

4 編 設 計

1 章 設計に関する一般事項

1 節 設 計 図

36 条 設計図に記載する事項

設計図には、次の事項を明記しなければならない。

(1) 構造物の名称、形式および図面の尺度

設計の基本とした主な荷重

設計責任者の所属および氏名

設計年月日

材 料 表

(2) 部材の設計において基準とした材令 28 日のコンクリート

の圧縮強度 σ_{28}

コンクリートの許容曲げ圧縮応力度 σ_{ca}

コンクリートの許容曲げ引張応力度 σ_{ca}'

プレストレスを与えるときのコンクリートの圧縮強度

(3) 粗骨材の最大寸法

(4) PC 鋼材の引張強度 σ_{pu}

PC 鋼材の降伏点応力度 σ_{py}

PC 鋼材の許容引張応力度 σ_{pa}



PC 鋼材の有効引張応力度 σ_{pe}

プレストレスを与えた直後、設計断面における PC 鋼材に作用している引張応力度 σ_{pt}

設計に用いたシースその他と PC 鋼材との間の摩擦係数

PC 鋼材を引張る順序

PC 鋼材に与える引張応力度 または 引張力

(5) その他、施工上特に必要な事項

【解 説】 この条は、鉄筋コンクリート構造の場合に必要な事項のほか、プレストレス コンクリートでの施工上の特殊な事項をあげたものである。

鉄筋コンクリート構造では設計図面にしたがうだけで施工することが可能であるが、プレストレス コンクリート構造においては、施工者が施工の各段階における部材の安全性を十分理解していることができるように、設計図には施工に必要な応力計算書、あるいはその抜き書きを付随させなければならない。

(5) について その他、施工上特に必要な事項とは、たとえば、プレストレスを与えることによって生じるはりの縮み、出来上りのはりのそり、運搬、取扱い、架設中における注意事項、特に部材の支持状態の許容限度、一時的に加えてよい荷重の許容限度、工法による特殊な注意事項、等である。

2 節 応力度 および 安全度の計算

37 条 応力度計算上の仮定

部材断面の応力度の計算は、部材全断面を有効とし、弾性理論と平面保持の法則によって行うものとする。

【解 説】 パーシャル プレストレッシングの場合、あるいはフル プレ

ストレッチングの場合でも一時的に引張応力がおこる場合、またはまれにしか生じない荷重の組合せにより引張応力がおこる場合でも、コンクリートの引張応力度が 6 章の許容応力度をこえない場合には、部材の全断面を有効とし応力計算することを示したものである。この場合、コンクリートの圧縮に対するヤング係数と引張りに対するヤング係数は等しいものと考えてよい。

このことは、コンクリートが引張応力に抵抗できるという考えを認めたものではなく、コンクリートの引張応力度が 6 章の許容応力度以下にしてあれば、引張応力を受けるコンクリート部分を無視して計算したコンクリートの圧縮応力度 および PC 鋼材引張応力度と全断面を有効として計算したコンクリートの圧縮応力度 および PC 鋼材引張応力度とは一般にあまり差がないので、計算を簡単にするを目的としたにすぎないのである。したがって、断面におこる引張応力は、コンクリートは引張応力に抵抗できないものとして、すべてこれを鉄筋で受けさせなければならないのである。

38 条 応力度の計算を必要とする部材の状態

プレストレス コンクリート部材におこるコンクリート および PC 鋼材の応力度は、一般に次の二つの状態において、それぞれ最悪の影響を与える荷重の組合せについて計算し 59 条~64 条 に示す許容応力度以下となるようにしなければならない。

- 1) プレストレスを与えた直後の状態
- 2) PC 鋼材のレラクセーション、コンクリートのクリープ および 乾燥収縮の終わったのちの状態

特殊な場合には、必要に応じて他の状態についても計算しなければならない。

【解 説】 一般に、この条における二つの状態において、それぞれ最悪の影響を与える荷重の組合せについて計算すればよい。一般に単純げた

においては、1) の状態は与えたプレストレスと自重のみが作用している状態であり、2) の状態は与えたプレストレスが PC 鋼材のレラクセーション、コンクリートのクリープおよび乾燥収縮によって減少し、自重、自重以外の静荷重および動荷重が作用している状態である。

ここにいう特殊な場合とは、PC 鋼材のレラクセーション、コンクリートのクリープおよび乾燥収縮が終る前に動荷重が作用する場合、PC 鋼材のレラクセーション、コンクリートのクリープおよび乾燥収縮によるプレストレスの減少を回復させるために、PC 鋼材に所定の引張力を与え直す場合、不静定構造物の場合、等であって、これらの場合には施工の順序に応じて最悪の影響を与える荷重の組合せについて、応力計算をしなければならない。

39 条 PC 鋼材の応力度の計算

PC 鋼材の応力度の減少、および増加は次の事項を考慮して計算しなければならない。

- (1) PC 鋼材のレラクセーション、コンクリートの弾性変形、クリープおよび乾燥収縮
- (2) PC 鋼材とシースとの間の摩擦
- (3) PC 鋼材を定着する際のセット
- (4) 荷重による応力度

【解 説】 (1) について プレテンション方式においては、コンクリートの弾性変形による引張応力度の減少を、必ず考慮しなければならないが、ポストテンション方式においては一般に考慮する必要はない。しかし施工上 PC 鋼材を順次に引張る場合は、コンクリートの弾性変形を考えて、おのおの PC 鋼材の引張応力度 および 引張る順序を定めなければならない。この場合の平均引張応力減少量は次式で計算してもよい。

$$\Delta\sigma_p = \frac{1}{2} n \sigma_{cpg} \dots\dots\dots(1)$$

$\Delta\sigma_p$ = PC 鋼材の引張応力減少量

σ_{cpg} = プレストレスによる PC 鋼材図心位置のコンクリートの応力度

n = ヤング係数比

PC 鋼材に所定の引張力を与え直す場合には、PC 鋼材のレラクセーション、コンクリートのクリープおよび乾燥収縮によるプレストレスの減少は PC 鋼材に所定の引張力を与え直さない場合より、小さい値を考えてよい。

(2) について 摩擦による PC 鋼材の引張力の減少については、シースおよび PC 鋼材の種類、それぞれのさびの程度および配置状態によって著しく異なるものである。

一般に摩擦による PC 鋼材の引張力の減少は PC 鋼材の図心線の角変化に関係する項と、PC 鋼材の長さに関する項とに分けて次式で表わすことができる。

$$P = P_0 e^{(\mu\alpha + \lambda l)} \dots\dots\dots(2)$$

ここに μ = 角変化 1 ラジアン当りの摩擦係数

α = 角変化 (ラジアン)

λ = PC 鋼材の長さ 1 m 当りの摩擦係数

l = PC 鋼材の長さ (m)

P = PC 鋼材のジャッキの位置の引張力

P_0 = 設計断面における PC 鋼材の引張力

PC 鋼材の長さ 40 m 程度以下、PC 鋼材の角変化 30° 程度以下の場合には、次の近似式によってよい。

$$P = P_0 (1 + \mu\alpha + \lambda l) \dots\dots\dots(3)$$

設計の際には、一般に表一5の値を仮定して PC 鋼材の引張力を計算してもよい。しかし、減摩処置をほどこすことを示方する場合には、従来の実績による数値を設計に用いてよ

表一5 摩擦係数

	λ	μ
鋼線束	0.004	0.3
鋼棒	0.003	0.25
鋼より線	0.004	0.25

い。

スペーサーを用いる場合、スペーサーが、PC鋼材に引張力を与える際に動くことができないような特別な場合には、スペーサーとPC鋼材との間の摩擦を考えなければならない。

(3)について PC鋼材の定着の際に、セットを生じることがある場合には、これによるPC鋼材引張応力度の減少をも考慮しなければならない(32条参照)。

(4)について 付着のある場合、荷重によるPC鋼材引張応力度の増量はPC鋼材重心位置における荷重によるコンクリート応力度に n (ヤング係数比)を乗じて求めてよい。

40 条 安全度の計算

プレストレスト コンクリート部材の設計では、破壊に対する安全度を計算しなければならない。

【解 説】 プレストレスト コンクリートでは、部材にプレストレスが与えられているため、コンクリートあるいはPC鋼材におこる応力と荷重とは比例していない。このため、設計荷重に対して十分安全であっても、これから直ちに破壊に対する安全度を推定することはできない。また設計荷重に対する場合と、破壊をおこす荷重に対する場合とで、部材の応力状態も非常に異なるので、破壊に対する安全度を計算しなければならないのである。

41 条 PC鋼材のヤング係数

設計計算に用いるPC鋼材のヤング係数は、 $2\,000\,000\text{ kg/cm}^2$ としてよい。

【解 説】 PC鋼材のヤング係数は16条解説にも述べてあるように応力の与え方によって異なることがあり、また、PC鋼材の種類および製造方法によっても異なるものであるが、9条および10条に規定する品質のPC鋼材では一般にそのヤング係数は $1\,900\,000\sim 2\,100\,000\text{ kg/cm}^2$ の範囲にある。このことから設計計算においてヤング係数比の算出に用いる

ヤング係数は、 $2\,000\,000\text{ kg/cm}^2$ としてよいことにしたのである。

しかし、プレストレスングの際のPC鋼材の伸びを計算する場合には、16条において試験によって求めた応力-ひずみ曲線、または荷重-ひずみ曲線を用いなければならない。

19本、37本、等の太いPC鋼より線を用いる場合には、そのヤング係数は $1\,600\,000\text{ kg/cm}^2$ 程度となっていることもあるので、設計計算においても試験によって求めたヤング係数を用いなければならない。

42 条 コンクリートのヤング係数

設計計算に用いるコンクリートのヤング係数は圧縮および引張りに対して表-6の値を用いてよい。

表-6 コンクリートのヤング係数

コンクリートの圧縮強度 σ_{28} (kg/cm^2)	E_c (kg/cm^2)
300	300 000
400	350 000
500	400 000
600	450 000

【解 説】 コンクリートの圧縮強度とヤング係数の関係は、使用する骨材の種類、単位セメント量、乾湿の状態、測定方法などによって変るが、同じ条件で測定してもヤング係数の値のばらつきはかなり大きくなるものである。また一般に円柱形供試体によって求めたヤング係数の値は部材のたわみ、弾性ひずみから算出したヤング係数の値より小さい値を示すことが多い。

表-6の値は多くの実測値を参考にして計算に用いてよい概略の値を与えたものである。

引張りに対するヤング係数と圧縮に対するヤング係数とは必ずしも等しくはないが、設計計算においては同じ値と考えてよい。

43 条 PC 鋼材のリラクセーション

設計計算に用いる PC 鋼材に最初に与えた引張応力度のリラクセーションによる減少率は表-7 の値としてよい。

表-7

PC 鋼材の種類	リラクセーションによる減少率(%)
PC 鋼 線	5
PC 鋼 より 線	5
PC 鋼 棒	3

【解 説】 PC 鋼材のリラクセーションによる引張応力度の減少量は、PC 鋼材の種類、材質、および最初に与える引張応力度によって異なるものであるが、表-7 の値はこの指針に示す許容応力度の範囲内で設計計算に用いて安全であると考えられる概略の値を与えたものである。あらかじめ使用する鋼材の材質がわかっている場合には、その鋼材の長期リラクセーション測定資料をもとにして、リラクセーションによる減少率(表-7)の値を変更することができる。

PC 鋼材のリラクセーション試験は、PC 鋼材の長さを一定にして行ったものである。しかし、プレストレスト コンクリート部材においては、プレストレスを与えるとコンクリートのクリープがおこり部材長が短縮する結果、リラクセーションにより実際におこる引張応力度の減少は、PC 鋼材を単独に試験した場合より小さくなるものである。

44 条 コンクリートのクリープおよび乾燥収縮

(1) クリープ : コンクリートのクリープ度は弾性ひずみ度に比例し、次の(4)式で表わされるものと仮定する。

$$\epsilon_c = -\frac{\sigma}{E_c} \phi \dots\dots\dots(4)$$

ここに ϵ_c = コンクリートのクリープ度

σ = コンクリートにおこっている応力度

E_c = コンクリートのヤング係数

ϕ = コンクリートのクリープ係数 = $\frac{\text{クリープ度}}{\text{弾性ひずみ度}}$

コンクリートのクリープによるプレストレスの減少を計算する場合、一般にクリープ係数は次の値としてよい。

表-8 計算に用いるクリープ係数

状 態	クリープ係数 (ϕ)
屋 外 の 場 合	2.0
屋 内 の 場 合	2.5~4.0

ただし、この場合プレストレスを与えるときのコンクリートの強度が部材の設計において基準とした材令 28 日における圧縮強度、 σ_{28} の 85% 以上でなければならない。

(2) 乾燥収縮 : コンクリートの乾燥収縮によるプレストレスの減少を計算する場合、乾燥収縮度は一般に次の値としてよい。

表-9 計算に用いる乾燥収縮度

状 態	ポストテンション方式の場合	プレテンション方式の場合
屋外の場合	15×10^{-5}	20×10^{-5}
屋内の場合	25×10^{-5}	35×10^{-5}

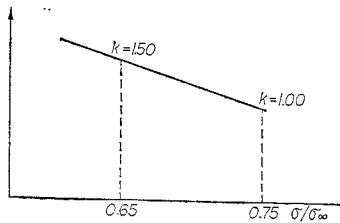
【解 説】 (1) について クリープ係数の値は種々の条件のもとで施工された多くの橋について、クリープを実測した結果を参考として定めた値である。クリープによるプレストレスの減少量の大きさは、単位セメント量が多い場合、早期にプレストレスを与える場合、乾燥している場合、冬期に施工する場合、等に大きくなるものであるが、この条のただし書き

にしたがって施工する場合には、この条の数値を用いて一般に安全側の値を示すものである。本文ただし書きにはコンクリートの強度の条件しか与えられていないが、現場で製作する部材については単に強度の条件が満足されるばかりでなく、プレストレスを与えるときのコンクリートの材令は 4~5 日以上とする。

部材のコンクリートに生じる収縮ひびわれを防ぐため、あるいは部材の運搬のためには、本文のただし書きに示すコンクリートの強度の条件が満足されなくても必要な最少限のプレストレスを 19 条 (2) にしたがって与えることは、さしつかえない。

工期の関係、あるいはプレキャスト部材で早期にプレストレスを与えることが予期される場合には、設計におけるクリープ係数の値をかえなければならぬ。この場合のクリープ係数の割増しについては、図-6 によって計算してもよいが、この条に規定した値以下になってはならない。

図-6



k = クリープ係数の割増し係数
 σ = プレストレスを与えるときのコンクリートの圧縮強度
 σ_{∞} = コンクリートの最終圧縮強度

σ_{∞} と σ_{28} の関係は次のように仮定してよい。

- 普通ポルトランドセメント $\sigma_{\infty} = 1.15 \sigma_{28}$
- 早強ポルトランドセメント $\sigma_{\infty} = 1.10 \sigma_{28}$

特にプレストレスを与える時期が遅い場合、あるいは水中にあって乾燥しない部材については、より小さいクリープ係数の値を考慮してもよいが、この指針においては推しようする値をきめることはできない。

クリープおよび乾燥収縮の進行の早さは、測定結果によるとばらつきの多いものであるが、大体次のように考えることができる。

表-10 クリープおよび乾燥収縮の進行度

プレストレスを与えてからの材令 (月)	1	3	6
クリープ、乾燥収縮の進行度	1/5	1/3	1/2

(1) および (2) について 状態として規定した屋外とは部材が直接外気にふれる状態を指し、屋内とは外気としゃ断された状態全般を指しているが、外気とのしゃ断の程度、暖冷房の有無、その他の条件により乾燥の程度は非常に異なるものである。

クリープおよび乾燥収縮による PC 鋼材の応力度の減少を計算するには次の式によってよい。

$$\sigma_{p\varphi} = \frac{\frac{E_p}{E_c} \varphi \cdot \sigma_{cp} + E_p \varepsilon_s}{1 + \frac{E_p}{E_c} \frac{\sigma_{cpt}}{\sigma_{pt}} \left(1 + \frac{\varphi}{2}\right)} \dots\dots\dots (5)$$

$\sigma_{p\varphi}$ = コンクリートのクリープおよび乾燥収縮による PC 鋼材の応力度の減少量

φ = クリープ係数

σ_{cp} = 考えている PC 鋼材の位置におけるコンクリートの圧縮応力度

E_c = 部材の設計において基準とした材令 28 日におけるコンクリートの圧縮強度に対するヤング係数

E_p = PC 鋼材のヤング係数

ε_s = コンクリートの乾燥収縮度

σ_{cpt} = 考えている PC 鋼材の位置におけるプレストレスを与えた直後のプレストレス

σ_{pt} = プレストレスを与えた直後の PC 鋼材の引張応力度

プレストレスを与えてから 1 年経過した時には、コンクリートのクリープおよび乾燥収縮が終ったとして計算してもよい。

2 章 構造細目

45 条 PC鋼材の配置

(1) PC鋼材の間隔

プレテンション方式の場合にはPC鋼材をコンクリートで確実に包み、十分な付着強度が得られるようにPC鋼材を配置しなければならない。部材端部におけるPC鋼材の純間隔は、水平・鉛直兩方向ともPC鋼材の直径の3倍以上、なお、水平方向は粗骨材の最大寸法の4/3倍以上としなければならない。

ポストテンション方式の場合、PC鋼材定着部附近におけるシースの純間隔は、粗骨材最大寸法の4/3倍以上としなければならない。その他の場所においては、コンクリートの締固めが十分にでき、PC鋼材に引張力を与える時に、シースが破壊しないことが確かめられているときには、シースを接触させて配置してもよい。

(2) かぶり

プレテンション方式の場合のPC鋼材のかぶりは一般に表—11

表—11 最小かぶり

風雨にさらされない場合	1.5 cm
寸法が大きく、重要な構造物、または風雨にさらされるもの	2.5 cm
ばい煙、酸、油、塩類、等の有害な化学作用を受けるおそれのある部分を有効な保護層で保護しない場合または土に接する場合	3.5 cm

の値以上、もしくは、PC鋼材直径の2.5倍以上でなければならない。

ポストテンション方式の場合、シースのかぶりは4 cm以上としなければならない。

その他の場合におけるかぶりは原則として鉄筋コンクリート標準示方書によらなければならない。

【解 説】(1)について プレテンション方式の場合には特に部材端部においてコンクリートとPC鋼材の間に大きな付着応力が働らくので、十分な付着力を発揮させるため、およびコンクリートが十分よく締め固められるようにするためPC鋼材の配置を規定したものである。

ポストテンション方式で内部振動機を用いてコンクリートを締め固める場合にはシースをそこなわずに締固めが十分できるようにPC鋼材の配置を定める必要がある。部材中央部附近においては、何本かのシースを接触して配置してもよいが、この場合にも各シースを十分にコンクリートあるいはモルタルで包むことができなければならない。シースを曲げて配置するとき、これが接触しているとPC鋼材に引張力を与える時にシースが破壊することがあるから十分注意しなければならない。

63条に示すPC鋼材の許容引張応力度を用いて設計する場合にはPC鋼材の曲げ半径はPC鋼材直径の700倍以上としなければならない。PC鋼材に曲げ加工を施す場合、曲げ加工がPC鋼材の性質に及ぼす影響はその材質および加工後の処理によって異なるものであるから、この指針では一般的な数値を示すには至っていない。

(2)について プレストレスによってプレストレスの作用する方向と直角方向にコンクリートに、ひびわれを生じるおそれがあるので、PC鋼材のかぶりはあまり小さくしないのがよい。

46 条 鉄筋の配置および加工

鉄筋の最小間隔、かぶり、フックおよび継手については鉄筋コン

クリート標準示方書によるものとする。

47 条 用心鉄筋

プレストレスト コンクリート部材には適量の用心鉄筋を配置しなければならない。ポストテンション方式の場合、部材に配置する鉄筋はコンクリート 1 m³ 当り 25 kg 以上でなければならない。

【解 説】 計算上鉄筋がいらない場合でも予期しない応力やひずみが生じて、ひびわれを生じさせる原因となることもあるので、このようなひびわれが有害な程度に大きくならないように用心鉄筋を配置しなければならないのである。

不均等な温度、含水量、等の変化による不均等な収縮、膨張の有害な影響をさけるために、用心鉄筋を部材表面近くに配置するのがよい。

大きな圧縮応力のおこるところでは、これと直角方向にコンクリートの横膨張が生ずる。このような横膨張に対して横方向に相当量の鉄筋を配置するのがよい。

48 条 PC 鋼材および定着部の保護

(1) プレストレスをコンクリートに与えたのち、PC 鋼材はさび止めのため、これをコンクリート中に埋め込むか、グラウト注入をするか、良質の防錆材を用いるかしなければならない。防錆材を塗る場合には、塗りかえが容易にできるようにしておかなければならない。

(2) PC 鋼材の定着部は破損または腐食しないようにこれを保護しなければならない。

【解 説】 (2) について PC 鋼材の端は部材端面、または部材の外で切り揃え、アスファルト、またはコールタールを塗布するか、あるいはモルタルで包み、さびないように保護しなければならない。

PC 鋼材の定着具も同様に保護しなければならない。特に定着具はコンクリート中に設けたくぼみに収容し、あとでコンクリートあるいはモルタルを施工して定着具が部材中に埋め込まれる構造とするのがよい。

49 条 PC 鋼材定着部のコンクリートの補強

PC 鋼材定着部附近の部材コンクリートには PC 鋼材と直角な面内に引張応力が作用し、ひびわれ発生のおそれがあるのでスターラップ、格子状、またはらせん状鉄筋、等で補強しなければならない。

【解 説】 PC 鋼材を定着具で定着する場合には、定着具からその支承面に集中荷重が作用することになる。付着によって定着する場合にも PC 鋼材定着長区間に沿って各断面ごとに集中荷重が作用することになる。したがって、局部応力として PC 鋼材に直角な面内に引張応力が生ずる。この引張応力を受けるため、一般に定着具背面に格子状、またはらせん状鉄筋を配置している。これはそれぞれの定着具について定められているのが普通であるから、設計にあたっては定着具供給者の示方を参考とするのがよい。プレテンション方式では上記の引張応力度は一般に小さいので特別な鉄筋は必要としない。

以上是个々の PC 鋼材または定着具によって生ずる引張応力度についてであるが最も危険なのは、プレテンション方式で PC 鋼材を二群にわけて、断面の上下あるいは左右に離して配置した場合、またはポストテンション方式で同一定着面に数個の定着具を離して配置した場合である。それは前者では、両群の PC 鋼材に直角な平面内で、両 PC 鋼材群の中間に、また後者では各定着具中間で、それぞれ大きい引張応力がコンクリートにおこるためひびわれが発生するおそれがある (図-7 参照)。

これらのひびわれを防止するためには部材端部附近のコンクリート断面を大とするか、スターラップ、格子状またはらせん状鉄筋で十分補強することが大切である。

定着具が部材の端部でない場合には、定着具の附近のコンクリートにプレストレスの方向の引張応力がおこるので、必要に応じてこれに対しても

鉄筋により補強する必要がある (図-7 参照)。背面の引張応力の総計は、定着具に加えらるる引張力の ほぼ 半分程度であるといわれている。

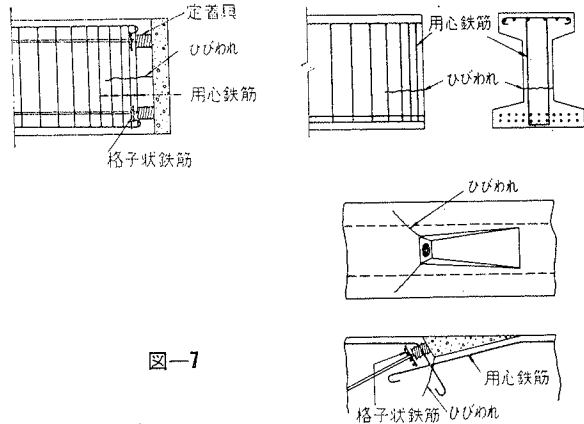


図-7

3 章 曲げ応力に対する計算

1 節 プレストレス および 断面の算定

50 条 フル プレストレッシングの場合の部材の設計

(1) 部材引張部のコンクリートには、設計荷重が作用するとき、引張応力がおこらないように部材の断面 および プレストレスの大きさを定めなければならない。

(2) 部材圧縮部のコンクリートには、プレストレスを与えた直後 および 静荷重のすべてが作用するまでは、短期間・61 条 表-14

1 行の許容応力度をこえない範囲で引張応力がおこってもよい。コ

ンクリートの引張応力は、これを 52 条 (2) の規定にしたがって、引張鉄筋で受けさせなければならない。

(3) 温度、風、等の影響を合せ考えたとき、またまれにしか生じない荷重の組合せを考えたときには、61 条 表-14 4 行の許容応力度をこえない範囲で引張応力がおこってもよい。

【解 説】設計荷重という意味は設計において考慮しなければならない主なる荷重のことであり、一般に静荷重 および 動荷重よりなっており、その作用する時期は特殊な場合を除いて、一般に PC 鋼材のレラクセーション、コンクリートのクリープ および 乾燥収縮が終了した後である。

(1) および (3) について フル プレストレッシングでは、設計荷重が作用したときに、部材引張部に引張応力がおこってはならない。このためには、有効プレストレスの方が設計荷重による引張応力度よりも常にか大きくなるようにしなければならない。

ただし、同時に直角二方向の曲げを受ける場合、断面の一つの隅には引張応力がおこってもよいが、いずれの一方の曲げに対しても引張応力がおこらないようにしなければならない。

温度、風、等の影響を合せ考えたとき、またはまれにしか生じない荷重の組合せを考えたときは、許容応力度をこえない範囲の引張応力がおこってもよいのである。このときの許容応力度は 61 条 表-14 に示してある。

(2) について プレストレスを与えた直後 および 静荷重のすべてが作用するまで、部材圧縮部に許容される引張応力度は、一般の場合に対しては非常に大きい値が与えてある。しかしこの引張応力のおこってもよい期間がごく短い期間に限られていることに注意しなければならない。それは万一、部材圧縮部に ひびわれが生じたとき、長期間にわたってそのままに放置しておくとコンクリートのクリープ、その他によって ひびわれが大きくなり、のちに大きい圧縮応力が作用しても、ひびわれが閉じないことがあるから、大きい引張応力を長期にわたって許容することはできないのである。

プレテンション方式の場合に、PC 鋼材を直線状に配置し、また部材断面の寸法が長さに沿って不変であるような部材を設計すると、クリープおよび乾燥収縮が終り、すべての静荷重が加わっても、はり端では、プレストレスを与えたときにおこった引張応力は打ち消されないから、部材圧縮部に引張応力がのこっていることがある。これをさけるためには、PC 鋼材がコンクリートに与える合力の作用点が断面の核の内にあるような設計としなければならない。

51 条 パーシャル プレストレッシングの場合の部材引張部の設計

(1) 設計荷重が作用するとき、コンクリートの全断面を有効として応力計算をする。

(2) 設計荷重が作用するとき、断面におこるコンクリートの引張応力は、52 条 (1)、(3) にしたがって、これを引張鉄筋で受けさせなければならない。

(3) 設計荷重が作用するとき、(1) によって計算した曲げ応力度とプレストレスとを合成したコンクリートの引張応力度は、61 条表一 15 に示す許容引張応力度をこえてはならない。

【解 説】 パーシャル プレストレッシングによるとフル プレストレッシングによる場合よりも一般に経済的な設計ができるのである。動荷重が静荷重に比較して大きい場合にはパーシャル プレストレッシングとすることが特に経済的となる。これに反して、動荷重の小さい場合にはパーシャル プレストレッシングとしても、あまり経済的とはならないこともある。

パーシャル プレストレッシングで設計する場合には、なるべくひびわれを生じることによる有害な影響を避けるために次のような制限を設けるのがよい。

(a) 屋外構造物では生じたひびわれがそのまま開口した状態であることを避けるため、静荷重だけのときには引張応力がおこらないよ

うにする。

(b) 振動を受ける構造物では、動荷重の 1/2 が作用するときには引張応力がおこらないように設計する。

(c) 橋の場合には許容引張応力度を小さく選ぶ(61 条 表一 15 参照)。

(d) 部材引張部には PC 鋼材および鉄筋を一様に分布させて、ひびわれ間隔がせまくなるようにする。

(e) 引張応力のおこる区間には、なるべく打継目を設けないようにする。もし、打継目を設けなければならないときは、この位置をコンクリートの引張応力度が許容引張応力度の 1/2 以下で、かつ、静荷重だけのときには引張応力がおこらないような場所としなければならない。

(1) および (2) について 部材断面に引張応力がおこってもこの引張応力を受けるコンクリート部分をも考慮に入れて、応力計算をしてもよいと定めたのは、37 条の応力度計算上の仮定において述べてあるごとく、許容引張応力度程度の引張応力が作用するときには、引張応力をうけるコンクリート部分を無視して計算した最大圧縮応力度と、この条 (1) にしたがって計算した最大圧縮応力度との差が一般に小さいので、計算を簡単にするためである。また許容引張応力度をコンクリートの曲げ引張強度よりも小さく選んであるから、コンクリートブロックをつないではりとした場合を除いては、ひびわれの安全度は、なお鉄筋コンクリートの場合よりも一般に大きいものである。

断面におこるコンクリートの引張応力は常にこれを鉄筋で受けられるように設計しなければならないので、万一ひびわれが生じて、この鉄筋が有効に作用してくれるので、ひびわれも大きくならず、最大圧縮応力度も、この条によって計算したものと著しく異なるようになることがないのである。

2 節 引張鉄筋の算定

52 条 引張鉄筋の算定一般

(1) 断面におこるコンクリートの引張応力は、引張鉄筋で、これを受けさせなければならない。引張鉄筋は、64 条に規定する許容応力度を用いて算定し引張応力を受ける区間に分布させて配置しなければならない。

(2) 50 条に規定したプレストレスを与えた直後、すべての静荷重が作用する前に部材圧縮部に短期間おこる全引張応力を受けるための引張鉄筋、およびまれにしか生じない荷重の組合せを考えたときの引張鉄筋の算定を行う場合には、64 条(1)に規定する鉄筋の許容応力度を 30% 増してよい。

(3) 付着のある場合、引張応力を受けている部分に分布している PC 鋼材の応力度と、コンクリートに起こっている全引張応力を、PC 鋼材で受けさせたとしたときの PC 鋼材の応力度との和が、63 条に規定する PC 鋼材の許容応力度以下におさまるときは、この PC 鋼材を引張鉄筋とみなしてよい。ただし、コンクリートにおこる全引張応力を受けさせた、としたときの PC 鋼材の応力度は、 2000 kg/cm^2 をこえてはならない。

【解 説】 (1) について プレストレス コンクリートでは設計荷重の範囲内における応力計算は全断面が有効であるとして、引張応力のおこっているコンクリートの部分をも考えてよいと仮定してあるが、コンクリートにおこる引張応力はこれをすべて引張鉄筋で受けられるようにしておかなければならないのである。それはひびわれが生じることがあると、応力計算の仮定が全く異なったものとなり、応力分布が変化することからである。

引張鉄筋を算定する場合、引張応力を受けるコンクリート部分にひびわ

れを生じたものとして、この引張部分を見捨てて応力計算をしてもよいのであるが、これは非常に複雑な計算となるから、全断面を考えて応力計算をしたときのコンクリート引張部に作用しているコンクリート引張応力の合力を求めて、この引張力を 64 条に規定する鉄筋の許容応力度で割って引張鉄筋断面積を算定してよいのである。この鉄筋をコンクリート引張部に分布させて配置し、その定着についても十分考慮しなければならない。

(2) について 部材圧縮部にごく短期間引張応力がおこるときには 64 条(1)の許容応力度を 30% 増加させてもよいが、一般に付着強度の大きい細い鉄筋を配置するのがよい。部材圧縮部におこる引張応力の作用する期間が相当長期にわたるような場合には、この 30% の割増しをしてはならない。

53 条 付着のない場合の引張鉄筋の算定

付着のない場合には (有効プレストレス) + $1.35 \times$ (設計荷重) の荷重状態のときコンクリートにおこる全引張応力に対して引張鉄筋を配置しなければならない。この場合の鉄筋許容応力度は 64 条(2)による。

【解 説】 付着のない場合で引張り側に適当量の引張鉄筋が配置してないときには、設計荷重以上に荷重が増加するとき生じるひびわれは付着のある場合にくらべて、ひびわれの巾が大きくなるので部材圧縮部の応力度が急激に増加する。したがって、安全のために設計荷重の 35% 増しの荷重を受けたときにコンクリートにおこる引張応力を鉄筋で受けるようにしたのである。

54 条 あとで付着をおこさせる場合の引張鉄筋の算定

(1) PC 鋼材に引張力を与えたのち、直ちに付着をおこさせない場合には、付着をおこさせる前に作用するすべての荷重に対し、53 条にならって引張鉄筋の算定をしなければならない。

(2) PC 鋼材が引張部分に一樣に分布されていないときには、

付着をおこさせた後に作用するすべての荷重に対して、53 条の規定にしたがって計算する。

(3) PC 鋼材が引張部分において、ひびわれ発生間隔をせまくできるように有効に配置されている部分では、52 条 (3) にしたがって PC 鋼材を引張鉄筋の一部とみなしてもよい。

【解 説】(1) について PC 鋼材に引張力を与えたのち、付着をおこさせるまでの間は、やはり「付着のない場合」であるから 53 条と同様に引張鉄筋を定めなければならないのである。

(2) について PC 鋼材が部材引張部に一様に分布されていないとき、付着がおこるようにした場合でも、十分な付着強度が期待できないおそれがあるから、安全のために「付着のない場合」と同様に 53 条にしたがって引張鉄筋を定めることとした。

(3) について ひびわれ間隔をせまくできるように PC 鋼材が有効に配置されている部分とは、PC 鋼材または引張鉄筋間隔が約 15 cm 以下の部分である。

最大引張応力度のおこる断面ではこの間隔をさらにせまくするのがよい。

4 章 破壊に対する安全度

55 条 破壊に対する安全度

破壊に対しては、次の荷重状態に対して断面が安全であることを確かめなければならない。

$$1.3 \times (\text{静荷重}) + 2.5 \times (\text{動荷重})$$

および

$$1.3 \times (\text{静荷重 および 地震荷重の最も不利な組合せ})$$

【解 説】荷重およびプレストレッシングによる曲げモーメント、せん断力、軸方向力はすべて弾性理論によって計算するのである。

不静定構造物においては、一断面の破壊が直ちに構造物の破壊を引きおこすことにはならないのであるが、このような場合の破壊荷重に関する研究は、まだ発展の途上にあるので、この指針ではこの種設計法を採用するまでには至っていない。すなわち、一断面における破壊曲げ抵抗モーメントと弾性理論による設計曲げモーメントとを比較して安全度を検討することとしたのである。

ただ、破壊時にもプレストレスによる二次反力が残る場合にはこれを考慮してもよい。

この条で与えた各種荷重に対する安全度は一般の標準を与えたものである。したがって長スパンの場合とか、特殊な荷重が作用する場合とか、いうようなときには、それぞれの構造物の特殊事情を考慮して、この条の数値を変更することができる。

56 条 曲げ破壊モーメント計算上の仮定

(1) コンクリートの引張応力を無視し、維ひずみは断面の中立軸からの距離に比例するものとする。

(2) 部材の破壊時におけるコンクリートの応力分布は矩形とし、コンクリートの応力度は材令 28 日における圧縮強度 σ_{28} とする。破壊時におけるコンクリートのひずみ度は 2.5×10^{-3} とする。

(3) 付着のある場合には PC 鋼材引張応力度は前記 (1), (2) の仮定で求めた PC 鋼材のひずみと、その応力-ひずみ曲線とから求めらる。

(4) 付着のない場合には、PC 鋼材の応力度 σ_p を $\sigma_{pw} + 1400$ kg/cm² としてよい。

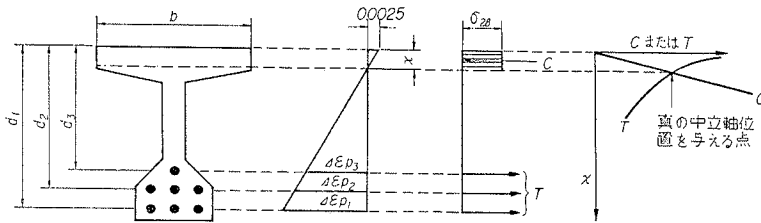
ここに σ_{pw} は設計荷重が作用したときの PC 鋼材の応力度であ

る。

【解 説】(1) について 引張側のコンクリートに、すでに ひびわれが生じている場合について考えているのであるから、鉄筋コンクリートの場合と同様にコンクリートの引張応力を無視するのである。

(2) および (3) について 破壊時におけるコンクリート断面の応力分布については、多くの研究者が各種の分布を考えている。この指針では、計算上一番簡単な 図-8 のような矩形分布を採用した。

図-8



コンクリートのひずみ度の最大値は、コンクリートの強度によってあまり変わらないから、従来の実験値をもととして、安全側に 2.5×10^{-3} としたのである。

この値を用い、かつ、中立軸位置 x を仮定すれば (1) の平面保持の仮定によって、PC 鋼材のひずみ増加が求められる。したがって、PC 鋼材の応力-ひずみ曲線を用いて有効引張応力度からの引張応力の増加が求められる。正しくは有効引張応力度からの増加ではないが、簡単のためこのように考えても大差はないものである。

以上によって仮定された中立軸 x に対する部材破壊時の PC 鋼材に作用している全引張力 T が計算できる。このときのコンクリート圧縮部に作用している全圧縮応力の合力は $C = bx\sigma_{2s}$ であるから、 $C = T$ であれば内力の平衡が成立する。したがって、 x を変化させて、 $C = T$ が成立するように試的に中立軸 x を求める。

図-8 において各段の PC 鋼材のひずみは次のようになる。

$$\Delta \epsilon_{p1} = 0.0025 \times \frac{d_1 - x}{x} \dots \dots \dots (6)$$

$$\Delta \epsilon_{p2} = 0.0025 \times \frac{d_2 - x}{x} \dots \dots \dots (7)$$

これらは PC 鋼材の有効引張応力度に相応する PC 鋼材のひずみからの増加であり、部材圧縮部におけるコンクリートの有効プレストレスによるひずみはコンクリートの最終ひずみにくらべて非常に小さいので無視している。

したがって、図-9 のように各段の PC 鋼材に作用している引張応力度 $\sigma_{p1}, \sigma_{p2} \dots$ が求められる。よって

$$T = A_{p1}\sigma_{p1} + A_{p2}\sigma_{p2} + \dots \dots \dots (8)$$

また、コンクリートの圧縮側応力の合力 C は、

$$C = \int_0^x b\sigma_{2s} dx \dots \dots \dots (9)$$

である。したがって、 x を仮定すれば、 T, C が求まるから、 x を変化させて、この T 曲線と C 曲線との交点が破壊時の中立軸 x を与えることになる。

破壊曲げモーメントは

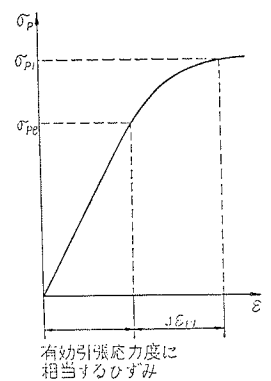
$$M_u = A_{p1}\sigma_{p1}\left(d_1 - \frac{x}{2}\right) + A_{p2}\sigma_{p2}\left(d_2 - \frac{x}{2}\right) + \dots \dots \dots (10)$$

によって計算できる。

以上の計算方法は最も一般的のものであって、任意の形の応力-ひずみ曲線を有する PC 鋼材についても、また、PC 鋼材が数段に配置してある場合にもそれぞれ応用できるものである。

PC 鋼材が大体同じ高さに配置されている場合には計算の簡単のために、PC 鋼材群の図心に全 PC 鋼材が集中しているものと仮定して計算してもよい。

図-9



この指針に規定するPC鋼線を使用するプレストレストコンクリート部材で、 $bd\sigma_{28}/A_p\sigma_{pu}$ が5より大きい場合には、はり が破壊するときPC鋼線の引張応力度は、ほとんどその引張強度に近いものとなるから、曲げ破壊時のPC鋼線引張応力度は σ_{pu} に等しいとおいてもよい。このとき引張鉄筋 A_s があるときには、その応力度は σ_{sy} に等しいものとしてよい。

よってPC鋼線が大体同じ高さにあり、中立軸が上突縁内にあるときには、破壊曲げモーメント M_u は、次の式で求められる。

$$M_u = T \left(d - \frac{x}{2} \right) = (A_p \sigma_{pu} + A_s \sigma_{sy}) \left(d - \frac{x}{2} \right) \dots\dots\dots (11)$$

$$x = \frac{A_p \sigma_{pu} + A_s \sigma_{sy}}{b \sigma_{28}}$$

以上の計算では引張鉄筋に作用している引張力は簡単のためにPC鋼線群の図心に作用しているという考えである。

なお、略算式としては、次の式を用いてもよい。

$$M_u = 0.9 A_p \sigma_{pu} d \dots\dots\dots (12)$$

$bd\sigma_{28}/A_p\sigma_{pu}$ が3より小さい場合には、PC鋼線の伸びが大きくなるにコンクリートが圧縮破壊をおこすから、破壊の曲げモーメントは(12)式によって求めてはならない。

このとき矩形断面では、

$$M_u = \frac{1}{3} b d^2 \sigma_{28} \dots\dots\dots (13)$$

によって求めてもよい。

(4) について 付着のない場合の破壊曲げモーメントは付着のある場合よりも小さいものである。多くの研究者によって報告されている破壊時のPC鋼材引張応力度の値は相当広い範囲に変化しており、多くの原因が付着のない部材の破壊時PC鋼材引張応力度の大きさに関係していることを示している。これらの原因としては、有効プレストレスの大きさ、PC鋼材の部材に沿っての配置形状、作用する曲げモーメントの部材に沿っての分布形状、PC鋼材とシースとの間の摩擦係数の大きさ、等が考えられる。

ここに示したPC鋼材の引張応力度の増加1400kg/cm²は、ごく概略

の値であって、主として単純ばりに適用されるものである。

5 章 せん断応力に対する計算

57 条 斜引張応力度の計算

(1) 全断面が有効であるとして計算したせん断応力度と垂直応力度とを用いて斜引張応力度を計算する。

断面に圧縮応力だけがおこっている場合には、圧縮応力がおこっている部分の各部について斜引張応力度の計算を行ってその最大値を求めなければならない。

(2) 設計荷重をうけた場合斜引張応力度は62条表-18の許容応力度をこえてはならない。

(3) 破壊に対する安全度を検討するための荷重を受けた場合にも便宜上全断面が有効であるとして計算したせん断応力度および垂直応力度を用いて斜引張応力度を計算してよい。

(4) 破壊に対する安全度を検討するための荷重を受けた場合、斜引張応力度は62条表-18の最大値をこえてはならない。

(5) コンクリートに作用する最大せん断力が支点上において生じる場合のせん断力に対する設計断面は、支承位置(けた下面)よりけたの図心軸までの距離に等しいだけ支点からはなれた断面とする。

【解説】(1) について 斜引張応力度の計算において、全断面を有効とするのはひびわれがないとした断面を意味するもので、斜引張応力度はこのひびわれがないとした断面について計算したせん断応力度(τ)

と、垂直応力度 (σ_c) とを用いて次の式によって計算する。

$$\sigma_1 = \frac{\sigma_c}{2} - \frac{1}{2} \sqrt{\sigma_c^2 + 4\tau^2} \dots\dots\dots (14)$$

σ_1 の負号は引張応力を示す。

はりの断面では τ は断面図心で最大となるが、 σ_c は一般に断面各位置で変化するから斜引張応力度の最大値は必ずしも断面図心位置に生じないものである。

したがって、断面各部について斜引張応力度を計算し、その最大値を求めなければならないことがある (図-10, 11 参照)。

図-10

(フルプレストressingの場合)

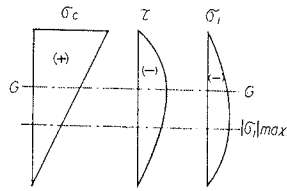
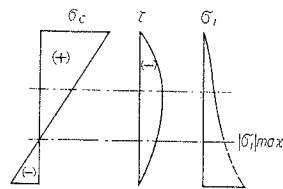


図-11

(パーシャルプレストressingの場合)



フルプレストressingの場合の斜引張応力度は、縁で0となり、断面内において最大値となる。

また、パーシャルプレストressingの場合には、一般に断面の縁で最大引張応力度が作用し、 $\sigma_c=0$ の位置で斜引張応力度の値は τ の値と等しくなる。特殊の場合を除いて斜引張応力度の検算は計算を簡略にするため一般に次の方法で行ってよい。

a) フルプレストressingの場合：断面の図心軸に生じているせん断応力度 τ と垂直応力度 σ_c を用いて計算した斜引張応力度 σ_1 をその断面の最大値と考える。

b) パーシャルプレストressingの場合：フルプレストressingの場合と同じようにして求めた断面図心軸の斜引張応力度 σ_1 と垂直応力度 $\sigma_c=0$ の位置で求めた斜引張応力度 σ_1 (せん断応力度 τ の値と等しく

なる) のうち大きい方の値をその断面の最大値と考える。

ただし断面図心位置の腹部巾に比較して、断面引張側の腹部巾がせまい場合には、a), b) の方法によって $|\sigma_1|_{max}$ を求めると誤差が大きくなる。

PC鋼材がわん曲して配置されている場合には、コンクリート断面に作用するせん断力として外力のせん断力からPC鋼材の引張力の鉛直分力を差し引いた値となる。また、プレストレスを与えた直後においてPC鋼材の引張りによる鉛直分力が、そのときに作用している外力によるせん断力より大きい場合には、逆向きのせん断力となることがあるが、この値が大きくなる場合には斜引張応力度の検討をしなければならない。

(2) について この規定は設計荷重を受けたときに斜引張応力による斜ひびわれ発生を避けるためのものである。フルプレストressingの場合の許容斜引張応力度は、鉄筋コンクリートにおいて腹鉄筋の計算を必要としない場合に許容されるせん断応力度と同じ程度の値であって、斜ひびわれ発生を危険のないことは従来の鉄筋コンクリートにおいて明らかとなっているところである。パーシャルプレストressingの場合の許容斜引張応力度は、コンクリートの曲げ引張強度の約40%に選んであるが、パーシャルプレストressingの一般の場合の許容曲げ引張応力度の約1/2であって、ひびわれに対してなお十分な安全度が確保されるようにしてある。

斜引張応力度の計算値が62条表-18の許容応力度をこえる場合には断面寸法、プレストレスの大きさ、等を変えるか、または、部材軸に直角なプレストレスを与えるか、しなければならない。

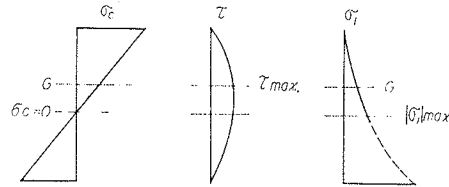
(3) について 曲げ破壊発生前に、一般の場合部材に大きいひびわれおよび変形が生じ、破壊の前徴が明らくなる。これに反し、腹鉄筋の配置してない部材がせん断力により、斜ひびわれを生じ、破壊するときはその破壊は一般に急激であって破壊の前徴が明らかでなく、非常に危険である。

PC鋼材がわん曲して配置されているときはPC鋼材引張力の垂直分力だけコンクリート断面の受けるせん断力は小さくなっている。荷重によるせん断力が増加しても上記垂直分力は一定のままであるからコンクリー

ト断面の受けるせん断力は荷重に比例せず、せん断応力度も荷重に比例しない。また垂直応力度 σ_c も荷重に比例しないから斜引張応力度は荷重に比例しないこととなる。また、一般に設計荷重時に斜引張応力度が許容応力度の条件を満足しているとしても、荷重が増加したときの斜引張応力度は荷重増加の割合よりも大きい割合で増加するものである。したがって、曲げ破壊を生じる荷重を受けたときに部材がせん断破壊をおこすことがないように設計しておくことは構造物の安全度の面から非常に大切である。

斜ひびわれ発生後の斜引張応力を計算することは一般に不可能であるから、便宜上全断面が有効であるとして斜引張応力度を計算し、この値を腹

図-12



鉄筋配置の必要があるかないか、また腹鉄筋を配置したとしてもなお十分安全であるかどうかを検討するための目安としたのである。破壊荷重が作用した

場合の断面におこる応力度は一般に図-12のようになる。

この場合の斜引張応力度の最大値は $\sigma_c=0$ のところを生じ、その値は τ の値と等しく、ひびわれ傾斜角は 45° となる。破壊荷重に対する最大斜引張応力度の検算は、特殊な場合を除いて計算を簡略するため次の方法によって行ってもよい。

- a) 断面の図心軸における斜引張応力度(σ_t)を計算する。
- b) 断面に作用する垂直応力度 $\sigma_c=0$ の位置におけるせん断応力度を求める。

これらの値のうち、どちらか、または両方が、許容斜引張応力度をこえている場合は、腹鉄筋を配置しなければならない。

(4)について 斜引張応力が大きくなったとき、腹鉄筋によってせん断力を受けさせる設計をしても、斜ひびわれが大きき発達すると、腹鉄筋のコンクリート圧縮部への埋込み長さが短くなり、十分な腹鉄筋端定着が期待できないため、腹鉄筋の作用が十分發揮されないおそれもある。し

たがって、腹鉄筋を配置したとしても、あまり大きい斜引張応力を許容することには疑問もあるので、斜引張応力度許容値の最大値を定め、この最大値をこえた場合には断面寸法、プレストレス、等を変えて破壊荷重を受けたときの斜引張応力度を最大許容値以下となるようにしたのである。

(5)について はりの支点付近では、はりに生じる反力によって腹部に大きな鉛直方向の圧縮応力がおこり、斜引張応力に対して有利に作用するものである。また、支点付近に生ずる斜引張応力は非常に複雑であり普通の方法で斜引張応力度を計算してもあまり意味がなく、従来実施された実験によると支承板の端から 45° の傾斜で引いた線の区間内では、斜ひびわれの生じることはほとんどないとされている。

以上の諸点を考慮して支点付近のせん断力に対する設計断面を規定したのである(図-13参照)。

また、PC鋼材がわん曲して配置されたはりでは、コンクリートに働く最大せん断力の作用する断面が必ずしも支点付近とはならず、支点

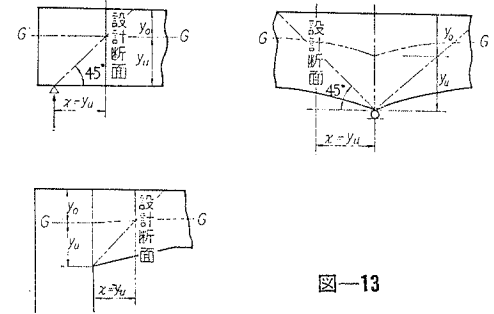


図-13

が最も危険な断面となる場合が多いから注意しなければならない。

プレテンション方式で定着長が長く、せん断力に対する設計断面が定着長の範囲内にある場合には、プレストレスが計算値に達していないことに注意しなければならない。定着区間におけるプレストレスの分布は部材端で0なるパラボラと考えてよい。また、設計に際してはPC鋼材の定着長は、プレストレスを与えるときのコンクリートの圧縮強度が 350 kg/cm^2 以上のとき、次のように仮定してよい。

- a) 表面平滑またはインデントッドPC鋼線に対して

$$100 \times (\text{PC鋼線直径})$$

- b) 表面に突出部を有する異形 PC 鋼線, または PC 鋼より線に対して
65 × (PC 鋼線直径 または PC 鋼より線直径)

58 条 斜引張鉄筋の算定

(1) 破壊に対する安全度を検討するための荷重を受けた場合, 斜引張応力度が 62 条 表-18 の許容値をこえるときは, 許容値の 0.75 倍をこえる区間の 全せん断力に対して斜引張鉄筋を用いなければならない。斜引張鉄筋の計算に用いる鉄筋の許容引張応力度は 64 条 (2) に示す値とする。

(2) 計算上斜引張鉄筋が必要でない場合でも はりでは常にスターラップを配置しなければならない。スターラップの間隔は, 部材の高さの 3/4 以下とするのを原則とする。けた高に比較して腹部のせまい部材では腹部の純高さをこえないのがよい。

【解 説】 (1) について この条は斜引張応力度がいかなる値をこえたならば斜引張鉄筋を計算して, 配置しなければならないかを規定したものである。鉄筋コンクリートはりでは, 斜引張鉄筋が必要な場合にはスパンのその側全部の斜引張応力に対して斜引張鉄筋を用いなければならないが, プレストレスト コンクリートはりでは許容値の 0.75 倍をこえる区間の全せん断力に対して斜引張鉄筋を用いればよいことにしたのである。それはプレストレスト コンクリートはりでは鉄筋コンクリートはりに比較して一般にスパンと はり高さとの比が大きいので斜ひびわれが生じてもひびわれがスパンのその側全体におよぶ危険は少いからである。

所定のせん断強度を保持するために必要な斜引張鉄筋量は, プレストレストの大きさ, 腹部の巾, 斜引張鉄筋量, せん断力と曲げモーメントの比, はりのスパン, 等によってかなり異なるものであるが, 一般にプレストレスト コンクリートにおいては, 鉄筋コンクリートの場合よりも少なくてもよい。

プレストレスト コンクリートの はりに必要な斜引張鉄筋量を計算する場合, ひびわれの傾斜角, その他に不明な点が多く 今後実験などによる研究が必要であろうが, 一般に鉄筋コンクリートの場合と同じ方法によると安全すぎる結果になる。

以上の諸点を考慮して, 一般の場合, 次に示す式によって必要なスターラップの鉄筋量を計算してもよい。

$$A_{vs} = \frac{(S_u - S_p)s \sin \phi}{\sigma_{sa} Z \sin (\phi + \theta)} \dots \dots \dots (15)$$

- 式中 A_{vs} = s なる間隔をもって配置されたスターラップの断面積
- s = スターラップの間隔
- σ_{sa} = 鉄筋の許容引張応力度
- Z = はりの抵抗曲げモーメントの腕長
- $Z = I/Q$ とする
- I = はりの断面二次モーメント
- Q = はりの断面図心軸に関する片側の断面の断面一次モーメント

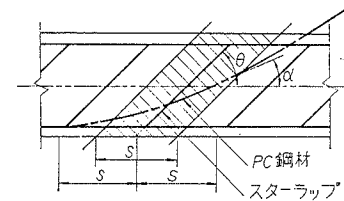
S_u = 破壊に対する 安全度を 検討するための 荷重を受けた場合の せん断力

S_p = PC 鋼材が 受け持つ せん断力 = $A_p \sigma_{pu} \sin \alpha$ (図-14 参照)

θ = スターラップの傾斜角 $\theta \geq 30^\circ$ (図-14 参照)

$$\tan \phi = \frac{2r}{\sigma_c}$$

図-14



$\tan \phi$ の値は次のように仮定して計算してよい。

- a) 最大曲げモーメントと最大せん断力が同一断面において生じない場合 (一般に単純ばり) は、設計荷重作用時の断面図心軸に対する τ および σ_c を用いて計算する。
- b) 最大曲げモーメントと最大せん断力が同一断面において生じる場合 (一般に連続桁内部支点, ラーメン節点部, 等) は、ひびわれ発生の角度を 45° と考え $\tan \phi = 1$ とする。

斜引張鉄筋が配置してないと、斜引張応力による破壊は急激におこり危険であるから、計算上斜引張鉄筋が不要な場合でも、常にスターラップを配置しておく必要があり、その最大間隔を規定したものである。

腹部の巾が、腹部の純高さの $1/5$ 以下の場合には腹部の純高さ以下の間隔とするのがよい。

スターラップに用いる鉄筋の最小直径は、はりの高さ、腹部の巾、等によって異なるものであるが、一般にはりの高さが 60 cm 以下では 6 mm 以上、 $60\sim 150\text{ cm}$ では 8 mm 以上、 150 cm 以上では 12 mm 以上とするのが望ましい。特に連続桁の支点附近のように、最大曲げモーメントと最大せん断力が同じ断面で生じる場合には、種々な条件を考慮してスターラップ、用心鉄筋、等を十分に配置し補強する必要がある。

6 章 許容応力度

1 節 コンクリートの許容応力度

59 条 コンクリートの許容圧縮応力度

コンクリートの許容圧縮応力度は表-12 および表-13 による。温度、風、等の影響を合せ考えたとき、また、まれにしか生じない荷重の組合せを考えた時の許容応力度は表-12、表-13 の値を 15% だけ増してもよい。

表-12 コンクリートの許容曲げ圧縮応力度 (kg/cm^2)

適用範囲		σ_{23} (kg/cm^2)			行
		300	400	500	
部材圧縮部	矩形断面	110	140	160	1
	I型および中空断面	100	130	150	2
部材引張部	矩形断面	140	180	210	3
	I型および中空断面	130	170	200	4

表-13 コンクリートの許容軸方向圧縮応力度 (kg/cm^2)

適用範囲		σ_{23} (kg/cm^2)			行
		300	400	500	
圧縮部材		80	110	130	1
引張部材		110	145	170	2

【解説】 同時に直角の二方向に曲げを受ける矩形断面の場合、一つのすみに生じる圧縮応力度に対する許容応力度は表-12 の 1, 3 行の値をそれぞれ 10 kg/cm^2 だけ増してもよい。

I型および中空断面の許容応力度を矩形断面よりも下げたのは圧縮部の巾が腹部の巾より大きくなると、巾方向における圧縮部の応力の分布が矩形断面の場合に比して不均一になるからである。T型断面の上側はI型に相当し、下側は矩形に相当する許容応力度を用いて計算してもよい。

部材引張部の許容応力度を部材圧縮部の場合より高くしたのは、部材引張部に作用する圧縮応力の大部分がプレストレスによるものであり、一般に外力が増せば減じることの方が多いからである。

プレストレスを与えた直後の部材引張部の圧縮応力度は表-12 の値をこえないとともに、そのときのコンクリートの圧縮強度の $1/1.7$ をこえてはならない (19 条 参照)。架設中に一時的に生じる応力度は、表-12 の

値をこえてもよいが、そのときのコンクリートの圧縮強度の1/1.7をこえてはならない。

表-12 および表-13の許容応力度は σ_{28} が300, 400, 500 kg/cm²について与えてあるが、中間の値に対する許容応力度は、比例によって求めてよい。本条以後の諸表についても同様である。

連続げたその他の構造物で一つの断面に正負の曲げモーメントがおこり、部材圧縮部と引張部を区別できない場合は、部材圧縮部の許容応力度と部材引張部の許容応力度の内の安全側の許容応力度によらなければならない。

60 条 コンクリートの許容支圧応力度

許容支圧応力度は表-13, 1行によるのを基準とする。ただし、局部的載荷の場合には、支圧力作用面積を A_1 分布面積を A_c とした場合、許容支圧応力度 σ_{ca}'' を次式によって求めてよい。

$$\sigma_{ca}'' = \sigma_{ca} \sqrt[3]{\frac{A_c}{A_1}} \dots\dots\dots(16)$$

ここに σ_{ca} は表-13, 1行の値である。

ただし、この場合、次の条件を満さなければならない。

- 1) A_1 と A_c との重心は一致すること。
- 2) A_c の巾、長さは、それぞれ A_1 の巾、長さの5倍以上にあってはならないこと。
- 3) A_1 が多数ある場合、おのおのの A_c は重複してはならないこと。
- 4) A_1 の背面は適切に配筋されていて、支圧力作用方向にひびわれを生じないようにしなければならないこと。

【解 説】 この条はコンクリートの許容支圧応力度を規定したものであるが、局部的載荷の場合には適当な補強をしなければならない。

定着具背面の支圧応力度は実験により安全であることがわかっている場合の他は(16)式により求めた許容支圧応力度をこえてはならないのである。定着具背面に必要なとする配筋は実験結果を参考にして定めるのがよい。

61 条 コンクリートの許容引張応力度

コンクリートの許容引張応力度は、表-14, 15, 16 および表-17による。

表-14 許容曲げ引張応力度 (kg/cm²)

(フル プレストレッシングの場合)

適 用 範 囲		σ_{28} (kg/cm ²)						行
		300		400		500		
		橋梁	その他	橋梁	その他	橋梁	その他	
全静荷重が作用する前	部材圧縮部	12	30	15	38	18	45	1
全静荷重が作用してから	部材圧縮部	0	0	0	0	0	0	2
設計荷重が作用して	部材引張部	0	0	0	0	0	0	3
温度、風、等の影響を合せ考えたとき、また、まれにしか生じない荷重の組合せを考えたとき	部材圧縮部 および引張部	15	20	20	25	25	30	4

表-15 許容曲げ引張応力度 (kg/cm²)

(パーシャル プレストレッシングの場合)

適 用 範 囲		σ_{28} (kg/cm ²)						行
		300		400		500		
		橋梁	その他	橋梁	その他	橋梁	その他	
全静荷重が作用する前	部材圧縮部	12	30	15	38	18	45	1
全静荷重が作用してから	部材圧縮部	0	30	0	38	0	45	2

設計荷重が作用して部材引張部	a) 部材引張部が断面下側にあるとき、および断面下側にあるが防水層があるとき	20	30	25	38	30	45	3
	b) 部材引張部が断面上側にあるとき、全然防水層がないとき	12	30	15	38	18	45	4
温度、風、等の影響を合せ考えたとき、また、まれにしか生じない荷重の組合せを考えたとき	部材圧縮部	15	40	20	50	25	60	5
温度、風、等の影響を合せ考えたとき、また、まれにしか生じない荷重の組合せを考えたとき部材引張部	a) 部材引張部が断面下側にあるとき、および断面下側にあるが防水層があるとき	25	40	30	50	38	60	6
	b) 部材引張部が断面上側にあるとき、全然防水層がないとき	15	40	20	50	25	60	7

表—16 許容軸引張応力度 (kg/cm²)

(フル プレストレッシングの場合)

適用範囲	σ ₂₈ (kg/cm ²)			行
	300	400	500	
設計荷重が作用して	0	0	0	1
温度、風等の影響を合せ考えたとき、また、まれにしか生じない荷重の組合せを考えたとき	8	10	12	2

表—17 許容軸引張応力度 (kg/cm²)

(パーシャル プレストレッシングの場合)

適用範囲	σ ₂₈ (kg/cm ²)			行
	300	400	500	
設計荷重が作用して	12	15	18	1
温度、風、等の影響を合せ考えたとき、また、まれにしか生じない荷重の組合せを考えたとき	15	20	25	2

【解 説】 表—14 および 表—15 の第 1 行の値は、この荷重状態が短期間しか作用しないことを前提として許容したものであるから、長期にわたって作用する場合 (たとえば 3 ヶ月以上) は、なるべく引張応力度を小さくすべきである。

全静荷重が作用してからは橋りょうでは部材圧縮部に引張応力が作用していることは許されない。その他の構造物ではパーシャル プレストレッシングの場合、部材圧縮部に鉄筋がよく分布していれば、表—15 第 2 行の値まで引張応力度がおこってもよい。

連続ばりの支点の不等沈下によりおこる応力も、それが一時的であれば表—14 第 4 行、表—15 第 5, 6, 7 行の値を適用してもよい。

62 条 コンクリートの許容斜引張応力度

許容斜引張応力度は 表—18 による。

表—18 許容斜引張応力度 (kg/cm²)

適用範囲			σ ₂₈ (kg/cm ²)			行
			300	400	500	
設計荷重作用時	フル プレストレッシングの場合	せん断力による応力	8	9	10	1
		せん断力とねじりによる応力	10	12	15	2
	パーシャル プレストレッシングの場合	せん断力による応力	16	20	24	3
		せん断力とねじりによる応力	20	25	30	4
破壊安全度の検討のとき	最大値	せん断力による応力	32	40	48	5
		せん断力とねじりによる応力	40	50	60	6
	許容値	せん断力による応力	16	20	24	7
		せん断力とねじりによる応力	20	25	30	8

【解 説】 プレストレスト コンクリートの斜引張破壊についてはまだ明らかでないことが多いので、鉄筋コンクリートと斜引張破壊に対する安

全性を同じ程度とするため鉄筋コンクリートに適用される許容せん断応力度を参考として 表-18 の数値を定めたのである。

2 節 PC 鋼材 および 鉄筋の許容応力度

63 条 PC 鋼材の許容引張応力度

(1) 設計荷重作用時の許容応力度 σ_{pa} は

$$0.60 \sigma_{pu} \text{ または } 0.75 \sigma_{py} \dots\dots\dots(17)$$

のうち、いずれか小さい方をとる。

(2) ポストテンション方式の場合、プレストレスを与えた直後に部材内の PC 鋼材に働いている最大引張応力度 σ_{pa} は

$$\sigma_{pa} \leq 0.70 \sigma_{pu} \quad \sigma_{pa} \leq 0.85 \sigma_{py} \dots\dots\dots(18)$$

のいずれも満足しなければならない。

ただし、プレストレスング中には、この値を

$$0.80 \sigma_{pu} \text{ または } 0.90 \sigma_{py} \dots\dots\dots(19)$$

のうち、いずれか小さい値まで上げてよい。

(3) プレテンション方式の場合で、最初に引張るときの PC 鋼材の許容引張応力度 σ_{pa} は

$$\sigma_{pa} \leq 0.70 \sigma_{pu} \quad \sigma_{pa} \leq 0.80 \sigma_{py} \dots\dots\dots(20)$$

【解 説】(1) について PC 鋼材の許容引張応力度のとり方については、多くの意見があり、各国の許容値の間にもかなりの差がある。この条に示した値は大体その中庸を行くものである。わが国では各種の PC 工法、および鋼材を用いているので、それを一率に定めるにはこれが適切だと考えられる。

常時作用する動荷重による PC 鋼材応力の変動量が PC 鋼材の疲労限に比して問題になるときは、疲労に対して安全であることを検討しなければ

ばならない。

(2) について 設計計算にあたっては、作業中に PC 鋼材に与える応力度は (19) 式をこえてはならない。

しかし、現場では摩擦係数などにばらつきがあるから作業が安全で、かつ、大きな応力度を生じても PC 鋼材の材質に有害な影響を与えないことが確かめられている場合には、一時的に (19) 式の応力度をこえてもよいが、PC 鋼材の定着後には (18) 式の許容応力度をこえていないことを確かめておく必要がある。

64 条 鉄筋の許容引張応力度

(1) 設計荷重による引張応力を受けるために、鉄筋を用いる場合、許容応力度は次による。

SS 39, SS 41, SS D 39 のとき 1 400 kg/cm²

SS 49, SS 50, SS D 49 のとき 1 600 kg/cm²

(2) 腹鉄筋 および 付着のない場合の引張鉄筋の許容応力度は次による。

SS 39, SS 41, SS D 39 のとき 2 400 kg/cm²

SS 49, SS 50, SS D 49 のとき 3 000 kg/cm²