

日本鉱業(株) 正会員 室田 征紀
 東京工業大学 正会員 長瀧 重義
 東京工業大学 正会員 岡本 享久

1. まえがき

ねじりモーメントの作用を受ける構造物では、斜めひびわれの発生を許容する場合、部材の使用限界状態を照査する観点から、ひびわれ幅-荷重の関係を解析的に予測する必要がある。本報告では、ねじりを受けるRC部材のひびわれ幅制御法確立の第一歩として、40cm×40cmの箱型断面供試体の純ねじり試験を行い、この種部材のひびわれ間隔、ひびわれ幅等に検討を加え、立体トラスモデルと鉄筋とコンクリートの付着理論により、ねじりを受ける鉄筋コンクリート部材のひびわれ幅を解析し実験との比較検討を行った。

2. 実験概要

実験は、鉄筋比及び部材壁厚の異なる表1に示すような9体の供試体を作製し、供試体にひずみ制御型試験装置によって図1に示すように純ねじりを作用させた。代表的な供試体の形状寸法は図2の通りである。コンクリート強度は200kgf/cm²~300kgf/cm²、鉄筋は軸方向鉄筋、スターラップ共にSD30D10を使用した。鉄筋のひずみの測定は図1に示す位置の軸筋およびスターラップのリブの部分に深さ2mm、幅4mmの溝切りを行い、そこに8cmに渡って1cm間隔で貼付したストレインゲージで行った。ひびわれ幅は供試体表面に貼付したコンタクトチップ間の距離の変化量より算定した。

3. 実験結果の検討

ひびわれ間隔に及ぼす鉄筋比および壁厚の影響は、表1に示す通りである。すなわち、ひびわれ間隔は鉄筋比および壁厚の変化が大幅なものであったにもかかわらず、平均ひびわれ間隔は9~15cmとあまり変化がなかった。さらに同一の配筋、コンクリート強度および断面寸法をもつ供試体でねじりと曲げの両方を受ける実験を行うと、ねじりひびわれの方が、曲げひびわれに比べて間隔が小さく、曲げひびわれでは鉄筋に沿う縦ひびわれが発生するが、ねじりを受ける場合には発生しない。次にひびわれ幅は、壁厚が同一のシリーズでは軸筋とスターラップの両者の鉄筋比の和に支配され、この鉄筋比の和が大なる程ひびわれ幅は小さくなった。なおスターラップの方が軸筋よりひびわれ幅拡幅をおさえる効果大きい。ひびわれ幅に及ぼす壁厚の影響は、同一鉄筋比のシリーズにおいて壁厚の増加に伴って最大ねじりモーメントは増加するが、同一ねじりモーメント作用時のひびわれ幅はほぼ同一であった。また、鉄筋とコンクリートの付着応力は図3を参照してコンクリートの圧縮強度に比較して一般に言

表1 実験の要因と結果

供試体 番 号	鉄筋比1/90		鉄筋間隔 (mm)		壁 厚 (mm)	軸筋 かぶり (mm)	コンクリート強度		D _h /mm	ひびわれ間隔 (mm)	
	P ₁	P ₂	軸筋	ST100P			引張	圧縮		弾性係数	実験値
1	1.39	1.39	4.00	4.30	8.00	2.50	15.4	228	2.11×10 ⁴	10.8	10.2
2	1.05	1.04	5.30	5.70	8.00	2.50	15.4	235	2.04×10 ⁴	10.8	10.8
3	0.697	0.699	8.00	8.60	8.00	2.50	17.2	267	1.99×10 ⁴	11.7	(14.0)
4	0.348	0.350	16.0	16.9	8.00	2.50	16.9	261	---	14.8	(23.0)
5	1.05	0.350	5.30	16.9	8.00	2.50	17.9	272	2.01×10 ⁴	12.4	(16.0)
6	0.348	1.04	16.0	5.70	8.00	2.50	17.5	279	1.98×10 ⁴	11.8	(16.0)
7	1.05	1.04	5.30	5.70	6.00	2.50	18.8	293	1.95×10 ⁴	9.0	(9.0)
8	1.05	1.04	5.30	5.70	12.0	2.50	19.4	303	1.92×10 ⁴	11.3	(11.1)
9	1.05	1.04	5.30	5.70	中 欠	2.50	19.4	303	1.92×10 ⁴	11.7	(11.1)

鉄筋比1は部材全断面積に対する鉄筋比、1) 実験における最大ねじりモーメント作用時の平均ひびわれ間隔
 2) 解析における最大ねじりモーメント作用時の平均ひびわれ間隔
 () は鉄筋間隔時の平均ひびわれ間隔

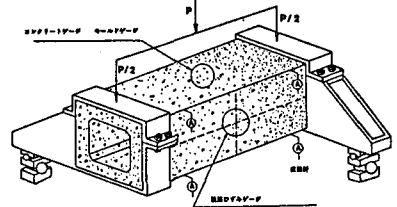


図1 載荷方法

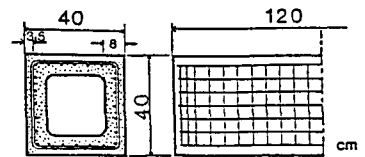


図2 供試体 (No.2)

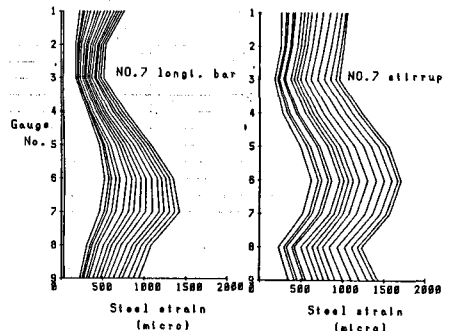


図3 鉄筋のひずみ分布

われる最大付着応力よりもかなり大きかった。

4. 解析概要

本解析では図4のように、部材に発生するひびわれ間のコンクリートを軸方向鉄筋及びスターラップに沿う方向の鉄筋コンクリート引張材の集合体として考えた。部材にひびわれが発生すると、鉄筋には引張力が作用し、またひびわれ間のコンクリートには、ひびわれに沿う方向の圧縮力と鉄筋とコンクリートの付着作用により鉄筋から伝達されるひびわれに垂直な方向の引張力が作用する。鉄筋に作用する引張力は立体トラスモデルにより鉄筋の平均ひずみとして算定した。また鉄筋とコンクリートの付着解析にあたっては、付着応力-滑りの関係を完全弾塑性と仮定した。鉄筋とコンクリートの付着は鉄筋に沿う割裂ひびわれの発生によって破壊されると考えられる。鉄筋の定着部や曲げ部材の場合、鉄筋に沿う割裂ひびわれが、鉄筋から部材表面に向かって発生するため、最大付着強度はコンクリート強度とかぶりによって変化すると考えることができる。しかしねじりを受ける部材の場合、ひびわれ間のコンクリートには圧縮力が作用しているため、割裂ひびわれは部材表面に向かって発生せず、鉄筋と鉄筋の間に発生すると考えることができる。したがって最大付着応力度はコンクリート強度と鉄筋間隔をパラメータにして表されるとした。また最大付着応力度が発生する時の滑りは0.2 mmと仮定した。

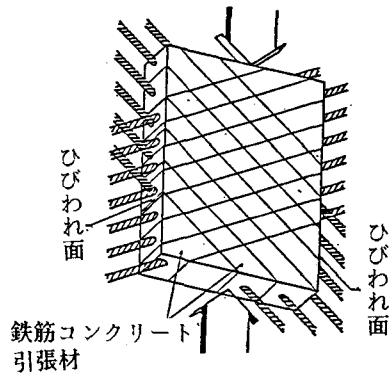


図4 斜ひびわれ間のコンクリート

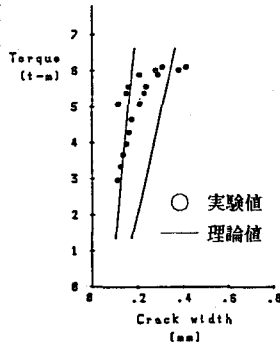


図5 TORQUEとひびわれ幅 (No.2)

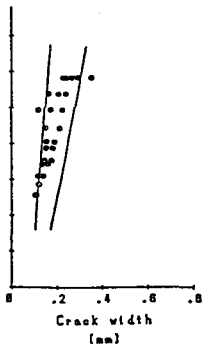


図6 TORQUEとひびわれ幅 (No.7)

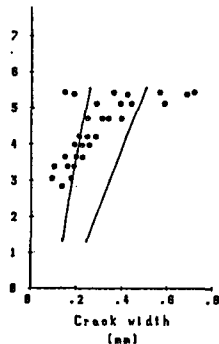


図7 TORQUEとひびわれ幅 (No.3)

5. 解析結果の検討

9体の供試体のうち、壁厚及び鉄筋の異なる3体の供試体について実験によるねじりモーメントとひびわれ幅の関係及び解析によるねじりモーメントとひびわれ幅の関係を同一のグラフ上にプロットし、図5～図7に示す。実験によるひびわれ幅の測定が、供試体の大きさ及びコンタクトチップの位置の制約によって2本～4本のひびわれに関してのみであるため、実験値と解析値の厳密な比較は困難であるが、No.2、No.3の供試体に関しては、大略のところ実験値は、解析による最大ひびわれ幅と最小ひびわれ幅の間にプロットされている。本解析で用いた立体トラスモデルの性格上、最初からひびわれが発生しているものとして解析を行っているため、供試体にひびわれが発生する以前及び発生直後に関しては、供試体の力学的挙動を十分に表現できないものと思われる。また、本解析における鉄筋とコンクリートの付着解析は、鉄筋が弾性域にある場合のみを対象としており、鉄筋がひびわれ面で局所的に降伏すると解析不能となることを付記する。

6. あとがき

本実験から、ねじりひびわれ性状に関し、ひびわれ間のコンクリートは二軸の圧縮・引張状態となり曲げの場合と比べ付着強度が増加すること、ひびわれ間隔は鉄筋比および壁厚の影響を曲げの場合ほど顕著に受けないことなどが特徴的であった。本解析は付着理論に基づいて解析を行ったが、今後、ひびわれ面の骨材のinterlockの影響を含めた解析を行う予定である。なお、本研究は発表者が東京工業大学在学中に行った卒業研究の一部である。