

December 2015

ClassNK

構造用接着剤使用のためのガイドライン

[日本語/Japanese]



- 
- このガイドラインの一部が、特許権、出願公開後の特許出願、実用新案権又は出願公開後の実用新案登録出願に抵触する可能性があることに注意を喚起する。
 - 一般財団法人 日本海事協会は、このような特許権、出願公開後の特許出願、実用新案権又は出願公開後の実用新案登録出願に係る確認について、責任はもたない。

はじめに

造船における構成材料の接合方法は、使用材料の変化とともにさまざまな手法が用いられてきたが、鋼・アルミニウム軽合金等金属材料の出現の後は、リベットから溶接に変化し、その後大きく変わることなく今日に至っている。

一方、同様に金属材料を使用する自動車業界では、軽量化、省エネ等に対する社会的要請から、溶接に代わる接合方法として構造用接着剤による接合が試みられてきており、近年、相当範囲の接合部に使用されて省エネ等で貢献している。

こうした中、本会では、作業環境の改善、作業量の合理化を背景にした関係業界の要請を受け、2011年に強化プラスチック製船舶における接合方法、ガラス繊維基材に有機溶剤を含浸させたもので構成材料を接合する方法(いわゆる”二次接着”)に代わるものとして、構造用接着剤の使用の可能性につき検証した。

この結果、従来の接合方法と同等以上の安全性が確保される構造用接着剤の技術要件の結論が得られ、2012年11月強化プラスチック船規則を改正し同結果を取り入れるとともに、同規則にもとづく構造用接着剤を承認、これが造船の現場に提供されたことから、現場作業環境の改善並びに合理化に貢献したものとして関係者から高い評価を得た。

今般、改めて関係業界から、強化プラスチック船のみならず鋼・アルミニウム製船舶においても、構造用接着剤の使用による作業環境の改善、軽量化或いは作業量の合理化等が期待されるものとして、必要な要件の策定への要請があった。

このため本会では、関係機関、関係団体等の協力のもと、構造用接着剤使用のためのガイドライン策定検討会を設置、必要な要件等につき検証した。この結果、船体主要構造部を除く材料、艀装品の接合部を中心に相当の範囲で構造用接着剤の使用が可能であるとの結論が得られ、“構造用接着剤使用のためのガイドライン”として策定することができた。ご協力いただいた関係機関、関係団体等の方々に深く感謝するとともに、本ガイドラインにもとづく構造用接着剤の使用により、造船の現場の一層の合理化、安全確保に貢献できれば幸いである。

構造用接着剤使用のためのガイドライン

目次

| | |
|--|-----------|
| 1章 一般 | 1 |
| 1.1 適用..... | 1 |
| 1.2 施工..... | 1 |
| 2章 構造用接着剤の認定 | 2 |
| 2.1 一般..... | 2 |
| 2.2 同等効力..... | 2 |
| 2.3 認定申込手続き..... | 2 |
| 2.3.1 認定申込書..... | 2 |
| 2.3.2 認定申込者..... | 2 |
| 2.3.3 認定申込書添付資料..... | 2 |
| 2.4 認定基準調査..... | 2 |
| 2.4.1 認定基準調査の目的..... | 2 |
| 2.4.2 調査事項..... | 3 |
| 2.4.3 調査の省略..... | 3 |
| 2.5 認定試験..... | 3 |
| 2.5.1 一般..... | 3 |
| 2.5.2 試験項目..... | 3 |
| 2.5.3 試験方法..... | 3 |
| 2.6 認定通知..... | 7 |
| 2.6.1 認定試験成績書の提出..... | 7 |
| 2.6.2 認定証明書の発行..... | 7 |
| 2.6.3 有効期間..... | 7 |
| 2.7 定期試験..... | 8 |
| 2.7.1 一般..... | 8 |
| 2.7.2 定期試験の申込..... | 8 |
| 2.7.3 定期試験の内容..... | 8 |
| 2.7.4 定期試験の延期..... | 8 |
| 2.7.5 試験成績書の提出..... | 8 |
| 2.7.6 定期試験期日の管理..... | 8 |
| 2.8 臨時試験..... | 8 |
| 2.9 認定の取消し..... | 8 |
| 2.10 表示..... | 8 |
| 3章 構造用接着剤の使用 | 9 |
| 3.1 一般..... | 9 |
| 3.2 設計許容強度..... | 9 |
| 3.3 設計許容強度(接着面積)の算出..... | 11 |
| 3.4 施工要領..... | 12 |
| 3.4.1 作業環境..... | 12 |
| 3.4.2 安全対策..... | 12 |
| 3.4.3 接着..... | 12 |
| 附属書 I 構造用接着剤承認に関する申込書の書式例 | 13 |
| 附属書 II 構造用接着剤の使用候補例 | 15 |
| 附属書 III 構造用接着剤の使用 Q&A | 17 |

構造用接着剤使用のためのガイドライン

第1章 一般

1.1 適用

本ガイドラインは、以下に掲げる接合箇所を使用する構造用接着剤に適用する。

- (1) 強化プラスチック製船舶にあつては、船体構造部材の接合用の構造用接着剤の基準は2012年に本会の「強化プラスチック船規則及び検査要領」として制定されており、これ以外の材料、艀装品等の接合箇所
- (2) 鋼及びアルミニウム製船舶にあつては、当面、関係規則(船舶防火構造規則、船舶機関規則、船舶構造規則、小型船舶安全規則ならびに鋼船規則)で規定される材料は除くものとし、これ以外の材料、艀装品等の接合箇所
- (3) 暴露部にあつては、著しく海水や高温の影響を受ける箇所以外の接合箇所、ただし著しく海水や高温の影響を受ける接合箇所に要求される性能基準に対して、構造用接着剤の性能が十分適合していると認められる場合はこの限りではない。

1.2 施工

- (1) 構造用接着剤の使用にあつては、事前に構造用接着剤製造者と調整し、構造用接着剤の性能が使用箇所の要求基準に適合することを確認すること。
- (2) 施工は、構造用接着剤製造者のインストラクション(技術関係等説明書)に従って適切に実施すること。
- (3) 電路等艀装品の支持金物を天井等に接着する場合にあつては、必要に応じボルト等で適当に補強すること。
- (4) 接合する材料の形状、配置によって、接着面の端部など局所的に過剰な応力が集中するおそれがある場合は、スチフナ等で適当に補強すること。
- (5) 電気製品の取付台を船体に接着する場合にあつては、必要に応じて当該設置台を有効に接地(アース)すること。

第2章 構造用接着剤の認定

2.1 一般

本章の規定は、構造用接着剤の認定に関する試験、検査等に適用する。

本会は、製造者の要求があれば、構造用接着剤について試験、検査等を本会検査員のもとに行い、これに合格すれば認定材料として取扱う。

2.2 同等効力

本会が本ガイドラインの規定に適合するものと同等の効力があると認める場合は、これを本ガイドラインに適合するものとみなす。

2.3 認定申込手続き

2.3.1 認定申込書

認定を希望する製造者は、構造用接着剤の銘柄、種類を記載した認定申込書(書式例1)1通に、2.3.3に掲げる資料各2部を添えて、本会(本部)に提出する。

2.3.2 認定申込者

認定申込者は材料の製造者とするが、材料の品質を保証する最終責任者であれば必ずしも製造者である必要はない。

2.3.3 認定申込書添付資料

-1. 認定申込書に添付する資料は、次の(1)から(10)とする。

- (1) 会社の経歴
- (2) 工場設備の概要
- (3) 製品の仕様
- (4) 製造法
- (5) 品質管理の方法(社内検査規格及び検査部門の組織を含む)
- (6) 品質保証の方法(クレームの処理)
- (7) 製品の貯蔵方法
- (8) 包装, 荷造, 表示の方法
- (9) 使用実績
- (10) その他本会が必要と認める資料

-2. 前項にかかわらず、下記の(1)から(2)のいずれかに該当する場合は、添付資料の一部又は全部を省略できる。この場合認定申込書にその旨記載する。

- (1) 既に本会の認定を受けた実績があり、その際に提出した資料と重複するものがあるとき。
- (2) 製造法等で製造者の機密に属するもので、提出することができないとき。ただし、本会が必要と認めたときは、その資料の提出を要求することがある。

2.4 認定基準調査

2.4.1 認定基準調査の目的

認定基準調査は、製造者が認定申込の材料を安定した作業のもとで、認定試験に使用したものと同等又はそれ以上の品質のものを継続して均一に製造しうる能力(設備, 技術, 品質管理及び社内検査機構)があるか否かを実地において確認することを目的とする。

2.4.2 調査事項

認定基準調査は、次の(1)から(3)について行う。

- (1) 社内検査部門及び苦情処理部門の確立
- (2) 工場設備及び検査設備の完備
- (3) 各種社内規格、作業標準及び品質管理の確立とその実施状況

2.4.3 調査の省略

過去に認定を受けた材料と同じ設備でほぼ同じと認められる方法で製造する場合及び本会が認定基準調査の必要がないと認める場合は、認定基準調査を省略することができる。

2.5 認定試験

2.5.1 一般

構造用接着剤の認定試験は、接合される材料規格毎に同種材同士で行う。異種材の接合に使用される場合であっても、異種材での試験は要求しない。

2.5.2 試験項目

構造用接着剤の試験項目は、表 1 による。

表 1 構造用接着剤の試験項目

| 試験項目 | | 試験の種類 | |
|------|------------------------|------------------|---------|
| | | 承認時及び 5年ごとの試験 | 1年ごとの試験 |
| (a) | 密度 | ○ | ○ |
| (b) | 粘度 | ○ | ○ |
| (c) | ガラス転移温度* ¹ | ○ | ○ |
| (d) | デュロメータ硬さ* ¹ | ○ | ○ |
| (e) | 硬化収縮率 | ○ | ○ |
| (f) | 引張りせん断強さ | ○ | |
| (g) | 引張りせん断疲労強さ | ○* ² | |
| (h) | 剥離強さ | ○ | |

注

○印は、試験及び検査を行う項目を示す。

*¹ ガラス転移温度とデュロメータ硬さはいずれかを選択する。

*² 承認時にのみ実施することで差し支えない。

2.5.3 試験方法

構造用接着剤の試験方法は、次の(1)から(4)の規定による。

(1) 試験片の形状及び採取方法等

(a) 構造用接着剤の試験に用いる試験片の形状及び採取方法は表 2 による。

(b) (2)(f)及び(g)に掲げる試験に用いる GFRP 積層試験板の作製方法は、次の i)から iv)による。

i) チョップマット及びロービングクロスを交互にそれぞれ積層し、表層面はチョップマットが配置される構成とする。

- ii) チョップマット及びロービングクロスの単位面積当たりの設計重量(g/m^2)
チョップマット: 450
ロービングクロス: 580
 - iii) チョップマット及びロービングクロスガラス含有率(重量比)(%)
チョップマット: 30 ± 3
ロービングクロス: 50 ± 3
 - iv) 試験板の大きさは、原則として表 2 に示すそれぞれの試験条件について、全ての試験片が採取できるものとする。
- (c) (2)(f)及び(g)に掲げる試験に用いる GFRP 積層試験板を主たる評価対象被着材とした場合の評価補助材としてのアルミニウム試験板には、JIS H4000 に規定する A5052P の表面に JIS H8601 に規定する陽極酸化皮膜を施したアルミニウム板を用いる。
- (d) (2)(f)及び(g)に掲げる試験に用いるその他の試験板については、(a)による。
- (2) 試験の方法
- 表 2 に掲げる試験に対する試験の方法は次の(a)から(h)又は本会が適当と認める規格による。
- (a) 密度
試験方法は JIS K6833-1(2008)に規定される比重カップ法又は比重瓶法による。
 - (b) 粘度
試験方法は JIS K6833-1(2008)に規定される単一円筒形回転粘度計、共軸二重円筒形回転粘度計又は円錐-平板形回転粘度計を用いた測定方法による。
 - (c) ガラス転移温度
試験方法は JIS K7121(1987)に規定される示差熱分析又は示差走査熱量測定による。
 - (d) デュロメータ硬さ
試験方法は JIS K7215(1986)による。
 - (e) 硬化収縮率
試験方法は JIS K6911(2006)に規定される成形収縮率の測定方法又は JIS A6024(2008)の硬化収縮の測定方法による。
 - (f) 引張りせん断強さ
 - i) 試験方法は JIS K6850(1999)による。
 - ii) 構造用接着剤が GFRP の接合に使用される場合、試験には表 2 に掲げる寸法の GFRP 積層試験板及びアルミニウム試験板による試験片を用いる。
 - iii) 構造用接着剤がその他の材料の接合に使用される場合、試験には表 2 に掲げる寸法のその他の材料板による試験片を用いる。
 - iv) 構造用接着剤の試験に用いる試験片は、構造用接着剤を塗布する前に実際の施工と同等の表面処理を行う。
 - v) 評価補助材としてアルミニウム試験板を用いる試験では、構造用接着剤を塗布する前に適切な表面処理を行う。
 - vi) 接着層の厚さ及び状態調整は以下による。
標準試験: 製造者が指定する最大接着層厚さで、製造者が指定する時間保持する。
高温高湿暴露試験: 製造者が指定する最大接着層厚さで、温度 $50 \pm 2^\circ\text{C}$ 、相対湿度 $90 \pm 10\%$ で 500 時間保持する。
 - vii) 破壊状態の記録方法は(3)による。

- (g) 引張りせん断疲労強さ
- i) 試験方法は *JIS K6864(1999)*による。
 - ii) 構造用接着剤が *GFRP* の接合に使用される場合、試験には表 2 に掲げる寸法の *GFRP* 積層試験板及びアルミニウム試験板による試験片を用いる。
 - iii) 構造用接着剤がその他の材料の接合に使用される場合、試験には表 2 に掲げる寸法の試験片を用いる。
 - iv) 試験片及び表面処理は前(f)による。
 - v) 製造者が指定する接着層厚さで、製造者が指定する時間保持する。
 - vi) 最大応力 3.5MPa 及び応力比 0.1 において繰返し荷重を負荷し、 10^6 回継続する。
 - vii) 破壊状態の記録方法は(3)による。
 - viii) 機器の振動により試験が困難な場合又は発熱により *GFRP* 積層試験板の強度が低下する場合には、繰返し荷重の周波数は適宜減じることとして差し支えない。
- (h) 剥離強さ
- i) 試験方法は *JIS K6854-3(1999)*による。
 - ii) 試験には表 2 に掲げる寸法の *JIS G3141(2011)*に規定する冷間圧延鋼板による試験片を用いる。
 - iii) 製造者が指定する接着層厚さで、製造者が指定する時間保持する。
 - iv) 試験速度は、100mm/分とする。
- (3) 破壊状態の記録方法
- (a) 破壊面を観察し、接着面全体の面積に対する被着材破壊率を目視により算出する。前(f vi)に示す試験条件に応じて被着材破壊率が以下に示す範囲に入る場合は、(c)の碁盤目測定法によりそれぞれの面積を算出し、被着材破壊率を求める。
- i) (f vi)に規定する標準試験: 35~45%
 - ii) (f vi)に規定する高温高湿暴露試験: 20~30%
- (b) 破壊面を観察し、接着面全体の面積に対する被着材破壊率と凝集破壊率の合計を目視により算出する。前(f vi)に示す試験条件に応じて被着材破壊率と凝集破壊率の合計が以下に示す範囲に入る場合は、(c)の碁盤目測定法によりそれぞれの面積を算出し、被着材破壊率と凝集破壊率の合計を求める。
- i) (f vi)に規定する標準試験: 70~90%
 - ii) (f vi)に規定する高温高湿暴露試験: 40~60%
- (c) 破壊面をトレーシングペーパーの方眼紙に写し取り、碁盤目を数えることによって断面全体の面積を求める。さらに、被着材破壊及び凝集破壊の部分の面積を同様に求め、その比からそれぞれ被着材破壊率及び凝集破壊率を求める。なお、碁盤目測定法以外の手法については、同等以上の測定精度を持つ場合には使用して差し支えない。
- (4) 判定基準
試験結果の判定基準は、表 3 による。

表 2 構造用接着剤の試験片

| 試験項目 | | 試料, 試験片の形状及び寸法 | 数量 | 備考 |
|------|-----------------------|--|-----|--|
| (a) | 密度 | ・構造用接着剤 (二液型では主剤, 硬化剤の各々) | 各 3 | |
| (b) | 粘度 | ・構造用接着剤 (二液型では主剤, 硬化剤の各々) | 各 2 | |
| (c) | ガラス転移温度 | ・硬化物 | 3 | |
| (d) | デュロメータ硬さ | ・硬化物 | 5 | |
| (e) | 硬化収縮率 | ・構造用接着剤 ・硬化物 | 各 3 | |
| (f) | 引張りせん断強さ ¹ | | 各 5 | <ul style="list-style-type: none"> ・試験片の接着層厚さ及び状態調整は 2.5.3(2)(f)vi)による。 ・その他の材料試験片の形状及び寸法は GFRP, アルミニウムのいずれかを選択する。 |
| (g) | 引張りせん断疲労強さ | (f)に規定する試験片 (試験は各材料の代表規格にて実施することで差し支えない。) | 各 5 | ・試験片の接着層厚さ及び状態調整は 2.5.3(2)(g)v)による。 |
| (h) | 剥離強さ | | 5 | ・試験片の接着層厚さ及び状態調整は 2.5.3(2)(h)iii)による。 |

*1: GFRP 板の厚さは 5.0mm 以上又アルミニウム板及びその他の材料板の厚さは 2.0mm 以上とし, その変形が試験に影響を与えないような十分な厚さとする。

*2: 鋼板の厚さは 0.5mm とする。

表 3 構造用接着剤の判定基準

| 試験項目 | | 判定基準*4 |
|------|--------------|---|
| (a) | 密度*1 | 構造用接着剤製造者の指定する値 |
| (b) | 粘度*1 | 構造用接着剤製造者の指定する値 |
| (c) | ガラス転移温度*1 | 構造用接着剤製造者の指定する値 |
| (d) | デュロメータ硬さ*1 | 構造用接着剤製造者の指定する値 |
| (e) | 硬化収縮率*1 | 構造用接着剤製造者の指定する値 |
| (f) | 引張りせん断強さ*2 | 標準試験： <i>GFRP</i> 積層板及びその他の材料試験片： ・被着材破壊が 40% 以上の場合には、被着材破壊と凝集破壊の合計が 80% 以上 ・被着材破壊が 40% 未満の場合には、被着材破壊と凝集破壊の合計が 80% 以上かつ 6.9MPa 以上 <i>GFRP</i> 積層試験板を主たる評価対象被着材とした場合の評価補助材としてのアルミニウム試験片：6.9MPa 以上 高温高湿暴露試験： <i>GFRP</i> 積層板試験片及びその他の材料試験片： ・被着材破壊が 25% 以上の場合には、被着材破壊と凝集破壊の合計が 50% 以上 ・被着材破壊が 25% 未満の場合には、被着材破壊と凝集破壊の合計が 50% 以上かつ 3.5MPa 以上 <i>GFRP</i> 積層試験板を主たる評価対象被着材とした場合の評価補助材としてのアルミニウム試験片：3.5MPa 以上 |
| (g) | 引張りせん断疲労強さ*2 | <i>GFRP</i> 積層板及びその他の材料試験片：10 ⁶ 回未満で破壊しないこと、又は被着材破壊であること <i>GFRP</i> 積層試験板を主たる評価対象被着材とした場合の評価補助材としてのアルミニウム試験片：10 ⁶ 回未満で破壊しないこと |
| (h) | 剥離強さ*3 | 98N/25mm 以上 |

(備考)

- *1: 一定の品質を保っていることの確認に用いる。
- *2: 構造用接着剤による継手の応力評価及び成形作業要領書等の確認に用いる。
- *3: 構造用接着剤が一定の剥離強さを有していることの確認に用いる。
- *4: 窓等に使用される構造用接着剤の判定基準については、本会が適当と認めるところによる。

2.6 認定通知

2.6.1 認定試験成績書の提出

申込者は、試験終了後、認定試験成績書を 3 部作成し、立会検査員の確認を受け、本会(支部)に提出する。

2.6.2 認定証明書の発行

本会は、提出された試験成績書及び認定基準調査の結果を検討し、良好と認めた場合、この材料を認定し、認定証明書を各銘柄につき、認定申込のあった製造所ごとに発行する。

2.6.3 有効期間

認定証明書の有効期間は、承認の日から 5 年とする。

2.7 定期試験

2.7.1 一般

認定材料の製造者は、12ヶ月を超えない間隔で本会検査員の立会のもとに、その製造所ごとに認定基準調査を含む定期試験をうけるものとする。

2.7.2 定期試験の申込

製造者は、定期試験の期日前に定期試験申込書(書式例 2)1通を本会(支部)に提出する。

2.7.3 定期試験の内容

- 1. 定期試験は、原則として製造工場において行う。
- 2. 定期試験における認定基準調査は、2.4に準じて行う。
- 3. 定期試験の試験項目及び試験方法は2.5に準じる。ただし、本会は-2.の調査結果及び製造実績を考慮して、試験項目の一部又は全部を省略することがある。

2.7.4 定期試験の延期

定期試験は、証明書の有効期間内に終了させることを原則とする。ただし、やむを得ない事情のある場合は、本会の承認を得て、有効期間経過後3ヶ月を超えない範囲内で終了しても差し支えない。

2.7.5 試験成績書の提出

定期試験に合格した場合は、製造者は試験成績書2通を作成し立会検査員の確認を受け、所管支部に提出する。

2.7.6 定期試験期日の管理

定期試験期日は、本会(支部)が管理する。

2.8 臨時試験

定期試験以外の時期に、次の(1)から(3)の規定のいずれかに該当する場合、臨時試験を行う

- (1) 認定材料の使用実績から、性能に疑義があるとき。
- (2) 製造法等の変更等により、本会が試験検査の必要性を認めたとき。
- (3) その他本会が必要と認めたとき。

2.9 認定の取消し

申込者から認定取下げの申し出があったとき又は次の(1)から(3)の規定のいずれかに該当する場合は、認定を取消す。

- (1) 使用材料、製造方法、社内検査基準、品質管理等が承認時より低下し、適当と認められない場合
- (2) 所定の定期的検査に合格しなかった場合
- (3) 所定の定期的検査を受けなかった場合

2.10 表示

製造者は、認定品として出荷する構造用接着剤に対し、認定番号を表示して認定品であることを明らかにする必要がある。

第3章 構造用接着剤の使用

3.1 一般

構造用接着剤の使用のための手順は図1によること。

なお、使用温度上限については、構造用接着剤製造者と十分な調整を行うこと。

3.2 設計許容強度

承認条件には、接合箇所における個別条件は含まれない。このため、接合箇所における個別条件を考慮して設計する必要があるが、もっとも重要な要件が温度である。想定される温度におけるせん断応力に対して、適切な安全率を考慮して設計許容強度を算出しなければならない。なお、安全率については、以下のとおり当面40倍とすることとした。

ただし、詳細設計により40倍の安全率を減じることができる。

構造接着の設計基準強度(接着強度の実力値)は次の式で求めることができる。

$$\begin{aligned} \text{設計基準強度} &= \text{初期室温平均破断強度 } \mu_0 \times \text{温度依存係数 } \eta_T \\ &\quad \times \text{内部破壊係数 } h \times \text{劣化後のばらつき係数 } D_y \\ &\quad \times \text{劣化後の強度保持率 } \eta_d \end{aligned}$$

初期室温平均破断強度 μ_0 と温度依存係数 η_T は容易に求めることができるため、被着体別に許容最大接着層厚が記載されたせん断接着強度の温度特性曲線図を構造用接着剤製造者がテクニカルデータシートとして製品に添付することとする。

破断荷重に対する内部破壊発生荷重の比を表す内部破壊係数 h は、実験結果より静荷重では0.5、低サイクル疲労では0.45、高サイクル疲労では0.25であるが、本ガイドラインでは接着部に一律 10^7 回の高サイクル負荷がかかる可能性が有りうるとみなし、0.25を採用する。平均強度に対する最低強度を表す劣化後のばらつき係数 D_y は、構造接着においては相当前から経験的に0.3~0.4とされている。劣化後の強度保持率 η_d は劣化促進試験の結果などにより0.5が一般的である。

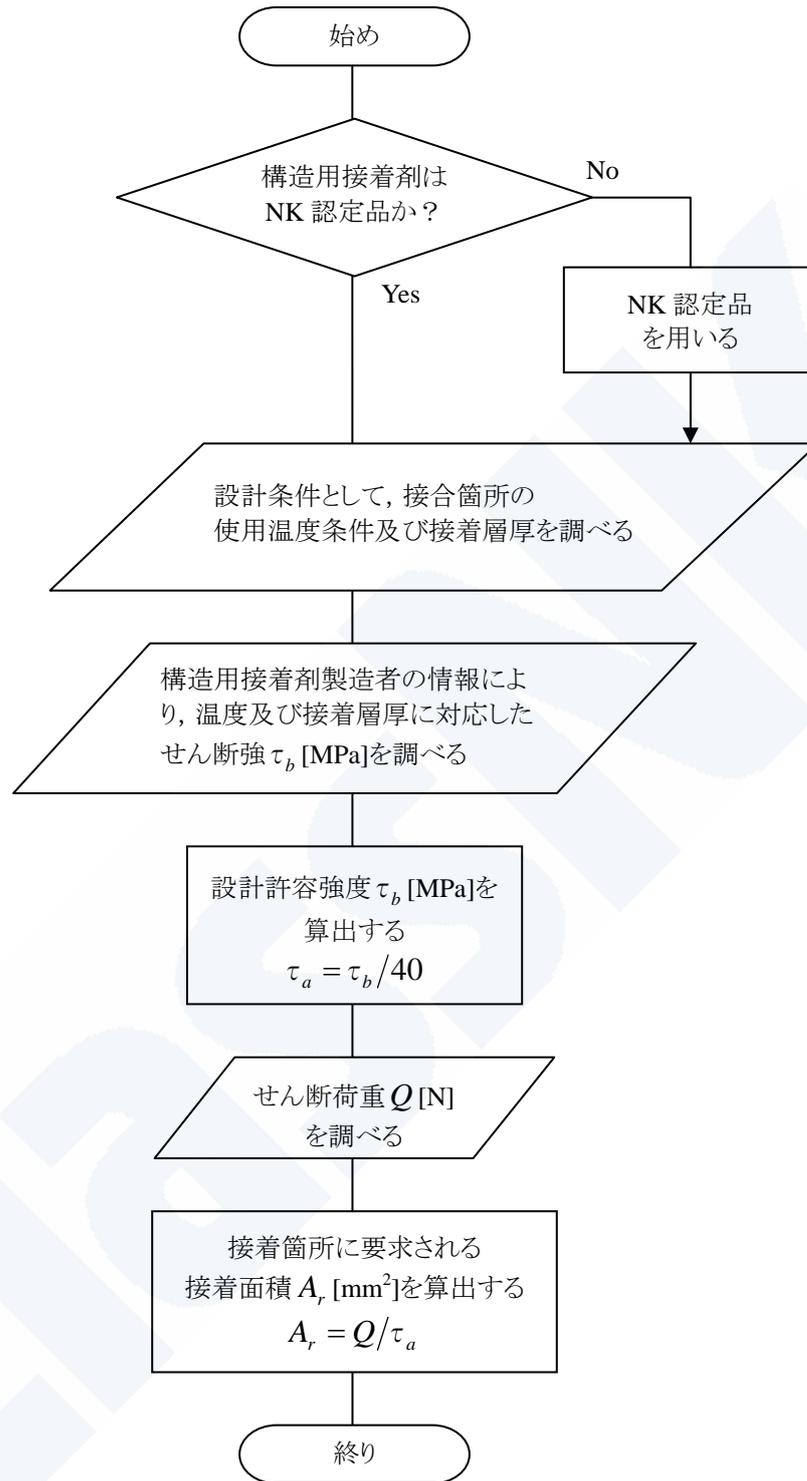
以上より、接着強度の温度依存性、内部破壊、強度のばらつき、劣化などの強度低下に影響する因子は考慮されており、これらに加えて更に追加の安全率として0.5を採用する。

よって、安全率は次式により40倍となる。

$$\begin{aligned} \text{設計基準強度} &= \text{温度特性曲線図から求められるせん断接着強度} \\ &\quad \times 0.25(h) \times 0.4(D_y) \times 0.5(\eta_d) \times 0.5(\text{追加の安全率}) \\ &= \text{温度特性曲線図から求められるせん断接着強度} \times 0.025 \end{aligned}$$

[参考文献]

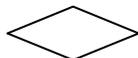
原賀康介:「高信頼性を引き出す接着設計技術」, 日刊工業新聞社(2013)



: データの入力 (設計者が構造用接着剤等に関する情報を集める)



: 設計者が計算等の処置を行なう



: 判断 (設計者が状況に応じて判断する)

図1 構造用接着剤使用のための手順

3.3 設計許容強度(接着面積)の算出方法

- 1. 接合箇所の設計許容強度(接着面積)の算出方法は次の(1)から(5)による。
 - (1) NK 認定の構造用接着剤を使用する。
 - (2) 接合箇所の使用温度条件を調査する。
 - (3) 構造用接着剤製造者より、せん断接着強度の温度特性曲線図を入手し、被着体、温度、接着層厚に応じた強度を決定する。
 - (4) (3)で決定した強度の 1/40 を設計許容強度とする。
 - (5) (4)で算出した設計許容強度より接着面積を求める。
- 2. 下記想定のもとにおける接着面積の算出例を以下に示す。

接着する部材・機器の重量: 20kg

接合箇所の使用温度条件: 60°C

被着体: 鋼

接着層厚: 1.0 mm

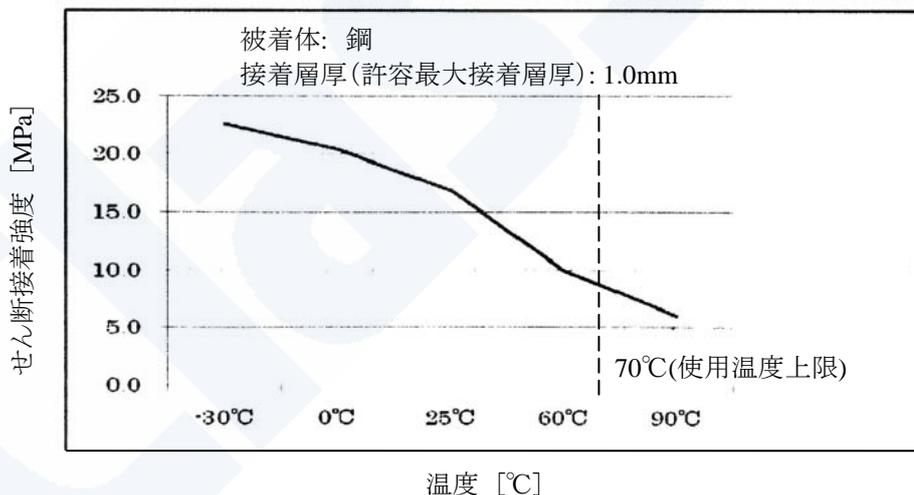
表 4 より、せん断接着強度は 9.9 MPa。この値を 1/40 した、0.2475 MPa を設計許容強度とする。

必要接着面積は、 $20 \times 9.81 [N] / 0.2475 [N/mm^2] \div 793 mm^2$

よって、例えば、 $20 mm \times 40 mm = 800 mm^2$ などとなる。

表 4 せん断接着強度の温度特性曲線図(例)

| | -30°C | 0°C | 25°C | 60°C | 90°C |
|-------|-------|------|------|------|------|
| (MPa) | 22.6 | 20.4 | 16.8 | 9.9 | 6.0 |



3.4 施工要領

3.4.1 作業環境

- 1. 構造用接着剤を使用する作業場の温度及び湿度は、当該構造用接着剤に対して、適正な温度及び湿度としなければならない。
- 2. 作業場内のごみ、ほこり、有害ガス等は極力排除しなければならない。
- 3. 作業場内の火気使用は避けること。また、構造用接着剤の硬化後は、接着強度の低下につながるため、接合部に過度の熱影響を与えないこと。

3.4.2 安全対策

- 1. 構造用接着剤の SDS (安全データシート) に従い、安全対策を講じること。

3.4.3 接着

構造用接着剤を用いて接着する場合は、次の(1)から(8)の規定による。

- (1) 構造用接着剤主剤と硬化剤の配合比は、製造業者が指定する値としなければならない。
- (2) 構造用接着剤主剤と硬化剤の調合は、気泡が混入しないような方法としなければならない。
- (3) 接着は、必要に応じて接着面をサンディングする等有効な前処理を行い、油脂類、サンディングダスト等を十分取り除いて、施工しなければならない。
- (4) 接着面に対して結露が生じることのないよう十分注意して施工しなければならない。
- (5) 接着は、部材のスプリングバックを生じないように十分注意して施工しなければならない。
- (6) 接着は、過度の硬化発熱が接着特性に影響を与えないように、十分注意して施工しなければならない。
- (7) *GFRP* 及び *CFRP* 等の接着にあつては、接着強度に不連続部が生じないように慎重に施工しなければならない。
- (8) 構造用接着剤が十分に硬化するまでは、適切に固定し、接着部を変形させてはならない。

附属書 I 構造用接着剤承認に関する申込書の書式例

書式例 1

| | |
|---|--------------|
| 構造用接着剤認定申込書 | |
| 年 月 日 | |
| 日本海事協会 御中 | |
| 申 込 者 | (社印) |
| 住 所 | |
| <p>下記の構造用接着剤に対し、構造用接着剤使用のためのガイドラインの規定により、認定材料としての取扱いを申込みます。</p> | |
| 記 | |
| 製造所の所在地及び名称 | |
| 種 類 | |
| 品 名 | |
| 用 途 | |
| 認定基準 調 査 | 場 所 希 望 日 |
| 機 械 試 験 | 場 所 希 望 日 |
| 担 当 者 連 絡 先 : 電 話 / E-mail | |
| (備考) | |

書式例 2

| 構造用接着剤定期試験申込書 | |
|--|--------------|
| 年 月 日 | |
| 日本海事協会 御中 | |
| 申 込 者 | (社印) |
| 住 所 | |
| <p>下記の構造用接着剤に対し、構造用接着剤使用のためのガイドラインの規定により、定期試験を申込みます。</p> | |
| 記 | |
| 製造所の所在地及び名称 | |
| 種 類 | |
| 品 名 | |
| 用 途 | |
| 認定基準 調 査 | 場 所 希 望 日 |
| 機 械 試 験 | 場 所 希 望 日 |
| 担 当 者 連 絡 先 : 電 話 / E-mail (備考) | |

附属書 II 構造用接着剤の使用候補例

| | | |
|---|---|---|
|  |  |  |
| レセプタクル | 照明 | 窓枠 |
|  |  |  |
| 電線支持具 | 電線馬 | 棚 |
|  |  |  |
| 計器類 | 機器の設置台 (壁) | 機器の設置台 (床) |

| | | |
|---|---|---|
|  |  |  |
| <p>救命浮環の支持具</p> | <p>消火器の支持具</p> | <p>掲示物</p> |
|  |  |  |
| <p>家具</p> | <p>手すり</p> | <p>調理台</p> |
|  |  |  |
| <p>空調ダクト</p> | <p>居室壁の基礎</p> | <p>断熱材固定用スタッド</p> |

附属書 III 構造用接着剤の使用 Q&A

Q1 : 構造用接着剤はどのような所に使用できますか？ 船体構造に使用できるのですか？

A1 : GFRP 船を除き、船体構造には使用できません。構造規則等で、強度、材料要件等規定されているもの以外の使用に限られます。

Q2 : 船橋内のレーダ取付台など補機台の接合に使用できますか？

A2 : 本ガイドラインの要件を満足すれば使用可能です。

Q3 : 構造用接着剤の使用する際、技量資格等は必要ですか？

A3 : 技量資格等は要求しておりませんが、製造者による研修やセミナー等により、構造用接着剤に関する基礎知識の習得を推奨致します。

「接着剤入門講座」: 日本接着剤工業会

「接着技術学校」(通信教育): 日本接着剤工業会

「プロをめざす人のための基礎接着技術セミナー」: 日本接着学会

「接着適用技術者養成講座」: 日本接着学会構造接着研究会

Q4 : 溶接による接合と構造用接着剤による接合はどのような違いがありますか？

A4 : 各種接合方法の特性について、下記の比較表をご参照ください。

| | アーク 溶接 | スポット 溶接 | ボルト・ ナット | リベット | 接着 | 接着・ リベット兼用 |
|-------------------|-----------|------------|-------------|------|----|---------------|
| 接合ひずみ・変形 | × | × | △ | △ | ◎ | △ |
| 外観・平滑性 | △ | △ | × | △ | ○ | △ |
| 異種材接合 | × | × | ○ | ○ | ◎ | ◎ |
| 電食防止 | × | × | × | × | ◎ | ○ |
| シール性 | ○ | × | × | × | ◎ | ◎ |
| 隙間充填性(部品精 度吸収) | △ | × | × | × | ◎ | ○ |
| 薄板高強度接合 | × | × | × | × | ◎ | ◎ |
| 耐振性 | ○ | ○ | × | × | ◎ | ◎ |
| 箱体剛性 | ○ | × | × | × | ◎ | ○ |
| 振動吸収性 | × | × | △ | △ | ○ | ○ |
| 耐熱温度 | ◎ | ◎ | ◎ | ◎ | △ | △ |
| 設備費用 | × | × | ◎ | ◎ | ◎ | ◎ |
| 接合作業の容易さ | × | ○ | ◎ | ◎ | ◎ | ◎ |
| 仕上げ作業の容易さ | × | △ | ◎ | △ | ○ | ○ |
| 低温接合 | × | × | ◎ | ◎ | ◎ | ◎ |
| 接合時間 | △ | ◎ | ○ | ◎ | × | ○ |
| 塗装耐熱性 | ◎ | ◎ | ◎ | ◎ | ○ | ○ |

問題の大きさ × > △ > ○ > ◎

参考文献

原賀康介・佐藤千明:「自動車軽量化のための接着接合入門」, 日刊工業新聞社(2015)

Q5 : 構造用接着剤の硬化までの時間はどの程度かかりますか？

A5 : 構造用接着剤の種類によって、数分から数時間まで様々な可使時間(接合作業が可能な時間)と硬化時間がありますので、構造用接着剤製造者にお問い合わせください。

Q6 : 構造用接着剤による接合の取り外しはどのようにすればよいですか？

A6 : 可使時間内であれば、取り外しは可能です。硬化時間を超えた場合の取り外し方法については構造用接着剤製造者のインストラクションに従ってください。

Q7 : 異種材接合の際に注意すべき事項はありますか？

A7 : 特定の異種材接合(例:鋼とアルミニウム)では電食の発生に注意する必要があります。異種材接合に使用される場合は、構造用接着剤製造者のインストラクションに従ってください。

Q8 : 表 4 の「グラフの温度」は取付部周囲の温度で母材や取付金物の温度(周囲温度より低い?)ではなく、周囲温度が母材や取付金物に伝播し、接着面に伝わったものと理解しております。しかしながら、暴露設置の場合、夏季には周囲温度より母材や取付金物がより高温になると思慮されます。

A8 : 構造用接着剤の温度です。構造用接着剤の到達最高温度が何度に達する可能性があるかは、造船所の設計の方が判断する必要があります。

Q9 : 構造用接着剤製造者は接着剤の厚さは何ミリ刻みで「温度～せん断データ」が提出可能ですか？

A9 : 構造用接着剤製造者によっては、2種類以上の接着層厚で出すところもあるかもしれませんが、最大許容接着層厚さは、原則1種類のみです。

Q10 : 構造用接着剤の厚さは現場では計測できないが、目視にて判断は精度が正確でないのでは？

A10 : 薄くなる分には強度があがりますので、問題とはしておりません。構造用接着剤製造者が許容する最大厚さ(例えば 3mm 厚など)を遵守して施工する必要があります。

Q11 : 母材に凹凸がある場合、構造用接着剤の厚さの評価は？

A11 : 凹凸がある場合でも、上記 A10 の考え方より、最も厚い部分で判断されることとなります。

Q12 : 表 4 の「グラフの温度」は時間軸(高温で何時間等)が必要では？

A12 : グラフは、実際に到達する温度というよりは、最も条件が厳しい場合を想定した、瞬間的にも到達する可能性がある最高温度です。

Q13 : 設置条件によりせん断荷重が発生せず、引張荷重が働く(吊り下げ設置)場合、構造用接着剤の厚さや温度のグラフが表 4 と同様に必要では？

A13 : 引張>せん断であるものを前提として、試験はせん断のみで十分と判断してきました。今後、構造用接着剤によっては、せん断と引張の両方で評価する必要があるかもしれません。

Q14 : 確認ですが、鉛直方向の加速度が発生し、且つ高温の環境の場合、各々の荷重評価の合算でしょうか？

A14 : 衝撃荷重を何 G とするか確定しておりませんが、発生する可能性のありうる最大荷重と到達する可能性のありうる最大温度で設計する必要があります。

参考文献

1. 原賀康介:「高信頼性を引き出す接着設計技術」, 日刊工業新聞社(2013)
2. 原賀康介:「高信頼性接着の実務」, 日刊工業新聞社(2013)
3. 原賀康介・佐藤千明:「自動車軽量化のための接着接合入門」, 日刊工業新聞社(2015)
4. 海上技術安全研究所:「接着剤を用いた艀装技術に関する調査研究」(2012)
5. 日本船舶電装協会:「接着剤を用いた新しい電装工事方法に関する調査研究報告書」(2006)
6. 北海道運輸局函館運輸支局:「接着剤を用いた電気艀装工事に関する実施報告書」(2013)
7. 日本海事協会:「強化プラスチック船規則」(2014)
8. 日本海事協会:「艀用材料・機器等の承認及び認定要領」(2015)

検討会名簿

(敬称略, 順不同)

座長:

岩田 知明 (国研)海上技術安全研究所

参加者:

佐藤 千明 東京工業大学
岡井 功 国土交通省
森吉 直樹 国土交通省
重富 徹 日本小型船舶検査機構
山本 眞佐夫 日本小型船舶検査機構
伊藤 仁 (一財)舟艇協会
富澤 茂 (一社)日本中小型造船工業会
狼谷 喜和 (一社)日本中小型造船工業会
松村 純一 (一社)日本船舶電装協会
塩崎 雄二郎 (一社)日本船舶電装協会
宇佐美 伸一 (一社)日本船舶電装協会
末森 勝 (一社)日本マリン事業協会
大河原 義明 日本接着剤工業会
今村 剛 (一財)日本海事協会
吉田 有希 (一財)日本海事協会
高尾 陽介 (一財)日本海事協会

オブザーバー:

片山 昌平 (株)ITW
中川 健太 (株)ITW
大島 和宏 デンカ(株)
宮崎 隼人 デンカ(株)
宇野 弘基 デンカ(株)
高畠 奨 デンカ(株)
加藤 信吉 函東工業(株)
児玉 義光 ジャパンマリンユナイテッド(株)
八木 隆之 ジャパンマリンユナイテッド(株)
栗田 達也 ジャパンマリンユナイテッド(株)

事務局:

高松 正徳 (一財)日本海事協会
福田 光祐 (一財)日本海事協会

おわりに

現在、造船における構造用接着剤の役割は、*GFRP* 船を除き、内装材の一部に使用されている程度で、さほど大きいものではない。しかし、造船以外の分野では、鉄道車両ならびに自動車における接合をはじめ、宇宙ロケットの耐熱タイルや航空機のリベットに替わる接合手段として使用されるなど、きわめて重要な役割を果たしつつある。こうした過酷な条件下でも十分な役割を果たしていることは、今後構造用接着剤が、造船の接合においても重要な役割を果たしうる可能性を示すものと考えられる。

本検討会では、官学に加えて構造用接着剤製造者と造船関連事業者の参加のもと、造船において構造用接着剤に求められる様々なニーズあるいは課題について幅広い議論をいただき、今後の課題も含めて多くの有益な結論が得られた。

接合技術の革新は、製造方法に大きな影響を与える。他分野における構造用接着剤の役割を考えると、本検討会で得られた結論は端緒にすぎないもので、これを契機に、今後関係者の一層の努力によって、造船における革新的な接合方法が確立されることが期待される場所である。本会としても引続き積極的な役割を果たしていきたいと考えている。

本書の内容に関するご質問は、下記へお願いいたします。

〒102-0094

東京都千代田区紀尾井町3番3号

一般財団法人 日本海事協会 材料機装部

Tel: 03-5226-2020(ダイヤルイン)

Fax: 03-5226-2057

E-mail: eqd@classnk.or.jp

