

乾燥収縮によりRC部材に生じる自己応力の評価

広島大学 正会員 田澤 栄一
 広島大学 正会員 米倉 亜州夫
 広島大学 正会員 宮沢 伸吾
 広島大学 学生員 坂田 拓司

1. まえがき

コンクリートの乾燥収縮による自己応力は種々の要因の影響を受けるため測定上困難とされている。本研究は、載荷以前の乾燥収縮によりRC部材に生じる自己応力を曲げひびわれ発生荷重から検討したものである。また、自己応力の発生機構に大きな影響を及ぼすと考えられるコンクリートの引張クリープ特性についても若干の実験的検討を行なった。

2. 実験概要

早強ポルトランドセメントを用い表-1に示す配合でコンクリートを製造した。供試体はコンクリート打設後2日で脱型し、材令7日まで20℃で水中養生し、以後20℃、50%R.H.の恒温恒湿室内に静置した。またはりの側面をエポキシ樹脂でコーティングし、上下縁からの2面乾燥とした。RCはりの断面寸法を図-1に示す。載荷以前の乾燥収縮により、曲げスパンの側面に生じる軸方向の表面ひずみ分布を図に示すようにコンタクトチップで測定した。

引張クリープ試験は、図-2に示す装置を用い、20℃50%R.H.の恒温恒湿室内で行なった。供試体は、10×10×40cmで全面コーティングおよび2面乾燥とした。また載荷応力は9kgf/cm²および18kgf/cm²とし、クリープひずみの測定は相対する2面としコンタクトチップで行なった。

3. 実験結果および考察

表-2はコンクリートの力学的特性を示したものである。10×10×40cmの場合、乾燥による曲げ強度の低下が認められないことから、この程度の断面寸法で乾燥を受ける場合、乾燥期間28日程度以上では乾燥により生じる自己応力の影響は無視できる程小さくなっていると考えられる。¹⁾一方、本実験におけるRCはり同一の断面および乾燥期間の場合(14×22×180cm 2面乾燥)乾燥により曲げ強度が著しく低下している。

コンクリートの乾燥収縮により無筋およびRCはり下縁に生じる自己応力を、曲げひびわれ発生荷重より次式により算出した。

$$\sigma_c = \frac{M}{I} y + \sigma_d + \sigma_{self}$$

σ_c : コンクリートの曲げ強度

σ_d : 無筋あるいはRCはりの自重による曲げ応力

σ_{self} : 乾燥収縮により生じる自己応力

表-1 コンクリートの配合

G _{max} (cm)	W/C (%)	S/a (%)	単位量 (kg/m ³)				add. ml/m ³
			W	C	S	G	
10	50	46	180	360	780	959	900

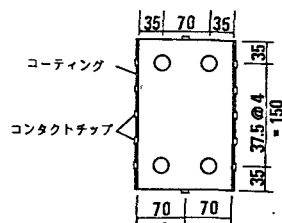


図-1 RCはりの断面寸法およびコンタクトチップの位置

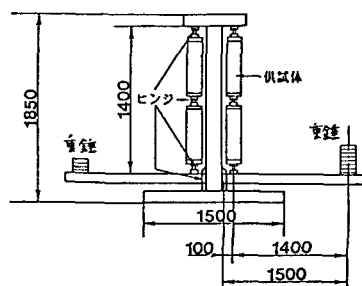


図-2 引張クリープ試験装置 (単位: mm)

表-2 コンクリートの力学的特性

	供試体寸法 (cm)	水中37日	水中7日 乾燥28日	水中7日 乾燥51日	乾燥条件
圧縮強度 (kgf/cm ²)	φ10×20	48.0	55.6	48.1	全面乾燥
引張強度 (kgf/cm ²)	φ15×20	35.5	31.2	24.6	全面乾燥
曲げ強度 (kgf/cm ²)	10×10×40 14×22×180	59.4 56.9	58.9 38.9	61.5 37.7	4面乾燥 2面乾燥
圧縮弾性係数 (kgf/cm ²)	φ10×20	3.49×10 ⁵	3.32×10 ⁵	3.15×10 ⁵	全面乾燥
乾燥収縮 ひずみ	10×10×40	0×10 ⁻⁴	296×10 ⁻⁴	412×10 ⁻⁴	4面乾燥

I ; 無筋あるいはRCばりの断面2次モーメント

y ; 中立軸から下縁までの距離

M ; 曲げひびわれ発生時の荷重による曲げモーメント

ここで、コンクリートの曲げ強度 (σ_b) は上記のように自己応力の影響を受けていないと考え、 $10 \times 10 \times 40 \text{ cm}$ 供試体の値としさらに寸法効果の影響を考慮した。自己応力の算定結果を表-3に示す。これより鉄筋の拘束によりコンクリートに生じる引張応力は無筋はりとはRCばりの差より乾燥51日において 11.5 kgf/cm^2 となる。一方、鉄筋の拘束力を鉄筋のひずみより求めると乾燥期間51日で 5.6 kgf/cm^2 となり上述した値の約半分となるがこれは必ずしも拘束力が断面内で一様でなかった事、また図-3に示すように付着クリープの影響によると考えられる。なお表-3に示した自己応力より求めたはり下縁における鉄筋の拘束応力と無筋とRCばりの収縮ひずみの差から乾燥面部分の引張クリープ係数を求めると、乾燥期間28日で1.0、51日で1.2となった。

図-4は引張クリープ試験結果を示したものである。この図は同一乾燥条件での無載荷供試体の収縮ひずみを差し引いた結果を示している。載荷応力 9 kgf/cm^2 で比較すると、乾燥により引張クリープは小さくなった。また全面コーティングの場合、載荷応力 18 kgf/cm^2 程度までは、引張クリープは載荷応力に比例していると思われるが、2面乾燥の場合は、載荷応力 18 kgf/cm^2 で引張クリープが急増している。これは、乾燥による自己応力を加えた応力の合計が引張強度に近くなり、乾燥面で塑性ひずみが生じたためと考えられる。

図-5は無筋ばりの表面ひずみ分布の経時変化を示したものである。この図より2面乾燥の場合は、そりを生じず断面内ではほぼ均一に収縮しているといえる。図中の破線は各要素が非拘束であった場合の自由収縮ひずみの分布を示したものである。ここで自由収縮ひずみは拡散方程式に従うとし、表面部の自己応力が、曲げひびわれ発生荷重から求めた値と一致するように拡散係数、表面係数を決定した。²⁾ またクリープの影響は、有効弾性係数を用いることにより考慮した。以上のようにして求めた自己応力の断面内の分布は、図-6に示す通りである。

4. まとめ

今後、データの蓄積と同時に、断面内の含水量分布や各要素のクリープ特性と関連させた検討が必要である。

参考文献

¹⁾ 永松静也他, 「乾燥にともなうコンクリートの各種強度変化について」セメント技術年報36, 1982

²⁾ Gerald Pickett "Shrinkage in Concrete", Journal of ACI VOL 17 N03 1946

表-3 曲げひびわれ発生荷重より求めた自己応力(はり下縁の引張応力)

乾燥期間	無筋はり	RCはり
0日	0	5.9
28日	17.5	28.3
51日	21.2	32.7

(kgf/cm^2)

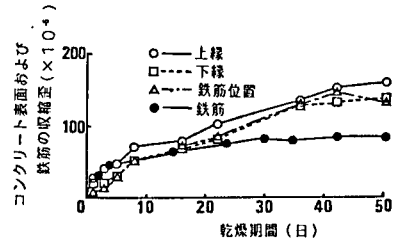


図-3 RCばりの乾燥収縮ひずみ

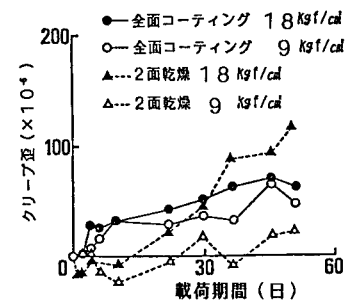


図-4 引張クリープ試験結果

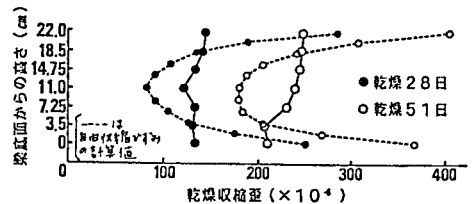


図-5 無筋ばりの乾燥収縮ひずみ分布

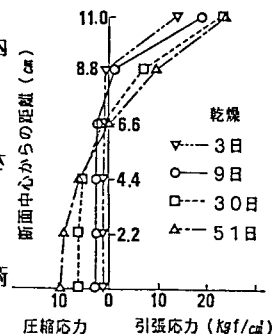


図-6 自己応力の算定結果