

사고사례를 통한 승객용 승강기의 재해예방대책

윤유성 · 권오현* · 고성석*

부경대학교 안전공학과 대학원 · *부경대학교 안전공학과

1. 서 론

1.1 연구의 필요성과 목적

안전장치가 설치된 승강기는 1857년 Otis에 의해 개발되어 최근 건물의 고층화에 따른 사람들의 수직 및 수평 운송수단으로서 우리들의 일상적인 생활에 없어서는 안 될 시설임에도 불구하고 그 이용에 따른 안전사고가 발생하고 있다. 1993년부터 2000년까지 한국승강기안전관리원¹⁾에 따른 승강기 안전사고 발생현황은 총 승강기 설치대수에 대한 년 평균 재해발생율이 0.0414%로 총 안전사고 건수 143건에 대한 재해자가 180명이 발생하였으며, 그 중 승객용 승강기는 전체 재해의 약 42.6%를 차지하고, 180명의 재해자 중에서 중상 이상의 재해자가 약 80.1%를 차지하고 있다. 또한, 최근 3년 동안 119구조대 출동건수²⁾의 약 11.7%가 승강기 고장 및 사고로 인한 출동이며, 전체 9,183건 중에 주택 및 아파트의 출동 비율이 약 43%를 차지하고 있다. 이와 같이 일반인이 자주 이용하는 승객용 승강기의 재해발생 비율이 높을 뿐만 아니라 사고 발생시 피해 정도가 크다.

국내에서 승강기 안전에 대한 연구로서는 승강기 관련 국내기관의 자료와 일본, 대만 및 독일의 승강기 관련제도를 비교, 검토함으로써 개선방안을 확보하려는 시도가 있었고³⁾, 승강기 사고원인을 유형별로 조사하여 승강기 안전운행을 위한 안전관리제도의 개선방안과 기술적 안전대책에 대해 고찰하였다⁴⁾. 또한 이미 설치된 승강기의 안전운행에 중점을 두고 사고예방을 위한 안전관리를 통해 승강기 제작 및 관리현황에 대한 문제점을 파악하여 안전대책을 제시하는 등⁵⁾ 승강기에 대한 연구가 계속 이루어지고 있으나 현재까지의 현황을 제시한 바와 같이 승강기의 사고예방관리가 소홀하거나 문제점이 있는 것으로 나타나고 있다. 이와 같은 승객용 승강기의 재해예방을 하기 위해서는 이미 건축 구조물에 설치되어 발생된 사고사례를 조사하여 사회활동에 수반되어 증가하는 교통사고와 같은 승강기사고를 방지함으로써 유사 및 동종재해의 발생을 최소화할 수 있을 것이다. 따라서 본 연구에서는 이미 설치된 승객용 승강기의 사고사례를 통하여 승객용 승강기의 재해통계를 비교 분석함으로써 승강기유지관리자의 체계적인 안전관리가 이루어질 수 있도록 하는 방안을 제시하고자 한다.

1.2 연구의 범위 및 방법

본 연구에서 적용한 중대재해 및 사고사례 분석방법은 가장 일반적으로 널리 알려진 방법인 산업안전보건법의 산업재해조사표⁶⁾를 이용한 것으로 한국승강기안전관리원에서

보고한 1993년도에서 2000년까지 발생한 승객용 승강기의 사고사례를 원인 분석하였다. 또한 승객용 승강기의 사고사례를 통하여 승강기 종류별, 재해 유형별, 사고원인별 유형을 파악한다. 승강기의 세부적 사고사례는 사고발생의 직접적인 원인에 해당하는 불안전 행동과 불안전 상태에 대해 조사하며 간접적 원인에 해당되는 기술적, 교육적 및 관리적 원인 등에서 승객용 승강기의 사고 특성에 맞지 않는 특정한 부분을 제외하고, 나머지 항목만을 기준으로 하여 원인을 분석한다. 이에 따라 승강기 법정방호장치의 종류와 안전장치 중에서 중상재해의 많은 부분을 차지하는 일반 이용자인 구출자 및 관리자의 추락에 대한 기술적 방호장치의 개선방안 및 대책을 제시하고자 한다.

2. 승강기 안전사고에 관한 예비적 고찰

2.1 승강기의 재해유형

승강기의 재해유형은 보통 카(elevator car)에 탑승하여 물건을 내리거나 실는 도중에 카와 같이 추락하거나 감아 올리는 와이어로프의 절단에 의해 카가 추락하는 것, 카와 승강로 사이에 협착 등이 일반적으로 많이 발생한다⁷⁾. 한국승강기안전관리원에 따른 1993년도에서 2000년까지 승강기 종류별 발생건수는 승강기 62건, 침대용 5건, 승객 화물용 3건, 비상용 5건, 장애인용 2건, 전망용 6건, 화물전용 8건, 자동차용 21건, 덤웨이트(dumbwaiter) 8건, 에스캐레이트 20건 및 수평보행기에서 3건이 발생하였다. Fig. 1은 재해 형태별 유형에 재해자수를 나타내며 그 점유율은 사망자 69명, 중상자 76명 그리고 경상자 35명이며 Fig. 2는 재해자를 구분한 점유율을 나타낸다. Fig. 3은 사고원인별로 이용자 과실 39.9%, 유지·관리부실 32.9%, 작업자 과실 11.2%, 제조불량 7.6% 그리고 기타 8.4%로 나타나고 있어 불안정한 행동에 따른 이용자의 과실이나 부주의한 행동 및 유지관리에 따른 수리, 교체와 점검시 작업자의 과실로 인한 예방 활동의 중요성이 큰 비중으로 나타나고 있다.

2.2 승강기의 구조와 안전장치

승강기의 구조는 집이나 사람을 태우는 카와 벽이나 그 밖의 부품재료에 둘러싸인

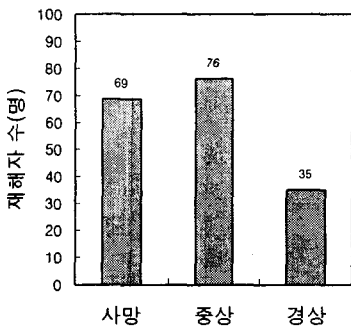


Fig. 1 재해 형태별 유형

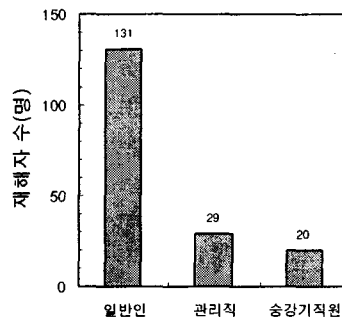


Fig. 2 재해자 구분별 유형

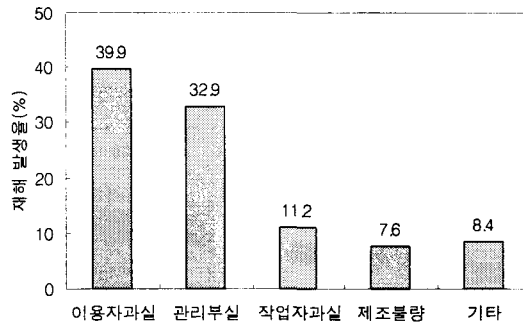


Fig. 3 사고 원인별 유형

카의 승강로, 카를 원활하게 승강시키기 위한 가이드 레일, 승강장치와 제어장치 등의 기계장치, 카의 권상용 와이어로프, 균형추, 안전장치들로 구성된다.

승강기의 안전장치에는 각종 스위치, 센서 그리고 많은 장치들로 구성되어 있다. 산업안전보건법에서 정하는 방호장치는 과부하방지장치, 화이날 리미트스위치, 비상정지장치, 조속기, 출입문 인터록 등이 있다. 승강기의 법정방호장치와 기타 안전장치들 중에서 기계적 고장으로 인한 재해를 방지하는 페일세이프(fail safe)의 구조에 해당하는 것은 과전류방지장치, 화이날 리미트스위치, 주전원의 역상이나 결상으로 피해를 방지하는 역결상 릴레이, 전자제동장치, 조속기, 권상기, 완충기, 인터폰 등의 비상호출장치가 있다. 인간의 과오나 실수로 인한 재해를 방지하는 풀푸루프(fool proof)의 구조는 과부하방지장치, 비상정지장치, 출입문 인터록, 도어 클로저, 도어 안전 개폐장치, 세이프티 슈우, 광전장치, 초음파장치, 슬로우다운 스위치, 피트 정지스위치, 파킹스위치 등으로 구분할 수 있다.

안전작업을 위한 승강기의 유해위험작업에 대한 조사연구⁸⁾에 따르면 승강기 자체, 안전장치 사용상, 승강기 사용상의 문제점 등에서 관리자가 중점적으로 점검해야 하는 사항에 해당하는 승강기의 기계적 부분과 이용자의 과실 및 부주의에 대한 인적 요인에 해당하는 부분을 분류하면 다음 table 1과 같다. 이와 같이 승강기의 안전장치에 대

table 1 승강기 유해위험작업의 기계적 부분과 인적 요인의 분류

구분	내용	점유율	구분	내용	점유율
기계적 부분	승강기 자체와 안전장치의 고장	37.7%	인적 요인	안전장치의 사용방법 및 기능이해 부족	37.8%
	안전장치 사용상의 불편	18.5%		승강기 성능유지 및 보수관리상의 문제	19.2%
	안전장치의 작업효율 저하	14.8%		승강기 성능 및 기능에 대한 숙련도 부족	17.3%
	안전장치와 기계와의 설치상 부적합	11.1%		작업방법 및 안전수칙상의 문제	12.2%
	승강기의 노후화	9.6%		안전장치에 대한 불신	8.2%

한 고장과 사용방법 및 기능의 이해부족이 높은 점유율 나타나 검사자에 따른 기계적 전기적 사항에 따른 점검활동의 강화와 이용자에 대한 안전장치의 사용방법에 따른 이해와 기능의 홍보가 필요하다.

3. 승강기 사고사례의 원인 분석

3.1 승강기 사고의 원인별 분석

승객용 승강기의 불안정한 요소에 대한 원인별로 세부 사고 점유율을 Fig. 4에 나타내었다. 이용자가 승강기 문을 열고 강제 탑승하다 추락한 사고(23%), 탈출 및 구출과정에서 발생한 사고(10%), 비 전문가가 고장 수리하다 발생한 사고(7%), 작업중 안전수칙 미준수로 인한 작업자 사고(13%), 작업중 안전수칙 미준수로 인한 이용자의 사고(3%), 승강기 부품불량(27%), 이용자의 부주의 행동에 의한 사고(12%) 그리고 유지관리부실(3%) 등으로 나타났다. 이와 같이 작업자나 관리자 특히 일반 이용자의 불안정한 행동에 의한 사고 발생이 전체의 70%이상을 차지하고 있을 뿐만 아니라 승강기의 사용상 문제점으로 전체 38%를 차지하고 있어 사용상 안전대책과 일반인에 대한 승강기의 사고예방 및 홍보에 대한 문제점이 절실함을 알 수 있다. 또한 기계적 및 전기적인 부품고장에 의한 사고가 27%를 차지하고, 안전수칙 미준수로 인한 작업자와 비전문가의 사고가 20%를 차지하고 있다. 특히 승강기에 대해 전문기관의 구조요원임에도 불구하고 구출과정에서 발생하는 재해가 10%로 나타나 구출과정에 대한 안전대책이나 안전수칙의 준수의 필요성이 많은 부분을 차지하고 있어 이에 대한 조치가 필요한 것으로 판단된다.

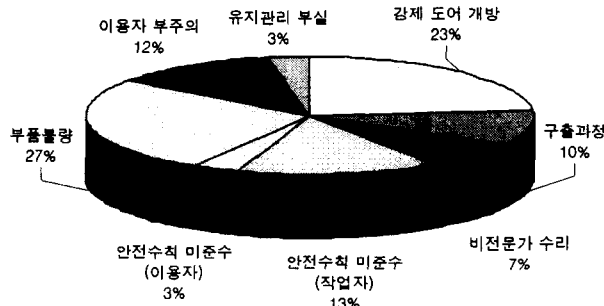


Fig. 4 승객용 승강기의 세부 안전사고 점유율

3.2 재해 형태별 원인 분석

최근 2000년과 2001년의 승강기 재해 유형에 따른 원인을 분석한 결과에 따르면 추락, 협착 및 충돌에 의한 재해가 대부분을 차지하고 있다. 승강기 사고의 원인별 분석에서 불안정한 행동에 따른 이용자가 비상키 등으로 강제 탑승하거나 승강기 관리자가 점검, 수리 및 부품교체로 작업중 카의 갑작스러운 상승 등으로 피트(pit)로 추락한다.

또한 Fig. 5 (a)와 (b)는 승강기 추락방지판을 설치하지 않은 경우 (a)는 정상운행하는 상태이고 Fig. 5 (b)는 카가 이상원인에 의해 승강장사이에 위치한 경우이다. 이와 같이 카의 비상정지위치에 따라 구출시 이용자와 구조원의 추락하는 것으로 일반적으로 카의 문턱이 승강장 문턱보다 60cm이상 120cm미만의 위치에 있는 경우에는 승강장 도어와 카도어를 열고 카 내에 사다리를 넣어서 구출하지만 최상층이나 부득이 하게 Fig. 5 (b)에서 구출해야 하는 경우에는 구출시 승강기의 하단부는 피트 추락에 대해 완전 노출되어 추락 사망하는 경우가 있다.

협착에 의한 재해는 출입문 개방으로 인한 카의 상하부와 승강장의 상하부에 의해 협착하는 재해와 피트 내에서 수리 등의 작업으로 카의 상승과 하강시 카에 협착하거나 승강기의 출입문과 승강장 사이에 협착하는 재해가 대부분을 차지하고 있고, 충돌의 경우 작업중 카의 갑작스러운 상승으로 카와 충돌하여 재해가 발생되고 있다. 이와 같이 승강기의 사용상 안전장치의 부품불량이나 고장 등의 원인으로 발생하는 협착이나 특히 추락재해의 경우는 거의 사망재해로 발생하고 있어 이에 대한 실용적인 대책수립이 시급한 것으로 나타나고 있으므로 작업시 발생하는 협착과 충돌에 대한 비상경보장치와 같은 안전장치와 추락재해를 방지하기 위한 추락방지판을 설치하여야 할 것으로 판단된다.

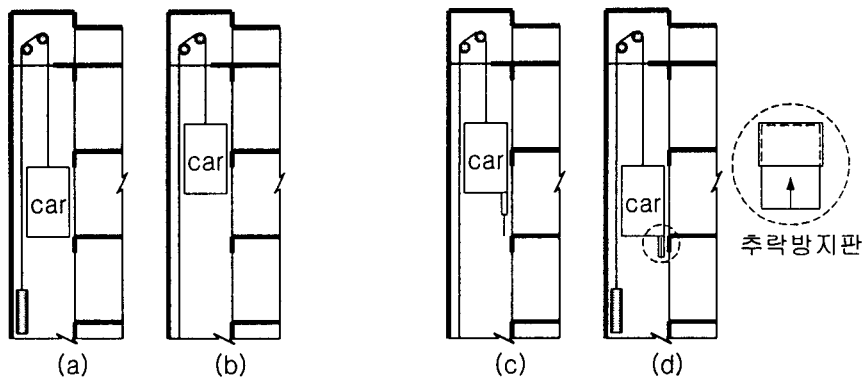


Fig. 5 승강기의 추락방지판을 미설치한 경우와 설치한 경우

4. 분석결과에 따른 예방대책

4.1 불안정한 상태에 따른 예방대책

승강기는 하부층에서 구출시 승강문이 개방되면 피트 또한 개방이 되기 때문에 근원적 안전화로서 개구부를 완전차폐함으로 추락재해를 방지할 수 있다. 추락방지판의 설치시 추락방지판 길이만큼 최하층의 깊이를 주어야 한다는 것과 승강기의 재해발생빈도가 다소 적다는 이유 등으로 거의 설치를 하지 않거나 방지판의 길이가 그 기능을 다하지 못하는 것이다. 따라서 Fig. 5 (c)와 (d)는 추락방지판을 기존의 길이에서 2층이나 3층 접이식으로 설치한 경우로서, Fig. 5 (c)와 같이 층사이에 카가 정지한 경우 피

트부를 보호하고 평상시는 Fig. 5 (d)와 같이 접어서 운행하므로 이에 대한 재해를 감소시킬 수 있을 것이다.

한편 작업자나 관리자의 피트 내부에서 작업을 수행하는 경우 승강기의 불시 이동이나 추락으로 인한 재해를 방지하기 위해 피트 내부에서 작업시 승강기의 상승과 하강과 동시에 작동하는 시각적 및 청각적 비상경보장치를 설치하여 승강기의 이동시 작업자나 관리자에서 통보함으로써 재해를 예방할 수 있다. 또한 일반 이용자의 심리적인 요인으로 해당할 수 있는 부분으로 승강기의 호출로 승강기가 도착하면 출입문이 개방되어 탑승을 한다. 하지만 승강기가 도착하지 않은 경우 승강문이 개방될 수 있기 때문에 이미 설치되어 있는 승강문과 승강기 출입문의 개방창을 의무 설치하여 이용자의 승강문이 개방되면 앞으로 나아가는 무의식적 행동에 대한 추락을 방지할 수 있을 것으로 판단된다.

다음으로 부품불량에 의한 사고는 자체검사자, 보수요원 및 유지관리자 등은 승강기의 주요부품에 대하여는 자체검사 및 보수·점검시 중점적으로 점검하고 이상의 유무를 확인하고 이상이 있을 때에는 즉시 교체하도록 한다. 특히 권상기, 제동장치 및 와이어로프와 같은 사고 빈발 부품에 대해서는 검사를 강화하고 유지보수 및 검사 등을 받지 않고 설치된 승강기는 즉시 보완하여 검사를 받도록 하며 미흡한 승강기에 대해서 행정조치 등을 취한다.

승강기의 유지관리는 승강기의 수명동안 정상적으로 사용할 수 있도록 일상점검, 정기점검 등의 예방정비와 수리를 말한다. 일반적으로 승강기는 다수 이용자가 1대의 승강기로 사용하기 때문에, 최고층 건물의 경우 고장시 대체 이동수단이 없으므로 기계, 전기의 복합기술로 이루어진 승강기 시스템의 성능유지를 위한 제조, 보수, 검사 및 유지관리에 고급기술이 필요하다. 각종 안전장치의 이상 발생을 예방하지 않으면 안전사고를 유발하게 되므로 이용자의 안전을 위해 유지관리는 필요한 것이다.

4.2 불안정한 행동에 따른 예방대책

승강기 사고는 이용자나 관리자의 부주의와 같은 불안정한 행동으로 발생하는 경우가 대부분을 차지하고 있다. 비상키 등으로 승강문을 열고 탑승하다 추락한 사고가 22건으로 아주 위험한 개수이다. 따라서 비상키의 관리는 관리자만 사용하며, 관계자 이외의 사람이 사용하지 않도록 철저히 관리한다. 또한 이용자에 대해서는 출입문에 기대고, 충격을 가하고, 카 내에서 장난을 치는 난폭한 행동을 하지 않도록 이용자 수칙을 부착하고 지속적으로 계몽한다.

승강기가 정전이나 고장으로 운행이 정지되면 이용자에 대해서는 대처요령이나 안전수칙 및 전문기관의 구조요청이 가능하도록 비상연락전화번호를 카 내에 부착하고 임의로 탈출을 시도하지 않도록 하며 비상시 카 내에서 인터폰으로 외부와 즉시 연락이 가능한 장소에 인터폰을 설치한다. 관리자에게 비상시 대처요령을 수시로 교육시키고 승강기의 고장 및 수리는 반드시 전문기술자에게 조치를 받고, 승객구출 및 인명사고가 발생했을 때에는 신속히 인명구조 등 필요한 조치로 119구조대, 보수업체 및 검사기관

에 연락하고 피해자의 심리적 불안감으로부터 안정시키며 승강기 사고현황을 승강기 검사기관에 보고한다.

작업중 안전수칙 미준수로 발생한 사고는 승강기에 관련 작업자이지만 14건의 재해로 전체 재해의 13%를 차지하고 있다. 승강기에 대한 검사 및 작업전에는 위험예지훈련을 실시하고 반드시 보호구를 사용한다. 또한 작업장 위험요소를 사전에 제거하여 안전사고가 발생하지 않도록 검사자나 작업자 상호간에는 연락이 되도록 하고, 승강장 문을 열고 검사나 작업 등을 하는 경우에는 반드시 안내원을 승강장에 배치시키고 방호울, 탑승금지 표지판 등의 안전시설물을 설치하여 일반인의 접근을 금지함과 함께 승강기의 탑승을 금지시킨다. 검사나 작업 후 승강기를 정상 운행시킬 때에는 검사자나 작업자의 안전을 확보하고 일반 이용자의 안전을 위해 승강기가 정상 운행되는 것을 충분히 확인한 후 일반인을 탑승시키도록 하여야 한다.

5. 결론

본 연구에서 기존의 건축물에 이미 설치된 승객용 승강기의 사고사례를 통하여 승객용 승강기의 재해를 예방함으로써 승강기유지관리자 및 이용자들의 사용실태에 대한 체계적인 안전관리가 이루어질 수 있는 방안을 연구하여 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1) 승강기의 안전사고 중에서 중상이상의 재해 점유율이 80.1%, 불안정한 행동에 따른 재해 점유율이 84%로 승강기 재해는 인적요소에 의해 매우 높은 중대재해를 발생한다.

2) 승강기의 유해위험작업에 따른 승강기 안전장치의 기계적 재해요인이 82.1%, 안전장치의 사용방법 및 기능 미숙이나 불신이 46%로 안전장치에 따른 사용방법을 일반 이용자가 사용시 과실을 방지하기 위한 이해와 기능의 홍보가 필요하다.

3) 이상원인에 의해 승강기의 카가 정지한 위치에 따라 이용자, 관리자 및 구출자의 피트 추락재해의 원인이 되고 있다. 이상원인에 의해 승강기의 카가 정지한 승강기의 탈출·구출시 근원적 안전화대책으로 추락재해를 방지하기 위해서 2, 3중 접이식 추락방지판의 부착되어야 한다.

4) 승강기의 보수 및 점검으로 인한 협착이나 충돌을 방지하기 위해서 승강기의 이상이나 관리감독 부족으로 승강기가 상승이나 하강함과 동시에 피트 내부에서 작동하는 비상경보장치가 설치되어야 한다.

5) 승객용 승강기의 재해발생시 나타나는 승객의 불안정한 행동에 대한 가장 큰 원인으로 일반 이용자의 불안감과 공포 등의 심리적인 요소가 작용하는 것으로 생각되며 승강기 관리자는 비상시 대처요령 숙지와 승객의 심리를 파악 대처할 수 있는 능력을 배양해야 한다.

참고문헌

- 1) 한국승강기안전관리원, “승강기 안전사고 발생현황”, 2001
- 2) 중앙119구조대, “소방통계자료”, 2001
- 3) 최돈구, “승강기 안전관리제도에 관한 연구”, 건국대학교, 행정대학원(석사학위논문), 1995
- 4) 강신희, “한국의 승강기 안전관리제도 실태와 대책에 관한 연구”, 경희대학교, 경영대학원, 산업안전관리학과(석사학위논문), 1989
- 5) 김동섭, “엘리베이터 안전사고에 대한 안전대책에 관한 연구”, 경희대학교 경영대학원, 산업안전관리학과(석사학위 논문), 1987
- 6) 윤상권, 장통일, 임현교, “사고사례에 기초한 보일러사고의 원인분석”, 한국산업안전학회, 춘계발표논문집, pp. 359~362, 2001
- 7) 정명진, 우홍식, 유재환, 이근오, 임종국, 추병길, “최신기계안전공학”, 동화기술, 2000
- 8) 김상렬, 이윤호, “유해위험작업의 안전작업을 위한 조사연구(II)-교류아아크용접기, 승강기, 보일러 중심으로”, 한국산업안전학회지, Vol. 9, No, 1, pp. 40~47, 1994

참고문헌

- (1) 홍창선, "복합재료의 층간파괴 실험법", 대한기계학회지, 제30권, 제2호, pp. 172~179, 1990.
- (2) Ogin, S. L. Smith, P. A. and Beaumont, P. W. R., "Matrix cracking and stiffness reduction during the fatigue of $[0/90_2]_s$ GFRP laminate", Composite Science and Technology, Vol. 22, 1985, pp. 22~31.
- (3) Tsai, C. L. and Daniel, I. M., "The behavior of cracked cross-ply composite laminates under general in-plane loading," Damage in Composite Materials, ed. G. Z. Voyiadjis, Elsevier, 1993, pp. 51~66.
- (4) 野中, 岡田, 影山 および 關根, "AE法と赤外線應力測定法を併用したCFRP積層板の損傷過程の検討", 安全工学, Vol. 32, No. 4, pp. 233~241, 1993.
- (5) Ni, Q. Q. and Jinen, E., "Fracture Mechanism and Acoustic Emission of short Carbon Fiber Reinforced Nylon", Soc. Mater. Sci.(Japan), Vol. 42, p. 255, 1993.
- (6) Ni, Q. Q. and Jinen, E., "Fracture Behavior and Acoustic Emission of SFC", Soc. Mater. Sci. (Japan), Vol. 42, pp. 561, 1993.
- (7) Ni, Q., "Fracture Behavior and Acoustic Emission in Bending Test on single-fiber Composites" Engng. Fracture Mechanics, Vol. 56, pp. 779, 1997.
- (8) Chow, T. M. Hutchins, D. A. and Mottram, J. T., "Simultaneous acoustic emission and ultrasonic tomography imaging in anisotropic polymer composite-material", Journal of Acoustical Society of America, Vol. 94, pp. 944~953, 1993.