

木更津工業高等専門学校

正員

黒川章二

同上

正員

石垣慶次

計測リサーチコンサルタント

秋山和弘

1 まえがき

繰返し荷重を受けるRC構造部材において、異形鉄筋のくさび作用およびだぼ作用によるかぶりコンクリートの付着割裂が、部材の破壊、あるいは部材の耐久性を損なう有害ひびわれを生じさせる原因となることが心配される。

スターラップがないRC桁の場合に、静的荷重に対し曲げあるいはせん断破壊モードとなる載荷形式の疲労試験において、すべての供試体が付着割裂により破壊した¹⁾。そこで、スターラップを配置したRC桁について疲労試験を行ない、スターラップによる付着割裂疲労の補強について検討した。

2 供試体および実験方法

供試体は、設計基準強度が450kgf/cm²のコンクリートと異形棒鋼SD30-D19を用いて許容応力度つり合い鉄筋比で設計して、土木学会コンクリート標準示方書に基づくせん断設計を行ない構造細目によるスターラップを配置したRC桁（シリーズⅠ）およびスターラップなしのRC桁（シリーズⅡ）である。スターラップはSR24-φ6の丸棒を用いた。コンクリートには早強セメント、富津産山砂、身延産砕石を使い、その示方配合

表 1 コンクリートの示方配合

スラ ンプ	粗骨 材の 最大 寸法 mm	水セ メント 比 %	細骨 材率 %	単 位 量 (kg/m ³)				
				水	セメ ント	細骨 材	粗骨 材	ボゾ リス No.51
4±1	20	40	41	143	358	735	1096	0.895

表 2 異形棒鋼の性質

公称径 mm	降伏強さ kgf/mm ²	引張強さ kgf/mm ²	伸び %	絞り %	弾性係数 kgf/mm ²
19.1	37.2	56.3	22.1	46.0	21000

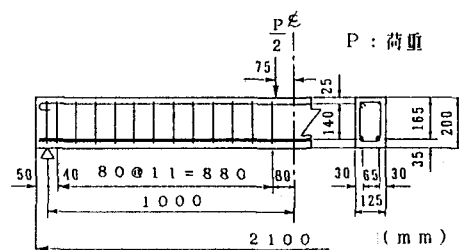


図 1 供試体および載荷方法

表 3 実験結果の概要

を表1に、表2に異形棒鋼の性質を、図1に供試体および載荷方法を示した。静的載荷試験に基づいて、下限荷重比を0.10とし、上限荷重比を実験因子とした疲労試験を行った。

タイプ	試体記号	試験の種類	コンクリートの性質					静的試験結果				疲労試験結果				試験したはりの破壊の形式
			圧縮強さ (kgf/cm ²)	引張強さ (kgf/cm ²)	弾性係数 (kgf/cm ²)	ひびわれ耐力 (tf)	終局耐力 (tf)	下限荷重 (tf)	上限荷重 (tf)	上限荷重比	疲労寿命 x10 ⁴ (回)					
Ⅰ スターラップ配置のRC桁	IS1	静的	531	37.4	360000	0.80	7.78									コンクリートの曲げ圧縮
	IF1	疲労	"	"	"			0.78	5.21	0.67	106.64					主鉄筋の曲げ引張破壊
	IF2	疲労	"	"	"			0.78	6.25	0.60	19.73					主鉄筋の曲げ引張破壊
	IF3	疲労	"	"	"			0.78	5.51	0.71	32.56					主鉄筋の曲げ引張破壊
	IS2	静的	508	34.3	330000	0.60	7.48									コンクリートの曲げ圧縮
	IF4	疲労	"	"	"			0.75	5.62	0.75	39.94					主鉄筋の曲げ引張破壊
Ⅱ スターラップがないRC桁	IF5	疲労	"	"	"			0.75	6.45	0.86	20.38					主鉄筋の曲げ引張破壊
	IF6	疲労	"	"	"			0.75	4.49	0.60	5000万回繰返し載荷に耐えて試験中止					
	IS1	静的	579	35.7	366000	0.80	7.33									コンクリートの曲げ圧縮
	IF1	疲労	"	"	"			0.73	5.79	0.79	0.60					コンクリートの付着割裂
	IF2	疲労	"	"	"			0.73	4.30	0.59	217.08					コンクリートの付着割裂
	IS2	静的	562	39.3	361000	0.60	6.80									コンクリートのせん断
	IF3	疲労	"	"	"			0.68	4.65	0.68	19.99					コンクリートの付着割裂
	IF4	疲労	"	"	"			0.68	5.10	0.75	1.04					コンクリートの付着割裂
	IF5	疲労	"	"	"			0.68	4.42	0.65	83.05					コンクリートの付着割裂

3 実験結果と考察

用いたコンクリートの性質、RC桁の静的載荷試験および疲労試験の概要を表3に示した。静的載荷試験における破壊モードは、スターラップがないRC桁（タイプⅡ）でコンクリートの曲げ圧縮破壊とせん断破壊でありスターラップを配置したRC桁（タイプⅠ）ではすべてコンクリートの曲げ圧縮破壊であった。なお、表中の荷重比とは繰返し荷重と静的終局耐力との比である。

図2は上限荷重比と疲労寿命との関係を示す。タイプⅠの疲労強度は、タイプⅡよりも大きく、上限荷重比と疲労寿命の対数との直線回帰式によると、10万回疲労強度で1.26倍、100万回疲労強度で1.06倍となり、上限荷重比が0.60の場合に5000万回の荷重載荷に対しても破壊しなかった。疲労破壊の形式は、タイプⅠではすべて主鉄筋の曲げ引張破断であり、タイプⅡではすべてコンクリートの付着割裂破壊である。

図3はひびわれ状況の一例である。ⅡF3では、曲げひびわれ、せん断ひびわれが発生し、つぎにせん断区間の曲げひびわれ面から付着割裂が生じて、鉄筋面からコンクリートが引き剥がれて桁が破壊した。ⅠF1では、曲げひびわれ、せん断ひびわれ、曲げせん断ひびわれ、曲げひびわれ面から進行した付着割裂ひびわれが発生している。スターラップの作用で付着割裂ひびわれの発達が抑制され、曲げ区間の鉄筋疲労破断により桁が破壊した。

図4は、付着割裂疲労の発生状況を調べるために、かぶりコンクリートの表面に鉄筋と直交して貼付したゲージ長3cmのストレインゲージによるひずみ振幅の測定結果である。ⅠF1において、G16およびG64はスターラップの位置であり、G4、G28、G76はスターラップ間の中央にあたる。付着が完全な場合には原理的に圧縮ひずみ（図中でマイナス）が現われる。この図から、スターラップがない場合に荷重サイクル数の増加に伴い引張ひずみの著しい増大が見られるが、スターラップを配置した場合スターラップによって、スターラップ位置はもちろんその中間の引張ひずみが抑制されることがわかる。

4 むすび

下限荷重を終局耐力の10%とし、上限荷重を変えて行ったRC桁の疲労試験により、スターラップを配置することにより、異形鉄筋によるコンクリートの付着割裂疲労を効果的に抑制できることが判明した。

5 参考文献

1) 黒川・石垣：RCはりの異形鉄筋による付着割裂に関する疲労試験、第16回土木学会関東支部技術発表会

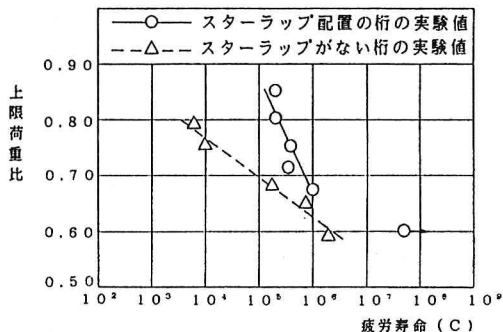


図2 上限荷重比と疲労寿命との関係

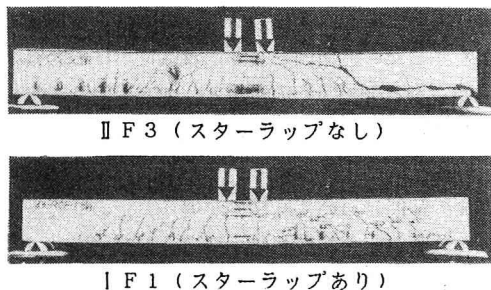


図3 ひびわれ状況

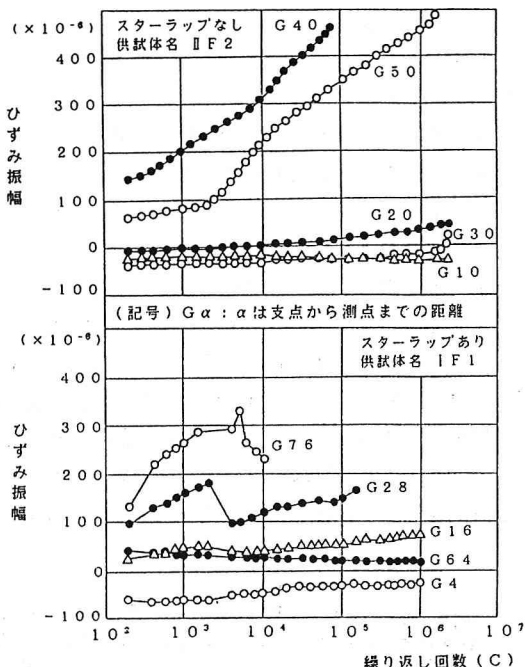


図4 かぶりコンクリート表面の鉛直ひずみ振幅と荷重サイクル数との関係