

철근 콘크리트 구조물의 화재조사 · 진단방법 및 유지관리방안 (일본 콘크리트공학협회 기준을 중심으로)

- The Approach of Methods Investigation · Evaluation & Maintenance for Fire Damaged RC Structure(In the Case of JCI) -



권영진*



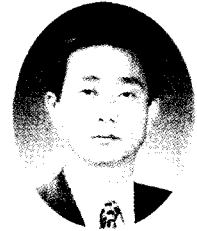
이차돈**



홍성길***



신영수****



이경구*****

1. 서 론

산업화·도시화에 따른 건축물의 밀집과 고층화의 환경에서 화재 재해 발생은 인명 피해 및 재산피해에 치명적인 결과를 가져올 수 있으며, 화재로 인한 인명 및 재산 피해는 두말할 것도 없이 막대한 국가적 손실을 초래한다고 할 수 있다. 따라서 화재 발생을 사전에 억제하는 구조물의 방화·내화구조 및 피난계획, 소화설비, 소화활동설비 등에 대한 방재 연구와 더불어 화재발생 후 화재의 원인조사와 구조물의 재사용 여부 또는 보강 필요성, 자산의 평가의 과학적인 근거를 위해 신뢰성 있는 안전성 평가에 대한 연구가 필요한 실정이다.

콘크리트 구조는 화재에 대하여 비교적 우수한 것으로 알려져 왔으며 수많은 구조물이 심한 화재 피해를 입은 후 보수·보강되어 재사용 되고 있다.

또한, 화재로 인한 파괴 메커니즘은 부재에 사용된 콘크리트의 강도, 단면 크기,

콘크리트의 재료, 부재의 구속 조건, 콘크리트 내 함수율, 하중의 종류, 철근량 등 다양한 변수에 지배되며 취성파괴를 수반하는 등 바람직하지 않은 파괴 양상을 보이기도 한다. 특히 박락은 열에 노출된 콘크리트 표면이 파손되어 떨어져 나가는 현상을 일컫는 것으로 기동 피복이 손실됨으로 인하여 철근이 노출되는 현상을 야기하고 극한상태에서의 강도 약화를 유발하며 이러한 현상들은 부재 단면의 강성과 강도의 감소를 초래하여 건물의 구조적 기능에 결정적인 결함을 초래한다.

외국의 기준에 비하여 국내의 기준은 철근 콘크리트 부재에 대한 규정이 극히 미비하며 또한 외국에 비하여 연구 진행도 거의 전무하여 이에 대한 연구가 시급한 실정이다. 특히 건물이 초고층화 되어감에 따라 고강도 콘크리트의 건축 구조물 기동부재 적용이 급증할 것을 고려하면 고강도 콘크리트 기동에 대한 내화성능 연구는 매우 시급하다고 할 수 있다. 한편, 기존의 많은 국내 철근콘크리트 건물들이 일반 콘크리트(강도 $f_{ck} = 210, 240, 270 \text{ kgf/cm}^2$)를 사용하여 시공되었으나 이들 건물에 화재가 난 경우, 화재 피해를 입은 건물에 대한 평가와 함께 추후 보수 또는 보강에 대해서는

전혀 연구가 되어 있지 않은 상태이다.

따라서 본고에서는 일본의 화재 연구사례 및 화재조사·진단 방법을 고찰함으로써 국내의 미비한 연구실정에 화재진단의 체계적·합리적 시스템개발을 위한 기초자료를 제시해 보고자 한다.

2. 화재의 메커니즘

콘크리트는 화열을 받게 되면 시멘트 경화물과 골재가 각각 다른 팽창수축거동을 하고 그에 따라 콘크리트의 조직은 연화되고 단부의 구속 등에 의해 나타난 열응력 등에 따라 균열이 나타나고 콘크리트가 열화되며 박락한다. 이것이 화재에 의한 열화의 메커니즘이며 <사진 1>에 그 상황을 나타내었다. 가열온도의 상승에 따라 콘크리트 중의 시멘트수화물이 화학적으로 변질하고 약 600°C 까지 시멘트 페이스트부는 수축하나, 골재는 팽창하는 상반되는 거동을 나타낸다. 또한 콘크리트 중의 자유수는 수분팽창하여 내부응력이 점차 증대하고 내부조직이 파괴되어 강도 및 탄성 등의 역학적 성질이 저하한다.

그 저하율은 사용재료의 종류, 배합, 재령 등에 따라 다르며 <그림 1>과 <그림

* 정회원, 흥용리플래시건설(주) 전무이사

** 정회원, 중앙대학교 건축공학과 교수

*** 정회원, 서울대학교 건축공학과 교수

**** 정회원, 이화여자대학교 건축학과 교수

***** 방재시험연구원 고문

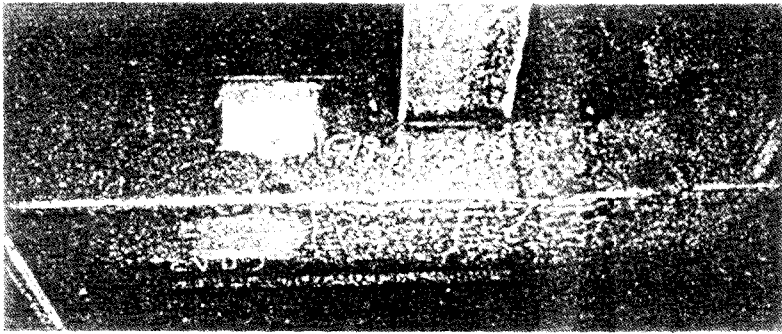


사진 1. 화재를 입은 콘크리트 표면 상황

2)와 같이 300°C까지는 강도의 저하현상이 그다지 나타나지 않으나 500°C를 넘으면 50% 이하로 되고 탄성계수도 가열에 의해 저하하여 500°C에서는 거의 반감한다. 가열에 따라 저하한 강도는 화재 피해 후 어느 기간이 경과하면 <그림 3>에 나타낸 바와 같이 회복하고 수열온도

가 500°C 이내에 있다면 재사용이 가능한 상태까지 복원된다. 한편 탄성계수도 어느 정도 복원되지만 그 정도는 <그림 4>에 나타내는 바와 극히 미소하다.

그러나 화재 피해를 입은 콘크리트 부재의 전단면이 이와 같은 고온도에 동시에 도달하는 경우는 거의 없으며, 보통은 표

면이 가장 높고 깊이방향으로 서서히 저하하는 온도구배를 가지며 화재의 규모, 콘크리트의 종류, 단면의 형상·최대치수, 부위 등에 따라 각각 다르므로 부재의 깊이 방향에 대하여 온도저하나 균열 등의 피해 정도도 달라진다.

또한 화재에 의해 새롭게 발생한 균열에는 그늘음이 부착되지 않으므로 균열이 화재에 의한 것인지의 여부를 육안을 통해 용이하게 판단할 수 있다.

화재를 입은 콘크리트의 표면에는 일반적으로 크고 작은 균열이 발생한다. 시멘트 경화물은 유리수 외에 다량의 결정수를 가지고 있어 100°C 이상에서는 이들이 분리·소실해 감에 따라 수축하고 약 700°C로 완전하게 탈수하여 불가역 변화 상태로 된다.

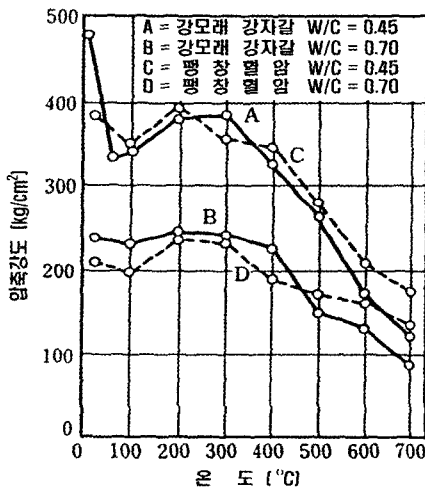


그림 1. 보통 및 경량 콘크리트의 가열온도에 따른 압축강도 변화

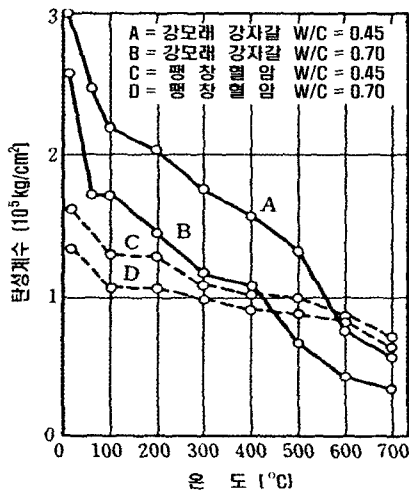


그림 2. 보통 및 경량 콘크리트의 가열온도에 따른 탄성계수 변화

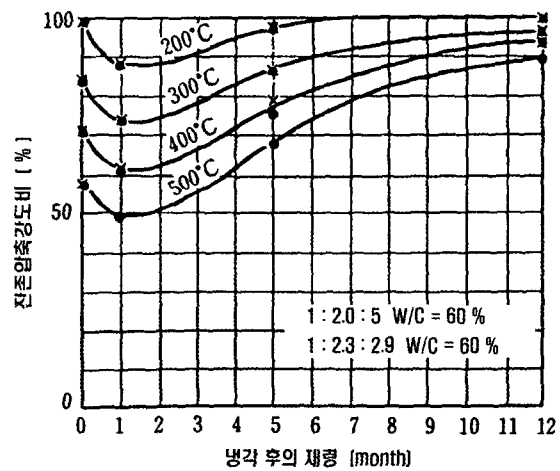


그림 3. 가열된 콘크리트 압축강도의 자연회복

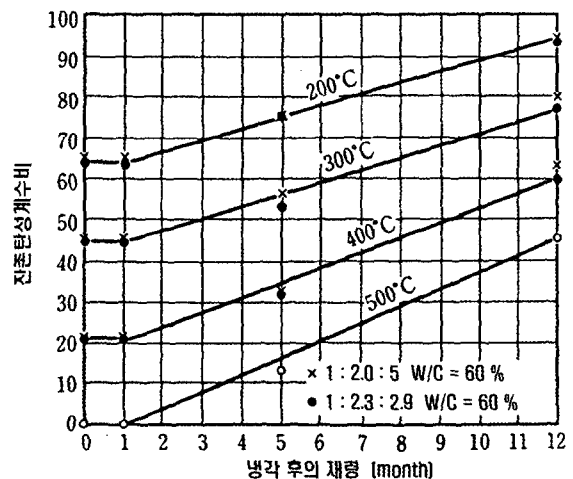


그림 4. 가열된 콘크리트 탄성계수의 자연회복



사진 2. 기둥부의 폭열상황

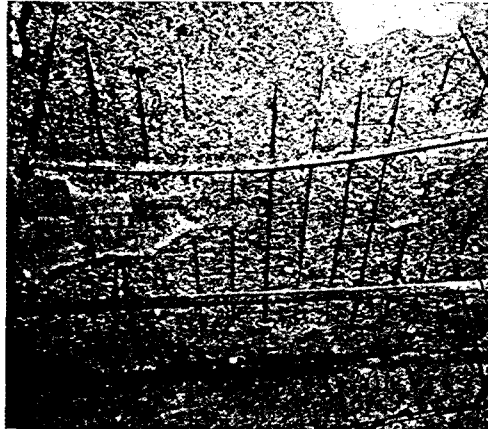


사진 3. 슬래브부의 폭열상황

한 콘크리트의 약 75%는 골재가 차지하고 있으므로 콘크리트의 고온시의 성질은 골재의 성질에 의존하는 경우가 있다. 콘크리트는 약 1,200°C 이상에서 장시간 가열하면 표면으로부터 점차 용융한다.

한편, 콘크리트는 500°C ~ 580°C의 가열에서 콘크리트 중의 유리알칼리성분인 수산화칼슘(Ca(OH)₂)이 열분해하여 알칼리성을 소실해 가는 화학적 피해를 입는다. 이러한 현상에 따라 철근을 방식하는 능력은 저감하여 철근 콘크리트 구조물의 내구성이 현저하게 소실된다.

콘크리트 부재는 화재초기에 표면부 콘크리트의 박락을 발생시켜 철근을 노출시킴으로서 특이한 파괴현상을 일으키는 데 이를 콘크리트의 폭열이라 부른다. 폭열의 주원인은 ① 온도상승에 따른 콘크리트 중 골재자체의 화학적 성질의 변화, ② 콘크리트 중의 모세간극 내의 자유수 수증기압의 증대, ③ 가열에 의한 시멘트 페이스트

부와 골재의 상반된 거동, ④ 콘크리트 내부와 철근간의 동일하지 않은 팽창으로 인하여 발생하는 구속응력의 증대, ⑤ 콘크리트 내부에 대한 승온속도의 다른 점 등에 따라 발생하는 내부열응력의 증대 등이 다. 특히 골재의 성질에 기인하는 경우가 크다. 폭열에 의해 파손된 철근 콘크리트 기둥부재 및 슬래브부재의 상황을 <사진 2>와 <사진 3>에 나타낸다.

3. 화재의 조사

일반적으로 철근 콘크리트 구조물은 내화성이 우수하여 화재에 의한 피해가 다른 구조물에 비하여 작다고 알려져 있다. 그러나, 화재의 정도에 따라 대규모의 보수·보강을 부득이하게 실시해야 하는 경우도 있으며, 화재 피해의 정도가 작다면 국부적, 소규모의 보수정도에 그치는 수도 있다. 그러므로, 화재를 입은 RC 구조물

의 재사용 여부는 중요한 사회적 문제이다. 피해 후의 재사용이나 보수·보강을 검토하는 데 있어 부재내부의 콘크리트와 철근의 수열온도를 추정하여 각 부재의 피해정도를 정확히 진단하는 일이 중요하다.

조사는 육안조사를 주로 하는 1차 조사와 재료시험 혹은 구조시험에 의한 2차 조사로 나누어 실시하는 것이 일반적이며 조사항목을 <표 1>에 나타낸다. 화재조사·진단은 분쟁·보험 등에 관련한 조사로 실시하는 경우가 많으며 대부분 특수한 조사를 위해 전문가에게 조사·진단을 위임한다.

3.1 1차 조사

육안관찰로 가능한 외관상의 피해상황을 관찰하고 화재상황을 조사한다. RC 구조물이 화재를 입은 경우, 외관상의 피해로는 보나 상판의 휨, 균열(<사진 4>), 콘크리트의 결손(들뜸·박리)(<사진 5>) 등이 있다.

이는 가열에 의한 부재의 강도와 강성의 저하, 화재 시에 발생하는 열응력, 혹은 폭열(<사진 6>)으로부터 기인한다. 또한 콘크리트 표면의 변색상황으로부터 콘크리트 표면의 수열온도를 추정할 수 있다(<표 2>, <사진 4> 및 <사진 6>). 관찰결과로부터 화재 개소에서의 표면 수열온도 분포를 개략추정하고, 상세한 조사대상 부위의 범위를 선정한다.

<표 3>에 나타난 화재판정기준을 참고하여 각 부재이 피해도를 경미한 순에서

표 1. RC조의 화재조사항목

조사수단	조사항목	화재상황	콘크리트			철근의 역학적 성질	부재	
			압축강도	영계수	수열온도		내력	강성
육안관찰(균열, 깊이, 변형, 박락, 폭열 등)	콘크리트 변색상황	○			○			
	중성화깊이의 측정				◎*			
	슈미트해머에 의한 압축경도시험		◎					
	코어샘플에 의한 시험(압축)		◎					
	(영계수)			◎				
	철근의 인장시험					◎		
	재하시험						◎	
	진동시험							◎

○ : 1차 조사, ◎ : 2차 조사, * : 500°C 이상의 추정이 가능

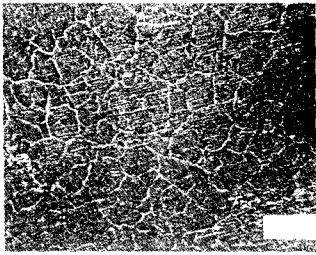


사진 4. 상판하면의 균열현상

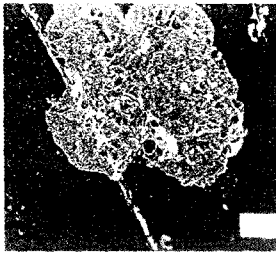


사진 5. 보 각부의 폭열현상

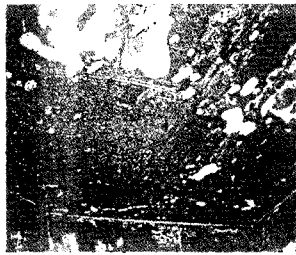


사진 6. 상판 하면부의 박리현상

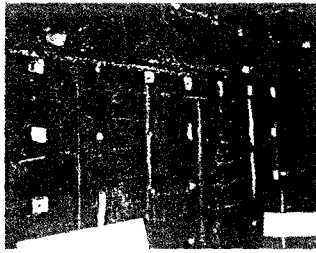


사진 7. 벽표면 그을음 부착 현상

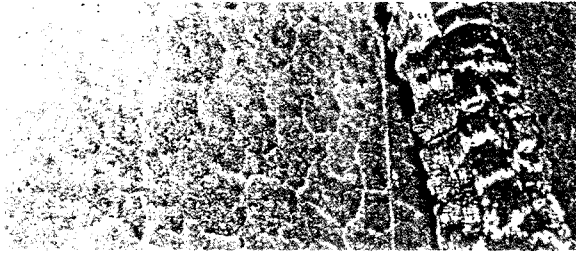


사진 8. 콘크리트표면의 변색현상

표 2. 콘크리트의 변색상황과 수열온도의 관계

변색상황	온도범위
그을음 등이 부착	300 미만
핑크색	300 ~ 600
회백색	600 ~ 950
담황색	950 ~ 1,200
용융상태	1,200 이상

표 3. 피해등급과 화재형태

피해 등급	형태
I 급	· 무피해의 상태
	① 피해가 전혀 없다. ② 마감재료 등이 남아 있다.
II 급	· 마감재 부분에 피해가 있는 형태
	① 구체에 그을음이 부착
	② 콘크리트 표면의 수열온도가 500°C 이하
III 급	③ 상판, 보의 박리가 약간 있다.
	· 철근 위치에 도달하지 않은 피해
	① 미세한 균열
	② 피복 콘크리트의 수열온도가 500°C를 초과 (부근위치까지는 500°C 이하)
	③ 기둥의 폭열이 약간 있다.
IV 급	· 주근의 부착이 문제가 있는 상태
	① 표면에 수 mm 폭의 균열
	② 철근의 일부 노출
V 급	· 주근이 좌굴 등의 실질적 피해가 있는 상태
	① 구조부재로서의 손상이 크다.
	② 폭열의 범위가 크다.
	③ 철근 노출이 크다.
	④ 휨이 두드러진다.

무거운 순으로, 피해등급 I 부터 V의 5등급으로 크게 나누어 평가한다. 또한 관찰에 있어서는 다음과 같은 점에 주안점을 두도록 한다.

- ① 콘크리트의 변색
- ② 폭열이 유무, 크기, 깊이
- ③ 균열의 유무, 폭 및 깊이
- ④ 들뜸이나 박리의 유무
- ⑤ 부재의 휨이나 변형
- ⑥ 철근의 상태
- ⑦ 기타

3.2 2차 조사

1차 조사를 기본으로 하여 피해규모와 경제성·효과를 고려하여 2차 조사를 행하고 1차 조사의 등급별 적부를 판단할 자료를 얻게 된다.

(1) 1차 조사 실시후, 피해등급 I 급(무피해) 이외의 경우는 간단한 조사로서 재료시험을 실시한다.

재료시험에는 반발경도시험, 중성화시험, 콘크리트·코어 및 철근의 채취시험 등이 있으며 또한 구조시험으로는 재하시험, 진동시험 등이 사용되고 있다. 이 중에서 콘크리트·코어의 채취시험은 가능한

최소로 실시하도록 하며 철근에 어떠한 이상이 있다고 판단되는 경우에는 철근의 채취시험을 행한다. 이러한 재료시험의 대상이 구조부재인 경우로서 엄밀한 판단이 필요한 경우에만 진동시험을 행하며, 재하시험을 행해야 하는 부재를 선정한다. 콘크리트의 안전한계로 생각되는 온도, 500°C의 깊이를 조사할 필요가 있는 경우에는 수열온도를 추정한다.

(2) 피해등급이 II 급 보다 상위인지 하위인지 그 판단이 곤란한 경우는 상세조사(콘크리트·코어채취시험, 콘크리트의 수열온도추정 등)를 실시한다. 콘크리트의 고온시의 압축강도 및 탄성계수(그림 1), (그림 2)와 압축강도 및 탄성계수의 자연회복(그림 3), (그림 4)에서 살펴본 바와 같이 냉각 후 충분한 시간이 지나면 500°C까지의 가열온도라면 약 90%까지 강도를 회복할 수 있다. 따라서 콘크리트를 재사용할 수 있는 안전한계온도는 강도의 2/3를 확보할 수 있는 500°C로 판단하는 것이 바람직하다.

또한 철근의 고온시의 강도특성(가열 중 및 가열 후)은 (그림 5)에, 강재의 탄성계수비 및 항복응력도비(상온시에 대한 고온시의 비)는 (그림 6)에 나타난 바와 같다. 철근의 가열온도 역시 500°C라면 냉각 후 강도를 거의 회복한다. 이러한 결과로부터 JIS A 1304 「건축구조부분의 내화시험방법」에 의해 500°C를 철근과 콘크리트의 안전한계온도로 판단하는 것이 적당하다. 콘크리트의 안전한계온도라 판단할 수 있는 온도 500°C의 깊이를 조사하여 피해등급 III ~ V 급(보수가 필요한 등급)으로 분류한다. 이와 같은 상세조사로 콘크리트 혹은 철근의 온도추정은 화재진단에 있어 중요한 의미를 가진다. 콘크리트의 변색 등으로 수열온도를 추정할 수 없는 경우는 채취시험을 통하여 콘크리트 및 철근의 강도 등을 직접 조사하여 안전성을 평가한다.

(3) 피해등급 IV 급 또는 V 급의 구별이

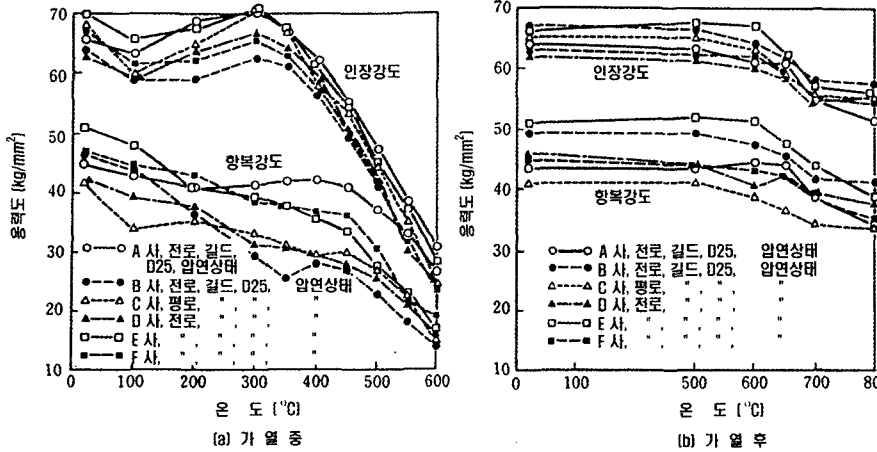


그림 5. 철근(SD 40)의 고온시의 강도특성

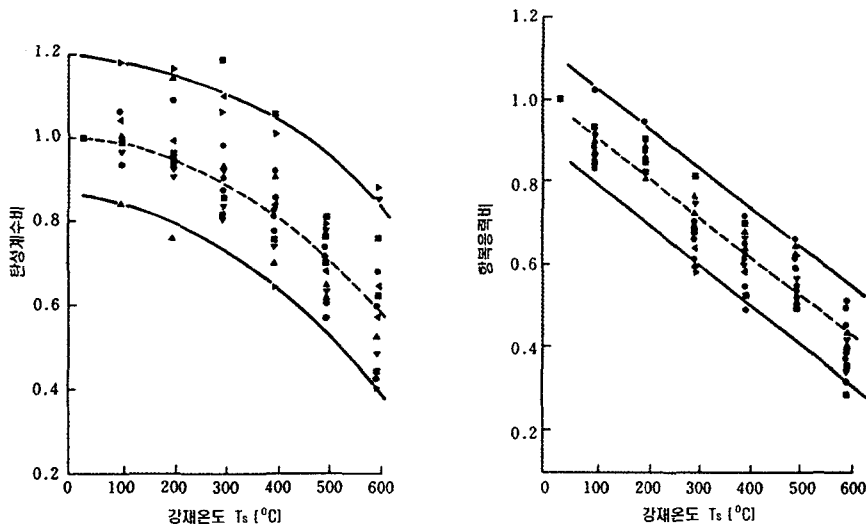


그림 6. 강재 (SS 41)의 탄성계수비 및 항복응력도비

표 4. 피해등급과 재사용의 판정

피해등급	판정
I 급	보수의 필요가 없음(내장 등, 콘크리트 이외의 마감재부분 교환)
II 급	보수의 필요가 없음(콘크리트 표면세척)
III 급	보수(표층으로부터 피복 콘크리트 부분까지 타설)
IV 급	보강(부재로서의 보강)
V 급	부재의 교환 또는 새로운 부재의 설치

관란한 경우 다시 상세조사(진동시험 및 재하시험)를 실시하여 피해등급이 IV급인지 V급인지를 판단한다.

(가) 슈미트햄머에 의한 반발경도시험
화재부분의 강도가 설계기준강도이상, 혹은 건전부분과 비교하여 동일 이상인지, 어떤지를 조사한다.

(나) 중성화시험

콘크리트 표면을 치핑하여 중성화시험을 행하고 화재부분이 건전부분과 비교하여 깊이 진행해 있는지, 어떤지를 조사한다.

(다) 콘크리트·코어의 채취시험
부재로부터 채취한 콘크리트·코어를 이용하여 압축시험을 행하여 압축강도를 구한다. 부재의 강성을 구할 필요가 있는 경우에는 영계수를 구한다. 압축강도시험 후의 코어를 이용하여 중성화깊이를 측정

한다.

(라) 철근의 인발시험

부재로부터 철근을 채취하여 철근의 인장시험을 행하고 역학적 특성(항복점, 인장강도 및 신율 등)을 구한다. 조사방법은 다음과 같은 순서에 따라 진행한다.

- ① JIS Z 2201 「금속재료인장시험편」에 따라 철근을 채취한다.
- ② 채취한 샘플이 인장강도시험편으로 가공이 가능한지 어떤지 확인후 가공한다.
- ③ 인장강도시험은 JIS Z 2241 「금속재료인장시험방법」에 따른다.

(마) 진동시험

진동시험에 의해 슬래브나 보의 고유진동수, 진폭, 모드, 감쇠 등을 조사하여 슬래브나 보의 일체성 및 지지조건을 검토한다. 그 방식은 기진기에 의한 강제진동방식과 모래주머니나 충격시험장치에 의한 충격진동방식이 있다.

(바) 재하시험

슬래브나 보의 재하시험 방법은 JASS 5에 규정되어 있으며 장기의 설계분포하중에 의한 A법과 집중하중에 의한 B법이 있으며, A법이 실상에서 즉시 행할 수 있어 보다 바람직하다. A법으로 시멘트 주머니, 인고트, 모래 및 물 등을 재하여 재하에 따라 발생하는 최대변형과 잔류변형(하중 제거 1시간 후에 잔류하고 있는 변형)을 측정한다. B법은 오일자키로 재하여 예정하중(설계하중의 2배)에 도달한 시에 즉시 재하하며 최대변형과 재하 후의 잔류변형을 측정한다.

(사) 수열온도의 추정

(a) X선 회절

콘크리트를 X선 회절하여 결정형의 변화로부터 수열온도를 추정하며 결정형의 미소한 변화도 분석할 필요가 있다.

(b) 시차열 천칭분석(DTA·TGA)

표 5. 화재에 대한 보수대책의 원칙

열화상태	열화현상	대책의 원칙
콘크리트의 변색·균열	가열 온도변화에 따라 변색 및 균열이 발생	<ul style="list-style-type: none"> · 화재의 경우 대책으로는 보강을 전제로 해야하며 표층의 화재에 의한 피해만인 경우는 보수대책을 선정한다. · 취약화된 콘크리트는 제거한다.(강도 및 탄성계수의 저하) · 내부 강재 위치의 콘크리트가 중성화 된 경우에도 제거한다. · 콘크리트의 가열온도가 200 °C를 초과하면 품질저하가 지속되고 500 °C에 이르면 1/2까지 현저하게 저하된다. · 콘크리트의 가열온도가 100 ~ 200 °C를 초과하는 경우 철근부착강도의 저하가 크다. · 일반적으로 철근 콘크리트 구조물의 화재의 경우에는 내부 강재의 가열 변질 이전에 콘크리트 자체의 열화가 발생한다. · 내부 강재의 가열온도가 500 ~ 600 °C 이하의 경우는 강재의 변질은 발생하지 않는다고 말할 수 있다.
콘크리트의 폭열 및 폭열	고온가열에 따라 취약화하여 박락 및 내부에 발생한 수증기압에 의해 폭열 발생	
콘크리트 강도 저하 및 중성화	가열에 의해 시멘트 경화체가 변질되고 강도저하 및 중성화 발생	
내부 강재의 연화	가열의 의해 변질되고 내부 철근 및 PC 강재는 연화	

표 6. 화재에 대한 보수·보강공법의 선정

표구성능	경도의 열화		중도의 열화		중도의 열화		손괴	
	적용성	공법	적용성	공법	적용성	공법	적용성	공법
미관회복	◎	표면피복 : 멘트계도포제, 모르타르계재료, 도장재, 라이닝재에 의한 열화표면개수	○	표면피복 : 시멘트계 도포제, 모르타르계재료, 도장재, 라이닝재에 의한 열화표면개수			-	-
열화인자의 차단	○	표면피복 : 콘크리트 중의 열화외력의 침입을 차단. 미관회복을 겸하는 것도 있음	◎	표면피복 : 콘크리트 중의 열화외력의 침입을 차단. 미관회복을 겸하는 것도 있음			-	-
열화인자의 제거(열화한 부분을 제거)	△	단면복구 : 콘크리트 열화부를 떼어 내거나 연마에 의해 제거. 표면피복전의 전처리와 겸하여 행하는 경우가 있다.	◎	단면복구 : 콘크리트 중의 열화부를 제거	◎	단면복구 : 콘크리트 중의 열화부를 제거		-
내하력 변형 성능을 제거		-	○	보강 : 강관접착, 탄소시트접착, 부재증설	◎	보강 : 강관접착, 탄소시트접착, 부재증설, 부재갱신	◎	보강 : 부재증설, 부재갱신
공법선정의 원칙		<ul style="list-style-type: none"> · 표면에 화재를 받은 정도이다. · 표면변색 등의 미관회복을 목적으로 표면피복을 실시한다. · 중성화 진행 및 철근부식의 억제에 위해 표면피복에 의해 연화인자를 차단하는 것도 있다. · 표면 피복처리와 겸하여 실시하는 경우도 있다. 제거 두께가 얇기 때문에 단면복구에는 모르타르 등을 이용한다. 		<ul style="list-style-type: none"> · 화재에 따른 열화가 철근 위치까지 도달하지 않는 정도. · 표면의 변색 및 균열이 발생하고 콘크리트의 취약화도 표층에 발생하는 경우가 있다. · 콘크리트의 열화 정도에 따라 표면피복, 단면복구를 선정한다. 경우에 따라 보강도 실시한다. · 열화부재의 연속사용을 전제로 한 내구성 확보를 목적으로 대책을 실시한다. · 제거 두께가 얇기 때문에 단면복구에는 모르타르 등을 이용한다. 		<ul style="list-style-type: none"> · 화재에 의한 열화가 철근 위치를 초과하여 내부까지 도달한 상태. · 표층 콘크리트는 고온에 의해 폭열하여 취약화 되어 있다. · 철근에는 고온이력에 따른 열화는 발생하지 않고 있다. · 콘크리트에 폭열이 발생하고 있다. · 열화부재의 연속사용을 전제로 한 내구성 확보 또는 구조적인 보강대책을 실시한다. · 제거 두께가 비교적 두껍기 때문에 단면복구에는 콘크리트도 이용할 수 있다. 		<ul style="list-style-type: none"> · 상당히 내부까지 화재에 의한 열화가 진행되어 있는 상태. · 배근외주의 콘크리트는 취약화 되고 내부 콘크리트에도 취약화가 보여진다. · 콘크리트에 폭열이 발생하고 있다. · 철근에는 온도이력에 따른 연화가 발생하고 있다. · 열화부재에 대한 보강을 실시해도 효과가 없는 경우에는 부재 증설 및 새로운 부재 갱신에 의한 구조적인 보강대책을 실시한다.

(주) 기호는 다음과 같은 의미를 나타낸다.

◎ : 주공법으로서 적용해야할 공법, ○ : 주공법 다음으로 적용성이 높은 공법, △ : 구조물의 열화상황 등에 따라 적용을 검토해야 하는 공법

사전에 모르타르를 가열하여 증량감소·흡발열변화를 측정하여 자유수나 결정수의 탈수, SiO₂의 변화형태, 탄산가스의 방출변화 등을 조사하여 화재를 입은 콘크리트와 비교하여 수열온도를 추정한다. 화재를 입은 건물의 경우, 방수 등에 의한

수분의 영향이 있으므로 부착수 등의 유무로부터는 추정이 불가능하지만 고온역에서의 CO₂ 방출 등의 열분해로부터 추정이 가능하다.

(4) 재사용의 판정

재사용에 대한 판정은 다음과 같다. 기본적으로 피해등급 I 및 II의 경우에는 보수를 필요로 하지 않는다. 또한 피해등급 III의 경우에는 보수를 필요로 하며, IV는 보강, V는 부재교환을 필요로 한다. 전체적으로 <표 4>에 나타내는 기준에 따라 판

정하는 것이 바람직하다.

4. 화재에 대한 보수·보강공법의 선정

철근 콘크리트 구조물은 내화성에 우수하며, 화재에 의해서 급격하게 파괴·변형이 발생되지 않는 것으로 알려져 있다. 또한, 철근 콘크리트 구조물이 내화성을 가지고 있어 목조나 철골조에 비해 화재에 의한 구조물의 영향이 비교적 작기 때문에 보수·보강에 의해 재사용도 가능하다.

〈표 5〉는 화재에 의해서 발생한 열화에 대한 보수대책의 원칙을 나타낸 것으로서 화재에 의한 열화는 비교적 심각한 경우가 많고, 부재내력도 저하하게 되며 콘크리트의 변색이나 균열 등의 표면적인 열화도 발생하기 때문에 '미관 회복', '내구성 확보', '내력 회복'을 목표로 하여 대책이 이루어진다. 이들 열화현상은 단기간에 급격하게 발생한 피해이고 비교적 심각하기 때문에 우선 안전성 측면에서의 '응급', '잠정' 조치를 신속하게 실시할 필요가 있다. 그 이후에는 열화정도에 따라서 '연명', '항구'의 대책을 취하게 된다. 또한 〈표 6〉에는 화재에 의해서 발생한 열화에 대한 보수·보강공법의 선정원칙을 나타낸 것이다.

철근 콘크리트 구조물은 콘크리트와 철근으로 이루어진 구조물로서 화재에 의해

발생되는 이들 양 재료에 대한 피해를 검토할 필요가 있다. 화재에 의해 콘크리트가 고온에 놓여 발생된 열화는 변색, 균열, 폭열에 의한 콘크리트의 박리 및 역학적 특성의 저하가 있다.

일반적으로 200°C를 초과하면 품질저하가 진행되고 500°C로 되면 압축강도가 1/2 이하로 저하된다. 탄성계수는 강도보다 저하가 크게 되며 철근과의 부착강도는 더욱 현저하게 저하된다. 이에 따라 500°C에 도달하지 않은 경우에는 콘크리트의 재사용이 가능하다는 보고도 있다.

또한 화재에 의한 온도이력이나 역학적 특성을 시험하고 열화정도를 조사하여 보수대책을 설정하게 되지만 화재의 경우에는 심각한 경우가 많기 때문에 그 대책으로서 보강을 실시하는 것이 전제로 고려해야 한다. 단, 피해가 작고 표층만 균열이나 박리가 보이면 보수에 의한 대책도 가능하다.

한편, 강재에 대한 고온가열의 영향은 콘크리트에 비해 작고 500~600°C 이하이면 상온냉각 후에는 고온에 의한 영향이 없다는 보고도 있다. 그 이상의 고온으로 되면 인장강도나 항복점 등의 역학적 특성 저하가 발생하게 된다. 따라서, 화재에 의해 강재의 열화가 문제로 되는 경우에는 해당 부재나 개소의 내력저하가 현저하므로 보강 또는 부재의 교체 등의 대책

을 세우는 것이 좋다.

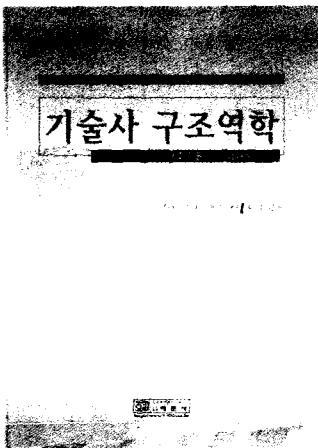
5. 결 론

외국의 기준에 비하여 국내의 기준에는 철근 콘크리트 부재에 대한 규정이 극히 미비하며 연구진행도 거의 전무하여 이에 대한 연구가 시급한 실정이다.

이를 위해서는 먼저 기초적인 재료실험을 통하여 보통강도 및 고강도 콘크리트의 가열 시 및 가열 후 콘크리트 및 철근의 잔존강도와 변형률에 미치는 영향을 파악하고, 실제 화재 시에 있어 구조물의 거동과 화재 후 부재의 잔존내력을 보다 정확히 평가하고 화재를 입은 구조물의 안전성 검토를 통하여 재사용 여부의 판단, 재사용을 위한 보수를 실시하여 구조적 거동을 평가함으로써 보수 후 거동을 평가하는 시스템이 확립되어야 한다. 이러한 연구를 기초로 철근 콘크리트 구조물에 대한 내화 성능의 합리적인 평가 방법과 화재 시 및 화재 후 거동을 평가할 수 있는 해석적·합리적 기법을 확립해야 할 것이다. □

인용문헌

1. 일본콘크리트공학협회, 콘크리트진단기술, 2001.



책소개-기술사 구조역학

- 저 자 : 이수관
- 출판일 : 2002년 2월 27일
- 판 형 : A4
- ISBN : 89-8254-229-9

- 출판사 : 도서출판 예문사
- 페이지 : 525쪽
- 정 가 : 30,000원

◆ 소 개

제1장 정정구조물에서부터 제12장 구조물의 동적해석까지 총 12장에 걸쳐서 각 단원마다 기본사항과 기출문제가 제시되어 있다. 문제를 하나씩 풀어나가다 보면 자연스럽게 기출문제를 익히는 것뿐만 아니라 문제에서 요구는 요구사항이나 답안 작성요령 등도 자연스럽게 익힐 수 있을 것이다.