

空港コンクリート舗装における温度応力の計測と3次元FEM温度応力解析の適用性について

大成建設株式会社 正会員 ○尾関 孝人
 石川工業高等専門学校 正会員 西澤 辰男
 大成建設株式会社 正会員 下村 泰造
 関東地方整備局 東京空港整備事務所 松川 文彦

1. はじめに

空港コンクリート舗装の構造設計においては、版に生じる温度応力が重要となる。本研究では、空港コンクリート舗装に生じる温度応力を適切に評価するため、①試験施工の版において計測された温度・ひずみデータをもとに温度応力を算定、②上記の計測された温度データをもとにFEMにより温度応力を算定し、実測・解析の両面から温度応力についての検討を行うことを目的とした。なお、本報告は東京国際空港国際線エプロン整備事業において実施されたコンクリート舗装の実大試験結果を基にしている。

2. 温度・ひずみ計測

(1) 計測概要

図-1に上記実大試験における厚さ46cmのコンクリート舗装配置図を示す。同図におけるC・D区画において熱電対付ひずみ計及び熱電対を配置し、平面的に6測点、深度方向に3測点のひずみ及び7測点の温度を計測した。また、自由ひずみ計測用に小型供試体を作成した。なお、計測については版上下面の温度差の頻度分布を計測するため、1年間を通じて実施した。

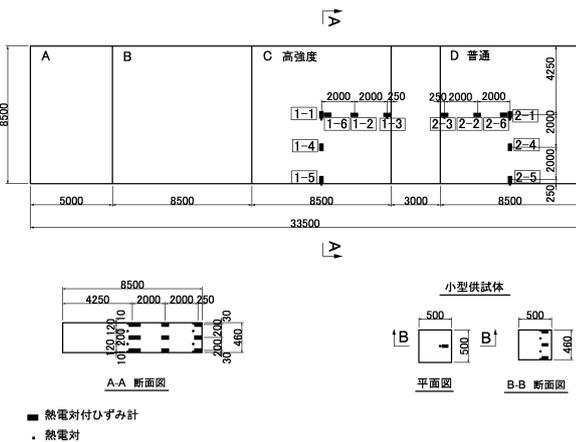


図-1 コンクリート舗装版計測位置

(2) 温度・ひずみ計測結果

図-2にC区画(高強度コンクリート舗装)における版中央部の結果を示す。同図は版下部の計測結果である。計測位置における温度変動とともにひずみ量が変動し

ており、コンクリート打設後150日あたりで500 μ 程度の収縮ひずみが生じている。

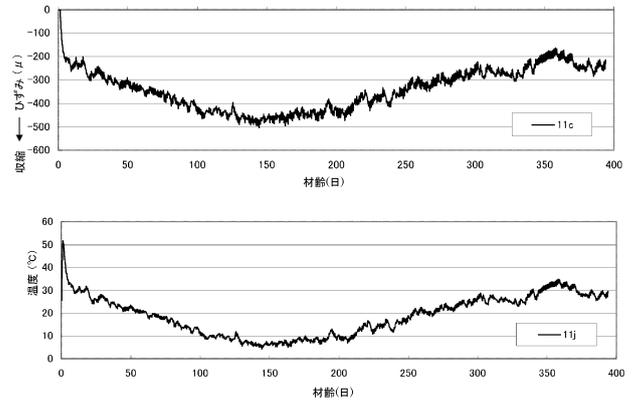


図-2 ひずみ・温度計測結果(計測位置1-1)

3. 温度・ひずみ計測結果による温度応力の算定

上記の計測結果に基づき、温度応力を算定した。図-3に温度応力が年間を通じて最大となるC区画における版中央部の夏期の温度応力の推移を一例として示す。

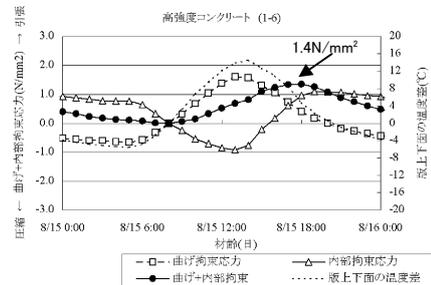


図-3 温度応力算定結果(夏期, 計測位置1-6)

版上下面温度差は午後2時頃最大となり14 $^{\circ}$ C程度であった。また版上下面温度差に比例して、拘束応力の線形成分(曲げ拘束応力)が大きくなるのに対し、拘束応力の非線形成分(内部拘束応力)は小さくなっている。このことから、曲げ拘束応力と内部拘束応力の和として表される温度応力は、版上下面温度差が最大値を示す時刻から約4時間程度遅れて最大値1.4N/mm 2 を示している。また、従来の舗装設計において用いられてきた厚さ25cmの舗装版から導かれた岩間の温度応力式を用いて算定された温度応力は2.3N/mm 2 であり、今回の計測から算定された温度応力1.4N/mm 2 よりも

50%程度大きい。これは、版厚が厚い方が版内部に生じる温度分布の非線形性によって内部拘束応力(図中の△)が圧縮応力として作用するためと考えられる。今回の実大試験は版厚46cmであるが、異なる版厚の舗装版に対しても温度応力を正確に評価できるような温度応力の算定法を確立することが望ましい。そこで今回の計測結果を基に3次元FEMを実施し温度応力をシミュレートすることで3次元FEMの適用性を検証した。

4. 3次元FEMによる温度応力の算定

(1) 3次元FEMモデル

3次元FEMは、図-4に示すように、温度・ひずみを測定した実大試験における舗装版と同様の形状・層構成のモデルに対して実施した。また、インプットデータとしては、計測された版深度方向の温度分布を用いた。

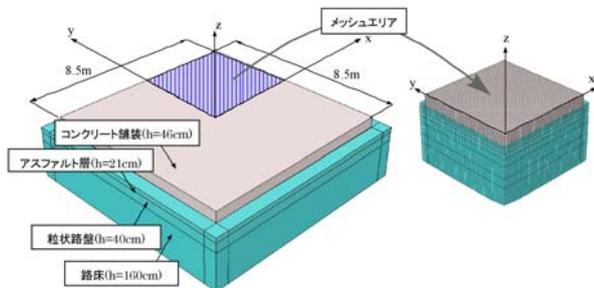


図-4 3次元FEMモデル

(2) ひずみ解析結果

3次元FEMにより算定された夏期における各計測位置の版深度方向のひずみ分布を図-5に示す。ひずみ分布は計測値と解析値とで、深夜はほぼ同じ値となっている一方で、日中は解析値が実測値よりも大きい値を示している。しかし、全体的な傾向は同様のものとなっていることが確認された。

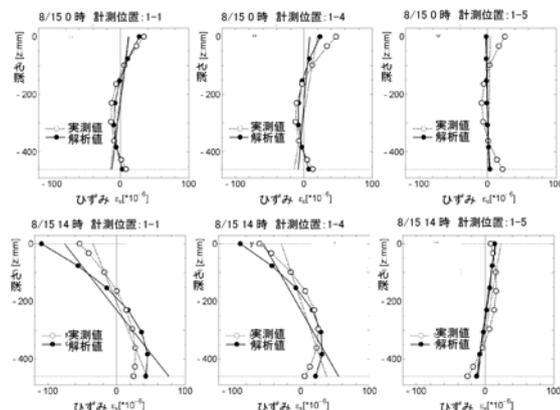


図-5 ひずみ解析結果

(3) 温度応力解析結果

実測値より算定された温度応力及び3次元FEMにより算定された版下部に発生する温度応力を比較したも

のを図-6(版中央部)に示す。同図は各季節(春夏秋冬)の温度応力が大きくなる2日間に対して解析を実施し、温度応力の推移を示したものである。1月は解析値が実測値よりも小さく、8月は解析値が実測値よりも大きくなっている。全体的な温度応力の推移は両者で同様の傾向を示していることが分かる。

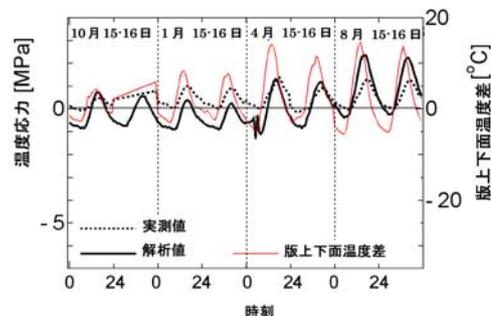


図-6 温度応力解析結果(版中央部 計測位置1-1)

また、図-7に3次元FEMにより算定された版軸方向(中央部→端部)の夏期における日中(10時~16時)の温度応力分布を示す。これより、版に発生する温度応力は時刻・位置によって大きく変わることが分かる。このことより、空港舗装の構造設計を行うにおいて、温度応力を適切に評価することが重要であることが分かる。その観点から、3次元FEMによる温度応力解析は非常に有効なツールであると考えられる。

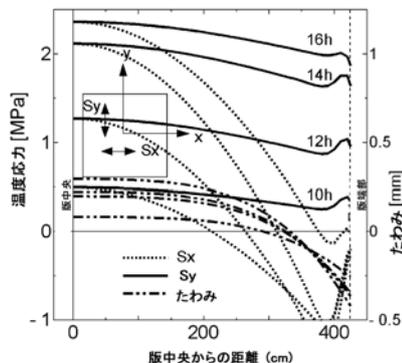


図-7 温度応力分布(夏, 10時~16時)

5. まとめ

本実験から以下の事が確認できた。

- 1) 従来舗装設計で用いられてきた岩間の温度応力式は版厚の厚い版に対しては、過大に評価される可能性がある。
- 2) ひずみ及び温度応力の実測値と解析値を比較した結果、両者の間で同様の傾向を示すことが確認された。このことより、3次元FEMは温度応力を適切に表現できる。
- 3) 3次元FEMは、あらゆる時刻・位置で生じる温度応力を算定するうえで有効なツールである。