

セメントと塩の関係

横手高校 化学一班 浦田憲杜 今野秀輝 佐藤華花 原田麻央
三保璃胡 由利一樹

指導教員 小野寺庸

1 はじめに

私達は校舎のコンクリートにひび割れが多いことに気づいた。原因について調べたところ、乾燥による収縮や外部からの圧力など様々なものがあった。その中で“塩害”に興味を持った私たちは、コンクリートと塩の関係性を研究することにした。

2 コンクリートについて

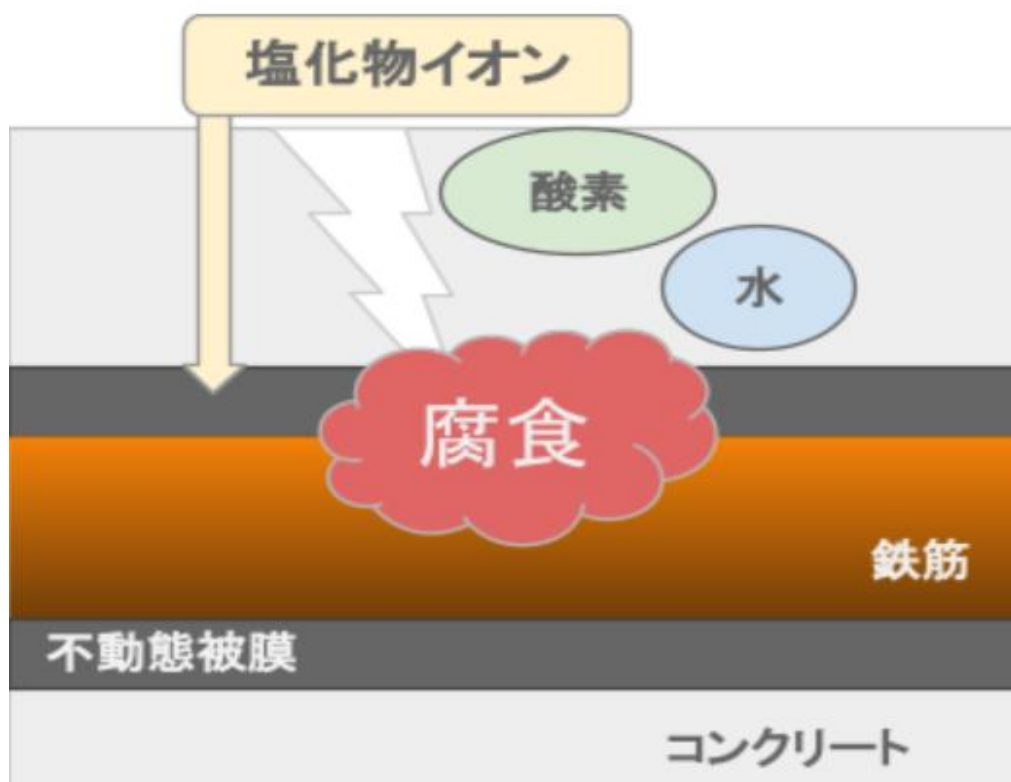
コンクリートは、アスファルトや石灰、石膏などから成る”粉末セメント”と水、砂、砂利などを混ぜ合わせたものである。似ているものに、セメント、モルタルがあり、その違いは含有物にある。次の表はこれらの含有物を表したものである。

	セメント	モルタル	コンクリート
粉末セメント	○	○	○
水	○	○	○
砂	×	○	○
砂利	×	×	○

これらは含有物が多いほど性質にばらつきが出やすい。今回の研究では、条件をできる限り揃えるために、含有物の少ないセメントを用いることとした。

3 塩害とは

コンクリートの塩害は、ひび割れ箇所から塩化物イオン(Cl⁻)が入り、コンクリート内部の鉄筋が腐食、膨張することを指す。次の図はその様子を表している。



私達は塩害について調べる中で、塩がセメントの強度や耐久性に直接影響を及ぼすことはないのかという疑問を持った。そこで、塩とセメントの関係性を調べる研究を行うこととした。

4 実験

私達は疑問解決のために <a.強度> <b.耐久性> の2項目を調べることにした。先行研究を見つけることができなかつたため、セメントに関する研究を参考に実験方法を考えた。

①セメントの作り方

I.質量パーセント濃度1%の塩の水溶液を作り、”粉末状セメント”と混ぜる。

(通常は水溶液でなく水を使う。今回はセメント内に塩が入った場合について調べるためこのような方法をとった。)

Ⅱ. 一日硬化させた後、水溶液に浸し養生する

今回実験で使用した塩は

- ・炭酸ナトリウム Na_2CO_3
- ・硫酸ナトリウム Na_2SO_4
- ・硫酸亜鉛七水和物 $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$
- ・硫酸マグネシウム $MgSO_4$
- ・硫酸カリウム K_2SO_4
- ・塩化カルシウム二水和物 $CaCl_2 \cdot 2H_2O$
- ・塩化ナトリウム $NaCl$ の7種類である。

学校で用意できるものから塩を選んだ。また、酸性のものとコンクリートは相性が悪いという研究を見つけたため、水溶液が強酸になる塩は選ばなかった。

対照実験として水で作ったセメントを用意し、計8種類のセメントで実験を行った。

②各実験について

<a.強度>

一般的なコンクリートの強度試験では、専門的な知識や機械が必要となる。そこで、私たち高校生でもできる実験はないものか考え、次の方法を考えた。



強度試験の方法

- I. 板状のセメントを作り、壁に固定する。
- II. 紐に鉄球をつけ台に設置する。
(黒丸の囲みの部分)
- III. 分度器に合わせ任意の角度に設定する。
- IV. 手を静かにはなし、鉄球をセメントへぶつけた。

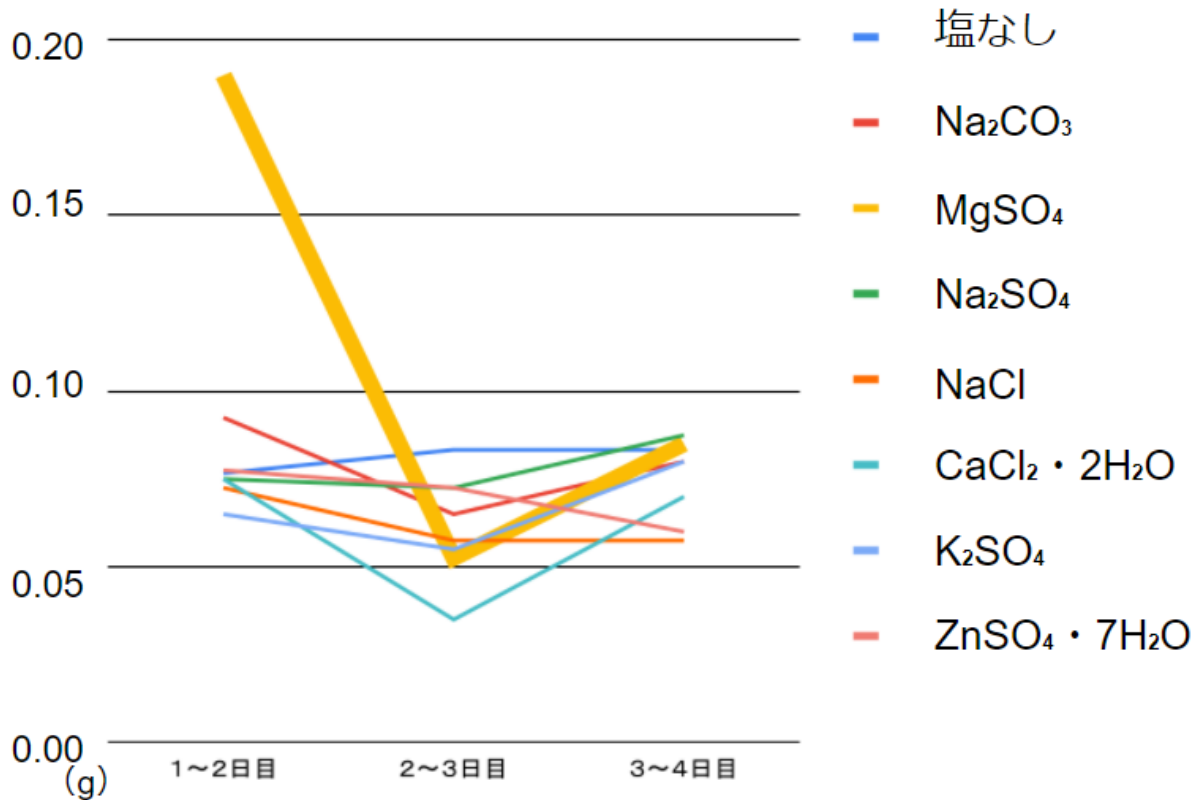
鉄球がセメントに与える力は角度を大きくするほど大きくなる。そのため、セメントが割れる最も小さい角度を求めた。今回の実験では角度を 5° 単位で設定した。

強度実験の結果(割れた最小の力)			
Na <u>Cl</u>	50°	Ca <u>Cl</u> $_2 \cdot 2H_2O$	55°
H $_2$ O	60°	Na $_2$ CO $_3$	65°
MgSO $_4$	70°	ZnSO $_4 \cdot 7H_2O$	70°
K $_2$ SO $_4$	75°	Na $_2$ SO $_4$	80°

NaCl や CaCl $_2 \cdot 2H_2O$ のように塩化物イオンを含む塩のセメントは強度がほかのものに比べ低かった。

<b.耐久性>

コンクリートの耐久性が下がる原因の一つとして、コンクリートの乾燥があった。そこで、塩を混ぜたセメントの水分蒸発量を測定することにした。

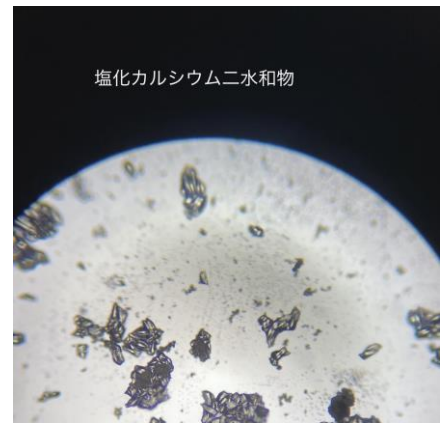
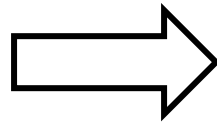
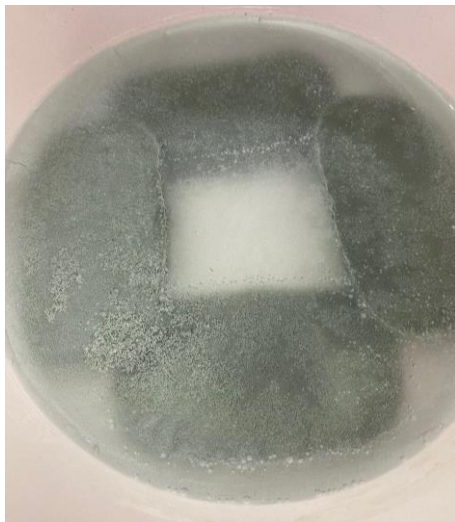


$MgSO_4$ のセメントに注目すると、その他のセメントに比べて1~2日目の水分蒸発量が多いことが分かった。また、予想では日を迫うごとに水分蒸発量は少なくなると考えていたが、実際には多くなるものや少なくなるものなど様々であった。

③追加実験

実験に使うセメントを作る時に、養生を行った。一般的に養生は、セメントを水に浸し硬化を促進させる、また外部からセメントを保護するために行われる。今回は、水の代わりに質量パーセント濃度1%の水溶液に浸し行った。すると、水溶液の表面に固体の物質が浮いているのを発見した。この固体を調べるための追加実験を行うこととした。

水を含めた8種類のセメントのうち、7種類のセメントで見られた固体の物質をとり、顕微鏡で観察した。次の写真は $CaCl_2 \cdot 2H_2O$ のセメントの結晶である。



私たちは固体の正体は、養生するための水溶液中の物質が結晶として表れたものと予想した。しかし、顕微鏡での観察から結晶ではないと判断した。具体的な物質の特定は出来なかった。

追加実験から、水溶液とセメントが何らかの反応を起こしているのではないかと考えられる結果が得られた。次の写真は塩化ナトリウムのセメントの結晶である。

一般的な塩化ナトリウムの結晶は正六面体の形をしているのに対し、今回観察した固体は、形が不規則であった。また、セメントの強度はほかのものに比べ低かった。



5 今後の展望

<a.強度> <b.耐久性> <c.固体> の三つの項目に注目し実験を行った結果

- 塩化物イオン Cl^- を含むセメントは強度がほかのものに比べ低い
- 硫酸マグネシウム $MgSO_4$ のセメントは水分蒸発量がほかのものに比べ多い
- セメントと塩は何らかの反応を起こしている

ということが分かった。今後の研究では

- 実験回数を増やし、より多くのデータを得る
- 強度実験を中心に実験方法を改良する
- 塩がセメントに影響を及ぼしているのかを判断できるデータを集める
- 養生中に生じた固体を特定する

という課題が得られた。

6 参考文献

・保水性コンクリートに関する研究開発

住学 山口博史 梶山毅 高松誠 大原達郎

https://www.konoike.co.jp/solution/theses/pdf/2007_architect_03.pdf

・保水性コンクリートブロック舗装の路面温度上昇抑制効果に関する研究

唐沢明彦 藤田仁 江角典広 高森哲也

https://doi.org/10.3151/coj1975.44.7_9

・コンクリートの劣化現象(塩害について)

河野 豊

https://www.iic-hq.co.jp/library/pdf/039_05.pdf

・主材料の異なる土系舗装の保水および吸水特性(その1)

信州大学技術部 外谷憲之 (株)平林組 梅沢昌弘

<http://library.jsce.or.jp/jsce/open/00035/2016/71-05/71-05-0088.pdf>

・コンクリートにおけるアンモニア発生とその対策

小林一輔

https://doi.org/10.3151/coj1975.38.11_22

・コンクリートから発生するアンモニアガスに関する研究

瀬古繁喜 大野定俊 米沢敏男 石黒武

http://data.jci-net.or.jp/data_pdf/21/021-01-2163.pdf