

鉄筋とコンクリートの付着特性に関する一考察

若築建設（港湾技研研修生）正会員 壹岐直之
 運輸省港湾技術研究所 正会員 清宮 理
 運輸省港湾技術研究所 正会員 山田昌郎

1. まえがき

ひびわれの発生が予測される構造物では、ひびわれ幅を事前に予測することが設計・施工の観点から重要となる。一般に、ひびわれ幅の予測には鉄筋とコンクリートとの付着関係が用いられている。既往の研究による付着応力関係式の多くは、マシッパなコンクリートに鉛直に埋め込まれた鉄筋の引抜試験を基にしている。しかし、この付着応力—すべり関係式が鉄筋を水平に配置した部材での鉛直に発生した引張ひびわれの予測に適用できるか、すなわち、コンクリートの応力場、打設方向および割裂防止筋の有無が付着応力—すべり関係にどの程度の影響を与えるかは不明である。本報告は、コンクリートの応力場、コンクリートの打設方向および割裂防止筋の有無を実験要因とした載荷実験を行い、その付着応力—すべり関係を検討したものである。

2. 実験概要

2.1 試験体の形状寸法および使用材料

コンクリートの配合を表-1に示す。試験体は5体製作し、実験要因の組み合わせおよびコンクリート強度(f_c')は表-2に示すとおりである。表-2でコンクリートの打設方向“水平”および“鉛直”は、鉄筋軸を水平および鉛直にして打設したものである。試験体の形状寸法を図-1に示す。試験体断面は45×45cmの正方形であり、鉄筋とコンクリートの付着区間は76.4cm（鉄筋径の40倍）である。鉄筋はD19 SD29 5Aのネジ節鉄筋を用い、その鉄筋引張試験による降伏強度は3650kgf/cm²、引張強度は5700kgf/cm²、弾性係数は1.85×10⁶kgf/cm²であった。両側引抜用の試験体は、付着区間の両側に19.1cmの非付着区間を設けた。

2.2 計測項目および載荷方法

コンクリートに埋め込まれた鉄筋のひずみ(ϵ)は、図-1に示すように鉄筋径(D)の5倍の間隔で貼り付けた、ひずみゲージによって測定した。載荷方法の概要を図-2に示す。両側引張試験は、載荷用治具を用いてコンクリートが引張の応力場になるように載荷した。一方、両側引抜試験は、鉄筋に載荷する引張力の抗力をコンクリートに作用させ、コンクリートが圧縮の応力場になるように載荷した。両試験ともに最大荷重は12tfである。

3. 付着—すべり関係

3.1 解析方法

鉄筋のひずみ分布は、測定された7点のひずみと、荷重

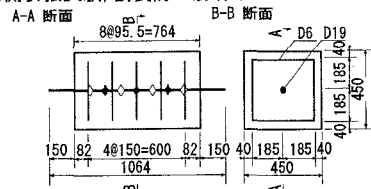
表-1 コンクリートの配合

W/C[%]	S/A[%]	単位量 [kg/m ³]			
		W	C	S	G
60.0	47.0	165	275	871	993

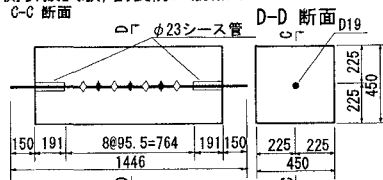
表-2 実験要因の組合せ

試験体記号 (f_c' [kgf/cm ²])	載荷方法	打設方向	割裂防止筋
TH1 (307.9)	両側引張	水平	有
TH0 (310.4)		鉛直	無
TV0 (310.4)		鉛直	
BH0 (333.2)	両側引抜	水平	
BV0 (333.2)		鉛直	

両側引張試験, 割裂防止筋有り



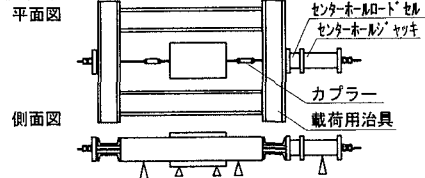
両側引抜試験, 割裂防止筋無し



○: ひずみゲージ(表) ◆: ひずみゲージ(裏) [単位 mm]

図-1 試験体の形状寸法, ひずみゲージ取付位置

両側引張試験



両側引抜試験

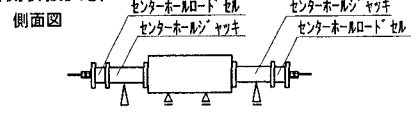


図-2 載荷方法

と鉄筋断面積から算定されるコンクリートに埋め込まれていない部分の2点のひずみとの、計9点のひずみの値を多項式曲線で補間することによって求めた。すべり(S)は、前述のひずみ分布の多項式を積分することによって求めた。ただし、 $S=0$ の点は試験体中央に固定せず、ひずみが最小となる点とした。鉄筋の応力分布は前述の9点でのひずみを応力に換算して多項式曲線で補間し、付着応力(τ)は応力分布の多項式を微分することによって求めた。以上のSと τ の値を実験値とする。解析による τ とSの値は、境界条件として試験体中央で $S=0$ 、載荷端でコンクリート応力=0を設定し、載荷端でのSを仮定した試行的な繰返計算によって求めた。ここで、付着応力-すべり-ひずみ関係は、島らの提案する式(1)¹⁾を用いた。以上のSと τ の値を解析値とする。

$$\tau = 0.73 \cdot f_c' \cdot \{\ln(1 + 5000 \cdot S/D)\}^8 / (1 + \varepsilon \cdot 10^5) \quad \dots (1)$$

3. 2 実験結果と考察

実験結果から求めた τ -S関係と、解析によって求めた τ -S関係を図-3に示す。この図で、 $S/D=1.2$ 程度で τ/f_c' 解析値が急激に減少するが、これは載荷端付近の鉄筋が降伏したためである。また、図中の Exp/Ana は同一の S/D に対する τ 実験値を τ 解析値で除した値の平均値である。ただし、平均に用いた S/D の範囲は、解析可能な $0.01[\%]$ から鉄筋の降伏までの $1.24[\%]$ 程度とした。

コンクリートの応力場が圧縮の BH0 と

BV0 では、 Exp/Ana は 1.1 程度となった。BV0 は島らの実験¹⁾ とほぼ同じ条件であり実験値と解析値が一致するのは当然である。一方、コンクリートの応力場が引張の TH0 と TV0 では、 Exp/Ana は 0.6~0.7 程度となり、コンクリートの応力場が圧縮の場合に比べて、同一のすべりに対する付着応力が小さかった。

次に打設方向に着目して、TV0 と TH0 の Exp/Ana を比較すると鉛直打設の TV0 の方が大きく、BV0 と BH0 の Exp/Ana を比較すると水平打設の BH0 の方が大きかった。一般に鉄筋軸を水平にして打設した場合には、乾燥収縮やブリージング等が付着特性に悪影響を及ぼすことが予想される。しかし今回の実験では打設方向の相違は付着応力-すべり関係に顕著な影響を及ぼさなかった。

割れ防止筋の有る TH1 の Exp/Ana と、割れ防止筋の無い TH0 の Exp/Ana との差は小さかった。割れ防止筋の有無が付着応力-すべり関係に影響を与えなかったのは、本実験ではかぶり厚が比較的大きく、コンクリートのみで割れひびわれの発生を抑える効果があったためと考える。

4. まとめ

コンクリートの応力場、打設方向および割れ防止筋の有無が付着応力-すべり関係に及ぼす影響について、本実験の範囲内において以下の結論を得た。①コンクリートが引張の応力場であれば圧縮の応力場の場合に比べて、同一のすべりに対する付着応力は小さい。②鉄筋軸を水平にして打設した場合と、鉛直にして打設した場合の同一のすべりに対する付着応力に顕著な差は無かった。③今回の実験条件では、割れ防止筋の有無は付着応力-すべり関係に大きな影響を及ぼさなかった。

参考文献

- [1] 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、第378号、V-6、pp. 185~174、1987. 2
- [2] 山尾芳秀、周 礼良、二羽淳一郎：付着応力-すべり関係に関する実験的研究、土木学会論文報告集、第343号、pp. 219~228、1984. 3
- [3] 豊岐直之、清宮 理、山田昌郎：ポストテンション導入による初期ひびわれ幅の低減に関する一考察、コンクリート工学年次論文報告集、第16巻第1号、pp. 1043~1048、1994. 6

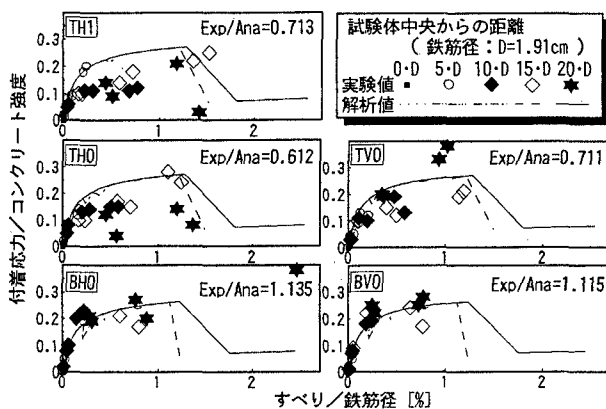


図-3 付着応力-すべり関係