

建築研究協会誌

Architectural Research Association

No.8

平成16年12月



口絵1 慈照寺中門（西面）



口絵2 慈照寺中門（東面）

巻頭言

JABEEと自由の学風

理事・京都大学教授 銚井修一

今、大学では教育に関する話題に事欠かない。京都大学も例外ではない。などと書くなど数年前には想像だにできなかったが、京都大学においても「研究・教育」ではなく、「教育・研究」である。

建築教育に関連する一つの大きな動きは工学教育の見直しである。JABEE (Japan Accreditation Board for Engineering Education、日本技術者教育認定機構) がそれを端的に示すものである。JABEEそのものは技術者教育プログラムの審査・認定を行う非政府団体であるが、今やこのシステム全体を表現する言葉として使われている。単純に言うと教育機関が提供する教育プログラムを評価する仕組みである。大学内部から自発的に出てきたものではない。大学が工学知識とスキルを身につけた学生を社会に送り出すようにと、大学が申請する教育プログラムを評価し認定するシステムであり、実務の側が要求している(するであろう)ものである。アメリカの実務的な工学教育と契約に対する思想が、日本に浸透してきたものと捉えている。プログラムの認定は、それを提供する教育機関を評価することになるから、自らの大学をアピールする良い機会とも言える。

教育プログラムの認定を受けるためには、どのような学習・教育目標を持っているのか、必要な学習・教育の量を満たしているか、学習達成度をどのように評価し、欠点があればどのようにそれをフィードバックするのか、などの基準を満足する必要がある。その際の大きな特徴は、以上の事項を明文化し公開しなければならないことである。

授業ひとつとっても、科目全体の構成と各回の授業内容を丁寧に記述したシラバスが要求され、授業は学生や第三者によって評価される。一昔前までの大学、特に京都大学では考えられなかったことである。このようなやり方に対する賛否はあろうが、メリットをあげるならば、学生および教員の意識の変化であろう。学生にとってみれば、毎回その日の学習目標が提示され今日は何を勉強するかが明確になるため、これまでの他大学における例では評判は良い。きっちりとした授業計画が必要となるから、教える側にとっては教えるときの心構えが変わってくる。

このような教育システムは京大の自由な学風に合わないのだろうか。京大生を十把一絡げで論ずることが多いが、京大生にも当然分布がある。非常に優秀な学生もいればドロップアウトする学生もいるが、やはり多くはそこそこ優秀だが強烈な何かをまだ発散していない学生である。JABEEがターゲットとするのはこの中間層と考えられる。非常に優秀でやる気のある学生は、JABEEの有無に拘わらず自分でことを進めていくであろう。その際、JABEEシステムが提供する教育内容は簡単な基礎となり、さらっとマスターしそれを肥や

しにして自分の世界を構築できる人間である。中間層は、本来かなり高い能力を有しているが、必ずしも明確な方向性を持っていない学生と考えられる。JABEEはこれらの学生に一つの明確な方法を提示し、最終的な方向性を定める手助けとなるであろう。第三番目の層は実は色々な意味で深刻な問題を孕んでいるのだが、JABEEとの直接的な関係は薄いのでここでは触れない。

こう考えると、JABEEは自由な学風をそれほど妨げないのではないか。むしろ問題は、教育における創意工夫を面倒がる一部の教師の側にあるのではないか。というわけで、十年一日の授業をしている怠惰な私としては、言い訳が思いつかず困っている次第である。

JABEEのもう一つの特徴に評価がある。これは教育現場に限ったことではなく、社会の様々な場面で登場している。法人化した旧国立大学における代表的な例が、大学が実行した教育・研究の評価結果に基づく運用交付金の査定である。

教育・研究に対する基礎年金的な意味を持つ運用交付金を得るため、そして減らされないようにするためには、種々のハードルを越えなければならない。その一つは勿論研究業績であるが、同時に教育に力を注ぎ授業を通して能力ある学生を育て社会に輩出することが要求され、それが評価される。学生にしっかりと工学の基礎と考える能力を身につかせねばならず、そのような学生を輩出したか否かが評価される。評価が難しいからといってそれから逃れることはできず、自ら評価するシステムを考えなければならない。大学教員には（にも？）これまでとは異なる努力が要求されている。

口絵

巻頭言 JABEEと自由の学風

理事・京都大学教授 銚井修一 1

慈照寺中門の復元

研究員 大森彦一／研究員 井上年和 5

薬師寺大講堂の構造補強設計（続き）

名誉顧問 金多 潔／理事 落亀利章／非常勤研究員 西澤英和 15

名簿

編集後記

慈照寺中門の復元

研究員 大森彦一／研究員 井上年和

1. はじめに

東山慈照寺、通称銀閣寺は臨済宗相国寺派に属し、足利将軍8代日義政が営んだ山莊東山殿を後に寺院に改めたものである。

東山殿は文明十年(1482)に着手され延徳二年(1490)まで工事が継続したが、その間義政はそれらの建築や庭園に自身の好みと工夫を反映させるために熱意を注いだことで知られている。延徳二年に義政が没すると遺命により東山殿を禅院に改め慈照院と称すると共に、土地と建物の全てを引き継ぎ、さらに延徳三年には慈照寺と改めた。

今日寺内に現存する東求堂(文明十七年 1485 国宝)と観音殿(通称銀閣 長享三年1489)、周辺の庭園などは東山殿の名残を今に伝える貴重な遺構として知られている。

その他にも元和・寛永期に再建されたとされる方丈や総門(18世紀中期)等が残る^(注1)。

2. 中門の改築について

改築前の中門はその形式や古図、発掘調査の結果などにより江戸時代後期頃のものとして推定される。形式は一間薬医門棧瓦葺としていたが、建物全体に老朽と破損が顕著であった



写真1 解体前中門

ために修理再用は困難と判断し、全面改築することとした。

さて、中門改築計画の策定に際しては、慈照寺が義政公の造営した東山殿を、義政の没後に禅院に改めたものであり、また国の特別名勝・特別史跡に指定された重要な区域であることを踏まえ、初期の境内と中門がどのような状況であったかを把握する必要があった。

このことにより、建築や庭園など各部門における学識経験者や府、市の文化財行政関係者により構成される整備委員会を組織し、中門周辺の発掘調査と並行して古図や文献などの調査を行い、定期的に委員会を開催し、その中で慎重な議論が行われた。あいにく、東山殿や初期の慈照寺にかかる史料を見い出すことは出来なかったが、多くの貴重な成果と知見を知ることが出来た。それらを基本とし、また京都の禅宗寺院のうちから、初期の慈照寺に適合した類例を参考として、何種類かの改築計画を立案した。それらの中から、形式は室町時代の様式に則り、木材は吉野産の天然檜を使用し、屋根は檜皮葺で仕上げることをとした。

今回完成した中門の形式は以下ようになる。

一間棟門、切妻造、檜皮葺、円柱、前後控柱、潜戸付

なお、中門周辺の受付や朱印所、改札、高塀などについても各所が老朽や破損が見られたため、中門周辺の整備において全てを改築することとした。

3. 委員会の構成

整備委員	川上貢委員 中村昌生委員 永井規男委員 中村一委員
京都府	杉原和男文化財保護課課長 石田裕二文化財保護課主査
京都市	石崎了文化財保護課課長 玉村登志夫同課係長 今江秀史文化財保護課技師
京都市埋蔵文化財研究所	鈴木久男調査課長
慈照寺	有馬頼底住職 坂根孝慈執事長 小出量堂執事 草場周啓執事 和泉徹統括課長 北川紀昭会計課長 高山富雄庶務課長
北村誠工務店	清水年男
建築研究協会	西田義雄顧問 藤本春樹研究員 大森彦一研究員 井上年和研究員

委員会の経過と協議内容

- 第1回 平成14年1月29日 中門改築の方針について
- 第2回 平成14年5月23日 古図等から形態について推察
- 第3回 平成14年7月29日 仮設参拝通路、各省庁への手続き等について
平成14年9月24日 文化庁打ち合わせ

第4回 平成15年5月29日 発掘調査結果の説明及び中門様式の検討

平成15年8月25日 文化庁現場視察

第5回 平成15年9月5日 中門様式の最終決定と周辺建物の整備について

4. 史料

慈照寺に関する史料は軸装され慈照寺に什宝として伝えられた文書と、それとは別に収蔵されてきたもの^(註2)等がある。その中で御閣（銀閣）、東求堂、庫裏、総門等には改修に関する文書はみられるが、中門について書かれているものはほとんど見あたらない^(註3)。

しかし、古図に関しては江戸時代のものが数点存し、慈照寺境内の変遷を知る上で貴重な資料となっている。その中でまとまったものを挙げると、

①文部科学省国文学研究資料館蔵山城国葛野郡嵯峨天龍寺塔頭臨川寺文書の内「東山慈照寺修復許可ニ付大工市左衛門伺状」

元文三年（1738）午四月

境内全体図。建物は単線引。各室名記入。庫裡及び東堂（東求堂）は建物規模が書かれる。客殿（現方丈）の西側が「ゑん」となっている。

中門は五平（長方形）柱の棟門に描かれ、北側に潜り戸がみられる。

②天龍寺蔵「銀閣寺指図」 18世紀中頃

境内全体図。建物は単線引、柱位置記入。各室の広さが書かれ、総門から中門へ至る参道には長さの記入がある。客殿の西側が現状と同じく2室に描かれるなど、諸建物の変遷等から①、③の古図の間で18世紀中頃のものと同推測される。

中門は五平（長方形）の本柱と控柱が描かれるが、棟門か薬医門かは不明である。①同様北側に潜り戸がみられる。

③慈照寺蔵「総境内坪数並諸建物之絵図」寛政年間（18世紀後期）

図中の貼札に「寛政二年改之」と「文化十一年改之」の二種がみられる

境内全体図。建物は単線引、彩色。

中門は向唐門形式のものが起し絵で描かれているが、その下には「薬醫門」と書かれる。

④慈照寺蔵「東山慈照禅寺総建物並庭之図形 荒木元進筆之 嘉永四年辛亥初秋」

嘉永四年（1851）

境内全体図。二重線引、壁は塗り潰し。

中門も二重線で描かれるが、形状・規模からみても現在の門であろうと思われる。

その他にも江戸中期以降の慈照寺境内図（京都歴史資料館所蔵）や天明年間総絵図（相国寺所蔵）東山慈照寺惣指図（京都府立資料館蔵）等が残る。

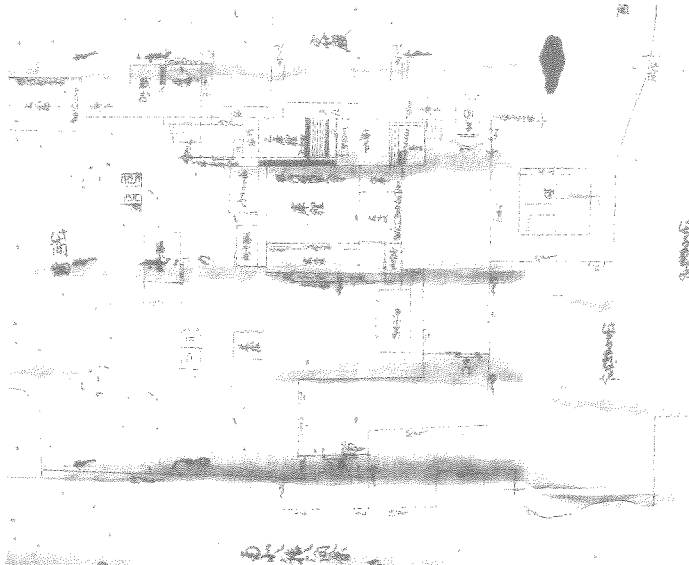


図1-1 (左)

①文部科学省国文学研究資料館蔵

山城国葛野郡嵯峨天龍寺塔頭臨川寺文書の内「東山慈照寺修復許可ニ付大工市左衛門何状」

元文三年 (1738) 午四月

図1-2 (下) 同左 (部分)

五平 (長方形) の本柱2本と左側には潜り戸が描かれる

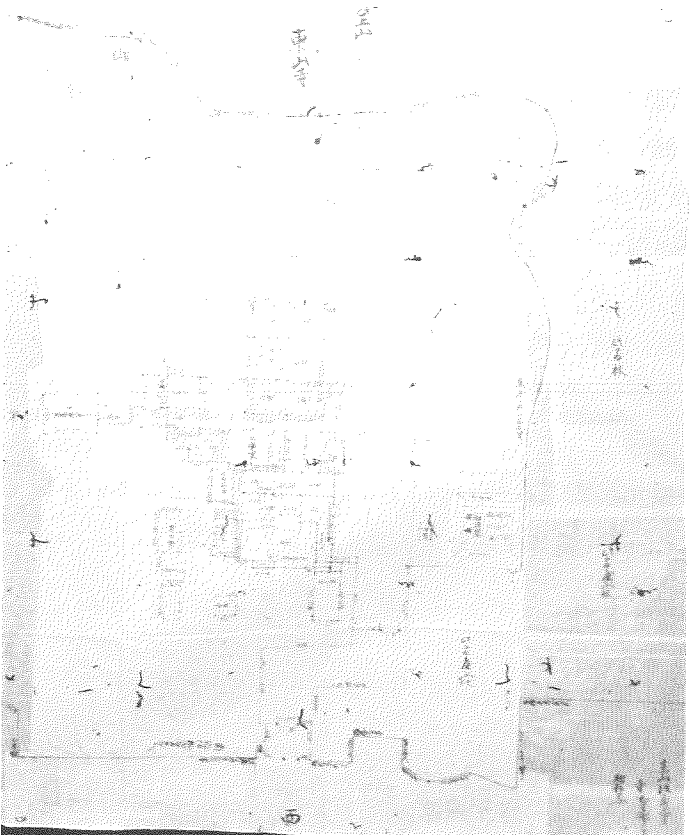
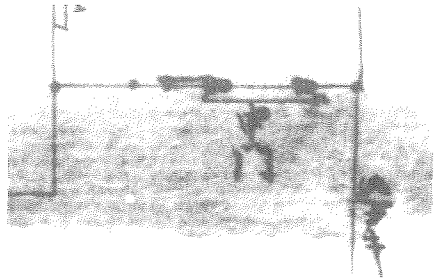


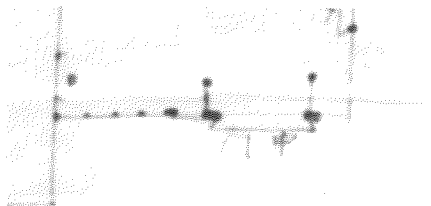
図2-1 (左)

②天龍寺蔵「銀閣寺指図」

18世紀中頃

図2-2 (下) 同左 (部分)

五平の本柱2本と控柱2本、左側には潜り戸が描かれる



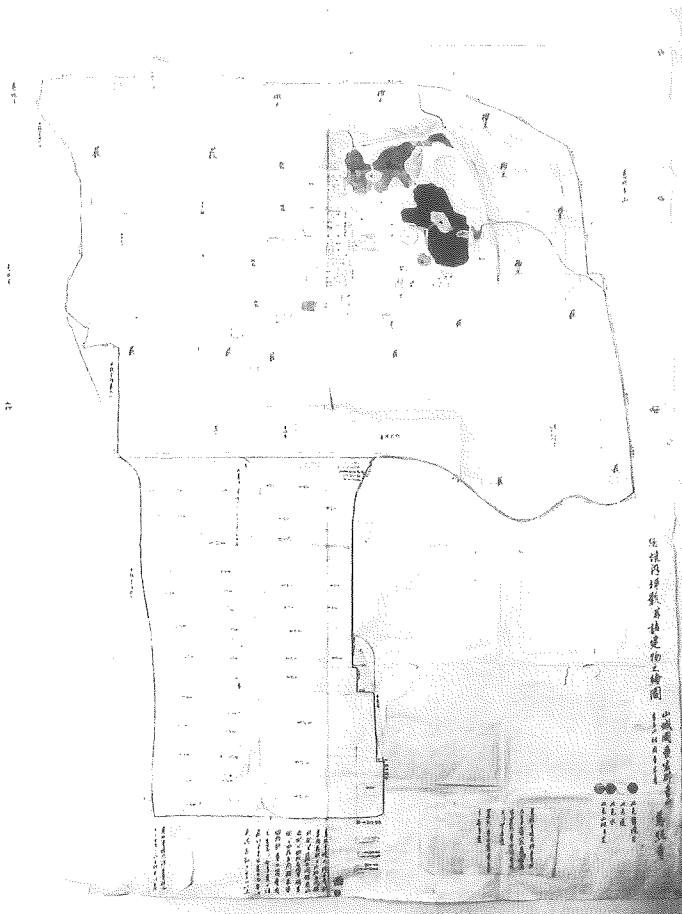


図3-1 (左)

③慈照寺蔵

「総境内坪数並諸建物之絵図」

寛政年間 (18世紀後期)

図中の貼札に「寛政二年改之」と「文化十一年改之」の二種がみられる

図3-2 (下) 同左 (部分)

向唐門の起し絵が描かれるが、その下には薬醫門と書かれる

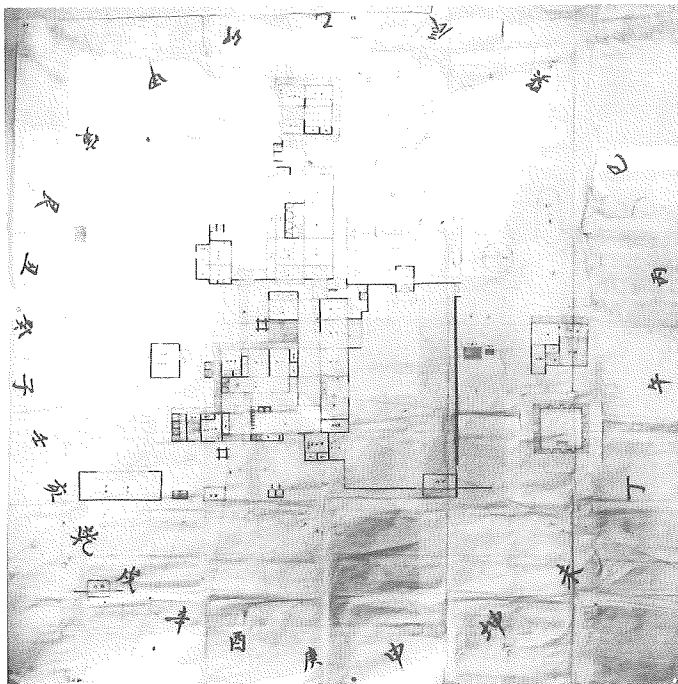
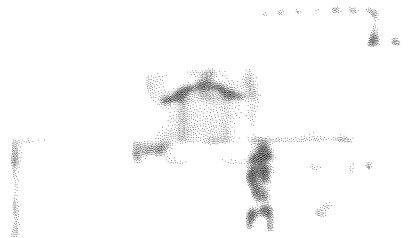


図4-1 (左)

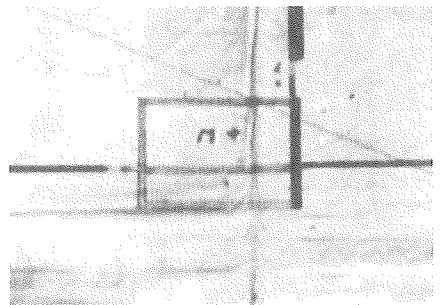
④慈照寺蔵

「東山慈照禪寺総建物並庭之図形

荒木元進筆之 嘉永四年辛亥初秋」

嘉永四年 (1851)

図4-2 (下) 同左 (部分)



5. 発掘調査の内容

発掘調査は平成15年3月から(財)京都市埋蔵文化財研究所によって行われ、江戸時代後期以降、江戸時代初期、室町時代前期以降の各遺構を検出した。調査の概要は同研究所の調査概報2003-1「史跡慈照寺(銀閣寺)旧境内」(2003年)に報告されている。

I 江戸時代後期以降

今回解体された中門(薬医門形式)の基壇が構築されたのは江戸時代後期と考えられる。基壇の外装(四半敷敷石)などは後世に部分的、あるいは全面的に改修されたものとみられるが、薬医門の親柱および控柱の礎石は江戸時代後期に据えられたと思われる。

II 江戸時代初期

南北方向の礎石列01(柱間南から1.2m・3.0m)と、この南端の礎石に直行して取り付く東西方向の礎石列02(柱間東から1.2m・1.5m・1.2m)を検出した。礎石列01は先の薬医門形式の門に先行する門の親柱列の礎石と考えられ、控柱の痕跡は検出されなかった。よって、この頃は棟門形式であったと推測される。礎石列02は礎石列01の南端に取り付けて参道の南を限る築垣のようなものと考えられる。

III 室町時代前期以降

西面する南北方向の石列(SX15)を検出した。SX15の方向は北寄り西に15度程度振っていて、現在の建物や江戸時代の遺構の方位とは異なっている。この地域には、室町時代には現在の方位とは異なる約N15°Wの方位の地割りがあったものと考えられる。出土遺物の年代観などからも東山殿に関連する遺構である可能性が高いと考えられる。また、SX15の下層には石垣状の遺構があることが部分的に確認できており、さらに古い時期の遺構が遺存している。



写真2 江戸時代後期 中門(薬医門)
礎石据付け状況(北西から)



写真3 江戸時代初期 礎石列01・02
(北西から)

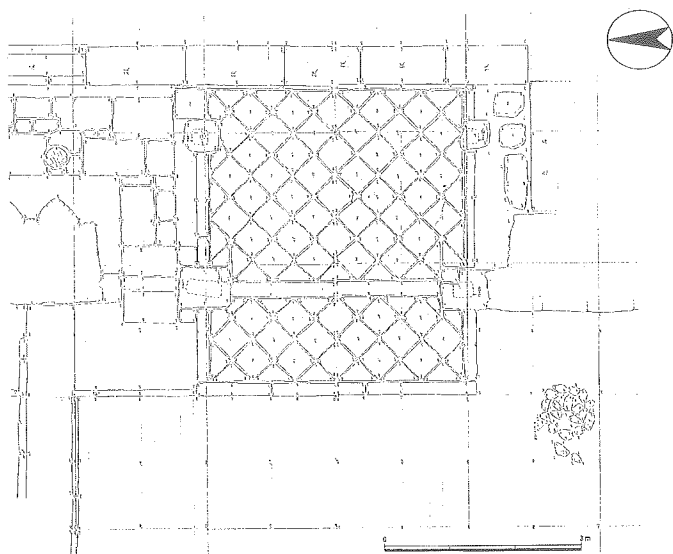


図5
江戸時代後期以降 遺構平面
図（薬医門基壇）
発掘調査実施前の解体された中
門の礎石と敷石の状況を示す平
面図。

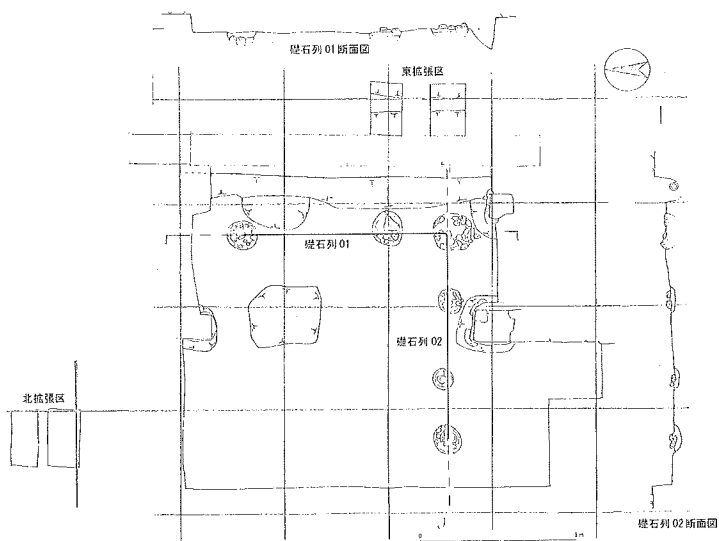


図6
江戸時代初期 遺構図
（礎石列01・02）
江戸時代後期に造立された中門
の柱礎石、敷石等を撤去し、江
戸時代初期頃の先行の門の遺構
と考えられる礎石列01とそれと
直行する礎石列02を検出した。
東に拡張区を設けて東控柱の痕
跡を探ったが存在しなかった。

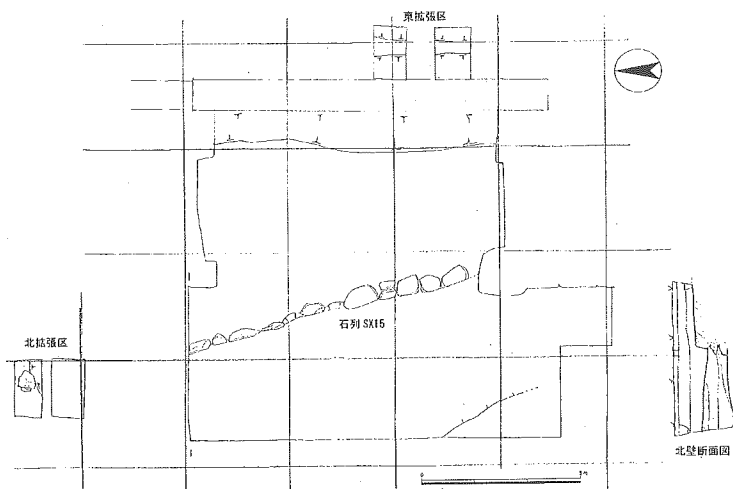


図7
室町時代前期以降 遺構図
（石列SX15）
南北石列SX15を検出した。こ
の主軸は北で西へ15度程度偏し
ており、その南端は江戸時代江
戸時代後期の中門南親柱礎石で
壊されている。

6. 様式の検討

以上、古図と発掘調査の成果を照らし合わせてみると、中門近辺は室町時代には現在と方位の異なる地割りの築石があり、江戸初期になり間口約3mの棟門が建てられ、その後薬医門に改築されたと考えられる。今回の改築には以下の案を作成し、それぞれの案について検討することとした。

①薬医門案

現在と同じ薬医門形式で間口を4mで本瓦葺きとし、江戸中期頃の類例を参考にしたもの。

②向唐門案

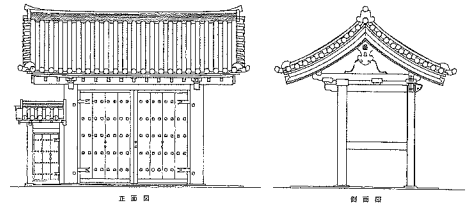
寛政の古図を参考に向唐門で間口を4mとし、檜皮葺きとしたもの。

③棟門案A（五平柱 本瓦葺き）

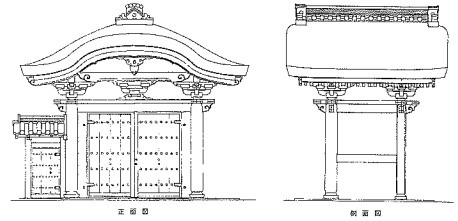
江戸時代初期の遺構と古図に基づき五平柱で間口3mとし、本瓦葺きとしたもの。

④棟門案B（円柱 檜皮葺き）

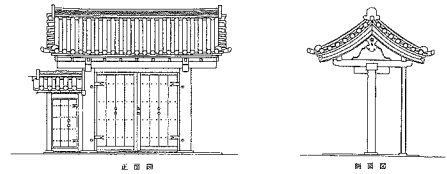
発掘調査の結果に基づき間口を3mでとし、禅宗様、檜皮葺きで室町時代の様式としたもの。



①薬医門案



②向唐門案



③棟門案A

図8 各案立面図

以上の案について検討を行った結果、発掘調査の成果を踏まえ間口を3mとし、境内の景観を配慮した④棟門案Bが採用された。また、基礎部分の設計にあたっては遺構面の保護に配慮した。

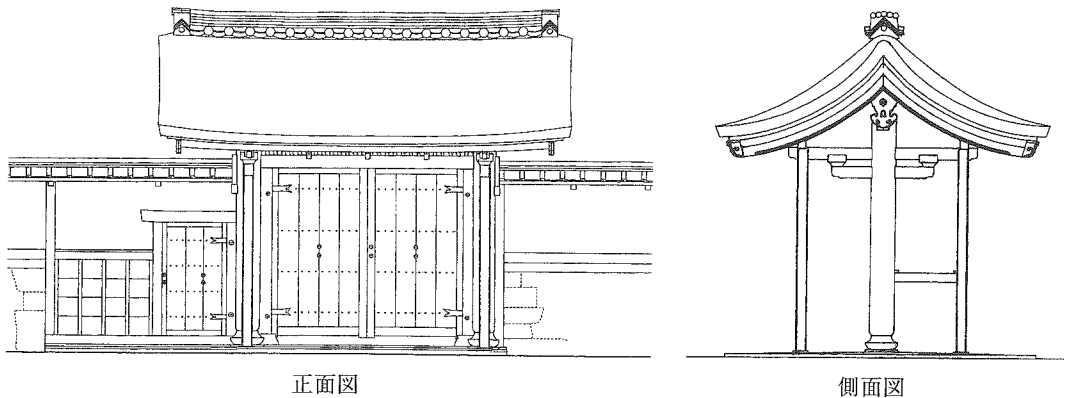


図9 実施立面図（④棟門案B）

7. 配置の検討

解体前の中門周辺は、中門の北側には潜り戸を設け、両脇は高さ約1mの石垣があり、南側の石垣の上には漆喰壁の塀、北側は竹垣が建て込まれていた。また、門の北西に受付、南東に売店があり、改札は門の軒内に取り込まれていたため建具は開閉ができない状態となっていた。(写真1)

発掘調査で検出された江戸初期の中門と推定される柱位置は解体前よりも東に約1.8m寄ったところにあり、現在とは位置が異なることが判明した。なお、南北方向の礎石列01の南から1.2m・3.0mと並ぶ柱間や、礎石列02の軸線は、古図①～③に描かれている中門とその南の脇塀及び東西に延びる垣と一致している。

今回の計画では間口3mの禅宗様棟門を採用することとしたが、礎石列01に則った位置での復元は中門両脇の石垣など周辺の変更が大がかりなものとなり、かつ拝観者の動線の確保が困難となるため、解体前の位置を基本とした2案について検討を行った。CASE 1は中門を石垣の中央に配し、解体前同様南側は漆喰塀、北側を竹垣としたもの、CASE 2は門を南石垣に寄せ、両脇とも漆喰塀としたものである。検討の結果、ほぼCASE 2に準じることとなったが、中門の南本柱を東側にある土塀の貝型柱筋に揃え、本柱と石垣の間に生じた隙間には石を補足するなど、中門正面から望む庫裡前庭の景観や、拝観者の動線を配慮した計画とした。また、受付は解体前と同位置に、改札は門の後ろで正面からはできないだけ見えない位置に配置した。

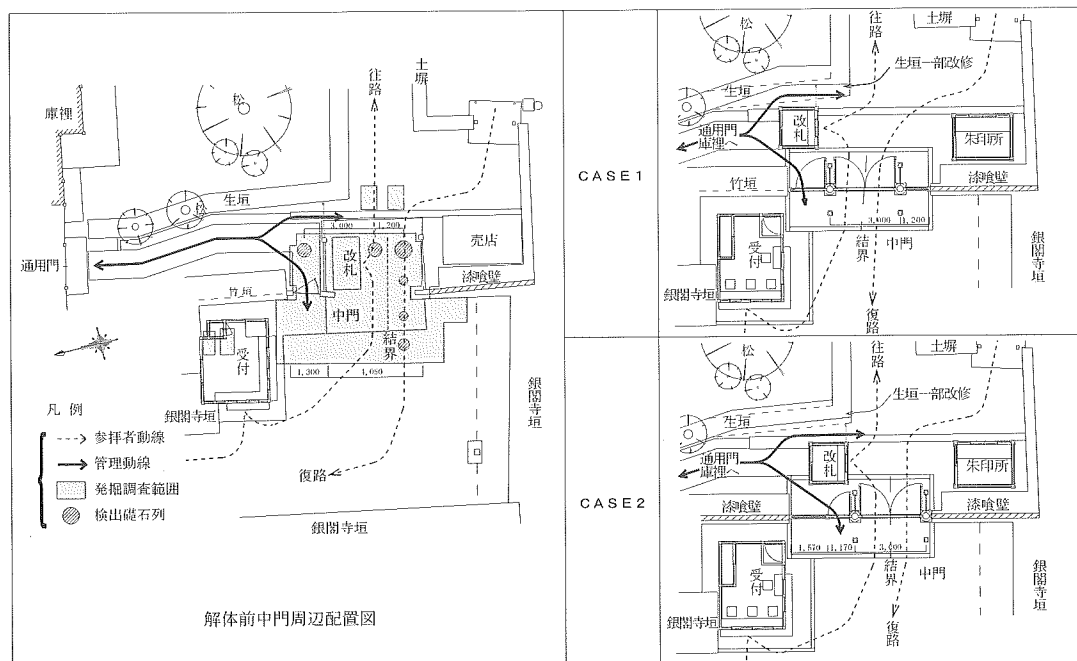


図10 中門配置計画図

8. 工事関係者

この度の工事では多くの職方の協力を得たが、ここに主な関係者の名前を記す。

総合請負・木工事 (株)北村誠工務店

基礎工事	前田工業	石工事	(株)芳村石材店
檜皮葺工事	(有)宮川屋根工業	瓦屋根工事	(株)寺本甚兵衛製瓦
板金工事	田中板金	建具工事	大谷建具工房
左官工事	土橋左官店	金具工事	モリモト社寺工芸社
仮設工事	(株)測上組	電気工事	波多野電機
給排水工事	(有)丸水設備工業	庭園工事	樋口造園(株)
石垣修復工事	植恒		

9. 工事工程

・旧中門解体	平成15年2月4日
・発掘調査	平成15年3月4日
・起工式	平成15年11月27日
・着工	平成15年12月1日
・棟上式	平成16年4月17日
・竣工	平成16年6月6日
・落慶法要	平成16年6月7日

10. おわりに

中門改築に関する委員会は平成14年1月から平成15年9月までの1年半と長期に亘った。その間各委員の先生方をはじめ、慈照寺、文化庁、京都府、京都市、(財)京都市埋蔵文化財研究所の各関係者には終始ご指導、ご助言を頂いた。また、施工を担当した北村誠工務店を始めとする各関係業者には多大なご協力を頂いた。ここに改めて深く謝意を表します。また、古図の掲載に対しては文部科学省国文学研究資料館、慈照寺、天龍寺に、発掘調査の成果は(財)京都市埋蔵文化財研究所にそれぞれ許可を頂いた。ここに、重ねてお礼を申し上げます。

注1) 京都府教育委員会「京都府の近世社寺建築」1983

注2) 収蔵されてきたものは慈照寺文書として京都市歴史資料館に387点が所蔵されている。

注3) (注2) 文書群の中に寛政11年、中門南の土塀改修の願書がみられる。

薬師寺大講堂の構造補強設計（続き）

名誉顧問 金多 潔 / 理事 落亀利章 / 非常勤研究員 西澤英和

[第一章から第三章までは前号（第七号）に掲載済みである。]

第四章 耐震対策について

一 耐震設計上の課題

図13に大講堂の平面を示す。平面より判断して耐震計画上考慮すべき課題として次の2点が指摘される。

① 規模に比べて耐震要素が少ないこと。

イ) 柱径が小さいこと。

上代建築では柱の長さに対して径が太く、柱長さとの比は8対1くらいが多い。

しかしながら、裳階が付く本建物では

	径 (mm)	長さ (mm)	長さ/径
裳階柱	275	4,000	14.5
側柱	590	6,500	11.0
入側柱	680	8,600	12.5

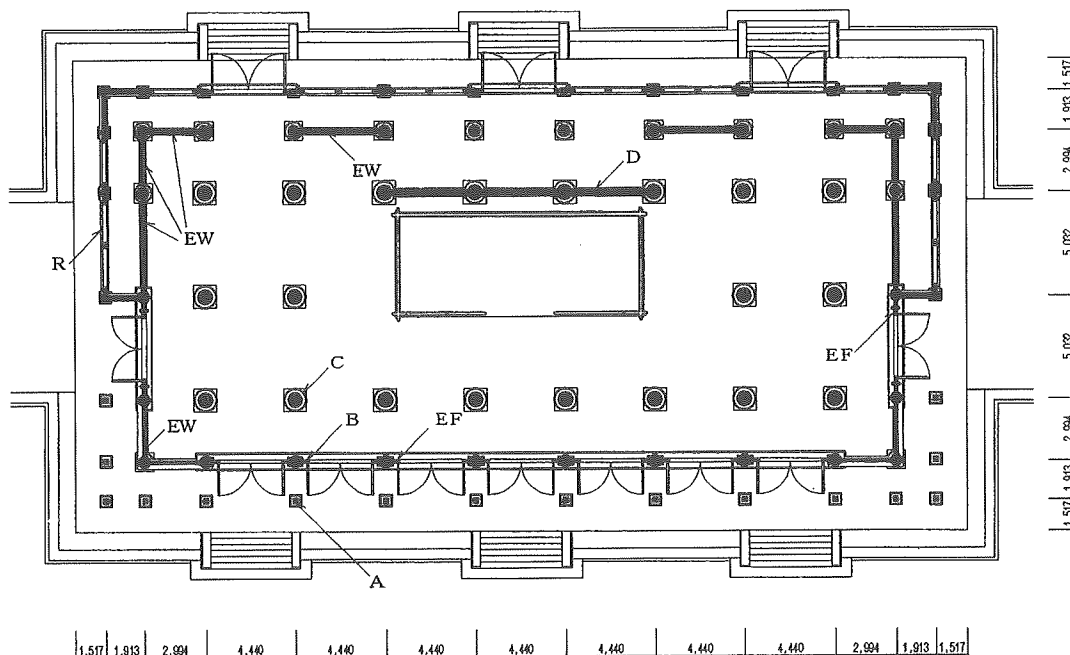


図13 平面図（壁配置図）

で、何れも（長さ/径）比は10を越える。このことは、柱傾斜復元力の効果が一般的な上代建築に比して小さいことを意味する。

ロ) 壁が少ないこと。

南面の裳階の柱列は吹き放しで、その背後の側柱9間の内、中央7面は両開扉、両端の2面は連子窓である。また、東西両妻面の裳階の南半分は吹き放しで、それ以外は連子窓の開放的な構造である。

一方、内陣では梁間2間、桁行7間並びにその周囲の外陣各1間は柱建ちの大空間で、中央の須弥壇の背後の入側柱筋3間にのみ来迎壁が立ち上がっている。北面の側柱間は東西両端の1間とそこから1間を隔てた1面のみが壁面で、残りの中央3間と両翼2間は開放されている。

東西両側面は隅柱に接する両端の1間並びに、棟通りより北側1間の計3面が壁面で、棟通りより南側1間は扉開口である。

壁は木造木ズリ下地・漆喰仕上げで計画されているが、壁の有効厚は4寸5分弱と薄い。なおこの壁厚は頭貫や飛貫の中に規制されたもので古代建築のほぼ通常な形式である。朱雀門では特に壁が付く柱間のこれらの部材巾を最初から大きく設計した。

② 偏心を惹起し易いこと。

桁行方向の壁長は、南面約5m・北面約15mで3倍の差がある。また、来迎壁が北側の入側柱筋に設置されているので、剛心が重心より北側に大きく偏心している。このため、振じれ振動が励起されやすい。

ところで、薬師寺大講堂は平城宮朱雀門に比べてほぼ3倍の規模と重量を有するので、両者の壁長と壁の有効断面積を比較すると次の通りとなる。

	有効壁厚	桁行壁長	梁間壁長	桁行壁断面積	梁間壁断面積
平城宮朱雀門	0.21㎡	約9㎡	約18㎡	約1.9㎡	約3.8㎡
薬師寺大講堂	0.14㎡	約18㎡	約20㎡	約2.5㎡	約2.8㎡

これより、薬師寺大講堂の壁量は桁行方向では朱雀門より約3割多いが、梁間方向は3割少ない。更に、柱の細長比「長さ/径」が朱雀門では約8であったので、地震力の約4割を柱傾斜復元力で負担できたが、当該建物では12程度になるので、柱傾斜復元力にはあまり期待できない。

一方、地震力は朱雀門の約3倍に達するので、軸組みや壁の単位長さ当たりの耐震性能は朱雀門の数倍の性能が要求される。加えて、偏心が大きいので、地震時の振じれが避け難いことを充分考慮する必要がある。

二 耐震設計の基本方針

上記の耐震的な課題に対処するため、次の基本方針に基づいて耐震設計を行った。

(1) 振じれを生じさせないこと。

このため、次の条件を設定した。

① 南面と北面の桁行方向架構に対し、その水平剛性と耐力を等しくする。

② 梁間・桁行両方向の水平剛性と耐力を等しくする。

要するに、平面的には壁が偏在するが、架構としては強度や剛性を完全にバランスさせて偏心を生じないようにする。

(2) 標準剪断力係数 $C_0=0.2$ の地震力に対し、初層の軸部の層間変形角を $1/60$ 以下とすること。

これは伝統的木造建築の実物大の古代土壁や小舞下地漆喰仕上げ壁の水平載荷試験の結果に基づき、壁面に大きな亀裂を生じない条件として定めたものである。

(3) 裳階を含めた全地震力は本建で全て負担する。

裳階の軸組みや連子壁による強度は余力と見なし、裳階の屋根等で生じる水平力は全て側柱に伝達して、本建の架構で抵抗できるように設計する。

三 耐震構造の基本計画について

当該大講堂の小屋組は伝統的な二重梁を洋風木造トラスによって梁間・桁行とも密に補剛補強し、更に屋根面の母屋・地垂木・野地を多段に組み上げているので、架構としての一体性は高い。従って、耐震計画は主に屋根荷重に起因する大きな地震力を、外陣と内陣で高低差を有する天井の水平構面を介して、小壁以下の軸部にどのように伝達負担させるかが主眼となる。

三・一 屋根の地震力の伝達経路

軒部・裳階の地震力は直接側柱筋の耐震構面に伝達できるが、内陣の屋根荷重についての下記の荷重伝達経路を想定する。

(一) 天井について

一段高い内陣天井と低い外陣の天井を、垂直の小壁を介して折り上げ形式に箱構造に形成する。この際、天井の水平構面を剛床化するため次のパネル工法を用いた。

(イ) 格天井とこれを圍繞する頭貫を仕口で組付ける。

(ロ) 格天井の鏡板の背面に耐力合板を裏打ちする。

(ハ) 地震時の剪断力をこれのみで伝達しうる有効断面を有する帯鉄により頭貫の頂部を圍繞する。

(二) 格子・耐力合板・頭貫を一体化して剪断パネルを構成するために、(ハ) 項の帯鉄とボルトにて周囲の組子の交点を一体結合する。この際、特に剪断力の大きい部位については耐力合板の他に、鋼板を用いる。

これにより、天井面に陸筋違を用いることなく、パネルにより剛床化する。

(二) 頭貫以下の軸部について

内外の小壁を全て後述の鋼板パネル補強木造格子組積層壁によって固めて、内陣から外陣天井を介して伝達される地震時剪断力を、頭貫より小壁に伝達する。

(三) 耐震壁について

小壁より貫を介して、建物隅部を始めとする鋼板パネル補強木造格子組積層壁に水平力を伝え、この壁を地覆を貫通するPCネジコンを介してSRC造の基壇に伝達する。

三・二 耐震要素の計画

三・二・一 鉄骨補強枠について

桁行方向では南北両側柱通りの壁量が大きく異なるので、このまでは偏心を生じる。このため、図13の平面図および図14の南西面隅部の平面詳細に示すように、南面中央の七間・及び東西側面の両開扉の設置位置に門型の鉄骨補強枠を設置して、「北面の約15mの壁量」と「南面の隅の間の壁量5mと7台の鉄骨補強枠」とが同じ強度特性を有するように計画した。

同様に、妻面については「梁間方向の総和約18mと二箇所鉄骨補強枠及び軸部」と「南北両側柱筋の桁行構面と軸部」とが等しくなるように設計する。

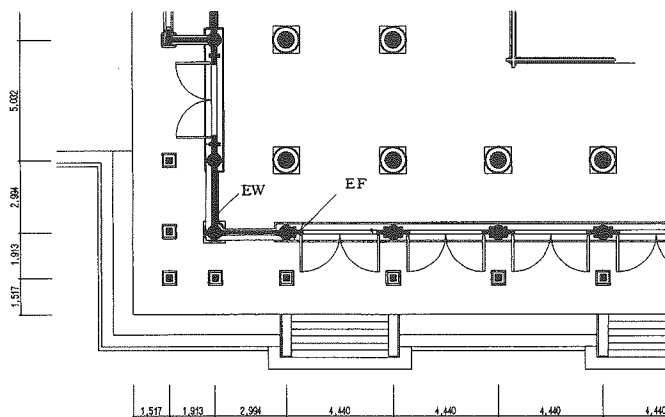


図14 隅部の平面詳細

そして、梁間・桁行両方向とも、設計地震力に対して層間変形角 $1/60$ 以下となるよう、鋼板パネル補強木造格子組積層耐震壁と鉄骨補強枠の断面を決定した。

鉄骨補強枠は側柱間に設置された板扉の開閉機構の木造部材の内部に組込む。

すなわち、上部は「鼠走」「まぐさ」・側面は「辺付」「方立」・下部は「蹴放」「地長押」で囲まれた木造枠の内側に外形寸法 $100\% \times 300\%$ 程度の箱型の鉄骨補強枠を設置する。

この枠材は平鋼側面に突起を設けて、T型断面とし部材強度を上げた。

また、妻面の鉄骨枠は同断面の充実部材である。

三・二・二 耐震壁の配置

側柱筋上の全ての壁面を耐震壁とするため、新しく開発した鋼板パネル補強木造格子組積層耐震壁とした。

一方、「来迎壁」は強度が大きいと、偏心の原因となるため、木舞下地の伝統的な土壁とし非耐力壁に近い構造とした。

なお、全ての小壁は鋼板パネル補強木造格子組積層耐震壁である。

壁及び鉄骨補強枠の配置の一例を示したものが、図15である。

図中の破線で囲んだ部分が鋼板パネル補強木造格子組積層耐震壁である。図16・図17にその詳細を示す。

三・三 耐震性能の概要

当該建物の全体重量は本建：1,620t、裳階：260tの計1,880tである。地震力の算定には1階の柱高の中間以上の重量を基本とするが、ここでは設計用屋根荷重を2,000tと仮定する。鋼板パネル補強木造格子組積層耐震壁については、実物大実験の結果に基づいて、耐力・剛性・繰り返し荷重時の復元力特性を評価し、これに基づいて開口部補強鉄骨の必要強度を下記のように算定する。

① 鋼板パネル補強木造格子組積層耐震壁の設計基本強度

実験結果より、パネル厚 3.2% のSS400材で両面補強した、木造耐震壁の剪断変形角 $1/50$ に対する長さ1m当たりの水平抵抗力を12.5t/mとする。

但し実験では壁内法長さ当たり16t/m、柱芯間距離では15t/mの強度を有するが、経年変化や施工条件に対する余裕を考慮してこれより小さい上記の値を採用する。また、 $1/50$ の変形時の壁耐力を基本にしたのは、全体架構の復元力特性は柱や梁、開口部回りの補強鉄骨の特性が累加するので、初期剛性は壁単体のそれより通常2～3割大きい。このため、壁単体の設計基準強度は $1/50$ 変形時の水平抵抗より評価している。

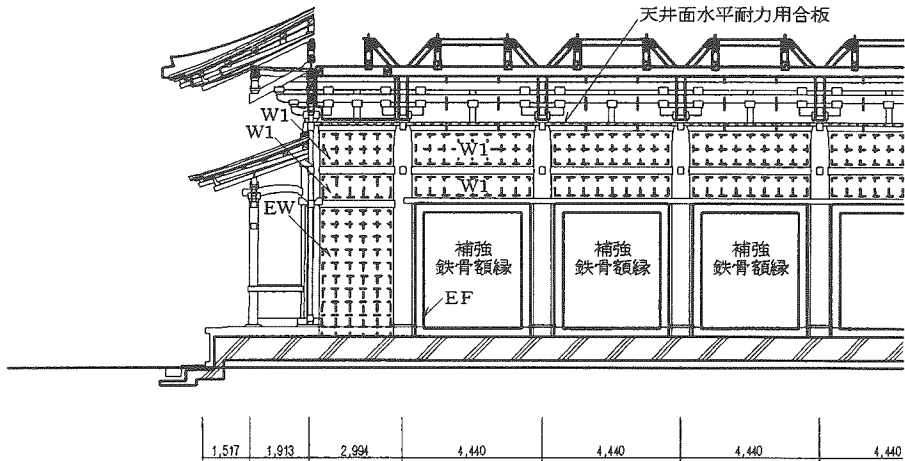


図15 鉄骨枠の詳細

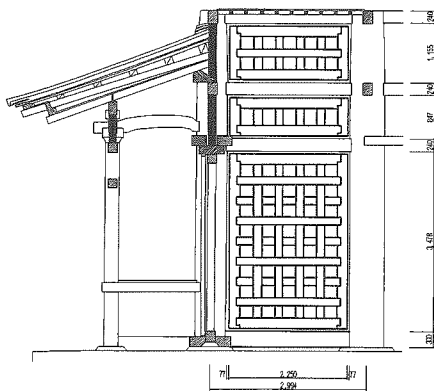


図16 木造格子式鋼版パネル補強耐震壁

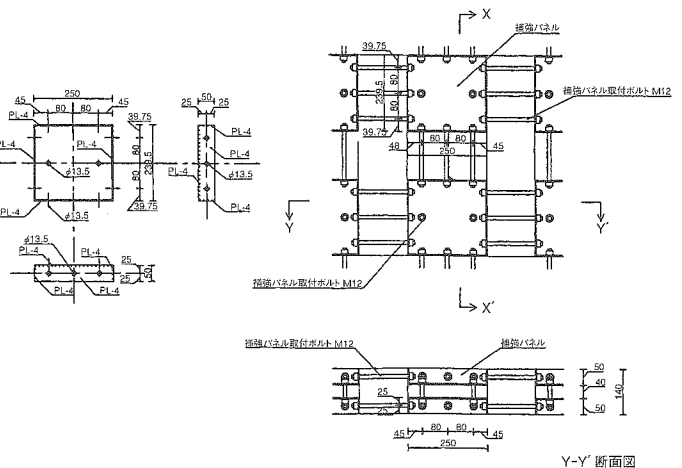


図17 木製格子式鋼版パネル詳細図

② 壁及び開口部補強鉄骨枠の負担水平力

設計用剪断力 H_0 (t) は全体重量 $W=2,000t$ 、設計震度を0.2とすると $H_0=W \times 0.2=400$ (t) となる。ここで、柱・梁等伝統工法による軸部の負担率を15%と仮定すると耐震壁及び鉄骨枠の負担剪断力はその残りより $H=H_0 \times 0.85=340t$ となる。

③ 鉄骨補強枠の設計強度の検討

上記の軸部を除いた設計用地震力より壁の有効強度を除いた分を、鉄骨補強枠に負担させるので、各面の一面当たりの設計強度は以下の通りとなる。

イ) 南面について

壁長さ↓約5m(隅柱に接する両端間を外観は連子窓としながら、内側は大壁とした)

壁負担水平力 $\downarrow 5 \times 12.5 = 62.5t$

よって開口部強鉄骨枠一面当たりの負担量 $108/7 = 15t/\text{面}$

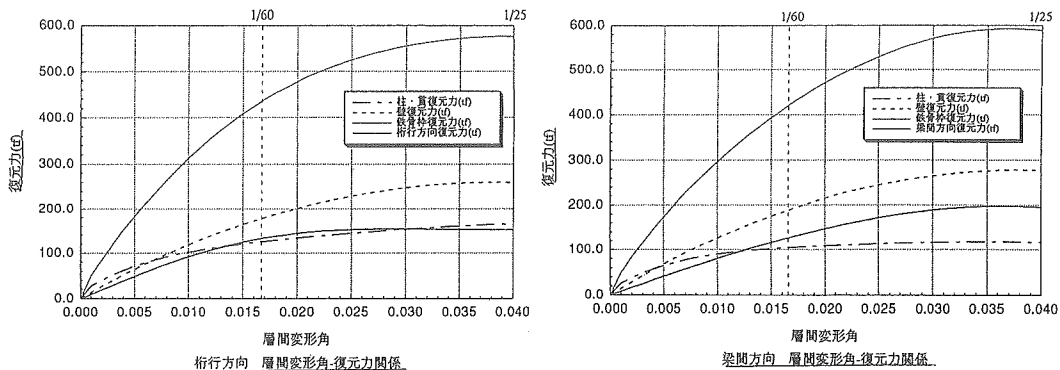


図18 架構の復元力特性

ロ) 北面について

壁長さ $\downarrow 2.5 \times 2 + 4 \times 2 = 13\text{m}$
 壁負担水平力 $\downarrow 13 \times 125 = 162\text{t} < 340 / 2 = 170\text{t}$
 でほぼ要求性能を満足する。

ハ) 東西面とも

壁長さ $\downarrow 2.5 \times 2 + 5 = 10\text{m}$
 壁負担水平力 $\downarrow 10 \times 12.5 = 125\text{t}$
 開口部補強鉄骨の負担量 $= 170 - 125 = 45\text{t}$
 より一面40tを設計耐力とする。

以上より仮定断面を決定し、これに対して軸部・耐震壁・鉄骨補強枠の荷重変形関係を実験及び理論計算により求めて、架構の全体の復元力特性を求めた。

この際、軸部の復元力については柱傾斜復元力項の効果が小さいことから、胴貫や飛貫或いは積層壁を有する側柱筋の一面について1/4縮尺の大斗・小壁付の架構モデルに対する水平載荷実験を実施し、これに基づいて当該架構の柱と貫による軸組みの復元力を評価した。

図18は梁間・桁行両方向の復元力特性の算定結果である。梁間(破線)と桁行(実線)の荷重変形関係はほぼ等しく、層間変形角1/60で約420tの復元力が得られる。

実際の架構重量は約1,880tのため、必要一次設計用地震力は約376tとなるが、この時の層間変形角は約0.013 = 1/77で十分安全側である。

また、実験の結果より、新型の鋼板パネル補強木造格子組積層壁は最大1/25まで十分な変形能力を示すので、一次設計に比べて約4倍の入力エネルギーに対しても安全である。

なお、これらは計算機による神戸地震を含めた実地震に対する動的応答解析によって裏付けている。

第五章 長期荷重に対する構造対策

はじめに・屋根の支持機構の課題

図19は白鳳時代の伝統的構造形式の大講堂の復原案である。今回の事業は、意匠的な寸法形状のみならず、架構形態をもふくめて可能な限り図19に忠実に再現することにあつた。しかしながら、構造計算の結果、図19のような純粋な伝統の様式のみでは、構造力学的に次のような問題が生じることが明らかになった。すなわち、

- (一) 二重梁の存在応力度は、材料の長期許容応力度を超過すること。
- (二) 丸桁や三手先斗拱など軒組みも長期許容応力度を大幅に上回ること。

すなわち、伝統様式の木組だけで、屋根や軒荷重を支持させると、部材としての負荷が相当大きくなるため、軒の垂下や虹梁の垂れなどによる二次的な障害が発生することが指摘される。

因みに、我が国には千数百年を経過した上代建築が遺存しているが、その多くは屋根形状が創建当初から相当変化して、急勾配になっている。

これは上述のような理由で、上代建築の緩勾配の屋根は棟や軒が徐々に垂下し、雨仕舞にも問題を生じやすかったことが考えられる。そのため、後世の修理に際して、屋根勾配を急峻にして、小屋裏に桔木などの補強材を数多く追加している事例が多い。法隆寺夢殿

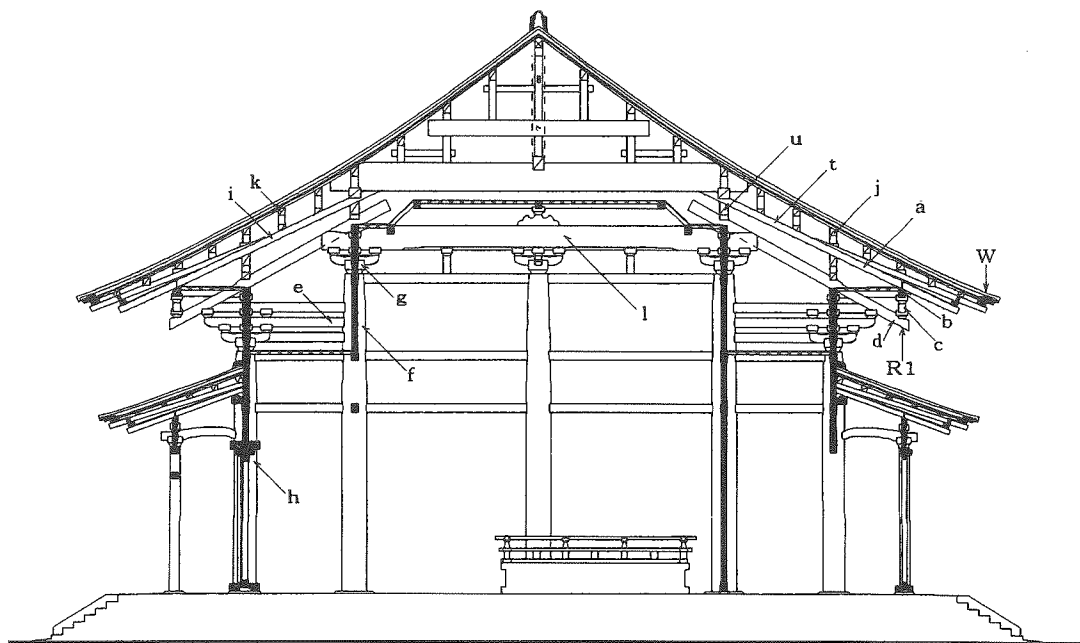


図19 復原梁行断面

や唐招提寺金堂などもそれぞれ鎌倉期及び江戸期に屋根の大改修が行われている。

最近復原された平城宮朱雀門も同様で、軒から下の軸部は奈良時代の様式に則っているが、小屋は桔木で補強されたため屋根の形状は奈良時代ではなく鎌倉以降の形式になっている。

しかしながら、薬師寺大講堂の復興にあたって、創建当時の地垂木および三手先斗拱で造形される伸びやかな白鳳の屋根を再現することが前提となった。

言い換えると、中世以降の建築のように屋根勾配を大きくすることで作られる野屋根の内部に桔木などの補強材を挿入するという平城宮朱雀門のような歴史的な構造対策は採用できないことを意味している。そのため、当該大講堂の設計にあたっては、野屋根を有しない白鳳期の屋根構造に即した

前例のない新しい構造対策を考案適用された。以下にその概要を記す。

図20は構造や意匠を検討するために作成した縮尺1/100の模型である。これは収まりの難しい隅部を中心に、裳階を付けない状態での木組を仕口なども忠実に再現したもので、相当な量の木造部材が補強のために追加されていることが分かる。

一 大講堂の木組について

一・一 軸部の構成

図19は復原架構の梁間方向の断面を示したもので、図21は天井より下の部分の軸組を立体的に表現したものである。

図19に示すように柱は外部より裳階柱A、側柱B、入側柱Cの順に断面・材長ともに増加する。すなわち、裳階柱Aは(275%角・約4m)、側柱(径590%・約6.5m)、入側柱(径680%・約8.6m)である。

入母屋屋根の本建の内陣(Y3-Y5)は折上組入天井で、外陣(Y2-Y3, Y5-Y6)は組入天井となっており、Y3-5通りには外陣の頭貫と同高の飛貫上部より小壁Cが周囲

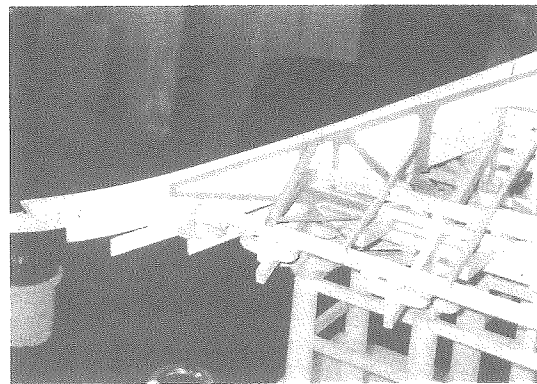
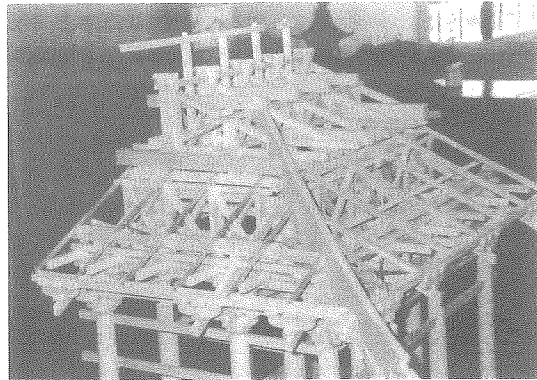


図20 小屋組補強模型

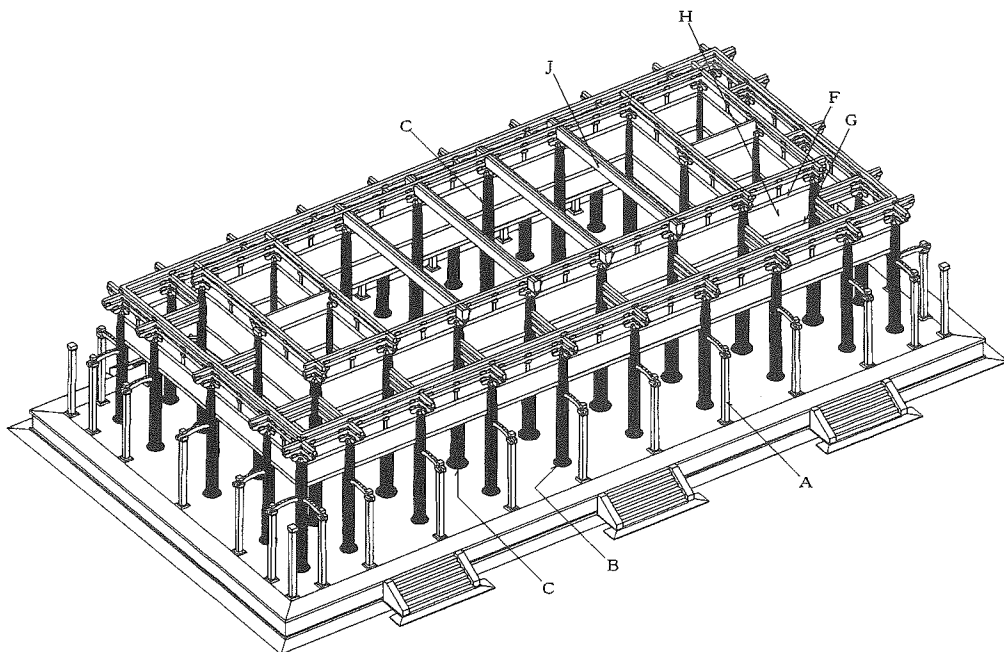


図21 軸組俯瞰図

に巡っている。

また、外陣の天井は頭貫の天端面で相欠にて組付けている。更に、内陣周囲の一段目の小天井は外陣と同様に大虹梁Jの天端に組入れてあるが、折上げ部分は外周に支輪を設けて中央部の二段目の格子組天井に接続している。二段目の格子組天井は大虹梁上に暮股Lを設けて桁Dで外見上支持するが、桁Dの垂下は天井の背面に造られた野物の大梁Nから吊上げる構造になっている。

一・二 屋根荷重の伝達機構

図19に示すように本建の軒の荷重伝達は伝統的な三手先組物による。すなわち、地垂木aに作用する軒先端荷重Wは丸桁bを支点として桔ねあげられ、この支点反力は秤肘木を介して尾垂木dに作用し、これを軒の二段の斗組で支えて大斗から側柱に鉛直力として伝わるようになっている。なお、軒の斗組の内側は図に示すように外陣の格子組天井の裏側で3段の通し肘木を構成して入側柱筋と結合している。

また、地垂木は丸桁の他、側柱筋の中間支点及び入側柱筋上の桁uで固定され、屋根野地面の荷重は短い束と母屋により地垂木に伝わる形式で、大きな野屋根を有しないのが特徴である。

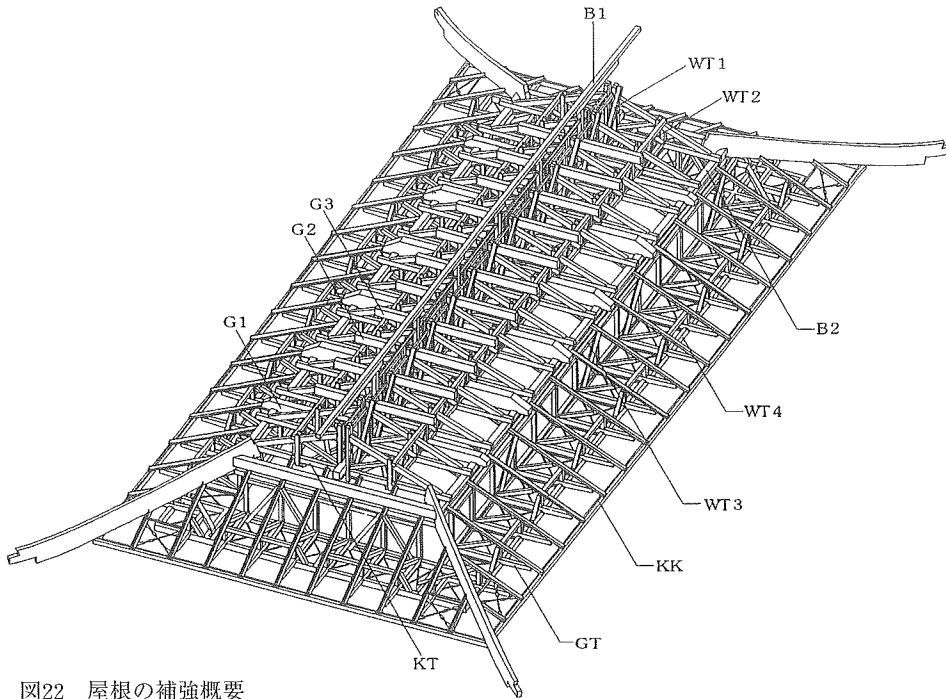


図22 屋根の補強概要

二 屋根の構造補強

二・一 構造補強の概要

屋根の構造補強の概要を立体表現したものが図22である。

補強は木造のトラス架構を、伝統様式の二重梁や三手先斗拱の間に設置することにより、伝統工法の木組と追加的に設置した補強トラスとが一緒になって大きな鉛直荷重を支持するとともに、建物の一体性を高めることにより耐震性を向上させるように計画している。

補強トラスの配置とその組み方を図23a～cに示す。

内訳は以下の通りである。

構造補強トラスは図23aの伏図に示すように6種類（WT1～4・KT）および補足上段小屋梁（G3）で、それぞれの補強目的と台数の内訳は下記の通りである。なお、図23aの入側柱の大斗上に伝統様式に則った六台の二重梁（下段の大梁G1, 上段の小屋梁G2）が架されている。

身舎の二重梁の構造補強

キングポストトラス	(KT)	: 14台
平行弦ダブルワレントラス	(WT1)	: 1台 (棟通り)
平行弦ワレントラス	(WT2)	: 2台 (棟と入側通り)
補足上段梁	(G2')	: 5台

庇部の三手先の構造補強 (桁行及び梁間方向とも同じ)

半山形トラス	(GT)	
--------	------	--

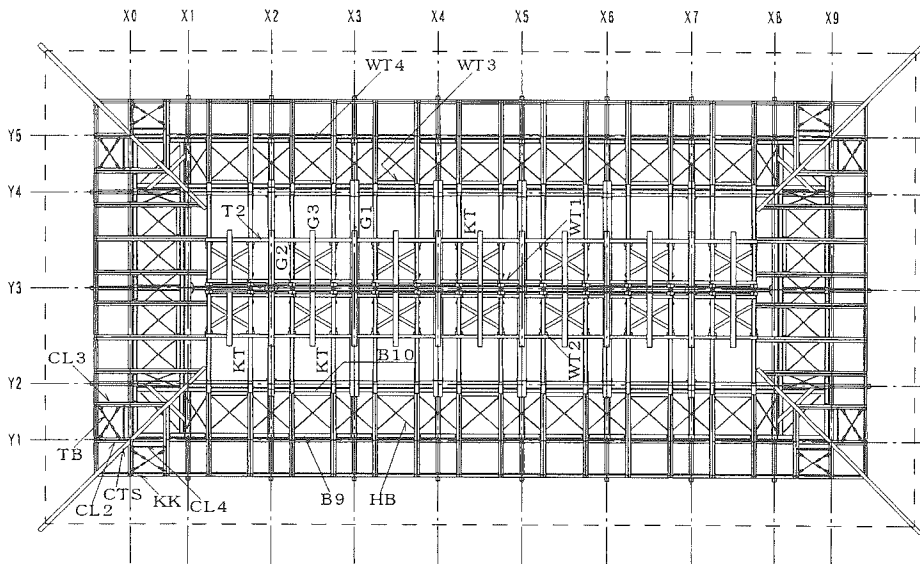


図23a 虹梁・トラス伏図

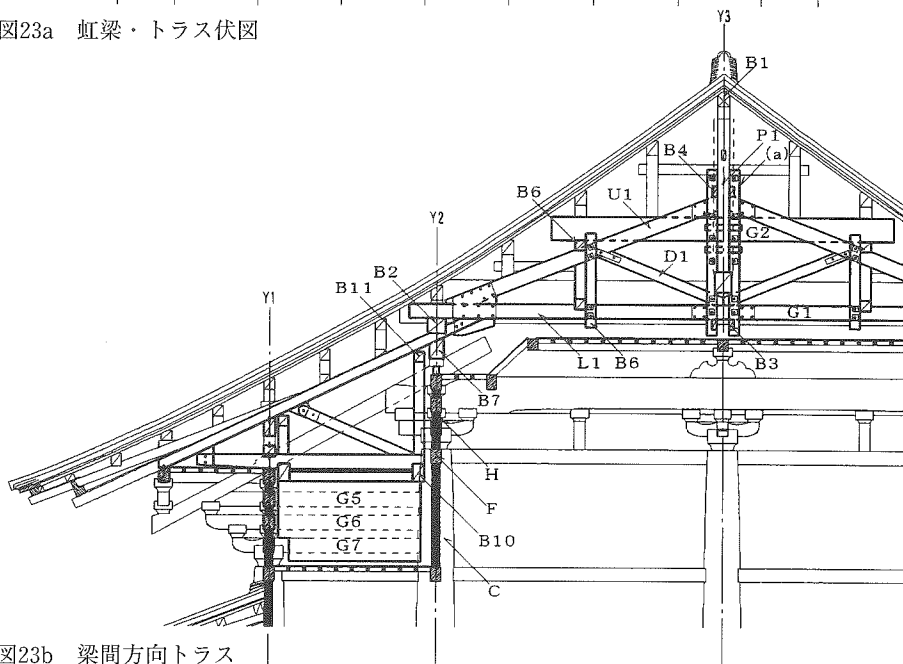


図23b 梁間方向トラス

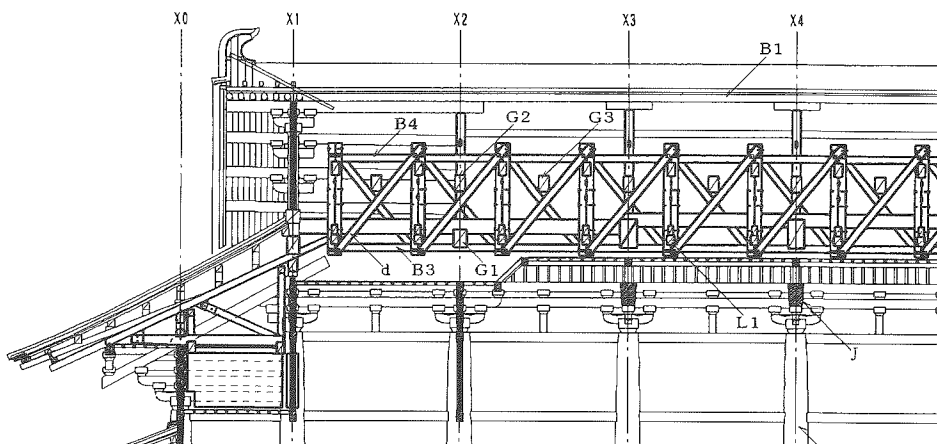


図23c 桁行方向トラス WT 1

平側	:	36台 (内隅配付 8台)
妻側	:	20台 (内隅配付 8台)
平行弦ワレントラス (WT 3)	:	2台 (入側柱筋側)
平行弦ワレントラス (WT 4)	:	2台 (側柱筋側)

二・二 身舎部のトラスによる構造補強

本建部分の補強架構の概要は以下の通りである。

① 梁間方向の補強

木造キングポストトラス (KT) ↓ 14台

本建筋の二重梁架構の両側に1,100%離れた位置に梁間方向に設置

断面の構成は (いずれも%)、下弦材L 1 及び合掌材U 1 は257×206, 東材P 2 は182×91, 真東P 1 は215×215, 斜材D 1 は182×182である。

接合部は引張材については欠き込み仕口・ボルト止め、合掌と下弦材の圧縮接合部は鞍掛け・斜めボルト締め、真東と合掌の交点は鞍掛け・両面帯鉄・ボルト締めである。両端の支承部は渡顎とし、ボルトにて横材B 3 と綴って揚力に対抗する。

② 桁行方向の補強

下記の3種類の木造平行弦ワレントラス (WT1, WT 2)

(一) WT 1

棟通り東材の側面に設置する2台の桁行方向トラス

図23bに示すように梁間方向補強トラス (KT) の中央の真東P 1 は棟木B 1 を支持するため合掌材U 1 の合掌点より上に約2 m伸長してあり、この真東P 1 の側面において合掌材U 1 並びに下弦材L 1 を挟みつけている縦材 (a,182×182) 4本をボルトにて結合して東ねたものを東材とする。

上弦材 (B 4) 及び下弦材 (B 3) は182×81の断面を有し、KTトラスの合掌材U 1 の天端及び下弦材L 1 の下面において、東材 (a) に桁行方向に組付けるとともに、二重梁の下段のG 1 の桁行方向繋ぎ梁B 2 と欠き込みにて結合している。斜材 (d) は図23cに示すように182×182の断面材を東材 (a) と上・下弦材 (b,c) の交点間を櫓掛けに結合してダブルワレントラスを構成する。他の補強トラスと同様、各部材は欠き込みにて組付け、側面から座金とボルトで綴る常套的な接合法を採用している。

WT 1 はWT 2 と同様に

- イ) 伝統的二重梁の下段の大梁G 1 を、桁行方向の繋ぎ梁B 2 を介して、中央より中間支持し、これを梁間方向に設置したKTトラスの真東P 1 に鉛直力を伝達する。

- ロ) 大梁G1,KTトラスを横補剛して倒れを防止すること。
を主な目的としている。

(二) WT 2

KTトラスの2番束を桁行方向に結合する木造のダブルワレントラス
架構形状や部材の結合方法は基本的にはWT1と同様である。異なるのは、

- (イ) 本トラスは図23bに示すように二重梁G2の支点反力をKTトラスに伝達させるために、上弦材(B5)をG2の下面に挿入し、KTトラスの2番束P2の側面において合掌材U1に載せており、一方、下弦材(e)はKTトラスの2番束P2の側面に沿わせて、下弦材L1に接合しているのに対し、下段の大梁G1にはその側面にほぞ入力でG1の梁成の中央付近で止めていること。
- (ロ) 斜材(f)は上段の大梁G2及びG2と同断面の中間大梁G3から作用する屋根の鉛直力をKTトラスの2番束P2に伝達するため、G1およびG1'とP2と下弦材(B6)の交点を「ハ」形に結んでいること。

WT1,WT2の2種類の桁行方向トラスによって、伝統的二重梁の鉛直力をその両側の梁間方向のKTに分散させ(図23b)、

- ① G1の支点反力↓大斗より入側柱C
- ② KTの支点反力↓地垂木の尻押えの横材B2↓尾垂木尻押えB7↓入側柱筋上の桁行方向小壁H↓頭貫B5↓入側柱Cの経路を介して何れも入側柱Cに伝達する。

二・三 庇部のトラスによる構造補強

庇部の構造補強も三・二章の本建と同様、梁間方向の半山形トラス(GT1)とこれらを桁行方向に結合する2種類の平行弦ワレントラス(WT3,4)で構成され、さらに補助的に三手先の一手目と二手目に相当する通し肘木G5,G6,G7については、外陣側で耐力合板(PW)の当て板補強を施す。

三 屋根の隅部の鉄骨トラス構造補強(GTS)

隅部の補強トラス並びに補助部材の配置を図23aに、又図24には隅部の補強トラスGTSの詳細を示す。

図24に示すように隅の垂木は配付のため、隅柱C3より外側の軒荷重は全て隅木SGに伝達する必要があるが、多段に組んだ隅尾垂木のみで隅軒の全荷重を支持するのは難しいため、鉄骨トラス(GTS)により構造補強する。

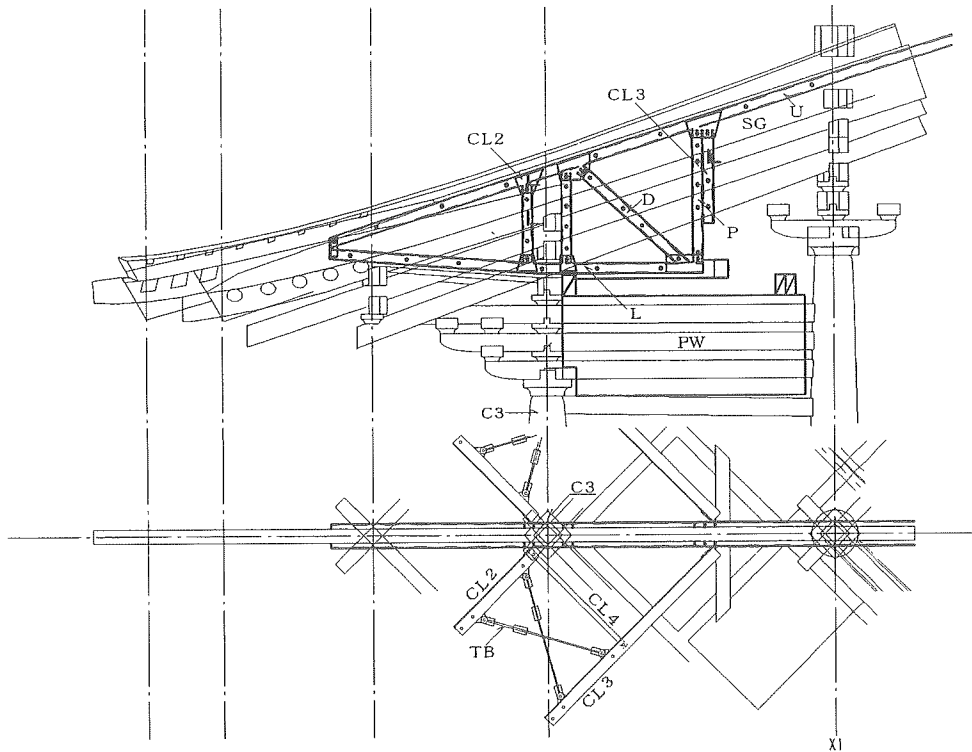


図24 隅部補強トラスGTSの概要

GTSトラスはGT 1と同様の山形トラスで、使用部材は全て $\square - 150 \times 75 \times 6.5 \times 10$ の溝形鋼である。この山形トラス (GTS) を隅木の大材の側面に両側よりボルトにより挟みつけて一体化している。

なお、弦材の溝形鋼は何れも外面にウェブが露出するように配置し、隅木側はフランジの錨が向くようにしている。これは、鉄骨と隅木の接触面積を小さくするためであり、上記の綴りボルトの綴り位置のみ、座鉄を設けて木材を挟む構造になっている。

このトラスの上弦材の上側において、配付地垂木が隅木に掛かり、この荷重を隅木を介して補強鉄骨トラスに伝達する。

隅部に関しても、トラス下部の支点反力の隅部の通し肘木への伝達方法は前節の平部と同様で、多段の通し肘木の両面を耐力合板PWで両面を挟んで一体補強する。

配付垂木の垂下を防止するため、GTSの側面には $L - 175 \times 175 \times 15$ の山形鋼を2段に組んだ片持梁CL2, CL3を突出させている。この片持梁の鼻先は、図23aに示すように出桁KKに結合して、軒線を固め、相互にターンバックルTBにより牽掛けにして振れ止めとするとともに、内陣側には $L - 75 \times 75 \times 12$ の山形鋼の補助材CL3を配して固める。

おわりに

薬師寺大講堂は、白鳳時代の建築様式を復原した大規模な木造建築物であることから、構造上の安全性をどのように確保するかに考慮を重ねた。

その間、東京大学名誉教授太田博太郎博士、前奈良国立文化財研究所長 鈴木嘉吉博士をはじめとする多くの方々の御指導と御助言をいただき、安全性の検討を進めることができた。

今後の日本の伝統的な木工技術の保存及び発展のためにも、本格的な伝統建築の再興の機会が多く得られることを期待して、この報告を終わる。

編集後記

平成16年（2004年）12月

会誌第8号をお送りいたします。

巻頭言は現理事の銚井修一京都大学教授にお願いしました。先生のご専門は建築環境工学で、とくに建築物の熱・湿氣的性状の研究に、ご成果をあげておられます。現在は建築系大学院学生の教育方法の理念について考究されております。

研究報告1は慈照寺(通称 銀閣寺)の初期の頃の中門の復元研究であります。そのための整備委員会が川上貢先生を委員長として設置されました。文献にある平面図とそれに対応する遺跡の発掘が行なわれ、両者が比較検討され復元がなされた典型的な復元研究です。

研究報告2は前号(第7号)の「薬師寺大講堂の構造補強設計」の続きであります。執筆者として西澤英和氏(非常勤研究員)のお名前を追加させていただきます。

今年(平成16年)の台風は、日本本土に上陸した数が異常に多く、また強く、とくに10月20日(水)の台風23号による被害は全国的で京都府のそれも大きいものでした。このような異常気象はこの10年ほど目立ってきた地球温暖化の現象の一つの現われのように感じられます。現在よく言われる地球温暖化は、もっともっと長い50年・百年の期間の気象予測のことであるが、これがもっと短期的な問題である可能性があるかもしれないという不安にかられます。そうでないことを祈ります。

すぐ続いて起った10月23日(土)の新潟中越地震は我が国独特の地すべり常習地帯で起っており、余震の数とその強さがこれまでの日本の地震の常識を外れて非常に厳しいもので、回復不能の地域をつくりだしており、別の意味で甚だ不安であります。これもそうでないことを祈るばかりです。

皆様、よいお年をお迎え下さい。

(松浦邦男)

建築研究協会誌 第8号

平成16年(2004年)12月30日

発行 財団法人 建築研究協会

〒606-8203 京都市左京区田中関田町43

電話 075-761-5355

FAX 075-751-7041

印刷 株式会社 便利堂

Architectural Research Association



2004 · 12