

TS 継手の破損について破面解析による考察

Consideration of breakage of TS joint by fracture surface analysis

田中良和

Yoshikazu TANAKA

1. 背景と目的

配水パイプラインの小口径管路では経済性や耐腐食性に優れた塩ビ管が利用されている地区が多い。塩ビ管の継手として TS 工法 (Taper sized solvent welding method) による継手 (以下、TS 継手) が一般的である。農業用パイプラインの屈曲部や分岐部などはスラスト力の検討を行い、必要ならばスラスト対策を行うことが設計基準に定められている。スラスト力の検討は、スラスト力に対して抵抗力が十分であるかを検討することになっている。破損事故例を調査したところ、スラスト対策がなされていない TS 継手においては、「離脱」よりも「き裂」の発生による破損事故が多く発生していた。本研究では、TS 継手の破損管の破面について走査型電子顕微鏡 (SEM) を用いて観察することによって、破損原因を考察した。

2. 観察した破損管と使用環境

採取した破損管の特徴と使用環境を表 1 に整理した。A 地区では、管内の圧力水頭はポンプ ON-OFF 制御方式では大きな変動を頻繁に繰り返し、自然流下方式では 75A の笠型弁の給水栓操作によって 4~5m の水撃圧の発生がみられた。C 地区は、既設のパイプライン施設に延長して施工されたパイプラインのようである。A, B, C 地区ともにスラスト力の検討と対策がなされていない。

表 1 採取した破損管の特徴と使用環境

地区名	A	B	C
TS 継手の種類 (内径)	T 字管 (75A×150A、75A×75A)	22.5° 曲管 (100A)	T 字管 (50A×50A)
破損形態 (破損箇所)	き裂 (分岐管付け根、分岐管の差し込み口と反対側の本体背面)	離脱 (き裂は無し)	き裂 (分岐管と送水管の受けロストッパー付近)
送水方式 (圧力水頭)	圧力タンク附帯の水中ポンプ ON-OFF 制御方式 (10m~30m)、自然流下方式 (30m)	自然流下方式 (圧力未計測)	自然流下方式 (80m)
経過年数	約 12 年	40 年以上	20 年以上

3. 方法

破損管を軸方向に切断して内面を観察した後、き裂と離脱の破面を約 1cm 四方に切り取り、SEM で観察した。

農研機構 (NARO)、キーワード: パイプライン、TS 継手、PVC、き裂、離脱、原因

4. 結果と考察

破損形態は、「き裂」と「離脱」であった。各観察結果を順に整理する。

4.1. き裂について

- ① T字管におけるき裂は分岐管の付け根、分岐管の差し込み口の反対側の本体背面、及び、塩ビ管の先端が受けロストッパーに衝突している箇所であった。
- ② SEMの観察から疲労破壊であると推察された。
- ③ 疲労破壊のき裂発生起点として、製造工程において製品内に生じた小さな塊やスキ層に接着剤が浸透して劣化して生じた隙間が観察された。
- ④ 疲労破壊の進行は、水圧の変動により、分岐管の付け根に分岐管と送水管の両方のパイプの壁面に作用した繰り返し引張力の合力が発生したことやスラスト力が発生して滑動を許して分岐管の軸方向に振動が生じたこと、さらには、TS継手の受け口に挿入する塩ビ管の先端が斜めにカットされていたり、押し込み過ぎてしまったりして、TS継手本体に大きな残留応力が発生したことが原因である可能性が推察された。

4.2. 離脱について

- ① TS継手のソケット形状はテーパになっており、入口は広く、奥が狭い。接着剤に含まれる溶剤は、シクロヘキサノン、メチルエチルケトン、トトラヒドロフランの溶解度パラメータ（以下、SP値）は、塩ビのSP値と同程度であるため、接着剤をソケットの受け口に塗ると表面の塩ビ成分が解けて挿入された塩ビ管の表面の塩ビと結合して揮発する。離脱した管は、受けロストッパーまで塩ビ管の先端が差し込まれていたものの、入り口付近のソケットとパイプの間に隙間が生じていたことから、接着剤の塗布量が不十分であったと推察された。
- ② 受けロストッパーから入口までの距離をLとすると、約 $1/3L$ の区間において軸方向にストライエーションが発生していたことから、離脱も軸方向に引張力が繰り返し発生して疲労破壊したものと推察される。ただし、均一にストライエーションがあるわけではなく、ストライエーションが全く見られない鏡面状態の領域も多くみられる。この鏡面状態の領域は、接着剤の塗布が不均一であったために塗られていなかったか、もしくは少なかったために、圧力水頭の変動が繰り返されてパイプの円周方向へ変形した際にソケット内面と挿入された塩ビ管の間の接着面が剥離した可能性がある。「剥離」は「せん断」よりも小さなエネルギーで接着面を剥がすことが可能である。

5. まとめ

SEMによる破面解析の結果、TS継手の破損形態である「き裂」と「離脱」は、どちらも疲労破壊によって生じていた。よって、設計では、スラスト力の検討において滑動を許さないように対策を施すことが重要である。他方、施工においては、塩ビ管の先端を綺麗に直角にカットし、先端が受けロストッパーに衝突しないようにする必要がある。さらには、接着剤の塗布量は、必要以上に多すぎるとは溶剤クラックによるき裂発生起点の原因となり、少なすぎるとは離脱の原因になるので、注意が必要である。

謝辞：SEMを農研機構高度解析センターにおいて利用した。記して感謝申し上げる。