

V-564 壁状構造物における 温度ひび割れ指数とひび割れ幅の関係に対する解析的検討

東急建設（株）技術研究所 正会員 石川雅美
東急建設（株）技術研究所 渡邊弘子

1. はじめに

マスコンクリート構造物の温度ひび割れ対策を検討する場合、ひび割れを全く許容しないとして対策を考える場合と、構造物に求められる機能や耐久性を考え、ひび割れの幅をある値以下に制限してひび割れの発生を許容し、その対策を検討する場合とに分けられる。一般の環境下であり、特に厳密な水密性を必ずしも要求されない通常の鉄筋コンクリート構造物においては、ひび割れの発生をある程度許容して、鉄筋によりひび割れの幅を制限することが一般的であろう。本報は、壁状の鉄筋コンクリート構造物を対象として、温度ひび割れ指数とひび割れ幅の関係について検討したものである。

温度ひび割れ指数とひび割れ幅の関係は、鉄筋比が、0.2%、0.4%、0.6%の場合を対象として整理したものであり、この関係を求めるに際しては、7ケースの実測データと83ケースのCPひび割れ幅法による解析結果を用いている。

2. 解析対象モデルとパラメータ

解析の対象としたモデルは図1に示すような壁状構造物を想定したモデルと、建設省設計標準から抜粋した逆T型擁壁のモデルである。想定モデルについては、壁厚 B 、壁奥行き L 、壁高さ H 、鉄筋比 p をパラメータとし、解析ケースは全部で108ケースとしたが、このうちひび割れが発生したのは83ケースであった。また、設計標準モデルの解析ケースは3ケースで、このうちの1

ケースにはひび割れは生じなかった。
上記のモデルの対象性を考慮した1/2モデルをメッシュとして、2次元有限要素法による温度解析及びCP法による応力解析、さらにCPひび割れ幅法によるひび割れ解析を行った。解析に用いたコンクリートの物性は、単位セメント量を $300\text{kg}/\text{m}^3$ （普通ポルトランドセメント）、材令91日における

圧縮強度を $300\text{kg}/\text{m}^3$ とした、1種類のみとした。表1に解析に用いたコンクリート及び地盤の物性を示す。CP法及びCPひび割れ幅法に用いた R_N 、 R_M の値は、地盤とコンクリートの弾性係数比 E_c/E_r から、また壁の L/H から求めた。なお、外気温は 20°C 一定とした。

3. ひび割れ幅とひび割れ指数の関係の求め方

コンクリートに発生したひび割れの幅は、発生した時点以降もコンクリートの温度が変化するため、材令にともなって変化する。そこで、解析モデルではコンクリートの温度が外気温と同程度までに降下して一定となる、材令30日におけるひび割れ幅を用いることにした。一方、ひび割れ指数は、CP法により求めた材令30日における温度応力と、このときのコンクリートの引張強度の値から求めておいた。温度ひび割れ指数とひび割れ幅の対応づけを図2に示す。

想定モデルのパラメータ

- ・壁厚 B : 0.5, 1.0, 1.5, 2.0m
- ・壁奥行き L : 10, 15, 30m
- ・壁高さ H : 1.0, 3.0, 5.0m
- ・鉄筋比 p : 0.2, 0.4, 0.6%

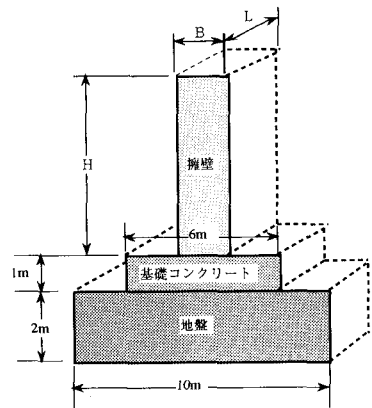


図1 解析想定モデル

表1 解析に用いたコンクリートと地盤の物性

	比熱 ($\text{kcal}/\text{kg}^\circ\text{C}$)	密度 (kg/cm^3)	熱伝導率 ($\text{kcal}/\text{cm hr}^\circ\text{C}$)	熱伝達率 ($\text{kcal}/\text{cm}^2 \text{hr}^\circ\text{C}$)	線膨張係数 ($1/^\circ\text{C}$)	打設温度 ($^\circ\text{C}$)
地盤	0.2	0.0026	0.025	0.0012	—	—
基礎コンクリート	0.3	0.0023	0.025	0.0012	10×10^{-6}	20.0
壁	0.3	0.0023	0.025	0.0012	10×10^{-6}	20.0

	発熱特性	引張強度	圧縮強度	弾性係数
地盤	—	—	—	$40,000\text{kg}/\text{cm}^2$
基礎コンクリート	—	$24.2\text{kg}/\text{cm}^2$ (一定)	$300\text{kg}/\text{cm}^2$ (一定)	$260,000\text{kg}/\text{cm}^2$ (一定)
壁	$Q(t) = 43.8 (1 - e^{-1.028t})$	$f_t(t) = 1.4 f_{tc}(t)^{0.5}$	$f_c(t) = \frac{1}{4.5 + 0.95t} \cdot 300$	$E_c(t) = \varphi(t) 15000 f_{tc}(t)^{0.5}$

$L_s = 20\text{cm}$ $L_c = 220\text{cm}$ $\varphi(t) = 0.73$ (材令3日まで) $\varphi(t) = 1.0$ (材令1日以降)

4. 温度ひび割れ指数とひび割れ幅との関係

解析モデルと7つの実測データの温度ひび割れ指数とひび割れ幅との関係を、鉄筋比毎にプロットしたのが図3である。この図のCPひび割れ幅法で求めたひび割れ幅は、壁を貫通したひび割れの高さ中央のところにけるひび割れ幅である。同じ図中に現行示方書に掲載されている直線を示す。この図から、今回求めたひび割れ指数～ひび割れ幅の回帰直線は、いずれの鉄筋比においても、同じひび割れ指数に対して現行示方書の2倍程度のひび割れ幅を与えている。ここで注意しておかなければならないことは、CPひび割れ幅法で求めたひび割れ幅は、ひび割れによる応力解放領域（ここでは、 $L_c=440\text{cm}$ としている）の中に生じたひび割れの合計のひび割れ幅を表したものであり、必ずしも1本のひび割れの幅を表しているものではないということである。従って、ここではCP法による解析結果は、現行示方書に対して図3に示したような傾向があることを示すにとどめ、実用的な、ひび割れ幅とひび割れ指数に関する具体的な提案は更に検討を行って行きたいと考えている。

5. 統計的手法との比較

ここで求めたCPひび割れ幅法による温度ひび割れ指数とひび割れ幅の関係が、これまでに提案されている統計的な手法によるものと、どのような関係にあるかを検討してみた。統計的手法は、内部応力を直接には計算しないで構造物や周囲の環境条件から間接的に評価する手法であり、小野¹⁾ら、万木²⁾らによって提案されている。

統計的手法、CPひび割れ幅法及び示方書に示されている温度ひび割れ指数とひび割れ幅との関係を併せて図4に示す。この図から、CPひび割れ幅法によるひび割れ幅とひび割れ指数の関係は、小野らの方法と比較的対応しているようであり、現行示方書の関係は、万木らの方法と近い結果を与えているようである。

図5は、それぞれ、小野らの方法と、万木らの方法とCPひび割れ幅法との相関を表したものである。CPひび割れ幅法と小野らの方法の相関係数は0.54、またCPひび割れ幅法と万木らの方法との相関係数は0.74で、CPひび割れ幅法の相関性は、万木らの方法の方がよいようである。

本研究を行うにあたり、懇切丁寧なご指導をいただきました武蔵工業大学の吉川弘道助教授と、献身的かつ精力的な作業をしていただきました卒業生の板沢均君に深く感謝いたします。

（参考文献）

- 1) 小野：マスコンクリートの温度ひびわれ特性の数量化に関する検討，（社）日本コンクリート工学協会，1990.8
- 2) 万木・坂田：壁構造物に発生する温度ひびわれの実態とひびわれ幅予測，（社）日本コンクリート工学協会，1990.8

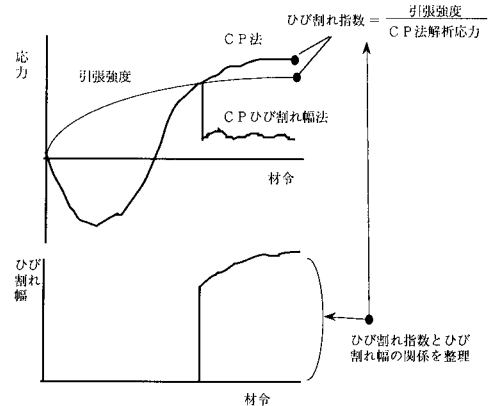


図2 ひび割れ指数とひび割れ幅の対応

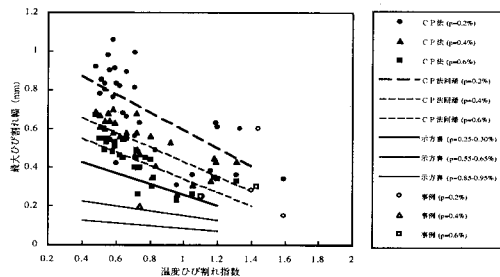


図3 最大ひび割れ幅温度ひび割れ指数の関係

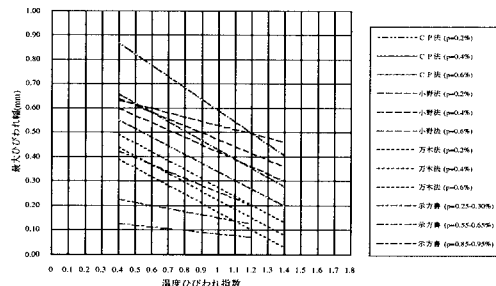


図4 各手法の最大ひび割れ幅と温度ひび割れ指数の関係

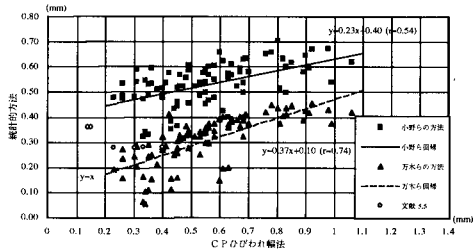


図5 CPひび割れ幅法と統計的手法との相関関係