

교량의 안전성 확보를 위한 비파괴검사법의 적용

김상효, 이상호
연세대학교 토목공학과

Application of NDT for the Safety and Maintenance of Bridges

S. H. Kim and S. H. Lee
Department of Civil Engineering, Yonsei University

1. 머리말

교량이란 도로, 철도, 계곡, 호수, 해안 등을 통과하거나, 다른 도로, 철도, 수로, 가옥, 시가지 등의 위를 통과하기 위하여 이들 위에 가설하는 구조물의 총칭이라 정의할 수 있는데, 본질적으로는 도로, 철도, 수로의 일부분을 형성하므로 국민생활과 국가경제의 동맥역할, 대단위 인간공동체의 생명선과 같은 기능을 가지고 있다. 교통흐름의 길목이나 전략요충지에 위치하게 되는 교량이 건설 중 또는 사용 중에 붕괴되어 공용개시가 연기되거나 사용이 중지된다면 사회적, 경제적, 정치적, 군사적으로 매우 심각한 결과를 초래하게 된다. 교량이 붕괴되지는 않는다 하더라도 어떠한 원인에 의해 급속히 강도가 저하되고 내구성이 감소하여 본래의 제 기능을 수행하지 못하거나 사용수명이 단축된다면 역시 마찬가지로의 결과를 초래할 수 있다. 따라서 교량의 설계에서부터 제작 및 가공, 시공, 가설 등에 하자나 부실이 발생하지 않도록 하여야 하며, 사용 중에도 교량이 본래의 기능을 충실히 수행할 수 있도록 주기적인 점검과 유지관리를 실시하여야 한다.

최근에는 빠른 사회적 발전과 생활수준의 향상에

따라 교통량이 급속히 증가하고 있으며 차량의 중량화 현상이 가속되고 있어, 공용중인 교량들의 노후화, 손상, 피로파괴 등이 교량의 안전성 및 사용성을 위협하는 중요한 요인으로 지목받게 되었다. 이에 따라 교량의 점검 및 관리를 보다 효과적이고 과학적으로 수행하기 위한 많은 연구가 진행 중이며, 관리방법의 효율성을 높이기 위해 자동화된 상시계측관리기법을 적용하려는 움직임이 활발히 전개되고 있다. 또한, 교량의 강도나 내구성 저하를 유발시킬 수 있는 주요 파괴인자(균열 또는 손상 등)들을 초기에 탐지하여 교량의 안전성을 확보하려는 데에도 많은 노력이 경주되고 있으며 이를 위해 비파괴검사기법을 활용한 교량의 점검 및 관리방법의 개발에도 큰 관심이 모아지고 있다.

2. 교량의 파괴 사례

교량의 건설 및 관리는 기본계획 및 기본설계(위치, 연장, 등급, 경간 분할 및 형식선정, 기본자료조사 등)를 바탕으로, 실시설계(부재요소의 구성, 구조모형화, 경계조건, 하중의 모형화 및 재하, 구조해석, 단면설계, 재해석, 설계도면작성, 시방서 및 설계서

작성 등)을 하고, 이에 따라 시공(시공계획, 건설, 건설관리 등)을 한 후, 공용 중에는 점검과 유지관리를 통하여 안전성을 확보하도록 되어 있다. 교량의 붕괴(또는 파괴)는 위의 모든 과정 중 만전을 기하지 못한 사항들에 의해 발생된다.

국내와 국외의 교량붕괴사고 원인들을 분석해 보면 상당한 차이가 있는 듯 하다. 외국의 경우 D.W. Smith가 1847년과 1975년 사이에 발생한 143개의 도로 및 철도교량의 붕괴원인을 분석한 결과는 표 1과 같다. 또한 외국의 장대교량에 발생한 사고사례들을 살펴보면 표 2와 같다. 한편 국내에서 발생한 교량사고와 그 밝혀진 원인들을 살펴보면 표 3과 같다.

국내·외 교량의 사고사례들을 비교해 보면 아직까지 국내에서는 외국에 비해 건설 중 발생하는 사고가 교량파괴사례의 주류를 이루고 있음을 알 수 있다. 표 3의 14개 교량중 9개 교량은 완전붕괴 또는 부분붕괴된 것이고 나머지는 국부적인 파괴에 속한다. 8개의 완전붕괴된 교량 중 대전 3경간연속 RC아치교, 영동교, 선운교, 팔당대교 및 신행주대교는 건설 도중 파괴된 것이다. 이의 붕괴원인을 살펴보면, 선운교를 제외하고는 모두 가설재 및 시공순서와 밀접한 관계가 있다. 즉, 건설주재료의 강도와 같은 품질문제 이전에 가설재의 문제로 붕괴된 것으로 알려져 있다. 한편 선운교는 현수교로서, 현수교에서 주요부재 중의 하나인 주케이블과 앵커블록 사이를 연결하여 힘을 전달하는 eye bar의 제작이 시방서 규정에 맞지 않아 대형사고를 유발한

것이다. 1994년 발생한 성수대교의 붕괴사고는 통상적으로 실시하는 육안점검으로는 발견하기 어려운 부재 연결부위에서 발생한 피로균열이 연결부의 파단을 야기시킴으로써 발생한 대표적인 강교량의 피로파괴 사례로 주목되고 있다.

3. 교량의 파괴원인 및 파괴방지를 위한 조사방법

구조물붕괴에 관한 조사통계에 따르면, 구조물의 건설 도중에 생기는 붕괴가 구조물의 사용 중에 생기는 붕괴보다 20~30배 가량 많은 것으로 알려져 있다. 표 3에서 보여주듯이 국내의 경우에도 사용 중 파괴된 교량은 매우 드물고, 대부분이 건설 도중에 붕괴사고가 발생하였다.

교량의 파괴를 일으키거나 구조적 결함을 야기시키는 주요 요인으로는 다음과 같은 사항들을 들 수가 있다.

- ① 예측불가능한 요소(폭파, 충돌, 천재지변 등)
- ② 설계상의 과오
- ③ 구조세목과 도면작성시의 누락 또는 실수
- ④ 부적합한 재료
- ⑤ 제작 또는 시공시의 작업속련도
- ⑥ 부실한 시공검사
- ⑦ 구조계산시의 실수

이상의 요인들에 의해 교량의 파괴를 지배할 수 있는 어떤 조건이 형성될 때 교량에 나타나게 되는 파괴모형은 크게 다음의 8가지로 분류될 수 있다.

- ① 탄성좌굴
- ② 연성 및 취성파괴
- ③ 소성 변형
- ④ 크리프
- ⑤ 마모
- ⑥ 침식 및 부식
- ⑦ 불안정
- ⑧ 피로파괴

이중 가장 보편적인 모형은 불안정, 탄성좌굴, 연성 및 취성파괴, 피로파괴 등이다.

교량의 파괴는 건설파괴, 사용 중 파괴, 유지관리 파괴의 3가지로 구분된다. 건설파괴는 다시 건설 전 파괴와 건설 중 파괴로 구분할 수 있다. 건설 전 파괴는 개념과 설계상의 착오를 의미하는 것으로서

표 1. 교량의 붕괴사례 분석(국외사례)

붕괴원인	교량개수	%
홍수나 지반변동	70	49.0
부적절한 재료나 결점이 있는 재료의 사용	22	15.3
초과하중이나 충돌사고	14	9.8
부적절한 가설구조나 시공순서	12	8.4
지진	11	7.7
부적절한 설계	5	3.5
바람	4	2.8
피로	4	2.8
부식	1	0.7
	총 143개 교량	100%

표 2. 외국 장대교량들의 사고 사례

교 량	소 재 지	형 식 (주경간)	건설년도	사고사례 및 조치
Brighton Chain pier교	영국	현수교 68m	1823년	1833년, 부분손상 1836년, 비틀림진동에 의한 파괴
Menai Straits교	영국	현수교 177m	1826년	3도 이상 휨, 바람에 의한 파손, 상판 등을 보수함
Nassau교	독일	현수교 75m	1830년	1834년, Cable 파손
Niagara-Lewiston교	미국, 캐나다	현수교 318m	1850년	1864년, 강풍에 의해 파괴
Tacoma Narrows교	미국 워싱턴주 타코마해협	현수교 853m	1940년	1940년 11월, 19m/sec의 바람에 의한 비틀림진동파괴
Fykesund교	노르웨이	현수교 228m	1937년	휨진동발생 보강
Golden Gate교	미국	현수교 1280m	1937년	25~30m/sec의 바람에 의한 부분파손, 트러스 보강
Thousand Islands교	캐나다	현수교 244m	1938년	휨진동 발생
Deer Isle교	미국 메인주	현수교 329m	1939년	1942년, 32m/sec의 바람에 의해 휨진동 발생
Bronx-Whitestone교	미국 뉴욕	현수교 701m	1939년	진동 발생 트러스 보강
Tay교	영국 스코틀랜드	75m	1878년	1979년, 풍압에 의해 열차와 함께 붕괴
Chester교	미국 일리노이		-	1944년, 회오리 바람에 의한 파손
木會川교	일본		-	1962년 8월, 태풍에 의해 건설중 1경간 낙교
Beauharnois교	캐나다 퀘벡	현수교 177m	-	휨진동 발생
George Washington교	미국 뉴욕	현수교 1067m	1931년 1960(下路)	잔잔한 휨진동, 미소 비틀림진동 발생
Lions Gate교	캐나다 밴쿠버	현수교 427m	-	풍속 22~27m/sec의 바람에 의한 휨진동
Peace River교	미국	현수교 283m	-	미풍에 의한 진동, 22~28m/sec의 바람에 의해 비틀림
Liaed River교	미국	현수교 165m	-	미풍에 의한 진동, 18~26m/sec의 바람에 의해 비틀림
四德大교	일본 나가노현	150m	1967년	5~6m/sec의 바람으로 강관 진동, 말단을 보강함
Forth Road교	영국 스코틀랜드	현수교 1006m	1964년	주탑의 진동, 슬라이딩 블록에 의해 진동을 억제 시킴
石狩河口교	일본 북해도	사장교 160m	1971년	건설 중 휨에 의한 한정적 진동, 단면을 변경 시킴
Severn교	영국 잉글랜드	현수교 987m	1966년	기울어진 행거가 진동 제진장치를 설치함
六甲大교	일본 교베	사장교 220m	1977년	Cable의 진동, Cable사이에 Wire를 설치하여 진동을 억제 시킴

표 3. 국내의 교량 사고 사례 및 사고 원인

교 량 명	위 치	사고발생년도	사고사례 및 사고원인
양화대교	서 울	1960년 대	바닥판 양생 중 차량하중 통과와 당인리 발전소용 터빈통과로 사용중 상부재시공
대전 3경간 연속아치교	경부고속도로 대전과 대전터널사이	1970년 대	시공순서, 가설재 문제로 시공 중 완전붕괴
남영동육교	서 울	1970년 대	차량충돌로 사용 중 붕괴
안양철교	안 양	1970년 대	사용 중 심한 지반침하
성산대교	서 울	1970년 대	충돌에 의한 동바리파괴로 시공 중 일부구간 파괴
영 동 교	서 울	1980년 대	동바리 침하로 시공 중 붕괴
선 운 교	서귀포	1980년 대	Eye bar 절단으로 시공 중 붕괴
산천 RC T형교	서 울	1980년 대	홍수로 상부구조가 사용 중 유실됨
88 올림픽대교	서 울	1980년 대	시공 중 입체교차로 확장부에서 동바리 문제로 일부 구간 붕괴
팔 기 교	신안군	1980년 대	ILM시공에 의한 교각의 변위로 교각기초보강
팔당대교	경기도	1991년	풍속 32m/sec의 국부적 돌풍으로 시공 중 가설재의 붕괴, 수화열로 인한 주탑의 심한 균열 발생
신행주대교	경기도	1992년	가교각 주위의 전단파괴와 가교각 파괴의 연쇄 반응으로 시공 중 붕괴
창선대교	남해군	1992년	교각우물통 기초의 전도로 사용 중 붕괴
성수대교	서 울	1994년	파괴파괴에 의한 연결부위의 파단으로 게르버 트러스 경간의 낙교

온도, 건조수축, 크리프 효과의 불고려, 적절한 안전성의 결여, 부적절한 받침부, 구조계산상의 착오, 횡하중의 불고려, 처짐효과와 불고려 등이 이에 속한다. 건설중 파괴는 거푸집 파괴와 붕괴, 가설구조의 부적절함, 건설 중의 초과하중이나 충격 및 충돌 등에 의해 발생하는 것이 일반적이다. 사용 중 파괴는 주로 과적차량, 풍하중, 지진하중, 홍수, 차량이나 기타 장애물의 충돌에 의한 초과하중, 온도변화 등으로 인해 발생한다. 전술한 재해나 불이행에 의한 파괴가 주로 이에 속한다. 이런 경우에는 교량이 완전히 붕괴되거나 균열, 박리, 과대한 변형, 과대한 부등침하 등의 사고가 발생하게 된다. 유지관리 파괴는 주로 열화나 부식에 의하여 부재의 강도 및 강성이 저하되어 결국에는 붕괴에 이르게 되는 것이다

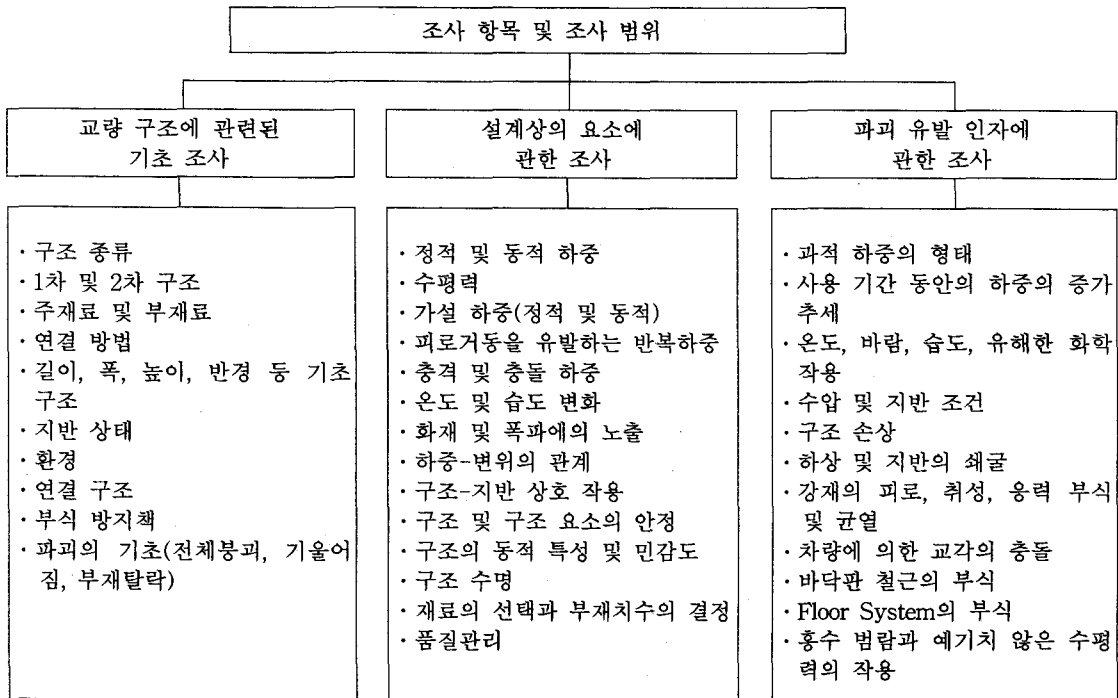
교량의 파괴를 방지하고 지속적인 안전성을 유지하기 위해서는 교량의 계획, 설계, 시공에 관한 전

과정을 소상히 파악하고, 또 한편으로는 현장의 실제상태, 현장조건의 측정, 부재 또는 재료의 강도조사, 재하시험 등을 통해 교량의 현재상태를 정확히 파악하여야 한다.

교량에 발생할 수 있는 문제점들을 조사하기 위한 조사방법으로는 첫째, 교량구조에 관련된 기초조사, 둘째, 교량의 파괴를 일으킬 수 있는 설계상의 요소에 관한 조사, 셋째, 파괴유발인자들에 관해 조사를 들 수가 있다. 조사항목에 따른 조사범위는 표 4에 나타나 있다.

그러나 사용 중에 있는 수 많은 교량들에 대해 그 안전성을 확보하기 위하여 실제로 이와 같은 모든 조사를 면밀히 수행한다는 것은 주어진 시간과 예산상 불가능한 경우가 많으므로 통상 다음 장에 소개되는 일반화된 교량의 안전진단방법에 의해 교량의 붕괴를 사전에 방지하고 안전성을 확보하려고 하고 있다.

표 4. 교량의 파괴 방지를 위한 조사 항목 및 조사 범위



4. 교량의 안전 진단 방법

사용중인 교량의 구조적 안전성을 점검하고 내하 성능을 판정하는 것을 목적으로 하는 교량안전진단은 현재 다음과 같은 방식으로 행해지고 있다.

[1] 설계도면 검토

기본설계와 실시설계도, 설계구조계산서 등을 검토하여 시방서의 규정에 맞게 정확히 설계되었는지를 조사한다.

[2] 외관조사

외관조사에서는 교량이 설계대로 시공되었는지의 유무, 시공상태, 구조적 결함의 유무, 부재의 연결상태, 교좌상태, 배수상태 이음부의 간격, 진동 및 처짐의 정도 등 구조물 전반에 관한 사항들을 점검하고 누수, 백화, 박리, 부식, 균열, 파손 등의 정도를 조사한다. 외관조사는 주로 육안검사와 간단한 장비를 사용하여 이루어지며 철근의 배열상태, 콘크리트의 강도조사 등을 위해 간단한 비파괴검사장비들이 활용되기도 한다.

[3] 구조해석

설계도면과 현장에서의 외관조사 내용을 토대로 설계조건에 부합하도록 교량을 모형화한 후, 다양한 정·동적 구조해석을 통하여 주요부재들의 거동을 예측하고 취약구간 및 취약부재들을 선정한다. 구조 해석 결과의 분석 내용과 외관조사 내용을 토대로 최종적인 대표시험구간과 주요부재들의 시험단면이 결정되면 내하성능시험을 위한 재하위치와 계측기기의 측정위치를 결정한다.

[4] 정적재하시험

교량을 건설하는데 있어 설계단면에서 예측한 역학적 거동은 여러가지의 가정에 따른 오차로 인해 실제 완성된 교량과는 다른 거동을 나타내게 되며, 사용기간의 경과에 따른 노후화로 인해 거동상의 변화가 발생한다. 정적재하시험에서는 중량을 알고 있는 재하차량을 최대부재력을 발생시킬 수 있는 여러 측정지점에 위치시키고 주요 부재에서의 정적 변형률과 처짐, 기울기 등을 측정한다. 측정된 데이터들을 이론적 구조해석에 의해 구한 결과값들과 비교·분석함으로써 현 상태에서의 하중전달체계, 구조강성도, 내하성능, 구조안전도 등을 판단한다.

[5] 동적재하시험

재하차량을 일정속도로 교량상에 주행시키며 주요부재에서의 동적변형률과 처짐 등을 측정하고 이를 바탕으로 동적응답증폭률, 충격계수, 진동주기, 감쇠율 등의 교량의 동적거동특성을 파악한다.

[6] 가진시험

주요부재 또는 구조물에 충격을 가하여 가진상태의 가속도를 측정하거나, 자연상태에서의 진동가속도를 측정하여 분석함으로써 구조물의 고유진동수, 케이블의 장력, 연결상태의 이상유무, 노후손상도 등을 추정한다.

[7] 공용내하력 평가 및 구조물 안전성 평가

이론적 해석에 의한 기본내하력을 계산하고 기본내하력과 시험 결과들을 바탕으로 한 공용내하력을 산정한다. 공용내하력은 도로교에서 표준트럭하중(DB하중)으로 나타내는데 국내 1등급 교량의 경우는 그 기준이 DB-24(총중량 43.2 ton)로 공용내하력의 평가관 현상상태에서 교량의 내하능력이 DB하중으로 얼마인지를 판정하는 것이다. 공용내하력의 평가와 더불어 외관조사의 내용 및 기타 시험 결과의 분석 결과들을 바탕으로 구조물의 안전성을 종합적으로 평가하며 필요시 적절한 보수·보강 대책 및 유지관리방안을 결정한다.

이상과 같은 현행의 안전진단방식은 교량의 역학적 거동을 파악하는 데는 합리적이고 안전성 검사법으로 좋은 장점들을 지니고 있으나 다음과 같은 단점들을 가지고 있다.

첫째, 재하시험을 통한 진단방식은 대상 교량의 시험구간에서의 구조적 거동파악에 그 초점을 맞추고 있으며 이를 바탕으로 전체교량의 건전성을 평가하므로 국부적인 결함이나 손상에 의한 강도저하나 내구성저하 또는 시험대상구간 이외의 부위에서 발생하는 파괴지배인자에 의한 영향을 평가하기 어렵다.

둘째, 시공시에 발생한 결함이나, 공용시의 누적피로에 의해 발생하는 초기의 결함이나 균열의 검출이 육안검사를 통한 외관조사에 의해서는 어려운 경우가 많으며, 또한 발견된 결함의 점진적 발달상을 파악하기 어렵다.

세째, 교량의 현재 물성치, 내재강도, 잔류용력,

프리스트레스의 정도 등의 추정이 어렵다.

이와 같은 단점을 보완할 수 있는 좋은 방안의 하나로 비파괴검사방법들의 활용을 들 수가 있다.

5. 비파괴검사법의 교량에의 적용

앞에서 언급하였듯이 교량은 여러가지 원인에 의해 붕괴될 수 있는데 지진, 홍수, 설계하중 이상의 과대하중의 작용, 충돌, 충격 등에 의해 교량이 단시간 내에 붕괴하는 경우를 제외하고는 붕괴시 까지 점진적인 파괴진행양상을 보인다. 이때, 파괴를 유발하게 되는 주 인자로 손상, 결함, 부식, 균열 등을 들 수 있다. 이러한 파괴인자들은 성장됨에 따라 교량의 강도나 내하성능을 크게 감소시키고 붕괴를 유발시키므로 가능한 초기에 탐지하여 적절한 조치를 취하여야 한다. 파괴지배인자의 초기탐지를 위해서는 비파괴검사법을 활용하는 것이 효과적이다.

비파괴검사방법은 20여년전 국내생산현장에의 도입을 시작으로 파이프와 보일러, 압력용기 등의 결합검사와 선박 용접부위 결합검사등에 이용되기 시작하였으며 현재에는 기계, 재료, 항공, 조선, 소재 분야 등에서 폭 넓게 사용되고 있다. 비파괴검사법의 토목구조물에의 적용은 원자력발전소의 건설을 시작으로 이루어 졌다고 볼 수 있다. 그 후 주요 토목구조물 및 교량에 비파괴검사법이 활용된 예는 많이 찾아볼 수 있으나, 이는 특수한 목적을 위해 국부적으로 시행되었을 뿐이지 교량의 일반적인 안전관리 차원에서 사용된 예는 아직 없는 것으로 알려져 있다.

외국의 경우 비파괴검사법을 교량에 적용한 예로서는 1971년 영국 육군에서 군용가설교에 적용하기 시작한 이래로, 1972년 미국 Argonne National Laboratory에서 Dumbarton Lift Bridge의 케이블 상태를 진단하고자 하는 연구가 이루어졌고, 1973년 Kentucky에서는 Transportation Research Program의 일환으로 트러스교를 대상으로 한 연구가 진행되었다. 그 후 Federal Highway Administration (FHWA), Kentucky Transportation Research Program, West Virginia Department of Highways 등을 주축으로 강교량, 보의 바닥판, 스트링거, 부재의 용접부위 등에 대한 검사시험과 고속도로 교량

들에 대한 현장시험 및 연구가 계속되고 있다. 이와 아울러 일반적인 비파괴검사법에 대한 기준이 제시되어, American Society of Testing and Materials에서는 결함의 평가, 용접 등에 대한 기준이 발표되고, National Institute of Standards and Technology에서는 구조물의 용접에 대한 기준, British Rail에서는 교량건설에 있어서의 용접에 관한 기준, FHWA에서는 미국내 교량검사표준이 개발되었다. 최근에는 FHWA를 추속으로한 강교량의 점검을 위한 균열탐사 및 감시기술개발에 관한 연구의 일환으로 new ultrasonic-magnetic crack detection, acoustic emission system, fatigue-loading indicator, resonant ultrasound spectroscopy, magnetic perturbation, magnetic-flux leakage inspection system 등에 관한 연구와 첨단 센서들의 개발이 진행되고 있으며, 종합적인 교량계측관리시스템의 개발에도 많은 노력을 기울이고 있는 것으로 알려져 있다.

일본에서는 최근 장대교량의 시공시 부터 계속관리시스템에 비파괴검사기술을 도입·적용하려 하고 있으며 결함의 탐상과 결함의 특성평가를 위해 neural network과 expert system에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 또한 비파괴검사기술을 습득하지 못한 기술자들을 위하여 특정한 용도에 사용가능한 자동결함측정기기들의 생산에도 힘을 기울이고 있다.

러시아에서는 군사기술의 발전에 힘입어 강교량의 안전점검을 주로 비파괴검사법에 의존하고 있는 것으로 알려져 있다. 러시아 기술자들의 참여로 설립된 이스라엘의 MPD사(Margan Physical Diagnostic Ltd.)는 비파괴검사법을 사용하여 교량을 포함한 구조물의 안전진단을 전문적으로 실시하는 상당한 노하우를 지닌 전문용역 업체로 알려져 있다.

교량과 같은 주요한 사회기반구조물의 파괴를 미연에 방지하고 안전성에 대한 신뢰도를 더욱 공고히 하기 위해서는 비파괴검사법의 장점을 활용하는 것이 지극히 바람직하다고 생각되나, 현재 국내에 축적된 비파괴검사기술을 교량의 일반적인 안전점검을 위해 적용하고자 할 때에는 다음과 같은 해결 과제들을 안고 있다.

- ① 비파괴검사법은 구조물의 특정한 부위에 대해 주로 국부적으로 적용되어 왔다. 따라서, 교량과 같이 수 많은 부재들이 연결되어 복잡한 형상을 띠고 있는 거대한 피검사체에 대한 적용방법론이 정립되어 있지 않고 운영기술의 축적이 부족하다.
- ② 비파괴검사법을 교량구조물에 효과적으로 적용하기 위해서는 교량구조물의 구조적 특성, 작용하중의 특성과 주요 결함 및 손상의 특성을 파악하고 비파괴 검사기법들의 장·단점을 활용하여 이들 비파괴검사기법들을 적절히 혼용하여야 하는데, 이에 대한 기본적인 연구가 거의 이루어지지 않은 상태이다.
- ③ 교량의 재료, 부재 연결상태, 복잡한 기하학적 형상 등에 대해 비파괴검사법을 이용한 탐상 기법개발에 대한 연구가 부족하며, 탐상결과 분석을 위한 데이터베이스가 마련되어 있지 않다.
- ④ 교량 특유의 부재들의 복합적인 연결성과 차량통행등의 주변환경요인에 따른 탐상시 잡음원에 대한 분석과 잡음제거기술에 대한 연구가 부족하다.

이 외에도 교량의 관리를 위해 비파괴검사기법을 적용할 시의 예산에 따른 경제성문제, 목적에 맞는 간편한 탐상장비의 개발 등 많은 해결과제들이 남아있다.

그러나 점차 그 역할의 중요도가 커져가는 사회기반구조물들과 그들의 노후화에 따른 관리문제를 생각해 볼 때, 비파괴검사법을 교량과 같은 사회기반구조물에 적용하려는 응용기술개발에 대한 사회적 요구는 더욱 증대될 것이며, 가까운 장래에 교량 및 중요한 건설구조물의 안전진단검사에는 비파괴검사법을 이용한 결함 및 손상 검사등이 필수항목으로 규정될 것으로 판단된다. 물론 AE나 UT와 같은 비파괴검사기술 그 자체에 있어서도 검사기술이 고도화되고 자동화되어 상시감시를 위한 진단기술의 확립이 이루어질 것으로 전망되며, 검사방법과 결과분석을 위한 각종 기기와 소프트웨어의 개발이 가속화될 것이다. 비파괴검사법의 기술축적과 데이터베이스화에 힘입어 향후에는 구조물의 안전진단

과 관련한 표준화가 이루어질 것이며 검사규준의 제정도 기대된다.

6. 맺음말

사회와 경제가 발전할수록 사회기반구조물의 중요성은 더욱 커지게 된다. 이러한 구조물들이 뜻밖의 사고로 파괴되었을 때는 사회적 경제적 손실은 물론 국민생활에 미치는 여파가 심각할 수 있다. 본 글에서는 중요한 사회기반구조물의 하나인 교량에 대해 그 파괴원인과 파괴사태들을 살펴보고 파괴방지 및 안전성 확보를 위한 검사방법 및 대책에 관하여 토목적인 관점에서 서술하였다. 본문에서 살펴 보았듯이 국내교량의 붕괴나 사고의 원인은 아직까지 자연재해나 건설적인 요인들이 지배적이다. 그러나 교량의 수가 증가하고 노후화 될수록 유지 및 관리의 중요성이 더욱 커지게 된다.

비파괴검사법은 현재 교량제작시의 품질검사나 특수한 목적을 위한 교량의 국부적 검사에 효과적

으로 사용되고 있다. 그러나 보다 일반적인 안전점검 및 유지관리분야에 활용되기 위해서는 그 운용 방법 및 적용기술면에서 앞서 언급한 과제들을 해결해야 한다. 교량분야와 비파괴검사분야에 종사하는 많은 전문인력들이 깊은 관심을 쏟아준다면 이러한 과제들은 멀지않은 시간내에 하나씩 해결되리라 생각된다.

참고 문헌

1. 변근주, "교량의 건설과 붕괴", 대우건설기술, 통권10호, (1992년 12월).
2. 홍성완, "구조물 붕괴", 대한토목학회지, Vol. 41, No. 6, (1993) pp. 81-99.
3. 황학주, 최신교량공학, 동명사, 1994.
4. S. B. Chase, "NDE for Steel Bridges", Civil Engineering, ASCE, May, (1995), pp. 49-51
5. D. Kaminetzky, Design and Construction Failures, McGraw-Hill, Inc., (1991).