

熱画像検査法による遮水シート接合部合否判定のための温度閾値に関する検討

九州大学工学部	学生会員	○作左部 公紀
九州大学大学院工学研究院	正会員	中山 裕文
九州大学大学院工学研究院	フェロー会員	島岡 隆行
太陽工業株式会社	非会員	青山克巳
東洋紡績株式会社	非会員	上田滋夫

1. はじめに

熱画像による遮水シートの接合部検査は、遮水シートの熱融着接合と同時並行で行われる検査であり、融着機から遮水シートへの伝熱により上昇する遮水シートの表面温度を監視することで接合の合否判定を行う手法である。本研究では、4種類のシートを用い、融着温度や融着速度、シートの初期表面温度などの異なる条件下において、接合部の表面温度と接合部の引張強度試験の関係と合否の結果から、シート接合部の表面温度の閾値に関する知見を得ることを試みた。

2. 熱画像検査法による遮水シート接合部合否判定のための温度 閾値に関する検討

2-1. 熱画像検査方法の原理と利点

熱融着機による遮水シートの融着温度は、遮水シートの材質、気温等の条件に応じて調整が必要であるが、おおよそ 300～400℃以上を設定される。接合時には遮水シート接合面は高温となるが、伝熱により接合面直上のシート表面温度も周囲より高温となる。接合面に異物が付着したり、融着機の故障等により適切な融着温度が得られないと、接合不良となることがある。この時、シート表面の温度は正常な接合部と比べて低くなるため、遮水シート表面の熱画像を、図1に示すように熱赤外線画像装置により撮影することで、不良個所を簡便かつ迅速に検出することが可能となる。遮水シート接合部の熱画像検査は、従来の加圧、負圧検査のように合格、不合格の結果のみを記録する手法とは異なり、遮水シート接合部の表面温度データを定量的に残すことができるという大きな利点がある。また、熱画像検査は、加圧検査のための検査孔を必要としないため、シートに損傷を与えることなく検査ができる非破壊的な方法である。

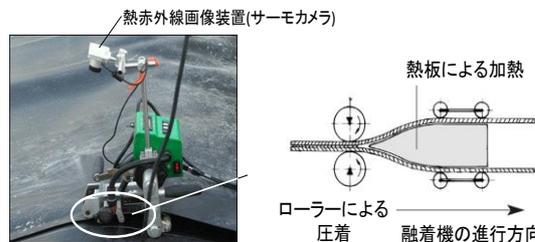


図1 熱画像カメラを搭載した自走式融着機(左)と熱融着の模式図

表1 実験条件

材質	No.	融着機設定温度(°C)				
		1	2	3	4	5
LLDPE		150	170	200	300	420
FPA		150	170	200	300	420
HDPE		200	240	280	320	420
PVC		200	250	300	350	420

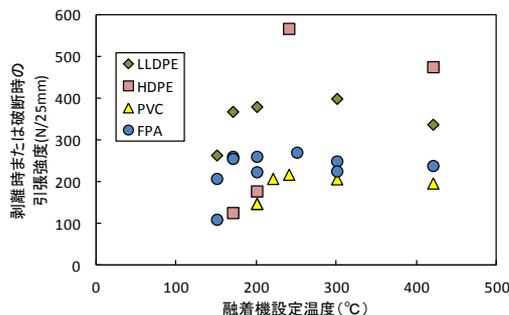


図2 剥離時・破断時の引張強度と融着機設定温度

2-2. 実験方法

接合条件の違い(遮水シートの材質、融着機設定温度、融着速度、シート初期温度)によって、接合部表面温度がどのように変化するかを把握するため、各種条件下で自走式融着機による遮水シート接合作業と同時に熱画像撮影を実施した。実験試料として、厚さ約1.5mmの直鎖状低密度ポリエチレン(LLDPE)シート、高密度ポリエチレン(HDPE)シート、ポリ塩化ビニル(PVC)シートおよびフレキシブルポリマーアロイ(FPA)シートを用いた。長さ約7m幅約50cmの2枚のシートを準備し、自走式融着機を用いて接合しながら、遮水シートの接合部表面温度の熱画像撮影を実施した。融着機の設定温度は計5通り(表1を参照)、融着機の接合速度も計5通り(0.8 m/min, 1.2 m/min, 1.6 m/min, 2.0 m/min, 2.4 m/min)の条件で実験を行った。

キーワード 遮水シート 熱画像検査 接合部表面温度 温度閾値 引張強度

連絡先 〒819-0395 福岡市西区元岡 744 ウェスト 3 号館 916 号室 TEL 092-802-3431

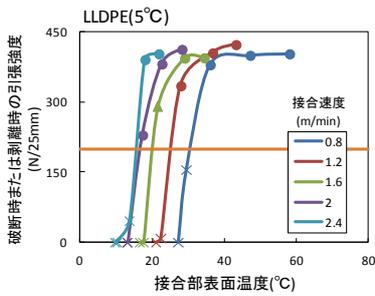


図3 接合部表面温度と接合部引張強度の関係

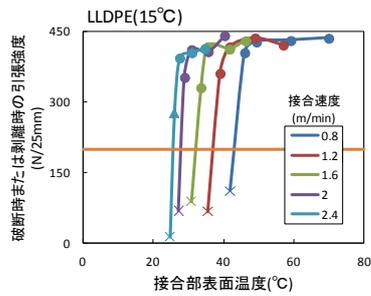


図4 接合部表面温度と接合部引張強度の関係

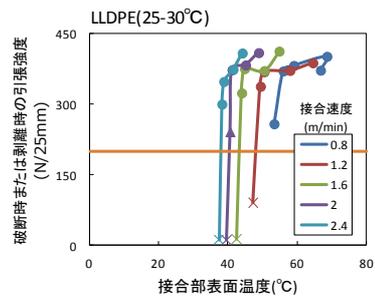


図5 接合部表面温度と接合部引張強度の関係

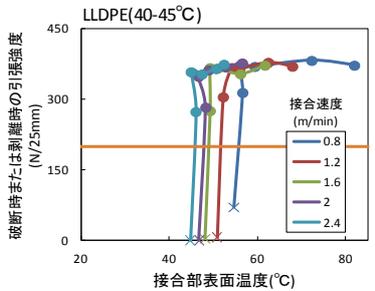


図6 接合部表面温度と接合部引張強度の関係

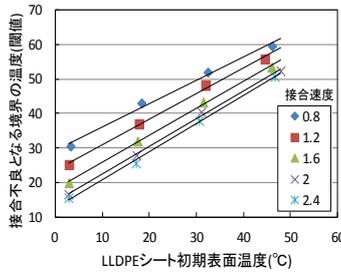


図7 LLDPE 初期表面温度と温度閾値の関係

● 合格
▲ 合格と不合格
× 不合格

表2 初期表面温度と温度閾値の関係式

接合速度(m/min)	式	R ²
0.8	$y = 0.6741x + 29.407$	0.9913
1.2	$y = 0.7422x + 23.462$	0.9966
1.6	$y = 0.7803x + 18.078$	0.9985
2.0	$y = 0.8035x + 14.435$	0.9977
2.4	$y = 0.8108x + 12.72$	0.9978

X ... シート初期表面温度
Y ... 接合不良となる温度閾値

以上の一連の実験をシート初期表面温度が5°C、10-15°C、25-30°C、および40-45°Cの計4通りの温度条件下で行った。接合後、サンプル(幅25mm×長さ125mm)を抜き出して接合部の引張試験を行った。また、引張速度は50mm/minとした。

2-3 実験結果

図2は接合速度0.8m/minにおける接合部抜き取りサンプルの剥離時または破断時の引張強度と融着機の設定温度の関係を表わしている。図より、シートの種類(LLDPE, FPA, PVC, HDPE)によって強度が異なることを示している。また、融着設定温度が200°C前後の温度より低くなると、引張強度が急激に下がることも分かる。この温度域で、試験結果が破断(合格)から剥離(不合格)へと変化するためである。図3~図6はLLDPEについてそれぞれ初期表面温度が5°C、15°C、25-30°C、40-45°Cでの接合部表面温度と、破断時または剥離時の引張強度の関係である。接合部の引張試験におけるn数は3とした。図中の×印は、接合部が界面剥離した場合(不合格)を表わしており、△印は合格と不合格を含むもの、○印は全て合格であることを表している。接合部の合否判定は、せん断破または凝集破壊、材料破壊したものを合格、界面剥離したものを不合格とみなした。図より、200N/25mm付近を境に合格から不合格へ変化しているのが分かる。なお、LLDPEの接合部強度の基準値は200N/25mm以上とされている。図7はLLDPEシートの初期表面温度と温度閾値の関係を表している。図3~図6のグラフより、LLDPEの基準値である200N/25mmを境界とする表面温度を閾値とし、接合速度毎にプロットしたものである。接合速度0.8m/minにおいて初期表面温度が5°Cの時の温度閾値は30.57°Cを示し、初期表面温度が45°Cの時は59.58°Cを示している。接合速度が速なるほど、閾値温度は低くなり、接合速度2.4m/minでシートの初期表面温度が5°Cの時、温度閾値は15.6°Cであり、この温度が図7の中で一番低い温度を示している。実際に現場においてシートを接合する際、シートの表面温度は天候や気温などによって変化するが、表2に示す初期表面温度と温度閾値の関係式から、合否判定の温度閾値を設定することにより、この温度を下回った場合、接合不良部分を見つけることができる。

3.まとめ

本実験により、接合部表面温度と引張強度の関係から、破断に至る温度閾値について以下の知見が得られた。

(1) 接合部の表面温度がある値より小さくなると、接合部の引張強度が急激に低下することが分かった。接合部の引張強度試験を行った結果、要求される基準値を境に合格から不合格へ変化した。

(2) 引張強度の基準値に至る接合部の表面温度を閾値として設定することで、接合部表面温度から接合部検査するための関係式を導出した。