골板紙包裝 ⑧ 技術세미나

골板紙製造 新技術

韓國紙技工社
代表 金 舜 哲

골판지 제조 신기술

1. 머리말
2. 종이원료는 무엇으로 만들어지는가 ?
3. 펄프의 종류
(이상 통권 제2호 게재)
4. 종이의 제조
(이상 통권 제3호 게재)
5. 종이의 Formation과 물성
(이상 통권 제4호 게재)
6. 원지는 어떻게 사용해야 하는가
(이상 통권 제5호 게재)
7. 골판지(Corrugated Fiberboard)의 제조
(이상 통권 제6호 게재)
8. 양면기(Double Facer)
(이상 통권 제7호 게재)
9. 상자의 압축강도
(이상 8호 및 본호 계속)

9. 상자의 압축 강도

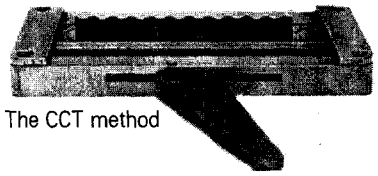
9-1. 상자의 압축강도란 ?

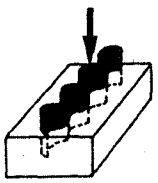
9-1-8. CCT(Concora Medium test)

시료는 형성된 골(Flute)에 적합한 Profile을 가진 Clipper에 꽂아 넣는다. Sample을 꽂을 때는 Lever를 왼쪽으로 밀고 Sample을 삽입한 다음 바른쪽으로 Lever를 가볍게 당겨 시료를 잡아준다. 그리고 그림의 화살표 방향으로 밀어 그 용력으로 표시된다.

이 CCT시험기는 널리 보급되지 못하여 대체로 CRT치로 환산 사용하고 있는데, 다음은 일본의 통산성 통산검사소가 여러차례 실험한 CCT와 CRT의 관계를 토대로 유도한 관계식이다.〔그림 1〕

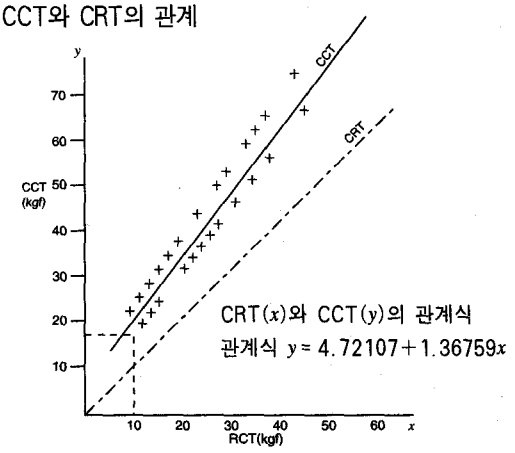
이 관계식에 따라 산출해보면 CRT가 20kg일때 CCT(y) = 4.74+1.367×20 = 7.454가 된다. 한편 이와





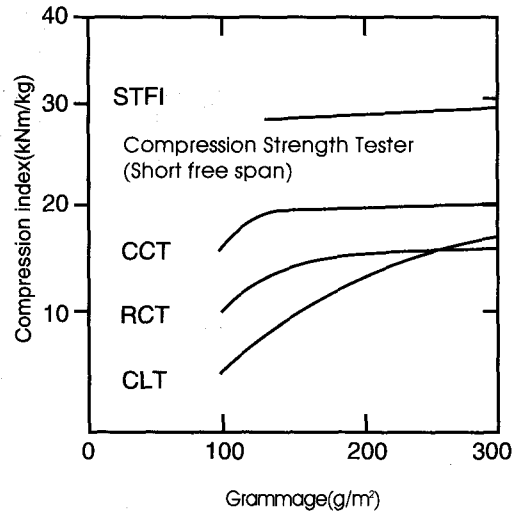
CCT-Corrugated Crush Test measures the edgewise compression strength of a laboratory-fluted strip of corrugating medium in the direction parallel to the fluted tips

〔그림 1〕 CCT와 CRT의 관계



같이 CRT와 관계되는 STFI, CCT, CLT 값의 조견도(早見圖)를 보면 아래 〔그림 2〕와 같다.(Sweden의 Lorentzen & Wettre회사 작성도)

〔그림 2〕



The compression index as a function of the grammage for the SCT, CCT, RCT and CLT tests.

9-1-9. 골판지 및 원지의 시험에 이용되는 시험법의 약자(略字)

ASTM - American Society for Testing and Materials
BCT - Box Compression Strength
CCT - Corrugated Crush Test, crushing pressure, lateral, in fluting
CD - Cross Direction
CLT - Concora Liner Test, crushing pressure in liner
CMT - Concora Medium Test, crush test, longitudinal, in fluting
CONCORA - Container Cooperation of America
ECS - Edgewise Compressive Strength, same as ECT
ECT - Edgewise Crush Test, in corrugated board
FCT - Flat Crush Test, in corrugated board
FPL - Forest Products Laboratory, Madison, Wis., USA
FEFCO - European Federation of Corrugated Board Manufacturers, Paris, France
MD - Machine Direction, see CD
PACKFORSK - Swedish Packaging Research Institute, Stockholm, Sweden
PAT - Pin Adhesion Test, glued Joint strength in corrugated board
PET - Puncture Energy Test
RCT - Ring Crush Test, crushing pressure, lateral, in liner
RH - Relative Humidity
RSB - Regular Slotted Box
SCT - Shortspan Compression Test, in liner and fluting
STFI - Swedish Pulp and Paper Research Institute, Stockholm, Sweden
SUW - Swedish Development Group for Corrugated Board
TAPPI - Technical Assoication of Pulp and Paper Industry, Atlanta, Ga., USA

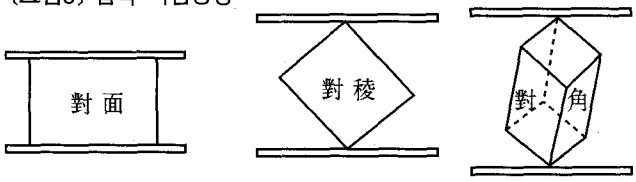
9-2. 상자의 압축강도 계산

9-2-1. 상자의 압축강도 측정방향

상자는 직각육면체이므로 그 압축강도의 측정방향은 天對地面, 對陵 , 對角 등의 방향을 생각할 수 있으나, 실용상으로 필요한 천대지면의 압강을 측정한다.

그리고 그 측정방법은 두가지로 생각할 수 있다.

〔그림3〕 압축 시험방향



한 가지는 실지로 상자의 내부에 내용물을 포장한 다음 다음의 공식으로 산출된 하중을 가한 후 즉시 압력을 제거하고 나서 내용물의 상태를 관찰하는 방법이다. 따라서 이때에 가할 압력은 다음의 산출식에 따른다.

$F = K \times (H - h)/h \times W$

F = 하중(N) [kgf]

K = 유통기간에 따른 계수로 유통기간이 1개월 이내면 2.0, 1~3개월이면 2.2, 3~6개월이면 2.5, 6개월 이상이면 3.0을 적용한다.

H = 유통시 최대로 적재한 높이(cm)

h = 시료(상자)의 높이(cm)

W = 시료의 총 질량(kg)

한가지 예로서 상자의 높이 h = 30cm, 최대적재높이 H = 300cm, 포장물과 포장상자의 질량 W = 30kg이며, 유통기간 K를 2개월이라고 가정한다면 이때의 압축강도 상자 가압력은 아래와 같이 결정된다.

$F = K \times (H-h)/h \times W = 2.2 \times (300 - 30)/30 \times 30 = 594kg$

다시 말하면 상자속에 포장물을 넣고 594kg을 가압한 후 해체하여 내용물의 변형이 없다면 이정도의 상자는 30kg×10단 적재로 2개월은 유통할 수 있는 안전한 내압력을 갖추고 있다고 본다.

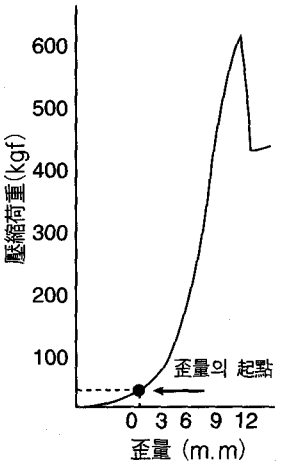
9-2-2. 상자의 압축강도 측정방법

다른 한가지의 방법은 상자에 일일이 물건을 포장해서 실험하는 번잡성을 제하고 골판지 상자만의 압축강도를 측정하는 방법이다. 이것도 일일이 상자를 만든다음 측정하는 번잡성을 피하기 위해서 골판지 자체의 강도를 측정하여 상자의 압축강도를 산출하는 방법이 보다 많이 활용되고 있으며, 이렇게 환산한 압축강도가 실지 상자의 압축강도를 측정한 값과 크게 차이가 없어 골판지 상자의 실용화에 큰 기여를 하고 있다. 그러나 이런 계산치는 모든 종류의 상자에 이런 이론계산이 통용되는 것은 아니고 0201(RSC), 0410(Wrap Around), 0601(Bliss Box)등에 한하여 적용되지만, 대부분의 상자가 이 종류에 해당되어 큰 불편은 없다.

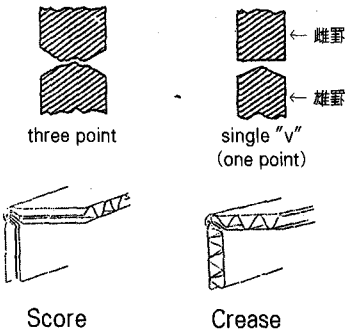
직접 골판지상자에 압력을 가해 압축강도를 측정할 때는 가압하중(Stress)에 따라 변형(Strain)이 일어나는데, 이때의 변형이 급작히 진행하는 소위 항복점 직전까지를 최대의 耐壓力으로 보고 있다.

그런데 여기에서 한가지 참고해야 할 것은 상자에 최초로 하중을 가할때 그림에서와 같이 많은 Strain이 발생하는데, 이것은 항복점의 현상이 아니고 상자의 Score, Crease, 내외 Flap의 겹침등에서 발생되는 초기 Strain이므로 S/W에서는 최초 20kg, D/W에서는 40kg의 최초하중이 가해졌을 때를 Strain 0점으로 출발하고 있다.

〔그림 4〕 荷重과 歪量의 관계



〔그림 5〕 괘형과 괘선



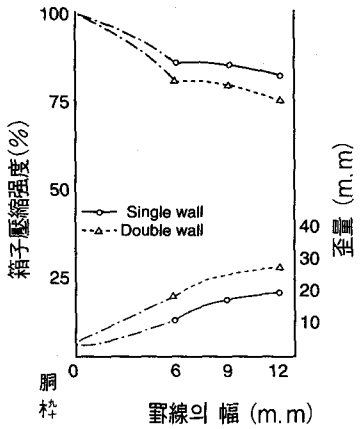
예를 들면 〔그림 5〕에서처럼 최초가압의 경우는 상자의 Score, Crease점이 압력에 따른 자리를 잡게 됨으로 Strain이 빨리 진행되나, 이것이 내압의 한계점을 지난 것이 아니기 때문이다. 이런 초기의 Strain의 진행량은 Crease 쪽보다 Score 쪽이 큰 영향을 준다. 그리고 Crease나 Score의 Profile, 괘선의 폭, 괘선의 작업방법에 따라 영향되지만 그중에서도 괘선의 폭에 크게 영향한다.

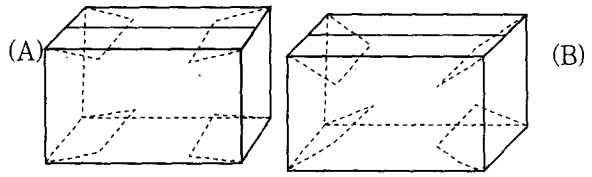
다음의 그림은 S/W, D/W 상자의 괘선폭에 따른 상자동체의 Stress - Strain 관계도이다. 그래서 괘선이 없는 원형의 동체는 Crease가 들어간 사각상자의 압강보다 대체로 20~30%가 높은 압강을 유지한다.

뿐만아니라 내외의 Flap와 Warp등도 압강에 영향을 준다. 실지로 상자를 조립하면 (A)와 같이 내부 Flap가 약간 처지지만 가압을 하게 되면 (B)처럼 내측 Flap가 상당히 아래로 처져서 압강에 영향한다.

그래서 상자자체의 압강을 측정할 때는 적당한 Attachment을 이용하여 상하의 내외부 Flap을 고정시킨 다음 측

〔그림 6〕 罫線의 폭과 Strain





조립할 때의 Flap상태　　상자를 가압할 때의 Flap 거동

정할 필요가 있다. 그리고 Sheet가 Warp 상태에서 만들어진 상자가 내측으로 볼록해지면 압강을 개선시키지만, 바깥쪽으로 볼록해지면 압강이 크게 내려간다.

그런데 상자가 어떤 힘을 받아 변형되기 시작하는 것은 비단, 적재시에 발생하는 외부압력 뿐이 아니라 아래 그림과 같이 상자 내용물이 일으키는 내부압(Internal Load)과 외부압(External Load) 그리고 내외부압이 함께 작용하는 경우 등으로 생각할 수 있으므로 최초의 응력파괴점은 반드시 외부압력에 의해서만 발생한다고 생각할 수 없다.

T. S Fox에 의하면 이 최초의 응력파괴는 우리가 절대요인으로 생각하는 라이너의 RC값이나 파열강도에만 기인하지 않고 오히려 포장과정에서 발생하는 내부압에 의한다는 사실이다.

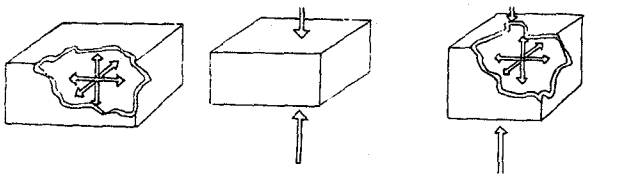
환언하면 내압응력의 최초파괴를 일으킬 수 있는 상자의 변형은 포장과정에서 먼저 발생하고 있음으로 포장작업에 특별한 주의가 요한다는 것이다. 그리고 내용물에 따라 각기 다른 내압력을 발생한다는 점도 먼저 파악해야 할 일인데 이 내용압력은 均等內壓(Uniform Load), 下側集中壓(Ramp Foad), 點集中壓(Point Load)등으로 편의상 나누어 생각할 수 있다.

• 균등내압(Uniform Load) : 이것은 纖維나 직물처럼 비교적 가벼운 것을 과다량 포장할때 상자내부에서 외벽측으로 균등하게 밀어내는 힘으로 볼 수 있다.

• 하측집중압(Ramp Load) : 우유나 합성수지액과 같은 것을 상자에 포장할 때를 가정하여 보면 그 내용물은 상자의 하측외벽에 많은 내압을 일으킬 것이며 심할때는 상측외벽에는 전혀 내압을 일으키지 않을 것이다.

• 점집중압(Point Load) : 통조림이나 기계부품처럼 어느 부분만이 돌출된 물건을 포장하게 되면 상자벽의 어느 부분에 點狀 접촉을 일으키게 됨으로 이를 포인트 내벽이라 부른다.

〔그림 7〕



內部壓의 發生時　　外部壓의 發生時　　內·外部壓의 發生時

9-2-3. 간편하게 이용되는 상자의 압축강도(BCT) 계산법

현재 일반적으로 이용되고 있는 RSC상자의 압강계산식에는 다음과 같은 것들이 있다.

① Kellicutt
② Maltenhold
③ Mckee
④ Wolf
⑤ Modern Application Inc. 의 早見表

등이 이용되고 있는데 모든 계산공식은 상자의 압강을 좌우하는 전요소를 갖추고 있지는 않다.

예를 들면 Kellicutt의 공식은 비교적 많은 요인을 구비하고 있으나, 상자의 높이에 관한 것이 없다. 다음에 각 계산공식의 내용과 그에 따른 대표적인 계산치를 산출비교하여 보자. 단 다음과 같은 상자의 크기와 원지 배합을 전제로 한다.

상자의 크기　360×300×250mm(14.1×11.8×9.8iN)
Flute　A-Flute 1.6(Take up Ratio)
원지의 물성　liner RC 25kg
　골심지 RC 15kg
골판지의 두께　AF = 5mm

ECT/IN = (L₁RC+ αMRC+L₂RC)÷6×1.2(여기에서 1.2배는 JIS×1.2 = USA때문)

CLT/kgf = 3.423 + 0.0005827×CRT$^{2.748}$

❶ Kellicutt

$BCT = P\times\left[\frac{d\times 2^2}{(Z/4)^2}\right]^{\frac{1}{3}}$ J.Z인데 여기에서

BCT = 상자의 압강(Lbs)

PX = 사용원지 IN당 총 RC값(Lb)

= [L₁RC + α(A/F=1.6)×MRC+L₂RC] ÷ 6

Z = 상자의 주변길이(IN)

d×2 = Flute의 상수로서 A/F=8.36, B/F=5.00, C/F = 6.10, AB/F = 13.36

J = Box의 상수 A/F = 0.59, B/F = 0.68, C/F = 0.68, AB/F = 0.55

Kellicutt식은 이상과 같이 복잡하지만 상자의 크기, 사용원지의 RC, 그리고 원단의 Flute種만이 변수이고 나머지는 모두 상수가 되어 다음과 같이 간략할 수 있다.

$BCT = P\times\left[\frac{d\times 2^2}{(Z/4)^2}\right]^{\frac{1}{3}}\times JZ$에서 $\left[\frac{d\times 2^2}{(Z/4)^2}\right]^{\frac{1}{3}}\times JZ = F$

로 대입하면

BCT = PX · F로 간략된다.

그래서 다음 Kellicutt F값 표중에서 주변장 Z에 따른 F값을 구하여 BCT를 계산해본다면

PX = L₁CRT + α · M · CRT + L₂CRT

= 25+1.6×15+25=74kg/61N=12.3kg/IN

F = 주변장은 (36cm + 30cm)× 2 = 132cm

그런데 table에서 130cm A/F값은 22.7임으로 22.7 × 132/130 = 23

따라서 BCT = PX × F = 12.3 × 23 = 282.9kgf로 실지 계산치 280kgf와 일치된다.(Lbs로 보면 616Lb)

❷ Maltenhold 식

A/F BCT = 5.8 × 長 + 12 × 幅 - 2.1 × 高 + 6.5 × CLT + 365

= 5.8 × 14.1 IN + 12 × 11.8 IN - 2.1× 9.8 IN + 6.5 × CLT + 3

그런데 CLT = 3.423 + 0.0005827 × 평균 RCT$^{2.748}$임으로

〔표 1〕 Kellicutt F식

F / Z(cm)	Flute AB-F	A-F	B-F
70	23.6	18.5	15.1
80	24.7	19.3	15.8
90	25.7	20.1	16.5
100	26.6	20.8	17.0
110	27.4	21.5	17.6
120	28.2	22.1	18.1
130	29.0	22.7	18.6
140	29.7	23.3	19.1
150	30.4	23.8	19.5
160	31.1	24.4	19.9
170	31.7	24.9	20.3
180	32.3	25.3	20.7
190	32.9	25.8	21.1
200	33.5	26.2	21.5
210	34.0	26.7	21.8
220	34.6	27.1	22.2
230	35.1	27.5	22.5
240	35.6	27.9	22.8
250	36.1	28.3	23.1
260	36.5	28.6	23.4
270	37.0	29.0	23.7
280	37.5	29.4	24.0
290	37.9	29.7	24.3
300	38.3	30.0	24.6

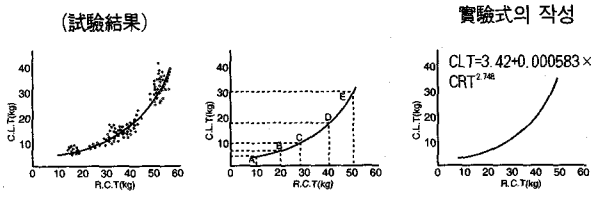
CLT = 3.423 + 0.0005827 × $(25)^{2.748}$ = 7.4kg/IN = 16.4 Lb/IN 따라서

5.8 × 14.1 + 12 × 11.8 - 2.1 × 9.8 + 6.5 × 16.4 + 365 = 674.4 Lbs

그래서 Kellicutt의 계산치 616Lb보다 약 10%정도 높다.

단, 여기에서 인용한 CRT값으로 CLT를 산출하는 공식 CLT = 3.423 + 0.0005827 × $(RCT)^{2.748}$은 〔그림 8〕의 실험결과에서 유도한 것이다.

〔그림 8〕 RCT와 CLT의 相關性



❸ Mckee 식의 응용

$BCT = 5.87 \times Pm \times Z^{0.49} \times h^{0.508}$

여기에서 BCT = Box압축강도(Lb)

Pm = 원단의 ECT (Lb/IN)

h = 원단의 두께(IN)

Z = 상자의 주변장(IN) 그런데 Sheet의 ECT는 구성원지의 RC로서 다음과 같이 구할 수 있다. ECT /USA = 1.2 × Σliner RCT(CD)+Σ α Medium RCT (여기에서 1.2를 곱한 것은 일반적으로 USA ECT용 Sample은 원지 RCT보다 20% 높기 때문)

따라서 ECT = (1.2 × 25 + 15 × 1.6 + 25)÷6 IN = 14.8 kgf/IN = 32.56Lbs/IN

상자의 주변장 = (360 + 300km) × 2 ÷ 25.4 = 52 IN

그래서 $BCT = 5.87 \times 32.56\sqrt{52} \cdot \sqrt{0.19}$ (5mm A/F 두께 ≒ 0.19 IN)

= 5.87×32.56×7.2×0.43 = 591 Lb로서 Kellicutt 對比 4.6% 낮은 값.

❹ Wolf 공식

$BCT = \{5.2426\ F\sqrt{Z}(0.3228A - 0.1217A^2 + 1)\}/D^{0.041}$

여기에서 F는 상수

$F = \sqrt{h} \cdot E$	0.435×32.56 = 14.16
h = Sheet 두께 (IN)	0.196″
E = ECT (Lb/IN)	32.56 Lb/IN(Mckee 식에서 참조)
A = 장폭비 (IN)	1.2
Z = 주변장(IN)	52″ 따라서 $\sqrt{Z}$ = 7.2
D = 상자높이 (IN)	9.8 IN

이것을 계산하면 BCT = 586Lb로서 Kellicutt계산식 대비 94.2%의 압강

이상의 네가지 다른 공식을 이용해서 주어진 동일 Sample의 상자압강을 계산하여 보았는데 이것들을 비교하여 보면 〔표 2〕와 같이 큰 차가 없다.

❺ Modern Application 조견표

다음 Table은 Modern Application Inc. 社가 만든 A형 S/W상자의 압강을 파강과 주변장만으로 압강을 찾아내는 Table인바 원지의 RC, ECT 강도 등을 도외시하여 다소의 차이는 있으나, 대략의 압강산출에 응용된다. 단, 호내의 수치는 kg/cm²이며 상자의 장폭고 비에 따라 〔표 3〕, 〔표 4〕, 〔표 5〕의 계수로 보정한다.

❻ Mckee는 RSB(Regular Slotled Box)의 BCT를 다음과 같이 산출하고 있다.(Mckee식의 또 다른 하나)

$BCT(Box\ Crust\ Test) = K_1 \times ECT^{0.75} \times SB^{0.25} \times Z^{0.5}$

또는 $BCT = K_2 \times ECT \times T^{0.5} \times Z^{0.5}$

〔표 2〕

Kellicutt	Maltenhold	Mckee	Wolf
616Lb	674Lb	591Lb	586Lb
100%	1.09%	95.9%	95.1%

〔표 3〕 *( )는 kg/cm²임

週邊長 (in)	破裂强度(lbs/in²) 125(8.8)	175(12)	200(14)	275(19.3)	350(24)
20	273	483	524	650	745
21	279	495	537	666	762
22	286	506	550	682	781
23	292	518	562	697	798
24	299	529	575	713	817
25	306	541	588	729	835
26	312	552	600	744	852
27	319	564	613	760	871
28	325	575	626	776	888
29	332	588	638	791	900
30	338	598	650	806	922
31	344	608	661	820	940
32	350	619	672	834	956
33	355	629	684	849	972
34	362	641	696	863	988
35	368	651	707	877	1004
36	374	661	719	891	1021
37	380	672	730	925	1037
38	385	681	741	919	1051
39	391	691	751	932	1066
40	396	700	765	949	1081
41	401	711	773	958	1097
42	407	721	783	971	1112
43	413	730	794	984	1127
44	419	741	805	998	1143
45	424	750	815	1011	1158
46	429	760	826	1024	1173
47	436	771	837	1038	1189
48	440	780	848	1051	1204
49	446	789	858	1064	1218
50	452	800	868	1076	1233
51	457	808	875	1089	1248
52	462	818	889	1103	1263
53	468	827	899	1116	1277

〔표 4〕 *( )는 kg/cm²임

週邊長 (in)	破裂强度(lbs/in²) 125(8.8)	175(12)	200(14)	275(19.3)	350(24)
54	474	837	910	1128	1291
55	478	846	920	1141	1306
56	484	856	930	1165	1321
57	489	866	941	1178	1336
58	495	875	951	1190	1350
59	499	883	960	1202	1364
60	504	892	972	1213	1377
61	509	900	979	1225	1389
62	514	909	988	1236	1403
63	519	918	997	1248	1416
64	523	926	1006	1259	1429
65	528	934	1015	1271	1442
66	532	943	1025	1282	1455
67	537	950	1033	1293	1466
68	542	958	1041	1302	1478
69	545	965	1049	1312	1489
70	550	974	1057	1323	1501
71	554	980	1065	1332	1512
72	558	986	1072	1341	1521
73	561	992	1079	1349	1532
74	565	998	1086	1358	1541
75	568	1005	1093	1366	1551
76	572	1012	1099	1374	1562
77	575	1018	1106	1383	1570
78	578	1025	1113	1392	1581
79	582	1030	1120	1401	1590
80	585	1036	1126	1408	1599
81	589	1041	1132	1415	1607
82	591	1047	1137	1421	1615
83	595	1051	1143	1429	1623
84	597	1056	1148	1435	1630
85	599	1060	1152	1440	1636
86	603	1065	1158	1448	1645
87	605	1070	1163	1454	1651
88	607	1074	1167	1459	1657
89	610	1078	1172	1465	1664

〔표 5〕 *( )는 kg/cm²임

週邊長 (in)	破裂强度(lbs/in²) 125(8.8)	175(12)	200(14)	275(19.3)	350(24)
90	612	1082	1176	1471	1671
91	614	1086	1180	1474	1676
92	615	1089	1183	1479	1680
93	618	1091	1187	1484	1685
94	619	1095	1190	1487	1691
95	621	1098	1194	1492	1695
96	622	1101	1196	1495	1699
97	623	1103	1198	1497	1702
98	624	1104	1201	1501	1704
99	626	1106	1203	1503	1708
100	627	1109	1205	1507	1711
101	628	1111	1208	1509	1715
102	629	1113	1210	1511	1718
103	630	1116	1212	1515	1722
104	631	1118	1214	1517	1725
105	633	1119	1217	1520	1727
106	634	1121	1219	1523	1731
107	635	1124	1221	1526	1734
108	636	1126	1224	1528	1738
109	637	1128	1226	1532	1741
110	638	1130	1228	1534	1745
111	639	1132	1231	1538	1747
112	641	1134	1233	1540	1750
113	642	1136	1235	1543	1754
114	644	1139	1237	1546	1757
115	645	1141	1240	1549	1761
116	646	1143	1242	1551	1764
117	647	1144	1244	1555	1766
118	649	1147	1247	1557	1770
119	650	1149	1249	1561	1773
120	651	1151	1251	1563	1777
121	652	1153	1254	1566	1780
122	653	1156	1256	1569	1784
123	654	1157	1258	1572	1786
124	656	1159	1260	1574	1789
125	657	1162	1263	1578	1793

〔표 6〕 장(L), 폭(W), 고(H)의 관계계수

0.87	1.06	1.00	1.00
L≥H	L〉H	L≤H	H〉L
H〉1.5W	W〉1.5H	W·H가 서로 1.5배 이하일때	

여기에서 ECT = KN/M

SbMD = Machine direction bending stiffness

SbCD = Cross direction bending Stiffness Nm

$$Sb = \sqrt{SbMD \times SbCD}$$

Z = Box의 주변장 Inch

T = 두께 그러나 bending Stiffness Tester의 보급이 없어 이용하는 실효성이 없다.

❼ FPPRI(Finish Pulp & Paper Research Institute)는 다음식으로 ECT를 구하고 그 ECT로서 BCT를 계산하고 있다.(그림 9 참조)

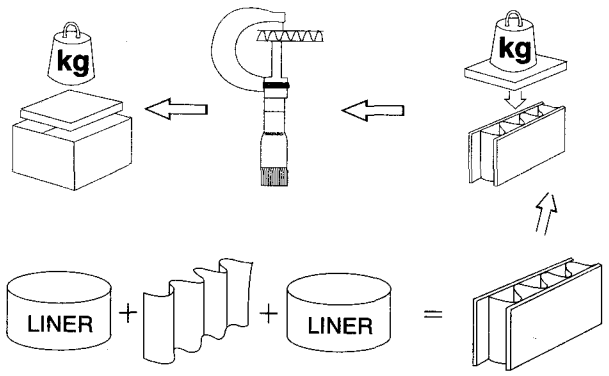
$$BCT = 1.5 \times ECT^{0.57} \times Cal^{0.87}(\text{두께}) \times (L \times W)^{0.47}$$

여기에서 $ECT = RCTL_1 + 1.6\ CCT_{Medium} + RCTL_2$

9-2-4. Sample의 수분은 RCT에 크게 영향한다.

수분은 파강에는 크게 영향하지 않지만 Tensile Stiff

〔그림 9〕



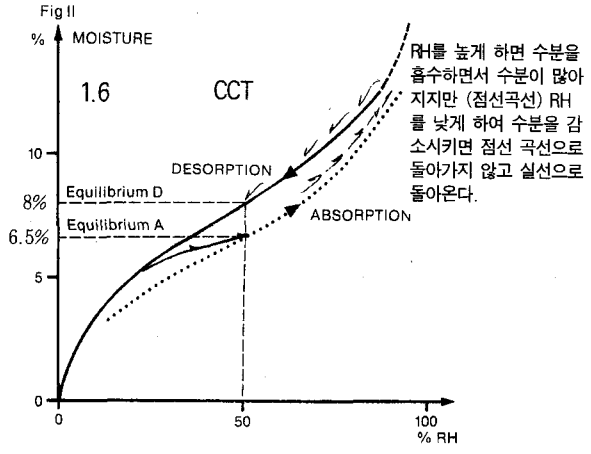
ness, Bending Stiffness압축강도등에는 크게 영향하는데 압축강도의 경우 1%의 수분차는 8%의 압강을 좌우한다. 그리고 종이는 한번 건조했다가 재가습할 경우 쉽게 평형점이 재현되지 않는다.

예를 들면 표준상태인 23℃, 50%RH의 평형점을 유지코자 할 때, 온도는 23℃로 고정해 놓고 RH 65%에서 50%로 하강건조할때와 RH 30%에서 50%로 상승 가습할때, 종이의 평형곡선은 다음 그림과 같은 차를 일으킨다. 이것을 종이의 Hysteresis현상이라고 하는데 이때의 수분차는 1.5%정도나 된다. 다시 말하면 흡습 Curve는 재현성이 좋으나, 탈수 Curve는 그 저항이 높다. 그래서 시료를 조습할때는 비교시료를 함께 50%RH이하로 건조했다가 가습해서 50% RH로 조절해야 한다.

이렇게 하지 않을 경우 1.5%의 수분차가 발생하여 8~12%의 압강측정오차를 일으킨다.

〔그림 10〕에서 수분이 10%인 Sample을 23℃ RH 50%

〔그림 10〕



조습실에 넣어두면 그 수분함율은 실선 Curve를 그리면서 수분이 감소하여 50%RH일때 약 8%의 함수평형점에 도달하지만 수분이 4%인 Sample을 동일 조습실에 두어도 50%RH에서 수분을 흡수하여 6.5%수분의 평행곡선을 갖는다. 조습실에서 수분을 흡수(Absorption)하느냐 탈수(Desorption)하느냐에 따라서 동일 RH이면서도 1.5%의 수분차를 갖게 된다. 그래서 동일한 수분을 갖게 하려면 일단 시료를 RH50%이하로 건조시킨 다음 50%로 흡습조정해야 한다.

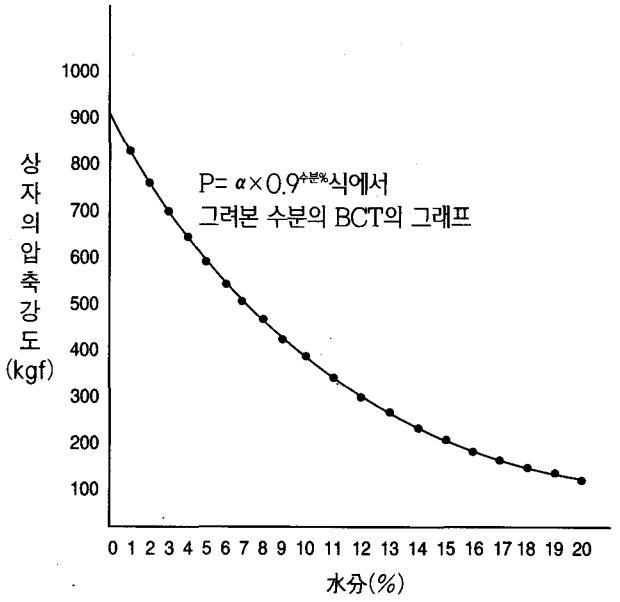
왜냐하면 수분함율이 다르면 다음식과 같이 상자의 BCT가 크게 영향되기 때문이다.

여기에서 P = 상자의 압축강도이며

α = 수분이 없는 절건시의 압축강도이며

X = 수분함율(%)이다.

예를 들어 수분이 13%일때의 BCT가 235kgf였다면 절건시의 BCT = α 는 얼마나 될까?

$P = \alpha \times 0.9^{13}$에서 $\alpha = P/0.9^{13}$ 따라서 α = 235/0.254 그래서 α = 925kgf 또, 8% 수분일 때는 $\alpha = P/0.98$에서 $P = \alpha \times 0.9^{8}$이므로 P = 925 × 0.43 = 397kgf가 된다. 이를 Graph로 표시하여 보면 다음 〔그림 11〕 같이 된다.

〔그림 11〕