

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

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、LLDPE, FPA, HDPE, PVC の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 °C 以上に設定される。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、不良箇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、現場で用いられるダブルシームだけでなく、工場での広幅加工に用いられるシングルシーム接合にも適用できる。

3. 実験方法と結果、及び考察

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 1.5 mm 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)、融着機の設定速度も計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。以上の一連の実験をシート初期表面温度が 40-45 °C および 20-25 °C, 15°C (LLDPE のみ)の温度条件下で行った。接合後、サンプル(幅 25 mm × 長さ 125 mm)を抜き出して接合部の剥離試験を行った。また、引張速度は 50 mm/min とした。

図2は接合速度 0.8 m/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であり、塗りつぶしているのが破断、塗りつぶしていないのが剥離(基準値外)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

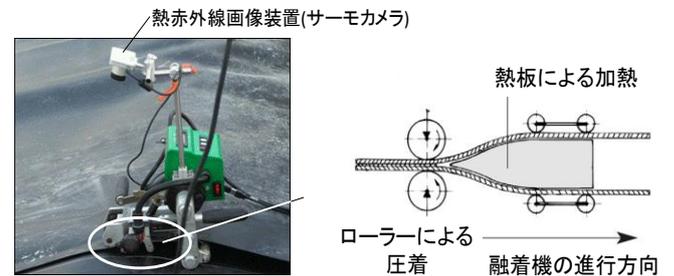


図1 熱画像カメラを搭載した自走式融着機(左)と熱融着の模式図(右)

表1 実験条件

実験No.	1	2	3	4	5	
融着機の設定温度(°C)	LLDPE	150	170	200	300	420
	HDPE	200	240	280	320	420
	PVC	200	220	240	300	420
	FPA	150	170	200	300	420

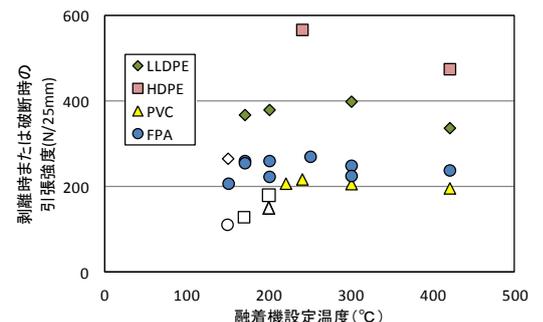


図2 剥離時・破断時の引張強度と融着機設定温度

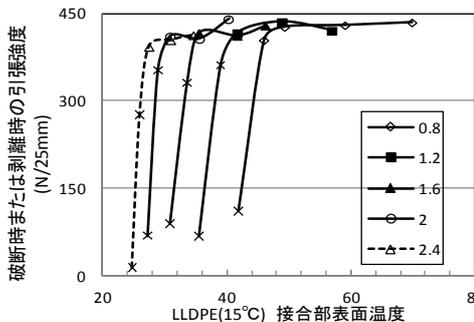


図3 接合部表面温度と接合部引張強度の関係

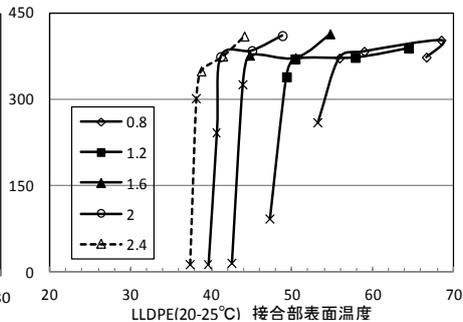


図4 接合部表面温度と接合部引張強度の関係

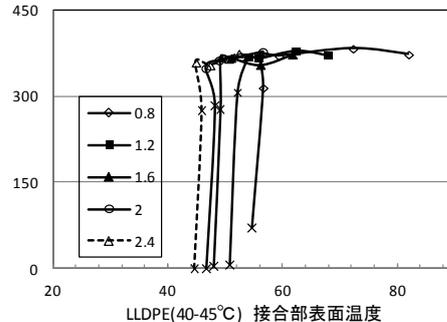


図5 接合部表面温度と接合部引張強度の関係

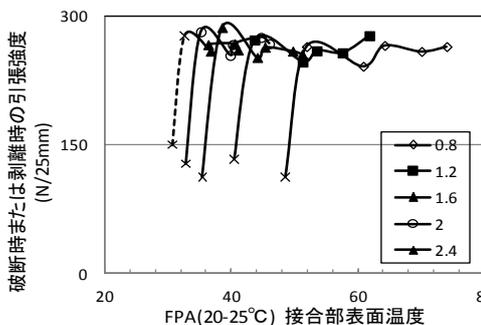


図6 接合部表面温度と接合部引張強度の関係

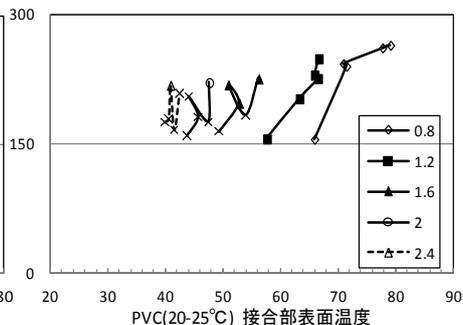


図7 接合部表面温度と接合部引張強度の関係

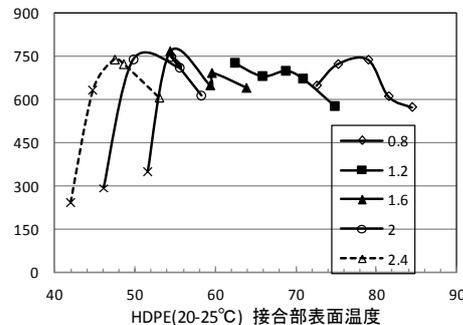


図8 接合部表面温度と接合部引張強度の関係

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(基準値外)へと変化するためである。図3～図5はLLDPEについてそれぞれ初期表面温度が15°C、20-25°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。図中の×印は、接合部が剥離した場合(基準値外)を表わしている。図6～図8はシートの初期表面温度が20-25°CのFPA、PVC、HDPEの接合部表面温度と引張強度の関係である。図7のPVCを除く全てのシートにおいて、融着機の設定温度が低くなるにつれ、実験結果が合格から基準値外へと変化し、引張強度も同様に急激に下がっており、この時の接合部表面温度から閾値を検討できる。図7のPVCについては、接合速度が速くなるにつれ、基準値外の結果が多く見られる傾向があり、いずれの条件においても150(N/25mm)以上の強度を有しており、接合部表面温度から閾値の検討ができなかった。図9は初期表面温度の異なるLLDPEについて、接合速度ごとに接合部表面温度の閾値を比較したものである。図より、シートの初期表面温度高くなるほど、閾値の温度も高くなっており、この温度を境界として設定することで、接合部の合否判定が可能となる。以上の実験結果より、シートの種類、初期表面温度、接合速度、融着機の設定温度が異なれば、合否判定の閾値が異なることが分かる。

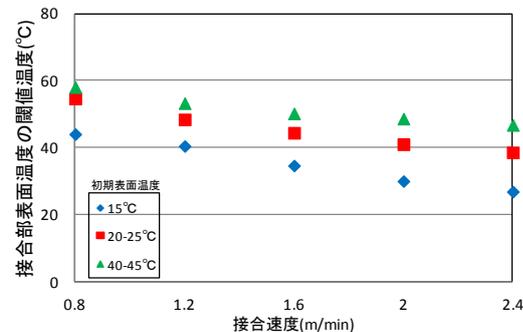


図9 LLDPE 接合部の温度閾値と接合速度の関係

4. まとめ 本実験により、接合部の表面温度と接合部の引張強度の関係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、接合部の強度が急激に下がることが分かった。この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を実施することができる。しかし、シートの種類によっては閾値が検出されなかったものもあり、今後実験条件を増やす必要がある。

(2)接合部の表面温度はシートの種類、接合速度、融着機の設定温度、シート初期表面温度によって変化するため、合否判定においてはいずれの条件を考慮した上で、閾値を設定する必要がある。

謝辞. 本研究遂行において東洋紡績株式会社・上田滋夫様、太陽工業株式会社・青山克巳様、ソトウ株式会社・鷺尾真廣様をはじめ、環境・遮水管理リモートセンシング研究会の方々に多大なるご協力をいただきました。ここに記して謝意を表します。

[参考文献] 中山裕文, 小宮哲平, 島岡隆行, 青山克巳, 上田滋夫: 熱画像に遮水シート接合部合否判定のための伝熱シミュレーション, ジオシンセティックス論文集, Vol.26, pp.145-150, 2011