IV-40 # 太陽熱利用によるenergy資源対策の研究

日本大学生産工学部 正会員 ○岡本但夫
日本大学大学院 学生員 大西俊明

1、昨秋アラブ諸国の石油禁輸以来世界的にエネルギー問題が重大化し、石油資源の先細りに伴う代換エネルギーが色々物色されているが、就中太陽エネルギーは最も恒久的且無害な資源として有望視されているがその量の面において主力資源とは期待出来ないように思われている。本研究は此点に関するもので海面上に広大な面積をもつ太陽エネルギーの採集場を設け、之を電気エネルギーに転換して発電且送電しようとするもので、本論文はその土木面たる海上施設に関するものである。

我国の東方には広大な太平洋があるがその深度は一般に大で埋立は殆んど不可能で必然的に浮島でなければならない。しかし一般に太平洋の風浪は荒く、之に堪ゆるには今日見る様な大艦巨船の様な構造を必要とし、之では経済的に到底実現は不可能であろう。そこで巨大な波が来たら之に乗り、小さい風波に対しては之を防ぐ、すなわち無数の四角形の箱船によりなるモザイク状の浮島構造を考えて見たのである。

浮島の位置は送電損失を少くする為にはなるべく電力需要地帯（例えば首都圏）に近い方が良いが沿岸民の権益との接触を少くするには洋上遠く離れた方が良い。浮島の近くに天然の島があると此処を集、送電及至管理基地として利用出来る。結局在来島の附近に浮島を継ぎ足して無限に面積を拡大して行くと見てよかろう。島は在来の人の権益の無い無人島か礁が好適であろう。離島は一般にその周辺に浅い（数米位）海蝕崖域をもつ。この区域には陸上の普通の橋梁様の構造をもつ広場を作って使用する。その外側は一般に急斜面を以て海底に向う。しかしこの急斜面域は一般に波の最も荒い所であるから浮島の始点は稍離された海の深くなった所（例へば水深30米位の所）におくべきであろう。

基地をなす島と本土との間の送電は海底ケーブルを以て行う。すなわち銅線をビニール製の円筒形の外筒の中心に支え、外筒の外側を鉄鋼（ステンレス製）を以て保護し、海底に設置して島と大陸との間を渡す。

2、太陽エネルギーの見積については太陽常数は毎分1.94カロリーであるが空気等の散乱により地上に落ちるものは快晴時毎分1.3カロリー位である。浮島の位置を北緯35度とすると1日平均1平米当りに降り注ぐ日光のエネルギー量は

$$\frac{1300}{60}\times\frac{2}{\pi}\times\cos 35^\circ\times 10^4 = 472.9\ \text{ジュール} = 0.4729\ \text{キロジュール}$$

∴1方粁当のエネルギーの毎秒当発生量は 472,900 KW

海上の日照係数は都会の値より大きく見て45%と見て、太陽熱発電による熱の変換効率を15%とし、浮島の面積中エネルギー採集に使用される比率を90%、送電の為の損失を10%とすると1方粁の浮島面積から得らるべき電力は、

$$472{,}900\times 0.45\times 0.15\times 0.9\times(1-0.1) = 25{,}855.8\ \text{KW}$$

夜は日光がないので1日平均の出力は、 $\frac{1}{2}\times 25{,}855.8 = 12{,}927.9$ KW

年間出力は $12{,}927.9\times 24\times 365 = 113{,}248{,}404$ キロワット時

3、箱船について最も始末の悪いのは風によって起る頂部の尖った波であるがその頂角が120度より鋭くなると崩れて所謂白波になる。よって計画風波の形としてパラボラ形が並んで120度の角度を以て接続する右図の様な形を考えた。この形ではその垂距が殆んど波長の1/7に近いので波形の方程式として下の式を選んだ。

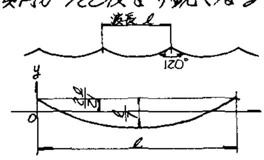


図-1 計画風波

$$y = \frac{4}{7\ell}(x^2 - \ell x) + \frac{2\ell}{21} \quad \text{----------} \quad (1)$$

この場合x軸は丁度波の平均の高さに取った。箱船の長さが丁度波長と一致し、

しかも上記の形の波による波圧がかかつた時梁は最大応力を受けるものと考えると，梁の理論により次の式が得られる。　E：ヤング率，I：断面二次率，η：梁のたわみ量，ℓ：梁長とすれば

$$EI\,d^4\eta/dx^4 = b(y-\eta) = b\{4/7\ell\,(x^2-\ell x) + 2\ell/21\}$$　ただし b は梁と梁との間隔

$$\therefore\ d^4\eta/dx^4 + k^4\eta = k^4\{4/7\ell\,(x^2-\ell x) + 2\ell/21\} \text{ ---------- } (2)$$　ただし $k^4 = b/EI$

境界条件として $x=0$ 及び $x=\ell$ において moment と shear（$d\eta^2/dx^2$ と $d^3\eta/dx^3$）が0として(2)の微分方程式を解けば次の解を得る。

$$\eta = e^{xk/\sqrt{2}}\left\{A_1\cos\frac{xk}{\sqrt{2}} + B_1\sin\frac{xk}{\sqrt{2}}\right\} + e^{-xk/\sqrt{2}}\left\{A_2\cos\frac{xk}{\sqrt{2}} + B_2\sin\frac{xk}{\sqrt{2}}\right\} + \frac{4}{7\ell}(x^2-\ell x) + \frac{2\ell}{21} \text{ ------ } (3)$$

ただし

$$A_1 = \left(\frac{8}{7\ell k^2}\right)\frac{2e^{-\sqrt{2}k\ell}\sin\frac{k\ell}{\sqrt{2}}\cos\frac{k\ell}{\sqrt{2}} - (e^{-\sqrt{2}k\ell}-1)e^{-\sqrt{2}k\ell}\sin^2\frac{k\ell}{\sqrt{2}} + e^{-\frac{k\ell}{\sqrt{2}}}(1-3e^{-\sqrt{2}k\ell})\sin\frac{k\ell}{\sqrt{2}} + e^{\frac{k\ell}{\sqrt{2}}}(e^{-\sqrt{2}k\ell}-1)\cos\frac{k\ell}{\sqrt{2}}}{(e^{-\sqrt{2}k\ell}-1)^2 - 4e^{-\sqrt{2}k\ell}\sin^2\frac{k\ell}{\sqrt{2}}}$$

$$A_2 = \left(\frac{8}{7\ell k^2}\right)\frac{-2e^{-\sqrt{2}k\ell}\sin\frac{k\ell}{\sqrt{2}}\cos\frac{k\ell}{\sqrt{2}} + e^{-\sqrt{2}k\ell}(1-2\sin^2\frac{k\ell}{\sqrt{2}}) - 1 + e^{-\frac{k\ell}{\sqrt{2}}}(3-e^{-\sqrt{2}k\ell})\sin\frac{k\ell}{\sqrt{2}} - e^{-\frac{k\ell}{\sqrt{2}}}(e^{-\sqrt{2}k\ell}-1)\cos\frac{k\ell}{\sqrt{2}}}{(e^{-\sqrt{2}k\ell}-1)^2 - 4e^{-\sqrt{2}k\ell}\sin^2\frac{k\ell}{\sqrt{2}}}$$

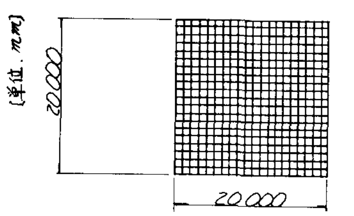
$$B_1 = \frac{1}{2}(A_1 - A_2) - \frac{4}{k^2 7\ell},\quad B_2 = \frac{1}{2}(A_1 - A_2) + \frac{4}{k^2 7\ell}$$

moment の最大値は $x = \frac{\ell}{2}$ で起る。

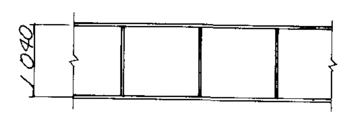
$$|M_{max}| = M_{x=\frac{\ell}{2}} = \sqrt{EI}\,b\left\{e^{\frac{\ell k}{2\sqrt{2}}}\left(B_1\cos\frac{\ell k}{2\sqrt{2}} - A_1\sin\frac{\ell k}{2\sqrt{2}}\right) + e^{-\frac{\ell k}{2\sqrt{2}}}\left(-B_2\cos\frac{\ell k}{2\sqrt{2}} + A_2\sin\frac{\ell k}{2\sqrt{2}}\right)\right\} + \frac{EI8}{7\ell} \text{ ------- } (4)$$

4、箱船の材料として塩化ビニールを用い，そのヤング率を 200,000 $^t/m^2$，箱船の1辺の長さを 20m，材料の抗張力強度を 100 $^{kg}/cm^2$、抗圧力強度を 160 $^{kg}/cm^2$ として前の公式を用いて箱船の部材形状を決めると下図の如くなる。この場合ヤング率Eの値を変えると之に応じ撓度ηも変り、従って梁の受ける繊維応力強度も変る。すなわちEが小さい程梁がしない，部材にかかる応力強度は低下する。

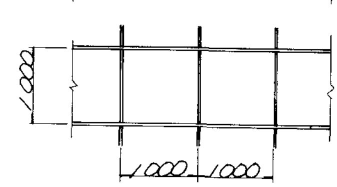
Eの値 ($^{kg}/cm^2$)	繊維応力強度 ($^{kg}/cm^2$)
27 000　（市販品）	126.7
20 000	121.1
15 000	119.4
11 000	107.0



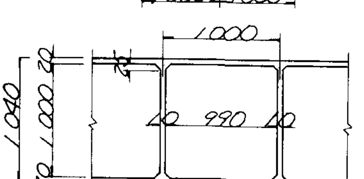
浮箱平面一般図



側面図



平面図



側面詳細図

Eの小さいもの程材料強度が小さくなるので、所要断面が増加すべきであるが上表の如く応力も逓減するので結局所要断面は余り変らない事になる。Eが小さい事は生成時の重合度の小を意味し，之は価格の低廉につながるので今後此方面を研究したい。

5、材料と経費、1平米の塩化ビニール容積は、

$$(100)^2\times 2.0\times 2 + 100\times 1.0\times(100+99)\times\frac{21}{20} + \frac{(2.5)^2}{2}\times(99\times 8 + 100\times 4) = 64\,610\,cm^3 = 0.06461\,m^3$$

比重1.4として　$0.06461\times 1.4 = 0.090454^t$ 材料単価については宮崎義方氏著「プラスティック防蝕構造設」の14頁により塩化ビニールのトン当り単価は鋼材の1.75～2倍である。本研究では市販のものよりEの小さい，従って安いものを用いるので鋼材の1.7倍と見よう。鋼材原価トン7万円の時点では故に11.9万円

$11.9^{万}\times 0.090454 = 10,764$ 円　加工30%，運搬10%，附帯工事費20%見込むと，$10,764\times(1+0.3+0.1+0.2) = 17,222$ 円，之は地上の地代に相当する。坪当単価は，$17,222\times 3.3 = 56,833$ 円，すなわち現在郡部の辺地の単価でありビニールの量産により更に大巾の低下が期待せられる。