

## 혼합고분자처리에 의한 골판지 원지 및 골판지의 물성변화

권기훈<sup>†</sup> · 임부국 · 박성배<sup>\*1</sup> · 양재경<sup>\*2</sup> · 장준복<sup>\*3</sup> · 이종윤

### Effect of Mixed Polymer Treatment on the Physical Property of the Corrugated Container Board

Ki-Hun Kwon<sup>†</sup>, Bu-Kug Lim, Sung-Bae Park<sup>\*1</sup>,  
Jae-Kyung Yang<sup>\*2</sup>, Jun-Bok Chang<sup>\*3</sup>, and Jong-Yoon Lee

#### ABSTRACT

This study was performed to investigate the application of mixed resins for corrugated container board. The corrugated container board yields a sandwich structure in which a linerboard material is glued to a corrugated medium. Now, manufacturing corrugated container boards don't provide sufficient strength, and result in box failure during shipping. Therefore improvement of box strength is necessary. In this study, we intend to improve box strength by improving corrugated medium strength with mixed resins and to find the optimum treatment condition of this resins. First, we tried to mixed resins as Starch+CMC, Starch+Urea, CMC+Urea, second, investigated to applicability of this resins for corrugated medium, and the third, measured tensile index, burst index, and edgewise compression index on liner, medium paper, and single faced corrugated container board. In these test results, we obtained that the improvement ratios of tensile index in liner and medium paper were approximately 80~185%, 60~118%, respectively. The improvement ratios of burst index in liner and medium paper were approximately 16~95%, 73~142%, respectively. The respecting improvement ratio of edgewise compression index in liner and medium paper were approximately 58~89%, 39~95%, respectively. The respecting improvement ratios of edgewise compression index of single faced corrugated container board was approximately 91~124%, relatively. In addition, we concluded that optimum condition in mixing ratio was 1:3 with CMC+ Urea and the application amounts was 9% on materials. For manufacture of corrugated container board, optimum condition in mixing ratio was 1:3 with 5% CMC+ Urea, because of considering to improvement of strength on cost.

\* 경북대학교 임산공학과(Department of Wood Science & Technology, Kyungpook National University, Taegu 702-701, Korea).

\* 1 경북대학교 농업과학기술연구소(Institute of agricultural science and technology Kyungpook National University, Taegu 702-701, Korea).

\* 2 경상대학교 산림과학부(Faculty of Forest Science, Gyeongsang National University, Chinju 660-701, Korea).

\* 3 중부대학교 생명자원학부(Faculty of Life Resources, Joongbu University, Kumsan 312-940, Korea).

† 주저자(Corresponding author): e-mail: z982237@lily0.kyungpook.ac.kr

## 1. 서론

국내에서 생산되는 대부분의 골판지는 강도적인 성능 면에서 수입골판지에 비해 인장강도 및 횡압축강도가 약 2/3와 1/2 수준에 지나지 않는다. 이러한 문제점을 해결하기 위하여 현장에서는 지력증강제를 사용하는데, 이때 건조지력 증강제 처리가 습윤지력 증강제보다 가격 면에서나 성능 면에서 우수하기 때문에 건조지력 증강제를 많이 사용하고 있다.<sup>1,2)</sup> 건조지력 증강제로 널리 사용되고 있는 PAM과 전분은 분자 내에 수산기나 산아미드기가 그들 스스로 혹은 셀룰로오스나 헤미셀룰로오스 분자 중의 수산기와 수소결합으로 인한 섬유간 수소결합 수 증가 때문에 종이의 건조강도를 증가시킨다고 볼 수 있다.<sup>3)</sup> 그러나 이러한 PAM계 지력증강제들은 골판지 섬유간 결합, 즉 수소결합의 수를 증가시켜 지력을 증가시키기 때문에 기존에 생산되는 골판지에 대하여 40% 이상의 강도증가를 기대할 수 없는 실정이다.<sup>4,5)</sup>

미국 등에서는 전분계 지력증강제가 95% 이상을 차지하며, 합성고분자가 약 4%, 기타 식물성 검류가 1%를 점하고 있다고 추정되고 있다. 또한 골판지 강도증가에 대한 연구는 1971년에 Thayer와 Thomas<sup>6)</sup>에 의해 시작되었다. 그들은 편면골판지에서 접착제의 실제적인 침투의 깊이를 측정하여, 접착제 침투정도에 따른 강도변화를 보고하였으며, 1990년에는 William이 전분접착제의 침투정도에 따른 라이너지의 강도증가에 대하여 보고하였다.<sup>7)</sup>

일본의 경우에는 폴리아크릴 아미드계 합성고분자가 건조지력 증강제의 주종을 이루고 있다. 골판지의 강도증가에 있어서 PAM(Polyacrylamide) 계열의 지력증강제를 사용하는 경우 dual polymer system으로서 (-)PAM이 약 2~3% 정도, (+)PAM 0.7% 정도의 수준으로 투입하고 있다.<sup>5)</sup> 국내업체들의 PAM사용에 따른 강도증가율을 0.5% 이내로 투입하여 10% 정도 성능발휘가 되는 반면, 일본의 경우 국내업체들이 첨가하는 양의 반만 첨가하더라도 15%의 성능발휘가 가능하다.<sup>5)</sup> 국내에서는 조<sup>1)</sup> 등에 의하여 골판지의 강도증가 및 개질변화에 관한 연구가 이루어지고 있으나 아직 미비한 실정이다. 고강도 골심지 제조를 위하여 대부분의 공장에서는 전분 혹은 변성전분의 일종인 산화전분을 사용하고 있다.<sup>2)</sup> 그러나 이러한

전분은 적당한 온도에서 물에 용해되며, 셀룰로오스보다 건조속도가 느려 초지기의 생산속도를 저하시키며, 미생물의 공격에 약하므로 현재 전분의 이러한 단점을 보완하기 위하여 전분의 개질을 유도하고 있으며, 다른 수지류나 충전제를 첨가하는 방법과 골판지의 구성을 이중으로 하여 강도를 증가시키는 것에 관한 연구가 이루어지고 있다. 먼저 전분계접착제와 합성수지 및 충전제를 첨가하는 방법을 살펴보면 전분계접착제에 합성고분자수지인 요소수지, 멜라민수지 등을 혼합하거나 충전제 및 강도증강제로 점토를 혼합하여 도포함으로써 골판지의 강도를 증가시키는 방법이 이미 개발되어 있다. 그리고 전분계접착제에 산화제를 첨가함으로써 접착제의 산화에 의한 골판지 접착강도 및 지력을 증가시키는 방법에 대하여서도 연구가 이루어지고 있다.<sup>2)</sup>

그러므로 본 연구에서는 이러한 연구결과를 바탕으로 현재의 생산라인에서 사용하고 있는 변성전분의 물성을 증대시키기 위하여 요소수지, CMC(Carboxymethyl cellulose)를 혼합하여 혼합고분자를 제조하였다. 그리고 골판지를 구성하는 라이너지, 골심원지와 A골 편면골판지에 도포하여 골판지의 강도를 좌우하는 인장강도, 파열강도, 횡압축강도 증가율을 검토하였으며, 변성전분에 대한 골판지 제조용 접착제의 대체가능성과 기존에 사용되고 있는 변성전분과 혼합한 고분자들의 충전효과를 검토하였다. 또한 본 연구에서 얻어진 결과를 바탕으로 고강도 골판지 제조와 실제적인 생산라인에서의 적용성을 검토하기 위한 기초자료를 제공하는 것이 본 연구의 목적이다.

## 2. 재료 및 방법

### 2.1 공시재료

본 연구에 사용된 골판지 제조용 라이너지(KA 등급, Daesea. Co. Ltd), 골심원지(B등급, Daesea. Co. Ltd) 및 A골 편면골판지(Daesea. Co. Ltd)를 300×300 mm의 크기로 재단하여 사용하였다.

### 2.2 사용접착제 및 혼합조건

본 연구에서는 현재 제조되고 있는 골판지의 물성을 개선하기 위하여 기존의 현장에서 사용되고 있는 변성전분, CMC(Carboxymethyl cellulose, Daiichi pure chemicals Co.) 또는 요소수지(고형분함량 58%, Dongjin Chemical Co.)를 일정비율로 혼합하여 사용하였다. 고분자 혼합은 Starch+CMC, Starch+Urea, CMC+Urea였으며 고형분 함량은 각각 5%였다. 각각의 혼합고분자의 혼합비는 Starch+CMC, Starch+Urea에 있어서 Starch를 기준으로 1:3의 비율이 되도록 CMC와 Urea를 각각 혼합하였으며, CMC+Urea의 경우에 있어서는 CMC를 기준으로 1:3의 비율이 되도록 혼합하였다. 제조된 혼합고분자의 도포량(Coating weight ratio)은 각각의 시료에 대하여 1, 3, 5, 7, 9%로 변화시켜 도포하였다.

### 2.3 혼합고분자 도포

혼합고분자는 킴프레셔와 스프레이건을 이용하여 각각의 시료에 도포되었다. 이때 킴프레셔의 압력은 30 kgf/cm<sup>2</sup>였으며, 동일압력하에서 도포되는 고분자의 양을 측정하여 시료에 도포되는 고분자의 양을 조절하였다. 도포되는 고분자의 양은 원지무게에 대한 백분율로 계산을 하였으며, 105 ± 0.5℃의 건조기에서 24시간 건조 후 평량하여 도포량을 측정하였다.

### 2.4 골판지의 물성 측정

혼합고분자처리에 의한 강도증가율을 측정하기 위하여 인장강도 측정<sup>1)</sup>은 시험편의 크기를 120 × 25 mm로 재단하여 tensile strength tester

(Housefiled test equipment Co. Ltd)를 사용하여 측정하였으며, 파열강도<sup>1)</sup>는 시험편을 직경 300 mm로 재단하여 Mullen typebursting tester(Dae-il. Co. Ltd.)로 측정하였다. 횡압축강도<sup>1)</sup>는 시험편의 크기를 152.4 × 12.7 mm로 재단한 다음, 만능강도시험기(Housefield test equipment Co. Ltd)를 사용하여 링크러쉬(ring crush)법으로 측정하였다.

## 3. 결과 및 고찰

### 3.1 라이너지, 골심원지, 편면골판지의 물리적 성질

본 연구에서는 D포장으로부터 제공받은 KA등급의 라이너지, B등급의 골심원지 그리고 A골 편면골판지의 인장강도, 파열강도, 횡압축강도를 측정하였으며 그 결과를 Table 1에 나타내었다.

국내에서 제조되고 있는 라이너지는 미표백 크라프트 펄프와 재생섬유를 일부 첨가하여 제조하며, 골심원지는 재생섬유와 무기물 성분을 20% 이상 첨가하여 제조하고 있다.<sup>2)</sup> 그러므로 라이너지의 강도는 골심원지보다 우수하다. 이렇게 제조되는 라이너지, 골심원지, A골 편면골판지에 대하여 한국 골판지 품질규격은 KA등급의 라이너지의 경우, 평량 210 g/m<sup>2</sup>, 파열강도 6.1 kgf/cm<sup>2</sup> 이상, 압축강도 29.4 kgf/cm<sup>2</sup> 이상, B등급의 골심원지의 경우, 평량 120 g/m<sup>2</sup>, 파열강도 2.0 kgf/cm<sup>2</sup> 이상, 압축강도 10.0 kgf/cm<sup>2</sup> 이상, A골 편면골판지의 경우, 압축강도가 29.7 kgf/cm<sup>2</sup> 이상으로 규정하고 있다.<sup>2)</sup> 본 연구에 사용된 라이너지, 골심원지, A골 편면골판지의 물성을 비교해 보면, Table 1에 나타난 바와 같이 라이너지, 골심원지는 평량이 약간 낮으나, 인장강

**Table 1. Mechanical properties of liner, medium paper, and single faced corrugated container board**

Sample	Moisture contents(%)	Basis weight (g/m <sup>2</sup> )	Tensile strength(kgf/cm <sup>2</sup> )	Burst strength(kgf/cm <sup>2</sup> )	CD Edgewise crush strength(kgf/cm <sup>2</sup> )
Liner	6.26	205.12	6.74	6.44	28.58
Medium paper	6.98	115.12	6.08	1.78	10.42
Single faced corrugated container board	7.98	-	-	-	29.75

도, 파열강도, 횡압축강도 모두 한국 골판지 품질 규격에서 규정하고 있는 기준과 비슷하였다. 또한 A골 편면골판지의 경우 횡압축강도가 한국 골판지 품질규격에서 규정하고 있는 것보다 오히려 약간 높았다.

### 3.2 혼합고분자처리에 의한 인장강도의 증가

고분자의 혼합비를 1:3, 고형분함량을 5%로 하기 위하여 스프레이건으로 변성전분+요소-포름알데히드수지, 변성전분+CMC, 요소수지+CMC의 혼합고분자를 라이너지와 골심원지에 각각 도포량을 1, 3, 5, 9%로 다르게 도포하였으며 각각의 인장강도 증가율을 Fig. 1에 나타내었다.

Fig. 1의 결과를 살펴보면, 변성전분+CMC를 1:3의 비율로 혼합하여 도포하였을 때 강도증가율이 가장 낮았으며, CMC+요소수지를 1:3의 비율로 혼합하여 도포한 경우가 강도증가율이 가장 높았다. CMC+요소-포름알데히드수지의 경우, CMC가 라이너지와 골심원지 섬유 사이로 침투하여 섬유간 수소결합을 증가시킴으로써 섬유의 결합력을 증가시키고, 요소수지는 건조 후 삼차원 망상구조로 되어 고분자수지의 결합력에 의해 라이너지의 강도가 증가하게 되고 섬유간 결합을 보호하기 때문에 강도증가율이 가장 우수한 것으로 생각된다. 골심원지는 강도증가율이 라이너지의 강도증가율보다 낮은 경향을 나타낸다. 또한 라이너지와 골심지원지에 대한 혼합고분자수지처리에

대하여 변성전분과 CMC를 혼합하는 것보다 요소수지를 혼합하여 처리하는 것이 라이너지와 골심원지의 강도를 증가시키는 데 더욱 효과적인 것으로 생각된다.

이러한 이유로는 라이너지 대부분이 미표백 크라프트 펄프와 일부 재생섬유로 제조되는 반면, 골심원지는 재생펄프로만 제조되어 섬유의 피브릴화에 의한 섬유간 결합력이 낮을 뿐만 아니라 회분함량이 약 20% 이상이기 때문에 고분자수지를 도포하더라도 섬유표면에 잔존하는 무기물에 의해 골심지의 내부로 침투가 원활하게 이루어지지 않게 되고 섬유에 잔존하는 무기물에 의해 건조 후 고분자수지에 의한 골심원지의 섬유간 수소결합력의 증가와 고분자수지의 강도증가가 발휘되지 않는 것으로 생각된다.

### 3.3 혼합고분자처리에 의한 파열강도의 증가

고분자수지의 혼합비를 1:3, 고형분함량을 5%로 하기 위하여 스프레이건으로 변성전분+요소수지, 변성전분+CMC, 요소수지+CMC의 혼합고분자수지를 라이너지와 골심원지에 각각 도포량을 1, 3, 5, 9%로 다르게 도포하였으며 각각의 파열강도 증가율을 Fig. 2에 나타내었다.

종이의 파열강도는 인장강도와 마찬가지로 섬유간 결합력과 섬유자체의 강도에 의해 영향을 받는다.<sup>8-10)</sup> 골심지의 경우 라이너지보다 파열강도가 낮고 지력증강제를 첨가하였을 때에도 골심지가

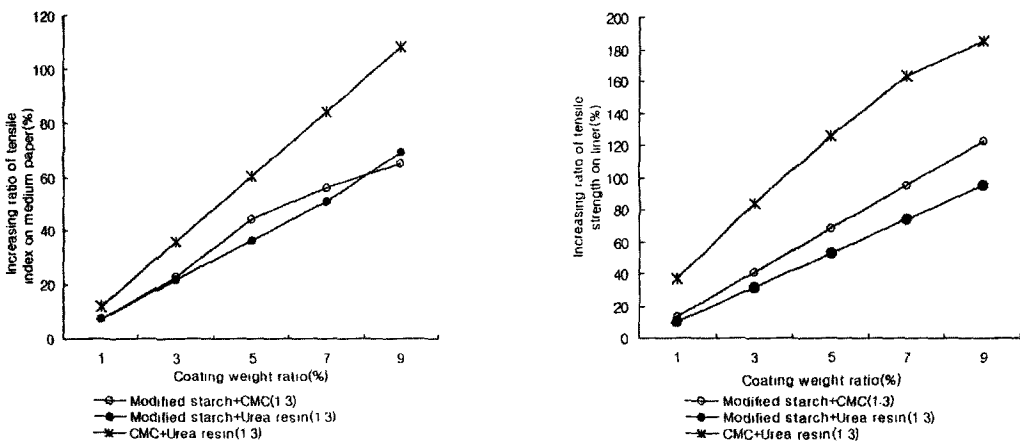


Fig. 1. Increasing ratio of tensile strength by coating weight.

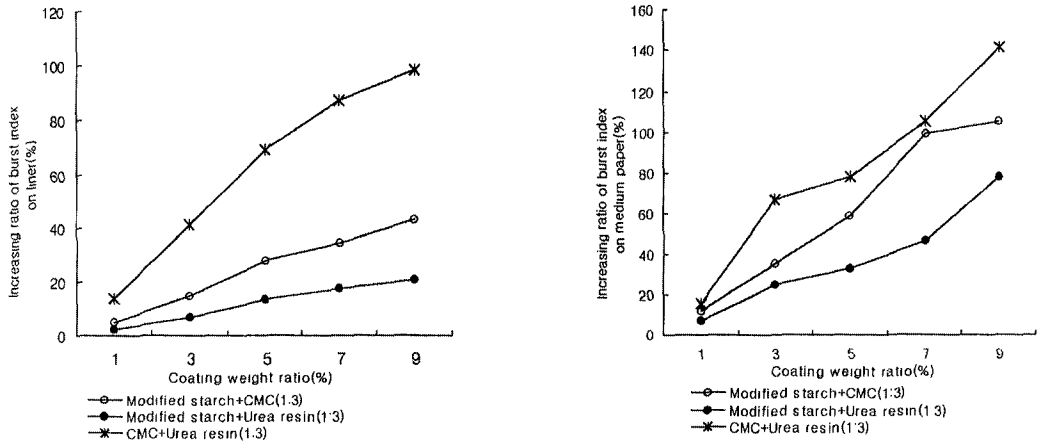


Fig. 2. Increasing ratio of burst strength by coating weight.

라이너지보다 강도증가율이 낮았다. 이러한 이유는 골심지는 100% 재생펄프로 제조가 되므로 이러한 재생펄프의 순환에 따른 활엽수재 단섬유의 증가, 폐지 혼입양 증가, 충전제 첨가량의 증가 등이 종이의 밀도 상승과 인장강도의 저하를 초래할 뿐만 아니라, 섬유간 결합력과 섬유자체의 강도가 낮아지기 때문이다.

Fig. 2의 결과를 살펴보면, 라이너지와 골심원지에 대한 혼합고분자처리시 CMC+요소수지의 혼합고분자처리가 인장강도 및 파열강도 증가율이 가장 높았으며, 변성전분+CMC 혼합고분자처리가 파열강도 증가율이 가장 낮게 나타났다. 이러한 이유는 CMC+요소수지처리에 의해 라이너지와 골심원지 모두 섬유간 결합력이 증가하고 내부로 침투한 CMC와 요소수지에 의한 섬유코팅효과에 의해 섬유자체의 강도가 증가하여 파열강도가 높게 나타난 것으로 생각된다.

변성전분이 도포된 경우에는 전분에 의한 섬유간 결합력이 증가한다고 알려져 있으나 이러한 것은 전분이 내부로 침투될 때의 경우이며, 본 연구에서 변성전분을 도포하였을 때, 라이너지나 골심원지의 표면에 도포되어 내부로 침투가 이루어지지 않고 단지 표면에 코팅되었기 때문으로 생각된다. 그러므로 변성전분을 단독으로 도포하여 라이너지나 골심원지의 강도를 증가시키기는 어려울 것으로 생각된다.

골심원지에서의 파열강도 증가율을 살펴보면, 거의 직선적으로 강도가 증가하는 라이너지와는

다르게 불규칙적으로 증가한다. 이러한 이유는 골심원지 원료 대부분이 폐지로 제조되어 지합의 불량 때문에 골심원지의 밀도가 불균일하여 강도차가 발생한 것으로 생각된다.

### 3.4 혼합고분자처리에 의한 횡압축강도 증가

고분자의 혼합비를 1:3, 고형분함량을 5%로 하기 위하여 스프레이건으로 변성전분+요소수지, 변성전분+CMC, 요소수지+CMC의 혼합고분자수지를 라이너지와 골심원지에 각각 도포량을 1, 3, 5, 9%로 다르게 도포하였으며 각각의 횡압축강도 증가율을 Fig. 3에 나타내었다.

Fig. 3의 결과를 살펴보면, 라이너지와 골심원지의 인장강도와 파열강도 증가율의 결과와 마찬가지로 CMC+요소수지를 혼합하여 도포하였을 때 횡압축강도가 가장 높게 나타났으며 변성전분+CMC를 도포하였을 때 횡압축강도 증가율이 가장 낮았다. 이러한 이유는 고분자가 라이너지와 골심원지의 섬유간극에 침투하여 섬유간 결합력을 증가시키고 동시에 종이의 밀도를 증가시키기 때문에 횡압축강도 또한 증가되는 것으로 생각된다. 그리고 변성전분과 CMC는 종이에 도포되면 표면에서 섬유간 결합력을 증가시키는 바인더로 작용을 하여 인장강도와 파열강도는 증가시키나 변성전분의 경우 섬유 간극으로의 침투가 원활하게 이루어지지 않아 횡압축강도의 증가율이 낮게 나타

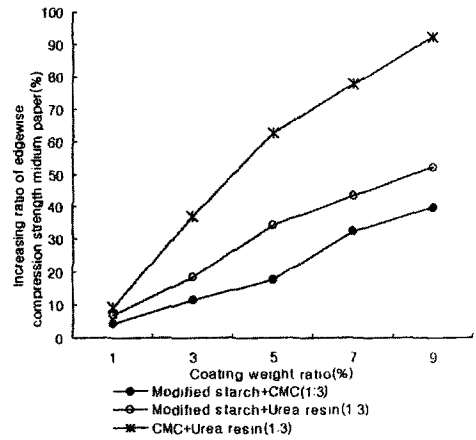
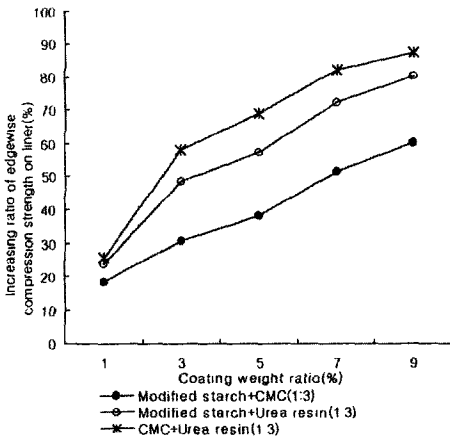


Fig. 3. Increasing ratio of edgewise compression strength by coating weight ratio.

난 것으로 생각되며, 이러한 것은 인장강도와 파열강도의 경우와 유사하였다.

### 3.5 혼합고분자처리에 의한 A골 편면골판지의 횡압축강도 증가

고분자수지의 혼합비를 1:3, 고행분함량을 5%로 하기 위하여 스프레이건으로 변성전분+요소-포름알데히드수지, 변성전분+CMC, 요소-포름알데히드수지+CMC의 혼합고분자 수지를 A골 편면골판지에 도포량을 1, 3, 5, 9%로 다르게 도포하였으며 각각의 횡압축강도 증가율을 Fig. 4에 나타내었다.

골판지의 횡압축강도는 라이너지보다는 골심지에 의해 더 크게 영향을 받는다. 그러한 이유는 골판지 제조시 라이너지가 평면으로 골심지와 접촉체에 의해 부착되기 때문에 라이너지 자체강도만 발현이 된다. 그러나 골심지의 경우 골게이터에 의해 형성된 골이 골판지에 가해지는 하중에 대한 지지적 역할을 수행하기 때문에 편면골판지의 횡압축강도는 라이너지보다 골심지의 강도에 영향을 미친다.<sup>12)</sup> 또한 형성된 골의 높이에 따라 그 강도가 다르다. 그러므로 편면골판지의 횡압축강도를 증가시키기 위해서 라이너지쪽보다는 골심지쪽에 고분자수지를 도포하는 것이 더욱 효과적이다. Fig. 4는 A골 편면골판지의 골심지쪽에만 혼합고분자수지를 처리한 결과를 나타낸 것이다.

이때의 강도증가율도 라이너지와 골심원지의 인장강도, 파열강도, 횡압축강도와 마찬가지로 CMC+요소수지로 처리할 때 가장 높았다.

A골 편면골판지의 횡압축강도 증가율은 라이너지나 골심원지의 강도증가율보다 높다. 이러한 이유는 혼합고분자수지처리에 의해 골심지의 강도를 증가시킬 뿐만 아니라 골게이터에 의해 형성된 골의 강도도 증가되기 때문으로 생각된다.

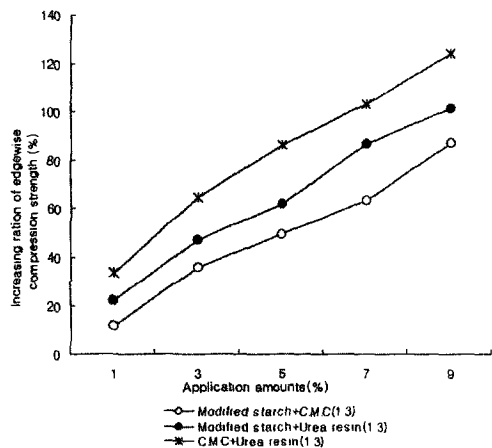


Fig. 4. Increasing ratio of Edgewise compression strength on single faced corrugated container board.

## 4. 결 론

본 연구에서는 기존에 제조되고 있는 골판지의 강도를 증가시키기 위하여 혼합고분자처리를 행하였으며, 그 결과를 살펴보면 라이너지와 골심지의 강도를 증가시키기 위한 최적조건은 1:3의 비율로 CMC와 urea resin을 혼합하여 도포량을 0-9%로 증가시켰을 때 라이너지, 골심원지, A골 편면 골판지의 인장강도, 파열강도, 횡압축강도 모두 증가하였다. 그러나 실제로 고강도 골판지를 생산할 때에는 혼합고분자수지의 도포량을 5% 이상 도포하는 것이 가장 적절하겠다.

## 인 용 문 헌

1. 조병목, 제지계 295:21 (1997).
2. 안현영, 지류포장특강 21:48 (1997).
3. Mark, R. E.(Ed), Handbook of Physical and Mechanical Testing of Paper and Paperboard, Marcel Dekker, New York (1983).
4. Browning, B. L., Analysis of Paper 2nd Ed., Marcel Dekker, Inc. (1977).
5. 朴成培, 田中活雄, 木材學會誌 44(3):(1998).
6. Paper and Paper board, Marcel Dekker, New York (1983).
7. Davison. R, W., TAPPI Monograph, p. 9 (1980).
8. 한국제지공업연합회, 펄프·종이 기술편람, pp. 466-467 (1985).
9. Smook, G. A., Handbook for Pulp & Paper Technologists, 2nd Ed., Augus Wilde Publications (1992).
10. BHS., Federal Repyblic of Germany Pat. 2508119.
11. Davison R. W., TAPPI Paper makers Conf. Proc., TAPPI Press, 17 (1986).
12. Von L. Byrd., Tappi J. 69(1):98 (1986).