

# [74] PC鋼棒用アンカープレートの大きさ及び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)  
 正会員 長 田 晴 道 (国鉄構造物設計事務所)  
 松 本 雄 二 (国鉄 下関工事局)

## 1. まえがき

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、鉄道上および道路上の架設でも特別な交通規制を必要としない橋梁架設工法として盛んに用いられている。

この工法でのPC橋の設計は、施工時（押し出し架設時）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的である。このPC鋼棒の配置は、土木学会ディビダーク工法設計施工指針のアンカークロックの配置間隔に関する規定を準用し、アンカープレート配置の制限から決まることが多く、施工時に必要なPC鋼棒本数から桁断面が決定されることがある。したがって、このアンカープレートの配置間隔を小さくできれば、より経済的、合理的な桁断面の選定が可能となる。

本報告は、現場配合のコンクリートを用い、実際の緊張作業を考慮した試験で、1枚のアンカープレートに2本のPC鋼棒を定着する場合の安全性を確認し、実橋の設計に応用したものである。

## 2. 供試体

実験は、4シリーズ12供試体について行い、その供試体の諸元は、表-1に示すとうりである。供試体の大きさは260×350×1,500(mm)で図-1に示すとうりで、アンカープレートの大きさは200×230(mm)で厚さはCシリーズのみ33mmとし他のシリーズには40mmのものを用い、アンカープレート背面の補強方法はグリッド筋3段でそのピッチが65mm(Aシリーズ、Cシリー

表-1 供試体の種類とその諸元

シリーズ号	供試体番号	供試体諸元(mm) 幅 厚さ 長さ	アンカープレート の大きさ(mm)	補強方法	目標コンクリート 強度(kg/cm <sup>2</sup> )	載荷方法
A	A-1	260 350 1500	200×230×40	グリッド筋3段 ピッチ65mm	250	A
	A-2	260 350 1500	200×230×40	*	280	A
	A-3	260 350 1500	200×230×40	*	280※	A
	A-4	260 350 1500	200×230×40	*	250	A
B	B-1	260 350 1500	200×230×40	グリッド筋5段 とスパイラル筋	200	A
	B-2	260 350 1500	200×230×40	*	250	A
	B-3	260 350 1500	200×230×40	*	280※	A
C	C-1	260 350 1500	200×230×33	グリッド筋3段 ピッチ65mm	200	A
	C-2	260 350 1500	200×230×33	*	200	B
	C-3	260 350 1500	200×230×33	*	280	B
A'	A'-1	260 350 1500	200×230×40	グリッド筋3段 ピッチ100mm	180	A
	A'-2	260 350 1500	200×230×40	*	180	B

\*同材料供試体

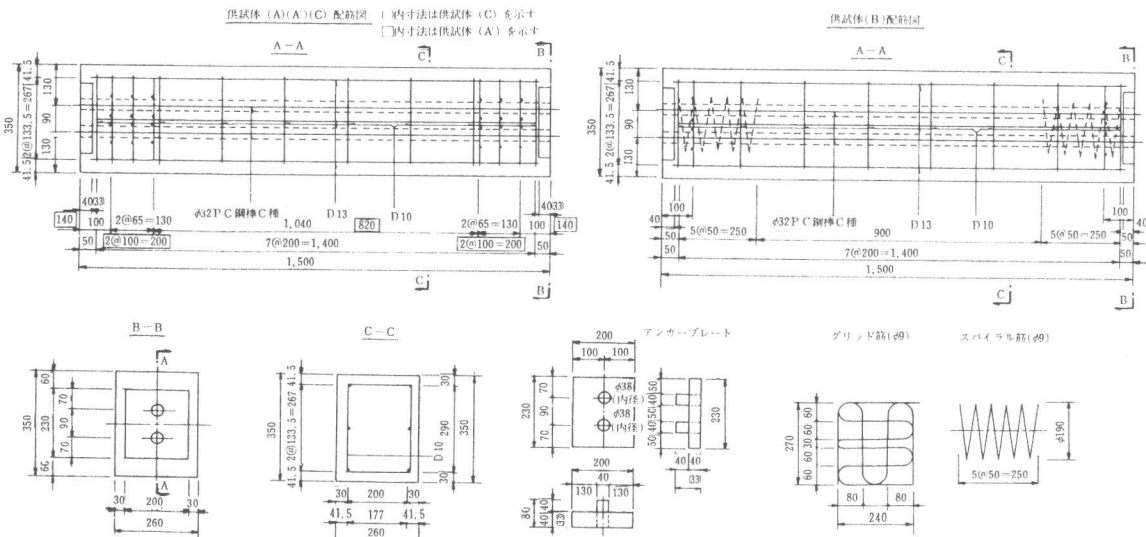


図-1 供試体

ズ) および 100 mm (A シリーズ) のものとグリッド 1 段とスパイラル筋を併用した (B シリーズ) 補強方法を行い、A-3、B-3 の供試体は 実際の橋梁施工時の緊張管理を想定し、円柱供試体のコンクリート強度が 280 kg/cm<sup>2</sup>となる時点での載荷を目標とした。他の供試体の目標強度は すべて供試体の実強度の目標値である。コンクリートの配合は 実際の施工で使用している早強ポルトランドセメントを用い、現場配合例により表-2 に示すものを用いた。

表-2 コンクリートの配合 (kg/m<sup>3</sup>)

セメントの種類	W	C	S	G	混和剤ポリスNo.70
早強ポルトランドセメント	167	407	701	1092	1.018

### 3. 試験方法および測定項目

今回の試験の載荷方法は 表-1 に示すような 2 本の P C 鋼棒の緊張力を 10 t の差で定着し、P C 鋼棒の引張限度まで緊張する載荷方法と実橋のほぼ設計緊張力の 60 t までを先に片側のみ緊張、定着し、その後もう一方の P C 鋼棒を 60 t まで緊張、定着し その後は緊張力の差を 10 t とする載荷方法とした。

緊張力は P C 鋼棒 φ32 C 種によって導入し、ロードセルおよび圧力計により確認しつつ、P C 鋼棒の引張限度まで緊張した。

測定は ひびわれ荷重およびひびわれ性状について行い、特に初期表面ひびわれと荷重に注目して行った。

### 4. 試験結果

#### 4.1 コンクリートの品質試験結果

供試体の載荷時の円柱供試体(φ100×200)の圧縮強度、引張強度および供試体と円柱供試体のコンクリート打設後の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結果を表-3 に示す。

表-3 載荷時コンクリートの品質

シリーズ番号	供試体番号	検査日 (hr.)	載荷時コンクリートの品質		積算温度 (°C)	推定強度 (kg/cm <sup>2</sup> )	目標強度 (kg/cm <sup>2</sup> )
			圧縮強度 (kg/cm <sup>2</sup> )	引張強度 (kg/cm <sup>2</sup> )			
A	A-1	34	197	21.5	1.27	250	250
	A-2	40	220	20.5	1.27	279	280
	A-3	55	276	26.1	1.27	350	280※
	A-4	51	202	20.2	1.19	241	250
B	B-1	25	180	21.8	1.14	205	200
	B-2	31	252	28.2	1.12	282	280
	B-3	50	273	22.8	1.17	319	280※
C	C-1	30	169	18.4	1.15	194	200
	C-2	26	191	17.5	1.15	220	200
	C-3	52	246	27.3	1.26	310	280
A'	A'-1	32	159	16.6	1.15	182	180
	A'-2	29	162	17.2	1.14	184	180

※: 円柱供試体強度

#### 4.2 載荷試験結果

各シリーズの試験結果、供試体の表面ひびわれ発生荷重、破壊荷重を表-4 に示す。この場合の荷重は 1 枚のアンカープレートに定着している 2 本の P C 鋼棒緊張力の合計を示している。これから、表面ひびわれ発生荷重は次の範囲にある。

- A シリーズ (グリッド筋 3 段 65 mm ピッチ)  

$$P_1 = (0.53 \sim 0.76) \sigma_c \sqrt{A_1 \cdot A_2}$$
- B シリーズ (グリッド筋 1 段とスパイラル筋)  

$$P_1 = (0.58 \sim 0.86) \sigma_c \sqrt{A_1 \cdot A_2}$$
- C シリーズ (グリッド筋 3 段 65 mm ピッチ)  

$$P_1 = (0.65 \sim 0.78) \sigma_c \sqrt{A_1 \cdot A_2}$$
- A' シリーズ (グリッド筋 3 段 100 mm ピッチ)  

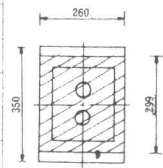
$$P_1 = (0.53 \sim 0.83) \sigma_c \sqrt{A_1 \cdot A_2}$$

破壊荷重については次のように表わせる。

- A シリーズ  $P_2 = 1.18 \sigma_c \sqrt{A_1 \cdot A_2}$
- B シリーズ  $P_2 = 1.35 \sigma_c \sqrt{A_1 \cdot A_2}$
- C シリーズ  $P_2 = 1.36 \sigma_c \sqrt{A_1 \cdot A_2}$
- A' シリーズ  $P_2 = 1.37 \sigma_c \sqrt{A_1 \cdot A_2}$

表-4 試験結果

シリーズ番号	供試体番号	表面ひびわれ発生荷重 (t)	破壊荷重 (t)	$P_1 = \sigma_c \sqrt{A_1 \cdot A_2}$ (t)	$P_1/P_2$	$P_1/P_2$
A	A-1	110	170以上	149.6	0.74	1.14以上
	A-2	110	170以上	166.8	0.66	1.02以上
	A-3	110	170以上	209.3	0.53	0.81以上
	*A-4	110	170以上	144.1	0.76	1.18以上
B	B-1	105	166	122.6	0.86	1.35
	B-2	110	170以上	168.6	0.65	1.01以上
	B-3	110	170以上	190.8	0.58	0.89以上
C	C-1	90	169	116.0	0.78	1.46
	C-2	100	167	131.6	0.76	1.27
	C-3	120	170以上	185.4	0.65	0.92以上
A'	A'-1	90	150	108.8	0.83	1.38
	A'-2	60	150	110.0	0.53	1.36



A<sub>1</sub>: アンカープレートの面積 = 23×20 = 460 cm<sup>2</sup>  
A<sub>2</sub>: A<sub>1</sub>に相対してコンクリート縁部に接する範囲の面積 (斜線部分) = 29.9×26.0×777.4 cm<sup>2</sup>  
A<sub>1</sub>・A<sub>2</sub> = 1.69 ※: A-4のみは、マッシャー(t=4 mm)を用い直接圧板にナットで定着した。

昨年報告<sup>1)</sup>したIV、Vシリーズの結果を表-5に示す。

IV-1、2およびV-1、2の供試体はグリッド筋1段のみの補強で、IV-3およびV-3の供試体はグリッド筋3段の補強を行った。アンカープレートの大きさはIVシリーズでは200×230×40(mm)で、Vシリーズでは165×230×32(mm)のものを用いた。

供試体のコンクリートの配合は表-6に示す通りで、使用セメントは普通ポルトランドセメントであった。IV、Vシリーズの表面ひびわれ発生荷重は

$P_1 = (0.31 \sim 0.45) \sigma_c \sqrt{A_1 \cdot A_2}$ 、破壊荷重は次のように表わすことができた。

- ・グリッド筋1段の場合  $P_2 = 0.9 \sigma_c \sqrt{A_1 \cdot A_2}$
- ・グリッド筋3段の場合  $P_2 = 1.1 \sigma_c \sqrt{A_1 \cdot A_2}$

今回の結果で表面ひびわれ発生荷重は(0.53 ~ 0.86)  $\sigma_c \sqrt{A_1 \cdot A_2}$ 、破壊荷重は  $1.3 \sigma_c \sqrt{A_1 \cdot A_2}$  となっており、昨年の結果より幾分大きい値を示している。このことは早強ポルトランドセメントで富配合でかつ材令の若い時期の緊張であることが影響していると考えられる。

一般に実橋で用いられているPC鋼棒(SBPR 95/110)では、プレストレス導入直後で60.7 t/本許容できるので、2本定着すれば121.4 tの緊張力となる。実橋の状態を想定したA-3、B-3の供試体では110 tで初ひびわれが生じたがそのひびわれ幅は0.015 ~ 0.020 mmと微細なものである。

A-3供試体のひびわれ状況を図-2に示す。この場合170 t 載荷しても、全面にひびわれは進展せず、最大ひびわれ幅は0.05 mmであった。A、B、C、A'のすべてのシリーズにおいて、ひびわれ状況は、ほぼ同じであり、今回のシリーズでの補強方法の違いによる差は明らかではなかった。一般にひびわれはPC鋼棒の定着具付近から進行し、緊張力が大きくなってPC鋼棒に直角方向に生じた。

またCシリーズは他のシリーズに比べてアンカープレートが薄い(33 mm)がそれによって特に他のシリーズと異なる点はなかった。

表-5 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)	$P_2 / \sigma_c \sqrt{A_1 \cdot A_2}$	$P_1 / \sigma_c \sqrt{A_1 \cdot A_2}$
IV-1	50	150	1.64	0.31
IV-2	60	160	1.55	0.30
IV-3	65	170 t 破壊終了	1.80	0.36
V-1	50	120	1.29	0.30
V-2	60	125	1.35	0.45
V-3	60	175	1.53	0.39

表-6 IV、Vシリーズのコンクリートの配合 (kg/m<sup>3</sup>)

セメントの種類	W	C	S	G	骨材割合(粗砂:中砂:小砂)	A/E比
普通ポルトランドセメント	158	376	694	1183	0.94	0.0752

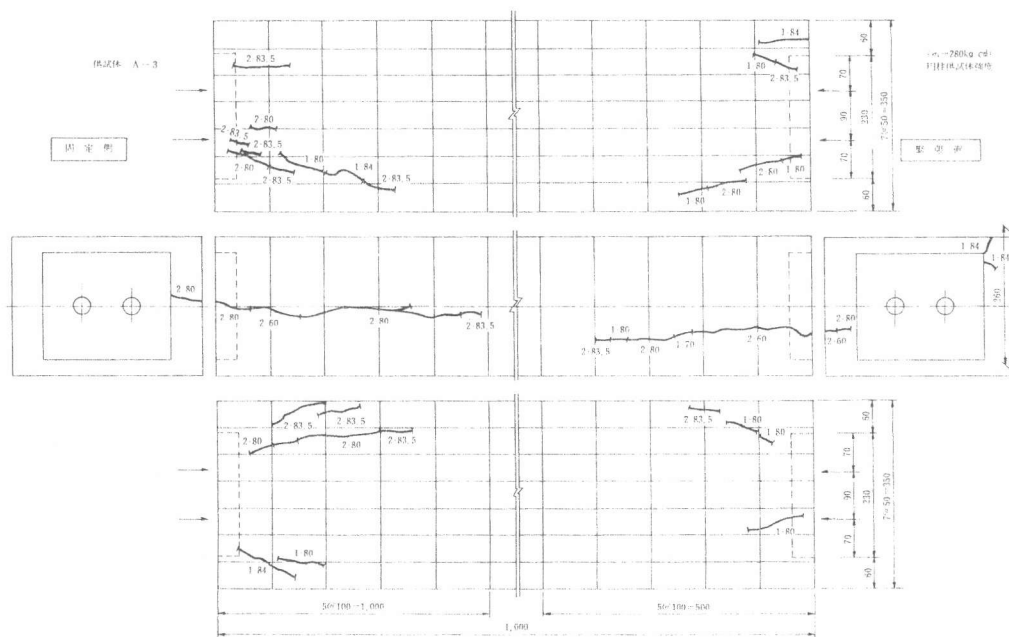


図-2 ひびわれ図

### 4.3 実橋への設計例

押し出し工法では 上床版、下床版に P C 鋼棒(φ 32)を 2 段に配置する場合は、従来のアンカープレート (165 × 165 × 33 mm) を用いると最小厚として 450 mm 程度が必要である。

今回 スパン 45.1 m 6 径間を押し出し工法で施工する橋梁に 試験結果を取り入れたので、その鋼材配置と桁断面を 図-3、4 に示す。1 枚のアンカープレートに 2 本の P C 鋼棒を定着することで、上床版、下床版の最小厚を 350 mm にでき、桁断面を約 20 %、P C 鋼棒を約 10 % 減じることができた。別の例では P C 下路桁で 4 桁間連続桁に用いた例を 図-5 に示す。

### 5. まとめ

今回の試験結果をまとめると、1 枚のアンカープレートに 2 本の P C 鋼棒を定着する場合、1 本ずつ定着しても、その破壊荷重を次第で求めて安全であることが確認できた。

・グリッド 3 段の場合  $P = 1.1 \sigma_c \sqrt{A_1 \cdot A_2}$

(200 × 230 mm) のアンカープレートに 2 本の P C 鋼棒を定着する場合 アンカープレートの厚さは 33 mm で安全であることと補強方法については 施工性を考慮すればグリッド筋 3 段で 100 mm ピッチで十分安全であることが確認できた。

さらに 今までの試験結果をまとめると以下のようになる。2 本の P C 鋼棒を 1 枚のアンカープレートに定着し、グリッド筋で補強する場合の破壊荷重は次のように表わせる。

・グリッド筋 1 段の場合  $P = 0.9 \sigma_c \sqrt{A_1 \cdot A_2}$

・グリッド筋 3 段の場合  $P = 1.1 \sigma_c \sqrt{A_1 \cdot A_2} (A_2/A_1 \leq 1.7)$

1 本の P C 鋼棒を 1 枚のアンカープレートに定着し、グリッド筋で補強する場合の破壊荷重は次のように表わせる。

・グリッド筋 1 段の場合  $P = 1.3 \sigma_c \sqrt{A_1 \cdot A_2} (A_2/A_1 < 2.6)$ 、 $P = 1.0 \sigma_c \sqrt{A_1 \cdot A_2} (2.6 < A_2/A_1 < 11)$

以上の式の整理に用いたコンクリート強度は すべて積算温度より推定した値である。これまでの試験でも 供試体と円柱供試体の積算温度比は 1.3 ~ 1.4 程度であり、実際の橋梁と現場養生供試体の関係も同程度であると思われる。現場での P C 鋼棒の緊張は 一般に現場養生のシリンダー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が、材令とともにコンクリート強度は増加し、緊張力はクリープ等により減少する。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よいと思われる。なおアンカープレートの形状が異なれば、これらの関係式は幾分変わることが考えられるので、その場合は確認して使用するのが望ましい。また  $A_2/A_1$  が大きい場合には このまま適用すると危険となるので注意が必要である。 参考文献<sup>1)</sup> 石橋、荻; P C 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

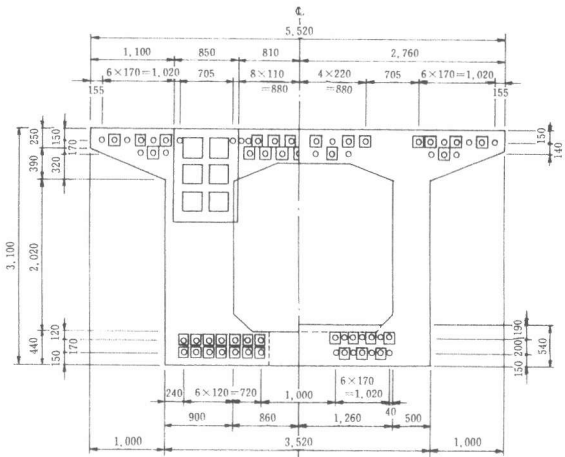


図-3 (165×165)のアンカープレートを使用した設計例

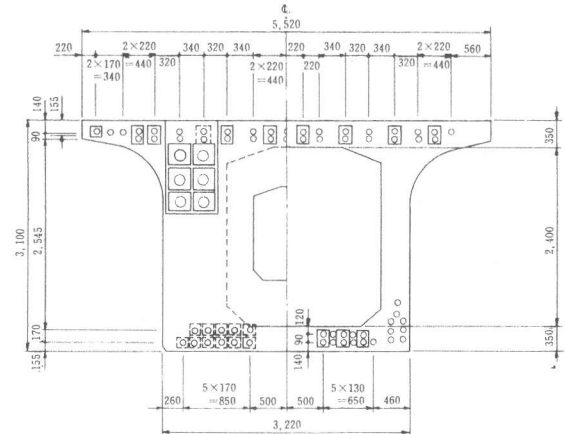


図-4 (200×230)のアンカープレートを使用した設計例

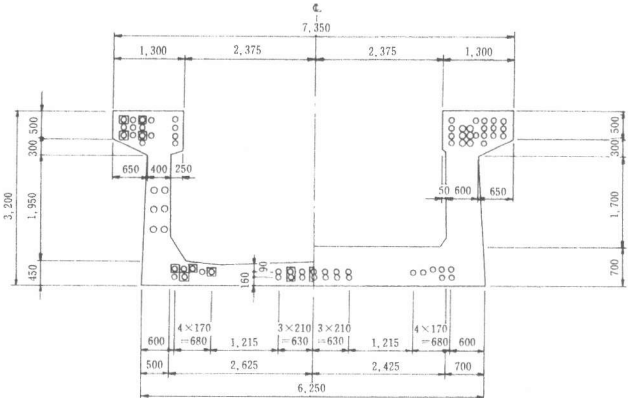


図-5 PC下路の設計例