Main Discourse - Chapter 2 Restoration Plan of the Bayon Temple

本論 第二章 パイヨン寺院の修復計画

The Master Plan for the Conservation & Restoration of the Bayon Complex

Main Discourse Chapter 2 : Restoration Plan of the Bayon Temple

Main Discourse - Chapter 2

- 2.1 Establishing Survey Items for Pre-Restoration Surveys
- 2.2 Overview of the Restoration Plan
- 2.3 The Theory for the Restoration Plan

本論 第2章

- 2.1 修復前調査項目の決定
- 2.2 修復計画の概要
- 2.3 修復計画の各論

2.1 Establishing Survey Items for Pre-Restoration Surveys

AKAZAWA Yasushi

Before implementing conservation and restoration work on a monument, it is necessary to have an accurate grasp of the existing state of the monument. At the same time, restoration of the monument must be considered from the perspective of restoring its original appearance. Surveys and examinations for the above can be approached in two ways: from an academic perspective, and from the perspective of technologies necessary for restoration and conservation. The former approach is based on architectural studies, archaeology, and other academic aspects, while the latter approach is necessarily taken for more practical purposes.

In addition to understanding the existing condition of a monument, conservation and restoration work includes studying why damages occurred (deterioration and damage factors), and where and how they occurred (deterioration and damage factors). Based on this analysis, it must be examined from where and how (restoration scope and technique) to begin repairs, and what (restoration materials and method) to repair with. In some cases, the situation may call for experiments to develop new implementation methods. The actual restoration work can only begin after full consideration of the above matters. Therefore, the survey items of pre-restoration surveys should be relevant to gaining an accurate assessment of the existing state of the monument and to elucidating the major causes of deterioration and damage.

Assessment survey items

Architecture survey

Documentation of existing condition

Architectural style and scale

Technique details

Measurement

Architectural structure, construction method, strength, durability

Restorative survey

Conditions of deterioration and collapse

Danger area countermeasures

Survey of vestiges

Past repairs

Survey of scattered conditions of surrounding areas

Petrology survey

Sandstone

Laterite

Analysis of deterioration factors

Origin identification

Conservation Science survey

Survey of biological damages and countermeasures

2.1 修復前調査項目の決定

赤澤泰

遺構の保存修復工事を実施する以前に、遺構についての現状を把握する必要がある。また同時に創建時の復原的な考察も行われなければならない。この調査・考察には学術的な側面からと、保存修復工事に関して必要な技術的側面からの調査がある。前者は建築学や考古学など、学術的側面が強く、後者は実践的に必要な調査とも言える。

保存修復は、遺構の現状を把握すると共に、なぜ壊れたのか(劣化・損傷要因)、どこがどのように壊れているか(劣化・損傷状況)を調べ、どこからどうやって(修復範囲・修復方法)何を使って(修復材料・工法)直すかを検討する。場合によっては、新たな工法開発のための実験が必要になることもある。その後、実際の工事にかかることになる。したがって、修復前調査項目に挙げられるのは、遺構の現状把握と劣化・損傷要因の解明などが、主な内容である。

現状調査項目

• 建築学調査

現状記録

建築形式・規模

詳細技法

実測

建築構造、構法、強度、耐久性

復原調査

劣化・崩壊状況

危険箇所対策

痕跡調査

既往修理

周辺崩落状況調査

• 岩石学調査

砂岩

ラテライト

劣化要因の分析

産地の特定

保存科学調査

生物被害の調査と対策

藻類

地衣類

微生物

昆虫類

蝙蝠

地盤・地質・環境調査

The Master Plan for the Conservation & Restoration of the Bayon Complex

Main Discourse Chapter 2 : Restoration Plan of the Bayon Temple

- · Algae
- Lichen
- Microbes
- · Insects
- Bats

Geotechnology, Geology, and Environment survey

Climate and weather

Geological conditions

Environment (especially rainwater)

Foundation of the monument

Behavior survey in present condition

Archaeology

Art History

気候・気象

地質

環境(特に雨水) 遺構の基礎地盤

現状での挙動調査

- 考古学
- 美術史

2.2 Overview of the Restoration Plan

NAKAGAWA Takeshi, AKAZAWA Yasushi

1. Stone elements, Supply, Storage, Processing, Maintenance

1) Stone elements

The stone elements used in Bayon are sandstone and laterite. Gray to brownish yellow sandstone is used most frequently throughout the Angkor monuments, and is mainly comprised of fine to medium grain quartz, feldspar, biotite, rock chips, and white mica. As for laterite, the reddish to yellowish brown porous laterite is most frequently used.

Refer to: Report on the Conservation and Restoration Work of the Northern Library of Bayon, Petrological Investigations)

2) Supply

In regard to elements that are markedly chipped or deteriorated and are structurally difficult to re-use, the minimum necessary replacement with new materials are taken into consideration. It is preferable for the new materials to be supplied from the quarry from which the supply of new materials has recently become possible. According to an analysis of the surveys conducted as part of the conservation and restoration work on the Northern Library of Bayon, the quality of the stones from this quarry is good, and is of a quality similar to the original stone elements used in Bayon.

The supply of new materials from this quarry should be considered in conjunction with transportation means from the quarry and timing. Since the new materials must be brought inside Angkor Thom, transportation vehicles would necessarily be restricted to those that can pass through the South Gate. As regards timing, the new materials should be transported during the dry season when road conditions are more favorable.

3) Storage

The new materials are normally ordered in a reasonably large size and re-processed at the restoration site before use. Therefore, it is necessary to secure a temporary storage area until they can be re-processed. A storage area for dismantled elements would also be necessary in the event a part of the building is to be dismantled and rebuilt. If heavy transportation equipment is available, the storage area could perhaps be located at a certain distance from the site. However, to allow onsite verification, it should be near the restoration site as much as possible.

Concerning storage method, dismantled elements need to be laid out flat so that they can be easily confirmed. On the other hand, roughly processed new materials can be stacked on top of each other to a height that would not be dangerous.

4) Processing

As mentioned above, when cutting out new materials from the quarry, the necessary dimensions must first be envisioned,

2.2 修復計画の概要

中川武、赤澤泰

1. 石材、供給、保管、加工、メンテナンス

1) 石材

バイヨンで使用されている石材は、砂岩およびラテライトである。砂岩はアンコール遺跡で最も一般的に使用されている灰色~黄褐色砂岩で、主として細粒から中粒の石英、長石、黒雲母、岩石片、白雲母からなる。一方、ラテライトは、赤褐色から黄褐色の多孔質ラテライトが多く使用されている。

参考:(『バイヨン北経蔵修復工事報告書』、岩石学 調査)

2) 供給

欠損部または劣化が著しく、構造的に再使用に耐えられない状態の部材に関しては、最小限の新材への置換が検討される。その新材の供給については、バイヨン北経蔵保存修復工事の際に調査し、材質的に良好でしかもバイヨンにて使用されている石材との材質が近いという分析結果が得られた石切り場からの新材供給が望ましい。

供給に関しては、石切り場からの輸送手段、時期なども勘案する必要がある。アンコール・トム内への搬入という条件があるため、南大門を通過可能な輸送車両に限られることになる。また、時期的には、道路事情などから乾季での輸送ということになろう。

3) 保管

新材はある程度の大きさにて発注し、修復サイトでの再加工を加えて使用する事になる。そのため、サイトでの再加工までの一時保管場所を確保する必要がある。また、解体・再構築の手法が選択された場合、この解体された部材の保管場所も必要になる。輸送重機が供給されれば、ある程度の距離をとった保管場所ということも考えられるが、現場での照合のため可能であれば修復現場に近い場所が望ましい。

また部材の保管方法に関して、解体後の部材については、各部材の確認が容易なように平置きにする必要がある。新材の粗加工部材については、危険のない程度の高さで積み上げることも可能である。

4) 加工.

先にも述べたように、新材ははじめ、必要となる 寸法を念頭においた上で、数種の統一した寸法指定 で石切り場から切り出される。欠損部または劣化が 著しく交換が必要な部材の必要寸法に合わせた新材 を選択し、現場にて再度加工を進める。この際、一 材での小口積みで単純な長方形の石材の場合は、全 and the material must be cut out according to several common dimensions. A new material corresponding to the necessary dimensions of an element that is markedly chipped or deteriorated and must be exchanged, is then selected and re-processed on site. In the case of a simple rectangular stone element that constitutes a single header bond, of its six faces, the top, bottom, left, and right faces that come into contact with the surrounding elements are first processed, and after the element is placed in position, the elevation surface is finished.

Many careful discussions have been held on the final finishing method of new materials. Even at the actual site, it is necessary to be able to visually distinguish the new materials from the others. At the same time, it is also important not to make the difference too evident. To address this problem, the last surface is finished using a tool that was not used in the initial construction of the building. Needless to say, all new materials are given an identification mark on one of their hidden faces and are accurately documented.

5) Maintenance

Periodic maintenance helps keep the building in good condition, as well as provides an opportunity to check for any movements of the building. Daily maintenance and management can make a great difference in the continued existence of a building. It is therefore important to formulate maintenance and management plans based on thorough studies of regional characteristics and the weaknesses of the building.

2.2.2 Safety plans, Ensuring Durability, Re-repair

1) Safety plans

Safety plans should be considered from both the perspectives of securing the safety of the restoration work and securing the safety of tourists while the building is under construction. In addition, the safety of tourists after completion of restoration must also be considered and examined. To ensure safety during restoration, it would be necessary to restrict access to the restoration site and to change tourist routes to circumvent those sites. At the same time, the conservation and restoration work itself must be conducted with extreme care to prevent accidents. After completion of all construction work, measures may need to be taken against the possibility of falling elements and parts of the building may need to be reinforced to make sure that tourists can tour the site safely.

2) Ensuring durability, re-repair

Durability is closely related to re-repair and maintenance plans. JSA classifies conservation and restoration work into three levels: (1) small-scale restoration (normal maintenance), (2) medium-scale restoration (partial restoration), and (3) largescale restoration (restoration of an entire building).

Large-scale restorations are considered to be needed at an interval of 100 years. This means that large-scale restoration

6面のうち上下、左右と周囲の石材と接触する面を 加工して組石し、最後に立面にあたる部位を仕上げ ることになる。

新材の最終的な仕上げ方法については、これまでも慎重に議論がなされてきたところである。新材であることは現場でも判別視認が可能でなければならない。ただし、あまり違和感が大きすぎないように配慮する必要もある。そこで、創建時には使用されていない工具を使用して最終表面の仕上げをすることとしている。当然のことながら、全ての新材には外観に現れない面に判別可能なマーキングが施され、同時に正確に記録される。

5) メンテナンス

定期的なメンテナンスは、遺構の状態を良好に保持すると同時に、遺構の挙動などを確認する機会でもある。日常の維持管理によってその遺構の長らえ方には大きな差が生じる。その地域特性や遺構の弱点などを十分に研究した上での維持管理計画を立案することが重要となる。

2.2.2 安全計画、耐久性の確保、再修理

1) 安全計画

安全計画については、工事中の安全確保において修復作業における安全と観光客に対する安全の両面、さらに工事完了後の観光客に対する安全への配慮・検討が必要となる。まず、工事中の安全については、工事区域への立ち入り制限、その際の観光ルートの変更などが必要とされる。また、工事自体も事故がないように慎重に実施されなければならない。工事完了後には、一般観光客の安全な見学のために、石材の落下防止や部分的な補強を施す場合がある。

2) 耐久性の確保、再修理

耐久性については、再修理およびメンテナンス計画と密接な関係がある。JSAでは保存修復の程度を3段階に分けて考えている。1:小規模修復(通常のメンテナンス程度)、2:中規模修復(部分的な修復)、3:大規模修復(遺構全体を対象)となる。

大規模修理の間隔を100年程と想定している。ということは、大規模修理の際に要求される耐久性も100年程度ということになる。このように、耐久性と再修理は双方を勘案しながら定める必要がある。

また、再修理を念頭におくということは、1回の 修理で終了または完結するということではないとも 言える。遺構が時間の経過と共に変化するのと同時 に、保存修復技術・材料も進歩発展する可能性がある。 その時代、状態に最も適切な修復が可能となるよう work is expected to last just that long. In this way, durability and re-repair must be considered together.

Also, the fact that re-repairs may be needed in the future means that restoration is never finished or complete after a single repair job. Just as a building may change with time, progress and developments may also be made to conservation and restoration technologies and materials. It is ideal to make repairs as needed in order to apply restoration measures that are most appropriate to the condition of the building at the time.

2.2.3 Documentation Method and Storage

As stated in Article 16 of the Venice Charter, all works of conservation and restoration must be documented and disclosed. The conditions of the building before restoration, during restoration (including details of the tasks involved), and after restoration, must be accurately documented and later disclosed. The disclosed records will be conveyed to future generations.

The documentation method is directly linked to the objective of conservation and restoration. Since documentation itself is an integral part of conservation and restoration as mentioned above, the very act of documenting information should be conserved and passed down as well. To ensure that it can be passed down, the most basic type of measurement, manual measurement, should be emphasized. Confirming the conditions (including details and hidden areas) of a building firsthand essentially marks the beginning of conservation and restoration of the building. Once this basic method is mastered, it can be more widely applied. As long as the fundamental matters concerning documentation are understood, it can be readily applied to various other purposes. Many new techniques and methods are increasingly being used today, such as laser scanning, GPS, and management of records using digital data obtained from those technologies. However, the significance of the fundamental aspects of documentation remains unchanged even in the field of conservation and restoration.

It is important that the documented information is widely disclosed to the public. Not only does it serve as reference for the maintenance and re-repair of the building, but it is also used make comparative studies with other monuments.

When disclosing the information to the public, accessibility is an important factor that must be considered in today's society. For example, it may be necessary to provide a digital archive of the documented information so that it can be accessed by anyone and from anywhere in the world.

な修理を、その都度実施していくことが望まれる。

2.2.3 記録の方法と保管

ベニス憲章第16条にもあるように、保存修復と記録・公開は一連のものである。修復に着手する前の状態の記録から、修復作業中(作業内容を含む)、さらに修復完了後の状態まで正確に記録し、公開する。そして、公開された記録は後世に伝達されることになる。

その記録方法は、保存修復の目的と直結しているものである。それは、上記説明のように、記録そのものが保存修復の一部であるため、記録行為自体も保存され継承されることが望ましい。継承されていくためには、最も基礎的な手測りによる実測を重要視することになる。目前で遺構の状態(細部や隠蔽部なども含む)を確認することが可能であり、ここからすでに遺構の保存修復が開始されている。また、この基礎的な手法を習得することにより、応用が可能となる。記録についての基本的な事項が理解されていれば、その用途を広げることも簡易である。現在では、レーザースキャニングやGPS、そのデジタルデータでの記録管理と、これまでとは異なった手法や方法が用いられることが多くなってきているが、基本事項の重要性はこの分野においても変わりはない

記録された資料は、一般に広く公開される必要がある。それは、その遺構のメンテナンスや再修理に必要であるのみならず、他の遺構での比較検討などにも有効に使用される。

一般への公開時には、現代においては利便性も考慮する必要があろう。そのため、記録をデジタルアーカイブ化し、世界中どこからでも閲覧が可能となることも考慮する必要があるのではないだろうか。

2.2.4 調査結果から必要となる修復・保存技術の開 発

調査結果により遺構の劣化・損傷状態および原因が究明される。その結果と修復の目的により、どのような方法で修復するか、何を使用して修復するかが検討される。保存修復方法や材料は、劣化・損傷状態および原因によって、また修復の目的によっても一々異なったものになる。さらに、すでに述べたように要求される耐久性や再修理の事を踏まえて、総合的に修復設計が実施されることになる。

保存修復工事において、構造的な補強方法や新しい材料の開発が、場合によっては必要不可欠な要素である。

2.2.4 Development of Conservation and Restoration Techniques Required from Investigation Results

Surveys are conducted to ascertain the state and causes of deterioration and damage of a building. The results of those surveys and the objective of restoration are taken into consideration in determining restoration methods and tools. Conservation and restoration methods and materials necessarily differ according to the state of deterioration and damage, to their causes, and to the objective of the restoration. Furthermore, as mentioned earlier, required durability and the need for rerepairs must also be borne in mind when implementing a comprehensive restoration plan.

The development of structural reinforcement methods and new materials may at times become a vital factor in the conservation and restoration work.

2.2.5 Process Planning and Project Initiation

When creating an overall process plan with an eye to project initiation, it is important to consider the general budget and time constraints. However, in the case of a monument conservation and restoration project, it is necessary to prepare a different type of process plan from that of regular construction work of modern times.

First of all, the process plan for the implementation of a conservation and restoration project must allow ample time for tasks required prior to launching the project and after completion of the project. Before launching a project, surveys of the actual state of a monument and documentation often require time, and after completion of a project, a certain amount of time is also needed for observations and post-project documentation. Furthermore, since many matters and situations surface only after a project is actually launched, changes in materials and construction methods must be made as necessary even during the implementation stage of the project. In that sense as well, it is preferable to draft process plans that provide for spare time. A certain amount of experience is also necessary to determine how much time each process requires within the entire work process.

Additionally, in the course of creating a process plan, considerations must be given to plans related to maintenance and management for both during and after the conservation and restoration project. A post-project maintenance management system must be established that would ensure an accurate transfer of practical maintenance and regular inspection work to the project implementing body. To this end, the project should provide for the timing as well as allow adequate time from the planning stage.

From the standpoint of project initiation, this allowance in the work process can easily be anticipated to pose a budgetary problem. However, the creation of a budget plan that would ensure an appropriate conservation and restoration process plan is also an important aspect of project initiation.

2.2.5 工程計画と事業化

プロジェクトの事業化を前提とした場合の全体工程計画を立案する際には、全体予算及び期間的な制約を検討する必要がある。ただし、遺跡などの保存修復工事の場合、通常の現代建築工事とは異なった工程計画を検討・立案する必要がある。

まず、保存修復工事を実施する際の工程計画においては、工事着手前及び工事完了後の工程に充分な時間をとった計画が必要となる。工事着手前の現状調査や記録、工事完了後一定期間の観察や工事後の記録など、時間を必要とされることが多い。さらに、保存修復工事の実施工程においても、実際に工事に着手して初めて解明される事項や場面が多々あるため、その都度材料や工法の変更を余儀なくされる。その意味からも、工程においては、時間的に余裕を持たせた計画を立案することが望ましい。全体工程の中でどの工程にどれくらい時間が必要とされるかは、ある程度の経験値も必要となる。

さらに、この工程計画の際には、保存修復工事最中は勿論のこと、その後の維持管理に関しての計画も含めた検討が必要である。工事後の維持管理体制を確立し、実際のメンテナンスや定期点検などについて、その実施者への正確な引継ぎを可能としなければならない。そのためのタイミングや時間的な余裕を計画当初から見込んでおくことが望ましい。

事業化という面からは、この工程の余裕は、予算的には厳しい面が出てくることが容易に考えられる。 しかし、保存修復工事における適切な工程計画を可能とするような予算計画とすることも、事業化という面からの重要な項目の一つである。

これまでアンコール地域では、このような遺跡の 保存修復事業のほとんどは各国からの支援によって 実施されてきている。近い将来、カンボジア自身に よる保存修復事業が継続されていくことが望まれて いるが、その意味からも、この遺跡保存修復が事業 として成立するようなシステムが確立されることを 切望する。政府機関をはじめ、これから民間におい ても可能な事業となることで、さらに継続的な保存・ 修復がなされて行くことになるのではないだろうか。

2.2.6 各項目のマスタープランの中での位置づけ

通常マスタープランは、一つの事業計画の目的、主体、予算、期間等の大枠が決定されていて、その背景や上位計画と具体的な実施計画を繋ぎ、調停するものである。しかし、本マスタープランは、ほぼ10年間にわたるJSAの調査、修復事業の経験、そしてバイヨンシンポジウムでの議論を踏まえたものであり、バイヨン全域に対する、ある意味では目指す

Up to now, such conservation and restoration projects have been implemented in the Angkor region mostly through the assistance of foreign countries. In the near future, it is hoped that the Cambodian people themselves will be able to take over and continue those projects. In this regard as well, the establishment of a system that would allow the implementation of monument conservation and restoration activities as a project is strongly desired. In addition to governmental agencies, the private sector will also be able to participate in such projects hereafter. Therefore, we can perhaps expected even more sustainable efforts for the conservation and restoration of monuments in the future.

2.2.6 The Significance of Each Task whithin the Master Plan

A master plan is usually a general framework which establishes the objective, main authority, budget, and duration of a project. It provides a concrete implementation plan connecting project background with superior plans, and coordinates the two. However, the Bayon Master Plan is based on JSA surveys conducted over a period of roughly ten years, its experiences in restoration activities, and discussions held at Bayon Symposiums. In this sense, it is created with a view to establishing an ideal conservation and restoration project that we must aim to achieve for the entire Bayon complex.

A joint team comprised of members from APSARA and JSA will be implementing the actual restoration activity plan over the next five years. The plan is only described in Section 3 on particulars of the restoration plan in Chapter 2 of the main discourse. Naturally, the other chapters and sections should also be mentioned in the immediate implementation plan, as they can be expected to play an important role in the full-scale conservation and restoration project for the entire Bayon complex in the future.

べき理想的な保存修復事業を前提に構成されている 面がある。

今後の5年間 APSARA と JSA の共同チームにより 進められる実際の修復事業計画は本論第2章の第3 節修復計画の各論の項のみに記述されている。その 他の章節は当面の実施計画にも当然参照されなけれ ばならないが、将来の本格的なバイヨン全域の保存 修復事業に役立つことも期待されている。

2.3 The Theory for the Restoration Plan

2.3.1 Stabilization of the Central Tower and Countermeasures for Long Term

IWASAKI Yoshinori, YAMAMOTO Isamu ARAYA Masato

This part was written by Yamamoto, Iwasaki, and Araya. Iwasaki first drafted a countermeasures based upon analysis of stability of the tower as well as answers to questionnaire on Bayon restoration. Yamamoto then examined and made the final draft plan, and Araya reviewed the draft from structural viewpoint. This section consists of the outline of the Main Tower, summary of answers to the questioners on Bayon Master Plan, summary of stability problem of the Main Tower, major principles of conservation of the main tower, and appendix.1 and 2.

1. Outline of the Main Tower

Main Tower of Bayon is a masonry structure of 42m in height from the surrounding ground. However the real height is about 31m in height, since it is founded upon the upper terrace of 13m high from the ground. The planer shape of the upper terrace is rather complex of crossover of two rectangular shapes of lengths of 38m and 25m in east-west and north-south directions.

Four rectangular side embankments surround the Tower and make a cross shape. The Main Tower consists of the central tower and eight sub towers that have porch at the front of the tower.

The height of top of these sub towers is about 20m from the upper terrace. The porches are 9m in height. There is a small gallery between the central and subtowers, where we can walk around the central tower, at 15m in height from the upper terrace as shown in Fig. 2.3.1-1.

The shape of the top of the central tower is different according to the direction to observe. When it was constructed, the tower shape might have some symmetry. The reason why it has lost the symmetry might have been caused by fallout of the sandstones that had composed the tower.

The present position of the center of the tower is found dislocated to 235mm to the north and 275mm to the west (in total, 361mm to the north-west) from the center of the cross lines of entrance gates of the central tower at the upper terrace. If this dislocation is caused by inclination of the tower, the inclination is 12.4mm/m or 0.71 degrees of the angle of the inclination.

2. Summary of Answers to the questioners on Bayon Master Plan

(Summary only for answers on mass foundation here, questioner and answers are shown later)

We have summarized them into the following four points.

1. Mass foundation needs geological and geotechnical investigation.

2.3 修復計画の各論

2.3.1 中央塔安定化と恒久的保存

岩崎好規、山本勇 新谷眞人

本論は、中央塔の主として力学的安定について計測結果から現状を総括し、バイヨン修復に関する質問への各方面からの回答も参照して岩崎が対策素案を作ったものを、山本が検討、本対策を考察作成し、さらに新谷が構造的側面からレビューしたものである。本項は、主塔の概要、マスタープラン策定にあたっての質問事項とその回答、塔安定の問題点の総括、中央塔の修復方針、および付録: 塔安定の計測結果からの問題点で構成されている。

1. 主塔の概要

バイヨン主塔は、現地盤から高さ約42mの積み石構造で、上段テラスに基礎を有しているため、実質の高さは約31mである。上段テラスは現地盤から高さ約13mで平面形状は複雑で、東西30m南北25mの基本矩形を中心に、南北東西に4つの矩形盛土が張出されて、全体では十字型を有している。

中央塔を中心に、その周辺は8つの副塔が配置されていて、副塔の前面部にはそれぞれ祠堂がある。

副塔の塔頂までの高さは、上段テラス面から約20mであり、祠堂の高さ約9mである。副塔と主塔との間には、上段テラスから15mの高さに人が塔の周囲を動くことが出来る空間、中段回廊が存在する(Fig. 2.3.1-1)。

現在の中央塔頭頂部は、どの方向からみても同じではない。中央塔頭頂部は、創建時には軸対象であったと考えられるが、これは頭頂部を構成していた積石部材が崩落したためである。

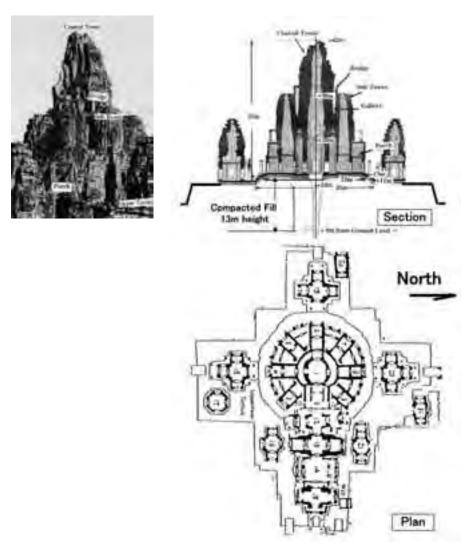
中央塔の現状については、現在塔頂部は、北へ235mm、西へ275mm(北西へ361mm)と偏移しており、塔傾斜によるとすれば、現在の値は12.4mm/mで、約0.71度の傾斜角となる。

マスタープラン策定に当たっての質問事項への 回答意見(1999/4)の要約

(基壇の修復方法に関する部分のみ抜粋;質問と回答は後述)

回答頂いた意見を集約すると、次の4点となる。

- 1. 基壇における地質・地盤の実態調査が必要である。
- 2. 基壇や構造物の変形変位などの連続観測結果によって恒久対策を決めることがよい。
- 3. 基壇盛土の修復には、石灰との混合土、グラウトエによる地盤安定など、オリジナル工法にと



Pl. 2.3.1-1 Bayon Tower (from west-north side), Fig. 2.3.1-1 Schematic Section (from east side).

- Continuous monitoring of displacements of structures and mass-foundation might well be useful to consider and determine the countermeasures for the long term conservation
- 3. For the conservation of mass foundation, it is recommended to use soils mixed with lime other than the original sand material or to use grout if necessary.
- 4. The original drainage system should be appreciated and the effect of the underground water upon structural stability is pointed out.

3. Summary of Stability problems of Main Tower

General discussions are described in the Appendix and they are summarized as the following points.

- The critical angle against turnover is 230mm/m (13 degrees) that is 20 times larger than the present inclination of 12.4mm/m (0.71 degrees). There is little possibility of turnover failure of the tower based upon geometrical condition.
- 2. Annual movements of inclinometer are less than 0.2mm/

- らわれない工法が推奨された。
- 4. 排水工については、創建当時の排水工の活用と ともに、構造物に対する基壇盛土の地下水位の 影響の可能性が指摘された。

3. 主塔安定の問題点の総括

付録に主塔の安定に関する問題点を示したが、次 の諸点に総括される。

- 1. その形状から塔の転倒崩壊が発生する限界傾斜 角は230mm/mで、現状の傾斜角(12.4mm/m) の20倍であり、塔全体の転倒崩壊の可能性は ない。
- 2. 傾斜計の連続計測結果から、年間変動量は 0.2mm/m 以下で傾斜は進行的ではない。
- 3. 積み石間の目地変位の計測から、風速が 4~5m/sec 以上になると非復原性目地変位が発生し、このような目地の間に砂礫とか、樹木根等が入ってさらに目地開きが固定拡大されていることが判明している。

m/year and not increasing with time.

- 3. Measurements of open/close of the clearance between stones have revealed that non-reversal displacement when wind blows with velocity more than 4-5m/sec. The opened gap increases its width when gravels have fallen or plant root grows between the gaps.
- 4. The present shape of non symmetry of the tower has been caused by fall down of stone elements of top of the power.
- 5. Shear cracks were found in stones of the base or at middle elements of vertical columns. If the crack develops until the stone breaks when the whole vertical column falls down
- 6. The stones surrounding peripheral of the foundation do not show the same height but became lower about 30cm locally based upon level measurement.
- 7. Most bridge stone beams that connect between the subtowers and the central tower are found fallen and broken. The displacements that caused these failures might have been caused by amplified results of the displacement at the basements.
- Laterite blocks that were laid underneath sandstones decreased volumes due to weathering and have caused differential settlements and give strong effects on the deformation of upper structures.
- 9. Based upon the flow measurement for the outlet at the outside of the west side of mid-gallery, only about 30% of the total rain fall expected in the catchments area. The rest of the 70% might well infiltrate into mass foundation from surface of the upper terrace.

Based upon these present conditions, major mechanical reasons of the deformations of main tower are caused by the tower structure including foundation, the foundation, and the upper structure.

The present stability of the tower shows that the mechanical stability of the overturn of the total tower is confirmed and it is not likely to require dismantling whole upper structure at this time. However, the fallout of stone elements from the tower is likely to occur anytime. There are uneven settlements around the foundation and infiltration of rainwater from the upper terrace into mass foundation. Consolidation of foundation and drainage system are necessary for the safeguarding the Main Tower.

The basic principle of the conservation of the Main Tower is described in the following section.

4. Scope of the conservation of the Main Tower

4.1 Stabilization of the Main Tower and permanent countermeasures

If we try to apply any permanent countermeasures for the stabilization of the Main Tower, we should include the foundation system in the frame to consider. There are some level differences of 0.2-0.5m among the surface stones at the peripheral of the foundation of the Main Tower. It is not well understood

- 4. 現状の中央塔塔頂部の非対称性は、塔頂を構成していた積石の崩落によると思われる。
- 5. 中央塔の積み石縦柱の基礎付近には、せん断性 の斜め亀裂が見られ、この亀裂が進展するとそ の積み石が破壊し、柱全体が崩壊するという塔 頂部崩塊シナリオが予想できる。
- 6. 塔基礎部分の変状を基礎周縁部の縁石レベルの 計測結果からみると、縁石は水平でなく、局所 的に約30cm 程度の沈下が見られる。
- 7. 副塔と主塔間にかかる石梁材は、落下している ものや、破断しているものが多いが、これらの 変状の原因は基礎部分の局所的な変状が上部構 において増幅された結果ではないかと思われ る。
- 8. 砂岩材の下位に存在するラテライトブロックの 風化による体積縮小なども不等沈下を引き起こ し、上部構造の変位に大きな影響を与えている。
- 9. 中回廊西外側の排水孔からの流出水の計測結果によれば、対応する降水面積と雨量から予想される降雨量の約30%程度のみが流出しており、70%の大部分は上段テラスなどから盛土内に浸透していると考えられる。

以上のような現状からみると、中央塔の変状の力学的原因は、基礎を含めての塔構造、基礎構造、および上部構造に起因する場合とがあることが分かる。 塔構造としての現状では、主塔の転倒崩壊に対する力学的安定性は確保されており、転倒崩壊防止のために主塔を現時点で全面解体する必要はない。しかしながら、強風などにより石材の崩落などは、いつ発生してもよい状況にあるといえよう。基礎部分には不等沈下などがみられ、さらに上部テラスからの基礎版築土への雨水浸透があると思われ、基礎の補修や排水システムの整備が必要であろう。

修復の方針は次のような計画とする。

4. 主塔の修復方針

4.1 主塔安定化と恒久対策

主塔安定化とその恒久対策ということになると、中央塔の基礎もその対象の枠組みとして考慮する必要がある。現状の中央塔の周縁石部の標高をみると、高低差が0.2~0.5m ほど見られる。このような高低差がなにによって発生したかは未詳ではあるが、盛土地盤の不等沈下が中央塔の各種変形の大きな要因となっていると思われる。それゆえ、現在以上の不安定化を招かないためには、中央塔基壇盛土の安定化が必須である。

また、恒久対策としては、中央塔ならびに副塔の部分解体でなく、全面解体も視野のなかに入れることとにしたい。中央塔の複雑さや、解体の手法、手

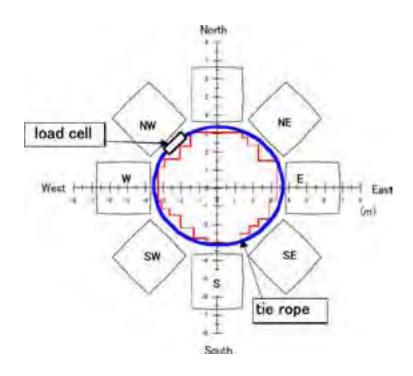


Fig. 2.3.1-2 Tie rope around Central Tower, Bayon.

the mechanical reason why these differences took place. However, such displacements as caused by differential settlements of mass foundation might well be major cause to have resulted in various deformations of the Main Tower. Therefore, it is necessary to stabilize the foundation system to keep the Main Tower from decaying any further from the present state.

We like to include the possibility not only partial but also to total dismantling of the central tower as well as the sub-towers in the process of the permanent countermeasures.

If we consider the complexity of the Main Tower, we need more study and research to reach any conclusions of how to dismantle as well as the procedure of dismantling.

At the same time, since there are several points that need rather urgent measures, a conservation method that consists of two steps is recommended. The first one is the safety measure in urgent need and study to make and the second one is final permanent plan based upon the further study.

4.2 Study and monitoring for performing the safety measure

We need to study structure of the mass foundation system and underground water condition around the Main Tower, and to install a monitoring system that provides information of deformation and displacement of the structures in Bayon including the Main Tower before and during safeguarding work.

Fill/Mass Foundation study by boring and trench: The mass foundation of the upper terrace is considered to consist of compacted fill of 13m in thickness covered by laterite block pave-

順を十分に考える必要があり、調査および研究が必要であろう。しかしながら、中央塔自体、緊急的にその安定化の対策工を打つべき点もあるから、対策工としては2段階で考え、まず、緊急を要する安全工を中長期的な安定化対策として実施しつつ、恒久対策を立案し、恒久対策案をその後第2ステップとして実施するべきであろうと考えられる。

4.2 修復に伴う調査観測

作業に先立つ主塔付近の基盤の地盤基礎構造、地下水調査、および修復作業による影響なども確認するための主塔などを含めてバイヨンの構造物の挙動 観測が必要であろう。

ボーリングおよびトレンチによる盛土構造調査: 中央塔の基礎地盤となっている上段テラスは、地盤高さ約13mの版築盛土の上にラテライトブロックの敷石、さらに砂岩の敷石の層構造となっていると考えられる。しかしながら、詳細な内部構造は未詳であり、ボーリングによる調査、ならびにトレンチ掘削調査が必要となろう。

基壇盛土内の地下水位計測:ボーリングによって 残された孔を観測孔として、地下水の連続観測を実 施する。

3次元の位置移動計測: GPS の応用技術によって、GPS 受信機を常時多点で設置して、基準点からの水平移動、鉛直移動が mm オーダーの精度での同時に

ment and sand stone pavement as the top surface. However, detailed structure is to be studied by boring and trenching the site.

Underground water monitoring in the mass foundation: Water level inside the drilled hole by boring is to be monitored to understand the underground water condition.

3D Displacement monitoring: Present development based upon GPS has enabled 3D precise monitoring. The relative 3D movement to a referent point by multi-points becomes easy to perform within accuracy in a few mm. Several important points like the center of the Main Tower, and some of the four faces tower in structural danger are recommended to be monitored by GPS system.

This system provides realtime display and very useful to keep security of the safeguarding work based upon knowing any effects on nearby structures by such works like trenching at the site.

Strong wind monitoring with Gap opening: Using strong ground motion monitoring system with trigger function, we can monitor the effects under strong wind upon the masonry structure of the central tower with simultaneous recording of gap between stones. Based upon the behavior of gaps caused by strong winds, we could study the stability problem caused by winds and propose effective countermeasures against strong wind.

Test of increase of durability of Laterite block: Some surface treatments on the laterite block may increase the durability against weathering. The surface coating by such chemicals as silicon and fluorine have been developed as to prevent infiltration of rainwater into sandstone materials. These coatings, due to the micro-scaled pores, prevent the rainwater infiltration but keep poromeric capability for vapor transportation through the surface. The effects of surface treating must be confirmed carefully by laboratory test as well as in-situ trial. The surface treatment might be an effective method to increase the durability of laterite block that characterizes the structure of Angkor.

Inclination and gap monitoring: We have installed sensors for inclination and gap opening. These monitoring should be continued.

Drainage Flow monitor: Flow gage has been installed at the outside of western mid-gallery. It is also to be continued to monitor to confirm the effectiveness of countermeasure of water proofing at the mass-foundation.

Meteorological monitoring: At present, rainfall, temperature, and wind are being monitored and should be also continued.

4.3 Emergency countermeasures in mid to long term range

As already described, emergency countermeasures are considered as time range from middle to long term before the permanent conservation is carried out. The mid-long term countermeasure consists of rope winding from outside, wooden struts from inside of the tower to increase the structural stability if

位置測定ができるようになってきた。中央塔中心点、 主要な四面像などの挙動が把握できる。

本システムは、即時表示の計測が可能であるから、中央塔周辺でのトレンチ掘削工などによる周辺構造物の変位の監視や施工の安全確保にも有益に役立てることができる。

強風時振動目地観測:地震の強震観測装置を用いて、強風時にトリガーさせて主塔の強風による挙動、積石の目地挙動の観測を行い、強風による主塔の安定問題を実測により調査することで、強風に対する対処法の確認の必要がある。

ラテライトブロックの耐候性向上試験:新材のラテライトに対して、表面被覆をすることで耐候性が増す可能性がある。ラテライトブロックに対する雨水浸潤対策のための表面処理工については、シリコンあるいはフッ素系のコーティング材が石材表面保護材として開発されている。これらコーティング材は、非常に微細な孔を有しているために、雨水のような水に対しては遮水性能があるが通気性をも有しているという特性がある。このような表面処理の影響と効果は、室内試験と現地試験により十分な確認が必要であるが、アンコール遺跡を特長づけるラテライトブロックの耐候性を高めるための有効な手法であると思われる。

傾斜および目地挙動: これらのセンサーはすでに 設置されているが、継続観測が望まれる。

雨水流出流量計:現時点においては、内回廊西外部の排水孔に設置してある。基壇盛土の防水処理効果を確認するためにも、継続観測が望まれる。

気象観測:現在、雨、気温、および風の観測を実施している。継続が望ましい。

4.3 中長期対応の緊急対策工

すでに、先述したように恒久対策を実施するに先立ち、中長期にも対応した緊急対策工を実施して塔 構造の安定化を図る必要があろう。

この長中期の緊急対策工としては、塔外部からの ロープエ、必要とされれば塔内部からの木製支保工 による構造体としての安定対策工と目地間や石材の 亀裂に対するグラウト工である。

塔外部からのロープエ:

積石間の目地や石材に入った亀裂がさらに拡がらないように、鋼製ワイヤのロープ工で、中央塔塔頂部付近から、2ないし3段程度のロープ工によって中央塔積石を緊結固定する。

積石による中央塔は、常に目地の目開きにより拡 がろうとする傾向にある。もし、拡大変位があれば、 緊結ロープの張力が増加し、あるいは破断する可能 necessary, and grouting in gaps between stones and cracks in stones.

Rope winding from outside the tower:

To prevent the gaps between stones and cracks in stone elements from opening further, we need to wind rope of steel wire round the top of the central tower at two or three levels to fasten and to stabilize the structure.

The central tower that is constructed with elements of stone always tends to open outwards. If some outward displacement takes place, tension of the winding rope may be increased or even broken off. When inside stone fails, the tension in the wire may decrease. It is better to monitor the tension force with gap opening as well as wind and to adjust the condition to keep the tension in the appropriate range. The rope is to be covered by tube that is colored in the same as the surrounding sand stones.

Struts from inside the tower:

It may be necessary to install struts inside the tower to increase the stability of the tower structure. We need to study stone structure and the state of stones to determine if any strut is necessary to keep the safety.

Cleaning of stone surface and grouting gaps:

Tower structures in Angkor are always opening outwards gradually like a pomegranate. The central tower has lost its symmetry because the stone elements had fallen off by failure of vertical columns that had been piled up with many stones. The failure of the column was initiated by failure of an element stone that the existing crack developed to separate the stone into two blocks.

We first take off gravels and plant roots in the gaps between stones, clean the surface of the gaps, and put grouting into the gaps and cracks. The depth of the grout is to be planned in the range of 20-30cm considering the easiness to recover the original state and cutting the grout off when dismantling is to be carried out. Before grouting, stone surface is to be studied by fiber-scope and cleaned by brushing as well as jet watering work. The jet pressure may be appropriate around 30kg/cm² but sometimes dangerous for weathered stones. It should be confirmed the allowable pressure before jet watering is applied. The direction of nozzle should be adjusted to apply jet with skew or right angles against the surface of the stone.

The grouting material is available from various types of cement or slaked lime mortar and chemical glues. The selection of the grout is still debatable; however, the slaked lime mortar may be the best material available at preset. The slaked lime mortar is chemically stable and the strength is not very strong, which we expect the mortar fails earlier than the stone material, thus saving the original material.

The practical methods like ratio of mixing materials should be determined by field experiments based upon the available 性もある。また、内在する石材が破壊した場合には、 張力は減少することが予想されるため、ロープの張 力を目地開きや風力などと共に常時観測し、張力を 調整することがよい。ロープは、砂岩積み石と同じ 色調で被覆されているものを使用する。

塔内部からの支保工:

塔外部からの安定工とともに、塔内部からの水平 梁による補強が必要かも知れない。内部の積石構造 の調査の結果によってその必要性を判断するとよい。

積み石間の目地の洗浄工とグラウト充填工:

アンコールの塔状の構造物は、石積み構造の特性 として時間とともに目地が開いて石榴のように開い ている。また、下部の砂岩石材の破壊により積柱が 倒壊して、塔頂部の石材の崩落している。

目地間に入っている砂礫や植物根の除去を実施し、 目地表面を洗浄し、さらに目地間に接着剤のグラウ ト注入を行い、石積構造の安定化を図る。

接接着剤を入れる深さとしては、オリジナル状態への容易な復帰と解体時の際に接着剤の切断に容易なように、表面から 20 ~ 30cm を接着対象深さとしてグラウト工を計画する。

グラウト工に先立ち、グラスファイバーによる目地間の石材表面の調査を実施し、ブラシや、水ジェット工などによって表面洗浄を行う。ジェット水圧は、30kg/cm²程度でよいと思われるが、高い水圧は石材表面を傷めるから、石の状態による適正水圧を確認して実施する必要がある。また、ノズルの向きは、パイプからそのままの向きでなく、少し曲げた、あるいは、真横から噴出するようなノズルを使用するとよい。

注入する接着剤としてなにを使用するかは、セメントモルタル、消石灰モルタル、化学接着剤等がある。どのような接着剤を使用するかは課題として残されているが、化学的に安定しており、強度もそれほど大きくなく、変形が起これば石材よりは先に破壊すると考えられる消石灰モルタルが最適であると思われる。具体的な消石灰モルタルの調合割合などは、現地利用できる原材料をもとに、接着剤の実験を行って比較検討を行う必要がある。

接着剤の充填方法は、へらにより石材目地表面に 塗布するもの、あるいは、ノズルによる充填手法も あるが、目地の大きさなどにより各種方法を工夫す る必要があると思われる。

亀裂に対する洗浄工と充填工:

主塔と構成する積石には、亀裂が発生しているものがある。このような亀裂の拡大進展は石材の破壊を招くので、亀裂目地の洗浄および充填を行う。

materials at the site.

The grouting methods are also available from several methods from using spatula to squeezing from nozzle. These methods should be selected according to various site conditions like gap spaces and work space.

Cleaning and grouting to cracks of stones:

The cracks are found at several stones that consist of the central tower. We plan to clean the cracks and cement these cracks to prevent the enlargement of cracks further.

4.4 Dismantling the mass foundation at the upper terrace

The present foundation of the Main Tower shows local settlements and displaced parts at several points. The reasons to have caused these deformations may be settlement and/or flow-out of sand material from the mass-foundation. The need of the present condition was already referred. For the permanent countermeasures, it is necessary to apply safeguarding measures to the whole area of the upper terrace. We plan to excavate the upper surface of the compacted fill and replace with slaked lime mixed soil to prevent rainwater infiltration from the surface.

Laterite block is to be treated by surface coating, if we confirm the test results as effective, to increase the durability against weathering.

After dismantling the pavements, such a field evaluation test as dynamic cone penetration is to be performed to evaluate the existing compacted mound. The soil is to be replaced to the weakened depth or at least some 10-30cm with the slaked lime mixed soil and compacted to the designed level

4.5 Install of roof of the central tower and drainage system

To prevent rainwater from the top of the central tower, a roof should be installed at the top of the Central Tower. If any rainwater flows into the inside of the Tower, the water should be collected and drained to outside.

4.6 Sub-towers and mid-level gallery

Most of the bridging beams among the sub-towers and the central tower have been broken. The stabilizing of these beams and the roof of the sub-towers to prevent rainwater are to be planned and performed. If rainwater infiltrates from outside to inside of the sub-towers under heavy water condition, some drainage system may be required. The floor in the mid-level gallery is to be covered by impervious surface. Drainage system in the gallery is to be installed to collect and drain rainwater to outside the tower.

4.7 Consolidation and installation of drainage system

Drainage system around upper terrace may be required some consolidation. The drainage system, in general, is described by

4.4 基壇構造の解体改修工

基壇の現状は、局所的沈下や変状部位が多く見られる。これは、雨水浸透による沈下や砂の流出、およびラテライトの風化によるものが主とした原因であろうと思われる。まず、このような変状部分を解体して現状を調査する必要があることはすでに述べた。中央塔の恒久対策としては、基壇の盛土は全面的な改良が必要である。版築盛土表面を全面的に非浸透性の消石灰混合盛土に置き換えて、盛土の雨水浸透性を減少させるとともに、砂の流出を防止する。さらに、試験結果をもとに、もし効果があれば、ラテライトブロックに雨水浸潤対策の表面処理を行い、風化に対する耐久性を増加させる。

これらの敷石を解体し、盛土部表面から動的コーン貫入試験などの現地試験を実施して、地盤評価を行う。表層部分で弱体化している箇所が見つかれば、その深さまで、弱体化のみられない箇所では表層部10~30cm部分を掘削し、消石灰混合処理盛土工で、設計仕上がり高さまで締固めて盛り上げる。

4.5 塔頂防水工の設置と排水工

主塔塔頂部から塔内への雨水を防止するために、 防水性屋根としての塔頂防水工の設置と、塔内への 漏水があれば、内部から集水し外部への排水設備を 設ける。

4.6 副塔と中段回廊

副塔においては、副塔塔頂部から中央塔への繋ぎ梁の崩壊が見られており、繋ぎ梁の安定化工と副塔の屋根からの防水工の設置、さらに塔壁から内部への漏水箇所があれば、塔内部から集水し外部への排水設備を設ける。中段回廊表面の防水処理を行い、雨水の集水および排水施設を設置して、雨水を塔外に排出する。

4.7 排水溝の補修および設置

主塔ならびに副塔周辺の石材による排水溝で補修を要するものもある。バイヨン寺院における排水施設については、本マスタープランの別章で述べられている。新設する必要のある排水設備などは、塩ビ製品などよりできるだけ石材にてU字溝などを設置することが遺跡の雰囲気を保持できてよいと考えられる。

4.8 その他

重機の活用や開発: 石材の移動設置などには、タワークレーンや、移動式のクレーン車などが有効である。このような作業用重機の中でも、たとえば、

other section in the Master plan. Drainage system that is necessary to install might well be made by stone material rather than plastic products to keep the environments as historical heritage.

4.8 Others

Heavy machines, its effective use, and new development: it has been recognized that tower crane and movable crane are useful in handling stones. Recently, various innovated machines become available like with caterpillar made of rubber that is developed for conservation work and designed not to break stone material under some accident. Safer and more effective work is expected to make use of these heavy machines.

If we develop a devise to close opened gaps between stones by some simple jacking system, we may become to adjust displaced columns to the original position.

Work under roof: Works under roofing is dangerous. Strut is to be prepared to support the roof to keep the safety of workers.

Hanging scaffolding: After we wind the rope wire around the central tower, we could use the wire from which some hanging scaffolding may be installed. The hanging scaffolding may provide much economical and safer system for workers.

Drainage system: Drainage system may be installed within the stone structure itself. It may be sometimes better design to hide the system, if new drainage is required.

5. Toward Permanent Measures for Conservation

In addition to the mechanical aspect that is referred here so far, such bio-problems of plant root and lichen as well as chemical weathering are also important factors not to be neglected.

Recent economic growth in Asian country has been causing acid rain problems. The acid rain induces chemical weathering of stone material and accelerates weathering of laterite blocks. And pumping underground water in the Siem Reap region causes lowering water level that inevitably results in ground settlement. If the ground settles unevenly, the stone structure in Angkor suffers unrecoverable damage. Permanent countermeasures should be considered in the wider scope of ranges including change of surrounding environments.

This proposal is based upon the monitoring the response behavior of structures to the emergency countermeasures for mid-long range term but also should include the newly uprising problems described above.

As shown in Fig. 2.3.1-3, there is no fixed permanent countermeasure but a flexible feed back system that evaluates naked eye observation and instrumented monitoring, integrates the results, and feed them back for maintenance without any delay. The permanent countermeasure is to establish such a conservation system for the maintenance.

ゴム製キャタピラーなど石材に当たっても破損を防 げるような遺跡作業用の作業用重機も開発されてい る。積極的に重機類の利用して、安全で効率のよい 修復保守作業を心がけるべきであろう。

開いた目地のなかでも、石を双方両側から押せば開きがもとに戻る場合もありうる。このように、ジャッキなどで目地を調整できるような目地調節機器を開発することができれば有効な維持管理機器の一つとなろう。

屋根の下での安全対策:屋根構造となっている箇所における作業は、内部から屋根裏に支保工を設置するなどの安全対策を講じる必要がある。

吊り足場: ロープエをまず実施し、ロープからの 吊り足場を作れば、調査工、洗浄工やグラウト工が 容易にでき、安全で経済性のある対策工が実施でき よう。

排水路は構造物の中にも組み込むことができる場合があるので、その是非も含めて十分な検討を要する。

5. 恒久対策へ向けて

現在時点での力学構造的安定問題を中心として論述したが、植物根や地衣類の生物的影響、石材の化学的風化の影響も無視しえない。

近年アジア諸国の経済成長につれ、酸性雨問題が 提起されつつある。酸性雨によって石材やラテライトブロックの風化は促進される。また、地下水汲み 上げによる地下水位の低下は、地盤沈下を発生させ る。不等沈下が発生すると、石積み構造物であるア ンコール遺跡は復原できない構造変位が発生する。 このように恒久対策としては、各種の環境の変化も 考慮に入れた広い視野からの対策を考慮する必要が あろう。

本提案は、中長期をも見据えた緊急対応策の結果を観察しながら、恒久対策を講じていくことを基本としているが、上述したような新しく発生する問題にも対応する必要がある。すなわち、Fig. 2.3.1-3に示したように恒久対策として固定的なものがあるわけではなく、科学的なモニタリングと予測を基礎とし、常に目視による観察や計器による計測結果を評価し、もし、異常な発見されれば、遅滞なくその対策がとれるような維持管理体制を中心とした修復体

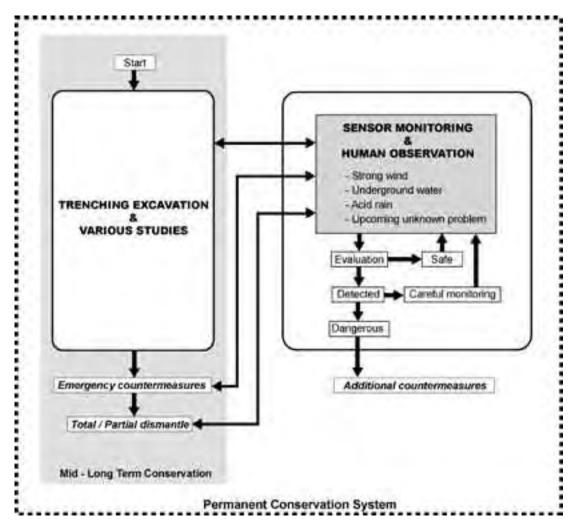


Fig. 2.3.1-3 Permanent Conservation System.

Appendix-1

Questionnaire for Master Plan, Bayon and Answers for mass foundation, (from Master plan for the Conservation and Restoration of the Bayon Complex, October 1997) Draft-1.0

4. The questionnaire for Foundation and mass problem (one from 11 questionnaires)

How to deal with the foundation mass of the Bayon complex is critical in setting the course of the project. What are the possible methods of restoring to consolidate the foundation mass? How much constructional support should be necessary?

Like many other Khmer architecture, the Bayon complex stands on top of a large foundation mass of sand and clay covered with sandstone and laterite pavement. We believe some structural problems are caused by unsetting ground under these paving stones. To consolidate such foundation mass, one approach is to provide strong support with reinforced concrete, a measure taken in the case of Borobudur restoration in the past. In the case of Borobudur, team concluded to support drastically because unsetting was too severe. What is different from

制そのものの確立こそが恒久対策といえよう。

[付録]-1

マスタープラン策定にあたっての質問事項とその 回答(1997年に実施されたアンケート調査のうち、 基壇の修復方法についての回答)

質問4 基壇修復:

バイヨン基壇の修復をどのようにするかは、マスタープランの重要な要素である。どのような方法で修復できるか、構造上必要な支持力度はいかほどであろうか?

多くのクメール建築と同様、バイヨンの基壇も表層を覆う砂岩のペーブメント、ラテライト敷石層の下部は砂を主体とする版築により形成されていると考えられる。構造上の問題は、これらのペーブメント以深の土の不安定さによるものが多いと認識している。このような基壇の修復方法としては、鉄筋コンクリート板を形成して補強するボロブドゥールで

Borobudur is that the volume of foundation mass at the Bayon Complex is significantly smaller and is more even from the beginning. We think it is very important to seek some ways to retain original constructional method but to provide a certain structural support. We need to measure the present movement of the structure more closely. Thorough geological boring investigation will be needed as well.

Answers:

- More sophisticated geological prospect is necessary. Contact with Radar Science Technologist for advise.
- If the foundation would be repacked, use sand, clay and lime mixture, rather than just sand and clay. Acrylic resin emulsion could bring stronger effect.
- Comparison with Borobudur is not always necessary. The historical draining system available at the Bayon since 12th century must have worked well to protect the water penetration to the foundation mass.
- Monitoring of settlement and deformation is necessary.

 "Observational Approach" might be effective in this case.
- Through and continuing monitoring of movement must be achieved. e.g. a coupled laser-transit system plus a CAD system measuring movements of all parts, the whole being linked to a GPS satellite data. All other measure are secondary to this.
- Through experience in China, grouting consolidation is effective. The detail of the grouts, method of application must be studied and calculated carefully.
- Further study is necessary before a solution can be found.
 Continued plotting of movement and geological boring must be made prior to the decision to make.
- Restoring previous underground water level could stabilize foundations. The hydro-geological part of ZEMP survey should be taken under consideration. Not to compare with Borobudur case.

Appendix-2

1. Stability of Main Tower against over-turn

One of the stability problems of tower structures is safety against over-turn failure of the total structure that is symbolized by the Pisa Tower in Tuscany, Italy.

Overturn is caused by movement of center of the gravity of the structure towards outside from the center of the structure. When the position of the gravity moves outside of the width of the foundation, the structure is turned over. In geotechnical foundation engineering, we divide the width of the foundation into three sections and have a safety measure against overturn failure to keep the gravity force acts within the center part of the divided width (= middle third). The inclination angle that corresponds to the edge of the middle third is computed and shown as critical angel in Tab. 2.3.1-1. The critical angle for

採用された手法も考えられる。ボロブドゥールにおいては、地盤が非常に不安定であったので、思い切った決断を行ったのである。ボロブドゥールと違い、バイヨンの基壇は小さく、当初はさらに小さかったと考えられている。創建当時の素材・工法をなるべく踏襲して、かつ十分な支持力を有する地盤の修復を行うべきと考えている。今後、基壇の変形計測、内部のボーリング調査などにより確認が必要であろう(Bayon Master Plan の英語版の訳;同書日本語版とはやや異なる)。

回答:

- ・ さらなる地質学的掘削が必要である。レーダー技 術者と接触すれば助言が得られるだろう。
- ・もし、基壇の再締固めを実施するのであれば、砂と粘土だけでなく、砂、粘土、および石灰の混合土を用いるとよい。また、アクリルレジンも地盤強化剤として有用である。
- ・ボロブドゥールとの比較は必ずしも必要でない。 12世紀から設置されてきたバイヨンの排水システムは、基壇への雨水浸透を防止するのに、大きく 役立ったに違いない。
- ・沈下や変形の観測が必要である。この場合、"観測的手法"が有効であろう。
- ・遺跡の変位挙動の連続観測が実施されなければならない。すなわち、CADに連動するレーザー測距システムですべての部分を計測することであり、これに比較すれば、他の手法は2次的である。
- ・中国の経験からすると、グラウトによる地盤固化 が有効である。詳細な注入グラウト剤、適用手法 などは注意深く研究される必要がある。
- ・基壇の修復方式を検討する際に、さらなる研究が 必要である。また、最終判断をする前には、継続 した基壇の変位図やボーリングによる地質調査が 必要である。
- ・ボロブドゥールと較べるのではなく、以前の地下 水位に戻すことが基壇を安定化させよう。ZEMP 調査の地盤水利部分が考慮されるべきであろう。

回答意見の要約

以上のような貴重なご意見を頂いたことを感謝したい。これらの意見を集約すると、

- 1. 基壇における地質・地盤の実態調査が必要である。
- 2. 基壇や構造物の変形変位などの連続観測結果によって恒久対策を決めることがよい。
- 3. 基壇盛土の修復には、石灰との混合土、グラウトエによる地盤安定など、オリジナル工法にとらわれない工法が推奨された。

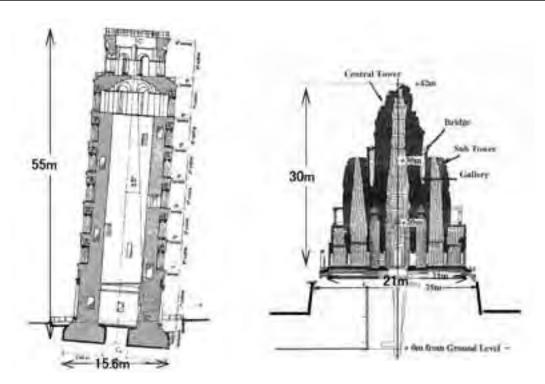


Fig. 2.3.1-4 Leaning Tower Pisa and Central Tower at Bayon.

			3	,	
	Height	Diameter	Critical ratio	Critical angle	Present inclination
			(tangent)	(degree)	(degree)
Pisa	55m	15.6m	0.09	5.4	5.5
Bayon	30m	21m	0.23	13.0	0.712

Tab. 2.3.1-1 Stability of Turnover of Pisa and Bayon.

Pisa Tower is 5.4degrees and that for Main Tower of Bayon is 13 degrees. The present angel of the Pisa Tower is about 5.5 degrees and almost the same as the critical angle. At Bayon, the inclinations of the four face towers have been measured including the central tower from August to September, 2000. The measured values are offsets of the top of the tower against the center of the basement and not the same as the inclination itself. Based upon the measurement at the central tower, the center of the top displaced 235mm to north and 275mm to west (362mm to northwest in total) compared to the base foundation. The height of the central tower from the foundation is 29.09m and the inclination turns to 12.4(mm/m) or 0.712degrees.

As shown in Tab. 2.3.1-1, the present angle of the inclination at Bayon is very small compared to the critical angle of overturn and it is certain that the failure of the overturn of the central tower of Bayon is not likely occur.

2. Monitoring of the inclination of the central tower

4. 排水工については、創建当時の排水工の活用と ともに、基壇盛土の地下水位についての関与が 指摘された。

[付録]-2

1. 主塔の転倒に対する安定性

搭状構造物の安定性の一つは、イタリアのタスカーニのピサの斜塔に代表されるような塔全体の転倒安定問題である。

転倒は、塔状構造物の重心の位置が、建物の中心から外れていくと次第に不安定となることに起因する。重心の位置が、基礎幅から外に出ると構造物が転倒するが、基礎工学では、建物の基礎幅を3分割し、重心の水平位置が、分割基礎幅の3分割の中央分割幅の中にあれば、転倒に対して安全であるとして一つの目安としている。このようにして求めた3分割の中央部端部位置に相当する建物の傾斜角度を求めてTab. 2.3.1-1 に示した。ピサの斜塔は、5.5 度

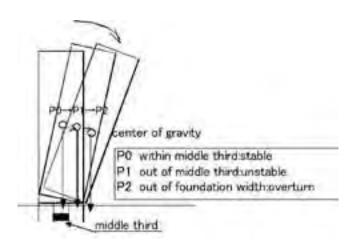


Fig. 2.3.1-5 Stability against Overturning of Tower Structure.

Inclinometers have been installed on the vertical walls at the level of mid-level gallery. Displacement sensors to monitor the change of gaps between stones have also been installed. Fig. 2.3.1-6 shows some of these monitoring points.

Typical monitoring results of the inclination are shown in Fig. 2.3.1-7 for daily change and in Fig. 2.3.1-8 for seasonal changes from 1999 to 2003. The inclination change shows temperature dependent characteristics.

The measured results are given in a unit of mm/m. Daily change of the inclination is very small range of the order of 0.05mm/m. Yearly change of the inclination is 0.2mm/m at the maximum and no indication of any continuous tendency of specified directions. At present, there is no evidence of danger-

であるのに比較してバイヨンでは約13度である。現在の傾斜角は、ピサでは約5.5度であり、すでに3分割基礎幅の中央の端部に等しい位置にある。これに対してバイヨンの四面塔の傾斜計測が2000年8月から9月に掛けて実施された。計測されたのは塔項中心が、塔の基礎部の中心からどれだけ偏移しているかであり、塔の傾斜そのものではない。その結果(2002)によれば、中央塔での塔頂の偏移量は、北へ235mm、西へ275mm(北西方向へ約362mm)であった。基礎部から塔頂までの高さは、29.09mであったから、これを塔の傾斜角とすれば12.4/100 (mm/m) すなわち、0.712度である。

Tab. 2.3.1-1 に示したように、転倒に対する3分割 基礎幅に対応する限界角よりはるかに小さな値であ り、塔の転倒破壊は発生しないと断定されよう。

2. 中央塔における塔傾斜変動の観測

中央塔の全体の安定性を考察するために、傾斜計を中段回廊部位の中央塔の壁面に設置した。また、積み石間の目地開きを観測するために、パイ型変位計を設置した。Fig. 2.3.1-6 にこれらの設置した様子と設置した変位計の一部の位置を示した。

中央塔に設置した傾斜計の典型的な日変化の結果を Fig. 2.3.1-7 に、年変化を Fig. 2.3.1-8 に示した。 ここに示したものは、 Fig. 2.3.1-6 に示した中央塔の東西南北に面に設置した傾斜計の測定結果で、傾斜測定値は mm/m で与えられている。

日変化を温度変化とともに示したが、傾斜の変化

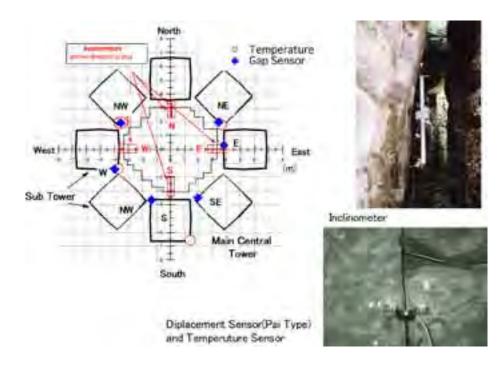


Fig. 2.3.1-6 Plan of Monitoring System. Pl. 2.3.1-2, -3 Inclinometer and Pai Sensor.

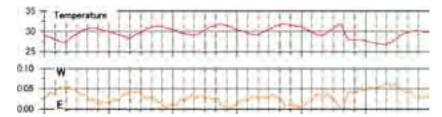


Fig. 2.3.1-7 Daily change of the inclination.

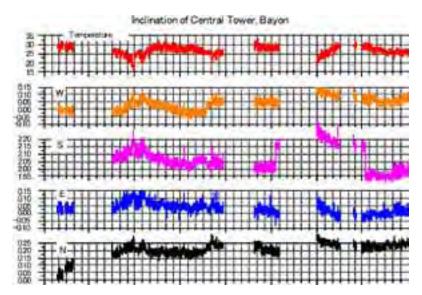


Fig. 2.3.1-8 Inclination change of the four main columns.

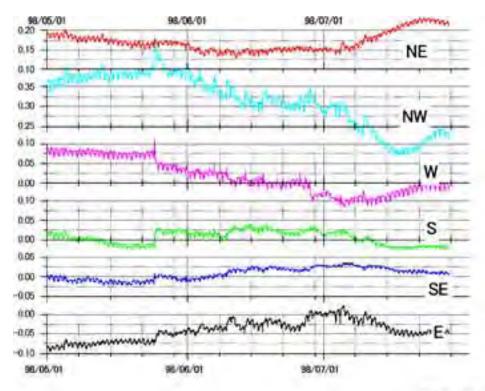


Fig. 2.3.1-9 Change of Gaps between Stones.

WordRam Grac-S Geo-Replanth Int. Duku ous movement in the inclination results.

3. Monitoring of change of gap opening

Fig. 2.3.1-9 shows some changes of gaps between stones and cracks on the surface of stones. In addition to daily continuous changes of the order of 0.01-0.03mm/day, there are some sudden changes. Such a change as found in the end of May 1998 is a common phenomenon in five sensors out of six. This change suggests that the tower moved as a whole and resulted in sudden permanent deformation caused by some reason. What is the mechanism to cause these non-recoverable deformations?

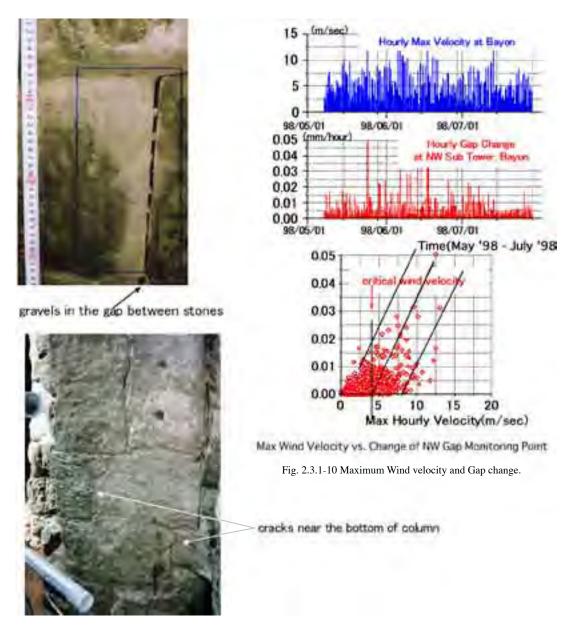
The changes of gaps are monitored and recorded every one hour and the weather information including wind is also recorded every hour.

In Fig. 2.3.1-10, a comparison is made between displace-

はほぼ、温度変化にしたがっていることが分かる。日変化量は、0.05mm/m 程度の小さな量である。1999年から 2003年にわたる4つの方向の傾斜計の変化をみると、年間での変化量は0.2mm/m 程度でとくに連続的に傾斜変化に方向があるということでもない。南面に設置された傾斜計の値が、2001年7月に南方向に振れていたが、2002年7月にはほぼもとに復帰している。現在のところ、中央塔に危急的に危険の迫るような傾斜変動の傾向は見られない。

3. 目地変位の計測

積石間の目地の開きおよび、石材表面に見られる 亀裂目地の開きを計測するために、パイ型変位計を 中段回廊の空間から近付ける積石を対象として設置



Pls. 2.3.1-3, -4 Gravels between stones and cracks in stones.

ments during an hour and the strongest wind velocity within the corresponding hours. We found that the unrecoverable displacement of the gap occurred if the wind velocity is stronger than 4-5 m/sec.

It is understood that the strong wind makes gap to open larger and accelerate to develop crack in the stone that finally becomes to cause a failure of column of the piled stone. This is a probable process how the top of the central tower of Bayon has lost its symmetry due to fall down of stone elements.

Once such displacement takes place and, if such objects like gravels as shown in Pl. 2.3.1-3, Pl. 2.3.1-4, gap does not close but only increase by ratchet effect of the gravels.

4. Levels of stones surrounding the foundation of the Main Tower

Levels of the top surface of the stones surrounding the foundation of the Main Tower were measured and shown in Fig. 2.3.1-11. The levels are obtained as a reference height compared to a point named as W1 (West side No.1).

We do not have any evidence that the levels of these stones were the same level; we will discuss the characteristics of the levels of these stones around the foundation. The characteristics are different in west and east parts.

In the eastern part, the difference of levels among the height of stones is about 0.1m for southern side but becomes 0.4m for northern side. The northern part is higher than the southern part.

In the western side, there are three four face towers around

した。

積み石間の目地変位計の計測結果を Fig. 2.3.1-9 に 示したが、 $0.01 \sim 0.03$ mm の日変化を基本とした連 続的な変化に加えて、急激な変化が見られる場合が ある。1998 年 5 月下旬のころに見られる急激な変位 は、計測された 6 点のうち 5 点に見られている。このことは、なんらかの原因で、塔全体に非復原性変位が発生したと考えられる。このような非復原性変位の発生の原因はなにであろうか。

目地変位の計測は、1時間に1回、気象のうち風は、1時間ごとに最大風力などが記録されている。 Fig. 2.3.1-10 に、対応する1時間の間に発生した目地変位とその間の最大風速を比較してみた。平均的に4-5m/sec の強さの風が吹いた時間に、非復原性の目地変位が見られることが分かる。

すなわち、強風によって目地の変位が大きくなり、 後述するような積み石の亀裂が進展すれば、積み石 が破壊し、石材の柱が崩壊するようになり、現在の ような塔頂部位の石材の崩落の原因となったものと 考えられる。

このような非復原性変位が発生し、Pl. 2.3.1-3、Pl. 2.3.1-4 のようにもし目地に礫などが入ってしまうと、石材の隙間に礫などが入って留め金の役割をしている場合には、変位は増大する一方となる。

このような強風による変位により、石材に発生している亀裂が伸長して、ついに破壊すると、その上の積石柱は簡単に崩落する。このことが、塔頂部の非対称性となっている原因ではないかと思われる。

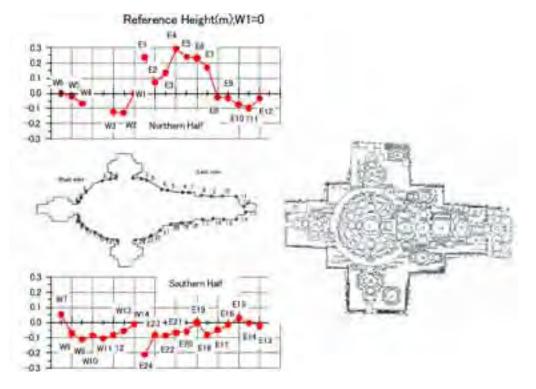


Fig. 2.3.1-11 Relative height of foundation stones of the Central Tower.

foundation. There is level difference of 0.1m among the stones. The lowest levels are at W9 for south and W2 and W3 for north sides among each neighboring three towers. The reason of the difference of levels of these stones may be due to settlement and flow out of sand. It is necessary to study by partial trenches at several portions around the foundation to understand the present mechanical state of the Main Tower.

When the settlement takes place at the foundation level, the deformation propagates to the upper structures and sometimes becomes amplified when the upper structures are not restricted. The fallout and material failures of bridge stones between the central and sub-towers are may be caused the deformation of foundation level.

5. Drainage characteristics for rainfall

A magnetic flow gage (Pl. 2.3.1-5) was installed at the outlet of drain system at west side of the Inner gallery of Bayon (Fig. 2.3.1-12). Drain flow was monitored at the outlet (D-3 point) for rain.

An example of drain response to a rainfall of 15mm is shown in Fig. 2.3.1-13. The total quantity of the drained water was 492 litters. Drainage ratio of drain to total rainfall to the corresponding the total rain expected in the catchment's area is 0.18. The drainage ratios are plotted against total rainfall in Fig. 2.3.1-14 for some ten cases. The ratio is not constant and probably due to the infiltration into the ground surface is changeable depending upon such conditions as water contents and unsaturated condition of the ground surface. The ratio is shown as 30% at the maximum, which means the rest of about 70% is likely to drain by other route like infiltration into ground than the surface. It is necessary to study the surface drain and infiltration process to provide an enough countermeasures to prevent rainwater infiltration into the foundation of the Main Tower.

4. 基礎周辺の縁石レベル

中央塔の上段テラスレベルの基礎周辺の縁石の高さを計測した結果を Fig. 2.3.1-11 に示す。

これらの高さは、中央塔の北側の West side No.1 点 (W1) を基準点として示されている。もとより、これらの高さが創建当時、同一であったという確証もないが、縁石の高さを見てみよう。塔の東側と西側でその特徴は異なっている。東半分の南側の高さの差はほぼ 0.1m で平坦であるのに、北側は 0.4m の高低差がある。また、東端部からみると、北の縁石の高さは高く、南の縁石の高さは低い。

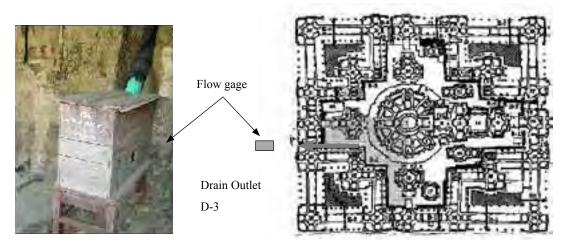
西半分の縁石の近くには、3つの四面像の塔がある。西側では、ともに約0.1m程度の沈下が見られているが、沈下の形態は、中央塔に隣接するこれらの3つの四面塔の間が垂れ下がるような沈下の形態を示している。南側の沈下は緩やかでW9で最低であるが、北側ではW2とW3の2点間が落ち込み大きな落差を示している。このような縁石の標高差はなにによってきたのか?盛土の沈下や砂の流出が原因の一部であろう。中央塔の安定問題を扱おうとすると、この基礎周りの状況を把握しておく必要がある。そのためには、数ケ所に部分トレンチを入れて基礎部の調査が必要であると考えられる。

このような基礎の不等沈下があると、変位が上方に伝播する。上部構に拘束がないと変状は増幅される場合があり、副塔と主塔間の石梁材の落下や破断などは、このような基礎付近における不等沈下が原因ではないかと思われる。

5. 雨水排水量調查

雨水の排水量を調査するために、バイヨン内回廊 外側西 (Fig. 2.3.1-12) の排水孔から流出してくる雨 量の計測を電磁流量計 (P1. 2.3.1-5) で計測し、この 流出点 (D-3) における雨ごとの流量を測定した。

Fig. 2.3.1-13 に 2003/8/29 の 15mm の降雨に対する流出事例を示した。流出量は 492 リットルであった。降雨対象面積からもとめた 15mm の総雨量に対する流出量の比率は、0.18 であった。このようにして、十数事例について解析をした結果を Fig. 2.3.1-14 に示した。雨量に対する流出比は、必ずしも一定ではないが、これは、地盤への浸透などの状況が一定ではないことによると思われる。これらの比を見ると、高々 30% である。このことは、約 70% 程度の降雨は、地表よりは地盤浸透などの他の経路によって流出しているものと思われる。雨水の表面流出および盛土内への浸透機構を研究し、盛土表面からの雨水の浸透防止対策が必要である。



Pl. 2.3.1-5 Flow meter.

Fig. 2.3.1-12 Plan of Bayon.

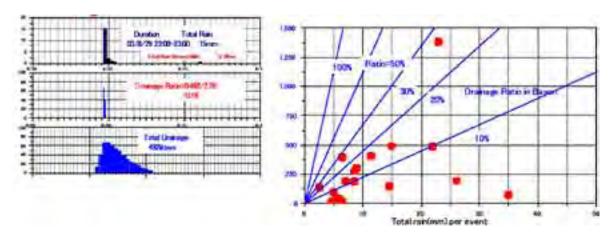


Fig. 2.3.1-13 Drain Response to Rainfall.

Fig. 2.3.1-14 Drainage ratio to Rainfall.

2.3.2 Precision Documentation and the Restoration of the Bas-relief

2.3.2.1 Precision Documentation of the Bas-relief IKEUCHI Katsushi, OISHI Takeshi, TAKAMATSU Jun, ONO Shintaro

1. Applications of 3D Modeling

Ikeuchi Laboratory, Institute of Industrial Science, the University of Tokyo, cooperates with the Japanese government team for Safeguarding Angkor (JSA) and is engaged in modeling reliefs in the Bayon temple using 3D laser measurement technologies. Depending on the performance of laser range sensors used for measurement, these technologies enable us to accurately obtain the shape of a surface of a target object; the accuracy is within several tenths of a millimeter. As a result, it is possible to preserve shape information of reliefs as digital data. Such digital data can be easily duplicated and permanently preserved. Furthermore, differences among several pieces of data modeled at different times over a long term provide us with secular variation such as disintegration or collapse. Such information is useful for simulation of original conditions and serves as a guideline for restoration works.

2. Modeling methods

There are two aspects in modeling reliefs: one is geometric modeling and the other is photometric modeling (See Appendix 2, 3D Digital Archive for the Bayon temple). The photometric modeling is more important when a target object is clearly figured or colored as in this case.

Photometric data can be obtained by commonplace methods such as a digital camera. However, geometric and photometric data obtained usually have different coordinate systems. Therefore, it is necessary to estimate the relationship between the two systems for integrating the two types of data. We estimate the relationship by taking geometric and photometric data of the same calibration object, of which geometric and photometric configurations are known in advance.

3. Procedures of Modeling Reliefs

We performed four missions in order to model the whole Bayon temple and simultaneously modeled the reliefs in each mission except for the third mission.

First mission: 16th Feb. \sim 9th Mar. 2003 Second mission: 14th \sim 31st Dec. 2003 Fourth mission: 13th Feb. \sim 5th Mar. 2005

We modeled the reliefs carved on the north wall of the inner gallery in the first mission, the south wall of the outer gallery in the second mission, and the east wall of the outer gallery in the fourth mission. We used Vivid 910 manufactured by Konica Minolta Sensing, Inc., as shown in Fig. 2.3.2.1-1, for the modeling. This laser range sensor measures a shape based on the cross-section method, and it takes about three seconds

2.3.2 浮彫り彫刻の精密記録と修復

2.3.2.1 浮彫り彫刻の精密記録

池内克史、大石岳史高松淳、小野晋太郎

1. 3Dモデリングの役割

東京大学生産技術研究所池内研究室ではJSAと共同で、バイヨンの浮彫り彫刻の記録にレーザー三次元計測技術を用いて取り組んでいる。レーザー三次元計測は、使用するセンサにもよるが、計測対象の表面形状をコンマ数ミリの精度で記録する。そのため、浮彫り彫刻の凹凸情報を正確にデジタル保存することが可能である。デジタル的に保存することにより、その情報の複製や後世への永久伝達も容易になる。また、対象部分の計測を定期的に繰り返して行うことにより、前回の計測結果との差分が明らかになり、経年変化による影響が観察できる。そして、彫刻に風化や剥落が発生した場合には、修復作業のシミュレーションやガイドラインに利用することも期待できる。

2. モデリング手法

浮彫り彫刻のモデリング作業としては、幾何的モデリング手法と共に、光学的なモデリング手法が必要となる(付録2「バイヨン寺院の3次元デジタル保存調査報告」参照)。特に壁面の模様に意味がある場合や、彩色が施されている場合には、光学的モデリングは重要な要素である。

対象表面のカラー情報はデジタルカメラ等で取得できるが、レーザレンジセンサで取得された幾何情報とは座標系が異なるため、それらのデータを1つにまとめるためにはお互いの対応をとる必要がある。そこで、それぞれから観察・計測できる、形状や模様が機知のキャリブレーション物体を用意して、相対関係の推定処理を行っている。

3. 浮彫り彫刻の計測

浮彫り彫刻の計測作業は、3回目の mission を除いて、バイヨン全体の3Dモデル化のための計測と同時並行して、これまでに4回実施してきた。

First mission: 16th Feb. \sim 9th Mar. 2003 Second mission: 14th \sim 31st Dec. 2003 Fourth mission: 13th Feb. \sim 5th Mar. 2005

1回目のミッションでは北壁内回廊の浮彫り彫刻の計測作業を、そして2回目のミッションでは南壁外回廊の計測を、4回目のミッションでは東壁外回廊の計測を行っている。浮彫り彫刻のスキャニングには、主に Fig. 2.3.2.1-1 に示す Konica Minolta Vivid

to measure (high accuracy mode). Although measurement is fast, the sensor cannot measure the shape of the surface illuminated by direct rays of the sun: this weakness is caused by the cross-section method itself. We used two Vivid 910 sensors for modeling in each mission, but we were often forced to stop the measurement because of bad illumination conditions; that caused measurement to degenerate. Especially the south wall can only be measured in early morning and late evening because of impossible illumination conditions. We have not yet found another method that yields equivalent performance considering both accuracy and measuring speed, but we are considering another potential to improve efficiency. Note that a digital camera was set up on the top of the Vivid 910 and simultaneously took photometric data as well as geometric data (See Fig. 2.3.2.1-2).

Figure 2.3.2.1-3 shows the geometric modeling result of the reliefs that are on the north wall of the inner gallery between Tower 33 and 34. This was modeled by applying our simultaneous alignment method and then our merging method to 151 measurements. The model to integrate both geometric and photometric data is illustrated in Fig. 2.3.2.1-4; photometric data consist of eleven images taken by a digital camera. In addition, Figures 2.3.2.1-5 and 6 show the geometric modeling result of reliefs on the south and east walls of the outer gallery, respectively.

4. Future Plans and Works

Modeling cultural objects as digital data, that is, digitalization, enables us to access the data through the Internet. This technology is expected to be used for education and tourism. For example, the application software in which one can virtually walk along a gallery watching reliefs and hearing commentary about the important reliefs can be easily realized. From a preservation point of view, digitalization eases detection of disintegration or collapse by comparing several pieces of the digital data modeled at different times. Furthermore, it enables preservation strategy to be planned repeatedly through computer simulation. In the planning, it is not necessary to fear damaging the real object. Preservationists must determine through their own efforts which preservation strategy is the best, but digitalization provides them with an excellent tool for this determination.

Although there are many advantages in using modeling data, the use is not common yet for several reasons. Even if the Vivid 910 used for modeling reliefs is relatively cheap compared with other laser range sensors, it is still very expensive. Furthermore, even if one might purchase it, experts are required to operate it. Another factor is that the software used for modeling is far from usual software; this forces users to customize software case by case. And, finally, long-term measurement for investigating secular variation requires support and active cooperation of local staffs. These requirements are difficult to satisfy, but they are necessary for modeling of reliefs.

910 を用いている。この Vivid は光切断法を計測原理とするレンジセンサで、一回の計測が 3 秒(高精度モード)と高速な特徴を有しているが、計測原理の制限として直射日光が当たる部分での計測は困難である。そのため、それぞれのミッションにおいてVivid を 2 セット用意していたが、直射日光が当たる時間帯には中断したため作業効率が悪く、特に南壁の計測作業では早朝と夕暮れ時しか作業が進められない問題があった。しかしながら、現状ではこの精度と速度に代わりうるセンサが無い為、次回の計測に向けて対策を検討中である。なお、Vivid の上部には光学的モデリングのためにデジタルカメラを取り付けて、形状計測ごとにカラー画像の撮影を行っている(Fig. 2.3.2.1-2)。

計測結果の例として、北壁内回廊の塔 33 と 34 間 の浮彫り彫刻の計測結果を Fig. 2.3.2.1-3 に示す。このモデルの生成には 151 枚の距離画像の計測を行い、同時位置合わせと統合処理を行っている。また、その一部分に対してデジタルカメラからの画像 11 枚をテクスチャマッピングしたモデルを Fig. 2.3.2.1-4 に示す。また、南側および東側外回廊の浮彫り彫刻の計測結果を Fig. 2.3.2.1-5、-6 に示す。

4. 今後と課題

デジタル化を行うことによって、インターネットを通した配信が容易になり、教育での利用や観光産業への応用も考えられる。例えば、回廊に沿ってウォークスルーして浮彫り彫刻を眺め、重要な物語の部分では解説が表示されるなどのアプリケーションは容易に実現できる。保存の観点からでは、彫刻の凹凸が数値情報として記録されているため、同一箇所を定期的な計測によって、風化により彫刻の彫りが浅くなったとか一部が欠けた等を容易に検出できるようになる。一方、デジタル修復の利点は、現物に一切手を加えることなく、修復作業が何回でも行える所にある。幾度もの修討をした結果として、現物に手を加えるか、現状保存として加えないかは判断の分かれるところではあるが、判断材料としては最適であるといえよう。

このような利点を持つ3Dデジタル保存であるが、まだ一般的とはいえないのが問題である。浮彫り彫刻の計測に使用しているレンジセンサは、レンジセンサの中でも安価な分類ではあるが、手軽に買える代物ではない。また、センサハードが有ってもそれを操作するオペレータの訓練・教育が必要となる。そして、計測データの処理に用いているソフトウェアも特殊なものであり、我々は目的や条件に応じて独自に開発している。経年変化などの長期的な観察には、現地人による実施が必要不可欠になり、3Dデジタル保存を進める場合には課題となるであろう。



測定距離: 0.6 - 2.5m 精度: ± 0.008mm

測定時間: 0.3 - 2.5sec/scan

解像度:640×480 レーザクラス:2

Fig. 2.3.2.1-1 Vivid 910.



Fig. 2.3.2.1-2 Vivid 910 & Digital Camera.



Fig. 2.3.2.1-3 Digitized reliefs model between tower No. 33 and 34.



Fig. 2.3.2.1-4 Texture-mapped model; one portion of Fig. 2.3.2.1-3.



Fig. 2.3.2.1-5 A part of the relief on the south outer gallery.



Fig. 2.3.2.1-6 A part of the relief on the east outer gallery.

2.3.2.2 Restoration of the Bas-Reliefs

EBISAWA Takao

1. Introduction

The state of deterioration and the degradation mechanism of the bas-reliefs in Bayon Temple have been widely studied. In them, water has been identified as one of the factors of their deterioration.

The types of deterioration (damage) seen in the relief stones at Bayon include loss of cohesion, disintegration, scaling, adherence of plant organisms, cracks, lost elements, large-scale flaking, and collapse. Such damages can be repaired if stones are dry, but in a damp environment, repair tasks would entail great difficulty. Even during the dry season, Bayon's unique dampness caused by the infiltration of water from behind the stones would make it extremely difficult to restore deteriorated stones displaying loss of cohesion, disintegration, scaling, and adherence of plant organisms, in particular. If the very act of restoration is difficult, any attempt to conserve the stones under Bayon's adverse environment without damaging the artistic value of the reliefs would be close to impossible.

The reliefs cannot be simply neglected, however, so I will discuss damages related to loss of cohesion, disintegration, scaling, and adherence of plant organisms in this paper. I understand that studying the above damages would not necessarily lead to a valid and definitive restoration method of stones in the damp environment of Bayon. I am also aware of the high risk of implementing restoration methods that could conversely cause even more damage to the stones under the severe conditions of Bayon. Keeping this in mind, this paper will simply explore and examine whether or not there are any effective restoration methods.

Damages related to cracks, lost elements, large-scale flaking, and collapse will not be covered in this study, as they can be addressed and remedied using existing technologies.

2. Study of Restoration Methods

Let us examine restoration methods in the following order.

- 2.1) Repair of cohesion loss, disintegration, and scaling
- 2.2) Removal of plant organisms and prevention of regrowth
- 2.3) Blocking the infiltration of water from behind the stones

2.4) Appendix

Loss of cohesion, disintegration, and scaling are mainly caused by crystallization, and the adherence of plant organisms causes biodeterioration. These phenomena occur easily wherever there is moisture (or humidity), but at Bayon, deterioration is occurring especially rapidly due to the inordinately high humidity and the infiltration of water from behind the stones, making restoration even more difficult.

A similar problem can be seen in the foundation of build-

2.3.2.2 浮彫り彫刻の修復

海老澤孝雄

1. はじめに

バイヨン寺院のレリーフの劣化状態及びその劣化 メカニズムなどについては、他の方々によって研究 され、劣化を促進させる要因に水がある事が究明さ れている。

バイヨンのレリーフ石に起きている劣化(損傷)は、凝集力低下、粉状化、スケーリング、植生類着生、亀裂、欠損、大きな剥離、圧壊などがある。これらの損傷は石が乾燥してさえすれば修復は可能だが、湿潤状況下では困難である。とくに凝集力低下、粉状化、スケーリング、植生類着生などは、乾期にあっても石の背後から水が供給されてくるバイヨン的湿潤下にあってはなお困難である。単に石を修復するだけならともかく、レリーフの美術的価値を損ねないで、バイヨンの環境下で現地保存を図るとなるとそれはもう殆ど絶望的に近い。

しかし手をこまねいているわけにもいかないので、 上記損傷のうち、凝集力低下、粉状化、スケーリング、 植生類着生について検討してみたい。検討したから といって、バイヨン的湿潤状態下では有効かつ確実 な修復方法が見つかるわけではない。バイヨンの厳 しい条件下で、安易な修復をすれば逆に損傷を促進 させてしまう危険は高い。その事を充分認識しなが ら可能な修復があるかどうか、模索、検討してみたい。

なお亀裂、欠損、大きな剥離、圧壊などは、現在我々が有している技術で対応できるのでここではとくに 取り上げない。

2. 修復方法の検討

以下の順序で検討する。

- 2.1) 凝集力低下、粉状化、スケーリングの修復
- 2.2) 植生類の除去と再着生防止
- 2.3) 石背後からくる水の遮断
- 2.4) 付記

凝集力低下、粉状化、スケーリングは主に結晶壊現象によってもたらされ、植生類の着生は生物劣化をもたらす。これらは、水分があれば(湿度だけでも)どこでも容易に起こる劣化現象だが、バイヨンでは高湿度に加え背後から浸透してくる水がその劣化を促進し、修復を困難なものにしている。

これと同じような例として、建造物の基礎部や磨崖仏などがある。地下や地山から浸透してくる水が結晶破壊や生物劣化を起こし、大きなダメージを与えている。この対策には世界中が頭を悩ませているが今のところ有効な手立てはないようである。

ings and magaibutsu (large Buddhist sculptures carved out of massive rocks in the natural landscape). Water infiltrating from underground or from the natural ground is responsible for bringing about serious damage through crystallization and biodeterioration. Researchers throughout the world are trying to tackle this problem, but no effective countermeasures have yet been found.

2.1 Repair of cohesion loss, disintegration, and scaling

Common restoration methods for the above damages include the following:

- · Impregnating the stones with silicon reinforcement to recover their cohesiveness
- Covering the disintegrated areas with an adhesive agent (such as acrylic resin) so that the surface solidifies and adheres to the stone mass.
- Coating the scaling layer with silicon reinforcement and then spreading or pouring an adhesive agent (acrylic resin, epoxy resin) on the loose surface so that it adheres to the stone mass
- Applying water repellent to the surface to prevent the infiltration of water. Since the crystallization of deposits is caused by moisture infiltration, it would be effective to prevent water from infiltrating the stones by using water repellent.

These restoration methods are widely applied to independent stone monuments such as stone towers and gravestones, and are known to achieve positive results. However, it is absolutely necessary for stones to be dry at the time of restoration in order for these methods to be effective.

If the above measures are applied when stones are damp or wet, several problems may occur: failure of the liquid reinforcement to permeate the stones could prevent the recovery of the stones' cohesiveness; the reinforcement may react with moisture and bleach the stones; or the moisture may prevent the flaking layer from adhering to the stone mass. (Depending on the environment, it takes about three to five years for bleached stones to return to their original color.)

Even when the surface layer is dry, if a reinforced layer (waterproof layer) or an adhesive synthetic resin layer is formed on surfaces from where moisture inside the stones is apt to evaporate, the moisture would have nowhere to go. It would simply accumulate beneath the surface and eventually exert a pressure that could cause the surface to flake.

For these reasons, normal restoration methods are not suited for the restoration of stones in the damp environment of Bayon.

Some permeability reinforcement products claim they "allow moisture evaporation," but in actuality, they are not as effective as they claim to be. As far as I know, there are no products that can prove effective in Bayon's damp environment. However, great advancements are being made in the development of new products, so I intend to seek and experiment with products from an even wider selection in the future.

2.1 凝集力低下、粉状化、スケーリングの修復

これらの一般的な修復方法は

- : シリコン系強化剤を石内部に浸透させ低下した 凝集力を回復する。
- : 粉状化した部分に接着剤 (アクリル樹脂など) を浸透させて一体化し、母体に接着させる。
- : スケーリング層にシリコン系強化剤を浸透させてから、浮き上がっている部分に接着剤(アクリル樹脂、エポキシ樹脂)を浸透・注入し母体に接着させる。
- :表面に撥水剤を塗布し、水の浸透を防止する。 析出物結晶破壊は水分の浸透によって起こされ るので、石内部へ水が浸透するのを撥水剤で防 止する。

この修復方法は石塔、墓石など独立した石造文化 財に対して広く行われて効果を上げているが、修復 時には石が乾燥してることが絶対条件となる。

石が湿潤状態にある時にこの処置を施すと、強化液の浸透不可による凝集力の未回復、水分と強化剤の反応による白色化、剥離部などの未接着ということを引き起こしてしまう(白色化したものは、環境にもよるが3~5年で石本来の色合いに戻る)。

また表層部がたとえ乾燥していたとしても、内部から水分の蒸発があるような所に、強化層(不透水層)や、合成樹脂の接着層などをつくってしまうと、蒸発してきた水分は透過が出来ず、その下に滞留してやがてそれらの層を押し上げ剥離させる事をするこういうことからバイヨン的湿潤状態の箇所ではこの一般的な修復方法は適さないという事になる。

浸透性強化剤の中には、「蒸発を妨げない」効能を うたっている製品もあるが、実際はそれほどでもな い。今のところバイヨン的湿潤状態に対応できる製 品はないと認識しているが、新製品の開発はめざま しいので、今後さらに広く製品を求め、現地での検 証試験が求められる。

修復方法の選択肢

背後から水が浸透し、その水に何かの成分が含まれている限り、結晶破壊が生じる事は避けられない。 それによって起こされた損傷に対して通常の修復方法は適さないとなると、どういう方法があるだろうか。

現状では損傷が著しい部分だけピンポイント的に 修復するという事しかおもいつかない。凝集力低下 が更に進行した粉状化部分、それとスケーリング部 分だけ、特に彫刻線にかかっている部分をピンポイ ント的に修復することについて考えてみよう。

What kinds of restoration are possible?

As long as water continues to infiltrate the stones from behind and it contains certain substances, there is essentially no way to avoid the occurrence of crystallization. If damages brought on by this phenomenon cannot be restored through normal restoration methods, what other methods are there?

As things stand, I can only think of restoring localized areas that are markedly damaged. Therefore, let us next discuss the restoration of areas where the loss of cohesion has given way to disintegration, areas where scaling is occurring, and particularly areas where the damage extends to the engraving lines.

2.1.1 Solidifying disintegrated areas

The disintegrated area is covered with strong acrylic resin (aqueous emulsion) so that the resin seeps into the disintegrated layer and allows it to adhere to the stone mass.

Only a small amount of low-concentration resin should be applied. The disintegrated area should not be reinforced more than necessary. This is because the permeation of a large amount of high-concentration resin would cause a thin film to form over the disintegrated area and prevent moisture from evaporating.

Acrylic resin is aqueous, so it can work effectively even in a damp environment. Moreover, as there is no risk of discoloration, the original color and texture of the stones would remain as they are.

2.1.2 Scaling areas

As in the above case, acrylic emulsion is used on areas where scaling is occurring.

Acrylic emulsion is applied to the surface of the scaling area (fragment) so that it sinks in and hardens the layer (fragment). After it hardens, acrylic emulsion is injected into the space between the scaling layer (fragment) and the stone mass so that they bond together. Only a small amount of minimum concentration resin should be applied or injected.

All gaps should be completely filled with an artificial stone material.

The artificial stone material should be made of a mixture of sandstone powder and acrylic emulsion.

Some of the moisture that rises to just beneath the treated layer will evaporate through the treated layer, but most of it will find another outlet somewhere else.

The above methods are those that can be applied to damages that are relatively light. They are not effective for areas where the damage is more severe, and especially in areas where a great quantity of moisture evaporates and the condition of the stone surface differs greatly when dry and when humid. In such severely damaged areas, it would be better to consider maintaining their existing condition rather than trying to repair the damages. This idea is related to what I call the "Moenjodaro Method."

2.1.1 粉状化部分の固着

粉状化部分に接着性の良いアクリル樹脂(水性エマルジョン)を浸透させ粉体を固着し、母体に再接着させる。

樹脂分は出来るだけ低濃度で少量を浸透させる。 粉状部分を必要以上に強化しない。というのも高濃 度、多量の浸透は、粉体部に塗膜を形成してしまい 水分の蒸発を妨げてしまうからである。

湿潤状態であっても、アクリルは水性なので問題 はない。また変色も全くなく石本来の色、風合いを 変えてしまう事はない。

2.1.2 スケーリング部

材料は上記と同じアクリルエマルジョンを使用する。スケーリングの表層部にアクリルエマルジョンを浸透させスケーリング(片)を強化する。硬化後スケーリング(片)と母体の隙間にアクリルエマルジョンを注入して接着させる。樹脂分は出来るだけ低濃度で少量を浸透、注入する。さらに擬岩剤を充填して隙間を完全に埋める。擬岩剤は、砂岩粉末、アクリルエマルジョンを混合して使う。処置した直下へ上昇してきた水分は、そこからも多少は蒸発するが多くは処置をされてない箇所へ回って蒸発する。

以上は損傷の比較的軽度なものに対する方法である。損傷の特に激しいもの、特に水分蒸発量が多く、 石表面の乾湿の差が大きい箇所については、以上のような修復方法では対応できない。修復よりも現状維持を考えた方がよさそうである。そこで私が勝手に名づけているモヘンジョダロ方式について申し上げたい。

2.1.3 レリーフ表層の保護パック (モヘンジョダロ 方式)

レリーフ表面に粘土などを盛り付け、水分蒸発、結晶破壊をここで受け持たせる方法がある。これはモヘンジョダロで行っている方法で、レンガ壁の塩類析出破壊に対しある程度の効果を上げている。周知のとおりモヘンジョダロの塩類析出破壊は凄まじい。地下水に含まれる高濃度の塩分は、低湿度下で急激に結晶化するのでその結晶圧は強く、レンガをたやすく破壊する。我が国も含む各国によって、強化薬品含浸、地下水位を下げるため遺跡周辺の地下水のポンプアップ、その他色々な対策が施されてきたが、期待したほどの効果は挙がっていない。結局のところ現地考案の、レンガ表面に泥を塗りつけて結晶破壊をそこで起こさせるという、手法が最も効果をあげているようだ。文字どうり泥臭くてスマートなやり方ではないが、レンガ壁保護だけの観点か

2.1.3 Protective pack for the surface layer of reliefs (Moenjodaro Method)

The Moenjodaro Method is a method in which a generous amount of clay is applied to the surface of reliefs to induce moisture evaporation and crystallization in the clay layer. As its name implies, it is a method which is employed at Moenjodaro, and has achieved a certain measure of success when applied to brick wall damaged by saline deposits. The extensiveness of saline precipitation and damage at Moenjodaro is well known. The high salt content in groundwater rapidly crystallizes at low humidity and exerts a strong pressure that can easily destroy the bricks. Many countries including Japan have implemented various countermeasures, such as impregnating the affected areas with reinforcement chemicals and pumping up groundwater from the vicinity of monuments in order to lower the groundwater level. However, they have failed to produce the expected results. As it turns out, the locally contrived method of applying clay to the brick surface and thereby induce crystallization in the clay layer seems to be producing the best results. It is literally a dirty and unrefined method, but certainly effective where the protection of brick walls is concerned.

If this method is adopted at Bayon, people would not be able to view the bas-reliefs. Yet, it would certainly be better than waiting for destruction to occur.

I witnessed this method at Moenjodaro almost four years ago, and haven't been back to follow up on it after that. Therefore, it may seem a bit irresponsible of me to bring up this method, but I believe it is an example of a possible measure for protecting stones.

A brief description of the Moenjodaro Method is as follows:

- · Solidify the disintegrated area slightly.
- · Place Japanese rice paper over the relief.
- · Apply clay on top of the paper. The clay should be made light by mixing pumice particles or powder.
- · Add fillers (straw, carbon fiber, etc.) to prevent dry cracks.
- · If the clay dries and falls off, the loose portions of the relief surface may also fall off with the clay, so it is important to maintain a suitable level of humidity by spraying water during the dry season (to enhance adhesiveness).

2.2 Removal of plant organisms and prevention of regrowth

To effectively deter biodeterioration, the removal of plant organisms and prevention of their regrowth must be performed in tandem.

Let us examine a) Removal methods and b) Regrowth prevention separately.

It should be noted that there are views to the effect that "the adherence of plant organisms serves to protect the stones, and therefore they do not need to be removed." However, let us examine removal methods from the standpoint that removal is

らすれば効果はある。

バイヨンでこの手法を採用すると、レリーフの鑑賞は当然不能となるが、座して破壊を待つよりはよいのではないか。

モヘンジョダロ方式を現地で目にしたのは、4年 ほど前の事になるが、その後どうなっているかは確 認していない。いささか無責任ではあるが、保護策 の一環として取り上げてみた。

作業手順について簡単に申し上げておく。

- 1) 粉状化部分を軽く固化する。
- 2) レリーフ表面に和紙を貼る。
- 3) その上に粘土を盛り付ける。粘土には軽石の粒、 粉末などを混ぜ軽くする。
- 4) 乾燥ひび割れ防止にスサ(藁、カーボンファイ バーなど)を混入する。
- 5) 乾燥して落下すると、レリーフ表面の脆弱部分 も一緒に落下してしまう恐れもあるので、乾期 には霧吹きなどでたえず適度な湿度(粘着性の 付与)を与えておく。

2.2 植生類の除去と再着生防止

生物劣化の防止は、着生植生類の除去と再着生防止をセットで行わないと効果はない。

ここでは <u>a) 除去の方法と、b) 再着生の防止</u>に分けて考えてみたい。

なお、植生類除去について「植生類の着生が石を 保護しているので除去は不要」という見解もあるよ うだが、ここではとりあえず除去は必要という立場 から検討する。

2.2.1 植生類除去方法の検討

一般的な除去方法はそれぞれに検討を加えバイヨンに適する方法を模索してみたい。

- 1. 高圧水洗で除去する
 - これは石が硬く、彫刻などが無いものにだけ適 用できる。作業性はよいが排水手段の確保が必 要である。
- 2. 薬品で薬殺後、ブラッシング除去 作業効率はあまりよくないが、確実に除去はで きる。

除去後石内部に薬品類を残さないために水洗浄が必要である。洗浄した水には薬品が含まれているが、希釈されているので周辺の2次汚染の心配は殆どない。ただ集排水手段の確保は必要である。

3. 高温スチーム噴霧

薬品や水を使用しないので2次汚染的弊害はない。除去の効果はあるが地衣類の一部には除去しにくいものもある。急激な高温がかかるので、

necessary.

2.2.1 Study of methods to remove plant organisms

Common removal methods include those listed below. We intend to seek the method best suited for Bayon after careful analysis of each of these methods.

- Removal by high-pressure washing
 This method is suited only for hard, unsculptured stones.
 The task itself is simple, but a means of disposing wastewater must be secured.
- 2. Destroying plant organisms with chemicals and brushing them off.

This is not exactly an efficient method, but it can remove plant organisms without fail.

To make sure no chemicals remain in the stones after removing the organisms, they must be thoroughly washed with water. The water used for flushing will contain chemical traces, but since it is diluted, there is hardly any risk of secondary pollution. A means of collecting and disposing wastewater must be secured, however.

3. High-temperature steam spraying

This method uses neither chemicals nor water, so it poses no risk of secondary pollution. It is generally effective, but there are some types of lichen that are difficult to remove by this method. When used on soft stones such as sandstone and tuff, the sudden burst of high temperature may cause the deteriorated area to swell, which could lead to extensive damage or flaking.

4. Applying Koretrel (liquid algae and lichen removing agent)

Applying Koretrel to an affected area can effectively destroy plant organisms, but it takes time to completely destroy them.

Even when the organisms are destroyed, their roots will remain and must be removed by lightly washing them off. They can be easily removed by applying water and using a sponge or a brush.

Tests conducted throughout Bayon have produced relatively good results.

Koretrel can also prevent the regrowth of plant organisms, but more studies need to be made to determine how effective it really is.

The above methods are those that are commonly used to remove plant organisms, but it seems other methods are also being employed today. "Laser removal" is one that may be worth testing.

Which removal method is best suited for Bayon?

At present, Koretrel treatment is recommended as the best method for the removal of plant organisms, because it has the least impact on sculptures and reliefs.

However, some types of lichen may need to be destroyed

砂岩や凝灰岩のような軟らかい石では、劣化の 進んでいる部分が膨張によって破壊、剥落する 恐れがある。

4. コレトレール塗布

塗布するだけ死滅させる効果はあるが、完全死 滅までに時間はかかる。

死滅しても根は残るので、洗浄で除去する必要 がある。スポンジ、ブラッシングによる軽い水 洗で除去は可能である。

バイヨン各所のテストで、比較的よい結果が得 られている。

再着生防止の効果もあるが、その有効期間に確 証が得られるまでにはもう少し時間が必要であ る。

以上が通常行っている植生類除去方法についてだが、このほかにも最近は「レーザー」による除去も行われているようである。テストする価値はあると思われる。

バイヨンでの除去方法は何がよいか

彫刻などにかかる負荷が少なくてすむので、コトレールによる除去は現在のところ最も奨められる方法と思える。

その他に、地衣類の一部には薬品薬殺除去も必要になるかもしれない。それの実行は、出来るだけ低 濃度の薬品を使い、除去後は石表面を充分水洗しなければならない。排水には薬品が含まれるが、低濃度で使用しておけば、水洗時にさらに希釈されるので2次汚染などの心配はない。排水は周辺に流し込まない様、集水して処分することが肝要である。

2.2.2 再着生の防止

1. 撥水剤の塗布

クリーニングをしてもその後石表面に何らかの防 止処置をしない限り、植生類、汚れは短期間の内に 再着生する。バイヨンの環境では我々の想像以上に それは早いかもしれない。

石塔など単体のものでは、石の浸透強化と撥水剤の塗布を行うが、この撥水剤の塗布が植生類、汚れなど着生防止に効果を挙げている。この処置の事例は多数あり、10~15年経過後でも殆ど着生していないものもある。また酸性雨に対する抵抗力もある。

しかしバイヨンでは撥水剤を塗布するには問題がある。撥水剤は外部からの水は内部に浸透させないが、逆に内部の水は蒸発はさせない。バイヨンではいたる所で石の背後から水分が供給されているので、それを内部に封じ込めてしまうと、表層がかなりの厚みで剥離してしまう危険性がある。

and removed using chemicals. In this case, the chemical should be used at the lowest possible concentration, and the stone surface must be thoroughly washed after removing the lichen. The wastewater will contain chemical traces, but the low concentration would be further diluted after washing, so there is no risk of secondary pollution. Nevertheless, it is important to collect and properly dispose of the wastewater so it does not flow out to the surrounding areas.

2.2.2 Preventing regrowth

1. Effectiveness of water repellants

Even after removing the plant organisms and other contamination and cleaning the affected area, the organisms will grow back in a short period of time if no preventive measures are applied to the stone surface. Given the environment of Bayon, it is conceivable that they grow back more quickly than we imagine.

In the case of stone towers and other independent monuments, permeability of the stones is reinforced and water repellant is applied. The application of water repellant also proves effective for preventing the regrowth of plant organisms and other contamination. Among the numerous examples of this treatment, there are some cases where no regrowth has been observed for 10 to 15 years after treatment. Water repellant can also withstand acid rain.

However, there is a problem to applying water repellent at Bayon. Water repellant prevents external water from infiltrating the stones, but on the other hand, it does not allow internal water to evaporate, either. In many places throughout Bayon, water infiltrates the stones from behind the stones. Therefore, if the water is trapped inside the stones, a considerable thickness of the stones' surface layer could fall off.

Since none of the commercially available water repellants allow evaporation from within the stones, water repellants cannot be used in areas where internal moisture needs to evaporate.

2. Effectiveness of Koretrel

Koretrel can prevent the regrowth of plant organisms, and its effect lasts for quite a long time.

First, the organisms are destroyed using Koretrel, and the remaining roots are washed away, leaving the stone surface completely exposed. Then, Koretrel is again applied. There is no worry that it will penetrate the stones and create a film on the surface. However, the following points still need to be confirmed:

- · How long does its effect last until plant organisms start growing back?
- · Can it work effectively even during the heavy rainfalls that frequently occur in the Angkor region?

No valid methods have yet been found to prevent the regrowth of plant organisms in a damp environment where mois-

現在市販されている撥水剤には、内部の蒸発を妨 げないものはないので、蒸発のある箇所では使用で きない。

2. コレトレールの塗布

コレトレールには再着生防止の効果もあり、かな りの期間持続効果もあるようである。

まずコレトレールで着生物を死滅させ、残存する 根なども水洗除去して、石表面を完全に露出する。 その上で改めてコレトレールを塗布する。コレトレー ルは塗布後石内部に浸透して表面に塗膜を作る事は ない。しかし次の点がまだ未確認である。

- 再着生までの効果期間はどの位か。
- アンコール地方の豪雨に流されないか。

背後から水分が浸透してくる湿潤面では再着生防 止に確実な方法は見当たらない。

植生類の除去は見合わせた方が良い。しかしこの間生物劣化は進行しているので、最も劣化を促進させるもの(地衣類など)だけは除去する必要はある。

2.3 劣化の主要因となっている背後からの水の遮断

これまでレリーフ石で起きている問題について、 色々考察してきたが、それらは根本的な解決策では ない。現在の修復技術では、背後からの水を遮断し ない限り根本的な修復は不可能なのである。

背後からの水とは、雨水が構造上の隙間(石の目地など)から浸入し、やがてジワジワとレリーフ石表面にしみ出てくるものである。この雨水が構造体内部に浸入しないように防水処置をすれば背後からの水は遮断ができる。

地山や地下からの水を遮断する事に比べれば、手間暇はかかるが技術的にはさほど難しい事はない。 とはいうものの、巨大なバイヨンとその現状からすれば、問題は色々ある、

とりあえず、防水処置の工法と問題点について箇 条書き的に述べてみる。

2.3.1 工法

- 1. 石間の目地、隙間など雨水が浸入しそうな箇所は全て防水シールをする。
- 2. シール材は、耐久性に優れた無機系ポリマーモルタルで、なおかつ膨張収縮、微振動に耐えられる弾性タイプを使用する。
- 3. 砂岩粉末などを混入し、硬化後は、石と同じ色合いにする。
- 4. シール材は目地間などからはみ出さないよう に、丁寧な充填を心がける。
- 5. 充填箇所は、全て前もって水洗しておく。

ture infiltrates the stones from behind.

It seems best not to attempt the removal of plant organisms. However, to deter the speed of biodeterioration until they can be removed, it would be necessary to at least remove the principle cause of deterioration (such as lichens).

2.3 Blocking the infiltration of water from behind the stones, the major cause of deterioration

Above, I discussed possible countermeasures for problems occurring to relief stones from various angles, but they are not fundamental solutions that address the roots of the problems. With the restoration technologies we possess today, it is impossible to completely restore the stones if the water infiltrating the stones from behind is not blocked off.

This water is essentially rainwater that found its way inside the structural gaps (such as stone joints) of the stone monument and gradually found its way to the surface of the relief stones. It can be blocked if waterproofing measures are taken to prevent rainwater from entering the structure.

The task is technically easier than blocking off water originating in the ground or from underground, although it takes much time and effort. However, considering the massiveness of Bayon and its state of deterioration, various problems can be anticipated.

For now, I will simply list the procedure and problems of waterproofing below.

2.3.1 Procedure

- 1. Apply waterproof sealants to stone joints, gaps, and all other places susceptible to rainwater penetration.
- Use durable, inorganic polymer mortar sealant that is sufficiently flexible to withstand expansion and contraction and minute vibrations.
- 3. Mix in sandstone powder, and make it the same color as the stones after it hardens.
- Inject the sealant tidily, making sure it does not overflow from between the joints.
- 5. Wash all places to be filled with sealant beforehand.
- Install a drain to efficiently discharge the water that has already infiltrated the structure. It should be installed where it would not influence the appearance of the building or adversely affect the damages.

2.3.2 Problems

- 1. Is it acceptable to fill the gaps of dry masonry with sealant? Doing so may alter the existing condition of the building.
- 2. The above method differs from the original waterproof treatment of the structure. What measures were taken at the time of construction?
- 3. How frequently do the stone elements expand/contract or are subject to vibrations?
- 4. How durable are waterproof sealants?

6. 既に内部に侵入している水を速やかに排出する 為の、ドレインを設ける。構造体の景観、損傷 に影響を及ぼさない位置にこれを設けるように する。

2.3.2 問題点

- 1. 空積間隙部にシール材を充填してよいか 現状 変更になるのでは。
- 2. 築造当時の防水処置とは違うのではないか 築造当時はどうだったか。
- 3. 石材の膨張収縮、振動などはどの位あるのか。
- 4. シール材の耐久性は。
- 5. 空隙幅の僅かな箇所に、奥深くまで充填できる のか。
- 6. 既に内部に侵入している水の排出はできるのか
- 7. 排水口の設置は著しい現状変更になるのではないか。

2.4 付記

2.4.1 修復方法のまとめ

これまで検討してきた実行可能と思える修復方法 をまとめてみる。実行の前には樹脂濃度、浸透量な どの適量を計る為の試験を行う。そのほか色々な試 験も必要となろう。

- 粉状化 アクリル樹脂の浸透(湿潤状態の低い 箇所)。
- スケーリング 同上。
- 凝集力低下 同上(乾燥状態で蒸発水分がない 箇所ではシリコン系強化剤の使用可)。
- 亀裂 圧壊 欠損 エポキシ樹脂、無機系ポリマー モルタルなどの注入、充填。
- 植生類除去 コレトレール塗布、薬殺 水洗(再 着生防止が出来ない所は除去しない)。
- 再着生防止 撥水剤塗布(湿潤箇所では行わない)。コレトレール再塗布(湿潤箇所でも可能 だが対費用効果の検証後に実施)。

2.4.2 今後の課題・試験・調査など

- 現状下でも効果ある浸透性強化剤の入手、開発。
- 現浸透性強化剤で強化した砂岩の耐結晶破壊 性。
- 無機系ポリマーモルタルの水分透過性、耐結晶 破壊性。
- コレトレールの植生類除去効果 現試験箇所の 追跡、広面積での再試験。
- コレトレールの再着生防止期間(防止効果の持 続期間と対費用効果の検討)。
- 撥水剤の再着生防止期間。
- 強化層の下に出来る結晶とその破壊力。

- 5. Can the sealant be injected deep into even small spaces and gaps?
- 6. Is it possible to discharge all the water that has already infiltrated the structure?
- 7. Wouldn't the installation of a drain alter the existing condition of the building?

2.4 Appendix

2.4.1 Summary of restoration methods

In this section I will summarize the restoration methods described above and are considered feasible. Before their actual implementation, tests would need to be conducted to determine appropriate resin concentration and permeation amount. Various other tests may also be necessary.

- · Disintegration: Covering with acrylic resin (for areas with low humidity)
- · Scaling: Same as above
- Loss of cohesion: Same as above (silicon reinforcements may be used in dry places where there is little moisture evaporation)
- · Cracks, collapse, lost elements: Injection of epoxy resin, inorganic polymer mortar, etc.
- Removal of plant organisms: Koretrel treatment, destroying with chemicals, washing (except in areas where the regrowth of plant organisms cannot be prevented)
- Prevention of regrowth: Applying water repellant (except in damp places); Re-applying Koretrel (effective even in damp places, but cost performance should be examined before implementation)

2.4.2 Future issues, experiments, studies, etc.

- · Acquisition and development of permeability reinforcements that are effective under existing conditions
- · Crystallization resistance of sandstone reinforced with an existing permeability reinforcement
- Moisture infiltration and crystallization resistance of inorganic polymer mortar
- Effects of Koretrel in removing plant organisms: tracking of current test spots, re-testing of larger areas around each spot
- The length of time which Koretrel can prevent the regrowth of plant organisms (study of how long the preventive effects of Koretrel last and consideration of cost performance)
- The length of time water repellants can prevent the regrowth of plant organisms
- · Crystals that form beneath the reinforced layer and their destructivity
- · Moisture permeability of flake fragments
- · Timing at which crystallization occurs: during the dry or wet season?
- · Can washing (water spraying) during the dry season prevent crystallization?

- 剥離破片の水分透過性。
- 結晶破壊が起きる時期。乾期か雨季か。
- 乾期に行う水洗浄 (霧吹き程度) で結晶化は避 けられるか。
- 蒸発経路の探求。水分の上昇は直線的か。不透 過部分に突き当たった水分は、透過可能部分へ 方向転換するのか。
- アクリル水溶液、アクリル溶液 (パラロイド) の濃度別接着力と水分透過性、粉状化部分への 浸透深さ。
- 構造体内部に滞留する水の量。内部での移動経 路.
- 植生類着生の石保護効果の検証。

3. その他

実行可能の是非は別として思いついたことを挙げ ておきたい

3.1 ビシュヌ神レリーフについて

「5 年前に判別できたものが判別できなくなっている」との指摘を 2002 年にうけた。これは、

- ・ 彫刻線が損壊して喪失、もしくは細くなってしまったものなのか。
- 植生類の成長によって彫刻面(線)が隠されて しまったのか。

そのどちらかが考えられるので、より綿密な調査が必要であろう。

時には植生類の除去が必要になるかもしれない。 軽度の損傷であれば、先に述べた処置方法で対応で きるが、そうでなければ、モヘンジョダロ方式も選 択肢の一つである。他の方法についても考えてみよ う。

3.1.1 レリーフの一部を取り外して処置

構造的に取り外しの可能性について検討する。も し取り外しの可能であれば、ほぼ完全な保存処置が 可能となる。取り外した場所にはレプリカをはめ込 む。もちろん本物でも良い。

3.1.2 ビシュヌ神レリーフ石の周辺目地をシーリングして水の浸入を防止する。

雨が直接かかる部分、それが流れ込む部分の目地は全てシーリングする。シーリング工法は、前項水の遮断で述べたとおり。レリーフまでの水の流路などを調査。水の流路が判れば、効果的なシーリングが出来る。

*着色した水を流し、雨水の浸入口、流路の調査を行う。

着色剤は石やその他構造物などに悪影響を与えな

- Investigation of the evaporation pathway: does moisture rise linearly? When moisture runs into an impermeable area, does it change course and head toward a permeable area?
- Acrylic water solution, adhesiveness and water permeability according to the acrylic solution (paraloid) concentration, and depth of permeation of disintegrated
- Amount of water accumulated inside the structure and internal displacement pathways
- · Examination of the "effectiveness of plant organisms to protect stones"

3. Others

3.1 Visnu reliefs

In 2002, it was pointed out that certain areas of the relief "were able to be identified five years ago, but are no longer identifiable." Regarding these areas, either (1) the engraved lines were damaged and disappeared, or they became thin, or (2) the relief surface (lines) was covered by the growth of plant organisms. A detailed study must be conducted to determine which of the two phenomena actually occurred.

The removal of plant organisms may also become necessary in some places. If the damage is light, the previously-mentioned treatments could be applied, but if not, the Moenjodaro Method would be a possibility. However, let us take a look at some other methods.

3.1.1 Taking down the relief and treating it

Is it structurally possible to take down the relief?

If the relief can be taken down, it would be possible to almost completely restore it to its original state.

A replica could be mounted in the space where the relief was taken down. Of course, a real relief could be mounted instead of a replica.

3.1.2 Preventing water penetration by sealing the joints around the Visnu relief stones

All joints in areas that are directly subject to rain or that are in the course of the water passage should be sealed.

Sealing procedures are as described in the previous section on blocking the water.

Examine water passages leading to the relief. Effective sealing could be applied if the water passages are known.

* Study of water entry and passages: Flush colored water.

Colorants do not affect nor adhere to stone or other types of structures.

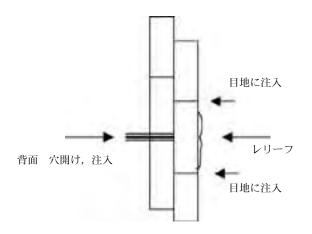
They disappear naturally in a short period of time. Colorant: Uranine (fluoresceine sodium)

3.1.3 Waterproofing the backside of the Visnu relief stones

Inject synthetic resin for waterproofing (epoxy resin for bonding wet surfaces, high-density urethane foam resin, etc.)

いし、付着もしないものを選ぶ必要がある。たとえば、 ウラニン(フルオレセインナトリウム)といった着 色剤は有効であろう。

レリーフ石の背後の構造は? 構造的にレリーフの背面を同定できるか レリーフの背面近くまで行けるか



石組の目地が 0.5mm 以上あれば注入は可能

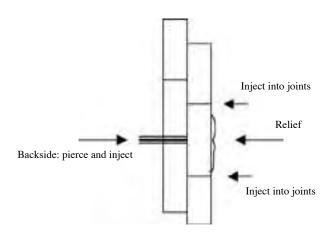
3.1.3 ビシュヌ神石の裏側を防水する

石の裏側、側面の隙間に防水用合成樹脂(湿潤面接着のエポキシ樹脂、低発泡ウレタン樹脂など)を注入する。

3.2 植生類除去の是非について

これはバイヨンに限ったことではないが、クリーニングをしないで強化処置やその他色々な処置をすると、浸透不可、接着効果半減、汚れや着生類の固着などによって黒色化を招いたりする。もし汚れの下に築造当時の資料が残っていたとすれば、それらは次の修復までの長い期間日の目を見ない事になる。クリーニングをして築造後に付着した汚れなど余分なものは除去し、石本来の地肌や築造当時の色合いなどを出すべである。

ましてやバイヨンのような宗教的意味合いをもつ 文化遺産では、喪失部の復原まではしないとしても、 現在残っている状態を築造当時の姿に近づけること が望ましいのではないか。現状は全体が黒色調で見 方によっては不気味な感じさえする。本来持ってい たであろう宗教的雰囲気から相当違ったものになっ ているに違いない。表面に付着している余計なもの を取るだけで、往事の宗教的雰囲気を取り戻せるの ではないか。そうすれば当時の人々がバイヨンに抱 いていたであろう宗教的想念(あるいは怨嗟的想念 How is the backside of the relief structured? Is it structurally possible to identify the backside of the relief? Is it possible to reach the area immediately behind the relief?



Injection is possible as long as the stone joints are more than 0.5mm wide.

into the spaces behind and at the sides of the stones.

3.2 The pros and cons of removing plant organisms

Although this is true not only of Bayon, administering reinforcement treatment or other forms of treatment without first washing the stones could lead to impermeability, diminished adhesiveness, and blackening of the surface caused by the retention of dirt and plant organisms. If valuable materials dating back to the time when the relief was first created lie beneath the contamination, they would be completely hidden until the next opportunity for restoration arises. If possible, the stones should be washed of all accumulations of contamination and debris, and the distinct texture of the stones and their original coloring at the time of construction should be reproduced.

With respect to cultural assets that have religious significance like Bayon Temple, even if restoration stops short of reproducing lost parts, it is even more important to try to achieve an appearance as close as possible to the original without altering the existing conditions,. In its present condition, Bayon Temple is almost entirely blackened, and depending on how one looks at it, it may even feel ominous. Its appearance today must be far from the pious atmosphere it must have originally exuded. There ought to be a way to recapture the religious atmosphere to a certain extent simply by removing the unnecessary debris from the surface. Doing so may allow us to also feel the same religious notions (or resentful feelings) and various sensations that the people of ancient times felt toward Bayon.

No one would oppose the removal of the plant organisms knowing that the adherence of plant organisms cause biodeterioration and seriously undermine the beautiful scenery and original appearance of the monument. It goes without saying, however, that the removal of plant organisms is based on the premise that their regrowth can be prevented by all means.

も含めて) や色々な想いを私達もより強く共有する 事ができるのではないだろうか。

植生類の着生が生物劣化をもたらし、その着生が 著しく美観や元の姿を損ねている現状をふまえるな らば、除去作業の重要性は明らかである。しかし改 めて申し上げるまでもないが、その除去は、再着生 の防止が確実に出来る事が前提となる。

2.3.3 Restoration Plan of the Southern Library

HIM Dara

1. Introduction

The restoration work of the Northern Library was completed by JSA in 1999. However, numerous supplementary works have been under way up to the present: they are minor repairing of the pavement, provisional mending of the dangerous parts, architectural survey, making inventory of the bas-reliefs, monitoring movement of towers of Bayon, various survey research by individual or organization and so forth. These activities have contributed to the Master Plan for the conservation and restoration of the Bayon temple.

For the continuation and implementation of the conservation and restoration activity of the Bayon temple, our next objective for the restoration with higher priority is the Southern Library, which is regarded at high risk of total collapse, resulting in further damage to surrounding buildings. Considering that the Northern and Southern Libraries are quite similar in their original appearance and also in their state of deterioration, the restoration method of the Northern Library used five years ago should be applicable in its essence to that of the Southern Library.

This restoration work is meaningful for Cambodian to utilize the 10 years experience of the technical transfer of the conservation and restoration by JSA to Cambodian experts and technical staff. In this sense, APSARA is now expected to play a main role in the project, while JSA Experts stand as supervisor.

2. Description of Subject for the Restoration

There are two Libraries of the North and South at Bayon. The Southern Library is located in the southeast corner of complex and forms a pair with the Northern Library, which is located in the northeast corner. Both Libraries were built fundamentally in the same shape. However, slight differences are observed in the elevation form, size and fitting manner, lining pillars of the inner gallery and finishing degree.

Like the Northern Library, the Southern Library stands on the terrace of the outer gallery and has three tiered platforms. The platforms are built of sandstone blocks on the surface with one or two layers of laterite blocks inside. Then inside of the layers of blocks is filled with earth of which main component is sand.

2.1 Present Condition of Damages

The ruin is in great danger, especially from the wall body to the top, opening of the platform joints, and because of the partial settlements, it is in the state that the collapse is imminent.

2.1.1 Platform

Disintegration was found mainly in the corner of the platform, and a great many elements have been lost, in particular,

2.3.3 南経蔵修復計画

ヒム・ダラ

1. はじめに

1999 年、JSA による北経蔵の修復工事は完了したが、床石 (ペーブメント)のマイナーリペアリング、危険箇所の一時的手当、建築学的調査、浅浮彫りのインベントリー作成、バイヨン塔群の挙動観測、その他の個人および団体による各種調査などの補足的な各種作業は現在至るまで進行中で、またこれらの成果はバイヨン寺院の保存修復のためのマスタープランに資するものである。

バイヨン寺院の保存修復活動の継続と遂行にあたって、次なる修復対象として高いプライオリティーが与えられているのは、崩壊の危険に瀕し、周囲の建物に対してもまた損壊をもたらすと見られる南経蔵である。両経蔵はその当初の姿形においても、また劣化の度合いにおいても酷似しており、従って5年前に北経蔵の修復の際に得られた修復手法は、基本的に南経蔵の修復の際にも適用し得るものである。

JSA によって行われた、過去 10 年間にわたる、カンボジア人エキスパート、技能工への技術移転や保存修復の経験を活用するという意味で、この修復事業はカンボジアにとって非常に意義深いものである。こうしたことより、JSA が監督のもと、APSARA は本事業の主要な役割を担うことが望ましい。

2. 修復のための記述項目

バイヨンには南北2つの経蔵がある。南経蔵は伽藍の南東隅に位置し、北東隅に位置する北経蔵と対をなしている。南経蔵および北経蔵は基本的に同じ形態のものとして建設されたが、独立柱が並ぶ室内の造作や仕上げの度合いにもわずかな違いが見られる。

北経蔵がそうであるように、南経蔵は外回廊のテラス上に建っており、3重の基壇を有する。基壇は表面に砂岩材、その内側に1列ないし2列のラテライト・ブロックを積み、さらにその内側は、砂を主成分とした盛土層となっている。

2.1 破損の現状

遺跡は極めて危険な状態にあるが、とりわけ壁体から屋根頂部までにかけての損壊が甚大で、崩壊の 度合いは切迫したものである。

2.1.1 基壇

崩壊は主に基壇の隅に見られ、その結果、特に基 壇の南西、南東隅の構成材が数多く崩落している。 基壇内部の盛土は外方へ流出し、下部基壇やテラス の足下に堆積し、表面砂岩材の内側の劣化したラテ on the platform of the southwest and southeast corner. Sand particles have flowed out from the foundation and deposited at the foot of lower platform and terrace. Decayed laterite blocks are seen inside the foundation. As a result, a big displacement was incurred from the first tier to the third tier platform, which causes the height displacement of the pavement floor beneath the east and the west porch. In the end, this movement is to cause pillars to collapse, which would lead to total collapse of the porch structure of the east and west. The northeast pillar of the east porch and the northwest pillar of the west porch remain in position, whereas the roof of the porch has been completely lost.

2.1.2 Pavement and Wall

The pavement inevitably became uneven due to subsidence and the wall has inclined inward on the whole with somewhat torsion. Major gaps are also found between blocks that constitute the wall. The wall body retained its original shape and, remarkably, most elements remains in position. There are RC anchor and a single wooden bar (installed respectively by EFEO and JSA) supporting the tilted northern wall towards the eastern end, where the wall is tend to collapse. Stone elements of the eastern wall of the northern side are mostly lost. A door-frame of the western entrance is slanted steeply outward. To support this, RC anchor was installed by EFEO and recently two wooden bars were added by JSA.

2.1.3 Roof

There is no roof left over the nave, but only twin beams remains on the capital in the east span. Four beams in the middle and the west span are lost. The roofs over the aisles on both sides remain in good condition, and they are settled on rows of waving beams.

2.2 Past Work

The ruin was managed by EFEO during its tenure. Collapse prevention measures, such as RC anchor and steel clamps, have been carried out up to the present. Recently, JSA has applied additional wooden bars to the western door frame and the northern wall.

2.3 Drawing the Map of the Present Situation

A map showing the present situation prior to the restoration is extremely important. Not only it provides basic data for studying causes of deterioration and collapse and for making the restoration plan, but also establishes ethical base of the conservation and restoration projects.

2.4 Temporary and Urgent Support

Deterioration and collapse are always progressing on the ruin. It is, therefore, necessary to keep careful and constant monitoring and in some case, urgent countermeasures against collapse are required. Temporary measures, such as support

ライト材が露出している。従って、下部基壇から上部基壇にかけて、構成材の著しい変位が生じている。こうして東西ポーチの床面にレベル差が生じ、それにより独立柱および東西ポーチ全体の崩壊が引き起こされることになる。東ポーチの北東側の独立柱と、西ポーチの北西側の独立柱は残されているが、ポーチの屋根は完全に崩落している。

2.1.2 床と壁体

必然的に基壇床面には不規則な沈下が生じ、壁体は多少うねりながら全体的に内側へ倒れ込み、壁体の構成材間には大きな目地開きが認められる。壁体の構成石材に崩落はないが、構成材も明らかに原位置に置かれている。崩壊の危険が高く、傾斜の認められる東面北側の壁体は、鉄筋コンクリートおよび木材のサポート(EFEO、JSAにより設置)により支持されている。東面北側の石材の殆どは欠損している。西面の入口枠は大きく外方へ傾斜し、長らく鉄筋コンクリートのサポートが入れられていたが(EFEOによる)、近年になって2本の木材のサポートが追加されている(JSAによる)。

2.1.3 屋根

身舎の屋根は残っていない。また東面の柱頭上に 架けられた二重のポーチ梁のみが遺存する他は、室 内4本の梁および西面のポーチ梁は失われている。 南北両側の庇屋根の残存状況は良好で、瓦頭装飾の 列の上に設置されている。

2.2 既往の危険箇所手当

遺跡は、これまでEFEOによって管理され、鉄筋コンクリートのサポートや鋼製のクランプなどによって今日まで危険箇所の手当がなされてきた。そして近年になって、JSAによって西面入口枠および北側壁体に木材のサポートが補足的に設置された。

2.3 現況図面の作成

修復前の現況図の作成は極めて重要である。劣化・崩壊の原因の考察、修復計画の策定のための基礎資料となるばかりでなく、保存修復事業の倫理的基礎となるものである。

2.4 仮設緊急サポート

遺跡は絶えず劣化・崩壊が進行している。従って 常に注意深い観察が必要であり、場合によっては緊 急倒壊防止措置が必要となる。これは後に本格的な 修復工事が行われる時に遺跡を痛めずに容易にサ ポートを取り外すことができるように木材や金属パ イプ、ロープなどによる仮設的なものが望ましい。 by wooden bar or metal pipe and rope, are much preferred, so that, when the permanent restoration work takes place in later days, these temporary supports can be removed without damaging the ruins. For the construction of structure supports, careful studies on past similar example must be conducted and the prime consideration must be given on safety from structural mechanic aspect. Furthermore, scenic environment of the ruin must be protected during the construction.

With respect to Bayon, it would be necessary to inspect the whole area by plural staff once a month. One of such staff is desired to be always the same person. When the impending danger of collapse is found, it should be provide the permanent measures after emergency measures are taken. In case the problem allows somewhat time, it should be reported in the weekly meeting along with the plan for support construction.

3. Restoration Ideas for the Southern Library

The Southern Library is in great danger of deterioration and collapse. It is standing on the verge of collapse in highly unstable condition. It is temporary stabilized barely just by a few supports. Some immediate counter measures must be taken. To our advantage, as its appearance and the state of destruction are quite similar to those of the Northern Library before its restoration, the restoration method and techniques experienced for the past 10 years with the Northern Library are presumably applicable to the restoration of the damaged Southern Library to a great extent.

As a first stop, a precise survey of the building and structure must be carried out, and based on which result, a plan for the conservation and restoration as well as relevant techniques should be studied. Then we should move to actual implementation.

• Identifying the Fallen Stone Elements

Identifying the fallen stone elements is an important and time-consuming work, which must be completed before the construction for restoration starts. In many cases fallen stone elements are removed to remote area, and therefore, we must cover wide area of the ruin. To make judgment as to where each element had belonged to, we have to categorize the elements by decoration like carving or the like, dimension and magnetic susceptibility. After further observation and actual measurement in detail, we place the element temporarily to a presumed original position. Number of trial placement should be minimized and must be carried out with great care.

· Partial Dismantling

According to what we have verified so far, to recover the structure of the building, we have to partially dismantle the existing building.

 Correcting the structural distortion observed in the building in the present state, and facilitating fallen disorder stone elements to be re-masoned more easily. 支保工事に際しては、類例について慎重に学ぶこと、 構造力学的な安全性を第一義とし、遺跡景観を破壊 しない配慮も行う必要がある。

バイヨンにおいては、月に1度、複数のメンバーで全域を観察する必要があろう。この時1名は同一の継続スタッフが当たることが望ましい。一刻を争う危険が迫っていることを発見した場合は、緊急措置をした上でより恒久的な処置を施す。また、ある程度余裕がある場合は本格的処置のための検討を実施する。

3. 南経蔵の修復に関する提案

南経蔵は深刻な劣化および崩壊の危険に晒されている。今にも崩れそうな不安定な状態のもと、その一時的な安定は数少ない危険箇所の手当によってかろうじて保持されている。早急な対処が必要とされる状況ではあるが、その建築形式や崩壊の程度が修復前の北経蔵と酷似している点は重要である。すなわち、過去10年間に培われてきた修復の手法と技術は、損傷を受けた南経蔵の保全にも十分に適用できるものと判断される。

まず第一に、建築およびその構造に関する詳細な 調査が必要とされる。その結果に基づき、保存修復 の工事の計画や技術が検討され、そして着工へと至 る。

崩落部材の同定

崩落部材の同定は、修復工事前になすべき、重要かつ手間のかかる膨大な作業である。崩落部材は離れた場所に移動している場合が多いので、まず、遺跡の全体を広く観察する必要がある。部材が建物のどこの構成部材であるか、彫刻その他の装飾による分類、部材の寸法による分類、岩石学の帯磁率分類などを行う。そして、更に詳細な観察と実測により整理し、最終的には原位置への仮置きにより同定する。仮置きの回数は極力少なくし、かつ慎重に行う必要がある。

・部分解体

我々の検証によれば、現存の建築には部分解体工 事が必要とされる。

- i) 現在看取される建造物の構造的な歪みを矯正 し、崩落している石材の原位置復帰を容易に する。
- ii) 上部構造の荷重を支持するに十分な基礎構造 の強化を行い、原位置復帰可能な崩落部材の 数を増やす。
- iii) 劣化の著しい構成部材を修復する。
- iv) EFEO による鉄筋コンクリートのサポートを 撤去する。

- ii) Restoring the strength of the foundation structure so that is strong enough to bear the load of the upper structure, which may increase in weight by re-installation of the fallen stone elements.
- iii) Repairing heavily damaged elements.
- iv) Removing the RC anchors, which were used for the restoration work by EFEO

3.1 The Main Activities of the Project (Work Plan)

The following is a tentative work plan for the restoration of the Southern Library.

- 1. Technical survey and inventory making of the monument in detail
- Investigation and identification of the original stone elements belonging to the Southern Library and fallen stone around the perimeter
- 3. Investigation of the platform structure (partial excavation of the inner structure)
- 4. Preparing the work site and adding the temporary support to the monument
- 5. Safety countermeasures for tourists and the work site
- 6. Dismantling partly the upper structure, platform and foundation, where it is indispensable
- 7. Restoration of deteriorated stone elements and new stone work
- 8. Trial assembly of the foundation, platform and the upper structure
- 9. Determining the reconstruction measurements
- 10.Reconstruction of the foundation, platform and the upper structure
- 11. Final reintegration and reconstruction of the monument
- 12. Reverting the landscape to the original condition
- 13.Drawing the system for the monitoring and maintenance
- 14.Drawing the public relation plan
- 15. Final Report

3.2 Expected Outcome

- Integration of the original element to the original position
- Securing the stability of the ruin
- Implementation and continuous monitoring of the conservation and restoration, resulting in promoting and achieving high techniques under the cooperation system between JSA and APSARA
- Revealing the achievement of restoration to the public and preserving the significance of the existence of Bayon

4. Rough Timetable for the Project (Planning)

A precise time schedule of work will be laid out during the survey of the monument and before executing the project. A rough time schedule of work is as follows:

3.1 工事計画における主な作業

以下は南経蔵修復の暫定的な工事計画である。

- 1. 建造物に関する技術的調査及びインベントリー 作成
- 2. 南経蔵に帰属する崩落部材の原位置同定調査
- 3. 部分発掘による基壇内版築層調査
- 4. ワークサイトの準備と遺構への一時的サポート の設置
- 5. 観光客及び修復現場の安全対策
- 6. 解体が不可欠である部分に限定して上部構造、 基壇、基礎の解体
- 7. 劣化した石材の修復と新材加工
- 8. 基礎、基壇上部構造の仮組
- 9. 復原寸法の決定
- 10. 基礎、基壇上部構造の再構築
- 11. 最終仕上げ・調整
- 12. 敷地の現状復帰
- 13. モニタリングとメンテナンス計画の作成
- 14. 広報計画作成
- 15. 報告書作成

3.2 期待される成果

- ・ 崩落部材の原位置復帰
- ・ 遺構の安定性確保
- ・修復後はモニタリングを継続、特にJSAと APSARAの協力体制により、カンボジア人への高 い技術の移転と促進
- ・修復成果の公開、及びバイヨン寺院の存在意義の 保存

4. 工程表の概要

着工前の予備調査の段階で厳密な工程表を作成する。

工程表の概要は下記の通りである。

1年目

南経蔵の修復工事の意義をバイヨンマスタープランの中で位置づける

技術的調査、インベントリー作成、図面作成、修 復箇所の決定

作業用資機材の調達・搬入

·2年目

修復工事 (解体、基壇内版蓄層の発掘調査、部材 修復、新材調達)

•3年目

修復工事(仮組、基壇内版蓄層の強化、新材加工)

The Master Plan for the Conservation & Restoration of the Bayon Complex

Main Discourse Chapter 2: Restoration Plan of the Bayon Temple

First Year

- Assigning the significance of the restoration of the Bayon Southern Library in the Bayon Master Plan
- Conducting technical survey, making inventory of the monument, mapping, deciding the needed parts for restoration
- Procuring and installing infrastructure for the work site

Second Year

- Working on the monument (dismantling, excavation of the foundation platform, restoration of elements, procurement the new sandstone)

Third Year

- Restoration work on the monument (trial assembly and working on the foundation, dressing new material)

Fourth Year

- Restoration work on the monument (reconstruction of the monument)

Fifth Year

- Finishing work and finalization of the project (final report)

- ・4年目 修復工事(再構築)
- ・5年目 仕上げ工事、最終調整及び報告書の作成

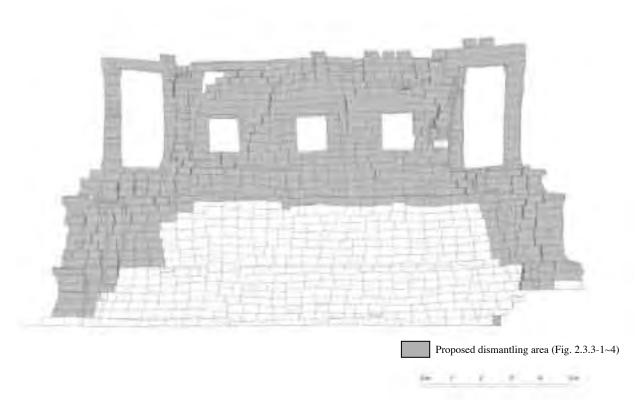


Fig. 2.3.3-1 Southern Library of Bayon, North Elevation.

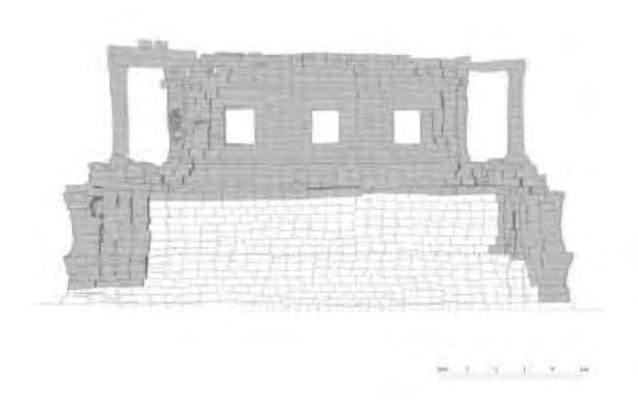


Fig. 2.3.3-2 Southern Library of Bayon, South Elevation.

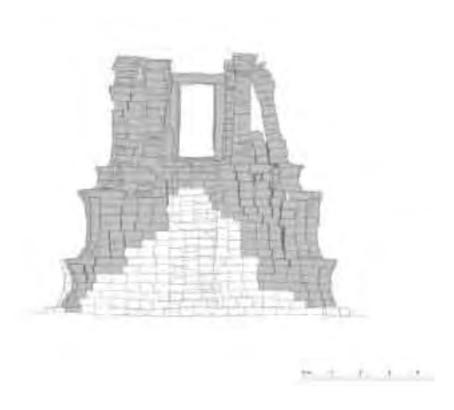
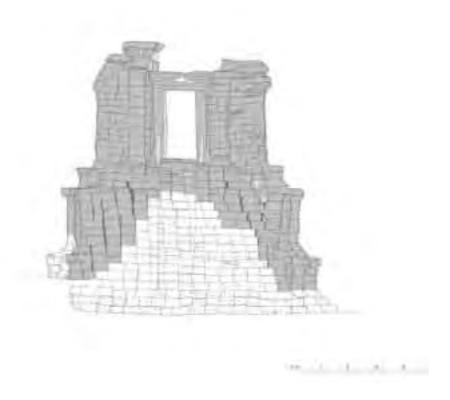
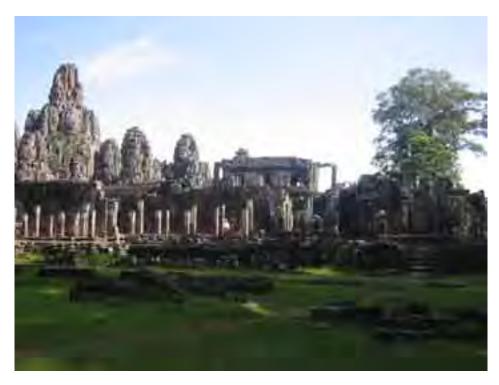


Fig. 2.3.3-3 Southern Library of Bayon, East Elevation.



 $Fig.\ 2.3.3-4\ \ Southern\ Library\ of\ Bayon,\ West\ Elevation.$



Pl. 2.3.3-1 Distant view of the Southern Library, Bayon [viewed from the south].



Pl. 2.3.3-2 Northeast view of the Southern Library, Bayon.



 $Pl.\ 2.3.3-3\ \ Southwest\ corner\ of\ the\ Southern\ Library,\ Bayon.$



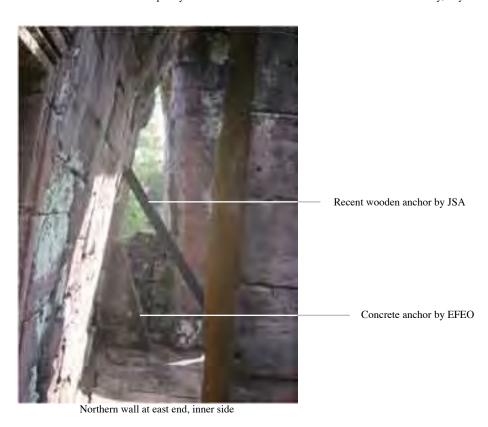
 $Pl.\ 2.3.3-4\ \ Northeast\ platform\ of\ the\ Southern\ Library,\ Bayon.$



Pl. 2.3.3-5 West entrance of the Southern Library, Bayon.



 $Pl.\ 2.3.3-6\ Past\ and\ recent\ temporary\ intervention\ for\ the\ west\ doorframe\ of\ the\ Southern\ Library,\ Bayon.$



Pl. 2.3.3-7 Past and recent temporary intervention of the Southern Library, Bayon.

2.3.4 Cooperation with APSARA and an Open Restoration Organization

NAKAGAWA Takeshi

As mentioned in the paragraphs on restoration technology in Section 4 of Chapter 1 of the main discourse, the principal objective of international cooperation for the conservation and restoration of the Angkor monuments is the transfer of technologies to the Cambodian people. APSARA represents the Cambodian government as the organization responsible for the conservation of the Angkor monuments and the development management of the Angkor region. Therefore, human resource development should naturally be pursued in cooperation with APSARA. Up to now, for over ten years, the necessary technologies were transferred to Cambodian workers affiliated with a foreign team on in individual basis. Today, there is growing need to build upon past achievements and strengthen the leadership of APSARA both in terms of technology and social economy. However, the specific shape of cooperation should be decided with due consideration of the difficulty level of restoration technologies and the necessity of formulating a longterm plan regarding human resource development. In this respect, as long as the rationality of its operations is maintained, the cooperative organization for restoration must consistently be an open body which can flexibly adapt to various objectives.

2.3.4 APSARA との協調と開かれた組織

中川武

本論第1章第4節修復技術の項で述べた通り、ア ンコール遺跡の保存修復に関する国際協力の主要 な目的はカンボジア人への技術移転にある。アン コール遺跡の保存とアンコール地区の開発管理につ いてカンボジア政府を代表して責任を負う組織は APSARA であるから、APSARA と協調して人材養成 を行うのは当然であろう。これまで10年以上にわ たり各国チームに所属したカンボジア人に対して個 別に技術移転等が行われてきたが、これまでの達成 を基礎として、現在は技術面でも社会経済面でも、 APSARA の主導権を強化することが求められている といえよう。しかし、修復技術の難易度の水準と人 材養成にかかわる長期計画の必要性から具体的な協 調の形態が決定されるべきであり、その意味で修復 の協力組織は,運営の合理性が保たれる限り、常に 目的に応じて柔軟に適応できるような開かれたもの でなければならないだろう。

2.3.5 Securing Safety of the Restoration work and the Harmonization of Tourism

KAWASE Katsuhiko

Safety must always be secured to carry out restoration work at Bayon. This refers not only to the safety of the restoration work itself, but also to that of the people visiting Bayon and of the surrounding natural environment.

As Bayon is still an object of religious faith and the focus of sightseeing in the Angkor ruins, it is necessary for the restoration work to be carried out in harmony with tourism. To achieve this, we must make efforts to obtain tourists' understanding and approval, in addition to securing the safety mentioned above. We must refrain from any acts that monopolize that portion of the Bayon operation, no matter what the idea or intention behind those acts may be. The responsibility is always imposed on us to provide explanations to tourists and to all those related to these monuments.

These achievements will require a carefully worked-out plan. In particular, restoration work involving partial dismantling and reconstruction requires that the period of restoration work, the position of the work site, any temporary construction and work processes, and the appropriateness of the heavy equipment being used be carefully examined from the viewpoint of securing both safety and harmony with tourism. We must also take into consideration the tourists' lines of movement, notification of restoration work, the expected impact on the landscape and environment during the work period, waste disposal, and an emergency plan, among other factors. Furthermore, in carrying out restoration work, it is important to perform periodic evaluation from the abovementioned viewpoint and to see that the plan is sustained.

2.3.5 修復工事の安全性の確保とツーリズムの調和 川瀬克彦

バイヨンでの保存修復工事の実施にあたっては、 常に安全性が確保されなければならない。この場合 の安全性とは、保存修復工事自体を対象とするだけ でなく、バイヨンを訪れる全ての人々の安全と、さ らには周辺の自然環境に対する安全性も含むもので ある。

また、現在も生きた信仰の場であり、アンコール 遺跡観光の中心でもあるバイヨンにおいて、保存修 復工事はツーリズムとの調和の上に実施される必要 がある。ツーリズムとの調和においては、前述の安 全性の確保はもとより、ツーリストの理解と賛同を 得るよう真摯に努力していかなければならない。い かなる理念と目的をもってしても、バイヨンにおい てその一部を独占するかごとき行為は慎まなければ ならず、常にツーリストならびにこの遺跡をよりど ころとする全ての人々への説明責任が課せられなけ ればならない。

それらの実現には、周到な計画性が求められる。 特に部分解体・再構築などの作業を伴う修復工事に おいては、安全性の確保とツーリズムの調和の観点 から、修復工事の期間・作業サイトの配置・仮設工事・ 作業手順と使用重機の妥当性などについて周到に検 討・計画されると共に、ツーリストの動線・修復工 事の告知・修復工事期間の景観・環境への影響予想・ 廃棄物の処理・非常時の体制等について考慮されて いかなければならない。さらに、保存修復工事の実 施においては、上記観点からの定期的な評価がなさ れ、その計画性が維持されていくことが重要となる。

Main Discourse - Chapter 3 The Conservation and Utilization of the Bayon Temple

本論 第三章 パイヨン寺院の保存活用計画

Main Discourse - Chapter 3

- 3.1 Keeping and Opening Records to the Public and the Accountability
- 3.2 Establishment and Participation to the International Network for Record-keeping and Education Contributing to the Protection of the World Heritage
- 3.3 Future Image of the Bayon Temple and Sustainable Development of the Angkor Region
- 3.4 Proposal of Organizational Structure for Supporting the Preservation Activities

本論第3章

- 3.1 記録の保存・公開と説明責任
- 3.2 世界遺産保護に資する記録・教育のための国際的ネットワークの構築と参加
- 3.3 バイヨン寺院の将来像とアンコール地域の持続的発展
- 3.4 保存活動を支える組織体制の提言

Chapter 3: The Conservation and Utilization of the Bayon Temple

3.1 Keeping and Opening Records to the Public and the Accountability

TSUCHIYA Takeshi

In Angkor, an outline of the restoration work led by each country's team is reported at ICC or a similar international conference by a team expert or representative. Information is also made available to the general public via television programs or publications. When restoration work is complete, details of the entire restoration project are set down in a report. Keeping and releasing records is indispensable in the field of conserving and restoring cultural property. The following are some reasons why this is so, along with the ideal content and medium for those records.

1. Why must records be kept?

- 1) They will serve as reference documents for future reexamination and restoration of these monuments. Suppose a particular structure were to undergo further restoration work in 100 years. It will be necessary to create a new restoration plan that takes into consideration which portions were originally restored and in what way.
- 2) They will serve as reference documents for the preservation and restoration of other monuments. If a method used in restoration work proves effective, teams working on later projects can refer to a work report and use the same or better methods.

2. Why must records be released?

- 1) An objective determination will be made as to whether the restoration process was appropriate. The details of restoration work are released to the general public via a project report. This, then, becomes the criterion for judging the quality of a restoration project. For this reason, project reports should be as detailed and accurate as possible.
- 2) By making release mandatory, we can maintain high standards of restoration.

3. What should the records contain?

- Pre-restoration damage and preliminary survey results
 Drawings and photographs showing pre-restoration conditions, an inventory of fallen stone elements, ground analysis data, environmental data, building history, structural analysis data, and so on.
- 2) Reason and purpose for restoration What kind of damage was the operation meant to restore, and what kind of results were expected?
- 3) Restoration strategies

 The project's position on authenticity; reasons for choos-

第3章 バイヨン寺院の保存活用計画

3.1 記録の保存・公開と説明責任

土屋武

アンコールにおいて各国チームが主導する修復事業の概要についてはICCなどの国際会議において専門家及び関係者に報告される。また一般に対してはテレビ番組や出版物によって周知されている。一方、修復事業が終了した段階での事業全体の詳細については報告書によって記録として残される。文化財の保存修復事業において記録の保存と公開は不可欠なものである。その理由と求められる内容・媒体について以下に挙げる。

1. 記録の保存が必要とされる理由

- 1) 将来その遺構を再び調査・修復するときに参考 資料となる。仮にその遺構が100年後に再び修 復処置を受ける場合、どの部分にどのような処 置がかつて行われたのか、それを考慮しながら 新たな修復設計をする必要がある。
- 2) 他の遺構の保存修復するための参考資料となる。これはある修復事業で用いられた手法が効果的であった場合、新たな事業においてその報告書を参考して同じ手法、あるいはそれをより改良した手法を用いることが出来る。

2. 記録の公開が必要とされる理由

- 1) 修復処置が適切であったかどうかの客観的な判断が行われる。修復工事の詳細についてはその工事報告書によって外部に公開され、一般に認知される。よってそれが修復工事の質についてその時点での判断基準となる。このため工事報告書の内容は、なるべく詳細で正確であることが求められる。
- 2) 公開が義務化されることにより、修復の水準が高く保たれる。

3. 求められる記録の内容

- 1) 修復前の破損状況と事前調査の詳細 修復前の状況を記録した図面と写真、崩落部材 のインベントリー、地盤の分析データ、環境デー タ、建物の沿革、構造分析データなど。
- 2) 修復の理由と目的 どのような破損状況に対して、どのような結果 を目的に事業を実施したのか。
- 3) 修復の方針

ing a given restoration method out of multiple possibilities.

 Details on techniques used Materials, experimental data, construction techniques, and

5) Details on the process

Drawings, photographs, and explanations of each individual process. Drawings and photographs showing post-restoration conditions.

6) Work outline

Background of the work itself, expenses, implementing organization, staff, material procurement methods, and so on.

4. Record media

Thus far, records have been published as hard-copy paper reports, but use of digital media such as CD-ROMs has become widespread in recent years. This digital media is expected to remain the standard for years to come. Furthermore, in light of advancements in network environments, it will likely be necessary in the future to consider converting conservation and restoration records into a massive database. As work reports are not for profit, very few are published, and then only for a select group of specialists. This brings about a true sense of the difficulty in procuring materials even for those involved in actual restoration work. Given a library network environment like those in the West, cultural properties could be recognized the world over; even as conservation and restoration activities continue to take place in remote regions today, we are inevitably moving toward a database of restoration work materials and their online publication. Some movement in this direction has already been seen thanks to those involved, but ultimately a large-scale project will need to be undertaken with coordination between UNESCO and ICCROM.

オーセンティシティに対する立場。修復方法の 選択肢の中で、どのような方法を何故選択した のかその理由。

- 4) 用いられた技術の詳細 各種材料、実験データ、施工技術など。
- 5) 施された処置の詳細 個別の処置の図面と写真と説明。修復後の状況 を記録した図面と写真。
- 6) 事業の概要 事業そのものの経緯、費用、実施組織、人員、 資材の調達方法など。

4. 記録媒体について

記録はこれまで紙媒体の報告書として出版されて きたが、近年はCD-ROMなどによるデジタル媒体 も多く用いられるようになっている。今後もこれら の媒体が標準であり続けるであろう。一方、ここ数 年のネットワーク環境の発達の状況を鑑みるならば、 今後は保存修復記録の大規模なデータベース化も視 野に入れるべきであろう。保存修復事業の報告書は 非営利であるため発行部数は著しく少なく、その普 及は一部の専門家の間に止まっている。これは実務 に携わる者にとっても資料の入手の難しさとして現 実に実感されているものである。欧米のように図書 館のネットワークが発達した環境であるならともか く、全世界的な範囲で文化財が認識され、僻地に置 いても保存修復事業が行われる今日では、修復関係 の資料のデータベース化とネットワークでの公開は 必然的な流れであると考えられる。すでにこのよう な流れは関係者に拠ってある程度の方向性が示され つつあるが、最終的にはユネスコ及び ICCROM が共 同して大規模なプロジェクトを組むことが必要であ る。

3.2 Establishment and Participation to the International Network for Record-keeping and Education Contributing to the Protection of the World Heritage

TSUCHIYA Takeshi

1. Specific methods

Presented here is a specific proposal for the purpose of forming an international network especially for world heritage sites. There are a huge number of conservation and restoration materials being published by ICCROM and other entities, as seen in the bibliography. Even a substantial budget and ten years' time would not be enough to be able to convert all of these materials into a database.

- Establish a joint committee between UNESCO and ICCROM and place subcommittees and servers in branches around the world.
- 2) Digitize the most fundamental references and reports.
- Impose an obligation for each nation to digitize their reports on world heritage site conservation and restoration projects.

In Angkor, the APSARA Authority is already encouraging the creation of a database. While the effort will surely require financial support from APSARA and UNESCO as well as the cooperation of all nations involved, it is clear that such a database will be a necessity in the future.

2. Expected results

- 1) Because fundamental references and reports will be available over a network, we expect that those new to restoration efforts can be educated with more ease and speed.
- 2) Details of each task can be widely distributed.
- 3) It will be easier to access materials for restoration experts.

3.2 世界遺産保護に資する記録・教育のための国際的ネットワークの構築と参加

土屋武

1. 具体的な方法

ここでは特に世界遺産に関しての国際的ネットワークを組むための具体的な提案行う。保存修復の資料の分量はICCROM他の機関が発行している文献目録を見ても判るように膨大である。これらを全てデータベース化するには余程の予算と10年では足りない年月が必要である。

- 1) UNESCO と ICCROM の共同委員会を設置し、 各国の支部に小委員会とサーバーを設置する。
- 2) 基本的な文献と報告書のデジタル化を行う。
- 3) 各国で行われる世界遺産の保存修復事業の報告 書のデジタル化を義務づける。

アンコールに限定した場合、すでに APSARA によってデータベースを作成しようという働きかけがある。これにはやはり、APSARA および UNESCO の予算措置と各国チームの協力が必要であるが、将来的な必要性は明らかである。

2. 期待される効果

- 1) 基本的な文献および報告書がネットワークから アクセス可能になることにより、若手修復専門 家の教育効果が期待できる。
- 2) 各事業についてその内容を一般に広く公開でき
- 3) 修復専門家の資料へのアクセスを容易にする。

3.3 Future Image of the BayonTemple and Sustainable Development of the Angkor Region NAKAGAWA Takeshi

1. Securing the Sacredness and Citizen Participation

In September 1997, after the domestic turmoil by confrontation of powers in Cambodia, King Sihanouk of the day secluded himself in the Bayon temple setting the sacred boundary by white rope and prayed for peace on the front terrace of Bayon. Likewise, King Sihamoni, when he visited Angkor in December 2004 for the first time after his enthronement, worshipped at the Bayon temple. The traditional concept that all domestic gods and ancestry spirits assemble at the Bayon temple, is passed down orally not only in the royal family, but it must be also noted with emphasis that this temple is the sacred and special place for the people of Cambodia. In this respect, the value of Bayon as a world cultural heritage is regarded in the same way. This keeping the sacredness is the main reason that Bayon is often said to deserve the name of world heritage. The sensation of advent of the sacred from the sky to the towers and the scenic appearance of the highest beautiful towers surrounded by forests are no doubt essential prerequisites for Bayon to be deemed as sacred precincts. Therefore, we must protect the tranquil sky and forests. For the local residents, Bayon is the place for daily worship as well as outing. The number of tourists to Angkor-Bayon is steadily increasing every year. The conservation and restoration works will never stop. Nevertheless, the value of Bayon comprises of the surrounding atmosphere of tranquility and piousness and the gentle appearance in harmony with the forests. It is like two sides of the same coin. In this sense, equal contributions from each three group, i.e. local residents, tourists and conservation experts, are required. Efforts of these three groups should presumably lead to sustainable development in conjunction with making the most of the irreplaceable characteristic of the region.

2. Plan for Transportation and the Network of Monuments

Whilst the increase of tourists to the Angkor monuments is welcomed, too rapid increase and seasonally concentration of tourists tend to bring about bad effect upon not only infrastructure environment of the city but also conservation and safety of the monuments. Above all, Angkor Thom, even though it is a huge citadel, remains as in the 13th century city structure, especially with its defensive enclosure. Bayon is the construction featured by much densely integrated space. If many tourists concentrate such places, it will immediately bring a serious situation.

At Bayon, currently the tourist sightseeing route is almost fixed. Along with the achievement of academic study, by suggesting various themes of sightseeing and their routes, the congestion should possibly be mitigated.

Whereas, in recent years, Mt. Kulen area around the Angkor monuments and Beng Mealea monument have been developed,

3.3 バイヨン寺院の将来像とアンコール地域の持続的発展

中川武

1. 聖域性の確保と住民参加

1997年9月、カンボジアが国内勢力の対立で揺 れた後、時のシアヌーク国王が、バイヨン寺院域の 周囲にしめ縄を張って結界され、バイヨンの正面テ ラス上において平和祈願の礼拝を捧げておられた。 2004年12月即位後初めてアンコールを訪問された シハモニ新国王が同じくバイヨンを拝礼された。バ イヨンはカンボジアの国中の神々と祖先神が集合し た場所であるという伝統的観念は王家にのみ伝承さ れたものではない。カンボジアの国民にとって聖な る特別な場所であることの意義は強く銘記されなけ ればならない。このことは世界文化遺産としてのバ イヨンの価値においても同様である。バイヨンは世 界遺産らしい世界遺産であるとよく言われるが、そ の大きな理由が聖性の保持にある。このようなバイ ヨンの聖域性にとって、天空から聖なるものがバイ ヨンの高塔群に降臨するという感覚や、森林に囲ま れてある美しき至高の座としてのバイヨンという景 観上の見え方は、不可避の条件だといえよう。静か な上空と森を守らなければならない。バイヨンは地 域住民にとっても日常的な信仰と行楽の場である。 アンコール・バイヨンへの観光客は年々増加の一途 である。保存修復工事も止むことはないであろう。 しかしバイヨンの価値は周囲を含めた、静かさ、敬 虔さ の雰囲気、森と調和した穏やかな佇まいからな る聖域性の確保と表裏一体である。この意味で地域 住民、観光客、そして保存専門家の貢献が等しく求 められており、そのための三者の努力が地域のかけ がえのない特色を生かした持続的発展に結びついて いくと考えられる。

2. 交通計画と遺跡のネットワーク

アンコール遺跡への観光客の増加は、一方では歓迎すべきことであるが、あまりに急激で、かつ季節的に集中する場合、市街地のインフラ環境だけでなく、遺跡の保存や安全性にも悪影響を及ぼしがちである。とりわけアンコール・トムは巨大都城であるとはいえ、13世紀の都市構造がそのまま遺存したものであり、特に、防御性が強い。バイヨンも極度に高密度な集積空間を特質とした建造物である。大量の観光客がそこに集中した場合深刻な状況に直結する。

現在のバイヨンでは、ほぼ観光客の鑑賞経路が決まっている。学術研究の成果とともに複数のテーマと観光経路を展示することによりある程度の緩和が

there are several major monuments that are left undeveloped, such as Banteay Chmar, great Preah Kahn at Kompong Svay, Koh Ker, Preah Vihear, and Sambor Prei Kuk. These monuments are all highly attractive, and together with the survey study and the conservation and restoration, when the environment is improved further, they will become great scenic resources. By such diversification, the concentration of tourists to Angkor should be dispersed. Especially, the city of Kompong Thom in the suburbs of Sambor Prei Kuk functions as a base in the east of Angkor, and highly possible that it will form the Cambodian cultural triangle, together with Phnom Penh and Siem Reap. Current short-time and concentrated pattern of sightseeing at Angkor may gradually shift to long-time sightseeing.

Furthermore, not only by forming a domestic tourists network in Cambodia, but by sharing the study outcome and information with Sukhothai and Chiang Mai of Thailand, Luang Prabang of Laos, Hue of Vietnam, strengthening international connection and forming international ancient city network, we should be able to enhance the original value of each city, region and monument. And, we expect not transitory but steady and sustainable development of the Angkor region to be realized eventually.

可能であろう。

また近年アンコール遺跡周辺のクーレン山地域や ベン・メァレア遺跡が開発されたが、カンボジア北 部には、バンテアイ・チュマー、コンポン・スヴァ イの大プレア・カーン、コーケル、プレア・ヴィヘー ル、サンボー・プレイ・クックなどの大遺跡がほと んど放置されたままである。これらはいずれも高い 魅力を持つ遺跡であり、調査研究、保存修復ととも に、環境整備が進めば、大きな観光資源となり、ア ンコールへの集中はかなり緩和されるだろう。特に サンボー・プレイ・クック近郊のコンポントム市は、 アンコール以東の拠点都市として、プノンペン、シェ ムリアップ市とともに、カンボジア文化三角地帯を 形成する大きな可能性を有している。現在の短期集 中型のアンコール観光が滞在型の観光へとゆっくり 推移していくこと、そして、カンボジア国内の観光 ネットワークを形成するだけでなく、タイのスコー タイ、チェンマイ、ラオスのルアン・プラバン、ベ トナムのフエ等と研究成果や情報を提供し合い、国 際的連繋を強め、古都文化のネットワークを形成す ることによって、より一層各々の都市、地域、遺跡 独自の価値が高まり、一過性ではない、地に足の付 いた持続的な発展を実現することを期待したい。

3.4 Proposal of Organizational Structure for Supporting the Preservation Activities SHIMODA Ichita, YAMAUCHI Namiko

1. Principle, Technology and organizatios of structure for Safeguarding Historical Monuments

In what manner will Bayon deteriorate and collapse, and what measures should be taken in response? Answers to these questions play a significant part in the formulation of a conservation and restoration master plan that also incorporates management and maintenance activities into its framework. Thus, the creation of a system capable of ensuring those answers are properly reflected in the master plan is indispensable to the realization of the master plan.

We must first be aware that a conservation and restoration plan is generally formulated based on technologies that are extremely fluctuate and transitory, and that there is no guarantee a proposed plan would prove to be the optimal solution in the future. In other words, conservation and restoration technologies should be considered one of the composite realms of science technology that is perpetually being updated. Furthermore, such changes have the power to give rise to new principles of conservation and restoration. Fundamentally, ideal conservation and restoration principles are first defined, and the relevant technologies are then innovated in line with those principles. However, there are times when a dramatic technical innovation may go against existing principles. For instance, in the restoration of the Angkor monuments, the introduction of new technologies is clearly throwing doubts on past restoration principles. In addition to the fact that restoration principles are closely interconnected with technology, other major factors which cause those principles to fluctuate might include the level of understanding in regard to political, legal, economic, and cultural policies adopted by modern society, or simply the trend of the times.

Given that restoration principles change according to such diverse factors, the system of conservation activities should ideally be a structure that can flexibly respond to those changes. At the same time, it is also necessary to be regardful of circumstances specific to the Angkor monuments—i.e., the regional uniqueness born from natural, structural, and cultural conditions surrounding the group of Angkor monuments. A proper understanding of these conditions must be accumulated in the system of conservation activities so that the activities can be further improved. Along this line, we must strongly realize that conservation and restoration projects must be carried out in accordance with international mutual understandings on the conservation of world heritages, and recognize the need to adhere to the "Royal Decree, Second Additional Royal Decree, on the protection of cultural heritage," which was formulated in consideration of the diverse uniqueness of the Angkor region. The conservation and restoration of the Angkor monuments will hold a major significance to the world only when it becomes a declaration of Cambodia's national commitment.

3.4 保存活動を支える組織体制の提言

下田一太、山内奈美子

1. 遺跡修復の技術 - 理念 - 体制

バイヨンがどのように劣化し崩壊するのか、そしてそれに対して如何なる処置を施すべきか?保存修復マスタープランの策定において大部分を占めるこの議論の結果を適切に反映することを可能とする組織の構築が、その実現のためには不可欠である。

最初に注目したいのは、保存修復計画というもの が極めて流動的で一過性の技術的背景のもとに策定 され、計画案が将来的にも最善であることの保証は 得られないということにある。つまり、保存修復技 術は更新され続ける科学技術の一つの複合的な領域 に位置づけられるものであり、その変化は常に新た な保存修復理念を導きうるのである。基本的には目 指すべき保存修復理念が設定された上でそれを追従 するように保存修復技術は革新されてゆくが、時に 飛躍的な技術革新が既往の理念を否定することもあ る。アンコール遺跡の修復においても、新たな技術 の導入が過去の修復理念に疑問符を加えていること についてはここで繰り返すまでもない。修復理念が 技術と相互に呼応していることに加えて、現代社会 の中で共用される政治、法律、経済、文化政策に対 する理解の段階、そして時には単なる時代の流行、 といったものもまた修復理念を変動的なものとせし める重要な条件である。

このような諸条件によって変化する修復理念に対 して、保存活動のための組織は敏感に反応できるも のであることが望まれる。と同時に、アンコール遺 跡特有の事情にも配慮すべき必要がある。つまり、 アンコール遺跡群の自然的、構造的、文化的な条件 による地域の特殊性が、保存活動のための組織の中 に蓄積されることで、保全活動が改善されてゆかね ばならない。ここにおいて、保存修復事業は国際的 な世界遺産の保全のための条約に基づき行われるも のであると同時に、地域の多様な特殊性を配慮して 制定されている「アンコール遺跡群の文化遺産の保 護勧告 (Royal Decree、Second additional Royal Decree、 Laws of Protection of Cultural Heritage)」を遵守すべき であることを強く認識することが求められる。アン コール遺跡群の修復保存が、カンボジアという国家 の姿勢を表明するものとなったとき、始めてそれは 世界に対して意味を持つものとなる。

アンコールの聖域性を保持するという、永続的な理念に立脚した上で、これらの修復技術、修復理念、現代社会の諸要素および地域の特殊性といった変化する条件に対応することのできる適切な組織体制の在り方の模索そのものが、現時点におけるバイヨン

Based on the unchanging principle of preserving the sacredness of Angkor, we must be ever conscious of the fact that our efforts in seeking an appropriate system capable of responding to changing conditions in restoration technologies, restoration principles, various factors in modern society, and regional uniqueness are in fact expressions of our philosophy concerning the restoration of the Bayon Temple, which can be applied also to the entire group of Angkor monuments at any given time.

2. The Next Step in Organization Structure of the Conservation and Restoration

Since its establishment in 1994 as an organization for the management of the Angkor monuments, APSARA Authority gradually developed its structure, and today engages in a broad range of activities. Restoration teams from foreign countries are now forming cooperative systems with APSARA Authority based on an agreement of the International Coordinating Committee for the Safeguarding and Development of Site of Angkor (ICC), for which UNESCO serves as the secretariat. Under this framework, technologies in the specialty areas of each restoration team are transferred to Cambodian specialists who work directly with the respective teams, as well as to APSARA engineers assigned to the teams. Foreign restoration teams continue to make conscious efforts to employ and foster young experts, but the need for new employment is experience lull for the monument. Instead, there is now increasing attention on strengthening the capabilities of experts who have already accumulated a certain amount of experience over the years. APSARA Authority has also been increasing the number of its professional staff considerably in the past several years. As part of their routine work, these Cambodian experts are capable of performing wide-ranging restoration tasks and issuing appropriate instructions to engineers in various fields, but now the situation calls for the next step, which is for them to prepare restoration plans from a comprehensive perspective.

However, individual restoration methods are not necessarily established for each of the various conditions of the Angkor monuments. For example, the repair of sandstone elements is the most basic task in conservation and restoration work, but each restoration team observes its own standard regarding restoration methods, materials, and methods of indicating restoration traces. Particularly in the restoration of brick monuments, restoration tasks are defined to a large degree by the existing state of the building, but a number of different methods are employed regardless of the differences among the buildings.

It is certainly necessary to prepare individual restoration plans based on various conditions, but provided the above, it is also a fact that it is unreasonable to expect Cambodian experts to create restoration plans at this stage where even the basic methods of restoration tasks have not necessarily been all presented comprehensively. This means that an assistance structure would still need to be maintained hereafter for a certain amount of time so that restoration experts from foreign

寺院、ひいてはアンコール遺跡群全体への修復理念 の表明となろう。

2. 保存修復体制における次なる段階

1994年に設立された遺跡群の管理機構である APSARA は徐々に体制を整備し、現在では多様な実 務を果たすに至っている。各国の修復隊は UNESCO が事務局を務める国際的な協議委員会 (ICC) の合意 の下に、APSARA との協力体制を築き事業を進め、 各修復隊の得意とする分野の技術は、それぞれの修 復隊が直接配属しているカンボジア人専門家の他、 APSARA から出向した技術者へと移転されつつある。 現在でも各国の修復隊は若手専門家の雇用および育 成に努めているものの、徐々に新規の雇用は落ち着 きを示し、その主眼は経験を積み重ねてきた特定の 専門家の強化に注がれている。APSARA もまた、過 去数年間に専門職員を大幅に増員している。こういっ たカンボジア人専門家はルーティーンワークとして 各種の修復作業をこなすこと、および技能者へ適切 な指示を下すことが可能となり、次なる段階として 修復計画を総合的に立案することが求められる状況 にある。

ただし、必ずしもアンコール遺跡の多様な状況に対して個別に修復手法が確立されているわけではない。修復保存の最も基本的な作業である砂岩部材の修復手法を例にとっても、修復方法、修復材料、そして修復跡の表示方法等、実際に各修復隊は異なる基準に則り作業を進めている。特に煉瓦造遺跡の修復については、遺構が異なる劣化状況にあるという事情を差し引いても幾つかの異なる手法が混在しているし、例えばプノン・バケンの基礎部分のように岩盤の露頭に直接石材が組積されているようなケースに対しては既往の経験は皆無である。

よって、修復計画は多様な条件のもとにそれぞれ 個別に立案されねばならないとはいうものの、修復 作業における基本的な手法も依然として一通り出 揃ったというわけではない現段階で、カンボジア人 専門家に修復計画立案を求めることは難しいのも事 実である。つまり、今後もある一定の期間は、各分 野に特化した修復家が、アンコール遺跡の多様なケー スの中でその得意な分野を発揮できるケースに対し て個別に解答を与えていくという国際協調の枠組み の下、支援体制が保持されていく必要がある。当然、 このような特定の分野において世界的にも秀でた専 門家による個別な問題への取り組みは、永続的に必 要とされるものの、その需要は徐々に収束してゆく ことが望ましく、これに代わって遺跡群の管理機構 そのものが、その責務を拡大してゆくことが求めら れる。

countries specializing in specific fields can continue to provide individual solutions to cases that could benefit from their specialized knowledge among the various problems occurred in the monuments managed under a framework of international cooperation. Needless to say, there is always the need to have such world prominent experts in specialized fields address individual problems but, ideally such demand should gradually decrease, and the responsibilities of the monument management authority should be expanded instead. The importance of clarified documentation of all works performed is perhaps the most strongly addressed to keep this multidisciplinary effort running.

The next phase of JSA conservation activities for the Bayon will focus on this new approach to technical issues as well as on the strengthening of the management authority. So far, JSA has made various proposals concerning the restoration of the Northern Library of Bayon, Prasat Suor Prat, and the Northern Library of Angkor Wat. For the restoration of the Northern Library of Bayon, JSA put forth a new proposal in regard to the restoration of the filling of the foundation mass inside the platform of the building, as well as presented a plan that would drastically improve the restoration method of elements by securing a supply source of new sandstone materials in the close proximity. At Prasat Suor Prat, new proposals were made in regard to the restoration of laterite buildings, and at the Northern Library of Angkor Wat, suggestions were proposed concerning the re-restoration of buildings already once restored, which is an issue many parts or a whole of monuments are expected to confront in the future. However, going forward, JSA fully intends to also address new, unsolved problems as well as general issues common to all monuments. For instance, the methods of strengthening the platform of mountain temples unsuited to large-scale dismantlement work, in addition to improving the stability of stone masonry showing signs of advancing displacements, the construction of an effective drainage system that minimizes intervention in the original form of a building, the documentation method of large numbers of scattered stone elements, and the establishment of an identification system for such scattered elements, are all issues which cannot be ignored when considering full-scale restoration work for the Bayon. This phase will also focus on providing assistance so that restoration methods for problems addressed up to now are transferred and be kept properly without fail to Cambodian experts and particularly to the monument management authority, and restoration work on buildings that are within the scope of this method is carried out under an independent structure.

For this purpose as well, the establishment of even closer relationships and more profound cooperative systems than ever before is desired in the next phase. It would also contribute to providing a meaningful preparatory period leading to the independent decision-making, planning, and implementation of restoration work. Consequently, JSA and APSARA Authority will aim to form an organization that will function as one for the next phase in the safeguarding of the Bayon.

バイヨン寺院の保存活動に関するJSAの次なるフェーズの位置づけは、新たな技術的課題への取り組みと、管理機構の強化のために位置づけられるものである。JSAはこれまでにバイヨン北経蔵の修復において、遺構の基壇内部の盛土修復に対する新たな提案、そして砂岩新材の供給源の確保による部材修復の抜本的変改善を提案した。プラサート・スープラにおいてはラテライト造建築の修復に対して新たな提案を行ったほか、アンコール・ワット北経蔵においては将来的に多くの遺構が直面するであろう既往の修復遺構に対する再修復方法の提案を提示してきた。

次期フェーズにおいても幾つかの未解決かつ汎用的な課題に対して取り組むことが目指される。例えば、大規模な解体工事を伴うことのない堂山型寺院の基壇の強化方法や、既に変位が進んでいる石積みの安定性の向上、オリジナルの構造への介入を最小限に留めた効果的な排水システムの敷設、多数の散乱部材の記録方法およびそれらの同定方法の確立などは、バイヨン寺院における本格的な修復工事を前提としたときに不可避の課題である。と同時に、これまでに解決が図られた問題に対する修復手法が確実にカンボジア人専門家、特に遺跡の管理機構に移転され、その手法の応用範囲に相応する遺構に対して修復工事がより自立的な体制のもとに実施されることを支援するフェーズとなる。

このためにも、次期フェーズではこれまで以上に 遺跡群管理機構との深い協力体制が築かれることが 望ましく、これにより将来的に自立した意志決定、 計画立案、修復工事の実施のために有意義な助走期 間を設けることが可能となる。ここにおいて、次期 事業の主体は現行の JSA と APSARA とがバイヨンの 保全事業に対して一体となった組織として機能する ものを目指すものである。

3. 国際的な参加者の責務

事業の実施にあたっては、既に一般化している 海外からの修復隊とAPSARAの共同事業という体 制を維持してゆくことが望ましい。これにより、 APSARAは異なる基準に基づく修復手法の中から将 来的に最適解を選択し、未解決の問題の所在を正確 に把握してゆくための素地が整備される。多種多様 なアンコール遺跡全体の修復活動に対して、ある一 定の厳守すべき標準的な水準を定めるために、この 共同事業体制は必須の条件である。しかし、アンコー ル遺跡群全体の水準というものが、世界中の異なる 文化財に対する修復指針の中でどのように位置づけ られるのかという、より包括的な視点もまた補われ る必要がある。ここにおいて、UNESCO はアンコー

3. Responsibilities of Global Participants

For project implementation, it is desirable to maintain the joint project structure composed of foreign restoration teams which are now a part of the mainstream, and APSARA Authority. This would allow APSARA Authority to select the most appropriate solutions for the future from among other restoration methods based on different standards, and to develop a foundation for gaining an accurate understanding of unsolved problems. This joint project structure is an essential requirement for establishing a certain general standard to be observed when carrying out restoration activities in response to the wide variety of conditions displayed by the Angkor monuments. However, the significance of the standard of the entire group of Angkor monuments must be considered in reference to the principles of restoration for cultural properties throughout the world from a more comprehensive perspective. Toward this end, UNESCO carries an important responsibility of monitoring activities for the conservation of the Angkor monuments in relation to international indicators. From the mid-term perspective, the restoration of the group of Angkor monuments should be addressed through a three-party cooperative system composed of APSARA Authority, UNESCO, and foreign restoration teams. The responsibilities of UNESCO and foreign organizations as global actors are discussed below.

3.1 International Organizations

The principal role of UNESCO is to monitor the management mechanism and foreign organizations related to the Angkor monuments in line with the situations of the countries throughout the world, and to construct a structure for providing logistical support. Evaluation inspection conducted at certain fixed periods by an ad hoc committee, one of the main actors in the monitoring task, plays an important role in supplying objective, external evaluation. To begin with, ICC, headed by French and Japanese government was established as an effective coordinating body for the friendly implementation of various activities related to the regional environment of the monuments, and has been fulfilling its intended function. No other cases related to the safeguarding of monuments exist in which formal international efforts have produced such distinguished results. It is hoped that such a structure of international assistance for the promotion of conservation activities will continue to hold significance in the future.

International organizations assume the role of mediator and provider of global information. At present, they sometimes hold responsibility of authorizing and guaranteeing the activities of APSARA Authority and other foreign organizations. In this way, given the need to control activities directly related to monument sites, it would be ideal to establish a coordinating office that is dedicated to the conservation and restoration of the Angkor monuments in Siem Reap as a branch of the UNESCO office located in Phnom Penh. In some situations, there are calls to establish the office within the monument management authority, but in addition to monitoring the construction, the

ル遺跡を国際的な指標と照らし合わせ、保全活動の 監査を務める重要な責務を負っている。このように、 アンコール遺跡群の修復にあたっては中期的には APSARA、UNESCO そして各国の修復隊との三者協 力の体制で取り組むことが望ましい。以下に、国際 的な参加者としての立場にある UNESCO および外国 組織が果たすべき責務について整理したい。

3.1 国際機関

世界各国の事情に照らし合わせて遺跡群の管理機構および外国組織を監査し、その後方支援を行う体制の構築が UNESCO の果たすべき重要な役割となっている。監査の具体的主体の一つ、アドホック委員会による一定期間毎に行われる評価視察は外部からの客観的な評価を加えるための重要な役割を果たしている。そもそも ICC は、遺跡を取り巻く地域環境に関する様々な事業が友好的に実施されていくために有用な調整機関として設置され、機能を果たしてきている。遺跡の保存における国際的な取り組みがこれほどの成果を上げている例は稀である。このような事業推進のための国際的な支援体制の在り方が今後とも継続されることが期待される。

国際機関は仲介者として、また情報供与者としての役割を担うものである。また現時点ではAPSARAおよび外国組織の活動の承認と保証の責務を負うこともある。このように遺跡サイトと直接的な関係にある仕事を管理すべき必要上、現在、プノンペンに配されているUNESCO事務局の分所として、アンコール遺跡の保存修復を専任とする調整事務局をシェムリアップに設立することが望ましい。場合によっては遺跡群の管理組織内に設立されることが望まれるこの事務局は、工事そのものの監査の他、経営状態を俯瞰できる立場にある事務員を設けることが求められる。

更に文化財保護活動を国家的に推進させるためにも、ICOMOS やICCROM などの国際機関による豊富なノウハウを取り入れ、実際の制度の確立、施行へと導いていく働きかけが重要である。そのためにも、カンボジアの国レベルの相当機関が自ら国際機関に参加していくようになることが望ましい。

3.2 外国組織

現在、アンコール遺跡の保存修復に参画している 各国の事業運営の体制は一様ではない。ここに認め られる多様性が、各国内の文化遺産の運営体制の事 情を反映していることが多いのは興味深い。例えば、 フランスや日本の文化遺産の運営が中央管理体制を 敷いている一方で、イタリアやアメリカは地域の分 権的管理体制を保持しており、それらの事情がアン office must have the power to accurately overlook, operational conditions including financial stability from a broad perspective.

Also in order to promote nationwide activities designed to safeguard cultural properties, it is important to incorporate the experiences and abundant know-how of international organizations such as ICOMOS and ICCROM to actively realize the establishment and implementation of the actual system. To this end, relevant organizations at the national level of Cambodia should proactively participate in the activities of international organizations.

3.2 Foreign Organizations

Today, the project operation structure of each country participating in the conservation and restoration of the Angkor monuments is not uniform. It is interesting to note that this diversity reflects the circumstances of the operation structure for cultural heritages in each country. For instance, France and Japan have a system geared more by a central management for the operation of cultural heritages, while Italy and the US maintain a regional, decentralized management system, and these situations tend to be reflected in the activity structure at Angkor. Country-based diversity is deeply rooted in the social, cultural, and historical background of each country, but the fact that these diverse systems co-exist in Cambodia today can be seen as an indication that they will largely contribute to the future achievement of a flexible management system in Angkor in the sense that they present a wealth of options for the future. In this respect, foreign organizations are expected to engage in discussions based on empirical knowledge accumulated by their respective country. The diversity of these activity structures can be regarded as displaying a spectrum of activities between those launched by individuals and those implemented by countries or major international organizations.

A system in which studies that are conducted by individual researchers seeking funding on their own are ultimately incorporated in restoration projects is certainly an economic and effective means of pursuing a project. Generally, however, there are apt to be slight differences between the goals of individual studies and the aims of restoration projects, and the two are unlikely to match completely.

On the other hand, activities that are launched with the clear objective of conservation and restoration under a national policy or an international system are incorporated in conservation and restoration projects from the outset. Therefore, rather than beginning with the selection of projects that would contribute to the studies, the target monument is usually decided first, and as the necessary surveys and research related to the monument begin to surface, competent researchers in those areas are assigned to conduct studies. Needless to say, however, this project construction method which conforms to political logic has its own problems.

Various imaginative systems are likely to emerge in between these two different project styles, but what is most important コールの事業体制においても反映されやすい。各国のこのような多様性は、その社会的、文化的そして歴史的背景に根差したものであり、これらの多様な体制が現状のカンボジアにおいて混在しているということは、実は将来的な選択肢が豊富に提示されているという意味において、今後の柔軟なアンコールの管理体制の達成に大きく寄与すべき可能性がある。このためにも各国の機関は自国の経験的知見を持ち寄った議論を行うことが求められる。これらの多様な事業体制の方式は、個人による事業発足と国家および大型の国際組織によるものとの間で様々な段階を示していると捉えられる。

研究者個人が自身で援助を取り付けて行おうとする調査研究が、最終的にこれが修復事業へと結集する方式は、経済的かつ効果的な事業の在り方の一つであるが、個々の研究目的と実際の修復事業が目指すところはそれぞれに多少のズレがあるのが一般的で、これが完全に一致することはほとんどない。

一方、国家的な政策や大型の国際組織の下に当初より修復保存を目的として発足される事業の場合、保存修復事業の中に調査研究が包括される体制で開始されるため、調査研究に資する事業対象の選択に始まるのではなく、対象遺構そのものが先行して決定し、その周囲に必要となる調査研究分野が浮かび上がり、最終的にその分野に相応の研究者が充てられていくという順序をとることが多い。政治的な論理に準じたこの事業構築の方式もまた、幾つかの問題を孕んでいることは言うまでもない。

これらの異なる二つの事業方式の間には様々な体 制がありえるが、重要なことは研究者個人の目的と 実際の修復保存事業が適切な関係で結ばれること、 つまり個人と国家および国際支援機関レベルでの思 惑を一致させることにある。経済的な支援者として の参画国と活動の実行者の間にある相互補完的な関 係を切り離す、つまり経済的支援者が受益する経済 的、政治的な見返りと、修復専門家や研究者が受益 する学術的、技術上の経験的な利点を国や組織とい う枠組みを解体した上で、それでも両者がそれぞれ に意義を確保し続け、機能することを可能とする場 として再構築することが求められる。このために不 可欠なのは、アンコールの遺跡管理者側が修復保存 工事の必要とされる遺跡に順列を与え、各遺跡が要 する技術的課題を明確にすることにあると考えられ る。これにより、国家等の事業としてアンコール遺 跡に参画した際に、遺跡管理者側の長期的な視野の 下にこれを進めることが可能となり、また各国の果 たすべき意義が明確になるために、参画国は事業実 施の正当性を確保することができる。また、研究者 個人の専門性と遺跡が要する技術的課題の連携がよ

is for the goals of individual researchers and the goals of actual restoration and conservation projects to be connected in an appropriate fashion. In other words, it is important to bring together the motives of individuals, the state, and international aid organizations. The mutually complementary relationship between participant countries, who serve as financial donors, and the executors of activities should be dissolved. This calls for the reconstruction of project structures into a style that would allow financial donors to gain economic and political benefits and restoration experts and researchers to secure academic merits even after national and organizational frameworks are dismantled, yet still function effectively. The keys to achieving this is for the Angkor monument management authority to establish a priority order of monuments in need of conservation and restoration work and to clarify technical issues posed by each monument. By doing so, when foreign countries participate in the Angkor monuments as a national project, it would become possible for those activities to be implemented under the long-term vision of the management authority. Also, because the role of each country would be clarified, participant countries would be able to justify their project implementation. Moreover, it would become easier to gather experts specializing in specific issues, because the coordination between the expertise of individual researchers and technical issues posed by the monuments would be clearly defined.

Indeed, such a system would undoubtedly involve many realistic difficulties, but its creation is certainly one means of maximizing the efforts of foreign organizations and foreign experts to the greatest degree.

Leaving future visions aside, however, the immediate role of foreign organizations is to introduce the world's advanced technologies and theories to the monuments within the scope of the existing project structure, and to apply them to the natural environment and construction conditions available in Angkor. However, it must be noted that appropriate technologies must be considered in accordance with the regional conditions of Angkor, because the most advanced technologies may not necessarily be the best technologies for Angkor. The protection and harmonization of the traditions of Angkor are also important priority issues. To this end, the effective dispatch of various experts and the continued survey and construction guidance by resident experts are indispensable.

4. Responsibilities of the Monument Management Authority

Ever since the Angkor archaeological park region was inscribed (1992) on the World Heritage List as the site of a world-significant monument, APSARA Authority, which was established by Royal Decree, has been fulfilling its role as the official authority for managing the Angkor monuments. In line with the Declaration of Tokyo adopted in the same year, a global community headed by France and Japan has continued to provide assistance. Owing to this assistance, it is now at the level at which it can realistically discuss concrete plans and

り明確なものとなるために、特殊な課題に特化した 専門家を集結することが容易になる。

実際には、このような方式もまた多くの困難を伴うものとなろうが、このような場が準備されることは、外国組織そして各国の専門家がそれぞれに最大の効果を発揮するための一つの方法となろう。

将来的な理想像はさておき、当面の外国組織が果たすべき役割は、これまでの事業体制の枠組みの中で、世界における先端技術、理論のアンコール遺跡への導入、そしてアンコールという自然環境、建材条件への応用にある。ただし、注意すべきはアンコールという地域の条件に応じて、適応技術が考えられなければならないことであり、必ずしも最先端技術が当地では最善とは限らないことである。また、アンコールという伝統性の保護ないしは調和も重要な優先事項である。このためには各種の専門家が効果的に派遣されること、また常駐の専門家が調査および工事の指導を長期に渡り継続することが不可欠である。

4. 遺跡群管理機構の責務

アンコール考古学公園地域が世界的にも重要な遺跡のサイトとして世界遺産リストに登録 (1992) されて以来、王命により設立された APSARA はアンコール遺跡全体の正式な管理責任組織として実務にあたってきている。そして、同年の東京宣言を受け、日仏を代表する国際社会が支援をしてきたが、管理運営に必要な経済的な基盤があること、運営能力があることを実質的に証明していく具体案、方法論を論議することが現実的な段階にまで来たといえよう。

APSARA はここ 10 年間の運営の中で活動を確実に拡大してきた。観光客や参詣者への安全などの多様なサービスが大きな責務の一つであり、ここでは安全の保証、恒常的な清掃、遺構の危険箇所の定期的な観測、人為的な盗掘等からの保護、そして教育機会を広めるための各種の情報提供が含まれる。もし、遺構に危険な箇所が発見されれば、迅速な緊急処置を施し、専門的な報告に基づき、適切な補強がなされる。

このような義務を果たし、遺跡群全体を一元的に 管理してゆくための体制が整いつつあるが、しかし、 近い将来解消されることが期待される基本的な課題 もまた残されている。以下に、それらの課題の幾つ かを整理したい。

4.1 管理体制の明確化

APSARA が当遺跡群の公的な管理体制を敷く前に 責務を負っていた、文化芸術省の管轄下にあるアン コール保存事務所との明確な区別化もしくは統合が methodologies to effectively prove that it possesses the necessary financial basis for management and operations as well as sufficient ability to carry out its operations.

In the past ten years, APSARA Authority has steadily expanded its activities. One of its principal responsibilities is to provide diverse services related to the safety of tourists and worshippers. They include the guarantee of security, regular cleaning, regular monitoring of dangerous spots in buildings, protection against looting, and provision of various information that would expand educational opportunities. When a danger spot is found in a building, an emergency measure is immediately taken, and appropriate reinforcement is later applied based on a technical report.

A structure for ensuring those responsibilities are fulfilled and the monuments are managed in an integrated fashion is gradually coming to shape. Nevertheless, basic issues still exist, although they are expected to be resolved in the near future. Some of those issues are discussed below.

4.1 Clarification of the Management Structure

Before APSARA Authority established a public management structure for the Angkor monuments, the Angkor Conservation Office belonging to the Ministry of Culture and Fine Arts had assumed the responsibility. Today, there are calls to either clearly distinguish within a certain framework or integrate the two. Although both institutions are aware of this issue, the development of a legal framework concerning the management of monuments has long been set aside. Recently, a decision has been made to assign jurisdiction of the monument protection police to the Angkor Conservation Office. This could be interpreted as indicating the Office's intention of playing a more active role. The fact that archaeological artifacts and materials, old photographs, technical reports, and other documentation regarding restoration are in the possession of the Angkor Conservation Office is also obscuring the jurisdiction of the monument management and the locus of responsibility for conservation and restoration work. Since these research materials are extremely important elements that affect decision-making regarding conservation and restoration, they should be systematically managed and disclosed to all experts. International documentation center that we all willing to support must take more positive action in organizing, promoting and advancing their scientific archiving technology to increase and enhance its credibility, so that organizations and individuals can entrust their valuable materials.

4.2 Inventory Documentation of Cultural Heritages and the Establishment of Management Responsibilities

Systems for the management and protection of cultural heritages in most European countries and Japan are each functioning effectively as the legal framework for protection in their respective country or region. It goes without saying that one of the essential tasks in the course of developing such management systems is to take proper and comprehensive inventory

求められている。両機関が認識していながらも、遺跡群の管理に関する法的な整備という課題は長い間棚上げされたままである。また、遺跡群警察の管轄権がアンコール保存事務所に割り当てられたという最近の判断は、当事務所がより積極的に役割を果たそうとしていることを示しているように思われる。考古遺物や資料、古写真そして修復に関する技術報告書などといった資料がアンコール保存事務所に帰属していることは、遺跡群の管轄権や保存修復の責務の所存をさらに曖昧なものとしている。これらの研究資料は、保存修復の意志決定にあたって極めて重要な判断材料となることから、体系的に整理され、専門家に対して開かれたものとされることが望まれる。

4.2 文化財の目録化と管理義務の規定

多くのヨーロッパ各国や日本における文化遺産保護の管理体制は、それぞれの国や地域の保護法として既に十分に整備されてきている。これらの管理体制が整備される過程の中で不可欠な作業の一つが、対象となる文化財の目録化にあることはいうまでもない。カンボジア全土に分布するクメール遺跡の目録化についてはアンコール遺跡に限定した本稿の枠組みを越えた話題であるが、アンコール遺跡群と他地域の遺跡群の文化政策的連携および空間的な連結を伴う将来的なカンボジアにおける文化観光政策が、カンボジアの経済的復興に果たすべき役割が大きいことに鑑み、本稿の主題を逸脱してその概要を記す。

カンボジアおよびその周辺国におよぶクメール遺跡の目録化は、E. エイモニエの仕事に始まり、さらには E.L. de ラジョンキエールや H. パルマンティエらにより進められてきた。その後、国内外の諸事情により余儀なくされた中断を経て、現在 B. ブルギエの指揮の下、EFEO と文化芸術省の共同事業として、包括的な記録化事業が行われている。これらの仕事が文化財目録およびそれらの分類の基準設定に際して果たす役割は極めて多大であり積極的な活用が望まれる。

遺跡目録が完成して始めて、その管理義務の主体を明確にすることが可能となる。この際には、各遺跡分類に応じて幾つかの管理責任者の区分が図られるべきである。アンコール遺跡群については、遺構の集積状態が極めて高いこともあり、これらを区別して管理することが現実的ではないこともあり、既に規定されているように遺構の大小に拘わらずAPSARAによる一元的な管理を続けることが最善であろう。

一方、他地域の遺跡については、現在、世界遺産 への登録が目指されている遺跡群、つまりプレヤ・ of relevant cultural properties. Creating an inventory of all Khmer monuments spread throughout Cambodia is a concept that goes beyond the scope of this paper. However, we will deviate slightly from the main topic of this paper and present an overview below, from the perspective that the future development of cultural tourism in Cambodia will accompany the coordination of cultural policies and the spatial connection of the Bayon, Angkor monuments and monuments in other regions, and will play a significant role in the economic recovery of Cambodia.

E. Aymonier began taking stock of Khmer monuments in Cambodia and surrounding countries and was later succeeded by E. L. de Lajonquiere, H. Parmentier *et al.* Thereafter following an inevitable interruption due to internal and external social, political turmoils, a comprehensive documentation project is now being conducted as a joint project of EFEO and the Ministry of Culture and Fine Arts under the supervision of B. Bruguier. These efforts will undoubtedly play an extremely significant role in the inventory of cultural properties belong to Cambodia and the establishment of criteria for their classification, and are expected to be utilized actively.

Only after completion of the cultural property inventory will it become possible to identify the bearer of management responsibility. When doing so, several management and government assistance levels should be created in accordance with the classification of the inventory stock. In regard to the Angkor monuments however, it would be unrealistic to manage them together with other inventory stock in all other regions due to its magnitude and already developed management history. Rather, it would be best for APSARA Authority to continue providing unified management regardless of the size of the buildings, as already established. It would work much more efficiently if the national system is created to make these two entity co-exist in one system with unified and broad perspective.

Meanwhile, with respect to monuments in other regions, the group of monuments aiming to be inscribed as World Heritages —Preah Vihear, Sambor Prei Kuk, Koh Ker, Banteay Chmar, Preah Khan, etc.—have been designated national cultural properties today, and others are expected to follow as designated provincial cultural properties. Designation up to the province level is a realistic possibility, because in Cambodia there is an office of the Bureau of Culture and Fine Arts in each province. Any designation in administrative districts below that level is difficult due to the absence of administrators, so although it depends on the province, there is expected to be an increasing number of monuments placed under the jurisdiction of the provinces.

In regard to the current situation in which the development rights of large monuments are being bought by private companies, a clear guideline is desired in order to reconcile governmental management and private development. To that end, it will become necessary to develop laws having enforcement power and to enact ordinances appropriate to each region.

ヴィヘヤ、サンボー・プレイ・クック、コー・ケル、バンテアイ・チュマール、プレア・カン等が、いわゆる国指定の文化財となり、それに州指定の文化財が続くことになろう。カンボジアでは各州に文化芸術局が配備されていることから、州の指定までは現実的であるが、それよりも下位の行政区画への指定は管理者不在のために難しい現状にあり、州の別にもよるものの、各州が管轄すべき遺構は極めて多くなることが予想される。

また大型の遺跡群が、現在、私企業によりその開発権を買収されつつある現状に対しても、政府による管理と民間の開発とを調整するための明確なガイドラインが求められる。そのためにも、執行力をともなった法の整備、地域に即した条例の制定などが必要となることであろう。

4.3 財源体系

今後の持続的発展のために、最も直接的な推進力となるのは財政資源の確保である。APSARAは外国観光客の遺跡入場料の一部を財源として確保していることから、比較的安定した運営がなされている。現在の予算は、遺跡の定期的なメンテナンスや安全性の向上のためのスタッフ個人への給与、そして教育的効果のあるワークショップや会議などへと支出されている。遺跡入場者数が毎年増えている中で、財政資源もまた充実し、これにより職員および実務内容の拡充が図られている。

しかしながら、後述するように APSARA が将来的 に果たすべき役割には、遺跡群の維持管理に加えて、 本来、遺跡群の本格的な修復保全事業の実施が組み 込まれるべきである。ここにおいて、国際的な財政 補助の下に行われる外国組織による支援体制が孕ん でいる危うさを認識する必要がある。国際的な財政 補助が、その受益者の都合とは関係なく、停止され る可能性は常に避けがたい事態となっている。この ような現実を踏まえて、第一、第二首相を議長とす る特別機関である高等文化委員会 (Supreme Council of National Culture) といった国内当局は、国際的な補 助に依存した遺跡群の保全から、国内の持続的財源 による保全活動へと移行するための準備に取りかか るべきである。当然、カンボジアのような途上国に おいては、飢饉や病害対策といった生死にかかわる 問題や、基礎教育分野に対する予算整備に現実的な 課題を抱えており、多大な予算を要する修復事業に、 公的予算を充てることは難しいことも事実である。 しかしながら、遺跡入場料からの収益の一部を、遺 跡群を活用した資金運用に充てる等の事業を展開す る部門の設置、また学術的な契約が結ばれた国際的 な出版物を販売するといった収益額のサイズにかか

4.3 Financial Resource System

Securing financial resources is the most direct means of promoting sustainable development for the future. APSARA Authority secures a part of the monument entrance fees paid by foreign tourists as its financial resource, so it is able to operate relatively stably. The current budget is spent as expenses required for regular maintenance and improved safety of the monuments, as salary to staff members, and as expenses incurred by workshops and conferences designed for educational purposes. With the yearly increase in the number of visitors to the monuments, its financial resource is also enriched, allowing APSARA Authority to expand the number of its employees and activities.

However, as will be mentioned later, the future role expected of APSARA Authority should essentially include the implementation of full-scale restoration and conservation of the monuments in addition to their maintenance and management. Based on this awareness, it is necessary to acknowledge the potential risks of an assistance structure implemented by foreign organizations based on international financial aid. The possibility for international financial aid to be cut off regardless of the circumstances of the beneficiary is becoming an unavoidable occurrence. In light of this reality, Cambodian authorities such as the Supreme Council of National Culture, which is a special institution chaired by the First and Second Prime Ministers, should prepare to make a transfer from the conservation of monuments relying on international aid to conservation activities funded by sustainable financial resources within Cambodia. Needless to say, Cambodia is a developing country facing life-threatening problems such as famine and diseases, as well as realistic problems in securing a budget for basic education. Therefore, it is a fact that the public budget cannot be appropriated to restoration projects that require a considerable budget. Even so, it is necessary to establish a department that could set aside a part of the revenue from monument entrance fees for fund management utilizing the monuments, or cultivate the possibility of procuring various funds regardless of the amount.

Also in regard to regional monuments other than the group of Angkor monuments, a scheme should be established in which all or a part of the revenue from entrance fees to each monument can be used to invest in their conservation and development. Furthermore, a system should be developed in the future for the disbursement of national and provincial subsidies according to designation categories such as national designation and provincial designation. It should be noted that the establishment of a financial structure in which a part of the national or regional budget contributes to the operation of conservation and restoration projects and the development of an environment for establishing such a structure will further facilitate the procurement of aid from foreign countries.

わらず、様々な資金調達の可能性が開拓されること が求められよう。

また、アンコール遺跡群外の地方の遺跡群に対してもまた、各遺跡群からの入場料等の収益の全体および一部が遺跡の保全開発のための投資にまわされるような図式が設けられるべきである。また、国指定や州指定といったそれぞれの指定区分に応じて、国および州の補助金が支出される体制が将来的には整えられるべきである。このような国や地域といった国家予算の一部が修復保存の運営に寄与しているという財政体制、そしてそのための整備姿勢が、海外からの支援の到達をさらに促進することについて忘れるべきではない。

4.4 維持管理と修復保存工事の並行努力

バイヨンのみならず、アンコール遺跡には崩落の 危険を伴う極めて切迫した状況が多く認められる。 遺構の倒壊をも含む危機回避のためには、メンテナ ンスなどの維持管理と本格的な修復保存工事の同時 並行的な努力が必要であり、その両者を視野に入れ ることのできる組織体制が求められる。

多くの場合、定期的な維持活動と小規模修復の蓄積は、問題の早期発見に繋がり、初期的段階での効果的な対策が可能となる。JSAではバイヨンでの月例観測を継続しているが、経時変化を追うことができるように、観測員はできるだけ同メンバーで行われている。建物の変化を検出するためにもっとも有効な手段は、結局のところ専門家の感覚や直感に頼る部分が大きい。APSARA内にも遺跡群の監視を専門とする部門が設けられているが、このようなことから、出来る限り長期に渡り同一の人物が多数の遺構を包括的に担当することが望ましい。

一方、本格的な修復保存工事が危機回避に果たす 重要な役割は繰り返すまでもない。維持管理もまた 遺構の劣化と破損を減速させるものの、それはあく までも表面的なものに過ぎず、抜本的な構造上の強 化は修復保存工事に頼る以外にはない。ただし、実 際に構造上の強化が必要となる最善のタイミングを 見計らうことは困難であり、倒壊のリスクを回避す るためには予防的な措置をとらざるをえない。また、 例えばバイヨンのように、アンコール遺跡の中でも 主要な遺構においては、たとえ危機的な状況にあっ たとしても、工事のために遺跡群全体を長期に渡り 閉鎖することは難しく、たとえそれが最善ではない としても、部分的な工事を繰り返すなどの、安全性 の保証と公開義務の間での適度な均衡が求められる こととなる。このような幾つかの自由度のある条件 の中で、修復保存工事を実施するための計画立案は 難しさを伴うものの、これらの実施対象遺構の選定、

4.4 Parallel Efforts of Maintenance Management and Conservation and Restoration Work

Many imminently dangerous aspects accompanying the risk of collapse can be found not only at Bayon but at other Angkor monuments as well. Efforts must be directed to providing maintenance management in tandem with full-scale restoration and conservation work as measures for crisis prevention, including the collapse of buildings, and a systematic structure that can incorporate the two efforts is desired.

In many cases, the accumulation of regular maintenance activities and small-scale restoration work can lead to the early discovery of problems, and allows effective countermeasures to be made at an early stage. JSA continues to conduct monthly observations at Bayon, and makes a point of assigning the same observers each time so that temporal changes can be tracked. The most effective means of detecting changes in buildings is largely dependant on the perception and intuition of experts. There is also a department within APSARA Authority which specializes in the monitoring of monuments. The above approaches are an indication that it is desirable for the same person to comprehensively assume charge of multiple buildings over the long term as much as possible.

On the other hand, it goes without saying that full-scale conservation and restoration work plays a significant role in crisis prevention. Maintenance and management also help deter deterioration and damage to buildings, but they are simply superficial measures, and only restoration and conservation work can provide fundamental structural reinforcement. However, it is difficult to actually gauge the optimal timing for implementing the necessary structural reinforcement, so preventive measures must necessarily be taken to avoid the risk of collapse. Moreover, with major buildings among the Angkor monuments such as the Bayon, it is difficult to close off the entire monument for a prolonged period of time even if the situation is critical. Therefore, an appropriate balance between the guarantee of safety and disclosure obligation must be sought by the repeated implementation sectional work, for example, even if that is not the best solution. Creating a plan for the implementation of conservation and restoration work from among a number of such flexible conditions is not an easy task. Therefore, the above-mentioned maintenance management and the role of the observer are important in selecting target buildings and in formulating initial plan proposals.

When considering the scenario in which the monument management authority will assume responsibility for both maintenance activities and restoration and conservation work in the future, the issue of financial resources emerges once again. At present, an operating budget for maintenance management is set aside, but no budget has been secured for restoration and conservation work. The concept of accumulation based on long-term planning is essential for construction work requiring a considerable budget, and the operation and accumulation of revenues must be considered simultaneously.

および初期計画案の策定において、上述の遺構の維持管理および観測者が果たすべき役割は大きい。

維持活動と修復保存工事の両者の責任を、将来的に遺跡管理機構が負うことを想定した時、再びその財源に関する問題が浮き彫りになる。現状では維持管理のための経常的な予算は計上されているものの、修復保存工事のための予算は確保されていない。多額の予算を必要とされる工事にあたっては、長期的な計画に基づく貯蓄の概念が不可欠で、収益の運用および貯蓄が同時に検討されることが求められる。

4.5 人的資源

財政資源が直接的な推進力である一方、人的資源 は長期に渡り持続的に推進力を供する資源である。 保存修復の各分野における技能者が圧倒的に不足し ていた10年前の事情に比して、現在では国内外の 様々な努力により、各種の人材が着実に育成されつ つあるが、しかし、なお十分な状態とはいえない。

管理組織は保存修復に求められる全ての専門家を保持した体制を整える必要はない。しかしながら少なくとも各種の必要性に答えることのできる専門家および技能者のリストが準備されているべきである。例えばバイヨンの修復保存工事に関していうならば、測量技師、野帳への記録ならびに製図工、考古学者、石材修復技能者、石工、重機の技師、建設管理者、そして的確な報告書を作成することができる人材などが、たとえポーチの再構築といった小規模の事業においても不可欠である。

様々な外国組織はそれぞれ多数の専門家の時間、予算、知識、そして情熱を各事業における基本構想の下に研修のために費やしている。現在では各外国組織に所属するこれらの専門家に対して、将来的にAPSARAはこれらの人材と直接契約するか、もしくは機構内部に取り込んでゆくための準備を図る必要がある。前述の通り、外国組織の参与は、その政治的・経済的背景に基づき永続的なものではありえず、現段階では事業が完了したときのカンボジア人専門家の受け皿はなく、重要な人的資源を散逸する危険性が高い。

また、修復技能者に対しても同様であり、遺跡群内および近隣の住民が主体となっている現状の修復技能者の多くは主に農業と兼業して修復事業に携わっているものの、ひとたび修復事業へ参加すれば、その依存は大きくならざるを得ない。現場の一線に立つ彼らの技術は修復工事の質を左右する大切な人的資源であるが、修復の専門家を育成し人材バンクとなるべく研修所の設置などは、これを保護するための一つの方策となろう。そこでは、保存修復技術のみならず修復理念の指導が行われ、これがひいて

4.5 Human Resources

While financial resources are a direct driving force, human resources are also an important factor that contributes to sustaining the driving force over the long term. Compared to the situation ten years ago when there was an overwhelming lack of engineers in fields related to conservation and restoration, today various personnel are steadily developing owing to domestic and international efforts. However, the situation is not completely satisfactory yet.

The management system does not necessarily need to be a structure that retains experts. However, it should at least have a list of experts and engineers who can respond to various needs. In the conservation and restoration work of the Bayon, for example, even a small-scale undertaking such as the rebuilding of the porch will require a surveyor, a worker to record the field book and a draftsman, an archaeologist, an engineer to repair stone elements, a stoneworker, an operator of heavy machinery, a construction overseer, and personnel capable of compiling concise reports.

Foreign organizations are directing the time, budget, knowledge, and ardor of a large number of their experts to training workers under a basic strategy of each project. APSARA Authority should prepare to directly contract these experts who are currently affiliated with foreign organizations or to include them into its own structure in the future. As mentioned earlier, the participation of foreign organizations cannot be permanent due to political and economic circumstances. As things stand, the lack of Cambodian experts to take over after completion of a project poses a strong risk of dissipating important human resources.

The same is true for restoration work force. At present, the majority of restoration workers are residents from the vicinity of the monuments or from neighboring areas. They engage in restoration work as a side job to farming, but once they participate in restoration work, they are greatly depended on. They are important human resources who support the front lines of field work and possess technologies that can greatly influence the quality of the restoration work. Cultivating restoration experts and establishing training centers that can serve as a pool of human talent would be a means of protecting these workers. Such a scheme would not only focus on conservation and restoration technologies, but also on the principles of restoration, and is expected to help enhance local residents' understanding of the value of their historical cultural properties.

It should be realized that the Angkor monuments offer international experts an ideal environment for advanced education. The traditional philosophy for the conservation and restoration of non-western historical cultural heritages has expanded dramatically in recent years. As opposed to the conservation and restoration principles of the West, the role Japan's historical undertakings for the protection of cultural properties played in the adoption of the Nara Document by outlining and presenting significant details of the conservation principle for wooden architecture is a good example. Historical monuments

は地元住民の歴史的文化財の価値の理解へと繋がる ことが期待される。

また、アンコール遺跡群は国際的な専門家に対す る高度な教育の場を設けるために相応しい環境にあ ることを認識したい。修復保存の伝統的な哲学は、 近年、非西洋の歴史的文化遺産において劇的に拡張 されてきた。西洋の修復保存理念に対して、木造建 築の保存理念の詳細を説明し提示することにより奈 良ドキュメントが採用された際に、日本の歴史ある 文化財保護の事例が果たした役割は一つの好例であ ろう。東南アジアの、特にクメールの歴史的記念物 は木造と堅固な組積造の中間的な位置づけにあると も見倣しうる。このことから、アンコールは世界に 対して保存修復分野の新たなる倫理的拡張を果たす べき可能性を大いに秘めている。だからこそ、アン コールは世界に対して保存修復分野のための多大な る教育的機会を与える可能性が大きいのである。た とえそれが緊急の課題ではないにせよ、例えばフラ ンスにおいて実施されている国家公務員としての 歷史的建造物管理建築家 (Architecte des Bâtiments de France: ABF) のような修復保存のための価値ある資 格制度に発展することが検討されても良いかもしれ ない。このような制度が広域な文化財の修復保存に 有用な国際的な資格へと展開することも考えられる。 アンコール地域は東南アジアの若手の保存修復家に 対して教育機会を与えるだけでなく、西洋、中国、 そして日本といった国々に対しても新たな保存修復 理念およびその実践のための手法を提示することに なろう。

5. 小結

バイヨンの修復保存計画の立案は、維持管理体制、 周辺環境全体を視野に入れた保全活動、地域の発展 と矛盾を来すことのない保護、新たな活用により望 まれる地域や国の開発に関する指針等の総括的な課 題への取り組みを意味する。策定された計画案は、 アンコール遺跡群の中でもアンコール・ワットやバ イヨンといった個別に注目度の高い遺跡に対する特 例として規定されるものではなく、バイヨンを中心 としたアンコール遺跡群、クメール遺跡、そして世 界の文化遺産という多様な同心円上の構図において、 幾つかの異なるレベルにある問題について検討され たものの総体でなければならず、カンボジアの文化 財全体に対して寄与すべき解法でなければならない。 本稿で提示した幾つかの課題は、それぞれに重要な 副次的な課題を新たに提起するものであり、また主 要な課題の全てでもない。

これだけ多様な外国組織が修復保存事業に参与している遺跡群は世界でも稀な中で、保全のための体

of Southeast Asia, and especially of Khmer, have structures that fall somewhere in between wooden architecture and strong masonry. In this respect, Angkor has great potential to expand the ethics of the conservation and restoration field into a new level, and this is precisely why Angkor can provide vast education opportunities to the world in the field of conservation and restoration. Although not an urgent issue, it may be meaningful to develop a conservation and restoration qualification system such as the Architecte des Bâtiments de France (ABF) for national civil servants of France. Such a system could even develop into an international certification system for wideranging conservation and restoration of cultural properties special to Southeast Asian countries. The Angkor region not only provides education opportunities to young conservation workers in Southeast Asia, but it also presents new conservation principles and implementation methods to the countries of the West, China, and Japan.

5. Conclusion

Drafting a conservation and restoration plan for the Bayon means addressing conservation activities that take into consideration maintenance management and the surrounding environment, safeguarding efforts that do no contradict regional development, and comprehensive issues that would become necessary with new uses of the Bayon, including policies concerning regional and national development. The formulated plan proposal should not be regarded as a special standard which applies only to Angkor Wat and Bayon, the two monuments respectively garnering the most attention among the group of Angkor monuments. Rather, it must represent all that have been deliberated in regard to several different levels of problems within the overall picture formed by concentric circles representing the Angkor monuments, Khmer monuments, and world heritages. It must offer solutions that contribute to Cambodia's cultural properties as a whole. A number of issues have been presented in this paper, but they offer an opening for the vast number of important, secondary issues, and do not represent the entire picture.

A group of monuments where so many foreign organizations participate in their conservation and restoration work is rare in the world. The question of how to develop an effective framework for conservation is an important issue to be solved through the collective experience and knowledge of the different countries, as is true for technical issues of restoration. It is also an important message announcing to the world the fundamental commitment of Cambodia to conserve the Angkor monuments. It is hoped that UNESCO, foreign organizations, and the monument management authority will cooperate in solving the intricate problems through the ICC and other symposiums based on the situations of each country but with a focus on Angkor.

制がどのように整備されるのかという問題は、修復の技術的な問題と同様に、各国の経験と叡智を集結して解決されるべき重要な課題であり、またカンボジア、アンコール遺跡群の保全事業の基本姿勢のあり方を世界に表明するものとして受け止められる重要なメッセージとなる。ICC や各種シンポジウムの場をもって、UNESCO、外国組織、そして遺跡管理機構の三者が協力して、各国の事情を背景にアンコールという場を中心にこれらの錯綜した各種の問題解決に取り組むことが期待される。

Final Conclusion

結論

Fir	nal Conclusion
	Final Conclusion
	結論

The Master Plan for the Conservation & Restoration of the Bayon Complex

Final Conclusion

NAKAGAWA Takeshi

結論 中川武

With the study contents discussed in the introduction and the main discourse, we have presumably clarified the purpose of the Master Plan. We present summary statement from each chapter of the main discourse as an overall conclusion.

In Chapter 1, "Fundamental Idea for the Conservation and Restoration, and the Utilization of the Bayon Temple," we have abstracted the fundamental idea that gives a guideline for the conservation and restoration. We presented the study set forth as a premise for the summary of "The Bayon Charter."

1. "Characteristics of Bayon"

With respect to the fundamental composition, special feature and character of the Bayon temple and research activities by past investigator groups and JSA, we have summarized from a historical viewpoint and indicated future problems that must be tackled.

2. "Environmental Preservation"

We have presented the value of the environment with monuments as a background shaping the cultural heritage. We discussed the significance of the preservation respectively on natural environment of water, forest and climate, cultural environment of belief, intangible heritage and tourism, and social environment of monument scene.

3. "The Dimensional Plan of the Bayon Temple"

We have attempted to abstract the construction measure and the dimensional plan of the two Libraries at Bayon. According to the analysis, a unit of 412mm is adopted as standard measurement for making the dimensional plan. An inference is drawn that the scale plan was possibly developed based on five units thereof.

4. "Restoration Techniques"

We have classified the structural characteristics and its tendency of damage by the structural difference in order to apply the traditional building construction and its techniques used for the Bayon temple to the present conservation and restoration activities. Especially, with respect to the corbel arch we carried out behavior experiments on collapse procedure and verified the collapse phenomena on the actual monument. We, then, shifted a subject stating our policy and outline of the actual activities for developing human resources that assume the future conservation and restoration activities.

以上、序論および本論にわたって展開された各章の考察内容をもって、本マスタープランの目的は明らかにされたと考えるが、さらに本論各章の結語を要約して総括的に掲げ、全体の結論とする。

第1章「バイヨン寺院の保存修復と活用のための 基本理念」では、保存修復活動の指針となるべき基 本理念の抽出を行い、巻頭に掲げた「バイヨン憲章」 へのまとめの前提となる考察を示した。

1. バイヨン寺院の特質

バイヨン寺院の基本的な構成、特徴と性格、過去の調査隊およびJSAによる調査経緯について、改めて史的視点から簡潔にまとめ、また今後取り組むべき問題の所在を示した。

2. 環境保全

文化遺産を形作る背景として遺跡環境が持つ価値を提示し、水・森・気象としての自然環境、信仰・無形遺産・観光としての文化環境、遺跡景観としての社会的環境のそれぞれについて保全の意義を述べた。

3. バイヨン寺院の寸法計画 - バイヨン北経蔵と同 南経蔵の比較を中心に -

バイヨン寺院の2つの経蔵について造営尺度と寸法計画の抽出を試みた。分析の結果、寸法計画を支えた単位寸法は412mmであったと判断され、またその5ユニットにあたる長さを基準とした規模計画の可能性を推論した。

4. 修復技術

バイヨン寺院に用いられた伝統構法と技術を現代の保存修復活動へと活かすべく、構法的な特性とその破損傾向を架構別にまとめ、特に迫出し積みアーチについては、崩壊プロセスの挙動実験を実施し、 実際の遺構にあてはめて崩壊現象を検証した。

次いで、保存修復活動を担うべき人材の育成について、方針とその具体的な活動概要を述べた。

5. 国際的協調によるアンコール遺跡の保存とカンボジアの地域、民族、国家への影響

ユネスコ世界遺産のバイヨン寺院とアンコール遺跡群は、クメール民族の伝統的価値のみならず、世界的な普遍性を帯びるものとして、国際社会の協調体制のもと、カンボジア社会の復興とともに未来も

Final Conclusion

5. "International Partnership for the Conservation of the Angkor Monuments and its Influence on the Region, People, and Country of Cambodia"

We have presented that the conservation and restoration activities should be continued in future together with the reconstruction of the Cambodian society under the international cooperation system, in the context that the Bayon temple and the Angkor monuments as the UNESCO world heritage site possess not only the traditional value of the Khmer, but also universal value for the world.

保存修復活動が継続して推進されてゆくべきことを 示した。

In Chapter 2, "Restoration Plan of the Bayon Temple," we have stated about the advance planning required prior to the execution of the actual conservation and restoration works.

1. "Establishing Survey Items for Pre-Restoration Surveys"

We have stated the necessity, before implementing the conservation and restoration works on the monuments, of comprehending the present condition, investigating the causes of deterioration and damages, discussing further on the possible restoration, and listed the survey items.

2. "Overview of the Restoration Plan"

For the implementation of the conservation and restoration works, we have listed points to be noted and described the gist in the following categories; 1) stone elements, supply, storage, processing, maintenance, 2) safety plans, ensuring durability, re-repair, 3) documentation method and archiving, 4) development of conservation and restoration techniques required from investigation results, 5) process planning and project initiation, 6) the significance of each task within the Master Plan.

3. "The Theory for the Restoration Plan"

We have sorted out information about the Bayon temple collected from respective experts to draw up the fundamental plans for the restoration.

a) "Stabilization of the Central Tower and Countermeasures for Long Term"

We proposed a fundamental plan for the long term program to safeguarding an conservation of the central tower of Bayon temple. Among them, the countermeasures against the fallout of the Central Tower, the Symbol of Bayon, and against the weakening of the soil mound that is the foundation of the upper structures, caused by water infiltration. It is also showed necessary to construct the maintenance system that compose of estimation-observation-confirmation through in-situ monitoring based upon the wider point of view to cover the unexpected but possible accidents in the future.

b) "Precision Documentation and the Restoration of the Bas-

第2章「バイヨン寺院の修復計画」では、実際の 保存修復工事を推進するにあたり、求められる事前 計画について述べた。

1. 修復前調査項目の決定

遺構の保存修復工事を実施するに先立ち、現状の 把握、劣化・損傷要因の解明、さらには復原考察の 必要性を述べ、調査項目を箇条書きにした。

2. 修復計画の概要

保存修復工事を推進するに際し、留意点などを以下の項目として挙げ、それぞれ要点を述べた。1) 石材、供給、保管、加工、メンテナンス、2) 安全計画、耐久性の確保、再修理、3) 記録の方法と保管、4) 調査結果から必要となる修復・保存技術の開発、5) 工程計画と事業化、6) 各項目のマスタープランの中での位置づけ。

3. 修復計画の各論

各専門家から提起されたバイヨンに関する知見を まとめ、修復への基本計画案とした。

a) 中央塔安定化と恒久的保存

バイヨン寺院の中央塔を対象とした恒久保存修復の基本計画案を作成した。とくにそのシンボルである中央塔の崩落防止および構造物の基礎でもある基壇盛土の浸水弱化の対策について示した。現在では予測されないが、発生可能な事象にも対応できるように、広い視野に基づき、現場の観測モニターリングを基礎とした予測 - 観測 - 確認から構成される維持管理システムが恒久対策として必要であることを示した。

b) 浮彫り彫刻の精密記録と修復

まず、3D デジタルモデル化によって、浅浮彫りの みならずバイヨン寺院全体の現状について記録保存 することの意義を述べた。

次いで、特に劣化の著しい浅浮彫りの現地保存計

relief"

Firstly, we have stated the significance of digital-recording not only the bas-relief, but also the entire Bayon complex into the three dimensional model. We, then, made a plan to preserve extensively damaged bas-relief on site by describing the measures against the loss of cohesion, disintegration, and scaling of the curved relief, and the concrete method for preventing the growth of plant organism and blocking the infiltration of water from the back of stones.

c) "Restoration Plan of the Southern Library"

Since the Southern Library is at risk of collapse due to extreme deterioration in the present state, we have formed a restoration and conservation plan. We presented mostly the items of construction and its annual plan, utilizing the accumulated restoration experience with the Northern Library.

d) "Cooperation with APSARA and an Open Restoration Organization"

In the conservation and restoration activities under the international cooperative system, the technology transfer to the Cambodian is essential. To accommodate such scheme we have proposed preferably running open organization that enables flexible correspondence to developing the restoration technique and human resources.

e) "Securing Safety of the Restoration work and the Harmonization with Tourism"

For the implementation of the restoration works, we have emphasized the importance of smooth work execution in harmony with people's belief in monuments and open status of the monument to the general public and with understanding by relevant parties. To this end an ability of thorough planning is required.

In Chapter 3, "The Conservation and Utilization of the Bayon temple," we have described about the preparation of the social environment for the restoration and utilization of the monument under the following items.

1. "Keeping and Opening Records to the Public and the Accountability"

We have proposed that all conservation and restoration activities of the monuments must be recorded for archive, and upon consideration of its contents and preservation method the record must be opened to the public.

2. "Establishment and Participation to the International Network for Record-keeping and Education Contributing to the Protection of the World Heritage"

We have proposed for the promotion of a digital recordkeeping of the past and future conservation and restoration 画を立案し、浮彫りが施された石材における凝集力 低下、粉状化、スケーリングへの対策、植生類着生 の防止と背後からの浸透水の遮断について具体的な 方法を述べた。

c) 南経蔵修復計画

南経蔵における現在の劣化状況は著しく、崩壊の 危険性が高いため、修復保存計画を立案した。北経 蔵の修復工事経験の蓄積を活かし、工事項目と年次 計画等を中心に挙げた。

d) APSARA との協調と開かれた修復組織

国際協力下における保存修復活動ではカンボジアへの技術移転が重要であり、そのための協力組織には、修復技術と人材養成の計画に柔軟に対応できるだけの、開かれた組織運営が望まれることを提言した。

e) 修復工事の安全性の確保とツーリズムの調和

工事の実施にあたっては、遺跡への信仰と一般への公開との調和の上、理解を得つつ円滑に遂行するべきことを強調した。またそのためには周到な計画性が求められることを述べた。

第3章「バイヨン寺院の保存活用計画」では、遺跡の修復と活用をめぐる、社会的環境の整備について以下の各項にわたって述べた。

1. 記録の保存・公開と説明責任

遺構に関するすべての保存修復活動は、その内容 と保存手段を考慮の上、記録保存され、公開される べきことを提言した。

2. 世界遺産保護に資する記録・教育のための国際 的ネットワークの構築と参加

特に世界遺産を対象に、既往と将来の保存修復活動について、国際的な体制でのデジタルデータベース化の促進を提言した。

activities, especially on the world heritage.

3. "Future Image of the Bayon Temple and Sustainable Development of the Angkor Region"

We have stated that the participation by the local residents, based on securing the sacredness of the monument, is inevitable for the conservation, and simultaneously a sheer result from respective contributions by tourists and restoration experts enables the sustainable development beyond generations.

4. "Proposal of Organizational Structure for Supporting the Preservation Activities"

As a rare example in the world, where various foreign organizations are participating in the conservation and restoration project, we have affirmed that the arrangement of the preservation structure for the Angkor monuments as well as the problem of restoration technique is a vital subject which must be solved in concentration of the experience and insight of respective countries.

3. バイヨン寺院の将来像とアンコール地域の持続 的発展

遺跡保全には聖域性の確保に基づいた地域住民の 参加が必然であり、同時に観光客、修復専門家のそ れぞれの貢献が結実してはじめて世代を超えた持続 的発展が可能となることを述べた。

4. 保全活動を支える組織体制の提言

多様な外国組織が修復保存事業に参与している世界でも稀な例として、アンコール遺跡群の保全体制の整備が、修復の技術的な問題と同様に、各国の経験と叡知を集結して解決されるべき重要な課題であることを述べた。