

## S-05-2 外面応力腐食割れ ASCC (atmospheric stress-corrosion cracking)

### 1. 概要

常温大気中というマイルドな環境でも、ステンレス鋼の外面から応力腐食割れが発生することがある。粒界型の割れであり、大気中の海塩粒子が、金属表面に付着堆積し、塩分濃度が濃縮し、かつ湿潤環境にさらされると割れる。ステンレス鋼が鋭敏化し、粒界腐食感受性を示す場合に割れる事象であり、ステンレス鋼が鋭敏化してなければ割れる可能性は極めて少ない。鋭敏化型 ESCC、粒界型 ESCC とも呼ぶこともある。しかし、ステンレス鋼の ESCC (保温材下での外面応力腐食割れ) とメカニズムや発生温度域が異なるので、ESCC とは区別して ASCC (湿潤大気応力腐食割れ) と呼ぶのが一般的である。

### 2. 損傷を受ける材料

オーステナイト系ステンレス鋼 (SUS304、SUS316)

### 3. 損傷機構と事例

海岸近くに建設されたプラントのオーステナイト系ステンレス鋼製の配管、塔槽類等が、常温大気中というマイルドな環境でも、割れることがある。いずれの場合も、海塩粒子が飛来する屋外設置の設備で生じる。割れ形態は図 1 に示すように、粒界型であり、孔食を起点として割れが発生することが多い。

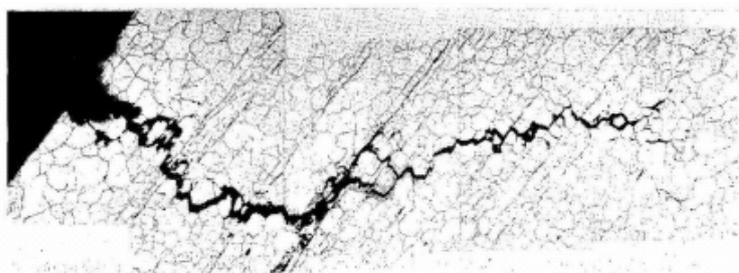


写真 1. 孔食を起点として発生した ASCC

割れが発生する材料は、多くの場合、いずれも鋭敏化しており、粒界腐食感受性を示す材料で生じる。鋭敏化していない材料の、実設備での割れ発生の報告は極めて少ない。また、残留応力が高い個所で割れが発生する。

ステンレス鋼が特定の熱履歴 (500~850℃) を受けると、結晶粒界に Cr (クロム) 炭化物を析出し、その近傍の Cr 濃度が減少し、粒界

近傍の耐食性が劣化する現象を鋭敏化と呼んでいる。溶接の際の熱履歴で、溶接金属の両側の母材（通常 10 mm 前後以下の幅）は、多くの場合鋭敏化されている。鋭敏化に関しては、「L-11 粒界腐食」で説明されているので、ここでは説明を省略する。

割れの発生機構は、ステンレス鋼の表面に海塩粒子が飛来し、堆積・蓄積することにより、最初に孔食が発生する。孔食が成長すると、孔食先端では応力拡大係数が増大し、耐食性が劣っている粒界にそって応力腐食割れが進展する。

## 2. ASCC の発生に及ぼす環境因子

人工海水を用いて、ASCC に及ぼす湿度の影響を調べた結果（庄司、大仲：防食技術、Vol,38,92(1989)）によると、ASCC は相対湿度 20～50% で最も短時間で発生している。低湿度条件で割れにくいのは、湿分が少なく、金属表面が乾燥状態になるからである。相対湿度が 20～50% で割れやすいのは、金属表面の液膜中の塩分濃度が高くなるからである。高湿度では、金属表面お液膜中の塩分濃度が希釈されるから、割れにくくなる。

実際の設備での ASCC は、乾湿繰り返し条件に曝されるところで、生じやすい。昼間乾燥状態となり夜間から朝にかけて結露状態になる条件では、結露時に水膜が金属表面に形成される。乾燥過程では、水膜中の塩分が濃縮するので、ASCC が発生しやすい条件が形成される。日本は、海に囲まれており、かつ結露される気象条件が多いことから、ASCC が発生しやすい。

## 4. 対策

実験室的な加速試験では、非鋭敏化材（低炭素ステンレス鋼）でも割れているが、実機での事例としては、非鋭敏化材（低炭素ステンレス鋼）の割れ事例はほとんど報告されていない。したがって、実用上、鋭敏化されてなければ割れは発生しないと判断して良い。図 2 は、海

岸に暴露した SUS304 鋼について、割れに及ぼす鋭敏化度（再活性化率：JIS G0580）の影響を調べた結果であり、再活性化率が数%以上で、割れが発生している。

したがって、鋭敏化度数%が ASCC 発生の目安とすることが出来る。しかし条件が過酷（塩分の飛沫が直接かかる、塩分が雨水等により洗い流されない、温度が常温を越えて高くなる、残留応力が極めて高い、等のようなケース）の場合は、鋭敏化度が数%以下でも割れが発生する可能性があるので注意を要する。

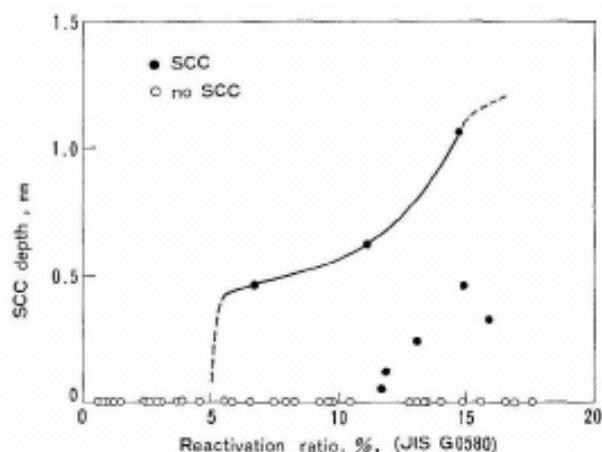


図 2. 割れの発生に及ぼす鋭敏化度（再活性化率：JIS

溶接部のように鋭敏化された条件の部材を使用しなければならぬ場合は以下の対策を行うことが ASCC 対策となる。

- ① ショットブラスト：金属表面を圧縮応力とする
- ② A1 溶射：環境遮断とアルミニウムの犠牲陽極により ASCC を防止
- ③ A1 フォイル巻き：環境遮断とアルミニウムの犠牲陽極により ASCC を防止
- ④ 樹脂コーティング：膜厚が厚く、下地まで到達する欠陥の無いコーティングは、環境遮断能力があり、対策として有効である。単なる塗装の場合、欠陥の存在は避けられないから、塗膜欠陥部から塩化物溶液が侵入する可能性があり、十分な対策とはならない。

材質的に割れが発生する可能性を調べる方法としては、材料の鋭敏化度を非破壊的に調べる事が出来る電気化学的再活性化法（JIS G0580）を使えば良い。電気化学的再活性化法に関しては、コンパクトで、現場での測定が出来る専用の計測器（DOS テスター）が、IIC（石川島検査計測株式会社）で、市販されている。また、IIC では計測サービスも行っている。図 2 に示したように、再活性化率が数%以下であれば、ASCC の発生を心配することはない。

なお、炭素濃度含有量を低くした SUS304L,316L 等、あるいは安定化鋼(321,347)のように非鋭敏化鋼を使用すれ設備に関しては、ASCC は生じない。

## 5. 参考文献

- 1) 梅村文夫、他：防食技術、第 36 巻、9 号、571～577 (1987)