

講 座

プレストレスト コンクリート 設 計 法 (3)

猪 股 俊 司*

4. セン断応力度

(1) 危険断面と最悪応力度をあたえる載荷状態
 プレストレスト コンクリート ハリでは、設計上問題となる応力度はセン断応力度の大きさではなくて、同時に作用している部材軸方向応力度と合成された斜張応力度である。プレストレスト コンクリート ハリではプレストレッシングによる圧縮応力度が断面に作用しているので斜張応力度はいちじるしく減少させられる。プレストレスト コンクリート部材では、どの断面において最大斜張応力度が生ずるかを一般的に明らかとすることはなかなか困難であつて、大きいセン断力の作用する区間において、多数の断面を考えて各断面についてそれぞれ検討する必要がある。したがつてまた、最悪の載荷状態を決定することは容易でない。しかし、一般には考慮する断面にたいして最大セン断力を生ずるような载荷状態を考えて計算すれば、斜張応力度の検討に対して十分である。この場合の载荷方法としては単にセン断力だけではなくて、この载荷状態による曲げモーメントも計算しておく必要がある。

(2) コンクリート断面に作用するセン断力、曲げモーメント、軸方向力

設計荷重をうけたとき計算に用いるセン断力、曲げモーメント、軸方向力(軸方向荷重もあるとき)を S_c, M_c, N_c とする。

$$S_c = S - \sum P \sin \alpha$$

$$M_c = M - \sum P e_p$$

$$N_c = N - \sum P$$

ここに α : PC 鋼線と断面に対する垂線とのなす角

P : プレストレッシングによる PC 鋼線引張力

破壊荷重をうけたときの計算に用いられるコンクリート断面に作用するセン断力、曲げモーメント、軸方向力を S_{cu}, M_{cu}, N_{cu} とする。

$$S_{cu} = 1.75 S - \sum P_u \sin \alpha$$

$$M_{cu} = 1.75 M - \sum P_u e_p$$

$$N_{cu} = 1.75 N - \sum P_u$$

P_u : 破壊荷重をうけたときの PC 鋼線引張力

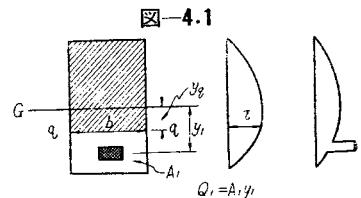
(3) セン断応力度計算の基本

セン断応力度および軸方向応力度ともに、破壊にたいする安全度を検討するための荷重(53条2)をうけたときにも、引張コンクリートをも考慮した断面を用いて計算される。すなわち、曲げ応力度がコンクリートの曲げ引張強度以上となつた場合でも、このような仮定によつて応力度計算をする。もちろんひびわれを生じたコンクリート部分を無視した計算をすることもできるが、これは非常に複雑であり、またむじゆんもしている。すなわち、ひびわれの発生した引張部分でもセン断応力度をうけることができるためには、コンクリートの引張強度が必要であるからである。

(4) セン断応力度の計算式

a) 断面寸法

が変化しないとき(図-4.1):
 断面の高さが部材軸方向に変化しない場合には



つぎの式で簡単にセン断応力度 τ は求められる。

$$\tau = \frac{Q_1 S_c}{b I} \quad (4.1)$$

ここに, S_c : セン断力

Q_1 : 断面 $q-q$ 以下にある断面積 A_1 の部材断面図心に関する面積モーメント。この場合シース穴を差引いた断面、または $(n-1)$ 倍の PC 鋼線断面積を加算した断面をそれぞれの状態に相応して用いる。

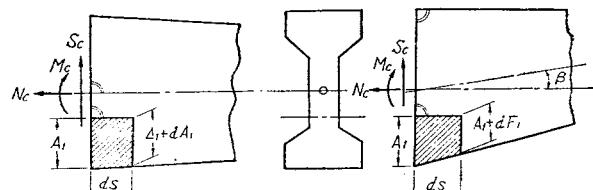
一般の場合セン断応力度を計算するには、これらの影響を無視してもよい。

I : 断面 2 次モーメント(正確には I_c 、または I_e であるが I を用いて計算してよい)

τ : y_g 位置のセン断応力度

グラウチング前の状態でシース穴位置のセン断応力度を計算する場合には、上記(4.1)式の巾 b の代りに、シース穴の巾を b からさし引いたコンクリート巾を用い

図-4.2



(a) 部材軸に垂直な断面の場合

(b) 部材縁に垂直な断面の場合

* 正員、極東鋼弦コンクリート振興KK設計部長

なければならない。

b) 断面の変化する場合(図-4.2)：この場合のセン断応力度 τ はつぎの式で計算される。

$$b\tau = \frac{d}{ds} \left(M_c \frac{Q_1}{I} + N_c - \frac{A_1}{A} \right)$$

$$\frac{dM_c}{ds} = S_c + N_c \tan \beta \quad \dots \dots \dots (4.2a)$$

であるから(4.2a)式を書きかえて

$$b\tau = S_c \frac{Q_1}{I} + M_c \frac{d}{ds} \left(\frac{Q_1}{I} \right)$$

$$+ N_b \left[\frac{Q_1}{I} \tan \beta + \frac{d}{ds} \left(\frac{A_1}{A} \right) \right]$$

$$+ \frac{dN_b}{ds} \frac{A_1}{A} \quad \dots \dots \dots (4.2b)$$

一般には dN_b/ds は他の項に比較して無視できるものである。考える断面が図心線にたいして垂直の場合には $\tan \beta = 0$ であるから(4.2b)式はさらに簡単となる。

しかし、これらの式の計算は非常に複雑であり、また微分が数値計算によるから不正確となるので、つぎのような近似的な取扱いをするのが便利である。

すなわち、セン断力は PC 鋼線を曲げ上げたときのその傾斜による垂直方向分力だけではなく、断面に傾斜して作用する軸方向応力度によつてもうけられるものである。曲げモーメント、軸方向力によつておこる応力度は部材の上下両縁ではその表面に平行に作用しており、この上下両縁の中間では次第にその傾斜角がかかるものである。セン断力の減少量 ΔS_c は、この軸方向応力度の S 方向分力の積分値として求められる。コンクリート断面に作用する圧縮応力度の合力 D_c 、およびコンクリート断面に作用する引張応力度の合力 T_c の作用点は近似的にこれを求ることは容易である。数コの断面について、これらの作用点を求め、これらの点を結んで、部材の図心軸との傾斜角 α_D, α_T が求められる。したがつて ΔS_c はつぎのようにして求められる。

$$\Delta S_c = D_c \tan \alpha_D + T_c \tan \alpha_T \quad \dots \dots \dots (4.3)$$

箱型断面や I 形断面の場合には、上記の D_c, T_c を計算すること、およびその傾斜を求ることは比較的容易である。それは、圧縮力と引張力とは上下両突縁に作用しており、これら合力の作用方向は上下両突縁断面図心線の方向と一致しているからである。セン断応力度の計算にはつぎの S_c を用いてよい。

$$S_c = Q - \Sigma P \sin \alpha - D_c \tan \alpha_D - T_c \tan \alpha_T \quad \dots \dots \dots (4.4)$$

(5) 斜張応力度の計算

a) 二軸方向の軸応力度をうけている場合：プレストレストコンクリートハリの腹部に垂直方向にプレストレスをあたえた場合、このプレストレス σ_y はつぎのようにして求められる。

$$\sigma_y = \frac{P}{A} = \frac{\text{垂直方向プレストレス} (1 \text{m 当り})}{\text{腹部断面積} (1 \text{m 当り})}$$

σ_x はプレストレスおよび曲げモーメント、軸方向荷重による応力度である。このとき斜張応力度 σ_1 はつぎの式で求められる。

$$\sigma_1 = \frac{\sigma_x + \sigma_y}{2} + \sqrt{\left(\frac{\sigma_x - \sigma_y}{2} \right)^2 + \tau_{xy}^2} \quad \dots \dots \dots (4.5)$$

斜張応力度の方向と、 σ_x とのなす角 φ はつぎの式によつて求められる。

$$\tan 2\varphi = \frac{2\tau_{xy}}{\sigma_x - \sigma_y} \quad \dots \dots \dots (4.6)$$

引張応力度が生じないためにはつぎの条件を満足させる必要である。

$$\sigma_x \cdot \sigma_y \geq \tau_{xy}^2 \quad \dots \dots \dots (4.7)$$

b) 一軸方向のプレストレスだけをうけている場合：一般的の場合、腹部に部材軸に直角方向にプレストレスをあたえることは特別の場合を除いて少ないものである。この場合には上記の式で $\sigma_y = 0$ とすればよい。すなわち、

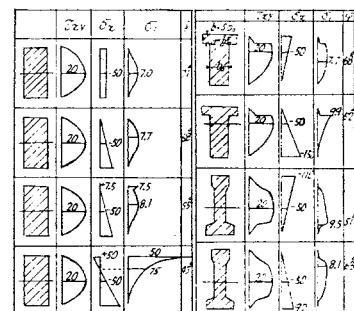
$$\sigma_1 = \frac{\sigma_x}{2} + \sqrt{\left(\frac{\sigma_x}{2} \right)^2 + \tau^2} \quad \dots \dots \dots (4.8)$$

$$\tan 2\varphi = \frac{2\tau}{\sigma_x} \quad \dots \dots \dots (4.9)$$

(6) 断面寸法形状と斜張応力度との関係

表-1 に示すものは数コの断面形状のプレストレストコンクリート部

表-1



材断面について、種々の σ と τ の値とにたいして計算した斜張応力度 σ_1 の分布の状態を示してある。また斜張応力度とハリの図心線との交角 φ をも示してある。この図から、いかなる断面において最大斜張応力度がおこるかを概念的にうることができるものであつて、一般の設計計算にあたつて断面における斜張応力度の分布をすべて計算する必要なく、いかなる応力度分布の付近において特に注意して計算しなければならないかの大体の見当をつけるために役立つものである。部材断面に作用する軸方向応力度 σ が圧縮応力度である区間においては、中立軸までの σ_1 の分布を計算する。斜張応力度の最大値は、最大セン断応力度と最小軸方向圧縮応力度とが作用する点に生ずるものである。軸方向応力度が引張応力度となる区間では中立軸位置に最大斜張応力度を生ずるものである。これらのことから、斜張応力度の最大値をあたえる点は容易に求めることができる。また断面の急変する点も斜張応力度を計算する場合

に一応考慮する必要がある。表-1 の 3 のような場合には一般的にはいえないであつて、 σ_1 の分布を求める必要がある。

(7) 許容斜張応力度

指針によると斜張応力度の許容値としては、設計荷重をうけたときは、表-12、破壊にたいする安全度を検討する場合には、表-13、の値をこえないようにしなければならない。すなわち、これらの許容応力度をこえるようなときには、以下のような適当な方法を用いて斜張応力度が許容応力度以下となるようにしなければならない。

(53 条解説) すなわち、断面寸法の増加、プレストレスの増加、PC 鋼線の曲げ上げによって PC 鋼線引張力の垂直方向分力を増加させて断面に作用するセン断力の減少、等の方法によるか、または、部材軸に垂直方向にプレストレッシングをあたえるか、の方法を採用すればよい。

破壊にたいする安全度を検討するための荷重をうけたときの綱張応力度がその許容値をこえるときには、腹鉄筋を配置しなければならないのである。この腹鉄筋を配置しなければならない区間は、スパンのその側全部ではなくて、表-13 の値の 0.75 倍をこえる区間だけでよいと考えられる。

一般に、腹鉄筋を配置しなくともよい斜張応力度の許容値をこえると、この斜張応力度をうけるために多量の腹鉄筋を必要とするようになるものである。このような場合には、上記の方法によつて斜張応力度をその許容値以下とすることの方が有利であるかどうかについて比較検討する必要がある。

(8) 腹鉄筋の計算法

腹鉄筋を有するプレストレスト コンクリートのセン断力にたいする破壊安全度を計算する一般式を述べるために、現在までのところこの種試験結果の資料が不足している。設計の方針を確立するためには、さらに多数の研究と入念な判断が必要なのである。設計者がプレストレスト コンクリート部材を設計するにあたつて、このような研究が完成されるまで待つてすることは不可能なことであるから、普通の場合ある程度の実験的結果を設計方針に適用し、安全側にあるようにするのが常である。もちろん経済的な解決ではない場合が多い。現在のところで設計にあたつて二つの方法が考えられている。すなわち、斜張応力度の大きさをもととした弾性理論による方法と、内力と外力との間の簡単な平衡を考え、鉄筋コンクリートについての知識を適用し、ある安全率を有するようにした終局強度をもととした方法の 2 種である。

鉄筋コンクリートについてさえも、セン断力にたいする設計法は各國において異なつてゐるのである。たとえばドイツ、日本、の鉄筋コンクリート設計法において

は、セン断応力度がある値をこえると、コンクリートはセン断応力度を全くうけることができないので、腹鉄筋がすべてのセン断応力度をうけなければならぬとし、アメリカでは、ある程度のセン断応力度をコンクリートがうけ、その残りを腹鉄筋がうけなければならないとしている。すなわち、コンクリートもある程度はセン断応力度をうけられるものとしている。これらの全く異なる方法を比較検討するのが、ここでの目的ではなく、単にこのように異なる方法によつて設計施工されたすべての構造物が、それぞれ各国において過去安全であつたという事実に注意しなければならないことを述べることとめよう。

鉄筋コンクリートにたいするこれらの方法が、プレストレスト コンクリートにたいしても適用できるという確固たる理由はあまりない。それはこれら鉄筋コンクリートの設計に用いられる方法は理論的というよりは実験的なものであり、鉄筋コンクリートの試験結果によく一致しているからである。しかし、現在のところではプレストレスト コンクリートの腹鉄筋の作用についての試験結果が少ないのであるから、設計者は鉄筋コンクリートの設計法をプレストレスト コンクリートにも適用することが安全であろうと考えるのが適當である。

以上の 2 つの設計法について述べる。

a) 斜張応力度をもととした腹鉄筋の計算法：最初に破壊にたいする安全度を検討する荷重をうけたときの斜張応力度の最大値 σ_{iu} を計算する。この傾斜角 φ をも同時に求める。

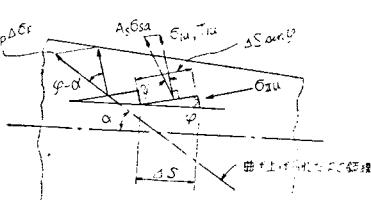
ハリの長さ JS 区間において作用している斜張力はつぎの式で計算できる（図-4.3）。

$$T_{iu} = \sigma_{iu} \cdot b \cdot JS \cdot \sin \varphi \quad \dots \dots \dots \quad (4.10)$$

引張力 T_{iu}

をうけるため
の鉄筋は図に
示す傾斜面
に直角に配置
されていない
と、斜張応
力度が変化す

図-4.3



ることになる。しかし、實際上この条件を常に満足させるように腹鉄筋を配置できないものである。もし、この斜張力と ψ なる角をなす方向に腹鉄筋が配置されているものとし、 JS 区間にある腹鉄筋断面積を A_s とすると、この鉄筋がうけられる引張力はつぎのようになる。

$$T_{iu} = A_s \sigma_{siu} \cos \psi \quad \dots \dots \dots \quad (4.11)$$

以上 (4.10), (4.11) 式を等置して所要の腹鉄筋断面積が求められる。腹鉄筋としてスター ラップを用いるものとすれば、 $\cos \psi = \sin \varphi$ となる。単位長当りのスタ

一ラップ断面積を A_s とすると、つぎのように $T_{1\#}$ は求められる。

セン断力による破壊の安全度を検討する場合には、曲げ上げられた PC 鋼線の引張力をも考慮することができる。このとき PC 鋼線のうけられる引張力としては斜張応力度の方向の PC 鋼線引張力の分力だけである。すなわち、この場合の PC 鋼線引張応力度の増加量 $\Delta \sigma_p$ としては設計荷重をうけているときの引張応力度から、PC 鋼線の降伏点応力度までである。もちろんこれは斜張力によるひびわれの巾を制限するためのものである。

上記のようすに PC 鋼線引張応力度の増加の許容値 $\Delta\sigma_p$ によって、PC 鋼線がうけることのできる斜張力方向の分力としてはつきのようになる。

すなわち、腹鉄筋量を計算する場合には(4.12)式によつて求められた斜張力から(4.12)式によつて求まるPC鋼線のうけもつ引張力 T_p をさし引いたものを用いてよいことになる。

b) 終局強度をもととした設計法：終局強度をもととした設計法を採用するとしても、一般の方式を定めることができるのは十分な試験結果がないのである。この最も困難な点はひびわれの方向がいずれの方向にあるかを想定することである。圧縮応力度をうけている区間では、この方向はハリの軸と 45° より小さい傾斜角をなすものであり、圧縮応力度をうけていない区間では、ハリの軸と 45° の傾斜をするものである。普通セん断破壊をおこしたといわれる載荷試験のプレストレスト コンクリート ハリでは、斜張応力度による傾斜ひびわれがおこり、つぎにこのひびわれが発達して圧縮側コンクリートの圧縮破壊によつてハリが破壊する曲げモーメントとせん断力との組合せによるものが多いのである。

したがつて最初の傾斜ひびわれの方向は、破壊にたいする安全度を検討するときの荷重をうけたとき、コンクリートの引張側をも考慮に入れて計算した斜張応力度の方向に直角な方向に生ずるものと考えられる。このひびわれの方向を θ とする。このひびわれの傾斜角 θ はかならずしも、主引張応力度の方向におこる必要はなく、主圧縮応力度の方向と $\pm r$ の方向をもつ最大すべり面の方向におこるといわれる (M. Robinson)。この r の値については十分な試験結果が現在のところないが、その最大値は β であることがわかっているので近似的に、 $r = \beta$ と考えることとする。ここに β は主圧縮応力度の傾斜角である。

傾斜角の最大のものとして、 $\theta = 2\beta$ とする。すなわち、次式で求まる。

$$\tan \theta = \tan 2\beta = \frac{2\tau}{\zeta} \dots \quad (4.13)$$

44

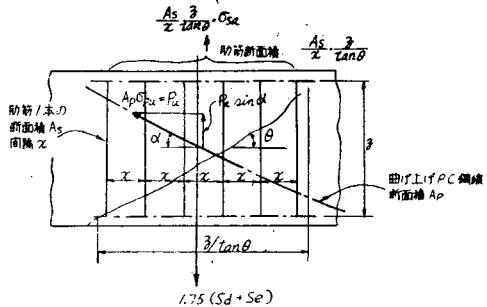


図-4.4 のように傾斜ひびわれを生じたときの内力と外力との平衡条件を求めるところとなる。

$$1.75(S_d + S_e) = P_u \sin \alpha + \frac{z \cdot A_s \sigma_{sa}}{x \tan \theta} \dots \dots (4.14)$$

(4.14) 式に (4.13) 式の $\tan \theta$ を代入して、 x が求められる。 z は近似的に、 $0.9d$ (d : 有効高) としてよい。

(4.13) 式によつて $\tan \theta$ を計算するにあたつて、考えている断面において破壊にたいする安全度を検討する荷重をうけたとき、最大の $\tan \theta$ をあたえるものを使ひる。この方法はひびわれ方向 θ についてまだ十分な試験結果がないので、多少の欠点はあるとしても十分安全であり、また合理的であると考えられる。曲げにたいして終局強度をもととした安全度を検討する方法を採用するものとすれば、当然セン断力にたいする安全度の検討にたいしても上記 b) の終局強度をもととした設計方法を採用することが合理的であることは当然である。

学会の指針には、いかなる設計方法を採用するかを明示していないが，“鋼橋設計示方書とプレストレスコンクリート指針”（30年8月）に川口輝夫氏および著者がこの後者の終局強度をもととした設計法を採用することを明らかにしている。

5. 付着応力度の計算

(1) 付着の意味とその作用

PC 鋼線とコンクリートの間の付着は、プレストレストコンクリートの施工法によつて、これを区別して考える必要がある。プレテンショニング工法の場合のように PC 鋼線とコンクリートの間に直接付着をおこせる場合で、PC 鋼線が大きい滑動抵抗を有するときには、付着だけによつて定着されることになる。

ポストテンショニングの場合には、付着の意味は破壊荷重にたいして大きい意味を有するものであるが、その付着程度については現在まだ明らかでないところもある。

現在のところポストテンショニングの場合でもごく例外的な場合を除いては、あとで付着をおこさせるようにしている。これによつてつぎの効果が期待される。

1. PC 鋼線のさび止め

2. 破壊にたいする安全度の増加
3. パーシャル プレストレッシングの場合にはひびわれの間隔をせまくして、ひびわれ巾を減少させる。

すべての PC 鋼線がさびないように保護しなければならないことは当然である。このために PC 鋼線をモルタルによつて完全につつむようとする。プレテンショニングのように直接コンクリートでつつむもの、ポストテンショニングのようにあとでモルタルを注入するもの等がある。

破壊にたいする安全度におよぼす付着の影響を理解するために、付着のある場合と付着のない場合について破壊にいたるまでの状態を比較することにする。荷重を増加させるにしたがつて、最大引張応力度の作用する点に最初のひびわれを発生する。これによつてこの点の PC 鋼線引張応力度は急激に増加する。もし付着がないとすると、この PC 鋼線応力度の増加は PC 鋼線が摩擦をうけないとすると、その両端定着部間に全長にわたつておよぶことになる。全長にわたつて大きい応力度の増加は大きい伸びを生ずることとなり、急激にひびわれ巾を増加させる。最初に最大曲げモーメントの点に発生したひびわれの付近には、つぎのひびわれは発生せず、相当離れた断面に、つぎのひびわれを生ずる。このひびわれ間隔は、ハリ高の高いほど大となる。このように巾の大きいひびわれの発生によつて中立軸は急激に上昇し圧縮側の面積は小さくなり、ここに作用する圧縮応力度はハリの圧縮部分の圧縮抵抗力を容易にこえることとなる。もちろん PC 鋼線が彎曲しているような場合には、これらの彎曲部で大きい摩擦抵抗を生ずる結果、ひびわれの状態は、摩擦の全くない場合に比して良好となるものである。

このような付着のないハリを従来の許容応力度を用いて設計したのでは、破壊荷重がいちじるしく低下することは多くの試験によつて明らかとなつている。付着のないハリで所要の安全度をえようとするならば、許容応力度を小さいものとして設計しなければならず、設計荷重にたいしては非常に過大な断面寸法となるから不経済である。

以上のような欠点をおぎなうには PC 鋼線とコンクリートとを付着させるのがよい。PC 鋼線とコンクリートとの間のセン断応力度に相当する付着応力度は、ひびわれのごく近所

で PC 鋼線応力度の増加とともに減少する。鋼線応力度 σ_p の増加する区間は付着の良否の程度に応じて変化する。付着が良好であればこの区間は短い。これによつて PC 鋼線の伸びも小さく、ひびわれの巾もせまいものとなる(図-5.1)。付着応力度があるために、ひびわれ付近のコンクリートにも引張応力度が作用し、荷重をさらに増加させると、最初のひびわれのごく近所に新しいひびわれが発生できる。試験の結果によつても、付着のあるハリでは多数のひびわれが発生し、ひびわれ先端のハリ上面に向つての進行は非常におそいものである。したがつて、中立軸の上昇もおそいこととなる。これによつて圧縮側面積が十分大きいならば、ひびわれ断面における PC 鋼線引張強度を完全に利用できるようになる。

同一コンクリート断面寸法 PC 鋼線断面積を有するプレストレス コンクリートの場合で、付着によつて破壊荷重は 30~40% も増加するものである。

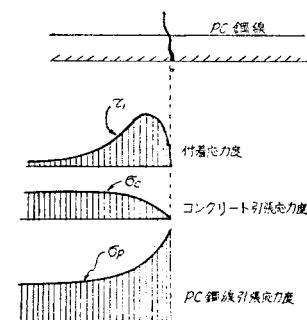
(2) 必要な付着の程度

鉄筋コンクリートとプレストレス コンクリートとでは必要な付着の程度について明らかな相違がある。鉄筋コンクリートでは、設計荷重をうけたときに、ひびわれを発生しているものとして設計計算をするから、設計荷重をうけたときのひびわれ間隔をなるべく狭くする必要があり、鉄筋がその許容応力度をうけたときに、ひびわれ巾を 0.2~0.3 mm 以下となるようにすることが大切である。鉄筋コンクリートの破壊時に必要となる鉄筋と圧縮側コンクリートとの間のセン断力は各ひびわれ間のコンクリートと鉄筋の付着作用によつてつたえられるものである。したがつて、鉄筋コンクリートにおいては十分な付着強度が必要であり、また大切である。

これにたいして、プレストレス コンクリートにおいては、フルプレストレスリングであれば、設計荷重のもとではひびわれを発生しない。したがつて、PC 鋼線とコンクリート間を結合するための作用はほとんど要求されない。セン断力は等質材料の場合と同様にひびわれを発生していないコンクリート断面に作用することができる。したがつて付着のない場合でも設計荷重はうけられるのである。付着のある場合、PC 鋼線とコンクリートとの間のセン断応力度は非常に小さいものである。

設計荷重をこえた場合に、コンクリートにひびわれを発生して、はじめて、付着が必要となるものである。この場合、ひびわれ巾を制限するため、ひびわれ間隔を小さくすることは問題ではなく、単に、必要な破壊安全度を確保できるようにすることが大切であつて、破壊のときのひびわれ間隔が 10 cm でも 40 cm でもあまり重大ではない。したがつて、付着は破壊にたいする安全度が確保されるように決定されなければならない。

種々の PC 鋼線およびコンクリート品質の場合について、必要な付着の程度は実験的にこれを求める必要があ



生した断面について、応力度の平衡を考えて計算することができる。この $4\sigma_p/4S$ が求まれば、付着応力度は $J S$ の両端断面の PC 鋼線引張力の差としてつぎの式で求められる。

$$\tau = \frac{A_p}{U} \cdot \frac{4\sigma_p}{4S} \quad \dots \dots \dots \quad (5.3)$$

したがつて τ の最大を計算するには $\frac{A_p}{U}$ が一定であれば $\frac{4\sigma_p}{JS}$ の最大となる断面を最悪の載荷状態にたいして求めなければならない。

ごく近似的に最大付着応力度の値を知るためには、最大曲げモーメントを生ずる断面 J と、中立軸が PC 鋼

線図心位置と交わる断面 K との間に、最大付着応力度はおこるものと考える。これらの J, K 断面の位置は容易に計算することができる。 J 断面では PC 鋼線応力度はその引張強度 σ_{pu} であり、 K 断面では PC 鋼線応力度はその有効引張応力度 σ_{pe} であると仮定し、 J, K 、両断面間の PC 鋼線引張応力度の差 $\Delta\sigma_p$ をつぎのように仮定する。

$$\Delta\sigma_p = \sigma_{pu} - \sigma_{pe} \quad \dots \dots \dots \quad (5.4)$$

(5.3) 式における JS としては $\frac{2}{3} JK$ として近似計算をする。

学会備付図書（国内）一覧（10）

I. 昭.31.3. 間に寄贈を受けた分

○新制測量（上） ○同（下），工博 丸安隆和（オーム社） ○昭.29 年度材料試験報告（返畿地建調査課材料試験係） ○コンクリート及鉄筋コンクリート施工方法，工博 吉田徳次郎（丸善） ○流量年表 第7回 昭.29 年

（建設省河川局） ○日本発電用高堰堤要覧 通商産業省公益事業局水力課（発電水力協会） ○フライアッシュコンクリート 専門委員会フライアッシュ分科会研究報告 第2報（国際大ダム会議日本国内委員会）

II. 昭.31.3. 間に購入した分 なし

付記 学会備付図書（国内）一覧（9）は 41-6 文献目録欄に掲載

学会備付図書（国内）一覧（11）

I. 昭.31.4. 間に寄贈を受けた分

○コンクリート パンフレット 45 わかりやすいダムの話，工博 内村三郎（日本セメント技術協会） ○昭 28 年度河川現況調書 第2輯（建設省河川局） ○昭 30 年度水力調査書（通商産業省公益事業局） ○傾斜心壁形フィルタイプダムの浸潤線・透水量に関する研究，福田

秀夫（鹿島建設技術研究所出版部） ○ゴム瀝青による道路の改良 イニロ参考資料 16（イニロ日本代表部） ○土木学会中部支部・関西都市道路研究会昭 30 年講習会パンフレット 道路工学 ○Proceedings of the Symposium on Prestressed Concrete and Composite Beams, Nov., 1955（橋梁・構造工学研究連絡委員会）

II. 昭.31.4. 間に購入した分 なし

学会備付図書（国内）一覧（12）

I. 昭.31.5. 間に寄贈を受けた分

○コンクリート パンフレット 46 ブロック建築問答，工博 竹山鍊三郎外 5 名（日本セメント技術協会） ○同 47 建築の型ワク工事，小林 制・岩崎忠夫（同） ○材料実験 セメント・骨材・コンクリート，岸田林

太郎（双文社） ○TVA 編 TVA ノコンクリート（コンクリートノ製造と管理），工博 近藤泰夫訳（国民科学社）

○港湾計画論，工博 東 寿（日本港湾協会） ○相模大橋工事並びに強度試験報告（神奈川県土木部・相模大橋応力測定委員会） ○線路と共に，枝松鷹次（鉄道現業社）

II. 昭.31.5. 間に購入の分 なし