

# コンクリート剥落防止対策の開発 — 繊維補強コンクリートによる剥落防止 —

寺田 典生\*1・青木 圭一\*2 中井 裕司\*3 山村 正人\*4

## 1. はじめに

わが国には、15万ともいわれる道路橋が整備されている。とくに、1970年代および1980年代に多くが架設されており、今後2030年を過ぎる頃には、架設された大多数が50年以上経過したことになる。つまり、今後維持管理および架替に要する費用がさらに増大することになり、今後建設する橋梁に関しては維持管理に要する費用を最小限とする対策が必要となるとと思われる。

コンクリートや繊維シートなどの複合材料等によるコンクリートの引張応力改善やじん性の向上などは研究されているが、実構造物への適用例はさきわめて少ないのが現状である。繊維材としては、非鉄系繊維と鋼繊維が製品として販売されているが、鋼繊維は、床版上面増厚工法へ採用実績が多く、また、東名高速道路日本坂トンネルの火災事故（昭和54年7月11日）による覆工コンクリートの復旧に鋼繊維を80 kg/m<sup>3</sup>を混入し、平均吹き付け厚9.3 cmで施工した実績もある。しかし、鋼繊維補強材を橋梁へ適用した

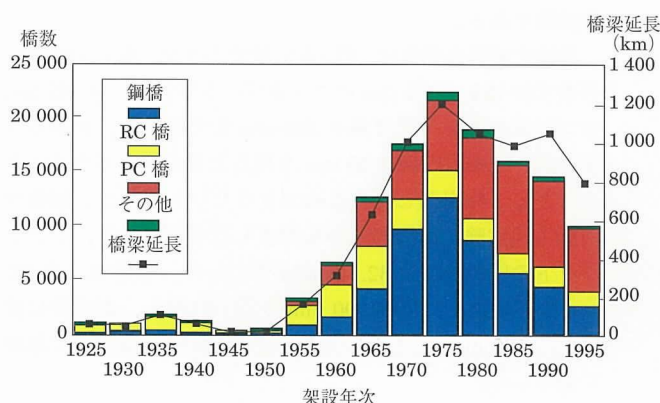


図 - 1 道路橋の架設時期の推移

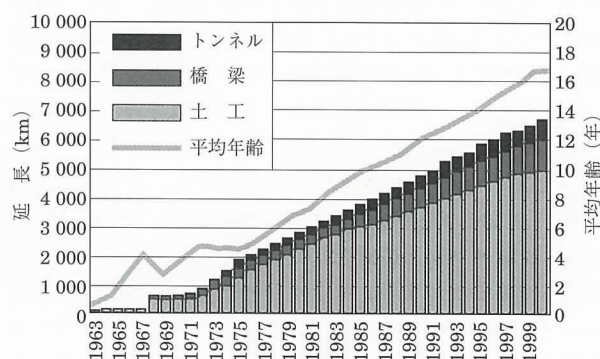


図 - 2 高速道路の推移

高速道路も例外ではなく、図 - 2 に示すとおり1963年の名神高速道路 尼崎 IC ~ 栗東 IC 間 71.1km の開通以来、平成15年6月末現在では7,233 km と法定予定路線（11,520 km）の62.3%に達し、また、現在の平均経過年数は20年弱であるが、今後ますます進行する。したがって、いかに維持管理費用のかからない構造物にするが大きな命題である。

また、最近においてコンクリート橋の耐久性に関してマスコミ等で話題に挙がるが多くなっており、鉄道トンネルでのコンクリート剥落やコンクリート橋のかぶりコンクリートの剥落などは記憶に新しい。コンクリート片の剥落は、構造物の耐久性を低下させるだけでなく、第三者への被害がもっとも懸念される事項であり、マスコミ等で話題となるごとに、緊急点検を繰返す始末である。

そこで、筆者らは繊維補強コンクリートの採用により、安全性の改善等を図ることを検討した。従来から繊維補強

場合、錆びの発生によりその後の点検等の維持管理に支障をきたすことが懸念され、非鉄繊維を基本に検討を行うべきと考える。

また、繊維シートをコンクリート表面へ張付ける工法が既設構造物へ適用されているが、この工法では初期投資のみでなくその後の維持管理費用が大幅に増加する。そこで、非鉄系繊維を用いた繊維補強コンクリート、表面露出を行わない繊維シートを開発し、コンクリート片落下対策防止技術として検討し、本文において報告するものである。

## 2. 繊維シートによる剥落防止工法

### 2.1 概要

繊維シートによるコンクリート片剥落防止工法は、図 - 3 に示すように繊維シートを型枠の内側に張付け、コンクリートを打設することにより、けい砂分のかぶりを有する繊維シートがコンクリートの表面近くに配置されることを特

\*1 Norio TERADA : 日本道路公団 静岡建設局 建設部 構造技術課 課長

\*2 Keiichi AOKI : 日本道路公団 静岡建設局 建設部 構造技術課 課長代理

\*3 Hiroshi NAKAI : 三井住友建設(株) 土木事業本部 土木技術部 部長

\*4 Masato YAMAMURA : 鹿島建設(株) 土木設計本部 グループ長

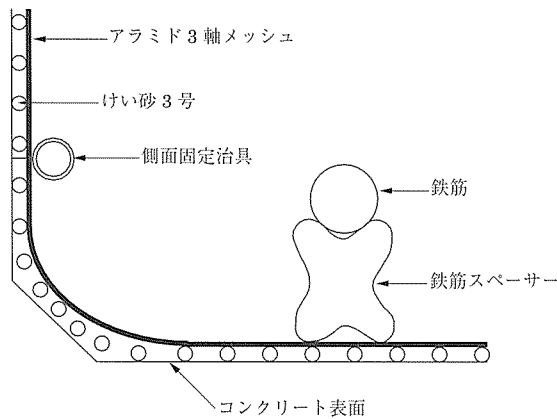


図-3 繊維シートの概要

徴としている。コンクリート表面近傍に配置された繊維シートの機能は、将来におけるコンクリート片の剥落を防止すること、コンクリートのひび割れ幅を制御することにより耐久性を付与することである。

繊維シートは、アラミド繊維束を3方向に組合せたもので、片面にけい砂が接着されている(写真-1)。三角形のメッシュ(3軸メッシュ)の辺長は40mmで、小さな剥落片に相当する500円玉が通過しない目の大きさになっている。また、この形状は型崩れしない擬似等方性を有しているため、敷設・固定などの施工性に優れている。アラミド繊維束は1本が740Nの引張強度を有し、シート1mあたりで30kNの引張耐力となる。けい砂は、粒径が2~3mmで3軸メッシュに樹脂にて接着されている。けい砂を付着させることにより、コンクリート表面近傍にアラミドシートの設置が可能で、紫外線による劣化やコンクリート表面の景観を考慮することができる。アラミド3軸メッシュシート(以下、SAMMシートと記す)を用いる工法は、要求性能を低コストで実現するために、コンクリート表面近傍だけに補強繊維が高密度で配置されており、コンクリートのその他の性能に大きな影響を与えず、対策必要範囲のみの施工が可能であり、施工範囲を限定することにより経済性を確保できる。

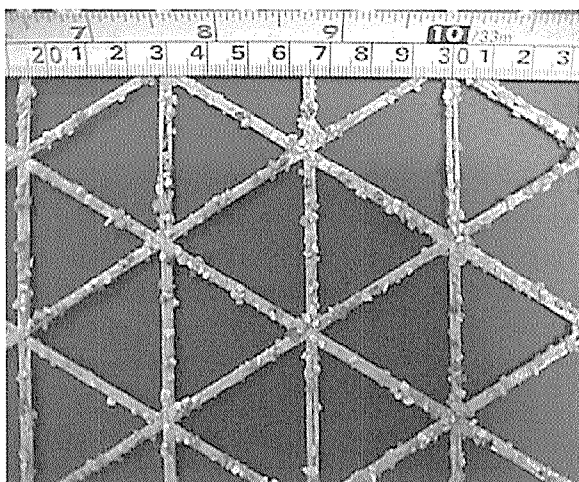


写真-1 砂付きアラミド3軸メッシュシート

## 2.2 実験内容および結果

本工法の性能を評価するために諸実験を行っている。代表的な項目は、以下のとおりである。

- a) シートの形状とけい砂径の選定試験
  - b) コンクリート中の繊維シートの耐火性試験
  - c) 静的破砕材を用いたかぶりの強制剥落試験
  - d) 模擬版によるかぶり部分の押抜き試験
  - e) 曲げじん性評価による重ね継手長試験
  - f) ひび割れ制御性能評価のための1軸引張試験
  - g) 曲げひび割れ幅の評価のための梁曲げ試験
  - h) 実物大の施工性の確認試験
  - i) フィールドにおける施工性試験
  - j) 塩化物イオンを多量に用いた供試体の長期暴露試験
- 本報告では、この内c) およびd), f) について紹介する。

### 2.2.1 剥落防止性能について

本シートの有無をパラメーターとした剥落防止性能を確認する実験を行った。実験内容は、模擬版によるかぶり部分の押抜き試験および静的破砕材を用いたかぶりの強制剥落試験である。

押抜き試験供試体は、図-4に示すように、高さ250mm、平面寸法700×500mmのコンクリート平板に、φ100mmのコアボーリング器で深さ200mmまで削孔し、かぶりコンクリート相当の深さ50mmを残したものを、パラメーターごとに3体用意した。このコンクリート平板は、実物大の施工性試験の高欄部分から切出したものであり、コンクリートの圧縮強度は32.5N/mm<sup>2</sup>であった。載荷は、幅500mmの支持線上に支間500mmで単純支持し、供試体に設けたφ100mmのコアの上部からアムスラー試験機で単調に載荷した。

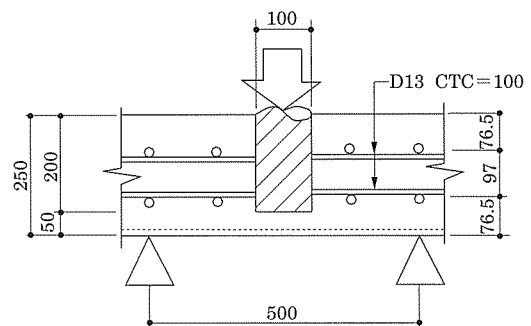


図-4 押抜き試験の概要図

載荷荷重と押抜き部の底面変位の関係を図-5に示す。本シートを用いない供試体は、押抜き部の変位1mm程度でひび割れが発生し、1.5mm程度で全面の押抜きひび割れが観察され、2~4mmで耐力を失った。

一方、本シートを用いた供試体は、2.5mm程度でひび割れが発生し、5mm程度で基準供試体より大きい範囲で押抜きひび割れが観察された。その後、押抜きひび割れ部がヒンジ化し、変形モードが曲げ変形に遷移し、押抜きひび割れの内側でコアの周辺に曲げひび割れが卓越しだした(写真-2)。変位50mm程度で、シートが破断を始め、変

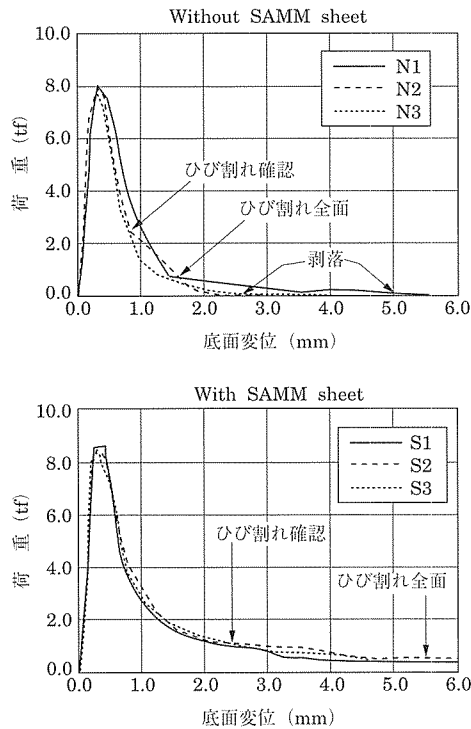


図 - 5 押抜き荷重と底面変位の関係

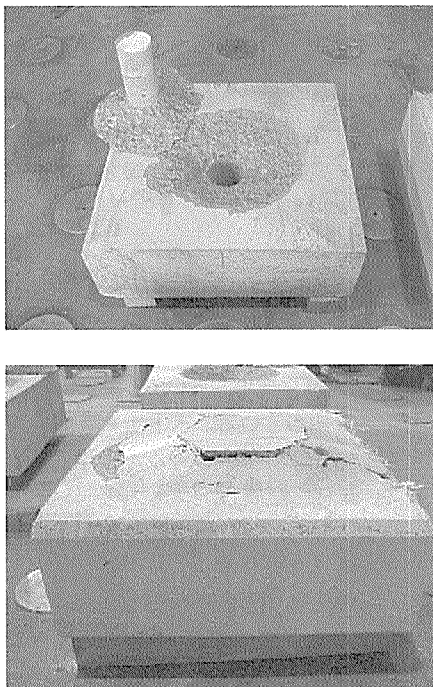


写真 - 2 押抜き後の破壊性状

位 200 mm 程度で耐力を失った。

この結果から、本シートの有無により、最大押抜き耐力以降の軟化領域でのひび割れ性状や残存耐力が異なり、シートを有する場合は完全な押抜きひび割れを形成し、シートが破断するまで残存耐力は少ないものの、大きな変形性能を有し、押抜きによる剥落変位量が約 50 倍から 100 倍に増加した。また、最大耐力も 10 % 程度の増分が認められ

た。これは、アラミド繊維の強度と伸度を十分使いきり破断したこと、その破断部の応力増分に見合うコンクリートとの附着強度を有していたと判断できる。

また、実際の鉄筋膨張によるコンクリート片剥落に対する性能を確認するために、図 - 6 に示す鉄筋膨張模擬試験を行っている。SAMM シートが設置されていない場合、かぶりコンクリートが大きく剥落しているのに対して、SAMM シートを 3 面に設置した場合は、剥落を生じていない (写真 - 3)。

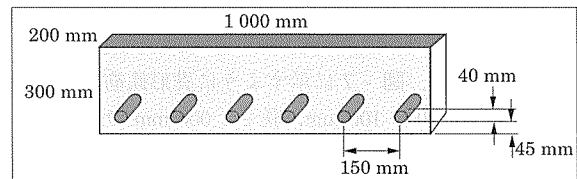


図 - 6 鉄筋膨張模擬試験供試体



(a) 補強なし



(b) アラミド 3 軸メッシュ 3 面補強

写真 - 3 アラミド 3 軸メッシュによる鉄筋膨張模擬試験状況

### 2.2.2 ひび割れ制御性能について

PRC 構造の場合、使用状態における 1 つの限界状態の指標としてひび割れ幅の制限がある。本シートを配置した部材のひび割れ幅の低減が定量化できれば、今後、経済的な緊張材および補強鉄筋の配置が可能となる。本実験では、かぶり、コンクリートの有効断面積、コンクリートの引張強度を一定として、鉄筋径とシートの有無をパラメータとした軸引張試験を実施した (表 - 1)。

表 - 1 軸引張試験のパラメータ

No.	鉄筋径	SAMM シート
16-0	D 16	なし
19-0	D 19	なし
22-0	D 22	なし
16-1	D 16	表裏 各 1 枚
19-1	D 19	表裏 各 1 枚
22-1	D 22	表裏 各 1 枚
16-2	D 16	表裏 各 2 枚
19-2	D 19	表裏 各 2 枚
22-2	D 22	表裏 各 2 枚
19-3	D 19	表裏 各 3 枚

軸引張試験は、図 - 7 に示すように異形鉄筋を中心に 1 本配した断面  $100 \times 100 \text{ mm}$ 、長さ  $1000 \text{ mm}$  の供試体を用いて行った。なお、シートのひずみ計測を明確にするために、実験に先立ち供試体軸方向の中央に初期割裂ひび割れを導入した。コンクリートは圧縮強度が  $45.4 \text{ N/mm}^2$ 、鉄筋は降伏強度が約  $375 \text{ N/mm}^2$ 、シートは両面に砂を付けたものを用いた。載荷パターンは、新たなひび割れを確認後、除荷を行い、ひび割れを跨ぐようにパイゲージを設置し漸増載荷する。この繰返しは第 5 ひび割れまでとした。第 5 ひび割れ後は、単調に漸増載荷を行い、平均ひずみが鉄筋の降伏ひずみの 3 倍まで載荷するものとした。

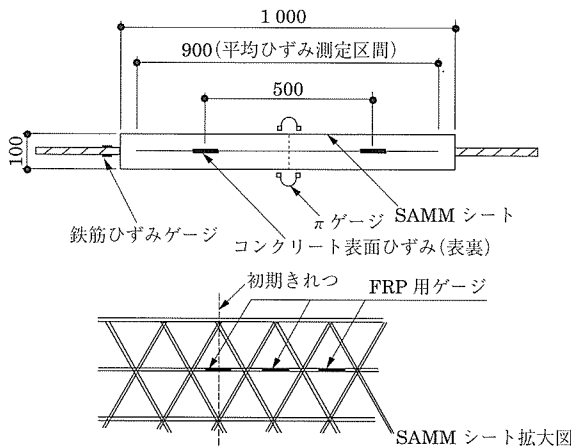


図 - 7 軸引張試験の概要図

各供試体の荷重と平均ひび割れ幅の関係を図 - 8 に示す。この図から、用いた鉄筋の径が太くなるに従い同一の荷重に対してひび割れ幅が狭くなること、シートを用いた場合、シート枚数が増えるに従いひび割れ幅が狭くなる傾向を有していることがわかる。

初期割裂ひび割れを入れた近傍の供試体の平均ひずみとシートのひずみ分布の代表例を図 - 9 に示す。他の供試体もほぼ同様の傾向を有している。ひび割れ上の測点 RS - 1 でひずみ変化が生じ、その量は平均ひずみの 2 ~ 3 倍程度である。ひび割れから  $40 \text{ mm}$  はなれた測点 RS - 2 ではほとんどひずみ変化は生じていない。つまり、シートは非常に短い範囲で付着しており、コンクリートにその力を伝えていることがわかる。この力がひび割れ幅を制御していると

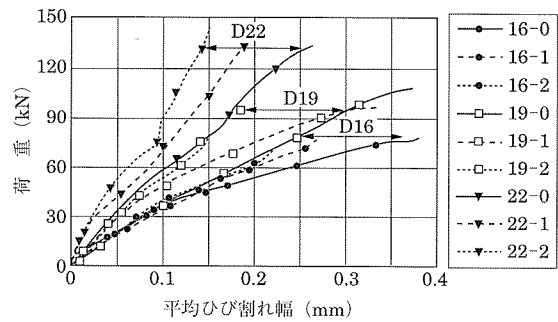


図 - 8 荷重と平均ひび割れ幅の関係

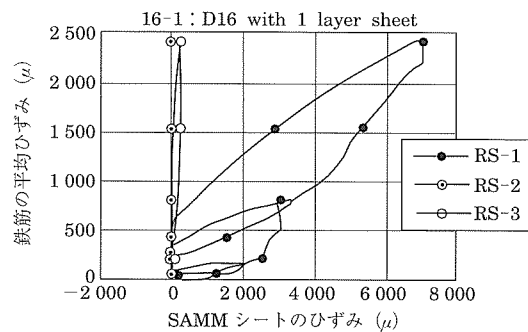


図 - 9 鉄筋の平均ひずみとシートのひずみの関係

考えられる。

実験は、鉄筋の降伏荷重までで評価されており、使用状態におけるひび割れ制御性能については定量化できないのが現状であるが、ひび割れが生じた段階でシートにひずみが生じるために、定性的にひび割れ幅を減らす働きが本工法にあると考えられる。

### 2.3 施工の概要

日本道路公団では、平成 12 年 4 月より砂付き 3 軸アラミドメッシュシートを用いた剥落防止工法の試験施工を本線橋および跨道橋で開始し、平成 14 年度内に 100 件程度の構造物に約  $8 \text{ 万 m}^2$  に使用している。その他の公共工事においても適用され始めている。本工法を適用した事例を写真 - 4 に示す。50 m ロールのシートを型枠上に敷設・固定し、鉄筋・PC 鋼材を配置し、コンクリートを打設する手順となる。シートはコンクリート表面から  $3 \sim 5 \text{ mm}$  程度の位置に存在することになる。コンクリート打設後の表面は、ほとんど一般構造の仕上がりと同じと変わらない。

### 2.4 砂付きアラミド 3 軸メッシュシートの施工要領

日本道路公団静岡建設局では、本工法の諸実験、施工試験、試験施工および実施工を通じて、本工法の施工要領(案) (表 - 2) を作成し、現在、交差道路を跨ぐ橋梁等において適用を図っている。

要領の求める基本原則は、一般的に補強筋の配筋の前にシートを型枠に敷設するので、各施工段階で施工の基本原則をきちんと守ることを要求している。たとえば、型枠内に結束線などの異物を残さないこと、コンクリートは流すことなく十分締固める等である。これらの原則が守られてこそ、SAMM シートの性能と合わさって耐久的な構造物が

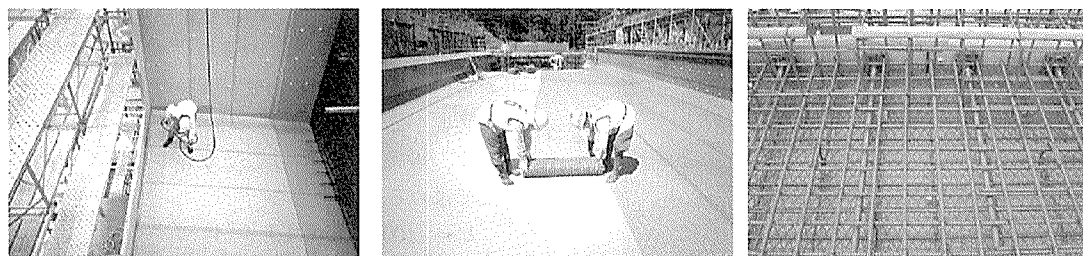


写真 - 4 施工概要

表 - 2 剥落防止シートの品質規格(案)

寸法	1 240 ~ 1 260 mm
糸条強度	740 N / 本以上
辺長	40 mm
製品質量	0.4 kg/m <sup>2</sup> 以上
けい砂	3 号けい砂

構築されると考えている。

### 3. 繊維混入による対策工法

#### 3.1 繊維の種類

繊維混入工法に使用される主な繊維材料を表 - 3<sup>1)</sup> に示す。補強用繊維には、鋼繊維や炭素繊維を代表とする無機系繊維と、ビニロン繊維やポリプロピレン繊維を代表とする有機系繊維がある。従来、繊維補強コンクリートは、コンクリートの引張強度や曲げ強度の改善、耐衝撃特性やじん性の確保を目的として使用されてきた。

一方、コンクリートの剥落防止を目的とした場合の繊維の性能は、コンクリート片の落下により第三者に及ぼす被害を防止することにあり、曲げ強度や引張強度を向上させるような高い補強効果は要求しない。つまり、施工性・分散性に優れ、剥落を引き起こすひび割れ面に、剥落を防止できるだけの繊維が存在することが要求性能となる。さらには、橋梁上部工への適用を考えた場合、美観上の観点から、腐食を生じない繊維であることも重要である。そこで、軽量で施工性がよく、かつ分散性、耐久性に優れた性能を有するビニロン繊維とポリプロピレン繊維の2つの有機系繊維に着目し、橋梁上部工コンクリートの剥落防止を目的として行った検討結果について報告する。

表 - 3 コンクリート補強用繊維材料およびその物性<sup>1)</sup>

		引張強度	引張弾性率	破断時伸び率	密度
無機系	鋼繊維	49 ~ 98	200	—	7.85
	炭素繊維	76 ~ 290	39 ~ 98	1 ~ 2	2
	ガラス繊維	250	74	2	2.78
	アスベスト	62	160	—	2.55
有機系	ポリエチレン	25 ~ 70	1.4 ~ 2.2	10 ~ 15	0.95
	ポリプロピレン	30 ~ 75	1.4 ~ 2.2	10 ~ 15	0.91
	ビニロン	69 ~ 150	11 ~ 36	3 ~ 13	1.3
	アラミド	200 ~ 290	62 ~ 130	2 ~ 4	1.45

#### 3.2 実験内容と結果

実験は、橋梁のコンクリートの剥落防止を対象としたことから、設計基準強度 36 ~ 50 N/mm<sup>2</sup> のコンクリートを用いて行った。実験に供したビニロン繊維（以下繊維 A と記す）とポリプロピレン繊維（以下繊維 B と記す）を写真 - 5, 6 に示す。それぞれの繊維の公称直径は、繊維 A で 0.66 mm、繊維 B で 1.00 mm であり、両繊維とも長さ 30 mm の短繊維である。

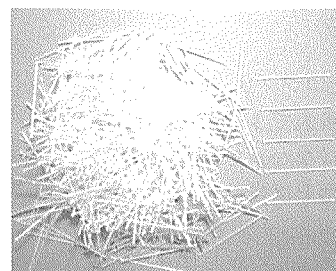


写真 - 5 ビニロン繊維

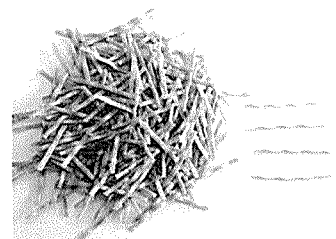


写真 - 6 ポリプロピレン繊維

まず、コンクリート塊の剥落を防止するのに必要な繊維混入率について検討を行った。混入率の選定に際しては、平板や梁状の供試体を製作し、鉄筋腐食によるコンクリートの剥落状況を、膨張材や空気圧などによりコンクリートに強制的にひび割れを発生させることで模擬し、剥落に対する抵抗性を評価した。

実施した試験の一例として、200 × 300 × 1 000 mm の梁状供試体を用いた試験結果を写真 - 7, 8 に示す<sup>3)</sup>。写真 - 7 は繊維を混入しないコンクリート、写真 - 8 は繊維 A を 0.2 vol % 混入したコンクリートである。本試験では、梁状の供試体にあらかじめ設けておいた孔に、膨張材を充填することで、鉄筋腐食によるひび割れを模擬している。試験の結果、繊維を混入しないコンクリートは、膨張材充填後 14 時間にてかぶり部分が剥落し、一方、繊維 A を 0.2

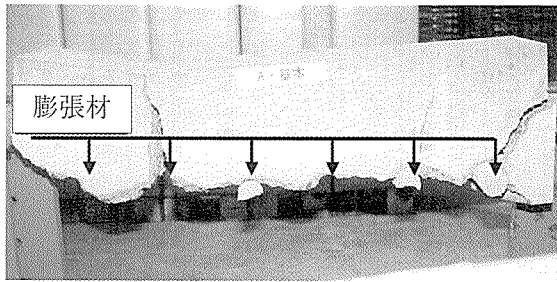


写真-7 繊維無混入コンクリート(14時間経過時)

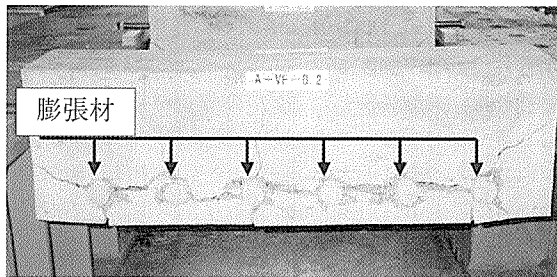


写真-8 繊維A 0.2 vol % 混入コンクリート(48時間経過時)

vol % 混入したコンクリートは、48時間経過した時点でも、ひび割れ幅は最大で3 mm程度と大きくなるものの、剥落を生じることはなかった。本試験では、試験の性質上、忠実に実際の剥落を再現できたとはいいがたい。しかしながら、繊維Aを0.2 vol % 混入したコンクリートは、ひび割れ幅が最大で3 mm程度となった場合でも剥落しなかったことから、本試験による評価は安全側の判定であるといえる。これらの試験の結果、繊維Aで0.2 vol %、繊維Bで0.35 vol % 混入することで、ある程度の大きさをもったコンクリート塊の剥落を防止することができると判断できる。

また、繊維Aで0.2 vol %、繊維Bで0.35 vol % 混入することによるコンクリートの各種物性への影響についても検討を行った。前述したとおり、繊維Aおよび繊維Bの補強効果は、鋼繊維などに比べて小さく、圧縮、曲げ、引張強度とも繊維混入の影響は認められなかった。フレッシュ性状への影響としては、空気量には繊維混入の影響はなく、繊維の有無によらず一定であることを確認した。一方、スランプについては、両繊維とも繊維混入率の増加に伴いスランプが低下する傾向を示した。剥落防止効果が付与できると判断した繊維A 0.2 vol %、繊維B 0.35 vol % の混入率では、スランプ低下量はほぼ同じ値であり、繊維を混入しないコンクリートに対し、およそ1~3 cm程度であった。これは、同程度の混入率で鋼繊維を使用した場合に比べて小さい値である。つまり、有機系繊維を用いることで、同一スランプを確保するための単位水量を少なくでき、より耐久性に優れたコンクリートを製造することができると考えられる。

### 3.3 繊維分散性からの繊維混入率

コンクリート片の剥落は、剥落防止の対象とするコンクリート片の大きさを規定し、その剥落片に繊維が必ず混入されていることを、コンクリート中での繊維のばらつき(分散の程度や配向状況)などを考慮して、別途照査する必

要がある。そこで、剥落防止の対象とする最小コンクリート片の大きさを、20 mmの骨材に5 mmのモルタルが付着したものとし、25 mmのコンクリート片をつなぎとめるために必要な最低混入率を求め以下に示す方法で求めた。

まず、繊維1本あたりの受けもつコンクリートの体積を下式で求める。

$$L = (100 \times A_f \times L_f) / (V_f \times \beta \times \gamma) \quad (1)$$

ここに、L; コンクリート片の1片の長さ

$A_f$ ; 繊維の断面積 (cm<sup>2</sup>)       $L_f$ ; 繊維の長さ (cm)

$V_f$ ; 繊維混入率 (vol %)       $\beta$ ; 配向係数 (0.41)

$\gamma$ ; 繊維の分散性から求めた割増に関する係数 0.74

小規模剥落のコンクリート片を25 mmとした条件より、

$$L \leq 2.5 \quad (2)$$

式(1)、(2)より

$$V_f = 21.09 \times A_f \times L_f \quad (3)$$

式(3)より、繊維A ( $A_f = 0.0034$ ,  $L_f = 3.0$ )を使用した場合の25 mmのコンクリート小片をつなぎとめるために必要な最低混入率は0.22 %、繊維B ( $A_f = 0.0080$ ,  $L_f = 3.0$ )を使用した場合は0.48 %と算出される。

### 3.4 施工性

繊維A、繊維Bともに、繊維の分散性および施工性に関して試験施工を実施して確認した後、実橋へ適用した。

第二東名 梅島跨道橋は、橋長91.54 m、有効幅員4.0 mのPRC斜材付き変形 $\pi$ 型ラーメン橋であり、コンクリート総打設量は530 m<sup>3</sup>であった。本橋では、主桁、斜材および地覆コンクリートの剥落防止対策として繊維Aを混入したコンクリートを適用した。本橋に適用された繊維補強コンクリート配合を表-4に示す。

表-4 コンクリート配合

W/C (%)	s/a (%)	目標スランプ (cm)	空気量 (%)	単位量 (kg/m <sup>3</sup> )					混和剤
				水	セメント	細骨材	粗骨材	繊維	
44.5	44.6	8 ± 2.5	4.5	174	391	765	958	4.55 (0.35 vol %)	5.9

実施工に先立ち実施した試験施工では、施工による繊維のばらつきを想定して、繊維Aを0.35 vol %としたコンクリートを用いて図-10に示す本橋を模擬した試験体を打設した。また、図-10中の斜線部については、施工性を比較するため繊維無混入コンクリートを打設した。さらに、繊維混入率を0.2 %としたコンクリートについて、試験体の打設には使用せず、繊維の分散性およびポンプ圧送性の

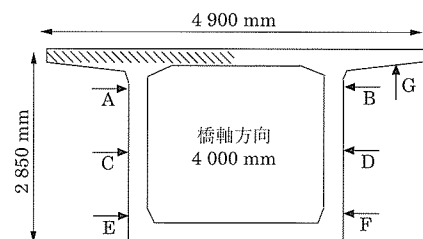


図-10 模擬試験体形状

検討のため試験に供した。

コンクリートはJIS工場で製造し、現場到着後、アジテータ車を高速攪拌させながら繊維を投入して、繊維補強コンクリートを製造した。

試験施工におけるピストン前面圧の測定結果を図-11に示す。試験施工では、理論最大吐出圧力が7.5 N/mm<sup>2</sup>の油圧ピストン式コンクリートポンプを使用し、29.1 mのブーム先端に取付けた8 mのフレキシブルホース(4.5 inch)を介して打設を行った。図-11に示されるとおり、繊維混入の有無によらずすべての配合においてピストン前面圧は1.6 N/mm<sup>2</sup>であり、繊維を混入することによるポンプ圧送性への影響は認められなかった。また、締固めや表面仕上げなどの作業性についても、繊維混入の影響はほとんどなく、普通コンクリートと同様に打設できることを確認した。さらに、型枠脱型後に試験体の表面観察を行ったが、試験体の表面に繊維は見られず、美観上問題がないことを確認した。

繊維の分散性については、硬化後の試験体より、図-10に示すA～Gのコアを採取し、コアに含まれる繊維混入率を測定した。測定結果を図-12に示すが、繊維混入率は0.26 vol %～0.37 vol %の範囲であり、バイブレーターの締固めなどによる試験体上下方向での偏りは認められなかった。すべての測定結果で、繊維Aの混入率0.2 vol %を上回ったことから、繊維Aの混入率を0.35 vol %とすることで、実施工のばらつきを考慮しても、剥落防止性能が十分に確保できることを確認した。これらの検討結果を受け、梅島跨道橋の実施工では、繊維Aを0.35 vol %混入したコンクリートを適用した。

繊維の分散性については、本橋施工時に合計20車のアジテータ車を対象に、荷下ろし開始時、中間時、終了時にて洗い試験を行い、繊維混入率を測定した。繊維混入率は、すべての試験結果で0.2 vol %を上回る結果であり、60回の測定において、平均0.342 %、標準偏差0.027 %と、ほぼ均一に分散する結果であった。

同様に、繊維Bについても、試験施工を実施して施工性、繊維の分散性を確認し、橋長52 m、有効幅員19.94 mのPRC 2径間連続3主版橋の山村第一橋(上り線)に0.5 vol %の混入率で適用している<sup>5)</sup>。

#### 4. まとめ

本検討により、2種類の繊維補強によりコンクリート片剥落対策を確立することができた。

一つは、けい砂付アラミド繊維シートを型枠表面に設置し、コンクリートを打設する繊維シート工法であり、この特徴としては、コンクリートを通常と大幅に変更せずに施工ができ、かつ必要な範囲のみの対策ですむことから非常に低コストで確実に対策が可能であることである。静的破壊材を用いたかぶりの強制剥落試験、模擬版によるかぶり部分の押抜き試験、ひび割れ制御性能評価のための1軸引張試験から、コンクリート片の剥落防止効果を確認した。また、剥落防止だけでなく、ひび割れ幅の制御にも有効であることを確認したが、その定量化には課題が残った。

繊維混入による剥落防止対策では、維持管理を考慮した

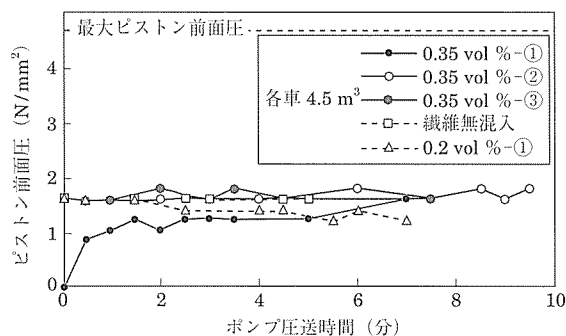


図-11 ピストン前面圧計測結果

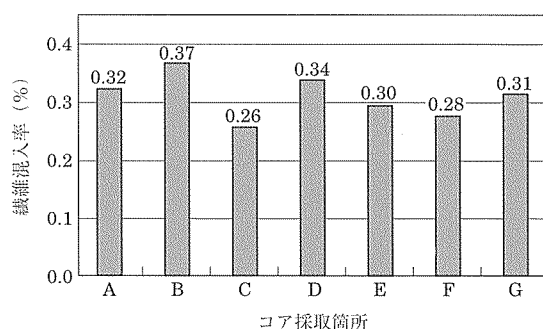


図-12 コア採取による繊維混入率測定結果

非鉄繊維による工法を確立した。材料は、ビニロン繊維とポリプロピレン繊維である。両材料ともに、強制剥落試験、繊維を混入した場合の品質、施工性、コンクリート片の剥落対象を25 mm片とした場合の混入量推定、および繊維分散性をも考慮した繊維混入率について確立し、ビニロン繊維で0.35 vol %、ポリプロピレン繊維では0.5 vol %を混入することにより、剥落対策を確認した。

今後、適用箇所を選定や品質管理手法について課題が残るが、新設橋へのコンクリート片剥落対策を確立できたことは今後の維持管理低減にとって、非常に有効である。

#### 5. おわりに

昔から、土間コンクリートや漆喰にはわら等が用いられており、繊維によりコンクリートを補強する発想は新しいものはない。しかし、コンクリートはメンテナンスフリーで永久構造物という思い込みにより、より高機能なコンクリートの開発が遅れていたように思われる。

現在、JH 静岡建設局では、重要交差箇所を横過する橋梁(跨高速道路橋等)において繊維補強コンクリートの適用を図っている最中である。コンクリートは、入念な施工が行われ十分な密実性を有していれば、劣化に対して十分な抵抗性をもつことは明白であるが、100 % 確実な施工ができないのも現実であり、このようなことに対して、繊維補強を用いることは、決して、コンクリートの不良を是としているものではない。繊維を用いることにより、耐久性やコンクリート片の剥落を防止するという機能向上が主目的であることを忘れてはならない。

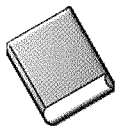
(参考文献)

- 1) 高靱性セメント複合材料の性能評価と構造利用研究委員会報告書, 日本コンクリート工学協会, pp.13, 17, 2002, 01
- 3) 例えば, 平石, 坂田, 林, 山村; 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, pp.469 ~ 474, 2001
- 4) 南, 福永, 平石, 坂田; 剥落防止を目的とした繊維補強コンクリ

ートの実橋への適用性検討, 土木学会第 56 回年次学術講演会, pp.1036 ~ 1037, 2001.10

- 5) 青木, 池田, 田中, 岡本; ポリプロピレン短繊維混入によるコンクリートの剥落防止-予防的措置としての繊維補強コンクリート-, 土木施工, vol.42, No.10, pp.73 ~ 79, 2001.09

【2003 年 6 月 19 日受付】



刊行物案内

## フレッシュマンのためのPC講座

### プレストレストコンクリートの世界

頒布価格：会員特価 3 000 円（送料 400 円）  
 ：非会員価格 3 600 円（送料 400 円）  
 体 裁：A4判, 140頁  
 内容紹介

＝基礎編＝

- 基礎 編1 PCとは何か
- 基礎 編2 PCはどんなものに利用できるか
- 基礎 編3 プレストレスの与え方について考えてみよう
- 基礎 編4 プレストレスは変化する
- 基礎 編5 荷重と断面力について考えてみよう
- 基礎 編6 部材に生じる応力度について考えてみよう
- 基礎 編7 プレストレス量の決め方について考えてみよう
- 基礎 編8 PCに命を与えるには(プレストレスシグとその管理)
- 基礎 編9 PCを長生きさせよう

○申込み先：

(社)プレストレストコンクリート技術協会 事務局  
 〒162-0821 東京都新宿区津久戸町4番6号 第3都ビル5F  
 TEL：03-3260-2521 FAX：03-3235-3370

＝PC橋編＝

- PC 橋 編1 PC橋にはどんなものがあるか
- PC 橋 編2 PC橋を計画してみよう
- PC 橋 編3 PC橋を設計してみよう
- PC 橋 編4 現場を見てみよう

＝PC建築編＝

- PC 建築 編1 PC建築とは
- PC 建築 編2 PC建築にはどんなものがあるか
- PC 建築 編3 プレキャストPC建築の設計について考えてみよう
- PC 建築 編4 PC建築でオフィスを設計してみよう

資 料 PCを勉強するときの参考図書  
 索 引