

ポリプロピレン繊維の形状がコンクリートの靱性改善効果に及ぼす影響

鹿島技術研究所 正会員 平石 剛紀 正会員 坂田 昇
 萩原工業（株） 矢吹 増男 細田 常正

1. はじめに

最近、トンネル覆工コンクリートや高架橋コンクリートの剥落が相次いで起こり、大きな社会問題となっている。コンクリートの剥落を防止する方法として短繊維を混入させ補強することが挙げられるが、これら剥落防止の観点からコンクリートに短繊維を混入させる場合、繊維混入による流動性の低下が少なく、かつ、アジテータ車への投入の際に分散機を必要としないポリプロピレン繊維が、比較的適した補強材料であると考えられる。しかし、これまでポリプロピレン繊維の形状、表面処理加工などが硬化コンクリートの物性に及ぼす影響に関する研究¹⁾はあまり行われていない。そこで、本研究ではポリプロピレン繊維を用いた繊維補強コンクリートについて、曲げタフネス試験を行い、繊維形状、繊維表面加工および繊維径の違いが靱性改善効果に及ぼす影響について検討した。

2. 試験概要

使用材料を表 - 1 に、使用した繊維の詳細を表 - 2 に示す。繊維は、形状、エンボス加工（凹凸加工）および繊維径の異なるポリプロピレン繊維 5 種類とした。ポリプロピレン繊維表面には、コンクリートとの十分な付着を確保するため、表面に機械的に起伏を付けるエンボス加工を施している。本実験では、繊維を波型とすることで繊維の引張強度が低下することが懸念されたことから、エンボス加工を弱めた弱加工および直線型繊維と同じエンボス加工の強加工の 2 種類を実験に用いることとした。

実験に用いたポリプロピレン繊維の形状を図 - 1 に示す。繊維形状は、市販されている直線型と、その形状を波型に改良したものの 2 種類とした。

試験は、スランプ試験・空気量試験のフレッシュ試験および 10 × 10 × 40cm の供試体による曲げタフネス試験を行った。

2.2 コンクリートの配合

コンクリートの配合を表 - 3 に示す。水セメント比を 55%、目標スランプを 8 ± 2.5cm とした。空気量は 4.5 ± 1.0% を目標値とした。繊維を混入する配合は、繊維無混入の配合（以下、基本配合と記す）を基に、モルタルを構成する材料（水、セメント、砂）の容積割合を一定とし、粗骨材容積を変化させ所定の流動性が得られるよう修正した。なお、実験では繊維混入量を 0.5、1.0、1.5vol% の 3 水準として検討を行った²⁾が、本論文では混入量を 1.0vol% とした場合の結果について記すこととする。

キーワード：繊維補強コンクリート、ポリプロピレン繊維、繊維形状、曲げ靱性

連絡先：〒182-0036 東京都調布市飛田給2-19-1 TEL；0424-89-7071 FAX；0424-89-7073

表 - 1 使用材料

使用材料	記号	摘要	
セメント	C	普通ポルトランドセメント	密度 3.16g/cm ³
混和材	LP	石灰石微粉末	密度 2.73g/cm ³
細骨材	S	新潟産山砂	表乾密度 2.60kg/l
粗骨材	G	八王子産硬質砂岩砕石	表乾密度 2.65kg/l, Gmax 20mm
短繊維	PF	ポリプロピレン繊維	密度 0.91g/cm ³ , 繊維長 30mm
混和剤	AD	AE減水剤	リグニンスルホン酸系

詳細は、表-2繊維の詳細参照

表 - 2 繊維の詳細

case	繊維長	繊維径	エンボス加工	形状	引張強度 (N/mm ²)
N64	30mm	6400d	強	直線型	446
Ws64			弱	波型	420
W64			強	波型	382
N90	30mm	9000d	強	直線型	-
W90				波型	373

; 1d (纖維) = 1g/9000m (繊維9000mの質量が 1g)



図 - 1 繊維の形状

表 - 3 コンクリート配合

	W/C	Air	s/m	s/a	単位量(kg/m ³)					AD (C x %)
	(%)	(%)	(%)	(%)	W	C	S	G	繊維	
基本	55	4.5	53.1	46.0	175	319	812	972	-	0.25
繊維混入 1.0vol%				49.1	183	333	851	899	9.1	

3. 試験結果および考察 (混入量1.0vol%)

繊維を1.0vol%混入した配合は、繊維の種類によらず基本配合に対し単位水量を8kg/m³増加することで目標スランプを満足することができた。繊維の種類によらず単位水量の増加分が一定であったことから、繊維の形状、エンボス加工および繊維径の違いによるスランプへの影響がないことが明らかとなった。

図-2に曲げ強度試験結果を示す。図に示すように、繊維径、繊維形状および繊維強度(エンボス加工)の違いによる曲げ強度への影響はみられず、いずれの繊維においてもひび割れ発生時に最大荷重を示し、曲げ強度は6 N/mm²程度であった。これより、繊維の種類に関係なく、繊維を混入することで改善されるのは、ひび割れ発生以降の靱性であり、ひび割れの発生を防ぐ効果は期待できないものと考えられた。また、試験後破断面を目視観察したところ、W64で若干破断した繊維が見られたものの、ほとんどの繊維は破断しておらず、破壊は繊維の引抜けにより生じたものと考えられた。

図-3に曲げ靱性係数を示す。繊維径6400d、9000dともに繊維形状を波型とすることで曲げ靱性係数が1.3倍程度向上した。これは、波型にすることにより、繊維の引抜けに対する抵抗力が向上し、靱性が高まったことによるものと考えられた。これより、繊維形状を波型とすることは靱性向上に有効なことが明らかとなった。また、エンボス加工のみが異なるケースWs64とケースW64との比較においては、エンボス加工を強加工としたW64の方が、曲げ靱性係数が大きい結果となったことから、エンボス加工の程度は、繊維の引抜けに対する抵抗力を向上させ、靱性に影響を及ぼすことが明らかとなった。さらに、繊維径の影響については、直線型および波型とも6400dの方が9000dに比べ曲げ靱性係数が1割程度高い結果であった。これについても、同一容積混入においては、繊維径6400dの方が9000dに比べマトリクスと接する比表面積が増えるため、引抜けに対する抵抗が高まり靱性が向上したものと考えられた。

図-4に曲げタフネス試験における2mmおよび5mm時点での荷重を示す。全ての配合において5mmまで破壊することなく荷重を負担しており、曲げ靱性係数で扱われるたわみ量2mm以上の範囲においても高い靱性を示していることがわかった。また、2mmおよび5mmのたわみ量における耐力は、波型のものの方が直線型に比べて大きく、かつ、繊維径6400dのものの方が9000dのものに比べて大きいことがわかった。

4. まとめ

ポリプロピレン繊維の形状を波型にすることは、コンクリートの靱性改善に有効であることが明らかとなった。また、今回の実験の範囲では、繊維を混入したコンクリートの靱性は、繊維の強度ではなく引抜けに対する抵抗に依存していることがわかった。

今後は、実際の剥落の状況に近い直接引張試験などを行い性能を把握していく予定である。

参考文献

- 1) 牧: ポリプロピレン繊維補強コンクリートの曲げ特性について, 東京農業大学農学集報, vol.26, NO.2, pp.200-208, 1981
- 2) 平石, 坂田, 矢吹, 細田: ポリプロピレン短繊維補強コンクリートのフレッシュおよび硬化性状, コンクリート工学年次論文集, vol.22, 2000.7, 投稿中

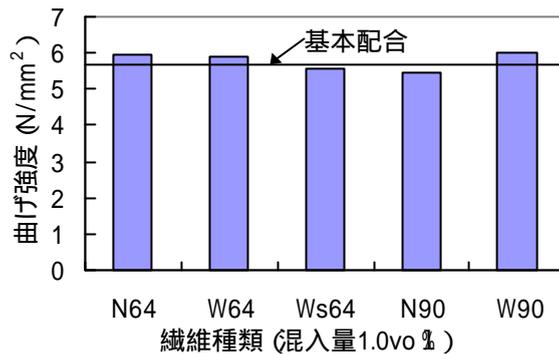


図-2 曲げ強度

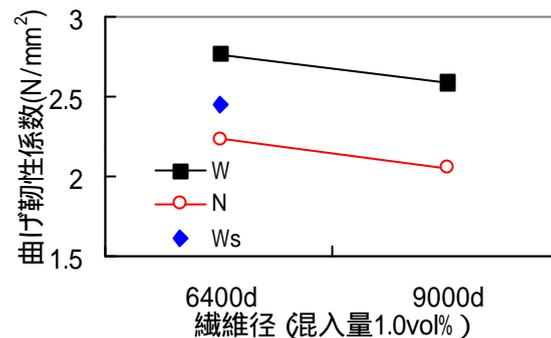


図-3 曲げ靱性係数

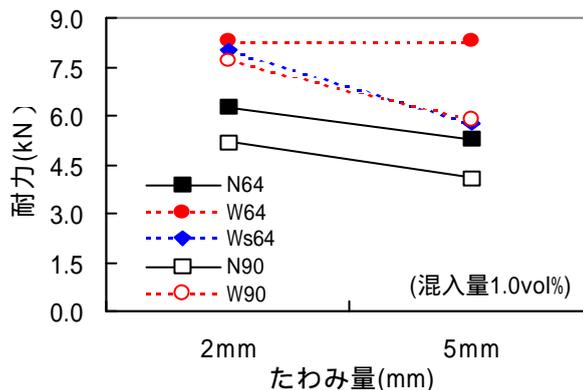


図-4 各たわみ量における耐力