



고객 중심의 가치 창출을 위한 산업용 섬유의 신뢰성 혁신

김유겸, 구현진

FITI 시험연구원 신뢰성 평가센터

1. 신뢰성 평가센터 설치 배경 및 목적

세계경제는 완제품 중심에서 부품·소재산업 중심으로 그 중심축이 급격하게 이동하고 있는 등 국가 간 경쟁패러다임이 변화하고 있으며, 글로벌 경쟁력을 갖춘 선진 부품·소재기업들이 완제품의 생산량과 시장규모를 결정짓는 핵심 요소로 이미 자리 잡고 있는지 오래이다. 또한 일본, 독일, 미국 등 부품·소재 강국들은 미래시장을 선점하고 경쟁우위를 차지할 핵심 부품·소재 개발과 동시에 시장 확보에 전력을 다하고 있다.

그러나 우리나라의 부품·소재산업은 국내외적으로 많은 어려움을 안고 있는 것이 사실이다. 특히, 핵심 부품·소재의 경우 많은 부분을 선진국으로부터 수입에 의존하고 있어 국내 산업의 국제경쟁력을 근본적으로 약화시키는 원인이 되고 있다. 또한, 국산화 개발이 완료된 후에도 신뢰성이 없다는 이유로 국내 대기업 등 수요기업으로부터 외면당하고 있는 실정이다. 국산 부품·소재의 내구수명 예측 및 년간고장율 등 신뢰성을 확인하고 검증할 수 있는 평가방법이나 신뢰성에 관한 현장데이터(field data), 그리고 고장분석 사례 등이 매우 부족하여 완성품 업계에서는 선진국의 신뢰성데이터를 인용하여 완제품의 신뢰성을 예측하고 있다.

이에 정부에서는 국내에서 개발된 부품·소재의 신규 시장진입 시 최대 걸림돌인 신뢰성 문제(고장율감소, 수명연장) 원천적으로 해결하고 선진국 수

준으로 신뢰성을 향상시키기 위하여 관련법령을 제정하였다. 2004년도까지 1단계 사업을 통하여 국내 산업의 취약분야인 신뢰성문제를 정책대상으로 부각시켰으며, 신뢰성에 대한 지원체계를 성공적으로 구축한 것으로 평가받고 있다. 특히 섬유를 비롯한 8개 분야 18개 신뢰성 평가센터 및 신뢰성 분석센터 등을 설치하고, 평가장비 및 기준개발 등 인프라구축에 집중 지원함으로써 신뢰성향상을 위한 국가적인 평가기반을 확충하였으며, 세계최초로 제품에 대한 신뢰성 인증제도를 도입하여 내구수명과 고장율에 대해 정부가 보증함으로써 신규시장진입 촉진에 기여하였다.

FITI 신뢰성평가센터(reliability.fiti.re.kr)는 2001년 7월 18일 산업자원부로부터 부품·소재 전문기업 등의 육성에 관한 특별조치법에 따라 섬유소재분야의 신뢰성지정평가기관으로 지정되어 2001년도부터 신뢰성 확보가 시급히 요구되는 수송용, 토목건설용 섬유소재의 신뢰성 평가 기반을 구축하였다. 그리고 2005년도부터 시작된 2단계 사업(2005~2010)에서는 1단계에서 구축한 인프라를 바탕으로 2010년까지 산업용 섬유소재의 신뢰성 수준을 선진국 수준으로 향상 시키는 것을 목표로 수요기업협력, 산업용 섬유소재의 신뢰성 인증·평가의 국제경쟁력 향상 및 수시인증·평가시스템 구축을 충실히 수행하고 있다.

2. 주요 사업 및 성과

FITI 신뢰성평가센터는 신뢰성 평가기반구축사업, 신뢰성 기반기술확산사업, 국제협력사업을 수행하고 있으며 신뢰성평가기준개발, 인증 및 평가, 중소기업의 신뢰성 향상 등을 지원하고 있다.

2.1. 기반구축 사업

기반구축사업은 수송용 섬유소재와 사회간접기반 (social infra) 시설에 사용되는 토목용 섬유소재의 신뢰성 평가 장비구축, 기준개발, 인증 및 평가를 Figure 1, 2에서와 같이 수행하고 있다. 또한 산업용 섬유소재의 수명(service lifetime)은 수십 년에서 길게는 백년 이상이 요구되므로 이러한 장기수명을 평가하기 위해서는 단기간에 고장(failure)을 재현할 수 있는 가속수명시험법, 가속 환경에서의 수명을 실제 사용 환경에서 수명으로 전환시킬 수 있는 수명-스트레스 모델링, 신뢰성 척도를 예측하는 통계적인 신뢰성 예측 기술 등 요소기술의 개발이 반드시 수반되어야 하므로 FITI 신뢰성평가센터는 복합 가속시험장비 및 요소기술 개발을 병행하고 있다.

2006년 11월 현재 총 8개의 기준을 제정하였고, 총 45점에 달하는 신뢰성평가 장비를 구축하여 신뢰성평가 기준에 따른 인증 평가는 물론 기업의 요

구에 따른 맞춤형 신뢰성평가를 실시하여 해당 기업의 경쟁력 향상을 지원하고 있다. 주요 개발 기준, 요소기술 및 가속수명시험장비는 Table 1, 2에 요약하였다.

2.2. 신뢰성 기반기술 확산사업

기업의 신뢰성에 대한 현장 애로문제를 해결 및 개선하고 신뢰성기반기술을 산업에 확산시키기 위하여, 2003년도부터 신뢰성 기반기술확산과제를 수행하였다. 현재까지 완료한 주요 사업을 보면, “자동차 안전벨트용 웨빙의 고장분석 및 공정개선을 통한 신뢰성 향상”(‘03. 7~ ‘04. 6), “자동차 안전벨트용 웨빙의 구조개선을 통한 마모특성 및 신뢰성 향상”(‘04. 6~ ‘05. 5), “토목섬유 초가속 크리프 및 크리프 파단 수명시험법 개발”(‘05. 6~ ‘06. 5), “카본 block 흡착재의 신뢰성 향상”(‘05.6 ~ ‘06.5) 등이다.

한편, 현재 “전자제품 절연 피복재용 PET 열수축 튜브의 가속시험법 개발 및 수명향상”(‘06. 8~ ‘07. 7) 과 “자동차 에어백용 원단의 가속수명시험법 개발 및 신뢰성 차별화”(‘06. 8~ ‘07. 7) 등을 현재 진행중이다. 또한, 2006년부터는 수송용 및 토목용 섬유소재 외에도 전자분야 등 다양한 수요산업분야로 신뢰성 평가기반을 확대해 나갈 계획이다.

	2002	2003	2004	2005	2006	2006 이후	
신뢰성 평가/인증	지오그리드 보강도 용벽용	지오멤브레인 위생폐기장 라이너 시스템용	지오드레인 연약지반 개량용	미형 섬유보강재 보강도 용벽용	지오멤도지브 위생폐기장 라이너 시스템용	지반보강용 아스팔트 보강용	
가속 수명 시험/모형	지오텍스타일 위생폐기장 라이너 시스템용	가속수명시험법 • 가속인장크리프 수명시험법 • 온도가속 시험법 • 일축가속 시험법 • 온-습도 가속수명시험법	가속수명시험법 • 가속인장크리프 수명시험법 • 가속인장크리프 시험법 • 복합해수성능 시험법	수명-스트레스 모델 • 시간-온도 중첩원리 • 이력나무스 모델 • 단개중첩법 • 평가모형	복합해수재 음벽, 터널 지하구조물	가속수명시험법 • 온도-차이선 피복가속 시험법 • 온-습도 가속 시험법	가속수명시험법 • 수명-스트레스 모델 • 이력나무스 모델 • 연속중첩 • 복합모형
정규 시험 (신뢰성)		가속수명시험법 • 일축 크리프 가속시험장치 • 가속인장크리프 시험법 • 복합해수성능 시험법	가속수명시험법 • 차/세수 복합성능 측정기 • 연속수 수직수 수평시험기 • 인발복합시험기	평가용분석	평가용분석 • 가수분해저항성시험기 • 자외선저항성시험기 • 미생물저항성시험기	평가용분석 • 중리피복누직시험기 • 폐암에어백노화시험기 • 다이아미로딩시험기	평가용분석 • 복합인장강도시험기 • 연속가속 시험법 • 항변수정기
장비구축		내환경장비 • 저온내후성 시험기 • Thermal Stress 훈증기 • 복합해수성능 시험기	평가용분석	평가용분석	가속수명시험장비 • 반력미모시험기(자재) • 해염환경시험기	평가용분석 • 온도노화시험기 • 자외선노화 시험기	평가용분석 • 인장시험기 • 압축시험기 • 충격시험기 • 인발시험기 • 인발시험기

Figure 1. 토목용 섬유소재 신뢰성 기반 구축 현황.




	2001	2002	2003	2005	2006 이후
신뢰성 평가/인증	안전벨트용 웨빙 자동차 안전벨트용	에어백용 원단 자동차 에어백용	타이어 코드 타이어 보강용	시트커버 자동차 시트용	인조피복 내장용 피복 자동차용
가속 수명 시험/모형	안전벨트용 웨빙 자동차 안전벨트용	에어백용 원단 자동차 에어백용	타이어 코드 타이어 보강용	시트커버 자동차 시트용	인조피복 내장용 피복 자동차용
정규 시험 (신뢰성)	가속수명시험법 • 중리피복누직시험기 • 폐암에어백노화시험기 • 다이아미로딩시험기	가속수명시험법 • 온도-차이선 피복가속 시험법 • 온-습도 가속 시험법	가속수명시험법 • 수명-스트레스 모델 • 이력나무스 모델 • 연속중첩 • 복합모형	평가용분석 • 복합인장강도시험기 • 연속가속 시험법 • 항변수정기	평가용분석 • 인장시험기 • 압축시험기 • 충격시험기 • 인발시험기 • 인발시험기
장비구축	가속수명시험장비 • 반력미모시험기(자재) • 해염환경시험기	평가용분석	평가용분석	평가용분석 • 온도노화시험기 • 자외선노화 시험기	평가용분석 • 인장시험기 • 압축시험기 • 충격시험기 • 인발시험기 • 인발시험기

Figure 2. 자동차용 섬유소재 신뢰성 기반 구축 현황.

Table 1. 품목별 신뢰성평가 기준 및 요소 기술

품목	용도	가속수명 시험방법	시험장비
자동차 안전벨트용 웨빙 (RSK0005)		<ul style="list-style-type: none"> 고장모드: 웨빙 구성 섬유의 연화 (degradation)에 의한 인장강도 감소 고장시간: 인장강도 감소 14.7 kN 미만 주 스트레스 요인: 온도, 자외선, 마모 Life-Stress Model: Arrhenius-Inverse Power model 	
성토 보강용 지오그리드 (RSK0009)		<ul style="list-style-type: none"> 고장모드: 장기적인 하중에 의한 과도한 크리프 변형 고장시간: 크리프 변형률이 10%를 초과하는데 걸리는 시간 주 스트레스 요인: 온도, 하중 Life-Stress Model: TTS (Time-Temperature Superposition) 	
보강토 옹벽용 락형 섬유보강재 (RSK0024)		<ul style="list-style-type: none"> 고장모드: 장기적인 하중에 의한 과도한 크리프 변형 고장시간: 크리프 변형률 증가가 1%에 도달하는데 걸리는 시간 주 스트레스 요인: 온도, 하중 Life-Stress Model: SIM (Stepped Isothermal Method) 	
위생매립장 라이너시스템용 부직포 (RSK0008)		<ul style="list-style-type: none"> 고장모드: 장기적인 압축하중에 의한 여과성능 및 보호성능 저하 고장시간: 투수계수가 $1.0 \times 10^{-6} \text{cm/s}$ 미만, 피라미드 압력면에 의해 두께 유지율이 10%미만이 되는 시점 주 스트레스 요인: 온도, 압력 Life-Stress Model: Arrhenius model 	
위생매립장 라이너시스템용 지오멤브레인 (RSK0019)		<ul style="list-style-type: none"> 고장모드: 매립 이전의 자외선 노출, 매립 후 침출수에 의한 화학적 분해에 의한 차수능 저하 고장시간: 산화유도시간(OTM)의 잔존율이 10%가 되는데 걸리는 시간 주 스트레스 요인: 자외선, 화학약품 처리 온도, pH Life-Stress Model: Arrhenius model 	
연약지반 개량용 토목섬유 배수재 (RSK0021)		<ul style="list-style-type: none"> 고장모드: 장시간 토압에 노출되어 유로 감소로 배수성능 저하 고장시간: 배수성능이 $5 \text{cm}^2/\text{s}$ 미만이 되는 시점 주 스트레스 요인: 온도, 압력 예측방법: Voigt 모델에 의한 배수성능 고장시점 외삽 Life-Stress Model: Arrhenius model 	
자동차 에어백용 원단 (진행중)		<ul style="list-style-type: none"> 고장모드: 온도, 습도, 오존 등에 장시간 노출되어 인장강도 감소 고장시간: 인장강도 유지율이 80% 미만인 되는 시점 주 스트레스 요인: 온도, 습도 Life-Stress Model: Peck's model 	

Table 2. 신뢰성평가 방법규격

기준	적용범위	적용품목	시험장비
지오신텍스의 가속인장크리프 수명평가 방법: 시간-온도 중첩원리 (RSK0022)	<ul style="list-style-type: none"> 지반보강/안정용 토목 섬유 소재: 지반안정용, 해안매립용 도로/교통용 토목 섬유 소재: 아스팔트, 천도노반 및 교량 보강용 폐기물 매립장용 토목 섬유 소재: 매립장 사면보강용 침식/획적 방지용 토목 섬유 소재: 사면 보강용, 옹벽 보강용 장기 하중을 받는 고강도 섬유 소재 	<ul style="list-style-type: none"> 지오그리드 보강벨트 지오웹, 지오멤 지오텍스타일 Kevlar 섬유 	
지오신텍스의 가속인장크리프 수명평가 방법: 단계중온법 (RSK0023)	<ul style="list-style-type: none"> 지반보강/안정용 토목 섬유 소재: 지반안정용, 해안매립용 도로/교통용 토목 섬유 소재: 아스팔트, 천도노반 및 교량 보강용 폐기물 매립장용 토목 섬유 소재: 매립장 사면보강용 침식/획적 방지용 토목 섬유 소재: 사면 보강용, 옹벽 보강용 장기 하중을 받는 고강도 섬유 소재 	<ul style="list-style-type: none"> 지오그리드 보강벨트 지오웹, 지오멤 지오텍스타일 Kevlar 섬유 	
압축크리프 수명평가 방법 (진행중)	<ul style="list-style-type: none"> 폐기물 매립장용 토목 섬유 소재: 비덕보호용, 치수용, 위생매립장용 차/배수용 토목 섬유 소재: 터널 및 조경 배수용, 터널 방수용, 치수용 침식/획적 방지용 토목 섬유 소재: 침식방지용 장기적인 압축하중을 받는 섬유 소재 	<ul style="list-style-type: none"> 지오네프트 지오멤포지트 지오텍스타일 드레인 보드 PDB 	

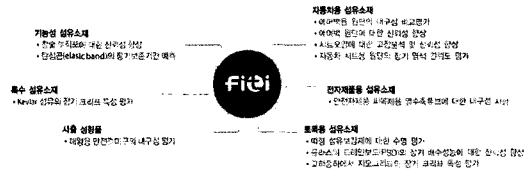


Figure 3. 신뢰성 쿠폰제에 의한 산업용섬유 소재의 신뢰성 평가 현황.

2.3. 기업지원

수송용 및 토목용 섬유 소재는 물론 전자제품 절연용 플라스틱 필름, 램프용 엔지니어링 플라스틱 소재 및 공기정화용 흡착재의 신뢰성 향상을 위한 고장분석(failure analysis), 가속수명시험법 개발과 이를 통한 수명예측과 신뢰성평가를 포함한 total solution을 제공하여 신뢰성향상 종합 지원 기관으로서 역량을 확대하고 있다.

2005년도부터 20건이 넘는 신뢰성 평가를 수행하여 기업을 지원하였으며, 2006년도 부품·소재 신뢰성기반기술확산사업의 일부로 실질적인 부품·소재 기업의 신뢰성향상을 위하여 기업의 신뢰성 수준 및 수용 능력에 따라 맞춤형으로 지원하는 “신뢰성 쿠폰제”(reilability.kmac.or.kr, 한국부품소재산업진흥원 www.kmac.or.kr 주관)에 참여하여 기업의 신뢰성평가 요구에 적극 대응하고 있다. 신뢰성 쿠폰제는 단위요소기술 지원을 통하여 신뢰성 문제해결이 가능하다고 판단되는 품목에 대하여 3개월 이내의 단기 신뢰성 기술을 지원하고, 신뢰성 시험·평가, 고장분석을 통한 필드 고장품(부품·소재)의 원인 분석 및 해결방안 제시, 신뢰성 컨설팅을 제공하는 사업이다. FITI 신뢰성평가센터에서는 30여 가지의 신뢰성, 장기 내구성과 환경평가 항목을 준비하여 업계의 요구에 대응하고 있다.

2.4. 국제협력사업

신뢰성인증의 해외인지도 제고와 국내 신뢰성평가능력 제고 및 개발된 신뢰성 평가기준의 국제화

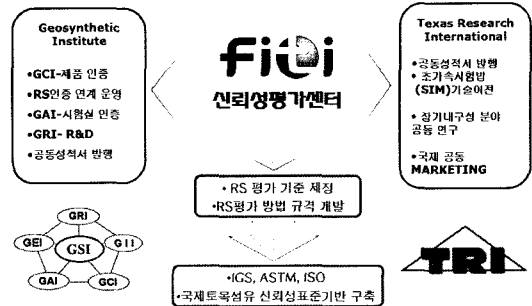


Figure 4. 토목섬유 국제 협력 체제.

를 위하여 세계적인 시험, 평가기관들과의 MOU 체결을 통한 시험성적서 상호인정, 국제표준화 활동 등을 수행하고 있다. 미국 토목섬유연구소인 GSI (Geosynthetic Institute)와 국제 협력을 체결하여, 제정된 토목섬유 신뢰성평가 기준을 통한 신뢰성 인증평가 실시와 동시에 미국 GSI의 품질 인증 (Geosynthetic Certification)을 획득할 수 있는 국제 협력 체계를 구축하여 인증 신청기업의 국제 경쟁력을 제고 할 수 있도록 지원하였다. 2004년도에는 토목섬유 분야의 신뢰성평가 역량 확대를 위하여 미국 TRI(Texas Research International)와의 업무협력을 통하여, 시험평가 기간과 시험비용을 획기적으로 개선한 “단계등온(steppered isothermal method) 크리프시험법”의 평가 기술을 이전 받아 국제적으로 해당 평가업무를 진행할 수 있는 유일한 협력기관으로 지정받았다.

또한, 국제 표준화 활동 국내 간사 기관으로서, 기술표준원과 함께 ISO TC38(textile) 및 ISO TC221 (geosynthetics)에 대한 국제표준화 총회를 성공적으로 개최하였다. 국제 표준화 활동에 참여함으로써 개발된 신뢰성평가 기준의 국제표준화를 추진하여 국내 신뢰성평가 및 인증 결과에 대한 국제적 인정 획득을 할 수 있는 기반을 마련하고, 신뢰성평가 및 인증 획득 생산 기업의 세계 시장 진입을 위한 이론적 근거를 제시하는 등 명실상부한 산업용섬유 분야의 신뢰성평가기관으로서의 역할을 수행하고 있다.



3. 향후 비전과 각오

20세기가 생산성의 시대였다면, 21세기는 품질의 시대이다. 그러므로 우리나라 섬유산업은 기존의 가격경쟁력을 무기로 한 대량생산에서 벗어나 차별화된 고부가가치, 고품질 제품을 생산해야 하는 상황에 직면해 있다. 또한 인도, 중국 등 후발국의 경쟁을 뿌리치고 앞서나가는 방법은 품질 및 신뢰성 혁신 밖에 없다. 따라서, FITI 신뢰성 평가센터는 '산업용 섬유소재의 품질 및 신뢰성 일류화'를 목표로 '산업용 섬유소재 신뢰성 종합지원센터'로 발전하기 위하여, 신뢰성평가 대상 품목을 지속적으로 확대하고 실시하여 수요산업의 요구에 적극 대응하는

기반을 구축하고자 한다. 한편 수요기업과의 지속적인 업무협력을 추진하여 해당 중소기업과 상생협력이 이루어 질 수 있도록 노력하고자 한다.

기술개발 초기단계에서 신뢰성개념을 기업에 도입시킴으로써, 미지의 고장원인을 사전에 분석·예측하여 미연에 방지함으로써 제품의 신뢰성을 확보(향후 A/S비용 절감)할 수 있게 기술개발 사업 등에도 적극적으로 참여하고자 한다. 산업용 섬유소재의 신뢰성에 대한 산업계, 학계의 더욱 더 많은 관심과 참여를 기대하며 신뢰성평가기술개발 및 확산을 통한 섬유 산업 발전을 위한 새로운 도약의 밑거름이 되기 위하여 매진할 것이다.

저자 프로필



김 유 겸

1986. 경희대학교 섬유공학과 졸업
 1988. 경희대학교 섬유공학과(석사)
 2003. 경희대학교 섬유공학과(박사)
 1990-현재. FITI 시험연구원 신뢰성평가센터 책임연구원



구 현 진

1989. 인하대학교 섬유공학과 졸업
 1993. North Carolina State University, Textile Technology & Management(M.S.)
 1996. North Carolina State University, Fiber & Polymer Science(Ph.D.)
 1996-1999. North Carolina State University, Dept. of Textile & Apparel Management & Technology, Post-Doctoral Fellow
 2002-현재. FITI 시험연구원 신뢰성평가센터 책임연구원