

東京都立大学 正会員 池田尚治
川田工業 正会員 ○足立順一
高周波熱線 偉川哲光

1. 緒言 プレテンションPC部材においては、一般に定着がPC鋼材とコンクリートとの付着に依存しているため、PC鋼材の付着特性が部材の力学特性に重要な影響を及ぼすと考えられる。しかし、付着の程度がPC部材のひびわれ性状、終局耐力、破壊形態等の力学特性に及ぼす影響についてはあまり明らかにされておらず、又、表面形状の異なるPC鋼材の付着特性を対比させる研究は少ないようである。そこで本研究は、PC鋼より線、異形PC鋼棒、PC丸鋼棒の3種類のPC鋼材を用いたプレテンションはりの載荷試験、伝達長の測定、引き抜きによる付着試験を行ない、それぞれの鋼材の付着性状が部材の力学的挙動にどのような影響を及ぼすかを研究するものである。又、PC鋼材を無緊張の状態を用いた場合の部材の力学的挙動を把握し、超高強度鉄筋としてのPC鋼材の利用の可能性についてもあわせて検討を行なった。

2. 実験

a. 引き抜きによる付着試験 PC鋼材の付着特性を基礎的に把握する目的で、無緊張の状態での引き抜き試験を行なった。供試体は異形鋼棒φ11、鋼より線φ11、丸鋼棒φ11、異形鉄筋D13を用い、これらを同一条件で試験することとした。実験のパラメーターとして、コンクリート強度を200 $\times$ 、400 $\times$ の2種類とし、鋼材埋め込み長を7.1φ、17.7φとした。

b. 伝達長測定 供試体の製作段階において、応力導入前後のPC鋼材のひずみを測定し伝達長を求めることとした。

c. プレテンションPC梁の載荷試験 使用鋼材は前述の3種類とし、コンクリート強度及び緊張力を同一とした。供試体形状及び載荷位置は図-1に示す。載荷方法は2点載荷とし、高応力繰返し載荷も併せて行なった。

d. 超高強度鉄筋としてPC鋼材を用いた梁の載荷試験 使用鋼材は異形鋼棒φ11、丸鋼棒φ11、異形鉄筋D13の3種類で、供試体形状及び載荷装置はPC梁と同様とした。

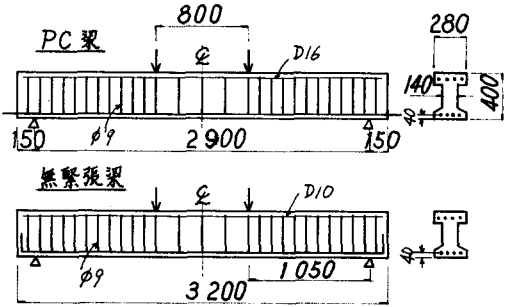


図-1 供試体

3. 実験結果と考察

a. 引き抜き試験は自由端に取り付けたダイヤルゲージの目盛が所定の値を示す時の荷重を讀みとる方式で、連続的に荷重を増大させる載荷方法とした。実験の結果得られたデータに若干のばらつきがあったが、これらを総合的に比較検討すると、付着の良好性はD13、より線、異形鋼棒、丸鋼の順であった。D13を除いた他の付着強度は20~40%程度であった。丸鋼の場合、すべり始め応力と最大応力とがほぼ同様なものが見られたが、異形鋼棒、より線の場合、すべり始めから最大耐力に達するまで粘りがあり、最大耐力はすべり始め応力の1.5~2倍程度のものが多く見られた。

b. 伝達長の測定を行なった結果を表-1に示す。緊張力に若干のばらつきがあったこと、ゲージのコーティングが測定1ヶ所当り4cm程度あったこと等の影響もあり丸鋼棒と異形鋼棒とがほぼ同様な伝達長を示したと考えられる。又、より線が他に較べ相当に短い伝達長を示したのは、応力導入の際のより線のよりのものによりふくらみの影響が

表-1 伝達長

供試体	1本当りの緊張力	伝達長	導入された応力	
			上 縁	下 縁
異形鋼棒	8.20 t	114 cm	-21 %	112 %
丸 鋼 棒	8.91 t	112 cm	- 5 %	100 %
鋼より線	8.81 t	55 cm	-25 %	96 %

梁端部において付着を有利にしたためと考えられる。

C. 梁供試体の載荷試験の結果を表-2に示す。

表-2 載荷試験結果

供試体	使用鋼材	緊張力	コンクリート圧縮強度	ひび割れ荷重	鋼材すべり荷重	破壊荷重	破壊形態
No.1	異形鋼棒 471	8.20t	517 kg/cm^2	12.0 t	19.0 t	21.7 t	定着破壊を伴う曲げ破壊
2	〃	8.20t	517	13.5 t	18.0 t	22.0 t	〃
3	丸鋼棒 471	8.91t	390	15.0 t	16.0 t	16.7 t	付着及び定着破壊
4	鋼引線 471	8.81t	527	13.5 t	38.0 t	38.0 t	僅かに定着破壊を伴う曲げ破壊
5	〃	8.81t	527	9.0 t	38.0 t	40.4 t	〃
6	異形鋼棒 471	—	337	4.0 t	—	26.0 t	定着部破壊
7	丸鋼棒 471	—	337	4.0 t	—	17.0 t	〃
8	異形鉄筋 471	—	407	4.0 t	—	13.1 t	曲げ破壊

した。又、設計荷重で50回の繰り返し載荷を行な、た梁も若干付着破壊の進行が見られたが、終局耐力は静的載荷を行なった梁とは同様であった。より線の場合、設計荷重の1.7倍の繰り返し載荷に対しても付着破壊はほとんど見られず、かなり弾力的であった。終局耐力は38 cm 及び40 cm で、曲げ破壊しており、この時僅かに定着破壊も見られた。無緊張梁については、 $\phi 13$ を用いた梁が13.7 cm で曲げ破壊したのに対し、丸鋼棒、異形鋼棒はともに梁端部の直角フック部で定着破壊をおこした。終局耐力は丸鋼棒が17 cm 、異形鋼棒が26 cm で、異形鋼棒の異形が定着を擁護しフックもある程度有効に働かせたと考えられる。ひびわれの分散性については、三者ともほとんど差はなかったが、最大ひびわれ幅については、 $\phi 13$ の場合 $\sigma_s = 2000\text{kg/cm}^2$ の時約0.2 mm であったのに対し、異形鋼棒、丸鋼棒ともに $\sigma_s = 2800\text{kg/cm}^2$ 程度の時、約0.3 mm であった。なお図-2にPC梁の変形挙動の測定結果を示した。

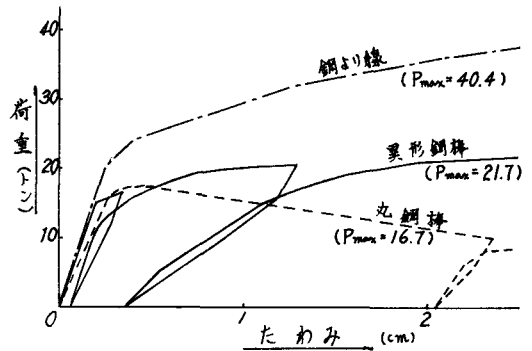


図-2 荷重-たわみ曲線

が、最大ひびわれ幅については、 $\phi 13$ の場合 $\sigma_s = 2000\text{kg/cm}^2$ の時約0.2 mm であったのに対し、異形鋼棒、丸鋼棒ともに $\sigma_s = 2800\text{kg/cm}^2$ 程度の時、約0.3 mm であった。なお図-2にPC梁の変形挙動の測定結果を示した。

4. 結論

- 1). 3種類のPC鋼材の付着性能については、より線、異形鋼棒、丸鋼棒の順に良好であり、特により線の場合梁端部におけるよりのもどきによるふくらみの影響が定着を有利にしている。
- 2). 異形鋼棒の場合、施工性の良いことは知られているが、その付着性状はより線と丸鋼棒の間である。しかし、明らかに丸鋼棒より優れており定着破壊に対しては部材に靱性を持たせることができる。したがって、端部に若干の定着機能を持たせれば、部材としての挙動はより線に近くなると考えられる。
- 3). より線の場合、本実験では、部材断面の持つ耐力に達していた。この時、若干の定着破壊が見られたが、ACI Building Code 318-71の定着長の式 $L_d = \frac{f_{yc}}{4} d_b + (f_{sp} - f_{yc}) d_b$ によし求めた定着長151 cm に対し、本実験の梁端部から載荷点までの距離120 cm がこれを満足していなかったことを考えるとACI式はほぼ妥当な定着長を与える式であると思われる。なお、ACI式はより線の定着長を規定するものであり、表面形状がより線と類似な異形PC鋼棒にこの式を適用するのは本実験の結果から判断する限り不適当であると考えられる。
- 4). PC鋼材の付着及び定着特性を調べる場合、無緊張状態で引き抜き試験を行うのと、プレテンション部材端部における伝達長を求めるのとでPC鋼材の付着機構が相当に異なることが示された。後者の場合は応力導入時に部材端部で鋼材径がふくれるため定着に有利であり、この場合、より線材は棒材よりふくれるために定着に有利である。このため、異形PC鋼棒の伝達長が、より線の場合より相当に大きくなったものと思われる。
- 5). PC鋼材を超高強度鉄筋として使用する場合、定着部に対する考慮がなされれば、部材の弾性域及び耐力を大幅に向上させ得ることが示された。又、PC鋼材のうち異形鋼棒は定着部を有効に働かせ、PC梁の場合より20%程度耐力が増大しており、コンクリートとの一体性の点でかなり有効であると考えられる。