

1. まえがき

鉄筋コンクリートでは、終局耐力については十分な余裕があっても、使用状態において過大なひびわれを生じさせない条件から、例えば、降伏点応力度が $5000\text{kg}/\text{cm}^2$ 以上の高張力異形鉄筋の有効な使用を妨げられることが多い。その対策の一つとして、PRCはりが考案されているが¹⁾、膨張コンクリートを利用することも考えられている²⁾³⁾。本研究は、その場合における曲げひびわれ制御についての基本的な事項を述べたものである。

2. 鉄筋コンクリートはりの曲げ性状に及ぼす膨張コンクリートの使用効果

鉄筋コンクリートはりに生ずる曲げひびわれ幅は、部材の断面寸法、用いる鉄筋の付着性状、鉄筋の径、鉄筋量、および鉄筋の配置等によって相違するが、外力による引張鉄筋応力度の増加分にほぼ比例し、この比例定数は、膨張コンクリートを用いた場合でもほぼ等しい値となるようである³⁾。

図-1は外力モーメントによる引張鉄筋応力度の増加分が、膨張エネルギーによりどのように変化するかを示した計算例である。この図は、図-2 (a) に示すはりにおいて、膨張作用により生ずる鉄筋の膨張率とコンクリートに導入される圧縮応力度を、それぞれ、図-2 (b) および

(c) で算定し、コンクリートの引張力も考慮した逐次計算法により求めたものである⁴⁾。なお、膨張エネルギーを、基準となる拘束鉄筋比が1%の場合に生ずる膨張率 ϵ_{cs} で表わしているが、 ϵ_{cs} が 10×10^{-4} とは、単位体積あたりの膨張コンクリートが拘束鉄筋に対してなす仕事量Uにして $1 \times 10\text{kg}/\text{cm}^2$ の値に相当する。

図-1から明らかなように、終局強度が同じはりでも、用いるコンクリートの膨張エネルギーを変えることによって、同じ外力モーメントにおける引張鉄筋応力度の増加分を様々に変化することができるのである。すなわち、PRCはりと同様に、膨張コンクリートの利用によって、使用荷重作用時における曲げひびわれ幅を制御することができるのである。

引張鉄筋応力度の増加分は、膨張作用により生ずる鉄筋の応力度に相当する分だけ鉄筋コンクリートはりの場合より小さくなり、この値は、一般に、鉄筋量の平方根に逆比例する。したがって、同じ膨張エネルギーのコンクリートを用いる場合には、鉄筋量の少いはりの方が曲げひびわれ幅の制御に有効となる²⁾³⁾。しかしながら、図-3に示すように、使用鉄筋の強度に対して鉄筋量を少くすると、曲げひびわれの発生から終局強度までの余裕が少なくなる。また、著しい場合には、コンクリートが受け持っていた引張

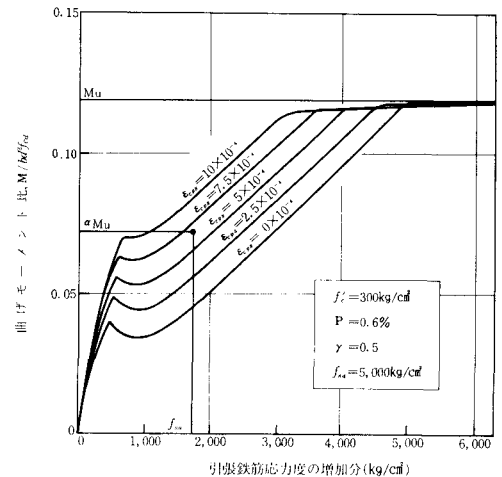
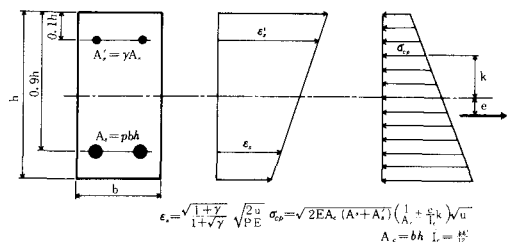


図-1 引張鉄筋応力度の増加分に及ぼす膨張エネルギーの効果



(a) 断面諸元 (b) 膨張率の分布 (c) コンクリートに導入される圧縮応力度の分布

図-2 断面諸元、膨張率および圧縮応力度

力を鉄筋が受け持てなくなって、曲げひびわれ後直ちに鉄筋が降伏して破壊に去るという、はりとして非常に好ましくない性状を示すことになるので留意する必要がある。

3. 膨張コンクリートによる曲げひびわれ制御

終局曲げモーメントを M_u 、ひびわれの条件として αM_u における許容ひびわれ幅が与えられた場合を考えると、図—1において、曲げモーメント αM_u と許容ひびわれ幅から定まる鉄筋の応力度 f_{sa} との交点から、ひびわれ幅の制御に必要な膨張率 ϵ_{cs} を図式で求めることができるが繁雑となるので、ここではコンクリートの引張力を無視して以下のように行う。まず、次式が成立しなければならない。

$$A_s f_s d z u \geq M_u, A_s (f_{so} + f_{sa}) z \geq \alpha M_u \text{ —— (1)}$$

ここに $f_s d$ は鉄筋の設計用強度、 $Z u$ および Z はそれぞれ、終局時および使用時における内力間の距離を示す。また、 f_{so} は、曲げひびわれ幅の制御のため必要な膨張作用により引張鉄筋に生じさせる応力度を示す。上式より、 f_{so} は次式を満足すればよい。

$$f_{so} \geq \alpha \frac{M_u}{A_s z} - f_{sa} \text{ —— (2)}$$

なお、通常の鉄筋コンクリートはりにおいて、終局強度よりもひびわれ幅の制限から必要鉄筋量が定まる場合には、(2)式の右辺は正の値をとる。

f_{sa} は図—2 (b) の ϵ_s から算定できるため、(2)式を満足させる膨張エネルギーは、単位体積あたりの仕事量 U で表わすと (3) 式のように、また、図—1 で示した拘束鉄筋比が 1% の膨張率 ϵ_{cs} で表わすと (4) 式のようになり、所要の膨張コンクリートが求められるのである。

$$U = \frac{(1 + \sqrt{\gamma})^2}{1 + \gamma} \frac{P}{2E} (\alpha \frac{Z u}{2} f_{sa} - f_{sa})^2 \text{ —— (3)}$$

$$\epsilon_{cs} \geq 0.01 \times \frac{1 + \sqrt{\gamma}}{\sqrt{1 + \gamma}} \frac{\sqrt{P}}{\sqrt{2E}} (\alpha \frac{Z u}{2} f_{sa} - f_{sa}) \text{ —— (4)}$$

数値例として $Z u / z = 1$ としたときの ϵ_{cs} の値を図—4 および図—5 に示す。

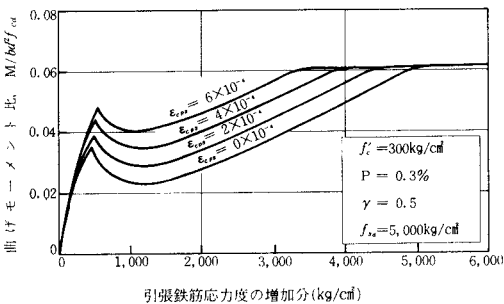
4. あとがき

高張力異形鉄筋の有効な利用を図ることを目的に、膨張コンクリートの利用による鉄筋コンクリートはりの曲げひびわれ制御の概要を述べた。

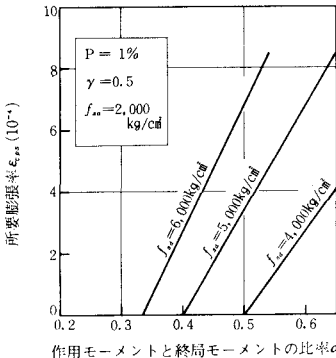
本研究に対し、文部省より科学研究費補助金を交付されました。付記して厚くお礼申し上げます。

参考文献

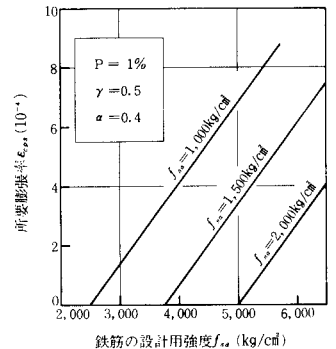
- 1) 角田与史雄, “プレストレッシングによる鉄筋コンクリートはりのひびわれ制御設計について”, コンクリート構造物のひびわれに関するシンポジウム発表報文集, 日本コンクリート工学協会, 1977年3月
- 2) 岡村甫, 辻幸和, “ケミカルプレストレスを導入したコンクリート部材の力学的特性”, 土木学会論文報告集, 第225号, 1974年5月
- 3) 辻幸和, “コンクリートにおけるケミカルプレストレスの利用に関する基礎研究”, 土木学会論文報告集, 第235号, 1975年3月
- 4) 辻幸和, 前山光宏, “ケミカルプレストレスを導入したコンクリート部材の最小鉄筋比に関する研究” 足利工業大学研究集録 第3号, 1977年3月



図—3 鉄筋比が小さいはりの引張鉄筋応力度の増加分



図—4 鉄筋の設計用強度が所要膨張率に及ぼす影響



図—5 許容曲げひびわれ幅から定まる鉄筋の応力度が所要膨張率に及ぼす影響