

脆性亀裂アレスト特性に関する事項

改正要領

鋼船規則検査要領 K 編
船用材料・機器等の承認及び認定要領
(日本籍船舶用及び外国籍船舶用)

改正理由

IACS 統一規則 W31 には、YP47 鋼板（規格最小降伏点が 460N/mm^2 の鋼板）及び脆性亀裂アレスト特性が考慮された鋼板（以下、アレスト鋼板）の規格値、製造方法の承認要領に関する要件が規定されており、本会は、鋼船規則 K 編及び船用材料・機器等の承認及び認定要領に当該統一規則を取入れている。

アレスト鋼板に要求されるアレスト特性は、一般に、大型アレスト試験（温度勾配型 ESSO 試験、温度勾配型二重引張試験、CAT 評価試験等）により確認されているが、当該試験の実施には多大な労力を要することから、鋼板出荷試験時には代替手法による評価が認められている。しかしながら、これら評価手法の承認手順については、各船級の個別の判断に委ねられていた。

そのため、IACS では代替試験の承認に関する統一手順について議論を行い、大型アレスト試験により得られるアレスト特性値と小型試験結果との相関関係を確認することで、小型試験結果を用いて承認するための要件を規定すると共に、これまでの運用実績を踏まえ、アレスト鋼板の承認要領等に関する要件の見直しを行い、2023 年 3 月に IACS 統一規則 W31(Rev.3)として採択した。

今般、IACS 統一規則 W31(Rev.3)に基づき、関連規定を改める。

改正内容

主な改正内容は次のとおり。

- (1) YP47 鋼の製造方法の承認に関し、承認範囲に関する要件を改める。
- (2) 温度勾配型 ESSO 試験及び温度勾配型二重引張試験に関する検査要領について ISO 20064:2019 を参照する旨改める。
- (3) 船用材料・機器等の承認及び認定要領附属書 1-1 として小型試験の承認要領を規定する。

「鋼船規則検査要領」の一部を次のように改正する。

K 編 材料

K3 圧延鋼材

K3.12 脆性亀裂アレスト特性に関する特別規定

K3.12.3 を次のように改める。

K3.12.3 脆性亀裂アレスト特性等

-1. 規則 K 編 3.12.3-1.にいう「本会の適当と認めるところ」とは、温度勾配型 *ESSO* 試験及び温度勾配型二重引張試験にあっては、附属書 K3.12.3-1.「温度勾配型 *ESSO* 試験及び温度勾配型二重引張試験に関する検査要領」とすることができるによることをいう。ただし、1 個の供試材から採取する試験片の個数は、当該附属書 1.2.11 の規定にかかわらず、規則 K 編 3.12.5-1.の規定に従い 2 個として差し支えない。

-2. 規則 K 編 3.12.3-2.にいう「本会の適当と認めるところ」とは、*CAT* 評価試験にあっては、附属書 K3.12.3-2.「*CAT* 評価試験に関する検査要領」とすることができるによることをいう。

-3. 規則 K 編 3.12.3-1., 3.12.3-2.及び 3.12.5-4.において、製造者は次に掲げる事項を試験方案として取りまとめ、本会の承認を得なければならない。

- (1) 試験機概要（試験機容量及びピン間距離を含むこと）
- (2) 試験片詳細（形状、寸法及びタブ板との接合方法を含むこと）
- (3) タブ板、負荷ジグの形状、寸法及び機械的性質
- (4) 計測要領（動的計測の有無、熱電対貼付位置、歪ゲージ貼付位置及びクラックゲージ貼付位置を含むこと）
- (5) 試験条件（脆性亀裂の発生方法、打撃エネルギー、試験片温度、温度勾配、予荷重応力及び試験応力を含むこと）

-4. 規則 K 編 3.12.3-3.にいう「本会が適当と認める脆性破壊試験」とは、船用材料・機器等の承認及び認定要領附属書 1.1「脆性亀裂アレスト特性が考慮された鋼材に適用する小型試験方法の承認要領」に従い、本会の承認を得た評価手法による試験をいう。

附属書 K3.12.3-1.を次のように改める。

附属書 K3.12.3-1. 温度勾配型 *ESSO* 試験及び温度勾配型二重引張試験に関する 検査要領

1.1 一般適用

1.1.1 適用

-1. *ISO 20064:2019* には、温度勾配を付与した広幅の試験片を用い、鋼材の脆性亀裂アレスト特性を決定するための試験方法が規定されている。本附属書は、*ISO 20064:2019* に規定される破壊力学パラメータを用いた鋼材のアレストじん性値 (K_{ca}) を得るための試験手順及び特定温度における K_{ca} の決定方法に加え、その評価方法について規定するものである。

-2. 本要領は、試験片厚さが 50mm を超え 100mm 以下の船体用圧延鋼板に適用する。それ以外の船体用圧延鋼板については、本会の適当と認めるところによる。

1.1.2 定義

本要領で使用する記号の定義は、特に定める場合を除き、表 1 による。

表 1 使用する記号の定義

記号	単位	意味
a	mm	亀裂長さ又はアレスト亀裂長さ
E	N/mm^2	縦弾性係数
E_i	J	打撃エネルギー
E_p	J	試験片のひずみエネルギー
E_t	J	タブ板とピンチャック部の合計のひずみエネルギー
F	MN	負荷荷重
K	$\text{N/mm}^{3/2}$	応力拡大係数
K_{eff}	$\text{N/mm}^{3/2}$	アレストじん性値
L	mm	試験片長さ
L_p	mm	ピン間距離
L_{pe}	mm	ピンチャック部長さ
L_{tb}	mm	タブ板長さ
T	°C	温度又はアレスト温度
T_D	K	特定温度
T_K	K	1.2.9 で得られたアレストじん性値のアレスト温度
t	mm	試験片厚さ
t_{tb}	mm	タブ板厚さ
t_{pe}	mm	ピンチャック部厚さ
W	mm	試験片幅
W_{tb}	mm	タブ板幅
W_{pe}	mm	ピンチャック部幅

a_{c0}	####	主亀裂先端の幅方向座標
a_{b0}	####	最長分岐亀裂先端の幅方向座標
f_{c0}	####	主亀裂先端の応力負荷方向座標
f_{b0}	####	最長分岐亀裂先端の応力負荷方向座標
σ	N/mm^2	負荷応力
$\sigma_{(0)}$	N/mm^2	室温における降伏応力

1.2 温度勾配型 ~~ESSO~~ 試験試験手順

1.2.1 ~~一般~~

~~1. 本節の規定は、温度勾配型 ESSO 試験を行い、アレストじん性を評価するために用いる。試験装置、試験片、試験方法、アレストじん性値の決定及び試験結果の報告等を含む試験手順は、ISO 20064:2019 に従うものとする。~~

~~2. 本要領に定める事項以外の事項については一般社団法人日本溶接協会規格 JES2815（ぜい性亀裂アレストじん性試験方法）による。脆性亀裂の発生方法は、ISO 20064:2019 Annex D に従い、二重引張試験を用いて差し支えない。この場合、ISO 20064:2019 Annex B.2.4 の第 1 文を “Obtain the value $\{K_{Ic} / [K_0 \cdot \exp(-c/Tc_aK)]\}$ for each data point.” に読み替える。~~

1.2.2 ~~試験装置~~

- ~~1. 試験装置は、引張試験が可能なピン負荷方式の油圧試験装置とする。~~
- ~~2. 載荷方法は、両側のピンの軸心をそろえ、板幅方向の応力分布を均一にする。~~
- ~~3. 載荷方向は鉛直方向又は水平方向のいずれかとし、水平方向とする場合には、試験片の表面が地面に対し垂直になるように載荷する。~~
- ~~4. ピン間距離 L_p は 3.4W 以上を標準とする。~~

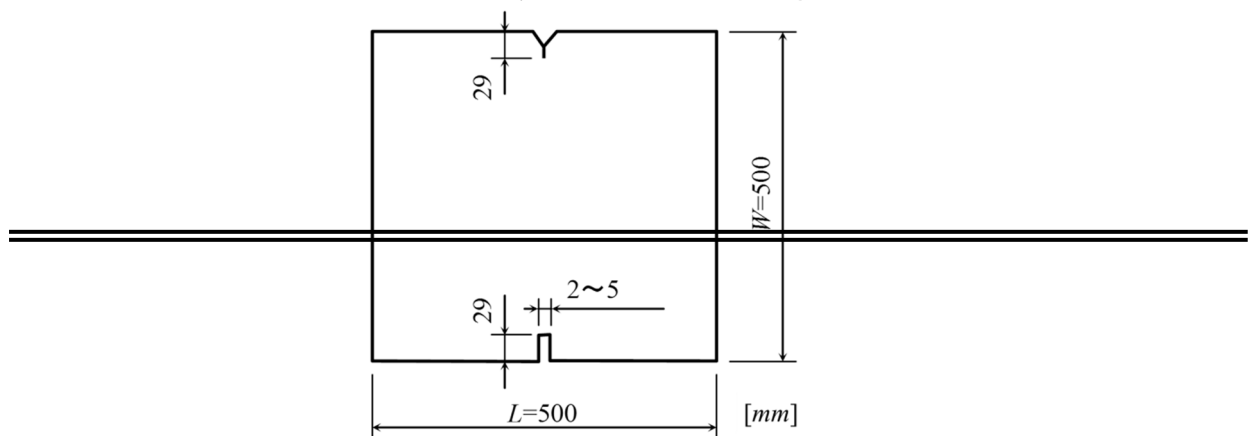
1.2.3 ~~打撃装置~~

- ~~1. 脆性亀裂を発生させるための打撃装置は、落錘式又はエアガン式とし、衝撃荷重はくさびを介して載荷する。~~
- ~~2. くさびには打撃によって顕著な塑性変形を生じないように十分な硬さを有する材料を用いなければならない。~~
- ~~3. くさびの厚さは試験片の厚さ以上とし、くさびの角度は試験片に設けた切欠きの角度よりも大きくして、試験片の端部を押し広げることが可能な形状としなければならない。~~

1.2.4 ~~試験片形状~~

- ~~1. 標準的な試験片の形状は、図 1 による。なお、試験片長さ L は、原則として試験片幅 W 以上とする。~~

~~図 1 標準的な試験片の形状~~



~~2. 試験片厚さ t 及び試験片幅 W は、表 2 による。~~

~~表 2 試験片厚さ及び幅~~

試験片厚さ t	$50\text{ mm} < t \leq 100\text{ mm}$
試験片幅 W	$350\text{ mm} \leq W \leq 1000\text{ mm}$
試験片幅／試験片厚さ W/t	$W/t \geq 5$

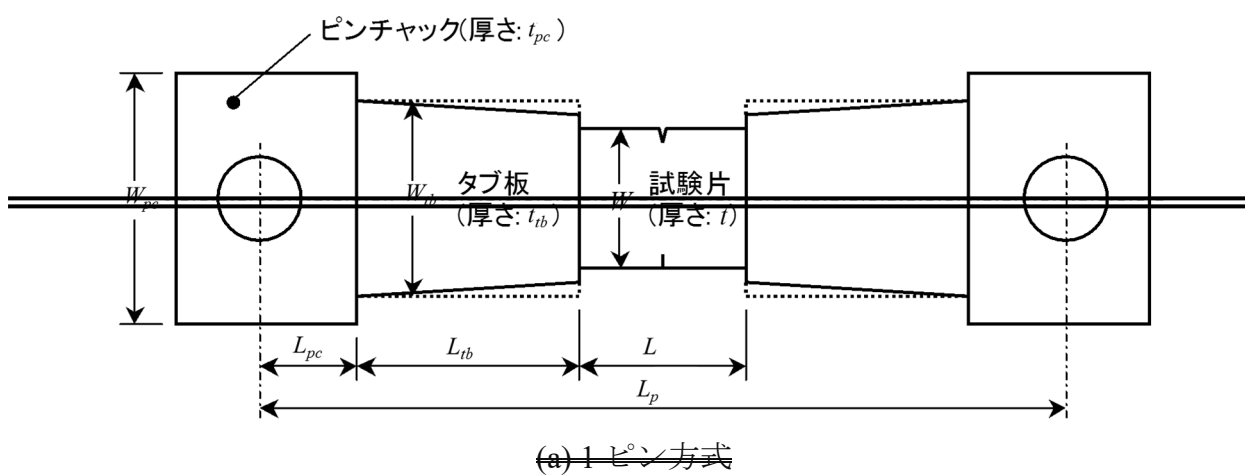
~~(備考)~~

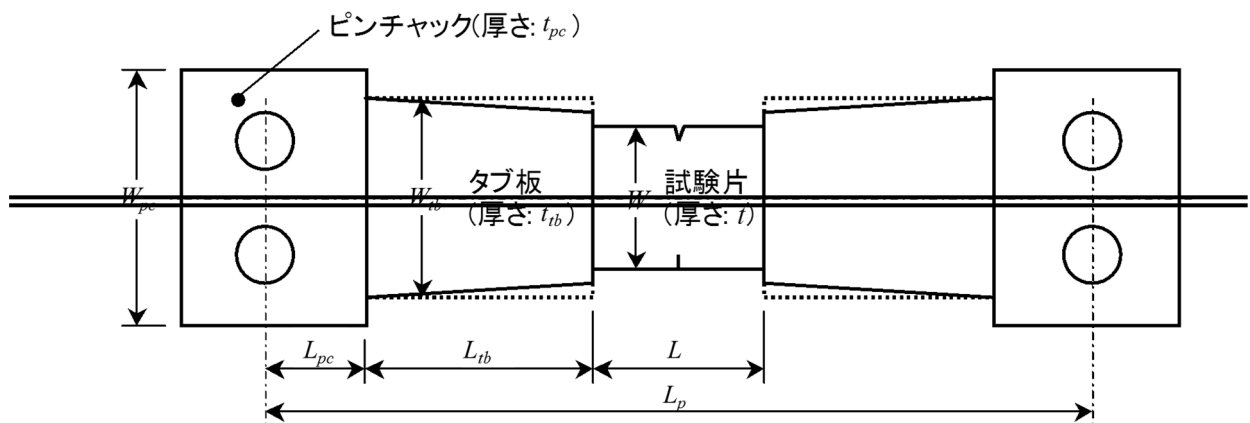
~~試験片幅 W は、500 mm を標準とする。~~

~~1.2.5 タブ板及びピンチャックの形状~~

~~1. タブ板及びピンチャックの寸法の定義は、図 2 による。~~

~~図 2 タブ板及びピンチャックの寸法の定義~~

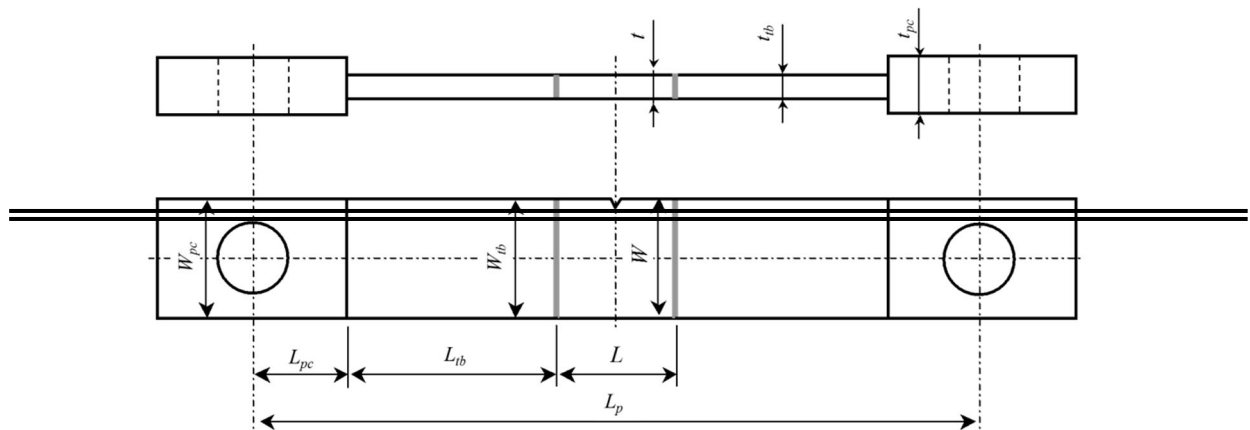




(b) 2ピン方式

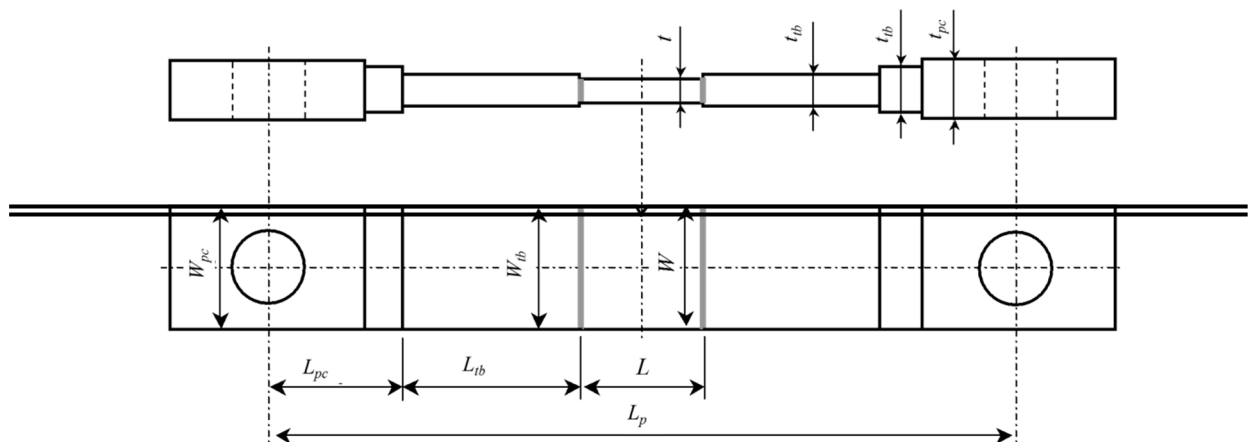
2. 標準的なタブ板及びピンチャックの形状は、図 3 による。

図 3 標準的なタブ板及びピンチャックの形状

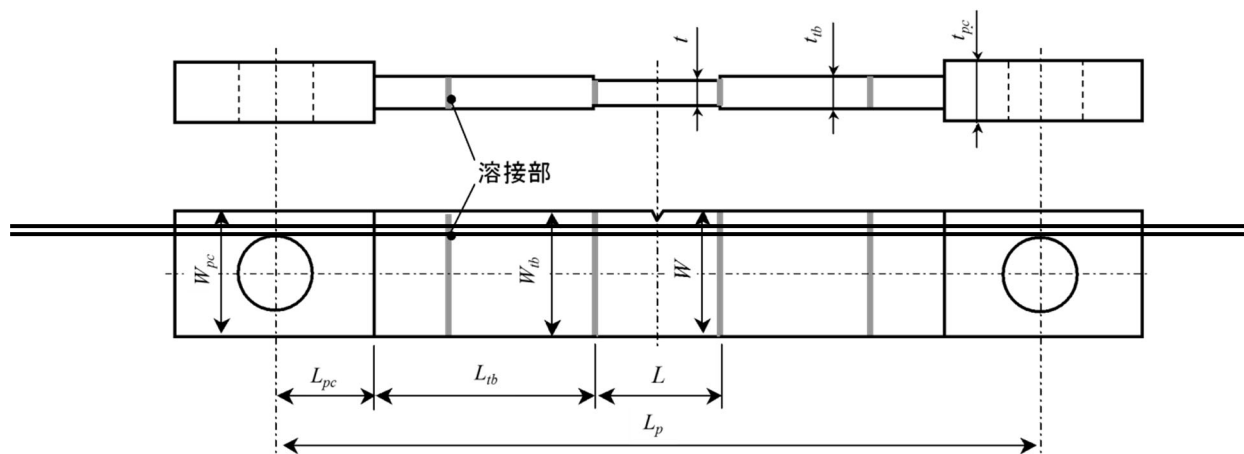


(a) 例 1

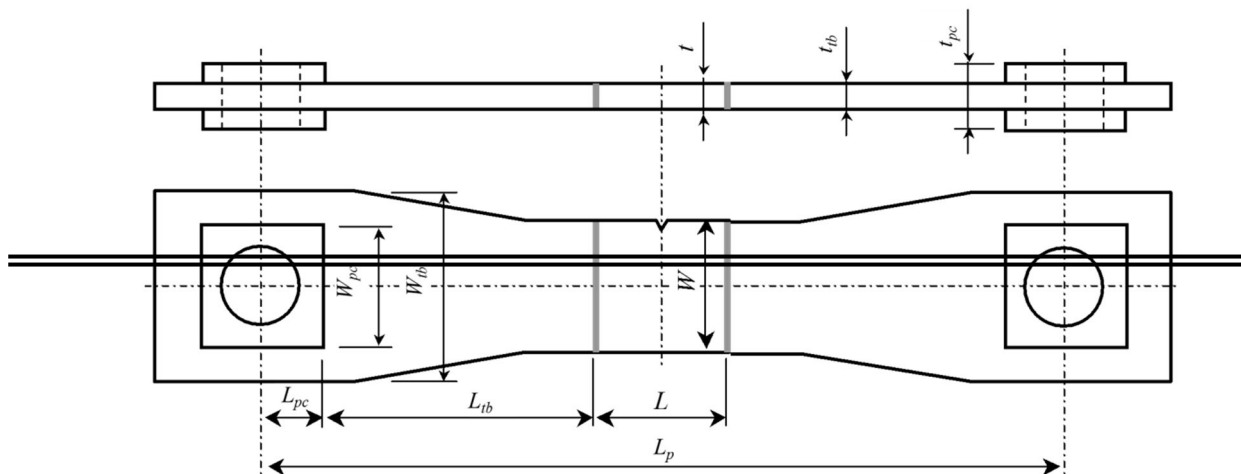
図 3 標準的なタブ板及びピンチャックの形状 (続き)



(b) 例 2

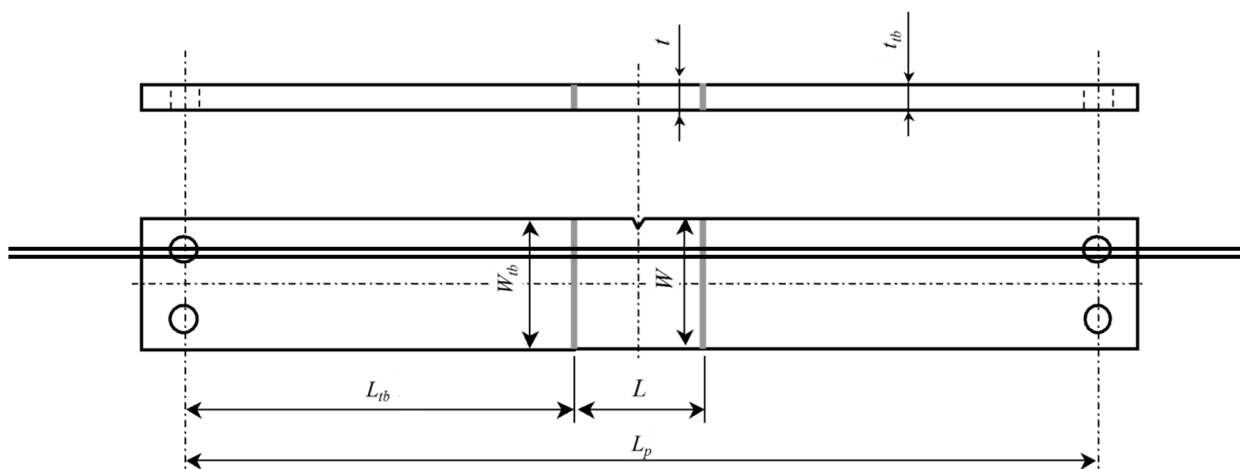


(e) 例 3



(d) 例 4

図 3 標準的なタブ板及びピンチャックの形状 (続き)



(e) 例 5

~~3. タブ板寸法の許容値は、表 3 による。試験片の両端に取り付けるタブ板長さ L_{tb} が異なる場合は、長さが短い方をタブ板長さ L_{tb} とする。~~

表 3 タブ板寸法の許容値

タブ板の厚さ t_{tb}	$0.8t \leq t_{tb} \leq 1.5t$
タブ板の幅 W_{tb}	$W \leq W_{tb} \leq 2.0W$
試験片+タブ板の全長 $L+2L_{tb}$ (試験片+タブ板片側長 $L+L_{tb}$)	$L+2L_{tb} \geq 3.0W$ ($L+L_{tb} \geq 2.0W$)
タブ板長さ(L_{tb})/試験片幅(W)	$L_{tb}/W \geq 1.0$

~~4. ピンチャック部幅 W_{pc} は、原則としてタブ板幅 W_{tb} 以上とする。ピンチャック形状及び厚さは、載荷に十分耐えられる強度を確保できるように設定する。試験体両端のピンチャックが非対称の場合には、長さが短い方をピンチャック部長さ L_{pc} とする。~~

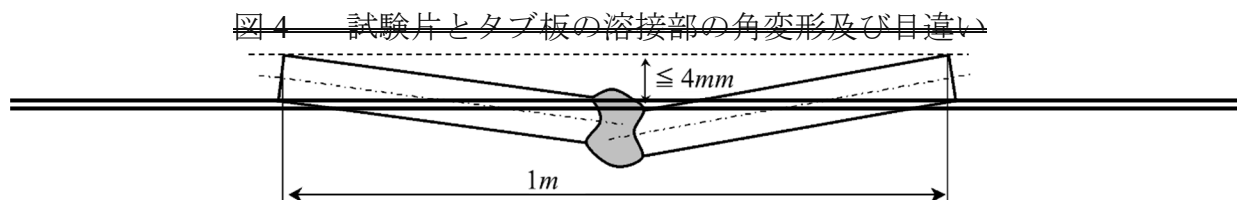
~~5. ピン間距離 L_p は、次の算式による。ただし、図 3(c) のような場合は、 $L_{pc}=0$ として求める。~~

$$L_p = L + 2L_{tb} + 2L_{pc}$$

4.2.6 試験片とタブ板の溶接

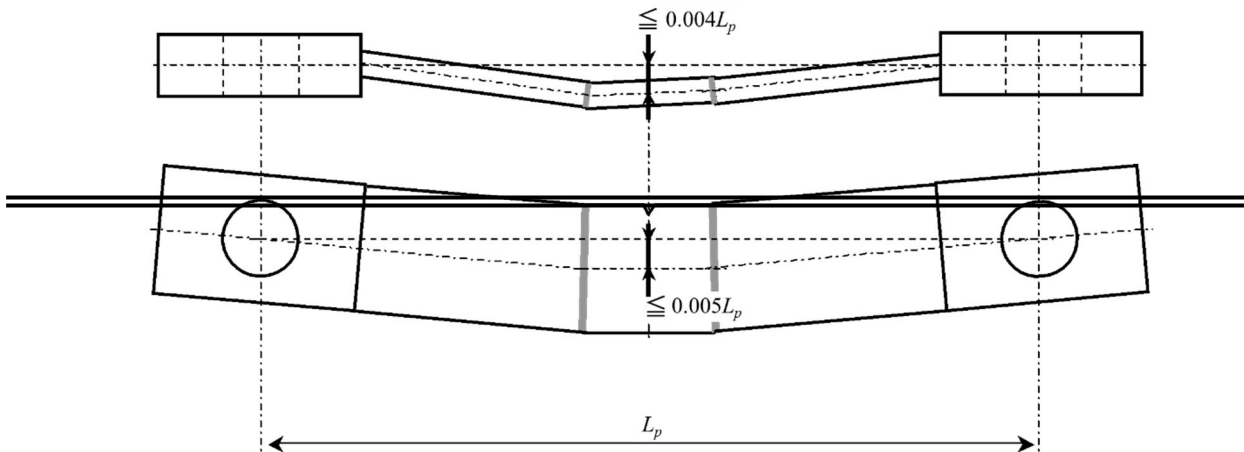
~~1. 試験片、タブ板及びピンチャックは溶接により接合し、溶接部の強度は試験荷重に耐えられるものでなければならない。~~

~~2. 試験片とタブ板の溶接部における角変形及び目違いは、図 4 に示すように 1m 当り 4mm 以内としなければならない。ただし、予荷重をかける場合、予荷重後の値がこれを満足すること。~~



~~3. 面内及び面外荷重軸精度は、図 5 による。面内荷重軸精度はピン間距離の 0.5% 以内、面外荷重軸精度はピン間距離の 0.4% 以内とし、載荷時の試験片内の応力は一様でなければならない。~~

図 5 面内及び面外荷重軸精度



1.2.7 試験方法

1. 試験片の幅方向に少なくとも 9 点の熱電対を装着して測温し、温度制御することにより、試験片に所定の温度勾配を付与する。温度勾配の付与は、次の(1)から(3)による。
 - (1) 試験片幅 $0.3W \sim 0.7W$ の範囲において、 $0.25 \sim 0.35 \text{ } ^\circ\text{C}/\text{mm}$ の温度勾配を付与する。試験片の厚さ中心で測温する場合には 10 分以上、試験片の表面で測温する場合には、中心までの均熱時間を考慮し $(10 + 0.1t [\text{mm}])$ 分以上の間、 $\pm 2 \text{ } ^\circ\text{C}$ 以内に保持しなければならない。
 - (2) 試験片幅中央位置 ($0.5W$) において、試験片長さ方向 $\pm 100\text{mm}$ の範囲で、長さ方向中央位置における温度からの偏差を $\pm 5 \text{ } ^\circ\text{C}$ 以内に制御する。ただし、長さ方向中央位置における計測点がない場合には、最も近い位置の温度の平均値をその値とする。
 - (3) 同一の幅方向位置において、表裏面の温度の偏差を $\pm 5 \text{ } ^\circ\text{C}$ 以内に制御する。
2. 脆性亀裂を発生させるための打撃エネルギー E_t と試験片厚さ t の比は、次の算式を満足することが望ましい。

$$\frac{E_t}{t} \leq \min(1.2\sigma, 40, 200)$$

ただし、 $\min$ は 2 数値の最小値を指す。

1.2.8 試験手順

1. 試験前手順は次の(1)から(8)による。
 - (1) 試験体を試験機に装着する。
 - (2) 冷却装置を試験片に取り付ける。必要に応じて加熱装置を取り付けてもよい。
 - (3) 打撃装置を取り付ける。必要に応じて適当な反力受けを配置する。
 - (4) 温度記録計の全ての熱電対の計測値が室温になっていることを確認し、冷却を開始する。温度分布及び保持時間は、1.2.7 1.による。
 - (5) 所定の打撃エネルギーを付与できるように、打撃装置の設定を行う。
 - (6) 所定の試験荷重までの载荷は、原則として温度制御の後に実施するが、载荷後に温度調整を行っても差し支えない。载荷速度と負荷応力は、それぞれ次の(a)、(b)の条件を満足すること。
 - (a) 载荷速度は、試験片温度分布の保持ができ、所定荷重に対して過大荷重とならないように制御できる範囲とすること。

~~(b) 負荷応力は次の算式を満足すること。~~

$$\sigma \leq \frac{2}{3} \sigma_{\text{YS}}$$

~~ただし、負荷応力は σ_{YS} の1/6以上を標準とする。~~

~~(7) 打撃直前に、 $0.3W \sim 0.7W$ の温度を乱さない範囲で切欠き部をさらに冷却してもよい。この場合、試験温度は切欠き部の直前冷却前の温度記録を基に求めた計測温度とする。~~

~~(8) 荷重記録計の計測荷重を記録し、この値を試験荷重とする。~~

~~2. 載荷手順は次の(1)から(4)による。~~

~~(1) 所定の荷重を30秒以上保持した後、打撃装置によるくさびへの打撃を行う。亀裂が自然発生し、亀裂発生時の荷重が正確に把握できない場合は、試験を無効とする。~~

~~(2) 打撃後に荷重記録計の計測荷重を記録する。~~

~~(3) 打撃後の荷重が試験荷重よりも低下している場合に亀裂が発生したとみなす。なお、打撃回数の増加によって試験片の切欠き部の形状が変化することがあるが、アレストじん性値に影響を及ぼすものではないため、特に打撃回数の制限は設けないものとする。ただし、打撃により温度勾配が崩れることを防ぐため、再度打撃を与える場合には温度調整からやり直すものとする。~~

~~(4) 亀裂の発生、伝播及びアレストが確認されたら除荷する。~~

~~3. 試験後手順は次の(1)から(3)による。~~

~~(1) 打撃装置、冷却箱、熱電対及びひずみゲージ類を取り外す。~~

~~(2) 試験片を室温に戻す。その際、ガスバーナなどで加熱してもよい。ただし、製造法承認試験等において、破面に焼き色が着くことを回避する必要がある場合、亀裂部を直接加熱してはならない。~~

~~(3) 必要に応じ未破断リガメントをガス切断した後に、試験機にて強制延性破断する。あるいは、試験機にて延性亀裂を十分な長さまで進展させた後に、未破断リガメントをガス切断する。~~

~~4. 破面観察及びアレスト亀裂長さ a の測定は、次の(1)から(3)による。~~

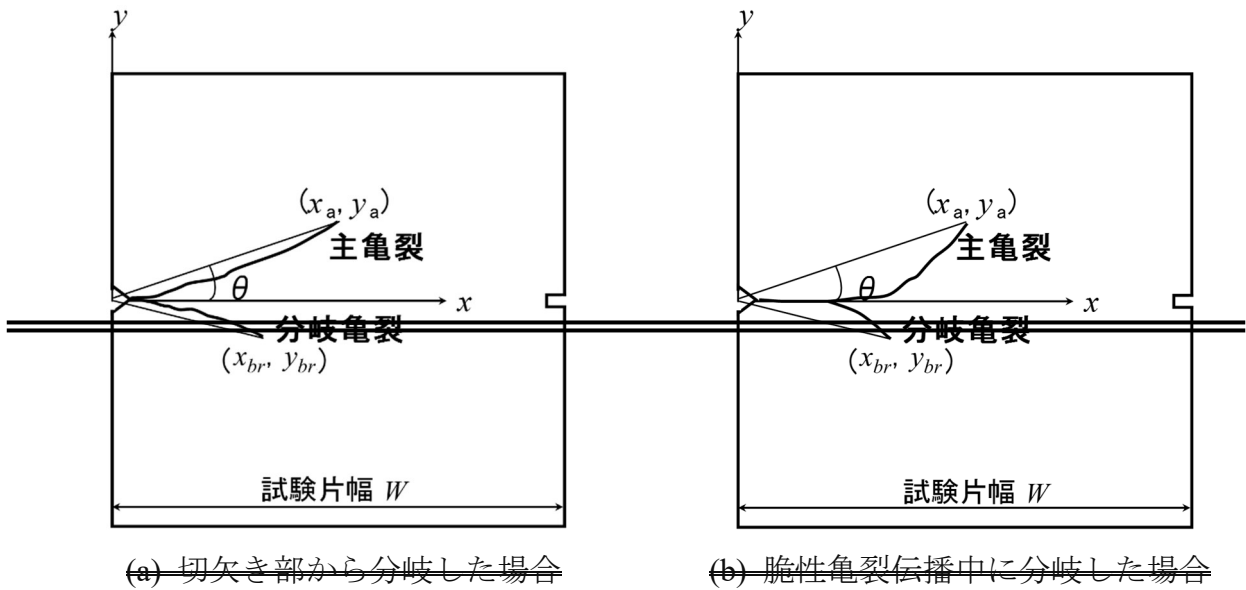
~~(1) 破面及び伝播経路を写真撮影する。~~

~~(2) アレスト亀裂先端の板厚方向の最長長さを測定し、それをアレスト亀裂長さ a とする。亀裂が荷重方向に垂直の方向から逸れた場合は、荷重線に垂直な面に投影した長さをアレスト亀裂長さ a とする。ただし、亀裂再発生や亀裂分岐が生じた場合は、それぞれ次の(a)、(b)の方法により判定すること。~~

~~(a) 一旦アレストした亀裂から脆性亀裂が再発生した場合には、最初のアレスト位置をアレスト亀裂位置とする。ここで再発生とは、主亀裂と再発生亀裂がストレッチゾーンにより完全に分離されており、かつ、ストレッチゾーンから明瞭な脆性亀裂発生が認められる場合をいう。なお、板厚方向において一部でも連続して亀裂が伝播している場合は、脆性亀裂の最長位置をアレスト位置とする。~~

~~(b) 亀裂が荷重方向に垂直の方向から逸れた場合は、荷重線に垂直な面に投影した長さをアレスト亀裂長さとする。また、亀裂が分岐した場合は、最長の分岐亀裂に対して、荷重線に垂直な面に投影した長さを分岐亀裂長さとする。具体的には、図6によって定義されるアレスト亀裂先端位置の座標 (x_a, y_a) 、分岐亀裂先端の座標 (x_{ba}, y_{ba}) より、 x 軸からの角度 θ を求め、 x_a をアレスト亀裂長さ a とする。ここで x は試験片幅方向の座標で、打撃側の端面を $x=0$ とする。 y は試験片長さ方向の座標であり、切欠き位置を $y=0$ とする。~~

図 6 主亀裂及び分岐亀裂長さの測定要領



- (3) 熱電対測定結果から、温度分布曲線（温度—試験片上端からの距離線図）を作成し、アレスト亀裂長さ a に対応するアレスト温度 T を求める。

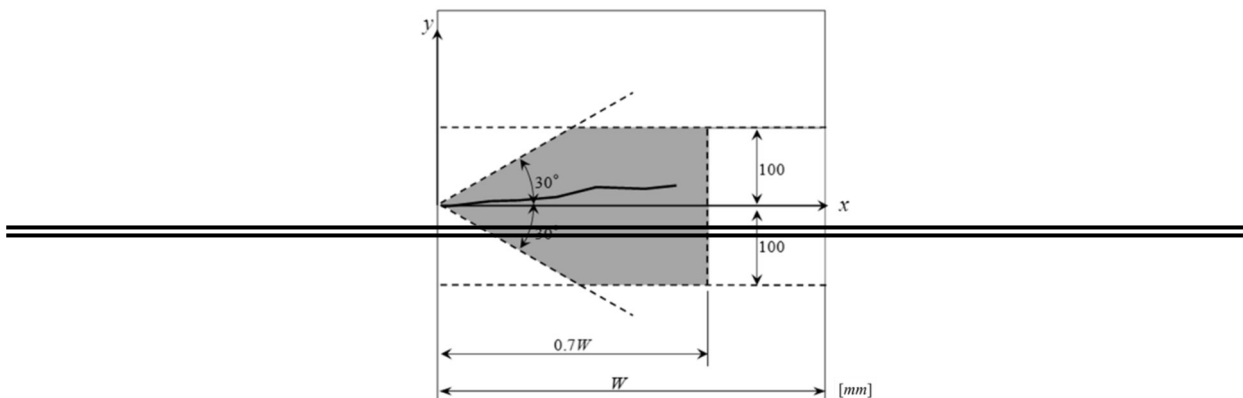
1.2.9 アレストじん性値の決定

1. アレストした亀裂が、次の(1)から(4)の条件をすべて満足する場合、1.2.8 で決定されたアレスト亀裂長さ a を有効とする。一つでも満足しない場合、後 4. で算出されるアレストじん性値 K_{est} は参考値とする。

- (1) 亀裂の発生から亀裂停止位置までの全体が図 7 に示す範囲にあること。ただし、主亀裂先端がこの範囲内に入っているものの主亀裂の一部がこの範囲の外を通過している場合、主亀裂が y 方向に最も逸脱した位置における温度が $y=0$ における温度よりも低いことが確認でき、さらに、主亀裂に対する応力拡大係数 K が同じアレスト亀裂長さ a の直線亀裂に対する応力拡大係数 K の $\pm 5\%$ 以内である場合には、有効と判定してよい。応力拡大係数 K は次の算式による。

$$K = K_I \cos^{\frac{1}{2}}\left(\frac{\phi}{2}\right) + 3K_{II} \cos^{\frac{1}{2}}\left(\frac{\phi}{2}\right) \sin\left(\frac{\phi}{2}\right)$$

図 7 主亀裂伝播経路の許容範囲



~~(2) アレスト亀裂長さ a は、次の(a)から(c)の算式を満足すること。ただし、ピン位置におけるひずみ及び亀裂長さが動的計測されており、そのひずみの亀裂停止位置における値が亀裂発生直前の静的ひずみの 90%以上であれば、(c)式を適用しなくても差し支えない。~~

~~$$(a) \quad 0.3 \leq \left(\frac{a}{W}\right) \leq 0.7$$~~

~~$$(b) \quad \left(\frac{a}{t}\right) \geq 1.5$$~~

~~$$(c) \quad \left(\frac{a}{l_{ps}}\right) \leq 0.15$$~~

~~(3) 亀裂直進性の条件として、次の算式を満足すること。~~

~~$$|y_a| \leq 50 \text{ mm}$$~~

~~ただし、 $50 \text{ mm} < |y_a| \leq 100 \text{ mm}$ かつ $|\theta| \leq 30^\circ$ の場合には、 $x = 0.5W$ 、 $y = \pm 100 \text{ mm}$ における温度が $x = 0.5W$ 、 $y = 0$ における温度に対して $\pm 2.5^\circ\text{C}$ の範囲内である場合に限り、有効とする。~~

~~(4) 亀裂分岐の条件として、次の算式を満足すること。~~

~~$$\left(\frac{x_{bpf}}{x_a}\right) \leq 0.6$$~~

~~2. 打撃エネルギー E_t は次式による値を満足しなければならない。これを満足しない場合、後 4. で算出されるアレストじん性 K_{ea} は参考値とする。~~

~~$$\frac{E_t}{E_g + E_g} \leq \frac{5a - 1050 + 1.4W}{0.7W - 150}, \text{ ただし, } 0.3 \leq \left(\frac{a}{W}\right) \leq 0.7$$~~

~~$$E_g = \frac{10^9 F^2}{2E} \frac{l}{Wt}$$~~

~~$$E_t = \frac{10^9 F^2}{E} \left(\frac{l_{eb}}{W_{eb} t_{eb}} + \frac{l_{pe}}{W_{pe} t_{pe}} \right)$$~~

~~3. 図 3(b) のようにタブ板が多段の場合の打撃エネルギー E_t は、試験片のひずみエネルギー E_g とタブ板とピンチャック部の合計のひずみエネルギー E_p の合計とする。さらに、図 3(d) のようにタブ板幅にテーパが存在する場合には、弾性力学に基づいてひずみエネルギーを算出する。~~

~~4. 前 1. により判定したアレスト亀裂長さ a 及び負荷応力 σ から、次の算式によりアレストじん性値 K_{ea} を求める。~~

~~$$K_{ea} = \sigma \sqrt{\pi a} \sqrt{\left(\frac{2W}{\pi a}\right) \tan\left(\frac{\pi a}{2W}\right)}$$~~

~~$$\sigma = \frac{10^6 F}{Wt}$$~~

1.2.10 報告

~~試験結果として、次の(1)から(9)の各項目について報告すること。報告に用いる書式の例は REPORT-ESSO(J)を用いること。~~

~~(1) 試験材：材料記号及び室温降伏応力~~

~~(2) 試験装置：試験機容量~~

~~(3) 試験片寸法：厚さ、幅、長さ、角変形量及び目違い量~~

~~(4) 試験体寸法：タブ板の厚さ、タブ板の幅、タブ板を含めた試験片の長さ及びピン間距離~~

- (5) ~~試験条件：負荷荷重，負荷応力，温度勾配，打撃エネルギー及び打撃エネルギーの試験体ひずみエネルギー（試験片ひずみエネルギーとタブ板ひずみエネルギーの和）に対する比~~
- (6) ~~試験結果~~
- (a) ~~アレストの判定：亀裂長さ，亀裂分岐の有無，主亀裂の角度，亀裂再発生の有無及びアレスト温度~~
- (b) ~~アレストじん性値~~
- (7) ~~打撃時の温度分布：熱電対位置，温度の数値及び温度分布~~
- (8) ~~試験片写真：亀裂伝播経路（片面）及び脆性亀裂破面（両面）~~
- (9) ~~動的計測結果（実施した場合のみ）：亀裂伝播速度履歴及びピンチャック部のひずみ変化~~

1.2.11.3 特定温度におけるアレストじん性値の算出方法

~~1. 本節に規定する試験を複数回実施し，次の(1)から(4)に従うことで特定温度 T_D におけるアレストじん性値 K_{ea} を算出することができる。なお，アレストじん性値 K_{ea} のアレスト温度 T_K に対する温度依存性は次の算式による。~~

$$\cancel{K_{ea}} = K_0 \exp\left(\frac{c}{T_K}\right)$$

- (1) ~~4 点以上の有効なアレストじん性値 K_{ea} を求める。この際，特定温度 T_D に対し高温側及び低温側に試験データが存在しない場合，追加の試験を行い，これを満たさなければならない。~~
- (2) ~~$\log K_{ea}$ を $1/T_K$ に対する一次式で近似し，前(1)の試験データに対し，最小二乗法により，次の算式の係数 $\log K_0$ 及び c を決定する。~~

$$\log K_{ea} = \log K_0 + c \frac{1}{T_K}$$

- (3) ~~各試験データに対し，次の算式による値が 0.85～1.15 の範囲外となる試験データの個数が， n （全試験データ数を 6 で除した値で，小数点以下を切り下げた値）を超えない場合，前(2)の最小二乗近似を有効とする。この条件を満たさない場合には，少なくとも 2 点の試験データを追加し前(2)を適用する。~~

$$\frac{K_{ea}}{K_0 \exp\left(\frac{c}{T_K}\right)}$$

- (4) ~~$K_0 \exp(c/T_K)$ の値を，特定温度 T_D におけるアレストじん性値 K_{ea} の推定値とする。また，特定の K_{ea} 値に対応する温度の推定値を $T_K = c / \log(K_{ea}/K_0)$ として求めることができる。ただし，前(3)の条件を満たさない場合には，推定値を参考値とする。~~

-1. 方法

ISO 20064:2019 Annex B に従い，試験を複数回実施し，特定温度におけるアレストじん性値 K_{ca} を算出すること。

-2. 評価

前 1.により，有効なアレストじん性値 K_{ca} 及びアレスト温度 T_K の試験データから得られた近似直線においては，次の(1)又は(2)のいずれかを満足しなければならない満たすこと。

- (1) 図 81 に示すように， K_{ca} の評価温度（-10℃）はアレスト温度の上限と下限との間にあり，その K_{ca} は要求される K_{ca} （例：6000 N/mm^{3/2} 又は 8000 N/mm^{3/2}）以上であること。
- (2) 図 92 に示すように，要求される K_{ca} に対する温度は，アレスト温度の上限と下限

の間にあり，その温度は評価温度（-10℃）以下であること。

-3. 前-2.(1)及び-2.(2)を満たさない場合は，これを満たす為に追加の試験を実施して差し支えない。

図 81 -10℃における K_{ca} の評価例

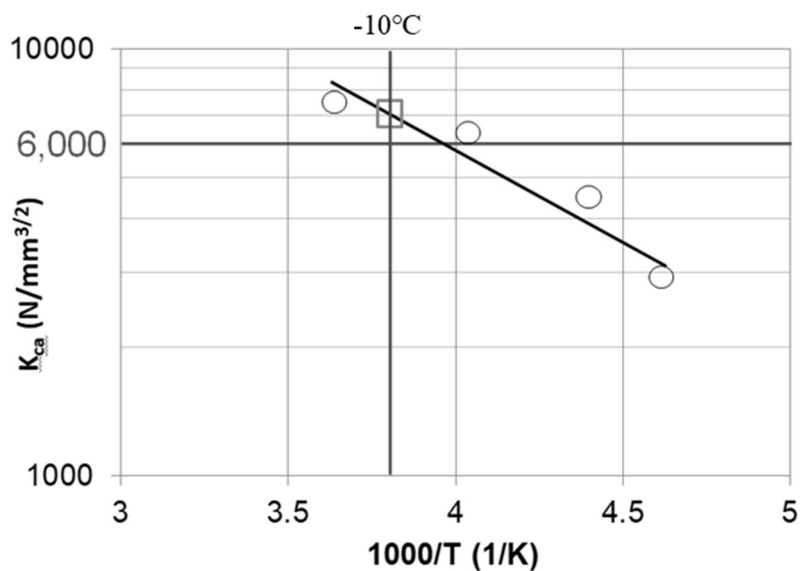
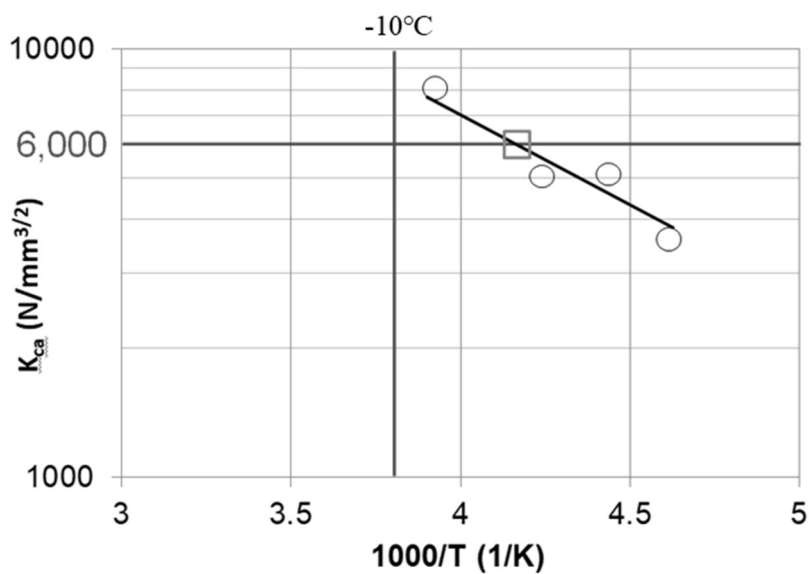


図 92 要求される K_{ca} に対する温度の評価例



~~1.3 温度勾配型二重引張試験~~

~~1.3.1 一般~~

~~1. 本節の規定は，温度勾配型二重引張試験を行い，アレストじん性を評価するために用いる。~~

~~2. 本節に規定されていない事項については，1.2 の規定を準用する。~~

附属書 K3.12.3-2. CAT 評価試験に関する検査要領

1.1 一般

1.1.2 を次のように改める。

1.1.2 定義

本要領で使用する記号の定義は、~~附属書 K3.12.3-1.「温度勾配型 ESO 試験及び温度勾配型二重引張試験に関する検査要領」~~1.1.2 ISO 20064:2019 Table 1 によるほか、表 1 による。

1.2 CAT 評価試験

1.2.2 試験装置及び打撃装置

-4.を次のように改める。

- 1. 試験装置は、荷重を供試材の規格最小降伏応力の 2/3 と同等の引張荷重を載荷できる油圧式の試験装置とする。
- 2. 試験片の温度測定領域における温度を $T_{target} \pm 2^{\circ}\text{C}$ 以内に保つことができるよう、温度制御装置を取り付けなければならない。
- 3. 脆性亀裂を発生させるための方法として、落錘式、エアガン式又は二重引張型としてもよい。
- 4. 試験装置に関する詳細な要件は、~~附属書 K3.12.3-1.「温度勾配型 ESO 試験及び温度勾配型二重引張試験に関する検査要領」~~ISO 20064:2019 に従うこと。

1.2.3 試験片

-1.を次のように改める。

- 1. 試験片は、本要領に規定されていないものについては~~附属書 K3.12.3-1.「温度勾配型 ESO 試験及び温度勾配型二重引張試験に関する検査要領」~~ISO 20064:2019 に従うこと。

1.2.4 二重引張型試験

-1.を次のように改める。

- 1. 補助引張部の形状及び寸法並びに脆性亀裂発生のための載荷方法については、~~附属書 K3.12.3-1.「温度勾配型 ESO 試験及び温度勾配型二重引張試験に関する検査要領」~~ISO 20064:2019 Annex D に従うこと。
- 2. 脆性亀裂を発生しやすくするために、補助引張部のタブ板をさらに冷却して差し支えない。

1.2.6 サイドグループ

-4.を次のように改める。

-1. 脆性亀裂を直進させるために、脆化域に沿って試験片表面にサイドグループを導入して差し支えない。なお、サイドグループは本要領で規定されている特定の場合においては必ず導入されなければならない。

-2. 電子ビーム溶接においては、基本的にシアリップは発生しないため、サイドグループを導入しなくてもよい。しかしながら、試験片の破面において、片側に厚さ 1 mm を超えるシアリップが確認された場合、シアリップを防止するためにサイドグループを導入しなければならない。

-3. 局所温度勾配法においては、試験片の両側の表面において同じ形状及び寸法のサイドグループを導入しなければならない。

-4. サイドグループ長さ (L_{SG}) は、脆化域の要求長さである ~~150 mm~~ 以上でなければならない。

-5. サイドグループの深さ、先端半径及び開先角度の規定はないが、片側に厚さ 1 mm を超えるシアリップが生じないように適当な形状及び寸法にしなければならない。図 2 にサイドグループの形状及び寸法の例を示す。

-6. サイドグループ端部は、深さ (d_{SG}) と同等以上の曲率で徐々に浅くなるよう加工しなければならない。なお、サイドグループ長さ (L_{SG}) は、サイドグループ端部の湾曲部を除いた一定の深さを有する部分の長さをいう。

1.2.7 を次のように改める。

1.2.7 脆化域長さ

-1. 脆化域長さは、少なくとも 150 mm としなければならない。

~~-2.~~ 電子ビーム溶接による脆化域長さは、試験後の試験片破面を測定することにより得られる、試験片端部と電子ビーム溶接前縁との間の長さ (L_{EB-min} , L_{EB-s1} 及び L_{EB-s2}) とする (図 3 参照)。

~~-3.~~ 試験片端部と電子ビーム溶接前縁との間の最小長さ (L_{EB-min}) は、 150 mm 以上でなければならない。 L_{EB-min} が 150 mm を下回り、 $150\text{ mm}-0.2t$ (t は試験片厚さ) 以上であった場合、 T_{test} は 1.2.13-1.(2)による。

~~-4.~~ 試験片端部と試験片両表面における電子ビーム溶接前縁との間の長さを、それぞれ L_{EB-s1} 及び L_{EB-s2} とする。 L_{EB-s1} 及び L_{EB-s2} は 150 mm 以上でなければならない。

~~-5.~~ 局所温度勾配法において、 L_{LTG} は 150 mm としなければならない。

1.2.8 を次のように改める。

1.2.8 タブ板及びピンチャックの詳細

次の(1)及び(2)については、~~附属書 K3.12.3-1.「温度勾配型 ESSO 試験及び温度勾配型二重引張試験に関する検査要領」ISO 20064:2019~~による。

(1) タブ板とピンチャックの形状及び寸法

(2) 試験片、タブ板及びピンチャックを溶接した際の平面精度及び面内荷重軸精度

1.2.10 荷重負荷及び脆性亀裂発生

-2.を次のように改める。

- 1. 試験前に、 T_{target} を決定しなければならない。
- 2. 試験荷重を供試材の規格最小降伏応力の $2/3$ とすることを除き、試験手順は**附属書 K3.12.3-1**、「~~温度勾配型 ESSO 試験及び温度勾配型二重引張試験に関する検査要領~~」**ISO 20064:2019** による。
- 3. 試験荷重は、脆性亀裂発生までに少なくとも 30 秒間目的の荷重以上で保持しなければならない。
- 4. 脆性亀裂は、試験温度や試験荷重の記録後に、打撃や補助引張部の引張によって発生させること。

1.2.12 亀裂の“停止”と“伝播”の判定

-1.を次のように改める。

- 1. 発生した脆性亀裂が“停止”し、試験片が破断しなかった場合、~~附属書 K3.12.3-1~~「~~温度勾配型 ESSO 試験及び温度勾配型二重引張試験に関する検査要領~~」**ISO 20064:2019** に規定されている手順により破面を確認しなければならない。
- 2. 試験中に試験片が破断しなかった場合、脆性亀裂伝播停止長さ (a_{arrest}) は破面から測定しなければならない。打撃された側の試験片端部から亀裂先端（最大長さでの位置）までの長さを a_{arrest} とする。
- 3. a_{arrest} に関して、局所温度勾配法の場合は、 L_{LTG} を、電子ビーム溶接法の場合は、 L_{EB-s1} 、 L_{EB-s2} 及び L_{EB-min} をそれぞれ超えなければならない。そうでない場合、その試験は無効とする。
- 4. 試験片が試験中に破断しても、脆性亀裂の再発生が明らかであれば、脆性亀裂は“停止”したと判定して差し支えない。破面がほぼ脆性破面であったとしても、脆化域を超えた範囲で、板厚方向全体に渡り延性破面が観察され、脆性破面が完全に分離されている箇所が確認された場合、その試験は脆性亀裂が再発生したと判定して差し支えない。その場合、延性破面が確認された箇所の最大亀裂長さを a_{arrest} として測定して差し支えない。脆性亀裂の再発生が確認できない場合、その試験は“伝播”したと判定する。
- 5. a_{arrest} が $0.7W$ を超えない場合、その試験は“停止”したと判定する。そうでない場合、その試験は“伝播”したと判定する。

「船用材料・機器等の承認及び認定要領」の一部を次のように改正する。

第 1 編 金属材料

1 章 圧延鋼材の製造方法の承認

1.4 承認試験

1.4.1 承認の範囲

-1.(1)を次のように改める。

-1. 圧延鋼材の製造方法の承認においては、本会が適当と認めた場合、次の(1)から(3)に掲げるところとしてよい。

- (1) 船体用圧延鋼材~~（KE47は除く）~~、低温用圧延鋼材及び海洋構造物用高張力圧延鋼材品種、脱酸形式、細粒化元素及びその他合金元素、熱処理法、製鋼法、造塊法及び最大製造板厚又は寸法が同一であることを条件に、供試材と同一強度の下級の鋼材（規定の衝撃試験温度が供試材のそれよりも高い鋼材）を含めることができる。船体用高張力圧延鋼材にあっては、供試材より強度レベルが1つ下の鋼材（規定の降伏強度レベルが供試材のそれよりも1つ低い鋼材）のうち、同一級及び下級のものを含めることができる。ただし、KE47にあっては、品種、脱酸形式、細粒化元素及びその他合金元素、熱処理法、製鋼法、造塊法及び最大製造板厚又は寸法が同一であることを条件に、供試材より低アレスト特性の鋼材のうち、同一強度及び同一級の鋼材のみ含めることができる。海洋構造物用高張力圧延鋼材にあって本規定を適用する場合には、本会が適当と認める技術資料を要求する場合がある。
- (2) 前(1)以外の圧延鋼材
品種、脱酸形式、熱処理法、製鋼法、造塊法及び最大製造板厚又は寸法が同一でかつ化学成分の製造管理基準が類似であることを条件に、供試材より低強度の鋼材（規定の降伏強度レベルが供試材のそれよりも低い鋼材）を含めることができる。
- (3) 鋼船規則 K 編 3.12 に規定する脆性亀裂アレスト特性が考慮された鋼材
脱酸形式、細粒化元素及びその他合金元素、熱処理法、製鋼法、造塊法、最大製造板厚又は寸法及び脆性亀裂アレスト特性向上のメカニズムが同一であることを条件に、供試材と同一アレスト特性及び低アレスト特性の鋼材（規定の脆性亀裂アレスト特性が供試材のそれよりも低い鋼材）のうち、同一強度の同一級及び下級の鋼材（規定の衝撃試験温度が供試材のそれよりも高い鋼材）、及び供試材より強度レベルが1つ下の鋼材（規定の降伏強度レベルが供試材のそれよりも1つ低い鋼材）の同一級及び下級のものを含めることができる。ただし、KE47にあっては、供試材より低アレスト特性の鋼材のうち、同一強度及び同一級の鋼材のみ含めることができる。

1.4.2 を次のように改める。

1.4.2 供試材の採取

-1. 圧延鋼材の承認試験に用いる供試材は、次の(1)から(5)に従って採取する。

- (1) 原則として材料記号及び品種の別に、脱酸形式、細粒化元素及びその他合金元素、熱処理法、製鋼法及び造塊法の同一条件より得られた圧延鋼材 1 溶鋼ごとに採取し、代表的な化学成分（該当する場合は、炭素当量又は溶接割れ感受性組成の値を含む）に基づくこと。
- (2) 本会が承認した場合を除き、普通造塊法による場合は、1 つの鋼塊より直接圧延された鋼材のうち、鋼塊の頂部を含む鋼材から採取する。
- (3) 前(2)にかかわらず、海洋構造物用高張力圧延鋼材にあつては、1 つの鋼塊より直接圧延された鋼材のうち、鋼塊の頂部及び底部に相当する位置から採取する。
- (4) 連続鋳造法による場合には、1 つの任意の鋼片より直接圧延された鋼材から採取する。
- (5) 鋼塊及び鋼片から直接供試材を採取する場合にあつては、各造塊法に応じて同様に採取する。

-2. 供試材の板厚又は寸法は、最大製造板厚又は最大寸法とする。なお、連続鋳造スラブより鋼板を製造する場合は、原則として圧延比 6 を標準として最大製造板厚を定めること。ただし、製造法を検討して圧延比を 4（板厚 50 mm を超える鋼板の場合は 3）とすることができる。

-3. 前-2.の規定にかかわらず、KE47 及び脆性亀裂アレスト特性が考慮された鋼材の供試材の板厚は、化学成分の製造管理基準が同一な製造板厚範囲のうち、最大製造板厚とする。

~~-34.~~ 船体用圧延鋼板、低温用圧延鋼板及び海洋構造物用高張力圧延鋼板の最大製造板厚が、50 mm を超える場合であつて、当該材料記号の脱酸形式、細粒化元素及びその他合金元素、熱処理法、製鋼法及び造塊法のうち、少なくともいずれか 1 つについて初めて承認を受ける場合には、本会は-2.の供試材に加えて、表 1.1-1.の●印で示す板厚又は他の適当な板厚の供試材 1 個を追加して要求することがある。

-45. 前-2.の規定にかかわらず、海洋構造物用高張力圧延鋼材の圧延比は 3 以上、海洋構造物用チェーン（以下、「海洋チェーン」という。）用丸鋼の圧延比は 5 以上とする。

1.4.3 試験の詳細

-6.を次のように改める。

-6. 鋼船規則 K 編 3.12 に規定する脆性亀裂アレスト特性が考慮された鋼材について、その製造方法が、申込者が既に承認を受けている製品の化学成分の製造管理基準及び圧延条件と類似で、かつ、脱酸形式、細粒化元素及びその他合金元素、熱処理法、製鋼法、造塊法と同一である場合は、承認試験として、本章に従い、温度勾配型 ESSO 試験又は温度勾配型二重引張試験、化学分析、引張試験及びシャルピー衝撃試験を実施することで差し支えない。なお、温度勾配型 ESSO 試験又は温度勾配型二重引張試験の代わりに CAT 評価試験を行ってもよい。加えて、出荷時の試験として小型試験による評価を適用する場合には、附属書 1.1 に従い本会の承認を得ること。

表 1.1-3.を次のように改める。

表 1.1-3. 承認試験の方法と判定基準（続き）（抜粋）

承認試験項目		採取位置 (1)(2)	長さ試験片の方向 (3)(4)	試験の方法	判定基準	注記
脆性破壊試験	CTOD 試験又は ディープノッチ試験	頂部	平行	CTOD 試験については、ISO 12135 又はこれと同等の方法とする。 ディープノッチ試験にあつては、その試験片の寸法、試験条件等について本会と協議すること。	本会の適当と認める ところによる。	—
	温度勾配型 ESSO 試験、 温度勾配型二重引張試験 又は CAT 評価試験	頂部 (8)	平行	K 編附属書 K3.12.3-1.又は K 編附属書 K3.12.3-2. に従うこと。		- 脆性亀裂アレスト特性をアレストじん性値 K_{ca} により評価し、試験結果が不合格となった場合、追加試験を実施してもよい。この場合、可否の判定は全ての試験片のアレストじん性値 K_{ca} で行う。 - 初回試験、不合格となった試験及び追加する試験の結果は承認試験成績書に記載すること。
	NRL 落重試験	頂部	平行	ASTM E 208:2019 又はこれと同等の方法とする。		試験結果には、無延性遷移温度 (NDTT) 及び試験後の試験片の写真を含めること。

表 1.1-3. 承認試験の方法と判定基準（続き）（抜粋）

承認試験項目		採取位置 (1)(2)	長さ 試験片の 方向 (3)(4)	試験の方法		判定基準	注記
溶接性試験 (5) (6) (7)	溶接硬さ試験	頂部	-	船体用圧延鋼板 低温用圧延鋼板 海洋構造物用高張力圧延鋼板（各鋼板は幅 600 mm 以上の平鋼を含む）	突合せ溶接継手の断面において、母材の両表面から 1 mm 内側の表面に平行な 2 本の直線上に沿って、境界部から母材側へ 0.7 mm 間隔で測定する。ただし、各溶接熱影響部で少なくとも 6～7 点測定すること。	最高硬さは表 1.1-8. に規定する値を超えないこと。表に定める以外の鋼板については、本会の適当と認めるところによる。	- 原則として、表 1.1-6. に示す各供試材から試験片を採取して試験を行う。 - 試験結果には、計測位置を明記した開先の形状（寸法を含む）を図示したものと溶接部の断面のマクロ写真を含めること。 - 船体用圧延鋼材については HV5 で、海洋構造物用高張力圧延鋼材については HV10 で、測定すること。
				上記以外の圧延鋼材	JIS Z 3101 又はこれと同等の方法とする。	本会の適当と認めるところによる。	—
	y 型溶接割れ試験	頂部	-	JIS Z 3158 ISO 17642-2:2005 等の国際的に認知された規格による。		本会の適当と認めるところによる。	- 鋼板（幅 600 mm 以上の平鋼を含む）以外の鋼材の場合は、省略して差し支えない。 - 海洋構造物用高張力圧延鋼材にあつては、試験結果に基づく必要な予熱温度と厚さとの関係について試験成績書に明記すること。

表 1.1-3. 承認試験の方法と判定基準（続き）（抜粋）

承認試験項目		採取位置 (1)(2)	長さ試験片の方向 (3)(4)	試験の方法		判定基準	注記
溶接性試験 (5) (6) (7)	CTOD 試験又は ディープノッチ試験	頂部	溶接方向に 直角	CTOD 試験は、ISO 15653 又はこれと同等の方法とし、境界部近傍の粗粒域（CGHAZ）に板厚貫通切欠きを有する試験片を 1 つの供試材から 3 つ採取し、原則-10℃で試験を実施する。 ディープノッチ試験にあっては、その試験片の寸法、試験条件等について本会と協議すること。		本会の適当と認めるところによる。	・鋼板（幅 600 mm 以上の平鋼を含む）以外の鋼材の場合は、省略して差し支えない。 ・海洋構造物用高張力圧延鋼材の CTOD 試験に用いる試験片は、表 1.1-6.に示す(b)及び(c)の供試材から採取する。試験片寸法は表 1.1-9.によること。
耐食性試験	腐食試験	頂部	-	JIS G 0575, G 0576 及び G 0591 等の国際的に認知された規格による。		本会の適当と認めるところによる。	—
非破壊試験	超音波探傷試験又は 渦流探傷試験	全面	-	ステンレスクラッド鋼板	JIS G 0601 又はこれと同等の方法とする。	JIS G 0601 の F 級の規定に合格のこと。	—
				板厚方向特性を考慮した鋼材	鋼船規則 K 編 3 章の規定による。	鋼船規則 K 編 3 章の規定による。	—
				チェーン用丸鋼	JIS G 0801 及び JIS G 0202 又はこれと同等の方法とする。	有害と認められる欠陥等がなくてはならない。	—
貨物油タンク用耐食性試験		頂部	-	附属書 1.42 の規定による。		附属書 1.42 の規定による。	・貨物油タンク用耐食性試験の試験片の化学成分は、耐食性を確保するために添加する元素の化学成分範囲（上限，下限）の妥当性を確認できるよう，1.2.2 に規定される資料に基づき設定すること。 ・貨物油タンク用耐食性試験については、附属書 1.42 に加えて IACS 統一解釈 SC258（以後の改正を含む）にもよること。

1.5 承認

1.5.4 承認内容の変更

-3.を次のように改める。

-3. 本会は、**-1.**又は**-2.**の承認内容の変更事項を検討の上、必要に応じて製造所の実情調査及び**1.4**の規定による承認試験を要求する。ただし、**-2.(2)**に規定の適用可能な溶接材料を変更する場合の試験項目は、**附属書 1.42**に規定の貨物油タンク用耐食性試験のうち溶接継手に対する試験のみとして差し支えない。

附属書 1.1 として次の附属書を加える。

附属書 1.1 **脆性亀裂アレスト特性が考慮された鋼材に適用する** **小型試験方法の承認要領**

1.1 適用

1.1.1 適用

- 1. 本附属書は、脆性亀裂アレスト特性が考慮された鋼材（以下、アレスト鋼板）の鋼船規則 K 編表 K3.40 に規定する脆性亀裂アレスト特性を評価する温度勾配型 ESSO 試験又は温度勾配型二重引張試験並びに CAT 評価試験等（以下、大型アレスト試験）の代替として適用する小型試験方法の承認要領について規定する。
- 2. 本附属書に特に規定されない事項については、第 1 編 1 章の関連要件によること。

1.2 承認申込

1.2.1 承認申込

- 1. 製造者は次の資料を本会に提出すること。
 - (1) 小型試験要領書の承認申込書
 - (2) 少なくとも次の項目を含む小型試験要領書
 - (a) 材料記号、板厚、脱酸形式お及び熱処理等
 - (b) 小型試験の種類及び試験方法
 - (c) 板厚方向及び最終圧延方向に対する試験片採取位置
 - (d) 試験片寸法
 - (e) 試験片の数
 - (f) 試験条件（試験温度等）
 - (g) 合否判定基準
 - (h) 試験成績書の書式例
 - (i) 試験証明書への試験結果記載要領
 - (j) 小型試験が不合格となった場合の取扱い
 - (3) アレスト鋼板のアレスト特性を付与するためのメカニズム
 - (4) 前(3)のメカニズムを考慮した小型試験方法の決定に関する技術的背景
 - (5) アレスト鋼板の小型試験結果による脆性亀裂アレスト特性の算定要領
 - (6) 1.3.3 に規定する最小データ数に関する要件を満たすことができる、アレスト鋼板の小型試験結果と大型アレスト試験結果との相関性を示す社内試験データ
 - (7) 承認試験方案
- 2. 小型試験要領書は 1.3 の規定に従って作成すること。
- 3. 製造者が承認された小型試験要領書の一部を変更しようとする場合、1.2.1-1.に規定するすべての項目を含む資料を本会に提出すること。
- 4. 前-3.の規定に加え、変更理由を確認できる書類を提出し、その変更が既存の小型試験要領に与える影響及びその影響に対する変更内容を明記すること。

1.3 小型試験要領書の作成

1.3.1 一般

-1. 小型試験方法は、アレスト鋼板としての脆性亀裂アレスト特性の付与に関連する製造者自身の技術的観点に基づいて決定すること。また、大型アレスト試験により得られる脆性亀裂アレスト特性と小型試験結果との適切な相関関係に関する記述を含めること。なお、小型試験の合否判定基準を次に基づき決定すること。

- (1) 適切な脆性亀裂アレスト特性を付与するためのメカニズム
- (2) 試験片の採取位置と方向
- (3) 試験片の採取頻度
- (4) 小型試験方法
- (5) 大型アレスト試験結果と小型試験結果との相関関係の実証
- (6) 統計解析に基づく小型試験の合否判定基準の導出

-2. 製造者は、次の 1.3.2 から 1.3.5 に従い小型試験要領書を作成すること。

1.3.2 試験の種類及び方法

-1. 小型試験の種類、方法、試験片の寸法、採取位置及び採取方向等は、製造者により明示され、本附属書の規定に従い承認される。

-2. 試験方法は一般に、脆性破壊の発生、伝播及びアレスト特性を再現する試験とし次のような試験方法とする。

- (1) 複数の試験を組み合わせた試験方法。例えば、*NRL* 落重試験及びシャルピー衝撃試験を組み合わせた試験。
- (2) 単一の試験による試験方法。例えば、プレスノッチシャルピー衝撃試験又は *NRL* 落重試験（横方向採取）（表 1.1-3.参照）

-3. アレスト鋼板の脆性亀裂アレスト特性は、一般に、小型試験結果（例えば小型試験で得られた遷移温度）と大型アレスト試験結果（例えばアレストじん性値 K_{ca} 又は特定の脆性亀裂アレスト特性に対応する温度）の関係についての回帰式を用いて推定すること。本会の承認を得て、その他の手法を採用することができる。

（注記）

表 1.1-1.から表 1.1-3.に小型試験方法の例を示す。

-4. 試験方法の決定の際には、製造者は、試験の特性、脆性亀裂アレスト特性を付与するための製造者独自のメカニズム、試験片の採取位置等を理論的に考慮し、試験方法の適用性を確認すること（1.3.1-1.参照）。また、製造者は 1.2.1 に示す小型試験方法の決定のための技術的背景を本会に提出すること。

1.3.3 試験データ

-1. 供試鋼板の選定

- (1) 大型アレスト試験及び小型試験は、1.3.3 に従いアレスト鋼板の脆性亀裂アレスト特性（材料記号に対する付記を含む）ごとに実施すること。
- (2) 1.3.3-1.(3)に従い少なくとも 12 枚の供試鋼板から大型アレスト試験及び小型試験を実施し、これらの試験結果からアレスト鋼板の脆性亀裂アレスト特性を高い信頼性で推定できるものとする。

（注記）

「1 枚の供試鋼板」とは、「1 枚のスラブまたはインゴットから、直接圧延された鋼板」

をいう。

- (3) 鋼板の様々な製造条件による小型試験結果と脆性亀裂アレスト特性との適切な相関を得るため、次を考慮し、供試鋼板には板厚範囲と溶鋼の組み合わせごとに代表的なものを含めること。

(a) 板厚範囲のうち、最大板厚と最小板厚

(b) 各板厚に対し、異なる溶鋼のものを選択すること

さらに、上記の供試鋼板には、脆性亀裂アレスト特性（大型アレスト試験結果）が鋼船規則 K 編表 K3.40 に適合しない鋼板を含めること。この数は、少なくとも 1 枚とし供試鋼板の 4 分の 1 を超えない枚数とする。これらの供試鋼板の製造工程は、小型試験を適用するアレスト鋼板の製造工程と異なる（または承認された製造管理範囲から意図的に変更する）ものとして行うことができる。これらの供試鋼板（脆性亀裂アレスト特性の関連要件に適合しない）の強度区分は、アレスト鋼板と同等とすることを推奨する。

製造者が 1 種類の板厚のみについて承認を取得する場合、供試鋼板は 1 種類の板厚のみとして行うことができる。この場合、溶鋼（異なる 3 つの溶鋼）ごとに少なくとも 4 枚の供試鋼板を使用する必要がある、承認を取得する 1 種類の板厚のみに小型試験を適用する。

- (4) 鋼材の製造方法の承認試験に使用されるアレスト鋼板（及びその承認試験結果）は、**1.3.3-1.(3)**に規定する供試鋼板として使用して差し支えない。
- (5) 大型アレスト試験で用いる供試鋼板及び小型試験片は、同一の供試鋼板から採取すること。
- (6) 次に該当する場合、本会は供試鋼板の数を減じることを認める場合がある。
- (a) 製造者が複数の材料記号のアレスト鋼板に小型試験要領書を適用し、これらの異なる材料記号のアレスト鋼板の脆性亀裂アレスト特性を保証する製造工程及びメカニズムが同一である場合。
- (b) 単一または複数の種類の材料記号のアレスト鋼板について、小型試験要領書が既に本会によって承認され、製造者が他の材料記号に同様の小型試験要領書を適用しようとする場合であって、これらの異なる材料記号のアレスト鋼板の脆性亀裂アレスト特性を保証する製造プロセス及びメカニズムが同一である場合。

-2. 大型アレスト試験

- (1) 大型アレスト試験はそれぞれの供試鋼板に対し第 1 編 1 章 1.4.2 及び 1.4.3 に従い実施すること。
- (2) 大型アレスト試験で K_{ca} を評価する場合は、鋼船規則検査要領 K 編附属書 K3.12.3-1.「温度勾配型 ESSO 試験及び温度勾配型二重引張試験に関する検査要領」1.3 に従い、特定の温度における K_{ca} を決定すること。
- (3) 大型アレスト試験で CAT を評価する場合は、鋼船規則検査要領 K 編附属書 K3.12.3-2.「 CAT 評価試験に関する検査要領」1.2.14 に従い、 CAT を決定すること。

-3. 小型試験方法

- (1) 小型試験は、それぞれの供試鋼板に対し承認を取得する小型試験要領書に基づき実施すること。
- (2) 小型試験に用いる試験片は、原則として試験片の長さ方向を圧延方向と平行に採取すること。
- (3) 小型試験に用いる試験片は、1.3.2-1.で規定された板厚方向の位置から採取すること。

1.3.4 相関性の確認

-1. 大型アレスト試験で得られた脆性亀裂アレスト特性と単一または複数の種類の小型試験による試験結果との相関関係についての回帰式を設定すること。脆性亀裂アレスト特性は、特定の温度（例えば、特性区分 $BCA6000$ では $T_{Kca6000}$ 、特性区分 $BCA8000$ では $T_{Kca8000}$ 、 CAT ）又は -10°C における K_{ca} を用いることができる。

-2. 回帰式の妥当性については、脆性亀裂アレスト特性を十分な精度で推定できることを検証すること。標準偏差の2倍の値 (2σ) を用いることで、小型試験による計算値と大型アレスト試験結果との相関性を確保すること。脆性亀裂アレスト特性として温度を用いる場合、 2σ は 20°C 以下とする。その他の場合（例： -10°C での K_{ca} ）は、本会の了承を得て 2σ の上限値を設定すること。

(注記)

標準偏差 (σ) の算出方法は次によること。

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{(n-1)} \sum_{i=1}^n (y_i - x_i)^2}$$

n : 供試鋼板の枚数

y_i : 1 枚の供試鋼板の大型アレスト試験から得られた脆性亀裂アレスト特性

x_i : 1 枚の供試鋼板の小型試験から推定される脆性亀裂アレスト特性

1.3.5 合否判定基準

-1. 1.3.4 にて確立した脆性亀裂アレスト特性値の回帰式に基づき、大型アレスト試験の合否判定基準に相当する小型試験の合否判定基準を決定すること。この場合、当該判定基準は大型アレスト試験結果と小型試験結果から算定したアレスト特性値との比較を統計データとして処理し、その妥当性およびばらつきを考慮して安全側の評価となるように決定すること。

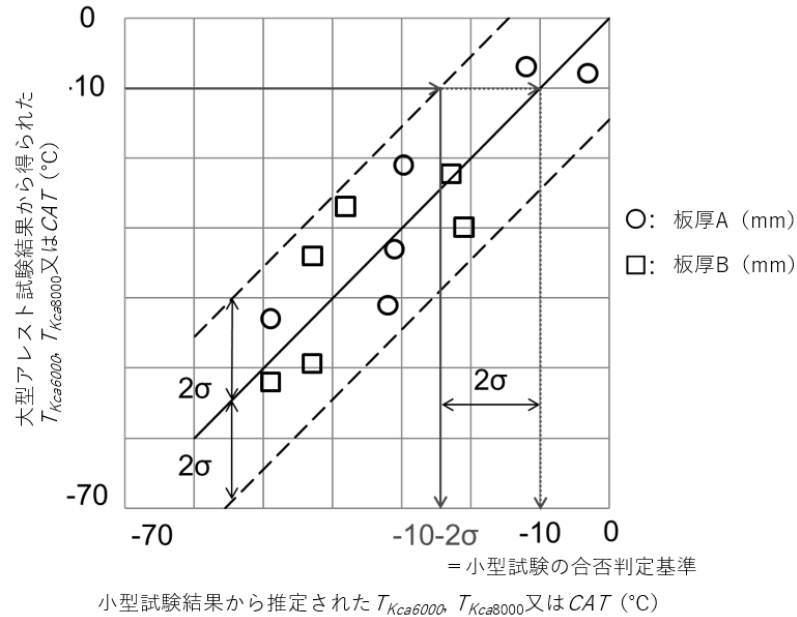
-2. 小型試験の合否判定基準は、本会の合意がない限り、次の手順で決定すること。

(1) 温度による補正方法

(a) 要求温度（図 1.1-1.参照）は、鋼船規則 K 編表 K3.41 に規定する CAT から 2σ ($^{\circ}\text{C}$) 引いた温度、すなわち $-10-2\sigma$ ($^{\circ}\text{C}$) とする。 2σ の算出方法は 1.3.4-2 によること。なお、図 1.1-1.の $T_{Kca6000}$ は、鋼板の K_{ca} 値が $6,000\text{N/mm}^{3/2}$ 、 $T_{Kca8000}$ は $8,000\text{N/mm}^{3/2}$ となる温度を示す。

(b) 小型試験結果から回帰式で推定される温度は、 $-10-2\sigma$ ($^{\circ}\text{C}$) 以下とする。

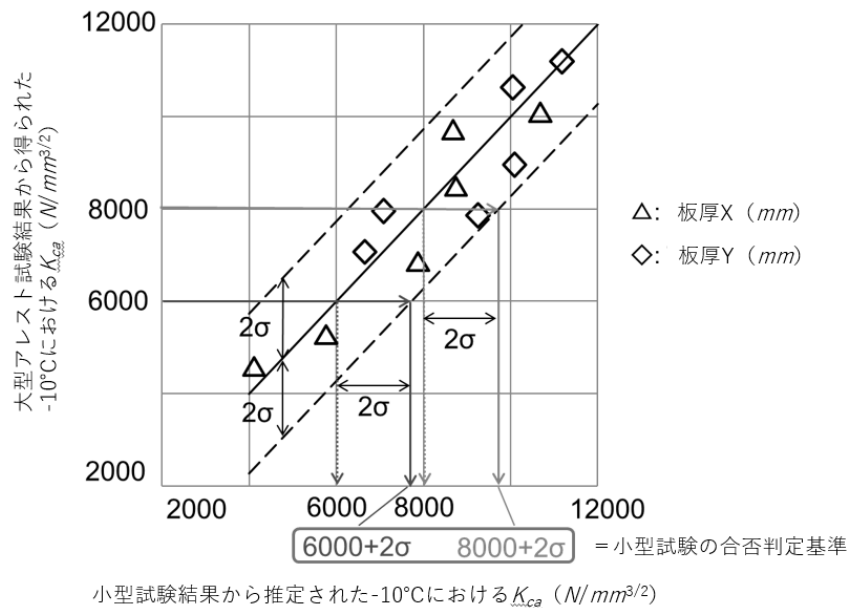
図 1.1-1. 温度による相関性を用いた小型試験の合否判定基準決定例
(注：図は概略であり，実際に得られるデータとは異なる場合がある。)



(2) アレストじん性値 (K_{ca}) による補正方法

- (a) 要求 K_{ca} (図 1.1-2.参照) は，鋼船規則 K 編表 K3.40 に規定するアレストじん性値に 2σ ($N/mm^{3/2}$) を加えた値とし，特性区分 BCA6000 では $6,000+2\sigma$ ($N/mm^{3/2}$)，特性区分 BCA8000 では $8,000+2\sigma$ ($N/mm^{3/2}$) とする。 2σ の算出方法は 1.3.4-2 によること。
- (b) 小型試験結果から回帰式で推定される K_{ca} 値は，特性区分 BCA6000 では $6,000+2\sigma$ ($N/mm^{3/2}$)，特性区分 BCA8000 では $8,000+2\sigma$ ($N/mm^{3/2}$) 以上とする。

図 1.1-2. アレストじん性値 (K_{ca}) による相関性を用いた小型試験の合否判定基準決定例
(注：図は概略であり，実際に得られるデータとは異なる場合がある。)



1.4 承認試験

1.4.1 一般

- 1. 1.2.1 の規定により提出された技術資料の妥当性の確認のため、承認試験を実施する。
- 2. 試験方案は、試験の実施に先立ち本会の承認を得ること。
- 3. 1.2.1 の規定により事前に提出された技術資料の内容を考慮し、次に該当する場合、本会は追加の試験を要求する場合がある。
 - (1) 小型試験の合否判定基準に対し、脆性亀裂アレスト試験又は小型試験のデータ数が、合否判定基準の妥当性を証明するには不十分と本会が判断した場合。
 - (2) 小型試験の合否判定基準の設定に対して、試験データのばらつきが大きいと本会が判断した場合。
 - (3) 小型試験の合否判定基準を設定するための、脆性亀裂アレスト試験又は小型試験に対し、試験結果の妥当性の立証が不十分または不備があると本会が判断した場合。
 - (4) その他本会が必要と認めた場合。

1.4.2 承認範囲

承認範囲は、第1編1章1.4.1による。

1.4.3 試験の種類

-1. 大型アレスト試験

- (1) 脆性亀裂アレスト試験は第1編1章1.4.2及び1.4.3に従い実施すること。
- (2) 脆性亀裂アレスト試験で K_{ca} を評価する場合は、鋼船規則検査要領 K 編附属書 K3.12.3-1.「温度勾配型 ESSO 試験及び温度勾配型二重引張試験に関する検査要領」1.3に従い、特定の温度における K_{ca} を算定すること。
- (3) 脆性亀裂アレスト試験で CAT を評価する場合は、鋼船規則検査要領 K 編附属書 K3.12.3-2.「CAT 評価試験に関する検査要領」1.2.14に従い、供試鋼板の CAT を判定すること。

-2. 小型試験

小型試験は 1.3.3-3.に従い実施すること。

1.5 結果

- 1. 試験項目及び試験要領は、本会が承認した試験方案を満足すること。
- 2. 製造者は次に従い、本会に試験成績書を提出すること。
 - (1) 脆性亀裂アレスト試験結果 K_{ca} については、鋼船規則検査要領 K 編附属書 K3.12.3-1.「温度勾配型 ESSO 試験及び温度勾配型二重引張試験に関する検査要領」
 - (2) 脆性亀裂アレスト試験結果 CAT については、鋼船規則検査要領 K 編附属書 K3.12.3-2.「CAT 評価試験に関する検査要領」
 - (3) 小型試験結果については、1.2.1(2)に規定する試験成績書の書式例

1.6 承認

検査及び試験が本附属書の要件を十分に満たすものであり、提出された技術資料が十分に適切であることが確認された場合、本会は小型試験要領を承認する。

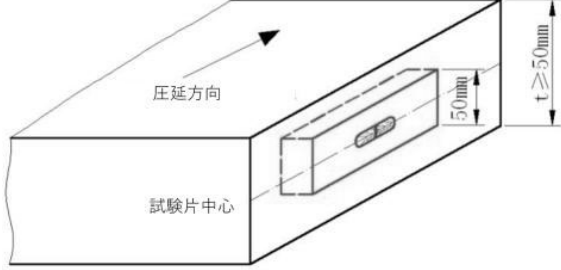
表 1.1-1. NRL 落重試験及び V ノッチシャルピー衝撃試験を用いた
小型試験による回帰式の例（参考）

小型試験の種類：	<u>NRL 落重試験及び V ノッチシャルピー衝撃試験</u>
適用規格：	<u>ASTM E208:2020 及び ISO 148-1: 2016</u>
試験片採取位置：	<u>NRL 落重試験：表層</u> <u>V ノッチシャルピー衝撃試験：1/4 部</u>
試験片採取方向：	<u>供試鋼板の最終圧延方向に対し平行</u>
回帰式：	$T_{Kca} = \alpha \cdot (NDTT + 10) + \beta \cdot vTrs + 153(t - 5)^{1/13} - 170.5$ ただし、 T_{Kca}：鋼材の K_{ca} が 6,000 N/mm^{3/2} 又は K_{ca} が 8,000 N/mm^{3/2} になるときの温度 $NDTT$：無延性遷移温度（℃） $vTrs$：V ノッチシャルピー吸収エネルギー遷移温度（℃） t：板厚 α 及び $\beta^{(1)}$：定数
備考：	(1) α 及び β は大型アレスト試験結果と小型試験結果とを比較することにより算出すること。

表 1.1-2. プレスノッチシャルピー衝撃試験を用いた小型試験による回帰式の例（参考）

小型試験の種類：	<u>プレスノッチシャルピー衝撃試験</u>
適用規格：	<u>寸法、形状及びノッチ導入方法：製造者基準</u> <u>その他：ISO 148-1:2016</u>
試験片採取位置：	<u>t/2 部</u>
試験片採取方向：	<u>供試鋼板の最終圧延方向に対し平行</u>
回帰式：	$T_{Kca} = \alpha \cdot {}_pT_{ExJ} + \beta$ ただし、 T_{Kca}：鋼材の K_{ca} 値が 6,000 N/mm^{3/2} となるときの温度（℃） ${}_pT_{ExJ}$：プレスノッチシャルピー吸収エネルギーが γ (J) となるときの試験温度（℃） α 及び β：定数 γ：脆性破面率が δ (%) となるときの吸収エネルギー (J)
備考：	(1) α , β , γ 及び δ は大型アレスト試験結果と小型試験結果とを比較することにより算出すること。

表 1.1-3. *NRL* 落重試験（横方向採取）を用いた小型試験による回帰式の例（参考）

小型試験の種類：	<i>NRL</i> 落重試験（横方向採取）
適用規格：	<i>ASTM E208:2020</i> に規定される P-2 type
試験片採取位置：	<i>t</i>/2 部及び板厚方向における断面 
試験片採取方向：	供試鋼板の最終圧延方向に対し平行
回帰式：	$T_{Kca} = \alpha + \beta \cdot T_{NDT}^{side} + \gamma \cdot t^{1.5}$ ただし、 T_{Kca}：鋼材の K_{ca} が 6,000 N/mm^{3/2} 又は K_{ca} が 8,000 N/mm^{3/2} になるときの温度 T_{NDT}^{side}：<i>NRL</i> 落重試験（横方向採取）による無延性遷移温度（℃） t：板厚 α, β 及び $\gamma^{(1)}$：定数
備考：	(1) α, β 及び γ は大型アレスト試験結果と小型試験結果とを比較することにより算出すること。

附属書 1.1 を附属書 1.2 に改める。

附属書 1.12 貨物油タンク用耐食性試験