

종이의 단축압축 표준시험법 개발

김형진 · 엄기증 · 이태주 · 고승태 · 유영정
국민대학교

Hyoung-Jin Kim · Gi Jeung Um · Tai-Ju, Lee · Seung-Tae Ko · Yeong-Jeong, Yoo
Kookmin University

ABSTRACT

Uniaxial tensile test are generally much simpler than uniaxial compressive test. Uniaxial compressive test is experimentally more difficult because of the low buckling resistance of a sheet of paper. In order to avoid buckling, many researchers have applied various lateral restraint techniques to investigate paper uniaxial compression behavior. Adding unnecessary force to inhibit compressive deformation of the sheet is unwanted, but sufficient force must be used to inhibit buckling. This study has been carried out to develop new uniaxial compressive standard test method without exerting unnecessary force to paper specimen to prevent buckling.

1. 서 론

종이재료의 단축인장시험법은 단축압축시험법보다 훨씬 간단하고 이미 국내 표준법과 국제적인 표준시험법이 상용되고 있다. 하지만, 단축압축시험법은 종이재료의 낮은 좌굴 저항성 때문에 실험하기 어렵고 측정에 이용되는 장치 내에 여러 가지 측방지지대를 사용하여 테스트하는 동안 종이재료로 외부의 힘을 가해 낮은 좌굴 저항성을 극복하면서 그 결과 값을 얻어야 한다. 따라서 종이의 압축변형을 제한하는 원하지 않는 불필요한 외부의 힘을 가해야 하며 좌굴을 방지할 수 있을 정도로 충분히 가해져야 하는 딜레마에 빠지게 된다.

따라서 본 연구에서는 경도와 stiffness가 우수한 알루미늄 허니콤을 측방지지대로 이용하고 최적 조건의 image correlation 기법을 적용하여 외부에서 힘을 가하지 않으면서도 종이 재료내부의 기계적인 거동을 직접 관찰할 수 있는 새로운 단축압축 표준 시험법 개발을 모색하였다.

2. 재료 및 방법

2.1 공시재료

종이 시편은 S사에서 분양받은 평량 85g/m², 95g/m², 120g/m², 150g/m²의 종이를 사용하였다. 경화 에폭시는 주재와 경화제로 구성된 E사의 EPOXY PUTTY를 사용하였으며 알루미늄 허니콤은 일본에서 분양받아 사용하였다. 알루미늄 허니콤의 셀 크기는 3/16 inch이며 크기는 8cm×12cm 이다. 접착제는 Table 1의 7종의 접착제를 분양받아 최적조건 탐색 후 1번의 제품을 사용하였다.

Table 1. Experimental result of investigating optimized adhesive for making aluminum honeycomb

	구 성	특 징	적합 성
1	주재/ 경화제	<ul style="list-style-type: none"> * 주재와 경화제의 색이 다름 * 제조 시 황색 접착제를 허니콤에 도포 수월 * 경화 후 강한 접착력 발현 * 접착 후 손으로 떼어낼 시 종이의 층 분리 발생 	A ⁺
2	주재/ 경화제	<ul style="list-style-type: none"> * 적당한 점도 * 도포가 제대로 이루어 지지 않음 * 접착 후 손으로 떼어낼 시 접착제의 파괴 발생 * 종이에 흡수가 매우 빠름 	A
3	주재/ 경화제	<ul style="list-style-type: none"> * 낮은 점도, 불투명 * 초기 접착력은 그리 좋지 않지만 경화 후 접착력 우수 * 종이에 흡수가 용이 * 접착 후 손으로 떼어낼 시 종이의 층 분리 발생 	A
4	주재/ 경화제	<ul style="list-style-type: none"> * 초기 접착력 불량 * 초기 접착력 불량으로 인하여 sample의 제작이 어려움 	C
5	단일제	<ul style="list-style-type: none"> * 높은 점도, 초기 접착력 우수 * 제품이 실타래 처럼 늘어지는 현상 발견 * 허니콤의 cell에 접착제 막을 형성 * 경화 후 종이 sample이 잘 분리됨 	B
6	단일제	<ul style="list-style-type: none"> * 제품이 실타래 처럼 늘어지는 현상 발견 * 접착제 경화 후 sample이 불량 * 전체적으로 접착 성능 및 sample제조 능력 저하 	C
7	단일제	<ul style="list-style-type: none"> * 높은 점도 * 허니콤에 도포를 위하여 제작판에 얇게 퍼지지 않음 * sample 제작 어려움 	C

2.2 실험방법

2.2.1 알루미늄 허니콤을 이용한 시험편 제조

고르게 펴 준 접착제 위에 알루미늄 허니콤을 위치시켜 접착제를 알루미늄 허니콤 표면에 바른 후 8cm×12cm로 재단한 종이를 부착시키고 측정하고자 하는 부분의 셀을 표시하였다. 반대면도 동일하게 과정을 반복하여 양면에 종이를 붙여준 뒤 약 1시간 동안 press machine에서 1kgf의 압력으로 압착을 가해주어 종이-알루미늄 허니콤-종이 판넬을 완성하였다. epoxy putty의 주제와 경화제를 1:1의 비율로 혼합한 뒤 바닥에 이형제를 바르고 아크릴로 제조한 사각 주형틀을 위치시킨 후 혼합한 epoxy putty를 주입하였다. 종이-알루미늄 허니콤-종이 판넬 시편을 Fig. 1과 같이 사각 주형틀 내의 epoxy 경화제에 가볍게 눌러 결합시키고 수평자를 이용하여 정확한 수평을 맞춘 후 Fig. 2와 같이 약 12시간 동안 경화 후 시험편을 완성하였다.

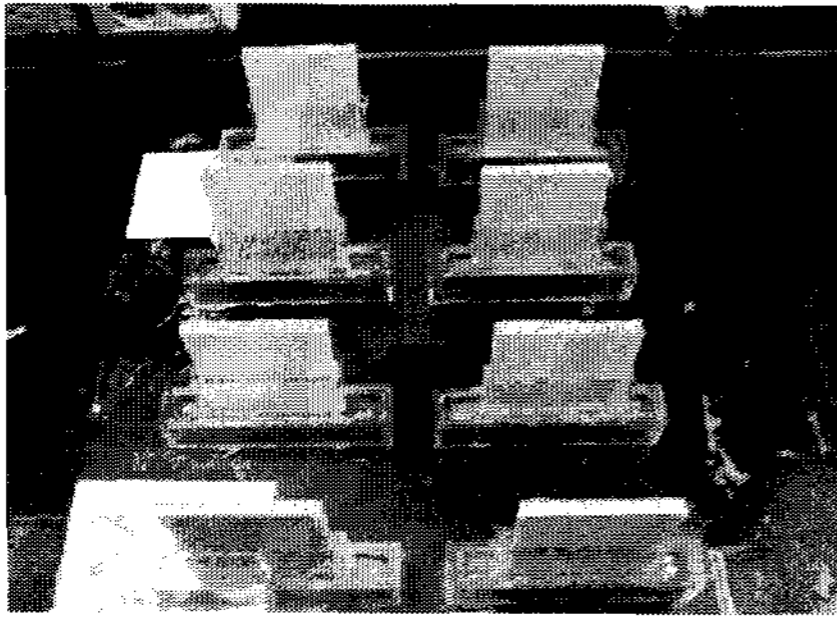


Fig. 1. Aluminum honeycomb harding rectangular.

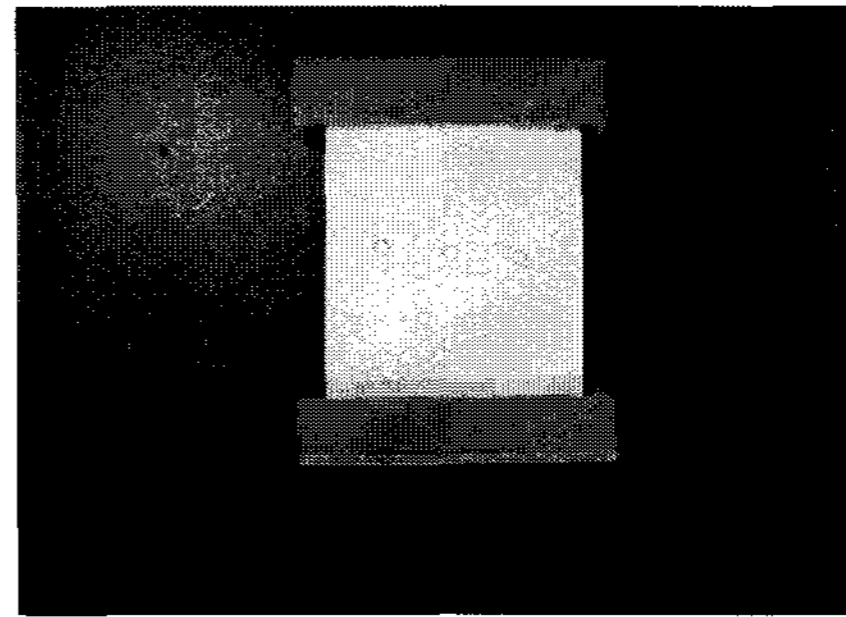


Fig. 2. The shape of compressive honeycomb test specimen.

2.2.2 중공축 실린더 샘플 제조 과정

둘레 10cm, 높이 12cm에 맞게 종이를 재단 한 후 양쪽 끝부분 6mm를 사포로 갈아 주어 두께를 일정하게 한 뒤 실린더 모양으로 제조하였다. 그 후 Fig. 3과 같이 중공축 실린더 윗면과 아랫면에 epoxy putty의 주제와 경화제를 1: 1비율로 혼합하여 바닥에 이형제를 바르고 수평을 맞춘 뒤 12시간의 경화과정을 거쳐 Fig. 4 형태의 샘플을 완성하였다.

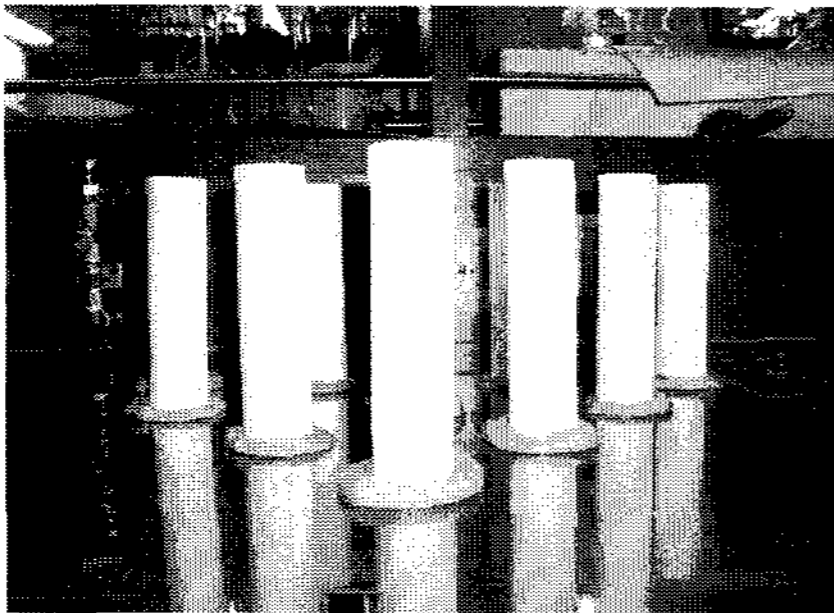


Fig. 3. Cylindrical compressive with reinforced end.

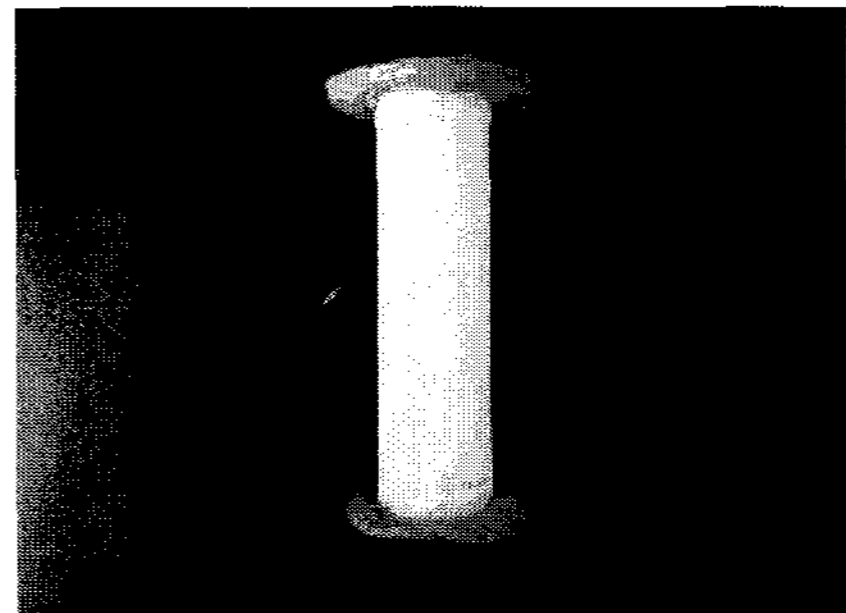


Fig. 4. The shape of compressive cylindrical test specimen.

2.2.3 grip에 의한 displacement 변화와 image correlation analysis

Grip에 의한 displacement 변화 측정은 zwick/roell universal material tester 를 이용하여 측정 하였고 image correlation analysis는 VIC_2D 프로그램을 이용하여 알루미늄 허니콤 셀 안쪽의 종이 거동 변화를 관찰함으로써 두 가지 방법의 상관관계를 조사하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 새로운 단축압축시험법에 의한 Force-displacement curves

Cylindrical specimen과 aluminum honeycomb test specimen의 대표적인 Force-displacement curve를 비교하여 보면, cylindrical test specimen의 경우 nominal compressive load를 받을 때 국부적인 좌굴현상이 발생해 약 0.6정도의 % strain에서 전체적인 붕괴(collapse)가 일어나지만, aluminum honeycomb으로 만든 test specimen의 경우는 보다 안정적이어서 1 % 이상에서도 compressive strain 값을 보여주고 있다. (Fig. 5-6)

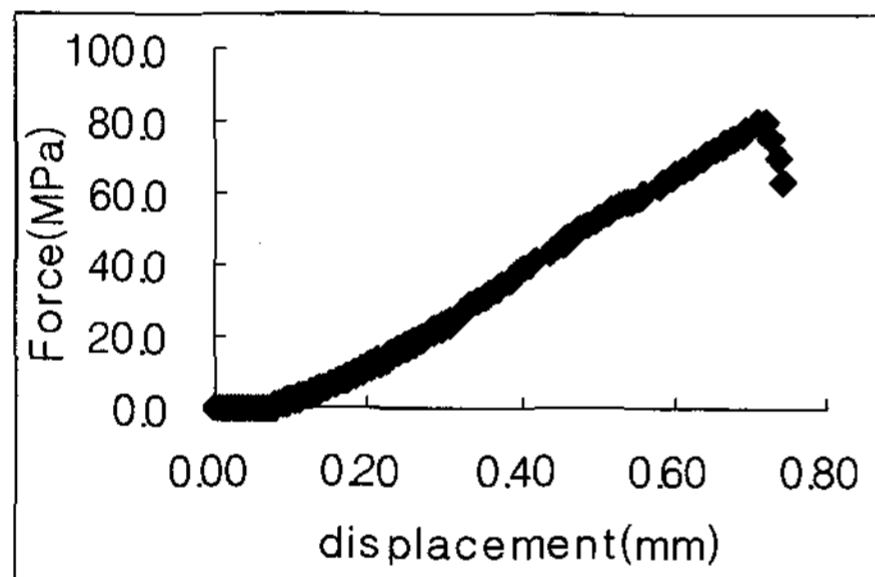


Fig. 5. Displacement curve of honeycomb specimen.

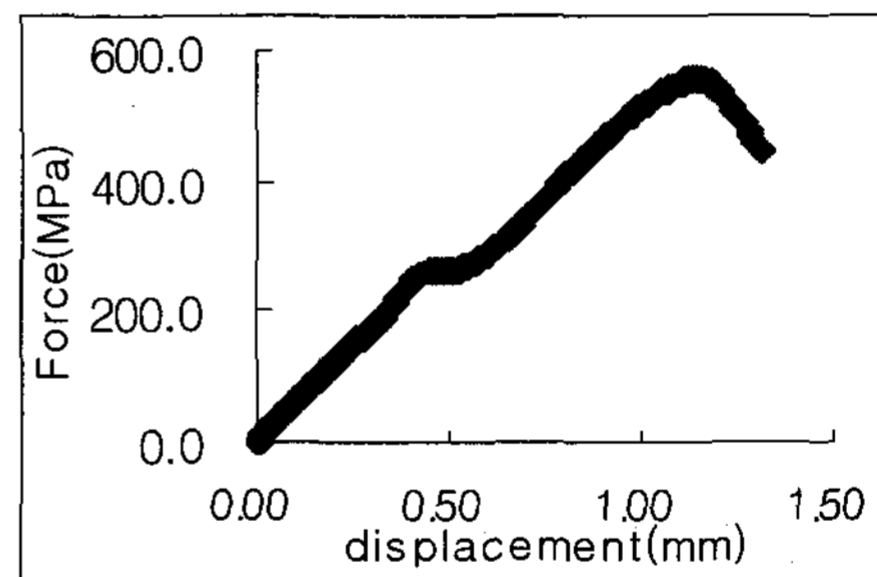


Fig. 6. Displacement curve of cylindrical specimen.

3.2 Image correlation analysis

Aluminum honeycomb test specimen의 image correlation analysis에서 가장 주의해야 할 것은 test specimen이 aluminum honeycomb을 측방지지대로 사용하기 때문에 image correlation analysis는 aluminum honeycomb이 영향을 주지 않는 종이 부분만의 변형에 대해서 측정하는 것이다. Fig. 7은 VIC_2D image correlation software의 output window screen의 모습이다. 미리 표시해놓은 육각형의 모양이 알루미늄 허니콤의 접촉부분이다. 이 접촉부분이 내부에서 image correlation analysis를 실시하여 종이만의 변형을 측정하였다.

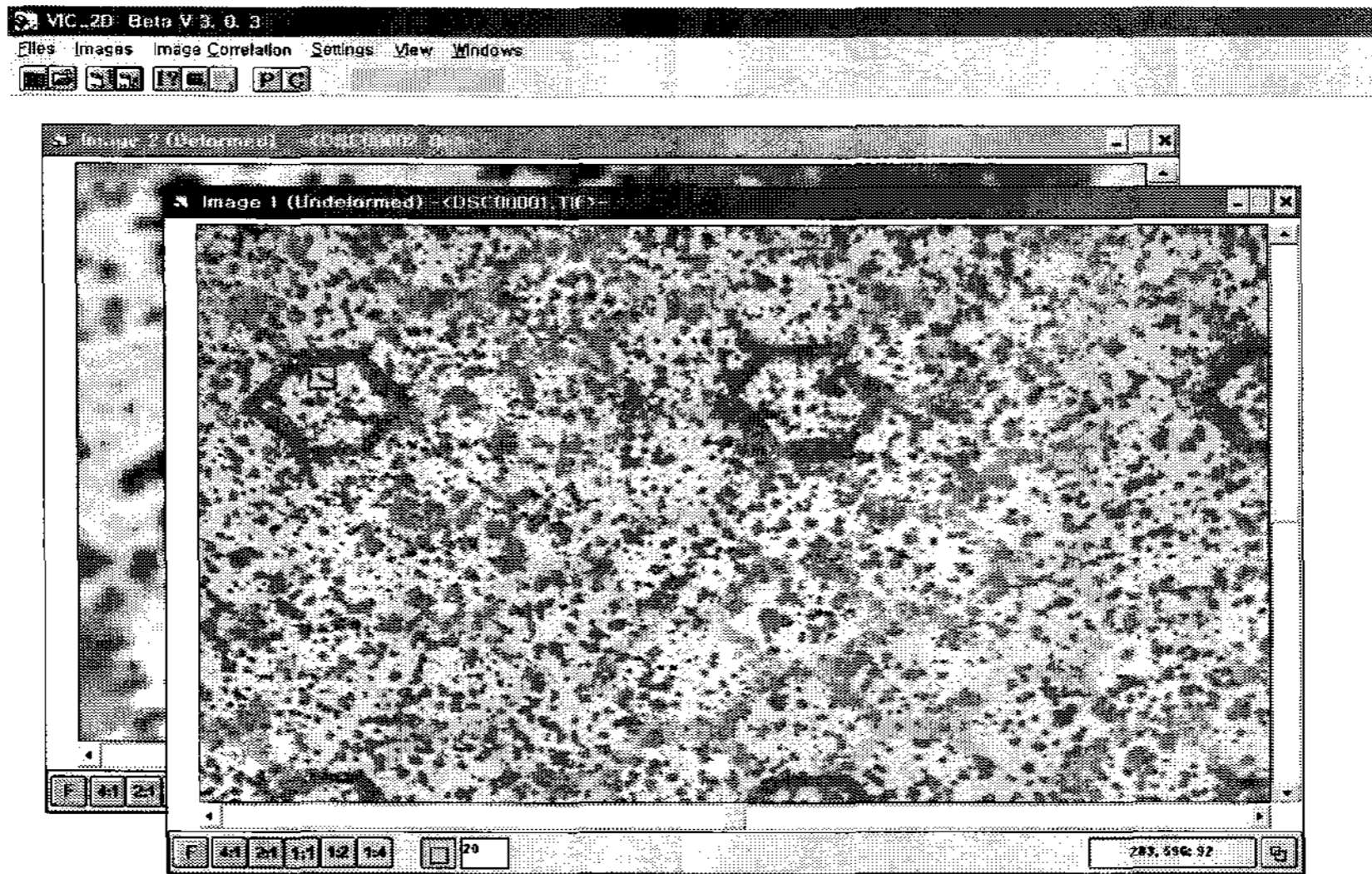


Fig. 7. Output window screen of the image correlation analysis using VIC_2D software (subset size=20 is used)

Aluminum honeycomb을 측방지지대로 이용한 새로운 단축압축 표준시험법에서 얻은 grip에 의한 displacement 값과 image correlation analysis를 통해 얻은 displacement 값을 비교했을 때 MD와 CD test specimens에서 모두 서로 잘 일치하는 것을 알 수 있었다. (Fig. 8)

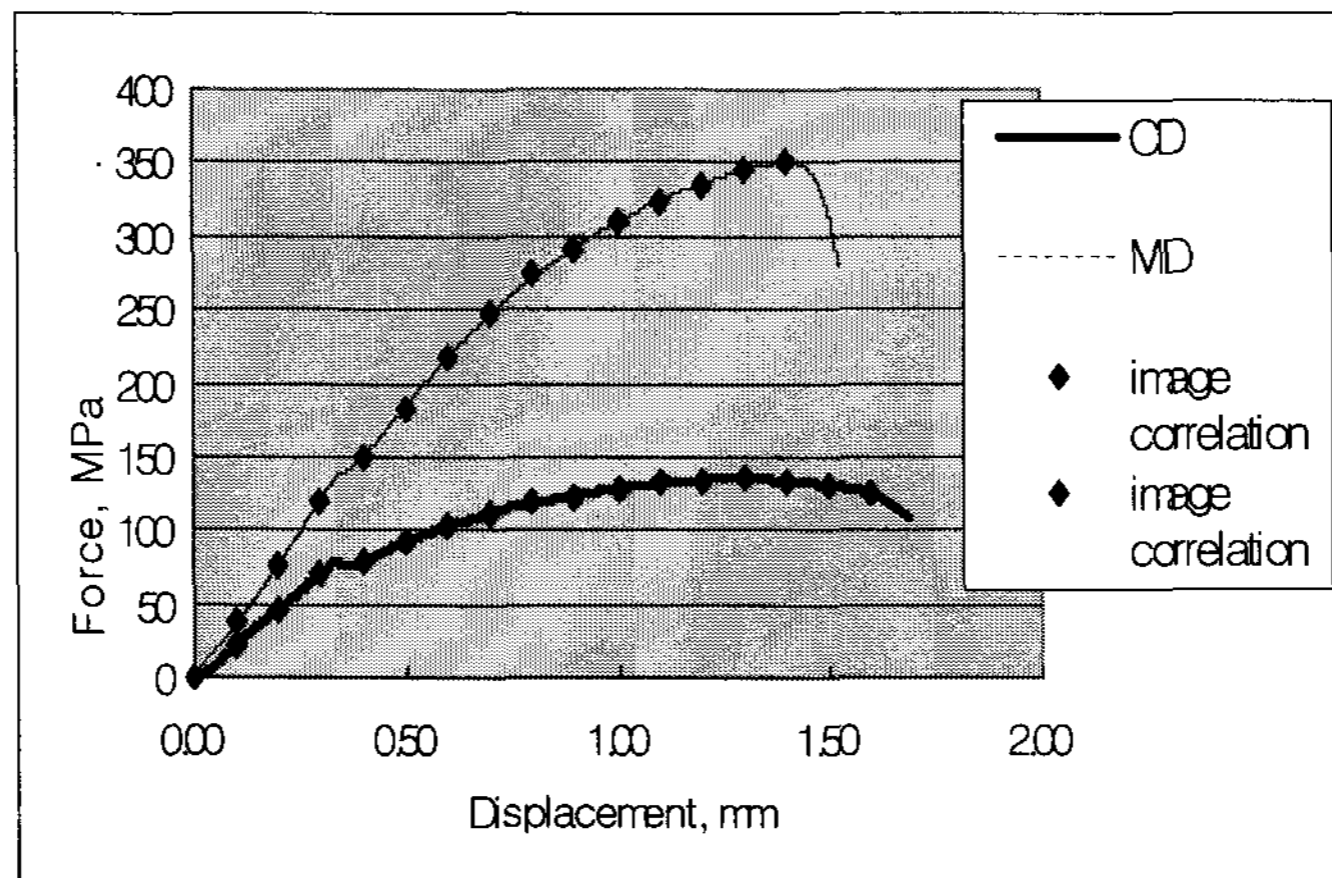


Fig. 8. MD and CD Compressive force-displacement curve obtained using aluminum honeycomb panel (basis weight-85 g/m²)

4. 결 론

종이의 단축압축 시험법 개발을 위한 연구로써 증공축 실린더 type의 시편과 알루미늄 허니콤을 측방지지대로 이용한 시편을 이용하여 그 물리적 거동을 비교·분석한 결과 Aluminum honeycomb을 측방지지대로 이용한 새로운 edgewise uniaxial compression test method가 성공적으로 개발되었다. 기존에 널리 쓰이던 실린더 타입의 시험편이 local buckling으로 인해 종이의 진정한 uniaxial compression behavior를 측정하지 못하던 단점을 극복하였으며 이 시험법을 검증하기 위하여 grip displacement 값과 image correlation으로부터 얻은 displacement 값을 비교한 결과 서로 잘 일치하는 것을 확인할 수 있었다.

감사의 글

본 연구는 산업자원부 기술표준원 학술연구용역 사업에 의하여 수행되었습니다. 연구비 지원에 감사드립니다.

5. 참 고 문 헌

1. Fellers, C. The significance of structure on the compression behavior of paper. Doctoral dissertation, The Royal Institute of Technology, Sweden (1980).
2. Fellers, C. Edgewise compression strength of paper. In R. E. Mark(Ed), Handbook of Physical and Mechanical Testing of Paper and Paperboard (pp. 349-383). New York: Marcel Dekker (1983).
3. Fellers, C., de Ruvo, A., Elfstrom, J. & Htun, M. Edgewise compression properties: A comparison of handsheets made from pulps of various yields. Tappi, 63(6), 109-112 (1980).
4. Gunderson, D. E. A method for compressive creep testing of paperboard. Tappi, 64(11), 67-71. (1980).
5. Gunderson, D. E. Edgewise compression of paperboard: A new concept of lateral support. Appita Journal, 37(2), 137-141 (1983).
6. Haraldsson, T. Fellers, C. & Kolseth, P. A method for measuring the creep and stress-strain properties of paperboard in compression. Journal of Pulp and Paper Science, 20(1), J14-J20 (1983).