

# 特殊形状かつ軽量の素屋根の設置 による迎賓館の大型屋根更新工事の改善

西日本機材C 清水孝則

大塚潮騒荘作業所 米田博

## 1. 序論

当プロジェクトは、大塚グループの宿泊型迎賓館である大塚製薬工場潮騒荘において、宿泊機能を維持した状態の居ながら屋根更新・外装改修工事である。潮騒荘は、鳴門市にある瀬戸内海国立公園内に位置し、本邸を含む約2万6千㎡の広大な敷地に社員の保養施設として、設計施工(株)鹿島建設にて昭和53年(築38年)に桃山建築様式の旧琵琶湖ホテルを模して建設された。鳴門海峡を一望できる立地の良さから保養施設であると同時に要人を招く施設としても使われており、天皇陛下が訪れたこともある、建築主にとって重要な施設である。銅板葺き屋根の経年劣化による各所漏水・剥離飛散対策を含む外装全般の補修工事コンペに参加した。銅板での葺き直しの選択肢もあったが、今後のメンテナンスフリーを前提に、当社は耐海塩粒子性・耐紫外線性・耐酸性雨性に優れたチタン屋根と、品質確保に繋がる素屋根による全天候型施工を提案し、工事金額で勝った鹿島建設に競り勝ち当プロジェクトの着工に至った。

本報では、作業所が関連部門との協業により改善した、「宿泊機能を維持したままでの施工方法」について、今後の同種計画に対して水平展開できる成果を得られたのでここに報告する。

## 2. 本論

### 2.1 適用プロジェクト概要

以下に本プロジェクトの概要を示す。

|        |                  |
|--------|------------------|
| 工事名    | 大塚潮騒荘屋根葺き替え      |
| 発注者    | 株式会社 大塚製薬工場      |
| 元設計・施工 | 鹿島建設株式会社         |
| 改修工期   | 2016年6月1日～翌6月30日 |
| 構造     | RC・SRC造 一部屋根S造   |
| 規模     | 地下1階、地上3階        |
| 延床面積   | 3,840.71㎡        |
| 建築面積   | 2,015.97㎡        |



写真1\_俯瞰写真

### 2.2 解決すべき課題制約条件

当案件では、大塚製薬工場より示された以下の要求条件を満たすことが義務付けられた。

- ①休館処置することなく迎賓館機能全てを維持
- ②工期厳守(13か月以内)
- ③臨海地対策(塩害対策と強風対策)
- ④屋根外観を維持し、性能の向上させることでライフサイクルの延長実現



写真2\_外観写真

## 2. 3 解決すべき課題の目標水準(あるべき姿)

### ① 来客が宿泊する居室への漏水予防

建屋内への漏水を防ぐためには、素屋根の設置が必須であった。しかし、素屋根で建屋全体を覆ってしまうことにより 2F・3F 宿泊室の眺望が遮蔽されてしまう。そこで、クラウン状に屋根面のみを覆う素屋根設置を立案した。

### ② 素屋根の設置による工期厳守

素屋根という全天候型作業環境を設置し、特殊工の確保を実現することで、指定工期内(全体 13 か月、屋根葺替工事 5.5)で工事完了した。

### ③ 臨海地のため発生する強風対策を行い飛散防止

臨海地で強風地域のため素屋根には、実状に応じた風荷重検討により計画を実施し設置した。

### ④ 恒久材チタンによる葺き替えの実現

- ・ライフサイクルの延長を実現するために、チタン屋根での提案を実施した。イニシャルコスト・ランニングコストでの比較で、チタン材の有利性を実証し、採用に繋げた。
- ・従来の素屋根設置は仮設コストが高いため、軽量仮設鋼材を採用することでコストを低減した。併せて外壁塗装改修工事を同時期に実施することで仮設を有効活用した。

表 1\_性能比較

| 項目              | 材料                       | チタン                        |                              |
|-----------------|--------------------------|----------------------------|------------------------------|
|                 | 銅                        | 素地                         | 素地<br>緑青(発色)<br>(アルミナプラスチック) |
| 耐塩害性<br>(耐塩粒子性) | ○                        | ◎                          |                              |
|                 | 孔食しやすい                   | 通常の建材使用環境で孔食は皆無            |                              |
| メンテナンス          | 数十年で葺き替え                 | 基本的にメンテナンスフリー<br>半永久       |                              |
| 実績(国内外)         | 多数                       | 数百件                        | 100件以上                       |
| 金属イオン溶出         | あり                       | 非常に少量                      |                              |
|                 | 銅イオンが苔や庭の池に影響を与えるケースがある。 | 金属イオンの溶出が少なく、人体や環境に負荷をかけない |                              |

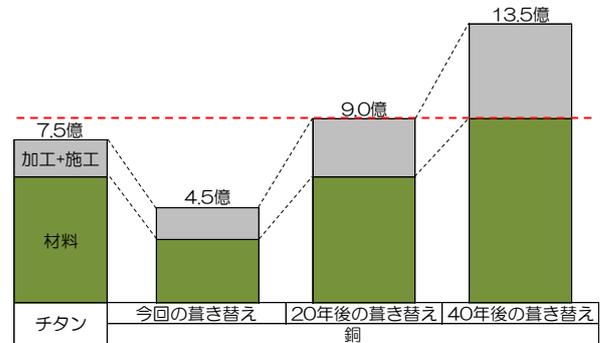


図 1\_入札時のコスト検証

表 2\_総合検証

|                                     |        | case1                               | case2                              | case3 | case4 | case5 |   |
|-------------------------------------|--------|-------------------------------------|------------------------------------|-------|-------|-------|---|
| 建物状態<br>昭和53年竣工<br>(築37年)<br>屋根更新無し | 屋根葺材   | 銅から更新(インゴットチタン2300円/kgまたは銅1000円/kg) |                                    |       |       |       |   |
|                                     | 遮水層    | ルーフィング更新                            |                                    |       |       |       |   |
|                                     | 下地モルタル | 健全                                  | 健全                                 | 健全    | 健全    | 更新    |   |
| 運用                                  | 稼働     | 1/4休業                               | 1/4休業                              | 休業なし  | 休業無し  | 休業なし  |   |
|                                     | 漏水リスク  | 高                                   | [Progressive bar from high to low] |       |       | 低     |   |
| 仮設対応                                | 仮設屋根   | 不要                                  | 不要                                 | 必要    | 必要    | 必要    |   |
|                                     | 仮設足場   | 枠組み足場                               | 枠組み足場                              | 特殊足場  | 特殊足場  | 特殊足場  |   |
|                                     | 仮防水    | 不要                                  | 施工                                 | 不要    | 施工    | 不要    |   |
| コスト                                 |        | 低                                   | [Progressive bar from low to high] |       |       |       | 高 |

## 2. 4 素屋根設置のための解決方策と実施内容

以上のことから、目標水準を達成すべき解決方策と実施内容をまとめる。

- (1) 基準風速40m/s(瞬間風速57m/s)に耐えるクラウン形状の軽量素屋根の設計【品質】
- (2) 素屋根設置と期中揚重を考慮した最適な揚重機設定【コスト、工程、安全】
- (3) スライド屋根開口設置による作業導線、運搬経路の確保【コスト、工程、安全、】

|                        | 2016年  |   |       |   |    |    | 2017年 |   |       |   |   |   |
|------------------------|--------|---|-------|---|----|----|-------|---|-------|---|---|---|
|                        | 6      | 7 | 8     | 9 | 10 | 11 | 12    | 1 | 2     | 3 | 4 | 5 |
| 全体工期                   | 13.0か月 |   |       |   |    |    |       |   |       |   |   |   |
| 準備工事<br>整備工事<br>内部改修工事 | 1.0か月  |   |       |   |    |    |       |   | 7.0か月 |   |   |   |
| 素屋根設置                  |        |   | 7.0か月 |   |    |    |       |   |       |   |   |   |
| 屋根更新                   |        |   | 5.5か月 |   |    |    |       |   |       |   |   |   |
| 外壁補修                   |        |   | 2.0か月 |   |    |    |       |   |       |   |   |   |

図 2\_実施工程表



写真 3\_クラウン形状の素屋根設置状況

### 2. 4. 1 基準風速40m/s(瞬間風速57m/s)に耐えるクラウン形状の軽量素屋根の設計

眺望確保のため、従来の素屋根と違いクラウン状(屋根面のみ覆う素屋根)のため足元から吹上力が作用し、さらに強風地域のため基準風速40m/s(瞬間風速57m/s)としたため、柱1本当たり最大引抜力245KNと過大な設定になった。また、足元の固定方法として、①RC基礎構築+カウンターウェイト固定、②地盤改良+カウンターウェイト固定、の二工法が候補となったが、迎賓館としてのインフラ状況を踏まえ、掘削範囲を最小限に留めるべく後者での固定方法とした。さらにカウンターウェイトとしては、山留材(リ-ス品)を使用し廃棄処分の必要がない計画とした。

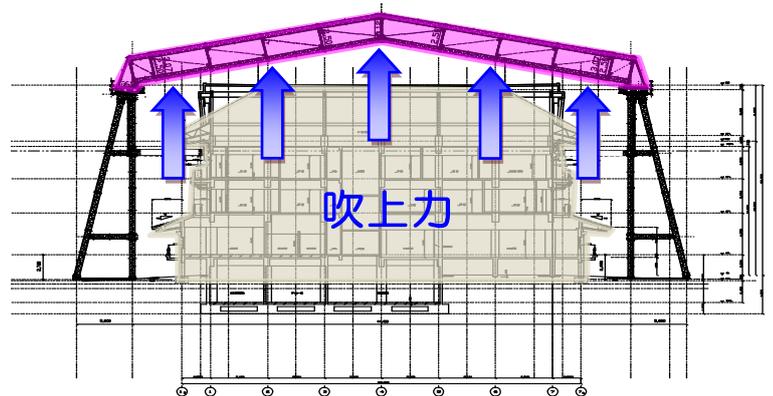
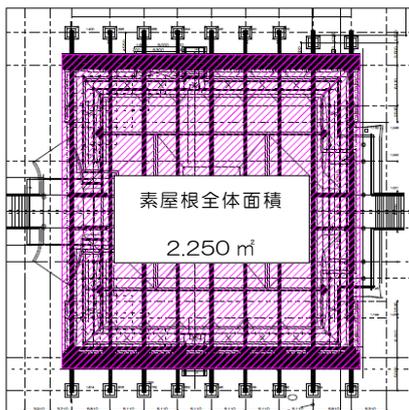


図 3\_協力会社構造計算吹上力算定面積

協力会社による構造計算では、図-1で示すように、屋根面全体に吹上力が作用する計算結果となっていたが、実状は3Fに作業床(図-4)があり、壁面もシートで覆われているため屋根面に吹上力は作用しない。そこで、実物に則した計算とするため当社構造設計に面積を低減した検討を依頼。

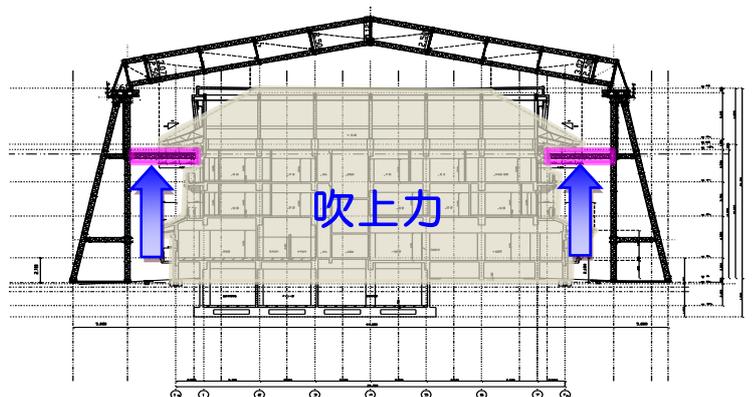
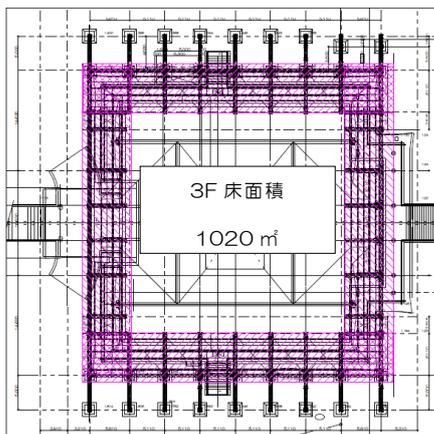


図 4\_竹中工務店構造設計吹上力算定面積

再検討の結果、柱1本につき最大引抜き力99.96kNとなった。採用値としては、これに安全率1.5倍した値を用いる。算出の結果、柱1本につき最大引抜き力144kNとなり、採用値を基にカウンターウェイト数量を算出した。初期計算値と採用値でのカウンターウェイト数量比較を下記の表にまとめる。

表3\_カウンターウェイト数量比較表

|                   | 数量(t)  | 日数  | 単価(日/t) | 運搬費       | 合計金額      |
|-------------------|--------|-----|---------|-----------|-----------|
| 計算値<br>(最大値245kN) | 327.25 | 180 | 60      | 2,448,000 | 5,982,300 |
| 採用値<br>(最大値144kN) | 142.20 | 180 | 60      | 1,080,000 | 2,615,760 |

330万コストダウン  
(約45%低減)

さらに、既製品の壁面シートは、建築工事用シートを用いた場合ハトメ数量が少なく、基準風速40m/s(瞬間風速57m/s)に対して耐力が不足する。検討の結果、ハトメ数量を2.0倍とすることで耐力を満足することが分かった。ハトメ数量2.0倍の特注シートを作成し、軽量素屋根に用いた。ハトメ以外にも検討事項として、ステージ足場板番線結束ピッチ検討、屋根波板取付フックボルト検討、栈木の番線結束ピッチ検討、スライド屋根吹上検討、素屋根柱脚部変位計測等があり事前に安全性検討を実施した。

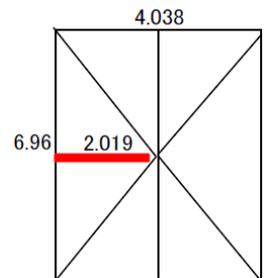


図-5 ハトメ負担範囲

#### 2.4.2 搬入方法の改善と最適な揚重機設定

敷地形状より、東側に重機を配置し軽量素屋根脚部の建方を行うと、重機が搬出出来なくなる。このため軽量素屋根組立時は、南側から大型重機で行う必要があった。揚重方法を再検討し、全工期を通しての揚重機コストの比較検証を行った。検証の結果、120tTFでの資材揚重と軽量素屋根1部(2/8スパン)のトラベリングによる素屋根組解体が最適であり、これを採用した。

【ケース1】素屋根組立解体200 t TF ⇒屋根工事 120 t TF

【ケース2】素屋根組立解体200 t TF ⇒屋根工事 200 t TF

【ケース3】素屋根組立解体120 t TF+トラベリング ⇒屋根工事 120 t TF

表4\_揚重機比較表

|      | 期間  | 単価        | 使用料        | 組解体回送費    | トラベリング費用  | 合計金額       |
|------|-----|-----------|------------|-----------|-----------|------------|
| ケース1 | 7ヵ月 | 4,300,000 | 14,600,000 | 8,710,000 | -         | 23,310,000 |
| ケース2 | 7ヵ月 | 2,600,000 | 18,200,000 | 3,500,000 | -         | 21,700,000 |
| ケース3 | 7ヵ月 | 1,700,000 | 11,900,000 | 1,710,000 | 3,600,000 | 17,210,000 |



写真4\_簡易なトラベリング機構

#### 2.4.3 スライド屋根開口設置による作業導線、運搬経路の確保

軽量素屋根内の工事は、①銅板屋根撤去②下地モルタル研③メッシュ筋敷き④モルタル打設⑤屋根葺替、等が挙げられ、屋根材料以外にも多くの資材廃材の搬出入が必要となる。当初は、南北外部各1ヶ所に構台ステージを配置し、搬出入する計画であったが、北面に60 t ラフタークレーンが必要であり、中央部への運搬距離も長く、作業人員の増加が懸念された。改善として、内部中央にステージ及びヤードを設け、直上の屋根一部にスライド屋根開口を設置。中央から直接材料の荷揚げ・荷卸しを可能として運搬経路を最小限に止めた。



写真5\_スライド屋根開口

作業員(運搬工)増員を予防し、新規入場者事故防止に繋がった。北面重機の不要になり約450万のコスト削減を実施した。

|             | 機種      | 単位 | 単価        | 使用期間(日) | 費用        | 合計金額       |
|-------------|---------|----|-----------|---------|-----------|------------|
| スライド屋根<br>無 | 120tTF  | 月  | 1,700,000 | 110     | 6,800,000 | 11,300,000 |
|             | 60tラフター | 日  | 100,000   | 45(週/3) | 4,500,000 |            |
| スライド屋根<br>有 | 120tTF  | 月  | 1,700,000 | 110     | 6,800,000 | 6,800,000  |
|             | 60tラフター | 不要 |           |         |           |            |

図 6\_コスト比較

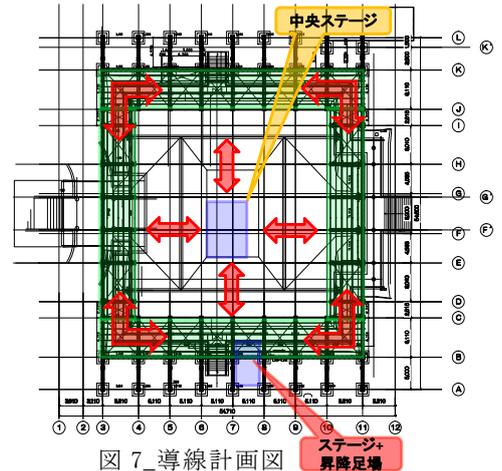


図 7\_導線計画図

#### 2. 4. 4 工程日数と経費

素屋根を設置しない場合を標準工期とした時、様々な環境条件が発生・影響し、屋根改修工事が都度中断・延期となることが予想され、必要延べ日数が増加する。軽量素屋根を実現することにより、自然環境に左右されず工期の遅延(84日)を発生させずに屋根改修工事を完了できた。併せて、実働日数短縮に伴う諸経費(人件費、仮設材費)の削減を実現した。

表 5\_工程日数、経費比較表

|                      |                   | 延べ日数 | 実働日数 | 諸経費        |
|----------------------|-------------------|------|------|------------|
| R階屋根改修期間<br>8/2~1/15 | 想定標準工期<br>(素屋根なし) | —    | 211  | 26,800,000 |
|                      | 実施工期              | 165  | 127  | -          |

•84日短縮(40%減)  
•2千680万円削減

#### 2. 5 成果及び効果のまとめ

工期厳守・品質向上を実現するために多くの改善を行った。主要な改善項目での成果を表6にまとめる。工期短縮とコスト減額の相反する二項目を両立させることが出来き、最終利益を回復させた(+3.1%)。その他の項目にも好影響を及ぼした。

表 6\_工程日数、経費比較表

|          | Q  | C   | D  | S  | E  |
|----------|----|-----|----|----|----|
|          | 品質 | コスト | 工期 | 安全 | 環境 |
| チタン採用    | ◎  | ○   | ◎  | -  | ○  |
| 軽量素屋根設置  | ○  | △   | ◎  | ○  | ○  |
| 軽量素屋根見直し | -  | ○   | -  | -  | ○  |
| トラベリング   | -  | ○   | ○  | ○  | -  |
| スライド開口   | -  | -   | ○  | ○  | ○  |

4070万 84日

#### 2. 6 水平展開

- (1)素屋根に軽量鉄骨を用いた合理的設計の実施
- (2)寺社深く等の重要建物のチタン屋根採用提案
- (3)強風地域での仮設検討事例、構造参画型の仮設計画

#### 3. 結論

軽量素屋根効果で、全ての課題で目標を達成した。①迎賓館機能全てを維持し、工事影響による休館0日達成②約1カ月の着工遅れも吸収し指定工期内竣工③臨海地の塩害・風害の排除による品質維持④チタン材による屋根外観維持、材質性能向上によるライフサイクル延長。

上記達成により、お客様満足を勝ち取り他社を排除し、大塚HDに食い込む楔となった。

開発実施者：(作業所)丸谷直二郎、乗松武志、山添大樹、清水孝則、米田博、岡正之

(本店技術部)平野竜行 (構造設計)池田英美、犬山隆博 (四国支店)北川伸吾