

熱伝導解析を利用した RC 床版のひび割れ評価と再現性に関する研究

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 日本大学 学生会員 小松崎 正人

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再現性について検討した。

2. ひび割れ解析モデルと設定条件

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。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 $16.0(W/m^2 \cdot K)$ 、解析時間間隔は 1 分である。

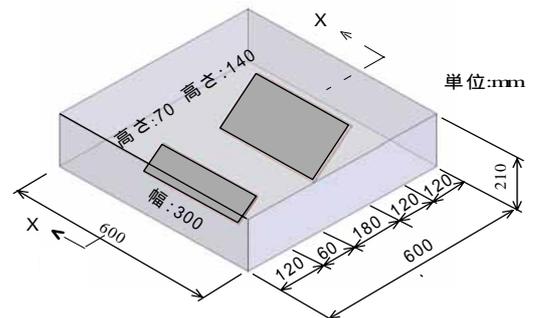


図-1 試験体(M2 モデル)

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
	35	200	140	
M2	50	60	70	
		120	140	
M3(貫通)	50	180	210	

3. シミュレーション解析結果

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 の場合には、底面に 56 分経過後から熱伝達が始まされ、その温度分布変化の特徴は、ひび割れ進展方向には低温域が、境界部の反対側には逆に高温域が現れていることが分かる。

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、高温部の温度が同じになる。

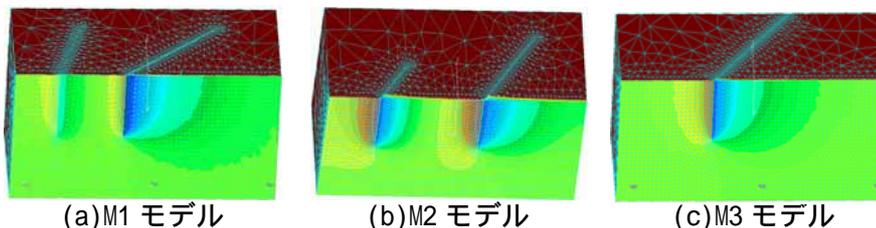


図-3 表面温度分布画像(0.2mm 幅・360 分経過後)

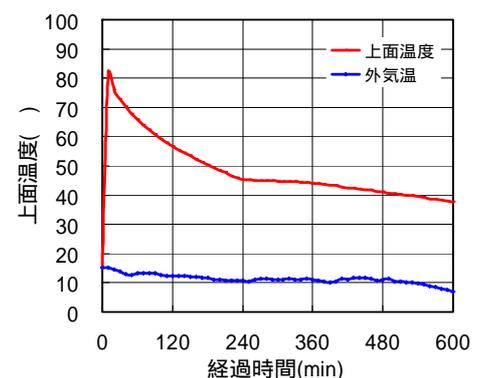


図-2 上面供給熱と外気温

3.3 ひび割れ幅と角度の評価

図-5 には 360 分後の M1 モデルと M2 モデルの 0.2mm 幅の表面温度変化を示す。ひび割れの幅と角度の評価では、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をべき関数で回帰して、そ

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

の定数及び係数から検討した。図-6に M2 モデルの領域内温度差とベキ回帰曲線を示す。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 のひび割れモデルから領域を 50mm として算出した温度差の例で、図中の 0.05mm ~ 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。幅と角度の評価では、例えば、領域が 50mm として確認され、領域先端温度差として 0.2 が得られたとすると、0.2mm 幅では角度が 35°、0.5mm 幅では 70° となり、どの組み合わせか評価できないことが分かる(図-7 参照)。図-8 は領域 50mm で領域先端部が 0.2 となる定数(a)と幅の関係である。このように、領域先端部の温度差が同じであっても、領域内の温度変化は幅及び角度によって異なり、ベキ関数の定数が分かればひび割れ幅を評価できる。また、ひび割れ幅が評価できれば角度も同定できる(図-7 参照)。

3.4 シミュレーションの再現性

図-9 は、図-2 の供給熱から得られた領域内温度差の時系列変化である。このように定数(a)は、舗装熱の温度管理及び経過時間によっても異なってくる。図-10 は、熱伝達から得られた健全部の上昇温度である。この各経過時間の上昇温度と図-9 に示す温度差変化の定数(a)には比例関係が成立しており、上昇温度が既知となれば定数(a)から領域内温度変化の推定が可能である(図-11 参照)。

4. まとめ

- (1) 温度分布変化の特徴は、ひび割れ進展方向には低温域が、反対側には逆に高温域が現れる。
- (2) ひび割れ領域は、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評価できる。
- (3) 幅と角度の評価では、領域内温度差変化を回帰したべき関数の定数(a)から同定できる。

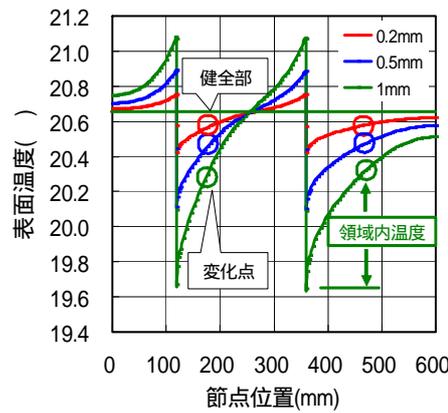


図-4 M2 モデル

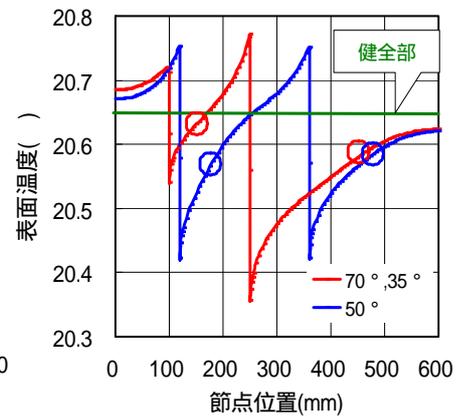


図-5 M1 モデル(0.2mm)

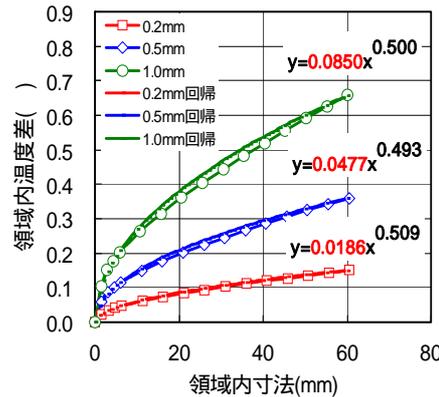


図-6 領域内のべき回帰

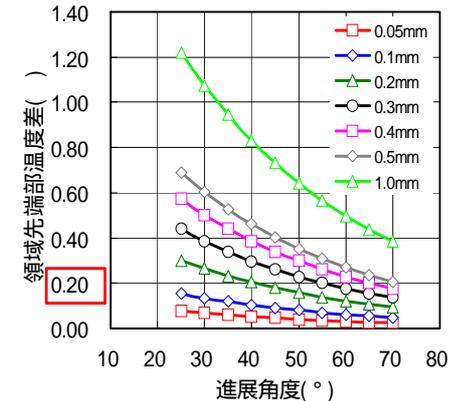


図-7 温度差と角度の関係(領域 50mm)

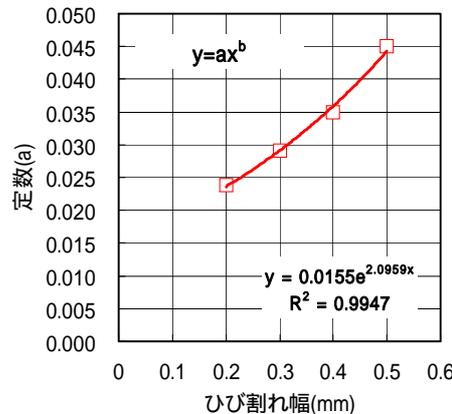


図-8 定数と幅の関係

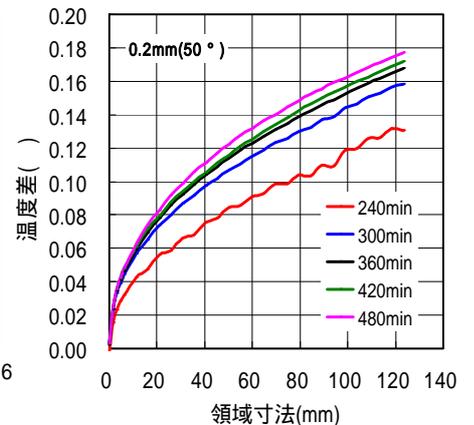


図-9 時系列変化(M2 モデル)

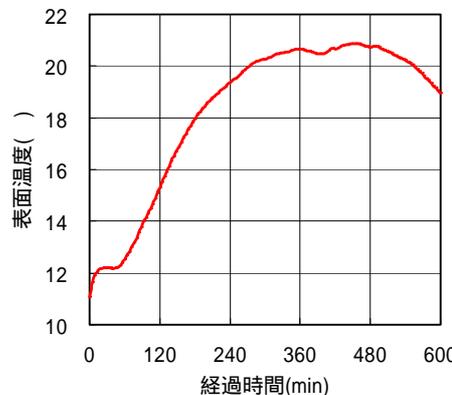


図-10 表面温度の時系列変化

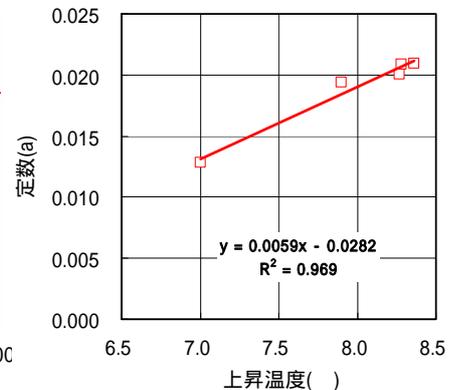


図-11 上昇温度と定数の関係