

## 生分解性破碎埋設管の開発

|                |        |       |
|----------------|--------|-------|
| 強化土エンジニアリング(株) | 正会員    | ○寺島 麗 |
|                | フェロー会員 | 島田 俊介 |
|                | 正会員    | 小山 忠雄 |
| ジャテック(株)       | 正会員    | 木嶋 正  |
| 北越パッケージ(株)     |        | 玉城 浦  |
| クボタシーアイ(株)     |        | 三木 真湖 |
| 東洋大学名誉教授       | フェロー会員 | 米倉 亮三 |

### 1. はじめに

生分解性破碎埋設管は環境保全型地盤改良技術の一環として開発を進めてきたシステムである。地盤注入或いは土壌浄化用埋設管に微生物により分解可能な樹脂を使用することで、地盤改良後に管が二酸化炭素と水に分解され環境への負荷が低減することができ、また、この樹脂にさらに古紙を添加することで、強度があり且つ破碎しやすい破碎埋設管を開発した。本研究では、この破碎管を実用できる状態にまで品質を向上し、物性評価を行ったのでここに報告する。

表 1 生分解性破碎埋設管の物性

|                                |           | 生分解性破碎埋設管            | 塩化ビニール管VP40         |
|--------------------------------|-----------|----------------------|---------------------|
| 寸法                             | 外径 [mm]   | 47.80                | 48±0.2              |
|                                | 厚さ [mm]   | 4.14                 | 4.0±0.3             |
|                                | 近似内径 [mm] | 39.5                 | 40                  |
| 引張強さ [MPa]                     |           | 40.3                 | 49~54               |
| 引張破断伸び [%]                     |           | 7                    | 50~150              |
| 曲げ強さ [MPa]                     |           | 61.9                 | 78.5~98.1           |
| 曲げ弾性率 [MPa]                    |           | 2670                 | 2942                |
| 扁平性                            |           | 管外径の13.4~16.7%の圧縮で割れ | 管外径の1/2圧縮まで割れ及びヒビなし |
| シャルピー衝撃強さ [kJ/m <sup>2</sup> ] |           | 5.7                  | 6.9~9.8             |
| ピカット軟化温度 [°C]                  |           | 57.9                 | 76以上                |

### 2. 生分解性破碎埋設管 物性評価

#### 1) 生分解性破碎埋設管の物性

生分解性破碎埋設管は生分解性樹脂に古紙を10%ブレンドしたものを原料とし、押出成形により作製し埋設管として加工したものである。従来使用されている塩化ビニールVP40と物性を比較したので表1に示す。生分解性破碎埋設管は従来のVP40に比べ引張強さ、曲げ強さ、曲げ弾性率は若干低い値を示したが、破碎埋設管に要求される物性を満足していることを確認した。また、引張破断伸び、シャルピー衝撃強さは小さく、また扁平性も少ない扁平量で割れることから、掘削時には容易に破碎されることが予想される。

#### 2) 耐圧試験

注入管として使用する時には、注入内管のパッカ圧や、隣接する注入管から吐出される薬液による外圧がかかる。そこで、生分解性破碎埋設管の内外の耐圧性を測定し、VP40と比較した。

##### 〈測定方法〉

耐外圧試験：生分解性破碎埋設管を鋼管内にセットし、鋼管両端を密閉した上で鋼管内に水を圧入して管に水圧を加え（図1参照）、管が変形する圧力を測定した。同様の試験をVP40についても実施し、内側よりパイプの変形を目視で確認した。

耐内圧試験：埋設管に外径32mmのパッカをセットし、埋設管内でパッカを膨張させて埋設管の変形等を確認した。VP40は管の変形を目視確認し変形したときのパッカ圧を測定した。生分解性破碎埋設管は最大加圧時に管が破碎し破片が飛散する恐れがあったため、周囲を土嚢袋で覆った上で加圧し、VP40の最大加圧力を超えた時点で実験を中止した。

##### 〈結果〉

耐圧試験の結果を表2に示す。その結果、今回開発した生分解性破碎埋設管はVP40と同等以上の耐圧性を有することが確認できた。また、パッカ圧や薬液による外圧に耐えることができることから従来の注入管と同様に使用可能であり、実用に供せられることも併せて確認できた。なお、生分解性破碎埋設管では、最大加圧時に音を立て破碎したが（写真2）、VP40は破碎に至らず、水圧で内側に変形した（写真3、4）。

表 2 耐圧試験結果

|            | 最大加圧力[MPa] |         |
|------------|------------|---------|
|            | 外圧         | 内圧      |
| 塩化ビニールVP40 | 3.5        | 7.0~8.0 |
| 生分解性破碎埋設管  | 4.0        | 8.0以上   |

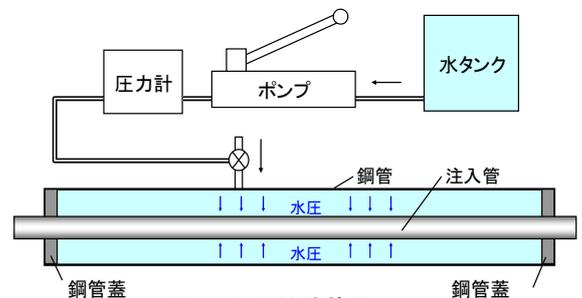


図 1 外圧試験装置



写真 1 外圧試験装置 写真 2 破碎埋設管の外圧による破碎部分



写真 3,4 VP40の外圧の変形

キーワード 地盤改良、地盤注入、埋設管、生分解性プラスチック、土壌浄化、破碎

連絡先 〒113-0033 東京都文京区本郷 3-15-1 美工ビル 強化土エンジニアリング(株) TEL: 03-3815-1687

### 3) 分解性試験

生分解性破碎埋設管の分解状況を確認するため、地盤中における物性の変化を測定した。また、比較として水中での物性の変化を測定した。

（試験方法）

土壤埋設試験：ポリ容器に園芸用土（花と野菜の土『園芸家族』太陽殖産株式会社）を入れ、手で軽く押さえたときに水が浮く程度に水分を調整した。試験片を埋設し 58℃で所定時間処理した後、物性試験および目視観察を行った（水分量、処理温度は JIS K 6953 を参考に決定 表 3）。

加水分解性試験：試験片を蒸留水に浸漬し、58℃で所定時間処理後、引張試験を実施した。

（結果）

管の表面の変化を写真 5 に示す。3 週間の埋設までは大きな変化は見られなかったが、6 週間後には掘り起こす際に破壊する程度まで、8 週間後には軽く押すだけで割れが生じる程度まで管の強度低下が進んでいた。また、物性試験結果（表 4）からも生分解性破碎埋設管を土壤中に埋設すると徐々に強度が低下することがわかる。土壤埋設試験と加水分解性試験の引張強さの結果を同じグラフにプロットしたところ（図 2）、ほぼ同一のラインにのることから、土壤埋設試験での物性低下は分解初期に優先的に起こる加水分解に因るものと考えられる。微生物分解過程を捉えるためには、より長期の埋設試験を実施する必要がある。

表 3 実験条件

|      |       |       |
|------|-------|-------|
| 培養条件 | 温度    | 58℃   |
|      | 水分含有量 | 50%   |
|      | 状態    | 暗所・静置 |



写真 5 生分解性試験の外観変化

表 4 土壤埋設試験

|                                | ブランク | 3日後  | 1週間後 | 2週間後 |
|--------------------------------|------|------|------|------|
| 引張強さ [MPa]                     | 40.3 | 29.5 | 32.5 | 12.1 |
| 曲げ強さ [MPa]                     | 61.9 | 49.0 | 45.8 | 36.2 |
| 曲げ弾性率 [MPa]                    | 2670 | 2100 | 1920 | 2000 |
| シャルピー衝撃強さ [kJ/m <sup>2</sup> ] | 5.7  | 7.1  | 6.6  | 3.7  |

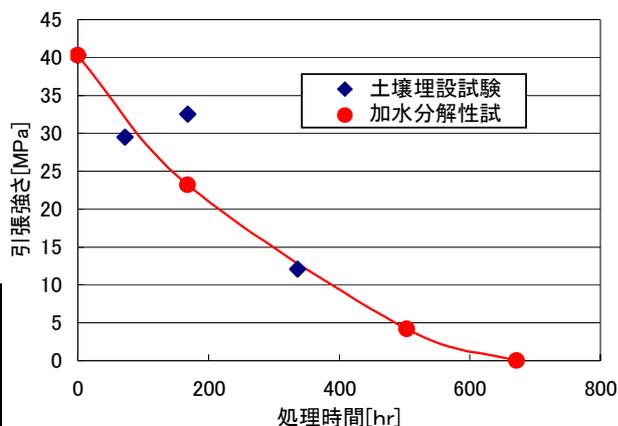


図 2 土壤埋設試験と加水分解性試験の比較

### 4) 耐薬液性試験

生分解性破碎埋設管の地盤注入用薬液による耐薬液性試験を行った。生分解性破碎埋設管の試験片を 3 号水ガラスに浸漬し、58℃で 5 時間処理後引張強さを測定した結果、浸漬前は 40.3MPa であったが、浸漬後は 33.1MPa であった。

### 5) 耐候性試験

生分解性破碎埋設管の耐候性試験を行った。試験片を耐候性試験機（暴露装置）に取り付け、カーボンアーク光で 600 時間の暴露（約 1 年間分の照射量）を行った後、引張強さを測定した（JIS K 7350-4）。暴露前は 40.3MPa であったが、暴露後は 22.7MPa となり、約 1 年間直射日光にあてることにより強度低下が見られることがわかった。

## 3. 結論

生分解性破碎埋設管は注入管として十分な強度を有しつつ、且つ、破碎されやすい性質であることがわかった。また、上記条件下での分解性試験では 3 日後に 26%、2 週間後には 70% の強度低下がみられたが、これは管材の加水分解に起因する結果であることから、微生物が多く存在しない地盤中でも、水分があれば強度低下が起り、容易に破碎できると考えられる。このため、地盤改良後シールドトンネル掘削や埋設管掘削工程にあっては掘削工事が容易になり、最終的には管が分解することが予測できる。耐候性試験では、約 1 年間直射日光にあると強度低下が起きると考えられることから、注入管の保管方法を検討する余地がある。

## 4. 課題

これまでは実験室レベルでの各種評価を行ってきたが、実際の地盤では温度は 15~20℃程度であり、今回の試験結果より分解速度がゆるやかになると思われる（参考 表 5）。今後は実地盤での試験施工を実施し、施工性評価や地盤中で破碎された管の破片が分解される過程の観察等を行っていく計画である。

表 5 水中での生分解樹脂の加水分解までの時間と温度の例<sup>1)</sup>

| 温度  | 加水分解が始まるまでの時間 |
|-----|---------------|
| 13℃ | 25ヶ月          |
| 25℃ | 6ヶ月           |
| 30℃ | 4.4ヶ月         |
| 50℃ | 1.5ヶ月         |
| 60℃ | 8.5日          |

- 参考文献 1) 生分解性プラスチック研究会：トコトンやさしい生分解性プラスチックの本、日刊工業新聞社  
 2) 小山ら：生分解樹脂を用いた破碎注入管の開発、第 40 回地盤工学研究会発表  
 3) 強化土エンジニアリング(株)：エコパイプ技術資料