

鉄筋コンクリート (RC) 製下水道管を含む コンクリートの化学的侵食



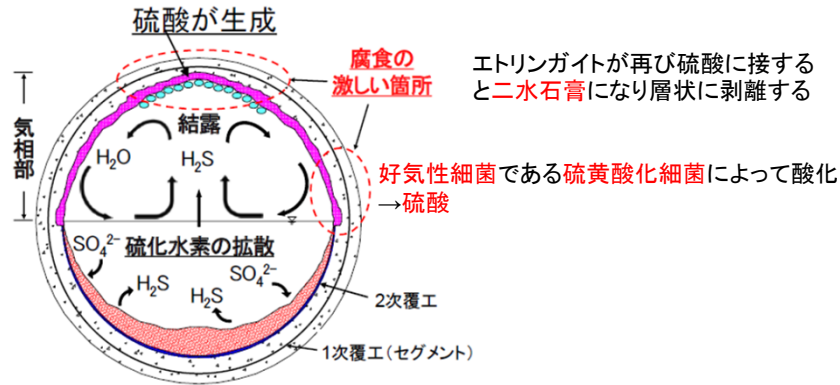
京都大学 経営管理大学院
(併任) 大学院工学研究科社会基盤工学専攻
教授 山本 貴士

コンクリート構造物の劣化機構 (土木学会コンクリート標準示方書)

- 鋼材腐食に関するもの
 - 中性化と水の浸透
 - 塩害
- コンクリートの劣化に関するもの
 - 凍害
 - **化学的侵食**
 - アルカリシリカ(ASR)反応
 - 疲労
 - すりへり

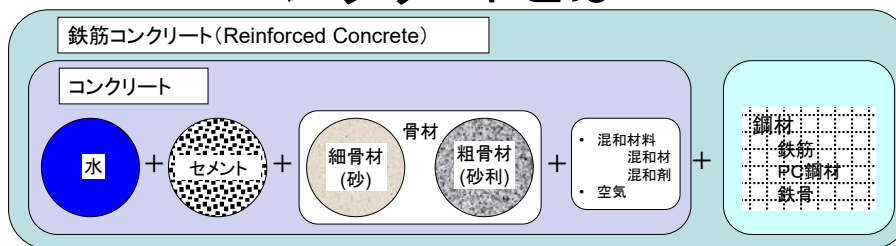
酸による化学的侵食

- 塩酸, 硫酸 (腐食性ガス (硫化水素, 二酸化硫黄など))



下水中に含まれる硫酸塩や含硫アミノ酸が嫌気性細菌である硫酸塩還元細菌によって還元 → 硫化水素

コンクリートとは？



- (セメント)コンクリートの材料構成
 - セメントペースト：水+セメント
 - セメントモルタル：水+セメント+砂 (細骨材)
 - セメントコンクリート：水+セメント+砂 (細骨材) + 砂利 (粗骨材) + 混和材料
 - セメント (C) と水 (W) の比は、強度に対する影響が大きい (W/C)**
- 優れた複合材料：鉄筋コンクリート
 - コンクリートは引張に弱くひび割れが発生しやすいが、鉄筋が引張を負担する。
 - 鉄筋はコンクリート中にあることで、コンクリートが圧縮を受け持ち、座屈が軽減される。
 - 鉄筋はコンクリート中にあることで、防食されている。

種類 **鉄筋コンクリート (RC : Reinforced Concrete)**
 プレストレストコンクリート (PC : Prestressed Concrete)
 鉄骨鉄筋コンクリート (SRC : Steel Reinforced Concrete)

化学的侵食

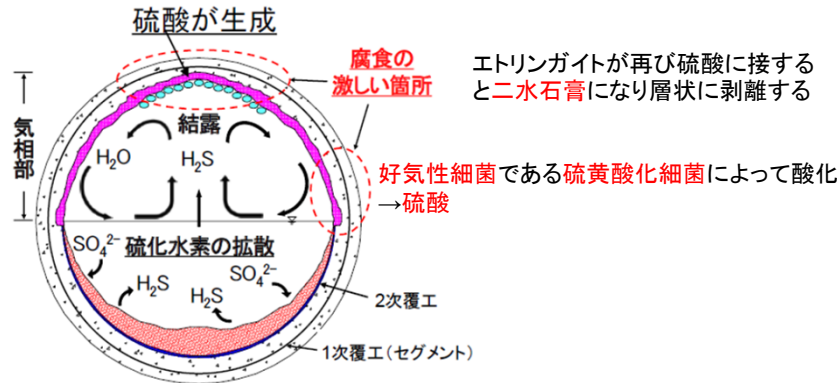
- アルカリによる侵食
 - コンクリート自体が強アルカリ性なので、基本的に抵抗力はある。
きわめて濃度の高いNaOHには侵食される。
(化学工場の床など、強アルカリで洗浄する場合など)
- 溶脱（軟水による化学的侵食）
 - コンクリートが水と長期にわたって接することで、セメント水和物が溶脱し、コンクリート組織が分解
 - ダム、浄水施設、土中構造物
 - 硬度の小さい軟水と接した場合
 - 水酸化カルシウムが周囲の水に溶けだして、組織が粗になる。

塩類による化学的侵食

- 海水作用
 - 波浪による侵食（すりへり）、塩化物イオンの鋼材への影響、以外の作用
 - 硫酸塩の生成によるもの（Na, Ca, Mg）
 - ✓ 硫酸ナトリウムや硫酸マグネシウムなどの硫酸塩が、セメント中の水酸化カルシウムと反応して二水石膏を生成し、さらにセメントのアルミネート相と反応して針状結晶のエトリンガイトを生成して膨張。
(乾燥条件下で)
- 海成地層、ボタ山（ボタ地）
 - ✓ 硫酸塩が含まれている。
 - ✓ ボタ山：石炭の採掘に伴い発生する捨石（ボタ）の集積場

酸による化学的侵食

- 塩酸, 硫酸 (腐食性ガス (硫化水素, 二酸化硫黄など))



下水中に含まれる硫酸塩や含硫アミノ酸が嫌気性細菌である硫酸塩還元細菌によって還元 → 硫化水素

酸による化学的侵食の予測

◆ 侵食深さの予測

$$y = \gamma_c (a \cdot \sqrt{t} + b)$$

土壌中や水の流れのない環境

y : コンクリートの侵食深さ(mm), t : さらされる期間(年)

a : 侵食速度係数(mm/√年), b : 係数(初期から劣化進行の場合 0)

γ_c : 予測精度に関する安全係数(一般に1.0)

$$y = \gamma_c (c \cdot t + d)$$

・水路などの水の流れがある環境
・剥離がおきやすい, 酸性物質による劣化の場合

y : コンクリートの侵食深さ(mm), t : さらされる期間(年)

c : 侵食速度係数(mm/√年), $c = e \cdot [H_2S] + f$

d, e, f : 係数(初期から劣化進行の場合 $d=0$)

γ_c : 予測精度に関する安全係数(一般に1.0)



有機酸による化学的侵食

油類による侵食

- ✓ 酸性物質を含まない鉱物油は大丈夫
- ✓ 動植物性油の脂肪酸（1個のカルボキシ基（ $-COOH$ ））を含むもので、脂肪酸が遊離して酸として作用
- ✓ 有機酸による劣化（ビルピット）