

論文

[2014] スターラップを有する RC はりの疲労強度

正会員○佐藤 勉 (鉄道総合技術研究所)  
 正会員 斉藤 啓一 (鉄道総合技術研究所)  
 正会員 寺田 年夫 (鉄道総合技術研究所)  
 正会員 宮本 征夫 (鉄道総合技術研究所)

1. はじめに

スターラップを有する鉄筋コンクリートはりのせん断疲労強度に関しては、折り曲げたスターラップの疲労強度が鉄筋母材より大きく低下することから、せん断疲労の影響が支配的な短スパンの構造物などについて設計の重要な検討項目として取り扱う必要がある。

スターラップの疲労強度については、文献<sup>2) 3)</sup>の結果を踏まえ、土木学会コンクリート標準示方書では折り曲げた鉄筋の設計疲労強度を母材の50%に低減するとした規定が示されている。しかし、設計疲労強度を50%に低減するとした規定は、せん断スパン-有効高さ比 (a/d)が2.5でスターラップの配筋が2,3組みと少ない試験<sup>2)</sup>、a/d が2および4の非対称T型はりでスターラップの配置間隔をせん断スパン内で意図的に変化させた試験<sup>3)</sup>(最終的な疲労破壊はa/d が2の方ですべて生じていた)、にもとずいている。

本研究はこれらを参考とし、a/d を4付近とした場合、スターラップの配置間隔を通常の設計のように等間隔とした場合、その配置間隔を疎とした場合と密とした場合等に着目し、スターラップに生じるひずみと疲労強度の関係およびせん断スパン内に多数本のスターラップが配置されている場合の部材としての疲労強度について検討することを目的とする。

なお、本研究は、運輸省委託研究「鉄道技術基準整備のための調査研究」の一部として、昨年<sup>1)</sup>の研究の継続として行ったものである。

2. 試験概要

2.1 試験体の種類

試験体の形状は、図-1に示す形およびT形断面とし、せん断スパン内のスターラップは等間隔に配置し、その配置間隔および鉄筋比等を表-1、2に示した。

使用したコンクリートは、表-3に示す配合のものを使用し、試験期間中のコンクリートの材令は約1から12か月である。なお、試験開始時におけるコンクリートの圧縮強度は、標準供試体により確認することとし、表-1に示す圧縮強度であった。

鉄筋は、軸直角方向にふしをもつ異形鉄筋SD30を使用し、各径の材料強度特性を表-4に示す。スターラップは、軸方向鉄筋を取り囲むように曲げ加工し、その曲げ内半径をスターラップ直径の2倍とした。

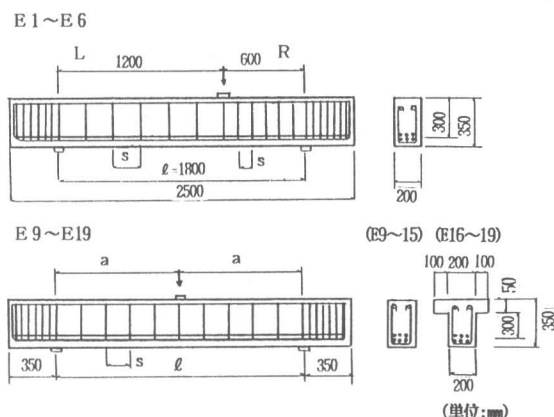


図-1 試験体の形状および配筋

## 2.2 測定項目および試験方法

測定項目は、スターラップのひずみを主体に、その他載荷点のたわみ、ひびわれ幅とした。ひずみの測定には、ワイヤーストレンゲージ（測長 3 mm）を使用し、スターラップの曲げ加工位置より 35～40mm 上方に貼付した。

載荷方法は、1点集中載荷（載荷板の幅10cm）とし、a/d を 4、2 の対称および 4 と 2 の非対称とした（表-2 参照）。これは、a/d が異なる場合のスターラップのひずみの違いや支点・載荷点の影響が異なる場合の部材のせん断疲労強度の違いを知ることを目的としている。

繰り返し荷重の載荷には、油圧式疲労試験機（サーボパルサー型）を用いて正弦波の荷重を 2 ～ 4 Hz で載荷した。疲労試験中は、所定の回数で試験機を止め静的に載荷し、スターラップのひずみ等の測定を実施した。

## 3. 試験結果

表-5 に載荷荷重、せん断ひびわれ発生荷重、試験体が疲労破壊するまでの繰り返し回数(Nu)、破壊位置等をまとめて示す。

載荷荷重は、コンクリートが分担するせん断力(Vco: 表-2 参照) に対して、1～3 倍に相当する荷重を上限荷重としており、せん断力によるひびわれが 1 回目の荷重載荷により生じるようにした。実際には、表-5 に示すように E 3 および E 15 試験体を除いて、載荷点を挟んで左 (L) 側と右 (R) 側の両方にせん断ひびわれが生じた。繰り返し回数が増えても破壊しなかった試験体については、荷重を上げて試験を続けすべて疲労試験中に破壊させた。

破壊形態として、E11 以外の試験体すべてスターラップの疲労破断によりせん断破壊した。スターラップの破断面を破壊後はつって調べたが、鉄筋の伸びはほとんど見られないことから、破断は疲労によるものと判断された。しかし、スターラップが複数本にわたって破断しているものの中には、鉄筋が絞り切れによる破断面も 3 本程度見られた。スターラップの破断位置は、各試験体ともに、最終的にせん断破断面に沿って集中しており、破断面となっていないひびわれ面に交差するスターラップには、観察した範囲では 1 本の破断も見られなかった。1 試験体当たりの疲労破断したスターラップの本数は、スターラップの配置本数や繰り返し回数によって異なり、一般に配置本数が多く、繰り返し回数が多いほど破断本数も多くなって

表-1 試験体の種類

試験体 No.	せん断補強鉄筋						軸方向 鉄筋 A s cm <sup>2</sup>	コンクリート 強度 f <sub>c</sub> kgf/cm <sup>2</sup>
	L 側			R 側				
	r %	φ mm	s cm	r %	φ mm	s cm		
E 1	0.16	D 6	20.00	0.36	D 10	10.00	15.2/025	374
E 2	0.42	D 10	17.14	0.74	D 13	8.57	30.4/025	374
E 3	0.16	D 6	20.00	0.36	D 10	10.00	30.4/025	374
E 4	0.26	D 6	12.00	0.59	D 10	6.00	30.4/025	374
E 5	0.40	D 6	8.00	0.89	D 10	4.00	30.4/025	313
E 6	0.26	D 6	12.00	0.59	D 10	6.00	30.4/025	313
E 9	0.11	D 6	30.00	0.11	D 6	30.00	30.4/025	325
E 10	0.18	D 6	17.14	0.18	D 6	17.14	30.4/025	327
E 11	0.24	D 10	30.00	0.24	D 10	30.00	30.4/025	325
E 12	0.30	D 10	24.00	0.30	D 10	24.00	30.4/025	328
E 13	0.37	D 6	8.57	0.37	D 6	8.57	30.4/025	341
E 14	0.48	D 10	15.00	0.48	D 10	15.00	30.4/025	360
E 15	0.42	D 13	30.00	0.42	D 13	30.00	30.4/025	355
E 16	0.42	D 10	17.14	0.42	D 10	17.14	30.4/025	343
E 17	0.24	D 10	30.00	0.24	D 10	30.00	30.4/025	349
E 18	0.40	D 6	8.00	0.40	D 6	8.00	30.4/025	343
E 19	0.85	D 13	15.00	0.85	D 13	15.00	30.4/025	362

(注) r = Aw / (bw · s) Aw:スターラップの断面積 bw:腹部の幅  
s :スターラップのピッチ φ :鉄筋径  
試験体 No. E 7 および E 8 は欠番

表-2 試験体の形状および特性

試験体 No.	断面 形状	a / d		スパン ℓ (mm)	Vco <sup>D)</sup> (tf)
		L	R		
E 1 E 2～4 E 5、6	く形	4	2	1800	8.2 10.4 9.8
E 9～12	く形	4		2400	9.9
E 13～15	く形	2		1200	13.4
E 16～18	T形	4		2400	10.1
E 19	T形	2		1200	13.5

D) Vco = 0.94 β d β p f<sub>c</sub><sup>1/3</sup> b w d  
ここに、β d = (100/d)<sup>1/4</sup> (d:cm)  
β p = (100 p w)<sup>1/3</sup>、p w = A s / (b w · d)  
破壊した側の計算値を示す。

表-3 コンクリートの配合

単位量 k g / m <sup>3</sup>	水	セメント	細骨材	粗骨材	混和剤
165		275	960	906	6.3

表-4 使用鋼材の強度特性

鋼材	φ mm	降伏点 kgf/cm <sup>2</sup>	引張強度 kgf/cm <sup>2</sup>
鉄筋	6	3880	5560
	10	3790	5450
	13	3410	5050
	25	3690	5480