

## 1. 序 言

3面이 바다로 둘러싸인 우리나라에는 많은 섬이 散在되어 있고 이러한 섬들에 電力을 供給하기위해 그간 1979년부터 4次에 걸쳐 海底Cable 工事を 實施한바 있으며 施設되어 있는 長은 17개 區間 約 60km에 이르고 있다.

海底Cable의 規格에 있어서 信賴性을 左右하는 要素로 絶緣体の 長期特性和 鎧裝部の 耐外傷特性에 있다고 생각된다.

外國의 例를 보면 海底·Cable의 事故가 드물지만은 않다. 事故의 代價는 漁具나 鎧裝에 의한 外傷事故이고 그 가운데서도 漁具에 의한 要因이 큰 것으로 되어있다. 漁具등에 의한 外傷으로부터 Cable을 防護하기 위해서는 Cable을 埋設하든가, Cable 鎧裝을 漁具에 대해 耐外傷性을 가진 構造로 하는 등의 對策이 필요하다. 이 중에서 Cable鎧裝構造에 의한 外傷防護方法은 Cable을 埋設할 수 없는 개소 埋設해도 潮流, 地形等の 影響으로 Cable이 露出될 우려가 있는 개소에 適用할 수 있고 埋設處理에 비해 比較的 싸고 工期에 影響을 주지 않는 등의 長點이 있다.

원래 海底 Cable의 鎧裝은 Cable의 布設, 引揚時의 機械的 引張力이나 布設後 自然力에 견디는 強度를 갖도록 하는 것이 주된 目的이고 Cable이 漁具에 의해 어느 程度의 外傷力을 받든가, 또 그 漁具의 힘에 충분히 견딜 수 있는 強度를 가진 鎧裝은 어느 程度의 規格인가에 대해서는 明確치 않다.

여기에서는 外國에서 檢討된 各種 Cable鎧裝의 外傷強度에 대한 實驗과 最近의 漁具에 의해 想定된 機械力과 그 機械力에 대처할 수 있는 Cable規格에 대해 소개코자 한다.

## 2. Cable에 外傷을 주는 漁具

海底Cable이 布設되어 있는 Route는 일반적으로 砂泥地等 底質이 좋기 때문에 魚類, 貝類, 海苔類 등의 處食지로 養漁場인 경우가 많다. 이 때문에 Cable布設 Route는 各種漁業이 盛行되고 있다.

그 중에서도 底曳網漁業은 海底에 棲息하고 있는 魚貝類를 銳利한 漁具를 끌어 捕獲하기 때문에 前부터 底曳漁具에 의한 Cable의 被害는 認知되어 온

# 海底Cable의 耐外 傷特性 檢討

Study for a Submarine Cable  
With a Greater Ability to  
Withstand External Damage



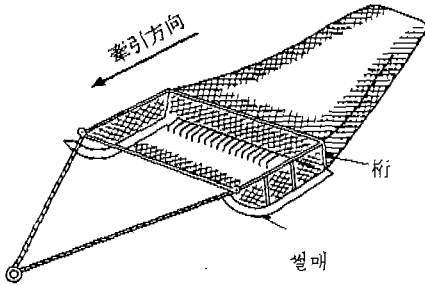
李 春 植

韓國電力公社 配電處 地中線部長

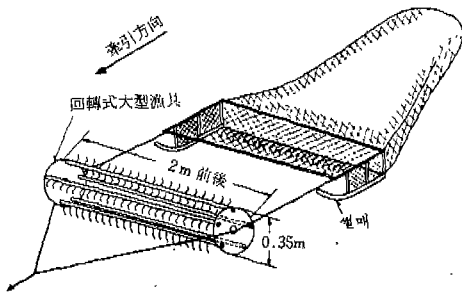
事實이다.

主된 底曳網漁業으로는 貝桁網, 戰車漕網, 文鎖漕網 등이 있고 漁具는 일반적으로 그림 1의 形狀을 하고 있다.

漁具의 날은 漁具의 桁部에 나란히 붙어 있고 3~5 ton의 漁船으로 牽引된다. 또 最近에는 이러한 漁具自体도 大型化 되고 있으며 一例로서 그림 2에 그 想定圖를 나타냈다.



〈그림-1〉 一般의 底曳 漁具

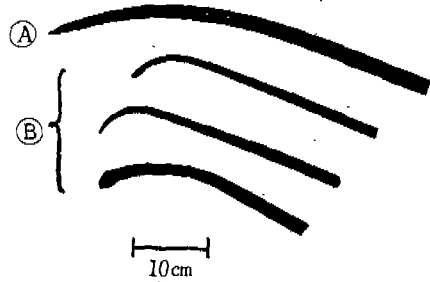


〈그림-2〉 最近의 大型 漁具(想定圖)

이 漁具는 從來 漁具의 前부분에 回轉式의 大型 漁具를 부착하여 漁船으로 牽引되는 것으로 推定되며 이 漁具에 의한 外傷事故도 發生되고 있다.

이 大型 漁具를 포함하여 이에 대응하는 Cable에 外傷을 줄 수 있는 各種 漁具의 날을 그림 3, 그림 4에 표시했다. 그림 3의 ①은 大型 漁具의 날이고 ②는 單강 漁具의 날이다. 그림 4는 文鎖漕 漁具의 날을 보여주고 있다.

그림 3의 ② 및 그림 4에 표시한 前부터 알고 있는 銳利한 漁具에 대해서는 Cable 鎧裝으로 鋼帶付 一重鐵線鎧裝이 外傷防護에 有效한 것이 實驗 등에 의해 확인되고 있다. 그렇지만 그림 3의 ①와 같은 大型 漁具에 대해서도 上記 鎧裝規格으로 外傷防護를



〈그림-3〉 各種 棒狀 漁具



〈그림-4〉 針狀 漁具

할 수 있는지 어떤지를 명확히 모르기 때문에, 大型 漁具에 대한 各種 Cable 鎧裝의 外傷強度를 명확히 할 필요가 있다.

### 3. Cable 鎧裝에 要求되는 外傷強度

Cable의 漁具에 대한 外傷強度는 漁具날 앞단이 Cable 鎧裝部를 貫通하여 Cable Sheath, 絶緣體 등의 Cable 鎧裝内部에 이르는 損傷을 입히는 것으로 評價할 수 있다. 결국 Cable의 外傷強度는 漁具날의 Cable內 貫入을 Cable 鎧裝部에서 멈추게 하든가 鎧裝部에서 미끌어지게 하는 것으로 생각할 수 있다.

이렇게 하기 위해서는 Cable 鎧裝部의 外傷強度를 漁具에서 받는 힘보다 큰 것으로 할 필요가 있다. 이러한 의미에서 Cable 鎧裝에 要求되는 外傷強度를 想定하는데 있어서는 Cable에 걸리는 漁具의 힘을 檢討할 필요가 있다.

가. 大型漁具에 의해 Cable에 걸리는 힘의 種類

大型漁具에 의해 Cable에 걸리는 힘의 種類는 大別해서 다음의 2 種類로 나누어진다.

- ① 漁具가 Cable에 衝突할 때의 힘 : 衝擊力
- ② 漁具가 Cable에 衝突한 後 漁船에 의해 引張되어 漁具가 Cable을 貫入해 가는 힘 : 靜的(貫入)力

나. 大型漁具에 의해 Cable에 걸리는 힘의 크기

大型漁具를 牽引하는 漁船의 馬力, 網의 引揚力에서 Cable에 加하는 衝擊力은 最大 1.8ton, 靜的力은 最大 1 ton 程度를 想定하는 것이 좋다. 이 根據는 다음과 같다.

① 衝擊力の 想定根據

漁船의 傳達馬力P 로 100Hp~150Hp를 想定한다. 이 경우 漁具의 牽引力 (F)는 다음의 簡略式에서 1~1.5ton으로 된다.

$$F = 0.0105P \text{ (ton)}$$

그림 5는 大型漁具를 側面에서 본 것으로 이 漁具의 날과 Cable에 걸리는 힘을 想定한 것이며 Cable에 걸리는 漁具의 힘 T는

$$T = F \cos \alpha + W \sin \alpha \text{ 로 된다.}$$

여기서 F = 1~1.5ton...牽引力

W = 1 ton...漁具의 自重

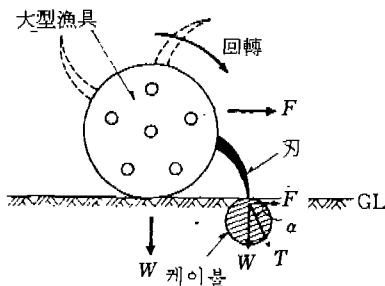
$$\alpha = 0 \sim \frac{\pi}{4} \text{ rad}$$

따라서

$$T_{\max} = 1.8 \text{ ton}$$

$$T_{\min} = 1 \text{ ton} (\alpha = 0 \text{ or } \frac{\pi}{2})$$

그러므로 Cable에 가하는 漁具의 힘의 最大는 1.8



<그림-5> Cable과 漁具가 닿는 方向

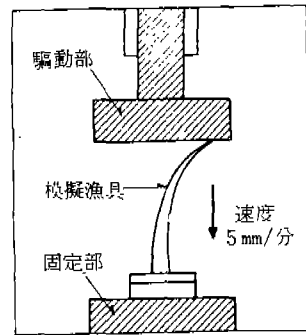
ton으로 된다.

② 靜的力的 想定根據

曳網漁船에 의한 網의 引張力으로 靜的力을 想定하면 700kg~1 ton으로 된다.

다. 大型漁具날 1本에 의해 Cable에 걸리는 靜的力

漁具의 날은 10cm~20cm 간격으로 多數붙어 있지만 最惡條件으로 漁具날 1개만이 Cable에 닿는 경우를 想定한다. 이 경우 漁具날의 機械的強度와 Cable 鎧裝의 強度와의 競爭으로 된다. 따라서 우선 漁具날의 規格을 想定하여 그 機械的強度를 그림 6과 같은 장치를 사용 實驗했다. 實驗에 使用된 漁具의 날은 그림 3 ㉔의 大型漁具 날과 比較해서 ㉕의 단강漁具날 2 種類이다.



<그림-6> 漁具날의 耐力實驗

이러한 漁具날의 規格은 다음과 같다.

- 大型漁具날의 材質 : 硬度30度, 카본量0.4% 燒鈍처리)

- 단강漁具날의 材質 : 硬度20度, 카본量 0.4%, 燒鈍처리

實驗結果 大型漁具의 경우 最大 390kg, 단강漁具의 경우 最大 180kg의 機械的強度가 얻어졌다. 이로써 大型漁具는 종래의 단강漁具에 비해 約 2 倍의 強度를 가지고 있는 것을 알 수 있고, 上記 漁具날의 強度 以上の 強度를 Cable의 鎧裝에 주면 漁具날 先端은 Cable 鎧裝部를 貫通할 수 없고 구부러지기 때문에 Cable 鎧裝内部의 損傷은 發生하지 않는다.

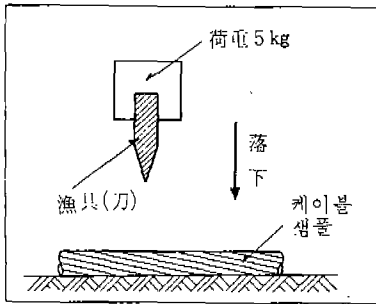
라. Cable鎧裝에 要求되는 外傷強度

耐外傷性이 우수한 Cable 鎧裝으로는 漁具의 힘에 대해 충분한 外傷強度를 가진 鎧裝規格을 意味하고 있다. 결국 大型漁具의 경우 漁具全體로서의 힘으로 衝擊力 1.8ton, 靜的力 1ton 및 1개의 漁具 날로서 靜的力 390kg을 넘는 外傷強度를 가진 鎧裝이 필요하다.

#### 4. 各種 Cable 鎧裝의 外傷強度實驗

위에 記述한 大型漁具에 의해 Cable에 걸리는 힘에 충분히 견디는 外傷強度를 가진 Cable 鎧裝을 選定하기 위해 다음과 같이 各種外傷強度 實驗을 行했다. 즉, 大型漁具날 1本에 대한 Cable 鎧裝의 外傷強度基礎實驗 및 模擬漁具에 의한 Cable 鎧裝의 外傷強度實規模實驗을 行했다. 漁具의 힘에는 靜的力에 의한 것과 衝擊力에 의한 것의 2種類가 있기 때문에 靜的力에 대한 Cable 鎧裝의 外傷強度에 대해서는 模擬漁具날 1개를 定速度貫入 試驗機에 裝置하여 各種Cable Sample에 5mm/분의 定速度로 貫入시켜 貫入力과 貫入深의 特性을 차트에 의한 連續記錄에 의해 求하고 Cable 鎧裝規格과 貫入特性의 關係를 파악했다. 실험에 사용된 Cable의 Sample은 그림 7과 같다.

衝擊力에 대한 Cable 鎧裝의 外傷強度에 대해서는



〈그림-8〉 漁具의 날을 붙인 荷重의 落下實驗

荷重落下試驗機를 利用하여 높이 0.5m~2.5m의 곳에서 模擬漁具의 날을 붙인 荷重(5kg)을 自然落下시켜 Cable Sample에 衝擊力을 준다. 이때 漁具날 앞단의 貫入狀況을 實驗時 및 解体調査時에 파악하고 各種鎧裝의 外傷強度를 調査한다. 그림 8에 試驗의 要領을 나타냈다.

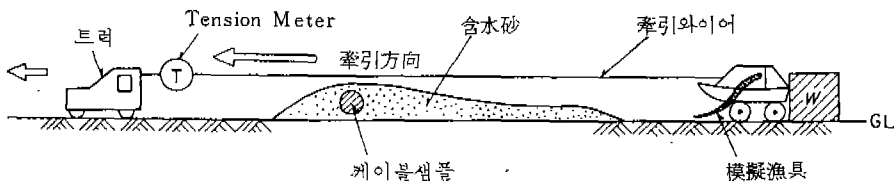
實規模模擬實驗에 대해서는 鋼帶(1.2mm) 및 1.6mm 두께)付一重鐵線, 鋼帶(1.2mm두께)付二重鐵線, 鐵線交互燃鐵線上鋼帶(1.2mm두께)卷 및 特殊補強層付 TAWA의 各 Sample에 다음의 實驗을 行했다.

Cable Sample을 마치 海底와 같은 狀態인 含水狀

No.	鎧裝規格의 種類	鎧裝断面構造	期待되는 耐外傷 效果
A	WA(一重鐵線鎧裝)		鋼帶의 有無 및 鋼帶 두께의 效果
B	(b <sub>1</sub> ) TAWA(鋼帶付一重鐵線鎧裝) 단, TA두께:1.2mm		
	(b <sub>2</sub> ) TAWA 단, TA두께:1.6mm		
C	(c <sub>1</sub> ) TAWWA(鋼帶付二重鐵線鎧裝) TA두께:1.2mm, WWA:同方向燃		2重鐵線의 效果 및 鐵線外層, 內層燃方向의 效果
	(c <sub>2</sub> ) TAWWA TA두께:1.2mm, WWA:交互方向燃鐵線相互 角度 約28度		
	(c <sub>3</sub> ) TAWWA TA두께:1.6mm, WWA:交互方向燃鐵線相互 角度 約28度		
D	WATA(鐵線鎧裝上鋼帶卷) TA두께:1.2mm		鋼帶位置의 效果
E	TA+特殊補強層+WA		特殊補強層의 效果

※ 特殊補強層은 폴리이미드高強度섬유를 두께 2mm의 felt 狀으로 한 것임.

〈그림-7〉 實驗에 使用된 Cable Sample



〈그림-9〉 實規模模擬實驗의 概略圖

態의 모래 가운데 10m를 길게 늘어 놓고 그 兩端을 固定한 後 트럭으로 衝擊力을 체인 부력으로 靜動力을 그림 9와 같이 하여 加했다.

### 5. 漁具에 대한 各種Cable의 耐外傷特性的 評價와 最適 Cable의 鎧裝規格

진술한 實驗方法으로 各種Cable鎧裝의 外傷強度 實驗結果는 다음 表와 같고 이 表에서 가장 外傷強度가 큰 Cable鎧裝構造는 鋼帶(1.6mm두께)서 2重鐵線鎧裝(鐵線交互撚)이고 이어서 다음으로 強度가 큰 構造는 鐵線上鋼帶(1.2mm두께)卷, 鋼帶(1.2mm두께)付 2重鐵線鎧裝(交互撚), 鋼帶(1.6mm두께) 1重鐵線鎧裝, 鋼帶(1.2mm두께)付 2重鐵線鎧裝(同方向撚), 特殊補強層鋼帶(1.2mm두께)付 1重鐵線鎧裝, 鋼帶(1.2mm두께)付 1重鐵線鎧裝, 1重鐵線鎧裝

의 順이 된다.

鐵線上 鋼帶卷鎧裝(WATA)의 경우, 鋼帶의 長期特性(耐腐食性, 耐摩耗性)面에서의 對策이 必要하다.

大型漁具를 對象으로 한 경우, 충분한 外傷強度를 가진 Cable鎧裝으로는 鋼帶(1.6mm두께)付 2重鐵線鎧裝(鐵線交互撚)이 製造面, 取扱面, 長期性能面을 포함하여 最適인 것으로 고려된다. 이 경우 鎧裝의 重量物에 대한 外傷防護도 期待할 수 있다. 또 2重鐵線의 內層, 外層相互角度는 Cable Sample에서의 實驗으로는 明確하지는 않지만 Sheet狀의 Model Sample에서의 實驗으로는 約30度로 하는 것이 좋을 것으로 생각된다. 그림10에 이 鋼帶(1.6mm 두께)付 2重鐵線鎧裝 Cable과 比較하여 從來부터 一般의으로 採用되어 오고 있는 1重鐵線鎧裝Cable의 断面構造 및 外傷強度에 대해 나타내었다.

### 6. 結 論

〈各種 Cable鎧裝의 外傷強度 實驗結果表〉

外傷強度 Cable鎧裝規格		基礎實驗(漁具날 1개付)				實規模 모의실험			
		靜的 耐力		衝擊 耐力		靜的 耐力		衝擊 耐力	
		耐外傷 性評價	外傷強度	耐外傷 性評價	外傷強度 (ton)	耐外傷 性評價	外傷強度 (ton)	耐外傷 性評價	外傷強度 (ton)
㉠ WA		×	100kg	×	0.4ton에서 外傷	-		-	
㉡ TAWA	TA: 1.2mm두께	△	208~500kg	×	0.8~1.3ton	○	1~2 ton	×	1.8ton에서 外傷
	TA: 1.6mm두께	○	400kg	△	1.5ton에 견딜	○	2ton에 견딜	○	3ton에 견딜
㉢ TAWWA	TA: 1.2mm두께 WWA: 同方向撚	△	350~550kg	×	1.2~1.5ton	-		-	
	TA: 1.2mm두께 WWA: 交互撚	△	~570kg	△	0.8~1.8ton	○	2ton에 견딜	○	3ton에 견딜
	TA: 1.6mm두께 WWA: 交互撚	○	630~870kg	○	1.8 ton에 견딜	-		-	
㉣ WATA(TA: 1.2mm두께)		△	360~440kg	○	4ton에 견딜	○	2ton에 견딜	○	4ton에 견딜
㉤ 特殊補強層付 TAWA(TA: 1.2mm두께)		△	360~450kg	×	0.9~1.3ton	○	1~2 ton	○	3 ton
要求되는 Cable鎧裝強度		390kg		1.8ton		1 ton		1.8ton	

- : 漁具로 부터의 要求強度에 충분히 견딜
- ×: " 要求強度에 견디기 어려움
- △: " 要求強度와 거의 같음.

Cable 鎧裝 規格		最適 Cable 鎧裝 規格	從來 Cable 鎧裝規格
		TWAWA	WA
		相互角度約30° 鐵線 鐵線 鋼帶 (1.6mm)	一重鐵線
耐外傷性	靜 的 力	鎧裝耐力	630kg~870kg
		漁具耐力	大型漁具: 390kg, 單竿漁具: 180kg
	衝 擊 力	鎧裝耐力	1.8ton에서 外傷없음 (漁具의 날 1 本當)
		漁具耐力	0.4ton에서 外傷發生 (漁具의 날 1 本當)
		1.5ton~1.8ton (漁具全体)	

〈그림-10〉 外傷防護에 最適인 Cable 鎧裝規格과 從來 Cable 鎧裝規格의 構造 및 强度比較

以上 海底Cable 外傷事故發生의 대부분을 차지하고 있는 漁具에 대한 耐外傷特性에 관한 檢討와 最適規格에 대해 언급했지만 海底Cable建設Route의 條件, 즉 海底底質, 潮流, 潮流起電力에 의한 電食등을 면밀히 검토하여 施行하여야만 한다. 왜냐하면

一般的으로 海底Cable의 事故는 復旧가 상당히 어렵고 경우에 따라서는 復旧自体를 포기하고 別途의 對策을 강구해야만 하는 경우도 있기 때문이다.

本稿를 海底Cable의 計劃이나 運用上 事故의 未然防止를 위하여 참고하기 바란다. \*

● 해외신제품 ● (영국대사관제공)

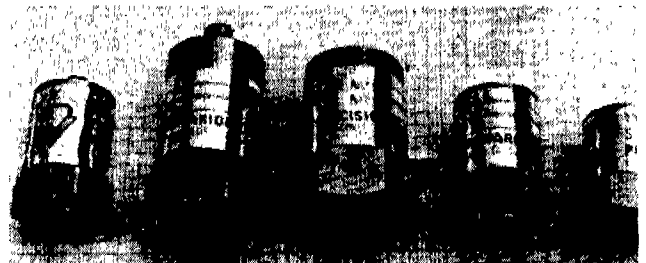
값싼 圧電방식의 加速度計

LOW COST PIEZOELECTRIC ACCELEROMETERS

● 메이커: Precision Varionics Ltd, 29~31 St Pauls Street North, Cheltenham, Gloucestershire, England GL50 4AQ, Tel: Cheltenham (+44 242)31488, Telex: 437244

종래의 장치에 비해 가격이 절반에 불과한 고품질의 圧電型 加速度計가 새로 개발되었다. 電氣機械의 작동방식의 변환기를 채택하고 있는 이 1000Series 가속도계는 광범위한 주파수带到 걸쳐 g(重力가속도=9.8m/sec<sup>2</sup>)의 수천배에 달하는 엄청난 가속도를 정확히 측정할 수 있다. 또 범용장치인 1001 모델과 高速/高周波용의 1002 모델은 모두 自己發電型 장치로 가속도의 크기에 비례하여 전기出力이 이뤄지는 방식으로 작동한다. 1010 모델은 소형화된 전자회로 패키지를 내장하여 낮은 抵抗의 전압출력을 제공함으로써 電荷 발생장치와 관련된 각종 제한을 없애 주는 장점이 있다.

각종 모델의 장치는 상부 및 측면에 케이블 삽입구가 있는 스테인리스鋼 몸체로 제작되었으며 10g의 가속도 및 1,000Hz



의 주파수에서 感度수치를 보정하여 공급된다. 이 장치는 기계공업을 비롯하여 土木, 자동차공업, 항공산업, 발전소, 제철기 생산분야등에서 효과적으로 활용될 수 있다.