

VI-42 化学繊維の海洋土木分野への利用

東急建設 正会員 ○渡会 英明
同 上 正会員 大橋 康広

1. はじめに

昨今、化学繊維を土木分野に利用する試みは盛んに行なわれている。とりわけ、繊維強化型コンクリートは活発に研究・開発されており、さまざまな優れた機能を持った材料が発表されている。しかし、化学繊維そのものが主要構造材料として利用された例は少なく、現段階では補助材料としての使われ方がほとんどである。海洋土木分野に目を向けた場合も例外ではないが、化学繊維の本来持つ特性、軽く、耐腐食性に富む性質を考えると、鋼・コンクリートなどの従来材料に固執することなく、積極的に海洋土木分野への化学繊維の利用を図るのも有効である。

以上のような理由により、本論文では、化学繊維の海洋土木分野への利用の可能性を探ってみることにした。

2. 高強度繊維

化学繊維を海洋土木分野に利用する際に、材料に要求される機能は以下の通りである。

① 機械的性質

引張強度大、引裂強度大、伸度小（一般的に）、耐疲労性・耐衝撃性・耐摩耗性大

② 化学的・生物学的性質

耐かび・耐腐食性大、防水性・耐水性・耐候性大

③ その他の性質

安価、軽量、寸法安定性良

これらの機能に合致する化学繊維としては以下のような繊維が考えられる。

表-1 高強度繊維

	強度（乾燥時／湿潤時）	初期ヤング率	比 重	吸水率
ナイロン	6.5～10.0／6.0～9.0 g/D	400～600kg/mm ²	1.14	4.5 %
ポリエステル	6.3～9.0／6.3～9.0 g/D	1100～2000kg/mm ²	1.38	0.4 %
ビニロン	6.0～12.0／5.0～10.5 g/D	800～2900kg/mm ²	1.26～1.30	5.0 %
ポリエチレン	5.0～9.0／5.0～9.0 g/D	300～850kg/mm ²	0.94～0.96	0
ポリプロピレン	7.5～9.0／7.5～9.0 g/D	330～1000kg/mm ²	0.91	0

ここに、D（デニール）とは長さ 9000mあたりの質量をグラム数で表したものである。

この表によれば、強度の一番高いものはビニロンであるが、吸水性が比較的高いために乾湿強度比は80%前後であり、ポリエステル・ポリプロピレンなどは吸水性がほとんどないために乾燥時でも湿潤時でも強さに差がない。また、ナイロンなどはビニロン・ポリエステルなどに比べてヤング率が低く、弾性に富む。ポリエチレン・ポリプロピレンは水に浮く繊維であり、同じ合成繊維といえども種々の特徴を持っている。

3. 超高強度繊維

米国デュボン社が『鉄への挑戦』を宣言して開発したアラミッド繊維は、ナイロンと同じポリアミド系合成繊維であるが、ナイロンの3倍の強度を持ち、ヤング率も非常に高い超高強度繊維である。文字通り鉄を超えたこの繊維は、防弾チョッキやパラシュートに使われ、特に水中比強度などは金属とは比べものにならないほどに高いスーパー繊維である。

超高強度繊維には、この他にも種々の有機繊維、無機繊維が発表されており、その一部を表-2に示す。

表-2 超高強度繊維

	強 度	初期ヤング率	比 重	吸水率
アラミッド繊維	290 kg/mm ²	13000 kg/mm ²	1.4 ~ 1.5	5.0 %
超高分子量ポリエチレン	480 kg/mm ²	13000 kg/mm ²	~ 0.98	0
スチール繊維	280 kg/mm ²	19000 kg/mm ²	~ 8.0	0
ガラス繊維	470 kg/mm ²	8700 kg/mm ²	~ 2.5	0
炭素繊維	350 kg/mm ²	25000 kg/mm ²	1.7 ~ 1.9	0

4. 設計考察

ここでは、これらの高強度繊維、超高強度繊維を用いた新形式の消波構造物の試設計を行なってみることにする。検討した消波構造物は、図-1~2に示すように、テキスタイルシートとこれを支持する支柱とによって構成されたものであり、化学繊維の持つ特性を生かした消波効果の高い構造物である。想定設置場所は、太平洋岸の水深20m地点とし、設計条件を $H_{max}=10m$ 、 $T_{max}=12sec$ とする。

没水深が5mの場合、最大波浪時にテキスタイルシートに発生する引張応力度は、シートが曲率半径 $R=10m$ の球形に変形すると仮定すると、 $N=18.9t/m$ となる。シートの構成糸としてポリエステルを使用すると、フィラメントの引張強さは表-1より $110kg/mm^2$ 、製織による強度低下を70%と仮定すると許容引張応力度は $\sigma_t=33kg/mm^2$ となり、シート断面における繊維空隙率が35%の場合、実際の必要厚は安全率を3と考えると $t=2.6mm$ となる。

一方、テキスタイルシートに作用する揚力を受けるために、超高強度繊維で作られたケーブルを1.5mピッチで張ることにすると、ケーブルに発生する引張力は、ケーブルが曲率半径 $R=10m$ の円筒型に変形すると仮定して、 $N=28.4t$ となる。構成糸として超高分子量ポリエチレンを使用すると、フィラメントの引張強さは表-2より $480kg/mm^2$ であるから、製織による強度低下を50%とすると許容引張応力度は $\sigma_t=240kg/mm^2$ となる。断面空隙率を45%とすると実際の必要断面積は安全率を3として $A=645mm^2$ となり、断面形状が円形の場合には直径 $R=28mm$ のケーブルとなる。

計算結果による材料を用いてこの消波構造物の工費を概算で求めたところ、図-3に示すような従来型のケーソン式防波堤に比べて約70%の建設費で済み、設置水深が深くなればなるほど両者の工費の差はさらに大きくなることがわかった。

5. おわりに

以上述べてきたように、強度的にもコスト的にも十分満足すべき化学繊維が開発されてきており、より一層の海洋土木分野への適用が期待されるが、化学繊維を構造成材料として実用化するにはいくつかの問題点も残されている。それには、繊維材料の長期海中暴露試験の実績がなく、10年20年と長期にわたる品質の保証が現在のところ極めて難しい点、また超高強度繊維は一般にコストが非常に高く、利用にあたって消極的にならざるをえない点などがあげられる。

（参考文献） 日本化学繊維協会編 『化繊ハンドブック』 1985

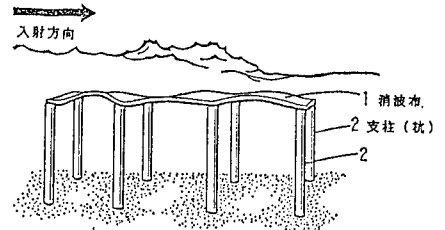


図-1 新形式消波構造物

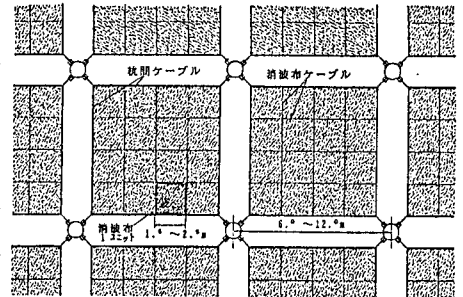


図-2 構造平面図

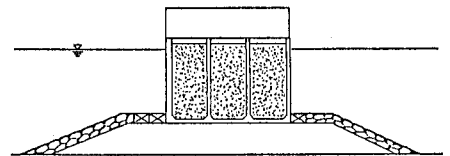


図-3 ケーソン式防波堤