

# V—25 繊維強化ポリマーモルタルの靱性に関する研究

北海道工業大学 正会員 犬塚 雅生  
 北海道立工業試験場 長野 伸泰  
 北海道立工業試験場 平野 徹  
 北海道立工業試験場 勝世 敬一  
 北海道工業大学 加賀 卓  
 北海道工業大学 角友 蔵  
 北海道工業大学 鈴木 秀徳

## 1. 緒言

砂などの細骨材を有機系高分子で結合したポリマーモルタルは、硬化性、強度特性、付着性、耐摩耗性、耐凍性、耐薬品性などの点で優れた材料である<sup>1)</sup>。しかし、その破壊挙動は、セメントコンクリートなどと同様脆性でひび割れの成長に対する抵抗は小さく、破断までの許容ひずみも小さいことが知られている<sup>2)</sup>。

セメントコンクリートに対しては高強度の繊維を混入することにより、ひび割れを抑制し、破断エネルギーや破壊強度を増加させて靱性を付与する検討が数多くなされているが、ポリマーコンクリートに関しては報告が少ない<sup>4)</sup>。ポリマーコンクリートは、セメントコンクリートと異なり繊維との付着性が高いので繊維による補強効果が優れていると考えられる。

本報告は、繊維強化ポリマーモルタルに関して各種靱性パラメーターを算出し、それらにより繊維の補強効果を検討したものである。

## 2 実験

### 2-1 材料および供試体作製

繊維強化ポリマーモルタルのマトリックスであるポリマーモルタルは、スチレン 45.2wt%、メタクリル酸グリセロール 30.2wt%、メタクリル酸メチル 14wt%、ポリメタクリル酸メチル 6wt%、スチレン-メタクリル酸メチル共重合体 4.6wt% からなる混合樹脂液と、4号硅砂/5号/6号/8号/パン=21/21/30/13/15の混合物である骨材から構成されている。樹脂液と骨材の配合割合は、樹脂 16%、骨材 84%とした。また、促進剤として、*N,N*-ジメチルアニリン、開始剤として、過酸化ベンゾイルを樹脂に対してそれぞれ 1%、2.4% 使用した。

強化用繊維の性質を表-1に示す。これらの繊維をポリマーモルタルに混入し、表-2に示すような各種の繊維強化ポリマーモルタルを作製した。オムニミキサーを用いて混練し、型枠に打ち込み硬化後脱型し、ダイヤモンドカッターを用いてスパン中心部に、それぞれ切り欠き(幅 1.25mm、先端曲率半径 0.4~0.5mm)を入れ、表-3に示す形状の供試体を得た。

### 2-2 実験方法

#### 2-2-1 静的曲げ試験

静的曲げ試験は、図-1に示す二等分点中央

表-1 強化用繊維の性質

|                              | ポリエチレン繊維            | 鋼繊維                 |
|------------------------------|---------------------|---------------------|
| 密度 (g/cm <sup>3</sup> )      | 0.95                | 7.8                 |
| 繊維長 (mm)                     | 30                  | 25                  |
| 換算径 (mm)                     | 0.9                 | 0.5                 |
| アスペクト比                       | 33.3                | 50.0                |
| 引張り強度 (Kgf/mm <sup>2</sup> ) | 26                  | 40~200              |
| 引張り伸び率 (%)                   | 15                  | 3                   |
| 伸長弾性率 (Kgf/cm <sup>2</sup> ) | 2.2×10 <sup>4</sup> | 2.0×10 <sup>5</sup> |

表-2 繊維強化ポリマーモルタルの種類

|                           | 繊維量 (vol%) | 記号   |
|---------------------------|------------|------|
| ポリマーモルタル                  | 0          | P-L  |
| ポリエチレン繊維強化ポリマーモルタル        | 2          | BF-2 |
| ポリエチレン繊維強化ポリマーモルタル        | 4          | BF-4 |
| 鋼繊維強化ポリマーモルタル             | 2          | SF-2 |
| 鋼繊維強化ポリマーモルタル             | 4          | SF-4 |
| (ポリエチレン繊維+鋼繊維) 強化ポリマーモルタル | 2+2        | M-F  |

表-3 供試体形状

| 寸法 (cm×cm×cm) | 切り欠き深さ (mm) |                  |
|---------------|-------------|------------------|
| 4×4×16        | 0 5 8 13 20 | 静的曲げ試験           |
| 1×4×18        | 0 1.5 3 5   | 静的曲げ試験           |
| 1×4×8         | 0 1.5 3 5   | 静的曲げ試験<br>動的曲げ試験 |

表-4 静的曲げ試験の条件

| 供試体寸法 (cm×cm×cm) | スパン (mm) | 載荷速度 (mm/min)  |
|------------------|----------|----------------|
| 4×4×16           | 12       | 1              |
| 1×4×18           | 16       | 1<br>20<br>200 |
| 1×4×8            | 6        | 1<br>20<br>200 |

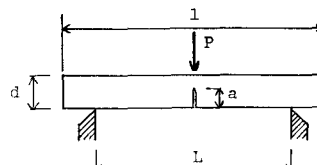


図-1 二等分点中央載荷法

載荷法で行った。尚、各供試体について、表-4に示すように、スパン6  
~12cm、載荷速度1~200  $\frac{mm}{min}$  の範囲で行った。

### 2-2-2 動的曲げ試験

動的曲げ試験は、図-2で示すシャルピー衝撃試験機(ハンマー重量4  
.682kg、ハンマー回転中より打撃中へまでの距離、39.89cm)を用いて行  
った。衝撃荷重の測定は、ロードセルを用いて短時間の荷重時間曲線を、  
メモリスコープに記憶し、レコーダーに記録し  
た。尚、振り上げ角度は、90°および120°で行い  
この時の平均載荷速度は、それぞれ0.9~1.5×10<sup>5</sup>  
1.2~2.1×10<sup>5</sup> ( $\frac{mm}{min}$ ) であった。

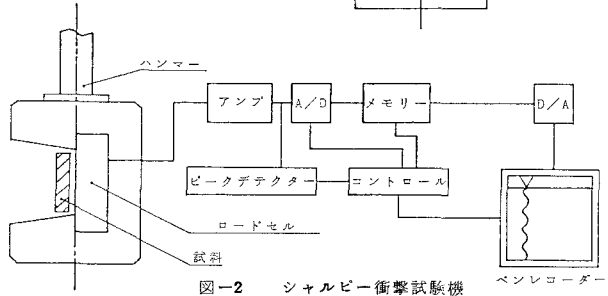
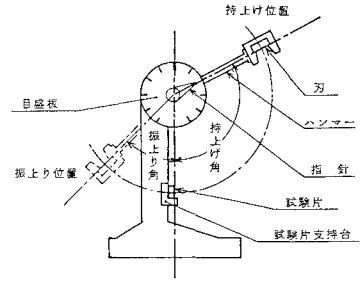


図-2 シャルピー衝撃試験機

### 2-3 各種パラメーターによる靱性評価

#### 2-3-1 最大曲げ強度

静的および動的曲げ試験により得られた最大曲  
げ荷重から次式により最大曲げ強度 $\sigma$ を求めた。

$$\sigma \left( \frac{kgf}{cm^2} \right) = \frac{3PL}{2bd^2} \quad \text{--- (1)}$$

$P$ : 最大曲げ荷重 ( $kgf$ )       $L$ : スパン ( $cm$ )

$d$ : 供試体の厚さ ( $cm$ )       $b$ : 供試体の幅 ( $cm$ )

#### 2-3-2 応力拡大係数

材料中にだ円孔があり、これに垂直に引張り応力がかかる場合(図-3)には、先端  
での最大引張り応力 $\sigma_{max}$ は、先端半径が $\rho$ のとき $\sigma_{max} = \sigma(1 + 2\sqrt{a/\rho})$ で、表わさ  
れる。このとき、先端半径が小さくなって0に近づくとき、き裂先端に働く応力は、非  
常に大きくなる。この大きさを示すのが応力拡大係数であり、応力が集中しているき  
裂近傍において、安定破壊が生ずるのに対する材料の抵抗性を示すパラメーターであ  
る。開口型の変形様式での応力拡大係数 $K_{Ic}$ は、形状係数を $Y$ とすると次式で表わされ  
る<sup>5)</sup>。

$$K_{Ic} = \sigma \sqrt{a} Y \quad \text{--- (2)}$$

ここでは、曲げ試験の中央に切り欠きを入れたノットビームを用いて、破壊までの挙動が線形とみなすことができる動的  
的3点曲げ試験と幾つかの静的曲げ試験の値から、き裂が成長を開始する臨界点での応力拡大係数 $K_{Ic}$ を次式から算  
出した<sup>6)</sup>。

$$K_{Ic} \left( \frac{kgf}{cm^{3/2}} \right) = \frac{3PL}{2bd^2} \sqrt{a} Y \quad \text{--- (3)}$$

したがって、応力拡大係数の値は、見かけの曲げ強度、切り欠き深さ $a$ の1/2乗および形状係数 $Y$ の積に相当す  
る。また、形状係数 $Y$ は、通常スロリーの解析値が用いられる。

$$Y = A_0 + A_1 \lambda + A_2 \lambda^2 + A_3 \lambda^3 + A_4 \lambda^4 \quad \text{--- (4)}$$

(4)式の係数を表-5に示す。

$$\lambda = a/d$$

#### 2-3-3 J積分値

鋼繊維強化ポリマーモルタルは、一般に最大荷重付近では荷重変位曲線が非線形となるため応力拡大係数を用  
いて靱性を評価することはできない。このような場合には、線形材料だけではなく非線形材料に対して適用で  
きるJ積分値 $J$ を求め、靱性を評価することができる。RiceらによるとJ積分値は、初期ひび割れ長さがわず  
かに異なる2個の供試体のポテンシャルエネルギーの差として、次式で表わされる。<sup>7)</sup>

$$J \left( \frac{kgf}{cm} \right) = -\frac{1}{b} \frac{\partial W_t}{\partial a} \quad \text{--- (5)}$$

$b$ : 供試体の幅 ( $cm$ )

$a$ : 切り欠き長さ ( $cm$ )

(5)式は、

$$J \left( \frac{kgf}{cm} \right) = -\frac{\partial W_t}{\partial S} \quad \text{--- (6)}$$

$W_t$ : ポテンシャルエネルギー ( $kgf \cdot cm$ )       $S$ : ひび割れ面積 ( $cm^2$ )

とも表わされ(6)式より、J積分値はひび割れが単位面積だけが增加する際に解放されるポテンシャルエネル

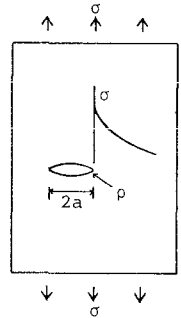


図-3 き裂先端の応力分布

表-5 (4)式の各係数の値

|            | $A_0$ | $A_1$ | $A_2$  | $A_3$  | $A_4$  |
|------------|-------|-------|--------|--------|--------|
| $L_1 = 6d$ | +1.95 | -2.91 | +14.10 | -24.55 | +25.51 |
| $L_1 = 3d$ | +1.93 | -3.07 | +14.53 | -25.11 | +25.80 |

ギーであることがわかる。三点曲げ試験の場合、J積分値はJSME S 001に従<sup>8)</sup>、次式により計算した。

$$J = \frac{2A}{b(d-a)} \quad \text{--- (7)}$$

ここで、Aは荷重変位曲線とX軸との間の面積(Kg・cm)で、Mindess<sup>9)</sup>らの提案に従い最大耐力点までの面積とした。  
2-3-4 表面エネルギー

応力拡大係数やJ積分値は、主にひび割れ発生に対する材料の抵抗性を表わすパラメーターで、最大耐力点以前の領域を対象としており、図-4に示すような最大耐力点以降の破壊挙動の異なる材料についての靱性を評価することは困難である。このような材料特性の違いを表わすために、供試体を完全に破断させるのに要する全エネルギー量Wを求め、それを新しく生成された面積2S(見かけ)で除して表面エネルギー $\gamma$ を求めた<sup>10)</sup>。

$$\gamma = W/2S \quad \text{--- (8)}$$

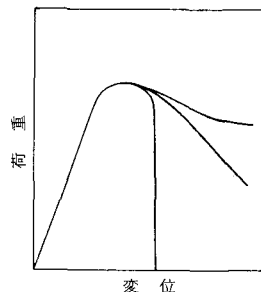


図-4 破壊じん性の異なる材料の荷重変位曲線

### 3. 結果

#### 3-1 繊維強化ポリマーモルタルの荷重変位曲線

図-5に無切り欠きの4×4×6cm供試体を1mm/minで載荷した場合の荷重変位曲線を示す。この図から、ポリマーモルタルは、ひび割れ発生直後に供試体が破断してしまう。低弾性のポリエチレン繊維で強化したポリマーモルタルは、マトリックスにひび割れが発生した直後に全面にき裂が生じて耐力が低下するが、繊維により破断が生じないために変位の進行に伴ない再び耐力が増加しはじめ、極大値に達した後は、緩やかに低下し破断することがわかる。また、繊維混入率が大きい程、ひび割れ発生後の耐力の低下割合が小さく、耐力の回復の極大値は大きくなる。しかし、ひび割れ発生時の耐力よりも大きくなることはなかった。鋼繊維で補強したポリマーモルタルは、強化用繊維の弾性率が高いために、ひび割れ発生が抑制され耐力が増加する。ひび割れ発生後も繊維が荷重を分担するために、き裂先端での応力集中が緩和される。また、ひび割れの成長が抑制されるために、耐力の低下も緩やかである。ポリエチレン繊維と鋼繊維をそれぞれ2vol%混入したポリマーモルタルは、鋼繊維を2vol%混入したものと、最大荷重はほぼ同じ値となるが、それ以降の耐力低下がより緩やかで、ポリエチレン繊維の効果認められた。

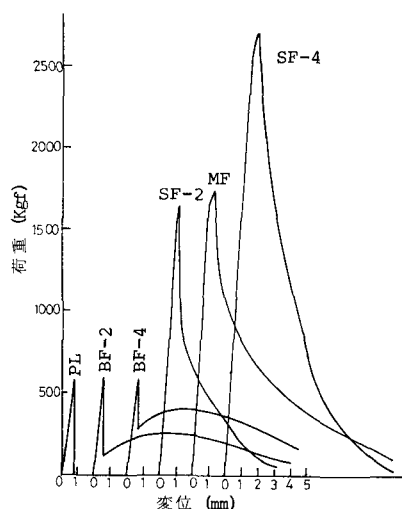


図-5 各試料の荷重変位曲線

表-6 各供試体の曲げ強度

| 供試体断面<br>(cm×cm) | 4×4 |     |     |     | 1×4 |     |     |                     |                     |  |  |  |
|------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|---------------------|---------------------|--|--|--|
| スパン<br>(cm)      | 12  |     |     |     | 16  |     |     |                     | 6                   |  |  |  |
| 載荷速度<br>(mm/min) | 1   | 1   | 20  | 200 | 1   | 20  | 200 | 1.2×10 <sup>4</sup> | 1.7×10 <sup>4</sup> |  |  |  |
| P L (Kg/cm)      | 171 | 159 | 157 | 153 | 214 | 217 | 106 | 333                 | 329                 |  |  |  |
| SF-2 (Kg/cm)     | 415 | 339 | 353 | 346 | 372 | 372 | 376 | 518                 | 514                 |  |  |  |
| SF-4 (Kg/cm)     | 733 | 504 | 508 | 504 | 603 | 612 | 615 | 728                 | 718                 |  |  |  |
| M F (Kg/cm)      | 426 | 349 | 333 | 351 | 381 | 379 | 387 | 455                 | 461                 |  |  |  |

#### 3-2 曲げ強度

表-6に各条件で行った無切り欠き供試体の曲げ強度試験結果を示す。尚、ポリエチレン繊維強化ポリマーモルタルについては、最大曲げ強度がポリマーモルタルとはほぼ同様であったので省略した。ポリマーモルタルの曲げ強度は、150~330(N/cm)でセメントモルタルよりも高い値を示している。鋼繊維の混入は強度に大きな影響をおよぼし、2vol%でモルタルの1.6~2.4倍、4vol%で2.2~4.3倍の値を示した。ポリエチレン繊維と鋼繊維をそれぞれ2vol%混入した場合は、鋼繊維を2vol%混入したものと変わらない。また、これらの値はスパンを長くすると純粋曲げ試験状態に近づくため低下する。載荷速度の影響は、1~200mm/minの範囲では認められないが、図-6に示すように1×10<sup>4</sup>~2×10<sup>4</sup>mm/minの高速で載荷した場合、曲げ強度は、1.2~1.5倍に増加した。しかし、最大荷重が増加する事を除けば、載荷速度の違いによる影響はほと

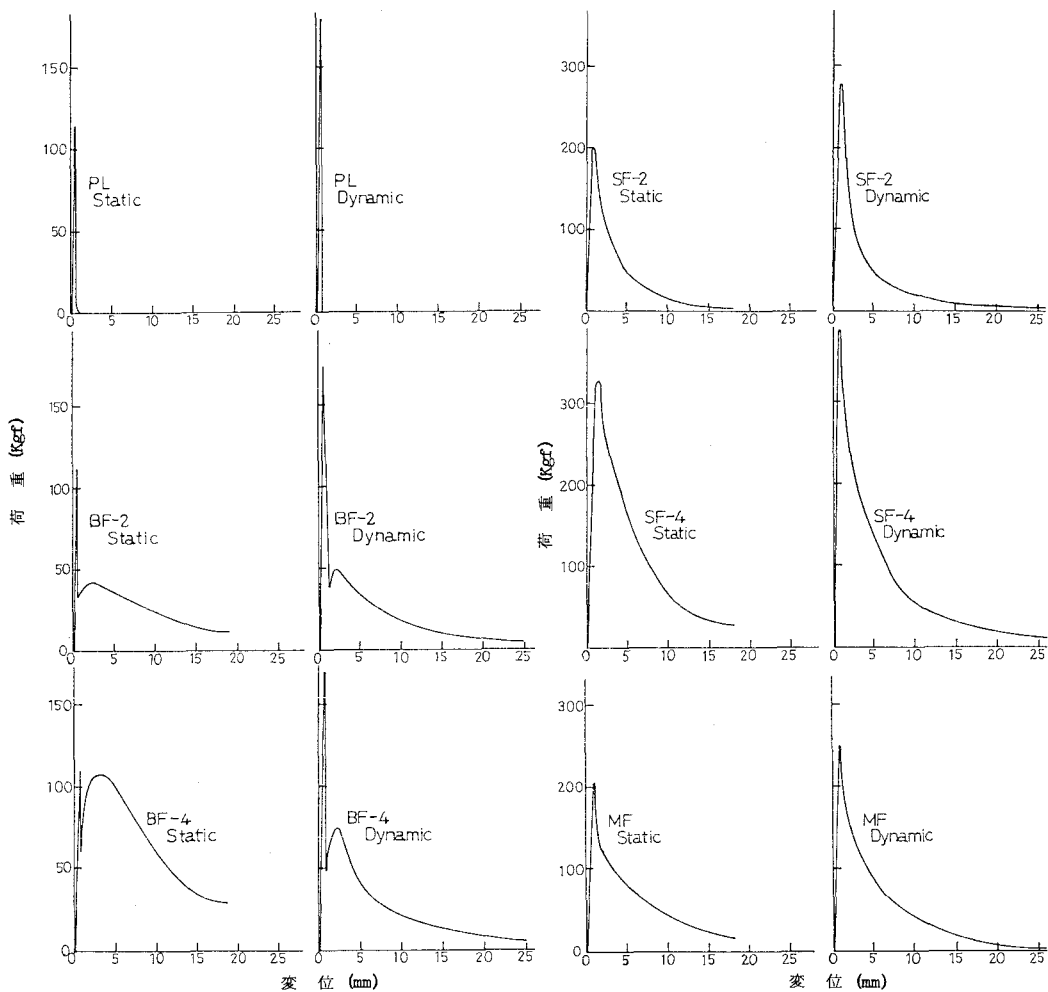


図-6 静的および動的曲げ試験の荷重変位曲線

んど認められず、両者の荷重変位曲線は、非常に類似している。

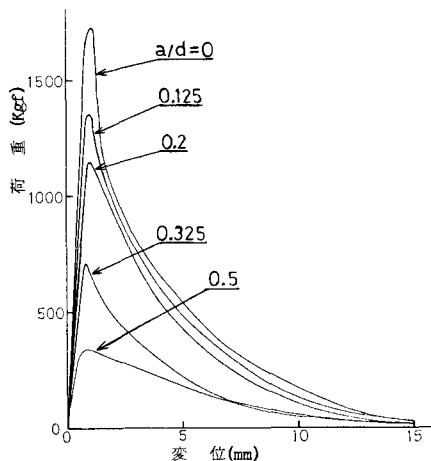


図-7 切り欠き深さが異なる試料の荷重変位曲線

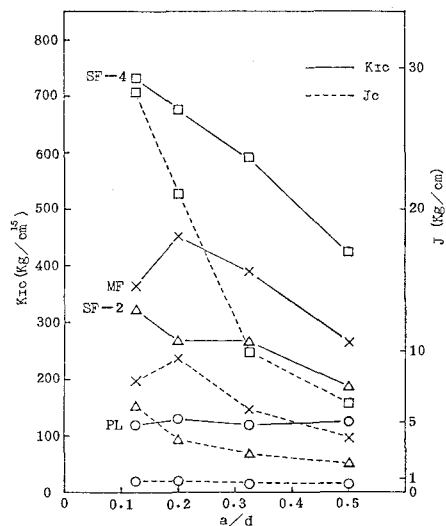


図-8 応力拡大係数および J 積分値の切り欠き深さによる変化

### 3-3 応力拡大係数および丁績分値

図-7に(ポリエチレン繊維+鋼繊維)強化ポリマーモルタルの切り欠き深さを変えた場合の荷重変位曲線の変化を示す。供試体の厚さに対する切り欠き深さの比 $\alpha$ が大きくなるほど、最大値以前での荷重変位曲線の勾配および最大荷重とそれに至る変位がそれぞれ低下していることがわかる。各切り欠き深さでの応力拡大係数および丁績分値は、図-8に示すように、ポリマーモルタルはほぼ一定の値を示したが、繊維強化系は、切り

表-7 各試料の応力拡大係数

| 供試体断面<br>(cm×cm)                         | 4×4   | 1×4                 |                     |
|------------------------------------------|-------|---------------------|---------------------|
| スパン<br>(cm)                              | 12    | 6                   |                     |
| 載荷速度<br>(mm/min)                         | 1     | 1.2×10 <sup>3</sup> | 1.7×10 <sup>3</sup> |
| P L (Kg <sub>f</sub> /cm <sup>2</sup> )  | 123.3 | 218.2               | 230.8               |
| SF-2 (Kg <sub>f</sub> /cm <sup>2</sup> ) | 262.5 | 287.8               | 294.1               |
| SF-4 (Kg <sub>f</sub> /cm <sup>2</sup> ) | 607.2 | 414.3               | 436.4               |
| M F (Kg <sub>f</sub> /cm <sup>2</sup> )  | 366.8 | 303.6               | 344.7               |

表-8 各試料の J 値分値

| 供試体断面<br>(cm×cm)           | 4×4  | 1×4 |     |     |     |     |      |                     |                     |
|----------------------------|------|-----|-----|-----|-----|-----|------|---------------------|---------------------|
| スパン<br>(cm)                | 12   | 16  |     |     |     | 6   |      |                     |                     |
| 載荷速度<br>(mm/min)           | 1    | 1   | 20  | 200 | 1   | 20  | 200  | 1.2×10 <sup>3</sup> | 1.7×10 <sup>3</sup> |
| P L (Kg <sub>f</sub> /cm)  | 0.8  | 0.3 | 0.3 | 0.4 | 0.3 | 0.5 | 0.3  | 0.7                 | 2.0                 |
| SF-2 (Kg <sub>f</sub> /cm) | 3.7  | 3.0 | 4.5 | 3.3 | 3.4 | 4.0 | 5.4  | 6.6                 | 7.9                 |
| SF-4 (Kg <sub>f</sub> /cm) | 16.4 | 8.8 | 8.1 | 7.7 | 7.2 | 9.8 | 10.5 | 13.4                | 13.6                |
| M F (Kg <sub>f</sub> /cm)  | 6.8  | 5.7 | 5.1 | 5.4 | 6.1 | 5.7 | 6.1  | 7.3                 | 11.8                |

表-9 各試料の表面エネルギー

| 供試体断面<br>(cm×cm)           | 4×4  | 1×4  |      |      |      |      |      |                     |                     |
|----------------------------|------|------|------|------|------|------|------|---------------------|---------------------|
| スパン<br>(cm)                | 12   | 16   |      |      |      | 6    |      |                     |                     |
| 載荷速度<br>(mm/min)           | 1    | 1    | 20   | 200  | 1    | 20   | 200  | 1.2×10 <sup>3</sup> | 1.7×10 <sup>3</sup> |
| P L (Kg <sub>f</sub> /cm)  | 0.3  | 0.1  | 0.1  | 0.2  | 0.2  | 0.3  | 0.2  | 0.6                 | 1.1                 |
| BF-2 (Kg <sub>f</sub> /cm) | 5.6  | 3.1  | 4.1  | 5.6  | 6.3  | 6.7  | 6.7  | 7.7                 | 8.8                 |
| BF-4 (Kg <sub>f</sub> /cm) | 10.7 | 7.2  | 8.2  | 10.8 | 12.1 | 12.5 | 12.1 | 13.4                | 14.0                |
| SF-2 (Kg <sub>f</sub> /cm) | 9.2  | 7.0  | 8.0  | 9.8  | 11.5 | 12.4 | 12.5 | 14.2                | 15.4                |
| SF-4 (Kg <sub>f</sub> /cm) | 20.3 | 15.7 | 18.9 | 20.0 | 21.3 | 25.3 | 26.9 | 27.0                | 32.4                |
| M F (Kg <sub>f</sub> /cm)  | 16.4 | 10.6 | 14.2 | 16.2 | 17.0 | 17.9 | 17.4 | 17.6                | 18.2                |

欠き深さが長くなる程低下した。補強材として鋼繊維を用いた場合、打ち込みの際比重の違いから供試体の下部(切り欠き側)に鋼繊維が分布する傾向があり、そのため切り欠き深さが長くなる程低下したと思われる。このような影響をなくすために、平均値を求め表-7.8に示す。鋼繊維強化試料のポリマーモルタルに対する応力拡大係数の増加割合は、曲げ強度の場合とほぼ同様であったが、丁績分値は鋼繊維を2vol%混入した場合、モルタルの4~8倍、4vol%では7~35倍と大きくなる傾向がみられた。

### 3-4 表面エネルギー

表-9に各試料の曲げ破断に要する表面エネルギーの値を示す。表面エネルギーは2-3-4項で述べたようにひび割れ発生後の最大耐力点以降の破壊挙動も含めて算出するため、各試料の荷重変位曲線全域を定量化でき、鋼繊維を2vol%混入するとモルタルの1/4~80倍、4vol%で30~190倍と丁績分値の場合よりも更に大きな変化となる。また、ポリエチレン繊維強化ポリマーモルタルについても求めることができ、2vol%でモルタルの8~40倍、4vol%で13~82倍の値が得られた。

表-10 繊維強化による各パラメータの増加割合

|         | FL | SF-2    | SF-4    | M F     |
|---------|----|---------|---------|---------|
| 曲げ強度    | 1  | 1.5~2.4 | 2.2~4.3 | 1.4~2.5 |
| 応力拡大係数  | 1  | 1.3~2.1 | 1.9~4.9 | 1.4~3.0 |
| J値分値    | 1  | 4~18    | 7~35    | 6~20    |
| 表面エネルギー | 1  | 14~80   | 29~189  | 17~142  |

## 4. 考 察

以上の結果から、次のように考察した。

1) ポリエチレン繊維強化ポリマーモルタルは、マトリックスにひび割れが発生した直後、試料全体にき裂が生じ、その後は繊維だけで荷重を分担する。この場合、き裂発生後の耐力は構造的な耐力とは異なる。こ

のような破壊挙動を示す場合は、曲げ強度、応力拡大係数、丁績分値はプレーンモルタルと同じ値を示すため、それらから繊維の補強効果を求めることはできないが、表面エネルギーからは2vol%でモルタルの8~41倍の3~9(MPa<sup>1/2</sup>)、4vol%で13~82倍の2~14.0(MPa<sup>1/2</sup>)の値を得た。尚、この値は同じポリエチレン繊維で補強したセメントコンクリートの値とほぼ同様であった。

2) 鋼繊維強化ポリマーモルタルは、強化用繊維の弾性率が高いため、ひび割れの発生が抑制され、またき裂先端での応力集中が緩和されて、ひび割れ発生荷重および最大荷重が増大し、その後の耐力低下も緩やかとなる。このような挙動は、表-10に示すポリマーモルタルの各パラメータの値を1とした場合の鋼繊維強化ポリマーモルタルの値からよく理解することができる。また、小柳らによると鋼繊維強化セメントコンクリートの場合、静的曲げ試験での表面エネルギーと衝撃試験でのものは大きく異なると指摘されているが、今回の実験では大きな相

表-11 コンクリート系材料の物性

|                     | 曲げ強度<br>(Kg <sub>f</sub> /cm <sup>2</sup> ) | 応力拡大係数<br>(Kg <sub>f</sub> /cm <sup>2</sup> ) | J値分値<br>(Kg <sub>f</sub> /cm) | 表面エネルギー<br>(Kg <sub>f</sub> /cm) |
|---------------------|---------------------------------------------|-----------------------------------------------|-------------------------------|----------------------------------|
| セメントモルタル            | 50~60                                       |                                               | 0.01~0.03                     | 0.03~0.6                         |
| セメントコンクリート          | 60~80                                       | 30~65                                         | 0.01~0.05                     | 0.04~0.6                         |
| レジンコンクリート           | 150~300                                     |                                               |                               | 0.1~1.0                          |
| 鋼繊維強化<br>セメントコンクリート | 100~200                                     |                                               | 0.1~0.5                       | 1.0~4.5                          |
| 鋼繊維強化<br>レジンコンクリート  | 150~350                                     |                                               |                               | 2~10                             |

異はみられなかった。これは鋼繊維とマトリックスの付着状態の違いによると考えられる。即ち、セメントコンクリートでは繊維との付着が比較的弱いために、衝撃試験では摩擦抵抗が生じるが、静的な載荷条件ではすり抜けが起って、両者の間に大きな差が生ずる。これに対し、ポリマーモルタルでは鋼繊維との付着性が優れているために、載荷速度による影響がみられなかったものと思われる。

3) 鋼繊維強化ポリマーモルタルの物性は、表-11に示す他のコンクリート系材料と比較すると、いずれのパラメーターも大きな値を示しており、曲げ強度ばかりでなく靱性を向上した。これは、マトリックスであるポリマーモルタルが高強度で、かつ、鋼繊維との付着性が高いために、最大耐力とそれに至る変位が大きく、また最大荷重以後の耐力低下が緩慢な破壊挙動を示すためである。

## 5. ま と め

繊維強化ポリマーモルタルの静的および動的曲げ試験から、各種靱性パラメーターを求め、この材料の破壊靱性について検討し、次の結果を得た。

1) ポリエチレン繊維による補強効果は、構造的な耐力の増加の点では認められなかった。しかし、繊維により供試体の破断が免れるために見かけの表面エネルギーは増大し、2vol%混合した場合、モルタルの8~41倍、4vol%で13~82倍となった。

2) マトリックスとの付着性に優れた鋼繊維で補強したポリマーモルタルは、最大荷重と破断に至る変位が大きくなるために、曲げ強度、応力拡大係数、丁積分値および表面エネルギーの値が増大した。これらの値は他のコンクリート系材料と比較すると高強度、高靱性値を示している。このことから、鋼繊維強化ポリマーモルタルは、繊維補強効果に優れた複合材料と考えられる。

## 参 考 文 献

1. Hirano, T. et al.: Proceedings of the 4th International Congress on Polymers in Concrete, 333-338 (1984)
2. 平野：ポリマーダイジェスト、Vol. 35、No. 5、25-43 (1983)
3. 小柳ら：第3回コンクリート工学年次講演会講演論文集、113-116 (1981)
4. Koyanagi, W. et al.: Proceedings of the 4th International Congress on Polymers in Concrete, 93-98 (1984)
5. 石田：き裂の弾性解析と応力拡大係数、培風館 (1976)
6. Brown, W. F. et al.: ASTM STP-410, 11 (1966)
7. Rice, J. R.: Journal of Applied Mechanics, Transactions, American Society of Mechanical Engineers, Vol. 35, 379-386 (1968)
8. 日本機械学会：弾塑性破壊じん性Jrc試験方法、日本機械学会基準 JSME S 001 (1981)
9. Mindess, S. et al.: Cement and Concrete Research, Vol. 7, No. 6, 731-742 (1977)
10. 小柳ら：コンクリート工学、Vol. 20、No. 4、8-14 (1982)
11. 小林ら：生産研究、Vol. 31、No. 4 (1979)