

繊維補強によるコンクリートの耐衝撃性の改善

広島大学 正会員 田澤 栄 一
広島大学 正会員○米倉 亜州夫
広島市 野尻 司

1. まえがき 本研究は、耐衝撃性に強いコンクリートの開発を目的とした実験研究である。要因として、補強繊維の種類、繊維の混入率、コンクリート強度、ポリマー混入の有無などをとりあげ、強度、靱性と耐衝撃性との関係を曲げタフネスおよび一文字ビットによる落錘式衝撃疲労試験を行って調べ、耐衝撃性の改善方法について検討した。

2. 実験概要 表-1に、研究計画およびコンクリートの示方配合を示す。コンクリートは、鋼繊維およびプラスチック繊維を混入し、早強ポルトランドセメント、最大寸法10mmの碎石、山砂および高性能減水剤を用い、一部には、水性ポリマーディスパージョン2種を各々鋼繊維補強コンクリートに用いたが、この場合の W/C=28%である。衝撃試験用供試体は、セメントの強さ試験用型枠を用い、板状の供試体 (16cmX13.6 cmX4cm) を5枚作製し同時に圧縮 (φ10X20 cm) および曲げ強度試験用供試体 (10X10X40cm) も作製し、曲げ強度試験と同時に曲げタフネスの試験を行った。コンクリートの練り混ぜは、鋼繊維の混入率が2%およびプラスチック繊維の場合は通常の方法で、鋼繊維の混入率が4%の場合は、セメントペースト注入の方法を用いた。締め固めは、型枠バイブレーターを用いた。通常の供試体は、材令1日で脱型し材令7日まで標準養生後、試験を行った。ポリマーを混入した場合は、3日間水中養生後4日間温度20℃、湿度50%で乾燥後試験した。落錘式衝撃試験は、図-1に示す装置を用い、供試体上に置いた削岩機の一文字ビットの真上より、錘を所定の高さより自由落下させ衝撃荷重を繰り返し与えた。供試体の破壊基準として、ひびわれ発生時落下回数と、供試体上面でビット中心に半径約4cmの位置でのひびわれ幅の合計が1mmに達したときを破壊とし、そのときの落下回数を求め、落下高さと繰り返し回数との関係から耐衝撃性を評価した。

3. 試験結果および考察

1) 曲げタフネス (曲げ靱性係数)

図-2の曲げタフネスの試験結果より、プラスチック繊維をコンクリート容積の2%用いた場合、曲げ強度は鋼繊維を2%用いた場合の50~60%となっているが、ひびわれ発生後の荷重-たわみ曲線が鋼繊維の場合と著しく異なっているで、曲げ靱性係数は、図-3に示すように同一圧縮強度においてやや小さい程度で、プラスチック繊維を4%混入した場合は、やや大きくなっている。図-2, 3より、両者の繊維を2%ずつ併用した場合、曲げ強度はほとんど増大しないが、靱性係数は鋼繊維2%のみの場合より約15%増大している。鋼繊維補強コンクリートの靱性係数は、同一繊維混入率、同一圧縮強度に

表1 実験計画およびコンクリートの配合

(a) 鋼繊維の種類およびコンクリート強度						鋼繊維の種類
示方配合	W	W/C (%)	s/a (%)	SF (%)	HT (%)	
200	50	44	0	0.25	—	—
190	30	40	0	0.25	—	—
240	50	70	2	0.25	—	ストレート (30mm) ストレート (40mm) インデント (40mm) インデント (60mm)
220	30	66	2	1.00	—	ストレート (30mm)
(b) 鋼繊維混入率: 4% <ストレート (60mm)>						鋼繊維の種類
W	W/C (%)	F/(C+F) (%)	SF (%)	HT (%)	AI (%)	
362	30	30	4	1.00	0.017	—
(c) プラスチック繊維と鋼繊維の併用						鋼繊維の種類
W	W/C (%)	s/a (%)	SF (%)	PF (%)	—	
230	50	60	0	2	—	—
270	80	4	—	—	—	—
270	86	2	2	—	—	ストレート (30mm)
(d) ポリマー混入 <ポリマー-A, B>						鋼繊維の種類
W	W/C (%)	s/a (%)	P/C (%)	SF (%)	—	
180	28	66	28	2	—	ストレート (30mm)

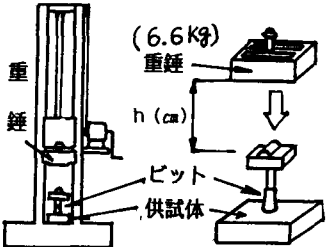


図1 落錘式衝撃試験機

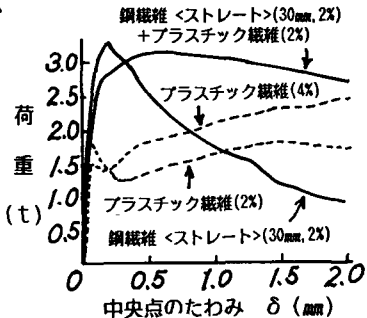


図2 荷重-たわみ曲線

おいて、アスペクト比が大きいほど、すなわち、繊維が長いほど大きく、また、圧縮強度が大きいほど大きい。鋼繊維の長さが60mmのインデントを4%混入した場合の靱性係数は130 kgf/cm²で、ストレートで長さ30mmの鋼繊維を2%用いた場合より著しく大きくなった。ポリマー混入鋼繊維補強コンクリートの靱性係数は、2%鋼繊維のみを混入した場合より同一圧縮強度において50~85%大きく、特にポリマーBの場合は、圧縮強度が小さいにもかかわらず大きくになっている。

2) 耐衝撃性

図-4は、落下高さが1mの場合の各種コンクリートの落下回数と圧縮強度との関係を示している。プラスチック繊維を用いた場合、鋼繊維の場合と比べて、ほぼ同程度の靱性係数を有しているにもかかわらず耐衝撃性は極めて劣る。ポリマーを用い、鋼繊維を2%混入したコンクリートの場合の落下回数は、鋼繊維2%のみの場合より圧縮強度が小さいにもかかわらず大きい場合(B)と、圧縮強度はほぼ同じでも小さい場合(A)の2種類となった。以上のように、繊維またはポリマーの種別によって、耐衝撃性は静的な靱性の場合の傾向と著しく異なる。このことは、図-5の落下回数と靱性係数との関係より一層明らかである。すなわち、耐衝撃性は同一靱性係数であっても、材料によって大きく相違し、鋼繊維のみを用いた場合は耐衝撃性が優れている。ポリマーBを用いた場合、圧縮強度が小さい割には、耐衝撃性は大きい。

図-6、および図7は、落下高さ(h)と落下回数(N)との関係を示している。この図より、hとNとは両対数目盛で示した場合、直線関係が存在することが認められ、直線の傾きが小さいほど衝撃による耐疲労性が強く、また、グラフの上部に直線が位置しているほど耐衝撃性に優れているといえる。直線の式を

$$\log h = a \log N + b$$

で示した場合、aの絶対値を出るだけ小さく、bを大きくすることが、耐衝撃性を改善するのに必要なことである。図-8より、鋼繊維を4%混入した場合が、最も耐衝撃性に優れている。長繊維を用いた場合、短繊維の場合に比べて、同一混入率において、一破断面を横切る繊維の本数が少なくなるので、耐衝撃性は2%混入率の場合はやや劣ることが認められる。

