

最終処分場における遮水シート接合部熱画像リモセン検査の実証試験

九州大学大学院工学府 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

遮水シート接合部の合否判定の改善のために、熱画像リモセン検査を開発してきた。この手法は、接合部が所定の強度を有するために必要な接合部表面温度が得られているかどうかを、熱画像により測定する方法である。そのとき、合否判定の基準となる閾値温度が必要となる。実験により得られた経験式から閾値温度を計算し、遮水シート接合部表面温度と比較することで合否判定を行う。これまで、この手法は実験の段階でのみ扱われ、実際の最終処分場の法面や、固定工部分における試験はされていなかった。本研究では、延岡市新最終処分場において、現場での適用可能性の項目を設定し、評価を行ったので、報告する。

2. 熱画像リモセン検査法の原理

熱画像リモセン検査は、図1に示すように、遮水シートを接合すると同時にサーモカメラで接合部の表面温度を計測し、合否判定となる閾値温度と比較することで、合否判定を行う検査方法である。図2は、LLDPEシートの接合不良となる閾値温度とシート初期表面温度の関係を接合速度ごとに表したグラフであり、この関係式を用いることで、合否判定が可能となる。計測されるデータの内容として、接合部の表面温度、接合部以外のシート表面温度、閾値温度、及び熱画像がある。これらのデータは、無線によりPCへ送ることができ、遮水シート接合時に接合部表面温度が閾値温度を下回る場合、PC上にエラーが表示され、その場で迅速な対応をとることが可能となる。図3は、延岡市新最終処分場で行った実証試験で得られたデータの一例であり、上から接合部の表面温度、閾値温度、接合部以外の表面温度の推移を表している。図より、接合部表面温度が、閾値温度をすべて上回っているため、この接合ラインにおいては、異常なしと判定された。なお、図3中で接合部表面温度、閾値温度、接合部以外の表面温度が連動して低下している部分がある。これは、日陰となっていた固定工部分の接合時に温度が低下したことが原因である。熱画像検査では、接合部以外の表面温度を常に読みとりながら閾値温度を計算、接合部表面温度と比較しているため、日陰等により温度が低下しても熱画像検査に支障はない。

3. 実証試験により得られた結果と課題、及びその解決策

3-1. 実証試験の結果

以上の検査方法を、延岡市新最終処分場本体造成工事の遮水シート接合工事に適用した。図4は、延岡市新最終処分場の平面図である。実証試験は、平成25年3月25日、4月23日、5月22日、6月19日、7月18日、9月13日において、合計で47つの接合ラインを対象に行った。表1に、検査実施箇所の一覧を示す。熱画像リモセン検査の後、全ラインに対し、従来の検査方法である加圧検査をした結果、全て異常なしと判定された。ま

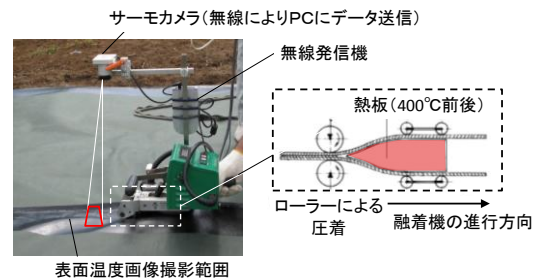


図1 サーモカメラを搭載した自走式熱融着機(左)と熱融着の模式図(右)

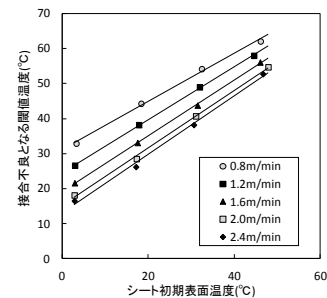


図2 接合不良となる閾値温度とシート初期表面温度の関係(LLDPE)

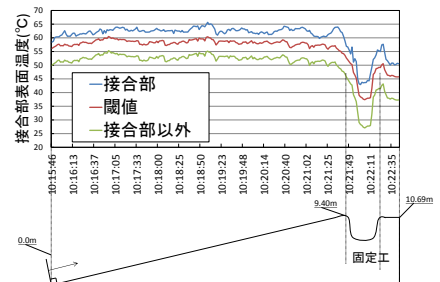


図3 延岡市新最終処分場における遮水シート表面温度の推移

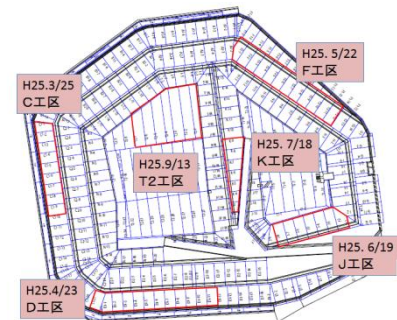


図4 延岡市新最終処分場の平面図

た、現場での適用可能性の項目を設定し、実証試験の結果を確認したところ、表 2 に示すようになった。項目 1 は、長距離、長時間における適用性を確認した。その結果、問題なく行うことを確認した。また、項目 2,3 においては、実際の現場における、法面や固定工における適用可能性を確認した。図 5 は、固定工における検査の様子を示している。法面においては、問題なく行うことを確認したが、固定工においては、揺れによる撮影位置のズレが発生した。項目 4 は、シート高温時における適用性を確認した。その結果、シート表面温度上昇により、閾値温度と接合部表面温度の差が小さくなる問題が発生した。項目 5 は、無線による検査の信頼性を確認した。その結果、障害物による無線切断が発生した。項目 6 は、現場で使用する PC の適用性を確認した。その結果、PC のフリーズによるデータの取得失敗が発生した。項目 7 は、現場作業担当者から見た適用性を確認した。その結果、ケーブルがカメラの撮影範囲に一時写り込み、表面温度データを正確に測定できない問題が発生した。以降の 3-2 節において、解決策を記載する。

3－2．実証試験の過程で明らかになった課題とその解決策

表 2 は、実証試験で明らかになった問題点、結果、及びその解決策一覧を示している。項目 3 については、固定工に入る際に揺れが生じ、撮影位置がずれるという問題が発生した。この問題は、カメラ固定治具を改良により、解決した。項目 4 については、遮水シートの表面温度が強い日差しにより、70℃以上になった。シートの表面温度が高温になったことにより、図 6 に示すように、接合部表面温度と閾値温度に差がほとんど無い結果となった。図 7 に示すように、不織布を直前までかけて、表面温度を下げて検査を行うことにより解決した。項目 5 については、無線切断によるデータ取得の失敗があった。無線によるデータ転送は、障害物がなければ 25～30m までの距離であれば可能であることを確認したが、電波の死角に入ると一時的に無線接続が解除されることがあった。この問題は、無線中継アンテナを設けることにより解決した。項目 6 については、PC のフリーズによるデータ取得失敗があった。これは、使用した PC が排気ファンを搭載していないものであり、熱暴走したことが原因である。この問題は、屋外用の PC に代替することにより解決した。項目 7 については、接合作業の際に融着機に接続されたケーブルが熱画像の撮影範囲に重なってしまう問題が発生した。この問題は、接合する作業担当者が注意することで回避可能である。

表 2 現場での適用可能性の項目と、結果、及び解決策一覧			
項目	内容	結果	解決策
1	長距離、長時間における適用性	問題なし	—
2	法面における適用性	問題なし	—
3	固定工部分における適用性	改善の必要有り	カメラ固定治具の改良
4	シート高温時における適用性	改善の必要有り	不織布の使用
5	無線による検査の信頼性	改善の必要有り	無線中継アンテナの設置
6	現場で使用するPCの適用性	改善の必要有り	屋外用PCの使用
7	現場作業担当者から見た適用性	改善の必要有り	現場作業員の注意

4．まとめ 本実証試験により、以下の知見が得られた。

現場での適用可能性について評価するため、以下の項目を設定し、確認を行った。その結果、長距離、長時間における適用性、法面における適用性については、問題なく行えることを確認した。固定工部分における適用性、シート高温時における適用性、無線による検査の信頼性、現場で使用するPCの適用性、及び現場作業員から見た適用性については、それぞれ、カメラ固定治具の改良、不織布の使用、無線中継アンテナの設置、屋外用PCの使用、及び現場作業員の注意により解決された。

謝辞. 本研究の実施にあたり、遮水シート熱画像検査の実施を許可して下さった延岡市役所の担当者の皆さま、前田建設工業(株)の皆さま、現場に何度も足を運び、検査に協力して下さった環境・遮水管理リモートセンシング研究会の皆さまに記して謝意を表します。

表 1 検査実施箇所の一覧

検査実施日	工区	検査を実施した 接合ライン数
3月25日	C	8
4月23日	D	11
5月22日	F	10
6月19日	J	6
7月18日	K	6
9月13日	T2	6
合計		47



図 5 固定工における検査の様子

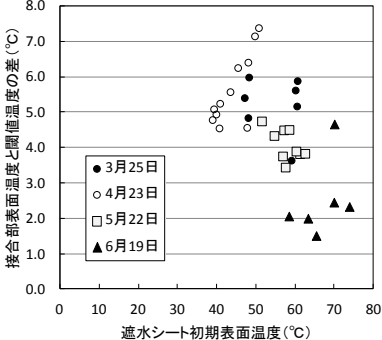


図 6 接合部表面温度と閾値温度の差と初期表面温度の関係



図 7 不織布を使った検査の様子