

海洋・海岸工学と土質

4. 海洋・海岸の構造物と基礎

4.4 国際通信と海底ケーブル

いし 原 ひで 雄*

4.4.1 まえがき

海により外国と遠く隔てられた日本は外国との通信に古くから海底ケーブルを用いてきた。

日本の国際通信は明治4年(1871年)にデンマークのグレートノーザン電信会社に委託する形で始まったが、この会社が、長崎-上海間、長崎-ウラジオストック間の2条の海底電信ケーブルを敷設した時から国際通信と海底とのつきあいが始まった。

その後、国際通信の主役は一時、長波、短波による無線通信に移ったが、昭和39年(1964年)に海底同軸ケーブル方式による第1太平洋ケーブルが日米間に敷設され、海底ケーブルは同じころ導入された衛星通信と並んで国際通信の主役となった。海底ケーブル通信は

- 1) 信号の伝送距離が比較的短いので信号の遅れが無視できるなど通信品質が極めて高い。
- 2) 信号が伝送中に外に漏れないので秘話性が高い。
- 3) 通信したい2点間に容易に大容量通信回線が設定できる。

などの長所があるため、今後もますます国際通信手段として重要視されており、次々と新しいケーブルの建設計画が進められつつある。

海底ケーブル通信はしかし、通信を行う2点間をケーブルという物体で結び、かつこれが切断されないようにする必要があるので建設と保守に大変手数のかかる通信手段である。特に漁業などの人為的作業が頻繁に行われる水深200m以浅の、いわゆる大陸棚にケーブルを敷設する場合、ケーブルを漁具などの機械的外力から守るため、また逆に漁具などに損傷を与えないよう、ケーブルを海底面に埋設することとしている。このため、ケーブル埋設技術の確立に多大の努力が払われた。

本稿ではこの埋設ケーブルの建設と保守に必要な海底作業の話に絞り、電気屋と『土』とのつきあいについて記してみたい。

話の進め方としてはまず海底ケーブル伝送路の構成、埋設ケーブルの建設と保守の手順につき概観し、次いでそれらの作業に不可欠な技術ですでに実用化しているものを中心に紹介する。

4.4.2 国際海底ケーブル通信伝送路

図-4.4.1に海底ケーブル通信伝送路の概念図を示す。このうち海中設備は海底ケーブルと中継器(Repeater)とから構成される。海底ケーブルは図-4.4.2に一例を示すように数種類の構造のものがあり、敷設する場所によって使い分けられる。また中継器は、伝送するに従い弱くなる信号を途中で増幅するためのもので、システムによって異なるが6~40km程度ごとに伝送路に挿入される。

表-4.4.1に現在日本に陸揚げされている国際海底ケーブルの一覧を示す。この中で日本-中国間、および日本-

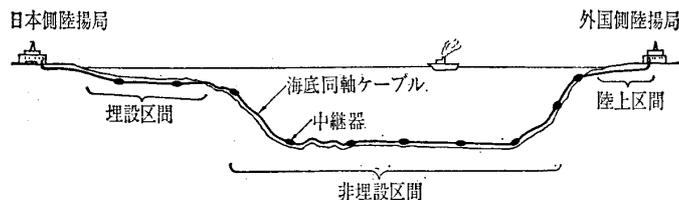


図-4.4.1 国際海底ケーブル通信伝送路の概念図

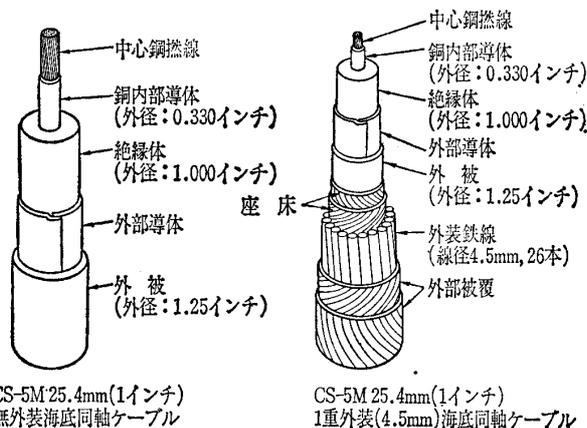


図-4.4.2 海底同軸ケーブルの一例 (このほか外装鉄線を2重にしたもの、誘導雑音を遮蔽する構造のものもある)

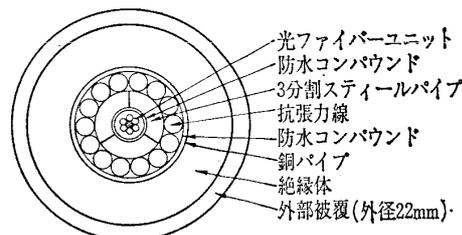


図-4.4.3 光海底ケーブル断面構造 (OS-280 M システムの無外装ケーブルの例)

*国際電信電話(株) 海底線部

表-4.4.1 現用の国際海底ケーブル一覧

ケーブル名	敷設区間	距離(km)	回線数(3kHz帯)	ケーブル方式	中継器数	運用開始年
第1太平洋横断ケーブル (TPC-1)	ニ 宮一ハ ワ イ (神奈川) (米国)	9800	138	SD(米国)	274	昭和39年
第2太平洋横断ケーブル (TPC-2)	具志頭村一ハ ワ イ (沖縄) (米国)	9350	845	SF(米国)	522	昭和50年
日本海ケーブル (JASC)	直江津一ナ ホ ト カ (新潟) (ソ連)	890	120※	Z120S(米国)	28	昭和44年
日中間海底ケーブル (ECSC)	苓 北一南 瀋 (熊本) (中国)	1040	480※	CS-5M(日本)	78	昭和61年 ^{注2)}
沖縄ールソンー香港 海底ケーブル(OLUHO)	具志頭村ークリマオーー香港 (沖縄) (フィリピン)	(沖縄ークリマオー) 1390 (クリマオーー香港) 880	(沖縄ークリマオー) 1200※ (クリマオーー香港) 1380※	(沖縄ークリマオー) CS-12M(日本) (クリマオーー香港) 14MHz(英国)	(沖縄ークリマオー) 121 (クリマオーー香港) 74	昭和52年
沖縄ー台湾間海底ケーブル (OKITAI)	具志頭村ー頭 城 (沖縄) (台湾)	680	480※	CS-5M(日本)	44	昭和54年
日本ー韓国間海底ケーブル	浜 田一釜 山 (島根) (韓国)	290	2700※	CS-36M(日本)	50	昭和55年
沖縄ケーブル	具志頭村ーニ 宮 (沖縄) (神奈川)	1720	1600	CS-12M(日本)	139	昭和59年

注1: ※印は音声1チャンネル4kHz換算

注2: 最初の運用は昭和51年。障害が多発したためにルート変更工事を行い昭和61年に運用再開した。

韓国間ケーブルが埋設ケーブルである。これらのケーブルはすべて、図-4.4.2に示すような海底同軸ケーブルであるが、日本と外国との通信では今後は図-4.4.3に断面を示す光海底ケーブルが敷設される時代となった。

太平洋域の光海底ケーブル計画は、1988年の米本土ー日本およびグアム島の間にかれる、第4ハワイ/第3太平洋ケーブルを皮切りに次々と計画されている。このケーブルは海の中に設置した分岐装置により、メインのケーブルルートから2つの目的地にケーブルルートを分岐する技術が使われる点でも、海底ケーブル技術史上画期的なものとなる。

4.4.3 埋設ケーブル関連技術の開発経緯

表-4.4.1に示すTPC-1, TPC-2, JASCの3つのケーブルシステムまでは、極く沿岸部を除きケーブルは水深の深いところばかりを通るため、ケーブルの本格的埋設はしておらず、ケーブルを海底の地形に沿わせて海底面上に設置してあるだけである。しかし、昭和51年に開通させた日中間ケーブルは全長870kmの約80%のケーブルを海底下に埋設敷設することとなり、長距離にわたって効率良くケーブルを海底に埋設するための技術の確立が不可欠となった。しかし、海底通信ケーブルの埋設工事は極めて特殊な技術でありケーブル埋設技術、埋設ケーブル修理技術を自社で開発する必要があった。また昭和55年には全区間埋設を行う日韓間ケーブルを建設することとなり、日中間ケーブル建設で培った埋設技術はさらに磨きがかけられた。

この2つの長距離埋設ケーブルの建設を契機に、水深200mまでの海域でケーブルを海底下80cm程度埋設する技術は一応の完成を見た。これは当時、ケーブルに影響を及ぼす可能性が最も高いと考えられた、底引網漁業で用いるオッターボードに対しては十分な保護効果が得られる技

術であった。しかし、昭和53年に日中ケーブルに初めて障害が起こり、昭和55年になると同ケーブルに切断障害が多発するようになり、ケーブル建設時には予想できなかった障害要因の発生が予見された。そして、障害の種々のケースを分析検討した結果、これらの障害はすべて強い機械的な力によって引き起こされており、障害の原因は袋待網漁業で用いる大型アンカー(爪のさしわたしが2mを越えるものもある)や大型船のアンカーなどではないかと推察された。

日中両国の慎重な検討の結果、安全性に対する抜本対策が確立できるまでケーブルの修理を行わないことを決定し、その技術的検討に全力を注いだ。そしてその主要な対策の一つとしてケーブルを漁業用大型アンカーが届かない深さまで埋設することとし、同様にこれまでの海底調査技術、埋設工事技術、埋設ケーブル修理技術を見直し、より高性能の技術の開発を行った。

4.4.4 埋設ケーブルの建設¹⁾

海底ケーブルの建設に関わる海洋作業はルート選定のための海洋・海底調査と、ケーブルや中継器の敷設・埋設工事に大別できる。

(1) 敷設ルートの選定

ケーブルの敷設ルートはケーブルが20年から25年の間安全にその使命を達成出来るような場所を選ぶ必要があり、ルート選定のための海洋調査が極めて大切である。ケーブル埋設ルート選定の基本は海底が平坦で、ケーブル埋設機で掘削可能な土質の地域を選ぶ事である。

このため、水深、海底地形、海底土質などの既存のデータを利用して机上で計画ルートを選定し、計画ルートに沿って実際の海洋調査を実施する。実際の海洋調査ではケーブルルートに沿って、連続的に音波探査を行うとともに、

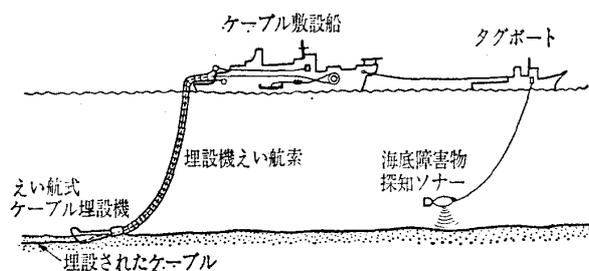


図-4.4.4 敷設同時埋設工事概念図

適切な位置で採泥や土質力学的測定を行い、ルート全体の海底地形や土質がケーブルの敷設埋設に適するかどうかを判定する。また埋設機の小型モデルあるいは実際の埋設機を計画ルート上でえい航し、埋設工事が可能な土質であるかどうかを調査することが多い。

(2) 埋設工事

海底ケーブルの埋設工事はケーブル敷設船からケーブルを繰り出すと同時に敷設船にえい航されたケーブル埋設機で埋設する方法と、ケーブルを一度海底上に敷設した後、えい航式とは別の埋設機で埋設する方法に大別できる。前者を敷設・同時埋設方式、後者を後埋設方式あとまいせつと呼ぶことがある。

図-4.4.4は現在実施されている敷設・同時埋設工事の概念図で、この方式は長距離にわたってケーブルを埋設する場合効率の良い埋設方式である。ケーブル敷設船をえい航しているタグボートの役目は、海底掘削のため抗力が30～40トンに達する埋設機をえい航するため進路が定めにくい敷設船の進路維持と、埋設機えい航力の分担およびサイドスキャンソナーをえい航して埋設ルートに障害物がないことを確認するなどのためである。

一方、大型のケーブル敷設船が入れない浅い海域でのケーブルの埋設や、えい航式埋設機による工事区間でも工事の区切り（ケーブル接続部分）で埋設されない部分、さらに埋設ケーブルを修理した際埋設されない部分の埋設は後埋設工事となり、多くの場合、非常に浅い水深の場合はダイバーが高圧力の水ジェット掘削機を使用して後埋設したり、ダイバーが潜水できない深い場所では自走式潜水機に搭載した水ジェット掘削機により後埋設を行う。

4.4.5 埋設ケーブルの保全

海中設備の障害の原因は次の3つに大別できる。

- ① 中継器電子回路の故障
- ② ケーブルの機械的損傷
- ③ ケーブルの化学的腐食

そしてこれまでの障害統計によれば、人為的または自然災害によりケーブルが損傷を受ける②のケースが多数を占めている。

このように海底ケーブル通信は『信号伝送路の保全』が不可欠であるという宿命を持つ通信手段である。このため様々な技術が必要となる。すなわち、ケーブルが何らかの

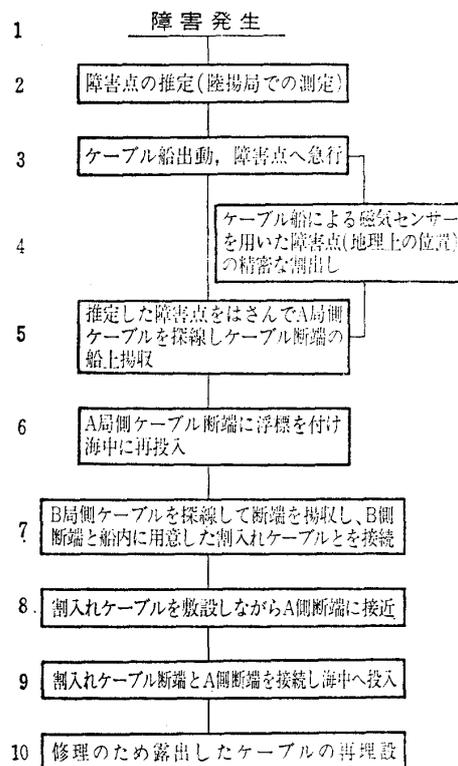


図-4.4.5 埋設ケーブルの障害修理手順概要

原因で切断された場合にこれを修理する事後保全技術はもちろんのこと、このような障害を未然に防ぐ予防保全技術もおおそかにできない。

(1) 事後保全（障害修理）技術³⁾

埋設ケーブルは海底面下に埋設されて保護されているため、漁具などの人為的な力で損傷されにくい。しかし、いったん障害が発生した場合の修理は、非埋設ケーブルに比べ、ケーブルを土中から探して船上に揚収する工程で若干むづかしい面がある上、修理したため露出する部分を再埋設する工程が増える。

図-4.4.5は埋設ケーブルの障害修理手順である。障害点を現場で確認する工程4は正確に行うには時間と技術、したがって経費を要するが、障害点を正確に知れば知るほど修理のため露出するケーブルの長さを短くできるので、再埋設工事が小規模になるといった性格を持っている。埋設されたケーブルを探線してケーブル船上に引き揚げるための機器として、多段刃鋸式探線機などが使用される。

(2) 予防保全技術⁴⁾

海底は、特に浅海部は潮流や波浪の影響を受けやすく砂が移動することがある。したがって、ケーブルを一度海底面下に埋設したからといって絶対安心というわけにはゆかず、ある期間後にケーブル埋設深度の調査を行い、もしケーブルが露出していたりすれば部分的な再埋設工事を行うことが望ましい。また埋設されたケーブルが漁具や船の錨に引っ掛けられて露出する可能性もあり、こうした場所を見つけて再埋設などの保護工事を行うことが望ましい。

講 座

さらに、ケーブルが露出している区間では漁具や船の錨がケーブルに掛かって放棄されているのをよく見かけるが、このような状態を放置しておくで底曳網などがこれら放置された漁具などに掛かりケーブルを損傷したり、逆に漁具を破損する可能性があるため、これらの放置物は見つけ次第ケーブルから取り除くことが望ましい。

これらの予防保全活動は技術が必要とし経費もかかるので、各通信事業者ともなかなか実施しにくいのが実態である。しかし、海洋の共同利用がますます進むなかで光海底ケーブルの導入が目前に迫り、このような極めて大容量の通信幹線がもし障害を起こせば社会に非常に大きな影響を及ぼすため、絶対に障害を起こさないよう予防保全活動に本腰を入れる必要が高まっている。

現在では、母船上からの遠隔制御により自由に海底を移動できる自走式潜水機システムにより海底調査や埋設工事、また、放置物の撤去などの予防保全活動がなされている。

以上、埋設ケーブルを中心にその建設と保守の手順を概略述べたが、次節以降海底ケーブルを支える海底調査技術、ケーブルの建設、保全技術とそれらの適用例を順次紹介する。

4.4.6 海底・海底ケーブルの調査技術

(1) 海底土の採集技術

海底土の状況を把握する方法として古くからグラブ式、ドレッジ式、ピストンコアラー式などの採泥器により海底土を採集して分析する方法が用いられてきた。特にピストンコアラーは海底土の層構造を保った円柱上試料が採取でき、採取した試料から土質の力学特性もある程度知ることができるため多用されてきた。しかし、この方式は重力落下のみで採泥管を海底に貫入させる方式であるため、一般的な装置では、得られる試料の長さはせいぜい1 m程度で、特に砂質土では30~40 cm 止まりである。

近時、漁具などが大型化しているため、ケーブルを深く埋設することが要求されるようになり、海底面下の、より深いところまで土質を調査することが必要となった。このため採取管を海底に貫入する際、振動を与えて貫入抵抗を減じる方式のバイプロコアラーを開発した⁵⁾。

図-4.4.6 に開発したバイプロコアラーの外観図を、表

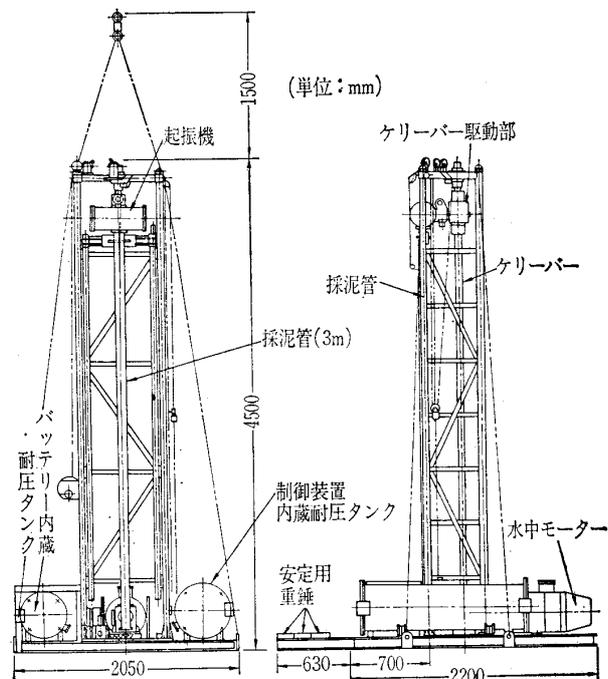


図-4.4.6 バイプロコアラー外観図

表-4.4.2 バイプロコアラー仕様

項 目	仕 様
外 形 寸 法	2 m×2.2m×4.5m
重 量	2 432 kg
起 振 力	1 012 kg
採 泥 管 寸 法	内 径 71.0mm 長 2.9m
適 用 条 件	水 深 200m 潮 流 2ノット以下 傾 斜 15°以下
電 源	タ イ プ 充電可能ドライバッテリー 電 圧 48V 容 量 72 Ah

—4.4.2 にその仕様を示す。

本バイプロコアラーの特徴としては、船上からの制御は超音波無線信号によっており、貫入速度(土の硬さの情報)を把握できるよう50 cm ごとに超音波信号を返すようになっていること、動力は本体に内蔵したバッテリーによることなどである。

表-4.4.3 は東京湾および駿河湾で行った本バイプロコ

表-4.4.3 バイプロコアラーの性能評価実験結果

	No.	位 置 (緯度, 経度)	水 深	貫 入 長	採 取 長	採 取 率	所 要 時 間	底 質
東京湾	1	35° 24.2 139° 41.0	20m	3.00m	2.85m	95%	—	粘土質シルト
	2	35° 24.2 139° 41.0	20	3.00	2.35	85	—	粘土質シルト
駿河湾	1	35° 02.4 138° 50.0	110	3.00	2.57	86	5分~23秒	シルト性細砂
	2	35° 05.0 138° 50.8	53	3.00	2.50	83	5 ~32	砂質シルト
	3	"	"	3.00	2.67	89	5 ~30	砂質シルト
	4	"	"	3.00	2.77	92	5 ~30	砂質シルト
	5	"	"	3.00	2.65	88	5 ~30	砂質シルト

アラ-の性能評価実験の結果を示す。特に駿河湾のかなり軟弱な砂質シルト地域においても満足できる長さの試料が得られている。

(2) 多機能海底調査機

ケーブルの埋設工事を行う上で土の硬さの情報は大切である。土の性質、特にその力学特性はサンプルした試料では本当のものが得られないと考え、測定器のほうを海底に潜らせ、あるがままの状態での土の性質を測定する技術の研究開発を進めた。

その結果、海底ケーブル探索機能に加え、海底目視、地盤支持力や粘性土の粘着力の測定などの機能をもつ無人潜水機システムを開発した。

そこでまず浮上走行自走式無人潜水機システム MARCAS(Marine Cable Search System)⁶⁾の概要を紹介する。

a) MARCAS の概要

MARCAS 潜水機は信号の授受と電力を送る複合アンビリカルケーブルで母船と結ばれ、船上からの制御により水深 200m までの水中を自由に移動し、海底やケーブルの調査と簡単な工事を行うことができる。潜水機はオープンフレーム型で潜水の都度必要なセンサーや作業用機器を選択して搭載することができる。図-4.4.7 にシステムの構成、表-4.4.4 にその主要諸元を示す。MARCAS は昭和58年に実用以来 300 時間を越える潜水実績を持っている。

なお現在 MARCAS の上位機種として、水深 2500m まで潜水できるシステムを開発中であり、昭和62年中には第1段階の機能をもった多機能海底調査作業ロボットが実現する予定である。

b) コーンペネトロメーター、ベーンせん断試験機

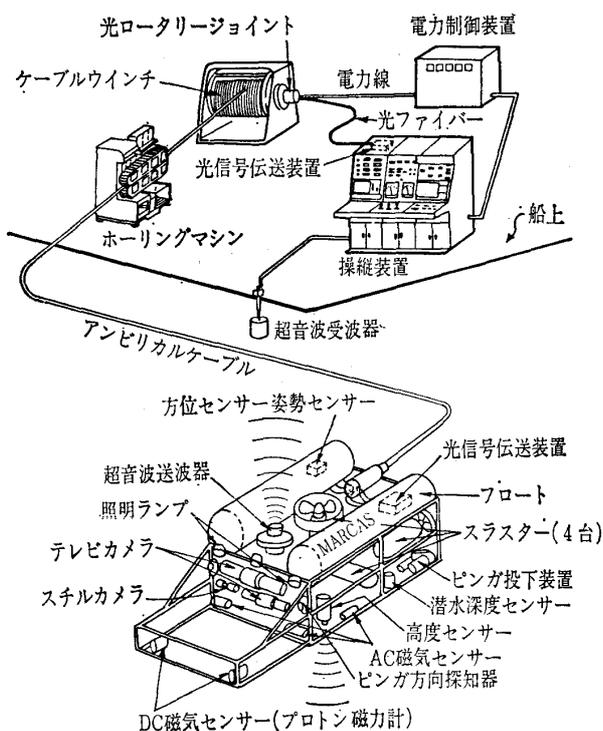


図-4.4.7 MARCAS の構成

表-4.4.4 MARCAS の主要諸元

潜水機寸法	1.4W×2.0L×1.1H m (主フレーム)
重量	約 600 kg (空中), 約 15 kg 浮力 (水中)
適用水深	200m
走行性能	前進速度 2.5ノット (MAX) 潜水速度 20m/分 (MAX) 回転速度 35°/秒 (MAX)
推進力	3馬力スラスタ×3台 2馬力スラスタ×1台
操縦	手動操縦 自動操縦 (高度, 深度)
所要電力	30 kVA (水中潜水機, 船上設備含む)
アンビリカルケーブル	光ファイバー (6心)+電力線 (20心) 外径 32mm φ, 破断張力 10 tf 以上
航法	スーパーショートベースライン方式
主要用途	大陸棚に布設・埋設された海底ケーブルの探索, 水温, 水深, 照度, 海底土質の調査, 地磁気の測定

コーンペネトロメーターは先端に三角錘 (コーン) をつけたロッドを土中に貫入させ、貫入抵抗から土の支持力 q_c (kgf/cm²) を測定するものである。また、ベーンせん断試験機は十文字の羽を土中で回転させてせん断破壊を起こさせ、その回転トルク Q から粘性土の粘着力 c (kgf/cm²) を求めるものである。

通常これらは陸上で使われるものであるが、ロッドの貫入抵抗や羽の回転トルクをストレインゲージで測定することとし、遠隔操作でロッドを土に貫入させたり、回転させたりできるようにして、ストレインゲージの信号を船上に伝送して処理することにより、200m 水深までの海底土の力学特性を測定できるようにした。

図-4.4.8 にコーンペネトロメーターとベーンせん断試験機の MARCAS の搭載概念図、表-4.4.5 にその性能を示す。図-4.4.9 は本コーンペネトロメーターの測定例を示す。このデータは表層から下に行くに従い q_c が大きくなっているの、測定点の土質は砂質土であると考えられ、室町の式⁷⁾などを用いるとその内部摩擦角は 24° と推定することができる。

表-4.4.5 土質力学特性測定器の主要諸元

	コーンペネトロメーター	ベーンせん断試験機
適用水深	200m	200m
外形寸法	150×21 φ cm	110×21 φ cm
重量	56 kg (空中)	51 kg (空中)
コーンと羽根の仕様	円錐角	30°
	円錐直徑	① 10mm φ ② 20mm φ ③ 40mm φ ④ 80mm φ
貫入長	0~100 cm	0~100 cm
貫入力	0~150 kg	0~150 kg
回転トルク	-	0~120 kg・cm

講座

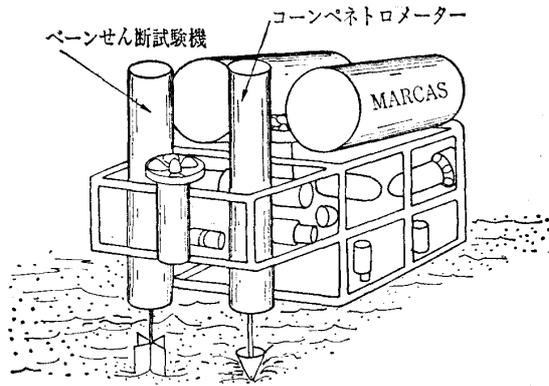


図-4.4.8 土質力学特性測定機のMARCASへの搭載概念図

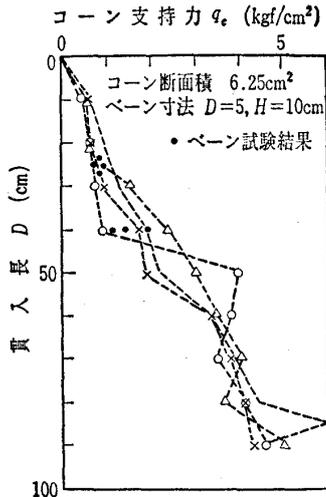


図-4.4.9 MARCAS 搭載土質試験器測定例 (東シナ海 31°09.61N, 122°56.59E, 水深60m)

なお粘性土の場合はコーンペネトロメーターによる粘着力の測定結果と、ペーンせん断試験機による測定が良い一致を示す。本測定器は日中間海底ケーブルの復旧のためのルート調査の一つの手段として使用された。

c) その他

MARCAS は当初より海底の目視調査やケーブルの探索を主目的に開発されたものであるため、力を必要とする作業には限界があり、コーンペネトロメーターのロッドも80 cm 程度しか貫入させることができない。そこで、海底着座式のフレームに2 mまで貫入できるコーンペネトロメーターと1 mの試料を採取できる採泥機のほか、種々の海水調査センサーを搭載した多機能海底調査機を開発した⁸⁾。

本調査機は土質の力学特性と音波の伝播特性の関係を研究できるようになっている。

4.4.7 埋設ケーブルの建設・修理関連技術

(1) 敷設同時埋設機

この方式の埋設機はい航式埋設機とも呼べるもので、掘削刃により海底に溝を掘る方式が農耕用の鋤に似ていることから鋤式埋設機と呼ぶこともある。図-4.4.10に示すように鋤刃を複数にして、い航に要する力の減少を図っ

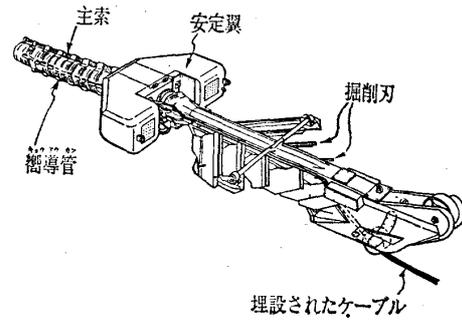


図-4.4.10 7段刃鋤式ケーブル埋設機

た埋設機が開発され実用化されている。これは以下の理論によるものである¹⁾。

砂の掘削抵抗は近似的に、掘削幅に比例し掘削深度の2乗に比例すると考えられる。そこで所要掘削深度Hをn等分し、最終段の掘削幅をbとし、これを基準に最前段まで順に等差級数的に掘削刃の幅を大きくした多段刃の鋤により溝を掘削するとその掘削抵抗は、幅b、長さHの単一の鋤刃で溝を掘削する場合に比べて

$$\frac{b(H/n)^2 + 2b(H/n)^2 + \dots + nb(H/n)^2}{bH^2} = \frac{n+1}{2n}$$

だけ掘削抵抗を低くできる。

(2) 後埋設機

一部露出しているケーブルを後から埋設する後埋設技術は、埋設機がケーブル露出点を効率良く探し出し、埋設機をケーブルに結合させ、曲がって露出しているケーブル上を追跡しながら埋設を行う必要があり、極めて高度の技術が要求される。このため埋設機は一種の水中ロボットと呼ばれるものとなる。

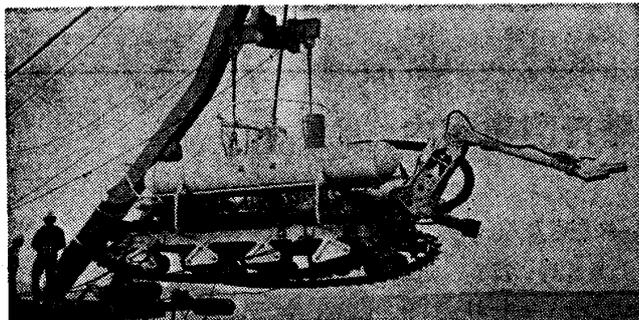
水深あるいは要求機能により以下に示す埋設機を使い分けている。

a) 浮上走行自走式埋設機

これは前述のMARCASにノズル4本からなる水ジェット式掘削装置を付けたものである。MARCASは本来海底やケーブルの調査用に開発したもので、伝送できる電力の容量が小さく水中ポンプの出力が小さいので、後埋設機として使った際ケーブルを深く埋設することは時間を要するが、日中ケーブル復旧工事で次項に述べる着底走行式埋設機の埋設効率を上げるため、埋設対象ケーブルを予備的に埋設するために使用された。

b) 着底走行自走式埋設機⁹⁾

日中ケーブルの復旧工事の後埋設や万一のケーブル障害時の再埋設用として、砂質土で1.2m、砂泥質で2m程度の埋設が要求されたので、海底をクローラーで着底走行しながらマニピュレーターの先端に付けた水ジェットノズルをケーブルに沿って往復運動させることによりケーブルを深く埋設する、いわゆるバックホータイプの埋設機を開発した。図-4.4.11に本埋設機の運用中の写真を、表-4.4.6



図—4.4.11 運用中の着底走行自走式ケーブル埋設機

にその主要諸元を示す。

本機は日中ケーブル復旧工事で初めて実用され、潮流が最大2ノット、視界が極めて悪いという厳しい条件の中、延べ約1kmのケーブルを最大2mの深さまで埋設でき、仕様を十分満足することが確認されている。

(3) 探線機

万一海底ケーブルに切断障害などが発生した場合はこれを土中から探し出し、修理船上に揚収する必要がある。このための機器を埋設ケーブル探線機と呼んでおり、埋設機とほとんど同じ形の多段刃鋤式探線機を用いている。ただし、探線機は埋設機より深く溝を掘削する能力を有すること、土中でケーブルを捕線したことを検知する機能を持っている事などが埋設機とは異なっている。

4.4.8 海底ケーブル敷設技術の今後の動向

海洋底は今後ますます漁業、資源開発、資源輸送（海底パイプライン）、電力、通信ケーブルなどによって利用の頻度が高まるため、利用に際しての相互の調整と、自分がほかから影響を受けないようにすると共に、ほかにも影響を与えないように海洋底を利用する技術の確立が重要となる。この観点から海底通信ケーブルにとって重要な技術はやはりケーブルの埋設技術であろう。

ケーブル埋設技術の今後の課題は、①深く埋設する、②深い水深の海底に埋設する、③硬い土質に埋設する、など

表—4.4.6 着底走行自走式ケーブル埋設機主要諸元

外形寸法	3.0W×4.0L×2.2W m
重量	4.7t(空中), 1.3t(水中)
適用水深	200m
走行性能	7.5kW(油圧方式), 0.01~0.5ノット
埋設目標深度 (実用速度による)	砂泥質 2.0, 砂質 1.2m
マニピュレーター	垂直3関節, 水平1関節, 4自由度
水ジェット	30kW
アンビリカル ケーブル	光ファイバー(4心)+電力線(12心) 外径51.5mm, 破断張力45tf以上
ケーブル検知	低周波信号および金属検知
その他の機能	TVカメラ×2, 水中マイクロホン, ピンガー投下器
航法	スーパーショートベースライン方式

である。

紙面の都合で詳細な説明はできないが、①は砂質土でも粘性土でも効率良く（低いえい行張力でかつ速い速度で）ケーブルを2m以上埋設する技術であり、②は1000mを越す水深の海底に効率良くケーブルを埋設する技術であり、③は岩盤地帯のような硬い土質に効率良くケーブルを埋設する技術である。これらはいずれも難しい技術であるが、継続して研究開発を行う必要がある。

このほか、海底ケーブルとほかの海底ケーブルや海底パイプラインとの安全な交差技術の確立なども重要な課題であるが紙面の都合で説明を省く。

ケーブルの保全の問題は国際的に ICPC (International Cable Protection Committee 国際ケーブル保護委員会) で取り扱われており、Let's Share the Seabedの標語の下に、ほかの海洋利用者の国際組織とよく連絡を取りながら、ケーブル保護技術などにつき活発に研究討論を行っている。

4.4.9 あとがき

以上、土との関連を中心に海底ケーブル技術を概略的に述べたが、読者のご参考になるところがあれば望外の幸せである。

海底ケーブルはいったん敷設されれば途中でケーブル保護手段を強化することが困難なため、20年から25年の長きにわたりそこにじっとしているのみの弱い存在である。そのため海底ケーブルを持つ通信事業者は日頃、海洋底を利用する方々にケーブルの保護をお願いする活動を行っている。

海底通信ケーブルが今日もつつがなく情報を運び続けられるのは、海洋底を利用する多くの方々のケーブルに対する深いご理解とご協力の賜であり感謝にたえないところであるが、なお今後も引き続き海底通信ケーブルの保護をお願いして、とりとめない話の筆をおくこととしたい。

参考文献

- 1) 志村静一編：国際海底ケーブル通信，KEC (KDD エンジニアリング・アンド・コンサルティンク)，1979。
- 2) 志村静一編：海底同軸ケーブル通信方式，電子通信学会，1978。
- 3) 岩本喜直・山本昭男：海底ケーブルの故障修理技術，電子通信学会誌，Vol.65, No.6, 1982。
- 4) 岩本喜直・石原英雄：海底ケーブル通信の信頼性確保と水中ロボットの役割，電子通信学会誌，Vol.68, No.1, p.62, 1985。
- 5) T. Hosoya, Y. Ishii, S. Kubo, K. Hashimoto: Vibrocoring, Its Superior Operation and Characteristics, Proceedings of Oceans '85, p.644, 1985。
- 6) Y. Iwamoto, Y. Shirasaki, and K. Asakawa: Fiber Optic Tethered Unmanned Submersible for Searching Submarine Cables, Proceedings of Oceans '82, p.85, 1982。
- 7) 土質工学会編：土質調査法，p.229，土質工学会。
- 8) 白崎勇一・浅川賢一・小島淳一・本間秀規：海底土質の音響特性測定用調査機，日本音響学会講演論文集，1-1-15, p.873, 1986。
- 9) 電子通信学会：高性能海底ケーブル埋設機実用化さる，電子通信学会誌，Vol.69, No.11, p.1193, 1986。