

진주조개 내층의 저속 충격 거동 Low-velocity impact behavior of inside layers of pearl oyster

*장현석¹, #범현규¹

*H. S. Jang¹, #H. G. Beom(hgbeom@inha.ac.kr)¹

¹인하대학교 기계공학과

Key words : Low-velocity impact, Biomaterial, Micro composite, Hierarchical structure.

1. 서론

생체모방에 기반을 둔 재료 설계는 현재 여러 산업에서 시도 되고 있다.¹ 그 중에서도 생체재료의 구조를 모방한 연구가 진행되고 있으며, 특히 계층구조(hierarchical structure)에 대한 연구가 활발히 진행 되고 있다.² 최근 연구자들에 의해 계층구조를 모방한 모형에 대한 이론적 연구가 진행 되고 있다.²⁻⁴ 특히, 계층구조의 이방성 유효 탄성계수(anisotropic elastic constants)를 확인하기 위한 연구가 진행 되었으며³, 이를 이용하여 충격해석에도 적용 하였다.⁴ 그러나 실제 계층구조를 가지고 있는 생체재료에 대한 저속충격 실험은 진행되지 않고 있다.

본 연구에서는 단백질(protein)접착 층과 미네랄(mineral)판으로 이루어진 계층구조를 가지고 있는 생체재료 중에서도 유연하고 충격에 강한 진주조개(pearl oyster) 내층에 착안하여 충격실험을 진행 하였고 그 원인을 단백질의 역할에 초점을 두었고 특히 단백질의 사슬의 역할을 가정하여 분석하도록 하였다. 이를 진행함으로써 이론적 내용을 실험적으로 보완할 수 있고 좀 더 발전된 충격 이론을 정립하는데 이용될 수 있다.

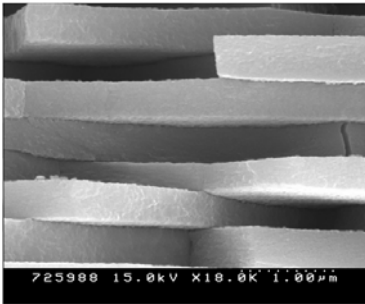


Fig. 1 SEM image of inside layer pearl oyster

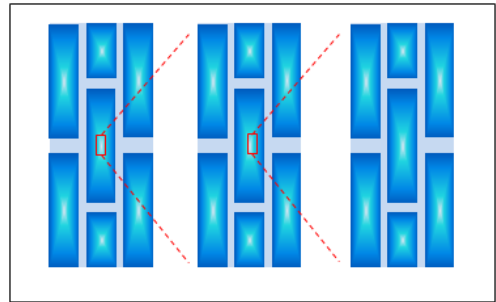


Fig. 2 Hierarchical structure of inside layers pearl oyster

2. 진주조개의 내층

진주조개의 껍질은 미네랄과 단백질로 이루어져 있다. 내층과 외층은 다른 특성을 지니게 되는데 외부환경방호에 최적화된 단단한 외층과 내부생물보호에 최적화된 내층은 그 성질이 상이하다. 내층의 경우 상대적으로 유연한 성질과 충격에 강하고 균열전파가 어려운 성질을 띠게 된다. Fig. 1의 전자주사현미경 사진과 같이 진주조개 내층은 벽돌구조를 지니고 있는데 이는 Fig. 2와 같이 다시 3단계에 걸친 계층구조를 가지고 있다.²

3. 저속 충격 실험

본 연구의 저속충격 실험에 사용된 시험기는 Fig. 3에서 나타낸 instron 8250으로 충격 에너지의 범위가 0.6~303J이다. 사용된 팁(tip)의 지름은 16mm인 반구형의 강철이고 충격체 질량은 2.5kg이다. 낙하 높이를 이용하여 충격에너지와 속도를 조절 하였고 초기 설정 값과 센서측정값에 큰 오차가 없음을 확인하였다.

시편은 진주조개 내피를 가공한 시편으로서 생체재료의 특성상 크기의 한계를 갖는다. 실험에서는 35mm(가로)×35mm(세로)×4mm(높이)인 시편

	2J	3J	4J
activation	0/2	2/6	2/2
inactivation	0/2	5/6	2/2

Table 1 Number of specimen breaking

을 가공하였고, 시험기에 장착을 위하여 크기가 100mm×100mm×10mm인 지그를 사용하였다. 시편고정부를 제외한 실제 충격가능 범위는 정사각 범위의 25mm×25mm로 고정하였다. 실험 조건은 젖은 상태에서는 단백질 층이 활성화(activation)되고 마른 상태에서는 단백질 층이 비활성화(inactivation)된다. 단백질 층의 특성이 주는 영향을 파악하기 위해서 나누어서 실험을 진행한다. 실험 결과는 Table 1과 같으며 같은 에너지 범위 내에서 유의미한 결과 값을 갖는 것을 확인 할 수 있었다.

4. 진주조개 내층의 거동

본 연구의 저속충격 실험에 쓰이는 시편의 상태에 따라서 살아있는 진주조개의 내층이 가지는 특성을 알 수 있었다. 단백질의 경우 점탄성 재료로 볼 수 있으나 특유의 단백질 사슬구조가 가지는 성질을 표현하기에는 다소 부족한 부분이 존재한다.⁵ 충격 시에 충격력의 전파에 의한 거동이 비활성화 된 시편의 경우 단백질의 역할이 작용하지 못하여 충격에 활성화 된 시편보다 낮은 에너지에서 파괴되는 결과를 얻을 수 있었고 활성화 된 시편의 경우 충격에 좀 더 강하다는 것을 알 수 있었다. 그에 대한 이유는 단백질 사슬의 특성에 의하여 재료 내부에서 Fig. 4와 같은 특이한 거동을 보인 것으로 예상된다.

5. 결론

진주조개 내층의 상태에 따른 저속충격 거동을 확인하였다. 이를 통하여 진주조개의 구조적 특성과 함께 구조를 구성하는 재료의 상태에 영향을 받는다는 점을 확인할 수 있었고, 특히 충격흡수가 내층을 구성하고 있는 단백질의 특성에 기초하는 점을 알 수 있었다. 더욱 자세한 거동을 위하여 많은 실험과 이론이 필요하다. 하지만 현재의 결과 또한 향후 진주조개 내층의 구조와 구성에 기반을 둔 재료 개발 시 접착 층의 성질을 결정하는데 중요한 지표가 될 것으로 기대된다.

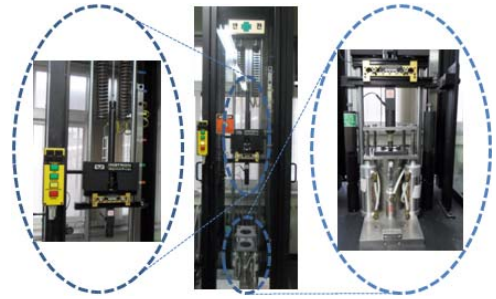


Fig. 3 Instron dynamup 8250

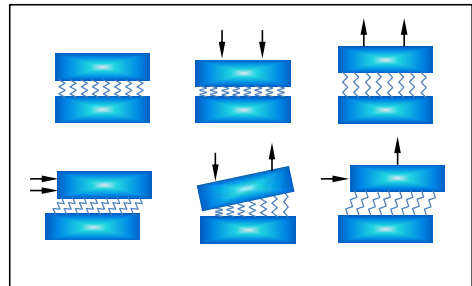


Fig. 4 Behavior of mineral-protein structure

후기

이 논문은 2010년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임(2010-0010163)

참고문헌

1. Ayre, M., "Biomimicry-A Review," Technical Note, 2004.
2. Gao, H., "Mechanical properties of nanostructure of biological materials," Journal of the Mechanics and Physics of Solids, **52**, 1963-1990, 2004.
3. Lee, D.R., Beom, H. G., "Numerical Analysis of Effective Elastic Constants of Bone-Like Biocomposites," Journal of the Korean Society for Precision Engineering, **28**, 1288-1296, 2011.
4. 이종원, 범현규, "생체구조를 모방한 다층복합재료의 이방성 유효탄성계수 및 저속 충격 해석," 한국정밀공학회 2011년도 춘계학술대회 논문집, 1237-1238, 2011.
5. Gao, H., "Probing mechanical principles of focal contacts in cell-matrix adhesion with a coupled stochastic - elastic modelling framework," Journal of The royal society Interface, **8**, 1217-1232, 2011.