

**FORCA** フォルカ

# トウシート工法

技術資料 [抜粋版]

新日鉄住金マテリアルズ株式会社  
コンポジットカンパニー

平成 28 年 4 月 1 日

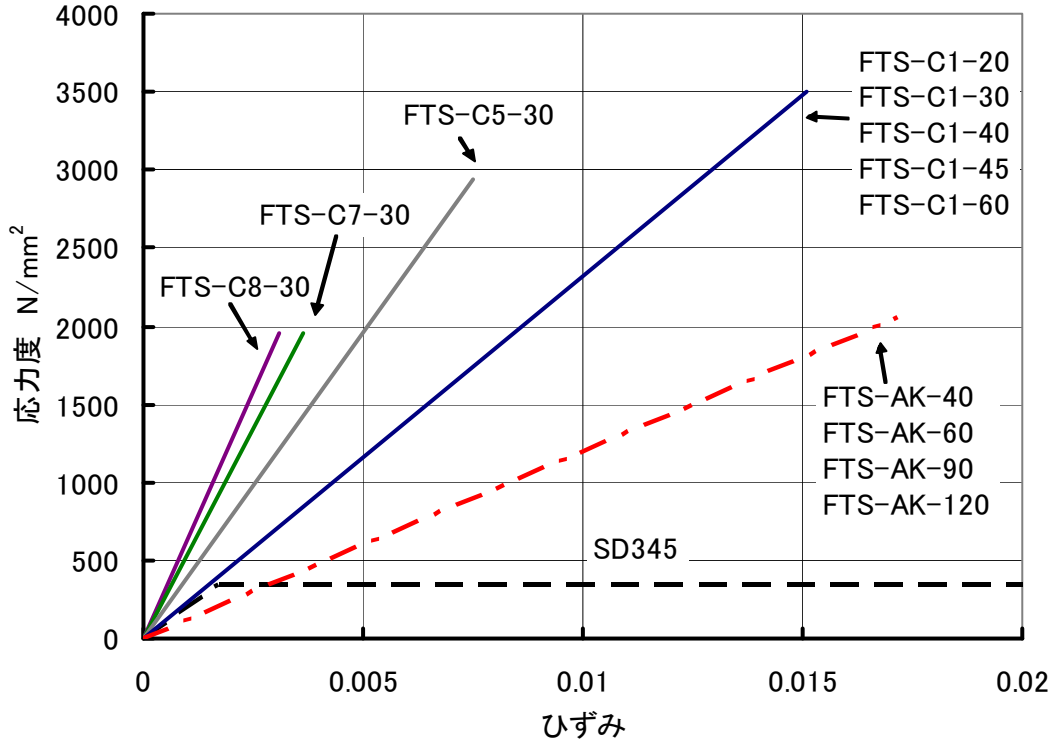
## FORCA トウシート工法

### 関連技術資料 抜粋版

#### 目次

	ページ
1. トウシートの応力 — ひずみ関係	TRS -2
2. トウシートの補強設計に用いる引張強度	TRS -3
3. トウシートの断面積	TRS -7
4. トウシートの継手強度	TRS -8
5. トウシートによるコンクリートとの定着	TRS -10
6. 橋梁床版下面補強工法比較表	TRS -12
7. トウシートと鉄筋の性能比較	TRS -13
8. トウシートと鋼板の性能比較	TRS -14
9. 炭素繊維トウシート引張試験要領	TRS -15
10. アラミド繊維トウシート引張試験要領	TRS -17
11. トウシート接着試験要領	TRS -19
12. 耐久性試験結果 (FTS-C1-20 促進暴露試験結果)	TRS -20
13. 耐久性試験結果 (FTS-C1-30 促進暴露試験結果)	TRS -21
14. トウシートの一時加熱耐熱性評価結果	TRS -22
15. トウシート施工用材料の危険物等級に関して	TRS -23

## 1. トウシートの応力-ひずみ関係



応力ひずみ関係は終局まで直線であり、鉄筋のような降伏現象はない

トウシートの応力～ひずみ曲線は引張試験の結果に基づき、破断まで直線であるとする。

### [ 解説 ]

①トウシートの設計引張強度としては、その破壊様式がコンクリートと同様に直線的な強度増加の過程で脆性的に突然破壊することから、設計上の安全率を十分に採っている。

②トウシートの弾性率は、荷重の初期の段階から破壊まで殆ど変わらず、また、データのばらつきも小さい事が試験で確認されている。

## 2. トウシートの補強設計に用いる設計強度

トウシートの疲労耐久性は、鋼材に比べ非常に優れている事が知られているが、許容応力度法における許容値は、各機関より発行されている設計指針等に記されている値を採用するものとする。

(例)

・炭素繊維補修・補強工法技術研究会 橋梁上部工部会

「炭素繊維シートによるコンクリート構造物の補修・補強 設計・施工マニュアル(案) 橋梁上部工鉄筋コンクリート床版編」 (平成10年3月)

・引張強度の1/3

炭素繊維トウシートの許容応力度(引張強度の1/3)

種類	許容応力度(N/mm <sup>2</sup> )
FTS-C1	1,100
FTS-C5	970
FTS-C5S	800
FTS-C7	630
FTS-C8	630

<参考>アラミド繊維トウシートの許容応力度(炭素繊維に準じた場合)

種類	許容応力度(N/mm <sup>2</sup> )
FTS-AK	690

・建設省土木研究所 共同研究報告書

「コンクリート部材の補修・補強に関する共同研究報告書(Ⅲ)

—炭素繊維シート接着工法による道路橋コンクリート部材の補修・補強に関する設計・施工指針(案)—  
(平成11年12月)

・橋梁上部工 輪荷重による疲労を考慮した許容応力度

1000μひずみ時応力度

炭素繊維トウシートの許容応力度(1000μひずみ相当)

種類	許容応力度(N/mm <sup>2</sup> )
FTS-C1	245
FTS-C5	390
FTS-C5S	440
FTS-C7	540
FTS-C8	640

<参考>アラミド繊維トウシートの許容応力度(炭素繊維に準じた場合)

種類	許容応力度(N/mm <sup>2</sup> )
FTS-AK	120

新日鉄住金マテリアルズ株式会社 コンポジットカンパニー	FORCA トウシート工法技術資料 抜粋版	TRS - 4
		Rev. 13
		2016.04.01

また、耐震設計時・終局荷重作用時の設計強度も各機関より発行されている設計指針等に明記されており、これらに従うものとする。

(例)

○土木関係

- ・ 東日本・中日本・西日本 高速道路 (株)

設計要領 第二集 橋梁保全編 (平成 26 年 7 月) 6 章 耐震補強設計

- ・ 連続繊維シート設計引張強度は、引張強度の 60% とする。
- ・  $\sigma_f = 2040\text{N/mm}^2$  (FTS-C1-20, 30, 40, 45, 60)

- ・ (財) 海洋架橋・橋梁調査会

既設橋梁の耐震補強工法事例集 (平成 17 年 4 月)

炭素繊維シートの設計引張強度  $\sigma_{cf} = 2300\text{N/mm}^2$  (FTS-C1-20, 30, 40, 45, 60)

- ・ 土木学会

「連続繊維シートを用いたコンクリート構造物の補修補強指針」 (平成 12 年 7 月)

- ・ 連続繊維シートの設計引張強度  $f_{fud} = f_{fuk} / \gamma_m$

$f_{fuk}$  : 連続繊維シートの引張強度の特性値

$\gamma_m$  : 材料係数 1.2

トウシートの設計応力度

種 類	引張強度の特性値 $f_{fuk}$ (N/mm <sup>2</sup> )	設計引張強度 $f_{fud}$ (N/mm <sup>2</sup> )
FTS-C1	3,400	2,833
FTS-C5	2,900	2,416
FTS-C5S	2,400	2,000
FTS-C7	1,900	1,583
FTS-C8	1,900	1,583
FTS-AK	2,060	1,716

新日鉄住金マテリアルズ株式会社 コンポジットカンパニー	FORCA トウシート工法技術資料 抜粋版	TRS - 5
		Rev. 13
		2016.04.01

・建設省土木研究所 共同研究報告書

「コンクリート部材の補修・補強に関する共同研究報告書(Ⅲ)

ー炭素繊維シート接着工法による道路橋コンクリート部材の補修・補強に関する設計・施工指針(案)ー」(平成11年12月)

・炭素繊維シートの終局ひずみ：保証ひずみの0.8倍

炭素繊維トウシートの設計引張強度(保証ひずみの0.8倍相当)

種 類	設計引張強度(N/mm <sup>2</sup> )
FTS-C1	2,720
FTS-C5	2,320
FTS-C5S	1,920
FTS-C7	1,520
FTS-C8	1,520

<参考>アラミド繊維トウシートの設計引張強度(炭素繊維に準じた場合)

種 類	設計引張強度(N/mm <sup>2</sup> )
FTS-AK	1,640

新日鉄住金マテリアルズ株式会社 コンポジットカンパニー	FORCA トウシート工法技術資料 抜粋版	TRS - 6
		Rev. 13
		2016.04.01

○建築関係

・日本建築防災協会

「連続繊維補強材を用いた既存鉄筋コンクリート造及び鉄骨鉄筋コンクリート造建築物の耐震改修設計・施工指針」

連続繊維補強材のせん断設計用引張強度  $\sigma_{fd} = \min. [E_{fd} \cdot \varepsilon_{fd}, (2/3) \sigma_f]$

$E_{fd}$  : 規格ヤング係数 230 GPa (FTS-C1-20, 30)

$\sigma_f$  : 規格引張強度 3,400 MPa (FTS-C1-20, 30)

$\varepsilon_{fd}$  : 有効ひずみ度 0.7 %

・日本建築学会

「連続繊維補強コンクリート系構造設計施工指針案」

連続繊維補強材のせん断設計用引張強度  $\sigma_{fd} = \min. [E_{fd} \cdot \varepsilon_{fd}, (2/3) \sigma_f]$

$E_{fd}$  : 規格ヤング係数 230 GPa (FTS-C1-20, 30)

$\sigma_f$  : 規格引張強度 3,400 MPa (FTS-C1-20, 30)

$\varepsilon_{fd}$  : 有効ひずみ  $0.009 - 0.0002 \cdot \rho_{wf} \cdot E_{fd} / \sigma_B$

ただし、 $\rho_{wf} \cdot E_{fd} / \sigma_B > 20$  の場合は  $\varepsilon_{fd} = 0.005$

・SR-CF工法 「既存建築物の耐震改修設計施工指針」

CFRPの設計強度  $\sigma_{w(CF)} = 2,300$  MPa (FTS-C1-20, 30)

・CRS-CL工法 「設計施工指針」

CFRPのせん断設計用強度 1,750 N/mm<sup>2</sup>

・ADI-CF耐震補強工法

炭素繊維シートの設計強度 1,600 MPa

新日鉄住金マテリアルズ株式会社 コンポジットカンパニー	FORCA トウシート工法技術資料 抜粋版	TRS - 7
		Rev. 13
		2016.04.01

### 3. トウシートの断面積

トウシートの断面積は、次のように計算する。

トウシートの断面積＝設計厚さ×貼付け幅×積層枚数

#### ○高性能炭素繊維シート

品番	FTS-C1-20	FTS-C1-30	FTS-C1-45	FTS-C1-60
1層の設計厚さ (mm)	0.111	0.167	0.250	0.333
1m幅×1層の断面積 (mm <sup>2</sup> )	111	167	250	333

品番	FTS-C5-30	FTS-C5S-30	FTS-C7-30	FTS-C8-30
1層の設計厚さ (mm)	0.165	0.163	0.143	0.143
1m幅×1層の断面積 (mm <sup>2</sup> )	165	163	143	143

#### ○アラミド繊維シート

品番	FTS-AK-40	FTS-AK-60	FTS-AK-90	FTS-AK-120
1層の設計厚さ (mm)	0.193	0.286	0.430	0.572
1m幅×1層の断面積 (mm <sup>2</sup> )	193	286	430	572

#### ○床版補強グレード

品番	FTS-EA41	FTS-EA82-1	FTS-EA82-2	FTS-EA82-3
1層の設計厚さ (mm)	0.167	0.209	0.185	0.128
1m幅×1層の断面積 (mm <sup>2</sup> )	167	209	185	128

設計厚さとは、シート目付（シート1㎡当りの繊維含有量）と繊維の密度から算出した厚さ



#### 4. トウシートの継手強度

- (1) トウシートの継手は、繊維方向での重ね継手とする。
- (2) 継手長さは、トウシートの種類により、以下の長さ以上を確保するものとする。

表 トウシートの継手長さ

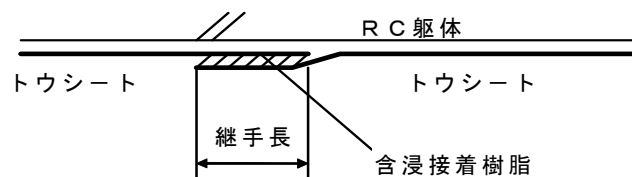
トウシートの種類	継手長さ mm
FTS-C1-20,30,40,45	100
FTS-C1-60	200
FTS-C5-30	100
FTS-C5S-30	100
FTS-C7-30	100
FTS-C8-30,40	100

但し、各機関より発行されている設計施工指針等に記載されている値を採用するものとする。  
(例) 高速道路各社 20cm 以上

- (3) 継手は、トウシートに最大引張応力が作用する位置を避け、複数層積層時には同一箇所に継手を作らないようにする。

[ 解説 ]

② トウシートの継手は下記に示すような重ね継手とする。強度試験の結果、継手部の引張耐力は継手長さとともに上昇し、繊維目付け 450g/m<sup>2</sup>までは継手長さ L = 50mm 以上で、繊維目付けが 600g/m<sup>2</sup>では L = 100mm 以上で、ほぼ材料強度を達成することが確認されている。従って2倍の安全率をとり、目付け 450g/m<sup>2</sup>までは100mm 以上、目付け 600g/m<sup>2</sup>では200mm 以上確保することとした。



トウシートの重ね継手

トウシート FTS-C1-45 の継手長ささと継手強度の関係

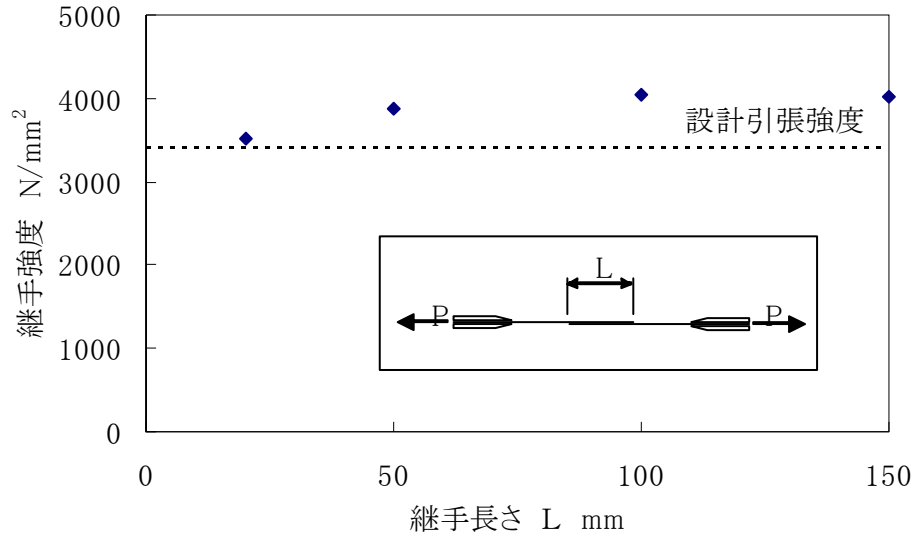


図 トウシート (FTS-C1-45) の継手長ささと継手強度の関係

## 5. トウシートによるコンクリートとの定着

トウシートによるコンクリート補強においては、十分な定着長をとる。各機関より発行されている指針類に定着範囲が明記されている場合にはこれに従うものとする。

(例)

・炭素繊維補修・補強工法技術研究会 橋梁上部工部会

「炭素繊維シートによるコンクリート構造物の補修・補強 設計・施工マニュアル(案) 橋梁上部工鉄筋コンクリート床版編」 (平成10年3月)

床版パネル全体(下面)

・建設省土木研究所 共同研究報告書

「コンクリート部材の補修・補強に関する共同研究報告書(Ⅲ)

—炭素繊維シート接着工法による道路橋コンクリート部材の補修・補強に関する設計・施工指針(案)—

(平成11年12月)

床版 床版パネル全面(下面)

桁 桁下面全面(最低1層)

[解説]

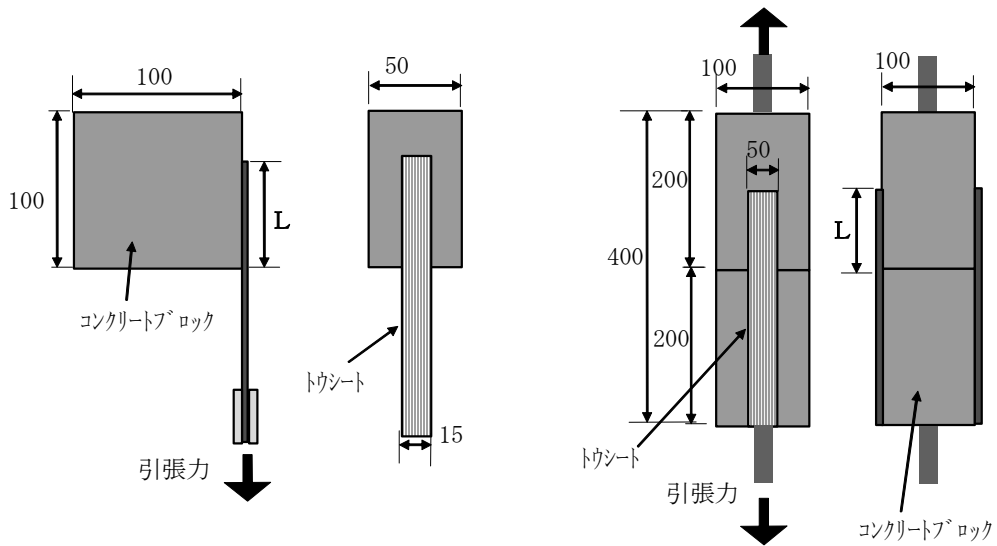
①鉄筋コンクリート構造物の補強目的でトウシートを適用する場合の定着は、接着樹脂によるシートの付着だけである。このため、鉄筋コンクリート構造物に作用する荷重を確実にトウシートに伝えるためには、接着面の付着強度が十分大きいことが必要になる。各機関から発行されている指針類では、これらを考慮した定着範囲が定められている。

②定着範囲に関する規定がない場合には、以下に示す平均付着強度から必要な定着長を算出するものとする。但し、曲げを受ける部材の引張側でトウシートを途中定着すると、定着端部近傍で応力集中を発生させる可能性があるため、定着範囲の決定にあたってはこれらを考慮する必要がある。

$$L_1 = \frac{P_{cf}}{\tau_a} = \frac{\sigma_{cf} t_{cf} n}{\tau_a}$$

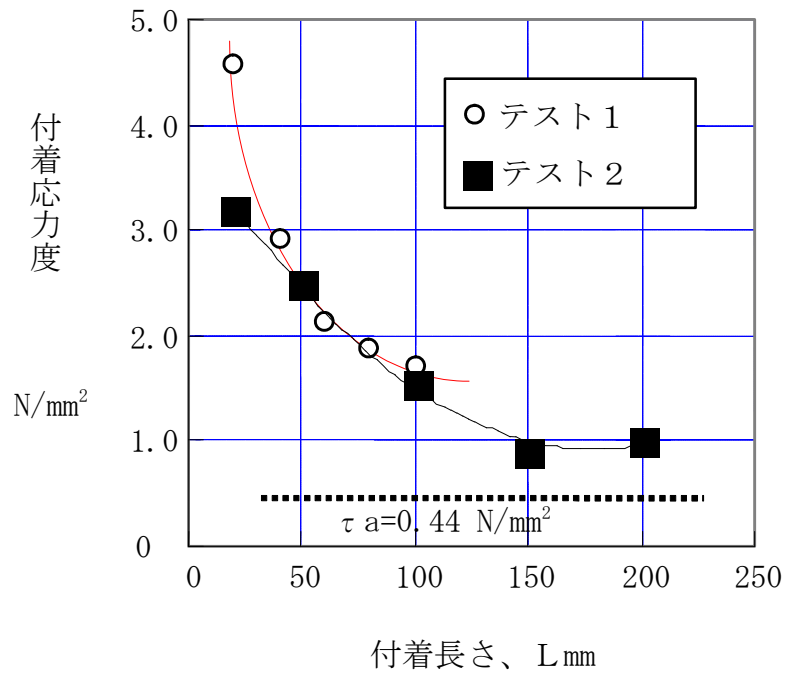
$L_1$  : トウシート必要定着長 (mm)  
 $P_{cf}$  : トウシートの張力 (N/mm)  
 $\sigma_{cf}$  : トウシートの発生応力(N/mm<sup>2</sup>)  
 $t_{cf}$  : トウシートの設計厚さ(mm)  
 $n$  : トウシートの枚数  
 $\tau_a$  : 設計付着強度(0.44N/mm<sup>2</sup>)

実験の結果、コンクリート面との平均付着強度は付着長さと共に小さくなることが判っており、これらの下限値として設計付着強度を  $\tau_a = 0.44 \text{ N/mm}^2$  としている。(図-1 参照)



テスト 1

テスト 2



[ 図-1 ] 平均付着応力度と付着長さの関係

新日鉄住金マテリアルズ株式会社 コンポジットカンパニー	FORCA トウシート工法技術資料 抜粋版	TRS - 12
		Rev. 13
		2016.04.01

6. 橋梁床版下面補強工法比較表

	鋼板接着工法	(鉄筋補強)下面増厚工法	炭素繊維シート接着工法
標準断面	<p>コンクリート床版 鋼板 エポキシ樹脂 アンカー</p>	<p>コンクリート床版 アンカー筋 鉄筋または溶接金網 ポリマーセメントモルタル</p>	<p>コンクリート床版 プライマー パテ 炭素繊維トウシート(n層繰返す) 仕上塗料</p>
工法の概要	床版下面に鋼板をアンカーボルトで固定し、空隙にエポキシ樹脂を低圧注入し鋼板をコンクリートに接着する。	床版下面に鉄筋(溶接金網)等をアンカーで固定し、ポリマーセメントモルタルのコテ塗り等により被覆する。	床版下面にエポキシ樹脂等を使って炭素繊維シートを貼付ける。
性能	<ul style="list-style-type: none"> <li>○床版の耐力が向上する。</li> <li>○コンクリート片の剥落を防止する。</li> <li>○死荷重がやや増加する。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○床版の耐力が向上する。床版厚の増加により抵抗断面が増大する。</li> <li>○コンクリート片の剥落を防止する。</li> <li>○死荷重がやや増加する。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○床版の耐力が向上する。</li> <li>○コンクリート片の剥落を防止する。</li> <li>○死荷重が増加しない。</li> <li>○床版下面の既存のクラック進行を抑制する。</li> </ul>
施工性	<ul style="list-style-type: none"> <li>○供用しながら施工可能。交通規制が不要。</li> <li>○鋼板が重量物のため、重機を必要とする。</li> <li>○漏水があると樹脂が接着不良を起こす。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○供用しながら施工可能。交通規制が不要。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○供用しながら施工可能。交通規制が不要。</li> <li>○漏水があると樹脂が接着不良を起こす。</li> </ul>
使用性・維持管理	<ul style="list-style-type: none"> <li>○橋面防水併用が望ましい。</li> <li>○桁下空間への影響が小さい。</li> <li>○補強後の損傷の確認が困難。</li> <li>○鋼板が腐蝕する懸念がある。定期的な防食塗装が必要。</li> <li>○樹脂の接着不良で鋼板裏面に剥離が起きる場合がある。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○橋面防水併用が望ましい。</li> <li>○桁下空間への影響が小さい。</li> <li>○補強後の損傷の確認が可能。</li> <li>○鉄筋が腐蝕する懸念がある。</li> <li>○モルタルとコンクリートの付着に不安が残る。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○橋面防水併用が望ましい。</li> <li>○桁下空間に影響しない。</li> <li>○補強後の損傷の確認が困難。</li> <li>○腐食がなく長期的な耐久性に優れている。</li> </ul>
工期	○現場工期は比較的短い、鋼板の工場加工が別途必要	○施工条件により大きく変わる	○短い
工事費 (直接工事費)	PL-4.5t 約¥80,000/m <sup>2</sup>	補強筋、増厚量により異なる ¥50,000/m <sup>2</sup> ～	シートの種類・積層数により異なる ¥30,000/m <sup>2</sup> ～

## 7. トウシートと鉄筋の性能比較

鉄筋の降伏応力度  $\sigma_{sy}=295 \text{ N/mm}^2$ 、弾性率  $E_s=2.0 \times 10^5 \text{ N/mm}^2$

1-D 2 2 の公称断面積  $S_s=3.871 \text{ cm}^2$

1-D 1 6 の公称断面積  $S_s=1.986 \text{ cm}^2$

1-D 1 0 の公称断面積  $S_s=0.7133 \text{ cm}^2$

トウシート 1 層を補強した場合の 1m 幅あたりの鉄筋換算量は以下ようになる。

◆強度ベース◆  $S' = S \times \sigma_{cf} / \sigma_{sy}$

	シート 断面積 S ( $\text{cm}^2$ )	シート設計強度 $\sigma_{cf}$ ( $\text{N/mm}^2$ )	鉄筋換算 断面積 S' ( $\text{cm}^2$ )	D22 鉄筋 換算 (本)	D16 鉄筋 換算 (本)	D10 鉄筋 換算 (本)
FTS-C1-20	1.11	2,200	8.278	2.1	4.2	11.6
FTS-C1-30	1.67	2,200	12.454	3.2	6.3	17.5
FTS-C8-30	1.43	1,200	5.817	1.5	2.9	8.2
FTS-AK-40	1.93	1,300	8.505	2.2	4.3	11.9
FTS-AK-60	2.86	1,300	12.603	3.3	6.3	17.7

\* 設計強度  $\sigma_{cf}$  を、引張強度の 2/3 とした場合。

◆弾性率ベース◆  $S' = S \times E_{cf} / E_s$

	シート 断面積 S ( $\text{cm}^2$ )	弾性率 $E_{cf}$ ( $\text{N/mm}^2$ )	鉄筋換算 断面積 S' ( $\text{cm}^2$ )	D22 鉄筋 換算 (本)	D16 鉄筋 換算 (本)	D10 鉄筋 換算 (本)
FTS-C1-20	1.11	$2.45 \times 10^5$	1.360	0.4	0.7	1.9
FTS-C1-30	1.67	$2.45 \times 10^5$	2.046	0.5	1.0	2.9
FTS-C8-30	1.43	$6.4 \times 10^5$	4.576	1.2	2.3	6.4
FTS-AK-40	1.93	$1.2 \times 10^5$	1.158	0.3	0.6	1.6
FTS-AK-60	2.86	$1.2 \times 10^5$	1.716	0.4	0.9	2.4

## 8. トウシートと鋼板の性能比較

### ◆材料物性値◆

	引張強度 (N/mm <sup>2</sup> )	設計強度 $\sigma_{cf}$ (N/mm <sup>2</sup> )	引張弾性係数 $E_{cf}$ (N/mm <sup>2</sup> )	1層の厚さ $t_{cf}$ (mm)
FTS-C1-20	3,400	2,200	$2.45 \times 10^5$	0.111
FTS-C1-30	3,400	2,200	$2.45 \times 10^5$	0.167
FTS-C8-30	1,900	1,200	$6.40 \times 10^5$	0.143
FTS-AK-40	2,060	1,300	$1.20 \times 10^5$	0.193
FTS-AK-60	2,060	1,300	$1.20 \times 10^5$	0.286
鋼板《SS400》	235	235	$2.00 \times 10^5$	-----

\* 設計強度  $\sigma_{cf}$  を、引張強度の 2/3 とした場合。

トウシート積層枚数に相当する鋼板厚は以下のようにになる。

### ◆強度ベース◆ : $t_s = n \times t_{cf} \times \sigma_{cf} / \sigma_{sy}$ $\sigma_{sy}$ : 鋼板降伏強度 235N/mm<sup>2</sup>

	相当鋼板厚さ (mm)				
積層枚数 n	FTS-C1-20	FTS-C1-30	FTS-C8-30	FTS-AK-40	FTS-AK-60
1	1.04	1.56	0.73	1.07	1.58
2	2.08	3.13	1.46	2.14	3.16
3	3.12	4.69	2.19	3.20	4.75
4	4.16	6.25	2.92	4.27	6.33

### ◆弾性率ベース◆ $t_s = n \times t_{cf} \times E_{cf} / E_s$ $E_s$ : 鋼板弾性係数 $2.0 \times 10^5$ N/mm<sup>2</sup>

	相当鋼板厚さ (mm)				
積層枚数 n	FTS-C1-20	FTS-C1-30	FTS-C8-30	FTS-AK-40	FTS-AK-60
1	0.14	0.20	0.46	0.12	0.17
2	0.27	0.41	0.92	0.23	0.34
3	0.41	0.61	1.37	0.35	0.51
4	0.54	0.82	1.83	0.46	0.69



## 9. 炭素繊維トウシート引張試験要領

### 1. 摘要

◆トウシートの引張強度、弾性率を求めるための試験片の作製方法、及び試験方法に関して述べる。

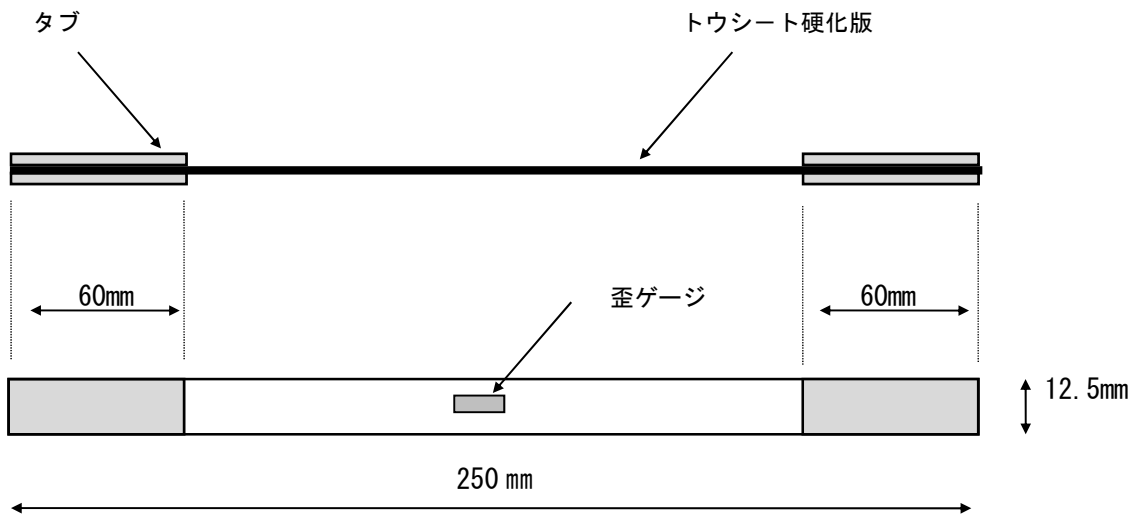
### 2. 試験方法

#### 試験片の作製

◆トウシートを施工樹脂にて含浸硬化させた「短冊状の引張試験片作製手順」は以下の通り。

- ①離型フィルム上に施工樹脂を塗布。
- ②トウシートの張り付け。
- ③樹脂含浸/脱泡。
- ④施工樹脂上塗り/含浸/上側の離型フィルム貼り付け脱泡/養生。
- ⑤カッティング（半硬化時）/養生硬化（室温7日間）。
- ⑥離型フィルム除去後 タブ、歪センサー取り付け。

◆試験片の概略形状は以下の通り。



#### (試験方法)

- ◆ JIS A1191（コンクリート補強用連続繊維シートの引張試験方法）に準拠した試験方法にて実施。
- ◆試験速度は $2 \pm 0.4$  mm/min. , 測定点数は $n = 5$ とする。

新日鉄住金マテリアルズ株式会社 コンポジットカンパニー	FORCA トウシート工法技術資料 抜粋版	TRS - 16
		Rev. 13
		2016.04.01

### 3. 判定基準

n=5 の測定を行い全ての引張強度の値が、各トウシートの規格値を満足し、かつ弾性率の平均値が規格を満足する事を合格とする。

- ◆引張強度は 破断までの最大荷重を試験片幅と試験片の設計厚みで除した値。
- ◆弾性率は 最大荷重の20%～50%の間の応力増加分を歪の増加分で除した値。
- ◆トウシート各グレードの設計厚みは以下の通り。

FTS-C1-20	: 0.111mm/枚
FTS-C1-30	: 0.167mm/枚
FTS-C1-40	: 0.222mm/枚
FTS-C1-45	: 0.250mm/枚
FTS-C1-60	: 0.333mm/枚
FTS-C5-30	: 0.165mm/枚
FTS-C5-45	: 0.247mm/枚
FTS-C5S-30	: 0.163mm/枚
FTS-C7-30	: 0.143mm/枚
FTS-C8-30	: 0.143mm/枚
FTS-C8-40	: 0.190mm/枚

## 10. アラミド繊維トウシート引張試験要領

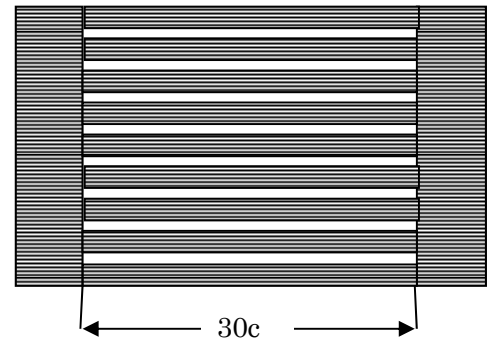
### 1. 概要

アラミドトウシートの引張強度、弾性率を求めるための試験片の作製方法、及び試験方法に関して述べる。

### 2. 試験方法

#### (1) 事前準備

- ①アラミドシートを 25cm 幅×40cm 長さに切断する。
- ②試験体となる繊維束が下記本数になるようにその両側の繊維束 2 束の横糸を切断する。  
(両端部 5cm を残し、中央部の 30cm の横糸を切断する)
- ③除去する繊維束 2 束の端部を切断し繊維軸に沿って繊維束 2 束を取り除く。  
(引張試験体 7 本採取できるように除去する)



- ④繊維束の直線性を保った状態で試験体の両端部をテープで固定する。

FTS-AK-40 : 4 束 (糸数 12 本)

FTS-AK-60 : 6 束 (糸数 18 本)

FTS-AK-90 : 4 束 (糸数 12 本)

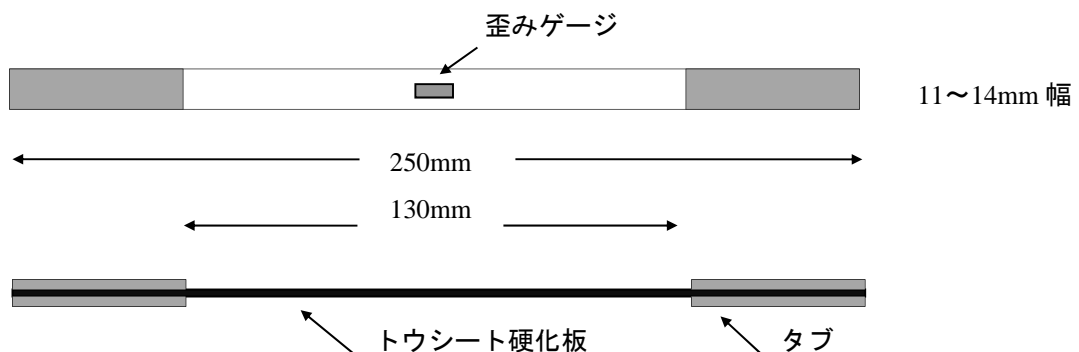
FTS-AK-120 : 5 束 (糸数 15 本)

#### (2) 試験片作製

下記手順にて試験体を作製する。

- ①離型フィルム上に施工樹脂を塗布
- ②事前準備したアラミドトウシートの貼り付け
- ③樹脂含浸/脱泡
- ④施工樹脂上塗り/含浸/上側の離型フィルム貼り付け脱泡/養生
- ⑤カッティング (半硬化時) /養生硬化 (室温 7 日間)
- ⑥離型フィルム除去後 タブ、歪みゲージ取り付け

試験片の概略形状を以下に示す。



(3) 試験方法

JIS A1191（コンクリート補強用連続繊維シートの引張試験方法）のB形試験片の試験方法に準拠した試験にて実施。

試験速度は  $2 \pm 0.4$  mm/min、測定点数は  $n=5$  とする。

3. 判定基準

$n=5$  の測定を行い、全ての引張強度の値がトウシートの規格値を満足し、かつ弾性率の平均値が規格を満足する事を合格とする。

- ・引張強度は 破断までの最大荷重を各グレードの試験片幅と試験片の設計厚みで除した値。
- ・弾性率は 最大荷重の 20%~50%の間の応力増加分を歪の増加分で除した値。
- ・アラミドトウシート各グレードの試験片幅及び設計厚みは以下の通り。

FTS-AK-40 : 13.51mm 幅 0.193mm/枚

FTS-AK-60 : 13.45mm 幅 0.286mm/枚

FTS-AK-90 : 11.56mm 幅 0.430mm/枚

FTS-AK-120: 11.16mm 幅 0.572mm/枚

シート品番	設計厚み (mm)	アラミド繊維数			試験体幅 (mm)
		シート (50cm 幅)		試験体当り	
		本数	束数	束数	
FTS-AK-40	0.193	444	148	4	13.51
FTS-AK-60	0.286	669	223	6	13.45
FTS-AK-90	0.430	519	173	4	11.56
FTS-AK-120	0.572	672	224	5	11.16

## 11. トウシート接着試験要領

### 1. 摘要

- ◆コンクリートとトウシートとの接着強度を求めるための、試験体の作製および試験方法に関して述べる。なお試験は、建研式接着試験による。

### 2. 試験方法

#### ◆ 試験体の作製

◇接着試験用の供試体には、通常トウシートを施工したJ I Sコンクリート平板（JIS A 5371）を用いる。

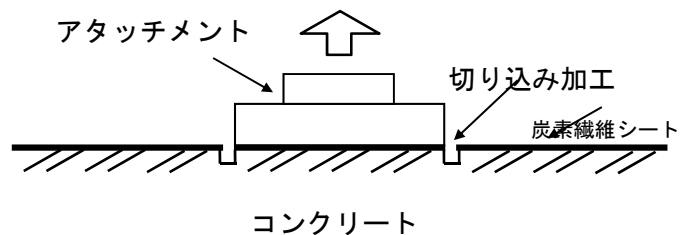
◇作製手順は 以下の通り。

- ① J I Sコンクリート平板のケレン処理（サンダー処理）
- ② プライマーの塗布/養生硬化（指触乾燥）
- ③ 必要に応じ不陸修正材（エポキシパテ）塗布/養生硬化（指触乾燥）
- ④ 施工樹脂の塗布（下塗り）
- ⑤ トウシート貼り付け/含浸脱泡
- ⑥ 施工樹脂の塗布/含浸脱泡（上塗り）
- ⑦ 施工樹脂養生（室温7日）
- ⑧ 接着試験用アタッチメント接着個所の目荒らす（サンドペーパー使用）
- ⑨ アタッチメントの接着/養生硬化
- ⑩ アタッチメントの4辺の切り込み加工（コンクリート面まで確実に切り込みを入れる）

#### ◆ 試験方法

◇接着試験は 建研式接着試験にて実施

◇試験概要は 以下に示す通り



### 3. 判定基準

- ◆接着試験を行ない破壊荷重をアタッチメントの接着面積（通常4 cm×4 cm）で除した接着強度と破壊モード（破壊個所）を求める。

- ◆弊社の施工管理上の判断基準は次の通りである。

接着強度 1.5N/mm<sup>2</sup> 以上あるいは、コンクリートの母材破壊を合格とする。

なお、仕上材(モルプロテックス)の判定基準は、接着強度 1.0N/mm<sup>2</sup> 以上あるいはコンクリートの母材破壊を合格とする。

新日鉄住金マテリアルズ株式会社 コンポジットカンパニー	FORCA トウシート工法技術資料 抜粋版	TRS - 20
		Rev. 13
		2016.04.01

## 12. 耐久性試験結果（トウシート FTS-C1-20 の促進暴露試験結果）

### 1. 目的

2000 時間の促進暴露試験後、引張強度及びモルタル標準板との接着強度が著しく低下しないことを確認する。

### 2. 実験

- ◆供試体
  - 引張試験用：トウシート (FTS-C1-20) に樹脂 (FR-E3P) を含浸し硬化させたもの。
  - 接着試験用：モルタル板 (70×70×20mm) にプライマー (FP-NS) 塗布後、トウシート (FTS-C1-20) を樹脂 (FR-E3P) で含浸、貼り付けたもの。
- ◆暴露試験
  - 試験場所：(財)日本塗料検査協会
  - 暴露試験：JIS A 1415 に規定するサンシャインカーボンWS 型試験機にて暴露試験実施
  - 暴露時間：0, 500, 1000, 1500, 2000 時間の暴露実施
  - 試験期間：平成 6 年 2 月 18 日～平成 6 年 7 月 13 日
- ◆評価
  - 引張試験：JIS A 1191 に準ずる引張試験
  - 接着試験：JIS A 6909 に準ずる接着試験

### 3. 試験結果

各暴露時間にて引張試験 n=5、接着試験 n=4 の試験体を試験し平均値で記す。

#### ◆引張試験結果

促進暴露時間 (時間)	0	500	1,000	1,500	2,000
引張強度 (N/mm <sup>2</sup> )	4,040	4,180	4,540	4,360	4,140

#### ◆接着試験結果

促進暴露時間 (時間)	0	500	1,000	1,500	2,000
接着強度 (N/mm <sup>2</sup> )	2.2	2.1	2.1	1.8	2.1
破壊モード (N/mm <sup>2</sup> )	コンクリート母材破壊	コンクリート母材破壊	コンクリート母材破壊	コンクリート母材破壊	コンクリート母材破壊

### 4. 考察

促進暴露 2000 時間後の引張強度及びモルタル標準板との接着強度の低下傾向は無い。

### 13. 耐久性試験結果（トウシート FTS-C1-30 の促進暴露試験結果）

#### 1. 目的

2000 時間の促進暴露試験後、引張強度及びモルタル標準板との接着強度が著しく低下しないことを確認する。

#### 2. 実験

- ◆供試体
  - 引張試験用：トウシート (FTS-C1-30) に樹脂 (FR-E3P) を含浸し硬化させたもの。
  - 接着試験用：モルタル板 (70×70×20mm) にプライマー (FP-NS) 塗布後、トウシート (FTS-C1-30) を樹脂 (FR-E3P) で含浸、貼り付けたもの。
- ◆暴露試験
  - 試験場所：(財)日本塗料検査協会
  - 暴露試験：JIS A 1415 に規定するサンシャインカーボンWS 型試験機にて暴露試験実施
  - 暴露時間：0, 500, 1000, 1500, 2000 時間の暴露実施
  - 試験期間：平成 7 年 4 月 10 日～平成 7 年 8 月 15 日
- ◆評価
  - 引張試験：JIS A 1191 に準ずる引張試験
  - 接着試験：JIS A 6909 に準ずる接着試験

#### 3. 試験結果

各暴露時間にて引張試験 n=5、接着試験 n=4 の試験体を試験し平均値で記す。

##### ◆引張試験結果

促進暴露時間 (時間)	0	500	1,000	1,500	2,000
引張強度 (N/mm <sup>2</sup> )	4,240	4,290	4,100	4,220	4,510

##### ◆接着試験結果

促進暴露時間 (時間)	0	500	1,000	1,500	2,000
接着強度 (N/mm <sup>2</sup> )	2.1	2.2	2.0	2.1	2.2
破壊モード (N/mm <sup>2</sup> )	コンクリート母材破壊	コンクリート母材破壊	コンクリート母材破壊	コンクリート母材破壊	コンクリート母材破壊

#### 4. 考察

促進暴露 2000 時間後の引張強度及びモルタル標準板との接着強度の低下傾向は無い。

新日鉄住金マテリアルズ株式会社 コンポジットカンパニー	FORCA トウシート工法技術資料 抜粋版	TRS - 22
		Rev. 13
		2016.04.01

## 14. トウシートの一時的加熱耐熱性評価結果

### 1. 概要

◆トウシートによる床版上面補強を考慮して、アスファルト舗装時の一時的加熱によるトウシート強度への影響を検討した。

### 2. 実験

◆アスファルト舗装時の加熱を想定して、150℃×3時間養生後のトウシート引張強度、10cm ラップ強度、モルタル接着強度の評価を実施し、未加熱品との比較を行った。

#### 1) 実験に用いた材料

- ◇トウシート：FTS-C1-20（炭素繊維トウシート）
- ◇プライマー：FP-NS（接着試験のみ使用）
- ◇FR レジン：FR-E3P
- ◇モルタル：7cm 角テスト用モルタル（日本テストパネル社）

#### 2) 試験片の作製

◆トウシートに樹脂を含浸させた後、室温で2日間養生させ、150℃オーブンに3時間放置し、更に5日間室温に放置の後、各種試験を実施した。なお、未加熱品は室温7日間養生で評価した。

◆試験方法は以下の通り。

- 引張試験：JIS A 1191 に準ずる
- ラップ試験：JIS A 1191 に準ずる
- 接着試験：JIS A 6909 に準ずる

### 3. 試験結果

	150℃×3時間	未加熱	品質管理値
引張強度 (N/mm <sup>2</sup> )	4,100	4,460	3,400 以上
ラップ強度 (N/mm <sup>2</sup> )	3,930	3,820	—
接着強度 (N/mm <sup>2</sup> ) (破壊モード)	2.3 (母材破壊)	2.1 (母材破壊)	1.5 以上 または母材破壊

### 4. 考察

◆150℃×3時間の一時的加熱では、物性低下は少なく、また品質管理値を十分上回る値を示しており、アスファルトによる加熱でも問題ないと推定する。



## 15. トウシート施工用材料の危険物等級に関して

### 1. 危険物等級

トウシート施工に用いる各材料の危険物等級を下記に示します。

#### (1) プライマー

品番	危険物等級	指定数量
FP-NS (主剤/硬化剤)	危険物第4類第3石油類	2,000 ㍓ (2,400kg)
FP-WE7 (主剤/硬化剤)	危険物第4類第3石油類	2,000 ㍓ (2,400kg)

#### (2) エポキシパテ材

品番	危険物等級	指定数量
FE-Z (主剤/硬化剤)	指定可燃物 (可燃性固体)	3,000 kg
FE-B (主剤/硬化剤)	指定可燃物 (可燃性固体)	3,000 kg

#### (3) 含浸接着樹脂

品番	危険物等級	指定数量
FR-E3P (主剤/硬化剤)	危険物第4類第3石油類	2,000 ㍓ (2,400kg)

#### (4) 鋼板接着用樹脂

品番	危険物等級	指定数量
FE-A (主剤/硬化剤)	指定可燃物 (可燃性固体)	3,000kg

#### (5) FCコート

品番	危険物等級	指定数量
FC-A (水性1液タイプ)	危険物非該当	—
FC-U 中塗 (主剤/硬化剤)	危険物第4類第2石油類	1,000 ㍓ (1,200kg)
FC-U 上塗 (主剤)	危険物第4類第2石油類	1,000 ㍓ (1,260kg)
FC-U 上塗 (硬化剤)	危険物第4類第1石油類	200 ㍓ (230kg)
FC-F 中塗 (主剤/硬化剤)	危険物第4類第2石油類	1,000 ㍓ (1450kg)
FC-F 上塗 (主剤/硬化剤)	危険物第4類第2石油類	1,000 ㍓ (1300kg)
専用シンナー	危険物第4類第2石油類	1,000 ㍓ (900kg)

新日鉄住金マテリアルズ株式会社 コンポジットカンパニー	FORCA トウシート工法技術資料 抜粋版	TRS - 24
		Rev. 13
		2016.04.01

## 2.保管時の規定

(指定数量倍数が 1.0 を越える場合)

- ・近隣消防署に危険物の一般取扱所としての申請が必要です。
- ・また、保管には危険物取扱者が必要です。

(指定数量倍数が 0.2 以上 1.0 未満の場合)

- ・地方条例に基づき、地域によっては所轄消防署に少量危険物取扱所としての届け出が必要です。

(指定数量倍数が 0.2 未満の場合)

- ・特に届け出は必要ありません。

## 3.指定数量倍数の求め方

- ・各材料について、実際に保有する量を各指定数量で除した値を足して行きます。
- ・例を下記に示します。

(例)

プライマー :FP-NS      50kg  
含浸接着樹脂:FR-E3P    400kg    の場合。

$$\begin{aligned}
 & 50/2400 + 400/2400 \\
 & (\text{FP-NS プライマー}) + (\text{含浸接着樹脂}) \\
 & = 0.021 + 0.167 \\
 & = 0.188
 \end{aligned}$$

- ・ この場合指定数量倍数は 0.188 となります。

※ パテ材(FE-Z、FE-B)、鋼板接着用樹脂(FE-A)は指定可燃物(可燃性固体)に分類される為、指定数量(3000kg)を超える場合に際しては、近隣の消防署に直接お問い合わせ下さい。