

プレテンションPC桁端部の水平ひびわれ幅制御について

藤 井 学*
北 村 泰 寿**
荒 木 毅***

1. ま え が き

プレテンションPC桁において、PC鋼材が上下フランジに集中的に配置された場合、桁端部付近のウェブには鉛直方向の大きな引張応力が生じ、このために、桁端部から水平ひびわれが発生することがある。この水平ひびわれに対する補強法に関して、古くは、プレストレス導入時のスターラップ応力実測結果に基づいて所要スターラップ筋量算定式を提案した、W.T. Marshall らの研究¹⁾があり、最近では、筆者らによる有限要素法を用いた研究^{2),3)}が報告されている。これらの研究では、許容応力設計法により補強法を論じたものであるが、スターラップによってひびわれの発生そのものを防ぐことは困難であり、“ひびわれ幅制御”の観点からも補強法を検討する必要がある。

本研究は、有限要素法⁴⁾を用いて、種々のスターラップ筋量および配置位置に対する水平ひびわれ幅を計算する方法を開発するとともに、この方法を用いて、解析の対象となった桁につき、水平ひびわれ幅をある許容値以下に制限するための、合理的な補強法を提案するものである。水平ひびわれ幅への影響要因としては、上記のほか、スターラップの付着性状を考慮し、この点については実験的にも検討を行った。なお、本報告は第7回FIP国際会議に提出した論文⁵⁾を詳述したものである。

2. 解析方法

(1) 解析対象桁および解析モデル

本研究の数値解析は、JIS A 5316-1970 に規定された、“BS 100-22”桁を対象として行われた。この桁はφ12.4mm 7本よりストランド 22本が直線配置されたものであり、JIS 桁のなかでは最大の桁高を有することと、同じ桁高で鋼材を折り曲げ配置したBD 100-22桁よりプレストレス導入による桁端部の鉛直方向引張応力が大であった³⁾ことから、この桁を取り上げることにし

た。この桁の実際の断面は、図-1に示したように、上下フランジにハンチを有するが、解析上は同図の破線で示したように仮定し、さらに有限要素解析は平面応力状態として行い、したがって、上下フランジ幅とウェブ厚の相異は、弾性係数の相異として計算された。解析に使用した有限要素分割は図-2に示すとおりであり、桁端部付近では一辺が3.5~5cmの三角形要素から成っている。ひびわれ幅の解析を行うために、解析モデルの下端から高さ35cmの位置に、長さ20cmの水平ひびわれを設定した。このひびわれ位置および長さは、後述のひびわれのない場合のプレストレス導入による鉛直方

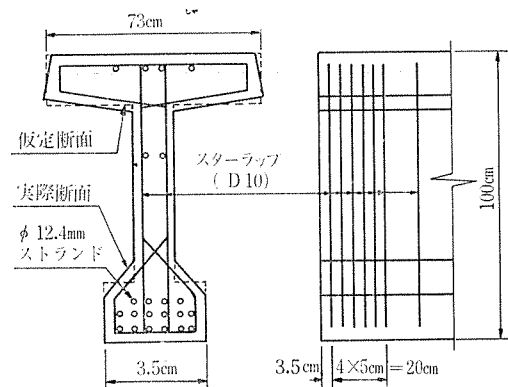


図-1 解析対象桁 BS 100-22 (JIS A 5316)

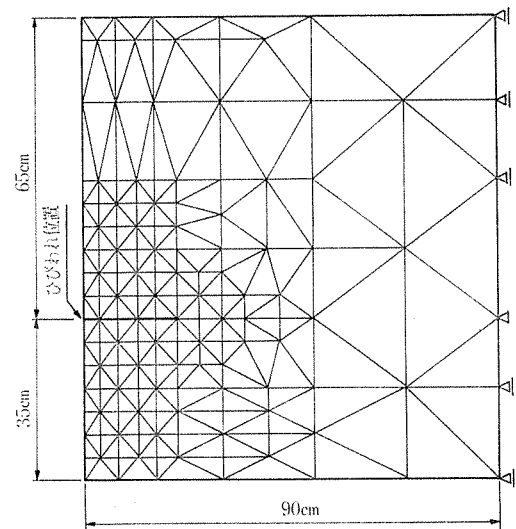


図-2 有限要素分割

* 工博 神戸大学助教授 工学部土木工学科
** 工修 神戸大学助手 工学部土木工学科
*** 工修 神戸大学助手 工学部土木工学科

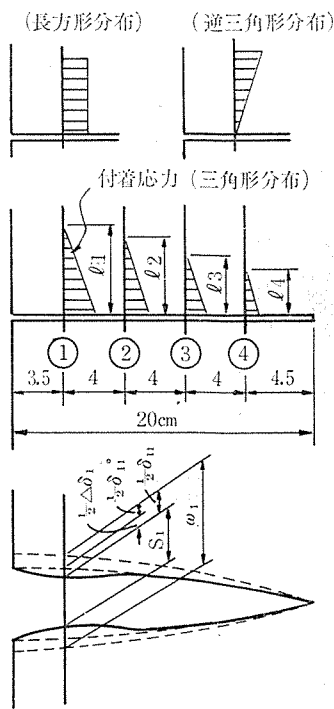


図-3 記号説明および付着応力分布の仮定

仮定することによって、導入力を分散させた。この場合のストランド定着長は、公称径の約40倍⁹⁾に相当する50 cmとした。導入力を作用させる節点は全部で40点である。

(3) スターラップによる補強効果

スターラップの配置位置は、実際の桁に対応させ、配置箇所数 N を変化させた。実際の桁では、等間隔で6本配置されているが、このうち端部から4番目までを考慮した。各スターラップ位置に、端部から順に $i, j=① \sim ④$ の番号をつけ、力、変位などの記号を次のように定める(図-3参照)。

- V_i : 位置 i におけるスターラップの引張力
- δ_{ij} : V_j によって位置 i に生じるひびわれ幅減少量 (スターラップがない場合のひびわれ幅が、スターラップの効果により減少すると考える)
- δ_{ij}^0 : δ_{ij} のうち、ひびわれ部のコンクリートの全体的変位によるもの
- $d\delta_i$: δ_{ij} のうち、 V_i によって生じるコンクリートの局部変位によるもの
- S_i : 位置 i におけるひびわれ幅 (すなわち、スターラップの抜け出し量)
- dL_i : 位置 i におけるスターラップの伸び量
- l_i : 位置 i におけるスターラップの付着長
- w_i : 位置 i におけるスターラップのない場合のひびわれ幅
- A_{si} : 位置 i におけるスターラップ筋量

向応力解析結果や、既往の研究¹⁾を参照して決定したものである。ひびわれの設定は、該当する節点において上下要素の切り離しを行うだけで、要素分割はひびわれのない場合と同様である。

(2) プレストレス導入力

ストランド1本あたりの導入力を11.2 tとし、桁高方向に関しては、BS 100-22 桁のストランド配置に対応する所定位置に、各位置の本数に応じた導入力を作用させ、軸方向に関しては、前報²⁾と同様にストランドの緊張力分布を指数関数的に

E_s : スターラップの弾性係数

次に、これら諸量間の関係式を導く。ここで、コンクリートおよびスターラップは弾性体と仮定し、したがって変位量は力の1次関数で表わされ、また重ね合わせの法則が成り立つ。まず、各スターラップ位置における変位の適合条件として、次式が成り立つ。

$$w_i = S_i + \sum_{j=1}^N \delta_{ij} \dots \dots \dots (1)$$

コンクリートの局部変位 $d\delta_i$ は、スターラップの伸び量 dL_i と、抜け出し量 S_i との差に等しいから、

$$d\delta_i = dL_i - S_i \dots \dots \dots (2)$$

変位 δ_{ij} , δ_{ij}^0 は、力 V_j に比例し、その比例定数をそれぞれ a_{ij} , b_{ij} とすると、

$$\delta_{ij} = a_{ij} V_j \dots \dots \dots (3)$$

$$\delta_{ij}^0 = b_{ij} V_j \dots \dots \dots (4)$$

また、変位 $d\delta_i$ は次式で表わされる

$$d\delta_i = \delta_{ii} - \delta_{ii}^0 = (a_{ii} - b_{ii}) V_i \dots \dots \dots (5)$$

スターラップの付着応力分布を、例えば三角形分布と仮定すると、伸び量 dL_i は次式となる。

$$dL_i = \frac{2l_i}{3A_{si}E_s} V_i \dots \dots \dots (6)$$

式(2),(5)および式(6)から $d\delta_i$ と dL_i を消去して整理すると、 S_i と V_i の関係を与える次式が得られる。

$$S_i = \left(\frac{2l_i}{3A_{si}E_s} - a_{ii} + b_{ii} \right) V_i \quad (i=1 \sim N) \dots \dots \dots (7)$$

同様に、式(1)および式(3)から δ_{ij} を消去すると、

$$w_i = S_i + \sum_{j=1}^N a_{ij} V_j \quad (i=1 \sim 4) \dots \dots \dots (8)$$

式(7)および式(8)において、係数 a_{ij} , b_{ij} および付着長 l_i が与えられたなら、 $S_i (i=1 \sim 4)$, A_{si} および V_i (いずれも $i=1 \sim N$) の計 $(2N+4)$ 個の変数を含む $(N+4)$ 元連立方程式が構成される。そこで、各位置のスターラップ筋量 A_{si} が既知であれば、この連立方程式を解いて、各位置のひびわれ幅およびスターラップ応力を求めることができる。また逆に、 S_i に適当な値を与え、各位置の A_{si} を同一とすれば、未知量は $S_i (i=2 \sim 4)$, $V_i (i=1 \sim N)$ および A_s の計 $(N+4)$ 個となって、同様に上記連立方程式を解くことができる。

係数 a_{ij} , b_{ij} の決定に有限要素法が用いられる。すなわち、あるスターラップ位置に、仮定した付着応力分布に対応する節点力を作用させたときの、各スターラップ位置での節点変位を求めるのである。このとき、あるスターラップ位置に沿って作用させる節点力の和が、単位の力となるように大きさを決定する。位置 j に単位の節点力を作用させたときの、位置 i におけるひびわれ面での節点変位が a_{ij} に相当し、同じく位置 i にお

ける、ひびわれ面から l_i だけ離れた節点の変位が b_{ij} に相当するものとする。なお、プレストレス導入力とスターラップの付着力はそれぞれ別個に作用させるため、付着力は実際とは逆の方向（ひびわれ幅を拡大させる方向）に作用させ、その結果生じる応力や変位の符号を変換する方法をとる。付着力を作用させる節点数は、付着長 30 cm のとき、各位置につき 14 点である。

桁端のひびわれ幅は、上記の解法を応用して、次のように求めることができる。桁端を位置①とし、式(8)において $i=0$ とすると、

$$w_0 = S_0 + \sum_{j=1}^N a_{0j} V_j \dots (8)'$$

係数 a_{0j} および w_0 は、前と同様に有限要素解析から決定される。

スターラップの付着応力分布形として本研究では、前述の三角形分布のほかに、長方形分布および逆三角形分布の、計3種類について解析した。これらの分布形の場合、式(6)は次のようになる。

長方形分布：

$$\Delta l_i = \frac{l_i}{A_{si} E_s} V_i \dots (6)'$$

逆三角形分布： $\Delta l_i = \frac{4 l_i}{3 A_{si} E_s} V_i \dots (6)''$

付着長 l_i については、次の4種類について解析した。すなわち、 l_i を各位置で変化させて、 $l_1=30$ cm, $l_2=25$ cm, $l_3=20$ cm, $l_4=15$ cm とするもの（1種）と、 l_i を各位置につき一定とし、その値を 15 cm, 20 cm および 30 cm とするもの（3種）の計4種類である。このような付着応力分布形ならびに付着長の仮定の適否については、4. で述べるような実験を行って検討した。

3. 解析結果

(1) 無補強の場合のプレストレス導入による桁端部応力状態

数値解析の結果得られた水平ひびわれのない場合、および水平ひびわれを設定した場合の、プレストレス導入による鉛直方向応力の分布状態を、それぞれ図-4および図-5に示す。図-4によると、最大鉛直方向引張応力は約 100 kg/cm²（この値は要素の分割法によって異なる性質のものである）であり、最大値を生じる位置は

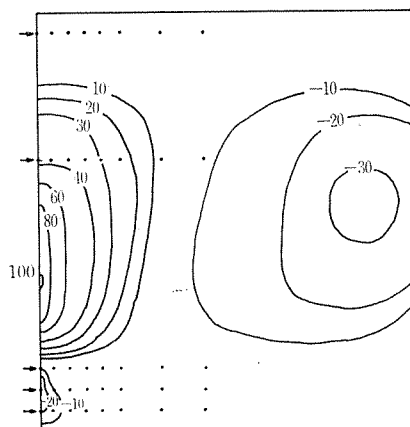


図-4 鉛直方向応力の分布状態 (ひびわれなし)

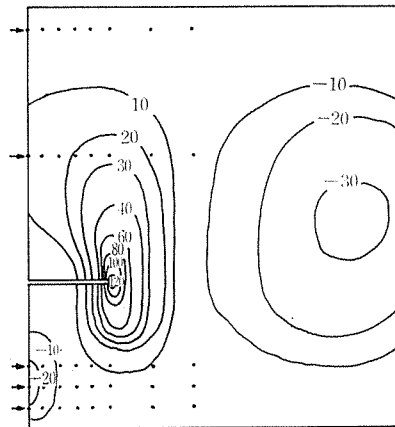


図-5 鉛直方向応力の分布状態 (ひびわれあり)

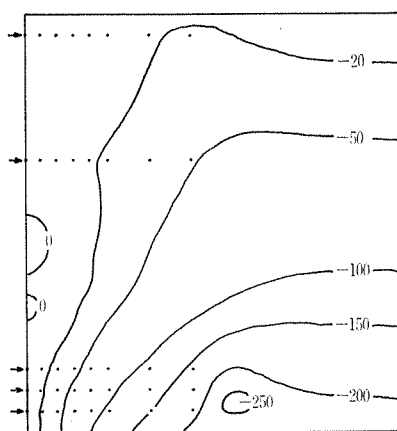


図-6 軸方向応力の分布状態 (ひびわれなし)

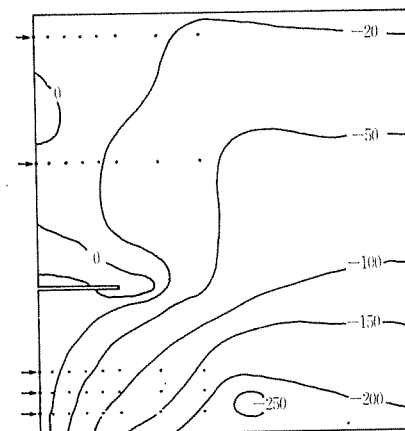


図-7 軸方向応力の分布状態 (ひびわれあり)

桁下端から高さ 35 cm となっている。水平ひびわれの設定位置は、この結果に基づいて決定したものである。水平ひびわれを設定した場合は、ひびわれ先端付近における鉛直方向引張応力は約 120 kg/cm² に達している。この結果から、もしスターラップによる補強が十分でないならば、ひびわれは桁のスパン中央に向かってさらに発達するものと考えられる。なお、主応力とその方向について検討した結果、上記の過大な鉛直方向引張応力が生じている部分については、主応力方向が鉛直方向に一致していた。また、参考までに軸方向応力（プレストレス）の分布状態を図-6および図-7に示す。

(2) スターラップによる補強効果

解析結果の一例を図-8~12に示す。これらの図は、いずれも付着長 15 cm, 付着応力は三角形分布の場合である。図-8は、位置①におけるひびわれ幅 S_1 とスターラップ筋量 A_s の関係を示したもので、 S_1 を小さく制限するためには、当然のことながら、非常に大きな A_s が必要であることがわかる。また同図には、 $N=1$ (V_1 のみを作用させた場合) から、 $N=4$ まで順次増加

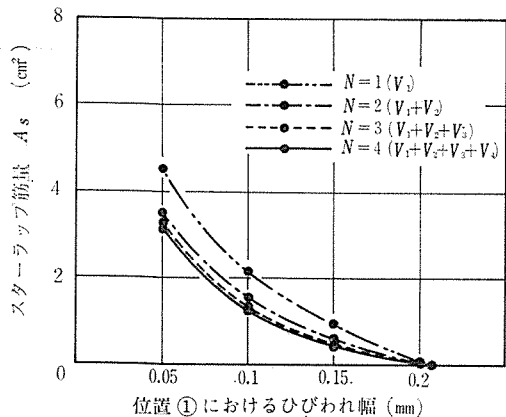


図-8 ひびわれ幅とスターラップ筋量の関係

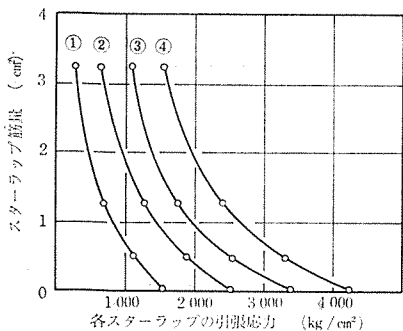


図-9 スターラップ応力とスターラップ筋量の関係

させたとき (各位置の A_s は同一とする) の曲線を示してあるが、この図から、スターラップは桁端部から遠ざかるほど、ひびわれ幅を制限する効果が急激に小さくなるのがわかる。また 図-9 は、 $N=4$ とした場合、各位置のスターラップ応力 $\sigma_{si}(=V_i/A_s)$ と A_s (各位置で同一とする) の関係を、同じく 図-10 はこのときの S_l と σ_{si} の関係を示したものであり、当然のことながら、桁端に近いスターラップほど大きい引張応力が生じている。

図-11 は ひびわれ幅の分布状態を示したもので、スターラップのない場合、 $N=1$ の場合、および $N=4$ の場合の各状態について示してある。この図からも、本解析の範囲内では、ひびわれ幅を制限する作用の大部分を、最も桁端に近いスターラップが負担していることがわかる。また 図-12 は、現行 JIS 桁のスターラップ筋量に相当する $A_s=1.427 \text{ cm}^2$ 、 $N=4$ とした場合の、プレストレス導入による桁端部の鉛直方向応力の分布状態を示したもので、スターラップのない場合 (図-

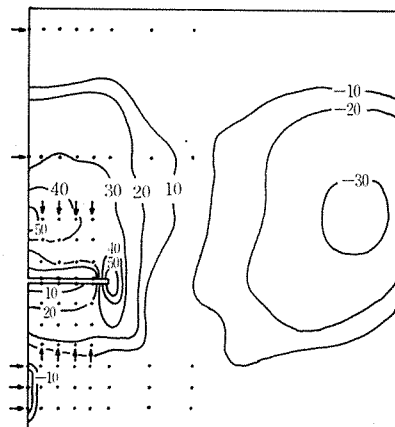


図-12 スターラップによる補強効果を考慮した鉛直方向応力の分布状態

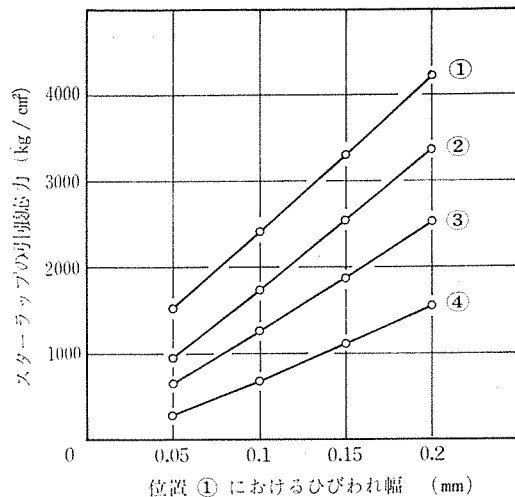


図-10 ひびわれ幅とスターラップ応力の関係

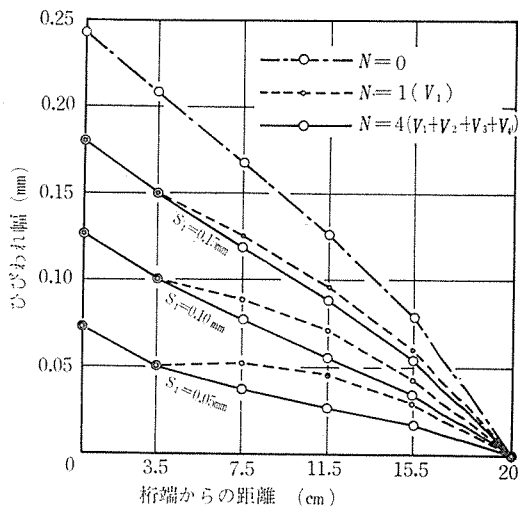


図-11 ひびわれ幅の分布

5) と、各スターラップ位置に A_s に対応する付着力を作用させた場合とを重ね合わせて得られたものである。同図によると、ひびわれ先端付近の鉛直方向引張応力は

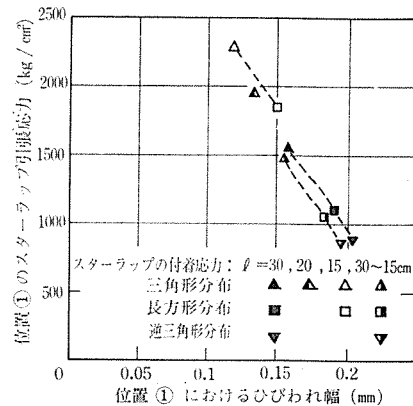


図-13 スターラップの付着性状の相異による影響

約 50 kg/cm² であり、図—5 と比較して、かなり減少していることがわかる。

以上の解析結果は、いずれも付着長 15 cm, 付着応力は三角形分布の場合であるが、その他の付着長, 付着応力分布形に対して、解析結果がどのように変化するかを示したのが 図—13 である。ここで、 $A_s=1.427$ cm², $N=4$ とした。この図から、付着長が大きくなると、ひびわれ幅は増加し、スターラップ応力は減少することがわかる。

図—8~10 に示した A_s , S_1 , および σ_{s1} の間の関係は、式 (7) および式 (8) で示した連立方程式の形で得られたものであり、任意の A_s に対する S_1 などを求める計算式としては実用的でない。この目的のためには、図—8 などを用いて図解的に求めるか、あるいはこれらの関係式を簡単な関数で近似するのが実用的である。 S_1 と A_s , および S_1 と σ_{s1} の関係は、次の形に近似することができる。

$$A_s = \frac{\alpha}{S_1} - \beta \dots\dots\dots (9)$$

$$\sigma_{s1} = \tau S_1 + \delta \dots\dots\dots (10)$$

また、桁端のひびわれ幅 S_0 と A_s の関係についても、式 (9) と同様に、

$$A_s = \frac{\alpha_0}{S_0} - \beta_0 \dots\dots\dots (9')$$

ここに、 α , β , τ , δ , α_0 , β_0 は、スターラップの付着性状などによって決まる係数である。式 (7), (8) および (8)' において A_{si} を各位置で同一とし、数個の適当な S_1 の値に対してこの連立方程式を解き、これらのデータから最小自乗法を用いて式 (9), (9)' および式 (10) の係数を求めることができる。スターラップの付着応力を三角形分布とし、 $S_1=0.05, 0.10$, および 0.15 mm に対応する 3 個のデータを用いて、これらの係数を計算した結果を、表—1 に示す。式 (9), (9)' および式 (10) に表—1 の係数を適用することによって、許容ひびわれ幅とスターラップの許容応力の両者を考慮した、所要スターラップ筋量などを算定することができる。

(3) 本解析結果の適合範囲

本解析はひびわれ長さを 20 cm に限定し、またスターラップは弾性範囲内であると仮定して行われたものであり、ひびわれがスパン中央に向かって成長したり、スタ

表—1 式 (9), (9)' および式 (10) の係数の値

付着長 (cm)	N	α ($\times 10^{-1}$ cm ²)	β (cm ²)	α_0 ($\times 10^{-1}$ cm ²)	β_0 (cm ²)	τ ($\times 10^3$ kg/cm ²)	δ ($\times 10^3$ kg/cm ²)
15	1	0.263	0.672	0.420	1.311	1.58	1.091
	2	0.217	0.764	0.354	1.332	1.74	0.732
	3	0.204	0.788	0.334	1.328	1.77	0.653
	4	0.202	0.806	0.329	1.333	1.77	0.639
20	1	0.352	0.839	0.539	1.575	1.15	0.882
	2	0.296	1.023	0.463	1.685	1.28	0.597
	3	0.279	1.069	0.438	1.699	1.31	0.531
	4	0.276	1.109	0.431	1.722	1.31	0.518
30	1	0.559	1.305	0.754	1.860	0.763	0.604
	2	0.474	1.633	0.665	2.269	0.844	0.421
	3	0.450	1.739	0.634	2.353	0.822	0.374
	4	0.450	1.809	0.627	2.401	0.854	0.375

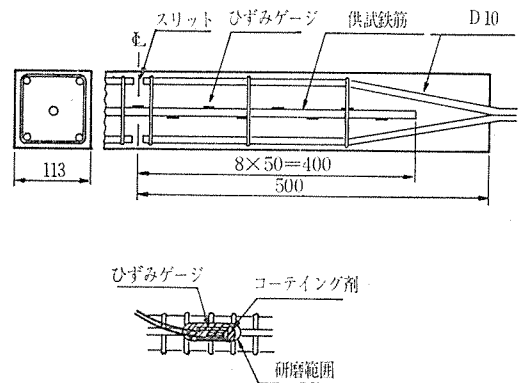
ーラップが降伏するような状態に対しては当然適用できない。すなわち本解析は、ある程度以上のスターラップが配置されることを前提としたものである。ひびわれがスパン中央に向かって成長しないための条件を、本弾性解析の結果から判定することは困難であるが、実物大の供試体を用いた既往の研究¹⁾などを総合して、スターラップが降伏しない限り、ひびわれ長さは 20 cm 以下に制限されるものと判断される。したがって、本解析結果の適合条件としては、スターラップの引張応力が降伏点を越えないことを確認すれば十分であると考えられる。

4. スターラップの付着性状に関する実験

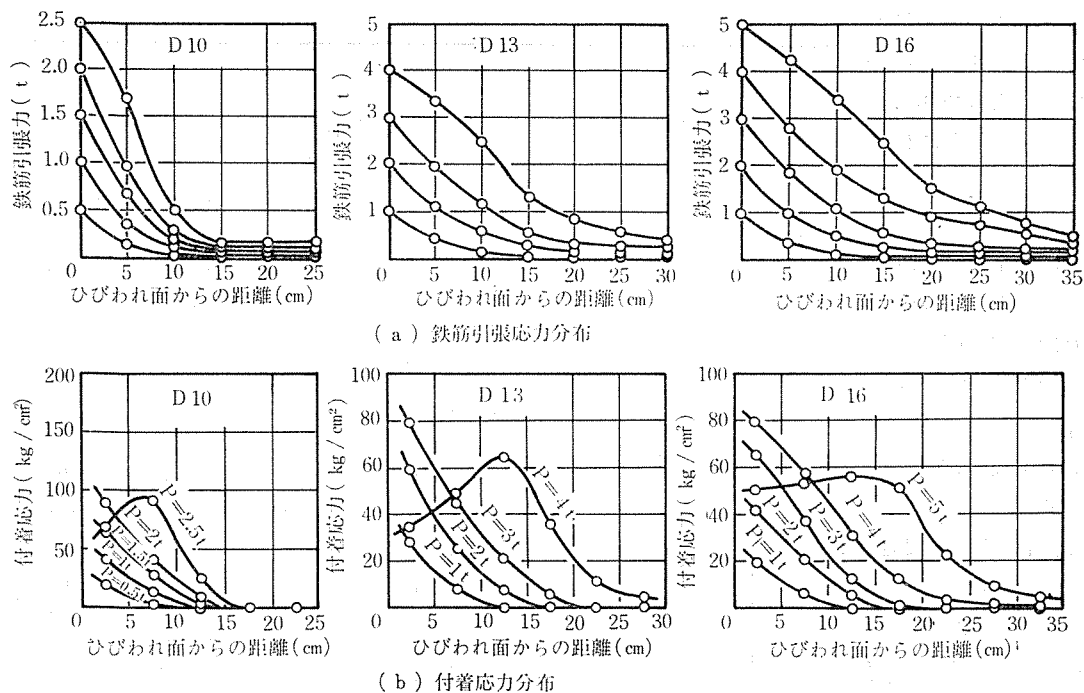
(1) 実験の概要

前述の解析では、スターラップの付着応力として典型的な 3 種類の分布形を仮定し、また付着長は 15~30 cm の間に変化させた。これらの仮定と、実際のスターラップの付着性状との対応を明らかにするために、次のような実験を行った。

試験方法は、桁端部の状態に比較的近いと考えられる



図—14 付着試験用供試体 (上図) およびひずみゲージ貼付状況 (下図)



図—15 鉄筋引張力分布 (a) および付着応力分布 (b)

両引試験法を採用した。ただし、通常の両引試験の場合、供試体コンクリートの両端から突き出た供試鉄筋に引張力を載荷するのであるが、ここでは図—14に示すような供試鉄筋と載荷用鉄筋を分離した供試体を考案した。これは、通常の両引試験の場合、2次ひびわれの発生によって付着応力の方向が逆転するなど、不確定な要因が介入する可能性があるのに対して、図—14の供試体の場合は、力の伝達方向が明確であることなどの利点を考慮したものである。

現行の JIS 桁のスターラップに D 10 が用いられていることから、本実験では横ふし型異形鉄筋 D 10, D 13, および D 16 の 3 種類について付着性状を調べることとした。供試鉄筋の表面には、5 cm 間隔でひずみゲージ (検長 5 mm) を貼付し、防水処理を行った。その

表—2 コンクリートの配合

粗骨材の最大寸法 (mm)	スランブ (cm)	水セメント比 (%)	単 位 量 (kg/m ³)			
			水	セメント	細骨材	粗骨材
20	5~7.5	35	175	500	142	1 090

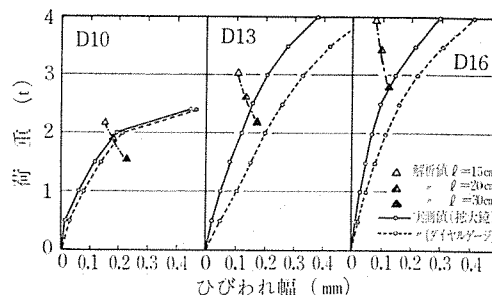
表—3 鉄筋およびコンクリートの諸強度

呼び名	鉄 筋			コンクリート	
	公称断面積 (cm ²)	降伏点強度 (kg/cm ²)	破断強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)	引張強度 (kg/cm ²)
D10	0.7133	3 760	5 470	421	29.8
D13	1.267	3 400	5 140		
D16	1.986	3 920	5 670		

際、鉄筋の付着効果をそこなわないように留意し、図—14に示したような状態に仕上げた。各測点のひずみと鉄筋引張力の関係は、コンクリート打設前にキャリブレーションを行って求めておいた。使用したコンクリートの配合を表—2に、また鉄筋の機械的性質および試験時のコンクリート強度を表—3に示す。試験は材令7日で行い、引張力の載荷には万能試験機を用い、各荷重段階で鉄筋のひずみ分布を測定するとともに、ダイヤルゲージ (精度 1/1 000 mm) および目盛付拡大鏡 (60倍) を併用して、供試体中央のひびわれ幅の変化を測定した。

(2) 実験結果および考察

各荷重段階における鉄筋のひずみと、キャリブレーション値とから、各点の鉄筋引張力を求め、ひびわれ面に関して対称位置の値を平均して図—15(a)に示す。さらに、同図の曲線の勾配から各点の付着応力を求め、図—15(b)に示す。同図によると、D 10 および D 13 については、降伏点引張力の 90%、また D 16 について



図—16 荷重とひびわれ幅の関係

は 60% 程度までの荷重に対しては、付着応力を三角形分布と考えてよいようである。それ以上の荷重に対しては、長方形に近いような分布形となっている。付着長は荷重の増加とともに変化しているが、SD 24 または SD 30 の許容引張力付近での付着長は、D 10, D 13, および D 16 につき、それぞれ 12~15 cm, 15~20 cm, および 20~25 cm である。

図-16 は荷重とひびわれ幅の関係を、前述の解析結果 ($N=1$, 三角形分布) と対比させて示したものであり、解析値は A_s が与えられれば S_o, V_1 ともに決まるので、各付着性状につき 1 つの点となる。この図からも、解析において付着応力を三角形分布とし、付着長を 15~30 cm の間の適当な値を選ぶことにより、実測結果とよく一致することがわかる。

以上の実験結果から、スターラップとして D 10, D 13, および D 16 を用いる場合、降伏点引張力以下では付着応力を三角形分布と仮定してよいものといえる。また付着長としては、D 10, D 13, および D 16 につき、それぞれ約 15 cm, 20 cm, および 20~30 cm 程度の値を採用するのが適当であると考えられる。

5. 計算例および解析対象桁の補強法の検討

本解析の結果得られた式 (9), (9)' および式 (10) に表-1 の係数を適用し、種々のスターラップ筋配置に対するひびわれ幅および位置①のスターラップ筋応力を計算すると、表-4 のようである。ここに、スターラップの付着応力は三角形分布とし、付着長は表中に示した値を採用した。各位置のスターラップ本数は 2 本 (U 形 1 組) を原則としているが、D 10 の場合は 4 本 (U 形 2 組の束ね筋) についても計算してみた。しかし束ね筋を実際に採用するには、付着性状の面での検討が必要である。なお、式 (9), (9)' および (10) は、各位置のスターラップ筋量を同一とした場合のものであり、表-4 の計算例 No. 2, 4, 5 および 6 のように各位置で異なる場合には適用できない。これらの計算には式 (7), (8) および式 (8)' を用いた。また文献 5) に示した計算例は、すべて式 (7), (8) および式 (8)' を用いたものであり、

表-4 計 算 例

計算例 No.	ス タ ー ラ ッ プ				総スターラップ筋量 (cm^2)	ひびわれ幅 (mm)		位置①の スターラップ 応力 (kg/cm^2)		
	公称径 (mm)	付着長 (cm)	各位置の本数				位置①		桁 端	
			①	②		③				④
1	10	15	2	2	2	2	5.71	0.090	0.119	2 510
2			4	2	2	0	"	0.067	0.090	1 950
3			4	4	0	0	"	0.060	0.085	1 780
4			4	2	2	2	7.13	0.065	0.089	1 920
5			4	4	2	0	"	0.059	0.083	1 730
6			4	4	2	2	8.56	0.058	0.082	1 710
7	13	20	2	0	0	0	2.53	0.104	0.131	2 080
8			2	2	0	0	5.07	0.083	0.110	1 660
9			2	2	2	0	7.60	0.077	0.103	1 540
10			2	2	2	2	10.14	0.075	0.101	1 500
11	16	30	2	0	0	0	3.97	0.106	0.129	1 410
12			2	2	0	0	7.94	0.085	0.107	1 140
13			2	2	2	0	11.92	0.079	0.100	1 080
14		20	2	0	0	0	3.97	0.073	0.097	1 720
15			2	2	0	0	7.94	0.059	0.082	1 350
16			2	2	2	0	11.92	0.055	0.077	1 250

本報告の近似計算結果とは値が多少異なっている。実用上は本報告の近似計算で十分である。

表-5 より、本解析の対象となった BS 100-22 桁における合理的な補強法について検討してみると、例えば位置①における許容ひびわれ幅およびスターラップの許容応力を、それぞれ $w_a \leq 0.1 \text{ mm}$, $\sigma_{sa} \leq 1 800 \text{ kg}/\text{cm}^2$ (SD 30) とすれば、計算例 No. 8 または 9 のスターラップ配置が適当と考えられ、 $w_a \leq 0.1 \text{ mm}$, $\sigma_{sa} \leq 1 400 \text{ kg}/\text{cm}^2$ (SD 24) とすれば No. 12 または 15 が適当であろう。いずれにしても、水平ひびわれに対する補強筋は、ある範囲に等間隔で多数配置するよりも、できるだけ桁端によせて配置するのが効果的である。

6. あとがき

プレテンション PC 桁端部の水平ひびわれ幅を定量的に取扱うための一手法を開発し、一応の成果を得た。水平ひびわれ幅への影響要因としては、スターラップ筋量、配置位置、およびスターラップの付着性状を考慮したが、実際の桁では、さらにコンクリートの乾燥収縮なども影響するものと考えられる。

最後に、本研究の一部は、神戸大学大学院生、塩屋俊幸君の学部卒業研究として実施されたことを付記し、謝意を表する次第です。

参 考 文 献

- 1) W.T. Marshall, Alan H. Mattock: "Control of Horizontal Cracking in the Ends of Pretensioned Prestressed Concrete Girders", Journal of the P.C.I. Vol.

- 7, No. 5, Oct., 1962.
- 2) 藤井 学, 北村泰寿: “プレテンションPC桁端部の水平ひびわれに対する補強法”, プレストレスト コンクリート Vol. 13, No. 6, 1971.12.
 - 3) 藤井 学, 北村泰寿, 荒木 毅: “プレテンション桁端部の水平ひびわれの補強について”, PC技術協会第12回研究発表会講演概要, 昭 47.2.
 - 4) O.C. Zienkiewicz: “The Finite Element Method in Structural and Continuum Mechanics” McGraw-Hill.
 - 5) M. Fujii, Y. Kitamura and T. Araki: “Control of Horizontal Crack Width in Pretensioned Concrete Girders”, 7th FIP Congress, New York, May 1974 (プレストレスト コンクリート, Vol. 16, Extra Number, May 1974).
 - 6) M. Fujii: “Studies on Bond Strength of Strand in Prestressed Concrete”, Memoirs of the Faculty of Eng., Kobe Univ., No. 11, March 1965.
- 参考資料
- 1) オリエンタルコンクリート (株) 滋賀工場: “PC桁端部における水平ひびわれについて (バンドアップ工法)” 昭 46.7.
 - 2) オリエンタルコンクリート (株) 岡山工場: “プレテンションPC桁の材端鉛直方向引張応力に関する試験”, 昭 46.8.
1974. 8. 5・受付

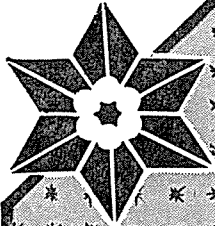
プレストレストコンクリート橋の設計・施工上の最近の諸問題

昭和 48 年 10 月発行 A4判 116 頁

定 価 : 1500 円 送 料 : 200 円 (注文は代金を添え協会へお申込み下さい)

- 内 容 :
- 1) PC橋の施工開始前の諸問題
 - 2) PC橋の工事ならびに施工管理について
 - 3) 新しいPC設計方法について
 - 4) 最近の話題の橋梁
 - a) 浦戸大橋の設計・施工から
 - b) PC橋の集中管理方式による施工法—東関東自動車道—
 - c) コンクリートアーチ橋,
 - d) PC斜張橋,
 - e) 第3木曾川橋梁の設計,
 - f) 移動吊支保工について—SSM式ワーゲンの概要—

東京製網製品



PPC

JIS G 3536

鋼線・鋼より線

BBR工法鋼線

多層鋼より線 (19~127本より)

製造元 東京製網

発売元 東京製網

東京都中央区日本橋室町2丁目8番地 古河ビル四階

電話 (211) 2851 (大代表)