

## 第5回 自立管の試験方法

## その5

## 1. はじめに

連載講座も第5回目を迎え、本稿では「管きょ更生工法における設計・施工管理の手引き（案）」<sup>1)</sup>に記載されている自立管の試験方法のうち、耐ストレインコロージョン性試験と水密性試験について述べる。

## 2. 耐ストレインコロージョン性試験

酸性条件下で耐酸性の低いガラス繊維が応力を受け続けると破断する恐れがある。これは応力ひずみと酸性条件（水溶液等）の環境が組み合わさったときに発生する現象であり、ストレインコロージョンと称されている。応力ひずみまたは酸性条件の環境何れか片方だけの場合、顕著な腐食はなく、両方の相乗効果により現象が悪化することがその特徴である。

そこで、自立管の更生材がガラス繊維で補強されている場合、JIS K 7034:2003「プラスチック配管系—ガラス強化熱硬化性プラスチック（GRP）管及び継手—扁平下における管内面の耐薬品性の求め方」<sup>2)</sup>およびJSWAS K-2:2000「下水道用強化プラスチック複合管」<sup>3)</sup>に準じた試験により耐久性を確認する。なお、ガラス繊維で補強していない更生材を使用する場合は、耐ストレインコロージョン性の確認は不要である。

## 2.1. 試験片

(1) 試験片は完全なリング形状とする。また、試験片の対称な位置に2本の直線を長手方向に引く。その概念を写真-1に示す。

- 1) 長さは個別規格に規定する寸法とし、その偏差は±5.0%としている。また、厚さについては±1.0%としている。
- 2) 試験数については、破壊分布を得るため18本以上とする。
- 3) 試験前に、正確に各線に沿って試験片の長さを

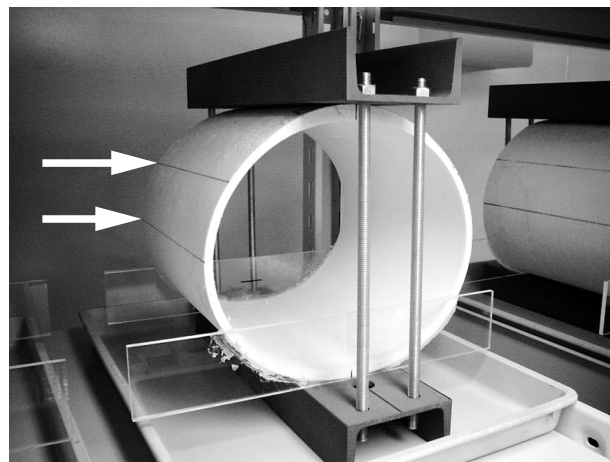


写真-1 2本の直線

測定する。厚さについては、試験片の両端部のそれぞれ円周を3等分する位置において試験片の厚さを±1.0%まで測定する。6点の測定値の平均として管の厚さ $e$ を計算する。

また、平均直径については試験片の長手方向の中間点における内径 $d_i$ を例えばカリパスを用いて、または試験片の外径 $d_e$ を例えば円周メジャーを用いて±1.0%の正確さで測定する。

試験片の平均直径 $d_m$ を、管の平均厚さと内径または外径を用い、式①により計算する。

$$d_m = d_i + e \quad \dots \textcircled{1}$$

$$d_m = d_e - e$$

$d_m$  : 試験片の平均直径 (mm)

$d_i$  : 試験片の内径 (mm)

$d_e$  : 試験片の外径 (mm)

$e$  : 試験片の平均厚さ (mm)

- 4) 試験片断面については滑らかで、試験片または継手の軸に対して垂直とする。

## 2.2. 試験方法

試験方法には2通りあり、たわみ測定による方法

とひずみ測定による方法がある。JIS K 7034:2003の試験状況の概念図を図-1に示す。

また、試験状況を写真-2に示す。

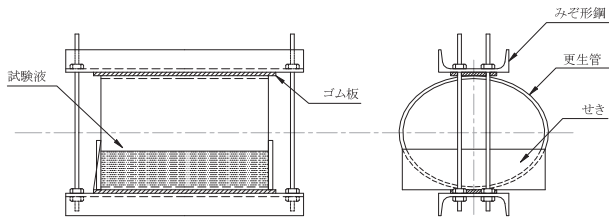


図-1 JIS K 7034:2003の試験概念図



写真-2 試験状況

### (1) たわみ測定による試験方法

- 1) 少なくとも18個の試験片の破壊までの時間が0.1時間と10,000時間以上との間に分布し、かつ、少なくとも10個の破壊時間の分布が表-1の制限を満たすよう想定して、たわみ範囲を選ぶ。

表-1 破壊時間の分布

破壊時間 (h)	破壊数の最小値
≥ 10かつ≤ 1,000	4
> 1,000かつ≤ 6,000	3
> 6,000	3*

\*このうち、少なくとも1個は10,000時間を超えなければならない。

- 2) 試験片を上下の形鋼に付け、試験片の2本の線を結ぶ面が垂直であり、形鋼の軸に平行で、かつ、その中央線上にあるよう試験片を配列する。試験片と形鋼との接触ができるだけ均一であり、形鋼が傾いていないことを目視によって確認す

る。

- 3) できるだけ装置の上下の形鋼を平行に保ちながら、荷重を加えて試験片をたわませる。

たわみは、試験片の両端部と中央部との位置において測定し、3点の測定値を平均する。たわみが規定量に達したとき、時間を記録し、試験片がたわんだ状態に保つために装置を固定する。

- 4) 試験片の内面だけが試験液に触れるように、柔軟なシール材を用いて、化学的に不活性なせき板を装着する。
- 5) たわみに応じて増加する水平方向の直径についての補正を含む式②を用いて、初期ひずみを計算する。

$$\varepsilon_t = 100 \times \frac{4.28 \times e \times Y_{av}}{(d_m + 0.5 \times Y_{av})} \quad \dots \textcircled{2}$$

$\varepsilon_t$  : 初期ひずみ (%)

$e$  : 試験片の平均厚さ (mm)

$Y_{av}$  : 平均垂直たわみ (mm)

$d_m$  : 試験片の平均直径 (mm)

- 6) 規定のたわみに達してから2時間以内に、2枚のせき板の間に0.5mol/lの硫酸水が25~50mmの深さになるように入れ、その時間を0時間として記録する。
- 7) 漏れ破壊を生じるか、試験を停止するまで試験液の深さを25~50mmに保つ。

試験片を液にさらしている間、試験液の濃度が規定の±5%におさまっていることを適切な分析方法を用いて定期的に検査し、必要があれば試験液を調整する。

- 8) 規定がない限り、試験片の漏れ破壊の兆候について、拡大鏡を用いず目視によって、表-2に示す間隔で検査をする。

表-2 検査の間隔

0時間からの時間 (h)	検査の間隔	検査の間隔の許容範囲
0~10	1時間ごと	±0.25時間
10~600	24時間ごと	±6時間
600~6,000	72時間ごと	±10時間
6,000以上	1週間ごと	±1日

- 9) 各試験片の破壊までの時間を記録する。

## (2) ひずみによる試験方法

- 1) 少なくとも18個の試験片の破壊までの時間が0.1時間と10,000時間以上との間に分布し、かつ、少なくとも10個の破壊時間の分布が、表-1の制限を満たすよう想定して、ひずみ範囲を選ぶ。
- 2) 初期の円周ひずみを測定するために、試験片の内側に注意深く3個のひずみゲージを筒長方向に対して1列に配置し、円周方向に向けて貼り付ける。
- 3) ひずみゲージを付けた後、ゲージを底にして試験片を試験装置内へ入れる。
- 4) できるだけ装置の上下の形鋼を平行に保ちながら、荷重を加えて試験片をたわませる。
- 5) 所定のひずみに達したら、試験片のたわみ状態を保つため装置を固定し、速やかにゲージを読み取る。初期ひずみは、装置の固定後2分以内に記録する。  
後はたわみ測定による試験方法と同様であり、割愛する。

## 2.3. 計算および試験結果の表現

JIS K 7034:2003に基づく計算および結果については、以下のように表現する。計測したデータはJIS K 7020:1998「ガラス強化熱硬化性プラスチック(GRP)管及び継手-回帰分析方及びその使用」<sup>4)</sup>に従って処理する。

- 1) 試験片が破壊に要した時間の対数と破壊荷重を用いて一次回帰式(外挿式)③を求める。

$$y = a + b \times x \quad \dots \textcircled{3}$$

y : ひずみの対数 (log)

a : y軸の切辺

b : 直線の傾き

x : 時間、t (h) の対数 (log)

- 2) 外挿式から50年後のひずみ ( $\varepsilon_{50}$ ) を算出する。

$$\varepsilon_{50} = \log \varepsilon_{50} = a + (b \times \log t) \quad \dots \textcircled{4}$$

$\varepsilon_{50}$  : 50年後のひずみの外挿値

a : y軸の近片

b : 直線の傾き

t : 時間 (= 24 × 365 × 50 = 438,000)

## 2.4. 耐酸性の判定

試験片の長期ひずみは、JSWAS K-2:2000「下水道用強化プラスチック複合管」<sup>3)</sup>に示される考え方に基づいて要求されるひずみを求め、50年後のひずみの外挿値と比較する。

- 1) 試験片の外圧剛性を式⑤より求める。

$$SN_1 = \frac{E_1 \times I}{d_m^3} \quad \dots \textcircled{5}$$

$SN_1$  : 試験片の外圧剛性 (N/m<sup>2</sup>)

$E_1$  : 試験片の曲げ弾性係数 (GN/m<sup>2</sup>)

I : 断面二次モーメント (mm<sup>3</sup>)

$d_m$  : 試験辺の平均直径 (mm)

- 2) 更生管の耐酸試験のたわみ率を式⑥より求める。

$$V_{t1} = \left( \frac{E_1 \times SN_2}{E_2 \times SN_1} \right)^{\frac{1}{3}} \times \frac{V_{a1}}{V_{a2}} \times V_{t2} \quad \dots \textcircled{6}$$

$V_{t1}$  : 試験片の耐酸試験のたわみ率 (%)

$E_1$  : 試験片の曲げ弾性係数 (GN/m<sup>2</sup>)

$SN_2$  : 基本となる管の外圧剛性 (N/m<sup>2</sup>)

$E_2$  : 基本となる管の曲げ弾性係数 (GN/m<sup>2</sup>)

$SN_1$  : 試験片の外圧剛性 (N/m<sup>2</sup>)

$V_{a1}$  : 試験片の許容たわみ率 (%)

$V_{a2}$  : 基本となる管の許容たわみ率 (%)

$V_{t2}$  : 基本となる管の耐酸試験のたわみ率 (%)

ここで、基本になる管および許容たわみ率について説明を行う。

### ①基本となる管

基本となる管は、ISO/DIS 10467:2009「下水・排水用プラスチックシステム-不飽和ポリエステルを機材とするガラス繊維強化熱硬化プラスチックシステム」<sup>5)</sup>に示してある外圧剛性10,000 (N/m<sup>2</sup>)と同一の外圧剛性を有する呼び径500~3,000の外圧2種管とする。各数値は以下の通りである。

$$SN_2 = 10,000 \text{ (N/m}_2\text{)}$$

$$E_2 = 14.7 \text{ (GN/m}_2\text{)}$$

$$V_{t2} = 9.0 \text{ (\%)}$$

$SN_2$  : 基本となる管の外圧剛性 (N/m<sup>2</sup>)

$E_2$  : 基本となる管の曲げ弾性係数 (GN/m<sup>2</sup>)

$V_{t2}$  : 基本となる管の耐酸試験のたわみ率 (%)

②許容たわみ率

反転工法および形成工法で使用する更生材の性質は、塩化ビニル管および強化プラスチック複合管と類似し可とう性があることから、JSWAS K-1：2009「下水道用硬質塩化ビニル管」<sup>6)</sup> およびJSWAS K-2 に準拠し、管路機能の保持を考慮した5%を許容たわみ率とする。

3) 要求されるひずみを式⑦より求める。

$$\varepsilon = \frac{42800 \times e \times V_{t2}}{d_m \times (100 + 0.5 \times V_{t1})} \dots \textcircled{7}$$

- ε : 要求されるひずみ (%)
- e : 試験片の平均厚さ (mm)
- V<sub>t2</sub> : 基本となる管の耐酸試験のたわみ率 (%)
- d<sub>m</sub> : 試験片の平均直径 (mm)

V<sub>t1</sub> : 試験片の耐酸試験のたわみ率 (%)

4) 試験結果から求められる50年後のひずみ外挿値が、JSWAS K-2に基づいて要求されるひずみを下回らないことを確認する。

2.5. 耐ストレインコロージョン試験の課題

- 1) JIS K 7034は、どの公的試験機関でも対応出来るものではなく一部の施設に限られている。
- 2) 試験期間も試験時間が10,000時間と長く、試験結果の整理を含め、早くても1年半程度の期間を要する。
- 3) 更生管でこの試験を実施しても、ウィーブ損傷が発生しない場合がある。
- 4) 表-3に示すようにJSWAS K-2とISO規格とでは外圧剛性や埋設時の許容たわみ率が異なる

表-3 ISO/DIS 10467とJSWAS K-2との相違点

項目	ISO/DIS 10467	JSWAS K-2
外圧剛性 [SN]	500～10000 (N/m <sup>2</sup> ) の10種類 [SN <sub>2</sub> の違いは、管厚eの違いによる。]	管種および呼び径により異なる。 [SN <sub>1</sub> の違いは、管厚eおよび曲げ弾性係数Eの違いによる。]
埋設時の許容たわみ率 V <sub>a</sub>	6%	呼び径500以上：5% 呼び径450以下：実質5%より小さい値となる。
耐酸試験のたわみ率 V <sub>t</sub>	9%	呼び径500以上：9% 呼び径450以下：V <sub>a</sub> およびSNの違いにより補正。

ため、式⑥を用いて耐酸試験のたわみ率を補正することが必要になる。

3. 水密性試験

JSWAS K-2：2000「下水道用強化プラスチック複合管」に示される考え方に基づき実施する。

3.1. 試験体

- 1) 代表管径で1本とする。
- 2) 二つ割り管等を利用して、更生管単体を作製する。

3.2. 試験方法

試験は、内水圧に対する水密性と外水圧に対する水密性の2通りを行う。

(1) 内水圧に対する水密性

- 1) 更生管単体の両端部にゴムパッキンを介してフ

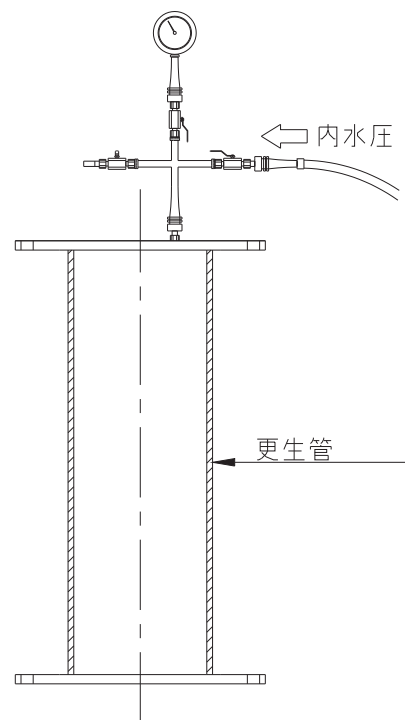


図-2 内水圧試験の概念図例

ランジで固定する。または、両端部にFRPシールを行う。

- 2) 更生管内に水を注水し、手動ポンプを用いて所定の圧力 (0.1MPa) を負荷する。

その試験方法の概念図例を図-2に示す。

- 3) 3分間の保持時間内に更生管外側からの漏水の有無を確認する。

## (2) 外水圧に対する水密性

- 1) 外水圧試験装置内に更生管単体を挿入するか、挿入した状態で更生する。
- 2) 両端部にゴムパッキンを介してフランジで固定する。または、両端部にFRPシールを行う。
- 3) 試験装置内に水を注水し、手動ポンプを用いて

所定の圧力 (0.1MPa) を負荷する。

その試験方法の概念図例を図-3に示す。

### 〈参考図書〉

- 1) 管きよ更生工法における設計・施工管理の手引き (案) 2008年 (社)日本下水道協会
- 2) JIS K 7034「プラスチック配管系-ガラス強化熱硬化性プラスチック (GRP) 管及び継手-偏平下における管内面の耐薬品性の求め方」 2003年 (財)日本規格協会
- 3) JSWAS K-2「下水道用強化プラスチック複合管」 2000年 (社)日本下水道協会
- 4) JIS K 7020「ガラス強化熱硬化性プラスチック (GRP) 管及び継手-回帰分析方法及びその使用」 1998年 (財)日本規格協会
- 5) ISO/DIS 10467「下水・排水用プラスチック管システム-不飽和ポリエステルを基材とするガラス繊維強化熱硬化プラスチックシステム」 2009年 国際標準化機構
- 6) JSWAS K-1「下水道用硬質塩化ビニル管」 2010年 (社)日本下水道協会

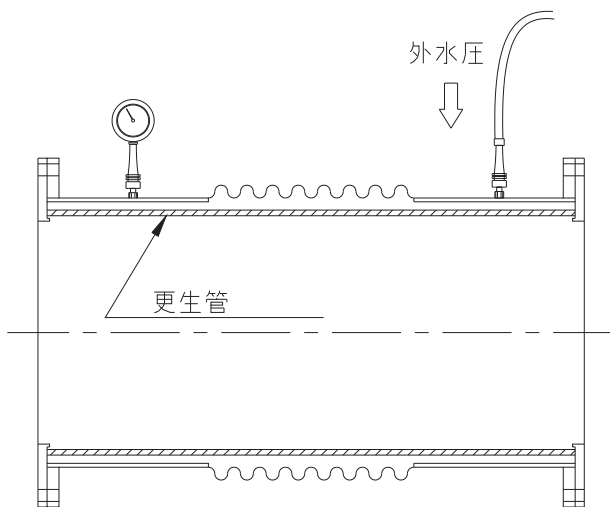


図-3 外水圧試験の概要図例

### 連載講座小委員会

- |     |       |                |
|-----|-------|----------------|
| 委員長 | 安井 聡  | FFT工法協会・技術委員   |
| 委員  | 眞田 和彦 | 光硬化工法協会・技術委員長  |
| 委員  | 上垣 潔志 | パルテム技術協会・技術部長  |
| 委員  | 大塚 孝  | 3SICP協会・技術部長   |
| 委員  | 池ヶ谷貴之 | オールライナー協会・技術委員 |
| 委員  | 原田 孝知 | EX・ダンビー協会・技術委員 |
| 委員  | 三浦 仁  | EX・ダンビー協会・技術委員 |
- (順不同)