

## 膨張材を混和したPP繊維補強モルタルの膨張性状

群馬大学工学部 学生会員 ○竹本 詩乃  
 群馬大学工学部 学生会員 木伏 万里花  
 群馬大学大学院 フェロー会員 辻 幸和

## 1. はじめに

短繊維で補強した膨張モルタルは、薄肉部材としての剥離・剥落の抑制効果が期待できる。また、高架橋等の鋼材と合成させ、防錆や剛性の向上および軽量化等が可能となる。短繊維補強材料は、膨張材を混和し、短繊維を拘束材とすることで、材料内にケミカルプレストレスが導入され、その効果が得られる。また、コンクリートにおいては、膨張性能に影響を及ぼす要因は単位膨張材量が支配的であるとされているが、モルタルは配合条件の及ぼす影響がコンクリートに比べ大きく、単位膨張材量のみでは膨張ひずみの評価は困難である。ケミカルプレストレスの利用には、膨張性能を把握することが重要である。その効果を定量的に把握するため、鋼繊維補強コンクリート等について、多くの研究が行われている<sup>(1),(2)</sup>。

本研究では、ポリプロピレン繊維（以下、PP繊維）で拘束した繊維補強モルタルを作製し、膨張材の置換率や拘束材となる繊維の添加率を変化させ、配合条件が膨張特性に及ぼす影響について実験的に検討した結果を報告する。また、膨張コンクリートのケミカルプレストレスを推定する上で有効であるとされる仕事量一定則を利用した、PP繊維補強膨張モルタルの膨張ひずみの推定についても言及する。

## 2. 実験概要

## 2-1 使用繊維と配合

補強材として使用したPP繊維の物性を表-1に示す。

配合条件によるモルタルの膨張性状を検討するため、

砂結合材比が1.0、水結合材比が40%、膨張材の置換率が7%の配合を基準とし、その前後で各々3水準に変動させた。膨張材のセメントとの置換率(Ex)は5、7、10%、水結合材比は30、40、50%、砂結合材比は0.5、1、1.5と変動させた。繊維添加率(Vf)は、いずれもモルタルの

表-1 PP繊維の物性

密度 (g/cm <sup>3</sup> )	0.91
長さ (mm)	12
比表面積 (m <sup>2</sup> /kg)	225
厚み (μm)	18
アスペクト比	667
発火温度 (°C)	360
引張強度 (N/mm <sup>2</sup> )	約440
弾性係数 (N/mm <sup>2</sup> )	約7500

容積比で0~2%の範囲で、3~5水準とした。

## 2-2 供試体の作製とひずみの測定方法

練混ぜにはオムニミキサを使用した。掻き落とし等を含め、3.5分間でモルタルを作製した。その後にPP繊維を添加し、添加率に応じて2~4分間程度の練混ぜの後、成型した。また、高性能AE減水剤を使用したシリーズに関しては、モルタルの作製までの時間を5分間と増加させ、その効果の発現を促した。

一軸拘束膨張率の測定には、JIS A 6202の「コンクリート用膨張材」、附属書1の「膨張モルタルによる膨張性試験方法」を用いた。供試体は、打込み後24時間で脱型した後、水中養生を行い、材齢が1、2、7、14、21、28日において測定を行った。

## 2-3 ひずみの推定方法

膨張ひずみの推定には、仕事量の概念に基づく方法を用いた。膨張した材料がなす単位体積あたりの仕事量は一定であると仮定し、短繊維無添加の場合の仕事量式(1)と、短繊維を添加した場合の仕事量式(2)を等しいとして求める。短繊維を拘束材として換算するための拘束材比は、式(3)により求める。αは短繊維の配向係数とし、短繊維が三次元的に均等に分散されていると仮定した、0.405を用いる<sup>2)</sup>。これらにより、一軸拘束供試体の膨張ひずみは、式(4)により推定される。

$$U_1 = p_s E_s \varepsilon_{ss}^2 / 2 \quad (1)$$

$$U_2 = (p_s E_s + p_{pf} E_{p_f}) \varepsilon_{pf}^2 / 2 \quad (2)$$

$$p_{pf} = \alpha V_f \quad (3)$$

$$\varepsilon_{pf} = \varepsilon_{ss} \sqrt{p_s / (p_s + E_{p_f} p_{pf} / E_s)} \quad (4)$$

$p_s$ : 一軸拘束供試体の拘束鋼材比

$p_{pf}$ : PP繊維を一軸拘束方向に換算した拘束繊維比

$\varepsilon_{ss}$ : PP繊維を含まない一軸拘束供試体の膨張ひずみ

$\varepsilon_{pf}$ : PP繊維を混入した一軸拘束供試体の膨張ひずみ

$E_s$ : 拘束鋼材のヤング係数

$E_{p_f}$ : PP繊維のヤング係数

$V_f$ : PP繊維添加率

$\alpha$ : 配向係数

キーワード 短繊維 ポリプロピレン 膨張材 モルタル

連絡先 〒376-8515 群馬県桐生市天神町1-5-1 TEL 0277-30-1613 FAX 0277-30-1601

### 3. 実験結果

図-1には、基準配合(S/B=1、W/B=40%、Ex=7%)について、各材齢の繊維添加率による膨張ひずみを示す。また、各値は、同一配合の3供試体の平均値である。繊維添加率が膨張ひずみに及ぼす影響は材齢の経過に関わらず、ほぼ一様であり、推定可能な範囲であることが確認された。また、繊維添加率の増加による拘束の影響は小さく、膨張率の低下は小さい。これにより、PP繊維補強モルタルに導入されるケミカルプレストレスの効果はほとんど期待できないことが確認された。他の配合条件においても材齢の影響は小さく、同様の傾向を示した。つまり、膨張ひずみはPP繊維の補強による影響をほとんど受けず、推定が可能であると考えられる。

砂結合材比が異なるモルタルの繊維添加率による膨張ひずみを図-2に示す。砂結合比が増加すると、相対的に膨張材量が減少するため、膨張ひずみは低下するが、PP繊維補強モルタルに関しても同様の傾向が確認できた。砂結合材比が小さくなるに従い、推定値よりも実測値が大きくなる傾向にある。

図-3には、水結合材比ごとの繊維添加率による膨張ひずみを示す。水結合材比が40%に比べ、50%の配合において、推定値と実測値との差が大きく、期待される膨張が得られなかった。水分量の増加により、流動性が増し、一軸方向への配向性が向上することで、繊維による拘束力が増加することが考えられる。しかし、推定式の配向係数 $\alpha$ を1.0とした場合でも、結果のような大幅なひずみの低下を説明できない。つまり、繊維添加率の増加により、水結合材比の大きな配合では膨張能力自体が低下する傾向があると考えられる。

膨張材置換率が異なるモルタルの繊維添加率による膨張ひずみを、図-4に示す。Exが7%までのモルタルについては、ばらつきはあるが、繊維添加率による変化は小さく、推定可能な範囲である。しかし、Exが10%と大きくなると、繊維添加率によって膨張率が受ける影響は著しい。前述したように、PP繊維による拘束の効果自体は小さいため、膨張が拘束されたとは考えにくい。つまり、膨張材量が多くなると、材料内の組織構造が繊維添加率の増加により、大きな影響を受け、

#### 【参考文献】

- 1) 辻・古川:鋼繊維で補強した膨張コンクリート部材の膨張特性、土木学会論文集,第384号/V-7,pp.111-118,1987.8
- 2) 古川ら:短炭素繊維で補強した膨張モルタルの性状、コンクリート工学年次論文集,Vol.14,No.1,pp.1045-1050,1992

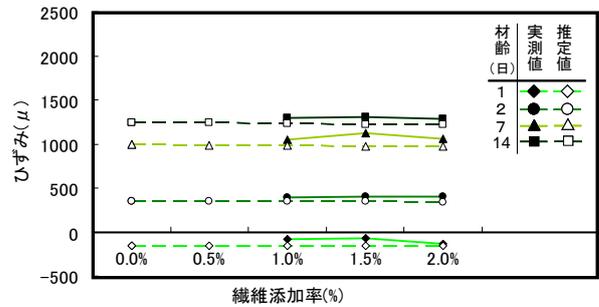


図-1 繊維添加率による材齢の比較

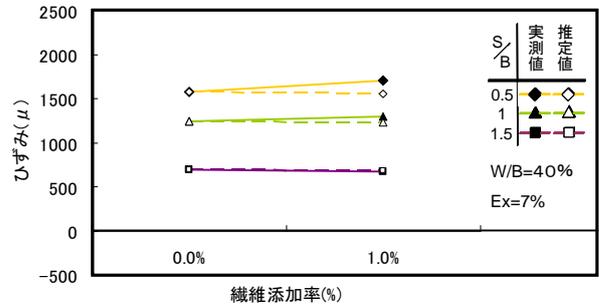


図-2 繊維添加率による砂結合材比の比較

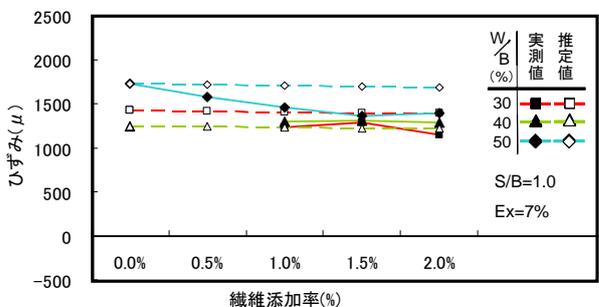


図-3 繊維添加率による水結合材比の比較

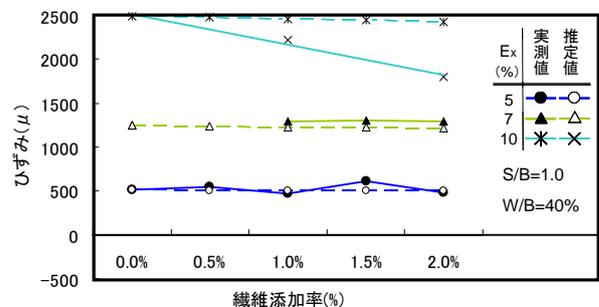


図-4 繊維添加率による膨張材置換率の比較

膨張能力が減少したと考えられる。

### 4. まとめ

PP繊維で補強した膨張モルタルの膨張特性を実験的に検討した結果、以下のことが明らかになった。

- (1)材齢、S/Bの変化に伴う繊維混入の影響は小さい。
- (2)W/Bが大きくなり、膨張材量が多い配合において、繊維の拘束力以上に膨張能力が低下した。
- (3)仕事量一定則に基づくPP繊維補強モルタルの膨張ひずみの推定はおおむね可能である。