



### 1. はじめに

前回の「材料にFRP（熱硬化性プラスチック）を用いた管路更生の説明」に続き、今回は「材料に熱可塑性プラスチックを用いた更生工法」について少し詳しく説明します。

### 2. 管路更生で使用される樹脂

#### 2-1. 熱可塑性と熱硬化性プラスチック

まず、熱可塑性プラスチックと熱硬化性プラスチックについて、本連載「管路更生材の化学入門」の第1回「管路更生材のしくみ」の中で説明されている内容を簡単に復習します。

プラスチックは、熱可塑性プラスチックと熱硬化性プラスチックに大別されます。また、それぞれ前者はチョコレートに後者はクッキーに例えられます。

チョコレートは温めると柔らかくなり、更に温めると融けてしまいます。一度柔らかくして形を変えてもチョコレートはチョコレートのままです。<sup>1)</sup>

更生工事に当てはめて考えると、熱可塑性樹脂を使用する工法は、施工現場でパイプを温めて柔らかくし既設管に引き込みフィットさせ、そのまま冷やして固くすることで新しいパイプを形成します。

一方、クッキーは、いろんな材料を混ぜて生地にして、それをオーブンで焼いて作ります。焼きあがったクッキーは熱を加えても融けてもとの材料に戻ることはありません。<sup>1)</sup>

更生工事に当てはめて考えると、熱硬化性樹脂を

使用する工法は、施工現場で予め作成しておいたパイプ材料を既設管に引き込みフィットさせた後に熱や光により樹脂を化学反応で硬化させることで新しいパイプを形成します。

ではここからは、熱可塑性樹脂について記載していきます。

#### 2-2. 管路更生で用いる熱可塑性プラスチック

更生工法の単独管用として使用される熱可塑性プラスチックの代表は、ポリ塩化ビニル（以下、PVC）です。諸外国ではポリエチレンも使用されていますが、日本国内では現在PVCが主となっていますのでここではPVCに関して記載することにします。

PVCの化学構造を図-2に示します。

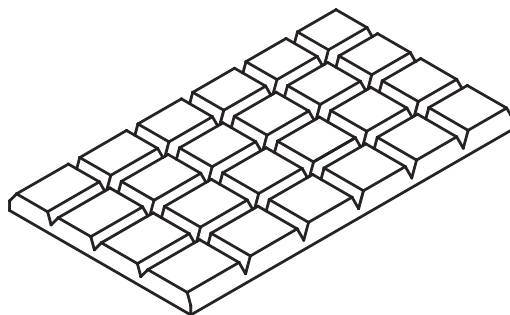
PVCの特長としては、まず、このように単純な構造の繰り返しで構成され分子中に2重結合を持たないため、耐水性、耐酸性、耐アルカリ性等化学的に非常に安定しているということが挙げられます。

次いで、配合を変えると非常に柔らかいものから硬いものまでつくれるということが挙げられます。

一方、熱の影響を受けやすいという性質もあります。熱が加わるとPVCは軟化・溶融します。熱を加えた際の材料の状態は一般的に以下ようになります。

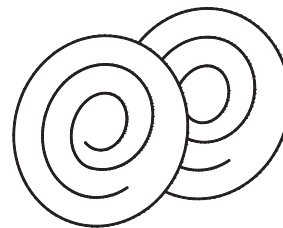
- ・ 65～85℃で軟化
- ・ 120～150℃で完全に可塑性
- ・ 170℃付近でゲル化<sup>2)</sup>

熱可塑性樹脂(チョコレートタイプ)



熱を加えると融け、冷やすと固まる

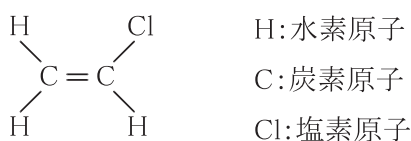
熱硬化性樹脂(クッキータイプ)



熱を加えて固める。  
再加熱しても元の原料には戻らない

図-1 熱可塑性プラスチックと熱硬化性プラスチックの比較

### 塩化ビニル(クロロエチレン)の分子構造



### ポリ塩化ビニルの分子構造

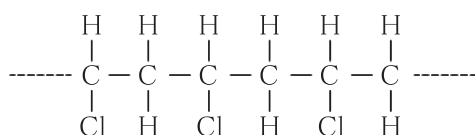


図-2 ポリ塩化ビニルの分子構造

## 2-3. PVCについて

### 2-3-1. PVCの製造

PVCは、図-2でもわかるとおり、元となる塩化ビニルモノマー（以下、VCM）を重合（連続して結合させること）して作られます。

VCMを重合させる工程は、主に重合器と呼ばれるタンクの中で条件を管理しながら行われます。このように管理された環境下でPVCは製造されます。

### 2-3-2. PVCの加工

PVCを加工して製品化する際には、製品が必要とする性能を材料に付加するために可塑剤、安定剤や顔料等の配合剤を加えることが一般的です。<sup>3)</sup>

また、配合剤の中に可塑剤を加えるか加えないかで大きく2つに分類しています。

- ・ 可塑剤を加えるもの → 軟質塩化ビニル  
(以下、軟質塩ビ)
- ・ 可塑剤を加えないもの → 硬質塩化ビニル  
(以下、硬質塩ビ)

下水道で埋設するなどして使用される塩ビ管（以下、下水用塩ビ管）には、硬質塩ビを使用することがJSWAS K-1「下水道用硬質塩化ビニル管/社日本下水道協会」で指定されています。<sup>4)</sup>

それに則り、管路更生に用いる材料（巻き取った塩ビ管。以下、更生用塩ビ管）にもこの硬質塩ビが使用されています。

## 2-4. 更生用塩ビ管について

### 2-4-1. 更生用塩ビ管の製造

更生用塩ビ管は、工法毎に設定した性能を満たすように配合された硬質塩ビを用いて、下水用塩ビ管

と同様に押出成形にて製造されます。

既設管への挿入性を考慮し、材料の物理的性質は下水用塩ビ管よりも若干柔らかくしており、製造時の管の外径も既設管の呼び径よりもやや小さく設定されています。（例：既設管呼び径250用の更生用塩ビ管の外径235mm）

更生用塩ビ管と下水用塩ビ管の曲げ強さを比較した表を表-1に示します。

表-1 曲げ強さ比較

管種	曲げ強さ(N/mm <sup>2</sup> )
更生用塩ビ管A工法	64.0
更生用塩ビ管B工法	50.0
下水用塩ビ管(参考値)	88.3

また、現場への搬送性を考慮し、押出した初期は円形ですが最終的には変形させた形状にしてドラムなどに巻き取った荷姿にしています。施工現場まではこの荷姿で搬送されます。

参考として荷姿例を図-3に示します。



図-3 更生用塩ビ管の荷姿例

### 2-4-2. 更生用塩ビ管の厚さ

更生用塩ビ管の製造時の厚さは拡張後に必要な厚さよりも厚くしてあります。これは、施工時に拡張することで必要な厚さより薄くならないようにするためです。

厚くする割合は、拡張率を考慮して計算により決めています。

更生後に必要とされる厚さの計算は、「管きょ更生工法における設計・施工管理の手引き(案)/社日本下水道協会」や「管きょ更生工法(二層構造管)技術資料/財下水道新技術推進機構」などに則った計算により算出します。<sup>5)</sup>

実際の施工では、品揃えしてある数種類の厚さのパイプの中から、計算により求められる施工後の必要厚さよりも施工後の厚さが厚くなるパイプを選んで使用します。

### 2-4-3. 更生用塩ビ管の施工

更生用塩ビ管は施工を行う際には樹脂の化学反応を必要としません。ですから、既設管内に引き込んだ更生用塩ビ管を熱で軟化させて、内部圧力で拡張させてそのまま冷却するという手順で新しいパイプを形成します。

これは、熱可塑性プラスチックは熱を加えて軟化させると変形させることができる特性を利用したものです。従って、施工現場では工場で作られた際の物性等をそのまま再現することができます。

この熱を加えて二次的に成形（加工）させて製品化する手法は、下水用塩ビ管の受口加工でも一般的に行われています。

施工後の更生管構造を図-4に示します。ちなみに、更生用塩ビ管は繊維等で補強していません。

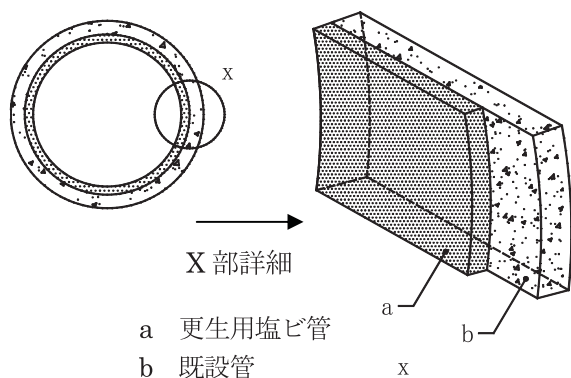


図-4 更生用塩ビ管で施工された更生管構造

## 3. 材料面から見た施工管理のポイント

### 3-1. 施工法の概要

PVCを用いた更生工法の施工の概要を以下に記します。

#### 3-1-1. 更生用塩ビ管の既設管への引き込み

更生用塩ビ管の既設管内への引き込みは、あらかじめ通線しておいたワイヤーロープ等を用いて行います。

引き込む際のパイプは、加熱により柔らかくしてから引き込む場合と常温（冬場は若干加熱する場合もある）で引込む場合があります。

引き込み工のイメージを図-5に示します。

#### 3-1-2. 更生用塩ビ管の加熱・拡張

引き込みが完了したら、両端を切断して専用の拡張用金具の取り付けと蒸気とエアのホースの接続し加熱・拡張を行います。

蒸気により、更生用塩ビ管を拡張するために規定の温度まで加熱して柔らかくします。

蒸気やエアの圧力により、柔らかくなった更生用塩ビ管を拡張し既設管に密着させます。

#### 3-1-3. 更生用塩ビ管の冷却

更生用塩ビ管が既設管に密着したら、密着させたままエアにより更生用塩ビ管を冷やし固く戻します。これで新しいパイプの形成が終了します。

加熱・拡張・冷却工のイメージを図-6に示します。

#### 3-1-4. 取付け管接続部の穿孔

取付け管接続部の穿孔は原則として、仮穿孔（取付け管径よりも小さな孔をあける）と本穿孔（取付け管と同径の孔をあける）の2度に分けて行います。本穿孔は拡張冷却を行った翌日以降に実施するのが基本です。

これは更生管が熱収縮した場合のズレを吸収するためです。

取付け管接続部の穿孔イメージを図-7に示します。

### 3-2. 施工管理のポイント部穿孔イメージ

施工を行う際にはいくつも管理ポイントがありますが、ここでは、材料面から見た重要な管理ポイントについて説明します。

#### 3-2-1. 材料の保管

PVCは、長期間の紫外線暴露で劣化する恐れがあるので、紫外線が当たらないように保管することが必要です。屋内での保管や屋外で保管するにはシートなどで材料を被う必要があります。

その他、極端な温度（60℃以上や-10℃以下）の状態での長期間保管を避けたり、取り扱いにおいて損傷を与えないように注意が必要です。<sup>6)</sup>

#### 3-2-2. 温度管理

引き込み工、拡張工そして冷却工での温度管理は、施工中における重要なポイントです。

温度が低ければ更生用塩ビ管が固い状態にあるため、引き込んでいるパイプに過大な力が負荷されたり、十分に既設管と密着しないなどの状況が生じる可能性があります。<sup>6)</sup>

#### 3-2-3. 圧力管理

拡張工と冷却工での内部圧力管理も重要なポイント

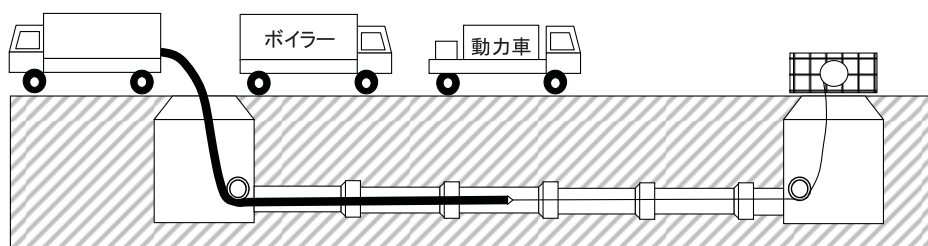


図-5 引込みイメージ

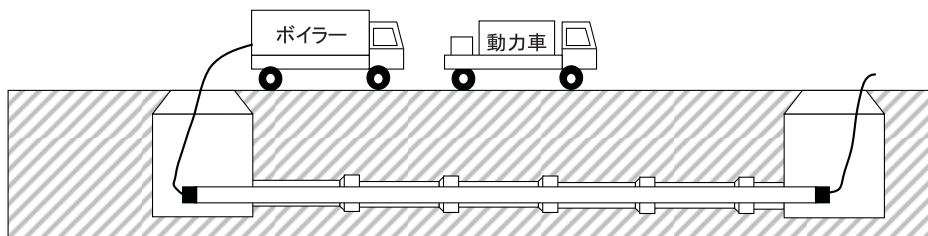


図-6 加熱・拡張・冷却イメージ

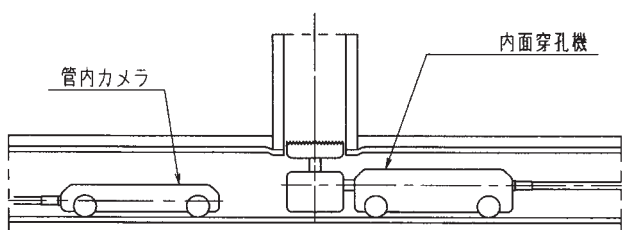


図-7 取付け管接続

トです。

圧力が高過ぎると拡張時にパイプが破裂したり、圧力が低すぎると更生管が既設管に十分に密着しなかったりする状況が発生する可能性があります。

温度、圧力管理に関しては、施工面や寸法面での不具合となりますので、チャート紙に記録しておく必要があります。<sup>6)</sup>

#### 4. PVC の他の用途

PVCは、下水道用塩ビ管や更生用塩ビ管の他、以下のような用途に用いられています。

押出成形：平板、波板、フィルム製品など

射出成形：継手、バルブなど

カレンダー成形：シート、レザー、フィルムなど

プレス成形：樹脂ガラスなど

ブロー成形：容器など<sup>3)</sup>

#### 5. 最後に

現在、下水道管路は総延長約40万kmにも達しています。耐用年数を50年として単純計算すれば毎年8000kmずつ改築・更新を行っていかねばならない計算になります。

ライフラインとして重要な下水道管きよの安全を守るため、更生工法は重要な役割を果たしていかなければならないと考えています。

そのために、更生工法が持つ課題の解決や更生した後の評価技術の開発など、今後お客様にもっと満足していただける環境を作り出していくことも我々品確協の重要な役割のひとつと考えています。

「管路更生材の化学入門」と題して3回に亘って連載してきましたが、今後ますます更生工法に関する理解が深まり更生工法をご採用いただくための一助になれば幸いです。

#### 【参考図書】

- 1) 「よくわかる最新プラスチックの仕組みとはたらき」 2008年 秀和システム
- 2) 「プラスチック読本」 2002年 プラスチックス・エージ
- 3) 「実用プラスチック辞典」 1993年 株式会社産業調査会
- 4) JSWAS K-1 2002年 (社)日本下水道協会
- 5) 「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
- 6) 「管きよ更生工法の品質管理 技術資料」 2005年 (財)下水道新技術推進機構

#### 連載講座Ⅱ小委員会

委員長	宮川 恒夫	EX・ダンビー協会・技術委員
委員	瀬下 雅博	パルテム技術協会・技術委員
委員	安井 聡	FFT工法協会・技術委員
委員	村上 経司	EX・ダンビー協会・技術委員