

상자 형태에 따른 Microflute 골판지상자의 압축강도 평가

Compression strength of a microflute corrugated board box depending on box shape

윤혜정, 이학래, 진성민, 권현승, 류재호
서울대학교 농업생명과학대학 산림과학부

1. 서 론

골판지상자는 물류산업에서 차지하는 비중이 매우 큰 분야로 대표적인 포장지로 이용된다. 골판지 상자는 원료의 가격이 저렴하고 단위 무게 당 압축강도가 높고, 경량이며, 강성과 완충성이 뛰어나 대표적인 포장재로 이용된다. 또한 재활용이 가능한 재료로 폐기물 처리가 용이하며 재순환이 가능한 친환경적인 장점을 가진다. 최근 골판지 원료의 가격 상승으로 인해 동일 두께의 판지나 골판지에 비해 원료 소비가 적은 E골, F골, G골의 골판지 상자의 생산과 수요가 국내외적으로 늘어나고 있다. Microflute 골판지 상자는 소형 가전제품, 식료품 포장용으로 주로 사용된다. 박스의 성능 중 가장 대표적인 것으로 상자 압축강도 평가가 있다. 현재 TAPPI에서 정의하는 상자압축강도는 0201형으로 상자를 제함한 후 이의 압축강도를 측정하고 있다. Microflute 상자는 지함의 범위를 최소화시킨 조립형으로 내부포장용으로 주로 사용되기 때문에 일반적인 골판지의 상자 압축강도 평가방법으로 측정 시 사용 성능을 예측하지 못할 수 있다. 따라서 본 연구에서는 상자의 형태에 따른 상자 압축강도를 평가하였으며, 특히 microflute 골판지 상자의 압축강도를 평가하고자 하였다. TAPPI 표준 시험법을 기본으로 하여 상자 형태, 제함 방법을 달리하여 평가하였다.

2. 재료 및 방법

2.1 공시재료

제품 간 편차가 심하지 않으며 품질이 뛰어난 일본 C사에서 제조한 microflute 골판

지 중 G플 골판지와 국내의 J사에서 제조한 F플 골판지를 공시재료로 사용하였다.

Table 1. Specification of corrugated fiberboard with microflute

	G flute	F flute
Basis weight, g/m ²	463	320
No. of flutes per meter	587	400
Thickness, mm	0.93	0.99
Composition, g/m ² ×g/m ² ×g/m ²	150×120×150	90×120×90

2.2 실험방법

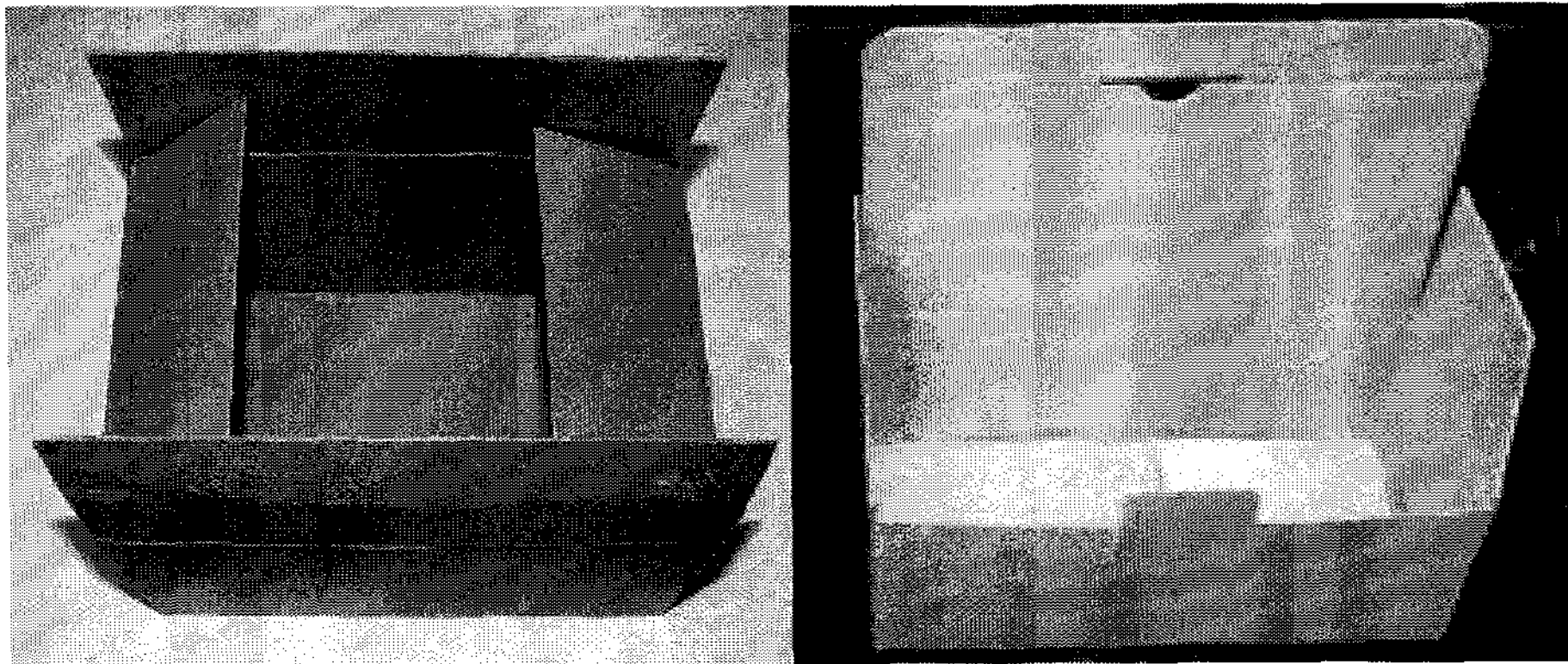
2.2.1 조습처리

실험 결과의 정확성, 재현성, 비교가능성을 위해 표준화된 대기 조건에서 실험하는 것이 중요하다. 세계적으로 표준화된 조건은 23±1 °C, 50±2 % RH이며 24시간 이상 조습처리를 하여야 한다. 따라서 본 실험에서는 TAPPI T 402 om-93 시험법에 명시된 표준 대기 조건에서 조습처리 후 물성을 평가하였다.

2.2.2 상자 압축강도 평가

(가) 시편 형태의 영향

G플과 F플의 골판지를 TAPPI T 804 om-97에 준하여 0201형으로 시편을 준비하였다. Microflute 골판지 상자는 일반 골판지 상자와는 다른 형태와 크기로 주로 사용된다. 따라서 제함의 범위를 최소화하기 위하여 실험실에서 직접 고안한 조립형(0215형의 변형)으로 시편을 제작하여 평가하였다 (Fig. 1). 상자 압축강도는 시편의 크기에 따라 응력의 분산 정도가 다를 수 있기 때문에 크기가 다른 두 개로 180 mm×110 mm×80 mm, 1150 mm×80 mm×65 mm 시편을 제작하여 평가하였다. 압축강도 측정은 BCT 측정기 DTU-801 (대경테크 Co.)을 사용하였고 platen compression rate는 10±3 mm/min으로 고정하였다.



(a) 0201 type

(b) Modified 0215 type

Fig. 1. Two different box types.

(나) 제함 방법의 영향

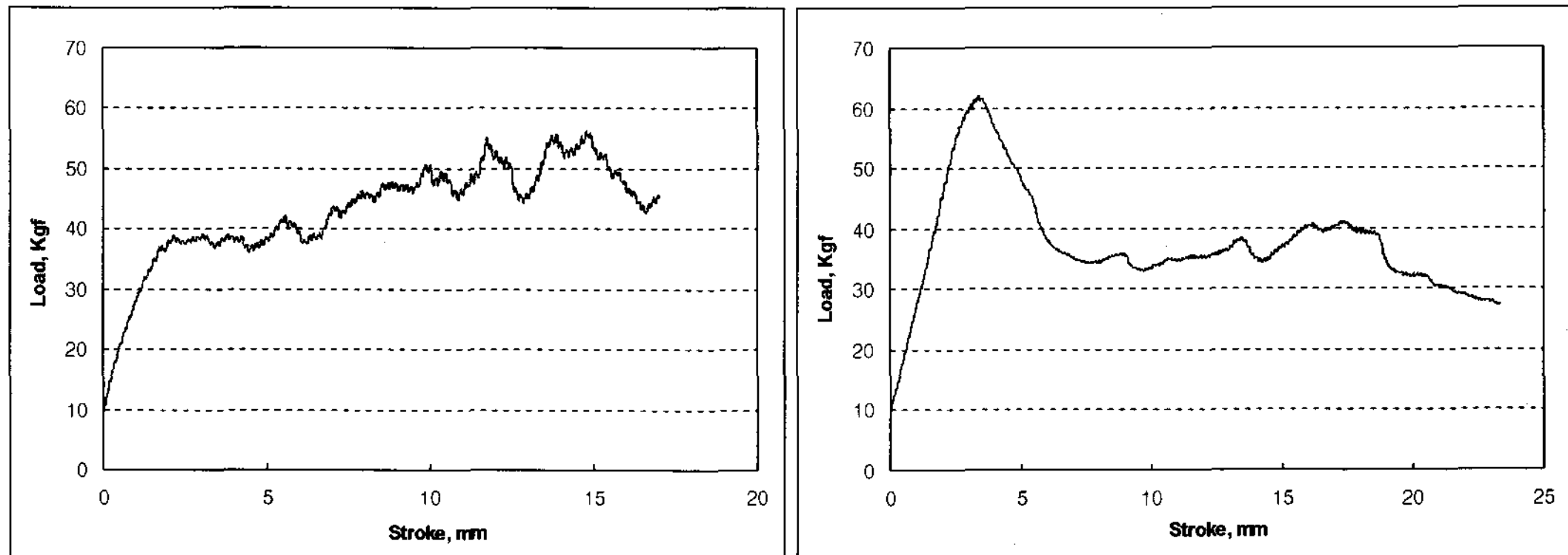
제함 방법에 따른 영향을 살펴보기 위해 hot melt glue와 양면 테이프를 사용하여 상자를 제함하고 (가)항과 동일한 방법으로 상자 압축강도를 평가하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 시편 형태의 영향

Fig. 2는 0201형의 시편과 조립형 (0215형의 변형)으로 평가한 BCT 결과이다. (a)는 0201형의 시편으로 평가한 결과이다. 시편에 수직 압축하중을 가할 때 상자의 측면이 한 번에 완전히 무너지는 것이 아니라 1차, 2차의 변형을 거치면서 상자의 측면모양의 변화에 따라 커브를 나타내는 것을 볼 수 있다. 압축 하중을 가하게 되면 상자의 단면이 하중을 받으며 각 모서리로 힘이 집중된다. 측면의 골판지가 휨과 버팀을 반복하다가 더 이상 하중을 견디지 못하고 바닥에서 수직방향으로 1/3과 2/3 지점에서 꺾여 파괴된다. 힘-변형 곡선은 여러 번의 피크를 보였으며, 피크 중 가장 큰 파괴 시의 힘을 BCT로 나타냈다.⁴⁾ (b)는 조립형 (0215형의 변형)으로 평가한 결과이다. 0201형과 다른 형태의 힘-변형 곡선을 나타내었다. 상자 측면의 골판지가 휨과 버팀의 반복 없이 힘-변형 곡선이 상자의 최대 압축 강도까지 증가한 후 급격한 저하를 나타내었다. 골판지

상자의 압축강도는 상자의 형태에 따라 힘-변형 곡선이 다르게 나타났다. 즉 상자의 형태에 따라 상이한 BCT값을 나타냈다. 따라서 일반적인 골판지 상자와는 다른 용도로 사용되는 microflute 골판지 상자의 압축강도 평가는 그에 따른 적합한 상자 형태가 사용되어야 한다고 판단된다.



(a) 0201 type

(b) Modified 0215 type

Fig. 2. Vertical load of microflute corrugated box board.

Fig. 3은 시편의 형태와 크기에 따른 BCT 평가 결과를 나타내고 있다. 조립형 (0215형의 변형)의 시편이 0201형의 시편보다 높은 최대 BCT를 나타내었다. 이는 상자의 밑면 형태의 영향으로 생각된다 (Fig. 4). 상자에 수직 압축강도를 가하게 되면 상자의 모서리에 응력이 전달된 후 상자의 측면 골판지에 응력이 전달되어 휘어지게 된다. 이때 상자 밑면의 flap이 위쪽으로 젖혀지게 된다. 하지만 조립형 (0215형의 변형)의 경우 밑면이 서로 각지를 끼고 있는 형태여서 수직 응력 전달 시 flap의 젖혀짐이 최소화되어 큰 저항력을 갖는 것으로 판단된다. 또한 Fig. 3은 BCT 평가 결과로부터 상자 크기의 영향이 적음을 알 수 있다.

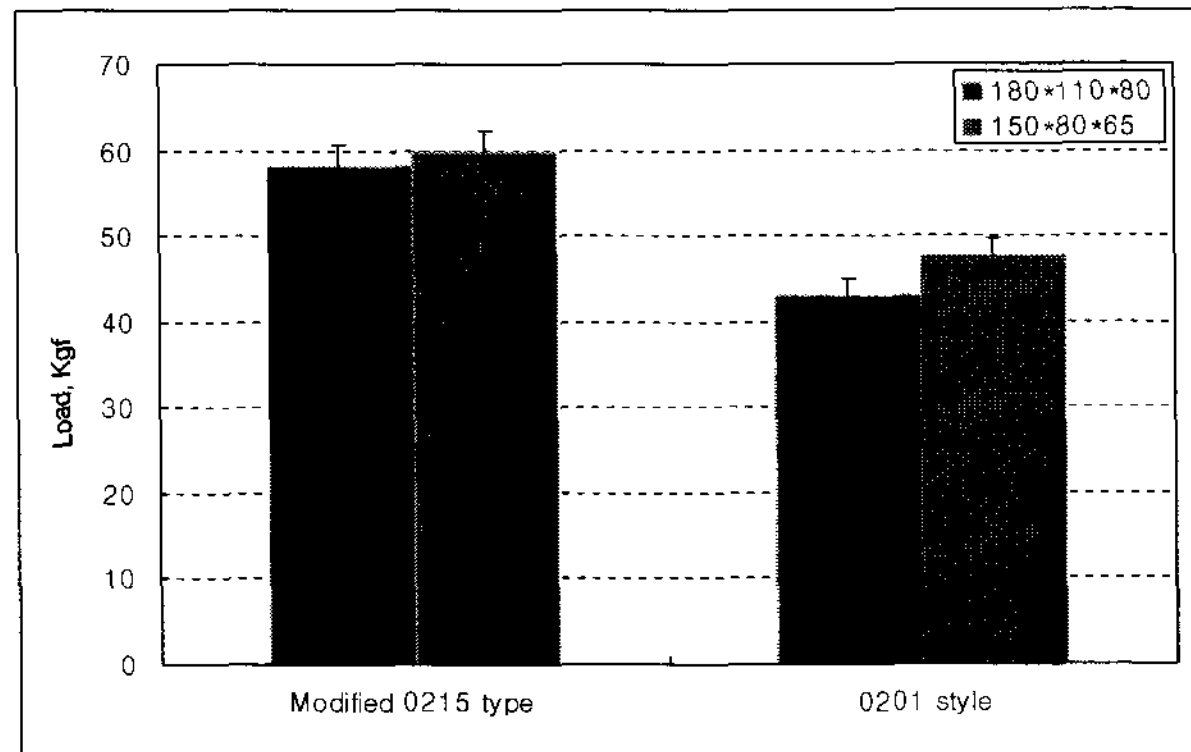
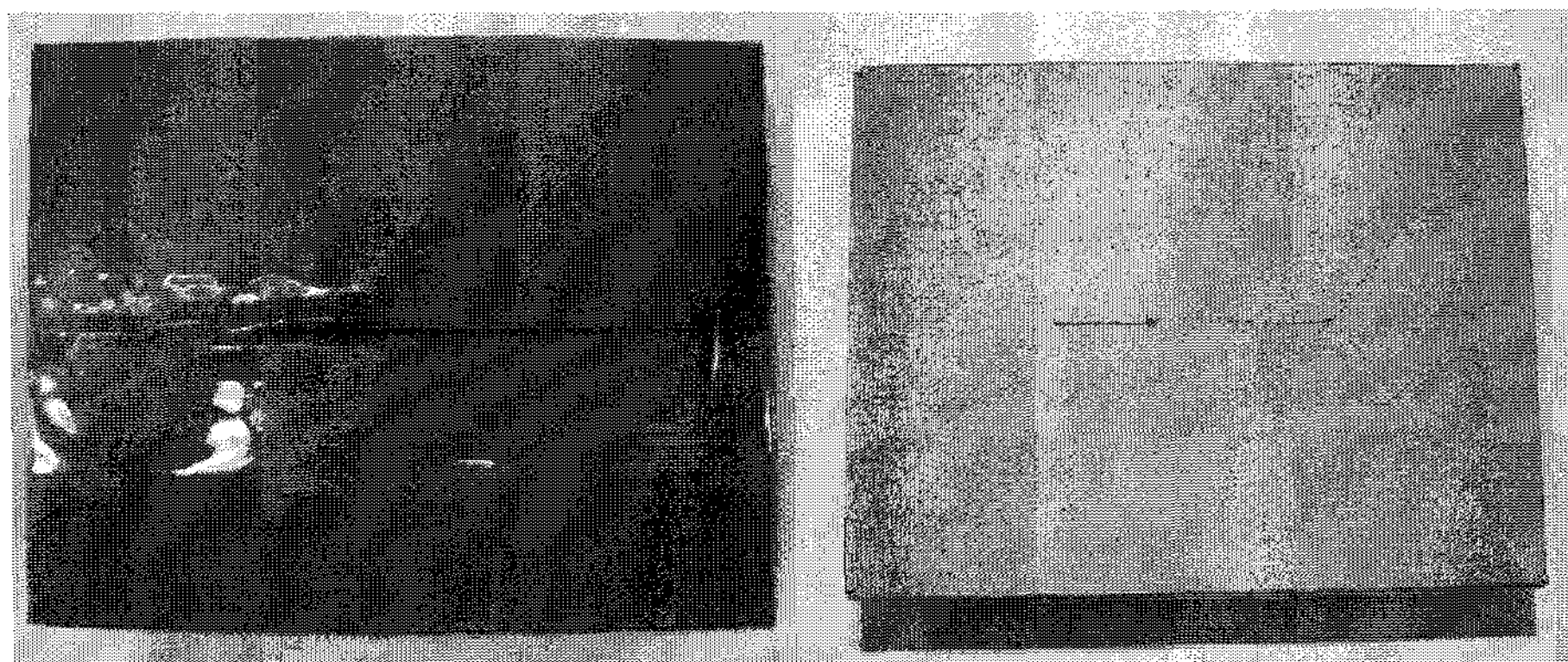


Fig. 3. Box compression strength of microflute corrugated board box.



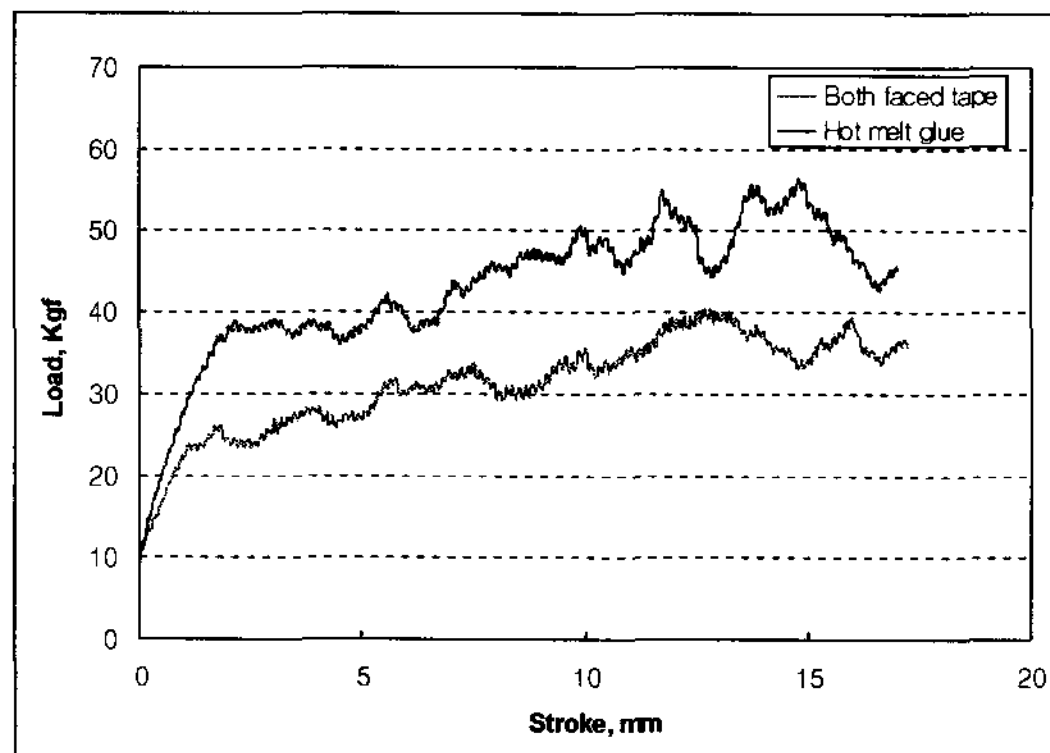
(a) 0201 type

(b) Modified 0215 type

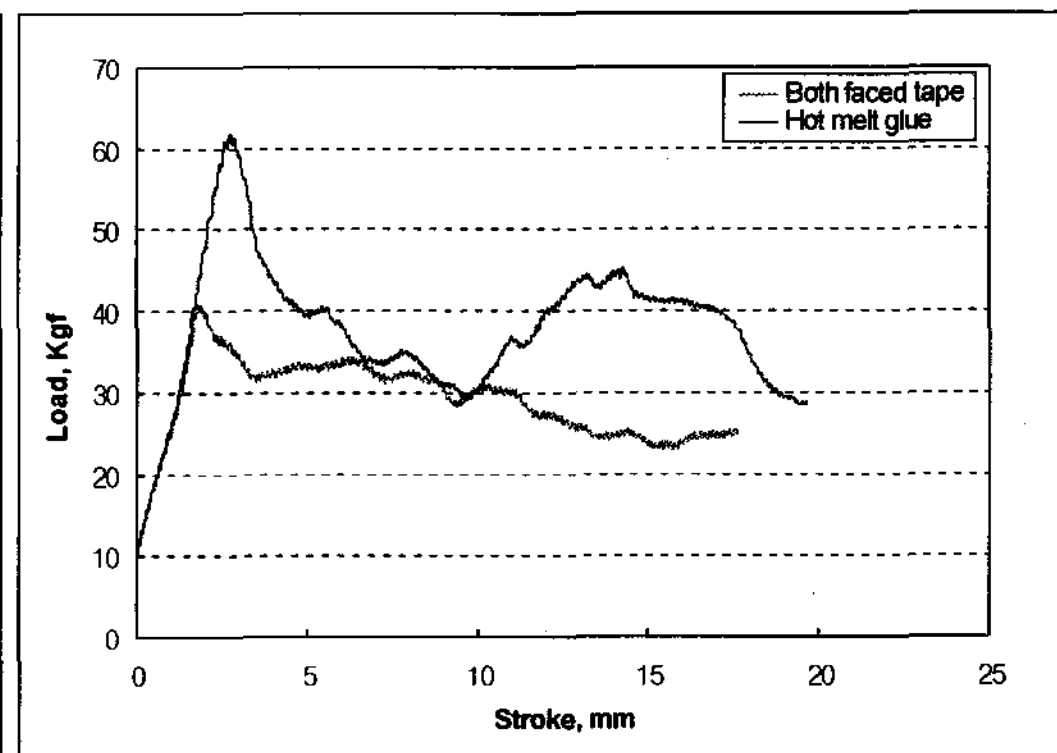
Fig. 4. Shape of bottom side.

3.2 제함 방법의 영향

Fig. 5는 제함 방법에 따른 BCT 강도의 결과이다. Hot melt glue를 사용한 시편이 양면 테이프를 사용한 시편보다 높은 강도를 나타낸다 (Fig. 6). 양면 테이프를 사용한 경우 제함 부위의 강도가 platen의 수직 압축 강도를 견디지 못하고 터지기 때문에 BCT의 강도가 떨어진다. 즉 반복적이고 정확한 실험이 이루어지는데 있어 제함 방법이 영향을 미치는 것으로 판단된다.

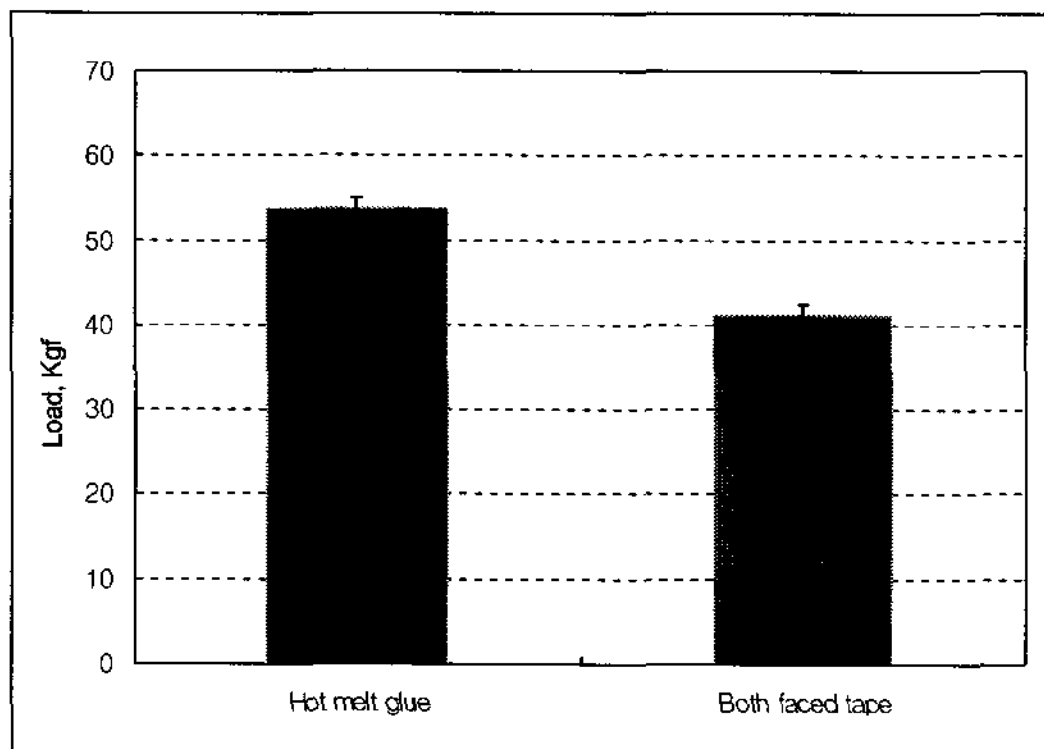


(a) 0201 type

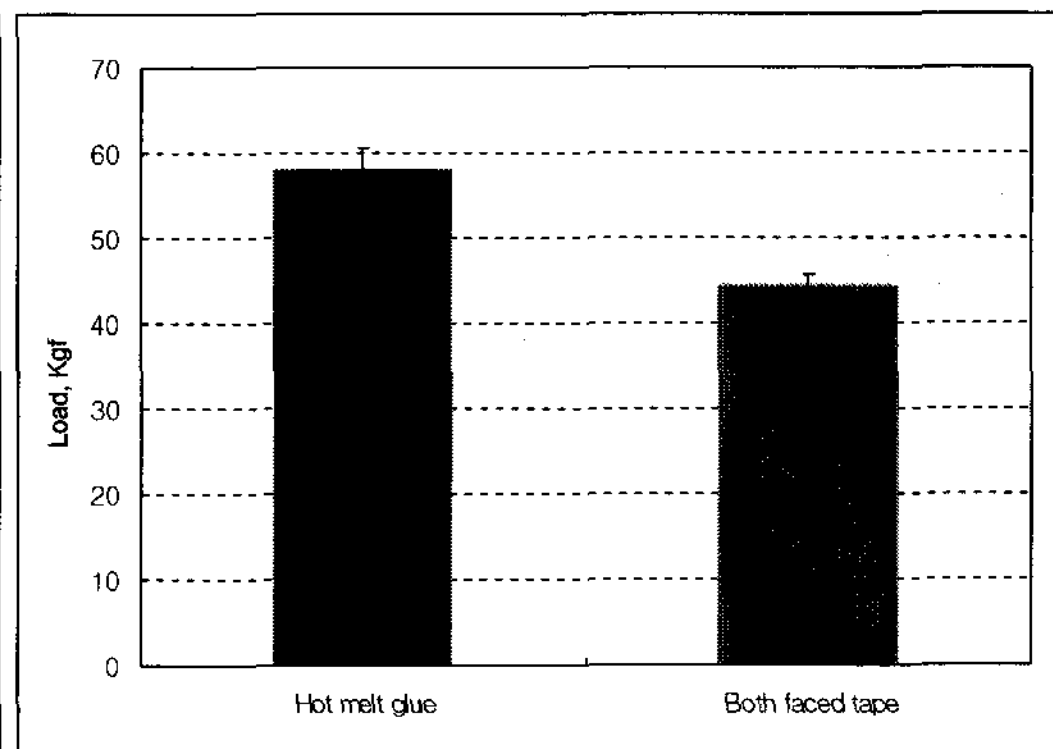


(b) Modified 0215 type

Fig. 5. BCT results of microflute corrugated board box at different methods for sealing flaps.



(a) 0201 type



(b) Modified 0215 type

Fig. 6. BCT of microflute corrugated box board at different methods for sealing flaps.

4. 결 론

기존의 골판지 상자압축강도 평가 방법을 포함하여 시편 형태 및 제함 방법에 따른 microflute 골판지 상자의 상자압축 강도를 평가하였다. 0201형의 시편으로 BCT 평가 시 골의 무너짐 없이 하중에 대한 지속적인 저항력을 가지면서 연속적인 파괴 커브를 발견할 수 있었다. Modified 0215 type은 상자가 저항 할 수 있는 최대 압축강도까지 증가한 후 급격한 강도 저하를 나타내었다. 조립형인 0215형이 기본형보다 높은 상자 압축강도를 가졌다. 즉, 상자의 형태에 따라 서로 다른 힘-변형 곡선 및 압축강도치를 나타내었다. 제함 방법의 영향은 양면테이프에 비해 hot melt glue를 사용한 경우 더 높은 상자압축강도를 나타내었다.

사 사

본 연구는 산업자원부 표준화 기술개발사업 지원에 의해 수행되었으며, 일부 BK21의 지원을 받았음.

참 고 문 헌

1. Manual, DTU-801, 대경테크(주).
2. Diana Twede., Cartons, Crates and Corrugated BOARD: Handbook of Paper and Wood Packing technology, DEStech Publications Inc, pp. 471-475 (2005).
3. 김 청, 골판지 지기 이야기 I, 골판지 이야기, 포장산업, pp. 139-142 (1998).
4. 김순철, 골판지 기술, 예진, pp. 344-352(1997).
5. KSA ISO 12048 (2003).
6. TAPPI T 813 om-91(1998-1999).
7. ISO 186:2002(E).