

## 骨材の影響がCSHの推定精度に及ぼす影響に関する研究

中央大学理工学部都市環境学科 学生会員 北村 勇人  
 中央大学理工学部都市環境学科教授 正会員 大下 英吉

### 1. はじめに

コンクリート硬化後の硫酸塩による侵食は、CSH 分解を引き起こし、その結果として圧縮強度低下やひび割れの誘発ならびに組織自体の変遷が生じることとなる。硫酸塩侵食に関する既往の研究は浸漬溶液の濃度を高めた促進試験からコンクリート中への硫酸塩の拡散、硫酸塩のセメント水和物への吸着に着目したものが多く、CSHの分解に着目した圧縮強度低下のメカニズムを化学的視点から解析的に検討した研究は少ない。その背景には、CSHの分析化学的な定量手法とその精度に問題があり、それらの改善に向けた研究が多方面で実施されている。

そこで本研究ではCSHの定量化ならびにその精度に及ぼす骨材の影響を実験的に評価することを目的とし、コンクリートおよびセメントペーストに対する成分分析を実施し、その評価を行った。

### 2. 実験概要

#### 2.1 実験試料

本実験では、任意の硫酸塩濃度に侵食させた地盤に埋没させたコンクリート円柱供試体(100×200mm)、ペースト円柱供試体(50×100mm)を用いて重液分離法を行った。硫酸塩濃度はコンクリートに関しては0, 2.5, 5%, ペーストに関しては0, 2, 3, 4, 5%, 浸食期間はコンクリートが6, 9ヶ月, ペーストが3, 6ヶ月である。コンクリート円柱供試体はダイヤモンドカッターで輪切りにした後、表面から5mm間隔で削ったものを粉砕し、そのうち表面から0-5, 5-10, 10-15, 15-20, 35-40mmの5パラメーターで実験を行った。また、ペースト円柱供試体は同様にダイヤモンドカッターで輪切りにした後、表面から0-8mm, 8-16mm, 16-25mmの3パラメーターを粉砕して実験を行った。使用した実験試料を表-1に示す。

#### 2.2 重液分離法

本実験で用いた重液分離法は水酸化カルシウムやCSHに代表される水和物の定量に有効な手法であり、

健全なコンクリートだけでなく、劣化したコンクリートにも適用でき、特に本実験で行ったような硫酸塩侵食によるセメント水和物の分解などの解析に有用である。重液分離法の一連の流れを図1に示す。なお、重液分離作用に用いた溶液は、密度が2.4g/cm<sup>3</sup>となるように調整したプロモホルムとエタノールの混合溶液であり、溶解法には5gのサリチル酸を40mlのメタノールに溶解させた混合溶液を使用した。また、重液分離が確実に行われたかを確認するために重液分離後、X線回折試験を行った。

表-1 実験試料

コンクリート		モルタル	
硫酸塩濃度(%)	表面からの深さ(mm)	硫酸塩濃度(%)	表面からの深さ(mm)
0%	0~5	0%	0~8
0%	5~10	0%	8~16
0%	10~15	0%	16~25
0%	15~20	2%	0~8
0%	35~40	2%	8~16
2.5%	0~5	2%	16~25
2.5%	5~10	3%	0~8
2.5%	10~15	3%	8~16
2.5%	15~20	3%	16~25
2.5%	35~40	4%	0~8
5%	0~5	4%	8~16
5%	5~10	4%	16~25
5%	10~15	5%	0~8
5%	15~20	5%	8~16
5%	35~40	5%	16~25

各6,9ヶ月

各3,6ヶ月

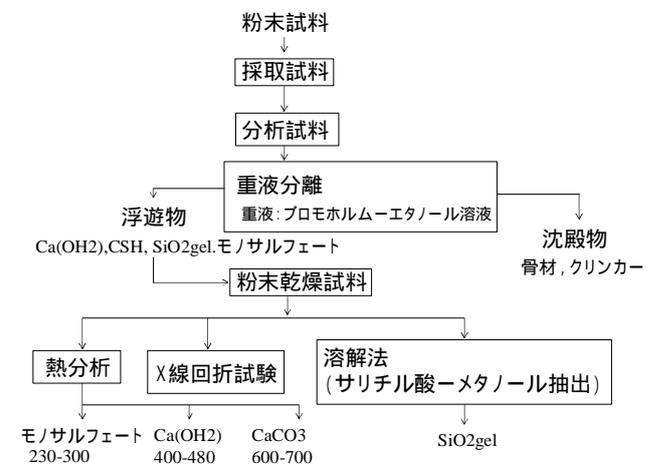


図-1 各種水和物の分析フロー

浮遊物重量から各水和物重量を差し引いた量をCSH量とした

キーワード CSH, 圧縮強度, 重液分離

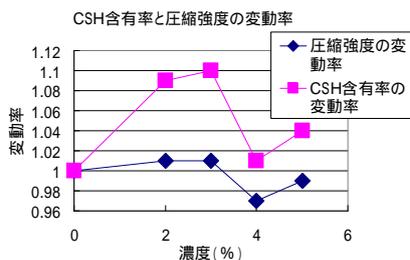
連絡先 : 東京都文京区春日 1-13-27 中央大学理工学部 E-mail:h-kitamura@civil.chuo-u.ac.jp

### 3. CSHの定量と骨材の影響評価

#### 3.1 ペースト試験体

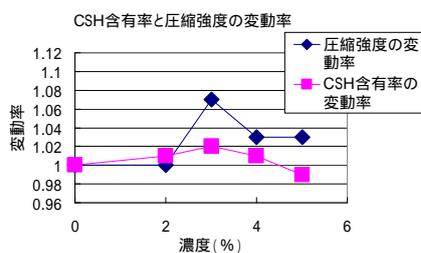
図 2 に浸漬期間 3 ヶ月時点での圧縮強度と浸漬期間の関係を示す。硫酸塩濃度 0%の試料の圧縮強度および CSH 含有率を基準値 1 とした変動率として示す。やや圧縮強度の変動率に比べて CSH 含有率の変動率の方が大きいものの、傾向としては全体的にほぼ同じであり、両者にはある程度相関性があることがわかる。

また、図 3 に浸漬期間 6 ヶ月時点での圧縮強度と浸漬期間についての関係を硫酸塩濃度 0%の試料の圧縮強度および CSH 含有率を基準値 1 とした変動率として示す。3 ヶ月経過時点と同じく、両者には相関性がみられ、3 ヶ月経過点よりも圧縮強度は増加していることがわかる。



	CSH平均値	減少率	圧縮強度(N/mm2)	
0%	73.3	1	60	1
2%	73.7	1.01	65.1	1.09
3%	73.7	1.01	66.2	1.1
4%	71.0	0.97	60.8	1.01
5%	72.3	0.99	62.5	1.04

図 - 2 3 ヶ月浸漬後の C S H 含有率と圧縮強度



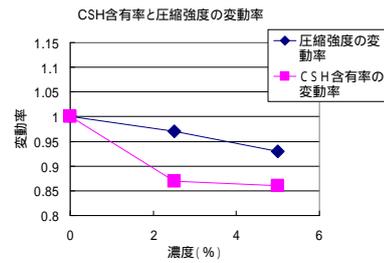
	CSH平均値	減少率	圧縮強度(N/mm2)	
0%	74.0	1	66.1	1
2%	75.0	1.01	66	1
3%	75.5	1.02	70.7	1.07
4%	74.3	1.01	67.9	1.03
5%	73.0	0.99	67.9	1.03

図 - 3 6 ヶ月浸漬後の C S H 含有率と圧縮強度

#### 3.2 コンクリート試験体

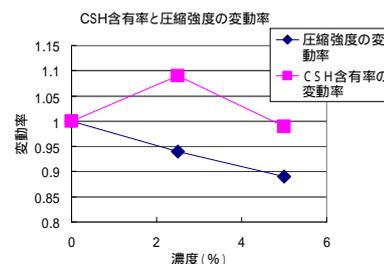
ペースト試験体と同様にして、図 4 に浸漬期間 3 ヶ月時点、図 5 に浸漬期間 6 ヶ月時点での圧縮強度と浸漬期間の関係を硫酸塩濃度 0%の試料の圧縮強度および CSH 含有率を基準値 1 とした変動率として示す。3 ヶ月経過時点のグラフからはある程度の相関性が読み取れるものの、6 ヶ月経過時点では C S H 含有率と圧

縮強度が逆の変動率を示しており、相関性があるとはいえない。



	CSH平均値	減少率	圧縮強度(N/mm2)	
0%	80	1	41.7	1
2.5%	78	0.97	38.9	0.93
5%	74.4	0.93	36.9	0.88

図 - 4 6 ヶ月浸漬後の C S H 含有率と圧縮強度



	CSH平均値	減少率	圧縮強度(N/mm2)	
0%	69.8	1	38.7	1
2.5%	76.6	1.09	36.4	0.94
5%	69.6	0.99	34.5	0.89

図 - 5 9 ヶ月浸漬後の C S H 含有率と圧縮強度

### 3.3 骨材の存在による推定精度の検討

以上のペーストとコンクリート両供試体の実験結果から、ペーストについては C S H 含有率と圧縮強度の間には相関性があるといえるものの、コンクリートについては相関性があるとはいえなかった。この原因として骨材の影響があることは間違いなく、ペースト試験体に関しては今回の実験はある程度の整合性を示していることから、コンクリートにおいても骨材を可能な限り除去してペースト状態に近づけることによって分析は可能であると推測される。

### 4.まとめ

コンクリート中の C S H 定量において、骨材を除去してその影響を排除することによって重液分離法によって精度の高い分析が可能であることがわかった。参考文献

- 1) 小林一輔著：コア採取によるコンクリート構造物の劣化診断法，pp.95-140，森北出版
- 2) 久田真，大井才生，尾口本一：カルシウム成分の溶脱現象における細孔溶液の役割；コンクリート工学年次論文集，vol.24，No.1，pp.495-500，2002