

シース管内のPC鋼棒の付着強度に関する実験的研究

正会員 ○宮崎 裕ノ介 1*
同 田島 祐之 2*
同 北山 和宏 3*

プレストレスト・コンクリート シース管 PC鋼棒
付着 グラウト

1. はじめに

プレストレストコンクリート部材の挙動を把握するにはPC鋼材、グラウト、シース管の組み合わせによる付着特性が重要であり、単調引き抜き実験によってこれを検討した研究はいくつかある(例えば文献1~3)。本報では、鋼材種をパラメーターとして行われた単調引き抜き載荷試験の結果について考察し、その付着性状を明らかにすることを目的とする。

2. 実験概要

3. 2.1 試験体

表-1に試験体諸元を、図-1に実験で用いた試験体を示す。試験体は150mm角のコンクリートブロックの中心に、異形鉄筋を埋め込んだものをシリーズI、シース管にPC鋼棒を通しグラウトを打設したものをシリーズIIとする。コンクリートブロック内にはスパイラル筋(φ6:ピッチ40mm)を配した。付着区間は自由端から100mmとし、載荷端側の50mmは付着絶縁区間である。鋼材種をパラメーターとし、シリーズIが5種類、シリーズIIが4種類で、各々三体ずつの計27体である。

2.2 載荷方法、計測項目、材料特性

図-2に載荷装置、表-2に使用鋼材の材料特性を示す。油圧式一軸万能試験機上部にロードセル、載荷板、試験体の順に置き、下側クロスヘッドで載荷を行った。計測項目はロードセルによる荷重、鋼棒自由端に取り付けた変位計によるコンクリートと鋼棒の相対変位、鋼材に貼付したひずみゲージによるひずみである。

ロードセルの測定値より鋼棒の応力を求め、付着区間における鋼棒の表面積で除することによって、鋼棒の周りの付着応力度を算出した。載荷端での鋼棒のすべり量は、測定したひずみを積分して求めた鋼棒の伸びと、自由端の相対変位との和とした。

表-1 試験体諸元

試験体名	コンクリート 圧縮強度	グラウト 圧縮強度	鋼材種	シース管 (内径)	試験体数
I-1	58.8MPa	なし	D13sd295	なし	各3体
I-2			D13sd345		
I-3			D13sd685		
I-4			D22sd345		
I-5			D22sd390		
II-1	53.4MPa	なし	ウルボンφ9	#1026(26mm)	
II-2			ウルボンφ10.7	#1026(26mm)	
II-3			ウルボンφ12.6	#1028(28mm)	
II-4			D22ネジボン	#1040(40mm)	

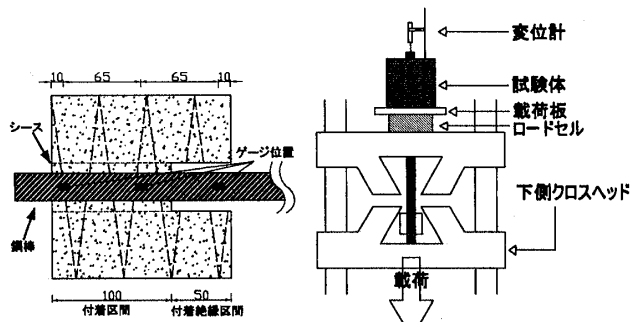


図-1 試験体

図-2 載荷装置

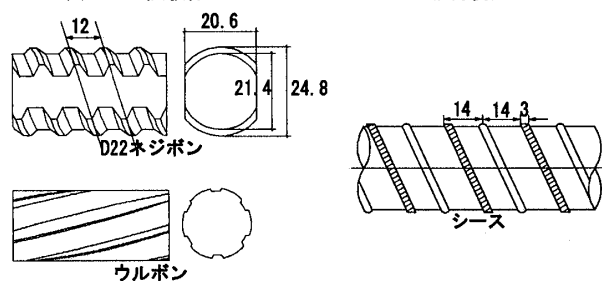


図-3 鋼棒、シース管詳細

表-2 鋼棒の特性

鋼材種	降伏 応力度 [MPa]	降伏 ひずみ [μ]	見かけの ヤング係数 [GPa]	引張り 強さ [MPa]
D13SD295	354	2023	175	494
D13SD345	376	2089	180	547
D13SD685	724	3811	190	937
D22SD345	373	2005	186	503
D22SD390	468	2489	188	634
ウルボンφ9.0	1375*	9484	186	1456
ウルボンφ10.7	1350*	9123	199	1450
ウルボンφ12.6	1420*	9155	195	1471
ネジボンφ22	1042*	7290	200	1166

*PC鋼棒には明確な降伏棚がないので0.2%offset法によって求めた

3. 実験結果

表-3に試験結果一覧、図-4、5に共通の傾向を持つ試験体の荷重-相対変位関係、付着応力度-すべり量関係を示す。付着破壊の界面は、実験後の目視によると鋼棒とグラウトとの界面であり、ひび割れは全ての試験体で発生した。全体の傾向として載荷直後に自由端の相対変位に比例して荷重が上昇した。

3.1 シリーズI

シリーズIではピーク後に荷重が低下するとその後は荷重が上がることなく滑り量が増加する。同一径の鋼棒ごとの最大荷重は鋼材の材料強度に比例して高くなるが大きな差は見られない。I-1,2ではどちらの鋼棒も最大付着強度に至る前に降伏しており、最大付着応力度 τ_{max} 時

のすべり量の違いは鉄筋の伸びの違いによる。他の試験体では鋼棒は降伏しなかった。 τ_{max} は D13 を用いた I-1,2,3 が 11.6~12.9N/mm²、D22 を用いた I-4,5 が 15.6~16.5N/mm² となった。また、荷重低下後の負勾配の傾きは I-1 から I-5 までほぼ変わらない。

3.2 シリーズII

シース管を持つシリーズIIでは荷重が急激に低下した後、再び荷重が上昇する試験体が多く見られた。ここでは滑り量の小さい方から順にピーク1、ピーク2とする。II-1 では3つ目のピークの存在も示唆されるが本報ではピーク2までを対象とする。ピーク1での付着応力度はII-1から順に5.5、4.9、6.3、17.1N/mm²で、シリーズIと異なり鋼棒の径には比例しない。この理由は後述による。ピーク1の後の荷重低下はシリーズIよりも急激であり、その後再び荷重が上昇するがピーク1よりもピーク2の付着応力度が増加する試験体が多く見られ、シリーズIIの12体のうち9体である。例外の3体のうち2体がII-4であるが、緩やかに荷重が低下していく傾向はシリーズIに近い。ピーク1のすべり量は0.1~0.2mmと大きな差は見られない。ピーク2のすべり量はひずみが計測できなかったため明確ではない。ここでピーク1とピーク2の付着強度に着目する。ピーク1に対するピーク2の付着強度の比率は、II-1では96~122%、II-2では143~160%、II-3では167~170%、II-4では40~118%となっており、必ずしも鋼材の強度、径には関係しない。そこでシース管の内径の半分から鋼材の半径を差し引いたものをグラウト厚として横軸にとり、縦軸にその比率をプロットしたものを図-6に示す。グラウト厚が増加するにつれてピーク1に対するピーク2の比率は低下した。

ピークが複数回存在するのは、少なくともシース管の存在とグラウト厚が関係する。その理由として、ピーク1でひび割れの入ったグラウトの膨張をシース管が拘束す

表-3 実験結果一覧

試験体名	引張抵抗力 [kN]		付着応力度 [N/mm ²]				鋼棒の降伏
	ピーク1	ピーク2	ピーク1		ピーク2		
I-1	47.0 46.5 46.7 46.0	46.4	11.8 11.6 11.4 11.5	11.6			降伏
I-2	47.8 45.8 47.6 57.3 49.4	46.5	12.0 11.5 11.9 14.3 12.4	11.7			
I-3	57.3 49.4	51.4	14.3 12.4	12.9			
I-4	102.8 109.8 115.6 115.0	108.4	14.7 15.7 16.5 18.4	15.6			
I-5	120.1 112.3	115.8	17.2 16.0	16.5			
II-1	18.6 14.8 18.4	15.9	5.7 5.1 5.7	5.5	6.1 6.2 5.4	5.9	未降伏
II-2	18.0 15.0 17.5	16.8	5.3 4.4 5.1	4.9	7.9 6.3 8.2	7.5	
II-3	28.1 22.0 27.2	25.1	6.5 6.5 6.8	6.3	11.1 9.4 11.4	10.8	
II-4	125.9 108.6	119.3	17.6 18.1 15.5	17.1	7.3 7.2 18.3	10.9	

*網掛けはその試験体の最大付着強度

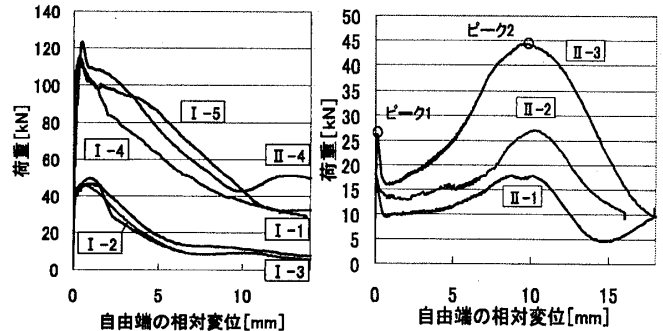


図-4 荷重-相対変位関係

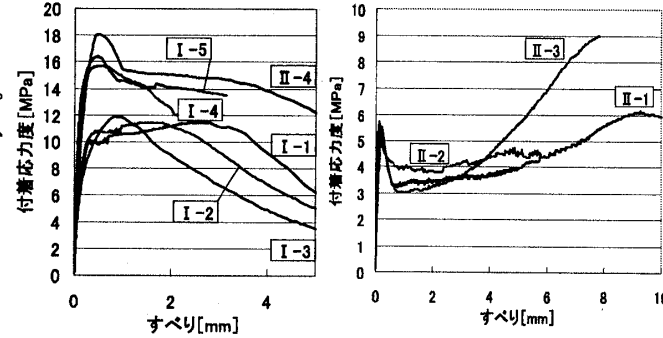


図-5 付着応力度-すべり関係

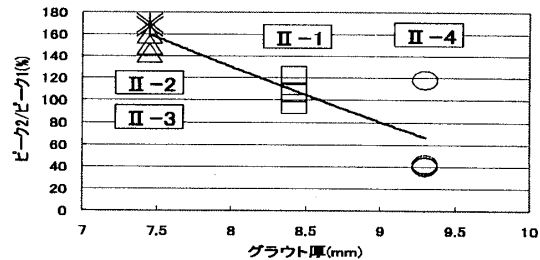


図-6 グラウト厚とピークの比率

ることで、再び鋼棒に圧力がかかり付着強度が上昇すると考えられる。

4. まとめ

プレストレストコンクリート部材を想定し、鋼材、グラウト、シース管による付着性状を把握するために単調引き抜き試験を行い、以下の知見を得た。

- 1) 異形鉄筋の試験体と異なり、シース管を持つPC鋼棒の試験体では付着強度のピークを複数持つ傾向があった。
- 2) 第1ピークと第2ピークの付着強度比はグラウトの厚みに比例した。

参考文献 1) 杉本, 増田ら: 柱梁接合部のシース管内通し主筋の付着性状確認実験, コンクリート工学年次論文報告集, Vol.26, No.2, 2004.7
2) 渡辺, 是永ら: プレキャストPC梁の地震時曲げ挙動に関する研究 (その4 PC鋼材より線の引き抜き実験), 日本建築学会大会学術講演梗概集, 1994.9
3) 吉川, 西山ら: PC鋼より線の付着-すべり-ひずみ関係に関する実験的研究, 日本建築学会大会学術講演梗概集, 2002.8

*1 首都大学東京 都市環境科学研究科建築学専攻修士課程
*2 首都大学東京 工学研究科建築学専攻博士課程 修士 (工学)
*3 首都大学東京 都市環境科学研究科建築学専攻准教授 工博

*1 Graduate school of Engineering, Tokyo Metropolitan University
*2 Graduate school of Engineering, Tokyo Metropolitan University
*3 Associate Professor, Tokyo Metropolitan University, Dr.Eng