

東京都立大学 正会員 村 田 二 郎
 日 本 大 学 正会員 堺 毅
 日 本 大 学 正会員 ◎河 合 紘 茲

1、まえがき

鉄筋とコンクリートの付着疲労は、鉄筋コンクリート部材の設計上重要な性質である。例えば、列車や自動車などの運行荷重を受ける橋梁、海上作業台などの浮上構造物等は、繰返し荷重を受ける鉄筋コンクリート構造であつて、このような構造物における重ね継手長さや、定着長の算定をする場合の許容付着応力度は示されていない。本研究は、偏心引抜き試験方法および、引抜き試験方法により付着疲労試験を行い、繰返し荷重を受ける鉄筋コンクリート部材の、付着疲労に関する構造計算上の基礎資料を提供しようとするものである。

2、試料鉄筋および、コンクリート

実験に供した鉄筋は、SD35のD32の横ふし筋および、斜ふし筋の2種であつて、その機械的性質および、表面形状を表-1に示す。

コンクリートは、粗骨材の最大寸法を25mm、スランプ 10 ± 2 cm、材令28日の圧縮強度を200、300および、 400 kgf/cm^2 の3種とした。その配合を表-2に示す。なお、コンクリートの製造に用いた材料は、普通ポルトランドセメント、通常の川砂、川砂利である。

表-1 鉄筋の機械的性質及び表面形状

鉄 筋		機 械 的 性 質			表 面 形 状			
ふし形状	呼び名	σ_y kg/mm ²	σ_s kg/mm ²	δ %	p mm	h mm	a o	b mm
横ふし筋	D32	41	57	32	14.6	2.2	90	4.9
斜ふし筋	D32	39	61	28	22.3	2.6	45	5.8

表-2 コンクリートの配合

呼び強度 (kgf/cm ²)	スランプ の範囲 (cm)	粗骨材 最大寸法 (mm)	W/O (%)	S/A (%)	単 位 量 (kg/m ³)			
					W	O	S	A
200	10±2	25	48	42	181	278	800	1017
300	10±2	25	55	43	165	300	768	1078
400	10±2	25	45	48	137	319	868	1098

3、試験方法

(1) 偏心引抜き試験方法

供試体は、はりのセリダンスパン部分をモデル化したもので、図-1に示すように下縁に引張鉄筋を配置し、スターラップで十分に補強したものである。引張鉄筋の付着長は 7ϕ とし、かぶり厚は 1ϕ とした。これは、供試体にセリダンびわれが発生する以前に鉄筋に沿う縦びわれが発生し、付着降伏が起るよう配慮したものである。また、かぶり厚が付着疲労強度に及ぼす影響を試験するために、かぶり厚を 1.5ϕ および、 2.0ϕ の供試体を同時に作製した。スターラップ量は、 $a_s/A_s \cdot S$ がほぼ一定となるようにし、 $\gamma = 0.017 \text{ cm}^{-1}$ とした。供試体の養生方法は、材令28日迄は $20 \pm 2^\circ\text{C}$ 、湿度90%の霧室にて養生を行い、材令28日以後はセメントの水和促進を断つために、室温マイナス 20°C の低温室に置き、試験日2日前に取り出して恒温恒湿室へ移し、通常の状態にもどしてから試験を行った。実験に使用した疲労試験機は、電気油圧式サーボ型の容量20tonのものであつて、繰返し回数は2.5Hzとした。下限応力は付着応力で 3 kgf/cm^2 と一定とし、上限応力は、実験状況に応じ付着応力を 5 kgf/cm^2 づつ変化させ、S-N曲線を描き200万回付着疲労強度を求めた。

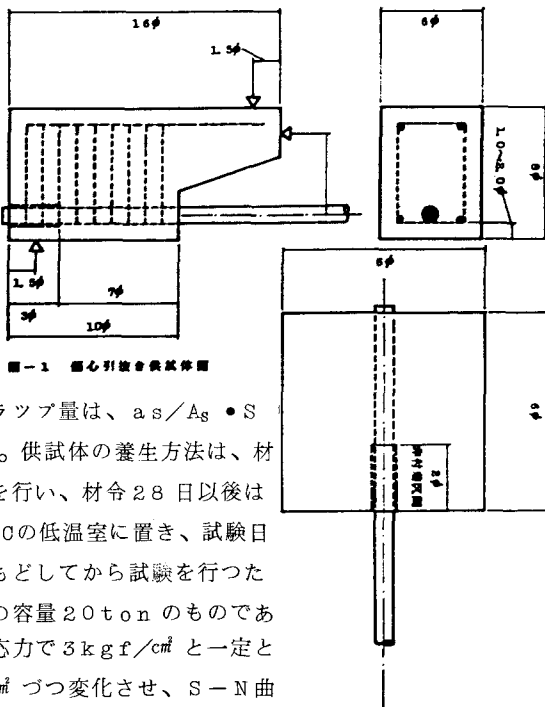


図-1 偏心引抜き供試体図

図-2 縦断を引抜き供試体図

(2) 引抜き試験方法

本試験は、無補強コンクリートブロックから鉄筋を引抜く試験で、通常のかぶり厚を有する鉄筋コンクリート部材における、異形鉄筋の付着破壊機構を想定したものである。供試体は、図-2に示すように供試体一辺の長さを鉄筋直径の6倍とし、自由端側に付着区間を 4ϕ 、荷重端側に非付着区間 2ϕ を設けた立方体とした。荷重端側に非付着区間を設けた理由は、応力集中による試験値のバラツキを避けるためである。供試体の養生方法および、試験方法は、偏心引抜き試験方法と同一条件とした。

4、試験結果

偏心引抜き試験方法によるコンクリートの品質および、かぶり厚が付着疲労強度に及ぼす影響を表-3および、図-3に示す。付着疲労強度は、かぶり厚さによつて大きく影響される。例えば、コンクリート強度 300 kgf/cm^2 の場合、200万回付着疲労強度はそれぞれ27、32および、 37 kgf/cm^2 であつた。これはかぶり厚さによつて、付着破壊の様相が相違するためであつて、かぶり厚さ 1.5ϕ の場合早期に鉄筋に沿う縦ひびわれが発生し、

縦ひびわれが進むと共にふし前面のコンクリートが圧壊し、ふし間コンクリートのセンダン破壊を引き起している。これに対しかぶり厚さ 2.0ϕ の場合は、まず破壊時繰返し回数の約87~92%で縦ひびわれが僅かに発生するだけで、破壊はふし前面のコンクリートの圧壊に起因するふし間コンクリートの、センダン破壊によつて鉄筋が引抜けている。

このように付着疲労破壊の様相は、静的付着破壊の様相とまったく相違しており、単純に静的付着強度に対する比で示すことは適当ではないが、その比は27~49%と著しく小さい。しかしかぶり厚さが一定の場合は、コンクリート強度の影響は極く小さい。かぶり厚さ 1.5ϕ で比較してみると、コンクリート強度200、300および、 400 kgf/cm^2 に対して、横ふし筋および、斜ふし筋とも $31\sim36\text{ kgf/cm}^2$ であつた。

次に、引抜き試験による試験結果を表-4に示す。表-4に示すように、偏心引抜き試験の場合と同様に、付着疲労に及ぼすコンクリート強度の影響は極めて小さいが、試験値は表-3より相当に大きい。これは、引抜き試験の場合はかぶり厚さが 2.5ϕ であつて、その破壊状態はコンクリート強度 200 kgf/cm^2 の場合でも、鉄筋との付着部分に縦ひびわれが発生する程度で、コンクリート強度 300 kgf/cm^2 以上の場合は、縦ひびわれはまったく発生せず、破壊は全すべてふし前面コンクリートの圧壊に起因するふし間コンクリートの、センダン破壊によると思われる。なお、付着疲労強度は、静的割製き引抜き付着強度の34~56%であつた。以上の結果から、付着疲労強度にもつとも重大な影響を与える要因は、コンクリートのかぶり厚さであることが示された。

表-3 偏心引抜き試験による静的付着強度及び200万回付着疲労試験結果

鉄筋の表面形状	かぶり厚さ (ϕ)	コンクリート 強度 (kgf/cm^2)	静的付着強度 (kgf/cm^2)	200万回付着疲労強度 (kgf/cm^2)
横ふし筋	1.0	200	69.3	26
		300	72.2	27
		400	78.6	31
	1.5	200	71.2	31
		300	76.4	32
		400	78.3	32
	2.0	200	72.6	33
		300	73.5	37
		400	77.1	39
斜ふし筋	1.0	200	69.9	29
		300	92.1	28
		400	94.7	32
	1.5	200	92.2	31
		300	97.6	36
		400	100.3	39
	2.0	200	94.4	38
		300	97.2	38
		400	102.9	42

表-4 引抜き試験による静的付着試験及び200万回付着疲労試験結果

鉄筋の表面形状	コンクリート強度 (kgf/cm^2)	静的付着強度 (kgf/cm^2)	200万回付着疲労強度 (kgf/cm^2)
横ふし筋	200	91.2	56.0
	300	133.2	56.8
	400	164.7	61.2
斜ふし筋	200	93.3	56.3
	300	136.4	60.0
	400	167.1	60.3

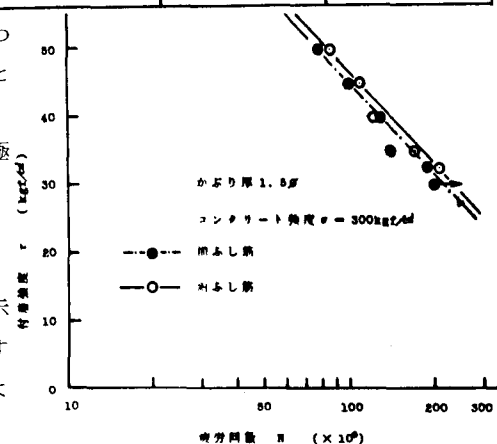


図-3 S-N 曲線

コンクリート強度 300 kgf/cm^2 以上の場合は、縦ひびわれはまったく発生せず、破壊は全すべてふし前面コンクリートの圧壊に起因するふし間コンクリートの、センダン破壊によると思われる。なお、付着疲労強度は、静的割製き引抜き付着強度の34~56%であつた。以上の結果から、付着疲労強度にもつとも重大な影響を与える要因は、コンクリートのかぶり厚さであることが示された。