

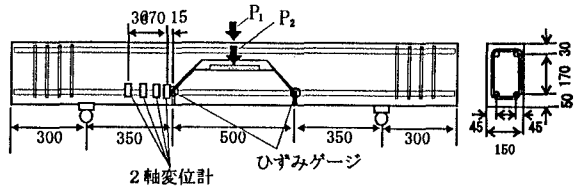
V-477

軸方向鉄筋の付着作用とダウエル作用によるひびわれ発生に関する研究

北海道大学大学院 学生員 徳田 源介
北海道大学工学部 正 員 古内 仁
北海道大学工学部 正 員 上田 多門
北海道大学工学部 正 員 角田與史雄

1 はじめに

斜め引張破壊を起こすRCはりでは、終局時においてせん断スパンに生じた斜めひびわれから軸方向鉄筋に沿って水平のひびわれ（ダウエルひびわれと呼ぶ場合もある）が現れる。このひびわれは、斜めひびわれを横切る位置で鉄筋に作用するダウエル力と引張力が原因となっていると考えられる。ダウエルひびわれの発生は、鉄筋が受け持つせん断力が減ずるとともに、鉄筋の抜けだしによって斜めひびわれが大きく開口するため、骨材のかみ合わせも減じさせる。このため、はりの斜め引張破壊は脆性的な挙動をしめしていると思われる。本研究では、ダウエルひびわれ発生の要因となる軸方向鉄筋に作用する引張力とダウエル力の比を変化させて、ダウエルひびわれ発生の性状について実験的に調査を行った。



単位 (mm)

2 実験概要

本研究における実験では、図-1のようにKrefeld¹⁾らの実験に準じ斜めひびわれを想定した人工ひびわれを設けた供試体を使用した。载荷は、分岐型油圧ジャッキを用いて行い、はり上面中央部 P_1 と人工ひびわれ上端部に P_2 、の比を変化させることにより、軸方向鉄筋に作用する引張力とダウエル力を任意にかえた。各供試体の引張力とダウエル力の比は、表-1に示すとおりである。なお、供試体のNo. 5は、 P_1 のみ载荷を行い、鉄筋には、引張力だけを作用させたものである。また人工ひびわれは、骨材の摩擦を取り除くため1mm厚のプラスチック板に粘土を薄く張り付けたものを使用して作製した。また供試体側面の軸方向鉄筋に沿った位置（7cm間隔）に、2軸ひびわれ変位計を設置し、ダウエルひびわれの発達状態を計測した（図-1参照）。

図-1 実験供試体

表-1 载荷状態

No	ジャッキ本数		引張力と ダウエル力
	P_1	P_2	
1	2	2	$T/Vd=5.2$
2	4	2	$T/Vd=8.5$
3	5	2	$T/Vd=10.3$
4	0	2	$T/Vd=2.4$
5	4	0	引張力のみ

軸方向の引張および圧縮鉄筋にはD25の異形棒鋼（SD345）をそれぞれ2本用いた。表-2 コンクリートの引張鉄筋には、斜めひびわれ位置における軸方向引張力測定するために、人工ひびわれ面を横切る4点（図-1参照）にひずみゲージを上下面計8ヶ所に貼り付け防水をほどこした。なお、供試体No. 1～4においては、防水加工によって鉄筋のふしによる付着作用が減じないように、鉄筋に溝を作製しひずみゲージをその内部に貼り付けた。端部定着のためのスターラップは、D10の鉄筋を用いて5cm間隔に配置した。なお、各供試体のコンクリート圧縮強度は、表2に示すとおりである。

の圧縮強度

No	圧縮強度 (kgf/cm ²)
1	261
2	231
3	258
4	310
5	272

3 実験結果および考察

軸方向鉄筋の引張力 T は、4ヶ所（斜めひびわれを横切る鉄筋）の位置で計測された上下面のひずみの平均値を軸方向引張ひずみとし、その値に鉄筋の実

断面積とヤング率を乗じて求めた。ダウエル力 V_d は、人工ひびわれ面での力の伝達が無いものとして、 $P_2/4$ （鉄筋が人工ひびわれを4カ所の位置で横切っている）とした（図-2参照）。

図-2は、No.1~4における実測された鉄筋の引張力とダウエル力の関係を示したもので、それぞれその比が一定の割合で増加させることができた。また、図中の○印は、破壊荷重（水平ひびわれが大きく開口した時の荷重）を示している。軸方向鉄筋に沿って生ずる水平ひびわれは、比較的速い段階で人工ひびわれ付近に微小なもの観察されたが、その後ひびわれの成長はそれ程大きくなく、あるダウエル力に達して、急激に進展して破壊に至った。図-3は、その一例を示したもので、4ヶ所の位置ほぼ同時に大きな開口変位をしめしている。また、その他の供試体についても同様の傾向がみられる。このような割裂のひびわれが生じた位置では、コンクリートのダウエル抵抗も付着抵抗もほとんど無くなり、鉄筋に作用しているダウエル力と引張力は、そのまま支点方向へと伝達されていくようである。そのため、水平ひびわれ進展は急激なものとなっていると考えられる。鉄筋にダウエル力と引張力が作用する場合、前述の図-2に示されるように、相対的に引張力が大きくなるにつれて、小さなダウエル力で、水平ひびわれを生じさせるようである。これまでに知られているように、異形鉄筋に引張力が作用する場合には、鉄筋の節からコンクリートに力が伝達される（付着作用）ことによって割裂ひびわれが生ずる。このような作用とダウエル力による作用が相互的に働き、水平ひびわれを生じさせていると考えられる。図-4は、鉄筋に作用するダウエル力と引張力による水平ひびわれの割裂破壊荷重を示したものである。この図より、両者が作用している場合には、破壊荷重はほぼ直線的な関係にあることが示されている。この結果から、破壊は、両者の重ね合わせと考えることができるようである。図中の直線は、解析によってえられたものでその相関係数（No.1~No.4）は、0.99である。また、引張力のみを作用させた実験結果（No.5）は、この直線近似によるものより大きくなっている。これは、鉄筋の断面形状が他の供試体に用いたものと異なるためであると思われる。

4 まとめ

鉄筋に作用するダウエル力と引張力の比を変化させた実験より、以下のことが示された。

（1）鉄筋に作用する引張力が大きくなるにつれて小さなダウエル力で水平ひびわれによる割裂破壊が生じることが示された。

（2）割裂破壊に対して、ダウエル作用と付着作用の影響による重ね合わせと考えることができる。

参考文献

1) Krefeld, W. J., Thurston, C. W., Journal of American Concrete Institute, Mar. 1966

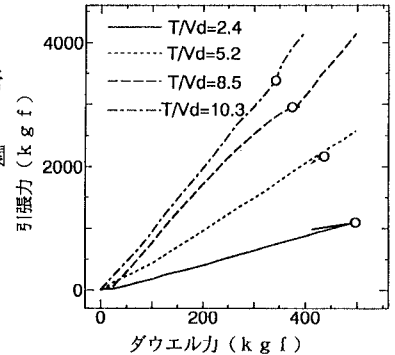


図-2 引張力とダウエル力

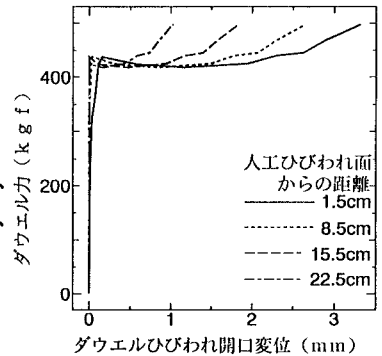


図-3 ダウエルひびわれ開口変位
(実験1: $T/V_d=5.2$)

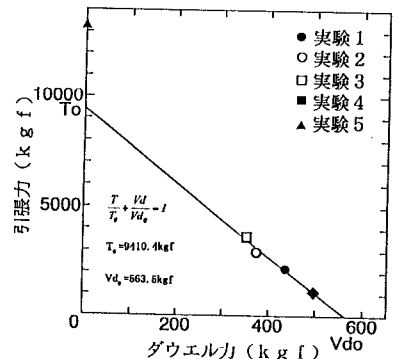


図-4 水平ひびわれ割裂破壊荷重