

호제의 침투상태가 가호사의 가학적 특성에 미치는 영향

1. 서 언

최근에는 폴리에스터나 아크릴 등의 합섬, 양모나 마 등의 복합소재 그리고 염료고착처리로 소수화시킨 섬유 등이 많이 사용되는 경향을 나타내고 있다.

제직준비의 하나인 경사가호공정에서는 소재의 종류, 염색 등의 전처리 유무 및 전처리 조건에 따라서 실 내부로의 호제침투성이 각각 다르다.

이들 소재는 표면특성에 따라 호액의 침투성이 다르기 때문에 슬래셔 가호와 같은 시트 상태로 異素材를 혼입하여 가호하는 경우 소재마다 호제의 침투 상태가 달라 가호효과에도 차이가 생긴다. 이 때문에 제직에서 경사절을 발생시키는 경우가 많다.

R. P. Wallker씨는 거품 가호(foam sizing)법과 종래의 침치법과의 비교에서 착호율을 동일하게 하였지만 가호된 실의 특성이 다르다는 사실을 보고하였다. 이는 호제가 실 내부까지 충분히 침투하지 않는 경우, 내마모성의 감소에서 볼 수 있는 것처럼 가호효과가 저항함을 나타냈다.

또한, 일본에서는 정련표백의 조건을 달리하여 가호사의 마모수명 분포를 조사하였는데, 정련표백이 충분히 된 실이 가호효과가 우수한 것으로 보고하였다.

일반적으로 풀의 양호한 침투 상태는 호제가 섬유들을 긴밀하게 접촉시킬 수 있도록 가능한 한 균일하게 실의 내부까지 잘 침투시키는 것이 필요하다고 한다. 그러나 풀의 침투 상태와 가호사의 특성과의 관계에 대해서 구체적

으로 조사된 보고가 많지 않다. 따라서, 본고에서 풀의 침투 상태를 조사함으로써 풀의 침투상태와 가호사의 특성과의 관계에 대하여 검토한 내용을 보고하고자 한다.

2. 실험방법

가. 원재료

원 사 : 면 Ne 20 표백사

호 제 : Z-size No. 730(PVA와 전분을 주성분으로 한 혼합호제)

나. 가호방법

단사가호기(Unisizer, KS-5N형)을 사용하여 풀의 농도 10%, 호액온도 60℃, 건조온도 80℃의 조건으로 하고 스쿼징 압력을 일정하게 유지하여 가호하였다.

본 실험에서 편의상 사속도를 50~300m/min 사이에서 침지시간을 변화시킴으로써 침지 상태가 다른 9종류의 시료사를 만들었다.

각종 실의 착호율 측정은 JIS L1095의 측정 방법에 따랐다. 사용한 호제는 PVA와 전분을 혼합한 것이기 때문에 먼저 C법(탄산나트륨법)으로 PVA를 발호처리하고, 탈수한 다음 다시 B법으로 전분을 발호처리하였으며, 다음 식으로 착호율을 구하였다.

$$S = \frac{W - W'}{W'} \times 100(\%)$$

여기서, S : 착호율

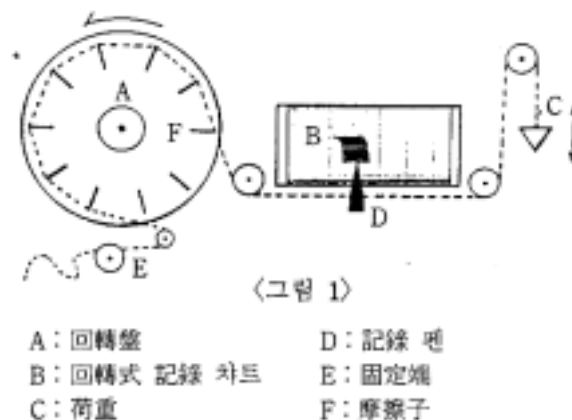
W : 발호 전의 절대건조중량

W' : 발호 후의 절대건조중량

다. 가호효과의 평가방법

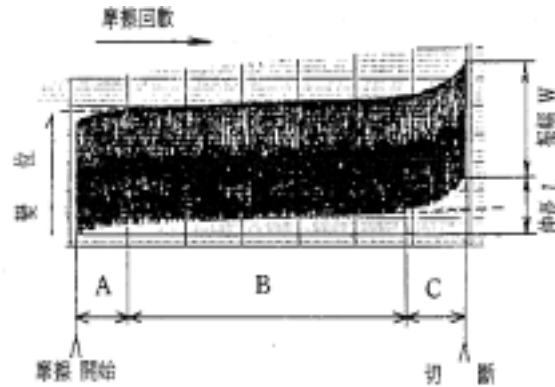
1) 경사포함력 시험

<그림 1>은 질전식 경사포함력 시험기의 概略圖이며, 絲摩擦試驗機의 일종이다. 이것은 실을 고정단 E에서 고정시키고, 그림과 같은 장치를 거치게 하여 다른 끝에 하중 C를 건 다음에 아루미나제의 마찰자 F를 회전시켜 마찰이 일어나게 하는 것이다. 회전반 A에 설치된 마찰자 F는 11매를 각각 형을 달리하여 설치함으로써 실이 피마찰면의 한쪽으로만 치우치지 않도록 마찰자 위의 일정폭 내를 롤링하면서 앞뒤로 왕복하게 되어 있다. 또한, 마찰중에 실의 궤도원중심이 회전반의 중심으로부터 편심되어 있기 때문에 실의 한 점에 고정시킨 기록용 펜 D와 하중 E가 일정한 주기와 진폭으로 왕복운동하게 되어 있다. <그림 2>에서 볼 수 있는 시험 차트의 예는 이 왕복운동을 펜 D가 일정한 속도로 회전하는 드럼식 기록장치 B에서 기록하게 되어 있다.



<그림 1>

실험에서는 하중 150gf, 회전속도 100rpm으로 회전시험을 행하여 절단될 때까지의 적산회전수를 실의 마모수명으로 하였다.



<그림 2>

<그림 2>의 시험 차트 예는 펜의 변위를 세로축에, 마찰횟수를 가로축에 취하여 기록한 것으로 띠 모양의 궤적을 그리고 있다.

띠의 폭인 진폭 W는 회전마찰자의 편심 때문에 생기는 것이며, 그림에서 L로 표기된 신장은 마찰이 시작되어 절단될 때까지의 마찰에 의한 신장이다.

2) 풀의 침투상태 평가(착호섬유율의 정의)

풀의 침투 상태는 카메라로 입력시킨 실의 단면상으로 계측하였다. 또한 호액은 풀의 침투부분을 쉽게 식별할 수 있도록 빨강색의 염료로 착색하였다.

먼저 가호한 실에서 0.2mm 두께의 단면 박편을 만들어 관찰용 시료로 하였다. 그리고 실체현미경(BH-2형)을 배율 200배로 하여 투과광을 관찰하고, 이 현미경화상을 화상해석하기 위하여 원화상으로 컴퓨터에 카메라 입력시켜 해석을 행하였다. 침투상태를 평가하기 위하여 침투정도를 나타내는 인자로서 다음 식과 같이 착호섬유율(R, P)을 정의하였다.

$$R.P = \frac{M}{N} \times 100(\%)$$

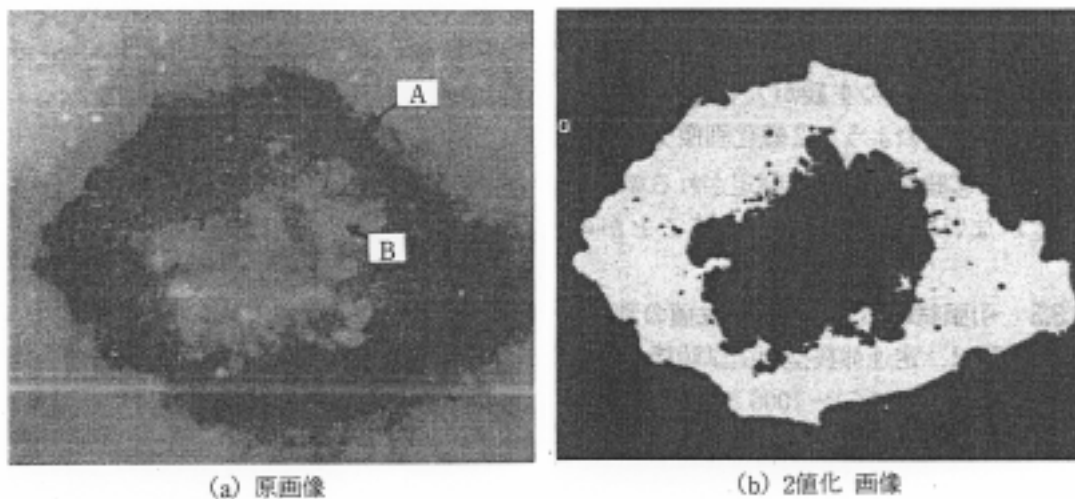
R.P : 착호 섬유율

N: 실 단면구성 총 섬유수

M: 실의 단면 가운데 호제의 부착에 의해 착색된 섬유 수

각 시료에서 10군데씩 측정하여 평균치를 구하였다. 여기서 정의하는 착호 섬유율과 앞에서 나온 착호율과는 다르다. 즉, 착호율이 부착된 湖量의 絲量에 대한 중량비율을 나타내는 것에 반해, 착호섬유율은 실의 단면에서 풀이 부착되어 있는 섬유수와 단면 총섬유수와의 비율을 나타내므로 풀이 침투한 정도를 나타낸다고 할 수 있다.

한편, 실의 단면에서 풀이 부착된 섬유와 부착되지 않은 섬유의 식별에 대해서는, <그림 3>의 (a)에서 볼 수 있는 것처럼 붉게 착색된 부분 A는 풀의 침투에 의해 착색되고 있는 섬유이고, 착색되지 않은 부분 B는 풀이 침투되지 않은 섬유를 나타낸다.



<그림 3> 시료사의 단면사진

A: 풀이 부착된 섬유 B: 풀이 부착되지 않은 섬유

호제의 침투 상태가 주색으로 나타나기 때문에 주색의 농도비율에 대해 역치(경계치)를 설정하고 적색의 농도비율이 큰 부분과 작은 부분을 화상에

서 영역분할을 하였다.

역치의 산출은 대진(일본)의 판별방법에 따라 2直化하기 위하여 역치결정법을 사용하였다. 위와 같은 역치산출 방법으로 구한 2직화 화상을 <그림 3>의 (b)에 나타냈다. 그림 가운데 하얀 부분은 적색농도의 비율이 큰 부분으로 호제가 침투된 영역을 나타낸다. 이 백색 영역에 대응하는 원화상에서의 섬유수를 구하여 M으로 하고, 이 영역으로 둘러싸인 흑색 영역의 경계에 접하여 식별이 어려운 섬유들은 그 수를 별도로 계수하여 양쪽으로 2등분하였다. 그런데 원화상에서 착색된 섬유를 직접 판별하는 방법은 착색된 영역과 그렇지 않은 영역의 경계부근에서 양영역이 복잡하게 뒤얽혀 있기 때문에 경계의 판단이 어렵고 측정자의 주관이 뒤따르는 것을 피할 수 없다. 그러나 이 2직화 화상을 이용하는 판별방법은 객관적으로 경계가 판정되기 때문에 측정자 간의 오차없이 착호섬유율을 구할 수가 있다.

3) 인장시험 및 미분탄성치의 측정

인장시험은 정속신장형 인장시험기(Autograph AGB-1000B형)를 사용하여 인장속도 100m/min, 파지거리 50cm의 조건으로 행하였다.

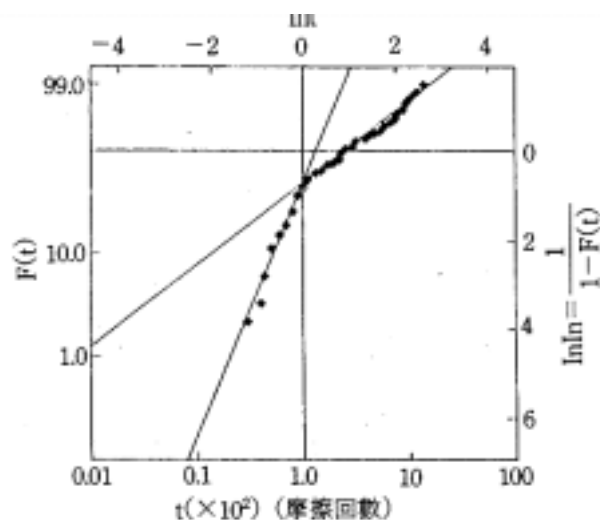
또 인장시험에서 그린 하중-신장 곡선으로 가호효과를 명확히 나타내기 위해 미분탄성치를 구하였다. 이것은 인장시험 결과의 하중-신장 곡선을 신장에 대해 미분하여 계산한 것이다.

3. 결과 및 고찰

가. 마모영역의 분포

물체의 파괴 등 영역분포를 다루는 경우, 여러 가지 소계분포 모델을 활용할 수 있다. 그 중에서도 와이불 분포(Weibull distribution)는 물체 중에서 불규

칙하게 산재하는 결함 가운데 가장 약한 곳의 파괴에 의해 결정되는 물체의 파괴 수명분포에 적합한 분포이다. 따라서 제품의 수명해석에 이용되고 있으며 가호사의 마모수명에 대해서도 와이블 분포 모델로 다룰 수 있다. <그림 4>에서 나타낸 것처럼 풀의 침투 상태가 각각 다른 90종류, 90점이 시료사에 대한 마모수명을 와이블 確率紙 위에 그렸다. 그림에서 마모수명의 분포는 거의 와이블 분포에 근사하기 때문에 가호사이 마모수명도 일반 수명과 같이 고장 분포 모델로 취급할 수 있을 것으로 생각된다. 그렇더라도 이 경우 마모수명의 분포는 복합 와이블 분포를 하고 있다.



<그림 4> 마모수명의 와이블 분포도

나. 착호섬유율과 마모수명과의 관계

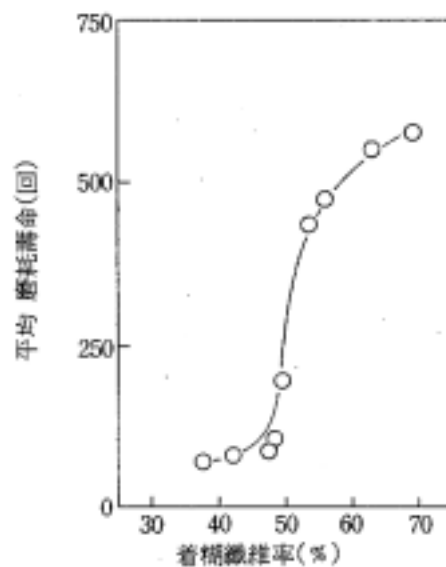
풀의 침투 상태를 조사하기 위하여 9종류 시료사의 착호율과 착호섬유율을 계측하였다. 특히, 착호율은 가호사의 내마모성에 영향을 미치는 것으로 보고 있다. 그러나 아주 동일한 착호율이라도 풀의 침투상태가 다르면 실의 역학적 특성도 다를 것으로 추측하고 있다. 따라서, 본 실험에서는 풀의 침투 상태가 가호사의 특성에 미치는 영향을 조사하기 위하여 착호율의 영향

보다는 착호섬유율의 영향에 착안하였다.

다만, 동일한 착호율로서 침투 정도를 달리하여 가호하는 것이 어렵기 때문에 실험방식에서 나타난 것처럼 가능한한 착호율의 변동을 적게 하면서 침투 정도를 다르게 가호하도록 노력하였다. 그 결과는 <표 1>과 같으며, 실의 착호율은 10.4 ~ 13.5%, 침투상태를 나타내는 착호섬유율은 37.4~39.1%의 범위이다.

<표 1> 착호섬유율과 착호율

試料 번호	着糊纖維率(%)	着糊率(%)
1	37.4	10.4
2	42.2	11.7
3	47.4	12.0
4	48.3	12.8
5	49.4	13.0
6	53.3	13.5
7	55.6	13.2
8	63.0	13.5
9	69.1	13.2



<그림 5> 착호섬유율과 마모수명과의 관계

<그림 5>는 각 시료사의 착호섬유율과 평균마모수명치와의 관계를 나타낸 것이다. 착호섬유율 50% 부근을 경계로 하여 마모수명이 급격히 변화함을 알 수 있다.

9종류의 시료 가운데 착호섬유율이 낮은 시료 4종류를 그룹 I, 높은 시료 4종류를 그룹Ⅱ로 분류하여 검토하였다. 이때 확률밀도분포는 각 변수를 이용하여 다음 식을 구하였다.

$$F(t) = \frac{m(t-r)^{m-1}}{t_0} \exp\left[-\frac{(t-r)}{t_0}\right]$$

여기서, m : 형의 피라미터 t_0 : 척도에 파라미터, r : 위치의 파라미터

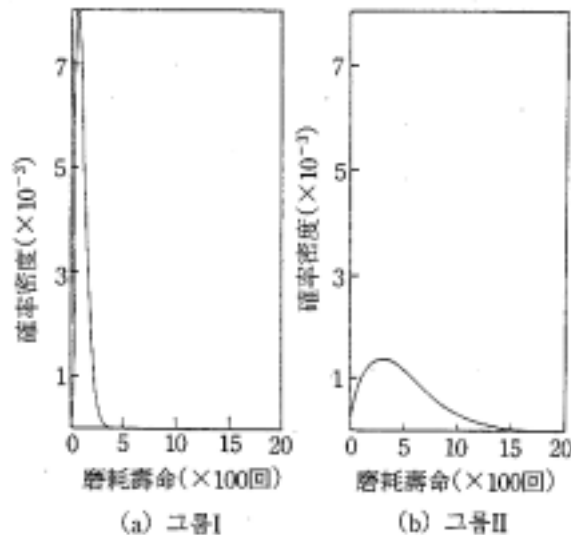
각 그룹의 집합에 대해 와이블 분포의 각 변수를 구하고 그 결과를 <표 2>에 나타냈다.

<표 2> 확률밀도함수의 변수

변 수	그룹 I	그룹 II
形の 파라미터 : m	1.5171	1.5444
尺度의 파라미터 : t_0	930.36	17140.5
位置의 파라미터 : r	24.270	11.651

여기서 형의 변수는 확률밀도분포의 형상을 나타내는데, $m < 1$ 일 때는 조기 불량형의 마모수명을 나타내고, $m = 1$ 은 만발형, $m > 1$ 일 때는 마모형으로되어 있다. 두 그룹 모두 형의 변수가 $m < 1$ 로 되어 있으므로 마모수명의 수명임을 알 수 있다. <그림 6>의 (a), (b)는 각 그룹의 확률밀도 분포를 그린 그림이다. 전체의 63%가 절단에 이른 점을 의미하면 특성수명은 그룹 I 이 90,

그룹Ⅱ가 551로 같은 마모형의 분포이더라도 그 수명에는 큰 차이가 있음을 알 수 있다.



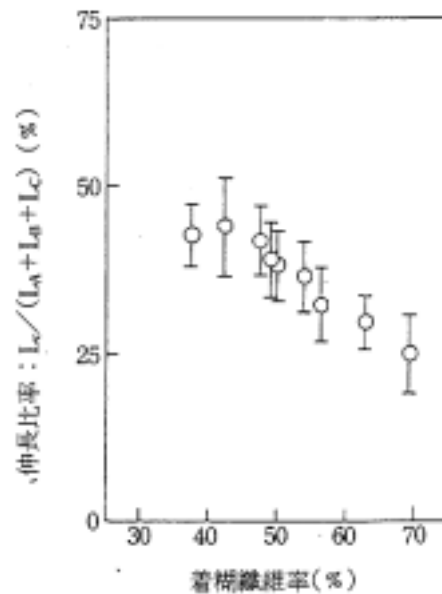
<그림 6> 마모수명 분포

다음에 풀의 침투상태와 마모과정과의 연계를 조사하기 위하여 <그림 2>에서 마모에 의한 신장거동의 변화에 대하여 신장과정을 다음과 같이 분류하였다. 분류는 마모에 의한 신장곡선에서 신장이 직선적으로 증가하는 부분(그림 중 B부)을 따라 직선을 그어 직선에 떨어져 있는 마모 초기의 부분을 A 부, 마모절단에 이르는 마모 후기를 C부, 직선부분의 마모 중기를 B부로 하였다.

그리고 A, B, C, 각 각 과정내에서 신장율을 각각 L_A , L_B , L_C 로 하였다. 마모에 의해 발생하는 시료의 전신장에 대한 C과정의 신장비율($L_C/L_A+L_B+L_C$)과 착호섬유율과의 관계를 조사하기 위하여 <그림 7>에서 세로축에 C과정의 신장비율, 가로축에 착호섬유율을 취하여 플롯하였다.

또 그림에서 O는 시료 내의 평균을 나타내고 실선은 평균치의 95% 신뢰

구간이다. 마모에 의한 절단까지의 거동은 다음과 같이 해석할 수 있다.



<그림 7> 착호섬유율과 신장비율, $L_C/L_A+L_B+L_C$ 과의 관계

먼저, 제1신장기(A과정)로서 섬유의 배향 및 표면의 평골과 함께 섬유의 골탈이 시작된다.

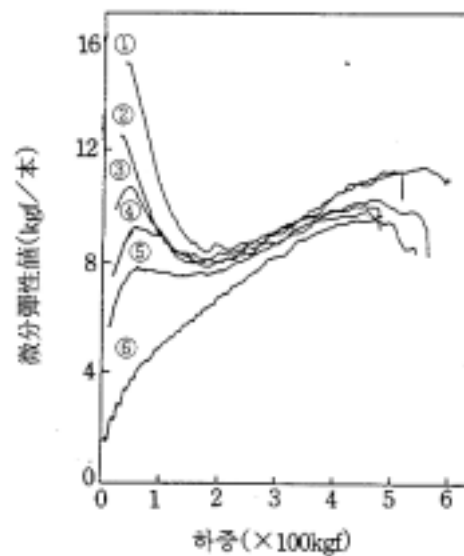
제 2신장기(B 과정)에서는 호피막의 缺落 및 연신과 함께 滑脫伸長이 일어나는데, 이 과정에서 糊落이 가장 빨리 생기는 결점부에서 잔털이 일어난다. 제3신장기(C 과정)는 이 결점 부분에서 호피막의 缺落이 더 심하게 일어나는 동시에 풀이 침투하지 않는 섬유간의 활탈이 급격히 일어나 절단파괴에 이르게 된다.

이러한 메커니즘 때문에 풀의 침투 정도가 양호한 것은 제2신장기의 내마찰성이 좋아 신장도 크지만, 제 3신장과정에서는 풀이 침투되어 있지 않은 부분이 적기 때문에 마찰 횡수가 적은데도 낮은 신장으로 절단에 이르는 것으로 생각된다.

다. 착호섬유율이 하중 - 신장특성에 미치는 영향

가호사의 하중-신장 특성에서 저신장시의 탄성율이 원사보다 큰 것으로 알려지고 있다. 때문에 가호 효과를 명확히 나타내기 위하여 하중-신장 곡선을 신장에 대해 연속적으로 미분하여 구한 하중-탄성치 곡선을 비교하기로 하였다.

<그림 8>에서 하중 0~150g/f(신도 1% 미만)까지의 미분탄성치는 착호섬유율이 큰 시료일수록 큰 값을 나타낸다. 그런데 하중 150gf를 넘으면, 착호섬유율에 의한 차이는 거의 보이지 않는다.



<그림 8> 착호섬유율이 하중-미분탄성율과의 관계에 미치는 영향

① 착호섬유율 69%, ② 56%, ③ 49%, ④ 47%, ⑤ 37%, ⑥ 원사(Ne 20)

이것은 풀의 침투 정도에 의한 영향은 하중 150gf까지의 저신장시의 미분탄성치에서 크게 나타나는 것을 가리킨다. 이것은 가호사 단며넝서 풀이 양호하게 침투한 것일수록 탄섬유와 호제의 혼합층이 점하는 비율이 커서 인

장신장에 대한 저하중시의 미분탄성치가 크게 된다. 더욱이 인장하중이 증가하면 섬유와 호제의 혼합층이 파괴되어 가호되지 않은 원사와 똑같이 단섬유의 활달저항에 가까운 신장거동을 나타내는 것으로 생각할 수 있다.

4. 결 론

아주 동일한 착호율이라도 폴의 침투 상태가 다르면 가호사의 특성도 다른 것으로 생각되기 때문에 폴의 침투 상태가 가호사의 역학적 특성에 미치는 영향에 대해서 검토하였다. 다만, 동일한 착호율에서 침투 정도가 다르게 가호하는 것이 곤란하다. 이 때문에 가능한한 착호율의 변화를 적게 하여 침투 정도가 다르게 가호하였다.

그리고 호제의 침투 상태를 평가하는 변수로 착호섬유율을 정의하여 마모수명과 미분탄성치와의 관계를 조사하였다. 그 결과, 착호섬유율에 착안한 경우에도 마모수명과 초기 미분탄성치는 착호섬유율과 밀접한 관계가 있는 것으로 확인되었다.