

# 국내에서의 비파괴검사 실시 현황 및 그 문제점

이 준 현

## The Present Status and Problem on Application of Nondestructive Testing

Joon-Hyun Lee



- 이준현 (부산대 기계설계공학과)
- 1956년생
- 기계공학을 전공하였으며, 파괴역학 및 비파괴 평가 기술을 응용한 구조물의 안전성 설계 및 평가, 복합재료의 특성평가 등에 관심을 가지고 있다.

### 1. 머리말

국내에서는 지난 몇 차 년도 간에 걸친 경제개발계획에 따라 중공업분야, 석유화학분야, 발전분야 및 플랜트분야의 건설이 눈부시게 이루어져 왔다. 그러나 경제 개발 초기에 제작 설치된 각종 플랜트는 상당한 부분이 노후되어 일부 시설에 대한 교체가 진행 중에 있으며, 또 교체를 서두를 시기에 도달했다. 따라서 노후시설에 대한 잔존수명 예측 및 안전성 진단 등이 필요하게 되었으며 또 시설의 안전성 확보와 대형사고의 사전예방, 사용중 갑작스런 가동중지에 의하여 발생하는 비용의 절감, 동시기에 같이 설치된 시설에 대한 각각의 교체시기 예측에 의한 비용절감 등을 위하여 이들 진단 방법에 비파괴 검사(NDT: nondestructive testing)의 적용이 필요하게 되었다. 최근 신·증설되는 각종 구조물은 열악한 사용조건, 고온, 고압화, 고속화, 대형화 등으로 일단 사고가

발생했을 경우 지금까지의 사고 유형보다 더욱 심한 대형참사가 예상되며, 이에 따라 제작, 설치검사의 강화뿐만 아니라 가동중 검사의 필요성이 절실히 요구되며, 특히 이들 시설에 대한 정기, 부정기 점검시 비파괴검사의 적용 및 그 강화대책이 요구되고 있다.

그림 1은 미국기계학회(ASME)에서 제시한 대형 구조물의 보수 및 관리 기준을 나타내는 개념도<sup>(1,2)</sup>이다. 여기서 보여주는 바와 같이 가동중의 구조물의 안전성 및 잔존수명 평가를 위하여는 재료특성의 파악, 부재의 응력 및 변형을 해석, 부재중의 결함검출 등의 작업이 수행되어야 하며, 또 결함이 존재하는 경우에 있어서는 허용결합의 정량적 평가가 필요하다. 따라서 이와 같은 기계구조물의 안전성 및 잔존수명 평가를 수행하기 위하여서는 먼저 고감도, 고정도의 결함평가가 필수적이나 대부분의 경우 가동중의 기계 구조물로부터의 재료손상평가를 위한 시험편을 채취하는 것은 곤란하기 때문에 비파괴적 기법의 도입이 불가결한 실정이다. 그러나

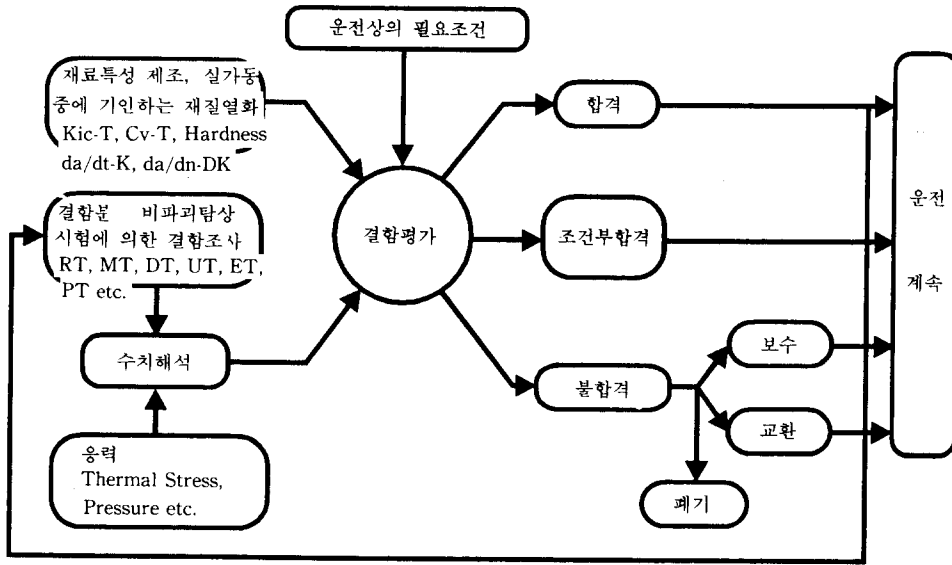


그림 1 대형구조물의 안전성 평가를 위한 개념도

성수대교 붕괴사고 등과 같은 최근 국내에서 발생한 파손사고의 대부분은 그 사고의 기본 원인이 구조물 내부에 발생한 결함들에 대한 측정이 수행되지 않았음은 물론 나아가 이에 대한 근본적인 원인은 국내에서의 비파괴 검사실시에 대한 제도적인 문제에 기인한다. 따라서 여기서는 최근 기계 및 구조물의 안전성 확보에 있어서 필수불가결한 기술인 비파괴검사에 대한 국내의 실시 현황 및 그 문제점 등을 주로 제도적인 관점에서 미국 및 일본 등의 선진국과 비교함으로써 기술하고자 한다.

## 2. 미국, 일본의 비파괴 검사제도 및 그 특징

### 2.1 미국의 비파괴 검사제도

미국은 ASME에서 일찍부터 발주자 또는 제조자 및 허가기관으로부터 독립된 제3자 검사기관의 필요성을 절감하고 제도적인 공인 검사제를 발전시켜 운영하고 있으며 그 제도적 특징은 다음과 같다.

- 미국의 비파괴검사 제도는 각종 협회를 기점으로 하여 민간 주도형으로 실시하고 있다.
- 그림 2에서 보는 바와 같이 검사업무의 독립성과 객관성에 따라 각 협회가 주관이 되어 제3자 검사제도를 운영하며 주정부법이나 연방정부법의 각종 규격의 규정을 의무적으로 준수하도록 법제화하

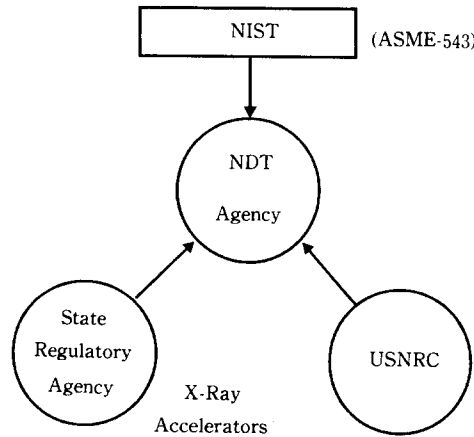


그림 2 미국의 NDT Agency 인 허가 관리체계

고 있다. 상무성 산하에 비파괴검사를 포함한 전 검사분야의 기술관리, 연구개발 등을 관장 운영하고 있다. 특히 상무성 산하의 NIST(National Institute of Standard and Technology)의 Accreditation Committee에서 비파괴검사 업체 또는 기관을 ASTM E-543에 의거하여 매 2년마다 감사를 실시하고 관리한다.

- 방사선 투과검사를 수행하는 업체나 기관은 Radiographic Operation을 위하여 요구되는 방사선안전관리 및 방사선투과 검사에 RI를 사용하는 경우, 그리고 USNRC(미국 원자력규제위원회) 또는 USNRC Regional Office, X-선, Accelerator를 사용하는 경우에 주정부의 State Regulatory Agency 또는 Federal Occupational Safety & Health Administration(OSHA)에서 Licence를 받는다.
- 공인검사의 절차  
공인검사의 절차는 그림 3과 같다. 한편 미국에서의 비파괴시험분야와 관련된 연구내용은 다음과 같다.
- 세계에서 비파괴시험분야에 가장 연구개발이 활발한 나라가 미국으로 국공립, 군관련 연구기관과 민간 연구기관 등 37개 연구기관에서 비파괴시험, 검사 및

평가 기술에 관련된 연구를 수행하고 있다. 연구 개발분야는 기초연구로부터 복합재료 세라믹(ceramic)등의 신소재의 탐상기술, 미세결합의 정량화, 탐상기록의 재현화, signal processing 및 analysis, 컴퓨터화, 자동화 등 Advanced Nondestructive Education(ANDE) 기술에 이르기까지 광범위하게 연구개발을 수행하고 있으며, 기관도 수적으로나 양적으로도 다양하고 많다. 대학으로는 Iowa State Univ., John Hopkinson Univ., Northwestern Univ., Texas A&M Univ. 등을 들 수 있으며, 비영리 연구기관으로는 Battle Memorial Institute, Southwest Research Institute 등, 기업체로는 Rockwell International, United Technologies Corp., General Electric Co., Westinghouse, Ford Motor 등을 들 수 있다.

- NDE에 관한 연구를 지원하고 있는 정부기관으로는 NSF(National Science Foundation), DOD(Department of Defense), DOE(Department of Energy,) NASA 등이 있으며, 정부기관으로서 직접 연구를 수행하는 기관으로는 NBS(National Bureau Standard), NASA-Langly, Wright Patterson Air-Force Base, NIH(National Institute of

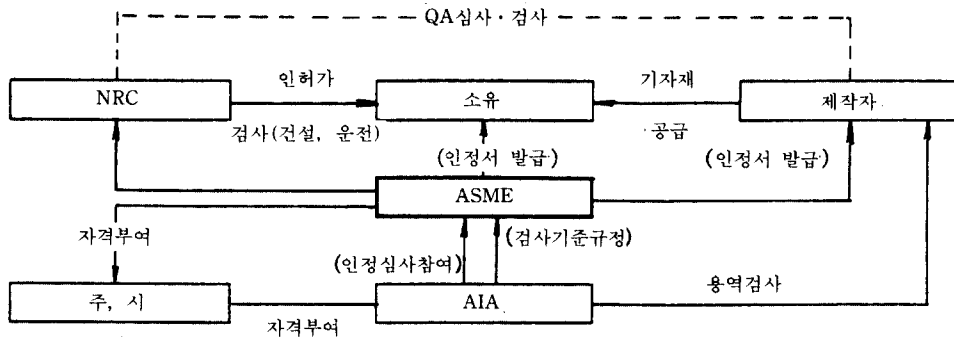


그림 3 미국의 공인검사 절차

Health) 등이 있다.

- 미국정부는 비파괴시험, 평가에 대한 기술 향상을 위하여 다각적인 노력을 경주하고 있으며, 대학이나 연구기관에 보조금 및 연구계약 형태로 위탁연구를 수행하도록 적극 지원하고 있다.

## 2.2 일본의 비파괴검사제도

일본에 있어서의 비파괴검사제도의 특징은 다음과 같다.

- 일본의 비파괴검사 업무는 그림 4와 같이 법적으로 관련되는 부처가 많은 것이 특징이며, 주관하는 통상 산업성을 비롯하여 과학기술청, 노동청, 건설성, 운수성, 자치성, 소방청 기타 관을 대신하는 대행 검사기관 등 다양하다.
- 제작, 설치, 가동중의 비파괴검사는 가스사업법, 고압 가스취체법, 전기사업법, 석유 파이프라인 사업법, 노동안전위생법, 소방법 등 법령에 따라 의무적으로 실시하도록 제도화하고 있다.
- 이러한 법에 따라 각 산업분야별 협회를 위주로 자율적인 관리를 하고 있으며, 필요한 규격은 일본 공업규격으로 제정하거나 협회가 각 산업분야의 특성에 따라 자체규정을 제정하여 준수하도록 하고 있다.

- 일본의 용접협회 등 관련협회가 비파괴 검사업체를 등급별로 구분하여 비파괴검사 업체의 관리와 질적향상을 도모한다.
- ASME 규격 등 외국규격의 자격부여는 일본용접협회, 경금속구조 용접협회, 일본 강(鋼) 구조협회, 일본 주단강 협회, 일본 LP Gas Plant 협회, 고압 가스 보안협회, 일본 안전협회 등에서 인정업무를 실시하고 있다.
- 1970년 발전용 열기관 협회가 통상산업성 으로부터 발전설비 전문검사기관으로 지정을 받아 정부를 대행하여 검사업무를 대행하고 있다.

## 3. 국내에 있어서의 비파괴검사제도의 실태

### 3.1 제도

우리나라의 비파괴검사 관련제도는 앞서 조사한 미국, 일본의 경우와는 달리 정부 주도형으로 실시되고 있으나 이는 비파괴검사 엔지니어링 활동주체 신고업무와 방사선 투과검사시 사용하는 방사성 동위원소 및 방사선 발생장치의 사용허가 등으로 국한되어 있으며, 비파괴검사 기술전반을 관리 감독하고, 기술향상을 위한 지원책을 강구하고, 우루과이라운드에 의거 비파괴검사분야 시장이 개방되었을 때 그 분야의 종합대책을 수립해

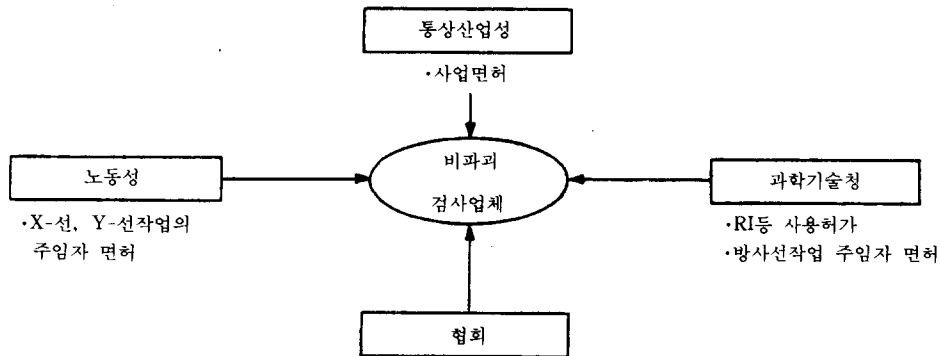


그림 4 일본의 비파괴검사업체 인 허가 관리체계

야 하는 행정 주무부처가 없는 것이 현실이다.<sup>(3)</sup>

### 3.2 정부의 인·허가 제도

우리나라의 인·허가 제도는 그림 5에서

보여주는 바와 같이 과학기술처에서 원자력 법과 엔지니어링 기술 진흥법에 의거하여 원자력국의 방사선안전과와 기술정책실의 기술제도 담당관실에서 그 실무를 담당하고 있다. 그러나 이는 방사성 동위원소 등의 사용

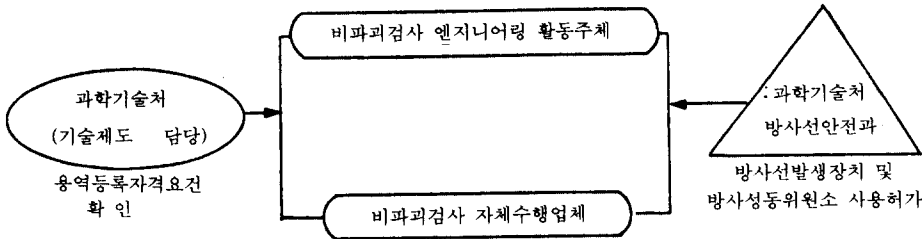


그림 5 정부의 비파괴검사업 인 허가 제도

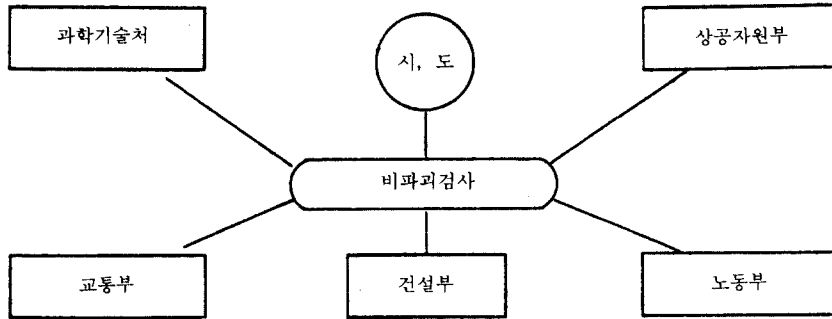


그림 6 우리나라 비파괴검사 관련부서

표 1 국내 검사관련 기관 및 업무내용

내용 기관	관련법규	검사대상	검사의 종류	검사수행
상공자원부	전기사업법	발전용 보일러, 열교환기 (전기공작물, 터빈)	사용전검사 용접검사, 정기검사	관계공무원 (사업자에 일임)
상공자원부	에너지이용 합리법	산업용 보일러, 압력용기 (열사용기기)	자체검사 제작, 설치검사 (특정 기자재 용접, 구조)	에너지관리공단 장관지정 전문기관
시, 도	고압가스	저장용기, 충전용기 냉동설비	자체검사 사용전검사	가스안전공사
철도청	철도법	철도용 보일러	사용전검사	관계공무원
해운항만청	선박안전법	선박 및 선박용 기자재	사용전검사	한국선급
과학기술처	원자력법	원자로 및 주요부품	사용전검사, 정기검사	원자력안전센터

에 따른 방사선 안전관리와 엔지니어링 활동 주체 신고 자격요건의 확인 등의 업무를 관장하고 있을 따름이며, 그 외 비파괴검사관련 정부 부처로는 그림 6과 같이 상공자원부, 교통부, 건설부, 노동부 해운항만청, 공업진흥청, 철도청 등이 있으며 그 업무내용은 표 1과 같다. 표 1에서 볼 수 있듯이 비파괴검사의 주요 검사대상들은 의무적으로 검사를 받도록 관련 법규에 규정되어 있으나 이는 보일러, 고압가스, 원자력발전소 등에 국한되어 있으며, 사용전 검사에 주안점을 둔 관계로 일과성 검사로 끝나게 되어 있다. 이에 비파괴검사의 적용 의무화 규정을 관계 산업시설 및 관계제품 전반에 관계되는 법령으로 개정해야 하며, 각 검사대상물의 사용중 검사, 보수검사 등을 통한 사후관리도 철저히 하도록 하여 이들 기계 및 구조물의 파손사고를 미연에 방지해야 한다.

#### 4. 국내에 있어서의 비파괴검사 제도의 문제점

##### 4.1 비파괴검사 주무부처의 부재

일본, 미국, 독일 등은 비파괴검사가 산업체에 적용되는 것을 기준으로 상무성, 산업통산성 등이 주무부처로서 임무를 맡고 있으나 우리나라는 원자력법에 의거 방사성 동위원

소 사용허가와 엔지니어링 활동 주체신고를 받는 과학기술처가 주무부처와 비슷한 역할을 수행하고 있다. 실제 비파괴 검사 방법이 RT외에 UT, MT, PT, ET 등 방사선과 관계없는 방법도 있다는 점에서 주로 원자력법에 의거 비파괴검사 사업에 대한 행정을 다룬다는 것은 부적절하다고 사료된다.

##### 4.2 공인 검사기관의 부재 및 검사계약 체결의 불합리

우리나라는 품질보증에 대한 관심을 가진 지 얼마 되지 않아 원자력산업분야 등을 제외하고는 이에 대한 개념이나 제도가 정립되지 있지 않다. 따라서 품질관리와 품질보증의 수단으로 이용되는 비파괴검사의 관리체계도 확립되어 있지 않다. 선진공업국에서는 시공자와 검사자가 대등한 위치에서 독립성을 가지고 검사할 수 있는 제도가 정착되어 있으나 우리나라에서는 대부분 검사자가 시공자에 종속, 관리되고 있다. 이것은 발주자가 품질보증에 대한 인식이 부족한 결과라 하겠으며, 법적으로 구속력을 가하지 않으면서 시정되기 어려운 현실이다. 서독에서는 공인 검사기관(TUV)를 두고 검사 업무를 관장하고 있으며, 미국도 이와 유사한 제도를 도입하고 있다. 그림 7에 나타낸 바와 같이 선진국에서는 ①②③④⑤⑥의 과정으로 검사업무

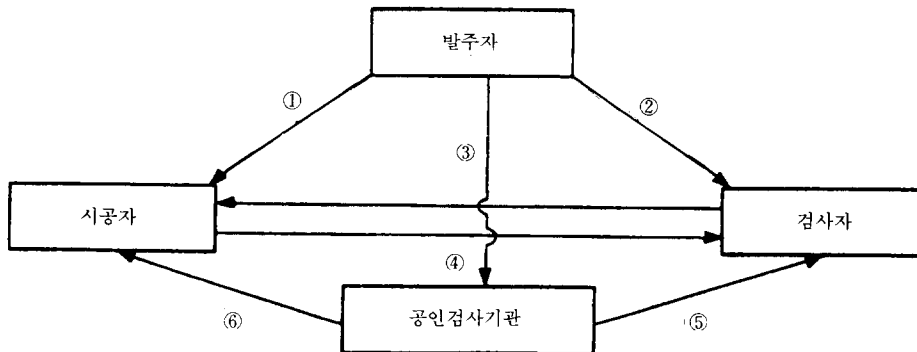


그림 7 비파괴검사 수행과정

를 수행하고 있으나 우리나라의 경우는 대개 ①④과정으로 끝나기 때문에 신뢰성 있는 검사는 기대할 수 없다.

#### 4.3 한국형 공업규격의 미비

우리나라는 현재 31 개의 비파괴검사 관련 한국공업규격이 제정되어 있는데 불과하나 미국, 서독에서는 300여 개의 관련규정이 제정되어 있다. 미국의 ASTM(American Society for Testing & Materials) 등에서는 NDT 규격제정을 위하여 분야별 전문가를 구성하여 협의, 검토하여 규격으로 제정하나 우리나라는 산업현장의 필요성에 의하여 제정하기보다는 공업진흥청의 사업계획에 따라 규격협회 등에게 위탁 번역케 하여 공업규격으로 제정하여 오고 있다.

#### 4.4 자격인정제도 국제화 미비

서독과 일본은 협회가 주관하여 자격을 인

정하고 있고 미국은 협회의 guideline에 따라 고용주 책임하에 자격을 인정하는 제도를 채택하고 있는 반면 우리나라는 국가기술자격법에 의거하여 한국산업인력공단에서 전기 기술 종목을 관장하여 규정을 실시하고 있으며 그 내용을 비교하면 표 2와 같다.

#### 4.5 교육기관의 충실 및 훈련기관의 미비

미국은 직업기술학교를 비롯하여 공·사립 대학, 군기관, 일반산업체 등 비파괴검사 기술자 양성을 위한 장·단기교육, 훈련기관이 165 개소나 있다. 일본은 비파괴검사협회가 1982년 NDT Training Center를 설립, 기술 분야별로 체계적으로 훈련을 실시하고 있으며, 서독도 비파괴검사학회의 연간계획에 따라 Berlin 학회본부 및 9개 지방도시를 순회 하면서 훈련 및 자격 검정업무를 수행하고 있다. 유능한 강사진과 최신의 실습시설을 갖추고 충실한 교육, 훈련을 통하여 유능한 기술자를 양성할 수 있는 것이다. 우리나라

표 2 각국의 비파괴검사 기술자격 인정제도 비교

구분 \ 국명	미 국	일 본	서 독	한 국
자격검정기관	미국비파괴검사학회	일본비파괴검사학회	서독비파괴검사학회	한국산업인력관리공단
등 급	L-I, II, III	3종, 2종, 1종, 특급	L-I, II, III	기능계 : 기능사 기술계 : 기사 1, 2급 기술사
기 술 분 야	RT, MT, UT, PT, IRT, ET, LT, NRT, AE, VT	RT-MT, UT, PT, ET, SM	RT, MT, UT, PT, ET, SV	RT, MT, UT, PT, ET, LT
실 시 연 도	1967	1969	1968	1978
비 고	SNT-TC-1A, ASNT	협회기량인정규정 NDIS-0601, JSNDI	학회기량인정규정 ABAF, DGZFP	국가기술자격법

\* 2벌레 : LT : 누설검사, NRT : 중성자 방사선 투과검사, SM : 응력측정, IRT : 적외선검사, VT : 육안 검사, SV : 방사선장애방어, AE : 음향방출검사

는 비파괴검사 전문연구기관으로 한국기계연구원, 한국원자력연구소, 한국표준과학연구소 등이 있으나 단기 이론교육을 통해 자체적으로 훈련을 실시하고는 있지만 유능한 강사진의 확보, 교육훈련용 교재 등의 미흡으로 교육훈련의 실효를 거두지 못하고 있다.

#### 4.6 방사선 안전관리제도의 비현실성

현재 국내에서 이루어지고 있는 비파괴 검사법의 대부분은 방사선 투과시험(RT)에 의존하고 있는 실정이다. 그러나 실제 현행 원자력법의 목적을 보면 “방사선의 이용을 통한 국민생활의 향상과 복리증진에 기여함과 동시에 방사선에 의한 해해의 방지와 공공의 안전을 도모함”이라고 정의되고 있으나 이들의 논리는 상호 대립적인 것이고 원자력법의 내용 또한 방사선 안전관리 위주로 규정되어 있다. 방사선의 이용을 장려하게 되면 방사선 안전관리가 소홀하게 될 염려가 있다. 따라서 이 두 문제를 원활히 수행하려면 현행 원자력법상의 일시적 사용장소의 개념을 비파괴검사의 현실에 맞게 개정하여야 한다. 비파괴검사 방법중 방사선 동위원소 및 방사선 발생장치를 사용하는 방사선 투과검사가 우리나라 산업체의 안전성 확보수단 및 제품의 품질보증, 신뢰성 확보의 중요한 요소기술로 자리잡고 있음을 감안할 때 방사선의 이용과 규제의 핵심은 일시적 사용장소의 현장에 초점을 두고 고려되어야 한다.

#### 4.7 비파괴검사 의무 규정의 미비

미국, 일본, 서독에서는 재료, 제품, 구조물 등에 대하여 용도마다 세분하여 품질의 등급에 따라 검사방법을 규정하고 있을 뿐만 아니라 시설물의 사용중에도 정기검사를 통해 안전성을 확보할 수 있도록 법으로 검사 의무화를 규정하고 있으나 우리나라에서는 일부(예 : 고압가스안전관리법 등)를 제외하

고는 대부분 미비하기 때문에 미국이나 일본의 규정을 원용(예 : 교량, 고층철골건물 등의 검사에는 외국의 규정을 적용)하고 있는 실정이다.

#### 4.8 산·학·연 협조체제 구축 미비

1992년 10월 브라질의 상파울로에서 개최되었던 세계 비파괴검사대회(WCNDT)에 발표한 연구논문 수는 Oral presentation, 180편 Poster 202 편 등이나 이중 한국은 3편으로 우리의 실정은 매우 어려운 상태이다. 3개 정부 출연연구소 및 소수의 대학에서 NDT관련연구를 수행하고는 있으나 연구내용의 심도나 분야도 한정되어 있어 앞으로 이 분야에 대한 연구의 활성화를 꾀하기 위해서는 연구개발을 보다 효과적으로 추진하기 위한 산·학 연계체계를 구축하여 중점연구 개발과제를 도출, 연구개발을 수행해 나가야 한다. 특히 국내에 있어서는 구조물 안전성 평가와 관련된 대부분의 연구가 파괴역학적인 관점에서 이루어지고 있으나 실제 파괴역학적인 측면에서 안전성평가가 성공적으로 수행되기 위하여는 비파괴적 기법에 의한 구조물 내의 초기결함의 정량적 평가가 필수적임을 명심하여야 하며 앞으로 이 분야에 대한 대학의 연구활동의 활성화가 요구된다.

### 5. 맺음말

지금까지 언급한 바와 같이 최근 국내에서 발생하고 있는 구조물의 안전사고들과 관련하여 기계·구조물의 안전설계 및 안정성 확보에 대하여 많은 관심이 모아지고 있다. 그러나 실제로 이와 같은 과제를 성공적으로 수행하기 위하여는 기본적으로 학문적인 관점에서 비파괴평가 기술의 확보 및 파괴역학적 개념의 적용이 필수적이다. 그러나 국내의 현 여건은 비파괴검사 기술자와 파괴역



학을 연구하는 사람들 간의 직접적인 상호교류 및 토의를 위한 기회가 지금까지 없었음을 인정하지 않을 수 없다. 따라서 앞으로는 두 분야에 대한 적극적인 교류가 이루어져야 함은 물론 앞에서 지적한 비파괴검사와 관련된 실제적 문제점의 개선도 함께 수행되어야 할 것이다. 그러므로 지난 성수대교 붕괴 사고의 주원인으로 지적되는 용접부 강재에 대한 피로파괴와 같은 사고원인의 분석 및 그 예방에 토목공학쪽의 접근이 아닌 기계공학 분야에서의 접근이 현실적으로 이루어지지 않을까?

### 참고문헌

- (1) ASME Boiler and Pressure Vessel Code/An America National Standard Section III (ANSI/ASME BPV-III) Division 1. 1977 Edition, Appendix G(1977), ASME.
- (2) Marston, T, EPRI Special Report(NP-791, SR), (1978).
- (3) 한국비파괴검사학회, 1994, "국내의 비파괴검사제도 및 그 업체의 육성방안에 관한 연구," (1994년 5월).