

V—23

コンクリートの耐硫酸塩性について

専修大学北海道短期大学 正 員 細川 潮

室蘭工業大学 正 員 尾崎 訊

室蘭工業大学 正 員 菅田紀之

室蘭工業大学大学院 Darwin M. Rosales

1. はじめに

硫酸塩は、下水、土壌、工場排水や海水などに含まれ、その種類や可溶性、濃度などによって程度にやや差はあるものの、コンクリートを侵食する。

一般に、硫酸塩はセメントの水和によって生じた水酸化カルシウムと反応して石膏を生成し、コンクリート表面を軟化させる、次に、この石膏がセメント水硬性化合物の一つであるカルシウムアルミネートと反応して、エトリンガイトの結晶を生成するため、その際の体積膨張によってコンクリートは著しい損傷を受ける。

本研究では、硫酸塩による化学的作用に加えて乾湿の繰返しなどの物理的作用が相乗的に作用した場合の劣化について過去の測定結果と併せ検討を行ったものである。

2. 実験概要

表-1 コンクリートの配合

実験に用いたコンクリートは、レデーミクストコンクリートであり、セメントには普通ポルトランドセメントを、細骨材には陸砂を、粗骨材には碎石を使用した。配合

Maximum size of aggregate (mm)	W/C (%)	s/s (%)	Unit quantity (kg/m ³)				
			W	C	S	G	Ad.(cc)
20	48.5	41.5	149	307	783	1104	768

を表-1に示す。屋外地面上に厚さ28cmで面積9.50m²の床版を打設した。このうち、真空処理は面積4.75m²の部分についておこなった。図-1に示すようにフレッシュコンクリートを打ち込み表面をならし終えた直後、コンクリート表面に真空マットをかぶせ水分離槽を通じて真空ポンプに接続する。真空ポンプを作動させると空間保持用プラスチックフィルターの部分が減圧され、この空間の減圧度と大気圧との差に相当する圧力が真空マット上に作用しコンクリートを締め固める。養生は乾燥を防ぐためにコンクリート版上に水を張って行った。耐硫酸塩性試験は20℃に保った硫酸ナトリウム10%溶液に24時間の浸漬と24時間の80℃炉乾燥を1サイクルとする促進試験を行い、動弾性係数変化、重量変化、長さ変化を測定した。供試体は、材齢約1か月のものと材齢約1年のものをダイヤモンドカッターを用いて直径10cm×長さ20cmの円柱形に整形し、各床版について6個準備したうち3個はカッターによる切断面の影響の有無を調べる

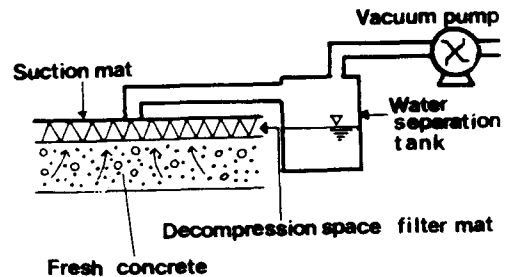


図-1 真空処理システム

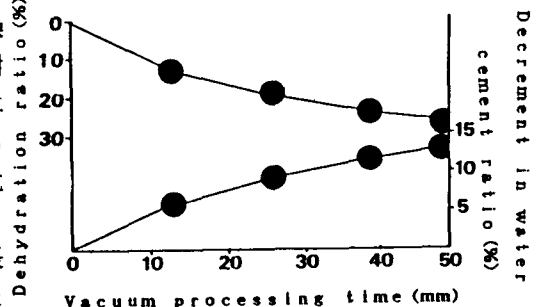


図-2 脱水率と水セメント比減少値

ために打設面を除いてポリマーコーティングしたものを
用いた。また、促進試験前と促進試験後のコンクリート
供試体よりモルタル試料を採取して、真空乾燥後に水銀
圧入式ポロシメーターにより細孔径分布の測定を行った。
促進試験後のコンクリートの内部生成物の確認のためには
x線回折装置を用いた。

3. 結果及び考察

真空処理によって、水セメント比は48.5%から34.8%
に減少し、このときの脱水率は42.8%であった。脱水率
と水セメント比の減少値を図-2に示す。 図-3に供
試体の長さ変化とサイクル数の関係を示す。供試体の側
面をポリマーコーティングしないものの種類では、0～
18サイクルまでの膨張量は、真空処理と無処理の間にお
いて大きな差は見られないが、19サイクルにおける膨張
量では、無処理のものが大きな立ち上がりを見せている。
ポリマーコーティングした種類では、立ち上がりも、そ
の後の増加程度も真空処理と無処理の間では大きな差は
見られない。全体的にポリマーコーティングした種類は
しないものに比べて膨張量は抑えられており。特に無処
理のものでポリマーコーティングをしたものでは、しない
ものに比べて 1/3程度に抑えられている。これは、コン
クリートの長さ変化がコーティング部分によって拘束さ
れたためであると思われる。19サイクルでは、真空処
理を施したものは、コーティングをしたものとししないも
のとの間の差は小さい。材齢約1か月の円柱供試体を用
いた場合では9サイクルから膨張し始め緩やかに増加す
るのに対して、無処理のものでは6サイクルから膨張し
始め、11サイクルから急激に立ち上がり、その後は直線
的に増加しているが、無処理のものと比較するとグラフ
の傾きは緩く変化は小さい。図-4に表乾重量変化率と
サイクル数の関係を示す、材齢約1年の供試体は、19サ
イクルにおいて0.1～0.3%の増加にとどまっているの
に対して材齢約1か月の供試体では、試験終了時(15サ
イクル)で0.5～1.0%の増加となっており、比較的大
きな重量変化率を示している。図-5に相対動弾性係数
変化とサイクル数の関係を示す。真空処理を施したもの
における相対動弾性係数の変化は、ポリマーコーティ
ングをしないものはサイクル数を通じて1割程度の低下に
とどまっているが、コーティングをしたものでは、2割
程度の低下となっている。無処理のものでも、コーティ
ングをしたものは、しないものに比べて若干相対動弾性
係数は低下している。これは、乾湿の繰り返しとともに

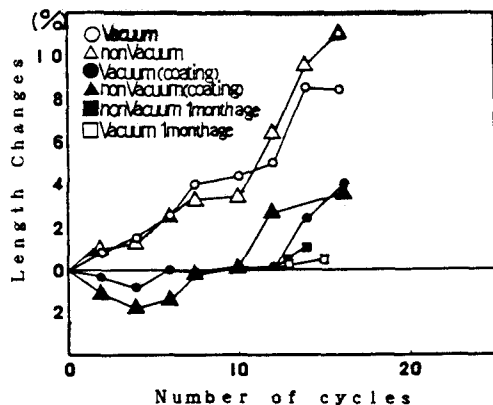


図-3 長さ変化とサイクル数の関係

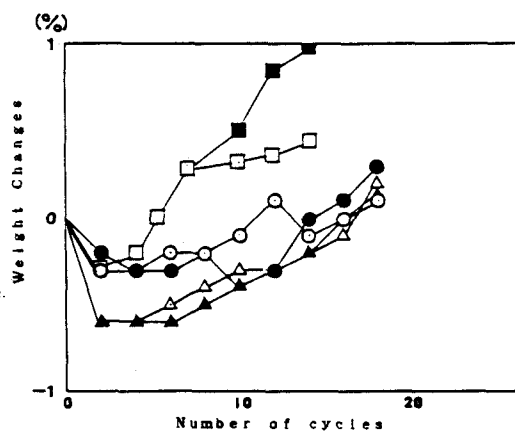


図-4 重量変化率とサイクル数の関係

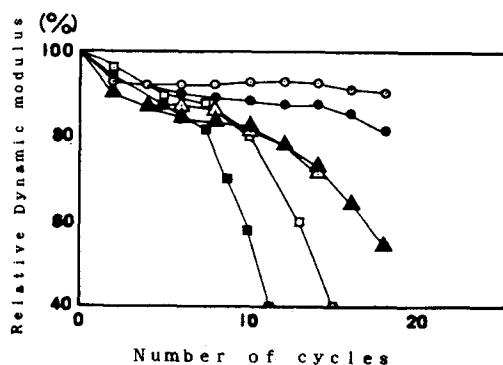


図-5 相対動弾性係数とサイクル数の関係

コーティングが剥離したためであると思われる。コーティングをしない材齢約1年の供試体と材齢約1月の供試体との対応関係では、重量変化率は材齢とともに減少し、相対動弾性係数の変化は小さくなっているのに対して、長さ変化は比較的大きくなっている。これは、材齢と共にコンクリートの内部組織が緻密となったため、長さ変化では重量変化率においても示すようにわずかな硫酸塩の浸透によって比較的大きな膨張量を示すのに対して、相対動弾性係数の変化では、コンクリート内部の生成物が除去されずらいために低下の割合は小さなものとなっていると思われる。材齢1年の供試体間の対応関係では、重量変化率、相対動弾性係数ともにコーティングしたものとの差は小さいのに対して、長さ変化ではコーティングをしたものの膨張は抑えられていることがわかる。これは、コーティングによって供試体の長さ変化が拘束されたためであると思われる。図-6に真空処理を施したコンクリートのモルタル部分の細孔径分布を、図-7に無処理のコンクリートのモルタル部分の細孔径分布を示す。無処理のものでは、促進試験前での全細孔容積は、 0.07505cc/g 、試験後では、 0.08244cc/g と大きくなっている。これは、膨張によるクラックの発生がみられたためであると思われる。真空処理を施したものでは、促進試験前での全細孔容積は、 0.05603cc/g 、試験後で 0.02967cc/g と無

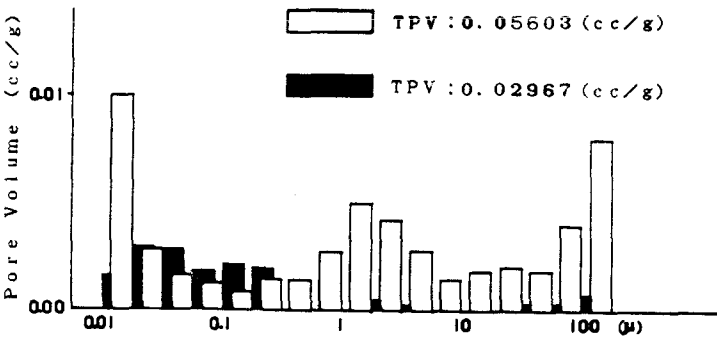


図-6 真空処理コンクリートの細孔径分布

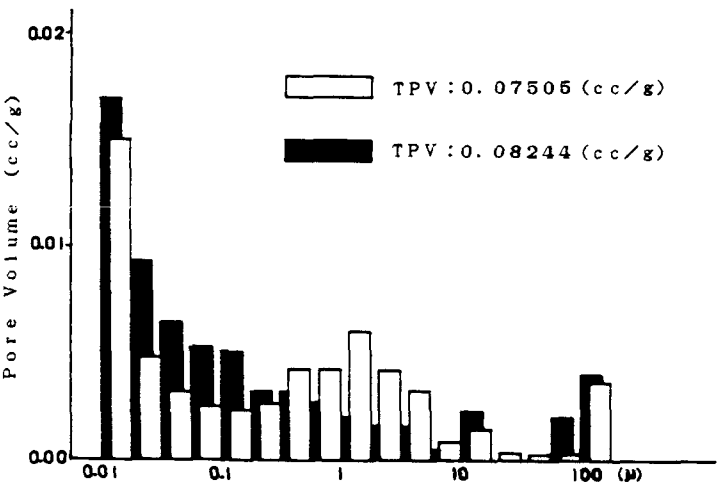


図-7 無処理のコンクリートの細孔径分布

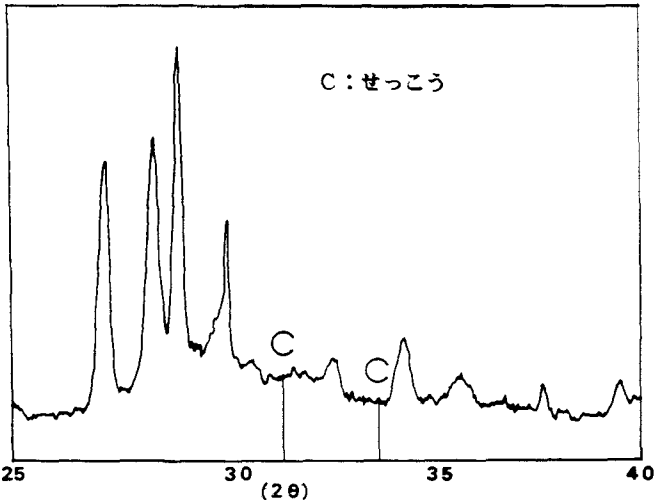


図-8 真空処理コンクリートのx線回折結果

処理のものと比較すれば逆に小さくなっている。これは、硫酸ナトリウム溶液がコンクリートの細孔中に浸透し、反応生成物によってコンクリート内部の細孔が閉ざされたためであると思われる。図-8および図-9に促進試験後のコンクリート内部（深さ0～2cm）の生成物の粉末x線回折結果を示す。真空処理を施したコンクリートでは、石膏（ CaSO_4 ）の回折位置にピークらしきものが見られるが、エトリンガイト（ $3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{CaSO}_4 \cdot 31\text{H}_2\text{O}$ ）のピークは確認されなかった。

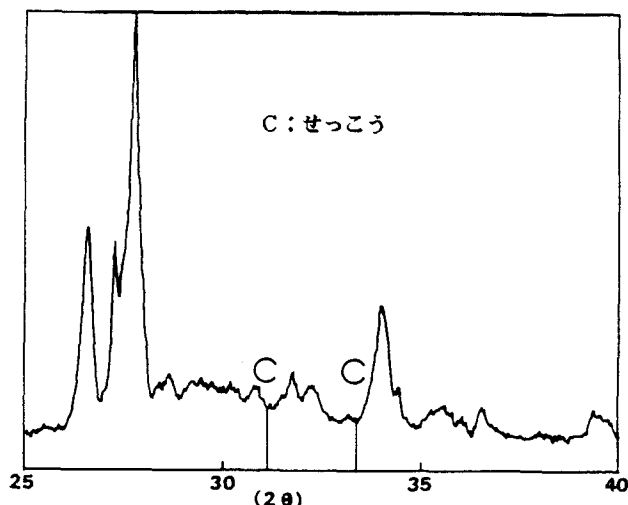


図-9 無処理のコンクリートのx線回折結果

西林¹⁾らはコンクリートの耐海水性促進試験を行い、試験終了後のサンプルを用いて粉末x線回折をおこなった結果、エトリンガイトの生成は確認されず、その理由としては促進試験において80℃という比較的高い温度で炉乾燥を行っているため、初期に水和によって生成したエトリンガイトが脱水されて非結晶化、さらに分解されることが考えられる。としており、本実験においても同様のことがおこったものと思われる。一方無処理のものでは、石膏のピークは見られなかったが、これは、乾湿の繰り返しとともにコンクリート内部より溶出したためであると思われる。

4. まとめ

耐硫酸塩性促進試験では、長期材齢のコンクリートほど相対動弾性係数の変化、表乾重量の変化は小さなものとなるが、長さ変化は大きくなる。これは、内部組織が緻密となったためにわずかの量の浸透で大きな膨張量を示すものと思われる。

x線回折による内部生成物の測定結果では、石膏の回折位置にピークらしきものが見られた。

謝辞：本研究は、室蘭工業大学化学工学科、金属工学化の助力を得た。ここにあわせて深く謝意を表する。

参考文献1) 西林、矢村、ほか：コンクリートの耐海水性に関する研究、セメント技術年報第34号、1980年