

熱赤外線映像装置による盛土の締固度の管理に関する研究

長崎大学工学部 正会員 後藤恵之輔

長崎大学工学部 正会員 奥村運明

長崎大学工学部 正会員 棚橋由彦

長崎大学工学部 学生員○北川圭介

1.はじめに

締固めは土構造物に用いられる土材料がその構造物の安全性や信頼性を高めるために行われる土質安定のための一つの施工方法である。土工の過程で十分締固められているかを点検し、ある基準値を満足しないものがないように管理しなければならない。近年、施工技術の発展とともに土構造物は大型化、広域化しているがその施工管理方法はいまだに点的なものが一般的である。そこで本研究では、広範囲で可視的に計測できる熱赤外線映像装置を用いた動態施工管理実用化のために現場観測実験及び室内実験を行った。

2.現場観測実験

(1) 実験方法

実験場所は長崎県西彼杵郡長与町に建設中の県立シーボルト大学の盛土施工現場であり、施工時間帯の午前・午後、2 回行われた盛土施工に合わせて観測実験を行った(以下午前の実験を実験①、午後の実験を実験②とする)。盛土材料を敷均してからローラによる締固めが行われた後の土の表面温度を熱赤外線映像装置(測定波長 $8\sim13\mu\text{m}$)により熱画像として捉えた。実験①の盛土施工ではダンプトラックで運搬してきた土材料を用いており、砂利や砂などの異なる材料が含まれていた。一方、実験②ではブルドーザで切土した土を用いていて同じ種類の土材料であった。実験概要は図-1 に示す。

(2) 実験結果および考察

<実験①>熱赤外線映像装置により得られた画像-1 を示す。画像-1 により、締固め後の表面温度の異なる 4 ポイントを測定ポイントとして選んだ。締固め後の各測定ポイントの表面温度と同時刻の気温、日射量の値を図-2 に示す。また、各測定ポイントの乾燥密度と含水比の値を表-1 に示す。図-2 により土の表面温度には気温との関連性は見られないが、日射量との間には関連性があると考えられる。また、表面温度と乾燥密度の関係は、異なる種類の土材料が混じっていたため判断することができなかった。

<実験②>熱赤外線映像装置により得られた画像-2 を示す。実験②では盛土の表面温度はほぼ同じであった。これは同じ種類の土材料を同じ方法で締固めたからだと考えられる。締固め後の盛土の表面温度と乾燥密度の関係を検討するために任意の 2 ポイントを選んだ。その 2 ポイントの乾燥密度と含水比の値を表-2 に示す。締固め後の 2 ポイントの表面温度と同時刻の気温、日射量の値を図-3 に示す。表-2、図-3 より乾燥密度の値に近い 2 ポイン

熱赤外線映像装置

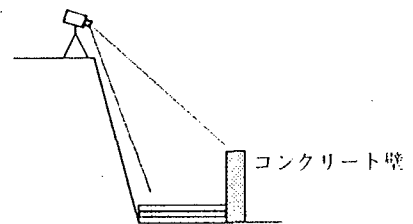
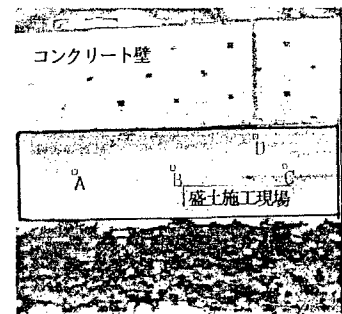


図-1 実験概要図



画像-1 実験①の熱画像

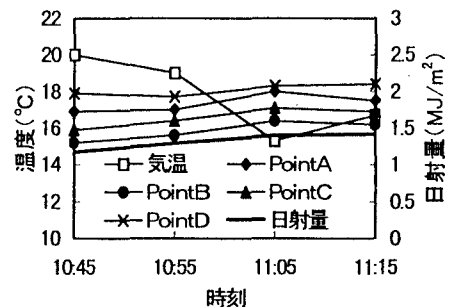


図-2 土の表面温度の経時変化(実験①)

トの表面温度は同じであった。これに対して実験①では、各測定ポイントの間に温度差が見られた。この温度差は、盛土材料が異なることが要因だと考えられる。

3.室内実験

(1) 実験方法

同じ種類の盛土材料で表面温度と乾燥密度の関係を確かめるため、室内実験を行った。まず、実験②に用いられていたまさ土を突き固めによる締固め試験の結果得られた最適含水比(16.4%)となるよう加水して調整した。次に突き固めにより乾燥密度の異なる5種類(1.80g/cm³、1.62g/cm³、1.44g/cm³、1.26g/cm³、1.08g/cm³)の供試体を直径10cmのモールドに入れた。最後に500wのライトを供試体の上60cmに設置し25分間加熱して、各供試体の加熱経過に伴う供試体表面の平均温度の変化を熱赤外線映像装置で熱画像として捉えた。これらの熱画像から、土の表面温度と乾燥密度の関係について検討を行った。

(2) 実験結果および考察

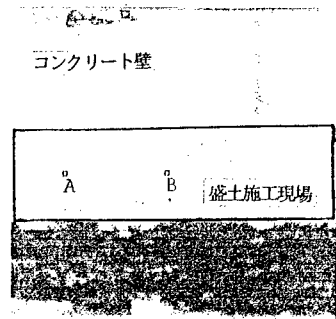
熱画像から得られたデータにより、供試体表面の平均温度と乾燥密度の関係を図-4に示す。図-4より、乾燥密度の小さい(締固めが悪い)供試体ほど表面温度が大きく、逆に乾燥密度の大きい(締固めが良い)供試体ほど表面温度が小さいことがわかった。さらに、表面温度と乾燥密度の関係を検討するために回帰分析を行った。線形近似、対数近似、多項式近似、累乗近似、指数近似、移動近似を試算した結果、多項式(2次式)が妥当であることが明らかになった。この相関係数R²の値は0.9752であり、表面温度と乾燥密度には関係があると考えられる。したがって、同じ種類の盛土材料が施工過程で太陽により表面が加熱されれば、その表面温度を熱赤外線映像装置で読み取ることで乾燥密度の値を推定でき、締固め度の管理ができると考えられる。

4.おわりに

今回行った実験では、熱赤外線映像装置により土の表面温度を可視化することで、盛土に用いられている土材料の違いを判断することができた。また、同じ土材料であれば、加熱された土の表面温度と乾燥密度の間に、乾燥密度が大きいほど表面温度の値は小さく、乾燥密度が小さいほど表面温度の値は大きいという関係が明らかになった。今後は、盛土の締固め度の管理を実用化するために、土の表面温度と日射量との関係を調べる必要がある。

表-1 実験①の乾燥密度と含水比

	PointA	PointB	PointC	PointD
乾燥密度(g/cm ³)	1.72	1.88	1.85	1.75
含水比(%)	18.1	19.3	20.9	18.8



画像-2 実験②の熱画像

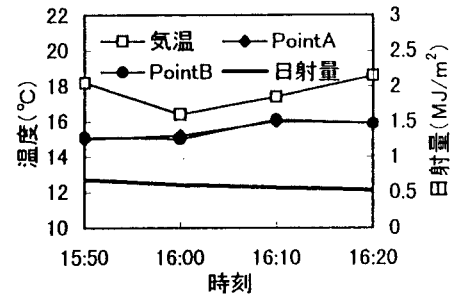


図-3 土の表面温度の経時変化(実験②)

表-2 実験②の乾燥密度と含水比

	PointA	PointB
乾燥密度(g/cm ³)	1.68	1.6
含水比(%)	21.6	21.4

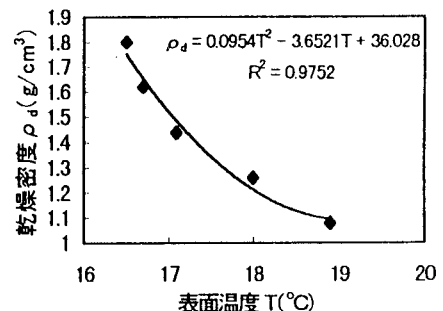


図-4 表面温度と乾燥密度の関係
(加熱25分後)