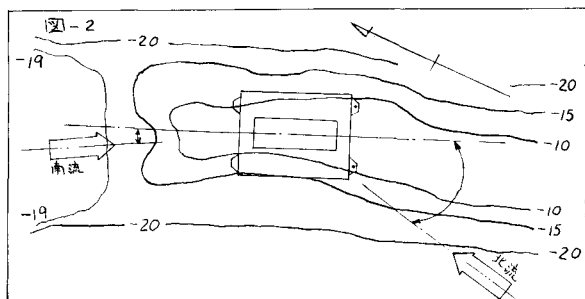
表-1 S E P の諸元

項目	仕様	備考
主要寸法	24" x 18" x 21.3"	(mm)
作業部	開口部寸法 18" x 6"	(mm)
ラック	914mm x 18mm x 21.3mm	17ヶ所 25.4mm x 22mm
本数	4本	
主要機材	ウェルソン型立機2台 トラベラ2台	
重量	S E P 140kg 機材 120kg 合計 318kg	

表-2 カルマン渦の発生周期 (T_k)

流速	周期の実測結果 ④	計算周期 ⑥	
		$S = 0.19$	$S = 0.20$
3.0 kt	3kt以下(本瀬の発生にあらず測定不可)	3.32	3.16
3.2	2.9～3.1秒比較的規則正しく発生	3.11	2.96
3.5	2.7～3.0 乱れ発生多し不明確	2.85	2.71
3.8	2.0～2.5 "	2.62	2.47
4.0	1.8～2.3 "	2.49	2.36
5.0		1.99	1.89

(D は計算に用いた脚径(914mm)にラックの突出(60mm)を加えた974mmとした。)



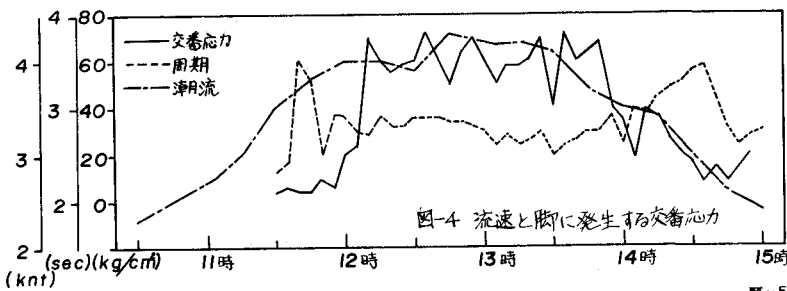


図-4 流速と脚に発生する交差応力

○流速は図-5に示す位置に電気式流速計(TK-102型)に重錘を取りつけて水面下約3mとなるようワイヤーで吊り下げて測定。
○交差応力は北西脚の下端から17mで、下図に示す位置に取付けたストレージによって測定した応力変動の片振幅分である。



図-5 S.E.P.の振動

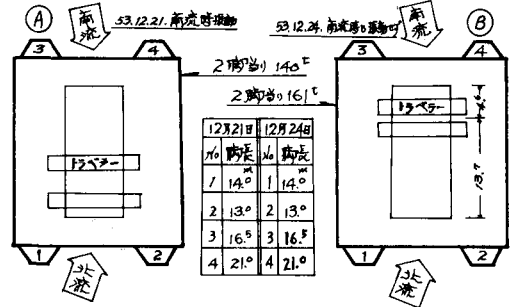


表-3 S.E.P.の固有振動周期の計算値

SEPの脚長 (m)	固有振動周期 (s)	固有振動周期 (s)
15	1.75	1.87
17	2.11	2.26
19	2.50	2.67
21	2.91	3.06
23	3.34	3.51

くなり推定変位は7.8cmに達した。その故は2.7~2.9秒のほぼ一定した振動周期を保っていることがわかる。SEPの固有振動周期を求めるため、北側2脚を等脚長ラーメンと考えると $T = 2\pi\sqrt{W/gK}$ を得る。ここに、 W : 2脚にかかる重量、 g : 重力加速度、 $K = 6EI/\alpha$ はね定数、 $E = 2.1 \times 10^8 \text{ kg/cm}^2$ 、 I : 脚の断面二次モーメント、 α : 脚長(現代は等脚長でないで仮定の脚長と考えられる)。いま、 α を変化させて固有振動周期を計算すると、表-3④となる。SEPの固有振動周期は振動の激しい間の振動周期2.7~2.9秒と考えられる。従って北側2脚の平均脚長と等しい $\alpha = 21$ の場合と固有振動周期が一致する。ところで、南流時において振動なかったのは、12月24日の時だけである。このときのSEPの状態は図-6のBのようにさ孔機を搭載したトラベラーが片寄ったために北側の脚荷重が大きかった。このときの固有振動周期は表-3⑤の $\alpha = 21$ のときの値、すなわち $T = 3.06$ 秒と考えられる。

(5) まとめ

- ①急峻な海底地形の急潮流時にSEPを設置したときのストーハル数および抵抗係数についての資料を得た
- ②急潮流下におけるSEPを用いた工事において、カルマン渦による流れに直角方向の振動が誘起されることが、安全上の大きい問題となる。
- ③カルマン渦の発生周期とSEPの固有振動周期が一致するだけでは共振現象が必ずしも誘発されるとは限らず、④ある程度以上の流速に達しないとおきない。⑤SEPの位置と流れの方向によって共振がおきにくいなどのことが考えられる。
- ④問題点一今回はSEPの安全性の解明のため、潮流およびカルマン渦の観測、脚の歪、加速度、変位の測定等を実施し、一応の成果を得たが、十分とはいえない。特に潮流については測点数、測定方法に問題をはくんでいる。又、安定度を増すためにアンカーワイヤーで刈込したが、その効果については十分に把握できなかった。今後はこれらの問題や、さらに脚先端の地盤、特に発破による破砕帯における脚の安定性については機会があれば調査したい。参考文献 1)土木学会編: 水理公式集P46. 2)長崎作治著: 海洋構造物の設計(実施計算例)理工回書. 3)永井七郎外: 円柱構造物に働く潮流力に関する基礎的研究(オジ報)