

中部工業大学 正員の愛知五男

〃 〃 戸森和幸

〃 〃 平澤征夫

1. まえがき

鉄筋コンクリート構造では、鉄筋とコンクリートとの相互関係にあり鉄筋とコンクリートの間には高い付着性能が要求される。相互の付着機構は主に鉄筋の表面形状、コンクリートがぶり厚などにより大きく影響されることは多くの研究が明らかにされている。しかし鉄筋周囲を包むコンクリートの性質によって著しく影響を受けることが考えられる。例えば、粗骨材をあらかじめ充填するプレキャストコンクリートでは、鉄筋からコンクリート（又は逆）に伝達される応力分布や耐力にも普通コンクリートとは異なった様相を示し、かつこれはコンクリートのひびわれ幅、間隔位置ならびに鉄筋とコンクリートの相対滑動量などにも影響を受けることが予想される。本報告はこの点について両引き試験により検討したものである。

2. 実験概要

鉄筋コンクリートを構成する上で粗骨材が鉄筋と接触する程度の割合をコンクリート種類別に普通コンクリート（最大寸法 25mm 、F.M.6.75）、モルタル（最大寸法 2.5mm 、F.M.2.70）、プレキャスト丸石コンクリートならびにプレキャスト

表-1 各コンクリートの性質

コンクリート種類	圧縮強度 f_c (N/mm^2)	引張強度 f_t (N/mm^2)	ヤング係数 E_c (10^4 N/mm^2)
NC	294	27.6	2.71
M	311	30.9	2.29
RC	241	21.8	2.94
RC	250	23.2	3.20

破石コンクリートの4種とした。使用骨材は粗骨材の碎石（内津産）以外すべて本県川産の天然骨材を使用した。セメントは普通ポルトランドセメントである。充填骨材は丸石（比重 2.64 、空隙率 40.2% ）碎石（比重 2.72 、空隙率 41.7% ）で寸法範囲はいずれも $15 \sim 25\text{mm}$ である。注入モルタルはフロー値 $19 \pm 1\text{sec}$ で水結合材比 $\frac{W}{C+P}=50\%$ 、水和材比 $\frac{W}{C+P}=20\%$ 、砂結合材比 $\frac{S}{C+P}=1.25$ として用いた。それぞれのコンクリート強度を表-1に示した。鉄筋はD19の横7ノ型形鉄筋（SD30、降伏点 245.6 N/mm^2 ）とφ19の丸棒鋼（SD34、降伏点 303.3 N/mm^2 ）の2種類である。供試体寸法は断面 $10 \times 10\text{cm}$ 、長さ 90cm のはり型供試体の中心に鉄筋を配置した。供試体の養生は湿潤養生であり4週間ご試験を行なった。

各試験要因に対して供試体は3本づつ作製したが、その内1本には鉄筋表面より $1 \sim 5\text{mm}$ の位置で鉄筋に沿って材料ヒンク注入ホール $\phi 1\text{mm}$ を設けた。図-1に両引き供試体と加力方法を示した。鉄筋引張荷重は 425mm 毎にゲージで鉄筋抜き出し量（D41~4）と測定間の総伸び量（D45~6）を測り、コンクリート表面ひびき量をストレインゲージで測定した。またひびわれ幅はクラフゲージにより測定し、ひびわれ状況を観察した。これらの測定は鉄筋降伏荷重まで行なった。

3. 実験結果と考察

鉄筋コンクリートのひびわれ間隔は、鉄筋周囲のコンクリート断面の寸法、鉄筋表面の形状などによって影響を受けることは一般によく知られている。また付着応力が最大能力に達した後は鉄筋周囲のコンクリートは引張応力が増加しなくなり二次的な微小ひびわれを除く新たに巨視的なひびわれは生じなくなりひびわれ間隔は一定状態になる。

ひびわれ間隔に関する実験結果を供試体種類別に表-2に示した。ひびわれ本数はひびわれ長がコンクリート周長の75%以上の場合をカウントしヒンク注入ホールを有した供試体を除いた2本の平均で表わしている。ND（普通コンクリート・型形筋）の平均ひびわれ間隔は 1.00 とした場合にMD（モルタル型形筋）では 1.22 と大きく現われ、逆に直接鉄筋に粗骨材が接触し粗骨材が互いにかみ合っている状態のRD（プレキャスト丸石・型形筋）とPD（プレキャスト碎石・型形筋）では、平均ひびわれ間隔比にして 0.80 程度と小

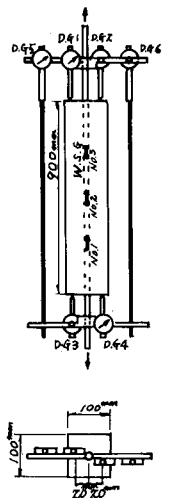


図-1 両引き試験方法

さくなっている。普通コンクリートの場合平均ひびわれ間隔に換する *Mattock* 氏等の既往の研究では、コンクリート断面積 A_c をパラメータとした直線式で表示されるとしている。しかし実験結果からも明らかなようにひびわれ間隔については粗骨材の混入方法と割合の違いによる影響を考慮する必要がありように思われる。特にモルタルとコンクリートの一部では、鉄筋からの応力伝達が若干緩和されるのに対しプレパッドコンクリートでは粗骨材間の剛性が高く、鉄筋との相対ズレが小さく生ずればとやが粗骨材の剪断となり現われ、ひびわれひびわれ間隔を小さくする原因と考えられる。ひびわれの評価を間隔係数で求めると、異形鉄筋は丸鋼に対して係数 K_1 と K_2 もいずれも小さくなっている。

表-2 実験の結果

供試体種類	ひびわれ数 n	最大間隔 $L_{max}(cm)$	最小間隔 $L_{min}(cm)$	平均間隔 $L_{av}(cm)$	間隔係数* K_1	K_2
ND	5.5	188(1.00)	12.1(1.00)	16.4	1.15	0.74
MD	4.5	23.5(1.25)	14.9(1.23)	20.0	1.18	0.75
PrD	6.5	17.3(0.92)	8.1(0.67)	13.8	1.25	0.59
PcD	7.0	15.2(0.81)	9.8(0.81)	12.9	1.18	0.76
NR	5.0	22.7(1.21)	14.7(1.21)	18.0	1.26	0.82
MR	2.5	43.8(2.33)	30.5(2.52)	36.0	1.22	0.85
PrR	4.5	25.7(1.37)	13.5(1.12)	20.0	1.29	0.68
PcR	6.5	18.0(0.96)	13.4(1.11)	13.8	1.30	0.97

$$* K_1 = L_{max}/L_{av}, K_2 = L_{min}/L_{av}$$

図-2、図-3は異形鉄筋、丸鋼の供試体上下端面における抜き出し量の和と鉄筋応力度との関係を示した。

すべての供試体で抜き出し量と鉄筋応力度は、直線比例の関係にありモルタルのMDで鉄筋応力度 500 N/mm^2 、MRで 200 N/mm^2 を過ぎた頃から他の供試体よりも抜き出し量は大きく鉄筋許容応力度付近で前者が約1.6倍、後者が2倍以上を示した。これは異形鉄筋では付着が摩擦から機械的な抵抗力へ、また丸鋼では粘着から摩擦抵抗力への転移近傍であり、それ以後は鉄筋周囲のモルタル及びコンクリートに伝達される応力機構は粗骨材に影響されるものと思われる。

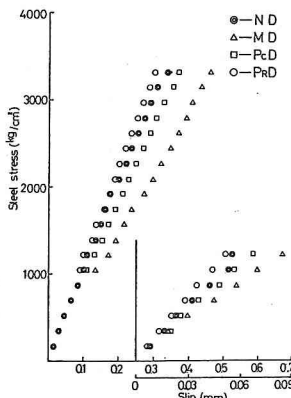


図-2 異形鉄筋上下端面抜き出し量の和

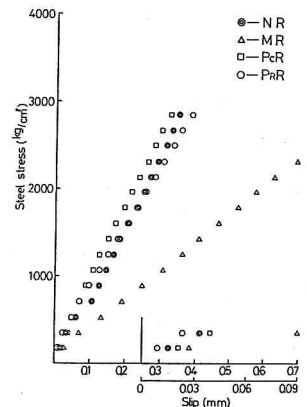


図-3 丸鋼上下端面抜き出し量の和

図-4は鉄筋抜き出し量と端面からの最短距離におけるひびわれ幅との関係を示したものである。これも直線比例関係にありNDは傾きが若干大きい。他の供試体はほぼ平行状態にある。PrD、PcDのひびわれ幅は同一抜き出し量に対して大きな傾向にある。ひびわれ幅はひびわれ間隔と付着率の関係にあり、ここでPrDがPcDを上回った原因は、碎石骨材のエッジ効果により鋼筋で内部ひびわれの増加と分散化によるためであろう。図-5に鉄筋応力度とコンクリート表面ひびわれ発生までのコンクリートひずみ量を表わした。写真1、2、3はND、MD、PcDで引抜き試験を終えた各供試体の鉄筋に沿った断面が長手方向に切開した一部である。

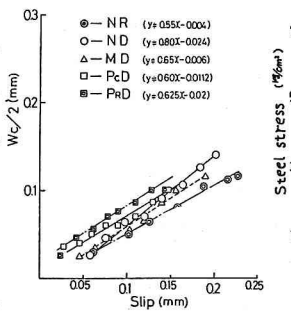


図-4 鉄筋抜き出し量とひびわれ幅の関係

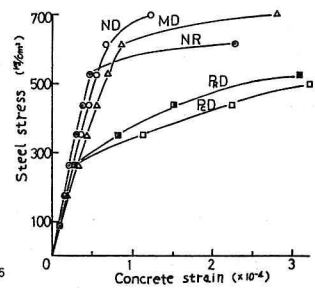


図-5 コンクリートのひずみ

写真1、2、3はND、MD、PcDで引抜き試験を終えた各供試体の鉄筋に沿った断面が長手方向に切開した一部である。4. あとがき

限られた実験結果からではあるが鉄筋とコンクリートの付着機構はモルタルマトリックス中に存在する粗骨材の形状や分布状態により影響を受けることが考えられる。



写真-1

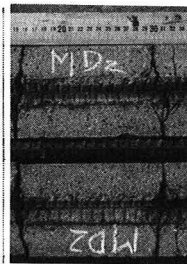


写真-2

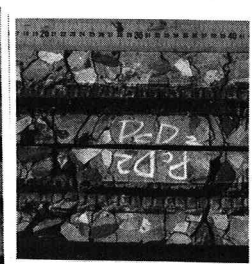


写真-3