

第3回 自立管の試験方法

その3

1. はじめに

今回は第3回目として、「管きよ更生工法における設計・施工管理の手引き（案）」¹⁾に記載されている自立管の試験方法のうち、耐震計算等に用いる設計値の算出方法である引張試験と圧縮試験について解説する。

「管きよ更生工法の耐震設計の考え方（案）と計算例」²⁾に基づき、一体構造管きよとして自立管の耐震計算を行う場合、各工法の引張強度、引張弾性係数、圧縮強度および圧縮弾性係数の短期保証値を明確にする必要がある。

引張強度および引張弾性係数は、L1地震動およびL2地震動における管体応力の検討および地震動による抜け出し量の検討に必要となり、JIS K 7161「プラスチック-引張特性の試験方法 第1部：通則」³⁾を準用して算出する。

圧縮強度および圧縮弾性係数は、L2地震動時の側方流動によるマンホールと管きよの接続部の抜け出し量および発生応力の検討に必要となり、JIS K 7181「プラスチック-圧縮特性の試験方法」⁴⁾を準用して算出する。

なお、試験に関する用語は前回同様、日本工業規

格（JIS）の用語を使用することとするが、「引張強さ」⇒「引張強度」、「引張弾性率」⇒「引張弾性係数」、「圧縮強さ」⇒「圧縮強度」、「圧縮弾性率」⇒「圧縮弾性係数」と一部読み変える。

2. 引張試験

2.1 JIS K 7161の試験方法概要

(1) 試験片

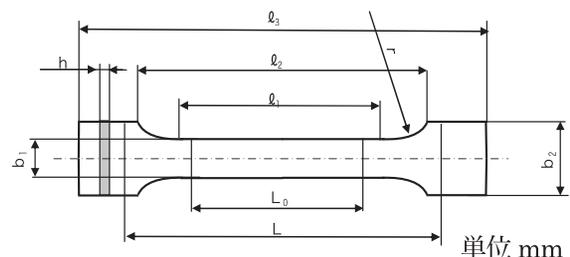
引張試験用の試験片は、JIS K 7162「プラスチック-引張特性の試験方法 第2部：型成形、押出成形及び注型プラスチックの試験条件」⁵⁾を参照する。

代表的な試験片の形状、寸法例を図-1に示す。

- 1) 試験片は、可能な限り図-1に示すようなダンベル形のものをを用いる。
- 2) 試験片を直接型成形する場合は1A形、また機械加工によって作製する場合は1B形の試験片が望ましい。
- 3) 何かの理由で、標準形の1形試験片を使用できない場合は、JIS K 7162附属書A（規定）に示される小型試験片を使用してもよい。
- 4) 試験片のすべての面には、目視できるひび、かき傷およびその他の欠陥があってはならない。またバリがある場合は表面に傷を付けないように取り除く。

表-1 引張特性値、圧縮特性値を求める試験方法の概要

引張強度、引張弾性係数	
JIS K 7161	ダンベル状の試験片を使用した引張試験を行い、試験片が耐える最大引張強度を測定して、短期保証値を算出する。引張弾性係数は、引張応力-歪み曲線の始めの直線部分を用いて算出する。
圧縮試験、圧縮弾性係数	
JIS K 7181	定められた形状（四角柱、円柱）の試験片を使用した圧縮試験を行い、試験片が耐える最大圧縮強度を測定して、短期保証値を算出する。圧縮弾性係数は、圧縮応力-歪み曲線の始めの直線部分を用いて算出する。



l_3 : 150 以上	
l_1 : 60.0 ± 0.5	b_1 : 10.0 ± 0.2
r : 60 以上	h : 4.0 ± 0.2
l_2 : 106~120	L_0 : 50.0 ± 0.5
b_2 : 20.0 ± 0.2	L : $l_2 + 5, -0$

図-1 引張試験片例 1B形

5) 製品から試験片を採取する場合は、平らな面または湾曲の最も少ない部分から採取する。

6) 試験片の数量は、最低5個用いて試験を行う。
また、試験する材料によっては、JIS K 7164「プラスチック-引張特性の試験方法-第4部：等方性及び直交異方性繊維強化プラスチックの試験条件」⁶⁾を参照する場合もある。

(2) 試験方法

JIS K 7161の引張試験片を写真-1、引張試験状況を写真-2に示す。

- 1) 各試験片の中央および標線間距離の両端から5mm以内のところ、幅**b**は0.1mmまで、厚さ**h**は0.02mmまで測定する。各試験片の幅と厚さの算術平均値を求め、試験片の初めの断面積**A**を算出する。
- 2) 試験機の軸と試験片の縦軸が一致するように、試験片をチャックする。
- 3) 試験速度は、試験する材料の規格に従って設定する。その規格がない場合は受渡当事者間で取



写真-1 引張試験片

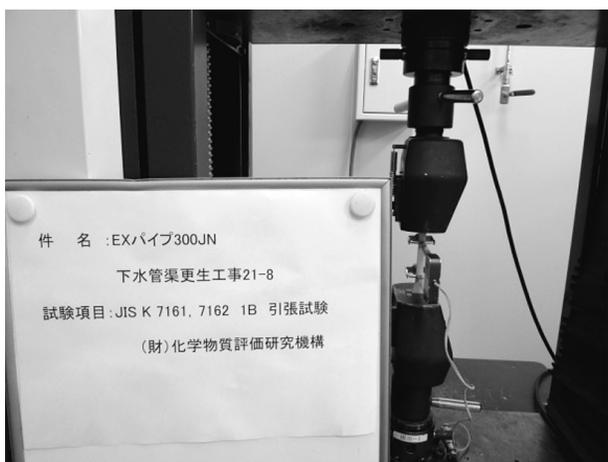


写真-2 引張試験状況

り決める。

ただし引張弾性係数の測定には、できる限り1分間に標線間距離の1%に近いひずみを与える必要があるため、引張強度を測定する場合と、引張弾性係数を測定する場合には、異なった速度で試験する必要がある、試験速度毎に別の試験片を用いることが望ましい。

表-2 引張試験速度例

測定項目		試験速度
引張強度	熱可塑性材料	10mm ± 2.0mm/min
	熱硬化性材料	5 mm ± 1.0mm/min
引張弾性係数		1 mm ± 0.2mm/min

- 4) 試験中の荷重並びにこれに対応する標線間距離およびチャック間距離の増加量を記録する。

(3) 計算および試験結果の表現

JIS K 7161に基づく計算および試験結果は、以下のように表現する。

1) 引張強度 (最大引張応力)

引張強度は、試験片の初めの断面積をもとに、式

(1) によって算出する。

$$\sigma_{\max} = \frac{F_{\max}}{A} \quad \dots (1)$$

σ_{\max} : 引張強度 (N/mm²)

F_{\max} : 測定最大荷重 (N)

A : 試験片の初めの断面積 (mm²)

2) ひずみ

引張ひずみは、標線間距離をもとに、式 (2) または (3) によって算出する。

$$\varepsilon = \frac{\Delta L_0}{L_0} \quad \dots (2)$$

$$\varepsilon (\%) = 100 \times \frac{\Delta L_0}{L_0} \quad \dots (3)$$

ε : 引張ひずみ (無次元の比または%)

L_0 : 試験片の標線間距離 (mm)

ΔL_0 : 試験片の標線間距離の増加量 (mm)

3) 引張弾性係数

引張弾性係数は、2点の規定されたひずみの値をもとに、式 (4) によって算出する。

$$E_t = \frac{\sigma_2 - \sigma_1}{\varepsilon_2 - \varepsilon_1} \quad \dots (4)$$

- E_t : 引張弾性係数 (N/mm²)
- σ_1 : ひずみ $\varepsilon_1=0.0005$ において測定された引張応力 (N/mm²)
- σ_2 : ひずみ $\varepsilon_2=0.0025$ において測定された引張応力 (N/mm²)

またコンピューター付きの測定装置を用いる場合は、規定された2点のひずみ ε_1 および ε_2 の間の曲線の線形回帰によって引張弾性率 E_t を求めることができる。

2.2 引張強度、引張弾性係数の取り扱い

引張強度および引張弾性係数は、前述の通り L1 地震動および L2 地震動における管体応力の検討および地震動による抜け出し量の検討に必要となる。

従来、常時設計で用いる更生材料の強度および弾性係数は曲げ特性値についてのみであったため、当初は公的機関の審査証明等において、引張特性値は定められていなかった。現在では耐震計算等に必要設計値として、工法毎に保証値として公的機関の審査証明値を定めている。

3. 圧縮試験

3.1 JIS K 7181 の試験方法概要

(1) 試験片

圧縮試験用の試験片は、JIS K 7181 に従い、試験する材料の規格に従うものとする。その規格がない場合は受渡当事者間で取り決める。標準試験片の寸法を表-3に、試験片例を写真-3に示す。

- 1) 試験片は、標準的には角柱、円柱、管形状のものを使用する。
- 2) 試験片の機械加工は、平滑な表面が得られるように注意深く行い、特に圧縮荷重を負荷させる端面は、平滑、平坦、平行で、縁は鋭く、きれいに機械加工しなければならない。
- 3) 試験材料の量が少なかったり、寸法的な制約により標準試験片が採取できない場合は、JIS K 7181 附属書 A (規定) に示される小型試験片を使用してもよい。
- 4) 試験片のすべての表面には、目視できるひび、かき傷およびその他の欠陥がないものとする。
- 5) 試験片の数量は、等方性材料の場合には、最少5個試験する。異方性材料の場合には、主軸方向に対し、直角及び平行方向それぞれについて、最少5個試験する。

- 6) 試験片の状態調節は、試験する材料の規格に定められた方法で行う。圧縮特性が湿度に対して敏感でないことが分かっている材料の場合には、湿度調整を行う必要はないが、それ以外は、標準温湿度 23℃、50%RH を優先的に用いる。

表-3 圧縮試験片の標準寸法 単位 mm

測定項目	長さ l	幅 b	厚さ h
圧縮強度	10 ± 0.2	10 ± 0.2	4 ± 0.2
圧縮弾性係数	50 ± 2		



写真-3 圧縮試験片

(2) 試験方法

JIS K 7181 の圧縮試験状況を写真-4に示す。

- 1) 各試験片の幅、厚さおよび直径は、長さ方向に沿って3ヵ所で測定し、試験片の初めの平均断面積 A を算出する。
- 2) 試験片を加圧板の間に置き、試験片と加圧板の中心を合わせる。試験片の端面は、加圧板面に平行であることを確認し、試験片の端面が加圧板面にちょうど接した状態になるように位置を調整する。
- 3) 試験速度は、試験する材料の規格に従って設定する。その規格がない場合は、表-4に示す標準試験片に対する試験速度を使用する。

表-4 圧縮試験速度 (標準試験片)

測定項目		試験速度
圧縮強度	延性 (単一) 材料	5 mm/min
	脆性 (複合) 材料	1 mm/min
圧縮弾性係数		1 mm/min

- 4) 試験中の荷重並びにこれに対応する試験片の圧縮量(ひずみ)を記録する。



写真-4 圧縮試験状況

(3) 計算および試験結果の表現

JIS K 7181に基づく計算及び試験結果は、以下のように表現する。

1) 圧縮強度(最大圧縮応力)

圧縮強度は、試験片の初めの断面積をもとに、式(5)によって算出する。

$$\sigma_{\max} = \frac{F_{\max}}{A} \quad \dots (5)$$

σ_{\max} : 圧縮強度 (N/mm²)

F_{\max} : 測定最大荷重 (N)

A : 試験片の初めの断面積 (mm²)

2) ひずみ

圧縮ひずみは、標線間距離をもとに、式(6)または(7)によって算出する。

$$\varepsilon = \frac{\Delta L_0}{L_0} \quad \dots (6)$$

$$\varepsilon (\%) = 100 \times \frac{\Delta L_0}{L_0} \quad \dots (7)$$

ε : 圧縮ひずみ(無次元の比又は%)

L_0 : 試験片の標線間距離 (mm)

ΔL_0 : 試験片の標線間距離の減少量 (mm)

3) 圧縮弾性係数

圧縮弾性係数は、2点の規定されたひずみの値をもとに、式(8)によって算出する。

$$E_c = \frac{\sigma_2 - \sigma_1}{\varepsilon_2 - \varepsilon_1} \quad \dots (8)$$

E_c : 圧縮弾性係数 (N/mm²)

σ_1 : ひずみ $\varepsilon_1=0.0005$ において測定された圧縮応力 (N/mm²)

σ_2 : ひずみ $\varepsilon_2=0.0025$ において測定された圧縮応力 (N/mm²)

3.2 圧縮強度、圧縮弾性係数の取り扱い

圧縮強度及び圧縮弾性係数は、前述の通りL2地震動の側方流動によるマンホールと管きよの接続部の抜け出し量および発生応力の検討に必要となる。

これらの値も引張強度および引張弾性係数と同様、当初は公的機関の審査証明等に定められていなかったが、現在では耐震計算に必要な設計値として、各工法毎に保証値として公的機関の審査証明値を定めている。

4. 引張試験、圧縮試験の課題

- 1) JIS K 7161、JIS K 7181の試験片は、平板が前提であり、管軸方向の円弧材料の規定がないため、準用して使用する。

平板と管軸方向の円弧材料では、荷重作用状況が異なり、熱および光硬化型材料の平板試験片と、管軸方向の円弧状材料の比較を同一呼び厚さで行った場合、円弧状材料の方が低くなる傾向がある。

工法協会によっては、平板試験片と管軸方向の円弧状材料で、それぞれ異なる基準値を設けている場合もある。

- 2) 高分子材料の特性の多くは、粘弾性的挙動を示すため、引張試験や圧縮試験では線形粘弾性の範囲内であっても、応力-ひずみ曲線は直線にならないものもある。

その場合、従来から用いている応力-ひずみ曲線の初期の点で接線を引く方法では、真の弾性係数を求めることができないため、JIS K 7161の引張弾性係数やJIS K 7181の圧縮弾性係数の測定では、前述のように2点の規定ひずみ値0.0025と0.0005で測定した応力を用いて算出することとなっている。

ただし、試験片によっては、ひずみが0.0005に達するまでに直線状にならないものもあり、この場合は、応力-ひずみ曲線の初期の曲線部分を避けて測定する必要がある。いわゆるtoe現象の防止である。

またコンピューター付きの装置では、規定さ

れたひずみ2点間の曲線の線形回帰によってそれぞれの弾性係数を求めることもできる。

〈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) 管きよ更生工法の耐震設計の考え方(案)と計算例
2008年 (社)日本下水道協会
- 3) JIS K 7161「プラスチック-引張特性の試験方法 第1部:通則」
1994年 (財)日本規格協会
- 4) JIS K 7181「プラスチック-圧縮特性の試験方法」
1994年 (財)日本規格協会
- 5) JIS K 7162「プラスチック-引張特性の試験方法 第2部:型成形、押出成形及び注型プラスチックの試験条件」
1994年 (財)日本規格協会

- 6) JIS K 7164「プラスチック-引張特性の試験方法-第4部:等方性及び直交異方性繊維強化プラスチックの試験条件」
2005年 (財)日本規格協会

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)