

Ⅲ種P C梁の曲げ疲労性状について

九州大学 学生員○中村 順

九州共立大学 正 員 松下 博通

九州大学 正 員 牧角 龍憲

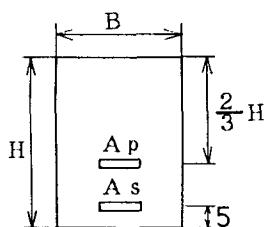
1. まえがき

Ⅲ種P Cは、昭和61年制定の標準示方書において曲げひびわれ幅制限状態として規定されており、その構造物への適用は今後ますます多くなると思われる。P C梁の設計においては、有効プレストレスによる断面の応力状態の算定が重要な項目であるが、Ⅲ種P C梁では主鉄筋を配置するため、それによるクリープ変化の拘束が断面の応力状態に大きく影響する。

そこで本研究では、示方書の有効プレストレス算定の式と鉄筋の拘束効果を考慮した算定式を用い、それぞれ断面応力（鉄筋、コンクリート下縁）を算出し、その応力状態が疲労強度に与える影響について検討をおこなった。

2. 断面条件とパラメータ

図1に断面条件を示す。今回は、 $H = 20$ cm、 $B = 15$ cmとしP C鋼棒は $2/3H$ の位置に配置した。表1に各構成材料の設計上の特性を示す。初期プレストレスはP C鋼棒の引張強度の70% (7700 kgf/cm^2)を導入した。また、疲労強度を算定する際に用いる主鉄筋の径はD10とした。パラメータとしては、鋼材比 $q = [(A_s + A_p)/BH]$ 、鉄筋係数 $p = [A_s/(A_s + A_p)]$ の2つを用い、 q は0.5～2.0%、 p は10～90%それぞれ変化させる。



図－1. 断面条件

表－1. 材料特性

コンクリート	
設計強度	400 kgf/cm ²
弾性係数	$3.1 \times 10^{-5} \text{ kgf/cm}^2$
クリープ係数	2.2
乾燥収縮ひずみ	200×10^{-6}
P C鋼棒	
SBPR95-110	
弾性係数	$2.0 \times 10^6 \text{ kgf/cm}^2$
レラクゼーション率	1.5 %
鉄筋	
SD30	
弾性係数	$2.1 \times 10^6 \text{ kgf/cm}^2$

3. 解析の方法及び結果

解析の手順として、まず任意の断面に初期プレストレスを与え、クリープ及び乾燥収縮により低減した有効プレストレスと断面の応力分布を求めた。ここで、鉄筋の拘束効果を考慮しない場合と考慮する場合の2通りの解析を行い、前者は示方書のプレストレスの減退の式を、後者は猪股の手法を用いた。つぎに、得られたそれぞれの応力分布の梁に、外力モーメントを作用させた際の主鉄筋の応力を求めた。過去の実験において主鉄筋を有するⅢ種P C梁の疲労破壊はその主鉄筋の疲労破

表－2. 有効プレストレスと応力状態

kgf/cm²

鉄筋比 p (%)	10		30		50		70		90	
	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)
有効プレストレス σ_p	5944	5512	6210	5791	6482	6041	6758	6269	7040	6474
鉄筋応力 σ_s	-552	-3338	-442	-2702	-326	-2128	-201	-1604	-69	-1127
下縁応力 σ_c	-97	-89	-78	-57	-57	-28	-35	-4	-12	17

断によりもたらされたため、今回の破壊形態も鉄筋の破断と仮定し、鉄筋の応力状態についてのみ考察を行った。つぎに疲労の検討であるが、まず最小モーメント M_d を設定しそれに対する鉄筋応力を求めた。得られた最小応力から示方書の疲労強度算定式を用い、200万回疲労限界のモーメント M を求めた。

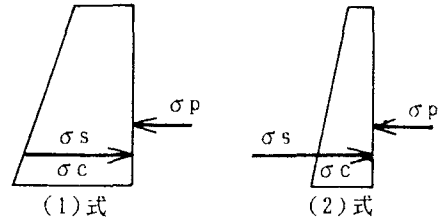


図-2. 応力状態

表2に例として $q=1.0\%$ の場合の有効プレストレス、鉄筋応力、コンクリート下縁応力を示す。

(1)は示方書による簡便式、(2)は鉄筋の拘束効果を考慮した式によりそれぞれ求めたものであり、図2にその応力状態を簡単に示す。表より、鉄筋を考慮した場合とそうでない場合の応力状態には大きな違いがあることがわかる。(2)の手法によれば、パラメータの値によってはコンクリートの上縁の応力が下縁よりも大きくなる場合もある。

図3に、それぞれの応力状態の断面に作用する外力モーメントと、それによって引き起こされる主鉄筋のひずみの関係を示す(図では $q=1.0\%$ を用いた)。ここでは、載荷前の主鉄筋の応力が異なるのでひずみを用いて対比した。図から、有効プレストレス算定の手法の違いによりひずみの挙動が大きく異なることが認められる。このモーメント-ひずみ関係を用いて、図4に任意の最小モーメント M_d (ここでは $M_d=1t\cdot m$ とする)に対する200万回疲労限界のモーメント M を示す。図の横軸には p をとり、各鋼材比ごとの疲労限界を示しているが、図3にみられるように同じ最小 M_d でもひびわれ発生以前と以後の状態を含んで検討している。鉄筋係数 p が小さいばあいには(1)式による値が、 p が大きくなる場合には(2)式による値がやや安全側の疲労限界を与えるが全体的には極端な差はみられない。ただし、コンクリート下縁応力は(1)式と(2)式による値に顕著な差がみられるため、ひびわれ幅限界状態の照査には大きく影響すると考えられる。

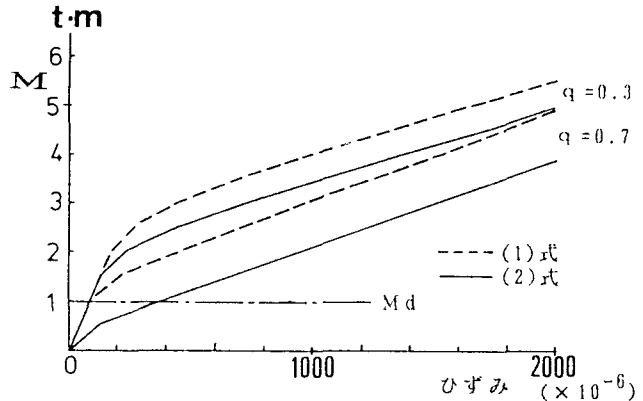


図-3. 外力モーメントと鉄筋ひずみの関係

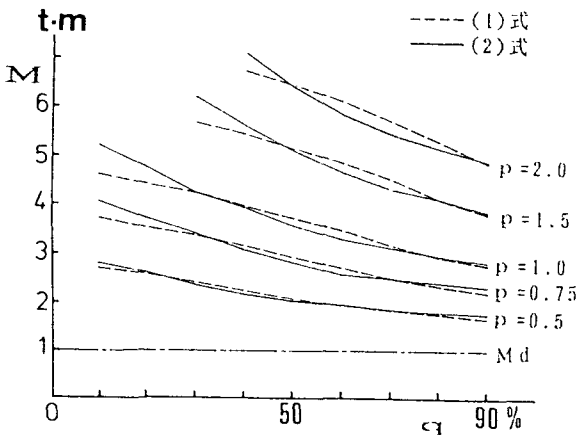


図-4. 鉄筋係数 q と200万回疲労限界モーメント

4. まとめ

鉄筋の拘束効果を考慮する式と考慮しない簡便式とでは有効プレストレスや各構成材の断面応力には大きな違いがみられ、たわみやひび割れ幅の算定に影響を及ぼす。しかしながら、疲労強度の算定についてのめいえばそれほど影響を与えるものではないと考えられる。

参考文献 1) 猪股俊司: プレストレストコンクリートに対するクリープの影響, プレストレストコンクリート, Vol. 1, 1978