

## 塩化ビニル管の農業用パイプラインとしての性能低下について Performance deterioration of PVC Pipe as Agricultural Pipeline

○有吉 充\* 田中良和\*

Mitsuru ARIYOSHI, Yoshikazu TANAKA

### 1. はじめに

塩化ビニル管は、1961 年に完成した愛知用水事業から本格的に農業用パイプラインに適用され、敷設後数十年経過したものが多い。効率的に維持管理や更新を行うには、管の性能低下を把握することが重要である。そこで、A 地区を対象に、破損した塩化ビニル管の破面の観察、現場での水圧計測、掘出し管の外圧試験（扁平試験）及び繰返し外圧試験を実施し、性能低下について検討した。

### 2. 破面の観察

A 地区で敷設後 39 年間経過して破損した塩化ビニル管（VP）の破面を観察した。亀裂は管の縦断方向に発生し、**図 1** に示す起点周辺（□部）を顕微鏡で観察（**図 2**）したところ、疲労破壊の破面に特徴的なビーチマークやラチェットマークが見られた。本管は圃場に埋設されており輪荷重の作用は少ない。管に作用する多数の繰返し荷重には、内圧が想定される。

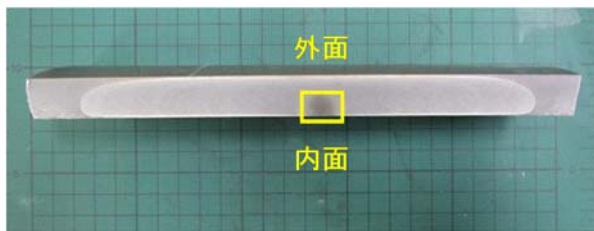


図 1 破面の全体写真  
Overall picture of fracture surface

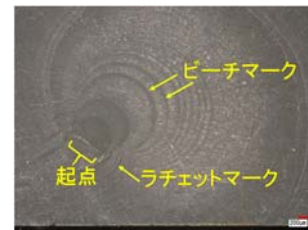


図 2 破面の拡大写真  
Microscope picture of fracture surface

### 3. 現場の水圧計測

破損管近辺のポンプ場内にて、管内の水圧を計測した（10～2月の4ヶ月）。本地区では圧力水槽に 0.6MPa の水圧を負荷し、0.4MPa まで低下時に、再度 0.6MPa まで水圧を増加させるシステムである。ポンプや水の利用状況等により異なるが、多い日は**図 3** に示すように、頻繁に水圧の変動が生じており、1 時間に約 24 回の繰返しが終日生じていた。また、4 時間に 1 度、サンドフィルターの清掃のため、約 0.3MPa の水圧変動が生じた。

供用期間中に本地区のパイプに作用した水圧の繰返し回数は不明であるが、1 時間 24 回とした場合、1 年で 21 万回の繰返し水圧を受けることになる。実際にも数百万回以上の繰返し水圧を受けた可能性が高い。管に作用する水圧は地区ごとに異なるが、このような繰

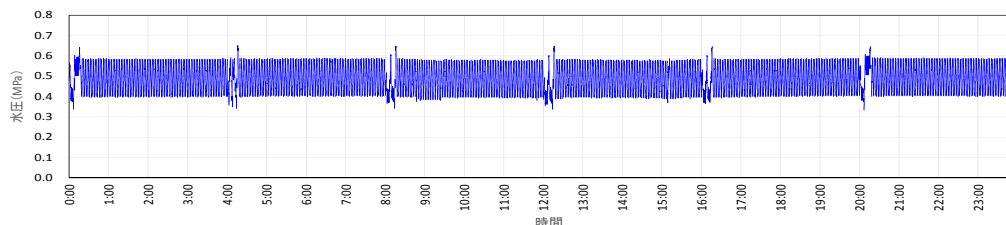


図 3 水圧の時系列データ（1日分）  
Time history of water pressure

農研機構農村工学研究部門\* Institute for Rural Engineering, NARO

キーワード：塩化ビニル管、破面解析、性能限界、疲労、内圧

返し荷重の頻度の多い地区では、疲労による管の性能低下を検討する必要があると考えられる。

#### 4. 外圧（扁平）試験

##### 4. 1 試験概要

A 地区で敷設後 39 年経過した  $\phi 300$  の塩化ビニル管（VP）を掘り出し、縦断方向の長さ 200mm に切断し、管頂から载荷する外圧試験を実施した。後述する外圧繰返し試験とともに、試験中の温度を一定に保つため、23 度の水で満たされた水槽内に管を設置し、アクチュエータ（MTS 社製）で载荷した（図 4）。

##### 4. 2 試験結果

たわみ率 50%時でも、亀裂などの変状は生じなかった（図 5）。たわみ率 3%時の荷重（17.8kN/m）から、薄肉円環のたわみと応力の関係式から求めた弾性係数は 3.1GPa で、一般的な塩ビ管の弾性係数(3GPa)を満足し、弾性係数の低下は確認されなかった。



図 4 外圧及び繰返し試験  
Flattening and fatigue test



図 5 たわみ率 50%時の管  
Pipe at 50% deflection ratio

#### 5. 外圧繰返し試験

##### 5. 1 試験概要

外圧試験と同様の試験装置を用いて、表 1 に示すたわみ率を繰返し管に負荷する外圧繰返し試験を実施した。計 8 ケースで、载荷速度を 2Hz とした。水槽の一面をアクリルにし、管頂及び管底を 3 分毎に写真撮影し、亀裂が生じるまでの回数を計測した。

##### 5. 2 試験結果

結果をバブルチャートで図 6 に示す。円の大きさは亀裂を確認したときの繰返し数を反映する。また、数字はケース番号（○の数字）と亀裂確認時の回数（万）である。

ケース 1 及び 3 は 100 万回载荷しても亀裂が生じず、試験を中断した。他のケースでは管頂及び管底に亀裂が生じた（図 7）。亀裂を確認した回数は、振幅及び平均たわみ率が大きいほど、小さくなり、特に振幅の影響が大きい。ケース 4 で管底及び管頂に生じる最大の応力は約 16MPa（薄肉円環の変位量と応力の関係式から試算）であり、農業用パイプの塩ビ管の許容応力（15MPa）程度でも多数の繰返し荷重を受けると疲労することが分かる。

#### 6. まとめ

破損した塩化ビニル管の破面の観察や現場での水圧計測、現場から掘出した管の繰返し試験を実施した。A 地区のような内圧変動の多い地区では、塩化ビニル管の性能低下の一因として、内圧による疲労を考慮する必要がある。

なお、一般的に塩化ビニル管を含む樹脂材料の疲労強度は、材質や成形条件等によって異なる。そのため、本試験結果は全ての塩化ビニル管に広く成り立つものではない。

表 1 繰返し試験の実験ケース  
Cases of the fatigue test

Case	たわみ率 (%)	たわみ率の振幅 (%)	平均たわみ率 (%)
1	5~6	0.5	5.5
2	7~8	0.5	7.5
3	9~10	0.5	9.5
4	0.5~2.5	1.0	1.5
5	3~5	1.0	4.0
6	0.5~3.5	1.5	2.0
7	3~6	1.5	4.5
8	9~12	1.5	10.5

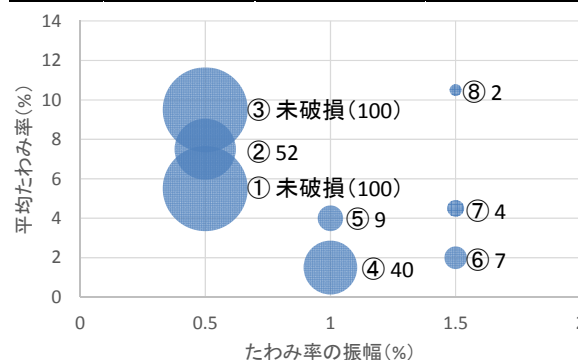


図 6 外圧繰返し試験の結果  
Result of fatigue test

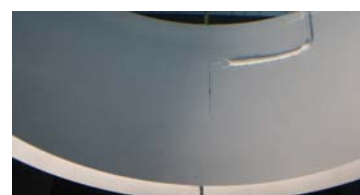


図 7 繰返し試験での亀裂  
Crack occurred by fatigue test