Agenda for the meeting
for the Preparatory Survey on the Project for Rehabilitation of Trunk Road, Phase IV
in the Federal Democratic Republic of Ethiopia

Venue: ERA Central Regional Directorate Office, Alemgena

Time: 2010/10/19, 14:30 – 16:00

Agenda: The meeting will discuss matters related to the abovementioned project with particular attention to the following items;

1. Applicable Design Standard
2. Typical Cross Sections of Road
3. Countermeasure for the Expansive soil (Black Cotton soil)
4. Bridge Planning (Bridges and culverts) including cross sections

Meeting Material Content

(1) Table of Geometric Design Conditions
(2) Figure of Typical Cross Section of Road
(3) Figure of Countermeasure for the BC soil
(4) Table of Subgrade Condition in the Project Road
(5) Table of Concept of Structures (Bridges and Culverts)

Discussion for the Design Conditions and Concepts

1. Applicable Design Standard

(1) Design Standards

The application of proper design standards will ensure road safety, high standard service level and comfort for road users through the provision of adequate sight distance and roadway space.

The design and construction standards for new roads and bridges have been established by ERA in Ethiopia. The following is the composition of ERA's Road Design Manual:

- Geometric Design Manual
- Drainage Design Manual
- Pavement Design Manual Vol.1: Flexible Pavements and Gravel Roads
- Pavement Design Manual Vol.2: Rigid Pavements
- Pavement Rehabilitation and Asphalt Overlay Manual
- Bridge Design Manual
- Site Investigation Manual
- Standard Detail Drawings
- Standard Technical Specifications

The latest version of the manual was published in 2002.

The Road Design Manual is intended for use in the design of all federal roads in Ethiopia. The purpose of the manual is to give guidance and recommendations to the engineers responsible for the design of federal roads.

(2) Geometric Design Parameters

Geometric design standard was prepared as part of the Road Design Manual in Ethiopia. This design standard will be basically followed for this study as well as HEC's design. In case essential parameters are not expressly stipulated in design standard, the Study Team will refer to other design standards and manuals (such as SATCC and Japanese Road Geometric Standard).

Observations during the field survey indicate that the Road under Study traverses various topographical conditions. Thus, the Study Team finally recommends following geometric standard based on the design standard and HEC's design.

Road Class (DS3: Paved)							
Design Element	Unit	Flat	Rolling	Mountainous	Escapment	Urban/Peri-Urb	Remarks
Design Speed	km/h	100	85	70	60	50	
Min. Stopping Sight Distance	m	205	155	110	85	55	
Min. Passing Sight Distance	m	375	340	275	225	175	
% Passing Opportunity	%	50	33	25	0	20	
Min. Horizontal Curve Radius	m	395	270	175	125	85	
Min. Length of Curve	m	300	300	300	300	300	Tangent Angle of 5° or less (ERA Standard)
	m	350	260	190	150	100	Japanese Standard: Design Speed x 6sec.
Transition Curves Required	-	Yes	Yes	No	No	No	
Max. Radius for use of a Transition Curve	m	1450	1050	-	-	-	SATCC: 0.145 x V^2
Spiral Length	m	R=400:L=123, R=500:L=98, R=600:L=82, R=700:L=70, R=800:L=62, R=900:L=55, R=1,000:L=49, R=1,100:L=45, R=1,200:L=41, R=1,300:L=38, R=1,400:L=35	R=300 L=100, R=400 L=75, R=500 L=60, R=600 L=50, R=700:L=43, R=800 L=38, R=900 L=34, R=1,000:L=30	-	-	-	SATCC: 0.0702V^3/ (RC) C: Rate of increase in centripetal acceleration (m/s3); 1<C<3 (1.438 is recommended.)
Max. Gradient (desirable)	%	3.0	4.0	6.0	6.0	6.0	
Max. Gradient (absolute)	%	5.0	6.0	8.0	8.0	8.0	
Min. Gradient (desirable)	%	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	
Min. Gradient (absolute)	%	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	Japanese Standard: Design Speed x 6sec.
Crest Vertical Curve (k-value)	k	105	60	31	18	12	
Sag Vertical Curve (k-value)	k	51	36	25	18	12	
Max. Superelevation (e)	%	8.0	8.0	8.0	8.0	4.0	
Normal Crossfall	%	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	
Shoulder Crossfall	%	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	
Right of Way	m	COI	COI	COI	COI	COI	Corridor of Impact (Construction Limit)
***Normal Wereda towns and Kebele towns are included in Urban/Pre-Urban.**							

Major changes and additions are as follows:

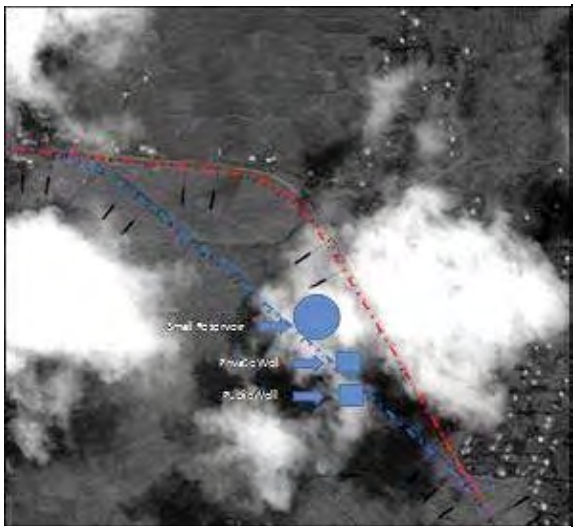
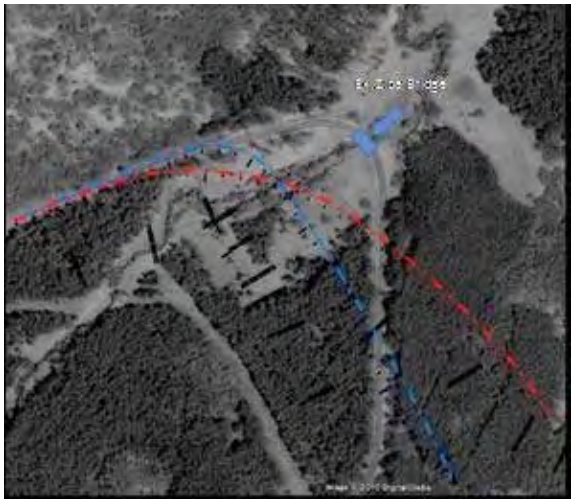
- Min. Length of Curve: Regardless of design speed, ERA's standard stipulates length of 300m. However, it is difficult to secure the curve length of 300m in hilly, mountainous and densely populated areas. It is for this reason that the Study Team will recommend the use of Japanese Standard that considers the curve length depending on the design speed.

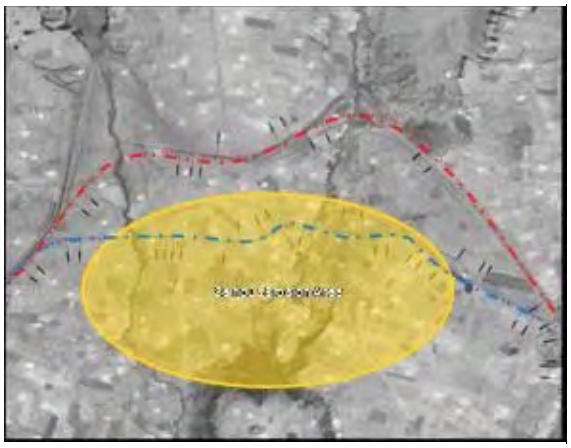
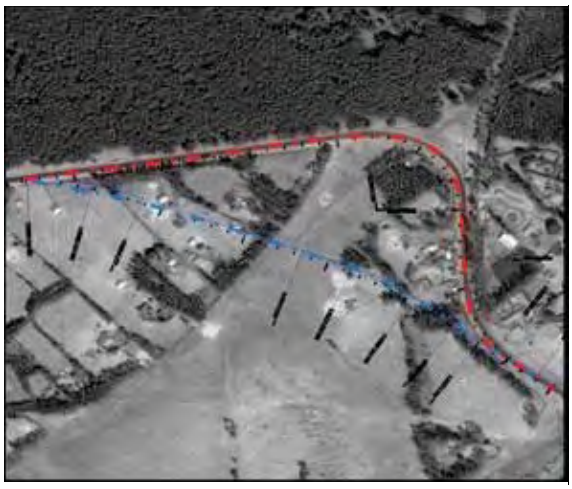
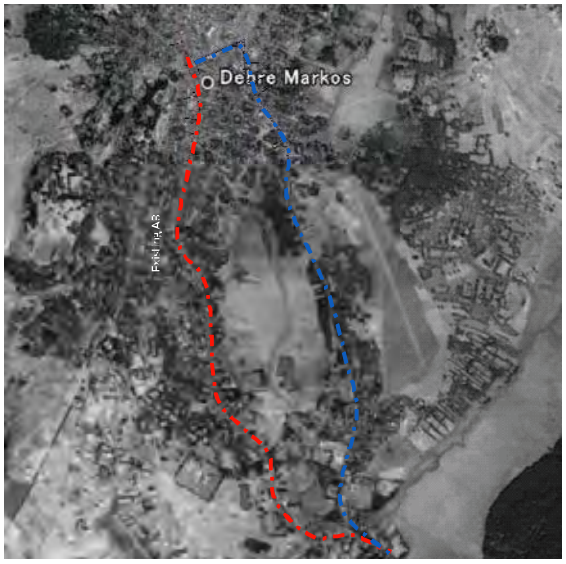
- Max. Radius for use of a Transition Curve: not stipulated (Use of SATTC)

- Spiral Length: not stipulated (Use of SATTC)

- Min. Gradient: ERA's standard stipulates minimum gradient of 0.5%. However, securing of min. 0.5% in flat area such as Yeda would mean a substantial increase in construction cost with the commensurate increase in affected area. Thus min. gradient of 0.3% on Japanese standard will be used in absolute necessity.

(3) Major Alignment Change

Location Map	Reasons & Interferences
	7.4km – 8.7km: Yetnora Reason - To avoid the following interferences - To reduce the number of affected houses - Possible to improve horizontal alignment by new CL Interference - Two wells - Small reservoir - Some houses : Original CL by HEC : Proposed new CL
	44.0km: Ziba Br. Reason - To improve the alignment for traffic safety (response to high speed) Interference: - : Original CL by HEC : Proposed new CL
	46.2 – 46.7km: Amber Reason - To avoid the following interferences - To reduce the number of affected houses - Possible to improve horizontal alignment by new CL Interference - Public water supply facility - Some houses : Original CL by HEC : Proposed new CL

	52.1 – 55.2km: Erosion prone Area Reason - To avoid the serious erosion area and high embankment - Possible to improve horizontal alignment by new CL Interference: - : Original CL by HEC : Proposed new CL
	58.0 – 58.7km: Chemoga Reason - To reduce the number of affected houses - Possible to improve horizontal alignment Interference - Some houses : Original CL by HEC : Proposed new CL
	61.3km – End: Debre Markos Reason - Adequacy of international trunk road - Complicated connection to A3 (Original route) - To reduce the number of affected houses Interference - Some houses and buildings : Original CL by HEC : Proposed new CL

(4) Pavement Design

- ✓ Pavement Design Condition: It is based on the HEC's design
- ✓ Design Life: 15years
- ✓ Sub-grade Strength Class: S2 (0km – 53km), S3 (53km – 65km)
- ✓ Vehicle Equivalent Factor (VEF): see table below:

Vehicle Category	Base year Traffic	T_c	EF	CESA
Large Bus	72	675853.48	2.29	1547704.47
Medium Truck	45	403331.17	2.76	1113194.03
Heavy Truck	36	322664.93	7.25	2339320.78
Truck and Trailer	46	412294.08	12.26	5054725.42
			Total	10,054,944.70
Applying lane distribution factor of 90% for single lane i.e. .9*10054944.7				9,049,450.23 (Class T6)

Based on ERA's manuals, for traffic classes of T6, the required pavement layers with asphalt concrete surfacing, crushed granular road base and granular sub-base for the design periods of 15 years are as shown in the table below.

Station	Sub-grade class	Pavement Layers (mm) for 15 years & traffic class T6			
		AC	Base course	Sub- base	G.C
0km-53km	S2	100	200	225	200
53km-65km	S3	100	200	250	-

Detail design report by HEC had finally recommended the following pavement layers because uncertainties such as the traffic volume and analysis as well as the sub grade soil testing and evaluation should be considered.

Station	Sub-grade class	Traffic class	Pavement Layers (mm) for 15 years & traffic class T6			
			AC	Base course	Sub- base	G.C
0km-53km	S2	T6	100	200	225	200
53km-65km	S3	T6	100	250	300	-

However, for Japanese ODA policy, minimum requirement based on technical theory is acceptable. Thus the Study Team will recommend the following pavement layers:

Station	Sub-grade class	Traffic class	Pavement Layers (mm) for 15 years & traffic class T6			
			AC	Base course	Sub- base	G.C
0km-53km	S2	T6	100	200	250*	200
53km-65km	S3	T6	100	200	250	-

*225mm of sub-base required by the manual will be changed to 250mm in consideration of easy construction and supervision.

2. Typical Cross Sections

(1) Recommendable Typical Cross Sections

The Study Team will recommend the following typical cross sections based on the field survey and design review. Main changes are as follows:

- ✓ Reduction of median strip: 2.5m to 0.5m
- ✓ Installation of unpaved protection shoulder: 0.5m

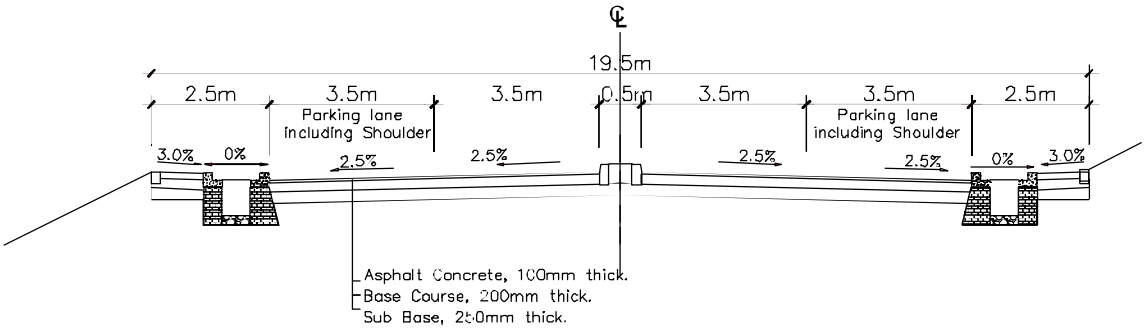


Figure-1 Proposed Typical Cross Section (D/Markos Town Center Section)

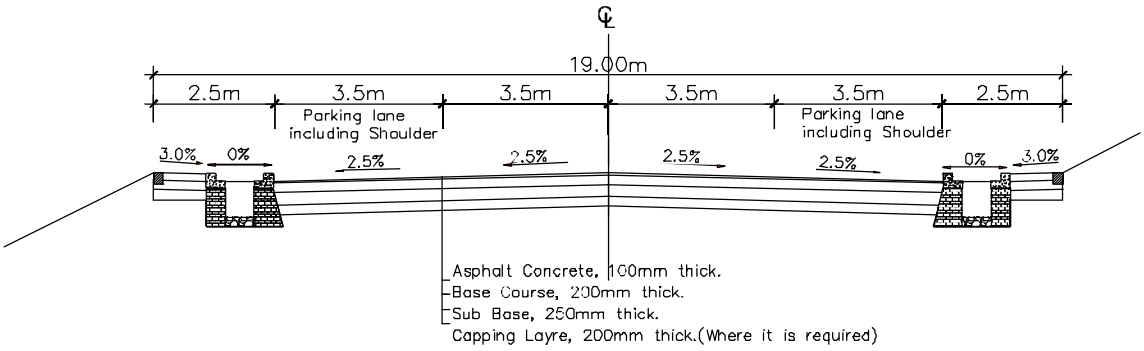


Figure-2 Proposed Typical Cross Section (Wereda Town and Populated Area in D/Markos)

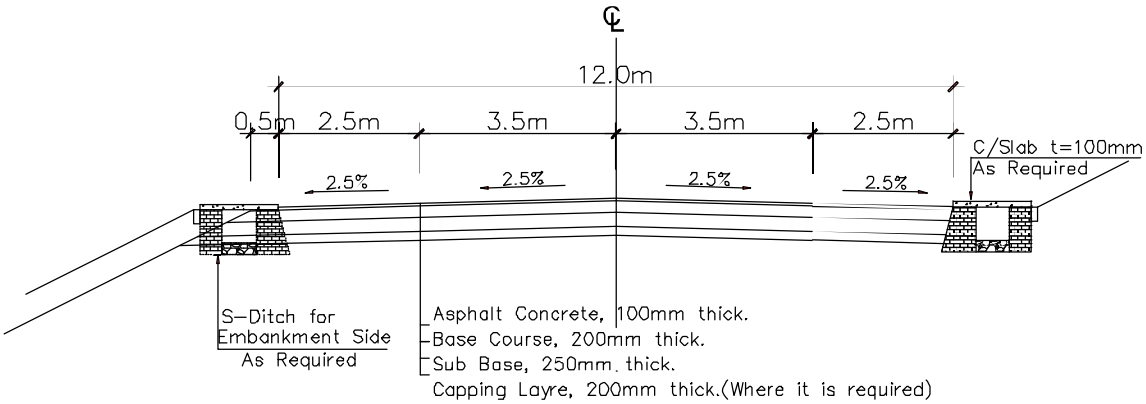


Figure-3 Proposed Typical Cross Section (Kebele Town & Entrance of D/M & End of Dejen)

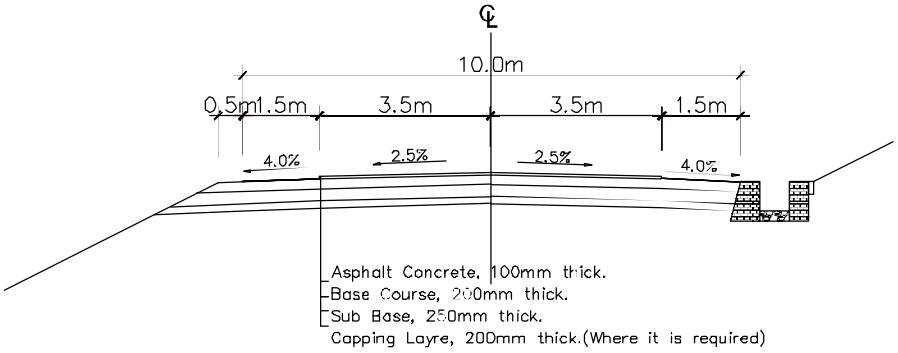
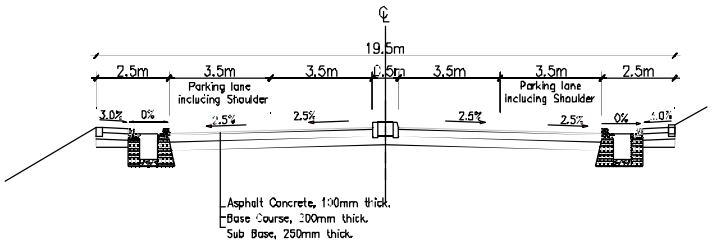
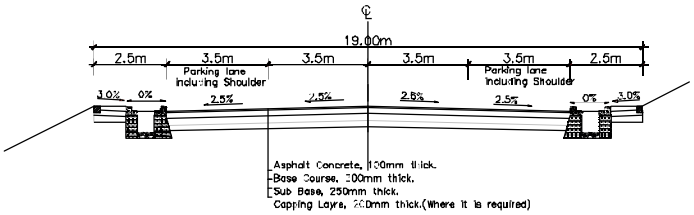
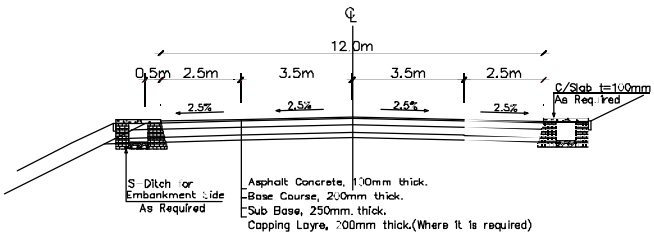


Figure-4 Proposed Typical Cross Section (Rural Section)

(2) Typical Cross Section in Debre Markos Town

Section Plan for A3 in Debre Markos	Applicable Cross Sections
	64.2km – 65.4km (End)  62.4km – 64.2km  61.3km – 62.4km 

3. Countermeasures for the BC Soil (Expansive Soil): e.g. Rural Area

Black cotton soils are problematic for Civil Engineers, because of their unconventional behavior. These soils show large volumetric changes with respect to seasonal variation of moisture content. These soils when subjected to vehicular traffic, road pavement heaves and cracks due to cycles of swelling and shrinkage. The Study Team will recommend the following measures based on the field survey, soil testing and visits made to similar projects.

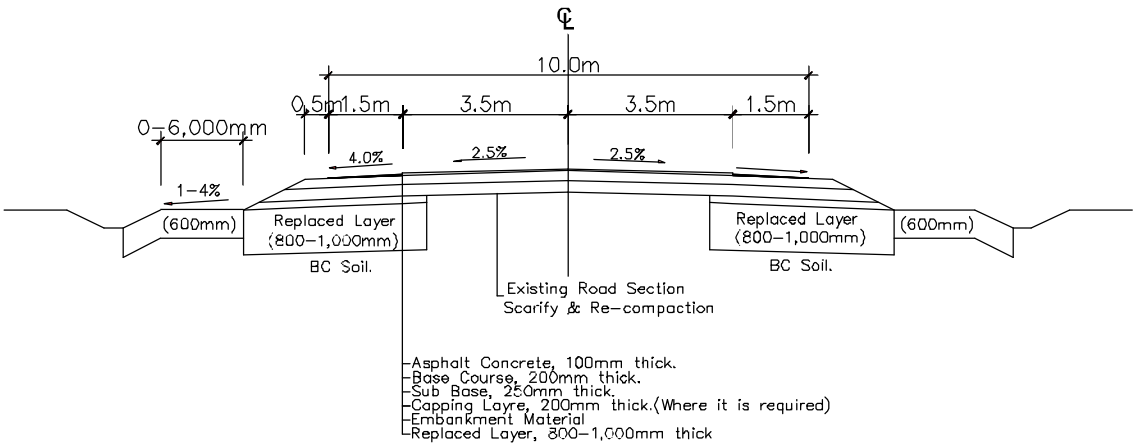


Figure-1 Existing Pavement Section in Rural Area

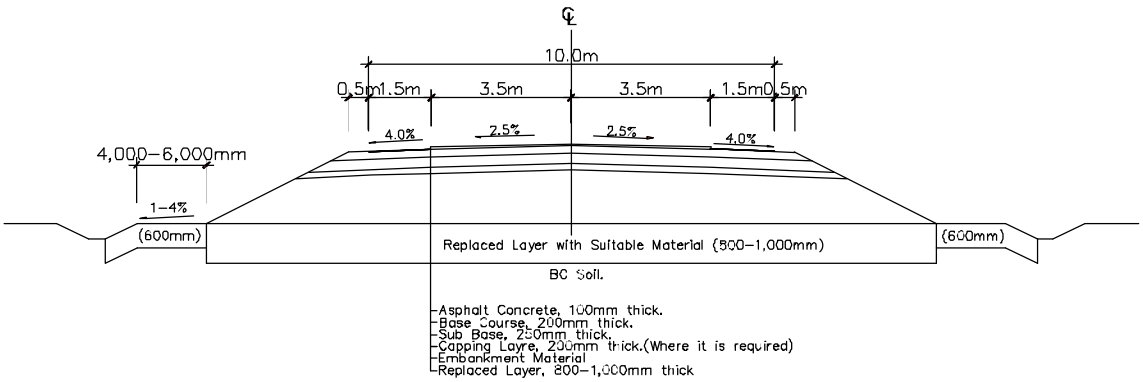


Figure-2 New Road Section (Bypass) in Rural Area

Subgrade condition between Dejen and Lumame

Boring or Pit	Chainage	Location	BCS	Red. / Brn	N value	CBR	Swell %	PI	NMC	S.L.	Eex
NTP 01	1+500		0.8-2.0		< 10			38			
NTP 02	4+000		0.6-2.6		< 10	2	10.0	51			112
NBH 01	5+060		1.0-2.5		8-9			77	39	3.2	
NTP 03	5+500		0.5-1.9		< 10			48			
BH 09	8+500	Yetnora	0.95-2.7		2-6			47			
NTP 05	9+500		0.8-2.8		< 10			46			
BH 10	10+500		0.0-2.0		3-10			36	31		
BH 11	11+400		0.0-4.0		4-9			25	40		
NTP 06	11+500		0.5-3.1		< 10			73			
BH 12	12+500	Bechet	0.5-2.5		1-6			52	46		
NTP 07	13+500		0.7-2.5		< 10	2	8.0	42			97
NBH 02	14+560		0.6-2.0		8			72	39	2.8	
NTP 08	15+500		0.8-2.5		< 10			62			
NTP 09	16+500		0.9-2.6		< 10			73			
NTP 10	17+500		0.6-2.4		< 10			74			
BH 13	18+500	Taba	0.0-3.0		1-4			78	51		
NTP 11	19+500	Wejel	0.5-2.4		< 10			47			
BH 14	20+000	Aba Adem	0.0-2.1		3-4			52			
NBH 03	20+090	Aba Adem	0.5-3.5		9-14			70	44	4,4	
NTP 12	21+500		1.1-2.4		< 10			51			
NBH 04	22+040	Abeya	1.0-13.0		2-9			51	46	7.3	
NBH 05	22+080	Abeya	1.0-11.0		4-11			53	44		
NTP 13	23+000		0.6-3.0		< 10	2	8.4	51			128
NTP 14	24+000		1.6-2.5		< 10			57			
NTP 15	26+500		0.8-3.0		< 10	2	12.4	43	53	9	90
NBH06	26+500		0.6-2.5		4-5			52	53	6.2	
NTP 16	27+500		0.7-2.7		< 10			71			
NTP 17	29+000		0.5-3.0		< 10			63			
NBH 07	29+300	Bogena	0.6-3.9		10			43	31		
NBH 08	29+390	Bogena	1.0-3.9		5-6			70	61		
NPT 18	30+000		1.1-3.0		< 10			59			

Note; BCS: Black cotton soil, Eex: Expansiveness

Subgrade condition between Lumame and Debre Markos

Boring or Pit	Chainage	Location	BCS	Red. / Brn	N value	CBR	Swell %	PI	NMC	S.L.	Eex
NTP 19	32+000		-	Red		9	1	43	35	14	81
NTP 20	34+500		-	Brn				46			
NBH 09	35+670	Getla									
NTP 21	36+000		0.0-1.3		< 10			50			
NTP 22	37+500		0.0-1.4		< 10			54			
NTP 23	38+500		0.5-2.7		< 10			32			
NTP 24	40+500		-	Red				28			
NTP 25	42+500		-	Red		9	1.2	28	31	17	33
NTP 26	43+500		-	Red				25			
NBH 10	44+060		-	Red	> 12			21	35	15	
NTP 27	45+500		-	L/Brn				24			
NTP 28	46+500		-	D/Brn				40			
NBH 11	47+420	Yeda	0.0-5.5		4-10			57	35	6.8	
NTP 29	48+000	Yeda	> 4.0		< 10			58			
NBH 12	48+900	Yeda	0.0-10		5-10			40	43	7.8	
NBH 13	49+200	Yeda	0.0-10		1-9			32	49	10.7	
NTP 30	49+500	Yeda	> 4.0		< 10	2	7.9	43	36	14	81
NBH 13-2	50+200	Yeda	0.0-2.4		4-10			54	37	2.5	
NTP 31	50+500	Yeda	0.0-2.7		< 10			44	46	13	85
NTP 32	51+500		-	Red				37			
NTP 33	53+000		-	L/Brn				22			
NBH 15	53+500	Ambesh	-	D/Brn							
NTP 34	55+000		-	Red				38			
NTP 35	56+500		-	D/Brn		4	3.8	31	41	14	49
NTP 36	57+500		-	Red				39			
NBH 16	57+890	Chemoga	-	L/Brn	2-8			31	45		
NBH 17	58+020	Chemoga	-	L/Brn	> 11			40	35		
NTP 37	59+000		-	Red				36			
NTP 38	60+500		-	Red				23			
BH 19	61+000	Wiseta	-	Red	2			27	44		

Note; Red; Reddish silty clay, L/Brn; Light brown silty clay, D/Brn; Dark brown silty clay

4. BRIDGE PLANNING

(1) Use of Existing Bridges

Existing bridges will be used if they meet the criteria for compatibility to the new road alignment, structural soundness, and functional requirements. The Bridge Design manual of ERA requires the minimum carriageway of 7.0 m for 2-lane bridges. If necessary and if feasible, repair works will be conducted to improve the function and to satisfy the requirements.

(2) Bridge Length

Based on the necessary clearance under the superstructure such as waterway function and topography, the bridge length will be decided.

(3) Carriageway

Carriageway will be decided according to the Bridge Design Manual of ERA, in consideration of the continuity with approach roads and expected number of pedestrians. The carriageway width of bridges in rural area is 8.0m, (0.5m+3.5m+3.5 m+0.5m). The Aba Adem Bridge which is located in Wejel and the Useta Bridge in Debre Markos are expected to be used by many pedestrians. The carriageway of the Aba Adem Bridge and the Useta Bridge is 10m, (1.5m+3.5m+3.5m+1.5m), and 12m, (2.5m+3.5m+3.5m+2.5m), respectively taking into account the traffic conditions.

(4) Bridge Type

✓ Type by Material

The Reinforced Concrete Bridge (RC Bridge) is the most suitable bridge type for short spans. Table-1 shows the comparison of bridge types by materials.

Type		Features	Evaluation
Concrete Bridge	Reinforced Concrete Bridge	Suitable for short spans No major technical difficulties No difficulty in obtaining necessary materials No difficulty in Quality Control Cost-effective Suitable for Technology Transfer	○
	Prestressed Concrete Bridge	Suitable for longer spans than RC bridges Light weight than RC bridges Advance technology Need of imported materials Difficulty in Quality Control Costly than RC bridges	×
Steel Bridge		Imported materials Difficulty in construction Costly than concrete bridges Difficulty at maintenance stage Easy to repair than concrete bridges	×

✓ Structural Type

Structural Type will be decided by the following criteria.

Structural Type	Span Range
Reinforced Concrete Slab Bridge	5~10m
Reinforced Concrete Girder Bridge	10~20m

✓ RC Box Culvert

When the bridge construction is judged to be difficult or not appropriate due to difficult site conditions, the RC Box Culvert will be planned. The following table compares the bridges and RC box culverts.

Structure	Features
Bridges	Suitable for longer spans Wider clearance under the superstructure Concentration of forces at abutments and piers Need of strong ground layer Need of bearing supports and expansion joints
RC Box Culverts	Smaller clearance than that of bridges No bearing supports and expansion joints No need of abutments and piers Applicable to less strong ground condition No difficulty in adjustment of road surface

(5) Design Method

The bridge design shall meet the Bridge Design Manual of ERA. However, calculation is based on Japanese bridge design methods and check if the result meets the Bridge Design Manual of ERA.

✓ Bridge Planning

a) Existing Bridges

Bridge	Length	Carriageway	Type	Major Repair
Asamatech	5.0 m	7.0 m	RC Girder	Slab, Parapet
Taba	13+13 m	7.3 m	RC Girder	None
Bogena	13.1 m	7.0 m	RC Girder	Slab, Parapet
Chemoga	67.0 m	7.0 m	Masonry Arch	Slab, Parapet

b) New Bridges

Bridge	Length	Carriageway	Type	Substructure Type
Bechet	17+17 m	8.0 m	RC Girder	Direct Foundation
Abadem	15 m	10.0 m	RC Girder	Direct Foundation
Abeya	3@ 4.5 m	8.0 m	RC Culvert	—
A3-4-012	2@ 4.5 m	8.0 m	RC Culvert	—
Getla	15+15 m	8.0 m	RC Girder	Direct Foundation

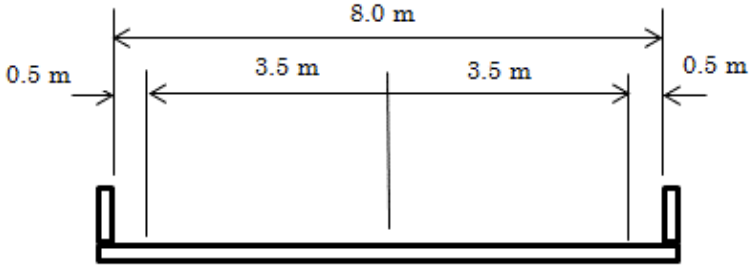
A3-4-017	15 m	8.0 m	RC Girder	Direct Foundation
Zeba	15 m	8.0 m	RC Girder	Direct Foundation
Yeda-A	2@ 4.5 m	8.0 m	RC Culvert	—
Yeda-B	2@ 4.5 m	8.0 m	RC Culvert	—
Yeda-C	5@ 4.5 m	8.0 m	RC Culvert	—
Ambesh	2@ 4.5 m	8.0 m	RC Culvert	—
Useta	10+10 m	12.0 m	RC Girder	Direct Foundation

c) Existing and New Bridges (reference)

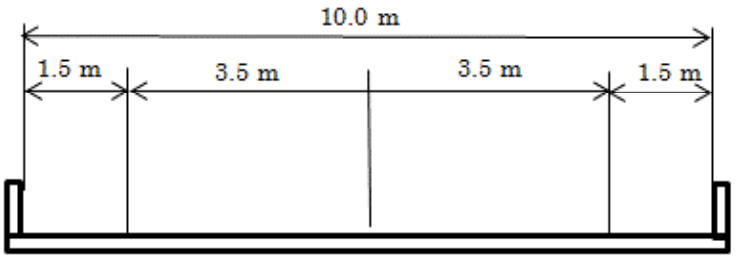
Bridge	Existing Bridge			New Bridge		
	Length	Carriageway	Type	Length	Carriageway	Type
Asamatech	5.0 m	7.0 m	RC Girder			
Bechet	32.0 m	6.0 m	Masonry Arch	17+17 m	8.0 m	RC Girder
Taba	13+13 m	7.3 m	RC Girder			
Abadem	12.0 m	6.0 m	Masonry Arch	15m	10.0 m	RC Girder
Abeya	7+7+7 m	6.0 m	RC Girder	3@ 4.5 m	8.0 m	RC Culvert
Bogena	13.1 m	7.0 m	RC Girder			
A3-4-012	7.8 m	5.5 m	Masonry Arch	2@ 4.5 m	8.0 m	RC Culvert
Getla	13.1 m	7.0 m	RC Girder	15+15 m	8.0 m	RC Girder
A3-4-017	7.0 m	6.0 m	Masonry Arch	15 m	8.0 m	RC Girder
Zeba	11.0 m	5.5 m	RC Girder	15 m	8.0 m	RC Girder
Yeda-1	4@ 5.0 m	7.0 m	RC Girder	2@ 4.5 m	8.0 m	RC Culvert
Yeda-2	4@ 5.0 m	7.0 m	RC Girder	2@ 4.5 m	8.0 m	RC Culvert
Yeda-3	6+6+6 m	7.0 m	RC Girder			
Yeda-4	3.5+4 m	7.0 m	RC Girder	5@ 4.5 m	8.0 m	RC Culvert
Ambesh	8.0 m	6.0 m	Masonry Arch	2@ 4.5 m	8.0 m	RC Culvert
Chemoga	67.0 m	7.0 m	Masonry Arch			
Useta	12.3 m	5.0 m	RC Girder	10+10 m	12.0 m	RC Girder

d) Carriageway Plan (reference)

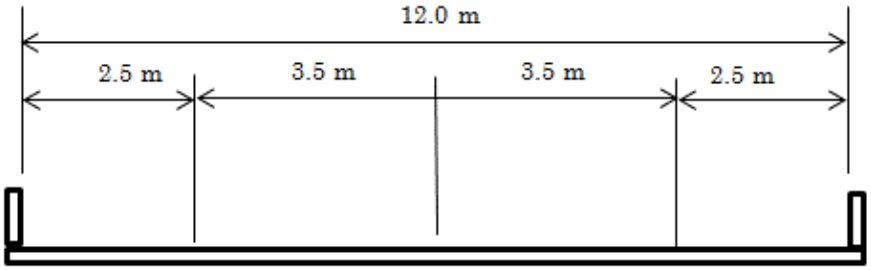
Rural Area



Aba Adem Br (Wejel)



Useta Br (Debre Markos)



Ref. No.ERA/ADM/101025/PO

Date: 25 October 2010

Ms Hiwot Mossisa
Central Region Directorate, Acting Director 25/10/2010
Ethiopian Roads Authority (ERA)
Addis Ababa

Dear Madam,

RE: PROPOSED COUNTERMEASURE FOR EXPANSIVE (BLACK COTTON) SOILS AND PROPOSED MINIMUM VERTICAL GRADIENT ON THE PROJECT FOR REHABILITATION OF TRUNK ROAD, PHASE IV

We would like to draw your attention to the aforementioned project and previous meetings we have held, the latest one being on 22nd of October, 2010 in your office at Alemgena on the subject matter referenced above. It was also agreed that bridge design will be based on ERA's Bridge Design Manual 2002 except that the design procedure will follow Japanese Standard, then the results will be rechecked whether or not they satisfy ERA Standards.

Regarding countermeasure for expansive (black cotton) soils, our proposal was agreed by your side but only in principle with some comments. Your comments were that the Consultant should incorporate a filter membrane (such as geo-textile sheet) and an impermeable membrane on the outer and inner face of the buried gabion, respectively. The inclusion of such membranes and protection method for gabion bed will be decided at a later stage after confirming matters such as highest ground water table, etc, and determining whether or not buried gabions will be applied. At the moment, the concept is to have the image of the probable features of road cross section in town areas. Moreover, your side recommended that a provision for side drains be indicated on the typical cross sections on the existing road section in high embankment and new road section in rural areas.

In response to your comments, we have duly modified our proposal for typical cross sections to be adopted in cases where black cotton soils are predominant. Please see the attached document titled "Countermeasure for expansive soil on the Trunk Road A3 between Dejen and Debre Markos"

Regarding the issue of minimum vertical gradient, we wish to clarify and reiterate our proposal to adopt the 0.3% min gradient as a deviation from the ERA Standard that states 0.5% min gradient as the usual norm. Your attention is drawn to *page 9.9, section 9.7 Minimum Gradients* of ERA Geometric Design Standard that states: "The minimum gradient for the usual case is 0.5 percent. However, flat and level gradients on uncurbed paved highways are acceptable when the cross slope and carriageway elevation above the surrounding ground is adequate to drain the surface laterally."

It is in the strength and spirit of the above extract from ERA manual that we would like to request for a departure from the ERA's usual-case standard in line with Chapter 2, Section 2.3 page 2-1 of ERA Manual 2002 that stipulates the information required to be submitted to ERA for approval of the requested departure from standard.

For details please refer to the attached document titled "Acceptable Minimum Gradient (Acceptable Geometric Parameter)" Moreover, please see our departure request as summarized in the table below;

12-1, Honmachi 3-chome, Shibuya-ku, Tokyo, 151-0071 Japan
Tel. +81-3-6311-7894 Fax. +81-3-6311-8043 Cell: 0912 964 852 E-mail. tatsumi@oriconsul.com

Road Name	Facet of Design	Usual Standard	Proposed departure	Reasons for Departure
Trunk Road A3, between Dejen and Debre Markos (Flat lowlands such as Yeda area)	Minimum (longitudinal) Gradient	Min 0.5%	Min 0.3%	- To reduce the volume of earthworks thereby reducing construction cost. - To reduce affected area.

Some of the mitigation measures we propose with the use of min 0.3% gradient are;

i) Use of high-type AC pavement: 10cm (double layer)
ii) Accurately set cross slope of 2.5% to ease lateral surface draining
iii) Use of high standard quality control to achieve improved firm sub-grade

We therefore request for your evaluation and approval of our proposals made in this letter for the expeditious progress of the design work.

Yours sincerely,

ORIENTAL CONSULTANTS Co. Ltd. The Project for Rehabilitation of Trunk Road, ETHIOPIA

Masaaki TATSUMI Dr. Eng
Oriental Consultants Company Limited
JICA Study Team, Chief Consultant

Cc: Mr. Abdo Mohammed, Sat 25/10/10
DDG Engineering & Regulatory Department,
Ethiopian Roads Authority.

1. Acceptable Minimum Gradient (Acceptable Geometric Parameter)

As discussed in the previous meetings held on 19th and 22nd of October, 2010, the JICA Study Team recommended using 0.3% as min. gradient as follows:

- Min. Gradient: ERA's standard stipulates minimum gradient of 0.5%. However, securing of min. 0.5% in flat area such as Yeda would mean a substantial increase in construction cost with the commensurate increment of affected area. Thus min. gradient of 0.3% according to Japanese standard will be used in absolute necessity.

Road Class (DS3: Paved)							
Design Element	Unit	Flat	Rolling	Mountainous	Escarpment	Urban/Peri-Urb	Remarks
Design Speed	km/h	100	85	70	60	50	
Min. Stopping Sight Distance	m	205	155	110	85	55	
Min. Passing Sight Distance	m	375	340	275	225	175	
% Passing Opportunity	%	50	33	25	0	20	
Min. Horizontal Curve Radius	m	395	270	175	125	85	
Min. Length of Curve	m	300	300	300	300	300	Tangent Angle of 5° or less (ERA Standard)
	m	250	260	190	150	100	Japanese Standard: Design Speed x 6sec.
Transition Curves Required	-	Yes	Yes	No	No	No	
Max. Radius for use of a Transition Curve	m	1450	1050	-	-	-	SATCC: $0.145 \times V^2$
Spiral Length	m	R=400:L=123, R=500:L=98, R=600:L=82, R=700:L=70, R=800:L=62, R=900:L=55, R=1,000:L=49, R=1,100:L=45, R=1,200:L=41, R=1,300:L=38, R=1,400:L=35	R=300:L=100, R=400:L=75, R=500:L=60, R=600:L=50, R=700:L=43, R=800:L=38, R=900:L=34, R=1,000:L=30	-	-	-	SATCC: $0.0702V^3/(RC)$ C: Rate of increase in centripetal acceleration (m/s3): 1<C<3 (1.438 is recommended)
Max. Gradient (desirable)	%	3.0	4.0	6.0	6.0	6.0	
Max. Gradient (absolute)	%	5.0	6.0	8.0	8.0	8.0	
Min. Gradient (desirable)	%	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	
Min. Gradient (absolute)	%	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	Japanese Standard: Design Speed x 6sec.
Crest Vertical Curve (k-value)	k	105	60	31	18	12	
Sag Vertical Curve (k-value)	k	51	36	25	18	12	
Max. Superelevation (e)	%	8.0	8.0	8.0	8.0	4.0	
Normal Crossfall	%	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	
Shoulder Crossfall	%	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	
Right of Way	m	COI	COI	COI	COI	COI	Corridor of Impact (Construction Limit)
***Normal Wereda towns and Kebele towns are included in Urban/Pre-Urban.**							

For this recommendation, the Study Team fills in the gaps as follows.

2. Other Standards Recommendation

A. SATCC: not stipulated

B. AASHTO: Flat grades can typically be used without any problem on uncurbed highways where the cross slope is adequate to drain the surface water laterally. With curbed highways or streets, longitudinal grade should be provided to facilitate surface drainage. An appropriate minimum grade is typically 0.5 percent, but grades of 0.30 percent may be used where there is a high-type pavement accurately sloped and supported on firm sub-grade.

C. Japanese Standard: Flat grades are normally preferable, but long section with flat

grade will create some problem. Surface water on road should be drained by cross fall, but surface water sometimes remains on road surface due to problems such as rainfall intensity, drainage size, etc. It is therefore usual to set vertical gradient at least between 0.3 and 0.5 percent.

3. Reasons of Recommendation of 0.3 %

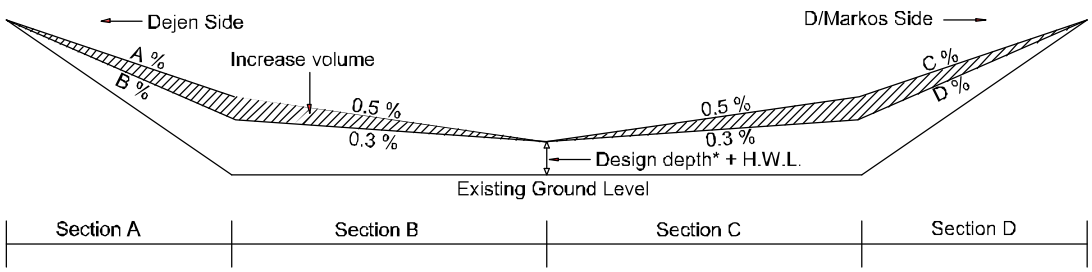
1) Livestock Corridor

Flat areas applied 0.3% min. gradient are currently being used as grazing land and/or livestock corridor. The study road may balkanize these areas and corridors by high embankment. For this reason, the embankments should be kept in low height as much as possible.

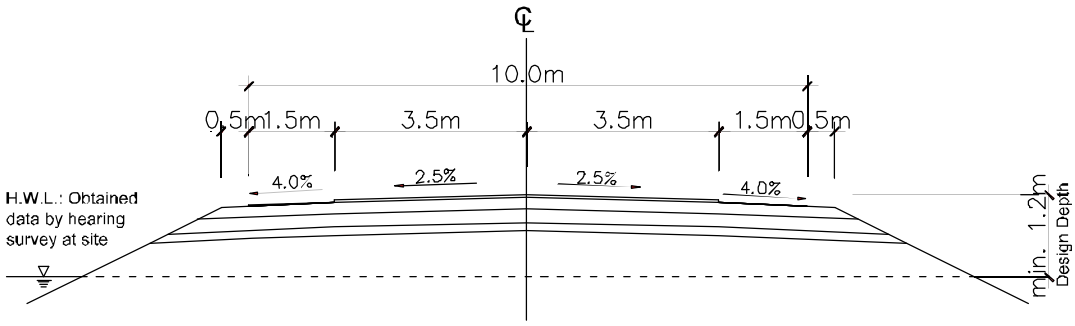
2) Reduction of Embankment Material

As mentioned previously, securing of min. 0.5% gradient in flat areas would mean a substantial increase in construction cost with the embankment material increase as follows:

Station										Gradient & Length				Total Increase Volume (m3)	Remark
										Sec.A	Sec.B	Sec.C	Sec.D		
0km+000	-	30km+510	0	+	200	-	1	+	200	1,000	2.65% 300	0.33% 700	- -	- -	7,496.10	Asametech
			11	+	0	-	12	+	420	1,420	1.60% 220	0.30% 1,200	- -	- -	28,840.20	Beket
			17	+	80	-	18	+	230	1,150	- -	0.30% 575	0.36% 575	- -	6,414.43	Taba
			21	+	280	-	23	+	220	1,940	- -	- -	0.30% 1,220	2.02% 720	40,320.18	Abeya
			25	+	580	-	26	+	920	1,340	4.54% 310	0.40% 405	0.30% 390	3.75% 235	2,922.05	Yogodena
Sub Total										**6,850**					**85,993**	
30km+540	-	65km+430	30	+	870	-	31	+	810	940	3.45% 222	0.36% 718	- -	- -	3,449.02	Rumame Behind of H.S.
			38	+	820	-	40	+	270	1,450	4.87% 1,025	0.35% 425	- -	- -	3,797.41	Godelma
			47	+	400	-	49	+	260	1,860	2.95% 560	0.30% 1,300	- -	- -	42,240.60	Yeda
Sub Total										**4,250**					**51,487**	
Total															**137,480**	



*Design depth: The design depth is defined as the depth from finished road level to the depth that load bearing strength of the soil no longer has an effect on the pavement's performance in relation to traffic loading. Following figure shows the design depth in relation to the main structural components of pavement and earthworks and it gives the design depth.



Flood and/or Flat Areas

Table: Standard for the Design Depth (i.e. Tanzania, S.A., Japan)

Tanzania Standard			S.A. Standard		Japanese Standard
Road Type	Design Depth (m)		Road Class	Design depth	
	General	Heavy Load			
Paved Trunk	0.8	1.2	A	1.0 – 1.2	1.0m from bottom of sub-base
			B	0.8 – 1.0	
Others	0.6	1.0	C	0.8	
			D	0.7	

4. Conclusion

From the results of study mentioned above, the Study Team recommend using gradient of 0.3% as minimum gradient under the following conditions based on AASHTO.

- To use asphalt concrete pavement: 10cm
- To set accurate slope (Cross slope)
- To support on firm sub-grade (well-compacted improved sub-grade)

Countermeasure for expansive soil on the Trunk Road A3 between Dejen and Debre Markos

1. Principle (ERA Site Investigation Manual 2002)

Mitigation measures for expansive soils are mentioned as follows in the Manual

(a) Realignment; this solution is possible only if the areas covered with expansive clays are of limited extent.

(b) Excavation and replacement; this simple procedure effectively eliminates the problems and is therefore recommended as much as possible. The investigations should focus on minimizing haulage of the materials, and this method will be economically viable only if suitable backfill material is available in the vicinity of the project road.

(c) Treatment with lime; treatment of expansive soils with hydrated lime can give good results. The addition of 4 to 6% of lime is usually required. This treatment is, however, costly, in particular because it is necessary to treat a substantial thickness of soil (minimum 30cm compacted thickness). Lime treatment would therefore be considered advantageous only where investigations failed to locate suitable backfill material.

(d) Minimizing Moisture Changes and Consequent Movements; if the above methods cannot be utilized, because of excessive costs or the absence of suitable backfill or replacement material, expansive clays may be used for fill and sub-grade. Special Practices are then necessary to avoid ingress of moisture into the road pavement that results in detrimental volume changes in the swelling soils. (Confining expansive clays under protective blankets, etc)

As the manual states, in case suitable backfill material is available, replacement procedure is applied as countermeasure for expansive soils. Since suitable backfill material is available in the vicinity of the project road, replacement method is preferable.

2. Thickness of soil replacement

Table-1 shows required replacement thickness stipulated in some countries' manual, recommended in some studies and adopted in some projects. ERA manual, Kenyan and SATCC manual mention maximum 1m as replacement thickness. Some U.S. state department procedure recommends 1.5m replacement thickness, and also 0.5 – 1.5m thickness was applied in Addis Ababa – Jima road. In the context of these manuals and experience, maximum replacement thickness is considered to be 1.5m.

Table-1: The provisions of manuals, performances and recommendations for replacement thickness for expansive soils

No	Name of manual	Description of the provision
1	ERA manual	It is usually considered sufficient to excavate the expansive soil to a depth of about 1m (even if some expansive soil remains under the backfill material, it will be confined and protected from moisture changes.) Such backfill material should exhibit strength (CBR) characteristics similar to those of the overlying embankment materials (preferably at least CBR on the order of 5, i.e. sub-grade strength class S3)
2	Zimbabwean Practice	Remove 700mm
3	Tanzanian practice	Remove 600mm
4	Kenyan manual	Recommends 1000mm
5	Indian case studies	Recommend removal of 1000mm
6	SATCC	Recommends 1000mm removal
7	Some U.S. state department procedure	Recommends removal up to 1500mm
8	CPC study in Ethiopia	Recommends 900 to 1200mm
9	Addis Ababa-Tarmaber project	Removed 800mm
10	Addis Ababa – Jima	•Removed 500 – 1500mm •Vertical barrier of LDPE sheeting (depth 2000mm)

3. Fluctuation area of water contents in expansive soil

The depth of moisture fluctuation is reported to be in the order of 2m to 3m, the Figure-1 shows the model of moisture fluctuation mechanism. Cracks develop from ground surface to maximum depth of about 1.5m according to some investigation. Moisture contents vary from ground surface to depth 3m as in Figure-1. Moisture content of ground surface increases with depth until about 3m during dry season, while it decreases during rainy season on the contrary. Moisture content below about a 3m depth is reported to be stable, and therefore does not fluctuate.

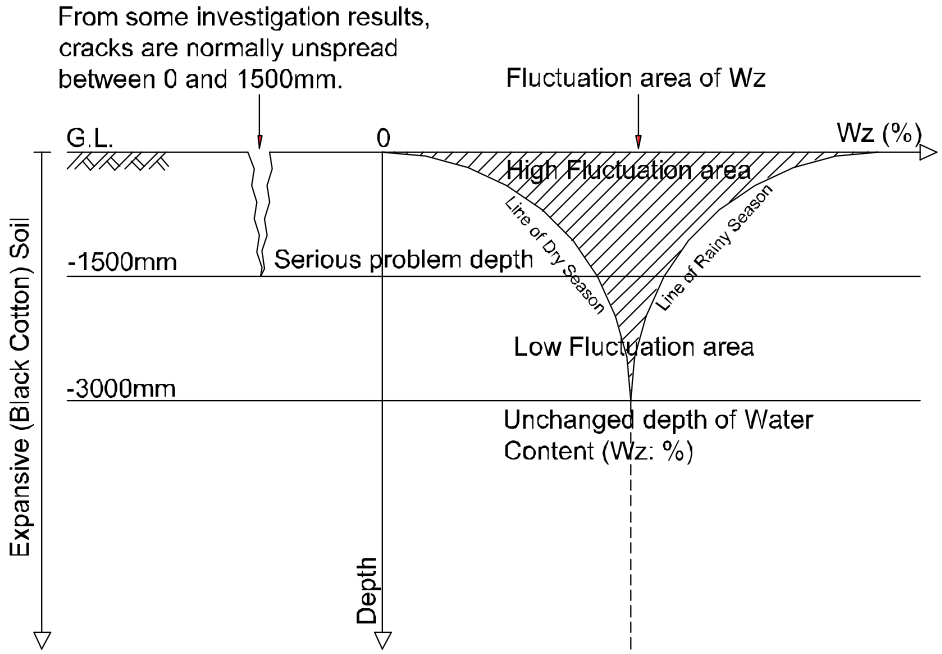


Figure-1: Extent of the Impact by BC Soil

4. Geological condition of project road

Geological conditions from Dejen to Lumame (30.5km) and from Lumame to Debre Markos (35km) are described in accordance with the results of test pits and borehole investigation in Tabel-2 and Table-3.

Expansive soil (BCS; Black cotton soil) is observed along the entire alignment between Dejen and Lumame. Most depths of BCS fall in the range 2 – 3m; however, some depths reach about 10m in Abeya river area where it is flooded sometimes during rainy season.

BCS is observed in some sections between Lumame and Debre Markos, and also depths of BCS in Yeda river area reach about 10m. Reddish and brown silty clay are observed over more than half of the section of 35km.

Table-2: Sub-grade condition between Dejen and Lumame

Boring or Pit	Chainage	Location	BCS	Red. / Brn	N value	CBR	Swell %	PI	NMC	S.L.	Eex
NTP 01	1+500		0.8-2.0		< 10			38			
NTP 02	4+000		0.6-2.6		< 10	2	10.0	51			112
NBH 01	5+060		1.0-2.5		8-9			77	39	3.2	
NTP 03	5+500		0.5-1.9		< 10			48			
BH 09	8+500	Yitnora	0.95-2.7		2-6			47			
NTP 05	9+500		0.8-2.8		< 10			46			
BH 10	10+500		0.0-2.0		3-10			36	31		
BH 11	11+400		0.0-4.0		4-9			25	40		
NTP 06	11+500		0.5-3.1		< 10			73			
BH 12	12+500	Bechet	0.5-2.5		1-6			52	46		
NTP 07	13+500		0.7-2.5		< 10	2	8.0	42			97
NBH 02	14+560		0.6-2.0		8			72	39	2.8	
NTP 08	15+500		0.8-2.5		< 10			62			
NTP 09	16+500		0.9-2.6		< 10			73			
NTP 10	17+500		0.6-2.4		< 10			74			
BH 13	18+500	Taba	0.0-3.0		1-4			78	51		
NTP 11	19+500	Wejel	0.5-2.4		< 10			47			
BH 14	20+000	Aba Adem	0.0-2.1		3-4			52			
NBH 03	20+090	Aba Adem	0.5-3.5		9-14			70	44	4,4	
NTP 12	21+500		1.1-2.4		< 10			51			
NBH 04	22+040	Abeya	1.0-13.0		2-9			51	46	7.3	
NBH 05	22+080	Abeya	1.0-11.0		4-11			53	44		
NTP 13	23+000		0.6-3.0		< 10	2	8.4	51			128
NTP 14	24+000		1.6-2.5		< 10			57			
NTP 15	26+500		0.8-3.0		< 10	2	12.4	43	53	9	90
NBH 06	26+500		0.6-2.5		4-5			52	53	6.2	
NTP 16	27+500		0.7-2.7		< 10			71			
NTP 17	29+000		0.5-3.0		< 10			63			
NBH 07	29+300	Bogena	0.6-3.9		10			43	31		
NBH 08	29+390	Bogena	1.0-3.9		5-6			70	61		
NPT 18	30+000		1.1-3.0		< 10			59			

Note; BCS: Black cotton soil, Eex: Expansiveness

Table-3: Sub-grade condition between Lumame and Debre Markos

Boring or Pit	Chainage	Location	BCS	Red. / Brn	N value	CBR	Swell %	PI	NMC	S.L.	Eex
NTP 19	32+000		-	Red		9	1	43	35	14	81
NTP 20	34+500		-	Brn				46			
NBH 09	35+670	Getla									
NTP 21	36+000		0.0-1.3		< 10			50			
NTP 22	37+500		0.0-1.4		< 10			54			
NTP 23	38+500		0.5-2.7		< 10			32			
NTP 24	40+500		-	Red				28			
NTP 25	42+500		-	Red		9	1.2	28	31	17	33
NTP 26	43+500		-	Red				25			
NBH 10	44+060		-	Red	> 12			21	35	15	
NTP 27	45+500		-	L/Brn				24			
NTP 28	46+500		-	D/Brn				40			
NBH 11	47+420	Yeda	0.0-5.5		4-10			57	35	6.8	
NTP 29	48+000	Yeda	> 4.0		< 10			58			
NBH 12	48+900	Yeda	0.0-10		5-10			40	43	7.8	
NBH 13	49+200	Yeda	0.0-10		1-9			32	49	10.7	
NTP 30	49+500	Yeda	> 4.0		< 10	2	7.9	43	36	14	81
NBH 13-2	50+200	Yeda	0.0-2.4		4-10			54	37	2.5	
NTP 31	50+500	Yeda	0.0-2.7		< 10			44	46	13	85
NTP 32	51+500		-	Red				37			
NTP 33	53+000		-	L/Brn				22			
NBH 15	53+500	Ambesh	-	D/Brn							
NTP 34	55+000		-	Red				38			
NTP 35	56+500		-	D/Brn		4	3.8	31	41	14	49
NTP 36	57+500		-	Red				39			
NBH 16	57+890	Chemoga	-	L/Brn	2-8			31	45		
NBH 17	58+020	Chemoga	-	L/Brn	> 11			40	35		
NTP 37	59+000		-	Red				36			
NTP 38	60+500		-	Red				23			
BH 19	61+000	Wiseta	-	Red	2			27	44		

Note; Red; Reddish silty clay, L/Brn; Light brown silty clay, D/Brn; Dark brown silty clay

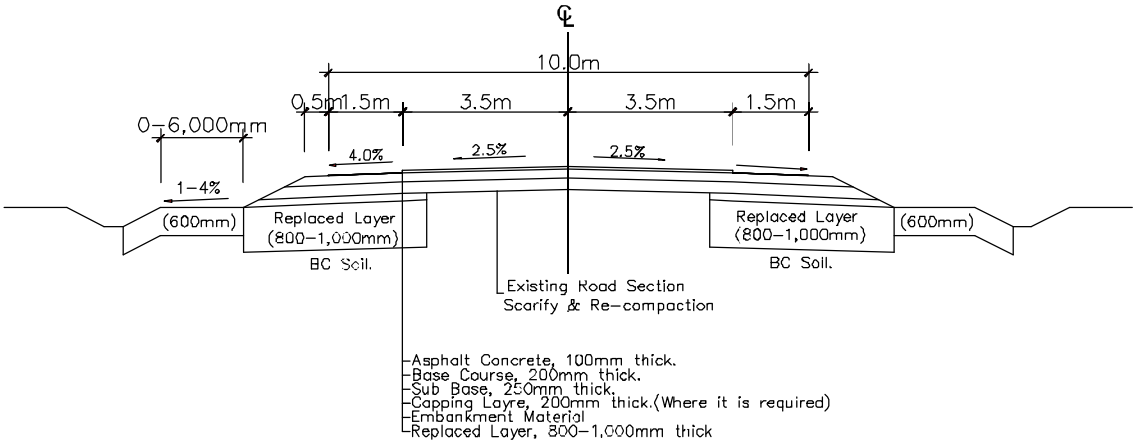
5. Alternative replacement procedures

Three alternative replacement procedures are presented.

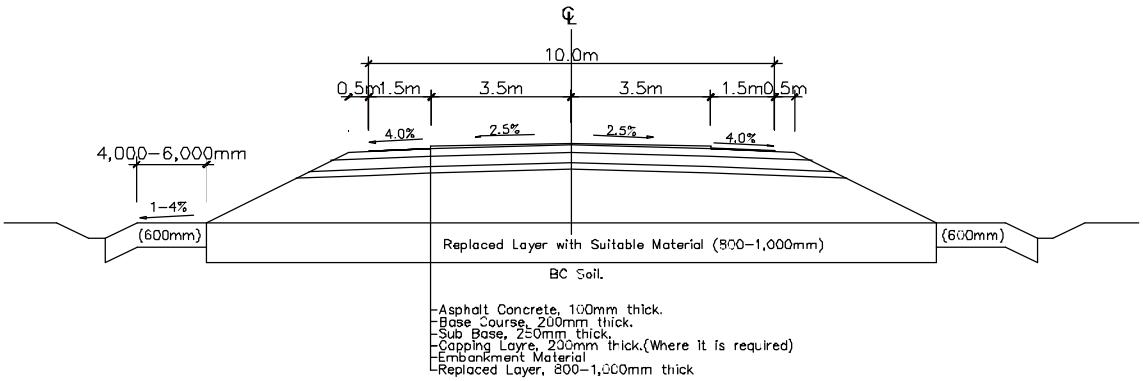
Alternative-1 (Figure-2) is proposed based on standard concept of some manual in which replacement thickness of 1.0m under road embankment and thickness of 0.6m horizontal blanket with width 0.0m-6.0m outside both embankment toes are designed. The replacement backfill with thickness of 0.6m on both sides functions to prevent the change of moisture content through the ground surface.

Alternative-2 (Figure-2*) is the same concept of replacement but with a thickness of 1.5m under road embankment and thickness of 0.6m on both sides of embankment toes.

Alternative-3 (Figure-3) has replacement thickness 1.0m under road embankment and vertical barriers on both sides which function to prevent the change of moisture content and confine it instead of horizontal blanket employed in Alternative-1 and -2. Vertical barrier depth of 3.0m is planned by considering fluctuation area of water content (refer to Figure-1). This vertical barrier depth of 3.0m is planned to be adopted for Abeya and Yeda river area. Depth of vertical barrier will be varied depending on BCS thickness in other locations.



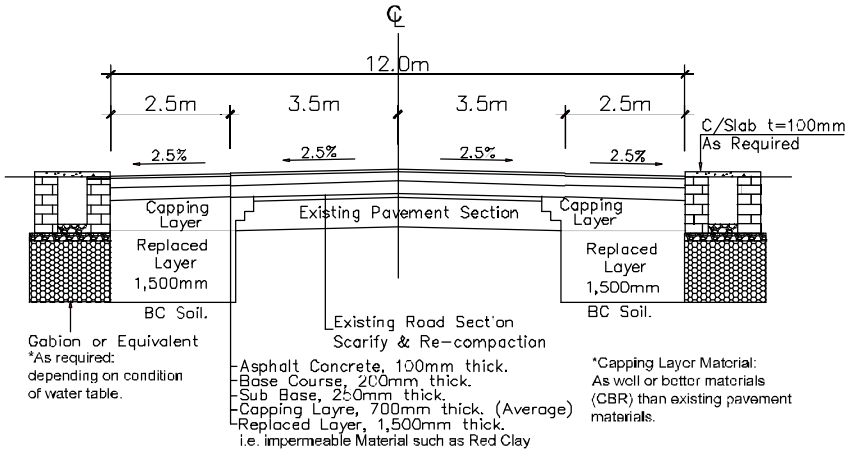
Existing Pavement Section in Rural Area



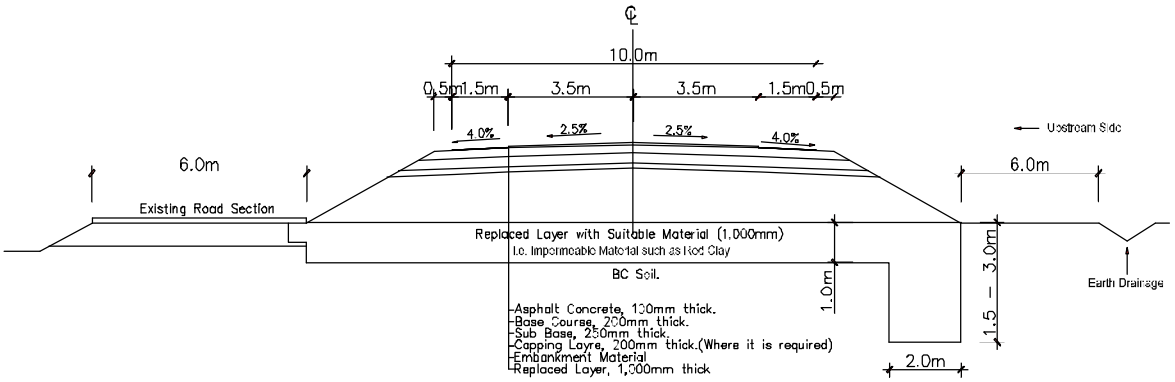
New Road Section (Bypass) in Rural Area

Figure-2: Countermeasure Concepts based on ERA Design Manual

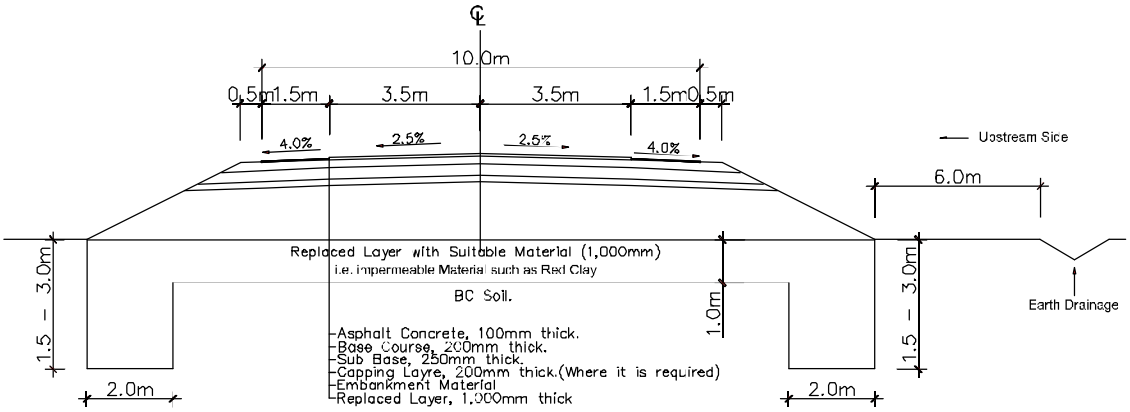
*Alternative 2, the replacement thickness is changed from 1.0 to 1.5 in Figure-2.



Existing Road Section in Town Area



Existing Road Section in High Embankment (Rural) Area



New Road Section (Bypass) in Rural Area

Figure-3 Countermeasure Concepts Proposed by the Study Team

6. Recommendation

Table-4 shows advantages and disadvantages of the three Alternatives. Only Alternative-3 can be applied for countermeasure to expansive soils in Abeya and Yeda river area, therefore Alternative-3 is recommended as the most appropriate procedure on the project road.

Table-4: Comparison of replacement methods and recommendation

No	Section	Replacement thickness			Application to Abeya & Yeda	Measures to gap between existing road and widened part	Side protection to moisture change	Recommendation
		Under embankment		Slope protection				
		Carriage way	Toe					
1	Realignment	1m		0.6m (L; ~6m)	Not suitable	—	Enough	
	Rehabilitation of existing road	—	1.0m	0.6m (L; ~6m)	—	Not enough	Enough	
2	Realignment	1.5m		By thickness	Not suitable	—	Enough	
	Rehabilitation of existing road	—	1.5m	By thickness	—	Enough	Enough	
3	Realignment	1.0m	~ 3.0m	By thickness	Suitable	—	Enough	Recommendable
	Rehabilitation of existing road	—	1.5m	By thickness	—	Enough	Enough	

Note: The maximum thickness of soil replacement is 1.5m according to many Manuals and experiences.

Ref. No.ERA/ADM/101126/PO

Date: 26 November 2010

Ms Hiwot Mossisa
Central Region Directorate, Acting Director
Ethiopian Roads Authority (ERA)
Addis Ababa

Dear Madam,

RE: PROPOSED ROAD ALIGNMENT AT CHEMOGA AND CROSS SECTIONS WITHIN DEBRE MARKOS
ON
THE PROJECT FOR REHABILITATION OF TRUNK ROAD, PHASE IV

We would like to draw your attention to the aforementioned project and previous meetings we have held in October, 2010 in your office at Alemgena on the subject matter referenced above. We also would like to refer to our previous letter with Ref. No. ERA/ADM/101022/PO dated 22nd October, 2010. In the letter some pending issues were listed in a table form No. 1 to No.5. Issues No. 1 and No. 5 were tackled in our letter with Ref. No. ERA/ADM/101025/PO dated 25th October, 2010.

But issues No. 2, No. 3 and No. 4 were still pending as we were waiting for the conclusion of detail topographic survey. The detail topographic survey was completed on 5th November, 2010 and now we present our study results and proposals based on the acquired topographical survey data.

Our explanation aims at resolving the issues of Road Alignment at Chemoga (Sta. 58+000 ~ 58+700) and Applicable cross sections in Debre Markos Town (Sta. 60+800 ~ 65+400), including road width and median width.

For details please refer to the attached document titled "*Discussion for the Design Conditions and Concepts*"

We therefore request for your evaluation and approval of our proposals made in this letter for the expeditious progress of the design work.

Yours sincerely,

Masaaki TATSUMI Dr. Eng
Oriental Consultants Company Limited
JICA Study Team, Chief Consultant

Cc: Mr. Abdo Mohammed,
DDG Engineering & Regulatory Department,
Ethiopian Roads Authority.

Discussion for the Design Conditions and Concepts

In a series of previous meetings, following matters were left as pending issues.

- Road alignment at Chemoga
- Applicable cross sections in Debre Markos Town

We hereby report results of the study based on the data of the detail topographic survey completed on 5th of November.

1. Alignment Change at Chemoga

(1) Outline of Alignment Change

Design Condition: Urban/Peri-urban

- Design speed: 50km/h
- Min. Radius: 85m
- Transition curve: not required
- Max. Grade: 8.0%
- Min. Stopping Sight Distance: 55m

Table-1

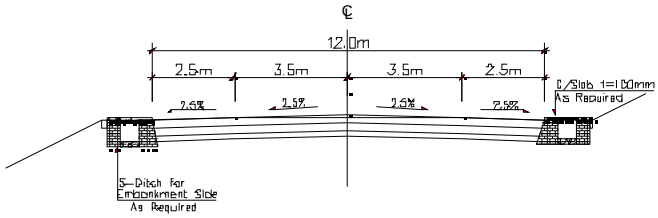
Location	Reasons & Interferences
	Chemoga Area 58.0 – 59.4km (L=1.4km) **Reason** - To reduce the number of affected houses **Interference** - Some houses

(2) Recommendation

New road construction would mean a commensurate increment of affected area and houses. Although horizontal alignment is improved by new construction road, it makes vertical alignment worse. On the other hand, existing route provided gentler grade in comparison to new road alignment. In addition, stopping sight distance for design speed of 50km/h is also satisfied. Thus upgrading of existing route (proposed new alignment) is recommended as much as possible.

(3) Result of the Study based on Detail Topographic Data

Table-2

		HEC Alignment	New Alignment
Geometric	Min. Radius	270m	100m
	Max. Grade	8.0%	5.8%
	Applicable design speed	50km/h	50km/h
	Regulatory Speed	30 – 50km	
	Calculated Sight Distance	111m > 55m	68m > 55m
Applicable Cross Section			
No. of affected houses		3	0
Land required	Road reserve	New land is required because of new road construction	Width of upgraded road will be within existing road reserve area.
	Diversion during construction stage	It is not required because of new construction road.	Diversion with 6m will be provided by use of a part of ERA's land.

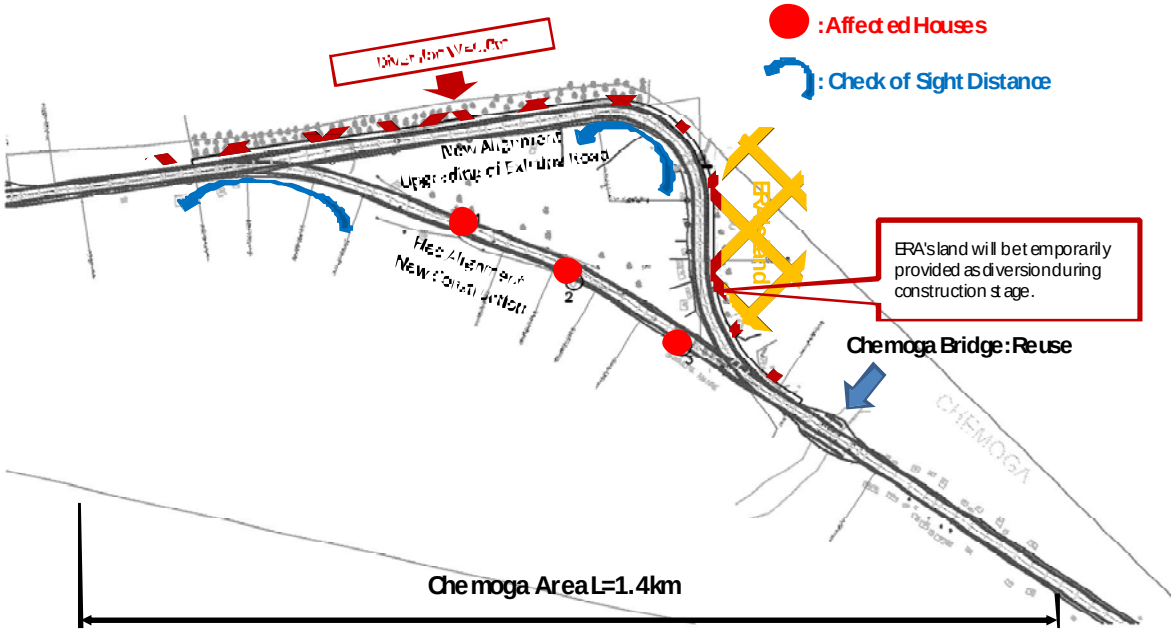
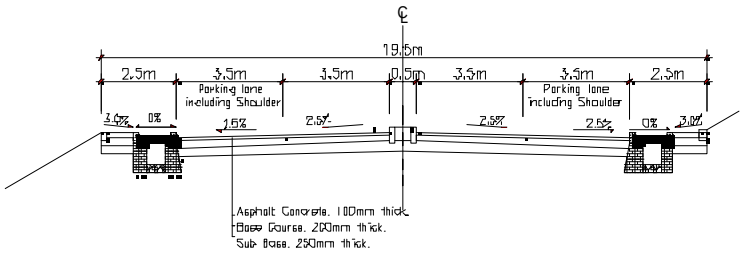
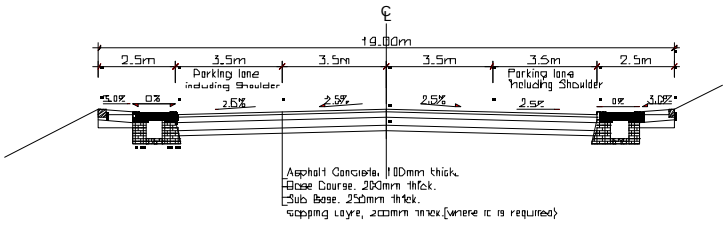
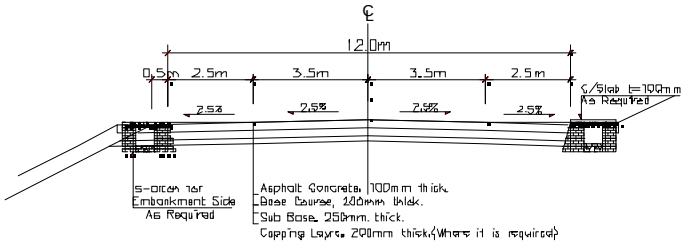


Figure-1 Comparative Illustration at Chemoga

2. Applicable Cross Sections in Debre Markos

(1) Recommended Cross Section on Previous Meeting

Table-3

Section Plan for A3 in Debre Markos	Applicable Cross Sections
	64.2km – 65.4km (End)  62.4km – 64.2km  61.3km – 62.4km 

(2) Result of the Study

In report of previous meeting, beginning point of D/Markos was set at diverging point of A3 and city road proposed by HEC. However beginning point of D/Markos was specified to be at the entrance of small village (see Table-4 in next page) in the meeting. Thus length of D/Markos section is extended from 4.1km (Sta.61.3-65.4) to 4.6km (Sta.60.8-65.4).

Table-4 Relation of Number of Affected Houses and Road Width

Section Plan for A3 in Debre Markos	Number of Affected Houses: W=*				
	12.0m	19.0m	19.5m	20.0m	21.5m
	2	3	3	4	5
	0	4	4	4	9
	0	5	6	10	16
	0	0	0	0	0
	1	1	1	1	1

***W: Total Width of Typical Cross Sections (see Appendix-1)**

(3) Recommendation of Applicable Cross Sections

Cross sections in Debre Markos should be proposed in consideration of following three mattes:

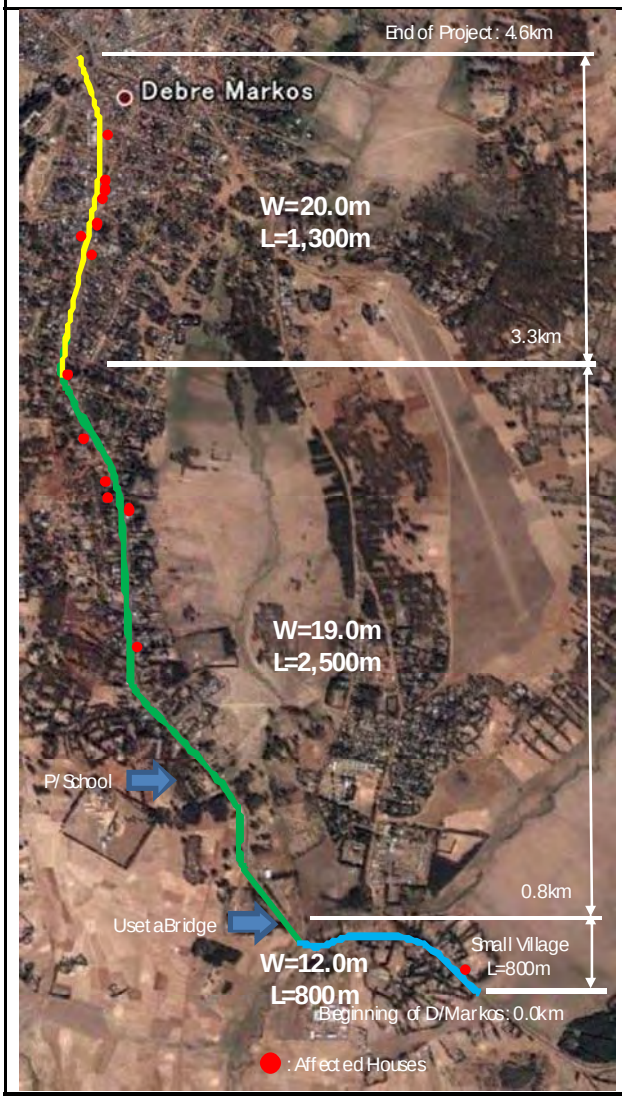
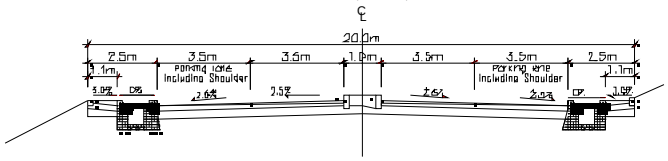
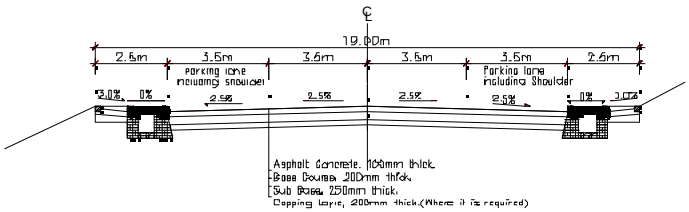
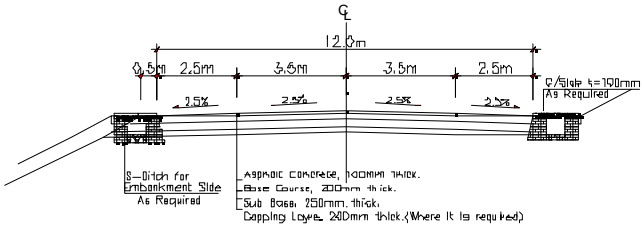
- To minimize the adverse social impacts (minimization of number of affected houses)
- To respond to expansion of the city area
- To respond to parking demand

Of issues listed above, considerable expansion area of the city in the immediate future will be up to Wiseta River. For these reasons, following cross sections are

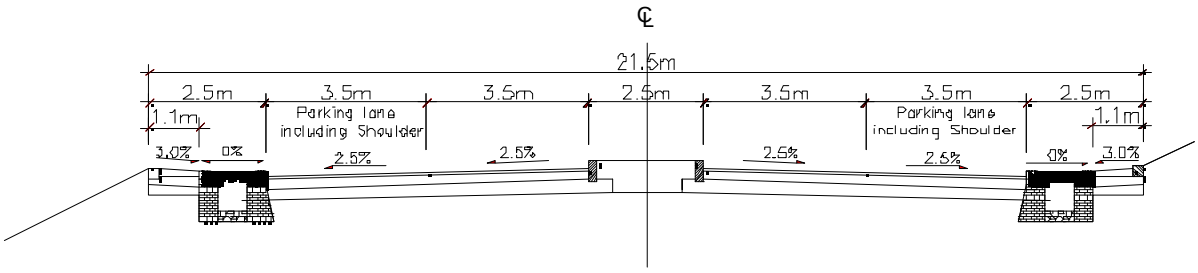
recommended to be applied in Debre Markos (refer Table-5)

.

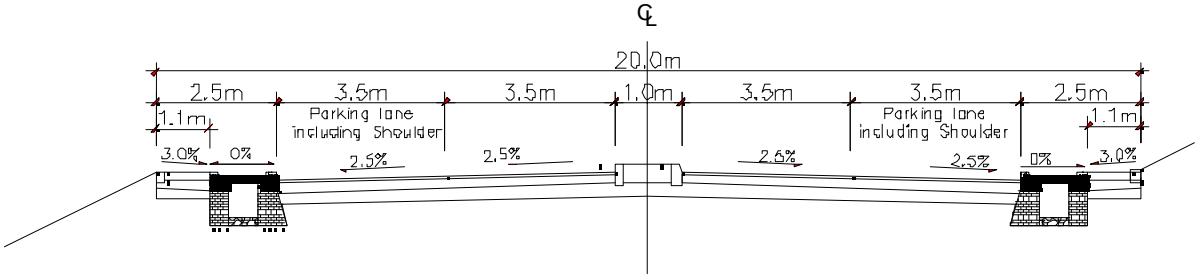
Table-5 Recommendation of cross sections and in Debre Markos

Section Plan for A3 in Debre Markos	Applicable Cross Sections
	64.1km – 65.4km (End): L=1.3km  61.6km – 64.1km: L=2.5km  60.8km – 61.6km: L=0.8km 

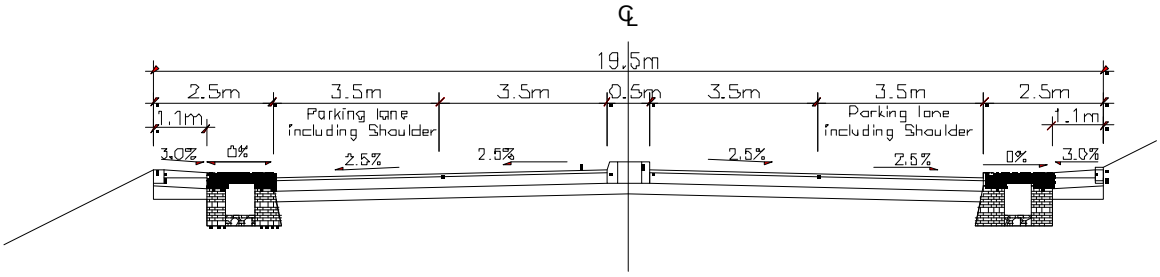
Appendix-1



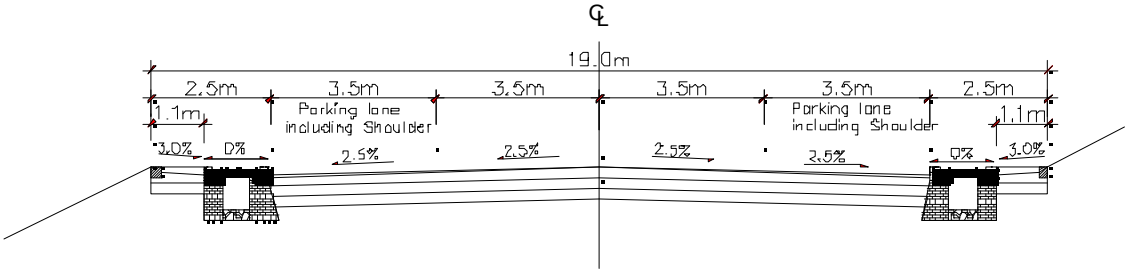
W=21.5m (Proposed by HEC DD)



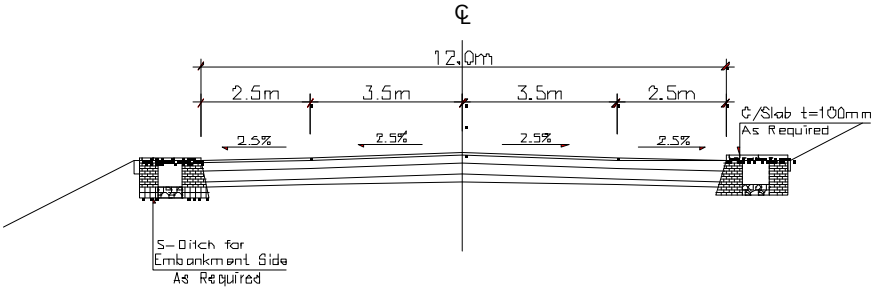
W=20.0m (Median Strip: 1.0m)



W=19.5m (Median Strip: 0.5m)



W=19.0m (No Median Strip)



W=12.0m

Appendix-2

Table: Number of Affected Houses (Whole Sections)

Sections		Width	DD Route by HEC	Proposed New Alignment	
			PAHs	PAHs	PAPs
Sta.00+000-00+500	Dejen	12.0m	8	0	0
Sta.06+800-09+100	Yetnora	12.0m	9	0	0
Sta.18+600-20+200	Wejel	19.0m	24	1	5
Sta.28+700-30+400	Lumame	19.0m	9	5*1	0
Sta.30+400-39+300	Unpopulated Area	10.0m	3	2	8
Sta.39+300-39+900	Gudalema	12.0m	1	0	0
Sta.45+720-46+800	Amber	19.0m	ND	16	70
Sta.46+800-52+000	Unpopulated Area	10.0m	1	2	10
Sta.52+000-52+900	Filiklik	12.0m	ND	0	0
Sta.58+000-59+400	Chemoga	12.0m	11	0	0
Sta.59+400-60+900	Unpopulated Area	10.0m	9	0	0
Sta.60+900-61+700	D/Markos	12.0m	84	1	5
Sta.61+700-64+200		19.0m		5	24
Sta.64+200-65+500		20.0m		8	37
Total			159	40	159

＊1: Kiosk

የኢትዮጵያ ፌዴራላዊ ዲሞክራሲያዊ ሪፐብሊክ

የኢትዮጵያ መንገዶች ባለሥልጣን

ፖስታ ሣጥን ቁጥር 1770 አዲስ አበባ ኢትዮጵያ
የቴሌግራም አድራሻ አውራ ጉዳዮች አዲስ አበባ
ቴሌክስ 211880 የስልክ ቁጥር 551-71-70/79
ፋክስ 251-11-5514866

THE FEDERAL DEMOCRATIC REPUBLIC OF ETHIOPIA

ETHIOPIAN ROADS AUTHORITY

Post Office Box 1770 Addis Ababa Ethiopia
Cable Address Highways Addis Ababa
Telex 211880 Tel. No. 551-71-70/79
Fax 251-11-5514866

ቁጥር _____

Ref. No. CR/MM3/1/3-3

አዲስ አበባ _____ ጽሑ _____ ዓ.ም.

Addis Ababa 27/12/2010

To: The Consortium of Oriental Consultants Co., Ltd. and
Eight-Japan Engineering Consultants inc.
Addis Ababa, Ethiopia

Re: The Project for Rehabilitation of Trunk Road, Phase IV
Dejen – Debre Markos

Subject: **Proposed Road Alignment at Chemoga and Cross Sections within Debre - Markos Town**

Dear Sir,

This is in reference to your letter Ref. No.. ERA/ADM/101126/PO dated November 26, 2010 through which you have forwarded your recommendation on the proposed road alignment at Chemoga and cross sections within Debre Markos town for our comment and subsequent endorsement.

Having reviewed your proposal, we have found that the proposed alignment at Chemoga is acceptable. However, we have noted the following comments to be incorporated in the proposal for the cross section in Debre Markos town.

- Provision of median strip is essential to minimize traffic accident by separating traffic movement in each direction and providing space at the mid of carriage way for pedestrian crossing the road. Considering the density of population for section 2 (0.8 km to 3.3 km) and the number of affected houses as per your proposal, we suggest to increase the typical section from 19.0m to 19.5m.

- In table 4, it is stated that the affected house with 19.5m width will be 3 and 4 for section 1 and section 2 respectively. Does it take into consideration the width of the side slope?

- For the beginning of Debre Markos town section, 800m, 2.5m parking lane have been recommended. However, if 0.7m clearance is provided for moving vehicles on both sides, total width which can accommodate two vehicles simultaneously will be 6.6m (taking on average 2.6m of vehicle width). Hence, providing 2.5m parking lane shall not be functional and thus we recommend the parking lane to be at least 3m from safety point of view.

- In most cases, there is a problem of proper design of junctions and vehicular crossings at town sections. Hence, please be advised to include detail junctions and vehicular crossings in the town sections.

.../2

In connection with the above, we have learnt from other ERA's projects across the country that the above listed shortfalls had created complaints from the local residents during the construction period. For that reason, we are of the view that it is better to entertain the aforementioned problems at the design stage which would help us to meet the demands of the local residents. Therefore, we would like to advise you to consider the cited comments in your subsequent submission of revised proposal for our endorsement.

Sincerely Yours,

Hiwot Mosisa
Central Region Directorate
P/ Director

Ref. No.ERA/ADM/110117/PO

Date: 17 January 2011

Ms Hiwot Mossisa
Central Region Directorate, Director
Ethiopian Roads Authority (ERA)
Addis Ababa

Dear Madam,

RE: PROPOSED ROAD ALIGNMENT AT CHEMOGA AND CROSS SECTIONS WITHIN DEBRE MARKOS
ON
THE PROJECT FOR REHABILITATION OF TRUNK ROAD, PHASE IV

This is in reference to your letter with Ref. No. CR/MM3/1/3-3 dated 27th December, 2010 through which you have noted the comments for the cross section in Debre Markos town.

Having studied and discussed your requests and comments with JICA headquarter, we would like to reflect them to the project as follows:

1. Cross section
- Section 1 (3.3 – 4.6km, 64km+100 – 65km+400, L=1.3km) , W=20m with median strip 1.0m
- Section 2 (0.8 – 3.3km, 61km+600 – 64km+100, L=2.5km) , W=19.5m with median strip 0.5m
- Section 3 (0.0 – 0.8km, 60km+800 – 61km+600, L=0.8km) ; W=13.0m with parking lane 3.0m

Please refer to the attached figure

2. The width of the side slope was taken into consideration for cross section 20.0m of Section 1 and 19.5m of Section 2.

3. A left-turn lane will be incorporated at the intersection 61km+300 & 64km+750 for vehicular crossing at town sections, and the concept plan will be drawn in the report prepared in March.

We would like to request for your approval of our proposals for the project.

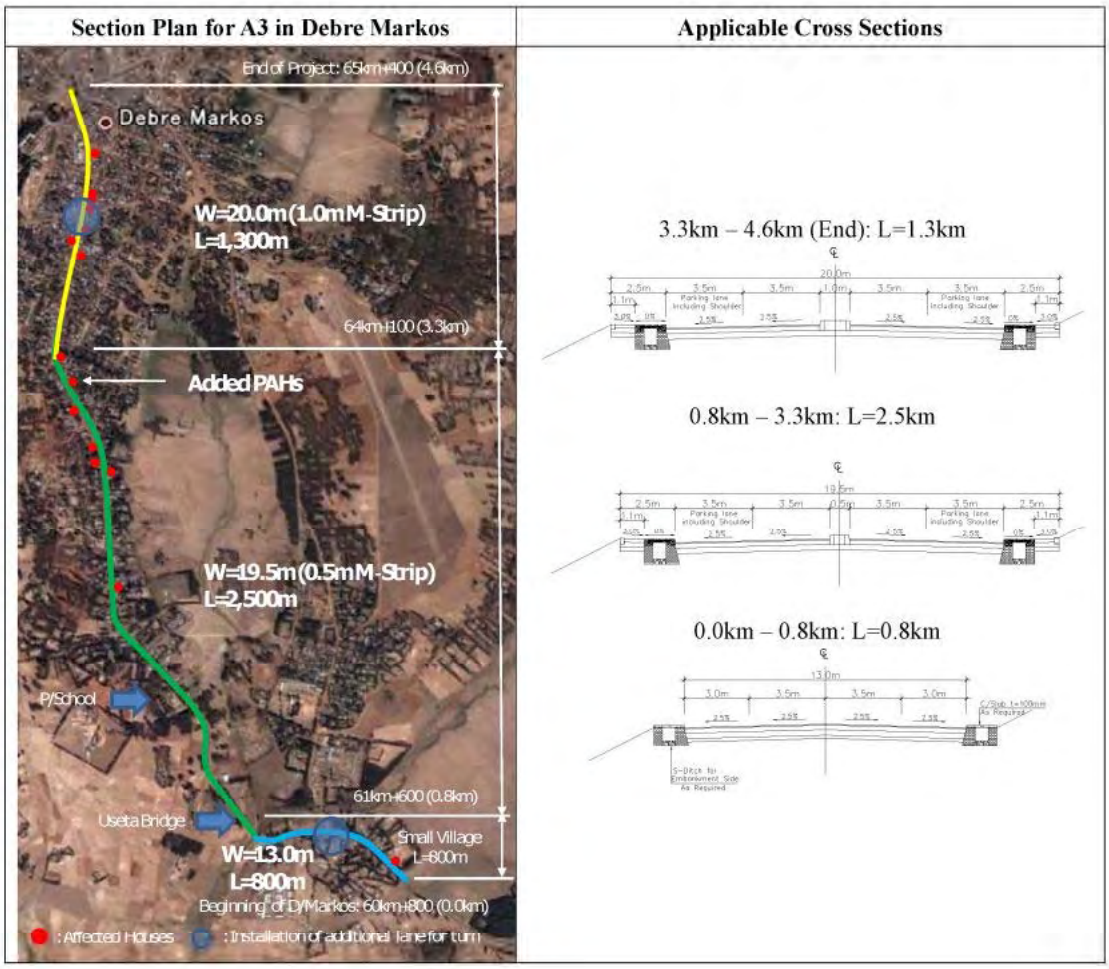
Yours sincerely,

Masaaki TATSUMI Dr. Eng
Oriental Consultants Company Limited
JICA Study Team, Chief Consultant

Cc: Mr. Abdo Mohammed,
DDG Engineering Operations Department,
Ethiopian Roads Authority.

12-1, Honmachi 3-chome, Shibuya-ku, Tokyo, 151-0071 Japan
Tel. +81-3-6311-7894 Fax. +81-3-6311-8043 Cell. 0912 964 852 E-mail. tatsumi@oriconsul.com

Appendix ;



Cross section of Debre Markos Town

የኢትዮጵያ ፌዴራላዊ ዲሞክራሲያዊ ሪፐብሊክ

የኢትዮጵያ መንገዶች ባለሥልጣን

ፖስታ ሣጥን ቁጥር 1770 አዲስ አበባ ኢትዮጵያ
የተልግራም አድራሻ ሀይዌይ ትራንስپورት አዲስ አበባ
ቴሌክስ 211880 የስልክ ቁጥር 551-71-70/79
ፋክስ 251-11-5514866

ቁጥር _____

አዲስ አበባ _____ ቀን _____ ዓ.ም.

THE FEDERAL DEMOCRATIC REPUBLIC OF ETHIOPIA

ETHIOPIAN ROADS AUTHORITY

Post Office Box 1770 Addis Ababa Ethiopia
Cable Address Highways Addis Ababa
Telex 211880 Tel. No. 551-71-70/79
Fax 251-11-5514866

Ref. No. CF/MMB/1/16-3

Addis Ababa 26/1/2011.

To: The Consortium of Oriental Consultants Co., Ltd. and
Eight-Japan Engineering Consultants inc.
Addis Ababa, Ethiopia

Re: The Project for Rehabilitation of Trunk Road, Phase IV
Dejen – Debre Markos

Subject: **Approval for the Proposed Road Alignment at Chemoga and Cross Sections within Debre - Markos Town**

Dear Sir,

We have made a reference to your letter Ref. No. ERA/ADM/110117/PO dated January 17, 2011 whereby you have sought our endorsement for the proposed road alignment at Chemoga and typical cross sections within Debre Markos town that incorporates our comments.

Accordingly, we have reviewed the revised proposal and found it acceptable. Hence, we have no objection for the proposed road alignment at Chemoga and typical cross sections within Debre Markos town.

Sincerely Yours,

Hiwot Mosisa
Central Region Directorate
Director

EFDR ERA Central Region Directorate

6.2 RAP 関連協議議事録

Ref.No.ŋ3-138/00-16
Date 4/11/2009

From: The Amhara National Regional State Debre Markos
City Administration Mayer Office
To : Highway Engineering Consultants
Addis Ababa

Subject : Road Construction Works

We refer to our letter addressed to Ethiopia Road Authority of the engineering regulatory division 19/5/2009 with Ref.No.2526/ŋλ/00-18.In the letter we address ERA of the direction of the new road construction in Dejen town.
Currently, we understand that HEC is contracted for the consultancy service of the project by a letter sent to us with Ref.No. HEC/1991/09 and dated 02/11/2009.
Therefore, we request the route for the new road construction in the direction of Debre Markos district to Tekle-haimanot Square (old road).
Attached here with please find a minute signed by City Mayer Committee concerning the dicision of the road al/ Route in the Debre Markos town.

Signature and Seal
Abebaw Yaynwaga
Debre Markos City Mayor

Date 3/11/2009

Mayor's Committee Minutes of Meeting

Attendants:

1. Mr. Migbaru Kebede Mayor's committee chairperson
2. Mr. Alemahehu Tekeste Committee Member
3. Mr. Abebaw Yaynwaga »
4. Mr. Asmamaw Atnafu »
5. Mr. Tekel Yitayew »
6. Mr. Menberu Mengistu »
7. Mr. Dereje Denekew »
8. Mr. Melesachew Demelash »
9. Mr. Kefale Adinew »
10. Mr. Yohannes Amno »
11. Mr. Belaynew Tsega »
12. Mr. Mesfin Gesesse »

Agenda: Selection of road corridor/route in Debre Markos town

The Mayor's committee has discussed and agreed on the following points:

1. The road segment in Debre Markos town should be wide and median separated and should be in accordance with the master plan.
2. The road should pass along the corridor from the Debre Markos District of ERA and Kebele 07 office and along the Mosque to the Tekle haimanot round about.

The reason for the above decision is as follows:

1. If the existing road is to be rehabilitated, it is going to be costly as there will be big volume of slope cutting and filling works.
2. The existing road horizontal alignment has many curves; therefore, number of accident will be high.
3. There are big building structures along the existing road; therefore, the amount of compensation will be extremely high. In addition, resettlement action will create an immense pressure on the people to be resettled and the city administration.
4. The terrain along the proposed alignment is more suitable for the road construction. In addition the construction of the road will bring an economic growth to all the people living along the road.

Therefore, we recommend the alignment of the road to be as agreed above for the reasons mentioned above. The above decision by the committee should be informed to the Design Firm by the name Highway Engineering Consultants PLC. The committee has already informed of its decision to ERA.

Signature of the committee members

Seal of the Debre Markos Town Administration

Date: 4/11/2009

Discussion to effectively carryout the Road construction Works from Dejen to Debre Markos
Time: 9:30 am
Place: Aneded Woreda Office

Attendants

1. Mr. Abdulahi Mohammed	HEC
2. Mr. Badeg Lake	Representative of Agricultural Office
3. Mr. Abebaw Adane	» »
4. Mr. Yalkibetal Admase	Representative of Aneded Woreda Administration
5. Mr. Aderaw Abitew	Land Administration Office

Agenda: Concerning families that will be affected by the Road Construction Works

Mr. Abdulahi Mohammed: He said that he will make discussion concerning the compensation of farm land and houses with the concerned bodies. If a farm land or house is affected by the road works, we have to pay compensation according to the regulations. The road will have a width of 22m in towns.
Mr. Abebaw Adane: How is the road construction work go along with the Reservoir?
Mr. Badege Lake: Compensation must be paid for those affected by the road work.
Mr. Abebaw Adane: We have to make ready of ourselves anD/Deliver what is expected of us. Eventhough the people and the administration was expecting for long time, it is disappointing that the road is no going to pass through Aneded woreda village. Since the road is not going to pass through the village, the people are not going to benefit from the road construction. Therefore, the people will be disappointed anD/Distance themselves from the government.
Mr. Abdulahi Mohammed: Concerning the above, a discussion has to be made with the Designers,
the Zone and Regional Offices of ERA.
Mr. Badege Lake: We have to disscuss with a tangible information and we have to understand that the economic development of the village will be hindered. That is because the road is not passing through the Aneded woreda village.

Signature of the attendants
Seal of the Eastern Gojam Administration Zone
Aneded Woreda Trade & Industry Office

Date 4/11/2009

Preparation for necessary precautions to be taken for the Dejen Debre Markos Road Construction Project

Attendants:

1. Mr. Abdulahi Mohammed HEC (Chairperson)
2. Mr. Abebe Melese Awabel Woreda Administration
3. Mr. Kumilachew Damte Environmental Protection Agency
4. Mr. Edme alem Andualem Revenue Authority Office
5. Mr. Sima Kebede Awabel Woreda Municipality
6. Mr. Azeze Kasahun Women's Associaltion representative

Agenda:

1. Compensation Matter
2. How to consider affected people in urban and rural area

Minutes of meeting are as follows:

Mr. Abdulahi Mohammed: The Government will pay compensation to properties like farm land and houses that are affected by the road construction. He requested if there is any question from the people and administration so that HEC can accommodate the matter in the study.

Mr. Kumilachew Damte: According to government regulation a compensation will be paid for farmers who are affected. However property evaluation and paying the compensation money will take a very long time. So what are you thinking in this regard?

Mr. Abdulahi Mohammed: compensation will be evaluated and will be paid by Ethiopian Roads Authority so it is difficult to answer this question by HEC.

Mr. Azeze Kasahun: Is the road construction going to affect seriously specially the farmlands?

Mr. Abdulahi Mohammed: The road alignment is almost following the existing centerline around this village. Therefore farmlands are not going to be affected seriously.

Sign by the participants

Seal of the Amhara Regional Government, Western Gojam Administration

Awabel Woreda Administration Office

Date: 4/11/2009

Meeting Venue: Dejen Woreda Water Resource Office
Time: 2:00 pm
Attendants:

1. Mr. Abdulahi Mohammod HEC
2. Mr. Birilew Mossa Environmental Protection Agency
3. Mr. Melisew Tamiru Agricultural Office
4. Mr. Abedje Asamirew General Manager Municipality
5. Mr. Tamir Adam Land Administration Office

Agenda: Concerning resettlement and compensation for the Dejen Debre Markos Road Project

Minutes of Discussion

Mr. Tamiru: He suggested each and every property that will be affected should be identified with a photo of the property.

Mr. Melisew: For a farm land the type of crop, number of trees and productivity should be considereD/During the property evaluation stage and compensation.

Mr. Birilew: Farmers who have settled recently should be compensated according to the new regulation of the government.

Mr. Abeje: New construction near the road should be prohibited and the people should be informed about this.

Therefore, all participants have reached on agreement on the above issues unanimously.

Signature of the participants
Seal of the Amhara Regional Government, Eastern Gojam Administration
Dejen Town Municipality

6.3 EEPCO ダム計画

(1) 対象区間に係るダム計画

EEPCO による発電ダム計画（Chemoga Veda Project）が実施されており（2009 年 9 月 22 日契約工期 4 年 9 カ月）、当該計画道路に係る河川の状況は図 6.3.1のとおりである。

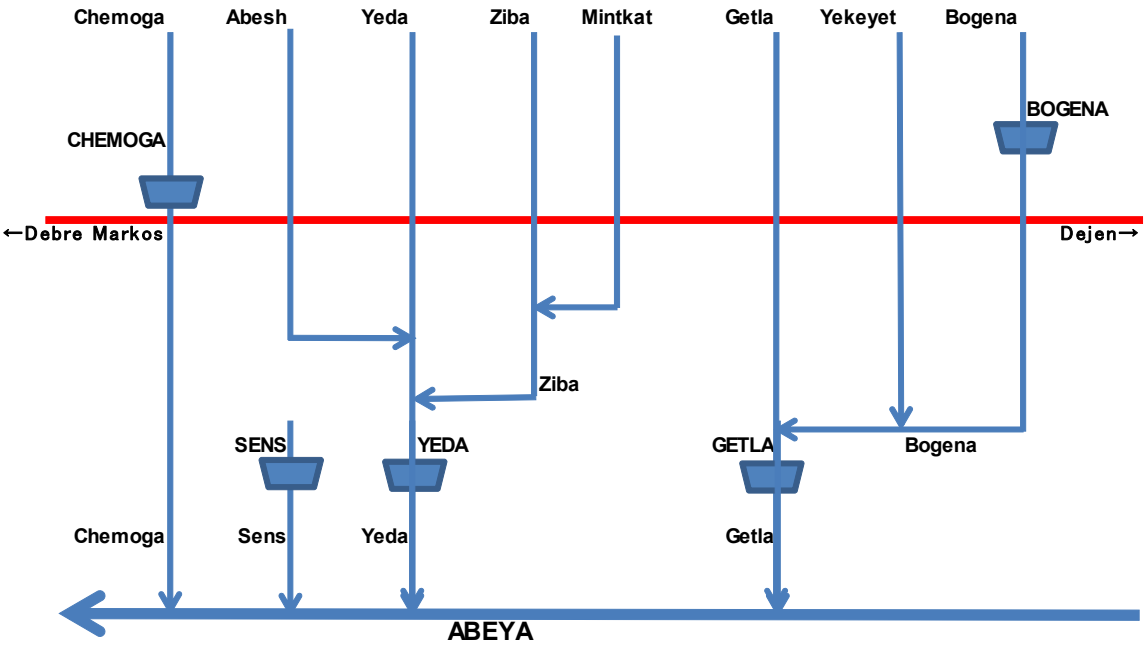
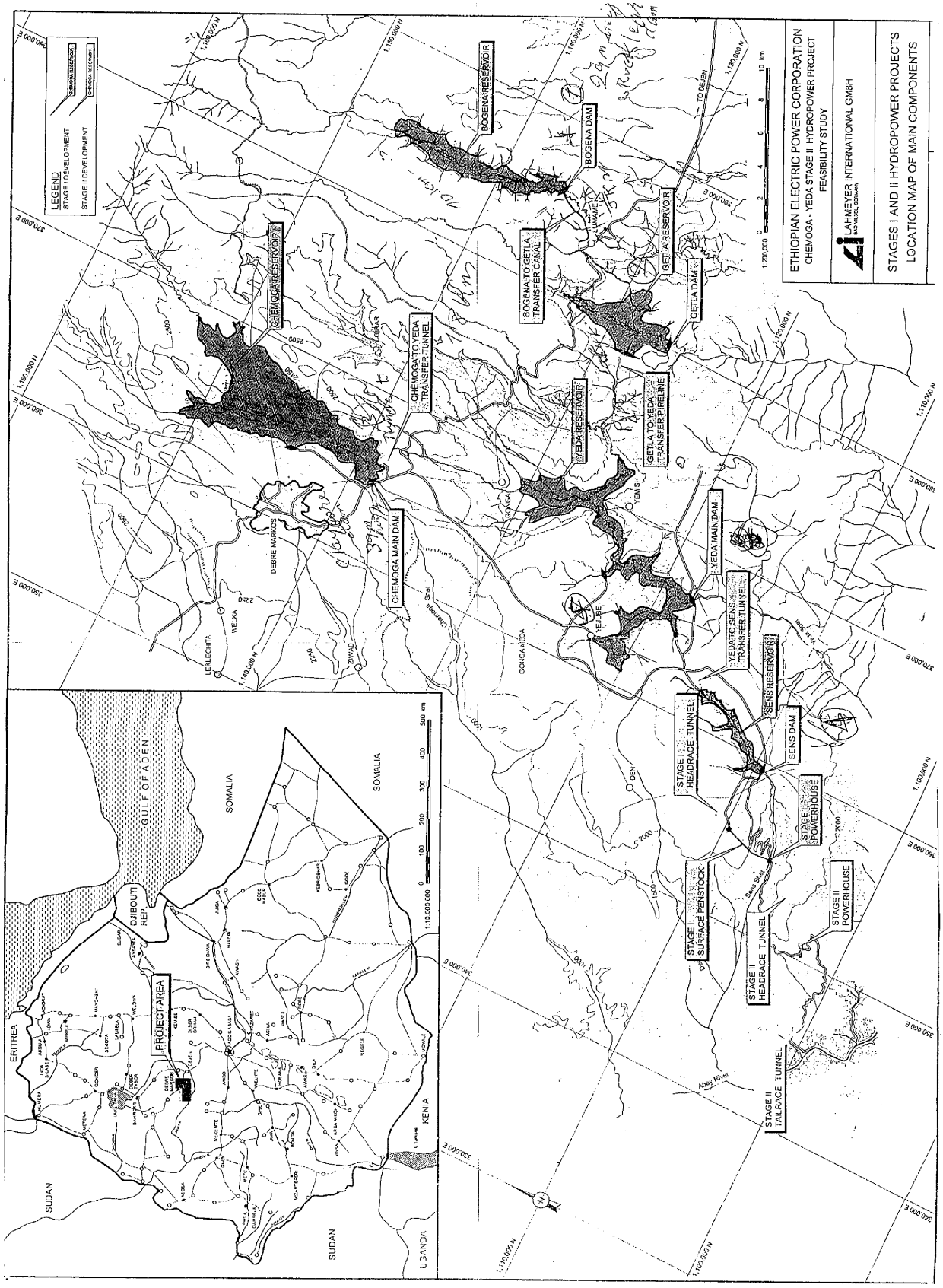


図 6.3.1 ダム計画概要図

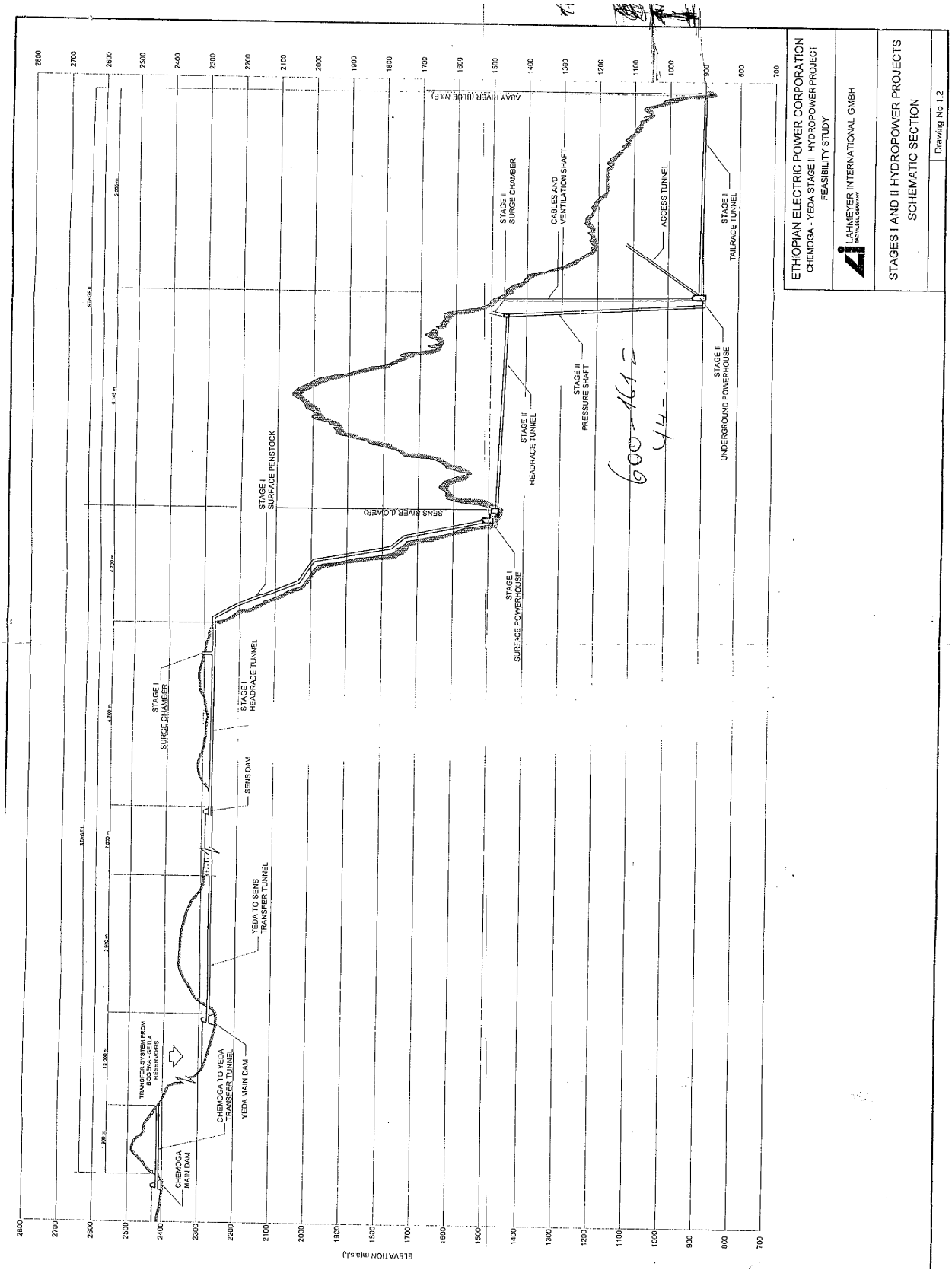
図 6.3.1に示すように計画は 5 ダムである。この内センスダムは計画道路にかかわらない。イエダダムは 20km 以上下流にあり道路への影響は及ばない。チェモガダムは計画道路の約 300m 上流、ボゲナダムは計画道路の約 3km 上流にあり、適切な放水計画を設定すれば計画道路への影響はない。

ゲトラダムについてはダム貯水池が現況道路に影響するため ERA により道路線形が 1.7km 上流に変更された。

(2) EEPCO のダム計画平面図



(3) EEPCO のダム水路計画縦断図



6.4 交通量調査結果と将来予測（ERA・D/D より）

Table E1.1: Traffic Forecasted for Dejen - Debre Markos Road Project (2009-2032), Mixed Forecasted for Dejen - Debre Markos

Year	Car	4WD	S.B	L.B	S.T	M.T	H .T	T.T	TOTAL
2009	30	213	146	114	145	72	57	73	852
2010	33	226	159	124	157	78	62	79	918
2011	35	239	171	134	168	84	66	85	982
2012	37	253	185	144	181	90	71	91	1052
2013	39	268	200	156	194	97	77	98	1129
2014	53	363	276	215	266	133	105	134	1546
2015	55	384	298	232	286	142	113	145	1655
2016	59	407	321	251	307	153	121	155	1774
2017	62	430	346	271	330	165	131	166	1901
2018	65	455	374	293	354	177	140	179	2037
2019	69	481	404	316	380	189	150	192	2181
2020	73	510	437	340	408	203	161	206	2338
2021	77	535	468	364	435	217	172	219	2486
2022	81	561	498	387	461	230	182	232	2631
2023	85	587	530	413	488	244	194	246	2786
2024	89	615	564	440	517	258	205	262	2949
2025	93	643	601	468	548	273	217	277	3120
2026	98	673	641	499	581	290	230	294	3304
2027	102	705	682	531	616	308	244	312	3499
2028	107	738	727	565	653	326	258	330	3704
2029	112	773	773	601	692	345	273	350	3920
2030	117	809	823	641	734	366	290	371	4150
2031	122	847	877	682	778	388	308	393	4393
2032	128	886	934	727	824	411	326	416	4651

Source: Consultant's Traffic Survey and Forecast, 2009

6.5 地質調査

(1) 地質調査

1) 調査目的と調査内容

地質調査は計画道路の施設の設計および施工上必要な地質状況の把握を目的として実施した。特に本区間には、ブラックコットンソイルと呼ばれる膨潤性の高い粘土が分布しており、その分布、層厚、特性を把握することを主眼としている。　　本調査は次の三つの調査を含んでいる。

- ボーリング調査（基礎地盤調査と土質試験）
- テストピット調査（道路構成の確認とブラックコットンソイルの分布とその層厚の確　認及び土質試料採取とそれに伴う CBR 試験）
- 材料調査（土取場、採石場のボーリング及びテストピットによる試料採取と土質試験）

2) 調査位置と調査項目

調査位置は、図 6.5.1　調査位置図に示す。また各地の GPS 表示と距離程は、表 6.5.1　ボーリング地点一覧表及び表 6.5.2　テストピット地点一覧表に示す。

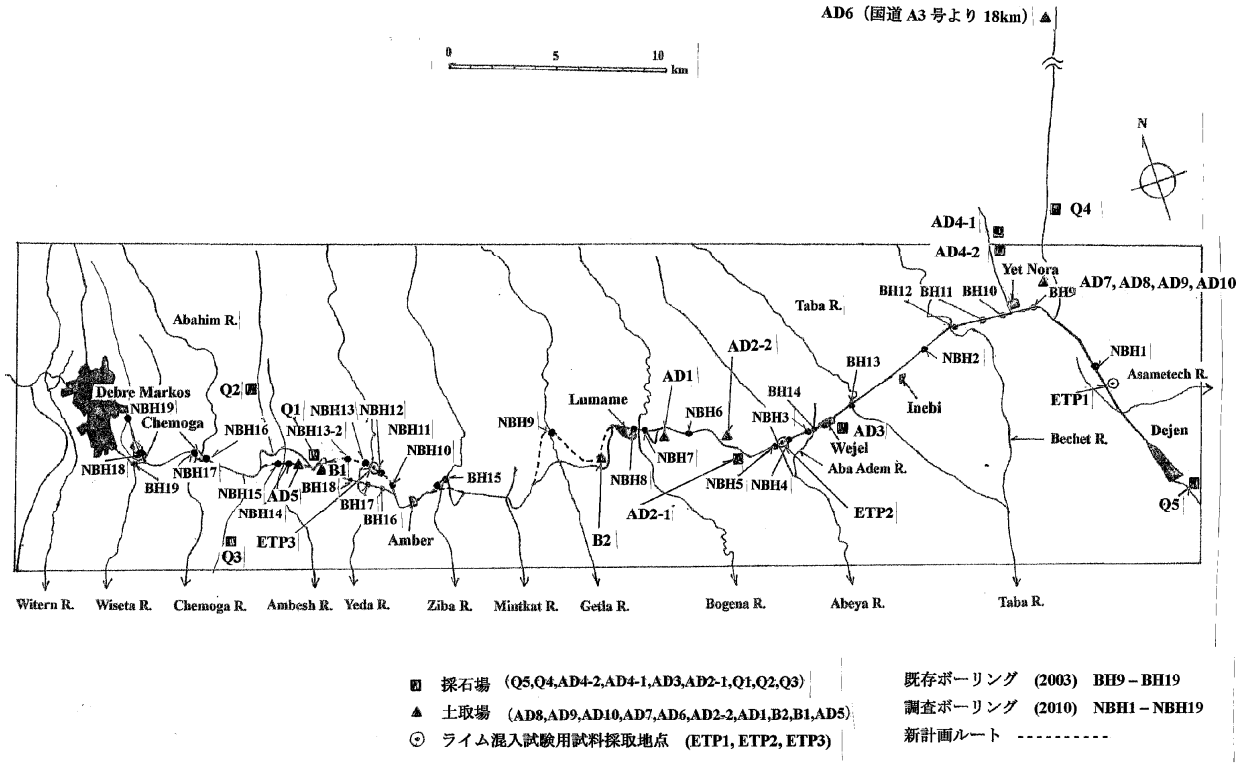


図 6.5.1　調査位置図

表 6.5.1　ボーリング地点一覧表

Serial №	BH.№	距離程 (Km)	地点名	ボーリング位置	座標	
					経度（E）	緯度（N）
1	NBH 1	5+060	Plateau	路肩	405126	1129603
2	NBH 2	14+560	Plateau	路肩	397343	1131876
3	NBH 3	20+090	Aba Adem R.	路肩	392058	1130320
4	NBH 4	22+080	Abeya R.	路肩	390283	1130122
5	NBH 5	22+330	Abeya R.	路肩	390084	1130116
6	NBH 6	26+500	Plateau	路肩	386666	1131970
7	NBH 7	29+300	Bogena R.	路肩	384199	1133004
8	NBH 8	29+390	Bogena R.	路肩	384111	1133033
9	NBH 9	35+670	Getla R.	中止	380318	1134466
10	NBH 10	44+060	Ziba R.	路肩	374738	1133686
11	NBH 11	47+420	Yeda R.	自然地盤	372535	1134368
12	NBH 12	48+900	Yeda R.	自然地盤	371847	1135567
13	NBH 13	49+200	Yeda R.	自然地盤	371612	1135729
14	NBH 13-2	50+200	Yeda R.	自然地盤	370759	1136180
15	NBH 14	53+480	Ambesh R.	中止	ー	ー
16	NBH 15	53+500	Ambesh R.	自然地盤	36143	1137118
17	NBH 16	57+890	Chemoga R.	路肩	364521	1138417
18	NBH 17	58+020	Chemoga R.	路肩	364408	1138490
19	NBH 18	60+860	Abahim R.	路肩	361845	1139222
20	NBH 19	63+640	Wiseta R.	路肩	361404	1141871

表 6.5.2　テストピット地点一覧表

Serial №.	距離程.№.	位置	地層	掘削深度 (m)	DCP 深度 (m)	座標	
						経度（E）	緯度（N）
NTP 1	1+500	台地	BCS	2.0	5.1	405794	1126106
NTP 2	4+000	台地	BCS	2.4	6.5	405312	1128558
NTP 3	5+000	台地	BCS	2.7	4.7	405049	1130034
NTP 4	7+500	丘陵	BCS	3.0	5.2	404001	1131710
NTP 5	9+500	丘陵	BCS	2.4	5.0	403248	1132382
NTP 6	11+500	台地	BCS	2.5	3.7	400262	1132651
NTP 7	13+500	台地	URC	2.0	3.3	398345	1132259
NTP 8	15+500	台地	BCS	2.1	4.4	396479	1131540
NTP 9	16+500	台地	BCS	2.4	5.3	395529	1131232
NTP 10	17+500	台地	BCS	2.4	4.5	394568	1130955
NTP 11	19+500	丘陵	BCS	1.4	2.9	392647	1130399
NTP 12	21+500	低地	BCS	2.1	5.3	390663	1130155
NTP 13	23+500	丘陵	BCS	3.0	4.5	389168	1130038
NTP 14	24+000	丘陵	URC	2.5	3.5	388434	1130527
NTP 15	26+500	台地	BCS	3.0	5.1	386666	1131963
NTP 16	27+500	台地	BCS	2.7	4.7	385807	1132387
NTP 17	29+500	丘陵	BCS	3.0	4.1	384468	1132868
NTP 18	30+000	低地	BCS	3.0	3.7	383084	1133637
NTP 19	32+000	丘陵	URC	2.5	3.9	382309	1132663
NTP 20	34+500	丘陵	URC	3.0	3.0	381034	1133663
NTP 41	35+670	低地	URC	3.2	3.5	380318	1134466
NTP21	36+000	丘陵	URC	2.5	2.7	380049	1134336

Serial №.	距離程.№.	位置	地層	掘削深度 (m)	DCP 深度 (m)	座標	
						経度（E）	緯度（N）
NTP22	37+500	丘陵	BCS	2.7	1.9	379460	1133045
NTP23	38+500	丘陵	BCS	2.7	2.9	405312	1128557
NTP24	40+500	丘陵	URC	2.2	2.4	377275	1131559
NTP25	42+500	丘陵	URC	3.0	4.8	375867	1132737
NTP26	43+500	丘陵	URC	1.5	0.6	374888	1133305
NTP27	45+000	丘陵	URC	2.5	1.5	373855	1133439
NTP28	46+500	丘陵	URC	2.5	3.8	372682	1133218
NTP29	48+000	低地	BCS	3.0	4.2	372449	1134930
NTP30	49+500	低地	UBC	2.4	4.1	371094	1135753
NTP31	50+500	丘陵	BCS	2.7	2.0	370494	1136336
NTP32	51+500	丘陵	URC	2.4	2.0	369608	1136339
NTP33	53+000	丘陵	URC	1.8	4.0	369607	1137014
NTP34	55+000	丘陵	URC	1.0	2.1	366762	1136787
NTP35	56+500	丘陵	URC	1.8	2.5	365900	1137161
NTP36	57+500	丘陵	URC	2.0	4.9	364841	1138197
NTP37	59+000	丘陵	URC	3.0	1.5	363493	1138706
NTP38	60+500	台地	URC	2.5	4.7	362131	1139006
NTP39	62+000	台地	URC	2.8	4.2	361868	1140312
NTP40	63+000	台地	URC	2.6	3.8	381429	1141731

BCS = ブラックコットンソイル／URC = 上部赤色粘土／UBC = 上部褐色粘土（沖積土）

調査内容は、次の通りである。

- 全ルートのブラックコットンソイルの分布状況の踏査（63ｋｍ）
- 代表的なブラックコットンソイル分布区間のボーリング調査（3 孔）
- イエダ川、アベヤ川洪水区間のボーリング調査（6 孔）
- 調査対象橋梁のボーリング調査（9 橋梁、11 孔）
- ブラックコットンソイル調査のためのテストピットと DCP 試験（44 ヶ所）
- CBR 調査のためのサンプリング（10 ヶ所）
- 採石場調査のためのボーリングとサンプリング（5 ヶ所、2 孔）
- 土取場調査のためのテストピットとサンプリング（8 ヶ所、21 試料）
- 採取試料の土質試験一式

3) 調査数量

調査数量は、表 6.5.3　ボーリング及び土質試験数量 (デジェン-デブレマルコス)、表 6.5.4　テストピット及び土質試験数量表、表 6.5.5～表 6.5.7　材料調査及び土質試験一覧表に示す。なお、ボーリング調査のうち、ゲトラ川の NBH９は、アクセス道路がなく、かつ雨季のため搬入が著しく困難なため DCP で代用した。また、アンベシュ川の NBH１４は両岸に岩盤が露出しており、地質状況が明らかなため、NBH15 のみの削孔とし、中止した。

表 6.5.3　ボーリング及び土質試験数量（ デジェン-デブレマルコス）

B. H。№.	位置 (m)	深度 (m)	貫入試験	不撹乱試料	比重	含水比	粒度	液性塑性	一軸圧縮	三軸圧縮	圧密	収縮	岩石
NBH1	Plateau Area	10.0	8	2	2	2	2	2	1	0	1	1	0
NBH2	Plateau Area	10.0	8	2	2	2	2	2	1	1	1	1	0
NBH3	Aba Adem R.	10.0	7	2	1	1	1	1	0	1	1	2	0
NBH4	Abeya R.	27.2	23	2	13	13	13	12	0	1	1	2	1
NBH5	Abeya R.	26.6	23	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0
NBH6	Plateau Area	8.0	5	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0
NBH7	Bonega R.	7.0	3	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1
NBH8	Bonega R.	7.2	2	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0
NBH9	Getla R.(中止)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
NBH10	Ziba R.	12.2	8	2	2	2	2	2	1	1	1	1	0
NBH11	Yeda R.	27.0	25	2	2	2	2	2	1	1	0	1	0
NBH12	Yeda R.	30.0	25	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1
NBH13	Yeda R.	31.2	30	2	17	17	17	16	1	1	1	1	0
NBH13-2	Yeda R.	20.0	15	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0
NBH14	Ambesh R. (中止)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
NBH15	Ambesh R.	6.5	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NBH16	Chemoga R.	6.9	2	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0
NBH17	Chemoga R.	6.6	2	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0
NBH18	Abahim R.	18.0	15	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0
NBH19	Wiseta R.	8.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Total		272.4	202	24	49	49	49	47	9	8	8	12	4

表 6.5.4　テストピット及び土質試験数量表

試掘数量	比重	含水比	粒度	液性塑性	収縮	CBR	現場密度	DCP
40	10	10	50	50	10	10	10	40

表 6.5.5　採石場ボーリング及び土質試験数量表

地点 No.	種別	密度と吸水率	安定性	ロサンジェルステスト	破砕テスト
AD 2-1	サンプリング	1	1	1	1
AD 4-2	ボーリング(10m)	1	1	1	1
Q 4	ボーリング(10m)	1	1	1	1
Q 5	サンプリング	1	1	1	1
AD 6	サンプリング	1	1	1	1
計		5	5	5	5

表 6.5.6　土取場テストピット、サンプリング及び土質試験数量表

地点 No.	種別	粒度 (沈降)	液性塑性	線収縮	CBR (3 点)	透水試験
B 2	サンプリング	2	2	2	2	0
AD 1	Test Pit (H : 5 m)	2	2	2	2	1
AD 2-2	Test Pit (H : 3 m)	1	1	1	1	0
AD 6	サンプリング	2	2	2	2	1
AD 7	サンプリング	3	3	3	3	0
AD 8	サンプリング	1	1	1	1	0
AD 9	サンプリング	1	1	1	1	0
AD 10	サンプリング	2	2	2	2	0
計		14	14	14	14	2

（注）透水試験は、上記の 2 試料のほか参考としてブラックコットンソイル、赤色土等で 13 試料、計 15 試料について実施した。

表 6.5.7　ライム混入試料の CBR テスト

既存	新 TP No.	距離程 (km)	位置	経度 (E)	緯度 (N)	ライム 2%	ライム 4%	ライム 6%	計
NTP 2	ETP 1	4+000	Dejen	405312	1128558	2	2	2	6
NTP 13	ETP 2	23+000	Abeya R.	389168	1130038	2	2	2	6
NTP 30	ETP 3	49+000	Yeda R.	371094	1135753	2	2	2	6
計	-	-	-	-	-	6	6	6	18

4)　調査地の地形地質概要

図 6.5.2にエチオピアの地質図を示す。エチオピアはその国土の中央部を南西から走るアフリカ大地溝帯によって西部と東部に二分されている。このアフリカ大地溝帯は南のモザンピークからタンザニア、ケニアを経てエチオピアに至る幅 50～100ｋｍ、延長 6.000ｋｍに達する大地溝帯である。アフリカ大地溝帯は第三紀以降主にケニアとエチオピアを中心として隆起運動が開始され、現在までの隆起量は 2.000～3.000ｍに達している。

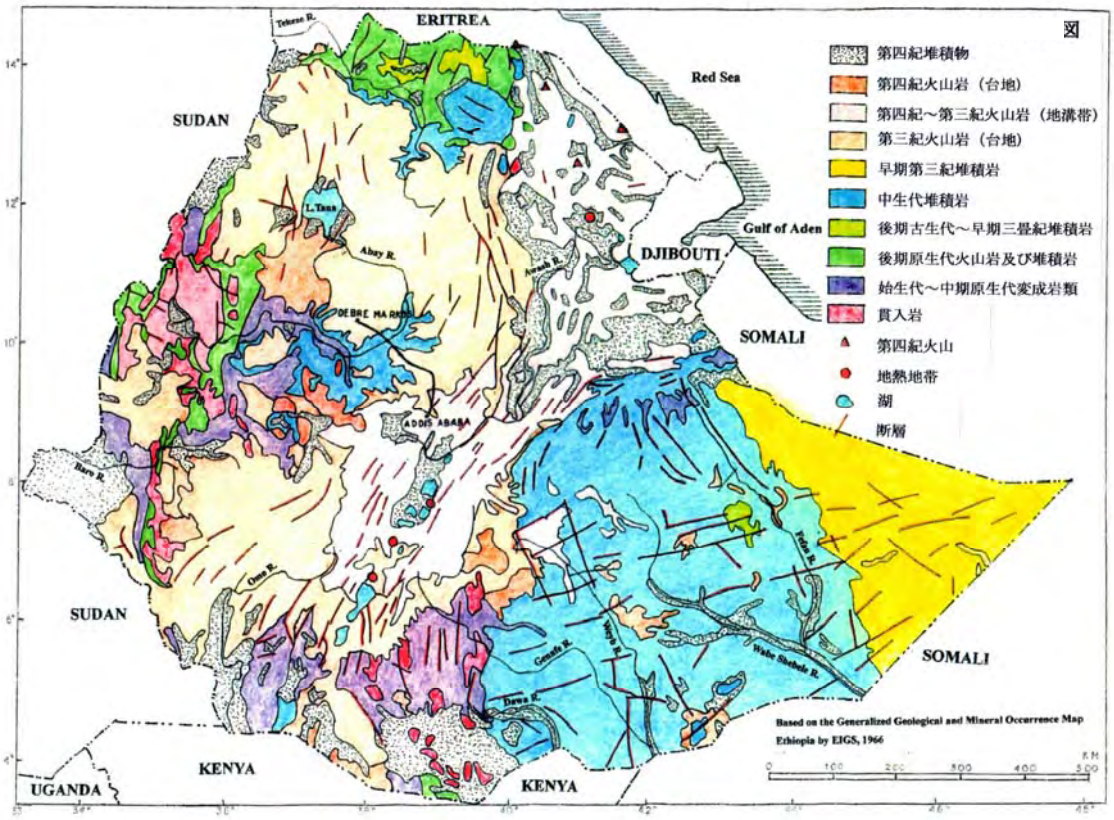


図 6.5.2　エチオピア地質図

この隆起運動とほぼ同時に隆起帯の中心部が陥没して現在の地溝帯が形成されると共に、割れ目噴火による膨大な玄武岩の流出が行われた。現在でもこの活動は続いており、地溝帯中は多数の活火山が分布し、小規模な地震も各所で発生している。また地溝帯の中心部には、陥没によって形成された多数の湖が南北に配列している。エチオピアでの玄武岩の流出は大地溝帯中で最大規模を示し、幅 500ｋｍ、長さ 1.000ｋｍにわたるエチオピア台地を形成した。エチオピア台地の標高は 2.000ｍ～2.500ｍを示し、大地溝帯中で最も高い。溶岩流の層厚は台地内部では数 100ｍにすぎないが、

周縁部では2.000m以上に達している。一方、エチオピアの地震活動や火山活動はタンザニアやケニアに比較して低調であり、台地の内部では殆ど発生していない。大地溝帯の北端は首都アディスアベバ付近で扇状に開き、その東端はアデン湾に接してアデン湾地溝帯に、西端は紅海に接して紅海地溝帯に連続する。この扇状の三角地帯はアファー凹地と呼ばれ、３本の地溝帯が交差する複雑な地質構造を示し、エチオピアの地震活動と火山活動はほぼこの地に集中している。エチオピア台地の基盤を構成するのは、中生代の海成堆積岩類で主として砂岩、頁岩、泥岩、石灰岩などからなる。これらの各層はほぼ水平に堆積しており、台地内部では、厚さ 300～400mの玄武岩層に覆われている。台地面は比高 50～100mの傾斜の緩い丘陵と平坦面の組み合わせからなり、丘陵は幅数ｋｍの谷底平野によって分断されている。丘陵部には玄武岩が露出し、その表面は、熱帯赤土によって覆われている。谷底平野には玄武岩の強風化によって生成された無機質のブラックコットンソイルが沖積土として分布している。ブラックコットンソイルは東アフリカの玄武岩地帯に広く分布し、綿花や穀類の栽培には適しているが、乾季には収縮し、雨季には膨潤が著しく、土工には不適な土壌である。アディスアベバ北西約 300ｋｍの台地上にはエチオピア最大の湖　タナ湖（南北 75ｋｍ、東西 60km、標高 1.830m）が存在する。タナ湖からは、アバイ川（青ナイル川）が流出し、スーダンで白ナイル川と合流し、ナイル川となってエジプトへ流入している。アバイ川は、台地中央部では隆起運動と共に下方浸食が拡大し、基盤岩まで深く切り込み河床よりの比高約 1.500mの大峡谷を形成している。エチオピア台地全体は緩く西側に傾斜しており、このため台地上の殆どの河川はアバイ川をはじめとしてナイル水系の支流となっている。調査区間であるデジェン～デブレマルコス間の約 63ｋｍはアバイ峡谷の西側の玄武岩台地上に位置している。

5)　調査ルートの地質状況

本区間はエチオピア台地のほぼ中心部に位置し、台地面は南西～緩く傾斜しており、デジェンの標高は約 2.500m、西へ約 63ｋｍ離れたデブレマルコスの標高は約 2.400mを示す。台地上の河川は谷を刻みつつ、調査ルートに直交して南流しアバイ川に合流する。主要な河川は、東から西へ、アサマテッチ川、ベケット川、タバ川、アバアデム川、アベヤ川、ボゲナ川、ゲトラ川、ジバ川、イエダ川、アンベッシュ川、チェモガ川、アバヒム川、ウセタ川の計 13 河川である。本区間は台地上には比高 100～150m程度の集落を載せた丘陵が南北方向に 5 列存在する。上記河川のうちアベヤ川、ゲトラ川、ジバ川、イエダ川の 4 河川はこれらの丘陵の間に幅 1～3ｋｍの谷底平野を形成しており、このうちアベヤ川とイエダ川が最も広い。丘陵部は、主として玄武岩の岩盤とそれを覆う厚さ数 m の赤色土が分布している。台地（浸食平坦面）や谷底平野には褐色土が分布し、その下部にブラックコットンソイルが分布する。ブラックコットンソイルは、谷底平野で厚く 10mに達し、台地上では 2～3m程度である。

本区間に分布する地層は、次の通りである。

■　上部褐色粘土～シルト（UBC）

主として谷底平野の氾濫原に分布し、部分的に台地上の凹地に薄く分布する。層厚は 1～3mで河川流出による沖積堆積物である。

本層は粘土質シルトで軟弱である。

■　上部赤色粘土～シルト（URC）

主として丘陵頂部から斜面に分布する赤色～赤褐色を呈する粘土質シルトで部分的に玄武岩礫を混入する。本層は玄武岩の強風化によって生じたものが、降水やソリフラクションによって移動して二次堆積したものである。本層は上部褐色粘土に比較して締まりは良好である。層厚は 2～3m程度であるが、斜面下部では 5～6mに達する場合もある。

■　ブラックコットンソイル（BCS）

主として台地面と谷底平野の氾濫原に分布する。黒色～黒灰色を呈する粘土質シルトである。層厚は台地部で 2～3m、谷底平野特にアベヤ川・イエダ川では約 10mに達する。本層は丘陵部頂部には分布しないが斜面下部では赤色土がブラックコットンソイル化している部分も認められる。雨季には膨潤化するが、乾季には収縮してひび割れ状を呈する。

■　下部粘土（LC）

主として谷底平野のブラックコットンソイルの下位に分布し、部分的に台地の凹地にわずかに分布する。本層は灰色を呈する硬質粘土である。層厚は、アベヤ川、イエダ川で 12～17mに達し台地下部では 2～3m程度である。

■　残留風化土（RS）

主として丘陵部の赤色土の下位に分布する。灰色～黄灰色を呈し、礫を混入する場合もある。本層は玄武岩が原位置で風化したものである。全体として砂質シルト～シルト質砂状で固結して極めて硬い。層厚は場所による変化が著しく 2～8m程度である。

■　凝灰岩（TF）

本層は上位赤色土又は風化残留土の下位に分布し、アバアデム川及びイエダ川右岸に分布する。本層は黄灰色～灰緑色を呈したシルト質の軟岩である。露頭では明瞭な層理を有し、固結度も高い。層厚は 2～10m程度と推定される。

■　変質玄武岩（DB a）

強風化玄武岩で径 2～10ｃｍの玄武岩の角礫と風化粘土が混在する礫層である。礫の含有率の高い部分は、支持層として十分な強度を持つが、粘土分が多い場合は支持層としては不適である。層厚は変化が激しいが、およそ 5～10m程度である。

■　玄武岩（B a）

黒色～黒灰色の堅硬緻密な玄武岩であり、本区間の基盤岩である。露頭では、柱状節理を持つものと多孔質で塊状のものの 2 タイプが認められるが、ボーリングコアでは、いずれも新鮮で堅硬なものが確認された。

6) 標準貫入試験結果

標準貫入試験試験結果を　表 6.5.8に示す。

表 6.5.8　標準貫入試験結果(SPT)

地層名	試験回数	最大値 (回/30cm)	最小値(回/30cm)	平均値 (回/30cm)
上部褐色シルト(UBC)	6	9	1	5
上部赤色シルト(URC)	6	19	2	13
ブラックコットンソイル (BCS)	43	11	2	7
下位粘土 (LC)	80	18	5	12
風化残留土 (RS)	30	50	9	28
凝灰岩 (TF)	5	50	50	50
変質風化玄武岩 (DBa)	12	50	25	41
玄武岩(Ba)	8	反発	50	50

上表によれば最も低い N 値を示すのは上位褐色シルトである。上位赤色シルトは、沖積堆積物である褐色シルトに比較して高い N 値を示し、ことに礫混じりの部分の N 値は高い。なお N 値 2 を示すのは､例外的な強風化部である｡ブラックコットンソイルの N 値は殆ど 10 以下の値を示す。下位粘土は、固結の進んだ硬質粘土であり、N 値 5 を示すのは極所的な強風化部である。風化残留土は、シルト質～砂質であり全体として他の上位地層に比して著しく N 値は高い。凝灰岩は軟岩ではあるが、すべての N 値は 50 以上を示し、支持層として問題はない。玄武岩礫と風化粘土の混在する変質玄武岩も殆ど N 値 50 以上を示すが、粘土分の含有量の高いものは 50 以下であり、支持層としてはやや問題がある。玄武岩は、貫入時に反発するか、またはすべて 50 以上のものであり、支持層としては全く問題ない。

7) 地下水調査結果

表 6.5.9に地下水調査結果を示す。

ボーリングを実施した全 18 本のうち、台地平坦面上に位置する NBH１、NBH２、NBH６では地下水位は確認されていない。上記３地点のうち NBH１、NBH２では深度 5～6m付近で風化残留土､NBH６では深度約 6mで玄武岩に到達している｡これらの３地点の位置する台地平坦面上では、地下水位はボーリング深度以深（10m以上）にあると思われる。他のボーリングはいずれも橋梁予定地点付近の現道の路肩で実施している｡河川にはいずれも十分な流水があり、地下水位は河川水位と平衡していると考えれば､ボーリングの地下水位はボーリング地点の地盤から河川水位までの深度となり、現況とほぼ一致する。また、アベヤ川は現道の盛土がほぼ 1mなので地下水位は、洪水時の水位（現地盤）と一致している。また、イエダ川は自然地盤上のボーリングであるが、地下水位は河川水位より、やや高い程度である｡アンベシュ川は河道に極めて近い自然地盤上のボーリングのため、浅い地下水位となっている。なお、丘陵上では、ボーリングを実施してないが、玄武岩で構成されているため、地下水位は、裂罅水となり、深いものと推定される。

表 6.5.9　ボーリング孔内地下水位測定結果

ボーリングNo.	位置	深度(m)	測定日
1	Plateau	なし	29-Jul-10
2	Plateau	なし	30-Jul-10
3	Aba Adem R.	-5.6	31-Jul-10
4	Abeya R.	-1.0	07-Aug-10
5	Abeya R.	-1.0	07-Aug-10
6	Plateau	なし	31-Jul-10
7	Bogena R.	-1.8	04-Aug-10
8	Bogena R.	-1.6	05-Aug-10
9	Getla R.	削孔中止	—
10	Ziba R.	-6.0	05-Aug-10
11	Yeda R.	-0.9	20-Aug-10
12	Yeda R.	-1.7	14-Aug-10
13	Yeda R.	-1.2	12-Aug-10
13-2	Yeda R.	-1.4	25-Aug-10
14	Ambesh R.	削孔中止	—
15	Ambesh R.	-0.1	25-Aug-10
16	Chemoga R.	-1.5	07-Aug-10
17	Chemoga R.	-2.4	08-Aug-10
18	Abahim R.	-3.4	11-Aug-10
19	Wiseta R.	-1.8	12-Aug-10

8)　ブラックコットンソイルの分布と層厚

ブラックコットンソイル分布と層厚は、地表踏査、ボーリング、テストピット及びオーガーボーリングに代わる DCP（ダイナミックコーンペネトロメーター）の結果に基いて決定した。表 6.5.10 にテストピットによる地層観察結果と DCP による換算 N 値 10 以下の深度を示した。また表 6.5.11 にはこれらの結果に基いた各区間毎の地層（盛土、上位褐色粘土又は赤色粘土、ブラックコットンソイル、下位粘土）の層厚を示している。これらの地層は地形の変化に伴いその層厚を変化させる。

- デジェンアベヤ川（台地と緩い斜面）約 21ｋｍ区間、層厚 2.0～3.0m
- アベヤ川（谷底平野）約 3ｋｍ区間、深度 5.0～11.0m　層厚 10.0～11.0m
- アベヤ川―ルマメ（丘陵間の谷底平野）約 5ｋｍ区間、層厚 2.0～3.0m
- ゲトラ川右岸付近（台地と緩い斜面）約 1ｋｍ区間、層厚 1.5～2.0m
- イエダ川（谷底平野）約 3ｋｍ区間、層厚 5.0～10.0m

以上のようにブラックコットンソイルの層厚の最も厚いのはアベヤ川とイエダ川の谷底平野であり、いずれも 10mを超える。また、台地平坦面、小規模な丘陵間の谷底平野及び丘陵の下部斜面には、層厚 1.5～3.0m程度のブラックコットンソイルが部分的に分布する。なお、イエダ川～デブレマルコス間は丘陵であり、ブラックコットンソイルは全く分布しない。またデブレマルコスは台地上に位置するが、ブラックコットンソイルは分布していない。

表 6.5.10　テストピットにおけるブラックコットンソイル（BCS）の深度

TP No.	地層名	BCS 深度（TP)(m)	BCS 深度（DCP）(m) N<10	BCS 深度（ボーリング）N<10	推定深度 (m)
1	BCS	2.00	3.31		2.5
2	BCS	2.40	2.12		2.5
3	BCS	1.90	1.79	2.50(NBH1)	2.5
4	BCS	2.30	2.55		2.5
5	BCS	2.40	2.84		2.5
6	BCS,LC	3.00	0.00	6.00(NBH2)	3.2
7	URC	2.50	1.13		-
8	BCS	2.50	0.85		2.5
9	BCS	2.40	2.11		2.5
10	BCS	2.40	2.81		2.5
11	BCS	2.40	0.71	3.50(NBH3)	2.5
12	BCS	2.40	2.17	10.00(NBH4.5)	10.0~11.0
13	BCS	3.00	2.65		3.0
14	BCS	2.50	0.00		2.5
15	BCS,LC	3.00	2.32	5.90(NBH6)	3.0
16	BCS	2.70	2.27		2.8
17	BCS	3.00	1.40	3.90(NBH7.8)	3.2
18	BCS	3.00	1.89		3.0
19	URC	3.00	0.53		-
20	URC	3.00	1.50		-
21	URC	2.40	0.00		-
22	BCS	1.40	1.60		1.4
23	BCS	2.70	0.80		2.8
24	URC	2.20	0.00		-
25	URC	3.00	0.00		-
26	URC	1.50	0.57		-
27	URC	2.40	0.00		-
28	URC	2.40	0.00		-
29	BCS	3.00	-	5.50(NBH11)	5.0
30	BCS	2.40	0.55	10.00(NBH12.13)	10.0
31	BCS	2.70	0.72	2.4(NBH13-2)	2.5
32	URC	2.40	0.78		-
33	URC	1.80	1.56		-
34	URC	1.00	0.00		-
35	URC	1.80	1.49		-
36	URC	2.00	0.00		-
37	URC	3.00	0.00		-
38	URC	2.50	0.00		-
39	URC	2.80	1.59		-
40	URC	2.60	0.00		-

表 6.5.11　第四紀層の層厚（デジェンデブレマルコス）

位置	距離程(km)	層厚　(m)				計 (m)	基盤
		盛土	上位粘土	ブラックコットンソイル	下位		
Dejen	0+000	0.8	0.0	0.0	0.0	0.8	玄武岩
	0+450	0.8	0.0	0.0	0.0	0.8	玄武岩
	1+600	0.8	0.0	1.5	0.0	2.3	玄武岩
	2+200	0.8	0.0	0.0	0.0	0.8	玄武岩
	3+200	0.8	0.0	2.0	0.0	2.8	玄武岩
	6+200	0.8	0.0	1.7	3.0	5.5	風化残留土
	6+700	0.8	0.0	1.5	3.0	5.3	玄武岩
	8+500	0.0	1.5	2.0	0.0	3.5	玄武岩
	10+300	0.5	0.0	2.5	0.0	3.0	玄武岩
	10+800	0.5	0.0	1.2	0.5	2.2	変質玄武岩
	11+200	0.5	1.0	0.0	0.0	1.5	変質玄武岩
Bechet R.	12+400	0.5	0.0	2.5	0.0	3.0	玄武岩
	14+300	0.7	0.7	0.0	0.0	1.4	変質玄武岩
	18+000	0.8	0.0	1.5	3.0	5.3	変質玄武岩
Taba R.	18+300	2.0	0.0	3.0	4.8	9.8	変質玄武岩
	19+900	0.5	0.0	2.0	0.0	2.5	変質玄武岩
Aba Adem R.	20+200	0.5	0.0	3.0	3.0	6.5	凝灰岩
	21+300	0.5	0.0	1.5	1.5	3.5	変質玄武岩
Abeya R.	22+400	1.0	0.0	10.0	13.0	24.0	変質玄武岩
	23+200	0.5	0.0	1.5	0.0	2.0	変質玄武岩
	24+200	0.5	1.0	1.0	0.0	2.5	変質玄武岩
	25+800	0.5	0.5	0.0	0.0	1.0	変質玄武岩
(Marsh)	26+700	0.5	0.0	2.0	3.5	6.0	玄武岩
	27+300	0.5	0.5	0.0	0.0	1.0	玄武岩
(Marsh)	27+650	0.7	0.0	2.0	0.0	2.7	玄武岩
	29+200	0.5	1.0	0.0	0.0	1.5	変質玄武岩
Bogena R.	29+700	1.0	0.0	3.0	0.0	4.0	玄武岩
Lumame	30+700	0.5	0.0	1.5	0.0	2.0	玄武岩
	32+700	0.0	3.0	0.0	0.0	3.0	玄武岩
Getla R.	35+630	0.0	3.0	0.0	0.0	3.0	玄武岩
	36+900	0.0	3.0	0.0	0.0	3.0	玄武岩
	37+900	0.0	0.0	1.5	0.0	1.5	変質玄武岩
	38+640	0.0	2.0	0.0	0.0	2.0	変質玄武岩
	37+700	0.0	1.0	2.2	0.0	3.2	変質玄武岩
	40+260	0.5	3.0	0.0	0.0	3.5	変質玄武岩
	41+060	0.0	2.2	0.0	0.0	2.2	玄武岩
	42+640	0.5	3.0	0.0	0.0	3.5	玄武岩
	42+980	0.0	4.0	0.0	0.0	4.0	玄武岩
	43+500	0.0	3.0	0.0	0.0	3.0	玄武岩
Ziba R.	44+000	0.9	5.1	0.0	0.0	6.0	風化残留土
	46+260	0.5	5.0	0.0	0.0	5.5	風化残留土
	46+880	0.0	3.0	0.0	0.0	3.0	玄武岩
Yeda R.	48+420	0.0	0.0	5.5	13.5	19.0	変質玄武岩
Yeda R.	49+500	0.0	2.0	8.0	18.0	28.0	玄武岩
Yeda R.	49+800	0.0	2.0	4.0	14.0	20.0	玄武岩
	50+140	0.0	2.0	1.0	1.0	4.0	風化残留土
	50+340	0.0	2.0	2.0	0.0	4.0	風化残留土
	50+660	0.0	1.5	1.0	0.0	2.5	風化残留土
	51+420	0.0	1.5	0.0	0.0	1.5	風化残留土
	55+020	0.0	2.0	0.0	0.0	2.0	玄武岩
	57+100	0.0	1.5	0.0	0.0	1.5	玄武岩
	60+820	0.5	3.0	0.0	0.0	3.5	玄武岩
Abahim R.	60+920	4.0	5.5	0.0	6.0	15.5	風化残留土
Debre M.	64+880	0.0	3.0	0.0	0.0	3.0	変質玄武岩

9） 架橋地点の地質状況

■ アバアデム川地点（NBH 3）

アバアデム川は、台地上を流れる小河川である。両岸には、上位より層厚 3.5mのブラックコットンソイル、層厚 2.6mの下位粘土が分布する。深度 6.1m以深はN 値 50 以上を示す凝灰岩であり、支持層として問題ない。

■ アベヤ川地点（NBH４、NBH５）

アベヤ川は、谷幅約 2～3ｋｍの谷底平野を形成している。左岸を構成するのは上位より凝灰岩、変質玄武岩及び玄武岩である。凝灰岩はN 値 50 以上を示す良好な岩盤である。右岸及び谷底の基盤を構成するのは変質玄武岩であり、最上部は粘土質及び礫質の強風化部であるが、下位では十分な強度を有している。但し地表からの深度は約 23mである。谷底平野は、第 4 紀の河床堆積物で埋積されており、上位は層厚約 10～11mのブラックコットンソイル、下位は層厚 12～13mの礫混じりの下位粘土からなる。ブラックコットンソイルはN 値 10 以下の軟弱層であり、盛土による圧密沈下の可能性がある。下位粘土はN 値 10 以上の硬質粘土である。

■ ボゲナ川地点（NBH７、NBH8）

ボゲナ川は、谷幅約 1ｋｍの谷底平野を構成している。谷底には層厚 3.9mのブラックコットンソイルが堆積しているが、深度 3.9m以深はN 値 50 以上の新鮮な玄武岩が分布しており、支持層として十分な強度をもっている。

■ ゲトラ川地点（NBH９－削孔中止）

本地点は、現道より約 1.7ｋｍ上流に位置する。アクセス道路がなく、両岸は耕作地からなると共に両側丘陵より支流が合流しており、ボーリングマシンの運搬が困難なため、削孔を中止した。架橋地点の地表踏査によれば、河川は、河道から比高 3mの赤色シルト層を刻んで流下しており、河床底には、強風化の玄武岩が認められる。なおボーリングマシンに代わって DCP（ダイナミックコーンペネトロメーター）による調査を実施した。調査結果によれば深度３ｍで換算 N 値５０の強風化玄武岩に達した。但し本層は著しく風化がすすんでおり支持層はこれより２～３ｍ下位の新鮮岩とするのが望ましい。

■ ジバ川地点（NBH10）

本地点には、地表より厚さ 6mの上位赤色粘土が分布する。本層は礫混じりでN 値 10 以上の高い値を示すが、下位の風化残留土が N 値 10 以下の低い値を示す。基盤岩は、深度 9.2m以深が新鮮なN 値 50 以上の玄武岩であり、支持層として十分な強度を有す。

■ イエダ川地点（NBH11、NBH12、NBH13,NBH13-2）

イエダ川は、谷幅約 3ｋｍの谷底平野を形成している。左岸を構成するのは、変質玄武岩とその下位のN 値 50 以上の新鮮堅硬な玄武岩でこれらは、赤色粘土に覆われている。右岸を構成するのは、N 値 40 以上の風化残留土と N 値 50 以上の凝灰岩である。これらも、左岸同様赤色粘土に覆われている。谷底平野は、第四紀の河床堆積物で埋積され、上位より、層厚 2～3mの軟弱な褐色シルト（N 値 10 以下）、層厚 10mのブラックコットンソイル（N 値 10 以下）、層厚 16～18mの硬質な下位粘土（N 値 10～15）から構成される。このうち上位褐色シルトとブラックコットンソイルは盛土による圧密沈下の可能性がある。これらの基底には、基盤岩としてN 値 50 以上の変質玄武岩が分布する。

■　アンベッシュ川地点（NBH15）

アンベッシュ川は、丘陵部を開析して流れる小河川で、明瞭な谷底平野を形成していない。架橋予定地点では、両岸に堅硬な玄武岩が深度 2mの浅所に分布しており、支持層として全く問題ない。

■　チェモガ川地点（NBH16、NBH17）

チェモガ川は架橋地点では幅約 300mの浸食段丘を開析して流下している。段丘面は層厚 3.0～3.7mの赤色粘土に覆われており、その下位には N 値 50 以上の玄武岩が分布し、支持層として問題ない。

■　アバヒム川地点（NBH18）

アバヒム川は、デブレマルコス市街地の東側に位置する小河川で小起伏の丘陵を開析して流下する。現道は、この小河川を高さ 4mの盛土と橋梁で通過している。盛土の下位は層厚約 5mの赤色粘土が分布し、さらにその下位には層厚 6mの礫まじり風化残留土（N 値 10～20）が分布する。盛土面から深度 15.5mで変質玄武岩に達する。本層は強風化岩ではあるが、N 値は 50 以上を示し、支持層として問題ない。

■　ウセタ川地点（NBH19）

ウセタ川は、デブレマルコス市街地東端に接して台地面を開析して流下する。前述のアバヒム川は本川の支流である。地表より深度 1.7mまでは玄武岩礫を混入する赤色粘土、それ以深は強風化変質玄武岩、深度 5m以深は新鮮な玄武岩となる。いずれも硬岩のため貫入試験は実施していないが、支持層として問題はない。

■　ウセタ川地点、国道 3 号線（BH19-2003）

本地点は、国道３号線に位置するウセタ川の橋梁地点であり、上記のウセタ川橋梁地点の約 3ｋｍ下流に位置する。本地点では、2003 年 11 月にボーリングが実施されており、その結果に基いて記述する。本地点では、地表より深度 4mまでは上位赤色粘土、4m以深 6mまでは強風化の変質玄武岩（N 値 33～50）、深度 6m以深は新鮮な玄武岩となり、支持層はこの新鮮岩とする。

10）土質試験結果

土質試験は、ボーリングによる不撹乱試料及び撹乱試料またテストピットによる試料に対して実施した。これらの結果は、表 6.5.12　土質試験結果一覧表（不撹乱試料）、表 6.5.13　土質試験結果一覧表　（撹乱試料）、表 6.5.14～表 6.5.16のテストピット試料土質試験結果一覧表に示す。

一覧表の記号は次の通りである。

■　LL（%）　液性限界
■　PL(%)　塑性限界
■　PI　塑性指数
■　SL(%)　収縮限界
■　OMC(%)　最適含水比
■　MDD(g/cm^3)　最大乾燥密度
■　USCS　統一土質分類

表 6.5.12 土質試験結果一覧表（不撹乱試料）

Sr. No	調査地点	BH No.	地層	深度(m)	% pass (mm) 2.000	0.425	0.075	LL %	PL %	PI %	AASHTO 土質区分	USCS	沈降分析 Sand% (2.0-0.06mm)	Silt% (0.06-0.02mm)	Clay% (<0.002 mm)	含水比 %	比重	S.L %	単体体積重量(γt) (g/cm³)	一軸 (KPa)	三軸 (UU) C, KPa	φ	圧密試験 e_o	e_f	C_c
1	ブラックコットンソイル（台地）	NBH1	暗灰色シルト質粘土	2.00-2.50	100	100	99	115	38	77	A-7-5 (20)	CH	23.10	59.51	17.39	41.5	2.733	3.23	1.855	69	-	-	1.0573	0.82	0.389
2			黄灰色シルト質粘土	5.40-5.75	100	99	97	102	40	62	A-7-5 (20)	CH	25.03	52.92	22.05	34.0	2.717	-	1.397	-	-	-	-	-	-
3	ブラックコットンソイル（台地）	NBH2	灰色シルト質粘土	2.00-2.50	100	99	98	107	35	72	A-7-5 (20)	CH	13.73	67.85	18.42	40.0	2.675	2.83	1.664	231	37	12°	-	-	-
4			灰色シルト質粘土	2.50-300	100	99	98	105	40	65	A-7-5 (20)	CH	9.80	67.78	22.42	38.0	2.630	-	1.764	-	-	-	0.8858	0.8487	0.11
5	Abadem R.(右岸)	NBH3	暗灰色シルト質粘土	2.00-2.50	98	95	94	102	32	70	A-7-5 (20)	CH	11.49	66.18	20.23	38.0	2.270	1.87	1.727	-	-	-	1.193	1.1005	0.07
6			暗灰色シルト質粘土	2.50-3.00	100	100	98	116	47	69	A-7-5 (20)	CH	21.95	61.39	16.66	45.0	2.736	4.40	1.613	-	42	16°	-	-	-
7	Abeya R.(左岸)	NBH4	暗灰色シルト質粘土	2.00-250	100	100	99	98	47	51	A-7-5 (20)	MH	12.08	65.34	22.57	37.8	2.625	3.84	1.785	-	-	-	0.9764	0.7284	0.482
8			暗灰色シルト質粘土	2.50-3.00	100	100	99	99	37	62	A-7-5 (20)	CH	6.44	76.78	16.77	34.7	2.715	7.26	1.635	-	38	12°	-	-	-
9	Abeya R.(右岸)	NBH5	暗灰色シルト質粘土	3.00-3.50	100	100	99	90	37	53	A-7-5 (20)	CH	29.14	48.31	22.55	44.0	2.698	-	1.223	-	-	-	-	-	-
10	台地	NBH6	暗灰色シルト質粘土	2.50-300	100	99	97	96	44	52	A-7-5 (20)	MH	12.44	64.46	23.11	40.1	2.652	6.17	1.725	13	-	-	1.0992	0.7495	0.575
11	Bogena R.(左岸)	NBH7	暗灰色礫混じりシルト質粘土	3.00-3.50	100	93	87	80	37	43	A-7-5 (20)	MH	18.67	57.91	22.94	31.0	2.865	-	1.463	-	-	-	-	-	-
12	Bogena R.(右岸)	NBH8	暗灰色シルト質粘土	2.50-3.00	100	99	98	116	46	70	A-7-5 (20)	CH	25.52	53.79	20.69	61.0	2.747	-	1.124	-	-	-	-	-	-
13	Ziba R.(右岸)Near the	NBH10	赤褐色色シルト質粘土	2.00-2.40	100	100	99	52	31	21	A-7-5 (15)	MH	10.45	63.63	25.92	35.3	2.660	15.06	1.671	-	-	-	1.0654	0.958	0.216
14			赤褐色色シルト質粘土	2.40-2.80	100	100	99	63	38	25	A-7-5 (18)	MH	24.45	59.42	16.13	31.0	2.760	-	1.612	308	45	17°	-	-	-
15	Yeda R.(左岸)	NBH11	暗灰色シルト質粘土	2.50-3.00	100	97	96	94	37	57	A-7-5 (20)	CH	18.10	56.16	25.74	42.3	2.627	6.79	1.782	44	28	14°	-	-	-
16	Yeda R.(左岸)	NBH12	暗灰色シルト質粘土	2.00-2.50	100	100	100	80	40	40	A-7-5 (20)	MH	24.55	45.27	30.18	43.1	2.712	7.75	1.727	35	-	-	0.907	0.63	0.233
17			暗灰色シルト質粘土	2.50-3.00	100	100	99	82	41	41	A-7-5 (20)	MH	11.10	62.75	26.15	43.5	2.609	-	1.694	-	36	15°	-	-	-
18	Yeda R.(左岸) Near the river	NBH13	暗褐色シルト質粘土	2.00-2.50	100	98	92	61	34	27	A-7-5 (19)	MH	18.55	52.84	28.61	30.5	2.804	10.73	1.685	104	-	-	0.907	0.56	0.258
19			暗褐色シルト質粘土	2.50-3.00	100	100	99	68	36	32	A-7-5 (20)	MH	31.55	51.99	16.46	49.3	2.728	-	1.667	-	12	7°	-	-	-
20	Yeda R.	NBH13-2	暗褐色シルト質粘土	2.00-2.50	100	97	95	94	40	54	A-7-5 (20)	MH	12.49	63.33	24.18	21.3	2.698	2.45	1.694	51	38	10°	-	-	-
21	Chemoga R.(左岸)	NBH16	明褐色シルト質粘土	2.00-2.50	100	97	96	70	39	31	A-7-5 (20)	MH	32.45	40.53	27.02	45.0	2.793	-	1.143	-	-	-	-	-	-
22	Chemoga R.(右岸)	NBH17	暗灰色砂質粘土	2.50-3.00	95	84	83	77	37	40	A-7-5 (20)	MH	16.01	56.95	22.08	35.0	2.836	-	1.410	-	-	-	-	-	-
23	Abahim R.(左岸)	NBH18	暗褐色シルト質粘土	5.00-5.50	99	97	95	53	32	21	A-7-5 (15)	MH	14.73	60.80	23.51	45.0	2.652	-	1.697	32	-	-	-	-	-

表 6.5.13 土質試験結果一覧表 (撹乱試料)

Sr. No	BH No.	地層	深度 (cm)	% pass (mm)			LL %	PL %	PI %	AASHTO Soil Class	USCS	沈降分析			含水比 %	比重
				2.000	0.425	0.075						Sand % (2.0-0.06mm)	Silt % (0.06-0.02mm)	Clay % (<0.002mm)		
1	NBH-4 (Abeya River)	暗灰色礫混じりシルト質粘土(柔らかい)	4.00-4.45	99	99	98	110	50	60	A-7-5 (20)	MH	5.44	68.54	25.25	46.0	2.606
2		暗灰色シルト質粘土(堅い)	6.00-6.45	100	99	99	101	39	62	A-7-5 (20)	CH	13.48	58.16	27.82	50.0	2.660
3		暗灰色シルト質粘土(堅い)	8.10-8.55	100	99	98	99	39	60	A-7-5 (20)	CH	14.76	58.45	26.79	50.0	2.715
4		暗灰色シルト質粘土(堅い)	10.00-10.45	98	97	96	104	56	48	A-7-5 (20)	MH	6.91	65.31	26.13	48.0	2.660
5		暗灰色礫混じりシルト質粘土	12.10-12.55	100	88	87	103	43	60	A-7-5 (20)	MH	6.71	58.83	25.58	53.0	2.701
6		灰色シルト質粘土(堅い)	14.10-14.55	100	99	98	102	41	61	A-7-5 (20)	CH	11.12	63.66	24.96	41.0	2.728
7		灰色シルト質粘土(堅い)	16.00-16.45	100	99	99	96	43	53	A-7-5 (20)	MH	9.63	65.61	24.76	46.0	2.641
8		褐灰色シルト質粘土(堅い)	18.00-18.45	100	100	94	82	36	46	A-7-5 (20)	MH	11.71	64.74	23.54	49.0	2.665
9		褐灰色シルト質粘土(堅い)	20.00-20.45	100	100	98	112	51	61	A-7-5 (20)	MH	9.94	63.57	26.49	48.0	2.624
10		褐灰色シルト質粘土(堅い)	22.00-22.45	100	99	98	110	41	69	A-7-5 (20)	CH	20.61	53.78	25.61	52.0	2.702
11		灰黄色シルト質粘土(堅い)	24.00-24.45	100	100	93	94	54	40	A-7-5 (20)	MH	17.68	52.92	29.40	57.0	2.702
12	NBH13 (Yeda River)	暗褐色シルト質粘土(柔らかい)	1.00-1.45	100	100	97	51	32	19	A-7-5 (14)	MH	26.99	50.20	22.82	30.0	2.741
13		暗褐色シルト質粘土(柔らかい)	4.00-4.45	100	100	99	92	48	44	A-7-5 (20)	MH	11.23	62.66	26.11	63.0	2.616
14		暗褐色シルト質粘土(柔らかい)	6.00-6.45	100	99	99	101	47	54	A-7-5 (20)	MH	15.07	58.91	25.61	54.0	2.682
15		暗褐色シルト質粘土(柔らかい)	8.00-8.45	98	96	94	103	45	58	A-7-5 (20)	MH	10.18	60.08	27.94	69.0	2.740
16		暗褐色シルト質粘土(堅い)	10.00-10.45	100	99	97	84	41	43	A-7-5 (20)	MH	15.55	57.71	26.74	43.0	2.628
17		暗褐色シルト質粘土(堅い)	12.00-12.45	100	99	98	79	38	41	A-7-5 (20)	MH	15.83	57.02	27.15	45.0	2.740
18		暗褐色シルト質粘土(堅い)	14.00-14.45	100	99	97	62	40	22	A-7-5 (17)	MH	11.13	66.33	22.11	47.0	2.603
19		暗褐色シルト質粘土(堅い)	16.00-16.45	97	95	93	92	36	56	A-7-5 (20)	CH	7.56	68.40	20.63	45.0	2.719
20		暗褐色シルト質粘土(堅い)	18.00-18.45	100	100	99	106	46	60	A-7-5 (20)	MH	14.82	57.70	27.48	51.0	2.610
21		暗褐色シルト質粘土(堅い)	20.00-20.45	100	100	99	96	44	52	A-7-5 (20)	MH	12.90	57.16	29.94	51.0	2.728
22		暗灰色～黄褐色シルト質粘土(堅い)	22.00-22.45	100	100	99	90	36	54	A-7-5 (20)	CH	8.23	64.00	27.77	49.0	2.755
23		暗灰色～黄褐色シルト質粘土(堅い)	24.00-24.45	100	99	99	93	46	47	A-7-5 (20)	MH	7.35	67.85	24.79	45.0	2.618
24		暗灰色シルト質粘土(堅い)	26.00-26.45	100	100	100	106	50	56	A-7-5 (20)	MH	13.61	57.59	28.80	55.0	2.605
25		暗灰色シルト質粘土(堅い)	28.00-28.45	98	97	96	101	44	57	A-7-5 (20)	MH	18.56	56.65	22.66	30.0	2.601
26		暗灰色玄武岩砂礫	30.00-30.45	63	54	38	54	45	9	A-5 (1)	MH	26.37	18.06	18.06	34.0	2.694

表 6.5.14 土質試験結果一覧表（テストピット試料）―（1）

Sr. No	距離程 (km)	地層	Test Pit No.	深度 (cm)	% pass (mm) 2.000	0.425	0.075	LL %	PL %	PI %	AASHTO 土質区分	沈降分析 Sand% (2.0-0.06mm)	Silt% (0.06-0.02mm)	Clay% (<0.002mm)	比重	収縮限界 %	OMC %	MDD T-180 g/cm³	3 - Point CBR % 10 blows 密度 g/cm3	CBR	膨張率 %	30 blows 密度 g/cm3	CBR	膨張率 %	65 blows 密度 g/cm3	CBR	膨張率 %	NMC	現場密度 密度 gm/cm3	乾燥密度 gm/cm3
1	1＋500	暗灰色礫混じりシルト質粘土	NTP 1	80-200	65	62	55	69	31	38	A-7-5 (14)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	4＋000	暗灰色シルト質粘土	NTP 2	60-240	100	100	98	89	38	51	A-7-5 (20)	10.10	61.30	28.60	2.603	11	24.0	1.490	1.220	1	11.43	1.387	1	11.04	1.501	2	9.96	38.0	1.763	1.278
3	5＋500	暗灰色シルト質粘土	NTP3	45-300	98	94	88	87	41	46	A-7-5 (20)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4		暗灰色シルト質粘土		190-270	100	100	98	109	36	73	A-7-5 (20)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5	7＋500	褐色シルト質粘土	NTP 4	0-70	100	99	94	83	43	40	A-7-5 (20)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6		暗灰色シルト質粘土		70-300	96	83	80	87	43	44	A-7-5 (20)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7	9＋500	暗灰色シルト質粘土	NTP 5	110-240	100	97	95	85	41	44	A-7-5 (20)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8	11＋500	暗灰色シルト質粘土	NTP 6	50-250	100	100	98	117	44	73	A-7-5 (20)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
9	13＋500	風化玄武岩礫	NTP 7	135-200	67	54	46	80	38	42	A-7-5 (10)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10	13＋500	暗灰色シルト質粘土	NTP7	70-135	92	88	86	80	38	42	A-7-5 (20)	13.50	59.41	19.39	2.651	8	17.0	1.510	1.266	1	9.13	1.450	1	8.60	1.526	2	7.95	38.0	1.831	1.327
11	15＋500	暗灰色シルト質粘土	NTP 8	55-210	98	95	92	105	43	62	A-7-5 (20)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
12	16＋500	暗灰色シルト質粘土	NTP 9	85-240	100	98	96	122	49	73	A-7-5 (20)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
13	17＋500	暗灰色シルト質粘土	NTP 10	60-130	100	98	95	98	44	54	A-7-5 (20)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
14		暗灰色シルト質粘土		130-240	100	100	99	121	47	74	A-7-5 (20)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
15	19＋500	暗灰色シルト質粘土	NTP11	50-130	100	98	90	89	42	47	A-7-5 (20)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
16		暗灰色シルト質粘土		130-140	100	99	92	81	53	28	A-7-5 (19)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
17	21＋500	暗灰色シルト質粘土	NTP12	110-210	99	98	96	104	53	51	A-7-5 (20)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
18	23＋000	暗灰色シルト質粘土	NTP13	55-300	100	97	94	86	35	51	A-7-5 (20)	11.10	61.54	27.36	2.784	6	26.5	1.561	1.166	1	8.80	1.397	2	8.66	1.497	2	8.38	33.0	1.707	1.283

表 6.5.15 土質試験結果一覧表（テストピット試料）―（2）

Sr. No	距離程 (km)	地層	Test Pit No.	深度 (cm)	% pass (mm) 2.000	0.425	0.075	LL %	PL %	PI %	AASHTO 土質区分	沈降分析 Sand% (2.0-0.06mm)	Silt% (0.06-0.02mm)	Clay% (<0.002mm)	比重	収縮限界 %	OMC %	MDD T-180 g/cm³	3 - Point CBR % 10 blows 密度 g/cm3	CBR	膨張率 %	30 blows 密度 g/cm3	CBR	膨張率 %	65 blows 密度 g/cm3	CBR	膨張率 %	NMC	現場密度 密度 gm/cm3	乾燥密度 gm/cm3
19	24＋000	褐色～暗褐色シルト質粘土	NTP14	50-160	97	92	83	74	40	34	A-7-5 (20)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
20		暗灰色シルト質粘土		160-250	96	83	80	95	38	57	A-7-5 (20)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
21	26＋500	暗灰色シルト質粘土	NTP15	75-300	94	91	89	86	43	43	A-7-5 (20)	17.72	58.08	18.50	2.645	9	20.0	1.530	1.238	1	13.34	1.423	2	13.20	1.522	2	12.37	53.0	1.747	1.142
22	27＋500	暗灰色シルト質粘土	NTP 16	70-270	97	92	87	112	41	71	A-7-5 (20)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
23	29＋000	暗灰色シルト質粘土	NTP17	50-250	97	92	87	75	38	37	A-7-5 (20)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
24		暗灰色シルト質粘土		250-300	100	97	95	102	39	63	A-7-5 (20)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
25	30＋000	暗灰色シルト質粘土	NTP 18	110-300	100	100	99	102	43	59	A-7-5 (20)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
26	32＋000	赤褐色シルト質粘土	NTP19	0-250	100	100	98	79	36	43	A-7-5 (20)	23.65	48.35	28.00	2.759	14	26.3	1.450	1.106	1	4.04	1.347	3	2.78	1.429	9	0.99	35.0	1.737	1.207
27	34＋500	暗褐色シルト質粘土	NTP 20	0-300	100	99	97	88	42	46	A-7-5 (20)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
28	36＋000	暗灰色シルト質粘土	NTP 21	0-130	100	94	91	87	41	46	A-7-5 (20)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
29		明褐色シルト質粘土		130-250	92	83	77	89	39	50	A-7-5 (20)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
30	37＋500	暗灰色シルト質粘土	NTP 22	0-140	98	94	91	93	41	52	A-7-5 (20)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
31		明褐色シルト質粘土と玄武岩礫		140-270	88	82	79	90	36	54	A-7-5 (20)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
32	38＋500	暗灰色シルト質粘土	NTP 23	50-270	97	93	92	78	46	32	A-7-5 (20)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
33	40＋500	赤褐色シルト質粘土	NTP 24	0-220	100	99	97	63	37	26	A-7-5 (18)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
34	42＋500	赤褐色シルト質粘土	NTP25	70-300	100	99	97	62	34	28	A-7-5 (20)	11.00	62.38	26.17	2.732	17	21.7	1.483	1.114	1	3.24	1.373	4	2.59	1.473	9	1.15	31.0	1.589	1.213
35	43＋500	玄武岩礫	NTP 26	0-150	95	94	90	62	37	25	A-7-5 (18)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
36	45＋000	明褐色シルト質粘土	NTP 27	50-250	100	100	97	63	39	24	A-7-5 (18)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
37	46＋500	暗褐色シルト質粘土	NTP 28	60-250	99	96	91	84	44	40	A-7-5 (20)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
38	48＋000	暗灰色シルト質粘土	NTP 29	0-300	98	95	94	106	48	58	A-7-5 (20)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
39	49＋500	暗灰色～暗褐色沖積粘土	NTP30	0-240	100	99	98	100	57	43	A-7-5 (20)	9.80	61.58	28.62	2.783	14	29.0	1.385	1.126	2	9.88	1.324	2	8.39	1.393	2	7.85	36.0	1.546	1.137

表 6.5.16 土質試験結果一覧表（テストピット試料）―（3）

Sr. No	距離程 (km)	地層	Test Pit No.	深度 (cm)	% pass (mm) 2.000	0.425	0.075	LL %	PL %	PI %	AASHTO 土質区分	沈降分析 Sand% (2.0-0.06mm)	Silt% (0.06-0.02mm)	Clay% (<0.002mm)	比重	収縮限界 %	OMC %	MDD T-180 g/cm³	3 - Point CBR % 10 blows 密度 g/cm3	CBR	膨張率 %	30 blows 密度 g/cm3	CBR	膨張率 %	65 blows 密度 g/cm3	CBR	膨張率 %	NMC	現場密度 密度 gm/cm3	乾燥密度 gm/cm3
40	50＋500	暗灰色シルト質粘土	NTP31	0-270	99	94	90	86	42	44	A-7-5 (20)	16.35	56.55	26.23	2.802	13	24.0	1.463	1.159	1	8.85	1.370	2	7.33	1.474	2	6.39	46.0	1.711	1.172
41	51＋500	明褐色シルト質粘土	NTP 32	0-240	100	100	98	70	33	37	A-7-5 (20)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
42	53＋000	明褐色シルト質粘土	NTP 33	0-180	100	97	93	63	41	22	A-7-5 (17)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
43	55＋000	赤褐色シルト質粘土	NTP 34	60-100	97	96	94	81	43	38	A-7-5 (20)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
44	56＋500	明褐色シルト質粘土	NTP 35	80-180	97	87	85	76	45	31	A-7-5 (20)	19.4	53.89	24.01	2.771	14	23.5	1.542	1.234	2	6.55	1.453	3	5.34	1.527	4	3.79	41.0	1.910	1.355
45	57＋500	赤褐色シルト質粘土	NTP 36	45-200	100	99	98	71	39	32	A-7-5 (20)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
46	59＋000	赤褐色シルト質粘土	NTP 37	50-300	92	90	89	80	44	36	A-7-5 (20)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
47	60＋500	赤褐色シルト質粘土	NTP 38	40-250	100	100	95	59	36	23	A-7-5 (17)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
48	62＋000	赤褐色シルト質粘土	NTP 39	0-180	98	93	89	64	33	31	A-7-5 (20)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
49		赤褐色シルト質粘土		180-280	98	97	95	65	34	31	A-7-5 (20)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
50	63＋000	赤褐色シルト質粘土	NTP40	0-260	100	100	98	74	44	30	A-7-5 (20)	10.1	60.16	29.44	2.753	17	27.0	1.464	1.154	2	3.86	1.342	6	2.84	1.383	11	2.07	43.0	1.682	1.176

■　収縮試験

収縮試験から求められる収縮限界は、土が塑性状態から固体状態に変化するときの含水比であり、土の基本的な物理的指標の一つである。試験結果によれば、収縮限界（SL）と収縮比（R）は、次の通りである。

表 6.5.17　収縮限界と収縮比

地層	SL（%）	R	平均 SL(%)	平均 R
ブラックコットンソイル	3.2～12.5	2.0～2.2	6.7	2.1
赤色土	14.1～16.8	1.9～2.0	15.7	1.9

平均収縮限界はブラックコットンソイルと赤色土では 2 倍以上の差が認められる。これはブラックコットンソイルが粘土質で間隙比が大きく、赤色土がシルト質で間隙比が小さいことによるものである。次に収縮限界を利用して土の膨潤度（Expansiveness）を求めることができる。

エチオピア ERA 野外調査マニュアル（2002）及びタンザニア道路設計マニュアル（1999）によれば膨潤度は、次式によって求められる。

Ｅex ＝ 2.4Wp－3.9Ws＋32.5

Eex＝ 膨潤度（Expansiveness）

Ｗｐ（%）＝　PI　(0.425mm フルイを通過した試料の塑性指数)/100

Ｗｓ（%）＝　SL（0.425mm フルイを通過した試料の収縮限界）/100

これらの指標値は上記マニュアルによって、次のように区分され、地層の良否の判定に利用されている。

表 6.5.18　膨潤度の判定区分

膨潤度	程度
＜20	低位
20－50	中位
＞50	高位

次に調査結果に基く膨潤度（Eex）の計算結果を次表に示す。

表 6.5.19　膨潤度の計算結果

Km	地層	通過% 0.425mm	LL（%）	PL（%）	PI（%）	SL（%）	Wp（%）	Ws（%）	Eex
4+000	BCS	99	89	38	51	11	50.5	10.9	111
13+500	BCS	92	80	38	42	8	38.6	7.4	97
23+000	BCS	96	86	35	51	6	49.0	5.8	128
26+500	BCS	85	86	43	43	9	36.6	7.7	90
32+000	赤色シルト	100	79	36	43	14	43.0	14.0	81
42+500	赤色シルト	99	62	34	28	17	27.7	16.8	33
49+500	褐色粘土	100	100	57	43	14	43.0	14.0	81
50+500	BCS	95	86	42	44	13	41.8	12.4	85
56+500	褐色粘土	86	76	45	31	14	26.7	12.0	50
63+000	赤色シルト	99	74	44	30	17	29.7	16.8	38

上表の結果によれば、すべてのブラックコットンソイルは膨潤度 85 以上を示し、著しく膨潤度は高い。一方、赤色土（シルト）の膨潤度は、33～81 を示し、ブラックコットンソイルに比較すると低いものの、中位～高位に区分される。

■　一軸圧縮試験

一軸圧縮試験は、次の 9 試料で実施した。結果は次の通りである。

表 6.5.20　一軸圧縮試験結果

BH No.	地層名	一軸圧縮強度（ KPa ）
NBH 1	ブラックコットンソイル（BCS）	69
NBH 2	下位粘土（LC）	231
NBH 6	ブラックコットンソイル（BCS）	13
NBH 10	赤色シルト（URC）	308
NBH 11	ブラックコットンソイル（BCS）	44
NBH 12	ブラックコットンソイル（BCS）	35
NBH 13	褐色粘土（UBC）	104
NBH 13-2	褐色粘土（UBC）	51
NBH18	褐色粘土（UBC）	32

上表のうち、NBH 2 の下位粘土（LC）と NBH10 の赤色シルト（URC）が著しく高い値を示す。この 2 試料はいずれも N 値 10～15 を示す硬質シルト～粘土である。ブラックコットンソイルの一軸圧縮強度は、13～69KPa の範囲にある。

■　三軸圧縮試験（UU）

三軸圧縮試験（UU）は、次の 8 試料で実施した。結果は次の通りである。

表 6.5.21　三軸圧縮試験結果

BH No.	地層名	粘着力 C (KPa)	内部摩擦角 Φ（°）
NBH 2	ブラックコットンソイル（BCS）	37	12
NBH 3	ブラックコットンソイル（BCS）	42	16
NBH 4	ブラックコットンソイル（BCS）	38	12
NBH 10	赤色粘土（URC）	45	17
NBH 11	ブラックコットンソイル（BCS）	28	14
NBH 12	ブラックコットンソイル（BCS）	36	15
NBH 13	褐色粘土（UBC）	12	7
NBH 13-2	褐色粘土（UBC）	38	10

上表のうち NBH10 の赤色シルト（URC）は、粘着力、内部摩擦角とも最大値を示す・

■　圧密試験

圧密沈下の検討は、台地上のデジェン側のブラックコットンソイル分布区間、アベヤ川、イエダ川の谷底平野の計 3 地点を代表地点として実施した。計算は⊿e 法により次の 4 ケースで実施した。

表 6.5.22　圧密試験結果　ケース 1　デジェン（NBH2）

盛土高＝1m	盛土γt＝19.0 KN/m2	e 0＝0.8858
上面幅＝11m	沈下層γt＝17.6 KN/m2	e f＝0.8487
底面幅＝15m	沈下層の厚さ＝5.0m	Cc=0.07
法勾配＝1：2	地下水位＝なし	

表 6.5.23　圧密試験結果　ケース 2　デジェン（NBH2）

盛土高＝3m	盛土γt＝19.0 KN/m2	e 0＝0.8858

上面幅＝11m	沈下層γt＝17.6 KN/m2	e f＝0.7284
底面幅＝23m	沈下層の厚さ＝5.0m	Cc=0.07
法勾配＝1：2	地下水位＝なし	

表 6.5.24　圧密試験結果　ケース 3　アベヤ（NBH4）

盛土高＝5m	盛土γt＝19.0 KN/m2	e 0＝0.9764
上面幅＝11m	沈下層γt＝17.9KN/m2	e f＝0.7284
底面幅＝31m	沈下層の厚さ＝10.0m	Cc=0.482
法勾配＝1：2	地下水位＝－1.0m	

表 6.5.25　圧密試験結果　ケース 4 イエダ（NBH13）

盛土高＝5m	盛土γt＝19.0 KN/m2	e 0＝0.907
上面幅＝11m	沈下層γt＝16.9KN/m2	e f＝0.560
底面幅＝31m	沈下層の厚さ＝10.0m	Cc=0.258
法勾配＝1：2	地下水位＝－1.2m	

解析結果は次の通りである。

表 6.5.26　圧密解析結果

地点名	デジェン（NBH2）	デジェン（NBH2）	アベヤ（NBH4）	イエダ（NBH13）
盛土高	H =1m	H =3m	H =5m	H =5m
最終沈下量	0.028cm	0.067cm	4.2cm	25.1cm
圧密沈下度 90%に達する時間	490 ヶ月	494 ヶ月	903 ヶ月	119 ヶ月

沈下量は、イエダ川が最大を示す。これは、イエダ川がアベヤ川に比べて氾濫回数、時間共に多く、軟弱な粘土が堆積しているためと推定される。沈下時間は CV 値が小さく、いずれも長時間を示す。

■　CBR 試験

CBR 試験は、40 ヶ所のテストピットのうち 10 ヶ所から採取した試料に対し実施した。　結果は次の通りである。

表 6.5.27　CBR 試験結果

TP No.	地層	最適含水比 OMC (%)	最大乾燥密度 MDD(g/cm3)	CBR (65blows)	膨張比 Swell(%)
NTP2	ブラックコットンソイル	24.0	1.490	2	9.96
NTP7	ブラックコットンソイル	17.0	1.510	2	7.95
NTP13	ブラックコットンソイル	26.5	1.561	2	8.38
NTP15	ブラックコットンソイル	20.0	1.530	2	12.37
NTP19	赤色シルト	26.3	1.450	9	0.99
NTP25	赤色シルト	21.7	1.483	9	1.15
NTP30	褐色粘土	29.0	1.385	2	7.85
NTP31	ブラックコットンソイル	24.0	1.463	2	6.39
NTP35	赤色シルト	23.5	1.542	4	3.79
NTP40	赤色シルト	27.0	1.464	11	2.07

上表によれば、ブラックコットンソイルの CBR 値はすべて 2 を示す。これに対し、赤色粘土の CBR 値は 4～11 であり、明瞭な強度の違いが認められる。また CBR 試験に伴う吸水膨張試験（Swell）

は、突き固めた試料に対して水浸後の体積変化を見るものであるが、ブラックコットンソイルが6.39～12.37（%）と高い値を示すのに対し、赤色粘土は0.99～3.79と著しく低い値を示す。

日本の土質工学会基準によれば膨張比については次のような区分がある。

表 6.5.28　膨張比区分

路床の状態	膨張比（%）
良好な路床	1以下
通常な路床	3以下
不良な路床	3以上
腐植土	7～20

これによれば、ブラックコットンソイルはすべて3以上の不良な路床に区分される。

■　岩石試験

岩石試験は、次の3試料について実施した。結果は次の通りである。

表 6.5.29　岩石試験結果

BH No.	岩石	層相	圧縮強度（MPa）
NBH 4	玄武岩	強風化礫状コア	7
NBH 7	玄武岩	新鮮な棒状コア	25
NBH12	玄武岩	変質した棒状コア	12

上記の結果は、玄武岩の風化過程における強度変化を明瞭に示している。　一般に、岩盤は風化程度に応じてA～D級岩盤まで区分される。

表 6.5.30　岩盤区分

岩質区分	A	B	C	D
圧縮強度（MPa）	120以上	25～120	18.5	8

この区分に従えばNBH4はD級、NBH7はB級、NBH12はC級岩盤に区分される。但し、これらの岩盤は、N値50以上を示しており、支持層として問題はない

11）ブラックコットンソイルの施工上の問題点

ブラックコットンソイルの特徴は一般的な粘性土に比較して著しく膨潤度（Expansiveness）が高いことである。膨潤は、乾季と雨季の繰り返しによる含水量の変化によって発生する。即ち、雨季には含水量の増加に伴い膨潤が発生し、乾季には含水量の減少と共に収縮が発生する。この繰り返しが地盤に変状をもたらす結果となる。乾季と雨季の含水量の違いを比較するには、それぞれの季節における同一の地形条件、同一地質条件、同一深度での比較が必要である。そこで、2003年11月（乾季）と2010年9月（雨季）における同じ平坦な台地面で直接ブラックコットンソイルが地表に露出している地点の含水量を比較すると次の通りである。

表 6.5.31　雨季（2010年9月）ブラックコットンソイル含水量

ボーリング	深度（m）	含水量（%）
NBH 1	2.0～2.5	41.5
BNH 2	2.0～2.5	38.0

表 6.5.32　乾季（2003 年 11 月）ブラックコットンソイル含水量

ボーリング	深度（m）	含水量（%）
BH 1	2.0～3.0	31.0

両者を比較すると、雨季は乾季に比較して約 7～10%程度含水量が増加する。この含水量の変化を収縮試験結果と比較した結果を　表 6.5.33に示す。線収縮は収縮試験による体積変化を立方体 1 辺の長さの変化に換算したものである。これによれば、ブラックコットンソイルは含水比が 10%増加すると線収縮は 2～6%（平均 3.6%）増加する。逆に含水比が 10%減少すれば線収縮は同じ割合で減少する。即ち、ブラックコットンソイルを 1m^3 の立方体と仮定すると 1 辺 1m当たり、平均 3.6%の割合で増減が発生することとなる。但し、一般に季節変化に伴う含水量の変化が発生するのは、凍結の起こる寒冷地を除き、地表よりおよそ数m程度と言われている。とは言え、膨潤、収縮の繰り返しは地表面の変形を引き起こす。この問題を解決するには、ブラックコットンソイルの一部を膨潤性の低い良質土で置き換えるか又は、ライム（消石灰）などを混入する地盤改良が必要となる。さらに、地盤の変状を引き起こすのは含水量の変化であることから、路床への水の浸入を防ぐため路床、法尻などにおける十分な排水対策が必要とされる。

表 6.5.33　自然含水比と線収縮の関係

No.	Sta. (Km)	深度(m)	地層	NMC(%)	SL(%)	R	NMC		NMC+10%			NMC+20%			NMC+30%		
							C(%)	Ls(%)	C(%)	Ls(%)	Rise(%)	C(%)	Ls(%)	Rise(%)	C(%)	Ls(%)	Rise(%)
NTP2	4+000	0.6-2.4	ブラックコットンソイル	38.0	11.2	2.1	56.3	14.0	77.3	18.0	4.0	98.3	21.0	7.0	119.3	23.0	9.0
NBH1	5+060	2.0-2.5	ブラックコットンソイル	41.5	3.2	2.1	80.7	18.0	101.9	21.0	3.0	123.0	23.0	5.0	144.0	26.0	8.0
NTP7	13+500	0.7-1.4	上位褐色粘土	38.0	8.1	2.3	68.8	16.0	91.8	20.0	4.0	114.8	22.0	6.0	137.8	25.0	9.0
NBH2	14+560	2.0-2.5	ブラックコットンソイル	40.0	2.8	2.2	81.8	18.0	103.8	22.0	4.0	125.8	24.0	6.0	147.8	26.0	8.0
NBH3	20+080	2.0-2.5	ブラックコットンソイル	38.0	1.9	2.2	61.8	15.0	101.4	21.0	6.0	123.4	23.0	8.0	145.4	26.0	11.0
		3.0-3.5	ブラックコットンソイル	45.0	4.4	2.1	85.3	19.0	106.3	22.0	3.0	127.3	24.0	5.0	148.3	26.0	7.0
NBH4	22+040	2.0-2.5	ブラックコットンソイル	37.8	3.8	2.1	71.4	17.0	92.4	20.0	3.0	113.4	22.0	5.0	134.4	25.0	8.0
		2.5-3.0	ブラックコットンソイル	34.7	7.3	2.1	57.5	14.0	78.5	18.0	4.0	99.5	21.0	7.0	120.5	23.0	9.0
NTP13	23+000	0.5-3.0	ブラックコットンソイル	33.0	5.7	2.3	62.8	15.0	85.8	19.0	4.0	108.8	22.0	7.0	131.8	25.0	10.0
NTP15	26+320	0.7-3.0	ブラックコットンソイル	53.0	9.2	2.1	92.0	20.0	113.0	22.0	2.0	134.0	25.0	5.0	155.0	27.0	7.0
NBH6	26+500	2.5-3.0	ブラックコットンソイル	40.1	6.2	2.0	67.8	16.0	87.8	19.0	3.0	107.8	22.0	6.0	127.8	24.0	8.0
NTP19	32+000	0.0-2.5	上位赤色粘土	35.0	15.1	1.9	37.8	10.0	56.8	14.0	4.0	75.8	17.0	7.0	94.8	20.0	10.0
NTP25	42+500	0.7-3.0	上位赤色粘土	31.0	16.8	1.9	27.0	8.0	46.0	12.0	4.0	65.0	15.0	7.0	84.0	19.0	11.0
NBH10	44+060	2.0-2.4	上位赤色粘土	35.3	15.1	1.9	37.4	10.0	57.4	14.0	4.0	76.4	17.0	7.0	95.4	20.0	10.0
NBH11	47+420	2.5-3.0	ブラックコットンソイル	42.3	6.8	2.1	74.6	17.0	95.6	20.0	3.0	116.6	23.0	6.0	137.6	25.0	8.0
NBH12	48+900	2.0-2.5	ブラックコットンソイル	43.1	7.8	2.0	70.6	16.0	90.6	20.0	4.0	110.6	23.0	7.0	130.6	25.0	9.0
NBH13	49+200	2.0-2.5	ブラックコットンソイル	30.5	10.7	2.0	39.6	10.0	59.6	14.0	4.0	79.6	18.0	8.0	99.6	21.0	11.0
NTP30	49+500	0.0-2.4	上位褐色粘土	36.0	14.1	1.9	41.6	11.0	60.6	15.0	4.0	79.6	18.0	7.0	98.6	21.0	10.0
NBH13-2	50+200	2.0-2.5	上位赤色粘土	21.3	2.5	2.1	41.6	11.0	60.6	15.0	4.0	79.6	18.0	7.0	98.6	21.0	10.0
NTP31	50+500	0.0-2.7	ブラックコットンソイル	46.0	12.5	2.1	30.4	16.0	91.4	20.0	4.0	112.4	22.0	6.0	133.4	25.0	9.0
NTP35	56+500	0.8-2.3	上位赤色粘土	41.0	14.4	2.0	53.2	13.0	73.2	17.0	4.0	93.2	20.0	7.0	113.2	22.0	9.0
NTP40	63+000	0.0-2.6	上位赤色粘土	43.0	18.3	1.9	46.9	12.0	65.9	16.0	4.0	84.9	19.0	7.0	103.9	21.0	9.0

NMC＝自然含水比、SL=収縮限界、R=収縮比、C=体積変化、LS=線収縮、Rise＝増加率

12）材料調査

材料調査は、採石場（コンクリート用骨材）、土取場（盛土材料）に分けて調査を実施した。表 6.5.34、表 6.5.35にテジェン～テブレマルコス間に位置する既設及び未開発の採石場及び土取場の一覧表を示す。新たな採石場と土取場は、耕作地、放牧地を除き、車によるアクセス可能な未開発地を選

定した。候補地点は、主として丘陵地であるが、これらの殆どは、土地利用されており、調査地点は限定される。

表 6.5.34　採石場一覧表（デジェン-デブレマルコス）

Site No.	位置	国道A-3からの距離	座標	岩石	長さ (m)	幅 (m)	高さ (m)	概略体積 m^3	調査内容
Q-5	Dejen の南 (ERA採石場)	町の中心から南へ 1.0Km	0407675E 1122318N	黒色緻密玄武岩	400	100	20	800,000	サンプリング
Q-4	23号線そば	4.0Km 北	0404942E 1135268N	灰色多孔質玄武岩	400	400	10	1,600,000	ボーリング (10m)
AD-4-2	Bechet R. とAsametech R. の間 (Yetnora の北)	3.0Km 北	ditto	黒色緻密玄武岩（節理あり）	200	200	20	800,000	ボーリング (10m)
AD-4-1	Bechet R. とAsametech R. の間 (Yetnora の北)	3.5Km 北	0407230E 1134558N	風化玄武岩（赤色粘土あり）	300	300	20	1,800,000	
AD-3	Aba Adem R. と Taba R.の間	1.0Km 南	0392975E 1129553N	風化玄武岩（赤色粘土あり）	100	100	10	100,000	
AD-2-1	Bogena R. と Abeya R. の間(既設採石場)	0.7Km 南	0387855E 1130293N	黒色緻密玄武岩（塊状）	200	200	20	800,000	サンプリング
Q-1	Ambesh R. と Yeda R.の間 (ERAのプラント)	0.2Km 南	0369476E 1136555N	黒色緻密玄武岩（節理あり）	200	200	15	600,000	サンプリング
Q-2	Chemoga R. と Ambesh R.の間	3.5Km 北	0368376E 1141783N	風化玄武岩（赤色粘土あり）	400	100	-	-	
Q-3	Chemoga R. と Ambesh R.の間	4.0Km 南	0364818E 1133488N	黒色緻密玄武岩（節理あり）	300	300	20	1,800,000	

表 6.5.35　土取場一覧表（デジェン-デブレマルコス）

Site No.	位置	国道A−3からの距離	座標	地層	長さ (m)	幅 (m)	高さ (m)	概略体積 m3	調査内容
AD-8	Yet Nora Sta.No.11+360	0.37Km	0400317E 1132256N	赤色土（強風化玄武岩）	-	-	-	16,000	サンプリング
AD-9	Yet Nora Sta.No.11+360	0.57Km	0400450E 1132116N	赤色土（強風化玄武岩）	-	-	-	15,000	サンプリング
AD-10	Yet Nora Sta.No.11+680	0.80Km	0400450E 1132116N	赤色土	-	-	-	50,000	サンプリング
AD-7	Yet Nora Sta.No.9+000	2.5Km	0402588E 1134818N	赤色土	-	-	-	180,000	テストピット
AD-6	Yetmen　の北	18.0Km 北	0408162E 1148817N	強風化玄武岩（赤色土）	200	200	20	800,000	サンプリング
AD-2-2	Bogena R. と Abeya R.の間	0.0Km	0387538E 1131597N	赤色土（礫混入）	200	100	15	300,000	テストピット
AD-1	Bogena R. と Abeya R.の間 (Lumameの東)	0.5Km 旧国道	0385950E 1132292N	赤色土（礫混入）	200	100	10	200,000	テストピット
B-2	Getla R. と Bogena R.の間 (Lumameの西)	0.0Km	0377378E 1131683N	赤色土、強風化玄武岩	200	200	20	800,000	サンプリング
B-1	Ambesh R. と Yeda R.の間 (Q-1の下)	0.0Km	0369683E 1136453N	赤色土（礫混入）	200	300	30	1,800,000	
AD-5	Ambesh R. と Yeda R.の間 (ERAの土取場)	0.4Km 西	0369336E 1135665N	赤色土、強風化玄武岩	300	100	20	600,000	

■　骨材材料試験結果

骨材材料試験結果を表 6.5.36に示す。試験試料は、Q4 地点を除きいずれも現在稼動中の採石所及び休止中の採石場により採取した。Q4 地点は玄武岩が地表に露出し植生もないため、未利用の荒地である。Q4 と AD4-2 地点は露頭での新鮮な試料の採取が困難なためボーリング（深度 10m）により玄武岩試料を採取した。

試験内容は、次の通りである。

密度と吸水率（AASHTO T-85）

ロスアンジェルス試験（AASHTO T-96）

破砕試験（BS812）
安定性試験（AASHTO T-104）

表 6.5.36　採石試料材料試験結果一覧表

Sr No	位置（Km）	地点No.	試料	地層	比重と吸水率（AASHTO T-85）				ロスアンジェルス試験（ASHTO T-96）		破砕試験（BS 812：1990）	安定性試験（硫酸ナトリウム）（ASHTO T-104）
					比重(Dry)	比重(SSD)	見掛比重	吸水率 (%)	粒度区分	LAA %	ACV %	Soundness Loss %
1	Dejenの南 1.4km	Q5	ブロックサンプル	節理のある玄武岩	2.892	2.936	3.026	1.5	B	14	11	0.5
2	6+780, Rt. 4.4km	Q4	コアサンプル	節理のある新鮮な玄武岩(上部多孔質)	2.741	2.819	2.973	2.8	B	14	13	0.5
3	9+000, Rt. 2.3Km	AD4-2	コアサンプル	新鮮なやや風化した玄武岩	2.922	2.966	3.057	1.5	B	12	11	1.1
4	24.6Km, Lt. 700m	AD2-1	ブロックサンプル	急崖を形成する多孔質玄武岩	2.834	2.882	2.976	1.7	B	15	15	0.7
5	6.78Km, Rt. 18km	AD6	ブロックサンプル	暗灰～黄灰色玄武岩	2.889	2.938	3.040	1.7	B	12	11	0.7

- 密度と吸水率

一般的に使用されるコンクリート骨材の密度は2.55～2.70程度、吸水率は0.5～3.5%程度である。試験結果によれば密度は2.741～2.992の範囲にあり、かなり高い値を示す。また吸水率は1.5～2.8%の範囲にある。即ちこれらの試料はいずれも緻密、硬質な玄武岩であり、材料として問題ない。

- ロスアンジェルス試験

本試験はコンクリート用粗骨材が道路舗装やダムに適するか否かの判断に利用される。JIS 規格によればすりへり減量限度は、舗装については 35%と規定されている。試験結果によれば、すりへり減量（LAA）は 12～15%の範囲にあり、材料として問題ないと言える。

- 破砕試験

本試験は骨材に一定の荷重を加えて破砕させ骨材の使用の可否を判断するものである。JIS 規格では破砕値が 30%を超えるものを軟弱な骨材としている。試験結果によれば、破砕値は 11～15%の範囲にあり、材料として問題ないと言える。

- 安定性試験（硫酸ナトリウム）

本試験は気象作用に対する骨材の耐久性を知るために実施する。日本道路協会コンクリート示方書では骨材の損失質量パーセントは細骨材 10%以下、粗骨材 12%以下である。試験結果によれば、損失率は 0.5～1.1%の範囲にある。これらはいずれも極めて小さな値であり、材料として問題ないと言える。

■　土取場試料土質試験結果

盛土材料は畑地、牧草地などの土地利用のされていない、赤色土、礫混じり赤色土、強風化玄武岩等の分布する丘陵及び丘陵斜面を中心に計 8 ヶ所選定した。これらの試料について比重、含水量、粒度、液性塑性、CBR 試験を実施した。試験結果は表 6.5.37、表 6.5.38に示す。またブラックコットンソイルにライム（消石灰）を混入した試料に対する CBR 試験結果を表 6.5.39に示す。

表 6.5.37 土取場試料土質試験結果一覧表（1）

Sr. No	地点No.	位置 (km)	地層	採取深度	% pass (mm)			LL %	PL %	PI %	土質区分 (AASHTO)	沈降試験			OMC %	MDD T-180 g/cm³	3 - Point CBR %									比重	LS %
																	10 blows			30 blows			65 blows				
					2.000	0.425	0.075					砂% (2.0-0.06 mm)	シルト% (0.06-0.02 mm)	粘土% (<0.002mm)			密度 g/cm3	CBR	膨張率 %	密度 g/cm3	CBR	膨張率 %	密度 g/cm3	CBR	膨張率 %		
7	AD2-2	25.46, Rt.	赤褐色粘土質シルト	0.0 - 3.0m	97	96	95	74	41	33	A-7-5 (20)	4.17	61.07	31.76	35.0	1.525	1.211	1	6.76	1.347	3	5.44	1.431	4	3.61	2.833	19
5	AD1	28.00, Lt. 700m	赤褐色砂質粘土質シルト	0.0 - 3.0m	100	99	98	68	39	29	A-7-5 (20)	12.19	62.39	25.42	25.0	1.468	1.230	2	4.64	1.434	6	4.20	1.517	7	3.30	2.824	18
6					100	99	98	66	37	29	A-7-5 (20)	11.02	63.22	25.76	29.0	1.548	1.257	2	5.60	1.432	6	4.11	1.503	7	2.90	2.758	18
1	B2	40.60,Rt.	黄褐色シルト質砂礫	S1	30	20	15	61	37	24	A-2-7 (0)	15.97	11.04	2.60	10.8	2.050	1.861	35	0.33	1.987	78	0.21	2.063	89	0.17	2.823	16
2			黄灰色砂質粘土質シルト	S2	100	100	95	80	48	32	A-7-5 (20)	7.70	62.33	29.81	28.0	1.350	1.120	2	10.29	1.271	2	10.29	1.334	2	10.29	2.739	19
3			灰褐色シルト質砂礫	S3	36	22	16	54	36	18	A-2-7 (0)	21.87	12.84	1.43	15.5	1.970	1.808	36	0.58	1.916	51	0.42	2.003	85	0.10	2.869	14
4			褐色砂礫シルト	S4	86	79	73	75	47	28	A-7-5 (19)	17.00	54.35	14.63	28.5	1.430	1.208	2	10.29	1.347	2	10.29	1.391	2	10.29	2.852	20
8	AD6	6.78Km, Rt. 18km	黄灰褐色シルト質砂礫	S1	30	19	14	55	38	17	A-2-7 (0)	17.31	10.95	1.93	15.3	1.980	1.747	17	0.80	1.957	62	0.38	1.969	106	0.35	2.799	13
9	Blend of 40% AD6 with 60% AD1				47	40	38	64	37	27	A-7-5 (5)	11.54	26.41	8.99	22.0	1.770	1.491	3	2.57	1.677	10	2.53	1.805	15	1.92	2.799	18
10	Blend of 60%AD6 with 40%AD1				68	64	62	62	36	26	A-7-5 (15)	12.00	40.03	16.18	20.0	1.972	1.608	7	1.34	1.779	21	0.85	1.832	23	0.81	2.864	18

表 6.5.38 土取場試料土質試験結果一覧表 (2)

Sr. No	地点No.	位置 (km)	地層	採取深度	% pass (mm) 2.000	0.425	0.075	LL %	PL %	PI %	土質区分 (AASHTO)	沈降試験 砂% (2.0-0.06 mm)	シルト% (0.06-0.02 mm)	粘土% (<0.002mm)	OMC %	MDD T-180 g/cm³	3 - Point CBR % 10 blows 密度 g/cm3	CBR	膨張率 %	30 blows 密度 g/cm3	CBR	膨張率 %	65 blows 密度 g/cm3	CBR	膨張率 %	比重	LS %
1	AD7	9.00, Rt. 2.5km	赤褐色粘土質シルト	0 - 1m(S1)	100	100	98	63	35	28	A-7-5 (19)				26.0	1.400	1.202	1	2.43	1.343	9	2.30	1.434	15	1.97	2.687	18
2				1 - 2m(S2)	100	99	98	70	34	36	A-7-5 (20)	11.94	50.32	37.74	30.5	1.500	1.280	4	2.47	1.410	10	2.30	1.494	19	0.94	2.709	20
3				2 - 3m(S3)	99	97	96	69	35	34	A-7-5 (20)	-	-	-	29.0	1.458	1.260	2	5.14	1.357	4	4.52	1.428	6	2.98	2.725	20
4			褐色砂質シルト質粘土	0 - 2m(S1)	100	99	97	70	34	36	A-7-5 (20)	-	-	-	26.5	1.525	1.218	1	7.10	1.392	3	7.04	1.482	4	4.45	2.786	20
5				2 - 3m(S2)	70	65	63	67	37	30	A-7-5 (16)	-	-	-	25.5	1.653	1.385	3	2.66	1.601	9	2.35	1.654	11	2.12	2.786	19
6				3 - 4m(S3)	100	99	96	72	35	37	A-7-5 (20)	11.01	46.90	42.09	29.5	1.480	1.238	3	7.86	1.393	4	6.28	1.468	4	4.04	2.941	19
7			赤褐色砂質粘土質シルト	0 - 1m(S1)	96	95	93	62	33	29	A-7-5 (20)	9.50	64.65	25.86	30.0	1.520	1.254	3	3.20	1.399	9	2.66	1.530	11	2.02	2.732	18
8				1 - 2m(S2)	71	67	65	67	42	25	A-7-5 (15)	-	-	-	32.0	1.519	1.390	8	1.71	1.465	12	1.28	1.507	13	1.11	2.865	18
9				2 - 3m(S3)	80	75	72	66	37	29	A-7-5 (19)	-	-	-	27.5	1.549	1.349	7	3.48	1.456	10	2.93	1.514	10	2.38	2.890	18
10	AD8	11.36, Lt. 370m	灰色シルト質砂礫	S1	40	34	32	60	38	22	A-2-7 (2)	9.08	28.86	2.38	20.2	1.640	1.446	4	6.02	1.551	4	5.49	1.667	5	3.77	2.900	16
11	AD9	11.36, Lt. 570m	黄褐色シルト質砂礫	S1	58	35	30	66	47	19	A-2-7 (1)	29.45	25.96	2.60	19.3	1.780	1.359	10	1.02	1.499	39	0.98	1.595	55	0.94	2.793	11
12	AD10	1.68, Lt. 800m	赤黄褐色砂質シルト	S1	97	95	93	70	35	35	A-7-5 (20)	-	-	-	27.0	1.542	1.266	2	7.51	1.439	4	6.50	1.553	4	3.42	2.741	20
13				S2	100	96	88	70	40	30	A-7-5 (20)	15.28	49.47	25.88	27.5	1.601	1.294	3	2.44	1.496	5	4.97	1.563	6	5.96	2.915	18

LL=液性限界、PL＝塑性限界、PI＝塑性指数、OMC＝最適含水比、MDD＝最大乾燥密度、LS=線収縮限界

表 6.5.39 消石灰混入試験に対する CBR 試験結果

Sr. No	地点No.	地層	% ライム	アッターベルグ試験						3 - Point CBR % 消石灰による安定化試料										
				Before CBR			After CBR			OMC %	MDD T-180 g/cm^3	10 blows			30 blows			65 blows		
				LL %	PL %	PI %	LL %	PL %	PI %			密度 g/cm3	CBR	膨張率 %	密度 g/cm3	CBR	膨張率 %	密度 g/cm3	CBR	膨張率 %
1	NTP 2 (ETP1)	暗灰色シルト質粘土	2%	65	46	19	79	51	28	25.0	1.505	1.248	2	0.12	1.260	4	0.18	1.308	9	0.39
2			4%	52	42	10	65	48	17	25.0	1.501	1.396	2	0.27	1.392	14	0.13	1.415	11	0.25
3			6%	56	42	14	64	50	14	24.0	1.490	1.513	3	0.72	1.473	17	0.21	1.495	17	0.12
4	NTP 13 (ETP2)	暗灰色シルト質粘土	2%	71	46	25	67	47	20	18.0	1.562	1.254	4	1.08	1.564	6	0.98	1.636	11	0.94
5			4%	53	42	11	59	47	12	23.0	1.560	1.327	6	0.12	1.454	12	0.25	1.554	19	0.13
6			6%	51	44	7	51	46	5	23.0	1.540	1.304	11	0.20	1.432	20	0.21	1.509	50	0.15
7	NTP30 (ETP3)	赤色シルト質粘土を帯状に混入する 暗灰色シルト質粘土	2%	68	45	23	71	47	24	30.0	1.448	1.206	3	0.23	1.346	6	0.21	1.435	7	0.15
8			4%	54	41	13	57	46	11	33.0	1.395	1.195	7	0.21	1.329	16	0.18	1.401	31	0.13
9			6%	50	46	4	53	46	7	32.0	1.369	1.177	13	0.32	1.330	42	0.12	1.404	64	0.11

- 盛土材料

アベヤ川、イエダ川などの沖積低地では高さ 3m程度の盛土が計画されている。一般に盛土材料としては地盤強度が大きく、圧縮性が小さく、かつ自然含水比が最適含水比に近い材料が望ましい。さらに施工時のトラフィカビリティなどの考慮も必要となる。これらをほぼ満足させる材料としては B2 のシルト質砂礫（玄武岩の強風化帯）及び AD1,AD7 の砂混じりシルト質赤色土である。AD6 の礫質土も良好な材料であるが、国道 A3 線より約 18ｋｍも離れており、運搬上の問題がある。AD9 の礫質土も良好であるが賦存量（15000m^3）が極めて少ない。また AD7 の赤色土はシルト質でありかつ強度も十分にあり利用可能である。

- 置き換え材料

本ルート上には低地及び台地の一部にブラックコットンソイルが分布する。ブラックコットンソイルはすでに述べたように、膨張性が高く、強度（CBR2 以下）も低い。これらは良質土で置き換える必要があるが、置き換え材料として、エチアピア国 ERA 野外調査マニュアル（2002）によって次のような規定がある。

CBR＝5 以上

また上記の規定には含まれないが水によるブラックコットンソイルの膨張収縮をおさえるためにある程度透水性の低い材料が必要とされる。AD7 の赤色土は砂混じりシルトであり、透水性の低いことが期待される。またつき固めた試料の CBR 値も高い。

- ライム混合試料 CBR 試験結果

デジェンの台地（ETP1）、アベヤ川（ETP2）、イエダ川（ETP3）で採取したブラックコットンソイルに各々2%、4%、6%のライム（消石灰）を混入し、CBR 試験を実施した。調査結果から明らかなように 4%以上のライムの混入によって、塑性指数 PI は 20%以下となり CBR 値は 5 以上に増加し、膨張率は著しく低下した。改良効果は著しいものがあるが、施工コストの大幅な増大を招くものと思われる。

- 透水試験結果（変水位法）

土取場試料 AD1,AD6,AD7,AD9 及び AD10 の透水試験結果を表 6.5.40に示す。詳細設計時に更に詳細な調査を実施する予定である。

表 6.5.40　透水試験結果

シリアル No.	テストピット No.	試料No.	深度(m)	最大乾燥密度(kg/m³)	透水係数 K (cm/sec)	地層名
1	AD7(TP1)	S-1	0.00-1.00	1375	2.50×10^{-5}	赤褐色粘土質シルト
2	AD7(TP1)	S-2	1.00-2.00	1380	2.53×10^{-5}	赤褐色粘土質シルト
3	AD7(TP1)	S-3	2.00-3.00	1364	2.47×10^{-5}	赤褐色粘土質シルト
4	AD7(TP2)	S-1	0.00-2.00	1368	2.49×10^{-5}	赤褐色粘土質シルト
5	AD7(TP2)	S-2	2.00-3.00	1362	2.46×10^{-5}	赤褐色粘土質シルト
6	AD7(TP2)	S-3	3.00-4.00	1392	2.50×10^{-5}	赤褐色粘土質シルト
7	AD7(TP3)	S-1	0.00-1.00	1360	2.46×10^{-5}	赤褐色粘土質シルト
8	AD7(TP3)	S-2	1.00-2.00	1380	2.23×10^{-5}	赤褐色粘土質シルト
9	AD7(TP3)	S-3	2.00-3.00	1390	2.44×10^{-5}	赤褐色粘土質シルト
10	AD9	S-2	-	1498	1.05×10^{-5}	黄灰色シルト質砂礫
11	AD10	S-1	-	1370	2.49×10^{-5}	赤褐色粘土質シルト
12	AD10	S-2	-	1395	2.48×10^{-5}	赤褐色粘土質シルト
13	AD1	-	-	1370	2.49×10^{-5}	赤褐色粘土質シルト
14	AD1+AD6	混合試料	(40%+60%)	1834	4.69×10^{-5}	赤褐色シルト質砂礫
15	AD1+AD6	混合試料	(60%+40%)	1794	4.19×10^{-6}	赤褐色シルト質砂礫