

熱画像カメラを用いた土の締固め度評価の可能性について

福井工業高等専門学校専攻科 学生会員 ○田谷 修人
福井工業高等専門学校 正 会 員 辻子 裕二
福井工業高等専門学校 小林 一眞

1. はじめに

既存の締固め管理として、締固め機械の機種や締固め回数等をもって評価する工法規定方式のほか、土の湿潤密度や飽和度、間隙比等の測定を行う品質規定方式がある。後者の評価方法は点情報として得られるものであり、大規模土構造物の仕上げムラを判定するには不向きであることに加え、構造物を少なからず破壊する作業を伴う。したがって、成果物の品質を面的に非破壊で評価できるような方法の確立が望まれる。本研究では、この手段として熱画像カメラを用いたパッシブリモートセンシング技術を検討した。

パッシブリモートセンシングを利用した盛土の締固め管理に関する既往の成果¹⁾では、日射を受けた試験体の温度上昇は、同一含水比で突き固め回数が違った場合、突き数が少ない試験体ほど温度の上昇量が大きくなることが示されている。また、含水比を変え、突き数を一定とした場合、含水比が低い試験体ほど温度上昇が大きくなり、締固め回数および含水比との相互性があることが明らかになっている。これらの成果に基づき、本研究では、日の出から日の入りまでの気温の上昇および低下を想定し、締固め度が異なる試験体を対象として熱画像カメラを用いた表面温度の計測を行い、非破壊での締固めの計測の可能性を検討した。なお、計測は恒温室内で温度調整した試験体を用いる屋内試験と観測用実験斜面を用いた屋外試験の両面から行った。なお、本研究で用いた熱画像カメラはチノー社製高機能型熱画像カメラ CPA-T640 (画素数 640×480) である。

2. 試験方法

(1) 屋内試験

試料土には風化崗岩を使用し、含水比を 0%, 14% (最適含水比近辺)、28% の 3 種類に調整した。これらの土を内径 10cm、容積 1000cm³ のモールドに、

表 1 恒温室内の設定温度

時間	恒温室内の設定温度(°C)		気温(°C)	
	ケースL-1	ケースL-2	ケースF-1	ケースF-2
9:00	0	0	31.3	25.0
10:30	20	20	32.8	27.8
12:00	30	30	32.7	28.0
13:30	50	50	34.1	28.1
15:00	20	20	34.8	27.3
16:30	0	0	34.6	26.4



図 1 観測用実験斜面の可視画像

質量 2.5kg、落下高 30cm のランマーで突固めた。突固め回数ほどの試料も各層 15 回とし、5 層に分けて計 75 回とした。なお、締固め後の含水比は 0.37%, 13.5%, 27.7% であった。これらの試験体を恒温室内に入れ、夏場の気温変動を想定して温度変化を与えた。恒温室内の設定温度は表 1 のとおりである。いずれも 90 分間恒温室内の静置後に試験体を取り出し、表面温度を熱画像カメラを用いて測定した。なお、降雨を想定し、ケース L-1 は試験開始の直前に約 15°C の蒸留水を 25ml ずつ散布した。ケース L-2 は水を散布しなかった。

(2) 屋外試験

屋外試験を行った観測用実験斜面を図 1 に示す。測定日時は、ケース F-1 が平成 26 年 8 月 20 日 8:30 ~16:30、ケース F-2 は平成 26 年 9 月 7 日 9:30 ~16:30 である。同斜面は測定前日にほぐした緩い地盤(地盤 A)と測定前日に 123N、直径 23cm の錘を 3 層にわけて 40cm の高さから自由落下させ締固めたもの(地盤 B)の二種類で構成される。撮影位置(カメラ位置)は観測斜面に付属する観測小屋屋根上である。ケース F-1 では測定前に散水機を用いて降水量 3.9mm に相当する水を与え、

土中に水を浸透させた。ケース F-2 は前日に雨が降ったため、人工的な降雨は行わなかった。なお、熱画像測定は原則 1 時間ごとに行った。

3. 試験結果

ケース L-1、ケース L-2 の試験体の温度変化をそれぞれ、図 2、図 3 に示す。降雨を想定し水分を供給したケース L-1 では、含水比が変化しても試験体間の温度差はほぼ確認されなかった。ケース L-2 は快晴時を想定し水を供給しない状態であったが、設定温度 50℃ (13:30) のピーク以降、含水比が 0.37% の試験体 (Spot3) と 13.5% の試験体 (Spot1) (Spot2 もほぼ同じ) に対する同一温度となるまでの時間差 (位相差) が生じる結果となった。

ケース F-1、ケース F-2 の地盤の表面温度の変化を図 4、図 5 に示す。体積含水率はケース F-1、ケース F-2 双方とも締固めた地盤 B の方が高い値を示し、表面温度は低く表れた。この結果は既往成果を支持するものである。屋内試験と同様、雨を想定したケース F-1 では地盤 A と B で大きな変化はみられなかった。またケース F-2 では前日に雨は降ったものの当日は快晴であったこともあり、屋内試験におけるケース L-2 と同様に地盤 A と B の間で表面温度の低下に遅れ (位相差) が生じた。

4. まとめ

屋内試験、屋外試験ともに密度が低い地盤で気温上昇過程において表面温度が高くなり、気温低下過程において表面温度の低下に遅れ (位相差) が生じることが明らかとなった。これらの特徴を利用することで大規模構造物の締固め度の定量的評価を行う可能性が見出された。ただし、本研究で上記位相差が明らかとなったのは、散水しない条件下に限定された。今後は、雨水の浸透状況を考慮に入れた検討が必要である。

参考文献

- 1) 金光寿一 (中央工学校), 柳内睦人 (日本大) : パッシブサーモグラフィ法を利用した土の締固め状態と温度変化に関する研究, 日本非破壊検査協会講演大会講演概要集, Vol. 2012 秋季, pp119-120, 2012.

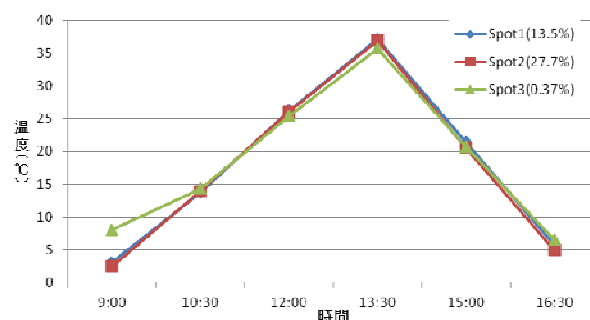


図 2 試験体の表面温度 (ケース L-1)

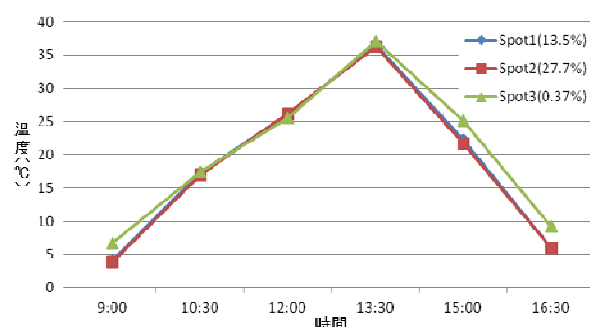


図 3 試験体の表面温度 (ケース L-2)

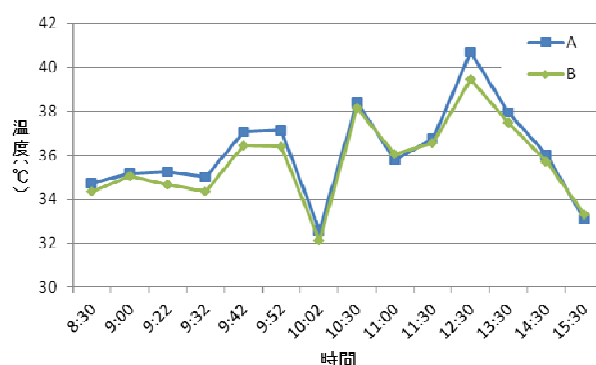


図 4 地盤の表面温度 (ケース F-1)

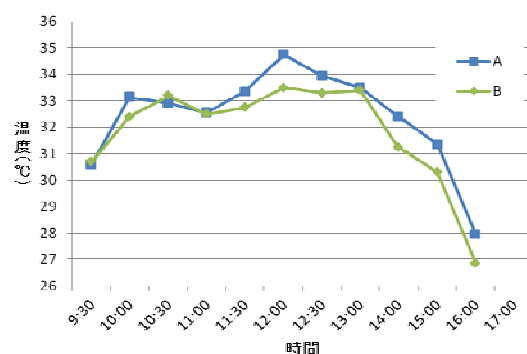


図 5 地盤の表面温度 (ケース F-2)