



2012年夏は、アカデックス小学校のアーチゲートの施工を行った。今年度は、23cm×11cm×5cm、重さ2.5kgのオリジナルのセメントブロックを設計し、これを滞在中に製作、目地間隔を1cmで積み上げることで校舎のアーチゲートを完成させた。オリジナルのブロックを、日本側とコンゴ側両者が共同体制で施工する貴重な経験を得る事が出来た。また、日々の建設が敷地境界で行われていた事で、通行人が足を止めて、私達に建設物に対する意見を投げかけてくれる機会が多く見られた。「建設」というもののづくりを介して、「地域と対話する」という行為が生まれることを実感した。アーチゲートの建設に伴い小学校の敷地境界が顕在化し、地域にアカデックス小学校を認知してもらう良い機会になったのではないだろうか。

このアーチゲートは、第1教室棟と中心軸を共有するように建設されている。今年度の成果を励みに、これからの後半の校舎3棟の建設についていきたい。(西山康史)

■ 研究概要

<活動内容>

本活動は、アフリカのコンゴ民主共和国にフィールドワーク・プロジェクトで実際に渡航し、現地の材料を用いて、コンゴの人々と施工プロセスを共有しながらアーチ造の建築を造り上げるものである。アーチをも用いて建設するのはコンゴアカデックス小学校の入り口となる校門である。事前準備として日本における設計、および実験を重ね、その妥当性について検討し、アーチ造の校門をコンゴで建設してくるものとする。同時に、現地の環境計測も行い、過去に建てた3棟の教室棟の環境計測情報の記録も行う。

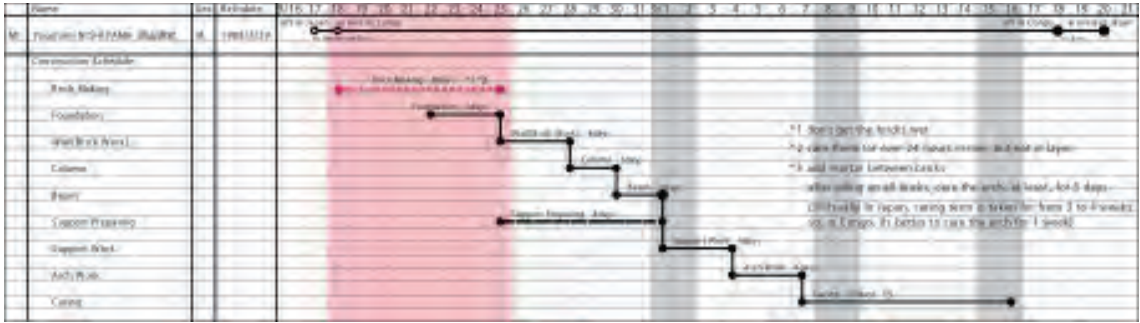
<活動意義>

建築学の歴史において、古代から伝わるアーチ構造というプリミティブな技術を踏襲し、現地で容易に調達出来る材料を使用し、現地の労働力と共にものづくりを行うことにより、ハードとして建築はもちろんのこと、ソフト面の「地域により良く使われて行く」という本質的な目標を達成し、異国においても持続可能性のある建設行為の一助となる活動とする事を目指す。日本と異なる気候、限られたコストおよび渡工期間という与条件のもと、途上国において実践的なものづくりを行う事は、洗練されたものづくりの環境であるとも考えられ、特に日本のような現代の先進国にとって、環境制御の本質やものづくりのノウハウの知見が得られると考える。

<環境形成プロセスと研究の位置づけ>

また、本活動を途上国における建築を通した開発援助として考えると、渡航する日本人にとって不慣れた環境で生活しながら、半分素人の学生が不慣れた建設作業を行うことになり、当然、渡航期間も限られている。そのような状況を考慮すると、施工の効率は大変重要な問題ではあるが、専門業者が行うものより明らかに「緩やかな環境形成プロセス」である。本年度、関連プロジェクトのコンゴアカデックス小学校で教室ではなく、校門を造ることに決まった原因として、建設資金が今年は余裕がなく工事規模を縮小する必要性があった。教室棟建設は来年に持ち越しになり、校舎が完成する年は後ろにずれることになる。しかし、これは私費で行われる小学校建設としてごく自然な状況である。一般的に地域（途上国も含め）の小学校もそう大きな規模では運営されていない。潤沢な資金を元手に、建築が突如として地域に現れるような開発とは異なり、地域に根がはった環境を形成していくためには、「開発の速度」も重要である。日本においては、とにかく工期を短縮することが良しとされるが、コンゴにおいて私達素人が行う建設の速度に限界があるため、コンスタントに進行していく建設プロセスが地域の人々と共有されながら環境が形成されていく。この環境形成のプロセスの実践から、今後の環境設計やものづくりの可能性の幅を広げる知見を得ることを意義とする。

<研究・活動期間> 8/18-8/25 活動実日数 8日



<研究における具体的な成果物>

- ・アカデックス小学校アーチの校門
- ・オリジナルブロック、校門の施工記録
- ・環境計測データ

■ 関連プロジェクト

『コンゴ民主共和国アカデックス小学校プロジェクト』

プロジェクトの中心となるのは、事業立案者であり将来の学校運営責任者である慶応義塾大学非常勤講師のサイモンペドロ氏。研究を主体的に行っていくのは、建築設計を担当する松原弘典研究室、教育プログラム開発・学校運営を担当する長谷葉子研究室であり、慶応義塾大学湘南藤沢キャンパス内の共同プロジェクトである。2008 年に開始した本プロジェクトは、コンゴ民主共和国のキンシャサ郊外に小学校を設計・建設・運営するものである。5 年目になる現在（2012.11.29）、3 棟の校舎と本年度施工された学校の校門が建設されている。小学校 6 学年分である全 6 棟の教室棟で構成されたコート型の校舎が完成する予定となっている。アカデックス小学校の設計から施工に至るコンセプトは「子供とともに成長してゆく小学校」であり、現地の材料と労働力と日本の技術力とが調和した、「持続可能性のある小学校」を目指している。



■現地材料からつくるオリジナルモルタルブロック

この地では入手可能な建築材料の種類は驚くほど少ない。既存の材料を選択するのではなく、独自の材料の設計から始めることで、この場所での建築のつくり方の幅を広げることができるのではないかと考えた。現地の慣習的なブロックは、川砂と少量のセメントと水でできている。40cm×20cm×15cmのサイズが一般的で、この15cmという厚さがそのまま壁の厚さになる。このブロックは、持ち運ぶには大きい。またセメント量が少なくブロック単体の強度が低いため、今回のアーチ製作には向かないと思われた。そこで、きれいな曲線を出せるようにサイズを小さくし、適切な強度が得られるように材料の配合を変更して、アーチのためのブロックを設計した。川砂もセメントも国内生産されており、入手は容易である。こうして23cm×11cm×5cm、重さ2.5kg、セメント量を増やしたブロックが製作されることになった。このブロックはアーチ部だけでなく、アーチを支える下部の壁面にも使用することにした。

現地渡航後、早速ブロック作りを開始した。施工には、毎年協力してくれている現地大工と3人のコンゴ人青年が参加してくれることになった。砂とセメントをよく混合した後、水を加えて適切な粘性になるまでスコップでよく練る。この粘性がうまく行かないとブロックの施工性と仕上がりに大きく影響するので、水の配合は重要である。練り上がった混合物は木製の型枠に隙間無く詰め、即時脱型する。そしてビニールシートをかぶせて急速な乾燥を防ぎながら養生させる。こうして8日間でおおよそ2000個のブロックができあがった。毎日延々と続く作業に時には気が滅入ることもあったが、近所の少年少女達と一緒に頑張ってブロックをつくっているのを見た時は、心が温かくなった。

■渡航前事前準備-オリジナルモルタルブロックについて-

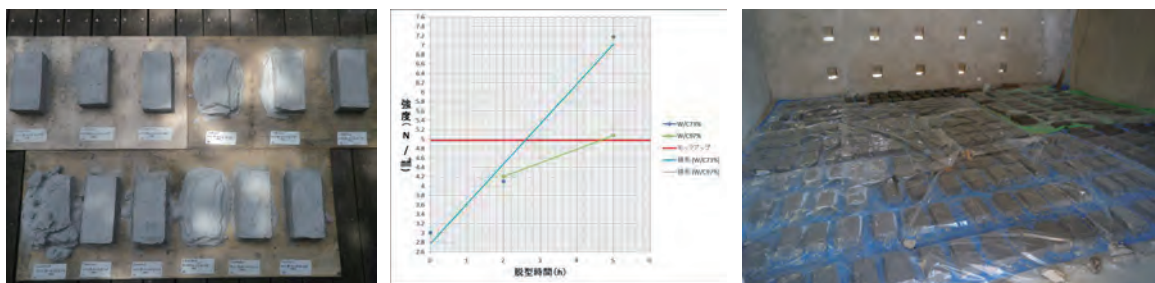
まず事前の検討項目として重要なのが、ブロックの製造方法である。今回のブロック製作には、コンゴでも入手可能なセメント、砂、水を用いる。現地の砂は検疫の関係上、日本への持ち込みが困難なため、日本での事前実験では主に現地の砂に性質に近い珪砂を用いた。これらの材料を練り混ぜ、型枠に打設成型するのだが、現地での8日の間に2000個以上のモルタルブロックを製造するという工期の制約の都合上、即時脱型という条件が課せられた。一方、アーチとしての構造安全性もまた重要である。すなわち材料的な視点からは、安全性を担保するためのブロックの強度の確保と、迅速な施工と現地でのアーチの耐力の検証を考えなければならなかった。大学での事前の検証実験として、モルタルブロックのセメント：砂：水の調合比を変えたいくつかの試験体を作製した。それらの試験体と、日本で作製したモックアップに用いた市販の焼成煉瓦の強度(約5N/mm²)を比較した。その結果、モルタルブロックの適正な体積比をセメント：砂：水=1：3：0.8とした。下部中央の表では、赤線で焼成煉瓦の強度が示されており、緑の線で示されたモルタルブロックの脱型までの養生時間によって変化する強度が、5時間を越えたところで

一致することが分かる。実は、この養生時間が非常に重要であり（下部中央、表参照）、現地においては脱型後、ビニールシートでブロックを覆い、この環境を確保した（下部右の写真）。

そしてコンゴでの施工である。砂は屋外に野ざらしであり、ブロックの強度は天候などや作業する人の感覚により大きく左右さる。このことは事前に想定されたため、出来上がったブロックに対して現地で微破壊的な強度推定を行った。その結果、アーチ施工時のブロックの推定強度は約 3.2N/mm^2 （目標の約 6 割）であった。日本でのモックアップアーチの耐荷力試験では弾性限界の荷重が 240kg （中央部の垂直変位が約 2mm ）であったことから、現地での载荷実験はこの $2/3$ の 160kg に想定していた。しかし前述の強度推定結果を踏まえ、アーチの積載荷重はこの 6 割、すなわち 100kg 以下（変位としては約 1mm 以下）とした。実際に 65kg の荷重をかけた時の変位は 0.8mm であり、現地において安全な载荷実験ができたものとする。

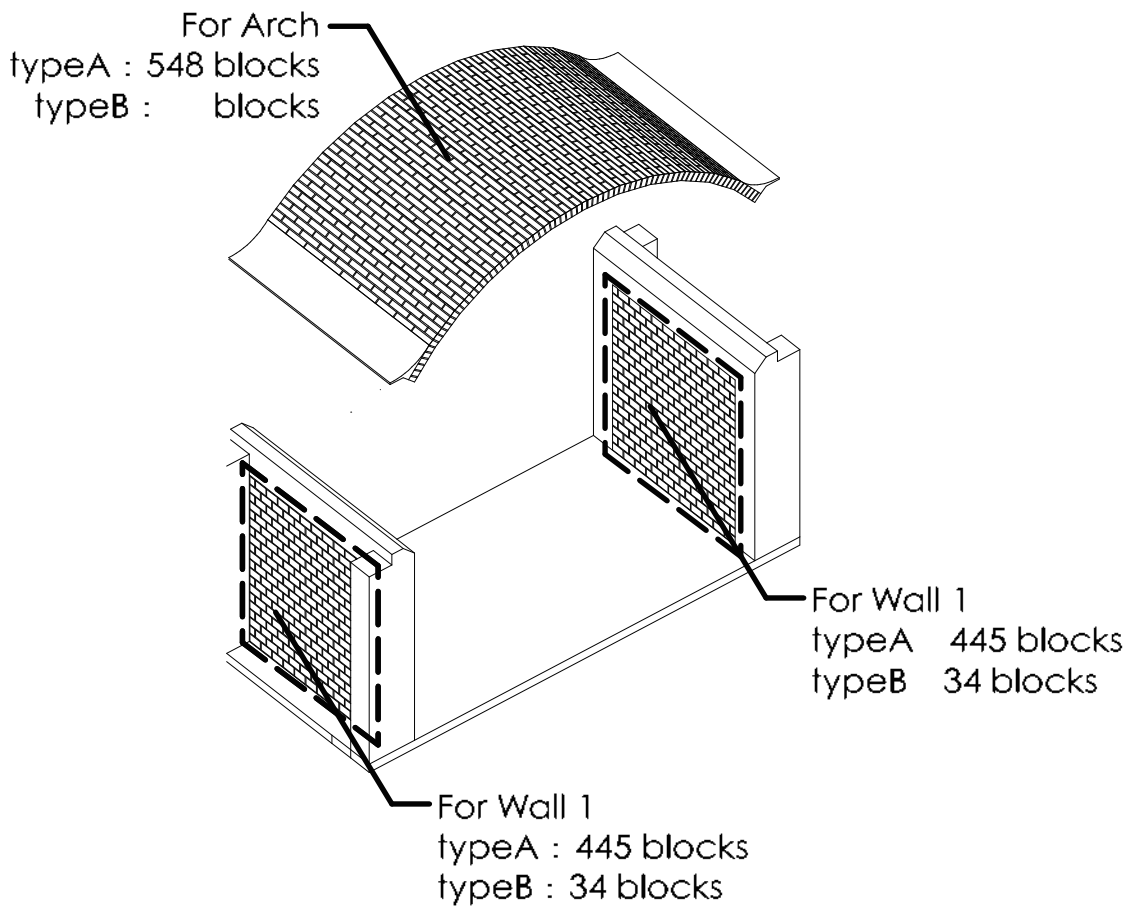
日本に帰国後、東京理科大学今本研究室の協力をいただき、理科大学の実験室において、ブロックの圧縮強度を測定した。実験結果は約 6N/mm^2 とモックアップで用いた焼成煉瓦以上の強度を示した。これはブロック積み上げ時から実験室の測定までにセメントの水和反応が進行して強度が増したものと推定する。

手作りという性質上、強度にはかなりのばらつきがあることが予想される。ブロックの目地の強度はなおさらであろう。しかし現地で施工に協力してくれたコンゴ人たちはこのブロックを大変気に入ってくれたようであった。異国で建築を作るためには材料だけでなく施工方法や現地の方に受け入れてもらえるような構法の提案も重要であると感じた。今回のブロックはコンゴでは高級建材であるセメントを多量に用いることとなったが、今後は日本の技術を取り入れながらも、その土地に根ざした建築を造っていきたい。



BLOCK MAKING

Number of Blocks



Block size			
typeA : Standard	Weight : 2.5kg	typeB : Half	typeC : Half

	Cement	Sand
For Arch	379.6kg (8 bags)	1576.8kg
For Wall 1		2494.8kg
For All	980.2kg	4071.6kg

※1 bag=50kg



①コンゴ側にブロックに使う川砂を約1tほど調達しておいてもらう。



＞川砂はこのように施工現場、校庭の砂地の上に野ざらして保管される。

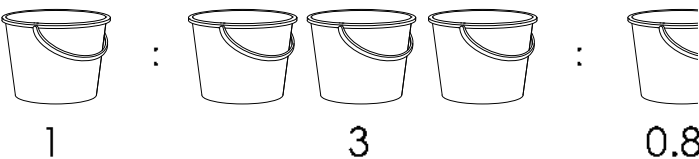


②まずはその砂を平にならされた、台車を用いて作業場（教室棟）まで運搬する。



＞同時に 50kg のセメント袋も同じ場所に持ってくる。

Block Making

Cement : Sand : Water =  1 : 3 : 0.8~0.9

日本での事前準備で現地で製作するモルタルブロックのセメント：砂：水＝1:3:0.8とし、最終的にこの割合でモルタルが練り上がるように段階的に3つを混ぜていく。



③まずはセメント（バケツ1杯）と砂（バケツ3杯）を混合する。1日やっていると立ちくらむがするほど摺るほど力を使う。。。



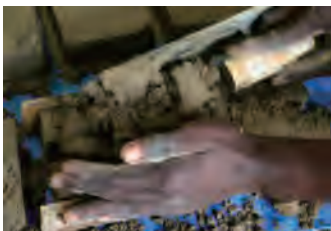
④セメントと砂の混合物に 0.8 杯の水を段階的に加えて混ぜる。ここまでの作業は、途切れなくやる事が大事で、次回分の計量などは、混ぜてる間に他の人が済ましておく事がポイントである。



⑤こうしてやっとブロックの材料になるモルタルが練り上がる。上記の混合比を守っても、天候や砂の湿り気の違いで練り上がりが違うので、最後は水を手で巻き混ぜながら微調整を行う。



⑥ブロック製作の作業場は、スペース効率利用を考えて、分散している。そのため、何個かのバケツにモルタルを入れ、各作業場まで分散的に供給する。



⑦型枠にモルタルを詰めていく。手作りで造るブロックの精度を少しでも向上させるため、型枠の角にモルタルを押し固めるようにして、密に充填する事を心がける。



＞日本から容易に手に入った型枠は全3種類。左から、遥堪、半マス、通常サイズと校門の使われる場所によって、ブロックの寸法が異なる。



＞このブロック製作はバケツのモルタルが尽きると補充するまで作業がとまるため、タイミングを計って①～⑥のモルタル製作を同時進行で行う指示をだす。ブロックを造ることに集中しすぎず全体のバケツの中のモルタル残存量に気を配る事が肝である。



⑧型枠の脱型作業である。まずタッキングといって型枠を何回かたたき、空気を追い出す。モルタル表面に気泡が浮かんできると分かる。その後、ゆっくりと脱型を行っていく。



＞限られた乾燥場所の配分と作業効率の向上を目指して

このブロックを最終的に何百単位で積んで校門を建設するため、ブロック一つの誤差が集積し、校門の設計計画に影響を与える事は避けなければならなかった。私達のコンゴの作業場は砂地が大半で、限られた平たくなされた床の面積を有効利用する必要があった。

ブロックの脱型後 4～5日間養生期間を含め、乾燥場所のブロックが常に新陳代謝することを心がけていた。

また、上記の3枚の写真はブロック製作の風景であるが、3枚とも作業している人の配置、向きが異なるのが分かるだろうか。この向きによって、ブロックを効率的に敷き詰められるかが決まり、作業のし易さ、疲労度合いにまで影響を与える。この各々の配置は、作業を着手する際、必ずコミュニケーションをとってもらようようにしていた。



⑨ブロックの養生風景である。

脱型後のブロックにビニールを被せて、湿気を保つ。セメントは水と反応するため、過度な乾燥を避け、ブロックの強度を向上させる手段として必要なプロセスであった。何日養生させたものか分かるように、ビニールを被せ日付をふっていった。

⑩4日、もしくは5日養生したブロックのビニールをとると、このようにオリジナルモルタルブロックができている。①～⑨の工程で、毎日製作してきたブロックが敷き詰まってる風景は今も覚えている。ブロックに造った人の特徴がでて、後半は「誰が造ったブロックか」ということまで分かるようになってしまった。

⑪こうして制作した 2000 個のブロックを精度によって仕分ける。角が出ているか、密で重いかなどの基準で仕分けし、このようなブロックの山が至る所に出来ていった。精度の良いものを一つでも多く、構造的なアーチの屋根部分に回すためである。

□ 環境計測データ

関連プロジェクトのアカデックス小学校の過去に建設した教室棟3棟について環境計測を行った。計測は施工の合間を見つけ、一定期間 9:30,14:30,16:30 の定時に行った。アカデックス小学校があるキンボンド地区は、日干しレンガや焼成レンガの壁に波板が屋根として乗せられた建築がほとんどである。3棟の教室棟も例に漏れず現地で入手できる建材を用い、現地の工法で施工を行いながらも、この地域では見た事の無い校舎の実現を目指している。設計の際に最も重視する事は自然光の制御であり、停電が日常茶飯事であり人工照明の利用が期待できないこの地域において、子供の学習環境に適した明るさを確保する屋根形状の検討である。

人口照明で生活している我々が、人口照明に頼らない自然採光の校舎を設計したため、その教室棟の環境性能について後に評価し現状を把握することは大変重要なことである。校舎の照度が十分なのか、否かである。

『casbee 学校』によると照度 350lux 以上が学習環境に必要な明るさである。下記アカデックスの環境計測データから判断すると、過去建設された3棟の教室棟は、授業時間ほぼ毎時間 350lux を超えているポイントと、常に 350lux に満たないポイントの差がある事が分かった。(下記データ黄色のマスキング部分は 350lux 以上の照度の領域を示す。)人口照明で生活している我々が、人口照明に頼らない自然採光の校舎を設計したため、その教室棟の環境性能について後に評価し現状を把握することは大変重要なことであった。コンゴ民主共和国という国に我々日本人が学校づくりをするとき、『自立』『持続可能性』というキーワードが必ずあり、その視点に立ち、来年以降のプロジェクトの教室棟建設活動の方に活かしていきたい。

■計測結果(8/24)

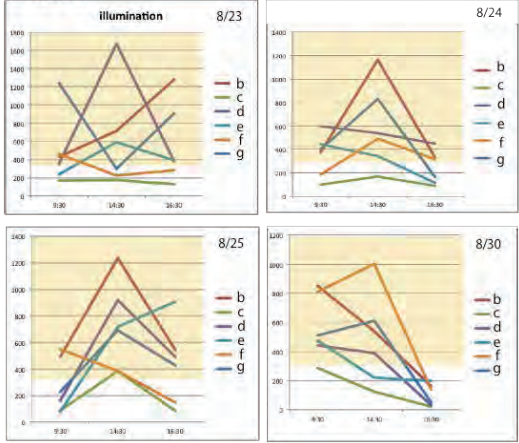
a	illumination				temp	humidity	noise
	9:30	14:30	16:30				
	13100	100000	331		21.4	88.6	42
					25.7	62.8	24.1
					25.8	62.8	24.1
b	9:30	376			21.9	89.8	49.1
	14:30	1161			25.9	63.7	41.1
	16:30	331			26.2	61.1	24.1
c	9:30	100			21.1	89.5	55.1
	14:30	169			26.2	68.3	30.1
	16:30	90			27.1	59.7	38.7
d	9:30	598			21.5	89.5	39.8
	14:30	540			24.9	70.4	24.4
	16:30	448			27.5	60.1	38
e	9:30	444			22.3	90.2	37.8
	14:30	345			23.5	73	24
	16:30	117			27.5	59.1	26.6
f	9:30	187			22.3	91.1	50.2
	14:30	490			27.4	59.1	30.2
	16:30	320			27.9	68.2	44.8
g	9:30	404			22.4	89.9	47.6
	14:30	830			27.5	59.6	43.9
	16:30	167			27.7	75.8	23.3

メモ:
『casbee学校』によると照度 350lux以上が学習環境に必要な明るさである。下記アカデックスの環境計測データによるとほぼ毎時間350luxを超えているポイントと、常に350luxに満たないポイントの差がある事が分かった。

■計測位置



■照度変化



□オリジナルモルタルブロックを用いて施工する校門

本年度は、幅 5m×奥行き 2.5m×高さ 3.3m のアーチの校門を設計・建設した。構造は鉄筋コンクリート造+モルタルブロック組積造である。過去 3 棟の校舎建設と同様、校門の建設も現地の慣習的な組積構法を採用しているが、建材となるブロックから設計・施工するのは、本年度が初の試みであった。

できあがったブロックを用いて、まずアーチを支える下部の壁面に積んでいく。既に施工済みの鉄筋コンクリートによる柱梁の枠組みの間を、1cm 幅の目地モルタルと共にイギリス積み一枚厚さで埋めていった。それと同時進行して、木材でアーチの支保工の組み立てを行った。この支保工によってアーチの曲線の形状が決定されるため、施工中最も繊細な工程であった。予想した事ではあったが、木材が垂直でないために調整に手間取ったり、実際の寸法が設計と大きく違ったために切り出す木材の寸法を計算し直したり、と現場での変更はしばしば起きた。それでも何とか組み上げ、最後のアーチ部の作業を行った。ブロック積みを終え、7 日間の養生期間を経て、アーチを支えていた木材を一本ずつ取り外し、校門が完成した。

でき上がった校門は、周囲の建物と同じようにブロックを積み上げている一方で、現地では見たことのない風合いを醸し出し、地域住民へその存在をアピールしているように感じられた。オリジナルブロック独特の風合いと、その強度を活かしたブロックで構成された屋根は、現地のプロジェクト関係者以外にも反響を呼んだ。我々にとっても大変喜ばしい成果であった。

日々の建設は、日本側とコンゴ側共同で、毎朝午前 7 時から午後の 5 時という定刻に敷地境界で行われていた。そのためか、建設の過程を目にする通行人が、私達に建設物に対する意見を投げかけてくるという機会が多く見られた。建設というもののづくりを介して、「地域と対話する」という行為が生まれることを実感した。我々のコンゴにおける建設が、地域とアカデックス小学校の関係性を構築するきっかけとなるならば、それはコンゴで「建設」する意義の一つと言えるだろう。この事は、地域に根ざした小学校としての「持続可能性」につながると考えている。

