

○ 国 鉄 正会員 松岡 和夫
国 鉄 正会員 阿部 英彦
八千代エンジニアリング KK 武田 正紀

1 はじめに 近年の鉄道建設においては、都市内の立体交差や鉄道営業線近接、直上の施工のように架設が困難で、工事用スペースも制限される場合が多い。また騒音や保守の軽減を要求される場合がほとんどである。これらの条件を満たすため、鉄道構造物としてSRC(鉄骨鉄筋コンクリート)構造物の需要が増してきた。そこで未だ不明の点の多い、SRC部材のねじりに対する挙動を研究するため、S(鉄骨)、RC(鉄筋コンクリート)及びSRCげたの供試体を作成し、純ねじり及び曲げねじりを作用させ、実験的にその性状を把握しようとしたのが本研究である。

2 実験概要 供試体は表1に示す、純ねじり用5体、曲げねじり用6体の計11体で、その形状寸法は図-1に示す。純ねじりの供試体では、ラテラルの量を変化させ、No.3のSRC供試体はNo.1のRCとNo.5のS供試体を組み合わせたものである。曲げねじりの供試体では、スパンを変えて作用するねじりと曲げの比(β)を0.5と1.0に変化させた。No.7、No.10のSRC供試体は、それぞれNo.6(RC)とNo.8(S)、No.9(RC)とNo.11(S)の供試体を組み合わせたものである。載荷方法は図-2に示すよう

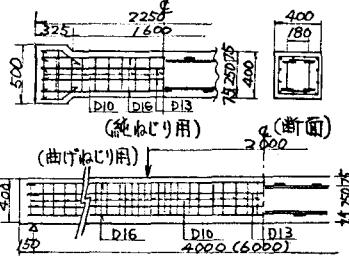


図-1 供試体形状寸法

No.	種類	M _u kN	M _u kN	鋼 材 比 %
純	RC	∞	1.6	—
1	SRC	∞	1.6	6.8
2	SRC	∞	1.6	7.1
3	RC	∞	1.6	7.1
4	SRC	∞	1.6	7.3
5	S	∞	—	7.1
6	RC	1.0	1.6	—
7	SRC	1.0	1.6	7.1
8	S	1.0	—	7.1
9	RC	0.5	1.6	—
10	SRC	0.5	1.6	7.1
11	S	0.5	—	7.1



図-2 載荷装置概略図

表2 コンクリートの示さる配合

粗骨材の最大粒径 ^a 大さき(mm) (cm)	W/C(%) 率(%)	細骨材 率(%)	単 位 量 (kg/m ³)	水 セメント 細骨材 粗骨材 配合
25 122.5	52	41	170	327 733 1067

表3 荷重試験結果 (kg/cm²)

供試体別	コンクリート	鉄筋	合計	骨	鋼		
	C _{cu}	E _{cu}	E _c	G _{sy}	G _{su}	E _s	
純ねじり用	301	23.5	2.3×10^5	D10 3800 D13 4100 D16 3900	5400 6400 5800	3900 5600	2.1×10^6
曲げねじり用	283	26.9	2.3×10^5	D10 4140 D13 4100 D16 3900	5960 6400 5800	4300 5600	

表4 純ねじりの実験値と理論値の比率

No.	実験値(t-m)	ひびわれ荷重	破壊荷重
1	4.0	5.5	1.20 1.13 0.88 1.34 0.72 0.91
2	3.5	13.0	1.27 0.95 0.93 1.77 1.20 1.38
3	3.5	16.0	1.08 0.80 0.79 1.66 1.21 1.37
4	3.5	16.0	1.09 0.81 0.80 1.38 1.06 1.18
5	—	6.0	— — — 1.08 1.08 1.08
平均	—	1.16 0.92 0.85 1.45 1.05 1.18	

3 実験の結果と考察 (1) 純ねじり試験 ひびわれ発生荷重及び破壊荷重の実験値と理論値の比較を表4に示す。この実験から、ひびわれ発生荷重は、弾性式と斜め曲げ式から計算される値の間にあり、鋼材量の多さに影響されないことがわかる。破壊荷重についてはRCに対する理論値を、弾性理論 $M_{uE} = 1.6A's\sigma_{sy}/S_0$ 、斜め曲げ式 $M_{uR} = 2.0A's\sigma_{sy}/S_0$ とし、前式で β が大きい場合の修正式 $M_{uR} = R^*G_{cu}[p^* - 1.2(p^*)^2]$ で計算し、Sの理論値をラテラルの換算板厚を求めボックス断面とし、 $M_{uS} = 2A_{st}G_{sy}/S_0$ で計算し、SRCの理論値はRCとSの理論値を累加した値とした。この結果との理論値も実験値とはあまり良い一致をみせないが、RC部材については修正斜め曲げ式が実験値に近く安全側にあり実用的と思える。SRC部材ではラテラル量が増えるほど破壊荷重が増加している。No.1とNo.5の破壊荷重を加えたものよりNo.3の破壊荷重の方が大きいこともあり、SRC部材のねじり設計法として累加強度方式を採用できると思

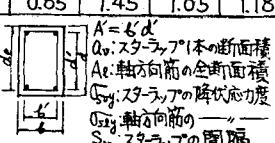


図-3 記号の説明

う。ねじりモーメントと回転角の関係を図-4、ねじりモーメントとスターラップ、ラテラルの歪の関係を図 Mt-5,6に示す。この結果より、SRC,RC部材ではひびわれ発生前は、回転角が弾性理論より求めた値とほぼ一致しており、鉄骨鉄筋にはほとんど応力が生じていないことがわかる。ひびわれ発生後は、SRC,RC部材ともねじり剛性が低下し、鉄骨鉄筋の応力が急激に増える。

S部材のねじり剛性は、ラテラルとフランジの接点が図-4 ねじりモーメントと回転角剛結されているとしてラテラルの換算板厚を求め、ボックス断面として求めた値と良い一致をみせている。RC部材に比べSRC部材では、ひびわれの数は多いが各々のひびわれ幅は小さくその進展も遅い。

(2) 曲げねじり試験 表5にひびわれ荷重の実験値と理論値の比較を示す。

ひびわれ発生荷重は、ねじりの影響が大きい時には Cowan の提案式 ($\frac{M_{hu}}{M_{bu}}$)³ が表5 曲げねじりのひびわれ荷重と理論値の比率において鉄骨鉄筋の影響を考えない場合の理論値が実験値と良い一致をみせている。なお M_{hu} , M_{bu} の算出は弾性理論によった。破壊荷重の実験値と理論値を図-7,8 に示す。理論値は、RC部材について A.A.Gvozdev 等の研究による $M_t(\frac{t}{b} + \frac{1}{2}) = [G_{xy}A_1 + G_{xy}S_c(\frac{a_c}{2d+b})] + (\frac{a_c}{2})^2$ と、SRC部材については腹板とフランジの接合部の合成応力より求め、SRC部材についてはそれらを累加したものとした。この結果、破壊荷重には $(\frac{M_h}{M_{hu}})^2 + (\frac{M_b}{M_{bu}})^2 = 1$ の関係があると考えられる。

また SRC 部材の曲げねじりに対する設計法として累加強度方式を採用できると思う。ねじりモーメントと回転角の関係を図-9、ねじりモーメントとスターラップ、ラテラルの歪の関係を図-10,11 に示す。回転角も鉄骨鉄筋の歪も純ねじりの場合と同様の傾向を示しているが、曲げが作用しているため下側の軸方向筋に生ずる応力の方がスターラップのそれより大きく、ひびわれの発生が早く鉄筋の歪のグラフは倒れが純ねじりより早いが、その傾きは同様の傾向を示している。SRC部材ではRC部材に比べひびわれ幅の進展が遅く、0.2mmに達するのは鉄骨鉄筋が降伏した後であった。

4 まとめ 本研究により得られた主な結果をまとめる。①SRC部材のひびわれ発生荷重は弾性理論と塑性理論による計算値の間にあり、RC部材の影響はほとんどないものと思われる。②ねじり破壊性状が明確でないこともあり、RC部材の純ねじり、曲げねじり破壊荷重を精度良く推定できる計算式はないが、SRC部材の設計法として累加強度方式を採用できると思う。③ねじりを受けるSRC部材の回転角は、ひびわれ発生前は、弾性理論式により推定できる。

5 おわりに 本研究では、ねじりを受けるSRC部材の合理的設計法を求めるため、S, RC, SRC 各供試体に純ねじり及び曲げねじりを作用させ、その性状を研究した。その結果、ねじりに対しても累加強度設計法を採用できる見通しを得た。しかし、本研究では供試体の数が少ないという点もあり、RC部材のねじり耐力を精度良く推定できる計算式も未だないので、今後とも研究を続けていく所存である。

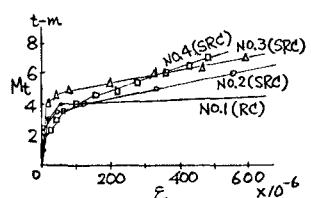
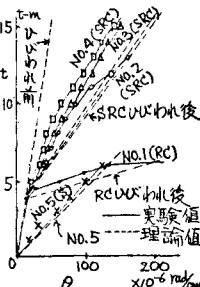


図-5 ねじりモーメントとスターラップの歪

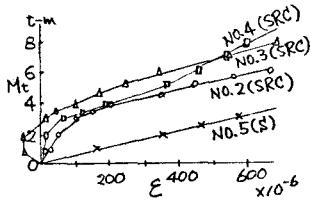


図-6 ねじりモーメントとラテラルの歪

No.	実験値(A)		理論値との比率	
	ねじりモーメント (t-m)	曲げ (t-m)	Cowan 提案式 (t-m)	Cowan 提案式で鋼材を考慮した式 (t-m)
6	1.3	2.5	0.66	0.92
7	1.3	2.5	0.65	0.75
9	0.8	5.0	1.04	1.63
10	1.3	6.0	1.28	1.48
平均			0.91	1.20
			1.49	

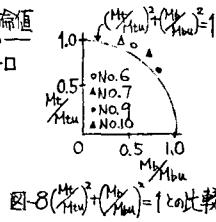
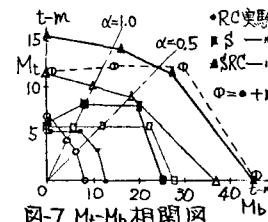


図-8 $(\frac{M_h}{M_{hu}})^2 + (\frac{M_b}{M_{bu}})^2 = 1$ の比較

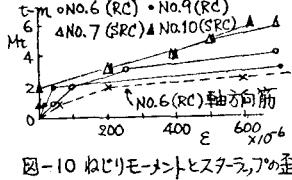
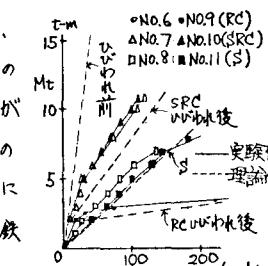


図-10 ねじりモーメントとスターラップの歪

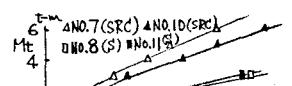
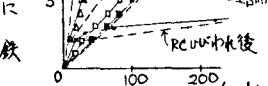


図-11 ねじりモーメントとラテラルの歪