

コンクリートの性状解明に対する化学的手法の適用例

喜田大三
中田禮嘉

概要

本報文では、コンクリートの性状を化学的手法によって解明した依頼調査の二、三例を紹介する。

本報文で取り扱った問題は、(1)コンクリート床上に堆積した塵埃の発生源の究明、(2)養生方法が異なるセメントペーストで造った供試体が示す強度変化の化学的解析、(3)被火災コンクリートの力学強度の鉱物学的裏付けなどである。

上記のような問題は、従来から行なわれている物理・力学試験では、または、これら試験だけでは解決することができなかったものである。しかし、化学試験を導入することによって解決することができた。

そして、本研究は、コンクリートの性状解明に、従来の物理・力学的手法以外に、化学的手法を適用することが非常に有効であることを指摘している。

1. コンクリート床上に堆積した塵埃の発生源の化学的究明

1.1. はじめに

大阪の某工場で竣工後まもないコンクリート床上に微細な塵埃が異常に多量堆積した。その塵埃は灰白色の微粉末であるため、床コンクリートの摩耗によって発生したものではないかと推定された。しかしながら、床コンクリートの材質には、力学的に全く異常が認められず、床コンクリートの摩耗のみによるとは考えられなかった。なぜなら、コンクリートの配合計画では圧縮強度 σ_{28} は 180kg/cm^2 であったのに対し、実測値は平均 227kg/cm^2 であった。一方、建物の環境から推察して、付近の土埃が飛来して堆積したのではないかと考えられた。

そこで、この塵埃の発生を防止する対策をたてるために、まず、塵埃の発生源を究明する必要性が生じた。本研究では、塵埃の成分を化学分析して、その発生源を究明した。ここに、その分析結果を報告する。

1.2. 試料

試料の採取は表一に示した三地点で行ない、そのおのおのが試料の種別を代表するものとして分析した。その際、JIS標準フルイ 53μ を通過したものを分析

試料とした。

1.3. 実験項目と方法

(1) X線分析 鉱物結晶に波長 λ の単色X線をあてたとき、X線回析の図上にはブラッグの式を満足する 2θ の位置に、一連の回析ピークが現われる。

$$\text{Bragg の式} \quad n\lambda = 2d\sin\theta$$

ここで、 n は $1, 2, \dots$ の整数、 d は結晶格子面隔、 θ は格子面に対するX線の入射角である。

さて、結晶鉱物の多くは、その構造がすでに明らかにされ、各鉱物に対する d 値が知られている。したがって、未知の試料についてX線回析を行ない、鉱物の d 値を求め、これを既知のものと同照することにより、鉱物名を決定することができる。

本分析では島津自記X線回析装置(GX-3B型)を使用し、測定条件は $\text{CuK}\alpha(\text{Ni})$ 、 40KV 、 20mA 、 $2^\circ/\text{分}$ 、 $T. C. 1.25\sim 5\text{sec.}$ 、 $F.S. 500\sim 2000\text{CPS.}$ 、 $D.S. 1.0\text{mm}$ 、 $S.S. 0.5\text{mm}$ 、 $R.S. 0.25\text{mm}$ であった。

(2) 電子顕微鏡観察 塵埃は非常に微細であるため、普通の光学顕微鏡で観察することができない。そこで、電子顕微鏡で観察した。

電子顕微鏡による観察は、電子線が磁場によって屈折する作用を利用した電子レンズを用いて、試料に電子線束を照射し通過した電子線を拡大結像したものを、肉眼観察または写真撮影することによって行なう。

本分析では、日本電子製スーパースコープ(JEM-30B型)を使用した。試料は懸濁法にて調製し、写真撮影は2000倍で行なった。

(3) 全カルシウムの定量 各種試料中の全カルシウムをJIS A5202-1962(ポルトランドセメントの化学分析法)に準じて定量し、酸化カルシウム(CaO)と

採取地点	試料の種別
1 F 南階段横	塵埃
2 F 中央エレベーター前	コンクリート
1 F 南側土間	土

表一 分析試料

して表示した。

1.4. 分析結果と考察

(1) 塵埃の発生源は、その生成環境から、床コンクリートの摩耗による場合と屋外の土が飛来した場合とのいずれかであると推察された。そこで、これら関係試料の鉱物組成をX線分析した。その結果、塵埃の発生源はこれら両方であると判定した。以下に、その判定経過を説明する。

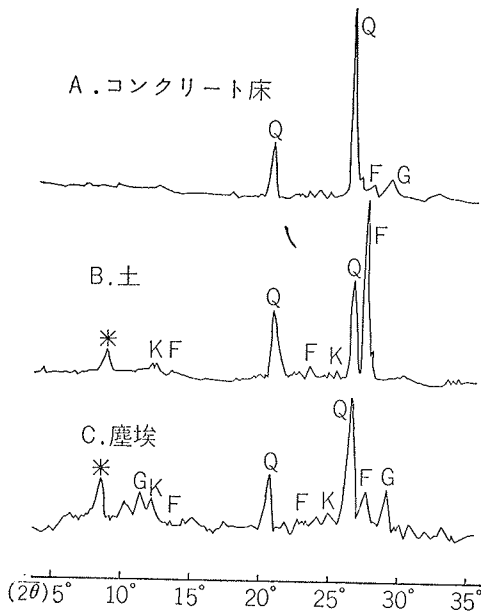
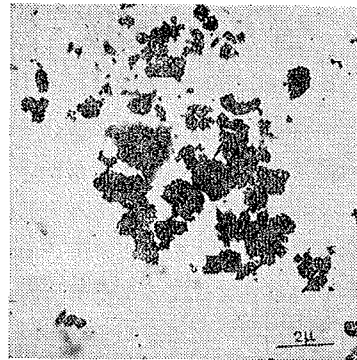


図-1 コンクリート、土および塵埃のX線回折曲線
 Q:石英, F:長石, G:石膏, K:カオリナイト, *:10Å鉱物

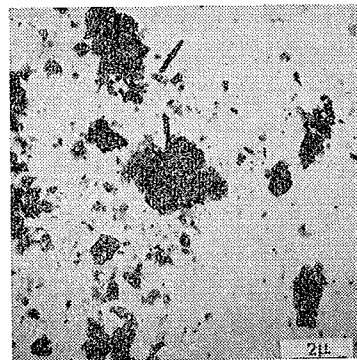
試料のX線回折曲線を図-1に示した。コンクリート(A)には一次鉱物の石英(Quartz)および長石(Feldspars)、セメント成分の一種である石膏(Gypsum)などが含まれている。また、土(B)には石英、長石の他に、コンクリートに含まれていない10Åの結晶鉱物(鉱物名不明)および二次鉱物のカオリナイト(Kaolinite)などが存在している。しかし、この土(B)には石膏は含まれていない。さて、塵埃(C)には、これらコンクリートおよび土に含まれている鉱物が混在している。したがって、塵埃はこれら両方に由来していると判断した。

さらに、電子顕微鏡観察によって、塵埃は土にも由来するという上述の判定結果を確認することができた。すなわち図-2において、コンクリート粉末(A)は全て塊状粒子であり、一方、土(B)には塊状粒子の他に棒状粒子も存在している。また、塵埃(C)には、塊状粒子の他に、土にのみ存在している棒状粒子も混在している。

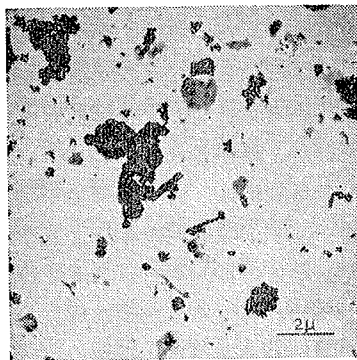
(2) 前節において、塵埃はコンクリート粉末および土粒子から構成されていると判定した。そこで、この



A コンクリート粉末



B 土



C 塵埃

図-2 電子顕微鏡写真

両成分の構成割合を化学分析によって推定した。その結果、塵埃の約60%は建物外部から飛来した土に、残り約40%は建物内部の床コンクリートに由来していると計算された。

さて、コンクリートおよび土のいずれにも含まれており、しかも、その含有量が著しく違う化学成分のうちカルシウムを分析し、以下の方法によって、その構成割合を算出した。

まず、試料の全カルシウム量(CaOとして表示)を定量し、その結果を表-2に示した。これらの分析値から次の計算を行なった。

$$\begin{cases} x+y=100 \\ \frac{1.9}{100}x+\frac{16.3}{100}y=7.5 \end{cases}$$

試料の種類別	全カルシウム量*
塵 埃	7.5%
コンクリート	16.3
土	1.9

* CaO として表示

表-2 全カルシウムの定量結果

ここで、xは塵埃を構成している土の割合(%), yはコンクリートの割合(%)である。

上式から、土の割合は61.1%, コンクリートの割合は38.9%であると算出された。

1.5. まとめ

竣工後まもない某工場のコンクリート床上に堆積した多量の塵埃の発生源を、化学的手法を用いて解明した。

塵埃の発生源は、その生成環境を考慮すると、建物内部の床コンクリートの摩耗による場合と建物外部の土が飛来した場合のいずれかであると推定されたので、これら関係試料を化学分析した。

その結果、塵埃の約60%が建物外部から飛来した土、残りの約40%が建物内部の床コンクリートの摩耗に基因していると判定した。

なお、この床コンクリートの摩耗の程度を他の床コンクリートの場合と比較しなかった。何故ならば、その摩耗の程度は種々の内的・外的要因によって影響を受けるからである。

2. 養生方法が異なる供試体の強度・収縮変化の化学的解析

—ある急硬セメントの場合—

2.1. はじめに

建築補助材料である急硬セメント Racofix (商品名)の材料試験を行なった。表-3の試験結果によれば、このセメントのペーストで造った供試体は、養生方法によって、その力学強度および収縮性が著しく異なっていた。

材 令	養生方法	曲げ強度	圧縮強度	収縮性
35 日	空 中	76.6 kg/cm ²	163.8 kg/cm ²	膨 脹
	水 中	105.7	272.0	収 縮

(注) 脇坂職員提供

表-3 力学試験結果

そこで、その原因を化学的に解明し、ここにその結果を報告する。

なお、脇坂達也職員に試料を提供され、かつ便宜を計っていただいた。記して謝意を表する。

2.2. 試料

試料はRacofixセメント(西独 R. Avenarius & Co. 製造)およびそのセメントペーストで造った供試体の粉末である。

供試体は次のようにして作成した。

セメントと水とを重量比で3:1の割合で混合し、90秒間手で練り混ぜ、モールド(4cm×4cm×16cm)で成型し、1時間後脱型した。さらに3ヶ月間、水中(20°C)または空中(20°C, RH65%)にて、それぞれ養生した。しかる後、それら供試体を53μ以下に粉砕して、化学分析に供した。

2.3. 実験項目と方法

(1) Racofixセメントの化学成分の分析 JIS R 5202-1962に準じた。

(2) X線分析 分析法の原理のあらまきは1・3(1)に前述した。本分析でも島津自記X線回折装置(GX-3B型)を使用した。測定条件はCuKα(Ni), 40KV, 20mA, 2°/分, T.C.10sec., D.S. 1.0mm, S.S. 0.5mm, R.S. 0.25mmであった。

(3) 示差熱分析 一般に、加熱による試料の状態変化を、加熱時の熱エネルギー変化として検知して、追跡する分析法を示差熱分析という。実際には、測定温度範囲内(室温~1500°C)で加熱変化を示さない物質と試料とを同一条件下で連続的に加熱し、その間の温度差を測定記録する。そして、記録された試料の吸熱あるいは発熱温度から鉱物を同定する。

本分析では、島津自記示差熱分析装置(DT-2A型)を使用した。測定条件は中性物質α-Al₂O₃, 雰囲気 大気中, C.S. 2min./div., 感度±25~100μV, 加熱温度10°C/min., 容器PR10であった。

(4) 加熱減量測定(熱天びん) 熱天びんを用いて、室温から600°Cまでの加熱条件における物質の重量変化を知り、脱水、結晶水の測定、分解生成段階による化合物の解析、加熱操作による混合物の定量、融点、沸点の決定などを行なう。

測定装置は(3)の場合と同じであるが、特殊な天びんが付属している。測定条件は中性物質α-Al₂O₃, 雰囲気 大気中, C.S.2min./div., 感度200~400mg, 加熱速度10°C/min., 容器PR10であった。

2.4. 分析結果と考察

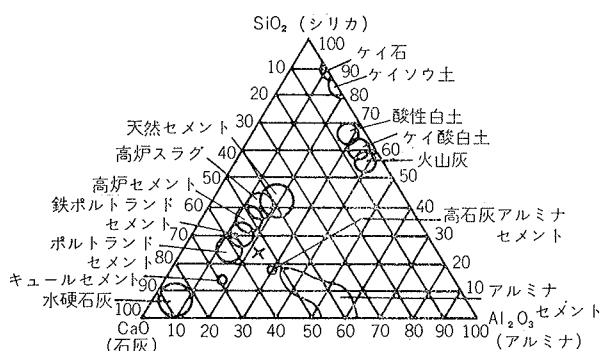
(1) Racofixセメントの化学成分の割合は、ポルトランドセメントとアルミナセメントとの中間に位置する。以下にその説明をする。

セメントの化学成分の分析結果を表-4に示した。さらに、図-3に示すように、この値をCaO-SiO₂-(Al₂O₃+Fe₂O₃)系無機物(窯業製品および天然品)

CaO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MgO	SO ₃	Na ₂ O	K ₂ O	S	強熱 減量	不溶 成分	Total
50.5	23.0	14.9	6.8	ナシ	1.7	0.3	0.5	tr.	2.2	12.0	99.9

(注) Total は不溶成分を除いた値で示した。

表一四 Racofixセメントの化学成分(%)



図一三 SiO₂-CaO-Al₂O₃ 系図中の Racofixセメントの位置

の化学組成の三角座標図上にプロットすると、Racofixセメントはポルトランドセメントとアルミナセメントとの中間に位置していた。なお、表一四に示すように Racofixセメントには不溶性成分が非常に多い。

(2) 後述の力学試験の結果によれば、Racofixセメントの早期強度はポルトランドセメントのそれよりも劣っているが、この現象は化学分析の結果からも推定された。以下にその説明をする。

比率または係数	ポルトランドセメントの限度 ¹⁾²⁾	Racofix ^{**}
水硬率(HM) $\frac{C}{S+A+F}$	1.7~2.4	1.1
珪酸率(SM) $\frac{S}{A+F}$	1.8~3.2	1.0
鉄率(IM) $\frac{A}{F}$	0.7~2.0	2.2
活動係数(AI) $\frac{S}{A}$	2.5~6.0	1.6
水硬係数(HI) $\frac{S+A}{C}$	0.42~0.48	0.75
石灰比(LR) $\frac{C}{S+A}$	<2.85	1.3
鉄礬土比(IAR) $\frac{F}{A}$	0.66~0.40	0.5

(注) C : CaO(%), S : SiO₂(%), A : Al₂O₃(%), F : Fe₂O₃(%)

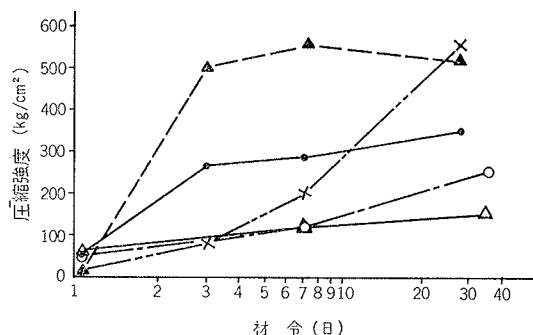
* または $HM = \frac{C - 0.7SO_3}{S + A + F}$ ¹⁾²⁾

** 表一四の化学成分(%)から算出

表一五 ポルトランドセメントおよびRacofixセメントの化学成分の各種比率と係数値

ポルトランドセメントの成分管理に使用している各種比率および係数を、Racofixセメントのそれと比較し、表一五に示した。

同表において、水硬率(H.M.)はセメントの早期強度を判定するのに使用され、この値が大きいほど強度が大であるといわれている。分析結果によれば、普通セメントの比率では約2.1、中庸熟セメントでは1.9~2.0、早強セメントでは約2.2であるのに反して、Racofixセメントのそれは1.1である。このことは、Racofixセメントの早期強度*が小さいことを推定させるものである。さて、ここで力学試験の結果を説明する。



図一四 各種供試体の材令と圧縮強度との関係

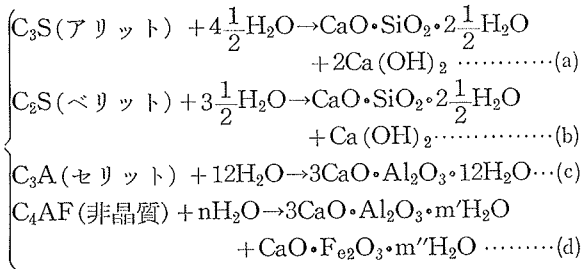
図一四にこれらセメントの力学試験の結果を示した。Racofixセメントの早期強度はポルトランドセメントよりも劣っている。この結果は上記の化学分析の結果とよく一致している。

しかし、図一四から明らかなように、Racofixセメントは他のセメントよりも初期強度(材令1日以内)が著しく大きい。したがって、本実験から、H.M.は早期強度(7~10日)の判定には有効であるけれども、初期強度の判定には使用できないと考察した。

(3) 水中養生の供試体は空中養生のそれよりも水和反応が早く進行し、その結果、以下に説明するように、その強度もまさっていることが判明した。

さて、セメントの硬化の化学変化はきわめて複雑であるが、セメントを構成する主成鉱物の化学反応は次の通りである。

*早期という期間は明確ではないが、通常、材令7~10日の範囲をさしているようである。



これらの変化はいずれも水和反応であるから、セメントの硬化には水が存在しなければならない。そして、この反応には遅速があり、(c)(d)式がもっとも早く主として1週までの強度の増進に関与する。また、(a)式は1~4週、(b)式は4週以後の強度に関連し、特に(b)式の水和反応はきわめて長年に及ぶことが知られている。

また、硬化したセメントペーストの圧縮強度と Ca(OH)₂ 生成量との間には、ほぼ変指数曲線の関係が存在し、Ca(OH)₂ 量が多いほど圧縮強度も大きいこ

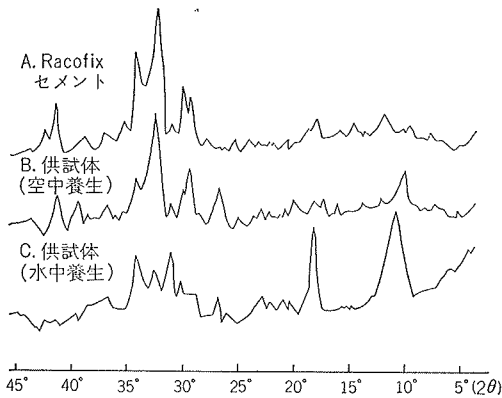


図-5 Racofix セメントおよび養生方法が異なる供試体のX線回折曲線

とがわかっているが

さて、試料のX線回折曲線を図-5に、また、その解析結果を表-6に示した。

すなわち、空中養生の供試体には、初期反応の生成鉱物 C₃A (CaSO₄)·12H₂O、セメントの中性化に伴って生成したCaCO₃、および未反応のクリンカー鉱物 C₂S が多量に存在する。ところが、水中養生の場合、初期、中期および終期生成物の C₃A (CaSO₄)·12H₂O、C₄A13H₂O および Ca(OH)₂ が多量に存在している。それに反して、水中養生の供試体には、空中養生に比して、未反応鉱物の C₂S 量が少なくなっている。

以上の結果から、水中養生の供試体では水和反応が早く進行し、その強度も増加すると判定した。一方、水中養生のそれに比して、空中養生の供試体では、水和反応が進行しにくく、その強度の増加も小さい。

また、図-6に各試料の示差熱曲線を示した。同図から水中養生の供試体中には、空中養生のそれに比し

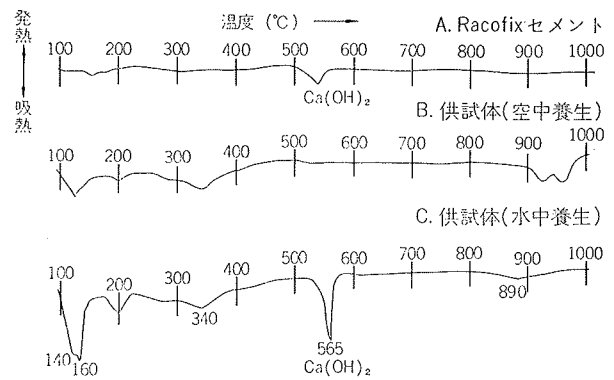


図-6 Racofix セメントおよび養生方法が異なる供試体の示差熱分析曲線

試料	鉱物		
	多量	少量	
Racofix Cement	C ₃ S, C ₂ S (C ₃ A)	C ₄ AF, Ca(OH) ₂ CaCO ₃ , CaSO ₄ ·2H 2CaSO ₄ ·H (SiO ₂)	
供試体	空中養生	C ₂ S C ₃ A·CaSO ₄ ·H ₁₂ CaCO ₃	C ₃ S, CaCO ₃ Ca(OH) ₂ , (α-)C ₄ AH ₁₃ C ₃ AH ₆ , C ₂ ASH ₈ 2CaSO ₄ ·H, CaSO ₄ ·2H SiO ₂
	水中養生	C ₃ A·CaSO ₄ ·H ₁₂ (α-)C ₄ AH ₁₃ Ca(OH) ₂	C ₂ S, CaCO ₃ C ₃ AH ₆ , C ₂ ASH ₈ C-S-H (I) (II) 2CaSO ₄ ·H, CaSO ₄ ·2H SiO ₂

(注) * 図-5参照, []は推定

表-6 Racofix セメントおよび養生方法の異なる供試体のX線分析結果*

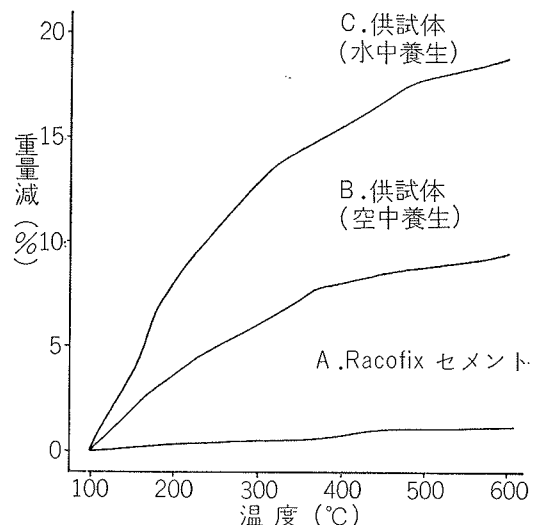


図-7 Racofix セメントおよび養生方法の異なる供試体の加熱重量減曲線

て、きわめて多量のCa(OH)₂が存在していることが判明した。この結果からも、水中養生の供試体の強度がまさっていることを組成的に実証できる。

また、図一7の加熱減量曲線から、水中養生のものに結晶水が多い。いかえれば、水和反応がより一層進んでいることが判明した。すなわち、100°C加熱乾燥時を基準とし、600°C加熱時の重量減を比較するならば、次のようになる。セメントの場合の減量は1.1%セメントペーストの空中養生の場合は9.5%であるが、水中養生の場合は18.9%ときわめて大きく減量した。

ところで、一般にセメントペースト、モルタルおよびコンクリートは硬化にもない収縮する。特に、空中養生では、その現象は顕著である。したがって、本試料のように空中養生で膨脹し、水中養生で収縮するということは全く特異である。しかしながら、生成鉱物と収縮性との関係は、現在の段階で明確にすることができなかった。

2.5. まとめ

Racofix (西独製、急硬セメントの1種)のペーストで造った、養生方法が異なる供試体の強度および収縮変化を化学的に解析し、次のことが判明した。

(1) Racofix セメントは、(SiO₂-CaO-Al₂O₃)系の化学組成において、ポルトランドセメントとアルミナセメントとの中間にプロットされた。また、水硬率(H.M)は1.1と低く、早期強度はポルトランドセメントよりも劣るといふ強度試験結果と一致した。

(2) X線分析および熱分析の結果から、水中養生の供試体は空中養生のものよりも強度が大きいのは、水和(硬化)反応がよりすみやかに進行したからであると判定した。

(3) 水和反応による生成鉱物と収縮・膨脹との関係は、現在の段階で明確にできなかった。

なお、本報告ではセメントの各種諸性質のうち、その一部を化学的に解析したに過ぎない。しかし、セメントペースト、モルタルまたはコンクリートの強度解析に、この種の化学的手段は非常に有効であることが判明した。

参考文献

- 1) 浜田：建築材料，丸善，(1964)
- 2) 中原，村山：セメント・石膏・石灰，日刊工業新聞(1959)
- 3) 江上：セメント読本，春秋社，(1962)
- 4) 高野：打込み温度がマッサコンクリートの強度に及ぼす影響の研究，土木学会論文集 26，(1955) 1

3. 被災建物のコンクリートの鉱物学的検討

3.1. はじめに

大阪市立某小学校々舎(鉄筋コンクリート造、竣工後約40年)は、昭和20年3月頃、戦災にあった。そして今回、同被災校舎の増築が計画され、まず、シュミット・テストハンマーによるコンクリート強度とフェノール溶液によるコンクリートの中性化の進行状況とが調査された。その調査によれば、コンクリート強度は平均230kg/cm²(補正係数を0.6とした場合、138kg/cm²となる)であり、また、中性化は約6cmまで進んでいることが判明した。これらの結果は、同校舎の被災程度はかなり大きく、建屋上部増築は無理であることを示唆している。さらに、これらの結果を裏付けるために、その火災で影響を受けたコンクリート内部の温度の推定と鉱物組成の変化を調査する必要があった。

そこで、鉱物分析から被災コンクリートを調査したところ、上述の力学試験結果を裏付けることができた。以下に、その解析の経過を報告する。

なお、建築本部工務部山本監職員から試料の提供を受けた。記して謝意を表する。

3.2. 試料

(1) 被災コンクリート 同校舎の被災部を代表する地点の梁の表面から約3cm内部のコンクリート片を採取し、これをメノウ乳鉢で粉砕し、JIS標準フルイ53μを通過したものを試料とした。

(2) 火災にあわないコンクリート (1)と比較のため、同校舎のうち被災しない場所の試料が必要であったが、種々の事情から、それは得られなかった。そこで、同校舎のコンクリートと材令がほぼ同じであるところの解体中の某ビルのコンクリート片を採取し、(1)と同じように処理したものを試料とした。

3.3. 実験項目と方法

(1) 示差熱分析 分析法の原理のあらましは2.3(3)に前述した。本分析でも島津自記示差熱分析装置(DT-2A型)を使用した。測定条件は、中性物質α-Al₂O₃、雰囲気 大気中、C.S. 1~2min./div.、感度±50μV 加熱速度10~20°C/min.、容器PR10であった。

(2) X線分析 分析法の原理のあらましは1.3(1)に前述した。そして、測定装置ならびに測定条件は2.3(2)と同じであった。

3.4. 分析結果と考察

セメントは前章2.4(3)で述べたような水和反応によって硬化し、その際、種々の鉱物が生成される。これら水和鉱物は、おのおの特徴ある物理・化学的諸

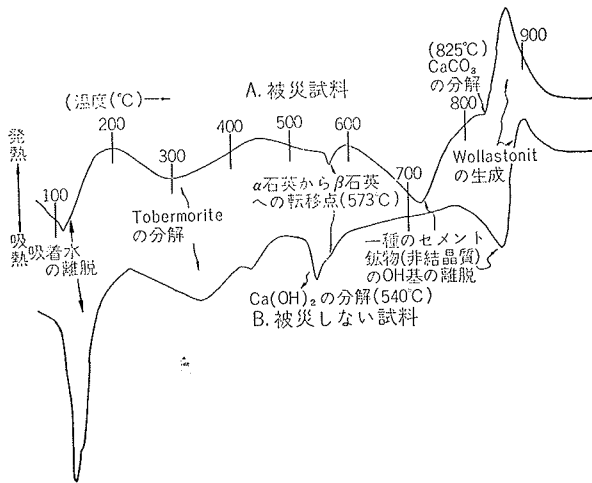


図-8 被災および被災していないコンクリートの示差熱分析曲線

性質、当然ながら熱的性質を有していることが、これまでの研究で明らかになっている。

そこで、これら鉱物の熱的特性に注目して示差熱分析を行なった結果、以下に述べるように、火災時の温度は540～650°C位であると推定された。

まずはじめに、被災試料を被災しない試料と比較して、鉱物変化ならびに被災温度を検討した。図-8に、これら試料の示差熱分析曲線を示した。同図の曲線Aは被災試料のものであり、曲線Bは被災しない試料のものである。曲線Bの形状は曲線Aのそれと類似しているが、曲線Bには540°C付近に曲線Aにみられない大きな吸熱ピークがある。これは水酸化カルシウムの分解によって生じたものである。水酸化カルシウムは、2.4に前述したように、セメントの水和反応によって必ず生成される。しかるに、被災試料の示差熱分析および後述のX線分析において、水酸化カルシウムが検知されないということは、その試料が中性化しているか、もしくは火災にあったかのいずれかである。ところが、本試料の採取状況からみて、自然的な中性化の影響は受けにくいと判断される。したがって、本試料は、被災時に、少なくとも540°C以上の熱的影響を受けたと推定した。

なお、100～150°Cの吸熱ピークは吸着水の離脱、300°C付近の幅広い吸熱ピークはセメント鉱物のトベルモライト・ゲルの分解、573°Cの吸熱ピークはα-石英からβ-石英への転移、720°Cおよび860°C付近の吸熱ピークはセメント鉱物（鉱物名不明）の分解、825°Cの吸熱ピークは炭酸カルシウムの分解、そして870°C付近の発熱ピークはボラストナイトの生成などによって生じたものである。

次に、被災試料を所定の温度に加熱し、被災温度を

検討した。

さて、耐火建築物の火災時の室温の時間的変化は、一般に次に示す4段階に分類される³⁾すなわち、点火後火勢が整わず室温も50°C内外を続けている時期（第1成長期）、火勢が整い室温が上昇する時期（第2成長期）、盛んに燃え続ける時期（最盛期）、室温が下降する時期（減衰期）などである。もちろん、室の形状、大きさや可燃物の有無などの諸条件によって、これら4つの時期のそれぞれの時間は異なるが、耐火建築物に関する室内試験によれば、最盛期の時間は10～15分間である。

そこで、被災試料が過去に受けた温度以内であれば、再び示差熱分析しても、一度完全に分解されてしまった鉱物は検知されないという仮定のもとに実験を行ない、図-9を得た。同図において、無処理試料にみられた700～800°Cの吸熱ピークは600°C処理で存在する

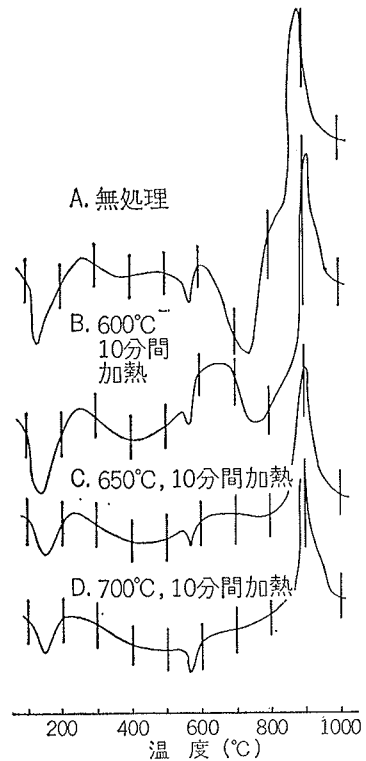


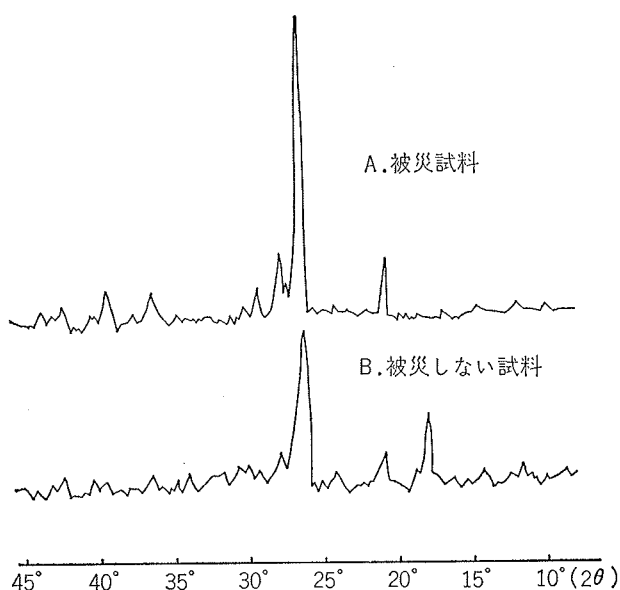
図-9 熱処理をした被災コンクリートの示差熱分析曲線

が、650°C処理で消滅した。したがって、被災試料は650°C以上の熱的影響を受けていないと推定した。

以上から、被災試料が影響を受けた温度は540～650°C位であると断定した。

さらに、被災コンクリートの力学強度がきわめて小さいことを鉱物組成から検討した。

前述のように、被災温度は540～650°Cであり、火災時に予期される発生温度としては比較的低温である。



図—10 被災および被災していないコンクリートのX線回折曲線

しかるに、X線分析の結果、コンクリートの強度を発生させるセメント鉱物の多くは分解されており、被災コンクリートは全く変質・劣化したものであることが判明した。以下に説明する。

X線回折曲線を図—10に示した。被災試料(曲線A)と火災にあわない試料(曲線B)との間に、それらの鉱物組成が非常に異なっていることが明らかである。すなわち、火災にあわない試料には、一次鉱物(骨材の主成分)である石英、長石以外に下記のようなセメント鉱物が含まれている。 $\text{Ca}(\text{OH})_2$, CaAl_2O_4 , α -, β - $2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$, $2\text{CaSO}_4\cdot\text{H}_2\text{O}$, $\text{CaSO}_4\cdot 2\text{H}_2\text{O}$, γCaSO_4 , $3\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot 6\text{H}_2\text{O}$, $\text{CaAl}_2(\text{OH})_8\cdot 6\text{H}_2\text{O}$, $3\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot 3\text{CaSO}_4\cdot 32\text{H}_2\text{O}$, $3\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot\text{CaSO}_4\cdot 12\text{H}_2\text{O}$, CaCO_3 , γCaCO_3 , $\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2\cdot\text{H}_2\text{O}$, $3\text{CaO}\cdot 2\text{SiO}_2\cdot 3\text{H}_2\text{O}$, $4\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot 13\text{H}_2\text{O}$, α -, β - $2\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot 8\text{H}_2\text{O}$, $\text{Ca}_2\text{Al}(\text{OH})_7\cdot 3\text{H}_2\text{O}$ など。しかし被災試料には、セメント鉱物のほとんどが含まれておらず、きわめて少量の CaCO_3 が存在するだけである。これは、セメント鉱物のほとんどがその火災で分解したからである。

3.5. まとめ

戦災にあった鉄筋コンクリート造りの建物においてその上部増築が計画され、まずコンクリートの強度および中性化の進行状況が調査された。その調査によれば、同建物の被災程度はかなり大きく、増築は無理であると考えられた。そこで、この見解をより明確にするために、本研究では、火災時のコンクリート内部の温度を推定し、さらに、鉱物組成の変化を調査した。その結果、その温度は540~650°C位であると推定する

ことができた。しかも、この温度は火災時の温度としては、比較的低いにもかかわらず、コンクリートの強度発現に關与するセメント鉱物のほとんどが分解されていた。これらの結果は、上述の強度試験の調査結果を裏付けるものである。

以上の調査結果を総合判断して、同建物の上部増築計画は中止となった。

なお、本研究で取り扱った建物と類似の耐火建築物について、その後、同様な調査を依頼され、増築・解体の決定に有益な助言を与えることができた。

参考文献

- 5) 防災年鑑：工業調査会，(1963)