

名古屋大学 学生員 ○藤井 基高
 新日本製鉄(株) 正 員 上山 徹
 名古屋大学 正 員 菊池 洋一

1. 緒言

コンクリートに短い鋼繊維を混入することにより、ひびわれの拘束能、耐衝撃性を向上させ、荷重に対して粘り強く抵抗することが知られており、新しい構造材料として注目を集めている。ここでは、鋼繊維による補強されたモルタル、コンクリートおよび軽量コンクリートの限界応力拡大係数(K_{sc})と限界き裂開口変位(COD_c , δ_{sc})を求め、靱性の評価を行った。また、き裂の成長および破壊の過程にどのような差異がみられるか検討した。

2. 試験体の形状と配合

試験体(モルタル、コンクリート、軽量コンクリート)の形状は $100 \times 100 \times 400 \text{ mm}$ の直方体で、試験体の中央片側に全幅にわたって切欠きを入れた。切欠きの深さは15, 30, 45 mmの3種類とした。製作した試験体は合計78体、モルタル、コンクリートの試験体のうち、切欠き深さが30 mmのものについて、各6体、合計24体をき裂の成長過程の試験体とした。各試験体の配合は表-1に示し、また、鋼繊維($0.35 \times 0.6 \times 30 \text{ mm}$, セン断ファイバー)の混入率は体積混入率で2%になるようにした。さらに、切欠きは試験体作成48日でコンクリートカッターによって入れた。

表-1. 配合

TYPE	G _{max} (mm)	SLUMP (cm)	W/C	S/A	WEIGHT kg/cm^3				FIBER kg/cm^3
					w	c	s	a	
MORTAR	—	3.5	55	—	250	155	1555	—	—
		4.5			290	527	1343	—	
CONCRETE	10	8.5	55	40	240	436	639	970	—
		3.1			250	455	602	914	
LIGHT-WEIGHT CONCRETE	10	7.5	55	45	185	336	621	504	—
		3.7			220	400	555	540	

3. 試験方法

試験はASTMの K_{sc} 試験およびBSIのCOD試験に準じ、容量25 tonのMTS試験装置を用いて実験を行った。また、載荷方法は3点曲げ載荷で支点間距離を350 mmとし、変位制御方式(変位速度; $0.1 \text{ mm/分} \sim 0.2 \text{ mm/分}$)を採用し、破壊に至るまで静載荷を行った。試験ではダイヤルゲージを用いスパン中央のたわみと測定し、切欠き先端に付したクリップゲージの変位と荷重との関係をX-Y記録計により自記記録することにした。また、き裂の成長過程の試験体については、赤インクによってき裂をマークし、赤インクが乾いた後、破断させて観察した。

4. 試験結果

限界応力拡大係数(K_{sc})と限界き裂開口変位(δ_{sc})は、最大荷重とクリップゲージ変位より計算した。図-1は K_{sc} 値と切欠き深さ比 a/w (切欠き深さを試験体高さで割って無次元化)、図-2は δ_{sc} 値と a/w 値の関係を示すもので、 K_{sc} 値および δ_{sc} 値は同一切欠き深さの試験体3体の平均値である。鋼繊維を混入しない供試体の K_{sc} 値は a/w 値の増加に伴い、若干、 K_{sc} 値が増加する傾向を示しているが、モルタルで約 80 kg/cm^2 、コンクリートで約 100 kg/cm^2 、軽量コンクリートで約 47 kg/cm^2 の値であった。鋼繊維を混入した供試体の K_{sc} 値は、モルタルで約 220 kg/cm^2 、コンクリートで約 225 kg/cm^2 、軽量コンクリートで約 182 kg/cm^2 となり、鋼繊維を混入しない供試体と比較して、ばらつきは生じているが、それぞれ、約2.8倍、約2.2倍、約3.9倍の増加となっている。 K_{sc} 値は材料がもつき裂の進展に対する抵抗値と考えることができるので、鋼繊維の混入により、き裂の進展に対する抵抗値を改善

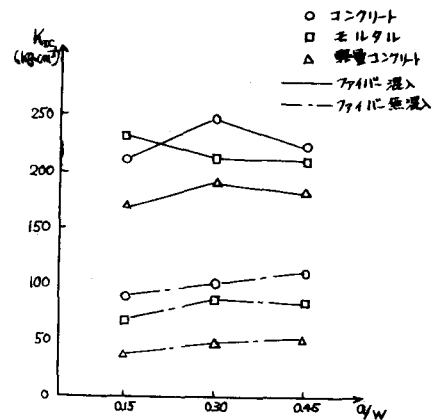


図-1. $K_{sc} - a/w$ 図

でまることがわかる。

鋼繊維を混入しない供試体の δ_{xc} 値は k_{xc} 値と反対に若干減少する傾向を示し、モルタルで約 0.013mm 、コンクリートで約 0.021mm 、軽量コンクリートで約 0.015mm であり、鋼繊維を混入した供試体の δ_{xc} 値は、モルタルで約 0.10mm 、コンクリートで約 0.11mm 、軽量コンクリートで約 0.13mm の値であった。このように測定した δ_{xc} 値は最大荷重時のき裂の進展の程度を知るのに参考となる値である。今回の実験より、鋼繊維を混入した供試体の δ_{xc} 値は混入しないものとは比べ大きい(言いかえると、き裂の進展が大きい)にも拘らず、最大荷重が後者よりも前者が大きい値を示し、鋼繊維がモルタルやコンクリートを有効に補強していることがわかる。

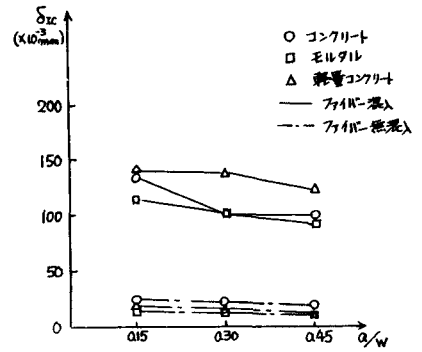


図-2. $\delta_{xc} - a/w$ 図

次に、モルタルとコンクリートの荷重-たわみ曲線とき裂の進展の様相を図-3 に示す。6個の切欠き深さ 30mm の供試体を用い、番号を示されるたわみ量の時、赤インクに γ マークしたものである。鋼繊維を混入しない供試体はき裂の発生荷重と最大荷重の差は小さく、最大荷重の約8割の時、き裂が発生している。最大荷重時のき裂進展長は、純断面 70mm において $20 \sim 24\text{mm}$ 程度進んでいた。また、荷重降下域にはいると、急速にき裂が進展し、破壊に至っており、破断面は比較的平坦な破面となっていた。また、鋼繊維を混入した供試体は、き裂の発生荷重と最大荷重に大きな差があり、き裂発生荷重は最大荷重の $6 \sim 7$ 割程度であった。最大荷重におけるき裂の進展長は、 $30 \sim 40\text{mm}$ に達しており、荷重降下域にはいっても、鋼繊維の引抜力が強い、比較的ゆっくりとしたき裂の成長をみている。き裂は平面的には進まず、凸凹のある破断面を形成していた。

5. まとめ

鋼繊維補強モルタルや鋼繊維補強コンクリートでは、き裂の進展に対する鋼繊維の補強効果が顕著であり、従来のモルタルやコンクリートの強度試験とは異なり、試験法の開発が必要である。ここでは切欠きを有する供試体の曲げ試験を行い、鋼繊維の靱性に及ぼす効果を評価した。得られた結果を要約すると次のとおりである。

1) 限界応力拡大係数、限界き裂開口変位の結果より、混入した鋼繊維はき裂の進展を阻止する働きをもち、破壊に至るまでのエネルギー吸収する点から靱性の増大に貢献することがわかった。

2) 鋼繊維を補強した供試体のき裂の進展は比較的ゆっくりとしたき裂の成長をしており、き裂は平面的には進まなかった。

6. あとがき

本研究は名古屋高速公社より委託研究費を受け、実験を行った。ここに記して感謝の意を表したい。

<参考文献>

- (1) 西岡, 平川他2名: スチールファイバーコンクリートの性能と応用(第3報) 住友金属(Vol.29, No.1) Jan.1977
- (2) 宮本: 破壊力学 コロナ出版社 昭和50年8月

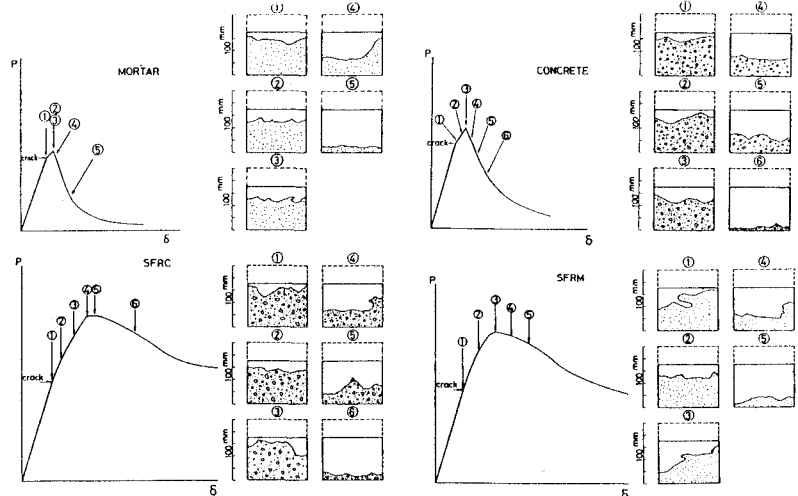


図-3. 荷重-変形とき裂の進展状況