

カンボジア 12～13 世紀建造の王道石橋群 測量データ解析を中心として

Ancient Stone Bridges along the Royal Road, During 12-13th Centuries, Cambodia

伊東 孝**, 片桐 正夫***, 重枝 豊***, 大山亜紀子***, 加藤久美子****

By Takashi Itoh, Masao Katagiri, Yutaka Shigeeeda, Akiko Oyama, Kumiko Kato

12 世紀後半、ジャヤヴァルマン 7 世は、アンコール王国の大動脈として 5 つの幹線道（王道）を整備した。王道には、石橋、宿駅、施療院など、幹線道にかかせない構築物が建設された。近年の研究では、石橋と考古学遺構の分析から、石橋はアンコールを中心に半径 100km 以内に限定されていることが指摘されているが、現存する石橋についての構造や形態、造営年代についての詳細は明らかにされていない。

本研究は、現存する石橋 35 橋の実測結果にもとづき、橋の類型化をこころみ、石積みの基本構成との関係性を明らかにすることを目的とする。

類型化の指標として、次の 5 つを考えた。アーチ・スパン、橋脚幅、橋脚高の値と、これらから算定される縦横比（橋脚高／橋脚幅）、スパン橋脚比（アーチ・スパン／橋脚幅）。

これにより、まず縦横比（橋脚高／橋脚幅）から、「王道の石橋」は 4 つに類型化でき、カンボジアを代表する「王道の長大石橋」2 橋を抽出した。また 5 つの指標を用いると、「王道の石橋」は 4 つのパターンに類型化できる可能性を提示した。

1. はじめに

12 世紀後半、ジャヤヴァルマン 7 世は、王都アンコールから王国内の各地方都市を結び、また外部へ向かって国土を拡張、王国の大動脈として 5 つの幹線道を整備した（図 1、表 1）。

この幹線道の整備は、橋梁、宿駅、施療院など、幹線道にかかせない構築物の建設が含まれる。宿駅とは、道沿いにある休憩施設だが、現在宿駅とよばれているラテライトと石造の建物は、道中の無事を祈る「祈りの場」であった。施療院は、治癒の神に捧げられた建物で、「病院の家」ともよばれた。

アンコールの橋梁については、ヘンリ・ムオによりはじめて紹介¹され、アイモニエ、ラジョンキエールによって、アンコールと地方を結ぶ幹線道に付随する重要なインフラとして理解された²。

近年の研究では、石橋と考古学遺構の分析から、石橋はアンコールを中心に半径 100km 以内に限定されていること³、また石橋の機能については、渡河のためだけでなく、ダムおよび水の排水利用など水管理施設の役割を果たしていた³との説も示されている⁴。しかし現存する

石橋についての構造や造営年代について、詳細は明らかにされていない。

本研究は、現存する石橋 35 橋の実測結果にもとづき、橋の類型化をこころみ、石積みの基本構成との関係性を明らかにすることを目的とする。あわせて本研究は、アンコール王朝の国土開発を知る一助になると考える。

2. 研究方法

ブルギエ（文献 6）によると 70 橋⁵がリストアップされているが、最近発行されたカンボジア文化芸術省とフランス極東学院が発行した「カンボジアの遺跡地図」（以下「遺跡地図」）によると、88 橋をリストアップできた。わたしどもの調査では 59 橋が確認されている。そのうち、実測調査をおこなった 35 橋の石橋について、基本構成や石組みなどを解明するために石橋の類型化をおこなう。

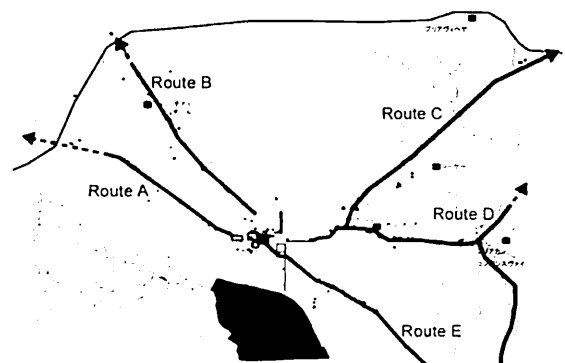


図 1 カンボジア 王道の道筋

出典：Bruno Bruguier, BEFEO tome87 (2000) vol. 2 pp. 529

* Keywords: カンボジア、アンコール、王道、石橋、類型化

** 正会員 工博 日本大学理工学部社会交通工学科
(〒274-8501 船橋市習志野台 7-24-1)

*** 工博 日本大学理工学部建築学科
(〒101-8308 千代田区神田駿河台 1-8-14)

**** 工修 愛知県一宮建設事務所
(〒491-0053 愛知県一宮市今伊勢本神戸立切 1-4)

表 1 資料と現地調査にみる各幹線道の石橋数の比較

分類	所在地	文献	「遺跡地図」	現地調査
王道 A	北西シソフォン方面、タイ・チャオブラヤー川方面	13	14	18
王道 B	北北西（東北タイ・ピマーイ）方面	9	19	18
王道 C	東北（ベンメリアから北のコーケー、ワット・プー）方面	18	16	2
王道 D	東（ベンメリア、コンボン・スヴァイのプリヤ・カン）方面	2	18	10
王道 E	南東（コンボンクデイ）方面	23	16	10
都城	アンコールエリア	5	5	1
	合 計	70	88	59

※文献は参考文献 6、「遺跡地図」は同 7 による。

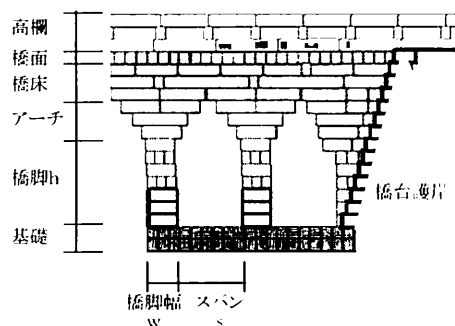


図 2 石橋の各部名称

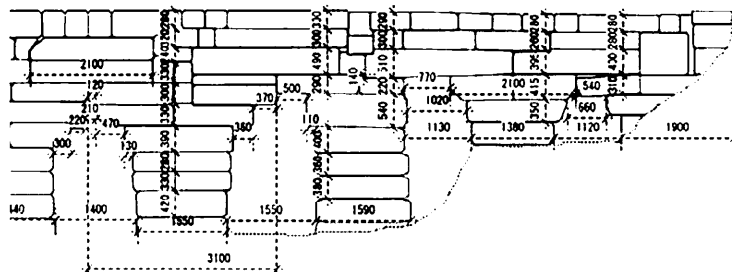


図 3 石橋の測量図面例

なお、石橋の名称は不明なものが多いため、本稿では便宜上、これまでの調査事例をルート毎にアンコールエリアから近いものから通し番号をふった固有番号を用いる。

2-1. 調査対象

カンボジア国内王道上に分布する石橋を対象とする。

カンボジア国内王道上の石橋は下部から順に基礎、橋脚、アーチ、橋床、橋面、高欄により構成され（図 2）、高欄は台座、束柱、ナーガの欄干・親柱によって構成される。

構造には世界的に見ても珍しい迫持アーチ構造を用いている。

石橋の規模は、橋長は約 6m～154m、幅員は約 4m～16m とさまざまであり、立地条件によって異なる。

材料はすべてラテライトで作られるが、高欄のみに砂岩を用いる場合もある。

表 1 に、ブルギエの文献と「遺跡地図」およびわたしでも確認できた幹線道別の石橋数を比較している。

ここから、次のようなことがわかる。

1. 石橋の数は「遺跡地図」が一番多い。現地調査をしても、天候や道路および現地条件によって確認できないことがある。合計では、現地調査の石橋数が一番少ないが、ルート別にみると、A ルートのように現地調査での石橋数が多いものもある。

ブルギエ文献は 2000 年の時点、「遺跡地図」は 2006、2007 年。わたしどもの現地調査は、2005～2008 年 9 回にわたる。

2. 王道 E やアンコール都城は、壊された石橋が多いので、今後現地調査であらたに確認できる可能性は少な

い。

3. 王道 C は、地雷が埋められているので、今のところ調査の続行は不可能である。

4. 王道 D は、今後の調査で石橋の数は増える可能性がある。

2-2. 調査方法

航空写真、衛星写真などにより、王道の所在確認を行い、これをもとに現地調査を進める。

現地調査では、GPS による所在確認、可能な限りの平面図作成（橋の橋長、幅員）、立面図作成（橋高、スパン数、アーチ・スパン、アーチ頂点間距離、橋脚幅、石積み、護岸の特徴など）、石橋周辺調査（散在する欄干や川）、写真撮影を行う。（図 3）

3. 分析方法

石橋技術の高度化や難易度を基準にして石橋を類型化するため、まず平均アーチ・スパン長（以下平均スパン長）に着目して分析をおこなった。

3-1. 平均スパン長による分類

実測調査した 35 橋を、平均スパン長に着目して整理した。整理表から、スパン数の多さにも着目して、平均スパン長 1.5m 前後で区切り、8 橋を抽出した。そのうち、B16 (45②24 名称不明) は、橋長が短く、確認できたスパン数も少ない（草木が繁茂しており、2 スパンしか確認できなかった）ためはずした。この結果 B12 (スピアン・トップ(中央))、E10 (スピアン・ブラブトス)、D5 (スピアン・タ・オン)、B11 (スピアン・トップ(南))、A1 (スピアン・メマイ)、B10 (45④3 名称不明)、B13 (スピアン・トップ(北)) の 7 橋が選定された。

3-2. スパン橋脚比 (s/w) による分類

スパン橋脚比が1というのは、スパン長と橋脚幅とが等しいことを意味し、数値が高くなるほど、技術的に高度と判断できる。

上記7橋のスパン橋脚比を計算。D5は0.89で橋脚幅の方が広く(25番目/31橋)、B13は1.10(18番目/31橋)で、スパン長は橋脚より1割長いだけなので、技術的な難易度が低いと判断して、高度技術の石橋候補から省く。実測した橋は35橋だが、今回の分析で使える実測値が得られた石橋は31橋である。

これによって7橋から5橋(B12、E10、B11、B10、A1)に絞り込めた。これを5大石橋とよぶ。

3-3. 縦横比 (h/w) による分類

さらに石橋の高度技術を分類する指標として、縦横比を考えた。理由は、以下による。

技術的難易度の高い橋は、長大橋や高い橋である。一般に川幅が大きくなると、橋は長くなる。また大河川では、水勢も強くなるので、堅固につくらなければならない。しかし水への障害を考えると、橋脚は細くしたい。大河川では、水深も深くなるので、橋脚も高くなる。

以上から橋脚高(h)を分類指標に加えた。しかしデータとして得られているのは、GL(地表面)ないしWL(水面)からの測定値である。ちなみに5大石橋の縦横比を計算してみると、以下のようになる。

B12	3.87
E10	2.56
B11	2.45
A1	1.64 *石敷き確認
B10	0.8

それなりの技術的難易度が伺えるが、判断基準は不明瞭である。

そこで橋の石敷きが確認できる石橋を選び出し、迫持アーチ橋の橋脚はそもそもどのくらいの高さでつくられているのかを確認することにした。

石敷きは35橋のうち、4橋確認でき、それらの橋と縦横比は、次のようになる。A1、D5(2.01)、E7(1.55)、D6

(0.93)、* () 内は縦横比。A1は、5大石橋と重複している。

上記8つの橋を、横軸に橋長、縦軸に縦横比をとって、グラフ化してみた(図4)。橋長と縦横比は、正比例の関係にあることがうかがえる。

長大橋になるにつれ、縦横比が大きくなり、橋脚高は、橋脚幅の3倍、4倍になる。値は、スパン・橋脚幅比より大きくなってあらわれる。

技術的難易度(難易度)を示す値であるとともに、差が顕著にでるので「指標」としても判断しやすい。

しかし5大石橋の橋脚高は、WLから測ったものが多いので、実際の橋脚高を表していない。(橋脚高を確認できたのはA1のみ。)

そこで以下では、4橋の橋脚高を想定してみることにした。

3-4. 想定橋脚高の算定

水中に隠れている橋脚部分を推定するので、実測値より橋脚高が高くなり、縦横比の値も大きくなることを意味する。

橋脚高の想定は、水切り高1000mmを加えた3橋(B12、E10、B10)と、B11とを分けて考えた。

(1) B12、E10、B10の3橋は、橋脚高の増分として1000mmを想定した。「1000mmの高さ」は、薄めのラテライト3枚分で、ほぼ水切りの高さに相当する。3橋は、いずれも水切りが見えていない。

(2) B11の橋脚は、アーチ下の部分まで土砂で埋められているため橋脚高は測定不能だが、持ち送り部が5段から6段もあり、またスパン長、スパン・橋脚幅も大きいので、橋脚の高いことが推定される。また本調査の中では最長のB12の隣接に位置している(たとえばかつては中之島をはさんで同一河川の石橋?)ので、橋脚高としては低めだが、3500mmと推定した。

想定縦横比を算定して、グラフ化したのが、図5である。B12とE10がぐっとあがり、全体的に上弦の月のような曲線になった。

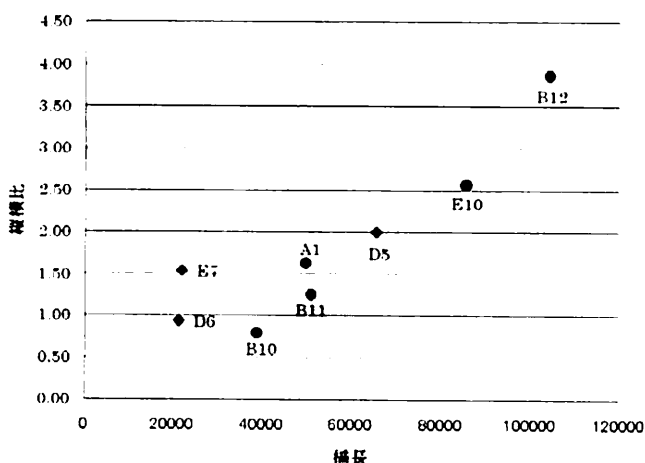


図4 橋長と縦横比(実測値) 橋高/橋脚幅

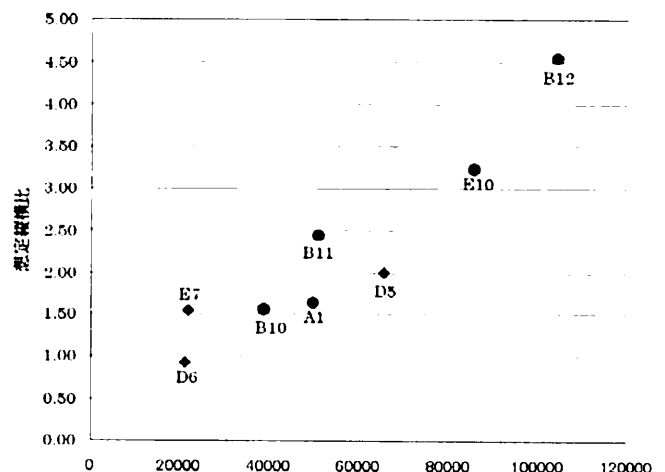


図5 橋長と想定縦横比 (橋脚高+1000)/橋脚幅

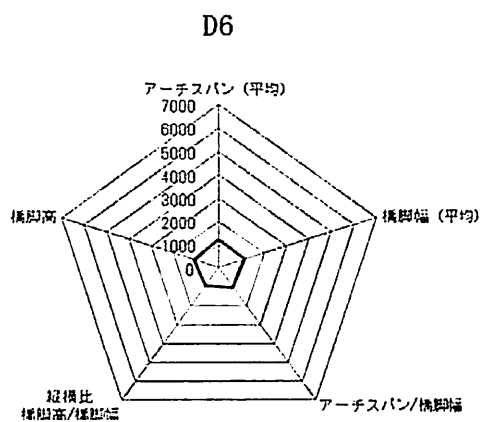
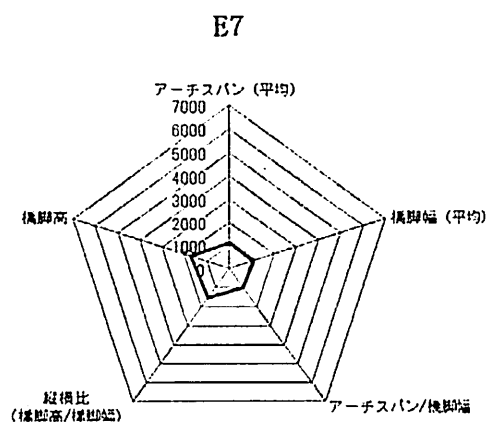
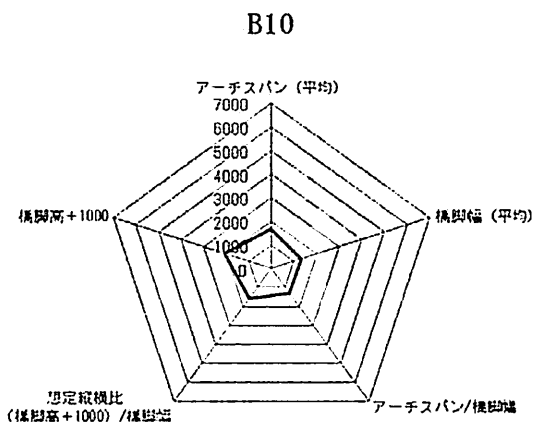
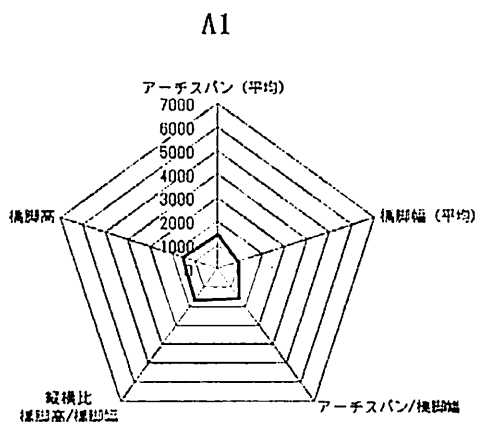
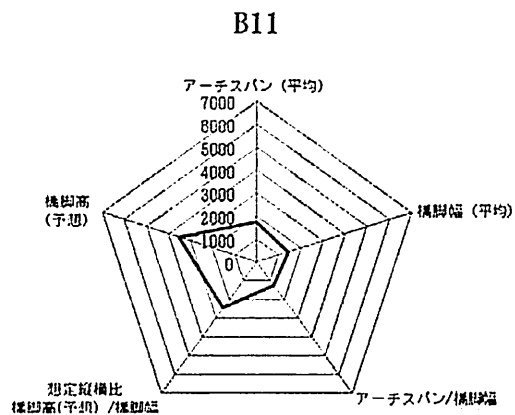
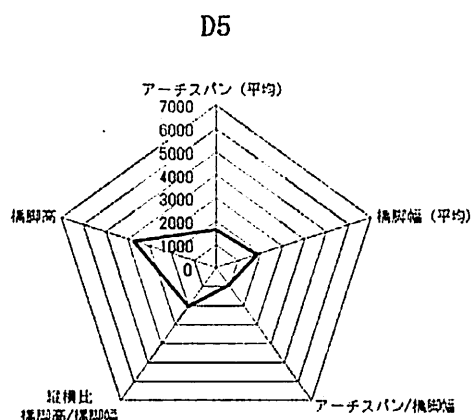
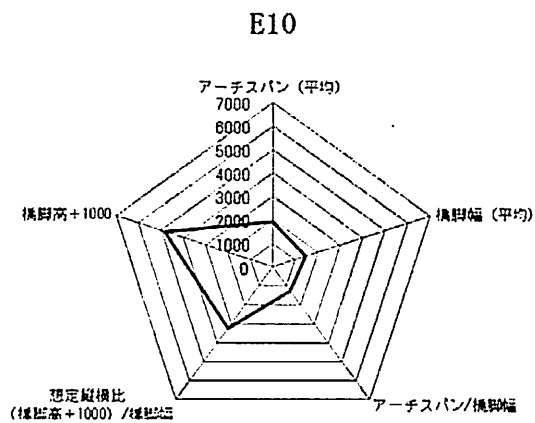
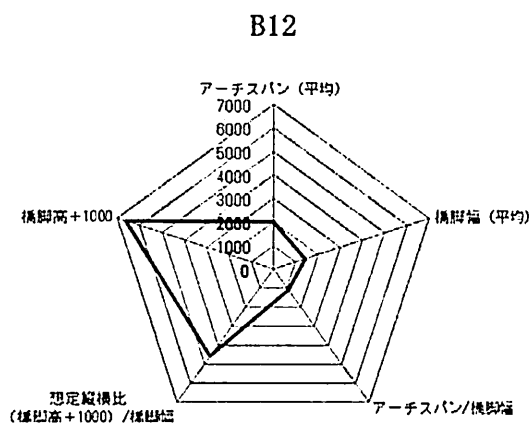


図6 各橋のデータ・チャート

4. 個別橋のレーダー・チャートの作成

個別の橋の特徴をみるため、スパン長、橋脚幅、橋脚高、スパン・橋脚幅比、想定縦横比を軸にして、それぞれの橋のデータをレーダー・チャート化した(図6)。なおスパン・橋脚幅比、想定縦横比は、データのスケールをあわせるために、1000 倍にして表示している。

図を見ると、パターンは大きく3ないし4つに類型化できることがわかる。

第1のパターンは、橋脚高と縦横比が突出している



L104.1m, S2.0m, (h+1000)/w=4.56

写真1 B12 : Span Torb

B12 と E10 で、値はそれぞれ想定橋脚高 6619mm (実測値 5619mm) と 4820mm (実測値 3820mm)、想定縦横比 4.56 (グラフでは 4560) と 3.23 (グラフでは 3230) である。縦横比に着目すれば、3 以上である。ここでは「革新的長大橋」と名づけた(写真1、2)。

第2のパターンは、橋脚高と縦横比が高い D5 と B11 で、上記の表記にならば橋脚高 3735mm (実測値) と 3500mm (推定値)、(想定) 縦横比 2.01 と 2.45 である。縦横比は、2 以上 3 未満となる。ここでは『高』橋脚・



L85.5m, S19.2m, (h+1000)/w=3.23

写真2 E10 : Span Prap Tos

表2 5大石橋を含む各橋梁の諸元と石組みの特徴

(単位: mm)													
組 型	橋 名	橋 長	スパン数	スパン長 s	橋脚幅 w	スパン・橋脚幅比 s/w	橋脚高 h	橋脚縦横比 h/w	想定縦横比 (h+1000)/w	橋脚石積	迫持石積	橋脚石積	橋 の 特 徴
I 縦横比3大橋上	Torb	104160	30	20	99453	1.3	95619	3.87	4.56	51段 小口積みが多く入る	4-71段	小口3、 長手1との 交互積み	5大石橋のひとつ 高欄・束柱付き。段石：真ん中に小口石あり、2段にまたがる石もある。水切り・勾配 橋面だけでなく、橋床にも小口が多い 石の高さが低いので、石の段数は多くなる
	Prap Tos	85497	21	1-94	1490	1.29	3820	2.56	3.23	3-41段 中央付近 145段	4-71段	橋脚によって積み方のパターンがらう。	5大石橋のひとつ フランスが修復、長大橋梁では一番整っている橋 親柱をふくめ高欄周りもしっかり残っている 大きな橋台跡もはっきり残る 修復されているので、修復部分とオリジナルとを注意してみるとの前提で、以下のコメント 橋脚内の仕上がりは間隙がなく、きれいに仕上げられている ひとつひとつの石の高さは、Torbより5cmほど高い、5cmは、ひとつの石だと1-2層高いことになる 上流側のアーチが斜線的でカーブが少なく、段数も少ない。修理の影響か?
II 橋脚高1橋脚・1高1縦横比2・3未満	Ta Ong	65350	14	164	91860	0	893735	2.01	同左	51段	4-51段	長手1 水切り石積み方に特徴あり	他の橋と比べ、石の積み方が特徴である 中央橋脚には、小口縦置き石が垂直に入る 橋床は、小口積みが多くみられる 橋脚内表面の石の吻合合わせが上下前後にみられる。そのため橋脚内の奥行き目地が通っていない。(吻合合わせがよいので強度的には強くなる。) 同様な例は、アンコールワット内の砂岩の橋のみである。ラウライト製では他に類例がない 石敷き基礎を確認
	15-220	50800	13	1756	1427	1.23	3500*推定	2.45	同左	41段	4-51段	橋脚部は埋没されていて判別不能	5大石橋のひとつ Torbの隣の橋なので、石の積み方などは一見共通性(橋脚内の表面石に間隙が多い)が見られるが、Torbの橋脚内は横目地が通っている
III 縦横比1・2未満	Memai	49500	22	1459	9	344.56	1530	1.64	同左	2-34段	31段	小口12、 長手1との 交互積み	5大石橋のひとつ 橋脚内表面は、きれいな仕上げ 木表中央、Memai以外は基本的に水切りある。Memaiは水切りのない橋脚が散見できる 一部の持ち送りにround加工がみられる 橋面石は長手敷きであるのが、めずらしい。ふつうは小口敷き 石敷き基礎を確認
	15-13 斜線	38800	11	1689	1321	1.28	1055	0.8	1.56	3-41段 中央付近 で51段	4-51段	小口13、 長手1との 交互積み	5大石橋のひとつ 橋脚表面に縦線の刻み線がみられ、橋脚間の心柱を3000で統一するなど、方法的にきっちりと仕上げられ、石の組み方も丁寧である
	Svay	21900	7	1120	1110	1.01	1715	1.5	5 同左	31段	2-31段	小口12、 長手1との 交互積み	石敷き基礎を確認
比IV満 縦横比1未満	Khvao	21070	7	1210	1167	1.04	1090	0.93	同左	2-31段	31段	3-41段 長手1との 交互積みは 橋脚により 相違有	橋脚石の高さ300-420、橋脚内面はきれいに加工 持ち送り部がアーチ状に加工されているが、左右非対称、曲率もそれぞれ違い、技術的には複雑 石敷き基礎(51段)を確認

注1) 5大石橋: Torb, Prap Tos, 45220, Memai, 4543, 残りの3橋 (Ta Ong, Svay, Khvao) は、石敷き基礎が確認できる。

注2) 45220の橋脚は、アーチ下の部分まで土砂で埋もれているため橋脚高の測定は不能だが、持ち送り部が51段から61段もあり、またスパン長、スパン・橋脚比も大きいので、橋脚の高いことが推定される。また本調査の中では最長のTorbの隣接に位置している(たとえばかつては中之島をはさんで同一河川の橋梁?) ので、橋脚高としては低めだが、3500と

注3) 橋脚高の+1000mmは、薄めのラウライト3段分で、1段1水切り分に相当する
1000mm加えた3橋は、いずれも水切りが見えていない。

『高』縦横比橋」とした。

第3のパターンは、図の形態をみるかぎり、残り4つを一緒にすることも可能だが、(想定)縦横比をみると、A1、B10、E7の3橋が1以上2未満、D6が1未満に類別できるので、それぞれ第3、第4のパターンとした。

迫持アーチ橋が、この4つのパターンに類型化できたことにより、橋脚高が不明な残り24橋もこれによっていずれかのパターンに類型化できることがわかる。

5. 石積み分析

次の課題は、4つのパターンが石積みのパターンや大きさとして、どのようにあらわれているのかを明らかにすることである。個別の石橋では、特殊な積み方を散見できたが、全体に通じるような石積みパターンは、判明できなかった。

しかし全体的な傾向は、把握できる。表2は分析に用いた石橋の総括表である。これから、長大橋になるにつれ、橋床石積や迫持石積の段数が多くなることがわかる。

6. まとめ

「王道の橋」は、縦横比(橋脚高/橋脚幅)を指標として、4つに類型化できることがわかる。これによって、B12とE10がカンボジアを代表する「王道の長大石橋」であることが判明した。

さらに下記の5つの指標にもとづき、石橋は4つのパターンに整理できる可能性を提示した。アーチ・スパン、橋脚幅、橋脚高の値と、これらから算定される縦横比(橋脚高/橋脚幅)、スパン橋脚比(アーチ・スパン/橋脚幅)の5指標。

今後の課題は、4つの類型化の妥当性を顕彰するために各橋の実測値を得ることだが、まずは橋脚高を想定した橋の高さを確認することが肝要である。4つの類型化パターンと石の大きさや石組みとの関係、さらには構造的な解明などが今後の課題として残されている。

本研究は平成17～20年度科学研究費補助金(基盤研究A)「カンボジアのアンコール王国時代の王道と橋梁と駅舎に関する総合学術調査」(研究代表者:片桐正夫)によっておこなわれ調査研究成果の一部である。

本稿は平成20年10月に開催されたアンコール遺跡国際シンポジウム『密林に隠されたアンコール王国のライフライン』(日本大学理工学部主催)で発表した「調査報告1:カンボジア12～13世紀建造の王道橋梁群～測量データ解析を中心として」を修正・加筆したものである。

【参考文献】

- 1) MOUHOT, H., 1868, “Voyage dans les royaumes de Siam de Cambodge, de Laos -Et autres parties centrals de l’ Indo-shine”
- 2) GARNIER, F., 1873 “ Voyage d’ exploration en Indo-Chine effectuée pendant les années 1866, 1867 et 1868 par une commission presidee par M le Capitaine de Fregate Doudart de Lagree ”, Paris, Hachette.
- 3) HARMAND, J., 1880, “ Les ponts de l’ fancien

Cambodge ”, La Nature, :225-226.

- 4) AYMONIER, E., 1900-04 Le Cambodge, 3 vol., Paris, Ernest Leroux.
- 5) LUNET de LAJONQUETRE, E., 1902-11 ,Inventaire descriptif des monuments du Cambodge, 3 vol., EFEO, Paris.
- 6) BRUGUIER, B., 2000, “Les ponts en Pierre de Cambodge ancien; Amenagement ou controle du territoire?” BEFEO, 87: 529-551
- 7) CARTE ARCHEOLOGIQUE DU CAMBODGE, PROVINCE DE SIEM REAP(2007.7), BANTEAY MEAN CHEY(2006.10), PREAH VIHEAR(2007.3) (カンボジア文化芸術省・フランス極東学院発行)
- 8) Am, Sok Rithy., 2005, “ bondanyu plaw samai angkor nung racana sompoan peak poan (アンコール時代の道路網とその複雑な構造)” UDAYA :39-78.
- 9) 平成20年度 アンコール遺跡国際シンポジウム予稿集『密林に隠されたアンコール王国のライフライン』日本大学理工学部、2008年10月
- 10) 三輪悟、片桐正夫、荒樋久夫、「アンコール朝時代の古代橋について」、日本建築学会大会学術講演梗概集(F-1)、pp.173-174、2003年
- 11) 片桐正夫、石澤良昭、坪井善道、清水五郎、重枝豊、他5名、「王道調査とその現状について～カンボジアのアンコール王国時代の王道と橋梁と宿駅に関する総合学術調査(1)」、日本建築学会大会学術講演梗概集(F-1)、pp.263-264、2006年
- 12) 小島陽子、片桐正夫、石澤良昭、坪井善道、清水五郎、重枝豊、他4名、「橋梁と宿駅の現状について～カンボジアのアンコール王国時代の王道と橋梁と宿駅に関する総合学術調査(2)」、日本建築学会大会学術講演梗概集(F-1)、pp.265-266、2006年
- 13) 片桐正夫、石澤良昭、重枝豊、他9名、「王道調査概要と石橋および沿道遺構について～カンボジアのアンコール王国時代の王道と橋梁と宿駅に関する総合学術調査(18)」日本建築学会大会学術講演梗概集(F-1)、pp.161-162、2008年9月

【注釈】

- 1 参考文献1
- 2 参考文献6, pp.540-541
- 3 Dumarcay, j., 1997, 「クメール方式の灌漑の歴史 (Histoire de l’irrigation Khmère)」第5回アンコール遺跡国際調査団報告会アンコール遺跡を科学する :9-10
- 4 ブルギエはこの考えを否定している。前掲書1) 540-541。松村博氏も「アンコール時代の石橋について」『土木史研究 講演集』(Vol.28, 2008)で同様な見解を示されている。わたしどもも現地調査を通じて、石橋自体がダム機能の役割を意図していたとは思えない。しかし王道の道は、全体として盛土されていることを考えると、王道自体がダム機能を果たしていたと考えられないだろうか。現地調査では、雨季に王道脇に水が貯まっているポイントをいくつか確認した。「水を溜めながら流す思想」は、アンコールワットの水利思想に通じるものがある。
- 5 本文の記述に基づいてカウントした。