

論文 プレキャスト部材のシース孔にグラウトで定着した鉄筋の 付着性状

多田孔充*¹・島 弘*²・久野公德*³

要旨：プレキャストブロックを接合する場合、シース孔に異形鉄筋を貫通させ、グラウト材を充填し定着させるという方法が考えられる。本研究では、上記のような場合における異形鉄筋の付着性状について、実験的に検討を行ったものである。実験の結果、グラウトにより定着された鉄筋は、通常のコンクリートに定着された場合と比較して、付着剛性、最大付着応力ともに小さくなった。特に、シース径、グラウト強度、シースの支圧面積係数が小さくなると、その影響が大きくなることがわかった。

キーワード:プレキャスト, ブロック接合法, グラウト, シース, 付着, 異形鉄筋

1. はじめに

近年の土木構造物の施工環境は、工期短縮、労働力不足、労働時間短縮、都市部における施工空間の制約など厳しい状況にある。このような社会的潮流により、従来工法をより効率化したプレキャスト工法による構造物の構築が数多く実施されるようになってきている。現在、プレキャストブロック工法は、PC部材に多く適用されているが、柱部材のように、部材の力学的特性上PC部材よりもRC部材の方が適している場合がある。そこで、RC部材をプレキャストブロック工法により施工することを想定すると、その接合方法としてセグメントにあらかじめ設けられたシース孔に、PC鋼材の代わりに、異形鉄筋を貫通させ、緊張を行わずにグラウト材を充填させることにより定着させるという方法が提案され各種の研究が行われている[1],[2]。このような場合、PC部材では重要とされなかった鋼材の付着性能が重要な構成要素の1つとなり、異形鉄筋-グラウト-シース-コンクリートから成る系の付着性状について検討しなければならない。しかし、このような定着方法におけるシース径、シース形状、グラウト強度など付着性状に関係すると思われるパラメータの影響については明らかになっていない。

そこで本研究では、シース径、シース形状、グラウト強度などが付着性状に与える影響について、片引き試験を行って実験的に検討したものである。

2. 実験概要

2.1 実験要因および実験項目

実験要因は、シース径、シース形状およびグラウト強度とした。表-1に実験条件を示す。測定項目は、コンクリートおよびグラウトの圧縮強度、鉄筋の引抜き荷重、自由端すべり量とした。

2.2 使用材料

(1)鉄筋

鉄筋は、D25、SD345の異形鉄筋を使用した。なお、鉄筋の性質および形状は、表-2のとおりであり、すべての供試体に同一のものを使用した。鉄筋の表面形状については、

* 1	徳島大学	大学院工学研究科建設工学専攻	(正会員)
* 2	徳島大学助教授	工学部建設工学科, 工博	(正会員)
* 3	(株)ピー・エス	開発技術部, 工修	(正会員)

岡村らの提案している支圧面積係数 BA を用いて数値化した[3]。

表－1 実験条件

供試体 No.	シース径 (mm)	定着長 鉄筋径	シースの表面 形状 (凹凸度)	グラウト 強度 (MPa)	グラウトの 種類	コンクリート 強度 (MPa)	実験要因	
1	—	4	—	—	—	39.5	コンクリートに定着	
2	50		標準型	—	44.9	セメント ペースト	39.7	標準型
3	38				47.1		43.4	シース径
4	75				47.1		43.4	
5	130				44.9		43.4	
6	50				大		46.8	
7			なし	46.8	41.5			
8			標準型	30.6	41.4	グラウト強度		
9	15.4			45.5				
10	41.6			45.6	モルタル	グラウトの種類		
11	47		標準型	46.0	セメントペースト	44.7	定着長	

表－2 鉄筋の特性

鉄筋の 種類	鉄筋径	降伏強度 (MPa)	引張強度 (MPa)	フシ高さ (mm)	フシ間隔 (mm)	純投影 長さ (mm)	支圧面積 係数 BA, %
SD345	D25	372	573	1.6	18.8	66	7.02

(2)シース

シースは、内径4種類(38, 50, 75, 130mm)、表面形状3種類(標準型, 凹凸多, 凹凸なし)の鋼製スパイラルシースを使用した。このシースの特性を表－3に示す。これらについても、鉄筋と同様に支圧面積係数を用いて、表面形状を測定した。この時、シースの縫い目は、フシのないNo.7のみ考慮し、その他のものは無視した。

表－3 シースの特性

シースの 種類	表面形状	内径 (mm)	管厚 (mm)	周長 (mm)	フシ間隔 (mm)	フシ高さ (mm)	支圧面積係数 BA, %
φ 38N	標準型	38	0.25	111.5	28	1.5	4.06
φ 50N		50	0.25	158.7	38	1.5	5.58
φ 75N		75	0.32	237.6	38	1.5	4.03
φ 130N		130	0.32	410.4	38	1.5	3.99
φ 50WS	凹凸多	50	0.25	158.7	12.5	2.5	20.99
φ 50S	凹凸なし	50	0.25	158.7	40	0.75	1.90

(3)コンクリート

コンクリートは、圧縮強度 40MPa を目標として配合したものを使用し、シースと同方向になるように鉛直方向に打ち込んだ。各供試体の載荷時における圧縮強度を表－1に示す。

(4)グラウト

セメントは普通ポルトランドセメント、流動性を向上させるため PC グラウト用高性能減水剤を用いた。水セメント比が、40%のセメントペーストおよび水セメント比が 50%で

C:S=1:1 のモルタルを用いた。載荷時のグラウトの強度は、同一配合で載荷時の材齢を変化させることによって調整した。

2.3 供試体

供試体は、図-1に示すように、断面が30cm×30cmの直方体コンクリートブロックの断面中心位置にシースを鉛直に埋め込んだものに、後日、シースの中心位置に鉄筋を挿入し、グラウトにより定着させたものである。この供試体は、横補強筋は使用せずに縦ひび割れが発生しないよう断面を十分に大きくしたものである。定着長は鉄筋径の約4倍(4D)の10.2cmを基準とした。供試体の載荷端近傍には、グラウトおよびコンクリートの拘束条件の影響を除くために、7Dの非定着部を設けた。

2.4 載荷方法

載荷は、図-1に示すような試験装置で、鉄筋の方向にセットしたセンターホールジャッキによって、鉄筋に引張力を加えた。引き抜き荷重はロードセルを用いて、自由端すべりは可視光レーザ式変位センサを用いてそれぞれ測定した。

定着長を要因とした供試体(No.11)については、鉄筋の軸方向のひずみを測定するために、鉄筋径の4倍の間隔でひずみゲージを鉄筋の両面に貼付した。

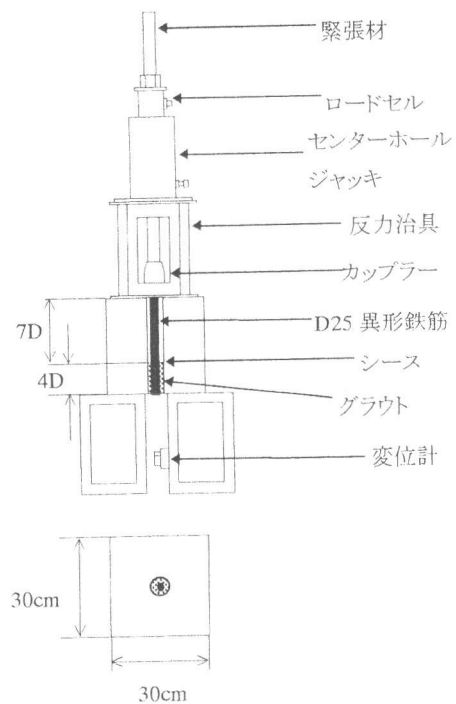


図-1 供試体および試験装置

3. 実験結果および考察

3.1 引抜き荷重-自由端すべり関係

供試体 No.1~No.10 については引抜き荷重-自由端すべり関係によって検討を行った。なお、すべての供試体において鉄筋のみが抜け出し、シースが直接抜け出すことはなかった。

(1) シース径の影響

図-2は、内径38, 50, 75, 130mmのシースを用いた供試体(No.2, No.3, No.4, No.5)の場合およびコンクリートに直接定着した供試体(No.1)の引抜き力と自由端すべりの関係を比較したものである。この図より、グラウトにより定着した鉄筋の引抜き荷重-すべり関係は、

同じ強度のコンクリートに直接定着した鉄筋のものより剛性が小さく、最大荷重も1/2以下という結果が得られた。また、シース径が38mmのもの最大荷重が他のものより小さい結果となり、他のシース径の供試体についてはほぼ同様の引抜き荷重-自由端すべり関係が得られた。これより、シースと鉄筋の間がある程度狭くなると、付着応力が低下するものと考えられる。

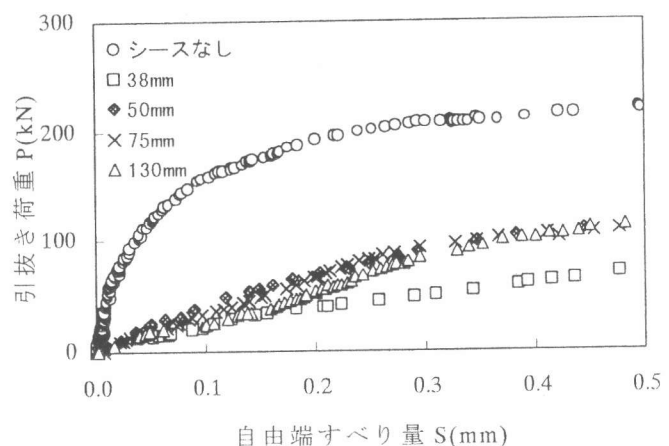


図-2 シース径が異なるときのP-S関係

(2) シース形状の影響

図-3は、形状が異なるシースを用いたときの引抜き力と自由端すべりの関係を表したものである。シースの支圧面積係数が4%、21%の供試体(No.2, No.6)について引抜き荷重-自由端すべり関係は、ほぼ同様のものを示した。また、支圧面積係数が1.9%の供試体(No.7)は外部にはシースの縫い目しか凹凸がなく機械的なかみ合い作用による付着作用はほとんど期待できない。その結果、同一すべり量に対する引抜き荷重は、他の形状のものより小さい結果となった。実験終了後、自由端付近のグラウトの破壊状況を観察したところシースに注入されたグラウトがシース内面で破壊していた。このことにより、荷重の増加に伴う自由端すべり量が他のシース形状の供試体より大きくなったと考えられる。

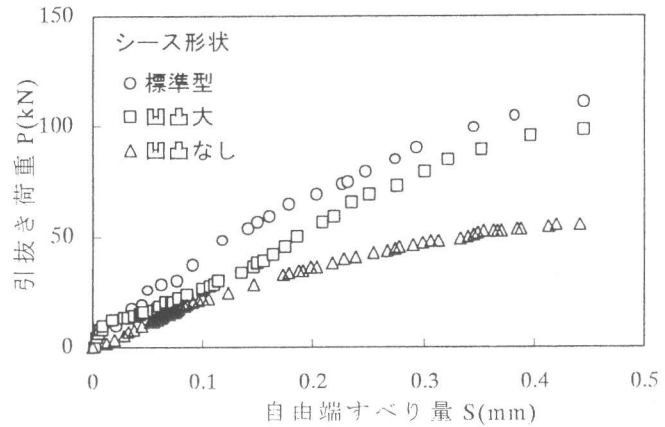


図-3 シース形状が異なるときのP-S関係

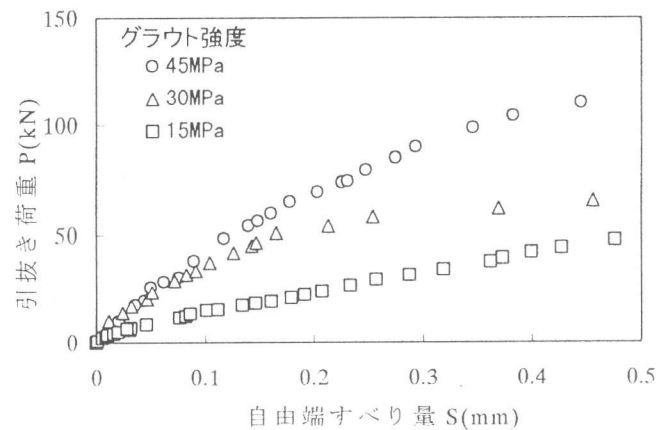


図-4 グラウト強度が異なるときのP-S関係

(3) グラウト強度の影響

グラウトの圧縮強度が、引抜き荷重-自由端すべり関係に及ぼす影響を検討するために、3種類の圧縮強度を変化させたセメントペーストを用いて検討を行った。図-4にそのときの引抜き荷重-自由端すべりの関係を示す。グラウトの圧縮強度が大きいほど高い付着強さを得ることができた。グラウトの圧縮強度が小さくなると、付着の破壊形式は、鉄筋の周りのグラウトの局部圧縮破壊よりもフシ間のグラウトのせん断破壊が先行するものと考えられる。実験終了後に引抜いた鉄筋を観察したところ、図-5に示すようにフシの間に、グラウトがついた状態を確認することができた。

(4) グラウトの種類の影響

内径50mmの標準型シースの供試体に、グラウトの種類として、モルタル(圧縮強度=41.6MPa)を用いた場合とセメントペースト(圧縮強度=44.9MPa)を用いた場合について検討を行った。

図-6は、そのときの引き抜き荷重-自由端すべり関係を示している。グラウト材として、モルタルを用いると、モルタルの方が圧縮強度が低いにもかかわらず、セメントペースト

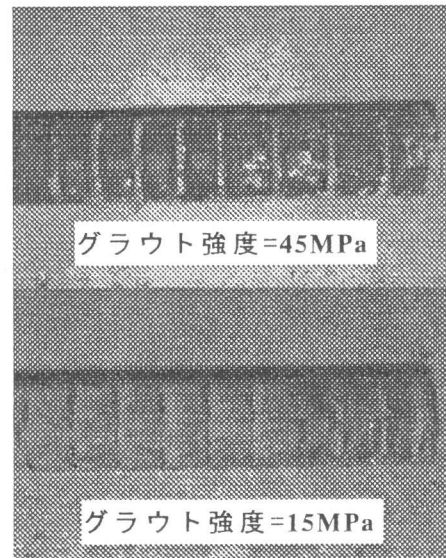


図-5 引き抜き試験後の鉄筋 (No.2, No.9)

を用いた場合よりも最大荷重が大きいという結果となった。これは、砂の粒子を含むモルタルの方が、セメントペーストと比べて、グラウトに大きな粒子を含んでいるためにせん断抵抗が大きくなったことによると考えられる。

3.2 局所付着応力-すべり関係

定着長が鉄筋径の4倍(120cm)と長い場合の供試体(No.11)における鉄筋のひずみ分布を図-7に示す。この図より、自由端近傍では、荷重が十分大きくなったときでも鉄筋に応力は生じておらず、自由端ではすべりが無いことを確認することができた。次に、局所付着応力-すべり関係を図-8に示す。ここで、任意の点における局所付着応力は着目点のひずみ分布の傾き、すべり量は、自由端から着目点までのひずみの積分から求めた。

図中には、島らの提案するコンクリート中に埋め込まれた異形鉄筋の付着応力-すべり関係のモデル[4]を示した。図より、グラウトによる鉄筋の付着応力-すべり関係は、コンクリートに直接埋め込まれたものより傾きが小さく、最大付着応力も小さい結果となった。また、局所付着応力-すべり関係は、鉄筋に沿ったいずれの位置に置いてもほぼ同様のものとなっていることがわかる。この傾向は、コンクリートと異形鉄筋における局所付着応力-すべり関係と同様である。定着長が短い場合(鉄筋直径の4倍)の引抜き荷重を付着鋼面積で除した付着強度と定着長が長い場合の局所付着応力を比較すると、すべり量がそれぞれ0.2mmにおけるものでは、定着長が長い場合の局所付着応力が定着長の短い場合の付着強度の約1/3となっている。

3.3 シース径およびグラウト強度と付着強度の関係

図-9にシース径と付着強度の関係を示す。このときの付着強度とは、自由端における

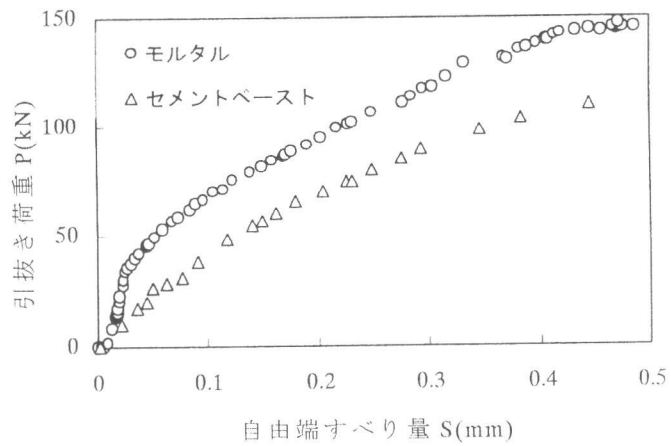


図-6 グラウト材が異なるときのP-S関係

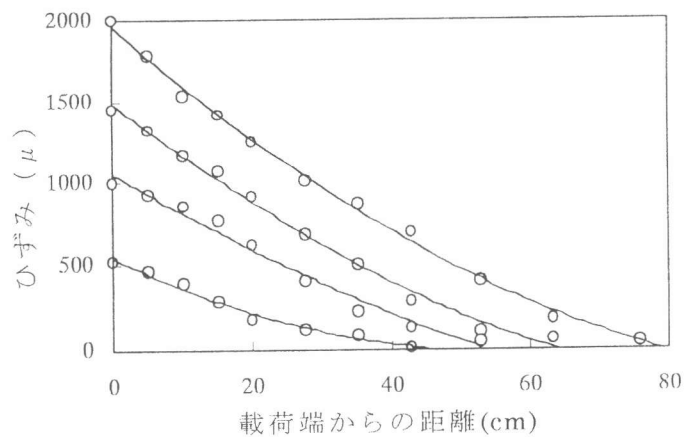


図-7 鉄筋のひずみ分布

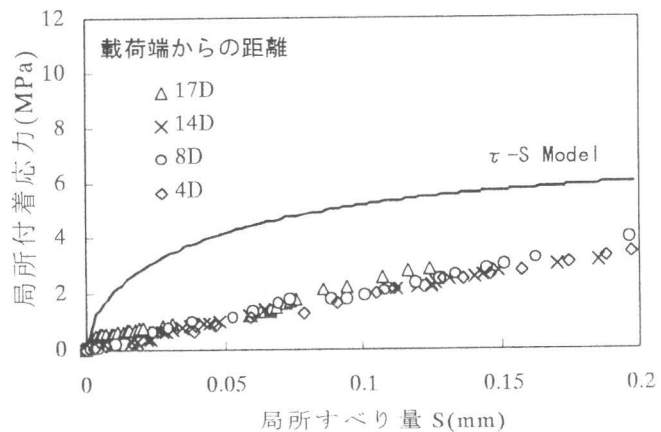


図-8 定着長が長い場合の付着応力-すべり関係

すべりが 0.25mm、0.50mm となったときの引抜き荷重を付着全周面積で除したものである。図のように、シース径／鉄筋径が小さいとき、つまり鉄筋とシースの間が狭いとき、付着強度は低い値を示しており、シース径／鉄筋径がある程度大きくなると、一定値になると考えられる。また、グラウト強度と付着強度の関係を図-10 に示す。この図より、付着強度はグラウトの圧縮強度に比例する傾向があるといえる。

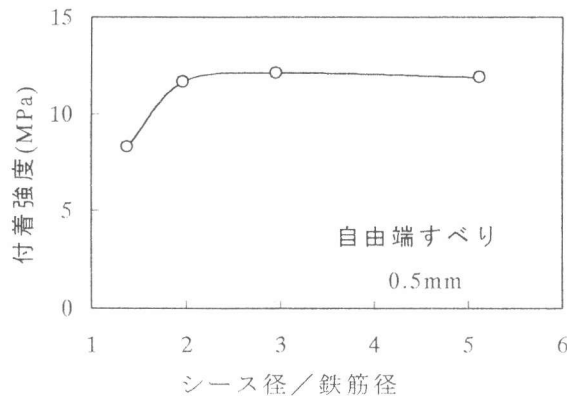


図-9 シース径と
付着強度の関係

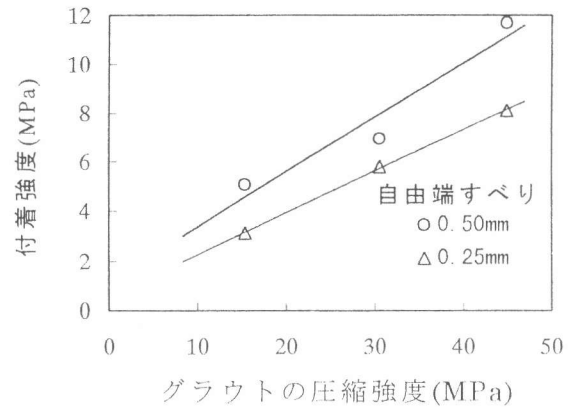


図-10 グラウト強度と
付着強度の関係

4. まとめ

シース内にグラウトにより定着した鉄筋の付着性状について以下のような結果を得た。

- (1) グラウトによる定着は、コンクリートに直接埋め込まれた場合に比べて、同一すべり量に対する引抜き荷重、最大付着応力ともに小さく、鉄筋の付着性能は劣る。
- (2) 鉄筋径に対するシース径の比がある程度小さくなると、付着力は低下する。
- (3) 凹凸のほとんどない支圧面積係数が小さい形状のシースを用いると、シースとグラウトの間に機械的なかみ合い作用がなく、付着性能は低下する。
- (4) グラウトの強度が小さくなると、付着の破壊形式はフシ間のグラウトのせん断破壊が先行すると考えられ、付着力は低下する。
- (5) モルタルグラウトは、セメントペーストのグラウトよりも大きい付着力を得ることができる。
- (6) 定着長が十分長いときの局所付着応力は、コンクリート中に埋め込まれた異形鉄筋の付着応力-すべり関係と同様に、定着長の短いときの付着強度よりも小さくなる。

参考文献

- 1) 玉井真一・増田芳久：コンクリート中にグラウトにより定着された鉄筋の付着特性，コンクリート工学年次論文報告集，Vol.17，No.2 1995
- 2) 増田芳久・玉井真一：プレキャストブロック RC はりの曲げ性状，コンクリート工学年次論文報告集，Vol.17，No.2 1995
- 3) 国分・岡村：太径鉄筋の使用に関する研究，土木学会論文報告集，第 202 号，pp.103-113，1972
- 4) 島 弘・周 礼良・岡村 甫，マッシュなコンクリートに埋め込まれた異形鉄筋の付着応力-すべり-ひずみ関係，土木学会論文集，No. 378，pp165-174，1987.2