

熱赤外線映像装置による盛土の施工管理に関する研究

長崎大学 正 員 陳 運明 長崎大学 正 員 後藤恵之輔
 長崎大学 正 員 棚橋 由彦 長崎大学 学生員○井手野宏明

1. はじめに

土構造物は、土砂を主体として構築される構造物であり、土木分野における構造物として最も広く用いられている。近年、施工技術が発展するとともに、土構造物は大型化、広域化、急速化しているが、土構造物の施工管理において最も重要である土の含水比及び最大乾燥密度については、現在においても点のかつ24時間かかる含水比管理方法が一般的である。すなわち、面的かつ迅速な施工管理方法が要求される。そこで本研究では、熱赤外線リモートセンシングの迅速かつ広範囲で、可視的に計測できる利点に注目し、土の含水比と熱との関係から含水比管理を行おうとするものである。また、施工現場での盛土の締固めにおいても、熱赤外線リモートセンシングによって締固めが十分な状態であるか否かの判断を迅速で、広範囲に行おうとするものである。この技術を用いることにより、盛土の施工管理は経済的で省力化が可能になり、施工現場においては計測時にも施工作業を妨げることかないため、有用性が高いと考えられる。

2. 実験概要

実験に用いる熱赤外線映像装置(NEC三栄㈱製 TH3102MR)は、受動形の高感度赤外線放射温度計で、測定対象物から自然放射されている赤外放射を光学走査することにより、温度信号を2次元的な電気信号に変換し、温度分布画像を得るための装置である¹⁾。

供試体には、佐賀県振振村のある現場に用いられたまさ土を使用する。実験に入る前に、最適含水比を調べるために突き固めによる締固め試験を行い、結果を図-1に示す。この結果より、最適含水比が12.8%であることが分かる。また、締固め時の施工基準である最大乾燥密度の95%以上になるためには、含水比を8.9%~18%の範囲に管理する必要があることが分かる。

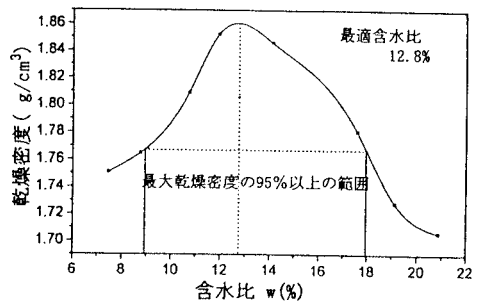


図-1 締固め曲線

本実験では盛土材料の含水比管理及び締固め度の管理の2つの実験を行った。

実験1 盛土材料の含水比管理

上述の締固め試験結果に基づいて人工で5種類の含水比(7.5%, 10.7%, 14.1%, 17.6%, 20.9%)の供試体を作成した。これらの供試体の温度を一定にするために、水分を蒸発させないように薄いプラスチックの袋に入れ、実験室に48時間放置しておく。実験時、各含水比の供試体を容器に満たし、500wのライトを供試体の上から70cmの距離に設置して加熱する。この際、各供試体ごとに加熱前及び加熱間(合計15分)の経過に伴う表面温度の変化を、5分間隔で熱赤外線映像装置によって熱画像として捉える。これらの熱画像から、加熱時間と表面温度及び含水比と表面温度の関係について検討を行う。

実験2 盛土材料の締固め度の管理

上述の締固め試験の結果に基づいて、人工で最適含水比(12.8%)の供試体を2つ作成した。これらの供試体を容器に入れ、一方の供試体に100kgの荷重を加えて締固めた。その後実験1と同様の加熱方法で15分間加熱し、加熱前及び加熱時間の経過に伴う表面温度の変化を、5分間隔で熱赤外線映像装置によって熱画像として捉える。これらの熱画像から、締固め度による表面温度の変化についての検討を行う。

3. 実験結果及び考察

実験1…熱画像から得たデータより、加熱時間と表面温度の関係を図-2に示す。これより、供試体を加熱することによって5種類の含水比の表面温度が異なることが分かる。すなわち、熱赤外線映像装置によって3%程度の異なる含水比の盛土材料をリアルタイムで判別できることが分かる。また、供試体の含水比と表面温度との関係を解析するために回帰分析を行った。この回帰分析の近似曲線は、様々な直線や曲線(線形近似、対数近似、多項式近似、累乗近似、指数近似や移動平均)を試算した結果より2次式が妥当であることが明らかになった。回帰分析の結果は図-3、図-4に示す。図-3より、加熱前は相関係数 R^2 の寄与率が低いいため、含水比と表面温度の関係は非線形であると言える。しかし、図-4より、加熱するに従って、 R^2 の寄与率が高くなっているのが分かる。この結果から、施工現場の管理室においても500Wのライトがあれば、熱赤外線映像装置によって図-4の関係式より迅速な含水比管理ができると考えられる。

実験2…熱画像から得たデータより、加熱時間と表面温度の関係を図-5に示す。これより、加熱後5分までは2つの供試体はともに表面温度が上昇するが、締固めていない供試体の温度上昇率が高いことが分かる。また、加熱5分以後は、締固めた供試体には温度上昇が見られないが、締固めていない供試体は温度上昇を続ける。これは、締固めることで密度や飽和度が高くなることによって、熱移動が促され相対的に温度差が小さくなるからである。今回の実験では、100kgの力で締固めただけで表面温度の変化に違いが生じていることから、実際に現場で数十倍の力で締固める際には、より顕著な温度変化が生じるであろう。よって熱赤外線映像装置を用いて迅速かつ広範囲に締固め度の違いを判断できると考えられる。

4. まとめ

以上のことから次のような結論が得られた。

- ① 回帰分析の各近似曲線のシュミレーション結果より、まさ土の含水比と表面温度の関係は2次式である。
- ② 熱源がない場合、まさ土の含水比と表面温度の関係は非線形である。
- ③ 熱赤外線映像装置を用いて、まさ土の含水比を測定する際は、500Wのライトによる15分程度の加熱時間が妥当である。
- ④ 締固めた土とそうでない土には、加熱した際に盛土表面に温度差が生じる。しかし、締固め度と表面温度の関係については、今後の課題としたい。

参考文献 1) NEC三栄㈱：熱赤外線映像装置取扱説明書

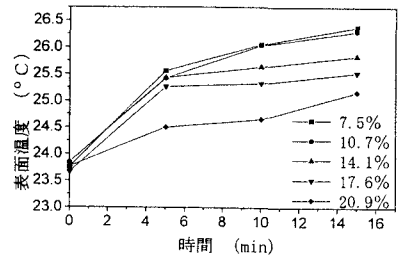


図-2 加熱時間-表面温度の関係

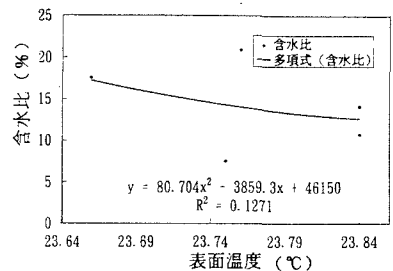


図-3 含水比-表面温度の関係(加熱開始前)

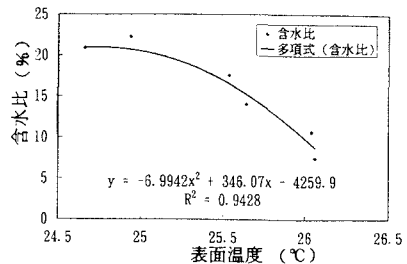


図-4 含水比-表面温度の関係(加熱15分後)

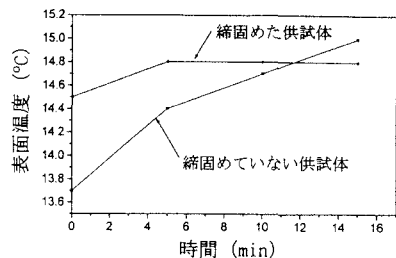


図-5 加熱時間-表面温度の関係