

글 ■ 이 영 신 부문위원장(충남대학교 교수)  
e-mail ■ leeys@cnu.ac.kr

재료역학이나 연속체역학의 범위는 다양하여 단순한 하나의 연구 주제를 이루기보다는 많은 응용 분야로 확장을 하고 있다. 재료역학 분야의 연구는 전통적으로 탄소성 및 점탄성·점소성 변형거동에 관한 연구와 이와 관련된 응용분야의 연구를 들 수 있고, 연속체역학은 재료거동을 표현하는 수학적이고 물리적인 방법들로서 여러 분야의 기본이 되고 있다. 이 분야의 연구에 있어서 주요한 특징 중 하나는 재료역학 분야를 모태로 해서 방법론적인 측면과 응용적인 측면에서 연구분야가 분기되고 세분화되면서 그 영역도 꾸준히 확충되어 왔다는 점이다. 방법론적인 분기의 대표적인 예는 유한요소법을 중심으로 한 전산역학 분야를 들 수 있으며, 응용적인 측면에서의 분기의 예는 파괴역학이나 금속성형의 예를 들 수 있을 것이다. 이렇게 광범위한 연구 분야는 유한요소법이나 파괴역학, 소성가공, 전자패키징, 복합재료역학, 유변학과 같이 재료역학 및 연속체역학으로부터 분기·확충·발전하여 독자적인 연구집단을 형성하고 상호 연관을 지녀 엄격한 구분이 어려워지고 있다.

재료의 구성방정식에 관한 연구는 재료역학 및 연속체역학 분야의 중요한 연구영역이다. 그동안 탄성, 탄소성, 점탄성, 점소성 구성 방정식에 관해 연구결과가 어느 정도 확립되어 있지만, 보다 복잡한 구성방정식, 이를 테면 점탄성 Polymer 나 전왜재료(electrostrictive materials), 고온 고압의

재료, 상변태를 수반하는 재료의 구성방정식에 대한 연구는 미미했으며, 최근에서야 활발한 연구가 이뤄지고 있다. 국내에서도 유변학회를 중심으로 Polymer의 구성방정식 모델링에 관해 많은 연구가 이루어지고 있다.(The Korea-Australia Rheology Journal 참조)

첨단 산업분야에 이용되고 있는 다양한 신소재의 역학적 성질을 연구하기 위하여 미시/나노역학(micro-, nano-mechanics)에 관한 연구가 최근 해외에서 활발히 이루어져 왔고 국내에서도 프런티어 사업을 비롯한 각종 연구개발 사업을 통해 Nano-system이나 Nano-structure에 관해서 다양한 연구가 이뤄지고 있다. 예를 들면, Nano-indenter 나 AFM(Atomic Force Microscope)를 응용한 Nano-scale 물성측정, Quantum wires나 Quantum dots과 같은 Nanometer-scale Device의 Fabrication 및 Design을 위한 Nanostructure Patterning에 대한 Multiscaling Modeling, 그리고 Nanoscale에서의 재료 failure를 해석하기 위한 실험적 접근 및 Multiscale 해석 등을 들 수 있다(예를 들면 참고 문헌 (2~5) 참조). 또한 변형이나 응력이 전자적, 광학적 물성과 연계되어 있는 Device나 System에 대한 역학적 연구를 들 수 있다. 예로서 반도체 소자에 널리 사용되고 있는 실리콘 재료 내의 전위슬립(dislocation slip)에 관한 연구와 다양한 신소재의 미시/나노 역학에 관한 연구들이 이루어지고 있다. 또한 Biotechnology의 발전과 함께 생



체의 구성 방정식과 Modeling 및 Cell의 역학적인 관점에도 많은 연구노력이 경주되고 있다(참고문헌 (1) 참조). 이는 인공관절이나 치아 등 신체기관의 이식과 Cell Adhesion 등과 관련하여 점점 큰 주목을 받고 있는 분야이다.

기타 박판구조물(thin walled structure)의 변형에 관한 연구가 보고 되고 있다. 이는 자동차의 충돌 시 에너지 흡수 기구에 관한 규명과 관련하여 긴요하게 응용될 수 있는 분야이다. 또한 복합재료역학 문제, 전자패키징 문제, MEMS 분야, 응집 변형 해석 등 다양한 분야에 재료역학 및 연속체 역학이 적용된 연구가 보고 되어 있다(기계학회지, 복합재료학회지 참조).

결론적으로 고체역학 분야는 고체역학 자체로서 하나의 학문으로 존재가치를 인정받기는 어려운 시점에 이르렀다. 오히려 기술의 발전과 분기 그리고 산업사회의 필요에 따라 보다 새롭고 폭 넓은 역할을 요구 받고 있다. 예로서 반도체 및 정보산업의 발전에 따른 Nano-mechanics와 Biotechnology의 발전에 따른 Biomechanics 분야가 고체역학 연구자들에게 도전적인 연구 주제들을 제시하고 있다. 이렇게 볼 때, 고체역학 연구자들이 당면한 숙제 중 하나는 고전적인 연속체 스케일 관련 해석 및 실험 기법을 원자스케일까지 확장하여 학문의 영역을 확장하고 이를 신기술(emerging technology)에 응용할 수 있도록 하는 것이라 할 수 있다.

참고문헌

[1] G. Bao (2002), "Mechanics of Biomolecules," Journal of the Mechanics of Physics of Solids, Vol. 50, pp. 2237-2274.

[2] L. E. Shilkrot, W. A. Curtin, and R. E. Miller (2002), "A coupled atomistic/continuum model of defects in solids," Journal of the Mechanics

of Physics of Solids, Vol. 50, pp. 2085-2106.

[3] H.T. Johnson, R. Rose, B. B. Goldberg, and H. D. Robinson (2003), "Simulation evidence for lateral excitation coupling in a self-assembled quantum dot array," Applied Physics Letters, Vol. 82, pp. 3382-3384.

[4] J. Knap and M. Ortiz (2003), "Effect of indenter-radius size on Au(001) nanoindentation," Physical Review Letters, Vol. 90, pp. 226102-226205

[5] J. Li, K. J. Van Vleet, T. Zhu, S. Yip, and S. Suresh (2002), "Atomistic mechanism governing elastic limit and incipient plasticity in crystals," Nature, Vol. 418, pp. 307-310.

[임세영, KAIST]

구조설계 및 CAE

2002년도에서의 이 분야 활동 특징은 CAE응용에 대한 연구가 수치해석 기법 자체에 대한 연구에 비해 매우 활발하였다는 것이다. 특히, 2002년 기계 관련 산학연 연합 심포지움에서는 공학용 해석 소프트웨어 개발과제(과학기술부 지원) 중간 연구 결과를 소개하는 특별세션이 있어 많은 사람들의 관심을 끌었다. 이 개발 과제들 중, 상당수의 과제가 구조설계 및 CAE와 관련된 것들이었다. 새로운 해석 기법을 연구하는 국내 연구 그룹들도 많이 있지만, 상당수의 연구 그룹들이 지금까지 연구된 전산수치해석 기법을 국내 고유 소프트웨어로 개발하려는 노력을 하고 있다.

전산 수치해석 기법

전산 수치해석 기법에 관련된 연구활동을 보면 다음과 같다. 무절점요소법, 웨이블렛 기법, 유한요소기법의 보정 및 효율적인 고유치해석 기법

등에 대한 연구 결과가 전문 학술지 그리고 학술 대회 발표논문집을 통해 발표되었다. 전체적으로 볼 때, 작년에 비해 2002년도에는 수치해석 기법 자체에 대한 논문의 수가 줄어든 경향이 있다. 현재 이 전산수치해석 기법을 연구하는 사람들 중 많은 사람들이 무요소법에 대한 관심을 갖고 있는 것으로 나타났다. 이러한 동향을 반영하듯이, 2002년도 대한기계학회 고체 및 구조역학 부문은 부문 춘계학술 강연회를 무요소법에 대한 특별강연과 강습회로 기획한 바 있다. 이 학술강연에 참가한 참가자의 수나 열기를 볼 때, 무요소법에 대한 관심이 내년에도 계속될 것으로 전망된다.

### 전산구조 최적 설계

최적설계기법에 대한 논문들도 상당수 발표되었으나, 여기서는 주로 전산구조 문제와 관련한 연구동향만 살펴보고자 한다. 구조설계 등과 관련한 민감도해석에 대한 논문이 발표된 바 있으며, 반응표면법을 이용한 구조설계, 액추에이터의 전산 구조설계 최적화, 그리고 자기-기계 연성계에서의 위상 최적설계 등에 대한 논문이 발표된 바 있다. 또한 유한요소의 개선이 최적화결과에 미치는 영향에 대한 연구도 보고된 바 있다. 이 분야의 연구는 수치해석기법과, 최적화기법이 모두 요구되는 분야로, 응용 문제에 따라 다양한 형태의 연구논문이 발표되고 있다.

### CAE 응용

2002년도에서 가장 활발한 분야는 CAE를 설계에 적용하는 응용연구 분야이다. 2001년에 비해 다양한 문제에 CAE 기술이 적용이 되고 있다는 것을 주 특징으로 들 수 있다. 금형설계와 관련한 잔류응력 예측, 열변형 예측, 롤포밍해석, 하이드로포밍에서의 튜브확관해석, 디프드로잉 해

석 등 단조, 사출 및 금형설계에 관한 많은 응용 연구 결과가 발표되었다. 동적응력집중현상, 새도 마스크에서의 열변형 해석, 자동차 승객거동 상해치 유한요소 해석, 복합구조물에서의 잔류응력 해석, 충격해석, 엔진 커넥팅 로드 해석, 복합재 해석 등 여러 산업분야에서 발생하는 설계문제를 다루는 연구들이 발표되었다. 특히, 생체역학 관련 분야에서의 CAE를 활용하는 연구, 스노 보드에서의 비선형구조해석 등과 같은 흥미로운 주제에 대한 연구도 보고된 바 있다. 내년에는 이 CAE 응용분야가 더욱 활발해질 것으로 기대된다. [김윤영, 서울대학교]

### 실험역학

실험역학은 공학이론과 현장을 연결시키는 데 반드시 필요한 영역인 동시에 공학 이론과 설계 방법을 완전하게 체계화하는 데는 반드시 필요한 영역이다.

1276년 Roger Bacon은 실험의 중요성을 아래와 같이 말하였다.

"The Scholar who does not know mathematics does not know any science '(but)' .....without experiment nothing can be adequately known"

컴퓨터가 아무리 발달하더라도 어떤 이론의 유효성을 확인하기 위해서는 반드시 실험적 검증이 있어야 한다. 그래서 과학에서는 실험이 절대적으로 필요하다. 그러므로 우리는 실험을 중요시해야 한다. 그래서 이 글에서는 2002년 7월에서 2003년 6월까지의 대한기계학회 논문집에 투고된 논문 중에서 실험에 관련된 논문들을 분석하여 우리나라의 현 실험역학의 현주소와 실험역학의 나아갈 방향을 제시하고자 한다.

매월 대한기계학회논문집에 수록된 논문을 전적으로 실험에 관련된 논문을 순수실험논문, 실



형이 이론보다 더 비중이 큰 논문, 이론이 실험보다 더 비중이 큰 논문 등으로 구분하였다.

대한기계학회논문집 A와 B의 1년간 총 논문편수에 대한 실험논문의 편수 비율은 각각 46%와 60%이다. 논문집A와 B의 순수연구에 가까운 실험논문의 비율은 각각 30%와 45%이다. 그리고 산업현장에 관계되는 실험논문의 비율은 각각 16%와 15%이다. 보편적으로 실험논문이 많다고 볼 수 있다.

그리고 대한기계학회논문집A와 B의 1년간 총 논문편수에 대한 순수실험논문편수 비율은 각각 27%와 51%이다. 논문집A와 B의 순수연구에 가까운 실험논문의 비율은 19%와 37%이다. 그리고 산업현장에 관계되는 실험논문 비율은 각각 8%와 14%이다. 순수실험논문 비율도 생각보다 높은 편이다. 순수실험논문비율이 높을수록 제품의 내구성이나 안전성평가는 활성화되리라 본다.

2002년 7월부터 2003년 6월까지의 대한기계학회논문집 A에 수록된 실험논문 내용은 열화손상 평가, 열화도 평가, 동적광탄성 실험에 의한 계면 균열 전파, 피로균열 성장의 거동, 잔류응력 평가, 형상기억 복합재료의 제조 및 기계적 특성, 모아레 간섭에 의한 패키지의 거동해석, 설계 및 제작 그리고 성능평가, 로봇, 유동제어, 제어시스템의 제어 성능, 고무의 동특성 평가, 분말의 치밀화 거동, 상체역학, 열화손상에 대한 비파괴적 거동, 피로균열진전예측, 파괴인자, 회전축의 비접촉결합진단, 마찰측정, X선회절에 의한 파괴구에 관한 연구, 피로손상에 재피닝의 효과, 비파괴 평가 기법, 유압블리드-오프회로의 특성 및 실험적 동특성 모델링, 좌선감지 알고리즘, 공압구동기의 운동 특성, 마멸예측기술, 저주기 피로특성, 피로수명예측, 내구성 향상, 형상기억 복합재료의 미시적 손상 거동과 손상위치 측정, 공기압 실린더의 위치제어, 금속분말의 온간 등가압성형,

가스절단기, 유동공진 가진기 설계, 레오로지 성형 공정의 표면결합예측, 마이크로 채널 충전과정의 유동현상, 피스톤 펌프의 파라메트 추정, 용접 잔류응력이완, 복합재료의 특성, 다이캐스팅 공정에 있어서 속도 제어방법이 제품의 특성에 미치는 영향, 커프링 구조의 위치 동기 제어, 이종재료 접합층의 계면인성 평가, 냉간 아이어닝 공정, 금속복합재료 제조공정의 열전달 해석, 복합재료의 전단 물성치 측정, 크리프 해석, 마찰 특성, 기계적 물성, 마이크로 액추에이터 내장형 X선 마스크, 헬리컬 기어, 슈울드 스프링 설계 및 성능, 혼합모드 피로균열 전파거동, 부식열화 특성, 샌드위치 복합재료의 강도 및 손상 특성에 대한 비파괴, 공구의 조성변화에 따른 절삭 성능 및 신뢰도, 적층재의 인장 및 티필 강도 특성, 피로특성, 구동소자의 초기변형 최소화, 실험 데이터의 확률론적 해석, 엔진 마찰 시험, 마이크로 렌즈 제작방법, 3차원 형상 예측, 위상이동 ESPI를 이용한 미세용접 변형 측정, 두 직사각 평판의 실험적 모드, 열가소성 복합재료의 압축 성형의 공정 특성, 크리프 손상 규명 기법, 마찰변태 구조 관찰과 프래팅 마멸, 토코센서의 출력특성과 감도, 다축형 이동 메카니즘, 폴리이미드/TiO<sub>2</sub> 나노 복합재의 합성과 물성, 환경접합강도, 3자유도 변위측정기법, 자율 주행 휠체어, 에너지 흡수 특성 및 최적 용접 간격, 원형밀폐령의 형상최적화, 손상모드와 파괴거동, 비선형 진동, 피로/균열형태 변화와 층간 분리 거동, 잔류응력과 복굴절 형성, 크리프, 기계적 거동, 미세 성형부품 균열진전에 따른 A<sub>2</sub>의 변화, 초음파 가수 유량계, 열간단조 공정설계, 인장특성, 물성평가, 용접비드 형성에 대한 기하학적 추론 알고리즘, 적층재의 피로거동, 형상제어, 마찰천이선도, 인코넬의 선삭가공, 고분자지지 복합재료와 금속재의 캐비테이션 침식, 충격손상거동, 점용접된 두 사각 평

판의 굽힘강성, 진동특성, 프래팅 마찰과 마멸 특성, 충격손상을 받은 재료의 잔류강도, 상온수소 취화, 압연패스 스케줄, 압전구동기의 동적 해석, 온도분포와 유막두께 분포, 적응단면기법을 이용한 뇌모형 제작, 회복응력측정, 소음의 방사특성 (radiation characteristic), 결함진단 및 결함형태 분류, 압력제어, 설계민감도 개선, 로드셀의 기동형 감지부 설계 및 해석, 고온변형 특성, 충전 분리 거동, 파괴인성 원주방향 관통균열 배관의 파괴역학 해석, 응력확대계수, 실시간 오도밸런싱, 동적 윤곽 모델을 이용한 이동물체 추적, 통합피로선도초안, 연속스캐닝 레이저 도플러, 진동측정기, 감속배관의 강도, 레이저 가공, 신파괴인성 시험법, 접합체의 접착강도 특성에 미치는 표면 처리의 영향, 4자유도 비접촉자기 서스펜션 기구의 설계 및 제어, 피로손상, 로봇 시스템, 피로균열 열림 및 닫힘시 음향 방출 특성, 유리의 파괴 거동, 선삭가공시 냉각효과 등이다.

그리고 대한기계학회논문집 B에 수록된 실험논문 내용은 열/물질 전달 및 유동 특성, 응축 충격파 진동의 피동제어, 밸브의 동적거동 해석, MEMS기술에 의한 미소 리볼렛 필름 제작 및 항력 감소, 유동의 실험적 연구, 열전달 촉진, 압력장 측정, 예열공기의 연소특성, 가솔린 분무 특성, 헨시크 설계, 열전달계수 측정, 재단기, 내부 필터 입자 포집성능, AC전기장과 에틸렌 정상 확산화염 Soot입자 배출과의 관계, 알루미늄 방열기의 방열 특성, 원심압축기 불안전성, 21AFR 희박 연료 모듈의 흡입행정 분사시 연료거동 및 혼합기 분포 특성, 러쉬톤 터빈 교반기의 혼합특성, 난류박리기포의 응집구조, S.C의 레이저 화학증착, 터빈 블레이드의 엇갈린 요철과 평행 요철이 열/물질전달에 미치는 영향, 스킨 히트 파이프, 디젤엔진의 실린더 내 유동 해석, 연소기내 연소 불안전성, 축류형 터빈의 입사각 영향, 충격파의

반사와 투과, 유량변화에 따른 열발전기의 특성, 총류확산화염 내의 OH, PAHs 및 그을음, 액적 배 열연소의 상호간섭, 난류진동유동의 속도분포와 전단응력분포, 대형분출화염의 분산화학반응 화염구조와 NOx 지감기구, 2중 관형 2상 열 사이폰의 한계 열 유속특성, 입경측정 알고리즘, 자유 흐름온도와 대류 열전달 계수의 동시측정방법, 대형 디젤 엔진의 배기 배출, 소염직전의 착산화염 온도, 충격치 제어에 수반되는 반응지연, 고체 입자 첨가가 수소화염의 열특성에 미치는 영향, 과냉 유체의 비등 시작 열 유속에 관한 표면 볼록곡률의 영향, CH4-공기 동축 재트화염의 NOx 배출 특성, 열/물질 전달 및 압력강화, 기포 및 슬러그 유동 측정방법, 석유화학 공정부산물의 연소특성, 뉴턴유체와 비뉴턴 유체의 맥동 유동 특성, 전자기 유량계의 유량 신호 특성, Sodium 히트파이프의 실험, 슬랙윌 히트파이프 성능, 미세 연소기, 밀폐형 2상 열사이폰의 열전달 특성, 난류 박리재 부착 유동의 대형와의 구조(Large-Scale Vortical Structure) 공기축 전열성능, 예혼합 압축착화 디젤엔진의 분사시기 변화에 따른 혼합기 형성과정 및 연소 특성, 전자기력에 의한 자성유체의 자유표면 형성 및 상승높이 제어, 수평 웨이퍼 표면의 입자침착(partical deposition)중질 유-물 유화연료의 연소 특성, 흡기관내로의 물분사에 의한 디젤기관의 연소특성, 칩 냉각, 분무영역별 분무 특성, 광디스크 드라이브의 입자오염 및 열축적제어, 저 NOx 연소 특성, 나노입자 응집성장, 분무균질도 특성, 후류유동, 비등열전달, 디젤기관의 연소특성, 액말보조레이저 세척에서 액체 기화의 역할, 다단 임팩터의 입자채취성능, 난류 유동 특성, 동축 공기 다단 LPG화염의 NOx 생성 특성, 고체박막의 변형 해석, 가스하이드레이트의 구조적 특성, 화염의 거대와류 거동에 관한 가시화, 방사소음, 병렬 평면체트의 유동 특



성, 근접후류특성, 화재제어, 서리층의 물성치, 강 제대류비의 열전달, 농도 고속분석기의 Sampling Module 특성, 입자분포측정, 하이트파이프의 열성 능 액적의 증발 냉각, 유압시스템 최초 분석 및 모델링, 평면화염의 유동과 특성, 난류 유동장의 슬릿과 스윌베인의 역할, 연료액적들의 유동 특성, 방열기의 열전달 특성, 교반혼합기 내의 속도 장과 농도장의 동시 측정, 평판에 분사된 분무총 들제트의 냉각특성, 유동의 PIV해석, 배리어 유전 체 방전 하이브리드 공기청정 시스템의 나노입자 및 잔류 오존제거 특성, 냉동기 성능 진단기법, 난류 비예혼합화염의 연소특성, 난류유동의 유동 특성, 층류 확산화염의 매연과 질소산화물의 배 출 특성, 물질전달에 미치는 계면 활성제의 영향, 대류 및 비등 열전달 촉진 원리, 주기적 유동의 3차원 수치해석과 실험, 총돌수분류에 냉각되는 고온강판의 열전달, 서브마이크로 입자의 단극하 전 특성, 총돌순음발생, 3차원 Volume PIV, 3차원 스테레오 PIV 알고리즘, 와류유동의 3차원 구조 측정, 스펙트럼 방사를 측정, 나노초 폭발적 기화 과정 등이다.

재료 및 파괴, 고체 및 구조역학, 동역학 및 제 어 그리고 생산 및 설계공학 부분의 실험논문 중 에서, 즉 대한기계학회논문집 A의 실험 논문 중 에서 전영역 실험에 관한 논문은 일년 중에 4편 정도 발표되었다. 4편에는 광탄성 실험법, ESPI 그리고 X-선회전 등이 이용되었다. Nano 사이즈의 실험에 관한 논문 편수는 두 편 정도이다. 열 공학, 유체공학, 에너지 및 동력공학 부분의 실험 논문 중에서, 즉 대한기계학회논문집 B의 실험논 문 중에서 Nano 사이즈의 실험에 관한 논문은 세 편이고 MEMS 기술을 이용한 실험에 관한 논 문은 한 편이다.

NT와 MEMS에 대한 연구가 활발해짐에 따라 외국에는 NT와 MENS에 대한 실험역학도 아래와

같이 활발히 진행되고 있다.

고체역학의 세계적인 실험역학 논문집을 발행 하는 Society for Experimental Mechanics, Inc.가 주 관한 2002 SEM Annual Conference(June 10-12, 2002, Milwaukee, Wisconsin, U.S.A.)의 프로시딩에 수록된 총 논문편수는 225편이고 이 중에서 나노 사이즈와 MEMS의 실험역학(Experimental Mechanics of Nanoscale and MEMS)의 논문편수 는 47편으로서 그 비율은 약 21%이다.

2003 SEM Annual Conference(June 2-4, 2003, Charlotte, North Carolina, U.S.A.)의 프로시딩에 수 록된 논문편수는 263편이고 이 중에서 나노사이 즈와 MEMS의 실험역학의 논문의 편수는 57편으 로서 그 비율은 약 22%이다.

타이완에서 개최된 International Symposium on Experimental Mechanics(Dec 28-30, 2002, Taipei, Taiwan, Republic of China)의 프로시딩에 수록된 논문 편수는 135편이고, 이 중에서 나노사이즈와 MEMS의 실험역학(타이완 사람에 의해서 발표된 것)의 논문편수는 6편으로서 비율은 약 4.4%이다.

International Conference on Advanced Technology in Experimental Mechanics 2003(Sept 10-12, 2003)의 프로시딩에 수록된 논문편수는 272편이고 이 중에서 나노사이즈와 MEMS실험역 학에 해당되는 논문편수(순수일본사람에 의하여 발표된 논문편수)는 13편이다. 전체 논문편수에 대한 비율은 4.78%이다. 그러나 대한기계학회논 문집A의 전체 논문편수에 대한 나노사이즈와 MEMS실험역학의 논문편수의 비율은 0.6%이고(총 논문편수 : 332, 나노사이즈와 MEMS실험역학의 논문편수 : 2) 대한기계학회논문집B의 그 비율은 2%이다.(총 논문편수 : 201, 나노사이즈와 MEMS 실험역학의 편수 : 4)

이러한 비율이 우리나라의 기계분야의 실험역 학에 관한 현 위치이다. 그러므로 우리는 이러한

사정을 직시해서 분발하여야 한다.

앞으로 MEMS, IT, NT, BT 등이 발전됨에 따라 그러한 기술에 부응되는 제품들의 내구성을 평가하기 위해서는 반드시 MEMS용 실험역학과 나노스케일용 실험역학이 발전되어야 한다. 현재는 파괴역학과 손상역학에도 Size-Effect가 고려되고 있듯이, 나노스케일의 부품들의 안전성과 내구성을 평가하기 위해서는 Size-Effect가 고려되는 나노스케일에서 각 재료들의 기본적인 물성치, 거동 등이 평가되어야 한다. 그러한 것을 평가하기 위해서 나노스케일용 실험역학이 발전되어야 한다.

나노 스케일용 실험을 발전시키기 위해서 우리는 새로운 DIC(Digital Image Correlation) 화상법, STM(Scanning Transmission Microscope), AFM(Atomic Force Microscope) 그리고 Tormographic Method 등을 이용해야 한다.[황재석, 영남대학교]

### 복합재 역학

최근 1년간 국내에서 신기술로 인정받은 복합재료 관련 기술을 살펴보면, 작년 9월에는 “연속 필라멘트 와인딩 공법을 이용한 유리섬유 복합관 생산기술”이 신기술인정(KT마크)을 획득하였으며, 금년 1월에는 “증착법을 이용한 항공기용 탄소복합재 브레이크디스크 제조기술”이 국가 신기술(NT마크)로 인정받았고, 금년 6월에는 “탄소섬유 복합재료 라인보링바 및 제조방법”이 KT마크를 획득하였다. 최근에 개발되어 시장에 출시되는 기술들을 살펴보면, 우주·항공용 소재에 국한되어 사용되었던 복합재료를 현재는 기계, 건설 산업의 전반적인 분야와 스포츠·레이저 등의 다양한 분야에 적용하기 위한 연구개발이 국내에서 지속적으로 진행되고 있으며, 각 제품의 예상 매출 규모도 연간 수백억 원 이상으로 시장 규모도 커

지고 있음을 알 수 있다.

복합재는 두 가지 이상의 성질이 서로 다른 물질이 거시적으로 혼합되어 각 성분이 원래의 성질을 유지하는 물질로 혼합되어 있는 각 성분의 특성을 모두 이용할 수 있다는 장점이 있다. 섬유강화 복합재료의 경우는 열경화성 수지를 모재로 사용하는 과거의 제한을 넘어서 세라믹, 탄소, 열가소성 수지 등을 모재로 사용하고 있으며, 특히 보수 및 재활용에 용이한 PEEK, Polypropylene 등의 열가소성 수지의 사용이 증가하고 있다. 특정 방향의 물리적 성질을 점진적으로 변화시켜 원하는 기능을 얻는 기능성 경사재료(FGM)와 나노미터 단위의 미세 분말을 첨가하여 특정한 성질을 향상시키는 나노 복합재에 관한 연구도 확대되고 있는 추세이다. 특히 최근에는 미국에서 우수한 전기전도도와 고인성(576 kJ/kg)을 갖는 탄소나노튜브 섬유를 100m 길이까지 생산할 수 있는 기술이 개발되었고, 국내에서도 탄소나노튜브를 양산 판매하는 업체가 등장하여 탄소나노튜브를 복합재료에 적용하기 위한 연구가 더욱 활발해질 전망이다.

이러한 복합소재의 다양성에 비하여 복합재의 구조해석 및 설계를 위한 역학 분야는 복합재의 이방성에 기인한 수식의 복잡성으로 간단한 구조에서조차 완전한 해석해를 구하기가 어렵기 때문에 수식의 단순화를 위한 가정을 통하여 해석해를 구하거나, 유한요소 등을 이용한 수치해석 기법으로 해를 구하고 있다. 이 글에서는 복합재료 거시역학, 복합재료 미시역학, 및 성형공정 해석에서의 연구동향 및 해석관련 소프트웨어를 간략히 소개하고자 한다.

### 복합재료 거시역학

복합재 역학의 거시적 방법은 각 층 내의 섬유와 기지를 구별함이 없이, 두 물질의 성질이 완



전히 혼합되어 평균 성질을 나타낸다고 가정하고 응력과 변형률을 계산하는 방법이다. 고전적층판 이론(CLPT)은 복합재 평판의 응력 및 변형률 계산에 많이 사용되어 왔으며, 최근에는 다양한 하중을 받는 평판 및 원통의 두께 방향 및 경계부근의 응력을 정확히 구하기 위한 근사 해석해에 관한 연구, 지배방정식의 비선형 고차항을 고려한 해석해에 관한 연구, 평판 및 원통에 대한 좌굴 및 진동에 대한 정확한 해석해를 구하기 위한 지배방정식의 구성에 관한 연구가 이루어지고 있다. 그러나 연구는 간단한 경계조건 및 기하학적 형상을 갖는 복합재 구조에 적용될 수 있으며, 경계조건이 복잡하거나 비대칭 형상의 구조 등의 해석은 대부분 유한요소를 이용한 수치해석을 통하여 이루어지고 있다. 두께가 얇은 쉘 형상의 복합재 구조의 유한요소 해석은 층간응력 및 필(peel)응력을 모두 고려한 플라이(ply) 해석이 가능하나, 두께가 두꺼운 복합재 구조의 유한요소 해석은 유한요소 갯수 및 해석시간의 한계로 대부분 직교이방성 물성을 가지는 구조해석으로 제한된다.

한편 복합재 샌드위치 구조는 굽힘하중을 주로 받는 경량 구조인 항공기, 고속전철, 쾌속정, 반도체용 로봇팔 그리고 공작기계 등에 적용되고 있다. 기존의 복합재 샌드위치 구조는 두 개의 얇은 복합재 판 사이에 허니콤(honeycomb)을 넣어서 복합재 구조의 무게를 줄이고 굽힘강성을 높였지만, 허니콤을 이용한 샌드위치 구조는 굴곡이 심한 부분에는 적용하기 어렵다는 단점이 있다. 현재는 다양한 물성을 얻을 수 있고 형상이 복잡한 구조의 샌드위치 구조에도 적용이 가능한 폼(foam)재료를 이용한 샌드위치 구조의 연구개발이 활발하게 진행되고 있다. 기존의 허니콤을 이용한 평판형태의 복합재 샌드위치 구조에 대한 해석은 많이 수행되어 있지만, 폼과 같은

새로운 코어를 적용한 복합재 샌드위치 구조에 대한 해석이나 실험 데이터베이스는 아직 부족한 실정이다. 또한, 항공기나 고속전철의 외판에 사용되는 복합재 샌드위치 구조는 외부충격에 견뎌야 하기 때문에 충격특성에 대한 실험과 해석에 대한 연구도 중요하다. 향후 국내에서 개발될 고속 수송수단을 포함한 다양한 구조물의 경량화 경향을 고려할 때, 복합재 샌드위치 구조에 관한 연구는 더욱 가속화될 전망이다.

CLPT를 이용한 복합재료 적층판의 해석 설계용 소프트웨어로는, 상용 소프트웨어의 효시라고 할 수 있는 Think Composite(GenLam, LamRank, 3D Beam)를 비롯한 다수의 소프트웨어가 시판되고 있다. 이러한 소프트웨어들은 대개 비슷한 기본 기능을 가지고 있으나, 최근 개발되는 소프트웨어들은 차별화를 위한 특색이 있는 모듈을 구비한 제품들도 있다. LAP(Laminate Analysis Program)은 적층판 강성을 비선형적으로 나타낼 수 있는 모듈을 제공하며, ASCA(Automated System for Composite Analysis)는 조인트 모듈에서 다수의 판을 배열시킬 수 있다. 이외에도 접착 및 기계적 조인트의 응력 해석 및 강도예측 전용 소프트웨어인 BBJ(Bolted and Bonded Joint), 브레이딩 공정 복합재료의 기계적 물성해석 전용 소프트웨어인 BRAIDS 등이 상용화 되어 있다. 한편, 국내에서는 곧 출판될 예정인 "Axiometric Design and Frabrication of Composite Structures"의 부록으로 CLPT 프로그램(Axiometric CLPT)이 제공될 예정이다.

**복합재료 미소역학**

복합재 역학의 미시적 방법은 복합재료 각 층내의 섬유와 기지를 구별하여 각각에 걸리는 응력과 변형률을 계산하는 방법이다. 미소역학은 단섬유를 이용한 복합재 구조 성형의 유동 해석,



복합소재의 물리적 및 기계적 물성 예측 모델 설정 등에 적용된다. 최근에는 복합재 구조의 파괴에 대한 정확한 예측을 위한 모델링과 나노 복합재와 같은 미소 혼합물의 해석에 미소역학적 접근 방법을 이용한 연구가 활발하다. 복합재료 미시역학을 이용한 적층판의 거시적 물성 해석 소프트웨어로는 Think Composite(MicMac)가 오랫동안 사용되어 오고 있으나, 스프레드시트 형태로 사용하기에 다소 불편하고 강화재의 분포 상태에 대한 데이터 입력이 어려운 문제점이 있었다. 보다 최근에 개발되어 시판되고 있는, 단섬유 및 미립자 강화 복합재료의 열탄성 물성 해석용 소프트웨어들은 강화재의 분포와 방향성을 확률적으로 나타내고, 기지재의 물성, 강화재의 형상과 물성 등을 입력하면 거시적 물성을 계산해주는 방식을 취하고 있다. 이와 같은 소프트웨어로서 폴리머 복합재료에 사용할 수 있는 소프트웨어로 CPA(Composite Properties Analysis)가 있으며, 브레이딩 공법으로 제작되는 복합재료 강화섬유의 랜덤 파형에 확률 이론을 도입하여 해석하는 소프트웨어(MATC : Micromechanics Analysis of Textile Composites)도 시판되고 있다.

복합재 파괴 모드 및 파손 기준에 대한 연구는 계속 새로운 이론이 제시되고 있으며, 정확한 예측이 가능한 이론은 아직까지 명확하게 정립되어 있지 않은 상태이다. 균열을 가지는 복합재의 파괴에 대한 연구는 대부분 실험적 연구가 주를 이루고 있으며, 해석적 접근은 직교이방성 성질을 나타내는 복합재 구조에 국한되어 이루어지고 있다. 이 외에도 열 및 수분 하에서의 복합재 구조의 거동 및 응력해석, 고속 및 저속 충격에서의 복합재 구조의 에너지 흡수능 예측을 위한 해석, 복합재 구조의 접착부 해석에 대한 연구도 진행되고 있다. 관련 소프트웨어로 상용화된 제품들을 살펴보면, 복합재료 평판 및 접착 조인트의 3

차원 응력해석 및 균열진전 해석 소프트웨어에는 MOSAIC이 있으며, 2차원 미소역학을 이용한 축대칭 구조물의 손상해석 소프트웨어로 ADM(Axisymmetric Damage Model)이 출시되어 있다. 금속기지복합재료의 정적 및 피로강도 예측을 수행용으로 MMCCA(Metal Matrix Composite Component Analysis)가 개발되어 있다.

### 복합재 성형공정 해석

오토클레이브를 이용한 복합재의 진공백 성형공정은 주로 장섬유를 이용한 프리프레그(prepreg) 형태의 복합재 플라이(ply)를 적층하여 성형하기 때문에 섬유유동보다는 경화 전의 레진의 유동과 복합재의 압밀 해석이 중요하다. 현재 레진의 유동에 대한 이론은 거의 정립이 되어 있는 상태이나, 복합재 압밀에 대한 이론은 해석의 복잡성 때문에 다양한 연구가 진행되고 있는 상태이다. 또한, 두꺼운 복합재의 진공백 성형에서는 복합재 내부의 발열에 의한 온도상승으로 복합재의 물성저하가 발생할 수 있기 때문에 유동 및 압밀 해석뿐만 아니라 복합재의 열전달 해석도 중요시된다. 직물(fabric) 프리프레그를 이용한 복합재료의 성형성 시뮬레이션에 사용할 수 있는 소프트웨어로는 PAM-FORM 등이 있다.

수지에 함침된 섬유를 회전하는 맨드릴 주위에 일정하게 감은 후 경화시키는 필라멘트 와인딩공정은 섬유의 장력 조절과 함침되는 수지의 양이 가장 중요하기 때문에 장력제어를 위한 서보시스템에 대한 연구가 주로 이루어졌다. 필라멘트 와인딩공정을 시뮬레이션하고, 주어진 강도 요구조건에서 와인딩 각도와 두께를 결정하는 데에 이용할 수 있는 소프트웨어로는 CADWIND 등이 시판되고 있다. 복합재구조의 대량생산에 적합한 펄트루전, RTM(Resin Transfer Molding) 그리고 압축성형 공정에서는 레진과 섬유의 함침과



금형 내부에서 복합재의 유동에 관한 연구가 이루어져 왔다. 특히 RTM과 압축성형 공정에서는 레진의 함침과 유동이 제품의 품질을 결정하기 때문에 레진 함침과 유동에 관한 유체역학적인 접근과 실제 제품 성형공정을 예측하기 위한 시뮬레이션에 관한 많은 연구가 진행되어 왔다. RTM, VARTM(Vacuum Assisted RTM), RFI(Resin Film Infusion)등의 공정을 시뮬레이션하여, 압입구와 Vent의 수량 및 위치, 인젝션 압력, 레진의 유속 및 온도 등 공정 변수를 설계하는 데에 사용할 수 있는 소프트웨어로는 PAM-RTM이 있다.

현재 장섬유를 이용한 복합재구조의 성형에 대한 이론적 접근이나 성형공정의 시뮬레이션은 큰 발전을 이루어 다수의 공정 해석 및 설계 소프트웨어가 상용화되었으나, 사용영역이 점점 넓어지고 있는 단섬유를 이용한 복합재구조의 성형에 대한 해석은 불규칙하게 분포된 단섬유의 유동을 예측하기 어렵기 때문에 적절한 시뮬레이션을 위한 다양한 연구가 시도되고 있으나 상용화에 성공한 소프트웨어는 아직 드문 실정이다. [이대길, KAIST]

### 충돌 및 붕괴

국내 충돌 및 붕괴에 관한 연구는 구조물 특히 자동차의 안전에 대한 관심이 높아지면서 많은 연구자들의 관심을 끌어들였다. 기계공학에서의 충돌 및 붕괴 분야는 크게 네 영역으로 세분화되는데 1) 구조물 즉 자동차의 경우 차체의 충돌해석 및 설계이고 2) 승객안전에 관한 인체의 충돌 거동으로 상해 메카니즘 및 인체모형의 기계적 혹은 CAE용 개발 분야이고 3) 승객에 직접적으로 영향을 미치는 내장부품 예를 들면 에어백, 시트 및 벨트, 내장 트림부품 등에 관한 제품 및 제어 알고리즘 설계분야 이고 4) 소재 자체 예를 들면

신소재, 복합재, 알루미늄재, 플라스틱 등의 충격 특성에 대한 연구 분야이다. 자동차 이외의 산업에서는 최근에는 상품성 및 신뢰성과 관련하여 가전제품의 내 충격성 향상을 위한 Drop Test 및 Package에 대한 연구와 군사용 장비의 초고속 충돌에 관한 분야이다. 마지막으로 ITS(Intelligent Transportation System)의 기술개발 및 도로에서의 적용을 위하여 충돌회피기술(crash avoidance technology)의 연구가 진행 중이다. 적용 예로는 지능형 자동주행시스템(adaptive cruise control system)을 갖춘 차량을 개발하기 위하여 충돌사고에 대한 예측 알고리즘의 개발연구이다.

### 차체의 충돌해석 및 설계분야

2002년 국내에서 발표된 차체 등 구조물의 충돌연구는 충돌 관련 법규의 제정 및 개정에 따른 변화에 능동적으로 대처하기 위한 연구가 진행되었다. 2003년도부터 국내에서 발효되는 측면 충돌안전법규와 측면충돌 신차평가에 대비하여 연구가 진행되었다. 국내의 법규는 유럽의 측면충돌 안전법규와 유사하여 이미 오래전부터 연구가 진행되어 큰 문제는 없으나 신차평가의 경우 충돌속도가 55km/h로 법규의 50km/h보다 높아 도어(door)의 침입 및 승객을 보호하는 도어 트림(trim) 소재에 대한 연구가 진행되었다.

또한 고급차종에는 측면충돌용 에어백을 장착하므로 에어백 실험을 위한 모의실험장치(sled test system)에 대한 기술개발이 활발하였다. 2005년 유럽에서 적용 예정인 Phase I에서의 보행자 보호하는 법규에 대비하여 어린이 머리모형 및 Lower Legform이 Hood, A pillar, Windshield 등으로부터 보호하기 위한 충격시험법에 대한 실험적 평가, 해석방법론의 가능성, 설계 적용성에 대한 연구가 자동차 제작사를 중심으로 진행되고 있었고 한편 건교부를 중심으로는 국내에서도 유사한

보행자 법규의 제정을 위하여 사고조사 분석 및 시험법 개발연구가 진행되었다.

### 상해 메카니즘 및 승객안전 부품분야

승객안전 분야에 대한 국내의 연구는 복미의 정면충돌에 대한 FMVSS 208 법규강화로 인해 에어백이 승객에 미치는 영향에 대한 연구로 표준 인체모형뿐만 아니라 다양한 체형의 승객의 상해 개선에 대한 연구가 활발히 진행되었다. 에어백에 대한 법규강화로 인해 기존의 50%tile Hybrid III에 대한 충돌안전을 포함하여 5%tile, 95%tile 및 3세, 6세 어린이뿐만 아니라 12개월의 영아에 대한 보호규정이 제정되면서 국내에서도 이에 대비하여 Smart Airbag에 대한 연구가 활발히 진행되었다. 특히 OOP(Out Of Position) 승객에 대한 충돌안전성을 검증하기 많은 위한 실험 및 해석적 연구개발이 진행되었다. Airbag 관련 연구는 법규에서 제시하는 다양한 시험대상에 대하여 효율적인 대처방안을 모색하기 위한 최적화 기법 및 실험계획법을 최근 널리 응용하고 있다.

인체모형과 관련된 연구에서는 정량화된 기계적 인체모형(ATB)보다는 컴퓨터 해석에서 사용되는 FEM Dummy의 개발에 많은 연구가 진행 중이다. 특히 에어백과 관련된 법규가 요구하는 3세 및 6세 더미에 대한 모델 개발뿐만 아니라 정면, 측면 등 다양한 충돌 시나리오에 사용가능하고 실제 인체와 유사한 Human Dummy의 FEM 모델 개발이 진행되고 있다.

또한 미국에서 강화되는 후방 충돌법규인 FMVSS 301에서는 목 상해가 큰 이슈로 대두되어 최근 새롭게 발표된 상해치 기준인 Nij에 대비하여 시트백, 헤드레스트, 시트백의 회전강성 등 시트의 특성에 따른 연구가 진행되었다.

### 충격하중을 받는 재료의 거동분야

재래식 프레스와 용접에 의한 차체의 생산에서 비록 일부이나 Hydro foaming에 의한 부품을 생산하고 있다. 또한 경량화 추세 및 신소재의 등장으로 알루미늄 압출재, 합성수지, 복합재 등 증가로 인해 이들 소재의 충격거동 및 에너지 흡수력에 대한 연구가 진행되고 있다. 특히 전기자동차 및 고속전철의 경우 주재료인 알루미늄 압출재를 주요 부품으로 사용하기에 단면형상에 따른 충격에너지 흡수력 및 붕괴거동에 대한 연구가 진행되고 있다. 알루미늄 판재 및 압출재로 구성된 스페이스 프레임 자동차의 경우 일반 강판과는 다른 접합구조로 이루어져있어 일반 강판의 용접특성과는 다른 충격, 붕괴 거동을 보이고 있다.

한편 휴대용 통신/전자제품에 대한 내충격성 및 포장에 대한 제품설계의 최적화를 위해 노트북 및 휴대용 전화기 및 PDA에 대한 Drop Test에 대한 연구가 꾸준히 진행되고 있다. 이들 통신제품은 재료의 특성상 비철금속인 합성수지, 플라스틱, 고무제품으로 구성되어 있어 재료의 내충격성, 충격에너지 흡수력에 대한 연구가 진행되고 있다. 또한 초고속 충돌연구에서는 세라믹, 금속복합재가 고속 충격하중을 받을 때 재료의 충돌특성 및 관통거동에 대한 연구가 진행되고 있다. [윤영한, 한국기술교육대학교]

### 생체역학

생체역학 분야는 생체공학 분야의 일부로 간주할 수 있다. 생체공학이 인체에 사용되는 여러가지 의료기기 및 재활기기의 설계 및 가공에 수반되는 기계공학적인 연구를 통칭한다면, 생체역학은 인체조직의 주변 기계학적인 환경변화에 따른 생물학적인 변화에 대한 상관관계의 연구, 반대로 생물학적인 변화로 인한 조직의 기계적 특성



의 변화에 대한 연구 등 기초적인 학문을 연구하는 분야로 간주할 수가 있다. 국내의 연구 및 학술활동은 아직 타 기계공학 분야에 비하면 초기 단계로 미미한 실정이나, 1995년 이후 생체역학 분야에 대한 연구지원사업의 활성화에 따른 관심의 증대, 기계학회에서의 생체역학 특별세션 개최 등으로 빠른 성장을 보여주고 있다. 2002년 한국정밀공학회에 생체공학부문이 설립되어 생체역학 분야의 연구발표 및 전문가들의 토론의 장이 마련되었다. 최근 노인인구의 증가에 따른 Silver Engineering 분야의 국내외적인 연구의 필요성 증가에 따른 생체역학 분야, 특히 재활공학 분야의 연구에 대한 연구지원의 증가 및 국가적인 연구사업의 기획으로 국내 연구자의 관심이 집중되고 있다.

생체역학의 연구분야를 크게 나누면 대상 인체 조직에 따라, 근-골격계, 순환계, 호흡계 등으로 나눌 수가 있으며(bone biomechanics, soft tissue biomechanics, circulatory biomechanics, sports biomechanics 등), 또한 적용되는 기계공학적 기술에 따라 기구학적 분야(kinematics), 조직의 물성 및 기계적 특성에 대한 조직역학(tissue mechanics), 또한 각종 세포의 물성 및 기계적 거동에 관한 세포역학(cell mechanics) 등으로도 나눌 수 있다.

지난 2002년의 생체역학 분야의 국내 연구 활동을 요약하면, 우선 본 연구 분야의 연구에 대한 관심의 증대를 들 수 있다. 1999년 설립된 생체역학연구회의 지속적인 활동을 위해 2002년 말 한국정밀공학회에서 생체공학 부문을 신설하여 생체역학 및 관련 공학 연구를 한 곳으로 집중하였다. 또한 2003년 초 성공적인 부문학술대회는 실제적으로 공식적인 학회로 성장하였음을 보여주었다. 연구 분야에서는 전술한 바와 같이 Silver Engineering 분야의 연구내용이 기획되고(생산기

술연구원의 기획보고서 및 보건산업진흥원의 보건산업기술 진흥을 위한 기획서 등) 있으며, 이 분야는 Robot 연구 분야와 함께 기획되어 2003년에는 장기적인 국가 연구과제(New Frontier 연구사업)로 선정되어 연구가 수행될 예정이다. 본 연구사업에서는 특히 근-골격계의 노화에 따른 동작분석 및 재활분야, 노인의 일상 생활지원을 위한 기술 및 기기의 개발에 관심이 모여지고 있다. 한편 국제적인 학술 활동을 살펴보면, 2002년 말 Singapore에서 개최된 Asia-Pacific Medical and Biological Engineering 회의에서 Asia-Pacific 지역의 생체역학 전문가들이 모여 2004년부터 Asia-Pacific Biomechanics Society(가칭)를 발족 국제적인 학술행사를 개최하기로 협의하였고, 한국은 일본, 중국과 함께 중추적인 역할을 담당할 것으로 기대하고 있다.

생체역학 분야의 연구 현황을 보다 면밀히 살펴보면, 2001년의 연구 현황과 대동소이 하다고 할 수 있다. Silver Engineering 및 재활분야에 대한 연구 활동이 활성화 되었다. 이는 근-골격계 조직에 대한 모델링 및 기초 연구로 이어지며, 이는 재활분야에 있어서 근-골격계가 주변의 기계적인 환경에 가장 민감하게 반응하는 인체조직이기 때문이다. 또한 2002년의 연구 활동에 있어서 주목할 점은 Robotics 기술과 재활분야의 접목을 들 수 있다. 노인 및 장애인을 Guide하는 Robot의 Proto-type형이 개발되었으며, 근-골격 기능의 회복을 위한 물리적 훈련시스템이 Robotics의 제어기술과 융합되어 연구되기도 하였다. 또한 보건복지부의 장기적인 연구과제로(Human-Tech 21) 인체기능을 능동적으로 보조하는 생체역학 기술에 대한 연구센터가 재활공학연구소 내에 발족하여, 생체신호에 의해서 제어되는 의수족, 인공근육, 전기적 자극을 이용한 마비환자의 기능회복 등에 대한 연구가 시작되었다. 골다공

중에 있어서 척추골절시 PMMA의 주입양 및 주입부분에 따른 척추의 기계적 강도의 회복에 대한 연구, 척추보강술에 따른 골밀도 변화 연구, 3차원 척추체의 유한요소모델의 개발을 이용한 골다공증 환자의 척추체의 골질 위험성에 관한 생체역학적 연구 등은 2001년에 이어 지속적으로 연구되고 있으며, 임상에서 발생하는 문제점을 기계공학적으로 해석하려는 연구로 의학자-공학자간의 협동연구로 진행되고 있다.

2002년은 2001년에 이어 세포역학에 대한 연구 보고가 활성화되었다. 이는 세계적으로 연구가 활성화 되고 있는 조직공학분야에서 기계공학기술의 응용이 더욱 활성화 되면서 일어나는 현상으로 판단된다. 기계적인 환경변화 및 자극이 세포 및 인체조직의 재생에 미치는 영향을 연구하고, 또한 조직의 재생을 효율적으로 하기위한 방법의 하나로 기계적인 mechanism을 이용한 생

물반응기(bioreactor)의 개발에 대한 연구도 활성화 되고 있다. 세포의 접착력을 micro-pipet을 이용한 정밀한 실험을 통해 측정된 연구결과는 세포와 세포가 접착하고 있는 지지체(scaffold)와의 생체접착성 연구에 활용되고 있다. 또한 단위 세포의 기계적 물성치를 측정할 수 있는 실험장치가 개발 되었으며, 이에 따른 각종 세포의 물성치 연구도 활성화 되고 있다.

이외에도 혈류의 유동특성 연구, 동맥류에서의 유체-구조 상호작용에 대한 연구, 혈류유동의 가시화 연구 등은 순환계 생체역학 분야의 기초연구로 지속적으로 보고되고 있으며, 또한 의료영상기술을 이용한 인체조직의 3차원 가시화 연구, 웹 상에서의 3D영상 가시화 연구, 가상 수술을 위한 시뮬레이터 연구 등도 생체역학의 한 분야로 연구가 활성화되고 있다.[최귀원, KIST]

**기계 용어해설**

**콘 비치(Cone beach)**

Decanter형 원심분리기에서 슬러지가 액체 중에 잠겼다가 보울(bowl)과 스크루 축(screw shaft) 사이의 상대운동에 의해 축방향으로 이동되고 최종적으로 원심분리기의 바깥으로 배출되기 전에 슬러지에 포함된 액체를 탈수시키기 위한 스크루 축의 일부분이다. 그 모양이 원추형이고 터 모래로부터 액체가 스며나오는 모양과 유사하다 하여 이렇게 이름을 붙인 것이다.

**Decanter형 원심분리기(Decanter Centrifuge)**

액체 속에 포함된 슬러지를 제거하기 위한 폐기물 처리기로서 원심력의 원리를 이용한 장치이다. 가장 바깥에 있는 회전체(보울, bowl)와 그 안쪽에 동심원으로 설치된 스크루 축(screw shaft)은 거의 같은 속도로 고속으로 회전하면서 그 사이에 유입된 폐기물 액체에게 원심력을 부여한다. 그러면 비중이 1에 가까운 무거운 고형물도 이 원심력에 의해 바깥의 보울 내면 바닥에 쉽게 모인다. 한편 스크루 축은 보울보다 더 낮은 속도로 회전하기 때문에 스크루 날개가 이 고형물들을 축방향으로 이송시키고 회전체의 끝단에서 이들을 배출시킨다.