

管路防災研究所

NEURON Pipeline Resilience Laboratory

NEWS LETTER

Vol. 48 2026.5

ベローズの腐食対策の現況

管路防災研究所 研究員 金丸 佑樹



〒619-0237
京都府相楽郡精華町光台2-2-5
日本ニューロン株式会社
けいはんなサウスラボ
『管路防災研究所』



お問い合わせ先
info@neuron.ne.jp

1. ベローズの設置環境

ベローズは、発電所や製鉄所等のプラント配管の他、水道管路、ガス管等のライフライン配管に至るまで、あらゆる管路に設置され熱膨張や不同沈下、地震変位等から管路の破断を防いできた。

設計段階では顧客より提示される想定耐用年数に応じた変位の繰り返し回数が設定される。そして、強度計算上その回数を上回る伸縮寿命性能を有するベローズの蛇腹形状（板厚、山の数など）が決定される。注意すべきは、供用期間中はそれらの変位の影響に加え、設置箇所の環境や、管内を通過する流体によってしばしば腐食環境に晒される点である。その場合、設計寿命前に腐食破損しないように、適切な配慮が必要となる。

2. ベローズの腐食対策と研究事例紹介

ベローズの腐食対策について、既往設計規格であるEJMA規格では「0.508mm/yearを超える腐食の影響を受けないような材料の選定をすべき」としている程度で、具体的な対策案は示されていない。ベローズ素材には、一般に耐腐食性に優れるとされるオーステナイト系ステンレス鋼が使用されるが、ある特定の条件下ではステンレス鋼であっても腐食によって穿孔または全面的に減肉するケースがある。供用期間中のベローズに特定環境下で発生する腐食と、その対策の一例を下表に示す。表の通り、基本的にベローズの耐腐食性能は、材料の性能に依存するため、設置環境に応じた適切な耐腐食性能を有する材料を選定する必要がある。

表 ベローズに対する腐食形態と対策の一例

腐食の種類	発生しやすい環境・条件	対策の一例
全面腐食	露点腐食 (排ガス中の酸性成分が冷却され凝縮)	PTFEライニング
応力腐食割れ (SCC)	引張応力場での特定の水溶液への接触	SCC耐性の高い材料（二相SUS鋼、高ニッケル合金）への変更、SCC対策塗料の塗布
粒界腐食	高温によるSUS材の鋭敏化 (一般に約450℃以上)	低炭素SUS鋼（Lグレード）の使用 安定化SUS鋼（Ti、Nb添加タイプ）の使用
孔食	塩化物イオンを含む水溶液 (海水、塩水、プールの水)	スーパーSUS鋼や高ニッケル合金など耐孔食指数（PRE値）の高い材料
異種金属接触腐食	異種金属が接触し、海水、雨水、結露などの水溶液が存在する環境	異種金属の接触回避、電位差の小さい金属を使用、全面塗装
微生物腐食 (MIC)	下水、土壌など、水が滞留しやすく有機物が豊富な水環境	塩素滅菌、定期的な清掃、適切な流速の維持、表面を平滑としコロニー形成を抑制、全面塗装

さらに、既往設計では考慮されていない腐食と疲労の連成についての研究事例を紹介する。ベローズ材料として一般的なSUS304鋼などの準安定オーステナイト系ステンレス鋼は、塑性ひずみにより加工誘起マルテンサイト変態を生じ、耐腐食性や疲労寿命が低下する。腐食条件下の疲労（腐食疲労）によるベローズの性能低下を防ぐには、より組織の安定性を高めた材料

を採用するか、加工誘起マルテンサイト相が形成されない限界塑性ひずみ幅以下の範囲で使用する必要がある。近隣大学との共同研究で3.5%NaCl水溶液(海水と同程度)中でのSUS304試験片の低サイクル腐食疲労実験を実施した結果、塑性ひずみ幅を0.3%以下に抑えることでそれらの影響による寿命低下を回避できることが明らかとなった。一方、別の研究成果では地震時を想定したベローズの大振幅変位実験とそのFEM解析結果として、ベローズ表面に生じるひずみ範囲が数%以上に及ぶケースもある。このことから腐食疲労の観点から言えば、腐食性流体用の管路で地震変位を吸収するベローズの材料には、加工誘起マルテンサイト変態を生じにくいSUS316Lや、それ以上の耐食性を有する鋼種を使用環境に応じて選択すべきである。

環境条件

Core技術

管路防災技術

地震災害
過酷環境
気候変動

Resilientな
伸縮可撓継手

終局限界性能
確認実験技術

管路系システムの
耐震・性能設計

防災
エンジニアリング