

超高強度繊維補強コンクリートを用いたアンボンドPC はりの曲げ性能

明星大学大学院 (現 (株)安部日鋼工業) 正会員 石原洋二
明星大学 正会員 丸山武彦

1. はじめに

超高強度繊維補強コンクリートは、格段に高い圧縮強度を有する超高強度コンクリートに極細の鋼繊維を混入することにより、曲げ強度や引張強度および曲げ靱性を著しく改善することが可能な新材料である。海外技術によるこのコンクリートの構造物への適用実績は蓄積されつつあるが、国産技術によるものの実験データや施工実績はまだ十分とは言えない。本実験では国産技術による超高強度繊維補強コンクリートを使用し、アンボンドPC 鋼棒を配置したPC はりの基本的な曲げ性能を調べることを目的とした。鋼繊維混入率0、1.45、1.75vol.% の場合について、それぞれPC 鋼棒径を13mm および17mm としたPC はりを作製し曲げ載荷を行なった。

2. 実験概要

表-1は使用材料を示し、表-2は基本配合を示す。鋼繊維は直径0.2mm、引張強度 $2 \times 10^3 \text{N/mm}^2$ 以上の極細で高強度のもので、繊維長は15mm と22mm の2種類をあらかじめブレンドしてあるものを用いた。プレミックス結合材は、ポルトランドセメントとポズラン材（シリカフェーム等）およびエトリンガイト生成系材料から構成されている。図-1はPC はり試験体寸法を示す。全長1200mm、スパン1000mm、曲げスパン200mmとして2点載荷を行った。断面形状は、幅100mm、高さ150mmとし、下縁から50mmの位置にφ13mmまたはφ17mm径のアンボンドPC 鋼棒を1本配置して、ポストテンション方式によりプレストレスを導入して、ネジ方式で定着した。表-3はPC はり試験体の種類を示し、緊張力は規格降伏荷重の0.8倍を目安に緊張し、鋼繊維混入率を0、1.45、1.75%の3種類、計5本のPC はりを作製した。

3. 試験結果および考察

表-4は、PC はりの曲げ試験結果を示す。繊維混入率とプレストレスが大きいほど、曲げひび割れ発生モーメントおよび最大曲げモーメントは大きくなった。アンボンドPC 鋼棒を用いたPC はりの最大曲げモーメントの計算値は、付着があるとする計算値の0.85倍として求めた。その結果、最大曲げモーメントの実験値と計算値の比は、繊維混入率0%を除いて約1.1倍であった。したがって、超高強度繊維補強コンクリートのアンボンドPC はりの最大曲げモーメントは、通常のPC の破壊モーメントの計算値の85%で評価できると思われる。図-2は

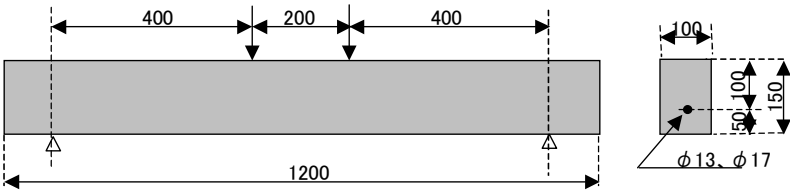
表-1 使用材料

プレミックス結合材	ポルトランドセメント、ポズラン材、エトリンガイト生成系材料の混合物、密度2.98
骨材	S1(安山岩):密度2.66、吸水率1.21、粗粒率1.96
	S2(珪砂):密度2.63、吸水率0.34、粗粒率1.67
混和剤	高性能減水剤、消泡剤
鋼繊維	密度7.85、引張強度 $2 \times 10^3 \text{N/mm}^2$ 公称繊維長15~22mm、直径0.2mm

表-2 基本配合

単位量(kg/m ³)						
水	プレミックス 結合材	骨材		混和剤		鋼繊維
		S1	S2	高性能減水剤	消泡剤	
195*	1287	725	180	32.2	6.4	137.4 (1.75vol.%)

*水195kg/m³は高性能減水剤の固形分を除いた22kg/m³を含む



[単位:mm]

図-1 試験体寸法およびPC 鋼棒配置状況

表-3 PC はり試験体種類

試験体 No.	鋼繊維混入率 (vol.%)	アンボンドPC鋼棒		下縁プレストレス (N/mm ²)
		本数-径	緊張力0.8Py (kN)	
1	0	1-φ13	99.2	13.9
2	1.45	1-φ13	99.2	13.4
3		1-φ17	169.6	21.6
4	1.75	1-φ13	99.2	13.7
5		1-φ17	169.6	22.3

キーワード：超高強度繊維補強コンクリート、アンボンドPC はり、最大曲げモーメント

連絡先：〒191-8506 東京都日野市程久保 2-1-1 Tel 042-591-5111

荷重とスパン中央のたわみの関係を表す。どのPCはりも初期ひび割れが発生してからたわみは緩やかな曲線状で増加し、弾性的挙動が残ることを示している。繊維混入率 1.45%と 1.75%の最大耐力時のたわみを比較すると、どちらのPC 鋼棒径の場合も繊維混入率 1.75%の方がやや小さいが、混入率の相違が最大耐力に及ぼす影響は小さいといえる。**図-3**は、荷重とPC 鋼棒のひずみの関係を示す。最大耐力に達するときのPC 鋼棒ひずみは、繊維混入率 1.45%の場合にはどちらの鋼棒径においても約 1600 μ である。同様に 1.75%では約 1400 μ であり、プレストレス導入時のひずみ 3800~4000 μ を加えると約 5400 μ に達することから、PC 鋼棒は降伏していると考えられるが、PC はりの見かけの観察では曲げ引張破壊であるとは明確には判定できなかった。

表-5は、純曲げ区間に設けた測長 50mm の3個の π ゲージによる最大曲げモーメント時の伸び量を、それぞれのひび割れ本数で除した平均ひび割れ幅を示す。いずれの導入プレストレス量においても、繊維混入率 1.45%では 0.07~0.11mm、1.75%では 0.05~0.09mm 程度であり、ひび割れ幅は非常に小さいことがわかる。

4. まとめ

本実験の範囲内で得られた結果を以下に記す。

- ①曲げひび割れ発生モーメントは、プレストレス量と鋼繊維量が影響を及ぼし、鋼繊維混入率が多くなるほど大きな値が得られた。
- ②最大曲げモーメントは、いずれのPC 鋼棒を用いた場合においても、鋼繊維混入率 1.45%と 1.75%の相違による影響は少なかった。
- ③アンボンド PC はりの曲げ破壊モーメントの推定には、付着ありのPC の曲げ破壊モーメントの 0.85 倍を用いれば、実験値が計算値を上回り安全側に評価できた。
- ④最大曲げモーメント時の平均ひび割れ幅は 0.05~0.11mm であり、繊維補強の効果が大きいことがわかった。

表-4 PC はりの曲げ試験結果

鋼繊維混入率 (vol.%)	PC 鋼棒径	曲げひび割れ発生モーメント(kN・m)		実験値/計算値	最大曲げモーメント(kN・m)		実験値/計算値
		※1 実験値: M _{cr}	計算値: M _{crd}		実験値: M _u	※2 計算値: M _{ud}	
0	φ13	8.60	10.6	0.81	15.1	20.8	0.72
1.45	φ13	11.1	8.83	1.26	25.6	23.4	1.10
	φ17	13.7	13.2	1.04	31.0	28.8	1.08
1.75	φ13	13.2	10.1	1.31	26.7	22.6	1.18
	φ17	16.6	14.7	1.13	31.8	27.8	1.14

※1 ひずみゲージからひび割れ発生荷重を判断した値

※2 付着ありの場合の曲げ破壊モーメントを0.85倍した値

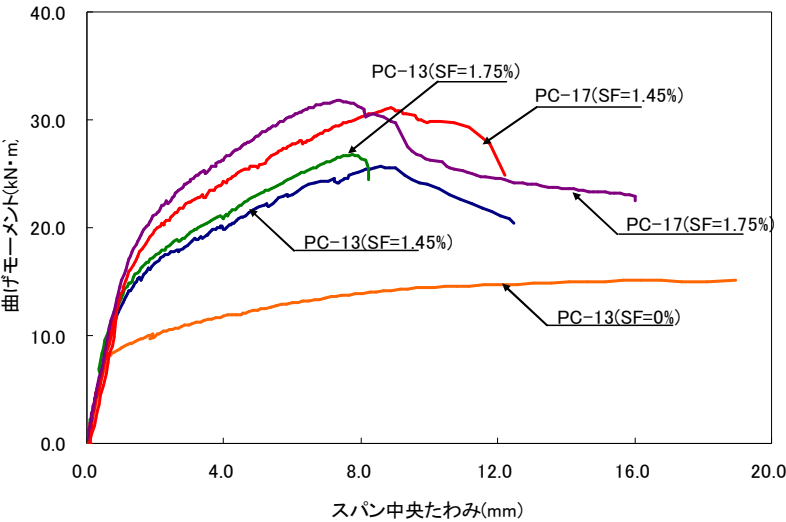


図-2 曲げモーメントと中央点たわみ

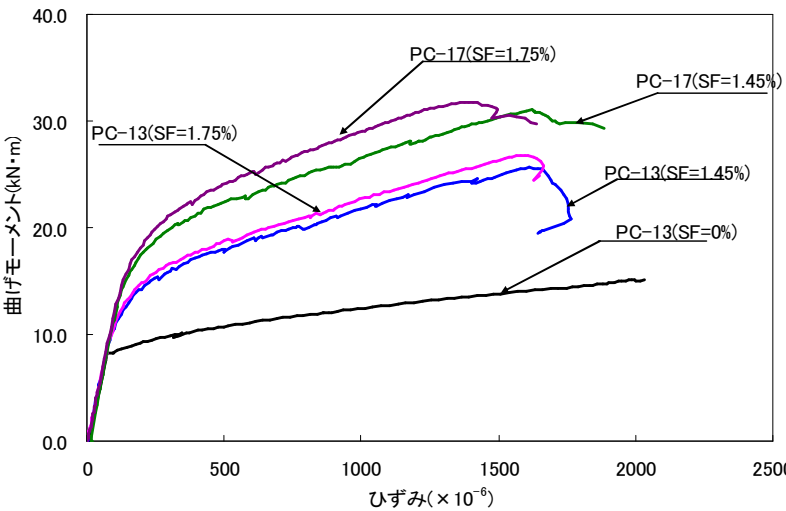


図-3 曲げモーメントとPC 鋼棒ひずみ

表-5 平均ひび割れ幅 (最大曲げモーメント時)

PC 鋼棒径	鋼繊維混入率 (vol.%)	平均ひび割れ幅(mm)		
		π ゲージNo.		
		①	②	③
φ13	1.45	0.102	0.088	0.080
	1.75	0.050	0.063	0.064
φ17	1.45	0.107	0.070	0.096
	1.75	0.084	0.069	0.091