プラサート・スーブラ塔の基礎・基壇の構成と技法

アンコール遺跡“プラサート・スーブラ塔”の建築技法に関する研究 (1)

ON THE BASEMENT AND PLATFORM OF PRASAT SUOR PRAT TOWER

Study of architectural techniques of Prasat Suor Prat tower in Angkor (Part 1)

赤澤 泰*, 中川 武**, 溝口明則***

Yasushi AKAZAWA, Takeshi NAKAGAWA and Akinori MIZOGUCHI

In conservation and restoration of monuments, investigation of a deterioration damage factor is the necessary and indispensable matter. By conservation and restoration project of Prasat Suor Prat, in this paper, the basement and platform were exposed a focus which were gathered to the main factor of deterioration damage to the tower. The architectural techniques of the Prasat Suor Prat towers, particularly on this subject, architectural techniques of the basement and platform of the Angkor monument were advance studied. Those studies were based on knowledge provided from the project carried out by Japanes government team for safeguarding Angkor (JSA).

Keywords: Angkor, Prasat Suor Prat Tower, Basement and Platform, Laterite, Compacted soil layers

アンコール, プラサート・スーブラ塔, 基礎・基壇, ラテライト, 版築砂層

1. はじめに

プラサート・スーブラは、アンコール・トムの中央よりやや北に位置し、王宮前広場の東辺を区画する、南北に長いテラスと12基の塔からなる複合建築である(図1～3)。12基の塔は、東西に走り「勝利の門」へ至る道路によって、6基ずつ南北2群に分けられている。各群の塔は、いずれも王宮と向かい合って西面して建つが、北群の南端の塔(N1塔。南面する)と南群の北端の塔(S1塔。北面する)だけが道路を挟んで向かい合っている。建立年代は不明な点が多いが、破風に施されたレリーフの様式区分などから、バイヨン期を降らないことは確実と考えられてきた。日本国政府アンコール遺跡救済チーム(JSA:代表 中川武。以下JSAと呼称)^{注1}は、建築学をはじめ考古学、保存科学、地盤工学、岩石学など各分野の基礎研究を継続し、その成果を併行して進められた保存修復事業に活用してきた。今回のプラサート・スーブラ塔保存修復工事においても、1994年から開始された考古班によるテラスの発掘調査をはじめとして、保存修復に必要と考えられる様々な分野の調査を実施した。プラサート・スーブラ塔の保存修復計画における基本的な考え方は、短期間で全ての対象を保存修復するのではなく、12基の塔とテラスの劣化状態に対応しながら長期的な修復を目指すものである。2001年から2004年に渡るN2塔前室およびN1塔の保存修復工事は、そ

の先導的な役割を果たすパイロットプランと位置づけ、実施したものである。今回修復対象となったN1塔は、塔の背面に接して存在する沐浴池側への傾斜が著しく、基壇部の劣化や開口部材の破壊も深刻な状態であった。12基の塔の中で最も倒壊の危険が高く、保存修復工事が急を要すると判断された遺構である。

N1塔の保存修復工事の特徴は、これまでアンコール遺跡群ではほとんど修復の例のないラテライト組積造^{注2}であるとともに、塔状建築として特殊な形式の構築物を対象に全解体を実施したことである。プラサート・スーブラは、1950年から1960年代にフランス極東学院^{注3}によって解体修復工事が実施されたが、この工事の対象となった塔(JSAの呼称ではN3塔)では基壇、基礎の解体が行なわれず、したがって基礎と基壇内部の調査も実施されなかった。また、この工事においては、目地接着剤としてセメントモルタルが使用されたほか、RC造の大梁を挿入しており、純粋なラテライト組積造の再現例とは認めがたい。そのためN1塔の解体工事では、ラテライトブロックの建立当初の組積方法に関する調査研究から、再構築に際して必要となる破損したラテライト部材の修復方法やそのための材料の選定まで、多様な課題に対してあらたに調査が必要になり、研究開発すべき多くの項目に対応する必要があった。しかしこのことが、今回の修復工事の重要な目標の一つであった。

* ㈱鴻池組
早稲田大学理工学研究センター 客員講師

** 早稲田大学理工学術院 教授・工博

*** 東京家政学院大学人文学部工芸文化学科 助教授・工博

KONOIKE Construction Co., Ltd.
Lecturer, Advanced Research Institute for Science and Engineering, Waseda University
Prof., School of Science and Engineering, Waseda University, Dr. Eng.
Assoc. Prof., Faculty of Humanities, Tokyo Kasei Gakuin University, Dr. Eng.

図1 アンコール遺跡地図

図2 Angkor Thom 中央部 配置図

第2の特徴は、基礎、基壇の詳細発掘調査を実施し、塔の傾斜要因の解析に努めたことであり、これが本論考で採り上げる研究課題である。アンコールの遺構における基壇、基礎に関する知見は極めて少ない。1996年から1999年にかけてJSAが実施したバイヨン北経蔵保存修復工事^{注4}においても、部分的ではあるが基壇部の解体調査を実施し、一定の成果を得た。しかしバイヨン北経蔵は、バイヨン伽藍の下部テラス上に設置された遺構であるため、基壇の下部はプラサート・スーブラ塔など独立した建築に用いられる通常の基礎と異なる構成を採っている。また、これまでアンコール地域で実施された基礎、基壇に関わる保存修復工事はわずかな事例しかなく、主に現代建築の工法と材料を取り入れて安定化を図っている。例えば、基壇内部にコンクリート壁を巡らし、適宜排水管を導入する等の手法である。図4は1999年から開始されたPre Rup寺院における基礎の修復工事断面である。イタリア隊によって実施された工事は、レンガ造の遺構であるため、上部構造体の解体を実施せずに床下を発掘して鉄筋コンクリートの箱形の基礎を設置し、ここから周囲のラテライトブロックに鉄筋を挿入することで基礎の強度を回復しようとした。これらの手法の導入については適切な調査に基づいて計

画されであろうが、一般に、現代工法の導入は、予想外の取り返しのつかない事態を招く恐れがある。このため、JSAは創建時の工法を可能なかぎり復元し、保存工事に生かす必要があると考えている。

以上の背景から、今回の工事では徹底した調査と劣化要因の解析に臨み、各種の試行と実験を経て実際の修復方法を策定し、実施設計を行なうこととなった。文化財の保存修復であるから、極力現状保存が望ましいことは言うまでもない。しかし、修復後50年ほど経過した現在のN3塔は再び傾斜し、開口部材などが破断して危険な状態にある。N3塔の傾斜はおそらく修復工事直後、もしくは修復工事中に始まっていた可能性がある。基礎、基壇に手を付けずに上部構造を固化したためであろう。このような事例もあるため、JSAでは基礎、基壇の修復の必要性を認め、当初ハンドオーガーなどを使用した調査を繰り返し実施した。また、全体体せず部分的な解体の修復可否の検討やピサの斜塔における保存修復工事に用いられた手法など、さまざまな可能性を検討した。しかし基礎、基壇の構成と劣化損傷要因を把握し、工事の方針を策定するためには、未解体の調査では限界があった。将来解体工事が必要となるであろう他の11基の塔のためにも基礎、基壇の様相をよく理解する必要がある、全解体を実施するに至った。この結果、基礎を含む全てを解体して各種の調査を実施し、実験を繰り返して独自に開発した消石灰改良土を使用し、オリジナル工法に近似する版築工法によって再構築を行なうこととなった。基礎部の詳細調査および全解体と再構築の事業は、アンコール地域の保存修復事業では先例を見ないので、今回の工事を通して得られた経験は、今後の保存修復事業にとって大きな収穫であったと思われる。本論考では、N1塔修復工事を契機とする詳細調査によって解明された塔の基礎、基壇における創建時の技法的特質についてとりあげることにする。

図3 Angkor Thom 王宮前広場配置図

図4 イタリア隊によって実施された基礎の修復事例 (Pre.Rup)

2. 遺構の現状

2-1. 遺構の構造・規模及び建築形式概要

プラサート・スープラN1塔（以下N1塔と呼称）の建築形式は、主塔を一室構成とし、外観は基壇上に初層を載せ、順に第2層、第3層、頂部屋根を積載した塔建築である（図5～7）。しかし内部は初層上部に木造の天井痕跡がみられるのみで、各層を分ける床構造はなく単層の建築形式である。この主塔の前面に入口の間として機能する前室が接続する。遺構の主要構造材はラテライトブロックで構成されているが、開口部、破風、軒の隅飾りなど装飾的要素が必要とされる限られた部位に砂岩ブロックが使われている。このように限定した砂岩材の使い方は、プレ・アンコール期やアンコール期初期に遡るレンガ造の遺構に共通する使い方である。

調査開始前の状態では、基礎部は堆積土砂によって埋没し確認することができず、また基壇の一部も同様に確認ができない状態であったが、今回解体調査により、塔の全容が明らかになった。

塔の構成の様相は、下部から順に、敷石（ラテライトブロック1段：後述するがこの段は基礎に含むのが妥当と考えられる）、基壇直下の

基座（1段）、下部基壇（3段）上部基壇（1段）、初層壁体基座（2段）、初層壁体（17段。コーニス含む）、第2層（9段。コーニス含む）、第3層（8段。コーニス含む）、頂部屋根（屋根部分は推定4段。ベディメントは8段）である。全高は、敷石ブロック下部から頂部屋根破風の天端まで約21mの高さを有し、基礎として、最下段ラテライトブロック敷石下面より深さ約2mの版築砂層を確認した。平面規模は、基壇外法寸法で正面約9.2m、側面約10.5mとなる。初層壁体部では同じく外法寸法で正面約6.5m、側面約8mである。なお、ブロックは規格寸法を持たないため、段数がただちに基壇等の寸法を決定するものではない。本論文ではN1塔の初層壁体基座から下の敷石－基座－下部基壇－上部基壇の關係に注目して論述する。

2-2. 劣化・損傷状態と後世の改変痕跡

塔の保存修復方針の検討にあたり、現状を把握するための精密調査が実施された。この調査によって判明した劣化、崩壊状態の概略を述べる。N1塔は、プラサート・スープラ全12塔の中で最も損傷が著しい遺構である^{注5}。背後（北面）に接する沐浴池側への傾斜は最大約4.96%（北西方向）もあり、傾斜が要因となって東面、北面、西面の初層壁体部に大きな目地開きが確認された（図9,10）。また前室は、屋根前面が崩壊し、残る屋根材も大きく内側に傾斜しており、西壁面は外側に傾いた状態であった。さらに、前室側面の屋根および前室窓の両端の目地や、前室と主塔との接続箇所の目地の開きも大きく、形状を維持するのも困難な状態に見受けられた。上下の基壇や初層基座では、北面を中心に東面、西面のそれぞれ北寄りの部位に劣化や目地開きが目立った。この劣化状態を仮組み調査時の実測数値によって示す（図8）。垂直方向の動きは、初層壁体最下段上面における対角点の比較によって理解できる。塔の傾斜様態から最も沈下が少ないと判断できる南東角部と、反対に最も沈下が著しい北東角部との実測値の差は507mmである。図8の各面の数値は水平方向のブロックの移動量で、東西南北各辺における解体時と再構築時の比較数値である。最も移動量が大きかった西辺で

図5 Prasat Suor Prat N1塔
平面図(修復工事竣工図面) 図6 Prasat Suor Prat N1塔
西立面図(修復工事竣工図面) 図7 Prasat Suor Prat N1塔
南立面図(修復工事竣工図面)

図8 Prasat Suor Prat N1塔の沈下と石材移動の様相

170mm, 北辺で142mm, 東辺で120mm, 最も少なかった南辺でも90mmの差が確認された。これらの数値により、塔が北西側に傾斜しながら沈下し、平面を押し広げていたことが理解できる。東、西、北面に設けられた窓開口部では、いずれも下枠材が中央で破断し大きな亀裂が確認された。堅枠材も傾斜し、壁付柱との間で目地が大きく開いている。また窓開口部では、創建時に存在したと推測される連子子は1本も認められなかった。各層の原位置に残存していた軒の隅飾りは、部材の劣化が著しく崩落の危険が予想された。飾り破風も大部分が崩落しており、かろうじて現存する部材も隅飾り同様、崩落の危険があった。

後世の改変痕跡として、前室入口廻りの状況は注目に値する。ブラサート・スーブラ各塔の前室入口垂直材は途中で継ぎ足されていることが明らかに見てとれる。クメール建築は、開口部を形成する垂直、水平の枠材に連続する直線的な線刻が施される場合が多い。この特徴は、ブラサート・スーブラ各塔主室入口も同様である。しかし、上下2材ないし3材に分かれた左右垂直材（堅枠材）は、前述した線刻がその下方材にのみ認められる。上方材には一部に異質な彫刻が存在するため、後の時代に、やや強引に挿入された転用材と判断される。したがって、後代になって前室入口枠に大規模な改造、すなわち入口枠の拡大がなされたと考えられた。入口枠下部は、

当初の下枠の上にラテライトブロックと砂岩ブロックを重ね、建立当時よりも約1m高い、新たな入口下枠材としている。つまり入口枠の改造は、内法高さを拡大するとともに、入口を上方へ移動させている。この改造に合わせ、前室の床高さも変更が加えられている。床高さは、当初材の4段の階段を埋没させるよう土を充填し、約1.2m嵩上げするという方法が採られた。前室床レベルの変更に伴い主塔内部の床レベルも改造を受けている。わずかに0.35m程、床高さが持ち上げられていたが、前室同様に土を敷きつめることで嵩上げがなされている。クメール建築の入口廻りの特徴である付柱、節柱の構成も、入口位置の変更を受けて改造が施されたと推察されるが、残存状態が悪く痕跡が明瞭ではない。改造時に前室の破風が積載された痕跡は不明瞭で、入り口枠の上部正面には、ラテライトの妻壁が直接現われていた可能性が高い。

外部テラスの詳細はつかみきれていないが、入口枠の高さに変更が加えられていることから、テラスの高さに変化があったようである。テラスの改造と前室入口枠の改造とは強い因果関係が予想され、テラスの改造に起因して前室入口枠の改造が施された可能性が高い。

解体工事前の調査から推測された傾斜要因事項を以下に列記する。1) 圧密沈下, 2) 沐浴池側への滑り, 偏土圧 (池側が小さい) による傾斜, 3) 雨水浸透に伴う基壇内砂事業の流亡による体積減少, 4) 風荷重による傾斜, 5) 塔脚部, 基壇部の劣化と構造系の乱れに伴う応力集中による沈下, 6) 樹根による目地開きとラテライトの劣化による局所的な応力集中, 7) 構造上生じる基壇の外開き, 8) 蟻塚形成に伴う基壇内部の空洞拡大と沈下の8項目である。しかしこの時点の調査では主要因を解明するに至らなかった。前述のように基壇部のブロック間の目地開きが北側ほど広がるなど、塔の傾斜方向と塔の劣化、損傷の度合いに相関関係があることが伺え、塔が傾斜することになった主要因の究明が、塔の保存修復にとって不可欠の調査、研究事項であり、基礎と基壇の精密調査が必要であった。そのため基礎を含めた全解体を実施し、基礎、基壇の詳細精密調査を進め、この調査結果から導かれた修復設計の方針に従い、塔の安定化のために必要最小限の改良が加えられることになった^{注6}。

2-3. 北沐浴池^{注7}

ブラサート・スーブラの南北両群にはそれぞれ沐浴池が隣接し、N1塔の背後(北側)には北沐浴池の南辺が接している(図3)。この北沐浴池が塔の傾斜や劣化に影響を及ぼした可能性も予想されていたため、護岸部を中心に発掘調査を実施した。前述のように沐浴地の護岸もラテライトブロックを積んで構築されている。岩石学の帯磁率調査によると、このラテライトブロックはN1塔に使用されて

図9 Prasat Suor Prat N1塔
南北断面図 (修復工事前図面)

図10 Prasat Suor Prat N1塔
西面 (修復工事前)

図11 Prasat Suor Prat N1塔 北面基礎断面図

いるものより古い時代のもので、年代は明瞭ではないが、プラサート・スーブラ各塔より遡る可能性が指摘されている^{注8}。

この沐浴池護岸の施工にも版築工法が使われていた。護岸は14段の組積からなるが、下部(最下段から上8段程度まで)は地山層を掘り込んで構築されている。護岸上部は地山より高く、6段のラテライトブロック背面は盛土層である(図11)。護岸下部、地山層とラテライトブロックとの境界部では、ラテライト細片を多量に含む層と砂層を交互に積み重ねる特徴のある施工がなされている。両者とも十分に締め固められてラテライトブロックの荷重を受けおり、護岸ラテライトブロックの安定に十分に寄与していると考えられる。

沐浴池は、雨季と乾季によって水位の増減が顕著である。テラス及び塔の周囲の地表レベルは、雨水が沐浴池に流れ込むレベルである。この状況は、おそらくテラスの増改築に起因する。そのため大量の土砂が雨水とともに流入し、北沐浴池の池底のレベルは創建時に比べ、2.6m程高くなっていた。沐浴池全域の詳細調査が困難であったため、池の流入口や排水口の存否は不明のままだが、調査結果からみて、北沐浴池は、単に雨水を貯留するための施設と考えられる。乾季は完全に干上がった状態になり、反対に雨季は護岸ブロックの12段ほどの位置まで水位が上昇する。このような水位変動の繰り返しが護岸に影響を及ぼし、塔の基礎、基壇に影響を与えたと考えられる。雨季には地盤が膨張し乾季には収縮する。この膨張収縮は経年的に類似した変位を繰り返す、いわば弾性変位が卓越したものだが、風や降雨など何らかの原因で突発的に大きな変位が発生する場合がある。この変位は塑性変位として残留し塔の傾斜を蓄積する。そして池側へ向いた傾斜によって塔頂部の石材が不安定となり、池の中や護岸部に落下し、護岸の破壊を促進するという悪循環に陥ることになる。

護岸基礎部の発掘調査による断面層位の様相から、N1塔の基礎は地山を掘り込んで構築されたことが確認できる。護岸ブロックと塔のブロックが隣接しているため、基礎構築を目的とする掘削を実行するためには、一旦護岸上部を解体する必要がある、塔の建設にあわせてブロックを積み直した可能性が予想される。後述する切削時の法面の角度も、護岸側(北側)は傾斜が緩くなっている。このため周囲の地盤反力に比べ、北側は反力が低いことが予想される。さらに、沐浴池のため基礎部の「根入れ」部分の応力状態も不均等となる。このような基礎の様相は、塔が構造体として護岸側に弱点を有していることを意味する。塔の構造的弱点とともに、N1塔が沐浴池南辺(長辺)の中央寄りに位置しているため、護岸もまた、塔の挙動の影響を受けやすい。護岸南辺の変位測定結果では、N1塔が隣接する付近で、北側に向かって約200mmの水平移動が起きている。塔によって押し出されたとき見える挙動である。この水平移動は、護岸に近い北側の基壇ブロックの目地開きが顕著であるように、護岸ばかりでなく塔の脚部にも認められる。このように沐浴池の隣接がN1塔の傾斜と劣化に与えた影響は小さくないであろう。

3. 基礎・基壇部の形式とその技法

3-1. 基礎部

アンコール遺跡群の建築様式では、通例、基礎となる地表面に基壇の最下部を形成する基座が敷かれ、この上に中段がくびれた須弥山型の基壇が積載される。しかし、プラサート・スーブラの基壇の

構成は通常と異なり、基座の直下にさらに1段の敷石ラテライトブロックが敷かれている。この遺構の「基礎」と「基壇」の建築的形式区分は通例と異なる。基壇が接する地盤を基礎と考えるならば、地山層からラテライトブロックの組積が始まるまでの部位を「基礎」と捉えるのが自然であろう。しかし、発掘調査時の土層断面及び最下段ラテライトブロックとその周辺の状態の確認から、地上最下段のラテライトブロックは、遺構の外縁を形成する敷石のように使用されることを目的として設置された可能性が高い。したがってこの段も「基礎」に含めてよいと考えられる。この地上最下段ブロックの周辺は、その段の上面あたりに相当する高さでラテライト細片が多量に含まれる土砂の層が形成されていた。これは、上部の基壇や塔本体のラテライト壁表面を削り、整形を施す時に発生したラテライト小辺や細粉が、除去されることなく堆積したものと考えられる。すなわちこの段が「見せるつもりのない」部位であったことを意味すると判断してよいであろう。つまり当該遺構は、砂岩とラテライトを使い分ける通例の基壇構成と異なり、ラテライトのみ用いるため基礎と基壇の境界が見きわめににくい、上述の細部の判断に従って、通例と相違のない基壇構成をとっていると判断することができる。したがって、地表に現れた最下段の直上の1段のブロックが基壇の本来の最下部を形成する基座であったと捉えることができる。

N1塔が各所において未完成であることは、プラサート・スーブラの中で最も完成度の高いN3塔と比較することによって判断できる。すなわち、N3塔の構成と比較すると、N1塔の最下段は平面上の出入も不揃いであり、モールディングや彫刻の整形が施されていない点が注目されるが、これは単に未完成のためであることが判る。したがって、ラテライトブロックの地上最下段を含めた部位を「基礎」(現状の地上の最下段は基礎の最上段)、それより上部を「基壇」と区分することが妥当と考えられる。

基礎は版築砂層によって構成されている。この層は深さ約2mを有し、構成は砂層の積層構造、いわゆる版築からなっている。基礎部としての積層は12段、各層の厚みは100mmから500mm程までのばらつきがある。塔建設時の地盤の状態としては、当該設計地盤面から約1.5m下に地山層が存在し、それより上部は盛土層であった。基礎底部はこの地山層の一部、約50cmの深さを切削し、版築砂層を充填している。充填された版築層は3層から4層である。掘り込み地業は、創建当時、設計地盤面からの追い出しによる基礎版築層の層厚確保、もしくは、地山層表層部を版築層に置換することによる「基盤層」の構築などが目標であったと考えられる。

地盤工学的な調査では、地山層の土質特性は粘性土であり、基礎版築層および基壇内部版築砂層の土砂とは粒度構成が異なっていることが確認された。雨季と乾季のあるアンコール地域では、両季節による地下水位の変動が大きい。基礎部の建造は、支持力が小さく吸水膨張による強度変化が大きい粘性土やシルト系の土質から、地下水の影響が少ない砂層土へと土質を変更(置換による地盤改良)し、さらに、構築物の基礎としての強度を有するように、版築工法を用いて密度の向上を図ったことが判る。版築層は、きわめて入念に施工されたことが観察され、現在に至っても一部で良好な状態が保たれている。創建時すでに締め固めに適した土砂または粒度調整の方法がよく認識されていたことを物語るものであろう。

基礎の精密調査では、排水を目的とした特別な技法や施設は認め

図12 Prasat Suor Prat N1塔 基礎発掘状況

図13 Prasat Suor Prat N1塔 基礎・基壇断面図

られなかった。基礎部に浸透した水は、上部では蒸発散したり外部に流出する。一方、下部の粘性土地山掘削部分では地下水が一時的に貯留され、緩慢に地下水が流出していくという2種類の地下水状態が予想される。基礎発掘調査時の断面確認時に、上部では砂層中の鉄分が酸化し赤褐色に変色した部位が認められるにも関わらず、下部では還元状態のように濃青色を示していたため、地山粘土層からの地下水の流出がほとんどないと判断されたためである。版築砂層の状態に大きな差異が認められたことで、基礎上部と下部では、地下水の貯留状態に差異があることが予想された。

前室の基礎は主塔の基礎部から離れ、独立して形成されていた(図12)。平面的に見れば、前室基壇の東西側面および中央に基礎が存在せず、正面となる南辺下部に限って造られている。地上の最下段ブロックからの深さも、主塔の基礎より浅い。もちろん上部構造体の大きさが異なり、積載荷重が異なるのであるから、基礎構造の規模と構成が異なっても不思議ではない。ただ、創建時の基礎建設の際、このように独立してそれぞれ基礎の切削を行なうものか、疑問が残るところである。前室壁体と主室の壁体の取まりも、それぞれ独立したブロックを積載して接合面を突きつけており、あるいは主塔の建造途上で、急遽前室が加えられた可能性なども想定できそうである。しかし、今回の調査では主塔と前室の確かな時代差は見出せなかった。

また、主塔の地上最下段ブロック、つまり基礎最上部のラテライトブロックが基礎地業よりも外側に踏み出している箇所が認められた(図13)。上部構造の荷重により、基壇の側面構成材が外側に押し出されている可能性も考えられるが、そうであれば、基壇ラテライトブロックも含め、複数の段ごと移動ないし回転を起こすはずであり、地上最下段のブロックに限って外に向けて移動したと考えることは難しい。また、地業はある程度余裕のある幅を持って施工され、ラテライトブロックは地業の上に置かれると考えるのが自然で

ある。しかし、地業のほうが一回り小さいか、もしくは厳しい精度で切削を実施している。さらに、創建時の基礎切削時の法面の角度についても興味深い調査結果が得られた。切削面は垂直に掘り込まれているのではなく、底部に向かって広がるように、角度を付けて切削されていた。この角度は、約54度から63度(平均58度)で、版築砂層に伝達された荷重が下部に流れる角度と同等と考えられるため、切削周囲の地盤反力をうまく利用していると受け止めることができる。しかし、北側に限っては、沐浴池が隣接するために、この角度が他の辺と異なって緩く、45度ほどになっている。上述のようにこのことも、塔の傾斜に影響しているものと推測できる。

3-2. 基壇部

N1塔の基壇は、先にも触れたように、地表最下段ブロック直上のラテライトブロックより上部、外観でみればラテライトブロック5段分の範囲を指し、基壇基座、下部基壇、上部基壇を構成するものと捉えている。これまでアンコールの遺構では、基壇に関して、その装飾彫刻や様式の特質などについて研究が進められてきたものの、基壇内部の構造や構成、工法についてまとまった言及がなされた論考がみられない。そこで前述した「バイヨン北経蔵」の基壇(図14)における構成と、プラサート・スープラN1塔の基壇を比較し、改めてN1塔基壇の特徴を抽出してみよう。まず、主要構成材は前者が砂岩ブロック、後者がラテライトブロックである。このため両者は、基壇断面の構成に大きな相違がある。前者では、基壇外から内に向かって順に砂岩1列、ラテライト1列、版築砂層となるが、後者では、表面を覆うラテライト1列の背後に、直接版築砂層が充填される。最外装の砂岩がなく、その分、小口積みされたラテライトブロックの奥行き寸法は、通例の砂岩ブロックや内込めのラテライトブロックに比べて大きくとられている(図15)。

バイヨン経蔵は、通常よりも背の高い特別な基壇構成を持つが、それでも基壇の基本的な形状は、両者に大きな違いがみられない。

図14 バイヨン北経蔵 基壇断面図

断面の形状は、上部基壇、下部基壇、基壇基座と下るにしたがって徐々に外側に迫り出す形状である。いずれも上部構造体の荷重を垂直に支持する直下に版築層が位置し、この位置を砂岩もしくはラテライトブロックが占めることはない(図14)。この基壇の構成は、N1塔の保存修復設計の際に検討された重要な事項である。もし、積載されたブロックが形作る基壇構成材の断面形状が、底部面積を広く取った台形型であれば、塔はより安定した状態で保たれ、傾斜や劣化の度合いも小さかったであろうことが推察された。先に触れたPre Rup寺院の断面図(図4)においても、ラテライトベースと呼ばれる部位の形状は、底部を広く取っている。Pre Rup寺院の修復工事の場合、基壇部の詳細調査が実施されなかったため、この断面図については推測が含まれていると考えられるが、その際、通常の構造形式を想定して描かれたであろう基壇構成の断面が、上述のように底部の広い形状となっていることは注目に値する。

一方N1塔では、初層壁体の直下となる位置に初層の壁体基座のブロックが存在するものの、基壇上面のラテライトブロックは壁体底面と完全に重なる位置になく、外側に踏み出している。そのため上部構造体の荷重の伝達は、基壇まで降りたところでラテライトブロックと内部版築砂層に分担されることになる。鉛直方向の圧縮性を比較すると、当然のことだがラテライトブロックの方が版築砂層に比べて小さい。剛性の異なる材料に荷重が分担されるため、上部基壇に伝達された荷重は、版築砂層を圧縮しこの側に向かって回転しようとする。この結果上部荷重は、下部基壇を外側に押し出すように作用することになる。同一の材料で上部荷重を支持するのであれば、等沈下はあるものの、不同沈下やそれに伴う回転などの現象は起こらない。なぜこのような不均等な荷重支持の状態が起こったのであろうか。基壇を構成するラテライトブロックが構造材として考えられていたとすれば、上部荷重を十分に支持できる位置に布設されるとともに、その形状は、底部面積を広く取った台形型が選択

図15 Prasat Suor Prat N1塔 基壇構築の様相

されても不思議ではない。巨大な構築物を多数建設していたアンコール地域において、このような荷重の特質と変形のプロセスは、よく理解されていたと予想される。それではなぜ創建時にそのような工夫がなされなかったのだろうか。

当時の考え方は、もともと垂直荷重を版築層によって支えることが前提であり、その表面を砂岩やラテライトで被覆するという構法であったと考えれば、上記の様相が現われた理由を解することができるであろう。基壇上面では、版築の上面を被うブロックが必要となるが、このとき、壁体底部のブロックと基壇上面のブロックとの収まりは、基壇上面を被うブロックを壁体下部に食い込ませることで、版築上面を雨水から保護することが可能になる。このとき、壁体底面の直下に差し込まれた基壇上面ブロックの奥行きが長すぎて上部荷重の一部を引き受けてしまうと、前に述べたような「回転」が起きてしまうのだと推察される。つまり、アンコール遺構一般にみられる基壇の構成は、基本的に内部の版築砂層によって上部荷重を支持するよう構築されるものと捉えられる。したがって、基壇に使用されたラテライトブロックは、上部荷重支持の構造材としてではなく、内部の版築層構築用の型枠であり被覆材として使用される。ラテライトブロックに荷重を預けるという考えは、存在しなかったとみることが、もっとも矛盾のない捉え方であると結論される。

また、表面が砂岩材である遺構においても、その内側にラテライトブロックが使用されている。このことは内部版築砂層との接合部のなじみ、相性を配慮したものと考えられる。砂岩材の内込め材として版築層との間にラテライトブロックを用いることは、荷重支持を目的としたものではなく版築側面を保護するためのもので、このため、版築との噛み合いがよいラテライトが使われたのだと思われる。もし砂岩材と版築層とが直接接していたならば、接合部で容易に肌分かれが起き、目地から浸入した雨水によって内部版築層が側面から崩れていたであろうことは、容易に予想されることである。内込めのラテライト材は、表層を平滑に仕上げることなく使用されているが、これは素材の特性をよく理解していた証左である。内込めラテライトと砂岩がきちんと密着せず離れている状態は、おそらくアンコールの遺構一般の傾向で、したがって砂岩材は化粧材として存在しており、そのように認識されていたと推測される。

4. まとめ

N1塔において、これまで確認が困難であった基礎及び基壇に関する構造と構築技法、基礎と基壇の境界などの知見を得ることができた。以下、その内容を列記する。

基礎部：1) 版築砂層による構成で、深さ約2mを有する。積層は12段、各層の厚さは100mmから500mmである。2) 基礎の最深部では地山層の切削が確認された。版築層の総厚の確保、もしくは地山層表層部を版築層に置換することによって基盤層を構築することが目的であったと推察される。3) 地下水位の変動を理解し、地下水の影響の少ない密度の向上を図った版築砂層が使用されている。4) 地上最下段のラテライトブロックは、遺構の外縁を形成することを目的として設置された可能性が高く、基礎に含めるのが妥当と考えられる。5) 基礎の平面的特徴は、基礎最上段ブロック(地上最下段ブロック)が基礎掘削部よりも外側にある部位が確認された。6) 掘削の法面角度は約54度から63度(平均58度)であり、版築

砂層に伝達された荷重が下部に流れる角度とほぼ同等と考えられ、地盤反力をうまく利用したものと考えられる。7) 前室の基礎は、正面の南辺下部のみ限定して設置されている。主塔と切り離されて独立しており、深さも主塔と異なっている。

基壇部：1) 基壇基座、下部基壇、上部基壇から構成され、下方ほど外に迫り出す構造である。2) 内部は基礎同様に版築砂層による構成で、外装にはラテライトブロックが使用されている。3) 上部構造体の荷重は、基本的に内部版築砂層によって支持され、ラテライトブロックは内部版築砂層の型枠材であり被覆材として機能したと考えるのが妥当である。4) 内部版築砂層とラテライトブロックとのなじみ、相性が考慮され、最外装材が砂岩の遺構においても接合部にはラテライトブロックが使用され、さらにその表面は平滑に仕上げられずに使用されている。5) 基礎部および基壇部の版築砂層からは、セメントや石灰などの固化成分は検出されなかった。

N1塔においても基礎と基壇は、上記のような構成と技法が用いられた。N1塔の傾斜と劣化は、上部荷重の不均等な伝達、すなわち内部版築層ばかりか、一部ラテライトブロックにも荷重が伝達されてしまう構造が主要因と考えられる。不同沈下を受け、傾斜が始まると、そこから悪循環が始まり劣化が促進される。さらに、隣接する沐浴池の護岸劣化や水位変動も塔の劣化に影響を与えた。

本論ではN1塔の基礎、基壇に注目して論述してきたが、中でも版築砂層の構築技法は、特筆に価する技術と思われる。N1塔が創建された時代、すでに基礎及び基壇部の構築技法として、版築の能力は十分に認識されていたものと考えられる。版築工法は、外周部をラテライトブロックで囲い、内部に砂を充填するという単純な技法であるが、版築に用いられる砂の粒度調整や配合、含水量や締め固め方法など、膨大な経験の蓄積によって獲得された、完成度の高い技術と判断される。また、版築工法を用いることで、膨大なボリュームを占める基礎部や基壇内部で石材の使用を省略することが可能となる。雨季、乾季を有するアンコール地域の気候条件、調達可能な建築材料、工期の短縮や利便性、上部建築物の十分な支持力などを十分把握したうえで、工夫が繰り返されてきた施工方法であり、おそらく、当時の建設技術の中で大切に受け継がれた技法であったと考えられる。

N1塔の基壇部に使われたラテライト材は、版築工法の型枠として簡便な版築工法を可能にし、同時に完成した版築の表面を被覆し保護する材料として機能している。このため、荷重支持材として認識されていたものではなかった、と捉えられる。基礎に用いられたラテライトブロックの段も、同様に、地山まで達するピットを掘り込んだ後、版築を構築する際に用いた型枠とみることができる。つまり、基壇の内部と基礎に積載されたラテライト材は、一見して構造物と見えるものだが、構造的視点よりも材料学、施工学の視点からみたとき、その意図がよく理解できるのである。

従来、アンコール地域の遺構を対象とした調査研究は、基壇、基礎の完全解体と再構築を行なうことが少なく、漠然とした理解に留まっていた。しかし今回の解体修復工事と調査研究を契機として、基壇、基礎の構成と技法が明らかになったと考えられる。基壇、基礎の構造から推定されたラテライト材の使用目的や使用方法的特質は、今後のアンコール地域の修復工事にとって、重要な示唆を与える成果と考えてよいであろう。

最後に、当論考をまとめるにあたり、中澤重一博士、福田光治博士の多大なご指導をいただきました。心から御礼申し上げます。

参考文献

1. 中川武監修「アンコール遺跡調査報告書 1995～2004」日本国政府アンコール遺跡救済チーム (JSA)、日本国際協力センター
2. 中川武監修「バイヨン北経蔵保存修復工事報告書」日本国政府アンコール遺跡救済チーム (JSA)、日本国際協力センター 2000
3. 中川武監修「プラサート・スーブラ塔保存修復工事報告書」日本国政府アンコール遺跡救済チーム 日本国際協力センター 2005
4. Jaques Dumarçat, The Site of Angkor, Kuala Lumpur 1998.
5. 中澤重一・岩崎好規・福田光治・松原啓充・スレン・ソッキアン・赤澤泰・中川武「アンコール遺跡基壇の消石灰改良土による修復と土質特性」『第6回地盤改良シンポジウム』pp.159-164 日本材料学会 2004
6. 中川武・赤澤泰・中澤重一・岩崎好規・福田光治「カンボジアアンコール遺跡の修復と地盤工学の役割」『土と基礎』Vol.53, No.3, Ser.No.566, pp.11-14 地盤工学会 2004
7. 岩崎好規・福田光治・中澤重一・赤澤泰・中川武「消石灰改良土によるアンコール遺跡基壇の再構築」『第39回地盤工学研究発表会梗概』pp.807-808 地盤工学会 2004
8. 岩崎好規・福田光治・松原啓充・中澤重一・スレン・ソッキアン・赤澤泰・中川武「アンコール遺跡基壇載荷試験に及ぼす乾燥条件の影響」『第59回年次学術講演梗概集』pp.109-110 (III-055) 日本土木学会 2004
9. 中澤重一・岩崎好規・福田光治・松原啓充・スレン・ソッキアン・赤澤泰・中川武「アンコール遺跡基壇の消石灰改良土による修復と土質特性」『材料』Vol.54, No.11, pp.1147-1152 日本材料学会 2005
10. 中澤重一・岩崎好規・福田光治・松原啓充・スレン・ソッキアン・赤澤泰・中川武「アンコール遺跡の基壇に関する地盤工学的構造」『第50回地盤工学シンポジウム』pp.37-42地盤工学会 2005
11. 千原大五郎「東南アジアのヒンドゥー・仏教建築」鹿島出版会 1982

注

注1：JSA：Japanese Government team for Safeguarding Angkor. カンボジア政府と国際社会の要請に従い、日本国政府はユネスコ文化遺産保存日本信託基金によるプロジェクトとして1993年に発足し、1994年に各分野の専門家を集めて調査修復チームとして結成された。

注2：ラテライトブロックの空積みによる積層構造、ブロック間には接着剤的なセメント成分などは確認されていない。

注3：フランス極東学院 (EFEO) :Ecole Française d'Extrem-Orient.

注4：JSAによる保存修復工事。部分解体再構築の手法を採用。基壇内部の再構築には、消石灰系改良土を使用している。

注5：各塔の傾斜及び方向：

N1塔：4.96% (北西方向への傾斜), N2塔：3.95% (南東方向への傾斜), N3塔：4.46% (北東方向への傾斜), N4塔：2.08% (南東方向への傾斜), N5塔：2.39% (南東方向への傾斜), N6塔：1.10% (北西方向への傾斜), S1塔：4.54% (南西方向への傾斜), S2塔：0.97% (北東方向への傾斜), S3塔：2.18% (南東方向への傾斜), S4塔：1.25% (北東方向への傾斜), S5塔：4.30% (南東方向への傾斜), S6塔：倒壊が著しいため比較不能。この調査は、2001年にJSAによって実施され、アンコール遺跡調査報告書2002, pp369-372.に報告されている。

注6：今回の保存修復工事では、消石灰を添加した改良土を使用するとともに、消石灰形改良土の初期強度補填のため、ジオテキスタイル (ビニロン製) も一部使用した。

注7：プラサート・スーブラの背後 (東) には、北群、南郡とも1つずつ、東西に長い矩計平面、同形同大の沐浴池がある。これらはプラサート・スーブラの創建寄り廻る可能性が高い。北沐浴池護岸は、ラテライトブロックにより構築されていた。積層数は14段で、池の深さとしては護岸天端から池底まで約4mを有する。

注8：JSAの岩石学調査は、1994年から2004年にかけて実施された。その報告は「アンコール遺跡調査報告書1995-2000」に記載されている。

(2006年5月8日原稿受理、2006年11月14日採用決定)