

재료 및 파괴부문

박 재 학 · 부문회장(충북대학교, 교수)

_e-mail : jhpark@chungbuk.ac.kr

이 글에서는 원전기기 건전성 평가, 계산역학, 실험역학, 피로강도, 복합재료, 동적거동, 거동해석 등 재료 및 파괴 분야의 2007년도 한 해 동안의 연구동향에 대해 소개한다.

원전기기 건전성 평가

2007년에는 춘계 및 추계 학술대회에서 각각 3편, 2편이 발표되었고 부문 학술대회에서 6편의 논문이 발표되었다. 춘계학술대회에서 발표된 논문의 내용을 살펴보면 에너지 변환설비의 경년열화에 의한 열화도와 손상 정도를 진단 및 평가하고 이에 따른 수명예측기술과 합리적인 검사주기 설정기술의 개발이 시급히 요구되는 시점에 원전 1차 측 배관재질의 열화에 따른 응력부식균열 발생 비교 실험 연구(박광진, 이규영, 배동호)를 통해 인공 열화된 원전 1차 측 배관재질에 대한 부식민감성과 응력부식균열을 평가하였고, 다변량 로지스틱 회귀분석을 이용한 증기발생기

전열관 ODSCC의 POD곡면 분석(이재봉, 박재학, 김홍덕, 정한섭)을 통해 구 증기발생기 전열관의 자연결함에 대한 와전류검사 회송시험 결과와 파괴분석결과를 이용하여 국내 증기발생기 가동중 검사에 사용되는 비파괴 검사시스템의 결함검출에 대한 신뢰성을 분석하였고 ESPI를 이용한 곡관 감육 결함부의 변형률 분포 측정(아흐터 나심, 김경석, 정성욱, 박종현, 최정석, 정현철)을 통해 비파괴적인 방법을 이용하여 곡관 내부에 존재하는 감육결함의 영향부에 대한 변형률 분포를 측정하여 감육결함의 위치와 내압의 변화에 따른 영향을 파악하고 변형률 분포 측정을 통해 감육결함부의 크기를 추정할 수 있는 방안을 제시하였다. 추계학술

대회에서 발표된 논문의 내용을 살펴보면 Zr-2.5Nb 압력관의 수소지연균열 속도에 미치는 균열 선단응력 효과(김영석, 정용무) 연구를 통해 수소지연균열(DHC) 속도가 균열선단응력에 의해 지배된다는 구 DHC 모델의 주장과는 다른 모델을 개발하여 검증하였고 원전배관 협계용계 파괴인성 시험을 위한 소성 η계수(허용, 조성근, 구재민, 석창성) 연구를 통해 원전배관 협계용접부에 대한 수정된 파괴인성 시험법을 제시하기 위한 시험 및 유한요소해석을 수행하여 수정된 소성 η계수를 제시하였다. 한편 부문학술대회에서 발표된 논문을 살펴보면 원자력 배관의 부식손상평가(이진경, 이상필, 이문희, 이준현) 연구를 통해 원전 고온/고압부의

운전 중 발생하는 결함요소들을 상시 모니터링하기 위한 방법으로 탄성파를 이용한 온라인 모니터링 기술과 초음파를 이용한 손상인자 및 결함의 특성 규명, 그리고 신호처리기법 연구를 통하여 초음파-탄성파 진단시스템 개발연구를 수행하였고 유한요소해석에 기초한 감육곡관 손상압력 평가모델 개발(김진원, 박종선) 연구를 통해 원전 운전조건에서 내압에 의한 손상에 미치는 감육 결함의 영향을 파악하고 결함에 따른 손상압력 평가식을 제시하였고 압력용기 관통노즐 용접부의 잔류응력 완화방안 도출을 위한 유한요소해석(이승건, 김종성, 진태은) 연구를 통해 개발된 잔류응력 완화장치에 대한 소개와 유효성 입증에 관한 유한요소해석 수행과 잔류응력 및 균열성장 평가를 수행하였고, 내압과 굽힘하중의 복합하중을 받는 T분기관을 한계하중(이국희, 김윤재, 박치용, 이성호, 김태룡) 연구를 통해 내압과 굽힘하중을 동시에 받는 T분기관의 한계하중 해석을 수행하고 해석결과에 기초하여 한계하중의 정량화 및 곡간 보간식을 제시하였고, 감육곡관 손상결과를 이용한 국부손상기준 검증(박종선, 나연수, 김진원, 이성호) 연구를 통해 감육곡관에 대한 손상시험을 유한요소해석을 통해 모사하고 모사결과에 제시된 손상기준을 이용하여 시편의 손상압력을 예측하였으며, 지르코늄 합금

에서 쌍정에 따른 기계적 특성의 이방성(김영석, 임경수, 정용무) 연구를 통해 접합도를 갖는 지르코늄 합금의 변형특성을 규명하고자 원주방향 집합도를 갖는 CANDU Zr-2.5Nb 압력관을 대상으로 인장시험을 상온~400°C 온도영역에서 수행한결과를 발표하였다.

(송기남, 한국원자력연구원)

계산역학

계산역학 부분에서는 유한요소법 자체의 기능향상에 관련한 논문과 유한요소법의 적용범위를 확장하는 논문이 발표되었다. 먼저 유한요소법에 관련한 논문 중, 기본적인 T-스플라인 국부세분화를 고려한 스플라인 기반 유한요소해석(서유덕, 김기승, 윤성기)에서는 기존의 스플라인 유한요소해석에 국부세분화와 패치 결합에 장점이 있는 T-스플라인을 도입하여 효율성을 극대화시키고자 하였으며, 3차원 유한요소 모델의 불일치 격자 결합을 위한 계면요소(김현규)에서는 계면요소를 3차원 일반화 계면에 적용하는 방법을 제시하였다. 이동최소자승-유한요소법(김현규)에서는 기본적인 유한요소 절점들로 구성된 격자에 2차절점들을 원하는 위치에 자유롭게 분포시켜서 적응적 해석이 가능하게 하는 방법을 제시하였다. 국부적 비주기성을 갖는 이종재료의 해석을 위한

다절점 유한요소를 이용한 다중스케일 해석기법(임재혁, 손동우, 임세영)에서는 다절점 유한요소를 이용한 다중스케일 해석기법을 제시하였다.

한편 유한요소법의 응용에 관한 논문 중, 단일 슛 충돌에서의 잔류응력 유일해를 위한 2차원 유한요소해석 모델(김태형, 이형일)에서는 피닝 잔류응력을 정량적으로 평가하는 2차원 단일 충돌 해석모델을 제안하였다. 내압과 굽힘하중의 복합하중을 받는 T 분기관의 한계하중(이국희, 김윤재, 박치용, 이성호, 김태룡)에서는 내압과 굽힘하중을 동시에 받는 T 분기관의 한계하중 해석을 수행하였다. 압력용기 관통노즐 용접부의 잔류응력 완화방안 도출을 위한 유한요소 해석(이승건, 김종성, 진태은)에서는 일차수응력부식균열 예방을 위해 개발된 인장 잔류응력 완화장치를 소개하고 개발된 장치의 사용 유효성을 입증하기 위해 유한요소 해석을 수행하여 인장 잔류응력의 저감 정도를 정량적으로 평가하였다. 다양한 외부 하중에 대한 폴리에틸렌 매설 배관의 유한요소 해석(윤덕용, 이춘열, 배준우, 우종관, 길성희)에서는 매설용 PE배관과 관련하여 여러 외부인자들이 배관의 응력 및 변형 특성에 미치는 영향을 검토하였으며, 매설 폴리에틸렌 배관의 유한요소 해석 및 평가 프로그램 개발(우종관, 이춘열, 배준우, 윤덕

용, 길성희)에서 이와 관련되어 개발된 프로그램을 소개하였다. 샌드위치 복합재 패널의 굽힘 거동에 관한 고찰(이재열, 신광복, 류봉조, 이상진)에서는 샌드위치 복합재에 대한 굽힘 특성을 시험적인 방법과 유한요소해석법으로 비교 검증하였다. 전산유동해석을 통한 50ton 컨테이너 크레인의 풍하중 분석(이수홍, 이문재, 이성욱, 한동섭, 한근조)에서는 75m/s의 풍속에서의 풍하중이 컨테이너 크레인에 작용되었을 때 발생하는 풍하중을 산출하여 그 결과를 풍력실험 결과와 비교하여 신뢰성을 점검하였다. 인장 시험과 유한요소법을 이용한 고변형률에 대한 진응력-진변형률 곡선 획득 기법의 수치적 특성(엄재근, 최인수, 이민철, 전만수)에서는 완전 인장시험 해석모델을 이용하여 원형 단면 봉재의 인장 시험에서 네킹 발생 시점을 공학적인 관점에서 정확하게 예측하였으며, 이를 이용하여 인장시험을 공학적 관점에서 정확하게 예측하게 해 주는 방법을 제시하였다. 마이크로 기동 압축 시험에서의 오차요인에 관한 수치 해석 연구(김재현, 이학주, 최병익)에서는 기동 압축 시험에 대한 유한요소 해석을 통하여, 탄성계수와 항복 강도에 미치는 기동 시험편의 형상, 마찰 계수 및 포와송비의 영향을 검토하였다.

(이준열, 영남대학교)

실험역학

마이크로/나노 구조물의 기계적 물성측정 및 평가

반도체 산업의 급속한 발전과 MEMS/NEMS의 대두로 구조물의 크기가 마이크로/나노 크기로 작아지면서 미소 구조물의 기계적 물성측정 및 평가에 관한 연구가 많이 이루어졌다. MEMS용 폴리머 구조물의 속도 의존적인 점착력에 대한 연구(김재현, 이희정, 최현주, 이학주)에서는 MEMS 분야에서 널리 사용되고 있는 소재인 SU-8을 사용하여 구형 사파이어 압자로 시험편을 누른 다음 일정 속도로 분리하면서 점착력을 측정하였다. 여기서 폴리머 구조물은 분리 속도에 따라서 점착력이 다름을 연구하였다. Ni-Co 박막 인장물성에 대한 박막 폭의 영향(안중혁, 전윤배, 이남필, 박준협, 김윤재)에서는 시험편 폭을 세 가지 종류로 제작하여 인장 물성을 측정하였다. 폭에 따라서 탄성계수는 차이를 보이지 않지만, 인장강도는 폭이 작아질수록 증가하는 것으로 나타났다. 폴리머 박막의 압입 시험을 위한 대칭형 AFM 캔틸레버의 제작 및 응용(이희정, 김재현, 최현주, 이학주)에서는 일반적인 AFM 캔틸레버의 구조적인 제한성을 극복하고 압입 시험을 할 수 있는 대칭형 캔틸레버를 제작하였다. 이를 이용하여 폴리머 박

막의 강성과 탄성계수를 측정하였다. 그 밖에, 폴리이미드 소재 위에 증착된 구리 박막의 성형성에 대한 연구(송선아, 김재현, 한승우, 이상주, 이학주), 폴리머 기판 위의 나노 스케일 금속 박막의 탄성계수 평가에 대한 연구(최현주, 김재현, 이희정, 이종현, 김경식, 이학주), 구리박막의 피로 수명에 끼치는 평균응력의 영향(이학주, 오충석, 한승우, 김규현, 배종성), 용량형 Bulge 시험기를 이용한 금속 박막의 기계적 물성 측정(현승민, 이학주, 이상주), 4 점굽힘시험법 이용 나노임프린트 용 폴리머의 점착력 평가(장은정, 현승민, 김재현, 최대근, 이학주, 박영배), 금 박막의 기계적 물성에 끼치는 두께와 미세조직의 영향(전영선, 이상주, 현승민, 이학주), 구리박막의 인장물성에 대한 시험 속도의 영향(안중혁, 박준협, 김윤재), 생체조직공학용 3차원플로터에서 노즐의 진동을 이용한 PCL 가닥의 기계적 물성 향상(이지혜, 이준희, 김재현, 김완두), 벌지 시험을 이용한 다양한 세장비를 가진 전해 동 박막의 기계적 물성 측정(김동일, 허용학, 김동진, 기창두), 박막의 기계적 물성을 위한 새로운 인장 시험편 및 인장 시험기(박준협, 김윤재), 열 생성 알루미늄 박막의 크리프 및 인장 특성(고경득, 선신규, 강기주) 등의 연구가 이루어졌다.

피로 및 충격시험

재료의 신뢰성 확보와 수명평가를 위해 다양한 피로시험이 이루어졌다. 개폐시험을 통한 폴더형 휴대폰의 피로수명 평가(김선우, 고일민, 이연석)에서는 휴대폰 개발의 최종 단계로 개폐시험을 통해 피로수명을 평가하고 있다. 변형률 게이지를 이용하여 국부 변형과 피로 응력 분포를 측정하고, 균열 진전과 피로수명을 예측하였다. 텀팅차량용 차체의 Hybrid 복합재 접합체결부의 정적 및 피로 파괴 평가(정달우, 최낙삼, 김정석, 서승일, 조세현)에서는 전단 시험을 위한 하이브리드 볼트체결 시험편과 굽힘 시험을 위한 텀팅차량용 차체의 하이브리드 체결부 시험편을 이용하여 정적 및 피로 하중에서의 시험을 하였다. 그 밖에, 고강도 알루미늄 합금의 프레팅 피로거동(최성중, 이학선, 김상태, 이철재), 비조질강 커넥팅로드 재료의 프레팅 피로특성에 관한 연구(김현수, 김태규, 정한욱), 고강도 알루미늄 합금의 피로균열진전 거동 및 파면해석(전현배, 송태훈, 이남수, 임만배, 박원조), 고온피로하중 하에서의 Inconel 718의 피로수명예측 및 ratcheting 거동(박세진, 김광수, 김효신) 등의 연구가 이루어졌다. 충격하중에 대한 재료거동을 평가하는 연구도 이루어졌다. 핵연료 지지격자체 구조물에서 용접 길이 변화에 따른 충격강도 분석(송기남, 이수

범)에서는 다양한 용접 길이에 따라서 충격 시험과 유한요소해석 결과를 이용하여 충격 강도를 분석하였다. 가압경수로 핵연료 집단체의 주요 구성품인 지지격자체는 측면에 작용하는 정적 그리고 동적 하중에 견디는 특성이 중요하다. 초저상 버스 차체 적용을 위한 샌드위치 패널들의 저속 충격 특성 연구(신광복, 이재열, 이상진)에서는 초저상 버스의 하이브리드 차체와 바닥 구조에 적용되는 4가지 다른 샌드위치 패널들의 저속충격 응답을 연구하였다.

환경조건 모사 시험

환경 모사 시험 중에서 고온 및 부식 환경에서의 재료거동에 관한 연구가 이루어졌다. 고온환경에서의 니켈기 초내열합금에 관한 재료거동 연구(강동환, 염종택, 박노광, 김태원)에서는 실험과 Chaboche의 통합 구성모델을 통한 유한요소해석을 비교하여 재료거동을 연구하였다. 고온에서의 단축 인장 시험은 소성과 점-소성 해석을 통해 변형 거동을 비교하였고, 저주기피로 시험 방법을 통해 주기적인 응력-변형을 거동과 응력 이완 시험이 수행되었다. 원자력배관의 부식손상 평가(이진경, 이상필, 이문희, 이준현)에서는 고온/고압 배관재료의 기계적 특성 및 부식특성을 평가하기 위하여 배관내부의 부식조건을 현장에서와 같은 조건

하에서 실험하였다. 터빈 블레이드 재료의 부식피로균열 발생수명 평가에 관한 연구(김원범, 백점기)에서는 고온 환경에서 사용되는 터빈블레이드용의 재료인 13Cr 스테인리스강을 사용하여 염분성 환경에서의 부식피로 수명에 대하여 연구하였다. 그 밖에, 소형펀치 시험법을 이용한 산화분산강화 재료의 고온강도 평가(윤기봉, 마영화, 윤한기), Y₂O₃ 첨가량에 의한 Al₂O₃/SiC 복합 세라믹스의 균열 치유 관찰과 고온강도특성(김해숙, 박승원, 손창석, 안석환, 남기우) 등과 같은 연구가 이루어졌다.

(이학주, 한국기계연구원)

피로강도

피로강도 평가에 관련하여서는 재료의 일반적인 피로특성에 대한 연구가 있었으며, 또한 선박, 항공기, 통신키기 등 많은 산업체 관련분야에서 연구가 이루어졌다. 본 절에서는 실험역학 분야와 중복이 되는 논문은 제외하고 소개하도록 한다. 먼저 재료의 피로특성에 관하여, 열 및 열-기계적 피로에 의한 내열합금 표면의 흠의 형상변화(이봉훈, 선신규, 강기주)에서는 yttrium의 함량에 따라 여러 가지 온도, 하중에서 열 및 기계적 피로 실험을 수행하여 표면 흠의 형상변화를 관찰하였다. CF8M 스테인리스 강 저주기 환경피로 실험의 주기적 변

형률 경화 특성(정일석, 하각현, 김태룡, 전현익, 김영신)에서는 CF8M 주조 스테인리스강의 실가동 환경에서의 피로수명 평가에 필요한 주기적 변형을 경화현상의 특성을 연구하였다. 알루미늄 합금의 피로강도향상과 피로특성에 미치는 쇼트피닝 영향(전현배, 임만배, 박원조)에서는 Al7075-T6과 Al6061-T651 소재에 대하여 쇼트피닝 가공에 의한 최적피로강도 조건을 도출하였다. 최적 피닝조건을 적용한 A6061-T6합금의 피로특성 및 Fractography에 관한 연구(이동선, 정성균)에서는 철도 차량용 알루미늄인 A6005A와 동일 계열 소재인 A6061-T6 합금을 가공하여 용접한 후 부품의 피로특성 및 파단형상을 평가하였다. Fatigue characteristics of the tool steel under load variation by ultrasonic nano crystal surface modification(김민호, 서창민, 송길호, 편영식, 김성환)에서는 공구강 SKD-61의 표면에 초음파 나노 크리스탈 표면처리에 의한 효과에 대하여 연구하였다.

한편, 다양한 산업현장에서 발생하는 피로강도 평가에 대한 연구로서, LNG선박용 내조시스템 소재의 기계적 특성 및 피로강도 평가(심희진, 김민태, 윤인수, 김영균, 김정규)에서는 LNG 선박용 내조 시스템 소재인 SUS 304L에 대해 상온 및 저온 환경

하에서 평가 하였다. 용접잔류응력을 고려한 상수도 강관의 피로 특성 평가(최정훈, 구재민, 석창성, 송원근)에서는 대형 상수도 강관에 대하여 용접잔류응력에 의한 모재부의 수명선도 차이를 규명하였다. 항공기용 Si의 피로 파면 분석에 관한 연구(주원경, 권용구, 배성인, 송정일)에서는 항공기 실제 운용에 있어 받는 랜덤 피로 하중하에서 균열진전 특성을 파악하고, 균열진전방지대책에 필요한 균열의 크기 정밀측정 및 파면사진과 스트레인 사이클 비교를 통해 균열진전에 관련된 주요 하중을 분석하였다. 궤간 가변 윤축시스템의 압축코일스프링에 대한 피로해석(김철수, 안승호, 정광우, 장승호, 장국진, 김정규)에서는 궤간가변 윤축시스템의 최적 설계안을 제시하고 피로시험으로부터 내구성을 평가하였다.

(이춘열, 영남대학교)

복합재료

복합재료 관련 연구는 새로운 소재를 응용한 복합재의 개발 분야에서 많은 연구가 이루어졌다. TGA에 의한 탄소섬유/탄화규소 복합재료의 열처리 특성(김성훈, 윤한기)에서는 효율적인 다공질 탄화규소 세라믹스를 제조상 발생하는 다공질 현상에 대하여 관찰하였다. 탄소나노튜브 스마트 복합소재를 이용한 인공뉴런 개발 연구(강인필, 백운경, 최경락,

정주영)에서는 CNT의 스마트 재료적 특성을 이용한 새로운 센서의 연구를 소개하였다. 열처리에 의한 SiCf/SiC 복합재료의 잔류응력 변화(이영주, 윤한기)에서는 Tyranno-SA섬유 연속 강화 탄화 규소 세라믹스를 만들고 잔류응력 및 섬유와 기지재 사이의 계면을 조사하였다. A Study on the Tribological Characteristics of FeCrSi/A366.0 Alloy Composites(송태훈, 최용범, 박성호, 허선철, 박원조)에서는 FeCrSi/A366.0 복합재의 porosity와 마모의 관계를 연구하였다. 나노분말 분쇄 및 분산용 고성능 초경합금 볼의 제조를 위한 분말사출성형 공법(정성택, 조주현, 이민철, 권영삼, 전만수)에서는 초경 볼의 제조 공정을 소개하였다.

또한, 복합재료를 이용한 제품에의 응용에 관한 연구도 발표되었는데, 유전자 알고리즘을 이용한 수소 연료 자동차용 복합재 압력용기의 최적설계(강상국, 김명곤, 김천곤)에서는 유전자 알고리즘을 적용하여 FCV에 적용하기 위한 350바급 Type 3 압력용기에 대한 최적설계를 수행하였다. 비회 운송용 유리섬유 복합관 개발(정규상, 원삼용, 문진성)에서는 화력발전소에 사용되는 파이프의 소재를 복합재료로 대체하기 위하여 시편실험 등을 통하여 재료를 선정하고 시제품 파이프를 제작한 후 현장설치를 통

하여 시제품 파이프의 성능을 검증하였다. 정적 굽힘 하중을 받는 스마트 압전 복합재료 작동기의 파손 기구(우성충, 구남서)에서는 음향 방출법을 적용하여 스마트 압전 복합재료 작동기의 기계적 굽힘 파손기구를 규명하였다.

또한 복합재료 구조물 평가에 대한 연구도 있었는데, 평직 CFRP 복합재료의 원공노치 보강부에 대한 강도평가(박준호, 권오현, 윤유성, 강지웅)에서는 원공노치를 가진 복합재료에 대하여 보강부의 단면 및 양면 접착에 따른 원공노치 보강부의 강도 특성을 평가하였다. 완전 직교이방성 적층순서에 대한 충분조건(이종원, 김진원)에서는 완전 직교이방성 대칭/균형 적층판을 구하는 간단한 이론적 방법을 제시하였다. 와전류 탐상을 이용한 탄소섬유 복합재료 튜브의 미소원공 결합깊이 평가(김철웅, 조준영, 이정빈, 백지웅)에서는 와전류 탐상법으로 결합을 측정하는 연구를 수행하였다. 단일 섬유 복합재료의 계면전단 강도를 평가하기 위한 새로운 반구형 미소접합 시험(박주언, 최낙삼)에서는 복합재의 계면 전단강도를 정확히 측정할 수 있고, 시험편 제작을 간단하게 하기 위한 새로운 반구형 인발 시험편을 제시하였다.

(이춘열, 영남대학교)

동적거동

종래에 재료의 동적파괴거동은 샤르피 충격시험기, 낙추시험법을 이용한 충격 하중하에서 저속 충격하의 동적거동(소재변화, 온도 변화)에 관한 연구가 많았으며, 장비의 발달로 인해 점차 고속하중하의 하중률/loading rate)의 변화에 대한 연구가 수행되어 왔다. 또한 최근에는 S/W의 발달로 고속하중하의 해석 및 실험이 가능해짐에 따라 종래의 방법에 유한요소해석을 이용한 실험치와의 비교연구, 가스폭발시 충격파에 관한 연구, 발사체와 같은 빠른 속도하에서 고속카메라를 이용한 동적인 변형특성해석과 같은 실질적인 구조물의 동적 파괴거동에 관한 연구로 발전되어 가고 있다. 동적 파괴거동에 관한 지난해 2007년 한 해 동안 기계학회 춘계 및 추계학술대회에서는 총 9편의 논문이 발표되었다. 세부적인 연구 동향 및 내용들을 살펴보면 다음과 같다.

최근 연구는 동적 파괴거동에 관한 연구는 주로 실험적인 어려움을 해결 하고자 유한요소해석을 통한 재료의 동적 거동을 규명하기 위한 수치해석적인 방법을 제안하여 그 타당성을 저속충격시험결과와 비교한 연구들이 많았다. SA516 충격시험편의 용접열영향부 노치위치 수치해석 연구(정윤찬, 홍재근, 박지홍, 김동욱, 이영석)는 샤르피 V 형상 노치 시험편으로 용접부위의 노치위치가 흡수에너지와 균열 진

전에 미치는 영향을 분석하여, 용접열영향부에서 노치의 위치에 따른 흡수에너지와 균열 방향의 변화에 관한 수치해석적 연구를 하였다. 고정형 조건에서의 스테인리스 강판의 충격 특성(안동규, 문경제, 정창균, 한길영, 양동열)도 스테인리스강(SUS 304H)재료에 대한 충격 특성을 3차원 유한요소 해석을 통하여 분석하였고 이를 낙하하중방식의 충격시험 결과와 비교하여 유한요소해석모델의 타당성을 확인하였다. 그 결과 재료의 충격흡수특성, 변형률 에너지 변화 등에 대한 정량적인 분석을 하였다. 동일 충격에너지 조건에서의 발포 폴리우레탄의 충격특성에 관한 연구(Munshi, 정광영, 최영중, 전성식)에서는 발포 폴리우레탄의 충돌시 충격특성을 이해하기 위하여 수정된 Sherwood-Frost모델을 제시하여 충돌시 시편의 변형거동을 시간에 따라 예측하였으며, 이 결과를 낙하식 충격시험을 수행하여 확인할 결과 천이속도, 에너지 흡수선도의 흡수선도 등이 일치함을 확인하였다.

건설장비나 차량과 같은 충격이 많이 발생하는 실제 구조물에서 발생하는 동적인 특성을 규명하고 자하는 연구도 있었다. CAE를 이용한 유압식 착암기의 타격에너지 예측(박종원, 이기욱, 기형의)에서는 건설장비용 유압식 착암기의 타격에너지를 예측하기 위한 기법을 개발하여 시험평가

방법과 비교 검토하였다. 또한 유압식 착암기의 유압회로를 모델링하여 작동특성을 파악 후 충격 해석(ANSYS LS-DYNA)을 수행하여 생산업체서 실제품 개발 시 유용하게 활용하고자 하였다. 충격내구성을 고려한 자동차 도어트림 미세망 스피커그릴 개발(최해석, 장익근, 김충윤, 권근영, 한경식, 소상우)은 자동차의 탑승자 하차 시 도어트림 하단부에 위치한 스피커그릴 중앙부위파손 문제에 관한 연구로, 다목적 다관절 충격내구시험을 구성하여 스피커그릴이 무한 반복되는 충격량에 장시간 노출되었을 경우를 가정한 스피커그릴 충격내구시험 방법을 개발하여 사출성형기술을 확보하였다.

고속충격시험에 관한 연구로는 Taylor Impact test 시 고속 카메라 영상을 사용한 폴리머 재료의 동적 거동 해석(박성택, 박성수, 신형섭, 최준홍, 김정태)이 있는데, 고속충격하에 고속변형평창에서의 변형거동을 조사하고자 Taylor 충격시험법으로 100~320m/s의 속도 범위에서 시험하여 여러 가지 폴리머에 대하여 충격속도와 경과시간에 관한 재료특성, 변형특성과 동적항복강도의 관계를 규명하였다. 또한 AC4C 알루미늄 합금의 정적 및 동적 특성(권용구, 주원경, 송정일)은 선박용 호이스트 축의 대량 생산 및 경량화를 위하여 널리 사용되고 있는 AC4C 알루미늄

주조합금의 동적거동의 규명에 관한 것이다. 계장화 샤르피 충격시험기를 이용하여 저속 충격시험을 수행 후 정적/동적 조건을 비교하여 호이스트 주조 시 위치별 미세조직의 불균일화에 따른 물성 저하 원인을 규명하여 구조적 보강과 조직 치밀화 조건을 제시하였다.

충격파에 관한 동적거동 규명 연구로는 밀폐공간에서의 VCE에 의한 충격파 고찰(임사환, 허용정, 이종락)이 있는데, 최근 많이 발생하는 가스폭발사고에 관한 안전성 점검을 위한 연구로 폭발 실험용부스와 실험 장비를 구성하여 가스폭발 후 충격파와 화염의 진행 경로에 대하여 거동을 고찰하여 누출원과 점화원의 위치에 따른 충격파의 작용을 규명하고자 하였다. 또한 충격파 터널을 이용한 세라믹 판의 파괴 특성(김경주, 김재훈, 이영신, 박종호, 송기혁, 구송희, 문순일)에서는 세라믹 재료의 두께에 따른 파괴압력을 평가하기 위해 충격파 터널을 이용하여 충격파를 발생시켜 돔포트 커버(dome port cover) 재료로 사용되는 세라믹 재료의 파괴거동에 관한 연구를 수행하여 소재 개발의 기초자료로 활용하고자 하였다.

이상과 같이 2007년도의 동적 파괴거동에 관한 연구는 실험적인 어려움을 해결 하고자 유한요소해석을 통한 재료의 동적 거동규명에 관한 연구, 충격이 많이 발생되

는 실제 구조물에서 발생하는 동적인 특성연구와 고속충격과 충격파에 관한 연구들이 이루어졌다. 2008년에는 좀더 다양하고 많은 연구결과가 발표되길 기대한다.

(송정일, 창원대학교)

거동해석

거동해석 분야에서는 새로운 소재의 개발이 이루어짐에 따라 이러한 재료에 대한 거동해석 및 평가가 많이 이루어졌다. 고온환경에서의 니켈기 초내열합금에 관한 재료거동 연구(강동환, 염종택, 박노광, 김태원)에서는 항공기용 엔진 부품 소재인 니켈기 초내열합금인 Waspaloy를 이용하여 고온인장실험, 저주기 피로 실험 등의 기계-재료적 실험을 수행하였다. 반응고 AC4C 알루미늄 합금의 기계적 특성에 관한 연구(장경천, 이동길, 장훈)에서는 자동차 내압부품에 사용되는 AC4C에 반응고(Semi-Solid) 다이캐스팅법을 적용한 부품의 기계적 특성을 분석하였다. 플라스틱 사출물의 내부표면에 생기는 먼지무늬에 대한 고찰(이상교, 최원준, 이흥식, 조중두)에서는 플라스틱에 포함되어 있는 유리섬유가 어떠한 영향을 미치는지 분석하였다. 소형편치 시험법을 이용한 산화분산강화 재료의 고온강도 평가(윤기봉, 마영화, 윤한기)에서는 한일 공동연구의 일환으로 개발된 ODS강에 대해 고

온강도를 측정하였다. 우레탄 고무에 대한 물성평가 및 성형해석(우창수, 박현성, 이근안)에서는 고탄성체 성형에 적합한 우레탄 고무에 대한 물성시험을 수행하여 특성을 평가하였다. Taylor 충격시험에 의한 폴리머재료의 변형거동(박성택, 신형섭, 박정수, 최준홍, 김정태)에서는 열가소성 폴리머가 고속으로 타켓에 맞으면서 일어나는 변형, 파괴 현상에 관해 조사하고 폴리머 재료의 물질 특성과 발사체 변형시의 폴리머의 유동과 버섯 모양 변형 사이의 관계를 연구하였다. 마르에이징강의 강도에 미치는 시효처리 및 Nb의 영향(이동길, 장경천, 정민관)에서는 Nb의 첨가량 및 열처리 조건에 따른 마르에이징강의 강도를 고찰하였다. SMA 스티어링 카테터의 반응속도 향

상을 위한 펄티어 열전소자의 온도거동 평가(김철웅, 김홍겸, 오동준)에서는 자체개발한 열전소자의 전기적 열적 특성을 평가하였다. 벌지 시험을 이용한 다양한 세장비를 가진 전해 동 박막의 기계적 물성 측정(김동일, 허용학, 김동진, 기창두)에서는 전영역 계측 기법을 이용한 마이크로면외 ESPI 시스템을 개발하고, 이를 이용하여 다양한 세장비를 가진 전해 동박막에 적용하여 폴리머에 대한 압력-변형 곡선과 응력-변형을 곡선을 결정하였다.

한편, 이러한 소재에 대한 거동 평가 이외에도 다양한 구조물에 대한 거동평가에 관한 연구 논문이 발표되었다. 굽힘하중을 받는 보강 사각관 보의 좌굴변형거동 해석(최낙삼, 이성혁)에서는 알루미늄판으로 보강한 알루미늄 사

각관보를 제작하고 이에 대한 시험 및 해석을 통하여 보강 사각관보의 진응력 진변형을 거동을 구하였다. 가스터빈 블레이드 열차폐 코팅의 접착강도 평가(김대진, 이동훈, 김형익, 김문영, 양성호, 박상열, 구재민, 석창성)에서는 APS, VOF 및 LVPS의 세가지 본드 코팅 방식과 DVC방식의 탑코팅 방식을 이용하여 코팅 시험편을 제작하였고 접착강도 특성을 평가하였다. 인코넬 82/182 이종금속 용접부의 기계물성 평가(이정훈, 장창희, 김종성, 진태은)에서는 이종금속 용접부에 대한 미세 조직 관찰 및 표준시험편과 소형편치 시험편을 이용한 실험을 통하여 이종금속 용접부에 대한 기계적 물성치 분포를 조사하였다.

(이춘열, 영남대학교)