

船舶用耐火仕切の性能について (第1報)

梅沢春雄* 小池正衛* 金子俊男*
内藤正一* 田中辰男*

Series Tests on Fire Resisting Divisions (Report No. 1)

By

Haruo Umezawa, Masae Koike, Toshio Kaneko,
Shoichi Naito and Tatsuo Tanaka

This report presents some results of series tests on fire resisting bulkhead.

Three test specimens were tried. They conformed to the regulations in the International Convention on Safety of Life At Sea 1960, that is, with a surface of approximately 50 square feet (or 4.65 square metres) and height of 8 feet (or 2.44 metres), resembling as closely as possible the intended construction.

Test specimens were in three types of typical and practical constructions, namely, type I was a steel bulkhead with stiffeners sprayed with asbestos composition (Trade name is Tomlex) on the surface, type II was a steel bulkhead with stiffeners covered with an asbestos board (Trade name, Marineboard) over the surface, and type III was a steel corrugated bulkhead covered with an asbestos board (Trade name, Marineboard) over the surface.

Results of tests are as follows: (1) There did not occur any extraordinary deformations in each type. (2) For type I it is needful to reduce ununiformity in applying sprayed asbestos, and to add suitable treatment for insulation around anchor clips. (3) In type II and III it is necessary to give suitable treatment around fastening screw taps, and to adopt feather joint for asbestos boards.

1. ま え が き

1960年に海上人命安全条約が改正され、それにより船舶の防火構造と材料に関する諸種の規制が大幅に変わり、また強化された。その後の政府間海事協議機関(IMCO)の防火小委員会および作業部会において、標準試験法や防火仕切の性能の評価の仕方(基準)などについて検討が重ねられた結果、その内容が次第に明確化されてきた。別表は耐火仕切(A級仕切)と準耐火仕切(B級仕切)の構造および防火性能の基準の概要を示すものである。

上記の条件に適合するB級仕切については現在多数の実用品が開発され、実際に使用されているが、A級仕切に関しては指定寸法による試験結果の資料が少なく、ことにわが国では試験例が皆無である。近く建造

される原子力船は客船として扱われ、早速A級仕切を骨組とする防火構造が要求されるので、これに備えて設計上の資料を得る必要が生じた。当所においては数年前から新しい試験基準によるA級仕切の系統的試験研究を重ねているが、42年度に実施した試験研究の結果を報告する。

2. 試験体の構造と大きさ

まず諸種の文献(注1)および日本造船学会の設計委員会の作業部会である防火構造小委員会の意見などを参考として、耐火構造隔壁の試験体として図1, 2, 3の3種類を選んだ。この3種類は現在の技術上実船

注1. 例えば「船舶の不燃構造に関する研究」(日本造船研究協会報告第22号)

* 艤装部

表 1 防火仕切の寸法、構造および性能基準の概要

項目	耐火仕切 (A 級仕切)	準耐火仕切 (B 級仕切)
試験時間	1 時間	30 分
加熱方法	標準火災試験による	同 左
加熱寸法 (加熱面の)	2m44(高) × 1m91(幅)	同 左
材料および構造	鋼または同等材料 適当に補強すること	限定はない。ただし 1967年の SOLAS 条約改正のための I M C O の委員会が 36人 をこえる旅客定員を有する旅客船に対しては不燃性材料の仕切を用いるよう勧告
安全性	試験が終るまで煙および炎の通過を阻止すること。	試験が終るまで炎の通過を阻止すること。
防熱値	$T_m^{\circ}C \leq 139^{\circ}C + t^{\circ}C$ $T^{\circ}C \leq 180^{\circ}C + t^{\circ}C$ ただし、 T_m, T は試験 1 時間後の裏面平均温度および裏面任意点の温度 t は初期温度	$T_m^{\circ}C \leq 139^{\circ}C + t^{\circ}C$ $T^{\circ}C \leq 225^{\circ}C + t^{\circ}C$ ただし T_m', T' はそれぞれ試験 30 分後の裏面平均温度および裏面任意点温度、 t は初期温度 ※

※ ただし、不燃性材料で作られているパネルは 15分間この条件に適合すればよい。

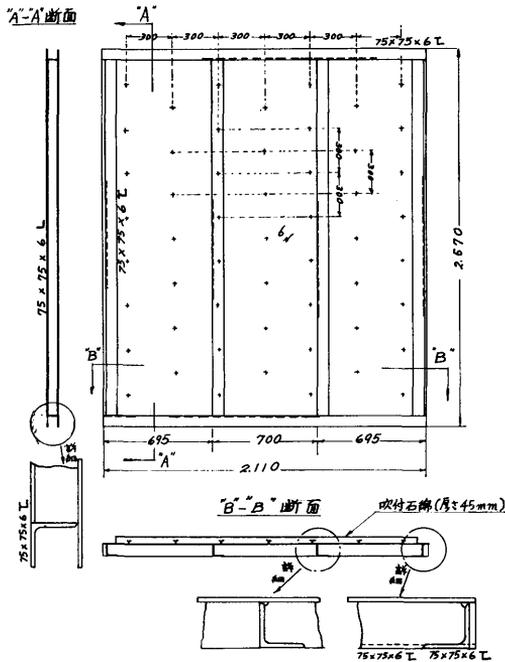


図 1 耐火仕切試験体構造図 (I 型)

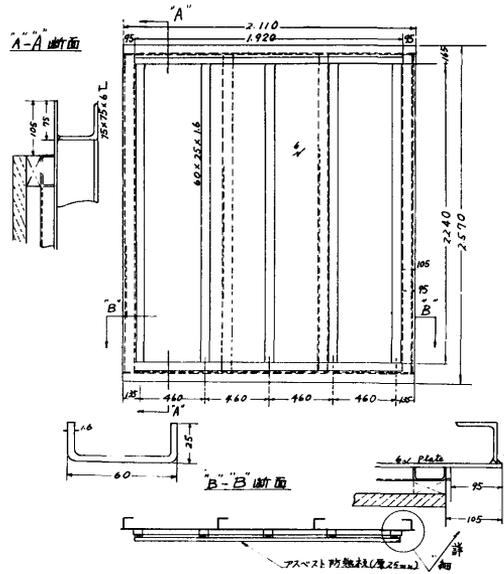


図 2 耐火仕切試験体構造図 (II 型)

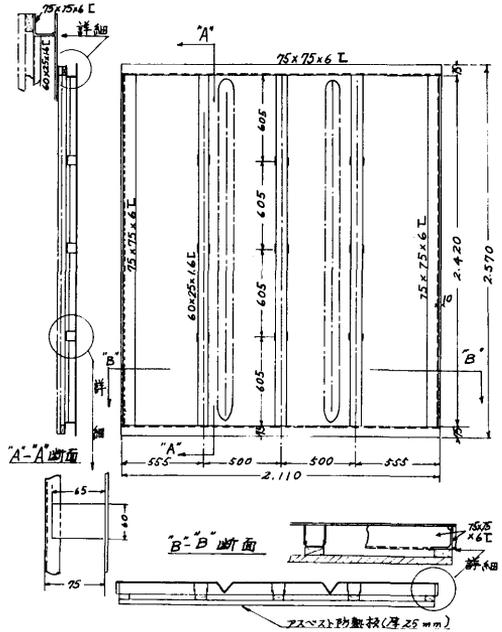


図 3 耐火仕切試験体構造図 (III 型)

に応用可能な構造と考えられる。

試験体は準耐火仕切 (B 級仕切) の場合と同様実物大の寸法であるので、これについての試験においては 60年条約以前の小型寸法による場合に比較し種々の問題点が見込まれる。すなわち、

- 1) 大きな変形に基づく故障の発生

- 2) 全面の防熱値のばらつきの拡大
 - 3) 防熱材料の加工, 施工上のばらつきに基づく故障の発生
 - 4) 加熱方向の選定
- などである。

これらの問題点をできるだけ予測し, 大規模な試験を効果的に行なうため, 同一構造の小型試験体(寸法 900 mm×900 mm)による予備試験を実施した。

なお, 試験体の構造および試験の方法については, IMCOの防火小委員会から海上安全委員会に提出された勧告 (Report to the Maritime Safety Committee,

FP IV/17. 25. Sept. 1967.) を参考にし, 構造部材(鋼材の寸法, 構造など)についてはこの勧告に適合するものを用いた。

3. 試験方法

試験は在来の標準火災試験の方法によるほか, 前記 IMCOの防火作業部会の勧告を参考にした。この勧告では原則として試験体の各側からの結果を見る必要がある, どちらか一方を選ぶ場合は苛酷な側をとらなければならない。そこで加熱方向による差や, 防熱材の厚さの影響に関しては小型試験体によってもその本質

表 2 耐火仕切予備試験体の構造および試験結果

型式	試験体構造および加熱方向	防熱値	防熱材および厚	防熱材の比重	備考
A型		60	吹付石綿 (トムレックス) 40 mm	公称 0.2	アンカークリップの間隔は 300 mm
同		60	同	同	同
同		45	同	同	同
同		60	同	同	同
同		60	吹付石綿 (トムレックス) 45 mm	同	同
同		30	吹付石綿 (トムレックス) 30 mm	同	同
同		15	吹付石綿 (トムレックス) 20 mm	同	同
B型		60	マリンボード 60P 25 mm	公称 0.65	ボードと壁体との 固着部には 25 mm 石綿ライ ナー使用
同		45	同	同	同

注. A型は本試験体のI型, B型は同じくII型に相当する。

は把握できると考えられるので、本試験体と同一構造の小型試験体により系統的な予備試験を行なった。

4. 予備試験

予備試験体の寸法は 900 mm×900 mm で、基本的な構造はA型およびB型の2種であり、A型は本試験体のI型、B型が本試験体のII型に該当する。コルゲート構造のものはB型の試験結果から、少なくとも加熱方向と防熱材厚の推定ができるものと考え省略した。予備試験に用いた設備は試験体の寸法に適合した小型の炉であって、その燃料はプロパンである。予備試験の加熱方向、構造、防熱材の厚さおよび試験結果から得られた防熱値は表2の通りであるが、この結果を総合すると次の通り結論することができる。

1) 変形および防熱値ともに防撓材をとりつけたはだかの鋼板の側、いいかえれば直接加熱される受熱面積の多い側から加熱するのが最も苛酷な結果を示した。すなわち鋼板の直接火災にさらされる受熱面積の最少になるような構造が最も良好な耐火性能を示すといえる。

2) 最も苛酷な耐火試験を加えられる方向および構造をとる場合、A-60の防熱値(注2)を得るためには、吹付石綿(商品名トムレックス、公称かさ比重0.2)の場合45mmの厚さが必要と考えられる。また予備試験の結果、吹付石綿の厚さが40mmの場合ではA-45、30mmではA-30、20mmではA-15が得られた。

3) 防熱板材として石綿珪酸カルシウム板(商品名、マリンボード60P、厚さ25mm、公称かさ比重0.65)を用いた構造体では鋼板側から加熱するのが防熱性および保全性のうえから最も苛酷であってこの場合の防熱値はA-45であった。

5. 本試験

前項の予備試験の結果にもとづき、予備試験体の構造を SOLAS 60 年条約で規定された寸法に拡大した

注 2. A-60 とは A 級仕切であって標準火災試験により加熱される試験体の反対側の面の温度の平均および最高の値が、試験開始60分後に試験初期の温度からそれぞれ 139°C および 180°C をこえないことを意味する。また B-30 とは B 級仕切であって同様に30分の標準火災試験後における加熱裏面の温度の平均および最高が、試験初期の温度からそれぞれ 139°C および 225°C をこえないものをいう。

試験体により本試験を行なった。

5.1. 試験体の構造

詳細は図1, 2, 3の通り。I型は予備試験体のA型に該当しA-60を得るために45mmの吹付石綿を防撓材の溶接してある反対側にアンカークリップと接着剤により付着されている。I型は約1カ月間養生室(室温15~20°C、湿度45~65%)において定常状態に調整した後試験した。

II型およびIII型(コルゲート型)は予備試験体のB型の系列で、これを規定の寸法に拡大したものである。防熱板材、チャンネルなどすべてB型と同寸法のものを用いたが、防熱板材の継ぎ目は単なるつきあわせで、やといざね構造は採用していない。

5.2. 試験体の重量の変化

表3の通り。

表 3 試験体重量の変化

試験体名称	試験前重量 kg	試験後重量 kg
I 型	406	398
II 型	454	447
III 型	429.5	423

5.3. 温度計測位置および温度の推移

加熱面の温度計測位置は図7に示される通りで、準耐火仕切(B級仕切)の場合とまったく同一である。裏面温度計測位置は図4, 5, 6に示される通りである。準耐火仕切の場合と異なる点は、仕切の構造体が準耐火仕切にくらべ複雑であり、したがって防熱材への熱の影響が位置によって相当異なるであろうと考えられたので、普通の構造部(鋼板と防熱材)のほか構造の複雑な部分(鋼板と防撓材と防熱材または鋼板と型鋼と防熱材などの構造部分)も計測位置に加えたことである。

加熱温度および裏面温度の推移は図8, 9, 10に示す。

6. 試験の経過および結果

6.1. 試験の経過

I型、試験開始10分経過頃から炉に向かって反対方向への変形が著しくなり、15分頃が最大となって歪量は約40mmに達した。それ以後はかえって歪は減少してきた。なお構造の関係で上下方向と水平方向の歪が若干異なり、上下方向の歪は試験終了時にははじめの変形と逆に炉に向かって突き出し、水平方向の歪は

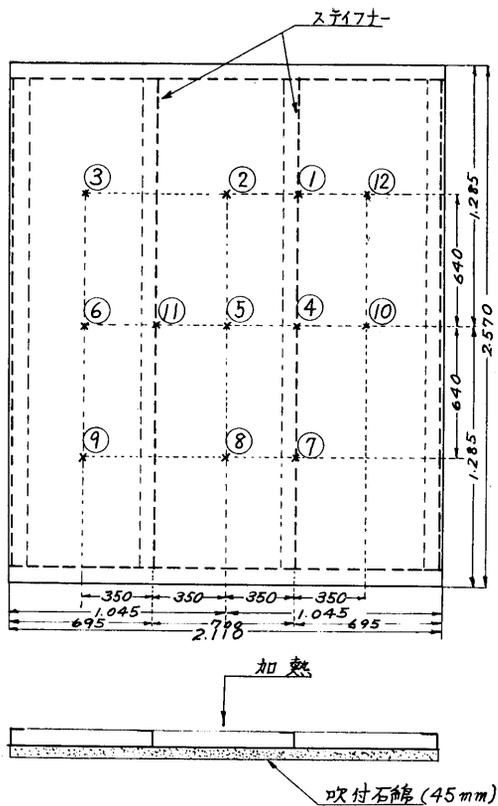


図 4 加熱裏面計測点配置 (I型)

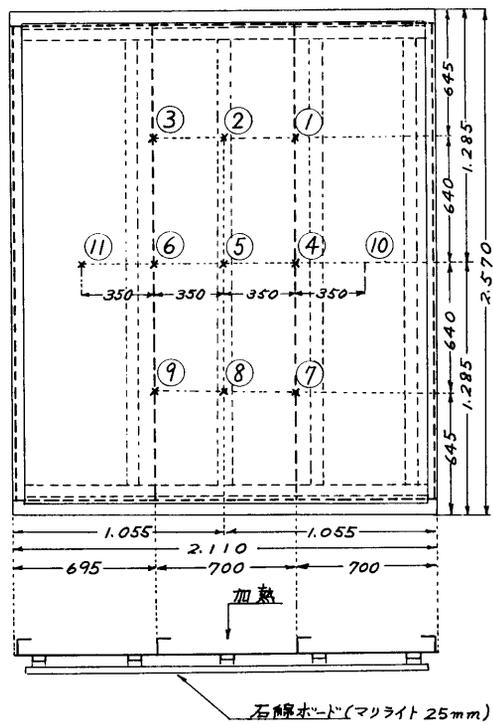


図 5 加熱裏面計測点配置 (II型)

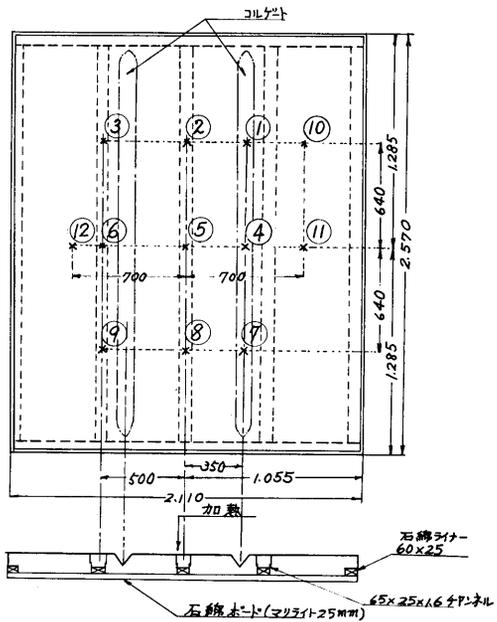


図 6 加熱裏面計測点配置 (III型)

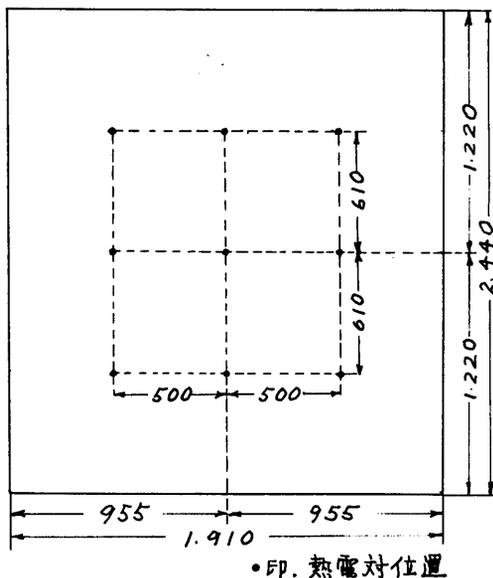


図 7 加熱面温度計測位置

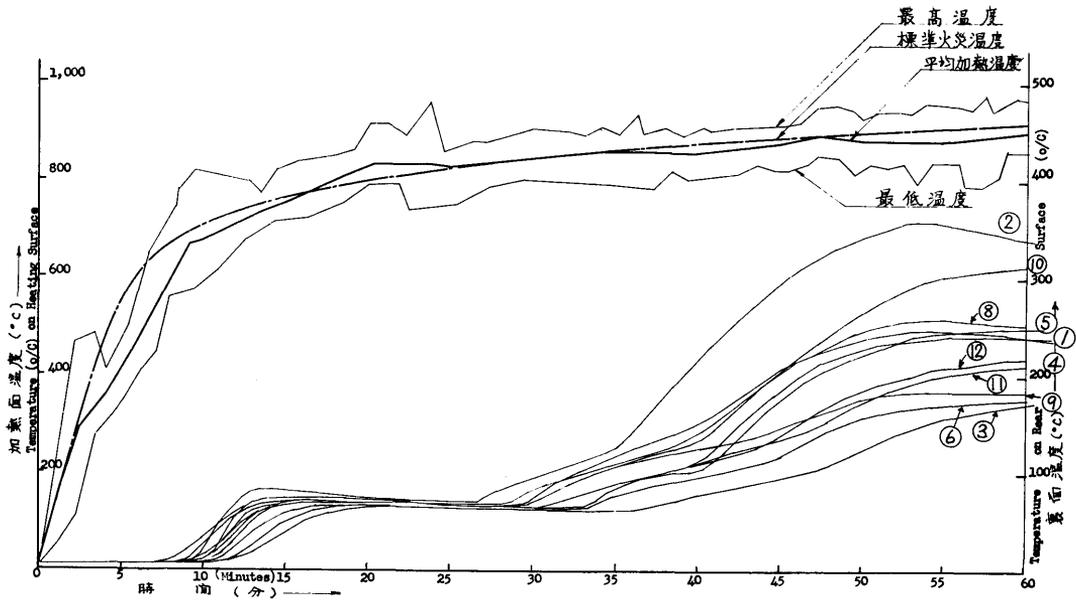


圖 8 標準火災試驗結果 (I 型)

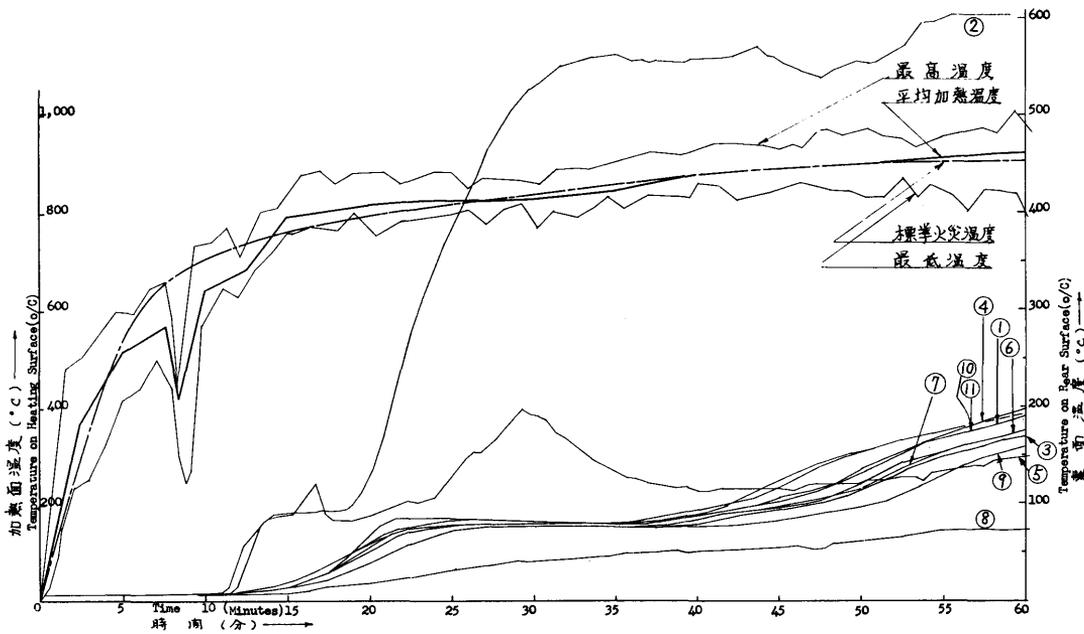


圖 9 標準火災試驗結果 (II 型)

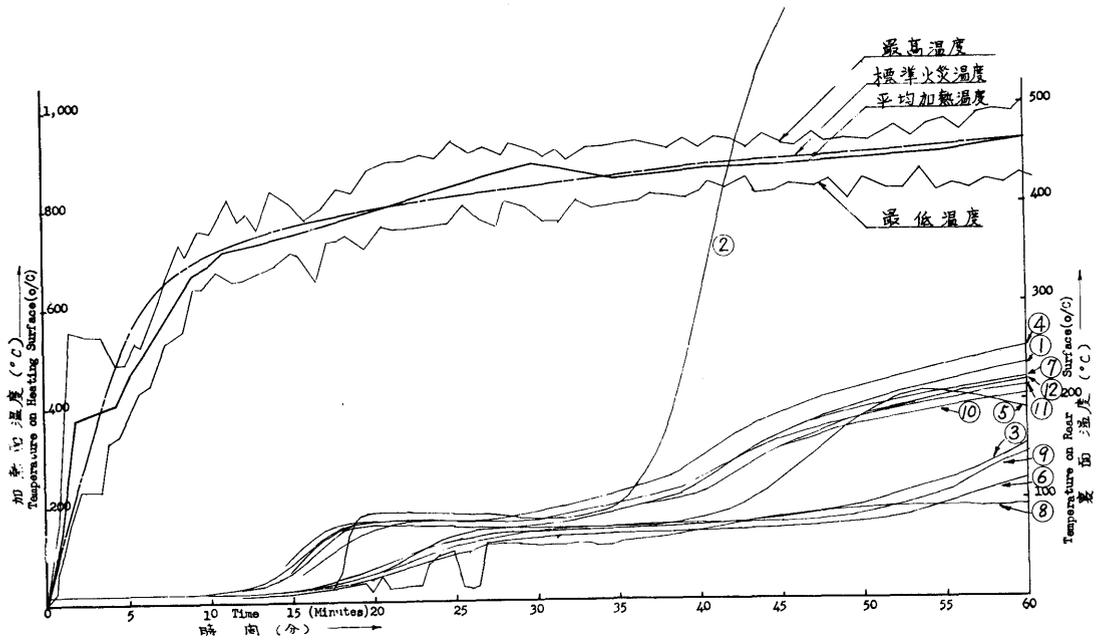


図 10 標準火災試験結果 (Ⅲ型)

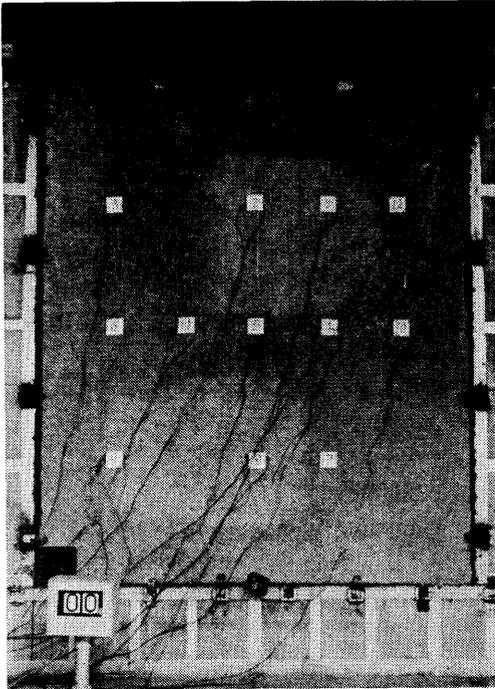


写真 1-1 試験体 I 型 (試験前)

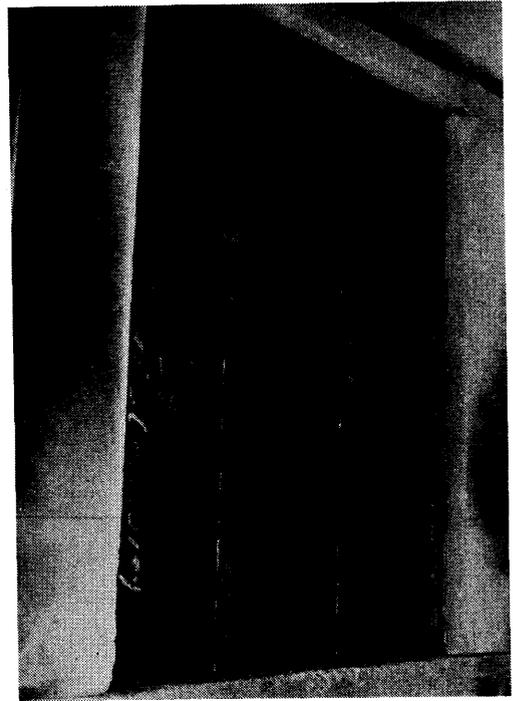


写真 1-2 I 型加熱面 (試験前)

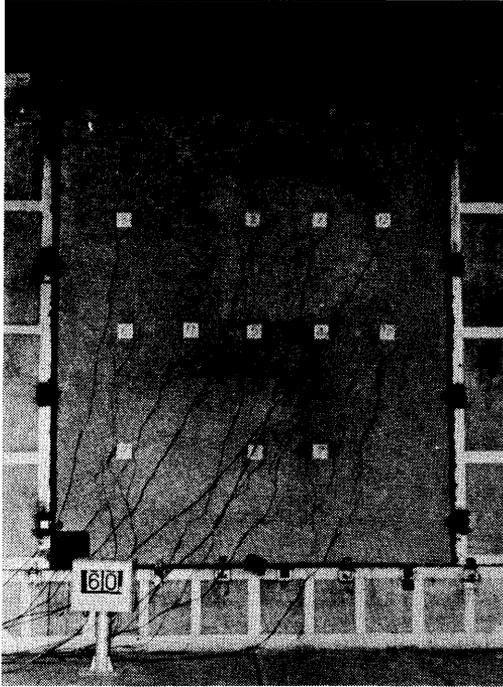


写真 1-3 I 型一試験後
ところどころに工作のバラツキを示す変色部
分がみとめられる。

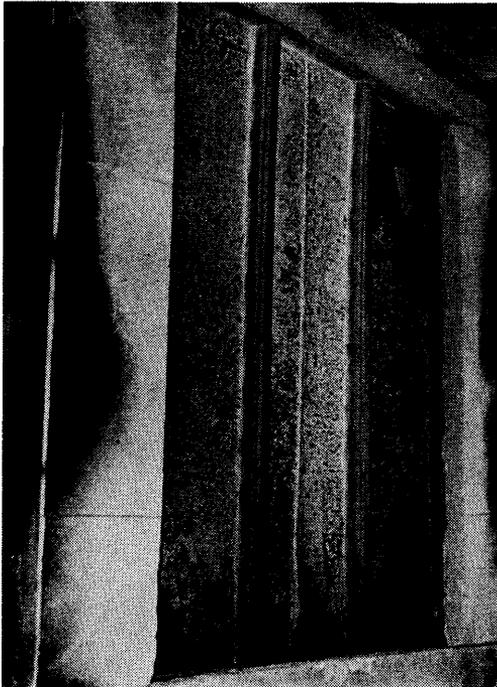


写真 1-4 I 型加熱面一試験後
著しい変形は見当らない。

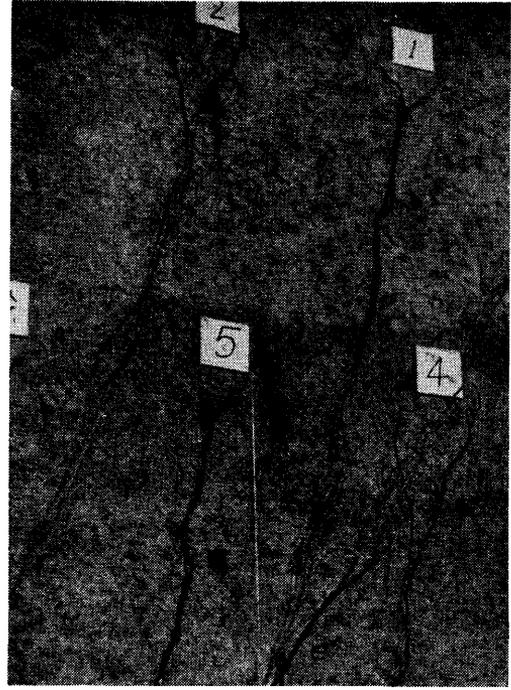


写真 1-5 I 型 (防熱材のバラツキを示す
部分の拡大)

じめの変形の方が変わらず漸増した。

乾燥状態が良好だったので全般的に蒸気の発生は少なかった。試験開始25分頃吹付石綿の表面に部分的に変色が認められ、この部分の温度が高温を示した。この変色部分は石綿の密度が小さく、試験後この部分をたたくと抜け落ちるような状況であった。

防熱材全般としては剝離、爆裂などの現象を認められず、また試験体の歪の量は、試験最終時に上下方向で約 20 mm、水平方向で約 30 mm が計測された程度で著しくなかった。なお煙の通過も認められず、保全性は満足できるものと考えられる。

防熱性については、吹付工事のむらによるものと考えられる位置において高温となったので、この点を考慮に入れると A-60 の防熱値を得るためには、若干の防熱材の増量が必要と考えられる。

II 型および III 型、試験初期に蒸気または煙の発生が若干認められたが、これは防熱板の残留湿気および構造物に塗られた塗料の燃焼によるものと考えられる。I 型にくらべ変形はそれぞれ多少異なり、たとえば II 型の場合は最大歪は試験12分後頃上下方向で約 -33 mm (すなわち炉に向かって手前の方向に 33 mm 突き出し) 最終時には逆に約 +13 mm、水平方向では17分後に



写真 1-6 I 型一試験後 (部分拡大)
変色部分はたたくと抜けおちた(防熱性の低い部分)



写真 1-7 I 型一試験後
防熱性の低い部分

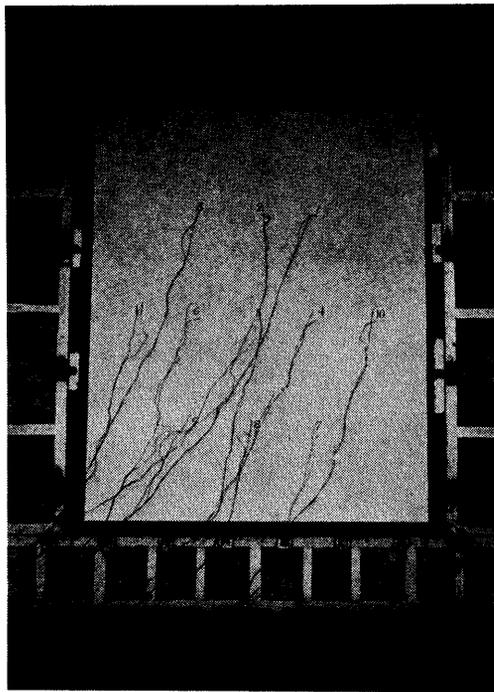


写真 2-1 II 型 (III 型もほとんど外見は同じ)一試験前

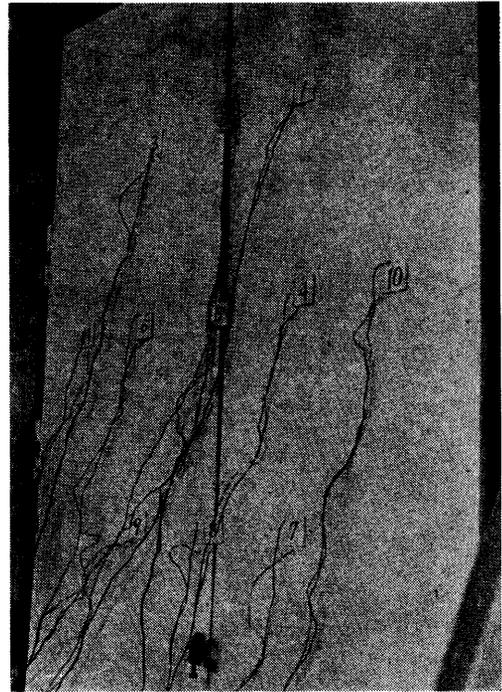


写真 2-2 II 型 試験中に防熱板のつき合わせ部分の変形を示す

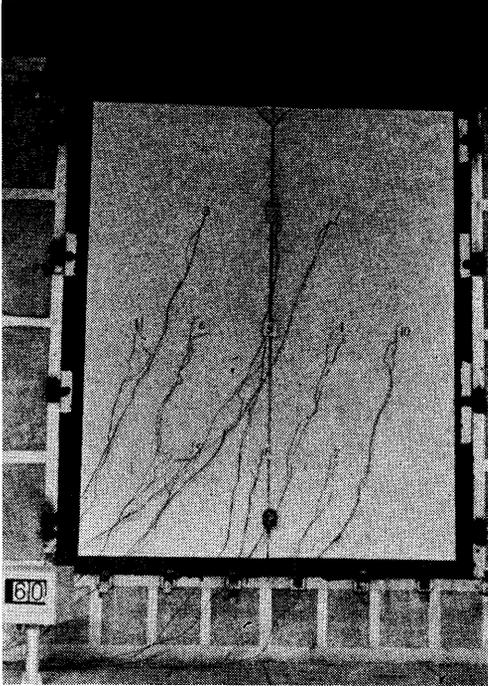


写真 2-3 II型一試験後
防熱板のつき合わせ部分は相当大きくあいてしまった

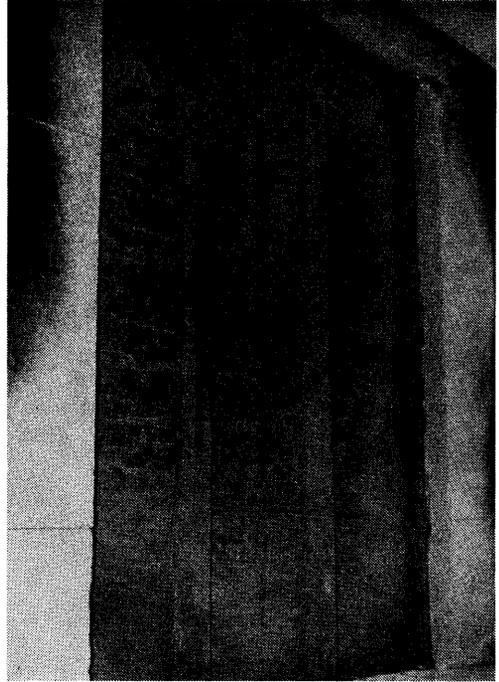


写真 2-4 II型(加熱面)一試験後
著しい変形はみとめられない



写真 3-1 III型一加熱面(試験前)

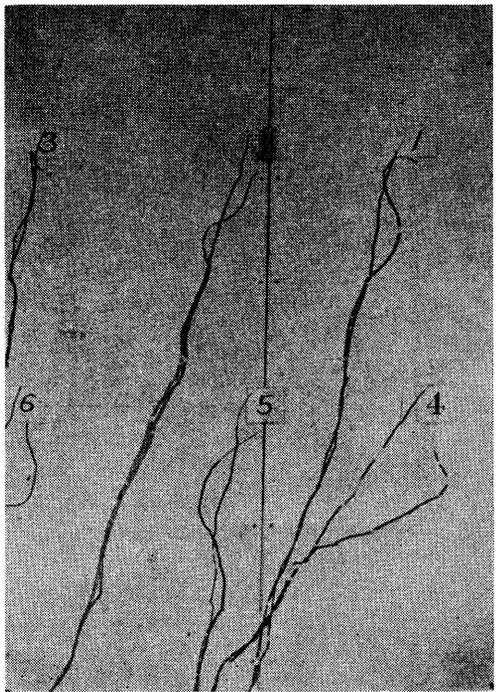


写真 3-2 III型一継手部の拡大, II型ほど変形は著しくない

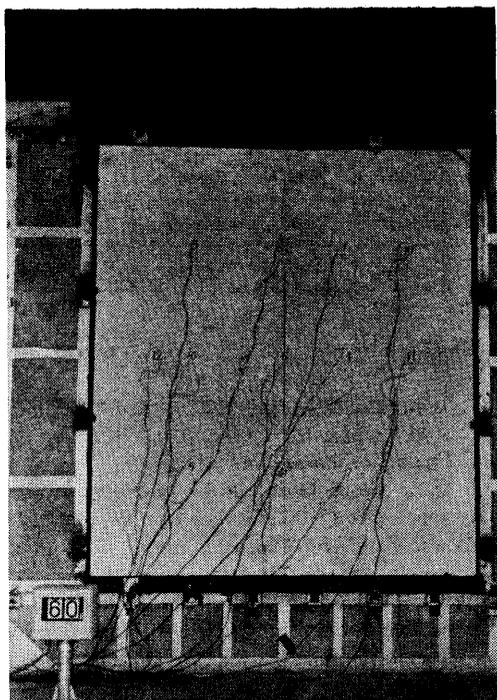


写真 3-3 III型一試験後

約 -48 mm, 最終時に約 -38 mm を示し, III型では上下方向で計測した最大歪は試験 15 分後の約 -22 mm, 最終時で約 -8 mm, 水平方向の最大歪が 60 分後で約 -42 mm を示した。

試験体には防熱板の中央に縦方向の継ぎ目があり, これは単純なつき合わせで特別な継手構造を採用していなかったため, この部分が試験中に間隙を生じ高温となった。(II 型は試験開始 25 分後頃, III 型は 40 分後頃) また防熱板を固着しているスクリーナップの上部の防熱が不十分のため, この部分に赤熱状態が認められ著しく高温となった。

安全性の点については, 煙, 炎の通過は認められず, 剝離, 脱落および爆裂などの現象もなく, 十分の安全性を有するものと考えられるが, 防熱性の点では裏面温度や観察の結果を総合すると, 予備試験の結果にくらべ著しく苛酷な成績となった。

6.2. 試験結果とその考察

3 体の A 級仕切試験体の, 1 時間の標準火災試験の結果を総合すると, 次のように結論される。

- 1) 試験体の加熱試験による変形は, 変形の方法, 変形量に若干の相違はあったが, 安全性に影響をおよぼすほど著しくはなかった。

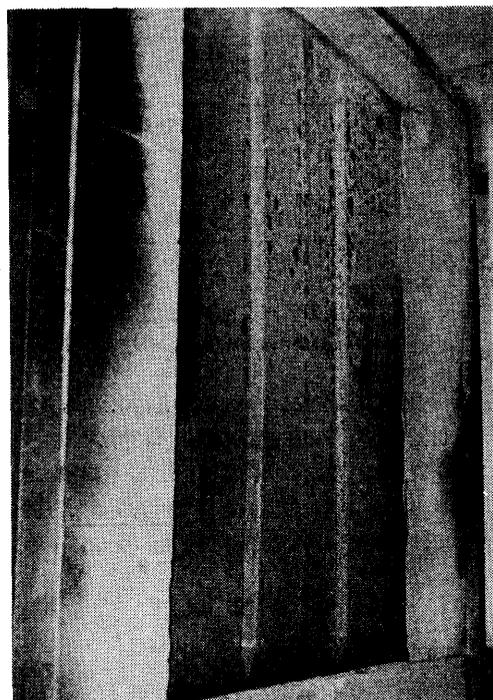


写真 3-4 III型一加熱面 (試験後) 変形は著しくない

- 2) 防熱値については予備試験の結果から予想していたより苛酷な結果となった。特に吹付石綿を防熱材として使用した I 型の場合では吹付石綿 (公称かさ比重 0.2) の施工上のばらつきが大きく結果に影響し, これが計画の防熱値を得るためのきめてとなるものと考えられる。別に試みた試験の結果によれば, この程度の施工上のばらつきを許す場合, 計画した防熱値を得るためにはさらに約 10 mm の増厚が必要と考えられる。(標準工作法によるばらつき測定結果による) また金属突起物 (アンカークリップなど) の先端は高熱を伝えやすいので別段の考慮が要請される。
- 3) 石綿珪酸カルシウム板 (公称かさ比重 0.65) 単板で防熱する場合, 構造体と固着する取付金物 (タッピングスクリュー) の頂部は当然高温になるので, 適切な防熱工作を施す必要がある。
- 4) 前記防熱板の継手は単なるつき合わせでは間隙ができて結果がよくないので, フレキシブルボードなどのやとぎねを使用する構造が必要であろう。
- 5) 吹付石綿の構造体への接着性は良好であった。3 体の試験体の防熱性を評価すると表 4 の通りであ

表 4 試験体裏面の温度上昇と防熱値

試験体 名称	$\frac{\sum_{i=1}^n T_i}{n}$				T_{max}				T_{max} が180 °C をこえ た時間	防熱値 の評価
	15分後	30分後	45分後	60分後	15分後	30分後	45分後	60分後		
I 型	58	62	168	229	72	85	287	332	30~45分	A-30
II 型	22	120	135	201	83	522	548	597	15~30	A-15
III 型	16	71	162	213	35	85	567	246	30~45	A-30

注. T_i は裏面の計測点群の温度と初期温度との差。(°C)

T_{max} は裏面の計測点群における最高温度と初期温度との差。(°C)

るが、部分的な高温部について改良を行なえば、I 型、II 型、III 型とも若干の防熱値の向上は期待ができる。

この一連の試験は、石川島播磨重工業(株)および日本アスベスト(株)の協力を得て実施することができたので、関係者一同に深甚の謝意を表する。

参 考 文 献

- 1) 1960年海上人命安全条約
- 2) 日本造船研究協会報告第22号 船舶の不燃構造に関する研究
- 3) Frank Rushbrook, Fire Aboard.
- 4) U. S. Coast Guard Rules and Regulations. Subchapter Q 164.008 Specification for Bulkhead Panels for Merchant Vessels.
- 5) Report to the Maritime Safety Committee. (FP 1V/17. 25 September 1967, Subcommittee on Fire Protection, 6th session, Inter-Governmental Maritime Consultative Organization.)