

特集。生まれかわる『ステンレスシート防水工法』(その1)

住友金属建材(株)建築建材工事営業部 屋根技術グループ長 大八木 亮太郎
同 参 事 市 橋 正 明
屋根工事グループ長 金 子 照 男

はじめに

ステンレスシーム溶接工法が“日本建築学会/防水工事標準仕様書JASS8”に「ステンレスシート防水工事」として新規に制定されたのが1986年3月である。

このとき初めて本工法が市民権を得たわけだが、“新規制定の主旨と経緯について”を引用してみる。

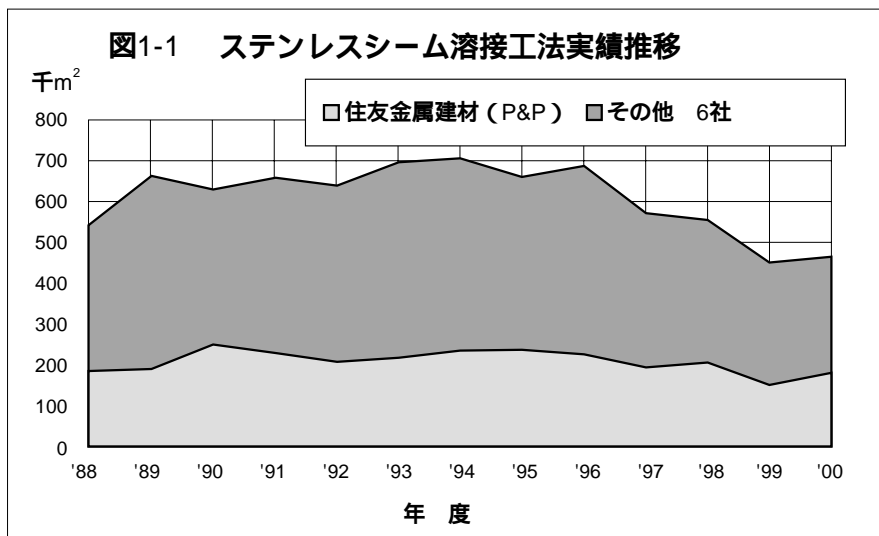
「昭和55年(1980)ごろから、より高度な信頼性と耐久性の達成を目的として、ステンレス鋼板の全溶接による新しい防水工法が行われるようになった。従来の防水工法とは異なる特色のある新しい工法であり、登場まもなくから期待はしだいに大きくなりつつあった。ステンレスシート防水工事の成否は、接合部における確実な連続溶接の施工と使用環境に適応したステンレス鋼種の選択にあるといえる。単純な施工ミスや配慮不足から漏水事故を起こして期待を裏切り、工法の将来性を阻害することのないように現在までの知見を集約して施工法を標準化した。(以下略)」

その後、1993年1月、2000年6月の2度の改訂を経て現在に至っている。この間の改訂ポイントは、適用範囲を屋根と庇の露出仕様限定、風環境、海岸地域等の腐食環境による適用区分化、最近では高耐食フェライト系ステンレスやチタンが防水層の種別に追加されたことなどである。

施工実績の推移を見てみると図1-1に示す。この数年は不況のあおりを受け需要が低迷し40~50万^m²で推移している。統計を取り出した1988年からの累積施工面積は約800万^m²に達する。

当社は1978年にカラーステンレスで、そのままシーム溶接が可能な「NS-X1」という材料を開発、さらに翌1979年自動シーム溶接機を開発し“P&Pステンレス防水工法”と銘打って全国的な組織をつくり事業をスタートした。現在は「P&P会」として運営されている。

以後、現在に至る23年間を通して全国実績のほぼ三分之一におよぶ270万^m²という実績を積み上げ併せて技術の集大成を図ってきた。



最近完成した大分ドームや豊田ドームはP & P工法による施工物件である。前者はチタン、後者は高耐食フェライト系ステンレス鋼が使用されている。

この稿では当社の「P & P工法」を例にとり、ステンレスシート防水工法において「このような屋根が施工できる」から始まり、「ステンレスシート防水工法とは」そしてステンレスシート防水工法の「設計・施工・品質管理」について解説してみたい。

1. こんな屋根が施工できる

屋根はおおむね建築物の頂部を構成するものである。また、自然環境から建築物を保護することで、健全な居住環境を造り、火災時の飛び火や泥棒の浸入など、人的要因による被害を防御して大切な財産を守るものでもある。

しかし、屋根の役割はただそれだけではない。いかにその建築物のイメージに合ったものであるか、いかに違和感なく周囲の環境に馴染んでいるかが大切で、建築物を評価するときのポイントとなる。

そこで「P & P工法」を解説するに先立ち、まず、最近の施工事例を紹介することにしたい。

1.1 日本科学未来館（東京都）



工法	P & P 型 露出工法
	球体形状
材料	NAR-FC-4 (SUS445J2)
	0.4mm DF
面積	外部ドーム 480m ²
	内部ドーム 300m ²
	屋上防水 7,500m ²
工期	H.12.9 ~ H.13.3

- ・地球をイメージしたもの、正面左上に見える半球状のドームがステンレス溶接工法である。建物内部にも連続して半球があり、全体でほぼ完全な球体を構成している。
- ・外部半球は、すべてシーム溶接で接合され、完全防水工法になっている。
- ・頂上（北極）から下端（南極）までの面材（笹の葉状）を一枚で仕上げている。
- ・横棒状に見えるのは、メンテ用金物で地球の緯度を表現している。

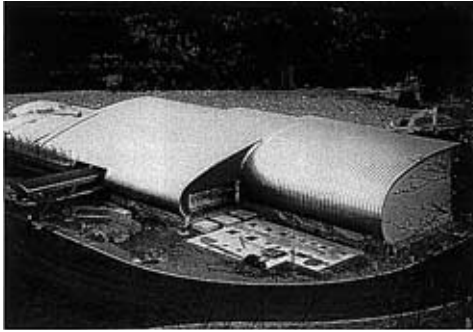
1.2 津モーターボート競走場シアター棟（三重県）



工法	P & P 型 露出工法
	傾斜ドーム形状
材料	NAR-FC-4 (SUS445J2)
	0.4mm DF
面積	2,450m ²
工期	H.11.9 ~ H.11.12

- ・貝殻をイメージした形状で、球体の頂部がG Lにくるように傾けているのが特徴。
- ・葺き方は面材の最少幅から最大幅そして再び幅が狭くなる笹の葉状葺きである。
- ・新ドーム成型機の使用と正確な墨出しにより調整用面材が不要であった。
- ・成形・仮葺きは、最頂部から面材を流し、下方に向かって順次葺き上げた。
- ・シーム溶接機をロープ、滑車および、電動ウインチを用いることで、安定溶接速度が確保された。

1.3 御母衣（みぼろ）発電所電力会館（岐阜県）



工法	P & P 型 露出工法 変形アーチ形状
材料	NAR-FC-4 (SUS445J2) 0.4mm DF
面積	1,400m ²
工期	H.12.10 ~ H.12.12

- ・変形アーチ頂部が曲率23.2 ~ 45.1m Rで3段に変化し、軒先部が3.7 ~ 1.9m Rで俯角58度まで傾斜している。(アーチ面材長さ最長24.5m)
- ・現場は谷風が強く吹くため、断熱材、ペフはくぎ止め後、面材を一枚毎に成形し仮葺きを行った。
- ・仮葺きは緩R部の中央より、水上、水下に向かって葺き、面材に歪みが発生しないように踏み込みながらスポット溶接止めを行った。

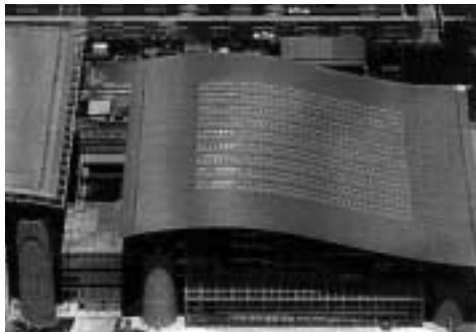
1.4 湖西市余熱利用複合施設（静岡県）



工法	P & P 型 露出工法 ドーム形状
材料	NAR-FC-4 (SUS445J2) 0.4mm DF
面積	7,900m ²
工期	H.11.6 ~ H.11.10

- ・新ドーム成型機を使った1号物件であり、笹の葉状成形が、精度よく仕上がっている。
- ・屋根下地施工後、面材の割付・墨出しを行い、調整用面材を使わない均一成形成面材葺き上げである。
- ・最長38m面材を地上成形し、風の影響も見ながら、長尺用天秤で屋根勾配に吊り上げた。

1.5 浦安市運動公園屋内プール（千葉県）



工法	P & P 型 露出工法 S字ウエーブ形状
材料	チタン（JIS1種） 0.4mm DF
面積	4,100m ²
工期	H.10.10 ~ H.11.3

- ・ 海浜に近く、腐食環境が厳しいので特に耐食性に優れる、チタンが採用された。
- ・ 屋根形状は、緩くS字にウエーブしており、面材長さも65mと長い。
- ・ 40m長さの大型トップライトが9列設置されており、取り合い部も完全止水を確保するためシーム溶接で納めた。
- ・ 仕上がりは十分満足できるものであり、チタン施工にさらに自信を深めた。

1.6 まとめ

「こんな屋根が施工できる」という切り口で、代表的な施工事例を紹介したが、近年の特徴として下記のことが言える。

- (1) 屋根材がSUS304、SUS316などのオーステナイト系から、高耐食フェライト系SUS445（当社FC-4）に変わりつつあり、チタンのような高級高耐食材も一部で使用されている。
- (2) より複雑な三次元形状をした、かつ長尺面材を必要とする、しかも防水機能は劣化させない屋根のニーズが高まっている。

当社は早くから、FC-4を開発し、屋根材への需要開拓と普及に注力する一方、新ドーム成型機を開発し設計ニーズに応じてきたわけである。

生まれかわる「P & P ステンレスシート防水工法」に向けて、さらなる高難度景観屋根に挑戦していきたい。

2. 金属屋根とステンレス防水工法

金属板が屋根材料として大量に使用されるのは、他の屋根材料と比較して多くの長所を持つ点にあるといえる。

- 1) 軽量であること。
- 2) 強度が高いこと。
- 3) 品種が豊富なこと。
- 4) 長尺工法が可能なこと。
- 5) カラフルであること。
- 6) 経済性がよいこと。

など他材料では真似のできないバリエーションをもつ。

図2-1 材料別金属屋根比率（1999年）

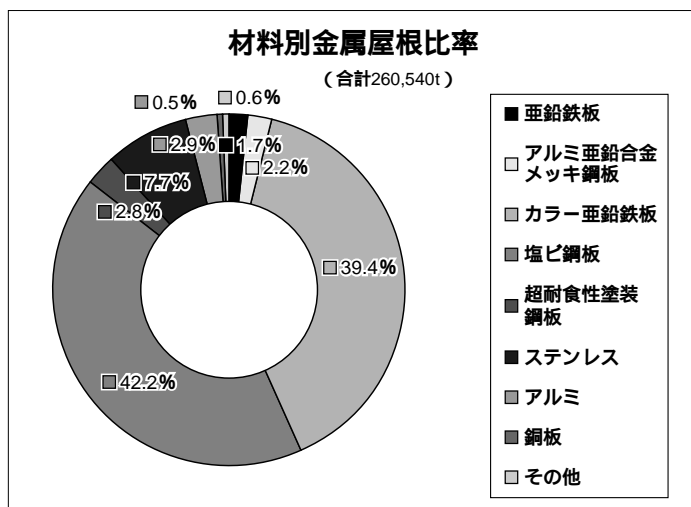


図2-1は、金属屋根・材料別構成を示したものである。特筆すべきは、カラ - 塗装材を含めた、めっき鋼板系材料が、そのほとんど（94.3%）を占めていることである。ステンレスを含めた他材料は全体の5%強に過ぎず、圧倒的優位をめっき鋼板系材料に譲っているのが実態である。

屋根材でステンレス、アルミ合金、銅板等の使用量が少ないのは、一般的な感覚として、めっき鋼板系材料に比べ、「高級品 = 高価」との見方があり、またそうしたことから、どうしても使い方を限定してしまう傾向があることは否めない。

こうした材料は、一方ではめっき鋼板系材料と同じように用いることができるが、どちらかと言えば、ある限定された工法で、限定された用途で使用されることを常としている。

図2-2 ステンレス屋根に占める溶接工法比率（1999年）

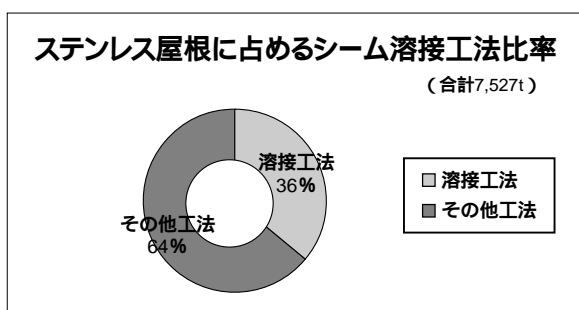


図2-2は、ステンレス屋根に占める、溶接工法の割合である。ステンレス屋根工法中、溶接工法が35.9%と、その割合が高いのは、他に溶接工法に対峙する工法が見当たらないからに他ならず、紹介した施工事例でも判るとおり、防水性能等を考えたとき、他の工法では置き換えることが困難な屋根形状が多い。それゆえ、年間50万m²（1999年）もの屋根が溶接工法で葺かれているのである。

その中であって、当社の「P & P工法」は開発当時から今日まで、複雑な形状の景観屋根が要求される

傾向の中で、防水性能を堅く維持しながらその信頼性向上に力を注いできた。

3. 「P&Pステンレスシート防水工法」とは

3.1 工法名のP & Pは、Permanent and Perfect (パ-マナント・パ-フェクト)の頭文字を取ったもので、「永遠にして完全」の意味である。

3.2 「P&P工法」の基本的な考え方

「P & P工法」の基本は、防水層(葺き板)にステンレスおよびチタンシート長尺材を用い、その接合部をシーム溶接機により連続溶接して、一枚の膜にする防水工法である。

接合部は、溶接されることにより水密性が得られるので、一般屋根(傾斜屋根)をはじめとしてビル屋上(陸屋根)、歩行床、屋上緑化用防水など多彩な適応性がある。

「P & P工法」はシーム溶接(*1)の良否が生命である。常に、適正な溶接条件で最良の溶接結果を得ることが、重要なポイントである。

「P & P工法」の特長は、Tジョイント(*2)の処置を全てT I G(*3)溶接するところにある。Tジョイントのシ-ム溶接では微小隙間が残るため、T I G溶接で確実に溶接線を連続させ、水密性を完全なものにする。これが「P & P工法」である。

注 *1 抵抗溶接の一種。一对の円盤状電極で立ち上げ部を挟み込み、通電し、回転させることにより行う連続した溶接。

*2 シーム溶接部がT字形を構成するジョイント。類似形にY形、ト形等があるが、総称してTジョイントと言う。

*3 Tジョイント部の水密性確保に用いる。シールドにアルゴンガスを使うことから俗にアルゴン溶接とも言う。

3.3 「P&P工法」の特長

本工法の特長として、集約すれば次の7項目になる。

(1) 完全水密で漏水の心配がない

接合部は、信頼性の高いシーム溶接とT I G溶接の併用により、面材同志の接合は完璧なものになっており漏水の心配はない。

(2) 抜群の耐候性・耐食性

防水層がステンレス・チタンなので、耐候性・耐食性に極めて優れている。しかし、海塩粒子(塩素イオン)・鉄粉・ある種の農薬に対して、ステンレス鋼の無塗装材は錆の発生が考えられるので、環境調査の上での材料選定が重要である

(3) 高い強度

ステンレス鋼・チタンは、他のどの防水材料と比べても圧倒的な強度がある。さらに、特有なエキスパンション構造のため、多少の躯体の変位にも十分追従できる。

(4) カラフルで重厚

溶接可能なカラーステンレス(NS-X1・NS-XF)を使用することによって、重厚な色調の仕上がりが得られる。

標準色として5色があり、その内のグレーとブラウンは常に在庫している。500m²以上なら特注色の選定も可能である。

(5) 防火性能

ステンレス鋼・チタンは不燃材として認定されている。耐火野地板と組み合わせることによって屋根耐火30分に適合する。

(6) 長尺施工が可能

P & P 型では、固定吊子が面材の熱伸縮を抑えるので長尺化が可能である。

(7) 多彩な屋根形状に適應

一般屋根はもちろんのこと、三次元曲面屋根等のような複雑な形状の屋根にも対応できる。

3.4 「P & P 工法」に用いられる金属材料

表3-1に、適用材料を示す。防水面材および吊子は、通常環境下では主にSUS 304 (JIS G4305) が使用されている。また、海岸地域や腐食環境下ではSUS 316 (JIS G4305) もしくは、耐食性の高いNAR-FC-4 (JIS G4305,SUS445J2) を使用するとよい。チタン (JIS H4600) は、高価ではあるが高耐食性によって腐食環境下でも安心して用いることができる。

表3-1 無塗装材の特長と適應環境

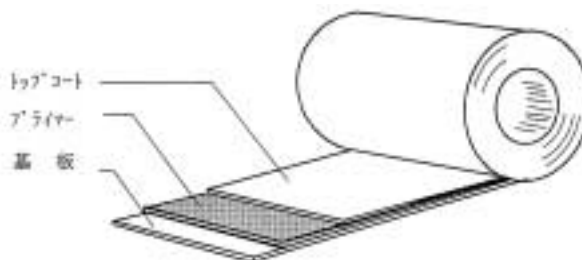
鋼種	特長	適應環境
SUS 304	溶接性・耐食性・加工性に優れている。	通常環境下
SUS 316	SUS 304より耐食性がよい。	海岸地域、腐食環境
NAR-FC-4 (SUS445J2)	SUS 304より耐食性がよい。 SUS 304,SUS 316より熱膨張率が小さいので 長尺屋根の施工が可能。溶接歪みも小さい	ほぼ全ての環境に適應
チタン	各種のステンレス鋼より耐食性がよい。 比重が小さく軽い。熱膨張率が極めて小さいので 長尺屋根に適應している。	全ての環境に適應

3.5 塗装ステンレス

材料が無塗装の場合、鉄粉等によってもらい錆が発生し、それを引き金にした重大な腐食（孔食）が起きることがある。塗装（カラー）ステンレスの場合、もらい錆は表面のみで内部への進行を防止できると共に、防眩性と装飾性が得られる。表3-2に溶接可能な当社・塗装ステンレス仕様を示す。

表3-2 溶接可能 塗装ステンレス

	NS-X1	NS-XF
トップコート	シリコンポリエステル樹脂塗料 (SUS粉末配合)	ふっ素樹脂塗料 (SUS粉末配合)
プライマー	エポキシ樹脂塗料	
基板	SUS304・SUS316 NAR-FC-4(SUS445J2)	



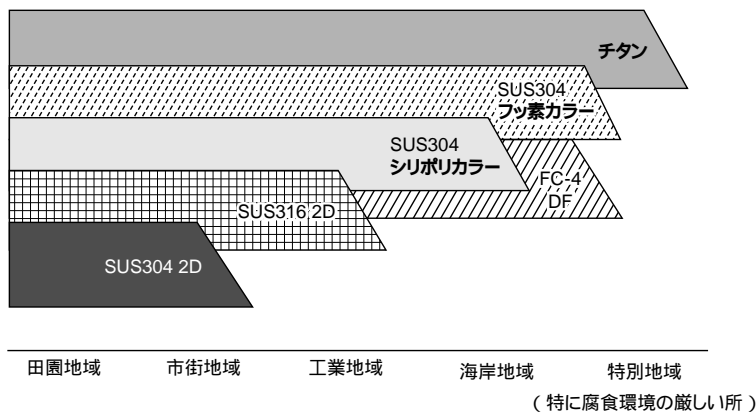
「P & P 工法」に使用する塗装ステンレスは、当社独自の製造方法による溶接可能なカラーステンレスを、「NS-X 1」と称し、トップコートにステンレス粉末配合のシリコンポリエステル樹脂塗料を塗装している。また、長期にわたり耐候性を維持するふっ素樹脂（ステンレス粉末配合）を塗装した「NS-X F」は、最高級の塗装ステンレスである。一般的に塗膜は絶縁体であるが、NS-X 1、XS-X F はステンレス粉末を添加して、溶接可能な導電性を持たせている。

3.6 地域別鋼種使い分け

建築物が立地する場所や環境条件、使用用途により、鋼種を決定する目安として用いる。

図3-1に地域別鋼種の使い分けを示す。

図3-1 地域と推奨材



3.7 鋼種による物理的性質

「P & P 工法」に用いるステンレス鋼・チタンと一般屋根で用いる金属の物理的性質を比較すると表3-3の通りである。

表3-3 ステンレス鋼・チタンおよび比較材の物理的性質

	種類	比重	比熱 cal/g	ヤング率 $\times 10^5 \text{N}/\text{mm}^2$	線膨張係数 $\times 10^{-6}/$	熱伝導率 cal/cmsec	比抵抗 μcm	融点
使用材	SUS 304	7.93	0.12	1.93(0.197)	17.3	0.039	72.0	1398 ~ 1454
	SUS 316	7.98	0.12	1.93(0.197)	16.0	0.039	74.0	1371 ~ 1398
	NAR-FC-4	7.76	0.11	2.20(0.215)	10.1	0.043	61.0	1480 ~ 1490
	チタン	4.50	0.124	1.06(0.108)	8.4	0.041	55.0	1,668
比較材	アルミ	2.70	0.22	0.70(0.074)	23.6	0.530	2.8	660
	銅	8.90	0.09	1.30(0.119)	17.7	0.810	1.7	1,083
	鉄	7.80	0.10	2.00(0.211)	11.7	0.120	12.0	1390 ~ 1510

()は $\times 10^5 \text{kgf}/\text{mm}^2$ 参考値

第 1 回目として、「P & P 工法」の施工事例の紹介と使用材料について解説しました。次回は、熱伸縮など設計のあり方や施工についてご紹介していきたい。