

立命館大学理工学部 正会員 児島孝之 立命館大学理工学部 正会員 高木直章
京都市 正会員 采尾直久 立命館大学大学院 学生員 山岸健治

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利用研究が行われている。しかし、ねじり補強に関する研究例は少ない。本研究では、連続繊維棒材を緊張材としたPRCはりの純ねじり載荷実験を行い、ひびわれ発生後のねじり変形量がねじり耐荷機構に及ぼす影響と、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250×350×2400mm、ポストテンションはりで250×350×2000mmである。スターラップに異形鉄筋D6を用いた供試

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)
			q1	qw	q1/qw	
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

q1=ΣAti·fidi/u u=2(b+do) bo, do:横方向鉄筋の短辺と長辺の長さ
qw=Atw·fwd/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_y (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

体とD10を用いた供試体を作製した。ねじり載荷は、はりの両支座位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. 実験結果及び考察

ひびわれ状況図を図-1に示す。連続繊維棒材を用いたプレテンションPRCはり、PC鋼より線を用いたポストテンションPRCはりは、比較的ひびわれ分散性が良好であった。しかし、PC鋼より線を用いたプレテンションPRCはりは、部材中央にひびわれが発生せず試験スパン端部で破壊した。これはPC鋼より線を用いたプレテンションはりは長い定着長が必要のため、試験スパン端部でプレストレス量が変化したためと考えられる。

ねじりモーメントとねじり回転角の関係を図-2に示す。全ての供試体において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、アラミド繊維棒材を用いたはりでは、ひびわれ発生後のモーメント増加が、PC鋼より線を用いたはりに比較して少ない。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。

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、その増加量は少なく、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

Takayuki KOJIMA, Nobuaki TAKAGI, Naohisa UNEO, Kenji YAMAGISHI

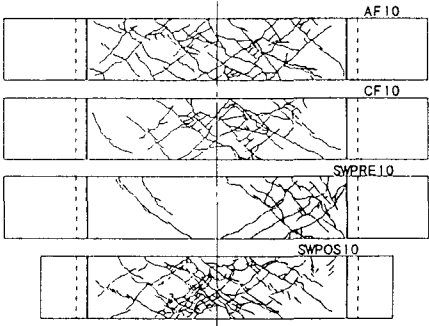


図-1 ひびわれ状況図

表-3 ひびわれ発生ねじりモーメント、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)			γ	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		実験値	Hsu式 (tf·cm)		実験値	Mtcu	土木学会式 (kg·cm)			児島式 (tf·cm)
							Hsu式	児島式			土木学会式	Hsu式	児島式	
AF6	27.0	487	32.2	69.8	1.36	375	587 (0.84)	340 (1.10)	388	440	323 (1.20)	360 (1.08)	331 (1.17)	
AF10	27.6	487	32.2	69.8	1.36	375	590 (0.84)	341 (1.10)	375	440	385 (0.97)	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)	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)	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)	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)	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)	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)	470 (1.04)	429 (1.14)	

σ_{pe} :有効プレストレス量(kgf/cm²) f_c, f_t, f_b :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 $=\sqrt{1+(\sigma_{pe}/f_t)}$ Mtcu:斜め圧縮破壊耐力 $=4Kt\sqrt{f'_c}$

(児島式:抵抗係数 $\lambda=0.7$) ():安全率=実験値/理論値

かった。ねじりモーメントとスターラップひずみの関係を図-3に示す。最大ねじりモーメントに達するまでのスターラップひずみは、全てのはりとも非常に小さい。しかし、最大ねじりモーメントに達すると、アラミド繊維棒材を用いたはりを除き、スターラップひずみが急激に増加し、降伏点ひずみに達した。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。

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-4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。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、本実験では、両鋼材とも終局時に降伏、あるいは破断していない。連続繊維棒材を緊張材として用いたはりは、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。このことは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。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。

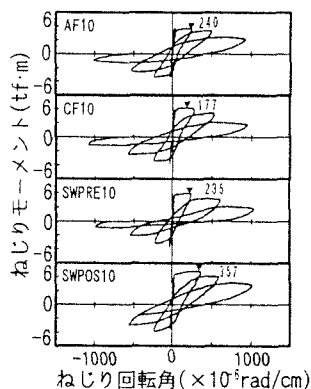


図-2 ねじりモーメントとねじり回転角の図

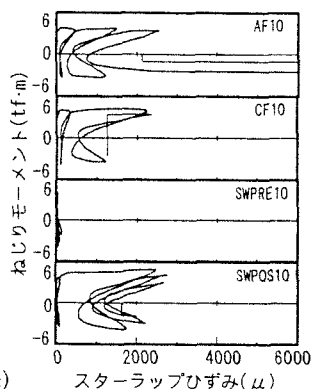


図-3 ねじりモーメントとスターラップひずみの関係

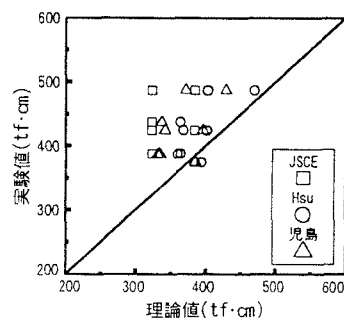


図-4 終局ねじり耐力の実験値と理論値の関係