

川崎製鉄技報
KAWASAKI STEEL GIHO
Vol.2 (1970) No.2

耐候性鋼材の建築への応用

Application of Weathering Steel for Buildings

中山 道輔(Michisuke Nakayama) 大寺 保光(Yasumitsu Otera)

要旨：

耐候性鋼材の建築への応用については、国内においても、実施例等によるデータの積上げとともに、仕上材から構造材にわたって、用途が拡大するに到った。本報告は耐候性鋼材が建築へ使用されるに到った経緯、建築材料としての特性・用途および設計、施工上の注意事項等について述べるとともに、RIVER TEN の代表的な施工例を紹介したものである。

Synopsis：

This paper outlines the development of weathering steel since it was first applied to buildings in U.S.A. and explains its characteristics, grades and various uses in buildings. It also calls special attention to the designing and the execution of works, and introduces typical examples of RIVER TEN steels as they are used in our country.

(c)JFE Steel Corporation, 2003

本文は次のページから閲覧できます。

耐候性鋼材の建築への応用

Application of Weathering Steel for Buildings

中山道輔*

Michisuke Nakayama

大寺保光**

Yasumitsu Otera

Synopsis :

This paper outlines the development of weathering steel since it was first applied to buildings in U. S. A. and explains its characteristics, grades and various uses in buildings.

It also calls special attention to the designing and the execution of works, and introduces typical examples of RIVER TEN steels as they are used in our country.

1. 建築への応用の経緯

1.1 経緯

耐候性鋼材は大気中に暴露された場合、逐次緻密なさびが発達して母材に密着し、その後の表面腐食の進行が阻止されることになる。同時にさびの色調は、初期のオレンジ色から褐色を経て、黒褐色もしくは黒紫色に変化して安定化するに到る。したがって耐候性鋼材はさびがさびを防ぐ鉄ともいふべき耐候性上の特性とともに、年月とともに深みを増す素材独自の美しさを表現することになるので、建築家の注目を惹くことになったものである。

本格的に適用された最初の建築は、米国イリノイ州のデアービルであって、これは高名な建築家エー・ロ・サーリネンが1958年その特性に着目して、試作、暴露試験を経て採用したものである。その後、シカゴ・シビックセンターを始め、多くの建築に使用されるようになった。

わが国でも、昭和40年頃より建築材料として使

用されるようになり、実施例によるデータの積上げとともに、屋根材、外装材、構造材およびサッシ、スチールドアその他に広く使用されるようになった。その代表的実施例としては、屋根材として五色台山の家、両国日大講堂、外装として鉄鋼会館、大日本インキビル、構造材として鎌倉近代美術館、新宮殿、またサッシ材としては第一生命ビルなどがある。

1.2 米国における代表的実施例

米国は開発国だけに、多年にわたる着実な技術の累積があり、使用規模内容などにおいても見るべきものが少なくないと思われるので、米国の代表的実施例を2～3紹介する。

(1) シカゴ・シビックセンター

耐候性鋼材を柱カバー、梁カバーなどの外装および窓枠に全面的に採用した超高層ビルとして有名である。竣工（1966年2月）後、約3.5年経過した時点（施工中の期間を含めると約5年の暴露期間を経過したことになる）では、表面のさびはほぼ安定期に入ったものと考えられ、外装全般に

* 建材開発部副部長

** 建材開発部建築開発室

わたって灰黒色の落ち着いた色調を呈していた。特に外部に凸出して縦に通っている柱カバーの表面は安定化が速いようで、やや紫がかった均一な色調を示していた。竣工後さびが安定するに到らない初期さびの時期では色調などに種々批判があったようであるが、今後は、他の一般の高層ビルの外観が年月による汚損により、魅力が減じて行くのに反して、逆に年月とともに重厚さを加えて行くものと思われる。

ただ、正面広場のピカソの作によるというモニュメントは、複雑な形をしており、裏側になる部分にかなり強い色むらが見受けられる。これは建設時点の相異ばかりではなく、雨水の流下、乾燥条件などにおける形態上の弱点から来るものであろう。

(2) U. S. スチール新本社ビル

ピッツバーグに建設されているU. S. スチール新本社ビルは、三角形のプランをもつ超高層ビルで、外装の全般にわたって Corten 鋼が無塗装のまま使用されている。特に注目される点は、壁面より凸出して設けられたボックス柱に、内側からの水による冷却効果を利用して耐火被覆を設けず、構造材である鉄骨がそのまま外部に露出して仕上面を兼ねていることである。耐候性鋼材の特性がフルに活用された大規模な実施例であって、壮大なスチールのモニュメントともいうべきものであろう。

(3) フォード・ファウンデーション

ニューヨークの国連ビルの西側にある中規模の

ビルで、サッシ、スパンドレルその他に無塗装裸のまま使用されている。竣工後約2カ年経過した時点でさびはほぼ安定に近いようで、落ち着いた色調を呈している。また、流出さびによる周辺材料の汚染も、ほとんど見受けられない。

以上のように、米国では無塗装裸のまま使用する工法が一般的であり、外装を塗装して使用した高層ビルの実施例は少ない。

また、ヨーロッパにおいても、逐次建築分野にも使用されるようになった。変わった使用例の一つとして、フランスの純鉄骨中高層プレハブアパー



写真 2 U. S. スチール新本社

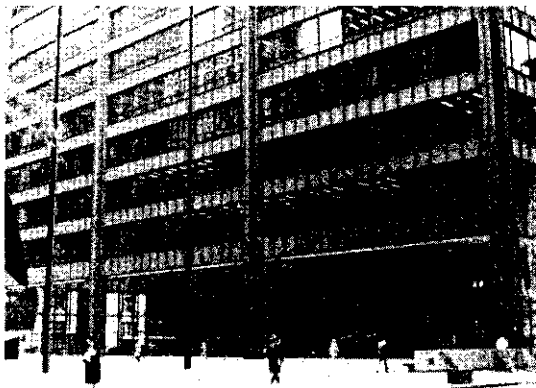


写真 1 シカゴ・シビックセンター

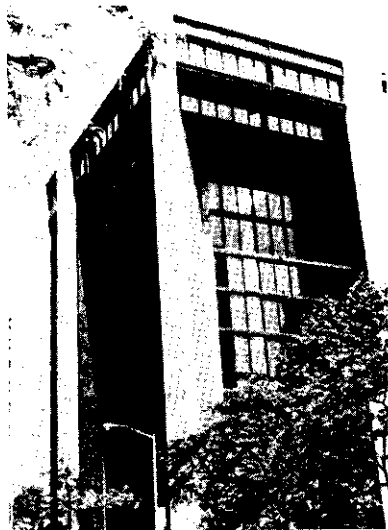


写真 3 フォード・ファウンデーション

トG E A I工法がある。この工法は、ほぼ完全なドライコンストラクションに依っているが、その鉄骨架構に耐候性鋼材が採用されている。

2. RIVER TEN の建築材としての特徴 および用途

2-1 耐候性

鋼材が大気中で腐食し易いという弱点については、従来から種々の防食方法が論じられて来たのであるが、耐候性鋼材は前にも述べたように、在来の方法と異なり、鋼材自身の自己塗装性ともいうべき「さびによってさびを制する」耐候性上の特性によるもので、使用後の初期の段階では普通鋼材と同様の腐食傾向を示し、さびの流出が見られる。逐次緻密なさびの発達により、逆にさびの進行が阻止されて安定化することになる。

使用方法を表面処理の面から大別すると、上記の特性をそのまま生かして、無塗装裸のまま使用する方法の外に、表面を塗装して使用する方法がある。これは、上記の特性から塗膜の劣化の速度が遅く、塗装の寿命が大幅に長くなり、したがって再塗装期間が著しく延長される性質を利用したものである。

また、わが国では、後述する安定化促進処理のような特殊な表面処理方法も行なわれている。これはさびが安定化するまでの期間を短縮すると共に、初期の流出さびを防止する目的で使用されるもので、最終的な効果の面より見れば、むしろ無塗装使用に準ずるものといえよう。

気象条件や塩分、亜硫酸ガスなどの影響による耐候性の詳細については、本号の暴露試験成績その他を参照願いたい。

2-2 色 調

前にもふれた点であるが、耐候性鋼材は裸のまま大気中に暴露された場合、流出さびに伴い色むらのはげしい初期のオレンジ色から褐色を経て、ほぼ均一な黒紫色系の色調に変化して安定化するに到る。環境や鋼種によって多少色調に変化が見られるが、いずれも年月とともに落ち着いた深みのある色調となるものである。

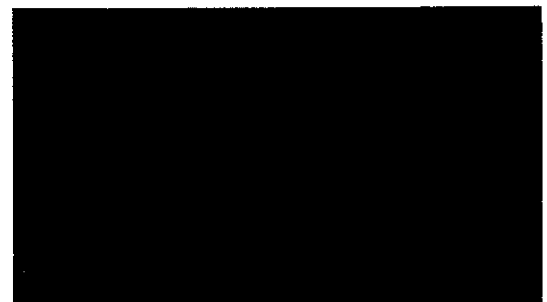
写真4は暴露2年目の色調について RIVER TEN 50M と SS41 を比較したものである。

写真5は環境による色調を比較したもので、海岸では赤味が強く、工業・田園地帯では黒味が強い。また添加元素による色調の傾向をみると、Ni は黒味を増す方に作用し、Cr は赤味を増すようである。鋼種についていえば RIVER TEN 50M など50kg/mm² 級以上のものが深みのある落ちついた色調が得られる。

ただ耐候性鋼材は色調の幅が狭いので、デザイン面の自由度が制約される場合もある。しかし石材、ブロンズや銅に似た素材独自の美しさ、“年月とともに深まる色調”は高い意匠的効果があり、万人の郷愁をよぶ優れた建築材料といえよう。

2-3 機械的性質

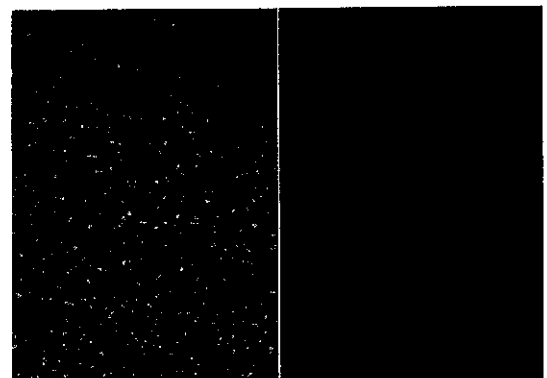
建築材料としての鋼材の用途は、構造材をはじめ



SS41

RIVER TEN 50M

写真 4 鋼種による色調の差



海岸地域

田園地域

(RIVER TEN 50M)

写真 5 地域による色調の差

め、屋根、外装材その他多種類にわたって使用されている。したがって、用途に対応した性能が必要であるが、RIVER TEN は、本誌別報¹⁾に示されているように各種の鋼種が準備されているので、設計の目的および環境に応じて、最適の鋼種を選ぶことができる。

引張強さに応じて、41, 50, 60kg/mm² 級のグループに大別され、溶接性のうえで JIS の S M 系列と対応されており、また、溶接棒についても鋼種に対応して準備されており、溶接性ばかりではなく、溶接部の耐候性についても問題はない。したがって、使用目的に応じて、降伏点、引張強さを始め、溶接性、加工性の良好な鋼種を選択することができるので、普通鋼材の場合と比較して、使用上の問題はない。

2.4 経済性

耐候性鋼材は、独自の耐候性ととも、鋼材として高い強度特性や溶接性、加工性など建築材料としてすぐれた特性を具備している。しかも、ステンレス鋼などの特殊鋼と異なり、低合金鋼であるので製品コストにおいては普通鋼材に近いものである。したがって、用途に応じ、耐候性と機械的特性との両面から、他の材料に比較して経済的である。

塗装して使用される場合には、再塗装までの期間が大幅に延長されるので、保守費用が節減される。また、無塗装裸のまま使用される場合には、当初の塗装費そのものも不要になる。

両国の日大講堂屋根の場合には、機械的特性を利用することにより、軽量化が大幅に可能となるとともに、無塗装裸使用によるメリットが同時に発揮され、高い経済性が得られた例といえよう。

2.5 用途

RIVER TEN は使用目的に応じて、適当な鋼種を選択できる

ので、建築材として広い適用分野を持っている。高強度、溶接性、加工性および安定した色調など設計の内容に対応して必要とする性能も異なってくるが、主なる使用部位、対象および対応する代表的な鋼種などを表 1 に示す。

なお、使用条件により差があるが、無塗装裸使用の場合には、一般に耐候性や色調が特に問題になるので、RIVER TEN 50M, RIVER TEN R もしくは 50kg/mm² 級以上の採用が望ましい。

3. 使用上の注意事項

3.1 問題点

耐候性鋼材を裸使用する場合、暴露初期に、普通鋼材と同様に流出さびが発生して、周辺の他材料を汚染するおそれがある。また使用条件によっては不均一なさびが発生したり、さびが安定しにくい場合もあり、建築材料としての問題も少なくない。

したがって設計、施工にあたってはこれらの問題点を十分考慮し適当な手段をこうじて処理する必要がある。

一方、使用条件によっては特殊な安定化促進処理を施したり、耐候性鋼材に適應した塗装仕上をすることも現在行なわれている。ここでは裸のまま使用する場合を中心に設計、施工上の注意事項を列記する。あわせて安定化促進処理および塗装

表 1 部位別一覧表

部 位	使 用 例	鋼 種	特 性	備 考
構 造 材	工場・倉庫・主家など	RIVER TEN 50A,B,C	溶接性 高張力	裸使用が一般的
外 装 材	カーテンウォール スパン・ドレール バルコニーなど	RIVER TEN R RIVER TEN 50M	加工性 色 調	裸、塗装使用
屋 根 材	折 板 波 板 平 板など	RIVER TEN R RIVER TEN 50M	加工性 色 調	裸使用が一般的
建 具 材	サッシ ドア シャッター	RIVER TEN 41S RIVER TEN R RIVER TEN 50M	加工性 色 調	裸、塗装使用
そ の 他	屋外工作物 屋外階段 手摺・パラペット 扉	RIVER TEN 50A,B,C RIVER TEN R RIVER TEN 50M RIVER TEN 41S RIVER TEN 41A,B	溶接性 加工性 色 調	裸、塗装使用

などの仕様例について述べる。

3・2 設計、施工上の注意事項

(1) 初期の流出さびによる汚染防止

a) さびを含んだ雨水は滞留することなく、樋、水切などにより直ちに排除する。

b) さびを含んだ雨水の流下部周辺に使用する材料は汚染されにくいものを選ぶ。一般的には平滑で硬く、しかもさびによる化学的な悪影響を受けないもの、たとえばタイル、光沢性ホーロー鉄板などがある。

c) 汚染の恐れのある材料には、透明なストリップブルペイントのような一時的な保護膜を設ける。

d) 仮の仕上材を使用しさびが安定した後、最終仕上を施工する。

e) 雨水の集合場所、流下部には容易に取り替えてできる材料、たとえば、砂、砂利などを使用する。

f) 周辺の材料には汚染されても目立たない色を選ぶ。

g) 現場取付前に事前暴露によってさび出しあるいは必要に応じて散水などを行ないさびの安定を促進する。

(2) 均一なさびの形成

a) ショットブラスト、酸洗などにより鋼材のミルスケールを除去する。

b) ペンキ、油脂、溶接によるスラグ、モルタル、その他付着した汚染物は速やかに除去する。特に溶接部はグラインダー、ワイヤーブラシなどで入念に表面仕上を行なう。

c) 溶接棒は母材に対応したものを使用する。

d) リベット、その他付属品で外部に露出する場合は同材質のものを使用し、やむをえない場合はステンレスなど耐食性の有るものを使用するか、適当な防護被覆を行なう。

(3) 納り

a) 雨水の滞留は特に有害であるので水はけのよい納りとする。目地部分においても出来るだけ雨水、埃りなどが溜らないようにする。

b) 大きな外装壁面に使用する場合には、暴露条件や雨水による流下条件を全体にわたって均一になるようにするとともに多少のむらは目立たないように部材割付、大きさ、凹凸などを考慮する。

c) 電気化学的腐食を起す異種材との接合は出来るだけ避ける。やむをえない場合はガスケット類を設けるか塗装などを施し絶縁する必要がある。

(4) 養生

a) 梱包、運搬、保管、取付および養生などに当っては、一見仕上材と見えない外観によって、不注意な取扱いを受けやすいので最終的な仕上材として扱う慎重さが必要である。

b) 現場などに野ざらしにするような場合事前のさび出し効果はあるが不注意な積重ねなどによって見苦しい集中的なさびを発生させる恐れがある。

3・3 表面処理

耐候性鋼材の無塗装裸使用はその特性を最もいかした使用方法であるが、用途、使用個所によっては初期の流出さびや色むらなどにより設計、施工上のいろいろな束縛を受けることになる。このような場合は耐候性鋼材の表面に安定化促進処理や塗装を施して使用されている。

(1) 安定化促進処理法

この方法は人工的に化学的な処理によってさびの安定化を促進させ、初期の流出さびを防止することを目的とした表面処理法である。安定化促進処理の仕様例を表2に示す。また少々さびの流出があっても良いような場合は仮被膜による後処理すなわちブレン吹付を行なわないでウェザークリート処理のまま使用してコストダウンを計ることができる。

(2) 塗装仕上

耐候性鋼材の塗装には従来の普通鋼向けの塗装系が、そのまま適用でき、塗替周期の延長などのメリットを生ずるが、最近耐候性鋼材に適し、耐候性、外観ともすぐれた塗装系が開発されている。その例として関西ペイント㈱のグラファイトペイント、フェロドールペイントの仕様(耐候性

鋼材を外装などに利用した塗装仕様)を表3、4に示した。

表2 安定化促進処理仕様例(日本パーカライズ)

工 程	処 理
1. ガスケ・フング	酸洗・表面ブラスト
2. ホッパング	常温 $\sim$ 11 $^{\circ}$ C、5 $\sim$ 10分浸漬
3. 水 洗	ウェザースト 70 $\sim$ 80 $^{\circ}$ C
4. 安定化処理	約10分浸漬
5. 水 洗	
6. 後 処 理	グレバレン吹付

表3 グラフタイトA仕上

工 程	系 統	塗付量 (kg/m^2)	乾燥条件 (20 $^{\circ}$ C)
1 素地調整			
2 表面処理	ビニル樹脂系	0.08	3時間以上
プライマ	ウオッシュプライマー	$\sim$ 0.10	80 $^{\circ}$ C 15分
3 下塗り	アルキド樹脂系	0.16	16時間以上
(1回目)	鉛丹プライマー	$\sim$ 0.18	
4 下塗り	アルキド樹脂系	0.16	16時間以上
(2回目)	鉛丹プライマー	$\sim$ 0.18	
5 上塗り	アルキド樹脂系	0.12	24時間以上
(1回目)	グラフタイト	$\sim$ 0.14	7日以内
6 上塗り	アルキド樹脂系	0.12	24時間以上
(2回目)	グラフタイト	$\sim$ 0.14	7日以内

表4 フェノドールF仕上

工 程	系 統	塗付量 (kg/m^2)	乾燥条件 (20 $^{\circ}$ C)
1 素地調整			
2 表面処理	ビニル樹脂系	0.08	3時間以上
プライマ	長期暴露型ウオッシュプライマー	$\sim$ 0.10	80 $^{\circ}$ C 15分
3 下塗り	鉛丹プライマー	0.16	16時間以上
(1回目)		$\sim$ 0.18	
4 下塗り	鉛丹プライマー	0.16	16時間以上
(2回目)		$\sim$ 0.18	
5 上塗り	フェノール樹脂系	0.17	24時間以上
(1回目)	MIO	$\sim$ 0.20	7日以内
6 上塗り	フェノール樹脂系	0.17	24時間以上
(2回目)	MIO	$\sim$ 0.20	7日以内

4. RIVER TEN EMBOSS

EMBOSSとは“模様を打出す”、“浮き彫りにする”という意味である。エンボス鋼板“RIVER EMBOSS”は模様を刻み込んだロールによって鋼材自体に凹凸模様をつけた仕上用鋼板で自動車の内装、電気製品、家具、船のキャビン、建築内装材などに使用されている。



写真6 大石河

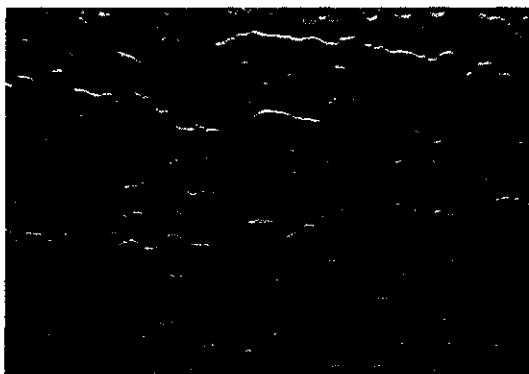


写真7 大エジプト

RIVER TEN EMBOSS はエンボス鋼板の原板に耐候性鋼材を使用したもので、耐候性鋼材特有の落ちついた黒紫色の地肌にエンボス模様がマッチして深みのある鉄独自の意匠的效果を表現することができる。また薄板を使用した場合にも表面の凹凸模様によってフラットネスの感覚が改善され、さびの効果と相まって重量感が高められる。一般に外装材として使用され、模様は写真6、7のようなエジプト模様、石垣模様の大柄なものが意匠効果が高い。

5. 代表的施工例

5.1 両国日大講堂

概要

件 名	両国日大講堂
建 設 地	東京都墨田区
設 計	日大宮川研究室

施 工	間組, 川崎重工
竣 工	昭和41年12月
使用鋼種	RIVER TEN 50M, 板厚4.5mm 溶接棒 KS-76Cu
使用部位	屋根, 裸使用

この建物に耐候性鋼材を使用した目的は、改築のため力学上屋根荷重を軽減する必要があったこと、塗装費、塗替費の節減を計ることにあった。鋼種は用途、強度、環境などを考慮して強度が高く、色調の良い RIVER TEN 50M が採用された。

この屋根はドーム形で、両方向曲線の複雑な形をしており、納り上種々問題があったが、ここで

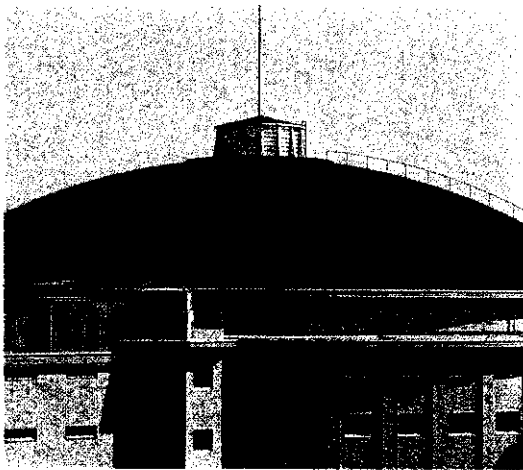


写真 8 両国日大講堂取付後6ヵ月目

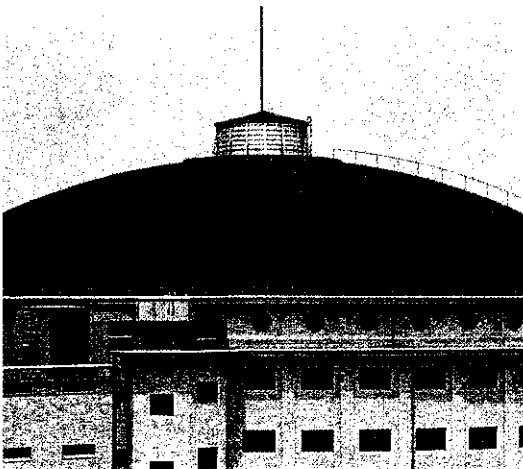


写真 9 両国日大講堂取付後3年目

は板を図1(a), (b)のように円弧方向継手は70mm重ねのすみ肉溶接、円周方向継手は突合せの現場溶接とした。溶接は溶接歪、残留応力をさけるために、溶接順序を考慮して、まず適当な大きさにブロックを作り、最後に各ブロックごとの溶接を行なった。溶接棒は母材 RIVER TEN 50M に対応する KS-76 Cu を使用した。

竣工後1年頃まではさびが流出していたが、2年目頃から流出量も少なくなって、3年余経過した現在ではほぼさびも安定して、色調も最終色である黒紫色に近い落ちついたものとなっている。

この屋根に耐候性鋼材を使用したことによって、設計目的であった屋根荷重の軽減は旧モルタル屋根荷重 270kg/m^2 の約半にでき、また色調も建物全体に調和して落ちついた感じを出している。

5・2 当社技術研究所

概要

作 名	当社技術研究所
建 設 地	千葉市川崎町
設 計	三菱地所
施 工	大林組, 川鉄金属
竣 工	昭和43年11月
使用鋼種	RIVER TEN R, RIVER TEN R EMBOSS 板厚2.0mm
使用部位	外装(安定化促進処理)

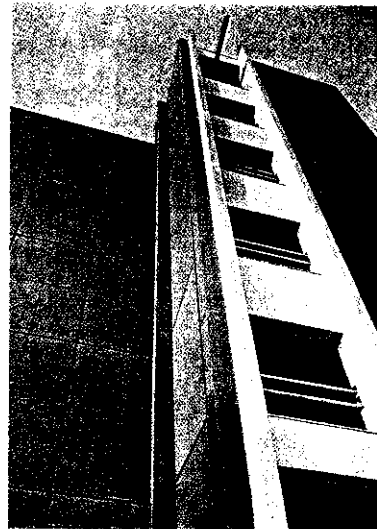


写真10 当社技術研究所妻側

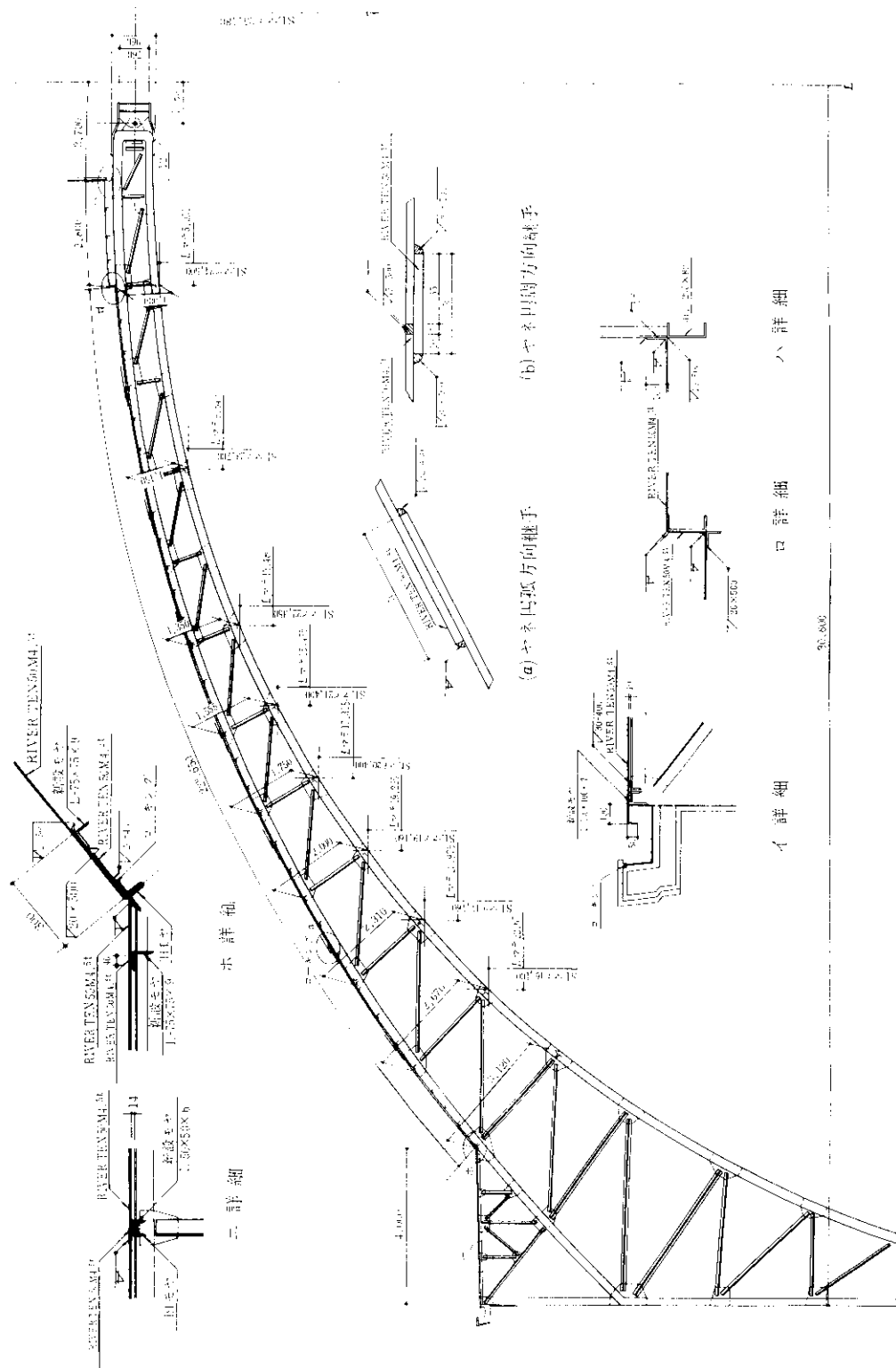


図 1 河国日大講堂屋根断面詳細図

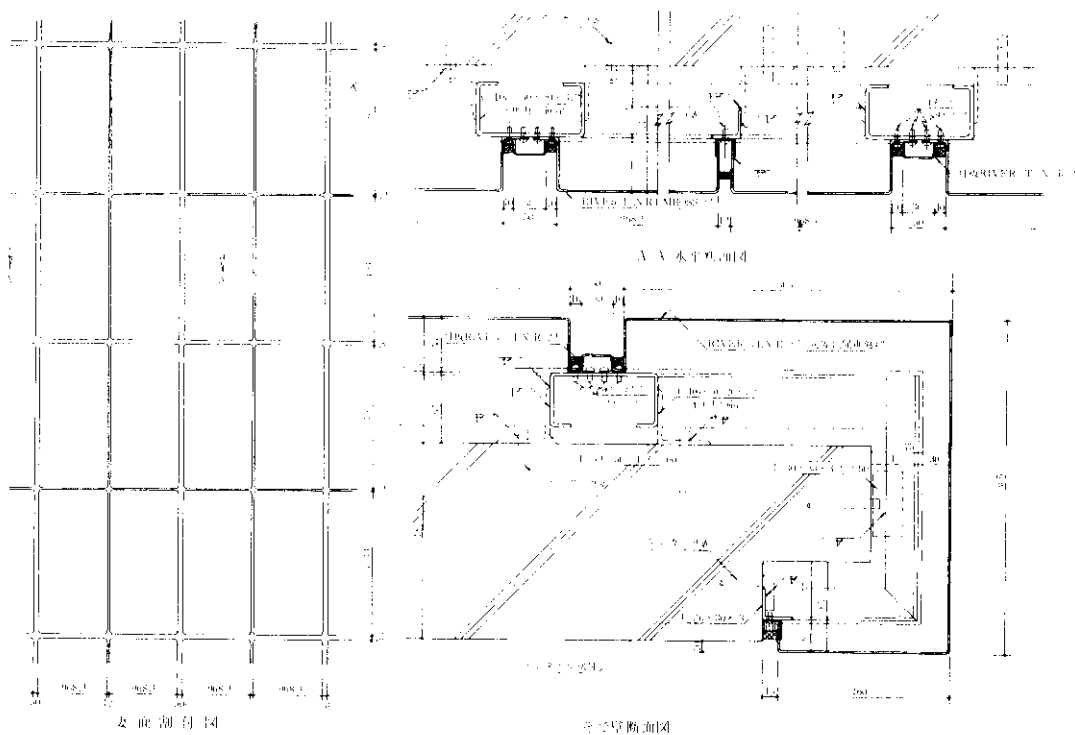


図 2 当社技術研究所詳細図

この建物は製鉄所内に建ち煤煙などによって汚染され易いために、耐候性鋼材を外装に選び、意匠的にも変化のある外観とした。

妻側外装には意匠的效果を出すために落ちついた重量感のある大柄エジプト模様のRIVER TEN EMBOSS を採用した。工業地帯で海岸に近いというさびしい環境のため鋼種は加工性が良く、しかもさびの安定化と色調のすぐれたRIVER TEN R を使用した。

また苛酷な環境下において流出さびが他材料を汚染する恐れもあり、事前に表面処理として日本パーカ㈱の安定化促進処理法（ウェザーコート・プレバレンS仕上）を行なった。

この建物の外壁面は大きな面で、さびむら、フラットネスなどが心配されたのでパネル工法を採用し、特に水平目地は不均一なさびの発生原因となる雨水の滞留のないように目地を小さくしてコ

ーキングを厚くした。

現在取付後1年余経過しているが、さびの流出はほとんど見受られない。今後さらに継続して調査を予定している。

6. む す び

わが国においても耐候性鋼材は、基礎的な研究や試験の進展と並行して実施例そのものによる使用上の諸データの積上げがあり、建築材としての用途が拡大されて来た。また対象となる建築物も経済的なメリットを主とするものから、意匠的效果を意図するものまで、広範囲にわたっている。ただ耐候性鋼材の特質は在来の建築材と本質的に異なるものがあるだけに、適用に当たってはその本質が正しく生かされることが必要である。

参 考 文 献

- 1) 青木：本紙，2（1970）2，1