

コンクリートの乾燥収縮性状に及ぼす部材寸法の影響

九州大学○正 員 牧角 龍憲

同上 学生員 郡山 貢一

1. まえがき

コンクリートの乾燥収縮が何らかの拘束を受けると、コンクリートに引張応力(収縮応力)が発生し、その応力が大きい場合には、断面を貫通するようなひびわれを発生させる。それらの性状に関して、筆者らは、既に、外部拘束されたコンクリートの収縮応力解析方法ならびにひびわれ発生条件について報告している¹⁾。

しかしながら、それらの解析データは、部材厚さが 10cm 程度で乾燥収縮ひずみ速度が比較的大きな供試体の実験結果であり、一般の構造物に適用するには、収縮ひずみが顕著に異なる部材寸法の影響についても検討する必要がある。そこで、本研究では、断面の厚さを 10cm から 30cm まで変化させた供試体の乾燥収縮拘束実験を行い、その結果と比較することにより、前述の解析方法と発生条件の適用性について検討したものである。

2. 実験概要

乾燥収縮を拘束するコンクリート供試体の断面寸法は、幅を 10cm 一定として、厚さを 10, 15, 20, 25 および 30cm の 5 とおりとし、乾燥面を 2 面とすることにより、 S/V (表面積/断面積比) が各々 0.2, 0.133, 0.1, 0.08, 0.067 となるようにした。拘束は、JIS 案に準じて軽ミゾ形鋼を用いて行い、拘束度をほぼ同程度にするため、コンクリートと鋼材の断面積の比が 0.1~0.12 の範囲になるようにした。供試体は、材令 7 日まで湿潤養生を行った後、湿度 $60 \pm 3\%$ R.H.、温度 20 ± 1 °C の室内に搬入し、試験を開始した。同時に、 $\phi 10 \times 20$ cm 円柱供試体を拘束供試体と同一条件で養生保管し、各材令における弾性係数および引張強度を測定した。また、ひびわれ発生は、拘束鋼材のひずみが原点付近まで急激に減少する時点とし、目視により確認した。

3. 解析方法

収縮応力は、適当な時間間隔 Δt で段階的に応力が増加するものとして、その応力に対応するクリープを考慮した、次の逐次数値積分式により推定した。その際、自由収縮ひずみおよび弾性係数は実験回帰式により算定し、クリープの予測は、 S/V を考慮して種々条件の影響を関数式で表した池永³⁾および阪田²⁾の提案式(表-1)を用いた。

表-1 クリープ推定式

$$\sigma_{ct,i} = \frac{\sigma_{ct,i-1} \times S_{ii} - \sum_{j=1}^{i-1} (\sigma_{ct,j} - \sigma_{ct,j-1}) \times S_{ij} - \varepsilon_{f,i}}{S_{ii} - (1 - 1/\alpha_i) / E_i}$$

$$S_{ii} = \begin{cases} (1 + \phi_{i,i-1/2}) / ((E_i + E_{i-1})/2) & \text{池永} \\ 1 / ((E_i + E_{i-1})/2) + \varepsilon_{spc} \times 10 & \text{阪田} \end{cases}$$

ここに、 $\sigma_{ct,i}$: 時間 i 日における収縮応力、 kgf/cm^2
 $\varepsilon_{f,i}$: 時間 i 日における自由収縮ひずみ、 $\times 10^{-6}$
 E_i : 時間 i 日における弾性係数、 kgf/cm^2
 α_i : 剛性率 = $\frac{1}{1 + E_i A_c / (2.1 \times A_k)}$

ひびわれの発生は、収縮応力が割裂引張強度の 0.7 倍に達した時に生じるとして、その日数を推定した。このとき、強度がばらつくことを考慮して、5%強度が増加した場合についても求めてみた。解析に用いた実験条件は表-2 に示すとおりである。

阪田のクリープ推定式

$$\varepsilon_{spc} = (C_{B\infty} + C_{D\infty}) (1 - \exp(-0.112(t)^{0.3}))$$

$$C_{B\infty} = 3.10 C_{Bo}$$

$$C_{Bo} = (0.0023 f'(28) - 1.37) \log(5.29 \sqrt{t'}) + BC_0 - 0.0033 f'(28) + 1.98$$

$$BC_0 = -9.33 \times 10^{-4} \cdot C + 4.48 \times 10^{-3} \cdot W - 9.57 \times 10^{-2}$$

$$C_{D\infty} = 3.10 C_{Do} \cdot 6.25 \cdot (V/S)^{-2} \cdot 0.354 \left(\frac{100 - RH}{10} \right)^{1.5}$$

$$C_{Do} = (0.0023 f'(28) - 1.37) \log(9.22 \sqrt{t'}) + DC_0 - 0.0033 f'(28) + 1.98$$

$$DC_0 = -0.342 \cdot C^{0.2} + 0.2588 \cdot W^{0.2} - 0.397$$

$$f'(28) = 1.52C - 3.96W + 552$$

池永のクリープ推定式

$$\phi_{i,j} = (0.003(W/C - 0.34)C + 0.86) \times \sqrt{S/V \times (100 - RH)} \times \frac{0.15t}{3.15 + 0.16t}$$

$$\times (0.37 \log(t') + 0.687)$$

ここに、
 ε_{spc} : 単位応力(1kgf/cm²)当たりのクリープひずみ、 $\times 10^{-5}$
 $\phi_{i,j}$: 時間 j 日で載荷した時の時間 i 日におけるクリープ係数
 t : 載荷期間、日、 t' : 載荷材令、日、 $f'(28)$: 28 日圧縮強度

4. 解析結果

図-1に、自由収縮ひずみの経時変化を、各部材厚さ、 dm 、ごとの回帰双曲線で示す。回帰式の係数は、表-1に示している。図にみられるように、自由収縮ひずみは部材厚さの増加に伴って顕著に減少し、部材厚さ30cmのひずみは、部材厚さ10cmの約半分程度であることがわかる。また、図-2および図-3に、引張強度および弾性係数の経時変化ならびに実験回帰式を合わせて示す。

これらの回帰式を用いて、各部材厚さごとに推定したひびわれ発生日数を図-4中の実線で示す。図にみられるように、部材厚さによるひびわれ発生日数の変化は、実験結果とはほぼ同様の傾向を示しており、前述の解析方法ならびにひびわれ発生条件は、部材厚さを変化させた場合にも十分適用できるといえる。ただし、推定値は実験値に比べてやや早目となっているが、自由収縮ひずみ、クリープ、弾性係数および引張強度等のコンクリートの物性値にばらつきがあることを考慮すれば、ばらつきの範囲内であると考えられる。ちなみに、引張強度を5%増加させた時の推定値を図中の一点鎖線および破線で示すが、かなり実験値に近似した結果となっており、ばらつきを考慮すれば、よりの確にひびわれ発生を推定できるといえる。

表-2 実験条件

単位水量 $W=165\text{kg}/\text{m}^3$ 、単位セメント量 $C=330\text{gk}/\text{m}^3$ 、 乾燥開始材令7日、環境湿度 $RH=60\%$					
部材厚さ dm	A	C	A/C	S/V	自由収縮ひずみ回帰式
30	300	30.94	.067	.05616	.002396
25	250	26.94	.08	.05344	.00188
20	200	22.94	.1	.05294	.00182
15	150	15.33	.133	.04215	.00177
10	100	12.13	.2	.032	.001549

* 自由収縮ひずみ回帰式: $\epsilon_t = t / (a + b t) \times 10^{-6}$

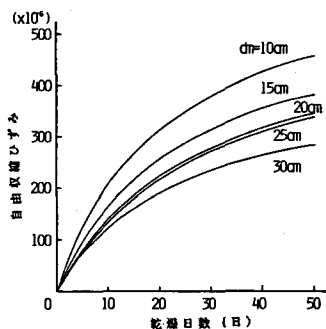


図-1 自由収縮ひずみの経時変化

参考文献

- 1) 牧角他: 乾燥収縮ひびわれを予測する収縮応力解析方法, 第6回コンクリート工学講演会講演論文集, pp.429~432, 1984.
- 2) 阪田憲次・池田清: コンクリートのクリープの予測に関する研究, 土木学会論文報告集, No.340, pp.185~191, 1983.
- 3) 池永博威・大島久次: コンクリートの乾燥収縮と引張クリープに関する研究, 建築学会論文報告集, No.216, pp.1~9, 1974.

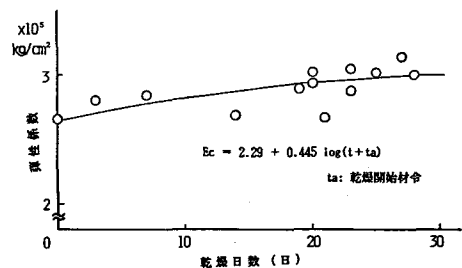


図-2 弾性係数の経時変化

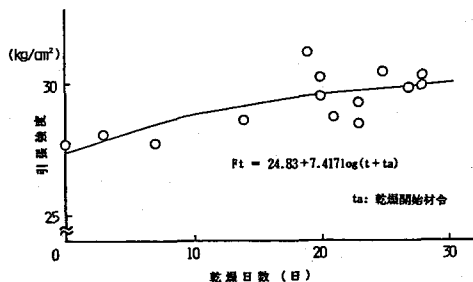


図-3 引張強度の経時変化

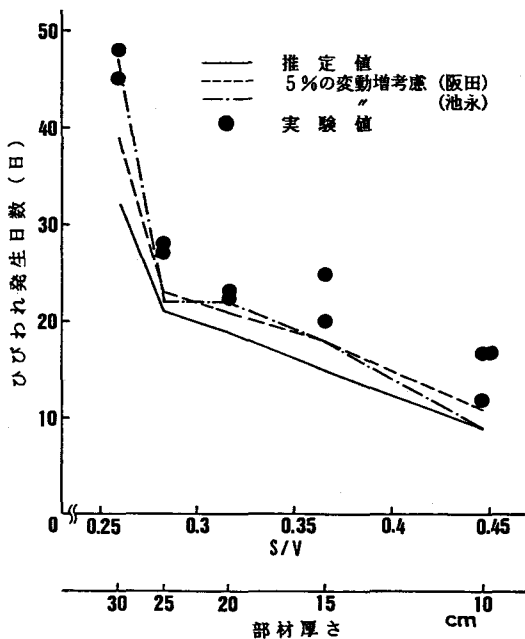


図-4 ひびわれ発生日数の推定