

鉄筋コンクリート内部の鉄筋が傷んでいく病気 (1) 塩害

少し学術的な表現で塩害のメカニズムを説明すると、鉄筋コンクリートに起こる塩害とはコンクリート中の鋼材（鉄筋など）周りに**塩化物イオン**（塩である塩化ナトリウムが、水中でナトリウムイオンと塩素イオンに分かれたときの塩素イオンに相当するもの）がある一定量以上集まると、それまでコンクリートに保護されていた鋼材が、腐食（鉄筋がコンクリートの中で錆びていくこと）を開始する。鋼材が腐食するためには、塩化物イオンのほかに水と酸素が必要となってくる（鉄筋周りにマイクロな電池作用が起こるが、それに不可欠なのが、水と酸素である）。

腐食した鋼材は徐々に膨らんでいくとともに、鋼材が錆びに変わっていくことで、**元の厚さが徐々に減っていく**。錆は、元の鉄に比べて体積が大きくなる。大きくなった錆は、鋼材を取り囲んでいたコンクリートを押し分けて太くならうとする。**コンクリートは引張に弱いので、錆びた鋼材が押し分けようとする力によってコンクリートにひび割れが生じることになる**。

ひび割れが起こると、鋼材に塩素イオンや水や酸素がひび割れを通して急速に入り込んでいく。それによって、錆の進行はさらに速くなり、錆はどんどん成長し、元の鋼材はどんどんやせ細っていく。

鉄筋コンクリート内部の鉄筋が傷んでいく病気 (2) 中性化

コンクリートの内部は高アルカリであり、これが鉄筋を錆びさせないように保護している。しかし、これが以下の過程で中性化すると、鉄筋は保護されなくなってしまう。

空気中の二酸化炭素や亜硫酸ガスが、雨水などに溶け込み、コンクリート中に入り込むか、気体のままコンクリート中に入り込んで、コンクリート内部にある水に溶け込み、コンクリート内部に広がっていく。その過程で、コンクリートの中にある**水酸化カルシウムと化学反応し、炭酸カルシウムと水**となる。こうして徐々にコンクリート内部の水酸化カルシウムを炭酸カルシウムに変えながら浸透していき、鋼材周囲の水酸化カルシウムを炭酸カルシウムに変えてしまう。水酸化カルシウム（高アルカリの状態を生み出す水酸基を持っている）が炭酸カルシウム（水酸基を持っていない）に化学変化することで、アルカリ性が失われる。この**アルカリ性が低下すると、鉄は溶け始める**（イオン化していく）。塩害の場合には、塩化物イオンが鉄をイオン化させるきっかけをつくり、中性化の場合には、二酸化炭素が直接ではないが、鉄をイオン化させるのである。

その後は、塩害で説明したように、鉄が錆びて体積が増え、その錆の膨張に耐えられなくなった周囲のコンクリートにひび割れが生じ、それがコンクリート表面まで達して、さらに水と二酸化炭素、亜硫酸ガスがコンクリート内部に入ってくることになる。これが進行するとコンクリートが剥がれ、中の鉄筋が錆びてボロボロになり、やがては崩壊してしまうのである。

コンクリート自身が傷んでいく病気 (1) アルカリシリカ反応

コンクリートに用いる砂や砂利は、多くのものが化学的に安定している。しかし、一部の石は特定の物質（アルカリ金属であるナトリウムやカリウム）に反応して、その石の周囲に**アルカリシリカゲル**と呼ばれる生成物を形成する。生成した物質は、鉄筋の錆のように周囲を押し広げるような膨張をするほど厚い層を形成するわけではないが、水を吸収しやすく、いったん水を吸収すると膨潤し、周囲のセメント硬化体（セメントが水和反応してできたセメント水和物と呼ばれるもの）にひび割れを生じさせてしまう。

アルカリシリカ反応を生じさせる石の種類としては、火山岩系のもの（火山ガラス、クリストパライト、オパールなどを含んだもの）が多い。

・・・

1980年代になって、日本国内で相次いでアルカリシリカ反応と思われるひび割れが見つかり、当時の阪神高速道路公団が調査を行ったところ、管内の**高速道路の多くに異常なひび割れが多数発見**された。それがアルカリシリカ反応であることが判明し、コンクリートに使用された材料の調査を行った結果、豊島産の輝石安山岩を用いていることがわかった。さらに試験を行ったところ、アルカリシリカ反応を引き起こす石であることが明らかとなった。その後、豊島産の採掘場は閉鎖されたものの、今度はその場所が不法投棄の場所とな

り、ごみの島といわれ、マスコミに大きく取り上げられたことを覚えている方も多いと思う。

コンクリート自身が傷んでいく病気 (2) 化学的浸食

コンクリート自体を溶かしてしまう（壊してしまう）化学的浸食は、大きく分けて2種類あるといわれている。

一つは、コンクリート中に水和反応によってできた生成物（セメント水和物）とコンクリートを破壊しようとする物質（浸食性物質）の間で化学反応が生じ、できた物質が水に溶けやすい物質（可溶性）に変わってしまい、コンクリートが溶けていってしまう現象である。大多数の酸、ある種の無機塩類、硫化水素や亜硫酸ガスなどの腐食性ガスなどがコンクリートを破壊する物質に相当する。

・・・

もう一つは、硫酸塩とコンクリート中のセメント水和物が反応して、膨張性の化合物ができ、その膨張圧によってコンクリートを破壊してしまう現象である。代表的なものとして下水道関連施設がある。

化学的浸食の中の硫酸劣化のメカニズムについて簡単に説明したいと思う。

コンクリートは、硫酸とセメント水和生成物の中の水酸化カルシウムが接すると化学反応が生じてせっこうを生成する。

さらに、生成されたせっこうがセメントの中に含まれているアルミニウム成分と化学反応し、エトリンガイトという膨張性の物質を生成する。生成されたエトリンガイトが再度、硫酸と化学反応すると、今度は二水せっこう（水分子を二つ抱えたせっこう）となる。このとき生成される二水せっこうは、非常に柔らかな物質であり、コンクリート自体が表面から瓦解していくのである。

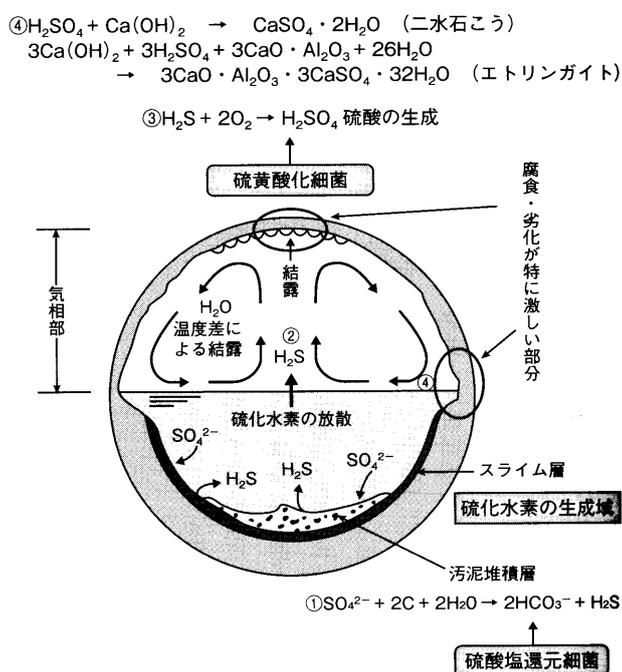


図2-8 硫酸による化学浸食のメカニズム
 (出典：第12回衛生工学シンポジウム、2004.11、日本下水道事業団技術開発部、須賀雄一)

コンクリート自身が傷んでいく病気 (3) 凍害

寒さ（温度が0℃を下回るような状態）によってコンクリート自体が壊れていく凍害（写真2-10）には、大きく分けて三つあるといわれている。コンクリート内部にひび割れなどが起こって壊れるもの、コンクリート表面がボロボロと剥がれていく現象（スケールング）、そしてコンクリート表面部の骨材が飛び出して、あばたのような現象（ポップアウト）である。