

[101] PC鋼棒用アンカープレートの配置間隔に関する実験的研究

正会員 ○石 橋 忠 良 (国鉄構造物設計事務所)
 荻 幹 雄 (国鉄 東京第三工事局)

1 実験目的

プレストレストコンクリート橋(以下PC橋という)の押し出し工法は最近盛んに行なわれている。この工法でのPC橋の設計は、施工時の応力をPC鋼棒で受けもたせ、これを設計荷重時にも利用する方法が一般である。このPC鋼棒の配置はアンカープレートの配置間隔の制限から決まることが多く、架設時に必要な鋼棒本数から桁断面の大きさが制約される例が多い。より経済的・合理的な桁断面の選定を目的として、昨年は1つのアンカープレートに一本のPC鋼棒を定着する場合の配置間隔について報告したが、橋りょうの構造が大きくなるとPC鋼棒の配置が一段では不可能となり、二段の配置が必要となる。このような場合二枚のアンカープレートを並べて配置する方法と一枚のアンカープレートに二本のPC鋼棒を定着する方法が考えられる。今回、より経済的・合理的な桁断面の選定を可能とすることを目的として、一枚のアンカープレートに二本のPC鋼棒を定着する場合のアンカープレートの配置と大きさに関する実験を行ったので報告する。なお一部、昨年の報告について補足実験を行ったので合わせて報告する。

2 供試体

実験は3シリーズ、9供試体について行った。供試体の諸元を表-1に示す。

IVシリーズは、アンカープレートとして $200 \times 230 \times 40$ (mm)のものを用い、Vシリーズは $165 \times 230 \times 32$ (mm)のものを用いた。配筋及びアンカープレートの配置について、供試体IV-1、IV-2の例を図-1に示す。なお供試体IV-3、V-3については、グリッド筋を 100mm の間隔で3段に配置してある。

表-1 供試体の種類とその諸元

シリーズ番号	供試体番号	供試体諸元 (mm)			アンカープレートの大きさ (mm)	アンカープレートの中心間隔(mm)	グリッド筋による補強
		幅	厚さ	長さ			
IV	IV-1	740	350	1500	$200 \times 230 \times 40$	210	1 段
	IV-2	740	350	1500	$200 \times 230 \times 40$	210	1 段
	IV-3	740	350	1500	$200 \times 230 \times 40$	210	3 段
V	V-1	625	350	1500	$165 \times 230 \times 32$	170	1 段
	V-2	625	350	1500	$165 \times 230 \times 32$	170	1 段
	V-3	625	350	1500	$165 \times 230 \times 32$	170	3 段
VI	VI-1	450	220	1500	$135 \times 135 \times 32$		1 段
	VI-2	450	350	1500	$135 \times 135 \times 32$		1 段
	VI-3	450	450	1500	$135 \times 135 \times 32$		1 段

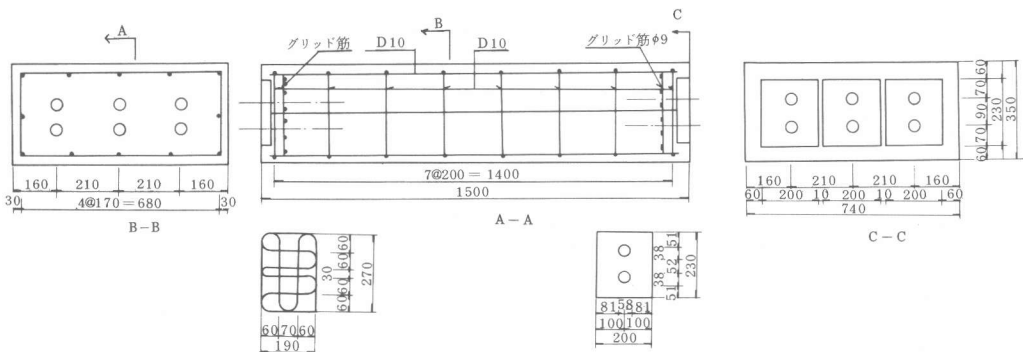


図-1 供試体IV-1, IV-2

昨年 の 報 告 で、1 枚 の ア ン カ ー プ レ ー ト に 1 本 の P C 鋼 棒 を 定 着 す る 場 合 の ア ン カ ー プ レ ー ト の 配 置 間 隔 に つ い て、そ の 最 小 間 隔 の 検 討 方 式 を 示 し た。今 回 は こ の ア ン カ ー プ レ ー ト の 最 小 間 隔 の 検 討 方 法 が、配 置 間 隔 を 拡 げ た 場 合 に も 適 用 可 能 か ど う か に つ き 確 認 す る 目 的 で VI シ リ ー ズ を 計 画 し た。VI シ リ ー ズ の 供 試 体 を 図 - 2 に 示 す。

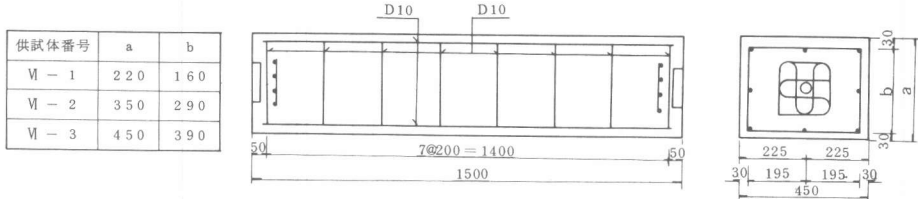


図 - 2 供試体 VI

実橋の場合のコンクリートは一般に早強セメントを使用するが、今回は供試体の強度管理を容易にする目的で普通セメントを使用した。それぞれの供試体に用いたコンクリートの配合を表 - 2 に示す。

表 - 2 コンクリートの配合表 (kg/m³)

シリーズ	W	C	S	G	混和剤 ポリリス No. 5 L (C×0.25%)	A E 剤 (C×0.02%)
IV, V	158	376	694	1183	0.94	0.0752
VI	158	300	757	1186	0.75	0.060

3 試験方法, 測定項目

IV, V シ リ ー ズ の 実 験 の 載 荷 要 領 を 図 - 3 に 示 す。初めに両端部のアンカープレートに定着する P C 鋼棒の各々 1 本づつを 60 t まで緊張し定着する。次にそれぞれ残りの 1 本を 60 t まで緊張し定着する。この緊張力は $\phi 32$ mm の S B P R ・ B 種 1 号 の 緊張直後の緊張力を想定した値である。その後は、中央のアンカープレートに定着する P C 鋼棒の緊張力を交互に大きくしてゆき、供試体が破壊するまで緊張力を大きくする。中央部の P C 鋼棒には強度の大きい C 種の P C 鋼棒を使用し、両端部は B 種の P C 鋼棒を使用した。P C 鋼棒は、すべて $\phi 32$ mm である。

VI シ リ ー ズ に つ い て は、緊張力を徐々に大きくしてゆき供試体の破壊までを確認する。この場合も P C 鋼棒は $\phi 32$ mm の C 種鋼棒を用いた。

本実験の測定項目は次の通りである。

- (1), 定着部付近のひずみ測定
- (2), コンクリートの表面ひずみ測定
- (3), 表面ひびわれ

定着部付近のひずみ測定は、各供試体の中央のアンカープレートに定着する P C 鋼棒それぞれの緊張側、固定側にリングゲージを配置した。リングゲージとは外径 100 mm、厚さ 3 mm のアクリルパイプに V カットを施し、ここにゲージを貼りつけたものである。

コンクリートの表面ひずみも定着部付近について測定した。

ゲージの配置位置を図 - 4 に示す。

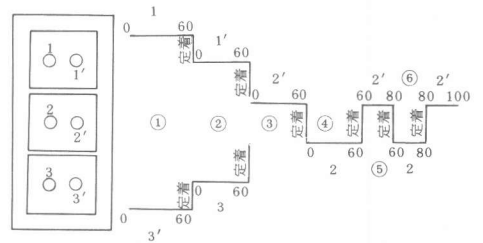


図 - 3 載荷要領

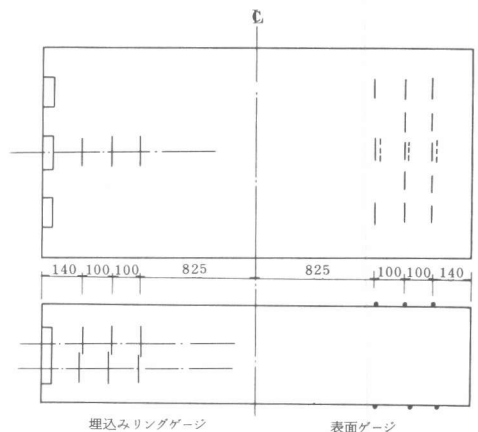


図 - 4 ゲージ位置

4 実験結果

4.1 コンクリートの品質試験結果

供試体の載荷時の現場養生の円柱供試体(φ10×20cm)の圧縮強度, 引張強度, 弾性係数, 及び供試体と円柱供試体のコンクリート打設後のセメント水和熱による温度上昇の測定結果から積算温度を計算し, それから供試体強度を予測した値を表-3に示す。

表-3 載荷時コンクリートの品質

供試体番号	円柱供試体の品質 (kg/cm ²)			積算温度比	推定強度 (kg/cm ²)	目標強度 (kg/cm ²)	
	圧縮強度	引張強度	弾性係数				
Ⅳ-1	216	21.7	2.31(40 ⁵)	1.31	283	280	
	2	184	22.8	1.93	267	250	
	3	217	25.2	2.59	1.43	310	320
Ⅴ-1	204	22.7	2.11	1.33	271	280	
	2	207	25.9	2.24	1.37	284	250
	3	233	26.0	2.57	1.38	322	320
Ⅵ-1	129	18.2	1.98	1.15	148	150	
	2	118	13.8	1.92	148	150	
	3	106	13.3	1.93	1.28	136	130

4.2 Ⅳ, Ⅴシリーズについて

Ⅳ, Ⅴシリーズの1, 2供試体はグリッド筋を1段のみ補強した供試体であり, 3供試体はグリッド筋を3段に補強した供試体である。各々の供試体の表面ひびわれ発生荷重, 破壊荷重を表-4に示す。この場合の荷重とは, 1枚のアンカープレートに定着している2本のPC鋼棒の緊張力の合計を示している。

この表の中の $P_3 = \sigma \sqrt{A_1 \cdot A_2}$ の σ は供試体の積算温度から推定したコンクリート強度であり, A_1 はアンカープレートの大きさ, A_2 は A_1 に相似でコンクリート縁端に接し, 相互に重ならない範囲までの面積である。ひびわれ発生荷重は $P = 0.31 \sim 0.45 \sigma \sqrt{A_1 \cdot A_2}$ の範囲にある。破壊荷重はグリッド筋1段の補強の場合は, $P = 0.9 \sigma \sqrt{A_1 \cdot A_2}$ で, グリッド筋3段の補強の場合は $P = 1.1 \sigma \sqrt{A_1 \cdot A_2}$ でほぼ表わせる。

表-4 Ⅳ, Ⅴシリーズの試験結果

供試体番号	表面ひびわれ発生荷重 P_1 (t)	破壊荷重 P_2 (t)	$P_3 = \sigma \sqrt{A_1 \cdot A_2}$ (t)	P_1 / P_3	P_2 / P_3
Ⅳ-1	50	150	164	0.31	0.91
Ⅳ-2	60	160	155	0.39	1.03
Ⅳ-3	65	170tで破壊せず	180	0.36	—
Ⅴ-1	50	120	129	0.39	0.93
Ⅴ-2	60	125	135	0.45	0.93
Ⅴ-3	60	175	153	0.39	1.14

表面ひびわれ発生はかなり早く両端部の1本目のPC鋼棒の緊張中に初期ひびわれの発生をみている。表-4の表面ひびわれ発生荷重に示すように50~65tの緊張力で生じている。これは前シリーズ及びⅥシリーズの1枚のアンカープレートに1本のPC鋼棒を定着する場合に比較して非常に小さな値である。

ひびわれの発生状況は, 図-5にⅣ-2の供試体の例を示すが, 一般にPC鋼棒に平行に, 固定側, 緊張側の順に定着具付近から生じ進行する。なお緊張力を大きくしてゆくと, 鋼棒と直角方向にも定着具から10~40cmの範囲にひびわれが生じる。

○内の数字は図-3に示す載荷番号
一の後の数字はひびわれ発生時の緊張力

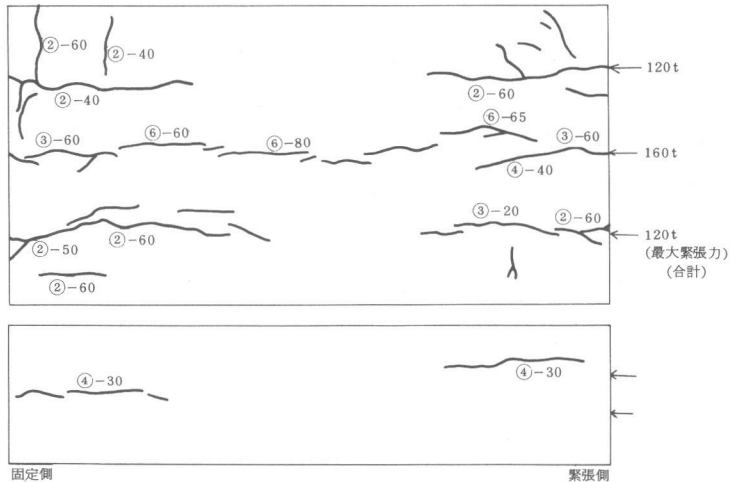


図-5 ひびわれ状況図(Ⅳ-2)

リングゲージにより測定したひずみについて、供試体 IV-3 の場合の例を図-6 に示す。リングゲージは中央のアンカープレートに定着する PC 鋼棒 2, 2' をそれぞれ囲んで取り付けられているが、両端部の PC 鋼棒の緊張中からひずみを生じていることがわかる。また中央部の PC 鋼棒の緊張力を交互に大きくしてゆくと、各々の PC 鋼棒の緊張力が同一の時点でも、対称の位置のリングゲージのひずみがかなり異なっている。これらが初期ひびわれ発生荷重の小さな原因の 1 つと考えられる。

4.3 VI シリーズについて

前回の 3 シリーズの供試体形状と試験結果を表-5 に示す。この結果より、表面ひびわれ発生荷重は 1 枚のアンカープレートに 1 本の PC 鋼棒を定着する場合は、 $P = 1.2 \sim 1.4 \sigma \sqrt{A_1 \cdot A_2}$ となっている。この場合の A_2/A_1 は 1.5 ~ 1.8 の範囲であり、 A_2/A_1 が大きくなった場合に同様の関係が成立するかを調べるため、VI シリーズでは $A_2/A_1 = 2.6 \sim 1.1$ の範囲で実験を行った。

VI シリーズの試験結果を表-6 に示す。表面ひびわれ発生荷重は破壊荷重にほとんど等しい。表面ひびわれ発生荷重を同様に式で表わすと $P = 1.0 \sim 1.1 \sigma \sqrt{A_1 \cdot A_2}$ となっている。 A_2/A_1 の

値が大きくなるにつれ、ひびわれ発生荷重、破壊荷重とも $P = K \cdot \sigma \sqrt{A_1 \cdot A_2}$ の式で検討すると、K の値は低下する傾向にある。

5 まとめ

以上の結果をまとめると、供試体の破壊荷重は次のように表わせる。

2 本の PC 鋼棒を図-1 のような 1 枚のアンカープレートに定着する場合

$$\text{グリッド筋の補強 1 段の時 } P = 0.9 \sigma \sqrt{A_1 \cdot A_2}$$

$$\text{グリッド筋の補強 3 段の時 } P = 1.1 \sigma \sqrt{A_1 \cdot A_2}$$

1 本の PC 鋼棒を 1 枚のアンカープレートに定着する場合

$$\text{グリッド筋の補強 1 段の時 } P = 1.3 \sigma \sqrt{A_1 \cdot A_2} \quad (\text{ただし } A_2/A_1 < 2.6)$$

$$\text{グリッド筋の補強 1 段の時 } P = 1.0 \sigma \sqrt{A_1 \cdot A_2} \quad (\text{ただし } 2.6 < A_2/A_1 < 1.1)$$

以上の式の整理に用いたコンクリート強度はすべて供試体の積算温度より推定した値である。今回の試験でも供試体と円柱供試体との積算温度比は 1.3 ~ 1.4 程度であり、実際の橋梁と現場養生の円柱供試体の関係も同程度と思われる。現場での PC 鋼棒の緊張は一般に現場養生の円柱供試体によって管理されている。緊張はコンクリートの材令の初期になされる。材令とともにコンクリート強度は増加し、クリープ等で緊張力は減少する。これらを考え合わせると、上式に対して安全率を 1.5 程度考えて、アンカープレートの最小配置間隔を検討すれば良いと思われる。

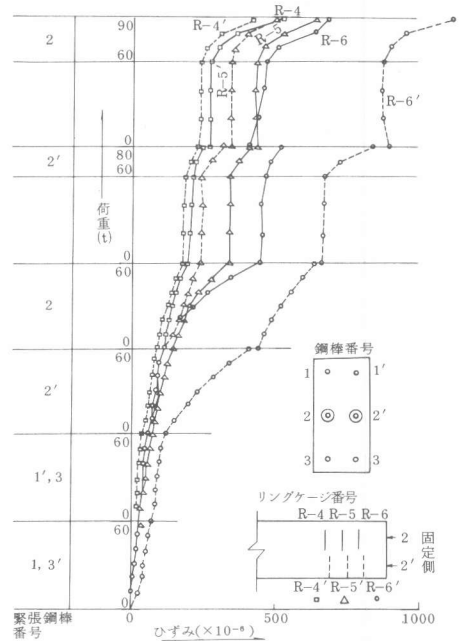


図-6 リングゲージの荷重-ひずみ曲線 (IV-3)

表-5 3 シリーズの結果

供試体の記号	供試体諸元 (mm)			アンカープレートの大きさ (mm)	アンカープレートの中心間隔 (mm)	表面ひびわれ発生荷重 P_1 (t)	$P_3 = \frac{P_1}{\sigma \sqrt{A_1 \cdot A_2}}$ (t)	P_1/P_3	A_2/A_1
	幅	厚さ	長さ						
BP-165-165	730	250	1500	165×165×33	165	90	66	1.36	1.5
						90	75	1.20	1.5
BP-145-145	650	230	1500	145×145×33	145	80	62	1.29	1.59
						90	74	1.21	1.59
BP-145-165	690	230	1500	145×145×33	165	90	62	1.44	1.8
						90	63	1.42	1.8

表-6 VI シリーズの結果

供試体番号	表面ひびわれ発生荷重 P_1 (t)	破壊荷重 P_3 (t)	$P_3 = \frac{P_1}{\sigma \sqrt{A_1 \cdot A_2}}$ (t)	P_1/P_3	P_2/P_3	A_2/A_1
VI-1	50	57	44	1.14	1.30	2.65
2	70	72	70	1.00	1.03	6.72
3	80	83	83	0.96	1.00	1.11