

ミャンマー国
災害多発地域における
道路技術改善プロジェクト

パイロット事業結果報告書
(第Ⅱ期-その1)
道路安定処理
ボガレー 6号線

平成27年7月
(2015年)

独立行政法人
国際協力機構(JICA)

ペガサスエンジニアリング株式会社
株式会社オリエンタルコンサルタンツグローバル

基盤
JR
15-150



パイロット事業結果報告書 (第二期)

本編

2015 年 7 月

ミャンマー国災害多発地域における
道路技術改善プロジェクト

ミャンマー国
建設省、公共事業局

JICA 専門家チーム

プロジェクト位置図



目 次

プロジェクト位置図

0.	報告書要約	1
0.1	プロジェクトの背景・目的	1
0.2	プロジェクト実施内容	1
0.2.1	プロジェクト実施現況	1
0.2.2	標準横断図	2
0.2.3	業務実施チーム	2
0.2.4	作業実施工程	3
0.2.5	工事品質確保のための取組み	3
0.3	技術移転プログラム	4
0.3.1	プログラム概要・実施体制	4
0.4	業務改善のための提言集	4
0.4.1	プロジェクト監理	4
0.4.2	土壌改良用プラント	5
0.4.3	材料安定処理工事	5
0.4.4	道路建設工事	5
1.	序章	6
1.1	本技術協力プロジェクト実施の背景	6
1.2	パイロット事業（第二期）実施の目的	6
2.	PP-2 実施内容	7
2.1	PP-2 実施概要	7
2.2	計画・設計業務	13
2.2.1	舗装設計	13
2.2.2	安定処理材料の配合設計	14
2.2.3	砕石路盤排水工の設置	14
2.3	工事数量	16
2.4	PP-2 業務実施チームの設立	17
2.5	工事実施工程	18
2.5.1	着工準備前作業（本設工現場外）	18
2.5.2	本設工事（道路改良工）	21
2.6	工事品質管理のための取組み	29
2.6.1	工事出来形管理	29
2.6.2	安定処理材料品質管理	31

2.6.3プロジェクト監理に関する取組み	36
3. 技術移転プログラム	41
3.1 プログラム実施手法と取組み内容	41
3.2 ワークショップ実施内容	42
3.2.1実施概要	42
3.2.2ワークショップ実施効果の評価	44
4. 今後の業務に対する取組み方の改善に向けた提言集	49
4.1 目的	49
4.2 提言集	49
4.2.1プロジェクト監理	49
4.2.2土壌改良用プラント	51
4.2.3材料安定処理工事	52
4.2.4道路建設工事	54

別添資料

別添-A: Pavement Design Report in the PP-2

別添-B: The Report on Stabilized Material Test at RRL

別添-C: Work Quantity of the PP-2

別添-D: Drawings of the Soil Plant Foundation

別添-E: Test Report of Alkaline Digestion Method

図

2.2.1 路盤排水工横断図.....	15
2.2.2 路盤排水工設置平面図（縮尺外）.....	15
2.2.3 路盤排水工断面図（縮尺外）.....	15
2.5.1 事前準備作業・仮設ヤード作業模様.....	20
2.5.2 既存盛土掘削・再転圧作業模様.....	21
2.5.3 既存盛土拡幅作業模様.....	22
2.5.4 PP-2 路床構築時のイメージ横断図（縮尺外）	22
2.5.5 路床構築作業模様.....	23
2.5.6 セメント安定処理下層路盤作業模様.....	25
2.5.7 粒調碎石上層路盤作業模様.....	26
2.5.8 セメント安定処理上層路盤作業模様.....	26
2.5.9 表層工（DBST）作業模様.....	27
2.5.10 砕石路肩工作業完了箇所.....	28
2.5.11 砕石路盤排水工作業完了箇所.....	28
2.6.1 計測記録用紙書式（下層路盤）.....	30
2.6.2 PP-2 で使用したタイ製セメント袋	35
2.6.3 六価クロムアルカリ抽出法試験作業手順.....	35
2.6.4 PP-2 における連絡・報告体制と役割分担項目	36
2.6.5 業務日報書式.....	37
3.1.1 技術移転の枠組み.....	41
3.2.1 参加者の職務経歴.....	44
3.2.2 参加者の研修参加経歴.....	44
3.2.3 ワークショップ内容に関する満足度・理解度.....	46
3.2.4 ワークショップによる便益.....	48
4.2.1 道路クラス D-III および D-IV 標準横断図	50
4.2.2 プラント基礎建設作業模様.....	51
4.2.3 材料投入作業の訓練模様.....	52
4.2.4 掘削土乾燥中の模様.....	53
4.2.5 酸塩基反応により変色した材料.....	53
4.2.6 機材の適性に応じた転圧作業.....	54

表

2.2.1 舗装構造（区間-1）（浸透式マカダム）.....	13
2.2.2 舗装構造（区間-2）（DBST）.....	13
2.2.3 材料配合試験結果（重量比）.....	14
2.3.1 工事数量合計（1/2）.....	16
2.3.2 工事数量合計（2/2）.....	16
2.4.1 業務実施チーム要員表.....	17
2.6.1 道路出来形計測実施内容.....	29
2.6.2 FDT 目標値.....	31
2.6.3 FDT 結果まとめ（盛土）.....	32
2.6.4 FDT 結果まとめ（路床）.....	33
2.6.5 FDT 結果まとめ（下層路盤）.....	34
2.6.6 FDT 結果まとめ（セメント安定処理上層路盤）（未入手）.....	34
2.6.6 週間進捗報告書（05/04 - 05/10）.....	39
2.6.7 週間作業計画（05/11 - 05/17）.....	40
3.1.1 ワークショップでのトレーナー.....	40
3.2.1 自己評価集計結果（WS 前 vs WS 後）.....	45
3.2.2 講義テーマ別理解度レベル集計結果.....	47
3.2.3 今後さらに受講したい講義テーマ.....	47

0. 報告書要約

0.1 プロジェクトの背景・目的

エーヤワディ管区内の道路ネットワークは、ほとんどの路線に不通時の代替ルートが無く、また、道路建設に適した材料が、近傍から調達できないことから、脆弱性が非常に高い。このため、雨期に入ると多くの箇所で道路盛土が大きく変状し、その結果、道路が通行不能となる事態が頻発している。

このような事態を鑑みて、PW および JICA 専門家チームは、ボガレータウンシップ内の 10 号線道路を対象として、パイロットプロジェクト（第二期）を実施し、OJT およびワークショップ開催により、PW 職員の技術力向上に努めた。技術力向上に関する主な項目を以下に示す。

- ✓ 化学安定処理を加えた土質材料の品質管理能力の向上
- ✓ プロジェクト全体の監理能力、および現場での施工管理能力の向上
- ✓ プロジェクト監理および安定処理工事に関する一般的な知識の取得
- ✓ 日本から供与された土壌改良用プラントの操作・保守技能の取得

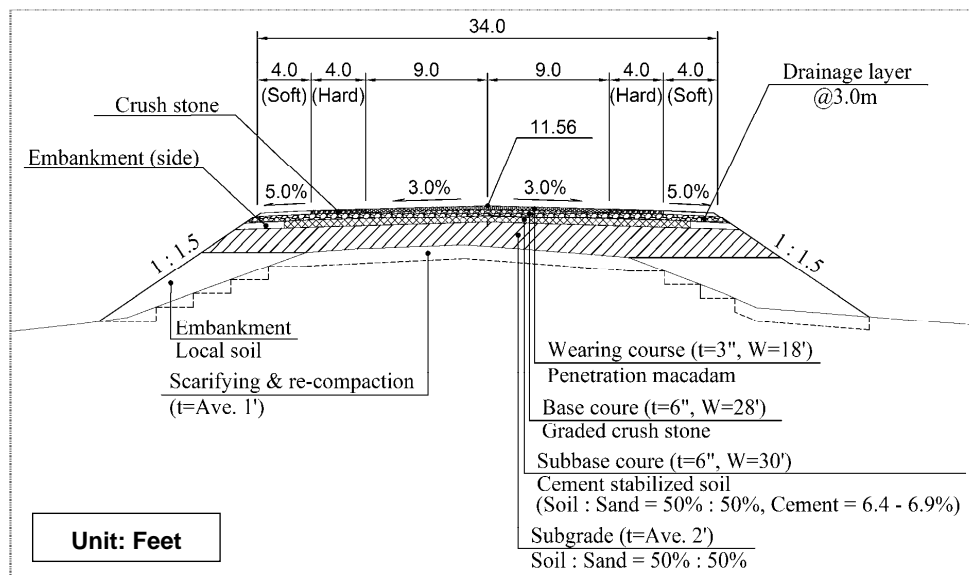
0.2 プロジェクト実施内容

0.2.1 プロジェクト実施現況

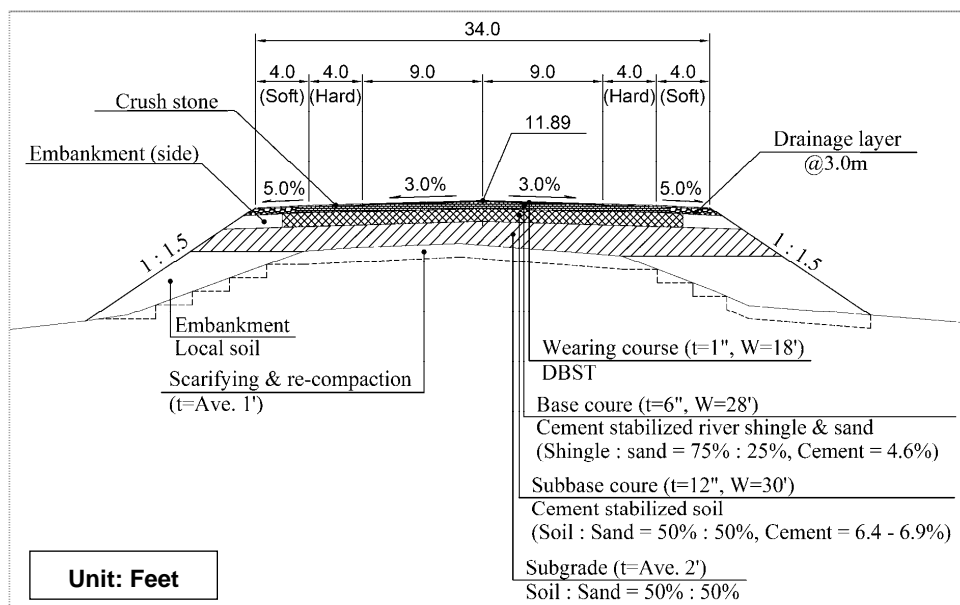
現在、現場では工事が稼働中である。2015 年 7 月 24 日現在の主要工種実施状況を下表に示す。また、各工種の実施内容詳細を本文 2.5 に記載する。

番号	工種	現況	備考
1	既存盛土掘削・再転圧	完了	
2	既存盛土拡幅	完了	
3	路床構築	完了	
4	セメント安定処理下層路盤	完了	
5	セメント安定処理上層路盤	完了	
6	粒調碎石上層路盤	実施中	雨期に入り悪天候により、進捗が遅れている。
7	表層（浸透式マカダム）	未実施	悪天候により、工事開始が遅延している。
8	表層（DBST）	完了	
9	碎石路盤排水工	完了	

0.2.2 標準横断面図



区間-1 (1/5 - 1/6.5: L = 300m)



区間-2 (1/6.5 - 2/0: L = 300m)

0.2.3 業務実施チーム

プロジェクトは、監理・運営した業務実施チームの構成表を下表に示す。

PP-2 実施チーム構成表

主担当業務	PW 員数	専門家
計画・設計	4	小林、宮本
プロジェクト運営・管理	4	小林、宮本、アクマル
材料品質管理	2	宮本
機械施工	3	小林、アクマル

0.2.4 作業実施工程

現場での作業は、2015 年 2 月 18 日より開始した。作業実施工程を以下に示す。また、内容を詳細は、本文 2.5 に記載する。

- (1) 事前準備工（本設現場外）
 - ✓ 事前測量
 - ✓ 仮設ヤード・土取場開設
 - ✓ プラント設置用基礎（RC 製）建設
 - ✓ プラント搬送・設置
- (2) 道路改修工事
 - 1) 土工
 - ✓ 既存盛土掘削・再転圧
 - ✓ 既存盛土拡幅
 - ✓ 路床構築
 - 2) 舗装工
 - ✓ セメント安定処理下層路盤
 - ✓ 上層路盤（粒調碎石上層路盤およびセメント安定処理）
 - ✓ 表層（浸透式マカダムおよび DBST）
 - ✓ 碎石路肩工
 - 3) 碎石路盤排水工

0.2.5 工事品質確保のための取組み

工事実施品質確保のための取組みの概要を以下に示す。また、内容の詳細を本文 2.6 に記載する。

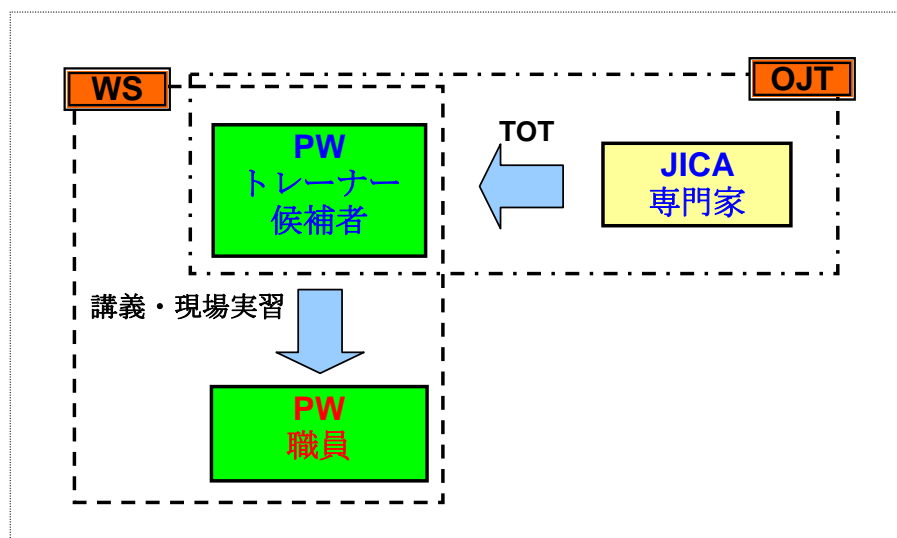
- (1) 工事出来形管理
 - ✓ 道路盛土両端に設置した木杭を基にして、路面高を計測し、計測結果を所定の記録用紙に記入する。
- (2) 安定処理材料の品質管理
 - ✓ 転圧作業完了後、現場乾燥密度試験を実施し、締固め度の確認を行う。
 - ✓ セメント本体からの六価クロム抽出試験の実施（外部委託）
- (3) プロジェクト監理
 - ✓ 連絡・報告体制の確立
 - ✓ 現場作業日報・週報の作成
 - ✓ 情報共有のための定例会議の開催

0.3 技術移転プログラム

0.3.1 プログラム概要・実施体制

本プロジェクトでは、OJT およびワークショップを開催することで、PW 職員への効率的な技術移転を目指す。また、OJT を通じて技術を取得した PW 職員が、ワークショップにおいて、他の職員を対象とした講義および実地訓練を実施する。技術移転プログラムの枠組みおよび、ワークショップでの講義テーマを以下に示す。

- ✓ 舗装設計
- ✓ 安定処理材料の配合設計
- ✓ 現場での材料品質管理手法
- ✓ プラントの操作・保守方法



技術移転の枠組み

0.4 業務改善のための提言集

「ミ」国において、今後の事業実施に対する取組み方を改善することを目的として、下記に示す提言集を作成した（提言詳細は本文 4. に記載）。

0.4.1 プロジェクト監理

(1) SI 国際単位系の採用

これまで PW では、道路分野の業務に、ヤード・ポンド法を採用してきたが、今後は、アジアン・ハイウェイを始めとした国際幹線道路プロジェクトを実施する際に、隣国との間で、数値や単位に関する混乱や違算を未然に防ぐため、世界の主流である、SI 単位系に統一採用するべきである。

(2) プロジェクトを雨季前に完了させるための実施スケジュール管理

乾季内に多くの現場が稼働し、結果として資機材・労務が不足し、竣工時期が雨期にずれ込んでしまう事態を避けるために、実施路線の優先順位付による、事業数の整理や、早期に事業実施計画書（資機材調達スケジュールを含む）を作成することが必要である。

(3) 品質管理担当者の工事現場への常駐

工事品質確保のためには、現場試験の実施と試験結果の検証が非常に重要であるため、プロジェクト実施前に、品質管理担当者が現場に常駐できるよう、の要員配置スケジュールを適切に検討・策定することが重要である。

(4) 工事実施手法や取組みに関する柔軟性の確保

現場が稼働後、発生する変更事項や諸問題について、柔軟に対応する資質がプロジェクト監理に従事する技術者に求められる。ただし、その柔軟性は入念な検討と検証に基づくものでなければならない。

0.4.2 土壌改良用プラント

(1) プラント設置用基礎コンクリートの建設

現場技術者は、基礎の破損により、プラントの崩落事故の発生を防ぐために、作業品質の管理を入念に実施する必要がある。

(2) プラントの日常点検・保守業務の徹底

プラントの良好な稼働状態を長期間維持するために、最も効果的な取組みは、点検・保守・清掃業務を、継続的に実施することである。

(3) プラントへの材料投入の際の留意事項

粘性土材料をプラントに投入する場合は、材料内に大きな土塊が残留している可能性を考慮して、徐々にゆっくりと作業を行う必要がある。また、投入部脇に点検員を配置し、状況を確認しながら作業を実施することが必要である。

0.4.3 材料安定処理工事

(1) 安定処理材料に用いる材料の準備作業

土取場で掘削した土は、乾燥させるために、土取場内に2～3日間放置し、即座に工事に使用してはいけない。

(2) 安定処理土の混合具合の確認

土質や含水比により、安定処理土の混合具合が異なるため、現場技術者は、毎プラント稼働日に混合具合を確認する必要がある。この際、アルカリ性物質に触れるとピンクに変色するフェノールフタレイン溶液を用いることが、簡易であり推奨する。

0.4.4 道路建設工事

(1) 機材の適性に応じた転圧作業の実施

PP-2では、粘性土系材料の初期転圧作業には、シープフットローラーを使用し、仕上げ面転圧作業にはタイヤローラーを使用した。

1. 序章

1.1 本技術協力プロジェクト実施の背景

本技術協力プロジェクト（技プロ）実施対象地域である、エーヤワディ管区内の道路ネットワークは、もし、一路線が不通になった場合、その代替ルートが無い場合が多い。また、良質な道路建設用材料（砕石、粗粒砂など）の調達先は同管区内に無いため、やむを得ず、土質特性が道路建設に適さない粘性土やシルトなどの現地発生土を用いて、道路盛土を建設している。しかし、その結果、雨期中には多くの箇所では盛土が大きく変状したことによる、通行不能区間が発生する事態が頻発している。このように、同管区内の道路ネットワークは極めて脆弱性が高い。このような状況を改善することを目的として、本技プロでは、現地発生土の安定処理工法に関する技術移転業務を実施中である。

1.2 パイロット事業（第二期）実施の目的

エーヤワディ管区ボガレータウンシップ内の、10 号線道路を対象として、PW および JICA 専門家は、協同してパイロット事業（第二期）（PP-2）を実施した。この PP-2 では、OJT やワークショップを通じて、PW 職員の能力向上に努めた。能力向上に関する主な項目を以下に示す。

- ✓ 化学的安定処理を施した土質材料の品質管理能力の向上
- ✓ プロジェクト全体を通じた監理能力および現場施工監理能力の向上
- ✓ プロジェクト監理および安定処理工事に関する一般的な知識の取得
- ✓ 日本から供与された土壌改良用プラントの操作・保守技能の取得

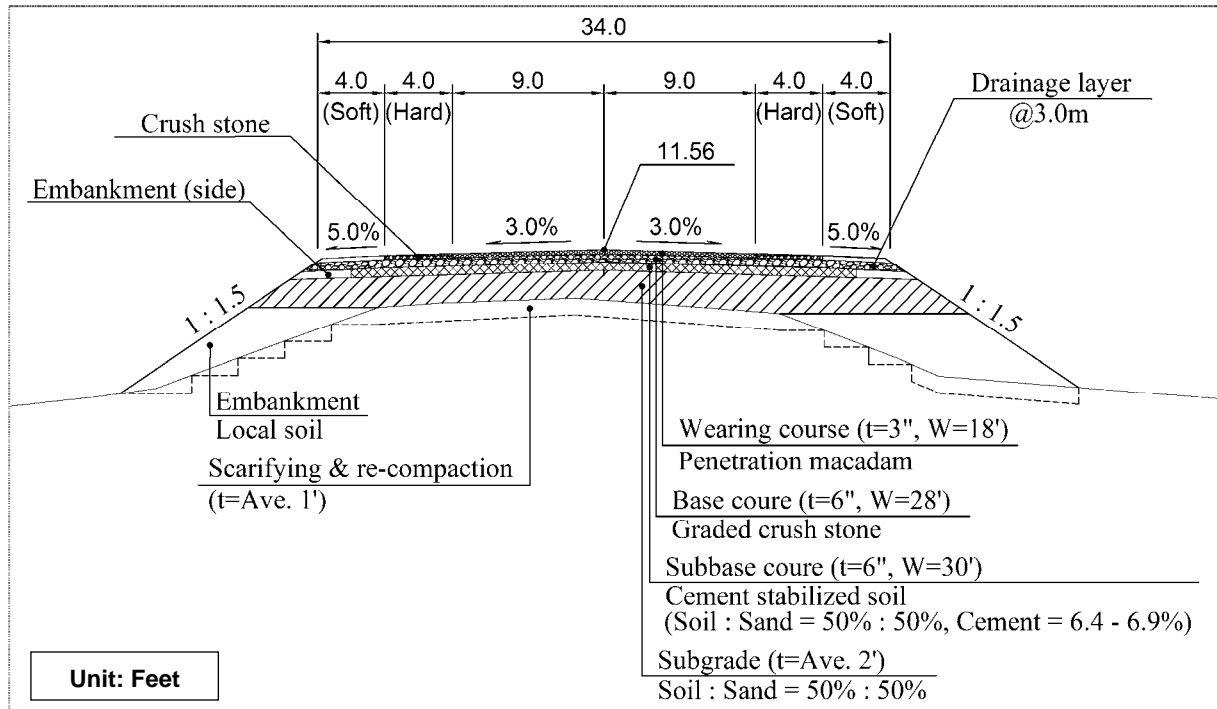
2. PP-2 実施内容

2.1 PP-2 実施概要

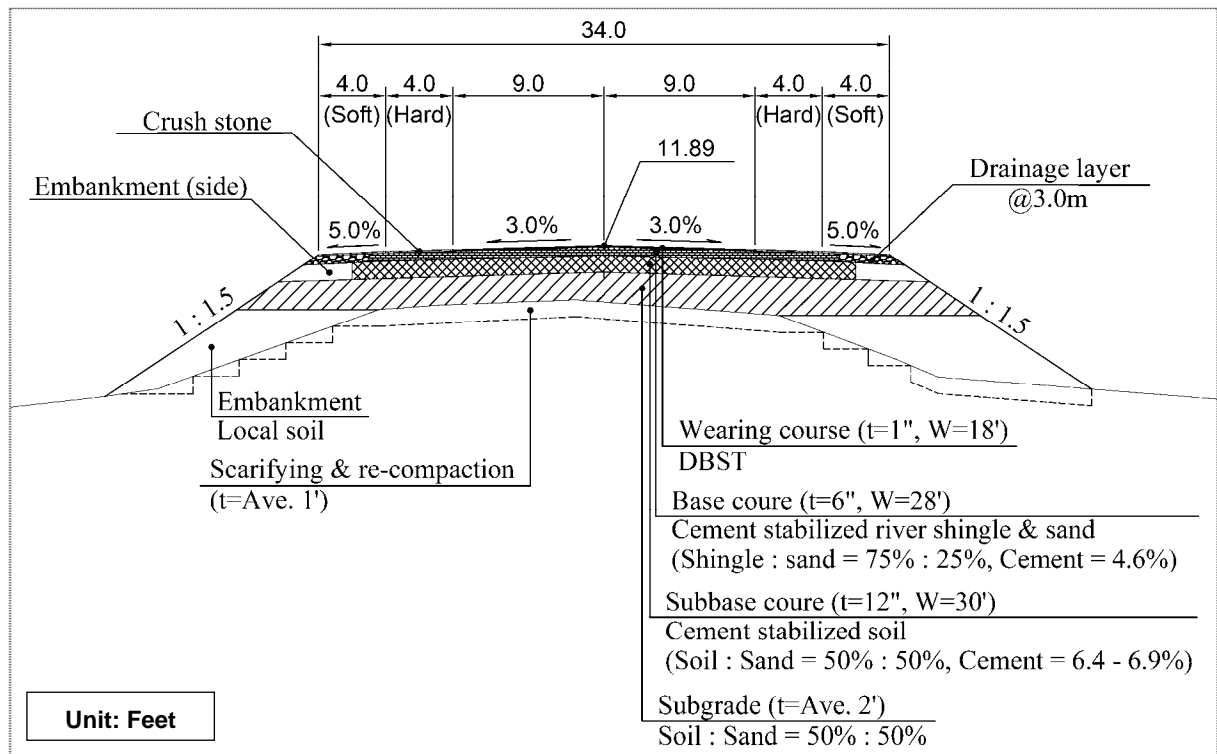
PP-2 の実施概要を以下に示す。

- 実施位置 : ボガレータウンシップ、10 号線道路 1 マイル 5 ファーロンク[※] ～ 2 マイル (巻頭位置図参照)
- 実施延長 : 3 ファーロンク[※] = 約 600m
- 実施期間 : 2015/02/15 ～ 実地中 (2015/07/24 現在)
- 主要工種 :
 - ✓ 既存盛土掘削・再転圧
 - ✓ 既存盛土拡幅
 - ✓ 路床構築
 - ✓ セメント安定処理下層路盤
 - ✓ セメント安定処理上層路盤
 - ✓ 粒調碎石上層路盤
 - ✓ 表層 (浸透式マカダム)
 - ✓ 表層 (DBST)
 - ✓ 碎石路盤排水工

➤ 標準横断面図

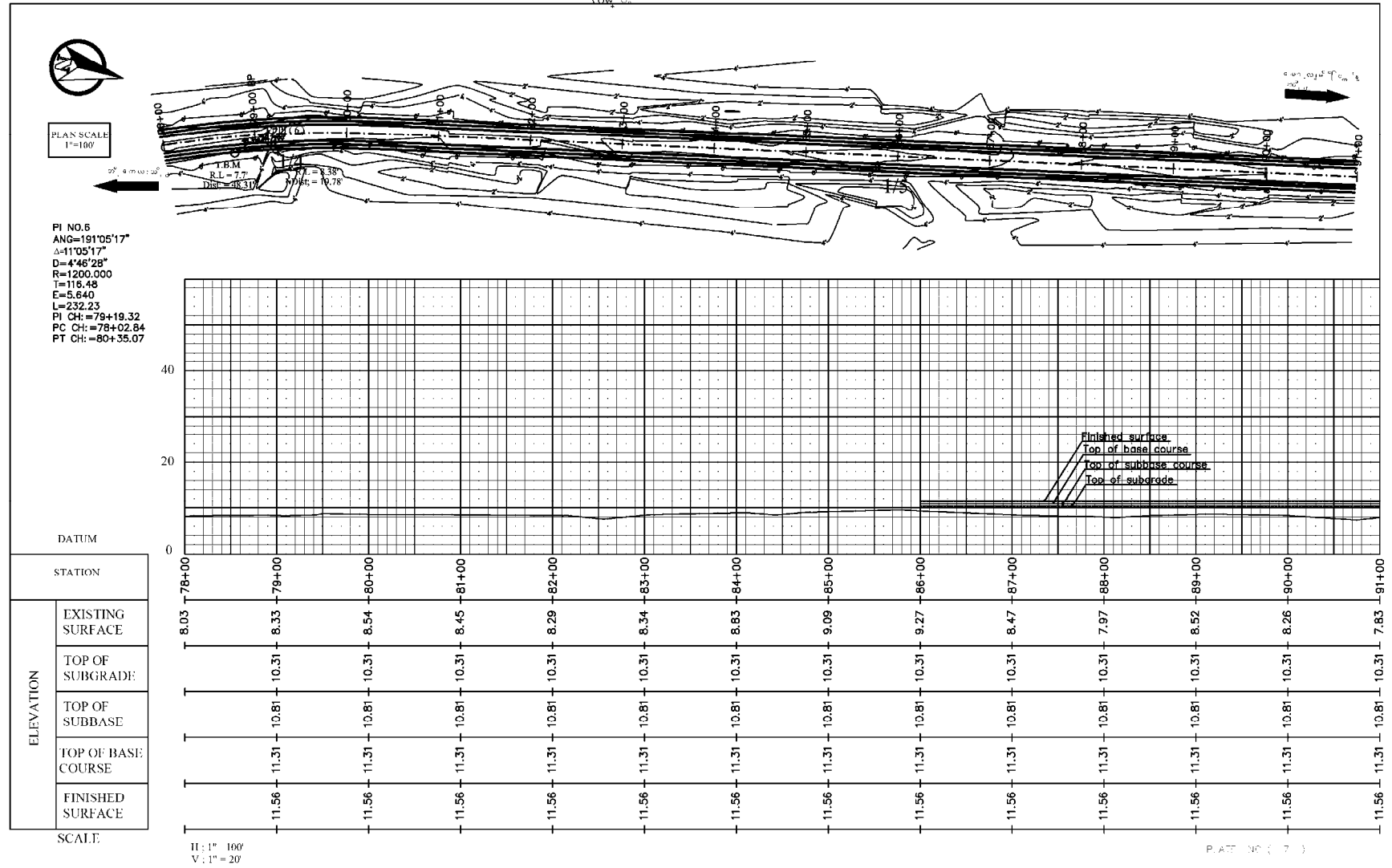


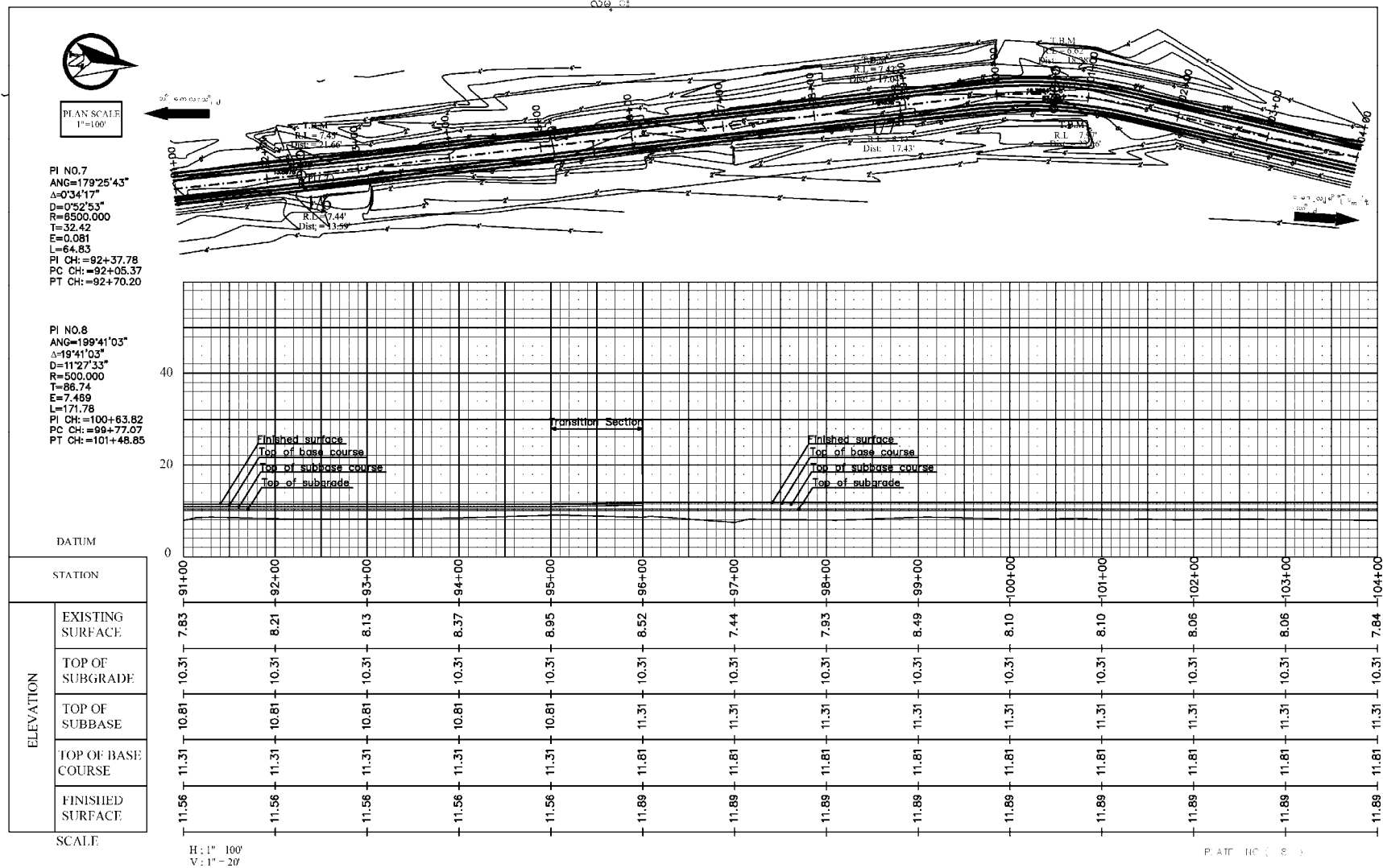
区間-1 (1/5 - 1/6.5: L = 300m)

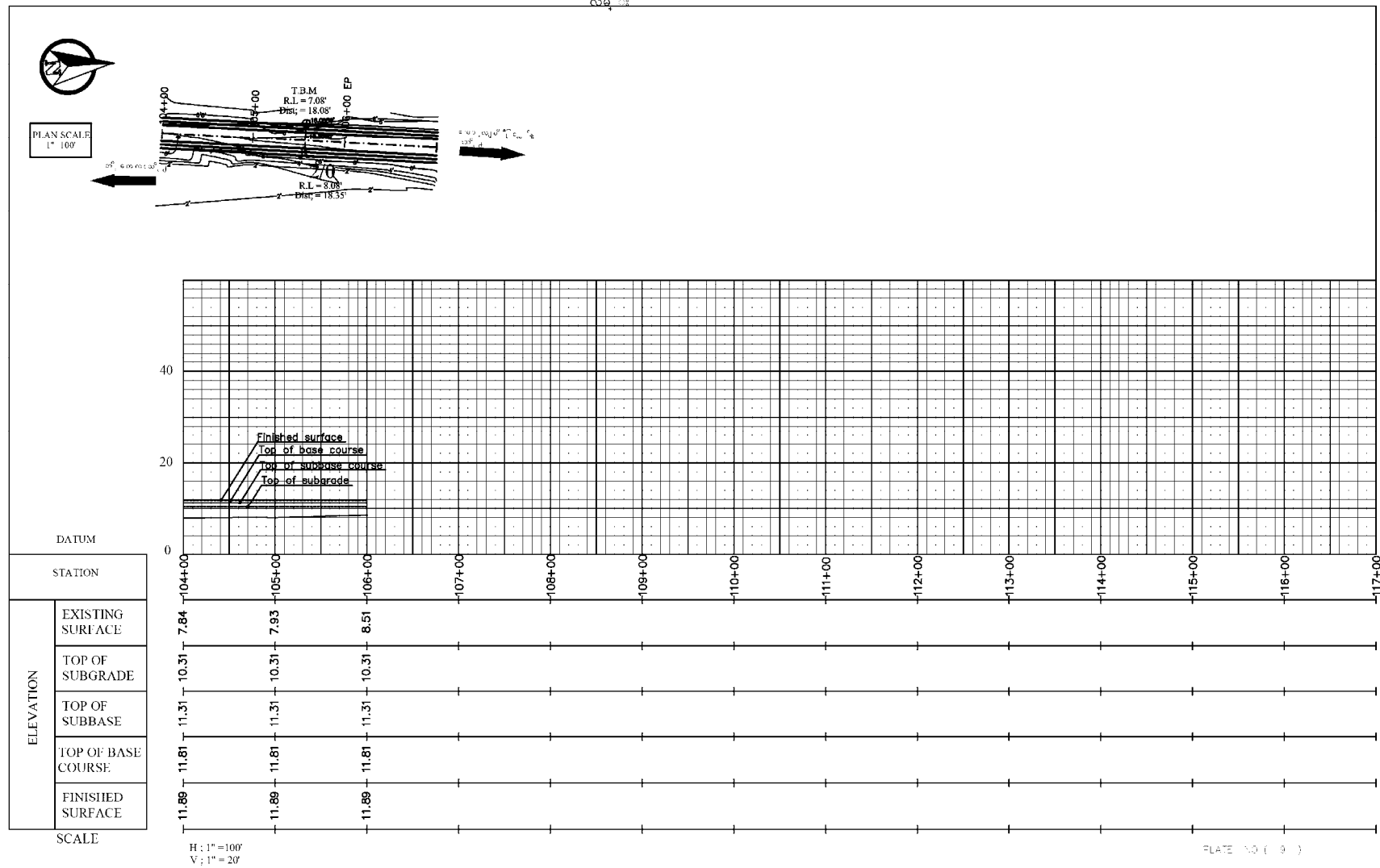


区間-2 (1/6.5 - 2/0: L = 300m)

➤ 平面縦断面図







➤ 実施スケジュール (2015/07/24 までの実績) :

No.	Work item	Work status (as of 24/Jul)	February						March						April						May						June						July					
			5	10	15	20	25	28	5	10	15	20	25	31	5	10	15	20	25	30	5	10	15	20	25	31	5	10	15	20	25	30	5	10	15	20	25	31
I.	Construction work																																					
1.	Earthwork																																					
	1.1 Scarifying & re-compaction	Completed																																				
	1.2 Embankment	Completed																																				
	1.3 Subgrade	Completed																																				
	1.4 Slope trimming	Completed																																				
2.	Pavement																																					
	2.1 Wearing course	(1) Penetration macadam																																				
		(2) DBST																																				
	2.2 Base course	(1) Crush stone																																				
		(2) Cement stabilized																																				
	2.3 Subbase course	Cement stabilized																																				
	2.4 Hard shoulder	Crush stone																																				
3.	Apparatus work																																					
	3.1 Drainage layer	Completed																																				
II.	Off-site work																																					
1.	Temporary yard & borrow pit																																					
	1.1 Site opening	Completed																																				
	1.2 Site clearance	Not started																																				
	1.3 Plant foundation RC concrete	Completed																																				
	1.4 Plant assembling & setting	Completed																																				
2.	Engineering survey																																					
	2.1 Training for survey work	Completed																																				
	2.2 Road survey	Completed																																				
3.	Training																																					
	3.1 Plant operation and maintenance	Completed																																				
	3.2 Workshop for soil stabilization work	Completed																																				

➤ JICA 短期専門家派遣実績 :

番号	氏名	担当	派遣期間 (2015)
1	小林宏昭	PP-2 リーダー、設計、施工計画、施工監理	02/12 - 04/12 04/23 - 05/09
2	宮本宏一	材料品質管理	03/08 - 04/11 04/23 - 05/16
3	ヌール・アクマル	施工管理	02/11 - 04/12
参考	ミャンマー人助手 (2名)	施工管理、実施状況モニタリング、その他	02/12 - 04/12 04/23 - 05/23

2.2 計画・設計業務

2.2.1 舗装設計

PP-2 で適用する舗装構造は、(i) AASHTO マニュアル、および(ii) Overseas Road Note 31 (ORN31) における構造番号 (SN) の原則に準拠して、設計業務を実施した。設計結果の概要を表 2.2.1 (区間-1)、および表 2.2.2 (区間-2) に示す。また、設計手順・内容の詳細は、別添-A に記載した。

表 2.2.1 舗装構造 (区間-1) (浸透式マカダム)

層	材料	層係数 (a_n)	層厚 (インチ)	SN
表層	浸透式マカダム	0.30	3.00	0.90
上層路盤	粒調碎石	0.14	6.00	0.84
下層路盤	セメント安定処理土	0.12	6.00	0.72
SN 合計				2.46

表 2.2.2 舗装構造 (区間-2) (DBST)

層	材料	層係数 (a_n)	層厚 (インチ)	SN
表層	DBST	-	1.00	-
上層路盤	セメント安定処理 川砂利+砂	0.16	6.00	0.96
下層路盤	セメント安定処理土	0.12	12.00	1.44
SN 合計				2.40

2.2.2 安定処理材料の配合設計

現地発生土（粘性土、シルト）に安定処理を施し、舗装材料（路床、下層路盤、上層路盤）に適用することが、PP-1 および PP-2 を通じた主要テーマの一つである。したがい、RRL 研究室において配合試験を実施し、各層における材料配合比を決定した。試験結果を表 2.2.3 に示す。また、設計手順・内容の詳細は、別添-B に記載した。

表 2.2.3 材料配合試験結果（重量比）

層	材料					目標値	
	現地 発生土	購入				CBR (%)	一軸圧縮 強度 (MPa)
		砂	川砂利	砕石	セメント		
上層路盤	－	－	－	100%	－	80	－
	－	25%	75%	－	4.6%	－	1.50 - 3.00
下層路盤	50%	50%	－	－	6.4 - 6.9%	－	0.75 - 1.50
路床	50%	50%	－	－	－	3	－

（注）セメント配合比（%）は、発生土および購入材料の合計比（100%）に対する比率

2.2.3 砕石路盤排水工の設置

舗装構造の劣化を防ぐためには、舗装内に浸透した水を適切に排水する必要がある。特に、土質材料は、粒状材料と比較して、水による劣化が進み易い傾向が見られる。したがい、速やかな排水を目的として、上層路盤両側部に排水層（3m 間隔）を設置することとした。関連図を図 2.2.1 - 2.2.3 に示す。

なお、PP-2 では、排水層の有効性を確認するために、排水層を設置する区間と設置しない区間をそれぞれ設定し、雨期明け（10-11 月頃）を目途に、下層路盤（セメント安定処理土）の劣化程度を、両区間で比較することとした。この比較結果により、排水層による、下部層の保護機能効果が確認できると期待している。

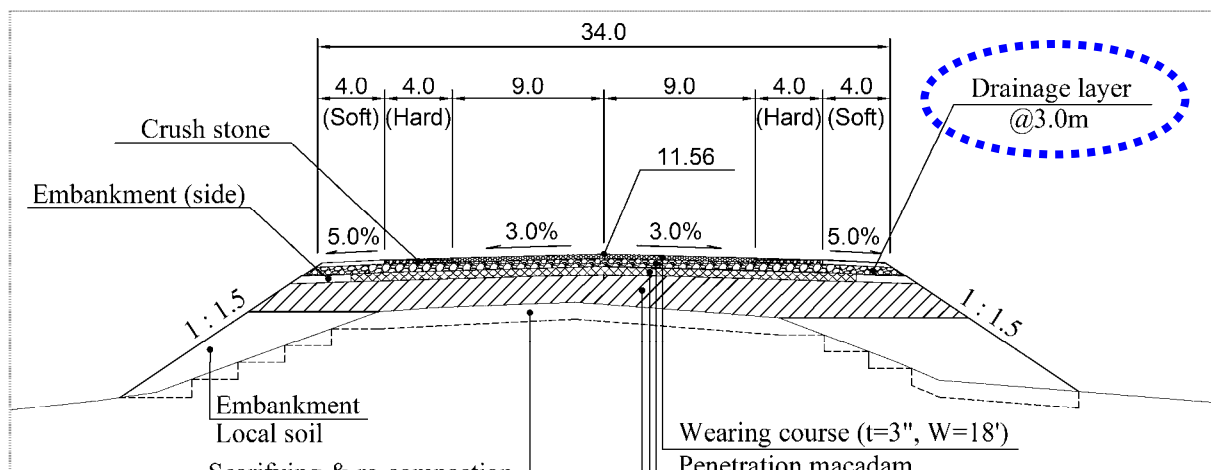


图 2.2.1 路盤排水工横断図

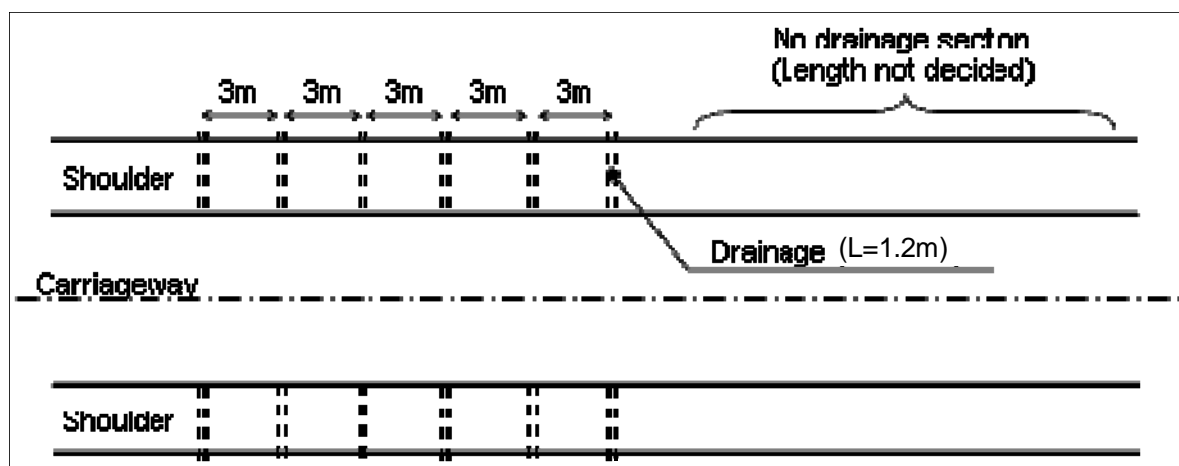


图 2.2.2 路盤排水工設置平面図（縮尺外）

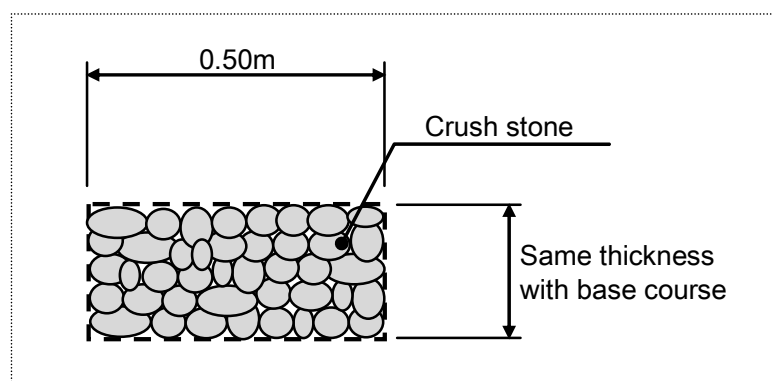


图 2.2.3 路盤排水工断面図（縮尺外）

2.3 工事数量

PP-2 における工種別の概算工事数量を、表 2.3.1、2.3.2 に示す。また、数量の細目を別添-C に記載した。

表 2.3.1 工事数量合計 (1/2)

I. Construction work		Total length =		600	m (1/5 - 2/0)	
Category	Work item		Specification		Quantity	Unit
1. Earthwork	1.1 Scarifying & re-compaction		t=Ave. 1ft		2,453.3	cu.m
	1.2 Embankment	(1) Lower	Local soil		1,785.5	cu.m
		(2) road side	Local soil		431.5	cu.m
	1.3 Subgrade		t=Ave.2ft, Soil : Sand = 50% : 50% (weight basis)		5,358.6	cu.m
	1.4 Slope trimming				5,592.6	sq.m
2. Pavement	2.1 Wearing course	(1) Penetration macadam	t=3in, w=18ft		1,645.9	sq.m
		(2) DBST	t=1in, w=18ft		1,645.9	sq.m
	2.2 Base course	(1) Crush stone	CBR=80%, t=6in, w=28ft		390.2	cu.m
		(2) Cement stabilized	River shingle : Sand = 75% : 25%, Cement=4.6% (weight basis), t=6in, w=28ft		390.2	cu.m
	2.3 Subbase course	(1) Cement stabilized	Soil : Sand = 50% : 50%, Cement=6.4-6.9% (weight basis), t=6in, w=30ft		418.1	cu.m
		(2) Cement stabilized	Soil : Sand = 50% : 50%, Cement=6.4-6.9% (weight basis), t=12in, w=30ft		836.1	cu.m
	2.4 Hard shoulder		Graded crush stone, t=3in, w=8ft		1,463.0	sq.m
3. Apparatus work	3.1 Drainage layer		Crush stone, L = 1.2m, t=0.15m, w=0.5m		200	No.
					18.0	cu.m
II. Off-site work						
Category	Work item		Specification		Quantity	Unit
1. Temporary yard	1.1 Site opening		Bush cut, grading, removal of surface soil (t=0.3m)		20,000.0	sq.m
	1.2 Site clearance		Grading		20,000.0	sq.m

表 2.3.2 工事数量合計 (2/2)

III. Import materials					
Item	Work to be applied		Specification	Quantity	Unit
1. Cement	1.1 Subbase course		Material=1.8t/cu.m, Cement=6.4-6.9% , Loss=10%	170.0	ton
	1.2 Base course		Material=1.8t/cu.m, Cement=4.6% , Loss=10%	40.0	ton
			Total	210.0	ton
2. Sand	2.1 Subbase course		Material=1.8t/cu.m, Sand=50% , Loss=10%	1,250.0	ton
	2.2 Base course		Material=1.8t/cu.m, Sand=25% , Loss=10%	200.0	ton
	2.3 Subgrade		Material=1.8t/cu.m, Sand=50% , Loss=10%	5,310.0	ton
			Total	6,760.0	ton
3. Crush stone	3.1 Base course	(1) Graded stone	Material=2.0t/cu.m, Loss=10%	860.0	ton
		(2) River shingle	Material=2.0t/cu.m, Stone=75% , Loss=10%	650.0	ton
	3.2 Hard shoulder		Weight=2.0t/cu.m, Loss=10%	250.0	ton
	3.3 Wearing course	(1) P-macadam	Weight=2.0t/cu.m, Loss=10%	280.0	ton
		(2) DBST	Weight=2.0t/cu.m, Loss=10%	100.0	ton
	3.3 Drainage layer		Weight=2.0t/cu.m, Loss=10%	40.0	ton
			Total	2,180.0	ton
4. Straight asphalt (80/100)	4.1 Prime coat		1 - 1.5ltr/sq.m, Loss=10%	4,600.0	ltr
	4.2 Wearing course	(1) P-macadam	0.7 - 2.3ltr/sq.m (2layers), Loss=10%	5,500.0	ltr
		(2) DBST	0.7 - 2.3ltr/sq.m (2layers), Loss=10%	5,500.0	ltr
			Total	15,600.0	ltr
5. Fuel	Operation of equipment	Diesel		N/A	ltr

2.4 PP-2 業務実施チームの設立

PP-2 は、PW および JICA 専門家が協同して実施した。特に、PW ピャボン地区事務所が主幹事務所となり、各方面からの協力を受けながら、プロジェクトの全体運営を実施した。PW および専門家から構成される業務実施チーム（チーム）の要員を表 2.4.1 に示す。

表 2.4.1 業務実施チーム要員表

番号	主担当業務	氏名	職位	専門家
0	プロジェクト全体統括	U Aung Myint Oo	Deputy chief engineer (planning)	
1	計画・設計			
1.1	道路・舗装設計	Daw Mya Mya Win	Deputy superintending engineer, RRL	小林
1.2	土質調査・材料配合設計	U Nyi Nyi Kyaw	Assistant engineer, RRL	宮本
1.3	地形測量・図面作成	Daw Aye Aye Thwin	Executive engineer, Road design Dept. HQ	
1.4	業務実施計画策定	U Thet Zaw Win	Executive engineer, Pyapon District office	小林
2	業務実施			
2.1	プロジェクト監理・運営	U Thet Zaw Win	Executive engineer, Pyapon District office	小林
2.2	プラント搬入・設置	U Nyi Nyi Win	Assistant engineer, Mechanical Dept.	小林
2.3	現場監理	U Win Naing	Assistant engineer, Bogale Township	アクマル
2.4	施工管理	U Tun Tun Hlaing	Junior engineer, Bogale Township	アクマル
2.5	材料品質管理	U Tint Lwin Oo	Assistant engineer, RRL	宮本
2.6	現場材料試験	U Han Lin Aung	Technician, RRL	宮本
2.7	プラント操作・保守	U Dawei	Mechanic, Mechanical Dept.	小林
2.8	一般建機操作・保守	U Hlaing Min Zaw	Junior engineer, Mechanical Dept.	アクマル
2.9	出来形管理	U Myo Min Win	Junior engineer, Bogale Township	アクマル

(注) PW の職位は 2015 年 2 月時点のもの。

2.5 工事实施工程

2.5.1 着工準備前作業（本設工現場外）

本 PP-2 現場業務は、2015 年 2 月 16 日より開始した。主な作業項目およびその概要を以下に示す。また、作業模様の写真を図 2.5.1 に記載する。

➤ 事前測量

工事着工に先立ち、木杭を各測点（15m 間隔）の道路盛土両端部に打込むとともに、既設路面の高さを計測した。今後、各層の層厚や仕上げ高さは、同杭を基準として計測・確認することとした。

➤ 仮設ヤード・土取場の開設

仮設ヤードおよび土取場は、建設資機材やプラントの搬入の際の水運による利便性を考慮して、ボガレー橋脇に開設した。開設した土取場は、PP-2 で使用する土量の総量を確保できる。なお、掘削直後の土は、含水比が高いため、土取場内に数日間放置して、含水比を調整した上で、工事に使用した。

➤ プラント設置用基礎（RC 製）の建設

プラント到着に先立って、コンクリート基礎を建設した。同基礎は、支柱が 8 本立上げ（図 2.5.1 (v) 参照）、プラントを支える構造になっている。したがって、プラントが完全に水平に設置できるように、支柱上端の高さが揃うよう、測量担当者により、入念な測量・チェックが行われた。同基礎の構造図を別添-D に記載した。

➤ プラント搬入・設置作業

PP-2 では、製造メーカーから 2 名の技術者を招へいして、工事に使用する土壌改良用プラント搬入・設置作業を実施した。プラント設置の際の実施スケジュール概要を以下に示す。

- 04/03 : プラント現着
- 04/04 - 07 : 積み下ろし・組立作業
- 04/08 - 10 : 試験運転および操作・保守方法に関する訓練実施

PW は、今後、独自で作業を実施する際の資料として活用するために、上記作業中の模様をビデオカメラに録画した。

	
<p>(i) 事前測量</p>	<p>(ii) 土取場掘削土乾燥作業</p>
	
<p>(iii) プラント用基礎鉄筋組工</p>	<p>(iv) 支柱高さ確認作業</p>
	
<p>(v) 基礎完成</p>	<p>(vi) プラント到着時</p>
	
<p>(vii) プラント基盤フレーム設置作業</p>	<p>(viii) 操作盤設置作業</p>

	
<p>(ix) 土投入口設置作業</p>	<p>(x) セメントサイロ</p>
	
<p>(xi) 完成風景</p>	<p>(xii) 動力用発電機</p>
	
<p>(xiii) 操作パネル使用方法の説明</p>	<p>(xiv) 混合手順・仕組みの説明</p>
	
<p>(xv) 材料投入作業の訓練</p>	<p>(xvi) セメント安定処理土積み込み作業</p>

図 2.5.1 事前準備作業・仮設ヤード作業模様

2.5.2 本設工事（道路改良工）

(1) 概要

PP-2 本設工事では、下記の主要工種を実施した。各作業工程の詳細を、以下の章に記載する。

- ✓ 土工
- ✓ 舗装工
- ✓ 碎石路盤排水工

(2) 土工

1) 既存盛土掘削・再転圧

既存盛土の土質試験を行った結果、現況のままでは、支持力が不十分であることが確認されたため、既存盛土表面（深さ約 30cm）の掘削・再転圧作業を実施した。ここで、再転圧の際、均等な締固め度を確保するため、人力により粒径の大きい石の除去を行った。作業模様の写真を図 2.5.2 に記載する。



図 2.5.2 既存盛土掘削・再転圧作業模様

2) 既存盛土拡幅

PP-2 で建設する道路幅員は 10.2m であり、既存盛土では幅員を確保できないため、土取場からの客土を用いて、拡幅作業を実施した。作業模様の写真を図 2.5.3 に記載する。

た目標値に達しないケースが頻発したため、15cm 毎の転圧作業に切り替えた。この結果、試験結果の改善が確認された。作業模様の写真を図 2.5.5 に記載する。

	
(i) 土取場での混合材料積み込み作業	(ii) 盛土上での積下し作業
	
(iii) 敷均し作業	(iv) マカダムローラによる一次転圧作業
	
(v) タイヤローラによる仕上げ転圧作業 r	(vi) 仕上げ高さ計測作業

図 2.5.5 路床構築作業模様

(3) 舗装工

1) セメント安定処理下層路盤工

PP-2 では、以下の作業工程により、同工事を実施した。

- (i) バックホーによる基礎材料（土 50%+砂 50%）の混合作業
- (ii) プラントによる安定処理材料生産
- (iii) 材料の輸送・積下し作業
- (iv) 敷均し・転圧作業
- (v) 現場乾燥密度試験（FDT）
- (vi) 養生工

ここで、基礎材料に粘性土を用いる場合には、バックホー混合後であっても、材料内部に粒径の大きな土塊が残留している可能性が高い。このような土塊が材料投入部の振動ふるい部分に、激しく衝突すると、その機能が損傷してしまう危険性がある。このため、投入作業は、徐々にゆっくりと行う必要がある。また、投入部脇に点検員を配置し、状況を確認しながら作業を実施することが必要である。

転圧作業は、十分な締固め度を得るために、撒き出し厚さ 15cm 毎に実施した。さらに、セメントの固化時間を考慮して、1 作業サイクルを 4 時間以内に完了するよう努めた。作業模様の写真を図 2.5.6 に記載した。



	
(iii) 材料の路床上への積下し作業	(iv) 敷均し作業
	
(v) 材料水分調整作業	(vi) 第一次転圧作業
	
(vii) 仕上げ転圧作業	(viii) 現場密度試験
	
(xvi) 仕上げ高さ確認作業	(x) 散水による養生作業

図 2.5.6 セメント安定処理下層路盤作業模様

2) 上層路盤工

2)-1 区間-1 (粒調碎石)

同作業は、JICA 専門家が現場から離任後、6 月 8 日から PW により開始され、7 月 24 日時点では、現在も作業実施中との報告を受けた。作業模様の写真を図 2.5.7 に記載する。なお、作業内容の記述は、本報告書の JICA 本部への提出が完了後、PW により、追記されることを期待する。



図 2.5.7 粒調碎石上層路盤作業模様

2)-2 区間-2 (セメント安定処理川砂利+砂)

現地からの報告によると、同作業は JICA 専門家が現場から離任後、6 月 7 日～7 月 6 日の期間で実施された。作業模様の写真を図 2.5.8 に記載する。なお、作業内容の記述は、本報告書の JICA 本部への提出が完了後、PW により、追記されることを期待する。



図 2.5.8 セメント安定処理上層路盤作業模様

3) 表層工

3)-1 区間-1 (浸透式マカダム)

7月24日時点の現地からの報告によると、同作業は、悪天候のため未実施の状況である。したが
い、作業写真および作業内容の記述は、本報告書の JICA 本部への提出が完了後、PW により、追
記されることを期待する。

3)-2 区間-1 (DBST)

同作業は、JICA 専門家が現場から離任後、6月15日から PW により開始され、7月24日時点では、
現在も作業実施中との報告を受けた。作業模様の写真を図 2.5.9 に記載する。なお、作業内容の
記述は、本報告書の JICA 本部への提出が完了後、PW により、追記されることを期待する。



図 2.5.9 表層工 (DBST)作業模様

4) 碎石路肩工

同作業は、JICA 専門家が現場から離任後、6月7日から PW により開始され、7月24日時点では、
現在も作業実施中との報告を受けた。作業模様の写真を図 2.5.10 に記載する。なお、作業内容の
記述は、本報告書の JICA 本部への提出が完了後、PW により、追記されることを期待する。



図 2.5.10 碎石路肩作業完了箇所

(4) 碎石路盤排水工

同作業は、JICA 専門家が現場から離任後、6 月 7 日から PW により開始され、7 月 24 日時点では、現在も作業実施中との報告を受けた。作業模様の写真を図 2.5.11 に記載する。なお、作業内容の記述は、本報告書の JICA 本部への提出が完了後、PW により、追記されることを期待する。



図 2.5.11 碎石路盤排水作業完了箇所

2.6 工事品質管理のための取組み

PP-2 で実施した、工事品質確保のための取組みを、以下に示す。

2.6.1 工事出来形管理

各測点に設置した木杭を基準として、舗装各層の上端・下端の標高を計測し、各層厚が許容値内に収まっているかどうか、確認を行った。各層の計測実施内容を表 2.6.1 に記載する。また、計測記録用紙書式（下層路盤）を、サンプルとして図 2.6.1 に記載する。

表 2.6.1 道路出来形計測実施内容

層	計測項目	計測間隔	許容値
路床	標高（中心・両端）	30m	±5cm
	全幅		－10cm
下層路盤	標高（中心・両端）	30m	±4cm
	層厚		－4.5cm
	全幅		－5cm
上層路盤	層厚	30m	－3cm
	全幅		－5cm
表層	層厚	30m	－1.5cm

Inspection Sheet for Road Works (Subbase Course)

Location: Road No.6, Bogale Township, Ayeyarwady Region

Inspection Date:

Section: 1/5 - 2/0 (L=600m)

Measured by:

Thickness tolerance: -0.045m

Checked by:

Pavement type	Station	Curve element	Elevation Level Data															
			Left side				Center line				Right side							
			4.5m Offset								4.5m Offset							
			Top of subgrade	Design	Measurement	Thickness	Top of subgrade	Design	Measurement	Thickness	Top of subgrade	Design	Measurement	Thickness				
			m	Ft	m	m	m	m	Ft	m	m	m	m	Ft	m	m	m	
			(a)		(b)	(c)	(c) - (a)	(a)		(b)	(c)	(c) - (a)	(a)		(b)	(c)	(c) - (a)	
Penetration macadam	86			10.32	3.15				10.81	3.29					10.32	3.15		
	87			10.32	3.15				10.81	3.29					10.32	3.15		
	88			10.32	3.15				10.81	3.29					10.32	3.15		
	89			10.32	3.15				10.81	3.29					10.32	3.15		
	90			10.32	3.15				10.81	3.29					10.32	3.15		
	91			10.32	3.15				10.81	3.29					10.32	3.15		
	92			10.32	3.15				10.81	3.29					10.32	3.15		
	93			10.32	3.15				10.81	3.29					10.32	3.15		
	94			10.32	3.15				10.81	3.29					10.32	3.15		
	95			10.32	3.15				10.81	3.29					10.32	3.15		
DBST	96			10.32	3.15				10.81	3.29					10.32	3.15		
	97			10.82	3.30				11.31	3.45					10.82	3.30		
	98			10.82	3.30				11.31	3.45					10.82	3.30		
	+27	BTS		10.82	3.30				11.31	3.45					10.82	3.30		
	99			11.30	3.44				11.31	3.45					10.82	3.30		
	+02			11.31	3.45				11.31	3.45					10.82	3.30		
	+77	BCS		11.80	3.60				11.31	3.45					10.82	3.30		
	100			11.80	3.60				11.31	3.45					10.82	3.30		
	101			11.80	3.60				11.31	3.45					10.82	3.30		
	+49	ECS		11.80	3.60				11.31	3.45					10.82	3.30		
	102			11.47	3.50				11.31	3.45					10.82	3.30		
	+24			11.31	3.45				11.31	3.45					10.82	3.30		
	+99	ETS		10.82	3.30				11.31	3.45					10.82	3.30		
	103			10.82	3.30				11.31	3.45					10.82	3.30		
	104			10.82	3.30				11.31	3.45					10.82	3.30		
	105			10.82	3.30				11.31	3.45					10.82	3.30		
106			10.82	3.30				11.31	3.45					10.82	3.30			

Subbase
Top of subgrade
Original ground

○: Point to be measured

BTS: Beginning point of Transition section
 BCS: Beginning point of Curve section
 ECS: End point of Curve section
 ETS: End point of Transition section

图 2. 6. 1 計測記録用紙書式 (下層路盤)

2.6.2 安定処理材料品質管理

(1) 現場乾燥密度試験 (FDT)

PP-2 では、各測点で FDT を実施し、その試験結果が、工事開始に先立って実施した室内試験により設定された目標値を、上回っているかどうか確認することで、材料の締固め度の管理を行った。各層の試験の目標値および含水比表 2.6.2 に記載する。ここで、試験結果が目標値を下回った場合は、再転圧後に再試験を実施した。各層の試験結果を、表 2.6.3 - 2.6.6 にまとめた。なお、試験結果を専門家チームが受領・確認していない場合は、表中の一部あるいは全表が空欄となっている。これらの箇所は、本報告書の JICA 本部への提出が完了後、PW により、追記されることを期待する。

表 2.6.2 FDT 目標値

層	材料混合比	目標値	
		乾燥密度 (kg/cm ³)	含水比 (%)
既存盛土 (掘削・再転圧)+(拡幅)	掘削・再転圧: 既存土 = 100% 拡幅: 客土 = 100%	1.67	13.50
路床 (パックホ-混合)	土 : 砂 = 50% : 50% (重量比),	1.69	6.00
下層路盤 (ﾌﾟﾗﾝﾄ混合)	土 : 砂 = 50% : 50% + セメント: 6.4 - 6.9% (重量比)	1.63	11.00
上層路盤 (区間-2) (ﾌﾟﾗﾝﾄ混合)	川砂利 : 砂 = 75% : 25% + セメント: 4.6% (重量比)	2.24	6.50

(注) セメント配合比 (%) は、基礎材料の合計比 (100%) に対する比率

表 2.6.3 FDT 結果まとめ (盛土)

Test	Station	86		87		88		89		90		91		92	
	R/L	R	L	R	L	R	L	R	L	R	L	R	L	R	L
1st	Date	11.Apr		6.Apr		6.Apr								8.Apr	
	Density (g/cm3)	1.70		1.27		1.64								1.64	
	OK or NG	OK		NG		OK								OK	
2nd	Date														
	Density (g/cm3)														
	OK or NG														

Test	Station	93		94		95		96		97		98		99	
	R/L	R	L	R	L	R	L	R	L	R	L	R	L	R	L
1st	Date	5.Apr				5.Apr					5.Apr			5.Apr	
	Density (g/cm3)	1.51				1.71					1.60			1.63	
	OK or NG	NG				OK					NG			NG	
2nd	Date														
	Density (g/cm3)														
	OK or NG														

Test	Station	100		101		102		103		104		105		106	
	R/L	R	L	R	L	R	L	R	L	R	L	R	L	R	L
1st	Date									2.Apr		2.Apr		2.Apr	
	Density (g/cm3)									1.38		1.64		1.64	
	OK or NG									NG		OK		OK	
2nd	Date														
	Density (g/cm3)														
	OK or NG														

表 2.6.4 FDT 結果まとめ (路床)

Layer	Test	Station	86		87		88		89		90		91		92	
		R/L	R	L	R	L	R	L	R	L	R	L	R	L	R	L
1st Layer	1st	Date	21.Apr		30.Apr		30.Apr		21.Apr						22.Apr	
		Density (g/cm3)	1.67		1.60		1.60		1.68						1.70	
		OK or NG	NG		NG		NG		NG						OK	
	2nd	Date	22.Apr						22.Apr		22.Apr				22.Apr	
		Density (g/cm3)	1.71						1.72		1.72				1.72	
		OK or NG	OK						OK		OK				OK	
2nd Layer	1st	Date		3.May	3.May		3.May	3.May		1.May					5.May	
		Density (g/cm3)		1.60	1.67		1.52	1.58		1.61					1.65	
		OK or NG		NG	NG		NG	NG		NG					NG	
	2nd	Date	11.May			11.May	11.May			11.May	11.May		11.May		9.May	
		Density (g/cm3)	1.73			1.71	1.65			1.61	1.67		1.62		1.61	
		OK or NG	OK			OK	NG			NG	NG		NG		NG	
Layer	Test	Station	93		94		95		96		97		98		99	
		R/L	R	L	R	L	R	L	R	L	R	L	R	L	R	L
1st Layer	1st	Date	21.Apr	23.Apr			7.May	7.May	21.Apr		22.Apr	5.May			21.Apr	
		Density (g/cm3)	1.62	1.72			1.77	1.68	1.65		1.72	1.70			1.63	
		OK or NG	NG	OK			OK	NG	NG		OK	OK			NG	
	2nd	Date	22.Apr		22.Apr				22.Apr							
		Density (g/cm3)	1.71		1.70				1.73						1.71	
		OK or NG	OK		OK				OK						OK	
2nd Layer	1st	Date	5.May	1.May	5.May					1.May				30.Apr	6.May	30.Apr
		Density (g/cm3)	1.67	1.62	1.67					1.69				1.69	1.732	1.69
		OK or NG	NG	NG	NG					NG				NG	OK	NG
	2nd	Date	7.May	9.May			9.May	9.May			5.May			8.May	8.May	6.May
		Density (g/cm3)	1.66	1.63			1.77	1.73			1.69			1.76	1.80	1.74
		OK or NG	NG	NG			OK	OK			NG			OK	OK	OK
Layer	Test	Station	100		101		102		103		104		105		106	
		R/L	R	L	R	L	R	L	R	L	R	L	R	L	R	L
1st Layer	1st	Date	4.Apr	23.Apr	30.Apr	1.May	5.Apr		5.Apr		5.Apr				4.Apr	
		Density (g/cm3)	1.69	1.70	1.67	1.64	1.72		1.44		1.60				1.67	
		OK or NG	NG	OK	NG	NG	OK		NG		NG				NG	
	2nd	Date				4.May			9.Apr		30.Apr		7.Apr		7.Apr	
		Density (g/cm3)				1.80			1.64		1.76		1.34		1.53	
		OK or NG				OK			NG		OK		NG		NG	
2nd Layer	1st	Date		30.Apr		5.May	8.Apr		1.May	1.May			8.Apr		8.Apr	
		Density (g/cm3)		1.70		1.75	1.53		1.60	1.69			1.61		1.60	
		OK or NG		OK		OK	NG		NG	NG			NG		NG	
	2nd	Date	6.May	4.May	4.May	8.May	1.May		2.May	7.May						
		Density (g/cm3)	1.73	1.77	1.76	1.71	1.79		1.75	1.68						
		OK or NG	OK	OK	OK	OK	OK		OK	NG						

表 2. 6. 5 FDT 結果まとめ（下層路盤）

Test	Station	86		87		88		89		90		91		92	
	R/L	R	L	R	L	R	L	R	L	R	L	R	L	R	L
1st	Date														
	Density (g/cm3)														
	OK or NG														
2nd	Date														
	Density (g/cm3)														
	OK or NG														

Test	Station	93		94		95		96		97		98		99	
	R/L	R	L	R	L	R	L	R	L	R	L	R	L	R	L
1st	Date			17.May		17.May		14.May		14.May		13.May		12.May	12.May
	Density (g/cm3)			1.64		1.64		1.60		1.62		1.60		1.61	1.65
	OK or NG			OK		OK		OK		OK		OK		OK	OK
2nd	Date														
	Density (g/cm3)														
	OK or NG														

Test	Station	100		101		102		103		104		105		106	
	R/L	R	L	R	L	R	L	R	L	R	L	R	L	R	L
1st	Date	10.May			7.May	4.May	8.May	4.May	3.May	1.May	29.Apr		16.May	15.May	8.Apr
	Density (g/cm3)	1.60			1.65	1.60	1.70	1.65	1.71	1.53	1.55		1.64	1.61	1.58
	OK or NG	OK			OK	OK	OK	OK	OK	NG	NG		OK	OK	NG
2nd	Date														29.Apr
	Density (g/cm3)														1.58
	OK or NG														NG

表 2. 6. 6 FDT 結果まとめ（セメント安定処理上層路盤）
（未入手）

(2) 六価クロム溶出管理

道路監理機関は、工事にセメント混合物を取り扱う際、重金属の一種である六価クロム溶出の危険性について、工事実施に先立って、入念な検討・検証を実施することが重要である。PP-2 では、「アルカリ抽出法」を用いて、クロムのセメント自体への含有量を検測した。工事で用いたタイ製セメントの袋の写真を図 2. 6. 2 に示す。また、同試験方法の作業手順を図 2. 6. 3 に記載する。同試験結果によると、セメント内から 15mg/kg のクロムが検出された。これは、日本セメント協会（JCA）により定められている許容値（20mg/kg）を下回る値であるため、工事での使用を決定した。試験報告書を別添-E に記載した。



図 2.6.2 PP-2 で使用したタイ製セメント袋

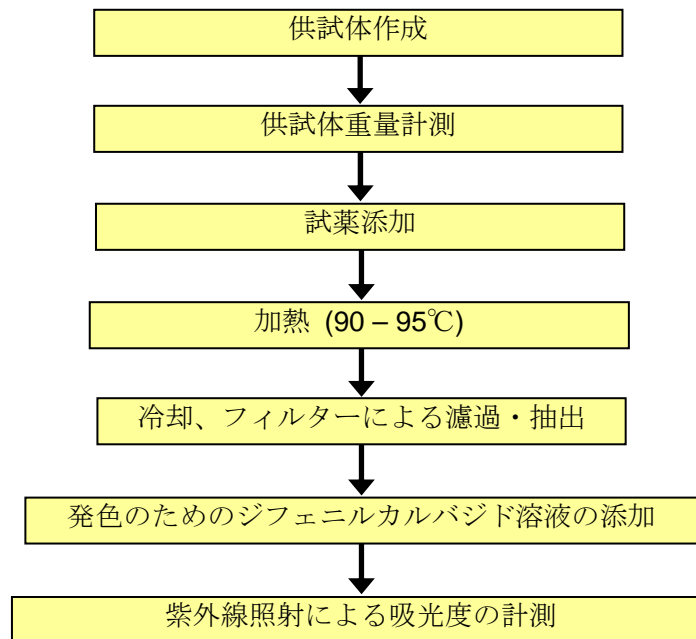


図 2.6.3 六価クロムアルカリ抽出法試験作業手順

2.6.3 プロジェクト監理に関する取組み

プロジェクト実施時においては、現場管理者と上級監理レベルの緊密な連絡・報告を実施することが、プロジェクト成功ための重要な要素の一つである。PP-2 では、関係者間の円滑なコミュニケーションと十分な情報共有を実現することを目的として、下記に示す取り組みを実施した。

(1) 連絡・報告体制の確立

PP-2 では、現場サイドと監理者サイドの役割分担を明確にした上で、図 2.6.4 に示す連絡・報告体制を確立した。さらに、使用する報告書（日報、週報）の標準書式を作成した。この書式を用いて現場サイドは、作業記録や発生した課題点等を記入した報告書を、監理者サイドに提出した。監理者レベルは、その報告書を精査・検討した上で、適切なプロジェクト監理のための活動を実施した。PP-2 で使用した日報書式を図 2.6.5 に示す。

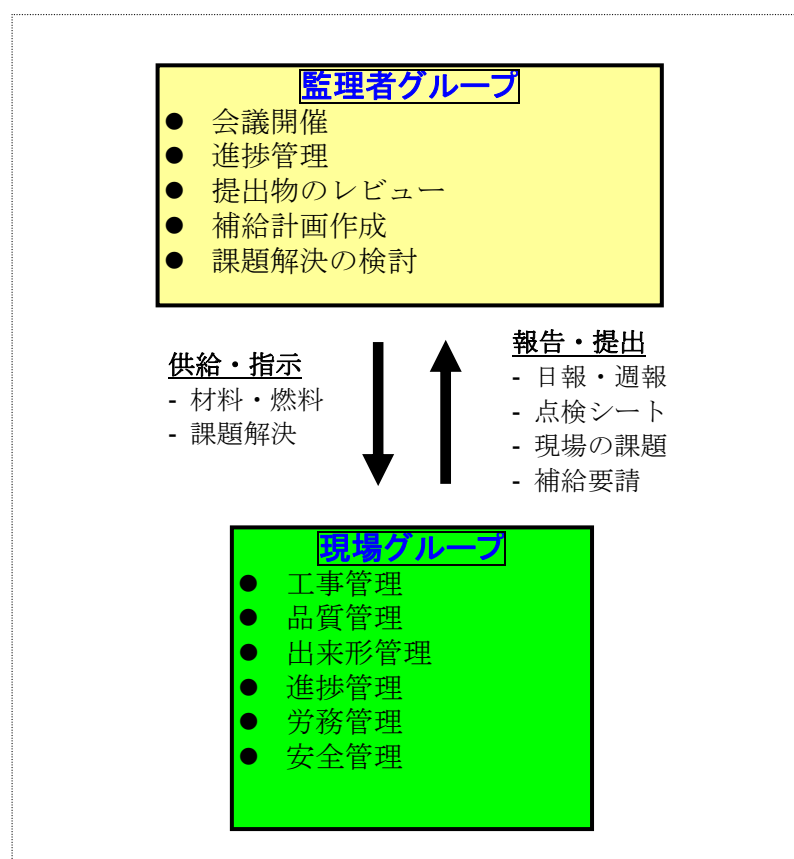


図 2.6.4 PP-2 における連絡・報告体制と役割分担項目

Pilot Project (Phase-2) on Road No.10, Bogale Township, Aeyarwaddy Region

Date:

Contract/Force account

Weather

Section: 1/4 - 2/0 (L=800m)

Temperature: _____ C

Construction :Public Works (PW)

Humidity _____ %

DAILY PROGRESS REPORT

No.	Work items	Station	Description of Works	Remarks

EQUIPMENTS				Materials		MAN POWERS			
Type	No.	Type	No.	Type	Quantity	Type	No.	Type	No.
						Project Manager		Operator	
						Deputy PM		Worker	
						Site Engineer			
						Foreman			
						Surveyor			

Confirmed by: _____ Date : _____ Approved by: _____ Date : _____

PW Engineer (PW Resident Representative)

☒ 2.6.5 業務日報書式

(2) 会議の開催

PP-2 では、工事着工に先んじて、関係者間で数回の会議を行い、各担当者の情報共有に努めた。会議の主な議題を以下に示す。

- 各担当者の役割
- 業務実施スケジュール
- 建設資機材の調達・搬送
- 工事期間中の特別な留意事項
- 環境保全対策
- 交通安全管理
- 点検・試験の種類・頻度
- 点検・試験用紙の書式

PP-2 では、作業の進捗状況や発生した課題に関して、主要関係者間で情報共有や議論することを目的として、週例会議を実施した。会議での主な議題を下記に示す。

- 今週の進捗状況および翌週の作業スケジュールの確認
- 今週の材料・燃料の消費状況および翌週の補給計画の確認
- 機材の現場搬入スケジュールの確認
- 現場で発生した課題の確認と、解決のための議論

PP-2 で作成した週間進捗報告書および翌週の作業計画を、サンプルとして表 2.6.6 および 2.6.7 に、それぞれ示す。

表 2. 6. 6 週間進捗報告書 (05/04 - 05/10)

I. Road Works

Category	Work item	May							Actual work description	Total quantity	Unit	Progress			Issues & remarks
		4	5	6	7	8	9	10				Weekly	Total	(%)	
		Mon	Tue	Wed	Thu	Fri	Sat	Sun							
1. Earthwork															
1.1 Scarifying & re-compaction	(1) Lower (2) Road side								Used motor grader scarifying existing embankment, recompaction by tire roller.	600	m		600	100.0%	
1.2 Embankment									Use dump truck carry borrow soil and leveling by motor grader, and then compaction by Sheep foot roller.	600	m		600	100.0%	
										600	m		0	0.0%	
1.3 Subgrade									Use Excavator mixing soil and sand, and carry by dump trucks to road section, then leveling and grading by motor grader, and then compaction by sheep foot roller.	600	m	420	540	90.0%	Total thickness for subgrade layer=600 mm. From STA:88-103 section finish (600)mm 1k, and from STA:86-88 section finish (300) mm 1k. Only
1.4 Slope trimming										600	m		0	0.0%	
2. Pavement															
2.1 Wearing course	(1) P-macadam									300	m		0	0.0%	
	(2) DBST									300	m		0	0.0%	
2.2 Hard shoulder										600	m		0	0.0%	
2.3 Base course	(1) Graded stone									300	m		0	0.0%	
	(2) Stabilized material									300	m		0	0.0%	
2.4 Subbase course									Use soil plant mixing soil, sand and cement, and carry by dump trucks to road section,then leveling and grading by motor grader, and then compaction by tire roller.	600	m	155	200	33.3%	Total thickness of subbase layer=300 mm for DBST section, only done the 1k (150 mm) of subbase layer from STA:99-105.
3. Drainage layer															
										300	m		0	0.0%	

II. Works in Yard

1.	Temporary yard	(1) Site opening							Used bulldozer remove top muddy soil and dry up, with excavator loading soil & mixing soil and sand at Borrow pit.	20,000	sq.m	5500	13000	65.0%	
		(2) Site clearance								20,000	sq.m		0	0.0%	
2.	Diversion road									600	m		600	100.0%	Diversion for truck until (6.5.2015), and after then not provide diversion way for truck. Only allow motorbike passing.
3.	Material production	(1) Subgrade							Produce borrow dry soil from borrow pit and carry sand by boat to stock yard.	7,000	cu.m	650	6300	90.0%	
		(2) Subbase							Produce borrow dry soil from borrow pit and carry sand by boat to stock yard.	1,100	cu.m	200	550	50.0%	
		(3) Base (stone)							Carry crush stone from boat to stock yard.	1,100	cu.m		330	30.0%	Crush stone (6" * 9")=120 sud already arrive site stock yard, but need to crushing to required size.
		(4) Base (stabilized)							Carry river shrinkle from boat to stock yard	700	cu.m		254	36.3%	River shrinkle =90 sud already arrived to site stock yard.
		(5) Hard shoulder (stone)							Manually collecting stone from existing road embankment after scarifying of road surface by bulldozer.	200	cu.m	60	120	60.0%	Collecting crush stone from road section, and storage near 1/4 Mile Post.
		(6) P-macadam							Carry crush stone from boat to stock yard.	400	cu.m		110	27.5%	Crush stone (1/2" * 3/4")=40 sud already arrive site stock yard
		(7) DBST							Carry crush stone from boat to stock yard.	250	cu.m		0	0.0%	

III. Other works (if any)

1.	Engineering survey	Road alignment and levelling							Continued carried out level survey for subgrade layer and subbase layer.	600	m	250	450	75.0%	
2.	Soil Plant	Produce mixing materials (Soil + Sand + Cement)							Setting up & Assembling for soil plant completed: producing mixing materials (soil & sand & cement) for subbase course carried on.	836	cu.m	263	270	32.3%	
3.	Borrow pit	Dry up soils/ access road							Use excavator do access, dry up soil and mixing soil and sand, and then loading soil to dump trucks, use bulldozer scarifying and dry up soil.	7,768	cu.m	1500	5,400	69.5%	
4.	Elevated Water Tank	Build frame and install water tank							Construct elevated water tank and joint with tube well pipe for supply fresh water to soil mixing plant was completed.	1	nos.		1	100.0%	
5.	Gravel stock yard	Gravel stock yard							Unloading gravel from boat to stock yard by using man power.	2,560	ton		750	29.3%	
6.	Sand stock yard	Pumping up sand							Unloading sand from boat to stock yard by using pump	7,910	ton	800	3,300	41.7%	

表 2.6.7 週間作業計画 (05/11 - 05/17)

I. Road Works

Category	Work item	May							Actual work description	Total quantity	Unit	Progress			Issues & remarks
		11 Mon	12 Tue	13 Wed	14 Thu	15 Fri	16 Sat	17 Sun				Weekly	Total	(%)	
1. Earthwork															
1.1 Scarifying & re-compaction									Used motor grader scarifying existing embankment, recompaction by tire roller and sheep foot roller.	600	m		600	100.0%	
1.2 Embankment	(1) Lower								Will be used dump truck carry borrow soil and leveling by motor grader, and then compaction by sheep foot roller.	600	m		600	100.0%	
	(2) Road side									600	m		0	0.0%	
1.3 Subgrade									Will be use JCB mixing soil and sand, and carry by dump trucks to road section, then leveling and grading by motor grader, and then compaction by sheep foot roller and tire roller.	600	m		600	100.0%	Total thickness for subgrade layer=600 mm, From STA-103-106 section finish (600)mm &, and from STA.86-103 section finish (300) mm &. Only
1.4 Slope trimming										600	m		0	0.0%	
2. Pavement															
2.1 Wearing course	(1) P-macadam									300	m		0	0.0%	
	(2) DBST									300	m		0	0.0%	
2.2 Hard shoulder										600	m		0	0.0%	
2.3 Base course	(1) Graded stone									300	m		0	0.0%	
	(2) Stabilized material									300	m		0	0.0%	
2.4 Subbase course									Will be use soil plant mixing soil, sand and cement, and carry by dump trucks to road section,then leveling and grading by motor grader, and then compaction by sheep foot roller and tire roller.	600	m		400	66.7%	Total thickness of subbase layer=300 mm for DBST section, only done the & (180 mm) of subbase layer from STA.105-106.
3. Drainage layer										300	m		0	0.0%	
II. Works in Yard															
1. Temporary yard	(1) Site opening								Will use bulldozer scarifying and dry up soil, and then loading by ecavator to dump trucks.	20,000	sq.m		16,000	80.0%	
	(2) Site clearance									20,000	sq.m		0	0.0%	
2. Diversion road										600	m		600	100.0%	
3. Material production	(1) Subgrade								Produce borrow dry soil from borrow pit and carry sand by boat to stock yard.	7,000	cu.m		7000	100.0%	
	(2) Subbase								Produce borrow dry soil from borrow pit and carry sand by boat to stock yard.	1,100	cu.m		733	66.6%	
	(3) Base (stone)								Carry crush stone from boat to stock yard.	1,100	cu.m		330	30.0%	Crush stone (6" * 9")=120 sud already arrive site stock yard, but need to crushing to required size.
	(4) Base (stabilized)								Carry river shrinkle from boat to stock yard	700	cu.m		254	36.3%	River shrinkle =90 sud already arrived to site stock yard.
	(5) Hard shoulder (stone)								Will be continue manully collecting stone from existing road embankment after scarifying of road surface.	200	cu.m		120	60.0%	Collecting crush stone from road section, and storage near 1/4 Mile Post.
	(6) P-macadam								Carry crush stone from boat to stock yard.	400	cu.m		110	27.5%	Crush stone (1/2" * 3/4")=40 sud already arrive site stock yard
	(7) DBST								Carry crush stone from boat to stock yard.	250	cu.m		0	0.0%	
III. Other works (if any)															
1. Engineering survey	Road alignment and levelling								Will be continued carried out level survey for emabnkment layer and subgrade layer.	600	m		450	75.0%	
2. Soil Plant	Produce mixing materials for subbase course								Produce mixing materials for subbase course	836	cu.m		557	66.6%	
3. Borrow pit	Dry up soils/ access road								Will use excavator do access and loading soil to dump trucks , use bulldozer scarifying and dry up soil.	7,768	cu.m		5,826	75.0%	
4.Gravel stock yard	Gravel stock yard								Will be continued carry gravel to stock yard.	2,560	ton		750	29.3%	
5.Sand stock yard	Pumping up sand								Will be continued pumping up sand from boat to stock yard.	7,910	ton		5,537	70.0%	

3. 技術移転プログラム

3.1 プログラム実施手法と取組み内容

PP-2 では、OJT（On-the-Job-Training）およびワークショップ（WS）を主体とした、技術移転プログラムを実施した。プログラムでは、まず担当 JICA 専門家が、PW から任命されたトレーナー候補者に対して、OJT を介した TOT（Training of trainers）を実施した。その上で、TOT を修了した PW トレーナーが、WS を開催し、その他の PW 技術者に対して、講義・現場研修を実施した。本プログラムの枠組みを、図 3.1.1 に示す。また、TOT を受講したトレーナー候補者（後にトレーナー）のリストを、表 3.1.1 に示す。OJT は、着工時（02/15）から WS 開催（04/29）までの期間中に実施された。

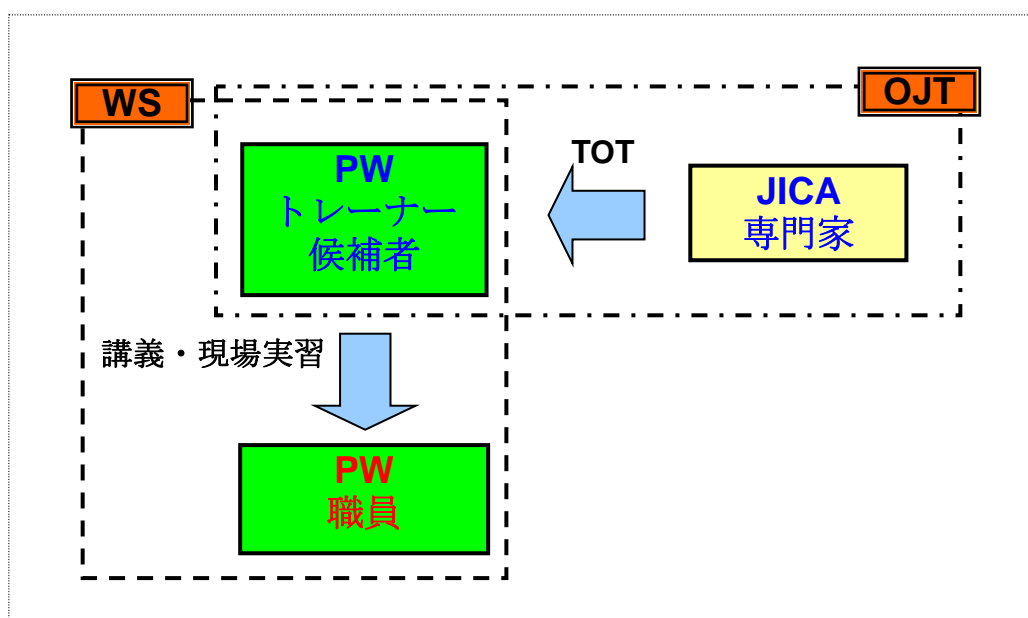


図 3.1.1 技術移転の枠組み

表 3.1.1 ワークショップでのトレーナー

番号	氏名	職位	JICA 専門家	テーマ
1	Daw Hnin Yu Aung	Senior Sub-Assistant Engineer, RRL	小林	舗装設計
2	U Nyi Nyi Kyaw	Assistant Engineer, RRL	宮本	安定処理材料配合設計
3	U Min Thu	Assistant Engineer, JICA Expert Team	宮本	現場材料品質管理
4	U Nyi Nyi Win	Assistant Engineer (Mechanical)	小林	プラント操作・保守手法

3.2 ワークショップ実施内容

3.2.1 実施概要

PP-2 実施期間中の OJT を経て、トレーナーとなった PW 技術者は、JICA 専門家の協力の下、WS において、講義および現場実習を実施した。WS 参加者は、舗装設計、安定処理工事、プラント操作方法に関する包括的な知識を取得した。WS 概要を以下に示す。

- 日程 : 2015 年 4 月 29 日
- 会場 : ボガレー橋管理事務所および PP-2 施工現場
- 参加者人数 : 53 名
- 時間割 :

時間	内容	講師
08:30 - 09:00	参加者受付	
09:00 - 09:15	開会の辞	U Aung Myint Oo Chief Engineer, Dept. of Highway
09:20 - 09:40	講義-1 PP-2 における舗装設計	Daw Hnin Yu Aung Senior Sub-Assistant Engineer, RRL
09:40 - 09:50	質疑・応答	
09:50 - 10:20	講義-2 (1) 安定処理材料配合設計	U Nyi Nyi Kyaw Assistant Engineer, RRL
10:20 - 10:40	講義-2 (2) 現場材料品質管理	U Min Thu Project Engineer, JICA
10:40 - 10:50	質疑・応答	
10:50 - 11:00	休憩	
11:00 - 11:30	講義-3 プラント操作・保守方法	U Nyi Nyi Win Assistant Engineer (Mechanical)
11:30 - 11:40	質疑・応答	
11:40 - 12:00	食堂へ移動	
12:00 - 13:00	昼食	
13:00 - 13:15	仮設ヤードへ移動	
13:20 - 13:50	現場実習-1 プラントによる安定処理材料生産	U Nyi Nyi Win Assistant Engineer (Mechanical)
13:50 - 14:00	本設工事現場へ移動	
14:00 - 14:40	現場実習-2 セメント安定処理下層路盤敷設作業	PW & JICA
14:40 - 15:00	事務所へ移動	
15:10 - 15:30	アンケートへの記入	
15:30 - 15:45	閉会の辞	U Aung Myint Oo Chief Engineer, Dept. of Highway

➤ 実施の模様（写真）



(i) PDによる開会の辞



(ii) 舗装設計の講義



(iii) 材料配合設計の講義



(iv) プラント操作の講義



(v) 質疑・応答



(vi) プラント操作の現場実習



(vii) プラント操作の現場実習



(viii) 下層路盤敷設作業の現場実習

3.2.2 ワークショップ実施効果の評価

ワークショップ開催による効果を評価するため、参加者に対して自己評価アンケートを実施した。このアンケートは、知識や技能の向上レベルの比較を行うために、開催前と開催後の2回行った。評価結果を以下に示す。

(1) 参加者の技術的背景（職歴・研修歴）

参加者の技術的なバックグラウンドを設計業務および工事実施業務に分けて、それぞれ調査・集計した結果を図 3.2.1 のグラフに示す。また、各業務に関連した技術向上プログラム（研修、セミナー、ワークショップなど）への参加経験を、図 3.2.2 のグラフに示す。これらの結果によると、参加者は建設業務に従事した経験者が比較的多いことが判明した。

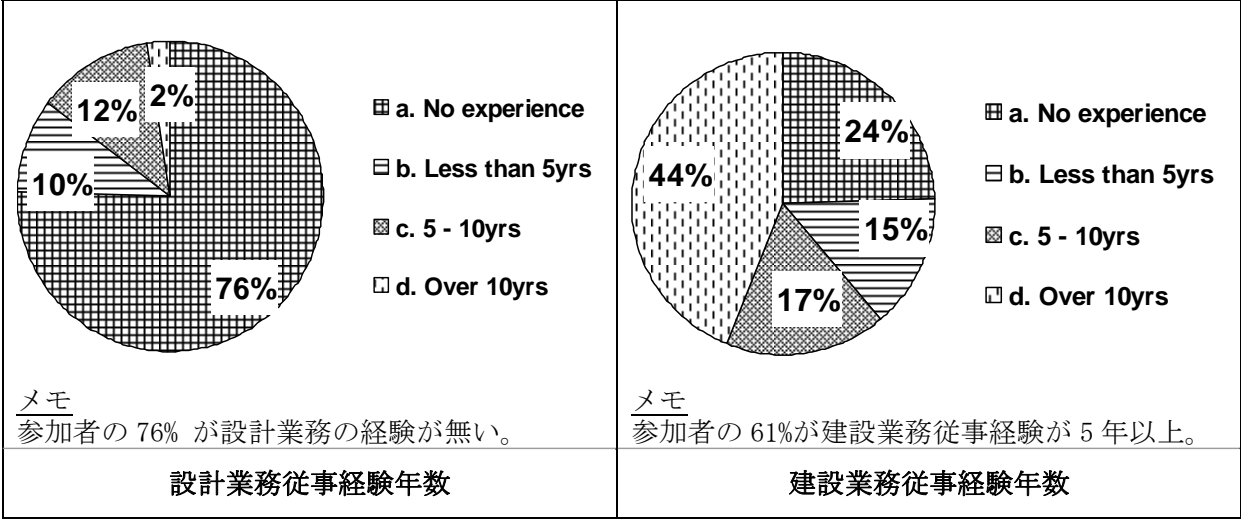


図 3.2.1 参加者の職務経歴

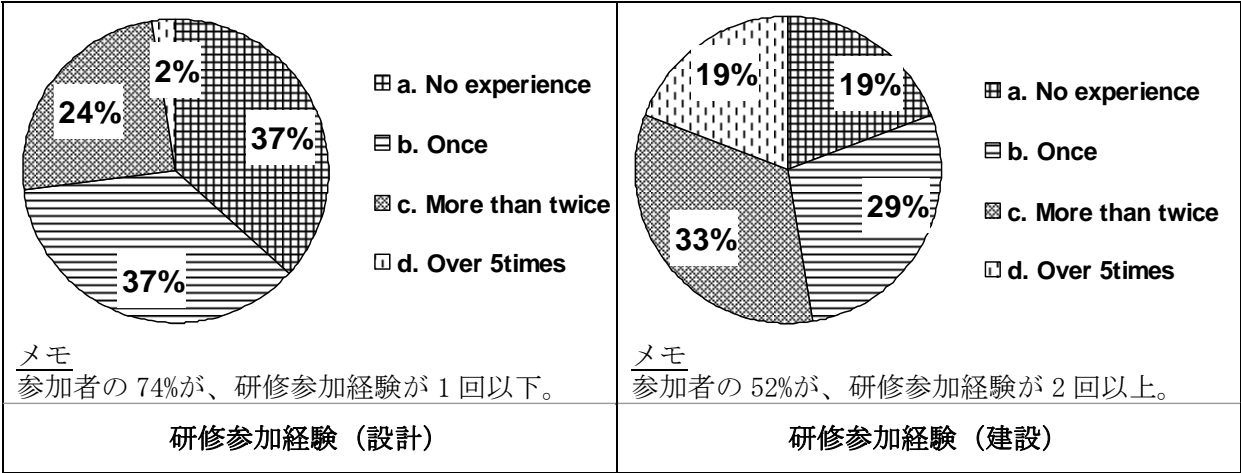


図 3.2.2 参加者の研修参加経歴

(2) 評価結果

1) 技術力レベルに関する自己評価

各講義テーマ別の技術力に関する参加者の自己評価の集計結果を表 3.2.1 に取りまとめた。研修実施により、平均レベルが、2.15 から 2.85 (+0.70) へ、大きな伸びが確認できた。

表 3.2.1 自己評価集計結果 (WS 前 vs WS 後)

Evaluation Item	Technical Capacity Level		
	Pre-workshop	Post-workshop	Difference (Post) - (Pre)
P1: Pavement design	2.19	2.90	0.71
P2 (1): Material mix design	2.13	2.83	0.70
P2 (2): Material quality control	2.28	2.88	0.60
P3: Operation & maintenance of plant	2.10	2.83	0.73
F1: Production of stabilized material by plant	2.14	2.79	0.65
F2: Installation of subbase course	2.05	2.86	0.81
Average	2.15	2.85	0.70

Remarks (Technical capacity level)

Level 1 : I cannot or do not know how to achieve the results even with support provided by other skilled staffs / manuals.

Level 2 : I can or know how to achieve the results with fully support provided by other skilled staffs / manuals.

Level 3 : I can or know how to achieve the results with occasionally or proper support by skilled staffs / manuals.

Level 4 : I can or know how to achieve the results without any support / manuals.

Level 5 : I am able to train other staffs.

2) ワークショップ内容に関する評価

ワークショップの内容（教材、講義、現場実習など）に関する評価を行った。この結果のフィードバックを今後の研修機会に活用することを期待する。

(i) 満足度・理解度の評価

(a) 全体評価

WS 全体の満足度・理解度に関する評価結果を図 3.2.3 に示す。同結果によると、参加者の 86%が、内容に「満足」、あるいは「大変満足」と評価している。また、参加者の 49%が、内容が「理解できた」、あるいは「大変理解できた」と評価している。以上を鑑みると、WS の内容は参加者の興味やニーズによく適合した内容であったと言える。しかし、一方で内容は、参加者の技術レベルに対して、少々難解であったことがうかがえる。

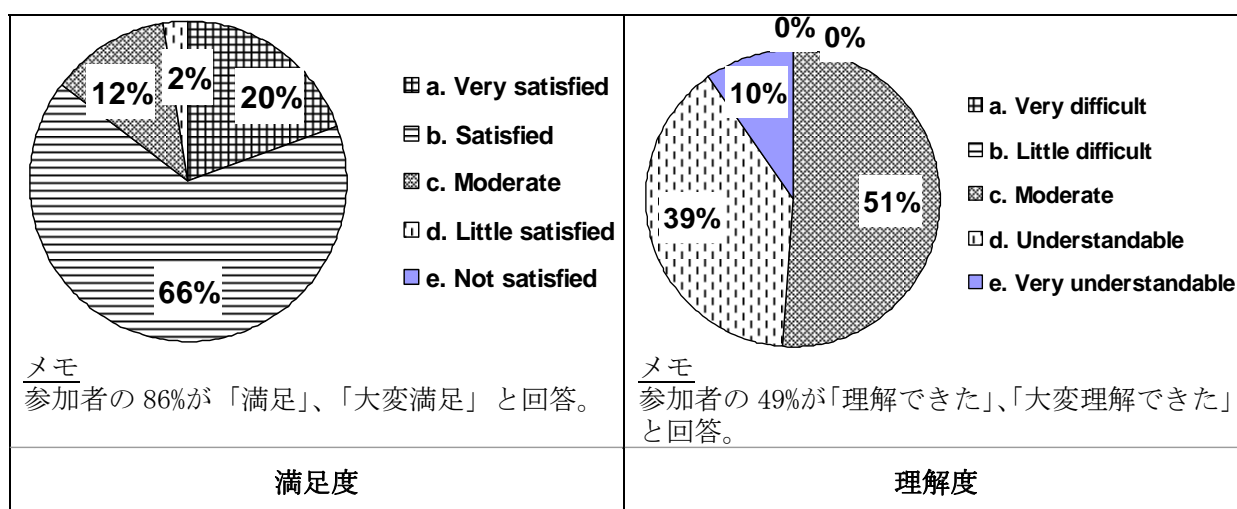


図 3.2.3 ワークショップ内容に関する満足度・理解度

(b) 講義テーマ別評価

理解度調査結果を表 3.2.2 に集計した。全てのテーマを通じて、最も多く回答されたのは「ある程度理解できた」であり、2 番目に多く回答されたのは「理解できた」であった。以上を鑑みて、以下の改善に関する取組みを実施することで、今後の研修プログラムにおいて、理解度レベルの向上が期待できる。

- ✓ 講義時間や質疑・応答時間に十分な時間を確保する。
- ✓ 教材を研修に先立って、参加者に配布し事前学習を促す。
- ✓ 研修テーマに応じた参加者の絞り込みを行う。

表 3.2.2 講義テーマ別理解度レベル集計結果

Understanding level	a. Very difficult		b. Little difficult		c. Moderate		d. Understandable		e. Very understandable		Total
	No.	%	No.	%	No.	%	No.	%	No.	%	
P1: Pavement design	0	0%	8	22%	17	46%	10	27%	2	5%	37
P2 (1): Material mix design	0	0%	2	5%	29	74%	6	15%	2	5%	39
P2 (2): Material quality control	1	3%	6	15%	20	50%	11	28%	2	5%	40
P3: Operation & maintenance of plant	3	7%	8	19%	23	53%	9	21%	0	0%	43
F1: Production of stabilized material by plant	0	0%	5	13%	28	70%	7	18%	0	0%	40
F2: Installation of subbase course	1	3%	5	13%	28	70%	6	15%	0	0%	40

(ii) 今後さらに受講したい講義テーマ

今後、さらに受講したい講義テーマの集計結果を表 3.2.3 に示す（複数回答可）。同表によると、参加者には材料関連の知識や技能に高い興味を持っていることがうかがえる。この調査結果を、今後の研修プログラム作成時に参考にすることを期待する。

表 3.2.3 今後さらに受講したい講義テーマ

Which theme do you want learn more?	No.
P1: Pavement design	16
P2 (1): Material mix design	33
P2 (2): Material quality control	35
P3: Operation & maintenance of plant	7
F1: Production of stabilized material by plant	10
F2: Installation of subbase course	14

(iii) ワークショップによる便益

ワークショップ開催による参加者が得た便益に関する調査を、以下の 質問に対する回答を集計して実施した。

- (i) 「ワークショップで、あなたの期待していた情報が得られましたか？」
- (ii) 「ワークショップで得た見識は、今後あなたの業務で活用できますか？」

集計結果を図 3.2.4 に示す。同結果によると、質問 (i)に対して、参加者の 62%が「非大いに得られた」、あるいは「十分に得られた」という回答であった。また、質問 (ii)に対しては、参加者の 76%が「大いに活用できる」、あるいは「ある程度活用できる」という回答であった。以上を鑑みた結果、ワークショップ内容は、総じて参加者の興味や要求に十分に適合していた内容であったと、評価できる。

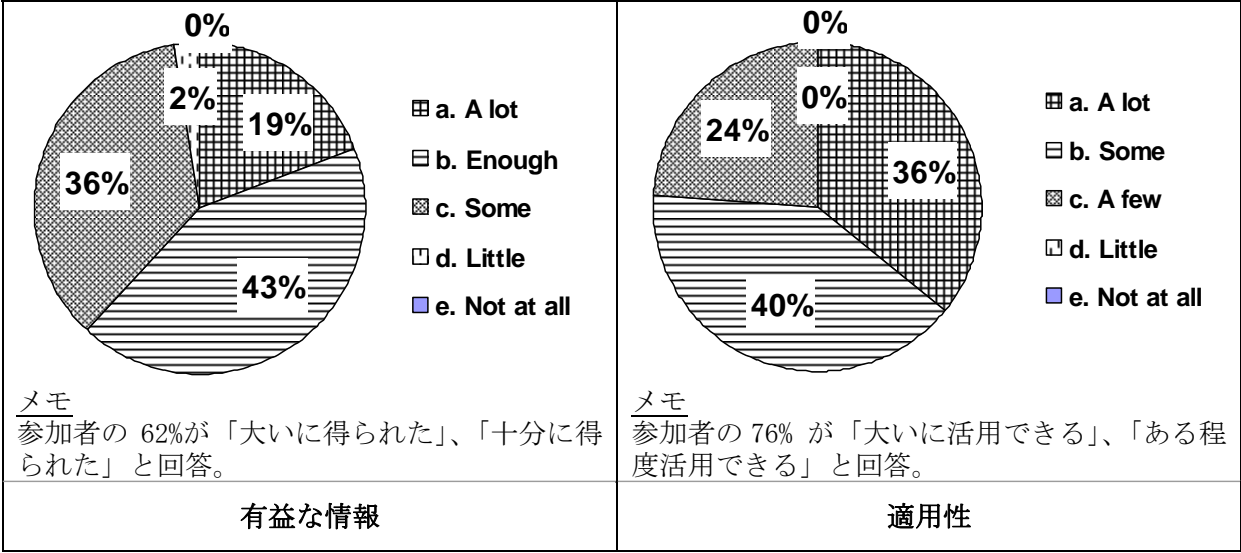


図 3.2.4 ワークショップによる便益

4. 今後の業務に対する取組み方の改善に向けた提言集

4.1 目的

「ミ」国において、将来的な事業実施に対する取組み方を改善することを目的として、PP-2では、以下の作業を実施した。

- プロジェクト実施を通して得た発見や課題の記録作成
- 発見・課題のレビューおよび分析
- 関連機関におけるレビュー・分析結果の情報共有

下記に示す提言集は、チームが PP-2 期間を通して得た知見を基にして作成したものであり、将来の事業実施の際に活用されることが期待される。

4.2 提言集

4.2.1 プロジェクト監理

(1) 業務実施における SI 国際単位系の採用

これまで PW では、道路分野の業務に、経験的にヤード・ポンド法を採用してきた。例として、フィート表示が用いられている道路クラス D-III および D-IV の標準横断図（PW 幾何構造基準より抜粋）を図 4.2.1 に示す。しかし、現在では近隣国を含む世界中のほとんどの国で、SI 国際単位系が採用されている。したがって、今後 PW も、アジア・ハイウェイのような国際幹線道路プロジェクトを実施する際に、関係者間で数値や単位に関する混乱を未然に防ぐため、SI 単位系に統一して採用すべきである。

(2) プロジェクトを雨季前に完了させるための実施スケジュール管理

道路材料は、水の浸透により劣化する傾向があるため、原則として、道路建設工事は雨期期間中には実施できない。したがって、1 月～5 月までの乾期期間中に、多くの道路工事が集中的に実施されている。しかし、このような状況が、一時的ではあるが、PW 保有の機材や人員の欠乏を招いていることも事実である。このような状況を改善するために、路線の重要度に応じた業務実施の優先順位付けによる、実施路線の整理や、早期に事業実施計画書（資機材調達スケジュールを含む）を作成することが、有効だと考える。

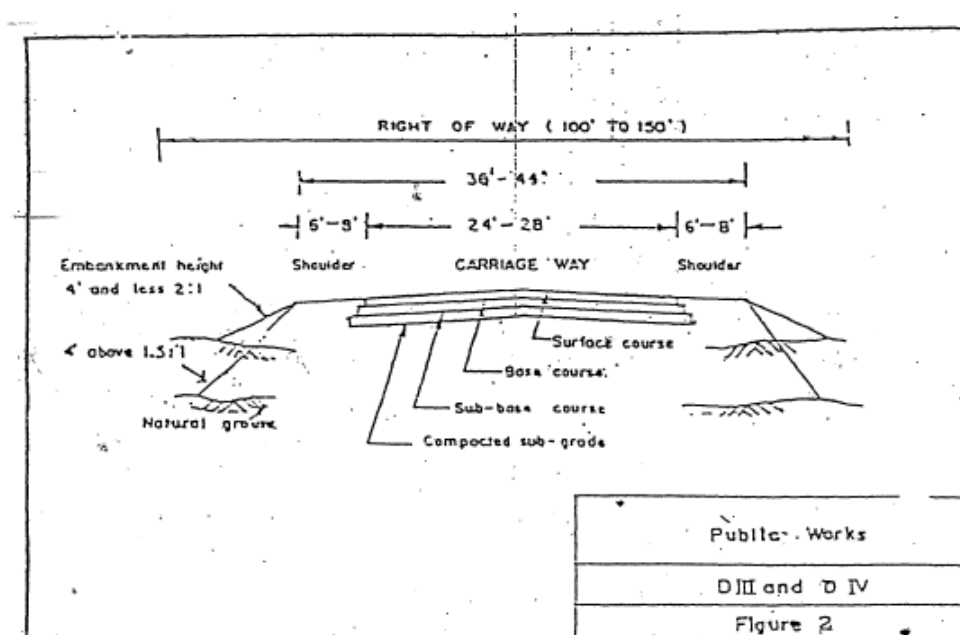


図 4.2.1 道路クラス D-III および D-IV 標準横断図

(3) 品質管理担当者の工事現場への常駐

PP-2 では、表 2.6.3 - 2.6.5 の多くの空欄が示すように、現場試験担当者が不在な時期があったことから、試験が実施されない事態が頻発した。工事品質確保のためには、試験実施と結果の検証が非常に重要であることから、プロジェクト実施に先立って、要員配置スケジュールを適切に検討・策定することが重要である。

(4) 工事実施手法や取組みに関する柔軟性の確保

原則として、現場技術者は、工事実施前に作成された設計成果や工事仕様書に準拠して、現場での業務を実施することが要求される。しかし一方で、当初予期していなかった事象が、工事期間中の現場では、しばしば発生する。PP-2 の例として、路床工事の際、転圧作業を十分に実施したにもかかわらず、多くの現場密度試験結果が、目標値を下回ったケースがあった。このような場合技術者は、室内試験により決定した目標値は、本当に現場の実情に即しているのかどうか、検討しなければならない。このような場合は、現場で実際に適用する材料を用いて室内試験を再度実施し、その適合性を再検証する必要がある。また、建設材料や機材の不足により工期に遅延の可能性が浮上した場合には、工程の入替えや工法の工夫を行い、できる限りそのリスクを低減する必要がある。このように、入念な検討と検証に基づく業務実施時における柔軟性は、プロジェクト監理に従事する技術者に大いに求められる資質である。

4.2.2 土壌改良用プラント

(1) プラント設置用基礎コンクリートの建設

プラント設置用 RC 製基礎は、基盤と 8 つの支柱および側壁により構成されている。また、プラントは支柱上に完全に水平な状態で設置しなければならない。したがって、支柱は垂直、かつ天端が同じ高さになるよう建設する必要がある。現場技術者は、測量器具を用いて、天端の標高を入念にチェックすることが求められる。さらに、基礎は約 18 トンあるプラントの重量を、比較的長期間支持し続けなければならないため、技術者は、崩落事故の発生を防ぐために、作業品質の管理を入念に実施する必要がある。関連写真を図 4.2.2 に記載する。



図 4.2.2 プラント基礎建設作業模様

(2) プラントの日常点検・保守業務の徹底

プラントの良好な稼働状態を長期間維持するために、最も効果的な取組みは、点検・保守・清掃業務を、日常的に実施することである。担当技術者は、点検シートなどをチェックし、これらの業務が継続的、かつ適切に実施されているかどうか、確認する必要がある。

(3) プラントへの材料投入の際の留意事項

通常、安定処理前の基礎材料は、土と砂をバックホーにより混合して生産する。ここで、基礎材料に粘性土を用いる場合には、混合後であっても、材料内部に粒径の大きな土塊が残留している可能性がある。このような土塊が材料投入部の振動ふるい部分に、激しく衝突すると、その機能が損傷してしまう危険性がある。このため、投入作業は、徐々にゆっくりで行う必要がある。また、投入部脇に点検員を配置し、状況を確認しながら作業を実施することが必要である。材料投入作業の訓練時の写真を、図 4.2.3 に記載する。



図 4. 2. 3 材料投入作業の訓練模様

4. 2. 3 材料安定処理工事

(1) 安定処理材料に用いる材料の準備作業

エーヤワディ・デルタ内では、例え乾期内であっても、土取場で掘削した土は高い含水比を示している。安定処理材料に用いられる材料は、室内試験結果により設定された含水比に適合するよう、特に入念な水分管理が求められる。したが、掘削土は即座に工事に用いることは許されず、乾燥させるために、土取場内に 2～3 日間放置しておく必要がある。材料品質管理を担当する現場技術者は、放置した材料が工事に適用可能になる状態になったかどうか、日常的に検証しなければならない。関連する写真を図 4. 2. 4 に記載する。



図 4. 2. 4 掘削土乾燥中の模様

(2) 安定処理土の混合具合の確認

安定処理土の混合具合は、その土質特性（PI、含水比、粒度分布など）により、様々であることから、現場技術者は、毎プラント稼働日に具合を確認する必要がある。この業務には、フェノールフタレイン溶液を用いた検査方法が適している。通常、この溶液は酸塩基規定薬として用いられており、セメントを含むアルカリ性物質に触れた部分が、ピンク色に変色する（図 4.2.5 参照）。したがい、技術者はプラントから生産された材料に、霧吹き器に入れた溶液を数回ふりかけることで、混合具合を確認することができる。



図 4.2.5 酸塩基反応により変色した材料

4.2.4 道路建設工事

(1) 機材の適性に応じた転圧作業の実施

粘性土の材料を転圧する際には、シープフットローラーの活用が有効である。これは凸形状が無数に付いたローラーで転圧することで、土中に残留している空隙も押し潰すことができるからである。なお、粘性土転圧時に振動機能を多用すると、過転圧状態を引き起こす危険性があるため、使用は極力控えること。最後に、仕上げ面の転圧作業にはタイヤローラーにより実施すること。関連する写真を図 4.2.6 に示す。



図 4.2.6 機材の適性に応じた転圧作業



パイロット事業結果報告書 (第二期)

別添集

2015 年 7 月

ミャンマー国災害多発地域における
道路技術改善プロジェクト

ミャンマー国建設省、公共事業局

JICA 専門家チーム

別添-A: Pavement Design Report in the PP-2

Pavement Design Report in the PP-2

1. Introduction

The project implementation team composed of PW and JICA Experts conducted pavement design work to be applied for the PP-2 on Road No. 10 in Bogale Township. The PP-2 will be commenced in February, 2015. Approach and conditions for the design work are described in the following chapters.

2. Design Approach

PW/JICA designed pavement structure to be applied for the PP-2 in 2 steps namely (i) AASHTO empirical method and (ii) Structural Number (SN) principle in ORN31. The design procedures will be described in the following chapters.

3. Design Conditions

3.1 Estimated Traffic Volume in Design Period

(1) Diverted and Generated Traffic

Currently, there is 6 numbers of heavy vehicles in the PP-2 section on Road No. 10 based on the estimate of the District Engineer in PW Pyapon District Office. They have been applied for construction work of Kyaw Chan Ye Kyaw Bridge (KCYK-B). The bridge will be opened in 2017 on the basis of the recent construction schedule. PW/JICA made assumption that the traffic will be certainly increased in the PP-2 section through the following routes once the bridge opens.

- ✓ Traffic of Maubin-Pyapon-Bogale will be diverted to Maubin-Kyaikpi-Bogale.
- ✓ Traffic of Mawgyun-Bogale will be generated.

Current daily traffic volume (heavy vehicle only) on the related routes are as shown in Table 3.1.1. Furthermore, road network related to the PP-2 is as shown in Figure 3.1.1.

Table 3.1.1 Daily Traffic Volume of Heavy Vehicle (2014)

Route	Road No.	Traffic volume (both directions)
Maubin-Pyapon-Bogale		29
Maubin-Kyaikpi(KYCK-B)-Bogale	Rd-1 & Rd-10	6
Mawgyun-(KYCK-B)-Bogale	Rd-10	0



Figure 3.1.1 Road Network Map related to the PP-2

(2) Traffic Growth Ratio

PW/JICA set up the traffic growth ratio in the design period (2015 – 2024) as follows.

- ✓ 2015 – 2016 : 4.5 % per year (Middle value (3.0 – 6.0%) of the design manual)
- ✓ 2017 – 2024 : 6.0 % per year (The ratio will be increased after opening of KYCK bridge)

(3) Cumulative Traffic Volume in the Design Period

PW/JICA estimated the cumulative traffic volume in the PP-2 section during the design period by considering diverted/generated traffic and traffic growth ratio stated above. Result of the estimate is summarized in Table 3.1.2. Note PW/JICA made the following assumptions for the estimate.

- ✓ Numbers of construction vehicles for KCK-B construction work will not be increased by applying the traffic growth ratio because of their specific purpose to use. Furthermore, they will be removed once the construction work is completed (2017).
- ✓ Traffic volume via Maubin-Pyapon-Bogale will be diverted once KCK-B opens (2017).
- ✓ Traffic volume via Mawgyun-(KCK-B)-Bogale also will be generated once KCK-B opens (2017). 10 numbers were set up as the traffic volume in 2017.

The Project for Improvement of Road Technology in Disaster Affected Area in Myanmar

Table 3.1.2 Cumulative Traffic Volume in the PP-2 Section in the Design Period (Nos.)

Year	Maubin-Kyaikpi-(KYCK-B)-Bogale Rd1+Rd10	Mawgyun-(KYCK-B)-Bogale Rd10	Maubin-Pyapon-Bogale
2014	6.00	0.00	29.00
2015	6.00	0.00	30.31
2016	6.00	0.00	31.67
2017	33.09	10.00	
2018	35.08	10.60	
2019	37.18	11.24	
2020	39.42	11.91	
2021	41.78	12.62	
2022	44.29	13.38	
2023	46.94	14.19	
2024	49.76	15.04	
Total (per day)	339.54	98.97	
		438.52	
10 years (x365)		160,059.68	

3.2 Estimated Cumulative Equivalent Standard Axle Loads (ESAL) in Design Period**(1) Vehicle Type, Distribution Ratio and Damage Factor (DF)**

PW/JICA set up the target vehicle types and their distribution ratio in accordance with the PW regulation as follows.

- (i) 16tons, 2-axles : 15%
- (ii) 13tons, 2-axles : 29%
- (iii) <13tons, 2-axles : 56%

DF will be slightly varied depending on the design manual to be applied. Calculated DFs by the manual namely ORN31 and AASHTO are listed in Table 3.2.1. The values of AASHTO will be applied for the PP-2.

Table 3.2.1 DF by the Manual

Vehicle type	ORN31	AASHTO
(i) 16tons, 2-axles	2.74	2.41
(ii) 13tons, 2-axles	2.00	1.86
(iii) <13tons, 2-axles	0.50	0.55

(2) Lane Distribution Factor

Proposed lane formation is as shown in Figure 3.2.1. Carriageway is composed of 2 lanes (9 feet per lane). This formation is designated as 1.5 lanes in accordance with the PW regulation. Therefore, cumulative ESAL (both directions) will be multiplied by **0.75**.

The Project for Improvement of Road Technology in Disaster Affected Area in Myanmar

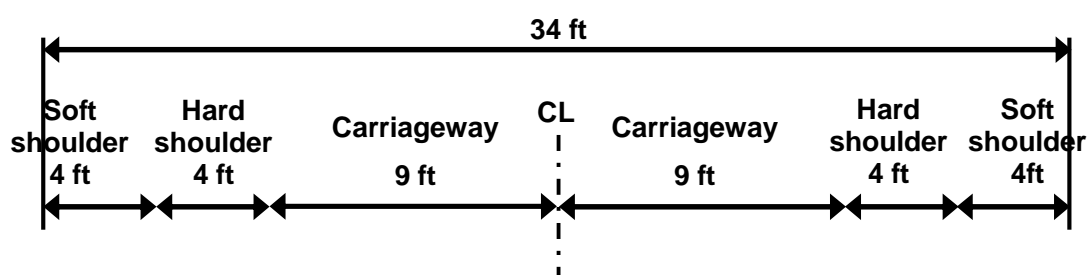


Figure 3.2.1 Proposed Lane Formation in the PP-2

(3) Estimate of Cumulative ESAL in the Design Period

PW/JICA estimated the cumulative ESAL by considering the above stated factors. The result is summarized in Table 3.2.2. The value of **145,122** will be applied for the PP-2.

Table 3.2.2 Cumulative ESAL in the Design Period

Vehicle type	i. 16t, 2-axes	ii. 13t, 2-axes	iii. <13t, 2-axes
Percentage	15%	29%	56%
DF (PW/ORN31)	2.74	2.00	0.50
DF (AASHTO)	2.41	1.86	0.55
Cummulative vehicle numbers	24,009	46,417	89,633
Cummulative ESAL (PW/ORN31)	65,785	92,835	44,817
Total ESAL (2-directions)			203,436
Total ESAL per direction (x 75%)			152,577
Cummulative ESAL (AASHTO)	57,862	86,336	49,298
Total ESAL (2-directions)			193,496
Total ESAL per direction (x 75%)			145,122

3.3 Reliability (R)

Reliability (R) is the probability that the pavement structure will fulfill the desired performance under the estimated traffic volume and environment in the design period. R is classified according to required function (i.e. importance) of the road in the AASHTO method. Table 3.3.1 indicates the recommended values of R. Further, Reliability coefficient (Z_R) is determined according to the classified R as shown in Table 3.3.2.

PW/JICA assumed Road No. 10 would be categorized to “Local road” in accordance with the American Classification. Therefore, **$R = 70\%$** and **$Z_R = -0.524$** will be applied. Furthermore, standard deviation (S_0) in case of flexible pavement will be between 0.40 and 0.50 also in accordance with AASHTO. Therefore, **$S_0 = 0.45$** will be applied.

The Project for Improvement of Road Technology in Disaster Affected Area in Myanmar

Table 3.3.1 Recommended R by Road Function

Function	Recommended R (%)	
	Urban	Rural
Interstate road & freeway	85 – 99.9	80 – 99.9
Principal arterial	80 – 99	75 – 95
Collectors	80 – 95	75 – 95
Local	50 – 80	50 – 80

Table 3.3.2 Reliability Coefficient (Z_R) by Determined R

R (%)	Z_R
50	0.000
60	-0.253
70	-0.524
75	-0.674
80	-0.841
85	-1.037
90	-1.282
95	-1.645
99.9	-3.090

3.4 Serviceability

The team determined 2 types of serviceability values namely initial serviceability ($P_0 = 4.2$) and terminal serviceability ($P_t = 2.0$) in accordance with AASHTO.

3.5 Material Coefficient of Each Layer

Strength (e.g. UCS, CBR) of the each layer is able to convert to layer coefficient (a_n) the following graphs (Figure 3.5.1 to Figure 3.5.3). The determined coefficients are summarized in Table 3.5.1.

The Project for Improvement of Road Technology in Disaster Affected Area in Myanmar

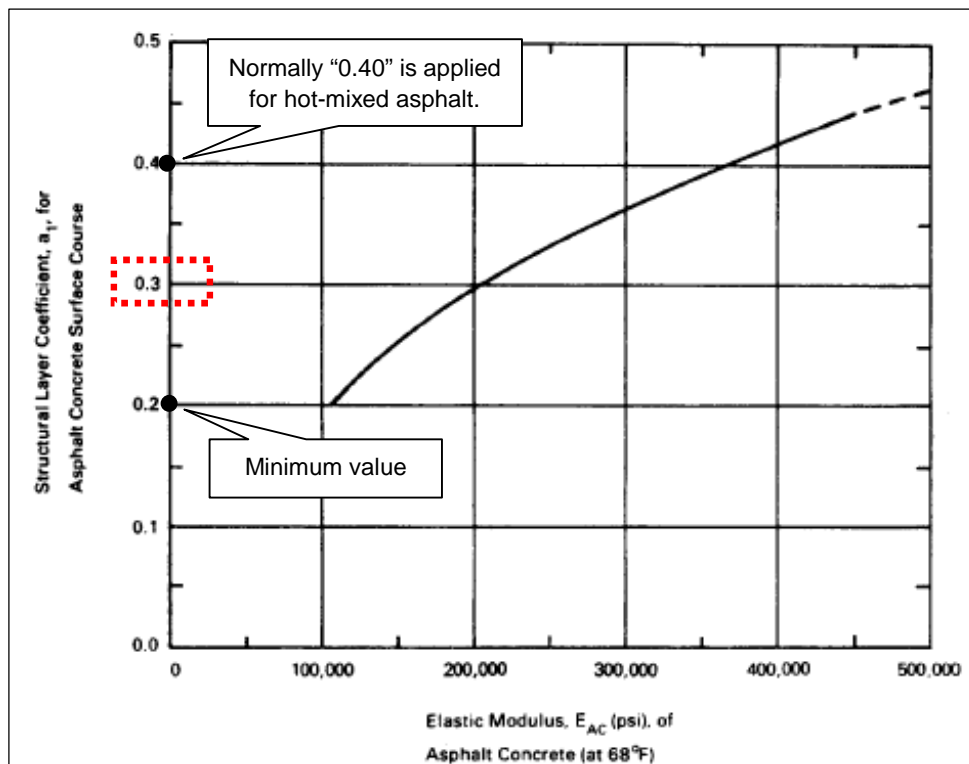


Figure 3.5.1 Correlations between Elastic Modulus & Layer Coefficient in Asphalt Concrete

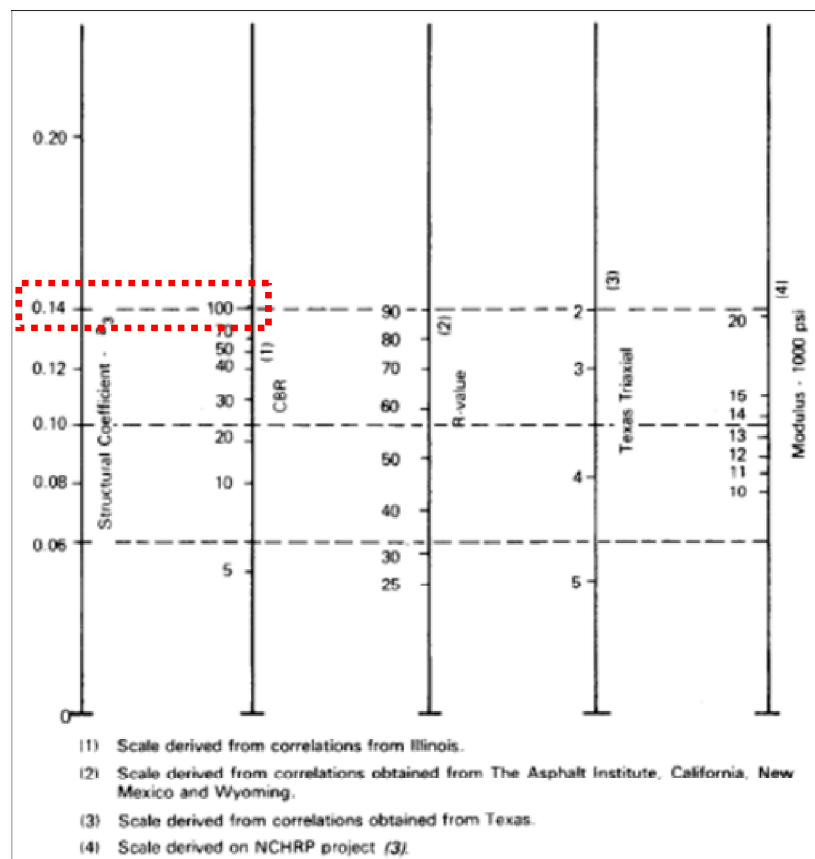


Figure 3.5.2 Correlations between CBR & Layer Coefficient in Granular Base

The Project for Improvement of Road Technology in Disaster Affected Area in Myanmar

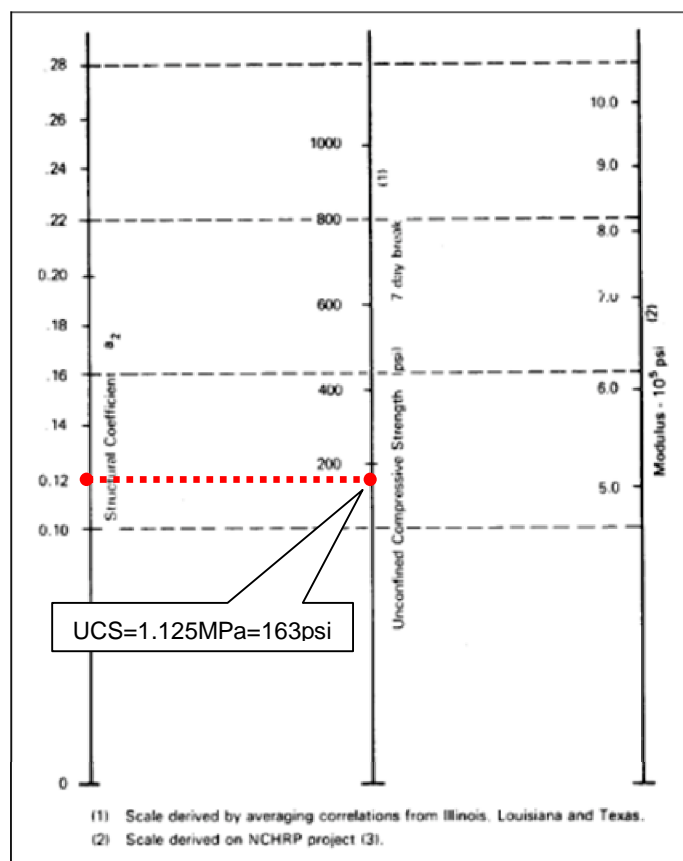


Figure 3.5.3 Correlations between UCS & Layer Coefficient in Cement Treated Base

Table 3.5.1 Layer Coefficient in AASHTO

Layer	Material	Strength	Coefficient (a_n)	Remarks
Wearing	P-macadam	Not available in numeral	0.30	Interim value in Fig.3.5.1
Base	Graded crush stone	CBR=100%	0.14	See Fig.3.5.2
Subbase	Cement stabilized soil	UCS=1.125MPa	0.12	See Fig.3.5.3

(Note) 1.0psi = 0.0069MPa

3.6 Drainage Coefficient of Each Layer

Bottom of subbase course will be set on 3feet higher than previous high water level in accordance with the PW regulation. Therefore, drainage coefficients (m_n) of subbase course and base course will not be considered (i.e. $m_n=1.00$).

4. Determination of Pavement Formation

4.1 Determination Approach in AASHTO

Required strength of whole pavement structure, which is called the Structure Number (SN), will be calculated by the following formula and the conditions determined in above sections.

The Project for Improvement of Road Technology in Disaster Affected Area in Myanmar

$$\log_{10}(W18) = Z_R \times S_0 + 9.36 \times \log_{10}(SN + 1) - 0.20 + \frac{\log_{10}\left(\frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5}\right)}{0.40 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}}} + 2.32 \times \log_{10}(M_R) - 8.07$$

W18 : Estimated cumulative ESAL (=145,122)

M_R : Resilient coefficient of subgrade ($CBR \times 1,500 = 4 \times 1,500 = 6,000$)

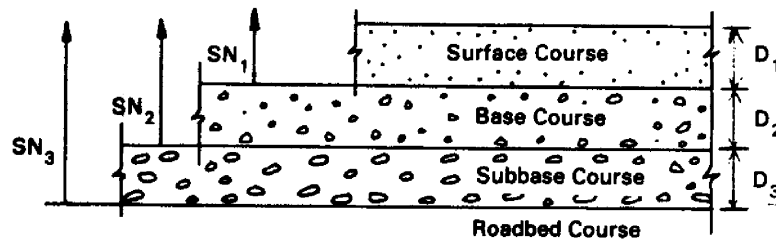
SN : Structure Number (Required strength of whole pavement structure = 2.38)

Z_R : Reliability coefficient (= -0.524 in case of R = 70%)

S_0 : Standard deviation (= 0.45)

ΔPSI : $P_0 - P_t$ (Difference between initial serviceability index and terminal serviceability index of pavement (initial: $P_0=4.2$, terminal: $P_t=2.0$))

Furthermore, each layer's thickness should be determined by fulfilling the correlations as illustrated in Figure 4.1.1. Consequently, pavement formation was determined as shown in Table 4.1.1.



$$D^*_1 \geq \frac{SN_1}{a_1}$$

$$SN^*_1 = a_1 D^*_1 \geq SN_1$$

$$D^*_2 \geq \frac{SN_2 - SN^*_1}{a_2 m_2}$$

$$SN^*_1 + SN^*_2 \geq SN_2$$

$$D^*_3 \geq \frac{SN_3 - (SN^*_1 + SN^*_2)}{a_3 m_3}$$

1) a , D , m and SN are as defined in the text and are minimum required values.

2) An asterisk with D or SN indicates that it represents the value actually used, which must be equal to or greater than the required value.

Figure 4.1.1 Procedure for Determining Thickness of Layers by a Layered Analysis Approach

The Project for Improvement of Road Technology in Disaster Affected Area in Myanmar

Table 4.1.1 Pavement Formation in AASHTO

Layer	Material	a_n	m_n	Min. thickness (inch)	D_n (inch)	D_n^* (inch)
Wearing	P-macadam	0.30		2.00	4.17	4.50
Base	Graded crush stone	0.14	1.00	4.00	-1.86	4.00
Subbase	Cement stabilized soil	0.12	1.00		3.92	4.00

(Note) D_n : minimum required value, D_n^* : actually applied value

4.2 Thickness Modification by ORN31

PW/JICA considered reduction of the wearing course thickness from 4.5" to 3.0" to conform to the previous projects of PW. PW/JICA applied the SN principle stipulated in ORN31 for this approach. That is, the strength of reduced thickness will be substituted by increment of the lower layers' thicknesses (i.e. base and subbase). SN of modified pavement structure (SN_m) will be calculated by the following formula. Furthermore, SN_m should exceed SN of whole pavement structure (=2.38) stated in section 4.1.

$$SN_m = a_1 \times D_1 + a_2 \times D_2 \times m_2 + a_3 \times D_3 \times m_3$$

SN_m : Structure Number of modified pavement structure

a_n : Material coefficient of each layer

D_n : Thickness of each layer (inch)

m_n : Drainage coefficient of each layer

Modified pavement formation to be applied in the PP-2 is as shown in Table 4.2.1.

Table 4.2.1 Modified Pavement Formation

Layer	Material	a_n	m_n	D_n (inch)	SN_m
Wearing	P-macadam	0.30		3.00	0.90
Base	Graded crush stone	0.14	1.00	6.00	0.84
Subbase	Cement stabilized soil	0.12	1.00	6.00	0.72
Total SN_m					2.46

別添-B: The Report on Stabilized Material Test at RRL



The Report on Stabilized Material Test at RRL

March, 2014

**The Project for Improvement of Road Technology in
Disaster Affected Area in Myanmar**

Public Works, Ministry of Construction	JICA Expert Team
---	-------------------------

TABLE OF CONTENTS

1. INTRODUCTION	1
2. CBR TEST TO EVALUATE THE EXISTING SUB GRADE	5
3. MIXING TEST OF STABILIZED MATERIALS.....	10
3.1 Stabilization of Sub grade	10
3.2 Stabilization of Sub base (CS)	14
3.3 Stabilization of Rad base (CB2)	19
4. DESIGN STABILIZED SUBGRADE AND SUBBASE.....	22
4.1 Design additive Ratio.....	22
4.2 Evaluation of CBR on Subgrade Considering Stabilized Subgrade	25
5. CONTROL OF HEXAVALENT CHROMIUM	27
5.1 Simplified Hexavalent Chromium Test	27
5.2 Detail Hexavalent Chromium Test	30

APPENDIX

PRELIMINARY TEST RESULT AT RRL	35
COMPARISON ON TESTING METHOD WITH BS AND JIS	42
ADDITIONAL TESTING ON STABILIZED MATERIALS.....	45
DETAIL HEXAVALENT CHROMIUM TEST RESULTS	50

1. INTRODUCTION

(1) Overview

Based on the results of mixing tests conducted until now(refer Figure-1.2), the cases that comply with site conditions where the required strength can be anticipated will be identified, and the relationship that exists between the quantities of stabilizer required for test mix design and the manifested strength will be sought.

Because the paving cross-sectional composition in the pilot works is uncertain and it is necessary to investigate the potential of each stabilization method, the following stabilized roadbeds are examined:

- Subgrade stabilization (lime treatment)
- Subbase course stabilization (in-situ soil, in-situ sand mixture + cement): Target improvement strength $q_u \geq 0.75 \sim 1.5$ Mpa
- Base course stabilization (in-situ soil, in-situ sand, local crushed stone + cement): Target improvement strength $q_u \geq 1.5 \sim 3.0$ Mpa

(2) Test Method

At RRL, laboratory test methods for compaction testing and so on have been conducted according to BS, and the compaction tests and CBR tests conducted so far have also been performed according to BS.

As for stabilized soil testing, there is a minor difference regarding the unit for measuring mold diameter (centimeters as opposed to inches), but the number of layers and the drop energy on striking (3 layers, 2.5 kilogram rammer, 30 centimeter drop, 25 times for each layer) are the same as in JIS.

In view of the above points, the compaction testing and CBR will be conducted basically according to BS (with mold diameter altered from 10 to 15 centimeters (15.2 centimeters)) while also listening to the opinions of RRL.

Meanwhile, since it is not desirable to become confused with the Sakai manual in the case of stabilized soil testing, this will be conducted according to JIS using a 10 (10.5) centimeter mold., the curing period for samples will be set according to the two cases of JIS and BS.

(3) Mixing Test

1) Stabilization of Existing Sub-grade (Ground)

(a) CBR Test of Existing Sub-grade (Ground)

The existing roadbed (ground) on the target section consists of CL (lean clay) and SM (silty sand). Since it is forecast that compaction will be fairly low during the works, CBR testing with altered compaction

(corrected CBR) will be conducted and CBR will be sought according to the site conditions. Moreover, because in-situ density testing hasn't been conducted (only water content comparison), it is scheduled to implement this as part of the re-consigned geological survey.

(b) Mixing Test on Stabilized Materials

The following table shows the way to use lime and cement based on the BS plasticity index (PI). Since a figure of 20 or more applies to the target area, lime treatment will be targeted. In conventional testing, stable quality Yangon lime has been used, however, the cheaper Phyapon lime, which has question marks regarding the stability of quality, will be tried here.

2) Sub base Course Stabilization (ONR 31, CS)

Cement will be added to in-situ soil + sand mixture, which is anticipated to provide the required strength.

The sand is ocean sand that can be extracted from the nearby coast, although it is extremely fine particle sand. In order to reduce PI to 10 or less, it is necessary to mix in almost 50%, however, because the required strength can be anticipated with a blend ratio of 30%, tests will be implemented with a 30% sand mixture and differing amounts of added cement.

3) Base Course Stabilization (ONR 31, CB2)

The base course consists of a mixture of in-situ sand and crushed stones extracted locally from Myaung Mya (in-situ soil: in-situ sand; C/R=0.15: 0.15: 0.7), and it was confirmed that this generally satisfies the scope of granularity indicated in the BS (the recommended scope is roughly the same in the BS and the Japanese paving standard).

Accordingly, testing on the amount of cement addition will be implemented with respect to this granularity blend. Concerning lime-added blending, consideration will be given to adding good quality lime and crushed stone in future, however, first priority will be given to addition of cement.

Table-1.1 Guide to the type of stabilization likely to be effective

Type of stabilization	Soil Properties					
	More than 25% passing the 0.075 mm sieve			Less than 25% passing the 0.075 mm sieve		
	PI ≤ 10	10 < PI < 20	PI ≥ 20	PI < 6 PP < 60	PI ≤ 10	PI > 10
Cement	Yes	Yes	-	No	Yes	Yes
Lime	-	Yes	Yes	No	-	Yes
Lime-P0zzolan	Yes	-	No	Yes	Yes	-

Source: ORN 31

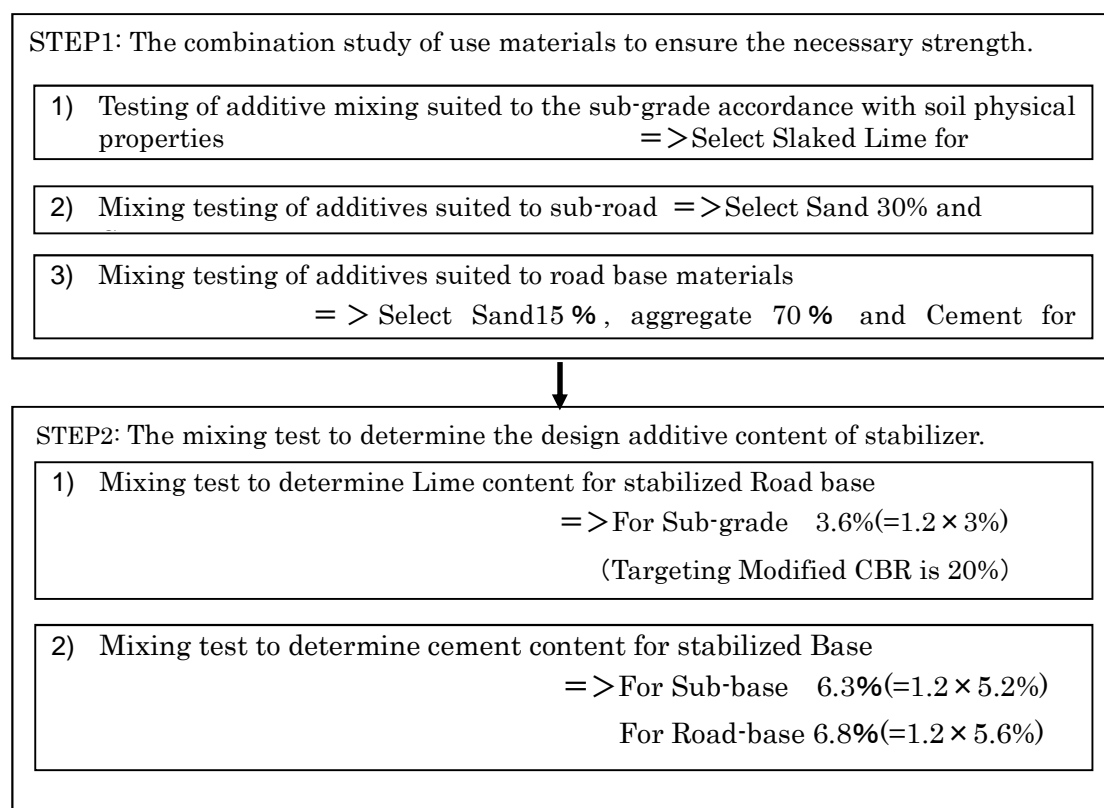


Figure-1.1 Testing Procedure and Results

Table-1.2 RRL Preliminary TEST Result (Step 1) Summary

No	Material	C.B.R (%)	Specified CBR (%)	USC (Mpa)	Specified UCS (Mpa)	Consistency			O.M.C (%)	M.D.D (g/cm ³)
						L.L(%)	P.L(%)	PI(%)		
For Capping Layer (For Sub-grade)										
1	CLSoil (CBR 3%)+ Lime 4 %	19	> 15			43.0	27.8	15.2	14.0	1.674
2	CLSoil (CBR 4%)+ Lime 4 %	20	> 15			39.0	25.1	13.9	13.0	1.690
3	SM Soil (CBR 6%)+ Lime 4 %	27	> 15			37.5	24.4	13.1	10.6	1.834
For Sub-base Course										
1	Cement 4% + Soil	40	>70			50.0	25.0	25.0	12.0	1.724
2	Cement 6% + Soil	50	>70			48.0	25.0	23.0	9.0	1.733
3	Soil + Sand 10% + Lime 4 %			0.6	0.75 - 1.5	34.8	24.0	10.8	12.0	1.740
4	Soil + Sand 10% + Lime 6%			0.72	0.75 - 1.5	32.0	23.3	8.7	11.9	1.733
5	Soil 70%+ Sand 30% + Lime 8%			0.69	0.75 - 1.5	34.0	23.0	11.0	14.7	1.751
6	Soil 70%+ Sand 30% + Lime 10%			0.65	0.75 - 1.5	35.0	24.0	11.0	13.2	1.725
7	Soil + C/R (30: 70) + Lime 4%			0.7	0.75 - 1.5				25.0	1.458
8	Soil + C/R (25: 75) + Lime 6%			0.9	0.75 - 1.5				11.6	1.724
9	Soil + C/R (30: 70) + Lime 6%			0.78	0.75 - 1.5				15.0	1.850
10	Soil + Sand 10% + Cement 4 %			0.76	0.75 - 1.5	32.0	21.0	11.0	11.6	1.828
11	Soil + Sand 10% + Cement 6 %			1.11	0.75 - 1.5	37.0	30.0	7.0	11.7	1.879
12	Soil 50% + Sand 50% + Cement 6%			1.4	0.75 - 1.5	26.0	20.0	6.6	10.5	1.816
13	Soil + C/R (25: 75) +Cement 4%			1.00	0.75 - 1.5				10.0	1.898
14	Soil + C/R (25: 75) +Cement 6%			1.25	0.75 - 1.5				13.0	1.818
15	Soil + C/R (25: 75) +Lime 6%	46.5			0.75 - 1.5					
16	Soil + C/R (30: 70) +Lime 6%	50.0			0.75 - 1.5					
17	Soil + C/R (25: 75) +Lime 10%	49.8			0.75 - 1.5					
For Road-base Course										
1	Soil + C/R (25 : 75) + Lime 8%			0.8	0.1.5 – 3.0				18.9	1.943
2	Soil + C/R (25 : 75) + Lime 10%			0.7	0.1.5 – 3.0				18.0	1.762
3	Soil 15% + Sand 15% + C/R (70%) + Cement 8%			3.6	0.1.5 – 3.0				14.0	1.954
4	Soil 15% + Sand 15% + C/R (70%) + Cement 10%			3.9	0.1.5 – 3.0				12.6	1.983

2. CBR TEST TO EVALUATE THE EXISTING SUB GRADE

(1) Objective

In order to find out the compaction degree and the CBR existing sub-grade or filled up ground, we shall execute a compaction test and some CBR test that numbers of blows to make specimen are changed in some cases.

(2) Type of soil

- CL-Soil

Figure-2.1 shows the sieve distribution of CL-soil and SM-soil.

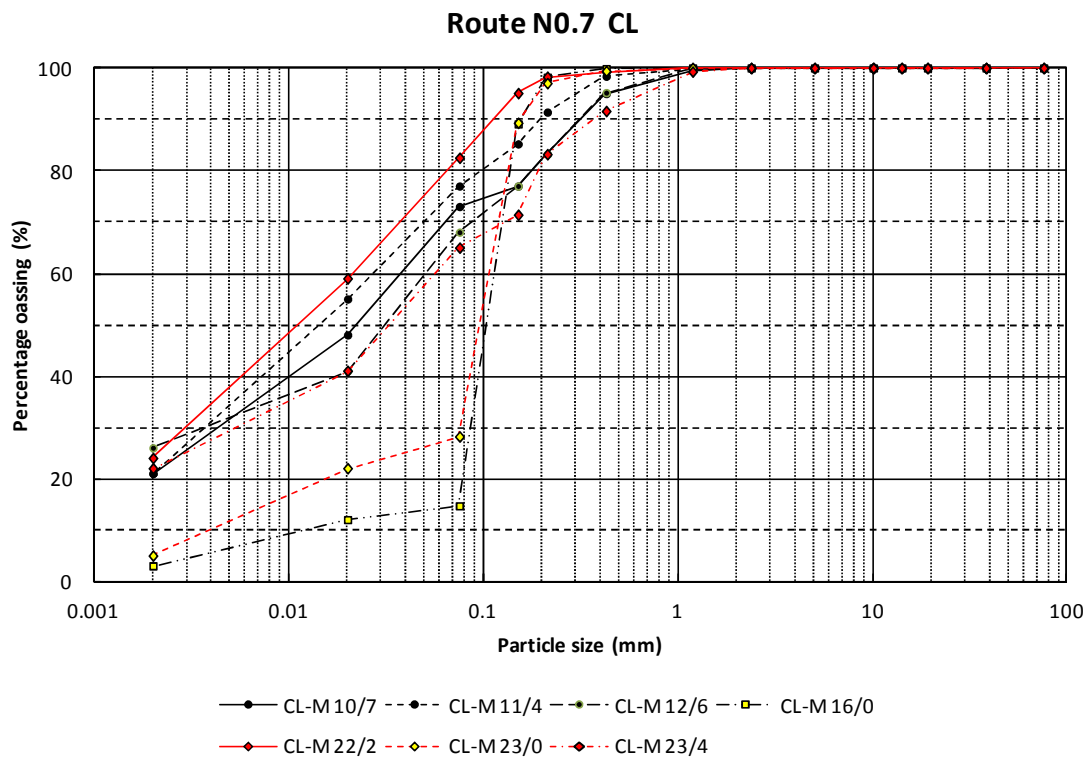


Figure-2.1 The Sieve Distribution of CL, SM soils



Photo-2.1 Taking sample soil for laboratory test

(3) Compaction Test

RRL used 105mm mold and 4.5 kg rammer with ϕ 105mm mold for compaction test at last test. In this case, we shall use 152 mm mold and 4.5kg rammer as same as CBR test

Table-2.1 Compaction Test (Sub-grade)

British Standard (BS) RRL						Remarks (JIS D-method)
Inside Diameter Of Mold (cm)	Rammer Weight (kg)	Impact Height (cm)	Number of Tamping Layer	Tamping Numbers per each layer	Allowable Maximum particle Size	
15.2	4.5kg	45	5	62	(20mm)	ϕ 15cm 5 layer 55 each layer

(4) CBR Test

We shall hold four cases CBR test changed compaction energy to compact soil.

The moisture content using for compacting soil are same as the optimum moisture content or slightly more than optimum moisture content.

Table-2.2 CBR TEST (Sub-grade)

	British Standard (BS) RRL						Remarks (JIS Modified CBR)
	Inside Diameter Of Mold (cm)	Rammer Weight (kg)	Impact Height (cm)	Number of Tamping Layer	Number of blows per layer	Soaked Duration	
1 2 3	15.2	4.5	45	5	15/layer 30/layer 62/layer	4 days	
4	15.2	4.5	45	3	67/layer	4 days	Additional case JIS Design CBR

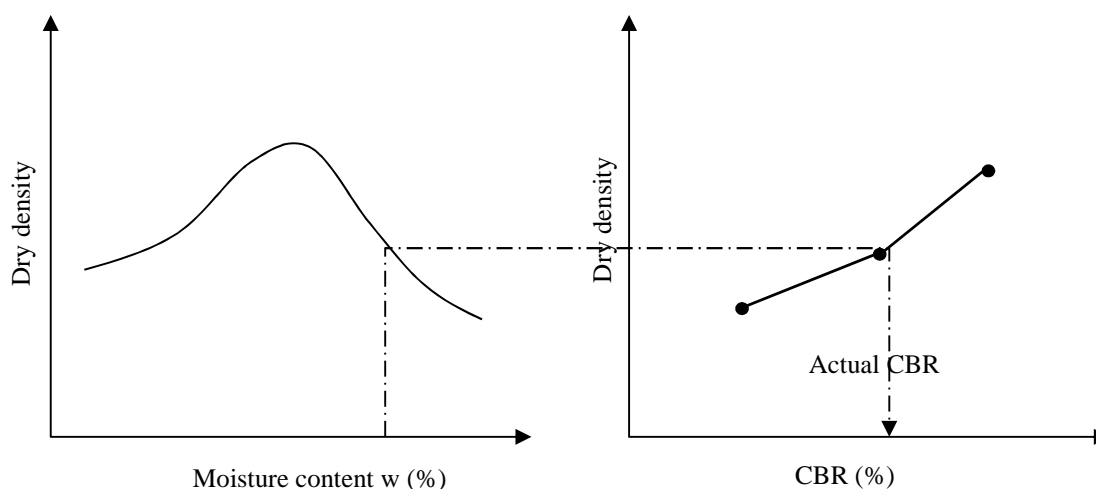


Figure-2.2 Evaluation method of existing subgrade CBR

(5) The evaluation of existing sub-grade CBR

The CBR at the existing sub-grade can be estimated as following

Step 1: Survey the dry density in-situ.

Step 2: Examine three point method specified BS 1377-part4 in order to get the relationship between dry density and CBR.

Step 3: Seek CBR matched the dry density by using Figure-2.4.

The relationship CBR values and dry density in specimens for CBR test is shown in Figure-A.1.4.

The compaction degree of existing subgrade was 85% at the density test results carried out in situ, Therefore, it is reasonable to be considered that the existing subgrade is 2% as following.

- Maximum dry density ρ_d = 1.96 (g/cm³)
- Dry density in-situ = 1.66 (g/cm³)
- Degree of Compaction = 85%
- CBR in-situ = 2% at dry density is 1.66 (g/cm³)

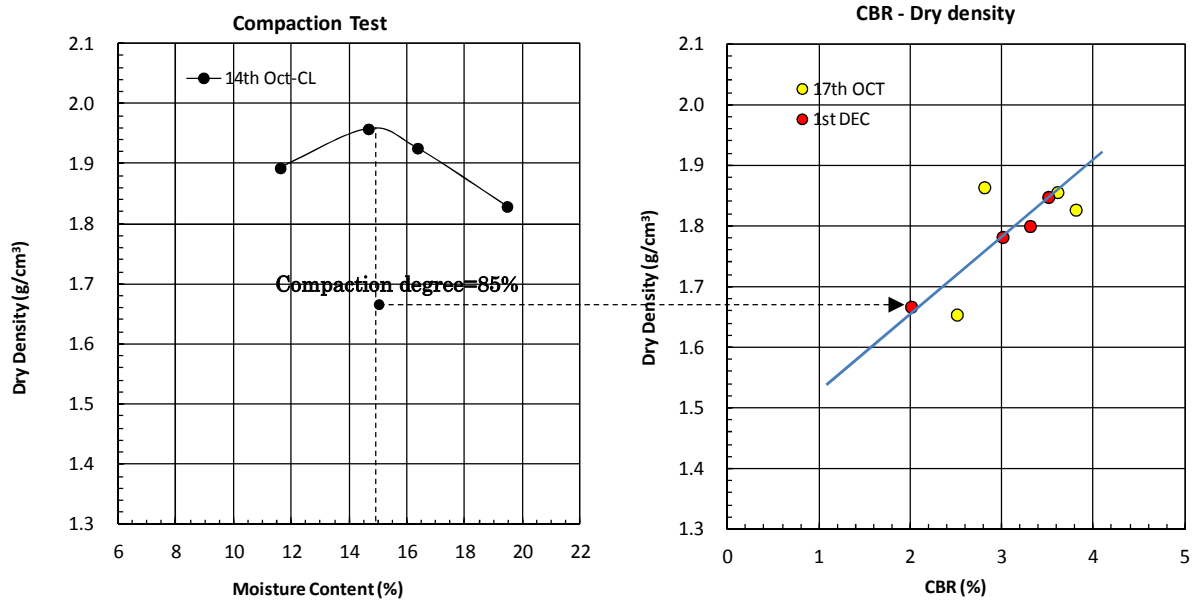


Figure-2.3 Relationship between CBR values and dry density

Table-2.3 Dry Density of Existing-Sub grade (the testing date 12/02/2014)

Location		Dry Density		Moisture content
		(g/cm ³)	(g/cm ³)	w _n (%)
1	0m	16.97	1.73	16.0
2	45m	15.55	1.59	17.0
3	75m	16.49	1.68	17.5
4	120m	16.65	1.7	17.0
5	150m	16.34	1.67	15.0
6	195m	15.55	1.59	15.0
7	225m	16.9	1.72	15.0
8	270m	16.2	1.65	16.0
9	330m	16.7	1.7	16.2
10	390m	16.5	1.68	16.3
11	435m	15.9	1.62	16.0
12	480m	16.3	1.66	16.4
13	525m	16.1	1.64	16.0
15	570m	16.2	1.65	16.0
15	615m	15.8	1.61	16.4
16	660m	16	1.63	16.7
17	720m	16.5	1.68	15.9
18	780	16.8	1.71	16.3
Average		16.30	1.66	16.15
Standard deviation		0.418	0.041	0.662



Photo-.22 Dry Density Test of Existing Subgrade in situ

3. MIXING TEST OF STABILIZED MATERIALS

3.1 Stabilization of Sub grade

(1) Type of soil

- CL-Soil, ~~SM-Soil, two patterns~~

(2) Type of stabilizer

We shall use lime for stabilized sub-grade according to following reasons.

- The soil property at Ayeyarwady delta has high plasticity(PI) and high moisture content(w_n). In that case, Lime is seemed to be more effective than cement for stabilizer from experiences especially in Japanese.
- Last test data executed by RRL have indicated that Lime stabilization improved the soil's strength sufficiently (refer table-3.1)

But in this time, we shall use Phyapon Slaked Lime instead of Yangon Slaked Lime.

Table-3.1 The Existing Test Result by RRL

No	Type of Soil	Unified soil	O.M.C(%)	MDD	CBR (%)
1	Soil (CBR 3%)+Lime 4%	CL	14.0	104.5 pcf (1.675 g/cm ³)	19
2	Soil (CBR 3%)+Lime 4%	CL	13.0	105.5 pcf (1.691 g/cm ³)	20
3	Soil (CBR 3%)+Lime 4%	CM	10.6	114.5 pcf (1.835 g/cm ³)	27

(3) CBR Test

We shall do the test according to Japanese manual excluding curing period of specimen basically.

Natural moisture content shall be used to CBR test.

- $w_n = 17 \sim 18 \%$

Table-3.2 Compaction Test and CBR Test for Sub-grade Stabilization Design

JIS						Remarks
	Inside Diameter Of Mold (cm)	Rammer Weight (kg)	Impact Height (cm)	Number of Tamping Layer	Number of blows per layer	
Compaction test	15.2	4.5	45	3	67/layer	Water content 3case
Design CBR	15.2	4.5	45	3	67/layer	

We shall take into two type curing period of the specimen as follows,

Table-3.3 Comparison of Curing Period for Specimen

		CASE 1 (JIS)		CASE 2 (BS)		Test method
		Indoor curing	Immersion curing	Moist curing	Immersion curing	
Road Base	Lime Stabilized	9 days	1 day	21 days	7 days	Unconfined compression test
	Cement Stabilized	6 days	1 day	7 days	7 days	
Sub-Base	Lime Stabilized	9 days	1 day	21 days	7 days	
	Cement Stabilized	6 days	1 day	7 days	7 days	
Subgrade	Lime Stabilized	6 day	4 day	21 days	7 days	CBR
	Cement Stabilized	3 day	4 day	7 days	7 days	
Remarks		20°C 25°C	20°C 25°C	25°C	25°C	

(4) Combination of lime

We shall consider three or four cases of combination in according to additive lime content.

Table-3.4 Test Case for Stabilized Sub-grade

	Lime additive content				Moisture content
	2%	4%	6%	8%	Depend on the time of pilot project Maybe $w_n = 17 \sim 18 \%$
CL-Soil	○	○	○	○	
SM-Soil	⊖	⊖	⊖		

(5) Mixing test results

Table-3.5 and Figure-3.1 show the testing result of stabilized sub-grade.

Photo-3.1 shows some situations of the laboratory test.

Table-3.5 Test results of stabilized sub-grade

Additive content			2%	4%	6%	8%	Remarks
Stabilized sub-grade	Lime	Dry density(g/cm ³)	1.63	1.68	1.80	1.65	
		Water content (%)	12	14	17	14	
		CBR	6day+4day	15	20	30	JIS
			21day+5day	18	22	32	BS
	Cement	Dry density(g/cm ³)	1.67	1.71	1.86	1.92	
		Water content (%)	17	17	17	17	
		CBR	6day+1day	29	35	45	JIS
			7day+7day	34	46	52	BS

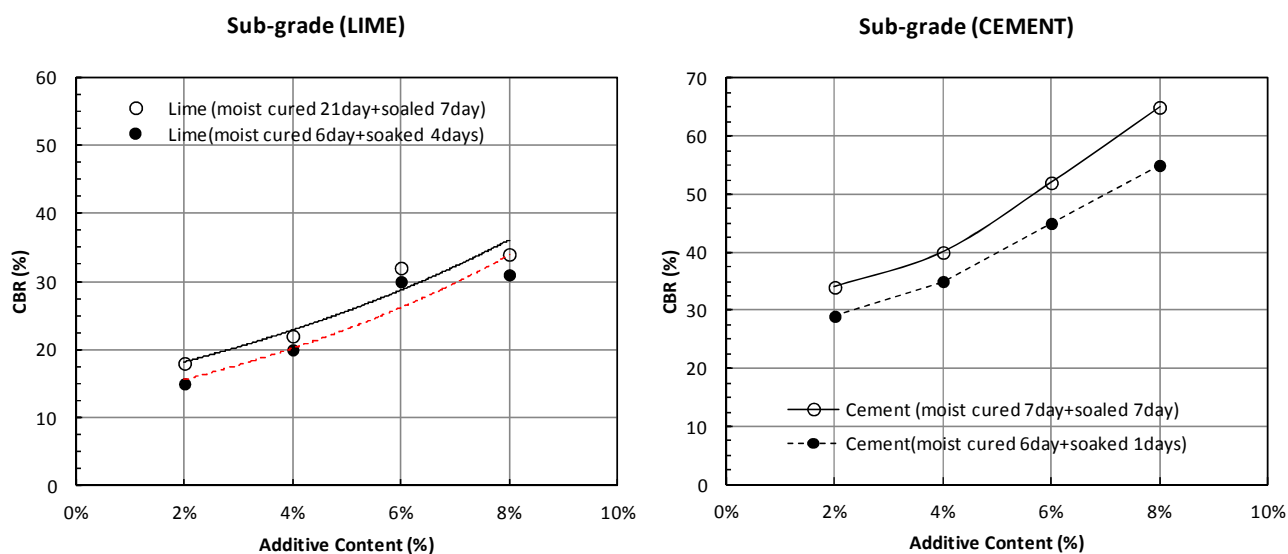


Figure-3.1 Stabilized sub-grade Mixing testing results



Photo-3.1 CBR Test On Stabilized Subgrade Material

3.2 Stabilization of Sub base (CS)

(1) Type of stabilization

We shall select soil, sand and cement mixed stabilization because the onset of strength of this type seems to be enough for required strength and to be more economical than other type.

Table-3.6 Existing Testing Case for Stabilized Sub-base (CS, CB2)

Cement stabilization UCS (Mpa)								Requirement
				Additive content of stabilizer				
				4%	6%	8%	10%	
Cement	Soil 90%	Sand 10%		0.76	1.1			CS: 0.75-1.5(0.98Mpa) CB2: 1.5-3.0(2.9Mpa)
	Soil 50%	Sand 50%			1.4			
	Soil 25%		C/R 75%	1.0	1.25			
	Soil 15%	Sand 15%	C/R70%			3.6	3.9	
Lime	Soil 70%	Sand 30%				0.69		CS: 0.75-1.5(0.7Mpa) CB2: 1.5-3.0(0.9Mpa)
	Soil 70%	Sand 30%				0.65		
	Soil 30%		C/R 70%	0.7	0.78			
	Soil 25%		C/R 75%		0.9	0.8	0.7	
Remarks								() JIS

(2) Consistency test

First, some consistency tests in accordance with mixed sand amount shall be executed to select the suitable plasticity index (PI), it seems PI is better less than ten in order to be performed good workability mixing soil, sand and cement, and to obtain higher strength.

(3) Compaction test

We shall do compaction test to obtain optimum water content of the mixed soil, we may select one case that cement additive content is 4 %.

The compaction method is as following,

- Mold diameter 105mm (100mm)
- Mold height 115.5mm (127mm)
- Rammer weight 2.5kg
- Impact height =30cm
- Number of layers =3 layer
- Tamping number of each layers 27(25) times
- () indicates JIS size

(4) Preparing the specimen and unconfined compression test

The specimen with optimum water content shall be made the same way as the compaction test.

But, if we don't have enough number of molds the modification shown in Table-3.8 is reasonable.

Notes) The stabilizing additive amount is shown as percentage of the dry mass of soil materials.

The water content of the stabilizing additive compound mixture is shown as percentage of the stabilizing additive and specimen dry mass.

In this test, we shall take into two type curing period of the specimen as follows,

- 6 days for indoor curing and 1day for water immersion, total 7 day (in case of JIS).
- 7 day for indoor curing and 7 days for water immersion, total 14 days (in case of BS).

Table-3.7 Test Case for Stabilized Sub-base (CS)

		Consistency Test PI (%)	Cement blending test				Remarks
			Cement additive cement				
			2%	4%	6%	8%	
Sand blending	0%	20.0					
	10 %	15.0		0.76	1.1		
	20%	13.0					
	30%	12.0	○	○	○	○	Candidate case
	40%						
	50%				1.4		
Remarks							Cement is made in Thailand

Table-3.8 Mold Size and Compaction Energy

Mold Type	Mold size		Rammer Weight (kg)	Impact Height (cm)	Number of Layer	Tamping Numbers per each layer	Compaction Energy Ec (KJ/m ³)
	Diameter (mm)	Height (mm)					
BS Mold	105	115.5	2.5	30	3	27	595.6
JIS Mold	100	127	2.5	30	3	25	552.9
Other Mold φ 100mm h=200mm	100	200	2.5	30	5	24	561.8

$$\text{Compaction Energy } E_c = \frac{W \times H \times \text{Layer} \times \text{Browtimes}}{\text{Volume}}$$

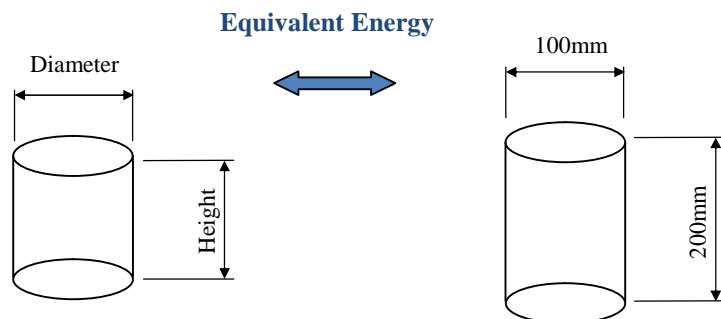


Figure-3.2 Equivalent Compaction Energy

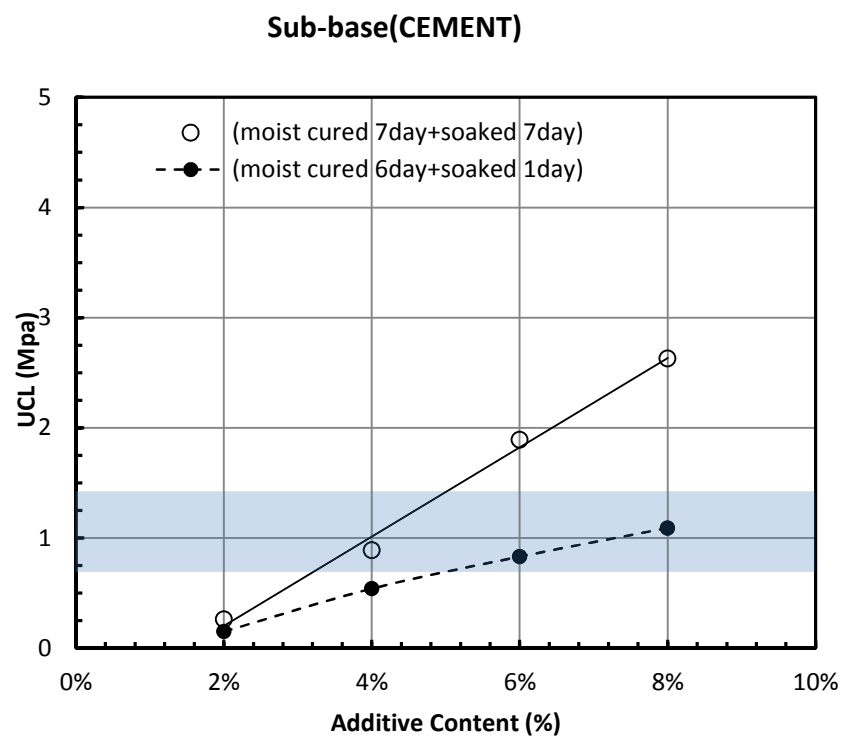
(5) Mixing test results

Table-3.9 and Figure-3.3 show the testing result of stabilized sub-base (CS).

Table-3.9 Test results of stabilized sub-base (CS)

Additive content				2%	4%	6%	8%	Remarks
Stabilized sub-base (CS)	Cement	Dry density(g/cm ³)		1.62	1.66	1.67	1.69	
		Water content (%)		12	14	18	19.5	
		UCS (Mpa)	6day+1day	0.12	0.43	0.66	0.87	JIS
			7day+7day	0.21	0.71	1.89	2.63	BS
		× 1.25*	6day+1day	0.15	0.54	0.83	1.09	
			7day+7day	0.26	0.89	2.36	3.28	

Note: × 1.25* Correction Factor accordance with specimen type (ORN31 pp29)



(include the correction factor accordance with specimen type)

Figure-3.3 Stabilized sub-base (CS) Mixing testing results



Photo-3.2 Mixing Test of Stabilized Materials for Subbase

3.3 Stabilization of Rad base (CB2)

(1) Test case for Stabilized Road-base

Table-5.1 shows the existing test case for stabilized Road base at step one

From in these test cases, we selected the Cement for stabilizer, testing material is mixing soil with soli, sand and crusher run which mixing ratio is 15%: 15* 70%.

Figure-3.10 shows the sieve distribution the mixing material used in this test.

Table-3.10 Test Case for Stabilized Road-base (CB2)

				PI (%)	Cement blending test					Remarks
					additive cement					
Stabilizer	Soil	Sand	C/R		2%	4%	6%	8%	10%	
Lime	25%	0	75%				(0.9)	(0.8)	(0.7)	CB2: 1.5-3.0 Mpa
	30%	0	70%			(0.7)	(0.76)	△	△	
Cement	25%	0	75%			(1.0)	(1.25)			CB2 :1.5-3.0 Mpa
	15%	15%	70%			○	○	○ (3.6)	(3.9)	
Remarks				Soil: CL, in situ Sand: sea sand near the site C/R: Myaung mya						

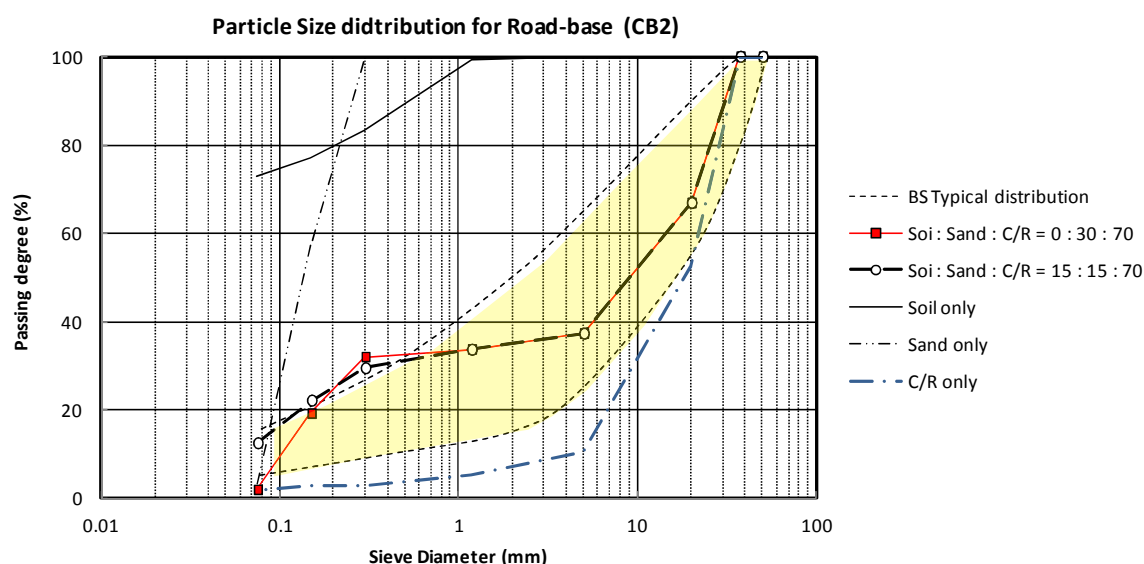


Figure-3.4 Sieve Distribution of Mixing Soil Materials

(2) Preparing the specimen and unconfined compressive test

That is same as stabilized sub-base test.

(3) Mixing test results

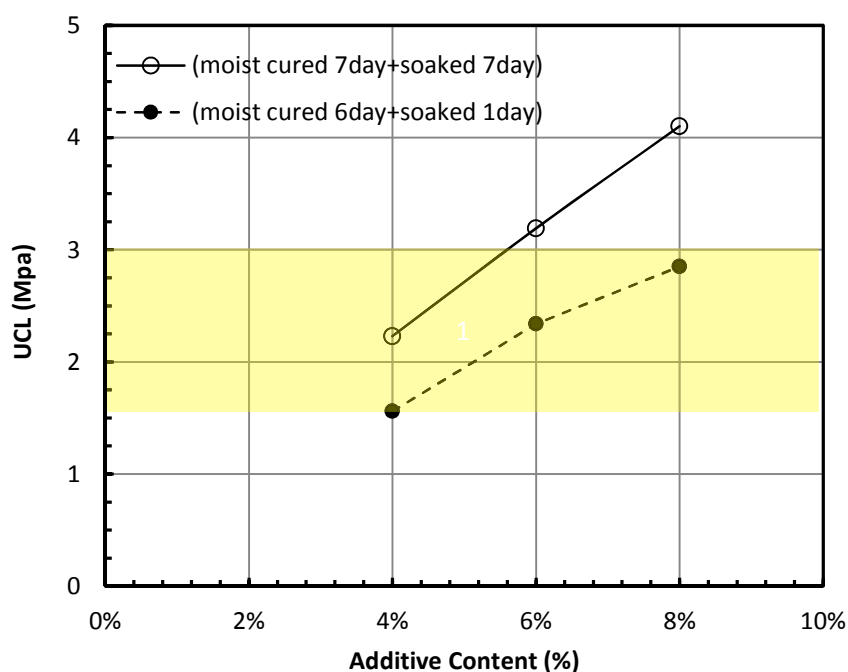
Table-3.11 and Figure-3.5 show the testing results of stabilized Road-base.

Table-3.11 Test Results of Stabilized Road-base (CB2)

Additive content				4%	6%	8%	Remarks
Stabilized RoadBase (CB2)	Cement	Dry density(g/cm ³)		2.02	2.00	1.96	
		Water content (%)		9.5	11.7	14	
		UCS (Mpa)	6day+1day	1.25	1.87	2.28	JIS
			7day+7day	1.78	2.55	3.28	BS
		× 1.25*	6day+1day	1.56	2.34	2.85	
			7day+7day	2.23	31.9	4.10	

Note: × 1.25* Correction Factor accordance with specimen type (ORN31 pp29)

Road-base(CEMENT)



(including the correction factor accordance with specimen type)

Figure-3.5 Stabilized Road-base (CB2) Mixing Testing Results



Photo-3.3 Mixing Test of Stabilized Materials for Road base

4. DESIGN STABILIZED SUBGRADE AND SUBBASE

4.1 Design additive Ratio

In accordance with the preliminary laboratory mixing test results, which were executed from this July to September, RRL have selected the cases that would seem to be satisfied the specimen strength specified in ORN31, the tested items-in detail mixing test (Step2) are shown in Table-4.1

Table-4.1 The mixing test contents in detail mixing test (Step2)

Layer	Materials content			PI (%)	Additive	Remarks
	Soil	Sand	C/R			
Sub-grade	100%	0%	0%	20	Lime	PI is more than 20 (from ORN31, pp28)
Sub-base (CS)	70%	30%	0%	13	Cement	use sea sand
Road-base (CB2)	15%	15%	70%	10	Cement	Use sea sand and Myang Mya crushed rock

C/R: Crusher-run, PI: Plasticity Index

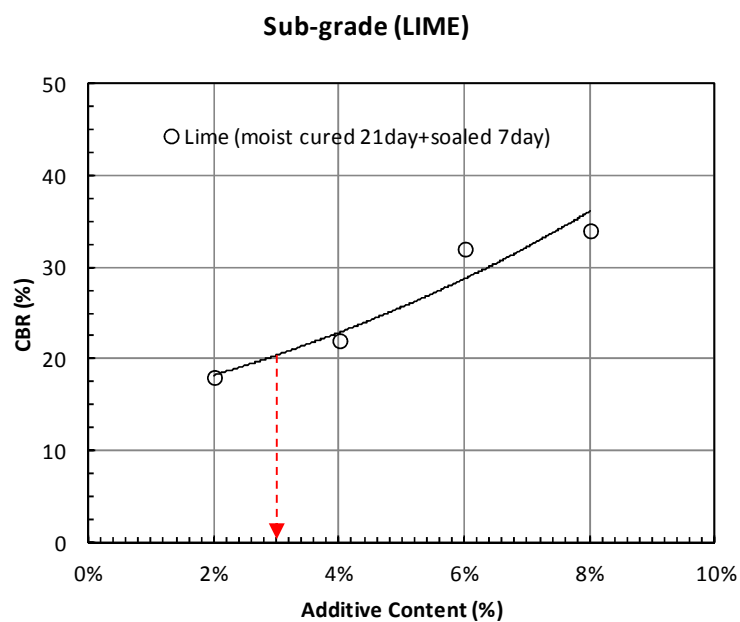
The relationships between stabilizer additive content and the specimen strength are shown Figure-4.1, the strength shown in this Figure is already included the correction coefficient corresponding to the shape of the specimen as showing in Table-4.2.

On the basis of these testing results, we shall take account of the rate of premium as shown in Table-4.3 in order to deal with some uncertainty of field works.

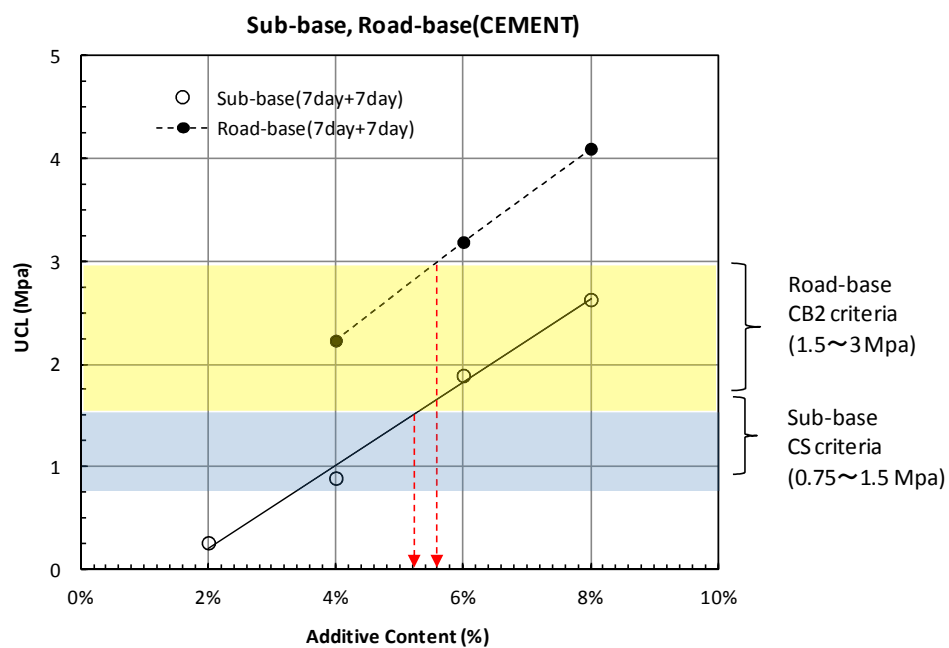
RRL has carrying out the tests on relationship between the strength of stabilized materials and compaction degree now and so it is necessary to consider the appropriate premium rate taking into account These test results and the field test data in the pilot project-1.

Rate of Premium α =Function (agitation•compaction degree, soil property in situ, etc.)

Design additive content = $(1 + \alpha) \times$ Laboratory additive content



(a) Stabilized sub-grade by LIME



(b) Stabilized sub-base, road-base by CEMENT

(include the correction factor accordance with specimen type)

Figure-4.1 Relationship between Additives Content and Strength

Table-4.2 Correction Factors to calculate Equivalent Cube Strengths

Test piece type	Correction Factor
150 mm cubes	—
200 mm×100 mm diameter	1.25
115.5 mm×105 mm diameter	1.04
127 mm×152 mm diameter	0.96

Table-4.3 Rate of Premium for In-situ Stabilized Materials

Depth Stabilized Layer D(cm)	Soil Type	Rate of Premium α	Remarks
D < 50cm	Sandy Clay Cohesive Soil	15 ~ 20%	used $\alpha=20\%$
D \geq 50cm	Sandy Clay	20 ~ 40%	
	Cohesive Soil	30 ~ 50%	

Source: Japanese manual

The construction unit prices of each pavement structures are shown in Table-4.4, it is noted that these construction unit prices were estimated according to Japanese construction estimate manual.

Table-4.4 Unit Cost of Each Pavement Structures (Direct Cost)

(Currency: Kyat)

Item	Sub-base		Road-base		Remarks
	Stabilized materials (CS)	Granular (GS)	Stabilized Material (GB2)	Granular (GB)	
Material	15,130	36,460	30,880	47,680	
Machinery	17,590	4,140	17,590	5,520	Rental fee include fuel, operator
Worker	140	40	140	50	
Sum(kyat/m ³)	32,860	40,650	48,610	53,250	
Remarks	Cement= $1.2 \times 5.2=6.3\%$	Produced in Mandalay	Cement= $1.2 \times 5.6=6.8\%$	Produced in Mandalay	

4.2 Evaluation of CBR on Subgrade Considering Stabilized Subgrade

(1) Average CBR for a location

Each value of the CBR, obtained from several kinds of the materials shall be calculated according to the following formula and the CBR calculated can be defined as the average CBR for a location in question:

$$CBR_m = \left(\frac{h_1 CBR_1^{1/3} + h_2 CBR_2^{1/3} + \dots + h_n CBR_n^{1/3}}{100} \right)^3$$

CBR_m : Average CBR of a location in question

$CBR_1, CBR_2, \dots, CBR_n$: CBR value of soil layers No.1,2, \dots n

h_1, h_2, \dots, h_n : Thickness (cm) of soil layers No.1,2, \dots n, $h=h_1+h_2+\dots+h_n=100\text{cm}$

(2) Average CBR in consideration of stabilized sub-grade

If the existing sub-grade is weak there is a possibility that can not be mixed soil and stabilizer, and compacted stabilized materials sufficiently at near the bottom of n stabilized layer.

Considering such the phenomenon, it should be noted that the calculation method of average CBR is not same between CBR is three or more and less than three in Japanese pavement design standard.

If the sub-grade which existing CBR is less than three is stabilized, the depth of effective stabilized layer shall become the thickness obtained by subtracting 20cm from stabilized depth. And then the CBR for 20cm thickness from the bottom of stabilized sub-grade is taken the average value of existing sub-grade CBR and the CBR at stabilized sub-grade.

On the other hand, if the CBR at existing sub-grade is three or more, it does not need to perform such the reduction.

$$CBR_m = \left(\frac{h_1 CBR_1^{1/3} + 20 \left(\frac{CBR_{improve} + CBR_1}{2} \right)^{1/3} + (h_2 - 20) CBR_{improve}^{1/3}}{100} \right)^3$$

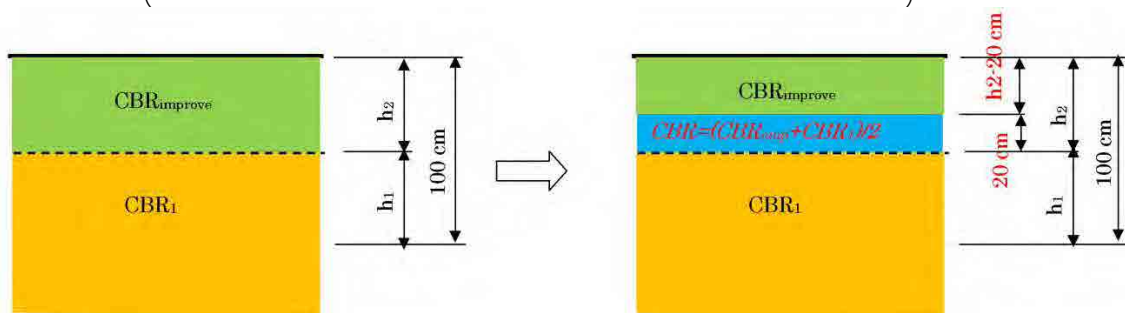


Figure-4.2 IN case of existing sub-grade is less than three

(3) Example of calculating average CBR at stabilized and existing sub-grade

The examples of calculating average sub-grade CBR are shown bellow.

- 1) Existing sub-grade CBR is two and stabilized sub-grade CBR is fifteen

$$CBR_m = \left(\frac{55 \times 2^{1/3} + 20 \times \left(\frac{2+15}{2} \right)^{1/3} + (45-20) \times 15^{1/3}}{100} \right)^3 = 5.07$$

- 2) Existing sub-grade CBR is three and stabilized sub-grade CBR is fifteen

$$CBR_m = \left(\frac{73 \times 3^{1/3} + 27 \times 15^{1/3}}{100} \right)^3 = 5.07$$

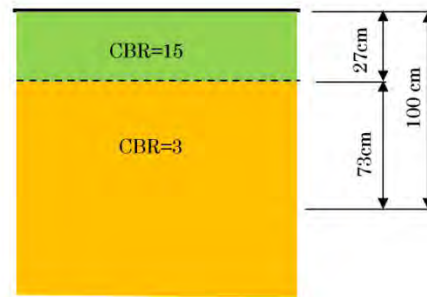


Figure-4.3 IN case of existing sub-grade CBR is three or more

For target average CBR , the relationship derived by above equations between CBR at existing sub-grade and the depth required to be stabilized are shown in Figure-6.4

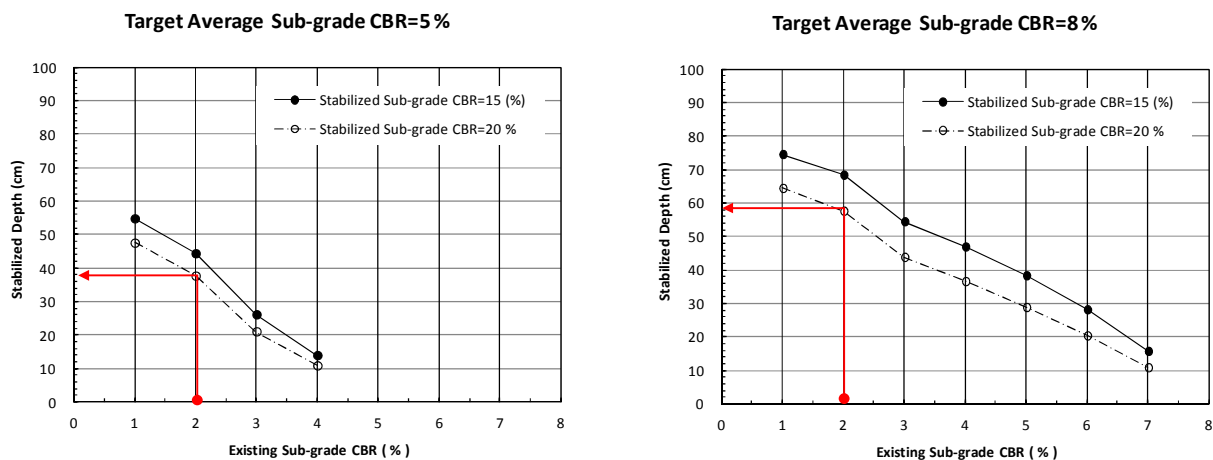


Figure-4.4 The relationship between CBR and necessary stabilized

5. CONTROL OF HEXAVALENT CHROMIUM

5.1 Simplified Hexavalent Chromium Test

(1) General

Cement is often used as a method to contain deleterious materials physically so that it has superior capacity to fix material.

Although depending on the type of soil and mineral mixed with cement, the hydration reaction to be related with the capacity to fix material is inhibited, and accordance with this phenomenon some hexavalent chromium contained in the cement will be eluted into water.

Thus, when using improved soil and stabilized pavement with cement, it is necessary to confirm the safety by testing a hexavalent chromium in laboratory before construction in-situ. It is necessary to be careful especially if we use a volcanic cohesive soil and highly organic soil.

It is noted that even if hexavalent chromium reference value or higher is detected it is possible to reduce the hexavalent chromium leaching amount depending on the type of cement even in the same mixed soil. Therefore, if hexavalent chromium reference value or higher is detected, it will make a re-tested in the following order.

1. Change of cement type
2. Change of mixed soil
3. Changes to the other method, such as lime stabilization

(2) Test method

Test method described below shows a simple method that can be tested easily in situ, but to inspect accurate hexavalent chromium elution amount is difficult by using simple kit shown herein.

Therefore, hexavalent chromium is detected by this simple testing ,and if we need to check the exact hexavalent elution amount the detail testing shown in appendix-3 shall be executed in order to comparison with the Myanmar national environmental standards.

(a) create a sample soil

After air-drying gathered soil, we pick out fine material less than 2mm from gathered soil without crushing process.

(b) Preparation of the sample solution

After weighing the sample of 2mm or less, put the sample into a container for shaking, subsequently, and then put the solvent by weight of 4-times of the sample into the container. The solvent is made by mixing pure water and hydrochloric acid, and it is required that Hydrogen-ion concentration of the solvent is more than 5.8 and less than 6.3.

(c) Shaking

Shake the container vigorously for 5 minutes by hand or by using suitable equipment.

(d) Still standing

Leave the container quietly for five minutes.

(e) filtration

Suck out the supernatant water by using a syringe after standing. Then, attach a membrane filter with 0.45 μ m to the syringe, filter the supernatant and keep the filtered supernatant in a beaker.

(f) Analysis of hexavalent chromium

Using a simple kit for detecting hexvalent chromium, analyze the concentration of hexavalent chromium.

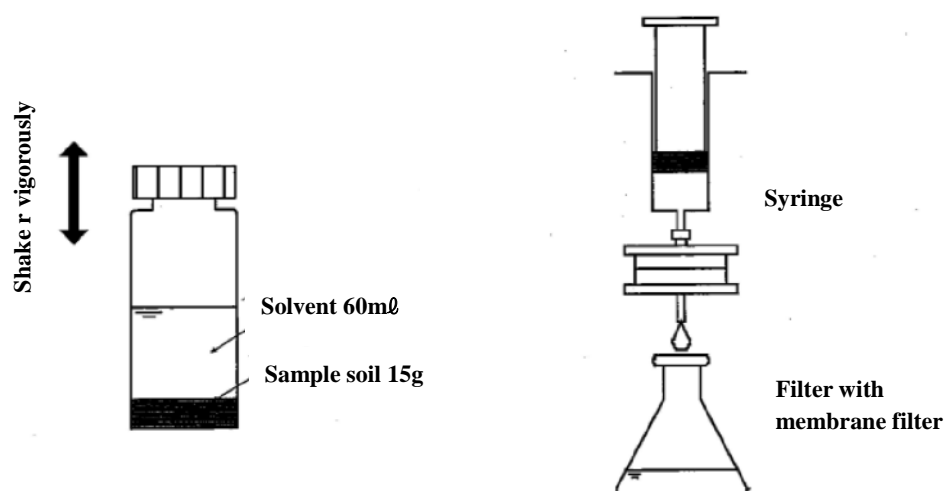


Figure-5.1 The procedure for eluting hexavalent chromium

(3) The Results of Simplified Hexavalent Chromium Test



Photo-5.1 Simplified Hexavalent Chromium Test

5.2 Detail Hexavalent Chromium Test

(1) Scope of Application

This sub-clause shall be used to dissolve hexavalent chromium for improved soil mixed with soil and cement or solidified material using cement at plant and/or in situ.

(2) Method and Type of Test

Dissolved hexavalent chromium test in this guideline is composed by the following method.

1) Trial of the case to be used for ground improvement of cement solidifying material and/or cement

This case targets a ground improvement which is constructed by mixing with ground soil and cement or solidified material using cement.

- a. Dissolved hexavalent chromium test to be executed at the mixing design stage (hereinafter referred to as "Test Method 1")

This test shall be executed for the elution which is shaken continuously for six hours using crushed soils less than 2mm or equal with a solvent. This test is carried out with the aim to confirm solidifying material is correct.

- b. Dissolved hexavalent chromium test to be executed after construction (hereinafter referred to as "Test Method 2")

This test shall be performed in order to confirm the amount of dissolved hexavalent chromium in the improved soil using a sample.

- c. Tank test carried out after construction (hereinafter referred to as "Test Method 3")

Tank test is a method for measuring the hexavalent chromium elution volume in solvent water tank in which the soil sampled as clod is left still standing. This test shall be executed for only improvement work in-case of which the volume is at least about 5,000 m³, or the number of improved soil columns is 500 or so more.

For the places elution volume was the highest in test method 2, this test should be executed in order to confirm the amount of dissolved hexavalent chromium.

- d. The case not to be required the implementation of test method 2 and/or test method 3. When a cement or cement solidifying material which amount of dissolved hexavalent chromium does not exceed the

environmental quality standards in test method 1, for soil improvement, it is not required to be executed test method 2 and 3.

However, if the implementation agency wants to improve the volcanic cohesive soil, test method 2 and 3 have to be done regardless of the results of test method 1.

2) The test for reusing improved soil by cement

This test shall be executed for recycling improved soil as follows;

- a. For recycling construction generated soils and construction sludge, cement or cement solidifying material are used as stabilizer.
- b. In case of reusing improved soil which had been stabilized by mixing cement or cement solidifying material.

3) How to Prepare Test-liquid for Experiment on Hexavalent Chromium

The test liquid for cadmium, total-cyanide, lead, hexavalent chromium, arsenic, total-mercury, alkyl-mercury, PCB, and selenium shall be made as follows;

(a) Deal with gathered soils

The gathered soils are put into a glass container or a specified container to avoid the soils adhere a container. The experiment should be executed immediately. If the experiment is not executed immediately, the gathered soils should be kept in a dark place, and the experiment shall be executed as soon as possible.

(b) Create a sample

After air-drying gathered soil, small-to-medium gravels and chips of wood are removed, and then clods and crumbs are crushed. Mix sufficiently the soil which passes the sieve of the 2-mm which are made from nonmetal.

(c) Preparation of the sample solution

The sample solution shall be made by mixing the above sample (unit g) and a solvent at the rate with 10% of weight volume ratio, the sample solution is needed more than 500 mm-litters. The solvent is made by

mixing pure water and hydrochloric acid, and it is required that Hydrogen-ion concentration of the solvent is more than 5.8 and less than 6.3.

(d) Elution

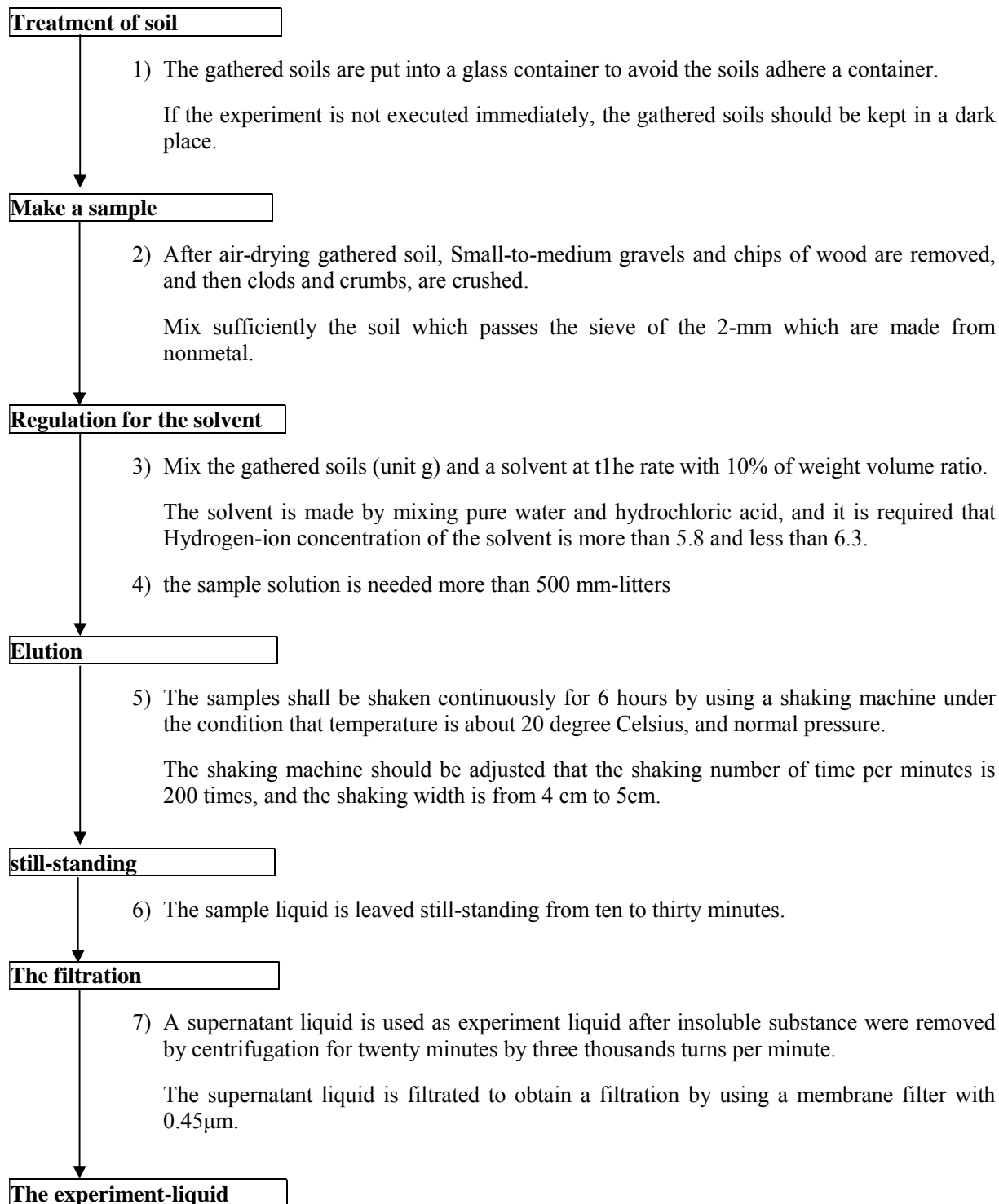
The samples shall be shaken continuously for 6 hours by using a shaking machine under the condition that temperature is about 20 degree Celsius, and normal pressure. The shaking machine should be adjusted that the shaking number of time per minutes is 200 times, and the shaking width is from 4 cm to 5cm.

(f) Create a test liquid for experiment

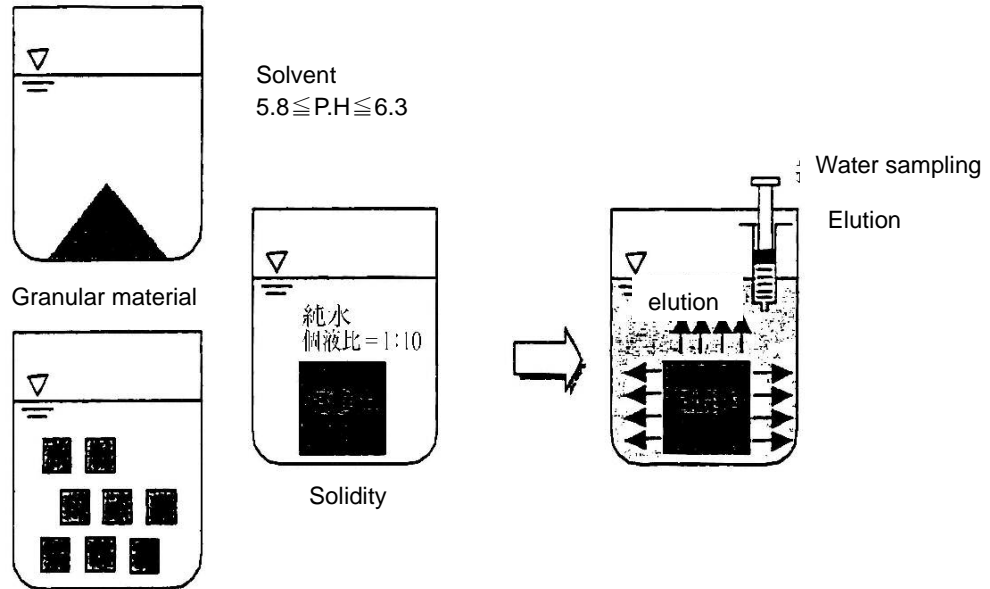
The sample liquid created by the procedure above (a) to (d) is leaved still-standing from ten to thirty minutes. A supernatant liquid is used as experiment liquid after insoluble substance is removed by centrifugation for twenty minutes by three thousands turns per minute. The supernatant liquid is filtrated to obtain a filtration by using a membrane filter with 0.45 μ m. Measure the quantity of filtration needed in experiment.

The analytical method and the point to note

Preparation a test-liquid (how to elute)



Tank test



Some improved clods

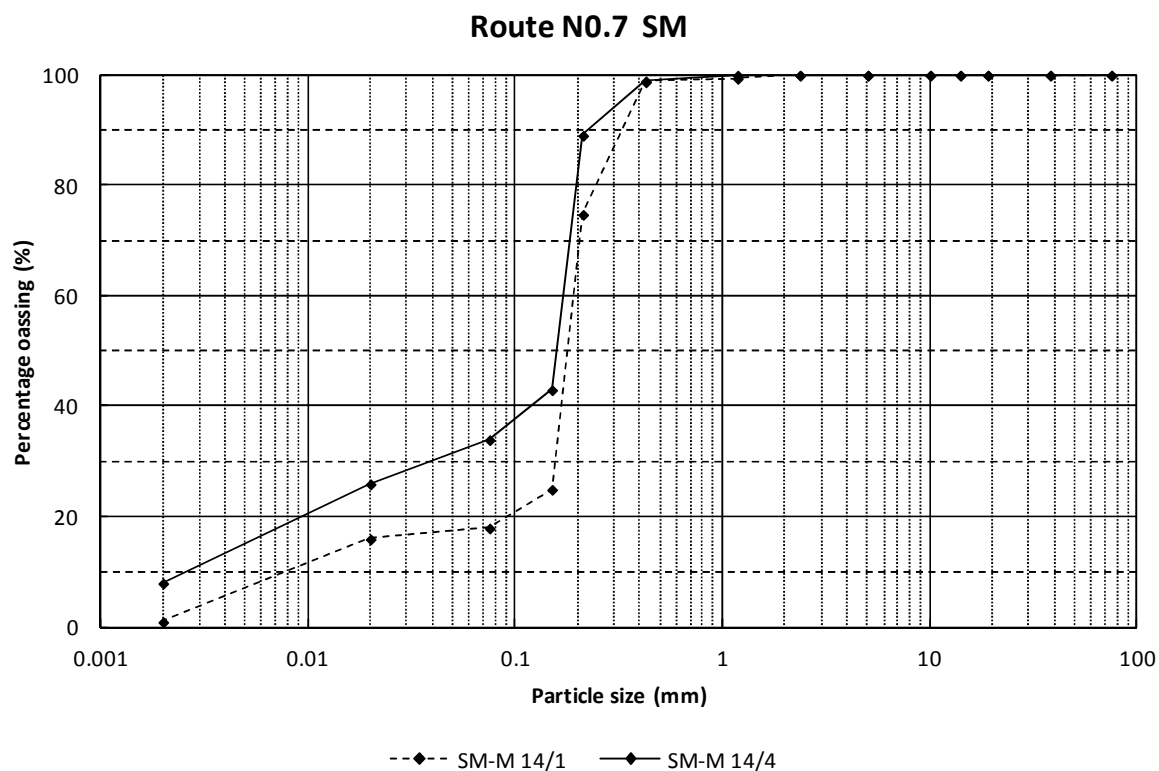
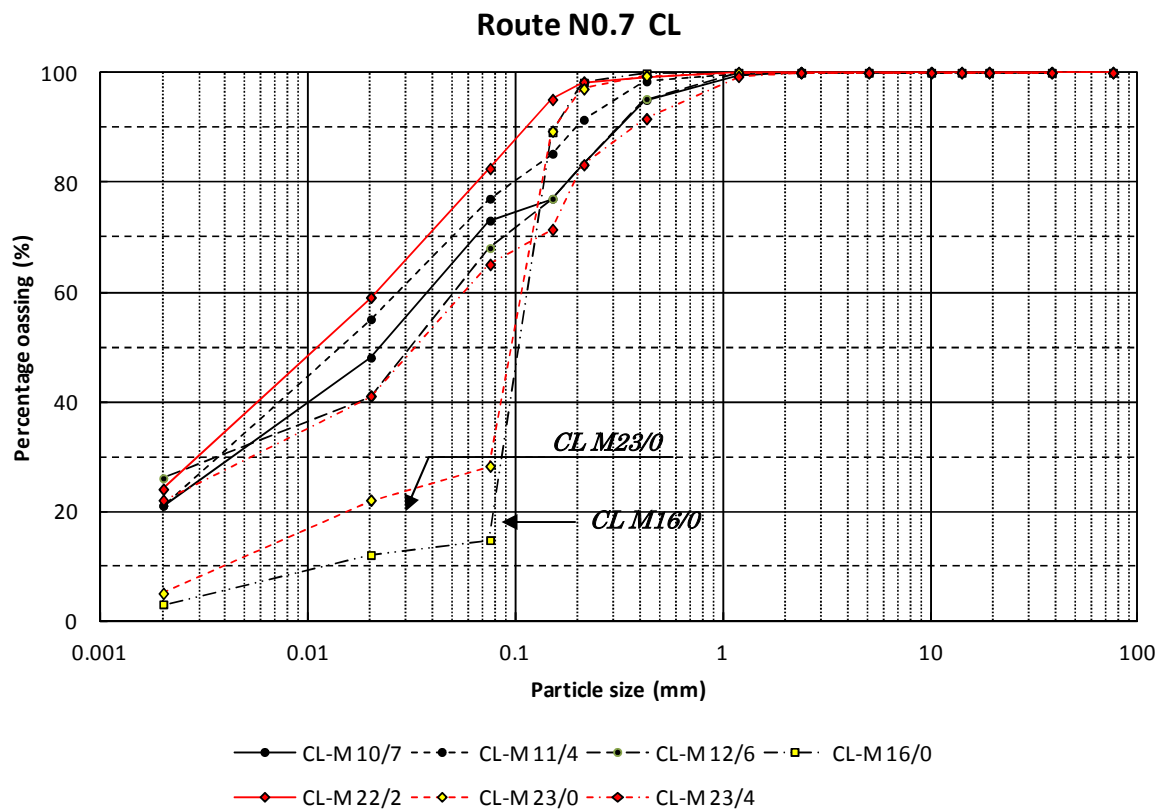
Immerse the stabilized material that had been curing for predetermined period in pure water
(Solid and liquid ratio = 1:10)

Take the water sample after predetermined period immersing in the water (for 28 days)
Carry out elution test.

APPENDIX -1

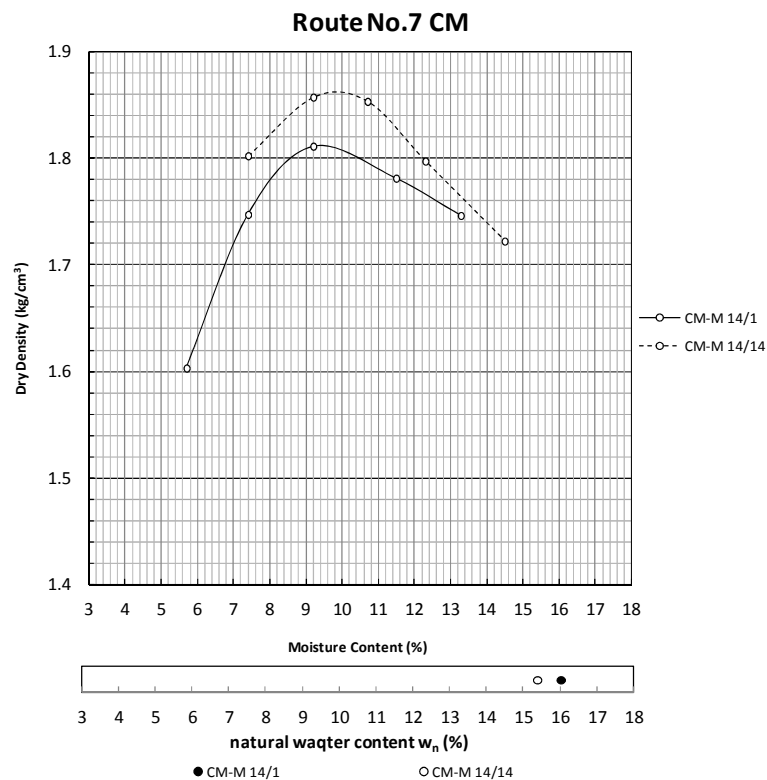
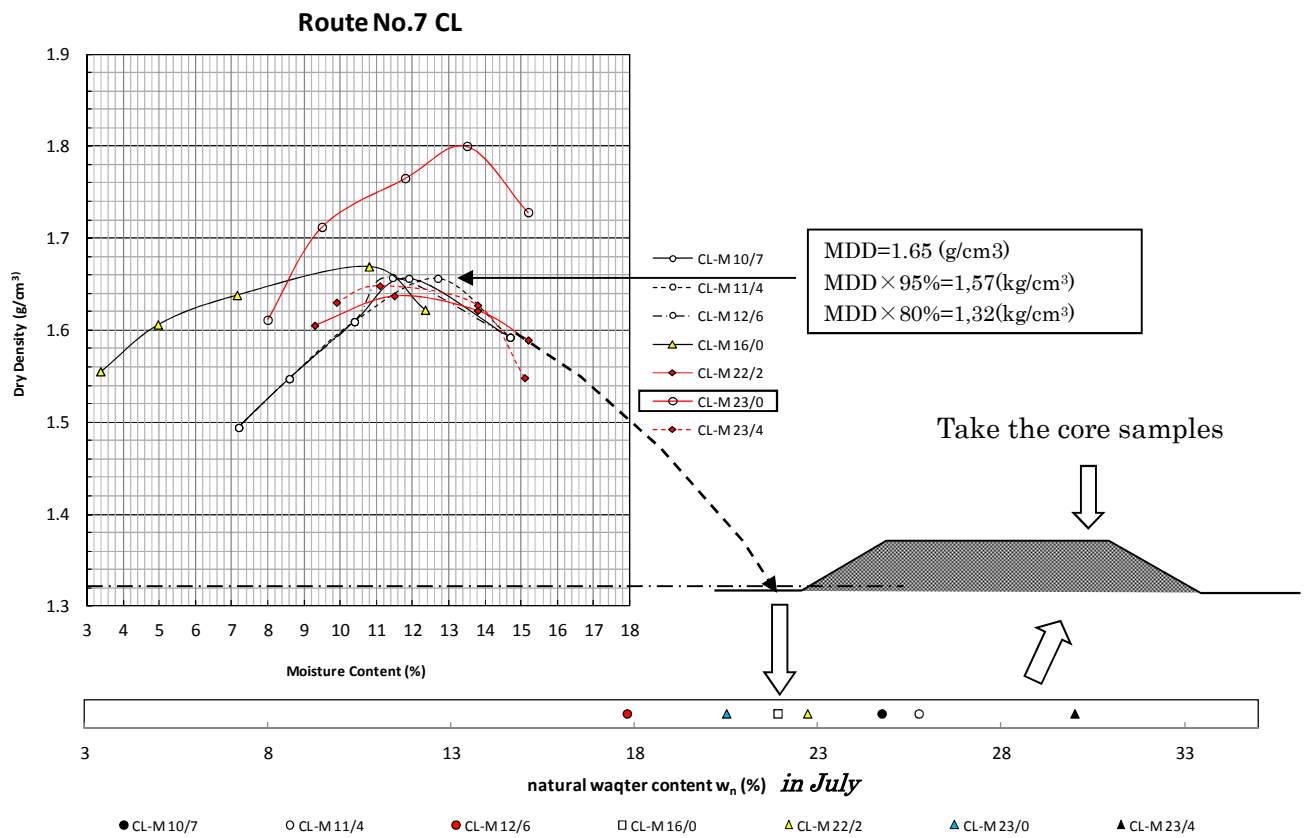
PRELIMINARY TEST RESULT AT RRL

1. Sieve Distribution soil in-situ

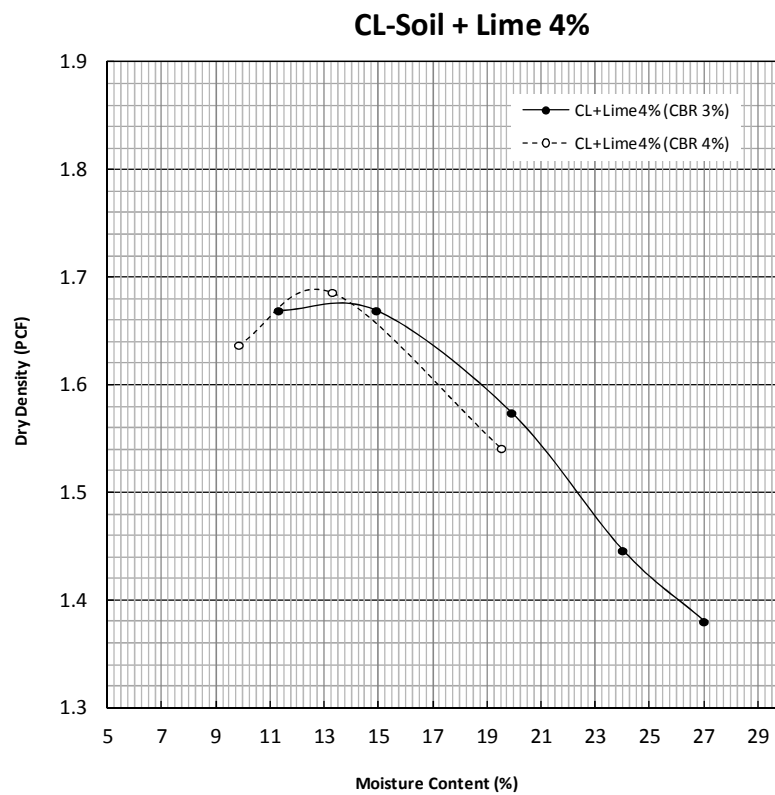


2. COMPACTION TEST

(1) CL-Soil, SM-Soil



(2) CL-Soil + Lime (4%)

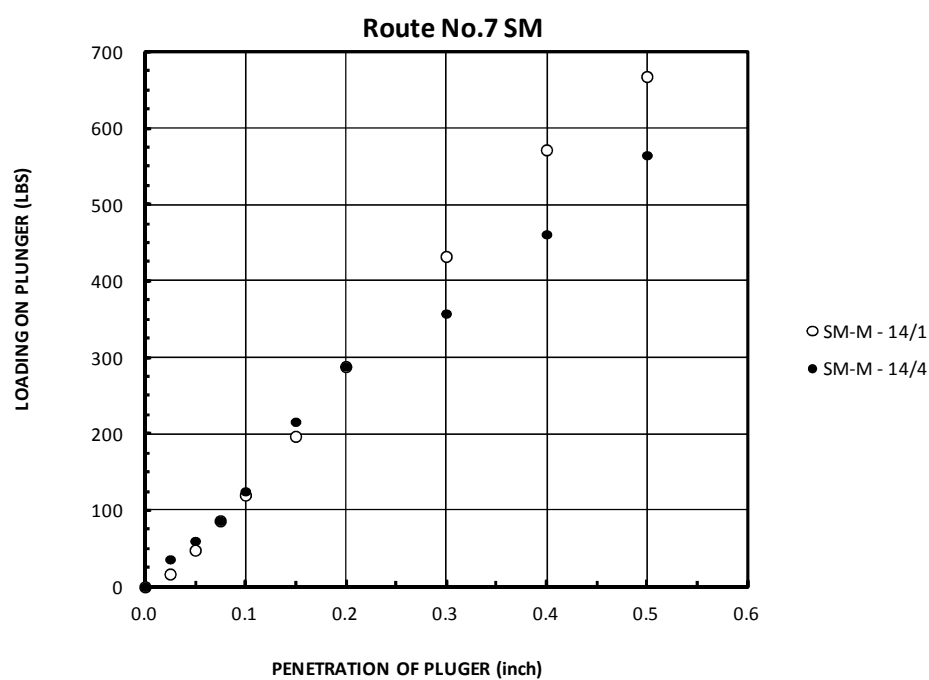
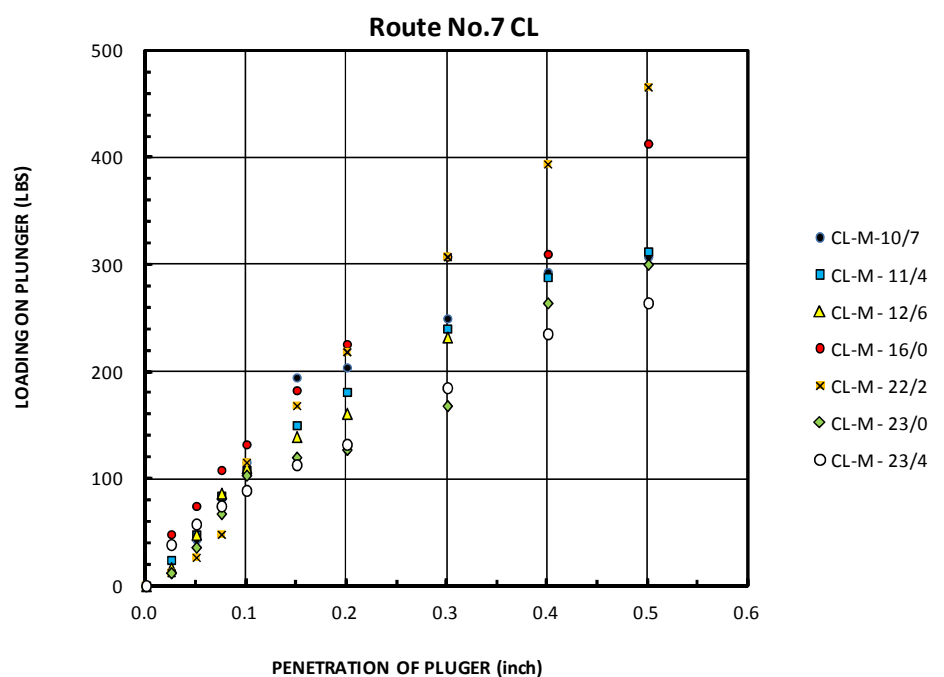


Condition of compaction test

- Mould ϕ 105 mm
- Rammer 4.5 kg, h=45 cm
- 5 layer
- 27 times / layer

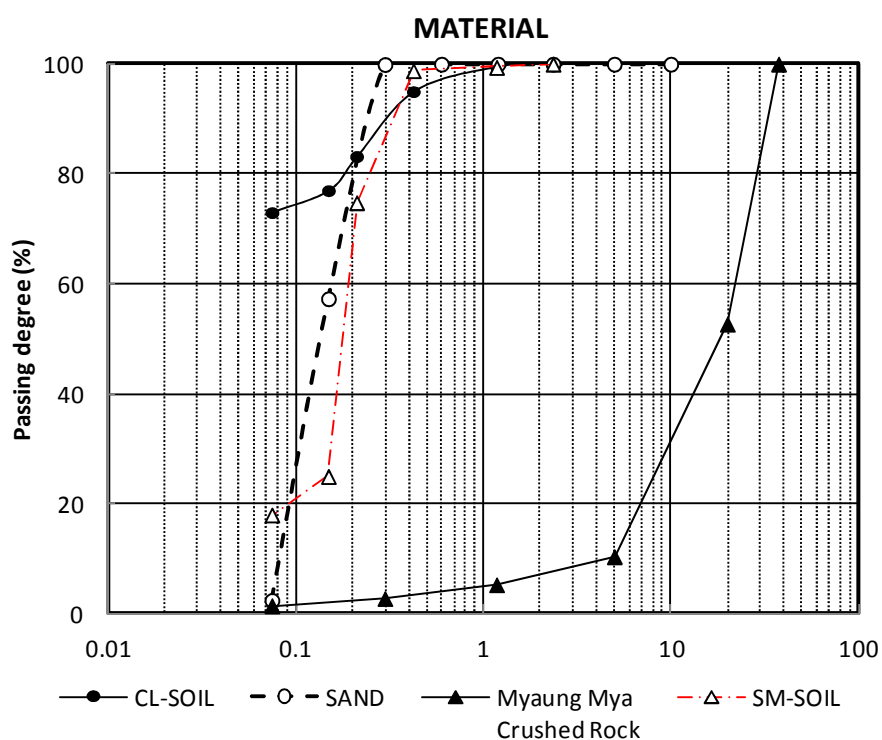
3. CBR test for existing sub-grade

	CL							SM	
	M 10/7	M 11/4	M 12/6	M 16/0	M 22/2	M 23/0	M 23/4	M 14/1	M 14/4
moisture content wn (%)	11.9	12.7	11.4	10.8	11.5	13.5	11.1	9.15	9.15
Top	5.3%	4.2%	3.7%	4.5%	3.8%	3.4%	3.0%	4.3%	5.0%
Bottom	5.0%	3.3%	3.2%	3.7%	2.8%	2.8%	4.2%	6.0%	5.0%
Average	5.2%	3.8%	3.5%	4.1%	3.3%	3.1%	3.6%	5.2%	5.0%
	3.8%							5.1%	



4. PROPERTY OF AGGREGATE

(1) Grain Distribution



(2) Property

1) Sample Sand

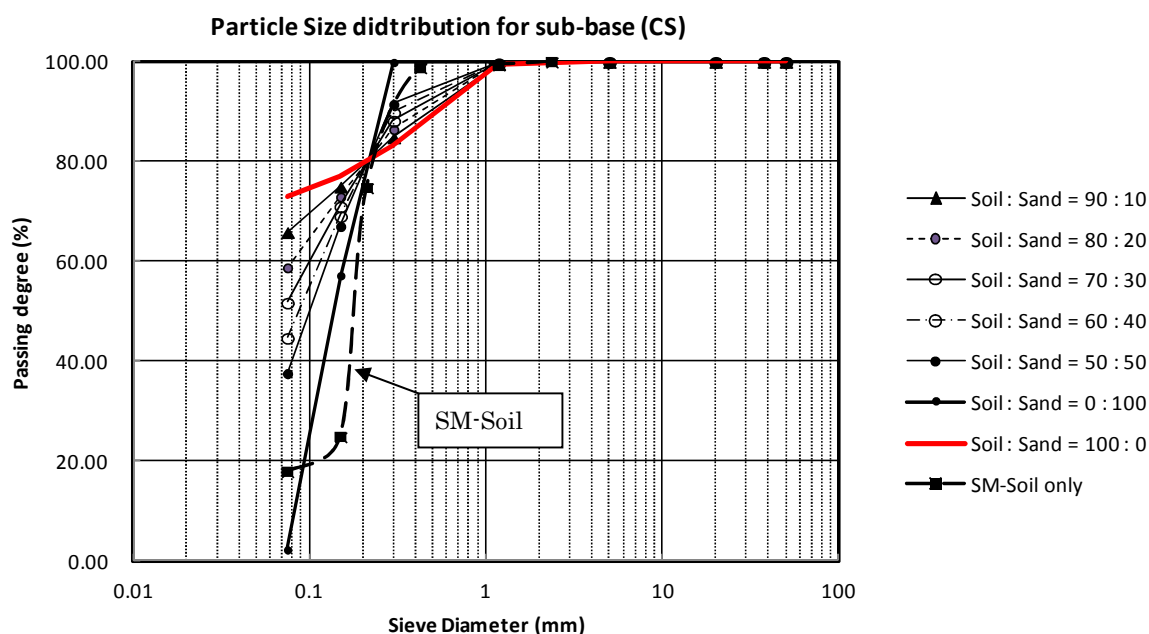
Sea Sand near the site

Particulars	Specific Gravity	Absorption	Clay Lump (%)	Fineness Modulus	Loosed Density lb/ft ³
Sand sample	2.52	< 3.0	< 3.0	1.4	76.8 (1.23 g/cm ³)
B.S specification for Concrete	2.6 – 2.8	3.0	3.0	2.3 – 3.6	

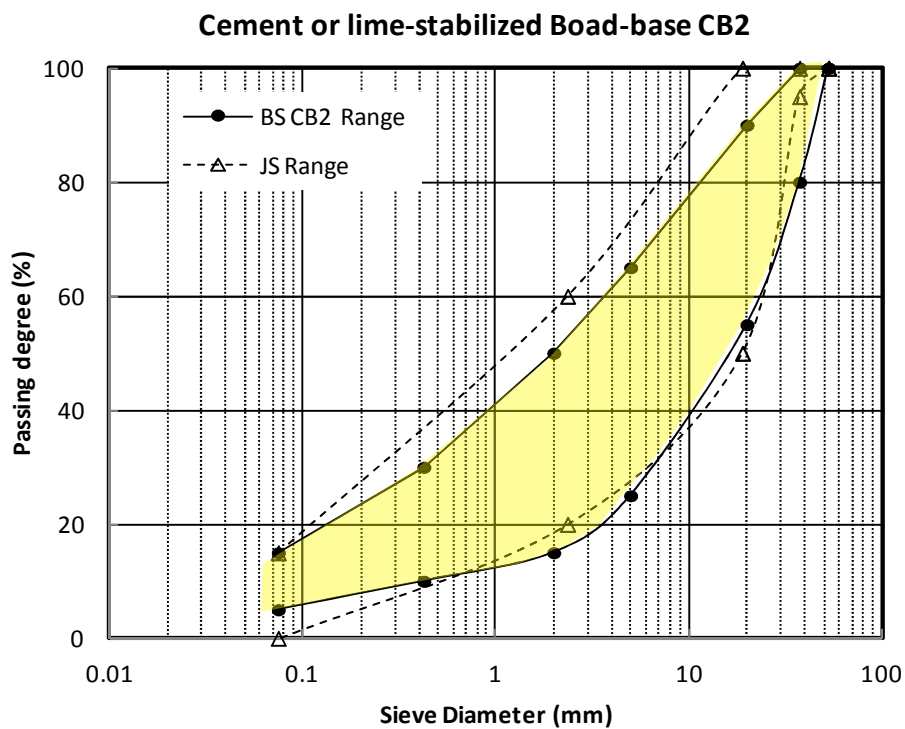
2) Crushed Rock

	Location	Specific Gravity	Absorption (%)	Clay Lump (%)	Crushing Value (%)	Los-Angeles Abrasion values
1	Myaung mya crushed rock	2.2	17.6	5.85	40.5	35.1
BS Specification	For surface course	2.5 – 3.0	2.0 (Max)	2.0 (max)	30.0 (Max)	40.0 (Max)
	For Base course	2.5 – 3.0	4.0 (Max)	4.0 (max)	30.0 (Max)	50.0 (Max)
	For Sub-base course	2.5 – 3.0	4.0 (Max)	4.0 (max)	40.0 (Max)	50.0 (Max)

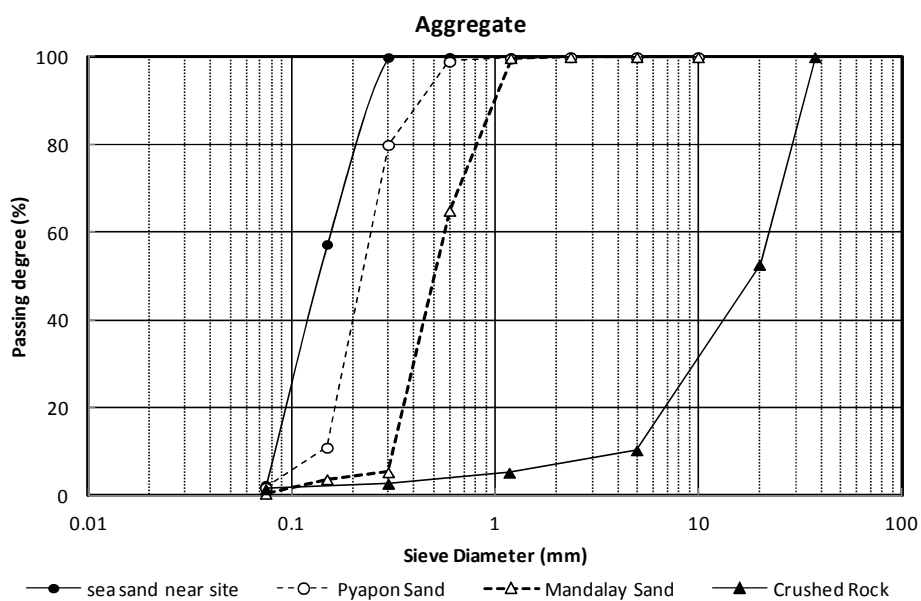
5. SIZE CONTROL TEST FOR STABILEZED SUB-BASE (CS)



6. SIZE CONTROL TEST FOR STABILEZED RODA-BASE (CB2)



7. Grain distribution of other sand



APPENDIX-2

COMPARISON ON TESTING METHOD WITH BS AND JIS

1. Compaction Test

(1) BS 1377: Part4

British Standard (BS1377-Part4)) RRL						
	Rammer Weight (kg)	Impact Height (cm)	Inside Diameter Of Mold (cm)	Number of Layer	Tamping Numbers per each layer	Allowable Maximum particle Size
1* ¹	2.5kg	30	10.5	3	27	20
2* ²	2.5kg	30	15.2	3	62	37.5
3* ³	4.5kg	45	10.5	3~5	27	20
4* ⁴	4.5kg	45	15.2	3~5	62	37.5
RRL	4.5kg	45	10.5	5	27	

*1 for soils with particles up to medium-gravel size

*2 for soils with soils with some coarse gravel-size particles

*3 for soils with particles up to medium-gravel size

*4 for soils with soils with some coarse gravel-size particles

(2) JIS

Japanese Standard (JIS)						
Type	Rammer Weight (kg)	Impact Height (cm)	Inside Diameter Of Mould (cm)	Number of Layer	Tamping Numbers per each layer	Allowable Maximum particle Size
A	2.5kg	30	10	3	25	19
B	2.5kg	30	15	3	55	37.5
C	4.5kg	45	10	5	25	19
D	4.5kg	45	15	5	55	19
E	4.5kg	45	15	3	92	37.5

(3) ASTM, AASHOTO

ASTM D 1883						
	Inside Diameter of Mold (cm)	Rammer Weight (kg)	Impact Height (cm)	Number of layer	Tamping Numbers per each layer	Soaked Duration
Compaction	15.2	1.49 kg (5 lb)	30.5 (12 inches)	3	56	s
CBR Test	15.2	4.54kg (10 lb)	45.7 (18 inches)	5	56	4 days

AASHOTO T 193						
	Inside Diameter of Mould (cm)	Rammer Weight (kg)	Impact Height (cm)	Number of layer	Number of blows per layer	Soaked Duration
Compaction	15.2	2.49 kg (5 lb)	30.5	3	56	
CBR	15.2	2.49 kg (5 lb)	30.5	3	10 30 65	4 days
Only 5 lb rammer is used.						

2. CBR TEST

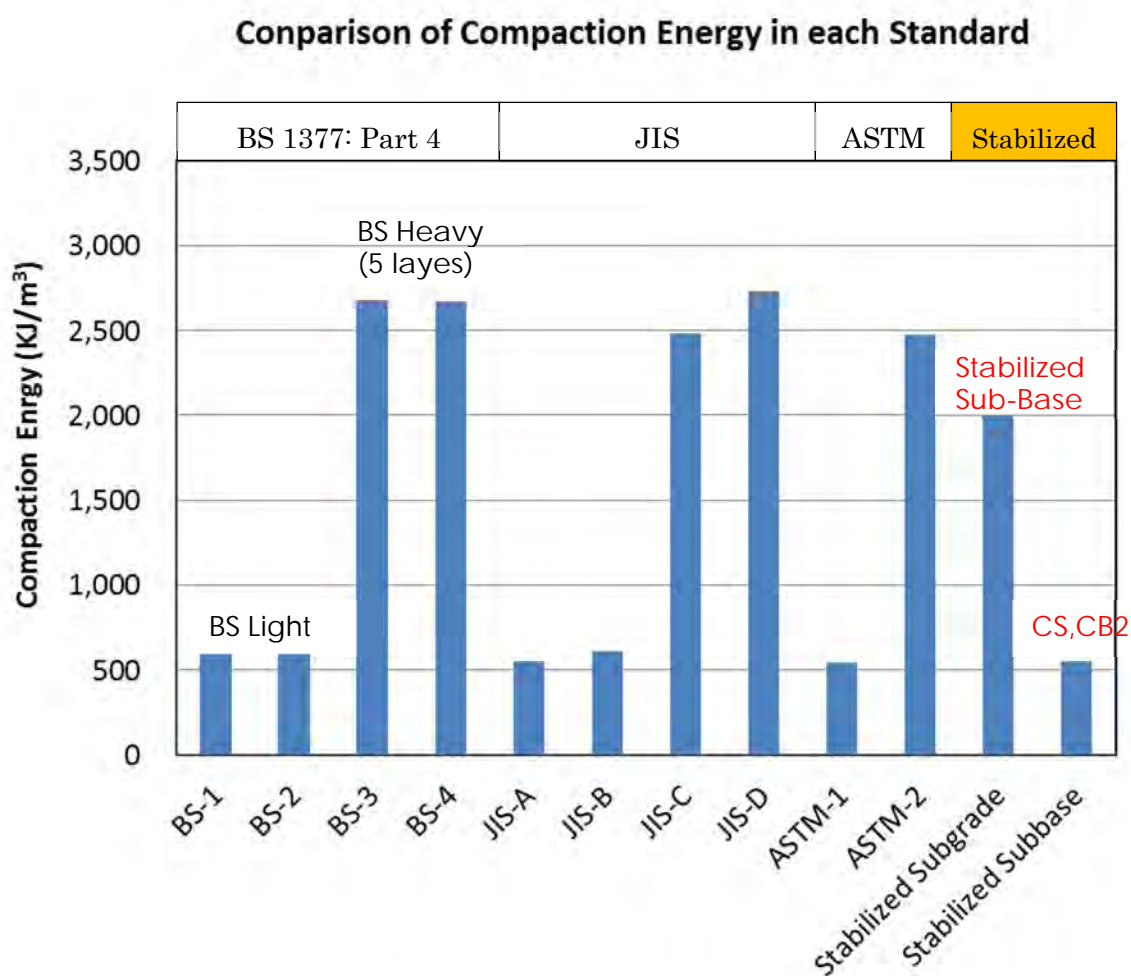
(1) BS 1377: Part 4

British Standard (BS) RRL						
	Inside Diameter of Mold (cm)	Rammer Weight (kg)	Impact Height (cm)	Number of layer	Tamping Numbers per each layer	Soaked Duration
1	15.2	2.5	30	5 layer	*1 undefined	4 days
2	15.2	4.5	45	5 layer		
	*1: Depending on the degree of compaction required. *2: RRL used 62 times per layer to compact soil in last test					

(2) JIS

Japanese Standard (JIS)							
		Inside Diameter of Mould (cm)	Rammer Weight (kg)	Impact Height (cm)	Number of layer	Number of blows per layer	Soaked Duration
1	Design CBR Test	15	4.5	45	3 layer	67	4 days
2	Modified CBR Test	15	4.5	45	3 layer	17 42 92	

3. Comparison of Compaction Energy



APPENDIX-3

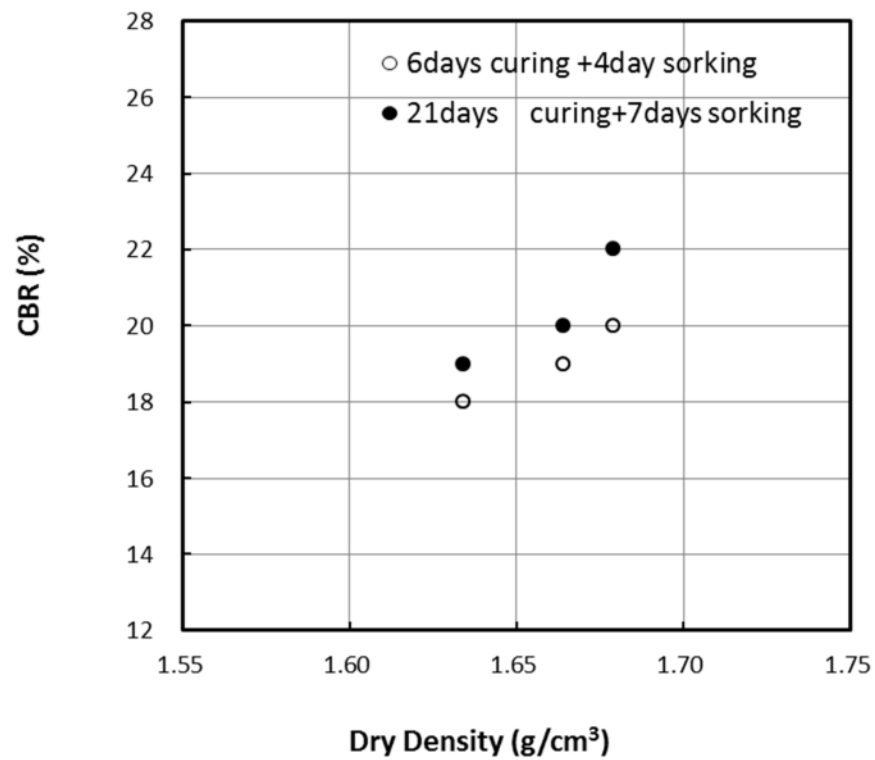
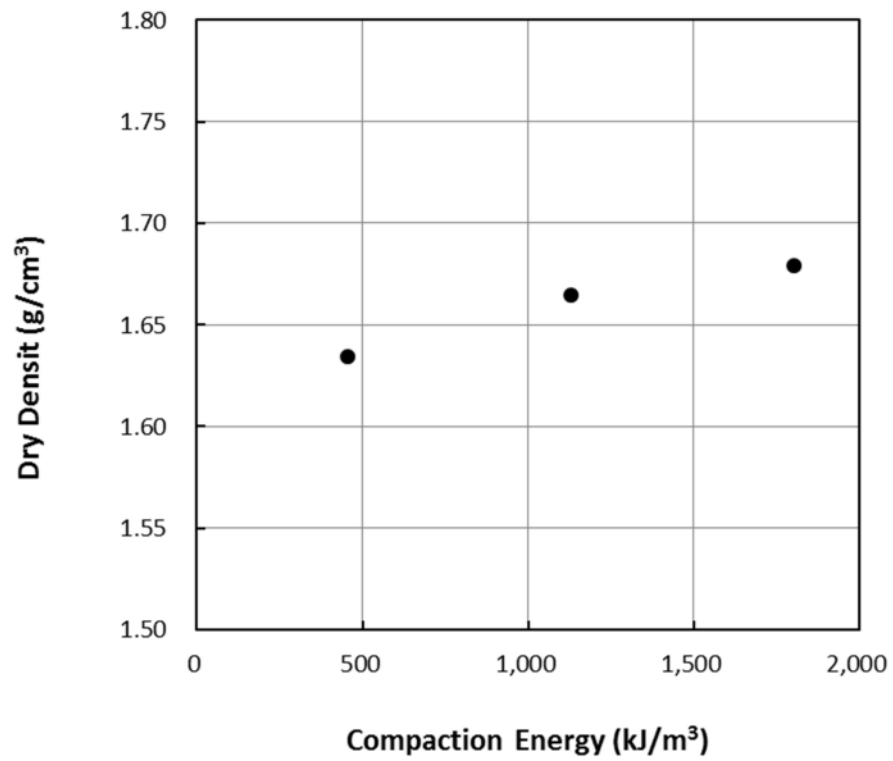
ADDITIONAL TESTING ON STABILIZED MATERIALS

Considering the on-site environment, it may be necessary to conduct testing with differing blends of in-situ soil and stabilizer (currently mixed according to the test guidelines) and differing degree of compaction.

It was scheduled to first determine the design blend upon giving priority to the test (stabilizer blending) indicated in section 3. **Mixing Test Stabilized Materials**, but after that, according to the necessity, it is scheduled to conduct additional testing aimed at confirming the impact that compaction has on improved road strength (durability).

1. Stabilized Sub-grade

Sub-grade (Lime 4%) BS ϕ 15.2cmMold						
Testing Case		1	2	3	Remarks	
compaction	layer	17	42	67	55	
	Blow timed	3	3	3	5	
Compaction Energy(KJ/m³)		458	1,132	1,806	2,471	
6days Curing + 4days Soaking	O.M.C (%)		15.0	15.0	14.0	(BS-Heavy)
	M.D. D	(pcf)	102.0	103.9	104.8	
		(g/cm³)	1.634	1.664	1.679	
		ratio	0.97	0.99	1.00	
	C.B..R (%)		18.0	19.0	20.0	
	(ratio)		0.90	0.95	1.00	
21days Curing + 7days Soking	O.M.C (%)		15.0	15.0	14.0	
	M.D. D	(pcf)	102.0	103.9	104.8	
		(g/cm³)	1.634	1.664	1.679	
		ratio	0.97	0.99	1.00	
	C.B..R (%)		19.0	20.0	22.0	
	(ratio)		0.86	0.91	1.00	

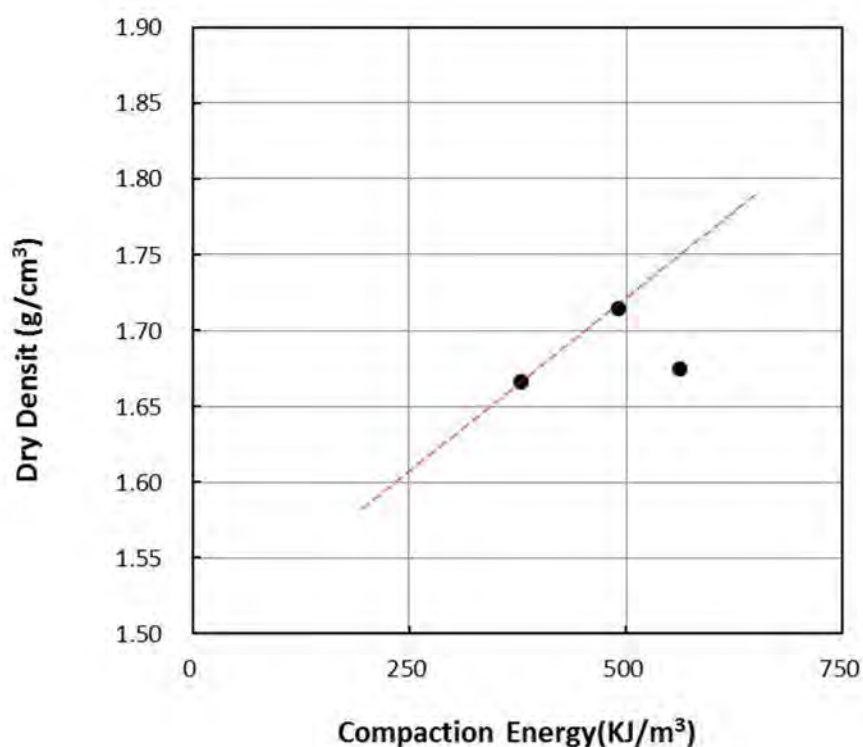


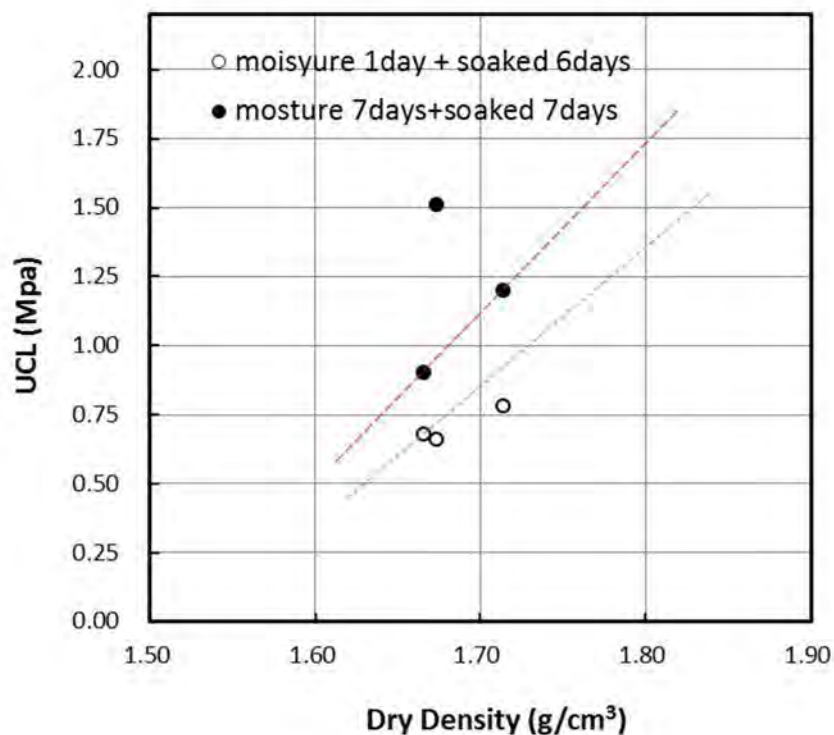
2. Stabilized Sub-base (CS)

Sub-base(Soil:Sand=0.3:0.7) Cement 6% ϕ 10cm,h=20cm Mold						
Testing Base			1	2	3	Remarks
compaction		layer	3	3	5	3
		Blow timed	27	35	24	25
Compaction Energy(KJ/m³)			379	492	562	551
1 days Curing + 6days Soaking	O.M.C (%)		17.0	17.0	18.0	(BS Light)
	M.D. D	(pcf)	104.0	107.0	104.5	
		(g/cm³)	1.666	1.714	1.674	
		ratio	1.00	1.02	1.00	
	U.C.S (Mpa) (ratio)		0.68	0.78	0.66	
			1.03	1.18	1.00	
7days Curing + 7days Soaking	O.M.C (%)		17.0	17.0	18.0	
	M.D. D	(pcf)	104.0	107.0	104.5	
		(g/cm³)	1.666	1.714	1.674	
		ratio	1.00	1.02	1.00	
	U.C.S (Mpa) (ratio)		0.90	1.20	1.51	
			0.60	0.79	1.00	

V=1570(cm³)

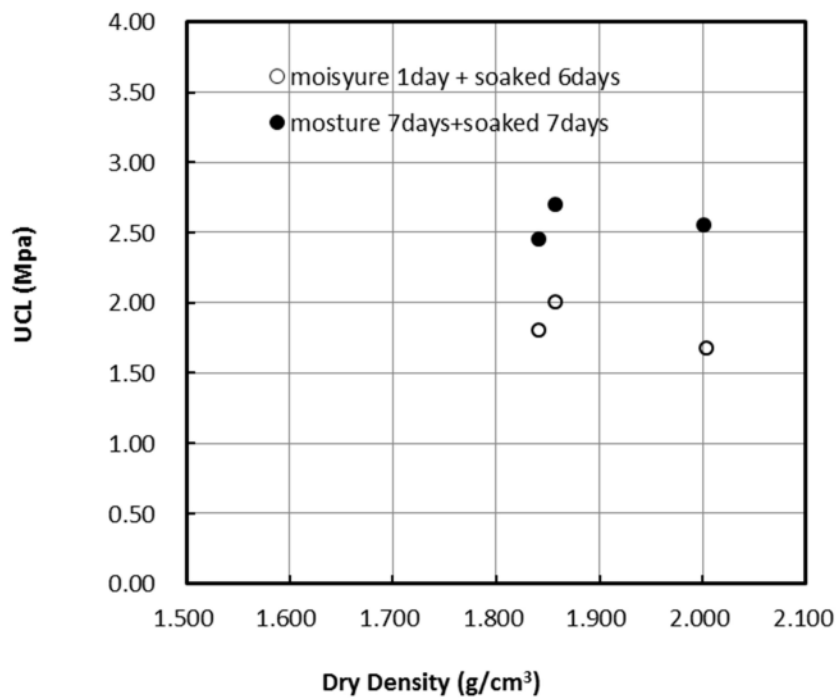
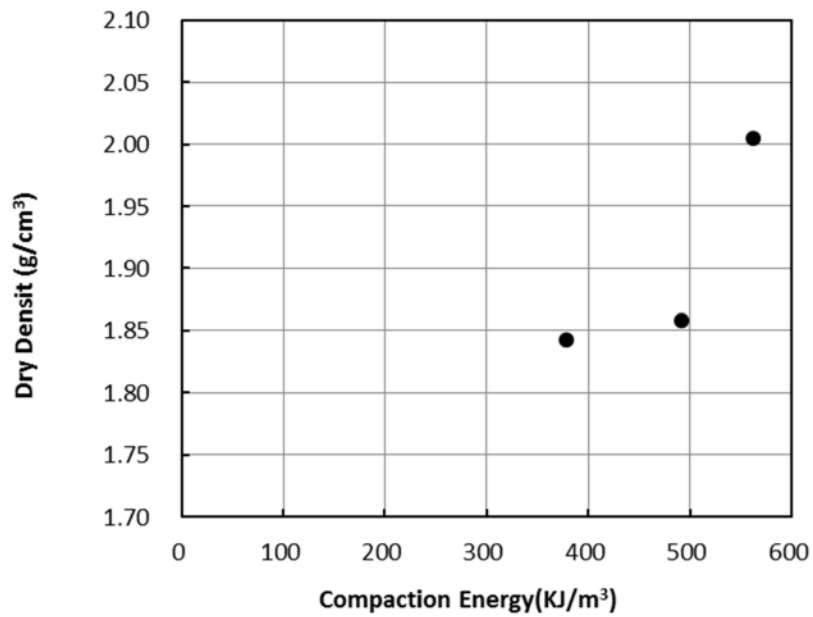
1000 (cm³)





3. Stabilized Road-base(CB2)

Road-base(Soil:Sand:C/R=0.15:0.15:0.7) Cement 6%					
Testing Case		1	2	3	
compaction	layer	27	35	24	
	Blow timed	3	3	5	
Compaction Energy(KJ/m³)		379	492	562	
1 days Curing + 6days Sorking	O.M.C (%)		16.0	13.0	11.7
	M.D. D	(pcf)	115.0	116.0	125.1
		(g/cm³)	1.842	1.858	2.004
		ratio	0.92	0.93	1.00
	U.C.S (Mpa)		1.80	2.00	1.67
	(ratio)		1.08	1.20	1.00
7days Curing + 7days Sorking	O.M.C (%)		16.0	13.0	11.7
	M.D. D	(pcf)	115.0	116.0	125.0
		(g/cm³)	1.842	1.858	2.002
		ratio	0.92	0.93	1.00
	U.C.S (Mpa)		2.45	2.70	2.55
	(ratio)		0.96	1.06	1.00



APPENDIX-4

DETAIL HEXVALENT CHROMIUM TEST RESULT

RRL don't have the necessary equipment for the detail hexavalent chromium, and we could not get the equipment in Myanmar.

Therefore, in order to confirm the validity of the simplified test results, JICA expert Team performed The results of detail test are less than 0.05mg/l as following, the validity of the simple test results was approved,

The Report on Analysis Results

分 析 試 験 報 告 書

報告番号	24-07
------	-------

御依頼事業所	株式会社エイト日本技術開発			御中
採取場所	Soil + Cement 6%	採取者	貴社担当	
試料名	No.1 土+セメント6%			
御依頼年月日	平成25年11月12日	採取年月日	平成25年11月 日	

上記供試品についての分析試験結果は下記のとおりであることを報告いたします。

項 目	単 位	溶 出 試 験 測 定 値	計 量 の 方 法
六価クロム (Cr ⁶⁺)	mg/L	検出せず ^a (0.02未満)	JIS K0102 65.2.1 (2008) 吸光光度法
Hexavalent Chromium		以下余白	
		Not detected	
		Less than 0.02mg/l	
			</

The Report on Analysis Results

分析試験報告書

報告番号	24-09
------	-------

御依頼事業所	株式会社エイト日本技術開発			御中
採取場所		採取者	貴社担当	
試料名	No.3 土50%+砂50%+セメント6%			
御依頼年月日	平成25年11月12日	採取年月日	平成25年11月 日	

上記供試品についての分析試験結果は下記のとおりであることを報告いたします。

項 目	単 位	溶 出 試 験 測 定 値	計 量 の 方 法
六価クロム (Cr ⁶⁺)	mg/L	検出せず (0.02未満)	JIS K0102 65.2.1 (2008) 吸光光度法
Hexavalent Chromium		以下余白	
		Not detected	
		Less than 0.02mg/l	
		Soil 50% + Sand 50% + Cement 6%	
備 考	1. 業務名: 「ミ」国 道路技プロ 2. 計量の方法: 平成3年環境庁告示第46号による 3. 測定値は検液中での値。		
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div> <p>濃度計量証明事業 岡山県登録第6-14号</p> <p>音圧レベル計量証明事業 岡山県登録第7-5号</p> <p>振動加速度レベル計量証明事業 岡山県登録第8-3号</p> <p>株式会社 エクスラン・テクニカル・センター</p> <p>〒704-8194 岡山市東区金岡東町3丁目3番1号</p> <p>TEL (086) 943-7253</p> <p>FAX (086) 943-9105</p> </div> <div style="text-align: right;"> <p>平成25年11月15日</p> <p>環境計量士</p> <p>桑 田 康 幸</p> </div> </div>			

別添-C: Work Quantity of the PP-2

Total Work Quantities in PP-2

I. Construction work Total length = 600 m (1/5 - 2/0)

Category	Work item		Specification	Quantity	Unit
1. Earthwork	1.1 Scarifying & re-compaction		t=Ave. 1ft	2,453.3	cu.m
	1.2 Embankment	(1) Lower	Local soil	1,785.5	cu.m
		(2) road side	Local soil	431.5	cu.m
	1.3 Subgrade		t=Ave.2ft, Soil : Sand = 50% : 50% (weight basis)	5,358.6	cu.m
	1.4 Slope trimming			5,592.6	sq.m
2. Pavement	2.1 Wearing course	(1) Penetration macadam	t=3in, w=18ft	1,645.9	sq.m
		(2) DBST	t=1in, w=18ft	1,645.9	sq.m
	2.2 Base course	(1) Crush stone	CBR=80%, t=6in, w=28ft	390.2	cu.m
		(2) Cement stabilized	River shingle : Sand = 75% : 25%, Cement=4.6% (weight basis), t=6in, w=28ft	390.2	cu.m
	2.3 Subbase course	(1) Cement stabilized	Soil : Sand = 50% : 50%, Cement=6.4-6.9% (weight basis), t=6in, w=30ft	418.1	cu.m
		(2) Cement stabilized	Soil : Sand = 50% : 50%, Cement=6.4-6.9% (weight basis), t=12in, w=30ft	836.1	cu.m
	2.4 Hard shoulder		Graded crush stone, t=3in, w=8ft	1,463.0	sq.m
3. Apparatus work	3.1 Drainage layer		Crush stone, L = 1.2m, t=0.15m, w=0.5m	200	No.
				18.0	cu.m

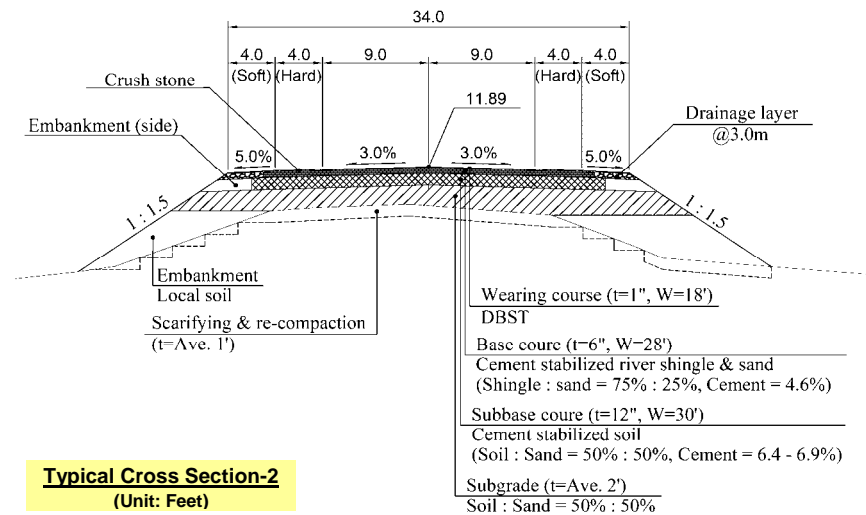
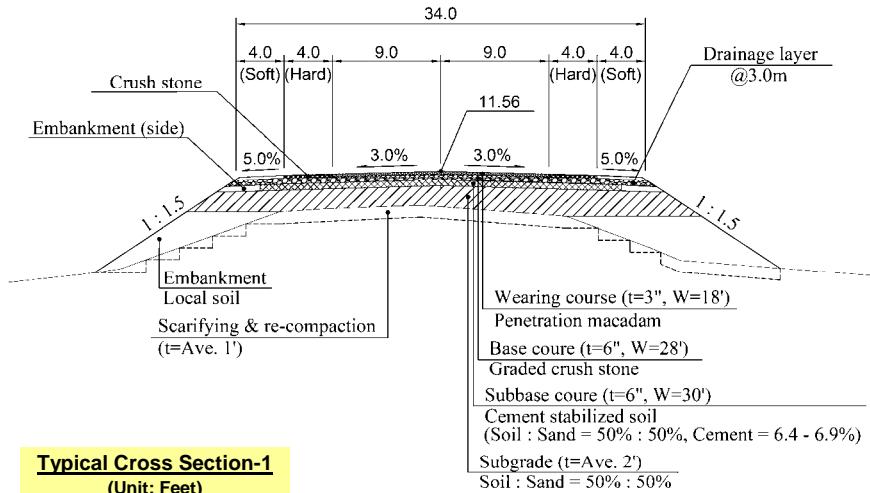
II. Off-site work

Category	Work item		Specification	Quantity	Unit
1. Temporary yard	1.1 Site opening		Bush cut, grading, removal of surface soil (t=0.3m)	20,000.0	sq.m
	1.2 Site clearance		Grading	20,000.0	sq.m

III. Import materials

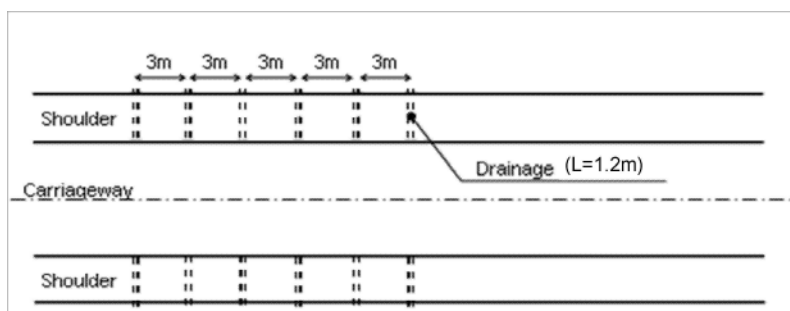
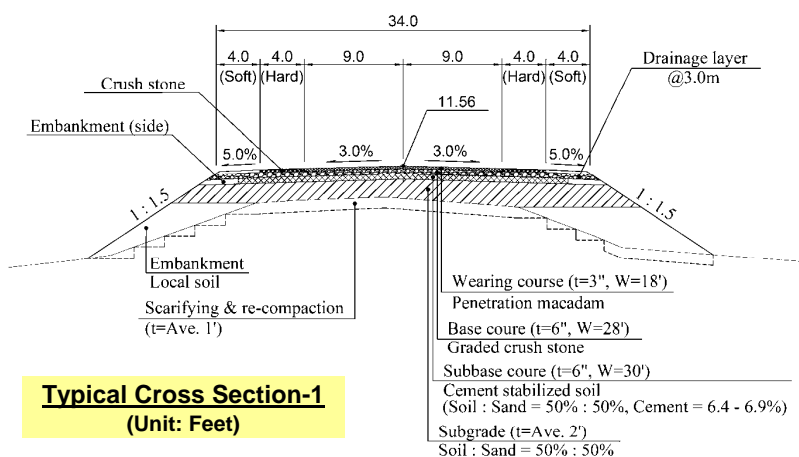
Item	Work to be applied		Specification	Quantity	Unit
1. Cement	1.1 Subbase course		Material=1.8t/cu.m, Cement=6.4-6.9% , Loss=10%	170.0	ton
	1.2 Base course		Material=1.8t/cu.m, Cement=4.6% , Loss=10%	40.0	ton
			Total	210.0	ton
2. Sand	2.1 Subbase course		Material=1.8t/cu.m, Sand=50% , Loss=10%	1,250.0	ton
	2.2 Base course		Material=1.8t/cu.m, Sand=25% , Loss=10%	200.0	ton
	2.3 Subgrade		Material=1.8t/cu.m, Sand=50% , Loss=10%	5,310.0	ton
			Total	6,760.0	ton
3. Crush stone	3.1 Base course	(1) Graded stone	Material=2.0t/cu.m, Loss=10%	860.0	ton
		(2) River shingle	Material=2.0t/cu.m, Stone=75% , Loss=10%	650.0	ton
	3.2 Hard shoulder		Weight=2.0t/cu.m, Loss=10%	250.0	ton
	3.3 Wearing course	(1) P-macadam	Weight=2.0t/cu.m, Loss=10%	280.0	ton
		(2) DBST	Weight=2.0t/cu.m, Loss=10%	100.0	ton
	3.3 Drainage layer		Weight=2.0t/cu.m, Loss=10%	40.0	ton
			Total	2,180.0	ton
4. Straight asphalt (80/100)	4.1 Prime coat		1 - 1.5ltr/sq.m, Loss=10%	4,600.0	ltr
	4.2 Wearing course	(1) P-macadam	0.7 - 2.3ltr/sq.m (2layers), Loss=10%	5,500.0	ltr
		(2) DBST	0.7 - 2.3ltr/sq.m (2layers), Loss=10%	5,500.0	ltr
			Total	15,600.0	ltr
5. Fuel	Operation of equipment	Diesel		N/A	ltr

1. Earthwork

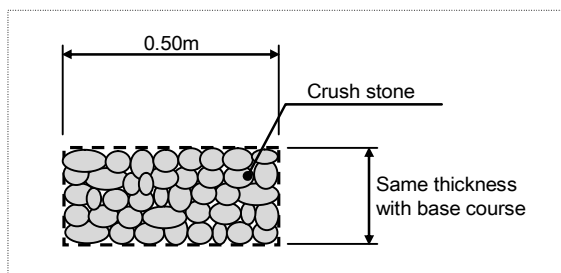


Section	Station	Distance (ft)	1.1 Scarifying & re-compaction				1.2 (1) Embankment (local soil)				1.2 (2) Embankment (road side)				1.3 Subgrade				1.4 Slope trimming			
			Sq.Ft	Ave.Sq.Ft	Ave.sq.m	Cu.m	Sq.Ft	Ave.Sq.Ft	Ave.sq.m	Cu.m	Sq.Ft	Ave.Sq.Ft	Ave.sq.m	Cu.m	Sq.Ft	Ave.Sq.Ft	Ave.sq.m	Cu.m	L (Ft)	Ave.L (Ft)	Ave.L (m)	sq.m
1	86.0	0.0	43.11			0.0	26.30			0.0	7.62			0.0	54.21			0.0	24.40			0.0
	87.0	100.0	46.87	44.99	4.18	127.4	46.35	36.33	3.37	102.9	7.62	7.62	0.71	21.6	72.74	63.48	5.90	179.7	23.80	24.10	7.35	285.2
	88.0	100.0	46.02	46.45	4.31	131.5	54.87	50.61	4.70	143.3	7.62	7.62	0.71	21.6	97.50	85.12	7.91	241.0	25.20	24.50	7.47	299.4
	89.0	100.0	46.83	46.43	4.31	131.5	22.34	38.61	3.59	109.3	7.62	7.62	0.71	21.6	81.86	89.68	8.33	253.9	23.60	24.40	7.44	298.0
	90.0	100.0	44.42	45.63	4.24	129.2	19.51	20.93	1.94	59.3	7.62	7.62	0.71	21.6	115.25	98.56	9.16	279.1	25.90	24.75	7.54	297.1
	91.0	100.0	45.20	44.81	4.16	126.9	41.85	30.68	2.85	86.9	7.62	7.62	0.71	21.6	94.26	104.76	9.73	296.6	25.80	25.85	7.88	304.7
	92.0	100.0	42.48	43.84	4.07	124.1	36.76	39.31	3.65	111.3	7.62	7.62	0.71	21.6	94.93	94.60	8.79	267.9	24.40	25.10	7.65	289.5
	93.0	100.0	45.00	43.74	4.06	123.9	19.78	28.27	2.63	80.1	7.62	7.62	0.71	21.6	101.45	98.19	9.12	278.0	22.10	23.25	7.09	267.5
	94.0	100.0	38.51	41.76	3.88	118.2	54.92	37.35	3.47	105.8	7.62	7.62	0.71	21.6	94.96	98.21	9.12	278.1	28.60	25.35	7.73	278.5
	95.0	100.0	37.87	38.19	3.55	108.1	46.82	50.87	4.73	144.0	7.62	7.62	0.71	21.6	73.46	84.21	7.82	238.5	24.50	26.55	8.09	266.7
2	96.0	100.0	41.90	39.89	3.71	112.9	21.40	34.11	3.17	96.6	7.62	7.62	0.71	21.6	87.59	80.53	7.48	228.0	23.20	23.85	7.27	250.2
	97.0	100.0	47.43	44.67	4.15	126.5	34.97	28.19	2.62	79.8	7.62	7.62	0.71	21.6	106.24	96.92	9.00	274.4	23.30	23.25	7.09	273.2
	98.0	100.0	42.20	44.82	4.16	126.9	31.16	33.07	3.07	93.6	7.62	7.62	0.71	21.6	104.00	105.12	9.77	297.7	24.90	24.10	7.35	284.1
	99.0	100.0	42.31	42.26	3.93	119.7	16.58	23.87	2.22	67.6	7.62	7.62	0.71	21.6	98.40	101.20	9.40	286.6	22.40	23.65	7.21	262.9
	100.0	100.0	44.11	43.21	4.01	122.4	14.25	15.42	1.43	43.7	7.62	7.62	0.71	21.6	103.21	100.81	9.37	285.4	22.90	22.65	6.90	257.5
	101.0	100.0	43.93	44.02	4.09	124.7	24.22	19.24	1.79	54.5	7.62	7.62	0.71	21.6	100.24	101.73	9.45	288.1	27.30	25.10	7.65	290.7
	102.0	100.0	47.68	45.81	4.26	129.7	21.26	22.74	2.11	64.4	7.62	7.62	0.71	21.6	106.66	103.45	9.61	292.9	22.70	25.00	7.62	301.3
	103.0	100.0	41.79	44.74	4.16	126.7	20.47	20.87	1.94	59.1	7.62	7.62	0.71	21.6	97.01	101.84	9.46	288.4	24.70	23.70	7.22	278.9
	104.0	100.0	44.50	43.15	4.01	122.2	40.22	30.35	2.82	85.9	7.62	7.62	0.71	21.6	91.77	94.39	8.77	267.3	22.90	23.80	7.25	270.1
	105.0	100.0	34.44	39.47	3.67	111.8	32.07	36.15	3.36	102.4	7.62	7.62	0.71	21.6	106.85	99.31	9.23	281.2	29.10	26.00	7.92	270.0
	106.0	100.0	42.63	38.54	3.58	109.1	35.19	33.63	3.12	95.2	7.62	7.62	0.71	21.6	73.77	90.31	8.39	255.7	23.60	26.35	8.03	267.1
Total			2,000.0	1.1 Scarifying & re-compaction		2,453.3	1.2 (1) Embankment (local soil)		1,785.5	1.2 (2) Embankment (road side)		431.5	1.3 Subgrade		5,358.6	1.5 Slope trimming		5,592.6				

3.1 Drainage layer



Layout of Drainage Layer (out of scale)



Dimension of Drainage Layer (out of scale)

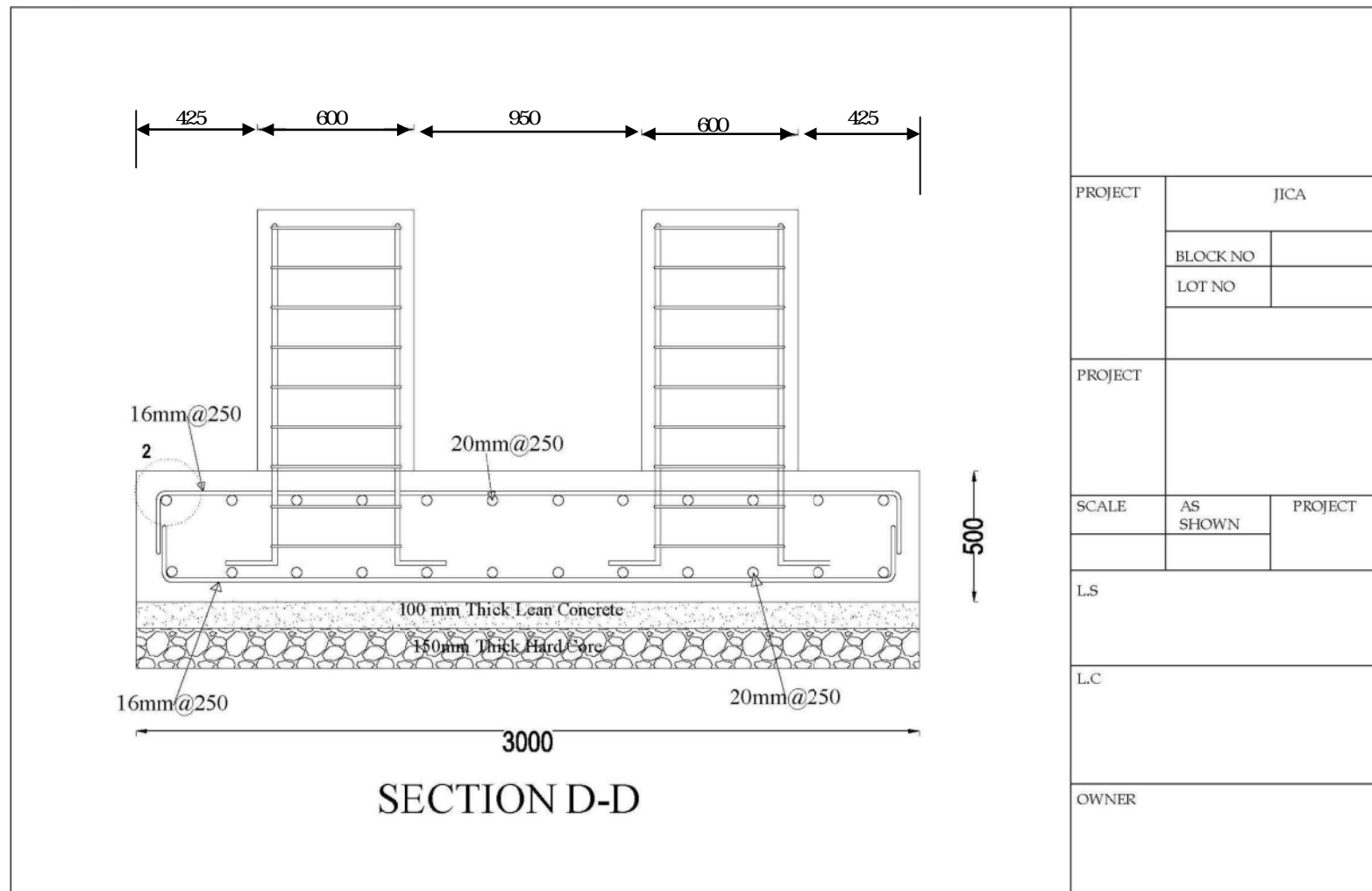
Locations

Station									
Section-1					Section-2				
86 + 0	88 + 0	90 + 0	101 + 0	103 + 0	105 + 0				
86 + 10	88 + 10	90 + 10	101 + 10	103 + 10	105 + 10				
86 + 20	88 + 20	90 + 20	101 + 20	103 + 20	105 + 20				
86 + 30	88 + 30	90 + 30	101 + 30	103 + 30	105 + 30				
86 + 40	88 + 40	90 + 40	101 + 40	103 + 40	105 + 40				
86 + 50	88 + 50	90 + 50	101 + 50	103 + 50	105 + 50				
86 + 60	88 + 60	90 + 60	101 + 60	103 + 60	105 + 60				
86 + 70	88 + 70	90 + 70	101 + 70	103 + 70	105 + 70				
86 + 80	88 + 80	90 + 80	101 + 80	103 + 80	105 + 80				
86 + 90	88 + 90	90 + 90	101 + 90	103 + 90	105 + 90				
87 + 0	89 + 0		102 + 0	104 + 0					
87 + 10	89 + 10		102 + 10	104 + 10					
87 + 20	89 + 20		102 + 20	104 + 20					
87 + 30	89 + 30		102 + 30	104 + 30					
87 + 40	89 + 40		102 + 40	104 + 40					
87 + 50	89 + 50		102 + 50	104 + 50					
87 + 60	89 + 60		102 + 60	104 + 60					
87 + 70	89 + 70		102 + 70	104 + 70					
87 + 80	89 + 80		102 + 80	104 + 80					
87 + 90	89 + 90		102 + 90	104 + 90					
Nos. 20	Nos. 20	Nos. 10	Nos. 20	Nos. 20	Nos. 10				

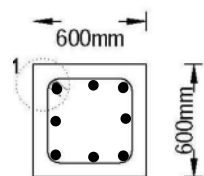
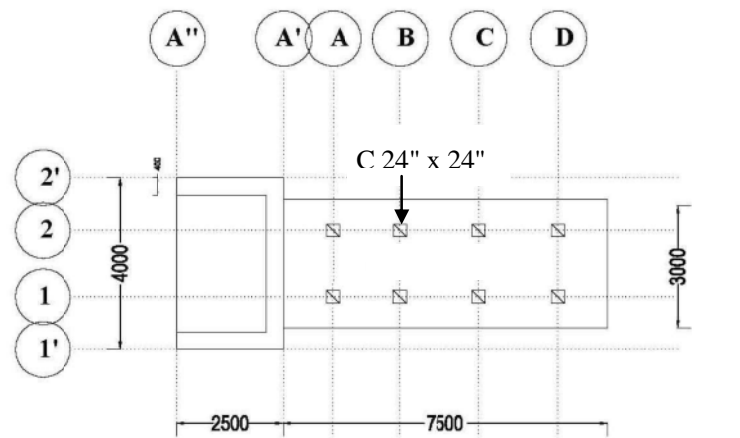
Dimension & Quantity

Unit L (m)	1.20
Unit W (m)	0.50
Unit D (m)	0.15
Unit V (cu.m)	0.09
Total Nos.	200
Total V (cu.m)	18.00

別添-D: Drawings of the Soil Plant Foundation

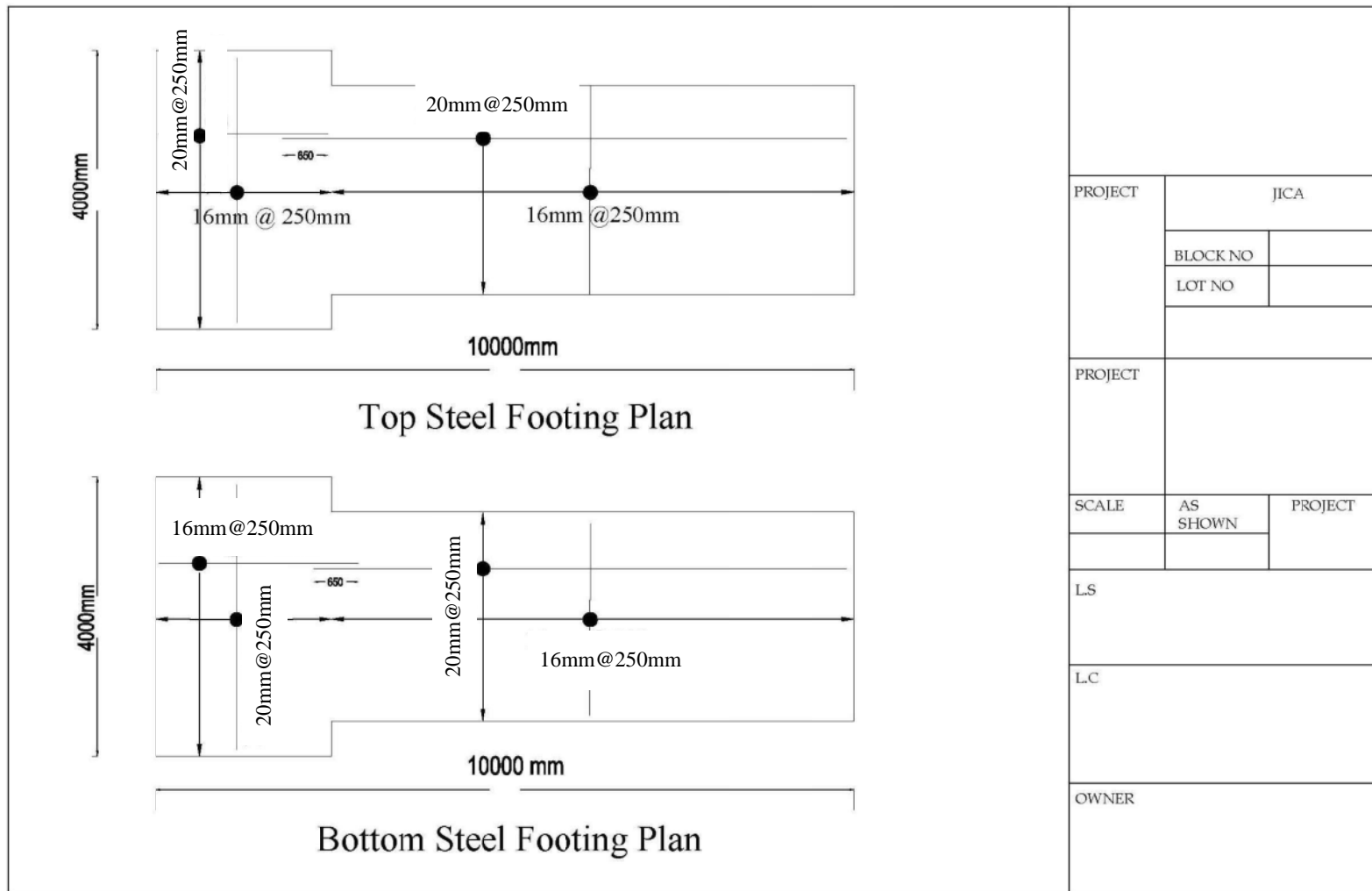


<div> <div> <div>14mm@250mm Spacing</div> <div>12mm@250mm Spacing</div> </div> <div> <div>14mm@250mm Spacing</div> <div>12mm@250mm Spacing</div> </div> <div> <div>12mm@250mm Spacing</div> <div>14mm@250mm Spacing</div> </div> <div>400</div> </div>					
PROJECT	JICA				
	BLOCK NO				
	LOT NO				
PROJECT					
SCALE	AS SHOWN	PROJECT			
LS					
LC					
OWNER					



Longitudinal Steel – 8- 16mm
 Shear Steel – 10mm@150mm
 Spacing

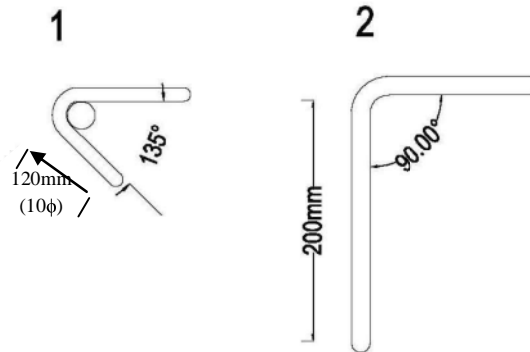
PROJECT	JICA	
	BLOCK NO	
	LOT NO	
PROJECT		
SCALE	AS SHOWN	PROJECT
LS		
L.C		
OWNER		



Material

concrete cylinder strength, $f'_c = 3000 \text{ psi}$ ($f'_c = 21 \text{ N/mm}^2$)

reinforcing yield strength = 40000 psi ($f_y = 275 \text{ N/mm}^2$)



Concrete cover = 1.5"

PROJECT		
J.		
BLOCK NO		
LOT NO		
PROJECT		
SCALE	AS SHOWN	PROJECT
LS		
LC		
OWNER		

II

別添-E: Test Report of Alkaline Digestion Method



Test Report

No. : CE/2014/B2406 Date : 2014/11/24 Page : 1 of 4

ORIENTAL CONSULTANTS GLOBAL CO., LTD.
12-1, HONMACHI 3-CHOME, SHIBUYA-KU, TOKYO, 151-0071, JAPAN

CE/2014/B2406

The following sample(s) was/were submitted and identified by/on behalf of the applicant as :

Sample Description : PORTLAND CEMENT
Style/Item No. : TIS15-PART1-2555
Sample Receiving Date : 2014/11/17
Testing Period : 2014/11/17 TO 2014/11/24

Test Requested : As specified by client, with reference to RoHS Directive 2011/65/EU Annex II to determine Cr(VI) content in the submitted sample.

Test Method : Please refer to next pages.

Test Result(s) : Please refer to next page(s).

Conclusion : Based on the performed tests on submitted samples, the test result of Cr(VI) comply with the limit as set by RoHS Directive 2011/65/EU Annex II; recasting 2002/95/EC.


Troy Chang, Manager - Tech
Signed for and on behalf of
SGS TAIWAN LTD.
Chemical Laboratory - Taipei

This document is issued by the Company subject to its General Conditions of Service printed overleaf, available on request or accessible at <http://www.sgs.com/en/Terms-and-Conditions.aspx> and, for electronic format documents, subject to Terms and Conditions for Electronic Documents at <http://www.sgs.com/en/Terms-and-Conditions/Termse-Documents.aspx>. Attention is drawn to the limitation of liability, indemnification and jurisdiction issues defined therein. Any holder of this document is advised that information contained hereon reflects the Company's findings at the time of its intervention only and within the limits of client's instruction, if any. The Company's sole responsibility is to its Client and this document does not exonerate parties to a transaction from exercising all their rights and obligations under the transaction documents. This document cannot be reproduced, except in full, without prior written approval of the Company. Any unauthorized alteration, forgery or falsification of the content or appearance of this document is unlawful and offenders may be prosecuted to the fullest extent of the law. Unless otherwise stated the results shown in this test report refer only to the sample(s) tested.



Test Report

No. : CE/2014/B2406 Date : 2014/11/24 Page : 2 of 4

ORIENTAL CONSULTANTS GLOBAL CO., LTD.
12-1, HONMACHI 3-CHOME, SHIBUYA-KU, TOKYO, 151-0071, JAPAN

CE/2014/B2406

Test Result(s)

PART NAME No.1 : GRAY POWDER

Test Item(s)	Unit	Method	MDL	Result	Limit
				No.1	
Hexavalent Chromium Cr(VI)	mg/kg	With reference to IEC 62321: 2008 and performed by UV-VIS.	2	15	1000

Note :

1. mg/kg = ppm ; 0.1wt% = 1000ppm
2. n.d. = Not Detected
3. MDL = Method Detection Limit

This document is issued by the Company subject to its General Conditions of Service printed overleaf, available on request or accessible at <http://www.sgs.com/en/Terms-and-Conditions.aspx> and, for electronic format documents, subject to Terms and Conditions for Electronic Documents at <http://www.sgs.com/en/Terms-and-Conditions/Termse-Documents.aspx>. Attention is drawn to the limitation of liability, indemnification and jurisdiction issues defined therein. Any holder of this document is advised that information contained hereon reflects the Company's findings at the time of its intervention only and within the limits of client's instruction, if any. The Company's sole responsibility is to its Client and this document does not exonerate parties to a transaction from exercising all their rights and obligations under the transaction documents. This document cannot be reproduced, except in full, without prior written approval of the Company. Any unauthorized alteration, forgery or falsification of the content or appearance of this document is unlawful and offenders may be prosecuted to the fullest extent of the law. Unless otherwise stated the results shown in this test report refer only to the sample(s) tested.



Test Report

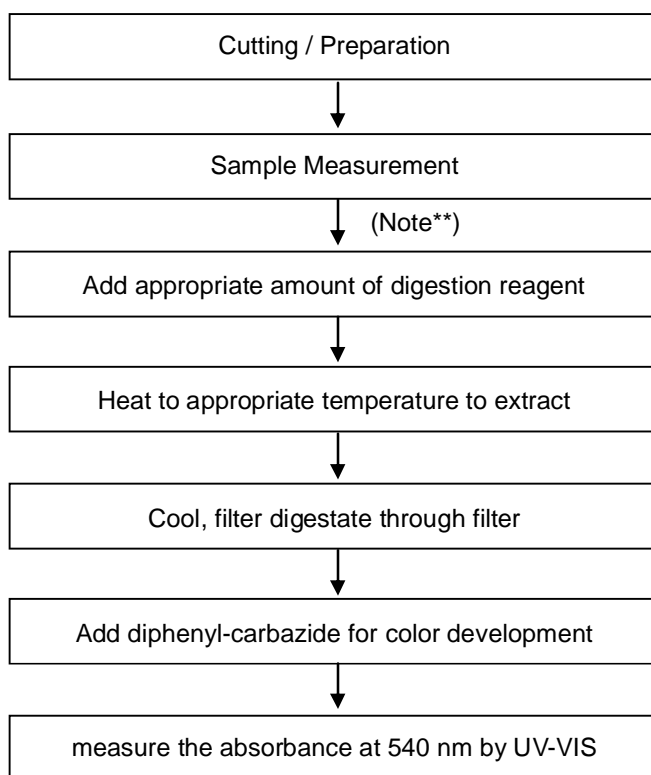
No. : CE/2014/B2406 Date : 2014/11/24 Page : 3 of 4

ORIENTAL CONSULTANTS GLOBAL CO., LTD.
12-1, HONMACHI 3-CHOME, SHIBUYA-KU, TOKYO, 151-0071, JAPAN

CE/2014/B2406

Hexavalent Chromium Cr(VI) Analytical flow chart

- 1) Name of the person who made measurement: Climbgreat Yang
- 2) Name of the person in charge of measurement: Troy Chang



Note** (For IEC 62321)

- (1) For non-metallic material, add alkaline digestion reagent and heat to 90~95℃.
- (2) For metallic material, add pure water and heat to boiling.

This document is issued by the Company subject to its General Conditions of Service printed overleaf, available on request or accessible at <http://www.sgs.com/en/Terms-and-Conditions.aspx> and, for electronic format documents, subject to Terms and Conditions for Electronic Documents at <http://www.sgs.com/en/Terms-and-Conditions/Termse-Documents.aspx>. Attention is drawn to the limitation of liability, indemnification and jurisdiction issues defined therein. Any holder of this document is advised that information contained hereon reflects the Company's findings at the time of its intervention only and within the limits of client's instruction, if any. The Company's sole responsibility is to its Client and this document does not exonerate parties to a transaction from exercising all their rights and obligations under the transaction documents. This document cannot be reproduced, except in full, without prior written approval of the Company. Any unauthorized alteration, forgery or falsification of the content or appearance of this document is unlawful and offenders may be prosecuted to the fullest extent of the law. Unless otherwise stated the results shown in this test report refer only to the sample(s) tested.



Test Report

No. : CE/2014/B2406 Date : 2014/11/24 Page : 4 of 4

ORIENTAL CONSULTANTS GLOBAL CO., LTD.
12-1, HONMACHI 3-CHOME, SHIBUYA-KU, TOKYO, 151-0071, JAPAN

CE/2014/B2406

*The tested sample /part is marked by an arrow if it's shown on the photo. *

CE/2014/B2406



** End of Report **

This document is issued by the Company subject to its General Conditions of Service printed overleaf, available on request or accessible at <http://www.sgs.com/en/Terms-and-Conditions.aspx> and, for electronic format documents, subject to Terms and Conditions for Electronic Documents at <http://www.sgs.com/en/Terms-and-Conditions/Termse-Documents.aspx>. Attention is drawn to the limitation of liability, indemnification and jurisdiction issues defined therein. Any holder of this document is advised that information contained hereon reflects the Company's findings at the time of its intervention only and within the limits of client's instruction, if any. The Company's sole responsibility is to its Client and this document does not exonerate parties to a transaction from exercising all their rights and obligations under the transaction documents. This document cannot be reproduced, except in full, without prior written approval of the Company. Any unauthorized alteration, forgery or falsification of the content or appearance of this document is unlawful and offenders may be prosecuted to the fullest extent of the law. Unless otherwise stated the results shown in this test report refer only to the sample(s) tested.