

ワイヤロープおよび合成繊維索の摩耗試験結果について

環境・エネルギー研究領域 海洋汚染防止グループ

原 正一

山川賢次

1. まえがき

曳航索の接触部による強度の低下および摩耗対策に関する基礎資料を得るために、エッジ引張試験、小径曲げ(D/d)引張試験および摩耗試験を行ったので、その結果について報告する。

2. 実験方法

2.1 供試ロープ

供試ロープは、母材として低伸度ポリエチレンロープ(試料)およびポリエチレンロープ(試料)にポリエステルベルトを編み込んだ試料 および試料 、試料 にワイヤブレードの外装した試料 、比較のための試料 (ワイヤロープ 6×37)である。表 1 に供試ロープの一覧を、写真 1 に試料 および試料 の外観を示す。

2.2 静的引張試験

静的引張試験は、図 1 (A 図)のように試料の両端に荷重を加えて静的破断荷重と荷重 - 伸度曲線を求めた。エッジ引張試験は、図 1 (B 図)の状態での静的破断荷重を求めた。D/d 引張試験は、ロープ径 d の 1 倍、5 倍、10 倍の径 D をエッジと入れ替えた状態で静的破断荷重を求めた。試験項目と測定項目を表 2 に示す。

2.3 軸方向摩耗試験

軸方向摩耗試験は図 1 (C 図)に示すように摩耗用の金具(角度 90° R=2 のエッジまたは D/d=1)を

表 1 供試ロープ

試料番号	ロープ	仕様	摩耗対策
1	低伸度ポリエチレンロープ	ダイニーマトエル 22	なし
2	低伸度ポリエチレンロープ	ダイニーマトエル 22	ポリエステルベルトカバー(厚さ 3.8mm 幅25mm)
3	低伸度ポリエチレンロープ	ダイニーマトエル 22	ワイヤ外装被覆(被覆+ワイヤブレード+被覆)
4	ポリエチレンロープ	ハイゼックスエイト 22	なし
5	ポリエチレンロープ	ハイゼックスエイト 22	ポリエステルベルトカバー(厚さ 3.8mm 幅25mm)
6	ワイヤロープ	6×37 22 O/O A種	なし

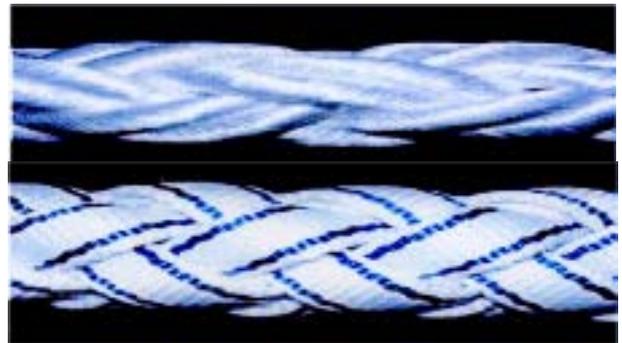


写真 1 試料 (上)と試料 (下)

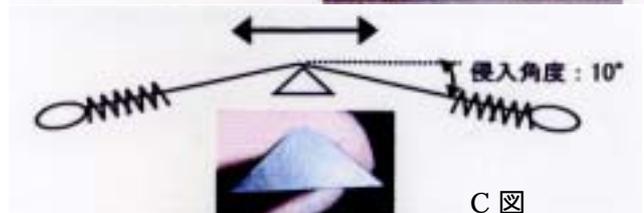
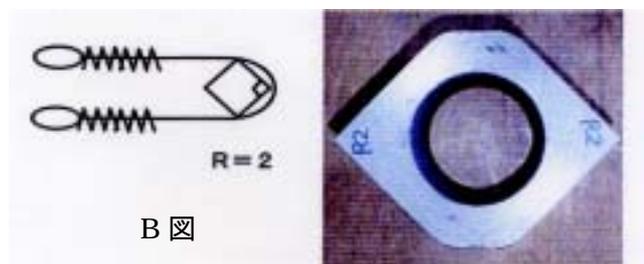
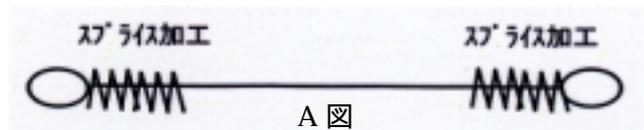


図 1 試験状態

表 2 試験項目

	試験項目	測定項目	備考
1	静的引張試験	静的破断強度 荷重 - 伸び曲線	
2	エッジ引張試験	静的破断強度	金具:エッジ角度 90° R=2
3	D/d引張試験	静的破断強度	・D/d=1(22) ・D/d=5(22) ・D/d=10(22)
4	軸方向摩耗試験(エッジ)	360回摩耗後の残存強度 直径(ワイヤロープ) 外観観察	
5	軸方向摩耗試験(D/d)	360回摩耗後の残存強度 直径(ワイヤロープ) 外観観察	

ロープの進入角 10° にセットして 360 回 (180 往復) 摩擦後の残存強度を測定した。360 回不可能な場合は、回数を明記した。摩擦の速度は発熱しない速度とした。繊維ロープはシャワーにより湿潤状態とした。摩耗試験時のロープの張力は、ハイゼックスエイトロープ 22 の安全率 2 として 2.5tf を加えた。

3. 実験結果

3.1 静的引張試験

図 2 に試料 (ダイニーマトエルロープ) および試料 (ハイゼックスエイトロープ) の伸度曲線を示す。試料 は破断荷重 20.6tf、破断時の伸び 4.3%、試料 のそれぞれ 5.3tf、32% と大きく異なる。試料 (ワイヤロープ 22) は破断荷重 29.9tf、破断時の伸び 3% であるから、試料 はワイヤロープに近い強度特性を有している。表 3 に静的引張試験、エッジおよび小径曲げ (D/d) 引張試験の結果を示す。

図 3 にエッジおよび小径曲げ引張強度の効率を示す。効率はエッジまたは D/d 引張試験の破断荷重を静的破断荷重の 2 倍の値で除した百分率で表す。角度 90° R=2mm のエッジでは破断強度の大きい試料、試料 (ワイヤロープ) の効率が約 50% に低下する。小径曲げ (D/d) でも D/d が小さいほど効率が低下し、また伸びの小さい試料ほど低下が大きい傾向である。これは同一変形に対して弾性係数が大きい (伸びが小さい) 方が曲げの外側の素線の応力が大きくなるためと考えられる。

3.2 軸方向摩耗試験

表 4 に軸方向摩耗試験結果の例を示す。180 回の摩擦後の残存強度を測定したものである。180 回の摩擦に達する以前に停止したケースについては、その回数を記録した。

エッジによる摩耗試験では試料 は約 60% に低下、試料 は 40 回でポリエステル (PET) ベルトのみ擦れ大でロープの損傷なし、試料 は 1 回で摩耗切れ、試料 は 7 回で摩耗切れであった。

D/d=1 による、摩耗試験では試料 はほぼ 100%、試料 は 180 回で PET ベルトのみ擦れ大でロープの損傷なし、試料 は 5 回で摩耗切れであった。

試料 (ワイブレード外装) 試料 (ワイヤロープ) については別途検討中である。

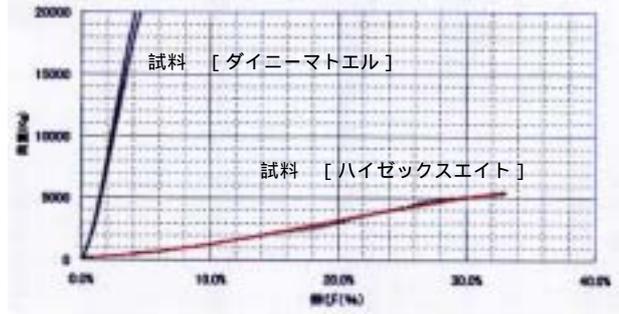


図 - 2 伸度曲線

表 - 3 引張試験結果

試料	静的引張試験	1本当たりの破断荷重 (tf)				効率 = (エッジ or D/d 破断荷重) / (静的引張荷重 × 2) (%)			
		エッジ	D/d=1	D/d=5	D/d=10	エッジ	D/d=1	5	10
	20.6	10.1	11.65	18.45	20.25	49.1	56.7	89.7	98.3
	20.6	16.9	14.9	19.1	18.8	82.1	72.4	92.6	91.3
	20.6	14.5	13.2	17.95	18.1	70.5	64.2	87.1	88
	5.34	4.04	4.11	5.825	5.885	75.6	77	105.3	110.2
	5.34	5.575	5.16	5.8	5.745	104.4	96.6	108.6	107.6
	29.9	16.175	19.2	23.7	27	54.1	64.1	79.2	90.0

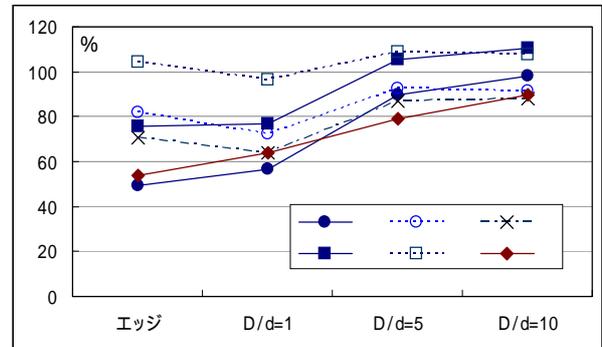


図 3 エッジ、小径曲げ引張強度の効率

表 4 軸方向摩耗試験結果

試料	エッジ			D/d=1		
	摩耗回数	破断荷重	摩耗の状態	摩耗回数	破断荷重	摩耗の状態
	180	12.5	半分消滅	180	20.4	擦れ影響なし
	40	20.6	ベルト:擦れ大 ロープ:擦れなし	180	20.6	ベルト:擦れ大 ロープ:擦れなし
	1		摩耗切れ	5		摩耗切れ
	7		摩耗切れ	18		摩耗切れ

4. まとめ

エッジおよび D/d=1 のロープにとって過酷な条件下での軸方向摩耗試験結果から、試料 (ダイニーマトエルロープ) が耐摩擦性が良好である。また PET ベルトによる外装がある程度有効である。試料 は PET ベルトの外装の内部でロープが 18 回で摩耗切れとなった理由も調査が必要である。

ロープの摩耗は、軸方向のみならず横方向の擦れも同程度に作用する。摩耗対策は曳航索の安全性向上の重要な課題である。