

—コンクリートの受熱影響と出火箇所—

一、概要

東京の火災の特徴は、端的に言えば耐火構造の建物火災が増加していることとす。約二〇年前の昭和四五年を一〇〇とすると、耐火建物火災は一八六と約二倍近い増加で一番多く、焼損床面積に占める割合も当時の四・四%から、九・三%の四三・五〇%となつていきます(平成四年の統計)。

しかし、これら耐火建物火災であつても出火箇所の判定方法は、建具材などの木材を手がかりとし、焼損の強弱を比較検討する場合があります。それは、コンクリート材などの「不燃材」では受熱による影響を比較すること

が難しいためです。このため、ホテルニュージャパンの火災や世田谷電話ケーブル洞道火災などのように広範囲に焼損した場合などでは、出火箇所を判定する材料が極端に限定されてしまいました。

火災調査では、出火箇所の判定が基本前提であり、ここから出火原因・延焼経路・避難・死傷者の行動・消防用設備・防火管理上の問題などが組み立てられます。

このようなことから、コンクリート材などの「不燃材」に着目して、出火箇所での強い燃焼力を受熱影響の強弱として表せる出火箇所判定のための試験方法を研究することとしました。

二、コンクリートの特徴

コンクリートは、セメント・水及び骨材を主要原料とし、これらを適当な割合に調合し、練り混ぜたものです。骨材は細骨材と粗骨材があり、細骨材が砂(川砂)のことで、粗骨材が砂利(碎石など)のことです。他に、混和剤として減水剤と空気量の調節としての空気連行剤を混入させました。

全体重量比では、セメント一五%、砂四〇%弱、砂利四〇%強と水を一〇%弱を含んで構成されています。硬化したコンクリートは、弾性・塑性、吸水・透水性、伝熱性、遮音性、耐久性、耐火性などの要件を備えるようにして

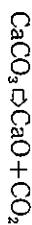
いますが、特に圧縮強度はJIS規格に基づき品質が要求されています。

このコンクリートの圧縮強度と、鉄筋の引張強度の両方の利点と、コンクリートの弱アルカリ性による鉄筋の腐食防止を生かしたのが鉄筋コンクリート造の建物です。

コンクリートは、内部に水(自由水と言ふ)を含み、化学的にはセメントの主要化学成分であるCaO(酸化カルシウム)系です。特にCa(OH)₂(水酸化カルシウム)と、CaCO₃(炭酸カルシウム)が熱により変化します。

コンクリートの火災時の物性的・化学的变化は様々な分野で研究されていますが、火災調査上の変化としては次のような変化が注目されます。

- ・コンクリート中の自由水が加熱(一〇五度)により放出される。
- ・コンクリート中のCa(OH)₂が分解する(五〇〇度〜五八〇度)。
- Ca(OH)₂・CaO+H₂O
- ・コンクリート中のCaCO₃が分解する(八二五度)。

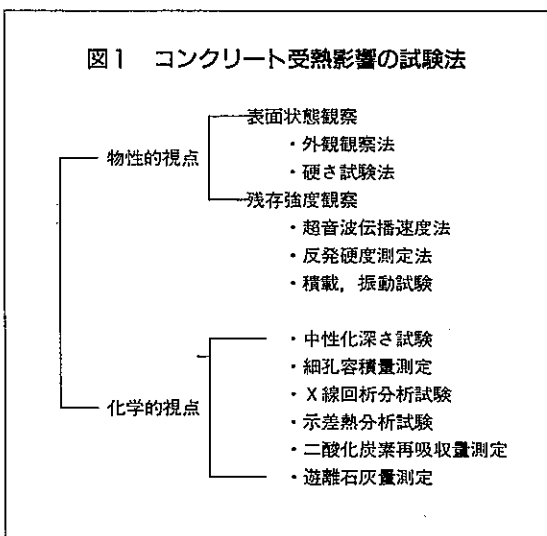


そして、これらの変化の中でセメントが弱アルカリ性から中性へと進行します。また組成的には、受熱により骨材とセメント質の熱収縮の違いにより、内部の接合面で剥離し、コンクリートの均質性が失われます。このため、コンクリート表面に微細なひび割れを生じさせます。

三、受熱影響をとらえる試験方法

コンクリートの持つ性質と火災による影響(火害)との関係から、図1のような様々な試験方法があります。この中でコンクリート表面から軽易な方法で測定が可能なものとして、外観観察法・硬さ試験法・超音波伝播速度法・反発硬度測定法・中性化深さ試験法があります。他は試験室の中で機器を用いて行う分析などになります。

図1 コンクリート受熱影響の試験法



これらの試験法は、建築構造材の分野で広範囲に研究されていますが、火災熱と放水を同時に受けて劣化するような火災時条件(火害)で研究したものは限られており、かつ原因調査上に活用する指針となるものがなかったことから、「セメント協会」に研究委託しました。

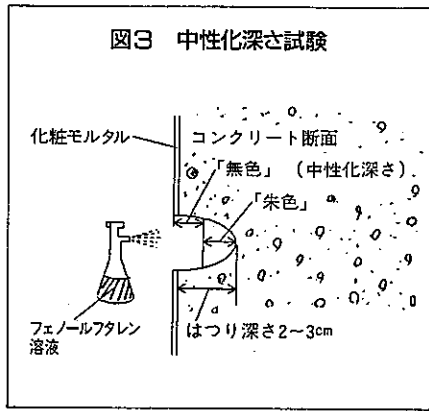
(一)、外観観察法
火災の環境下に置かれた物

は、その表面にすずが付着します。とくにコンクリートのような不燃材では、付着したすずの状態が観察対象にしやすいため、観察が容易です。また、受熱によるひび割れが表面に表れるので、外観観察の大きな手がかりとなります。従来から、これらの視点が、現場での出火箇所判定時の焼けの強弱として、経験的に活用されてきました。

これを実験的に立証したのが、次の図2の結果です。

図2 外観観察の実験結果

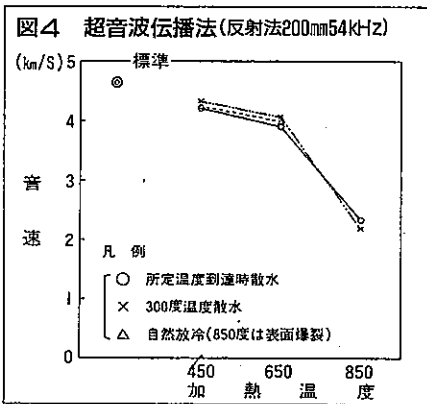
加熱温度	ひび割れ本数(10cm幅)	ひび割れ幅	すずの状態
450度	25~27本	0.03mm	灰色がかったすず
650度	16~19本	0.05mm	黒いすず
850度	10~12本	0.10mm	すずは無し



を用いて二〜三cmの深さにはつり、その表面の破片粉を取り除いた後にフェノールフタレン溶液を薄く噴霧します。「朱色」に変化した部分がアルカリ性で、「無色」のところは中性部分です。試験測定は、コンクリート表面から変色しなかった無色部分の深さをmm単位で測定し、測定点の深さの違いによってその部分が受けた熱影響の強弱を判定します。

(四)、超音波伝播法

コンクリートが、熱により劣化した



時の圧縮強度を超音波発振パルスにより検出。測定する方法を超音波伝播法と言います。

この場合の超音波測定機器は、石油タンクなどの金属材料の非破壊検査で用いられる高周波パルスと異なり、コンクリート内部の減衰や多重反射に適切できるように低周波パルスを発振する測定機器を用います。超音波伝播法は直接法と間接法があり、壁面に沿って同一面に発振器と受信器を並べて反射波(縦波)を受ける「間接法」を火災

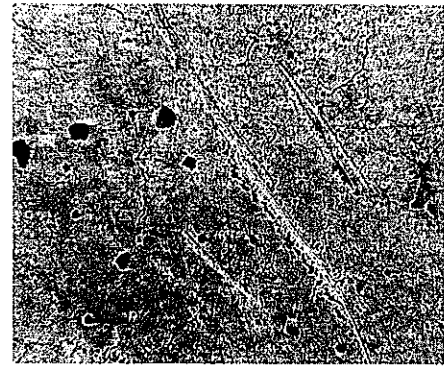


写真1 850度に加熱したコンクリート表面
モース硬さ計でのきざと表面のひび割れ状態

ス炉の中で加熱し、水で急冷した後観察したものです。

(二)、硬さ測定試験

コンクリートが高熱により、もろくなることを確認する試験です。厳密にはコンクリート片を切り取って、試験する「シヨア硬さ試験」がありますが、実用的な方法として、「モース硬さ計」による試験があります。これは、「モース硬さ計」(硬度一度滑石、二度石膏、三度方解石、一〇度金剛石)の一〇段階の鉱物試験片を用いて、引っかき

傷により、対象の硬さを判定するものです。コンクリートは、二度の石膏が最も適しています。

- ・四五〇度——無傷(コンクリート表面が硬く傷がつかない)
- ・六五〇度——浅傷
- ・八五〇度——深傷(表面がもろくなっている)

取り扱いが簡便で、判定しやすい方法であり、この「モース硬さ計二度」の石膏を各層に配布しています(写真1参照)。

(三)、中性化深さ試験

コンクリートは、弱アルカリ性ですので内部の鉄筋の腐食を抑制していますが、劣化してくると次第に中性化してきます。特に、六〇〇度近くになるとCa(OH)₂が中性化するため、火災時に受けた熱の影響の指針となります。

試験用品は、一%濃度のフェノールフタレンアルコール溶液(水一〇%を含む)・噴霧器・はつり用具・ノギスです。

試験方法は、図3のようにハンマー

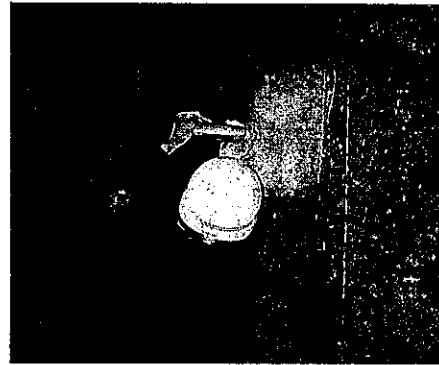


写真2 焼損した壁面の反発硬度をシュミットハンマーで計測している所

調査に用います。

超音波伝播法は、パルスの伝播時間を測定し、パルス速度を算出して、被測定物のコンクリートの劣化を判定します。

パルス速度 v 、走行距離 L 、伝播時間 t

図4は実験結果ですが、このように受熱温度の上昇に伴い、パルス速度が低下するという特性があり、測定点を受けた熱影響の強弱を判定する指針となります。

(五)、反発硬度法

超音波伝播法と同様に、熱により劣化した程度をコンクリートを強打した時の反発力により測定する方法です。

この方法は、点検ハンマーでコンクリート表面を打った時に、手に受ける感触でも推定できますが、計測結果の客観性を持たせるため、「シュミットハンマー」と言う名称の装置を用います。これは、ハンマー内の重錘の跳ね返り力を反発硬度 (K_{sp}/g) として計測する装置です。反発強度の計測結果の高低から、その部分が受けた熱影響の強弱を判定します。

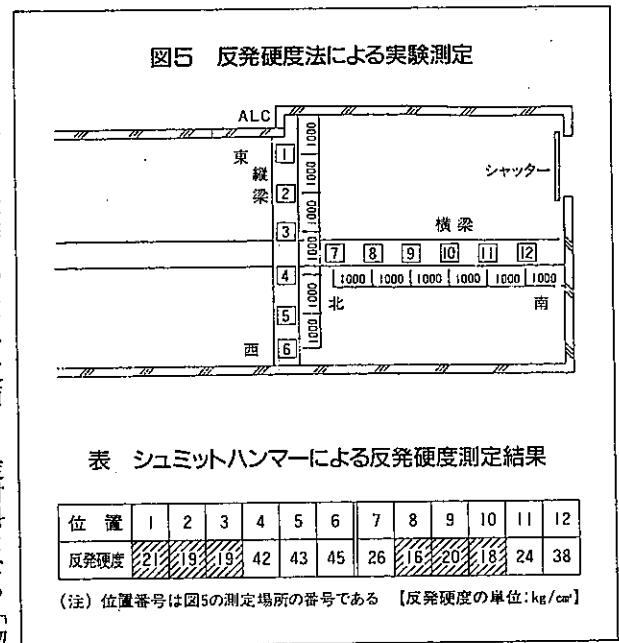
写真2がその測定風景です。

四、実察に出火箇所判定の要件とした事例

〔反発硬度法〕

鉄筋コンクリート造四階建ての倉庫の三階から出火し、六一六五㎡を焼損した火災で、三階中央部南側においてシュミットハンマーによる反発硬度法の試験を行いました。

測定場所は同じ構造条件を有する所



として、天井面の大梁について、東西方向六カ所、南北方向六カ所を測定しました(図5参照)。その結果は表のとおりです。

この結果によると、東西方向では、東側が西側に比べて著しく劣化しており、南北方向では、中央部がやや劣化

定材料となる「物」が非常に限られ、このコンクリート構造材の反発硬度法による受熱影響試験結果は有力な判定要件となりました。

(文責 北村)

強い傾向が見られます。この付近の収容物は全体に同じ程度置かれていたことから、受熱影響の強い範囲は東側の中央部付近となり、出火箇所をこの付近として判定しました。特に、この火災の場合、出火から鎮火まで約一〇〇時間を要し、かつ開口部の少ない建物内で焼損したため、出火箇所の判