

日本大学生産工学部 正会員 ○ 阿 部 忠  
 日本大学生産工学部 正会員 岡 本 但 夫  
 取手市役所 正会員 菊 地 義 之

1. 概要 海洋上に大規模な太陽エネルギー採集装置を設け、太陽光を電気エネルギーに変換し海中ケーブルにより送電する資源開発を数年前より研究している。この採集装置は、太陽光を電気エネルギーに変換する集光盤六角形ブロック、横方向からの外力に対して集光盤を保護する外周ブロック、および海底部アンカーと係留する前取付部から構成される浮遊式構造物である。採集装置を海洋の孤点に設置することから波浪、海流、潮流等の流れによる流体力、および風圧力、衝撃力などの外力に耐えるような構造を設計し、また採集装置に使用する材料はそれ自身が耐海水性を備えたものであり、あるいは他の材料、手段により材料自体を十分に保護できるものでなければならない。特に採集装置に使用する材料は応力腐食や疲労腐食に対して十分な抵抗性をそなえ長期間海水にさらされても、クリープ現象を起こさず、繰り返し荷重に対しても疲労破壊しないものでなければならない。従って本計画の総工事費、および電力単価に与える最大の要因は、採集装置に使用する各種材料の耐久年数であることから、設計・計画段階において採集装置の使用年数を定め、海洋という厳しい自然環境の中で採集装置の安全性を確保できるよう各種材料の耐久性について考察を進めたい。

2. 使用材料 採集装置に使用する材料(表一1)を大別するとCdS、鋼材、高分子材および木材である。海洋構造物に使用されている材料の多くは鉄鋼材料である。鉄鋼材料を比較すると降伏点、引張強度、伸びなど機械的性質が優れ、価格が安く、供給が多いため調達が容易で安定しているなどの利点から採集装置にも多く使用さ

れ、重要な役割を果たしている。しかし海洋で使用することから腐食しやすいという大きな欠点がある。従って鋼材を使用する場合要求される性能は溶接性、耐食性に優れ、暴風波浪による繰り返し応力にも耐え得るために高い疲労強度が要求される。現在、海洋構造物に使用されている鋼材および鋼管は、普通鋼(SS41、SM41)、高張力鋼(SM50、SM58)、耐候性鋼(SMA41、SMA50)、および耐海水性鋼であるが、中でも普通鋼が最も多く使用されている。鋼材で特に問題となる腐食速度に関しては表一4“海洋環境における鋼材の腐食速度”に示すとおりであるが、現在多く使用されている普通鋼と耐海水性鋼を比較すると、价格的には1.3倍と耐海水性鋼が高いが、耐用年数を比較すると耐海水性鋼は普通鋼の2倍

以上の耐久性がある。従って採集装置の主要部材には耐海水性鋼を使用する。(表一2参照)なお、表一2における※は耐海水性を増すための成分である。また、ゴム材、プラスチック材などの高分子材料は、鋼材や非鉄金属などの低分子材に比べ加工性、耐食性に優れ柔軟で比重が小さく荷重を加えても折れることなく弾性に富んでいる。従って、採集装置のブロック間に波が来た場合各ブロックが波面に従って、傾動でき

表一1 使用材料

集光ブロック	発電装置	集光部	ガラス, CdS, ゴム, プラスチック材
		冷却部	ステンレス, ゴム材, トタン, 鉄鉄
	六角形ブロック	曝水上	木材, 鋼材, プラスチック材, ゴム材
		曝水面	鋼材, ゴム材, 送電ケーブル
		曝水下	木材
外周ブロック			鋼材, プラスチック材
前取付部			鋼材, プラスチック材
各ブロック間			ゴム材, ケーブル
係留部			ケーブル

表一3 鉄鋼材料の性質

性能	鋼種	普通鋼	耐海水鋼	耐候性鋼
		SM41		SMA41
化学 成分 %	C	0.20	0.20	0.02
	Si	0.35	0.50	0.35
	Mn	0.60~1.20	0.90	1.40
	※ P	0.04以下	0.07~0.15	0.04
	S	0.04以下	0.04	0.04
	※ Cu		0.20~0.60	0.20~0.60
	※ Cr		0.20~0.80	0.20~0.65
降伏点 Kg/mm <sup>2</sup>		24	36	25
引張強さ Kg/mm <sup>2</sup>		41~52	50	41~52
伸 %		23	18	18
単価 円/噸		76,500	100,000	95,500

表-3 高分子材料の性質

るよう喫水面にゴム材、およびプラスチック材0.5~3mm厚程度の薄いシートを使用する。またブロックが衝突する所には、エネルギー吸収材としてゴム材を使う。しかしハチの巢状に配列された六角形ブロックは、相互にかみ合い六角形ブロック全体としては、波の動きに順応できず、水面差が生じ、それによって水圧100kg/cm<sup>2</sup>が作用する。従って表-3に示す高分子材料の性能を比較すると、機械的性質は採集装置が必要とする性能を十分満足しているが、ゴム材は貝類等生物付着防止に有用であるという既設物に対する報告から採集装置ブロック間にはゴム材を使用することとした。価格に関しては、天然ゴム材は合成ゴム(エチレン・プロピレンゴム、クロロ・プレングム)に比して約1/4の価格であるが、海洋での使用に要求される耐オゾン性、耐候性に乏しく、海洋における寿命は1年弱である。従って採集装置の耐用年数10年以上とする必要性から、合成ゴム材を使用することとする。なお合成ゴムの海洋での寿命は20~30年である。プラスチック材のエンピ系、ポリプロピレンシートは、耐食性・透明度に優れていることから集光レンズ材・外周ブロックに使用する。またプラスチック材は、各材料の耐用年数を少しでも伸ばさせるための防食材として使用する。

種別 性能	ゴ ム			プラスチック	
	天然ゴム NR	エチレンプロ ピレンゴム	クロロ・ブ レンゴム	ポリプロピ レン耐衝撃	ビニル 樹脂
比重	0.93	0.86	1.23	0.902~0.906	1.35~1.45
引張強さ 伸び%	210~300	50~200	80~250	230~330	350~600
最高使用温度	70℃	120	100	160	70
最低使用温度	-50~70	-40~60	-35~55		
耐オゾン性	×	◎	◎	○	○
耐候性	×	◎	◎	○	◎
単価	800/㎡	2500/㎡	2500/㎡	320/Kg	200/Kg

表-4 海洋環境における鋼材の腐食速度<sup>mm/年</sup>

	普通 A	耐海水 B	耐候 C
海上大気部	0.04 ~0.20	0.03 ~0.10	0.03 ~0.10
飛まつ帯	0.20 ~0.50	0.10 ~0.20	0.20 ~0.30
海中	< 50m	0.06 ~0.25	0.03 ~0.20
	< 200m	0.02 ~0.15	0.015 ~0.10
	> 200m	< 0.025	< 0.025
海底	< 0.100	< 0.060	< 0.060

表-5 防食方法

3、防食 海洋上にさらされる採集装置は長期に亘り極めて厳しい腐食環境におかされるため設計当初からの構造部材の形状、及び使用材料等の決定には腐食に対する十分な検討が必要である。特に腐食が著しいと考えられる部分には、建設後の補修が困難な所が多いことから耐食性の優れた材料を使用するか、比較的重防食法を採用しなければならない、ここで採集装置に使用する材料のうち最も腐食の激しい鋼材について、海洋環境における腐食足度を検討する。海洋環境のなかでも飛まつ帯の腐食が最も激しく、防食効果も少ない。所が、採集装置の平均高さは70cm程度と、他の海洋構造物を比較すると低いことから、採集装置全体が飛まつ帯であるとみなさなければならない。よって採集装置の防食方法に

鋼材	防食方法	補修まで 予定期間
A	Z・P+ビニル系さび止+ビニル系	2年
	Z・P+タールエポキシ系+エポキシ系	3
	Z・P+タールエポキシ系+エポキシ系	5
B	タールエポキシ系+ポリウレタン系	5
	無塗装	0.16/年
C	無機亜鉛系塗料+エポキシ系	5

Z・P: シンクリッチプライマー  
 に関して現在まで構築された多くの海洋構造物の防食方法を参考にして使用鋼材別の防食方法及び補修までの予定期間を定め、飛まつ帯の防食方法を表-5に示す。実績報告によると、同一環境条件下での塗装においてタールエポキシ系のみに対してZ・Pを入れたものは、塗膜損傷部において耐食性に優れていることから、海洋環境においてZ・Pの地下塗装が有効である。また塗装による鋼材の腐食量は普通鋼で0.2mm/年、耐海水鋼で0.11mm/年であり、耐海水鋼裸使用の場合0.16mm/年と報告があることから耐海水鋼は普通鋼の2~3倍耐久性に優れていると見て良い。海中部の防食方法には塗装による防食法も採用されているが、防食耐用年数が最長で7年程度であり、再塗装を講ずる必要がある。従って、海中部には電気防食法が最も効果的・経理的であり、また長期間の防食も可能で管理も容易であることから彩集装置を保留するケーブルには、塗装と電気防食法を併用して行うこととする。

参考文献: 日本における海洋構造物の防食の現状・海洋構造物防食施工指針 - 社団法人 鋼材倶楽部  
 特殊合成ゴム - 社団法人 日本ゴム協会、 高分子材料 - (オーム社) 栗原・大石