

乾燥収縮に起因する無筋コンクリートの自己応力について

広島大学 正 員 田澤 栄一
 広島大学 正 員 宮沢 伸吾
 住友建設㈱ 正 員 山本 哲也
 広島大学 学生員 〇坂田 拓司

1. まえがき

コンクリートに乾燥収縮が生じると、乾燥の進行の早い乾燥面付近の自由な収縮が内部に拘束されるため、乾燥面には引張応力が、内部では圧縮応力が生じる。このような自己応力は、ひずみの測定値に弾性係数を乗じて求めることが原理的に不可能なため、従来その測定は困難とされていた。

本研究は、金属材料等の加工時残留応力の測定に用いられている逐次除去法¹⁾を、乾燥収縮により生じるコンクリートの自己応力の測定に適用し、その実測値と有限要素法による解析結果とを比較し、検討を行なったものである。

2. 実験概要

使用材料およびコンクリートの配合を表-1、表-2に示す。図-1は自己応力測定用供試体を示したものである。供試体は、相対する2面からの乾燥とし、乾燥面以外はエポキシ樹脂系接着剤でコーティングし、その上から市販のビニールシートを貼付した。コンクリー

表-1 使用材料

セメント	早強ポルトランドセメント (比重: 3.14)
細骨材	風化花崗岩系山砂 (F.M.: 3.00, 比重: 2.59, 吸水率: 1.14%)
粗骨材	石灰岩質砕石 (最大寸法: 10mm, 比重: 2.71, 吸水率: 0.32%)
混和剤	リグニンスルホン酸塩系AE減水剤

ト打設後2日で脱型し、材令7日まで20℃で水中養生し、その後20℃、50%R.H.の恒温恒湿室内に静置した。供試体28日乾燥の後、乾燥面と平行な面で切断し、軸方向ひずみ分布の切断前後の変化量をコンタクトチップで測定した。切断方法は、切断直前に図-2に示すように供試体にノッチを設け圧縮力により割裂させる方法を採用した。

表-2 コンクリートの配合

G _{max} (mm)	Slump (cm)	Air (%)	W/C (%)	s/a (%)	單位量 (kg/m ³)				add. ml/m
					W	C	S	G	
10	3±1	4±1	50	45	180	360	780	959	1260

3. 供試体の切断による自己応力の測定

図-3および4は、2面乾燥を受けたコンクリート供試体を乾燥面に平行な面で2つに切断し、部材軸方向ひずみの切断に伴う変化を示したものである。測定値はほぼ直線分布を示しており、切断に伴う弾性変形に対しては、平面保持が成立していることが認められる。

図-5に示すように、切断に伴ないA部に生じるひずみ変化量(ε)は、B部に生じていた自己応力が切断前の相対的位置でA部に外力として作用した場合の弾性変形に相当すると考えられる。従って、軸力と曲げの成分に分離して考えると、次式が得られる。

$$E_c \times \varepsilon = \frac{P}{A} + \frac{M}{I} \left(x + \frac{a}{2} \right) \quad (1)$$

$$\text{ただし、} P = \int_{\frac{b}{2}-a}^{\frac{b}{2}} \sigma_{self} \cdot b \, dx \quad (2)$$

$$M = \int_{\frac{b}{2}-a}^{\frac{b}{2}} \sigma_{self} \cdot b \cdot \left(x + \frac{a}{2} \right) dx \quad (3)$$

A: A部の断面積

I: A部の断面二次モーメント

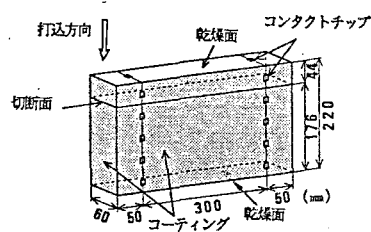


図-1 自己応力測定用供試体

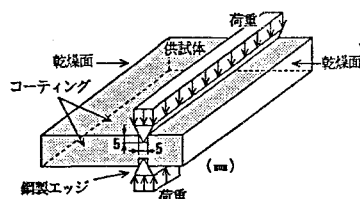


図-2 供試体の切断方法

E_c : コンクリートの静弾性係数

($3.0 \times 10^5 \text{ kgf/cm}^2$ と仮定)

とし、他の記号は図-5に定義する。

2面乾燥を受けたコンクリートに生じる自己応力分布を二次曲線で近似できるとすると、乾燥条件の対称性および断面内の垂直応力の釣合いを考慮することにより、引張応力を正として次式で表わすことができる。なお次式はモーメントの釣合いも満足している。

$$\sigma_{\text{Self}} = \alpha \left(x^2 - \frac{h^2}{2} \right) \quad (4)$$

図-4および5に示した直線回帰式から定まる α を、式①に代入し④を用いることにより α を以下のように算出することができる。

供試体Ⅰ (図-4) について

軸力成分の検討から $\alpha = 0.201$

曲げ成分の検討から $\alpha = 0.212$

供試体Ⅱ (図-5) について

曲げ成分の検討から $\alpha = 0.243$

曲げ成分の検討から $\alpha = 0.196$

算定された α は、ほぼ同一の値となり逐次除去法によりコンクリートの自己応力を精度よく測定することが可能であることが明らかとなった。 α の算定値を平均して自己応力分布は次式で与えられる。

$$\sigma_{\text{Self}} = 0.213 \left(x^2 - 40.3 \right) \quad (\text{kgf/cm}^2) \quad (5)$$

4. 有限要素法による自己応力の解析²⁾

乾燥に伴うコンクリート中の水分の逸散が拡散方程式に従うと仮定し、有限要素法を用いた一次元線形非定常解析を行なった。拡散方程式における拡散係数、表面係数および最終脱水率(W_{max})は、脱水率(W)分布の解析値が実測値(重量法)と乾燥期間28日において一致するように設定した(図-6)。以上の条件より、コンクリート内部の応力分布を、有限要素法による二次元弾性解析により求めた。ここでコンクリートのクリープは有効弾性係数(E_c)として考慮し、非拘束自由収縮ひずみ(ε_0)は、脱水率に比例すると仮定し自己応力の解析値と逐次除去法による測定値と一致するように定めた。

図-7は、自己応力の解析結果を実測値と共に示したものであるが、両者の分布形状および絶対値はよく一致している。

〈参考文献〉

- 1) 米谷茂: 残留応力の発生と対策, 養賢堂, 1975.
- 2) 田澤他: 乾燥を受ける無筋コンクリートの自己応力について, コンクリート工学年次論文報告集, 1988. (投稿中)

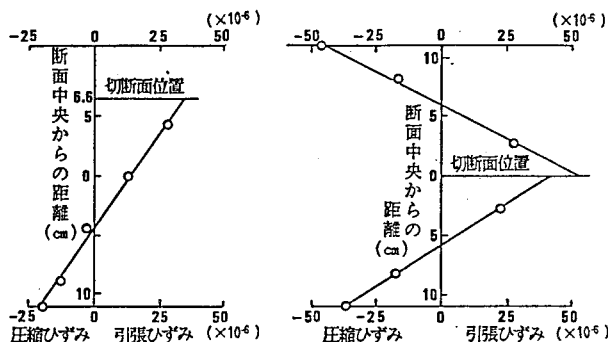


図-3 供試体切断により生じるひずみ分布 (供試体Ⅰ)

図-4 供試体切断により生じるひずみ分布 (供試体Ⅱ)

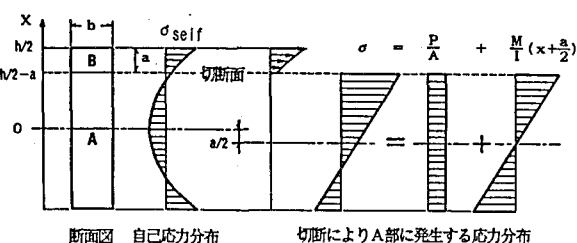


図-5 供試体切断により生じる応力分布

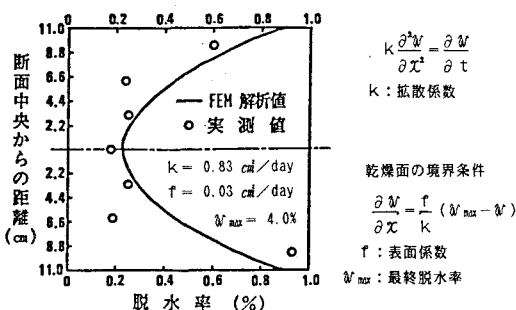


図-6 脱水率分布

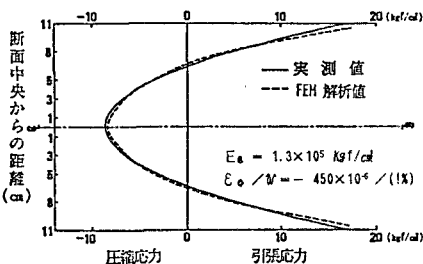


図-7 自己応力分布