



## 屋外貯蔵タンクの「基礎」と「地盤」について (その3) ～基礎の経年劣化について～

土木審査部

### 1 はじめに

屋外貯蔵タンクの「基礎・地盤」と聞くと、両者は同じようなイメージをいだきがちですが、材料的な観点からみると、基礎と地盤の性状は大きく異なります。

「地盤」は、地盤改良をした場合を除き、自然に堆積したものか、一部埋め立てられたもので構成されているため、不均質でバラツキを持っているという特徴があります。一方「基礎」は、鉄筋コンクリートや碎石、アスファルトサンド等といった材料で人為的に構築され、品質や強度等は、バラツキが無いように規格等でそれぞれ規定されています。

一般的に、人工的な材料というものは、経年劣化という現象は避けて通ることはできませんが、基礎材料に使用される鉄筋コンクリートやアスファルトサンド等も例外ではありません。

本稿では、屋外貯蔵タンクの基礎に使用される「鉄筋コンクリート」と「アスファルトサンド等」の2つの材料に着目し、経年劣化の事例に併せて、留意点等について解説することとします。

### 2 鉄筋コンクリートについて

鉄筋を配したコンクリート構造物（鉄筋コンクリート）は、鉄筋とコンクリートとの相性が非常に良いことから、19世紀頃から使用されるようになりました。鉄筋とコンクリートの相性が良い主な点は、次の3つとなります。

- ① 互いの弱点を補う
- ② 鉄筋を錆び（サビ）させない
- ③ 線膨張係数が同じである

まず、「①互いの弱点を補う」ことについて解説します。

「コンクリート」は、圧縮力には非常に強いですが、引張力に対しては弱く、圧縮力の約1/10の強さしか持ち合わせておりません。また「鉄筋」は、引張力に対しては非常に強いですが、圧縮力が作用するとすぐに座屈してしまいます。このように、鉄筋コンクリート構造物は、互いの弱点を補いながら、外力に対して抵抗する構造体となっています。

次に「②鉄筋を錆びさせない」ことについて解説します。

鉄の原材料である鉄鉱石は、地球上では、鉄と酸素を主体とした酸化物として、安定したものとして存在しますが、さまざまな工程を経て精錬された鉄は、自然界では不安定な状態であるため、空気や水に触れると安定した元の状態の酸化物に戻ろうとします。この酸化物が「錆び（サビ）」と呼ばれるものです。鉄筋が錆びると断面積が小さくなり、受け持つべき荷重を負担できなくなります。

コンクリートはpH12程度の強いアルカリ性の性質を示すため、鉄筋をコンクリート中に配置すると、鉄筋が錆びにくくなるというメリットがあります。

最後に「③線膨張係数が同じである」ことについて解説します。

あらゆる物質は、温度変化により膨張したり収縮したりしますが、温度を1℃上げた場合に、物質がどれだけ長くなるか（大きくなるか）を割合で表したものが線膨張係数と呼ばれるものです。材料（物質）により線膨張係数は異なりますが、鉄筋とコンクリートは、この線膨張係数が同じとなっています。

仮に、鉄筋とコンクリートの線膨張係数が異なった場合、温度変化による伸び（収縮）の差により、材料間に応力が生じ、ひび割れや変形等が発生する危険性があります。線膨張係数が同じであることにより、鉄筋とコンクリートを組み合わせて設計することができ、また使用することができるわけです。

以上のように、鉄筋とコンクリートは非常に相性が良いため、さまざまな土木・建築構造物に使用されていますが、施工上のミスや施工不良及び設置環境、材料の選定ミス等により、経年的に劣化現象が現れることがあります。

図1は、鉄筋コンクリートにみられる主な劣化現象ですが、ここでは、この中でも「中性化」について詳しく解説します。

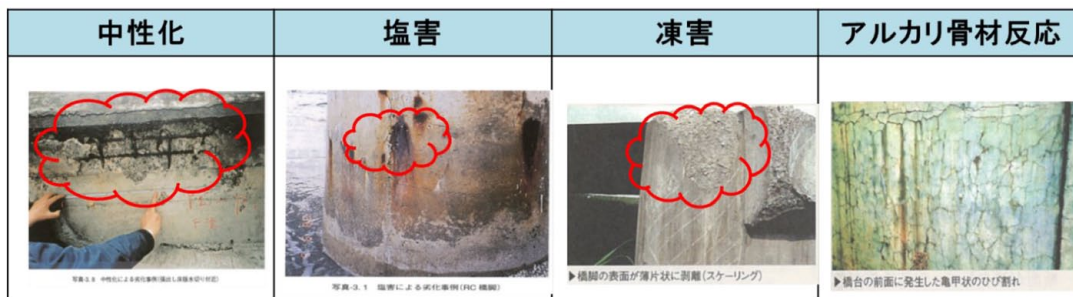


図1 鉄筋コンクリートの経年劣化の例

「中性化」とは、強いアルカリ性を示すコンクリート中に空気中の二酸化炭素が侵入し、セメント水和物と炭酸化反応を起こすことによってコンクリートのpHを低下させる劣化現象を言います。

図2に示すように、鉄筋コンクリート表面に発生したクラック部分に白い付着物を見かけることがありますが、これこそが二酸化炭素がコンクリート中に侵入し、炭酸化反応を示した形跡を示すものです。これは、白華現象(エフロレッセンス)と呼ばれるもので、これが進行していくと、コンクリートの表面から深い位置まで中性化が進んでいきます。



図2 コンクリート表面クラック部分からの白華現象

図3に、中性化によるコンクリートの剥落のイメージを示しますが、概要としては図3左図のように、空気と接するコンクリート表面は、時間の経過とともに、表面から中性化が進行していきます。中性化の速度は、空気中の湿度やセメントの材料等によっても異なりますが、この中性化が鉄筋まで達すると、鉄筋が錆び、錆びた鉄筋が膨張し、コンクリート表面が剥落する現象(爆裂)が生じます。

劣化の進み方としては、図3左図のように、コンクリート表面にひび割れ(クラック)があると、中性化がコンクリート内面の深い範囲まで進行し、早い段階で鉄筋に錆が生じる危険性があります。

図3右図は、図1の「中性化」の写真と同じ状態であり、鉄筋が腐食し、体積膨張による圧力でコンクリートが剥落(爆裂)した状態です。このような状態になると、鉄筋コンクリート構造物としての性能は失われ、耐久性の低下、水密性・気密性等の機能低下が生じます。

一般的に、鉄筋コンクリート表面に発生するクラックを完全に抑止することはできません。コンクリート表面に発生したクラック全てが有害ということではなく、各種設計・施工指針等において許容されるクラック幅等が規定されています。重要なことは、クラック幅やクラックの発生形状、又、コンクリート構造物の用途や要求性能等に応じて判断し、適切、かつ早期に補修することで、機能を維持していくことです。

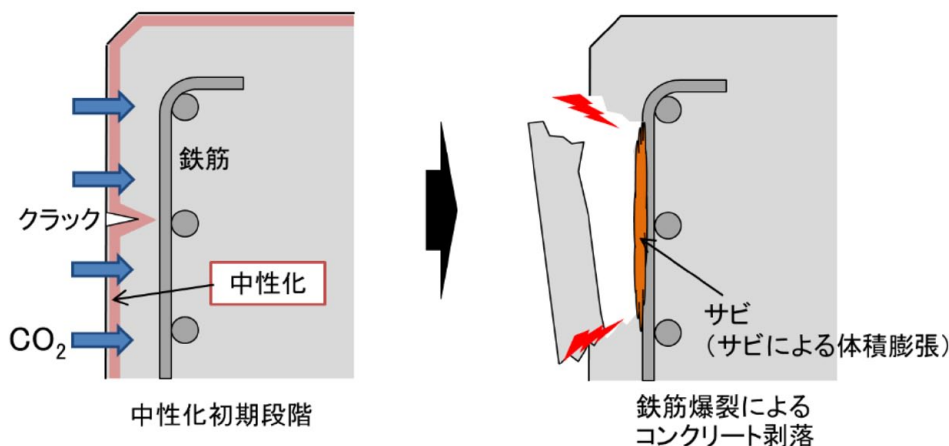


図3 中性化によるコンクリート剥落のイメージ

### 3 アスファルトサンド等について

タンク底板の裏面側には、アスファルトサンド等の裏面防食措置を行うことが義務付けられています（政令第11条第1項第7号の2）。

一般的に、アスファルトサンド等の裏面防食措置には、①付着力・粘着力が大きいこと、②高気温で軟化しにくいこと、③低温において固化しないこと、④耐水性が大きいこと、⑤風化により老朽化しにくいこと等の安定性・耐久性が求められます。

屋外貯蔵タンクの基礎は、一定の堅固さが要求されますが、基礎が堅固でない場合、貯蔵油の液圧により基礎は沈下し、基礎表面に存するアスファルトサンド等も基礎とともに沈下します。アスファルトサンド等が部分的に沈下すると、図4に示すような亀裂が生じる可能性があります。また、加温タンクは、アスファルトサンド等が軟化し、亀裂等が生じる可能性も考えられます。

裏面防食措置としてのアスファルトサンド等に亀裂が生じると、基礎・地盤内の地下水の影響により底板の裏面腐食を促進する可能性が考えられます。底板取り替え時等にアスファルトサンド等の損傷が確認された場合は、タンク底板の腐食防止対策として、アスファルトサンド等を打ち替える等の対策が重要となります。

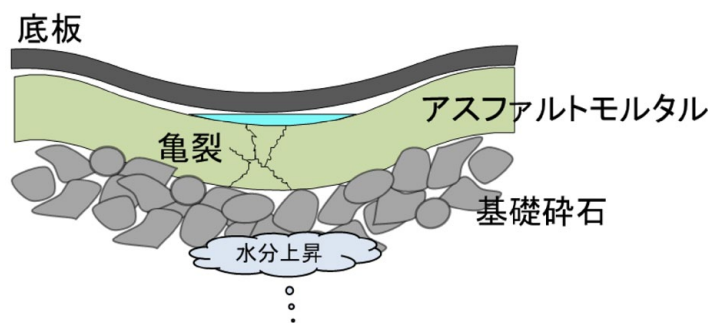


図4 アスファルトサンド等（アスファルトモルタル）の亀裂損傷による底板裏面腐食のイメージ

また、側板外周の犬走り部は、リング基礎の通知（昭和57年消防危第17号）において、「雨水等が浸入しないようにアスファルトサンド等で保護すること」と規定されています。この犬走り部の保護に関しては、基礎内へ雨水等をできるだけ浸入させないようにするために設けられた基準です。

雨水や温度変化等の影響によるアスファルトサンド等の経年劣化の一つに、図5に示すようなクラックが発生する場合があります。このようなクラックが発生すると、雨水等が基礎内に浸入し、基礎内の含水比が上昇することにより基礎砕石等の強度が低下する可能性が考えられ、さらには、基礎内に浸入した地下水が周囲より高くなり、底板の裏面腐食を促進させる危険性も考えられます（図6）。

このように、基礎内への雨水等の浸入防止を目的として設置することが義務付けられている犬走り部の保護材ですが、

アスファルトモルタルにクラックがあると、雨水等は容易に基礎内へ浸入し、基礎へ悪影響を及ぼす危険性があります。

このような悪影響を防止する意味でも、犬走り等のアスファルトモルタルにクラック等の損傷がみられる場合は、早急に補修を実施し、機能を維持することが重要となります。



図5 犬走りアスファルトモルタルのクラック

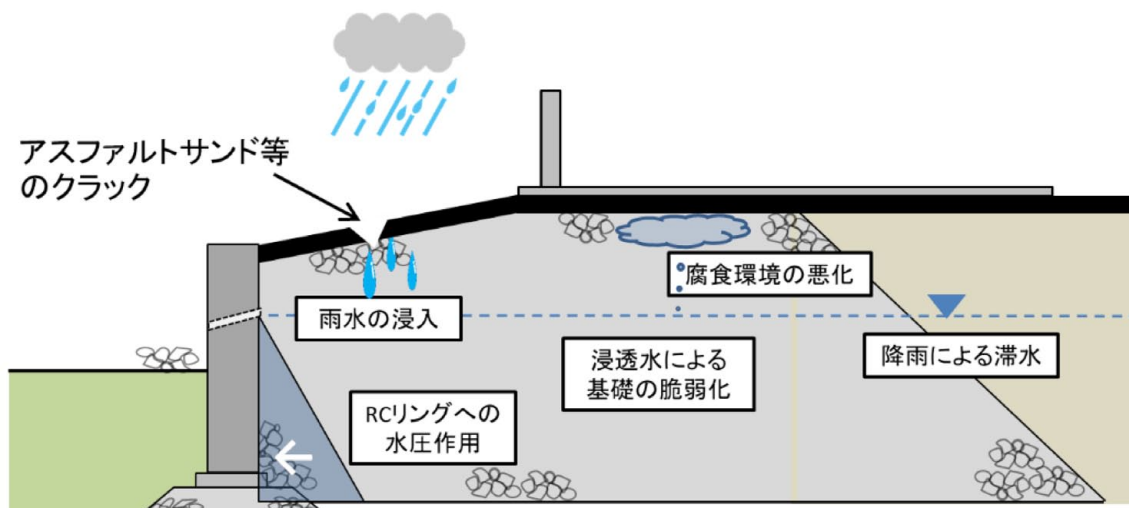


図6 犬走りアスファルトモルタルのクラックによる悪影響

#### 4 さいごに

本機関誌Safety&Tomorrow204号(令和4年9月号)より、「屋外貯蔵タンクの基礎と地盤について」というタイトルで、屋外貯蔵タンクの基礎と地盤に関する技術基準や留意点等について掲載してきました。

土木系の仕事にたずさわらない人にとっては、基礎・地盤に関する内容については、なかなか馴染みがないものと思われます。また、タンク建設後に、基礎・地盤を変更するような工事は多くないため、日常的に意識が向かない傾向にあるものと推察します。

しかしながら、基礎・地盤についても、タンク本体同様、消防法令において基準維持義務が課せられますので、タンク本体の変更内容に応じて、特に、基礎の安全性について意識を持ち、事業者自らが基礎の安全性を検討することが重要となります。タンク建設時、あるいは新基準適合時の評価結果にどれだけの余裕代があるのか等を充分理解・把握したうえで、タンク本体の運用を計画・変更することが重要です。

危険物保安技術協会では、安全性を評価した時の各種データをデータベース化して保有していますので、基礎の再評価等に関して不明な点がある場合は、土木審査部にご相談いただければ幸いです。