

部材厚さと乾燥収縮ひびわれの関係について

九州大学 学生員○栗津 善文

同 正 員 牧角 龍憲

同 持永 守

1. まえがき

筆者らは、水の逸散に起因した収縮させようとする力をコンクリート断面に作用する外力とみなし、弾性床上のはりにおける解法を応用して部材厚さの影響を考慮した収縮変形の解析を試み、拘束により生じる応力についての考察を行った。

2. コンクリートの乾燥時にける拘束状態について

コンクリートの乾燥収縮は、主に乾燥にさらされる表面からの水の逸散に支配される。そのため、もし、収縮ひずみがコンクリートの含水状態や湿度分布に比例するとすれば、表面と断面内部にはかなりのひずみ差が生じ、仮に平面保持が成り立つとすれば、その拘束（内部拘束）により表面近傍には大きな引張応力が生じることになる。このことは、部材厚さが大きくなればなる程、断面内のひずみ差の増加に伴って引張応力が増大し、ひびわれが発生しやすくなることを意味する。

しかしながら、実構造物においては厚さが薄い程ひびわれが発生しやすく、また、既報¹⁾の部材厚さを変化させた乾燥収縮拘束実験においても、部材厚さが大きい程ひびわれの発生は遅くなっており、矛盾する。また、乾燥初期から表面近傍に大きな引張応力が作用すると、それに伴い収縮変形を起こさせる力は減じられることになるが、コンクリートの収縮に伴って弾性変形する鉄筋等の他の部材に作用する力、あるいは外的に拘束された状態で収縮を起こさせる力の所在が不明確になる。図-1に、既報の実験より得られた自由および拘束供試体（拘束材比=0.1）の収縮ひずみ分布の一例を示すが、いずれの拘束供試体においても確実に収縮ひずみが生じており、部材厚さによる顕著な違いは認められなかった。また、拘束材もほぼ同じ収縮ひずみを示す結果が得られており、他の部材も含めて収縮させようとする力が存在すると考えられる。

そこで、筆者らは、収縮させようとする力を外力と仮定して、次のような解析を試みた。

3. 弾性床上のはりの解法による乾燥収縮変形の解析

いま、図-2に示すように、表面から a の距離までコンクリートの湿度分布に近似した荷重（収縮させようとする力）がコンクリート断面に作用するとして、単位高さのはりがばね定数 k のコンクリートに支持されるものとする。そして、このはりのたわみがコンクリートの収縮変形に相当するものと仮定する。このときの $x \geq 0$ におけるたわみは、はりの剛性を EI とすると、

$$\frac{d^4 y_1}{dx^4} + \frac{k}{EI} y_1 = 0 \quad (x \leq \frac{L}{2} - a) \quad (1), \quad \frac{d^4 y_2}{dx^4} + \frac{k}{EI} y_2 = p(x)/EI \quad (\frac{L}{2} - a \leq x \leq \frac{L}{2}) \quad (2)$$

$$\text{境界条件; } x=0: \frac{dy_1}{dx} = 0, \quad \frac{d^3 y_1}{dx^3} = 0, \quad x = \frac{L}{2}: \frac{d^2 y_2}{dx^2} = 0, \quad \frac{d^3 y_2}{dx^3} = 0,$$

$$x = \frac{L}{2} - a: y_1 = y_2, \quad \frac{dy_1}{dx} = \frac{dy_2}{dx}, \quad \frac{d^2 y_1}{dx^2} = \frac{d^2 y_2}{dx^2}, \quad \frac{d^3 y_1}{dx^3} = \frac{d^3 y_2}{dx^3}$$

の解で与えられる。ここで、コンクリートのばね定数ならびに仮想ばりの剛性を次のように仮定する。図-3に示すように、単位幅で一定長さのコンクリート部材を支持ばねと考え、コンクリートの弾性係数を用いて、単位荷重におけるコンクリート部材の変形量を求め、その逆数をばね定数とする。仮想ばりの剛性は、単位幅で一定の高さの場合の断面2次モーメントとコンクリートの弾性係数を用いて定める。

また、コンクリートの乾燥収縮が外的に拘束される場合は、支持ばねに拘束材の弾性が加わるとしてばね定数を変化させた。そして、自由な状態での変形量と外部拘束下の変形量の差を、拘束により生じる引張応

力をもたらすものと考えてみた。

解析の一例として、コンクリート部材の長さを50cm、厚さを20cm、仮想ばりの高さを1cm、ならびにコンクリートの弾性係数を $2.5 \times 10^5 \text{ kgf/cm}^2$ とし、3次曲線の分布荷重が表面から5cmの位置まで作用したときの、それぞれのひずみ（=変形量/部材長さ）分布およびそれらのひずみの差を図-4に示す。拘束によるひずみの差は、荷重の形状に比べて緩やかな分布を示しており、また、5cm以上の内部まで分布していることが認められる。

次に、乾燥に伴って湿度分布が変化することを考慮して、分布荷重の範囲ならびに大きさを変化させた場合の、自由な状態でのひずみ分布、ならびに拘束によるひずみ差に弾性係数を乗じた応力の分布を図-5に示す。応力の分布は荷重分布に比べてかなり内側まで広がっており、また、極端に表面が大きくなる傾向は認められず、前述の内部拘束の考え方で説明できなかった、拘束応力状態の現実に近い性状が得られたと考えられる。

このように、弾性床上的のりの解法を用いることは、コンクリートの乾燥収縮に起因する応力ならびにひびわれ発生に解析に有用な手段であると考えられるが、本解析仮定の妥当性やばね定数の与え方、ならびに実際のひずみ分布との関連性についてはさらに検討する必要がある。

参考文献：1) 郡山，牧角，栗津：昭和60年度土木学会西部支部研究発表会講演概要集，pp.538～539。

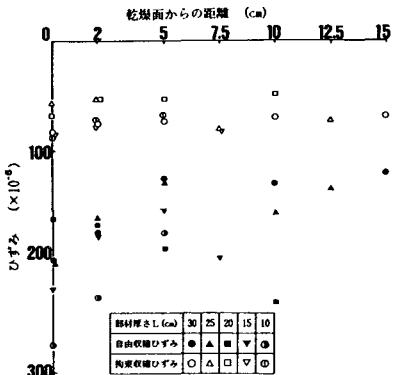


図-1 乾燥13日の各供試体の自由収縮ひずみと拘束収縮ひずみの分布

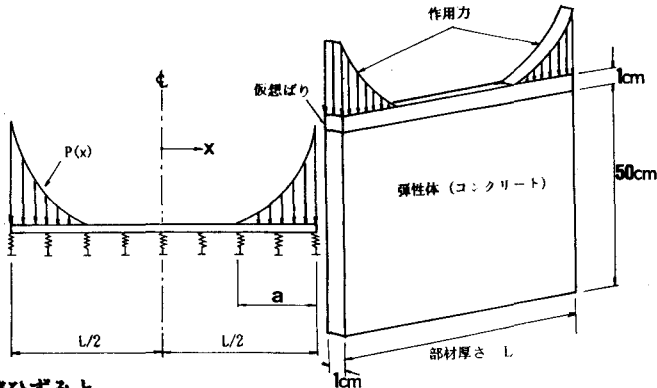


図-2 図-3 弾性床上的のりの解法モデル

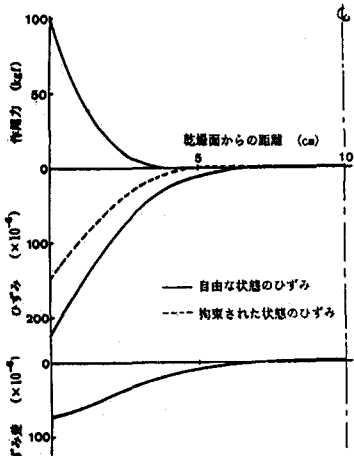


図-4 部材厚 $L=20\text{cm}$ の場合の作用力 ひずみ及び ひずみ差の分布 (算定値)

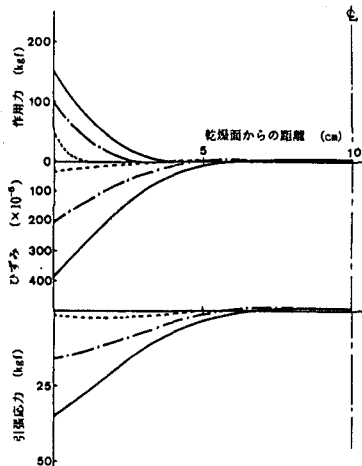


図-5 分布荷重を変化させた場合の ひずみ及び 引張応力の分布 (算定値)