

# 中性化による劣化と対策

## 1. 中性化とは

中性化という言葉は、一般社会では「最近 は男も女も中性化しつつある」というように 男女の性の差異の開きなどを論じる場合によく用いられている。このように中性化とは、何かの規準的なものがある場合にその両極端の距離間隔が徐々に少なくなっていく現象といえよう。

一方、コンクリートの中性化とは、水素イオン濃度pH（ペーハー。酸性またはアルカリ性に傾いている度合いを表す時に用いる単位。中性はpH7.0、数値が7.0より低ければ酸性、高ければアルカリ性と言う）が規準となっている。セメントの水和反応が終了すると、

硬化セメントペーストの約60%強がC-S-H（セメントの水和によって生成される、 $\text{CaO} - \text{SiO}_2 - \text{H}_2\text{O}$ 系の不定比化合物として認められる結晶性の乏しいカルシウムケイ酸塩水和物の総称）で、25%ほどが水酸化カルシウムで占められることになる<sup>1)</sup>。この水酸化カルシウムは、硬化セメントペースト中で、結晶または空隙中の飽和水溶液の形で存在する。水酸化カルシウムの飽和水溶液は、pH12.5程度の強アルカリ性で、硬化セメントペーストのpHを決定している。コンクリートの中性化とは、本来アルカリ性であるコンクリートが外部環境の影響を受けてアルカリ性を失っていく現象のことである。

コンクリートの中性化は、コンクリートの

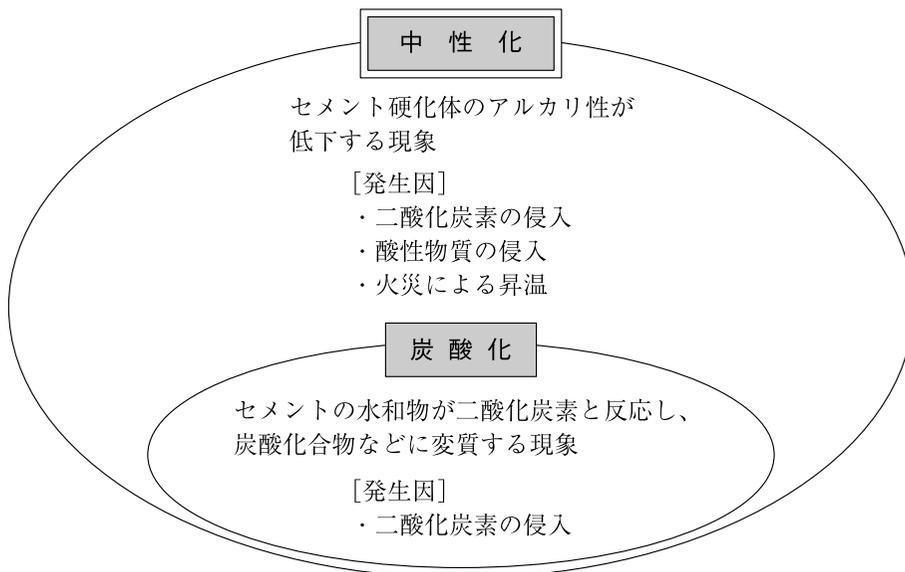


図1 中性化と炭酸化の関係

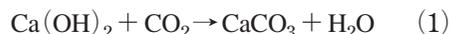
はつり面またはコンクリート供試体の割裂面に1%濃度のフェノールフタレインエタノール溶液を噴霧し、コンクリートが赤色に着色しない部分を示すのが一般的である。この試薬が着色しないpHは10以下で、鉄筋が腐食するといわれるpH10以下と一致する。

中性化の他に「炭酸化」という言葉がしばしば用いられるが、厳密な定義からいくと中性化の範囲が広く、中性化する原因の一つに炭酸化がある<sup>2)</sup>。しかし、一般的な中性化は炭酸化によるものが大部分を占めているので、通常は両方同じ意味と考えてよい(図1参照)。

## 2. 中性化のメカニズム

先に述べたように、中性化とはアルカリ性が低下し中性に近づく現象である。原因としては、炭酸化、酸性雨、酸性土壌・水との接触、火災による熱、化学的物質の接触・浸透などがあげられる。しかし最も一般的で代表的な中性化は、大気中の炭酸ガスのコンクリ

ートへの拡散による炭酸化である。コンクリートが大気中にある場合、大気中の炭酸ガスがコンクリート内部へと拡散し、中性化がコンクリート表面から内部へと進んでいく(図2参照)。この場合の中性化の化学反応式は以下の式(1)で示される。



しかし、すべての水酸化カルシウムが炭酸化した領域と炭酸カルシウムが生じていない領域の間に明確な境界があるわけではない。この二つの領域の間には水酸化カルシウムと炭酸カルシウムが混在している領域がある。この中間領域は、乾燥した屋内側において広く、雨水のかかる屋外側では狭い<sup>3)</sup>。

## 3. 中性化による劣化現象

コンクリートが炭酸化により中性化したとしても、その物理的性質が変化することはほとんどない。したがって、中性化することによりコンクリートの基本的要求性能である強度の低下は生じない。中性化が劣化現象の一つと呼ばれるのは、コンクリート自体の劣化ではなく、コンクリート内部の鉄筋の腐食保護機能の低下なのである。中性化が耐久性上重要視されるのは、中性化によってコンクリート内部の鉄筋が発錆することによるからである。こここのところを誤解してもらっては困るのである。

鉄は大気中ではすぐに発錆する。しかし、中性化していないコンクリート中では、ある量以上の塩化物イオン(1.2kg/m<sup>3</sup>程度以上といわれている)が存在しないかぎり発錆することはない。

コンクリート中の鉄はpH10以上では表面

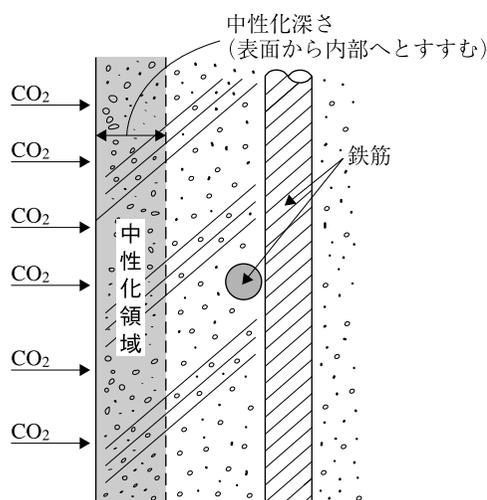


図2 中性化の進展概要



写真1 中性化による鉄筋腐食でかぶりコンクリートがはく落(約50年経過建物の壁)



写真2 中性化による鉄筋腐食でかぶりコンクリートがはく落(約50年経過建物の柱)



写真3 中性化による鉄筋腐食でひび割れ・はく離が発生(約5年経過建物のかぶり不足の柱)



写真4 煙突のコンクリートが中性化し鉄筋が腐食して変化した例

#### 写真1～4 中性化による内部鉄筋の腐食によるかぶりコンクリートの剥離・剥落

に不動態皮膜を形成し、発錆することはないが、中性化によってpHが10より低くなると発錆する。発錆によって、鉄は腐食生成物を生じ、約2.5倍に体積膨張する。この膨張圧によってかぶりコンクリートにひび割れを生じさせたり、かぶりコンクリートのはく離を生じさせたりする(写真1～4参照)。鉄筋コンクリート構造物の耐久性上、中性化が重要なのはこの理由によるものである。

中性化していないコンクリート中の鉄筋は、強いアルカリ性環境のもとで表面に不動

態皮膜と呼ばれる酸化皮膜を形成し、不動態化している。しかし、鉄筋の周囲のコンクリートが中性化すると不動態皮膜が破壊され、鉄筋は活性状態となり、腐食が始まる。中性化したコンクリート中の腐食進行度は、環境条件、特にコンクリート中の水分と酸素の量によって大きく影響される。和泉らの実態調査から得られた結果では、中性化したコンクリート中にある鉄筋は、雨水がかかる屋外の場合が乾燥した屋内より腐食しやすく、屋外では中性化領域が鉄筋に到達すると鉄筋に急