

III-B 237 セメント安定処理した浚渫土の強度発現と養生温度の関係

フジタ 正員 神田 亨
フジタ 正員 石山 雄三

1. はじめに

セメント安定処理土の強度発現性状は養生温度に大きく左右されるが、土構造物内部の水和発熱に伴う温度上昇について検討した報告は少ない。また安定処理土の熱的特性に関する実測例もわずかである。¹⁾ この報告は、数十万 m³ を超える浚渫土をセメント安定処理し高盛土を構築するという大規模工事において、盛土内部の温度履歴を測定するとともに数値解析を実施した結果について述べたものである。

2. 浚渫土の物性ならびに安定処理土の製造

浚渫土はシルト質粘土にサンドコンパクション工により砂が混入した状態で、土運船で運ばれてきた浚渫土は安定処理プラント船で普通ポルトランドセメントを添加し、連続練りミキサーにより攪拌混合の後ダンプトラックにより運搬される。

3. 現場計測

図1に示すように、1m厚の第1層を打設し、5日経過後1.5m厚の第2層を施工した。第1層打設後4ヶ所に熱電対を設置し約一ヶ月間計測を行った。施工時期は冬期であり平均気温は6.1℃であった。測定結果を図2に示す。最も温度が上昇したのは第2層の下部から打継面にかけてである。安定処理土の練上り温度は15℃であり、測点③において5.3℃ほどの温度上昇が見られた。測点④の打継面で10℃ほどの温度上昇が見られるが、これは第1層の表面が外気温まで冷えていたことによるものである。盛土の中心部は外気温の影響をほとんど受けず冬期でも良好な養生条件にあることが分かる。

4. 数値解析

温度上昇の解析は、水和発熱を考慮した非定常熱伝導方程式を差分法を用いて計算する。計算をする上で安定処理土の熱拡散率や断熱温度上昇量が必要となる。しかしながら文献1)に流動化処理土のデータが報告されている程度で実測例はほとんど存在しない。コンクリートの場合には相当の規模のデータベースが存在し単位セメント量やセメントの種類に応じて断熱温度上昇曲線の定数Kとαがかなりの精度で予測できる推定式が存在する。しかしながら安定処理土はセメントの添加量がコンクリートに比べ著しく少ないこと、海水による練りまぜのため塩素イオンの影響でセメントの水和が相当促進されることなどによりこの式は利用できない。そこで外気温の影響の少ない中心部の実測値を基に、Kとαの値を逆解析的に求めることとした。

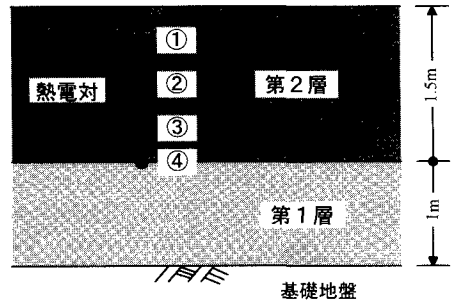


図1. 打設層厚及び熱電対設置位置

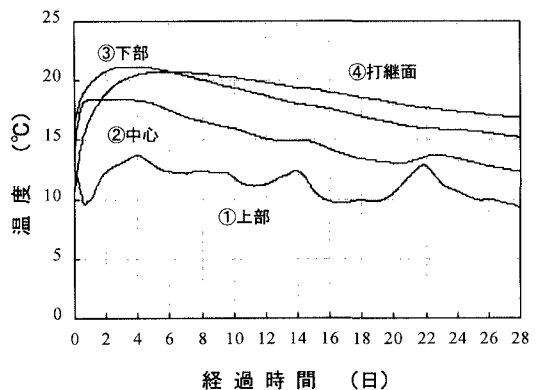


図2. 実測温度履歴

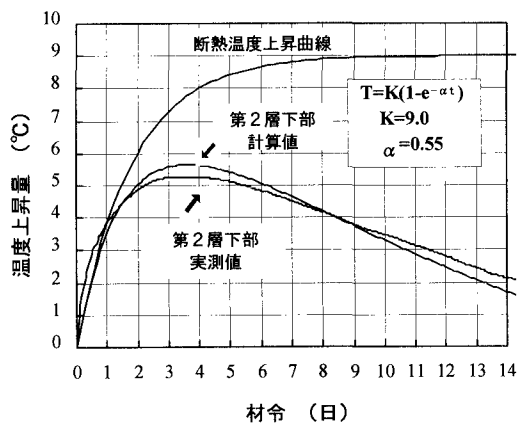


図3. 断熱温度上昇曲線の推定

図-3 に結果を示す。また図で上昇した温度が下降していく区間の勾配は熱拡散率に関係し、これについても適当な値を仮定して反復計算を行うことで $0.025\text{m}^2/\text{day}$ という値に収束した。これらの値を用いて解析した結果が図-4 である。第1層も含めて計算を行った。境界条件としては、外気温は現地の平均気温 6.1°C で一定とし、安定処理土表面は外気温に等しいとした。また基礎地盤の熱拡散率は安定処理土と同じ値を用いた。第1層の中心部は長期にわたり 17°C 程度に維持されている。したがって、各層を適当なインターバルで打設していくことで盛土の平均温度を外気温に関係なく良好な養生温度に保つことが可能といえる。

図-5 に実測値との解析値の比較を示す。かなり良く一致しており、ここで採用した熱定数や境界条件が妥当なことがわかる。

5. 積算温度と強度

セメントの水和反応は -10°C で停止すると考えられており、 -10°C を 0°C とする温度系に移した温度時間積算値（マチュリティー）によって現場強度を推定することがコンクリートの分野では広く行われている。マチュリティー M は

$$M = \sum a_t (T + 10)^\circ\text{C} \quad : a_t \text{ は各温度に保つ時間}$$

安定処理土に関しても同様の手法が適用できれば、前述の温度解析と組み合わせることで盛土内部の強度を精度よく推定することが可能になる。図-6 は同一ロットの安定処理土に関して様々な外気温で養生した供試体と 20°C で養生したものとの強度の比をプロットしたものである。横軸は 20°C 養生に対する各養生温度のマチュリティーの比である。非常に良い相関が得られており、この手法は安定処理土に関しても十分適用可能といえる。

6. まとめ

セメント安定処理された浚渫土の盛土に対して、水和発熱による温度上昇を解析したところ実測値と非常に良い一致をみた。適当なインターバルと層厚で施工を行えば、外気温が低い場合にも盛土内部の養生温度を良好に維持することができる。またコンクリートで用いられている積算温度の考え方が安定処理土に対しても十分適用できることが確認された。

【参考文献】

- 1) 久野, 本橋: 「流動化処理土の熱的特性」, 土木学会年次学術講演会, III, pp.1408-1409, 1995

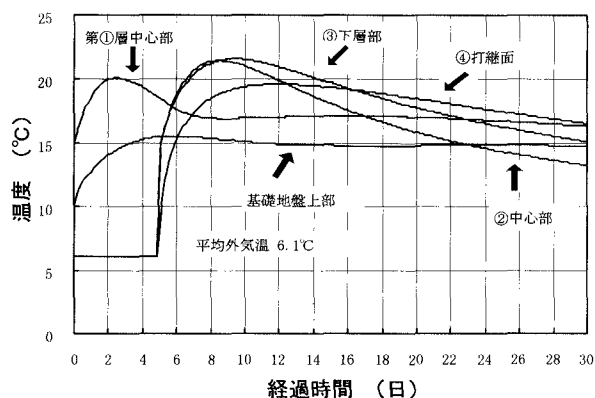


図 4. 温度解析結果

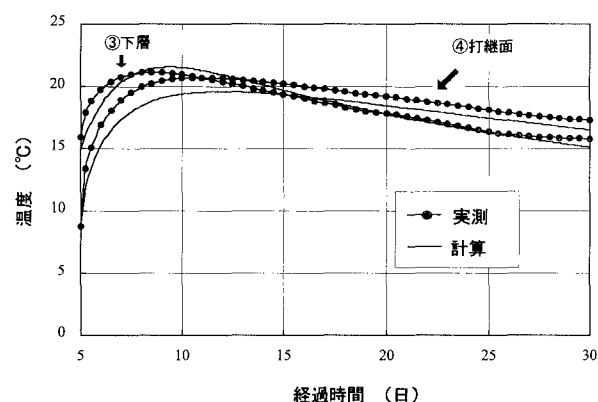


図 5. 実測値と解析値の比較

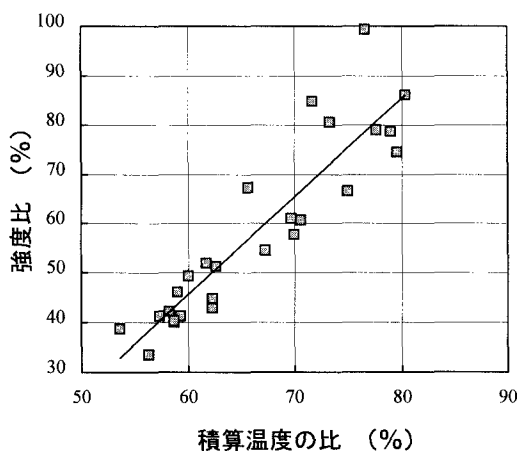


図 6. 積算温度と強度との関係