

ザンビア国  
道路開発庁 (RDA)

ザンビア国  
ナカラ回廊上の運輸インフラ整備に  
向けた情報収集・確認調査  
報告書

平成 31 年 3 月  
(2019 年)

独立行政法人  
国際協力機構 (JICA)

大日本コンサルタント株式会社

アフ
J R
19-009

# ナカラ回廊上の運輸インフラ整備に向けた情報収集・確認調査報告書

写真

調査対象位置図

略語集

目次

1. 調査概要	1
1.1 調査の背景	1
1.2 調査の目的	1
1.3 現地調査期間短縮の工夫	2
1.4 調査スケジュール	2
2. ナカラ回廊上の運輸インフラ整備の現状	3
2.1 ザンビアの運輸インフラ整備の現状	3
2.2 ナカラ回廊の重要性	5
2.3 ナカラ回廊開発の状況	9
2.4 我が国と他ドナーの支援状況	10
2.5 ナカラ回廊整備で期待される効果	11
2.6 ナカラ回廊整備における課題	11
3. 国家開発計画	12
4. 先方政府の実施体制	14
5. ルアングワ橋架け替えに係る情報整理	16
5.1 自然条件	16
1) 気象	16
2) 河川	17
3) 地形	19
4) 地質	21
5.2 ルアングワ橋の現状	26
5.3 架け替えの必要性	29
6. 交通量	30
6.1 現在の交通量	30
6.2 将来交通量	38
7. 橋梁計画	39
7.1 架橋位置	39
7.2 橋梁形式	43
7.3 事業区間	45
7.4 設計条件	47

7.5 工事工程	47
7.6 概算事業費	47
7.7 検討結果のまとめ	48
8. 今後の調査における留意点	49
Appendix A 収集資料・レポート	50
Appendix B 事業区間案	52
Appendix C 橋梁一般図	54
Appendix D 地質調査結果	55
Appendix E 地形測量結果	130
Appendix F 交通量調査結果	135

## 表目次

表 2.1-1 道路種別ごとの整備状況	4
表 2.2-1 ルサカと南部アフリカ主要都市間の距離	6
表 2.2-2 ルサカにおける輸送コストと時間に関する回廊比較	6
表 2.2-3 ザンビアにおける回廊別輸送比率(2016年)	7
表 2.2-4 ザンビアにおける回廊別輸送比率(輸出2016年)	8
表 2.2-5 ザンビアにおける回廊別輸送比率(輸入2016年)	8
表 2.2-6 ザンビアの主要貿易相手国	9
表 2.3-1 ナカラ回廊の整備状況	9
表 4.1-1 運輸関係を所管する省庁の担当分野	14
表 5.2-1 ルアングワ橋の諸元と現況	27
表 5.2-2 ルアングワ橋の主な歴史	27
表 6.1-1 ルアングワ橋の交通量についての聞き取り調査結果	31
表 6.1-2 24時間交通量(2019年2月1~2日)	35
表 7.1-1 候補ルートと比較	41
表 7.2-1 根入れ深さと鉛直支持力度の制限値	43
表 7.2-2 橋梁形式の比較	44
表 7.2-3 河川中の下部工形式の比較	44
表 7.3-1 事業区間	45
表 7.4-1 主な設計条件	47
表 7.5-1 工事工程案	47
表 7.6-1 概算事業費比較	47
表 FP.1-1 交通量調査結果(ルサカからマラウイ)	135
表 FP.1-2 交通量調査結果(マラウイからルサカ)	136
表 EP.1-3 交通量調査結果(ルサカーチルンド間)	137

## 図目次

図 1. 4-1 作業フロー	3
図 2. 1-1 ナカラ回廊位置図	4
図 4. 1-1 RDA 本部組織図	15
図 5. 1-1 ルアングワ橋付近の降雨と気温	16
図 5. 1-2 架橋計画位置での河川断面	18
図 5. 1-3 周辺の集落の位置	20
図 5. 1-4 ボーリング位置	22
図 5. 1-5 橋梁計画位置の概略地質断面図	24
図 6. 1-1 各回廊の交通量	32
図 6. 1-2 各回廊の重量交通量	33
図 6. 1-3 ナカラ回廊利用交通の特性	34
図 6. 1-4 ルアングワ橋の交通特性	36
図 6. 1-5 ルアングワ橋の交通特性	37
図 6. 1-6 チルンド橋、リビングストンの交通特性	37
図 6. 2-1 ナカラ回廊の転換交通量	39
図 7. 1-1 比較ルート	40
図 7. 1-2 比較ルートの断面	42
図 7. 3-1 平面図	46
図 BP. 1-1 平面図	52
図 BP. 1-2 縦断面図	53
図 CP. 1-1 一般図	54
図 DP. 1-1 ボーリング位置図	55
図 EP. 1-1 Orthomosaic with Contours	131
図 EP. 1-2 Digital Surface Model(DSM)	132
図 EP. 1-3 地形図	133
図 EP. 1-4 橋梁計画付近の地形図	134

## 写真目次

写真 2. 3-1 ナカラ回廊の整備状況	10
写真 5. 1-1 ルアングワ川の主流の位置	17
写真 5. 1-2 乾季のルアングワ川	18
写真 5. 1-3 右岸（ルサカ側）の攻撃斜面遠景	19
写真 5. 1-4 左岸（マラウイ側）の河床と段丘面の境界斜面	20
写真 5. 1-5 左岸（マラウイ側）の段丘面に立地する集落	20
写真 5. 1-6 片麻岩の露頭（ルアングワ橋左岸側取付道路脇）	21
写真 5. 1-7 切土法面の片麻岩の露頭と落石（右岸側取付道路部）	21
写真 5. 1-8 BH-1（右岸側）の調査状況	23



写真 5.1-9 BH-1' (右岸側) の調査状況	23
写真 5.1-10 BH-2 (河川中央) の調査状況	23
写真 5.1-11 BH-3 (左岸側) の調査状況	23
写真 5.1-12 BH-1' (右岸側) のコア状況	23
写真 5.1-13 BH-1' (右岸側) の水位状況	23
写真 5.1-14 (BH-3) ボーリングコア (細砂とシルト質砂、GL-8.5m から割れ目沿いに風化した片麻岩)	25
写真 5.1-15 (BH-3) ボーリングコア (細砂とシルト質砂、GL-20.0m まで亀裂の多い硬岩、GL-20.0 から硬岩)	25
写真 5.2-1 ルアングワ橋	27
写真 5.2-2 補強部分の例	28
写真 5.2-3 路面状況と橋梁側面	28
写真 5.3-1 ルサカ側取付道路の急カーブ	30
写真 EP.1-1 固定翼 UAV	130

写真



ルサカ側から望むルアングワ川



ルアングワ橋の交通制限



ルアングワ橋を渡るために待つ重量車両



ルサカ側取り付け道路の急斜面と急カーブ

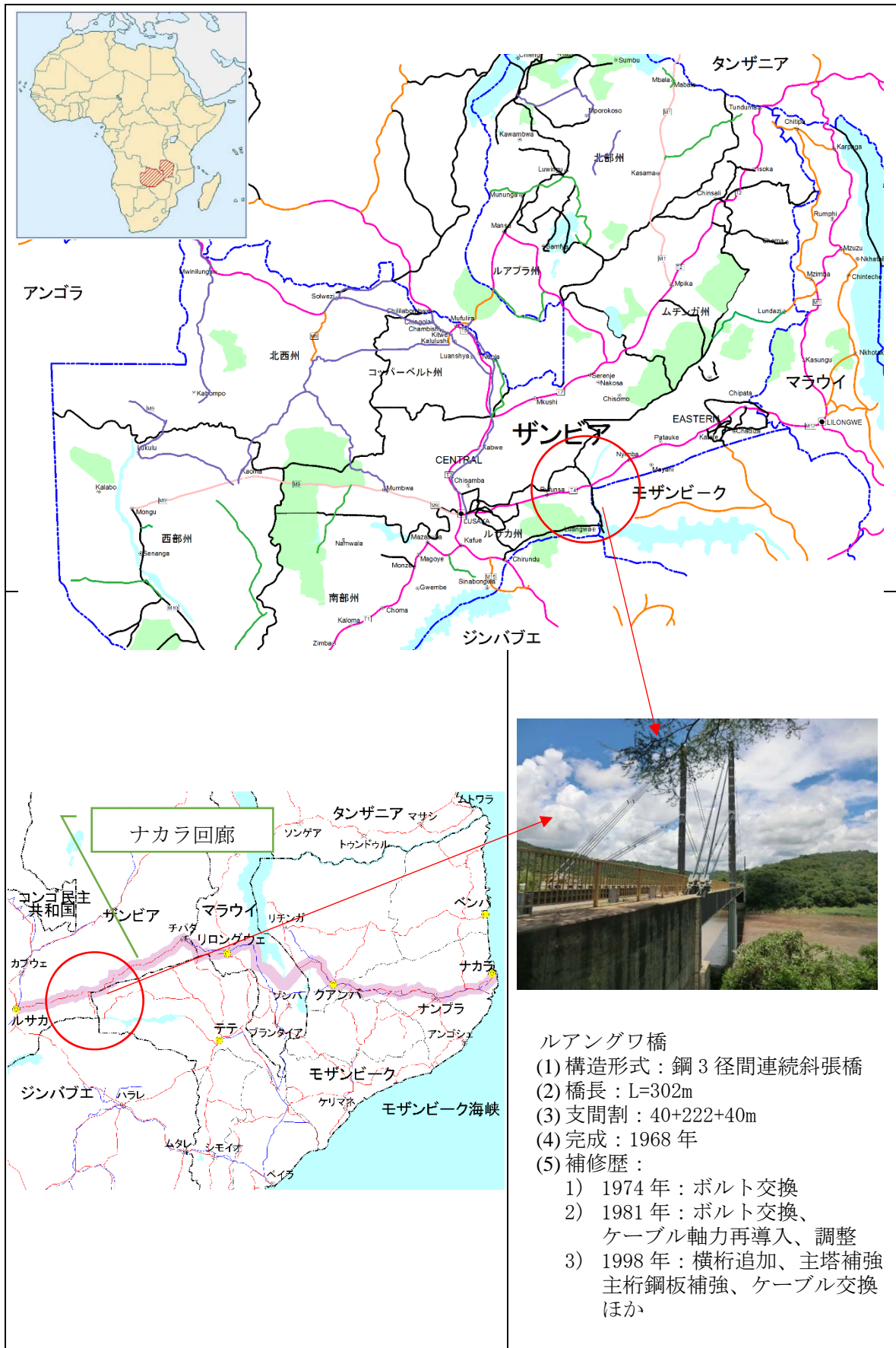


固定翼タイプの UAV 放出



ルアングワ川の砂地でのボーリング調査

調査対象位置図



- ルアングワ橋
- (1) 構造形式：鋼 3 径間連続斜張橋
  - (2) 橋長：L=302m
  - (3) 支間割：40+222+40m
  - (4) 完成：1968 年
  - (5) 補修歴：
    - 1) 1974 年：ボルト交換
    - 2) 1981 年：ボルト交換、ケーブル軸力再導入、調整
    - 3) 1998 年：横桁追加、主塔補強、主桁鋼板補強、ケーブル交換ほか

## 略語集

略語	正式名称	和名
7NDP	Seventh National Development Plan	第7次国家開発計画
AADT	Annual Average Daily Traffic	年平均日交通量
AASHTO	American Association of State Highway and Transportation Officials	米国全州道路交通運輸行政官協会
AfDB	African Development Bank	アフリカ開発銀行
ARAP	Abbreviated Resettlement Action Plan	簡易住民移転計画
BM	Bench-Mark	ベンチマーク
COMESA	Common Market for Eastern and Southern Africa	東南部アフリカ共同市場
C/P	Counterpart	カウンターパート
EIA	Environmental Impact Assessment	環境アセスメント
EIB	Europe Investment Bank	欧州投資銀行
EU	European Union	欧州連合
F/S	Feasibility Study	実行可能性調査
GDP	Gross Domestic Product	国内総生産
GPS	Global Positioning System	全地球測位システム
IDA	International Development Association	国際開発協会
IMF	International Monetary Fund	国際通貨基金
JICA	Japan International Cooperation Agency	国際協力機構
LAP	Land Acquisition Plan	用地取得計画
LRAs	Local Road Authorities	地方道路管理者
MHID	Ministry of Housing and Infrastructure Development	住宅・インフラ開発省
MoTC	Ministry of Transport and Communication	運輸・通信省
M/P	Master Plan	マスタープラン
NRFA	National Road Fund Agency	道路基金
NTP	National Transportation Plan	ザンビア交通政策
ODA	Official Development Assistance	政府開発援助
PC	Prestressed Concrete	プレストレストコンクリート
PCU	Passenger Car Unit	乗用車換算台数
RDA	Road Development Agency (Zambia)	道路開発庁
RNTP	Revised National Transport Policy	改定国家交通政策
ROW	Right of Way	道路占有地
SADC	Southern African Development Community	南部アフリカ開発共同体
SATCC	Southern African Transport and	南部アフリカ交通運輸委

	Communications Commission	員会
SDI	Spatial Development Initiative	空間的開発構想
SPT	Standard Penetration Test	標準貫入試験
TAZARA	Tanzania Zambia Railway Authority	タンザニア・ザンビア鉄道
WB	World Bank	世界銀行
ZAWA	Zambia Wildlife Authority	ザンビア野生生物局
ZDA	Zambia Development Agency	ザンビア開発庁
US\$	US dollar	米ドル
UR	Euro	ユーロ
ZMW	Zambia Kwacha	ザンビア・クワチャ
ZAWA	Zambia Wildlife Authority	ザンビア野生動植物局

# 1. 調査概要

## 1.1 調査の背景

南部アフリカの内陸国であるザンビアにおいては、陸上交通による物流網は同国の経済における生命線であり、複数の国際回廊が同国の物流に重要な役割を果たしている。特に、ルサカからマラウイ共和国を経てモザンビーク共和国のナカラ港へと続くナカラ回廊は、同国にとって距離的に最も近い港湾へのルートであり、ルサカから東部州に入る唯一の道路でもあることから、同国の経済発展にとって非常に重要な国際回廊のひとつである。

しかしながら、モザンビークの内紛時代の影響を受けたナカラ回廊を含む、各国際回廊における運輸インフラ整備の遅れは、ザンビアの流通コスト高の一因となっており、産業全体の成長を妨げている。同国政府の第7次国家開発計画（2017年～2021年）においても、国際回廊上の運輸インフラの未整備は経済成長及び産業の多様化のボトルネックとなっていることが認識されており、域内外の貿易促進のために必要な国際回廊上の幹線道路（橋梁を含む）の整備を重点分野のひとつにあげている。

ザンビア国内におけるナカラ回廊上の運輸インフラ整備については、ザンビア政府の資金によって改良したルサカ～ルアングワ橋区間のほか、欧州連合（EU）、欧州投資銀行（EIB）及びアフリカ開発銀行（AfDB）の支援によって、ルアングワ橋からマラウイ国境のムワミまでの道路改良が行われた。

現在、ナカラ回廊上にあるルアングワ橋は、1968年に英国の支援で建設された。その後、周辺国の紛争の影響による被害を受けたほか、老朽化が進み、補修・補強を行ってきたが、急激な交通量の増加と重量車両の通行に対して強度と耐久性の問題を抱えている。このため、通行できる車両の最大重量は55トン、走行速度は時速30kmに制限されていることに加えて、一度に1車両ずつしか通行させない交通制限を設けているため、ザンビアにおける国際回廊の物資輸送に使用されている55トンを超える重量車両は他の国際回廊を利用せざるを得ないなど、同橋がボトルネックとなりナカラ回廊の機能にも影響を及ぼしている。さらに、ルサカ側の取り付け道路は、大型車両の通行には不十分な幾何構造であるが、急傾斜の地形によって改良が困難である。

このため、ナカラ回廊開発において、同橋梁の架け替えが喫緊の課題となっており、ザンビア政府からもルアングワ橋架け替えの要請が到来している。

## 1.2 調査の目的

ルアングワ橋架け替えの検討にあたり必要となる自然条件、交通量、選択しうる橋梁形式等の基礎的な情報が不足しているため、こうした基礎情報の収集が求められている。本業務は、ナカラ回廊上の運輸インフラ整備に係るザンビア政府の計画及び現状について情報収集し、課題を整理するとともに、ザンビア政府が要請しているルアングワ橋の架け替えに関し、自然条件や交通量の調査を行い、選択しうる橋梁形式等、案件形成に必要な基礎情報を収集するものである。

ルアングワ橋は、ルサカからナカラ回廊（ザンビア国内での呼称 Great East Road）に沿って約250km 東方に位置しており、同回廊が、ルサカ州と東部州の境界を成しているルアングワ川と交



差する地域である。ルサカ側にある町（Luangwa Bridge Market）は、周辺における唯一の商業地となっている。

### 1.3 現地調査期間短縮の工夫

本業務は、1.5 か月間という短期間にボーリング調査、地形測量、交通量調査などの現地調査を行う必要があり、さらに調査時期が雨季にあたることから、現地調査短縮の工夫を行った。

本業務での工夫は、1) UAV による航空写真測量による地形測量、2) 水位上昇前の河川中央でのボーリング開始、であった。このうち、UAV による航空写真測量では期待した現地作業の短縮を実現できたが、河川中央でのボーリングは、地表から約 15m まで掘削したところで、上流地域での降雨による急激な水位上昇に見舞われ、作業を中止せざるを得なくなった。右岸側でのボーリングにおいても、掘削の途中で水位上昇の影響を受け、ボーリング位置を高台に変更して再掘削した。

今回の経験によれば、地形測量については、要求する精度にもよるが、UAV による航空写真測量が現地作業の短縮に非常に有効であることが明らかになった。植生が繁茂している時期においては、地表に設置する基準点の位置選定に時間を要するが、基準点座標の計測と航空写真撮影を並行して実施することにより、現地作業を大きく短縮することができた。

こうしたことから、準備段階の調査業務において、UAV による地形測量は時間短縮と費用節減に優れた効果を発揮することができるほか、取得したデータの解析と応用が極めて容易であることから、今後の調査に広く活用されることが期待できる。

### 1.4 調査スケジュール

本調査の現地調査期間は、2019 年 1 月 7 日～2 月 20 日（45 日間）である。本調査の作業フローを以下に示す。

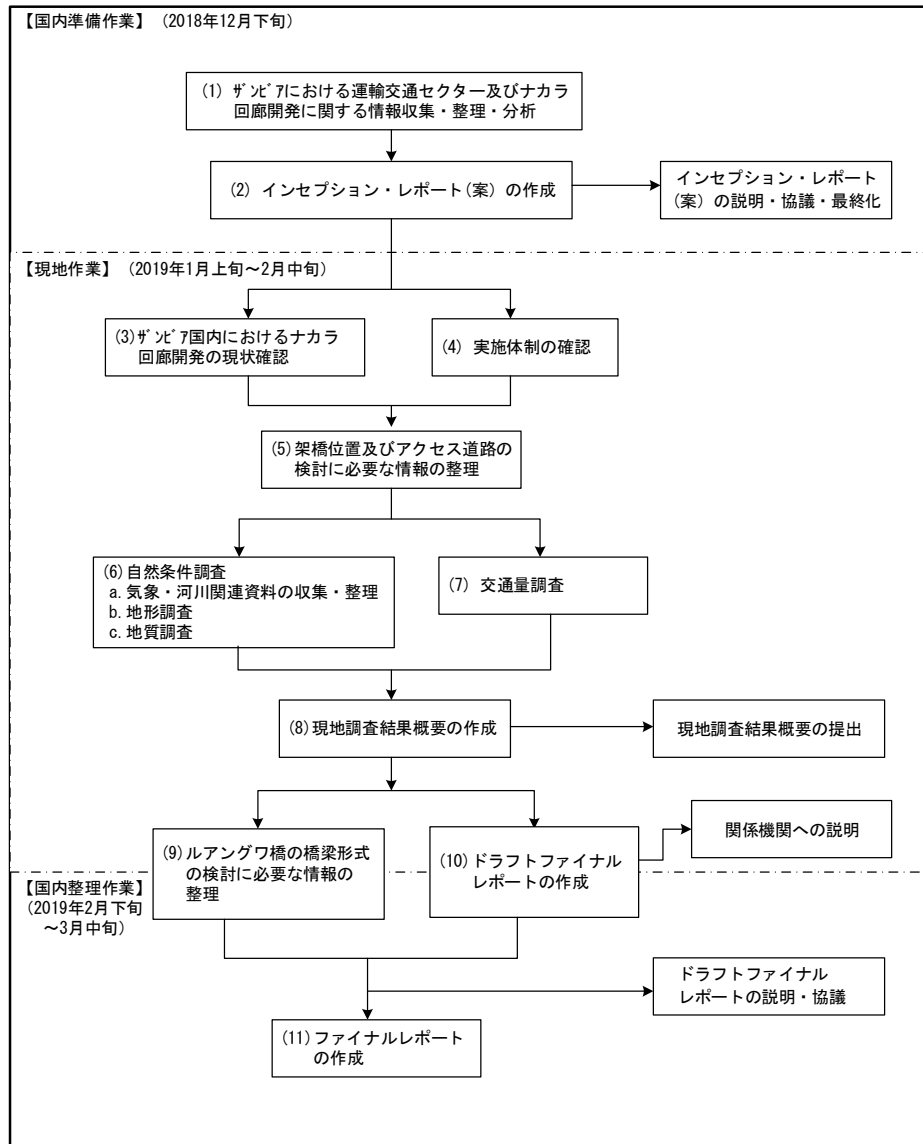


図 1.4-1 作業フロー

## 2. ナカラ回廊上の運輸インフラ整備の現状

### 2.1 ザンビアの運輸インフラ整備の現状

ザンビアには小規模な種別の道路を含めて全国に約 68,000km の道路があり、その道路整備状況を道路種別ごとに表 2.1-1 に示す。外洋から遠い内陸国であり、かつ、限られた鉄道ルートしかもたないザンビアの物資輸送は、道路交通に多くを依存しているが、これまで十分に道路整備が実施されていなかった。

1998 年に最初の道路セクター投資計画 (Road SIP) が策定され、その後も Road SIP の更新が行われ、ザンビアの経済成長を支える道路インフラを早急に整備する方針が立てられてきた。2012 年 9 月には、緊急全国道路建設プログラム (Accelerated National Road Construction Programme) が開始され、全国の道路整備計画である The Link Zambia 8000 Road Project が策定さ



れ、実施が進んでいる。また、全国の低い舗装率を改善するため、Pave Zambia 2000 Road Project を 2000 年に開始し、道路利用者のニーズに対応しようとしている。

なお、道路の総延長が膨大でありながら、管理組織の能力に限界があるため、幹線道路を中心にした重要道路網（Core Road Network）40,554km の整備に特に力を入れている。

表2.1-1 道路種別ごとの整備状況

区分	担当組織	延長(km)	良好な区間(%)
幹線道路	RDA	3,088	85
主要道路	RDA	3,691	
地区道路	RDA	13,707	
都市道路	LRAs	5,294	49
一次支線	LRAs	15,800	12
二次支線	LRAs	10,060	
三次支線	LRAs	4,424	
公園道路	ZAWA	6,607	
地域内道路	LRAs	5,000	
合計		67,671	

出典：Road Maintenance Strategy 2015-2024  
Revised National transport Policy



図 2.1-1 ナカラ回廊位置図

## 2.2 ナカラ回廊の重要性

ザンビアの首都ルサカには、モザンビークのナカラ港を結ぶナカラ回廊に加え、モザンビークのベイラ港を結ぶベイラ回廊、南アフリカのダーバン港を結ぶ南北回廊、そしてアフリカ東部の国際回廊であるダルエスサラーム回廊の4つの国際回廊が集中している。内陸国であるザンビアにとって、流通コストの高さが競争力のある経済の実現に向けて大きな課題となっており、流通コスト低減のためにそれらの国際回廊の整備が必要とされている。

ナカラ回廊が整備されると、ザンビアにとって距離的に近いナカラ港とのアクセスが容易になるだけでなく、その影響によって他の国際回廊との競争性が増すことになり、ザンビアに入る輸入物資の価格低下につながることを期待できる。また、交通量が増加している南北回廊の交通量緩和にも寄与することが期待できる。したがって、ナカラ回廊の整備と改善は、ザンビアの発展にとって極めて重要な意義をもっている。

さらに、ナカラ回廊は、国内的には貧困率が高い東部州（2015年のデータで70%）とルサカを結ぶ唯一の道路であり、肥沃な土地に恵まれている東部州の農業及び産業の発展を促進する要素になるもので、ザンビア政府が進めている国内経済の多様化政策の実現においても重要な効果を発揮することが期待される。

ナカラ港とマラウイのブランタイヤ（Blantyre）までの区間の鉄道は、すでに改修済みである。さらに、マラウイのブランタイヤからマラウイ国境に近いザンビアのチパタ（Chipata）までは鉄道が伸びており、改修が進んでいる。チパタで道路輸送と鉄道輸送を相互に効率よく連絡できるようになれば、ナカラ回廊の陸上輸送における利便性は著しく向上することになるため、ザンビア国内のナカラ回廊の将来交通量は大きく伸びることが期待される。ザンビアにとって、ナカラ回廊の能力は、ダーバン港と結ぶ南北回廊を補完するまでに拡大することが期待される。

「アフリカ地域ナカラ回廊総合開発（ザンビア・マラウイ）にかかる情報収集・確認調査ファイナルレポート」は、ザンビアに関する国際回廊の輸送コストと時間を比較している。現時点では、ナカラ回廊の整備途中であるため、ナカラ回廊による輸送貨物量は南北回廊の10%未満にすぎない。しかし、ナカラ回廊の整備が完了した後は、ナカラ回廊の距離的費用的な優位性が発揮されることから、ナカラ回廊の潜在的な重要性は明らかである。通関手続きを含めた所要日数については、ダーバン港を利用する南北回廊にわずかに劣っているが、ナカラ回廊の交通量が増加し、ナカラ回廊の有利性が理解され、将来的に通関手続きが改善されれば、大きな競争力をもつことがわかる。「アフリカ地域ナカラ回廊総合開発（ザンビア・マラウイ）にかかる情報収集・確認調査ファイナルレポート」は、チパタでのマルチモーダル・ドライポートを優先プロジェクトのひとつとして提案している。

なお、河口に位置しているベイラ港は流入してくる砂の堆積を定期的に除去する必要がある、喫水が深い大型船の利用には適していない。これに対して、ナカラ港は水深が深く浚渫の必要がないため、大型船の利用に適している。したがって、ナカラ回廊と直結しているナカラ港の整備は、現在のベイラ港に比較して、ザンビアに大きな利益をもたらすことが期待されている。

表 2.2-1 ルサカと南部アフリカ主要都市間の距離

国	港湾	交通モード	距離 (km)	国境通過数
モザンビーク	Beira	道路	1,054	2
モザンビーク	Nacala	道路	1,810	2
タンザニア	Dar es Salaam	道路	1,985	1
		鉄道	2,039	1
南アフリカ	Durban	道路	2,381	2
		鉄道	2,638	2

出典：アフリカ地域ナカラ回廊総合開発（ザンビア・マラウイ）にかかる情報  
収集・確認調査ファイナルレポート

表 2.2-2 ルサカにおける輸送コストと時間に関する回廊比較

回廊	港湾	交通モード	輸送費 (USD)*1	輸送時間 (Days)*2
Nacala	Nacala	Road+Railway	2,834	9
Beira	Beira	Road	3,043	10
North-South	Durban	Railway	3,174	9
Dar es Salaam	Dar es Salaam	Railway	3,555	14
Nacala	Nacala	Road	4,184	14
Dar es Salaam	Dar es Salaam	Road	4,842	14
North-South	Durban	Road	4,843	8

出典：アフリカ地域ナカラ回廊総合開発（ザンビア・マラウイ）にかかる情報  
収集・確認調査ファイナルレポート

表 2.2-3 ザンビアにおける回廊別輸送比率(2016年)

回廊	国境	交通モード			輸送量 (トン/年)		%
		道路	鉄道	航空			
Nacala	Chanida	133,859	0	0	133,859	454,909	4.5
	Mwami	313,179	7,871	0	321,051		
Dar es Salaam	Nakonde	3,038,121	366	0	3,038,487	3,038,487	30.0
North-South /Baira	Chirundu	3,043,193	0	0	3,043,193	4,080,750	40.2
	Kariba	5,748	0	0	5,748		
	Livingstone	130,147	1,171	1	131,774		
	Victoria Falls	106,053	3,080	0	109,133		
	Kazungula	790,898	0	0	790,902		
Lobito	Kasumbalesa	2,138,821	0	0	2,138,821	2,138,821	21.1
Walvis Bay	Katima Mulilo	441,465	0	6	441,472	441,472	4.4
Total		10,141,485	12,488	7	10,141,485	10,141,485	100.0

出典：アフリカ地域ナカラ回廊総合開発（ザンビア・マラウイ）にかかる情報収集・確認調査ファイナルレポート

表 2.2-4 ザンビアにおける回廊別輸送比率(輸出 2016 年)

回廊	国境	交通モード			輸送量 (トン/年)		%
		道路	鉄道	航空			
Nacala	Chanida	36,351	0	0	36,351	337,694	12.9
	Mwami	293,472	7,871	0	293,472		
Dar es Salaam	Nakonde	224,432	4	0	224,436	224,436	8.6
North-South /Baira	Chirundu	743,349	0	0	743,349	1,157,437	44.2
	Kariba	1,762	0	0	1,762		
	Livingstone	124,099	1,171	2	124,099		
	Victoria Falls	23,871	0	0	23,871		
	Kazungula	263,184	0	0	263,184		
Lobito	Kasumbalesa	744,115	0	0	744,115	744,115	28.4
Walvis Bay	Katima	156,546	0	0	156,546	156,546	6.0
	Mulilo						
Total		2,611,180	9,046	2	2,620,228	2,620,228	100.0

出典：アフリカ地域ナカラ回廊総合開発（ザンビア・マラウイ）にかかる情報収集・確認調査ファイナルレポート

表 2.2-5 ザンビアにおける回廊別輸送比率(輸入 2016 年)

回廊	国境	交通モード			輸送量 (トン/年)		%
		道路	鉄道	航空			
Nacala	Chanida	91,394	0	0	91,394	105,418	2.5
	Mwami	14,025	0	0	14,025		
Dar es Salaam	Nakonde	1,923,570	106	0	1,923,676	1,923,676	45.7
North-South /Beira	Chirundu	1,378,571	0	0	1,378,571	1,830,240	43.5
	Kariba	3,985	0	0	3,985		
	Livingstone	6,046	0	454	6,500		
	Victoria Falls	75,144	0	0	75,144		
	Kazungula	366,038	0	0	366,038		
Lobito	Kasumbalesa	134,112	0	0	134,112	134,112	3.2
Walvis Bay	Katima	215,349	0	0	215,349	215,355	5.1
	Mulilo						
Total		4,208,232	106	0	4,208,802	4,208,802	100.0

出典：アフリカ地域ナカラ回廊総合開発（ザンビア・マラウイ）にかかる情報収集・確認調査ファイナルレポート

表 2.2-6 ザンビアの主要貿易相手国

	1位	2位	3位	4位	5位	その他	合計
輸入元	南アフリカ	コンゴ民主共和国	中国	クウェート	インド	-	
比率(%)	31	21	14	5	4	25	100
輸出先	スイス	中国	インド	南アフリカ	コンゴ民主共和国	-	
比率(%)	38	15	10	7	5	25	100

出典：調査団

### 2.3 ナカラ回廊開発の状況

ザンビア国内におけるナカラ回廊の道路整備を支援したのは、EU、欧州投資銀行、及びアフリカ開発銀行であり、ルアングワ橋からマラウイ国境に近いムワミまでの区間約 360km を、4 区間（ルアングワ橋-Myimba、Mimba-Petauk-Sinda、Sinda-Katete-Mutenguleni、及び Mutenguleni-Chipata-Mwami）に分割して改良事業が実施された。設計基準は SADC 設計基準に基づいている。ルサカ～ルアングワ橋の区間は、ザンビア政府の資金のよってすでに改良が終了している。

なお、ザンビア国内のナカラ回廊に関する各ドナーの今後の支援計画は決定されていない。

表 2.3-1 ナカラ回廊の整備状況

区間	延長	支援機関	完成
Lusaka – Luangwa Br	約 250km	-	2015
Luangwa Br - Myimba	98.9km	EU/EIB	2018
Mimba-Petauk-Sinda	114.0km	AfDB	2018
Sinda-Katete-Mutenguleni	95.5km	EU/EIB	2018
Mutenguleni-Chipata-Mwami	50.0km	EU/EIB	2018

出典：調査団



写真 2.3-1 ナカラ回廊の整備状況

#### 2.4 我が国と他ドナーの支援状況

我が国は、沿線に石炭、天然ガスなどのエネルギー資源、肥沃な農業適地などの開発ポテンシャルを有しながら、インフラ未整備のため開発が進んでいないナカラ回廊周辺の開発を支援するため、地域全体を活性化させ持続的で強靱な成長力をもたせるとの視点から、2016年に「ナカラ回廊開発マスタープラン」を作成した。

これまでに、モザンビーク方向から「ナカラ港緊急改修」、「ナカラ港開発」、「ナカラ港運営改善」のほか、幹線道路整備として「モンテプエス〜リシंगा間道路」、「マンディンバ〜リシंगा間道路」、「イレ〜クアンバ間橋梁」、「国道380号線橋梁」、「ナカラ回廊道路網」などの整備を支援している。そのほか、電力及び農業、社会開発分野での協力を実施している。

また2018年には、「ナカラ回廊総合開発（ザンビア・マラウイ）にかかる情報収集・確認調査」を実施して、ナカラ回廊地域の課題、ニーズ、開発ポテンシャルの分析を行って同地域の総合開発戦略を含む優先プロジェクトを提案している。このなかで、ルアングワ橋の架け替えを推進すべきプロジェクトのリストに掲げている。

ザンビア国内のナカラ回廊整備については、EU、欧州投資銀行、及びアフリカ開発銀行の支援

によって、ルアングワ橋からマラウイ国境までの区間の改良が最近完了しており、今後の支援の具体化は予定されていない。

## 2.5 ナカラ回廊整備で期待される効果

ナカラ回廊が整備されると、国際回廊間の競争性が必然的に高まり、輸送費の価格競争が生じることが期待できるため、多くの生活物資を輸入に依存せざるを得ないザンビアにとって輸入品の価格低下が期待できる。また、現状では南北回廊による南アフリカルートに大きく依存している状況から脱却することが可能で、他国の政情不安等による輸送路の不安定化リスクを分散させる効果も見込まれる。AfDBは、ザンビア、マラウイ及びモザンビークの国境で **One-Stop-Boarder-Posts (OSBPs)** の整備を計画しており、こうした整備によって通関に要する時間が短縮されることが考えられ、ナカラ回廊の利便性の向上に寄与することが期待される。

現在、リビングストンから南北回廊を経て南アフリカにつながるルートは、通関取り扱い業者間の競争による通関手続きの短縮が実現されており、距離的かつ費用的な不利を克服して、ザンビアにとって最重要幹線になっている。このため、交通量が着実に増加しており、将来的に交通量の緩和が必要になると考えられる。今後も発展が継続すると考えられるアジアと中東地域に近いナカラ回廊は、南北回廊の機能を補完できる有力な立場にある。

さらに、ザンビアにとってナカラ回廊は東部州に入る唯一の道路であるため、東部州開発の促進につながることを期待できると同時に、ザンビアと同様に内陸国であるマラウイの発展にも資するものである。

## 2.6 ナカラ回廊整備における課題

ナカラ回廊は、南北回廊に比較すると、ザンビア国内の沿線に大きな都市がないため、農産物収穫期を除き、地域住民の日常的な利用については当分の間は着実な増加にとどまるものと考えられる。ナカラ回廊が本来の機能を発揮するためには、ナカラ港の施設充実に加えて、ルサカからナカラ港までの輸送時間の短縮を実現すること、チパタで道路と鉄道の連絡利用を計画的に行えるようにすること、国境超えの通関手続きの時間短縮を実現すること、さらに交通のボトルネックであるルアングワ橋の通行制限を解消して重量車両が安全かつ自由に走行できるように整備することで、他回廊を利用している車両が転換できる環境を整えることが重要である。



### 3. 国家開発計画

ザンビア政府の開発構想 Vision 2030 は、国際市場での価格変動の影響を受けやすい銅資源に強く依存してきた経済から脱して、経済の多様化を促進することによって、2030年までに中所得国に成長することを目標に掲げている。

この目標を達成するための具体的な計画として、第5次国家開発計画（2006-2010）、第6次国家開発計画（2011-2015）、及び改定第6次国家開発計画が策定されたが、個別計画間の調整が不十分であったことなどにより、期待した成果をあげられなかった。改定第6次国家開発計画の終了後、第7次国家開発計画（2017-2021）が策定された。2017-2021を計画期間とするザンビア第7次国家開発計画（7NDP）は、国家目標である Vision 2030 の実現を目的に国全体の効率的な発展を目指して、従来のセクター別の計画からマルチセクターを統合した計画に変更されており、南部アフリカ開発共同体（SADC）の地域計画、アフリカ・ユニオンのアジェンダ 2063、東南部アフリカ市場共同体（COMESA）の議定書などの南部アフリカの戦略的地域開発構想を考慮して策定されたものである。同開発計画のよって達成する主な内容は次のように要約されている。

- ① 鉱業への過度な依存から、経済の多様化に向けた政策への転換と社会的保護プログラムの強化
- ② 非正規労働を減少して、労働条件の改善につながる雇用の実現
- ③ インセンティブが作用する制度への改善、成長にとっての阻害要因の除去、貧困削減と雇用創出に向けた農業/鉱業/観光セクターの重要性の再認識
- ④ 中央政府、地方政府及びすべての発注機関における成果主義に基づく運営

運輸部門の政策である2016年の国土交通政策（National Transport Policy : NTP）では、ザンビアが地理的な利点を活かし、南部アフリカ地域における陸上輸送のハブとなることを目指しており、国内の輸送システムを改善し、効率的な輸送システムに変更することの重要性を指摘している。そのための主な政策課題は、次のようである。

- ① 運輸・通信省の強化による運輸交通部門の円滑な調整と規制の実現
- ② 運輸セクターの能力強化
- ③ 輸送業者と利用者の利益になるよう、道路と鉄道及び空路間の連絡施設の整備
- ④ 合理的な輸送コストの実現
- ⑤ 持続可能な開発と貧困削減に資する適切な運輸政策と制度の実現

ザンビアにとって、遅れている道路網を早急に整備することは、経済発展にとって極めて重要な意味を持っている。また、若年層の雇用を確保するため、天然資源に依存した経済から貿易、農業、観光、商業などのセクターの促進を図るうえで、それを支える触媒としての道路が不可欠の要素となっている。

南部アフリカの地域開発構想で取り上げられている回廊に、ナカラ開発回廊が含まれている。ナカラ回廊は南部アフリカの国際回廊の一つであり、海を持たないザンビアとマラウイにとって、

回廊に沿った地域の産業発展の促進にともなって、国全体の経済発展に寄与する重要な経済回廊として位置づけられている。こうした認識のもと、SADC 事務局は、2012-2027 年を計画期間とする地域マスタープランにナカラ道路回廊の整備を加えている。ナカラ回廊の整備を共同で行動することを目的に、SADC の支援により、マラウイ、モザンビーク及びザンビアの 3 か国は、空間的開発構想（Spatial Development Initiative: SDI）を合意している。

なお、改定国家運輸政策（RNTP）は、ザンビアが南部アフリカ地域の中心に位置している利点を活かして、地域の商業と交通のハブの地位を確立するようにザンビア政府が努力することを述べている。この目的を達成するため、次の項目に焦点を当てることとしている。

- ① 経済的かつ環境に配慮した統合交通インフラと輸送システムの開発を支援する。
- ② 交通回廊の整備によって、港湾間の競争を促す。

さらに、交通モーダル間の物資輸送の積み替えが円滑になるように仕組みと設備の整備を促進することとしている。

全国の早急な道路整備を目的に、2012 年に策定された The Link Zambia 8000 Project の目標を以下に示す。

- ・ ザンビアを周辺諸国と完全にリンクした国に変える
- ・ 特に若年層向けに、24,000 人の雇用を創出する
- ・ 地方建設業の成長を促す
- ・ 道路利用者の費用と時間節減に貢献する
- ・ 道路沿線に経済成長の核を創出する

ザンビア国内のナカラ回廊整備については、現在までにルサカからマラウイ国境までの道路区間の整備が完了しており、唯一の未整備区間が交通制限をせざるを得ないルアングワ橋であり、早急な改良が望まれている。

## 4. 先方政府の実施体制

ザンビアの運輸交通政策を所管する省庁は、運輸・通信省（Ministry of Transport and Communication : MTC）、公共事業省（Ministry of Works and Supply : MWS）及び住宅・インフラ開発省（Ministry of Housing and Infrastructure Development : MHID）があり、それぞれの下部組織とともに運輸インフラの整備にあたっている。各省庁の担当業務を表 4.1-1 に示す。

表 4.1-1 運輸関係を所管する省庁の担当分野

機関	担当政策
MTC	運輸政策、計画、プログラム策定
MWS	維持管理
MHID	事業実施

出典：アフリカ地域ナカラ回廊総合開発（ザンビア・マラウイ）にかかる情報収集・確認調査ファイナルレポート

道路開発庁（Road Development Agency: RDA）は、住宅・インフラ開発省（Ministry of Housing and Infrastructure Development: MHID）の監督下で、ザンビア全国の幹線道路整備を所管する政府機関であり、ルサカに本部を置いている。図 4.1-1 に RDA の本部組織を局長レベルで示す。

道路維持管理局と道路建設局については、それぞれ下部組織として2つの課が組織されている。また、本部のほか、各州に道路建設と維持管理を担当する地方事務所が設置されている。

なお、ルサカ州と東部州との境界であるルアングワ川に架かっているルアングワ橋は、ルサカ地方事務所と東部地方事務所の2つの地方事務所の管轄になっている。

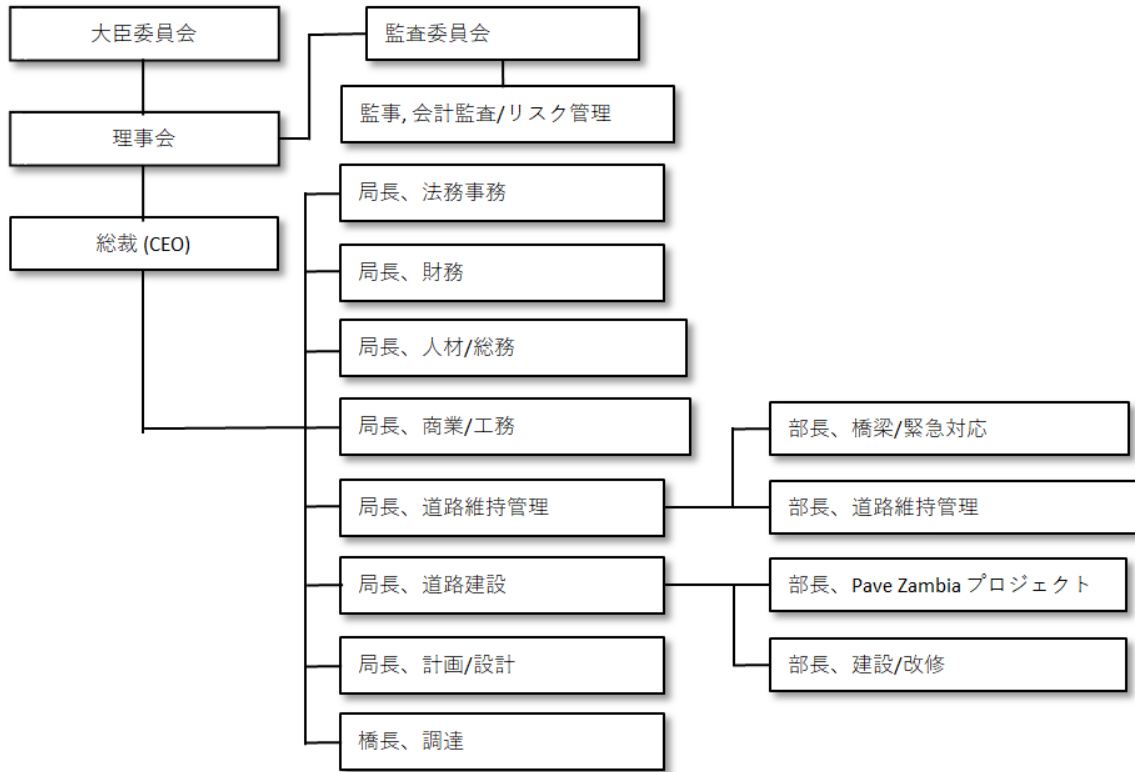


図 4.1-1 RDA 本部組織図

## 5. ルアングワ橋架け替えに係る情報整理

### 5.1 自然条件

#### 1) 気象

ルアングワ橋から南の気候は「熱い半乾燥気候」で、Köppen-Geiger Climate Classification の BSh に分類される。ルアングワ橋付近には気象測候所がないため、ザンビア気象局 (Zambia Meteorological Department) の解析値によれば、年間最高気温は10月の35度、最低気温は7月の13度である。ルアングワ橋付近の標高は400m程度であり、ほぼ西方約250kmに位置している標高1150mのルサカとの気温差は約4度である。ザンビア気象庁の推定値によると、年間降雨量は800~1,100mm程度である。降雨は、10月下旬から始まる雨季に集中しており、12月から2月にかけてひと月250mm程度の降雨があり、3月下旬で降雨は実質的に終了する。こうした推定値から、ルアングワ橋付近での雨季は11月から3月までの5か月間である。そのほかの時期に降雨はないと考えてよい。

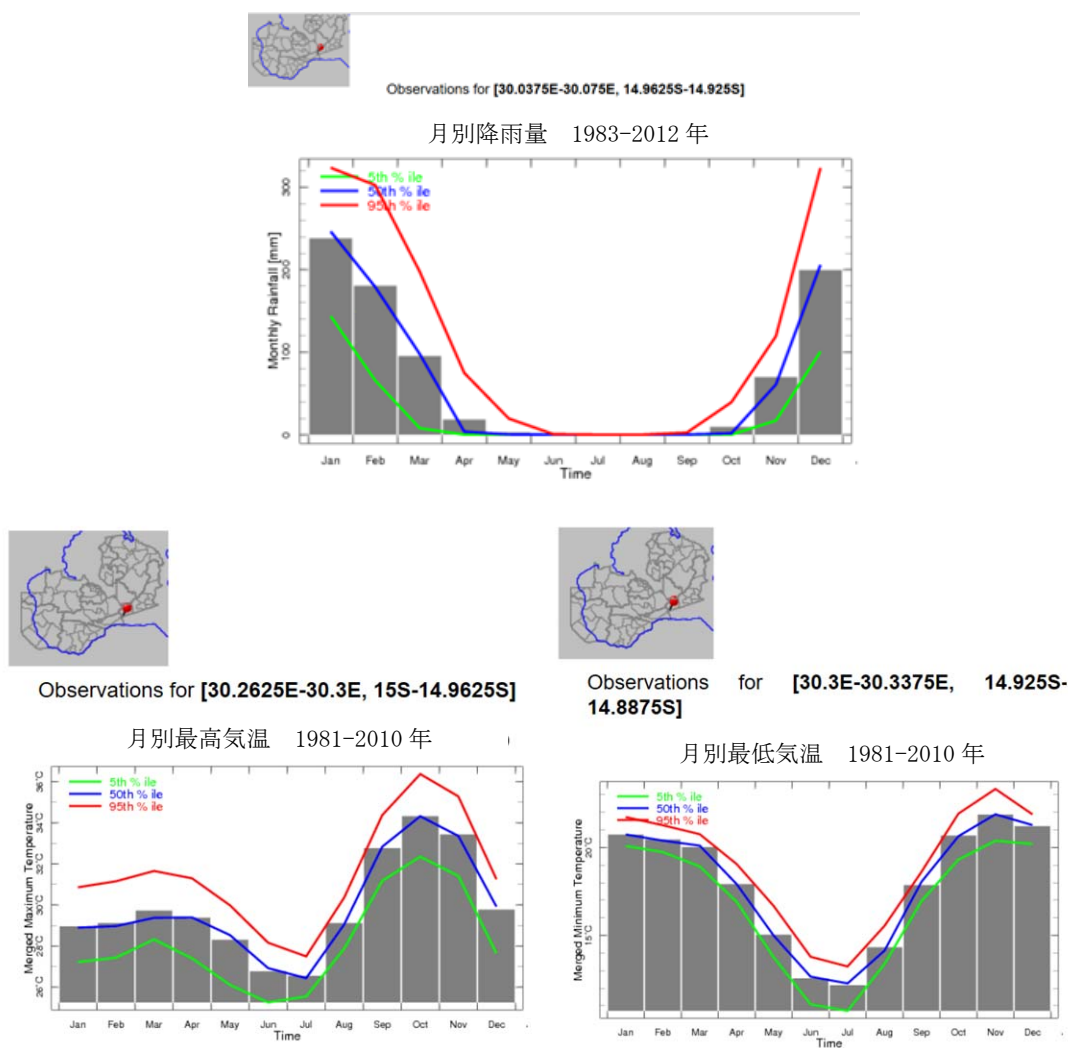


図 5.1-1 ルアングワ橋付近の降雨と気温

出典：Zambia Meteorological Department, Website, Monthly Climate Analysis

## 2) 河川

ルアングワ川はザンベジ川の有力な支流であり、ザンビア北東部のマラウイ及びタンザニア国境付近を源とし南西方向に流下したあと、ルアングワ橋付近からは概ね南方向に方向を変えてザンベジ川に合流する。ルアングワ橋の下流約 2km から南は、ルアングワ川がザンビアとモザンビークとの国境を形成している。

ルアングワ橋が架かっている個所は兩岸から岩盤がせり出しているため、河川の幅がもっとも狭くなっている。その上流側と下流側はいずれも緩やかに蛇行しており、川幅が広がっている。水量が減少する乾季の水路幅は 100m 程度に狭まり、河川内の攻撃斜面の反対側に広い砂地が出現する。2002 年から 2016 年までの観測記録に基づくミュンヘン工科大学の資料によると、ルアングワ川の水位の季節的変動は 5.88m とされている。平均水位から最低水面までの変化は 1.62m であるが、平均水位から最高水位までの変化は 4.27m となっており、雨季に激しい水位上昇が発生する可能性を示している。

現在、ルアングワ橋付近での水位観測は実施されていないが、地元住民へのヒアリングによると、ルアングワ橋の桁位置にまで水位が上昇することはなく、過去に経験した最高水位は砂地から 5m 程度の高さである。このことから、現ルアングワ橋の桁下高さが、水位ではなく、別の要因で決定されていることを示している。

橋梁計画位置付近で計測した河川断面を図 5.1-2 に示す。ルアングワ川は、現ルアングワ橋の下流側に向かって水路が緩やかに左に湾曲するため、慣性力が作用する右岸側の流速が早く、右岸側に沿って水路が深くなっている。今回の調査での測定によると、架橋計画位置の最深部はルサカ側右岸に沿った水路で深さは約 10m である。右岸側の流れは速く、流速は約 3.5m/s である。中央から左岸側の流速は遅く、1.5~1.0m/s 程度である。橋梁計画位置の直前の右岸に岩が突出しているため、主流はここに衝突したあと左側へ方向を変える。

乾季の終わりに近い 2016 年 10 月に撮影した写真では、ルアングワ橋の位置の川幅でルサカ側から約 1/3 は砂地が露出し、橋梁計画位置では水路幅が 100m 程度まで狭まっている。こうしたことから判断すると、ルアングワ川の河川断面は雨季と乾季で大きく変化することが分かる。



写真 5.1-1 ルアングワ川の主流の位置



写真 5.1-2 乾季のルアングワ川

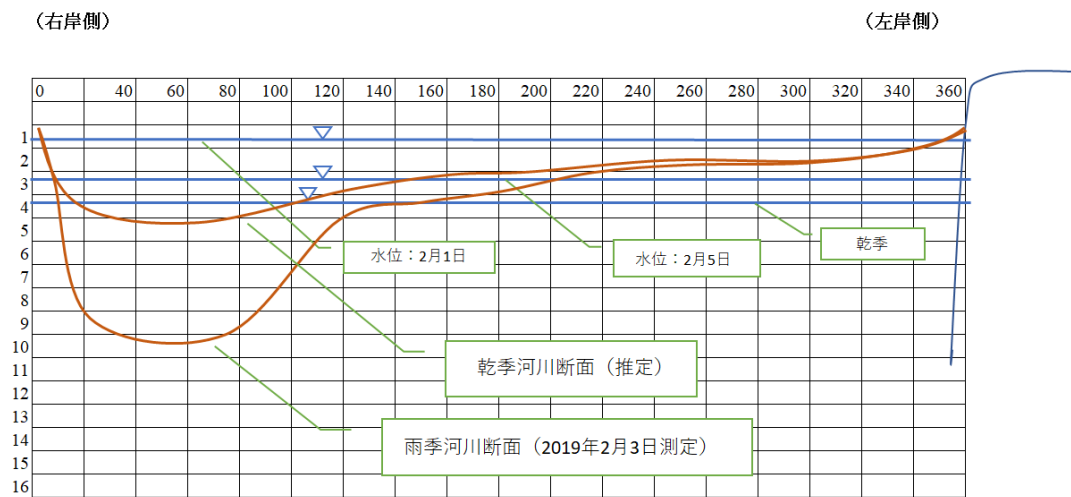


図 5.1-2 架橋計画位置での河川断面

出典：調査団



### 3) 地形

調査地は、「アフリカ楕状地」と呼ばれている、地殻変動（造山運動、断層運動等）の影響をほとんど経験していない、先カンブリア時代（5億7千万年以上前）の基盤岩を風化した表層土が薄く覆う、比較的なだらかな地形が形成された地域である。楕状地は「クラトン」と呼ばれる先カンブリア時代の変動後に安定化した大陸陸塊の一部で、長い間の風化と浸食作用によって「楕を伏せたようにきわめてなだらかな凸型の地形」が形成された地域であり、先カンブリア時代の基盤岩盤が地表に散発的に露出している特徴がある。

調査地は楕状地の中の地溝谷がルアングワ川によって開析されて出来たなだらかな谷間に位置しており、河川が蛇行して川幅が狭くなっている狭窄部をルアングワ橋が渡河している。ルアングワ橋の両岸は、比較的急な尾根地形を呈しており、所々に風化して亀裂が発達したブロック状の露岩がみられる。

ルアングワ橋下流の右岸（ルサカ側）斜面は河川の攻撃斜面にあたり、所々に崩壊地形がみられる（写真 5.1-3 参照）。右岸側取付け道路はこの攻撃斜面の上部を通っていることから、将来崩壊範囲の拡大に伴って道路交通に影響を及ぼす可能性が高い。

右岸側取付け道路の安全性の向上を目的として、道路線形を山側に大きくシフトする場合には大規模な切土法面を施工する必要がある。しかし、現道交通を確保しながら切土法面を施工することは地形的に難しい。

したがって、新たに橋梁を計画する場合は、上記の攻撃斜面の区間を避けることが望ましく、ルアングワ橋が渡河している地点の約 1km 下流に建設することが推奨される。一方、ルアングワ橋の下流 0.5～1.5km の左岸（マラウイ側）には小規模な段丘面（河床との比高差 6～8m）が形成されている（写真 5.1-4 参照）。段丘面には、10～15 軒程度の小屋（簡易な住居）からなる 2 つの集落が立地しており、所々にトウモロコシ畑等がみられる（写真 5.1-5 参照）。

ルアングワ橋が渡河している地点の約 1km 下流側に橋梁を計画すると、2 つの集落のほぼ中間を通過することになる。集落から道路（ナカラ回廊）へのアクセスは現在よりも向上する（図 5.1-3 参照）。



写真 5.1-3 右岸（ルサカ側）の攻撃斜面遠景





図 5.1-3 周辺の集落の位置



写真 5.1-4 左岸（マラウイ側）の河床と段丘面の境界斜面



写真 5.1-5 左岸（マラウイ側）の段丘面に立地する集落

#### 4) 地質

調査地は先カンブリア時代（5億7千万年以上前）の基盤岩の上を風化した表層が薄く覆う楕状地に位置しており、基盤岩は結晶質火成岩（花崗岩、花崗閃緑岩など）や高度変成岩（片麻岩、結晶片岩など）から構成されている。

調査地のルアングワ川両岸に散発的に露出している基盤岩は、高度変成岩の一つである先カンブリア時代の片麻岩であり、この片麻岩が調査地周辺地域に広く分布している。片麻岩は、片理（鉱物が一定方向に並んでいる薄層状の構造）が顕著な結晶片岩が変成作用の進行に伴って変化し、鉱物の粒度が大きく成長して縞状の構造になった変成岩で、所々に不明瞭な片理がみられる特徴がある（写真 5.1-6 参照）。



写真 5.1-6 片麻岩の露頭（ルアングワ左岸側取付道路脇）

調査地周辺の斜面には風化が進行して細片化した片麻岩の露頭や切土に伴う応力開放によって亀裂が発達した露岩が散発的にみられ、切土法面からの落石も所々にみられる（写真 5.1-7 参照）。このことから、大規模な切土法面を施工する場合には維持管理上の問題を抱えることになる。



写真 5.1-7 切土法面の片麻岩の露頭と落石（右岸側取付道路部）

本調査では、ルアングワ橋が渡河している地点の約 1km 下流に新たな橋梁（仮称：新ルアングワ橋）を計画するものとして、地盤状況を確認するために計画箇所の上ルアングワ川両岸と中央の合計 3 箇所（注：原文は3箇所と記載されているが、図には4箇所が示されている）でボーリング調査を実施した。

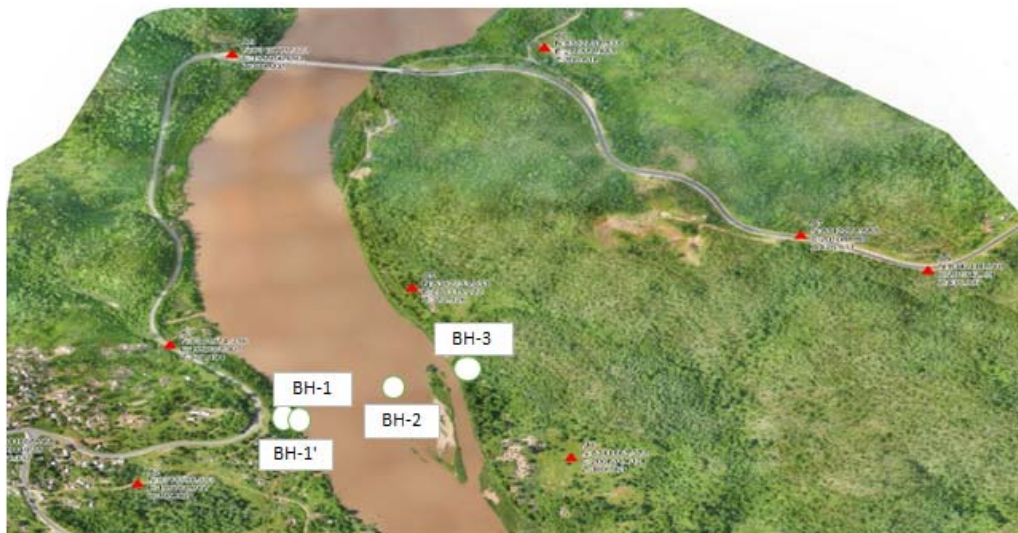


図 5.1-4 ボーリング位置



ボーリング孔番号は起点側から BH-1（右岸側）、BH-2（河川中央）、BH-3（左岸側）としたが、BH-1 は GL-8.5～9.0mで風化岩を確認した時点で河川水位がボーリング地点に達したため、ボーリングマシンを約 10m 山側（比高約 2.5m）の地点（ボーリング孔番号 BH-1'）に移動した（写真 5.1-8～11 参照）。

さらに、BH-1'は GL-7.5～12.0mで風化岩を確認した時点で、河川水位がボーリング地点に接近したため、作業員の安全を考えて続行を断念した（写真 5.1-12、13 参照）。



写真 5.1-8 BH-1（右岸側）の調査状況



写真 5.1-9 BH-1'（右岸側）の調査状況



写真 5.1-10 BH-2（河川中央）の調査状況



写真 5.1-11 BH-3（左岸側）の調査状況



写真 5.1-12 BH-1'（右岸側）のコア状況



写真 5.1-13 BH-1'（右岸側）の水位状況

ボーリング調査結果から推定した概略地質断面図は図 5.1-5 に示すとおりであり、各調査箇所  
の地盤状況は概ね以下のとおりである。

BH-1（右岸側）では、地表面から GL-6.6～7.5m 付近まで第四紀完新世の崖錐堆積物（礫混りシルト質砂）～現河床堆積物（直径 5～10 cm 円礫を所々に挟む細砂）が堆積し、その下位に先カンブリア時代の変成岩である風化片麻岩が分布していることが確認された。

BH-2（河川中央）では、地表面から GL-15.0m 以深まで現河床堆積物が堆積し、その下位に先カンブリア時代の風化片麻岩が分布しているものと推定された（BH-2 は GL-15.0m まで調査した時点で河川水位が急上昇してボーリング地点が水没したため終了にした）。

BH-3（左岸側）では、地表面から GL-9.0m 付近まで第四紀完新世の段丘堆積物（シルト～粘土質砂）が堆積し、その下位に風化片麻岩が GL-20.0m 付近まで分布し、GL-20.0m 付近から弱風化片麻岩が分布していることが確認された。

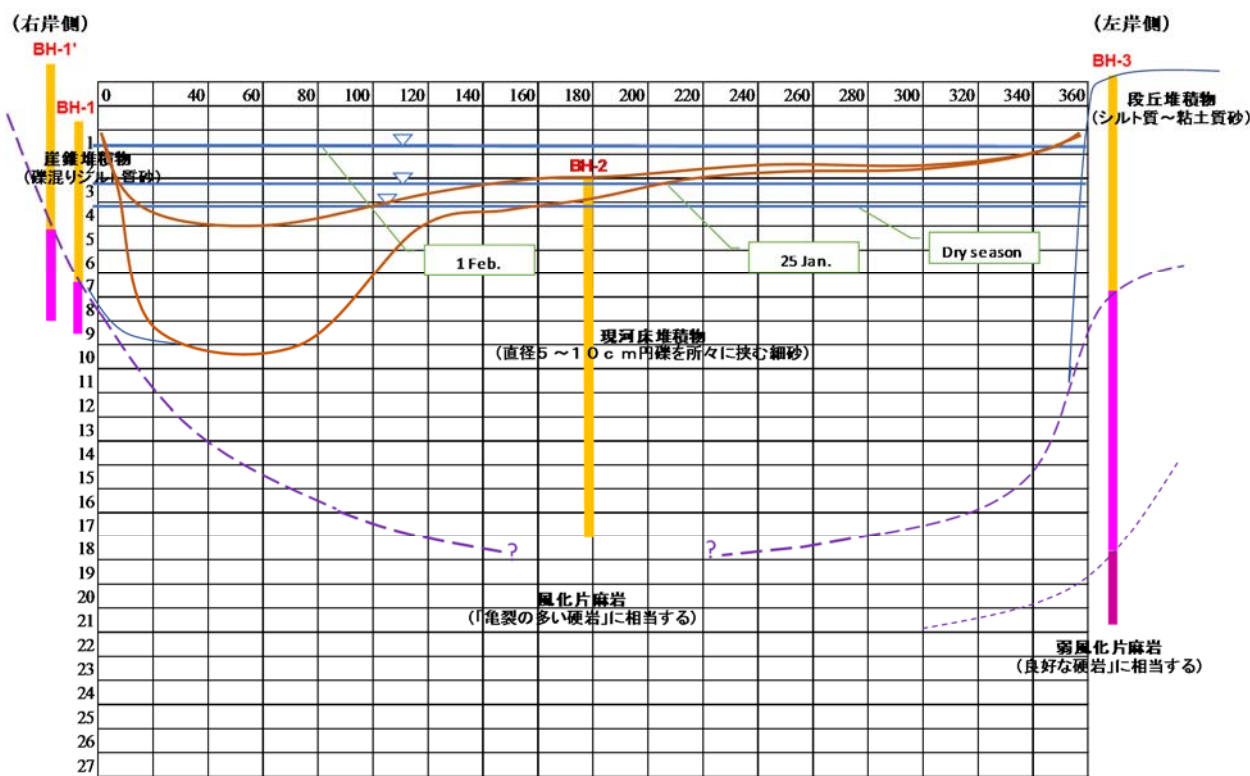


図 5.1-5 橋梁計画位置の概略地質断面図

出典：調査団

現河床堆積物は、緩い～中位（N 値 10～30 程度）の細砂を主体とする礫混じり砂層で、砂層中を地下水が流動していることから、オープン掘削を行うと掘削面が崩壊する可能性が高い。また、基盤岩（風化片麻岩）まで鋼矢板を打設して締め切る場合においても、基盤岩が亀裂質なため、掘削時にボーリングが起こる可能性が高い。

河床堆積物の下位にある風化片麻岩は亀裂が発達して亀裂沿いに風化が見られるが、岩質が硬



いことから道路橋示方書の区分では「亀裂の多い硬岩」に相当し、直接基礎やケーソン基礎の支持層として十分な支持力が期待できる。さらに下位にある弱風化片麻岩は、亀裂が少ないことから「良好な硬岩」に相当し、橋梁等の重要構造物の安定した支持地盤になるが、出現深度が深いことから計画している橋梁の支持層には不向きである。



写真 5.1-14 (BH-3)ボーリングコア（細砂とシルト質砂、GL-8.5m から割目沿いに風化した片麻岩）(BH-3) Boring Core (Soil: Fine Sand and Silty Sand & Weathered Rock: Gneiss)



写真 5.1-15 (BH-3)ボーリングコア（片麻岩、GL-20.0m まで亀裂の多い硬岩、GL-20.0m から硬岩）(BH-3) Boring Core (Weathered to Slightly Weathered Rock: Gneiss)

## 5.2 ルアングワ橋の現状

現ルアングワ橋は、ルサカと東部州を結ぶ唯一の橋梁として 1932 年に建設された初代の鋼橋が破壊されたあと、1968 年に英国の援助で完成した長さ 302m (40+222+40m) の斜張橋である。現在一般に設計される斜張橋と比較すると側径間が著しく短く、死荷重状態においても中央径間の桁が垂れ下がる傾向がある。細い鋼箱桁 2 本でコンクリート床板を支える構造で、設計で想定した耐用年数は 75 年であった。ルアングワ橋の設計図面は残されていないため詳細は不明であるが、使用された設計基準は当時の英国基準である BS153(1958)とその部分改定文書であると考えられ、現在走行している重量 50 トンの大型トレーラーが頻繁に橋梁に載荷することは想定していない。

当時、鋼箱橋は計算理論の急速な発達によって、経済化を実現しながら長大支間に適用できる構造形式と考えられており、1970～1980 年代に薄い鋼板を使用した意欲的な構造物が建設されていた。しかし、1979 年に英国で鋼箱桁の落橋事故が発生したことを受け、1982 年に設計基準が BS5400 Part3 に改定されたほか、ドイツでも 1980 年の鋼箱桁の落橋事故によって設計基準 DIN18806(1984)、DIN18800(1991)が改定された歴史があり、現在の設計基準からみれば、1960 年代の鋼箱桁の設計は経済化を追求しすぎている傾向がある。また当時は、鋼道路橋の疲労に対する経験と知識も十分でなかった時代であった。以上のことを考慮すると、重量車両が通行しているルアングワ橋の耐用年数は、設計時に想定したものより著しく短いものと考えられる。

記録によると、1979 年にジンバブエ軍がルアングワ橋の一部を破壊した。その後約 20 年を経て、1997 年にデンマークの資金援助による補強工事が実施され、すべてのケーブルを当初の直径より大きい 65mm 径のケーブルに取り換えたほか、鋼製橋脚と塔の補強、桁の下フランジへの鋼板追加、床板下の横桁の追加、橋台と桁をつなぐウインドブレースの追加などを実施して、桁の垂れ下がり改善の工事が実施された。この工事により、中央径間の桁は補強工事前に比べて約 200mm 引き上げられた。

しかしながら、大規模な補修・補強によっても現行の重量車両が自由に通行するには強度が不足しているため、通航制限のもとに通行できる状況にある。補強工事の結果、1 台の重量車両の荷重条件に対しては、ケーブルに支持された構造全体としての強度を維持しているが、建設当時のまま残されている桁溶接部などで耐久性に影響する損傷は累積しているものと考えられる。

表 5.2-1 ルアングワ橋の諸元と現況

項 目	諸 元
橋 梁 形 式	3 径間連続鋼斜張橋
橋 長	L=302 m (40m+222m+40m)
幅員構成	車道 2 車線 (W=7.315m)、両側歩道(片側 W=1.440m) 床版全幅 W=10.195m
下部工形式	橋台:直接基礎、橋脚:直接基礎 (推定)
塔 形 式	鋼製箱断面、高さ 42m
ケ ー ブ ル	ケーブル配置:ハープ型 ケーブル形式:ロックドケーブル (直径 65mm)
床 版 形 式	横桁と合成した鉄筋コンクリート床版 (厚さ 175mm)
主 桁 形 式	鋼製箱断面の 2 主桁、778mm×1981mm
設 計 者	Freeman Fox & Partners
建 設 会 社	Dorman Long (Bridge and Engineering) LTD
設 計 基 準	不明
完 成 年	1968 年
通 行 制 限	最大重量 55 トン、走行速度 30km/時、橋上の通行台数 1 台

出典：調査団

表 5.2-2 ルアングワ橋の主な歴史

Year	補修・補強歴	完成後
1973	部分的な補修を実施した。	5 年
1979	ジンバブエ軍により部分的な破壊を受けた。	11 年
1997	大規模な補修・補強を実施した。全ケーブルを太いサイズに取り換え、鋼橋脚と塔の補強材追加、桁下フランジに鋼板追加、床板下に横桁追加、橋台と桁を連結するウインドブレースを追加、橋台の鉛直支承部のコンクリート再建などを実施して、桁の垂れ下がり を 200mm 改善。	29 年
2003- 2004	1997 年に交換したケーブルの軸力抜けを改善するため、ケーブル軸力の再導入を実施して、低下していた桁を引き上げた。	35 年

出典：調査団



写真 5.2-1 ルアングワ橋





写真 5.2-2 補強部分の例



写真 5.2-3 路面状況と橋梁側面

### 5.3 架け替えの必要性

ルアングワ橋の架け替えを考える上で、同橋には適当な代替や迂回路がないことを理解することが最も重要である。ルアングワ川はナカラ回廊が交差する河川の中で最も大きな河川であり、ルアングワ橋以外に、迂回路となりえる道路がザンビア国内にないことに加えて、他地域から東部州に入る道路が全くないことから、仮にルアングワ橋が通行できない事態が発生すれば、東部州の孤立を招くだけでなく、マラウイ及びモザンビークとの流通が途絶えることになる。また、ナカラ回廊が通過するザンビア、マラウイ及びモザンビークにとって重大な損失を及ぼすことになる。

現橋は、通行可能の最大車両を 55 トン、走行速度 30km/時、橋梁上の通行車両数を 1 台に制限しているため、10 台前後の車両が橋梁手前で順番を待つ状況がみられる。現橋を利用している重量車両のほとんどは、重量約 55 トンの 6 軸大型トレーラーであるが、重量制限がない他の国際回廊では、重量 55 トンを超える 7 軸と 8 軸のトレーラーが走行しており、こうした車両はナカラ回廊を利用することができない。したがって、車両重量の制限があるルアングワ橋はナカラ回廊の機能を制限しているボトルネックとなっており、ナカラ回廊の費用的時間的利点を活かせられない主要因となっている。

ルアングワ橋は建設直後から補修と補強を繰り返しながら使用されているが、建設から既に 50 年が経過している。中央径間の吊り桁部分は近年の交通量の増加、特に近年は 55 トンの重量制限いっぱいの 6 軸大型トレーラーを主体とする重量車両の通行によって、疲労損傷が急激に蓄積していることが確実である。建設当時の下フランジとウェブとの溶接部は補強工事によって外から見えない状況であるが、最大 55 トンの重量車両の通行が今後も増加することは確実であるため、損傷が急激に進行する。

我が国に当てはめれば、日常的に通行できる大型車両の総重量は 25 トンに制限されている状態に比較して、重量が 2.2 倍の車両が頻繁に通行することになる。鋼橋の疲労損傷に関する影響は、1 台の通行で 2.2 倍の 3 乗で 10.6 倍の被害を与えていることになり、25 トン大型車両の通行回数に換算すれば、200 台/日×10.6=2,120 台/日の場合に相当する。ルアングワ橋での走行パターンが同じと仮定すれば、昼間に平均 118 台/時つまり 1 分間に 2 台の割合で 25 トン大型トラックが走行している場合と同じである。このことから、ルアングワ橋を走行している大型トレーラーが、いかに大きな影響をもっているか理解できる。

さらに、現橋のルサカ側の取り付け道路は平面半径 80m 程度であり、今後も増加することが確実な大型トレーラーの走行にとって不十分な道路構造である。過去には、大型車両同士の正面衝突事故が発生しており、交通安全上の危険個所として認識されている。しかしながら、取り付け道路の改良は急傾斜の斜面をもつ地形の制約から実質的に不可能であり、ルアングワ橋と取り付け道路のいずれもがナカラ回廊のボトルネックとしての要因を抱えている。

以上から、ナカラ回廊の整備に合わせて現ルアングワ橋の早急な架け替えが必要である。



写真 5.3-1 ルサカ側取付道路の急カーブ

## 6. 交通量

### 6.1 現在の交通量

ルアングワ橋を利用する交通量は、ザンビア国内のナカラ回廊沿線に大きな町がないため、ルサカ～チパタ間の交通量から判断することができる。図 6.1-1 は、各回廊の重量車両の交通量を示しており、ナカラ回廊の換算標準時軸重の通行数は、ダルエスサラーム回廊の約 70%、リビングストンへの南北回廊の 50%である。最も際立つ特徴は、図 6.1-2 に示すように 2007 年の重量車両を対象にしたデータによると、ナカラ回廊で軸重が 8.16 トンを超過する車両の比率は 52.5%、すべての軸重が超過している車両の比率は 28.1%で、ともに他の回廊と比べて著しく高い数値を示しており、重い車両が日常的に通行している実態を示している。また、乗用車換算係数は、回廊全体の平均値よりも高く、大型バスで 3.0、通常トラックで 4.0、大型トレーラーで 4.6、と推定されている。

石油を輸送している 6 軸の大型タンカー車など、港湾側からルサカに向かう交通が多く、逆方向の交通量が少ない傾向があるとされている。このことから、大型タンカー車などのかなりの部分は、ルサカに到着したあと、戻ることなく別の目的地に向かい、別のルートで港湾に戻っている可能性がある。

今回実施した交通量調査によると、ルアングワ橋を通行する車両の内訳は、乗用車が 53.5%を占めており、重量車両については大型バスが 10%、残りは概ね 6 軸の大型トレーラーが占めている。図 6.1-2 はナカラ回廊を利用している交通の特性を示しているが、他の回廊と比較して大型トレーラーの比率が少ない。一方で、2 輪トラックの比率が著しく多い傾向がある。これは、ザンビアの物資輸送の主役である大型トレーラーが交通制限のあるナカラ回廊の利用を避けていることを示唆するものである。ルアングワ橋の交通量の特徴について付近の住民に聞き取り調査した結果を次の表に示す。これによると、主観的な判断であるため、客観的な観測数値とは一致しないが、次のような印象を持っていることが分かる。曜日の違いによる交通量の変化が少ない、夜間にも交通量が多い、交通量のほとんどは大型トレーラーである、そして農業生産時期には交通量がかなり増加する。

なお、調査時点ではルサカからナカラ港までの道路整備が完了していないため、ナカラ港から直接入っている車両はほとんどないと考えられる。

表 6.1-1 ルアングワ橋の交通量についての聞き取り調査結果

	質問	回答
1	月曜日から日曜日のうち、最も交通量が多い曜日はどれか。	ほとんど同じ。
2	土曜日と日曜日のうち、交通量が多いのはどれか。	変わらない。
3	1日のうち交通量が多い時間帯はいつか。	4:00-8:00 と 18:00-24:00 である。
4	夜間の交通量はほとんどないか。	夜間も交通量がある。
5	交通量の大部分は大型トレーラー（トラック）か。	そのとおり。
6	大型トレーラーはどこから来るのか。	ベイラ港からの車両である。 ナカラ港からの車両はない。
7	農業生産の時期に交通量は多くなるか。	そのとおり。
8	農業生産の時期に増加交通量はどれくらいか。	1日あたりで 100~200 台の増加である。

出典：調査団

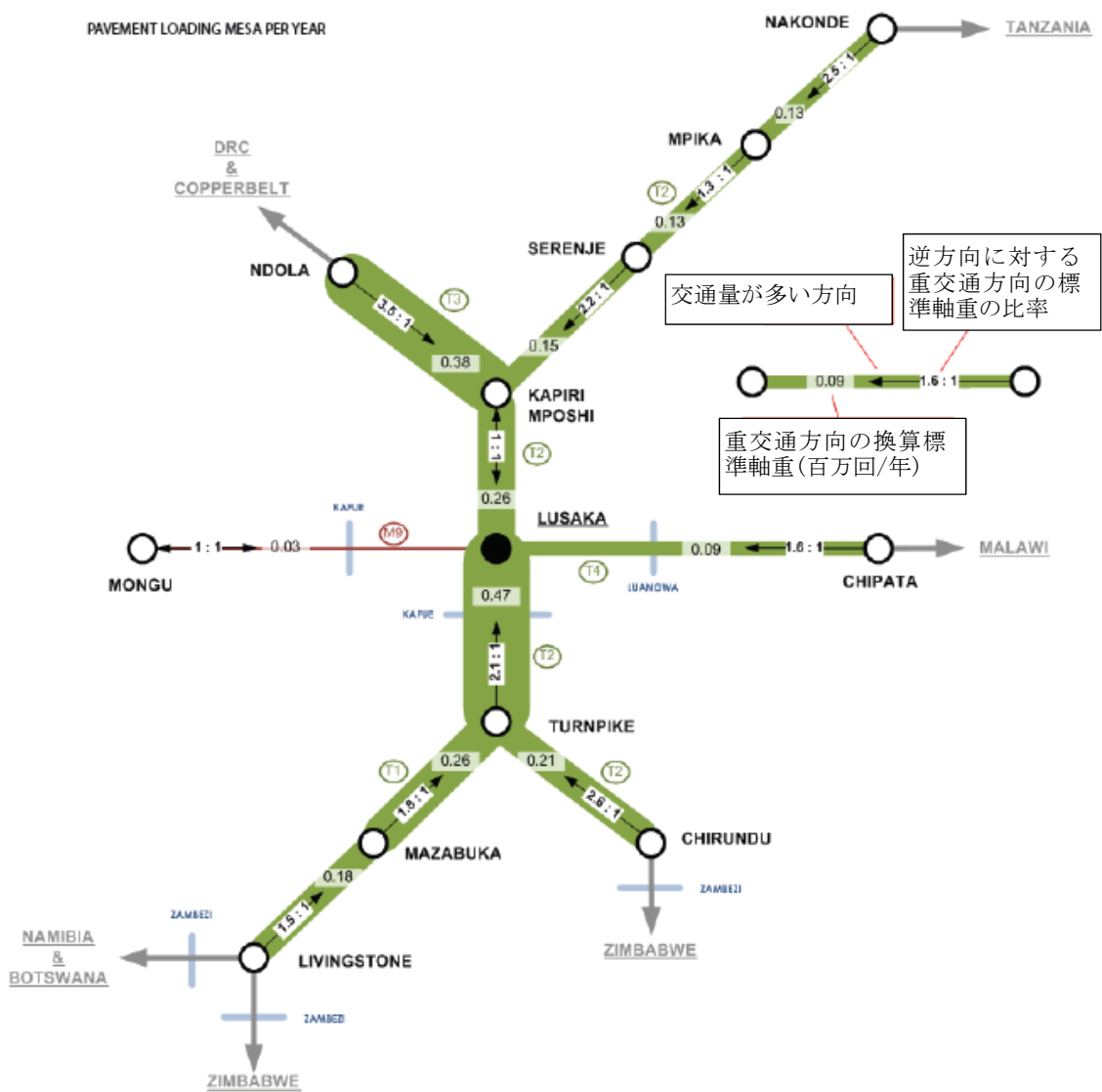


図 6.1-1 各回廊の交通量

出典：ANALYSIS OF AVAILABLE AXLE LOADING DATA

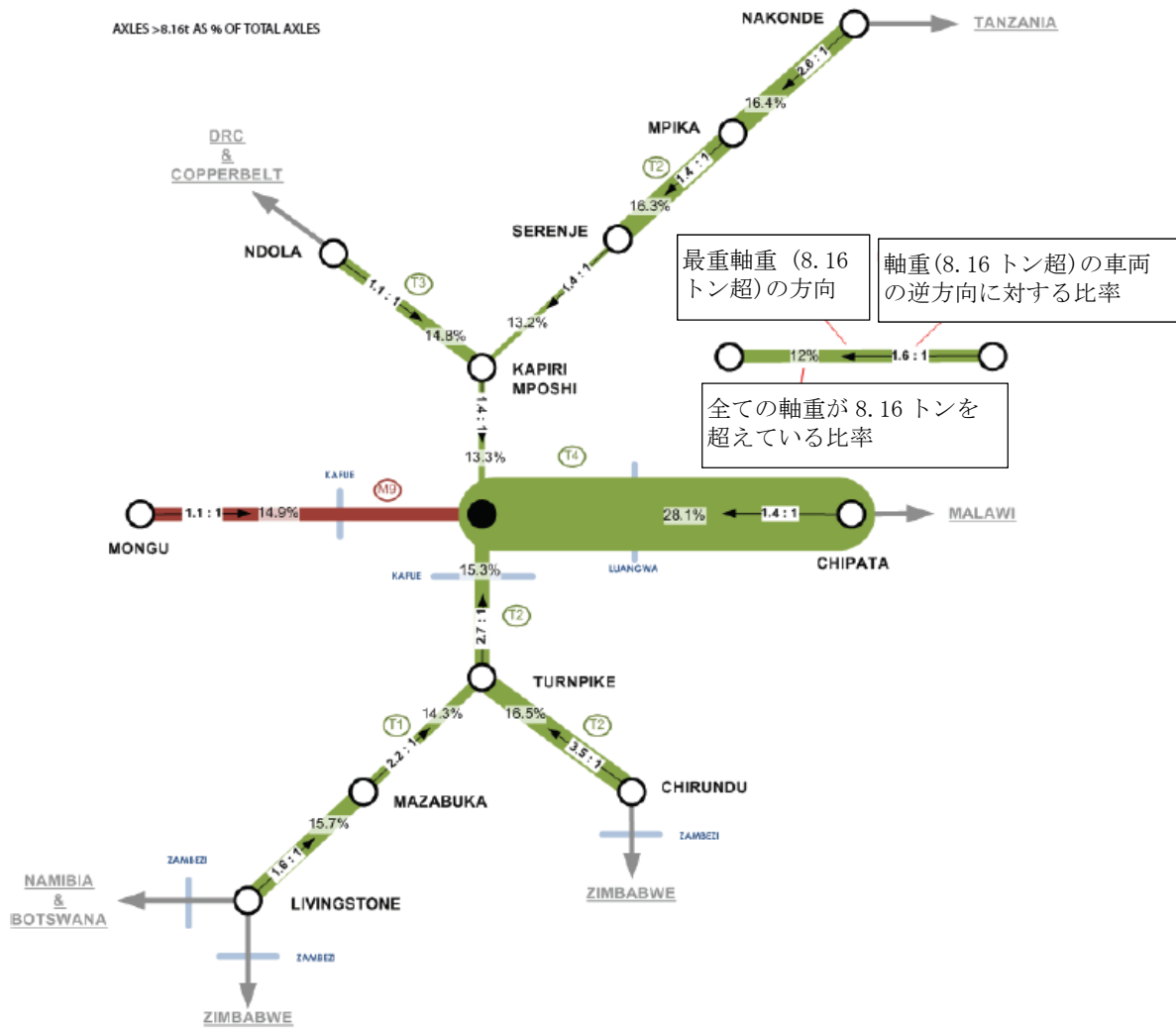


図 6.1-2 各回廊の重量交通量

出典：ANALYSIS OF AVAILABLE AXLE LOADING DATA



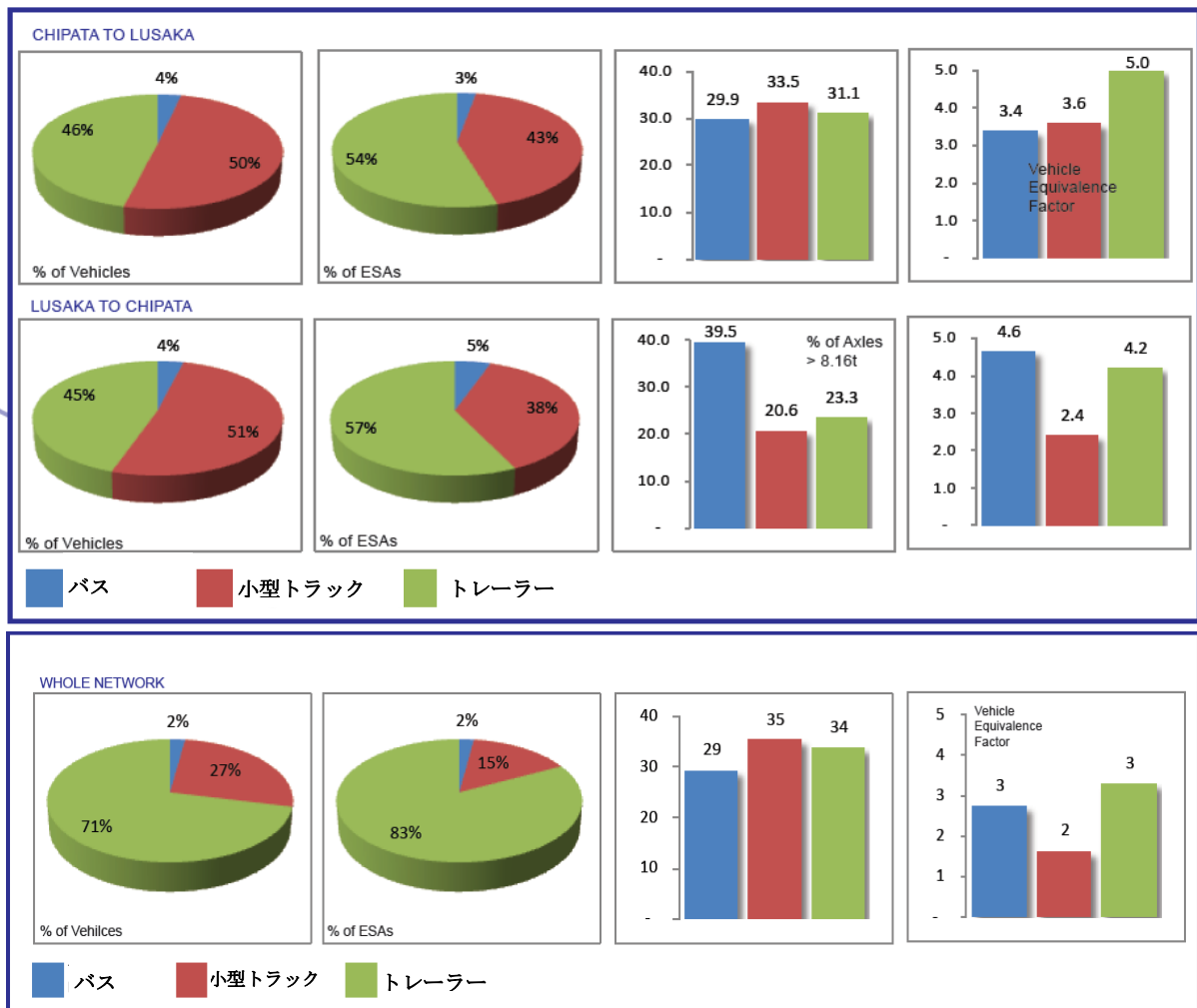


図 6.1-3 ナカラ回廊利用交通の特性

出典：ANALYSIS OF AVAILABLE AXLE LOADING DATA

2019年2月1日から2月2日にかけて測定した交通量を表 6.1-2 に示す。1日の交通量は598台であった。大型トレーラー、大型トラックの利用が約1/3を占めており、ナカラ回廊が重要な輸送路であることを示している。最も利用が多かった車種は6軸の大型トレーラーであり、既定の軸重を満足しながら重量制限55トンに適合する最大車両であると考えられる。

時間別の通行数をみると、7:00から19:00までの12時間に多くの通行がある。夜間の通行数は昼間の半数程度に減少している。特に、乗用車の走行は、夜間に大きく減少しているが、大型トレーラーの減少率は乗用車ほどに減少率が大きくなく、夜間も走行している。なお、今回の調査時期は農業収穫期ではないため、農産物を輸送するトラックはほとんど通行していないと考えられる。仮に、PCU単位で15%増加するとすれば、1日当たりの通行数は、1,679台となる。

図 6.1-5 は、チルンド橋及びリビングストーンに至る道路で、11:00から12:00までの1時間交通量を測定した結果である。物資輸送を主に担っているのは大型トレーラーであることが明らかになっている。今回の測定では、ナカラ回廊で主体的な6軸大型トレーラーに混じって、より大量の輸送に適する7軸と8軸の大型トレーラーがかなり通行していることを確認している。このことから、交通制限の有無によって、輸送の主体となる大型トレーラーの規模が変化することがわかる。

表 6.1-2 24時間交通量(2019年2月1~2日)

車種	乗用車	小型トラック	バス	大型トラック /トレーラー	合計
日交通量	316	19	53	210	598
比率 (%)	52.8	3.2	8.9	35.1	100.0
乗用車換算係数	1.0	1.0	3.0	4.6	
PCU	316	19	159	966	1,460

出典：調査団



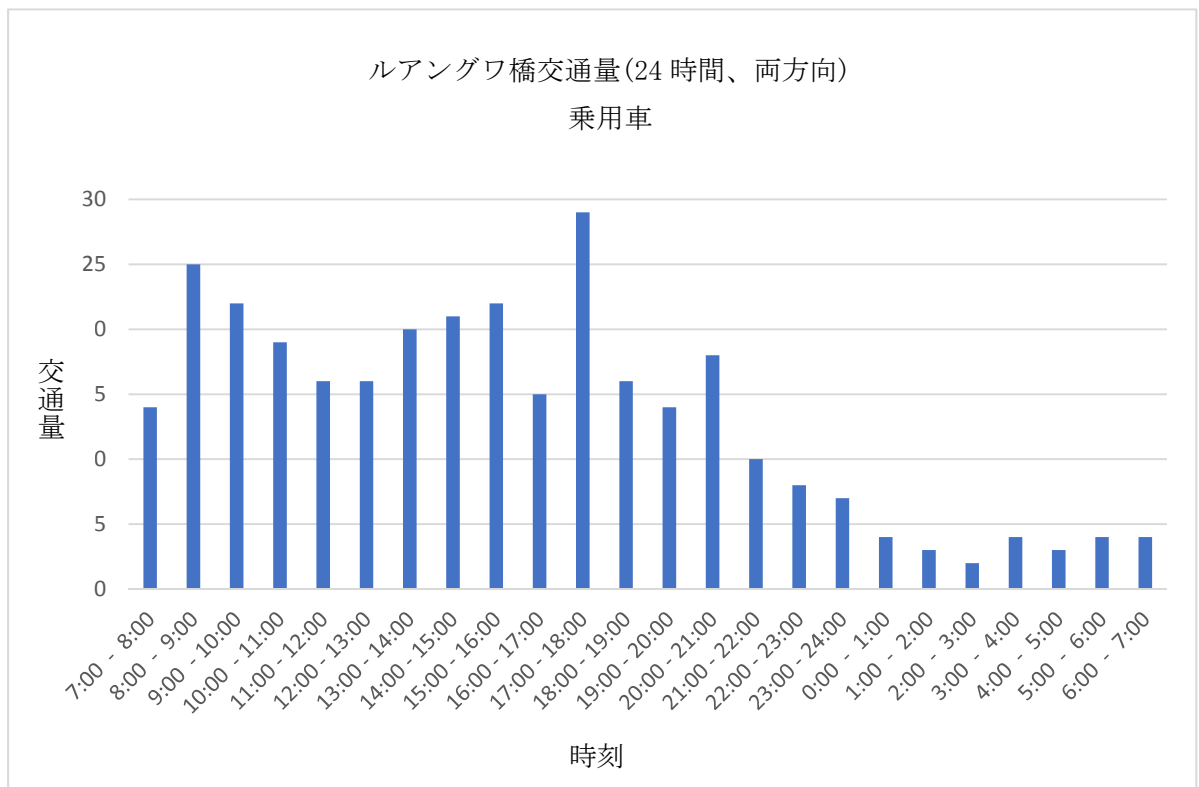
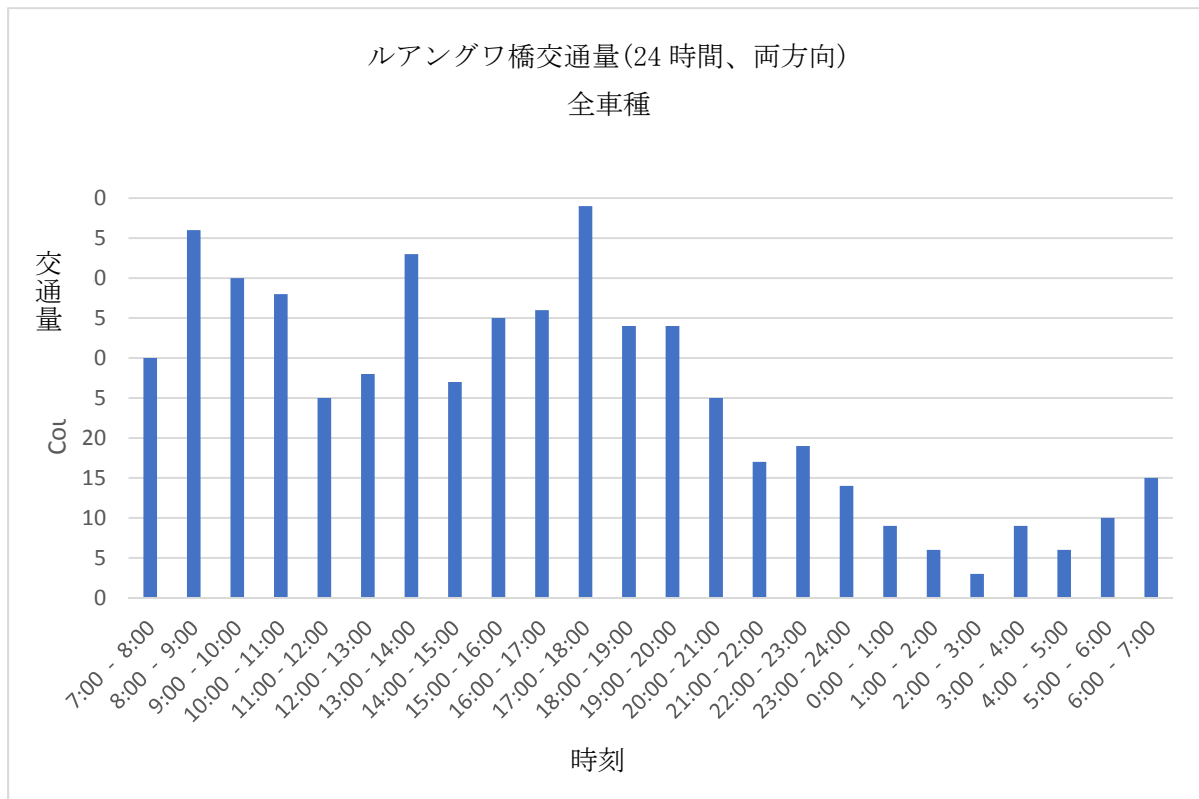


図 6.1-4 ルアングワ橋の交通特性

出典：調査団

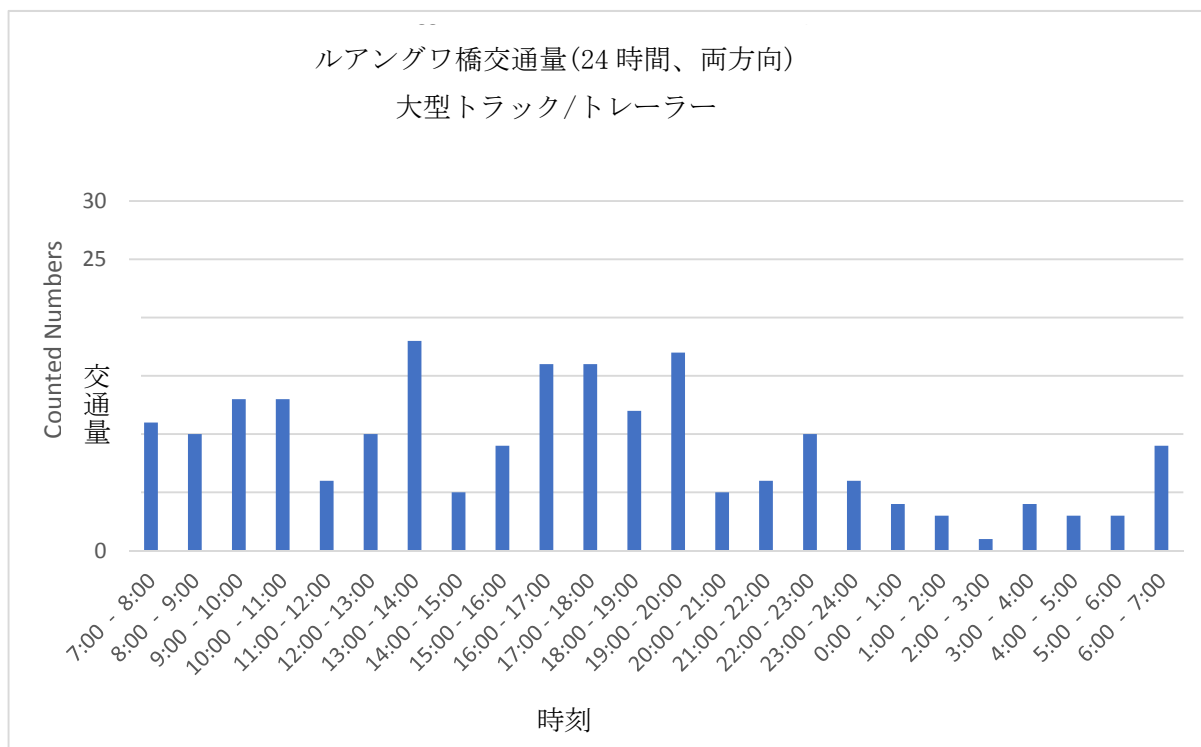


図 6.1-5 ルアングワ橋の交通特性

出典：調査団

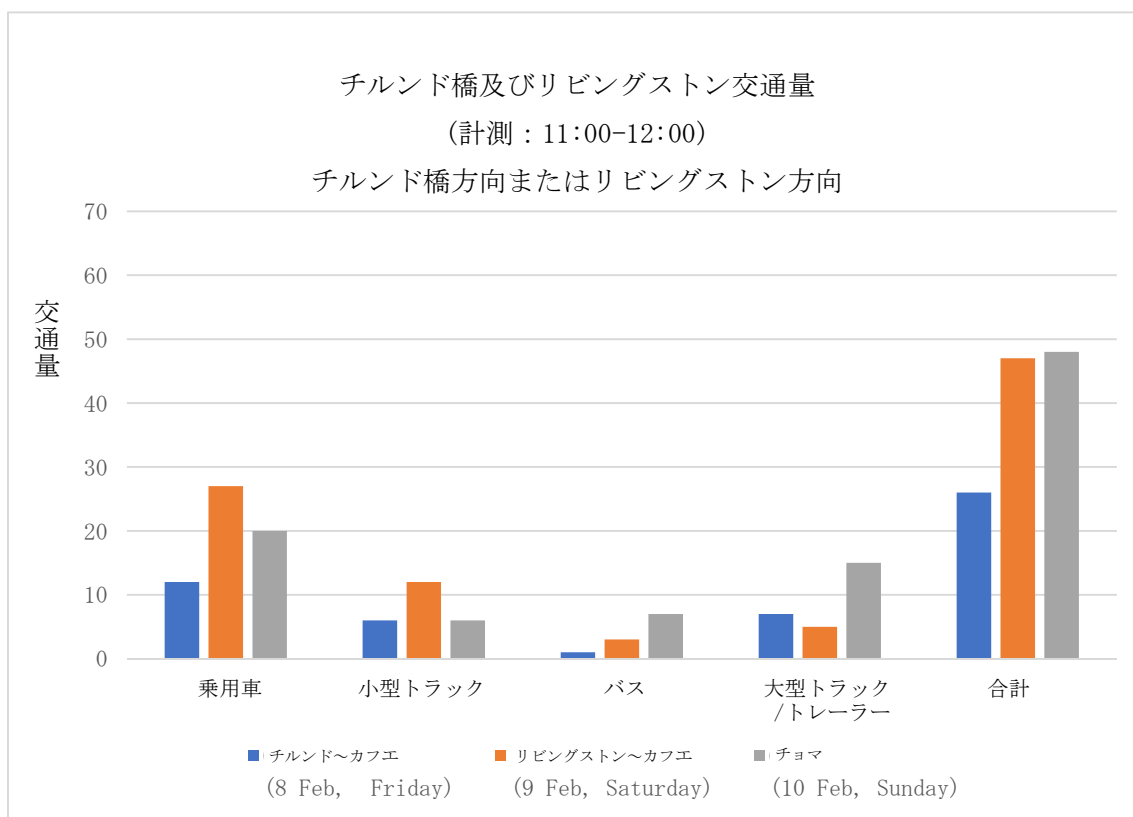


図 6.1-6 チルド橋、リビングストンの交通特性

出典：調査団

## 6.2 将来交通量

本業務では将来交通量を予測していないため、RDAによる交通量調査結果からナカラ回廊の将来交通量の予測を試みるにとどめる。

ナカラ回廊の交通量は、ザンビアだけでなく、通過するマラウイとナカラ港を擁するモザンビーク国内での回廊整備の状況に強く影響を受けるだけでなく、先に述べたように、チパタでの鉄道連絡の利便性と国境通過時の通関手続きに要する日数に影響されるものである。

ルアングワ橋の架け替えが完成した時点では、重量55トン、1台通行の制限が解消できるため、大型トレーラーが自由に走行可能となる。特に、他の回廊で通行していながら、現在のナカラ回廊でほとんど通行していない7軸トレーラーの通行が増加することは確実であると考えられる。同時に輸送時間の短縮が可能になるため、他の回廊からの転換によって急激に交通量が増加することが想定される。

2015年の交通量調査によると、ルサカ～リビングストーン間を通行した大型トレーラーの数は620～710台/日であるが、アジアと中東地域との貿易量が約25%あることを考慮して、仮にダーバン港に至る南北回廊からの転換が15%発生するだけで、大型トレーラーの走行台数は現在の200台/日から250台/日に25%増加する。ザンビアのアジア地域及び中東地域との貿易量が、全世界の30%程度に達することから、さらに急激な増加が予測される。

また、現在はダルエスサラーム港からの輸入物資が相当の比率を占めているが、ルアングワ橋の交通制限が解消されれば、距離的費用的に有利なナカラ港からの輸入に転換することは時間の問題であるため、ナカラ回路を通行する大型トレーラーの交通量はさらに増加すると考えられる。

さらに、広大な国土を有する北の隣国コンゴ民主共和国及び西のアンゴラの東部地域は、大西洋に面した自国の港湾までの陸上距離が非常に長く、アジア及び中東方面との取引に関しては、ダーバン港に比べて、ルサカ経由でナカラ回廊やベイラ回廊を通り、インド洋に連絡するほうが距離的かつ費用的に有利な場合がある。実際、コンゴ民主共和国の最大の輸出品である銅資源は、ルサカ経由で相当な比率が輸出されているため、ナカラ回廊の利用も今後増えるものと考えられる。

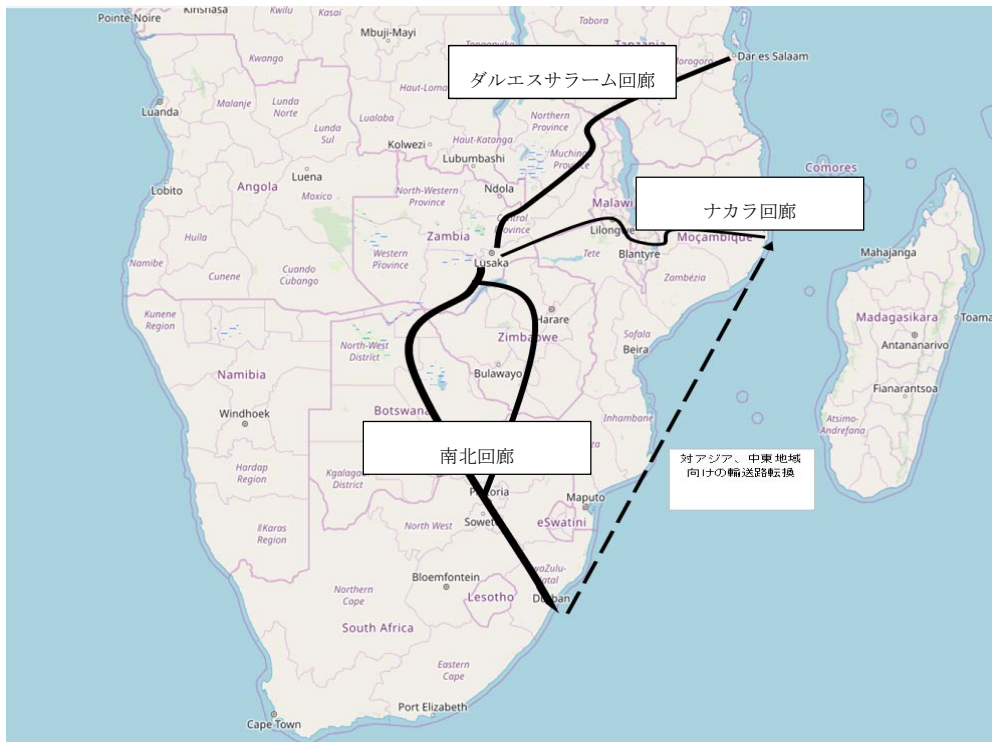


図 6.2-1 ナカラ回廊への転換交通量

出典：調査団

## 7. 橋梁計画

### 7.1 架橋位置

現橋は、ルアングワ橋マーケットからルアングワ川右岸に沿って長さ約 1km の取り付け区間を通過して最も川幅が狭い場所を渡っている。新しい架橋位置は、図 7.1-1 に示すいくつかの候補が考えられる。

現橋より上流側の A 案は、工事中に現在の取付道路を閉鎖しないことを意図した案であるが、急傾斜の斜面を避けることができないため、左岸側の橋台建設が非常に困難である。B、C、D 案は、マラウイ側の取付道路の延長を短縮することを意図した案である。しかし、E 案に比較して河川幅が狭い利点はあるが、右岸側または左岸側に傾斜がきつい斜面があるため、大規模な掘削工事が避けられないこと、現在の取り付け道路の線形の改善が不可能であること、そして何よりも工事中に現道の交通に支障を及ぼすことに欠点がある。現橋はルサカから東部州へ入る唯一の道路であるため、現道は常に開放しておく必要がある。

E 案は、現在の取付道路を自由に通行させるとともに、道路延長が短いバイパスを建設することを意図している。川幅が広く最も長い橋長が必要になるが、乾季の左岸側に川幅の半分以上の砂地が出現するため、水中工事なしで経済的な工事を実施できる利点がある。工事中に現道の交通は完全に開放できること、両側の地形がゆるやかで取り付け道路の建設が容易な点で最も優れている。道路の幾何構造についても、同時に解決できるルートである。

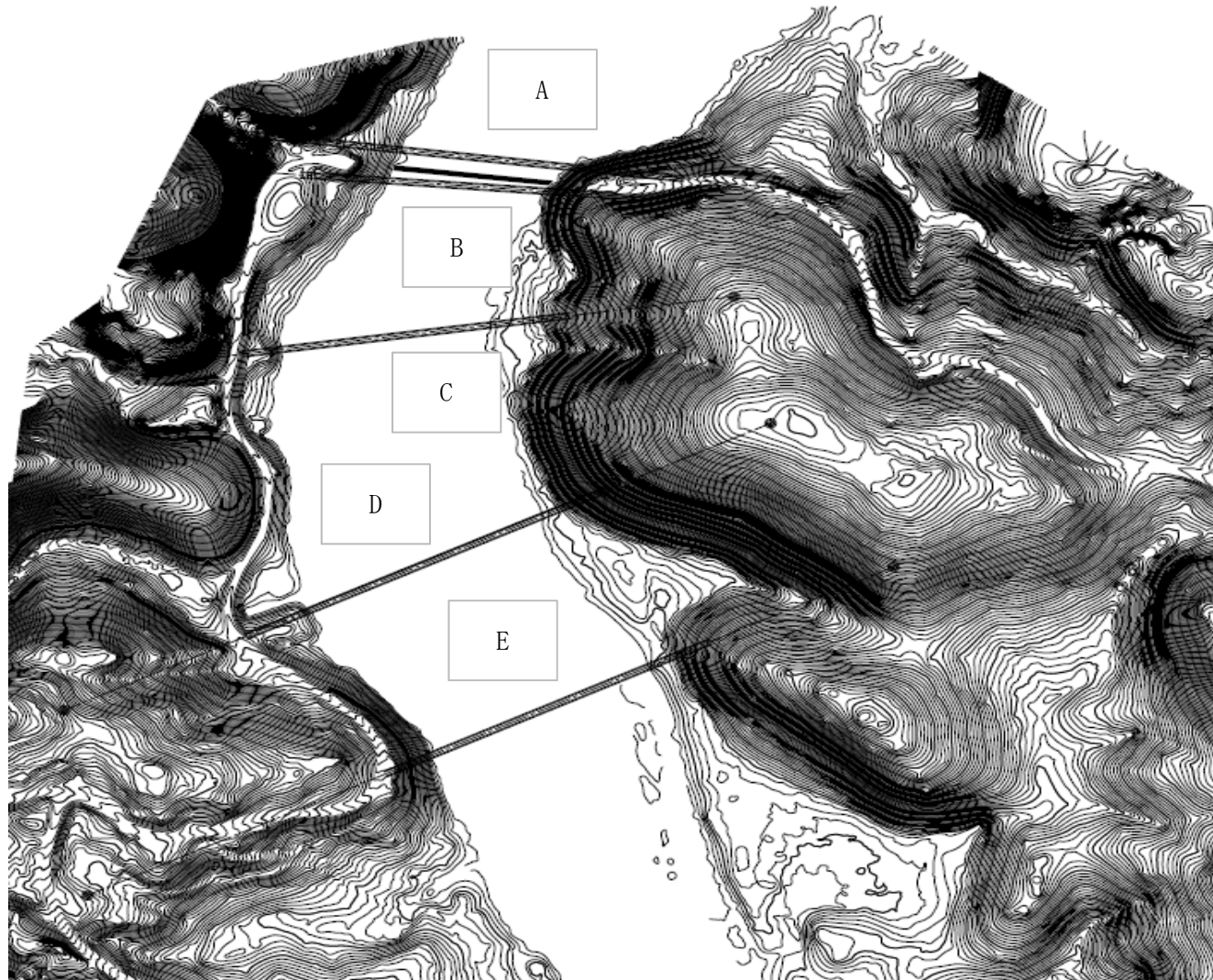


図 7.1-1 比較ルート

出典：調査団

表 7.1-1 候補ルートの比較

比較項目	A	B	C	D	E
特徴	現橋の上流側ルート。右岸側の斜面が急で、Bルートよりも長い橋長が必要。橋梁建設が困難。	現橋の下流側で、最も川幅が狭いルート。右岸側左岸側ともに斜面が急で、橋梁とアプローチ道路の建設が困難。	現橋の下流側のルート。Bルートより長い橋長が必要。左岸側の斜面が急で、橋梁とアプローチ道路の建設が困難。	現橋の下流側のルート。B、Cルートより長い橋長が必要。左岸側の斜面が急で、橋梁とアプローチ道路の建設が困難。	右岸側の現アプローチ道路を使わないルート。橋長はCルートとほぼ同じ。橋梁とアプローチ道路の建設が最も容易。
橋長	450～500m	350～400m	450～500m	500m	500m
乾季の水路幅	100m	100m	150m	130m	130m
最長支間長	130m	150m	150m	150m	150m
水中基礎工事	乾季後半に施工すれば必要ない。	乾季後半に施工すれば必要ない。	可能性がある。	乾季に施工すれば必要ない。	乾季に施工すれば必要ない。
アプローチ道路	右岸側アプローチ道路の建設が非常に困難。右岸側の現アプローチ道路の改良が必要だが、改良工事が非常に困難。	右岸側左岸側ともにアプローチ道路の建設が非常に困難。右岸側の現アプローチ道路の改良が必要だが、改良工事が非常に困難。	Bルートに同じ。	Bルートに同じ。	左岸側のアプローチ道路は長い、建設は最も容易。
護岸	左岸側の必要になる可能性がある。	必要ない。	必要ない。	必要ない。	必要ない
利用性	最も不利。	B、C、D、Eルートよりも不利。	C、D、Eルートよりも不利。	Eルートよりも不利。	Luangwa Bridge Marketに近く、最も優れている。
道路線形	現道の線形改良はできない。	完全な線形改良はできない。	完全な線形改良はできない。	完全な線形改良はできない。	道路線形が完全に改良できる。
環境保全	大規模な地形改変が必要である。	大規模な地形改変が必要である。	大規模な地形改変が必要である。	大規模な地形改変が必要である。	小規模な地形改変が必要である。
住民移転	ない。	ない。	ない。	ない。	右岸側に数軒の移転が必要になる可能性がある。
工事中の現道への影響	現道の通行止めが必要。	現道の通行止めが必要。	現道の通行止めが必要。	現道の通行止めが必要。	ない。
技術的妥当性	適切でない。	適切でない。	適切でない。	適切でない。	適切である。
工事費	Eルートとほぼ同じ	Aルートより高い	Aルートより高い	Aルートより高い	Aルートとほぼ同じ
評価	不適當	不適當	不適當	不適當	適當

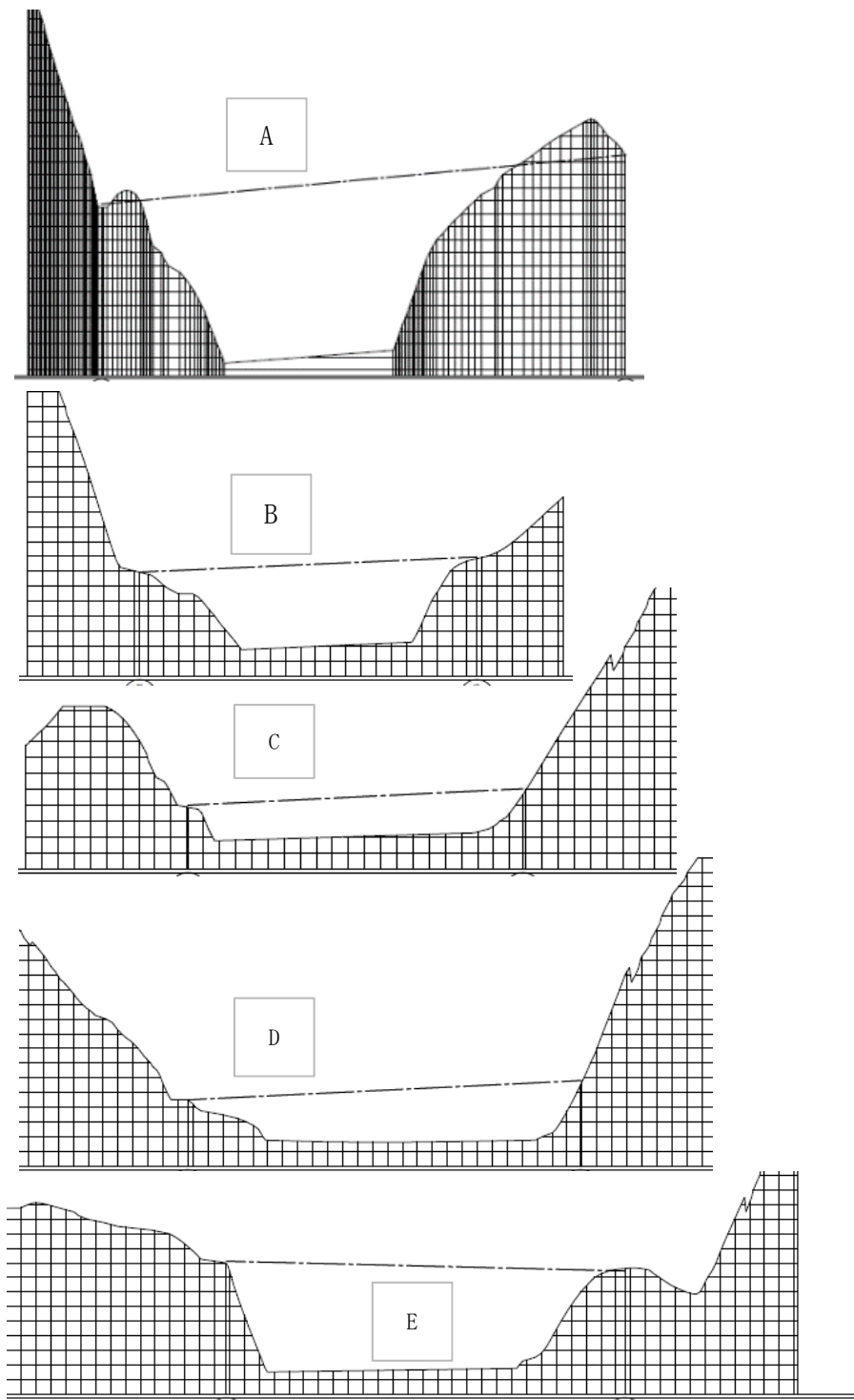


図 7.1-2 比較ルートの断面

出典：調査団

## 7.2 橋梁形式

河川内で河床の季節変動が生じるため、雨季に深い水路を形成する範囲に基礎を設置することは適切ではなく、上部構造としては、1)支間長 150m の 4 径間連続 PC ラーメン箱桁橋、2)同じ支間を有する 3 径間連続 PC 箱桁橋と支間長 30m の PC 桁橋の組み合わせ、及び 3)支間長 300m のエクストラード橋を比較する。鋼橋は港湾から遠いため輸送に相当な困難が予想されること、工事数量の減少によって下部工工事の工事単価の増加が見込まれること、及び将来の維持管理を考慮して、比較対象から除いた。

通常の条件であれば、支間長が短い PC 桁橋を組み合わせる案が最も経済的であるが、本件の場合は、河床変動範囲を避けるため支間長 150m の大型橋梁が最低限ひとつ必要となり、河川中の支持層が深く高い橋脚の数が増加するため、経済性が発揮できない。周辺環境との調和にすぐれ、維持管理に技術的な問題が少ないことから、4 径間連続 PC ラーメン箱桁橋が最も適している。

河川内に N 値 30 の砂層が厚く堆積している条件で、河床の変動深さと洗堀の影響を考慮すれば、基礎の支持層は河床から 15m 以下の砂層とするのが妥当である。基礎形式はケーソン基礎が適切で、施工方法は乾季にオープンケーソンを沈下させる方法を想定する。この場合、掘削場所の砂層の安定を確保するため、オープンケーソン内部の水位を高めに維持することが重要である。

基礎形式をケーソン基礎、支持地盤を N 値 30 の砂層、土の粘着力  $C=0$ 、内部摩擦角  $30^\circ$  として、道路橋示方書下部工編に基づき、基礎底面地盤の極限鉛直支持力度の特性値と同制限値の試算結果を表 7.2-1 に示す。15m の根入れを確保すれば、軟岩の約 50%の極限鉛直支持力度の制限値が得られるため、基礎の設計は可能である。

表 7.2-1 根入れ深さと鉛直支持力度の制限値

Df (m)	$\beta$	$\gamma 1$	B	$N\gamma$	$\gamma 2$	$Nq$	qd (kN/m <sup>2</sup> )	qyd (kN/m <sup>2</sup> )	全体(50m <sup>2</sup> )の鉛直支持力制限値 (kN)
5	0.8	10.0	5.0	15.0	10.0	18.0	1,200.0	631.8	31,590.0
10	0.8	10.0	5.0	15.0	10.0	18.0	2,100.0	1,105.6	55,280.0
15	0.8	10.0	5.0	15.0	10.0	18.0	3,000.0	1,579.5	78,975.0
20	0.8	10.0	5.0	15.0	10.0	18.0	3,900.0	2,053.3	102,665.0

注) 砂層の単位体積重量= 19kN/m<sup>3</sup>、有効根入れ深さ Df



表 7.2-2 橋梁形式の比較


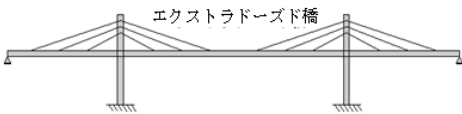
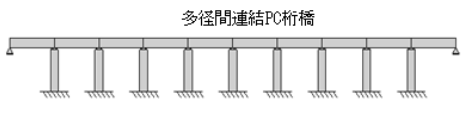
 <p>PC箱桁橋</p>	構造	PC鋼材を有する箱形断面主桁からなる連続桁
	維持管理	ラーメン橋の採用で上下部工一体の構造とすれば、維持管理性は高い
	経済性	エクストラードード橋に比べて工費はやや安価
 <p>エクストラードード橋</p>	構造	主桁の外にPC鋼材を配置し、低い主塔と剛性の高い主桁を持つ構造
	維持管理	ケーブルとその定着部の維持管理が課題
	経済性	PC箱桁橋に比べて工費はやや高い
 <p>多径間連結PC桁橋</p>	構造	プレキャスト桁を架設し、中間橋脚上で桁を結合して連続桁とする
	維持管理	中間橋脚上で路面は連続し、維持管理性が高い
	経済性	上部工の工費は3案の中で最も安価

表 7.2-3 河川中の下部工形式の比較

基礎形式	直接基礎	(オープン)ケーソン基礎	杭基礎
支持地盤の位置	浅い支持地盤に適用	やや深い支持地盤に適用	深い支持地盤に適用 (直接基礎、ケーソン基礎が適用できない深い支持地盤)
一般的な支持層の深さ	0~10m	7~40m (max. 70m)	10~70m (max. 90m)
主な支持機構	底面の鉛直支持力	底面の鉛直支持力及び側面の水平支持力	杭先端の鉛直支持力及び 杭周面の水平支持力と摩擦力
河床変動の影響	洗堀	洗堀	洗堀、突出杭
施工機械の入手	一般的な建設機械であり容易	一般的な建設機械であり容易	杭打機の入手が必要
施工性	深い砂層では掘削が困難	乾季にオープンケーソンの施工は容易	やや容易
ルアングワ川での適用性	不可	可能	概ね可能
評価	不適當	適當	ケーソンより経済的な場合に適用可能

### 7.3 事業区間

現道はルサカと東部州を結ぶ唯一の幹線道路であるため、架け替え工事中も交通止めを避けることが重要である。計画路線は、ルサカ側の右岸にある集落の北端で現道から分離し、対岸のマラウイ側にある標高 500m の小高い丘の北側斜面で土工区間に入り、平均勾配 4%程度で現道に合流するまでの全長約 1,600m を事業区間とするのが適当である。1600m のうち、橋梁区間は 480m、残り 1,120m はマラウイ側の取り付け道路区間である。

マラウイ側の取り付け道路は、橋梁建設工事の資材輸送路として使用して、工事後に転用する。住民が利用している道路は幅員が狭く、集落の中央を横断するため、工事用に使用することは適当ではない。

表 7.3-1 事業区間

橋梁延長	500m
道路延長	1,100m
ルサカ側	50m
マラウイ側	1,050m
合計	1,600m

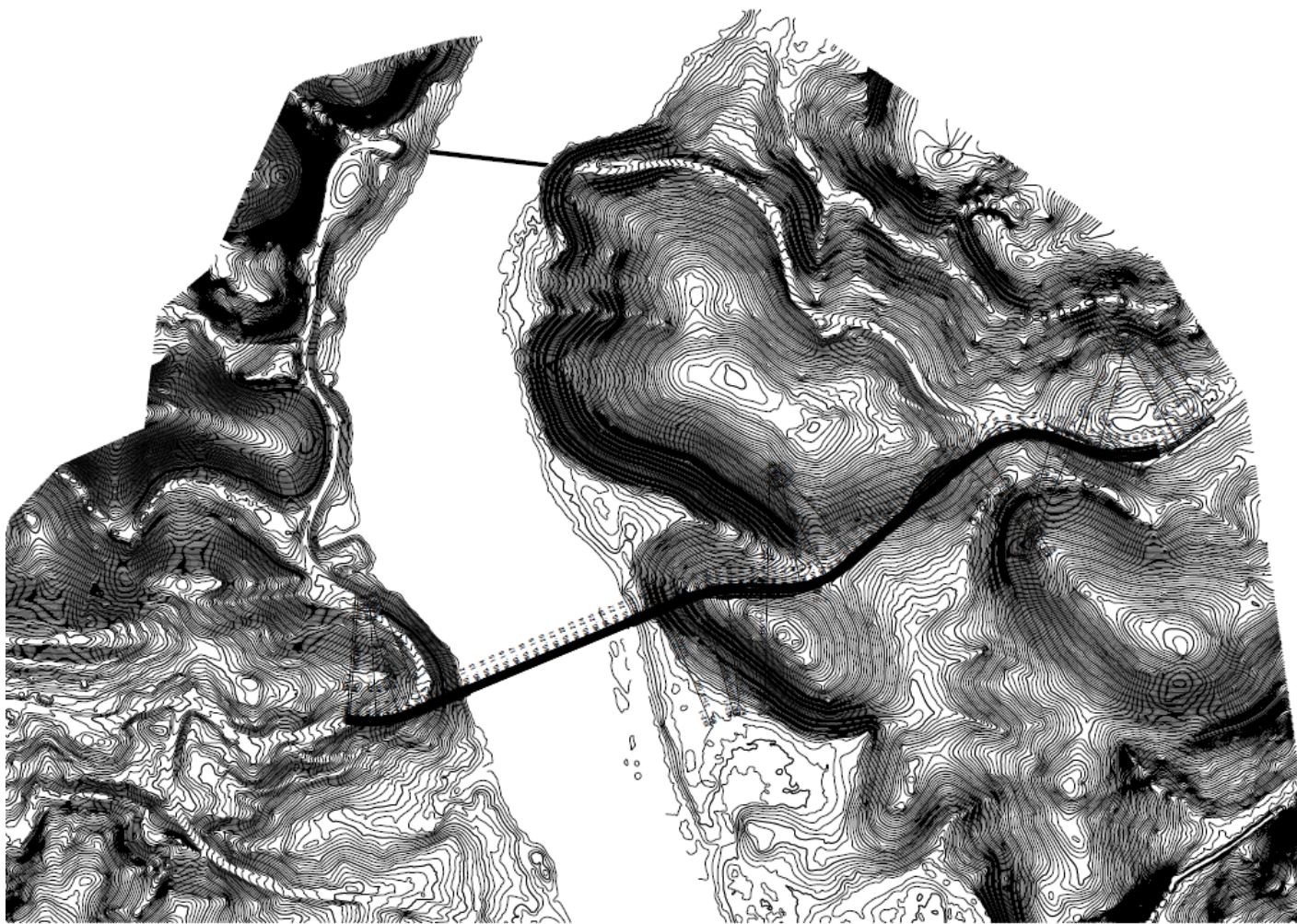


图 7.3-1 平面图

#### 7.4 設計条件

事業区間の設計基準はザンビア国内でナカラ回廊に適用する基準を適用するのが適当である。本調査段階で想定している設計条件を表 7.4-1 に示す。

表 7.4-1 主な設計条件

設計速度		60 km/h
車線数		2
車線幅		3.5 m×2
路肩幅	橋梁	0.5 m×2
歩道幅	橋梁	0.75 m×2
アスファルト舗装厚	橋梁	80 mm
	道路	100 mm
設計基準	橋梁	SATCC Code of Practice for Design of Bridges
	道路	SATCC Code of Practice for Geometric Design

#### 7.5 工事工程

地域で建設した同規模の橋梁の実績から、工事期間は着手後 36 か月を予定する。

表 7.5-1 工事工程案

	第 1 年	第 2 年	第 3 年
準備工事	■		
基礎工事	■		
下部工事		■	
上部工事		■	■
舗装等			■

#### 7.6 概算事業費

想定している設計条件を前提に、免税を見込んだ概算事業費を表 7.6-1 に示す。4 径間連続 PC 箱桁ラーメン橋の場合で、49.0 億円～51.0 億円である。なお、免税の範囲が現段階で明確にできないため、事業費に幅を持たせている。

表 7.6-1 概算事業費比較

単位：百万円

内訳	4 径間連続 PC 箱桁 ラーメン橋	3 径間連続 PC 箱桁 ラーメン橋 +連続 PC 箱桁橋	3 径間連続エクストラ ドーズド橋
建設費	4,380～4,570	4,400～4,580	4,550～4,740
設計監理費	300	300	350
予備費	220～230	220～230	230～240
合計	4,900～5,100	4,920～5,110	5,130～5,330

## 7.7 検討結果のまとめ

以上の検討により、ルアングワ橋の架け替え計画を次のように整理する。

- ① ナカラ回廊の一部である現在のルアングワ橋の重要性を考慮して、同橋と取付道路は常に自由に通行できる架け替え計画が必要である。
- ② ザンビア国内のナカラ回廊の整備水準に合わせて、道路は 2 車線とすべきである。
- ③ 道路線形を完全に改良することができ、周辺住民が利用しやすいバイパス・ルートを建設すべきである。
- ④ 橋梁延長は 500m の規模とし、PC 箱桁ラーメン橋が経済的な橋梁形式である。
- ⑤ 経済的な建設を実現するため、乾季に基礎工と下部工を建設すべきである。
- ⑥ 住民の歩行のため、橋梁には歩道を設置すべきである。

## 8. 今後の調査における留意点

本調査の結果を受けて実施される今後の調査において、留意すべき点を以下に整理する。

- ・ 今回の調査は活動の制約が多い雨季に実施したため、活動が容易で、現地の状況が大きく変わる乾季に調査を実施すべきである。
- ・ 橋梁計画・設計に必要な基礎情報であるルアングワ川河川中の地盤状況を把握するため、少なくとも橋脚計画位置の周辺でのボーリング調査を実施することが必要である。
- ・ 取り付け道路の計画精度を向上させるため、現地踏査を実施する必要がある。特にマラウイ側の排水処理について計画することが重要である。
- ・ 農産物収穫期にルアングワ橋の交通量が増加するとされているため、同時期に 24 時間の交通量調査を行うことが適切である。
- ・ 内陸国であるザンビアで実施する架け替え工事に必要な資材機材の入手先、価格を調査する必要がある。
- ・ ザンビアでのコンクリート製造方法を調査する必要がある。
- ・ ルアングワ橋の周辺に適切な宿泊施設がないため、工事期間中の事務所、宿舎、プラント等の設置場所を検討し、ヤード計画を作成することが必要である。架け替え工事の施工手順と仮設備計画を検討する必要がある。
- ・ ルアングワ橋の上流側に発電用ダム建設が構想されているとの情報があるため、計画の進展を確認することが重要である。



## Appendix A 収集資料・レポート

	資料名	年月
1	モザンビーク国ナカラ回廊経済開発戦略策定プロジェクト	2015.4
2	(en)モザンビーク国ナカラ回廊経済開発戦略策定プロジェクト	2015.4
3	ナカラ回廊経済開発戦略策定プロジェクト報告書	2015.4
4	アフリカの回廊開発戦略マスタープラン (JICA 説明会資料)	2017.1
5	ナカラ回廊開発促進計画 (有償勘定技術支援) ファイナルレポート	2018.3
6	ナカラ回廊道路網改善事業準備調査報告書ファイナルレポート	2018.5
7	回廊開発・戦略的マスタープラン (JICA 説明会資料)	2017.1
8	ナカラ回廊総合開発 (ザンビア・マラウイ) にかかる情報収集・確認調査 ファイナルレポート	2018.3
9	Multinational Malawi-Zambia Nacala Road Corridor Development Project Phase IV	2013.11
10	東部アフリカ北部回廊物流網整備マスタープラン策定支援プロジェクトファイナルレポート	2017.3
11	Infrasector Profile 2013	2013
12	RDA Annual Report 2016	2016
13	Revised Regional Indicative Strategic Development Plan	2015
14	Zambia in Figure 2018	2018
15	ZDA 2014 ANNUAL REPORT	2014
16	ザンビアの経済概況 2018	2018
17	ザンビア第7次国家開発計画 (2017 - 2021)	2017
18	ザンビア第5次国家開発計画等に関する調査	2007.3
19	全国道路整備計画 Link Zambia 8000	2012
20	RDA road maintenance strategy 2015-2024	2015
21	Revised National Transport Policy	2016.11
22	アフリカ (エチオピア、ガーナ、タンザニア) 資金協力事業による道路整備計画のあり方 (基礎研究) 報告書	2013.3
23	アフリカ地域北部回廊物流網整備マスタープラン策定支援プロジェクト	2017.3
24	Luangwa Bridge Environmental Project Brief	2015/8
25	ROADS (Road Development Agency)	2016.1
26	ザンベジ川チルンド橋建設計画事業化調査報告書	1998.10
27	Luangwa Final Feasibility Report	2016.2
28	Revised National Transport Policy (NTP) 2017	2017
29	SATC Draft Geometric Design Standard	1998.9

30	SATC Draft Bridge Design Standard	1998.9
31	African economic outlook (OECD)	2017
32	ザンビア経済概況	2018.3
33	Database for Hydrological Time Series of Inland Waters, Technical University of Munchen	2018.11
34	ANALYSIS OF AVAILABLE AXLE LOADING DATA	2011.5

Appendix B 事業区間案

概略の道路線形を表示する。

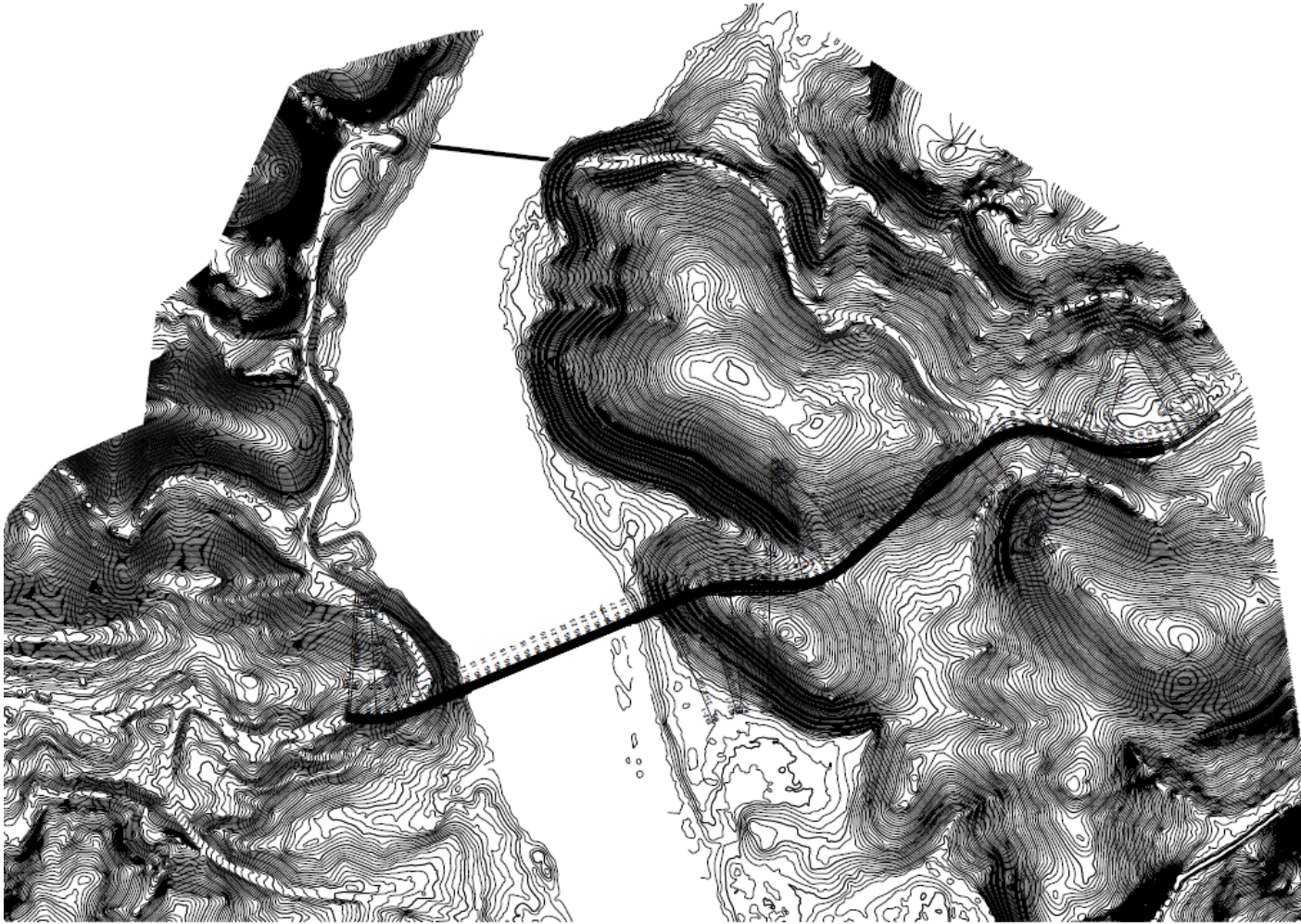


図 BP.1-1 平面図

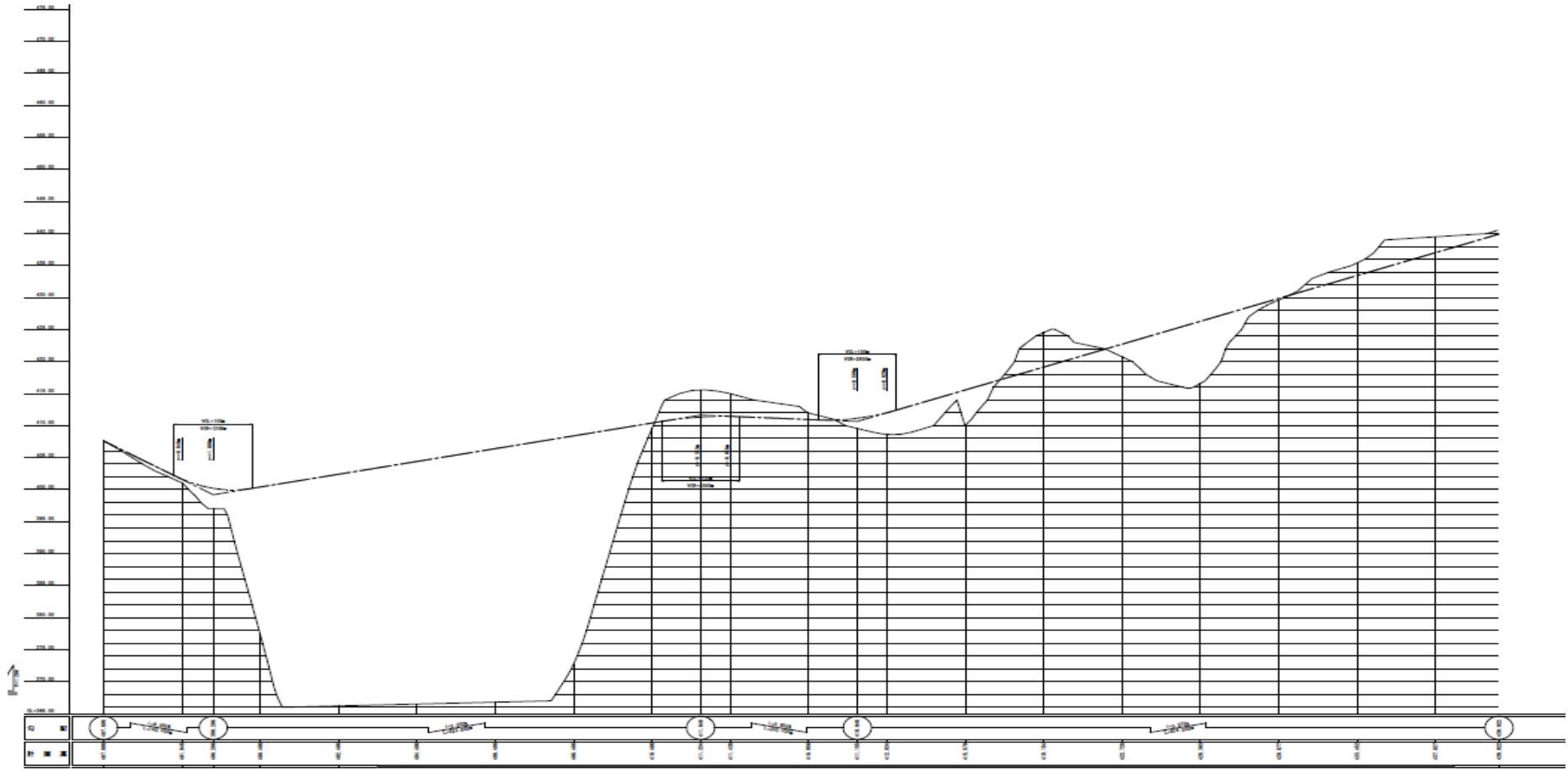
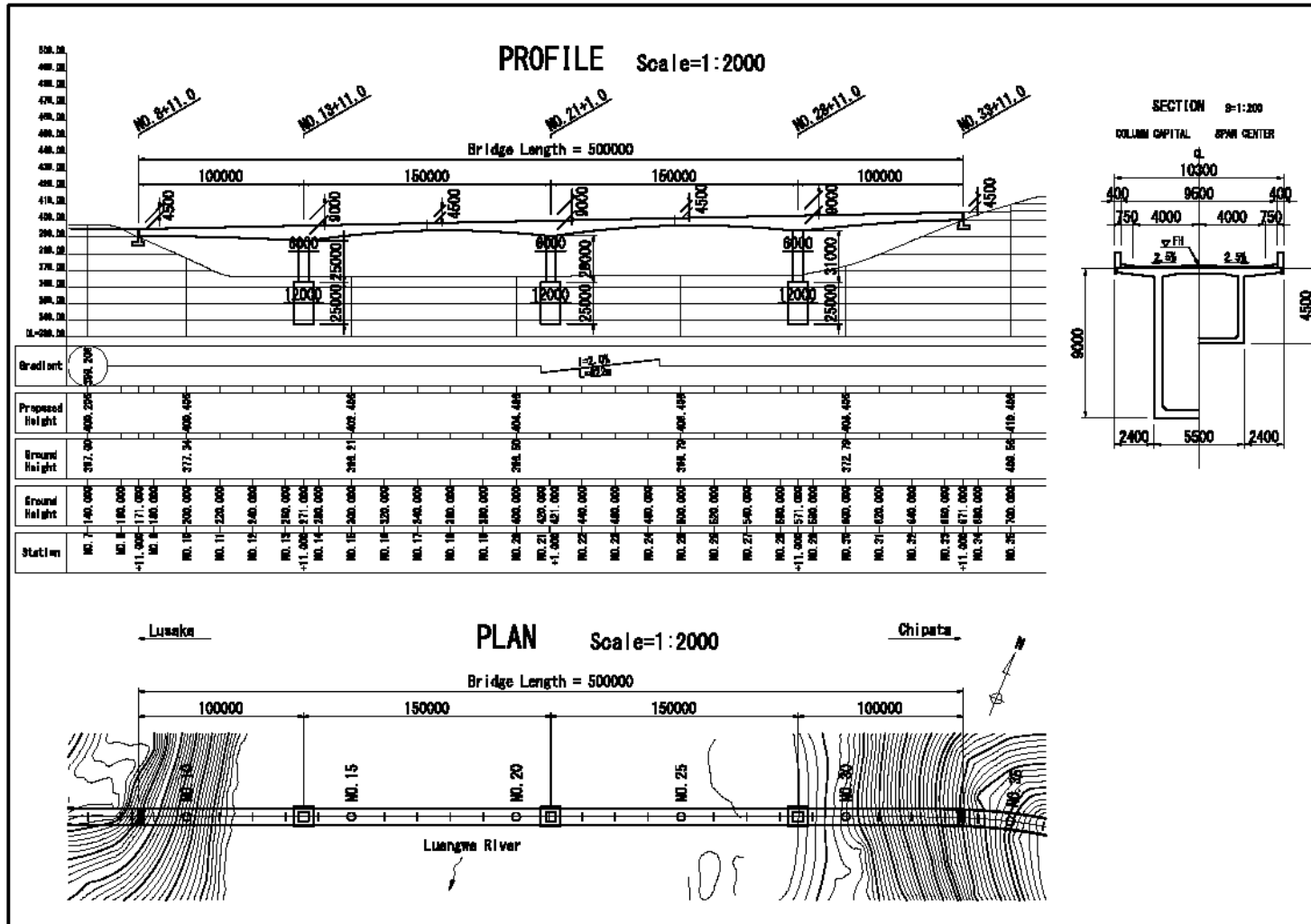


図 BP.1-2 縦断面図



☒ CP. 1-1 一般図

## Appendix D 地質調査結果

ボーリング調査位置を以下に示す。河川内のBH2は水位上昇により掘削を中断した。



図 DP. 1-1 ボーリング位置図



## GEOTECHNICAL INVESTIGATIONS REPORT – NEW LUANGWA BRIDGE SITE



Client: **Nippon Engineering Consultants Co., Ltd.**

Prepared by: **Kiran & Musonda Associates LTD.**

20 Matandani Close, Rhodes Park,  
Lusaka, Zambia.

Document No: 19/02/13

Revision: 03



## Table of Contents

1.Introduction.....	589
2.General Description of Project Area .....	59
3.Regional Geologic Setting .....	59
4.Local Subsurface Conditions. ....	60
5.Groundwater Conditions .....	60
6.Methodology .....	60
7.Standard Penetration Test.....	61
7.2.1.SPT N-Value Correction .....	61
8.Profiling.....	61
BH1' .....	62
BH1 .....	63
BH2 .....	63
BH3 .....	64
9.Results of the Laboratory Testing .....	65
9.1.Code of Practice .....	65
9.2.Moisture Content.....	65
9.3.Unit Weight.....	65
9.4Classification Tests .....	66
9.5.Rock tests (UCS).....	66
9.6.Rock Quality Designation (RQD).....	66
9.7.Laboratory Test Results .....	67
10.GEOTECHNICAL CONSIDERATION.....	71
11.Conclusions .....	71

Appendix A: - Logging & SPT field Results .....	72
Appendix B - Sieve Analysis Results .....	81
Appendix C - Atterberg Limits Test Results .....	92
Appendix D – Bulk Density and Insitu Moistures .....	102
Appendix E – UCS soil sample.....	110
Appendix F – Rock Core tests.....	112
Appendix G – Specific Gravity .....	114
Appendix H – UU Triaxial Test.....	123
Appendix J – Site Map.....	125
Appendix K – ROCK CORES .....	127
Appendix L – core Trays.....	129
Table 1: Applied Standard For Laboratory Test .....	65
Table 2: Atterberg Limits.....	66
Table 3: rock mass classed based on RQD (after Deere & Deere, 1988) .....	66
Table 4: Summary of Field and Lab Tests .....	68
<i>Figure 1: Four Bore Hole Point .....</i>	<i>59</i>

## 1. Introduction

This report represents the Geotechnical investigations performed at the Proposed New Luangwa Bridge site starting on 28<sup>th</sup> January 2019. The purpose of this investigation was to identify geotechnical condition at the site, to observe and sample the prevailing soil and rock conditions.

## 2. General Description of Project Area

The site is located between the Luangwa Bridge Market and the Existing Luangwa Bridge. The testing locations are all located on the Eastern Province side. From the western side the terrain drops steeply into the project site and the eastern side can be accessed by crossing the Luangwa River by way of the Luangwa Bridge and passing under the bridge. The middle point BH-2 is accessible from BH-3; it is located on drifting sand and is occasionally reclaimed by the river in the rain season. The river's level covered up BH-1 and BH-2 whilst we were on site. Fig. 1



Figure 1: Four Bore Hole Point

## 3. Regional Geologic Setting

The investigation site is located on a comparatively flat area where the crustal movement (orogenic movement, fault movement, etc.) is very small and the basement rocks of the Precambrian era (over 570 million years ago) is covered with weathered surface soil, and this area is called "African Shield".

The "Shield" is the stable land mass in the continental crust stabilized after the crustal movement in the Precambrian period, called "Craton". It forms very gentle convex topography due to erosive actions of long time.

Generally, the basement rocks of the "Shield" are composed of crystalline igneous rocks (granite, granodiorite, etc.) and high-grade metamorphic rocks (gneiss, crystalline schist, etc.) classified as hard rocks.

The original sedimentary strata covering the whole area is part of the Karoo system sedimentary rocks laid down from 175 to 300 million years ago. During this time, faulting occurred and volcanic materials was injected into the rifts' existing sediments.

The geology of the Luangwa Bridge area is mainly of kyanite-cordierite-anthophyll-lite rock, crystallised during the Irumide metamorphism (these rocks are divided into Gneiss in the broad sense).

## **4. Local Subsurface Conditions.**

### **4.2 Subgrade Soil**

On point BH-1', BH-1 and BH-3 this unit was encountered from surface of the top soil to a maximum depth of 0.5m; the borings encountered layers of residual silty sands and completely weathered rock thereafter a Very dense weathered rock was observed at 9 meters in BH-3.

### **4.3 Bedrock.**

A highly fractured metamorphic bed rock at BH1 was observed at a depth of 6.6 meters and the coring went up to 9m before the water level raised to the borehole point. BH-1' had a hard dark greyish gneiss boulder at 4.5 meters and a weathered gneiss continues after that, it is considered the gneiss is a boulder in the talus deposit; bedrock with a very low RQD was encountered at 7.5 meters. A less fissured rock was encountered at 11 meters. At BH-3 consistence in rock formation appeared at a depth of 20 meters. The rocks in all the boreholes are of a metamorphic nature.

## **5. Groundwater Conditions**

A moving ground water was observed in boring BH-1 at 4.0 meters below ground level, shifting sand was visible down the hole. BH-2 was reclaimed by the water level on the third day and BH-1 followed later. Been the rain season it is obvious the water level won't be coming down any time soon. The rising water is due to rain activity upstream.

Water at LG3 (BH-3) was observed at 9 meters.

## **6. Methodology**

The disturbed samples were recovered by means of an SPT rig using plastic lined windowless samplers going up to the refusal level, thereafter a coring rig with a tungsten bit was used to core into dense weathered rock followed by rock coring to a depth of 3 meters. The laboratory works involved physical tests; these are Bulk density (Unit weight), Sieve analysis and Atterberg limit test from which

soil classification is determined. The rock tests were carried out bulk and saturated density, specific gravity and compression test on the cores.

## 7. Standard Penetration Test.

The test was done in accordance with **BS 1377: 1990 Part 9** and covers the determination of the resistance of a split spoon sampler and obtaining disturbed samples of the soil for classification purposes. SPT tests were carried out on all the points. This test is used to directly determine the allowable bearing capacity under in-situ conditions. The number of blows required to advance the split spoon cone through the final 300mm of a 450mm test range is reported as the 'N' value. The allowable bearing capacity is a function of the foundation size and depth.

It should be borne in mind that conditions at the time of testing may not be the worst condition that can be experienced over the life of the foundation, particularly with respect to saturated conditions in soils which are highly susceptible to softening under moisture. Reference should therefore also be made to soil classification.

### 7.2.1 SPT N-Value Correction

The adoption of the 60% standard energy requires the SPT N-value obtained using the Hammer to be corrected. The correction is done in accordance with the following equation:

$$N_{60} = N_f * (ER_f / 60)$$

Where;

$N_{60}$  = SPT N- value corrected to 60% of the theoretical free fall hammer energy


$N_f$  = SPT N- value obtained in the field

$ER_f$  = Energy ratio for the hammer used in the investigation (estimated 50)

## 8. Profiling







Core logs are attached as Appendix A. The following sections describe the results at each location tested, as they relate to possible foundation.

BH1'

Point ID	GPS coordinates		Photo	
	E	N		Bulk
BH1'	36L200080	8341475		
	pH			
	Sulphate			
	Chloride			


This is the point slightly higher than BH1 and was a picked when the river reclaimed the lower point. No SPT was carried out on this point. The coring encountered very dense and hard rock at 4.5 meters and weathered gneiss continues after that; it is considered this gneiss is boulder stone in the talus deposit. Bedrock with a low RQD was encountered at 7.5 meters, after that this weathered rock ensued until the depth of 11 meters.

BH1

Point ID	GPS coordinates		Photo	
	E	N		Bulk
BH1	36L200092	8341476		
	pH			
	Sulphate			
	Chloride			

There were two layers of sandy soil above the bedrock. Bedrock was observed at 6.6 meters and the coring went up to 9 meters; work here had to stop because the water level had reached the Borehole point.




























BH2

Point ID	GPS coordinates		Photo	
	E	N		Bulk
BH2	36L200256	8341566		
	pH			
	Sulphate			
	Chloride			

A trial pit was dug to get material at 1 meter because the sand could not be retrieved in the sample liners. The soil sample from the trial pit is made up of the mixture of poorly graded sand with well-rounded pebbles coming from upstream during floods. The Probing went up to 15 meters, from the N values of the SPT it is considered mainly washed sand containing well rounded pebbles of diameter 5-10 cm in some places. It is clear that bedrock is deeper than 15 meters.



BH3

Point ID	GPS coordinates		Photo	
	E	N		Bulk
BH3	36L200397	8341642		
		pH		
		Sulphate		
		Chloride		
				
				
				
				
				
				
				
				
				
				
				
				
				
				
				
				
				
				
				
				
				
				
				
				
				
				

This point reached the highly weathered gneiss rock at 9 meters; the soil stratum is comprised of four layers silty sands and two of clayey sands. The weathered gneiss bedrock was observed at 11 meters. No reasonable QRD could be recorded because the rock was high fractured and the mechanical action of the drill reduced some piece to smaller pieces which could not be captured. More reasoned QRD was recorded at a between 20 meters and 23meters.

## 9. Results of the Laboratory Testing

Laboratory testing was performed on the obtained materials from the borings; the tests related to physical and mechanical properties were performed in the Noside Laboratory. See summarised results in Table 2.

### 9.1. Code of Practice

The laboratory tests were performed in accordance with the standards indicated in Table-1. The following laboratory test were carried out on the disturbed samples obtained from the boreholes

**Table 1: Applied Standard for Laboratory Test**

No.	Test Items	Ref. standard No.
1	Specific Gravity of Soil	ASTM D- 854
2	Natural Moisture Content of Soil	ASTM D-2216
3	Grain Size Analysis of Soil	ASTM D- 422
4	Atterberg Limits of Soil	ASTM D-4318
5	Soil Description and Classification	ASTM D-2487
6	Unit Weight (Wet Density) of Soil	BS 1377-part 2-7
7	Unconfined Compressive Strength of Rock	ASTM D-2938

### 9.2. Moisture Content

To determine the moisture content of soils, soil is dried at a temperature of 105 degrees Celsius to 115 degrees Celsius for about 24hours the loss of weight of the soil sample represents the weight of Moisture in the soil. The moisture content of the soil to the dry weight of the soil in Percentage is the moisture content of the testing soil.

### 9.3. Unit Weight

The Unit Weight of a soil is the mass per unit volume of the soil deposits including any water it contains. The dry density is the mass of dry soil contained in a unit volume. Both are expressed in  $\text{KN/m}^3$ .

#### 9.4. Classification Tests

The Sieve analysis and Atterberg Limits tests were performed for general classifications purposes and to corroborate the site situation.

Atterberg Limits can be indicative of the soils expansivity; expansive soils consist of plastic clays and clay shales that often contain colloidal clay minerals. Silts with Liquid Limit (LL) <35 and Plasticity Index (PI) <12 have no potential for swell.

**Table 2: Atterberg Limits**

Degree of Expansive	Liquid Limit (%)	Plasticity index (%)
High	>60	>35
Marginal	50 – 60	25 – 35
Low	<50	<25

Identification; Degree of expansive Potential (Snethe, Johnson and Patrick 1977)

Most of the materials encountered were classified as silty sands.

#### 9.5. Rock tests (UCS)

ASTM D2938-95(2002), Standard Test Method for Unconfined Compressive Strength of Intact Rock Core. This is measure of a Rock's strength. The unconfined compressive strength (UCS) is the maximum axial compressive stress that a right-cylindrical sample of rock can withstand under unconfined conditions—the confining stress is zero. Results are expressed in kN.

#### 9.6. Rock Quality Designation (RQD).

RQD is defined as the length of intact core pieces longer than 10 cm relative to the total length of each drilled interval, expressed as a percentage. The relationship between rock mass quality and RQD was developed by Deere and Deer (1988) in table 3

**Table 3: rock mass classed based on RQD (after Deere & Deere, 1988)**

Rock mass classes based on RQD (after Deere & Deere, 1988)

RQD%	Description of Rock Quality
0 - 25	Very Poor
25 - 50	Poor
50 - 75	Fair
75 - 90	Good
90 - 100	Excellent

### 9.7. Laboratory Test Results

1. The soil samples from the four bore holes were mostly sandy soils; apart from BH2 the soils on river banks were mostly made up of hill wash followed by layers of residual soils and completely weathered Gneiss of plasticity index ranging from non-plastic to 15.6.
2. From the compression test (UCS) carried out on the rock sample, Rock found at 11 meter can be classified as R4 which is assigned intact rock strength of 75 MPa. The intact Rock on BH3 can be associated with a depth of 17 meters going up to the testing depth of 23 meters. The UCS test for this rock put it in class R3 with an intact strength of 38 MPa.

**Table 4: Summary of Field and Lab Tests**

**Client:** Kiran & Musonda Associates

**PROJECT:** Proposed Lunagwa Bridge Geotechnical Investigations

	Point 2	Sample No.	USCS Classification	Sieve Analysis							Grading Coefficient	Shrinkage Product	Linear Shrinkage	PI	Bulk Density	Dry Density	Specific Gravity	Bulk unit weight	Moisture Content %
	depth (m)			0.075	0.425	2	4.75	19	26.5	37.5					Kg/m <sup>3</sup>	Kg/m <sup>3</sup>	g/cm <sup>3</sup>	KN/m <sup>3</sup>	
BH1'	0.0m -1.0m		SM	22.7	57.1	63.7	66.0	71.7	74.4	84.2	11.5	163.1	2.9	N/P					
BH1	0.5m-4.0m	3280	SM	31	96	100	100	100	100	100	4.3	136.7	1.4	N/P	NP	NP	2.62	NP	20.9
	4.0m-6.0m	3281	SC	13	61	86	88	89	94	100	28.5	131.6	2.1	10.1	NP	NP	2.62	NP	22.1
BH2	0-1m TP	3282	SP	3	8	49	57	69	71	84	35.7	0.0	0.0	N/P					
BH3	0.5m-1.9m	3283	SM	31	89	100	100	100	100	100	10.9	318.3	3.6	7.3	NP	NP	2.61	NP	4.8
	1.9m-3.0m	3284	SP	0	96	99	100	100	100	100	4.3	0.0	0.0	N/P	1830	1646	2.62	17.95	11.2
	3.0m-4.6m	3285	SC	27	99	100	100	100	100	100	1.2	352.7	3.6	14.3	1905	1684	2.61	18.7	13.1
	4.6m-6.0m	3286	SM	15	98	100	100	100	100	100	1.8	561.3	5.7	N/P	2082	1813	2.63	20.4	14.8
	6.0m-7.0m	3287	SC	22	91	97	99	100	100	100	9.2	388.6	4.3	15.6	2218	1909	2.62	21.8	16.1
	7.0m-9.0m	3288	SM	12	57	82	89	99	100	100	38.1	204.8	3.6	N/P	2375	2086	2.62	23.3	13.8

BH1 5 x 8 pad foundation						
Field test results					laboratory test result	
Point ID	Depth	SPT 'N' value	N60	Allowable bearing capacity (kPa)	Layers	USCS classification
SPTS split spoon	1	2	2	189	0.4 - 4	SM
	2	6	4	201		
	3	9	7	243		
	4	48	38	293		
	5	6	5	355	4.0-6.0	SC
	6	7	6	412		
Solid cone	6.6	>50	>50	>750		

SM Silty sands, poorly graded silty mixture  
 SC Clayey sands, poorly graded sand-clay mixtures  
 SP Organic silts and organic silt-clays of low plasticity

BH2 5 x 8 pad foundation					
Field test results					
Point ID	Depth	SPT 'N' value	N60	Allowable bearing capacity (kPa)	
SPT - solid Cone	1	9	7	273	
	2	10	8	300	
	3	21	16	349	
	4	38	30	393	
	5	34	29	433	
	6	34	31	445	
	7	27	34	447	
	8	29	27	451	
	9	42	40	454	
	10	29	28	454	
	11	40	39	462	
	12	40	39	454	
	13	35	34	465	
	14	35	35	456	
	15	28	28	440	

BH3 5 x 8 Pad foundation						
Field test results					laboratory test result	
Point ID	Depth	SPT 'N' value	N60	Allowable bearing capacity (kPa)	Layers	USCS classification
SPT	1	28	21	245	0.5 - 1.8	SM
	2	10	8	260		
	3	9	7	306	1.8 - 3.0	SP
	4	15	12	317	3.0 - 4.6	SC
	5	14	12	360		
	6	19	17	398	4.6 - 6	SM
	7	24	22	434	6.0 - 7.0	SC
	8	34	32	485	7.0 - 9.0	SM
	9	54	52	543		

Rock test results

Bore Hole	Sample Depth	Sample elevation	Rock Type	Uniaxial Compression Strength (Mpa)	Field strength Index
BH1'	4.5	366.5	Metamorphic	124	R5
BH1'	11.1	359.9	Metamorphic	46.2	R3
BH1'	11.3	359.7	Metamorphic	74.3	R4
BH3	10	362	Metamorphic	70.4	R4
BH3	17	355	Metamorphic	33.1	R3
BH3	23	349	Metamorphic	32.6	R3

Bore Hole	Sample Depth	RQD	Rock quality	q <sub>a</sub> . On jointed rock (mPa)
BH1'	11 - 12m	71%	Fair	12
BH3	17 - 18	26%	Poor	3
BH3	21 - 22	58%	FAir	6.25
BH3	22 - 23m	26%	metamorphi	3



## **10. GEOTECHNICAL CONSIDERATION**

Based on the test carried out on the samples from the proposed new bridge site and findings from our site investigation, the primary geotechnical concerns for the project are:

- Limited depth of overburden for the Western Bank.
- Boulders with the silty sands; encountered on both side of the river.
- Heavy ground water seepage and sloughing conditions with the silty sand stratum
- Poor quality of rock near the bedrock surface
- Rising water level during the rainy season.

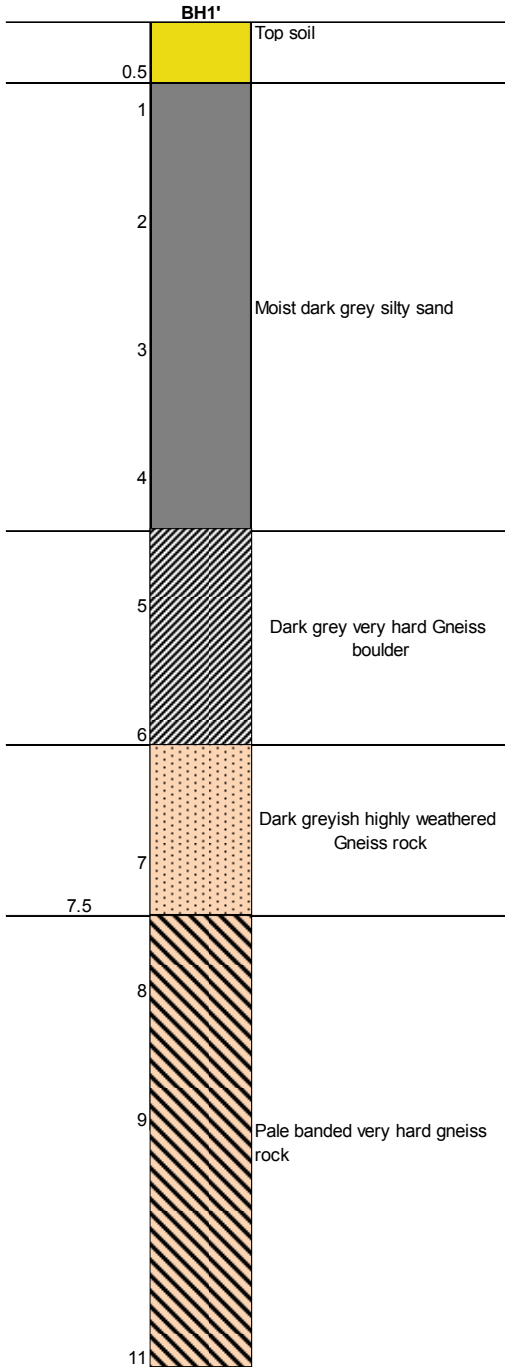
## **11. Conclusions**

From the investigations carried out, the following conclusions have been drawn:

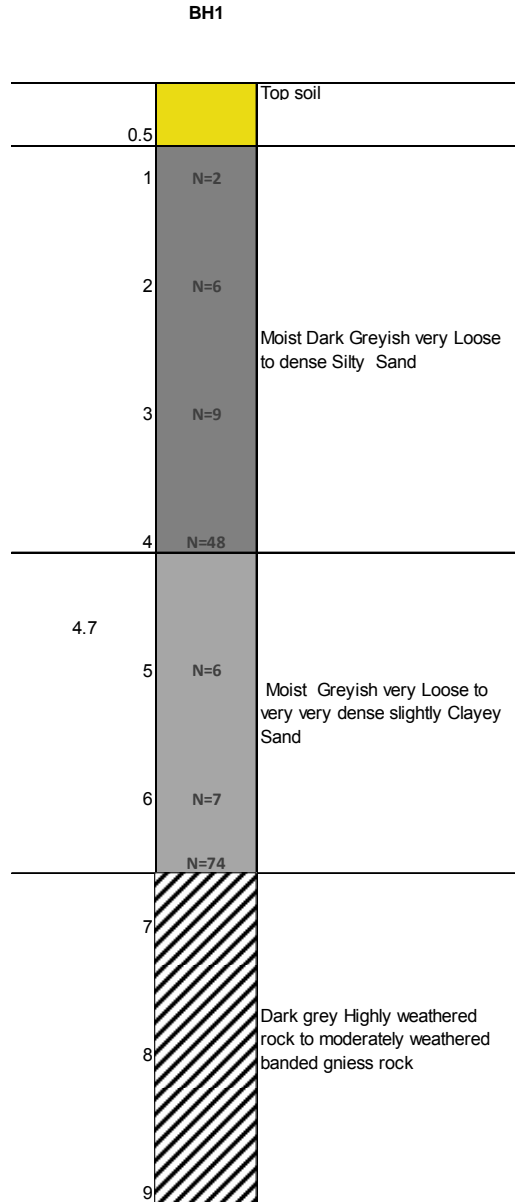
1. Boring will need to be carried out on BH2 to ascertain to depth of the bedrock.
2. Open caissons socketed into the underlying weathered metamorphic bedrock may be used to support the proposed bridge structure.
3. It should be noted that only a very limited part of the site has been covered by this investigation.

## Appendix A: - Logging & SPT field Results

36L	200080
UTM WG84	8341475
Elevation (m)	371



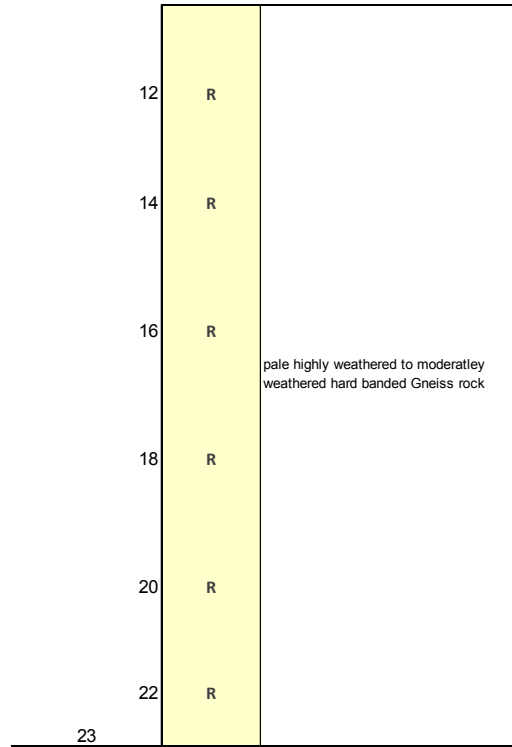
36L	200092
UTM WG84	8341476
Elevation (m)	368



36L	200397
UTM WG84	8341642
Elevation	372

**BH3**

0.5		Top soil
1	N=28	Moist Greyish medium dense to loose Silty Sand
1.9	N=10	Moist Yellowish Grey Loose Sand
3	N=9	
4	N=15	Moist Greyish medium dense Clayey Sand
4.6		
5	N=14	Moist Greyish Yellow medium dense Silty Sand
5.3		
6	N=19	
7	N=24	Moist Greyish medium dense Clayey Sand
8	N=34	very Moist Yellowish Grey dense to very dense Silty Sand With gravel
9	N= >50	



BOREHOLE LOG						
Location	Luangwa River			Drilling Date	12/02/2019	
Borehole No.	BH1'	Page No.	1	Weather	Sunny	
Ground Elevation	371	Coords	36 L 200080 8341475	SPT CONE TYPE	N/A	
Drill Rig	ARC	Operator	SC	Checked by	AN	

Depth	DESCRIPTION	Legend	USCS	SPT Counts				SPT Graph	W %	LL %	PI %
				15cm	15cm	15cm	N				
1	Top soil							<p>N Values</p>			
2	Moist Dark Greyish Silty Sand with gravel										
3											
4											
5	Dark greyish hard gneiss boulder										
6											
7	Dark greyish highly weathered Gneiss rock										
8											
9	Fracture banded pale highly weathered Gneiss rock										
10											

**Water Record**

Level at which water was encountered		Color of water	
Water level 24hrs after completion			
Remarks : <b>No SPT field test was carried out on this Bore hole point</b>			
USCS - Unified Soil Classification System			
R - Refusal (more than 50 blows)			
Approved :	EG		

BOREHOLE LOG					
Location	Luangwa River			Drilling Date	12/02/2019
Borehole No.	BH1'	Page No.	2	Weather	Sunny
Ground Elevation	371	Coords	36 L 200080 8341475	SPT CONE TYPE	N/A
Drill Rig	ARC	Operator	SC	Checked by	AN

Depth	DESCRIPTION	Legend	USCS	SPT Counts				SPT Graph	W %	LL %	PL %
				15cm	15cm	15cm	N				
11	Hard Pale banded weathered Gneiss rock										
2											
3											
4											
5											
6											
7											
8											
9											
10											

**Water Record**

Levels at which water was encountered		Color of water	
Water level 24hrs after completion			
Remarks :	USCS - Unified Soil Classification System R - Refusal (more than 50 blows)		
Approved :	EG		

BOREHOLE LOG					
Location	Luangwa River			Drilling Date	29/01/2019
Borehole No.	BH1	Page No.	1	Weather	Sunny
Ground Elevation	368	Coords	36 L 200092 8341476	SPT CONE TYPE	Split spoon
Drill Rig	ARC	Operator	SC	Checked by	AN

Depth	DESCRIPTION	Legend	USCS	SPT Counts				SPT Graph	W %	LL %	PI %
				15cm	15cm	15cm	N				
1	Top soil			1	1	1	2				
2	Moist Dark Grey very Loose to dense Silty Sand		SM	2	3	3	6				
3				3	4	5	9				
4				30	25	23	48				
5	Moist Greyish very Loose slightly Clayey Sand		SC	3	3	3	6				
6				3	3	4	7				
6.6	Greyish highly weathered gneiss rock			21	24	50	95				
7											
8	greyish fractured weathered Gneiss rock										
9											
10							>50				

**Water Record**

Levels at which water was encountered		Color of water	
Water level 24hrs after completion			
Remarks :	Water level		
USCS - Unified Soil Classification System			
R - Refusal (more than 50 blows)			
Approved : EG			

BOREHOLE LOG					
Location	Luangwa River			Drilling Date	28/01/2019
Borehole No.	BH2	Page No.	1	Weather	Sunny
Ground Elevation	367	Coords	36 L 200256 8341566	SPT CONE TYPE	Solid cone
Drill Rig	ARCH SPT	Operator	SC	Checked by	AN

Depth	DESCRIPTION	Legend	USCS	SPT Counts				SPT Graph	W %	LL %	PI %
				10cm	10cm	10cm	N				
1	Mainly, fine sand containing well rounded pebbles of diameter 5-10 cm in some places	 TP	SP	3	4	5	9			25	NP
2			12	6	4	10					
3			10	9	12	21					
4			17	17	21	38					
5			19	18	16	34					
6			18	18	16	34					
7			15	17	20	37					
8			17	16	13	29					
9			20	21	21	42					
10			17	15	14	29					

Water Record			
Levels at which water was encountered	1m		Color of water - light brownish
Water level 24hrs after completion			
Remarks :	Water level		
Approved :	EG		



BOREHOLE LOG						
Location	Luangwa River			Drilling Date	28/01/2019	
Borehole No.	BH2	Page No.	2	Weather	Sunny	
Ground Elevation	367	Coords	36 L 200256 8341566	SPT CONE TYPE	Solid cone	
Drill Rig	ARCH SPT	Operator	SC	Checked by	AN	

Depth	DESCRIPTION	Legend	USCS	SPT Counts				SPT Graph	W %	LL %	PI %	
				10cm	10cm	10cm	N					
11	Mainly, fine sand containing well rounded pebbles of diameter 5-10 cm in some places			19	19	21	40	<p>N Values</p> <p>0 20 40 60 80 100</p> <p>10</p> <p>11</p> <p>12</p> <p>13</p> <p>14</p> <p>15</p> <p>16</p> <p>DEPTH BELOW NATURAL GROUND LEVEL (M)</p>				
12				23	21	19	40					
13					15	16	19		35			
14					17	14	21		35			
15					16	14	14		28			

**Water Record**

Level at which water was encountered		Color of water	
Water level 24hrs after completion			
Remarks :	USCS - Unified Soil Classification System R - Refusal (more than 50 blows)		
Approved : EG	Water level		


BOREHOLE LOG						
Location	Luangwa River			Drilling Date	28/01/2019	
Borehole No.	BH3	Page No.	1	Weather	Sunny	
Ground Elevation	372	Coords	36 L 200397 8341642	SPT CONE TYPE	Split spoon	
Drill Rig	ARC	Operator	SC	Checked by	AN	

Depth	DESCRIPTION	Legend	USCS	SPT Counts			N	SPT Graph	W %	LL %	PI %
				15cm	15cm	15cm					
1	Moist Greyish medium dense to loose Silty Sand		SM	12	14	14	28	<p>N Values</p> <p>DEPTH BELOW NATURAL GROUND LEVEL (M)</p>		25	7.3
2	Moist Yellowish Grey Loose Sand		SP	6	5	5	10			29	NP
3	Moist Greyish medium dense Clayey Sand		SC	5	4	5	9			35	14
4	Moist Greyish Yellow medium dense Silty Sand			8	6	8	14			31	NP
5	Moist Greyish medium dense Clayey Sand			6	7	12	19			33	16
6	Very Moist Yellowish Grey dense to very dense Silty Sand With gravel			15	16	18	34			28	NP
7				12	24	30	54				
8	pale banded fissured highly weathered gneiss rock						>50				
9											
10											

**Water Record**

Levela at which water was encountered	9m	Color of water	
Water level 24hrs after completion			
Remarks :	USCS - Unified Soil Classification System		
	R - Refusal (more than 50 blows)		
Approved :	EG		

BOREHOLE LOG						
Location	Luangwa River			Drilling Date	28/01/2019	
Borehole No.	BH3	Page No.	1		Weather	Sunny
Ground Elevation	372	Coords	36 L 200397	8341642	SPT CONE TYPE	Split spoon
Drill Rig	ARC	Operator	SC		Checked by	AN

Depth	DESCRIPTION	Legend	USCS	SPT Counts				SPT Graph	W %	LL %	PL %
				15cm	15cm	15cm	N				
12											
14											
16	pale banded highly weathered to moderatley weathered hard Gneiss rock										
18											
20											
22											
24											
28											
9											
10											

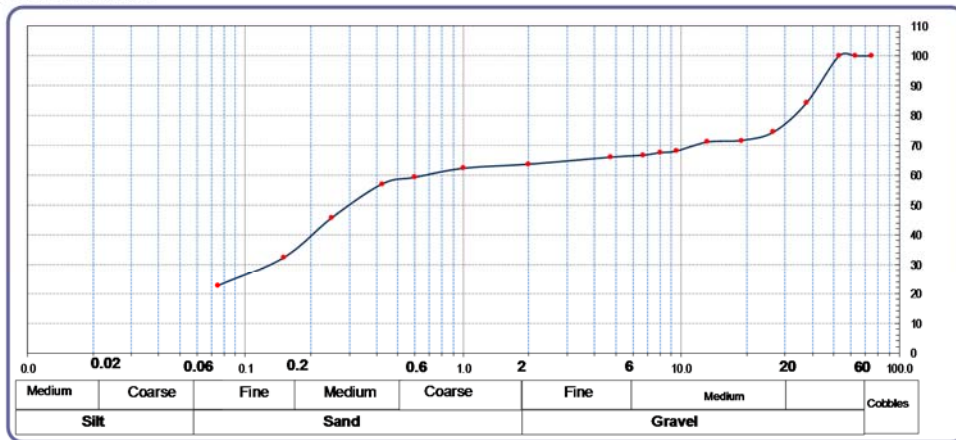
Water Record	
Levels at which water was encountered	Color of water
Water level 24hrs after completion	
Remarks :	
USCS - Unified Soil Classification System	
R - Refusal (more than 50 blows)	
Approved :	EG

# Appendix B - Sieve Analysis Results

Heinkel Soil Bds

## Particle Size Distribution Report

SIEVE SIZE BY LOG SCALE



Ref. ASTM D-1586	<b>Location</b>	BH1' TP 1	<b>Depth</b>	0.0m -1.0m	<b>Sample No.:</b>	0
------------------	-----------------	-----------	--------------	------------	--------------------	---

<b>Clay/Silt:</b>	22.7	<b>Sand:</b>	43.3	<b>Gravel:</b>	34
<b>Material Description</b>	Moist Dark Greyish Silty Sand with gravel				
<b>Grd Modulus (GM):</b>	1.6	$D_{(10)} =$	0.033 mm	<b>Fineness Modulus:</b>	2.566
<b>Grading Coefficient (GC):</b>	11.5	$D_{(30)} =$	0.13 mm	<b>Liquid Limit</b>	28.5%
<b>USCS classification:</b>	SM	$D_{(60)} =$	0.69 mm	<b>Plastic Limit</b>	N/P
		<b>Coeff. of Curvature, <math>C_c =</math></b>	0.76	<b>Plasticity Index</b>	N/P
		<b>Coeff. of Uniformity, <math>C_u =</math></b>	20.99		

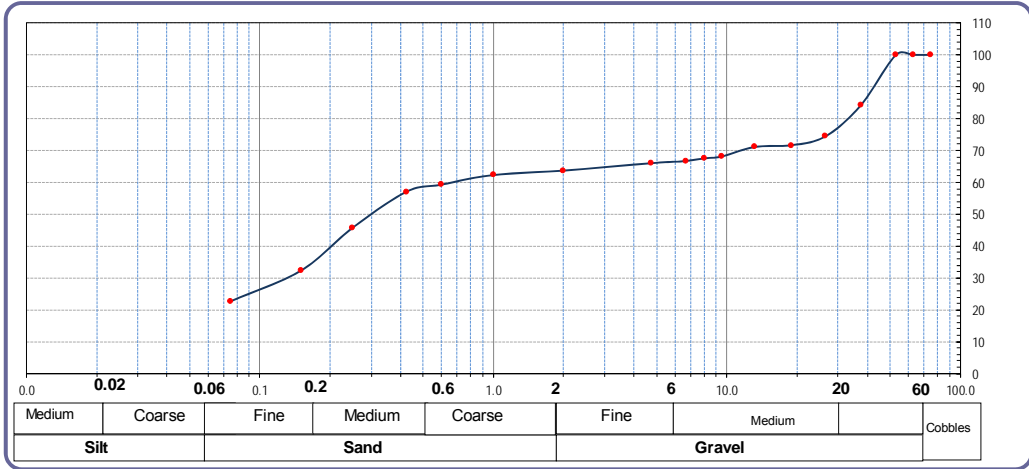
### Sieve Analysis Data

These results are for the exclusive use of the client for whom they were obtained. They only apply to the samples listed and are not indicative of apparently identical samples. The use of our name must receive our approval. Reports must be reproduced in their entirety.

<b>Initial Dry Mass (<math>m_1</math>)</b>	3541 g				
<b>Sieve Opening (mm)</b>	<b>Mass Retained (g)</b>		<b>% Retained (<math>m_1</math>)*100</b>	<b>% Passing (p)</b>	<b>Cumulative % passing</b>
	<b>Actual</b>	<b>Corrected</b>			
75.0	0		0	100.0	100
63.0	0	0	0.0	100.0	100
53.0	0	0	0.0	100.0	100
37.5	561	561	15.8	84.2	84
26.5	344	344	9.7	74.4	74
19.0	98	98	2.8	71.7	72
<b>Passing 19 mm (<math>m_2</math>)</b>	2538				
<b>total (checked with <math>m_1</math>)</b>	3541				
<b>Riffled (<math>m_3</math>)</b>	521				
<b>Riffled and washed (<math>m_4</math>)</b>	361				
<b>Correction factor</b>	$\frac{m_2}{m_3}$	4.87			
<b>Date:</b>	31/01/2019				
<b>Tested By:</b>	MN				
<b>Checked by:</b>	AN				
<b>Approved by:</b>	EG				
	13.2	4	19	0.6	71.1
	9.5	22	107	3.0	68.1
	8.0	4	19	0.6	67.5
	6.7	6	29	0.8	66.7
	4.75	5	24	0.7	66.0
	2.0	17	83	2.3	63.7
	1.0	10	49	1.4	62.3
	0.6	22	107	3.0	59.3
	0.425	16	78	2.2	57.1
	0.250	82	399	11.3	45.8
	0.150	98	477	13.5	32.3
	0.075	70	341	9.6	22.7
	<0.075 +	160.0	804	22.7	
	<b>TOTAL</b>		<b>3541</b>		

## Particle Size Distribution Report

SIEVE SIZE BY LOG SCALE



Ref: ASTM D-1586	<b>Location</b> BH1' TP 1	<b>Depth</b> 0.0m -1.0m	<b>Sample No.:</b> 0
------------------	---------------------------	-------------------------	----------------------

<b>Clay/Silt:</b> 22.7	<b>Sand:</b> 43.3	<b>Gravel:</b> 34
<b>Material Description</b> Moist Dark Greyish Silty Sand with gravel		
Grd Modulus (GM):	1.6	D <sub>(10)</sub> = 0.033 mm
Grading Coefficient (GC):	11.5	D <sub>(30)</sub> = 0.13 mm
USCS classification:	SM	D <sub>(60)</sub> = 0.69 mm
		Coeff. of Curvature, C <sub>c</sub> = 0.76
		Coeff. of Uniformity, C <sub>u</sub> = 20.99
		Fineness Modulus: 2.566
		Liquid Limit: 28.5%
		Plastic Limit: N/P
		Plasticity Index: N/P

### Sieve Analysis Data

<b>Initial Dry Mass (m<sub>1</sub>)</b>		3541 g			
Sieve Opening (mm)	Mass Retained (g)		% Retained (m)*100 (m <sub>1</sub> )	% Passing (p)	Cumulative % passing
	Actual	Corrected			
75.0	0	0	0	100.0	100
63.0	0	0	0.0	100.0	100
53.0	0	0	0.0	100.0	100
37.5	561	561	15.8	84.2	84
26.5	344	344	9.7	74.4	74
19.0	98	98	2.8	71.7	72
Passing 19 mm (m <sub>2</sub> )	2538				
total (checked with m <sub>1</sub> )	3541				
<b>Riffled (m<sub>3</sub>)</b>	521				
<b>Riffled and washed (m<sub>4</sub>)</b>	361				
<b>Correction factor</b>	$\frac{m_2}{m_3}$	4.87			
13.2	4	19	0.6	71.1	71
9.5	22	107	3.0	68.1	68
8.0	4	19	0.6	67.5	68
6.7	6	29	0.8	66.7	67
4.75	5	24	0.7	66.0	66
2.0	17	83	2.3	63.7	64
1.0	10	49	1.4	62.3	62
0.6	22	107	3.0	59.3	59
0.425	16	78	2.2	57.1	57
0.250	82	399	11.3	45.8	46
0.150	98	477	13.5	32.3	32
0.075	70	341	9.6	22.7	23
<0.075 +	160.0	165.0	804	22.7	
<b>TOTAL</b>		<b>3541</b>			

These results are for the exclusive use of the Client for whom they were obtained. They only apply to the samples tested and are not indicative of apparently identical samples. The use of our name must receive our approval. Reports must be reproduced in their entirety.

Date: 31/01/2019

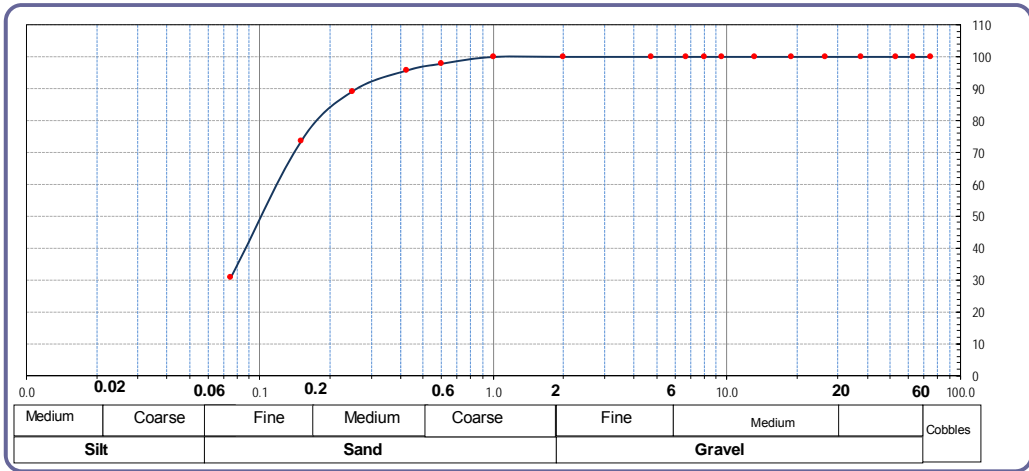
Tested By: MN

Checked by: AN

Approved by: EG

## Particle Size Distribution Report

SIEVE SIZE BY LOG SCALE



Ref: ASTM D- 422	<b>Location</b>	BH1	<b>Depth</b> 0.5 - 4.0m	<b>Sample No.:</b> 3280
------------------	-----------------	-----	-------------------------	-------------------------

<b>Clay/Silt:</b>	30.7	<b>Sand:</b>	69.3	<b>Gravel:</b>	0	
<b>Material Description</b> Moist Dark Grey Loose Silty Sand						
Grd Modulus (GM):	0.7	D <sub>(10)</sub> =	0.636	mm	Fineness Modulus:	13.201
Grading Coefficient (GC):	4.3	D <sub>(30)</sub> =	0.72	mm	Liquid Limit	27.7%
USCS classification:	SM	D <sub>(60)</sub> =	0.84	mm	Plastic Limit	N/P
		Coeff. of Curvature, C <sub>c</sub> =	0.96		Plasticity Index	N/P
		Coeff. of Uniformity, C <sub>u</sub> =	1.32			

### Sieve Analysis Data

These results are for the exclusive use of the Client for whom they were obtained. They only apply to the samples tested and are not indicative of apparently identical samples. The use of our name must receive our approval. Reports must be reproduced in their entirety.

<b>Initial Dry Mass (m<sub>1</sub>)</b>		1800 g				
Sieve Opening (mm)	Mass Retained (g)		% Retained (m)*100 (m <sub>1</sub> )	% Passing (p)	Cumulative % passing	
	Actual	Corrected				
75.0	0	0	0.0	100.0	100	
63.0	0	0	0.0	100.0	100	
53.0	0	0	0.0	100.0	100	
37.5	0	0	0.0	100.0	100	
26.5	0	0	0.0	100.0	100	
19.0	0	0	0.0	100.0	100	
Passing 19 mm (m <sub>2</sub> )		1800				
total (checked with m <sub>1</sub> )		1800				
<b>Riffled (m<sub>3</sub>)</b>		3.03				
<b>Riffled and washed (m<sub>4</sub>)</b>		105				
<b>Correction factor</b>		594.06				
	m <sub>2</sub>					
	m <sub>3</sub>					
13.2	0	0	0.0	100.0	100	
9.5	0	0	0.0	100.0	100	
8.0	0	0	0.0	100.0	100	
6.7	0	0	0.0	100.0	100	
4.75	0	0	0.0	100.0	100	
2.0	0	0	0.0	100.0	100	
1.0	0	0	0.0	100.0	100	
0.6	3	1782	2.1	97.9	98	
0.425	3	1782	2.1	95.7	96	
0.250	9	5347	6.4	89.3	89	
0.150	22	13069	15.7	73.6	74	
0.075	60	35644	42.9	30.7	31	
<0.075 +	-102.0	43	25545	30.7		
TOTAL			83168			

Date: 31/01/2019

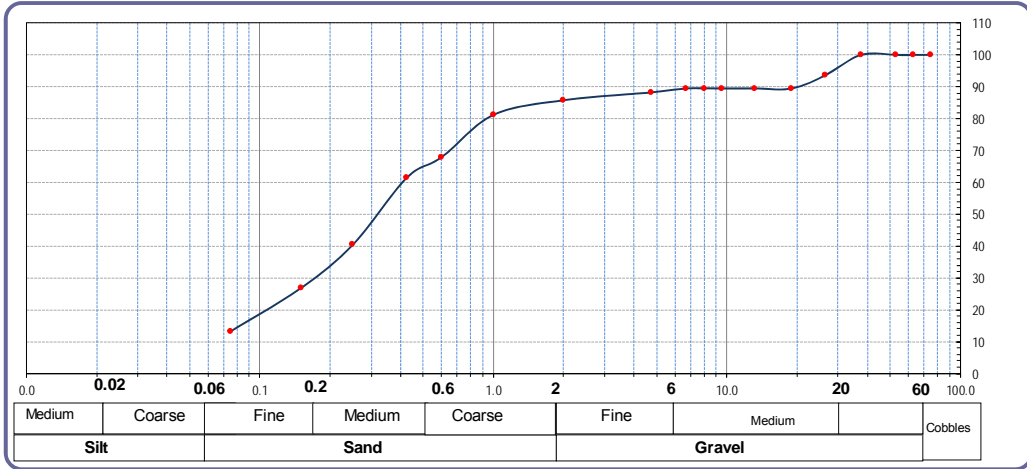
Tested By: MN

Checked by: AN

Approved by: EG

## Particle Size Distribution Report

SIEVE SIZE BY LOG SCALE



Ref: ASTM D- 422	<b>Location</b>	<b>BH1</b>	<b>Depth 4.0m-6.0m</b>	<b>Sample No.:</b> 3281
------------------	-----------------	------------	------------------------	-------------------------

Clay/Silt:	13.3	Sand:	75.0	Gravel:	12
<b>Material Description</b> Moist Grey Loose slightly Clayey Sand					
Grd Modulus (GM):	1.4	D <sub>(10)</sub> =	0.027	Fineness Modulus:	1.307
Grading Coefficient (GC):	28.5	D <sub>(30)</sub> =	0.09	Liquid Limit	32.2%
USCS classification:	SC	D <sub>(60)</sub> =	0.35	Plastic Limit	22.1
		Coeff. of Curvature, C <sub>c</sub> =	0.86	Plasticity Index	10.1
		Coeff. of Uniformity, C <sub>u</sub> =	12.82		

### Sieve Analysis Data

These results are for the exclusive use of the Client for whom they were obtained. They only apply to the samples tested and are not indicative of apparently identical samples. The use of our name must receive our approval. Reports must be reproduced in their entirety.

<b>Initial Dry Mass (m<sub>1</sub>)</b>	<b>1610 g</b>				
Sieve Opening (mm)	Mass Retained (g)		% Retained (m)*100 (m <sub>1</sub> )	% Passing (p)	Cumulative % passing
	Actual	Corrected			
75.0	0	0	0.0	100.0	100
63.0	0	0	0.0	100.0	100
53.0	0	0	0.0	100.0	100
37.5	0	0	0.0	100.0	100
26.5	85	85	6.3	93.7	94
19.0	56	56	4.2	89.5	89
Passing 19 mm (m <sub>2</sub> )	1469				
total (checked with m <sub>1</sub> )	<b>1610</b>				
<b>Riffled (m<sub>3</sub>)</b>	355				
<b>Riffled and washed (m<sub>4</sub>)</b>	252				
<b>Correction factor</b>	m <sub>2</sub> m <sub>3</sub>	4.14			
13.2	0	0	0.0	89.5	89
9.5	0	0	0.0	89.5	89
8.0	0	0	0.0	89.5	89
6.7	0	0	0.0	89.5	89
4.75	4	17	1.2	88.3	88
2.0	8	33	2.5	85.8	86
1.0	15	62	4.6	81.2	81
0.6	43	178	13.3	67.9	68
0.425	21	87	6.5	61.4	61
0.250	68	281	21.0	40.4	40
0.150	44	182	13.6	26.8	27
0.075	44	182	13.6	13.3	13
<0.075 +	103.0	43	178	13.3	
TOTAL		<b>1341</b>			

Date: 31/01/2019

Tested By: MN

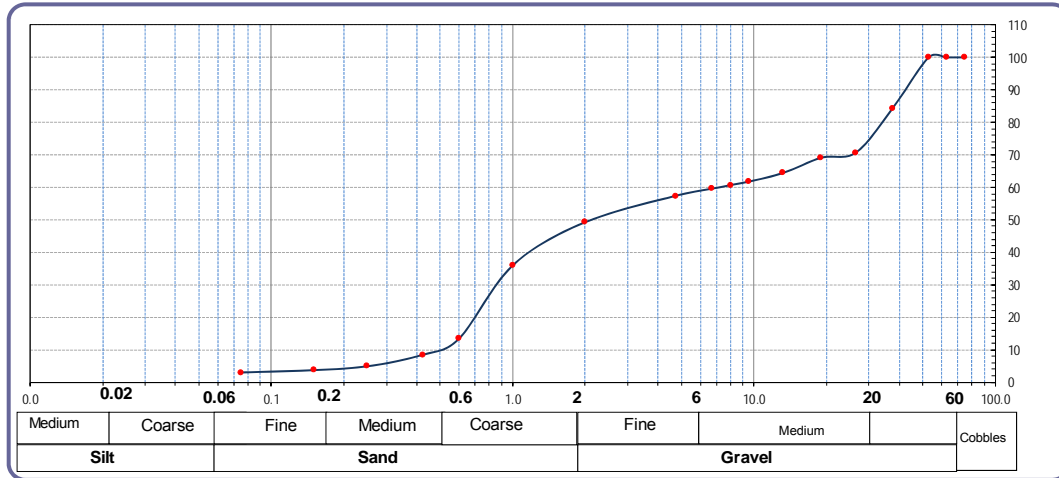
Checked by: AN

Approved by: EG



## Particle Size Distribution Report

SIEVE SIZE BY LOG SCALE



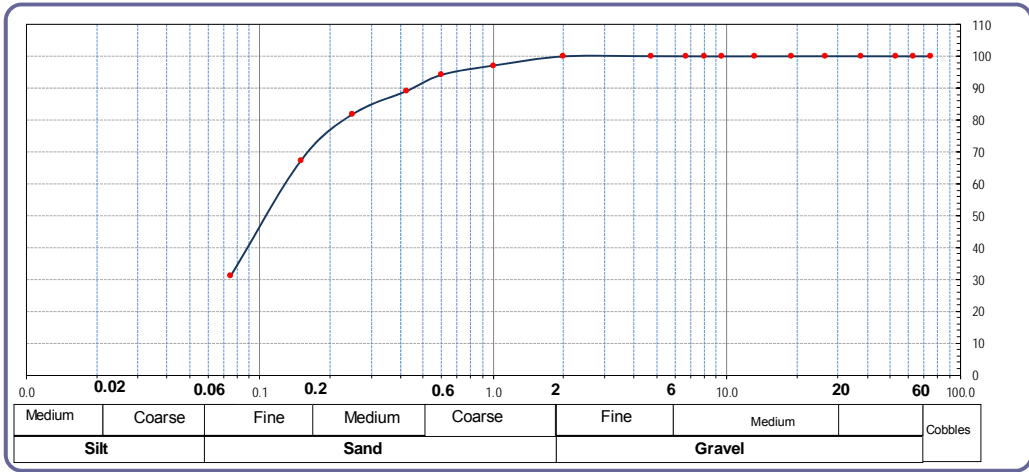
Ref: ASTM D-422	<b>Location</b> BH2	<b>Depth</b> 0-1m TP	<b>Sample No.:</b> 3282
-----------------	---------------------	----------------------	-------------------------

<b>Clay/Silt:</b> 3.0	<b>Sand:</b> 54.4	<b>Gravel:</b> 43
<b>Material Description</b> Very Moist Greyish poorly graded sand With well rounded pebble stones		
Grd Modulus (GM):	2.4	D <sub>(10)</sub> = 0.569 mm Fineness Modulus: 3.865
Grading Coefficient (GC):	35.7	D <sub>(30)</sub> = 0.93 mm Liquid Limit 24.8%
USCS classification:	SP	D <sub>(60)</sub> = 8.65 mm Plastic Limit N/P
	Coeff. of Curvature, C <sub>c</sub> = 0.18	Plasticity Index N/P
	Coeff. of Uniformity, C <sub>u</sub> = 15.19	

### Sieve Analysis Data

<b>Initial Dry Mass (m<sub>1</sub>)</b>		1924 g			
Sieve Opening (mm)	Mass Retained (g)		% Retained (m)*100 (m <sub>1</sub> )	% Passing (p)	Cumulative % passing
	Actual	Corrected			
75.0	0		0	100.0	100
63.0	0	0	0.0	100.0	100
53.0	0	0	0.0	100.0	100
37.5	312	312	15.8	84.2	84
26.5	268	268	13.5	70.7	71
19.0	32	32	1.6	69.1	69
Passing 19 mm (m <sub>2</sub> )	1312				
total (checked with m <sub>1</sub> )	1924				
<b>Riffled (m<sub>3</sub>)</b>	945				
<b>Riffled and washed (m<sub>4</sub>)</b>	945				
<b>Correction factor</b>	$\frac{m_2}{m_3}$	1.39			
13.2	67	93	4.7	64.4	64
9.5	38	53	2.7	61.7	62
8.0	15	21	1.1	60.7	61
6.7	16	22	1.1	59.6	60
4.75	31	43	2.2	57.4	57
2.0	116	161	8.1	49.3	49
1.0	190	264	13.3	36.0	36
0.6	321	446	22.5	13.5	13
0.425	71	99	5.0	8.5	8
0.250	51	71	3.6	4.9	5
0.150	17	24	1.2	3.7	4
0.075	10	14	0.7	3.0	3
<0.075 +	0.0	43	60	3.0	3
<b>TOTAL</b>		<b>1981</b>			

SIEVE SIZE BY LOG SCALE



Ref: ASTM D- 422	<b>Location</b>	BH3	<b>Depth</b>	0.5m-1.9m	<b>Sample No.:</b>	3283
------------------	-----------------	-----	--------------	-----------	--------------------	------

<b>Clay/Silt:</b>	31.2	<b>Sand:</b>	68.8	<b>Gravel:</b>	0
<b>Material Description</b>	Moist Greyish Medium Dense Silty Sand				
Grd Modulus (GM):	0.8	D <sub>(10)</sub> =	0.011 mm	Fineness Modulus:	0.208
Grading Coefficient (GC):	10.9	D <sub>(30)</sub> =	0.03 mm	Liquid Limit	24.6%
USCS classification:	SM	D <sub>(60)</sub> =	0.07 mm	Plastic Limit	17.2
		Coeff. of Curvature, C <sub>c</sub> =	1.50	Plasticity Index	7.3
		Coeff. of Uniformity, C <sub>u</sub> =	6.00		

Sieve Analysis Data

These results are for the exclusive use of the Client for whom they were obtained. They only apply to the samples tested and are not indicative of apparently identical samples. The use of our name must receive our approval. Reports must be reproduced in their entirety.

Initial Dry Mass (m <sub>1</sub> )		2024 g		Mass Retained (g)	% Retained (m)*100 (m <sub>1</sub> )	% Passing (p)	Cumulative % passing
Sieve Opening (mm)	Actual	Corrected					
75.0	0	0	0.0	100.0	100		
63.0	0	0	0.0	100.0	100		
53.0	0	0	0.0	100.0	100		
37.5	0	0	0.0	100.0	100		
26.5	0	0	0.0	100.0	100		
19.0	0	0	0.0	100.0	100		
Passing 19 mm (m <sub>2</sub> )	2024						
total (checked with m <sub>1</sub> )	2024						
<b>Riffled (m<sub>3</sub>)</b>	274						
<b>Riffled and washed (m<sub>4</sub>)</b>	102						
<b>Correction factor</b>	$\frac{m_2}{m_3}$	7.39					
13.2	0	0	0.0	100.0	100		
9.5	0	0	0.0	100.0	100		
8.0	0	0	0.0	100.0	100		
6.7	0	0	0.0	100.0	100		
4.75	0	0	0.0	100.0	100		
2.0	0	0	0.0	100.0	100		
1.0	4	30	2.9	97.1	97		
0.6	4	30	2.9	94.2	94		
0.425	7	52	5.1	89.1	89		
0.250	10	74	7.2	81.9	82		
0.150	20	148	14.5	67.4	67		
0.075	50	369	36.2	31.2	31		
<0.075 +	172.0	43	318	31.2			
<b>TOTAL</b>			<b>1019</b>				

Date: 31/01/2019

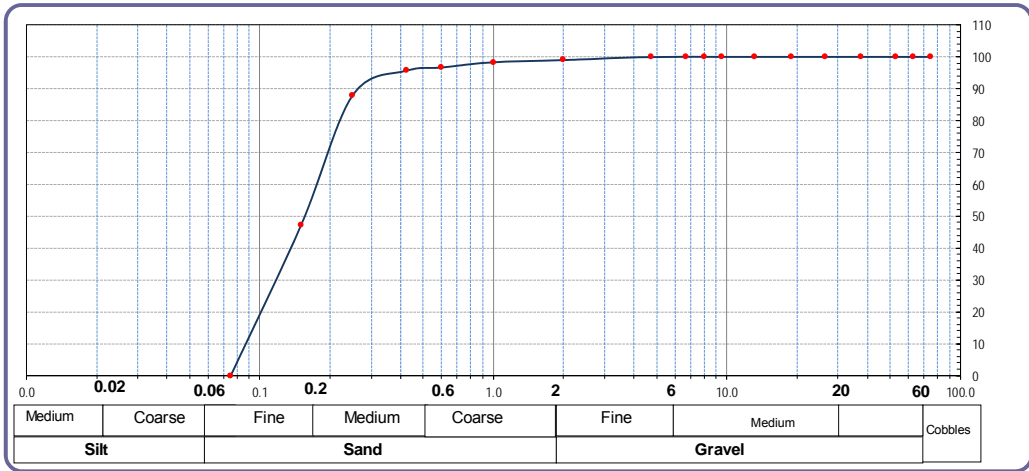
Tested By: MN

Checked by: AN

Approved by: EG

## Particle Size Distribution Report

SIEVE SIZE BY LOG SCALE



Ref: ASTM D- 422	<b>Location</b>	BH3	<b>Depth</b>	1.9m-3.0m	<b>Sample No.:</b>	3284
------------------	-----------------	-----	--------------	-----------	--------------------	------

<b>Clay/Silt:</b>	0.0	<b>Sand:</b>	100.0	<b>Gravel:</b>	0	
<b>Material Description</b>						
Moist Yellowish Grey Loose Sand						
Grd Modulus (GM):	1.1	D <sub>(10)</sub> =	0.081	mm	Fineness Modulus:	0.542
Grading Coefficient (GC):	4.3	D <sub>(30)</sub> =	0.12	mm	Liquid Limit	29.3%
USCS classification:	SP	D <sub>(60)</sub> =	0.17	mm	Plastic Limit	N/P
		Coeff. of Curvature, C <sub>c</sub> =	0.93		Plasticity Index	N/P
		Coeff. of Uniformity, C <sub>u</sub> =	2.15			

### Sieve Analysis Data

These results are for the exclusive use of the Client for whom they were obtained. They only apply to the samples tested and are not indicative of apparently identical samples. The use of our name must receive our approval. Reports must be reproduced in their entirety.

<b>Initial Dry Mass (m<sub>1</sub>)</b>	1591 g				
Sieve Opening (mm)	Mass Retained (g)		% Retained (m)*100 (m <sub>1</sub> )	% Passing (p)	Cumulative % passing
	Actual	Corrected			
75.0	0	0	0.0	100.0	100
63.0	0	0	0.0	100.0	100
53.0	0	0	0.0	100.0	100
37.5	0	0	0.0	100.0	100
26.5	0	0	0.0	100.0	100
19.0	0	0	0.0	100.0	100
Passing 19 mm (m <sub>2</sub> )	1591				
total (checked with m <sub>1</sub> )	1591				
<b>Riffled (m<sub>3</sub>)</b>	321				
<b>Riffled and washed (m<sub>4</sub>)</b>	309				
<b>Correction factor</b>	m <sub>2</sub>	4.96			
	m <sub>3</sub>				
13.2	0	0	0.0	100.0	100
9.5	0	0	0.0	100.0	100
8.0	0	0	0.0	100.0	100
6.7	0	0	0.0	100.0	100
4.75	0	0	0.0	100.0	100
2.0	3	15	1.0	99.0	99
1.0	2	10	0.7	98.3	98
0.6	5	25	1.7	96.7	97
0.425	3	15	1.0	95.7	96
0.250	23	114	7.6	88.0	88
0.150	123	610	40.9	47.2	47
0.075	142	704	47.2	0.0	0
<0.075 +	12.0				
TOTAL		1492			

Date: 31/01/2019

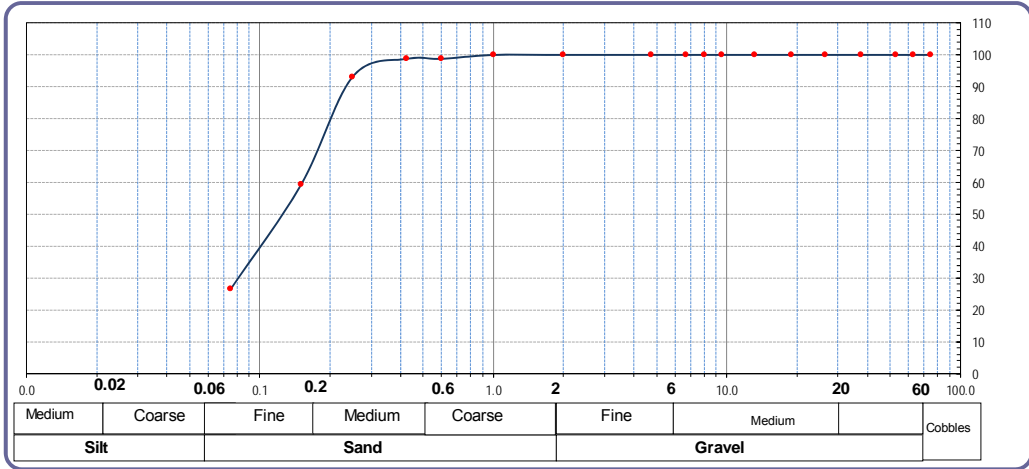
Tested By: MN

Checked by: AN

Approved by: EG

## Particle Size Distribution Report

SIEVE SIZE BY LOG SCALE



Ref: ASTM D- 422	<b>Location</b> BH3	<b>Depth</b> 3.0m-4.6m	<b>Sample No.:</b> 3285
------------------	---------------------	------------------------	-------------------------

<b>Clay/Silt:</b>	26.5	<b>Sand:</b>	73.5	<b>Gravel:</b>	0
<b>Material Description</b> Moist Greyish medium dense Clayey Sand					
Grd Modulus (GM):	0.7	D <sub>(10)</sub> =	0.011 mm	Fineness Modulus:	0.195
Grading Coefficient (GC):	1.2	D <sub>(30)</sub> =	0.03 mm	Liquid Limit	34.5%
USCS classification:	SC	D <sub>(60)</sub> =	0.07 mm	Plastic Limit	20.2
		Coeff. of Curvature, C <sub>c</sub> =	1.50	Plasticity Index	14.3
		Coeff. of Uniformity, C <sub>u</sub> =	6.00		

### Sieve Analysis Data

These results are for the exclusive use of the Client for whom they were obtained. They only apply to the samples tested and are not indicative of apparently identical samples. The use of our name must receive our approval. Reports must be reproduced in their entirety.

Initial Dry Mass (m <sub>1</sub> )		Mass Retained (g)		% Retained (m)*100 (m <sub>1</sub> )	% Passing (p)	Cumulative % passing
Sieve Opening (mm)		Actual	Corrected			
75.0		0		0	100.0	100
63.0		0	0	0.0	100.0	100
53.0		0	0	0.0	100.0	100
37.5		0	0	0.0	100.0	100
26.5		0	0	0.0	100.0	100
19.0		0	0	0.0	100.0	100
Passing 19 mm (m <sub>2</sub> )	1741					
total (checked with m <sub>1</sub> )	1741					
<b>Riffled (m<sub>3</sub>)</b>	348					
<b>Riffled and washed (m<sub>4</sub>)</b>	125					
<b>Correction factor</b>	$\frac{m_2}{m_3}$	5.00				
13.2		0	0	0.0	100.0	100
9.5		0	0	0.0	100.0	100
8.0		0	0	0.0	100.0	100
6.7		0	0	0.0	100.0	100
4.75		0	0	0.0	100.0	100
2.0		0	0	0.0	100.0	100
1.0		0	0	0.0	100.0	100
0.6		2	10	1.2	98.8	99
0.425		0	0	0.0	98.8	99
0.250		9	45	5.6	93.2	93
0.150		55	275	34.0	59.3	59
0.075		53	265	32.7	26.5	27
<0.075 +	223.0	43	215	26.5		
<b>TOTAL</b>			<b>810</b>			

Date: 31/01/2019

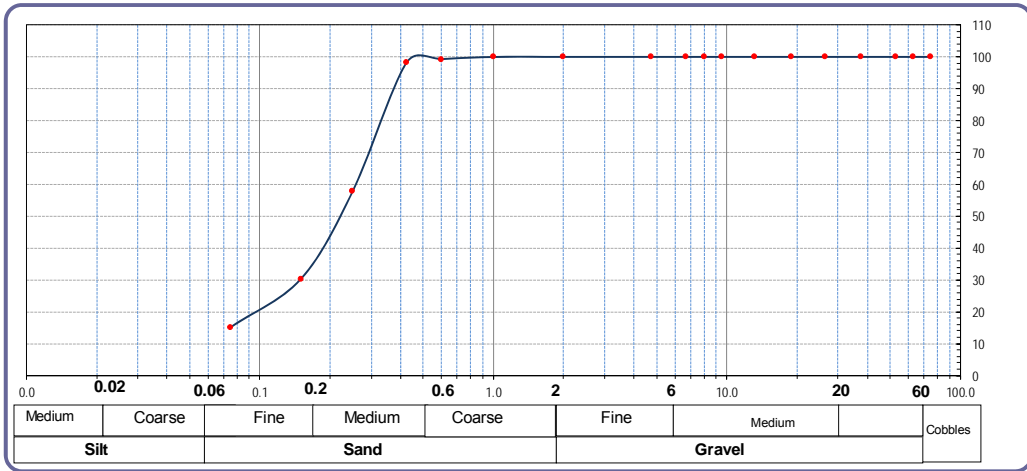
Tested By: MN

Checked by: AN

Approved by: EG

## Particle Size Distribution Report

SIEVE SIZE BY LOG SCALE



Ref: ASTM D- 422	<b>Location</b> BH3	<b>Depth</b> 4.6m-6.0m	<b>Sample No.:</b> 3286
------------------	---------------------	------------------------	-------------------------

<b>Clay/Silt:</b>	15.2	<b>Sand:</b>	84.8	<b>Gravel:</b>	0
<b>Material Description</b> Moist Greyish Yellow medium dense Silty Sand					
Grd Modulus (GM):	0.9	D <sub>(10)</sub> =	0.024 mm	Fineness Modulus:	0.573
Grading Coefficient (GC):	1.8	D <sub>(30)</sub> =	0.07 mm	Liquid Limit	30.6%
USCS classification:	SM	D <sub>(60)</sub> =	0.22 mm	Plastic Limit	N/P
		Coeff. of Curvature, C <sub>c</sub> =	0.97	Plasticity Index	N/P
		Coeff. of Uniformity, C <sub>u</sub> =	9.23		

### Sieve Analysis Data

These results are for the exclusive use of the Client for whom they were obtained. They only apply to the samples tested and are not indicative of apparently identical samples. The use of our name must receive our approval. Reports must be reproduced in their entirety.

Initial Dry Mass (m <sub>1</sub> )		1585 g		Mass Retained (g)	% Retained (m)*100 (m <sub>1</sub> )	% Passing (p)	Cumulative % passing
Sieve Opening (mm)	Actual	Corrected					
75.0	0	0	0.0	100.0	100		
63.0	0	0	0.0	100.0	100		
53.0	0	0	0.0	100.0	100		
37.5	0	0	0.0	100.0	100		
26.5	0	0	0.0	100.0	100		
19.0	0	0	0.0	100.0	100		
Passing 19 mm (m <sub>2</sub> )	1585						
total (checked with m <sub>1</sub> )	1585						
<b>Riffled (m<sub>3</sub>)</b>	347						
<b>Riffled and washed (m<sub>4</sub>)</b>	243						
<b>Correction factor</b>	$\frac{m_2}{m_3}$	4.57					
13.2	0	0	0.0	100.0	100		
9.5	0	0	0.0	100.0	100		
8.0	0	0	0.0	100.0	100		
6.7	0	0	0.0	100.0	100		
4.75	0	0	0.0	100.0	100		
2.0	0	0	0.0	100.0	100		
1.0	0	0	0.0	100.0	100		
0.6	2	9	0.7	99.3	99		
0.425	3	14	1.1	98.2	98		
0.250	114	521	40.3	58.0	58		
0.150	78	356	27.6	30.4	30		
0.075	43	196	15.2	15.2	15		
<0.075 +	104.0	43	196	15.2			
<b>TOTAL</b>			<b>1293</b>				

Date: 31/01/2019

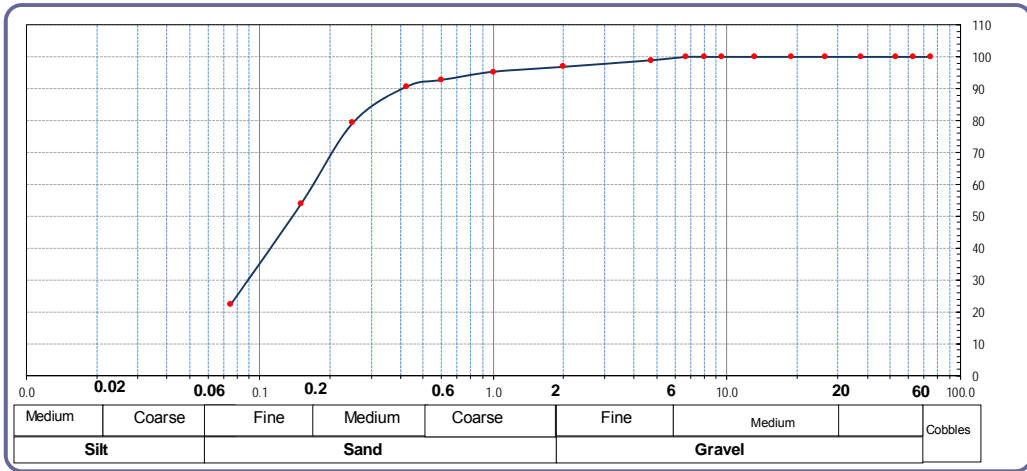
Tested By: MN

Checked by: AN

Approved by: EG

## Particle Size Distribution Report

SIEVE SIZE BY LOG SCALE



Ref: ASTM D- 422	<b>Location</b> BH3	<b>Depth</b> 6.0m-7.0m	<b>Sample No.:</b> 3287
------------------	---------------------	------------------------	-------------------------

<b>Clay/Silt:</b>	22.3	<b>Sand:</b>	76.7	<b>Gravel:</b>	1	
<b>Material Description</b> Moist Greyish Medium Dense Clayey Sand						
Grd Modulus (GM):	0.9	D <sub>(10)</sub> =	3.898	mm	Fineness Modulus:	31.667
Grading Coefficient (GC):	9.2	D <sub>(30)</sub> =	4.39	mm	Liquid Limit	32.6%
USCS classification:	SC	D <sub>(60)</sub> =	5.30	mm	Plastic Limit	17.0
		Coeff. of Curvature, C <sub>c</sub> =	0.93		Plasticity Index	15.6
		Coeff. of Uniformity, C <sub>u</sub> =	1.36			

### Sieve Analysis Data

These results are for the exclusive use of the Client for whom they were obtained. They only apply to the samples tested and are not indicative of apparently identical samples. The use of our name must receive our approval. Reports must be reproduced in their entirety.

Initial Dry Mass (m <sub>1</sub> )		1815 g		Mass Retained (g)	% Retained (m)*100 (m <sub>1</sub> )	% Passing (p)	Cumulative % passing
Sieve Opening (mm)	Actual	Corrected					
75.0	0	0	0.0	100.0	100		
63.0	0	0	0.0	100.0	100		
53.0	0	0	0.0	100.0	100		
37.5	0	0	0.0	100.0	100		
26.5	0	0	0.0	100.0	100		
19.0	0	0	0.0	100.0	100		
Passing 19 mm (m <sub>2</sub> )	1815						
total (checked with m <sub>1</sub> )	1815						
<b>Riffled (m<sub>3</sub>)</b>	3.6						
<b>Riffled and washed (m<sub>4</sub>)</b>	154						
<b>Correction factor</b>	$\frac{m_2}{m_3}$	504.17					
13.2	0	0	0.0	100.0	100		
9.5	0	0	0.0	100.0	100		
8.0	0	0	0.0	100.0	100		
6.7	0	0	0.0	100.0	100		
4.75	2	1008	1.0	99.0	99		
2.0	4	2017	2.1	96.9	97		
1.0	3	1513	1.6	95.3	95		
0.6	5	2521	2.6	92.7	93		
0.425	4	2017	2.1	90.7	91		
0.250	22	11092	11.4	79.3	79		
0.150	49	24704	25.4	53.9	54		
0.075	61	30754	31.6	22.3	22		
<0.075 +	-150.4	43	21679	22.3			
<b>TOTAL</b>			<b>97304</b>				

Date: 31/01/2019

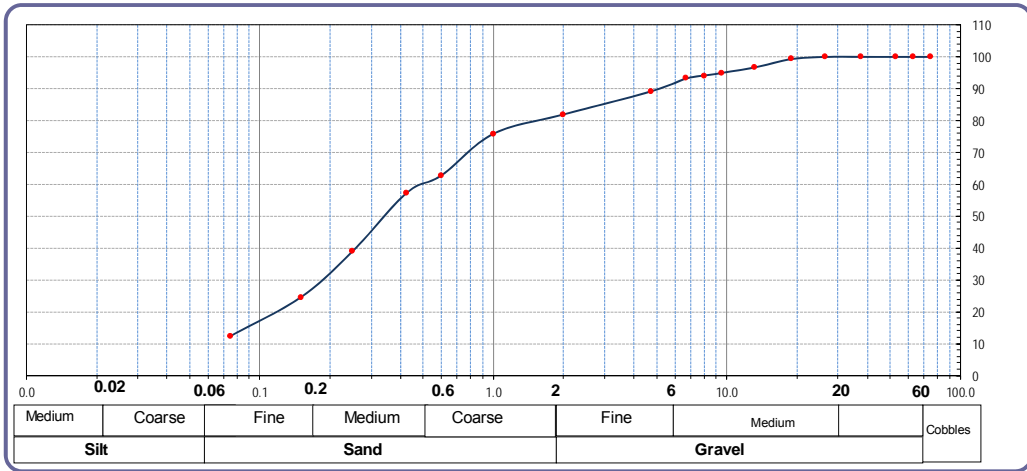
Tested By: MN

Checked by: AN

Approved by: EG

## Particle Size Distribution Report

SIEVE SIZE BY LOG SCALE



Ref: ASTM D- 422	<b>Location</b> BH3	<b>Depth</b> 7.0m-9.0m	<b>Sample No.:</b> 3288
------------------	---------------------	------------------------	-------------------------

<b>Clay/Silt:</b>	12.5	<b>Sand:</b>	76.7	<b>Gravel:</b>	11
<b>Material Description</b> Moist Yellowish Grey Dense to very dense Silty Sand					
Grd Modulus (GM):	1.5	D <sub>(10)</sub> =	0.025 mm	Fineness Modulus:	1.233
Grading Coefficient (GC):	38.1	D <sub>(30)</sub> =	0.08 mm	Liquid Limit	27.8%
USCS classification:	SM	D <sub>(60)</sub> =	0.36 mm	Plastic Limit	N/P
		Coeff. of Curvature, C <sub>c</sub> =	0.64	Plasticity Index	N/P
		Coeff. of Uniformity, C <sub>u</sub> =	14.16		

### Sieve Analysis Data

These results are for the exclusive use of the Client for whom they were obtained. They only apply to the samples tested and are not indicative of apparently identical samples. The use of our name must receive our approval. Reports must be reproduced in their entirety.

Initial Dry Mass (m <sub>1</sub> )		2582 g		Mass Retained (g)	% Retained (m)*100 (m <sub>1</sub> )	% Passing (p)	Cumulative % passing
Sieve Opening (mm)	Actual	Corrected					
75.0	0	0	0	100.0	100		
63.0	0	0	0	100.0	100		
53.0	0	0	0	100.0	100		
37.5	0	0	0	100.0	100		
26.5	0	0	0	100.0	100		
19.0	14	14	0.7	99.3	99		
Passing 19 mm (m <sub>2</sub> )	2568						
total (checked with m <sub>1</sub> )	2582						
<b>Riffled (m<sub>3</sub>)</b>	429						
<b>Riffled and washed (m<sub>4</sub>)</b>	304						
<b>Correction factor</b>	$\frac{m_2}{m_3}$	5.99					
13.2	9	54	2.6	96.7	97		
9.5	6	36	1.7	95.0	95		
8.0	3	18	0.9	94.1	94		
6.7	3	18	0.9	93.2	93		
4.75	14	84	4.1	89.2	89		
2.0	25	150	7.2	81.9	82		
1.0	21	126	6.1	75.9	76		
0.6	45	269	13.0	62.8	63		
0.425	19	114	5.5	57.3	57		
0.250	63	377	18.2	39.1	39		
0.150	50	299	14.5	24.6	25		
0.075	42	251	12.2	12.5	12		
<0.075 +	125.0	43	257	12.5			
<b>TOTAL</b>		<b>2067</b>					

Date: 31/01/2019

Tested By: MN

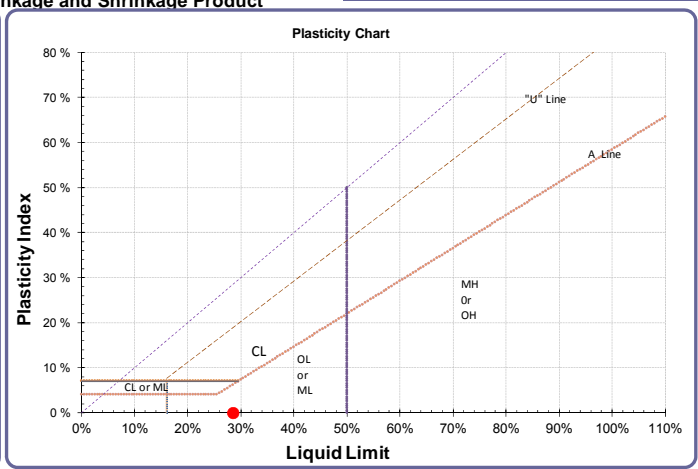
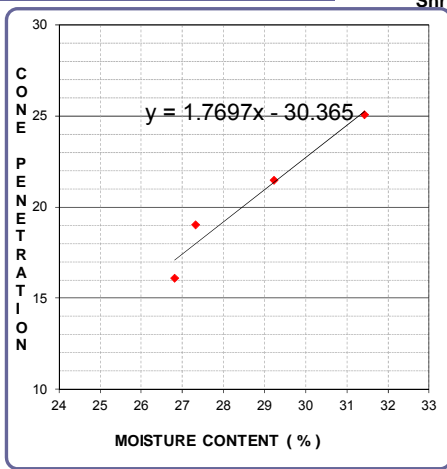
Checked by: AN

Approved by: EG



# Appendix C - Atterberg Limits Test Results

## Liquid and Plastic Limits. Linear Shrinkage and Shrinkage Product



Approved By: EG

Checked AN

Tested By: JS

These results are for the exclusive use of the Client for whom they were obtained. They only apply to the sample tested and are not indicative of any other samples.

TEST METHOD 1.2, 1.3, and 1.4 1377 : Part 2 :1990	ref. BS	Location	BH1' TP 1	Depth	0.0m -1.0m	Sample No.	<b>0</b>
--	---------	----------	-----------	-------	------------	------------	----------

correlation coefficient = 0.9755	
LIQUID LIMIT (%)	28.5
PLASTIC LIMIT (%)	N/P
Plasticity Index (%)	N/P

Moist Dark Greyish Silty Sand with gravel

LINEAR SHRINKAGE and SHRINKAGE PRODUCT		
Specimen reference		NL8
Initial Length $L_0$	mm	140
Oven dried length $L_D$	mm	136
Linear Shrinkage, $LS = 100 * (1 - (L_D/L_0))$	%	2.86
Shrinkage Product, $SP = LS * \% <425\mu m$		163

Sample preparation :

a ) As received	c ) Washed on 425 $\mu m$	e ) Oven dried : ° C
b ) Airdried : ° C	d ) Proportion retained on 425 $\mu m$ sieve :	f ) Not known
	57	

### Test Data

TEST NO.		LIQUID LIMIT												PLASTIC LIMIT	
		1			2			3			4			1	2
Initial gauge reading	mm	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		
Final gauge reading	mm	16.0	16.2	16.1	19.0	19.1	19.0	21.6	21.4	21.4	25.1	25.0	25.1		
Average penetration	mm	16.1			19.0			21.5			25.1				

Container Number		M9	M	M5	N28		
Mass of wet soil & container	g	17.17	19.97	18.78	24.27		
Mass of dry soil & container	g	15.06	17.62	16.15	20.65		
Mass of container	g	7.19	9.02	7.15	9.13		
Mass of dry soil	g	7.87	8.6	9	11.52		
Mass of moisture	g	2.11	2.35	2.63	3.62		
Moisture content	%	26.8	27.3	29.2	31.4		

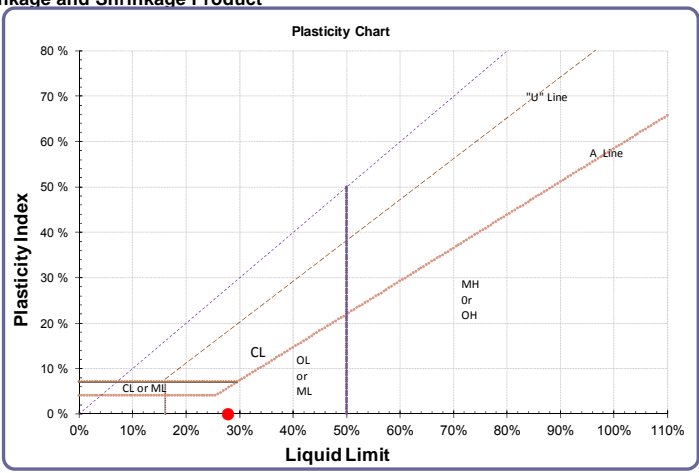
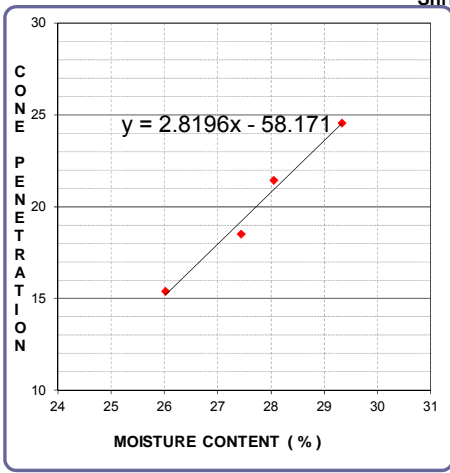
**Liquid and Plastic Limits. Linear**  
Shrinkage and Shrinkage Product

Approved By: EG

Checked AN

Tested By: JS

These results are for the exclusive use of the Client for whom they were obtained. They only apply to the samples tested and are not indicative of any other samples.



TEST METHOD 1.2, 1.3, and 1.4. ref. ASTM D - 4318	Location	BH1	Depth	0.5 - 4.0m	Sample No.	3280
--	----------	-----	-------	------------	------------	------

correlation coefficient = 0.9911	<b>LIQUID LIMIT (%)</b>	<b>27.7</b>
	<b>PLASTIC LIMIT (%)</b>	<b>N/P</b>
	<b>Plasticity Index (%)</b>	<b>N/P</b>

Moist Dark Grey Loose Silty Sand

LINEAR SHRINKAGE and SHRINKAGE PRODUCT		
Specimen reference		L57
Initial Length $L_0$	mm	140
Oven dried length $L_D$	mm	138
Linear Shrinkage, $LS = 100 * (1 - (L_D/L_0))$	%	1.43
Shrinkage Product, $SP = LS * \% < 425\mu m$		137

Sample preparation :

a) As received	c) Washed on 425 $\mu m$	e) Oven dried : ° C
b) Airdried : ° C	d) Proportion retained on 425 $\mu m$ sieve : 96	f) Not known

**Test Data**

TEST NO.		LIQUID LIMIT												PLASTIC LIMIT	
		1			2			3			4			1	2
Initial gauge reading	mm	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		
Final gauge reading	mm	15.4	15.5	15.3	18.7	18.5	18.3	21.4	21.3	21.6	24.7	24.5	24.4		
Average penetration	mm	<b>15.4</b>			<b>18.5</b>			<b>21.4</b>			<b>24.5</b>				
Container Number		M9			N45			M2			N18				
Mass of wet soil & container	g	23.24			24.40			25.45			26.02				
Mass of dry soil & container	g	19.92			21.20			21.45			22.23				
Mass of container	g	7.16			9.54			7.19			9.31				
Mass of dry soil	g	12.76			11.66			14.26			12.92				
Mass of moisture	g	3.32			3.2			4			3.79				
Moisture content	%	<b>26.0</b>			<b>27.4</b>			<b>28.1</b>			<b>29.3</b>				

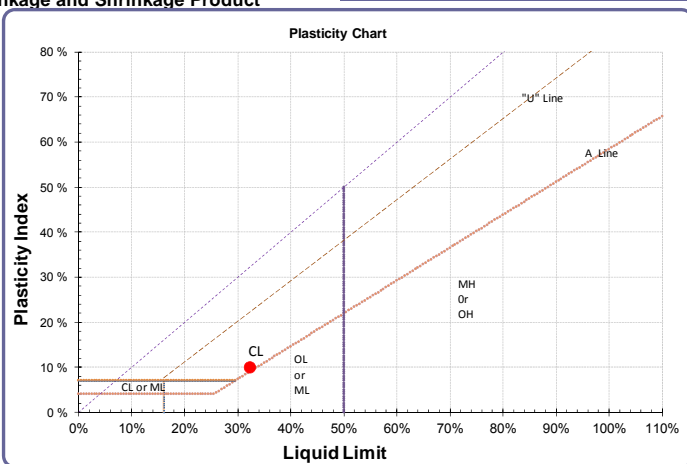
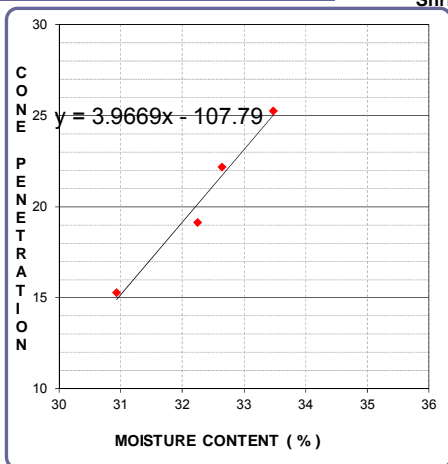
**Liquid and Plastic Limits. Linear Shrinkage and Shrinkage Product**

Approved By: EG

Checked AN

Tested By: JS

These results are for the exclusive use of the Client for whom they were obtained. They only apply to the sample listed and are not indicative of any other samples.



TEST METHOD 1.2, 1.3, and 1.4. ref. ASTM D - 4318	Location	BH1	Depth	4.0m-6.0m	Sample No.	3281
--	----------	-----	-------	-----------	------------	------

correlation coefficient = 0.9869	
LIQUID LIMIT (%)	32.2
PLASTIC LIMIT (%)	22.1
Plasticity Index (%)	10.1

Moist Grey Loose slightly Clayey Sand

LINEAR SHRINKAGE and SHRINKAGE PRODUCT		
Specimen reference		L54
Initial Length L <sub>0</sub>	mm	140
Oven dried length L <sub>D</sub>	mm	137
Linear Shrinkage, LS = 100* (1-(L <sub>D</sub> /L <sub>0</sub> ))	%	2.14
Shrinkage Product, SP = LS* % <425um		132

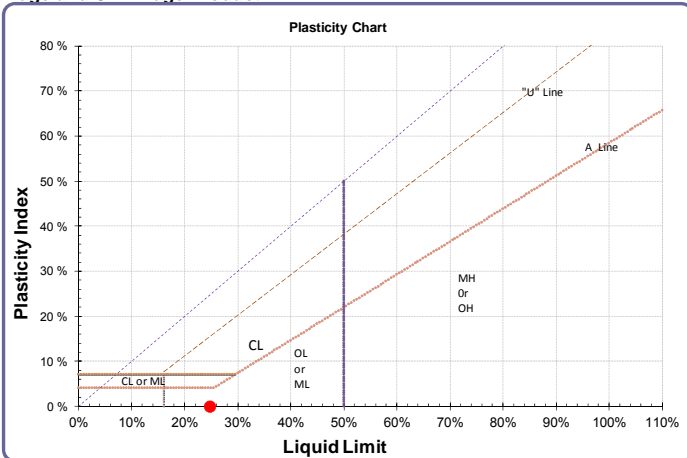
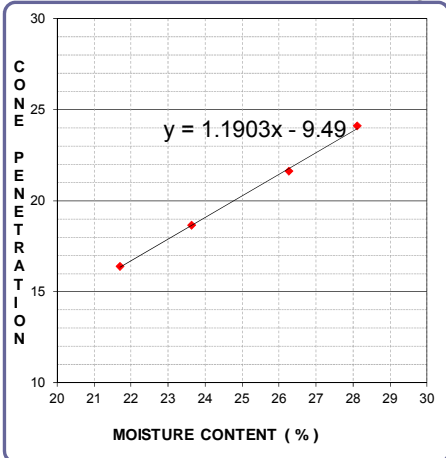
Sample preparation :		
a ) As received	c ) Washed on 425 µm	e ) Oven dried : ° C
b ) Airdried : ° C	d) Proportion retained on 425 µm sieve :	61
	f) Not known	

**Test Data**

TEST NO.		LIQUID LIMIT												PLASTIC LIMIT		
		1			2			3			4			1	2	
Initial gauge reading	mm	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0			
Final gauge reading	mm	15.4	15.1	15.3	19.0	19.3	19.1	22.0	22.4	22.1	25.1	25.2	25.4			
Average penetration	mm	15.3			19.1			22.2			25.2					
Container Number		N37			N17			0			X			C20	F	
Mass of wet soil & container	g	24.64			24.52			24.66			24.65			18.77	18.07	
Mass of dry soil & container	g	21.03			20.64			20.86			20.75			17.09	16.43	
Mass of container	g	9.36			8.61			9.22			9.10			9.39	9.09	
Mass of dry soil	g	11.67			12.03			11.64			11.65			7.7	7.34	
Mass of moisture	g	3.61			3.88			3.8			3.9			1.68	1.64	
Moisture content	%	30.9			32.3			32.6			33.5			21.8	22.3	22.08

**Liquid and Plastic Limits. Linear Shrinkage and Shrinkage Product**

Approved By: EG  
Checked AN  
Tested By: JS



TEST METHOD 1.2, 1.3, and 1.4  
ref. ASTM D - 4318

Location **BH2** Depth **0-1m TP**

Sample No. **3282**

correlation coefficient = 0.9992	
<b>LIQUID LIMIT (%)</b>	<b>24.8</b>
<b>PLASTIC LIMIT (%)</b>	<b>N/P</b>
<b>Plasticity Index (%)</b>	<b>N/P</b>

Very Moist Greyish Silty Gravel With Sand And well rounded pebble stones

LINEAR SHRINKAGE and SHRINKAGE PRODUCT		
Specimen reference		L54
Initial Length $L_0$	mm	140
Oven dried length $L_D$	mm	140
Linear Shrinkage, $LS = 100 * (1 - (L_D/L_0))$	%	0.00
Shrinkage Product, $SP = LS * \% < 425\mu m$		0

Sample preparation :

a ) As received	c ) Washed on 425 $\mu m$	e ) Oven dried : ° C
b ) Airdried : ° C	d) Proportion retained on 425 $\mu m$ sieve :	f ) Not known
	8	

**Test Data**

TEST NO.		LIQUID LIMIT												PLASTIC LIMIT	
		1			2			3			4			1	2
Initial gauge reading	mm	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		
Final gauge reading	mm	16.2	16.4	16.6	18.9	18.6	18.4	21.5	21.6	21.7	24.1	24.2	24.0		
Average penetration	mm	<b>16.4</b>			<b>18.6</b>			<b>21.6</b>			<b>24.1</b>				
Container Number		N15			NC			18			Z				
Mass of wet soil & container	g	28.43			29.09			30.77			31.72				
Mass of dry soil & container	g	25.03			25.26			26.33			26.79				
Mass of container	g	9.36			9.06			9.43			9.25				
Mass of dry soil	g	15.67			16.2			16.9			17.54				
Mass of moisture	g	3.4			3.83			4.44			4.93				
Moisture content	%	<b>21.7</b>			<b>23.6</b>			<b>26.3</b>			<b>28.1</b>				

These results are for the exclusive use of the Client for whom they were obtained. They only apply to the sample listed and are not indicative of representativity of other samples.

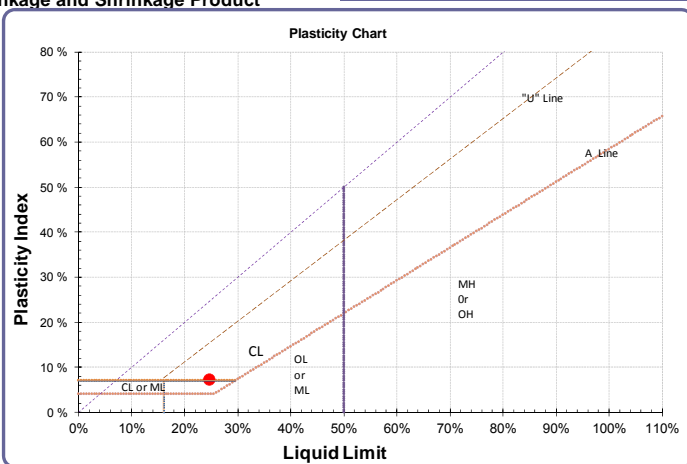
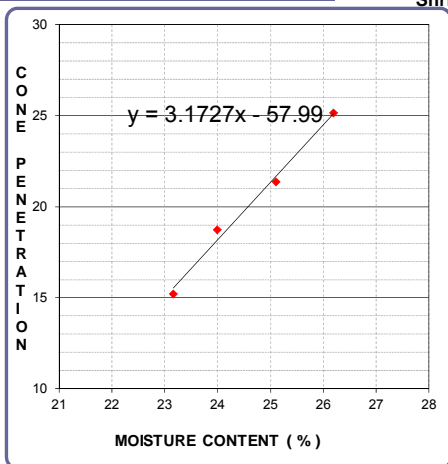
**Liquid and Plastic Limits. Linear Shrinkage and Shrinkage Product**

Approved By: EG

Checked AN

Tested By: SJ

These results are for the exclusive use of the Client for whom they were obtained. They only apply to the sample listed and are not indicative of any other separate samples.



TEST METHOD 1.2, 1.3, and 1.4. ref. ASTM D - 4318	Location	BH3	Depth	0.5m-1.9m	Sample No.	<b>3283</b>
--	----------	-----	-------	-----------	------------	-------------

correlation coefficient = 0.9948	
LIQUID LIMIT (%)	<b>24.6</b>
PLASTIC LIMIT (%)	<b>17.2</b>
Plasticity Index (%)	<b>7.3</b>

Moist Greyish Medium Dense Silty Sand

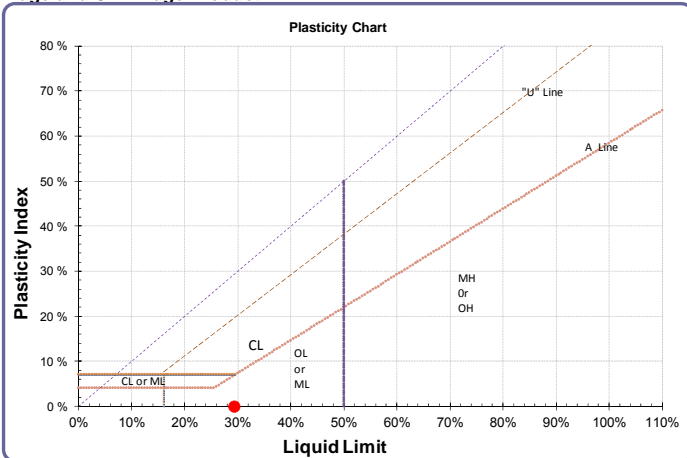
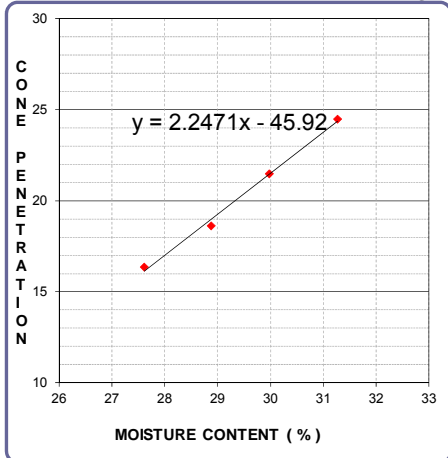
LINEAR SHRINKAGE and SHRINKAGE PRODUCT		
Specimen reference		3
Initial Length L <sub>0</sub>	mm	140
Oven dried length L <sub>D</sub>	mm	135
Linear Shrinkage, LS = 100* (1-(L <sub>D</sub> /L <sub>0</sub> ))	%	3.57
Shrinkage Product, SP = LS* % <425um		318

Sample preparation :		
a ) As received	c ) Washed on 425 µm	e ) Oven dried : ° C
b ) Airdried : ° C	d) Proportion retained on 425 µm sieve :	89
	f) Not known	

**Test Data**

TEST NO.		LIQUID LIMIT												PLASTIC LIMIT	
		1			2			3			4			1	2
Initial gauge reading	mm	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		
Final gauge reading	mm	15.2	15.0	15.4	18.8	18.6	18.8	21.5	21.4	21.2	25.2	25.1	25.1		
Average penetration	mm	<b>15.2</b>			<b>18.7</b>			<b>21.4</b>			<b>25.1</b>				
Container Number		Z			W18			N15			A			M4	N13
Mass of wet soil & container	g	21.36			24.00			26.43			26.51			17.29	18.51
Mass of dry soil & container	g	19.05			21.13			22.99			22.93			15.82	17.15
Mass of container	g	9.08			9.17			9.29			9.26			7.25	9.31
Mass of dry soil	g	9.97			11.96			13.7			13.67			8.57	7.84
Mass of moisture	g	2.31			2.87			3.44			3.58			1.47	1.36
Moisture content	%	<b>23.2</b>			<b>24.0</b>			<b>25.1</b>			<b>26.2</b>			<b>17.2</b>	<b>17.3</b>
															<b>17.25</b>

**Liquid and Plastic Limits. Linear Shrinkage and Shrinkage Product**



Approved By: EG

Checked AN

Tested By: JS

These results are for the exclusive use of the Client for whom they were obtained. They only apply to the sample listed and are not indicative of any other separate samples.

TEST METHOD 1.2, 1.3, and 1.4. ref. ASTM D - 4318	Location	BH3	Depth	1.9m-3.0m	Sample No.	<b>3284</b>
--	----------	-----	-------	-----------	------------	-------------

correlation coefficient = 0.9969	
LIQUID LIMIT (%)	<b>29.3</b>
PLASTIC LIMIT (%)	N/P
Plasticity Index (%)	N/P

Moist Yellowish Grey Loose Sand

LINEAR SHRINKAGE and SHRINKAGE PRODUCT		
Specimen reference		L56
Initial Length $L_0$	mm	140
Oven dried length $L_D$	mm	140
Linear Shrinkage, $LS = 100 * (1 - (L_D/L_0))$	%	0.00
Shrinkage Product, $SP = LS * \% < 425\mu m$		0

Sample preparation :		
a ) As received	c ) Washed on 425 $\mu m$	e ) Oven dried : ° C
b ) Airdried : ° C	d) Proportion retained on 425 $\mu m$ sieve :	f ) Not known
	96	

**Test Data**

TEST NO.		LIQUID LIMIT												PLASTIC LIMIT	
		1			2			3			4			1	2
Initial gauge reading	mm	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		
Final gauge reading	mm	16.4	16.5	16.2	18.4	18.6	18.8	21.4	21.6	21.4	24.5	24.4	24.5		
Average penetration	mm	<b>16.4</b>			<b>18.6</b>			<b>21.5</b>			<b>24.5</b>				
Container Number		12			N11			NC			19				
Mass of wet soil & container	g	19.89			20.81			22.99			24.50				
Mass of dry soil & container	g	16.82			18.17			19.77			20.92				
Mass of container	g	5.70			9.03			9.03			9.47				
Mass of dry soil	g	11.12			9.14			10.74			11.45				
Mass of moisture	g	3.07			2.64			3.22			3.58				
Moisture content	%	<b>27.6</b>			<b>28.9</b>			<b>30.0</b>			<b>31.3</b>				

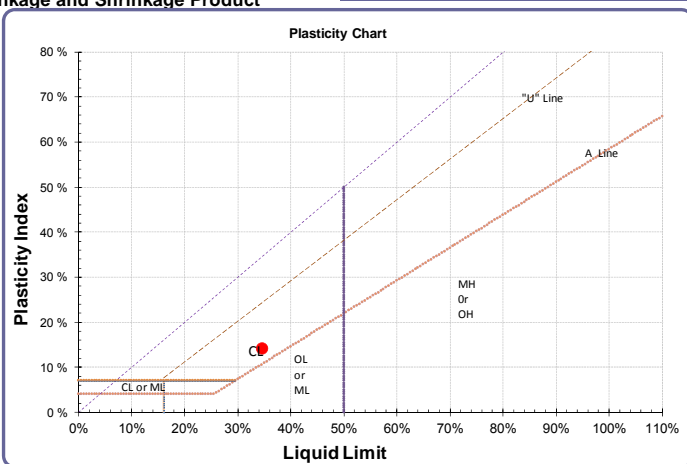
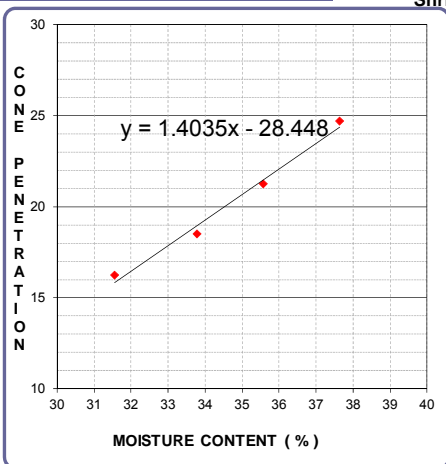
**Liquid and Plastic Limits. Linear Shrinkage and Shrinkage Product**

Approved By: EG

Checked AN

Tested By: SJ

These results are for the exclusive use of the Client for whom they were obtained. They only apply to the sample listed and are not indicative of any other separate samples.



TEST METHOD 1.2, 1.3, and 1.4. ref. ASTM D - 4318	Location	BH3	Depth	3.0m-4.6m	Sample No.	3285
--	----------	-----	-------	-----------	------------	------

correlation coefficient = 0.9930	
LIQUID LIMIT (%)	34.5
PLASTIC LIMIT (%)	20.2
Plasticity Index (%)	14.3

Moist Greyish medium dense Clayey Sand

LINEAR SHRINKAGE and SHRINKAGE PRODUCT		
Specimen reference		L83
Initial Length L <sub>0</sub>	mm	140
Oven dried length L <sub>D</sub>	mm	135
Linear Shrinkage, LS = 100* (1-(L <sub>D</sub> /L <sub>0</sub> ))	%	3.57
Shrinkage Product, SP = LS* % <425um		353

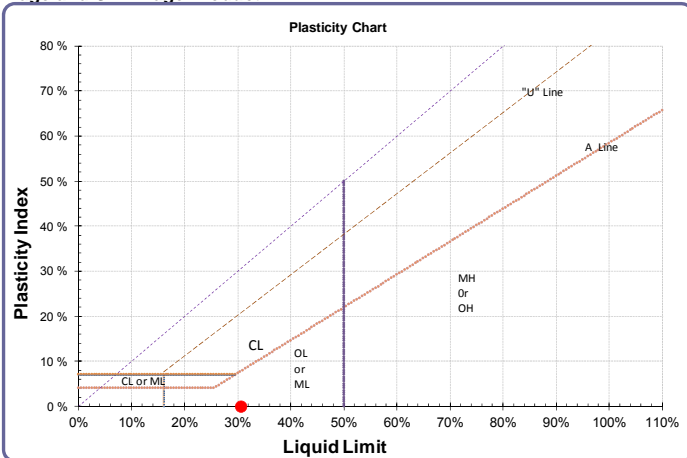
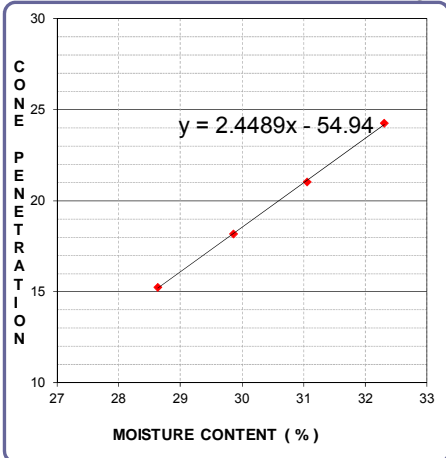
Sample preparation :		
a ) As received	c ) Washed on 425 µm	e ) Oven dried : ° C
b ) Airdried : ° C	d) Proportion retained on 425 µm sieve : 99	f ) Not known

**Test Data**

TEST NO.		LIQUID LIMIT												PLASTIC LIMIT		
		1			2			3			4			1	2	
Initial gauge reading	mm	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0			
Final gauge reading	mm	16.4	16.0	16.3	18.5	18.4	18.6	21.3	21.0	21.4	24.5	25.0	24.6			
Average penetration	mm	16.2			18.5			21.2			24.7					
Container Number		M5			M1			M9			M16			N45	N12	
Mass of wet soil & container	g	20.78			22.78			21.70			23.43			18.53	17.77	
Mass of dry soil & container	g	17.99			18.85			17.89			18.99			17.03	16.29	
Mass of container	g	9.15			7.22			7.18			7.19			9.52	9.03	
Mass of dry soil	g	8.84			11.63			10.71			11.8			7.51	7.26	
Mass of moisture	g	2.79			3.93			3.81			4.44			1.5	1.48	
Moisture content	%	31.6			33.8			35.6			37.6			20.0	20.4	20.18



**Liquid and Plastic Limits. Linear Shrinkage and Shrinkage Product**



Approved By: EG

Checked AN

Tested By: JS

These results are for the exclusive use of the Client for whom they were obtained. They only apply to the sample listed and are not indicative of any other samples.

TEST METHOD 1.2, 1.3, and 1.4. ref. ASTM D - 4318	Location	BH3	Depth	4.6m-6.0m	Sample No.	3286
--	----------	-----	-------	-----------	------------	------

LIQUID LIMIT (%)	30.6	Moist Greyish Yellow medium dense Silty Sand
PLASTIC LIMIT (%)	N/P	
Plasticity Index (%)	N/P	

correlation coefficient = 0.9998

LINEAR SHRINKAGE and SHRINKAGE PRODUCT		
Specimen reference		L57
Initial Length L <sub>0</sub>	mm	140
Oven dried length L <sub>D</sub>	mm	132
Linear Shrinkage, LS = 100* (1-(L <sub>D</sub> /L <sub>0</sub> ))	%	5.71
Shrinkage Product, SP = LS* % <425um		561

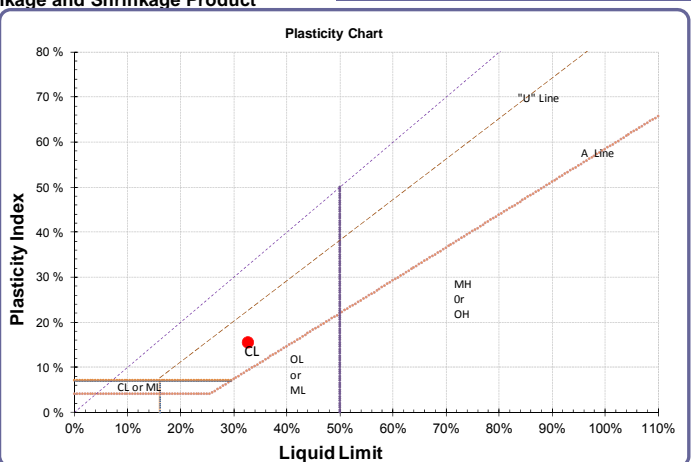
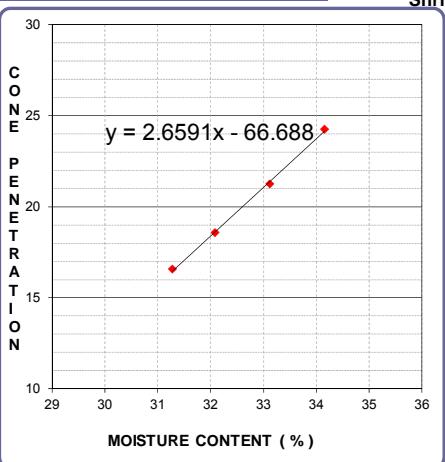
Sample preparation :		
a ) As received	c ) Washed on 425 µm	e ) Oven dried : ° C
b ) Airdried : ° C	d) Proportion retained on 425 µm sieve : 98	f ) Not known

**Test Data**

TEST NO.		LIQUID LIMIT												PLASTIC LIMIT	
		1			2			3			4			1	2
Initial gauge reading	mm	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		
Final gauge reading	mm	15.1	15.4	15.2	18.1	18.2	18.2	21.0	21.1	21.0	24.1	24.4	24.2		
Average penetration	mm	15.2			18.2			21.0			24.2				
Container Number		14			N28			M			N6				
Mass of wet soil & container	g	25.62			23.02			22.58			20.30				
Mass of dry soil & container	g	21.98			19.04			19.53			17.58				
Mass of container	g	9.27			5.71			9.71			9.16				
Mass of dry soil	g	12.71			13.33			9.82			8.42				
Mass of moisture	g	3.64			3.98			3.05			2.72				
Moisture content	%	28.6			29.9			31.1			32.3				

## Liquid and Plastic Limits. Linear Shrinkage and Shrinkage Product

Approved By: EG



Checked AN

TEST METHOD 1.2, 1.3, and 1.4. ref. ASTM D - 4318	Location	BH3	Depth	6.0m-7.0m	Sample No.	<b>3287</b>
--	----------	-----	-------	-----------	------------	-------------

correlation coefficient = 0.9993	
<b>LIQUID LIMIT (%)</b>	<b>32.6</b>
<b>PLASTIC LIMIT (%)</b>	<b>17.0</b>
<b>Plasticity Index (%)</b>	<b>15.6</b>

Moist Greyish Medium Dense Clayey Sand

Tested By: JS

LINEAR SHRINKAGE and SHRINKAGE PRODUCT		
Specimen reference		L58
Initial Length $L_0$	mm	140
Oven dried length $L_D$	mm	134
Linear Shrinkage, $LS = 100 * (1 - (L_D/L_0))$	%	4.29
Shrinkage Product, $SP = LS * <425\mu m$		389

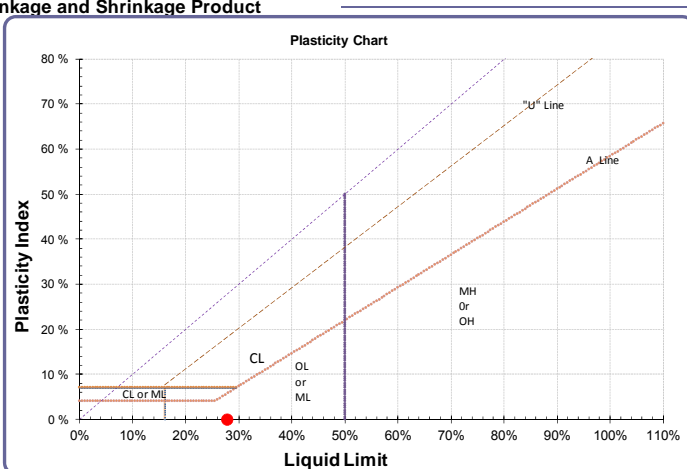
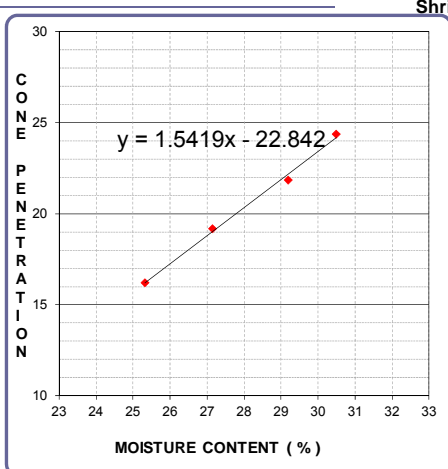
Sample preparation :		
a ) As received	c ) Washed on 425 $\mu m$	e ) Oven dried : ° C
b ) Airdried : ° C	d) Proportion retained on 425 $\mu m$ sieve :	f ) Not known
	91	

These results are for the exclusive use of the Client for whom they were obtained. They only apply to the sample listed and are not indicative of any other separate samples.

### Test Data

TEST NO.		LIQUID LIMIT												PLASTIC LIMIT	
		1			2			3			4			1	2
Initial gauge reading	mm	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		
Final gauge reading	mm	16.4	16.6	16.7	18.6	18.4	18.7	21.1	21.4	21.2	24.1	24.4	24.2		
Average penetration	mm	<b>16.6</b>			<b>18.6</b>			<b>21.2</b>			<b>24.2</b>				
Container Number		4			N12			M5			18			M1	M6
Mass of wet soil & container	g	24.51			22.68			21.75			23.16			14.72	16.32
Mass of dry soil & container	g	20.86			19.36			18.12			19.68			13.64	14.98
Mass of container	g	9.19			9.01			7.16			9.49			7.22	7.20
Mass of dry soil	g	11.67			10.35			10.96			10.19			6.42	7.78
Mass of moisture	g	3.65			3.32			3.63			3.48			1.08	1.34
Moisture content	%	<b>31.3</b>			<b>32.1</b>			<b>33.1</b>			<b>34.2</b>			<b>16.8</b>	<b>17.2</b>
															<b>17.02</b>

## Liquid and Plastic Limits. Linear Shrinkage and Shrinkage Product



Approved By: EG

Checked AN

Tested By: JS

These results are for the exclusive use of the Client for whom they were obtained. They only apply to the sample listed and are not indicative of any other separate samples.

TEST METHOD 1.2, 1.3, and 1.4. ref. ASTM D - 4318	Location	BH3	Depth	7.0m-9.0m	Sample No.	<b>3288</b>
--	----------	-----	-------	-----------	------------	-------------

correlation coefficient = 0.9975	
LIQUID LIMIT (%)	27.8
PLASTIC LIMIT (%)	N/P
Plasticity Index (%)	N/P

Moist Yellowish Grey Dense to very dense Silty Sand

LINEAR SHRINKAGE and SHRINKAGE PRODUCT		
Specimen reference		L56
Initial Length $L_0$	mm	140
Oven dried length $L_D$	mm	135
Linear Shrinkage, $LS = 100 * (1 - (L_D/L_0))$	%	3.57
Shrinkage Product, $SP = LS * <425\mu m$		205

Sample preparation :		
a ) As received	c ) Washed on 425 $\mu m$	e ) Oven dried : ° C
b ) Airdried : ° C	d) Proportion retained on 425 $\mu m$ sieve :	57
	f ) Not known	

### Test Data

TEST NO.		LIQUID LIMIT												PLASTIC LIMIT	
		1			2			3			4			1	2
Initial gauge reading	mm	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		
Final gauge reading	mm	16.1	16.2	16.3	19.1	19.0	19.4	22.2	22.0	21.3	24.5	24.5	24.1		
Average penetration	mm	16.2			19.2			21.8			24.4				
Container Number		A			N18			4			N37				
Mass of wet soil & container	g	25.41			26.66			28.34			30.99				
Mass of dry soil & container	g	22.14			22.96			24.01			25.96				
Mass of container	g	9.23			9.33			9.18			9.46				
Mass of dry soil	g	12.91			13.63			14.83			16.5				
Mass of moisture	g	3.27			3.7			4.33			5.03				
Moisture content	%	25.3			27.1			29.2			30.5				

## Appendix D – Bulk Density and Insitu Moistures

BULK DENSITY AND UNIT WEIGHT					
Project	NEW LUANGWA BRIDGE SITE	Location	BH3	Depth	6.0m-7.0m
Client	KIRAN & MUSONDA ASSOCIATES LTD	Lab No.	3287	Date	12/02/2019
Responsible Technician	MN	Checked	AN	Approved	EG
Test Method ref. BS 1377: Part 2 - 7					
Specimen reference			1	2	3
Container No.			Z7	Z4	Z2
Mass of Wet Soil + Container		g	20.2	23.5	30.3
Mass of Dry Soil + Container		g	18.3	21	26.9
Mass of Container		g	6.3	5.8	5.8
Mass of Moisture		g	1.9	2.5	3.4
Mass of Dry Soil		g	12	15.2	21.1
Moisture Content	W	%	15.8	16.4	16.1
Average Moisture Content	W	%	<b>16.1</b>		
Particle Density (assumed or calculated)	$\rho_s$	Kg/m <sup>3</sup>	2650		
Length of sample (1)	$l_1$	cm	13.1		
Length of sample (2)	$l_2$	cm	13		
Length of sample (3)	$l_3$	cm	13		
Length of Sample	$L = \text{Average}(l_1 + l_2 + l_3)$	cm	13.0		
Internal Diameter	D	cm	7.5		
Area of Sample	$A = \frac{\pi}{4} \times D^2$	cm <sup>2</sup>	44.2		
Volume of Sample	$V = L \times A$	cm <sup>3</sup>	575.9		
Mass of Sample	M	g	1277.0		
BULK DENSITY	$\rho = \frac{M}{V} \times 1000$	Kg/m <sup>3</sup>	<b>2217.52</b>		
DRY DENSITY	$\rho_d = \frac{100\rho}{100 + w}$	Kg/m <sup>3</sup>	<b>1909.49</b>		
VOID RATIO	$e = \frac{\rho_s}{\rho_d} - 1$		<b>0.39</b>		
DEGREE OF SATURATION	$S = \frac{w\rho_s}{e} \times 10^{-3}$	%	<b>110.23</b>		
BULK UNIT WEIGHT	$\gamma = \rho \times 9.81 \times 10^{-3}$	KN/m <sup>3</sup>	<b>21.75</b>		

## BULK DENSITY AND UNIT WEIGHT

Project	NEW LUANGWA BRIDGE SITE	Location	BH3	Depth	1.9m-3.0m
Client	KIRAN & MUSONDA ASSOCIATES LTD	Lab No.	3284	Date	12/02/2019
Responsible Technician	MN	Checked	AN	Approved	EG

Test Method ref. BS 1377: Part 2 - 7

Specimen reference			1	2	3
Container No.			Z25	7	M6
Mass of Wet Soil + Container		g	20.8	23.62	30.8
Mass of Dry Soil + Container		g	19.3	21.9	28.3
Mass of Container		g	5.8	6.5	6.2
Mass of Moisture		g	1.5	1.72	2.5
Mass of Dry Soil		g	13.5	15.4	22.1
Moisture Content	W	%	11.1	11.2	11.3
Average Moisture Content	W	%	<b>11.2</b>		
Particle Density (assumed or calculated)	$\rho_s$	Kg/m <sup>3</sup>	2650		
Length of sample (1)	$l_1$	cm	10.5		
Length of sample (2)	$l_2$	cm	10.6		
Length of sample (3)	$l_3$	cm	10.7		
Length of Sample	$L = \text{Average}(l_1 + l_2 + l_3)$	cm	10.6		
Internal Diameter	D	cm	7.2		
Area of Sample	$A = \frac{\pi}{4} \times D^2$	cm <sup>2</sup>	40.7		
Volume of Sample	$V = L \times A$	cm <sup>3</sup>	431.6		
Mass of Sample	M	g	790.0		
BULK DENSITY	$\rho = \frac{M}{V} \times 1000$	Kg/m <sup>3</sup>	<b>1830.25</b>		
DRY DENSITY	$\rho_d = \frac{100\rho}{100 + w}$	Kg/m <sup>3</sup>	<b>1645.95</b>		
VOID RATIO	$e = \frac{\rho_s}{\rho_d} - 1$		<b>0.61</b>		
DEGREE OF SATURATION	$S = \frac{w\rho_s}{e} \times 10^{-3}$	%	<b>48.64</b>		
BULK UNIT WEIGHT	$\gamma = \rho \times 9.81 \times 10^{-3}$	KN/m <sup>3</sup>	<b>17.95</b>		

## BULK DENSITY AND UNIT WEIGHT

Project	NEW LUANGWA BRIDGE SITE	Location	BH3	Depth	3.0m-4.6m
Client	KIRAN & MUSONDA ASSOCIATES LTD	Lab No.	3285	Date	12/02/2019
Responsible Technician	MN	Checked	AN	Approved	EG

Test Method ref. BS 1377: Part 2 - 7

Specimen reference			1	2	3
Container No.			2	M	F1
Mass of Wet Soil + Container		g	29.5	26.6	26.3
Mass of Dry Soil + Container		g	26.8	24.2	24
Mass of Container		g	6.4	5.8	6.4
Mass of Moisture		g	2.7	2.4	2.3
Mass of Dry Soil		g	20.4	18.4	17.6
Moisture Content	W	%	13.2	13.0	13.1
Average Moisture Content	W	%	<b>13.1</b>		
Particle Density ( <b>assumed</b> or calculated)	$\rho_s$	Kg/m <sup>3</sup>	2650		
Length of sample (1)	$l_1$	cm	13		
Length of sample (2)	$l_2$	cm	13.1		
Length of sample (3)	$l_3$	cm	13.3		
Length of Sample	$L = \text{Average}(l_1 + l_2 + l_3)$	cm	13.1		
Internal Diameter	D	cm	7.4		
Area of Sample	$A = \frac{\pi}{4} \times D^2$	cm <sup>2</sup>	43.0		
Volume of Sample	$V = L \times A$	cm <sup>3</sup>	564.9		
Mass of Sample	M	g	1076.0		
BULK DENSITY	$\rho = \frac{M}{V} \times 1000$	Kg/m <sup>3</sup>	<b>1904.70</b>		
DRY DENSITY	$\rho_d = \frac{100\rho}{100 + w}$	Kg/m <sup>3</sup>	<b>1683.86</b>		
VOID RATIO	$e = \frac{\rho_s}{\rho_d} - 1$		<b>0.57</b>		
DEGREE OF SATURATION	$S = \frac{w\rho_s}{e} \times 10^{-3}$	%	<b>60.58</b>		
BULK UNIT WEIGHT	$\gamma = \rho \times 9.81 \times 10^{-3}$	KN/m <sup>3</sup>	<b>18.69</b>		

## BULK DENSITY AND UNIT WEIGHT

Project	NEW OF LUANGWA BRIDGE SITE	Location	BH3	Depth	4.6m-6.0m
Client	KIRAN & MUSONDA ASSOCIATES LTD	Lab No.	3286	Date	12/02/2019
Responsible Technician	MN	Checked	AN	Approved	EG

Test Method ref. BS 1377: Part 2 - 7

Specimen reference			1	2	3
Container No.			M9	M2	M6
Mass of Wet Soil + Container		g	29.8	25.8	30.2
Mass of Dry Soil + Container		g	26.7	23.3	27.1
Mass of Container		g	6.4	6	6
Mass of Moisture		g	3.1	2.5	3.1
Mass of Dry Soil		g	20.3	17.3	21.1
Moisture Content	W	%	15.3	14.5	14.7
Average Moisture Content	W	%	<b>14.8</b>		
Particle Density (assumed or calculated)	$\rho_s$	Kg/m <sup>3</sup>	2650		
Length of sample (1)	$l_1$	cm	16.6		
Length of sample (2)	$l_2$	cm	15.6		
Length of sample (3)	$l_3$	cm	15.6		
Length of Sample	$L = \text{Average}(l_1 + l_2 + l_3)$	cm	15.9		
Internal Diameter	D	cm	7.6		
Area of Sample	$A = \frac{\pi}{4} \times D^2$	cm <sup>2</sup>	45.4		
Volume of Sample	$V = L \times A$	cm <sup>3</sup>	722.9		
Mass of Sample	M	g	1505.0		
BULK DENSITY	$\rho = \frac{M}{V} \times 1000$	Kg/m <sup>3</sup>	<b>2081.88</b>		
DRY DENSITY	$\rho_d = \frac{100p}{100 + w}$	Kg/m <sup>3</sup>	<b>1813.42</b>		
VOID RATIO	$e = \frac{\rho_s}{\rho_d} - 1$		<b>0.46</b>		
DEGREE OF SATURATION	$S = \frac{w\rho_s}{e} \times 10^{-3}$	%	<b>85.04</b>		
BULK UNIT WEIGHT	$\gamma = \rho \times 9.81 \times 10^{-3}$	KN/m <sup>3</sup>	<b>20.42</b>		



## BULK DENSITY AND UNIT WEIGHT

Project	NEW LUANGWA BRIDGE SITE	Location	BH3	Depth	7.0m-9.6m
Client	KIRAN & MUSONDA ASSOCIATES LTD	Lab No.	3288	Date	12/02/2019
Responsible Technician	MN	Checked	AN	Approved	EG

Test Method ref. BS 1377: Part 2 - 7

Specimen reference			1	2	3
Container No.			Z47	P	F7
Mass of Wet Soil + Container		g	295	305	263
Mass of Dry Soil + Container		g	266	276	238
Mass of Container		g	58	63	58
Mass of Moisture		g	29	29	25
Mass of Dry Soil		g	208	213	180
Moisture Content	W	%	13.9	13.6	13.9
Average Moisture Content	W	%	<b>13.8</b>		
Particle Density (assumed or calculated)	$\rho_s$	Kg/m <sup>3</sup>	2650		
Length of sample (1)	$l_1$	cm	15.1		
Length of sample (2)	$l_2$	cm	15.3		
Length of sample (3)	$l_3$	cm	15.5		
Length of Sample	$L = \text{Average}(l_1 + l_2 + l_3)$	cm	15.3		
Internal Diameter	D	cm	6.2		
Area of Sample	$A = \frac{\pi}{4} \times D^2$	cm <sup>2</sup>	30.2		
Volume of Sample	$V = L \times A$	cm <sup>3</sup>	462.0		
Mass of Sample	M	g	1097.0		
BULK DENSITY	$\rho = \frac{M}{V} \times 1000$	Kg/m <sup>3</sup>	<b>2374.57</b>		
DRY DENSITY	$\rho_d = \frac{100\rho}{100 + w}$	Kg/m <sup>3</sup>	<b>2086.34</b>		
VOID RATIO	$e = \frac{\rho_s}{\rho_d} - 1$		<b>0.27</b>		
DEGREE OF SATURATION	$S = \frac{w\rho_s}{e} \times 10^{-3}$	%	<b>135.51</b>		
BULK UNIT WEIGHT	$\gamma = \rho \times 9.81 \times 10^{-3}$	KN/m <sup>3</sup>	<b>23.29</b>		

## MOISTURE CONTENT (MC)

<b>Project</b>	NEW LUANGWA BRIDGE SITE	<b>Location</b>	BH1	<b>Depth</b>	0.5m-4.0m
<b>Client</b>	KIRAN & MUSONDA ASSOCIATES	<b>Lab No.</b>	3280	<b>Date</b>	12/02/2019
<b>Responsible Technician</b>	AN	<b>Checked</b>	AN	<b>Approved</b>	EG

<b>Test Method</b>	ref. ASTM D - 2216
--------------------	--------------------

Specimen reference					
Container No.			Z32	M8	C3
Mass of Wet Soil + Container		g	281.2	235.1	258.1
Mass of Dry Soil + Container		g	243	204	224
Mass of Container		g	62	55	60
Mass of Moisture		g	38.2	31.1	34.1
Mass of Dry Soil		g	181	149	164
Moisture Content	W	%	21.1	20.9	20.8
Average Moisture Content	W	%	<b>20.9</b>		

# MOISTURE CONTENT (MC)

<b>Project</b>	NEW LUANGWA BRIDGE SITE	<b>Location</b>	BH1	<b>Depth</b>	0.5m-4.0m
<b>Client</b>	KIRAN & MUSONDA ASSOCIATES	<b>Lab No.</b>	3281	<b>Date</b>	12/02/2019
<b>Responsible Technician</b>	AN	<b>Checked</b>	AN	<b>Approved</b>	EG

<b>Test Method</b>	ref. ASTM D - 2216
--------------------	--------------------

Specimen reference					
Container No.			Z40	M8	C3
Mass of Wet Soil + Container		g	272	235.1	258.1
Mass of Dry Soil + Container		g	233	203	222
Mass of Container		g	59	55	60
Mass of Moisture		g	39	32.1	36.1
Mass of Dry Soil		g	174	148	162
Moisture Content	W	%	22.4	21.7	22.3
Average Moisture Content	W	%	<b>22.1</b>		

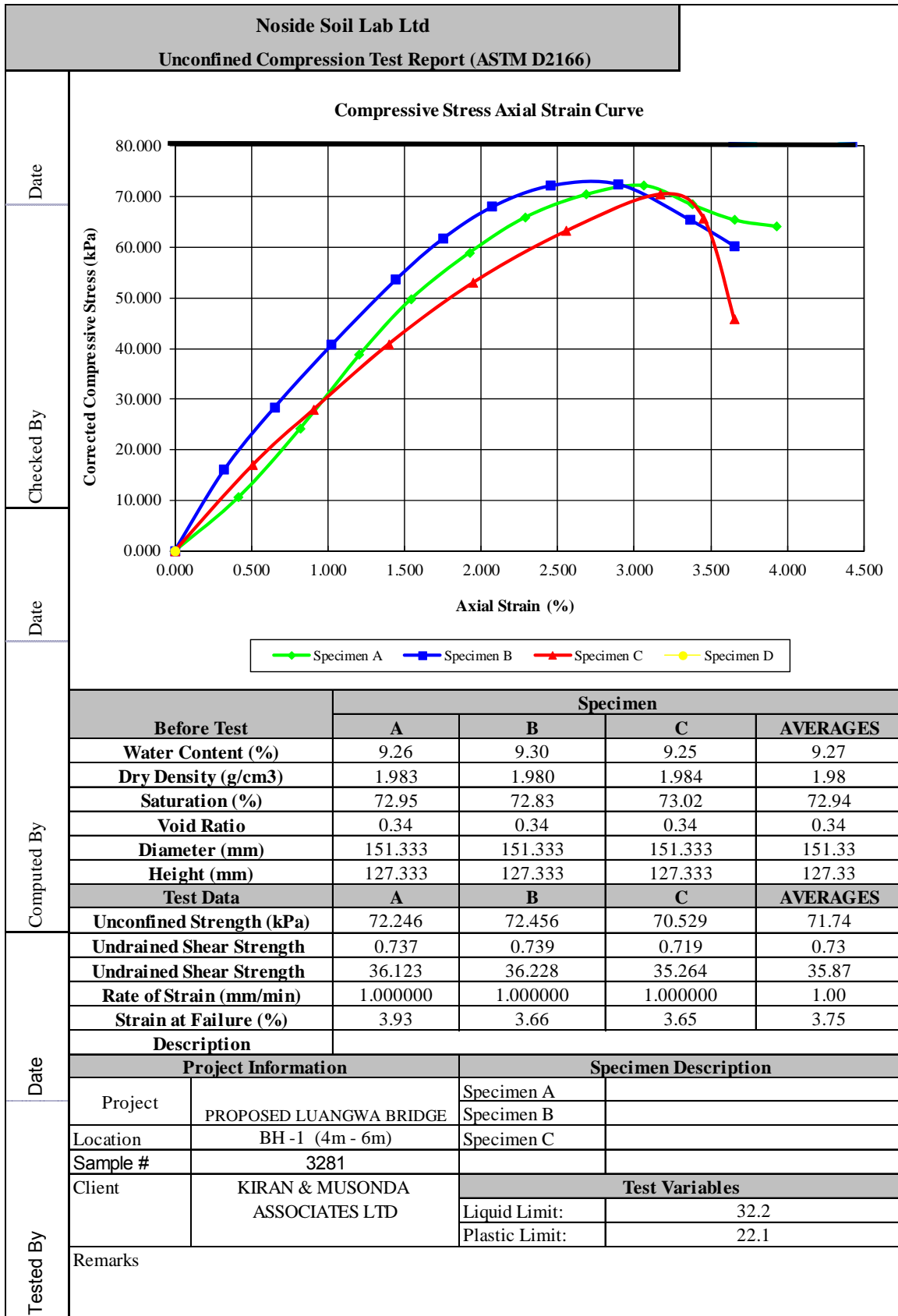
# MOISTURE CONTENT (MC)

<b>Project</b>	NEW LUANGWA BRIDGE SITE	<b>Location</b>	BH3	<b>Depth</b>	0.5m-1.9m
<b>Client</b>	KIRAN & MUSONDA ASSOCIATES	<b>Lab No.</b>	3283	<b>Date</b>	12/02/2019
<b>Responsible Technician</b>	AN	<b>Checked</b>	AN	<b>Approved</b>	EG

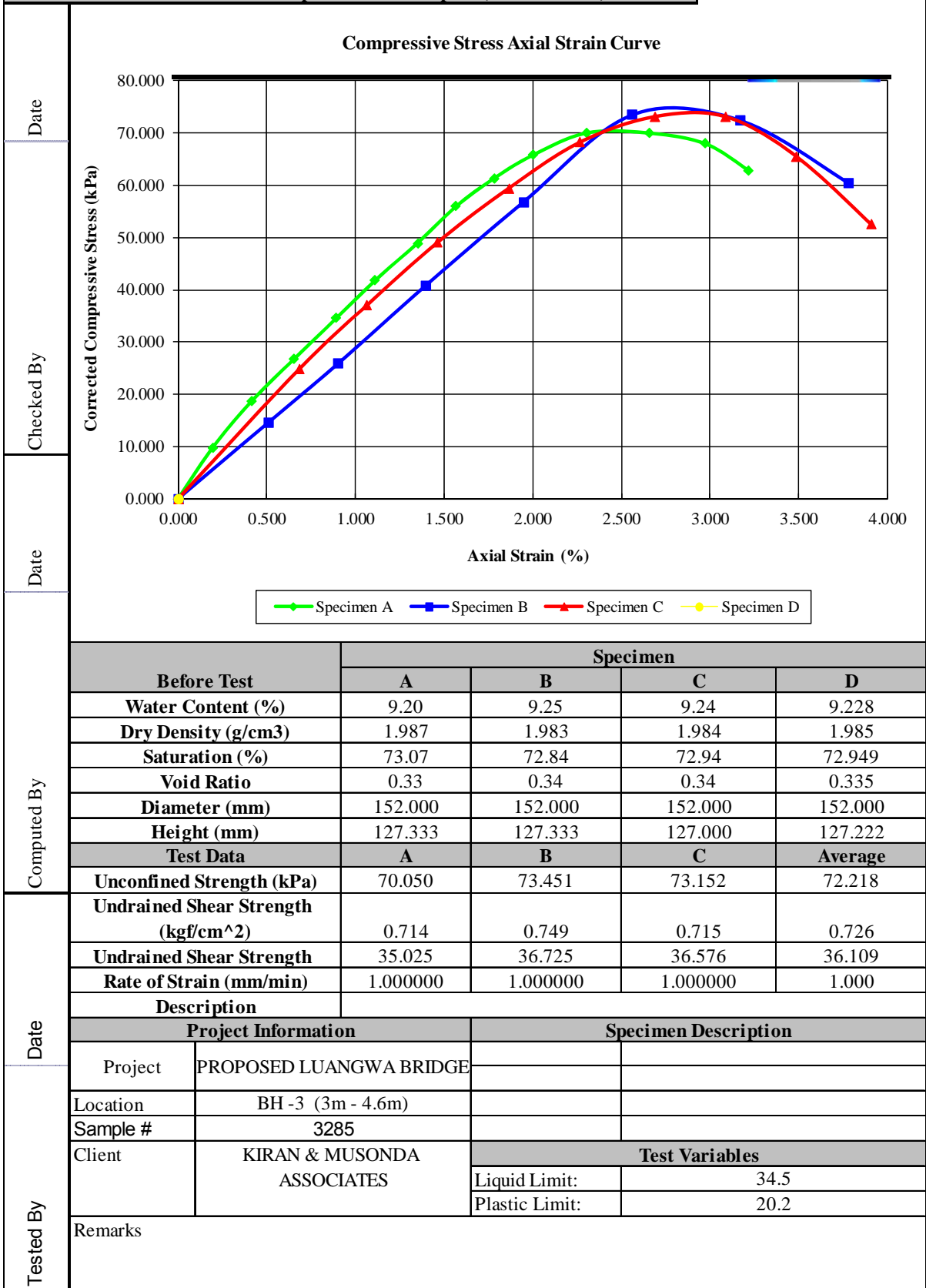
<b>Test Method</b>	ref. ASTM D - 2216
--------------------	--------------------

Specimen reference					
Container No.			M3	M8	K12
Mass of Wet Soil + Container		g	237.2	235.1	308.21
Mass of Dry Soil + Container		g	229	227	297
Mass of Container		g	62	58	60
Mass of Moisture		g	8.2	8.1	11.21
Mass of Dry Soil		g	167	169	237
Moisture Content	W	%	4.9	4.8	4.7
Average Moisture Content	W	%	<b>4.8</b>		

## Appendix E - UCS soil sample



**NOSIDE SOIL LABORATORY LIMITED**  
**Unconfined Compression Test Report (ASTM D2166)**





# UNCONFINED COMPRESSIVE STRENGTH

Test Method: ref ASTM D-2938

Location: NEW LUANGWA BRIDGE SITE      Depth: 10m - 23m      Lab Reference No. 3290

Condition of Testing: Saturated (WET)

Tested By: MN      Checked: AN      Approved: EG

## CYLINDRICAL STONE (CORING)

Specimen Reference No.	Specimen Dimensions		Mass (g)	Density (Mg/m <sup>3</sup> )	Coring Date	Tested Date	Age of Specimen (days)	Compressive Strength		
								Individual		Average (Mpa)
	Diameter (m)	Height (m)	kN	Mpa						
BH3 10m	0.057	0.111	713	2.52	05/02/2019	12/02/2019	7	179.6	70.4	45.38
BH3 17m	0.057	0.121	805	2.61				84.5	33.1	
BH3 23m	0.057	0.111	818	2.89				83.3	32.6	



BH3 10m



BH3 10m



BH3 17m



BH3 17m



BH3 23m



BH3 23m

Noside Soilab considers the data and information contained in this report proprietary. This information is intended only for the use of the recipient(s) named herein. Test results presented herein related only to those items tested. This document and any information contained herein shall not be disclosed and shall not be duplicated or used in whole or in part for any purpose other than to validate the results without written approval from Noside Soilab.



## Appendix G – Specific Gravity

Max. Specific Gravity of Mix						
<b>Sampling Location:</b>	BH1' 0-1.0m TP			<b>Lab.no</b>	3282	
<b>Sampling Date:</b>	29/01/2019	<b>Material Type</b>		<b>Date</b>	12/02/2019	
<b>Responsible Technician</b>	MN	<b>Checked</b>	AN	<b>Approved</b>	EG	

TEST METHOD      ref.ASTM D-854

Volumetric Flask / Pyknometer Used      50 or 500 cm<sup>3</sup>      Pyknometer No. 1

Specimen reference	A	g	E	H	D	
Pyknometer + Water at 25°C (D),	A	g	140.88	142.58	140.70	
Pyknometer + Material	B	g	76.88	62.01	62.38	
Empty Pyknometer	C	g	35.77	19.88	41.49	
Material at 25°C	D	g	41.11	42.13	20.89	
Pyk + Mat + Water at 25°C	E	g	166.29	168.59	153.65	
Max. Specific Gravity	S.G = D/(D+A-E)		g/cm <sup>3</sup>	2.62	2.61	2.63
Mean Value			g/cm <sup>3</sup>	2.62		

NS2212013

### Max. Specific Gravity of Mix

<b>Sampling Location:</b>	LG1 0.5m-4.0m (LUANGWA BRIDGE)	<b>Lab.no</b>	3280
<b>Sampling Date:</b>	29/01/2019	<b>Material Type</b>	<b>Date</b> 12/02/2019
<b>Responsible Technician</b>	MN	<b>Checked</b>	AN <b>Approved</b> EG

TEST METHOD ref.ASTM D-854

Volumetric Flask / Pyknometer Used 50 or 500 cm<sup>3</sup> Pyknometer No. 1

Specimen reference	A	g	E	H	D	
Pyknometer + Water at 25°C (D),	A	g	140.62	141.58	144.61	
Pyknometer + Material	B	g	61.51	62.01	63.69	
Empty Pyknometer	C	g	46.73	19.88	45.58	
Material at 25°C	D	g	14.78	42.13	18.11	
Pyk + Mat + Water at 25°C	E	g	149.77	167.59	155.79	
Max. Specific Gravity	S.G = D/(D+A-E)		g/cm <sup>3</sup>	2.63	2.61	2.61
Mean Value			g/cm <sup>3</sup>	2.62		

### Max. Specific Gravity of Mix

<b>Sampling Location:</b>	BH1 4.0m-6.0m (LUANGWA BRIDGE)	<b>Lab.no</b>	3281
<b>Sampling Date:</b>	29/01/2019	<b>Material Type</b>	<b>Date</b> 12/02/2019
<b>Responsible Technician</b>	MN	<b>Checked</b>	AN <b>Approved</b> EG

TEST METHOD ref.ASTM D-854

Volumetric Flask / Pyknometer Used 50 or 500 cm<sup>3</sup> Pyknometer No. 1

Specimen reference	A	g	D	F	C	
Pyknometer + Water at 25°C (D),	A	g	144.74	145.89	145.61	
Pyknometer + Material	B	g	58.07	56.59	63.69	
Empty Pyknometer	C	g	45.64	46.68	45.58	
Material at 25°C	D	g	12.43	9.91	18.11	
Pyk + Mat + Water at 25°C	E	g	152.41	152.05	156.79	
Max. Specific Gravity	S.G = D/(D+A-E)		g/cm <sup>3</sup>	2.61	2.64	2.61
Mean Value			g/cm <sup>3</sup>	2.62		

### Max. Specific Gravity of Mix

<b>Sampling Location:</b>	<b>BH3 0.5m-1.9m</b>	<b>Lab.no</b>	<b>3283</b>
<b>Sampling Date:</b>	29/01/2019	<b>Material Type</b>	<b>Date</b> 12/02/2019
<b>Responsible Technician</b>	MN	<b>Checked</b>	AN
		<b>Approved</b>	EG

TEST METHOD ref.ASTM D-854

Volumetric Flask / Pyknometer Used 50 or 500 cm<sup>3</sup> Pyknometer No. 1

Specimen reference	A	g	A	B	C	
Pyknometer + Water at 25°C (D),	<b>A</b>	g	140.69	140.82	81.81	
Pyknometer + Material	<b>B</b>	g	55.01	50.67	39.51	
Empty Pyknometer	<b>C</b>	g	41.45	35.71	27.51	
Material at 25°C	<b>D</b>	g	13.56	14.96	12.00	
Pyk + Mat + Water at 25°C	<b>E</b>	g	148.98	150.12	89.23	
Max. Specific Gravity	S.G = D/(D+A-E)		g/cm <sup>3</sup>	2.57	2.64	2.62
Mean Value			g/cm <sup>3</sup>	2.61		

### Max. Specific Gravity of Mix

<b>Sampling Location:</b>	<b>BH3 1.9m-3.0m</b>	<b>Lab.no</b>	<b>3284</b>
<b>Sampling Date:</b>	29/01/2019	<b>Material Type</b>	<b>Date</b> 12/02/2019
<b>Responsible Technician</b>	MN	<b>Checked</b>	AN
		<b>Approved</b>	EG

TEST METHOD ref.ASTM D-854

Volumetric Flask / Pyknometer Used 50 or 500 cm<sup>3</sup> Pyknometer No. 1

Specimen reference	A	g	H	C	O	
Pyknometer + Water at 25°C (D),	A	g	83.3	80.52	80.81	
Pyknometer + Material	B	g	41.9	37.66	39.51	
Empty Pyknometer	C	g	27.38	27.49	27.51	
Material at 25°C	D	g	14.52	10.17	12.00	
Pyk + Mat + Water at 25°C	E	g	92.27	86.82	88.23	
Max. Specific Gravity	S.G = D/(D+A-E)		g/cm <sup>3</sup>	2.62	2.63	2.62
Mean Value			g/cm <sup>3</sup>	2.62		

### Max. Specific Gravity of Mix

<b>Sampling Location:</b>	<b>BH3 3.0m-4.6m</b>	<b>Lab.no</b>	<b>3285</b>
<b>Sampling Date:</b>	29/01/2019	<b>Material Type</b>	<b>Date</b> 12/02/2019
<b>Responsible Technician</b>	MN	<b>Checked</b>	AN
		<b>Approved</b>	EG

TEST METHOD ref.ASTM D-854

Volumetric Flask / Pyknometer Used 50 or 500 cm<sup>3</sup> Pyknometer No. 1

Specimen reference	A	g	H	D	C	
Pyknometer + Water at 25°C (D),	A	g	83.38	142.58	80.81	
Pyknometer + Material	B	g	43.53	62.01	39.51	
Empty Pyknometer	C	g	27.51	19.88	27.51	
Material at 25°C	D	g	16.02	42.13	12.00	
Pyk + Mat + Water at 25°C	E	g	93.25	168.60	88.23	
Max. Specific Gravity	S.G = D/(D+A-E)		g/cm <sup>3</sup>	2.60	2.62	2.62
Mean Value			g/cm <sup>3</sup>	2.61		

### Max. Specific Gravity of Mix

<b>Sampling Location:</b>	<b>BH3 4.6m-6.0m</b>	<b>Lab.no</b>	<b>3286</b>
<b>Sampling Date:</b>	29/01/2019	<b>Material Type</b>	<b>Date</b> 12/02/2019
<b>Responsible Technician</b>	MN	<b>Checked</b>	AN
		<b>Approved</b>	EG

TEST METHOD ref.ASTM D-854

Volumetric Flask / Pyknometer Used 50 or 500 cm<sup>3</sup> Pyknometer No. 1

Specimen reference	A	g	H	C	Q	
Pyknometer + Water at 25°C (D),	A	g	83.3	80.53	81.81	
Pyknometer + Material	B	g	39.8	38.28	38.51	
Empty Pyknometer	C	g	27.43	27.53	27.51	
Material at 25°C	D	g	12.37	10.75	11.00	
Pyk + Mat + Water at 25°C	E	g	90.93	87.22	88.63	
Max. Specific Gravity	S.G = D/(D+A-E)		g/cm <sup>3</sup>	2.61	2.65	2.63
Mean Value			g/cm <sup>3</sup>	2.63		

### Max. Specific Gravity of Mix

<b>Sampling Location:</b>	<b>BH3 6.0m-7.0m</b>	<b>Lab.no</b>	<b>3287</b>
<b>Sampling Date:</b>	29/01/2019	<b>Material Type</b>	<b>Date</b> 12/02/2019
<b>Responsible Technician</b>	MN	<b>Checked</b>	AN
		<b>Approved</b>	EG

TEST METHOD ref.ASTM D-854

Volumetric Flask / Pyknometer Used 50 or 500 cm<sup>3</sup> Pyknometer No. 1

Specimen reference	A	g	B	D	K
Pyknometer + Water at 25°C (D),	A	g	140.82	144.73	143.61
Pyknometer + Material	B	g	48.02	55.98	63.69
Empty Pyknometer	C	g	35.71	45.64	45.58
Material at 25°C	D	g	12.31	10.34	18.11
Pyk + Mat + Water at 25°C	E	g	148.44	151.12	154.79
Max. Specific Gravity	S.G = D/(D+A-E)	g/cm <sup>3</sup>	2.62	2.62	2.61
Mean Value		g/cm <sup>3</sup>	2.62		



### Max. Specific Gravity of Mix

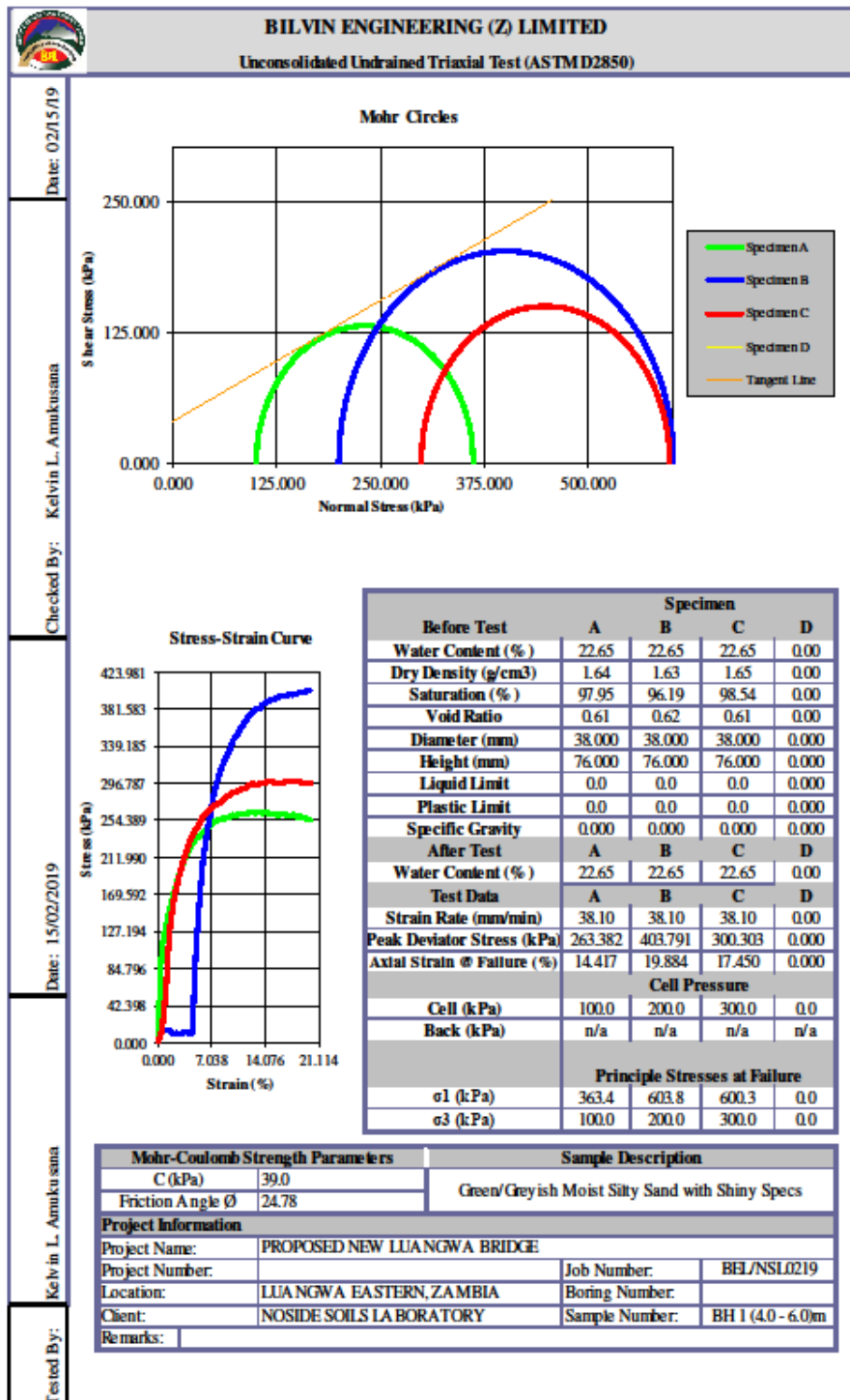
<b>Sampling Location:</b>	<b>BH3 7.0m-9.0m</b>	<b>Lab.no</b>	<b>3288</b>
<b>Sampling Date:</b>	29/01/2019	<b>Material Type</b>	<b>Date</b> 12/02/2019
<b>Responsible Technician</b>	MN	<b>Checked</b>	AN
		<b>Approved</b>	EG

TEST METHOD ref.ASTM D-854

Volumetric Flask / Pyknometer Used 50 or 500 cm<sup>3</sup> Pyknometer No. 1

Specimen reference	A	g	J	F	A	
Pyknometer + Water at 25°C (D),	A	g	83.4	145.88	140.69	
Pyknometer + Material	B	g	39.8	62.48	52.58	
Empty Pyknometer	C	g	27.43	46.64	41.45	
Material at 25°C	D	g	12.37	15.84	11.13	
Pyk + Mat + Water at 25°C	E	g	91.07	155.66	147.57	
Max. Specific Gravity	S.G = D/(D+A-E)		g/cm <sup>3</sup>	2.63	2.61	2.62
Mean Value			g/cm <sup>3</sup>	2.62		

## Appendix H – UU Triaxial Test





**BILVIN ENGINEERING (Z) LIMITED**

**Unconsolidated Undrained Triaxial Test (ASTMD2850)**

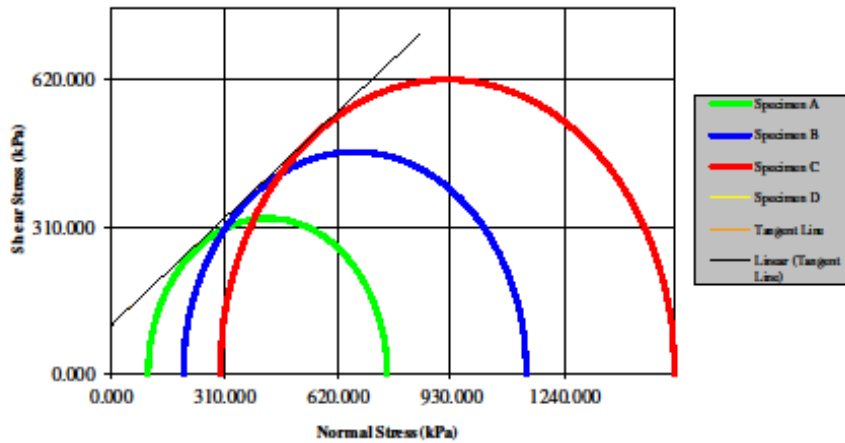
Date: 02/15/19

Checked By: K.L.A

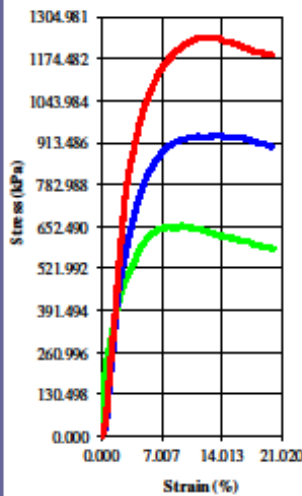
Date: 15/02/2019

Tested By: K.L.A

**Mohr Circles**



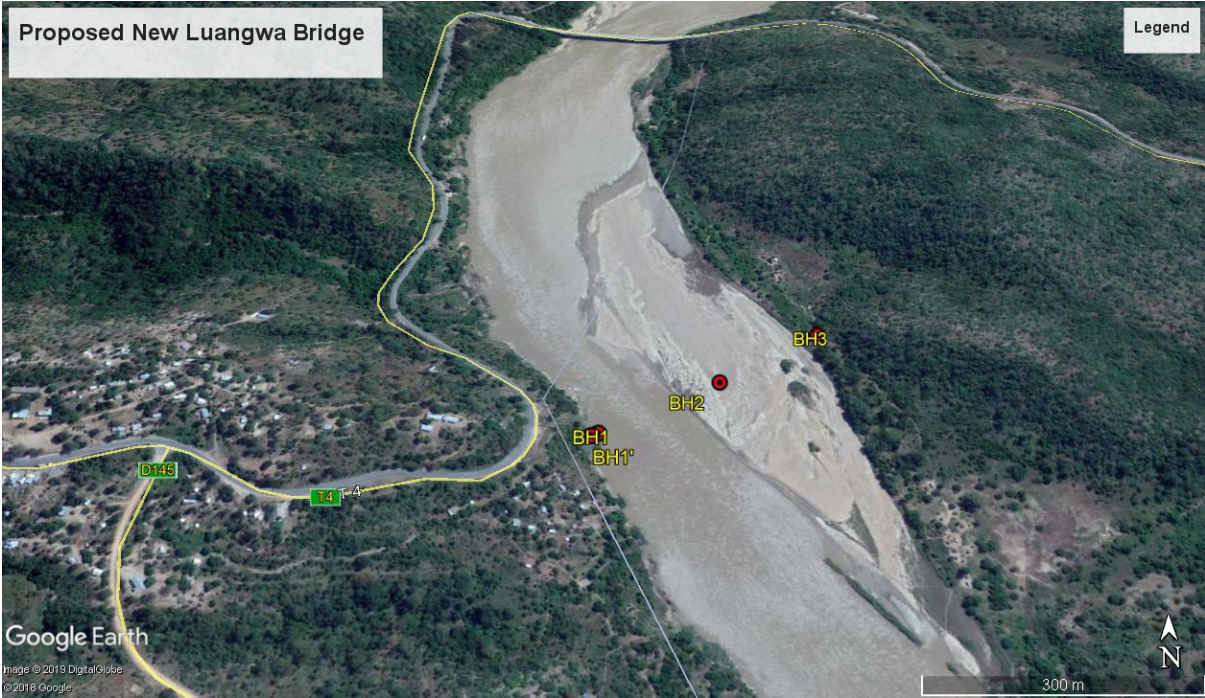
**Stress-Strain Curve**



	Specimen				
	Before Test	A	B	C	D
Water Content (%)	14.20	14.20	14.20	14.20	0.00
Dry Density (g/cm <sup>3</sup> )	1.74	1.74	1.74	1.74	0.00
Saturation (%)	72.63	72.63	72.63	72.63	0.00
Void Ratio	0.52	0.52	0.52	0.52	0.00
Diameter (mm)	38.000	38.000	38.000	38.000	0.000
Height (mm)	76.000	76.000	76.000	76.000	0.000
Liquid Limit	0.0	0.0	0.0	0.0	0.000
Plastic Limit	0.0	0.0	0.0	0.0	0.000
Specific Gravity	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
After Test	A	B	C	D	
Water Content (%)	14.20	14.20	14.20	14.20	0.00
Test Data	A	B	C	D	
Strain Rate (mm/min)	38.10	38.10	38.10	0.00	
Peak Deviator Stress (kPa)	656.392	937.375	1242.839	0.000	
Axial Strain @ Failure (%)	9.425	13.836	12.834	0.000	
	Cell Pressure				
Cell (kPa)	100.0	200.0	300.0	0.0	
Back (kPa)	n/a	n/a	n/a	n/a	
	Principle Stresses at Failure				
$\sigma_1$ (kPa)	756.4	1137.4	1542.8	0.0	
$\sigma_3$ (kPa)	100.0	200.0	300.0	0.0	

Mohr-Coulomb Strength Parameters		Sample Description	
C (kPa)	99.5	Brown Moist Pinholed Fine Sand with Shiny Specs	
Friction Angle $\phi$	36.09		
<b>Project Information</b>			
Project Name:	PROPOSED NEW LUANGWA BRIDGE		
Project Number:		Job Number:	BEL/NSL0219
Location:	LUANGWA, EASTERN ZAMBIA	Boring Number:	
Client:	NOSIDE SOILS LABORATORY	Sample Number:	BH 3 (3.0 - 4.6m)
Remarks:			

# Appendix J – Site Map







Sandbank area – this was reclaimed by the river during the site investigation works.

## Appendix K – ROCK CORES



BH1 - 4.5m



BH3 - 10m



BH3 - 17m



BH3 - 23m





BH1' 11m

## Appendix L – core Trays



BH1' at 11m



BH1 at 23m



## Appendix E 地形測量結果

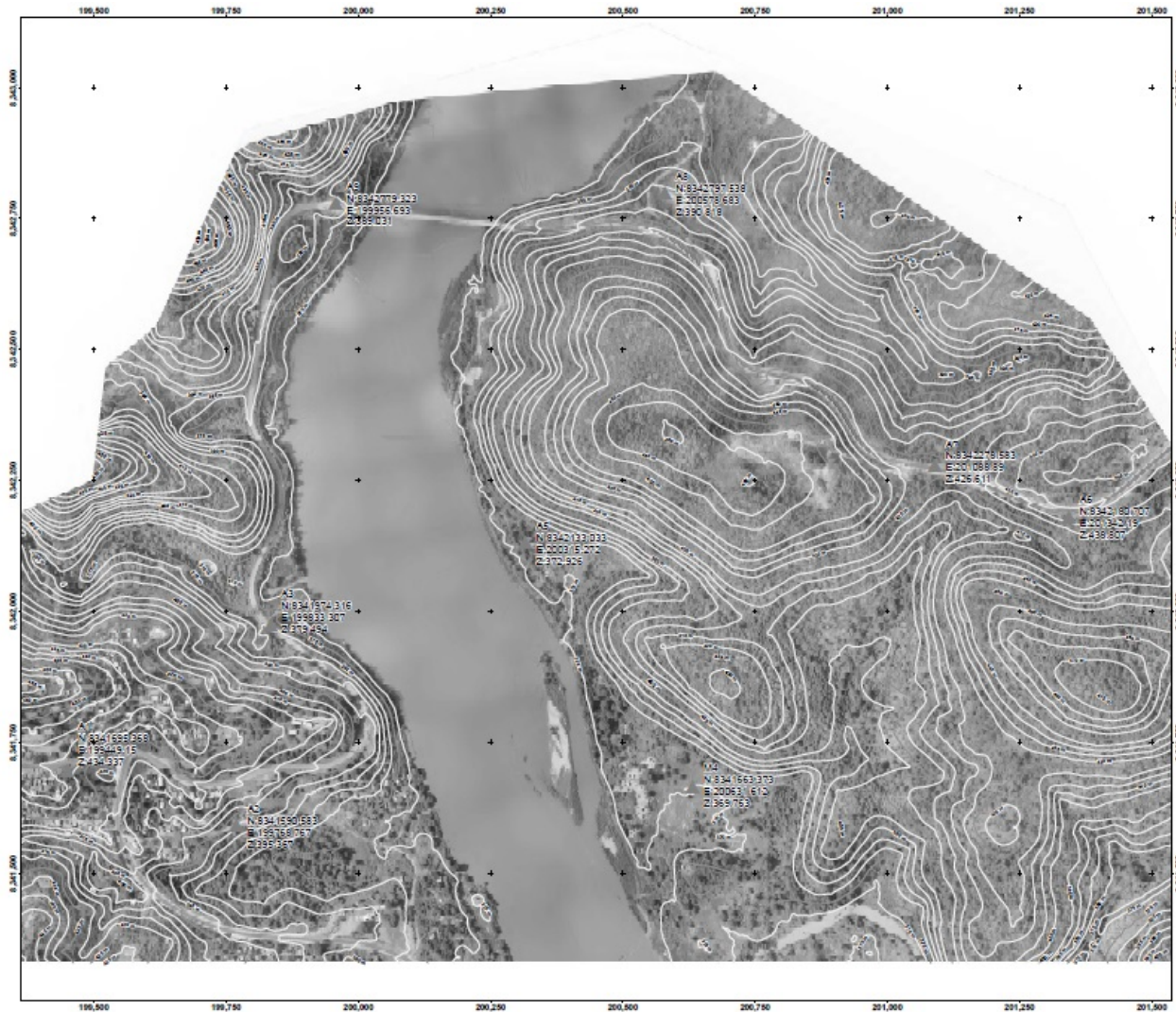
航空写真測量の仕様と精度を以下に示す。対象範囲 4.65km<sup>2</sup> に対して、約 800 枚の写真撮影を行った。

表 EP 1-1 航空写真測量の仕様と精度

項目	仕様、精度
座標系	UTM Zone 36 South
基準面	ARC 1950 Datum
地図投影	Transverse Mercator
カメラモデル	SODA_10.6_5472X3648 (RGB)
平均地上測定距離	6.99cm
撮影範囲面積	4,653 km <sup>2</sup>
平均飛行高度	212.5 m
地上基準点数	9
イメージ精度	Media of 78119 key points per image
データセット	786 out of 804 images calibrated (97%)
カメラ精度	0.72% relative difference between initial and optimal camera parameter
マッチング	Media of 4263.5 matches per calibrated image



写真 EP.1-1 固定翼 UAV



# Luangwa Bridge Site Orthophoto with Contour

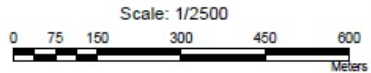


## Legend

- ▲ Ground Control Point
- Contour Lines  
Interval: 5 meters
- Index
- Intermediate

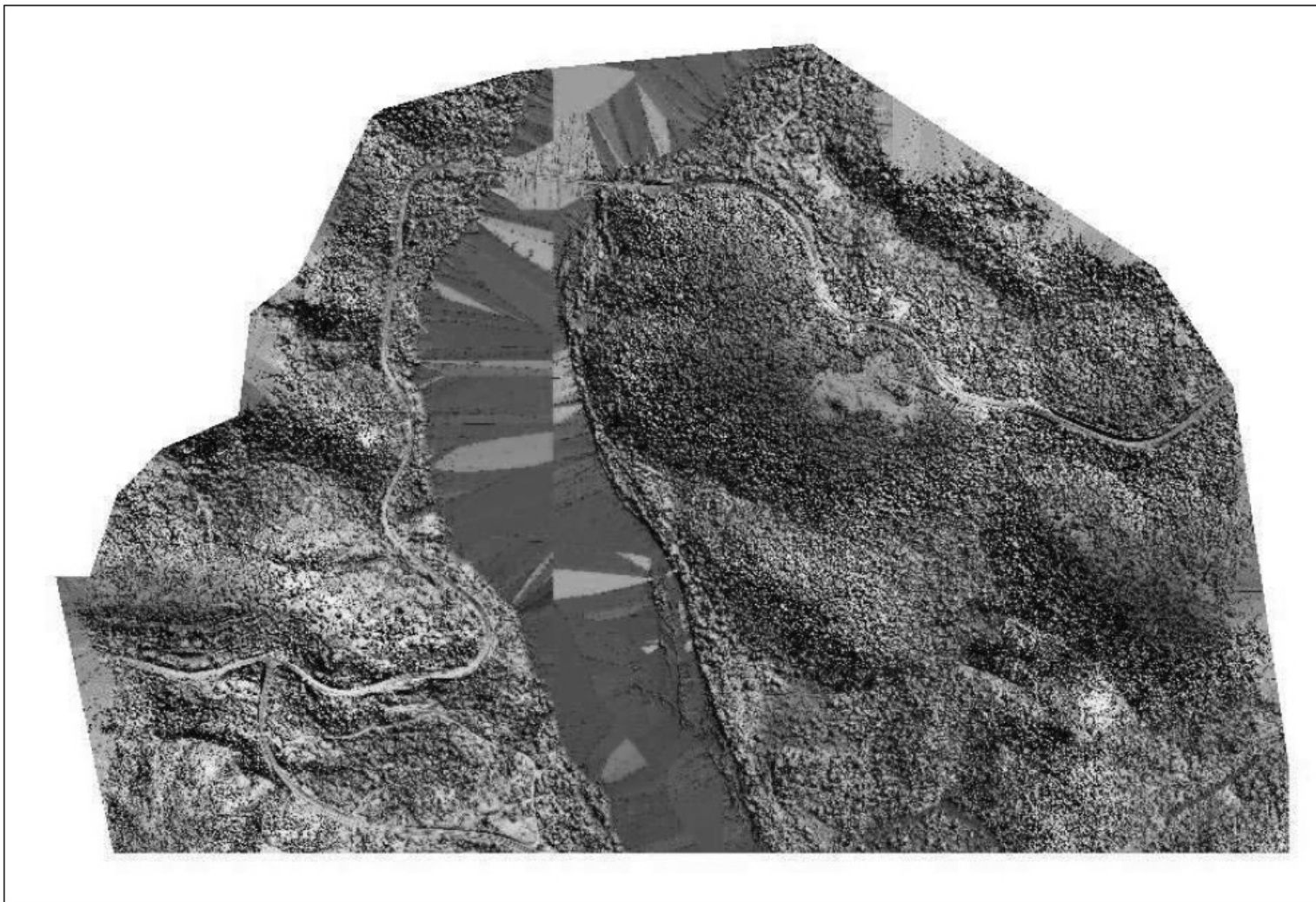
Coordinate System: UTM Zone 36S  
Projection: Transverse Mercator  
Datum: ARC 1950

Elevations are based on  
client specified values



Integrated Mapping GIS & Engineering  
403 Langka St. Quirino ZC,  
Project 2, Quezon City, Philippines, 1102  
Ph: (632) 745 4000  
srdp.com.ph

☒ EP.1-1 Orthomosaic with Contours



☒ EP. 1-2 Digital Surface Model (DSM)



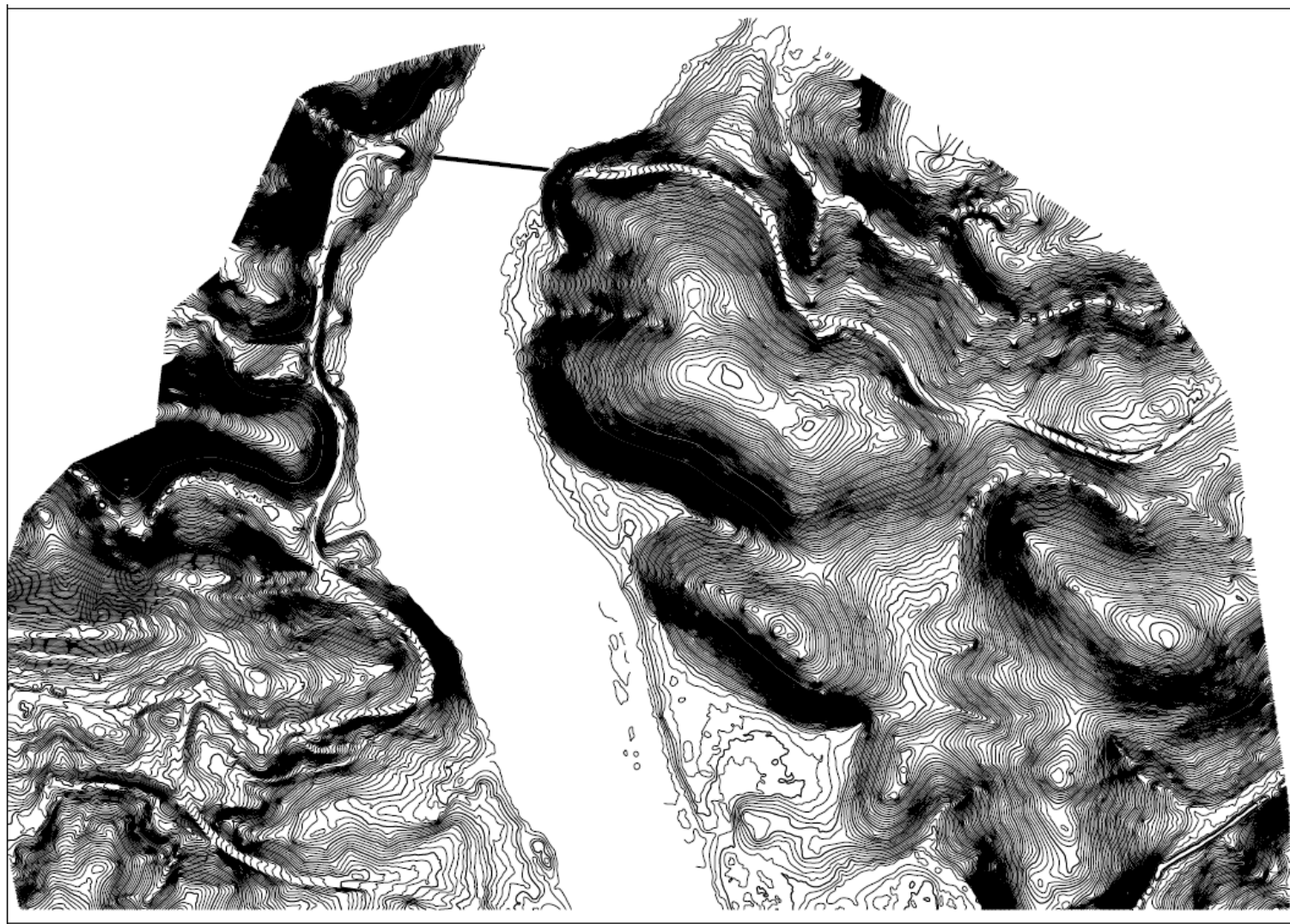


图 EP.1-3 地形图

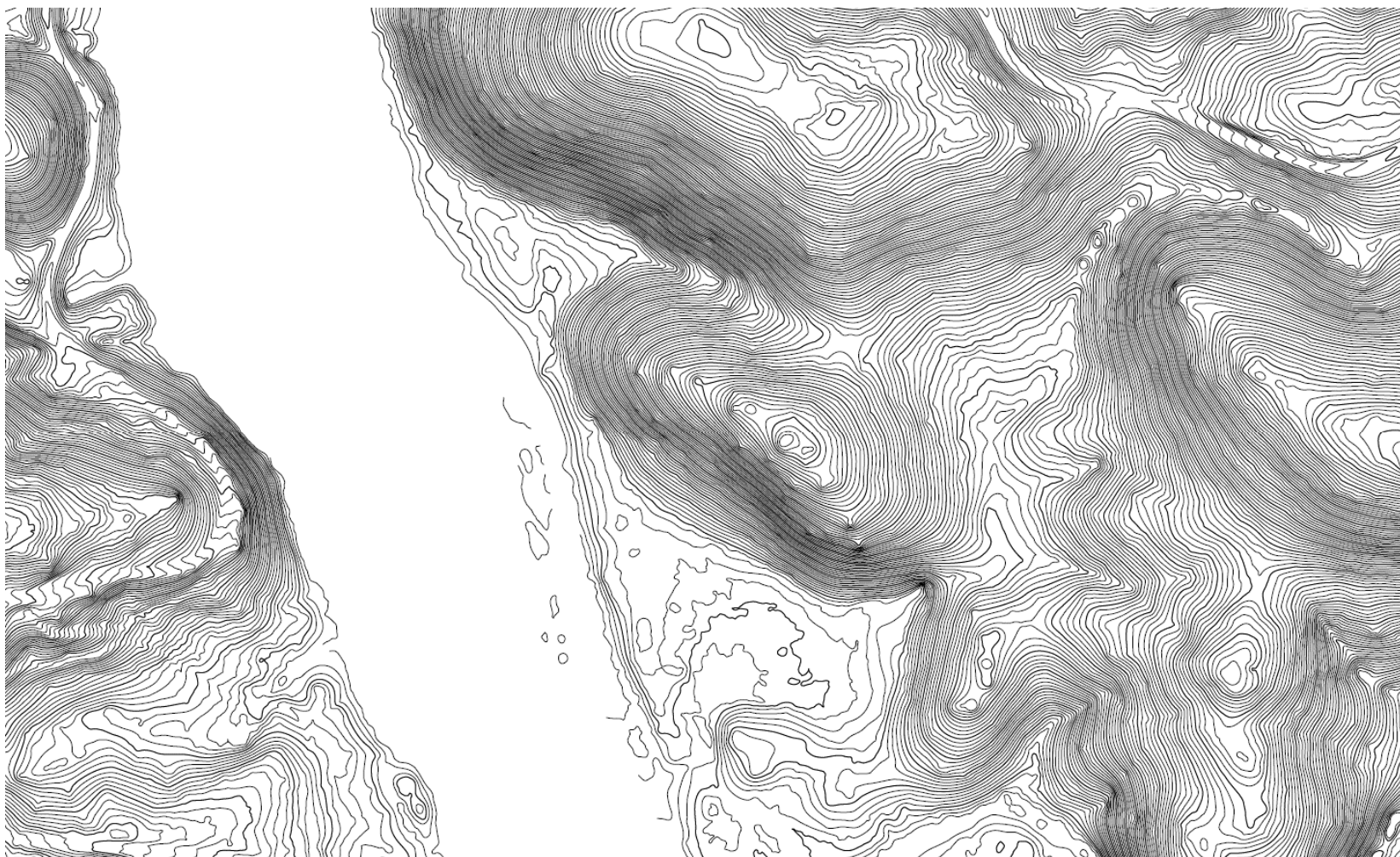


図 EP.1-4 橋梁計画付近の地形図

Appendix F 交通量調査結果

表 FP.1-1 交通量調査結果 (ルサカからマラウイ)

Traffic Survey Result at Luangwa Bridge Site (Lusaka to Malawi: 36 hours)

Survey Period: 01 Feb. (Friday, 7:00) to 02 Feb. (Saturday, 19:00), 2019, Weather: Sunny

A Period of Time	Category						Total (1)+(2)+(3)+(4)
	Passenger Car (1)	Small Truck (2)	Small Vehicles (1)+(2)	Bus (3)	Big Truck& Trailer (4)	Heavy Vehicles (3)+(4)	
7:00 - 8:00	9	1	10	3	7	10	20
8:00 - 9:00	15	0	15	4	1	5	20
9:00 - 10:00	10	0	10	2	3	5	15
10:00 - 11:00	7	0	7	3	5	8	15
11:00 - 12:00	10	0	10	1	1	2	12
12:00 - 13:00	6	0	6	0	4	4	10
13:00 - 14:00	6	0	6	3	5	8	14
14:00 - 15:00	4	0	4	0	4	4	8
15:00 - 16:00	5	2	7	0	5	5	12
16:00 - 17:00	6	0	6	4	11	15	21
17:00 - 18:00	20	0	20	2	7	9	29
18:00 - 19:00	11	2	13	2	9	11	24
19:00 - 20:00	8	0	8	2	7	9	17
20:00 - 21:00	14	1	15	1	3	4	19
21:00 - 22:00	3	0	3	1	2	3	6
22:00 - 23:00	6	1	7	0	5	5	12
23:00 - 24:00	4	0	4	0	3	3	7
0:00 - 1:00	2	1	3	0	0	0	3
1:00 - 2:00	2	0	2	0	2	2	4
2:00 - 3:00	1	0	1	0	1	1	2
3:00 - 4:00	3	0	3	0	2	2	5
4:00 - 5:00	1	0	1	0	2	2	3
5:00 - 6:00	2	1	3	1	0	1	4
6:00 - 7:00	4	0	4	0	7	7	11
<b>Total</b>	<b>159</b>	<b>9</b>	<b>168</b>	<b>29</b>	<b>96</b>	<b>125</b>	<b>293</b>
7:00 - 8:00	5	1	6	2	10	12	18
8:00 - 9:00	9	1	10	3	4	7	17
9:00 - 10:00	7	0	7	2	10	12	19
10:00 - 11:00	8	1	9	1	11	12	21
11:00 - 12:00	10	1	11	1	3	4	15
12:00 - 13:00	11	0	11	2	4	6	17
13:00 - 14:00	10	1	11	1	0	1	12
14:00 - 15:00	8	2	10	0	3	3	13
15:00 - 16:00	9	0	9	3	9	12	21
16:00 - 17:00	11	3	14	1	6	7	21
17:00 - 18:00	10	1	11	0	7	7	18
18:00 - 19:00	14	0	14	1	6	7	21
<b>Total</b>	<b>112</b>	<b>11</b>	<b>123</b>	<b>17</b>	<b>73</b>	<b>90</b>	<b>213</b>



表 FP.1-2 交通量調査結果 (マラウイからルサカ)

Traffic Survey Result at Luangwa Bridge Site (Malawi to Lusaka: 36 hours)

Survey Period: 01 Feb. (Friday, 7:00) to 02 Feb. (Saturday, 19:00), 2019, Weather: Sunny

A Period of Time	Category						Total (1)+(2)+(3)+(4)
	Passenger Car (1)	Small Truck (2)	Small Vehicles (1)+(2)	Bus (3)	Big Truck& Trailer (4)	Heavy Vehicles (3)+(4)	
7:00 - 8:00	5	1	6	0	4	4	10
8:00 - 9:00	10	2	12	5	9	14	26
9:00 - 10:00	12	0	12	3	10	13	25
10:00 - 11:00	12	0	12	3	8	11	23
11:00 - 12:00	6	0	6	2	5	7	13
12:00 - 13:00	10	0	10	2	6	8	18
13:00 - 14:00	14	1	15	1	13	14	29
14:00 - 15:00	17	0	17	1	1	2	19
15:00 - 16:00	17	1	18	1	4	5	23
16:00 - 17:00	9	1	10	0	5	5	15
17:00 - 18:00	9	2	11	0	9	9	20
18:00 - 19:00	5	2	7	0	3	3	10
19:00 - 20:00	6	0	6	1	10	11	17
20:00 - 21:00	4	0	4	0	2	2	6
21:00 - 22:00	7	0	7	0	4	4	11
22:00 - 23:00	2	0	2	0	5	5	7
23:00 - 24:00	3	0	3	1	3	4	7
0:00 - 1:00	2	0	2	0	4	4	6
1:00 - 2:00	1	0	1	0	1	1	2
2:00 - 3:00	1	0	1	0	0	0	1
3:00 - 4:00	1	0	1	1	2	3	4
4:00 - 5:00	2	0	2	0	1	1	3
5:00 - 6:00	2	0	2	1	3	4	6
6:00 - 7:00	0	0	0	2	2	4	4
<b>Total</b>	<b>157</b>	<b>10</b>	<b>167</b>	<b>24</b>	<b>114</b>	<b>138</b>	<b>305</b>
7:00 - 8:00	3	0	3	0	6	6	9
8:00 - 9:00	8	0	8	2	5	7	15
9:00 - 10:00	6	1	7	2	9	11	18
10:00 - 11:00	15	1	16	5	1	6	22
11:00 - 12:00	10	0	10	2	11	13	23
12:00 - 13:00	4	0	4	0	4	4	8
13:00 - 14:00	10	1	11	4	1	5	16
14:00 - 15:00	5	0	5	0	2	2	7
15:00 - 16:00	5	0	5	4	7	11	16
16:00 - 17:00	11	3	14	0	4	4	18
17:00 - 18:00	16	1	17	0	0	0	17
18:00 - 19:00	7	1	8	0	6	6	14
<b>Total</b>	<b>100</b>	<b>8</b>	<b>108</b>	<b>19</b>	<b>56</b>	<b>75</b>	<b>183</b>

表 FP.1-3 交通量調査結果 (ルサカーチルンド間)

Traffic Survey Result at Road to Chirundu Bridge Site (Chirundu to Lusaka: 12 hours)

Survey Period: 11 Feb. (Monday, 7:00) to 11 Feb. (Monday, 19:00), 2019, Weather: Sunny

A Period of Time	Category						Total (1)+(2)+(3)+(4)
	Passenger Car (1)	Small Truck (2)	Small Vehicles (1)+(2)	Bus (3)	Big Truck& Trailer (4)	Heavy Vehicles (3)+(4)	
7:00 - 8:00	19	0	19	1	2	3	22
8:00 - 9:00	23	1	24	2	6	8	32
9:00 - 10:00	33	2	35	3	7	10	45
10:00 - 11:00	40	0	40	1	13	14	54
11:00 - 12:00	25	1	26	1	16	17	43
12:00 - 13:00	28	0	28	0	17	17	45
13:00 - 14:00	19	3	22	2	18	20	42
14:00 - 15:00	18	0	18	1	20	21	39
15:00 - 16:00	18	1	19	1	18	19	38
16:00 - 17:00	20	0	20	0	19	19	39
17:00 - 18:00	24	2	26	2	17	19	45
18:00 - 19:00	27	1	28	1	13	14	42
<b>Total</b>	<b>294</b>	<b>11</b>	<b>305</b>	<b>15</b>	<b>166</b>	<b>181</b>	<b>486</b>

Traffic Survey Result at Road to Chirundu Bridge Site (Lusaka to Chirundu: 12 hours)

Survey Period: 11 Feb. (Monday, 7:00) to 11 Feb. (Monday, 19:00), 2019, Weather: Sunny

A Period of Time	Category						Total (1)+(2)+(3)+(4)
	Passenger Car (1)	Small Truck (2)	Small Vehicles (1)+(2)	Bus (3)	Big Truck& Trailer (4)	Heavy Vehicles (3)+(4)	
7:00 - 8:00	25	0	25	1	11	12	37
8:00 - 9:00	23	1	24	1	14	15	39
9:00 - 10:00	21	0	21	2	12	14	35
10:00 - 11:00	27	0	27	2	32	34	61
11:00 - 12:00	22	5	27	0	29	29	56
12:00 - 13:00	19	3	22	1	19	20	42
13:00 - 14:00	27	3	30	2	14	16	46
14:00 - 15:00	22	3	25	2	21	23	48
15:00 - 16:00	19	1	20	0	12	12	32
16:00 - 17:00	26	1	27	1	17	18	45
17:00 - 18:00	20	0	20	2	19	21	41
18:00 - 19:00	22	0	22	1	13	14	36
<b>Total</b>	<b>273</b>	<b>17</b>	<b>290</b>	<b>15</b>	<b>213</b>	<b>228</b>	<b>518</b>