

(解説)

神戸ウイングスタジアムの概要とアルミ折板屋根の開発

橋村 徹*・園田 学**・富岡 洋**・岩井健治(工博)***・東元正洋****

*アルミ・銅カンパニー・技術部 **本社・業務部・御崎プロジェクトグループ

アルミ・銅カンパニー・アルミ押出・加工品営業部 *アルミ・銅カンパニー・長府工場・製造部

Kobe Wing Stadium Project Curved Surface Aluminum Alloy Roof

Toru Hashimura・Manabu Sonoda・Hiroshi Tomioka・Dr. Kenji Iwai・Masahiro Higashimoto

Kobe Wing Stadium has been planned and constructed as a cooperative enterprise between Kobe Steel and Obayashi Corp. The stadium has a great curved roof made of aluminum sheets. This roof takes full advantage of the intrinsic properties of aluminum alloys, i.e. superior corrosion resistance, low maintenance cost, light weight, superb gloss. A brief outline of this construction project and the technologies applied in the production of the aluminum roof are described in this paper.

まえがき = 当社は㈱大林組との共同企業体により、神戸ウイングスタジアムの設計施工及び運営管理を受託し、1999年よりスタジアムの設計・建設を進めてきたが、2001年10月、1次整備を竣工した。

神戸ウイングスタジアムは、神戸市初の公設民活方式^注で発注されたもので、事業計画から設計・施工及び事業運営に至るまでを、一貫して民間事業者^注に委ねる方式を探っている。

本スタジアムは、日韓共催の2002年FIFAワールドカップが開催される会場としての整備はもちろん、最も市街地に隣接した会場として、周辺環境への各種の技術的配慮をするなどの特徴をもっている。本報では、神戸ウイングスタジアムの建築概要と、その曲面屋根に用いられたアルミ折板屋根の技術について紹介する。

1. 神戸ウイングスタジアムの概要

神戸ウイングスタジアムは、2002年FIFAワールドカップの招致を機に復興する神戸の活力を、世界にアピールするシンボルとして計画されたものであり、ワールドカップ終了後も幅広く市民に有効活用され、地域のスポーツコミュニティの拠点として貢献する新時代のスタジアムとして構想されている。また震災の貴重な経験を活かし、地域の防災・避難拠点としての機能も期待されている。

このためスタジアムは、以下の点を特色として計画された。

- 1) 臨場感あふれる球技専用スタジアム
- 2) 周辺環境に優しくシンボル性を持つ開閉式屋根
- 3) 芝生管理システムにより年間100日のピッチ稼働
- 4) 市街地に隣接しアクセスが容易
- 5) 神戸アスリートタウン構想の中核施設
- 6) ライフサイクルコストの低減
- 7) 災害時の避難、ライフラインの拠点

これらのコンセプトを具体化するため、スタジアムの

脚注) 民間のノウハウと活力の導入により、より効率的な建設、維持管理を目指しており、コンペ方式により当社・㈱大林組グループが民間事業者として選出された。

建築計画は、競技場と観客席が曲面屋根で覆われた開閉式ドームスタジアムとなっており、外部から見ると名前の通り翼をイメージした姿をしている。この低ライズの球体フォルムには、近隣への視覚的圧迫感を抑え、日影や風の影響を可能な限り抑える効果が期待されている。

本スタジアムの建築概要を表1に示す。

本スタジアムは1次整備と2次整備の2段階で整備される。1次整備が2002年FIFAワールドカップの神戸会場用として準備され、メイン及びバックスタンドを覆う固定屋根が建設される。また、南北両サイドに増設スタンドが設置され、図1に示すような、座席数約42,000のスタジアムとなる。写真1に示すように、2001年10月

表1 神戸ウイングスタジアムの建築概要
Table 1 Outline of 'KOBE WING STADIUM' construction project

Name	KOBE WING STADIUM
Location	Misaki 1-chome, Hyogo-ku, Kobe (Misaki Park)
Enterprise	Kobe Steel, Ltd. and Obayashi Corp. group
Design and constructor	Obayashi-Shinko joint venture
Administration	Kobe Wing Stadium Company (Founded by Kobe Steel, Ltd. and Obayashi Corp.)
Area	Site area : About 9.1 ha Architecture area : About 24 000m ² (Primary plan) About 32 000m ² (Secondary plan) Total floor area : About 49 000m ² (Primary plan) About 59 000m ² (Secondary plan)
Number of story	7 (On the earth)
Number of seat	During World Cup : About 42 000 seats After grand open : About 34 000 seats
Structure	Stadium : Reinforced concrete, steel reinforced concrete Roof lattice support : Steel Roof : Aluminum roof-deck
Field	Natural grass : 9 757m ² (75m × 130m) (Artificial grass is used for outside field) Grass type : Bermuda grass and perennial grass Water supply and drain : Automatic (GOAL system)
Other facilities	Large sized image viewer (11.2m × 6.1m : 2pcs., 5.1m × 3.8m : 1pc. for outside) Ceiling formation camera Seat air conditioner

に1次整備が竣工し、芝の養生など、ワールドカップ開催への準備が進められている。

ワールドカップ開催後は、増設スタンドが撤去され、フィールド全体を覆う開閉屋根の建築が行われる予定で2003年春には座席数約34,000の開閉式ドームとしてグランドオープンが予定されている(図2)。

メイン及びバックスタンドを覆う固定屋根、及び2次整備で追加される開閉屋根の両者に、アルミ折板屋根が用いられている。

2. 低光沢アルミ屋根材の開発

アルミニウム合金は、耐食性に優れ、軽量で比強度が高い、成形が容易など、屋根材として優れた特性を有している。また表面処理を行わずに既に30年以上もメンテナンスフリーで使用されている例もあり、設計施工に配慮すれば十分な耐久性が実証されている¹⁾。そして特にリサイクル性に優れており、飲料用缶材として資源リサイクル率の向上に一役買っていることは広く知られている。

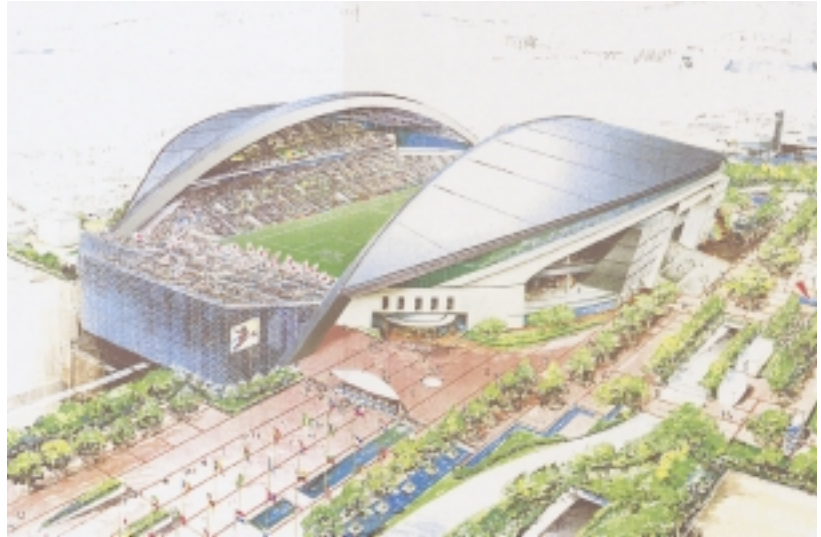


図1 1次整備計画パース
Fig. 1 Primary state plan of Kobe Wing Stadium



図2 2次整備計画パース
Fig. 2 Final state plan of Kobe Wing Stadium



写真1 1次整備段階の神戸ウイングスタジアム
Photo 1 Primary constructed state of the stadium

神戸ウイングスタジアムは、ライフサイクルコストの低減をその特色としてうたっており、このようにメンテナンスフリーでリサイクル性に優れたアルミ素材が屋根材に最適と判断した。

アルミ素材には、当社が開発した屋根用アルミニウム合金コベルーフライト[®]が採用された。コベルーフライトは、JIS 3004 合金を元に製造工程の最適化を行うことにより、強度、成形加工性の両立を図ったものである。コベルーフライトの物理的、機械的特性を、屋根に用いられている他の金属屋根素材と比較して表 2 に示す¹⁾。

また、近隣への視覚的圧迫感や、太陽光の反射を適度に抑え、かつアルミ材の光沢を活かした屋根用素材とするため、特にコベルーフライト素材を表面処理し、その光沢度を調整した。表 3 にアルミ素材表面に各種の処理を施した際の光沢度の比較を示す。今回の開発材は、ア

ルミ生地材の表面をエッチング処理後、陽極酸化皮膜処理した低光沢処理材で、アルミ素材の目視色調を保持しながら光沢度が 28%以下に抑えられている。塗装処理により同様な光沢度を持つカラーアルミ材も存在するが、採用材は腐食に強い酸化膜により低光沢を実現しているため、カラーアルミ材のような定期的な塗替えの必要が無く、ライフサイクルコストの低減に寄与している。

3. アルミ折板屋根の構造と強度

ウイングスタジアムの曲面屋根の構造方式には、当社と(株)淀川製鋼所が共同開発したアルミ折板屋根(ヨドルーフ 166 ハゼアルミ)が用いられた。これは長い梁間と、強度の高い屋根を実現する折板屋根の経済性、及びアルミ材の軽くて耐食性が高い特色を活かしたものである。

メインスタンドを覆う固定屋根には、図 3 に断面を示

表 2 屋根用素材として使用される金属材料の特性

Table 2 Typical properties of roof materials

	KobeRoof-Light [®]	Steel	Stainless steel	Copper	Titanium	Zinc
Specific gravity	2.7	7.9	8.0	8.9	4.5	6.6
Coefficient of linear thermal expansion (× 10 ⁻⁶ /°C)	23.4	12.0	17.3	17.0	8.9	27.4
Thermal conductivity (W/m·°C)	138	54	16	385	17	110
Specific heat (J/kg·°C)	968	420	502	390	-	-
Modulus of longitudinal elasticity (GPa)	70	206	193	126	106	-
Tensile strength (MPa)	210	294	588	250	392	275
Proof stress (MPa)	160	265	235	140	275	178

表 3 屋根材光沢度比較

Table 3 Comparison on luster of roof materials

Material name	Viewing color	Luminosity	Luster (%)	
			Parallel*	Perpendicularly*
KobeRoof-Light [®] Low luster treated	Metal color	-	28	23
(KobeRoof-Light [®]) After construction	Metal color	1 month	135	73
2 month		110	61	
3 month		96	55	
5 month		86	49	
2 years		81	53	
(Color aluminum)		Silver	75.5	10
Moon light silver	White	83.7	28	28
Silver white	Silver	87.5	28	26
Bright silver				

* Angle of rolling and eye view direction

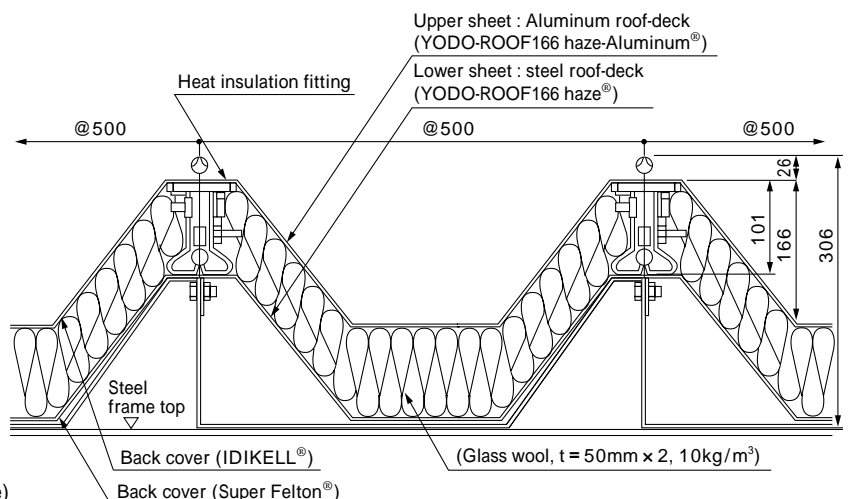


図 3 折板屋根断面図(インシュレーション工法)

Fig. 3 Sectional drawing of roof-deck (insulation type)

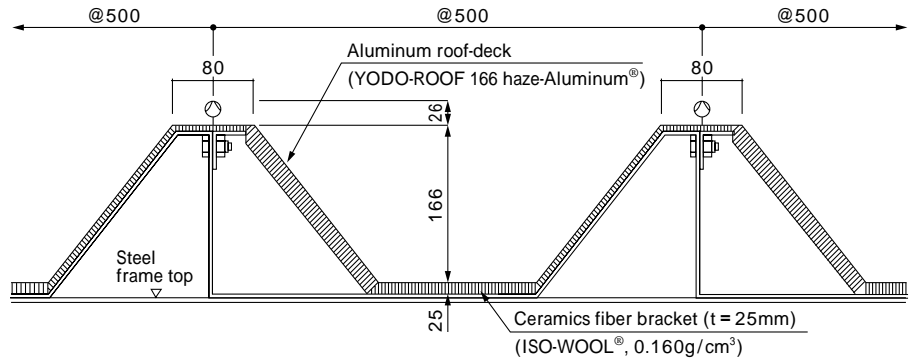


図4 折板屋根断面図(シングル工法)
Fig. 4 Sectional drawing of roof-deck (single type)

したような下葺き材に鋼製折板、断熱材を挟んで上葺き材にアルミ折板を用いたインシュレーション工法が用いられている。また2次整備の開閉屋根には、図4に示すアルミ折板屋根のシングル工法が採用される予定である。アルミ折板屋根の裏張り材には、騒音低減を目的として開発した制振材料が採用され、ドーム内騒音や降雨時の雨音振動低減に効果を発揮している(詳細は、本号P.77「低騒音制振アルミ屋根の開発と神戸ウイングスタジアムへの適用」参照)。

表2に示したように、鋼板と比較するとコベルフライトは、比重が約1/3、強度は70%、縦弾性係数は1/3である。しかしながら、アルミ屋根材の板厚を増すことにより、鋼板屋根と同等の剛性、強度の確保が可能となる。

図5にJIS A 6514の規定に基づき、アルミ折板と鋼性折板屋根の曲げ耐力試験を行い、得られた断面性能の比較を示す。正圧、負圧载荷いずれの場合も、アルミ折板と鋼製折板の見かけの断面2次モーメントの値はほぼ同じである。弾性率、最大曲げモーメントの違いも考慮し、通常のスパンであればおおむねアルミ屋根材の板厚を鋼製屋根材の1.5倍程度にすれば、同等な剛性、強度が得られる。

4. アルミ折板屋根の成形・施工技術

折板屋根は、各種の大規模屋根に採用された実績があるが、本スタジアムのような曲面ドーム屋根にアルミ折

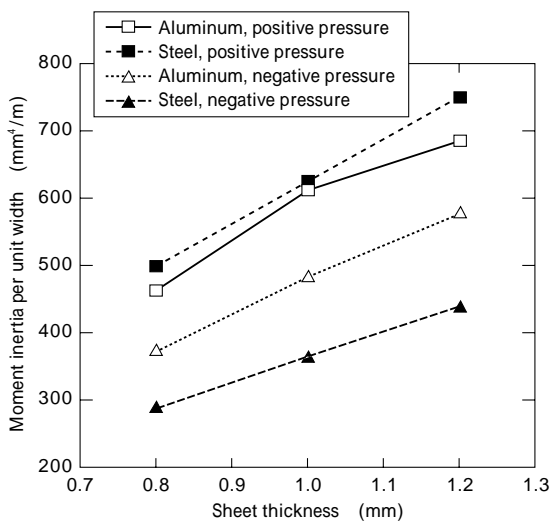


図5 鋼及びアルミ折板屋根の曲げ剛性 (JIS A 6514に基づく载荷試験結果)
Fig. 5 Comparison of rigidity of steel and aluminum roof-decks (Loading test results according to the JIS A 6514 standard)

板屋根を施工するにあたり、以下3点の技術課題があった。

- 1) 長い屋根の成形、施工
- 2) 折板屋根の曲面追従性
- 3) 曲面上での屋根施工工事

本スタジアム工事の場合、最も規模が大きい固定屋根の最長葺き長さは54mである。アルミ折板屋根の施工実績は、最長葺き長さで約90mであるため、成形、施工上の問題は無いものと判断された。

次に懸念された固定屋根の曲率半径は、南北方向に157m、東西方向に300mである。折板屋根の施工可能な自然曲率半径は250m以上の実績があり、局面追従性も十分であると判断した。

最後の曲面上での施工作业であるが、曲面屋根上での高所作業は、アルミ折板の持つ軽量性がむしろ有利に働き、施工性の向上が望め、作業安全性も高まることがこれまでの施工実績で確認されている。今回、施工現場で各方面の協力体制を取り、アルミ原板コイルの現地での折板屋根への成形、曲面屋根への施工技術課題を問題なくクリアし、1次整備の屋根施工を完了した。

むすび=神戸ウイングスタジアムの外観を特長づける曲面屋根は、外観のみならず屋根に用いられている技術に大きな特長がある。すなわち、耐久性が高く、低光沢なアルミ屋根材が採用され、維持管理費の低減、周辺環境への配慮がなされていることなど、アルミ材の特長を活かした設計となっており、先進的な技術が結集されたものと自負している。今後、FIFAワールドカップの開催や、地域のスポーツコミュニティ構想の中心となり、その特長を活かした活用が期待される。

最後に、スタジアムの屋根施工工事に尽力いただいた神鋼総合サービス㈱、(株)淀川製鋼所の関係者に謝意を表したい。

参考文献

- 1) 藤本日出男ほか: 施工と管理, No.142, '98.9, (社)日本金属屋根協会.
- 2) JIS A 6514 金属製折板屋根構成材, JISハンドブック, 日本規格協会.