

V-316 交番ねじりモーメントを受けるRC部材の耐荷機構

東京工業大学 正会員 岡本享久
 東京工業大学 正会員 長瀧重義
 日本道路公団 正会員 梅木秀郎

1. はじめに

本研究は交番ねじりモーメントを受けるRC部材の力学性状を明らかにすることを目的とし、かぶり厚さおよび鉄筋比を変えて製作した供試体について交番ねじり載荷試験を実施するとともに、交番ねじり下にあるRC部材における斜めひびわれ間のコンクリートおよび鉄筋の応力-ひずみ関係を仮定し、これらを Compression Field Theoryに基づく解析手法¹⁾に適用して得た基礎方程式と比較検討し、この種部材の合理的な設計のための基礎資料を得ようとするものである。

表-1 供試体の配筋および断面寸法

供試体名	断面寸法 (cm)	鉄筋比 (%)		鉄筋間隔 (cm)		かぶり (cm)	コンクリート強度 (kgf/cm ²)		
		ρ_s	ρ_b	軸筋	腹筋		引張	圧縮	弾性係数
RE1000	30×30	0.610	0.610	14.6	14.6	0	34.8	505	276000
RE1300	30×30	1.065	1.065	14.5	14.5	0	34.8	505	276000
RE1600	30×30	1.719	1.719	14.4	14.4	0	34.8	505	276000
RE1025	35×35	0.443	0.443	14.6	14.6	2.5	34.8	505	276000
RE1050	40×40	0.339	0.339	14.6	14.6	5.0	34.8	505	276000

2. 実験概要

供試体は正方形中実断面であり、配筋および断面寸法を表-1に示す。軸方向鉄筋および腹鉄筋（閉合スターラップ）には、呼び名D10（降伏点4239kg/cm²）、D13（3910kg/cm²）およびD16（3860kg/cm²）の熱間圧延異形棒鋼（SD30）を使用した。交番ねじり載荷方法は図-1に示すように、供試体の両端を両翼付載荷用アームボックスの中に納め高張力ボルトで固定し、供試体と載荷用アームボックスを一体とした。同一供試体では軸方向鉄筋とスターラップの直径は同じである。交番ねじり載荷のパターンは表-2に示すようにねじり角で制御し、各変位レベルで各1ループずつ交番ねじりモーメントを加え最後は正方向へ大変形させて破壊に至らせた。なお、交番ねじり用の供試体の製作と同時に同一の断面寸法、配筋およびコンクリート強度を有する供試体も製作し静的な一方ねじり載荷試験も実施した。

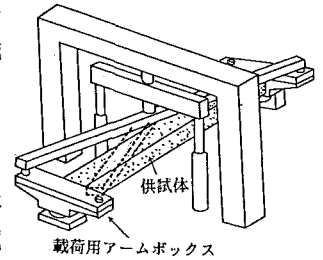


図-1 載荷方法

3. 実験結果の検討

(1). ひびわれ耐力 …………… 交番ねじり載荷において先ず正方向の作用ねじりにより初ひびわれが発生し、続いて負方向の作用ねじりにより既存のひびわれと直交する新たなひびわれが発生した。表-3は正方向ねじりによって発生した初ひびわれ耐力と負方向ねじりによる初ひびわれ耐力を比較したものである。負方向の初ひびわれ耐力は正方向の作用ねじりの履歴の影響により低下する。この低下率は鉄筋比の影響よりも最初正方向に載荷した際の最大ねじり角の相違の影響を強く受けるようである。

表-2 載荷パターン

供試体名	Roop 1 (deg./m)	Roop 2 (deg./m)	Roop 3 (deg./m)	Roop 4 (deg./m)
RE1000	± 1.00	± 2.00	± 3.00	——
RE1300	± 0.50	± 1.00	± 2.00	± 3.00
RE1600	± 0.50	± 1.00	± 2.00	± 3.00
RE1025	± 1.00	± 2.00	± 3.00	——
RE1050	± 0.75	± 1.50	± 2.50	——

表-3 初ひびわれ耐力

供試体名	最大ねじり角 (deg./m)	ひびわれ発生モーメント (kg)		低下率 (%)
		正方向	負方向	
RE1000	1.0	2.352	1.791	24
RE1300	0.5	2.348	2.211	6
RE1600	0.5	2.118	2.030	4
RE1025	1.0	3.327	2.739	18
RE1050	0.75	4.560	3.178	30

(2). 最大耐力 …………… 表-4は一方ねじり下と交番ねじり下での最大耐力を比較した結果を示す。交番ねじり下の場合是一方向ねじりの場合より最大耐力が低下することが認められ、この低下率は鉄筋比が大なる供試体ほど大きかった。これは釣合い鉄筋比以上に補強したRE1600ではコンクリートの圧壊が初期の段階で生じ、交番ねじり下の部材におけるひびわれ間のコンクリート部分は一方向の場合よりさらに卓越する多軸効果の影響を受けたためと思われる。かぶりを有するRE1025、RE1050ではかぶり無しの場合に比べてより小さな変形レベルで最大耐力に達する。これはかぶりの剝離現象¹⁾と密接な関係にあるとともに、交番ねじり下では一方ね

じり下の場合よりさらに小なる変形レベルでかぶりコンクリートの剥離が生じることを示すものである。

(3). 復元力特性 ----- 実験によって得られた履歴曲線よりそれぞれのループが囲む面積を測定して求めた各ループのエネルギー消費量 (E_r) と各ループの最大ねじり角との関係を図-2中の実線で示した。RE1000、RE1300、RE1600 において0.5 ~ 1.0 deg/m の変形レベルでは鉄筋比の影響は明瞭ではなかったが、2.0 から3.0 deg/m では鉄筋比が大なる程 E_r が大きかった。またかぶりを有する供試体ではかぶり厚が大きい程小なる変形レベルで E_r が大きく、これは(2) で指摘した早期のかぶりコンクリートの剥離現象を裏付ける結果となった。等価粘性減衰係数 (h_{eq}) を履歴曲線より求め、これを各ループの最大ねじり角と比較したものが図-3中の実線である。かぶりの影響は鉄筋比の影響より非常に大きく、特に小なる変形レベルにおいてかぶりを有する供試体はかぶり無しの場合より大きな h_{eq} となった。しかしながら、かぶりが剥離したのちでは h_{eq} はかぶり有無の影響を受けず同一の値となる。

4. 解析的検討

解析の基礎方程式は著者が土木学会論文集¹⁾に発表したものと同一である。鉄筋の平均応力-平均ひずみ関係は tri-linear とした。これはひびわれ位置において鉄筋の部分的な降伏が起こることを考慮したものの²⁾で、鉄筋の平均ひずみが ε_{s1} (鉄筋のひずみ分布を正弦曲線に仮定し、ひびわれ発生位置で降伏ひずみに達した場合、すなわち鉄筋単体の降伏ひずみの1/2 の値を用いた) までは鉄筋単体の弾性係数と等しく、続いてコンクリートの引張剛性が0となるひずみ ε_{s2} に達した後は鉄筋の平均応力は鉄筋単体の降伏強度と等しくなるとした。正負交番載荷時のコンクリートの圧縮応力-ひずみ関係は、最大圧縮ひずみを生じた状態から除荷した場合、前川ら³⁾の提案した残留ひずみ (ε_{dyp}) が残り、引張応力-ひずみ関係は最大引張ひずみを生じた状態から除荷する場合、引張による残留ひずみ (ε_{lyp}) が残り、この値はひずみの適合条件により決定される。除荷および再載荷時の応力-ひずみ関係は作用した最大ひずみとこれらの残留ひずみを結ぶ直線とした。

図-4は交番ねじりを作用させた場合の荷重履歴曲線を実験値と解析値と比較したものである。この図から釣合い鉄筋比以下の鉄筋量を有する供試体において本解析は実験値の傾向を精度よくとらえることができたが、釣合い鉄筋比以上では最大耐力を幾分過大評価した。 E_r および h_{eq} に関する解析値は図-2および図-3に示す破線で示すように実験値より幾分小さかったが、実験値の傾向を捉えることができた。

5. あとがき

交番ねじり下のRC部材の力学性状は実験を中心に論議されてきたが、本研究により解析的な評価も可能となった。今後、交番ねじり下の材料特性を明白するとともに組合せ断面力下のこの種部材の挙動解析も試みる予定である。

(参考文献) 1) 長瀧、李、岡本: 土木学会論文集、No. 390, V-8, pp179-188, Feb. 1988 2) 玉井、島、出雲、岡村: 土木学会論文集、第378号/V-6、1987、2月 3) Maekawa, K. Okamura, H. and Izumo, J.: IABSE Colloquium Delft, August, 26-28, 1987

表-4 最大耐力

供試体名	一方向載荷時		正負交番載荷時		最大耐力の低下率 (%)
	最大耐力 (t/m)	最大耐力時のねじり角 (deg/m)	最大耐力 (t/m)	最大耐力時のねじり角 (deg/m)	
RE1000	3.21	3.4	3.24	3.0	+1.0
RE1300	4.90	3.5	4.40	3.0	10.2
RE1600	6.09	16.0	5.43	3.0	10.8
RE1025	3.68	2.2	3.46	1.0	6.0
RE1050	4.21	0.11	4.68	0.45	+11.1

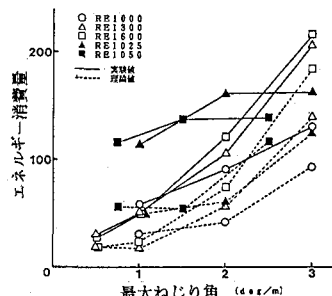


図-2 各ループでのエネルギー消費量と最大ねじり角の関係

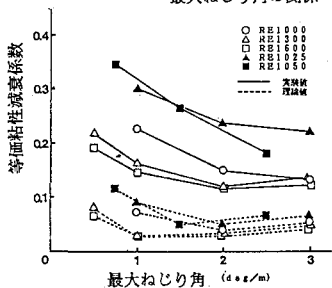


図-3 各ループでの等価減衰粘性係数と最大ねじり角の関係

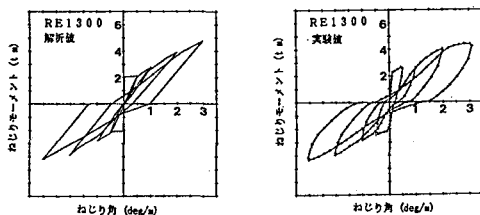


図-4 荷重履歴曲線