

パッシブサーモグラフィ法を利用した盛土の締固め管理への適用性

中央工学校 正会員 ○金光 寿一

日本大学 正会員 柳内 睦人

中日本高速道路(株)正会員 阿部 徳男

1. はじめに

現在、盛土の締固め管理では現場管理状況に合わせて品質規定方式と工法規定方式が採用されている。品質管理基準では、盛土量あるいは盛土面積に応じて測定頻度が決められた点の測定値であり、盛土全面の管理にはなっていないという問題がある。盛土の破壊や陥没及び舗装の変形等は材料の品質のバラツキや締固め不良箇所の支持力不足が要因の一つと考えられ、締固め状態にもバラツキが生じているものと思われる。従って、信頼のある盛土施工においては面的でバラツキを考慮した施工管理手法が望まれる。そこで、本研究では日射、外気温の変動を利用したパッシブサーモグラフィ法を適用した締固め管理について検討した。パッシブサーモグラフィ法は、土の締固め度や材料のバラツキの相違(密度、間隙比、飽和度の変化)によって温度場変化が明瞭になるものと思われ、広範囲の温度変化を視覚的及び定量的に確認できるものとする。

2. 実験概要

パッシブサーモグラフィ法による締固め評価では、実現場での測定を想定した試験体による実験とその実証実験として新東名高速道路設楽原PA工事現場にて温度測定を行った。実験試験体は現場での締固め時間の相違を想定して締固め時間を変えて、得られた温度変化からパッシブサーモグラフィ法の適用範囲について検討した。PA路体部盛土の測定は、既に層厚での締固めが終了しており、その路体上面を振動ローラー(10t)で再締固めを実施して温度変化を確認した。

表-1 実験条件

試験体	締固め		再締固め時刻
	回数	層	
S1	50/層	6	8:00
S2			10:00
S3			12:00
S4			14:00

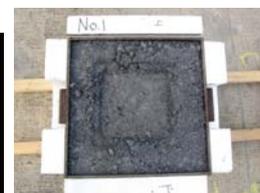


写真-1 試験体

PA路体部盛土の測定は、既に層厚での締固めが終了しており、その路体上面を振動ローラー(10t)で再締固めを実施して温度変化を確認した。



写真-2 PA測定現場

2.1 試験体及び実験条件

実験に供した試験体一覧を表-1、作製した試験体を写真-1に示す。試験体の形状は、縦300×横300×高さ300mm角型試験体である。締固め方法は、重量8.0kgの角型ランマー(145×145mm)を高さ500mmから自由落下させて、幅300mmの周回を5回で締固め、1層当たり10回繰返し高さ300mmを6層で成型した。なお、締固めは測定日の前日に行い、最適含水比6.0%への調整は使用した粒度調整砕石(M-30)に水を霧吹き器にて均一に馴染ませて行った後、試験体を12時間密封してから翌日赤外線カメラによる温度測定を開始した。温度測定は、平成24年9月3日8:00~17:00の9時間である。測定日には、この試験体に対し、現場での締固め時間の相違を想定し再締固め時間を表-1のように変化した。その再締固めは角型ランマーで高さ500mmから試験体中央箇所を50回自由落下させた。

2.2 現場PAの測定条件

写真-2は新東名高速道路設楽原PA工事現場の測定箇所である。赤外線カメラによる現場測定は平成25年3月22日の10:00からである。またRI法による測定は既に計画層まで締固めてある路体盛土に対し、振動ローラーでの再締固め(7往復)を行い、特異な温度を示す箇所に対して含水比及び空気間隙率を計測した。

3. 実験結果

3.1 試験体の熱画像と温度変化

キーワード: パッシブサーモグラフィ法, 盛土, 締固め管理, 含水比, 空気間隙率

連絡先: 〒275-857 習志野市泉町1-2-1 日本大学生産工柳内研究室 TEL:047-474-2441,E-mail:yanai.mutsuhito@nihon-u.ac.jp

図-1には8:00~17:00までの全天日射量と外気温を、また図中には日射変動を検討するため Bouguer 式で計算した晴天時の全天日射量を示しておく。8:00 からの外気温上昇量は 7.1℃ (11:30)であった。図-2には再締固めを行った時刻より 20 分後の三次元の熱画像を示す。図-3には再締固め箇所である中央部の温度から締固めを行っていない箇所の温度を減算した温度差を示す。その結果、8:00 に再締固めを行った S1 試験体はさらに空隙率が減少して密実になり 11:20 に-4.2℃が。S2 試験体は 12:00 に-1.07℃もの温度差が生じている。しかし、S3 及び S4 の温度差は締固めに用いたランマーの温度が材料の温度よりも高温になり、接地面積も大きく逆に締固め部の方が高く推移している。これは、締固め直後のプラス側への急激な温度変化から推察できる。

3.2 PA の熱画像と温度変化

図-4は、振動ローラーで再締固めを行う前の熱画像で、図-5は7往復終了時に得られたもの、また図-6はその後 11:50 に得られた合成画像である。表-2には熱画像に示す A~D 範囲の温度を、また RI 法での測定値を示す。測定日の天候は晴れ時々曇

りで、外気温は 13.6℃ (9:50)であった。赤外線カメラと A 箇所までの距離は 8.6m, B 箇所まで 13.6m, C 箇所まで 16.6m である。なお、熱画像の温度レンジは 5℃~25℃

の一定である。図-4の熱画像は、この時間帯には既に材質や締固めの相違による温度差が現れるものと思われるが、若干バラツキが見られる程度で各箇所の温度差は小さい。また、熱画像内には結晶片岩の塊が特異な異常温度として A の近くで確認される。

図-5の B 及び C 箇所は再締固めを行っていない D 箇所と比較すると 2.6℃以上も温度が低い(表-2 参照)。一方、A 箇所は再締固めを行ったにも拘わらず D 箇所との違いが見られない。これは、結晶片岩が締固め時に土砂化して粉体のように存在しているためである。図-6に示す合成画像では、再締固め範囲を鮮明に確認することができる。さらに各箇所の温度較差が大きくなり、締固め状態の相違が確認される。再締固め時には、路体上面状況に応じてローラーの浮きも見られ、より温度差が明瞭になったものとする。しかし、各箇所の温度と空気空隙率及び湿潤密度との相関は認められなかった。

4. まとめ

本研究で得られた所見を以下に示す。

- (1) 盛土の温度上昇量は、締固め回数や材料のバラツキによって異なり、締固めの良否が熱画像から面的に評価できる。また、のり面や敷均し時の含水比及びブルーフローリングへの可能性も示唆された。

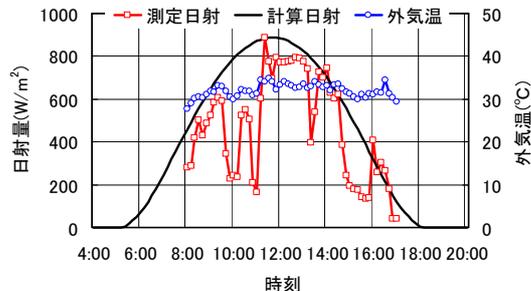


図-1 日射量と外気温 (9月3日)

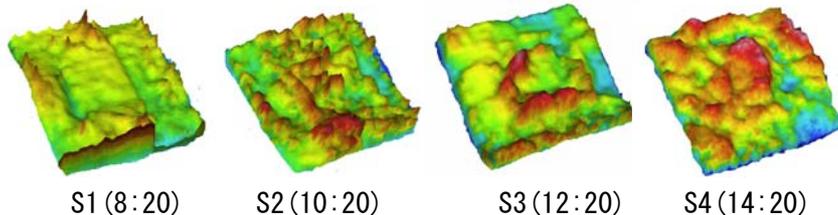


図-2 三次元の熱画像

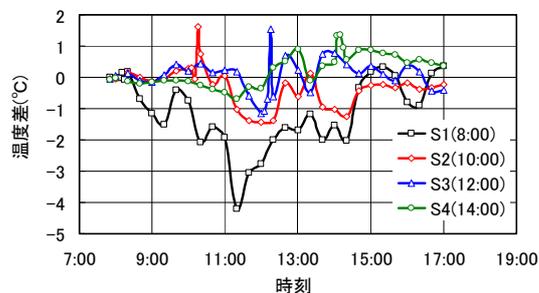


図-3 試験体中央部の温度差変化

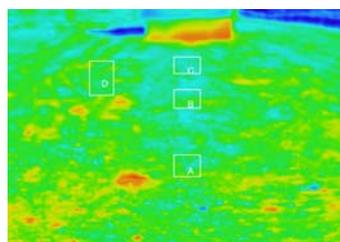


図-4 締固め前 (9:59)

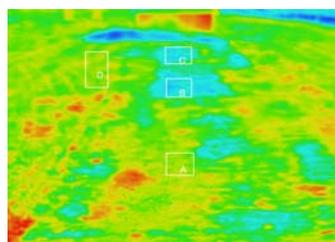


図-5 7往復後 (10:38)

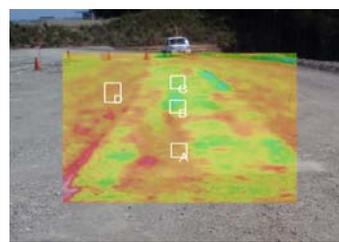


図-6 合成画像 (11:50)

表-2 温度の相違と材料特性

範囲	測定温度(°C)			空気空隙率 (%)	含水比 (%)	湿潤密度 (g/cm³)
	9:59	10:38	11:50			
A	12.27	13.72	16.07	0.2	8.7	2.408
B	11.97	11.08	13.39	2.8	8.1	2.361
C	11.58	10.95	13.41	-0.7	8.4	2.435
D	12.30	13.71	16.33	-	-	-