

자료 및 파괴부문

부문위원장 : 김 정 규(한양대학교, 교수)

2000년도 자료 및 파괴부문의 연구는 예년에 비해 더욱 활성화되었다. 1, 2차 부문 학술대회에 각각 47 편, 43 편의 논문이 발표되었고, 춘계 및 추계 학술대회에 41편 및 31 편의 논문이 발표되었으며, 대한기계학회 논문집 A에는 총 101 편의 논문이 게재되었다.

부문 학술대회에서는 효율적인 학술토의 및 아이디어 교환을 위해 기획세션을 구성하여 대회를 운영하였으며, 기획 세션의 종류 및 세션 조직위원으로 활동한 회

원은 다음과 같았다. CAE/피로 설계(이영신, MSC Korea), 피로 거동 및 구조물의 손상평가(신병천, KIMM), 이종재료 파괴(황재석, 영남대), 용접부/접합부의 강도평가(배동호, 성균관대), NDT기법 응용/평가(이준현, 부산대 및 송성진, 성균관대), 전자패키징 신뢰성(이순복, KAIST), 계산역학/해석적 접근(박재학, 충북대 및 이형일, 서강대), 발전소요소 진단 및 평가(박운원, 원자력안전기술원 및 하정수, 전력연구원), 마이크로 시험법(권동

일, 서울대), 신소재 및 복합재료(최낙삼, 한양대), 그 외에 일반(윤기봉, 중앙대)이다. 본 연감의 내용도 위에 언급한 기획 세션 주제별로 나누어 활동 사항을 요약하였다. 일부 논문은 분야가 중복되기도 하지만 본 연감에서는 주요 세션에서만 언급하였으며, 지면 관계상 많은 우수한 연구 활동에 대해 적절히 언급되지 못한 면도 있음을 밝혀 둔다. 표 1은 분야별 논문 편수를 개략적으로 요약한 것이다. [윤기봉, 중앙대학교]

발전소 요소진단 및 평가 (원자력발전)

발전소 요소진단 및 평가 분야의 전체적인 내용은 피로, 재료열화 측정, 파괴거동평가, 건전성평가 등이 주된 주제가 되었으며, 원자력분야가 9 편으로 일반 발전설비에 비해서는 약간 참여도가 높은 편이었다. 논문 발표는 학계에서 1/3이고 산업계와 연구소에서 2/3의 분포를 나타내었다. 즉, 본 분야에 대해서는 산업계의 관심과 수요가 그만큼 많이 있다는 것을 알 수 있었다.

발표된 내용 중 중요한 것을 요

표 1 2000년 자료 및 파괴부문 발표 논문의 분야별 요약

분야	기계학회 논문집	춘계학술 대회	추계학술 대회	1차부문 학술대회	2차부문 학술대회	총계
CAE/피로설계, 피로거동 및 구조물의 손상평가	12	7	6	8	10	43
용접부/접합부의 강도평가, 이종재료 파괴	14	7	1	2	9	33
NDT기법 응용/평가	9	6	2	4	4	25
전자패키징 신뢰성 (재료 및 파괴부문만 고려), 마이크로 시험법	2		3	8		13
계산역학/해석적 접근	12	6	4	4	4	30
발전소요소진단 및 평가	32	8	5	10	6	61
신소재 및 복합재료	20	6	7	7	6	46
일반 및 기타	0	1	3	4	4	12
계	101	41	31	47	43	263

약해보면 다음과 같다. 박운원이 배관의 피로수명 평가를 발표하였으며, 이는 국내에서는 드물게 6 개 기관이 Round Robin 형태로 참여한 것으로 각각 접근하는 방식은 달랐지만 결과는 상당히 근접한 것을 알 수 있었다. 배관에 관련된 것으로는 최영환의 탄소강 배관의 감육을 고려한 건전성평가와 김운재의 과단전누설 해석방법의 개선에 대한 발표가 있었으며, 재료의 열화측정에 대해서는 안정훈의 연속압입시험기법, 서현욱의 전기화학적 방법을 이용한 Cr 강 인성평가, 백승세의 입계부식법을 이용한 고온 부재열화평가와 권일현의 전기화학 분극시험을 이용한 열화평가 등 다양한 방법이 소개되었다. 크리프에 관해서는 박종진의 소형 시편용 크리프 시험기를 이용한 수명평가와 김우곤의 316N 강에 대한 크리프 손상연구가 있었다. 원자력 분야에만 사용되는 재료인 지르코늄 합금의 파괴인성 측정과 지연수소로 인한 균열성장 속도에 대해 각각 김영석과 오동준의 발표가 있었고, 핵연료피복관의 크리프거동에 대해서는 김경호의 발표가 있었다. 발전소 현장에 직결된 것으로서는 펌프 케이싱의 결함원인분석과 열응력모니터링 시스템에 대한 연구결과가 김진원과 이지문 회원에 의해 발표되었다. 전반적으로 발전소 요소진단 및 평가분야에서는 현장 적용성이 높은 연구결과가 많이 발표되었고 주제도 다양하여 연구가 실제의 문제를 해결하는 데 큰 기여를 하고 있음을 확인할 수 있었다. [박운원, 원자력안전기술원]

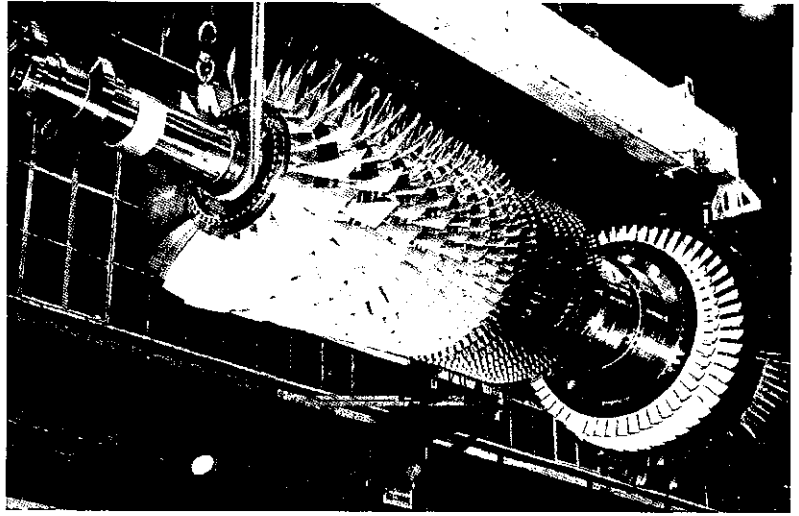


그림1 가스 터빈 로터 및 블레이드

발전소 요소 진단 및 평가 (화력발전)

발전소는 고온·고압의 특수한 환경은 물론 해수 부식 등 다양한 고도 가혹한 조건에서 운용되는 특성으로 인하여 '발전소 요소 진단 및 평가'에 대한 설비별, 재질별, 요소기술별로 활발한 논문 발표가 이루어졌다. 설비별로는 터빈의 케이싱, 블레이드, 로터(그림 1 참조), 볼트 등의 부품에 관한 논문과 보일러의 헤더, 드럼, 튜브 및 배관·압력용기 등의 설비를 중심으로 연구가 진행되었다. 위와 같은 설비들은 주로 고온에서 장시간 운전되고 있으므로 고온의 기계적 물성과 경년 열화거동에 관한 논문이 주로 발표되었다. 재질별로는 고온 및 고압에서 주로 사용되는 Cr-Mo강의 저합금강은 물론 9Cr 이상의 고 Cr강과 스테인리스강에 대한 논문이 주종을 이루고 있다. 요소 기술별로는 피로 수명, 크리프 수명, 인성열화도, 균열 진전 및 건전성, 응력부식 균열, 탄소성 과

괴역화, 최적 참조응력법, 응력부식균열법, 소형편치법, 전기화학분극법, 입계부식법, 연속압입법, 전산역학에 의한 응력해석법 등에 대하여 이론적 접근이 심도있게 이루어져 학술적 성과가 많이 나타났다. 아울러 현장 실용화 연구는 물론 적용 사례에 대한 기술 논문도 발표되어 산학연의 연구가 균형있게 발전된 한 해라고 평가할 수 있다. [하정수, 전력연구원]

CAE/피로설계 분야

2000년도의 CAE(Computer Aided Engineering)/피로설계 분야의 연구활동은 그 동안 파괴역학 분야에 비하여 부진하였던 내구해석(durability analysis)분야의 연구가 활발하였으며, 특히 산업계의 전산해석 응용부분이 증가되고 있는 것이 특징이었다. 최근 하중이력의 특성을 고려한 연구가 다수 발표되고 있는데, 이는 다하중(multiple), 다축(multiaxiality)의 하중특성을 고려한 피로설계 기법개발이라는

세계적인 추세에 대응되는 적절한 국내의 연구 동향이라 할 수 있다. 즉 피로특성이 관성력, 동하중, 다축 등의 하중이력에 의하여 얼마만큼의 영향을 받는가를 해석적으로 고찰되고 있다. 발표된 논문의 수는 많지 않았지만 신경망 방법이나 기구동역학(kinematics)과 접목시킨 해석설계 분야에 대한 연구도 꾸준히 진행되고 있다. 피로설계 기법의 연구와 함께, 산업계에서는 이를 응용한 연구 결과들도 상당수 발표되고 있는데, 주로 상용해석 프로그램이 사용되고 있으며, 일부에서는 자체 개발한 전용 프로그램도 사용되고 있다. 한편 경량화 추세 및 복합재의 활용에 따른 연구 및 제한적으로 항공기의 음속피로(sonic fatigue) 분야에 대한 연구도 진행되고 있기에, 내년에는 좀더 구체적이고 세분화된 주제에 대한 연구 결과들이 보고될 것으로 예상된다. [이영신, 한국엠에스씨]

계산역학/해석적 방법 분야

구조물의 파괴 안전성 검토에 기본이 되는 균열에 대한 해석적 또는 수치적 연구가 2000년에도

활발히 진행되었다. 다만 연구대상 재료가 등방성 선형탄성재료에서 벗어나 비등방성 재료, 고무와 같은 대변형 비선형 탄성재료, 압전 세라믹 재료 등으로 확대되고 있다.

압전 세라믹 재료의 해석에는 기계적인 하중과 전기적인 하중을 동시에 고려하여야 하며, 현재 이와 같은 전자재료 내에 존재하는 균열해석이 새로운 연구 분야로 대두되고 있다. 띠 형상의 압전 세라믹에 존재하는 균열의 응력강도계수(응력확대계수)를 복합적분방정식을 이용하여 구하였다. 비등방성 재료에 대해서는 임의 형상의 이차원 곡선 균열의 해석, 복소응력함수를 이용한 비특이항을 고려한 균열 해석 등의 연구가 있고, 고무 등의 대변형 비선형 탄성 재료에서의 균열길이 예측에 대한 연구가 있다.

동적 응력강도계수를 구하는 연구로는, 직교이방성체의 띠형부재 내의 균열에 대하여 푸리에 변환과 Wiener-Hopf 법을 이용한 해석, 유한 물체 내에서 등속으로 전파하는 균열의 해석, 또한 이방성 재료로 접합된 임의 두께의 두 띠판의 계면을 따라 등속으로 전파하는 균열의 해석 등이 있

다.

삼차원 균열에 대해서는 피비우스 사상을 이용한 새로운 형상의 평면 삼차원 균열, 유한요소 교호법을 이용한 임의 형상의 평면 삼차원 균열에 대한 해석, 각종 함수를 이용한 기계적 체결부에 존재하는 타원형 표면균열의 해석 등이 있고, 삼차원 균열 해석을 위한 유한요소 메시구성에 대한 연구도 발표되었다.

계면과 관련된 문제로는 전술된 접합된 두 이방성 재료의 경계에서 전파하는 균열 문제 외에, 두 개의 동심 원형 개재물을 가지는 삼중 재료 내에 집중하중 또는 전위 등의 특이성이 있을 때의 이론해를 복소함수를 이용하여 구하는 문제, 접합재료 경계면의 직선 균열 형상의 강제 함유물에 대한 이론해를 경계요소법을 이용하여 구하는 문제가 있다.

항공기 동체의 표면과 같이 얇은 판에 존재하는 균열을 보수하는 한 가지 방법으로 복합재료 패치를 균열 위에 덧붙여 균열에서의 응력강도계수를 낮추는 방법이 있는데 이러한 방법에 대하여 다수의 연구 결과가 발표되었다. 보강된 균열에서의 응력강도계수를 구하고, 또한 접착제가 떨어지는 디본딩의 효과를 해석한 연구, 볼트 균열 홀에 패치를 행한 경우에 대한 실험적 연구, 면외 굽힘을 고려한 경우의 응력강도계수 분포 해석, 근사적 가중함수를 이용한 해석 등이 있다.

고온 설비에 대해서는 그림 2에 보였듯이 반타원형 표면 균열을 가지는 T형 배관의 line-spring 모델을 사용한 크리프 균열성장해석, C* 적분에 기초한

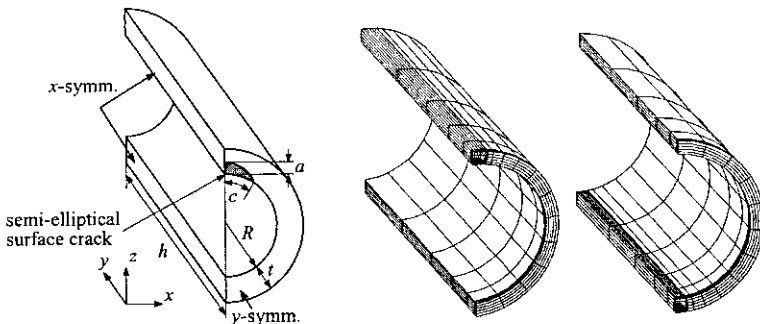


그림 2 배관 내의 반타원 균열의 유한요소 해석 모델링 예

고온 배관의 수명평가 등이 있고, 원자력 설비에 대해서는 J-Q 해석법을 이용한 원자로 압력용기 균열선단에서의 응력분포 예측, 최적 참조응력법을 이용한 파단 전 누설해석 등이 있다.

그밖에 경계요소법을 이용한 주균열의 응력강도계수에 미치는 미소결합의 영향에 관한 연구, 가중함수법을 이용한 볼트 체결부 균열의 임계 경사각 결정에 관한 연구, 펀치 접촉에서의 모서리 라운딩의 효과, 분자동역학을 사용한 분자 수준 시뮬레이션을 이용한 응력강도계수 및 전위이동에 관한 연구, 상태변수를 갖는 비탄성 구성식 적분법의 일반화 등이 있었다. [박재학, 충북대학교]

전자 패키징 신뢰성 분야

반도체의 패키징은 신호와 전력의 분산, 열방산과 외부의 환경으로부터의 보호막 등의 기능을 가지고 있어 전자산업이 매우 급속히 발전해 감에 따라 패키징이 점점 가볍고 얇고 작아지게 되고 있다. 예를 들어 휴대전화 단말기를 생각해 보면 전자패키징의 추세를 쉽게 인지할 수 있게 된다. 이러한 경박단소화의 방향으로 가속화 되면서 전자 패키징에 대한 신뢰성의 보장이 매우 필요하게 되는데 이의 해결을 위하여 기계공학자들의 연구가 가속되고 있는 실정이다. 전자 패키징의 파손기구를 보면 그림 3에 보인 바와 같이 피로, 파괴, 솔더 접합부의 크리프 등 다양하며, 이의 해결은 고스란히 기계학회의 재료 및 파괴부문의 연구활동이 되고 있다. 단지 대상 패키징의 크기가

수센티에서 수마이크로 단위까지 내려감에 따라 기존의 방법들로서 해결이 어려워 새로운 실험방법들이 등장하고 있으며, 광학을 이용한 변위측정을 통하여 신뢰성 입증실험을 하기도 한다. 국내의 반도체 메모리 생산 등 전자산업이 세계적인 수준에 도달하여 있으며, 세계시장을 겨냥하는 기술개발이 필요하여 앞으로 이 분야의 연구가 매우 활성화되어 가리라 기대된다. 2000년도 재료 및 파괴부문의 학술대회에서는 전자 패키징 신뢰성에 대한 논문이 2 개 세션으로 나뉘어 발표되었다.

전자 패키징의 응력해석에 대한 논문으로 임지혁·김진수·엄윤용의 '실리콘 모재 위의 후막 구조에 대한 열 변형 및 잔류 응력 해석' 과 이상순의 '반도체 칩 접착계면에서 발생하는 특이 열 응력해석'이 발표되었고 피로 관련 연구로 최선호·강기주의 '납땜접합부의 하한계 피로균열 진

전특성'이 발표되었다. 또한 전자 패키징의 크기가 매우 작기 때문에 스트레인 게이지 등의 방법으로는 변형의 측정이 불가능하므로 이러한 미소 반도체 패키징의 변형을 측정하기 위하여 함석진·이순복의 '모아레 간섭계를 이용한 전자 패키징의 열변형 측정' 기법이 소개되었고 또한 측정 정밀도를 현저하게 향상시킬 수 있는 새로운 방법이 양세영·함석진·이순복의 '위상전이법을 이용한 In-Plane 마이크로 모아레기법' 논문에서 소개되기도 하였다. 또한 잔류응력의 중요성이 정증현, 이소윤, 백영준, 권동일의 'CVD 다이아몬드 웨이퍼의 역학적 신뢰성에 미치는 잔류응력 평가 연구'에서 거론되었고, 송삼홍, 주동호, 전재욱의 '3중 점용접재의 내부 피로균열 전파 거동과 균열단 열림각을 이용한 피로수명 평가'와 설창원, 이강용의 'Transient response due to an anti-plane shear impact

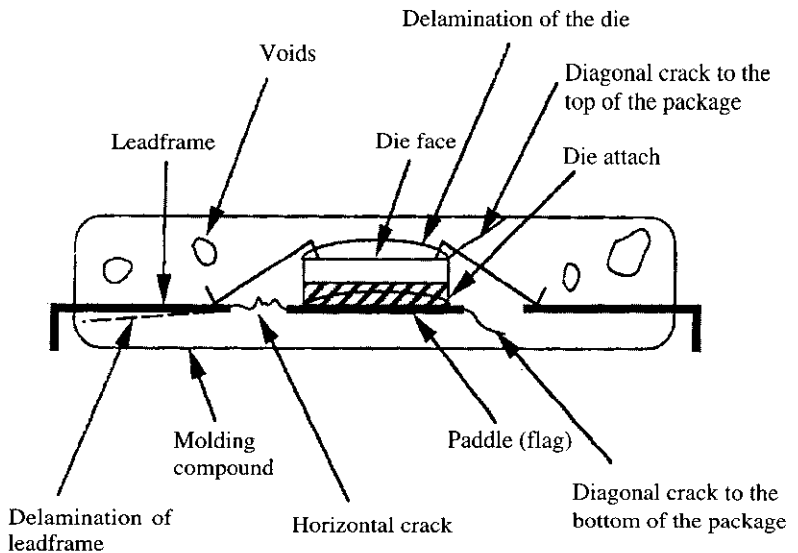


그림 3 Potential Defects in Plastic-encapsulated microcircuit packages

loading on the faces of a sub-surface interface crack in multi-layered orthotropic halfspace'의 논문이 발표되어 전자 패키지의 신뢰성 관련 학술대회가 성황을 이루었다.

한편 국제적으로도 전자 패키징의 관련 학술대회가 활발히 열렸는데 홍콩에서 2000년 11월에 제2차 국제 전자재료 패키징 학술대회 EMAP2000이 열려서 국내 전문가들이 활동적으로 참가하였고 제3차 국제 전자재료 패키징 학술대회 EMAP2001(The 3rd International Conference on Electronics Materials and Packaging)은 한국에 유치하여 2001년 11월에 대한기계학회의 공동후원으로 제주도에서 개최될 예정이다. 특히 대학을 진학하는 학생들 중에 기계공학에 대한 관심이 줄어들고 있는 시점에서 전자 패키징 신뢰성에 대한 연구의 활성화는 전통적인 재료 및 파괴부분의 연구의 활성화와 아울러 기계공학의 활성화로 이어지기를 기대하며 더욱 많은 기존 연구자들이 관심이 기대되는 분야로 발전하고 있다. [이순복, KAIST]

비파괴평가 분야

2000년 한해 동안 발표된 비파괴평가 분야의 논문 중에서 대한기계학회논문집에 게재된 논문들은 결함의 검출과 크기산정, 재료의 열화 평가 등 비파괴평가 분야에서 가장 기본이 되는 문제와 이를 효율적으로 해결하기 위한 신경회로망과 모델링 등 최신 기법 적용에 대한 내용을 다루고 있다. 그러나 학술발표대회에서

발표된 논문들은 음향방출, ESPI, EMAT, MsS, 레이저초음파, 유도초음파, 후방복사초음파 등 최근에 도입된 새로운 기법에 대한 내용들이 많이 차지하고 있어, 현재 국내에서 진행되고 있는 연구가 첨단화되고 있음을 보여주고 있다. [송성진, 성균관대학교]

피로거동 및 구조물의 손상평가 분야

2000년도에 수행된 피로하중을 받는 소재·부품·구조물의 피로거동 및 손상평가에 대한 연구분야는 피로균열진전 특성의 이론적·실험적 평가, 피로균열진전수명평가 및 실제 구조물의 손상평가로 나누어 볼 수 있고, 각 분야에서 연구자들의 끊임없는 노력으로 연구 아이템의 다양성과 연구내용 및 질적 수준의 발전이 도모되었다. 각 분야 별 대표적인 연구자와 이의 연구내용은 다음과 같다.

피로균열진전특성 평가의 연구 동향을 보면 송지호, 이순복 등의 연구를 통해 변동하중하 짧은 균열(short crack)의 균열단합 및 진전거동의 평가 그리고 긴 균열(long crack)의 균열단합현상을 균열면 거칠기 및 소성 유기형 단합 기구를 같이 고려한 이론적 모델을 제시하여 이 분야의 연구 수준을 심화하였다. 혼합 모드하에서의 균열길이 변화에 따른 피로 균열 진전거동의 고찰은 오택열 등에 의해 이루어졌고, 복합하중하 피로균열 발생·성장에 대한 연구는 김상태 및 허용학 등을 통해 활발히 수행되었다.

소재의 피로특성평가 부문에서 신형섭 등은 초전도 마그넷에 적용되는 초전도복합선재의 피로손상을 평가하였고, 석창성 등은 가전제품의 하우징 및 사무용 기기에 사용되는 HIP 재료의 피로특성평가를 수행한 바 있다. 그리고 윤한기 등은 SA516/70 압력용기강의 저온 환경하에서 응력비

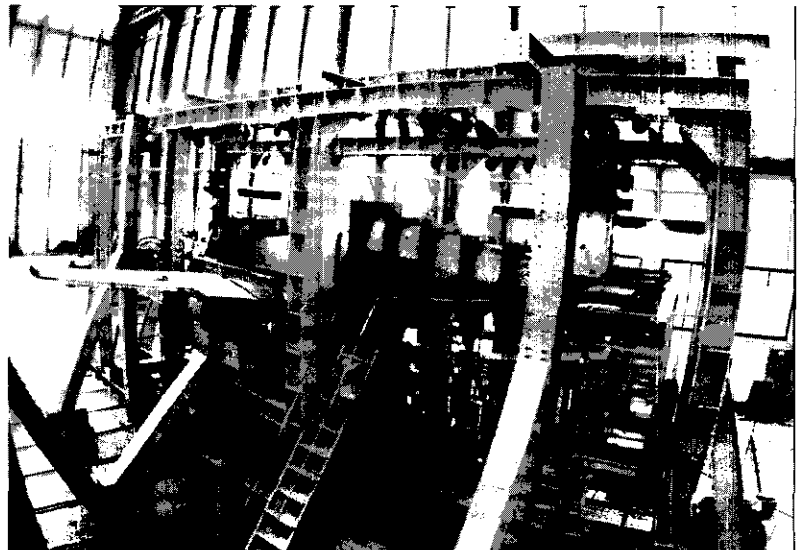
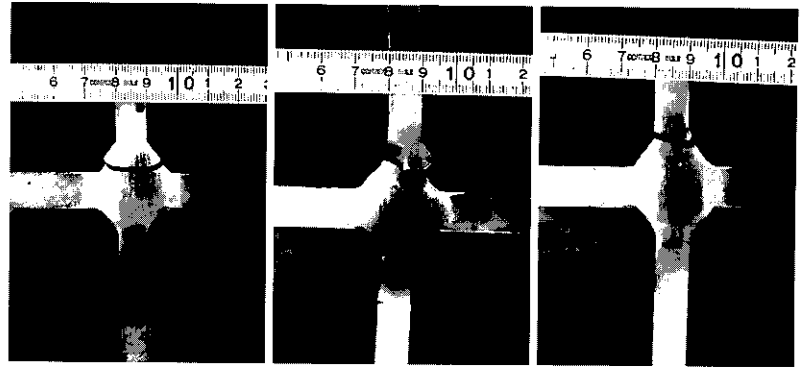


그림 4 Fuselage의 내구성 시험 장면

에 따른 피로균열진전 특성을 연구하였다. 실험적 접근 부문으로 송삼홍 등은 불규칙하게 분포된 미소결함간의 거리 및 작용응력의 변화가 피로균열발생수명에 영향을 준다는 연구결과를 실험적으로 제시한 바 있다. 그리고 황재석 등은 반사형 광탄성 실험법을 도입하여 피로균열진전시험을 실시하였으며, 그 유용성을 검증하였다. 파면해석 분야에 있어서 권재도 등은 주사형 탐침현미경(SPM)의 일종인 원자력현미경(AFM)을 도입하여 피로파면을 3차원으로 해석하여 나노프랙토그래피의 적용성을 검토한 바 있다.

피로균열 진전수명평가 분야의 연구는 다음과 같다. 윤한용 등은 3차원 균열의 합체를 고려한 피로균열진전 과정을 적절히 평가하고 확률론적 수법을 적용한 피로균열진전수명 예측기법을 개발하였고, 김정규 등은 변동하중을 받는 알루미늄 합금에 대하여 Lu와 Li의 지연모델을 변형한 새로운 모델로부터 변동성을 고려한 균열진전수명을 예측하였다. 그리고 김상태 등은 자동차용 재료로 사용되는 구상흑연주철의 신뢰성을 바탕으로 한 피로특성을 평가하여 P-S-N관계를 규명한 연구를 수행한 바 있다.

구조물손상평가 연구 분야에서는 자동차용 부품인 커넥팅로드의 신뢰성 평가를 위한 연구를 김정규 등이 수행한 바 있고, 이승석 등은 피로하중을 받는 대형 강교량 부재의 피로균열발생 및 진전을 음향방출기법을 적용하여 감시할 수 있는 기법을 제시하기도 하였다. 그리고 신병천 등은



a) Root부 파손 b) 혼합형태 파손 c) Toe 부 파손
그림 5 대형형 LOP fillet welding zone의 피로 파손 형태

그림 4에 보인 바와 같이 대형용 접구조물의 피로균열진전 시뮬레이션을 위한 무요소법 적용에 대한 연구와 대형수송기계의 피로내구도를 실험적으로 평가한 연구를 수행하였다. [신병천, 한국기계연구원]

용접부, 점용접/이종재료의 강도평가 분야

산업설비의 안전설계와 건전성 및 신뢰성 평가와 관련하여 용접에 관한 산·학·연 협동의 연구결과가 다수 발표되어 관심을 끌었으며, 모재와 다른 기계적 특성과 환경을 고려한 안전설계와 합리적인 건전성 평가를 위한 새로운 연구결과들이 도출됨으로써 진보된 용접설계기술 개발에 기여하는 바가 컸었다. 연구의 대상이 된 접합기술은 크게 용융용접과 전기저항 점용접으로 구분되어 발표되었다.

용융용접과 관련해서는 철도레일, 배관, LNG저장탱크 등 산업설비의 용접부를 대상으로 마멸에 의한 재료열화특성 평가, 파괴인성평가 법, 응력측정법, 용접금속의 고온 재료물성 평가, 그리고

그림 5에 보인 바와 같이 미용입 필렛용접부의 피로특성 등의 연구결과가 발표됨으로써 용융용접에 의해 제작되는 산업설비의 건전성과 신뢰성 평가를 위한 새로운 접근법들을 제시하였다. 그리고 전기저항 점용접과 관련한 연구결과가 다수 발표되어 이 분야에 대한 관심이 증대되고 있음을 알 수 있었는데 점용접은 자동차, 철도차량 등 박판 구조물 제작을 위한 필수불가결의 수단이 되고 있기 때문에, 주로 차체를 대상으로 한 박판 점용접 이음재와 부분 구조체에 관련된 것이 특징이다. 대부분이 박판 특유의 대변형을 고려한 점용접부의 피로강도 평가 및 피로수명예측과 점용접 이음설계변경에 따른 피로해석 등의 연구를 통하여 새로운 피로설계기법을 제시함으로써 한층 실용적인 연구결과를 도출하고자 하는 경향이 뚜렷해 보였다. 앞으로, 기계공학적 차원에서 용접 구조물의 안전설계와 건전성 평가를 위한 연구가 더욱 활발해질 것이라는 기대감을 갖게 하였다.

이종접합재료에 대한 파괴문제는 등방균질재료의 해석으로는 해결하기 어려운 불연속

(discontinuity)문제가 내재되어 있다. 이러한 재료 및 형상의 불연속으로 인하여 이종재료 접합면(interface of dissimilar materials)에서 균열현상이 발생하며, 이 균열로 인하여 구조물은 동적인 하중 상태 하에서 파괴되기 쉬우며, 동적인 파괴는 정적인 파괴보다도 훨씬 더 위험하다. 따라서 최근에는 이종재료의 동적인 문제에 대하여 활발한 연구가 진행되고 있다.

국내에서는 이억섭 등이 두 상이한 등방성 이종재료 내의 동적 진전 계면 균열에 대해 계면 접착 두께와 계면 균열의 전파 특성 및 계면 균열 앞에 원공이 있는 경우의 원공의 위치와 크기가 균열전파속도와 응력확대계수에 미치는 영향 등에 대해 활발히 연구하고 있다. 또한 최성렬 등은 피형 시편을 사용하여 계면 균열과 등속 평행 균열에 대하여 Wiener-Hopf 법을 적용함으로써 균열선단 부근의 응력확대계수를 구하였다. 또한 황재석, 백운철은 동적 모드-I 하중을 받고 이방성비가 큰 반 직교이방성체에서의 응력파에 대해 연구하였으며, Wiener-Hopf법을 사용하여 동적 응력확대계수와 동적 에너지 해방률에 대하여 연구하였다. 또한 황재석, 신동철은 등방성/등방성 이종재료 및 등방성/직교이방성 이종재료 내의 계면 진전균열에 대한 선단 응력장과 변위장 및 에너지 해방률 등을 새로이 유도하였으며, 유도된 응력성분을 이용하고 동적 광탄성 실험과 수치해석을 통해 균열선단에 존재하는 응력합수를 구하는 동적 광탄성 하이브리드 법을 개발하였

다. 이들은 이러한 동적 광탄성 하이브리드 법을 이용하여 예폭시/알루미늄, 예폭시/Ca.F.E.C.(carbon fiber epoxy composite) 이종재료 내의 등속 계면 진전균열에 대한 동적 거동을 연구하였으며, 또한 동적 광탄성 하이브리드 법을 사용하여 구한 고차항이 포함된 응력성분과 변형률 성분 등을 기존의 최대접선응력이론과 최소변형률에너지밀도 이론에 적용하고 균열선단으로부터의 거리값을 변화시키면서 구한 균열전파각도의 이론치가 전파각도의 실험치와 가장 잘 일치하는 최적의 값을 구하였다.

또한 유재용, 황재석은 동적 모드 III 하중을 받는 이종재료 계면 균열선단의 응력장과 변위장을 유도하여, 계면 균열이 동적 모드 I 과 모드 II 하에서 발생하는 진동현상이 모드 III 하중하에서는 나타나지 않고, 두 재료가 완전히 독립적으로 거동함을 밝혔다. [배동호, 성균관대학교 / 황재석, 영남대학교]

신소재 및 복합재료

기계공학 발전의 토대가 되는 신소재 및 복합재료 분야는 재료의 제작, 해석 및 평가, 재료구조설계에 관련한 우수한 연구결과가 활발히 발표되었다.

고분자기 복합재료의 경우에, 섬유의 연성/취성 및 굴곡형태, 섬유종류, 섬유제적비 구배, 수지의 동시경화공정, 수지의 결정화도, 수지의 이온도움반응처리, 압밀정도, 섬유/수지간 계면부 상태에 따른 강화효과에 대한 연구결과가 많이 발표되었고 일부는

모재가 고무인 경우도 연구되었다. 이들 연구는 단섬유 강화 복합재 또는 적층판, 하니컴 샌드위치 패널, 복합재 롤러의 형태를 제작하여 파괴에측, 진동특성, 피로강도, 충격강도와 관련한 이론적, 실험적 연구로서 진행되었다. 또한 고분자 모재와 섬유간의 계면부를 평가하기 위한 미소 인발시험 및 해석방안이 제시된 점이 돋보인다. 한편 하중의 증가에 따른 점진적 손상과정의 모델링과 불확실한 물성치를 갖는 적층판의 파괴예측방법이 제안되었으며, 충격속도와 온도에 따른 기초물성의 변화거동도 연구대상이 되었다. 적층판의 파손 및 층간분리에 대해서는 몬테카를로 모사해석법, 초음파와 음향방출법을 이용하여 해석하였다. 또한 고온, 저계도 우주환경하의 열사이클, 충격하중과 관련한 환경적 열화특성에 대해서도 연구결과가 발표되었다. 복합재의 드릴링손상을 음향방출법으로 계측함으로써 가공품질을 상시관측하는 방안과 복합재의 열전도를 평가법도 제시되었다.

금속기 복합재료의 경우에, 주조 및 압출가공된 SiC입자강화 알루미늄의 피로수명에 대한 실험적 연구가 발표되었으며, 고온 피로강도의 개선을 위한 기초연구도 수행되었다. HTZ/Al₂O₃ 혼합재의 제작과 노화에 따른 물성변화에 관한 연구결과가 보고되었으며 Ti50/Ni50형상기억합금 복합재의 계면전단강도를 향상시키는 방안이 제시되었다. ABO_w/AC4CH재료의 열처리와 강도특성이 연구되었으며, 초소성 금속기 복합재료 연구의 기초가 되

는 초소성 불균일 변형모델이 제안되었다. 또한, 횡방향 하중의 영향, 복합재 표면의 미소피로균열의 거동을 구한 결과가 발표되었으며, 연속압입시험법을 통한 금속의 가공경화지수를 측정하는 방법이 제안되었다.

이종재료간 접합재료의 경우에, 알루미늄판에 아라미드섬유 강화 플라스틱을 접착한 재료의 인장강도에 대한 통계적 해석 방안, 반복굽힘모멘트에 의한 층간 분리 영역과 피로균열거동의 평가결과가 보고되었다. 또한 세라믹/금속간 계면특성, 이방성 이종재료의 V-노치균열거동을 상방일 등고선 적분법으로 평가한 결과가 발표되었다.

지능형 복합재의 경우에, 광섬유 센서 삽입형 복합재의 피로특성, 저렴한 광섬유 센서의 개발에 관련한 연구결과가 보고되었고, 곡면형 비대칭 압전재료 작동기의 설계/제작/평가방법이 제시되었다. [최낙삼, 한양대학교]

마이크로 시험법

마이크로 시험법 분야에서의 발표 내용으로는 발전설비 등 대형 구조물의 주기적 열화진단을 위한 소형 시험편 시험법이 주를 이루었는데, 연속 압입 시험법, 소형 파괴인성 시험법, 소형 펀치 시험법, 소형 인장 시험법 등 현재 개발 중인 다양한 시험법에 대한 흥미로운 접근법들이 소개되었다.

중요 내용을 요약하면, 권동일을 포함하여 이윤희, 석창성, 김정표, 안하늘, 이형일, 이진행 등이 연속압입시험(continuous indentation test)과 관련한 연구결과들을 4 편 발표하여 다양한 마이크로 시험법들 중에서 가장 높은 관심을 나타내었으며, 유효선, 안해근, 하정수, 장성호, 윤기봉, 박태규가 각각 발표한 소형 펀치 시험법(small punch test)이 그 다음으로 주목받는 토픽이었다.

또, 이봉상, 홍준화, 양원준 등이 소형 파괴인성 시험을 통해 구축한 Master Curve를 이용하여 원자로 압력용기용 강의 천이특성을 평가한 결과를 발표하였고, 정기현, 양원호, 석창성이 소형인장 시험편의 컴플라이언스에 관한 고찰 결과를 소개하였다. 전반적으로 2000년 마이크로 시험법 분야에서는 그간의 학문적 성과물들을 현장에 적용하려는 노력들이 두드러졌다. 이러한 분위기는 일부 회원들 사이에서 사업화를 통한 현장기여로 이어지기도 했는데, 그 예로 (주)프론틱스의 경우, 상기한 내용과 같이 연속압입 시험 기술을 이용하여 운용 중인 산업설비의 열화도 평가가 가능한 자동화압입시험기의 개발을 이루기도 하였다. 이와 같이 2000년은 지금까지 수행되어온 동 분야의 기초연구가 현장에서 결실을 맺기 시작한 의미있는 한 해였다. [권동일, 서울대학교]

기타용어 해설

▶ 미세렌즈열(Micro Lens Array)

수 mm 이하의 개구를 지닌 렌즈를 미세렌즈라 하며, 한 기관 위에서 미세렌즈의 규칙적인 배열을 미세 렌즈어레이라 한다. 미세 렌즈어레이는 광송수신용 모듈, 광픽업계, CCD 모듈 등의 광통신, 광정보저장기기, digital display 산업에서 핵심적으로 사용되는 부품으로 현재 lithography 방법, reflow 방법, 물딩 방법 등에 의하여 제작되고 있다.

▶ 연성 음향 모드(Coupled Acoustic Mode)

모든 공동(cavity)은 기하학적인 형상과 경계조건에 따라 결정되는, 고유한 모드를 갖는데 이를 음향모드(acoustic mode)라 한다. 한 개의 공동이 다른 공동과 구멍으로 연결되어 있는 경우에는 두 공동의 상호 작용에 의해 각 공동의 고유한 모드에 해당하는 고유주파수와 음압 분포에 변화가 생기는데, 이렇게 발생하는 음향 모드를 연성 음향 모드라고 한다.