

破壊力学による砂防工材の強度解析 (Ⅲ) 鋼繊維補強コンクリートの破壊靱性

○ 林業試験場九州支場 陶山 正憲 ・ 大阪営林局治山課 寺脇 鶴夫

1. 鋼繊維補強コンクリートについて

プレーンコンクリートは一般に、その強度的性質として、圧縮強度に比べて引張強度、曲げ強度などが著しく低く、その破壊は“割れ”の形態をとり、ひび割れを生じやすい欠点を有している。このようなコンクリートの欠点を本質的に改善するため、近年、鋼繊維補強コンクリート (Steel Fiber Reinforced Concrete, S F C) の開発研究が進められている。これは、コンクリートの中に鋼繊維を分散混入させて、プレーンコンクリートの弱点を補った複合材料であり、引張強度や曲げ強度特性とともに靱性 (破壊に至らしめる仕事量) が著しく向上されることが注目されている。

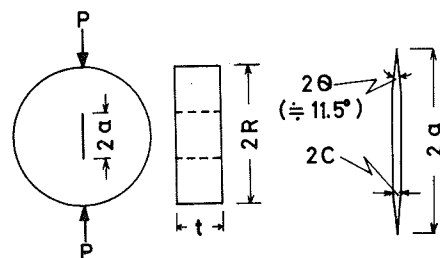
本報では、鋼繊維補強コンクリートの材料定数としての破壊靱性値 (Kc) を決定するため、圧縮による破壊靱性試験を行ったので、結果の一部を報告する。

2. 中央スリット入り円板による圧縮破壊靱性試験の方法

試験片の形状は、図-1に示す中央スリット入り円板で、その寸法は直径 $2R = 20\text{ cm}$ 、板厚 $t = 2R/3$ 、スリット長 $2a = 4\text{ cm}$ 、スリット幅 $2c$ mm を目標に成形した。これとは別に、同一直径同一板厚の無スリット円板試験片も作製した。

試験の方法は、図-1に示す円板の中心に集中圧縮荷重を負荷する方法であり、その際、荷重線と円板スリットの傾斜角は、 $\beta = 0, 30, 45, 60, 90^\circ$ に変えて試験を行った。なお、荷重の増加に伴って発生するき裂の位置、伝播方向なども詳細に観測した。試験機はアムスラ型耐圧試験機 (使用容量 25 ton) で、荷重速度はほぼ一定に保った。

鋼繊維補強コンクリートの破壊特性は、使用する鋼繊維の種類によって若干異なることも予想されるので、表-1に示す2系列の S F C を使用した。2種類の鋼繊維の寸法と材質を表-2に示す。使用骨材は川砂と川砂利である。



3. スリット傾斜角と S F C の破壊荷重との関係

スリット傾斜角 β の変化が最大荷重 P_M に及ぼす影響を

図-1 円板試験片の形状と載荷法

表-1 鋼繊維補強コンクリートの系列別示方配合

系列	鋼繊維の種類	スランパ (cm)	空気量 (%)	粗骨材		細骨材 FM 値	重量 記 合 比				
				最大寸法 (mm)	FM 値		セメント	水	細骨材	粗骨材	鋼繊維
I	ISF 25	3.0	4.7	20	6.60	2.95	1.0	0.60	3.0	3.0	0.26
II	ISF 32	5.5	5.3								

表-2 鋼繊維の寸法と材質

種類	厚さ (mm)	巾 (mm)	長さ (mm)	材 質	製 造 法
ISF 25	0.25	0.50	25	普通鋼亜鉛メッキ	薄板切断法
ISF 32	0.50	0.50	32		

みるため、各βに対する2系列の鋼繊維補強コンクリートのスリット入り円板試験片と無スリット円板試験片のPM値を、図-2の座標系に示した。結果として、破断時の最大荷重PMは、βの増大につれて若干増大する傾向がうかがわれるが、この傾向はあまり顕著ではない。また、使用した鋼繊維の種類による影響もほとんど認められない。なお、各βに対するPM値にはある程度のばらつきが認められるが、この原因として、試験時の負荷条件やスリット先端の形状などによる影響が考えられる。しかしながら、無スリット円板のPM値に比べてスリット入り円板のPM値の方がばらつきが小さくなる傾向については注目に価する。

4. 鋼繊維補強コンクリートの圧縮破壊靱性に関する検討

中央スリット入り円板が、スリット線に沿って集中圧縮荷重を受ける(β=0°)場合には、応力拡大係数Kの近似解を適用すると、破壊荷重PFと最大荷重PMに対するK_{IM}、K_{IF}は、次式

$$K_I = FP\sqrt{a/\pi}/Rt ; F = 1.0 + 1.5(a/R)^2$$

から求められる。ここでPFは厳密にはクラック発生時の荷重、PMは破断時の最大荷重である。

表-3には、試験結果の総括として、鋼繊維補強コンクリートの系列別、試験片別に円板半径R、円板厚t、円板重量W、円板の単位容積重量γ、破壊時のPFとK_{IF}、破断時のPMとK_{IM}を整理し、それぞれの平均値も併記した。結果として、P基準強度PMとPF、K基準強度K_{IM}とK_{IF}の間には若干の相違が認められるが、鋼繊維の種類によるK基準強度の相違はほとんど認められない。したがって、今回使用した2種類の鋼繊維の寸法の差程度では、コンクリートの破壊靱性値を変えるには至らないものと考えられる。

本試験の実施にあたり、全面的な援助を得た大阪管林局コンクリート試験室各位に対し、深厚なる謝意を表す。

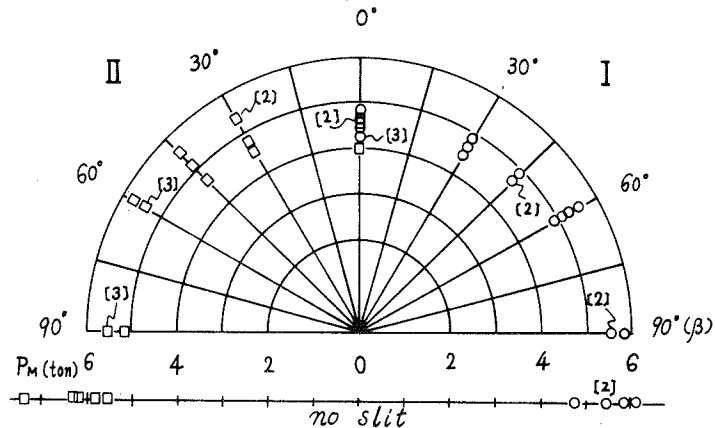


表-3 各種基準強度の比較

図-2 鋼繊維補強コンクリートの系列別、β別のPM値

Series No	R (cm)	t (cm)	W (g)	γ (g/cm ³)	PM (kg)	K _{IM} (kg/cm ^{3/2})	PF (kg)	K _{IF} (kg/cm ^{3/2})	
I	1	10.05	6.47	4875	2.37	4350	56.6	4200	54.6
	2	10.01	6.58	4965	2.40	4350	55.9	4125	53.0
	3	10.05	6.57	4925	2.36	4300	55.1	4250	54.4
	4	10.07	6.62	4955	2.35	4925	62.5	4325	54.9
	5	10.05	6.58	4940	2.37	4525	57.9	4150	53.1
mean	10.05	6.56	4932	2.37	4490	57.6	4210	54.0	
II	1	10.09	6.45	4790	2.32	4475	58.2	4275	55.6
	2	10.05	6.66	4920	2.33	4515	57.1	4400	55.6
	3	10.07	6.57	4880	2.33	4000	51.2	3925	50.2
	4	10.07	6.50	4885	2.36	4650	60.1	4280	55.3
mean	10.07	6.55	4869	2.34	4410	56.7	4220	54.2	