

## 硬化コンクリート中のセメント量の推定方法 (I)

## ——推定手法——

Estimation of Cement Content in Hardened Concrete

——Method of Estimation——

小林 一 輔\*・河 合 研 至\*

Kazusuke KOBAYASHI and Kenji KAWAI

## 1. は じ め に

既存のコンクリート構造物がアルカリ骨材反応に代表されるような早期劣化を生ずることを未然に防止するためには、その耐久性をさまざまな面から診断し、劣化傾向を予測して、その結果に基づいて必要な処置を講ずることが必要である。本研究は、既存のコンクリート構造物の耐久性を診断する一要素として、硬化コンクリートの単位セメント量を、コアの分析によって推定することを試みたものである。

硬化コンクリートの配合推定方法としては、セメント協会コンクリート専門委員会F-18の方法<sup>1)</sup>がある。この方法は、硬化コンクリート中の骨材部分をほとんど溶かすことなくセメント部分を完全に溶かすという観点から、試料の溶解に約0.1Nの希塩酸を用い、不溶残分および酸化カルシウム量の定量値から、それぞれ単位骨材量および単位セメント量ならびに単位水量を推定している。しかし、この試験方法では、次のような問題点を挙げることができる。

1) 使用したセメントや骨材が入手できない場合には不溶残分や酸化カルシウム量として、それぞれの全国平均値を用いることとしている。しかし、カルサイト等の可溶成分を多く含む骨材を用いている場合には、本方法は適用できない。

2) 塩酸の濃度が増加するとそれに伴い定量値にも差が生じてくる。

そこで本研究においては、近年多用され始めた石灰岩骨材にも適用可能な推定手法について検討した。

## 2. 硬化コンクリートの構成材料の分離方法

硬化コンクリートの単位セメント量を推定する際、コンクリート中のセメント硬化体部分より直接単位セメント量を推定できれば理想的であるが、実際にはコンクリートの化学分析値から骨材部分の分析値を差し引いて

\*東京大学生産技術研究所 第5部

セメントに関する分析値を得るよりほかに方法はない。したがって、このとき使用材料の物理的性質や化学的性質がわかっているならば、精度の高い推定が可能となるであろう。しかし、既設の材令を経たコンクリート構造物から試料を取り出し、その構成材料の品質の推定を行う際、製造時に用いられたものと同一の材料を入手することはほとんど不可能であり、試料としてのコンクリートを何らかの方法で各構成材料に、すなわち、骨材とセメント硬化体部分に分離することが必要となってくる。

この両者を分離する方法としては、物理的に分離する方法と化学的に分離する方法が考えられるが、化学的分離方法においては、後の化学分析に影響を与える可能性があるため、物理的分離方法を用いて分離することとした。しかし、この方法は粗骨材に対しては適用可能であり、本研究でもこれを用いたが、細骨材においては適用が困難である。そこで、細骨材に関しては、これを分離することなくモルタル部分の偏光顕微鏡観察によりその組成を推定する手法を試みた。

## 3. 硬化コンクリートの分析方法

本研究で行った分析ならびに推定のフロー図を図-1に示す。

まず、分析に先立ち、硬化コンクリートの表乾ならびに絶乾時の単位容積重量と吸水率を測定した。

## 3.1 骨材量の推定方法

## (a) 細骨材量の推定

硬化コンクリート中のモルタル部分の薄片の作成を行い、薄片中に1本の測線を考え、その測線上を偏光顕微鏡を用いて一端より他端まで走査していき、測線を横切る細骨材の長さを岩種または鉱物種別に記録した。長さの測定には、目盛付き十字線入り接眼レンズを用い、測線を横切る細骨材の長さを目盛の数で読み、これをマイクロメーターで長さに換算した。1つの供試体から薄片を3枚作成し、1枚の薄片について10測線を行った。この測定結果より、硬化コンクリート中のモルタル部分の細

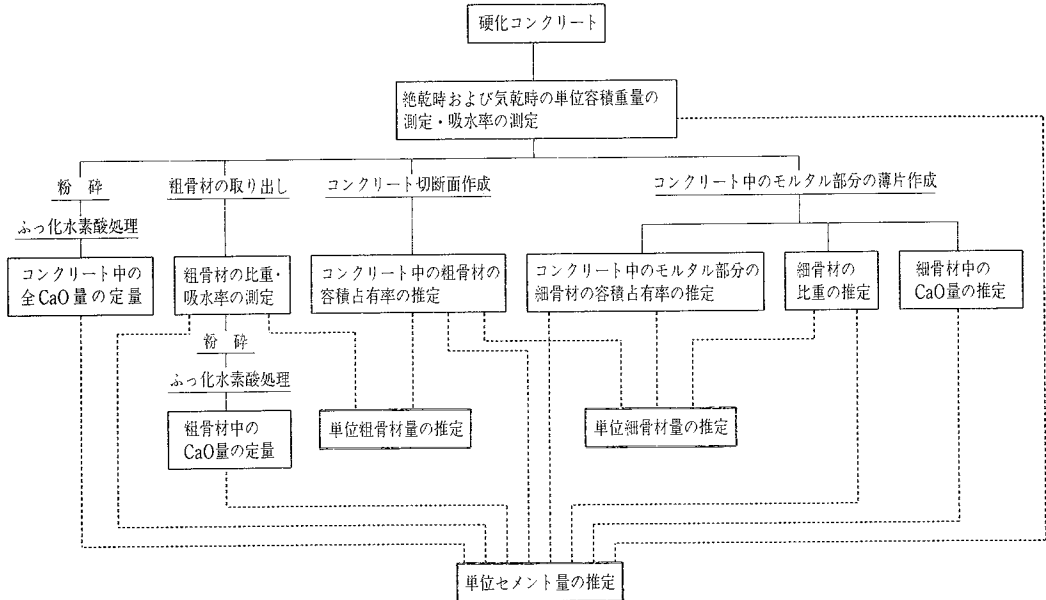


図-1 硬化コンクリートの単位セメント量推定フロー図

骨材の容積占有率を、細骨材部分の長さの総和を測線の長さの総和で割ることにより求めた (図-2 参照)。

単位細骨材量は、後述する硬化コンクリート中の粗骨材の容積占有率を用いて、硬化コンクリート中のモルタル部分の細骨材の容積占有率を、硬化コンクリート中の細骨材の容積占有率に換算し、次式より求めた。ただし、細骨材の吸水率は1%とした。

$$S = V_s / 100 \times \rho_s \times 1000$$

ここで、 $S$  : 単位細骨材量 ( $\text{kg}/\text{m}^3$ )

$V_s$  : 硬化コンクリート中の細骨材の容積占有率 (%)

$\rho_s$  : 細骨材の表乾比重

ただし、 $V_s = V'_s \times (1 - V_c / 100)$

$V'_s$  : 硬化コンクリート中のモルタル部分の細骨材の容積占有率 (%)

$V_c$  : 硬化コンクリート中の粗骨材の容積占有率 (%)

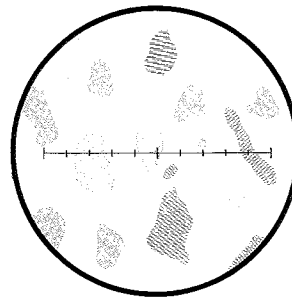
(b)粗骨材量の推定

硬化コンクリートの切断面をセロハンで覆い、断面に現れている粗骨材部分をセロハンに写し取り、その部分を黒く塗り潰す。これを画像解析装置にかけ、黒く塗り潰した部分の総面積を求め、これを切断面の断面積で割ることにより、硬化コンクリート中の粗骨材の容積占有率を求めた。

単位粗骨材量は、硬化コンクリート中の粗骨材の容積占有率と粗骨材の表乾比重を用いて次式より求めた。



コアのモルタル部分より偏光顕微鏡観察用の薄片を作成



偏光顕微鏡観察により細骨材部分のリニアトラスならびに岩石種または鉱物種別の記録からのCaO量の推定

図-2 細骨材の分析における鉱物学的アプローチ

$$G = V_c / 100 \times \rho_c \times 1000$$

ここで、 $G$  : 単位粗骨材量 ( $\text{kg}/\text{m}^3$ )

$V_c$  : 硬化コンクリート中の粗骨材の容積占有率 (%)

$\rho_c$  : 粗骨材の表乾比重

3.2 酸化カルシウム量の推定と定量

(a)細骨材中の酸化カルシウム量の推定

3.1 (a)で述べた偏光顕微鏡観察結果を用い、細骨材

## 研究速報

の岩石または鉱物の含有比率から、それぞれの岩石種または鉱物種の平均化学組成における比重および酸化カルシウム量の加重平均により、細骨材の比重および酸化カルシウム量を推定した。

## (b) 粗骨材中の酸化カルシウム量の定量

硬化コンクリートより取り出した粗骨材を、比重および吸水率の測定後、ジョークラッシャー、振動ミルおよびめう乳鉢を用いて微粉碎し、これをふっ化水素酸で分解して、EDTA滴定法により酸化カルシウム量を定量した。

## (c) コンクリート中の酸化カルシウム量の定量

コンクリート試料も骨材と同様に微粉碎後、ふっ化水素酸で分解し、EDTA滴定法により酸化カルシウム量を定量した。

## 4. ふっ化水素酸分解・EDTA滴定法

試料をはかり取り、テフロンビーカー (100ml) に入れ、水で潤し、過塩素酸 5 ml およびふっ化水素酸 10 ml を加え、低温で加熱分解し、過塩素酸の白煙が始めたら、さらに高温にして、蒸発乾固する。

過塩素酸 5 ml を加えて加熱し、ふっ化水素酸を完全に追い出す。そして、さらに加熱して、蒸発乾固する。

放冷後、水を加えて溶解し、メスフラスコ (250ml) に移し入れ、水で標線までうすめる。

この溶液から、一定量を分取してビーカー (300ml) に入れ、10分間温めた後、メチルレッド指示薬 1, 2 滴を加え、アンモニア水 (1+1) を徐々に滴加して中和し、なお 2, 3 滴過剰に加える。時計皿でふたをし約 1 分間煮沸した後加熱を止め、沈澱が沈むのを待ってすぐにろ紙 (5 種 A, 11cm) でろ過し残留物を硝酸アンモニウム温洗浄液 (2 w/v%) で洗い落とす。その後硝酸アンモニウム温洗浄液でろ紙上を 8 回洗浄する。ろ液はビーカー (300ml) に受ける。

ろ液を室温まで冷却したのち、トリエタノールアミン (1+2) を加え pH メーターを挿入し、pH が 13 になるまで水酸化カリウム (約 3 N) を加える。ビーカーをマグネチックスターラーにのせ、回転子をゆっくり回転させながらカルセイン指示薬を少量加える。これを 0.05 N EDTA 標準液で滴定し、終点付近になったらよくかき混ぜながらゆっくり滴定し、蛍光性緑色が消え、だいたい色になった点を終点とする。

酸化カルシウム量は次の式によって算出した。

$$\text{CaO} (\%) = v \times F \times 0.0005608 / s \times 250 / p \times 100$$

ここで、 $s$  : 試料のはかり取り量 (g)

$v$  : EDTA 標準液使用量 (ml)

$F$  : EDTA 標準液のファクター

$p$  : 溶液の分取量 (ml)

## 5. 単位セメント量の推定

セメント中の CaO 分は、コンクリート中の CaO 量から骨材に含まれる CaO 分を差し引いた残分として、単位セメント量を次式より求めた。

$$C = \{C_0 - (W_s / 100 \times C_s + W_c / 100 \times C_c)\} / C_0 \times \rho_0 \times 1000$$

ここで、 $C$  : 単位セメント量 (kg/m<sup>3</sup>)

$C_0$  : コンクリート中の酸化カルシウム量 (%)

$W_s$  : コンクリート試料中の細骨材の重量百分率 (%)

$C_s$  : 細骨材中の酸化カルシウム量 (%)

$W_c$  : コンクリート試料中の粗骨材の重量百分率 (%)

$C_c$  : 粗骨材中の酸化カルシウム量 (%)

$C$  : セメント中の酸化カルシウム量 (%)

$\rho_0$  : コンクリート試料の比重

ただし、 $W_s = [(M_s - M_w) \times V_s / 100 \times \rho_{SD}] / M_D \times 100$

$W_c = [(M_s - M_w) \times V_c / 100 \times \rho_{CD}] / M_D \times 100$

$\rho_0 = M_D / (M_D - M_w)$

$M_s$  : コンクリート供試体の表乾重量 (g)

$M_w$  : コンクリート供試体の水中重量 (g)

$M_D$  : コンクリート供試体の絶乾重量 (g)

$\rho_{SD}$  : 細骨材の絶乾比重

$\rho_{CD}$  : 粗骨材の絶乾比重

## 6. おわりに

本報では、既存のコンクリート構造物の耐久性を診断する一要素として、コアの分析によって硬化コンクリート中のセメント量を推定する方法を取り上げ、その分析ならびに推定の手法について述べた。

次回には、石灰岩を粗骨材として用いたコンクリート供試体に対して、本手法を適用した場合のセメント量の推定結果を述べ、セメント協会法と比較し、考察を行う予定である。

また、本研究において、偏光顕微鏡観察ならびに EDTA 滴定法の実施にあたってお世話になった地質鉱物エンジニアリング(株) 丸章夫博士に深甚なる謝意を表す。  
(1987年6月25日受理)

## 参考文献

- 1) セメント協会：コンクリート専門委員会報告 F-18 硬化コンクリートの配合推定に関する共同試験報告、昭和 42 年 9 月