太径・高強度鉄筋の付着特性に及ぼすブリーディングの影響評価

鹿島建設株式会社　　正会員　○金光　嘉久　山野辺　慎一　一宮　利通　齋藤　公生

1．はじめに

大口径深礎に多数の中間帯鉄筋が配置される場合，配筋作業やコンクリート打込み時の作業効率が著しく低下する．これに対し，帯鉄筋に太径かつ高強度の鉄筋を用いることで，中間帯鉄筋を配置する必要の無い構造が提案され，部材実験により適用性が実証されている[1)]．部材実験では，試験体製作上の制約から，帯鉄筋が鉛直に配置された状態でコンクリートが打設されている．しかし，実際の大口径深礎の帯鉄筋は，コンクリートの打込み方向に対して水平方向となるため，その下面にブリーディングによる弱層が形成され，付着強度が低下し，せん断補強効果が低下する可能性がある．ここでは，その付着特性に着目し，SD490-D38 鉄筋を用い，コンクリートの打込み方向と鉄筋位置をパラメータとした付着強度試験および，鉄筋の規格降伏強度付近でのひび割れ挙動を把握するための両引き試験を行ったので，その結果を報告する．

2．実験概要

付着強度試験は，1～5m の高さ方向に 1m ごとに鉄筋を水平に設置し，コンクリートを打ち込んだ水平試験体と，鉄筋を鉛直に設置してコンクリートを打ち込んだ鉛直試験体を準備した．各高さの供試体数は 3 体で，試験体形状と載荷方法は，コンクリート標準示方書・規準編[2)]に準じた．使用したコンクリートの配合を**表 1** に，ブリーディングの試験結果を**表 2** に示す．

表 1　コンクリートの配合

セメント種類	呼び強度 (N/mm²)	スランプ (cm)	Gmax (mm)	W/C (%)	s/a (%)	単位量(kg/m³) 水	セメント	細骨材	粗骨材
普通	24	15.0	20	60.1	46.8	175	292	837	689

表 2　ブリーディング試験結果

	測定開始時コンクリート温度 (℃)	ブリーディング量 (cm³/cm²)
付着強度試験	34.2	0.051
両引き試験	12.4	0.177

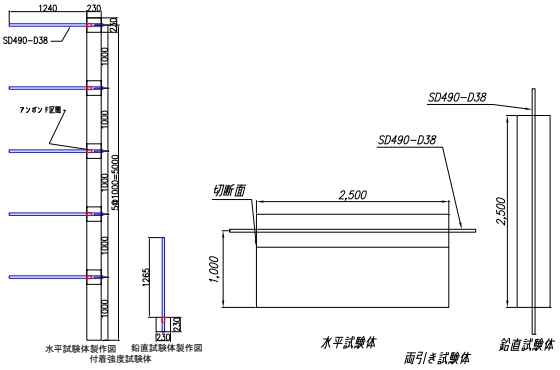

図 1　試験体製作図

両引き試験は，後述する付着強度試験の結果をふまえ，1m の高さに鉄筋を水平に設置し，コンクリートを打ち込んだ水平試験体と，鉄筋を鉛直に設置した鉛直試験体を準備した．載荷は，0.9fy（fy：規格降伏強度 490 N/mm²）相当の荷重加力後一旦除荷し，その後 1.0fy 相当の荷重を加力した．計測は，荷重と伸び，鉄筋のひずみを 100mm 間隔で測定するとともに，目視にてひび割れ観察を行った．両試験体の製作図を**図 1** に，また，両引き試験体の形状と計測位置を**図 2** に示す．なお，コンクリートの配合は付着強度試験と同様とした．

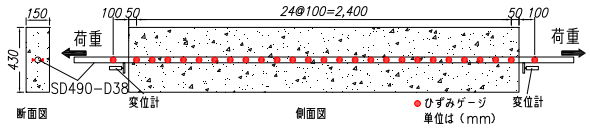

図 2　両引き試験体形状と計測位置図

3．実験結果および考察

付着強度試験の結果として，鉛直試験体に対する水平試験体の，各高さにおける付着強度の比率を**図 3** に示す．高さ方向で若干のばらつきはあるが，ブリーディングの影響により，概ね付着強度が 0.6～0.7 倍に低下していることが分かる．

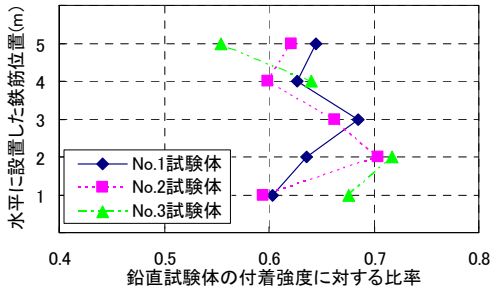

図 3　付着強度試験結果

両引き試験の結果として，**図 4** にコンクリートの平均応力−平均ひずみ関係を示す．コンクリートの平均応力は，載荷前の収縮を補正するため，1.0fy 載荷時のコンクリート負担分を 0 (N/mm²)と仮定して簡便に補正している．また，平均ひずみは試験体に埋設された鉄筋の伸びを試験区間全長で

キーワード　太径・高強度鉄筋，ブリーディング，付着強度，ひび割れ，平均応力−平均ひずみ
連絡先　　〒182-0036　東京都調布市飛田給 2-19-1 鹿島建設㈱ 土木構造グループ　ＴＥＬ042-489-6720

除すことにより算出した．コンクリートの平均応力は，1 本目のひび割れが生じた後，ひび割れ本数の増加とともに応力が減少した．載荷初期は，鉛直試験体のコンクリートの平均応力の方が若干大きいが，降伏ひずみ付近では，両試験体はほぼ同じ挙動を示している．

図 5 に，単調引張で加力を行った 0.9fy 時までの鉄筋の応力分布を示す．両試験体とも，平均応力 0.3fy 加力時手前で 3 箇所の主なひび割れが発生し，その後はほぼ荷重に比例して鉄筋の応力が増加し，両試験体で明確な差は見られなかった．

図 6 に 1.0fy 加力時の試験体のひび割れ図を示す．太線で示したひび割れは，幅の大きなひび割れであり，両試験体とも約 400～500mm 程度の間隔で発生したことから，ブリーディングがひび割れ間隔に与える影響は小さいといえる．また，**図 7** に両試験体の平均応力とひび割れ幅の平均の関係を示す．ひび割れ幅の測定は，0.9fy 加力時にひび割れ幅の大きな 3 箇所に，π 型変位計を設置して測定した．鉛直試験体の最大ひび割れ幅は 0.97mm，水平試験体では 0.70mm であり，水平試験体の方が若干小さかった．一般に，鉄筋とコンクリートの付着力が小さいほどひび割れ幅が大きくなる傾向にあると考えられるが，傾向が逆になったのは試験のばらつきによるものと考えられ，ブリーディングがひび割れ幅に及ぼす影響が小さかったためと考えられる．

一方で，一般的な RC 部材の軸方向力によるひび割れ幅 w の算出式として，次式が知られている [3]．

$$w = 1.1k_1k_2k_3\left[4c + 0.7(c_s - \phi)\right]\left(\sigma_{se}/E_s + \varepsilon'_{csd}\right) \quad (1)$$

さらに，式(1)から，ひび割れ間隔 L として次式が誘導される．

$$L = 1.1k_1k_2k_3\left[4c + 0.7(c_s - \phi)\right] \quad (2)$$

式(1)より，1.0fy 加力時におけるひび割れ幅の計算値は約 0.86mm，式(2)より，同加力時におけるひび割れ間隔の計算値は約 325mm となる．鉛直試験体の平均ひび割れ幅と，両試験体のひび割れ間隔の実験結果が，計算値を若干上回っているが，幅の小さなひび割れも含めて考えると，平均ひび割れ幅，ひび割れ間隔とも計算値と同等以下になる．

4．まとめ

付着強度試験から，ブリーディングの影響により付着強度が低下することを確認した．しかし，両引き試験から，ブリーディングの影響の大きい水平試験体においても，その規格降伏強度相当までのひび割れ性状は，ブリーディングの影響の小さい鉛直試験体とほぼ同等であると考えられる．

参考文献 1)齋藤ら：大口径深礎への太径・高強度帯鉄筋の適用性に関する研究，日本コンクリート工学年次大会 2011 掲載予定 2)土木学会：コンクリート標準示方書，規準編，2010 3)土木学会：コンクリート標準示方書，設計編，2007

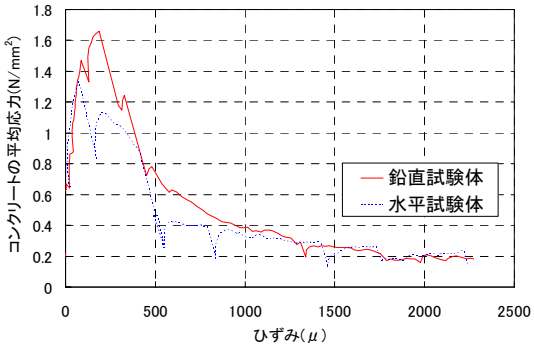

図 4　コンクリートの
平均応力−平均ひずみ関係

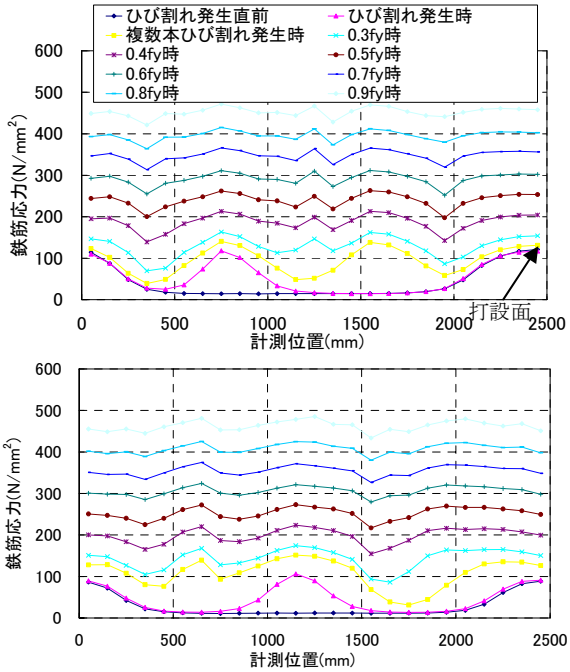

図 5　鉄筋の応力分布図
（上；鉛直試験体，下；水平試験体）

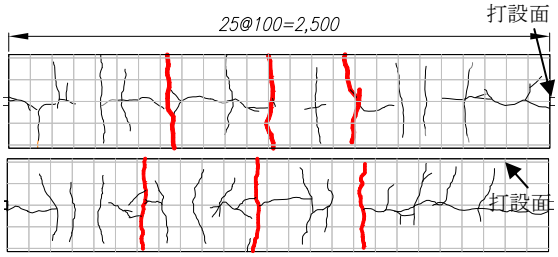

図 6　ひび割れ図
（上；鉛直試験体，下；水平試験体）

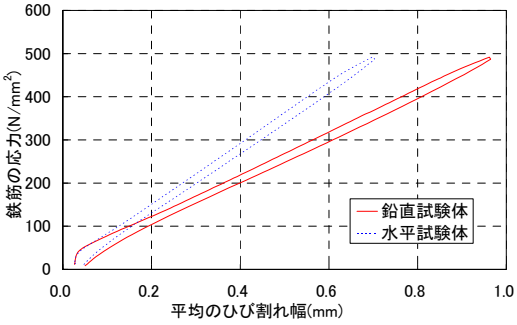

図 7　鉄筋応力とひび割れ幅の平均値の関係