

古河電気工業株式会社 貞光 和夫
古河電気工業株式会社 石井 健一
東海大学海洋学部 正員 長崎 作治
東海大学大学院 学生員 高山 清

1. はじめに 本研究の目的は、現場寸法で外径16cmの海庄ケーブルを敷設する際、ケーブル上端の張力がどれくらいであるのかをモデル実験により求めることである。モデルをフルードの相似則に従い、縮尺1/80にて製作し実験を行った。

2. 理論 水中のケーブルの形状は、カタナリーの式(式・1)、波力は、モリソン式(式・2)を用いた。ただし、理論波力 F_H は、実験の都合上抗力係数 C_D 及び質量係数 C_M を1として計算し、あらたに係数 $C(=F_E/F_H)$ を設けて測定波力 F_E と比較することにした。

$$S = (A_H/p) \cdot \sinh(PX/A_H) \quad \text{--- (式・1)}$$

$$A_H = A \cdot \sin \theta$$

$$F_T = F_H + F_V \quad \text{--- (式・2)}$$

$$F_H = \left(\frac{1}{2} \right) \cdot \rho \cdot C_D \cdot U^2 \cdot dz + \left(\frac{1}{4} \right) \cdot \rho \cdot C_M \cdot \pi \cdot D^2 \cdot \left(\frac{\partial u}{\partial t} \right) \cdot dz$$

$$F_V = \left(\frac{1}{2} \right) \cdot \rho \cdot C_D \cdot W^2 \cdot dz + \left(\frac{1}{4} \right) \cdot \rho \cdot C_M \cdot \pi \cdot D^2 \cdot \left(\frac{\partial w}{\partial t} \right) \cdot dz$$

P: ケーブルの単位長さ当りの重量(水中), ρ : 水の密度, D: ケーブルの直径(外径), U: 水平水粒子速度, $\partial u / \partial t$: 水平水粒子加速度, W: 鉛直水粒子速度, $\partial w / \partial t$: 鉛直水粒子加速度。

3. 実験方法 実験は、長さ38.0m、幅1.0m、深さ0.6mの両面ガラス張り造波二次元水路を用いた。波高の測定には容量式波高計を、張力の測定には微小荷重計を用いた。なお、水深を50cmとし、波高2~6cm、周期0.8~1.6secの15種類の波を作用させた。表・2は、波浪実験のケース分類であるが、ここでFrontとは船首方向から波を受けての敷設を想定し、Backとは逆に船尾方向から波を受けての敷設を想定したものである。また、実験に用いたモデルは、外径0.2cm、空中重量9.4g/m、水中比重1.7、特種プラスチック製である。

4. 実験結果及び考察 始めに静的実験として、上端張力A、上端角度 θ 、実測懸垂距離 S_M を測定し、式・1にて計算される理論懸垂距離 S_T と比較した。その結果 $S_M = 0.996 \cdot S_T$ となり、ほぼケーブルは水中にてカタナリー形状を示すことがわかった。よって、

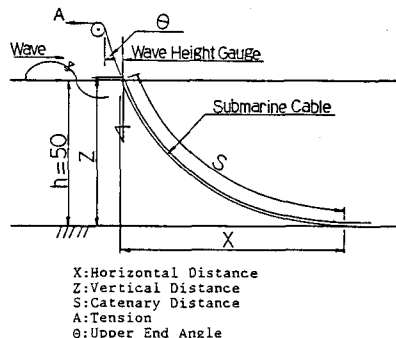


Fig. 1 Arrangement plan of model (Front).

Table 2 Static measured value.

Case No.		Horizontal Distance	Vertical Distance	Catenary Distance	Tension	Upper End Angle	Horizontal Tension
		X	Z	S _T	A	θ	A _H
		cm	cm	cm	g	Deg.	g
Front	B-1-S	55.5	50.0	80.4	5.33	24.5	2.12
	B-1-L	71.5	50.8	95.4	6.47	28.8	3.12
	B-2-S	54.5	49.3	82.8	4.98	23.0	1.95
	B-2-L	74.5	50.0	95.7	6.35	33.5	3.50
	B-3-S	55.0	49.3	83.1	5.02	23.2	1.98
	B-3-L	74.5	50.0	92.4	6.77	34.0	3.79
	B-4-S	53.5	50.0	77.6	5.44	22.0	2.04
	B-4-L	70.0	50.0	94.8	6.66	26.5	2.97
	B-5-S	55.0	49.3	83.8	5.02	23.0	1.96
	B-5-L	74.5	50.0	92.6	6.93	33.0	3.77
	B-6-S	54.0	50.0	78.0	5.40	22.5	2.07
	B-6-L	74.0	50.6	95.9	6.77	30.2	3.41
Back	B-7	74.0	50.8	94.7	6.80	31.0	3.50
	B-8	76.0	50.0	94.7	6.93	33.5	3.82
	B-9	75.5	50.0	93.7	6.77	34.5	3.83
	B-10	74.0	50.8	94.7	6.80	31.0	3.50
	B-11	75.5	50.0	95.9	6.58	33.5	3.63
	B-12	74.0	50.8	94.7	6.80	31.0	3.50

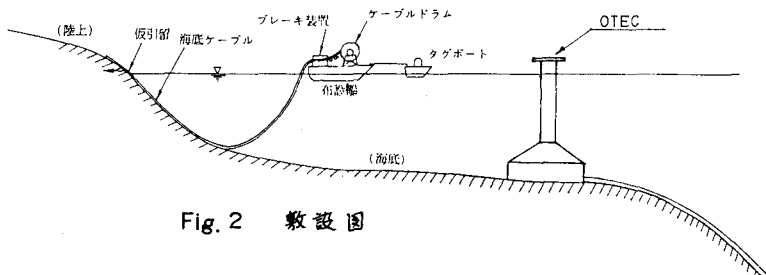


Fig. 2 敷設図

波力の理論計算には理論懸垂距離 S_T を用いることにした。次に表を作用させ、最大上端張力 A_{max} を測定し以下の結果を得た。FrontとBackの実験を比較したところ、Backは現場波高3.2 m以下であればたとえ周期が変化しても上端張力はほぼ一定の値を示す、また、Frontとくらべて張力のピークが現場周期で2.7secも上まわる等から、敷設施工はBack方が有利であると思われる。本実験で作用させた波中でケーブルの上端張力が最大値を示したのは、Front

の時でその値は $A_{max}=0.666g$ であった。この値を現場換算すると懸垂距離約74 m・波高4.8m・周期9.8sec・上端張力341kgとなる。これはケーブルの水中重量2532kgにくらべて小さいが無視できる値でもない。波高2cmのときはFront、及びBackまた周期に関係なく単位重量当りの張力はほぼ一定値 $A_{max}/SP=0.023$ を示した。この値より現場波高が1.6 m以下であれば敷設船がケーブルをささえるために必要な張力Aは、懸垂重量の1.023倍で求められこれが施工時のひとつの目安となるものと思われる。得られたデータを、横軸のパラメーターとして波形こう配

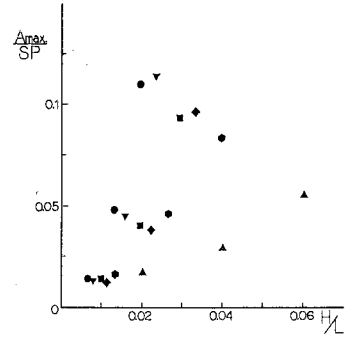
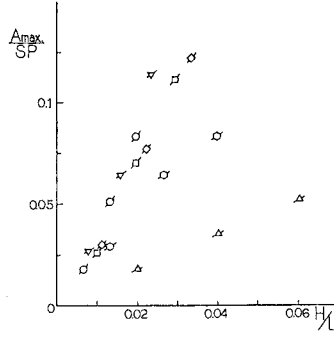
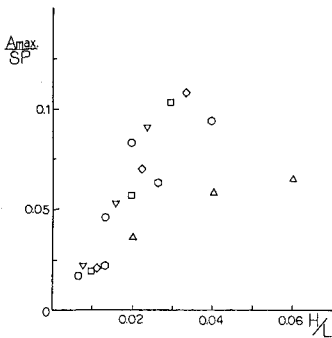


Fig.3 Front, $S=約82cm$. Fig.4 Front, $S=約94cm$. Fig.5 Back, $S=約94cm$. H/L とし同化してみたのがFig.3~5である。Backがバラツいているのに対しFrontは周期が1.1sec以上(○と△を除く)となるとプロット点がほぼ一直線に並んでしまうことがわかる。これは A_{max}/SP が周期1.1sec以上では波形こう配の一次式で表わせることを示している。

今回、あえてモリソン式を理論式として用いケーブルに作用する波力を求め、その値と上端張力とを比較してみた。Fig.6からは、周期別に見れば、それぞれのデータは負の相関と見られ、またその回帰直線のこう配は、ほぼ等しいことがわかる。同一波形こう配にて比較してみると、周期の短いほうが係数は大きいことがわかる。Fig.7からは、係数Cは周期1.2sec.

付近でピークのようなものをもつこと、また、波高が小さいほど係数は大きく、波高2cmの係数は、波高6cmの係数のほぼ2倍の値を示すこと等がわかる。

5. おわりに 本研究が、今後このような実験が行われるにあたり、その実験方法あるいは理論計算法の基礎となれば幸いである。

参考文献 飯塚喜一郎 監修：
(1974) 電力ケーブル技術ハンドブック、電気書院、東京、690pp.

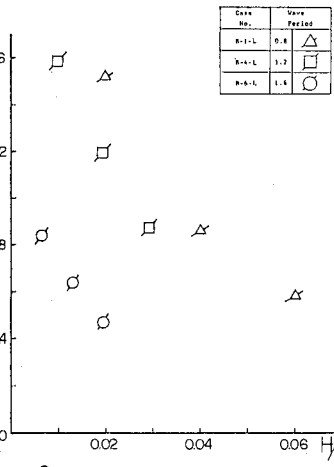


Fig. 6 Coefficient C and wave steepness H/L . (Front, $S=Long$)

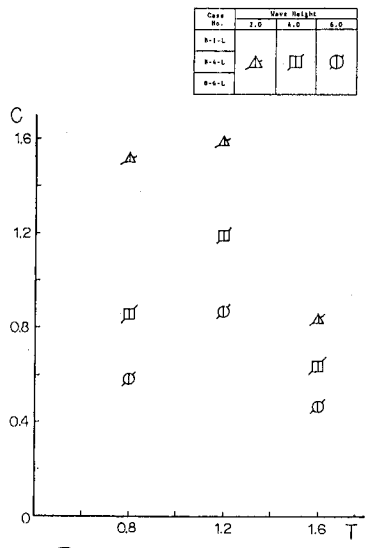


Fig. 7 Coefficient C and wave period T . (Front, $S=Long$)