

下水道露出配管の耐候性

橋本 翼* 深谷 渉** 横田敏宏***

1. はじめに

下水道管きよの多くは道路下に埋設されているが、施工時には深さ相当のコストがかかる。このため、民地や水路空間を利用して、管きよを地上に配管するクイック配管（露出配管、写真-1）が、国土交通省が主導する下水道クイックプロジェクトにおいて提案され、平成23年3月には建設・維持管理コスト、建設工期、管きよの材料特性、流下状況、生活環境への影響などを検証する社会実験の技術評価を終了し、試行的な技術から一般的な技術へと移行された。



写真-1 クイック配管（露出配管）

クイック配管に用いる管材は、通常の埋設に使用するものを流用し、地上に露出して使用することを想定しており、紫外線照射による劣化促進が懸念される。一般的な技術へ移行する上で、この懸念事項について検討する必要があった。

ここでは、露出した管材の耐候性を把握することを目的に実施した各種試験の結果を報告する。

2. 13年間屋外に曝露された露出配管を用いた各種物性試験

2.1 試験方法

屋外に13年間曝露された塩ビ管（φ150VU）の耐久性を調べるため、次の物性試験を実施した。

- ・ 偏平試験（JSWAS K-1²⁰⁰²）
- ・ 耐薬品性試験（JSWAS K-1²⁰⁰²）

- ・ ビカット軟化温度試験（JIS K 6741²⁰⁰⁷）
- ・ 落錘衝撃試験（JIS K 6741²⁰⁰⁷）
- ・ 水圧試験（JIS S 3200-1¹⁹⁹⁷）

2.2 試験結果

物性試験の結果を表-1に示す。落錘衝撃試験が「分離して破壊する」結果となった以外は、全て新材の規格値内であった。

表-1 物性試験結果

| 試験 | 結果 | 新材の規格値 (参考) | |
|---|--------------------|----------------|--|
| 偏平試験 (JSWAS K-1 ²⁰⁰²) | 線荷重(kN/m) | > 3.38 | |
| | 4.63 | | |
| 耐薬品性試験 (JSWAS K-1 ²⁰⁰²) | 試験液の種類 | ± 0.20 | |
| | 蒸留水 | | 質量変化度 (mg/cm ²) 0.13 |
| | 塩化ナトリウム 10%水溶液 | | 0.09 |
| | 硫酸30%水溶液 | | 0.06 |
| | 水酸化ナトリウム 40%水溶液 | -0.08 | |
| ビカット軟化温度 試験 (JIS K 6741 ²⁰⁰⁷) | ビカット軟化温度(°C) | > 76 | |
| | 85 | | |
| 落錘衝撃試験 (JIS K 6741 ²⁰⁰⁷) | 異常有り(分離して破壊) | | |
| 水圧試験 (JIS S 3200-1 ¹⁹⁹⁷) | 異常なし | | |

3. 紫外線・冷熱衝撃の促進試験

3.1 試験方法

紫外線と気温変化による強度への影響を把握するために、サンシャインウェザーメーター（紫外線ストレス）及び冷熱衝撃装置（気温ストレス）を用いて促進試験を実施した。

促進試験は、塩ビ管（VU（新管と約13年屋外露出管））・ポリエチレン管（PE（新管））を対象に、紫外線ストレスのみを与えたケースと、紫外線と気温変化の2つのストレスを与えたケースについて実施し、促進試験後の供試体に対しては引張試験を行った。

サンシャインウェザーメーターについては、JIS A 1415に準拠し加速試験（紫外線照射時間：0、250、500、1000、1500、2000hrの6ケース）を行った。なお、本促進試験においては紫外線照射時間300hrが屋外曝露1年に相当すると一般的に言われている。

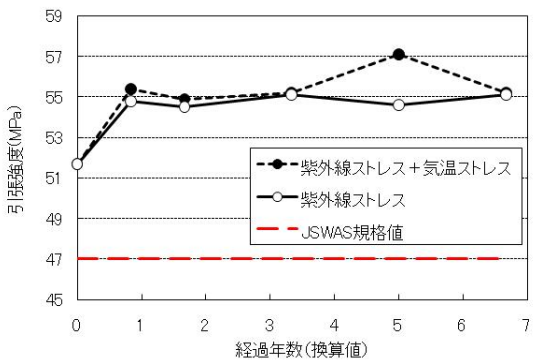
冷熱衝撃装置については、サンシャインウェザーメーターの試験を終了した供試体を用い、紫外線照射時間と同程度の日数分のストレスを与えた。

3.2 試験結果

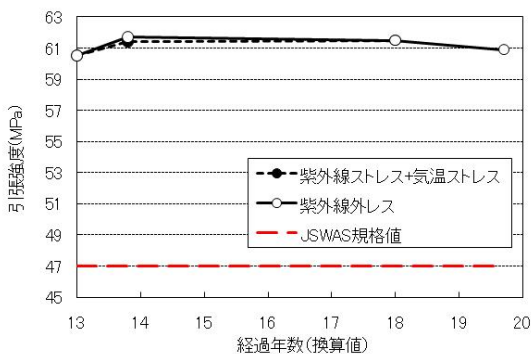
3.2.1 塩化ビニル管

図-1に促進試験の結果を示す。図-1(a)の通り、紫外線を照射しない供試体（照射時間0hr）に比べ、紫外線を照射した供試体では引張強度が増加した。経過年数による傾向はほぼ横這いとなっており、経過年数による強度への影響は少ないと考えられる。なお、新管（図-1(a)）と露出管（図-1(b)）で引張強度に差が生じているが、これは試験に用いた供試体が異なることから、初期強度による違いが現れたものと推察される。

紫外線と気温の2つのストレスを与えた場合においては、全体的に見ると紫外線ストレスのみを与えた場合と大差ないことから、引張強度は紫外線ストレスによる影響を支配的に受けるものと考えられる。



(a) 新管



(b) 約13年屋外露出管

図-1 促進試験結果（塩ビ管）

3.2.2 ポリエチレン管

ポリエチレン管に関しては、照射時間による引張強度の明確な差異は見られなかった。

4. 紫外線照射表面・断面の顕微鏡観察

4.1 試験方法

紫外線による表面劣化状況を評価するため、前章の試験で用いた供試体と約15年屋外露出管を対象に、紫外線照射表面及び断面の顕微鏡観察を実施した。

4.2 試験結果

4.2.1 塩化ビニル管

図-2(a)～(g)に紫外線照射時間の異なる試験片の観察結果を示す。表面観察では1000hr照射で亀裂状様相が見られ、1500hr照射を越えると細かい剥離（表面劣化組織の浮上がり）も見られる。これらはチョーキング（白亜化現象）によるものと考えられる。断面観察では1500hr照射を越えると微細な劣化が見られるが、2000hr照射で深さ40μm程度までの劣化となっており、劣化は照射表面近くに留まると考えられる。

気温ストレスの有無が異なる2つの試験片の断面観察結果を図-2(g)(h)に比較する。表面観察では気温ストレスの有無に伴う劣化程度の大きな差異は見られなかったが、断面観察では気温ストレスが負荷されている方が深くまで劣化している様子が見られた。気温ストレスにより劣化が促進したと考えられる。

図-2(i)～(k)に約15年屋外曝露管の観察結果を示す。管表面には表面劣化に伴う亀甲状のひび入りが全体的に見られ、更にその中に小さな亀裂状様相が見られた。断面観察では鋭いひび入りが見られ、紫外線照射2000hrのものよりも紫外線劣化がさらに進行しているものと考えられる。

4.2.2 ポリエチレン管

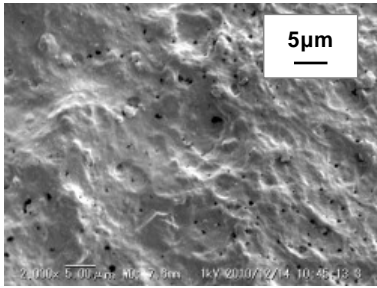
図-2(l)～(o)に紫外線照射時間の異なる試験片の観察結果を示す。紫外線照射による明確な劣化が見られず、紫外線の影響を余り受けていない。

5. 分子量分析による紫外線影響評価

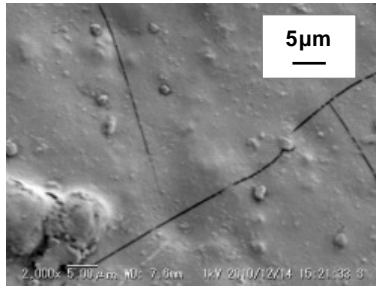
5.1 試験方法

紫外線劣化の進行状況を把握することを目的に、ポリマーの分子量測定法として用いられるLC/GPC法によって分子量分析を行った。

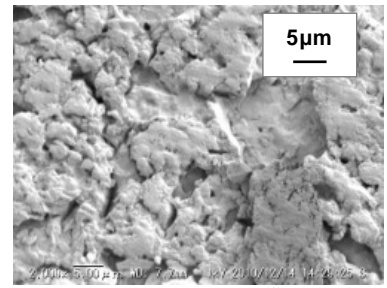
試験片の種類は塩ビ管（VU）の紫外線照射0、1000、2000hr（いずれも気温ストレスあり）、約15年屋外曝露の4ケースである。



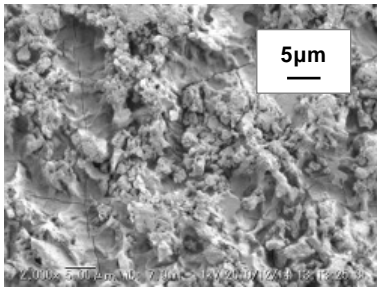
(a) VU ブランク品(表面)



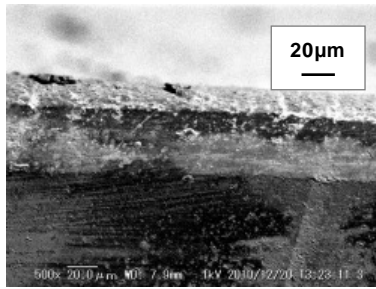
(b) VU 1000hr照射*1(表面)



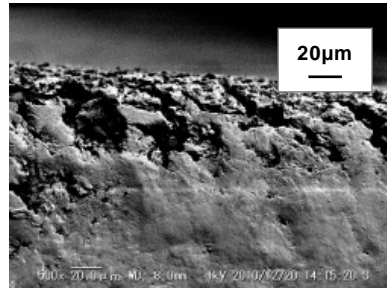
(c) VU 1500hr照射*1(表面)



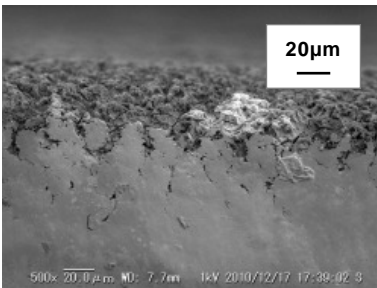
(d) VU 2000hr照射*1(表面)



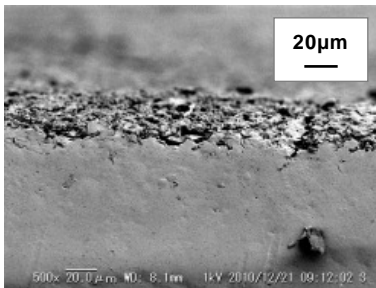
(e) VU ブランク品(断面)



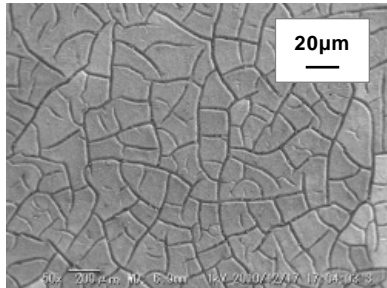
(f) VU 1500hr照射*1(断面)



(g) VU 2000hr照射*1(断面)



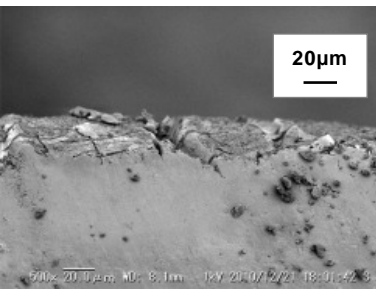
(h) VU 2000hr照射*2(断面)



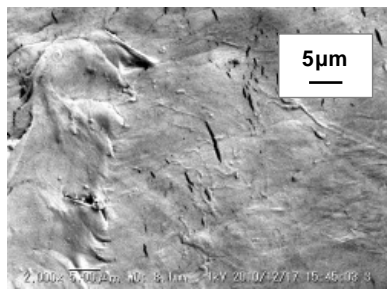
(i) VU 15年屋外曝露(表面)



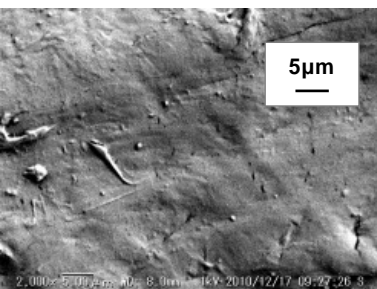
(j) VU 15年屋外曝露(表面)



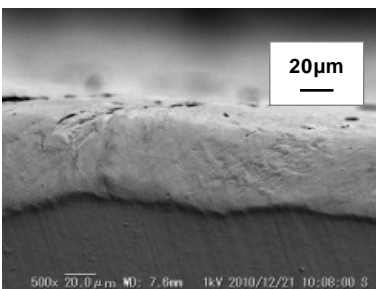
(k) VU 15年屋外曝露(断面)



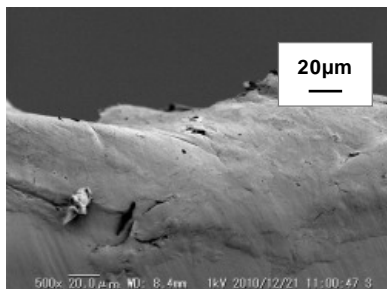
(l) PE ブランク品(表面)



(m) PE 2000hr照射*1(表面)



(n) PE ブランク品(断面)



(o) PE 2000hr照射*1(断面)

*1 気温ストレスあり *2 気温ストレスなし

図-2 顕微鏡観察結果

分子量の測定箇所は照射表面から深さ2mm、および4mm（1000hr照射、2000hr照射のみ）の面である。

5.2 試験結果

分子量分析の結果を表-2に示す。ブランク品と比較して各ケースとも分子量の差異は4%未満と小さく、分散度にも大きな変動がないことから、紫外線による化学的な劣化は照射表面から2mmの面まで達していないと考えられる。

表-2 分子量分析結果

| 試験片の種類 | | M _n (数平均分子量) | M _w (重量平均分子量) | M _w /M _n (多分散度) |
|-----------|-----------------|----------------------------|-----------------------------|--|
| 深さ 2mm | ブランク品 | 59900 | 140000 | 2.34 |
| | 1000hr 照射 | 62200 | 141000 | 2.27 |
| | 2000hr 照射 | 61800 | 142000 | 2.30 |
| | 約 15 年間 屋外曝露 | 60600 | 142000 | 2.34 |
| 深さ 4mm | 1000hr 照射 | 62100 | 141000 | 2.27 |
| | 2000hr 照射 | 62900 | 141000 | 2.24 |

6. 考察

6.1 塩化ビニル管

塩化ビニルは水素、炭素、塩素の3成分から成る。塩化ビニルに紫外線が照射されると、結合エネルギーの低い塩素が紫外線に反応して分離し、分離した塩素は酸素と反応した後に再度結合する。照射される前の分子構造とは異なる構造を成し、この反応が供試材の硬化につながり、弾力性が失われる²⁾。

引張強度の増加（硬化）によって塩化ビニルの材料特性である弾力性が低下し、さらに、顕微鏡観察で見られた表面劣化が応力集中の要因となり、耐衝撃性が弱くなると考えられる。紫外線劣化が懸念される箇所に配管する場合は、管防護等の対策の検討が必要であるといえる。

6.2 ポリエチレン管

ポリエチレンは水素と炭素から成る。ポリエチレンは分子同士の結合が強くて分離しにくい材料ではあるが、その中でも水素や炭素の分離は発生する。この分離した水素と炭素が空気中のオゾンと反応し、再度結合することで劣化は進行する²⁾。

今回の試験では紫外線照射による明確な劣化が見られなかったが、さらなる照射によって紫外線による影響が発生する可能性があると考えられる。

7. まとめ

本報では、露出配管の耐候性を把握することを目的に実施した露出管の物性試験、紫外線・冷熱衝撃の促進試験、紫外線照射表面・断面の顕微鏡観察、分子量分析の結果を報告した。

塩ビ管については、物性試験と促進試験より紫外線照射に伴い耐衝撃性が失われるという傾向が見られ、顕微鏡観察からは表面劣化の状況が確認された。表面劣化は照射表面近くに留まっているものの、表面劣化に伴い耐衝撃性は損なわれるため、塩ビ管を紫外線劣化が懸念される箇所に配管する際には管防護等の検討が必要であると考えられる。

ポリエチレン管に関しては、今回の試験では紫外線照射による明確な劣化が見られなかった。

参考文献

- 1) 下水道クイックプロジェクトのホームページ：
<http://www.mlit.go.jp/crd/sewerage/mifukyu/index.htm>
- 2) 高分子物性研究会：高分子劣化・崩壊の〈樹脂別〉トラブル対策と最新の改質・安定化技術、経営開発センター出版部、pp.694～708、pp.746～760、1981

橋本 翼*



国土交通省国土技術政策総合研究所
下水道研究部下水道研究室
研究官
Tsubasa HASHIMOTO

深谷 渉**



国土交通省国土技術政策総合研究所
下水道研究部下水道研究室
主任研究官
Wataru FUKATANI

横田敏宏***



国土交通省国土技術政策総合研究所
下水道研究部下水道研究室
長
Toshihiro YOKOTA