

非定常熱伝導解析を利用した道路橋床版のひび割れ検出限界

中央工学校 正会員 ○金光 寿一
日本大学 正会員 柳内 睦人
日本大学 正会員 木田 哲量

1. はじめに

道路橋床版の損傷度の評価では、発生しているひび割れの幅、角度、領域の確認が重要となる。その診断手法の一つであるサーモグラフィー法では、対象となる床版下面が日陰となるために検出に必要な熱源の確保と検出精度が問題となっている。そこで、本研究ではアスファルト改修工事時の舗装熱を熱源として三次元非定常熱伝導解析を行い、ひび割れの幅、角度、領域の評価方法及び検出限界について検討した。

2. ひび割れ解析モデルと条件

シミュレーションには、汎用FEMプログラムCOSMOS/M Ver2.7を使用した。試験体モデルの鳥瞰図を図-1に、ひび割れモデルを表-1に示す。表中のM1及びM2は同一試験体モデルで作成したひび割れを示している。解析は1/2モデルとして10節点4面体要素でメッシュ分割し、コンクリート床版上面に直接供給される熱量は、実現場の温度管理を想定し表層までの舗設時間を3時間として設定した(図-2参照)。なお、試験体側面は完全断熱境界とし、熱伝達係数は $16.0(\text{W}/\text{m}^2 \cdot \text{K})$ 、解析時間間隔は1分である。

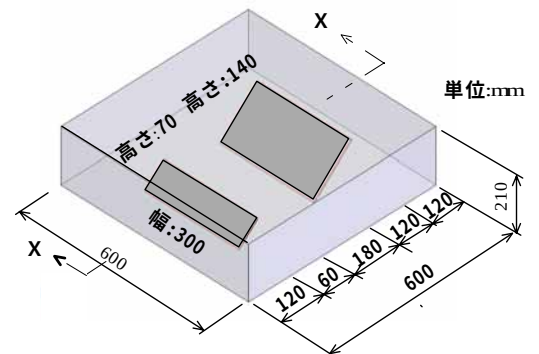


図-1 試験体M2 モデル(角度:50°)

表-1 ひび割れモデルの一覧

モデル 記号	角度 (°)	領域 (mm)	高さ (mm)	幅 (mm)
M1	70	50	140	0.2 0.5 1.0
M2	50	60	70	
M3		120	140	
M1		180	210	
M1	35	200	140	

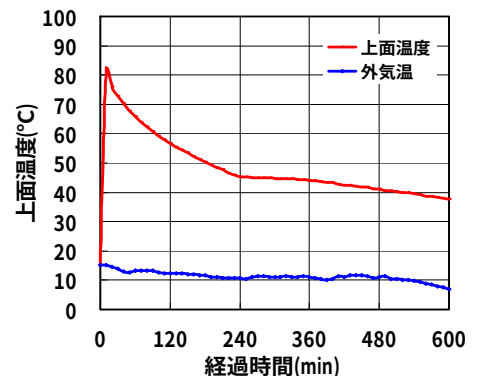


図-2 上面供給熱と外気温

3. シミュレーション結果

3.1 シミュレーション画像

図-3(a)~(c)に360分経過後の表面温度分布画像を示す。床版厚さが210mmの場合では、底面に56分経過後から熱伝達が始まりM1モデルの0.2mm幅の領域50mmにも熱移動が遮断されて表面には低温域を確認することができる。その温度分布変化の特徴では、ひび割れ進展方向には低温域が境界部と反対方向には逆に高温域が現れていることが分かる。

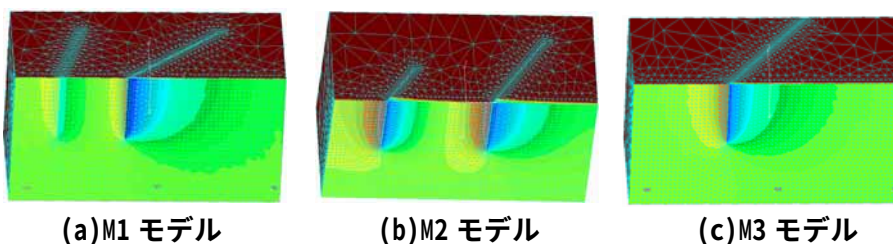


図-3 表面温度分布画像(0.2mm幅)

3.2 表面温度分布変化の特徴と領域評価

図-4に中央を切断した表面温度変化を示す。ひび割れ評価では、ひび割れ先端部において表面温度の推移に変化点が見られ、領域である60mmと120mmを評価することができる。また、表面温度分布の特徴では角度と幅が同じ場合には領域に関係なくひび割れ境界部の低温部、高温部及び先端部の温度が同じになる。

キーワード：道路橋床版、損傷度評価、非定常熱伝導解析、検出限界

連絡先：〒114-8543 東京都北区王子本町1-26-17 中央工学校土木科 TEL03-3906-1211 E-mail: kanamitu_j@chuoko.ac.jp

3.3 ひび割れ幅と角度の評価

図-5には360分後のM1モデルの表面温度変化をM2モデルと示す。両者ともに0.2mm幅の例であるが、角度が大きくなるほど健全部との温度差が小さくなるものの、角度70°では境界部での低温部と高温部の温度は合計

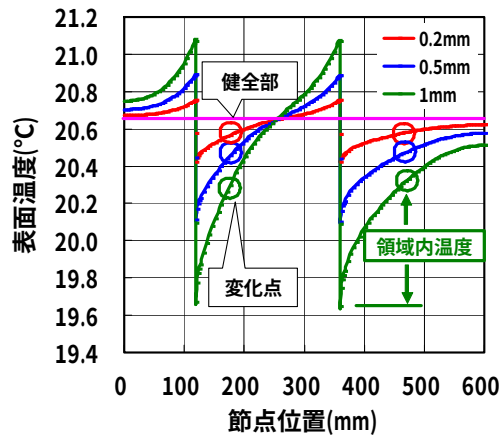


図-4 幅と表面温度変化(M2モデル)

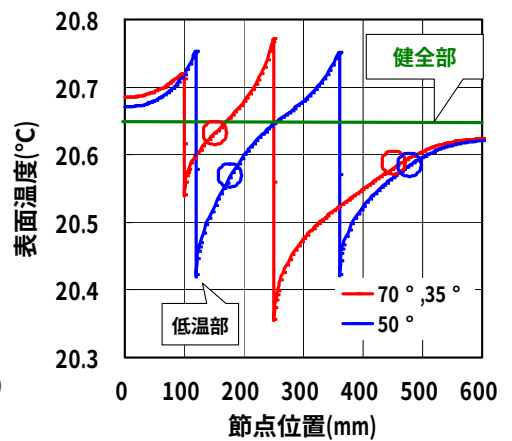


図-5 角度と表面温度変化

で0.2°Cほど得られている。図-4及び図-5の表面温度変化からひび割れの角度と幅を評価する場合、健全部と低温部及び高温部、またひび割れ先端部との差分温度を利用して判定することになるが、本研究では多くの温度データを使用して判定精度の向上を図るためにひび割れ領域内の温度変化を利用して検討した。図-6にM1及びM2モデルで得られた領域内温度差を示す。この領域内温度差は、底温部の温度を基準として求めたものである(図-4参照)。図-7は表-1のひび割れモデルで得られた領域先端部の温度差と角度(高さ/領域)の関係である。幅及び角度が同じ場合にはひび割れ領域に関係なく領域先端部の温度差が同じになることから領域を50mmとして算出した温度差の例で、図中の0.05, 0.1, 0.3,

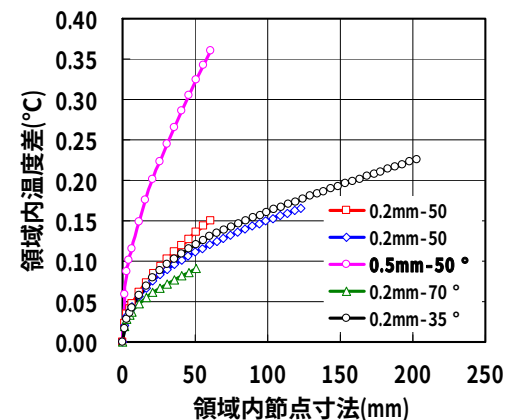


図-6 領域内温度差

0.4mm幅は、0.2, 0.5及び1.0mmの領域先端部温度差と角度の関係を回帰して算出したものである。しかし、幅と角度を評価する場合、領域先端部温度差として0.2°Cが得られたとすると0.2mm幅では角度が40°、0.5mm幅では70°となり、どの組み合わせか評価でき

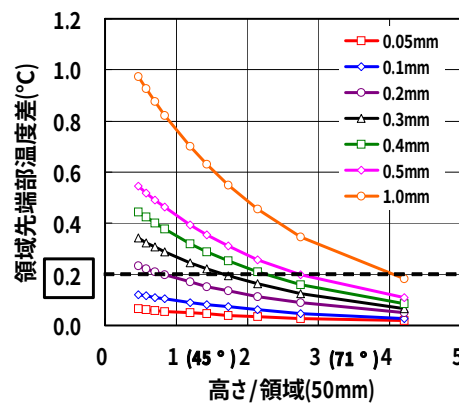


図-7 領域温度差と角度の関係

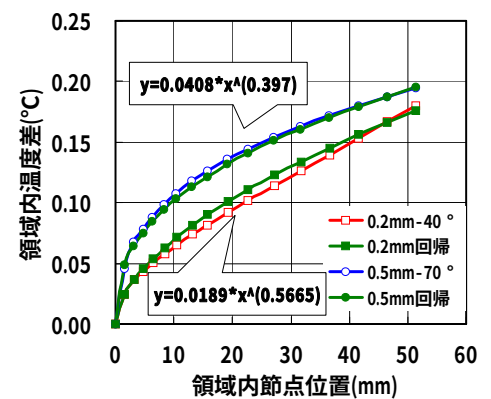


図-8 領域内温度差と角度の関係

ないことが分かる。図-8は、新たなモデルから求めた0.2mm幅の角度40°と0.5mm幅の70°の領域内温度差である。図中にはベキ関数で回帰した各係数を示す。このように、領域先端部の温度差が同じであっても、領域内の温度変化には幅及び角度によって違いが見られ、ベキ関数の係数の違いによって幅と角度を評価することができる。図-6に示すように領域内の温度変化は、ひび割れ幅が同じであれば進展角度に関係なく初期の温度勾配がほぼ同程度になることから、幅の影響が大きいことが分かる。また、検出限界は赤外線カメラの温度分解能によって異なるが、領域内温度差の0.1°Cが検出可能とすると領域50mmでは0.1mm幅の角度40°以下なら検出可能である。

5. まとめ

(1) ひび割れ評価では、ひび割れ先端部において表面温度の推移に変化点が現れ、領域を評価することができる。(2)幅と角度の評価では、領域内の温度差変化の特徴から幅と角度の関係として評価できる。