

철근콘크리트 건축물의 열화진단 기술지침

박 석 균

<쌍용중앙연구소 콘크리트연구실 선임연구원>

I. 머리말

최근 국내에서도 사회 및 개인의 재산인 콘크리트 구조물의 내구성에 관한 관심이 고조되고 있다. 장래의 안정적인 사회·경제를 지탱할 수 있는 기반으로, 신축 또는 예정인 구조물의 내구성강화는 물론이거니와, 현존하는 방대한량의 구조물을 양호한 상태로 보전하기 위한 유지관리 및 보수, 보강의 필요성이 사회적으로 절실히 요구되어지고 있기 때문이다.

콘크리트 구조물을 유지관리하는 경우에 중요한 것은 정기적으로 그 구조물의 내구성을 진단하고 장기간을 기준으로 그 구조물을 봤을 때, 어떠한 열화가 진행할 것인가를 예측하고 언제 어떠한 보수·보강을 행해야 좋은가를 판단하는 일이다. 구조물이 열화해서 이미 과대한 손상을 받은 후에는 그 대책도 한정적일 수 밖에 없기 때문에 뚜렷한 증상이 발견되기 전에 진단을 통하여 사전 예방을 하여야 함은 당연하다.

그러나 그동안 콘크리트 구조물의 내구성 진단에 관한 인식과 기술은 충분하지 못하여, 이러한 사전예방을 통한 대처에 충실하지 못하여 왔고, 이미 열화가 상당히 진행된 구조

물에 대해 조사와 보수·보강이 실시되어져 옴으로써, 이에 따른 경제적 손실이 컸던 것도 사실이다.

이러한 배경에 따라 특히 일본에서는 80년부터 84년사이 5년동안 건설성이 주관하여 국가정책 과제로서 「철근콘크리트 건축물의 내구성향상 기술 개발」을 실시하여 최근에 일반화 되기에 이르렀다.

따라서 本稿에서는 구조물의 유지관리상 가장 선행되어야할 과제인 「철근콘크리트 건축물의 열화진단 기술지침」편을 발췌하여, 전문가가 아니더라도 쉽게 적용할 수 있는 1차 진단 내용을 중심으로 정리함으로써, 열화 진단의 현상과약을 위한 기본지식을 습득하는데 도움이 되도록 하였다.

또한 전문적기술이 요구되는 2차·3차진단은 조사항목 위주의 개괄적인 내용을 언급함으로써, 高次의 세부진단실시(전문가 의뢰)시의 참고 자료가 되도록 하였다.

II. 철근콘크리트 건축물의 열화진단 기술지침

1. 총 칙

1. 1 진단의 목적

본 지침은 기존의 철근콘크리트 건축물에 대하여 준공후의 경과년수가 긴 경우, 어떤 열화증상이 인정되는 경우, 또는 건물소유자 등의 요구가 있는 경우에 주로 내구성에 관한 제조사를 실시하고, 열화의 종류·정도를 진단하여 그 건축물을 유지관리해 나가는 상에서의 판단자료를 얻는 것을 목적으로 한다.

1. 2 적용범위

1. 2. 1 대상으로 하는 건축물은 철근콘크리트 구조물로 한다.
단, 철골철근콘크리트 구조물, 프리스트레스트 콘크리트 구조물에 대해서도 본 지침을 準用하는 것은 가능하다.
1. 2. 2 구조물 본체를 중심으로한 진단을 실시한다.
마감재는 구조물 본체와 관련해서 적의 취급한다.
1. 2. 3 진단은 조사결과를 時系列에 연관하여 실시한다.
즉, 조사시점의 열화도 뿐만 아니라, 건축물의 履歷, 입지환경, 열화의 원인계등으로부터 장래의 열화진행속도를 예측하고, 잔존 내용년수와를 관련해서 종합적인 진단을 실시한다.
1. 2. 4 거주성에 관련된 기능장해나 미관에 관련된 장애도 광의의 건축물의 열화현상으로 하여 취급한다 (그림 1. 1 참고)

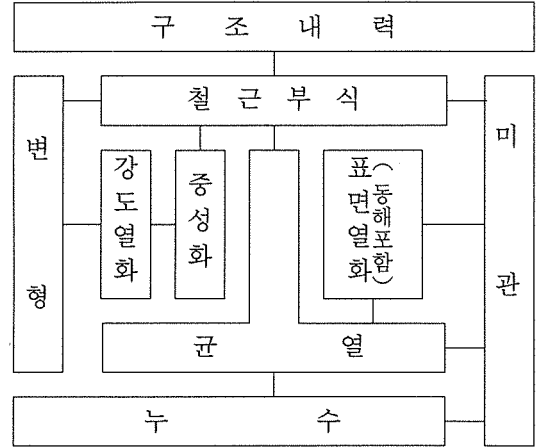


그림 1. 1 내구성에 관련된 열화현상의 상호관계

2. 열화진단의 전체구성

대상건축물의 내구성 입장에서 본 현상 파악, 열화의 원인추정, 보수·보강 여부의 판정 및 유지관리를 하기 위해 행한다.

2. 1 진단 level(1차·2차·3차진단)의 구분

2. 1. 1 1차진단

건물의 概況을 알기 위해서, 건축물 개요 조사와 각종 열화증상* 조사를 동시에 행하고, 연속하여 高次의 진단을 행할 필요가 있을 때는 세부 열화현상*에 착안하여 행할 것인가의 여부를 식별하는 역할을 한다.(* 그림 2.1 참고)

2. 1. 2 2차·3차진단

열화가 어느 정도 인정된 경우의 진단이고, 1차진단의 결과로부터 조사해야할 열화현상이 지정된 것을 전제로 한다.

결국 각 열화현상의 개별적 진단이며, 2·3차 양진단의 결과는 補修 여부의 판정으로 집약 된다.

표 2. 1 1차 · 2차 · 3차 진단의 차이점

진단 level	목적 · 내용	행위자	방 법		조사결과 의 표시	적 용
1차 진단	개황진단, 보전진단	총괄적인 내용 의 진단	目視, 體 感, 問診	보조기구 필요없고, 마 감재 벗김없음	記述 및 計數	각 열화현상 공통적진단
2차 진단	열화진단	中程度의 진단	비파괴 시 험이 중심	사다리정도의 보조기 구, 마감재의 벗김	計 量	개별적 진단
3차 진단	열화진단	상세한 진단	파괴 시험 을 포함	대형 보조기구, 구조체 로부터의 시료채취	計 量	개별적 진단

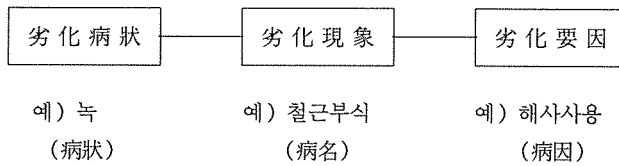


그림 2. 1 열화증상, 열화현상, 열화요인의 관계

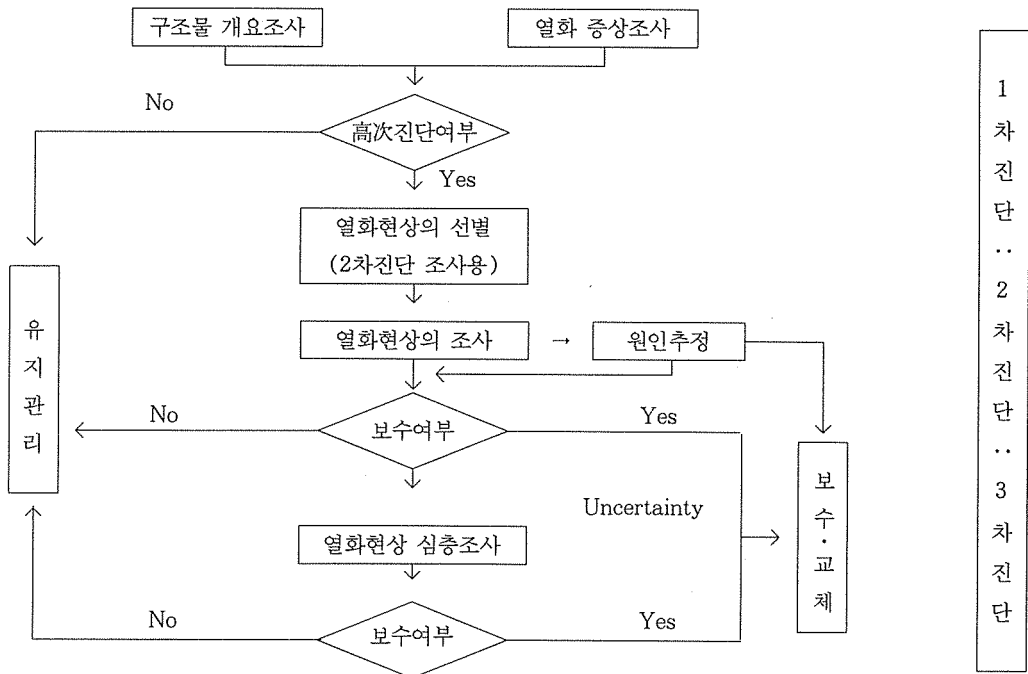


그림 2. 2 열화진단의 전체 흐름도

2. 2 열화진단의 전체 흐름도

1차·2차·3차 진단은 그림 2. 2에 나타난 흐름도에 따라 적용 한다.

3.1 1차 진단 진행흐름도

1차 진단은 그림 3.1 에 나타난 흐름도에 따라 실시한다.

3. 1차진단

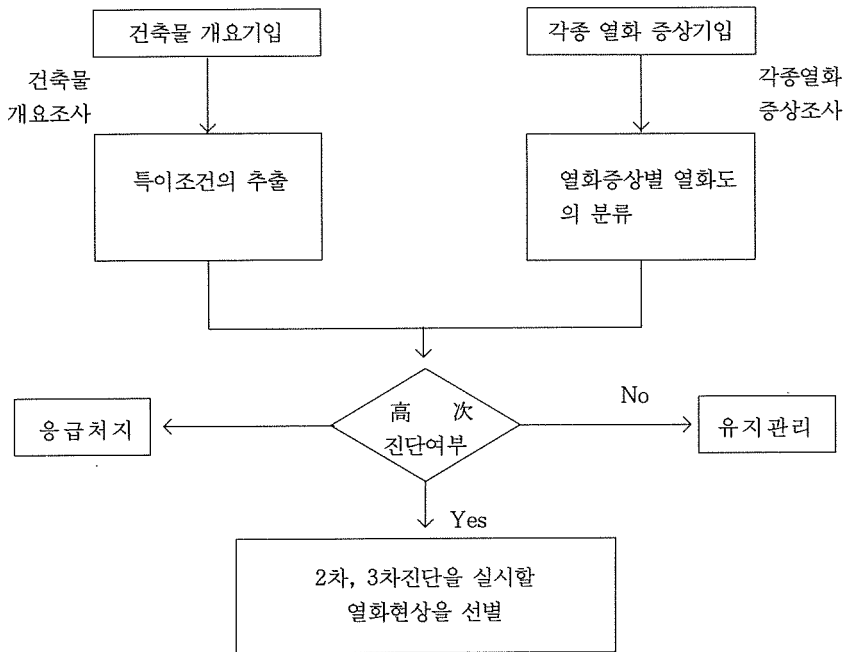


그림 3. 1 1차진단 흐름도

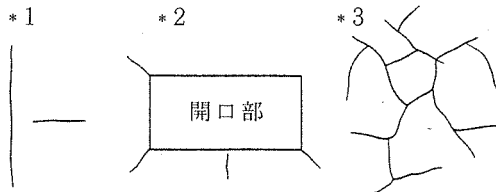
3. 2 열화증상의 정의

각종 열화증상 조사에서 문제삼는 열화증상을 표 3.1과 같이 정의한다.

표 3. 1 열화증상의 정의

열 화 증 상		정 의
균열	철근주변*1	<ul style="list-style-type: none"> • 육안으로 봐서 철근의 위치라고 생각되는 개소에 발생하는 균열, 일반적으로 연직 또는 수평의 직선상의 패턴을 보인다. 철근은 주철근의 보조철근을 포함한다. • 개구의 隅角部로부터 발생하는 경사균열 • 망목상의 균열(반드시 깨끗한 矩形을 하고 있는 것으로 한정치는 않음) • 규칙성, 불규칙성을 불문하고, 상기 이외의 균열
	開口주변*2	
	網目狀 *3	
	기 타	
들 뜸		<p>마감재에서는 구조체로 부터 박리한 상태, 구조체 콘크리트에서는 철근의 피복등이 뜨고있는 상태. 들뜸이 마감재만에서인가, 콘크리트 구조체를 따라서 있는가는 打診에 의한 식별이 곤란하기 때문에 1차진단에서는 구별하지 않는 것으로 함.</p>
박락	마감재 콘크리트	<ul style="list-style-type: none"> • 마감재가 박락한 상태 • 뜨고있던 콘크리트가 구조체로부터 박락한 상태 • 철근의 노출을 수반하는 것과 수반하지 않는것이 있다.
녹 얼룩		부식한 강재의 녹이 유출해서 마감재 또는 콘크리트 표면에 부착하고 있는 상태
백 화		경화한 콘크리트의 표면에 나타난 백색의 물질. 시멘트중의 석회등이 물에 용해하여 표면에 배어나와 공기중의 탄산가스와 化合해서 생긴것이 주성분
Pop-out		콘크리트내부의 부분적인 팽창압에 의해 콘크리트 표면의 작은 부분이 원추형의 꽃봉우리상으로 파괴된 상태
취약화한 표면		동해, 마모등에 의해 취약화한 콘크리트의 표면, 粉狀化를 포함함
기타 얼룩		곰팡이, 매연, 이끼류등에 의한 얼룩
누수흔적		과거에 누수현상에 생긴 흔적, 백화를 수반하는 것이 많음(目視만으로는 식별하기 어렵기 때문에 問診에 의해 확인한다)
이상체감		휨, 경사에 의해 생기는 이상감, 床의진동, 建具의 개폐감각등이 있다. (목시만으로는 식별하기 어렵기 때문에 문진에 의해 확인한다)

註)



3. 3 조사항목

3. 3. 1 건축물 개요조사

대상건축물 고유의 조건을 조사하고, 열화의 원인계와 그 진행속도를 추측하기 위한 참고자료를 작성하기 위해 실시한다.

이하에 나타난 조사항목에 대해 조사한다.

- ① 건축물의 규모·구조
- ② 건축물의 용도
- ③ 준공후의 년수
- ④ 지역
- ⑤ 환경
- ⑥ 사용재료
- ⑦ 마감재의 종류
- ⑧ 보수歴
- ⑨ 사용상 Claim의 유무
- ⑩ 기타 특기사항

3. 3. 2 열화증상조사

顯在化한 열화현상의 증상유무를 조사하고, 증상의 정도와 그 원인이 되고 있는 열화현상을 식별하기 위해 실시한다.

조사항목은 3. 2에 제시한 표 3. 1의 열화증상으로 한다.

3. 4 조사방법

3. 4. 1 조사방법은 표 3.2에 의한다.

표 3. 2 1차진단의 조사방법

	조 사 방 법
건축물 개요조사	설계도서의 조사, 問診
각종 열화증상 조사	目視, 체감, 문진 및 단순기구를사용한다.

3. 4. 2 일반적으로 외관조사는 반드시 실시하고, 건물의 내부는 가능한한 실시한다. 각

종 열화증상조사에서 이용되는 간단한 도구로는 Test hammer(들뜸의 검출), 쌍안경 등을 들 수 있다.

3. 4. 3 각종 열화증상조사는 원칙적으로 마감재를 제거하지 않고 행한다. 각종 열화증상의 조사를 행하는 범위는 건물의 외장, 인접棟간격, 계단의 유무등의 건물 조건에 따라 다르다. 원칙으로는 가능한 넓은 범위로 한다.

3. 4. 4 건축물 개요조사, 각종 열화증상조사의 결과는 소정의 기록양식에 따라 기록한다(기록용지는 표 3. 3~5 참조)

(1) 열화증상조사 기입요령

1) 외관용, 건물내부용의 어느 조사표에도 종축을 열화증상, 횡축을 부재·부위로 하는 matrix 형태의 기입란이 작성되어 있다. 이에 의해 각란에는 열화증상의 발생빈도만을 기입하면 좋고, 기입하기 쉬운 형식으로 작성되어 있다.

복잡한 형상의 건물에서는 별도로 간단한 평면·입면도를 첨부하여 각 옥외면마다 기호를 붙이는 등의 궁리를 한다.

2) 외관용 조사표는 방위마다 1매, 건물내부용 조사표는 전체로 1매로 모아 기입한다.

3) 우선 조사대상으로 되는 범위를 부재·부위별로 기입한다. 이것은 조사범위가 건물에 따라 다르기 때문에 조사결과를 단위면적, 단위개소수, 단위부재수당의 발생빈도로 환산할 때에 이용한다.

4) 그밖의 matrix 형태의 기입란에는 대상부재·부위마다 발생한 열화증상의 빈도를 기입한다.

5) 다음사항에 대해서 발생빈도는 이하의 척도로 환산하여 기입한다.

- ① 철근에 의한균열 : 길이 1m의 것으로 환산한 때의 갯수

표 3. 3 건축물 개요조사표

1. 調査概要

1. 1 調査年月日 _____年____月____日

1. 2 調査担当機關名 _____

1. 3 機關所在地 _____

1. 4 連絡先 _____

1. 5 担当者名 _____

1. 6 調査の動機 定期点検, 増改築,
 耐震診断, 耐久性診断,
 解體에 따른 데이터라 收集,
 기타()

2. 建築物概要

2. 1 名稱 _____

2. 2 所在地 _____

2. 3 用途 _____

2. 4 竣工年月 _____年____月

2. 5 經過年數 _____年

2. 6 階數 _____층, 地上____층, 塔屋____층

2. 7 建築面積 _____㎡

2. 8 合計床面積 _____㎡

2. 9 構造形式 RC, SRC, 기타()

2. 10 間 길이 _____m, 柱 스런 數 _____

2. 11 보 行 길이 _____m, 柱 스런 數 _____

2. 12 軒 高 _____m

2. 13 基礎 진면基礎, 獨立基礎
 기타() 不明

2. 14 設計者 _____ 不明

2. 15 監理者 _____ 不明

2. 16 施工者 _____ 不明

2. 17 保全者 _____ 不明

3. 建築物環境

3. 1 地域區分 寒冷, 溫暖, 亞熱帶
 田園・郊外, 市街地,
 工場地帶

3. 2 振動 有(), 無, 不明

3. 3 化學物質 有(), 無, 不明

3. 4 熱 有()℃ 無, 不明

3. 5 海岸으로부터의 距離 0m, 0~100m,
 0.1~1km, 1~10km,
 10km 以上內陸

3. 6 海에 面하는 面 向 _____ 面

3. 7 年間主風向 _____ 面

3. 8 平均風速 _____ m/s

6. 材料

6. 1 콘크리트 普通, 輕量 I, 輕量 II, 기타()

6. 2 시멘트 普通, 早強, 기타()

6. 3 粗骨材 강자갈, 碎砂(碎石), 기타()

6. 4 細骨材 川砂, 山砂, 海砂, 碎砂, 기타()

6. 5 混和材 有(), 無, 不明

6. 6 設計基準強度 _____ kg/cm², 不明

6. 7 製造 레미콘 現場 비빔, 工場生産, 不明

6. 8 打設時期 春(), 夏()
 秋(), 冬()
 不明

6. 9 마감재 屋外()
(주된것) 屋內()

竣工年月 _____

7. 補修・管理上 特記事項

8. 기타 特記事項

4. 圖書記錄

4. 1 一般圖 有, 無, 一部有, 不明

4. 2 構造圖 有, 無, 一部有, 不明

4. 3 構造計算書 有, 無, 一部有, 不明

4. 4 工事記錄 有, 無, 一部有, 不明

4. 5 仕様書 有, 無, 一部有, 不明

4. 6 過去調査資料 有, 無, 一部有, 不明

5. 建築物履歷

5. 1 用途變動 有(), 無, 不明

5. 2 増改築 有(), 無, 不明

5. 3 補修 有(), 無, 不明

5. 4 補強 有(), 無, 不明

5. 5 被災 有(), 無, 不明

5. 6 Claim 有(), 無, 不明

↑ 經過年數

표 3. 4 열화증상 조사표(외관용)

一般事項	部材		柱	보	壁		난간		차양		발코니		調査範圍小計
	一般	調査對象範圍			一般	開口周邊	天端	기타	天端	下面	先端	下面	
	외장仕 마감재		총합 개	총합 개	총합 m	개소	총합 m	총합 m	총합 m	총합 m	총합 m		東·西·南·北面
	補修歴有無												全體印象(文章으로 기술)
各種劣	간	鐵筋周邊											
		補助筋											
劣	열	開口周邊											개소
		網目狀	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m
火	剝	기타											
		들뜸	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m
狀	落	마감재	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m
		鐵筋露出 있음											
狀	表	鐵筋露出 있음											
		리트											
狀	面	녹 얼룩											
		백화											
狀	狀	Pop-out											
		表面脆弱化	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m
狀	狀	기타	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m
		漏水痕迹											
狀	狀	異常體感											km
		기타											m
狀	狀	症狀											m
		(있으면 기술)											

표 3. 5 열화증상 조사표(건물 내부용)

一般事項	部材	柱	보	外壁		内壁		床 Slab 上面	天上面	調査範圍小計
				一般	開口周邊	一般	開口周邊			
	調査對象範圍	총합 개	총합 개	총합 m	개소	총합 m	개소	총합 m		총합 床面積 m
	外装仕 마감재									
	補修歴 有無									
各	관	鐵筋에 包含								m
		軸方向筋 補助筋								m
種	열	開口周邊								개소
		網目狀	m	m	m	m	m	m	m	m
劣	剝	기타								m
		돌 뜸	m	m	m	m	m	m	m	m
火	落	마감재	m	m	m	m	m	m	m	m
		콘크 鐵筋 露出 없음								m
症	面	리트 鐵筋 露出 있음								m
		녹 얼룩								m
狀	狀	백화								m
		Pop-out								m
		表面 脆弱化	m	m	m	m	m	m	m	m
		기타	m	m	m	m	m	m	m	m
		漏水痕迹								m
		異常體感								m
		기타								m
		症狀								m
		(있으면 기술)								m

- ② 망목상 균열 : 발생면적(m²)
- ③ 기타균열 : 길이 1m의 것으로 환산때의 갯수
- ④ 들뜸 : 발생면적(m²)
- ⑤ 마감재의 박락 : 발생면적(m²)
- ⑥ 표면 취약화 : 발생면적(m²)
- ⑦ 기타얼룩 : 발생면적(m²)

으로 기입한다. 이외에 필요에 따라 간단한 평면도, 측면도를 스캐치하고, 특히 열화증상이 현저한 장소를 표시한다.

3. 5 열화도의 구분

6) 전체의 印象 기입란에는, 인상을 문장
 각종 열화증상의 열화도는 증상별로 각각 표 3. 6과 같이 구분한다.

표 3. 6 증상별 열화도의 구분

증 상			구분을 위한 단위척도	열 화 도		
				I (건전)	II (방치可)	III (조사要)
박락	콘크리트	철근노출없음	100m ² 당의 개소수	0개소	1개소미만	1개소이상
		철근노출있음	100m ² 당의 개소수	0개소	1개소미만	1개소이상
표 면 의 상 태	녹얼룩		100m ² 당의 개소수	0개소	2개소미만	2개소이상
	백화		100m ² 당의 개소수	0개소	4개소미만	4개소이상
	Pop-out		10m ² 당의 개소수	0개소	1개소미만	1개소이상
	표면 취약화		발생 면적을	1%미만	1% 이상 3% 미만	3% 이상
	기타		발생 면적을	1%미만	1% 이상 5% 미만	5% 이상
누수퇴적			건축물 전체에서의 有無	0개소	0개소	1개소
이상채감			"	0개소	0개소	1개소

(1) 건축물 개요조사

3. 6 고차진단 여부의 판정

조사결과가 표 3. 7의 특별 점검사항의 각 항목내용에 해당하고 있는가 어떤가를 판별하고, 해당하는 것을 선정한다.

3. 6. 1 조사결과의 집계

표 3. 7 건축물 개요조사 특별 점검사항

항 목	특별 점검사항의 내용
① 준공후 경과년수	준공후 25년이상 경과한 건축물
② 건축물 용도	많은 사람이 사용하는 극장 또는 특수한 환경하에 있는 공장등의 경우
③ 한냉지역	건축물이 있는 지역이 한냉지역인 경우
④ 아열대 지역	건축물이 있는 지역이 아열대지역인 경우
⑤ 임해지역	건축물이 있는 위치가 해안선으로부터 1km이내의 경우
⑥ 특수환경	열, 약품, 침식성 가스를 취급하는 경우, 온천지에 있는 경우

⑦	사용재료	海砂 혹은 반응성 골재가 사용될 우려가 있는 경우
⑧	재해歷	과거에 火害, 震害 등의 재해력이 있는 경우
⑨	Claim의 有無	어떠한 Claim이 뚜렷이 존재되고 있는 경우 (Claim의 내용 기입)

(2) 각종 열화증상 조사 는 면마다(방위별)로, 건물내부에서는 하나로
 각종 열화증상의 발생율을 건물의 외부에서 모아 집계하여 표 3. 8의 양식에 기입한다.

표 3. 8 열화증상조사 집계표

				外部()面			內 部		
				調査範圍	發 生 數 (또는 面積)	發生頻度	調査範圍	發 生 數 (또는 面積)	發生頻度
各 種 劣 化 症 狀	균 열	鐵筋 周邊	軸方向筋	총합 m ²	총합 개	개/100m ²	총합 m ²	총합 개	개/100m ²
			補助筋	" m ²	" 개	개/100m ²	" m ²	" 개	개/100m ²
		開口周邊		開口部 개소	" 개	개/10개소	開口部 개소	" 개	개/10개소
		網目狀		총합 m ²	" m ²	%	총합 m ²	" m ²	%
		기 타		" m ²	" 개	개/100m ²	" m ²	" m ²	개/100m ²
	들 뜸		" m ²	" m ²	%	" m ²	" m ²	%	
	剝 落	마 감 재		" m ²	" m ²	%	" m ²	" m ²	%
		콘크 리트	鐵筋의 露 出없음	" m ²	" 개소	개/100m ²	" m ²	" 개소	개소/100m ²
			鐵筋의 露 出있음	" m ²	" 개소	개/100m ²	" m ²	" 개소	개소/100m ²
	表 面 의 狀 態	녹 열 룩		" m ²	" 개소	개소/100m ²	" m ²	" 개소	개소/100m ²
백 화		" m ²	" 개소	개소/100m ²	" m ²	" 개소	개소/100m ²		
Pop-out		" m ²	" 개소	개소/100m ²	" m ²	" 개소	개소/100m ²		
表面의 脆弱化		" m ²	" m ²	%	" m ²	" m ²	%		
기 타		" m ²	" m ²	%	" m ²	" m ²	%		
漏 水 痕 跡				有, 無					
異 相 體 感				有, 無					

표 3. 9 건축물개요 조사로부터의 고차진단 여부판정

	항 목	판 정 조 건	필요로하는 2차진단 항목
①	경 과 년 수	• 준공후 25년이상 경과	• 중성화, 철근부식
②	용 도	• 극장등 • 공 장	• 중성화 • 중성화, 철근부식, 표면열화
③	한 냉 지 역	• 한냉지로 표 3. 10의 *4의 열화증상 이 있는 경우	• 동해, 표면열화
④	아 열 대 지 역	• 아열대지역에 건물이 있는 경우	• 균열, 철근부식
⑤	임 해 지 역	• 해안선으로부터 1km이내인 때	• 균열, 철근부식
⑥	특 수 환 경	• 열을 취급하는 경우 • 약품, 부식성가스, 온천지의 경우	• 중성화, 균열, 강도열화 • 중성화, 철근부식, 균열, 강도열화, 표 면열화
⑦	사 용 재 료	海砂, 반응성 골재사용의 우려가 있는 경우	• 균열, 중성화, 철근부식 • 강도열화, 표면열화
⑧	재 해 력	• 火害歷 있음 • 震害歷 있음	• 중성화, 철근부식, 강도열화, 균열, 표 면열화 • 균열, 변형, 중성화, 철근부식
⑨	Claim의 有無	Claim이 뚜렷이 존재하고 있는 때	(Claim의 내용에 따라 판단한다)

건물 외부의 조사결과는 방위마다 집계하고, 방위마다 고차진단여부 판정을 실시한다.

3. 6. 2 2차 진단의 여부판정

2차 진단의 여부판정은 건축물 개요조사와 각종 열화증상 조사의 쌍방의 결과로부터 행한다.

(1) 건축물개요 조사로부터의 판정

표 3. 9의 각항목에 대해서 판정조건에 해당하는 경우 우측란의 2차진단을 행하는 것으로 한다.

(2) 각종 열화증상 조사로부터의 판정

1) 표 3. 8의 집계결과가 표 3.6에서 분류한 열화도 III로 된 열화증상에 대해서 2차진단을 행하는 것으로 한다.

2) 2차진단을 행해야하는 열화현상 선정 기준으로서 표 3. 10의 상관 matrix를 이용한다.

여기서, 2차진단이 필요로 판정된 열화증상

에 대해서, 표중에 ○표한 열화현상의 2차진단을 행함. 또 △표시는 비고에 나타난 조건에 적합할 때에 2차진단을 행해야 함을 뜻한다.

2차 진단의 여부판정은 외관조사에 대해서는 조사대상면(방위)마다 실시한다. 이에 의해 2차진단을 요하는 열화현상이 방위마다 추출되고, 더욱이 어느 부재·부위에 중점을 두고 조사해야 하는가의 정보가 표 3. 4, 표 3. 5로부터 얻어진다.

3) 건축물 개요조사, 열화증상조사의 쌍방으로부터 선정된 실시해야 할 2차진단 항목을 1차 진단의 종합적 결과로 한다.

2차진단에서 조사해야할 열화현상이 중복하여 지시되는 경우에는 표 3. 11의 요령으로 한다.

물론 이 정리는 건물외부 각 방위, 건물내부로 나누어 실시한다. 사례로부터도 알수 있는 바와 같이 2차진단을 실시하는 항목으로서, 중성화, 철근부식, 균열, 표면열화등이 주로 추출되는 경향이 보인다.

표 3. 10 열화증상과 열화현상의 상과 matrix

열화증상		열화현상		중성화	철근부식	균열	누수	강도열화	변형	표면열화	凍害
		중성화	열화현상								
균열	철근에沿합	○	○	○	○	△*1	-	-	-	-	-
	開口 주변	○	○	○	○	○	-	-	-	-	-
	網目狀	○	○	○	○	-	-	-	○	△*4	
	기타	○	○	○	○	△*1	△*2	△*3	-	-	
들뚝		○	○	○	○	△*1	-	-	○	△*4	
박락	마감재	○	-	○	-	-	-	△*3	○	△*4	
	콘크리트	○	○	○	-	-	-	△*3	○	△*4	
	철근노출있음	○	○	○	△*1	-	-	△*3	○	△*4	
표면의상태	녹얼룩	○	○	○	○	-	-	-	○	-	
	백화	-	-	○	○	-	-	-	○	-	
	Pop-out	-	-	-	-	-	○	-	○	△*4	
	표면의취약화	○	-	-	-	-	○	-	○	△*4	
	기타	○	-	-	-	-	-	-	○	-	
누수흔적		○	○	○	○	-	-	-	○	-	
이상체감		○	○	○	-	○	○	○	-	-	

(비고) * 1 누수의 흔적이 있는 때에 조사
* 3 이상체감이 있는 때에 조사

* 2 이상체감이 있는 때에 조사
* 4 한냉지역인 때에 조사

표 3. 11 2차진단해야할 항목의 추출에 (건물의 특정방위 외관)

	건물개요조사	각종열화증상조사	1차진단의 종합(2차진단의 항목)
중성화	○	○	○
철근부식	○	○	○
균열		○	○
누수		○	○
강도열화			
변형			
표면열화		○	○
동해			

3. 7 응급처치

1차진단에서 일상 안정상 문제가 있는 개소가 발견되고, 이것을 방치하면 위험하다고 판단되는 경우에는 바로 응급적인 처치를 강구해야 한다.

4. 2차 · 3차진단

표 4. 1에 제시한 콘크리트 열화현상 8개항목중 1차진단에서 高次진단이 필요하다고 판단되는 항목만을 선정하여 각 열화현상별로 다음 그림 4. 1과 같은 공통흐름도에 의해 세부진단이 실시되며, 각 실시항목별 조사방법은 표 4. 2와 표 4. 3에 수록된 내용에 의거한다. 이들 2차 · 3차진단의 조사 방법을 통해 얻어진 결과를 바탕으로 각 열화현상의 원인 추정과 보수여부의 판정이 가능하며, 고차진단의 세부 조사방법과 판정방법에 대해서는 각 실시방법들이 대부분 전문적인 진단기술과 시험장비를 필요로 함으로 본 편에서는 언급하지 않았고, 필요시 전문가에게 의뢰토록 한다.

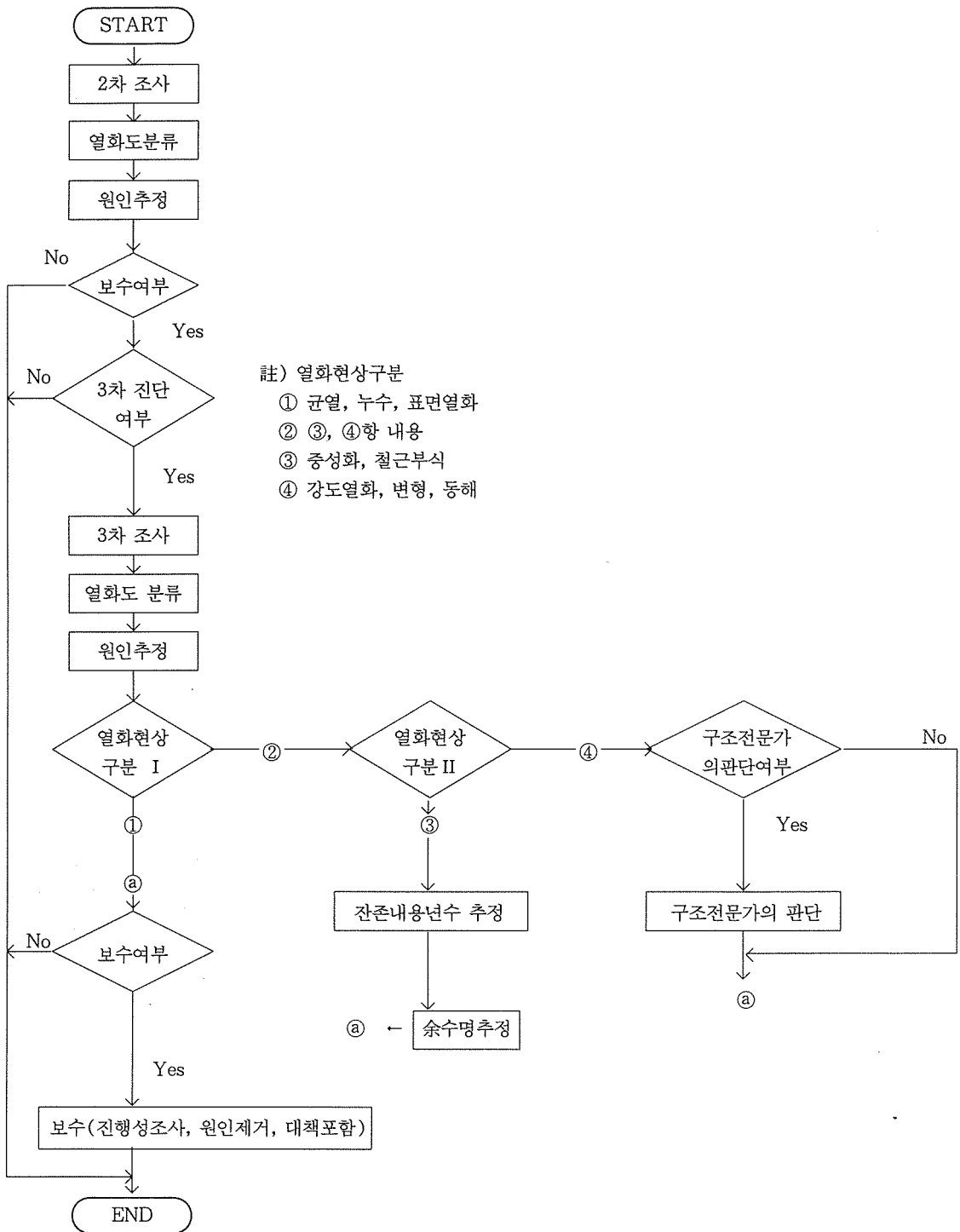


그림 4. 1 각 열화현상별 2차·3차진단의 흐름도

표 4. 1 콘크리트 열화현상의 8개 항목 및 각현상별 정의

열화현상	정 의
콘크리트의 중 성 화	콘크리트가 공기중의 탄산가스, 수중에 존재하는 탄산, 그외의 산성 가스 혹은 염류의 작용에 의해 알칼리성을 상실해가는 현상
철근부식	콘크리트의 중성화나 균열, 침식성화학물질(Cl^- , SO_4^{2-}) 등에 의해 철근에 녹이 발생하는 현상
콘크리트의 균 열	타설시점에서는 一體였던 콘크리트 부재에 그후 콘크리트의 허용응력도 이상의 응력(주로 인장강도 이상의 응력)이 작용하여 생긴 콘크리트의 거시적, 부분적인 파괴현상, 콘크리트의 타설이음매, cold joint 등의 콘크리트의 불연속 부분과는 발생과정상에서 구별된다.
누 수	물이 존재하는 환경하에서 물이 부재 단면을 투과해서 스며 나오든가 혹은 부재내 및 부재간의 간극부분을 통해 누출하는 현상. 여기서 말하는 간극부분으로는 콘크리트 부재내에 발생한 균열, Cold joint, Honeycomb 등 외에 부재간의 타설이음매, 접합부등을 총칭한다.
콘크리트의 강도열화	저품질재료, 사용환경, 열작용, 화학작용, 피로등에 의해 콘크리트 강도가 저하하는 현상.
변 형	철근의 부식, 균열, 강도열화외에 설계, 시공결합, 구조적 외력작용, 열작용등에 의해 주로 수평부재가 크게 변형하는 현상
표 면 열 화	콘크리트의 표면이 사용환경, 열작용, 화학작용에 의해 손상되고, Pop out이나 박리·박락 등을 일으키는 현상. 오염, 백화, 들뜸, 박락, 마모(마멸), 부식, 취약화, 粉狀化등
동 해	콘크리트중의 수분이 동결융해를 반복해서, 균열이 발생하기도 하고, 표층이 박리하기도 하여 표층으로부터 차츰 열화해 가는 현상

표 4. 2 콘크리트 열화현상별 2차 진단조사 항목 및 방법

열화현상	조 사 항 목	조 사 방 법
중 성 화	<ul style="list-style-type: none"> • 대기중의 탄산가스 농도 • 화학적 침식 물질의 유무 • 콘크리트의 함수량 • 콘크리트의 공극(Porosity) • 콘크리트의 배합 • 콘크리트의 시공상황 	<ul style="list-style-type: none"> • 탄산가스 농도계 • 화학분석, X선 회절 • 중량측정(기건, 절건) • Porosi-meter • 일본시멘트협회 F-18보고서 • 육안관찰
철근부식	<ul style="list-style-type: none"> • 콘크리트의 중성화 깊이 • 철근피복두께, 종류, 직경, 방향 • 마감재의 종류, 두께, 열화상황 • 콘크리트중의 염분함유량 • 화학적 침식물질의 유무 • 동해의 유무 • 콘크리트의 배합 	<ul style="list-style-type: none"> • 페놀프탈레인 시약 분무법 • Nonius, Scale, 육안관찰 • Nonius, Scale, 육안관찰 • 초산용해법(전염분량) • 화학분석, X선 회절 • 동해 조사방법 • 일본시멘트협회 F-18 보고서
균 열	<ul style="list-style-type: none"> • 형태·폭·길이 • 시멘트, 골재 • 콘크리트 • 시공상황 	<ul style="list-style-type: none"> • 일본콘크리트공학협회「콘크리트의 균열 조사·보수 지침」 • 시험성적표, 시공기록 • 시험성적표, 설계도서, 시공기록 • 시공기록, 問診, 기상기록

열화현상	조 사 항 목	조 사 방 법
	<ul style="list-style-type: none"> • 마감재 • 환경조건 • 하중 • 발생시기 • 콘크리트 강도 • 피복두께 	<ul style="list-style-type: none"> • 시료채취 · 시험, 설계도서 • 용도및 용도변경기록, 기상기록, 화재기록, 설계도서, 지진기록 • 설계도서, 지진기록 • 기왕의 조사, 문진 • 설계도서, 시험성적표, Schmidt hammer 등에 의한 시험 • 설계도서, 철근탐사기에 의한 시험
누 수	<ul style="list-style-type: none"> • 누수개소의 규모 • 누수개소의 습윤상태 • 구조체 콘크리트의 상황 • 水原이되는 개소의 탐색 	<ul style="list-style-type: none"> • 누수가 미치고 있는 범위의 스캐치 · 크기의 측정 • 콘크리트가 건조해 있는가 아닌가의 육안 관찰 • 누수개소의 상황, honeycomb, 균열등의 유무 •漏水, 설비기기의 배치, 배관위치 등
강도열화	<ul style="list-style-type: none"> • 표면경도 • 초음파속도 • 연발강도 	<ul style="list-style-type: none"> • Schmidt hammer 시험 • 초음파속도 시험 • 인발강도 시험
변 형	<ul style="list-style-type: none"> • 처짐 • 균열 • 하중상황 	<ul style="list-style-type: none"> • 水系, 수평재, 측량기등을 이용해 端部에 대한 중앙부 부근의 최대처짐을 측정 • Crack-scale등에 의해 균열폭을 Scale에 의해 길이 및 분포 상황을 측정 • 문진이나 하중상황조사에 의해 현재 및 과거의 과하중 유무
표면열화	<ul style="list-style-type: none"> • 백화 • 오염 • 들뜸, 박리, 박락 • 마모(마멸) • Pop out • 취약화 	<ul style="list-style-type: none"> • 발생부분, 발생면적, 열화의 정도 • 발생부분, 발생면적, 열화의 정도 • 발생부분, 발생면적과 깊이, 낙하의 위험성 • 발생부분, 발생면적과 깊이 • 발생부분, 발생면적과 깊이 • 발생부분, 발생면적과 깊이
동 해	<ul style="list-style-type: none"> • 균열 • Scaling • 들뜸, 박리, 박락 • 강도추정 • 동해부분의 깊이 • 철근부식 	<ul style="list-style-type: none"> • 균열형태, 균열폭 · 길이 · 個數 • Scaling의 면적과 깊이 • 들뜸, 박리, 박락의 면적과 깊이 • Hammer에 의하 반발경도, 打音 • 벗겨내어 열화깊이 측정 • 부식면적

표 4. 3 콘크리트 열화현상별 3차 진단조사 항목 및 방법

열화현상	조 사 항 목	조 사 방 법
중 성 화	2차진단에서의 同一	2차진단에서의 同一
철근부식	-	-
균 열	<ul style="list-style-type: none"> • 균열의 성장경과 • 철근부식의 유무 • 콘크리트의 중성화 • 균열관통의 유무 • 콘크리트 강도 • 콘크리트의 재료·배합 • 구조耐力 • 부등침하 	<ul style="list-style-type: none"> • 최대균열폭 및 균열선단의 진행 상황관찰, 기간은 6개월~1년 • 2차진단 참고 • 2차진단 참고 • 초음파법 또는 콘크리트 Core 시험 • 콘크리트 Core에 의한 압축강도 시험 • 콘크리트 Core를 이용해서 분석·추정 • 재하시험 및 진동시험 • 수평면의 level조사, 주위의 상황조사
누 수	<ul style="list-style-type: none"> • 외장마감재의 상태 • 구조체 콘크리트의 상태 • 콘크리트 불량부분의 검출 • 누수경로의 추정 및 확인 • 콘크리트 강도 • 콘크리트의 중성화 • 철근부식 	<ul style="list-style-type: none"> • 육안관찰 및 打診, 설계도서 • 육안관찰, 부분적인 벗김 • 육안관찰, 부분적인 벗김 • 착색수, Gas 검지법등 • 콘크리트 Core 압축강도 시험 • 2차진단 참고 • 2차진단 참고
강도열화	<ul style="list-style-type: none"> • 표면경도와 초음파 속도 • 압축강도 • 배합추정 	<ul style="list-style-type: none"> • Schmidt hammer 시험방법과 초음파 속도 시험법 • 콘크리트 Core 압축강도시험법 • 일본시멘트 협회 F-18 보고서
변 형	<ul style="list-style-type: none"> • 고유진동수 • 잔유치짐율 • 콘크리트 강도 • 단면형상 	<ul style="list-style-type: none"> • 수평부재에 휨충격을 주어 자유진동파형을 진동계측에 의해 계측한 고유진동수와 건전시의 고유진동수와의 비를 계산 • 수평부재에 하중을 걸어, 재하후의 잔유치짐율을 측정 • 콘크리트 Core 압축강도 측정과 동시에 정단성계수의 측정 • 부재단면치수 측정, 철근탐사기 또는 일부를 벗겨내어 철근량 및 피복두께를 측정
표면열화	<ul style="list-style-type: none"> • 표면의 취약도 • 강도열화 • 콘크리트의 중성화 깊이 • 열화깊이 	<ul style="list-style-type: none"> • 표면부착(인장)력 • Core채취에 의한 압축강도 • Core채취 또는 벗겨내어 측정 • 벗겨내어 측정
동 해	<ul style="list-style-type: none"> • 균열 • 표면의 취약도 • 강도열화 • 콘크리트의 중성화 깊이 • 철근부식 	<ul style="list-style-type: none"> • 균열깊이 • 표면부착(인장)력 • Core채취에 의한 압축강도 • Core 채취에 의한 측정 • 철근의 단면결손량

5. 열화진단용 주요 검사기술

앞장에서 언급한 건축물의 열화진단을 위해서는 각 요소별로 검사기술이 필요하며, 1차

· 2차 · 3차진단에서 사용되는 주요 검사방법은 육안관찰법, 화학적검사법, 비파괴검사법, 구조내력검사법(정적·동적)의 4종류로 크게 나눌 수 있다. 이들 검사방법별 주요 열화현상 진단내역을 표 5. 1에 별도 정리하였다.

표 5. 1 주요검사기술별 열화현상 진단내역(중성화, 철근부식, 균열, 강도열화, 변형진단의 경우)

구 분 검사방법		열화현상 진단내역			진단程度
		열화현상	분석항목	장 비	
육안관찰법	-	8개항목 전체	<ul style="list-style-type: none"> 구조물 개요 열화증상 발생면적과 길이 	-	1~3차 진단
화학적 검사법 (콘크리트 표본 채취)	-	중성화 철근부식 균열 강도열화	<ul style="list-style-type: none"> 배합추정 중성화심도 (CaCO₃정량) 염해도 공극분포 조직관찰 각종원소 및 광물분석 	XRD, XRF, AADTA, SEM 편광현미경 Potentiograph porosimeter	2~3차 진단
비파괴 검사법	반발 경도법 초음파 속도법 자기법	균열 강도열화 변형	<ul style="list-style-type: none"> 강도추정 열화부 판정 균열 깊이 철근배근탐지 	Schmidt Hammer, PUNDIT 철근탐지기	2~3차 진단
구조내력 검사법	정적재하 시험법 동적진동 시험법	균열 변형	<ul style="list-style-type: none"> 잔유치짐율 고유진동수 	Displacement meter Vibration tester	2~3차 진단

註) XRD : X선 회절 분석장치
XRF : 형광 X선 분석장치
AA : 원자 吸光分光 광도계

DTA : 示差熱 분석장치
SEM : 주사 전자현미경

III. 맺음말

以上은 콘크리트 건축물의 열화진단을 객관적인 판정기준에 의해 실시할 수 있는 지침으로서, 건물 소유주 또는 관리자들이 쉽게 현재의 해당 건축물이 어느 정도의 손상을 받고 있는지 과연 보수를 해야하는가 아니면 방치해도 무관한 것인가등의 기본지식을 얻는데 도움이 될 수 있는 1차진단 중심의 내용을 정리한 것이다.

만일 본 지침에 의해 해당 건축물이 계속해

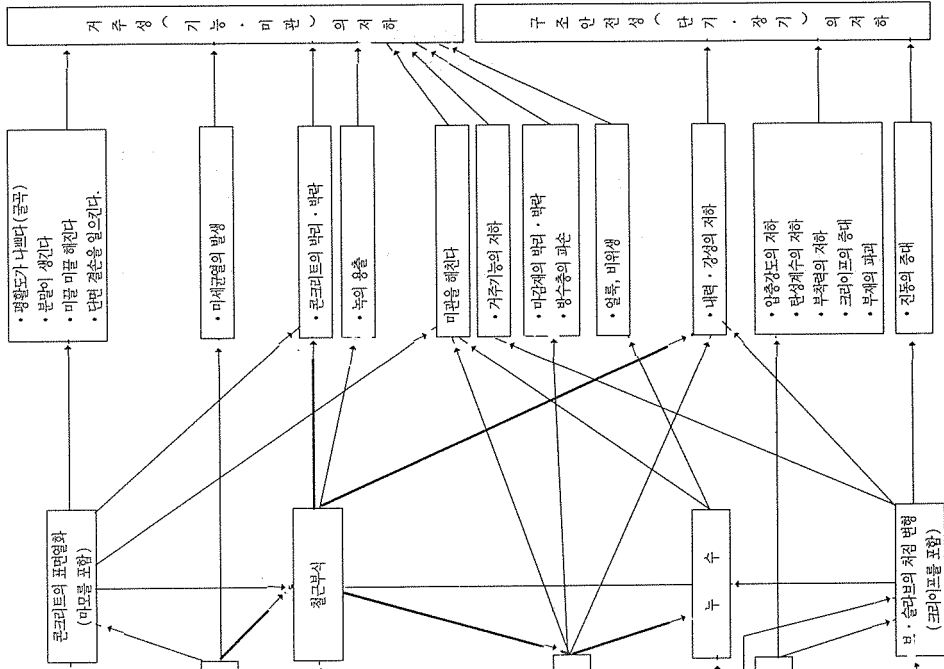
서 2차, 3차의 세부진단을 받아야 할 것으로 판정이 내려진 경우는 전문가에게 의뢰하여 적절한 대책을 실시 받도록 하여야 한다.

건축물에 이상이 생긴경우 적절한 시기에 보수·보강을 행하는 것이 그 구조물을 장기간 건전하게 사용할 수 있는 최선의 방책이기 때문이다.

열 화 요 인

재료	시공	사용 환경 조건	구조 · 의력
<ul style="list-style-type: none"> · 시멘트종류 · 품질 부적합 · 골재 " " " · 혼화제 " " " · 미부리 	<ul style="list-style-type: none"> · 타설 이음매 처리 불량 · 피복 두께 부족 · 빈배합(W/C 높음), 단위 수량 많음 · 다짐 불량 	<ul style="list-style-type: none"> · 충격충격(차량, 보행) · 박리파괴의 작용 · 부식, 염해 · 등열 응해 반복 · 장기 연수 경과 	<ul style="list-style-type: none"> · 과잉응 · 지진 하중 · 단면 부족 · 쉼 · 건물의 부동침하
<ul style="list-style-type: none"> · 염화물, 유기물 혼입 	<ul style="list-style-type: none"> · 배척물 이용 · 피복 두께 부족 	<ul style="list-style-type: none"> · 수분의 증발 · 염분의 증발 · 유해가스 농도가 큼 · 높은 습도 · 장기 연수 경과 	<ul style="list-style-type: none"> · 수분의 증발 · 염분의 증발 · 유해가스 농도가 큼 · 높은 습도 · 장기 연수 경과
<ul style="list-style-type: none"> · 시멘트의 이상응결 · 철사, 분리성 · 시멘트의 수화열 · 시멘트의 이상 팽창 · 골재에 함유된 유기물 · 반응성 골재와 혼화물의 작용 · 콘크리트의 건조수축 	<ul style="list-style-type: none"> · 혼화제분의 불균일한 분산 · 장시간의 배합 · 펄프 함유시의 시멘트 량 · 골량의 증감 · 타설 순서의 착오 · 급속한 타설 속도 · 불충분한 다짐 · 배근불량 	<ul style="list-style-type: none"> · 환경 온, 습도의 변화 · 부재 양면의 온 · 습도차 · 등열 응해의 반복 · 등열 · 화재 · 표면기열 · 산 · 염류의 화학작용 	<ul style="list-style-type: none"> · 과잉응 · 지진 하중 · 단면 부족 · 쉼 · 건물의 부동침하
<ul style="list-style-type: none"> · 콘크리트의 품질 (부기성, 투수성이 큼) 	<ul style="list-style-type: none"> · 타설이음매 처리 불량 	<ul style="list-style-type: none"> · 수분의 증발 · 장기경과연수 	<ul style="list-style-type: none"> · 수분의 증발 · 장기경과연수
<ul style="list-style-type: none"> · 시멘트종류 · 품질 부적합 · 골재 (유기물, 점토함유) · 혼화제 종류 · 품질 부적합 	<ul style="list-style-type: none"> · 양생부족 · W/C 높음 · 단위수량 많음 · 다짐불량 · 타설 이음매 처리 불량 	<ul style="list-style-type: none"> · 온 · 습도 변화의 반복 · 온도영역 · 고온의 지속 · 장기경과 연수 	<ul style="list-style-type: none"> · 반복하중
<ul style="list-style-type: none"> · 배척물 혼입 	<ul style="list-style-type: none"> · 배척물량 · 거푸집, 치목의 조기탈형 · 타설 이음매 처리 불량 	<ul style="list-style-type: none"> · 고온의 지속 · 온도변화 · 장기경과연수 	<ul style="list-style-type: none"> · 과대 스넵 · 슬라브두께가 작음 · 과하중 · 보 두께가 적음

열 화 원 인



주요열화요인과 열화현상의 관련도