I-3 拘束応力の近似値について

京都大学工学部　正員　森　忠次

コンクリート構造物においては，温度変動，湿度変動あるいは硬化に伴う収縮などに起因する応力は等閑視することができず，ときには重大なひび割れを発生することがある。また熔接構造その他においても熱応力を問題にしなければならないことがある。そこで，著者は以前からこのような応力状態に関する基本問題として，一辺が他の物体に拘束されたときに生ずる熱応力状態を各種の場合について解析して来た。

ここでは，一辺が拘束されるために生ずる熱応力に関して，構造物の設計に対する指針または拘束の程度を表示すると考えられる代表的な応力成分，平均応力などについて，その近似値を示すことにする。元来，この種の問題は厳密な理論解を得ることが困難であって，O.C. Zienkiewicz, R.W. Carlson と T.J. Reading, 川本朓万, W. Schleeh などの諸氏が，近似解あるいは実験によって幾分の結果を得ている。著者はかなり広範囲にわたる近似計算ならびに実験値を得たのでその結果を示す。

弾性体I（矩形板ABCD）が辺ADにおいて他の弾性体IIに接続していて，物体Iのみが一様な温度上昇をする場合を考える。物体IIは半無限体または同幅で半無限長のものであり，物体Iの高さが無限大のとき，接続辺ADにおける平均応力を示すと図−2の通りである。た

図-1 座標

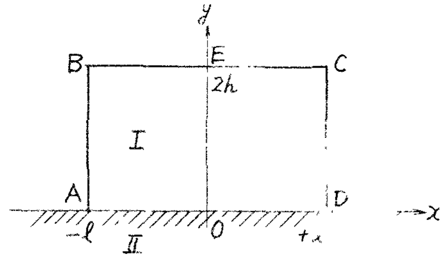
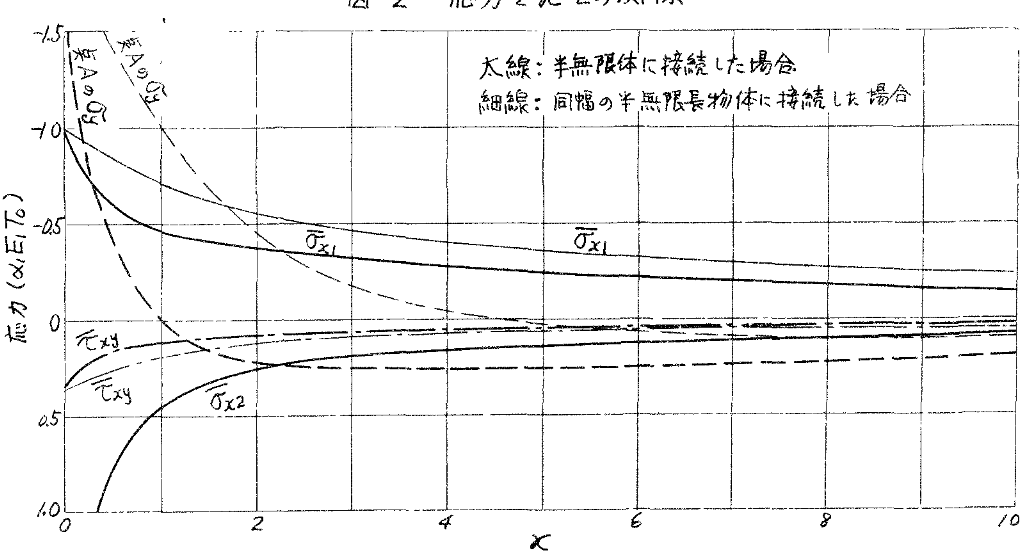


図-2　応力とxとの関係



だし，平面応力状態にあり，$\nu=0$ と仮定している。なお参考までに点Aにおける直応力 σ_y を示したが，この応力は正確には求められない。

$\overline{\sigma_{x1}}$ は拘束度と称されるものであり，近似的に次式で表わすことができる。

$$\text{拘束度} = \begin{cases} 1/(1+\chi) & (\text{半無限体に接続，Zanger による}) \\ 1/(1+\chi^{0.7}) & (\text{同幅の半無限長の物体に接続}) \end{cases}$$

物体Iの高さ $2h$ が有限なとき，l/h と応力との関係を考えてみよう。例として物体IIが半無限体であるときについて，平面応力状態にあり，$\nu=0.3$，$\chi=0$ と仮定すると，図−3に示すようになる。この図においては，中央断面における平均直応力ならびに点Eにおける応力も示した。これらの応力と l/h との関係は近似的につぎのように表わすことができる。

$$\text{中央断面における } \overline{\sigma_{x1}} = \left(1 - e^{-0.27\frac{l}{h}}\right)\alpha_1 E_1 T_0$$

$$\overline{\tau_{xy}} = \frac{l}{2h} \times (\text{中央断面における } \overline{\sigma_{x1}}) = \frac{l}{2h}\left(1 - e^{-0.27\frac{l}{h}}\right)\alpha_1 E_1 T_0$$

$$\text{点Eにおける } \sigma_{x1} = \left\{1 - e^{-0.27\left(2.1-\frac{l}{h}\right)}\right\}\alpha_1 E_1 T_0$$

なお，拘束による応力状態の主要特性はつぎの通りである。

(1) 物体Iの形が異なっても拘束度はほとんど変わらない。

(2) Poisson比が大きくなると発生応力は幾分減ずる。

(3) 辺ABのように拘束辺から突出している辺の応力は，辺ABと拘束辺との交角によって著しく異なる。

記　号

T_0：弾性体Iの一様温度上昇量

α：熱膨張係数

E：弾性係数

ν：Poisson比

添字 1, 2：それぞれ物体I，IIを表わす.

文字上の ¯ ：平均値を表わす

l：物体Iの拘束辺の長さの 1/2

h：矩形物体Iの高さの 1/2

χ：E_1/E_2

σ_x：, σ_y：, τ_{xy}：直交応力成分

図−3　l/h と応力との関係