

V-494

緊張材として連続繊維棒材を用いたPRCはりの純ねじり耐力に関する研究

立命館大学 学生員 山岸健治 立命館大学 正会員 児島孝之
立命館大学 正会員 高木宣章 京都府 正会員 采尾直久

1. はじめに

近年、連続繊維棒材はその高耐食性、高強度、軽量等の特長により、コンクリートの補強材あるいは緊張材としての研究が行われている。しかし、ねじりに関する研究例は非常に少ない。本研究では、連続繊維棒材を緊張材としたPRCはりの正負交番純ねじり載荷実験を行い、純ねじり耐力について検討を行った。

2. 実験概要

実験計画を表-1に、使用材料の機械的性質を表-2に示す。緊張材としてアラミド繊維棒材、炭素繊維棒材、また比較用としてPC鋼より線を用いた3タイプのPRCはりを作製した。プレストレス導入方法はプレテンション方式とし、PC鋼より線を用いたはりではポストテンション方式での供試体も作製した。緊張材は4本配置し、緊張力は緊張材の引張強度の55%とした。供試体寸法は、プレテンションはりで $25 \times 35 \times 240\text{cm}$ 、ポストテンションはりで $25 \times 35 \times 200\text{cm}$ である。スターラップに異形鉄筋D6とD10を用

表-1 実験計画

タイプ	軸方向棒材	スターラップ	終局時のせん断流(kgf/cm)			σ_{pe} (kgf/cm ²)
			q _l	q _w	q _l /q _w	
AF6	アラミド	D6@50	523.0	221.7	2.36	40
AF10	繊維棒材	D10@100	523.0	287.3	1.82	40
CF6	炭素	D6@50	659.4	221.7	2.97	45
CF10	繊維棒材	D10@100	659.4	287.3	2.29	45
SWPRE6	PC鋼より線	D6@50	636.7	221.7	2.87	50
SWPRE10		D10@100	636.7	287.3	2.22	50
SWPOS6		D6@50	636.7	221.7	2.87	50
SWPOS10		D10@100	636.7	287.3	2.22	50

q_l=ΣAt_i·f_{ld}/u, u=2(b₀+d₀), b₀, d₀:横方向鉄筋の短辺と長辺の長さ
q_w=At_w·f_{wd}/s, s:横方向鉄筋の間隔(cm), σ_{pe}:導入プレストレス

表-2 使用材料の機械的性質

種類	記号	呼び径	公称断面積 (cm ²)	降伏点 (kgf/cm ²)	破断荷重 (kgf)	引張強度 (kgf/cm ²)	伸び (%)	ヤング係数 (kgf/cm ²)	ε _u (μ)
アラミド繊維棒材	FIBRA	11	0.897	—	13100	14600	2.6	6.92×10^5	21000
炭素繊維棒材	CFCC 1×7	12.5	0.760	—	17300	22800	1.6	1.43×10^6	15900
PC鋼より線	SWPR 7A	12.4	0.929	17100	17600	18900	7.0	1.98×10^5	10700*
異形鉄筋	SD345	D10	0.713	4030	4190	5850	24.2	2.10×10^5	1920*
	SD295	D6	0.317	3800	1750	5530	15.8	2.10×10^5	1810*

*: 降伏ひずみ

いた供試体を作製した。ねじり載荷は、はりの両支点部に取り付けた偏心載荷用アームを直接載荷し、ねじり回転角による変位制御により行った。

3. 実験結果および考察

ねじりモーメントとねじり回転角の関係を図-1に示す。プレテンションはりでは、緊張材の種類に関わりなく、最大ねじりモーメント時の変形量はほぼ等しくなった。しかし、PC鋼棒を用いた同断面を有するポストテンションはりの最大ねじりモーメント時のねじり回転角は $400 \sim 500 \times 10^{-6} \text{rad/cm}$ であった[1]のに対して、本試験では約 $200 \sim 250 \times 10^{-6} \text{rad/cm}$ と小さかった。また、プレテンションPRCはりでは、ひびわれ発生後のモーメント増加が、PC鋼より線を用いたポストテンションPRCはり(SWPOS)に比較して少ない。そのため、ひびわれ発生から立体トラスへ移行する耐荷機構が十分に機能していないことが推察される。

ねじりモーメントとスターラップひずみの関係を図-2に示す。ねじりひびわれ発生と同時にスターラップひずみは急激に増加し、最大ねじりモーメントに達すると、アラミド繊維棒材とPC鋼より線を用いたプレテンションはりを除き降伏点ひずみに達した。PC鋼より線を用いたプレテンションはり(SWPRE)は、本試験では

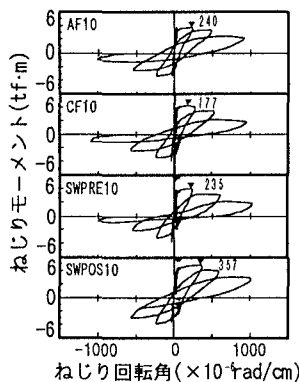


図-1 ねじりモーメントとねじり回転角の関係

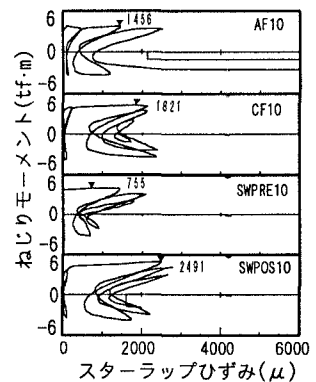


図-2 ねじりモーメントとスターラップひずみの関係

表-3 ひびわれ発生ねじりモーメントと終局ねじり耐力の実験値と理論値

供試体	σ_{pe} (kgf/cm ²)	コンクリートの諸強度 (kgf/cm ²)			ひびわれ発生ねじりモーメント			終局ねじり耐力						
		F _c	f _t	f _b	γ	実験値	Hsu式 (tf·cm)	児島式 (tf·cm)	実験値	M _{tcu}	土木学会式 (tf·cm)		Hsu式 (tf·cm)	児島式 (tf·cm)
											(*)	(*)		
AF6	27.0	487	32.2	69.8	1.36	375	587 (0.64)	340 (1.10)	388	440	323 (1.20)	426 (0.91)	360 (1.08)	331 (1.17)
AF10	27.6	487	32.2	69.8	1.36	375	590 (0.64)	341 (1.10)	375	440	385 (0.97)	465 (0.81)	394 (0.95)	386 (0.97)
CF6	31.8	485	36.2	65.4	1.37	413	556 (0.74)	356 (1.16)	438	439	323 (1.36)	490 (0.87)	364 (1.20)	337 (1.30)
CF10	34.3	485	36.2	65.4	1.40	400	566 (0.71)	363 (1.10)	425	439	385 (1.10)	535 (0.79)	402 (1.06)	397 (1.07)
SWPRE6	36.0	544	38.8	85.2	1.39	375	733 (0.51)	421 (0.89)	400	465	323 (1.24)	462 (0.87)	380 (1.05)	351 (1.14)
SWPRE10	38.4	544	38.8	85.2	1.41	388	745 (0.52)	427 (0.91)	400	465	385 (1.04)	513 (0.78)	418 (0.93)	363 (1.10)
SWPOS6	45.3	544	38.8	85.2	1.47	363	777 (0.47)	446 (0.81)	488	465	323 (1.51)	462 (1.06)	403 (1.21)	372 (1.31)
SWPOS10	60.7	544	38.8	85.2	1.60	375	845 (0.44)	485 (0.77)	488	465	385 (1.27)	513 (0.95)	470 (1.04)	429 (1.14)

 σ_{pe} :有効プレストレス量(kgf/cm²) f'c, ft, fb:載荷試験時のコンクリートの圧縮、曲げ、引張強度(kgf/cm²) γ :プレストレス係数 $=\sqrt{1+(\sigma_{pe}/ft)}$ Mtcu:斜め圧縮破壊耐力 $=4Kt\sqrt{f'c}$ $Kt=b^2d/(3.1+1.8b/d)$ (*) : q1とq2の比を0.8 $\leq$ q1/q2 $\leq$ 1.25で制限した理論値, (**) : q1とq2の比を制限しない理論値, () : (実験値)/(理論値)

ひびわれ発生ねじりモーメント

終局ねじり耐力

Hsu式: $T_{cr}=\gamma \cdot T_u$ $T_u=b^2 \cdot h(0.85fb)/3$ 児島式: $T_{cr}=\gamma \cdot T_{up}$ $T_{up}=T_e + [(fb/ft)-1][5-(fb/ft)](T_p-T_e)/4$ $T_e=b^2 \cdot h \cdot ft/(3+1.8b/h)$ $T_p=(1/2)(1-b/3h)b^2 \cdot h \cdot ft$ Hsu式: $M_{tu}=(b^2 \cdot h/3)(2.4\sqrt{f'c})(2.5\sqrt{1+10\sigma_{pe}/f'c}-1.5)$ $+(0.66+0.33h_o/b_o)t \cdot b_o \cdot h_o \cdot A_{tw} \cdot f_{wy}/s$ 児島式: $M_{tu}=M_{tc}+M_{ts}$ $M_{tc}=(1-2t/b_o)^2(1-2t/h_o)T_{cr}$ $M_{ts}=M_{tss}$ と M_{ts1} の小さい方 $M_{tss}=2\lambda \cdot A_m \cdot \gamma \cdot A_{tw} \cdot f_{wy}/s$ $M_{ts1}=(2\lambda \cdot A_m \cdot \sum A1 \cdot f_{ly}/\gamma \cdot u) + (2A_m \cdot \sigma_{pe} \cdot t/\gamma)$ $A_m=b_o \cdot h_o$ (ねじり有効断面積) $\lambda=0.7$ (抵抗係数)

載荷端部で破壊したので考察では除外する。アラミド繊維棒材を用いたはりでは、最大ねじりモーメント時にひずみが降伏点に達しないスターラップが若干多く観察されたが、最終ループまでには全て降伏した。これは、アラミド繊維棒材の剛性が低いため、ねじりによる応力が効果的にスターラップに伝達されないためと考えられる。また、連続繊維棒材を緊張材として用いたPRCはりの最大ねじりモーメント時の緊張材ひずみは、プレストレス導入時より増加するものの、その増加量は少ない。全てのはりとも緊張材の降伏、あるいは破断は観察されなかった。

ひびわれ発生ねじりモーメントと終局ねじり耐力を表-3に、終局ね

じり耐力の実験値と理論値との関係を図-3に示す。Hsu式によるひびわれ発生ねじりモーメントの計算値は全体的に実験値より大きい値を示した。しかし、児島式は例外はあるものの良好な値を推定した。また、終局ねじり耐力の各理論式は、ほぼ安全側を示した。終局ねじり耐力は、終局時に軸方向、横方向鋼材とも降伏すると仮定して計算する。しかし、連続繊維棒材は終局時に引張強度に達していない。アラミド繊維棒材を緊張材として用いたはりでは、ひびわれ発生荷重が最大ねじりモーメントとなるものもあり、全体的にひびわれ発生モーメントと最大ねじりモーメントがかなり近い値となった。連続繊維棒材を用いてプレストレスを導入すると、ひびわれ発生ねじりモーメントは増大する。しかし、ひびわれ発生ねじりモーメントから最大ねじりモーメントまでの増加が非常に小さいことから、ねじりひびわれ発生後の挙動に連続繊維棒材のヤング係数が小さいことが影響を及ぼしているものと考えられる。

【参考文献】

- [1]児島孝之・高木宣章・采尾直久:純ねじりを受けるPRCはりの終局ねじり耐力に関する実験、コンクリート工学年次論文報告集、Vol.16、No.2、pp363~368、1989.6

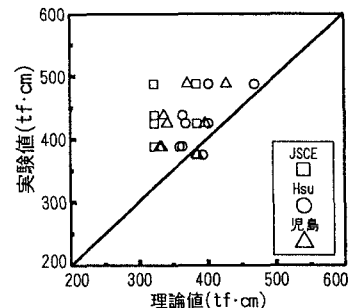


図-3 終局ねじり耐力の実験値と理論値の関係