

(株) 間組 技術研究所 正会員 喜多 達夫

" " " 新名 順一

" " " 正会員 前田 照信

1. まえがき

コンクリートの中性化深さの測定法であるフェノールフタレイン(以下P.Pと略す)法に対する試料の水分やサンプリングの影響を調べると同時に示差熱重量分析とP.P法との比較検討を行った。また、示差熱重量分析によって試料の深さ方向の水酸化カルシウムと炭酸カルシウムの定量分析を行い、中性化に伴うカルシウム塩の変化や移動について考察した。

2. 試験方法

試料は既設のコンクリート構造物からコアボーリングしたものをを用いた。P.P法の測定は常法通り1%メチルアルコール溶液を用いて行った。示差熱重量分析用の試料はコアを10mmごとにダイヤモンドカッターにて切断し、粉碎したのち、0.3mmのフルイを通過したものを真空デシケーター中で乾燥し、アルゴン封入したものとした。示差熱重量分析装置は真空理工製セミマクロ型5000-RHを用い、測定条件は試料量100mg、昇温速度15°C/minで行った。

3. 試験結果および考察

(1) P.P法に対する試料の影響について

湿潤した試料を割裂またはダイヤモンドカッターにて切断し、これにP.Pを吹付け発色域と表面水分との関係を測定し、示差熱重量分析の測定結果と比較した。この結果から湿潤状態では先に報告されている¹⁾ように中性化部分も発色することがあること、ダイヤモンドカッターによる切断は水酸化カルシウムが冷却水によって移動したり溶出すること等が確認された。

(2) P.P吹付け時期と発色の関係

ダイヤモンドカッターにて切断し、あるいは割裂した試料に放置時間を変えてP.Pを吹付け発色の程度を観察した。発色は試料の水分率に関係なく早期に吹付けたものが良好であることが認められた。

(3) 示差熱重量分析とP.P法との対比

コンクリートの中性化は式(I)、(II)で表わされるとされている。

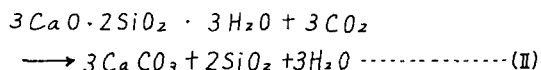
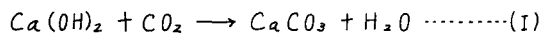


図1, 2に示差熱重量分析から求めたカルシウム塩の量および中性化が(I)式のみで進行すると仮定して炭酸カルシウムを水酸化カルシウム

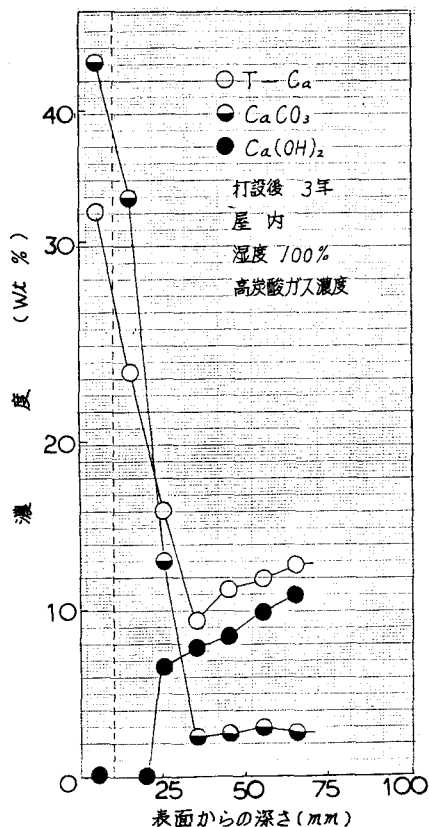


図-1 示差熱重量分析値(屋内,湿度100%)

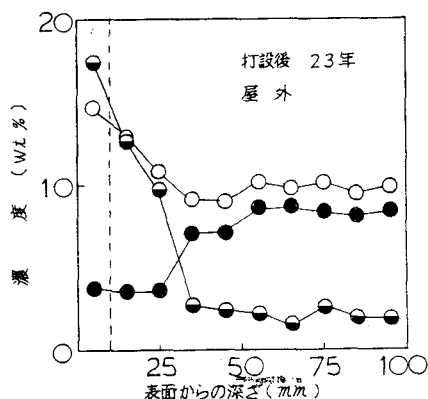


図-2 示差熱重量分析値(打設後23年,屋外)

ムに換算し、水酸化カルシウムの測定値との和を $T-Ca$ として表わした値を示した。また、P.P法での変色点を破線で示した。図から明らかなようにP.P法の変色点と示差熱重量分析の水酸化カルシウムの存在域とは概略一致した。図-1に示すように示差熱重量分析で水酸化カルシウムが確認されているのにP.Pが発色しない理由は水酸化カルシウムが不溶性の炭酸カルシウムの結晶の中にコンターミネーションされているためと推定される。また、図-2のように水酸化カルシウムが確認されない部分でP.Pが発色する理由としては以下のことが考えられる。

水酸化カルシウム水溶液の濃度とPHの関係の理論式は

$$PH = 14 + \log C \text{----- (Ⅱ)}$$

となり、P.Pの発色下限は $8.2 \sim 10$ であるため、PH 8.2に相当する水酸化カルシウム濃度は $7.9 \times 10^{-3} \text{ mol\%}$ となる。この値は示差熱重量分析の感度より $10^3 \sim 4$ 小さな値であるため、水酸化カルシウムが示差熱重量分析で確認されない部分でも充分P.Pが発色し得るPH値になるものと考えられる。

(4) 水酸化カルシウムの移動

セメント中の CaO の存在量は60%程度であり、硬化した場合、この半分が水酸化カルシウムに、残り半分が $3CaO \cdot 2SiO_2$ 等の構成材料になると考えられている。これらのことから一般のコンクリートが完全に炭酸ガスと反応して中性化した場合、本報告のような分析では20~25%程度の炭酸カルシウムが生成するはずである。ところが図-1に示すように、表面近くでは炭酸カルシウムが30%を越えることが観測された。これは、水酸化カルシウムが湿潤状態ではコンクリート内部を移動し、表面で炭酸と反応して不溶性の炭酸カルシウムを析出した分を順次補給することに基因すると推定される。

図-3に図-2と同じ条件のコンクリートが水中にあった場合の分析値を示すが、これより内部の水酸化カルシウムは均一濃度で、かつ図-2に示す値より約40%低いことが認められた。これは水酸化カルシウムの溶脱や移動が原因であると考えられる。

図-4に乾燥したコンクリートの示差熱重量分析の結果を示した。中性化は進行しているが $T-Ca$ の偏りは小さく、水酸化カルシウムの移動は初期の湿っていた時にのみ起ったと推定される。

図-5に65℃にて強制的に乾燥させた15×30cm 供試体の示差熱分析の結果を示した。中性化が相当内部まで進行しているのにカルシウムの偏りは見られず、水酸化カルシウムの移動に水分が必要であることを示している。

以上の結果から、湿った状態ではコンクリートの内部を水酸化カルシウムが移動すること、さらに、湿った状態での中性化は表面近くのカリウム濃度が高くなることが確認された。

参考文献 1) 森永、近藤、日本建築学会大会学術講演梗概集 355~356 P (昭和49年)

2) W. チェルニソフ、徳根訳、セメント・コンクリートの化学 106 P (昭和44年) 技報堂

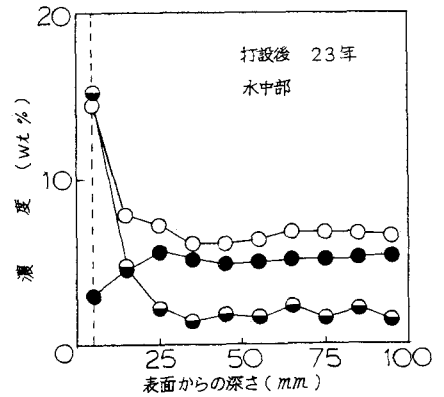


図-3 示差熱重量分析値(打設後23年,水中部)

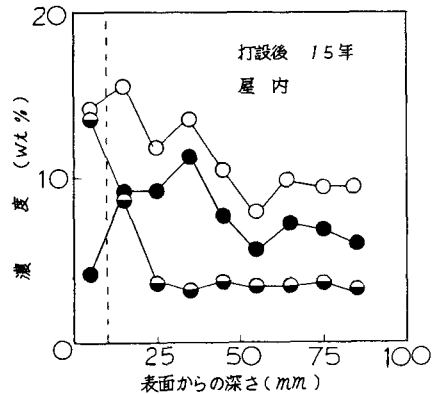


図-4 示差熱重量分析値(打設後15年,屋内)

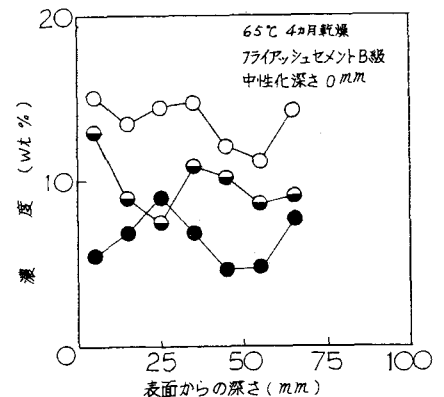


図-5 示差熱重量分析値(65℃,4ヵ月乾燥)