

22 kV 因島日立線海底ケーブルの引揚げ再使用

Reutilization Hove-up 22 kV Butyl Rubber Insulated Submarine Cable (Innoshima Hitachi Line)

井 清 哲 夫* 村 上 幸 雄*
Tetsuo Isei Yukio Murakami
森 安 清* 吉 野 勇**
Kiyoshi Moriyasu Isamu Yoshino

要 旨

既設海底ケーブルを引揚げて他に再布設して使用することについては問題が多い。紙絶縁鉛被ケーブルについては従来の経験から考えて、絶縁紙および鉛被の損傷は避けがたく、再使用は困難と判断されるが、ゴムケーブルの場合は機械的強度の面ですぐれているので、引揚げ工法を検討し、過大張力および曲げ荷重をケーブルに与えないようにすれば、他への再使用は十分可能であると考えた。

このたび、約10年間使用してきた日立因島線22 kV ブチルゴム絶縁海底ケーブルを引揚げて、これを土庄線に予備として再使用することになったので、引揚げ工法についてケーブルは持用特殊クランプの開発などを行ない十分な検討を加え、引揚げ前後における諸特性試験を実施して使用の可能なことを確認した。

本論文はこれらのことについて述べるとともに、今後の問題点を明らかにした。

1. 緒 言

島嶼部に対する電力供給方法として、最近では高抗張力電線の開発により径間2,000 m程度は、技術的にも経済的にも架空電線路によっているが、従来は大部分海底ケーブルを使用していた。

中国電力株式会社因島地区においては、昨今の急激な電力需要増加対策として、昭和40年7月に110 kV 架空因島線を新設した。これにより在来の22 kV 海底ケーブル4回線が不要となり、その引揚げ再使用について検討の結果、予測がたち、今回そのうち1回線の引揚げ工事を行なったので、その検討経過ならびに工事施行結果をまとめた。

2. 海底ケーブル再使用可否の見込み

従来、海底ケーブル再使用の可能性については、事故時の仮復旧工事などの特殊な例を除いて、一般的には既設の海底ケーブルを引揚げてこれをほかへ再布設することはほとんど不可能であるとされてきた。そのおもな理由はおよそ次のとおりである。

(1) 布設後、長年月を経過している場合、海水により腐食されたがい装鉄線が海深、潮流を考慮して計算された引揚げ張力に耐えない場合がある。

(2) 引揚げの際、ケーブルは握点付近におけるケーブル湾曲部の鉄線折損またはがい装の“永久歪み”を生ずる場合がある。

(3) 引揚げの際、ケーブルは握点付近における絶縁物(紙, ゴム)ならびにシースに破壊を生ぜしめる恐れがある。

(4) 引揚げの際、布設ルートに岩礁があってこれに引かかったり、海底の砂に深く埋没していたり、あるいは他社ケーブル(日本電信電話公社ケーブルその他)と重なり合うなど、予定以上の引揚げ張力を要する事態が発生した場合、そのケーブルの引揚げ計画はいかに措置するかを考慮しておく必要がある。

* 中国電力株式会社

** 日立電線株式会社日高工場

(5) 予定の引揚げ工事を終了したとしても、引揚げられたケーブルに数箇所におたって“キンク”部分が発見され、この部分を切取った残部が再布設先の所要の長さを、満足せしむるか否かを予測しておかねばならない。

(6) 撤去引揚げケーブルの引当先再布設工事は、新製品布設の場合と異なるので一般的には電力会社において直営施工することとなるが、その能力を判断しておく必要がある。

(7) ケーブルの引揚げを行なった後、将来その区間に再び布設する必要性が生じないかどうか適確な予測を行なう必要がある。

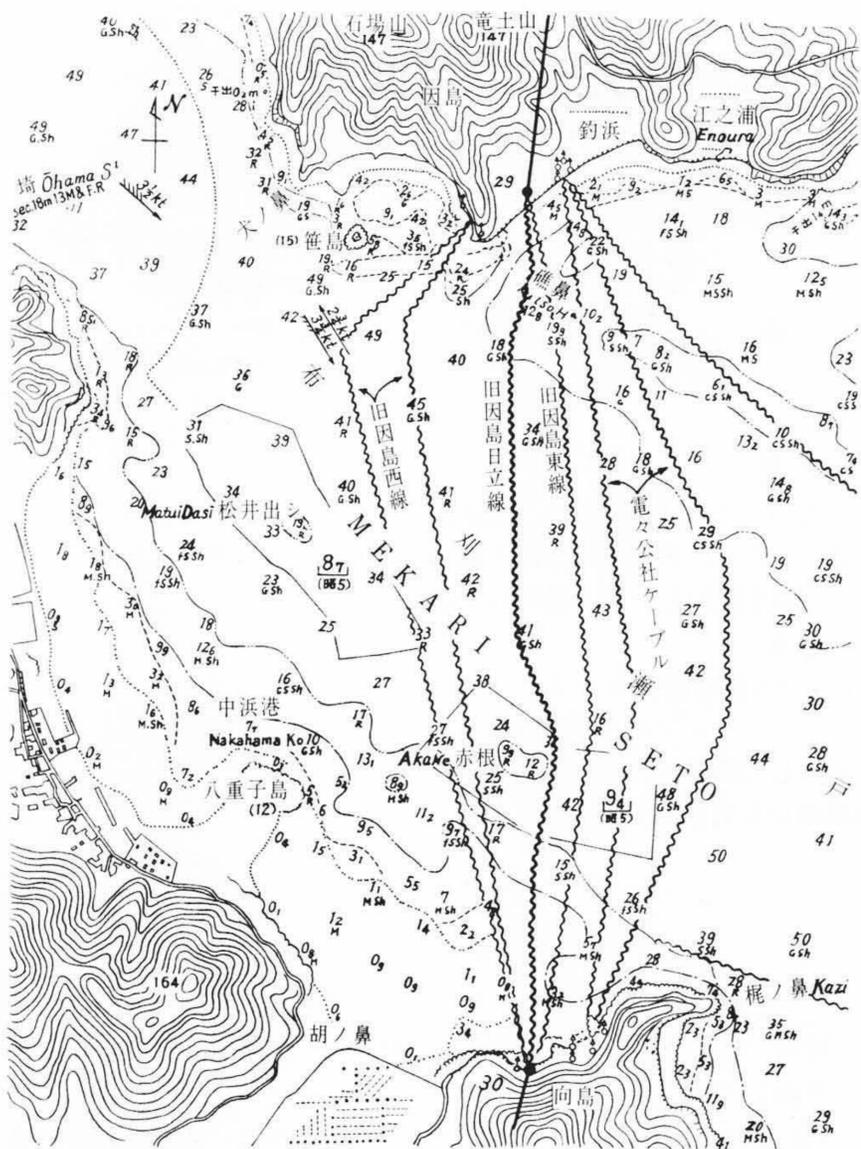
上記の場合、紙絶縁鉛被ケーブルについては従来の事故復旧の経験から考えて、引揚げ工法に十分な配慮を加えても、なお、絶縁紙および鉛被の損傷は避けがたく、ケーブルの再使用は困難であるが、ゴムケーブルは紙絶縁鉛被ケーブルに比較して機械的強度の面で格段とすぐれた性能を有しているので、引揚げ工法を十分に検討し、過大な張力および曲げ荷重をケーブルに与えないようにすれば、遊休海底ケーブルのほかへの再使用も十分可能であると考えられる。したがってこの判断のもとにこのたび標記の引揚げ作業を実施したが、その成果は満足すべきものであった。

表1 既設土庄線海底ケーブル設備の概要

電圧 (kV)	島名	亘長 (km)	汐流 (kt/h)	水深 (m)	回線数	ケーブル構成			布設年次	メーカー
						種類	がい装太さ (mm)	電線太さ (mm)		
22	自本土至井島	1.52	2 1/4	46~61	1	ベルト	7.0	19/1.8	昭3	住友
		1.45			1	ゴム	7.0	37/1.3・37/1.8	昭26	古河
	自井島至豊島	1.75	2 3/4	19~27	1	ベルト	7.0	19/1.8	昭3	住友
		1.75			1	ゴム	7.0	37.1.3・37/1.8	昭26	古河
	自小豊島至小豆島	1.80	1 1/4	5~10	1	ベルト	7.0	19/1.8	昭3	住友
		1.74			1	ブチルゴム	8.0	37/1.8・61/2.0	昭39	古河

表2 このたび撤去する日立因島線海底ケーブル設備の概要

電圧 (kV)	島名	ケーブル実長 (m)	汐流 (kt/h)	水深 (m)	回線数	ケーブル構成				布設年次	メーカー
						種類	がい装太さ (mm)	電線太さ (mm)	長さ (m)		
22	向島~因島	2,735	2 1/2	15~45	1	ブチルゴム	8.0	19/2.0 19/2.9	2,470 265	昭31	日立



太い線が今回撤去するケーブル
 図1 海底ケーブル布設状況

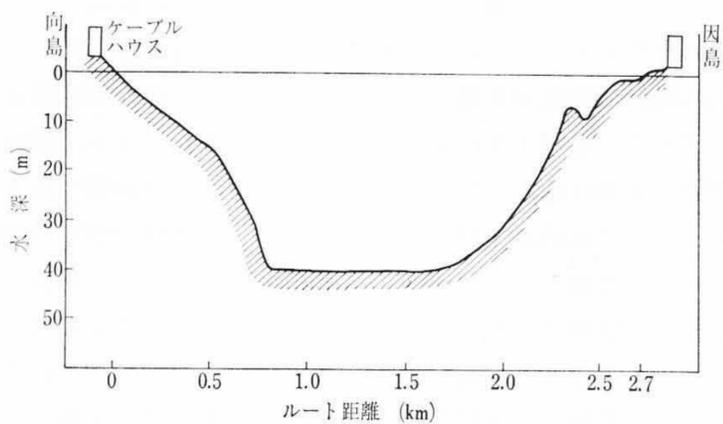


図2 海底ケーブル布設縦断面

3. 工事施行理由

岡山県小豆島に対する唯一の電力供給設備である22kV土庄線(2回線)は最近の需用増加により、1回線事故時には負荷制限を行なわざるを得ない状態にあり、またケーブル自体も布設年次が古く性能的にやや弱体化してきたので、因島日立線のブチルゴムケーブルを引揚げ土庄線予備引当てとして再使用することにした。ちなみに各設備の概要は表1、2のとおりである。

土庄線各島嶼間のケーブル布設長さに対して、日立因島線撤去ケーブルの条長は2,735mあるのでこれを引揚げ、土庄付近の中国電力株式会社用地内に予備品として貯蔵しておけば、同線路のいずれの区間の事故に対しても直ちに布設再使用することができ、数日後には復旧送電が可能となる。

これを新たにメーカーへ発注すれば、少なくとも2ヶ月有余の日数を要し、しかも需要家に及ぼす迷惑ははかり知れないものがある。

表3 測定値

試験年月	静電容量 (MΩ/L)			摘要
	赤相	青相	白相	
昭和31年10月	0.391 *(0.394)	0.391 (0.394)	0.391 (0.394)	条長 2,711m, 水温 23°C 条長 2,733m, 等価換算値
昭和33年11月	0.409	0.410	0.410	条長 2,733m, 水温 18°C
昭和36年11月	0.410	0.410	0.410	条長 2,733m, 水温 14°C
昭和38年8月	0.416	0.415	0.414	条長 2,733m, 水温 27°C
昭和40年11月	0.424	0.424	0.425	条長 2,733m, 水温 17°C

表4 測定値

試験年月	絶縁抵抗 (MΩ/L)			測定温度 (°C)	条長 (m)	メガ電圧 (V)
	赤相	青相	白相			
昭和31年10月	2,000 以上	2,000 以上	2,000 以上	23	2,711	1,000
昭和33年11月	2,000 以上	2,000 以上	2,000 以上	18	2,733	1,000
昭和36年11月	5,000 以上	5,000 以上	5,000 以上	14	2,733	2,000
昭和38年8月	2,000 以上	2,000 以上	2,000 以上	27	2,733	1,000
昭和40年11月	2,000 以上	2,000 以上	2,000 以上	17.2	2,733	1,000

表5 測定値

電圧	tan δ			摘要
	2 kV	4 kV	6 kV	
赤相	0.6%	0.6%	0.6%	条長 2,733 m 水温 17.2°C
青相	0.6%	0.6%	0.6%	
白相	0.6%	0.6%	0.6%	

4. 撤去工事着手前における検討事項

4.1 ケーブル布設の現況

図1、2のとおりである。

4.2 引揚前のケーブル性能

本ケーブルは昭和31年10月に布設され今年で約10年経過しているが、過去に3回の絶縁診断を実施しているので、これらのデータと今回の試験結果とを対比して検討した。

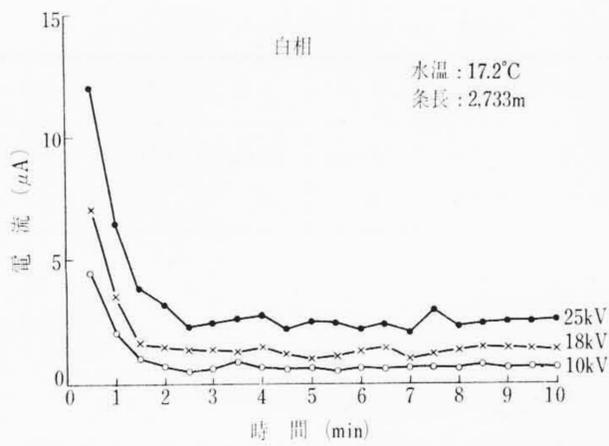
4.2.1 試験の概要

- (a) 測定年月日 昭和40年11月16日(雨)
- (b) 測定場所 向島側ケーブルハウス
- (c) 測定担当 日立電線株式会社日高工場
- (d) 試験項目
 - (i) 導体抵抗試験
 - (ii) 静電容量試験
 - (iii) 絶縁抵抗試験
 - (iv) tan δ 試験
 - (v) 直流高圧法試験

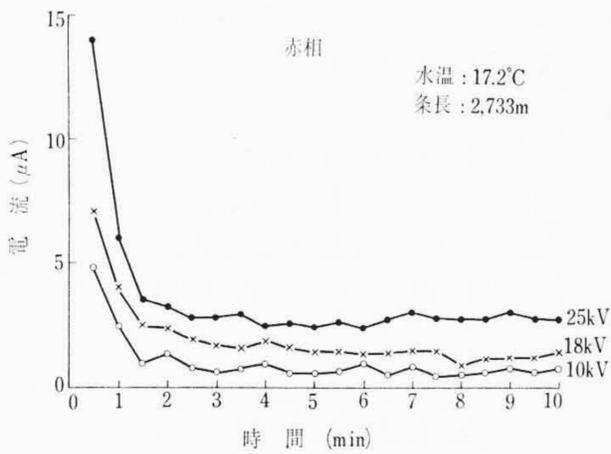
4.2.2 試験結果

- (a) 静電容量試験 (C-2形)0.5μF 静電容量計(大倉電気製)による
静電容量は前回(昭和38年度)の値より約2%増加している。
- (b) 絶縁抵抗試験 メガーによる異常は認められない。
- (c) tan δ 試験 tan δ メータによる布設後今回初めて測定を行なったが、各相とも1%以下で異常は認められなかった。
- (d) 直流高圧法

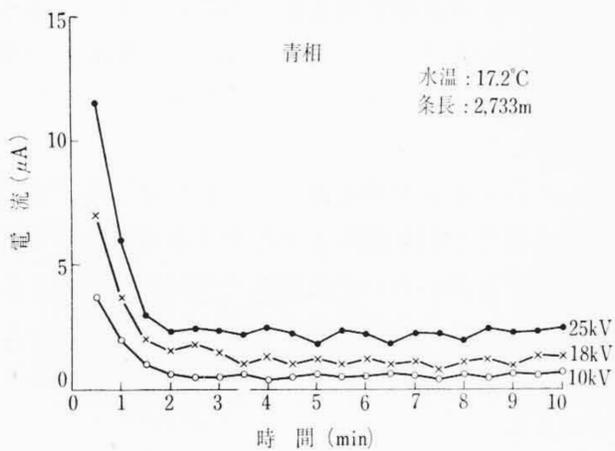
図3に示すように各相の充電電流-時間特性曲線はまだまだ吸収現象を示しており、2分以内で飽和する傾向にある。電流値は10分充電後では3μA以下となり良好な絶縁状態を示している。なお電流が時間的に不規則に変動しているのは電源電圧変動に起因するもので異常な現象ではない。



(白相—赤, 青相接地)



(赤相—青, 白相接地)



(青相—赤, 白相接地)

図3 充電電流—時間特性曲線

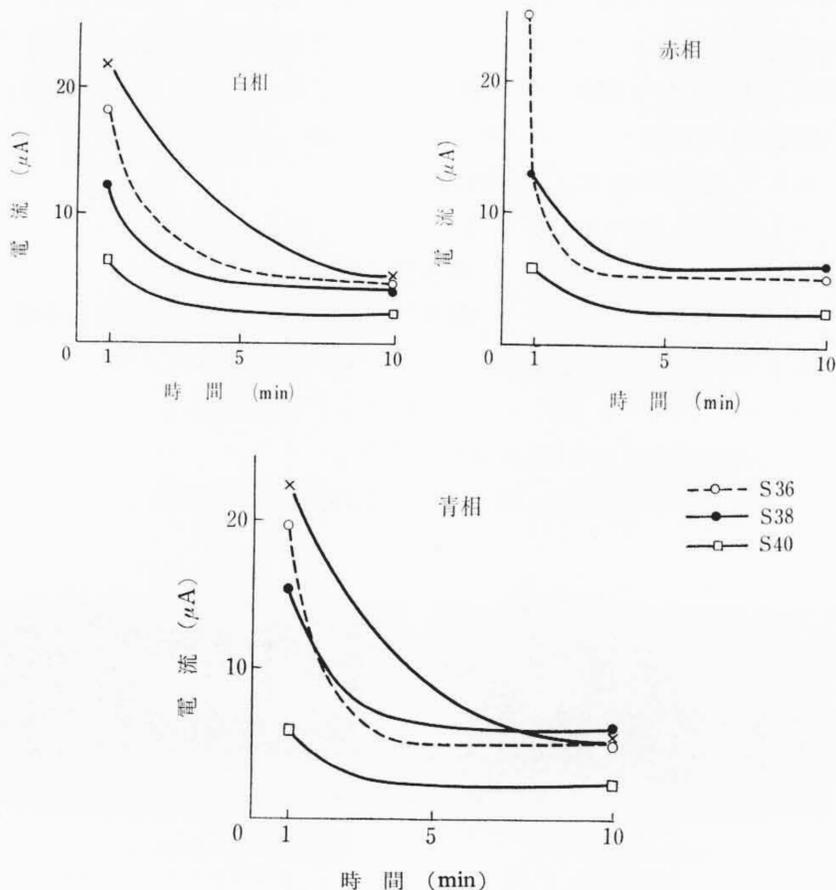


図4 充電電流—時間特性経年変化

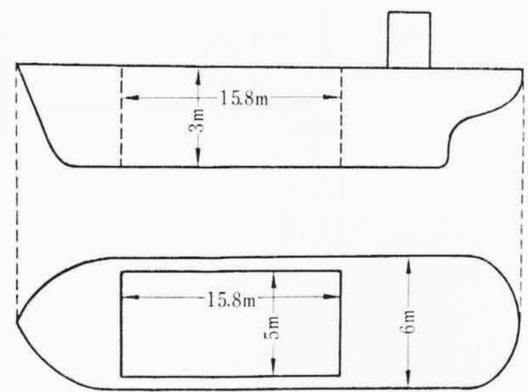


図5 栄吉丸寸法図 (きつ水 1.2 m)

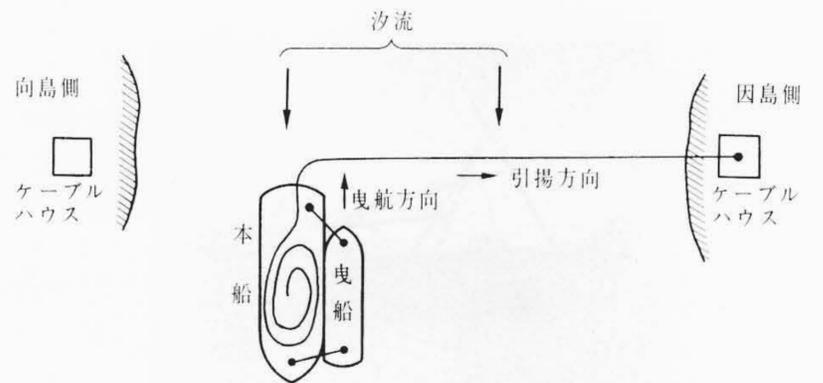


図6 最大汐流時の引揚方法

表6 各電圧における絶縁抵抗, 成極指数

試験年 月	相	絶縁抵抗 (MΩ/kM)			成極指数		
		10 kV	18 kV	25 kV	10 kV	18 kV	25 kV
昭和38年8月 水温 27°C	赤	—	—	11,400	—	—	2.2
	青	—	—	10,500	—	—	2.5
	白	—	—	15,500	—	—	2.8
昭和40年11月 水温 17.2°C	赤	35,400	32,700	24,400	3.1	2.6	2.1
	青	39,000	35,100	27,300	1.9	2.7	2.4
	白	39,000	34,900	27,300	2.1	2.8	2.6

絶縁抵抗は表6に示すとおり 20,000 MΩ/km 以上であり, 成極指数も 2 以上で良好である。

今回の電流—時間特性を前3回の傾向と比較すると, 図4のとおり昭和38年度まではかなり経年変化しているようであるが, 今回の測定結果は前回(昭和38年度)測定したものと傾向がほとんど変わっておらず, したがって劣化も進行していないと考えられる。

なお今回の測定電流が前3回の値よりもかなり小さく(約1/2), したがって絶縁抵抗が高く出ているのは測定時の絶縁体の温度差によるものと推定される。すなわち前3回の測定は, いずれも負荷遮断後2~3時間以内に行なっているため絶縁体温度は水温よりもかなり高いことが推定されるのに対し, 今回の測定は長時間送電停止中のもので行なっているため, 絶縁体温度はほとんど海水温度(17~18°C)程度であると考えられる。

以上を集約すると, このたびの絶縁診断の結果は静電容量が前回より若干増加している以外は, 前回から劣化が進行していることは考えられず, tan δ の値, 直流高圧印加時の絶縁抵抗特性から考えても今後の長期使用に十分耐えられるものと判断した。

4.3 ケーブル引揚予想張力および引揚方法

4.3.1 条件

- 汐流速度(最大) 3¾ kt/h
- 水深(最大) 42 m
- ケーブル重量 26.5 kg/m

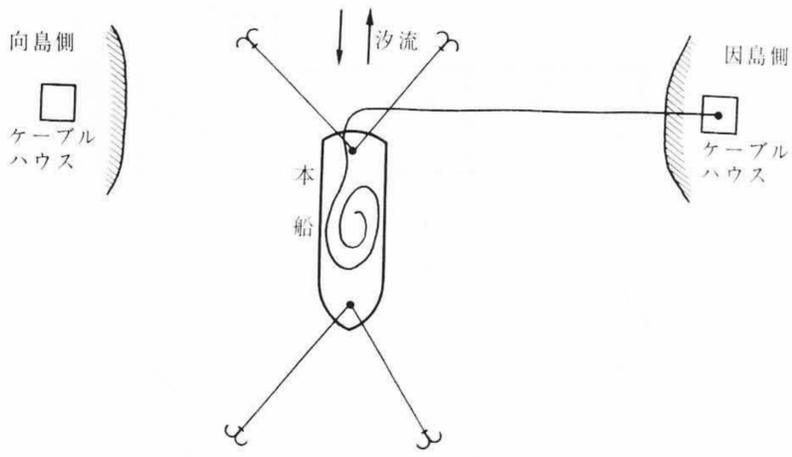


図7 本船投錨方法

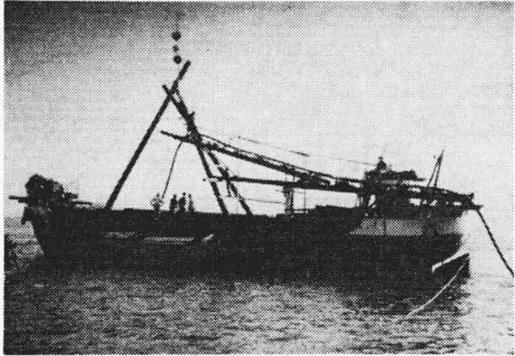


図8 第十二栄吉丸ぎ装図

(総 屯 数 275 t
ケーブル引揚エンジン 105 HP)

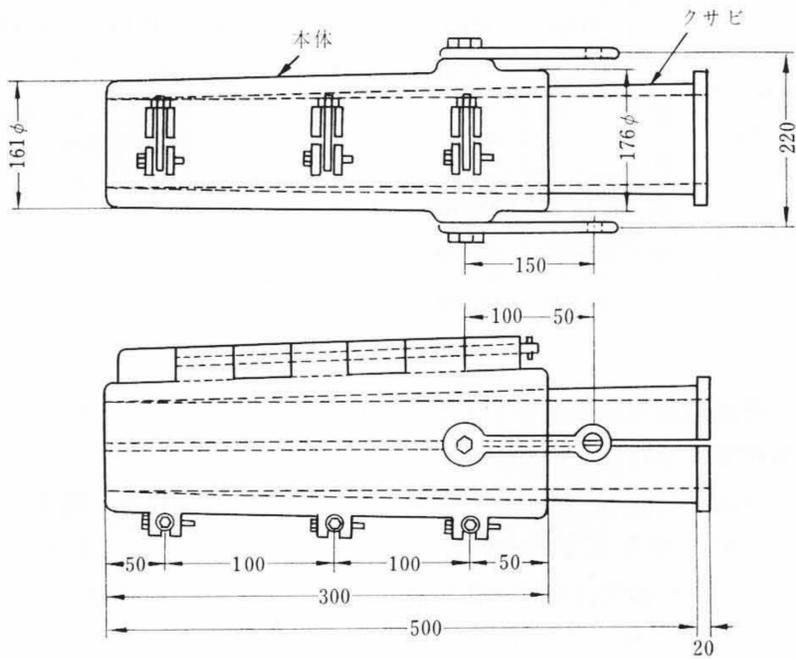


図9 ケーブルクランプ設計図

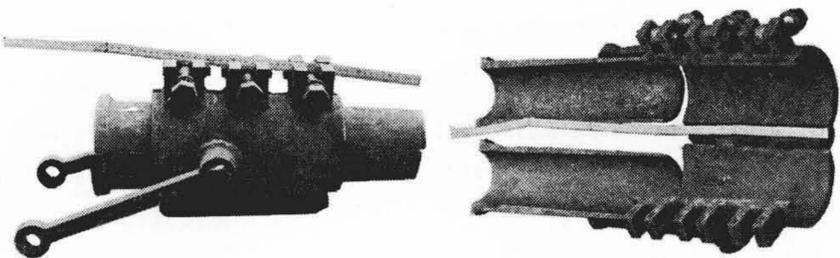


図10 ケーブルクランプ

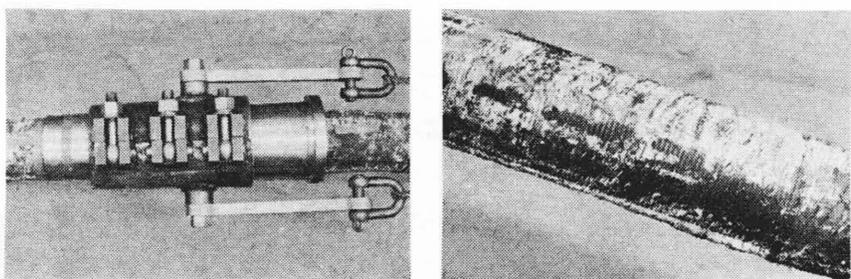


図11 ケーブルは持状況とジェット部

表7 クランプとケーブルのずれ

測定箇所	引張荷重	1 t	2 t	3 t	4 t	5 t
本体とクサビのずれ		35 mm	56 mm	66 mm	111 mm	118 mm
クサビとケーブルのずれ		0	0	0	0	1~2 mm

ケーブル外径 112.3 mm
船 形 図5のとおり

4.3.2 所要引揚力および引揚方法

- (a) 所要引揚力の要素として下記が考えられるが
- (i) ケーブル自重
 - (ii) 汐流によりケーブルに加わる横圧力の垂直分力
 - (iii) 船体を受ける汐流および風圧による抗力
 - (iv) 埋没土砂の抗力

計算の結果、埋没土砂の無い場合 2.2 t、埋没土砂のある場合を 5 t 程度と推定した。また海底の岩盤にケーブルが引かかり、5 t 程度の装備では引揚不能となる最悪状態をも考慮し、別に引揚力 30 t 装備の海上グレーン船を待機させることとした。(これを使用する必要はなかった)。

- (b) ケーブル引揚げは布設とは逆に向島側から実施することとし、海底部引揚作業は3日間で終了するように工程を組んだ。
(c) 本海峡は汐流および深度がかなり大きく、ケーブルに過大な荷重がかかり絶縁破壊を招くおそれが多分にあるので、これを防止する一方法として最大汐流時には図6の引揚方法を採用することとし、ケーブルに加わる荷重をできるだけ軽減するように考慮した。

- すなわち引き船を汐流に逆らって航行せしめ、汐流により本船が受ける抗力を引き船により相殺する方法をとり、実際にこうした方法が有効か否かを実作業で検討することとした。
(d) 海上仮泊時の投錨は図7の方法をとることとし、転流時にケーブルに“キンク”(本船の方向回転による)を生ぜしめないようにした。

4.4 ケーブルは持方法の検討

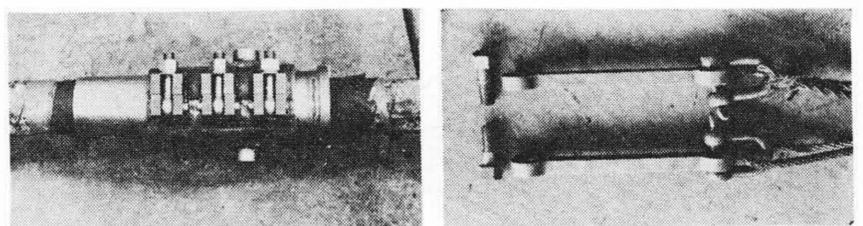
ケーブルを良品として引揚げするためには、引揚げ時にケーブルは持点に張力による損傷を与えないようにすることが特に重要であり、このたびの工事ではこの点に留意して 5 t 用ケーブルクランプを考案し、本ケーブルのメーカーである日立電線株式会社と協同で図9, 10のとおり実用に供し得る製品を完成した。なお製作数量は引揚げ用—2個、ストップ用—2個、予備—1個とした。

4.4.1 設計条件および製作品

- (a) 最大は持力 5 t
- (b) 本体の大きさ 長さ 300 mm } までとする。
重さ 30 kg } (取扱上の点を考慮)

4.4.2 クランプ引張試験

- (a) ジェット上にクランプをセットした場合
- 引張荷重 5 t で 30 分保持異常なし
- さらに引張荷重を 10 t に増し 10 分間保持異常なし



引張後のクランプ状況 (異常なし) 引張後のアーム締付ボルト シャックル・ワイヤロープ状況

図12 15 t 引張試験後の各部状況

表8 tan δ 特性

試料	色	tan δ (%)		外部遮へい (絶縁体上遮へい)
		12.7 kV	25.4 kV	
初期値	赤	0.76	0.77	絶縁体上色別綿テープ上にヒタゾール (導電性塗料) を塗りその上に導電性テープを巻きさらに銅テープを巻いた
	青	0.75	0.77	
	白	0.74	0.77	
引張試験後	赤	0.70	0.71	絶縁体上色別綿テープ上にヒタゾール (導電性塗料) を塗りその上に導電性テープを巻きさらに銅テープを巻いた
	青	0.69	0.69	
	白	0.72	0.73	

試料長: 5 m, 測定温度: 17°C

表9 長時間破壊試験 (交流電圧) (tan δ 測定後)

試料	色	破壊電圧 (kV/分)	破壊点
初期値	赤	110/2	クランプは持点異常なし
	白	115/2	クランプは持点異常なし
引張試験後	赤	135/1	クランプは持点異常なし
	白	105/22	クランプは持点異常なし

課電方法: 50 kV/30分+5 kV/30分 step up

表10 インパルス破壊試験 (tan δ 測定後)

試料	色	破壊電圧 (kV/回)	破壊点
初期値	青	360/1	クランプは持点異常なし
引張試験後	青	360/2	5 t /30分→10 t 引張試験部

表11 工事工程表

項目	11月												摘要		
	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28		29	30
ぎ装				←	←	←									
陸上部掘さく				←	←	←									
陸上部巻取り							←	←	←						
海底部引揚げ												←	←	←	
水島PSへ輸送															←

- (i) ケーブルとジュートのずれ 4.3 mm.
- (ii) アーム締付ボルトが多少曲がった。
- (b) 鉄線がい装上にクランプを直接セットした場合
 - 引張荷重 500 kg でクサビと鉄線とのずれ激しく抗張荷重上らず試験中止
 - (c) 鉄線がい装上に黄麻布を介在としクランプをセットした場合
 - 引張荷重 5 t で 30 分間保持異常なし
 - さらに引張荷重を 15 t に増す
 - (i) ワイヤロープ破断 (12.5φ)。
 - (ii) シャックルおよびアーム締付ボルトが曲がり引張限度となる。
 - (iii) くさびとケーブルのずれ 14 mm。
 - (iv) クランプ本体およびくさびには異常なし。
 - (d) クランプ引張試験後の供試ケーブルの電氣的試験結果
 - (e) クランプ試験所見
 - (i) クランプの強度は引張荷重 5 t (設計値) でまったく問題ない。
 - (ii) ジュート上にクランプをセットする場合は介在は不要である。
 - (iii) ケーブルとクランプのすべりは 1~2 mm 程度でまったく問題ない。
 - (iv) 鉄線がい装上にクランプをセットする場合は介在が必

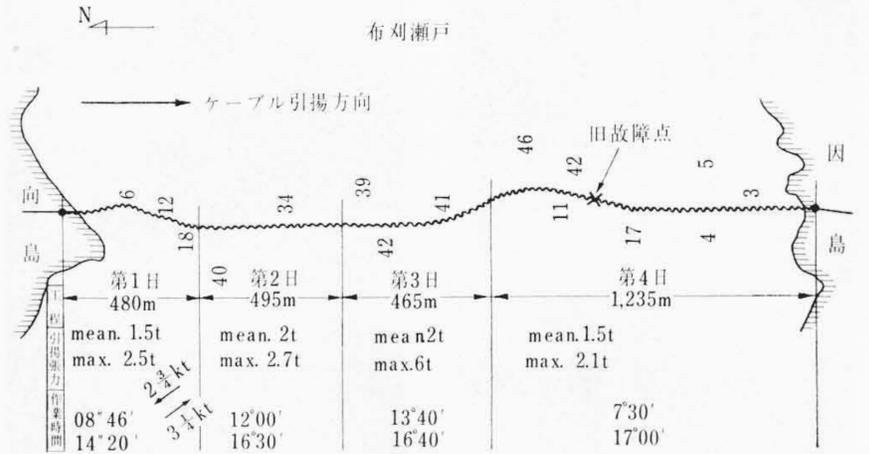
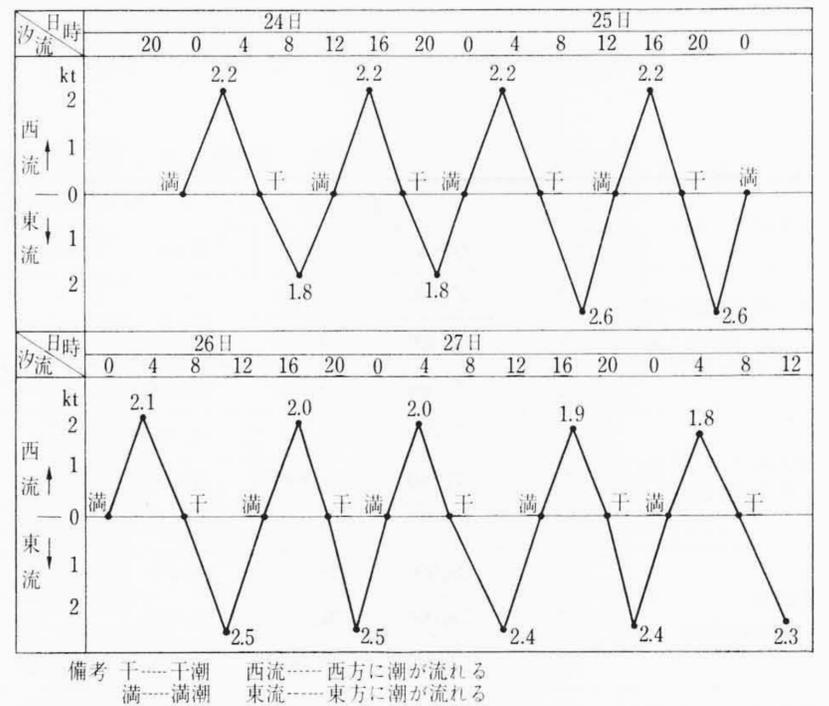


図13 ケーブル引揚げ概要図



備考 干---干潮 西流---西方に潮が流れる
満---満潮 東流---東方に潮が流れる
(布刈の瀬戸はこれより 10 分おくれ、汐流はこれよりやや早い程度)

図14 尾道瀬戸汐流図表

要である。介在を入れずに鉄線がい装上に直接クランプして引張った場合はすべり、引張荷重は 500 kg (最大) であった。これは鉄と鉄との摩擦係数が小さく、さらにはくさび内面が凹凸状のネジを切っているため、接触面積が小さい理由によるものと考えられる。
(v) 機械的試験後の電気特性は初期値に比較して明確な差はみとめられなかった。

5. ケーブル引揚げ作業

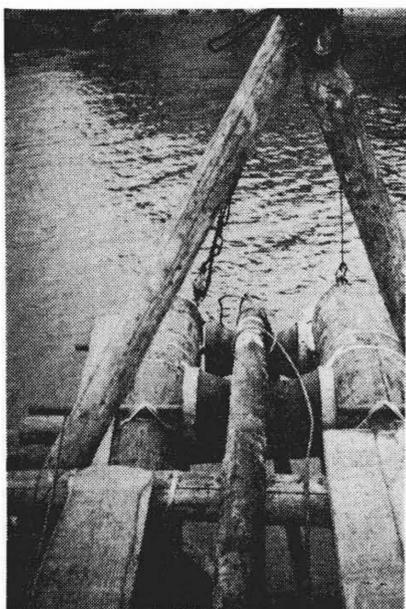
上記諸検討の結果、海底ケーブルの良品引揚げは技術的に可能であるとの見通しを得たので、気象状況を調査のうえ 11 月下旬着手を決定し、表 11 の工程により引揚げ作業を実施した。途中台風の余波による強風注意報下で第 2 日および第 3 日目を迎え引揚げ作業は予想外に難行したが、ケーブル自体には損傷を与えることもなく 11 月 28 日に引揚げ作業を終了した。

6. ケーブル撤去後の諸特性試験

ケーブル引揚げ作業終了時に撤去ケーブルの一部 (約 15 m) を切断し、試料試験によって日立電線株式会社で諸特性試験を行ない、これまで機会あるごとに実施してきた本ケーブルの試験データと、今回の測定結果とを比較検討し、ケーブルの最終的良否判定を行なった。

6.1 試験項目

- (a) 絶縁抵抗



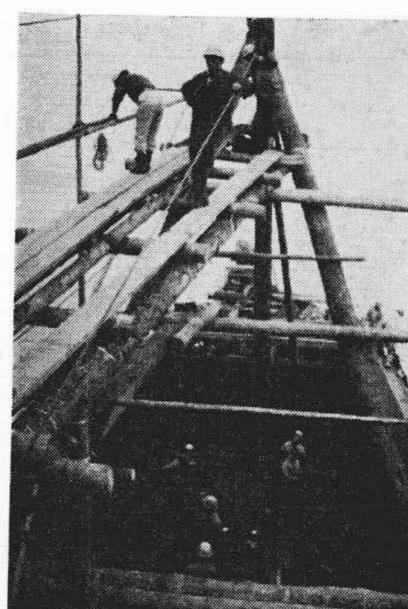
シ - プ



船倉巻取り



ケーブルクランプ使用状況



船倉ケーブル

図15 作業関係

表12 絶縁抵抗, 成極指数特性

供試ケーブル	項目 線心	絶縁抵抗 (MΩ/km・20°C)					成極指数					測定温度
		10 kV	18 kV	25 kV	40 kV	55 kV	10 kV	18 kV	25 kV	40 kV	55 kV	
第1回絶縁診断 時測定結果 (昭33年11月)	赤	37,000	21,500	—	—	—	7.8	7.5	—	—	—	23°C
	青	32,400	17,700	13,500	—	—	10.0	5.0	3.8	—	—	
	白	21,500	19,400	15,600	—	—	7.5	5.7	4.3	—	—	
撤去前ケーブル (昭40年11月)	赤	29,600	27,600	21,000	—	—	3.1	2.6	2.1	—	—	17.2°C
	青	33,000	29,800	23,000	—	—	1.9	2.7	2.4	—	—	
	白	33,000	29,600	23,000	—	—	2.1	2.8	2.6	—	—	
撤去後ケーブル (今回検討品)	赤	29,000	26,500	30,000	29,400	27,000	3.5	3.4	3.1	3.2	3.0	10°C
	青	29,000	31,900	32,000	31,900	26,100	3.7	3.3	4.0	3.2	3.6	
	白	33,000	31,900	32,000	31,000	28,400	4.0	3.7	3.9	3.4	3.4	
未使用ケーブル	青	32,000	34,000	32,500	32,000	31,800	3.7	3.3	3.7	3.3	3.6	10°C

注 1. 絶縁抵抗は10分充電後の値を示す。なお20°Cの温度換算係数はJISで規定された値を使用した。
 2. 成極指数は1分後の充電電流/10分後の充電電流を示す。
 3. 未使用ケーブルは日立電線株式会社予備品として倉庫に保管していたもの。

表13 撤去後ケーブルの試料電気特性

試料	項目 線心	絶縁抵抗 MΩ-km・20°C 測定温度 12°C	静電容量 μF/km・12°C 測定温度 12°C	コロナレベル		tan δ-電圧特性 測定温度 12°C		tan δ-温度特性 測定電圧 12.7 kV, () 25.4 kV				交流長時間 破壊電圧 (kV/分)	インパルス 破壊電圧 (kV/回数)	備考	
				開始 電圧 (kV)	消滅 電圧 (kV)	12.7 kV	25.4 kV	17°C	42°C	59°C	79°C				
撤去後ケーブル (今回検討品)	4.3 m	赤	16,000以上	0.142	35	35	1.19%	1.21%	—	—	—	—	115/3	—	
		青	16,000以上	0.142	35	35	1.10%	1.10%	—	—	—	—	100/1	—	
		白	16,000以上	0.142	35	35	1.08%	1.08%	1.08 (1.10)	1.08 (1.10)	1.16 (1.16)	1.49 (1.52)	95/1	—	
	5.5 m	赤	16,000以上	0.144	35	35	1.86%	1.86%	—	—	—	—	—	420/3	
		青	16,000以上	0.144	35	35	1.18%	1.19%	—	—	—	—	—	420/1	
		白	16,000以上	0.144	25	23	1.64%	1.72%	—	—	—	—	—	420/2	
	5.8 m	赤	16,000以上	0.140	35	35	1.24%	1.25%	—	—	—	—	—	—	
		青	16,000以上	0.140	35	35	1.86%	1.96%	—	—	—	—	—	—	
		白	16,000以上	0.140	35	35	1.13%	1.16%	—	—	—	—	—	—	
未使用ケーブル (予備品)	3 m	赤	16,000以上	0.144	31	29	0.76%	0.77%	0.78 (0.79)	0.87 (0.95)	0.95 (1.08)	1.42 (1.47)	110/2	—	
		青	16,000以上	0.144	31	29	0.75%	0.77%	—	—	—	—	—	360/1	
		白	16,000以上	0.144	27	25	0.74%	0.76%	—	—	—	—	—	115/2	
工場出荷前 ケーブル	—	16,000~ 23,000	0.140 ~0.147	—	—	0.73~ 0.76	0.74~ 0.77	0.76 (0.77)	0.75 (0.75)	0.80 (0.81)	1.21 (1.22)	95 ~100以上	340以上	昭31年 8~9月実施	

- (b) 静電容量
- (c) コロナレベル
- (d) tan δ
- (e) tan δ 温度特性
- (f) 交流長時間破壊電圧
- (g) インパルス破壊電圧
- (h) 直流高圧印加時の充電電流特性
- (i) 吸水量測定
- (j) 物理的特性

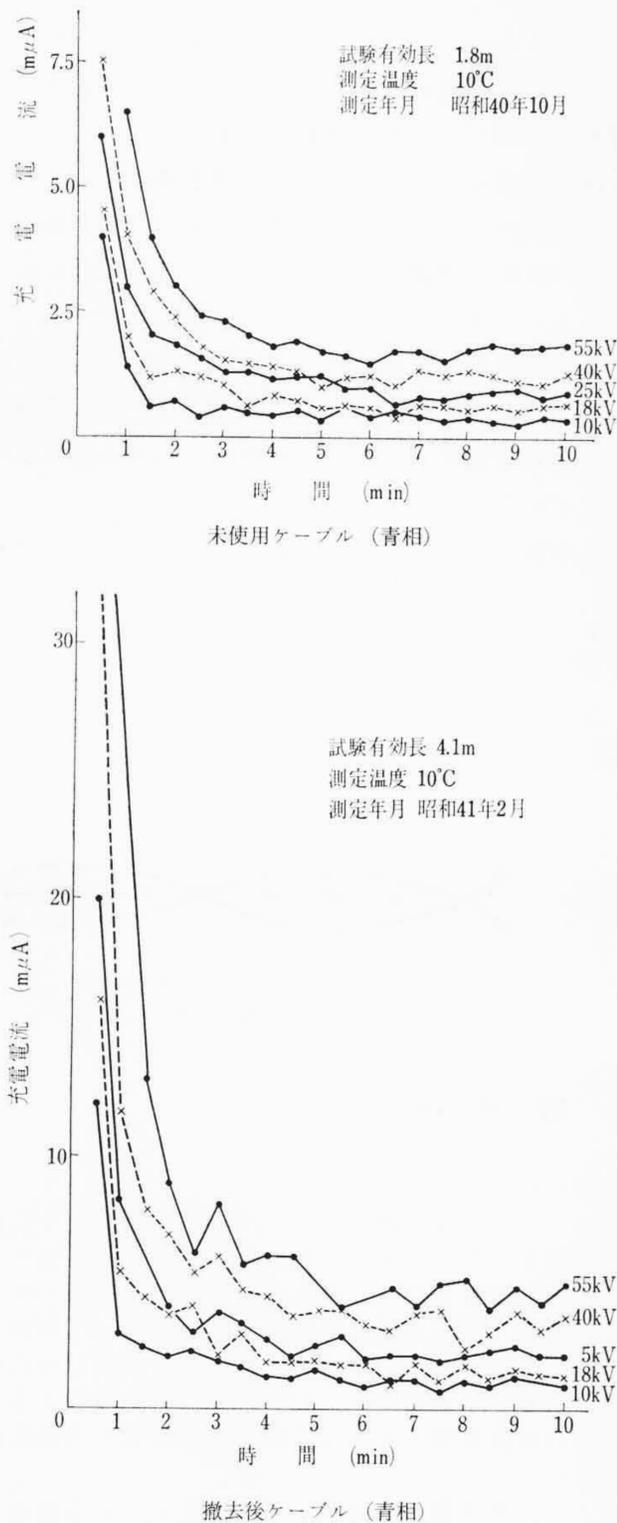


図16 撤去後ケーブルおよび未使用ケーブルの充電電流～時間特性

6.2 試験結果

電気的特性は表12, 13および図16のとおり。なお工場出荷時, 現場試験時および中国電力株式会社が予備品として保管していた未使用ケーブルの諸特性をそれぞれ比較のため併記した。

吸水量および物理的特性は表14, 15に示すとおりである。

6.3 結果に対する考察

- (a) 試料が短いので絶縁抵抗, 静電容量の測定値は誤差が大きいと考えるが使用による大きな変化は生じないと思われる。(表13より)
- (b) コロナレベルも25kV以上で使用電圧に対してかなりの裕度がある。(表13より)
- (c) $\tan \delta$ の値は未使用品, 工場出荷時の測定値と比較して若干大きくなっているが電圧特性, 温度特性は良好である。(表13より)
- (d) 交流, インパルス波に対する破壊値は初期値と比べほとんど変化していないと考えられる。(表13より)
- (e) 直流高圧印加時の充電電流～時間特性は表12よりわかるように絶縁抵抗, 成極指数とも正常な値であり, 絶縁抵抗はいずれも10,000 M Ω /km 20 $^{\circ}$ C以上, 成極指数は2以上でまた電圧特性もほとんど変化がないことから十分な絶縁特性を維持し

表14 吸水量測定結果

線心別	撤去後ケーブル(今回検討品)		未使用ケーブル(予備品)	
	導体側	絶縁体表面側	導体側	絶縁体表面側
赤	0.14%	0.35%	0.12%	0.20%
青	0.19%	0.34%	0.11%	0.19%
白	0.21%	0.32%	0.11%	0.19%

表15 物理的特性

線心別	項目				
	引張強さ (kg/mm ²)	伸び (%)	200%モジュラス (kg/mm ²)	耐オゾン試験	
撤去後ケーブル	赤	0.68	610	0.30	OK
	青	0.67	610	0.31	OK
	白	0.68	610	0.31	OK
	平均	0.68	610	0.31	—
未使用ケーブル	赤	0.66	600	0.33	OK
	青	0.60	560	0.32	OK
	白	0.65	560	0.33	OK
	平均	0.64	573	0.33	—

(注) 耐オゾン試験は試片に25%の伸びを与えたまま0.010~0.015%の濃度のオゾン中に3時間浸漬してき裂を生じないこと。

ていると考えられる。なお今回の測定値は資料が短く, 電流もm μ Aのオーダーであるので若干の誤差は含んでいる。

(f) 表14よりブチルゴム絶縁体の吸水量は未使用品と比べて導体側, 絶縁体表面側とも若干増加している。しかし絶縁体表面側の増加に比べて導体側の吸水量増加は少ないことから吸水の拡散速度がおそく絶縁特性の低下はほとんど問題にならないと考えられる。

(g) 表12から撤去ケーブルの絶縁抵抗が第1回絶縁診断, 撤去前試験の値より高い値を示しているのはケーブルヘッドの影響がはいっていないという理由によると思われる。

以上のように約9年間使用し, 今回引揚げを行なった本ケーブルの電気的特性は良好な状態にあることが判明した。

7. ケーブル埋設貯蔵後の電気特性試験

ケーブル引揚げ後の試料による電気的特性は前記6のとおりであるが11月28日ケーブル引揚げ作業終了後直ちに本船を保管場所である水島火力発電所に直行し, 同用地内に陸揚げを開始, 布設時に生じた“キンク”個所を切断再接続の後ケーブルを地中に埋設し, 12月22日に電気特性試験を行なった。なお本ケーブルの海底布設部分には遮へい層を施していないため, 海底布設と地中貯蔵とでは, 諸条件が異なるので引揚げ前の試験データとの比較は実質上できないので, むしろ次回再布設までの経年変化のチェックに必要な資料を得ることを主目的としたが, 試験結果から判断して本引揚げ作業によりケーブルに損傷を与えていないことを確認した。

7.1 絶縁抵抗試験(2,000Vメガー1分値) 気温10 $^{\circ}$ C

- 赤-E 5,000 M Ω 以上
 - 青-E 5,000 M Ω 以上
 - 白-E 5,000 M Ω 以上
- } 条長 2,693 m

7.2 直流高圧法(シュライフの型紙法による)

- (a) 電圧2kVより2kVずつ上昇し15kVまで印加す。
- (b) 試験結果
 - 絶縁抵抗 100,000 M Ω /km(15kV印加時)
 - 成極指数 13~15

計器の最小目盛1 μ Aに対して測定値がこれ以下であるので測定誤差の介入があると判断し本値は参考程度に止めた。

8. 結 言

中国電力株式会社では従来海底ケーブルの事故復旧を実施した事例はしばしばあるが、このたびのように良品再使用を前提とした引揚作業は今回がはじめてであり、一応順調に工事を完了したとはいえ、作業中諸種の困難に直面し貴重な体験を得た。なお今後の問題点としては次のことが考えられる。

- (1) 汐流によるケーブルの引揚力増加の軽減対策として、引き船による本船の逆方向推進による張力相殺を今回試験的に実施したが、期待どおりの成果を得た。したがってこの方法によれば4 kt/h 前後の汐流でも引揚作業は十分可能であり、しかもケーブルに余分な張力を与えることなく、また汐待など無駄な時間を省くことになる。
- (2) 海底ケーブルの布設および引揚げ時には従来ケーブル制動

用として、人力によるテコ式ブレーキ、ワイヤロープまたは鎖によるストップ、ホーリングマシンなどを使用していたが不安定なものであり、これに代わるものとして、ケーブル張力(重力)と協調する連動式機械ブレーキの考案が望まれる。

(3) 水深、汐流ともに大なる場合は潜水夫による事前の海底調査は困難と思われるが、可及的に潜水夫または潜水船による調査により海底の状況を確認しておくことが工事の成果をあげるうえに好影響をもたらすものであることを痛感した。

(4) このたびはじめてケーブルは持部分の損傷防止のため海底ケーブル用クランプを考案し、これを使用した。その成果は大きく、なお改良を加えることにより今後における海底ケーブル工事に役立たしめたい。

最後に本工事施行に当たり種々ご協力をいただいた関係各位に感謝する。



新 案 の 紹 介



登録実用新案 第764700号 (実公昭39-29201)

吉岡正幸・星野弘之
齋藤修喜

ジエツト式ケーブル埋設機

この考案は、ケーブルを海底または水底に埋設する場合使用するジエツト式埋設機に関するものである。従来この種埋設機としては、逆U字状のケーブルガイドの内側にジエツトノズルを設置した構造が知られているが、これを使用すると、ジエツトノズルによって掘り起こされた土砂は、逆U字状のケーブルガイドを伝わってガイドの最後端に集中し、掘るみぞの深さに制限を加えるとともに、ケーブルが完全に埋設されないうちに前記の集中土砂がみぞを埋めてしまうという問題があり、その解決が要望されていた。

この考案は、従来公知の埋設機に理論的解明を加えて、ジエツト埋設機的能力を向上させたもので、図面に例示するように、格子状補強体2の左右両側に外わく1を配置し、この外わく1の内側に掘削用ノズル3とこれと噴射方向を異にする排流用ノズル4を設け、さらに送水パイプ5を組み込み、これら全体の左右両側にスキー7

を設けて構成したものである。

この考案のジエツト埋設機によると、図2に示すように掘削用ノズル3から噴射された圧力水は、土砂を吹き飛ばしてケーブル6を埋設するためのみぞ8を掘り、掘られた土砂は排流用ノズル4の作用により、格子状補強体2の格子を通過して外わく1の斜め後方上に舞い上げられ、掘ったみぞ8にケーブル6を収納したのち舞い落ちて、ケーブル6を確実に深く、しかも能率よく埋設するという効果がある。さらに排流用ノズル4は埋設機を所定の方向に推進させる作用がある。

以上のように、格子状補強体2と外わく1とその方向を互いに異にした掘削用ノズル3と排流用ノズル4とを組み合わせた考案のジエツト埋設機は、逆U字状ケーブルガイドとジエツトノズルのみを備えた従来公知の埋設機が有していた欠点を解消したもので、河川横断ケーブルを水底に埋設する場合、あるいは本土と離島または離島同志を結ぶ海底ケーブルを海底に埋設する場合、その性能を最大限に発揮することができる。(齋藤)

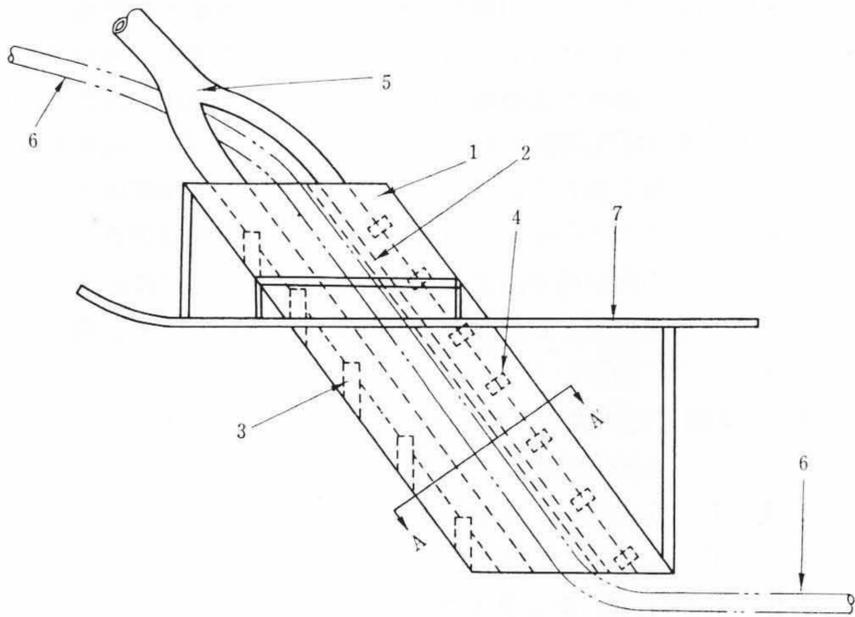


図 1

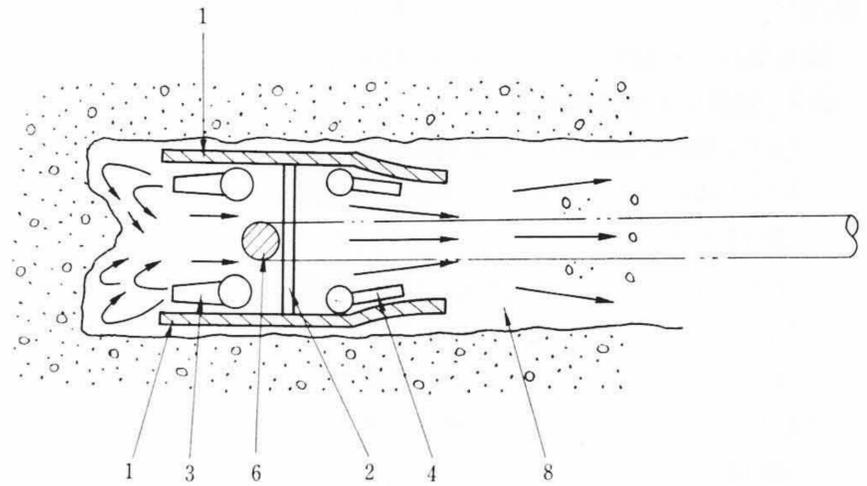


図 2