連糸状ポリプロピレン繊維を用いたコンクリートの剥落防止技術の開発

萩原工業　正会員　○大島　章弘　正会員　矢吹　増男
鹿島技術研究所　フェロー　坂田　昇　正会員　古市　耕輔　正会員　平石　剛紀

１．はじめに

コンクリート補強用ポリプロピレン繊維は，鋼繊維ほどの補強効果を有しないものの，繊維混入によるコンクリートの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ため施工性に優れた材料である。既に，橋梁上部工やトンネル覆工コンクリートに剥落防止を目的として適用されているが，従来の繊維は剥落防止性能を得るために 0.2～0.35%vol の混入が必要でありコスト上昇の要因となっていた。本研究では，この混入率を減らすことを目的に，繊維径，繊維長さの最適化と繊維形状に工夫をした新たな剥落防止繊維を開発し，各種試験により施工性への影響および剥落防止性能を確認したので報告する。

２．実験概要

実験に使用した材料を**表－１**に，使用した繊維の詳細を表－２に示す。本繊維は，従来品に比べ繊維径が 64.8μm と細く，長さが 12mm と短いこと，単糸を横につなぎ平たいテープ状に成形した点が特徴である。検討ケースを**表－３**に，実験に供したコンクリート配合を**表－４**に示す。繊維混入率は，0～0.1vol%までの 6 水準とし，配合を一定として試験を実施した。

試験は，100 ﾘｯﾄﾙの強制二軸型ミキサを用いて，練混ぜ量を 60 ﾘｯﾄﾙとして練混ぜを行い，フレッシュ時にスランプおよび空気量試験を実施した。硬化後については，圧縮強度試験，鉄筋膨張圧を模擬した剥落防止評価試験（以下，剥落試験と記す）を実施した。

剥落試験は，かぶりを 20mm とした鉄筋を模擬したφ20mm の孔を 60mm 間隔であけた 150×150×600mm の梁状の試験体を用いて行った。剥落試験では，試験体のφ20mm の孔に材齢 7 日にて膨張材を充填し，実構造物での鉄筋腐食に起因するコンクリートの剥落状況を模擬した。測定項目は，ひび割れの発生状況，ひび割れ幅および剥落の有無であり，試験開始後 8 日まで試験体を断続的に観察した。全てのケースで，材齢 28 日（膨張材充填後 21 日）が経過した時点においても剥落が生じなかったため，供試体を 90 度回転させ支持し，重さ 770ｇ程度のハンマーで打撃を加えて，剥落に至るまでの回数を計測した。なお，打撃は，充填孔間のかぶり部分 4 箇所に対して行い，ひじをほとんど固定した状態で，ハンマーの自重以外に特別大きな力を加えることはせずに行った。（図－４参照）

表－１　使用材料

使用材料	記号	種類	摘要
セメント	C	普通ﾎﾟﾙﾄﾗﾝﾄﾞｾﾒﾝﾄ	密度:3.16kg/cm^3
細骨材	S	山砂	密度:2.62kg/cm^3 吸水率1.43%,粗粒率:2.81
粗骨材	G	砕石（2005）	密度:2.65kg/cm^3 吸水率:0.60%,粗粒率:6.55
混和剤	AD	AE減水剤	リグニンスルホン酸系
繊　維	F	ﾎﾟﾘﾌﾟﾛﾋﾟﾚﾝ	密度:0.91g/cm^3

表－２　繊維の諸元

項目	物性
繊維種類	ポリプロピレン繊維（単繊維）
密度	0.91g/cm^3
繊維径	64.8μm
繊維長	12mm
引張強度	530N/mm^2
弾性係数	5000N/mm^2
吸水性	なし
熱分解開始温度	160～170℃

表－３　検討ケース

ケース名	繊維混入量（kg/m^3）
基本	0
0.04%	0.364
0.05%	0.455
0.06%	0.546
0.08%	0.728
0.10%	0.910

表－４　コンクリートの配合

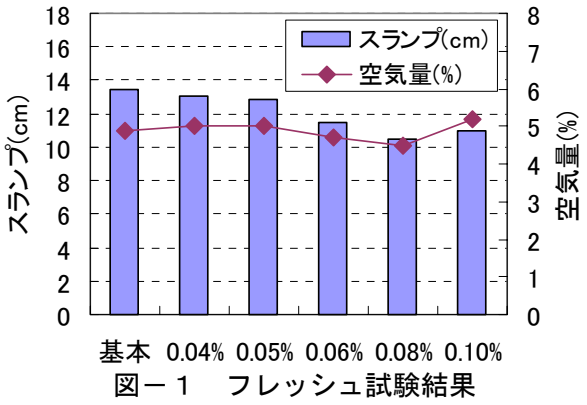
W/C	s/a	単位量（kg/m^3）					
（%）	（%）	W	C	S	G	F	AD
55	45	175	319	801	990	（※）	0.7275

（※）繊維量は表-3を参照

キーワード：繊維補強コンクリート，剥落防止，ポリプロピレン繊維，繊維形状
連絡先：〒712-8502　岡山県倉敷市水島中通１丁目４番地　　TEL：086-440-0836　　FAX：086-440-0819

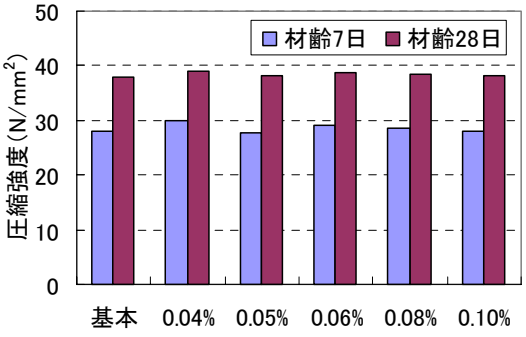
３．実験結果

各ケースのフレッシュ試験結果を**図－１**に示す。繊維の混入率の増加に伴い，スランプが若干小さくなる傾向を示した。繊維を混入したケースのスランプは，繊維無混入の基本ケースに比べ，0.04，0.05%のケースで 0.5cm 程度，0.06%で 2.0cm 程度，0.08%以上で 2.5～3.0cm 程度小さい値となった。また，各ケースの空気量の差は 0.5%以内であり，繊維混入による空気量への影響は認められなかった。なお，繊維を混入した全てのケースにおいて，ファイバーボールは確認されず，コンクリートの性状は良好であり，施工性に関して普通コンクリートと同等であることを確認した。



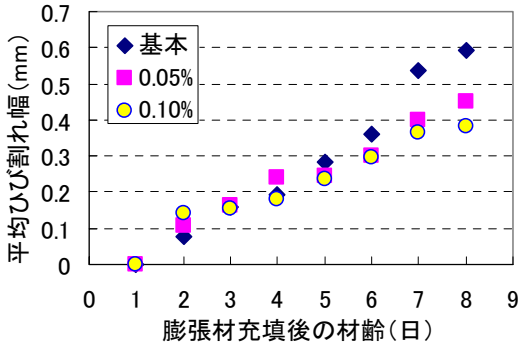
図－１　フレッシュ試験結果

圧縮強度試験結果を**図－２**に示す。全てのケースで圧縮強度の差は僅かであり，データのばらつきなども考慮すると，繊維混入による圧縮強度への影響はないものと考えられる。また，弾性係数についても繊維混入量による優位な影響は見られなかった。



図－２　圧縮強度試験結果

図－３に剥落防止性能評価実験におけるひび割れ進展状況を示す。ひび割れ発生材齢は，すべてのケースにおいて，膨張材充填後材齢 2 日であった。 平均ひび割れ幅は，膨張材充填後材齢 5 日までは，すべてのケースで同等の値を示した。膨張材充填後材齢 7 日以降には平均ひび割れ幅に差が現れ，繊維混入率の増加に伴い，平均ひび割れ幅は小さな値となった。これより，繊維を混入することにより，ひび割れ幅がある程度大きくなった場合には，ひび割れ幅抑制効果が期待できるものと考えられた。



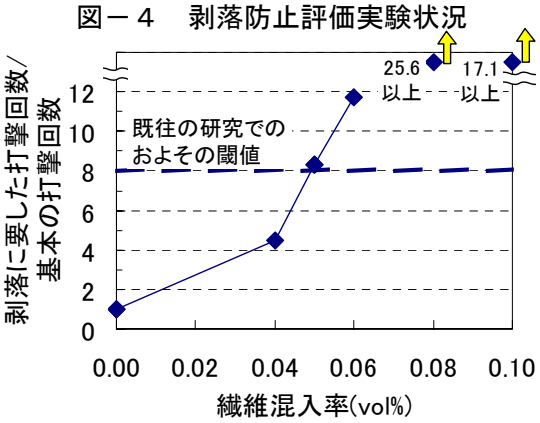
図－３　ひび割れ幅の測定結果

剥落試験実施状況を**図－４**に示す。また，剥落に対する抵抗性を評価するため，基本ケースの打撃回数に対する繊維を混入したケースの打撃回数の比を**図－５**に示す。繊維混入率の増加に伴い，打撃回数が増加しており，剥落に対する抵抗性が向上していることが確認された。なお，繊維混入率 0. 05vol%とした場合において，一般的に剥落防止性能の閾値とされる値（基本ケースの打撃回数に対する比で８倍）を上回っていた。

図－４　剥落防止評価実験状況

４．おわりに

各種実験により，本繊維を 0. 05vol%混入することで，フレッシュ性状にほとんど影響を与えず剥落防止性能を付与できることが確認された。また，本繊維の実機練り混ぜ試験およびスラブ打設試験を実施して実際工事における十分な繊維の分散性も確認している。



図－５　繊維混入率と剥落防止性能の関係

参考文献

1）平石ほか：剥落防止を目的とした有機系繊維補強コンクリートに関する研究，コンクリート工学年次論文集，Vol.23,No.1, p p 469-474,2001.7