

引張速度がポリウレア樹脂の物性に及ぼす影響

矢作建設工業（株） 正会員 ○武藤 裕久
矢作建設工業（株） 神谷 隆
矢作建設工業（株） 正会員 長沼 明彦
矢作建設工業（株） 正会員 野村 敬之
矢作建設工業（株） 萩野谷 学

1. はじめに

ポリウレア樹脂は防水性、耐薬品性、耐摩耗性などが高く、また高い伸張性があることから海外では耐衝撃性を必要とする構造物のライニング材として使用されている。著者らはこうしたポリウレア樹脂の特徴を構造物に適用することを目的として、動的性能について検証を行ってきた¹⁾。しかしながら、ポリウレア樹脂は速度依存性と温度依存性がある材料で、これらの依存性に関する研究が少なく、特に、構造物への適用に関しては、ポリウレア樹脂の依存性を明確にすることが必要であると考えられる。

そこで、本報ではポリウレア樹脂の依存性の中でも特に速度依存性に主眼を置き、ポリウレア樹脂の速度に対する影響を把握するために、ポリウレア樹脂塗膜を用いた引張試験を通して検証を行った。

2. 実験条件

引張試験条件を表1に示す。本試験では、引張試験速度 v_t を 1mm/min ($1.6\times10^{-5}\text{m/sec}$) $\sim 15\text{m/sec}$ とした。なお、本報では引張速度 v_t を 1mm/min と 500mm/min を低速引張試験、 $1.0\text{m/sec}\sim 15\text{m/sec}$ を高速引張試験とした。引張試験では2種類の装置を用い、低速引張試験では写真1(a)に示す油圧式万能材料試験機 INSTRON5982型、高速引張試験では写真1(b)に示す高速引張試験機ハイドロショット HITS-T10を使用した。試験片はJIS K 6251に準拠し、試験条件および試験装置の制約条件からダンベル状1号型、3号型および6号型の3種類を使用した。低速引張試験のひずみ計測は非接触式ビデオ伸び計 (AVE2)、高速引張試験 ($v_t=1.0, 10\text{m/sec}$) のひずみ計測はDIC計測 (Phantom V310) を用いた。高速カメラの撮影速度は $50\mu\text{s}$ (20000fps)、試験温度はすべて 23°C である。

3. 試験結果の整理方法

本報では主に応力～ひずみ関係の結果を整理する。なお、高速引張試験ではノイズ挙動を示し、値が安定しなかったことより、本整理では 0.25ms の移動平均をとり、グラフを作成することとした。ただし、低速引張試験では計測データをそのまま使用した。弾性係数 E は標点間ひずみ $\varepsilon=1\sim 3\%$ 区間 (ただし、 $v_t=1.0\text{mm/min}$ の試験では $1\sim 2\%$ 区間とした) の応力とひずみの関係から算出した。降伏応力 σ_y は標点間ひずみ $\varepsilon=10\sim 30\%$ の平均引張応力とし、降伏ひずみ ε_y は初期剛性 E と降伏応力 σ_y から算出した。なお、ひずみ計測を行っていない試験については、チャック間変位を用いて降伏応力 σ_y を算出した。次に、破断応力 σ_t は最大引張応力とし、最大引張応力が発生した点 (ひずみ ε) を引張ひずみ ε_t とした。ポアソン比 ν は弾性係数 E と同様に標点間ひずみ $\varepsilon=1\sim 3\%$ 区間 (ただし、 $v_t=1.0\text{mm/min}$ の試験では $1\sim 2\%$ 区間とした) の平均ポアソン比とした。

表-1 引張試験条件

	試験速度	試験機	試験片	ひずみ計測
低速 引張試験	1mm/min	油圧式万能 材料試験機 INSTRON 5982型	1号, 3号	有
	500mm/min		3号	有
高速 引張試験	1.0m/sec	高速引張試験機 ハイドロショット HITS-T10	6号	有
	5.0m/sec		6号	—
	10m/sec		6号	有
	15m/sec		6号	—

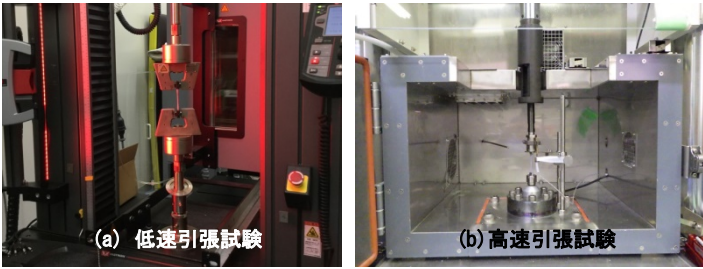


写真 1 引張試験装置

キーワード ポリウレア樹脂, 引張試験, 速度依存
連絡先 〒461-0004 名古屋市東区葵 3-19-7 矢作建設工業株式会社 TEL 052-935-2375

4. 試験結果

実施した引張試験結果をもとに検証した結果を図1から図8に示す。ここで、図1は引張応力とひずみの関係、図2～図7ではそれぞれ引張速度 v_t と弾性係数 E 、降伏応力 σ_y 、降伏ひずみ ε_y 、破断応力 σ_t 、破断ひずみ ε_t 、ポアソン比 ν との関係、図8は引張速度 v_t とひずみエネルギーの関係を示している。その結果、図1では引張応力 σ は引張力が作用すると直線的な増加傾向を示し、降伏に至ると緩やかな耐力上昇を起こしながらひずみが増加する傾向を示した。2次勾配は引張速度 v_t が小さいほど大きい傾向を示した。

図2では弾性係数 E は引張速度 v_t によらず、100~200 N/mm² 程度であることがわかる。図3と図4を見ると、引張速度 v_t の増加に伴い、降伏応力 σ_y や降伏ひずみ ε_y も増加する傾向がみられ、特に降伏応力 σ_y については5倍程度増加している傾向であった。次に、図5と図6を見ると、破断応力 σ_t は引張速度 v_t の増加に伴い増加する傾向を示した。一方、破断ひずみ ε_t は引張速度 v_t の増加に伴い減少する傾向を示した。次に、図7を見ると、ポアソン比 ν は若干ばらつきがあるものの引張速度 v_t によらず0.4程度であった。最後に、図8を見ると、ひずみエネルギーは引張速度 v_t によらず、30 MJ/m³ 程度であることがわかる。以上のことから、ポリウレア樹脂は降伏および破断に対しては速度の影響を受けるが、ひずみエネルギーは速度影響を受けないことが確認できた。

5. まとめ

ポリウレア樹脂の速度依存性に関しては、次のような知見を得た。①降伏ひずみおよび降伏応力は引張速度の増加に伴い増加する。②破断応力は引張速度の増加に伴い増加するが、破断ひずみは減少する。③ポアソン比は速度依存性がなく0.4程度であった。④ひずみエネルギーも速度依存性がなく30 MJ/m³ であった。以上のことから、構造物への適用に関しては、ポリウレア樹脂の性能を把握する必要があるものと考えられるので、引き続きポリウレア樹脂の依存性を明確にするためのデータの蓄積が望まれる。

参考文献：1) 神谷隆，萩野谷学，榎本将弘，小平渉：強地震荷重を受ける組積造のポリウレア樹脂による剥落防止工法の開発，日本建築学会構造系論文集，一般社団法人日本建築学会，713号，pp. 1185-1192，2015。

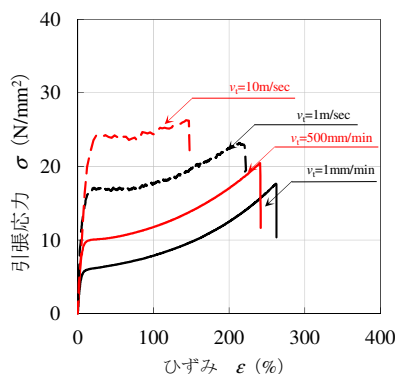


図1 引張応力～ひずみの関係

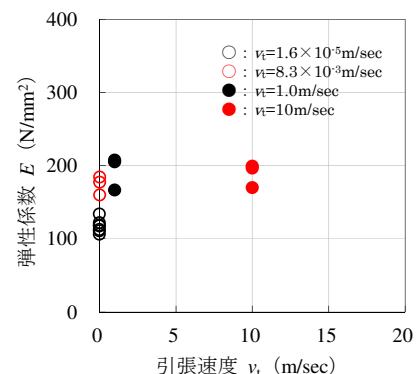


図2 引張速度～弾性係数の関係

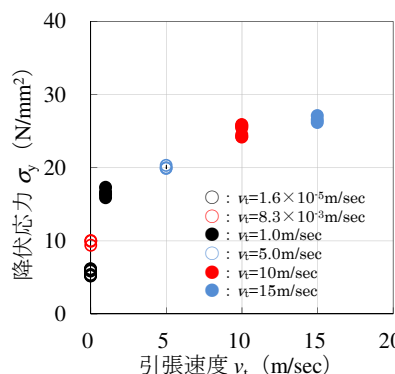


図3 引張速度～降伏応力の関係

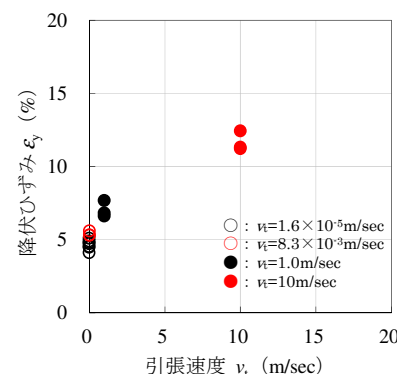


図4 引張速度～降伏ひずみの関係

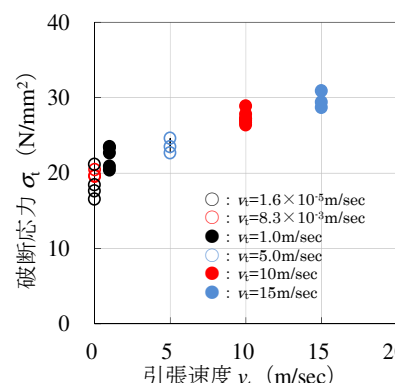


図5 引張速度～破断応力の関係

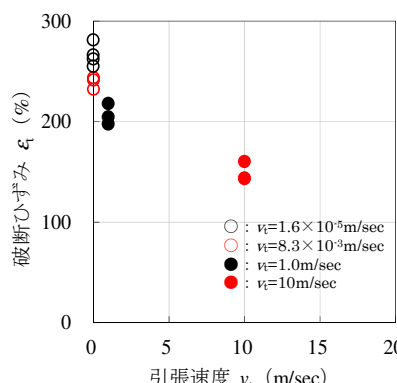


図6 引張速度～破断ひずみの関係

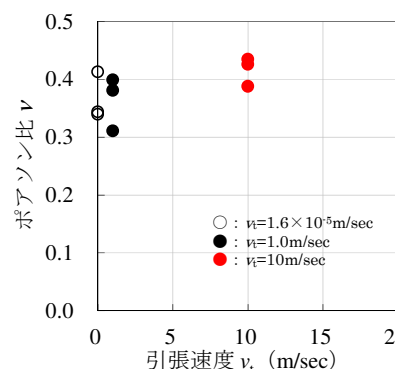


図7 引張速度～ポアソン比の関係

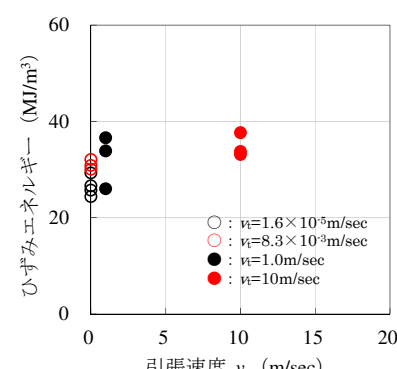


図8 引張速度～引張エネルギーの関係