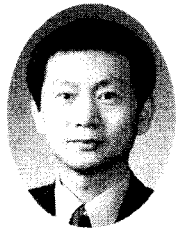


지하 박스 콘크리트 구조물(지하철)의 결함 원인 및 대책

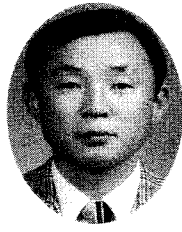
- Problem Analysis and Repair Techniques of Underground Concrete Box Structures -



변근주*



오병환**



신용석***



승하원****



원대연*****



남진원*****

1. 서론

지하철, 고속철도, 신공항, 공동구, 지하보도, 지하차도, 하수도, 도로 및 철도 등의 지하구조에는 일반적으로 박스형태의 콘크리트 구조물이 건설되고 있다. 1990년 대 중반 이후 시공 및 사용중인 지하 박스 콘크리트 구조물의 균열 및 누수 등의 문제점이 사회적인 문제로 부각되기 시작하였다. 이러한 지하 박스 콘크리트 구조물에 발생할 수 있는 문제점은 크게 결함(defect), 손상(damage), 열화(deterioration)의 3가지로 구분될 수 있으며, 이들 원인은 구조물에 균열(cracking), 누수(leakage), 처짐(deflection), 부동침하(settlement), 재료분리(segregation), 박리(delamination), 부식(corrosion), 박락(spalling)등의 현상으로 나타난다.

이상과 같은 현상들은 문제가 발생하기 전에 조기에 진단하여 내하력 저하, 내구성

저하, 노후화 등에 대처하지 못하면, 이로 인하여 매우 중요한 사회 기반 시설인 지하 박스 콘크리트 구조물의 안전성이 위협수위까지 이를 수도 있다. 그러므로 시공 및 사용중인 지하 박스 콘크리트 구조물의 문제점에 대한 발생 원인과 메커니즘을 규명하고, 지하 박스 콘크리트 구조물의 결함, 손상, 열화현상의 조사 방법과 평가 기법을 체계화하고, 그에 따른 구조물 보수·보강 공법의 체계화 연구가 필요한 실정이다. 또한 기존 구조물 및 보수·보강된 구조물의 내구성 및 내구성명 평가 기법을 체계화하고 합리적인 유지관리 방법을 체계화하는 것도 매우 시급한 과제이다.

이런 문제들을 해결하기 위하여 본 학회와 시설안전기술공단이 공동으로 "지하 박스 콘크리트 구조물(지하철)의 결함 원인 및 대책"에 관한 연구를 수행하게 되었고, 본고는 이 연구의 결과를 요약한 것이다.

본고에서는 지하 박스 콘크리트 구조물

(지하철)의 내구성, 내하력 저하, 미관에 큰 영향을 미치는 콘크리트의 결함, 손상, 열화의 원인을 체계적으로 도출하고, 유지관리상의 내구성, 방수성 및 내하력 복원을 고려한 적절한 보수·보강공법을 제시하며, 보수·보강 후의 성능평가 및 설계 및 시공시 결함, 손상, 열화를 최소화하는 기법을 제시하고자 한다.

2. 지하 박스 콘크리트 구조물의 결함, 손상, 열화의 실태와 원인

2.1 지하 박스 콘크리트 구조물의 결함, 손상, 열화의 실태와 조사

지하 박스 콘크리트 구조물의 결함, 손상, 열화에 대한 원인을 체계화하고 그에 따른 적절한 보수·보강 및 대책을 제시하기 위하여 각종 관련자료 및 문헌 분석과 실태 조사 결과를 바탕으로 실제 지하 박스 콘크리트 구조물에서 일반적으로 발생할 수 있는 각종 문제점들을 도출하였다. 도출된 문제점은 <표 1>과 같이 결함(defect), 손상(damage), 열화(deterioration)의 세 분야로 구분될 수 있고, 결함은 설계, 시공, 재료상의 결함으로 세분화 될 수 있다.

* 정회원, 연세대학교 사회환경시스템공학부 교수

** 정회원, 서울대학교 토목공학과 교수

*** 정회원, 시설안전기술공단 진단 1본부 부장

**** 정회원, 연세대학교 사회환경시스템공학부 교수

***** 정회원, 청석엔지니어링 기술연구원 이사

***** 정회원, 연세대학교 건설공학연구소 연구원

또한, 지하 박스 콘크리트 구조물의 결함, 손상, 열화에 대한 조사를 표준화하기 위해서 <표 2>와 같이 기본 조사와 추가 조사로 나누어 조사방법이 체계화되었다.

2.2 지하 박스 콘크리트 구조물의 결함, 손상, 열화의 원인

모든 구조물의 문제점을 예방하거나 사후 대책을 수립하려면 문제점의 발생 원인을 규명하는 것이 가장 중요하다고 할 수 있다.

지하 박스 콘크리트 구조물의 결함, 손상, 열화는 단순 원인에 의하여 발생하기도 하지만, 때로는 복합적인 원인에 기인하는 경우도 많기 때문에 문제점의 원인을 정형화하기가 용이하지 않다. 그러나 본고에서는 국내 지하 박스 콘크리트 구조물의 실태 조사 자료, 문헌 분석을 통하여 <표 1>의 결함, 손상, 열화 현상의 발생 원인을 <표 3>과 같이 제시한다.

3. 지하 박스 콘크리트 구조물의 내구성 평가

3.1 기존 지하 박스 콘크리트 구조물의 내구성 평가

지하 박스 콘크리트 구조물의 현장 조사 자료 및 문제점의 발생 원인을 분석한 결과로부터 보수·보강의 필요성 여부, 보수 시기와 공법의 결정 과정에서는 구조물의 상태에 대한 정확한 평가와 보수 전후의 내구성을 평가하는 기법의 도입이 필요하다.

결함의 평가 방법은 결함의 원인이 너무 많고, 때로는 복합적인 원인에 의한 경우도 있으므로 본고에서는 대표적으로 균열과 강도 부족 등의 보수 기준에 대하여만 제시한다.

콘크리트의 균열은 콘크리트 구조물의 가장 중요한 문제점의 하나로서 결함, 손상, 열화와도 관련이 깊고, 결함 원인내의 설계, 재료, 시공과도 관련된다. 이러한 균열에 대해 기본 조사 결과와 추가 조사

표 1. 지하 박스 콘크리트 구조물(지하철)에서의 결함, 손상, 열화 현상

분류	현상		
결	설계(A)	① 설계기준 변동 ② 구조 변경 ③ 정착, 이음설계 오류 ④ 온도 및 습도변화 ⑤ 피복두께	⑥ 편도압의 미고려, 토압, 수압, 양압력 산정 오류 ⑦ 터널 구간과 개착 박스 구간의 접합부 ⑧ 단면 부족 및 철근량 설계 오류 ⑨ 부동침하 및 구조물 변형
	재료(B)	① 강도저하	② 수화열과 온도균열
함 (가)	시공(C)	① 배근 오류, 정착, 이음, 덮개, 유효깊이 오차 ② 침하균열 ③ 소성수축, 건조수축 ④ 다짐불량 ⑤ 공동, 골재 노출, 얼룩, 레이턴스 ⑥ 양생불량	⑦ 거푸집 및 동바리 변형 ⑧ 거푸집 연결재 혼적 ⑨ 시공준눈, 콜드 조인트 ⑩ 누수, 결로, 배수 불량, 방수공사의 결함 ⑪ 시공 중의 개구부 결함 ⑫ 영구 H-말뚝 및 영구앵커의 이상 현상
		손상(나)	① 인접 시공과 토피 변동 ② 홍수 및 배면토사 손실 ③ 상수도관 파열 ④ 화재 및 폭발 ⑤ 초과 하중 ⑥ 충돌 ⑦ 지진
열화(다)	① 중성화 ② 염해 ③ 동결융해 ④ 화학적 침식 ⑤ 철근부식	⑥ 침출 ⑦ 백태 ⑧ 전식 ⑨ 알칼리 골재반응	

표 2. 결함, 손상, 열화의 조사 방법

조사 항목	기본 조사	추가 조사
결함	결함 현상의 조사 결함 부위 주변의 조사 결함 경과의 조사 설계도서의 조사 시공 기록의 조사 구조물의 사용·환경상태의 조사	콘크리트의 강도분석 콘크리트 배합분석 및 상태평가 조사 설계도와 실측에 의한 단면치수 및 변형 조사 하중조건 조사 건습조건 조사 지반 조사 균열의 상세 조사 콘크리트의 공극률 조사 누수조사
손상	손상 현상의 조사 손상 부위 주변의 조사 손상 경과의 조사 설계도서의 조사 시공 기록의 조사 구조물의 사용·환경상태의 조사	콘크리트의 상태조사 설계도와 실측에 의한 단면치수조사 하중조건 조사 건습조건 조사 지반조사 균열의 상세 조사 콘크리트의 공극률 조사 구조물의 재하시험 조사 구조물의 진동시험 조사
열화	열화 현상의 조사 열화 부위 주변의 조사 열화 경과의 조사 설계도서의 조사 시공기록의 조사 구조물의 사용·환경상태의 조사	콘크리트 열화도 조사 콘크리트 상태조사 중성화 깊이 조사 콘크리트 재료의 분석 염화물 함유량 조사 철근 및 PS 강재의 열화도 조사 설계도와 실측에 의한 단면치수 조사 하중조건 조사 건습조건 조사 지반조사 균열의 상세 조사 동결융해 조사 콘크리트의 공극률 조사 콘크리트의 반응성 골재의 유무 조사

표 3. 지하 박스 콘크리트 구조물의 결함, 손상, 열화 원인

번호	현상	원인
설계 (A)	설계기준 변동	· 하중계수 등의 변경과 단면 증가에 따른 사하중의 증가
	단면 부족 및 철근량 설계 오류	· 철근량 부족으로 과다 균열 발생
	정착 및 이음 길이 설계 오류	· 부적절한 설계
	구조 변경	· 용도 변경 등을 통한 구조계와 하중의 변화
	펀트압의 미고려, 토압, 수압, 양압력 산정 오류	· 단면모멘트의 계산 착오
	철근 피복두께 부족 및 배근 과오	· 설계 단면의 오류 및 철근량 산정의 오류 · 콘크리트 수축의 구속력 약화, 부재의 내하력 감소, 균열 분산 효과의 약화, 철근의 응력 집중, 유해 물질의 침투, 부차 강도 저하
	터널 구간과 개착 박스 구간의 접합부	· 개착 구간과 터널 구간의 접합부의 응력 집중, 부동침하, 누수
	온도 및 습도변화	· 자연의 기상작용으로 인해 동결융해, 건습현상, 온도의 상승과 냉각 현상
	부동침하 및 구조물 변형	· 기초부 불량, 펀트압, 누수
	강도저하	· 콘크리트의 과도한 다짐, 다짐 불량, 양생의 불량, 거푸집 및 동바리 조기 제거
재료 (B)	수화열과 온도균열	· 단면의 저항강도부족, 온도차로 인한 온도응력 발생, 초기 및 사용 중 균열
	철근 배근 오류, 정착 및 이음 길이, 피복 두께, 유효깊이 오차	· 응력집중, 초과응력, 부차강도저하
	침하 균열	· 기타설 콘크리트나 거푸집의 부분적 구속, 낮은 잔골재량, 높은 수량, 직경이 굵은 철근사용, 불충분한 보온관리, 거푸집의 이동, 다지기 불량
	소성수축, 건조수축	· 외기 기상작용에 의한 수분의 급속한 증발
	다짐 불량	· 골재와 시멘트 모르타르의 분리, 사용중 진동
	공동, 골재노출, 얼룩, 레이턴스	· 다짐불량, 재료분리, 마모, 백태, 블리딩
	양생 불량	· 습윤양생 불량
	거푸집 및 동바리 변형	· 축압 증가, 진동 충격으로 부풀음, 동바리 지내력 부족, 기초의 침하, 이음이나 접속부 틈새의 신축
	거푸집 연결재 흔적	· 거푸집 연결재 제거후 되메움 불이행
	시공이음, 콜드 조인트	· 타설 중단 사고, 기계 고장, 위치선정불량, 이음부 처림불량
시공 (C)	누수, 결로, 배수 불량, 방수 공사의 결함	· 화학적 열화요인, 물리적 열화요인, 부적절한 시공이음과 콜드조인트, 방수층의 시공 불량, 이물질로 인한 배수 불량
	시공 중의 개구부 결함	· 준공후 개구부 마감처리 불량
	영구 H-말뚝 및 영구 앵커의 이상 현상	· H-말뚝의 되메움 불량 · earth anchor의 부식과 펀트압
	인접 시공과 토피 변동	· 무리한 자재 적재, 시공장비 등에 의해 과하중, 인접 터파기
	홍수 및 배면토사 손실	· 되메우기 작업시 토피 및 토사량 증가, 횡토압
	상수도관 파열	· 불량한 하수관, 방수
	화재 및 폭발	· 구조물 주변의 토압 변화, 시공 후 처리불량
	초과하중	· 급격한 온도 상승과 건조
	충돌	· 과대 휨모멘트·전단력, 철근의 정착 파괴, 국부 좌굴 파괴
	중성화	· 내부 작업도중 장비 또는 기계와의 충돌로 단면 손상 · 이산화탄소의 침투로 인한 pH의 감소, 이산화탄소의 증가
손상 (나)	중성화	· 중성화 속도에 영향을 미치는 요인: 시멘트·골재·계면활성제의 종류, 물·시멘트비, 시공정도 및 콘크리트 결함부, 환경조건
	염해	· 염화물 침투로 인한 철근의 부동태 피막 파괴, 부식 발생으로 인한 팽창압 발생 → 박리, 박락, 부착성 저하, 강도 저하
	동결융해	· 공극내 공극수의 팽창에 의해 발생, 온도변화 겉 수의 확산에 의해 발생 · 공극수의 알칼리 농도, 염분 농도의 차이
	화학적 침식	· 수화물 분해, 팽창성 화합물 생성, 수화물의 용해 이탈에 의한 다공질화
	침출	· 지하수(담수)에 의해 칼슘 유출, 미세 균열 발생
	백화	· 다짐이 불량, 균열, 시공 불량, 콜드 조인트 부분을 통해 물의 삼투 · 불량의 바다골재의 사용, 지반으로부터 콘크리트 표면으로의 염분 이동
	전식	· 습윤상태의 철근 콘크리트에서의 직류 흐름 · 전압을 갖는 전기계통에 철근이 직접 접촉 · 시멘트와 콘크리트의 알칼리 과다 함유
	알칼리 골재반응	· 혼화재, 골재, 해수, 해빙용 염 등에 의한 알칼리 이온 증가 · 콘크리트의 습윤상태, 주위 온도

결과를 근거로 균열의 원인을 판정한 후 균열 조사 항목을 기준으로 균열폭, 균열깊이, 균열의 관통의 유무, 균열의 진행성 등을 측정하여 보수·보강의 필요성 유무를 평가한다. 균열의 평가는 시설안전기술공단의 「균열평가기법 및 보수보강 전문 시방서」(1999)에 따르는 것이 합리적이다.

하중에 의한 설계상의 균열폭은 「콘크리트 구조설계기준」(1999)에 따라 계산되며 이는 허용 균열폭 이내로 제어되어야 한다. 일반적으로 콘크리트가 충분히 밀실하며, 덮개가 충분히 확보된 상태이고, 염해의 영향이 없는 경우에는 0.3mm까지의 균열은 철근 부식과의 상관관계는 거의 없는 것으로 알려져 있다. 한편, 균열 길이는 균열폭이 0.05mm 이상 되는 균열에 대해서만 길이를 측정, 기록할 필요가 있다.

균열 깊이는 보수공법의 선정 및 재료의 선정, 특히 주입재료의 선정에 관계되므로 균열 부분을 떼어내어 확인을 하거나, 코어 보어링, 또는 초음파 전파속도의 측정을 통해 균열 깊이를 측정한다.

균열 관통의 유무는 물이나 공기가 통하는가의 여부로 판정될 수 있다. 콘크리트의 양면이 관찰 가능한 경우에는 표면과 이면의 형태가 일치 여부가 점검 사항이 될 수 있다.

균열의 진행은 보수시 재료 선정과 시행 시기를 결정하는 데 영향을 미치므로, 보수작업을 시행하기 전에 균열 진행에 대한 평가를 하는 것이 필요하다. 따라서 균열을 발견한 경우는 균열의 진행성 여부를 균열폭 변동 측정에 의해 확인하여야 하고, 때로는 현재 정지되어 있어도 진행성에 속하는 것이 있으므로 주의를 요한다. 이것은 구조물 변상의 원인 파악, 균열의 성질 판정 및 방법의 결정을 위한 중요한 요소가 된다.

한편, 콘크리트의 압축강도는 콘크리트의 품질을 대표하는 성질이지만, 콘크리트 구조의 단면력은 구조의 부재요소별, 요소의 부위별로 상이하기 때문

에, 요구되는 콘크리트의 강도는 설계시에
는 동일하더라도 실제로는 부재 요소별로
다를 수 있다. 따라서 콘크리트 구조의 안
전도는 전체 구조시스템의 거동과 부재 요
소별 거동을 고려하여 평가되어야 하며,
구조물에서 실측한 압축강도의 크기가 설
계기준강도보다 작게 판명이 되었을 경우
에는 구조적인 검토 및 재하 시험이 필요
하다.

손상에 대한 평가는 환경조건(부근의 공
사·교통량, 공사 중의 하중조건), 지반조
사, 균열 형태, 재해 기록, 균열깊이, 화
재·폭발 기록, 재료 시험, 부재 유효단면
측정, 하중 조건 조사, 설계 자료, 지진 상
황 기록 등을 고려하여 이루어져야 한다.

열화에 대한 내구성 평가는 균열형태,
골재의 산지·암질, 중성화 깊이 측정, 코
어 채취 시험, 균열깊이, 배근, 입지 조건,
콘크리트 안의 염분량 조사, 기상 기록,
동결 용해 횟수 조사, 공용 상황, 철근의
조사 데이터, 콘크리트의 강도, 전기 영향
조사, 외관 관찰, 콘크리트 내의 알칼리량
추정 등을 통해 이루어질 수 있다. 열화에
대한 보수 필요 시기는 <그림 1>과 같은
과정을 통해 판단할 수 있다.

3.2 신설 지하 박스 콘크리트 구조물 의 내구성 평가

외국 여러 국가들이 제시한 내구 연한
에 대한 분석에 의하면, 비교적 짧은 내구
연한이 요구되는 경우는 10 ~ 30년, 일반
적인 경우는 50 ~ 70년, 고도의 내구성이
요구되는 경우는 100년을 내구 연한으로
규정하고 있으며, 100년 이상의 내구 연
한이 필요한 경우는 구조물의 내구성을 확
보하기 위한 특별한 고려가 필요하게 된
다. 지하 박스 콘크리트 구조물, 특히 지
하철과 같은 경우에는 사회적, 경제적인
면에서 고도의 내구성능이 요구된다고 판
단되므로 신설되는 지하철의 경우 내구 연
한을 100년으로 설정할 필요가 있다.

지하 박스 콘크리트 구조물이 목표 내
구 연한에 걸쳐서 필요 성능을 유지하기

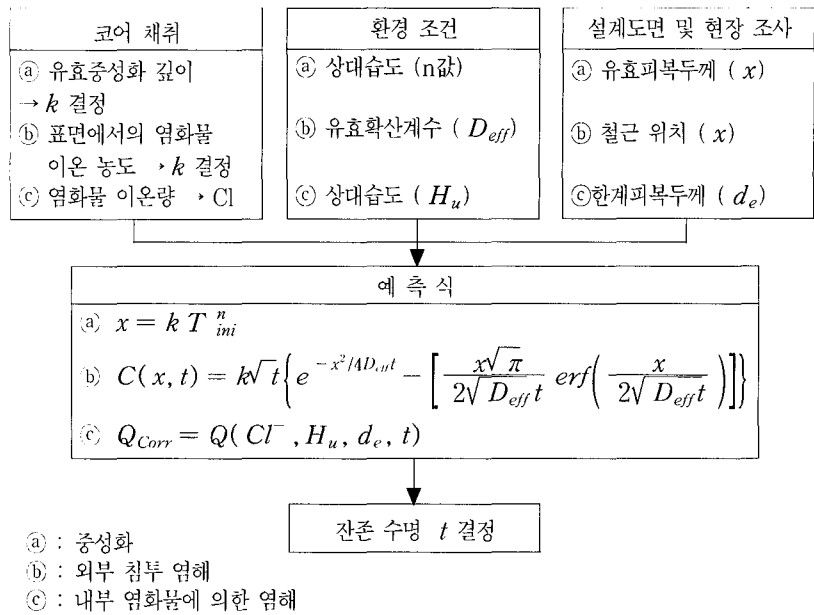


그림 1. 보수 필요 시기 평가

위해이 연구에서는 내구지수-환경지수평가
법을 도입하였다. 즉, 내구성 확보 기간은
 $\frac{D_T}{E_T} \geq r_T$ 의 식을 통해 추정 가능하
다. 여기서, D_T 는 내구지수, E_T 는 환경
지수를 나타낸다. 한편, 일본 토목학회
(1999)에서 제안한 방법을 이용하면, 지하
철 구조물의 내구성에 영향을 미치는 중성화
에 대한 평가식은 $\gamma_i \frac{d_d}{d_{lim}} \leq 1.0$ 과 같
고, 염해에 대한 평가는 $\gamma_i \frac{C_d}{C_{lim}} \leq 1.0$
의 식에 의해 평가될 수 있다. 여기서, γ_i
는 구조계수, C_{lim} 는 철근부식의 한계농
도, C_d 는 철근 위치에서 염화물 이온의
농도의 설계값을 나타내고, d_{lim} 는 한계
중성화 깊이, d_d 는 중성화 깊이의 설계
값을 나타낸다.

4. 지하 박스 콘크리트 구조물의 결함, 손상, 열화에 대한 보 수·보강 및 성능평가

4.1 지하 박스 콘크리트 구조물의 결 함, 손상, 열화에 대한 보수·보강

지하 박스 콘크리트 구조물의 보수·보

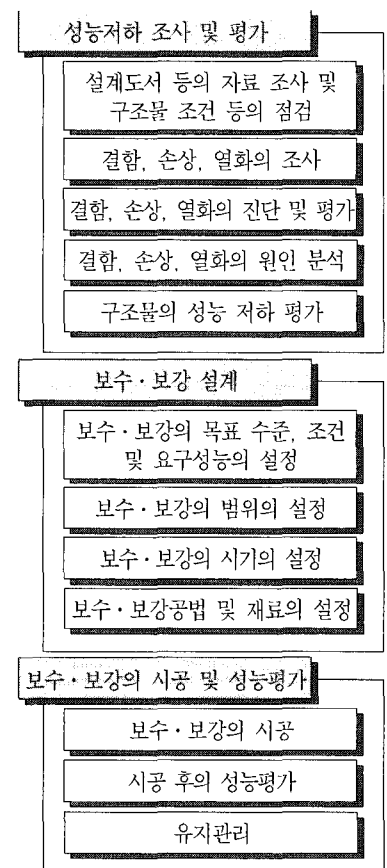


그림 2. 기본적인 보수·보강 설계의 개념도

강시에는 신속한 시공이 가능하고 충분한
강도 발현이 가능한 재료를 사용하며, 시
공이 신속, 간단, 효과적인 공법을 채택하
도록 한다. 기본적인 보수·보강 설계의

개념을 도시하면 (그림 2)와 같다.

보수·보강 시행 여부가 결정되면 보수·보강의 목표 수준, 조건 및 요구성능을 결정하고, 결함, 열화, 손상의 원인인 구조물의 성능평가 등을 통하여 얻은 결과를 분석하여 보수·보강의 범위를 결정한다. 구조물의 내구성 검토와 구조적 검토를 통한 보수·보강 범위의 결정 과정을 도시하면 (그림 3)과 같다.

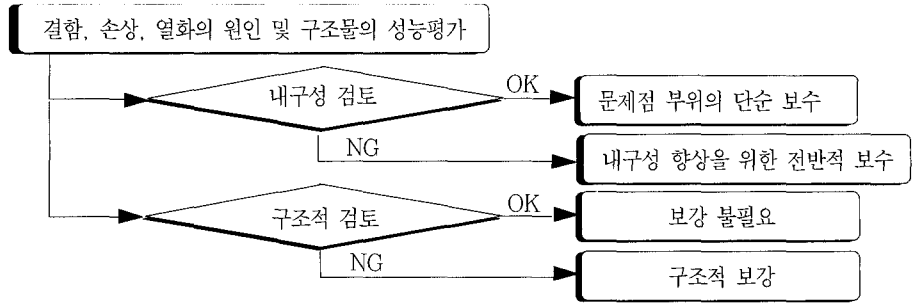


그림 3. 보수·보강 범위의 결정

구조물의 요구되는 성능수준에 따른 적절한 보수공법이 선정되면 보수·보강재료를 선택해야 한다. 보수·보강 재료는 시공 후의 성능과 내구성을 좌우하는 중요한 인자이므로 물리적 화학적 특성과 설계자가 요구하는 성능을 만족하는지, 주위의 환경에 적당한지 등 여러 가지 사항이 고려되어야 한다. 또한, 선택된 보수·보강 재료는 기본적인 요구성능인 보호성능, 내구성능, 시공성능을 갖추어야 한다. 보수재료의 선정 과정을 도시하면 (그림 4)와 같다.

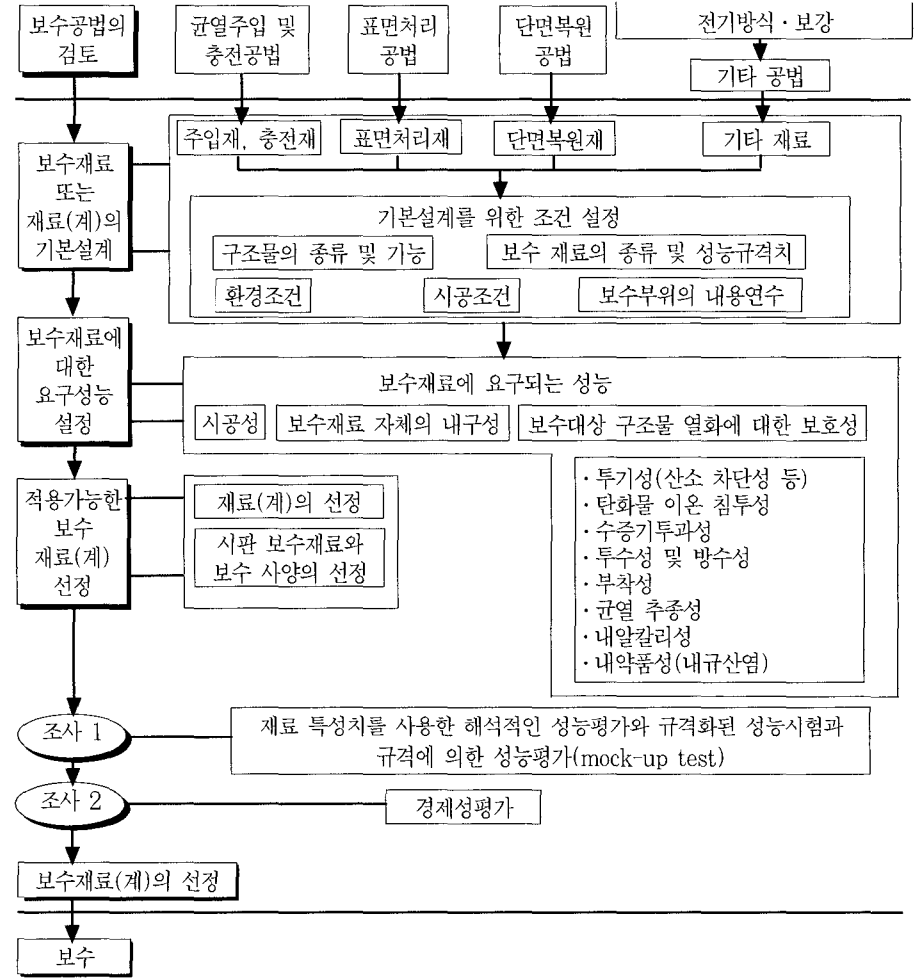


그림 4. 보수재료 선정 과정

4.2 지하 박스 콘크리트 구조물의 보수·보강 후의 성능평가

보수·보강재료는 품질 관리를 위하여 구조물과 관련하여 내구성, 시공성 및 적합성에 관하여 검토해야 하며, 보수공사에 대한 평가는 시공 중 및 시공 후에도 수행되어야 한다.

시공 중에는 각 단계에서 적절한 방법에 따라 시공관리를 하고, 소정의 품질이 얻어지고 있는 것을 확인해야 한다. 시공 종료 후에는 확실한 보수·보강이 실시되었는지에 대해 적절한 방법에 의해 검사해야 한다.

시공 종료 후에 행해지는 조사의 결과는 시공 불량량의 판정뿐만 아니라, 그 후의 구조물의 유지관리에서의 초기값으로도 이

표 4. 보수·보강공법의 종류

결함, 손상, 열화 상황	적용공법
균열	<ul style="list-style-type: none"> · 에폭시수지 모르타르 도포공법 · 에폭시수지 실링공법 · 주입공법(수동식, 저압·수동식 주입공법) · 충전공법(철근이 부식된 경우, 철근이 부식되지 않은 경우, 폴리머 충전공법)
구체 결함, 손상, 열화부 단면의 보수·보강	<ul style="list-style-type: none"> · 단면복원공법 · 강판접착공법 · 보강섬유 접착공법 · 단면충실공법 · 교체공법
누수의 보수	<ul style="list-style-type: none"> · 주입공법(전면주입, 배면주입, 충전주입공법) · 줄눈실링공법 · 방수공법(시트식, 도막식, 침투식, 시멘트 방수공법)
기타 공법	<ul style="list-style-type: none"> · 앵커공법 · 판그라우트공법 · 침투성 방수제 도포공법 · 접합용 철근삽입공법 · 균열을 따라 실시하는 실링 · 탄성실링

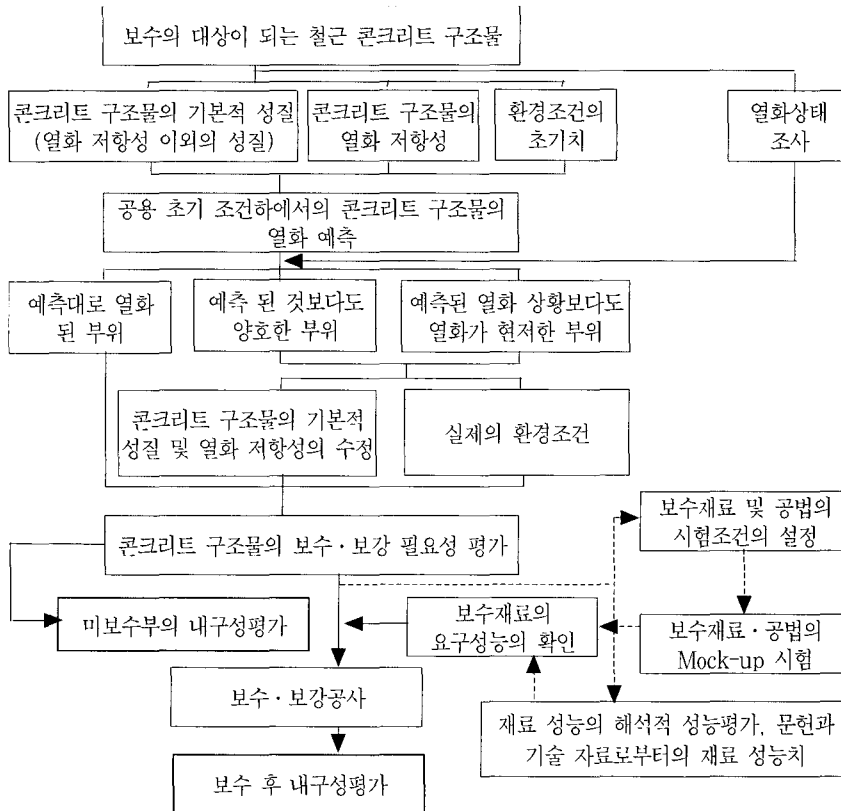


그림 5. 보수 부위의 내구성 평가의 흐름도

표 5. 보수·보강 후의 성능평가 방법

공법	평가 기법
코어 채취	· KS F 2422
육안 관찰	· 구조물에서 채취한 코어로부터 육안관찰을 통해 주입 효과의 확인
실내 실험	· 직접인장시험 : ACI 503R · 할별인장시험 : KS F 2423 · 휨 시험 : KS F 2408 · 휨전단 시험 : ASTM C-882 and -1042
비파괴 기법	· 초음파신호 속도 시험 · 충격파(impact echo)법
현장 부착강도 시험	· 인발 시험 · 박리 시험
허중 시험	· 구조성능과 거동상 필요한 경우에만 적용

용할 수 있기 때문에, 이 후의 유지관리에 유효한 것으로 생각되는 정보는 검사에 가능한 한 기록하여 두는 것이 바람직하다. 검사에서 불량이 확인된 경우에는 그 원인을 명확하게 파악하고, 그에 따르는 처치를 신속하게 시행한다.

보수공사 후 평가는 구조상 문제가 되지 않는 부분에서 작은 지름의 코어를 채취하여 강도를 측정함으로써 보수 효과를 확인(KS F 2422)하는 것이 일반적이다.

보수 부위의 내구성 평가 흐름도를 나타내면 (그림 5)와 같고, 보수·보강 후의 성능평가 방법과 기법을 수록하면 (표 5)와 같다.

주입공법에 대한 보수 후 평가기준으로는 강도와 강성의 측면에서 볼 때 최소한 균열 깊이의 80% 이상의 주입이 요구되며, 투수성에 관한 기준으로는 완전한 방수를 위해 100%의 주입이 요구된다. 충전공법의 경우, 물과 기타 액체의 삼투압이 적은 경우 95% 이상의 충전이 적당하다. 한편,

문헌 (2)에 따르면 허용균열폭 이하의 균열은 보수가 불필요하다고 판단할 수 있다.

미관에 관한 기준은 기존 콘크리트와 어울리게 보수·보강을 시행해야하며, 철근 노출, 녹물 오염 등이 적절히 처리되었는가가 판단의 기준이 될 수 있다.

5. 결론

지하철과 같은 지하 박스 콘크리트 구조물 경우에는 오늘날 사회적, 경제적인 면에서 중요한 기반 시설로 자리잡고 있으므로 문제점 발생시 그 파급 효과를 생각할 때, 고도의 내구성능이 요구된다. 따라서, 이러한 지하 박스 콘크리트 구조물에 발생할 수 있는 문제점을 체계적으로 분류하고 그에 따른 평가 기법과 보수·보강 및 제어 대책을 수립하는 것은 매우 중요한 과제이다.

비록, 지하 구조물의 위치적인 특성 및 사용 특성상 문제점을 조기 발견하고, 적절한 대책을 수립하기가 어려운 것이 사실이다. 또한, 발생한 문제점에 대한 보수·보강 시공시에도 보수·보강공법의 완벽한 시공이 어려운 경우가 많다.

따라서, 지하 박스 콘크리트 구조물을 특별한 문제없이 예정된 공용 기간까지 사용하기 위해서는 계획 및 설계 단계에서부터 내구성을 고려해야하며, 구조물의 내구성능 및 내구수명을 보다 효과적이고 정확하게 평가하고 예측할 수 있는 기법을 체계화하고, 문제점 발생시 적절한 보수·보강공법을 선택·시공할 수 있는 기준을 체계화하며, 합리적인 유지관리 방법을 체계화하는 것이 필요하고, 이를 위하여 이 연구는 가치 있는 결과를 제시하고 있다.

향후에도 현재 공용중이거나 시공 중인 구조물들에 대해 발생하는 문제점들과 대책에 대한 자료의 꾸준한 축적과 데이터베이스화가 이루어져야 할 것이며, 이들을 기반으로하는 유지관리 시스템이 개발되어야 하고, 개발된 유지관리 시스템이 활용되고 정착될 수 있도록 관련 기준 및 법규가 마련되어야 할 것이다. □

감사의 글

이 연구는 본학회와 시설안전기술공단에 의해 공동으로 수행되었으며, 연구비를 지원해준 건설교통부와 시설안전기술공단에 깊은 감사를 드립니다.

참고문헌

1. 건설교통부, 시설안전기술공단, "지하 박스

콘크리트 구조물(지하철)의 결함 원인 및 대책", 2001

2. 건설교통부, 시설안전기술공단, "콘크리트 구조물의 균열 평가기법 및 보수·보강 전문시방서의 개발", 1999

3. 건설교통부, 「콘크리트 표준시방서」, 1994

4. 대우건설, "콘크리트 구조물의 시공시 발생하는 균열 저감 대책", 1997

5. 서울특별시지하철공사, "도시철도 국제심포지엄 논문집", 2000

6. 한국건설안전기술원, "지하공동구의 설계·

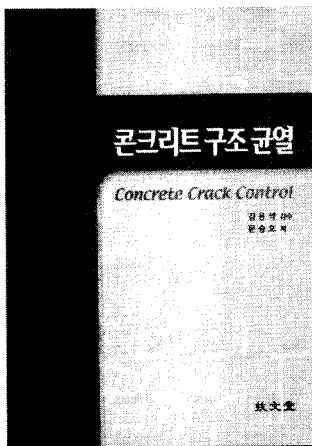
시공에 관한 연구", 1988

7. 일본토목학회, 「콘크리트 표준시방서(유지관리편)」, 2001

8. ACI, Concrete Repair Guide, ACI Committee 546, 1988

9. Emmons, P. H., "Concrete Repair and Maintenance Illustrated", R. S. MEANS COMPANY, 1994

10. Trout, J., "Epoxy Injection in Construction", The Aberdeen Group, 1993



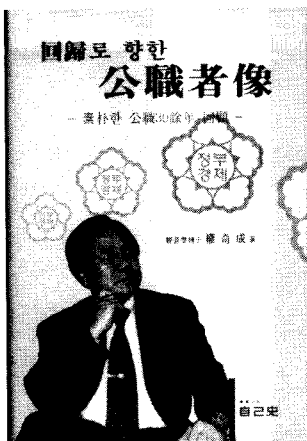
콘크리트 구조 균열

· 저 자 : 문승호
 · 출판일 : 2001년 11월 10일
 · 판 형 : B5
 · ISBN : 89-7086-427-x

· 출판사 : 도서출판 기문당
 · 페이지 : 322쪽
 · 정 가 : 15,000원

◆ 소개

이 책은 콘크리트 건물의 균열에 대한 저자의 문헌자료, 현장기록 및 현장 실무경험을 종합 정리한 것으로 균열에 대한 종합 지침서라고 할 수 있으며, 건설기술인들에게는 전문 실무서가 될 수 있을 것이다.



回歸로 향한 公職者象

· 저 자 : 권기성
 · 출판일 : 2001년 1월 15일
 · 판 형 : A5
 · ISBN : 89-951912-0-1

· 출판사 : 도서출판 自己史
 · 페이지 : 351쪽
 · 정 가 : 10,000원

◆ 소개

"... 公務員은 모름지기 儉約해야 한다. 그리고 비전과 공동체 의식을 갖고 安分知足의 마음으로 節用해가면서 곳곳이 來日을 준비해야 한다. 海事에 自業自得의 天理가 따르는 법, 나는 이걸 믿고 오직 일로써 뺨을 만들어가면서 나름대로 소박하고 겸허하고 근면하게 일하고 공부하여 세월의 흐름을 의식하지 못했다..."

- 본문 중에서 -