

국내 최초 154kV AC 해저케이블 건설

손형수*, 민병욱, 임종열, 김재승, 홍종천, 이익형
KEPCO

The First Installation of 154kV AC Submarine Power Cable System in Korea

Hyoung-Soo Shon*, Byeong-Wook Min, Jong-Ryeal Im, Jae-Seung Kim, Jong-Chun Hong, Ik-Heung Lee
KEPCO

Abstract - 본 논문에서는 신안군 도서지역의 안정적 전력공급 및 해저송전선로 건설기술 국산화를 위하여 국내 최초로 제작, 설치된 154kV 급 AC 해저송전선로에 대한 케이블 구조, 시스템 및 보호공법 등 전반적인 내용에 대하여 소개하였다.

1. 서 론

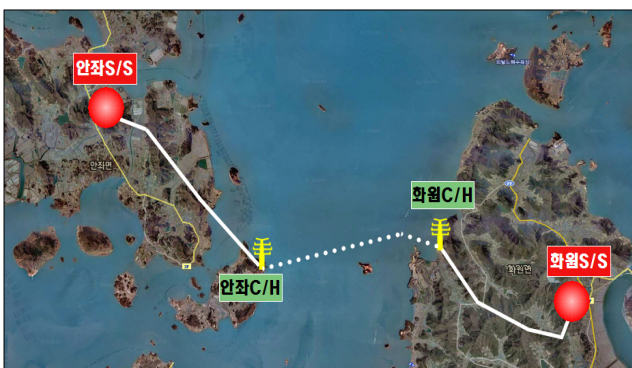
우리나라는 삼면이 바다로 섬들이 많이 산재하고 있어 가공으로 전력 공급을 할 수 없는 곳에 배전용 해저케이블을 일부 건설하여 왔으며, 최근 제주지역을 육지전력 계통과 연계하기 위하여 국내 최초로 장거리 해저 송전선로를 건설 운전하고 있다. 해저케이블은 케이블 특성상 일반 육상케이블에 비하여 길이가 매우 길어지고 해저에 포설되므로 육상의 경우보다 더욱 좋은 품질이 요구되며 구조적으로도 적합하도록 고려하여야 한다. 포설기술에 있어서도 육상과는 달리 선박에 의하여 포설하는 특수 기술이 요구된다.

따라서, 해저케이블 설계, 제작, 포설계획 수립시 현지여건을 철저히 조사한 후 최적의 해저케이블이 건설되도록 하여야 한다. 본 논문에서는 2010년 국내최초로 154kV AC 해저케이블 제작 및 설치한 화원-안좌간 해저케이블을 소개하고자 한다.

2. 본 론

2.1 해저케이블 건설 개요

154kV 화원-안좌 해저케이블은 선로길이가 약 6.62km이며, 회선규모는 AC 154kV 2회선으로 회선당 100MW의 송전용량 확보를 목표로 건설되었다. 케이블은 XLPE 3심 광복합케이블로서 2회선 동시 포설 및 단일 보호설비로 시공하였다. 보호공법으로는 가장 경제적이며 보호성능이 뛰어난 Rock-Berm(일정규모로 사석을 쌓는 방식)을 주로 사용하였으며, 그리고 나머지 구간에 대하여 설치 환경에 따라 Stone-Bag(돌방태) 등 최적의 공법들을 추가적으로 적용하였다.

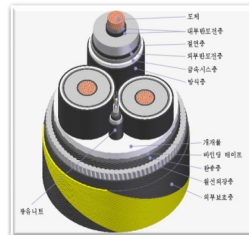


<그림 1> 해저케이블 경과지도

2.2 해저케이블

2.2.1 해저케이블의 구조 및 특성

화원-안좌간 해저케이블 사업에 사용된 해저케이블의 외형적인 특징으로는 케이블외경이 203mm로 매우 크며, 단위 무게가 83kg/m(공기 중)로서 국내에서 사용된 케이블 중 최대 외경과 무게를 가진 점을 들 수 있다. 케이블 세부적인 구조를 살펴보면 다음과 같다. 케이블은 4심으로 전력용 3심과 통신용 16core 1심의 광케이블을 포함하고 있으며, 각 단심케이블은 도체는 나연동선으로 단면적이 500mm²로 압축원형연선의 구조이며 주 절연재료를 두께 17mm의 XLPE를 사용하였다.



구분	재질
도체	나연동선, 압축원형연선
내부반도전층	반도전성 테이프
절연층	압출 가교폴리에틸렌(17mm)
외부반도전층	반도전성 폼과운드
금속시스층	연합금
방식층	반도전 폴리에틸렌
철선의장	아연도금 철선(1중 강선)

<그림 2> 해저케이블 구조

전력케이블의 시스는 주로 알루미늄 또는 납(lead)이 사용되는데 본 해저케이블은 해저환경에서 Al대비 비중이 커 유동방지측면에서 뛰어나고, 내부식성 및 신율이 큰 납으로 이루어진 연합금을 채택하였으며, 방식층은 반도전 폴리에틸렌을 적용하였다.

<표 1> 금속시스 Al과 연합금 비교

항 목	Al	연합금	비고	
전기적 특성	○ 도전율	구리의 60%	구리의 7.8%	Al 유리
	○ 저항율	22[μΩ.cm]	2.83[μΩ.cm]	Al 유리
물리적 특성	○ 비중	2.7[g/cm ³]	11.37[g/cm ³]	지중→Al 유리 해저→Lead 유리
	○ 인장강도	8.5[kg/mm ²]	8.5[kg/mm ²]	Al 유리
	○ 신율	30[%]	45[%]	Lead 유리
	○ 내부식성	0.54[V]	0.26[V]	Lead 유리

외장은 케이블 보호와 설치 및 유지보수 작업에 필요한 기계적 강도의 확보 등을 위하여 직경6mm의 아연도금된 철선(1중 강선)을 사용하였다.

2.2.1 해저케이블 시스템

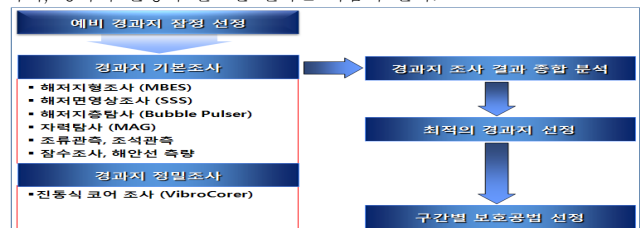
본 해저케이블 시스템은 154kV 광복합 해저케이블, 기중중단접속함, Armor고정장치, 접지선, 피뢰기, 광접속함체 등으로 구성되었으며, 해저케이블 양단은 가공전선과 연결하고 양단 직접접지를 채택하였다. 해저케이블 송전용량은 각 보호공법 별로 검토하였으며, 최악조건인 육상부 트러후내 매설구간에서 약 110MW로 산정되었으며, 시스에 나타나는 유기전압과 순환전류에 대한 검토 결과는 다음과 같다.

<표 2> 해저케이블 유기전압 및 순환전류

Section	유기전압 및 순환전류(V, %)		비고
	1-Circuit	2-Circuit	
유기전압 [V]	화원측	0	양단 접지
	안좌측	0	
부하전류대비 순환전류(%)	17%	15%~19%	

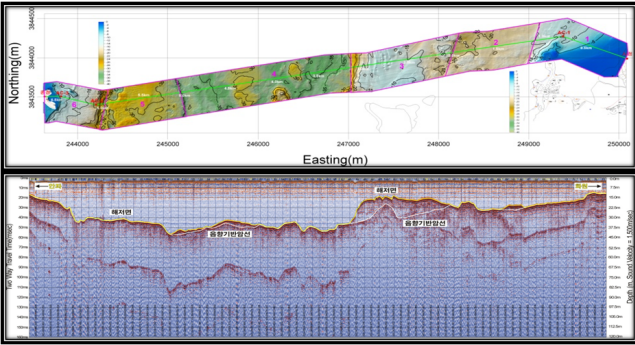
2.3. 해양경과지 조사

해저케이블을 설치하기 위해서는 정확한 경과지에 대한 조사가 필요하며, 경과지 선정에 필요한 절차는 다음과 같다.



<그림 3> 해양경과지 조사 흐름도

조사결과 최대수심은 39m였으며, 최대조류는 안좌측 육양부 인근에서 6.1knot로 조사되었다. 해저면의 지질은 암반이 주류를 이루고 있으며, 시해도 부근의 경우 퇴적층의 두께가 최대 15m 정도를 이루고 있는 것으로 나타났다. 경과지의 해저면 평면과 단면의 형상은 아래와 같다.





〈그림 4〉 해양경과지 조사 결과 도면

2.4 해저케이블 포설

2.4.1 포설 선박

해저케이블은 포설을 선박을 이용하며, 포설선은 크게 Vessel과 바지선 방식으로 구분할 수 있다. 케이블 포설선 두가지 방식을 비교하였다.

〈표 3〉 포설선박 비교

구분	Vessel(DP선)	바지선
구조		
풍속 파고 선박조정성능 운용수심 지원선박 항로구간 작업	40kn(SS 8등급 이상) 7.5m 용이함 최소 10m 조류 4.5kn 이상시 필요 유리	기상조건에 취약 2m 이상시 철수 자체조정능력없음 최소 2내지 3m 에인선 필수 불리

최종적으로 화원-안좌간 현장에 적합한 Vessel형태의 DP선으로 포설선을 채택하여 포설을 시행하였으며, 실제 투입된 포설선의 사진과 제원을 살펴본다.

구분	내용
	선적 중량톤수 6303 ton 전장 105 m 전폭 20 m 만재홀수 9.1 m 최대속도 14 knot 제화중량톤수 7959 ton

〈그림 5〉 화원-안좌 해저케이블 포설시 투입선박

2.4.2 케이블 포설

“CIGRE Electra 171”에 따르면 해저케이블의 이격거리는 수심의 3배 이상을 권고하고 있으며, 2회선일 경우 1회선씩 별도 포설 및 보호공을 설치하는 것이 일반적이다. 하지만 화원-안좌 해저케이블은 경우에는 경제성, 시공성, 안전성 등을 고려하여 2회선 동시포설(회선간 이격거리 2m)을 적용하였으며, 보호설비는 2회선을 단일로 설치하였다.

본 Project는 강조류지역(최대 6.1knot)에 매우 큰 외경(203mm)의 케이블을 포설함에 따라 많은 어려움이 있었으며, 이를 극복하기 위하여 다음과 같은 대책을 강구하였다. 우선 포설선을 8천톤급 대형 DP선으로 채택하였고, 케이블 외경이 큼에 따라 케이블 선적이 용이도록 케이블 선적용 Loading Arm을 적용하였으며, 포설시 조류영향으로 선박이 90° 회전시에도 케이블 품질에 영향이 없도록 포설선의 Chute를 개선하였다. 또한 비상시를 대비하여 2,000마력 이상의 Tugboat 2대를 현장에 상시대기시켰으며, 유속이 2.0knot 이하일 때만 포설작업을 진행하였다.

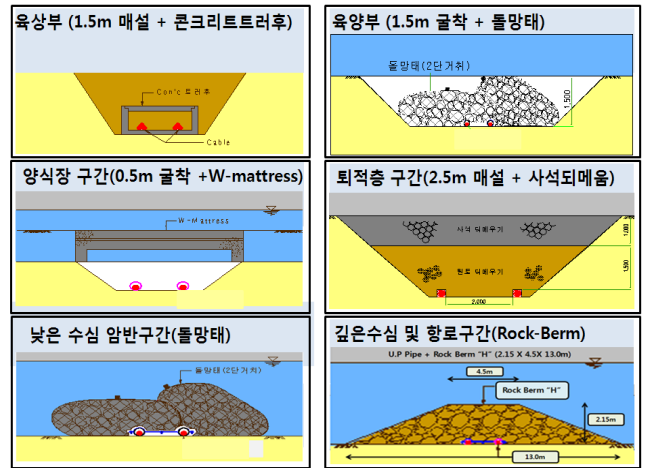


〈그림 6〉 포설선박 Chute 개선 및 Loading Arm

2.5 주요 보호공법

해저케이블은 역동적인 바다의 자연환경과 인간의 해상활동으로 인하여 항시 위협에 노출되어 있다. 따라서 케이블 보호를 위한 별도의 보호시설을 필요로 한다. 보호공법 선정은 케이블의 외부요인에 의한 손상 및 고장을 방지하기 위하여 매우 신중하게 결정되어야 하며, 경과지에 대한 해양조사 결과를 바탕으로 위해요인을 분석한 다음, 케이블 보호에 가장 적합한 보호방식을 선정하게 된다.

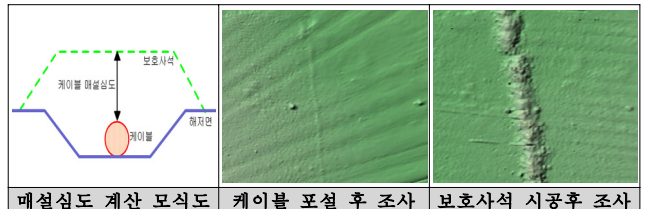
화원-안좌 해저케이블 경과지의 주 위해요인으로는 6.1knot의 강조류와 인근 목포항으로 출입하는 선박의 주묘와 투묘 등으로 분석되었으며, 기타 육양부 인근의 경우에는 과망의 영향과 양식장에 사용되는 쇠말뚎 등이 위해요인을 분석되었다. 분석결과에 따라 각각의 위해요인에 맞는 보호공법을 선정하였으며, 선정된 주요보호공법은 아래와 같다.



〈그림 7〉 주요 보호공법

2.6 해저케이블 시공 검측

해저케이블 시공에 대한 검측방법에는 고주파 지층탐사법, 멀티빔음향측심기에 의한 측정법, Innovatum Ultra #44에 의한 측정법, Search(솔레노이드) Coil에 의한 측정법 등이 있으며, 화원-안좌 시공 검측에는 멀티빔음향측심기에 의한 측정법을 적용중이다. 측정방법은 시공 전·후 매설심도에 대한 측정결과를 비교분석하는 방법으로 장비의 정확도에 따라 데이터의 신뢰도를 좌우한다. 다음은 멀티빔 측정 후 측정데이터를 분석한 결과물을 나타내었다.



〈그림 8〉 멀티빔 측정 및 분석

3. 결 론

지금까지 국내최초로 제작·설치된 154kV 화원-안좌간 AC 해저송전선로에 대하여 언급하였다. 현재 대체에너지, 그 중에서도 해상풍력에 대한 전세계의 관심이 급증하고 있으며, 이는 향후 해저케이블 건설 Project가 지속적으로 증가할 것이라는 전망과 일치한다. 본 화원-안좌 해저케이블 Project는 도서지역의 안정적 전력공급이라는 역할을 넘어서 국내 AC해저케이블 기술도입에 초석이 되었다는 점에서 그 중요성이 있다. 해저케이블 건설은 예측이 힘들고 변화가 많은 해양환경에서 이뤄져야 한다는 어려움이 있지만, 전력시장에서 새롭게 떠오르는 블루오션임에는 틀림이 없으며, 본 Project의 성공적 수행을 통하여 국내 AC 해저케이블 기술정립에 이바지할 수 있도록 하겠다.

[참 고 문 헌]

- [1] KEPCO, “화원-안좌 해저케이블 경과지조사보고서”, 2010
- [2] KEPCO, “화원-안좌 해저케이블 보호공법선정 심의 보고서”, 2010
- [3] 조철희, “해저관로개론”, 27p 제2장 해양조사 및 노선선정, 2001
- [4] ICPC, “ICPC Recommendation No2 issue8”, Recommended Routing and Reporting Criteria for Cables in Proximity to Others, 2001