論文　太径 PC 鋼材圧入定着プレテンション工法の実験的検証

立花　弘[*1]・原　健悟[*2]・児玉　幹雄[*3]・堀井　智紀[*4]

要旨：近年，建物のプレキャスト（以下，PCa）化が進み，梁や柱などの主要構造部材を PCa 化することが多くなっている。地震応力を受けるプレキャストプレストレストコンクリート造（以下，PCaPC）の大梁では，定着端部からプレストレスの導入が必要であるため，マルチストランドを使ったポストテンション方式が多く採用され，伝達長として 45φ～65φを必要とするプレテンション部材の利用は難しい。そこで本研究では 19 本より PC 鋼より線（以下，太径 PC 鋼材）とあらかじめくさびを圧入させた定着具を使用したプレテンション方式を開発し，試験により定着端部からプレストレスを有効に導入できることを実証した。

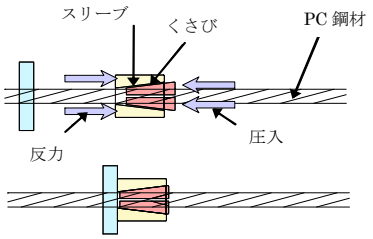
キーワード：圧入定着プレテンション工法，太径 PC 鋼材，伝達長

1. はじめに

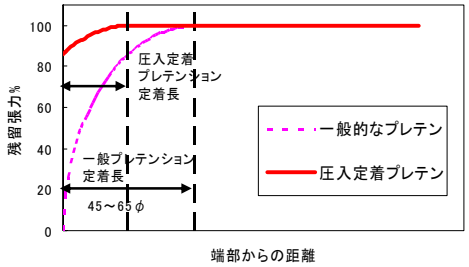
近年，建物の PCa 化が進み，梁や柱などの主要構造部材を PCa 化することが多くなっている。スパン 10m～15m 程度の PCaPC 大梁を有する積層構造物においては，マルチストランドを使用したポストテンション方式で計画されることが多いが，現場での通線，緊張，グラウト等煩雑な作業が発生する。これらの現場での作業の煩雑さを解消する手段としてプレテンション方式による工場での部材製作が考えられる。

一般的なプレテンション方式では，7 本よりのφ12.7 やφ15.2 の PC 鋼より線を用い，コンクリートとの付着によりプレストレスを伝達させているが，プレストレスの伝達長として定端部から 45φ～65φ程度を必要とするためその区間ではプレストレスが低下してしまう。そのため小梁や床などの二次部材には使用されるが，大梁に対しては地震等の繰り返し荷重により大きな応力が発生する梁・柱の付け根部に対し，定着端部からプレストレスの導入が必要となるため適用されていない。

そこで本研究ではくさびや PC 鋼より線の引き込みによるプレストレスの低減を極力発生させないため，あらかじめくさびをスリーブに圧入した定着具を用い，またコンクリートとの付着性能が劣ることからプレテンション方式には使用されていない太径 PC 鋼材を対象としたプレテンション方式による工法（以下，圧入定着プレテンション工法）の確立を目的とし，各種の試験を行った。**図－1** に圧入定着の模式図を，**図－2** に伝達長のイメージを示す。



図－1　圧入定着模式図



図－2　伝達長のイメージ

*1 オリエンタル建設（株）　技術部　建築技術チーム　(正会員)
*2 オリエンタル建設（株）　技術研究所　工修
*3 神鋼鋼線工業（株）　技術部　PC 鋼線技術室　工修
*4 神鋼鋼線工業（株）　技術部　PC 鋼線技術室　工修

2. 定着具性能試験

2.1 試験要因

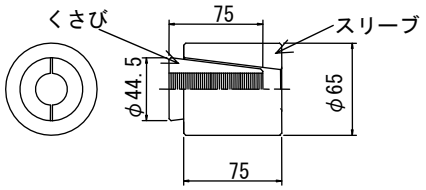
くさびの圧入力と引き込み量の関係を把握するため定着具性能試験を行った。試験はφ21.8の PC 鋼より線とポストテンション方式で一般的に用いられる定着具を使用して行った。**図－3**に定着具を示す。試験要因として圧入時の仮緊張力と圧入力を考慮した。試験要因を**表－1**に示す。試験体の最終緊張力を 0.9Py，圧入時の仮緊張力を 0.7Pu の 0，50，100%の３水準，圧入力を 0.7Pu の 25，50，100%の３水準とした。

表－１　試験要因

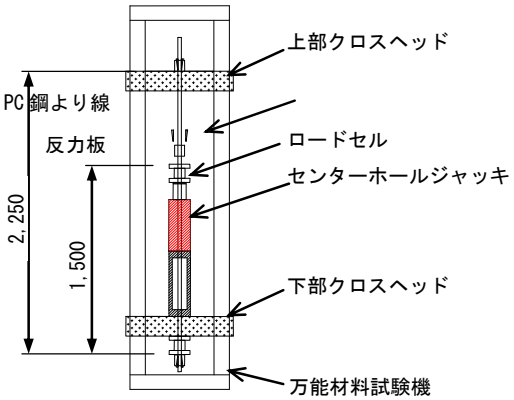
試験体 No.	圧入時の仮緊張力（kN）	圧入力（kN）
22-00-100	0	401.1
22-50-25	200.6	100.3
22-50-50	200.6	200.6
22-50-100	200.6	401.1
22-100-100	401.1	401.1

2.2 試験装置および測定項目

試験装置を**図－4**に示す。試験は，1.上部クロスヘッドによる初期緊張力の導入（圧入前仮緊張）2.センターホールジャッキによる定着具の圧入 3.上部クロスヘッドによる最終緊張力の導入



図－3　定着具

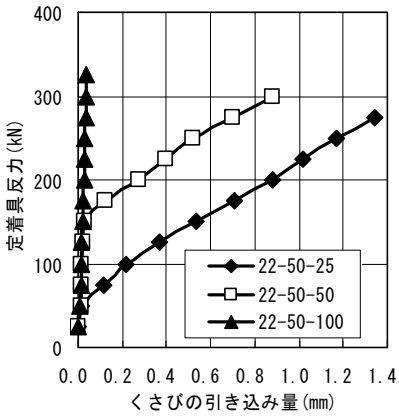


図－4　試験体概要図

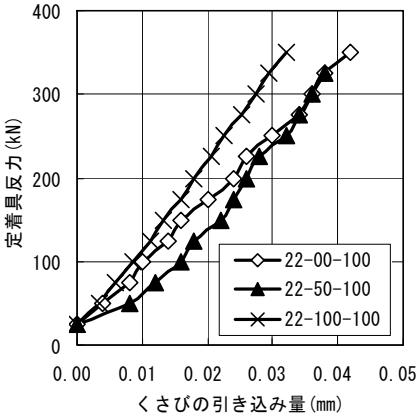
4.反力板と定着具のクリアランスをゼロに調整 5.反力を上部クロスヘッドから定着具に移行（緊張力解放）の手順で行い 5.における定着具反力とくさびの引き込み量を測定した。

2.3 試験結果

圧入力に対するくさびの引き込み量を**図－5**に示す。引き込み量は定着具反力が低荷重域で 0.1mm 以下とごく僅かであり，各試験体の差はほとんど生じていない。しかし，定着具反力が圧入力の 50～70%程度に達した段階からくさびの引き込みが生じる結果となり，圧入力が大きいほどくさびの引き込み量が小さくなる傾向が得られた。また**図－6**に示すように，圧入時の仮緊張力が大きくなってもくさびの引き込み量の差は 0.01mm 程度しか生じておらず，圧入時の仮緊張力がくさびの引き込み量に与える影響はほとんどなかった。以上より，くさびの引き込み量を極力小さくする方法として，圧入力を大きくすることは有効であることが確認された。



図－5　圧入荷重の影響



図－6　圧入時の緊張力の影響

3. プレストレス導入試験

3.1 試験概要

φ17.8 および φ21.8 の太径 PC 鋼材を用いた試験体を使ったプレストレス導入試験を実施し，以下の(1)～(3)に示す項目について計測した。

(1) プレストレス導入時のくさびおよび PC 鋼より線の引き込み量（セット量）

(2) プレストレス導入直後の伝達長

(3) 経時変化によるプレストレス伝達長の変化

試験要因を**表－2** に，試験体形状と鉄筋，PC 鋼より線ひずみゲージ設置位置を**図－7** に示す。試験体は PC 鋼より線の両端部に導入緊張力の 50，75，100%（試験体 SD18(22)-1/2,3/4,1）の力でくさびを圧入した定着具を用いたものと，通常のプレテンション方式と同様に定着具を使用せずコンクリートとの付着のみで定着させるもの（試験体 SD18(22)-0）を製作した。

3.2 使用材料

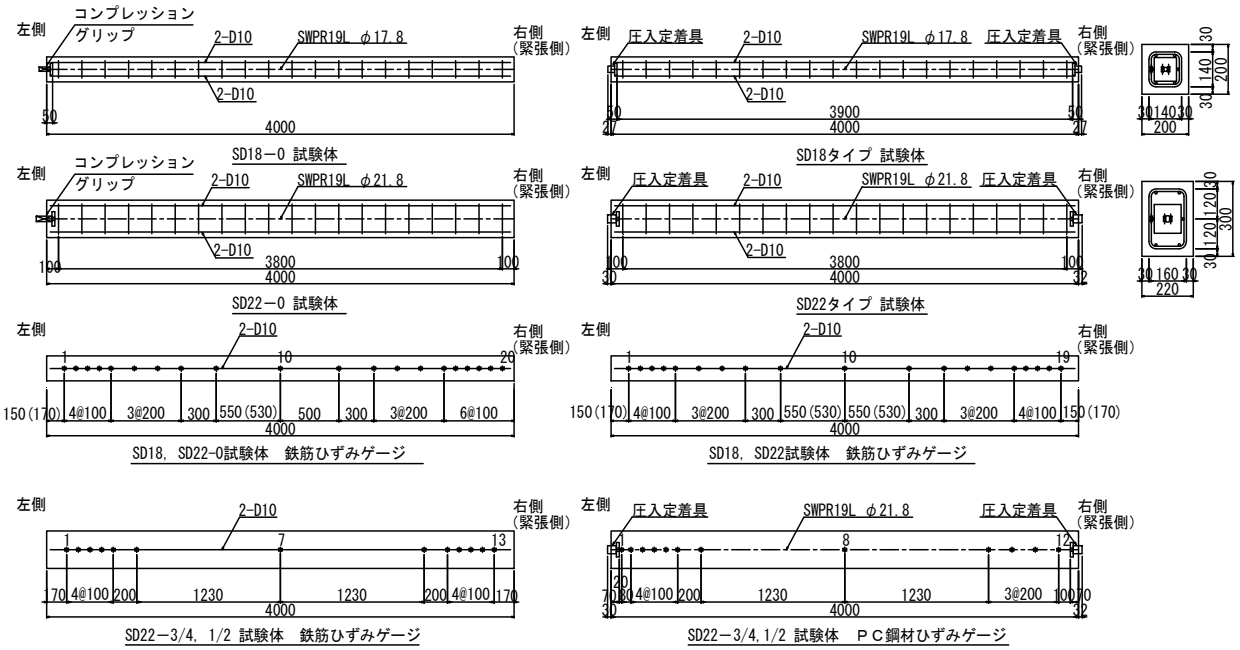
コンクリート強度を**表－3** に，試験体に使用した支圧板の寸法を**表－4** に示す。プレストレスの導入はコンクリートの所定の強度が発現した段階で行った。また，支圧板の形状は実際に施工する際の PC 鋼より線の配置間隔，定着具の取り合いを想定し，支圧強度がプレストレス導入直後の支圧応力を上回るまでコンパクトなものとした。

3.3 試験結果

(1) くさびおよび PC 鋼より線の引き込み量

表－２　試験要因

No	試験体	鋼材	導入力 (kN)	圧入力 (kN)	備考
1	SD18-0	SWPR19φ17.8	270.9	—	定着具を用いない通常プレテンション
2	SD18-1/2			135.5	定着具を使用し、鋼材緊張力の50%でくさび圧入
3	SD18-3/4			203.2	定着具を使用し、鋼材緊張力の75%でくさび圧入
4	SD18-1			270.9	定着具を使用し、鋼材緊張力の100%でくさび圧入
5	SD22-0	SWPR19φ21.8	401.1	—	定着具を用いない通常プレテンション
6	SD22-1/2			200.6	定着具を使用し、鋼材緊張力の50%でくさび圧入
7	SD22-3/4			300.8	定着具を使用し、鋼材緊張力の75%でくさび圧入
8	SD22-1			401.1	定着具を使用し、鋼材緊張力の100%でくさび圧入



図－７　試験体形状および鉄筋，ＰＣ鋼より線ひずみゲージ位置図

表－3　コンクリート材料試験結果

No.	コンクリート			
	材令	圧縮強度 (N/mm^2)	引張強度 (N/mm^2)	弾性係数 (N/mm^2)
SD-18	1	37.7	2.8	27011
	31	65.4	4.4	33976
SD-22	3	34.6	3.2	27710
	32	45.2	3.9	29055

表－4　支圧板寸法

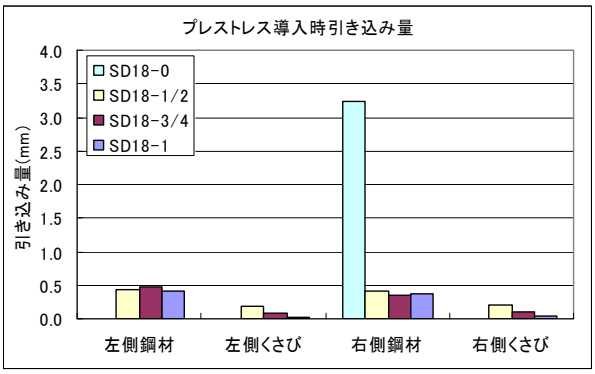
種別	A(mm)	B(mm)	t(mm)
SD-18	95	95	20
SD-22	115	115	25

A:支圧板縦長さ，B:横長さ，ｔ:厚さ

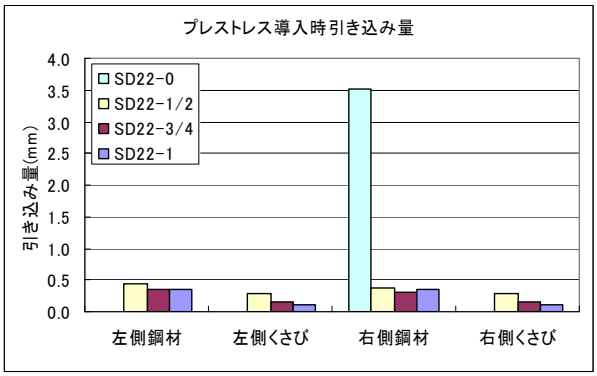
SD18 および SD22 試験体のプレストレス導入時におけるくさび，PC 鋼より線の引き込み量をそれぞれ**図－8**，**図－9** に示す。計測は，くさびと PC 鋼より線それぞれに固定したアングルに変位計をセットして行い，PC 鋼より線の引き込み量はそれぞれの変位計によって計測された変位の差とした。変位計のセット状況を**写真－1** に示す。

くさびの引き込み量は先の試験同様，くさびの圧入力が大きいほど小さくなる傾向を示した。一方 PC 鋼より線の引き込み量は通常のプレテンション方式の試験体では大きくなったが，圧入定着プレテンション工法の各試験体においては値も小さくなりその差もほとんどなかった。以上のことから圧入力が大きいほど，くさび，PC 鋼より線とも引き込み量が小さくなることが確認できた。

写真－1　引き込み量計測状況



図－8　SD18 引き込み量



図－9　SD22 引き込み量

(2) プレストレス導入直後の伝達長

SD18 および SD22 試験体のプレストレス導入時における鉄筋ひずみの結果を**図－10～13** に示す。また，SD22-1/2 および SD22-3/4 に関しては PC 鋼より線ひずみの計測も行った。PC 鋼より線ひずみの結果を**図－14** に示す。図中の実線および破線で描かれた縦線は鉄筋および PC 鋼より線ひずみが一定となる位置を示している。この位置は，ＰＣ鋼より線の中央におけるひずみの±5%程度の増減幅で，かつそれ以後中央にかけてほぼ一定と見なせる箇所とした。また図中の計算値はコンクリートの弾性変形によるＰＣ鋼より線ひずみの減少量であり，以下の式により求めた。

$$\Delta\varepsilon_p = (n \times \sigma_{cpg}) / E_p$$

ここで

$\Delta\varepsilon_p$ ：PC 鋼より線ひずみの減少量

n　　：ヤング係数比　$n=E_p/E_c$

E_p　：PC 鋼より線のヤング係数（N/mm^2）

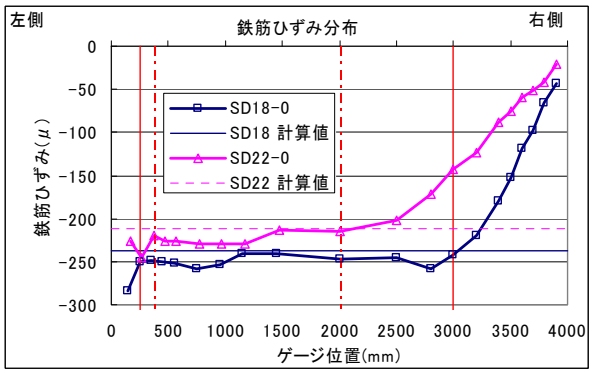
E_c　：緊張時材令におけるコンクリートのヤン

グ係数（N/mm²）

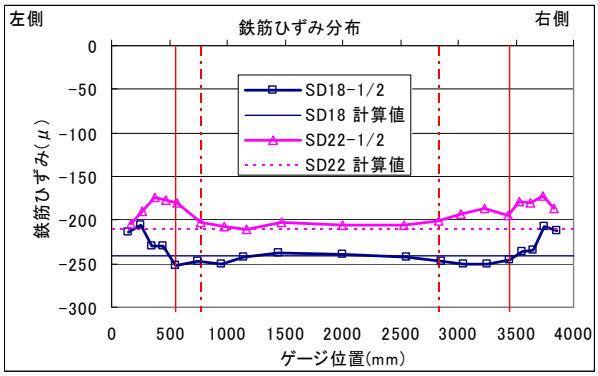
σ_{cpg} ：PC 鋼より線緊張によるＰＣ鋼より線の図心位置におけるコンクリート応力度（N/mm²）

プレストレス伝達長は鉄筋ひずみが一定となる位置までの長さとし，PC 鋼より線ひずみは鉄筋で計測したひずみによる伝達長が妥当であるかを確認するための参考値とした。**表－5** および **表－6** にプレストレスの伝達長の結果を示す。

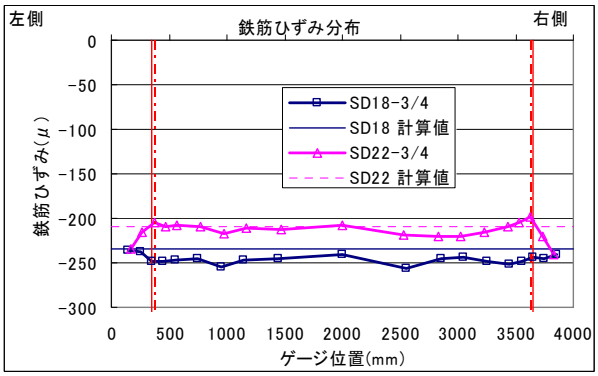
計測の結果くさびを圧入した定着具を使用することにより，通常のプレテンション方式より伝達を大幅に短くなることが確認できた。圧入力が導入緊張力の 75%以上であればプレストレスの伝達長は 11φ～19φ程度になり，柱せいの寸法を 600mm としても梁・柱接合部内で伝達長が確保できることが確認できた。ここで，PC 鋼より線ひずみの計測値において右側に比べ左側の伝達長が長くなった原因として，ひずみゲー



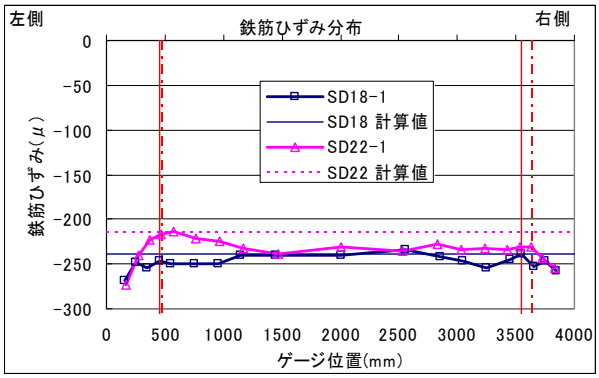
図－10　鉄筋ひずみ分布(SD18，SD22-0)



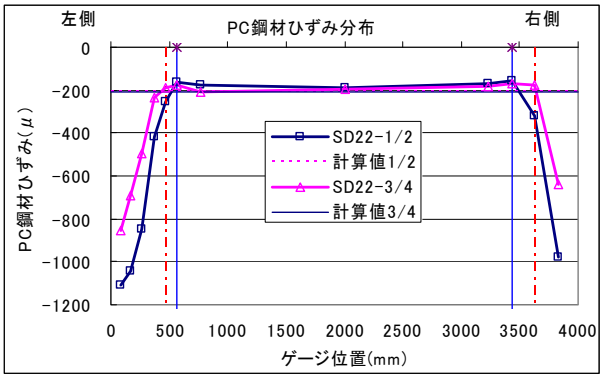
図－11　鉄筋ひずみ分布(SD18，SD22-1/2)



図－12　鉄筋ひずみ分布(SD18，SD22-3/4)



図－13　鉄筋ひずみ分布(SD18，SD22-1)



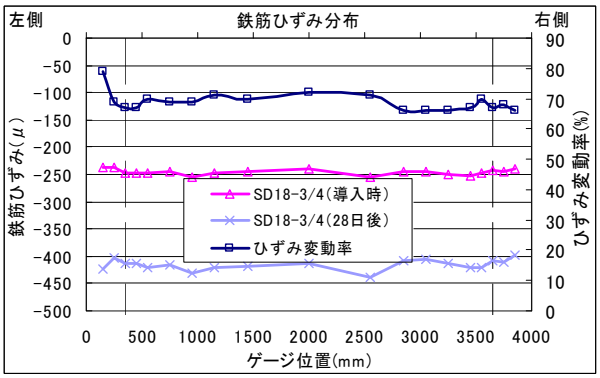
図－14　PC 鋼より線ひずみ分布(SD22-1/2，3/4)

表－5　鉄筋ひずみから求めた伝達長

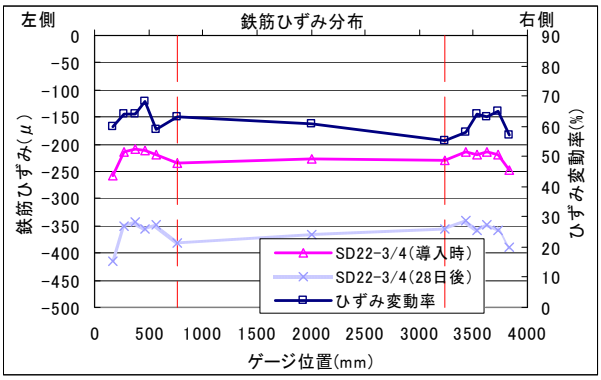
No.	左側	右側	平均
SD18-0	－	53φ	－
SD18-1/2	25φ	25φ	25φ
SD18-3/4	13φ	13φ	13φ
SD18-1	19φ	19φ	19φ
SD22-0	－	89φ	－
SD22-1/2	29φ	47φ	29φ
SD22-3/4	11φ	11φ	11φ
SD22-1	15φ	11φ	15φ

表－6　PC 鋼より線ひずみから求めた伝達

No.	左側	右側	平均
SD22-1/2	23φ	23φ	23φ
SD22-3/4	19φ	14φ	17φ



図－15　SD18-3/4 の鉄筋ひずみ経時変化



図－16　SD22-3/4 の鉄筋ひずみ経時変化

ジの設置箇所数が右側より多く，ひずみゲージを設置することによる PC 鋼より線の付着力低下が影響したと考えられる。

(3) プレストレス伝達長の経時変化

プレストレス導入時と 28 日後の SD18-3/4, SD22-3/4 の鉄筋ひずみ分布および変動率を**図－15** および**図－16** に示す。ひずみ分布の変化はコンクリートのクリープおよび乾燥収縮，PC 鋼より線のリラクセーションによるプレストレスの減少分のみで全体的に安定して挙動しており，変動率は定着端部では応力集中による乱れがあるものの，ほぼ一定に変動していた。

以上の結果から圧入定着具を有する PC 鋼より線のプレストレス伝達長は長期的に安定していると言える。

4. まとめ

本研究では太径 PC 鋼材を使った圧入定着プレテンション工法の性能を確認するため，定着具性能試験およびプレストレス導入試験を行った。以下に本研究において得られた知見を示す。

(1) くさびの引き込み量を極力小さくする手段として，あらかじめくさびを圧入する方法が有効であることを確認した。

(2) 大きい圧入力でくさびを圧入することにより，くさびや PC 鋼より線の引き込み（セット）が低減し，定着端部でのプレストレスの損失の影響を低減できた。

(3) 圧入力が導入緊張力の 75%以上であれば，プレストレス伝達長を 20φ程度にすることができ，600mm 程度の梁・柱接合部内でもプレストレスを伝達することができる。

(4) 鉄筋ひずみの経時変化による変動は通常の PC 部材と同様に全体的に一定に低減しているため，長期的に安定していると言える。

(5) 経時変化による変動が一定であることから，長期的に PC 鋼より線とコンクリートとの付着は確保されている。

参考文献

1) プレストレストコンクリート設計施工基準・同解説，日本建築学会，pp.225-230，1998

2) コンクリート標準示方書　構造性能照査編，土木学会，pp.150-158，2002

3) 池田博之，ほか：φ21.8 ストランドを使用したプレテンション工法　評価実験について，第 9 回プレストレストコンクリートの発展に関するシンポジウム論文集，pp.97-102，1999