

現場発泡ウレタン盛土の温度計測と数値解析

信州大学 ○神林 恵 正会員 大上俊之
北陽建設 正会員 浅井博憲 フェロー 草間孝志
ウレタン技術研究会 正会員 西川 徹

1. はじめに

現場発泡ウレタン盛土工法は、軽量盛土工法の一つで、2種類の硬質ウレタンフォーム原液を現場で噴霧・発泡させることにより軽量盛土を形成する工法である。現場で発泡させることから現場の地形に合わせた自由な形状の盛土体の構築が可能で、複雑な地形に対して柔軟に対応できるという大きな特徴を有している。また、材料搬入時には発泡前の原液であるため輸送が容易であること、貯蔵スペースも小さくてすむこと、施工性が良いなどの利点がある。

長野県内においても幾つかの施工例が報告されており、その中で平成10年に松本から上高地、岐阜県へと通じる国道158号線沿いの安曇村大白川において、現場発泡ウレタンを盛土材とした道路改良工事が行われた。この工事では、現場発泡ウレタン盛土の動・静的計測を行う目的から、熱電対、沈下計、ひずみ計、土圧計を盛土内部の各計測部分に埋設しており、現在年間を通じてデータの自動計測が行われている¹⁾。本論文では、これら各計測のうち熱電対により計測された温度データの結果とその数値解析について報告する。

2. 温度計測

解析対象の断面を図1に示す。図中7箇所の●印の位置(A～G)において計器が設置されており、1時間ごとにデータが集積されている。図の数字は斜面先P Cパネル内側の点Oを原点とした場合の座標値である。代表的な4点の計測結果と外気温の変化を図2に平成11年11月1日から平成12年4月30日までについて示す。計測結果については図を見やすくするために100時間ごとに印で示している。図より境界近傍部(D点)では外気温の影響を受けて外気温と同様の温度変化を示すのに対し、ウレタン盛土内部へ向かうにしたがって外気温の細かな影響を受けることなくだらかな温度変化を示していることがわかる。特にウレタン中央部G点では冬から春にかけてもほとんど大きな温度変化は示さず、4月に入って境界近傍部と温度が逆転している。

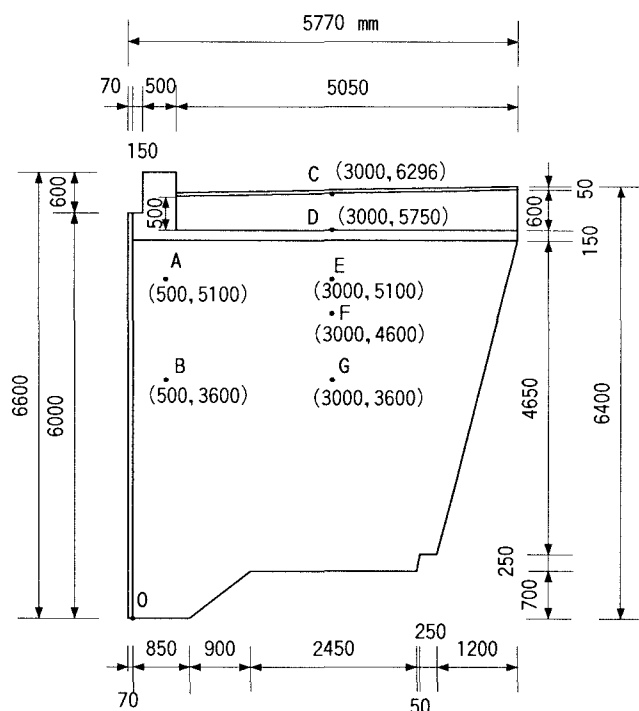


図1 解析対象断面と温度計設置位置

3. 数値計算

得られた計測温度データをもとに、外気温による影響を熱伝達問題として、有限要素法による非定常熱伝導解析を行い、実際に計測されたデータと解析結果との比較を行った。解析にあたっては、計算開始時点でのウレタン盛土内の計測データを参考にして各節点の初期温度の値を設定し、境界条件として側壁および地表面境界は外部温度に対する熱伝達境界とした。側壁および地表面における熱伝達係数は、伝熱形態が自然対流の空気であるとして $10 \text{ kcal/m}^2 \cdot \text{h} \cdot ^\circ\text{C}$ を用いている。また、硬質発泡ウレタンの表面吸水量は 2 g/100cm^2 以下²⁾とときわめて少ないことから、本計算では水の影響は考慮していない。

計算結果と計測データとの比較を、図3に平成11年11月1日から平成12年1月31日までについて示す。これより、ウレタン盛土内の中央部の計測点Gについては計測値と計算結果の間に最大 5°C 程度の差異が見られるものの、その他の計測点においては、計器の読み取り不良と思われる計測値の特異な値を

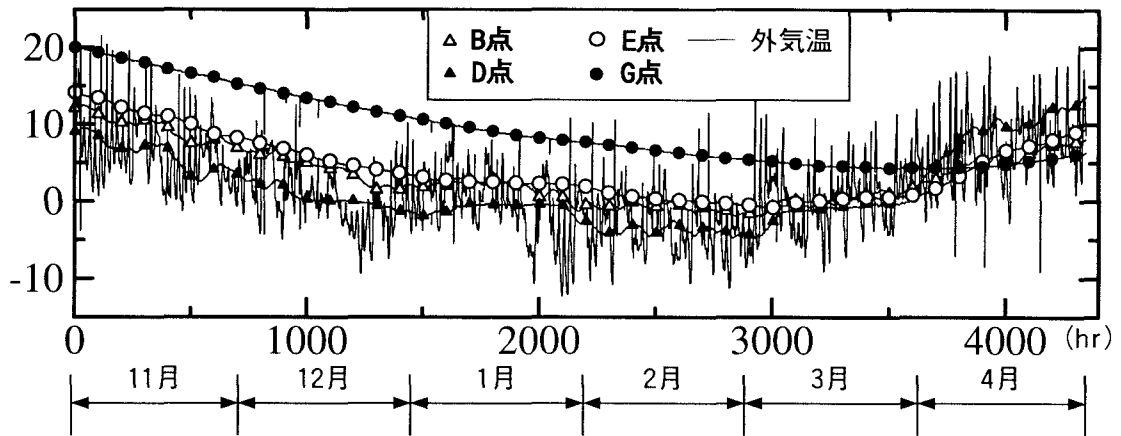


図2 計測結果 (11月～4月)

除外すれば、計測値と計算結果の違いは最大でも3℃以下の範囲内に収まっており両者は良く一致していることがわかる。次に、通常行われる埋め戻し盛土として粘性土を想定して計算を行い、硬質発泡ウレタン盛土との温度の時間的変化の比較を行った。計算結果を図4に示すが、この図から境界近傍のC点では両者に温度の差はそれほど見られず、外気温の影響を受けながらともに温度が変化しており、硬質発泡ウレタンの温度が粘性土に比べ低くなっていることがわかる。一方、盛土中央部(G点)では両者とも外気温の小さな変動の影響をほとんど受けることなく変化しており、硬質発泡ウレタンの方が高い温度で推移している。これは硬質発泡ウレタンの熱伝導率が $0.022(\text{kcal}/\text{mh}^\circ\text{C})$ と他の材料に比べて小さいために、境界近傍では熱を盛土内部へ伝えにくいこと、また、盛土中央部では外気温の影響を受けにくいことと外気温の影響が遅れて出てくるためと考えられる。

4. おわりに

今回の解析で、現場発泡ウレタン盛土に対する数値解析の可能性が示された。長期間にわたる計測データについての検討や水の存在を考慮した数値シミュレーションによる通常の埋め戻し盛土との比較等、硬質発泡ウレタンの熱伝導特性、熱応力解析について今後さらに検討を進める予定である。

参考文献

- 1) 浅井博憲, 西川徹, 鳥居桂治, 草間孝志: 大型クレーン車による現場発泡ウレタン盛土の走行実験について, 土木構造・材料論文集 第15号, pp.103-112, 1999.12.
- 2) ウレタン土木技術研究会: 現場発泡ウレタン軽量盛土工法 材料・施工マニュアル, 1999.10.

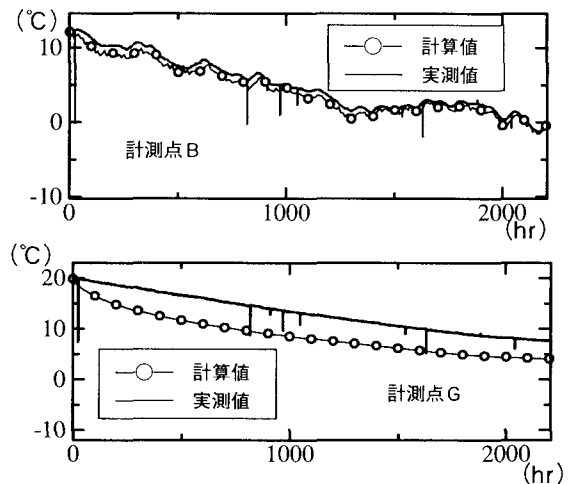


図3 計測値と計算結果 (11月～1月)

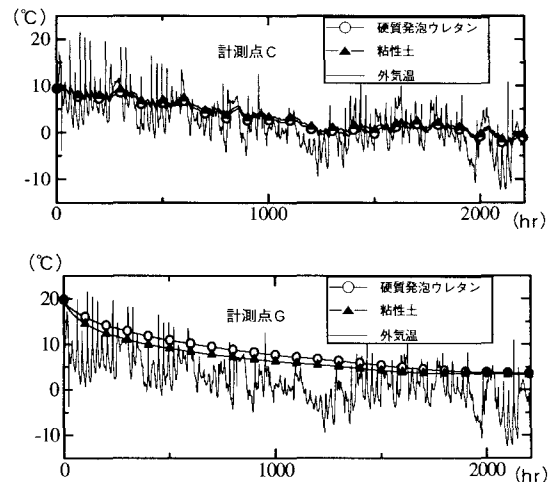


図4 シミュレーション結果

- 3) 土木学会編: 土木工学ハンドブック I, pp.971, 1990.
- 4) 日本機械学会: 伝熱ハンドブック, pp.373-377, 丸善, 1993.
- 5) 千輝淳二: 伝熱計算法, 工学図書, pp.290-309, 1981.
- 6) J.R. ホールマン (平田賢訳): 伝熱工学 (上), プレイン図書, pp.11-13, 1982.