

硬化コンクリート中の塩分測定について

編 鴻池組 正○川西 順次 正 南川洋士雄

編 鴻池組 正 三浦 重義 正 吉田 清司

1. まえがき

アルカリ骨材反応に及ぼすアルカリの影響やコンクリート構造物中の鋼材の腐食、あるいは海砂をコンクリート用骨材として利用した場合の鋼材の発錆などの検討過程において、硬化したコンクリート中の塩分含有量を測定する必要性にせまられる場合がしばしば起こっており、日本コンクリート工学協会（J C I）ならびに土木学会においては、コンクリート中の塩分の分析方法などの基準化が進められている。これに基づき相当長期間経過した硬化コンクリート中の全塩分と可溶性塩分の分析測定法について検討し、さらにコンクリート構造物から抜き取った多数のコアについて測定した結果から、全塩分と可溶性塩分について相関関係を調べ、二三の知見を得たので報告する。

2. 分析方法

コンクリート中の全塩分および可溶性塩分の分析は、J C I 腐食防食研究委員会において試験方法の基準化が進められている方法に従って行った。同法には電位差滴定法、吸光度法、硝酸銀滴定法の3法が示されており、そのいずれについても平行して分析測定を行ったがそのうち本報では、塩素イオン選択性電極を用いた電位差滴定法による測定結果を報告する。また分析測定用試料溶液を調製する過程で煩雑な吸引ろ過の操作を簡略化する簡易分析方法も報告されているが、測定はすべてろ過処理した試料について行った。

3. 結果および考察

3-1. 硬化セメントペースト中の全塩分の測定

全塩分量が既知の3種類（A～C）の普通セメントを用い、水・セメント比30%の配合を一定としてペーストを作製し、温度20℃、湿度80%の恒温恒湿室で養生したのち、硬化体中の全塩分を測定した。また別に、試料としたセメントおよび硬化体中の水分をセメント協会法の硬化コンクリートの配合推定試験による強熱減量測定法によって求め、硬化体中の全塩分を計算によって算出した。結果を表-1に示す。測定は各硬化体について6回の繰り返しを行い、平均値および標準偏差ならびに母平均（ μ ）の信頼度95%信頼区間を求めた。なお表-1の最右欄には計算値を併記したが、これによれば、塩素イオン選択性電極を用いた電位差滴定法によれば、比較的よい精度で分析結果の得られることがわかった。

表-1 セメントペースト硬化体中の全塩分測定結果

試料セメント			硬化セメントペーストの全塩分					
種類	全塩分 (%)	強熱減量 (%)	平均値 (%)	平方和	不偏分散	標準偏差	信頼度95%信頼区間	計算値 (%)
A	0.014	0.67	0.0117	8.2×10^{-4}	6.87×10^{-7}	3.33×10^{-4}	$0.0108 \leq \mu \leq 0.0125$	0.012
B	0.010	0.92	0.0085	4.4×10^{-4}	1.10×10^{-6}	4.28×10^{-4}	$0.0074 \leq \mu \leq 0.0096$	0.009
C	0.005	0.73	0.0028	6.3×10^{-5}	2.97×10^{-6}	7.03×10^{-4}	$0.0010 \leq \mu \leq 0.0046$	0.004

Junji KAWANISHI Shigeyoshi MIURA Yoshio MINAMIKAWA Seiji YOSHIDA

3-2. コンクリート構造体コア中の全塩分 および可溶性塩分の測定

いずれもコンクリート打設後数年以上を経過したコンクリート構造体から抜き取ったコアに対する、全塩分および可溶性塩分の測定した結果について、横軸に全塩分値、縦軸に可溶性塩分値をプロットしてみると図-1に示す散布図が得られた。生コンクリート中に含まれている塩分は硬化過程において複雑な塩類に変化するといわれているので、初期に含まれる全塩分中のうち、可溶性塩分として硬化コンクリート中に残存する比率が、どの程度であるかはあまり明らかではないが、図-1からみれば、全塩分が多いものでは、可溶性塩分も多い傾向がうかがわれるので、つぎに全塩分量と可溶性塩分量との相関関係を調

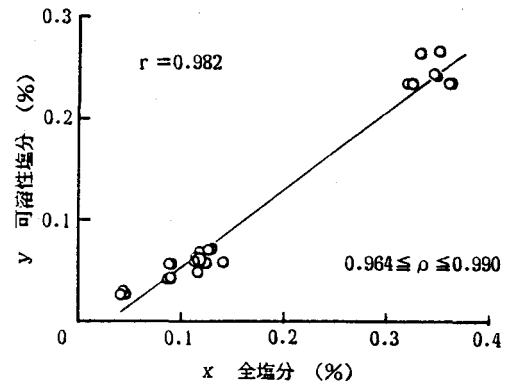


図-1 散布図

表-2 分散分析表

要因	平方和	自由度	不偏分散	分散比
回帰	0.226	1	0.226	939
残差	8.68×10^{-3}	36	2.41×10^{-4}	
計	0.235	37		

回帰直線 $y = -0.024 + 0.76x$

べるために、相関分析を行った。まず試料相関係数 r を求めると、 $r = 0.981$ となり、 $r = 0.981 > r(36, 0.05) = 0.322$ であるから、危険率 5% で r は有意の結果となった。そこでつぎに相関の程度を知るため、母相関係数 (ρ) の、信頼度 95% の信頼限界を求めた。その結果、 $0.964 \leq \rho \leq 0.990$ の値が得られた。これにより、全塩分と可溶性塩分との間には、よい相関があるものと推定されたので、さらに分散分析を行った。結果を表-2に示す。すなわち分散比は 939 となり、危険率 1% で有意であることがわかり、回帰直線を求めてみたところ、 $y = -0.024 + 0.76x$ の関係式が得られた。

4. あとがき

JCI 腐食防食研究委員会において基準化が進められている、コンクリート中の全塩分および可溶性塩分のうち、電位差滴定法による分析法を検討した。まず試料を粉末化する過程で、サンプリング誤差の入ることを極力防ぐ上から、セメントペーストの硬化体を用いて粉末試料を調製し、分析した結果は、計算値に近いものであった。つぎにコンクリート構造物からのコアの抜き取り、および粉末としてから、分析用に必要とする試料の採取までの過程で、コンクリート組成を代表する、かたよりのない試料とするには、サンプリング誤差および縮分誤差を、どのようにして少なくするかを検討しなければならないが、本研究では、コア間の測定精度までは行わず、単一コアに対する全塩分と可溶性塩分との相関関係について知見を得る段階までとし、その相関係数をもとめた。

参考文献

- 1) 小林; 塩分に関する試験方法 コンクリート工学 Vol.23, No.3, 69-72(1985.3)
- 2) コンクリート構造物の腐食・防食に関する試験方法のJCI基準案について
硬化コンクリート中に含まれる塩分の分析方法(案) コンクリート工学 Vol.22, No.12, 4-9(1984.12)
- 3) 硬化コンクリート中に含まれる全塩分の簡易分析方法(案) コンクリート工学 Vol.23, No.6, 4-8(1985.6)