

## 下水道更生管の長期試験簡略化に関する提案

京都工芸繊維大学大学院 学生会員 ○北川英二 京都工芸繊維大学 地域共同研究センター 非会員 藤井善通  
 京都工芸繊維大学大学院 非会員 溝口真知子 仲井朝美 濱田泰以

## 1 緒 言

日本の下水道管の耐用年数が 50 年を超過した管路は、平成 11 年度時点で総延長が 6,271km に達している。これらの下水道管を取り替えるには、現在の交通事情等を考慮すると掘削工事が困難であるため、非掘削(Trench-less)で下水道管を更新する管更生工法が求められている。

更生管の厚みを設計するためには、「管更生の手引き(案)」(社)日本下水道協会)に記載されている 10000 時間の試験を実施しなくてはならない。しかし、技術の進歩や工法の改良により材料が改善・改良されても、更生管厚みを求めるためには長期試験を行わなければならないので、実施工までには 1 年以上の時間が必要となる。また、この試験は公的機関における証明が必要となるので、1 回の試験に対して 1000 万円を越える費用がかかり、何回も試験を行うことができないのが現状であろう。

「管更生の手引き(案)」の今後の課題に記されているように、短期間で寿命を予測する手法が求められている。最も一般的な寿命予測方法としてアレニウスの反応速度論や時間-温度換算則がある。そこで本研究では、GFRP 管の水中および酸中における応力緩和試験を行い、時間-温度換算則の適用について検討した。また、10000 時間の試験との比較を行うことにより、本研究の妥当性を確認した。

## 2 実 験

供試体は、基材として円筒状にした SMC を使用し、その内面にポリエステル繊維で円筒状に織られた織物を、外面にはシート状のポリエステル繊維製平織り織物を一体化したパイプとした。SMC に使用した強化材は耐酸ガラスである NCR-glass とした。供試体の寸法は、口径 250mm、厚さ 5mm である。

試験は、たわみ率 2%において 10000 時間の長期試験と今回提案した応力緩和試験をそれぞれ実施し、両試験結果の比較を行い、応力緩和試験の妥当性の評価を行った。

10000 時間の長期試験は、JIS K 7035(プラスチック配

管系—ガラス繊維強化熱硬化性プラスチック (GRP) 管—湿潤条件下でのクリープファクター及び長期偏平剛性の求め方)に準拠して、パイプのクリープ試験を行った。

10000 時間の試験方法は、Fig.1 a)に示すように水中に浸漬した試験機に供試体をセットし、供試体が外径の 1.5~2.0%変形する荷重を負荷した。変位計を取り付け、JIS に記載されているように対数時間で一定間隔となる時間ごとに供試体の変位量を測定した。試験環境は常温とした。

応力緩和試験は、Fig.1 b)に示す試験装置に供試体をセットした後に試験機ごと水槽に浸漬して行った。試験環境は、30℃、50℃、60℃、70℃の水中環境下とし、偏平率は 10000 時間の試験の偏平率と同じ 2%とした。また、1 種類の温度条件で 1 週間の試験とした。



a)Creep testing machine



b)Relaxation testing machine

Fig.1 Testing machine

## 3 試験結果

10000 時間の長期試験から得られた時間ごとの変位量を①式に代入して各時間における剛性を求め、横軸に対数時間、縦軸に剛性をとったグラフにプロットした。そのプロットした点に対して最小二乗法により二次の近似曲線を引いた。結果を Fig.1 に示す。

$$S_0 = \frac{f \times F}{L \times y} \dots \dots \dots \textcircled{1}$$

ここに、

$S_0$  ; 剛性 (N/m<sup>2</sup>)

$f$  ; 変位係数

$$f = \left\{ 1860 + \left( 2500 \times \frac{y}{d_m} \right) \right\} \times 10^{-5}$$

$d_m$  ; 平均直径 (m)

$L$  ; 試験体の平均長さ (m)

$F$  ; 荷重 (N)

$y$  ; 変位 (m)

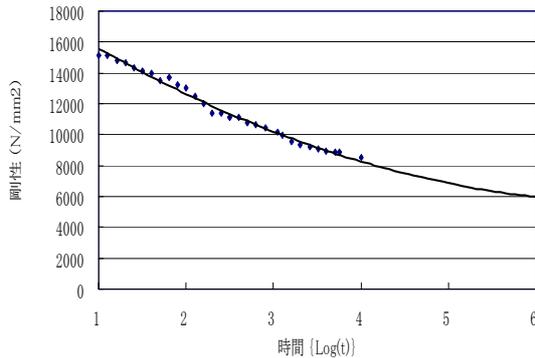


Fig. 1 クリープ試験結果

次に応力緩和試験結果をFig. 2に示す. この図は各温度におけるグラフを、基準温度  $T_0=30^\circ\text{C}$ として対数時間軸に沿って平行移動したにおけるマスターカーブである. マスター曲線作成時の横軸の平行移動量である時間-平行移動因子 $a_{T_0}(T)$ と絶対温度の逆数 $1/T$ との関係を示すグラフをFig. 3に示す. Fig. 3に示すように、直線関係が得られ、②式に示すアレニウスの関係が成立していると言える. ここで、 $G$ は気結果体定数 ( $8.314 \times 10^{-3}$  [kJ/mol/K])である. アレニウス式より活性化エネルギー ( $\Delta H$ ) を求めると207.9 (kJ/mol/K)となった.

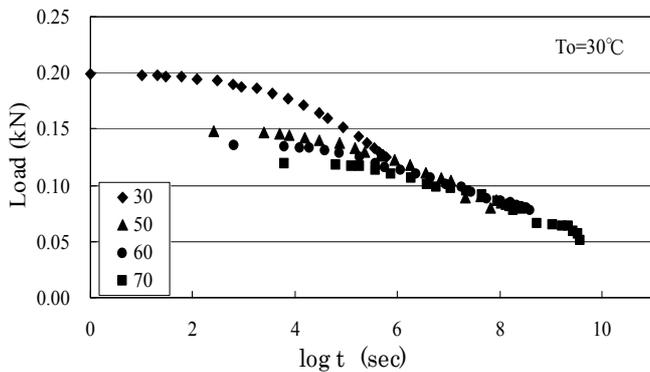


Fig. 2 応力緩和試験

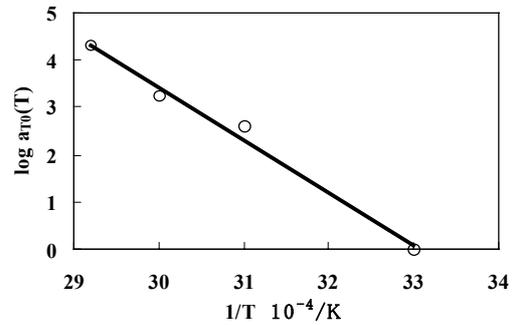


Fig. 3 時間-温度換算因子

$$\log a_{T_0}(T) = \frac{\Delta H}{20303G} \left( \frac{1}{T} - \frac{1}{T_0} \right) \dots \dots \dots \textcircled{2}$$

$a_{T_0}(T)$  : 時間-平行移動因子

$\Delta H$  : 活性化エネルギー(kcal/mol)

$G$  :  $8.314 \times 10^{-3}$  [kJ/mol/K]

$T$  : 測定温度

$T_0$  : 基準温度

Fig. 1 と、Fig. 2 の縦軸を剛性に変換したグラフを重ねた図をFig. 4に示す. Fig. 4から、10000時間の長期試験と応力緩和試験により得られたマスターカーブとは良く一致していることがわかる.

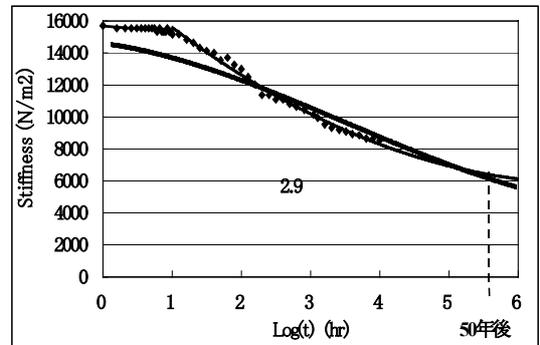


Fig. 4 両試験結果の比較

#### 4 まとめ

試験結果より、SMCを使った更生管について、10000時間の長期試験結果と時間-温度換算則を適用した応力緩和試験による寿命予測結果はほとんど一致しており、応力緩和試験の妥当性を検証することができた. そして、一定範囲内におけるたわみ率であれば、応力緩和試験結果から時間-温度換算則によるマスター曲線を作成することで、10000時間の試験を1週間で実験する手法が確立出来た.