

(20) 粘土質れんがの片面加熱時の熱応力評価式

住友金属工業㈱中央技術研究所 加藤一郎 森田喜保
○ 樋上文範

I 緒言

直方体形状のれんがを片面から急速加熱した時発生する熱応力の大きさを知ることは高炉・転炉等多くの炉においてれんがの熱的スポーリング割れを防止するために重要なことである。前報¹⁾ではこのような熱応力を2次元モデルを用いて計算したが、ここでは3次元モデルを用いた熱応力の無次元化表示式への拡張を行ない、実験結果との対応を調べた。

II 加熱面に垂直な熱応力の2次元応力への分解

片面からの急速加熱による熱変形²⁾を図1に模式的に示す。割れを引き起こす応力 $\sigma_z(z)$ は、 $x-z$ 面上での平面応力解 σ_z^{STRESS} と $y-z$ 面上での平面ひずみ解 σ_z^{STRAIN} で

$$\sigma_z(z) \cong \sigma_z^{\text{STRESS}}(z|a, c) + \sigma_z^{\text{STRAIN}}(z|b, c) \quad (1)$$

と表せる。ただし $a \geq b$ であり、座標は加熱面の中央部を原点として長さ a , b , c の方向を x , y , z 軸とした。図2, 3は有限要素法を用いて(1)式を確かめたもので、加熱面の形状によらず σ_z の2次元応力への分解が可能であることがわかった。

III 熱応力の無次元化表示

使用される多くのれんがは直方体形状($a, b \ll c$)であるが、この場合については熱応力の無次元化表示式はない。ここでは加熱面での昇温速度(ϕ)一定で t 時間加熱した場合発生する最大応力 σ_z^M を、前章で示した2次元応力への分解式、また周囲からの拘束の影響も考慮して(2)式で表わした。

$$\frac{\sigma_z^M}{\alpha \cdot E \cdot \phi \cdot t} \cong \xi_1 \cdot H_{\text{STRESS}}(A, A/C, \nu) + \xi_2 \cdot H_{\text{STRAIN}}(B, B/C, \nu) \quad (2)$$

ここで $A = a/\sqrt{k \cdot t}$, $B = b/\sqrt{k \cdot t}$, $C = c/\sqrt{k \cdot t}$, $A \geq B$, k は温度伝導率, ν はポアソン比, α は線膨張係数, E は弾性率であり, ξ_1, ξ_2 はそれぞれの方向に対する拘束の大きさを示す。 $H_{\text{STRESS}}, H_{\text{STRAIN}}$ は平面応力解及び平面ひずみ解に対する無次元化表示式である。

図4に $\phi = 266^\circ\text{C/hr}$, $t = 3(\text{hr})$ で巾及び高さの異なるれんがを加熱した時の割れ発生の有無を○, ●で示す。一方(2)式の結果を用い $\sigma_t/E = 300(\mu)$ として求めた割れの発生限界線を実線で示す。若干の差はあるものの、両者はほぼ対応することがわかった。

文献(1) 加藤ら：鉄と鋼(講演概要集), 65(1979), S605

(2) V.S. Kiehow: Ber. Deut. Keram. Ges., 47(1970), P426

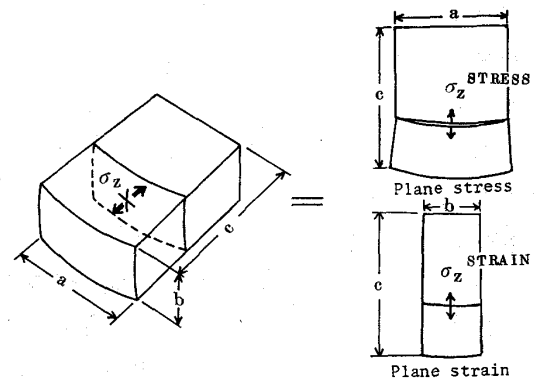


Fig. 1 Decomposition of 3-dimensional stress σ_z to two 2-dimensional stresses.

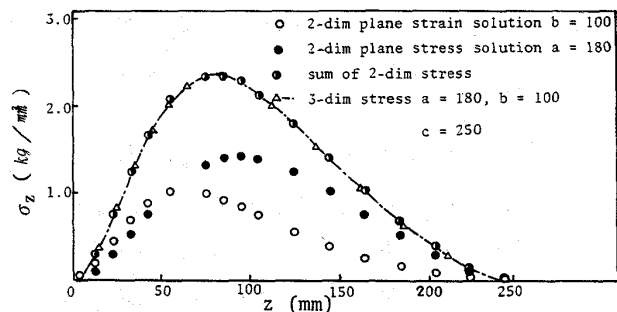


Fig. 2 Comparison between 3-dimensional stress and sum of two 2-dimensional stress.

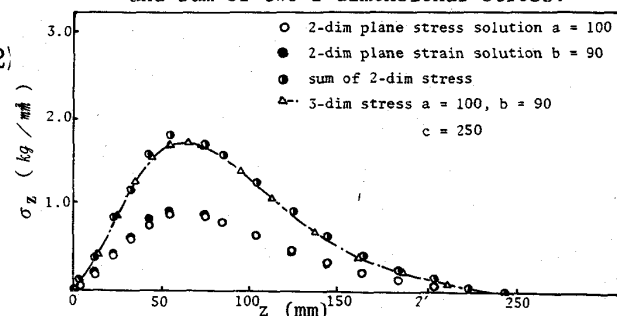


Fig. 3 Comparison between 3-dimensional stress and sum of two 2-dimensional stress.

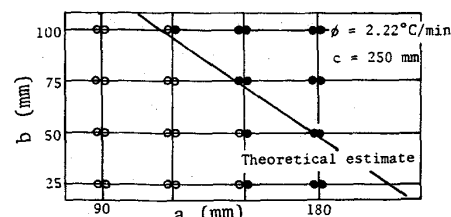


Fig. 4 Comparison between critical spalling curve and experimental data.