

Heat Resistant Double Deck Roof



長田 実
Minoru Osada
リバー建鉄(株) 技術開発
室長(副部長)



瀬尾 松尾
Matsuo Seo
リバー建鉄(株) 技術開発
室 課長代理



磯田 勝久
Katsuhisa Isoda
建材事業開発部 主査
(樹長)



太田 克也
Katsuya Ota
エンジニアリング事業
部 鋼構造研究所建築
建材研究室 主任研究
員(樹長)



高橋 功
Isao Takahashi
エンジニアリング事業
部 鋼構造研究所建築
建材研究室長(部長)・
工博

1 はじめに

断熱二重折板屋根は金属製屋根の欠点とされている屋根の断熱性、遮音性、耐火性能を一挙に解決すべく考案された屋根システムで、従来から持ち合わせている気密性能をさらに向上させた画期的な屋根システムである。したがって、清潔で広大な内部空間を必要とする工場や倉庫には非常に適しており、需要も拡大している。

断熱二重折板屋根は昭和58年頃には完成された商品として市場に出てきており、金属屋根の製造メーカーは屋根30分耐火認定商品を開発し次々この市場に参入してきている。しかしながら、折板屋根市場はまだ上向き傾向にあり、この10年間で1.8倍の伸びとなっている。平成2年度の日本国内における折板屋根の施工総面積は約43500千 m^2 ¹⁾で、そのうち日本長尺金属工業会に属する上位70社では5~10%が断熱二重折板となっており、約2000千 m^2 以上が年間市場として推測できる。今後の需要拡大に応えるべく高性能かつ良好な施工性能をもつ断熱二重折板屋根システムを開発した。

要旨

リバーロック160ハゼをベースとし断熱材としてグラスウールをはさんだ2種類の断熱二重折板屋根「上部ハゼ下部重ね型」「上部下部共ハゼ型」の断熱性能、遮音性能を調べた。専用金具の強度を調べるとともに屋根材と組み合わせて動風圧試験機により嵌合強度実験を行い、実物件に対応する安全性を確認した。

屋根については耐火性能が要求されるので、断熱樹脂の検討を行い、耐建材試験センター中央試験所にて屋根30分耐火試験に合格し建設省の個別認定を受けるに至った。

Synopsis:

Two types of insulated-cladding systems suitable for roofs were developed. Each system comprises three parts, namely, an external profiled sheet using RIVER LOCK 160 standing seam roofing, glass-fiber insulation blanket, and two types of internal profiled sheets (RIVER LOCK WH and RIVER LOCK WK). Heat-insulation, sound-insulation and mechanical properties of the systems have been examined, and the roofing systems have passed the 30-min of fire resistance test of JIS A 1304.

ここでは、新しく開発された断熱二重折板屋根の特性の概要について報告する。

2 断熱二重折板屋根の形状と施工性

断熱二重折板屋根の断面形状をFig. 1と2に示す。

Fig. 1は下葺折板を重ね型、上葺折板をハゼ締め型としたもの(商品名リバーロックWK[®])。Fig. 2は上葺下葺共にハゼ締め型としたもの(リバーロックWH[®])である。WH型、WK型共に断熱材としてグラスウールマットを用いるが、下葺折板を重ね型かハゼ締め型とした点で上下折板をつなぐ金具の形状が異なる。断熱金具の詳細をFig. 3と4に示す。

Fig. 1および3に示すWK型は、下葺折板を重ね型としたことで、ハゼ締めの手間を省き流れ方向のジョイントが容易であり、また他社製品では用いられることが多い保温材受け用の中間ボルトを廃している。したがって施工スピードが大幅に向上しかつ安価なシステムとすることができる。

また、WK型の断熱金具は樹脂が主体で上部に埋め込みボルト、下部に埋め込みナットを射出成形時に組み込むことにより一体化させているので、非常に単純な構造でヒートブリッジの遮断を容易かつ確実に行うことができる。また下葺折板の断面形状は、上葺折板に比べて底部の幅を広く頭部の幅を狭く製作しており、斜行する側板部の断熱層を大きく確保できるので、WK型は優れた断熱性能を有する製品である。

Fig. 2および4に示すWH型は、上下ともにハゼ締め型とした

* 平成4年5月14日原稿受付

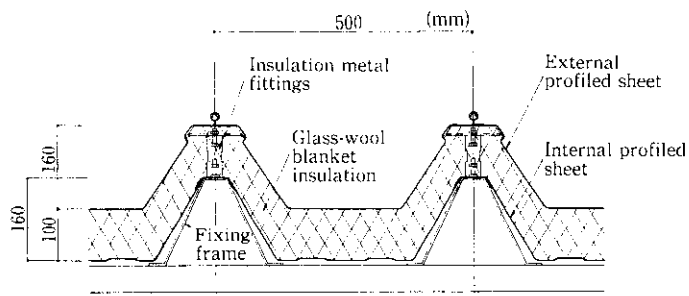


Fig. 1 RIVER LOCK WK

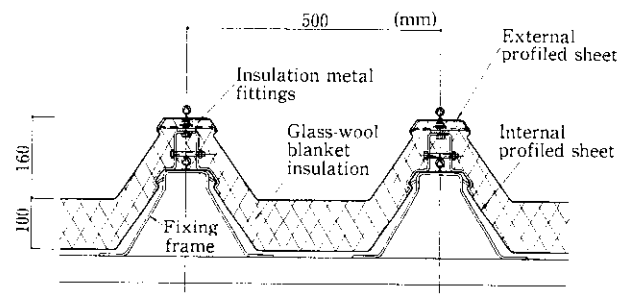


Fig. 2 RIVER LOCK WH

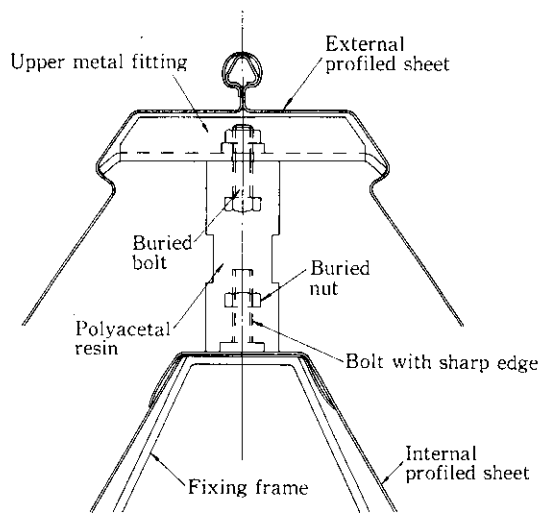


Fig. 3 Details of insulation metal fitting WK

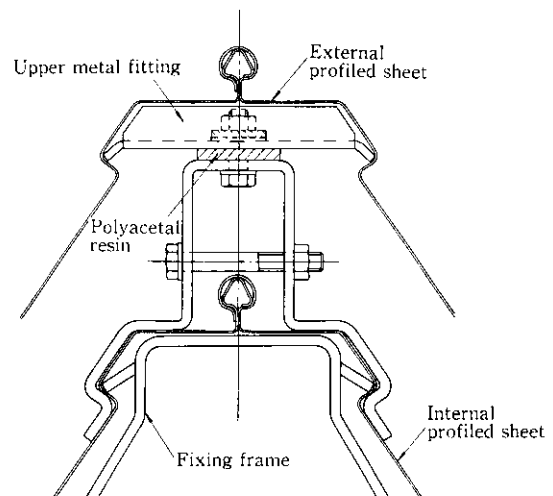


Fig. 4 Details of insulation metal fitting WH

構造で完全なボルトレスの二重折板屋根となっている。上下とも同じハゼ締め型のため1台の成形機で加工できる利点があり、WK型に比べて気密性能が良い。また断面性能が重ね型より大きいので施工時の安定性が高い。上下折板の緊結金具は、下葺折板の形状に沿って嵌合部を設けており、金具を押し付けて嵌合させるだけで所要の引っ張り強度が確保される。したがってWH型は、気密性、施工性に優れた点に特長がある。

さらにWK、WH型とも嵌合上部金具に共通部材を用いており、金具全体の部品数も少なく設計していることにより製作時の納期短縮が図れる長所も有している。

3 断熱二重折板屋根の断熱性能

断熱二重折板屋根WK型、WH型について、吊り子部も含めた屋根全体の断熱性能を明らかにするための試験を行った。試験方法はJIS A1420(校正熱箱法)による。WK、WH型供試体について、Table 1に示すように吊り子の数を変化させ、外部空気を20°C、60%RHの条件下で断熱性能試験を行った。

各供試体の熱貫流実測値および計算値をFig. 5に示す。WHタイプ、吊り子2個装着時の供試体各位置の温度分布の実測値を

Table 1 Specimens for heat transmission test of double deck roof

Specimen	External profiled sheet ^a	Internal profiled sheet ^a	Heat insulation	Number of clip
WK-0	River Lock 160 HAZE	River Roof 160	Glass-fiber branket Thickness: 50 mm×2 Consistency: 10 kg/m ³ Heat conductivity: 0.0365 kcal /m·h·°C	0
WK-1				1
WK-2				2
WK-0		River Lock 160 HAZE		0
WK-1				1
WK-2				2

^a Precoated galvanized sheet, 0.8 mm²

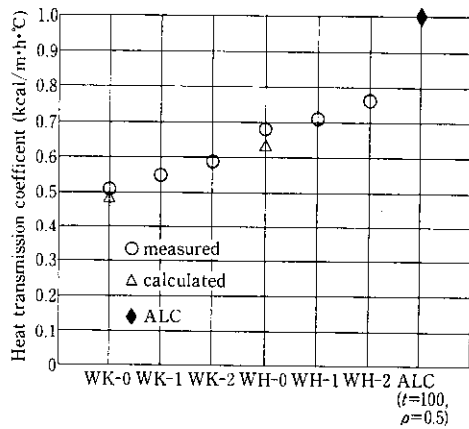


Fig. 5 Heat transmission coefficient

Table 2 Temperature distribution at double deck roof (specimen WH-2)

Location	Temperature (°C)	Difference from inside air (°C)
Outside air	19.0	-26.1
Surface of internal profiled sheet (under clip)	42.0	-3.1
Surface of internal profiled sheet (general point)	44.1	-1.0
Inside air	45.1	—

Table 2 に示す。これらのことからつぎのことが明らかになった。

- (1) WK 型の熱貫流率はより小さく $0.51 \text{ kcal/m}^2 \cdot \text{h} \cdot ^\circ\text{C}$ 、WH 型においても $0.67 \text{ kcal/m}^2 \cdot \text{h} \cdot ^\circ\text{C}$ 程度に抑制されており、100 mm 厚 ALC 板 (autoclaved lightweight concrete, 軽量気泡コンクリート比重 0.5) の $1/2 \sim 1/3$ 程度に熱損失を低減しうる。
- (2) 吊り子による断熱性能の劣化はわずかである。
- (3) また同時に測定した熱貫流実測値と計算値はほぼ良好な一致を示す。吊り子直下と加熱箱内部空気との温度差は 3°C 程度となった。内外空気温度差が 25°C で、折板各部の温度差が一定のまま推移した環境として外気温度が -5°C 、室内温度が 20°C の場合を想定すると、吊り子直下の折板裏面温度は 17°C 程度となる。空気温度、水蒸気量と相対湿度の関係を表した湿り空気線図を用いれば、室内の相対湿度が 83% を超えない限り結露する恐れはないことが推定できる。

4 遮音性能

4.1 試験体および試験方法

遮音性能試験は、JIS A1416「実験室における音響透過損失測定方法」に基づいて、財建材試験センター中央試験所において実施した。試験体は断熱二重折板屋根 WH 型と一重折板屋根 (リバーロック 160 ハゼ) の 2 種類とし、二重と一重との比較を行った。

4.2 測定結果

Fig. 6 に透過損失の測定結果を示す。可聴周波数域での透過損失

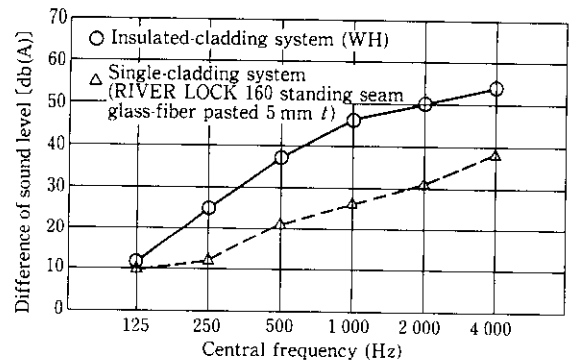


Fig. 6 Comparison of sound insulation property

は質量則に支配され、一重折板屋根では計算値とよく合う。一方、二重折板屋根においては、中間の空気層とグラスウールの影響で、質量則による計算値より大きな透過損失となることがわかった。

またリバーロック WH の透過損失値 37 dB (at 500 Hz) は、JIS A1419「建築物の遮音等級」で規定する D-40 級と同程度である。

5 耐火性能

屋根 30 分耐火試験として載荷 (30 分) 加熱試験および衝撃試験 (昭和 44 年建設省告示第 2999 号) を財建材試験センター中央試験所において実施した。

5.1 試験体と試験方法

試験体の種類を Table 3 に示す。載荷加熱試験は、試験体を加熱炉上に設置し、 65 kgf/m^2 の荷重を載荷した状態で JIS A1304 に示される標準曲線にしたがって 30 分間加熱し、最高到達温度は 840°C である。試験体の寸法は $3450 \text{ mm} \times 3490 \text{ mm}$ であり、変位測定点を 9 点、裏面温度測定点を 9 点とした。

Table 3 Specimens for fire resistance test

	External profiled sheet ^a	Internal profiled sheet ^a	Number of specimen	
			Loading heat test	Impact test
River Lock WK	River Lock 160 HAZE 0.8 mm ^t	River Roof 160 0.6 mm ^t	2	1
River Lock WH	River Lock 160 HAZE 0.8 mm ^t	River Roof 160 HAZE 0.6 mm ^t	2	1

^a Vinyl chloride coated sheet

また載荷加熱試験が完了した試験体について衝撃試験を行い、2 m の高さから 1 kg の分銅を落下させ破壊するかどうかを確認した。

5.2 試験結果

Table 4 に載荷加熱試験の結果を示す。試験中の状況、損傷状態は以下のとおりであった。

- (1) 上葺折板の被覆 (塩化ビニール) は 30~50% 溶けてなくなったが形状の損傷は認められなかった。

Table 4 Loading heat test results

	Deflection (cm)	Flame blowing	Surface temperature (°C)	Success or failure ^a	
River Lock WK	3.0	None	370	Success	(i) Tolerance of deflection δ : $\delta \leq l^2/6000$ ($=22.5$ cm, where specimen length $l=365$ cm) (ii) Condition of specimen: No crack, no fracture or no falling off
	2.7	None	310	Success	
River Lock WH	2.4	None	310	Success	
	2.1	None	310	Success	

- (2) リバーロック WK の下葺折板は、重ね部に中間ボルトを使用していないために、変形等損傷が著しい。しかしタイトフレームには全く異常は見られなかった。
- (3) リバーロック WH の下葺折板にはほとんど損傷はなかった。
- (4) 断熱吊り子の樹脂部分は流れ出して発泡状態となっていた。
- (5) リバーロック WK で試験体 A の裏面温度が他より高く測定された。その理由は試験体の架台周辺の養生が不十分で、火災の漏れが生じたためであり、試験体の性能上の不良ではない。
- (6) 衝撃試験については、衝撃部の上葺折板に直径 20~28 mm 深さ 2~4 mm のへコミを生じたが、その他の変化は認められなかった。

以上の結果から載荷加熱、衝撃試験とも合格した。

6 断熱二重折板屋根の強度

6.1 支持部材の強度試験

支持部に求められる強度は、JIS A6514「金属製折板屋根構成材」に準拠し、屋根一般部の性能として

破断強度=設計荷重×働き幅×吊り子ピッチ×連梁係数×安全率

とした。

ここで、設計荷重=150 kgf/m²

働き幅=0.5 m

吊り子ピッチ=3.0 m

連梁係数=1.25

安全率=3.0

とし、必要破断強度は 844 kgf 以上とした。

支持部材の耐伸び性は設計荷重時で吊り子高さ H (mm) の 2% 以下を目標とした。用いた試験片を Fig. 7 に示し、試験結果を Table 5 に示す。

WK 型の断熱吊り子に用いる樹脂の材質は、ポリアセタール樹脂、ABS 樹脂、ナイロン 66 (ガラス繊維強化) の 3 種類についてモデル(1)の試験を行った結果、価格と物性の点で優れたポリアセタール樹脂を採用し、表には同材についての試験結果を示した。

上葺折板嵌合金具については、板厚 ($t=3.2$ mm, 4.5 mm)、寸法 (a , b) をパラメーターとしたモデル(2)の試験を行った結果、 $t=3.2$ mm, $a=13.0$ mm, $b=19.0$ mm とする形状を選定した。WH 型を対象とするモデル(3)および(4)の引っ張り性能も所要の値を満たしており、各支持部材の引っ張り耐伸び性能は十分であるといえる。

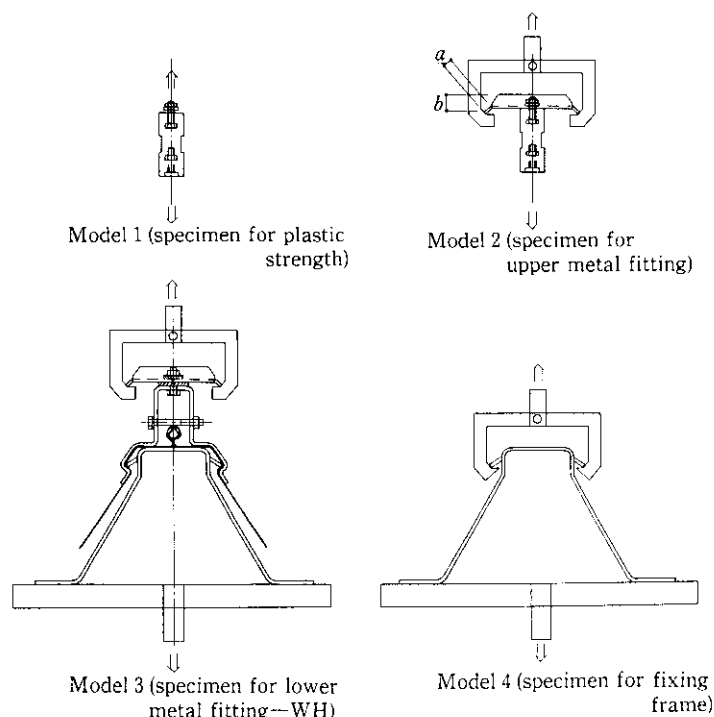


Fig. 7 Profiles of tensile test specimens

Table 5 Tensile test results of fitting parts

	River Lock WK		River Lock WH	
	Resin with 8-mm ϕ bolts	Upper metal fitting (3.2 mm t)	Lower support metal fitting (4.5 mm t)	Lock frame (3.2 mm t)
Profile of specimen	Model 1	Model 2	Model 3	Model 4
Tensile strength (kgf)	1 225	1 466	1 059	1 877
Elongation (mm)	0.92 (≤ 1.60) ^a	0.49 (≤ 1.60) ^a	1.30 (≤ 5.00) ^a	0.30 (≤ 3.40) ^a
Location of fracture	Bolt breaking	Tip opening	Bolt breaking or tip opening	Tip opening

^a Tolerance

Table 6 Specimens for wind pressure test

Specimen		WH-a	WH-b	WH-c	WK-a	WK-b	WK-c
External profiled sheet		River Lock 160 HAZE (0.8 mm t)					
Internal profiled sheet		River Lock 160 HAZE			River Roof 160		
	Thick. (mm)	0.6	0.6	0.8	0.6	0.6	0.8
Upper and lower metal fitting thickness (mm)		3.2	4.5	3.2	3.2	4.5	3.2
Lock frame or tight frame thickness (mm)		3.2	4.5	3.2	3.2	4.5	3.2

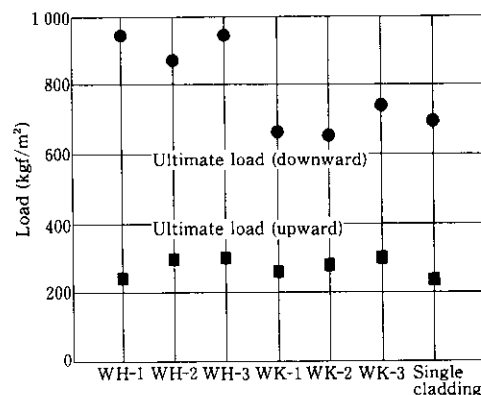


Fig. 8 Ultimate load

6.2 二重折板屋根の強度

Table 6 に示す供試体を用いて動風圧試験装置によって、二重折板屋根の耐風圧性能を調べた。各供試体の最大耐力を Fig. 8 に示す。

正圧载荷 WH タイプのみ二重葺折板の効果が強度増加として認められるが、その他の場合は二重葺折板としても上葺折板の強度と同等もしくは若干高い値が得られる程度である。供試体の破壊状況はいずれも支持スパン位置底版に局部座屈が生じて耐力低下に至っており、上葺折板と上部嵌合金具間および WH 型の嵌合金具と下葺折板間での嵌合外れは一切生じていない。したがって、二重折板の構造設計は上葺折板を用いた従来の一重葺折板として実施するの

が妥当である。

7 まとめ

- (1) 上下2枚の折板の間に断熱材をはさんだ2種類の二重折板屋根「リバーロック WK および WH」を開発した。
- (2) 断熱金具を開発することにより断熱性の向上が図られている。
- (3) 建設省の屋根30分耐火試験に合格している。
- (4) 二重折板屋根の構造設計は上葺折板の一重葺折板として計算すればよい。

参考文献

- 1) 財団法人日本長尺金属工業会編：「平成2年度生産・施工動向調査報告書—金属屋根・外壁—」，(1991)