

第3章 CPM温度応力解析

3-1 解析対象

マスコンクリートの温度応力解析プログラム (JCMAC1) による応力解析の例として図-3.1 に示すように、岩盤上にコンクリートスラブが打設され、さらに壁が打設された時のコンクリートの温度応力を求める。なお、この壁は左右対称とし、右半分のみ解析する。温度解析は、第2章で既に行われている。ここでは、CP法による応力解析について説明する。

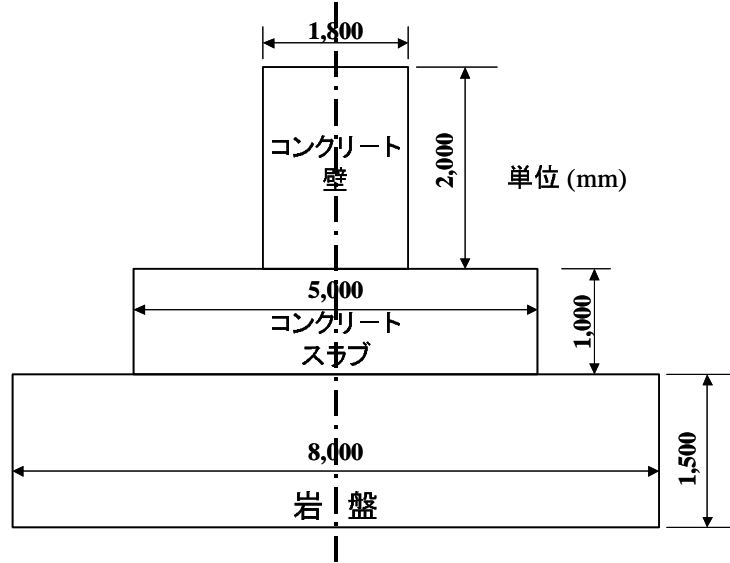


図-3.1 解析対象構造物 (奥行き方向 15,000mm)

3-2 解析条件と物性値

応力解析に用いた材料特性値を表-3.1 に示す。

表-3.1 応力解析の材料特性値

物性値	コンクリート		
圧縮強度 (材齢 91 日)	30 N/mm ²		
拘束体ヤング係数 (岩盤)	4,000N/mm ²		
被拘束体と拘束体のヤング係数比 $E_c(28)/E_r$	$E_c/E_r=24,422/4,000=6.1$		
第1リフト L/H	$L/H=15,000/1,000=15$		
第2リフト L/H	$L/H=15,000/3,000=5$		
外部拘束係数 (第1リフト)	$R_N=0.62$	$R_{M1}=1.0$	$R_{M2}=1.02$
外部拘束係数 (第2リフト)	$R_N=0.34$	$R_{M1}=0.90$	$R_{M2}=1.41$
有効ヤング係数 $E_e(t)$	$\phi(t) \times 4.7 \times 10^3 \sqrt{f'_c(t)}$		
クリープの影響を考慮したヤング係数の補正係数	示方書に準拠		
圧縮強度 $f'_c(t)$ (kgf/cm ²)	$\frac{30t}{4.5 + 0.95t}$		
引張強度 $f_t(t)$ (kgf/cm ²)	$0.4427\sqrt{f'_c(t)}$		
熱膨張係数 α	10×10^{-6}		

①材齢 t 日のコンクリートの圧縮強度

材齢 91 日の圧縮強度から次の推定式により算出

$$f'_c(t) = \frac{t}{a+bt} f'_c(91)$$

ただし、 a, b はセメントの種類により異なっており、

普通ポルトランドセメント : $a=4.5$, $b=0.95$

中庸熱ポルトランドセメント : $a=6.2$, $b=0.93$

早強ポルトランドセメント : $a=2.9$, $b=0.97$

②コンクリートの引張強度

コンクリートの圧縮強度より算出

$$f_t(t) = c \sqrt{f'_c(t)}$$

ここに、 $f'_c(t)$: 材齢 t 日のコンクリートの圧縮強度 (N/mm^2)

$f_t(t)$: 材齢 t 日のコンクリートの引張強度 (N/mm^2)

c : コンクリートの乾燥の程度によって異なるが、0.4427 を標準とする。

③コンクリートのヤング係数

コンクリートの圧縮強度より算出

$$E_e(t) = \phi(t) \times 4.7 \times 10^3 \sqrt{f'_c(t)}$$

ここに、 $E_e(t)$: 材齢 t 日における有効ヤング係数 (N/mm^2)

$\phi(t)$: 温度上昇時におけるクリープの影響が大きいことによるヤング係数の補正係数

材齢 3 日まで $\phi = 0.73$ 、材齢 5 日以降 $\phi = 1.0$ 、材齢 3 日から 5 日までは直線補間

3-3 応力解析の流れ（CP法による応力解析）

(1) メッシュ作成

まず始めに「メッシュ作成」を選び、温度解析のための有限要素メッシュからCP法に使うメッシュを切り出す。

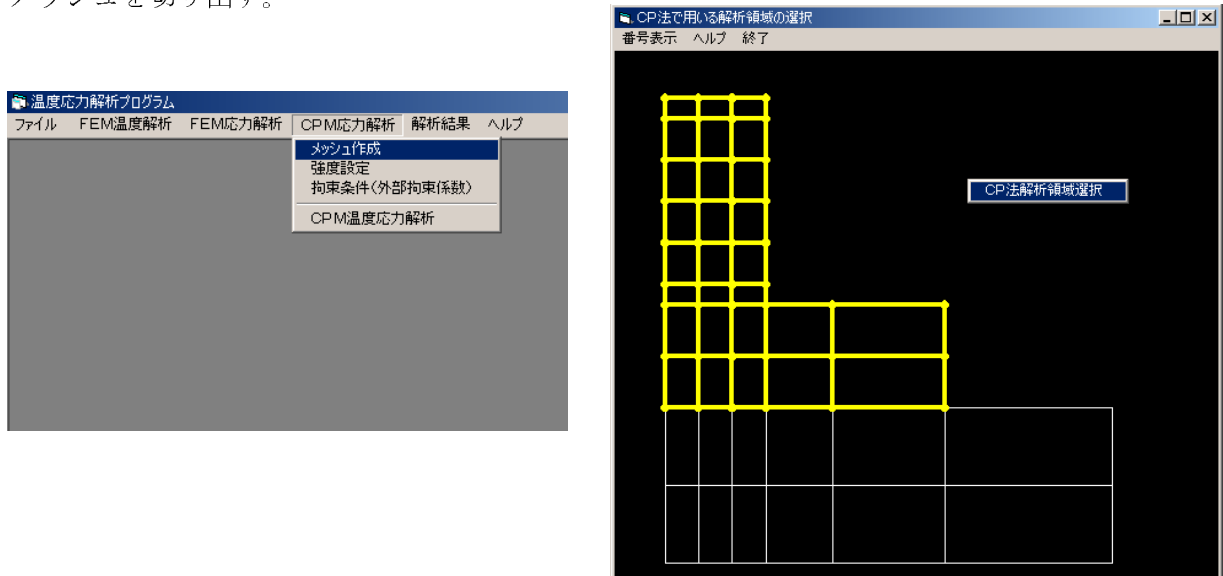


図-3.2 CP法メッシュの切り出し

(2) 強度データの入力

強度を設定する領域をマウスで選択し、セメントの種類を選択する。セメントの種類を選択するとセメントごとの強度定数が表示される。この画面では、強度定数の修正を行うこともできる。定数の設定が終わったら「OK」を選択し、28日または91日の圧縮強度を入力する

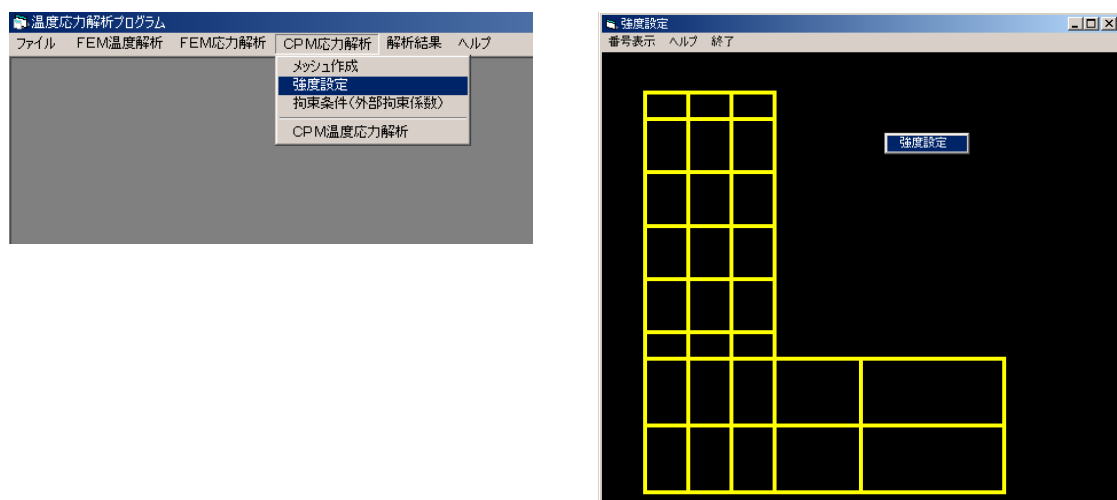


図-3.3 強度設定領域の選択

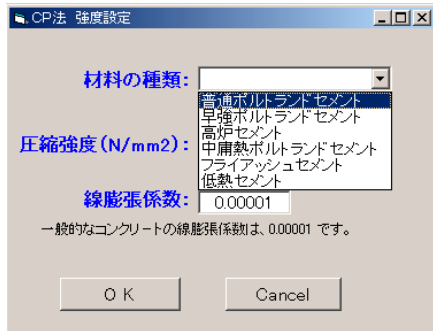


図-3.4 使用セメントの選択

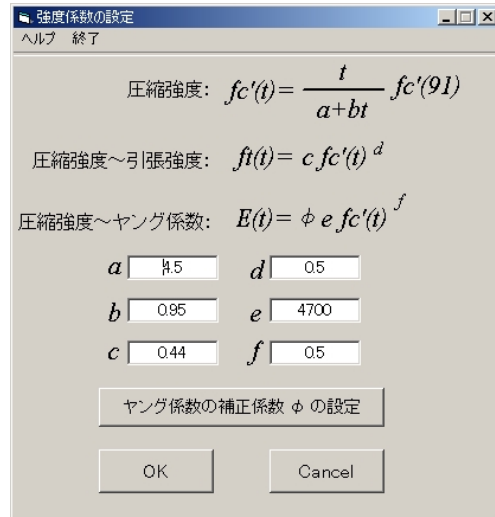


図-3.5 セメントに応じた強度定数



図-3.6 ヤング係数の補正係数

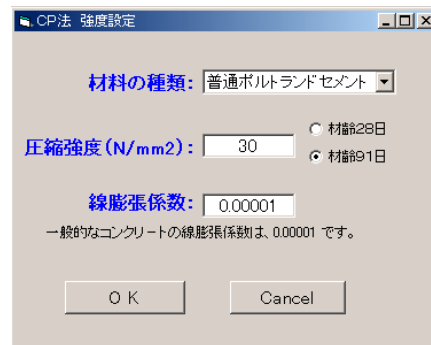


図-3.7 圧縮強度の入力

(3) 外部拘束係数の入力

外部拘束係数とは、岩盤や地盤などの拘束体がマスコンクリート構造物を拘束する効果を表した係数である。

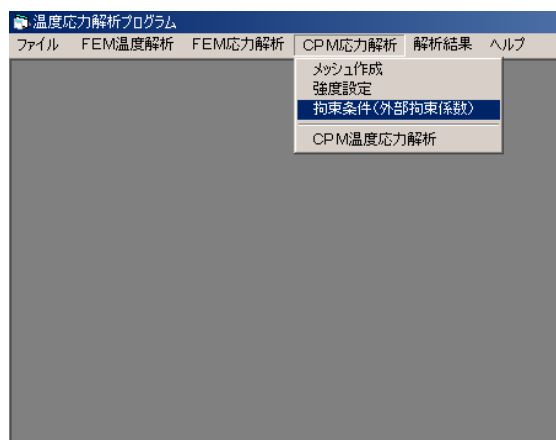


図-3.8 外部拘束係数

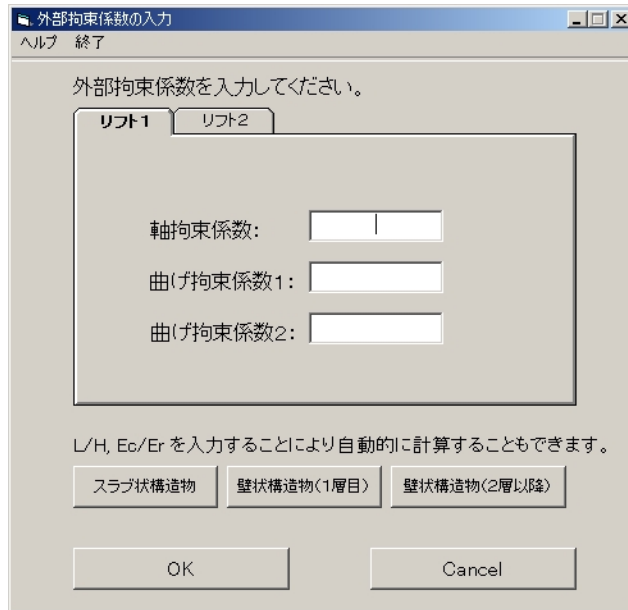


図-3.9 外部拘束係数の入力

外部拘束係数は、直接入力することも可能であるが、 L/H と E_c/E_r から自動的に計算することもできる。「スラブ状構造物」「壁状構造物（1層目）」「壁状構造物（2層目）」を選択すると、それぞれに応じた外部拘束係数が計算できる。

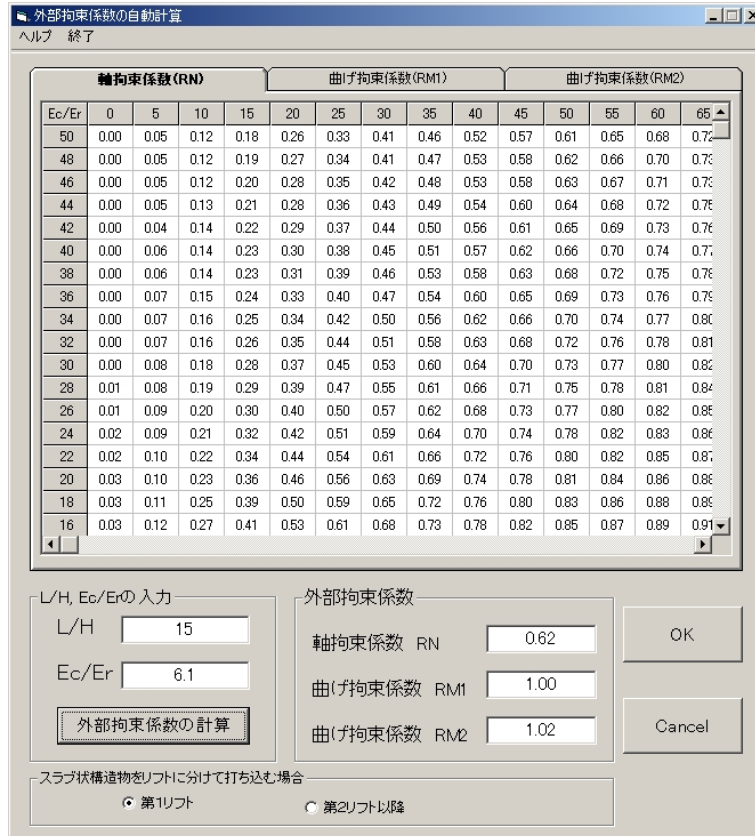


図-3.10 外部拘束係数の自動計算

L/H と E_c/E_r を入力し、「外部拘束係数の計算」を選択すると軸拘束係数 RN、曲げ拘束係数 RM1、曲げ拘束係数 RM2 が自動的に計算される。計算された値は、自動的に図-3.9 に反映される。

(4) CP法による応力計算の開始

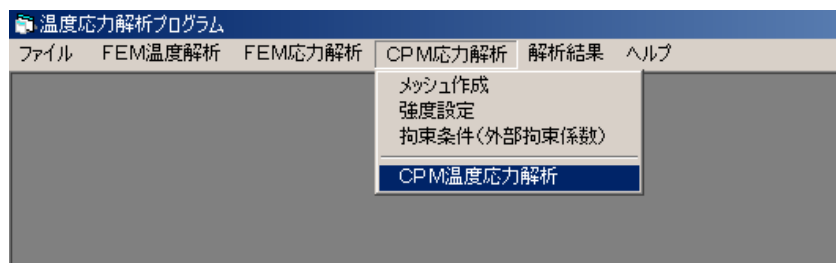


図-3.11 CP法による応力計算

(5) 解析結果の出力

CP法応力解析の結果を出力する。CP法応力解析の結果は、

- | | |
|------------------|------------|
| ① 材齢と応力の関係 | ④ 応力分布 |
| ② 材齢と引張強度の関係 | ⑤ ひび割れ指数分布 |
| ③ 材齢と温度ひび割れ紙数の関係 | ⑥ 要素分割図 |

について出力可能である。

なお、④応力分布、⑤ひび割れ指数分布については、各ステップごとの表示の他に、最大応力分布の表示、最小ひび割れ指数分布の表示が可能である。

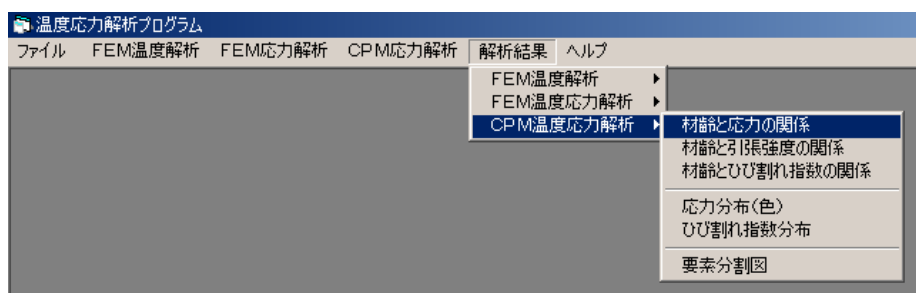


図-3.12 解析結果の出力

①材齢と応力の関係

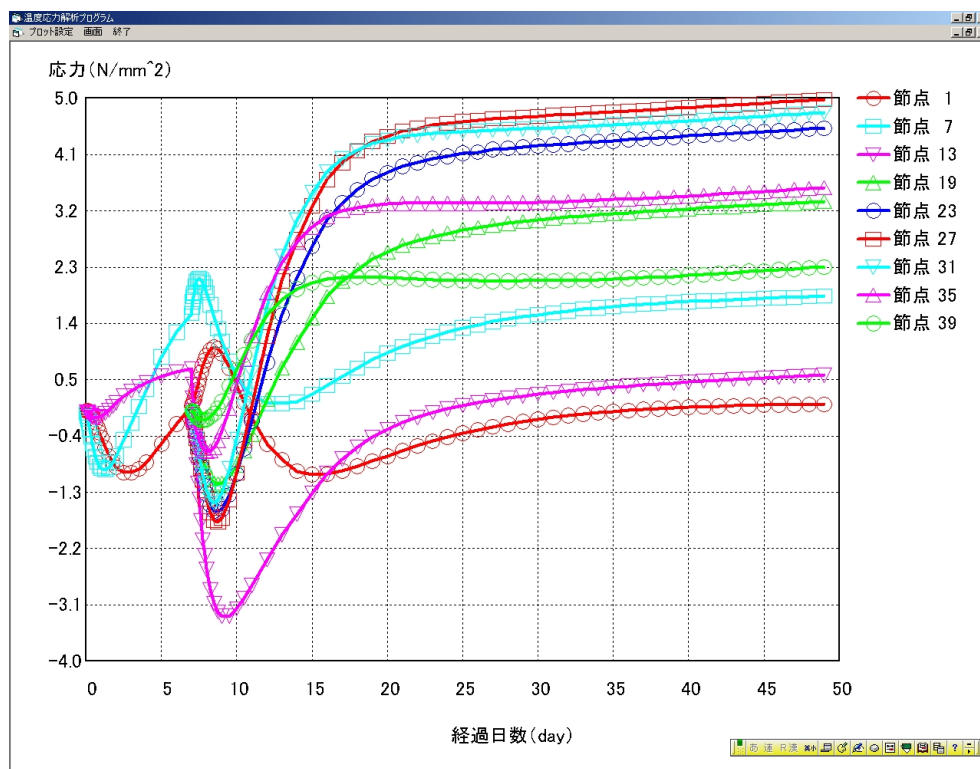


図-3.13 材齢と応力の関係

②材齢と引張強度の関係

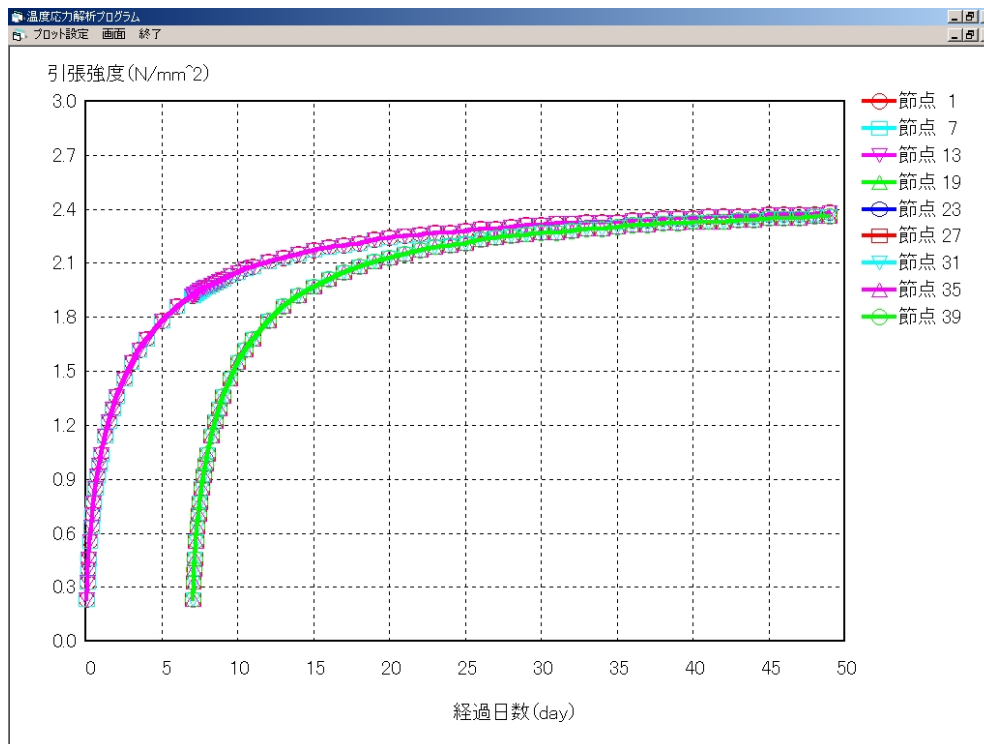


図-3.14 材齢と引張強度の関係

③材齢とひび割れ指数の関係

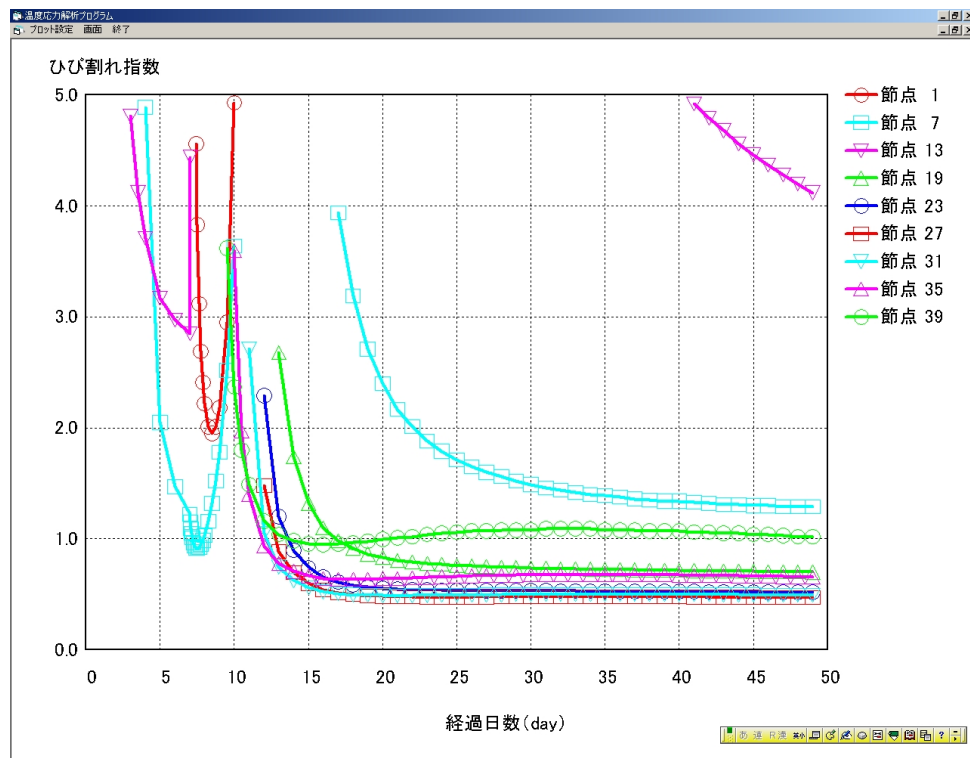


図-3.15 材齢とひび割れ指数の関係

④応力分布

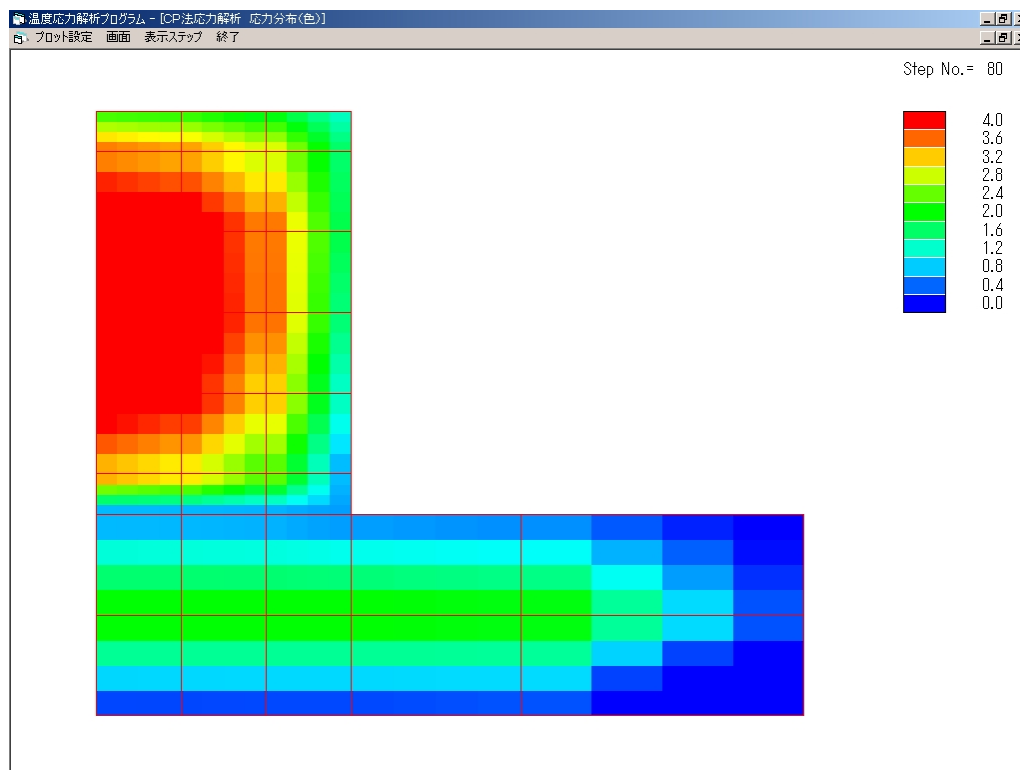


図-3.16 応力分布

⑤ひび割れ指数分布

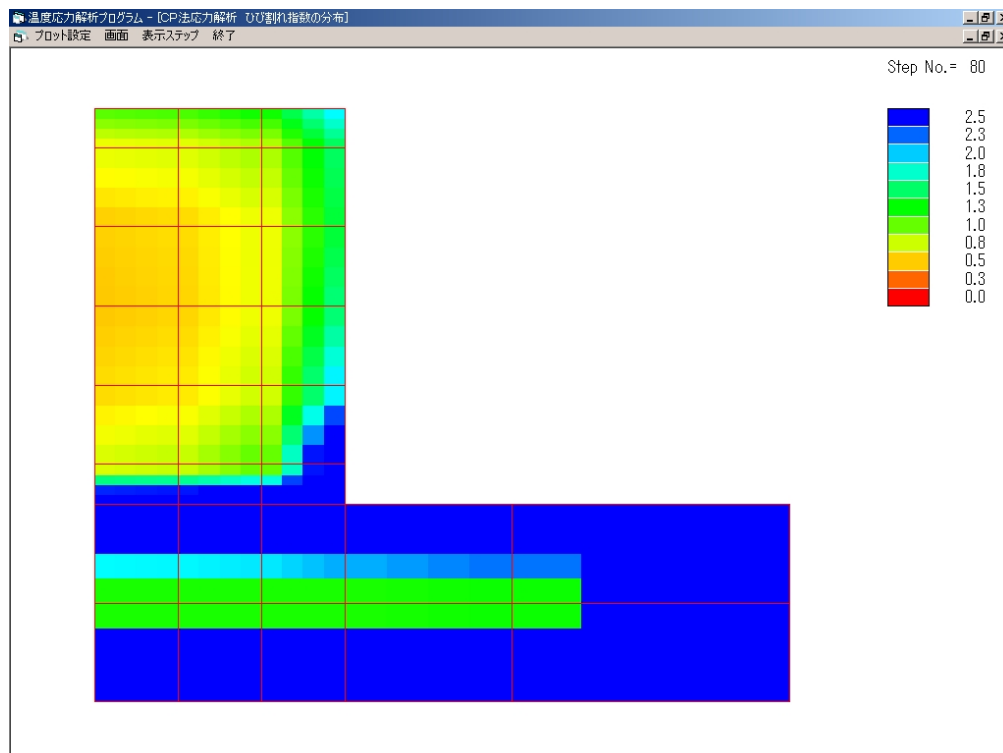


図-3.17 温度ひび割れ指数の分布

⑥最大応力の分布

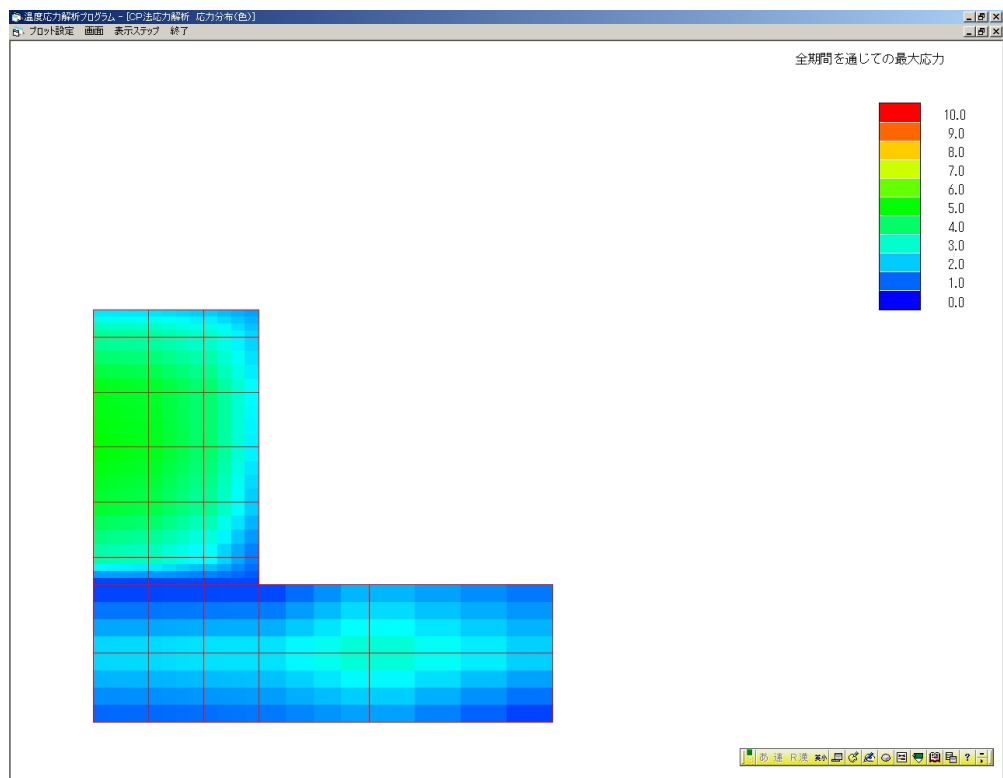


図-3.18 最大応力の分布

⑦最小ひび割れ指数の分布

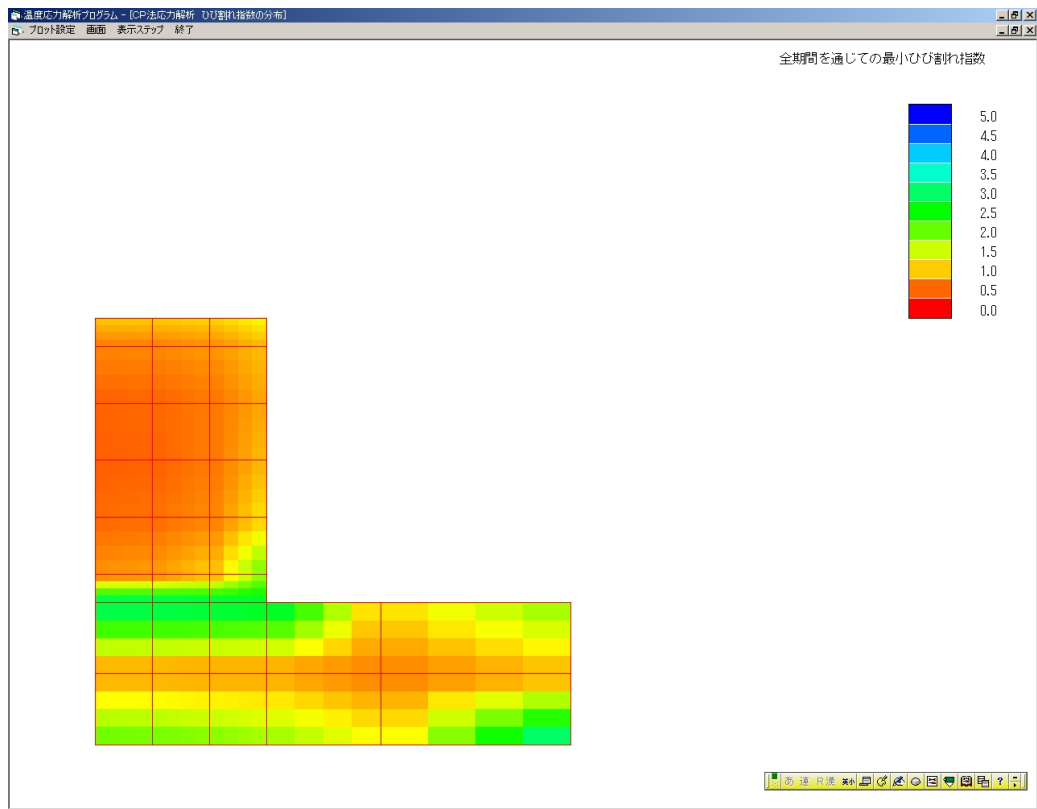


図-3.19 最小ひび割れ指数の分布