

九州歴史資料館の設計・施工

— PC合成床版を用いた庇の一例 —

安東 直*1・千馬 一哉*2・進士 裕道*3・川元 光廣*4・吉永 健治*5

「九州歴史資料館」工事における架構計画では、PC合成床版により伝統的な庇を構築することとした。これは、垂木を構造材とし、かつ軒裏の表現にするという意匠上の要求と、施工性、耐久性の向上を図ること、および施工精度の向上を目的としたものである。

施工に先立ち、モックアップにより事前検証を行い、型枠形状や施工方法を改善し、本体工事に反映した。

工事においては、支保工位置の検討や、部材据付時に水平力が働かないように受け金物を利用することなどにより、高い施工精度を確保した。

キーワード：PC合成床版、庇、軒、垂木

1. はじめに

福岡県の文化財保護の拠点である「九州歴史資料館」は、小郡市筑後小郡簡保レクセンター跡地に移転改築し、平成21年7月に竣工し、平成22年11月21日に開館を予定している。写真・1に建物外観を示す。



写真・1 建物外観

2. 建築概要

2.1 建築計画概要

敷地は、古代からの歴史・文化が途切れることなく続いてきた筑紫地方にあり、弥生時代の集落跡である三沢遺跡と隣接する。本建物は、遺跡との一体的な活用が可能な配置となっている。また、回廊で囲んだ中庭をもち、内外の境界線を緩やかに仕切っていく日本建築の伝統的手法を用いている。平面構成は、中庭を囲んで棟が連なるように、本施設の主用途である研究・展示部門となる御母屋を配置している。この御母屋は、鉄筋コンクリート壁とガラスカーテンウォール、そして深い軒により、外部と緩やかに仕切られている（写真・2、3）。

2.2 建築概要

建設地：福岡県小郡市三沢 5208-3

発注者：福岡県

設計監理：久米・三島・吉田 JV

施工：西松・大石・井樋特定建設工事共同企業体

PC施工：(株)ピーエス三菱

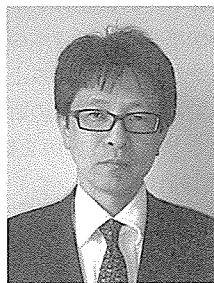
工期：平成20年3月～平成21年7月

建築面積：7284.36 m²



*1 Sunao ANDO

(株)久米設計 第2建築設計



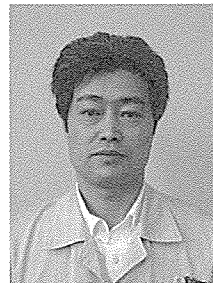
*2 Kazuya SEMBA

(株)久米設計 構造設計部



*3 Hiromichi SINJI

(株)久米設計 構造設計部



*4 Mitsuhiro KAWAMOTO

西松建設(株)九州支店



*5 Kenji YOSHINAGA

(株)ピーエス三菱 建築本部 設計部

延床面積：9 475.92 m²

階 数：地上2階 地下なし

構 造：鉄筋コンクリート造
耐震壁付きラーメン構造
小屋組は一部鉄骨造
基礎 直接基礎

3. 構造概要

3.1 基本方針

本建物の構造設計にあたっては、建物に求められる機能性、公共性を実現するために、安全性、経済性、自然環境に配慮した計画とした。また、合理的で耐久性の高い構造体の実現を図った。

3.2 地盤概要および基礎計画

敷地は福岡県小郡市三沢地内で、西鉄大牟田線「三国が丘駅」の西約0.5kmに位置する。敷地の地形は、西の脊振山地から東の筑紫平野へと遷移する途中の西北丘陵地の北部（三国丘陵）に該当する。

敷地地盤は、切り土地盤の表層に1.4～2.2m程度造成した埋土があり、切り土地盤は上部マサ土（花崗岩が強く風化し砂化した土）、下部は風化花崗岩である。

地形想定断面図を図-1に示す。

建物の基礎は、マサ土を支持層とする直接基礎とした。

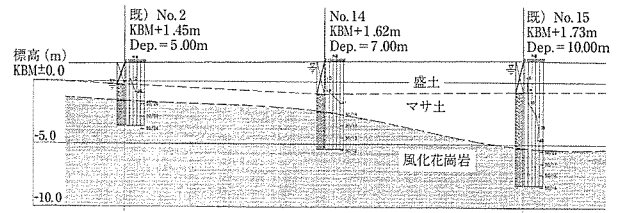


図-1 地形想定断面図

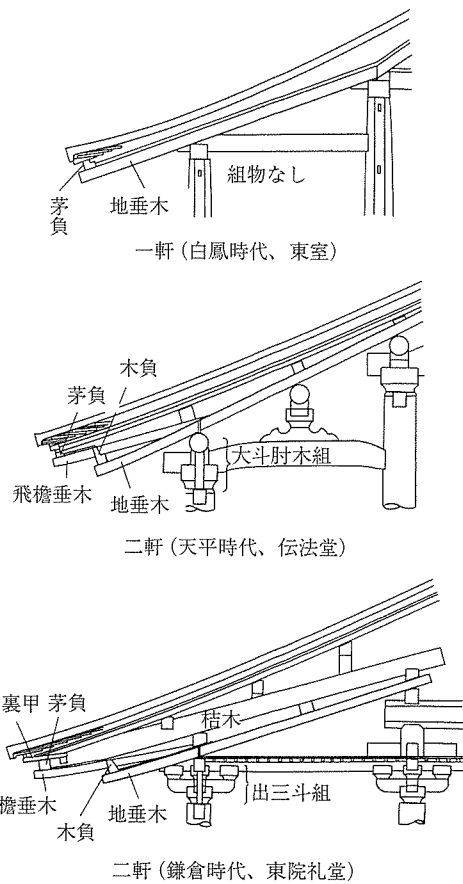


図-2 法隆寺における軒の変遷¹⁾



写真-2 中庭の庇

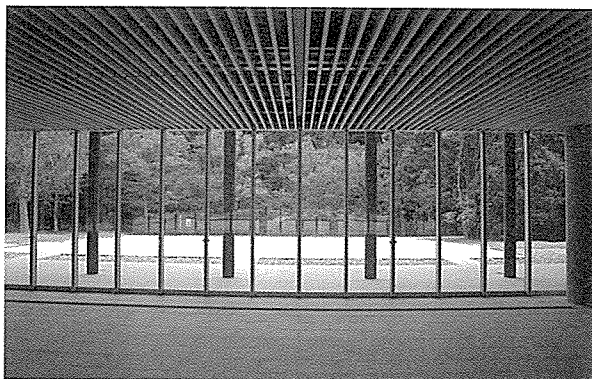


写真-3 第4展示室から遺跡方面への見とおし

3.3 架構計画

展示室、特別収蔵庫などの主要諸室は、密閉性と、恒温性が要求されるため鉄筋コンクリート造を基本とした。元来、木造で構築していた日本の伝統的な骨組を、現在の材料であるコンクリートで組み上げる構造計画である。庇の床材については、軒裏部分の耐久性向上、仕上げ材の軽減を目的として、PC合成床版を採用した。

3.4 耐震設計の方針

建物は耐震構造で計画した。耐震安全性の分類は、その用途を考慮し、II類とした。

なお、地震力については地域係数（福岡県：Z = 0.8）を考慮して計算した。

3.5 設計用外力

本建物の構造設計に用いた設計外力を以下に示す。

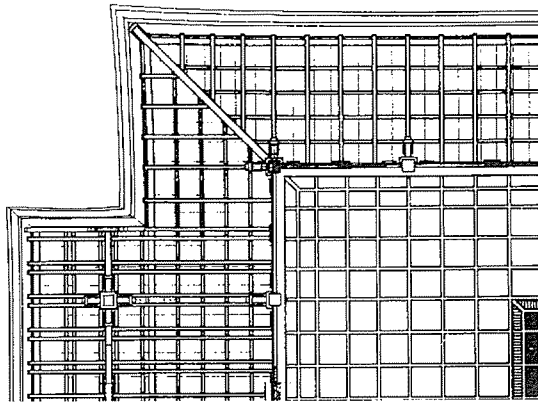


図 - 3 法隆寺北室院本堂の垂木²⁾

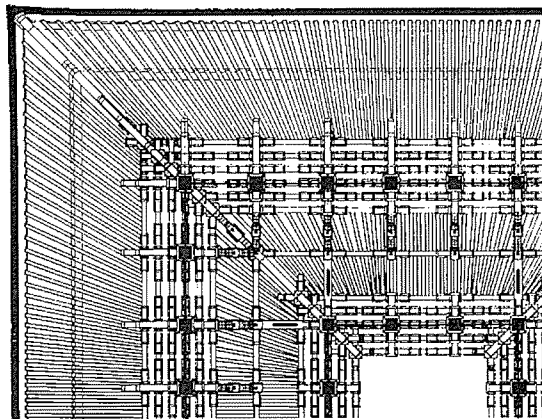


図 - 4 円覚寺舍利殿の扇垂木³⁾

- ・積載荷重 床・小梁用 980 N/m² 架構用 600 N/m²
- ・積雪荷重 垂直積雪量 0.21 m (短期荷重 420 N/m²)
- ・風圧力 基準風速 $V_0 = 32$ m/s 地表面粗度区分Ⅲ

3.6 庇の構造

(1) 木造建築における軒の構造の変遷

垂木を支えるもっとも外側の桁から先の部分を軒という。軒を支持する地垂木は深く建物の内側まで入って先端をはね出しており、地垂木だけで作る軒を一軒(ひとのき)という。これよりもさらに延ばす場合は木負(きおい)を介して飛槽(ひえん)垂木をのせる。これを二軒(ふたのき)という。古代の建築では地垂木、飛槽垂木が直接軒の荷重を支えていたが、時代を経て軒の荷重を枯木(はねぎ)で支持するようになると、垂木は化粧材的な位置づけとなっていく(図-2)。

平安時代までは垂木は平行に配置されていた(図-3)。隅の部分では垂木は隅木の側面に取り付くため隅軒の荷重を支えるのではなく逆に隅木の負担となる。これを合理的に解決する配置が、扇垂木(図-4)である。扇垂木がひろく採用されるようになったのは大仏様や禅宗様の建築においてであった。

(2) 庇の基本構造

本建物の外観は、深い軒庇による陰影と、寄棟の屋根形

状により、伝統的なたたずまいの建物として計画されている。庇は、本体の構造から最大で8.6mの張出しとなる。建物外周には列柱を配置しており、この柱をつなぐ梁を中間支点とし、建物本体を基端として、片持ち支持する構造とした。庇の構造図を図-5に示す。

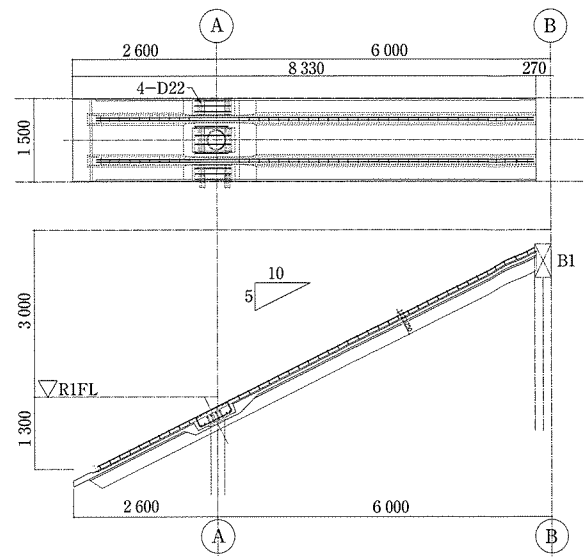


図 - 5 庇構造図

(3) 鉄骨造から鉄筋コンクリート造へ

設計に着手した当初は、屋根の構造は鉄骨で計画していた。鉄骨造の場合、施工は容易であるが、屋根上、軒裏ともに仕上げが必要となり、下地工程が多くなる。また、九州という立地から、台風時の風、軒裏への雨の吹上げなどによる耐久性に懸念がもたれる。

鉄筋コンクリート造で計画した場合、耐久性の向上が期待でき、軒裏の下地も省略することができるが、軒先を薄く見せることが難しくなる。そこで、本体から庇の先端へ垂木の表現を模したリブ状の梁を並べ、リブ位置で庇の剛性、耐力を確保し、先端の板状部分を薄い版とする形態とした。

(4) さらに工業化へ

構造のシステムとして、鉄骨造の列柱のスパンを8分割とする750 mmピッチでリブを配置した。リブ梁の直線性を強調するため、鉄骨造の列柱を繋ぐ梁は、リブ梁の厚さの中に納めた。ここで、現場打ちとした時の精度確保の問題、構造を仕上げとするための施工精度を考慮して、プレキャストコンクリートにより庇を構築することとした。

リブ梁の表現は、意匠の目標が初期の一軒(ひとのき)の地垂木のように化粧でない構造表現であることと、PCa化を考慮して、隅角部まで並行配置したかたちとした。結果として平安以前の軒裏の構造に通じる単純明快なかたちとなった。鉄骨柱・つなぎ梁・リブ梁の納まりを写真-4に示す。

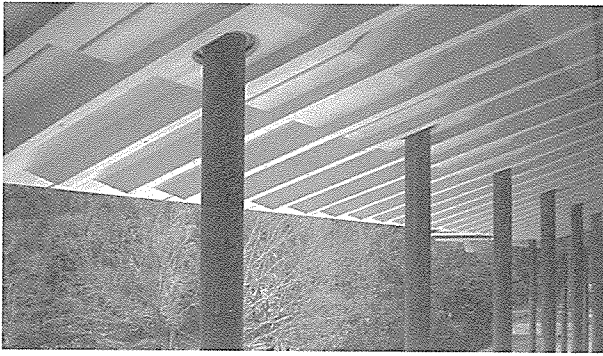


写真 - 4 鉄骨柱・つなぎ梁・リブ梁の納まり

(5) 詳細設計

屋根の構造は、リブ梁部にプレテンション方式によるプレストレスを導入したPC合成床版とし、PRCⅢ種の設計とした。リブ梁にプレストレスを導入するため、つなぎ梁はPC版に一部内蔵された梁となる(図-6)。PC版に打込みとなる下端筋は、PC版目地部において溶接継手により接続することとし、施工手順・納まりに留意した。

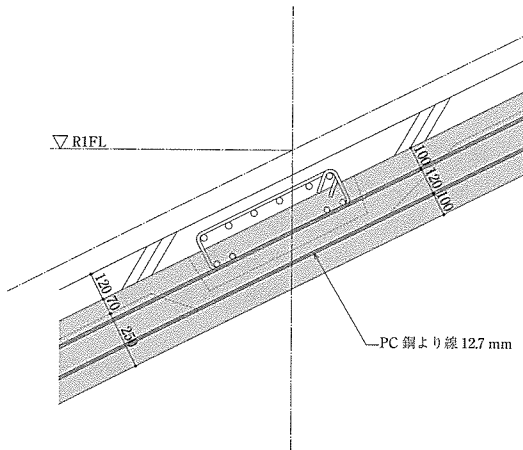


図 - 6 リブ梁部断面図

鉄骨柱柱頭とつなぎ梁の接合はスタッドによっているが、スタッドの取付けはPC版架設後の後付けとし、PC版架設の妨げにならないよう計画した。鉄骨柱とつなぎ梁の納まりを図-7に示す。

列柱の位置は、庇先端から2.6mで、隅角部のPC版(写真-5)は、つなぎ梁の外での納まりとなる。このため、屋根の支持はスラブ上部の現場打ち鉄筋コンクリートによる片持ち支持となる。この補強のため、隅角部では屋根仕上げ先端に支持用の鉄骨を配して、棟部分の梁と一般部の庇を結び、PC版を支持している(図-8)。

建物外周のガラスカーテンウォールと庇の納まりは、ガラス支持用のリブガラスをPC版とPC版の間に配し、PC版の接合目地と合せることとした(写真-6)。

また、PC版下部でのガラスの受けはスラブ部分のみとし、リブ梁部分にはガラスの納まりの切り欠きを設けず、ガラスとPC版の間をシーリングするだけとして、リブ梁の直線性を損なわない納まりとした(図-9)。



写真 - 5 出隅部 PC 版

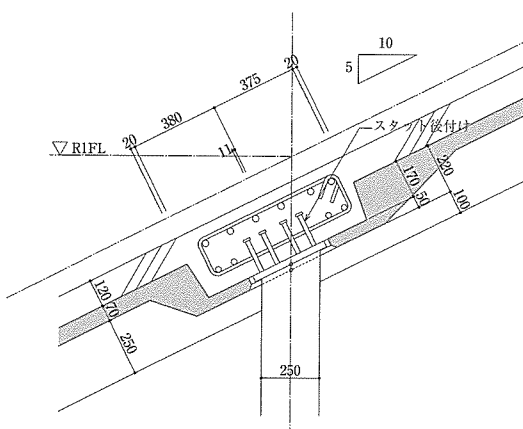


図 - 7 鉄骨柱とつなぎ梁の納まり

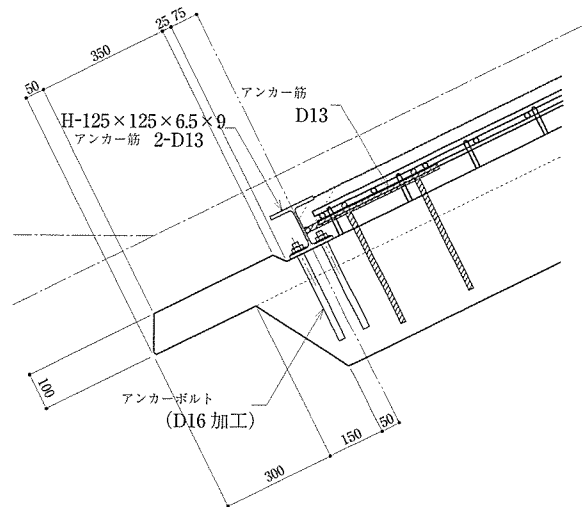


図 - 8 庇出隅詳細図

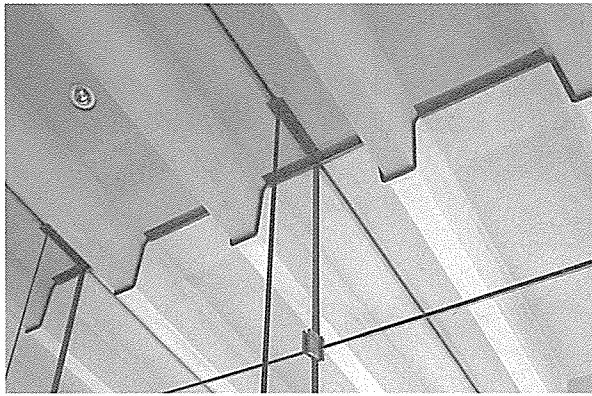


写真 - 6 ガラスカーテンウォール納まり

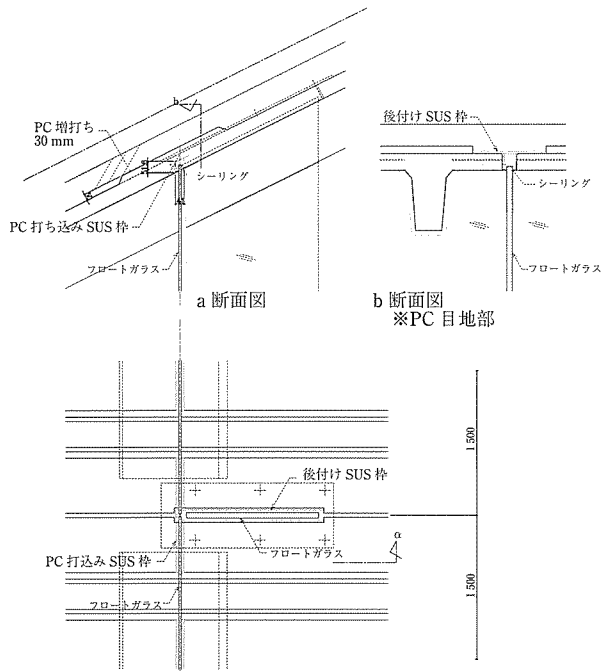


図 - 9 ガラスカーテンウォール取合い詳細図



写真 - 7 見本版架設状況

4. 施工概要

4.1 モックアップ

PC版の本製作前に、各工種取合い部の納まり確認と仕上げ状態の確認を目的として、躯体から仕上げまでを一体とした施工見本（モックアップ）が製作された。表 - 1 にモックアップ概要を示す。

表 - 1 モックアップ概要

| 工事工種 | 部 位 | 備 考 |
|----------|-------------|--------------|
| コンクリート工事 | 屋根スラブ | PC合成床版 |
| | 壁（化粧打放し） | 杉板本実型枠 |
| 鉄骨工事 | 鉄骨柱 | |
| 金属屋根工事 | ガルバリウム鋼板 | 焼付フッ素樹脂エナメル塗 |
| ガラス工事 | ガラスカーテンウォール | |

モックアップは、PC版3枚分にあたる4.5m幅で、本設建物と同様の手順で施工された。写真 - 7 に見本版の架設状況、写真 - 8 にモックアップ全景を示す。

モックアップでは、PC版と鉄骨柱およびガラスカーテンウォールの取合い部を重点的に確認した。鉄骨取合い部においては、当初予想より良好な施工精度が確保されることが確認され、目地幅の変更を行った。また、ガラスカーテンウォールの取合い部においては、本製作部材において

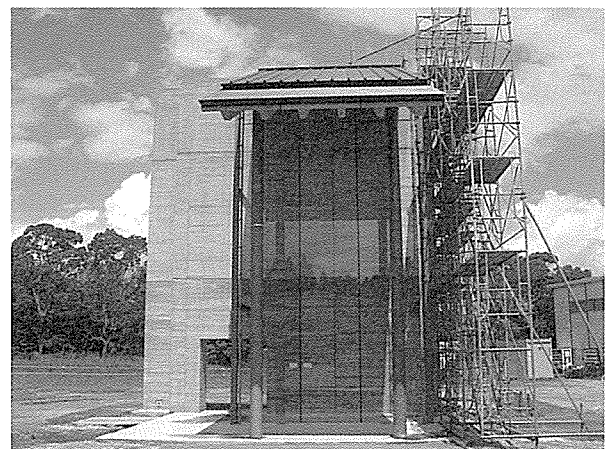


写真 - 8 モックアップ全景

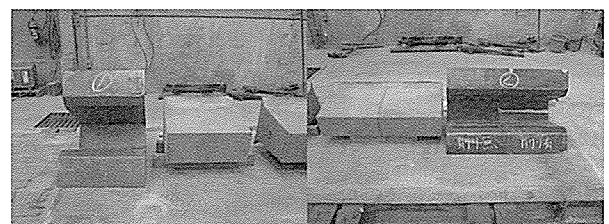


写真 - 9 型枠繋ぎ位置確認状況

も、高い精度が必要であることが再認識され、部材埋込み金物の取付け方法を改善することにより、精度を向上させることにした。

4.2 工場製作

PC版は、モックアップ3ピース、3寸勾配部材176ピース、5寸勾配部材215ピース、総重量約1053tonを、約4ヵ月で製作した。PC版の製作は3寸勾配部材から行い、型枠改造後、5寸勾配部材、短部材（RC部材）を順次製作した。

型枠は鋼製型枠5枠を用いた。型枠の製作に先立ち、リブ梁の型枠繋ぎ位置の違いによる部材の仕上がりを確認するため、部分見本を製作し、意匠性を妨げない型枠の繋ぎ位置とした（写真-9）。

部材の製作においては、建物出隅・入隅部の現場打ち梁取合い部において、形状が複雑に変化する部材小口面の型枠をどのように製作するかが課題となった。最終的には、一定の角度で切断されるリブ断面は鋼製枠とし、スラブ、つなぎ梁部は木製枠およびスタイロフォームを組合せることで対応した。

製作工場における部材脱枠状況を写真-10に示す。

4.3 現場施工

現場施工においては、ガラスカーテンウォール取合い部、部材鼻先、鉄骨柱取合い部の3点に高い精度が求められた。



写真-11 PC版架設状況



写真-10 PC版脱枠状況



写真-12 PC版出隅・入隅部架設状況

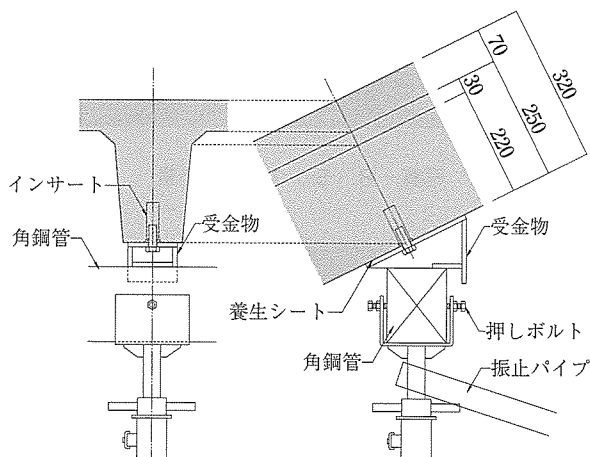


図-10 部材仮受け金物



写真-13 PC合成床版内観

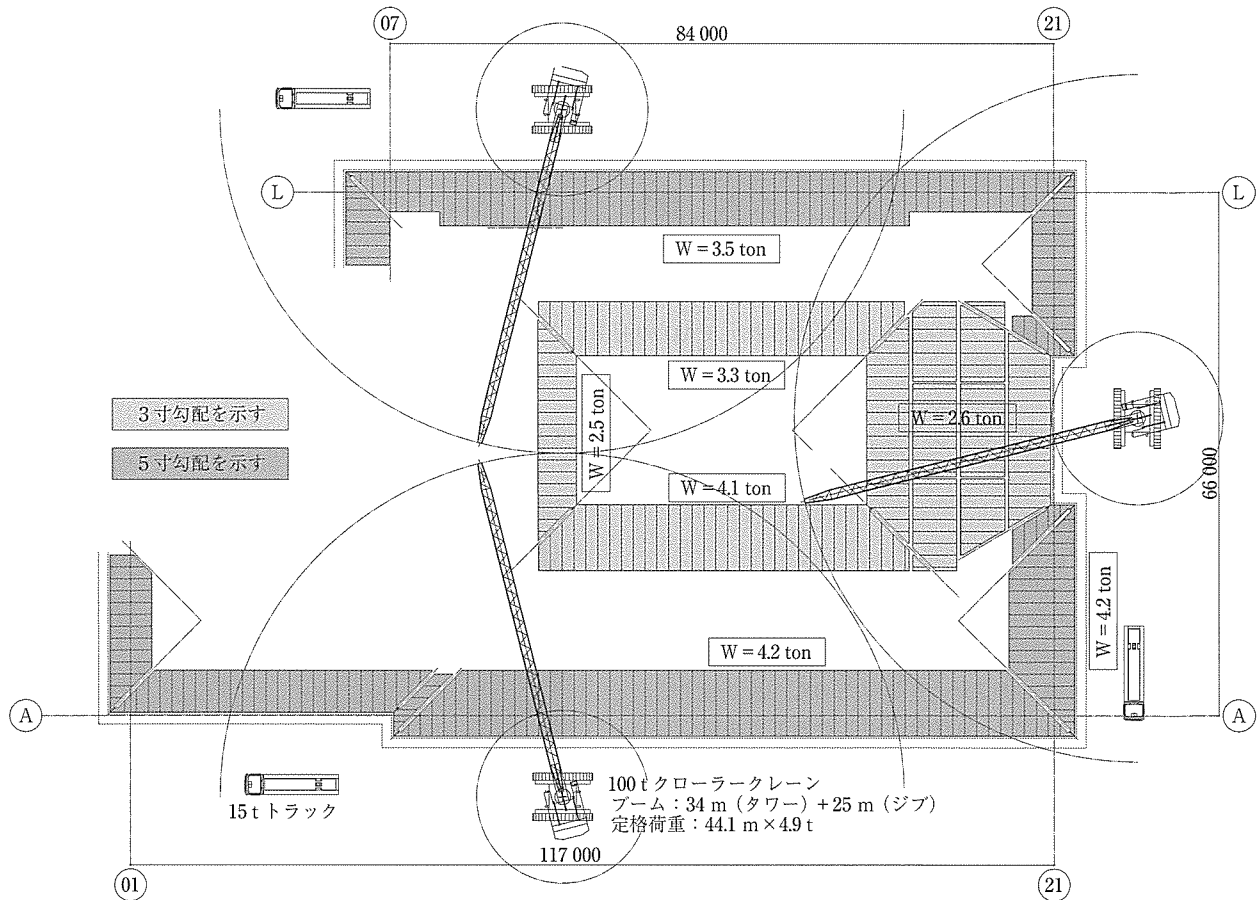


図 - 11 揚重計画

各点における管理目標値は $\pm 5\text{ mm}$ であり、部材精度を確保するため、より有効な支保工位置を検討した。また、部材据付け時の勾配屋根による水平力の影響を取り除くため受け金物(図 - 10)を用い、部材の据付け精度の向上を図った。

PC版の架設は100 ton クローラークレーンを使用して行った。PC版の揚重計画を図 - 11 に示す。架設工程は杉板本実型枠の打継ぎ高さから決定される全体工程に合せ、3寸勾配部材、5寸勾配部材の順に架設を行う工程とした。

PC版の架設状況を写真 - 11、写真 - 12 に示す。また、竣工時におけるPC合成床版の内観を、写真 - 13 に示す。

5. おわりに

本建物においては、日本の伝統的な木造建築のたたずま

いを現在の材料で如何に表現するかが課題であった。施工性、耐久性、仕上の省略などを考慮して、PC合成床版を採用し、各部の納まりや構造を工夫することで、日本の伝統的な骨組を表現した。また、モックアップなどによる施工検討を通し、高い精度が確保できたと考えている。

本建物の設計から施工に至るまで、ご尽力いただいた関係各位の方々に深く感謝いたします。

参考文献

- 1) 『奈良の寺 2』 鈴木嘉吉「古代建築の構造と技法」12頁21「軒断面図」岩波書店、1974
- 2) 日本建築史図集 新訂版〔第1版〕1冊 pp.103 図3: 疎垂木と吹寄垂木(法隆寺北室院本堂)、日本建築学会編、1980
- 3) 日本建築史図集 新訂版〔第1版〕1冊 pp.103 図2: 扇垂木(円覚寺舍利殿)、日本建築学会編、1980

【2010年4月22日受付】