

北海道大学工学部 学生員 小野 茂信
 " 正員 藤田 嘉夫
 " " 中津川 汪

1. まえがき

鉄筋コンクリート桁に曲げとねじりによる組合せ応力が作用すると、ひびわれ発生荷重、変形および破壊等動は曲げ荷重のみの場合に比較して大きな違いがある。これは曲げのみの荷重の場合、中立軸と境界として圧縮ゾーンと引張ゾーンが分離しているために複合材として安定しているのに対し、ねじり荷重が作用すると、桁全体に引張応力が生じひびわれ発生伝播等動が不安定になるためと考えられる。一般にRC桁は曲げとねじりの連成作用によって、ひびわれ発生が早くなり、耐久性および変形剛性に大きな影響を及ぼす。又、ひびわれ発生後の等動は主鉄筋、腹鉄筋によって左右され、それと同時に圧縮部コンクリートの等動も重要な要素となっている。本研究では、曲げモーメントとねじりモーメントのみが作用する載荷法1点載荷によって卓越した曲げ剪断力とねじりモーメントを作用させる2種類の方法によって実験を行なった。これによってひびわれ発生時および最大ひびわれ中、0.05, 0.10, 0.15および0.20 mmになった時の腹鉄筋応力および圧縮部コンクリートのねじり荷重の分担状況について、トラス理論および各国の算定式と比較しながら検討を行なった。

2. 供試体および実験方法

実験桁は図-1に示すように矩形断面を持つ単鉄筋桁(配筋用に中6の焼なまし鋼線を用いている)で、曲げ荷重に対して単純支持、ねじり荷重に対して片持ち梁の状態で載荷した。供試体の材料は、セメントは普通ポルトランドセメント、砂は綿岡海岸砂(比重2.78, 単位容積重1706 kg, 吸水量1.02%), 砂利は静内川砂利(比重2.78, 単位容積重1747 kg, 吸水量1.06%)を用いた。配合はW/C=0.43, G/S=1.23で作製し、約1週間湿潤養生し、脱型後試験日まで20°Cの水槽で養生した。材令は約28日である。主鉄筋および腹鉄筋は、SD35の異形鉄筋を用い、主鉄筋は2D16および2D19、ピッチ比は、10, 15, 20 cmの3種類を用いた。載荷は2点載荷にねじり荷重を作用させた桁(Mシリーズ)、および1点載荷(a/d=0.273)で曲げせん断を顕著にして、

ねじり荷重を載荷させた桁(Sシリーズ)の2種類とした。載荷順序は、O→M→T→M+T、を1サイクルとして、曲げ荷重のみを増加させ、Tを一定にしてこのサイクルを繰返し、曲げ破壊させた。測定は、主鉄筋、腹鉄筋、および圧縮コンクリートの正、桁のため、ねじり角、主鉄筋位置でのひびわれ中、またSシリーズでは圧縮部(上面より下4 cm)でのひびわれ中とも測定を行なった。各桁の圧縮強度 σ_c 、割裂引張強度 σ_t 、主鉄筋比 $p = A_s/bd$ 、スタラップの鉄筋比 $p_s = \frac{2A_w(b' + d')^2}{SBH}$ 、純曲げ強度 M_0 に対する破壊曲げモーメント M_0^* の比、純ねじり強度 T_0 に対するねじり荷重 T の比が表-1に示してある。

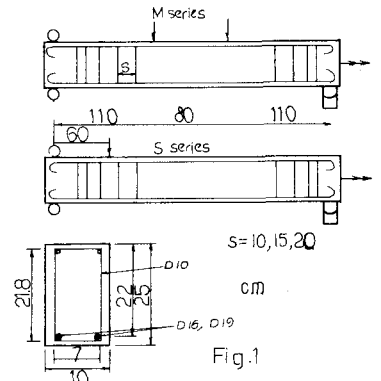


表-1

実験桁	単位	σ_c	σ_t	p	p_s	M_0^*	T	M_0^*/M_0	T/T_0
		kg/cm ²	kg/cm ²	%	%	t·m	t·m		
R15	1M	332	34.9	1.737	1252	2684	0.156	0.955	0.411
	2M	432	33.6	1.726	1878	2654	0.260	0.910	0.684
R20	1M	376	33.5	1.723	0939	2819	0.156	0.974	0.479
	2M	380	28.0	1.748	"	3011	0.208	0.952	0.638
	3M	369	30.4	1.749	"	2613	0.260	0.894	0.798
R10	1S	444	31.4	1.828	1878	2928	0.156	0.813	0.320
	2S	349	30.6	1.728	"	2529	0.260	0.906	0.533
	3S	368	31.4	2.512	"	4200	0.260	0.923	0.533
R15	1S	368	30.6	1.725	1252	2880	0.156	0.968	0.411
	2S	350	30.3	1.750	"	2712	0.260	0.888	0.684
	3S	359	31.2	2.526	"	3984	0.260	1.006	0.684
R20	1S	403	33.9	1.728	0939	2760	0.156	0.985	0.479
	2S	341	32.5	1.743	"	2664	0.208	0.895	0.638
	3S	355	32.1	2.517	"	4772	0.260	0.914	0.798

3. 実験結果および考察

MおよびSシリーズのひびわれ性状の一例を写真1, 2に示した。Mシリーズのひびわれは荷重増大で荷重方向に平行に伴じ、スターラップの応力はあまり発生しない。その後ひびわれ方向は傾き、スターラップに応力が生じてくる。これをひびわれ中との関係に示したのが図2, 3である。これに対してSシリーズは初め荷重方向にひびわれが顕著に現われ、図2, 3に示すようにスターラップの応力は大きい。図3に最大ひびわれ中 W_{max} とスターラップの応力度について示してあるが、ひびわれ発生時(コンタクトゲージの読み差が10μ, このゲージ間隔では 250×10^3 の歪であり、ひびわれが光学的に発見された。)では、スターラップには応力は生じない。この時の弾性解によるコンクリートの最大引張主応力は $30 \sim 50 \text{ kg/cm}^2$ であった。 W_{max} が大きくなったが、ピッチ比が小さいほど、ねじり荷重が大きくなるほど、応力は大きくなっていく傾向を示すが、あまり大きな差はない。すなわちコンクリートの圧縮部でねじり荷重を分担していると推測される。図4には実験より求めたスターラップの応力度からトラス理論によって、ねじりモーメントの分担率 T/T_0 を示しているが、スターラップでは $W_{max} = 0.2$ の状態で $1 \sim 4$ 割 ($R_0 = 0.999 \sim 1.252\%$) を分担し、おのの $9 \sim 6$ 割 ($R_0 = 0.999 \sim 1.252\%$) は、圧縮部コンクリートで分担していることがわかる。ねじりによるコンクリートの分担を考慮した、純ねじりの Cowan, Hsu の式で、 $T/T_0 \approx 1$ 近傍にあり、この式が有効であることがわかる。図5にはSシリーズの各荷重段階におけるひびわれ中の状況を示した。主鉄筋位置では、約 $0.1 M_0$ でひびわれが発生するのに対し、圧縮部でも $0.3 M_0$ でひびわれが生じ、斜めの断面とひびわれが突き抜けたと考えられる。このため図6に示すように、コンクリートの分担を無視したトラス理論で、スターラップの応力を、曲げせん断 σ_{ws} 、ねじりせん断 σ_{wt} について求め、実験値によるスターラップの応力 σ_{st} との比を求めると、 W_{max} が大きくなるに従って1.0に近づいてはトラス理論に近いことを示している。ピッチ比が小さいとこの傾向がよく現われ、ピッチ比が大きいとトラス理論によるねじりの分担に適合しない状態に近づいていると考えられる。

R15-M 写真1

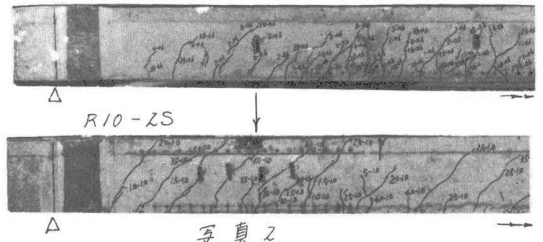


写真2

