

특 집

비파괴 시험에 의한 R/C 구조물의 평가

토목구조물에의 적용현황 및 전망

The Application and Future Trend of the Nondestructive Tests to the Concrete Structures in Civil Engineering



김 영 의*

1. 개 요

철근콘크리트는 약 110년전에 프랑스에서 화분 용으로 발명되어 시공성이 용이하고, 경제적이며 그 수명이 반영구적이라고 믿어 왔기 때문에 오늘날과 같이 발전 보급되어왔다. 그러나 근래에 와서 철근이 부식되고 균열, 성능저하현상 등 콘크리트 구조물의 약화현상이 증대함에 따라 철근콘크리트에 대한 신뢰도가 점점 상실되어가고 있다 하겠다.

금속이나 목재구조물의 보수·보강은 용이할 수 있지만 철근콘크리트 구조물은 강도나 품질상태 측면에서 충분한 보수를 하기가 곤란한 경우가 많다.

따라서 콘크리트 구조물은 정확하고 정밀한 시공성을 기해야할뿐 아니라 약화된 곳을 조기 검출, 철저한 유지관리를 통한 보수·보강을 함으로써 내구성을 증진시킬 수 있을 것이다. 그렇기 때문에 기설 콘크리트 구조물은 적기에 진단을 실시하여 그에 대한 대책을 수립하여야 하겠다.

이 글에서는 기설 구조물에의 비파괴 시험에 의한 R.C. 구조물의 평가법의 적용 현황 및 전망, 문

제점과 향후대책에 대하여 간략하게 서술하고자 한다.

2. 비파괴 시험법의 현황

콘크리트의 강도나, 특성을 추정하는 방법은 50여년전부터 발전되어 현재는 수십여가지에 달하고 있다. 각종 비파괴 시험법은 일본이나, 루마니아를 비롯한 유럽에서 많은 발전을 이루어 현재 우리나라에서도 그 방법을 그대로 적용하고 있는 실정이다.

콘크리트의 품질평가는 구조물에 따라서 내구성과 내하력 측면에서 종합적으로 실시되어야 올바른 평가를 할 수 있겠으나, 보통 그렇게 실시하지 않는 경우도 있는 것이 사실이다. 여기서는 내구성 측면에서 적용되고 있는 비파괴 시험법과 기설 구조물에서 현장 적용성에 대하여 간략히 설명하고자 한다.

2.1 콘크리트 비파괴 시험법의 종류

기존 구조물에 많이 사용되고 있는 시험법의 종류에 대하여 간단히 설명하면 크게 두가지로 분류할 수 있겠다.

* 정회원, 농어촌진흥공사 농어촌용수사업처

1) 압축강도, 동적특성 추정법

- 타격법
 - └ 표면 경도법 : 낙하식 햄머법 등 다수
 - └ 반발 경도법 : 슈미트 햄머법
- 국부 파괴법
 - └ 관입법 : 심피햄머법 등 다수
 - └ 인발법 : 못, 볼트 등을 잡아 빼는법
 - └ 국부 압축법
- 조합법
 - └ 음속, 슈미트 햄머 조합법
- 진동법
 - └ 음속법 : 초음파 등 다수
 - └ 충격파법 : 충격 탄성파법
 - └ 공진법 : 종공진법 등 다수

2) 강도이외의 성질 추정법

콘크리트의 두께, 내부 결함, 철근상태, 함수율, 흡수율, 투수성 등을 측정하는 방법으로는 음속법, 방사선법, 전자기법, 중성자법, 흡수법, 기타 등 많은 것들이 있으나(제1장 비파괴 시험법의 분류 및 특성 참조) 측정의 목적에 따라 적용성이 다르기 때문에 적합한 방법을 선택하여 실시하여야 하겠다.

1) 내구성 평가

표 1 댐(저수지) 진단 현황

조사년도	시설명	위 치	준공년도	조사내역	비고
1986	홍강지	충북 홍성군	1945	•반발경도 시험 •초음파탐상 시험	
	왕궁지	전북 익산군	1931		
1987	풍산지	경북 안동군	1959	•철근상태 조사 •코어 채취	
	문산지	충남 서천군	1964		
1988	의림지	충북 제천시	1945년 이전	•중성화전환 측정	
	백곡지	충북 제원군	1968		
	운산지	충남 서천군	1965		
	화암지	경북 영일군	1962		
	공암지	충남 청양군	1972		
	광교지	경기 수원시	1943		
	파잠지	경기 수원시	1971		
	도척지	경기 광주군	1975		
1989	칠곡지	경기 안성군	1958		
	신후지	경기 아산군	1958		
	금전지	전남 화순군	1962		
	하빈지	경북 칠곡군	1944		
1990	외사지	경기 여주군	1963		
	덕산지	전북 무주군	1981		
	냉정지	경기 포천군	1978		
1993	불감지	전남 영평군	1945년 이전		
계	20 개소				

2.2 토목구조물에서의 적용성

우리나라에서도 약 20년전부터 비파괴 시험에 의한 철근콘크리트 구조물의 안전성 평가에 대하여 연구가 진행되어 오늘에 이르고 있다.

그러나 그 진단기법이나, 평가기법에 있어서 우리의 현실(현장여건, 시공성 등)을 전혀 고려치 않고 외국에서 사용하는 그대로 적용하고 있거나, 그 양태가 상당히 미흡한 것이 사실이다.

또한 1960년대 후반부터 1970년대 말까지 경제 성장에 따라 철근콘크리트 구조물의 건설이 급속히 증가하였으나 기술적인 품질관리나, 향후 안전성에 대한 예방과 대책, 또는 유지관리 측면에서의 문제점이나, 대책 마련이 전혀 고려되지 않았다고 하여도 과언이 아닐 것이다.

1980년대에 이르러 내구성 및 내하력 측면에서 안전성에 대한 문제점이 중요한 사회 문제로 대두되면서 연구개발이 활발히 진행되었다고 보겠다. 그러나 건축구조물에 대한 안전대책은 토목구조물에 비하여 빠르게 대응하여 연구개발 측면에서도 활발히 진행된 것 같다. 특히 토목구조물에서는 교량이나 고가도로 등 도시와 밀접한 시설물에 대하여 70년대 후반경부터 내하력 측면에 많은 비중을 둔 안전도 진단을 실시하여 그 구조물에 대한 평가를 실시하여 20여년이 지난 현재도 크게 발전이나 개발된 것이 없이 그대로 답습하고 있는 것이 사실이다. 따라서 경과된 구조물의 적용성에 대한 진단기법이나 평가기법에 대하여 우리 현실 여건에 맞도록 연구개발되어 신뢰성을 높여야 하겠다.

3. 토목구조물에서의 적용현황 및 전망

3.1 적용현황

1940년대에 미국에서는 댐의 성능저하 현상이 나타나 내구성 측면에서의 안전점검을 실시하였고, 일본을 비롯한 유럽에서도 같은 시기에 철근콘크리트 구조물에 대한 내구성 및 내하력 측면에서 비파괴 시험에 의한 구조물의 안전진단이 실시되어 왔다.

현재에 이르는 각종 구조물에 대한 종합관리 시스템이 체계화되어 주기적인 안전점검에 의한 종합적인 유지관리가 이루어지고 있다.

우리나라에서는 1970년대 후반부터 토목구조물에 대해 부분적이기는 하나 안전점검을 실시하여 보수·보강을 실시하고 있으나 기술적인면, 경제

표 2 방조제(배수갑문) 진단 현황

조사년도	시설명	위 치	준공 년도	조사내역	비고
1986	삼산 방조제	경기 강화군	1956	<ul style="list-style-type: none"> • 방발경도 시험 • 초음파탐상 시험 	
	관덕 방조제	전남 강흥군	1965		
1987	지산 방조제	전남 진도군	1967	<ul style="list-style-type: none"> • 월간상태 조사 • 코어 채취 	
	염산 방조제	전남 영광군	1933		
1989	군암 방조제	경기 안산시	1958	<ul style="list-style-type: none"> • 중성화진행 측정 	
	승언 방조제	충남 태안군	1959		
	광활 방조제	전북 김제군	1924		
	백포 방조제	전남 해남군	1925		
	내구 방조제	경남 사천군	1963		
1990	가리포 방조제	경기 강화군	1958		
	한강 방조제	경기 김포군	1956		
	남비 방조제	경기 화성군	1968		
	보덕포 방조제	충남 당진군	1937		
	송원 방조제	충남 태안군	1969		
	화성사 방조제	충남 태안군	1957		
	노천 방조제	충남 보령군	1968		
	호암 방조제	전북 무안군	1957		
	만돌 방조제	전북 고창군	1955		
	중등표 방조제	전남 무안군	1945		
	당포 방조제	전남 해남군	1910		
	호동 방조제	전남 해남군	1931		
	연사 방조제	전남 해남군	1945		
	해명 방조제	경남 거제군	1931		
	하둔 방조제	경남 거제군	1968		
1991	부수 방조제	충남 당진군	1976		
	석포 방조제	전북 무안군	1975		
	창포 방조제	전남 무안군	1983		
	학동 방조제	전남 해남군	1969		
	대치 방조제	경남 해남군	1988		
계	29 개소				

표 3 양·배수장 진단 현황

조사년도	시설명	위 치	준공 년도	조사내역	비고
1986	용두 양수장	전북 익산군	1959	<ul style="list-style-type: none"> • 방발경도 시험 • 초음파탐상 시험 	
	고이 양수장	경북 선안군	1945		
1987	서평 배수장	충북 청원군	1972	<ul style="list-style-type: none"> • 월간상태 조사 • 코어 채취 	
	용암 양수장	경북 상주군	1973		
1993	위천 배수장	경북 당성군	1993	<ul style="list-style-type: none"> • 중성화진행 측정 	
계	5 개소				

2) 내구성 및 내하력 평가

표 4 교량진단 현황

조사년도	시설명	위 치	준공 년도	조사내역	비고
1990	대호배수갑문 및 교량	충남	1989	<ul style="list-style-type: none"> • 방발경도 시험 • 초음파탐상 시험 • 월간상태 조사 	
1991	금강배수갑문 및 교량	전북 군산시	1990		
1993	제원대교	충남 금산군	1969	<ul style="list-style-type: none"> • 코어 채취 • 중성화진행 측정 • 동적 내하력 측정 • 저집측정 	
		충북 청원군	1969		
1994	형평교	충북 금산군	1975		
계	5 개소				

적인 측면, 안전성에 대한 인식부족 등으로 체계적이고 일관성 있게 추진이 앞당긴 것 같다.

더구나 설계나 시공상의 오류, 유지관리의 미흡 등 문제점이 노출되었을 때의 책임소재에 대한 이해관계로 묵인 내지는 대외비로 취급되어 온 것 또한 사실이다.

그러므로 안전에 대한 중요성의 인식이 확대되지 못한 것이 사실이며 이에 대한 행정적인 지원이나, 기술적인 지원이 소홀했기 때문에 연구개발, 기술발전을 이루지 못한 것으로 본다. 20여년전부터 실시해온 안전진단에 대한 현황을 수집 정리하고 종합 시스템을 구축하여 체계적인 계획 수립이 되지않고 있어 그 현황조차 파악할 수 없는 실정이라서 무한한 아쉬움 뿐이다. 정부나 학교, 연구소 등에서 실시한 극소수에 대한 현황은 알 수 있으나, 산발적이고 너무 미흡한 실정이라서 R.D. C(농어촌진흥공사)에서 1986년부터 실시한 현황에 대하여 표1, 표2, 표3 및 표4에 간략히 수록하기로 한다.

3.2 전 망

세계각국에서 발생되고 있는 구조물의 대형사고로 인하여 사고의 원인 및 예방, 향후 대책 등 구조물의 안전에 대한 문제가 중요한 이슈로 대두되고 있는 실정이다. 특히 우리나라 실정은 안전에 대한 문제가 더욱 중요하다고 보겠다.

여기서는 여러사정으로 인하여 그 원인을 지적하기는 어려운 실정이지만 가까운 시일내에 정부의 지원하에 학자를 비롯한 연구기관에서 정확하

고 심도있게 표출되어야 할 것으로 본다.

우리나라는 1970년대 초반부터 경제성장으로 인한 사회간접자본 시설물이 단기간에 급속히 건설되어 왔기 때문에 기술적인 면은 차치하고라도 시공성이나 행정적인 측면에서 어려움이 많았던 것도 사실이다.

20여년이 지난 현재의 구조물들이 경과기간에 비하여 노후된 시설물이 상당수 있다고 추측된다. 그러므로 노후된 구조물을 방치할 경우 내구년한의 감소는 물론 사고 발생이 우려되므로 체계적인 종합관리 시스템을 수립하여 대처해야 한다고 사료된다.

대형 구조물의 건설이 계속 증가되고 있고, 전국적으로 신재되어 있는 경과된 수많은 구조물들에 대하여 완공직후의 상태와 현재의 상태를 안전관리 차원에서 실시되어 진다면 앞으로의 전망은 밝다고 하겠다.

3.3 향후 대책

노후된(경과된) 구조물의 안전에 대한 문제가 전세계적으로 중요한 이슈로 되고 있기 때문에 우리나라에서도 우리의 실정에 맞는 안전진단 기술 개발, 현장조 및 분석에 대한 표준품셈 제정이 시급하다고 보겠다.

일례로 미국을 비롯한 유럽에서는 건설에서부터 유지관리, 보수까지 관리되고 있는 교량 종합관리 시스템(B.M.S ; Bridge Management System)을 필자는 다음과 같이 제안하고 싶다.

가칭하여 토목구조물의 종합관리 시스템(C.S.M.S : Civil Structure Management System)이라고 하여 교량, 수리 구조물, 해안 구조물, 댐 등으로 구분하여 건설에서부터 유지관리, 보수까지 체계적이고 종합적인 관리조직 기법 및 기준을 설정하여 보다 효율적인 관리가 이루어지도록 해야

하겠다.

또한 각 부처별로 관리되고 있는 시설물들에 대한 종합관리 시스템을 데이터 베이스화하여 효율적인 안전점검 및 유지관리가 이루어져야 한다고 보겠다.

4. 맺음말

실존 콘크리트 구조물에 있어서 내구성, 내하력 측면에서의 품질평가는 여러 환경조건에 의한 성능저하 및 많은 원인이 있어 정확하게 평가하기는 현재로서는 상당히 어려운 실정이다. 또한 외국의 기술에만 의존하고 있는 것은 바람직하지 못하므로 학자, 엔지니어링 등 관련있는 사람들은 깊이 생각해야 하겠다.

우리 기술수준을 발전시키고, 가칭하여 C.S.M.S 기법을 발전시켜 데이터 베이스화하여 현장조사에서부터 분석까지 기준을 설정하고 체계화하여 종합적인 관리체계가 이루어져야 하겠다. 또한 현재까지 기술진단을 실시한 것을 데이터 베이스화 함으로써 엔지니어들에게 기술 개발할 수 있는 기회가 되리라 믿는다.

참 고 문 헌

1. 한국콘크리트학회, "콘크리트 구조물의 비파괴 검사 및 안전진단", 제2회 기술강좌, 1993.
2. Andrzej S. Nowak, "Bridge Evaluation Repair and Rehabilitation", 1990.
3. 笠井 芳夫, 富士岳, "エンクリート 構造物の 非破壊試験", 日本非破壊検査學會, 1988.
4. 日本建築學會, "エンクリート 強度推定のための 非破壊試験方法 マニュアル", 日本建築學會, 1983.
5. 엔크리트工學, "엔크리트 構造物의 耐久性", 日本엔크리트工學, Vol. 23, 1985. [2]