

早稲田大学 正負 神山

土木学会で昭和30年度に制定したプレストレスト コンクリート設計施工指針には近似的な計算法がしめされている。これによって設計の基準は一応できているのであるが、実験的研究によりねばならない点が少ない。実験的研究によりねばならないものの一つに曲げ引張りひわれを発生するとき、引張側のコンクリートの塑性ひずみと全ひずみの比がどの位になるかという問題がある。この塑性ひずみ比は理論的に定めることができないので実験的研究によりねばならないが、多くの要素が影響すると思われるので、組織的な広範囲に亘る実験研究が必要である。

プレテンションングによるプレストレストコンクリートはり71個について載荷試験を行い、曲げ引張りひわれ強度、斜引張りひわれ強度、ひびわれ幅、ひびわれ間隔、曲げ破壊強度、斜引張破壊強度などを測定した。この中の曲げ引張りひわれ強度について纏めたのが本報告である。

曲げ引張りひわれ強度に影響する諸要因； 次の諸要因が影響すると思われる。(a) コンクリートの曲げ引張強度、(b) プレストレスの大きさ、(c) P.C.鋼線の形状、寸法、配置の仕方、コンクリートとの付着強度の大小、あるいは付着の有無(ポストテンションングの場合)、(d) コンクリート断面の形状、

(a)、(b)は理論的に検当できるが、(c)、(d)は実験によりねばならない。(c)、(d)はひびわれがでるときの引張側コンクリートの塑性ひずみと全ひずみの比、すなわち、塑性ひずみ比がどのように変化するかということである。言い換えれば、コンクリートの Extensibility に (c)、(d)がどんな影響を与えるかという問題に歸着する。

材料およびコンクリートの配合； セメントは小野田早強ポルトランドセメントを用いた。骨材は相模川産の砂利、砂を用いた。砂利は5mm以下を除き、水洗いして5~10mm、10~20mm. の2種類にふるい分け1:2の割合で配合して用いた。砂の粗粒率は系列Iでは2.57, 系列IIでは2.56, 系列III~VIIは2.71であった。比重は砂が2.59, 砂利が2.61であった。用いたコンクリートの配合を表-1にしめた。

P.C.鋼線は直径29mm.のものを150 $\frac{kg}{mm^2}$

(1本当約1ton)で Prestretching した後に用いた。引張強度は204 $\frac{kg}{mm^2}$ 、降伏点応力度は残留ひずみ0.2%にたいして194 $\frac{kg}{mm^2}$ 、弾性係数は20,000 $\frac{kg}{mm^2}$ であった。

表-1 コンクリートの配合

系列	骨材の最大寸法 m.m.	単位セメント量 C $\frac{kg}{m^3}$	単位水量 W $\frac{kg}{m^3}$	セメント量比 %	絶対細骨材率 %	スランプロ C/M
I	20	470	158	31.6	33.3	2~3
II	20	467	154	33.0	33.3	1~2
III~VII	20	507	152	30.0	33.3	0

ひびわれ荷重の測定法； ひびわれ荷重は測定法によって著しく異なる。測定法も確立されてないから種々の観点から考察してみる必要がある。測定法としては直接観測、荷重-撓み図による方法、荷重-ひびわれ深さ図による方法、電気抵抗線ひずみ計による方法、ひびわれ発生音を聴取する方法、超音波による方法などがあげられるが、確実な方法はない。

本実験では超音波による方法を除く他の方法を併用した。これらの方法で発見し得る最小ひびわれ幅は $100 \sim 500$ mm.程度であると思われる。多数の方法を併用することにより、測定値の偏差を10%以下にすることができると推定される。

曲げ引張りひびわれ強度:

$$\text{塑性ひずみ比; } \mu = \frac{\epsilon_{cp} - \epsilon_{cu}}{\epsilon_{tu}} = \frac{\epsilon_{cu} - \epsilon_{cr}}{\epsilon_{tu}} \quad (1)$$

全圧縮応力度を C 、全引張り応力度を T とすれば

$$\left. \begin{aligned} C &= \int_{rk}^R b_y \cdot \frac{\sigma_c + \sigma_{cu}}{R} \cdot y \cdot dy \\ T &= P_c + A_c \sigma_{cu} \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

(2)式は載荷によるP.C.鋼線応力度を無視した近似式である。C=Tなる条件から次の式が得られる。

$$\sigma_{tu} + \sigma_{pg} = \frac{\mu}{1-\mu} \psi(r) \cdot \sigma_{cu} \quad \text{ここに} \quad \sigma_{pg} = \frac{P_c}{A_c}, \quad \psi(r) = \frac{1}{A_c(1-r)R} \int_{rk}^R b_y \cdot y \cdot dy \quad (3)$$

また死荷重によるモーメントを M_d 、ひびわれがでたときの載荷重によるモーメントを M_e とすれば、モーメントの釣合から

$$M_c - P_c \cdot e_p = (M_d + M_e) - P_e \cdot e_p = (A_c \sigma_{tu} + P_e) \cdot (y'_c - \bar{y}) \quad (4)$$

したがって、引張側の断面係数を Z_{et} とすれば、見掛上の曲げ引張りひびわれ強度 σ_{bt} は次式によつてあらわすことができる。

$$\left. \begin{aligned} \sigma_{bt} &= \frac{(M_d + M_e) - P_e \cdot e_p}{Z_{et}} - \frac{P_e}{A_c} = \frac{A_c(y'_c - \bar{y})}{Z_{et}} (\sigma_{tu} + \sigma_{pg}) - \sigma_{pg} \\ \text{ここに} \quad \phi(r) &= \frac{A_c}{Z_{et}} (y'_c - \bar{y}) \end{aligned} \right\} \quad (5)$$

μ の値がわかれば(3)式を満足するように r を定める。 r がわかれば $\phi(r)$ が求まるから、(5)式から σ_{bt} を求めることができる。

実験によつて求めた μ の値を表-2に示した。この値は $\phi 2.9$ mmを用いた場合のものである。

表-2の値を用いて(3)、(5)式から σ_{bt} を求めると実験値の92~104%の範囲に入る。

く形断面の近似式は(6)式のようになる。

$$\sigma_{bt} \div 1.84 \sigma_{tu} + \frac{1.32 \sigma_{pg} \sigma_{cu}}{2.08 \sigma_{tu} + \sigma_{pg}} \quad (6)$$

コンクリートの曲げ強度を図心のプレストレスの影響を考慮して求めるとく形断面の場合表-3のようになる。

図-1 假定した応力分布

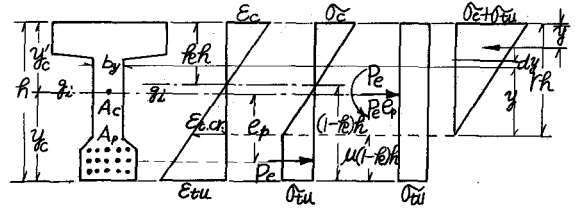


表-2 断面形状と μ の値

断面形状	く形	I形		逆 T		T形	黒筋コン リート(く形)
b/b	1.0	0.3~0.4	0.4~0.6	0.4	0.6	0.35	1.0
μ の 値	0.73	0.70	0.71	0.64	0.65	0.65	0.49

表-3 コンクリートの曲げ強度

コンクリートの圧縮強度 σ_{cu} (MPa)	図心のプレストレス σ_{pg} (MPa)						設計施工指針の値 σ_{bt} (MPa)
	0~10	11~20	21~30	31~40	41~50	51~60	
300	42	48	52	54	56	58	40
350	48	54	58	61	63	65	—
400	53	59	63	67	69	71	50
450	59	65	69	72	75	76	—
500	64	71	75	78	81	84	60