

Wet compaction test를 이용한 혼합지료의 적용

서영범[†] · 이춘한

(2005년 5월 23일 접수: 2005년 11월 15일 채택)

Application of WCT (Wet Compaction Test) to Mixed Fiber Furnishes

Yung B. Seo[†] and Chun Han Lee

(Received on May 23, 2005: Accepted on November 15, 2005)

ABSTRACT

WCT (Wet compaction test) is a new fiber evaluation method developed recently by Seo and its test results can be used as a predictor for pulp quality and its paper property. Bleached chemical pulps (SwBKP, HwBKP), recycled pulp (OCC), and mechanical pulp (BCTMP) were used for the furnishes to be tested by WCT. We compared the WCT results to conventional fiber evaluation tests such as WRV (Water Retention Value), freeness, and fiber length in this study, and found that WCT always gave better regression coefficients in relation to pulp quality (drainage), and paper properties (density, tensile, tear, and burst strength). WCT may be used on-line in papermachine.

Keywords: wet compaction test, water retention value, freeness, fiber length, pulp quality, paper property

1. 서론

일반적으로 섬유의 수화능력 즉 친수성과 섬유 표면적을 알고자 할 때 WRV를 측정해본다. 따라서 WRV가 같다면 섬유의 친수성과 표면적은 같다고 볼 수 있다. 하지만 같은 WRV 값인데 수초지

의 밀도나 탈수성, 여수도가 같지 않다면 섬유의 구조적인 특징이 다르다고 볼 수 있다는 점을 주목해야 한다.

젖은 섬유의 구조적인 특성과 물과의 관계는 일정 양의 섬유가 일정한 압착압력 하에서 만드는 부피와 관계가 있다고 판단된다. 우리는 이것을

• 충남대학교 농업생명과학대학 임산공학과(Dept. of Forest Products, College of Life Science, & Agriculture, Chungnam National University, Daejeon 305-764, KOREA)

• 이 논문은 2001년도 산업자원부 청정생산기술사업의 Wet-end자동화 시스템개발(Alc-10-01)사업에 의해 연구비가 지원되었음.

† 주저자(Corresponding Author): E-mail: ybseo@cnu.ac.kr

섬유의 wet compaction이라고 하고 이번 연구에서 사용된 wet compaction tester(WCT)에서 측정될 것이다. 일반적으로 섬유가 유연하지 못하거나, collapse가 잘 되지 않으며, 길이가 길면, wet compaction은 크고, 반면에 섬유의 길이가 짧고, 유연하며, collapse가 잘되면 wet compaction이 작게 된다. 또한 섬유의 수화능력(water holding ability)이 크면 wet compaction이 크다. 이러한 변화들은 섬유들에 가해지는 압력의 변이에 따라 섬유 자체적으로 독특한 변화를 겪게 될 것이다. 작은 압력 하에서와 높은 압력 하에서 섬유의 유연성, 섬유의 찌그러지는 성질(collapsability), 섬유의 길이에 대한 영향이 그 섬유에 대한 독특한 특성을 규정 지을 수 있을 것이다.

본 연구에서 한 가지 종류로만 구성된 지료의 WCT는 섬유의 특성을 측정하는데 다른 어떤 측정치보다 탈수도, 밀도, 인장강도 및 기타 물성예측에 있어 우수함을 보인 바 있다 (1). 본 실험에서는 현장지료를 가정한 혼합지료에 WCT를 적용하여 밀도, 탈수도, 인장강도 및 기타 물성을 예측하는데 높은 신뢰도가 가능한지 시험하였다.

2. 재료 및 방법

2.1 공시 재료

본 연구에 사용된 공시 펄프는 Table 1에서와 같이 3가지 천연펄프와 고지펄프를 사용하였다.

2.2. 실험 방법

2.2.1 섬유의 해리 및 고해

Valley beater를 이용하여 하중을 가하지 않은 상태에서 농도 1.5%에서 Sw-BKP는 40분간, Hw-BKP와 BCTMP는 30분간, 그리고 KOCC는 60분간 해리를 실시하였다. Individual Furnish(단일지료)는 Sw-BKP와 Hw-BKP는 0, 10, 20, 30분 동안, KOCC는 0, 3, 6분 동안 BCTMP는 0분 동안 하중을 주어고해를 실시하였다.

Mixed Furnish(혼합지료)는 Sw-BKP는 20분 동안 Hw-BKP는 10분 동안 고해를 하였고 KOCC와 BCTMP는 해리를 실시 후 각각의 지료의 혼합은 Table 2와 같이 하였다.

Table 1. Characteristics of pulps used in the experiment

Pulp	Note
Sw-BKP	Softwood Bleached Kraft Pulp(캐나다산, Hemlock, Douglas Fir, Cedar 혼합)
Hw-BKP	Hardwood Bleached Kraft Pulp(캐나다산, Aspen, Poplar 혼합)
KOCC	Korea Old Corrugated Container(국산, liner base paper)
BCTMP	Bleached Chemi-Thermo mechanical Pulp(국내 S제지 수입, 침엽수종)

Table 2. Mixing proportion of pulp used in the experiment

Pulp	Mixed Furnish
Sw-BKP, Hw-BKP	Sw-BKP (30%) + Hw-BKP (70%)
	Sw-BKP (50%) + Hw-BKP (50%)
	Sw-BKP (70%) + Hw-BKP (30%)
Sw-BKP, KOCC	Sw-BKP (10%) + KOCC (90%)
	Sw-BKP (20%) + KOCC (80%)
Sw-BKP, Hw-BKP, BCTMP	Sw-BKP (45%) + Hw-BKP (45%) + BCTMP(10%)
	Sw-BKP (40%) + Hw-BKP (40%) + BCTMP(20%)

2.2.2 섬유 분석

각 고해별로 채취된 고해지료의 여수도를 측정하기 위하여 Tappi standard T 227 om-92에 따라 여수도(CSF)를 측정하였다. 측정된 CSF는 보정표를 사용하여 지료농도 0.3% 및 지료온도 20°C의 값으로 수정하였다.

고해 전과 후 각각의 시료를 Morfi analyzer (Techpop사, France)를 이용하여 섬유장(fiber length), 미세분의 함량(fine elements), Curl index를 측정하였다.

섬유지료의 보수도(WRV, water retention value)는 Jayme의 방식에 근거하였으며, 일정 시간동안 펄프섬유를 수분과 접촉시킨 뒤 섬유가 나타내는 수분 친화도를 측정하는 것이다. 이 실험에서는 물에 충분히 포화된 펄프섬유(전건중량 약 1g)를 무게를 알고 있는 filtering crucible을 이용하여 펄프 슬러리를 21±3°C에서 중력가속도 900G로 30분간 원심분리시킨 뒤 잔존하는 수분의 양을 전건섬유 중량에 대해 다음의 식에 의해 백분율로 나타내었다.

$$WRV = \frac{W_2 - W_4}{W_4 - W_1} = \frac{W_5 - W_3}{W_3}$$

여기서 W_1 = filtering crucible의 무게(g)

W_2 = 원심분리 후 펄프의 filtering crucible의 무게(g)

W_3 = 원심분리 후 건조된 펄프의 무게(g)

W_4 = 원심분리 후 건조된 펄프와 filtering crucible의 무게(g)

W_5 = 원심분리 직후 펄프의 무게(g)

여기에서($W_5 - W_3$)는 원심분리 직후 섬유에 잔존하는 수분량(g)에 해당한다.

2.2.3 탈수속도 및 수초지 제작

각각의 지료는 TAPPI standard 원형수초지기를 이용하여 평량 60 g/m²으로 수초지를 제작하였다. 이 때 탈수 속도는 TAPPI standard T221에 따라 원형수초지기로 평량 60 g/m² 수초지를 만들

때의 탈수시간(초)을 측정하여 적용하였다. 제작된 수초지는 TAPPI standard T402 om-88에 따라 23±1°C, 상대습도 50±2%로 조절된 항온 항습실에서 24시간 이상 조습 처리를 실시하였다.

2.2.4 강도적 성질 측정

조습처리된 수초지는 인장강도(T489 om-88), 인열강도(T414 om-88), 파열강도(T403 om-85)를 측정하여 각각 열단장, 인열지수, 파열지수를 계산하였다.

2.2.5 WCT(wet compaction tester) 측정

WCT 측정은 일정량의 지료를 sample cylinder에 넣은 후, 위에서는 압력을 가하고, 밑에서는 screen을 통해 물이 빠져나가도록 설계되었다. WCT 측정기계의 모습을 Fig. 1에서 보이고 있다. 지료 전건 1.2g을 sampling cylinder에 투입 한 후 30mm/분의 속도로 하중은 15bar까지 점진적으로 증대시키면서 측정하였다. 이때 사용된 sampling cylinder는 바닥에 150mesh와 80mesh screen을 겹쳐서 물이 빠지도록 설계하였으며 높은 하중을 견디기 위해 약 3.5mm 두께의 80mesh steel screen위에 150mesh screen을 결합한 screen을 사용하였다.

측정값인 space는 Fig. 1의 (a)에서 보이는 것처럼 전에 L에서 displacement를 뺀 값이라 하겠다. WCT의 결과 값은 텍스트 파일로 저장되며 여기서 WCT 값은 전건 1.2g을 기준으로 식 1에서와 같이 산술적으로 보정하였다.

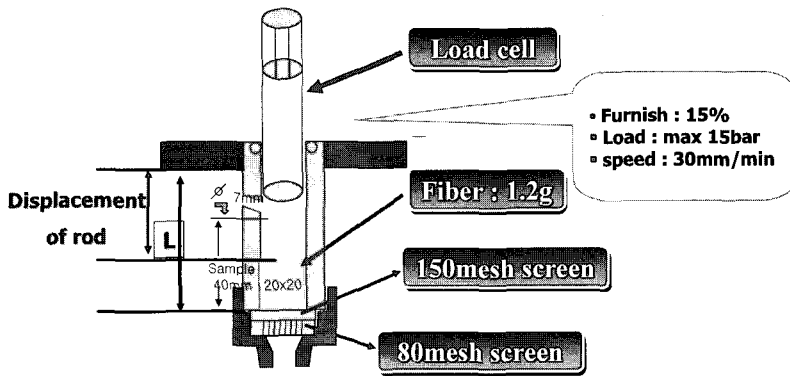
$$WCT, \text{ mm} = \frac{A \times 1.2g}{B} \quad [1]$$

A : 일정하중에서의 펄프 섬유의 Space, mm

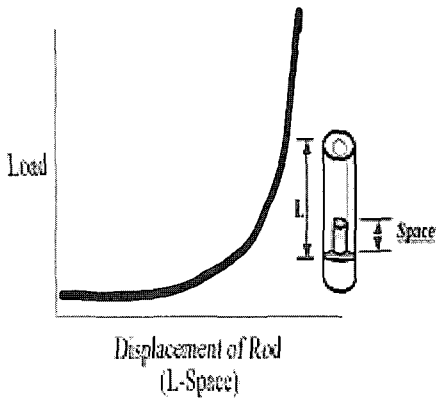
B : 펄프의 전건무게, g

2.2.6 다중회귀분석을 통한 물성 예측

통계프로그램인 SPSS를 이용하여 섬유지료의 WRV, WCT, 섬유장, 여수도 등의 인자를 가지고 탈수 속도 및 종이의 물리적 성질인 밀도, 열단장, 파열지수, 인열지수 등을 예측하였다. 즉, 펄프섬유의 성질을 측정할 것을 복수의 독립변수



(a) Schematics of WCT



(b) WCT graph



(c) Wet compaction tester

Fig. 1. Wet Compaction Tester.

(independent variables)들로 놓고 예측하고자 하는 탈수속도 및 종이의 물리적 성질을 측정된 것을 종속변수(dependent variables)로 놓았으며 독립 변수들을 다양하게 조합 했을 때 실제 측정값과 예측된 값의 상관관계를 구하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 단일지료들과 혼합지료들에 대한 WCT분석

Table 3과 4는 분급한 혼합지료의 CSF, WRV, 수율, Fiber length, Fine element, WCT를 측정된 평균 데이터를 보여주고 있다.

3.2 WCT를 활용한 단일지료들 (individual fiber furnish)의 통합적 특성분석

3.2.1 분석방법

통계프로그램인 SPSS를 이용하여 회귀분석을 하여 밀도, 탈수 속도 및 물성을 예측하는데 있어 가장 우수한 인자들을 알아보았다. 이때 인자들을 1개 또는 2개 이상으로 조합하여 독립변수 (independent variable)로 놓고 예측하고자하는 물성을 종속변수(dependent variable)로 놓고 이들 간의 상관계수(correlation coefficient)값 R과 상관계수의 자승 값 R^2 을 구하였다. 독립변수의 유의성은 95% 신뢰구간에서 결정하였으며, 종속변수들의 성질을 예측 하는데 있어 어떠한 인자가 가장

Table 3. Properties of individual fiber furnishes

	CSF ml	WRV g/g	Fiber length (μm)	Fine elements (%)	WCT (mm)		
					5bar	10bar	15bar
SW	690	1.33	1735	15.54	6.88	5.85	5.06
	635	1.77	1653	17.26	8.66	7.54	6.78
	562	1.90	1051	17.67	10.10	8.86	8.11
	497	2.14	1393	18.90	12.72	10.31	9.88
HW	623	1.32	619	20.27	6.63	5.59	4.86
	510	1.67	551	23.28	7.78	6.30	5.64
	384	1.99	508	26.79	8.63	7.07	6.48
	245	2.3	472	29.27	13.08	10.89	10.40
OCC	410	1.52	891	52.69	8.17	6.84	6.38
	363	1.69	849	53.95	8.78	6.99	6.54
	265	1.74	806	55.79	9.85	7.68	7.41
BCTMP	558	1.78	707	43.84	8.32	6.88	6.44

큰 영향력이 있는지, 또 어떠한 조합의 인자들이 가장 효과적으로 예측할 수 있는지에 대한 분석을 실시하였다.

3.2.2 밀도, 탈수도, 인장강도 분석 - 단일지료들

Table 5에서는 네 종류의 섬유지료에 대하여 각각의 지료별로 분석하지 않고, 네 종류의 지료의 측정치를 종합하여 하나의 회귀분석을 실시한 결과를 나타내고 있다. 즉, 하나의 회귀분석곡선은 네 종류의 섬유지료에 모두 적용되는 곡선이 된다. Table

5에서는 각각의 섬유들이 서로 혼합되지는 아니하였다. 섬유의 특성을 측정한 인자들(WCT, WRV, 섬유장, 여수도)을 가지고 밀도, 탈수 속도, 인장강도를 예측하였다. 회귀분석에 사용된 지료에는 기계펄프, 화학펄프, 고지가 있으므로 사실상 대부분의 지료를 뜻한다고 볼 수 있을 것이다. 그 결과 WCT가 밀도에서 가장 높은 상관관계를 보였으나 WRV역시 WCT 다음으로 밀도와 관련이 있었다. $WCT \times FL$ 은 WCT와 섬유장을 독립변수로 놓은 경우를 뜻하며, $WCT \times CSF$ 는 WCT와 여수도,

Table 4. Properties of mixed fiber furnishes

Mixed Ratio(%)	CSF ml	WRV g/g	Fiber length (μm)	Fine elements (%)	WCT (mm)		
					5bar	10bar	15bar
Sw(30)+Hw(70)	556	1.78	816	22.77	7.13	6.47	5.86
Sw(50)+Hw(50)	586	1.79	975	21.45	7.97	7.08	6.70
Sw(70)+Hw(30)	586	1.84	1164	20.27	7.77	6.81	6.24
Sw(10)+ OCC(90)	483	1.50	1033	49.38	8.17	6.82	6.12
Sw(20)+ OCC(80)	502	1.48	1119	45.44	7.88	6.77	6.09
Sw(45)+Hw(45)+BCTMP(10)	589	1.71	889	22.94	7.43	6.24	5.62
Sw(40)+Hw(40)+BCTMP(20)	581	1.79	870	26.87	7.28	6.13	5.54

Table 5. The result of regression analysis about density, drainage, and breaking length by using selected factors (WCT, WRV, Fiber length, Freeness)

	Density			Drainage			Breaking length		
	R	R ²	F-value	R	R ²	F-value	R	R ²	F-value
WCT	0.738	0.545	12.9	0.828	0.685	23.4	0.882	0.779	37.8
WRV	0.721	0.520	49.8	0.588	0.345	24.3	0.827	0.684	99.6
Fiber length(FL)	0.063	0.400	15.0	0.481	0.232	6.8	0.415	0.172	4.7
Freeness (CSF)	0.300	0.090	4.5	0.883	0.780	162.7	0.240	0.058	2.8
WCTxFL	0.939	0.883	51.4	0.914	0.835	34.6	0.966	0.934	96.5
WCTxCSF	0.740	0.548	10.2	0.972	0.945	144.5	0.935	0.875	58.9
WCTxFLxCSF	0.993	0.985	376.8	0.985	0.970	184.5	0.968	0.937	84.3

R : Regression Coefficient

Pulp fibers : Sw-BKP, Hw-BKP, KOCC, BCTMP

WCTxFLxCSF 는 WCT와 섬유장, 여수도를 독립변수로 놓은 경우를 각각 뜻한다. WCT에 섬유장 인자를 함께 사용한 경우 급격하게 상관계수가 증대되는 모습을 볼 수 있다.

여수도는 일반적으로 고해의 정도를 파악하는 지표로서 고해가 진행될수록 여수도는 낮아지며 여수도는 탈수성을 간접적으로 나타낸다. Table 5 를 보면 역시 위와 같은 방법으로 탈수속도를 예측하였을 때 여수도를 가지고 한 것이 상관관계(R)가 가장 컸고 R 값이 가장 큰 여수도를 중심으로 factors을 조합 했을 때 WCT와 조합한 경우의 상관계수가 가장 높았다. 물론 탈수속도의 주된 영향 인자는 여수도이지만 여기에 WCT를 함께 할 경우 더 우수한 예측인자로 작용할 수 있다는 의미로 해석될 수 있다.

Table 5에서도 앞에서와 동일한 방법으로 인장강도를 예측하였을 때 이들 중에서 WCT를 가지고

한 것이 상관관계가 가장 컸고, WCT를 중심으로 섬유장과 조합하여 인장강도를 예측할 때 상관계수가 가장 높아지는 것을 볼 수 있었다.

3.2.3 인열 및 파열강도 분석 - 단일지료들

인열강도는 일반적으로 섬유장에 가장 큰 영향을 받는다고 알고 있다. Table 6에서와 같이 예상대로 섬유장만으로도 인열강도를 훌륭하게 예측할 수 있었고 여기에 WCT를 조합하면 더 좋은 상관관계를 가짐을 볼 수 있었다.

파열강도를 예측하였을 때 여러 인자들 중에 WCT가 상관관계가 가장 컸고 R값이 가장 큰 WCT를 중심으로 다른 인자들과 조합한 경우 섬유장과 조합 했을 때 Table 6에서 보이는 바와 같이 상관계수가 가장 높았다.

3.3. WCT를 활용한 혼합지료 (mixed furnish)

Table 6. The result of regression analysis about tear and burst strength by using selected factors (WCT, WRV, Fiber length, Freeness)

	Tear St.			Burst St.		
	R	R ²	F-value	R	R ²	F-value
WCT	0.128	0.016	0.2	0.780	0.609	16.7
WRV	0.122	0.015	0.7	0.670	0.449	37.5
Fiber length(FL)	0.886	0.785	82.2	0.598	0.357	12.5
Freeness (CSF)	0.357	0.128	6.7	0.018	0.000	0.0
WCTxFL	0.906	0.821	31.4	0.961	0.923	81.4
WCTxCSF	0.583	0.340	4.3	0.931	0.867	55.0
WCTxFLxCSF	0.968	0.937	84.6	0.961	0.923	68.3

R : Regression Coefficient

Pulp fibers : Sw-BKP, Hw-BKP, KOCC, BCTMP

에 대한 통합적 특성분석

3.3.1 밀도, 탈수도, 인장강도 분석 - 혼합지료

Table 7 에서는 단일지료 전체와 전체혼합지료 모두에 대하여 섬유특성을 측정된 인자들(WCT, WRV, 섬유장, 여수도)을 가지고 밀도, 탈수도 및 인장강도를 분석한 결과를 보이고 있다. 그 결과 밀도는 WRV와 WCT가 높은 상관관계를 나타냈다. 역시 위와 같은 방법으로 탈수속도를 예측하였을 때 앞에서와 마찬가지로 여수도를 가지고 분석 것이 회귀계수가 가장 컸으며 R 값이 가장 큰 여수도를 중심으로 인자들을 조합 했을 때 WCT와 조합한 경우의 회귀계수가 가장 높았다. 따라서 탈수 속도의 주된 인자는 여수도로써 여수도로만으로도 충분히 예측이 가능하나 여기에 WCT를 함께 할 경

우 더 우수한 예측치가 될 수 있음을 볼 수 있었다.

인장강도를 분석하였을 때 이들 중에서 WCT를 가지고 한 것이 상관관계가 가장 컸다. WCT에 여수도나 섬유장을 조합하여 분석하면 더 우수한 회귀계수를 구할 수 있었다.

3.3.2 인열 및 파열강도 분석 - 혼합지료

인열강도는 일반적으로 섬유장에 가장 큰 영향을 받는다고 알고 있다. Table 8에서 역시 예상대로 섬유장만으로도 인열강도를 훌륭하게 예측할 수 있었고 여기에 WCT를 조합하면 더 우수한 회귀계수를 가짐을 볼 수 있었다.

파열강도를 분석하였을 때 이들 중에서 WCT를 가지고 한 것이 상관관계가 가장 컸고 R값이 가장 큰 WCT를 중심으로 다른 인자들과 조합한 경우 섬유장과 조합했을 때 상관계수가 가장 높았다.

Table 7. The result of regression analysis about density, drainage, and breaking length by using selected factors (WCT, WRV, Fiber length, Freeness)

	Density			Drainage			Breaking length		
	R	R ²	F-value	R	R ²	F-value	R	R ²	F-value
WCT	0.705	0.496	17.5	0.825	0.680	37.7	0.824	0.679	32.4
WRV	0.726	0.527	82.5	0.520	0.270	27.4	0.813	0.661	144.1
Fiber length(FL)	0.647	0.419	26.3	0.464	0.215	10.0	0.511	0.261	12.9
Freeness (CSF)	0.227	0.052	4.0	0.940	0.884	566.3	0.092	0.009	0.6
WCTxFL	0.907	0.823	53.4	0.923	0.852	66.1	0.918	0.842	61.4
WCTxCSF	0.717	0.514	14.7	0.981	0.962	352.0	0.892	0.796	54.6
WCTxFLxCSF	0.963	0.932	133.3	0.972	0.945	167.2	0.918	0.843	52.1

R : Regression Coefficient
Pulp fibers : Sw-BKP, Hw-BKP, KOCC, BCTMP

Table 8. The result of regression analysis about tear and burst strength by using selected factors (WCT, WRV, Fiber length, Freeness)

	Tear St.			Burst St.		
	R	R ²	F-value	R	R ²	F-value
WCT	0.193	0.037	0.7	0.753	0.566	23.2
WRV	0.136	0.019	1.4	0.687	0.473	66.3
Fiber length(FL)	0.843	0.716	89.5	0.635	0.403	24.6
Freeness (CSF)	0.394	0.155	13.6	0.072	0.005	0.4
WCTxFL	0.863	0.774	33.4	0.941	0.885	88.7
WCTxCSF	0.580	0.337	7.1	0.908	0.825	65.8
WCTxFLxCSF	0.878	0.772	32.8	0.941	0.886	75.2

R : Regression Coefficient
Pulp fibers : Sw-BKP, Hw-BKP, KOCC, BCTMP

3.4 단일지료와 혼합지료들의 특성과 물성의 회귀계수 비교

Fig. 2는 WCT와 WRV, 여수도 (CSF), 섬유장 (Fiber length) 과의 상호관계를 회귀계수로 나타내었다. WCT는 분명히 WRV와 가장 가까운 관계를 유지하고 있었으며, 섬유장과는 관계가 가장 적었다. 따라서 WRV를 대체하여 사용할 수 있는 인자로 가장 유망하다 할 수 있을 것이다.

Fig. 3과 Fig. 4는 단일지료들 전체와, 단일지료와 혼합지료를 합한 모든 지료에서 WCT, WRV, 섬유장, 여수도 값을 가지고 밀도, 탈수도 및 기타 물성을 예측했을 때 상관계수 R값을 각각 비교한 그래프들이다. Fig. 3을 보면 단일지료의 예측에 있어 밀도는 WRV, WCT가 가장 예측치가 컸으며, 탈수속도에 있어서는 여수도와 WCT가 가장 예측을 잘 하였으며, 인장강도는 WCT와 WRV가 가장 잘 예측했고, 파열강도의 경우는 WCT가 가장 회귀계수가 높았으며 다음으로 WRV가 회귀계수가 높았고 인열강도에 있어서는 섬유장으로 예측했을 때 가장 높은 회귀계수 결과를 가져왔다.

Fig. 4에서와 같이 단일지료와 혼합지료를 망라한 전체지료에 있어선 단일지료와 마찬가지로 밀도에는 WRV와 WCT, 탈수도에는 여수도와 WCT, 인장강도는 WRV와 WCT, 파열강도는 WCT와 WRV, 인열강도는 섬유장이 가장 좋은 예측 결과

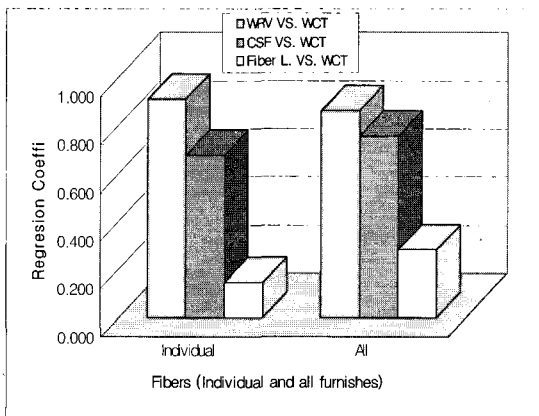


Fig. 2. Relationship between WCT and WRV, CSF, and Fiber length in regression coefficients.

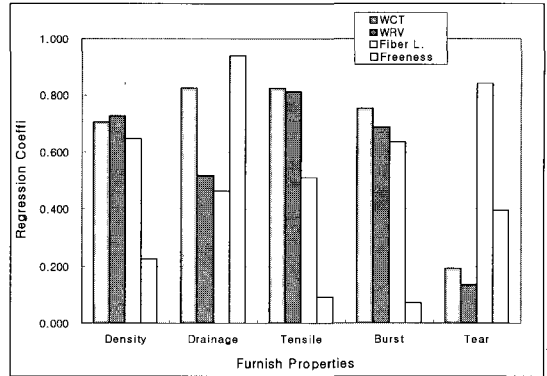


Fig. 3. Regression coefficients of individual fiber furnishes by four factors (WCT, WRV, Fiber length, CSF).

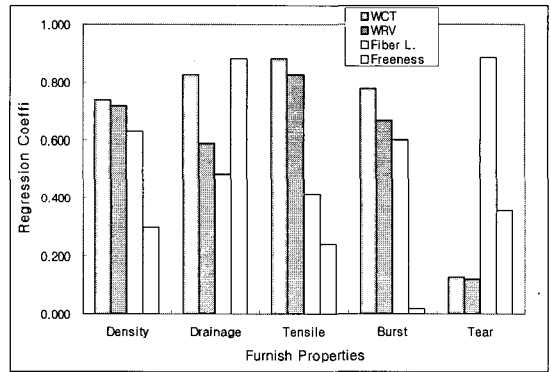


Fig. 4. Regression coefficients of all furnishes by four factors (WCT, WRV, Fiber length, CSF).

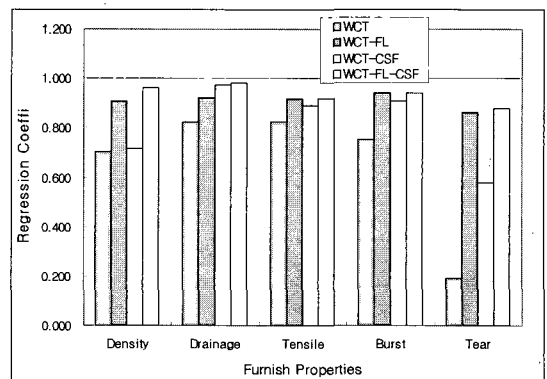


Fig. 5. Effects of combination of factors (WCT, Fiber length, freeness) on regression coefficients in all furnishes.

를 보여주었다.

Fig. 5는 전체지료에 있어서 WCT가 단독으로 분석하는 밀도, 탈수도 및 기타물성과의 회귀관계와 WCT와 섬유장을 같이 사용한 경우 (WCT/FL), WCT와 여수도를 같이 사용한 경우 (WCT/CSF), WCT와 섬유장, 여수도를 같이 사용한 경우 (WCT/FL/CSF)를 보여준다. 그림에서 보면, 가장 factor 수가 많은 WCT/FL/CSF 경우가 항상 가장 높은 회귀계수를 보이긴 하지만 WCT/FL 도 여수도의 측정없이 WCT/FL/CSF와 매우 가까운 회귀계수 값을 나타내었다. 따라서 on-line 측정값으로 WCT와 섬유장 값을 빠른 시간내에 측정할 수 있다면, 그 지료의 탈수성과 밀도, 강도 값을 신뢰성있게 예측할 수 있음을 본 그림은 보이고 있다. 특히 중요한 것은 Fig. 5의 회귀계수 값들은 표백화학펄프 (SwBKP, HwBKP)와 기계펄프 (BCTMP), 고지펄프 (KOCC)를 망라한 지료들이며, 각각 고해정도를 서로 다르게 여러 수준으로 실시한 지료들이며, 서로 섞어서 사용한 지료들도 함께 분석된 지료들에 대한 값들이라는 점이다. 그러한 점에서 본 분석의 신뢰도는 높아질 수밖에 없다.

4. 결론

WCT를 서로 다른 수준들로 고해한 표백화학펄프, 고지펄프 (OCC), 기계펄프 (BCTMP)에 적용하였으며, 각각의 지료들에 대해서, 또 이들을 서로 혼합한 혼합지료에 모두 적용한 결과 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. WCT는 단일지료에 있어서 탈수도 및 밀도, 인장, 인열, 파열강도의 예측에 있어 WRV, 여수도, 섬유장 보다 훨씬 우수한 회귀계수를 나타내었다.
2. WCT는 혼합지료에서도 밀도, 탈수도 및 기타물성의 예측에 있어 WRV, 여수도, 섬유장에 비해 우수한 회귀계수를 나타내었다.
3. WCT는 WRV에 비해 밀도에 있어서는 대등한 우수한 회귀계수를 나타내었으나 탈수도, 인장, 인열, 파열강도에 있어서는 WCT가 훨씬 우수한 상관계수를 나타내었다.
4. 탈수속도 예측에 있어서는 여수도가, 인열강

도에서는 섬유장이 단독으로 매우 높은 상관계수를 나타내었다. 여기에 WCT를 조합하여 예측했을 때 더욱 우수한 예측 결과를 부여하였다.

5. On-line 적용이 가능한 WCT는 섬유의 특성과 생산된 종이의 품질을 예측하는데 우수한 성능을 발휘하였으며, 앞으로 새로운 섬유의 특성지로 자리잡게 될 것을 기대한다.

인용문헌

1. Robertson, A. A., Pulp and Paper Mag. Can. 65 (3):T161 (1964).
2. Page, D. H., Sargent, J. W., and Nelson, R., In "Transaction of the Cambridge Symposium," 1965 (F. Bolam, Ed), p. 313 Tech. Section of the British Paper and Boardmakers' Assoc., London, 1966
3. Page D.H., El Hosseiny, F., Winkler, K. and Lancaster, A.P.S., Mechanical Properties of Single Wood Fibers Part V Elastic Modulus, Tappi J., 60(4):114-117 (1977).
4. Hartler, N. and Nyren, J., Transverse Compressibility of Pulp Fibers. II. Influence of cooking method, Yield, Beating and Drying, Tappi J., 60(4):114-117 (1977).
5. Paavilainen, L., Conformability-Flexibility and Collapsibility- of Sulphate, Pulp paper Can., 83(2), T37-T41 (1982).
6. Steadman, R. and Luner, P., "The effect of wet fiber flexibility on sheet apparent density" in Papermaking Raw Materials Trans. Eighth Fundamental Research Symposium, Vol 1, p. 311-337, 1985.
7. Jones, R. L., "An investigation of the effect of fiber structural properties on the compression response of fibrous beds." Doctor's Dissertation. Appleton, Wis., The Institute of Paper Chemistry, 1962; Tappi 46, No. 1:20 (1963).
8. Seborg, C. O., Simmonds, F. A. and Baird, P. K., Paper Trade J. 109(8):35-42 (1939).
9. Seborg, C. O., Simmonds, F. A., Paper Trade J. 113(7):49-50 (1941).
10. Seborg, C. O., Simmonds, F. A., Paper Trade J. 125(15):63-67 (1947).
11. Dadswil, H. E. and Watson, A. J., Symposium on Formation and Structure of Paper, Oxford, End., Sept. 25-29 (1961).

12. Stone, J. E., Scallan, A. M., and Abrahamson, B., Influence of beating on cell wall swelling and inter fibrillation. *Svensk Papperstidn.* 19(10):687-694 (1968).
13. Stone, J. E and Scallan, A. M., The effect of common removal upon the porous structure of the cell wall of wood. II Swelling in water and the fiber saturation point. *Tappi J.* 50(10):496-501 (1967).
14. Wahlstrom, P. B., The effect of water in the fiber wall in wet pressing. 44th Appita Annual General Conference, New Zealand, pp.A21.1-A21.24 (1990).
15. 제지 과학, 이학래 외 6명 (1996).
16. 서영범, “섬유특성과 지료조성 공정에 의한 종이 특성의 변화-섬유의 특성” 한국펄프제지공학회, 제1회 제지기술자 교육(2001), pp 5-145.
17. Seo, Y.B., Choi, C.H., Seo S.W., Lee, H.L., Shin, J.H., *Tappi J.*, 1(1): 8 (2002).
18. Seo, Y.B., Shin, Y.C., Jeon, Y., *Tappi J.*, 83(11):1 (2000).
19. Lee, J.H., Seo, Y.B., and Jeon Y., *J. of Korea TAPPI*, 32(1):10 (2000).
20. Lee, J.H., Seo, Y.B., Jeon, Y., Lee, H.L., and Shin, J.H., *J. of Korea TAPPI*, 32(2):1 (2000).
21. Lee, J.H., Seo, Y.B., Jeon Y., Lee, H.L., and Shin, J.H., *J. of Korea TAPPI*, 32(2):8 (2000).
22. Seo Y.B, Jeon. Y, Shin Y.C., Effect of mechanical impact treatment on fiber morphology and handsheet properties, *Appita Journal*. 55(11):8 (2002).