

# 剥落防止を目的としたナイロン繊維混入コンクリートの実用化に関する研究

1235033 建設工学科 波田地 正隆(佐藤 嘉昭 指導教官)

## 1. はじめに

近年、コンクリート塊の剥落が大きな社会問題となっており、早急な防止対策が求められている。実構造物のコンクリート片の剥落を調査した結果では、コンクリート片の剥落が生じている箇所のかぶり厚さはほとんどが20mm未満であり、かぶり厚さが適切に確保できている場合にはほとんど剥落が生じていない。予期しない荷重や施工不良、乾燥収縮ひび割れなどかぶりコンクリートの剥落を引き起こす要因は様々あるが、施工不良が大きな要因である。このようなミスは100%防止することは不可能であることから、かぶりコンクリートにひび割れが発生しても、剥落まで至らないような二次的な対策が必要となる。最近では有機系の合成短繊維によるコンクリートの補強が着目され、剥落防止性能を付与することを目的とした繊維補強コンクリートに関する研究も行われている。

このような背景から本研究では、鉄筋の腐食膨張によって発生するコンクリートの剥落を防止するため、ナイロン繊維の効果と適切な混入量を把握することを目的として、ナイロン繊維の混入率を変化させたコンクリートの剥落抵抗性能を評価する実験を行った。ここでは、鉄筋の腐食を模擬した電食実験による評価を行ったので、その結果について発表する。

## 2. 実験概要

### 2.1 実験計画

実構造物におけるコンクリートの剥落のメカニズムに対応した実験として、コンクリートに埋め込んだ鉄筋を腐食させ、剥落に対する繊維混入の効果を確認することとした。シリーズIでは、ナイロン繊維の繊維混入率を変化させて行った。シリーズIIでは、繊維の種類を変化させて行った。

### 2.2 調合、使用材料および練り混ぜ

表-1 にナイロン繊維の物性値、表-2 に繊維混入前のコンクリート(基準コンクリート)の調合および使用材料を示す。全てのコンクリートにおいて、鉄筋の腐食が進行しやすいように練り混ぜ水に塩化ナトリウムをコンクリートの質量に対して0.08%になるように混入した。

## 2.3 実験方法

シリーズIでは、ナイロン繊維混入率による比較をするため、基準コンクリートに対してナイロン繊維混入率を0.02, 0.04 および0.06vol%と変化させた。シリーズIIでは、繊維の種類による比較をするため、基準コンクリートに対してナイロン繊維(0.04vol%)、ポリプロピレン繊維(0.1vol%)、ネット状ポリプロピレン繊維(0.1vol)を混入した。表-3 に実験項目、図-1 に供試体の形状およびひび割れ想定図、図-2 に電食実験装置を示す。

表-1 ナイロン繊維の物性値

密度 (g/cm <sup>3</sup> )	長さ (mm)	直径 (μm)	引張強度 (N/mm <sup>2</sup> )	ヤング係数 (N/mm <sup>2</sup> )
1.17	12	19	550	4200

表-2 基準コンクリートの調合

水セメント比 (%)	細骨材率 (%)	単位質量 (kg/m <sup>3</sup> )				
		水	セメント	細骨材	粗骨材	混和剤
53.5	46.7	183	342	806	942	3.42

セメント:普通ポルトランドセメント(密度3.16g/cm<sup>3</sup>)  
 細骨材:山砂(最大寸法25mm, 表乾密度260g/cm<sup>3</sup>, 吸水率25%)  
 粗骨材:石灰石砕石(最大寸法20mm, 表乾密度260g/cm<sup>3</sup>, 吸水率0.25%)  
 混和剤:高性能AE減水剤ポリカルボン酸エーテル系

表-3 実験項目

シリーズ	供試体本数(体)						
	ナイロン繊維(vol%)				繊維の種類		
	0	0.02	0.04	0.06	ナイロン	ポリプロピレン	ネット状ポリプロピレン
I	2	2	2	2	—	—	—
II	2	—	—	—	2	2	2

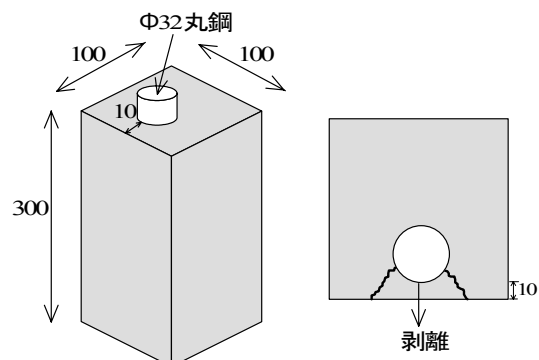


図-1 供試体の形状およびひび割れ想定図

通電方法はコンクリート中に埋設された鉄筋に一定の電流を流し、鉄筋を腐食膨張させることによってコンクリートに膨張圧を加える。供試体の腐食を促進するため 4%塩化ナトリウム水溶液に浸け、鉄筋側をアノード極、銅板側をカソード極として接続し、定電流装置に  $100(\text{mA}/\text{cm}^2)$  の電流を通電させた。鉄筋は D32 の丸鋼鉄筋を 1 本埋没し、かぶり厚さは 10mm とした。

### 3. 実験結果および考察

#### 3.1 各種強度試験

##### (1) 圧縮強度試験

図-3 に圧縮強度とナイロン繊維混入率の関係、図-4 に圧縮強度と繊維の種類を示す。シリーズ I では、圧縮強度と繊維混入率の間に明確な関係は示さなかったが、繊維混入による圧縮強度の低下が見られないため、圧縮強度への影響は少ないことがわかる。シリーズ II では、繊維の種類について比較するとネット状ポリプロピレン繊維およびナイロン繊維においてベースコンクリートを上回る結果となった。ネット状ポリプロピレン繊維が高い値を示したのは、ネット状にな

った繊維がコンクリートを拘束し、補強しているからだと思われる。

図-5 にヤング係数とナイロン繊維混入率の関係、図-6 にヤング係数と繊維の種類を示す。シリーズ I では、圧縮強度の結果と同様に、ヤング係数と繊維混入率の間に明確な関係は示さず、繊維混入によるヤング係数への影響は少ないことがわかる。シリーズ II では、繊維の種類により比較するとナイロン繊維のみベースコンクリートを上回る結果となった。

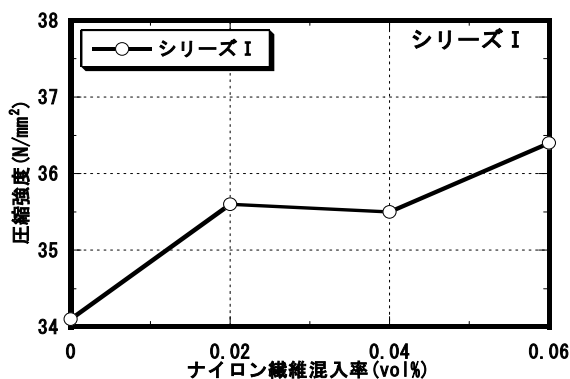


図-3 圧縮強度とナイロン繊維混入率

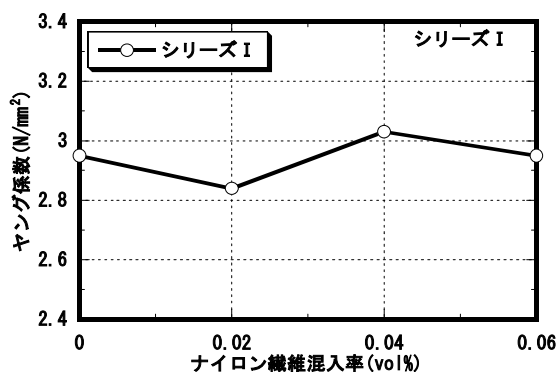


図-5 ヤング係数とナイロン繊維混入率

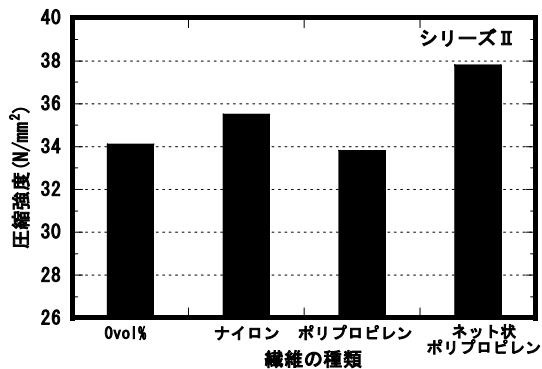


図-4 圧縮強度と繊維の種類

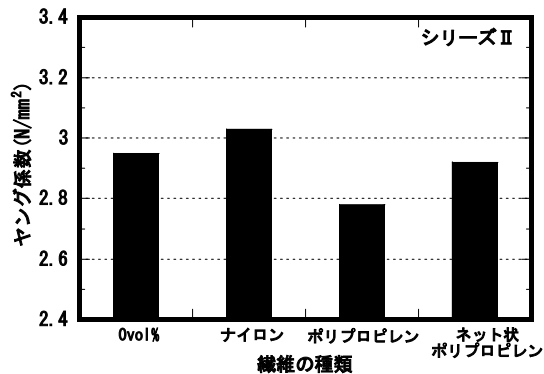


図-6 ヤング係数と繊維の種類

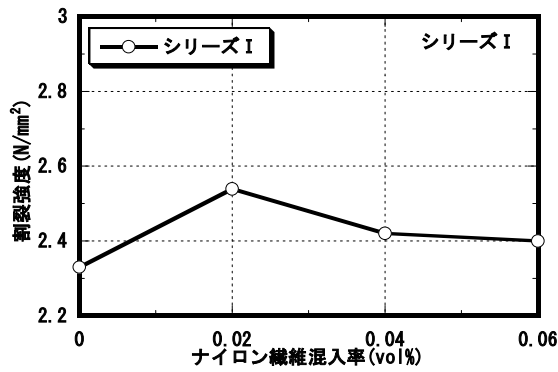


図-7 割裂強度とナイロン繊維混入率

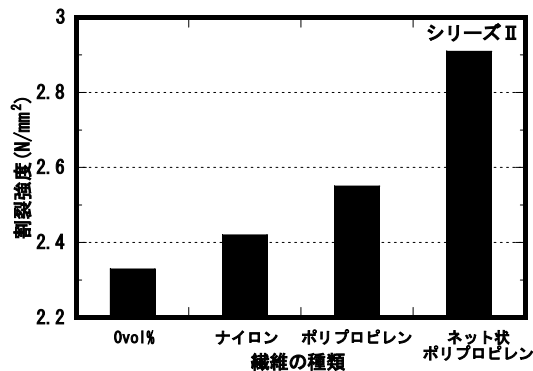


図-8 割裂強度と繊維の種類

## (2) 割裂強度試験

図-7 に割裂強度とナイロン繊維混入率の関係、図-8 に割裂強度と繊維の種類を示す。シリーズ I では、ナイロン繊維混入により割裂強度が増加しているが、本実験では繊維混入率の増加に伴い割裂強度が増加する傾向は現れなかった。シリーズ II では、繊維の種類で比較すると、ネット状ポリプロピレン繊維、ポリプロピレン繊維、ナイロン繊維、無混入の順で小さくなる結果となった。ネット状ポリプロピレン繊維が高い値を示したのは、ネット状になった繊維がコンクリートを拘束したものである。

## 3.2 ひび割れ幅

### (1) シリーズ I

図-9 にシリーズ I の最大ひび割れ幅と経時変化の関係を示す。ナイロン繊維混入率の増加に伴い最大ひび割れ幅が減少する傾向を示した。ひび割れの発生は、鉄筋の腐食膨張圧により鉄筋軸に沿ってかぶりコンクリート表面にひび割れが生じ、剥離ひび割れは生じなかった。

### (2) シリーズ II

図-10 にシリーズ II の最大ひび割れ幅と経時変化の関係を示す。ナイロン繊維、ポリプロピレ

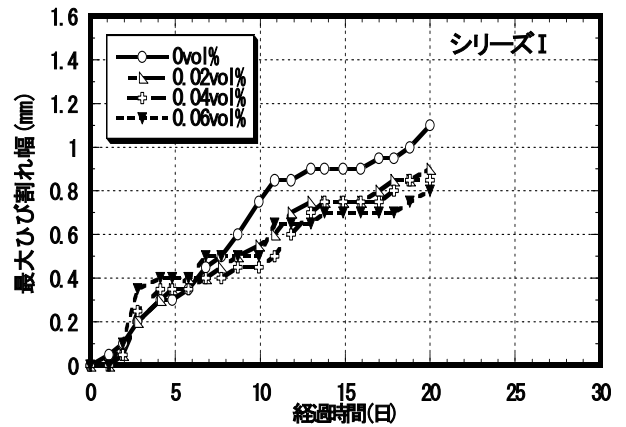


図-9 最大ひび割れ幅と経時変化(シリーズ I)

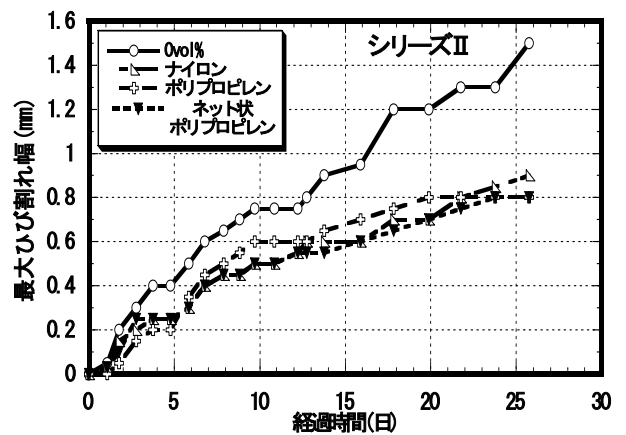


図-10 最大ひび割れ幅と経時変化(シリーズ II)

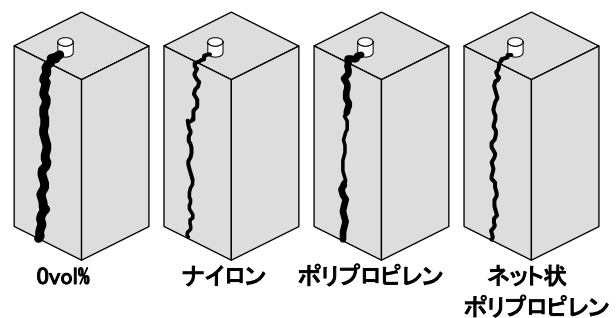
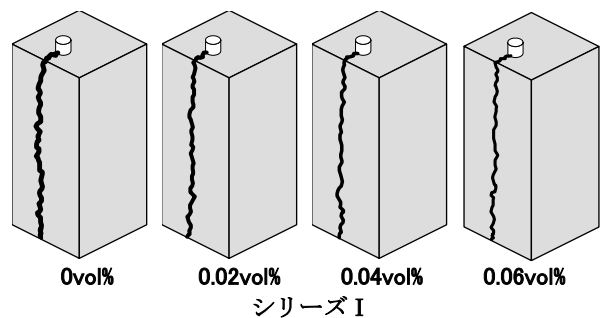


図-11 ひび割れ状況

ン繊維およびネット状ポリプロピレン繊維において最大ひび割れ幅に大きな差はないが、繊維無混入より効果が出ていることがわかる。供試体に発生したひび割れはすべて鉄筋軸ひび割れであり、剥離ひび割れは発生せず、剥落は生じなかった。

シリーズⅠおよびシリーズⅡにおいて発生したひび割れ状況を図-11に示す。

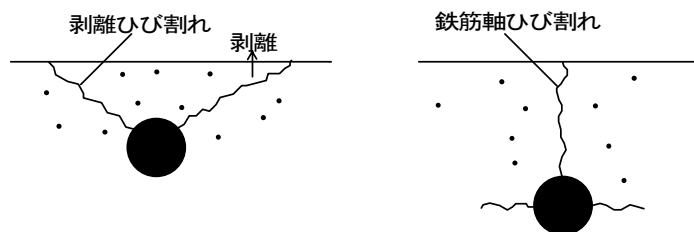


図-12 ひび割れパターン

#### 4. 鉄筋腐食膨張におけるひび割れモデル

ほとんどの供試体に発生したひび割れは、図-11 からわかるように鉄筋軸ひび割れがかぶりコンクリート表面の鉄筋軸に沿って発生し、図-12 に示す剥離ひび割れのパターンのようにひび割れが発生せず、ほとんどの供試体で、剥落に至らなかった。

#### 5. まとめ

電食実験を行い、剥落抵抗性能を評価するとともに最適な添加量について検討を行った。ひび割れ幅の観察より繊維混入率の増加に伴いひび割れ幅が減少しており、ひび割れ抑制に対して期待できるものと思われる。しかし全シリーズとも鉄筋の腐食によりひび割れを発生させることはできたが、剥離ひび割れにはならず、ほぼ鉄筋軸ひび割れが起こり、剥落が生じることはなかった。ほとんど供試体で剥落が生じず、鉄筋軸ひび割れが発生したのは、腐食生成物の膨張圧により、コンクリートに引張力が生じ、鉄筋の膨張圧による引張力が、コンクリートかぶりの引張強度を超えたからだと考えられる。

今後は、剥落の発生する供試体を計画し、ナイロン繊維の剥落に対する効果を検討する必要がある。