

## 〈解説〉

海外向け耐火被覆材TOMBO™ No.5520 「MAKIBEE™」  
—シンガポールでの施工例—

建材事業本部 技術開発部 建材工法開発課 清水 玄 宏

## 1. はじめに

TOMBO™ No.5520 「マキベエ®」(以下、マキベエ®)は、弊社の独自技術から生まれた耐火被覆材です。このたびシンガポールにて日本の建設会社が建設したビルに「MAKIBEE™」として海外で初めて採用されました。本稿では、「MAKIBEE™」が採用された背景と建築物の耐火基準に関して、日本とシンガポールの違いを概説します。

## 2. 「マキベエ®」について

建築物は建物の構造を構成する材料により、木造、レンガ造、コンクリート造、鉄骨造などに分けられていますが、この中で、鉄骨造はコンクリート造と比較して人手がかからず、合理的な建設方法の一つです。日本では地震が多いこともあり、鉄骨造の建築物の建設技術が進んでいます。しかしながら鉄は熱で曲がりやすくなるという特性を有し、建物火災で鉄骨造の柱、梁が火災の熱で曲がって倒壊し、被害が拡大した事例は少なくありません。このような倒壊事故を防ぐため、ある一定規模以上の鉄骨造の建物には柱、梁を火災の熱から守るために耐火被覆材が必要となります。

耐火被覆材は「無機系吹き付け被覆材」「耐火塗料」「成形板」「巻き付け耐火被覆材」と主に4種に分類されます。

「マキベエ®」(図1)は巻き付け耐火被覆材で、①1人でも作業が可能、②大きなプラント設備が

不要、③特別な養生が不要で、他工事との並行作業が可能といった効率的かつ合理的な材料であることが評価され、日本を代表する建築物をはじめ、住宅から事務所ビルまで多岐にわたる鉄骨造建築物でご採用いただいております。

一方、海外では地震が少なく鉄骨造の建築物が少ないことから、耐火被覆の需要も少なくこれまで使用されてきませんでした。

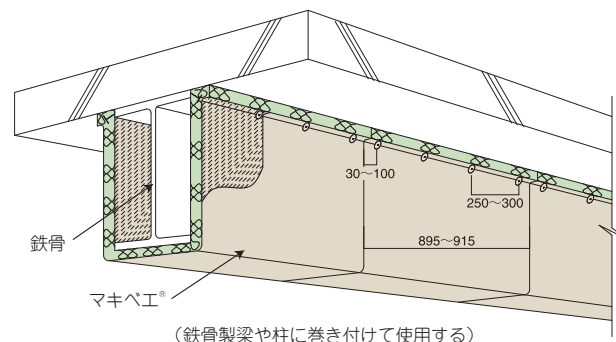


図1 マキベエ®の概略図

## 3. シンガポールにおける「MAKIBEE™」採用の背景

近年、各国とも建設業に携わる作業員は減少の一途をたどり、賃金の安い国からの出稼ぎ労働力に依存せざるを得ない状況にあり、熟練した作業員確保が困難な状況になっています。そのことが原因で建設工程の遅れを引き起こすことがしばしば見受けられます。これはシンガ

ポールでも例外ではなく建設現場では外国人労働者に頼っているのが現状です。このような建設事情から、シンガポール政府は2020年までに「労働者の技能・レベルを上げて、仕事そのものの質を向上させ、より高い収入が得られる先進経済を目指す」という方針を掲げた戦略的な建設行政を実施しています。その中で労働者の技能向上、最新技術の導入などに関わる費用を政府が助成する制度が施行されています。

「マキベエ®」は、あらかじめ工場で成形された耐熱被覆材を鉄骨に巻き付け、ピン止めするという比較的容易な作業で施工ができること、吹き付け被覆材のように作業中に他の作業が中断することなく並行作業が可能であることが、工期短縮やコストダウンにつながるということで、建築における合理的な新技術として認められ、「MAKIBEE™」の名で初の海外での採用に至りました。



図2 シンガポールでのMAKIBEE™施工風景

#### 4. 海外と日本での耐火基準の違い

海外において事業を展開する場合、当然ながら現地の法令や基準を順守することが必要です。建築物を建設する場合も、日本と同様に各国で建築基準が法律によって定められており、国により内容が異なります。建築物の耐火、防火に関して、日本では鉄骨造が比較的多いこと、また地震による木造家屋の大火災が多かった歴史的背景から、建築基準法により厳しく詳細にわ

たり規定されています。一方、諸外国の大半は、大枠は決まっているものの、細かいところは定まっていないのが現状です。

日本では、建築基準法により建物の耐火基準（耐火構造、準耐火構造など）が定められており、建物の規模や階数（すなわち大きさ）により構造物の耐火時間が1, 2, 3時間と定められます。

建物の構成部材は、要求される耐火時間に適合する性能が求められます。耐火時間に合わせて柱・梁などの部材ごと、耐火被覆材ごと、鉄骨サイズごとに耐火試験が行われ、所定の性能を確認し合格すると国土交通大臣から認定を受けます。この際、耐火被覆材の厚みも定まります。

日本の建物は、建物の仕様（規模）にあわせ、たとえば耐火2時間が要求される場合、それに適合する認定を受けた部材で構造を組み上げていくこととなります。

これに対して、シンガポールでは建物の大きさではなく、その建物の用途で耐火時間が決まります。事務所ビルなどは耐火90分ですが、不特定多数の人が出入りするスーパーマーケットなどは耐火120分となります。

耐火試験も各部材ごとに行うことは日本と変わりませんが、シンガポールでは英国規格（BS476:Part21:1987）に則った試験が必要とされます。

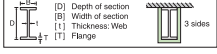
使用する部材の選定は日本と異なり、使用する鉄骨サイズごとに定められている形状係数（Shape coefficient;  $H_p/A$ ）という数値から、適切な耐火被覆材の厚みを早見表を参照して求めていきます。

表1, 2に「MAKIBEE™」施工時に使用する鉄骨の形状係数の一例と耐火時間と被覆厚の早見表を示します。

たとえば914mm×305mmというシリーズの鉄骨の場合、鉄骨サイズ対してそれぞれ60~80という形状係数が定められています。この形状係数を表2の「MAKIBEE™」の耐火時間と被覆厚の早見表に当てはめ、形状係数65の鉄骨で、120分の耐火時間が必要であれば40mm厚の「MAKIBEE™」を使用すると判定します。

したがって実際の設計では、要求される耐火時間に合わせ建物を構成する個々の鉄骨の寸法ごとに耐火被覆材の厚みを決定します。

表1 鉄骨サイズと形状定数の一例



Hp/A table							
Designation: Serial size	Mass per metre	Depth of section [D]	Width of section [B]	Thickness: Web [t]	Flange [T]	Area of section	3 sides
(mm)	(kg)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(cm <sup>2</sup> )	(m <sup>2</sup> )
914x419	388	921.0	420.5	21.5	36.6	494.5	45
914x305	343	911.4	418.5	19.4	32.0	437.5	50
	289	925.8	307.8	19.6	32.0	365.8	60
	253	915.5	305.5	17.3	27.9	322.8	65
	224	910.3	304.1	15.9	23.9	285.3	75
	201	903.0	303.0	15.2	20.2	256.4	80
838x292	226	850.9	233.8	16.1	26.8	285.7	70
	194	840.7	292.4	14.7	21.7	247.2	80
	176	834.9	291.6	14.0			90
	197	789.8	268.0				
	173	762.0					



図3 セミナー会場の様子 (写真提供 国土交通省)

表2 MAKIBEE™の耐火時間と被覆厚の早見表

Shape coefficient (m <sup>-1</sup> )	Thickness required per indicated fire-resistance time (mm)				
	30min	60min	90min	120min	150min
50				35	50
55			20		55
60					60
65				40	65
70					70
75					75
80				45	80
85					85
90			25		90
95					95
100					100
105					105
110					110
115					115
120				50	120
125					125

### 5. 「MAKIBEE™」のシンガポールでの評価

2013年8月、在シンガポール日系関連企業関係者で作るWASS（鋼構造建築物普及に向けた研究会）と国土交通省の共催により「第2回鋼構造による高層建築普及セミナー」がシンガポールで開催されました。WASSはシンガポール政府の建設局にあたる Building and Construction Authority (BCA) から高い関心を持って見られている団体で、両国の産業界、学界、政府関係者ら約300人が出席し、日本の技術やシンガポールにおける今後の可能性について活発な質疑応答が行われました（図3）。

この中で発表した「MAKIBEE™」の耐火被覆技術は、BCAの機関紙「build smart」2014年

2月号において紹介され、作業の容易性、工期短縮、ビル解体後の鉄骨リサイクルが容易な技術として高く評価されました。

### 6. おわりに

今回海外で「MAKIBEE™」を施工する過程で、現地の施工業者とのコミュニケーションを通じて、言葉は十分わからなくても思いは同じであるという場面に少なからず遭遇してきました。より良い発展への希求には国境は存在しないということでしょう。

今回の「MAKIBEE™」のご採用を第一歩として、これからも海外のお客さまのご要望にお応えできる建材製品を開発していく所存です。

本稿が今後、海外にて鉄骨造建築物を設計予定の皆さまのお役に少しでも立てれば幸いです。

- ※ 「TOMBO」はニチアス(株)の登録商標または商標です。
- ※ 「マキベエ」はニチアス(株)の登録商標です。
- ※ 「MAKIBEE」はニチアス(株)の商標です。

### 筆者紹介



清水玄宏

建材事業本部  
技術開発部 建材工法開発課  
耐火被覆材、断熱工法の開発に従事