

プレテンション方式UFC部材の付着伝達長に関する研究

太平洋セメント(株) 工(修) ○川口 哲生
 太平洋セメント(株) 工(修) 森 香奈子
 太平洋セメント(株) 正会員 工(博) 河野 克哉
 太平洋セメント(株) 工(博) 田中 敏嗣

Abstract: In the Prestressed Concrete (PC) structures by the pre-tensioning method, prestressing force is transferred to concrete by the bond between prestressing steel (PS steel) and concrete. Moreover, it is confirmed that the bond strength between the PS steel and the UFC is extremely higher than that between the PS steel and the conventional concrete. Therefore, the transfer length of the UFC is shorter than that of the conventional concrete, and it is not consistent with the length based on the conventional calculation method. In this research, the transfer examinations by the pre-tensioning method were carried out, and the influences by various factors were verified.

Key words : Ultra high strength fiber reinforced concrete(UFC), pre-tensioning method, transfer length

1. はじめに

超高強度繊維補強コンクリート（以降，UFC と表記）は，高強度，高靱性，高耐久性の性能を有しており¹⁾，プレストレスを導入することで，より優れた性能を有する部材を作製することが可能である。プレテンション方式によるPC構造とするには，PC鋼材とUFCとの付着により，一体化を図ることが重要である。つまり，プレストレス力をPC鋼材とUFCの付着により伝達するために必要な長さ，すなわち付着伝達長を適切に設定することが重要である。UFCは優れた付着特性を有するため²⁾，従来のコンクリートに比べて，付着伝達長は小さくなると予想されるが，UFCを用いたPC鋼材の付着伝達長に関する検討は少ないのが現状である。そこで本研究では，UFCを用いたPC鋼材の付着伝達長を把握するために，実際にプレストレスを導入して，付着伝達長の計測を行なった。また，養生方法，PC鋼材種類，鋼材緊張量，プレストレス導入量が及ぼす影響について検討を行った。

2. 実験概要

表－1は試験水準を示したものである。試験要因は，鋼材種類，鋼材緊張量，試験体断面，養生方法である。鋼材種類はストランド（SWPR7A），細径異型PC鋼棒（SBPDL，以降ツイストタイプと

表－1 試験水準（プレストレス導入試験）

No.	鋼材種類	鋼材本数	鋼材径 [mm]	高さ [mm]	幅 [mm]	長さ [mm]	導入緊張量 [kN]	鋼材引張応力 [N/mm ²]	プレストレス導入応力 [N/mm ²]	養生方法
1	ストランド	1	12.7	100	100	3000	135	1066	13.5	パターン I
2	ツイストタイプ		12.6							
3	ストランド		12.7	150	150	1200	67.5	533	3.0	パターン II
4										
5	ツイストタイプ		12.6	100	100	1200	135	1066	13.5	
6	ストランド		12.7							
7	ツイストタイプ		12.6							
8	ツイストタイプ		12.6							

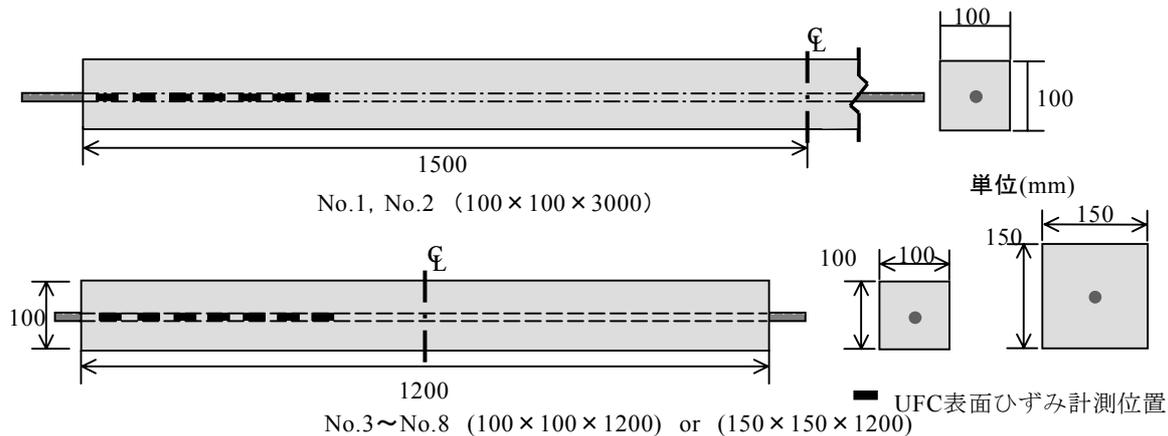


図-1 試験概要 (プレストレス導入試験)

表-2 強度試験結果

試験体名称	1次養生終了後			2次養生終了後		
	圧縮強度 (N/mm ²)	弾性係数 (kN/mm ²)	割裂引張強度 (N/mm ²)	圧縮強度 (N/mm ²)	弾性係数 (kN/mm ²)	割裂引張強度 (N/mm ²)
No.1, No.2	44.3	21000	4.23	210.2	54000	9.92
No.3~No.8	—	—	—	218.5	53000	9.68

表記) の 2 種類とした。ストランドの径は 12.7mm, ツイストタイプの径は 12.6mm である。また, 鋼材緊張量は 135kN, 67.5kN の 2 水準とした。ここで, 135kN としたのは, コンクリート標準示方書³⁾に基づき, 緊張量を $0.85f_y$ (f_y : 降伏強度) としたためである。養生方法は 2 種類のパターンとした。表-1 におけるパターン I は, UFC の打込み後, PC 鋼材を緊張したまま, 20°C24 時間の 1 次養生, 90°C48 時間の 2 次養生¹⁾を行いプレストレスを導入した。また, パターン II では, 打ち込み直後に, 40°C18 時間の熱養生を事前に行い, 圧縮強度が 50N/mm^2 となった時点で, PC 鋼材を切断してプレストレスを導入し, 90°C48 時間の 2 次養生を行なった。

図-1 は試験概要を示したものである。試験体形状は角柱であり, 断面中心に PC 鋼材を配置した。断面寸法は $100\times 100\text{mm}$ と $150\times 150\text{mm}$ の 2 水準とした。試験体 No.1, No.2 においては, 長手軸方向について, 鋼材のひずみ分布を計測し, 緊張前後に, UFC の表面ひずみ分布を計測した。No.3~8 においては, 緊張前後に UFC 表面にひずみゲージを貼り付け, 長手軸方向について, UFC ひずみ分布の計測を行った。表-2 は管理供試体から得られた UFC の強度試験結果を示したものである。No.3~8 では, 2 次養生の事前に 40°C18 時間の熱養生を行なっているが, 200N/mm^2 以上の圧縮強度が発現していることが確認された。

3. 実験結果

3. 1 プレストレス導入試験結果

図-2 は, パターン I における材端からの鋼材ひずみ分布を示したものであり, (a) はストランド, (b) はツイストタイプを使用したケースを示したものである。それぞれに対し, 鋼材緊張時のひずみ分布, 二次養生終了後のひずみ分布を示している。(a) では, PC 鋼材を初期緊張した結果, $7500(\times 10^{-6})$ のひずみが生じたが, プレストレス導入後は最大で $4500(\times 10^{-6})$ 程度となった。また, 材端から 250mm の位置までは, ひずみが一定値となっておらず, 250mm 以降の領域ではひずみがほぼ一定となることが確認された。すなわち材端から 250mm 程度以下の領域が付着伝達長であると考えられる。次に (b) では, PC 鋼材を初期緊張した結果, $7800(\times 10^{-6})$ のひずみが生じたが, プレストレス導入後は最大で $6000(\times 10^{-6})$ 程度となった。さらに, 材端から 250mm 程度の位置まではひずみは一定となっておらず, 250mm 以降で, ひずみがほぼ一定となることが確認された。つまり, (a) のケースと同じくこ

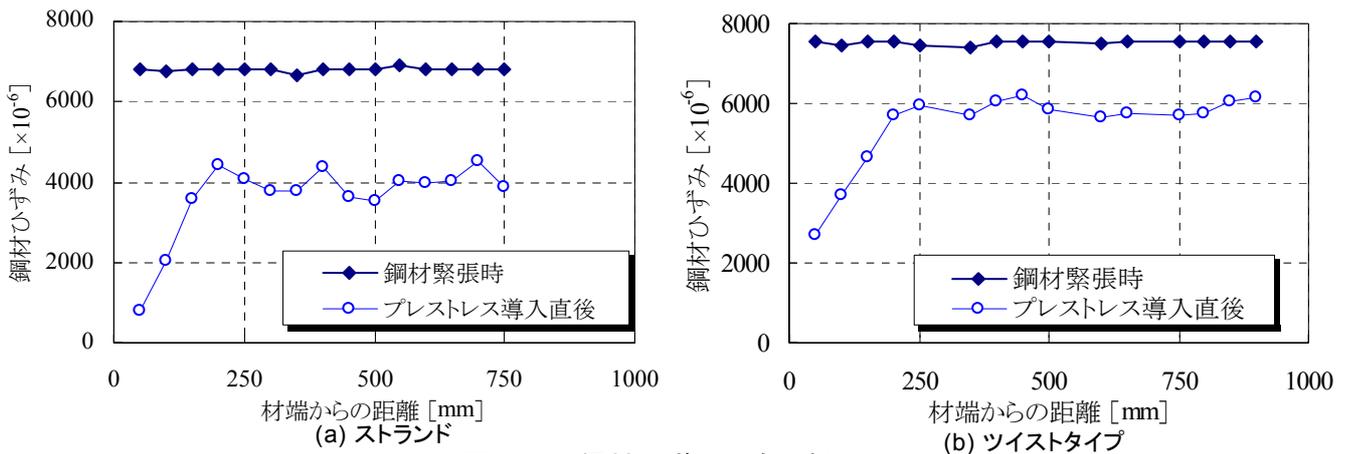


図-2 鋼材ひずみ分布(パターン1)

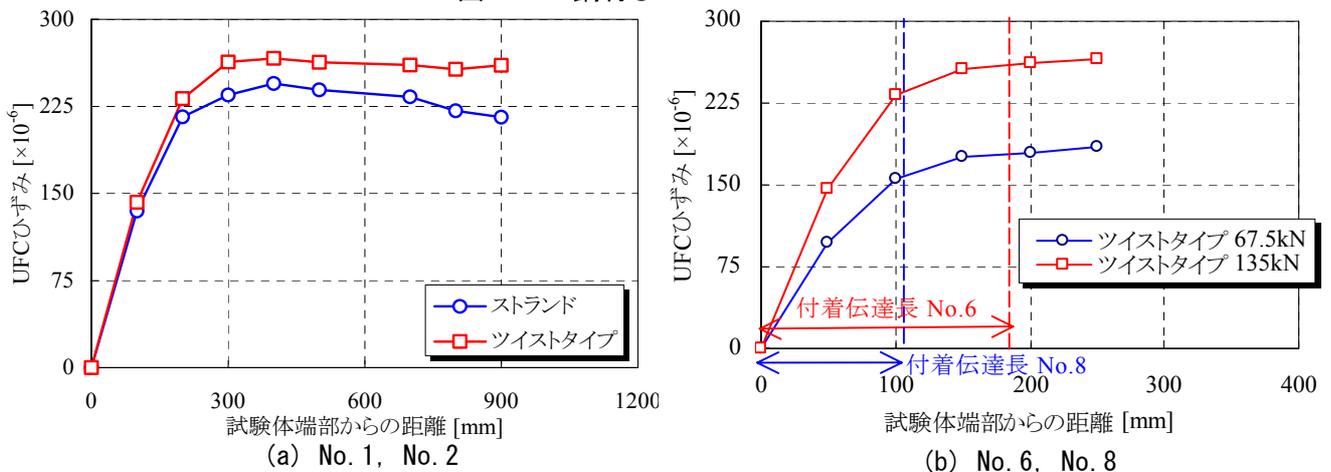


図-3 UFC表面ひずみ分布

の領域が付着伝達長であると考えられる。

図-3はプレストレスを導入することによって発生するUFCの表面ひずみ分布を示したものである。ここでは、長手軸方向に、材端から50mmピッチでUFCの表面ひずみを計測した。(a)はNo.1とNo.2、(b)はNo.6とNo.8について示したものである。図-2と同様に、UFC表面ひずみ分布においても、ひずみが一定値となる領域と一定値とならない領域があることが確認された。図-3(a)は、ストランドとツイストタイプを比較したものであるが、鋼材径、鋼材緊張量はほぼ等しく、部材断面についても、100×100 mmの正方形であり、同一断面を有する。両ケースにおいて、材端からの距離300mm以下の領域では、材端からの距離が増加するにつれて、UFC表面ひずみが増大することが確認された。材端からの距離300mm以降では、ほぼ一定のひずみとなることが分かる。また、ツイストタイプのケースでは、ストランドのケースよりも高いUFC表面ひずみが発生していることがわかる。既往の研究²⁾では、ストランドよりツイストタイプの方が優れた付着特性を有しており、より効率的にPC鋼材の緊張力が伝達されているためと考えられる。また、Bruceらが従来のPCを対象に提案している計算方法⁴⁾により計算した付着伝達長は、No.1のケースで199.8mm(15.7×φ(鋼材径))、No.2のケースで189.5mm(15.0×φ)となった。次に(b)はツイストタイプのケースを示しており、部材断面、鋼材種類を一定とし、鋼材緊張力が異なるが、部材断面は両者とも100×100mmの正方形であり同一である。各ケースの付着伝達長を算定すると、No.6では15.7×φ、No.8では8.1×φとなっており、鋼材緊張量により、UFC表面ひずみ分布と付着伝達長が大きく異なることが確認された。また、BS 3617⁵⁾では、12.5mmのストランドにおいて、付着伝達長は330±25mmとしてよいと規定されている。表-3は、実験より得られた付着伝達長をまとめたものであるが、付着伝達長は6.4～15.7×φ程度であり、BS 3617の基準と比べて、付着伝達長を極めて短くできる可能性があると考えられる。

表-3 実験結果 (付着伝達長)

No.	付着伝達長(mm)	付着伝達長 ($\times \phi$)
1	199.8	15.7
2	189.5	15.0
3	80.7	6.4
4	92.7	7.3
5	194.3	15.3
6	179.9	14.2
7	131.3	10.3
8	102.0	8.1

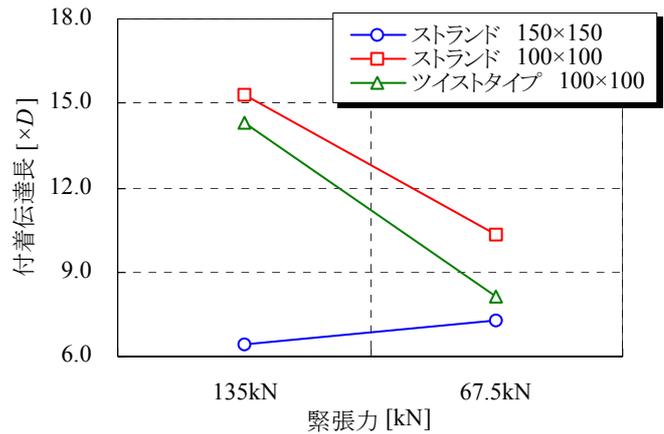


図-4 緊張力と付着伝達長の関係

図-4は鋼材緊張力と付着伝達長の関係を示したものである。100×100 mm の断面にストランド、ツイストタイプを配置したケースと、150×150mm の断面にストランドを配置したケースを示している。ここで、ストランド、ツイストタイプに関わらず、緊張力が小さくなると付着伝達長が短くなるのが分かる。また、同一断面でツイストタイプとストランドのケースを比較すると、ツイストタイプを用いたケースの付着伝達長が短くなるのが分かる。また、断面寸法が 150×150mm のケースでは、ほとんど鋼材緊張力の影響を受けていないことが分かる。

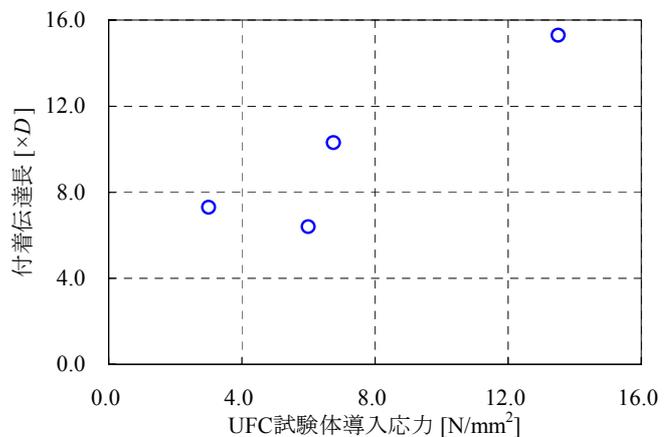


図-5 UFC 試験体導入応力と付着伝達長の関係

図-5は UFC 部材に導入した応力と付着伝達長の関係を示したものである。UFC 部材に導入した応力が增大するにつれて、付着伝達長が大きくなっており、導入応力が付着伝達長に大きな影響を及ぼすが、最大で $16 \times \phi$ 程度に留まっていることが分かる。

4. 結論

- (1) プレストレス導入試験を行い、付着伝達長を把握した。本研究の範囲内では、最大で $16 \times \phi$ 程度 (ϕ : 鋼材径)であり、従来のコンクリートよりも、極めて小さいことが確認された。
- (2) 養生方法、鋼材種類、プレストレス導入量が付着伝達長に及ぼす影響を把握した。本研究で検討した養生方法は付着伝達長にほとんど影響を及ぼさないが、鋼材種類により付着伝達長は大きく変化することが確認された。また、導入プレストレスの増大に伴い付着伝達長は増大するが、 $16 \times \phi$ 程度 (ϕ : 鋼材径)に留まった。

5. 参考文献

- 1) 土木学会：超高強度繊維補強コンクリートの設計・施工指針 (案)，コンクリートライブラリーNo.113, 2004.9.
- 2) 川口 哲生, 片桐 誠, 白井 一義, 二羽 淳一郎：超高強度繊維補強コンクリートと補強用鋼材の付着応力伝達機構：土木学会論文集, Vol3.65, No.1, pp. 1-15, 2009.
- 3) 土木学会：コンクリート標準示方書 [構造性能照査編] , pp.159-162, 2002.
- 4) Bruce W. Russell et al., Measured Transfer Lengths of 0.5 and 0.6 in. Strands in Prestensioned Concrete, PCI Journal, V.41, No.5, pp.44-65, September - October 1996.
- 5) BSI : BS 3617: Specification for Seven-Wire Steel Strand for Prestressed Concrete, 1971.