

クメール建築における排水システムについて

日大生産工(学部) ○小西 徹 日大生産工 小島陽子

1. はじめに

世界遺産アンコール・ワットは、「クメール建築の集大成」¹として広く一般に知られている。この伽藍を四囲する環濠にかかる西参道では、現在修復の計画が進んでいる。前工区の修復報告書²によれば、西参道の擁壁内部に流入した雨水が、流出時に砂を一緒に掻き出すことで、内部に空隙が生じそこから陥没を起すことが、崩壊の最大の要因であるとされている。また西参道には、雨水処理のための裏込めや排水口がみられず、今回の修復工事では、排水システムをどのように考えるのが最大の焦点となっている。

そこで、本研究では、クメール建築の排水技術に関する排水口や排水溝、水勾配などの基礎資料を収集し、排水システムの検証を行い、今後の修復活動に資することを目指す。

2. 既往研究

西参道に関するこれまでの研究は、片桐正夫編集の『アンコール・ワット西表参道修復工事』²でその構造や崩壊理由について詳細な報告がなされている。

当該報告書によれば、西参道に裏込め工法などは見られず、擁壁内部に流入した雨水が、流出時に砂を一緒に掻き出すことで、内部に空隙が生じ

そこから陥没を起すことが報告されている。第1工区の修復では、積極的な排水処理方法の提案は行われていないが、第2工区の修復にあたっては、排水処理方法を十分に検討した上で、修復計画が立案されるべきであると考ええる。そこで本研究では、クメール宗教建築の排水システムに着目した。

排水に関する研究としては、ソクン・テアリーの博士論文³があげられる。ここでは、バイヨン寺院(13世紀～)の排水手法について詳細な検証がなされているが、それ以前の遺跡については、排水口への導水方法やその有効性に関しての十分な検証はなされていない。

3 研究目的と研究方法

本研究は、12世紀以前のクメール建築の排水システムを明らかにすることを目的とする。上述した既往研究により排水口や水路が残存することが知られている12世紀以前の伽藍のうち、敷石の石材が残り、大きな不動沈下が見られない伽藍として、10世紀中葉から11世紀初頭にかけて、同じ王により建設が始められたプレ・ループ、タ・ケオ、イースト・メボンがあげられる。本研究ではこれら3つの伽藍を対象とし、クメール建築における排水システムについて明らかにすることを目的とする。

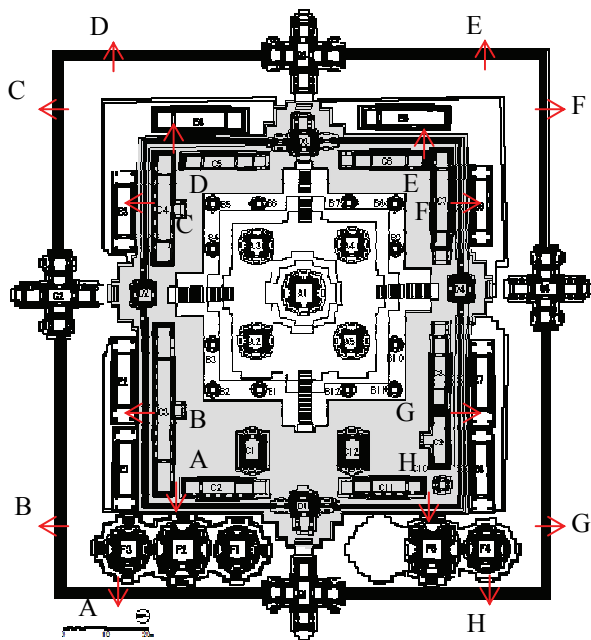


図1 プレ・ループの排水口の位置

表1 排水口の位置

排水口	第1周壁	第2周壁
A	42544	31215
B	44158	29859
C	55564	29804
D	なし	20023
E	43506	29964
F	43214	30597
G	40759	18418
H	58165	29514

単位 mm

写真1
第2周壁の排水

Study on a drainage system in the Khmer architecture

Toru KONISHI, Yoko KOJIMA,

本稿では、現地調査を行った3つの遺跡のうちプレ・ループについて調査報告をしたい。現地調査では主に、1) 50m巻き尺を用いて排水口の位置の実測、2) 5.5mメジャーを用いて排水口の平面・立面・断面の実測、3) オートレベルを用いて伽藍の床面の高低差や排水構の水勾配の測量を行った。

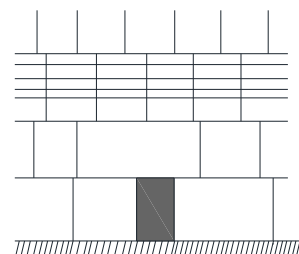
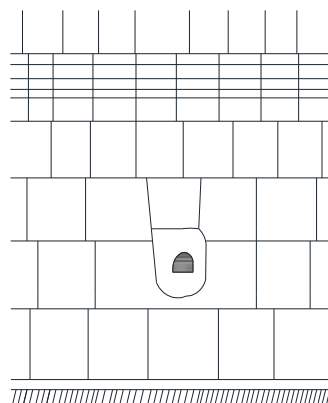
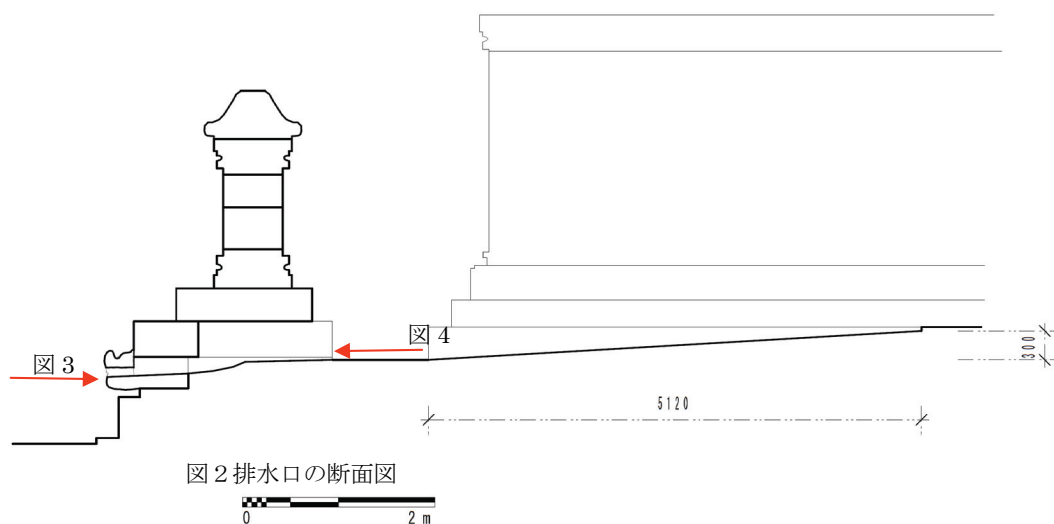
これらの現地での測量データを基に伽藍に降り注いだ雨水が、排水口から排出されるまでの水の流れを検証する。

4. プレ・ループの伽藍と排水口の位置

プレ・ループは積層する段台基壇上に建物を配置した伽藍で、3つのゾーンからなる(図1)。最上の第3ゾーンは、3層の段台基壇からなり、各段を囲繞する周壁はなく排水口はみられない。

第1・2ゾーンの四方には塔門を配置し、それらをつなぐように周壁が囲繞している。第1・2ゾーンともに四方の塔門の両側の周壁下部に1ヶ所ずつ(第一周壁④崩壊により排水口なし)、計15ヶ所の排水口が設けられている。

これらの排水口に東南側から時計周りに排水口にA~Hの記号をつけ(図1)、四方の塔門を通る東西・南北の中心線から、各排水口の位置までの距離を計測した(表1)。その結果、第1ゾーンの排水口はいずれも周壁の四隅からほぼ等距離に位置するが、第2ゾーンでは、周壁の四隅からも伽藍の中心線からも距離は一定ではないことが明らかとなった。排水口の位置は、建物の配置と関係すると想定され、周辺の付属建物との位置関係をみると、第2ゾーンでは、周壁の前に2棟の



付属建物が面する東・西塔門の両側周壁と、北塔門の東側周壁では、2棟の付属建物の間に排水口が位置する。周壁の前に1棟の付属建物が面する南塔門の両側周壁及び北塔門の西側周壁では、周壁のほぼ中心に位置することがわかる。一方、先の第1ゾーン排水口と周辺の付属建物との位置関係は明らかでない。これは、既報で述べたように、第1ゾーンの付属建物は後の増築であるのに対し、第2ゾーンの段台基壇と周壁、それらを穿つ排水口、及び付属建物は同時期に計画されたことを裏付けるものといえる。

5. 排水口の詳細について

第2周壁北西排水口の断面図を図2に、外側の立面図を図3に、内側の立面図を図2に示す。排水口は、ラテライトの段台基壇側壁胴部の上端に設けられている。段台基壇に約450mm四方の穴を穿ち、象のような鼻を有するマカラの頭部を約300mm張り出した砂岩材を差し込んでいる。マカラの口の形状に合わせて幅130mm、高さ100mmの穴が穿たれ、それを出水口とする。出水口に続けて、約200mm四方の溝を砂岩材に穿ち、周壁下部のラテライト材に設けた溝とつなげ、周壁内の段台基壇上端の入水口にいたる。入水口と出水口の間は約1300mm離れ、220mmの高低差がある。水勾配は一定ではなく、入水口から約450mmまでは0.03と緩勾配とし、その先出水口までを0.1とする。第1ゾーンの8箇所の排水口も概ね同じ構成で、第2ゾーンと同様に、ラテライトの周壁の最下部を穿ち、マカラの頭部を造り出した砂岩材を差し込み、口の形状にあわせて穿つ幅170mm、高さ100mmの穴を出水口とする。第2ゾーンと異なる点は、入水口と出水口の間隔が約1890mmみられるが、高低差が85mmであり、水勾配が約0.0045と緩やかである。

6. 伽藍の床面の水勾配

上述した排水口への雨水の導入方法について検証する。

1) 第3ゾーンの排水

周壁や排水口のみられない第3ゾーンでは、降り注いだ雨水は一ヶ所に集めず、基壇各辺の外端から第2ゾーンへと流す。

2) 第2ゾーンの排水（南西エリア）

第2ゾーンでは、大きな不動沈下は見られないため、床面のレベルが測定可能である。中でも南西エリアは、床面に土砂の堆積が少なく、床面の敷石が確認できることから、南西エリアでレベル測量を行った。

全部で65ヶ所のレベル測定をした。本稿では紙面の都合上、全ポイントの数値を掲載することができないため、隣り合う場所で同じレベルを示した

箇所を除いて水勾配が明確になる18ヶ所のポイントを選定した。

南西の排水口（D）の地点（①）を基準（±0）とした時の各部の床面レベルの数値を図6に示す。

第3ゾーン段台基壇の階段脇の入隅地点（⑩）が基準から+59mmと一番高くなっている。この地点を（⑩）を頂点として伽藍の外側方向に扇状に徐々に床面のレベルが低くなっている。

第3ゾーン段台基壇側から付属建物に向かう勾配を比較すると（今回の調査では⑨→⑥0.08と⑧→⑨0.25）水勾配には大きな差がある。このことから、雨などにより流れてきた水は3エリア段台基壇側から付属建物に向かい勢いよく流れ、そこから緩やかな勾配（0.08）で排水口まで流れる。第二層南西エリアでは雨水をしっかりと排水口まで流すために2棟の付属建物の間に約0.06の水勾配を意図的に設けている。こうすることによって外周に集まった雨水を線的に排水口に流していると考ええる。

2) 第1ゾーンの排水（北西エリア）

第1ゾーンも第2ゾーンと同じエリアでレベル測定を行いたいが、第1ゾーンの南西エリアは、第一周壁が倒壊して土砂が堆積しており、床面の確認が困難であった。そこで第二層と同じ基準をおおむねみたしたため北西エリアで測定を行った。第一層北西エリア（図5）では、全部で126ヶ所のレベル測定を行った。第2ゾーンと同様の理由により、隣り合う場所で同じレベルを示した箇所を除いて水勾配が明確になる19ヶ所のポイントを選定した。

北西の排水口（F）の地点を（①）基準（±0）とした時の各部の床面レベルの数値を図5に示す。第二層排水口（E）の地点（⑦）が、基準から+100mmと一番高くなっている。第二層排水口（E）や第二層排水口（F）の地点（⑬）は排水口直下であり、図5をみてわかるように他のポイントよりも高い。水勾配も北西の排水口から北西第二ゾーンの段台基壇の角までの点（⑧）の水勾配は0.26と急になっている。

次に表2を見ても分かるように北西の排水口、第二層排水口（E）、第二層排水口（F）のような排水口の近くにないポイントの水勾配は一部を除き0.1以下である。

このことから第一層北西エリアでは、第二層排水口（E）や（F）に降り注いだ水は勢いよく北西第二ゾーンの段台基壇の角ぐらまで流れ、そこからは約0.04%の緩やかな水勾配で排水口まで流れる。また勾配が緩やかになった事で水がたまるのを防ぐためにレベル差をつけて水にまた勢いを与える工夫をしているのではないかと考える。

7. 結論

本稿では、プレ・ループの排水システムの検証を行った。床面のレベル測定の結果、第2ゾーンでは、基壇の角から排水口に向かって水勾配がついている。また、建物と周壁の間など、排水路が狭い個所では、水勾配を他の箇所より強くして、雨水を勢いよく流す手法が用いられていた。そして特に排水口の直下では床面を高くして、雨水がはけやすくする工夫を施している事がわかった。このような、排水システムを構築し雨水を排水口まで導く工夫がなされていることも分かった。

これらの排水口には、マカラの装飾が施されて

おり、現在でも機能していることが明らかとなった。しかし、一部で詰まっている排水口もみられ、これは、矩形である入水口の大きさに比べて、出水口が小さい事によると考える。これらのメンテナンスをすることが遺跡保存の上で重要である。

本調査は、平成27年8月14日～8月22日に行った。現地でお世話になりましたアンコール遺跡国際調査団（団長 石澤良昭上智大学教授）の皆さまに感謝の意を表する。

■参考文献

- 1) 肥塚隆 編集「世界美術大全集」小学館、2000年、p85～86
- 2) 片桐正夫他「アンコール・ワット西表参道修復工事」上智大学、2011年、p120
- 3) So, Sokuntheary「カンボジア、アンコール・トム内バイヨン寺院の排水システムに関する研究：博士学位論文」早稲田大学、2007年

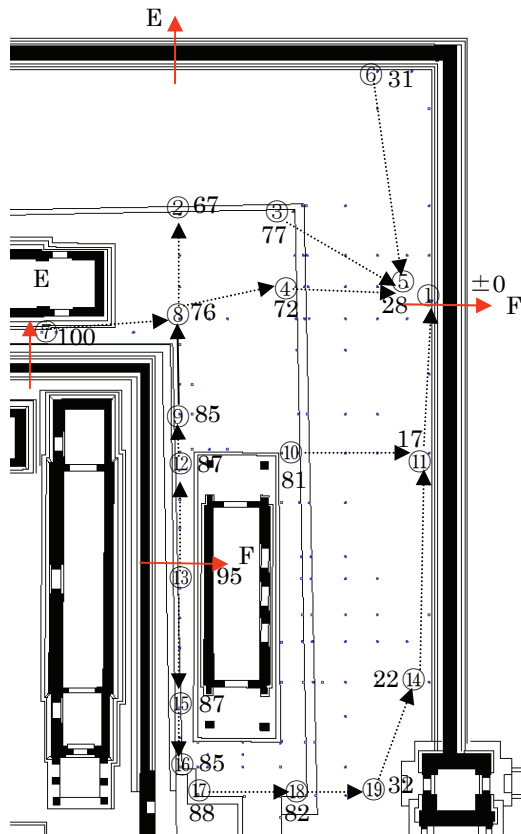


図5.第一層北西エリアの床面のレベル

表2.第一層北西エリアの水勾配

場所	水勾配(%)
6→5	0.02
3→5	0.1
4→5	0.06
8→4	0.05
8→2	0.13
(2層排水口E)7→8	0.26
12→9	0.03
10→11	0.2
11→1(排水口F)	0.17
(第2層排水口F)13→12	0.1
(第2層排水口F)13→15	0.1
15→16	0.04
14→11	0.03
17→18	0.08
19→14	0.08
18→19	0.21

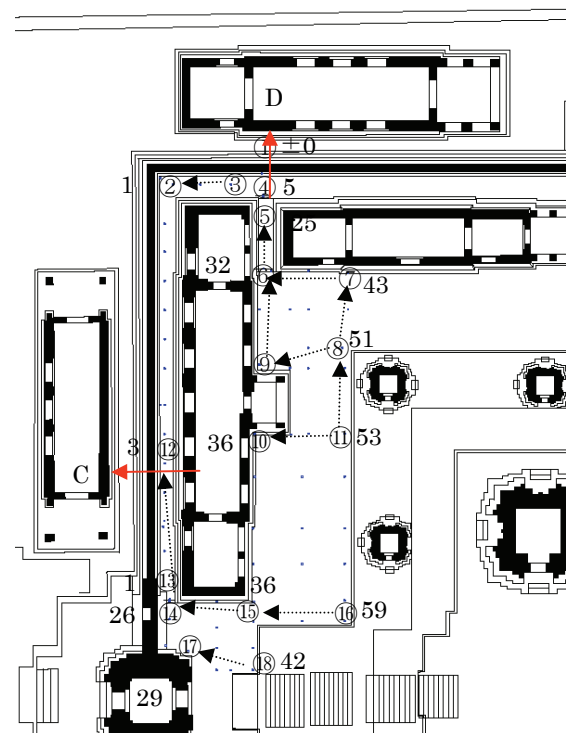


図6.第二層南西エリアの床面のレベル

表3.第二層南西エリアの水勾配

場所	水勾配(%)
3→2	0.04
6→1(排水口D)	0.16
9→6	0.08
7→6	0.2
8→7	0.16
8→9	0.25
11→8	0.03
11→10	0.27
14→12	0.03
15→14	0.17
16→15	0.36
18→15	0.13
18→17	0.28

$$\text{勾配}(\%) = \text{垂直距離} \times 100 / \text{水平距離}$$