

プレコートボルトにおける水性化への取り組み ～メック加工・シーロック加工～

はじめに

プレコートボルトとは、反応性樹脂をマイクロカプセルに封入したものや、特殊配合された合成樹脂をビス、ボルト、プラグ、パイプ等のねじ部に予め塗布加工（コーティング）してねじ自体にシール、ロック、アジャスト、潤滑等の機能を付与させる商品です。お客様は使用する前に接着剤をボルトに塗布すると言った前処理を行う必要が無く、ボルトをそのまま締め付けるだけでシール性やロック性等が発現する非常に便利な商品となります。

プレコートボルトにはその特性上メック加工、シーロック加工、スリーロック加工等の商品群があり、自動車産業、電気・電子産業等様々な分野で長年ご愛顧頂いている商品群です。

これらのプレコートボルトはねじ部に塗布加工する工程において有機溶剤や水を溶媒として使用します。有機溶剤に関してはREACH規制や、VOC規制などの観点から使用制限が強化される傾向にあるため、スリーボンドでは環境に配慮した水性タイプの検討、商品化を行ってきました¹⁾。水性タイプの加工技術も経験、実績ともに向上してきておりますが、一部、有機溶剤タイプからの切り換えが進んでいない商品や、代替となる水性商品の無いケースがあり、スムーズに移行いただける様に水性商品ラインナップの拡充を行ってきております。

また、使用される業界において要求される特性は様々に異なりますが、総じてその要求のレベルは高くなってきており、そのような要望を見据えた新技術、新商品の開発に取り組んでいます。

以下、ThreeBondをTBと略します

目 次	目 次
はじめに.....1	4.水性アクリルメック加工・中強度・ 低カスタイプ開発品B.....5
1.メック加工とは.....2	5.シーロック加工とは.....6
2.水性エポキシメック加工・ボルトナット兼用・ 低カスタイプTB2488E.....3	6.水性シーロック加工・高密着タイプ開発品C.....7
3.水性エポキシメック加工・ 冷熱サイクル高耐久タイプ開発品A.....4	おわりに.....8

1.メック加工とは

メック加工(MEC=micro encapsulation)は、シーラ剤・固着剤が封入されたマイクロカプセルの配合物をボルト、ビス、プラグ、パイプなどのねじ部に特殊加工することで、シーラ、ロックの機能を持たせることができる加工技術です。

メック加工したボルトには、接着剤の本剤成分、硬化剤成分のどちらも存在していますが、それぞれがマイクロカプセルに内包されていることで成分同士の接触を抑えることができます。図-1のように、メック加工したボルトをナットなどに締め付けをすることでマイクロカプセルが破壊されて液体の接着剤成分がにじみ出し、硬化剤等と触れ合います。そして、重合反応を起こして強固に固着し、ねじ部の緩み・漏れを防止します。

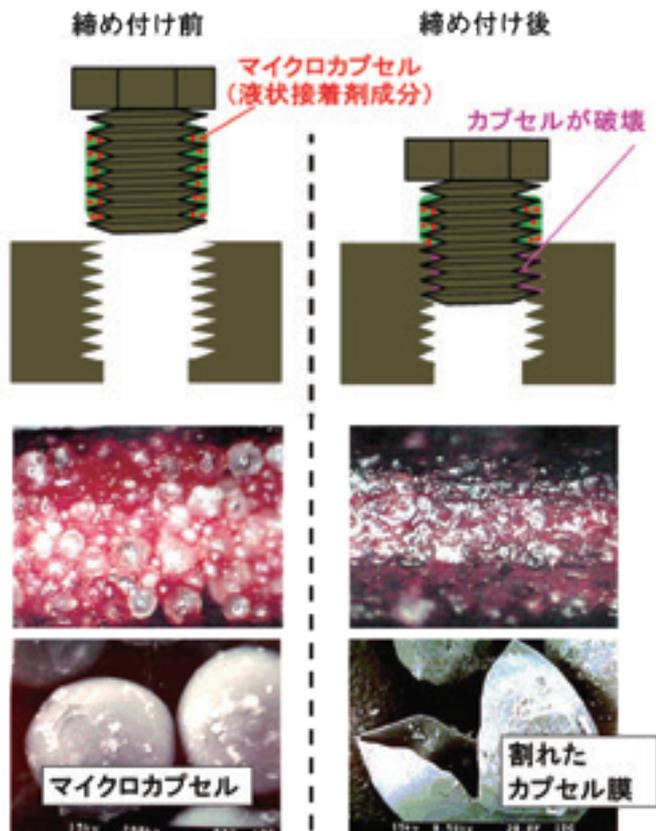


図-1 メック加工品の締め付けイメージ

スリーボンドのメック加工では主成分の分類から図-2に示すアクリルタイプと図-3に示すエポキシタイプを商品化しています。

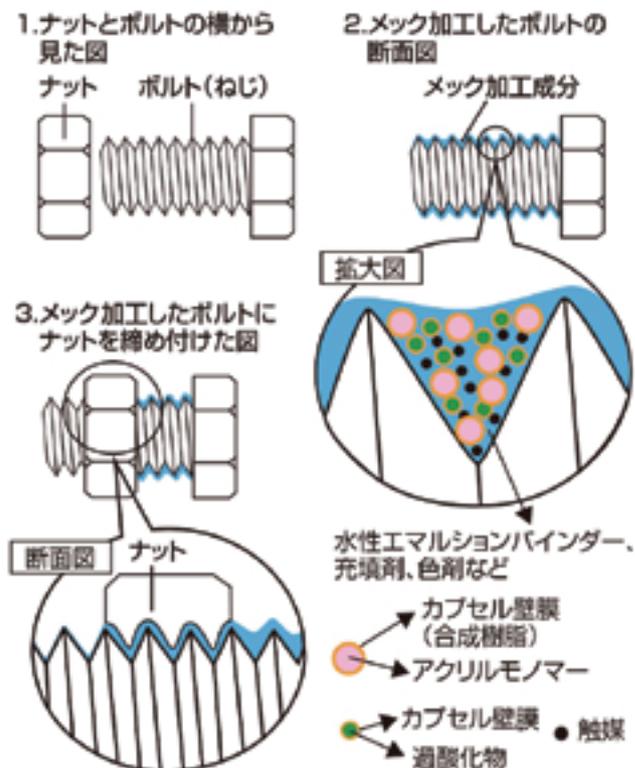


図-2 水性アクリルメックの構成



図-3 水性エポキシメックの構成

2.水性エポキシメック加工・ボルトナット兼用・低カスタイプTB2488E

表-1 TB2488EとTB2481の特性比較

項目	水性タイプ	有機溶剤タイプ
	TB2488E	TB2481
主成分	エポキシ樹脂	エポキシ樹脂
外観	赤	赤
固着力(ボルト加工) ^{※1} 単位:N・m	55~60	55~60
固着力(ナット加工) ^{※1,2} 単位:N・m	50~55	50~55
耐熱限界温度	ロック ^{※3}	80℃
	シール	170℃
適用ねじ最小径(ボルト加工)	M2	M2
適用ねじ最小径(ナット加工)	M3	M3

※1 JIS2級 M10×P1.5 垂鉛めっきクロメート処理ボルト/ナット、締付トルク:30N・m、硬化条件:25℃×48時間

※2 突き出し率:50% (詳細は図-6参照)

※3 締付トルク以上の戻しトルクが得られる温度

ボルトナット兼用・低カスタイプのエポキシメック加工には有機溶剤による加工タイプのTB2481がありますが、TB2488Eは水性タイプのTB2481相当品となります。特性比較を表-1に示します。

有機溶剤タイプのTB2481はエポキシ樹脂本剤のみマイクロカプセルに封入しており、硬化剤はカプセルの外に分散している状態です。一方でTB2488Eはエポキシ樹脂本剤、硬化剤ともにマイクロカプセル化しているため、締め付け前の本剤、硬化剤との接触が少なく保存安定性を飛躍的に向上することが可能となりました(図-4)。

また、締め付け時のカスの発生を抑えるために、水性アクリルメックで初めて実用化した特殊なカプセル壁膜材によるマイクロカプセル化手法を用いています。従来のカプセル壁膜材は硬く脆い特性であった為に、加工時や輸送時の外力によってカプセルが割れやすく、カプセルの最大粒径の制限をせざるを得ませんでした。一方、今回採用した特殊技術を用いることでカプセル壁膜材に靱性を付与することができ、最大粒径を3倍以上にすることが可能となりました。これにより、1つのカプセルにより多くの液状接着剤成分を封入することが可能となり、ねじ締め付け時に割れてカスとなる壁膜材の割合を削減することができました(図-5)。

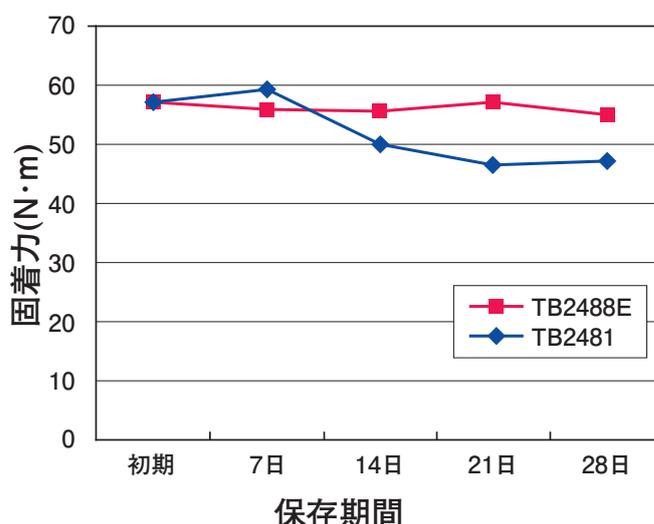


図-4 TB2488EとTB2481の保存安定性 (40℃×95%RH)



図-5 TB2488E ボルト締め後の外観

さらに、TB2488Eはナット加工にも適用が可能です。例えば部品自体に直接ねじがついているものはメック加工をすることができないため、ねじではなくナット内面へのメック加工のニーズも多くあります。

ナット加工に適用させる為には乾燥皮膜の密着性が重要です。ナット内面にメック加工を行いねじへ締め込むと、摩擦等により乾燥皮膜がナットより剥がれてしまうことがあります。ねじの根元へ締め込むに従いナット内面に加工した皮膜が徐々に減少してしまい、締結位置まで締め込むとねじとナットの隙間に十分に皮膜成分が充填されず本来の性能(シール性・ロック性)が得られないということが起こるためです。

TB2488Eでは乾燥皮膜の密着性を向上させ、さらにナットを締め付ける際の潤滑性を向上させる樹脂設計を行うことで、ナット加工においてもシール・ロック機能を発揮することができます。

メック加工したナットにおいて固着力を維持しつつどれだけ長い距離を締め付けられるかを確認する指標として突き出し率があります。図-6に示すようにナットがねじを通過した距離をねじの直径に対しての比率(%)で示したものです。

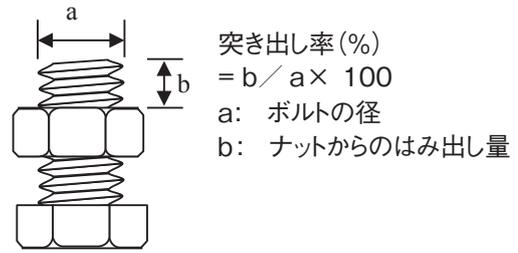


図-6 ボルト突き出し率の模式図

突き出し率別の固着力を図-7に示します。標準として定めている突き出し率50%以上の高突き出し率でも固着力を維持できています。

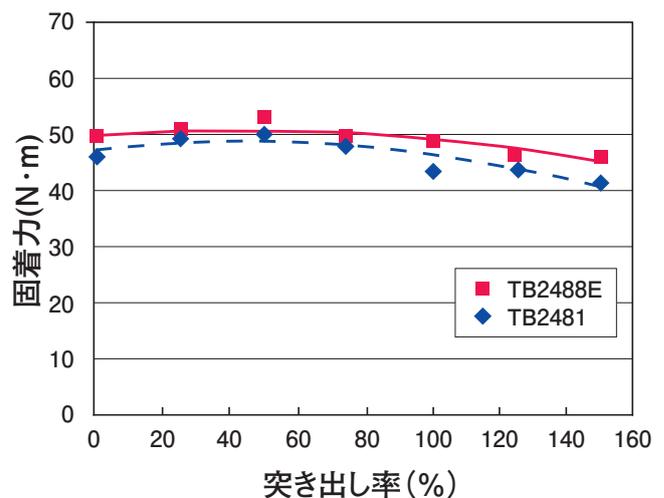


図-7 ボルト突き出し率別固着力

3.水性エポキシメック加工・冷熱サイクル高耐久タイプ開発品A

自動車や重機など輸送機器は、低温から高温まで様々な環境下で使用されます。一方で、表-2に示すように金属素材により線膨張係数は異なります。異種材質のねじ締結部に関しては、高温への変化で雄ねじと雌ねじの隙間が広がることのあるため、それに追従できる樹脂設計が必要です。

表-2 金属素材別の線膨張係数比較²⁾

金属	材質	線膨張係数 (10 ⁻⁶ /°C)
アルミニウム	A5052	23.8
構造用鋼	SS400	11.7
炭素鋼	S45C	12.1
ステンレス鋼	SUS304	17.3
	SUS430	10.4
銅	C1100	17.7
真鍮	C2801	20.8

図-8に示す通り、開発品Aについては低温⇔高温における線膨張変化率が大きく、異種材質の締結部においても樹脂が追従できる設計となっています。そのため、表-3のように開発品Aは低温⇔高温の温度変化(冷熱サイクル)後のシール性が優れています。

また、シール性を発揮するためには雄ねじと雌ねじ間に樹脂が高密度で充填されて締結されることが重要です。開発品Aは低カスタイプであることから締付による樹脂の損失が少なく、締結部に効率的に樹脂が充填できるため、シール性に優れる設計となっています。

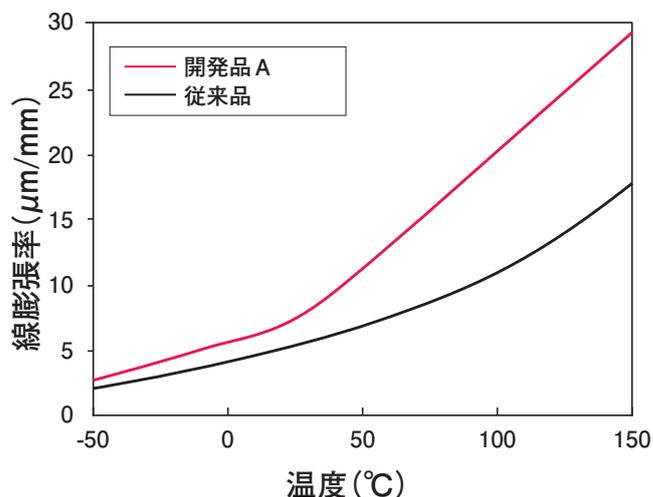


図-8 従来品と開発品Aの線膨張率

表-3 開発品Aの冷熱サイクル後のシール特性

	開発品A	従来品
-40°C⇔150°C 10サイクル後	2MPa漏れ無し	1.5MPaにて漏れ発生
-40°C⇔150°C 20サイクル後	2MPa漏れ無し	—
-40°C⇔150°C 30サイクル後	2MPa漏れ無し	—
-40°C⇔150°C 40サイクル後	2MPa漏れ無し	—
-40°C⇔150°C 50サイクル後	2MPa漏れ無し	—

《試験条件》

- ・ボルト：JIS2級 M10×P1.5垂鉛めつきクロメート処理
- ・シール試験ブロック：A5052 (アルミ)
- ・締付トルク：0N・m
- ・冷熱条件：-40°C ⇔ 150°C 各120分 計240分を1サイクル
- ・試験媒体：窒素ガス (気密)
- ・試験数：n=5
- ・測定条件：3TS-4600-001

4.水性アクリルメック加工・中強度・低カスタイプ開発品B

プレコートボルトの締結時、削れたカスが出てくることがあり、使用箇所によっては周辺機器の不具合を引き起こしたり、美観を損なったりすることがあります。一例として、フランジ面の周辺に使用される場合、締結時に発生したカスがフランジ面に付着すると、貼り合わせ面に隙間が生じてリークすることがあるため、そのような箇所ではカスの出ないことが要望されます。

カスを低減させるためには、樹脂設計、加工技術それぞれが重要です。加工面では、ねじの種類、仕様ごとに適切に、且つムラを極力小さく加工して樹脂量をコントロールすることでカスの低減を図ることができますが、本稿では、樹脂設計における低カスとなる技術を紹介します。

樹脂設計において、カスの発生度合いは、塗料としてのバインダー強度やマイクロカプセル皮膜の柔軟性、カプセル内包物の潤滑性など様々な要素が密接に関係しています。

これまでにスリーボンドでは、低カスタイプの水性アクリルメックとして、低強度タイプのTB2458B、高強度タイプのTB2478を上市しております。

開発品Bでは、主にカプセル内包物の潤滑性を向上させることで、カスの発生を可能な限り抑制することができました。

また、低カスタイプとして低強度から高強度までの範囲をカバーさせるために、開発品Bは中強度タイプで設計しています。水性アクリルメックの特性一覧を表-4に示します。

表-4 水性アクリルメックの特性比較

項目		TB2458	TB2458B	TB2468	開発品B	TB2478
主成分		メタアクリル酸 エステル	メタアクリル酸 エステル	メタアクリル酸 エステル	メタアクリル酸 エステル	メタアクリル酸 エステル
特長		低強度	低強度 低カスタイプ	中強度	中強度 低カスタイプ	高強度 低カスタイプ
固着力 ^{※1}	単位:N・m	30~52	30~50	34~55	34~55	37以上
耐熱限界温度	ロック ^{※2}	100°C	100°C	100°C	100°C	130°C
	シール	170°C	170°C	170°C	170°C	170°C
硬化速度 (20~25°C)	実用強度	30分~1時間	30分~1時間	30分~1時間	30分~1時間	30分~1時間
	最終強度	6時間	6時間	6時間	6時間	6時間
適用ねじ最小径		M3	M3	M3	M3	M3

※1 JIS2級 M10×P1.5 亜鉛めっきクロメート処理ボルト/ナット、締付トルク:30N・m、硬化条件:25°C×24時間

※2 締付トルク以上の固着力が得られる温度

開発品Bは実際に客先で使用する状況を考慮し、高速締付での低カス性を実現しています。

締結を行う現場においては作業効率を上げるために、トルクレンチではなくインパクトレンチなどを用いて高速で締付を行います。そのような条件ではカスは発生しやすい傾向にあります。それは、高速締付では締付によってマイクロカプセルが破壊された後、潤滑剤として働くマイクロカプセル内包物が塗膜の表面に十分に浸透する前に締付が進行してしまい、潤滑効果が十分に得られないためと考えられます。

開発品Bでは適切な加工条件を設定することで、図-9に示すように高速締付においてもカスの発生を可能な限り抑制し締結を完了することができます。

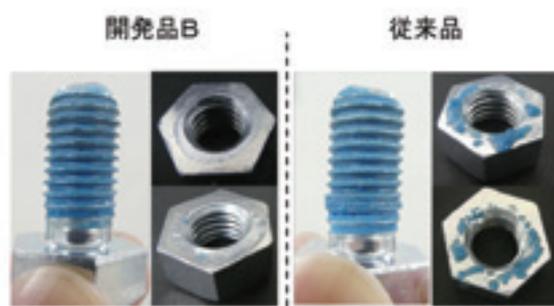


図-9 開発品Bのインパクトレンチによる締付、取り外し後の外観

5. シーロック加工とは

シーロック加工とは、プラグや継手などのねじ部に非反応系のフッ素樹脂を主成分とした混合物をコーティングすることで、潤滑、シール特性を持たせる加工技術です。非反応系ですので締付直後に特性を発揮することができ、取り外しも容易に行うことができます。シーロック加工品の使用例を図-10に示します。

シーロック加工もメック加工と同様に水性タイプの開発を行ってきました。一部特性面で有機溶剤タイプから水性タイプへの置換ができないケースがありましたが、そういった場面に適用可能な開発品Cについて紹介いたします。

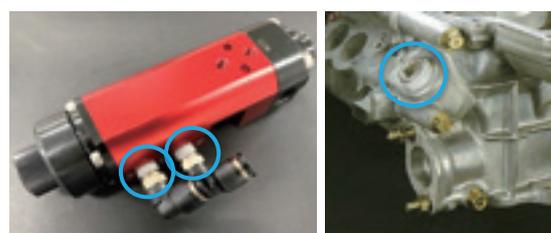
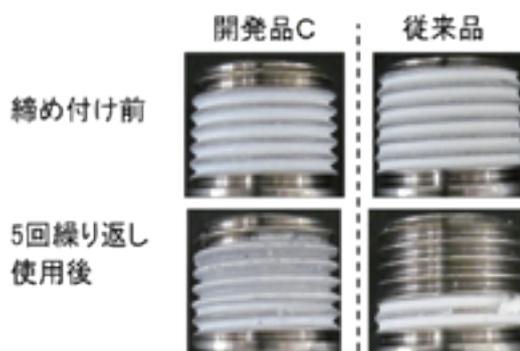


図-10 シーロックの使用箇所

6. 水性シーロック加工・高密着タイプ開発品C

シーロック加工は主にプラグや継手に使用されますが、雄ねじ-雌ねじ間の隙間が狭い場合には、塗膜を剥がそうとする力が強くなります。また、使用箇所によっては水分が付着したり、繰り返しの使用が想定されることから、密着性の高いシーロック加工が要望されています。

開発品Cでは、水分が付着したり、繰り返しの使用が想定される箇所への使用でも密着性が維持できるような樹脂設計となっています。繰り返し使用後の外観を図-11に示します。



※無電解ニッケルめっき処理 PT1/4プラグ、締付トルク:7.0N・m

図-11 繰り返し締め付け後の外観

表-5 シーロックのシール特性

	有機溶剤タイプ		水性タイプ	
	TB2350B	TB2353	TB2358	開発品C
油密 25°C	12MPa漏れ無し	12MPa漏れ無し	12MPa漏れ無し	12MPa漏れ無し
油密 170°C	漏れ有り (80°C6MPa)	漏れ有り (150°C4MPa)	12MPa漏れ無し	12MPa漏れ無し
水密 25°C	2MPa漏れ無し	2MPa漏れ無し	2MPa漏れ無し	2MPa漏れ無し
気密 25°C	2MPa漏れ無し	2MPa漏れ無し	2MPa漏れ無し	2MPa漏れ無し

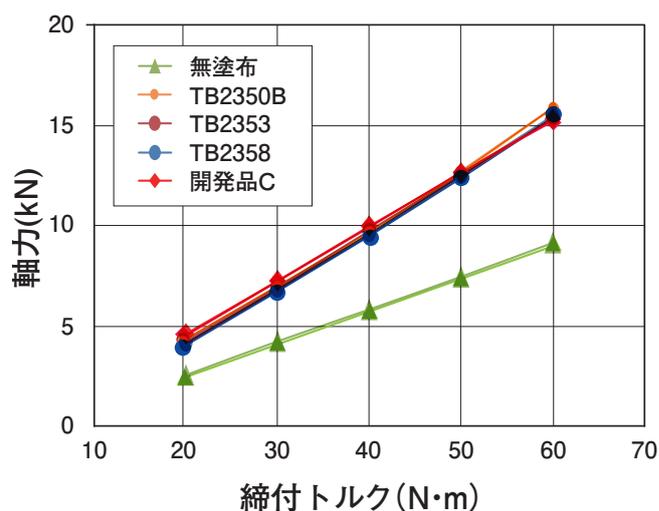
《試験条件》

- ・プラグ:PT3/4 亜鉛めっきクロメート処理
- ・試験媒体:タービン油(油密)、水(水密)、窒素ガス(気密)
- ・シール試験ブロック:A5052(アルミ)
- ・試験数:n=6
- ・締付トルク:44N・m
- ・測定条件:3TS-4600-001

その他特性においても、開発品Cは有機溶剤タイプのシーロック加工であるTB2350B、TB2353と同等以上の特性です。特に、フッ素樹脂をねじ部に密着させるバインダーの選定により、締結部が高温になった際にもシール性が維持できる設計となっています(表-5)。

軸力は、ねじの締付トルクに応じてねじの軸方向にかかる引張力ですが、ねじ部や座面の摩擦力により変化します。プレコートボルトにおいては加工していないものより摩擦が低減されるため、同じトルクで締め付けた際の軸力は高くなります。

開発品Cの軸力は既存のフッ素系シーロック加工と同等であり、現在有機溶剤タイプを使用している場合にも、締付条件を変更すること無く水性タイプへの置換が可能です。シーロックの軸力比較結果を図-12に示します。



<軸力試験条件>

- ・ボルト: JIS2級M10×P1.5 亜鉛めっきクロメート処理 六角ボルト 強度区分10.9
- ・ナット: ISO1種 亜鉛めっきクロメート処理 六角ナット
- ・試験機: 日本計測システム(株)製 ねじ締付試験機 NST-500NM

図-12 シーロックの軸力特性

おわりに

これまでスリーボンドでは有機溶剤タイプのプレコートボルトに相当する水性品を上市してきました。ただし、先述のように時代とともに環境規制やお客様の要求が高まってきているのが現実です。産業界に貢献できるように新技術、新商品の開発を行うとともに、これまでの技術、経験に固執することのない新たな用途開発に取り組んでまいります。

<参考文献>

- 1) 前田康雄ほか, スリーボンド・テクニカルニュース 80 (2012)
- 2) 湯本電機株式会社, ウェブサイト
<https://www.yumoto.jp/technology/onepoint/coefficient-of-linear-expansion>

株式会社スリーボンド 研究開発本部

開発三部 工材開発課 丹羽 真之
中村 文也
曾我 哲徳
浅井 邦康
本木 督和

- 本書に記載してある技術データは、当社規定の試験方法による実測値の一例であり、保証値ではありません。また、本書で紹介している用途は、いかなる知的財産権にも抵触しない事を保証するものではありません。
- ThreeBond、スリーボンド、メック、スリーロック、シーロック、プレコートボルト・シーロック、プレコートボルト・スリーロックは、株式会社スリーボンドの商標または登録商標です。

