

日射量の算定に必要な大気透過率の同定

東北学院大学 工学部 学生会員 ○佐々木 智
東北学院大学 工学研究科 学生会員 佐々木 真也
東北学院大学 工学部 正会員 遠藤 孝夫

1. はじめに

マスコンクリート構造物の温度ひび割れ発生の危険性を評価するためには、あらかじめ対象とする構造物について種々の施工条件を想定した温度分布解析を行い、精度の良い温度分布を求める必要がある。温度分布に影響を与える一つの大きな要因としては日射熱が考えられる。しかし、日射量の算定においては様々な物性値を適切に与える必要があり、その中の大気透過率は地域・季節などにより変動するためその評価が適切でなければならない。そこで、1年を通しての大気透過率(晴れ・快晴の日)の変化をくわしく表すことができれば設計の基準値として使えると考えられる。本研究では仙台管区気象台における97年の日射量の観測値を用い、逆解析手法の1つである Gauss-Newton法により、期間別に晴れ・快晴の日における大気透過率を同定した。

2. 日射量算定理論

日射量の算出¹⁾にあたっては、観測地点における適当な座標系を設定し、これを用いて、時間をパラメータに持った太陽方向ベクトルを求めなければならない。まず、地球の公転軌道を完全円と仮定し、太陽、地球における各座標系を図-1のようにとる。また、観測地点0における直交座標系として地球中心とを結ぶ方向 n_1 ベクトル、0から真南方向に n_2 ベクトルを取り、 n_1 、 n_2 と直交するベクトルを n_3 とする。(全て単位ベクトル)(図-2参照)
{ k }と{ n }の間には次の関係が成り立つ。

$$\begin{pmatrix} k_1^* \\ k_2^* \\ k_3^* \end{pmatrix} = \begin{bmatrix} \cos \xi & \sin \xi & 0 \\ -\sin \xi & \cos \xi & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \alpha_1 & \alpha_2 & \alpha_3 \\ \beta_1 & \beta_2 & \beta_3 \\ \gamma_1 & \gamma_2 & \gamma_3 \end{bmatrix}^{-1} \begin{pmatrix} n_1 \\ n_2 \\ n_3 \end{pmatrix}$$

$$= \begin{bmatrix} \eta_{11} & \eta_{12} & \eta_{13} \\ \eta_{21} & \eta_{22} & \eta_{23} \\ \eta_{31} & \eta_{32} & \eta_{33} \end{bmatrix} \begin{pmatrix} n_1 \\ n_2 \\ n_3 \end{pmatrix}$$

[η]マトリックスの内容については文献1)を引用した。

ここで ξ : 公転角度

日射量には、直達日射量 I_{DN} と天空日射量 I_{SH} があり、全日射量 I は $I_{DN}+I_{SH}$ で表される。

$$I_{DN}=I_0 \cdot P^{\cos h} \cdot N^* \cdot k_2^* \text{ (表面積)}$$

$$I_{SH}=0.5 \cdot I_0 \cdot \sin h \cdot (1-P^{\cos h}) \cdot (1-1.4 \cdot \ln P)$$

$$I_{TH}=I_{DN} \cdot \sin h + I_{SH}$$

ここに、 I_{TH} : 水平面全日射量

I_0 : 太陽定数²⁾

P : 大気透過率 ($P=P_0+a(t-12)^2 \times 10^{-4}$)

$\sin h=n_1 \cdot k_2^*=\eta_{21}$ (水平面): 太陽高度

N^* : 構造物要素平面法線ベクトル

a : 定数²⁾

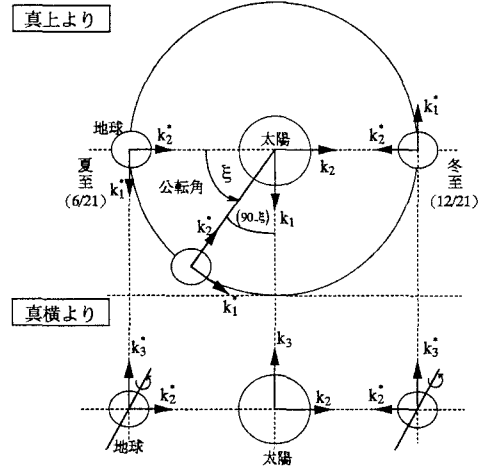


図-1 ベクトルの定義

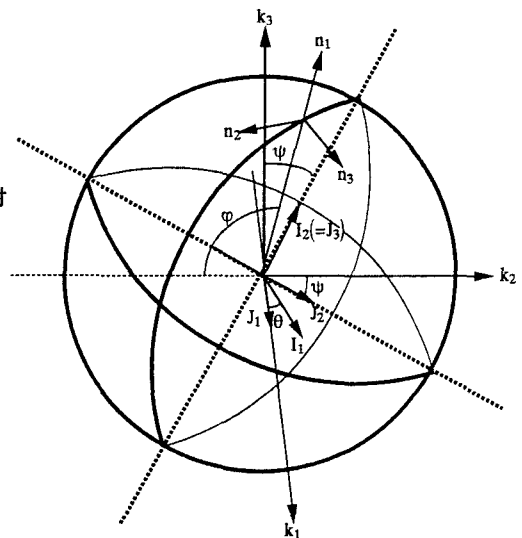


図-2 { n }ベクトルの定義

3. 逆解析理論

本研究では、逆解析手法にGauss-Newton法を用いている。評価関数 f を次のように定義する。

$$f(X) = \int_{t_0}^{t_1} \{u(t) - T(X, t)\}^2 dt$$

ここで、 t_0, t_1 : 逆解析を行う時間の下限と上限

$u(t)$: 時刻 t における測定日射量

$T(X, t)$: 時刻 t における解析日射量

X : 未知パラメータ

以下に、Gauss-Newton法による定式化を示す。

$$\left(\int_{t_0}^{t_1} \left(\frac{\partial T}{\partial X} \right)^2 dt \right) \Delta X = \int_{t_0}^{t_1} \{u(t) - T(X, t)\} \left(\frac{\partial T}{\partial X} \right) dt$$

4. 解析方法

逆解析では、期間別に晴れ・快晴の日における大気透過率を同定している。実測値は仙台管区気象台における観測値を使用し、時間ステップは1日を1時間毎(計24ステップ)に刻み、解析日は快晴・晴れ全ての日(計50日)を選定した。また、逆解析を用いて同定した大気透過率は1年を2週間毎(計24期間)に分けて取りまとめた。

5. 解析結果

図-3、4は逆解析により同定した大気透過率を用いて解析した全日射量の解析値と、実測値を比較したグラフ(12月26日・1月17日)である。このグラフから分かるように実測値とほぼ一致していることから、得られた大気透過率は適切な値であると言える。また図-5には各期間毎での全日射量が最大となる日の大気透過率を示した。この図から冬期の大気透過率の値が、夏期より高いことが分かる。

6. まとめ

97年の仙台管区気象台観測における、全日射量の実測値を用いて逆解析を行い、期間別に晴れ、快晴の日における大気透過率を同定した。その結果から検討した範囲内で次のような結論を得ることができた。

97年の仙台における各期間毎の大気透過率を推定することができた。

今後はより適切な大気透過率を推定するために、過去数年間のデータを用いて、大気透過率を一般性のあるものにする必要があると思われる。また同定した大気透過率を使って全日射量を算出しマスコンクリート構造物の温度分布に及ぼす日射の影響について検討したい。

<参考文献>

- 1) 田辺忠顕・遠藤孝夫・原口 晃・山川秀次：日射を受ける伊方原子力発電所2号炉外部遮蔽壁の熱応力解析，電力中央研究所報告，No.379039，1982年2月。
- 2) 空気調和・衛生工学会：空気調和・衛生工学便覧Ⅱ，1981。

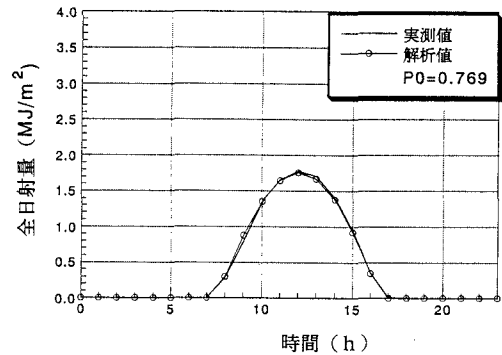


図-3 全日射量の解析値と実測値の比較(12月26日)

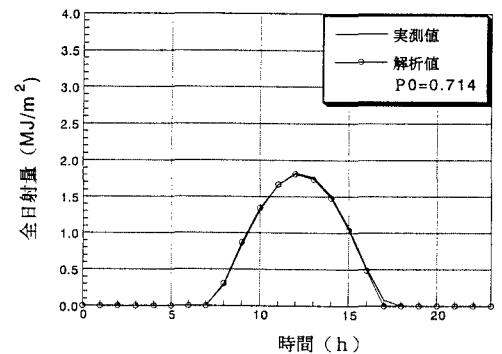


図-4 全日射量の解析値と実測値の比較(1月17日)

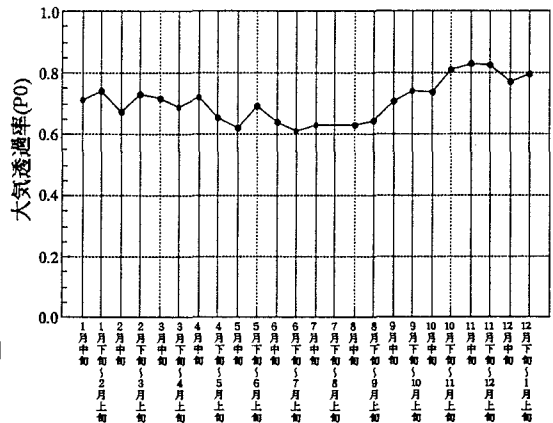


図-5 各期間毎での全日射量が最大日の大気透過率(快晴・晴れの日)