

タジキスタン国  
運輸省

## タジキスタン国

# ドゥステイーニジノピヤンジ間 道路整備計画事後現状調査

## 事後現状調査報告書

平成 27 年 3 月  
(2015 年)

独立行政法人  
国際協力機構 (JICA)

株式会社 建設技研インターナショナル

資金
JR
15-008



## 序 文

独立行政法人国際協力機構は、タジキスタン国のドゥスティーニジノピャンジ間道路整備計画にかかる事後現状調査を実施することを決定し、同調査を株式会社 建設技研インターナショナルに委託しました。

調査団は、平成 26 年 2 月より平成 27 年 3 月までタジキスタン国の政府関係者と協議を行うとともに、計画対象地域における現地踏査を実施し、帰国後の国内作業を経て、ここに本報告書完成の運びとなりました。

この報告書の技術的提言が、将来の同案件の補修工事に寄与するとともに、両国の友好親善の一層の発展に役立つことを願うものです。

終わりに、調査にご協力と御支援いただいた関係者各位に対し、心より感謝申し上げます。

平成 27 年 3 月

独立行政法人国際協力機構  
資金協力業務部  
部長 佐々木 隆宏





## 伝 達 状

今般、タジキスタン国におけるドゥスティーニジノピヤンジ間道路整備計画事後現状調査が終了いたしましたので、ここに最終報告書を提出いたします。

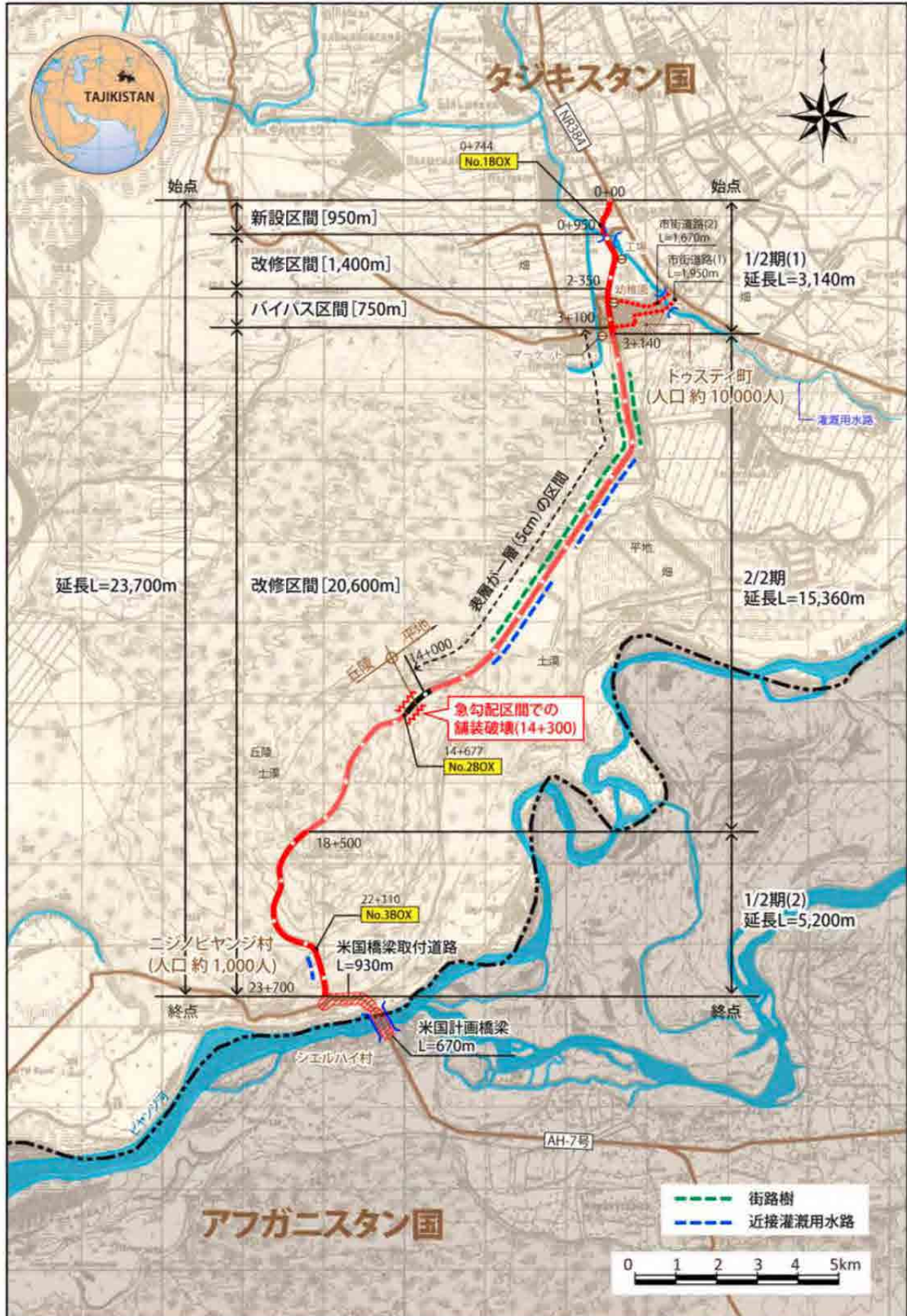
本調査は、貴機構との契約に基づき弊社が、平成26年2月より平成27年3月までの14.0ヵ月にわたり実施いたしてまいりました。今回の調査に際しましては、タジキスタン国の現状を十分に踏まえ、本調査の意義を検証するとともに、事後現状調査の枠組みに最も適した技術的提言に努めてまいりました。

つきましては、本報告書における技術的提言が活用されることを切望いたします。

平成27年3月

株式会社 建設技研インターナショナル  
タジキスタン国  
ドゥスティーニジノピヤンジ間道路整備計画事後現状調査  
業務主任 三浦 実





プロジェクト位置図



## 巻頭写真

### 対象道路破損／調査実施状況



AC 舗装の滑動状況



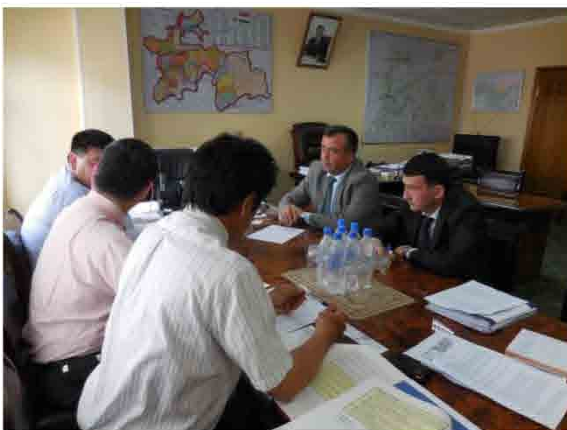
AC 舗装上の亀甲クラック  
／アスファルト安定処理路盤露出



AC 舗装上の亀甲クラック



AC 舗装破損個所の常温合材による補修状況



MOT との協議状況



SEHM 所長との協議状況





勾配部 AC 舗装のセメント安定処理路盤との  
接着面調査状況



簡易 CBR 試験機試験状況



簡易動的コーン貫入試験状況



轍ぼれ計測状況



交通量調査状況



MOT 試験室内状況

# 緊急補修箇所状況



勾配部-1



勾配部-2



平坦部-1



平坦部-2



平坦部-3



平坦部-4



平坦部—5



平坦部 - 6



平坦部—7



## 目次

序文

伝達状

プロジェクト位置図

巻頭写真

1.	本調査業務の背景・経緯	1
2.	本調査業務の内容	2
2.1	本調査業務の実施方法	2
2.2	本プロジェクトの設計・施工段階における品質関連図書の情報収集	3
2.3	有識者との協議	3
2.4	簡易 CBR 試験機のキャリブレーション	4
2.4.1	概要	4
2.4.2	マニュアルに示された近似式	4
2.4.3	キャリブレーションの方法	4
2.4.4	結果-1（マニュアルに示された近似式によるキャリブレーション）	5
2.4.5	結果-2（新近似式によるキャリブレーション）	6
2.4.6	CIST と簡易 FWD 機とのキャリブレーションについて	7
2.5	気象データの調査／凍上深の検討	8
2.6	インセプションレポートの説明・協議、協議議事録協議・署名	9
2.7	舗装破損状況の調査確認	9
2.8	試掘調査結果と試料の採取	9
2.9	交通量調査	12
2.10	軸重調査関連	12
2.11	維持管理・工事単価及び調達事情調査	14
2.12	MOT クムサンギル道路維持管理事務所（SEHM）の予算	15
2.13	MOT 試験室における室内試験結果	16
2.14	国内における室内試験結果及び解析結果	17
2.15	交通荷重の相違	18
2.15.1	ドゥステイーニジノピヤンジ間道路整備計画の交通荷重( $W_{18}$ )	18
2.15.2	現交通量から想定される交通荷重	18
2.15.3	クルガンチュベードゥステイー間道路整備計画の交通荷重との比較	20
2.16	舗装構造破損要因の検討評価	21
2.16.1	現状の舗装構成	21
2.16.2	SN 値と現交通量から想定される舗装耐用年数	23
2.16.3	設計舗装強度と現状舗装強度の相違	24
2.16.4	過去の過剰な交通荷重	24
2.17	舗装破損個所の緊急補修工	25
2.17.1	補修箇所の選定（一般交通の安全な交通に支障がある区間）	25

2. 17. 2	選定した緊急補修選定箇所の現状 .....	25
2. 17. 3	緊急補修工法（案）の検討 .....	26
2. 18	本プロジェクトのセメント安定処理路盤の施工監理手法について .....	29
2. 19	試掘調査と試料の採取 .....	31
2. 19. 1	平坦部破損要因把握のための調査 .....	31
2. 19. 2	勾配部破損要因把握のための調査 .....	34
2. 20	土取場調査 .....	35
2. 21	緊急補修工の選定箇所確認調査 .....	36
2. 22	簡易動的コーン貫入試験機による周辺地盤の支持力確認調査 .....	37
2. 23	地質試験結果 .....	39
2. 23. 1	MOT 試験室による室内試験結果 .....	39
2. 24	国内での室内試験結果 .....	40
2. 24. 1	セメント安定処理路盤のセメント調合量の試験 .....	40
2. 24. 2	土取場採取材及び路床材の材料試験の結果 .....	40
2. 24. 3	PI と一軸圧縮強度の相関 .....	41
2. 24. 4	常温合材のマーシャル安定試験 .....	42
2. 25	第三次現地調査 .....	42
3.	技術資料-I .....	43
3. 1	緊急補修工の選定及び予算措置 .....	43
4.	想定される破損の要因と結論 .....	46
4. 1	平坦部の破損原因 .....	46
4. 2	勾配部の破損原因 .....	46
4. 3	緊急補修箇所の特定 .....	46
5.	提言と今後の補修計画（案） .....	47
5. 1	提言 .....	47
5. 2	今後の補修に係る実施計画（案）と将来的な補修実施への提言 .....	48
5. 2. 1	緊急的な補修の目的と耐久性及び実施（案） .....	48
5. 2. 2	緊急的補修工事实施（案）2 .....	51
5. 2. 3	将来的補修について .....	52
5. 3	全線舗装支持力調査及び恒久的補修工法の検討 .....	54
5. 3. 1	FWD（たわみ測定装置）の概要 .....	54
5. 4	調査方法の比較 .....	55
5. 4. 1	ベンゲルマンビームとの比較 .....	55
5. 4. 2	開削方法との比較 .....	55
5. 5	FWD の具体的な実施方法 .....	56
5. 5. 1	解析方法の選定 .....	56
5. 5. 2	補修工法選定の実施方法 .....	56

添付資料

- 添付資料 1 品質関連図書の受領リスト
- 添付資料 2 JICA,MOT 協議議事録
- 添付資料 3 舗装インベントリー調査結果
- 添付資料 4 軸重測定結果
- 添付資料 5 技術資料-1
- 添付資料 6 緊急補修工法選定に係る協議議事録
- 添付資料 7 補修工法選定依頼の手紙
- 添付資料 8 土質試験結果一覧表
- 添付資料 9 FWD 調査実施計画書



## 1. 本調査業務の背景・経緯

タジキスタン国（以下「タ」国）は、国土の約 90%が山岳地帯であり、首都と主要都市間、または隣国へ通じる幹線道路は、最も重要なインフラ施設である。しかしながら、主要幹線道路の多くは 1991 年以前の旧ソ連時代に建設されたものであり、独立後の内戦及び経済の低迷による維持管理予算不足により、劣化、老朽化が著しく、経済発展のボトルネックになっている。

本プロジェクトの対象道路であるドゥスティーニジノピャンジ間道路(延長約 23.7km)は、「タ」国とアフガニスタン国（以下「ア」国）の両首都間を結ぶ主要幹線道路の一部区間であり、「タ」国の「長期運輸開発計画」における優先道路となっている。また同路線はアジアハイウェイ構想の広域幹線道路（AH7）にも位置付けられている。さらに、「ア」国との国境橋は米国の支援で実施され、物流の活性化、交通量の増加が予測されることから「タ」国は我が国に対し、同区間の道路整備について無償資金協力を要請した。

「タ」国の要請に基づき、本プロジェクト対象区間のうち、始終点の両端から計約 8.3km（始点ドゥスティ側から 3.1km、終点ニジノピャンジ側から 5.2km）、及びドゥスティ市内道路約 3.7km を整備対象とする無償資金協力「ドゥスティーニジノピャンジ間道路整備計画（1/2 期）」（以下、第 1 期プロジェクト）について 2006 年 9 月に E/N を署名、事業を開始し 2008 年 6 月に工事が完了した。残区間約 15.4km については、2008 年 8 月に事業化調査の実施を経て、2009 年 1 月に E/N、G/A が署名され、「ドゥスティーニジノピャンジ間道路整備計画（第 2 期）」（以下、第 2 期プロジェクト）として事業が実施され、2010 年 11 月工事が完了した。

両プロジェクト完了後のモニタリングで、第 2 期プロジェクトのアスファルトコンクリート舗装（以下 AC 舗装）厚さが薄い（5cm）区間及び Sta.14+300 地点付近の急勾配部の道路破損が報告され、「タ」国側から早期の補修及びオーバーレイの実施が必要との見解が示された。

この状況を受け、2013 年 10 月に独立行政法人国際協力機構（Japan International Cooperation Agency 以下、JICA）は状況確認のため事後現状調査（予備調査）を実施した。その結果、第 2 期プロジェクトの舗装厚さ 5cm 区間で支持力低下が原因とみられる AC 舗装の破損と、急勾配部で AC 舗装の大規模クラック（幅約 30cm）が確認された。交通状況の聞き取り調査では、70t を超える超重量車両（過積載車両）が日常的に通過していることも明らかになった。

本調査業務は上記の調査結果を受け、舗装の破損状況とその破損が早期に発生したメカニズムを明らかにし、今後の「タ」国による本区間における必要な補修・維持管理に対して技術的提言を行うとともに、「タ」国側による緊急補修の施工指導を実施することを目的とする。

## 2. 本調査業務の内容

### 2.1 本調査業務の実施方法

本調査業務は下記の全体フローチャートに従い業務を実施した。

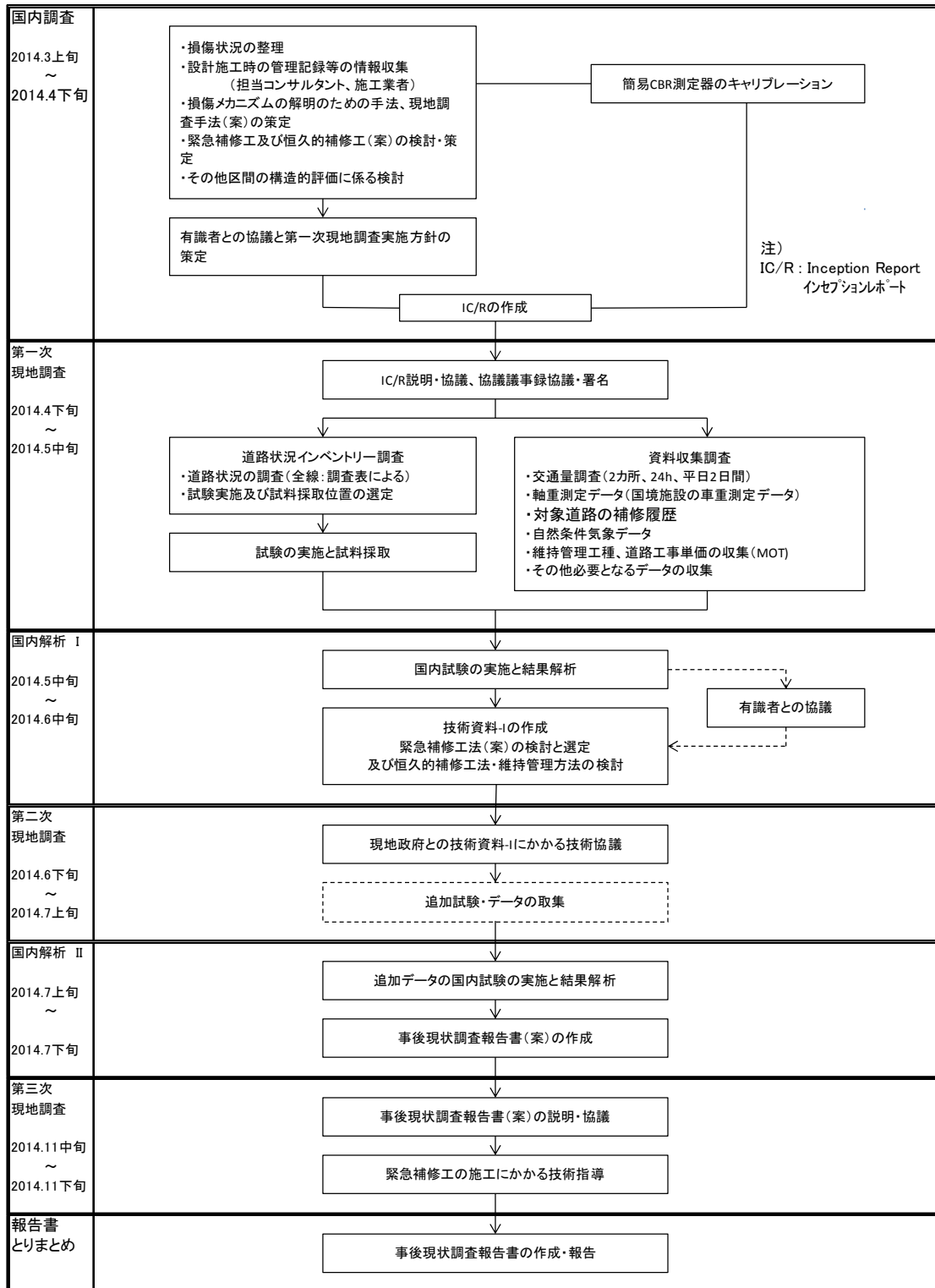


図 2.1-1 本調査業務実施のフローチャート

## (国内調査)

### 2.2 本プロジェクトの設計・施工段階における品質関連図書の情報収集

本プロジェクトの設計・施工段階における品質関連図書を収集した。(添付資料-1 参照) 収集した資料では、舗装破損のメカニズムを解明するための、既存道路高低や路床盛土高を示した竣工図、使用材料・調合を解明できる文書公布記録、品質管理方法を記載した施工計画書、セメント安定処理路盤工に係る品質管理記録等は確認できなかった。

### 2.3 有識者との協議

舗装有識者（舗装会社 2 社の技術者）と本調査業務における破損要因、破損状況の究明に係る調査・試験方法等について意見交換を実施した。意見交換の内容は以下の通りである。

表 2.3-1 有識者との協議一覧表

意見交換の内容	本調査業務での確認・調査事項
設計交通量以上の交通量（重量車両）があり、破損が生じた可能性がある。	本調査業務で交通量調査を実施するとともに「ア」国境の税関施設に設置されているトラックスケール記録により重量車両の重量を確認し、設計交通量、交通荷重との分析を行う。交通量が増加した要因（周辺の開発等）について調査する。
路床が地下水等の影響を受け含水比が上昇し、設計地盤支持力以下となった可能性がある	現地の雨季期間、また農繁期である 5 月に試掘を実施し、地下水位の確認を行う。また路床材の含水比を測定する。強度については、簡易 CBR 試験機、動的コーン貫入試験機で試験するとともに室内 CBR 試験によっても確認する。
急勾配区間の舗装の流動については、セメント安定処理路盤と AC 舗装面との接着力の問題があると考えられる。	急勾配区間については本調査において、「タ」国側主体で緊急補修工を実施する予定である。補修方法については、現地調査結果を踏まえて提案する予定である。
セメント安定処理路盤材の支持力劣化、破壊があり舗装の損傷に至った可能性がある。	現地にて損傷した個所及び健全な区間のセメント安定処理路盤の支持力確認を行う。
凍結によりセメント安定処理路盤が破壊した可能性がある。	既存安定処理路盤を採取し、国内で凍結融解試験を実施して破壊の検証を行う。供用開始後の気温データを入手し、凍結深度を確認する。
AC 舗装の品質の問題が要因の一つではないか。	本調査業務では、損傷したアスファルト合材についてストレートアスファルトの軟化点、針入度の試験を予定している。しかし、有識者から劣化したストレートアスファルトでは軟化点、針入度は納入時と大きく異なるため、良否判定はできないとの指摘があった。したがって、配合、骨材の粒度分布から良否を判定することとする。

## 2.4 簡易 CBR 試験機のキャリブレーション

### 2.4.1 概要

CIST (Clegg Impact Soil Tester) を測定する地盤に設置し、4.5kg のハンマーを所定の高さから落下させ、地面への衝突時の加速度を Impact Value(IV)として記録する。4 回目の Impact Value(IV4)を CBR に換算し、その結果が試験機に表示される。5 回の IV 値とその緯度経度はコンピューターに取り込むことができる。マニュアルでは測定対象の地盤は制限されていない。



CIST の写真

### 2.4.2 マニュアルに示された近似式

%CBR と IV4 の関係は 200 個のデータを基に図 2.4-1 の通り近似式を算出している。また、マニュアルの中で、高い精度が要求される場合は、利用者が実際の地盤条件下で独自の近似式を算出することも推奨されている。

$$\begin{array}{ll} \text{近似式} & \% \text{CBR} = ((0.24 \times \text{IV}_4) + 1)^2 \\ \text{相関係数} & r = 0.957 \end{array}$$

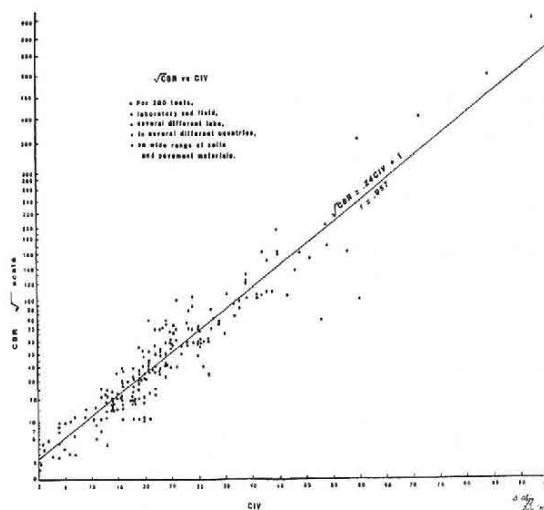


Figure 1 - IV<sub>4</sub> and %CBR Correlation

図 2.4-1 IV<sub>4</sub> と %CBR の関係

### 2.4.3 キャリブレーションの方法

下記の 2 種類の方法で CIST による CBR 値のキャリブレーションを試みた。方法-1 による現場 CBR による方法は、対象の地盤が固すぎたことや地盤内の小石の存在のために、CIST による測定がエラーになり測定不能であったことから、方法-2 の CBR 用モールドを使ってキャリブレーションを実施した。



#### 方法-1

試験対象：転圧した道路

試験方法：現場 CBR による CBR 値と CIST による CBR 値

#### 方法-2

試験対象：CBR 用モールドに締め固めた材料

試験方法：CBR 試験機による CBR 値と CIST による CBR 値



現場 CBR 測定



付き固め試験



CBR 試験機による測定



CIST による付き固めた材料を試験

#### 2.4.4 結果-1 (マニュアルに示された近似式によるキャリブレーション)

方法-2 による 3 種類の材料の CBR 値の結果を表 2.4-1、図 2.4-2、図 2.4-3 に示す。CBR 値の高い RC-40 の CIST による結果は正規の方法に比べて低めになっており、CBR 値が比較的低い砂質土の CIST の結果は正規の方法に比べて高めになっている。また、今回の測定対象の路床材は CBR 値が 10%以下の砂質土であることから 5 種類の砂質土において、正規の方法での結果との相関を計算し、原点(0,0)を通過する線形近似から近似式を求めた。

近似式	正規の%CBR = 簡易測定機による%CBR / 1.3437
相関係数	$r^2=0.8758$

表 2.4-1 マニュアルの近似式による CBR 値のキャリブの結果

	RC-40(3月26日)			砂+シルト(3/28)		舗装用細砂(3月28日)		
CBR(正規5mm):a	55.80	101.00	165.90	13.70	8.90	15.90	40.50	48.60
CBR(簡易測定):b	60.00	84.00	139.00	21.00	17.00	28.00	43.00	71.00
b/a	1.08	0.83	0.84	1.53	1.91	1.76	1.06	1.46

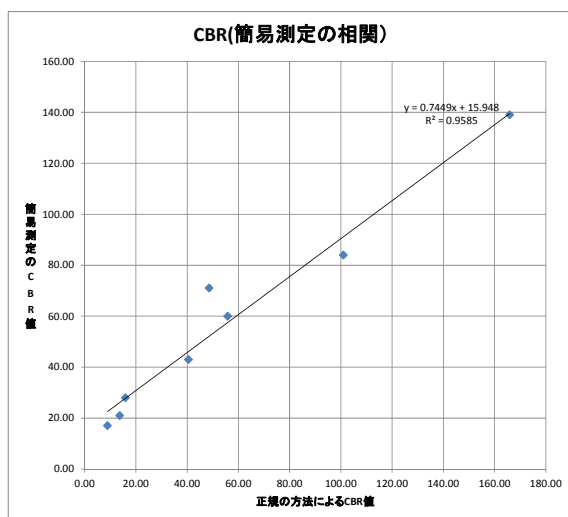


図 2.4-2 簡易測定機との相関 (全結果)

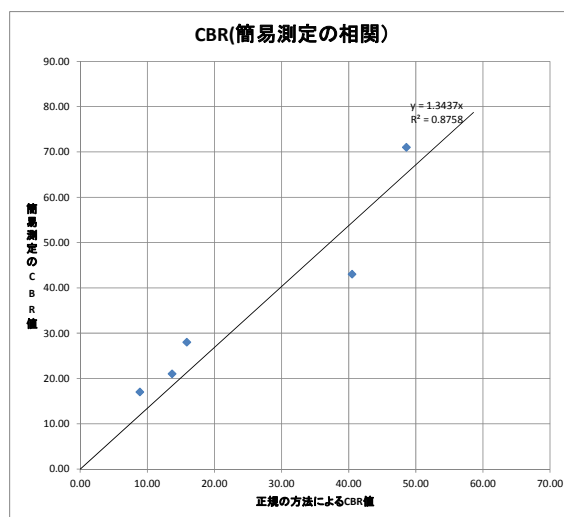


図 2.4-3 簡易測定機との相関 (砂質土)

### 2.4.5 結果-2 (新近似式によるキャリブレーション)

2002 年、米国土木学会 ”Journal of Materials in Civil Engineering”に掲載された論文”Clegg Hammer-California-Bearing Ratio Correlation”において下記の式が紹介されている。

新近似式 
$$\%CBR=0.1691 \times (IV_4)^{1.695}$$

前述の 2.4.4 項同様に正規の方法の結果との相関を表 2.4-2、図 2.4-4、図 2.4-5 の通り計算した。

表 2.4-2 新近似式による CBR 値のキャリブレーションの結果

	RC-40(3月26日)			砂+シルト(3/28)		舗装用細砂(3月28日)		
CBR(正規5mm):a	55.80	101.00	165.90	13.70	8.90	15.90	40.50	48.60
IV <sub>4</sub>	28.11	34.02	44.96	14.93	13.01	17.88	23.16	30.94
新CBR(簡易測定):b	48.30	66.75	107.06	16.52	13.09	22.44	34.77	56.84
b/a	0.87	0.66	0.65	1.21	1.47	1.41	0.86	1.17

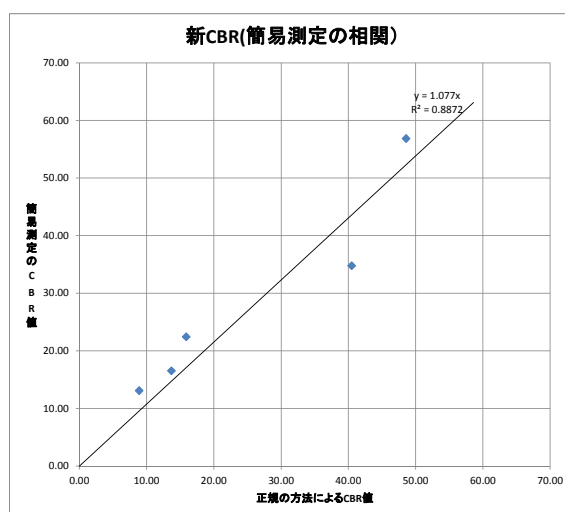
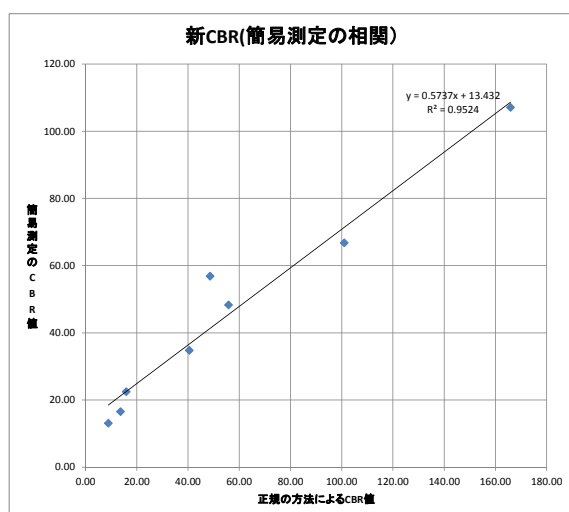


図 2.4-4 簡易測定機との相関-2 (全結果)

図 2.4-5 簡易測定機との相関-2 (砂質土)

近似式                      正規の%CBR = 新%CBR / 1.077  
 相関係数                       $r^2 = 0.8758$

結果-1 の 1.3437 に比べて 1.077 と非常に小さい値となり、新近似式の精度が高いことが解った。

## 2.4.6 CIST と簡易 FWD 機とのキャリブレーションについて

砂質地盤上において、2 種類の方法（簡易 FWD、CIST）で %CBR を測定し結果を比較した。その結果、CIST による結果が、簡易 FWD による結果の約 10 倍になった。簡易 FWD は地盤弾性係数から %CBR を算定しており、その精度が不明であることから簡易 FWD を CIST のキャリブレーションに使用することを断念した。



簡易 FWD による測定

## 2.5 気象データの調査／凍上深の検討

気象データを分析した結果による凍結指数を表 2.5-1 に示す。2007 年の凍結指数は大きな結果となったものの、12 年間で 1 回の発生であり、完成後の凍結による AC 舗装への影響は少ないと考えられる。凍結指数と凍結深さの関係を図 2.5-1 に示す。

表 2.5-1 凍結指数一覧表

No	場所	期間	最低気温 (摂氏)	凍結指数 (日°C)
1	クルガンチュペ	2001 年 1 月 2 月	-6.4	30.6
2		2001 年 12 月、2002 年 1 月 2 月	-6.4	20.3
3		2002 年 12 月、2003 年 1 月 2 月	-9.5	27.9
4		2003 年 12 月、2004 年 1 月 2 月	-6.5	19.7
5		2004 年 12 月、2005 年 1 月 2 月	-2.8	2.8
6	コムサンギル	2005 年 12 月、2006 年 1 月 2 月	-3.2	13.8
7		2006 年 12 月、2007 年 1 月 2 月	-3.6	12.9
8		2007 年 12 月、2008 年 1 月 2 月	-13.5	232.3
9		2008 年 12 月、2009 年 1 月 2 月	-4.7	8.6
10		2009 年 12 月、2010 年 1 月 2 月	-7.3	14.7
11	現場	2010 年 1 月 2 月	-2.9	5.8
12	コムサンギル	2010 年 12 月、2011 年 1 月 2 月	-5.6	14.9
13	現場	2010 年 12 月、2011 年 1 月 2 月	-2.1	4.7
14	コムサンギル	2011 年 12 月、2012 年 1 月 2 月	-9.3	38.3
15		2012 年 12 月、2013 年 1 月 2 月	-11.7	90.5

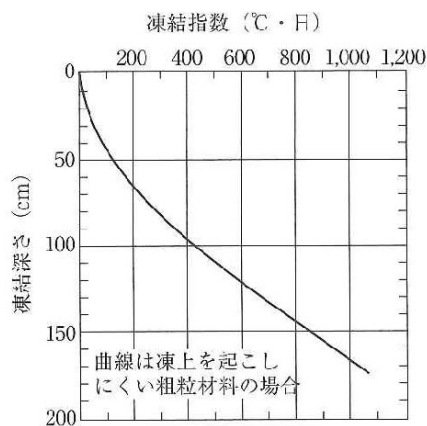


図 2.5-1 凍結指数と凍結深さの関係（舗装設計便覧から引用）

## **(第一次現地調査)**

### **2.6 インセプションレポートの説明・協議、協議議事録協議・署名**

第一次現地調査の調査団と「タ」国側実施機関である Ministry of Transport (運輸省、以下 MOT) とインセプションレポートの説明協議を行い、MOT は協議議事録に署名した。(添付資料-2 参照) JICA 側と MOT 側の主要実施事項を下記に示す。

#### 日本側主要実施事項

- ・ 技術資料-I (調査結果、補修方法案) を 6 月中旬の第二回現地調査時に提出
- ・ 技術資料-II (補修方法、数量、金額) を 7 月中旬に提出
- ・ 技術資料-III (最終報告書) を 9 月下旬に提出

#### MOT 側主要実施事項

- ・ タジキスタン国内における測量調査に係る必要な許可取得支援
- ・ 気象データの提供
- ・ ニジノピアンジにおける車重計量記録
- ・ 緊急補修に係る材料や機器の単価の提供
- ・ 工種別単価の提供
- ・ 交通量調査の実施
- ・ 試掘のための工具の提供
- ・ 運輸省試験室における採取した試料の室内試験の実施
- ・ 試掘した箇所への復旧工事
- ・ 試掘及び試料採取の援助
- ・ 調査測量のための交通事故防止措置の提供
- ・ その他必要なデータの提供

### **2.7 舗装破損状況の調査確認**

本調査業務の対象道路全線に亘り現状インベントリ調査にて損傷状況を把握した。破損状況は以下のとおりに大別される。

- ・ 横方向クラック (道路横断方向)
- ・ 縦方向クラック (道路縦断方向)
- ・ 亀甲状クラック (大・中・小の 3 段階で記録)
- ・ AC 舗装の流動による損傷
- ・ 流動の初期状況と思われる三日月 (波状) クラック

区間毎の損傷状況、特性については添付資料-3 のとおりである。

### **2.8 試掘調査結果と試料の採取**

損傷要因把握のため、未破損または少ない箇所及び破損が著しい箇所、試掘調査によりセメント安定処理路盤、路床の確認調査を実施した。また、必要に応じて試料をサンプリングし、物性試験を実施することとした。詳細は以下のとおりである。

① 試験箇所；Sta. 12+607（「ア」国行車線路肩）路面状況良好区間（試験日：2014年5月6日）

舗装構成			強度試験等		備考
構成	設計	実測	設計	実測	
As 舗装厚	3cm	3cm	—	—	
路盤	15cm	15cm	30	セメント安定処理天端 CBR 値：300,578,590	主材料：砂＋玉石 サンプル採取
路床	—	30cm	5.9	路床天端 CBR 値：15,9,12	粘性土：黄色 サンプル採取
	—	—	5.9	天端－50cmCBR 値：28,9,13	粘性土：茶褐色 サンプル採取

② 試験箇所；Sta. 6+352（「ア」国行車線路肩）路面状況良好区間（試験日：2014年5月9日）

舗装構成			強度試験等		備考
構成	設計	実測	設計	実測値	
As 舗装厚	3cm	3cm	—	—	—
路盤	15cm	15cm	30	セメント安定処理天端 CBR 値：118,128,118	主材料：砂＋玉石 サンプル採取
路床	—	40cm	8.7	路床天端 CBR 値：12,19,12 天端－50cmCBR 値：7,9,13	粘性土：黄色 サンプル採取
		62cm	8.7	天端－110cmCBR：31	旧道路路盤：玉石混じり砂 旧道路路床：砂 サンプル採取

車道の轍：1.3cm あり、地下水なし

③ 試験箇所；Sta.4+480（ドゥシャンベ行車道）損傷区間（試験日：2014年5月9日）

舗装構成			強度試験等		備考
構成	設計	実測	設計	実測値	
As 舗装厚	5cm	5cm	—	—	—
路盤	25cm	13cm	30	セメント安定処理天端 CBR 値：(118),26,21	主材料：砂＋玉石 サンプル採取 (砂利の上?)
		9cm	30	セメント安定処理天端 CBR 値；10,10,10	主材料：粘性土（黄色） サンプル採取
既存 As 舗装		10cm	—	—	—
路床	—	—	8.7	天端－46cmCBR：80,112,112	旧道路路盤：玉石混じり砂 サンプル採取

④ 試験箇所；Sta. 2+416（ドゥシャンベ行車道）損傷区間（試験日：2014年5月10日）

舗装構成			強度試験等		備考
構成	設計	実測	設計	実測値	
As 舗装厚	10cm	8cm	—	—	サンプル採取
路盤	—	9cm	—	—	主材料：砂利
		12cm	30	セメント安定処理路盤 路盤天端 CBR 値：118,112,128	主材料：砂＋玉石 サンプル採取
		18cm	30	セメント安定処理路盤 天端－29cmCBR 値：23,63,49	主材料：砂＋玉石
路床	—	—	3	天端－46cmCBR：21,21,21	砂

車道の轍：中央線側 0.8cm、路肩側 3.6cm （原因不明）

中央線側 0.6cm、路肩側 3.9cm

⑤ 試験個所；Sta. 2+425（「ア」国行車線路肩）損傷区間（試験日：2014年5月10日）

舗装構成			強度試験等		備考
構成	設計	実測	設計	実測値	
As 舗装厚	3cm	4.5cm	—	—	—
路盤	15cm	12cm	30	セメント安定処理路盤 天端 CBR 値：26,23,43,34	主材料：砂+玉石
路床	—	40cm	3	路床天端 CBR 値：12,13,10	粘性土：黄色（盛土）
		55cm	3	天端-110cm CBR 値：6,6	砂（ごみ混じり）

地下水なし（道路天端から-110cm）

⑥ 試験個所；Sta. 15+458（ドウシャンベ行車道）損傷（舗装流動）区間（試験日：2014年5月10日）

舗装構成			強度試験等		備考
構成	設計	実測	設計	実測値	
As 舗装厚	10cm	10cm	—	—	補修記録ではグルーピング処理とあるが確認できず
路盤	30cm	未測定	30	セメント安定処理路盤 天端 CBR 値：硬すぎて測定不可	主材料：砂+玉石

⑦ 試験個所；Sta. 5+030（車線中央部）損傷区間（試験日：2014年5月10日）

舗装構成			強度試験等		備考
構成	設計	実測	設計	実測値	
As 舗装厚	5cm	5cm	—	—	—
路盤	25cm	16.5cm	30	セメント安定処理路盤 路盤天端 CBR 値：21,31,34	主材料：砂+玉石
		3.5cm	30	セメント安定処理路盤 天端 CBR 値：13,17,36	主材料：粘性土（黄色） サンプル採取
既存 As 舗装	—	—	—	—	—

⑧ 試験個所；Sta. 1+317（車線中央部）損傷区間（試験日：2014年5月12日）

舗装構成			強度試験等		備考
構成	設計	実測	設計	実測値	
As 舗装厚	8cm	8cm	—	—	—
路盤	30cm	15.0cm	30	セメント安定処理路盤 路盤天端 CBR 値：エラー,エラー,566%	主材料：砂+玉石 サンプル採取
		15.0cm	30	セメント安定処理路盤	主材料：砂+玉石
路床	—	27cm	5.2	天端 CBR 値：17,19,19	粘性土：薄茶色
		—	5.2	天端 CBR 値：60,67,52	粘性土：赤 サンプル採取

⑨

舗装構成			強度試験等		備考
構成	設計	実測	設計	実測値	
As 舗装厚	5cm	5cm	—	—	—
路盤	25cm	17.5cm	30	セメント安定処理路盤 路盤天端 CBR 値：195%, 209%, エラー	主材料：砂+玉石
		4.0cm	30	セメント安定処理路盤 CBR:18%	主材料：粘性土（黄色）

なお、上記 CBR 値の測定は簡易 CBR 試験機で実施した。

## 2.9 交通量調査

5月8日、9日の2日間 Sta.2+400、3+300 付近で交通量調査を実施した。結果は表 2.9-1、表 2.9-2 のとおりである。

表 2.9-1 交通量調査結果 Sta.2+400

	ドウシャンベ 行	「ア」国行	合計 (2日当り)	合計 (1日当り)
Car	3,993	3,700	7,693	3,846
Pick-up	2	3	5	2
Bus/Mini Bus	128	219	347	173
Truck	160	186	346	173
Trailer	122	104	226	113
合計	4,405	4,212	8,617	4,307

表 2.9-2 交通量調査結果 Sta.3+300

	ドウシャンベ 行	「ア」国行	合計 (2日当り)	合計 (1日当り)
Car	1,842	1,941	3,783	1,891
Pick-up	18	14	32	16
Bus/Mini Bus	30	36	66	33
Truck	166	196	362	181
Trailer	114	95	209	104
合計	2,170	2,282	4,452	2,226

## 2.10 軸重調査関連

「タ」国では「ア」国との国境ゲート前に2011年から簡易車重計を配備し、通過車両（大型車両）の重量測定を実施している。また、2014年からトラックスケールが配備され、測定は24時間行っているとのことである。なお、車重測定は2006年から実施している。



国境ゲート前に設置されているトラックスケール





夜間通行を待つ待機車両

現在「タ」国では MD9(Dushanbe-Kurgan tube lower Pianj border)道路において表 2.10-1 のとおり重量制限を実施している。重量測定管理所での聞き取り調査では、制限重量を超える車両については、積荷を卸す対処を行っているとのことである。

表 2.10-1 MD9 における重量制限

時期	通常（夏季以外）	夏季(5月～8月/午前10時～午後8時) ※気温が25℃を超える日
全重量	40 トン以下	
軸重	2 軸の場合 7.2 トン～10.8 トン以下 3 軸の場合 9.6 トン～13.5 トン以下	軸重：6 トン以下

「ア」国側からの車両はゲート近くで夜間まで待機しているものの、「タ」国側からの重量車両は昼間でも通行しているのが現状である。夜間通行を待つ待機重量車両の主な積荷はセメントであり、「ア」国側から輸送されている。「タ」国からは燃料、農作物であるが、「ア」国側からの輸送が圧倒的に多いとのことである。

なお、本調査業務で軸重調査は平日 24 時間で実施した。現時点では上記で規定されている重量制限は守られていると考えられる。しかしながら、本プロジェクトの瑕疵検査報告書では過積載車両（総重量約 70t）が通行していたようである。

軸重測定結果（総重量、軸数等）を添付資料-4 に示す。

## 2.11 維持管理・工事単価及び調達事情調査

緊急補修に必要な資機材について調達調査を実施した。

### 砕石（ルミ採石場）

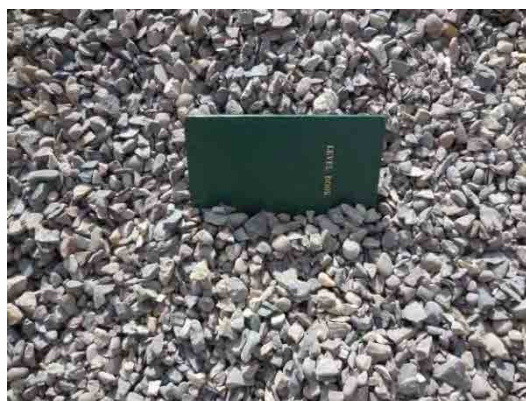
砕石は対象道路起点から約 30km 北に位置するルミ町で民間企業が川砂利から生産している。生産している砕石は 5mm×15mm、5mm×20mm の単粒のみである。生産量は 300t~400t/日であり、通年生産可能とのことである。価格は表 2.11-1 のとおりである。

表 2.11-1 砕石価格-1

材料	価格 (m3)	備考
5mm×15mm	80 ソモニ	運搬費は 25 ソモニ/km が加算される。ダンプは 16m <sup>3</sup> を積めるダンプを 3 台保有している
5mm×20mm	60 ソモニ	



プラント全景



砕石の状況

### 砕石（ジリクル採石場）

砕石は対象道路起点から約 30km 北に位置するルミの町から 14km 南西にある川沿いで、民間企業が川砂利から生産している。このクラッシングプラントは、クルガンチュペードスティ間の工事を受注した大日本土木の下請けのワールド開発の使っていた機械を民間が買い取ったものである。

生産している砕石は 0mm~5mm、0mm~15mm、0mm~25mm の 3 種類であるが、注文すれば 40mm の単粒まで生産できるとのことである。生産量は 100t~120t/時間であり、通年生産可能とのことである。価格は表 2.11-2 のとおりである。

表 2.11-2 砕石価格-2

材料	価格 (m3)	備考
0mm~5mm	45 ソモニ	ピックアップ単価であり、運搬費は含まれていない。
0mm~15mm	45 ソモニ	
0mm~25mm	35 ソモニ	



プラント全景-1



プラント全景-2



碎石採取状況

ストレートアスファルト

ストレートアスファルトは、対象道路視点のドゥスティ町近くのクムサンギル Salosa 社から調達可能である。

建設機械

建設機械はドゥシャンベにある Rohid Tajik 社が表 2.11-3 の機械を所有していることを確認した。

表 2.11-3 Rohid Tajik 社の保有機械一覧表

建設機械名	仕様
アスファルト合材プラント	1260 ton / 日
切削機	120 ton / hr
フィニッシャー	
マカダムローラー	16 ton
タイヤローラー	13 ton
小型ローラー	4ton
グレーダー	

**2.12 MOT クムサンギル道路維持管理事務所 (SEHM) の予算**

道路維持管理の年間予算及び支出は、2011 年から 2013 年の過去 3 年間とも 260,222 ソモニ (約 5,200 千円) である。

## 2.13 MOT 試験室における室内試験結果

「夕」国 MOT 試験室において路床材と一部の路盤材の土質試験を実施した。結果は表 2.13-1 のとおりである。CBR 値はすべての箇所で設計 CBR を超えていることが解った。また、多くの路床土で、シルト分が多いにも関わらず PI が NP の判定となったが、調査団の想定したもので誤差があり、試験結果については疑義があると考えられた。

表 2.13-1 MOT 試験室における室内試験結果一覧表（第一次現地調査）

Sta.	12+607		6+352		4+476	2+425	5+029		1+317
構成	路床		路床		路床	路床	セメント処理 路盤		路床
深さ(m)	-0.3	-0.5	-0.5	-1.1	-0.46	-0.5	上層	路盤	-0.7
最大乾燥密度 (g/cm <sup>3</sup> )	1.879	1.926	1.817	1.997	1.927	1.815			1.810
最適含水比(%)	7.7	10.4	11.8	6.4	8.7	10.2			10.8
CBR 値(%)	11.9	16.7	11.4	19.6	19.6	10.3			18.9
PL	NP	NP	32.4	NP	21.8	NP	NP	32.7	NP
LL	NP	NP	20.8	NP	17.2	NP	NP	20.3	NP
PI	NP	NP	11.6	NP	4.6	NP	NP	12.4	NP
含水比(%)	11.9	10.9	11.8	4.0	6.5	15.7	5.7	12.5	4.5
粒度(通過%)									
19mm	80.6	98.0	100	83.9	100	97.1	96.4	100	100
9.5mm	67.9	95.3	81.2	71.4	99.1	81.5	78.9	87.4	100
4.75mm	57.3	94.0	72.0	68.2	98.0	77.1	66.3	75.6	98.8
2.00mm	48.1	93.0	61.0	64.8	97.4	74.5	60.3	63.7	98.3
1.00mm	41.3	91.9	52.4	59.6	96.5	71.8	54.6	50.7	97.3
0.425mm	38.5	90.6	49.2	55.5	95.8	70.0	49.8	43.8	96.8
0.075mm	23.9	60.9	40.6	17.2	81.9	48.9	4.16	22.6	70.3

Note NP : non-plastic

簡易 CBR 測定機で求めた CBR 値と上述の試験で求められた CBR 値の比較を表 2.13-2 に示す。

表 2.13-2 クレグハンマーと CBR の値比較

試験箇所		クレグハンマー	CBR 値(%)
12+607	-30cm	12(15,9,12)	11.9
	-50cm	16.6(28,9,13)	16.7
6+352	-50cm	16.6(28,9,13)	11.4
	-110cm	31(31)	19.59
4+480	-46cm	101(80,112,112)	19.59
2+425	-50cm	11.6(12,13,10)	10.3
1+317	-70cm	62(67,67,52)	18.9

(国内解析 I)

2.14 国内における室内試験結果及び解析結果

一般社団法人日本道路建設業協会道路試験所（以下道路試験所）で、セメント処理路盤材の試験、畑の土の透水試験、アスファルト材の試験を実施した。結果は表 2.14-1、表 2.14-2 のとおりである。Sta.5+029 におけるセメント安定処理下層路盤材のセメント量については「カルシウムイオン選択電極による定量試験」により測定したが、母材が一致してなかったこと等の理由によりセメント調合量を特定することはできなかった。

セメント安定処理下層路盤の母材は必要な仕様を満たしていないこと、土取場の使用材料は、路床盛土及びセメント安定処理路盤の使用材料としての仕様を満たしていないことが解った。

表 2.14-3 に使用材料の設計仕様を示す。

対象道路側面の土の透水係数を測定したところ非常に低い値となったことから、この地点において、灌漑水が道路構造中に浸透する可能性が低いことが解った。

表 2.14-1 セメント処理路盤材と畑の土の試験結果一覧表（第一次現地調査）

Sta.	4+476	4+476	5+029	5+029	STA22	5+029
構成	上層路盤	下層路盤	上層路盤	下層路盤	土取場	道路脇の畑
PL	NP	37.4	NP	37.2	48.0	
LL	NP	18.1	NP	17.8	22.9	
PI	NP	19.3	NP	19.4	25.1	
粒度(通過%)						
礫分 2~7.5mm	30.5	42.3	48.9	45.5	16.0	
砂分 0.075~2mm	45.4	21.7	34.9	17.4	17.8	
シルト分 0.075mm 以下	24.1	36.0	16.2	37.1	66.2	
最大粒径 mm	26.5	37.5	26.5	37.5	26.5	
地盤分類	細粒分混じり砂		細粒分混じり礫			
透水係数 (m/sec)						1.44E-7

Note NP : non-plastic

表 2.14-2 アスファルト試験一覧表（第一次現地調査）

	2+416	2+416	平均
アスファルト量(%)	3.35	3.36	3.36
粒度			
19.0mm	100	100	100
13.2mm	99.2	99.2	99.2
4.75mm	40.3	39.5	39.9
2.36mm	30.3	30.1	30.2
600µm	19.6	19.6	19.6
300µm	7.8	14.9	14.9
150µm	4.8	7.7	7.7
75µm	4.8	4.9	4.9

表 2.14-3 使用材料の設計仕様

	路床盛土	セメント安定処理路盤
LL	40%以下	25%以下
PI	20 以下	9 以下
0.075mm 以下	10%~30%	
CBR	15%以上	

## 2.15 交通荷重の相違

### 2.15.1 ドウスターニジノピヤンジ間道路整備計画の交通荷重(W<sub>18</sub>)

本プロジェクトの設計交通荷重(W<sub>18</sub>)は表 2.15-1 のとおり、終点に位置するニジノピヤンジ橋プロジェクト (2005 年春開通) のアプローチ道路の交通荷重と同様の値としていた。

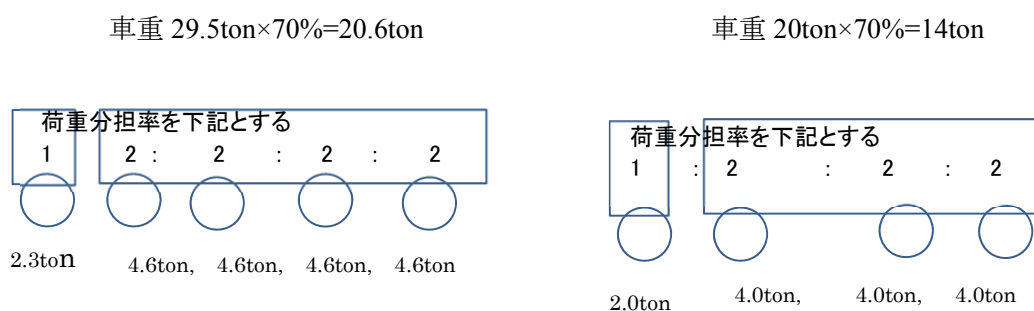
表 2.15-1 本案件の交通荷重条件

日交通量	1,000 台/日
重車両混入率	7%→1,000×7%=70 台/日
重車両の 18kip 等価換算短軸荷重 (ESAL)	0.931
供用期間 (10 年間) ESAL	70/2×0.931×365 日×10 年=118,940

### 2.15.2 現交通量から想定される交通荷重

#### 1) トレーラートラック及びトラックの 18kip 等価換算短軸荷重の推定

トレーラー及びトラックの 18kip 等価換算短軸荷重の換算値は 2014 年 6 月 10 日 11 日の軸重調査の結果を元に算出し、トラックが 1.67、トレーラーが 3.67 となった。(添付資料-2 参照) 軸重調査を行った対象は積荷が多い車両であったことから、積荷の少ない車両の重量を、調査対象のトレーラー及びトラックの重量の 7 割と仮定し、図 2.15-1 のとおり算出した。トレーラー及びトラックの 18kip 等価換算短軸荷重の換算値は、それぞれ、0.423、0.182 となった。



軸重調査対象外のトレーラの換算値  
:  $(2.3/8.1)^4 + (4.6/8.1)^4 \times 4 = 0.423$

軸重調査対象外のトラックの換算値  
:  $(2.0/8.1)^4 + (4.0/8.1)^4 \times 3 = 0.182$

図 2.15-1 18kip 等価換算短軸荷重の推定方法

## 2) 供用期間中のトラックトレーラーとトラックの 18kip 等価換算短軸荷重載荷数の推定

交通量 2014 年 5 月 8 日 9 日に実施した交通量調査結果と経済成長率をもとに 2009 年から 2018 年まで交通量と ESAL 値を表 2.15-2、図 2.15-2 のとおり推定した。交通荷重は全交通量のうち半分を軸重調査で求めた換算値を、残りの半分を前節で算出した換算値を採用し、交通荷重を算出した。

表 2.15-2 2009 から 2018 年までの ESAL 値の推定

	経済成長率(%)	日交通量 (重車両)	年交通量 (重車両)	トラック 混入率(0.634)	トレーラー 混入率(0.366)
2009	3.9	208	75,815	48,067	27,748
2010	6.5	216	78,722	49,941	28,831
2011	7.4	230	83,892	53,188	30,704
2012	7.5	247	90,100	57,123	32,977
2013	7.4	265	96,858	61,408	35,450
2014	6.2	285	104,025	65,952	38,073
2015	6.2	303	110,475	70,041	40,434
2016	6.2	321	117,324	74,383	42,941
2017	6.2	341	124,598	78,995	45,603
2018	6.2	363	132,323	83,893	48,430
小計			1,014,181	642,991	371,190
		軸重調査結果		×1.63 / 2 / 2	×3.67 / 2 / 2
		軸重調査対象外		×0.182 / 2 / 2	×0.423 / 2 / 2
ESAL 合計	1,342,190(11.3 倍/計画比)			582,550	759,640

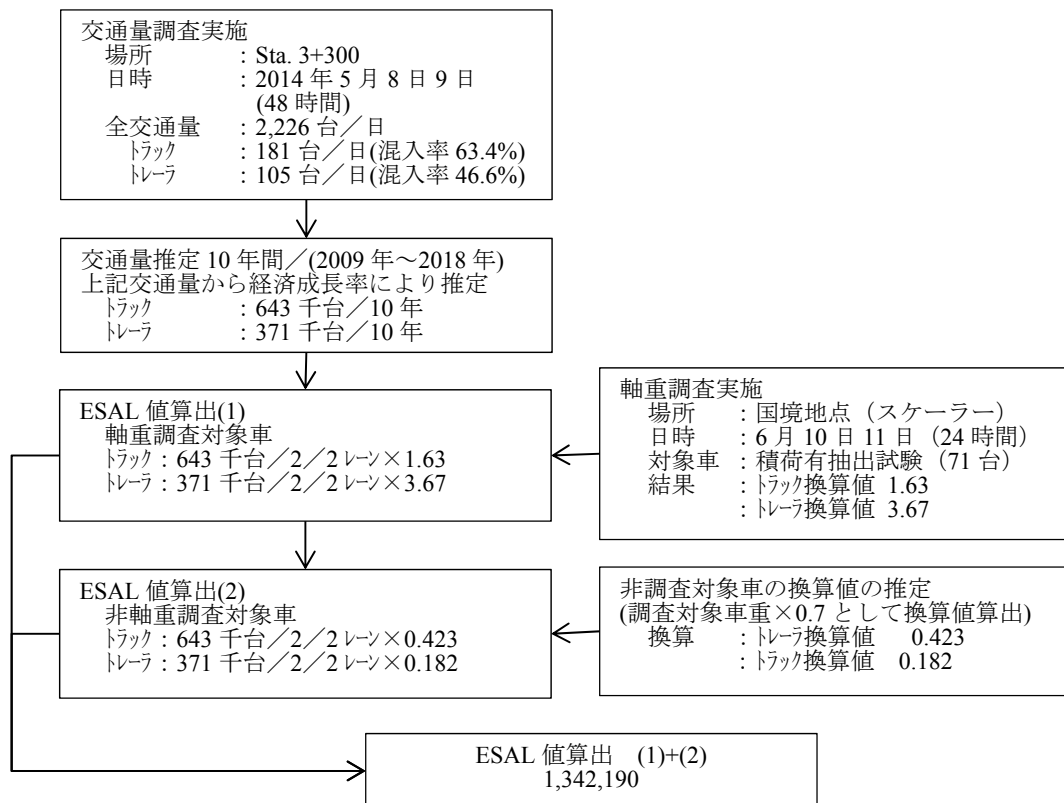


図 2.15-2 2009 から 2018 年までの ESAL 値の推定のフロー

### 2.15.3 クルガンチュベードゥスティ間道路整備計画の交通荷重との比較

クルガンチュベードゥスティ間道路整備計画の交通荷重との比較を表 2.15-3、表 2.15-4 に示す。

供用期間 10 年間の 18kip ESAL 載荷数は、実際の値が計画時の 11 倍、隣の工区のクルガンチュベ・ドルスティ（K/D）間道路の値が計画時の 138～171 倍となることが解った。

表 2.15-3 ドゥスティ・ニジノピヤンジ（D/N）間道路、計画と実際の比較

	ドゥスティ・ニジノピヤンジ (D/N) 間道路		(参考) クルガンチュ ベ・ドルスティ (K/ D) 間道路	摘要
	計画	実際		
基本設計 調査年	I 期：2006 年 9 月 E/N II 期：2009 年 1 月 E/N		I 期：2008 年 5 月 E/N II 期：2011 年 12 月 E/N	
事業完成年 (引き渡し)	I 期：2008 年 6 月 II 期：2010 年 11 月 (補修第 1 回 11 年 10 月-12 月、 第 2 回 12 年 4 月-6 月)		I 期：2012 年 II 期：2013 年	
延長	I 期：8,340m II 期：15,360m		全体延長：59,900m	
日交通量 (台/日)	1,000 台/日 (2007 年 国境)	2,226 台/日 (2012 年、St.3+ 300)	5,740～9,671 台/日 (供用時)	ニジノピヤンジ 橋 2007 年 8 月完 成
1 台あたり 換算軸重 (18kip)	トラック： 0.931	トラック：1.63 トレーラー：3.67	—	
ESAL 値 (累積換算軸 重)	<b>0.119×10<sup>6</sup></b>	<b>1.34×10<sup>6</sup>(11 倍)</b>	16.5～20.4×10 <sup>6</sup> (138～171 倍)	ESAL： Equivalent Single Axle Load
舗装 厚さ	AC 層	5～10 c m		10 c m
	上層 路盤	25～30 c m セメント安 定処理	15 c m C 安定処理	20 c m 粒調碎石
	下層 路盤		15～20 c m セメン ト安定処理	35 c m～51 c m 碎石
	計	30～45 c m		65～81 c m

表 2.15-4 クルガンチュベードゥスティ間道路整備計画との比較

日交通量	クルガンチュペ市内	9,671 台/日
	クルガンピュペ - ルミ	5,740 台/日
	ルミ - ドスティ	6,920 台/日
供用期間(10 年間) ESAL	クルガンチュペ市内	20,400,000 (※176 倍)
	クルガンピュペ - ルミ	16,500,000 (※139 倍)
	ルミ - ドスティ	20,100,000 (※169 倍)

※ 118,940 比



## 2.16 舗装構造破損要因の検討評価

### 2.16.1 現状の舗装構成

表 2.16-1～表 2.16-4 に原設計の舗装構成を示す。

表 2.16-1 当初必要舗装構造指数 (SN)

	1,3	2	4	5	6	7
累積 18kip 等価短軸荷重載荷数 (W18)	118,940					
標準偏差 (Z0)	-0.841					
標準誤差	0.45					
供用性指数差 ΔPSI	1.7					
Mp	4,500	7,800	13,050	8,850	5,700	6,150
CBR	3.0	5.2	8.7	5.9	3.8	4.1
所要舗装構造指数 (SN)	2.755	2.288	1.819	2.121	2.515	2.442

表 2.16-2 当初設計舗装構造

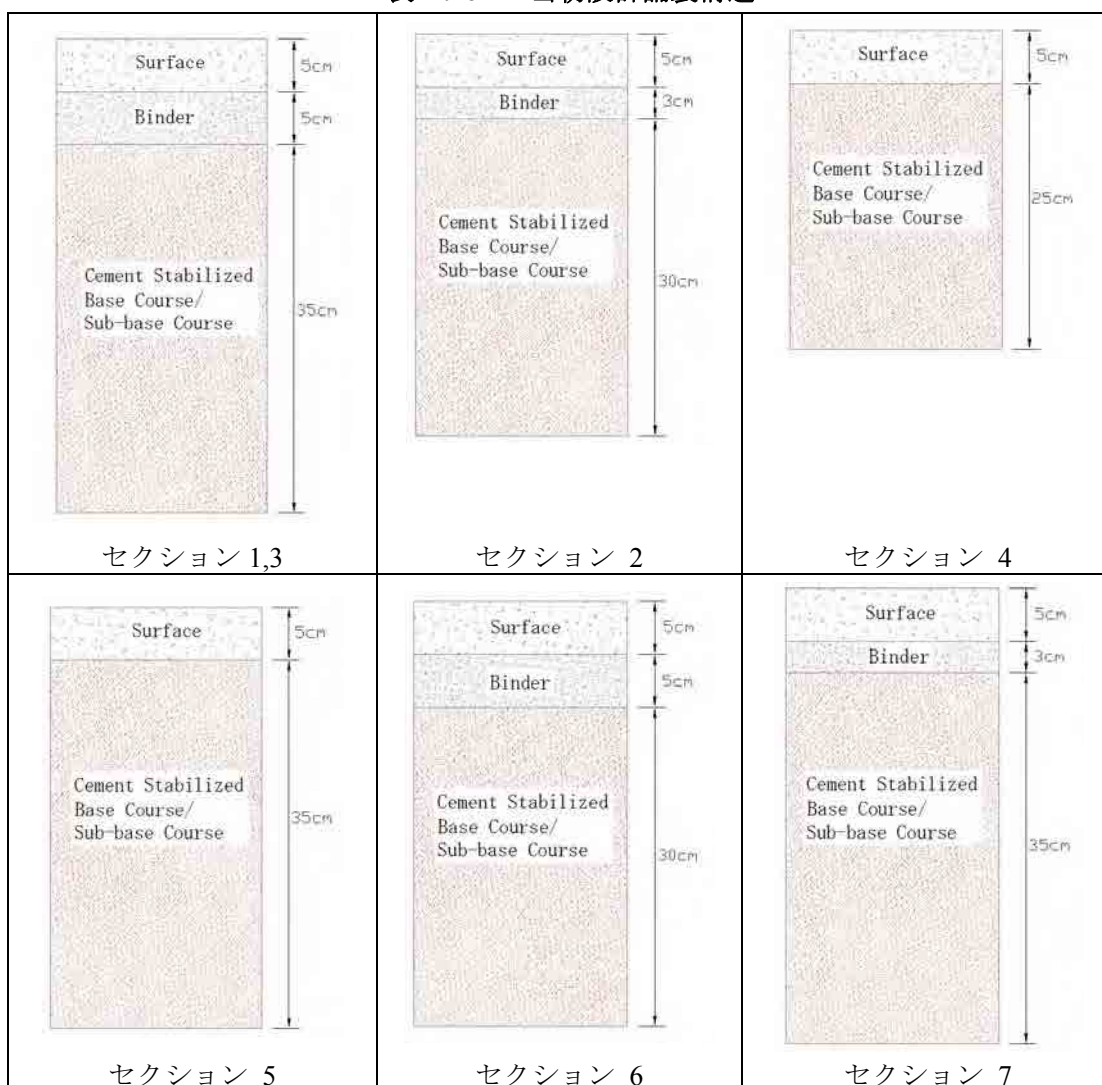


表 2.16-3 舗装の層係数

舗装材料	層係数
AC 舗装表層工	0.390
AC 舗装基層工	0.300
セメント安定処理路盤	0.108

表 2.16-4 舗装構造指数

	必要舗装構造指数 (SN)	所有舗装構造指数 (SN)	判定
セクション - 1,3	2.755	2.846	OK
セクション - 2	2.288	2.398	OK
セクション - 4	1.819	1.831	OK
セクション - 5	2.121	2.256	OK
セクション - 6	2.515	2.634	OK
セクション - 7	2.442	2.610	OK

工事完了後、瑕疵期間内で舗装破損が発生したため、表 2.16-5 に示す 6 種の補修タイプにより補修工法を実施した。6 タイプに区分した破損状況とタイプ選定の基準について施工業者からのヒヤリングした内容を表 2.16-6 に示す。

表 2.16-5 瑕疵期間内の補修タイプ一覧

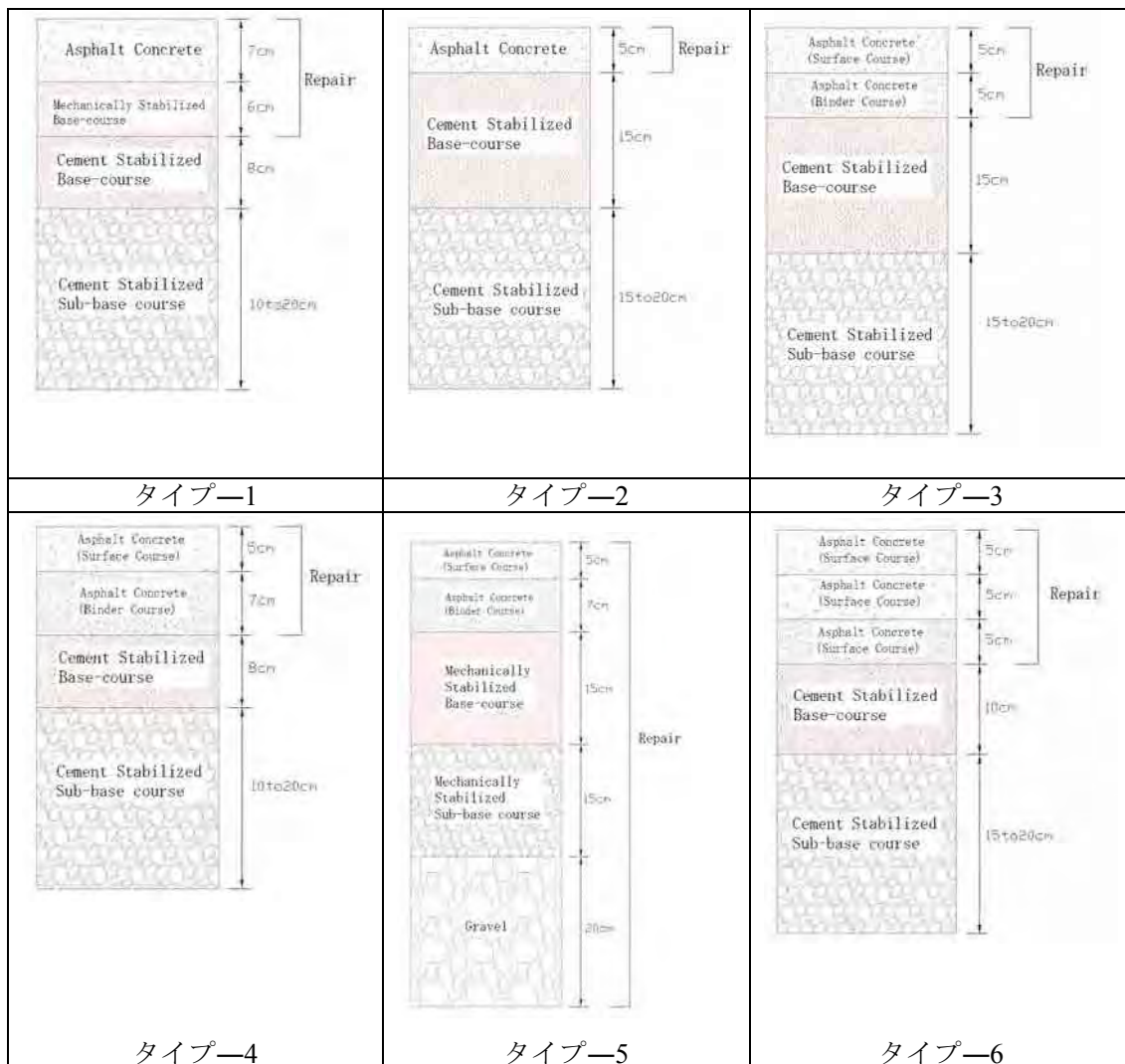


表 2.16-6 補修タイプ選定の基準

Type	補修時期	対象箇所	当初設計舗装構造	損傷症状	対策方法
Type-1	2011年10月の補修	AC舗装が1層	セクション4,5	路盤表面とAC舗装の滑り	AC舗装下に砕路盤を6cm追加、AC舗装厚さ2cm追加
Type-2				AC舗装の側方流動	AC舗装の打換(アスファルト量減、骨材大型化)
Type-3		AC舗装が2層	セクション6,7	路盤表面とAC舗装の滑り	AC舗装2層を打換。路盤上に滑り防止のためにグレーベントを施工
Type-4	2012年5月の補修	Type-2の補修箇所	セクション4,5	路盤表面とAC舗装の滑り	AC舗装を1層追加し、2層とした
Type-5		AC舗装が1層	セクション4,5	舗装表面の変形	路床からすべて補
Type-6		AC舗装が2層	セクション6,7	路盤表面とAC舗装の滑り	AC舗装を1層追加し、3層とした

2.16.2 SN値と現交通量から想定される舗装耐用年数

当初設計時に算出した各セクション別の路床CBR及び舗装構造SN値に基づき算出した各補修タイプ別のSN値より、許容ESAL載荷数を計算し、現交通量から許容ESAL載荷数の達成年(設計年数)を表2.16-7のとおり算出した。現交通量では、補修された箇所であっても、一部を除き5年以内の設計年数になっている。ただし、良好箇所における上層路盤では、CBR110%以上と設計の30%の3倍以上が確保されていて、ある程度の耐用年数の長期化が期待される。

表 2.16-7 SN値と現交通量からの舗装耐用年数

路床タイプ	舗装タイプ & SN値	未補修	タイプ-1	タイプ-2	タイプ-3	タイプ-4	タイプ-5	タイプ-6
	セクション1,3 CBR:3.0	SN値	2.85	2.69	2.47	2.85	3.00	3.72
	ESAL値	146	103	62	146	198	735	423
	到達年	2年	1年	1年	2年	2年	7年	4年
セクション2 CBR:5.2	SN値	2.40	2.39	2.17	2.55	2.70	3.72	3.10
	ESAL値	186	181	102	267	377	2,634	867
	到達年	2年	2年	1年	3年	4年	16年	7年
セクション4 CBR:8.7	SN値	1.83	2.05	1.83	2.21	2.36	3.72	3.19
	ESAL値	123	239	123	374	554	8,692	3,400
	到達年	2年	3年	2年	4年	5年	31年	19年
セクション5 CBR:5.9	SN値	2.26	2.48	2.26	2.63	2.79	3.72	3.19
	ESAL値	174	303	174	431	616	3,531	1,381
	到達年	2年	3年	2年	4年	6年	19年	10年
セクション6 CBR:3.8	SN値	2.63	2.48	2.26	2.63	2.79	3.72	3.19
	ESAL値	155	109	63	155	222	1,272	498
	到達年	2年	1年	1年	2年	3年	10年	5年
セクション7 CBR:4.1	SN値	2.61	2.61	2.38	2.76	2.91	3.72	3.32
	ESAL値	177	177	102	248	341	1,518	756
	到達年	2年	3年	1年	3年	4年	11年	7年

注) ESAL値(×1000)

### 2.16.3 設計舗装強度と現状舗装強度の相違

第一次現地調査において、セメント安定処理路盤について Sta.4+480, Sta.5+029 の2か所の試掘調査で以下の事項が確認された。

- 破損区間における砂+玉石のセメント安定処理路盤（下層路盤）については設計強度が確保されていない、舗装破損によりほぐされた状態が見られた。
- 粘性土のセメント安定処理路盤（下層路盤）は、含水比が高く母材とほぼ同程度の強度程度となっていた。特に平坦部の損傷区間については、砂+砂利のセメント安定処理路盤と粘性土のセメント安定処理路盤の2層構成となっていた。



砂+砂利のセメント安定処理路盤の現状



粘性土のセメント安定処理路盤

また、MOT 試験室において上・下層路盤について土質試験を行ったところ表 2.16-8 とおり確認された。

表 2.16-8 上層・下層路盤 (STA5+029) の土質試験結果比較 (MOT)

試験種別	上層路盤	下層路盤
PL, LL, PI	Non plastic	32.7, 20.3, 12.4
含水比	5.7	12.5
シルト分 (0.075mm 以下)	4.16%	22.6%

上層路盤は完全な砂質土であるが、下層路盤は PL、含水比がそれぞれ 32.7%、12.5%と比較的高い。シルト分も 22.6%と比較的多い。

路床部は既存道路の簡易アスファルトシール道路で非常に強固であり、クレッグハンマーでは3回の平均で100%を超える結果であった。この2か所の破損は、設計時の推定を超える交通量により破損し、舗装の強度低下が進み、かつ部分的区間においては外水等からの影響により含水比が増加し、舗装破損に至ったとも考えられる。

施工業者へのヒヤリングでは上層路盤材、下層路盤材ともに同じ土取場 (Sta13) から採取しているとのことであり、明らかに試掘調査結果と矛盾する。細粒分の多い材料が施工中に何らかの理由で一部の下層路盤に混入したか、土取場に品質のばらつきがあったのか、特定できない。

### 2.16.4 過去の過剰な交通荷重

2013年の瑕疵検査報告書において総荷重 69.3 トン (軸重 13.86 トン) のセメント等を満載したトレーラーが、第1期プロジェクト完成 (2008年6月)、第2期プロジェクト完成 (2010年11月) 以降、通行していたことが確認されている。2.15.2 項で過去の 18kip 等価換算短軸荷重を推定した際に採用したトレーラーの換算値は 3.67 であるが、軸重 13.86 トンのトレーラトラックの換算値

は42.8となり、今回現交通荷重により推定した値を大きく上回るため、路面が早期に損傷したひとつの原因の可能性はある。

## 2.17 舗装破損個所の緊急補修工

### 2.17.1 補修箇所の選定（一般交通の安全な交通に支障がある区間）

表 2.17-1、表 2.17-2 に緊急補修箇所案を示す。

表 2.17-1 急勾配部区間の緊急補修箇所案

	始点(Sta)	終点(Sta)	レーン	延長	面積	適用
1	14+420	14+460	両側	40m	280.0m <sup>2</sup>	
2	15+448	15+463	ドウシヤンベ行	15m	52.5m <sup>2</sup>	
合計					332.5m <sup>2</sup>	

表 2.17-2 平坦区間の緊急補修箇所案

	始点(Sta)	終点(Sta)	レーン	延長	面積	
1	4+475	4+508	「ア」国行	33m	115.5m <sup>2</sup>	
2	5+023	5+036	両側	13m	91.0m <sup>2</sup>	
3	6+895	6+912	「ア」国行	17m	59.5m <sup>2</sup>	
4	9+204	9+216	「ア」国行	12m	42.0m <sup>2</sup>	
5	10+610	10+620	「ア」国行	10m	35.0m <sup>2</sup>	
6	11+860	11+870	「ア」国行	10m	35.0m <sup>2</sup>	
7	12+050	12+060	ドウシヤン ベ行	10m	35.0m <sup>2</sup>	
合計					413m <sup>2</sup>	

### 2.17.2 選定した緊急補修選定箇所の現状

表 2.17-3 に選定した緊急補修箇所の現状を示す。

表 2.17-3 選定した緊急補修箇所の現状

	番号	始点	終点	セクション	舗装構成	状態
配急部 急勾	1	14+420	14+460	6	AC：10cm	AC 舗装が大きく流動しているが路盤は強固である。
	2	15+448	15+463		路盤：30cm	
平坦部	1	4+475	4+508	4	AC：5cm	亀甲クラック及び路面変形があり、セメント安定処理路盤が噴出し、走行に支障をきたしている。
	2	5+023	5+036		路盤：25cm	
	3	6+895	6+912			
	4	9+204	9+216	5	AC：5cm	亀甲クラック及び路面変形があり、走行に影響している。今後さらに路面変形が進むと予測される。
	5	10+610	10+620		路盤：35cm	
	6	11+860	11+870			
	7	12+050	12+060			

### 2.17.3 緊急補修工法（案）の検討

緊急補修工法一覧表（案）を表 2.17-4 に示す。

緊急補修工が必要とされる区間について、現地調達が可能で材料及び実施可能な施工法に基づき緊急補修工法を検討した。なお緊急補修工法（案）については上覧の番号 1 から順に、耐久性の低い工法（緊急的補修）から耐久性の高い工法（恒久的な補修）とした。

Hot Mix アスファルト合材はドゥシャンベに生産プラントがあることが確認されていることから Hot Mix アスファルト合材を使用する案も採用した。舗装切削機もドゥシャンベの施工業者から調達できるものと仮定している。アスファルト合材は、改質材の使用の可否、針入度の硬いストレートアスファルトの調達の可否、ギャップ粒度の適用等を今後調査検討する必要がある。



表 2.17-4(1) 緊急補修工法一覧表 (案)

(1/2)

破損形態	箇所、場所	番号	耐久性	想定年数	対策案	概算工事費 単価 (/100m <sup>2</sup> )	工法	施工方法	材料 (100m <sup>2</sup> 当)	機械	留意点	課題/評価
補修 大規模	7か所 413m <sup>3</sup>	1	D	0.3 ～ 0.5		US\$ 3,000  (材)2,000 (機)500 (人)500	路盤復旧工法	セメント安定処理路盤を撤去した後、舗装高まで路盤材を埋め戻す。交通を解放し、沈下が収束するまで継続し、アスファルト合材が確保できた時点で、表層工を舗設する。	路盤材 40cm <sup>3</sup>	コンクリートカッター、 ハンドガイドローラ	解放後の材料の補給を継続して行うこと。	早期の表層の再施工が必要。一番安価な方法だが常時維持簡易が必要である。
		2	C	0.5 ～ 1.0		US\$ 4,500  (材)3,000 (機)1,000 (人)500	路盤置換 + 常温混合物舗装 (5cm)	セメント安定処理路盤を撤去し、路盤高まで路盤材で締固めながら埋め戻す。表層を常温混合物材で舗設する。	常温混合物 11.5t タックコート材 50l	コンクリートカッター ミキサ(バグミルまたは連続) アスファルトフィニッシャー タイヤローラ マカダムローラ ハンドガイドローラ	バインダ量 混合物粒度 仕上げ厚の検討	常温合材の耐久性に疑問
		3	C'	0.8 ～ 1.5		US\$ 4,700  (材)3,200 (機)1,000 (人)500	路盤置換 + 常温混合物 (30-0) 舗装 (5cm)	セメント安定処理路盤を撤去し、路盤高まで路盤材で締固めながら埋め戻す。表層を常温混合材(30-0)で舗設する。	砕石 30-0 13.5 m <sup>3</sup> 常温混合物 11.5t タックコート材 50l	コンクリートカッター ダンブトラック モーターグレーダ ミキサ(バグミルまたは連続) アスファルトフィニッシャー タイヤローラ マカダムローラ ハンドガイドローラ	路盤の締固め バインダ量 混合物粒度 仕上げ厚の検討 砕石粒度は連続粒度とする	骨材が入っているの で通常のものより耐久 性が期待できる
		4	B	1.5 ～ 2.0		US\$ 5,000  (材)3,200 (機)1,000 (人)800	路盤置換 + 浸透式マカダム舗装 (5cm)	セメント安定処理路盤を撤去し、路盤高まで路盤材で締固めながら埋め戻す。表層を浸透式マカダム工法(5cm)で舗設する。	砕石 30-20 5.0 m <sup>3</sup> 砕石 10-5 2.0 m <sup>3</sup> 砕石 5-2.5 1.0 m <sup>3</sup> バインダ 750 kg (ストレートアスファルト)	コンクリートカッター マカダムローラ (タイヤローラ) (ハンドガイドローラ) バインダ散布機 (ディストリビューター) (エンジンスプレヤ)	砕石散布には一週間程度の トレーニングが必要 単サイズの砕石が必要	耐久性はある程度期待 できる。 バインダの加熱方法 と散布の機械を準備 出来るか
		5	A	5		US\$ 10,000  (材)7,000 (機)2,500 (人)500	路盤置換 + 加熱 AC 舗装	セメント安定処理路盤を撤去し、舗装高から 10 cm 下まで路盤材を締固めながら埋め戻す。表層に 10cm のアスファルト合材を舗設する。	加熱アスファルト混合物(5cm) 12t タックコート材 50l	コンクリートカッター、 アスファルトフィニッシャー マカダムローラ タイヤローラ ハンドガイドローラ レーキ等小道具	機械敷均しか 手均しか 混合物の滑り 対策	アスファルトの手配 方法 一番耐久性が期待 できる。
アリゲーター クランク	添付の 通り				アスファルトオーバーレイ 8 cm ~ 11 cm (4.3 参照)		加熱 AC 舗装					
クランク 小規模	添付の 通り				シーリング							

表 2.17-4(2) 緊急補修工法一覧表 (案)

(2/2)

破損形態	箇所、場所	番号	耐久性	想定年数	対策案	概算工事費単価(100m2)	工法	施工方法	材料(100m2当)	機械	留意点	課題/評価
補修 大規模	2か所 332.5m2	1	C	0.5 ~ 1.0		USS 3,000  (材)2,300 (機)500 (人)200	常温混合物舗装(5cm)工法	セメント安定処理路盤がむき出しになった箇所常温混合材を舗装する。	常温混合物 11.5t タックコート材 50l	コンクリートカッター ミキサ(バグミルまたは連続) アスファルトフィニッシュ タイヤローラ マカダムローラ ハンドガイドローラ	バイнда量 混合物粒度	常温混合材の耐久性に疑問 仕上げ厚の検討要 滑動対策なし
		2	C'	0.8 ~ 1.5		USS 3,300  (材)2,600 (機)500 (人)200	常温混合物(30-0)舗装(5cm)	セメント安定処理路盤がむき出しになった箇所を常温混合物舗装(30-0)で施工する。	砕石 30-0 13.5 m <sup>3</sup> 常温混合物 11.5t タックコート材 50l	コンクリートカッター ダンプトラック モーターグレーダ ミキサ(バグミルまたは連続) アスファルトフィニッシュ タイヤローラ マカダムローラ ハンドガイドローラ	バイнда量 混合物粒度 仕上げ厚の検討 砕石粒度は連続粒度とする	骨材が入っているので通常のものより耐久性が期待できる 滑動対策なし
		3	B	1.5 ~ 2.0		USS 7,000  (材)2,500 (機)4,000 (人)500	表面切削+浸透式マカダム舗装(13cm)	セメント安定処理路盤を3cm切削し、滑動防止対策とする。表層に浸透式マカダム工法(13cm)を舗装する。	砕石 30-20 15.0 m <sup>3</sup> 砕石 10-5 5.0 m <sup>3</sup> 砕石 5-2.5 2.5 m <sup>3</sup> バイнда 2,000 kg (ストレートアスファルト)	コンクリートカッター 切削機 マカダムローラ (タイヤローラ) (ハンドガイドローラ) バイнда散布機 (ディストリビュータ) (エンジンプレヤ)	砕石散布には一週間程度のトラベリングが必要 単サイズの砕石が必要	切削により滑り止め期待 バイндаの加熱方法と散布の機械を準備出来るか。 耐久性はある程度期待できる。
		4	A	5		USS 14,000  (材)8,500 (機)5,000 (人)500	表面切削+加熱AC舗装	セメント安定処理路盤を5cm切削し、滑動防止とすると共に舗装厚さを確保する。加熱AC舗装(15cm)により舗装する。	加熱アスファルト混合物(5cm) 12t タックコート材 50l	コンクリートカッター 切削機 アスファルトフィニッシュ マカダムローラ タイヤローラ ハンドガイドローラ レーキ等小道具	機械敷均しか手均しか 混合物の滑り対策	切削により滑り止め期待 アスファルトの手配方法 耐久性が期待できる。
		5	A	5		USS 9,500  (材)2,000 (機)5,500 (人)2,000	表面切削+セメントコンクリート舗装(15)	セメント安定処理路盤を5cm切削し、滑動防止とすると共に舗装厚さを確保する。セメントコンクリート舗装(15cm)により舗装する。	セメントコンクリート混合物 20.8 m <sup>3</sup>	コンクリートカッター 切削機 コンクリートミキサ 混合物運搬車(一輪車等) スコップ、突き棒等の小道具	養生時間の確保 熟練工が必要	切削により滑り止め期待 コンクリート舗装とすることで耐久性を確保

注) 耐久性: A~E/高い~低い



## 2.18 本プロジェクトのセメント安定処理路盤の施工監理手法について

セメント安定処理上層・下層路盤に関する品質管理の仕様書、品質管理計画書、管理実施方法（実績）の比較を表 2.18-1 に示す。セメント安定処理路盤の施工監理の混合管理やサンプリングにおいて仕様書通りに施工管理が実施されていない箇所が確認された。

なお本比較表は国内調査段階で担当コンサルタント、施工業者より提供された管理記録等により作成したものである。

表 2.18-1 セメント安定処理上層・下層路盤に関する品質管理の比較

		仕様書				品質・出来形管理計画書(監督職員作成)				管理実施方法(実績)	
		基準値		頻度		基準値		頻度		基準	頻度
		基準値	規格	基準値	規格	基準値	規格	基準値	規格		
路床	材料	95%時点のCBR	15%以上	AASHTO T180	なし	15%以上	JIS A 1211	施工前、土取場変更時	規格なし	15%以上	施工前
		粒度(0.075mm)	10%以上30%以下		なし	10%以上30%以下	JIS A 1204	施工前、土取場変更時		10%以上30%以下	施工前
		LL	40%以下	AASHTO T89	なし	40%以下	JIS A 1205	施工前、土取場変更時		40%以下	施工前
		PI	20以下	AASHTO T90	なし	20以下	JIS A 1205	施工前、土取場変更時		20以下	施工前
	施工	現場密度試験	95%以上		3回/1,000m <sup>2</sup>	95%以上	JIS A 1214	3回/5,000m <sup>2</sup>		95%以上	40m毎
		ブルフローリング試験	全線		全線	全線	TS-8	全線		全線	全線
セメント安定処理路盤	材料	母材	砂を使用	なし	-	-		-	-	-	-
			PL 25以下	なし	-	PL25以下	JIS A 1205	施工前、土取場変更時	Not Plastic	最初のみ	
			PI 9以下	なし	-	PI 9以下	JIS A 1205	施工前、土取場変更時	Not Plastic	最初のみ	
			水浸CBR30以上	AASHTO T193		水浸CBR30以上	AASHTO T193	施工前、土取場変更時	記録なし		
	セメント	ポルトランドセメント		-	-		-	-	-	-	
	施工	設計強度	0.6N/mm <sup>2</sup>		-	3N(mm2)(記載ミス?)		-	-	-	-
		最低セメント混合量	4%以上		-	-		-	-	セメント量4.5%	-
		試験練	設計強度の130% (0.66N/mm <sup>2</sup> )以上		-	-		-	-	30%の混合 0.74N/mm <sup>2</sup> (123%)	最初のみ
		混合管理(強度管理)	※		頻繁に実施	-		-	-	-	-
		※※路盤厚確認	なし		/100m	-25mm/上層 -45mm/下層		/100m	-25mm/上層 -45mm/下層	/100m	
		現場密度試験	90%以上	AASHTO T180	-	90%以上	AASHTO T180	3回/1,000m <sup>2</sup>	90%以上	3回/1,000m <sup>2</sup>	
		ブルフローリング試験	-		-	軸重8トン以上		すべての区間	軸重8トン以上	すべての区間	
		サンプリング	材料確認のため	AASHTO T2	-	-		-	-	-	

※：路盤締固め施工前に 10 個サンプル収集、試験室で締固め養生し、10 個のサンプルの平均値が設計仕様書基準を超えること、設計仕様書基準の 90%を下回るサンプルが 2 個以下であること。

※※：厚さ管理記録あり。基準値は-25mm（上層）,-45mm（下層）であり、ほとんどの地点でプラスの出来形になっている。今回の現地調査における Sta.5+000 付近の試掘調査では（上層 15 cm、下層 10 cm）で出来形不足が散見された。

：仕様書との相違がある箇所

(第二次現地調査)

2.19 試掘調査と試料の採取

2.19.1 平坦部破損要因把握のための調査

損傷要因把握のため、第一次調査結果を補足する目的で、未破損または少ない箇所及び破損が著しい箇所を試掘調査によりセメント安定処理路盤、路床の確認を実施した。また、必要に応じて試料をサンプリングし、物性試験を実施することとした。詳細は以下の通りである。

① 試験箇所：Sta.6+904（ドゥシャンベ行車線車道）路面状況損傷区間（試験日：2014年6月28日）

舗装構成			強度試験等		備考
構成	設計	実測	設計	実測	
As 舗装厚	表層 5cm	5cm	-	-	
	基層 7cm	7cm	-	-	
上層路盤	8cm	合計 18cm	30	セメント安定処理路盤 路盤天端 CBR(39,26,21) 上層、下層の境確認できず	主材料：砂+玉石
下層路盤	10cm		30		
路床	-	20cm	15	路床（盛土部） 路床天端 CBR(13,10,9)	主材料：粘性土(黄色) サンプル採取
既存 As 舗装				舗装天端 CBR(84,エラー,107)	

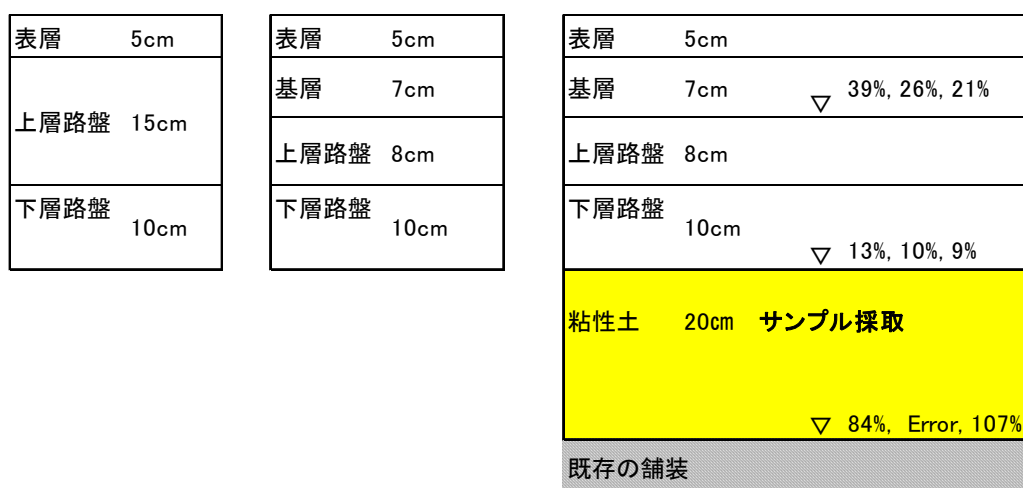


図 2.19-1 試掘断面 Sta.(6+904)

試掘状況の写真を図 2.19-2 に示す。写真⑤～写真⑧については舗装面亀甲クラック、轍ぼれによる表層の流動状況を示す。



①試掘調査箇所 の 状況



②舗装厚さ 12 cm (5cm+7cm)



③試掘断面 (深さ 30 cm、粘性土厚さ 20 cm)



④試掘断面 (深さ 30 cm、粘性土厚さ 20 cm)



⑤舗装厚 2 cm



⑥舗装厚 10cm



⑦舗装厚 13 cm



⑧舗装厚 22 cm



⑨試掘状況



⑩試掘全景



図 2.19-2 試掘調査状況 Sta. 6+904

AC 舗装面は大きく変形しており、AC 舗装厚は横断・縦断方向に変化している。上層路盤、下層路盤共に破損しており母材程度の状態となっている。また、上層路盤と下層路盤の区分は確認できなかった。下層路盤の下部に路床が 20 cm 確認できた。その材料が粘性土であることから、上・



下層路盤の破損の原因となったと思われる。MOT 試験室、及び道路試験所において、CBR、粒度分布、PI の室内試験を実施した。

②試験箇所：Sta.6+960（「ア」国行車線車道）路面状況良好区間（試験日：2014年6月28日、7月4日）

舗装構成			強度試験等		備考
構成	設計	実測	設計	実測	
AC 舗装厚	表層 5cm	5cm	-	-	サンプル採取
上層路盤	15cm	合計 25cm	30	セメント処理路盤 路盤天端 CBR(エラー,エラー,エラー) 上層、下層の境確認できず	主材料：砂+玉石
下層路盤	10cm		30		
路床	-	33cm	15	路床 路床中央 CBR(21,12,21)	主材料：小石混じり粘性土(黄色) サンプル採取
既存 AC 舗装				舗装天端 CBR(エラー,エラー,エラー)	

試掘状況の写真を図 2.19-3 に示す。



調査箇所の状況



AC 舗装 (5 cm)



試掘断面（深さ 63cm、路床厚 33cm）



試掘断面（深さ 63cm、路床厚 33cm）



掘削作業状況

図 2.19-3 試掘調査状況 STA 6+960

## 2.19.2 勾配部破損要因把握のための調査

Sta.14+400 付近の AC 舗装の滑動が非常に顕著である。その付近の滑動部と正常部の AC 舗装とセメント安定処理路盤の接着の状況を確認することで、滑動の原因を究明する。測定箇所、及び路面状況は図 2.19-4、図 2.19-5 のとおりである。

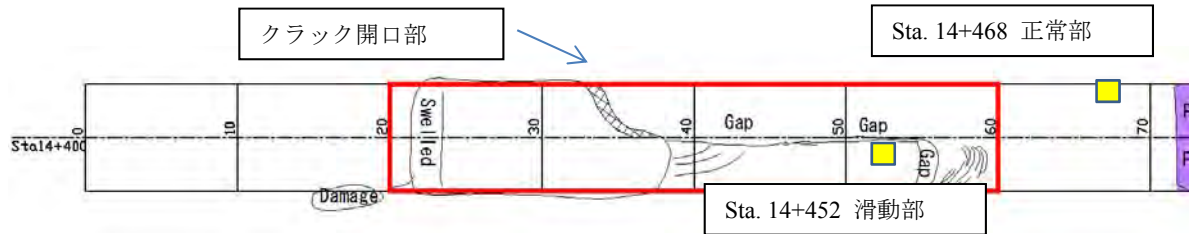


図 2.19-4 勾配部滑動面測定箇所

クラック開口部

滑動部



セメント安定処理路盤の表面が滑らかであることが確認できる。プライムコートは剥かれて AC 舗装に付着しているように見える。

セメント安定処理路盤表面のプライムコートが完全に AC 舗装側に付着している。セメント安定処理路盤の骨材が AC 舗装下面で滑った後が確認できる。

正常部



AC 舗装とセメント安定処理路盤が完全に密着していることが確認できる。アスファルト側にセメント安定処理路盤の骨材が完全に付着している。

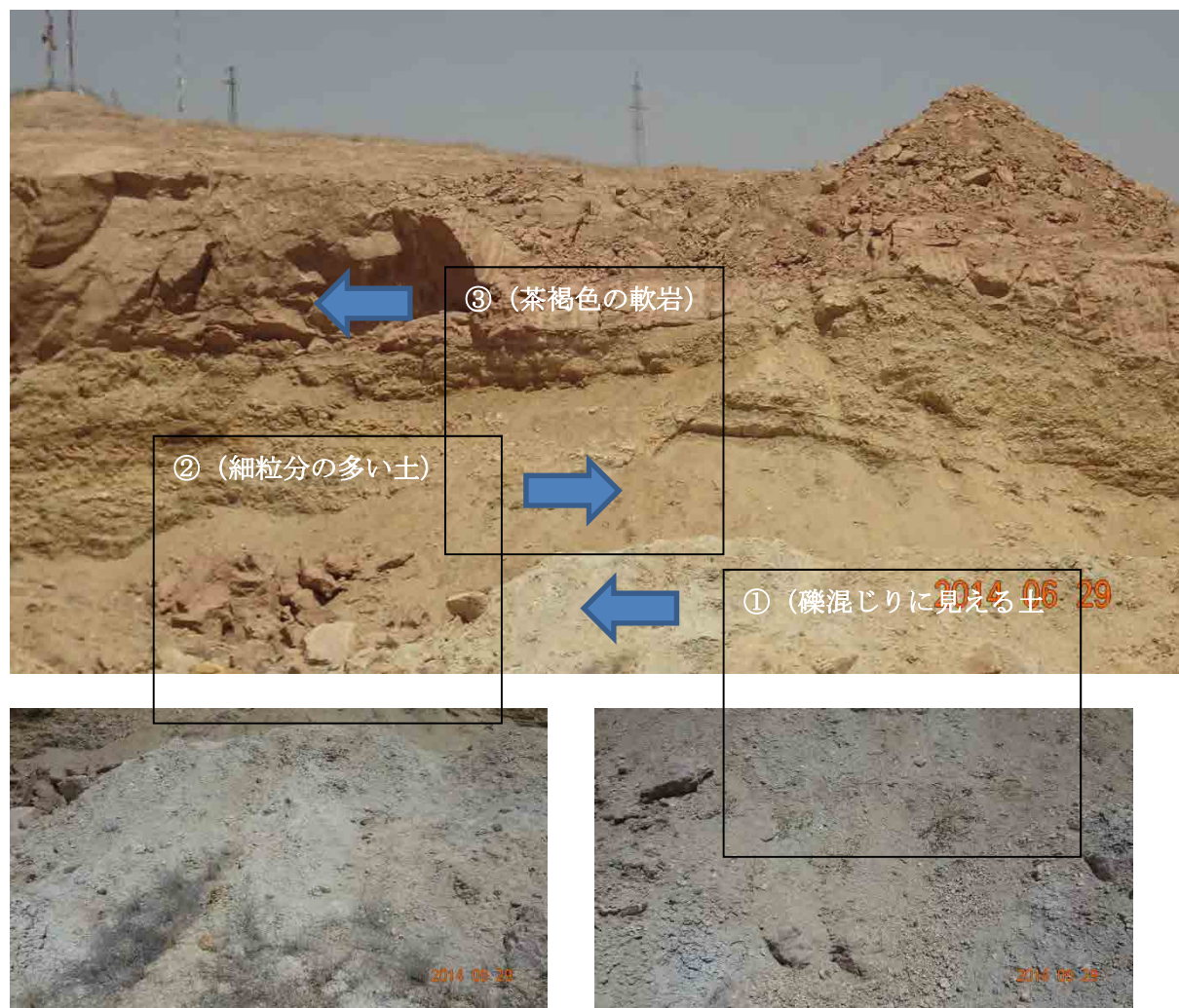
図 2.19-5 アスファルト舗装の接着面の状況

滑動部と安定部のアスファルトとセメント安定処理路盤との接着面の性状の違いが確認できた。クラック開口部、滑動部ではセメント安定処理路盤表面で骨材による凹凸は少なかったが、正常部では骨材による大きな凹凸が確認できた。骨材による凹凸が AC 舗装の滑動に対する防止効果があるように思われた。また、滑動部ではセメント安定処理路盤からプライムコートが剥離していたが、正常部では、セメント安定処理路盤にプライムコートが完全に付着しており、剥した AC 舗装側にプライムコートとセメント安定処理路盤が付着していた。



## 2.20 土取場調査

路床盛土に使用したとしている Sta.22 付近の土取場には、①礫混じりに見える白色系の土②細粒分の多い薄茶色系の土③赤茶色の軟岩の 3 種類の土（軟岩）が確認できた。③赤茶色の軟岩は盛土材に使用されていなかったことから、2 種類の①と②の土を採取した。②の土が土取場に多く存在することから、施工は②の材料が中心であったと思われる。第一次現地調査で持ち帰った材料も②である。Sta.13 付近の土取場からは細砂を採取した。



① 礫混じりに見える白色系の土

② 斜面にある土砂、一番数量の多い土砂

図 2.20-1 Sta.22 付近の土取場



図 2.20-2 Sta.13 付近の土取場(細砂)

## 2.21 緊急補修工の選定箇所確認調査

補修選定箇所の現地確認を行い、補修範囲をマーキングにより明示した。破損状況は第一次現地調査（5月上旬）と比較して進行している箇所もあり、技術資料-Iで示した範囲よりも大きくなっている箇所もあった。補修時期が確定された時点で最終的な補修箇所を決定する必要がある。



勾配部-1



勾配部-2



平坦部-1



平坦部-2



平坦部-3



平坦部-4



平坦部-5



平坦部-6





平坦部—7

図 2.21-1 緊急補修工の選定箇所状況 (2014年6月29日現在)

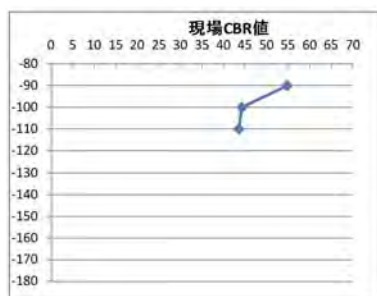
## 2.22 簡易動的コーン貫入試験機による周辺地盤の支持力確認調査

路床部の試掘調査及び資料サンプル採取の箇所数には限度があるため、対象道路現地盤を簡易動的コーン貫入試験機で測定し、路床の CBR 値を推定した。

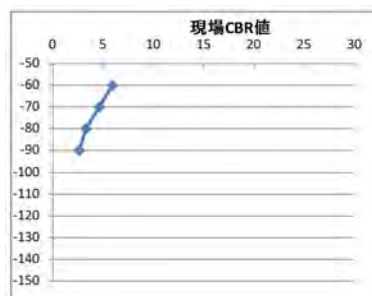
表 2.22-1 に測定結果及び CBR 推定値の一覧を、図 2.22-1 に各調査箇所における AC 舗装高からの深さ方向の現場 CBR 値を、図 2.22-2 に測定状況を示す。

表 2.22-1 簡易動的コーン貫入試験結果及び CBR 推定値一覧

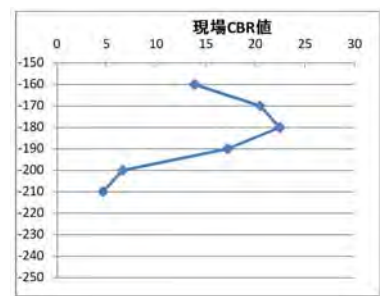
測点 Sta.	種別 (路側)	設計 CBR	位置 (センターからの距離)	貫入深度 (舗装高からの深さ)	打撃回数/10 cm	CBR 推定値	
						室内	現場
0+400	畑	3.0	下り 8.5m	-1.1m	72	72.6	43.6
1+600	畑	5.2	上り 13.5m	-0.9m	10	4.4	2.6
2+770	空地	3.0	下り 13.5m	-1.5m	測定 (貫入) 不能		
2+820	空地	3.0	下り 13.5m	-1.6m	27	23.1	13.9
				-2.1m	13	7.7	4.6
4+200	畑	8.7	下り 9.5m	-1.7m	22	17.6	10.6
5+020	空地	8.7	上り 15.0m	±0.0m	測定 (貫入) 不能		
5+500	草地	8.7	上り 12.0m	-1.2m	38	35.2	21.1
9+200	草地	5.9	下り 13.5m	-1.4m	11	5.5	3.3
12+700	畑	5.9	上り 20.5m	-1.1m	測定 (貫入) 不能		
15+700	土漠	3.8	下り 10.5m	-0.6m	63	62.7	37.6
19+900	土漠	3.8	下り 20.5m	-2.8m	測定 (貫入) 不能		



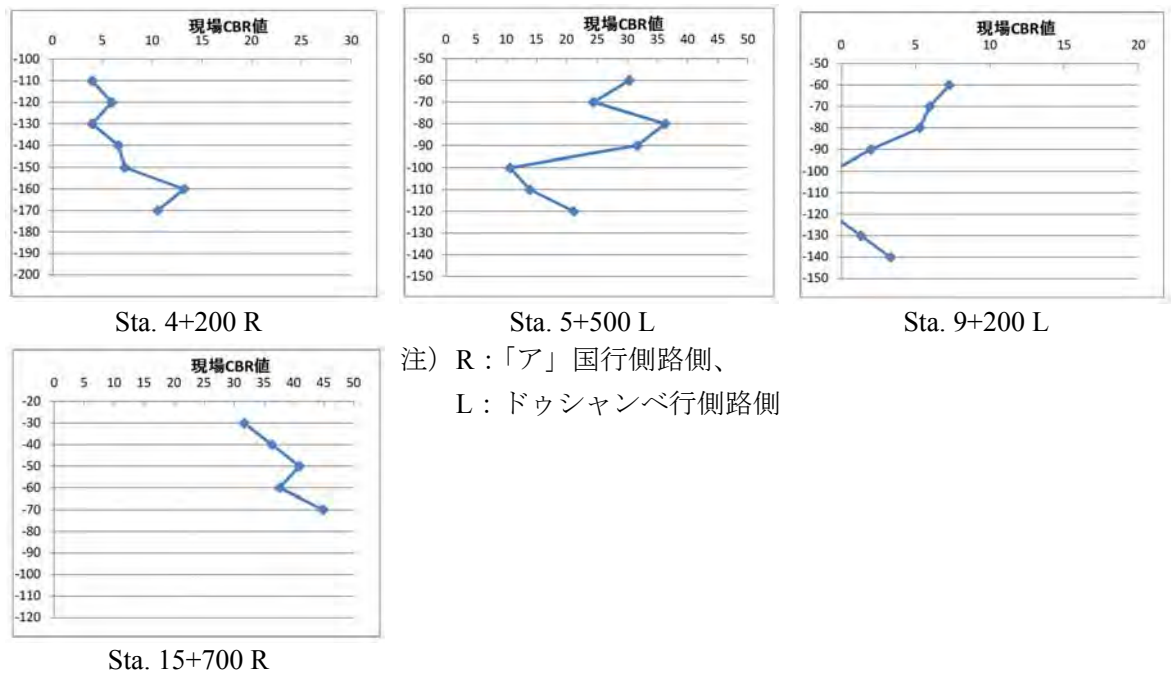
Sta. 0+400 R



Sta. 1+600 L



Sta. 2+820 R



注) R : 「ア」国行側路側、  
L : ドウシャンベ行側路側

図 2.22-1 各調査箇所における現場 CBR 推定値



図 2.22-2 DCP 試験状況写真

設計 CBR と今回の調査で実施した簡易動的コーン貫入試験による CBR 推定値には相関は見られなかった。平坦部区間では延長方向及び深さ方向にも大きなバラツキがあり、非常に軟弱な箇所も確認できた。今後設計する場合は、このバラツキに留意する必要がある。勾配部区間では本プロジェクトの設計 CBR の 3.8 に比べて 2 地点とも非常に高い数値となり、設計時点で CBR を過小評価していた可能性も考えられる。

## 2.23 地質試験結果

### 2.23.1 MOT 試験室による室内試験結果

第二次現地調査で採取した試料の MOT 試験室による室内試験の結果を表 2.23-1 に示す。同じ材料の試験を道路試験所でも実施し、本結果と比べて誤差が生じている。詳細は 2.24.2 項で後述する。

表 2.23-1 MOT 試験室による室内試験結果一覧（第二次現地調査）

Sta.	6+904
試料採取	路床
CBR	18.9%
PL	25.8%
LL	19.4%
PI	6.4
粒度分布(通過%)	
19mm	100.00
12.5mm	87.00
9.5mm	80.40
4.75mm	68.50
2.36mm	60.30
0.075mm	43.60
地質分類	Sandy Loam

## (国内解析 II)

### 2.24 国内での室内試験結果

#### 2.24.1 セメント安定処理路盤のセメント調合量の試験

一次現地調査で採取した試料 (Sta.5+029 におけるセメント安定処理下層路盤材) では道路試験所においてセメント調合量が確認できなかったことから (2.14 項参照)、一般財団法人建材試験センターにおいて酸化カルシウムによる方法で測定したが、母材に多く含まれているカルシウム量にバラツキがあり確認できなかった。

#### 2.24.2 土取場採取材及び路床材の材料試験の結果

試験前に水浸による細粒化の確認を行ったところ、材料-①(Sta. 22 付近)と材料-②(Sta. 22 付近)で細粒化が確認された。室内試験の結果を表 2.24-1 に示す。材料-①及び②は路床盛土材として、PI 及び CBR において、セメント安定処理路盤材の LL、PI の設計仕様を満足していない。材料-③はセメント安定処理路盤材として設計仕様を満足している。表 2.24-2 に使用材料の設計仕様を示す。

STA6+904 の路床盛土材を MOT 試験室及び道路試験所で試験した結果、PL、LL、PI 及びシルト分含有量に大きな相違が発生した。また、表 2.13-1 に示す MOT 試験室におけるいくつかの路床材の試験結果においても PL、LL、PI で NP の結果となっており、MOT 試験室の試験結果の精度には疑問がある。



18 時間後の吸水膨張をおこし細粒化した材料-①



18 時間後の吸水膨張をおこし細粒化した材料-②

表 2.24-1 国内における土質性状に係る室内試験結果（国内解析 II）

場所		STA22 付近 材料 1	STA22 付近 材料 2	STA13 付近 材料 3	STA 6+904
PL		85.3	54.0	NP	31.9
LL		29.1	25.7	NP	16.2
PI		56.2	22.3	-	15.7
粒度(通過%)					
礫分 2~7.5mm		17.1	12.0	0.0	42.6
砂分 0.075~2mm		42.4	65.7	95.6	49.0
シルト分 0.075mm 以下		40.5	22.3	4.4	8.4
最大粒径 mm		9.5	9.5	0.85	26.5
地盤分類		粘土	礫混じり粘 性土質砂	砂	粘性土混じ り礫質砂
CBR	非水浸	2.5mm	23.6	41.3	12.2
		5.0mm	23.5	39.5	15.3
	4 日水浸	2.5mm	2.2	2.5	3.1
		5.0mm	2.7	3.0	3.8

表 2.24-2 使用材料の設計仕様（再掲）

	路床盛土	セメント安定処理路盤
LL	40%以下	25%以下
PI	20 以下	9 以下
0.075mm 以下	10%~30%	
CBR	15%以上	

### 2.24.3 PI と一軸圧縮強度の相関

現地土取場の材料、及び国内で採取した類似土質材料を元に PI の異なる試料を準備し、4.5%のセメントを調合し、良く練混ぜた後供試体を作成し、7 日室内非水浸と 6 日室内非水浸・1 日水浸の 2 種類の条件で一軸圧縮強度試験を実施しその相関を確認した。表 2.24-3、図 2.24-1 に一軸圧縮試験結果と塑性指数と一軸圧縮試験強度の相関図を示すとおり、PI 値と一軸圧縮試験値が反比例の傾向にあることが解った。

材料 3 の試験においては、設計仕様書で要求している  $0.6\text{N/mm}^2$  を僅かに上回っているものの、非常に低い結果となった。現場においては、試掘や簡易 CBR 試験機による試験で非常に強固な状態が確認されており、礫を混ぜる等の適切な工夫が実施されたと考えられる。

表 2.24-3 セメント安定処理材の一軸圧縮試験結果一覧（国内解析 II）

番号	材料		PI	7 日非水浸	6 日非水浸・ 1 日水浸
①	Sta. 22 付近 材料 1	土取場の土	56.2	$1.10\text{ N/mm}^2$	$0.87\text{ N/mm}^2$
②	Sta. 22 付近 材料 2	土取場の土	28.3	$1.08\text{ N/mm}^2$	$0.97\text{ N/mm}^2$
③	Sta. 13 付近 材料 3	土取場の砂	NP	$0.67\text{ N/mm}^2$	$0.62\text{ N/mm}^2$
④	真砂土（笠間産）	比較用真砂土	NP	$4.53\text{ N/mm}^2$	$3.81\text{ N/mm}^2$
⑤	真砂：材料① = 85:15	比較用 PI 調整材	8.2	$3.35\text{ N/mm}^2$	$2.90\text{ N/mm}^2$
⑥	真砂：材料① = 70:30	比較用 PI 調整材	11.5	$2.57\text{ N/mm}^2$	$2.42\text{ N/mm}^2$

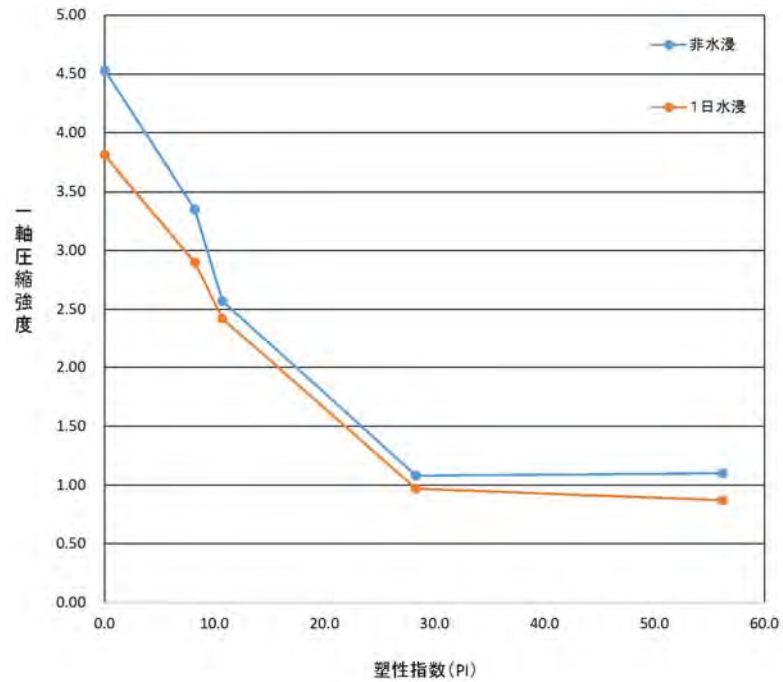


図 2.24-1 塑性指数と一軸圧縮試験強度の相関

#### 2.24.4 常温合材のマーシャル安定試験

MOT ドスティーSEHM で採取した常温合材は、予備試験において、60℃の水中に 30 分間水浸した供試体が軟化崩壊したため水浸温度を 20℃に下げてマーシャル安定試験を実施した。結果を参考値として表 2.24-4 に示す。

常温合材の製造にあたり、揮発性の低い添加物が使用されていることから硬化が不十分であったように思われる。また、骨材に玉砂利を使用しているため、骨材間の噛み合わせが非常に悪い状態であった。

表 2.24-4 マーシャル試験結果 (国内解析 II)

		No.1	No.2	No.3	平均
供試体の直径	mm	101.6	101.7	101.6	
供試体の厚さ	mm	62.5	62.7	62.8	
供試体の乾燥質量	g	1122.7	1123.5	1123.0	
供試体の密度	g/cm <sup>3</sup>	2216	2206	2206	2209
安定度	KN	6.61	6.28	5.28	6.06
フロー値	1/100cm	13	13	13	13

#### (第三次現地調査)

#### 2.25 第三次現地調査

本業務に係る予算を MOT が確保できなかったことから、第三次現地調査は、実施しないこととなった。

### 3. 技術資料-I

#### 3.1 緊急補修工の選定及び予算措置

第一次現地調査に基づき作成した技術資料-Iに従って MOT に舗装破損の実態、緊急補修箇所、補修方法（案）、費用等にかかる説明協議を行い、今後の方針の意向を確認することとした。（技術資料-5 参照）

緊急補修工法の選定及び必要経費に関して提案した概要は、表 3.1-1 に示すとおりである。

実施機関（MOT）としては、今年度（2014 年 1 月～12 月）の予算に緊急補修工のための費用は計上していない。しかしながら、今年度の予算枠から検討する。もし手配できない場合は、2015 年度事業として予算要求を行うことになるとの見解が示された。（添付資料-6 参照）

かかる状況に鑑み調査団より緊急補修工の選定及び予算措置の詳細な内容について公式文書を再度送付している。（添付資料-7 参照）



表 3.1-1(1) 緊急補修工法一覧表 (案)

(1/2)

被災形態	箇所、場所	番号	耐久性	想定年数	対策案	概算工事費単価 (/100m2)	工法	施工方法	材料 (100m2 当)	機械	留意点	課題/評価
補修 大規模	7カ所 413m3	1	D	0.3 ～ 0.5	<p>既存舗装 Asコン5cm セメント処理路盤 25～35cm 既存アスファルト舗装/路床</p>	US\$ 3,000  (材)2,000 (機)500 (人)500	路盤仮復旧工法	セメント安定処理路盤を撤去した後、舗装高まで路盤材を埋め戻す。交通を解放し、沈下箇所に路盤材を補てんし不陸整正する。沈下が収束するまで継続し、アスファルト合材が確保できた時点で、表層工を舗設する。	路盤材 40cm3	コンクリートカッター、 ハンドガイドローラ	解放後の材料の補給を継続して行うこと。	早期の表層の再施工が必要。 一番安価な方法だが常時維持簡易rが必要である。
		2	C	0.5 ～ 1.0	<p>既存舗装 Asコン5cm 常温合材 セメント処理路盤 25～35cm 既存アスファルト舗装/路床</p>	US\$ 4,500  (材)3,000 (機)1,000 (人)500	路盤置換 + 常温混合物舗装 (5cm)	セメント安定処理路盤を撤去し、路盤高まで路盤材で締め固めながら埋め戻す。表層を常温混合物材で舗設する。	常温混合物 11.5t タックコート材 50l	コンクリートカッター ミキサ(バグミルまたは連続) アスファルトフィニッシュ タイヤローラ マカダムローラ ハンドガイドローラ	バインダ量 混合物粒度 仕上げ厚の検討	常温合材の耐久性に疑問
		3	C'	0.8 ～ 1.5	<p>既存舗装 Asコン5cm 常温合材 / 30-0 セメント処理路盤 25～35cm 既存アスファルト舗装/路床</p>	US\$ 4,700  (材)3,200 (機)1,000 (人)500	路盤置換 + 常温混合物 (30-0) 舗装 (5cm)	セメント安定処理路盤を撤去し、路盤高まで路盤材で締め固めながら埋め戻す。表層を常温混合物材(30-0)で舗設する。	砕石 30-0 13.5 m <sup>3</sup> 常温混合物 11.5t タックコート材 50l	コンクリートカッター ダンブトラック モーターグレーダ ミキサ(バグミルまたは連続) アスファルトフィニッシュ タイヤローラ マカダムローラ ハンドガイドローラ	路盤の締め固め バインダ量 混合物粒度 仕上げ厚の検討 砕石粒度は連続粒度とする	骨材が入っているもので通常のものより耐久性が期待できる
		4	B	1.5 ～ 2.0	<p>既存舗装 Asコン5cm マカダム舗装5cm セメント処理路盤 25～35cm 既存アスファルト舗装/路床</p>	US\$ 5,000  (材)3,200 (機)1,000 (人)800	路盤置換 + 浸透式マカダム舗装 (5cm)	セメント安定処理路盤を撤去し、路盤高まで路盤材で締め固めながら埋め戻す。表層を浸透式マカダム工法(5cm)で舗設する。	砕石 30-20 5.0 m <sup>3</sup> 砕石 10-5 2.0 m <sup>3</sup> 砕石 5-2.5 1.0 m <sup>3</sup> バインダ 750 kg (ストレートアスファルト)	コンクリートカッター マカダムローラ (タイヤローラ) (ハンドガイドローラ) バインダ散布機 (ディストリビュータ) (エンジンスプレヤ)	砕石散布には一週間程度のトレーニングが必要 単サイズの砕石が必要	耐久性はある程度期待できる。 バインダの加熱方法と散布の機械を準備出来るか
		5	A	5	<p>既存舗装 Asコン5cm Asコン舗設 表層 (5cm) 基層 (5cm) セメント処理路盤 25～35cm 既存アスファルト舗装/路床</p>	US\$ 10,000  (材)7,000 (機)2,500 (人)500	路盤置換 + 加熱 AC 舗装	セメント安定処理路盤を撤去し、舗装高から 10 cm 下まで路盤材を締め固めながら埋め戻す。表層に 10cm のアスファルト合材を舗設する。	加熱アスファルト混合物(5cm) 12t タックコート材 50l	コンクリートカッター、 アスファルトフィニッシュ マカダムローラ タイヤローラ ハンドガイドローラ レーキ等小道具	機械数均しか 手均しか 混合物の滑り対策	アスファルトの手配方法 一番耐久性が期待できる。
アリゲータークラック	添付の通り				アスファルトオーバーレイ 8 cm～11 cm (4.3 参照)		加熱 AC 舗装					
クラック小規模	添付の通り				シーリング							



表 3.1 1(2) 緊急補修工法一覧表 (案)

(2/2)

破損形態	箇所、場所	番号	耐久性	想定年数	対策案	概算工事費単価 (/100m <sup>2</sup> )	工法	施工方法	材料 (100m <sup>2</sup> 当)	機械	留意点	課題/評価
補修 大規模	2 箇所 332.5m <sup>2</sup>	1	C	0.5 ~ 1.0		US\$ 3,000  (材)2,300 (機)500 (人)200	常温混合物舗装(5cm)工法	セメント安定処理路盤がむき出しになった箇所を常温混合物を舗設する。	常温混合物 11.5t タックコート材 50l	コンクリートカッター ミキサ(バグミルまたは連続) アスファルトフィニッシャー タイヤローラ マカダムローラ ハンドガイドローラ	バイнда量 混合物粒度	常温合材の耐久性に疑問 仕上げ厚の検討要 滑動対策なし
		2	C	0.8 ~ 1.5		US\$ 3,300  (材)2,600 (機)500 (人)200	常温混合物(30-0)舗装(5cm)	セメント安定処理路盤がむき出しになった箇所を常温混合物舗装(30-0)で施工する。	砕石 30-0 13.5 m <sup>3</sup> 常温混合物 11.5t タックコート材 50l	コンクリートカッター ダンプトラック モーターグレーダ ミキサ(バグミルまたは連続) アスファルトフィニッシャー タイヤローラ マカダムローラ ハンドガイドローラ	バイнда量 混合物粒度 仕上げ厚の検討 砕石粒度は連続粒度とする	骨材が入っているので通常のものより耐久性が期待できる 滑動対策なし
		3	B	1.5 ~ 2.0		US\$ 7,000  (材)2,500 (機)4,000 (人)500	表面切削+浸透式マカダム舗装(13cm)	セメント安定処理路盤を3cm切削し、滑動防止対策とする。表層に浸透式マカダム工法(13cm)を舗設する。	砕石 30-20 15.0 m <sup>3</sup> 砕石 10-5 5.0 m <sup>3</sup> 砕石 5-2.5 2.5 m <sup>3</sup> バイнда 2,000 kg (ストレートアスファルト)	コンクリートカッター 切削機 マカダムローラ (タイヤローラ) (ハンドガイドローラ) バイнда散布機 (ディストリビュータ) (エンジンスプレヤ)	砕石散布には一週程度のトレーニングが必要 単サイズの砕石が必要	切削により滑り止め期待 バイндаの加熱方法と散布の機械を準備出来るか。 耐久性はある程度期待できる。
		4	A	5		US\$ 14,000  (材)8,500 (機)5,000 (人)500	表面切削+加熱 AC 舗装	セメント安定処理路盤を5cm切削し、滑動防止とすると共に舗装厚さを確保する。加熱 AC 舗装(15cm)により舗設する。	加熱アスファルト混合物(5cm) 12t タックコート材 50l	コンクリートカッター 切削機 アスファルトフィニッシャー マカダムローラ タイヤローラ ハンドガイドローラ レーキ等小道具	機械数均しか 手均しか 混合物の滑り対策	切削により滑り止め期待 アスファルトの手配方法 耐久性が期待できる。
		5	A	5		US\$ 9,500  (材)2,000 (機)5,500 (人)2,000	表面切削+セメントコンクリート舗装(15)	セメント安定処理路盤を5cm切削し、滑動防止とすると共に舗装厚さを確保する。セメントコンクリート舗装(15cm)により舗設する。	セメントコンクリート混合物 20.8 m <sup>3</sup>	コンクリートカッター 切削機 コンクリートミキサ 混合物運搬車 (一輪車等) スコップ、突き棒等の小道具	養生時間の確保 熟練工が必要	切削により滑り止め期待 コンクリート舗装とすることで耐久性を確保

## 4. 想定される破損の要因と結論

### 4.1 平坦部の破損原因

破損の第一の原因は、「ア」国国境の架橋と道路整備に伴って生じた急増した交通量（当初設計荷重の11倍）によるものと思料する。

損傷箇所のセメント安定処理路盤については、設計強度に達していないことも確認されたが、この強度低下は、上記交通荷重により、セメント安定処理路盤に損傷（クラック）が進行し、母材の強度程度に戻ったと想定される。さらに表層アスファルトの損傷から雨水等が侵入し、強度低下を促進したとも考えられる。

STA.5 近辺の損傷箇所の下層路盤で見つかった軟弱な層について調査したところ、セメント量は母材に含まれる多量のカルシウム分により確認できず、粒度とPIは、セメント安定処理の母材として仕様に入らないことが解った。土取場の材料も同様に母材としての仕様に入らず、水浸することで細粒化する材料であることも解った。セメント安定処理をしているか不明であるが、施工後、土取場の品質のバラツキにより、品質の悪い材料を使った箇所が、侵入した表面水により母材が細粒化または粘性化した可能性があると思われる。

STA.7 付近の損傷箇所の路床盛土の材料を調査したところ、STA.5 付近同様に、路床盛土材としての仕様に入っていないことが解った。損傷した下層路盤同様に土取場の品質のバラツキにより、品質の悪い材料を使った箇所が表面水の侵入の影響により損傷したと思われる。

セメント安定処理につかった STA13 付近の土取場の材料で試験練をしたところ、強度十分に発現しなかった。現場では礫材混入させる等を工夫することで、高い強度を発現させており、適切な対策を採ったと考えられる。

さらに、損傷がみられない区間については、CBR が設計（30%）の3倍以上が確保されており、ある程度の耐用年数の長期化も期待できる。ただし、表面のクラックを通して路盤に侵入する水が路盤の弱体化の原因になるので、水の侵入を防ぐ適切な対策が必要である。

### 4.2 勾配部の破損原因

セメント安定処理上の骨材による凹凸が顕著な箇所で安定していたことが確認できたことから、セメント処理の表面を削り、凸凹にすることで、ある程度の滑動の抑止効果は期待できると考えられる。

アスファルトの滑動以外の損傷は確認できなかったことから、路床や路盤は安定していると思われる。

また、滑動箇所近くにはカーブがあったことから、重車両のブレーキによる影響もあったと考えられる。

### 4.3 緊急補修箇所の特定

緊急補修箇所は交通荷重の増加から日に日に進行している。補修方法は予算と施工時期の制約を受けるので、決定した時点で速やかに詳細計画を策定する必要がある。

緊急補修箇所を補修すれば、他の箇所は一定程度現状維持され则认为られるが、過大な交通荷重のもと早晚破損が進行すると危惧される。

表 4.3-1 に路床 CBR 及び各断面の所有 SN 値より許容 18kip ESAL 載荷数を計算し、現交通量からその 18kip ESAL 載荷数の達成年（設計年数）を算出した一覧表を示す。

表 4.3-1 SN 値と現交通量からの舗装耐用年数（再掲）

舗装タイプ &SN 値 路床タイプ		未補修	タイプ -1	タイプ -2	タイプ -3	タイプ -4	タイプ -5	タイプ -6
セクション 1,3 CBR:3.0	SN 値	2.85	2.69	2.47	2.85	3.00	3.72	3.40
	ESAL 値	146	103	62	146	198	735	423
	到達年	2 年	1 年	1 年	2 年	2 年	7 年	4 年
セクション 2 CBR:5.2	SN 値	2.40	2.39	2.17	2.55	2.70	3.72	3.10
	ESAL 値	186	181	102	267	377	2,634	867
	到達年	2 年	2 年	1 年	3 年	4 年	16 年	7 年
セクション 4 CBR:8.7	SN 値	1.83	2.05	1.83	2.21	2.36	3.72	3.19
	ESAL 値	123	239	123	374	554	8,692	3,400
	到達年	2 年	3 年	2 年	4 年	5 年	31 年	19 年
セクション 5 CBR:5.9	SN 値	2.26	2.48	2.26	2.63	2.79	3.72	3.19
	ESAL 値	174	303	174	431	616	3,531	1,381
	到達年	2 年	3 年	2 年	4 年	6 年	19 年	10 年
セクション 6 CBR:3.8	SN 値	2.63	2.48	2.26	2.63	2.79	3.72	3.19
	ESAL 値	155	109	63	155	222	1,272	498
	到達年	2 年	1 年	1 年	2 年	3 年	10 年	5 年
セクション 7 CBR:4.1	SN 値	2.61	2.61	2.38	2.76	2.91	3.72	3.32
	ESAL 値	177	177	102	248	341	1,518	756
	到達年	2 年	3 年	1 年	3 年	4 年	11 年	7 年

注) 18kip ESAL 載荷数 (×1000)

## 5. 提言と今後の補修計画（案）

### 5.1 提言

現地調査及び国内で実施した試験結果を基に、本件及び今後の海外における道路建設事業に係る提言を以下のようにまとめる。

- 設計時と現状の交通荷重は大きく相違しているおり、今後も損傷が増大していくことが想定されるため、早い段階で全線について補修計画を策定し、実施することが必要と考える。なお、供用期間の 18kip 等価換算短軸荷重（ESAL）載荷数の推定は、過小にならないように適切に交通量を予測し、かつトレーラートラック及びトラックの 18kip 等価換算短軸荷重も適切に設定した上で実施することが肝要である。また、今後の補修の実施計画（案）については次節に示す。
- セメント安定処理面とアスファルト面との密着性を確実に確保するため、セメント安定処理は下層路盤にとどめることが望ましいと考える。なお、上層路盤にセメント安定処理路盤を採用する場合は、砕石を主材料とした路盤材に対して採用し、砂を主材料としたセメント安定処理は適用すべきではないと考える。

- 海外においては、日本で予期できない様々な材料の選定や施工におけるエラー要因が考えられることや、表面水の浸透を確実に防止する目的でも最低舗装厚さを 10 cm とすべきと考える。
- 海外では、調達事情の制限からプロジェクト毎にアスファルトプラントやコンクリートパッチングプラントを設営しなければならない。この場合は、プラントの運営維持管理及び品質管理等が十分実施可能となる体制を計画することが肝要となる。また、生産に係る必要な品質管理の記録は確実に残し、トレーサビリティを確保することが必要である。
- 使用材料は慎重に選定し、定期的にその品質を確認する必要がある。
- 同じ材料を日本と現地の施設で室内試験を行ったが、結果に大きな違いが確認された。今後現地で室内試験を実施する場合、試験に立会うか、直接試験機器を持ち込んで検査すべきと思われる。
- 今回設計に凍結深が考慮されていない。寒冷地にセメント安定処理を採用する場合、過去の気象データを確認し、必要に応じて凍上抑制層を構築する必要がある。

## 5.2 今後の補修に係る実施計画（案）と将来的な補修実施への提言

当初予定では、安全かつ円滑な交通が確保されていない急勾配区間及び本調査実地中に MOT 側から要請のあった平坦部の破損箇所補修に関し、緊急的な補修案を提案し、MOT が主体となり実施して調査団はこれの技術支援を行うことを計画していた。しかしながら、現状 MOT の予算確保の問題から本調査ないでの実施が困難な状況にある。なお、緊急的な補修案については表 3.1-1 とおりである。

### 5.2.1 緊急的な補修の目的と耐久性及び実施（案）

緊急的な補修は、現状利用者に対して安全かつ円滑な交通を確保する目的であるため、早い段階での実施が必要である。ただし、表 3.1-1 に示す耐久性が A とした案以外は、現状の将来交通量に対応し当初設計の耐久性を有する構造ではないことに留意しなければならない。

緊急的な補修方法としても、将来交通量に対して十分な耐久性を有する方法で実施することが経済的にも有効である。また、現在我が国の無償資金協力案件で供与した道路維持管理機材を活用することにより当初計画と比較し、より経済的に実施することが可能と料する。

したがって、現状 MOT 側の予算確保の問題から本調査内で緊急補修の実施が困難である状況に鑑みて、経済的となる上記機材を活用する計画が妥当と判断する。

表 5.2-1 に供与した道路維持管理機械リスト、図 5.2-1 に計画されている機材渡し／技術移転のスケジュール、また、表 5.2-2 及び表 5.2-3 に提案した緊急補修工法について供与された機材を活用した場合の施工単価の比較を示す。人件費及び舗装用工具のみ MOT 負担としている。

表 5.2-1 無償資金協力で供与した道路維持管理機械リスト

No	Name of Equipment	Specifications	G	K	計
1	Asphalt Cutter	Air Cooled Gasoline, 8.0kw, 150mm 以上	4	6	10
2	Vibration Compactor	Air Cooled Gasoline, 2.5kw, 60kg	4	6	10
3	Hand Breaker	Air type, 7kg	4	6	10
4	Air Compressor	5m <sup>3</sup> /min, 0.65Mpa, 35kw	2	3	5
5	Asphalt Sprayer	350lit tank, Air Cooled Gasoline, 3.0kw	2	3	5
6	Hand Guide Roller	600kg, 4.0kw	2	3	5
7	Asphalt Distributer	6000 lit, 130kw,	1	1	2
8	Asphalt Finisher	4.5m width, 45 kw	1	1	2
9	Road Roller	9,500kg, 50kw	1	1	2
10	Tier Roller	Max 15 ton, 65 kw	1	1	2
11	Water Tank Truck	7,500 lit, 130kw	1	1	2
12	Motor Grader	Blade 3,700, 100kw	4	6	10
13	Crawler Excavator	0.8m <sup>3</sup> , 98kw	3	3	6
15	Wheel Roader	2.5m <sup>3</sup> , 115kw	1	2	3
16	Bull Dozer	18 ton, 130 kw	1	1	2
17	Dump Truck	14 ton, 190kw	6	8	14
18	Asphalt Plant	35 ton/hour,	1	1	2
19	Aggregate Plant	35 ton/hour	1	1	2
20	Multipurpose Vehicle	150 kw	1	1	2
21	Snow Plough	Blade width 3m	1	1	2
22	Rotary Snow Blower		1	1	2
23	Salt Spreader		1	1	2
24	Truck with crane	Lifting capacity 3ton, Loading capacity 6ton	1	1	2
25	Truck Trailer	25 ton, 250 kw	1	1	2
26	Pick up truck	Loading capacity 900kg	2	2	4
27	Line Marker		1	0	1
28	Mobile workshop Ban	Loading capacity 3ton	1	1	2
29	Maintenance Equipment	Welding machine, Generator, etc	2	2	4
30	Measuring of axle load	Max 70ton	0	1	1

Note) G:Gisar K:Grugantyupe

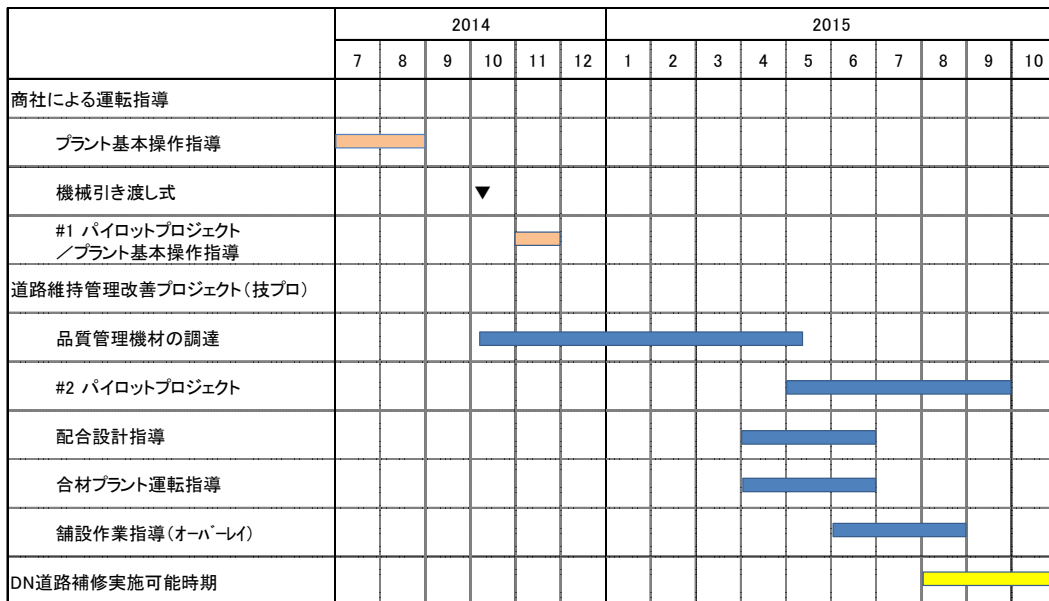


図 5.2-1 計画されている機材渡し／技術移転のスケジュール

表 5.2-2 緊急補修工事負担金額（平坦部）

		オリジナル		新提案		
		単位:US\$ (100 m <sup>2</sup> 当)	単位:US\$ (413m <sup>2</sup> 当)	負担区分	単位:US\$ (100 m <sup>2</sup> 当)	単位:US\$ (500 m <sup>2</sup> 当)
1	路盤仮復旧工法	3,000	12,390	MOT 負担	100	500
				JICA 負担	2,100	10,500
2	路盤置換+常温混合物舗装工法	4,500	18,580	MOT 負担	100	500
				JICA 負担	3,000	15,000
3	路盤置換+常温混合物(30-0)舗装工法	4,700	19,410	MOT 負担	100	500
				JICA 負担	3,200	16,000
4	碎石置換+マカダム舗装(5cm)	5,000	20,650	MOT 負担	400	2,000
				JICA 負担	3,200	16,000
5	路盤置換+加熱アスファルト舗装(10cm)	10,000	41,300	MOT 負担	300	1,500
				JICA 負担	5,000	25,000

注) 補修箇所は 500m<sup>2</sup> に見込んでいます。

表 5.2-3 緊急補修工事負担金額（急勾配部）

		オリジナル		新提案		
		単位:US\$ (100 m <sup>2</sup> 当)	単位:US\$ (332.5m <sup>2</sup> 当)	負担区分	単位:US\$ (100 m <sup>2</sup> 当)	単位:US\$ (400 m <sup>2</sup> 当)
1	常温混合物舗装(10cm)	3,000	9,975	MOT 負担	100	400
				JICA 負担	2,300	92,000
2	常温混合物舗装(30-0)(10cm)	3,300	10,973	MOT 負担	200	800
				JICA 負担	2,600	10,400
3	表面切削+浸透式マカダム舗装(13cm)	7,000	23,275	MOT 負担	400	1,600
				JICA 負担	4,500	18,000
4	表面切削+加熱アスファルト舗装(15cm)	14,000	46,550	MOT 負担	500	2,000
				JICA 負担	8,500	35,000
5	表面切削+セメントコンクリート舗装(15cm)	9,500	31,588	MOT 負担	1,800	7,200
				JICA 負担	5,000	20,000

注) 補修箇所は 400m<sup>2</sup> に見込んでいます。

上記を基に緊急的な補修を本調査後にフォローアップ事業として実施する場合の実施（案）を検討した。検討においては、事業規模 50,000 千円、100,000 千円の 2 通りと想定した。また実施主体については当初本調査における緊急補修実施の方針であった MOT 側の主体で実施することを基本とした。なお、コンサルタントの技術支援費用については、JICA 案件の単価に基づき 3 か月の人件費（格付け 3）、間接費、旅費及び宿泊/日当を計上する。

表 5.2-4 コンサルタント技術支援費用（概算）

費目	金額（千円）	適用
業務原価	10,800	
直接経費	5,700	渡航 2 回計上
直接人件費	2,300	人件費（格付け 3）×3 か月
その他原価	2,800	直接人件費の 120%
一般管理費	2,000	（直接人件費＋その他原価）×40%
小計	12,800	
消費税	1,024	
合計	13,824	約 1400 万円

以上の条件で費用負担毎の実施可能な範囲（延長）を表 5.2-5 に示す。

表 5.2-5 緊急補修工事工事可能延長

対象箇所	工法	単価 US\$ /100m <sup>2</sup>	5000 万円のケース		10,000 万円のケース	
			US\$ 330,000 (3600 万円/110 円)		US\$ 780,000 (8600 万円/110 円)	
			m <sup>2</sup>	m	m <sup>2</sup>	m
平坦部	路盤復旧工法	2,100	15,700	2,200	37,100	5,300
	路盤置換＋常温混合物舗装工法	3,000	11,000	1,500	26,000	3,700
	路盤置換＋常温混合物(30-0)舗装工法	3,200	10,300	1,400	24,300	3,400
	表面切削＋加熱アスファルト舗装（15cm）	3,200	10,300	1,400	24,300	3,400
	表面切削＋セメントコンクリート舗装（15cm）	5,000	6,600	600	13,200	1,200
勾配部	常温混合物舗装(10cm)	2,300	14,300	2,000	33,900	4,800
	常温混合物舗装(30-0) (10cm)	2,600	12,700	1,800	30,000	4,200
	表面切削＋浸透式マカダム舗装（13cm）	4,500	7,300	1,000	17,300	2,400
	表面切削＋加熱アスファルト舗装（15cm）	8,500	3,900	550	7,800	1,100
	表面切削＋セメントコンクリート舗装（15cm）	5,000	6,600	900	15,600	2,200

## 5.2.2 緊急的補修工事実施（案）2

ここでは、供与した機材を使用した上で、すべての費用を MOT で負担する案を示す。単価は表 5.2-6、表 5.2-7 の MOT 負担と JICA 負担を合計した額となり以下の通りとなる。表 5.2-8 に平坦部と勾配部の補修の組み合わせ別の MOT 負担額の一覧を示す。なお、青で塗った箇所は 2015 年 7 月以降、アスファルト合材を MOT のプラントからの支給を見込んでいる。

表 5.2-6 緊急補修工事負担金額（平坦部）

		オリジナル		新提案	
		単位:US\$ (100m <sup>2</sup> 当)	単位:US\$ (413m <sup>2</sup> 当)	単位:US\$ (100m <sup>2</sup> 当)	単位:US\$ (500m <sup>2</sup> 当)
1	路盤復旧工法	3,000	12,390	2,200	11,000
2	路盤置換＋常温混合物舗装工法	4,500	18,580	3,100	15,500
3	路盤置換＋常温混合物(30-0)舗装工法	4,700	19,410	3,300	16,500
4	碎石置換＋マカダム舗装(5cm)	5,000	20,650	3,600	18,000
5	路盤置換＋加熱アスファルト舗装(10cm)	10,000	41,300	5,300	26,500

注) 補修箇所は 500m<sup>2</sup> が増えることを見込んでいる。

表 5.2-7 緊急補修工事負担金額（急勾配部）

		オリジナル		新提案	
		単位:US\$ (100m <sup>2</sup> 当)	単位:US\$ (332.5m <sup>2</sup> 当)	単位:US\$ (100m <sup>2</sup> 当)	単位:US\$ (400m <sup>2</sup> 当)
1	常温混合物舗装(10cm)	3,000	9,975	2,400	9,600
2	常温混合物舗装(30-0)(10cm)	3,300	10,973	2,800	12,200
3	表面切削+浸透式マカダム舗装 (13cm)	7,000	23,275	5,000	20,000
4	表面切削+加熱アスファルト舗装 (15cm)	14,000	46,550	9,000	36,000
5	表面切削+セメントコンクリート舗装 (15cm)	9,500	31,588	6,800	27,200

注) 補修箇所は 400m<sup>2</sup>に増えることを見込んでいる。

表 5.2-8 MOT 負担金額総括一覧表

	平坦部-1 11,000	平坦部-2 15,500	平坦部-3 16,500	平坦部-4 18,000	平坦部-5 26,500
急勾配部-1 9,600	20,600	25,100	26,100	27,600	36,100
急勾配部-2 12,200	23,200	27,700	28,700	30,200	38,700
急勾配部-3 20,000	31,000	35,500	36,500	38,000	46,500
急勾配部-4 36,000	47,000	51,500	52,500	54,000	62,500
急勾配部-5 27,200	38,200	42,700	43,700	45,200	53,700

注) 青で塗りつぶした箇所は7月以降 MOT のプラントの使用を仮定している。

### 5.2.3 将来的補修について

本調査により、設計当初の交通量と現交通量に大きな相違があること、試掘調査を行った一部区間ではセメント安定処理路盤に粘土塊が確認され、層厚及び強度が不均一、かつ設計強度に達していないことが確認された。

上述のとおり、緊急的な補修は現状損傷が激しい箇所を早期に補修し利用者に対して安全かつ円滑な交通を確保する目的である。現時点において損傷の程度が少ない、または損傷が見受けられない区間についても、将来交通量を適切に予測した上で十分な耐用年数を確保するよう検討が必要である。なお、現時点で緊急的な補修が必要でない箇所についても、「表 4.3-1 SN 値と現交通量からの舗装耐用年数（再掲）」に示すしたとおり、今後損傷が進行する可能性が極めて大きいこと、緊急的な補修箇所についても補修方法によっては、早期に損傷が再発する可能性があることから、全線に亘り補修を行うことが必要と考える。

しかしながら、補修規模、方法の検討には、既存道路の残存支持力を把握し、適切かつ経済的な設計をすることが肝要であるが、本調査で実施した調査では対象道路全線に亘る残存支持力を判断することは限界があり、今後以下の手法によって計画することが必要であると考え。全線舗装支持力調査の中で、FWD（たわみ測定装置）による構造確認と支持力判定を推奨する。FDWについては次節で述べる。なお、今回の対象区間の FWD 調査実施計画書を添付資料-9 に示す。



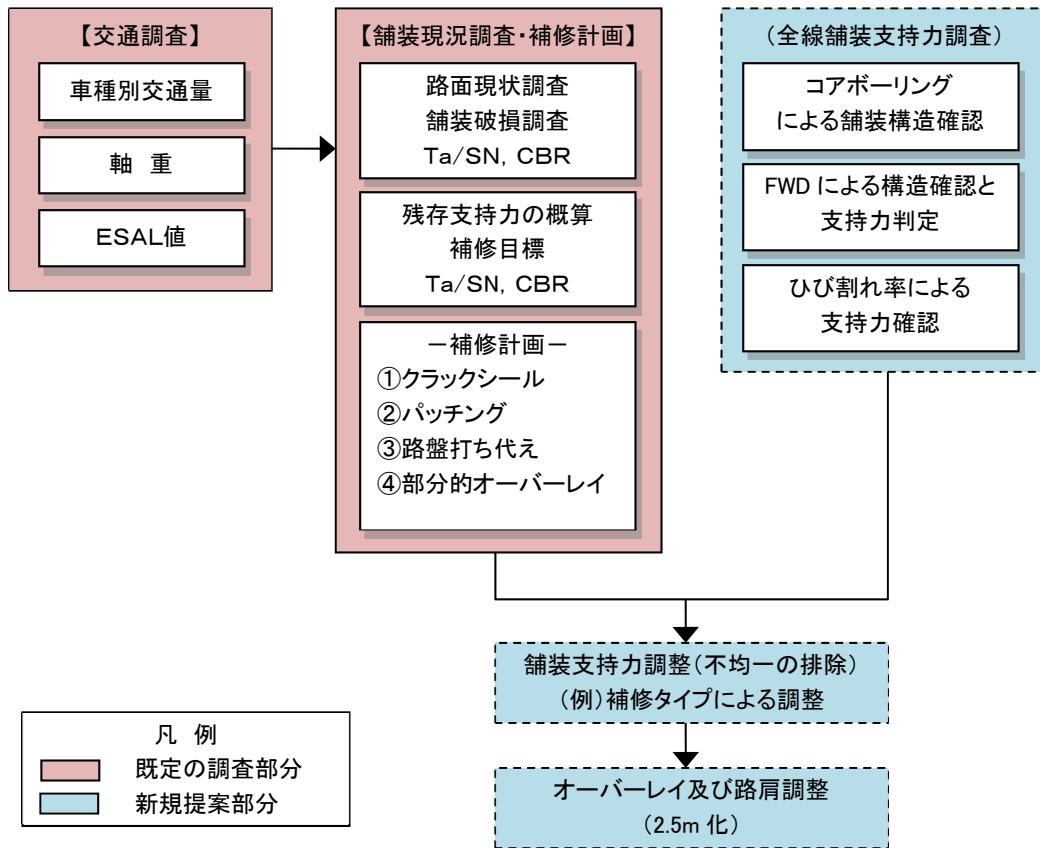
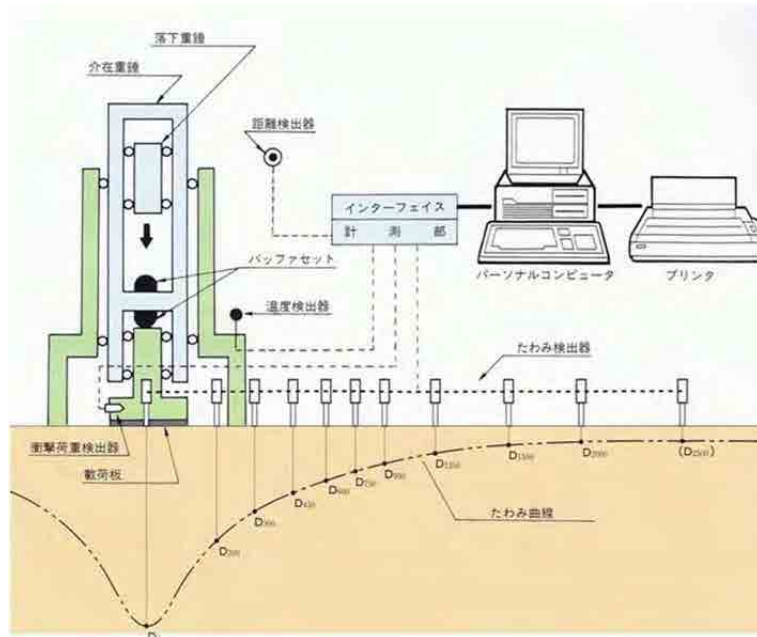


図 5.2-2 将来的補修計画のフロー

### 5.3 全線舗装支持力調査及び恒久的補修工法の検討

#### 5.3.1 FWD（たわみ測定装置）の概要

FWD(Falling Weight Deflectometer、たわみ測定装置)は、重錘を落下させて路面に衝撃を与え、その時に発生する路面のたわみ量を複数のセンサによって測定する装置である。複数点のたわみ量を同時に測定すると、落下点を中心に舗装がどのような形状にどれだけたわんだかが解る。このたわみの形状やたわみ量は舗装内部の状態を反映しており、この値を解析することにより舗装の健全度が判定できる。図 5.3-1 に FWD の主要な構成装置と測定方法を示す。



自走式 FWD 車



牽引式 FWD 車

図 5.3-1 FWD の主要な構成装置と測定方法

FWD による得られた 10～11 種類のたわみ量 ( $D_0 \sim D_{2000}$ ,  $D_{2500}$ ) の結果を基に道路を評価する。評価の方法は図 5.3-2 のとおり、たわみ特性を基に簡易に評価する方法と、多層弾性理論を使い逆解析に求めた各層の弾性係数を基に多層弾性理論を用いて破壊回数を試算し、評価する方法がある。測定する際には、路面が温度により力学的な性状が異なることから、標準条件 ( $20^\circ\text{C}$ 、 $49\text{kn}$ ) で測定した値に補正する。

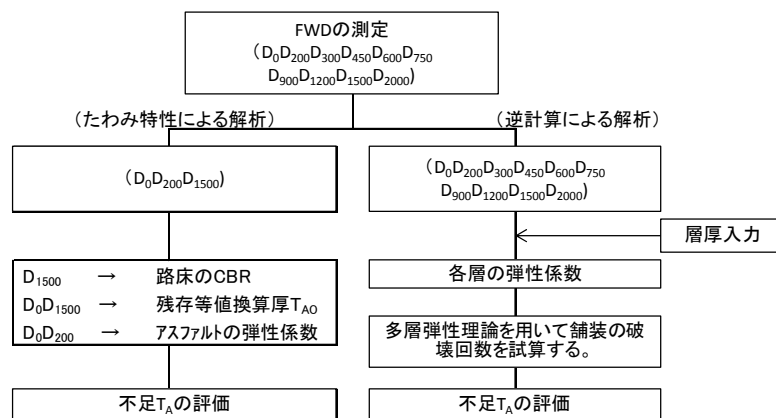


図 5.3-2 FWD による舗装の調査方法

FWD による調査の特徴を下記に示す。

・ 1 測点当り 3～4 分の短時間で調査が完了する。
・ 非破壊試験なので調査後の復旧工事が不必要である。
・ 掘削することなく地中の舗装性状を確認できる。
・ 交通規制時間が短縮できる。

## 5.4 調査方法の比較

### 5.4.1 ベンゲルマンビームとの比較

FWD 同様に舗装のたわみを調査するベンゲルマンビームによる試験との比較を表 5.4-1 のとおり示す。

表 5.4-1 FWD とベンゲルマンビームによる調査の比較表

	FWD		ベンゲルマンビーム	
測定速度	○	1 測点当り 3 分～4 分	×	1 測点当り 20 分～30 分
測定範囲	○	一度に最大 11 点のひずみ量が確認できる。	×	一度に 1 点のみのひずみ量が確認できる。
測定精度	○	複数のセンサにより測定し、コンピューターに記録するので、誤差が非常に少ない	△	目視で確認するため、人的誤差が発生する可能性がある。
分析範囲	○	舗装全体のみでなく、各層の弾性係数が測定できる。活用範囲は今後も拡大する可能性がある。	×	舗装全体の健全度のみ評価可能。
コスト	×	普及度が低く、コストが高い。	○	非常に簡単な機器であり安価である。

### 5.4.2 開削方法との比較

FWD 同様に地中の舗装部、路床部の性状を確認する方法としては、開削した上で、試料を採取し、室内試験で確認する方法がある。表 5.4-2 に FWD と開削方法による調査の比較表を示す。

表 5.4-2 FWD と開削方法による調査の比較表

	FWD		開削方法	
調査速度	○	1 測点当り 3 分～4 分で、自動で計測記録する。	×	1 測点当り数時間必要である。労力も大きい。
解析の煩雑さ	○	解析作業はデータの計算処理のみである。	×	資料の室内試験が必要で、解析が煩雑である。
解析速度	○	データの計算処理のみで早い	×	室内試験、解析に時間を要する。
環境	○	非破壊試験で、環境保全面で優れている。	×	舗装を一旦破壊して復旧するため、環境保全の面で問題である。
舗装全体の解析	○	たわみ量から精度の高い舗装全体の健全度が確認できる。	△	舗装全体の解析は困難。
舗装の層毎の解析	△	逆計算により解析稼働だが、直接試料を採取する方法には及ばない。	○	直接採取し室内検査することから精度は高い。ただ、途上国での室内試験の精度は高いとは言えない。
調達時間	×	日本または第 3 国からの調達になり時間がかかる。	○	現地調達材で調査可能。
コスト	△	数が多くなれば開削の方法に比べて安い。	×	1 か所当りのコストは非常に高い。

## 5.5 FWD の具体的な実施方法

### 5.5.1 解析方法の選定

上述の通り、解析方法には、たわみ特性による解析と逆計算による解析がある。今回は下記の理由でたわみ特性による解析を採用するものとする。

- 補修が多く箇所で行われており、周辺のたわみ量が周辺の補修断面の影響を受けることになり、正確な逆計算により各層の弾性係数の推定ができないと思われること。
- 補修記録の残されていない区間があり、その区間では舗装断面が解らないこと。
- 新設舗装の下に既存舗装があり、その高さや断面が不明であり、正確な各層の弾性係数の推定ができないと思われること。

### 5.5.2 補修工法選定の実施方法

補修工法選定の実施方法を図 5.5-1 に示す。なお、たわみ測定時に異常点が見つかった場合は、開削調査により、舗装断面・材料の目視確認を実施することとする。

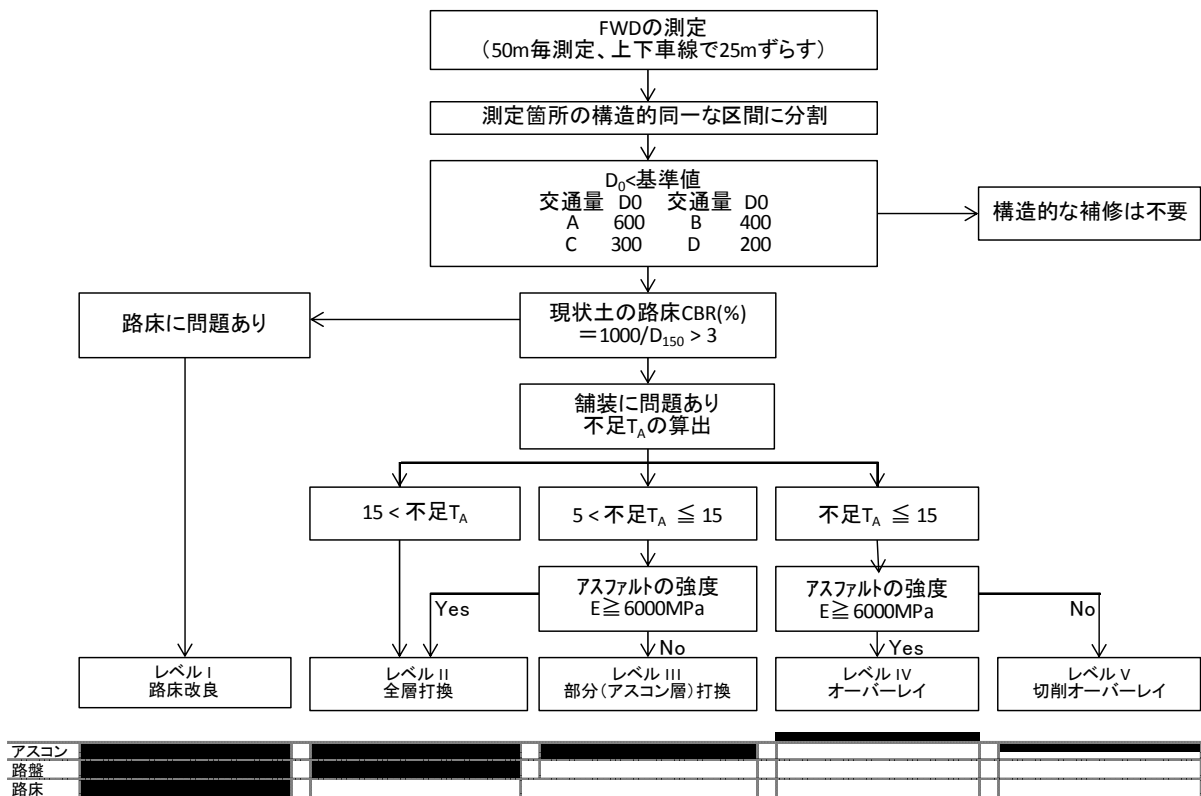


図 5.5-1 FWD による補修工法選定例

# 添付資料



## **添付資料-1 品質関連図書を受領リスト**





西松建設品質管理図書一覧

No.1	Quality Control Document (Embankment, Sub-grade)	Field Density Test Report Field Density Test Report Material Test report Trial Embankemnt Report	Sub-grade Embankment
No.2	Quality Control Document (路盤)	Field Density Test Report Field Density Test Report Material Test Report Trial Mix	Base Course Sub-Base Course
No.3	Quality Control Document (Surface Course, Binder Course)	Pavement Surface Smoothness Test Report Field Density Test Report Field Density Test Report Field Density Test Report Field Density Test Report Material Test report Trial Mix Report	Surface Course Binder Course Surface Course Binder Course
No.4	Request for Inspection No.1	Completion of Base course Completion of Sub-base course Completion of Subgrade Proof rolling Proof rolling	Shoulder Subgrade
No.5	Request for Inspection No.2	Tack Coat Prime Coat Urban District Road Box Culvert Surface Course Binder Course	
No.6	Request for Inspection No.3	Material for Cross Drainage Cross Draiage Work Cross Draiage Work Cross Draiage Work	RC Pipe Access Road Section 1 Section 2
No.7	Photograph No.1 (Before and Completion)	Earth Work	Removal fo Asphalt Removal fo Structure Embankment Sub-grade
		Pavement work	Replacement sub-grade Sub-base course Base course Asphalt road base Surface course Shoulder pavement Access road pavement
No.8	Photograph No.2	Road Facilitties Work	Road Signs Guide Posts Road Marking Reflective Pavement Studs
		Drainage Structure Work	Drainage Pipe Installation Box culvert Earth Ditch Precast Sideditch
No.9	Photograph Album No.2	Sec 2 Sta.18-23+700	Earth Work Sub-base course work Base Course Binder Course Surface Course Box culvert Cross Drainage
		Road Facility Work	Access Road Work Hump Work Sign Board Fence Guide Posts Road Marking
No.10	Photograph No.3 (Quality Control)	Pavement Surface Smoothness Test Report Sampling of FDT Material test for Asphalt	

日本舗道品質管理図書一覧

No.1	Quality Control Document	Sub-base course, Base course	Material Test Report Trial Mix Report Field density test for Sub-base course Field density test for Base course
No.2	Quality Control Document	Replacement sub-grade	Material Test Report Trial Mix Report Field density test for Replacement Sub-grade
		Sub-grade, Shoulder sub-grade	Material Test Report Field density test for Sub-grade Field density test for Shoulder sub-grade
No.3	Quality Control Document	Asphaltic base course	Material Test Report Trial Mix Report Temperature of asphalt at the plant Temperature of asphalt on the road Marshall Stability Test Aggregate gradingTest Soxhlet Density Test of Core Sampling
		Surface course	Material Test Report Trial Mix Report Temperature of asphalt at the plant Temperature of asphalt on the road Marshall Stability Test Aggregate grading of Mix Soxhlet Extraction Field Density Test of Core Sampling
No.4	Quality Control Document	Shoulder surface course	Temperature of asphalt at the plant Temperature of asphalt on the road Marshall Stability Test Aggregate grading of Mix Soxhlet Extraction Field Density Test for Core Sampling
		Access Road	Field Density Test for Sub grade Field density test for Base course Temperature of asphalt at the plant Temperature of asphalt on the road Marshall Stability Test Soxhlet Extraction Field Density Test of Core Sampling for Surface course
No.5	Quality Control Document	Surface course	Smooth Test for Cross section Smooth Test for Londitudinal Direction
No.6	Request for Inspection No..1	Drainage Pipe Installation Drainegae Pipe Installation	New Extension
No.7	Request for Inspection No..2	Drainage Pipe Installation Drainage Pipe Installation	Access to Road Access to House
No.8	Request for Inspection No..3	Box culvert Precast side ditch completion of extension for replacement sub-grade completion of replacement sub-grade Density test for Sub-grade Proof Rolling for Sub-grade Proof Rolling for Shoulder sub-grade	
No.9	Request for Inspection No..4	Completionf of Sub-base course Thichness of Sub-base course Density test for Sub-base course	elevation, width
No.10	Request for Inspection No..5	Completion of Base Course Thickness of Base course Density test for Base course Completion of Asphaltic Road Base Core sampling of Asphaltic road base Completion of Surface course and shoulder surface course Core sampling of surface course and shoulder surface course Prime coat Tack coat	

片平提供関連書類

設計計算書
数量計算書
概算事業費積算概要資料
設計図面集
照査報告書
入札図書第一期
入札図書第二期
瑕疵検査報告書第一期
瑕疵検査報告書第二期



## **添付資料-2 JICA,MOT 協議議事録**



**Minutes of Discussions**  
**on**  
**the Ex-Post Situation Survey**  
**for**  
**the Project for the Improvement of Dusty-Nizhniy Pyandzh Road**  
**in**  
**the Republic of Tajikistan**

In response to requests from Ministry of Transport, the Government of Tajikistan (hereinafter referred to as the "MOT"), Japan International Cooperation Agency (hereinafter referred to as "JICA"), decided to conduct an Ex-Post Situation Survey (hereinafter referred to as the "Survey") for the Project for the Improvement of Dusty-Nizhniy Pyandzh Road (hereinafter referred to as the "Project"). JICA dispatched the Survey team headed by Mr. Kenshiro TANAKA, an Advisor of Grant Aid Project Management Division 1, Financing Cooperation Implementation Department, JICA, and had a series of discussions on the Survey from May 5 to 7, 2014 in Dushanbe, Tajikistan.

As the result of the discussions, both parties confirmed the main items for the Survey described on the attached sheets hereto;

Dushanbe, May 7, 2014



---

Mr. Kenshiro TANAKA  
Leader of Survey Team  
Advisor of Grant Aid Project Management  
Division 1  
Financing Cooperation Implementation  
Department, JICA



---

Mr. Sherali Gangalozoda  
First Deputy Minister  
Ministry of Transport  
The Republic of Tajikistan



## ATTACHMENT

### 1. Objective of the Survey

- The Survey will identify the causes of the damages happened on Duisty-Nizhniy Pyandzh Road developed by the Project.
- For the steep section around 14k300m of Duisty-Nizhniy Pyandzh Road, which is damaged significantly and requires an urgent repair work, the Survey will recommend emergency repair methods, which Tajikistan local road management offices are capable of managing effectively, and support the emergency repair work technically, which will be conducted by the Tajikistan side.
- For the flat sections, which are damaged seriously, the Survey will recommend repair and maintenance methods, which Tajikistan local road management offices are capable of managing for repair and maintenance works.

### 2. Survey Site

- Duisty-Nizhniy Pyandzh Road developed by the Project (approx. 23.7km, see Attachment)

### 3. Survey Items and Schedule of the Survey

- MOT was presented the Survey items and schedule by the Survey team. MOT agreed them principally.

### 4. Undertakings of JICA

- The Survey team will bring "Technical Report 1", including the result of the first field survey and proposals of methods for repair works for damaged sections, on the middle of June at the beginning of the second field survey to have technical discussion with MOT for selection of methods of the repair works.
- The Survey team will send "Technical Report 2", including repair techniques and methods, quantity and cost of the repair works, to MOT by the end of mid-July 2014, which will make MOT able to prepare for the repair works.
- The Survey team will send "Technical Report 3", including technical consideration of the result of the repair work and the final result of the Survey to MOT by the end of mid-September 2014, which will make MOT be able to comment of technical issues. The Survey team will reflect the comments and send a final report to MOT by the end of October 2014.

### 5. Undertakings of MOT

- MOT will ensure the security of the field survey conducted by the Survey team.
- MOT will accommodate the Survey team with following items for the first field survey.
  - Assistance of obtaining necessary permission for the various tests on the survey road,

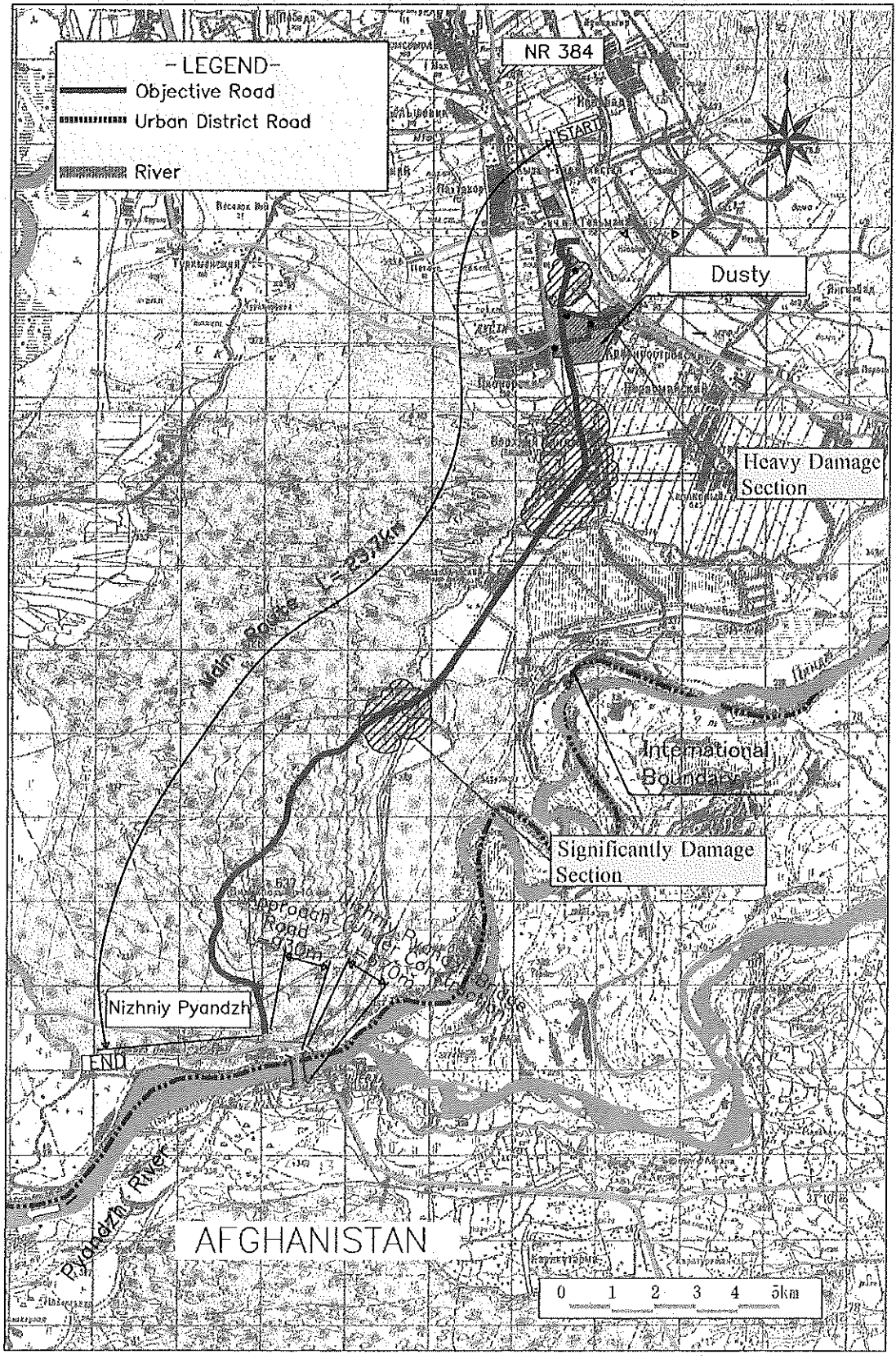
- Provision of weather data,
  - Provision of vehicle type loading data,
  - Provision of unit price and suppliers of materials and equipment for the emergency repair work,
  - Provision of unit price of work items,
  - Implementation of traffic census (two days (May 6 and 7), two places, three shifts),
  - Lending tools (shovel, pickaxe, etc.) for sampling,
  - Tests of pavement materials in MOT Lab.,
  - Recovery of trial pits,
  - Assistance of sampling pavement materials,
  - Ensuring traffic safety measures for the on-road survey works, and
  - Provision of other necessary data.
- MOT will accommodate the Survey team with a following item for the second field survey. Details will be discussed in the beginning of the second filed survey.
    - Provision of insufficient data in the first field survey and additional data.
  - MOT will accommodate the Survey team with following items for third field survey (technical assistance for the emergency repair work). Details will be discussed in the beginning of the third filed survey.
    - MOT will conduct the emergency repair work, agreed between MOT and the Survey team. MOT will bear the cost of the emergency repair work.
    - MOT will assign counterpart engineers for technical transfer by the Survey team.
    - MOT will ensure traffic safety measures for the emergency repair work.

(End)

Attachment: Survey Site Map

4/12/1

P

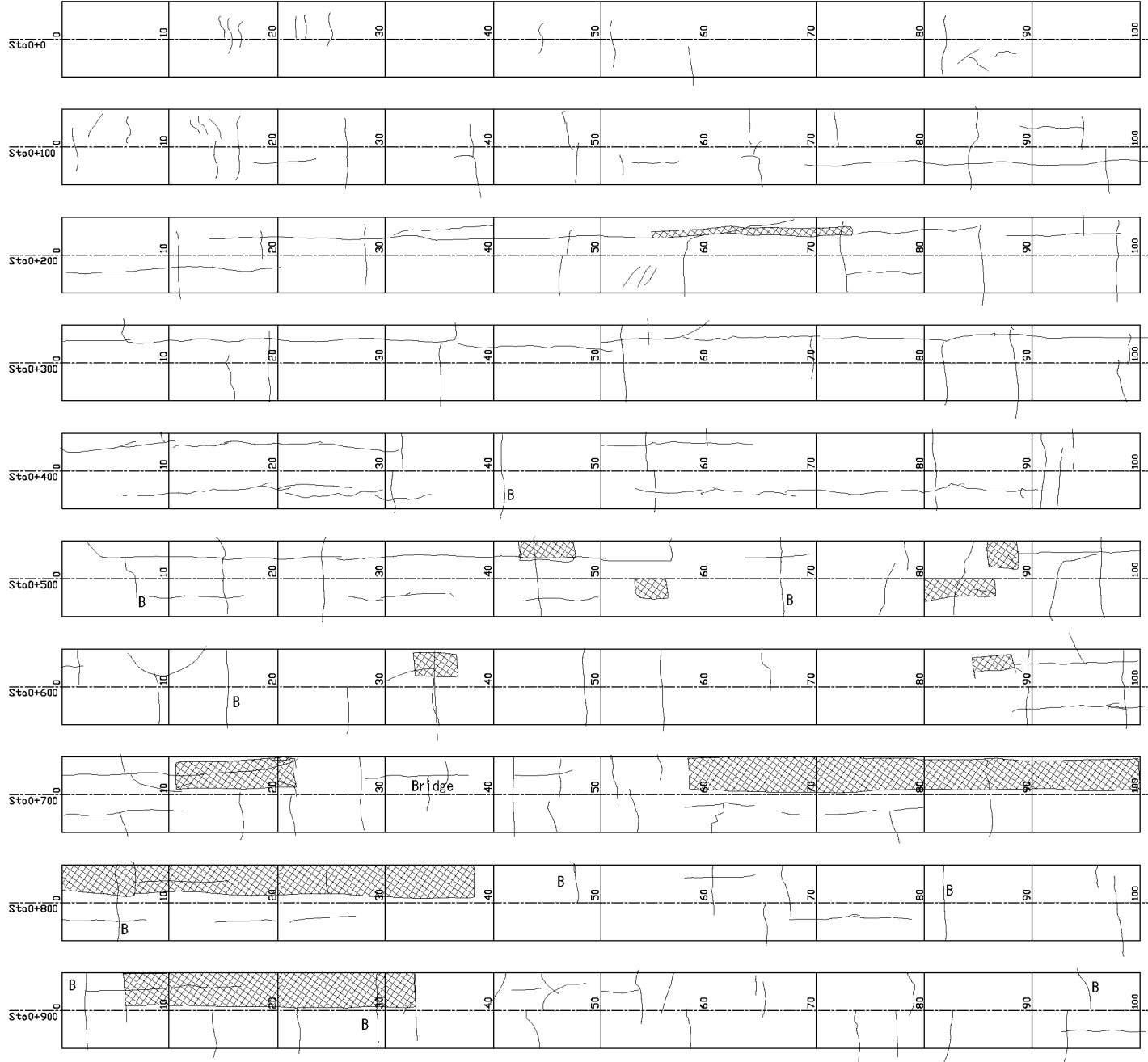


LOCATION MAP

### **添付資料-3 舗装インベントリー調査結果**



Survey Data Sheet for Dusty-Nijny Pyandzh Road Date



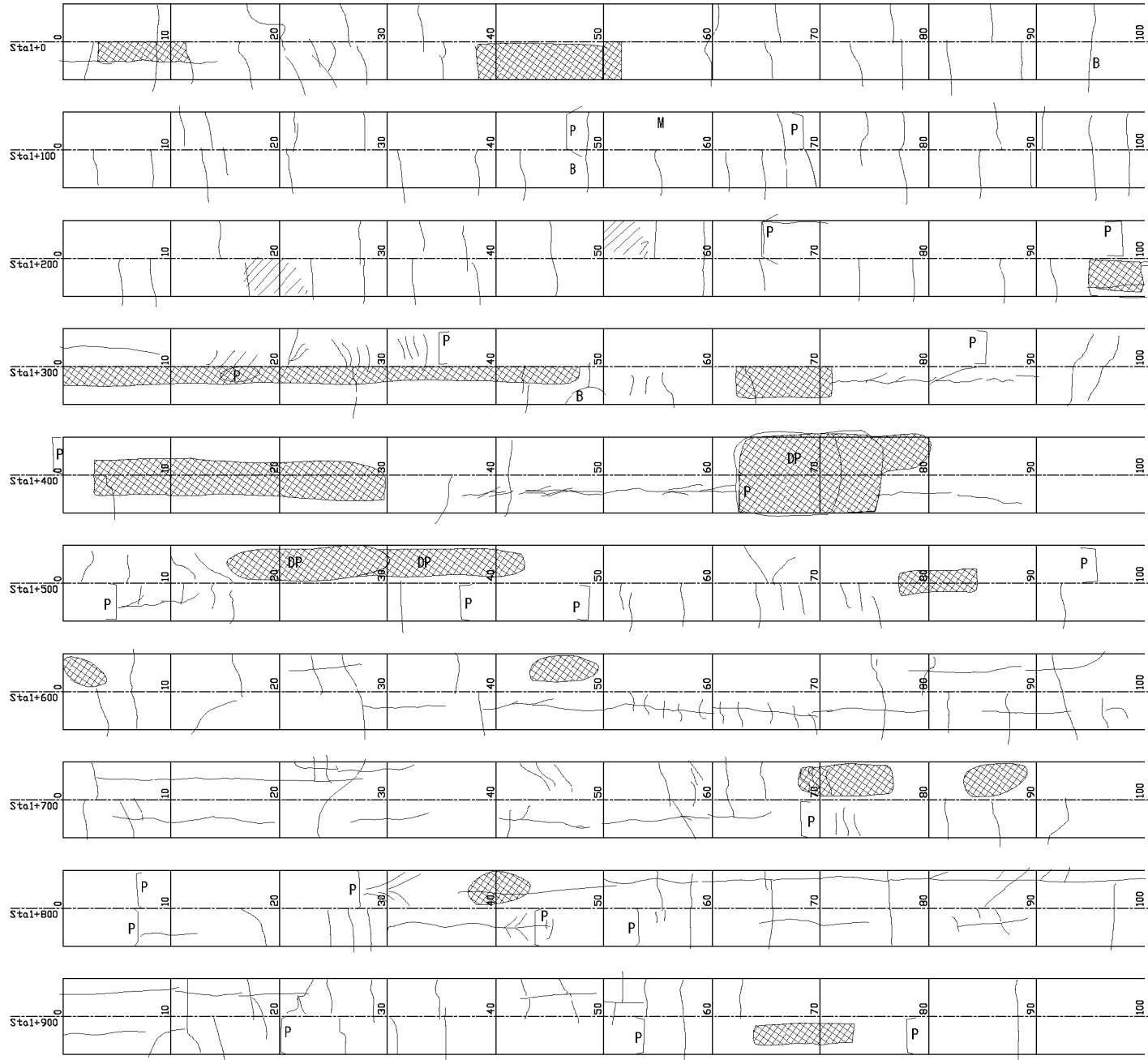
Legend

- Crack (transverse, longitudinal)
- Alligator Crack
- B**: Big Crack
- M**: Midium Cracks
- S**: Small Crack
- DP** Depression
- PL** Polishing
- MOT** Repaired by MOT
- Patch
- Rutting
- Repair section

Legend

- Type 1
- Type 2
- Type 3
- Type 4
- Type 5
- Type 6

Survey Data Sheet for Dusty-Nijiny Fyandzh Road Date



Legend

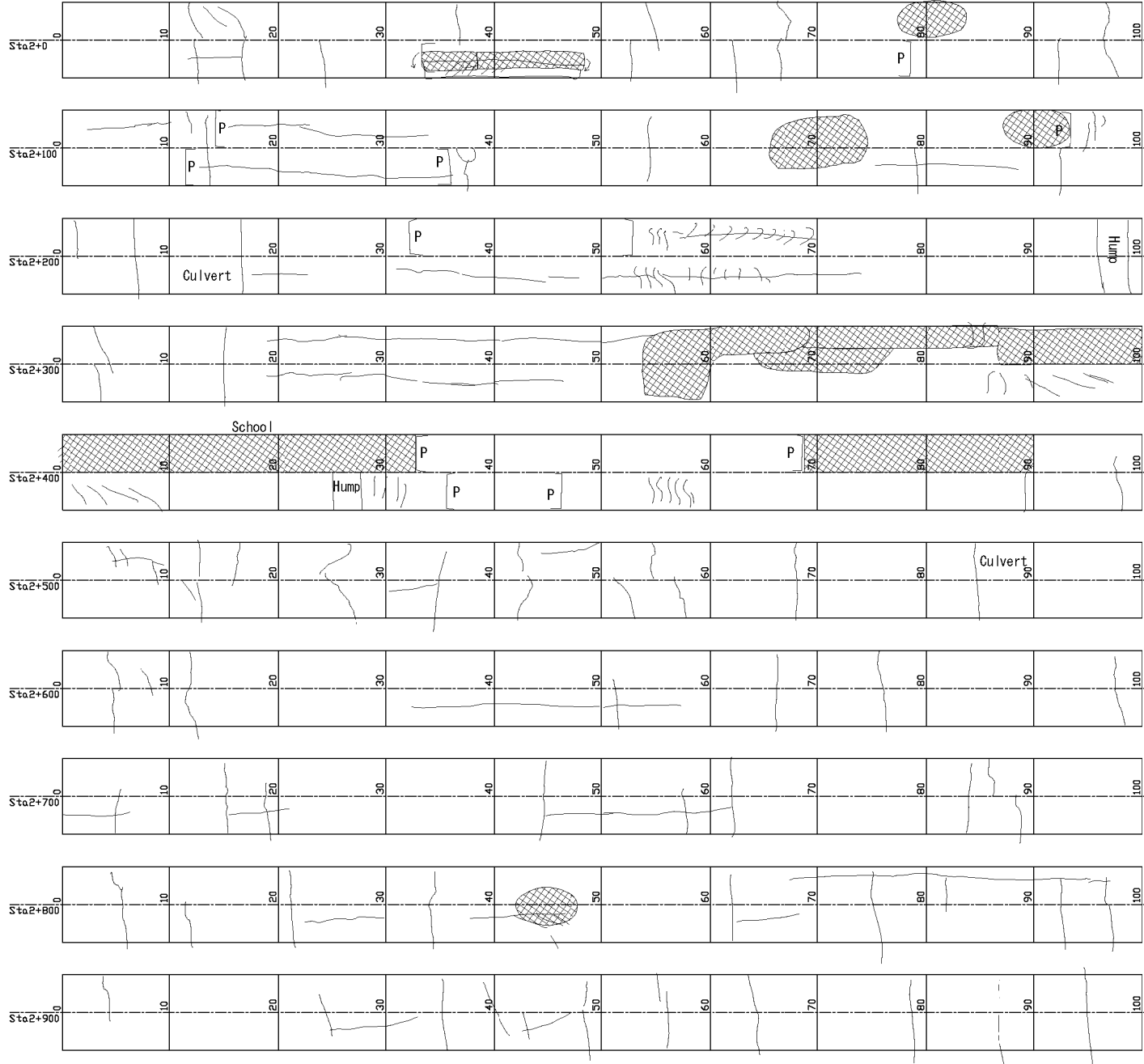
- Crack (transverse, longitudinal)
- Alligator Crack
- B: Big Crack
- M: Medium Cracks
- S: Small Crack
- DP: Depression
- PL: Polishing
- MOT: Repaired by MOT
- Patch
- Rutting
- Repair section

Legend

- Type 1
- Type 2
- Type 3
- Type 4
- Type 5
- Type 6



Survey Data Sheet for Dusty-Nijiny Fyandzh Road Date



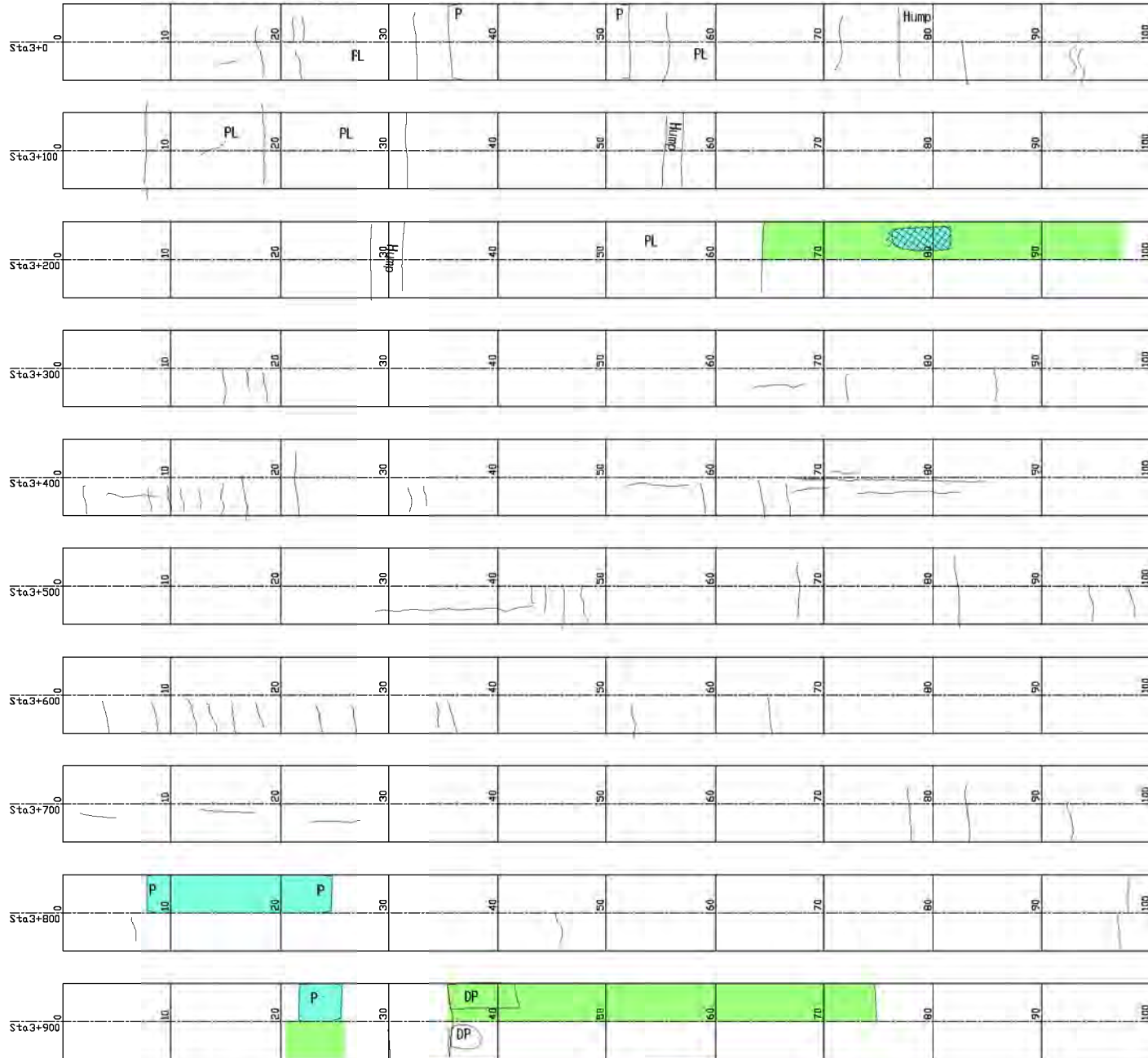
Legend

- Crack (transverse, longitudinal)
- Alligator Crack
- B: Big Crack
- M: Midium Cracks
- S: Small Crack
- DP Depression
- PL Polishing
- MOT Repaired by MOT
- Patch
- Rutting
- Repair section

Legend

- Type 1
- Type 2
- Type 3
- Type 4
- Type 5
- Type 6

Survey Data Sheet for Dusty-Nijiny Pyandzh Road Date

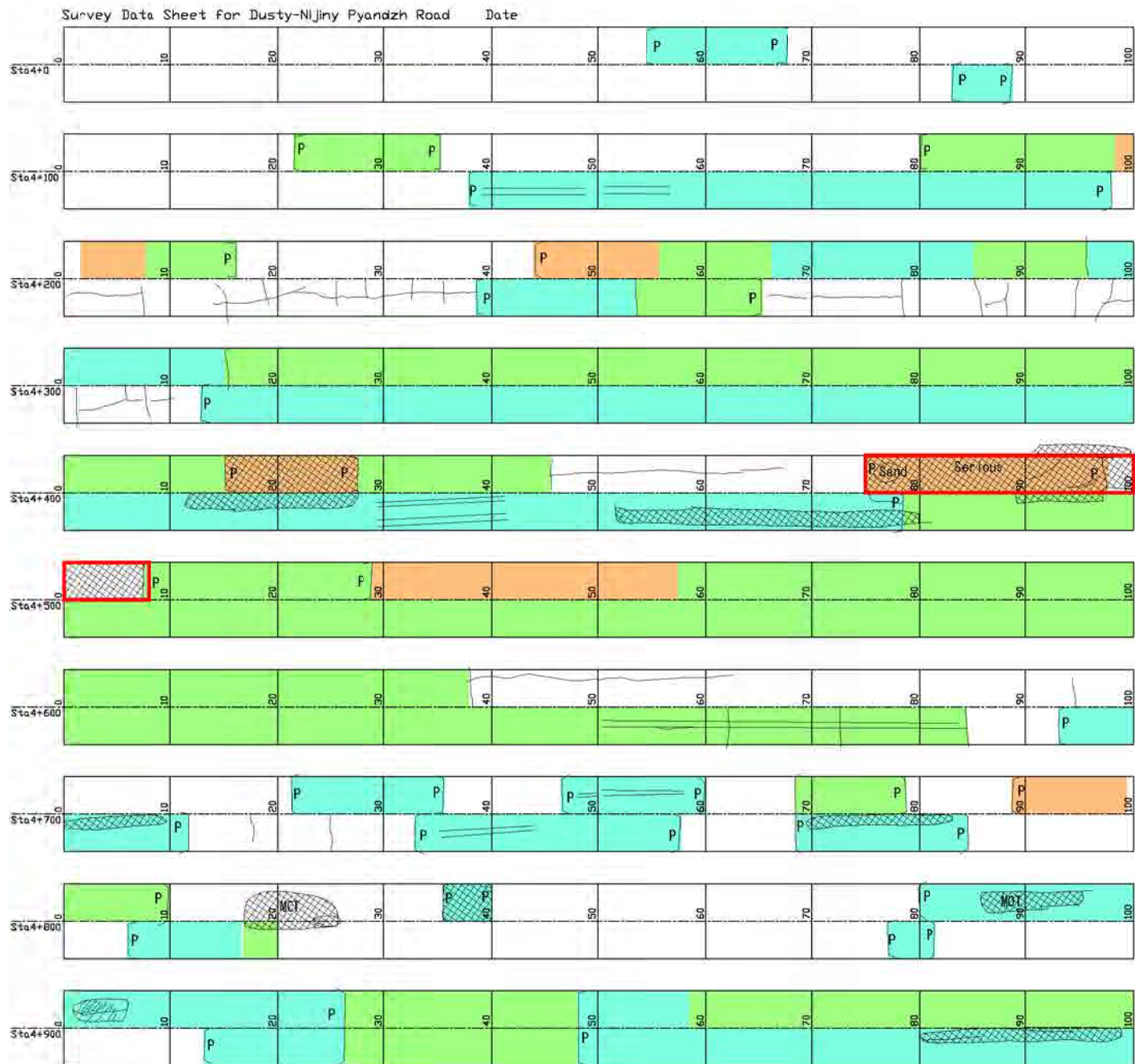


Legend

- Crack (transverse, longitudinal)
- Alligator Crack
- B:** Big Crack
- M:** Midium Cracks
- S:** Small Crack
- DP:** Depression
- PL:** Polishing
- MOT:** Repaired by MOT
- Patch
- Rutting
- Repair section

Legend

- Type 1
- Type 2
- Type 3
- Type 4
- Type 5
- Type 6



Legend

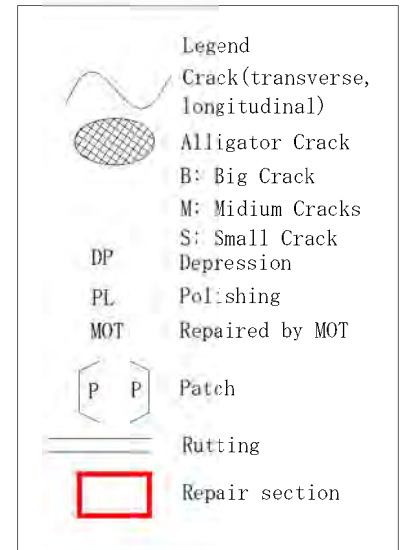
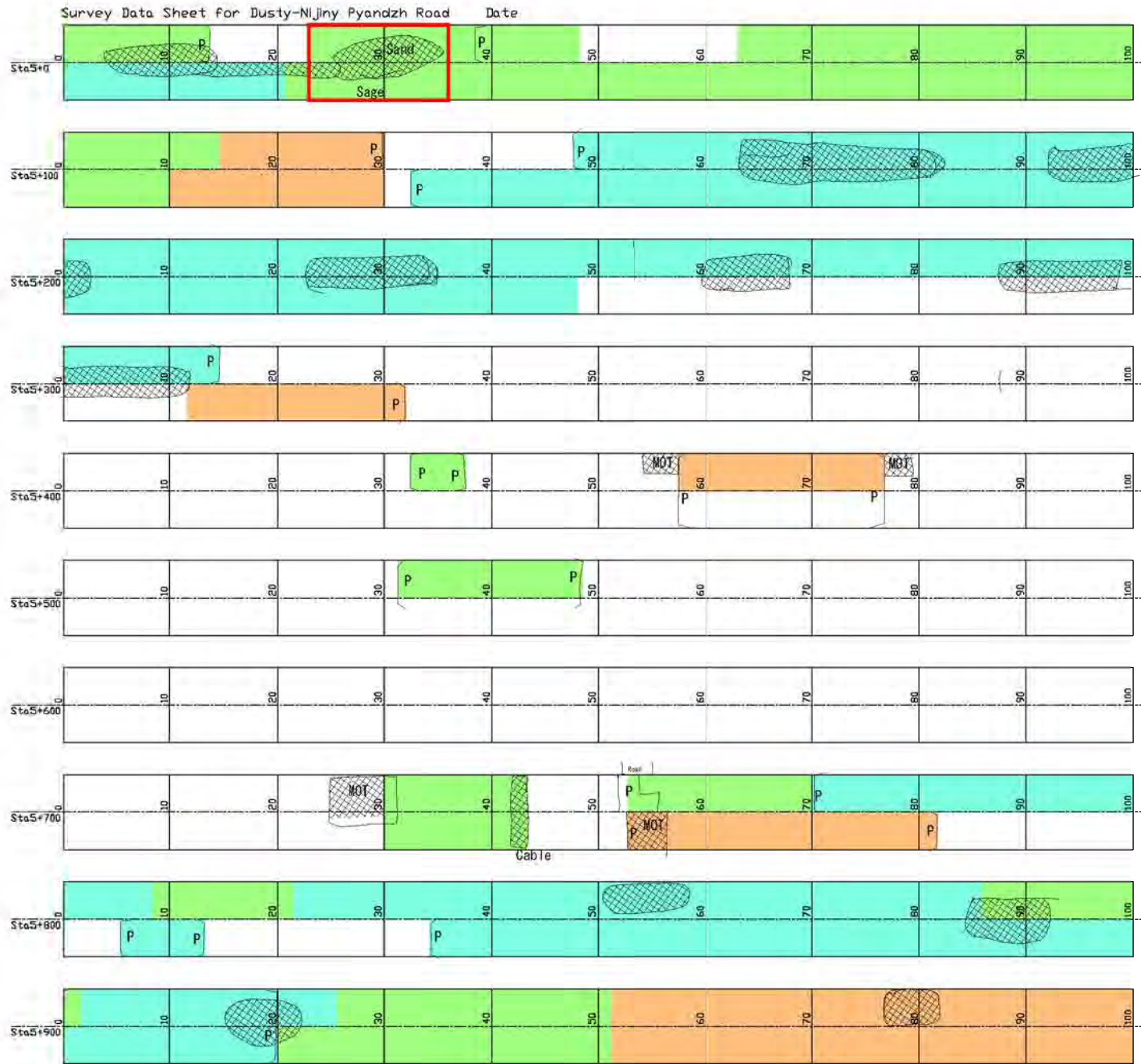
- Crack (transverse, longitudinal)
- Alligator Crack
- B**: Big Crack
- M**: Medium Cracks
- S**: Small Crack
- DP** Depression
- PL** Polishing
- MOT** Repaired by MOT
- Patch
- Rutting
- Repair section

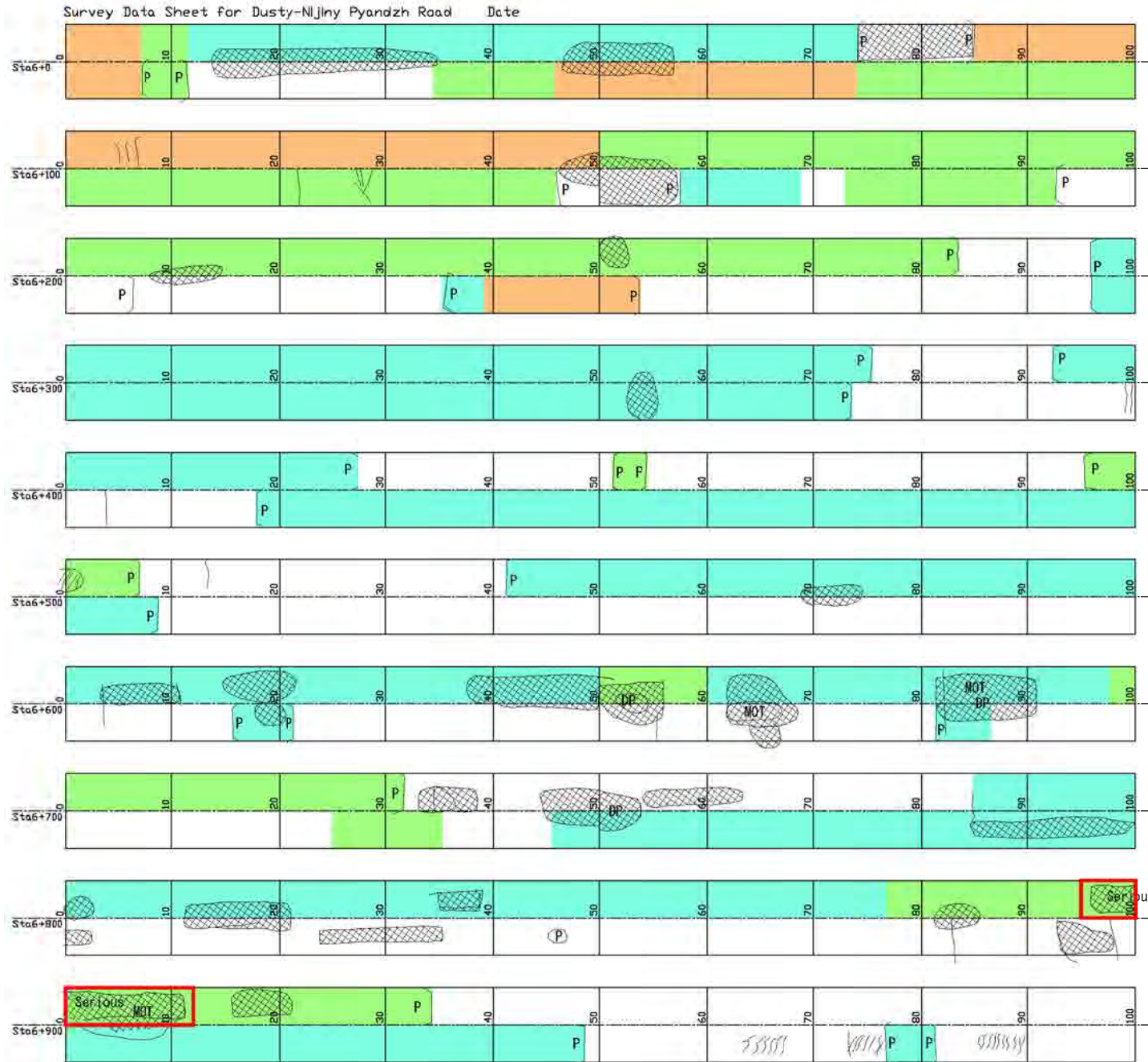
Legend

- Type 1
- Type 2
- Type 3
- Type 4
- Type 5
- Type 6

添付資料3-5







Legend

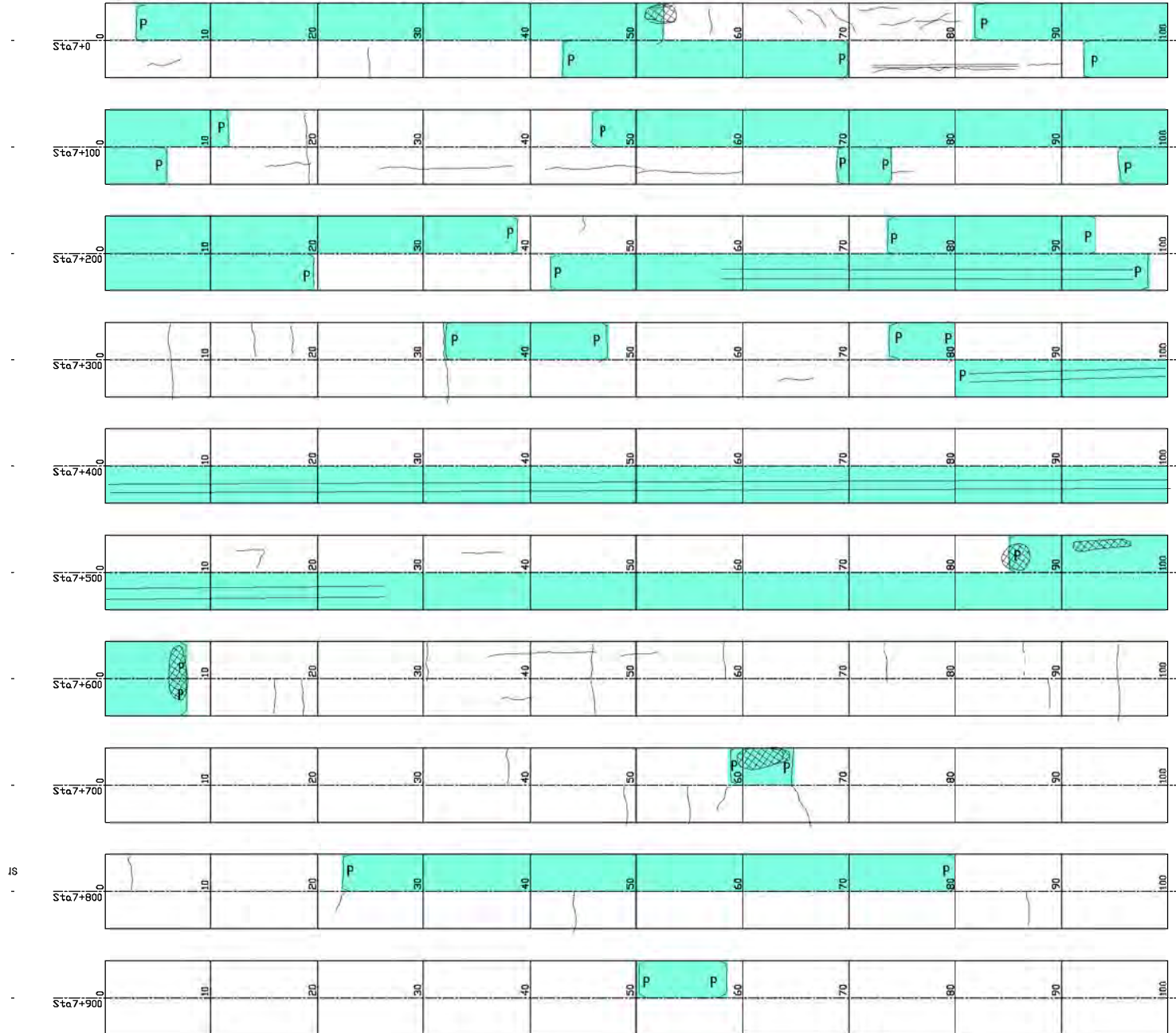
- Crack (transverse, longitudinal)
- Alligator Crack
- B: Big Crack
- M: Midium Cracks
- S: Small Crack
- DP Depression
- PL Polishing
- MOT Repaired by MOT
- Patch
- Rutting
- Repair section

Legend

- Type 1
- Type 2
- Type 3
- Type 4
- Type 5
- Type 6



Survey Data Sheet for Dusty-Nijiny Pyandzh Road Date



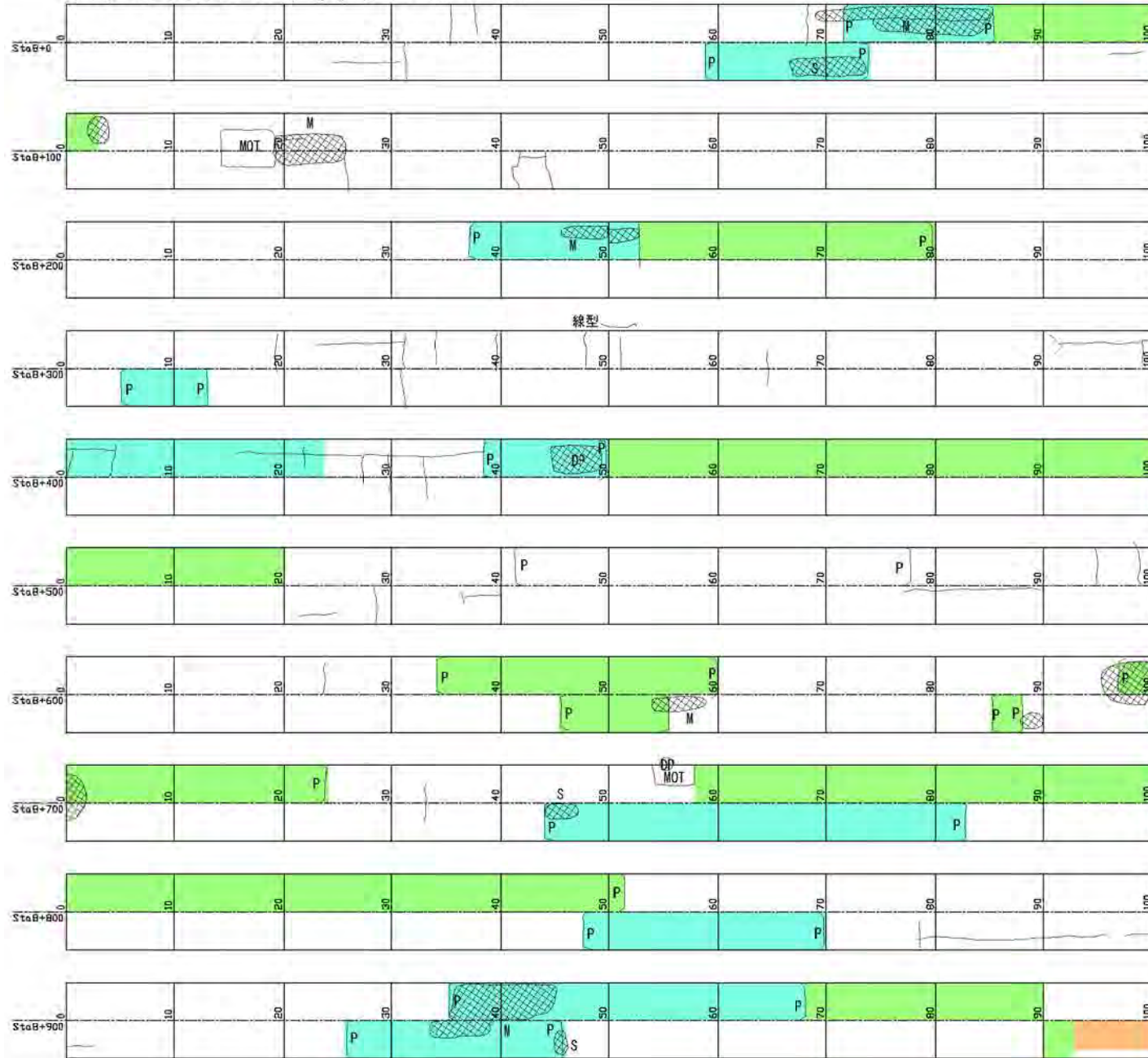
Legend

- Crack (transverse, longitudinal)
- Alligator Crack
- B:** Big Crack
- M:** Midium Cracks
- S:** Small Crack
- DP:** Depression
- PL:** Polishing
- MOT:** Repaired by MOT
- Patch
- Rutting
- Repair section

Legend

- Type 1
- Type 2
- Type 3
- Type 4
- Type 5
- Type 6

Survey Data Sheet for Dusty-Nijny Pyandzh Road Date



Legend

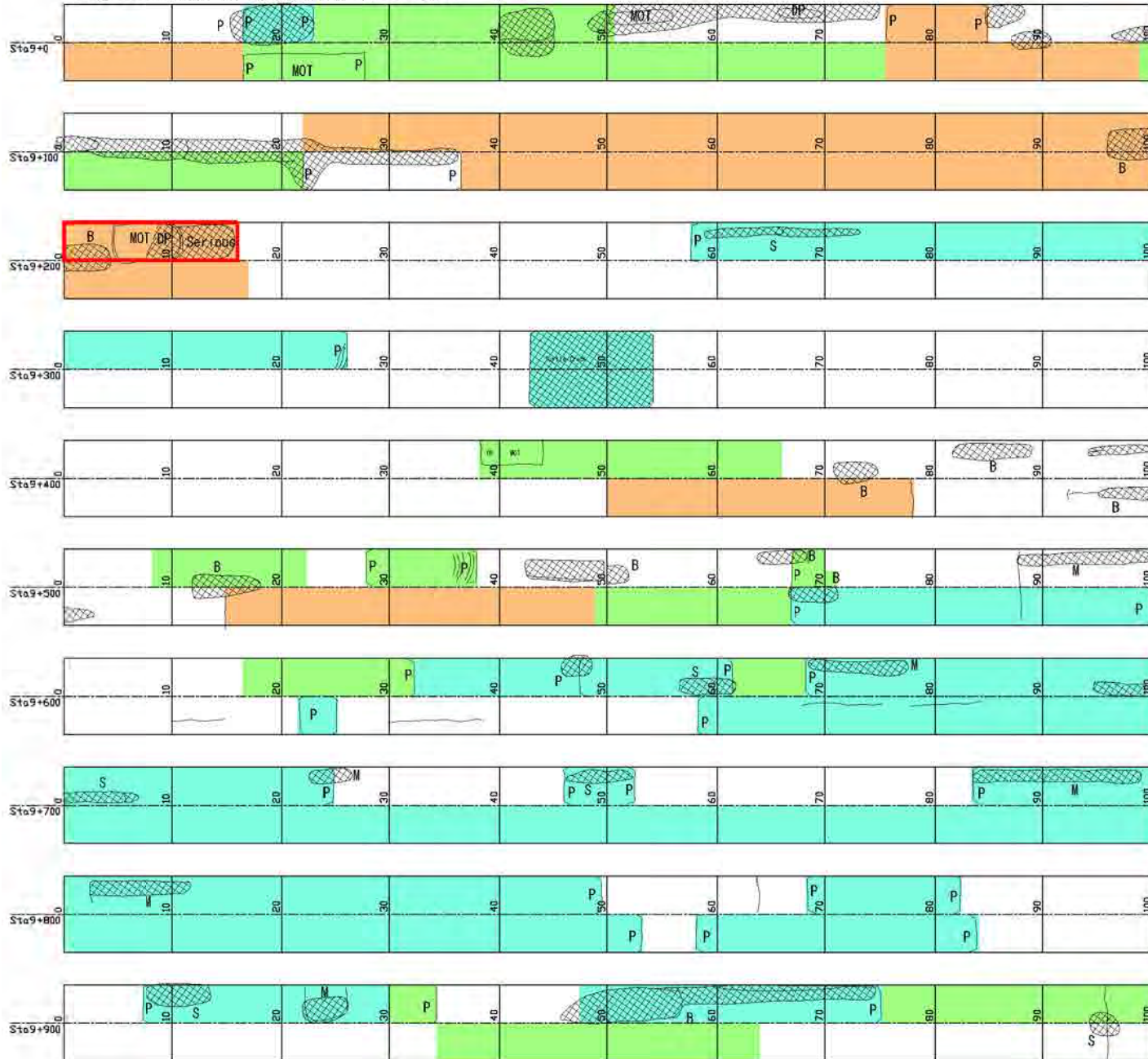
- Crack (transverse, longitudinal)
- Alligator Crack
- B: Big Crack
- M: Medium Cracks
- S: Small Crack
- DP: Depression
- PL: Polishing
- MOT: Repaired by MOT
- P: Patch
- Rutting
- Repair section

Legend

- Type 1
- Type 2
- Type 3
- Type 4
- Type 5
- Type 6



Survey Data Sheet for Dusty-Nijny Pyandzh Road Dcte

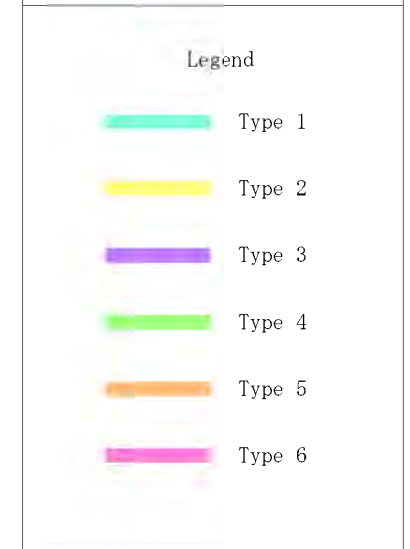
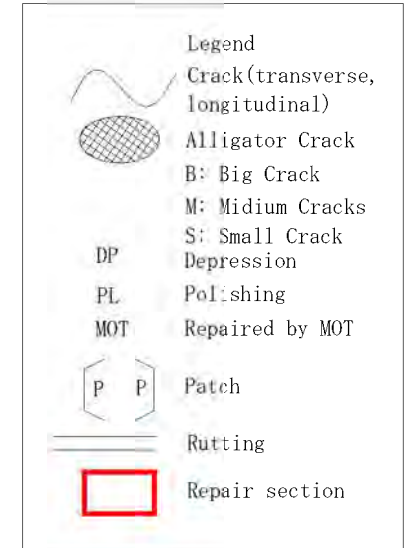


Legend

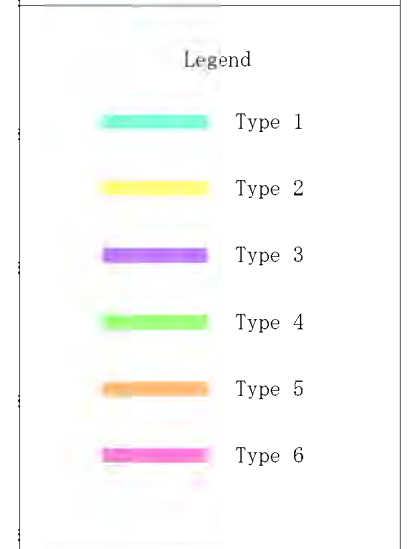
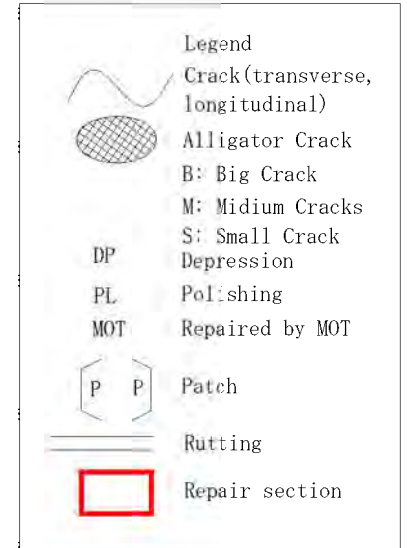
- Crack(transverse, longitudinal)
- Alligator Crack
- B: Big Crack
- M: Midium Cracks
- S: Small Crack
- DP Depression
- PL Polishing
- MOT Repaired by MOT
- P Patch
- Rutting
- Repair section

Legend

- Type 1
- Type 2
- Type 3
- Type 4
- Type 5
- Type 6







Survey Data Sheet for Dusty-Nijiny Pyandzh Road Date



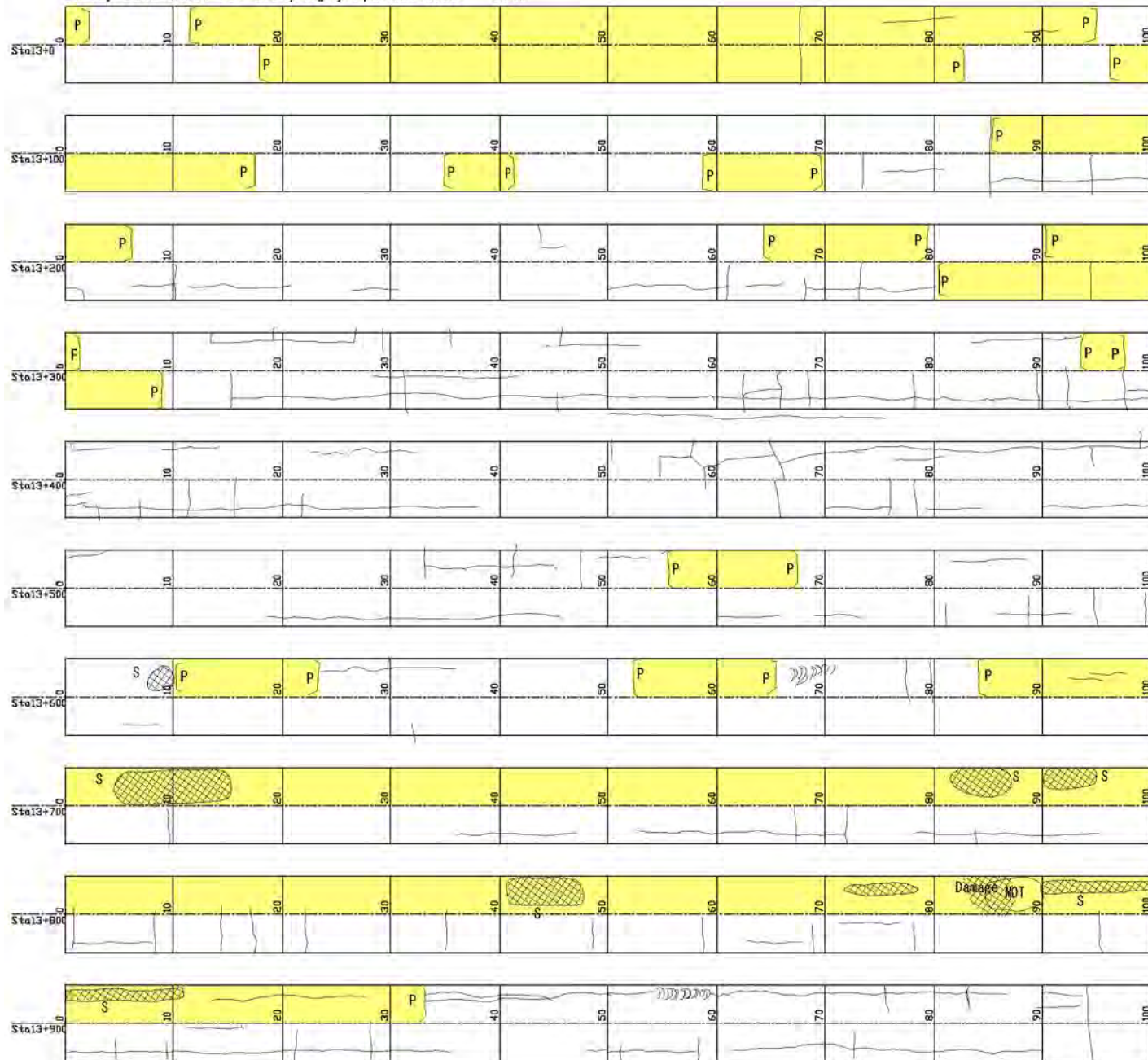
Legend	
	Crack (transverse, longitudinal)
	Alligator Crack
	B: Big Crack
	M: Medium Cracks
	S: Small Crack
	DP: Depression
	PL: Polishing
	MOT: Repaired by MOT
	Patch
	Rutting
	Repair section

Legend	
	Type 1
	Type 2
	Type 3
	Type 4
	Type 5
	Type 6



Survey Data Sheet for Dusty-Nijiny Pyandzh Road Date

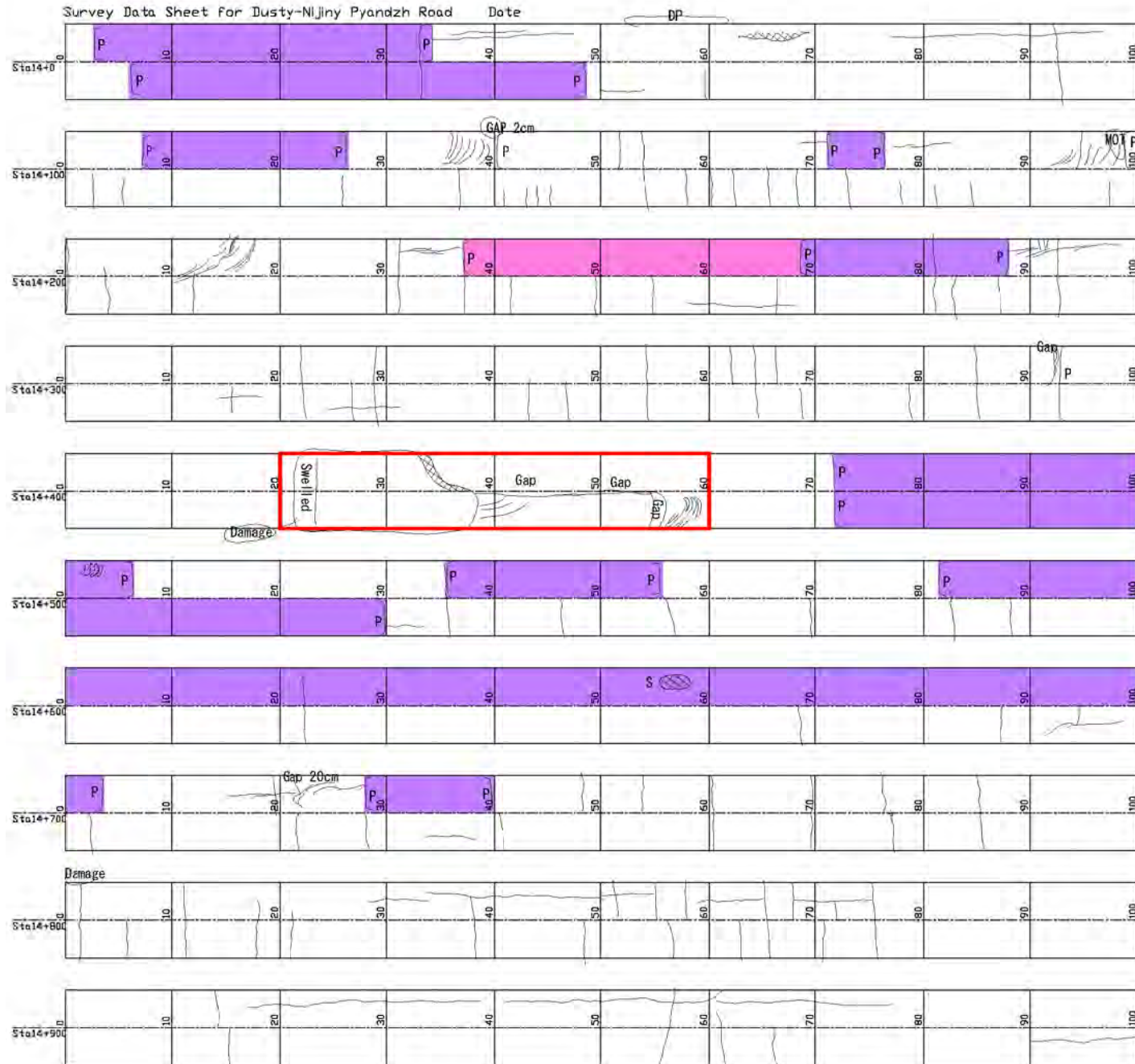


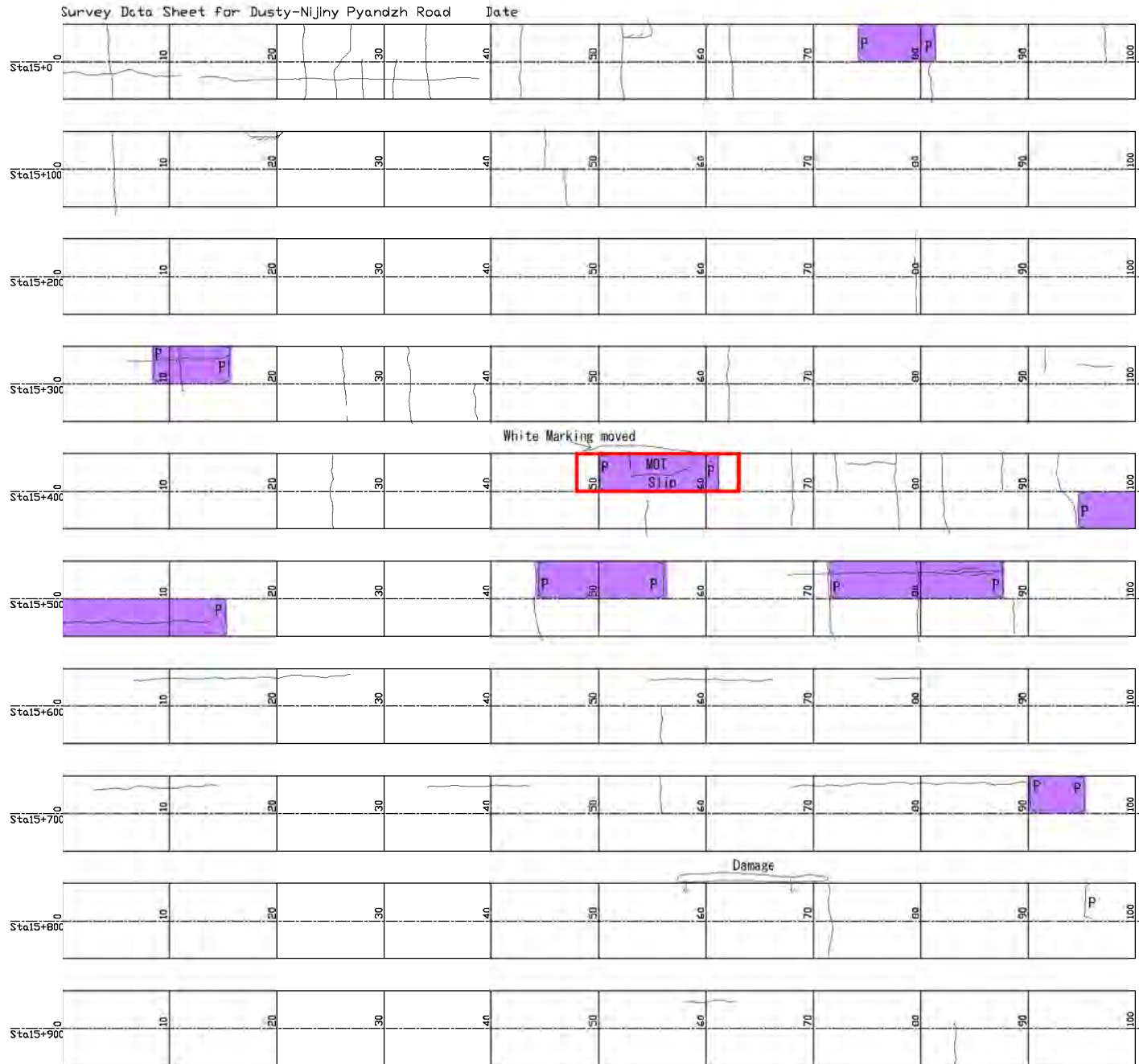
Legend

- Crack (transverse, longitudinal)
- Alligator Crack
- B**: Big Crack
- M**: Medium Cracks
- S**: Small Crack
- DP** Depression
- PL** Polishing
- MOT** Repaired by MOT
- Patch
- Rutting
- Repair section

Legend

- Type 1
- Type 2
- Type 3
- Type 4
- Type 5
- Type 6





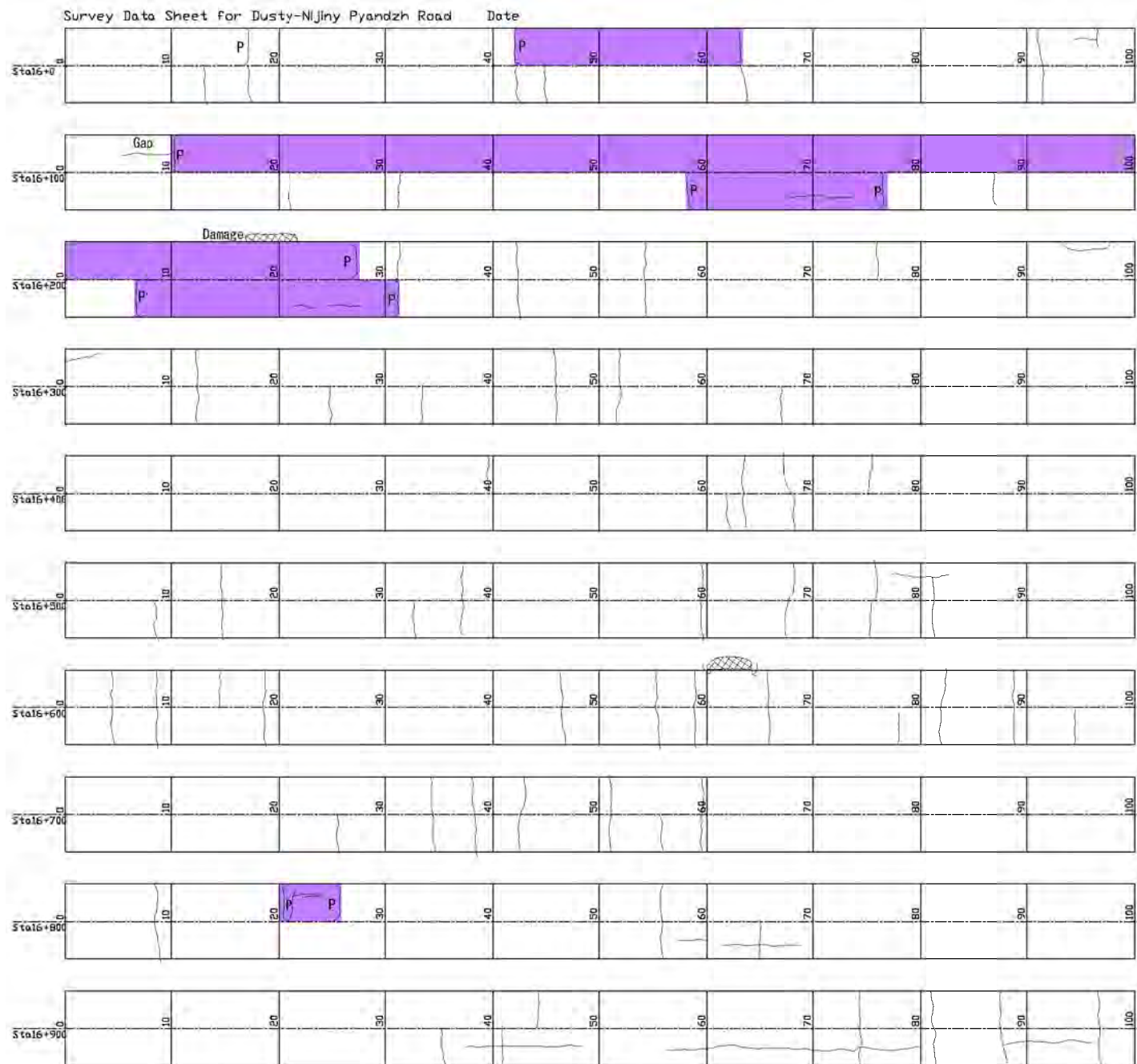
Legend

- Crack (transverse, longitudinal)
- Alligator Crack
- B:** Big Crack
- M:** Midium Cracks
- S:** Small Crack
- DP** Depression
- PL** Polishing
- MOT** Repaired by MOT
- Patch
- Rutting
- Repair section

Legend

- Type 1
- Type 2
- Type 3
- Type 4
- Type 5
- Type 6



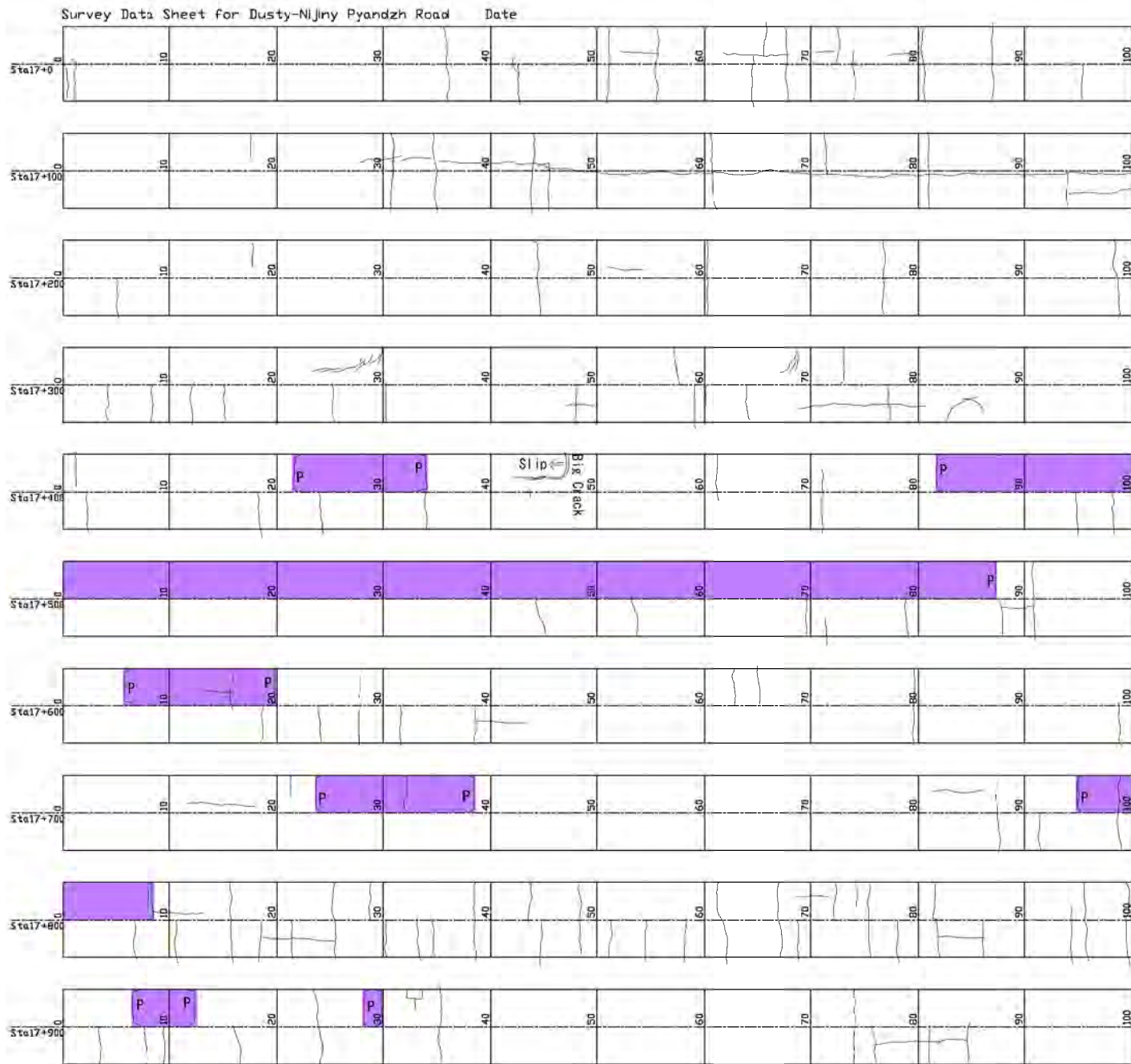


Legend

- Crack (transverse, longitudinal)
- Alligator Crack
- B: Big Crack
- M: Midium Cracks
- S: Small Crack
- DP: Depression
- PL: Polishing
- MOT: Repaired by MOT
- Patch
- Rutting
- Repair section

Legend

- Type 1
- Type 2
- Type 3
- Type 4
- Type 5
- Type 6



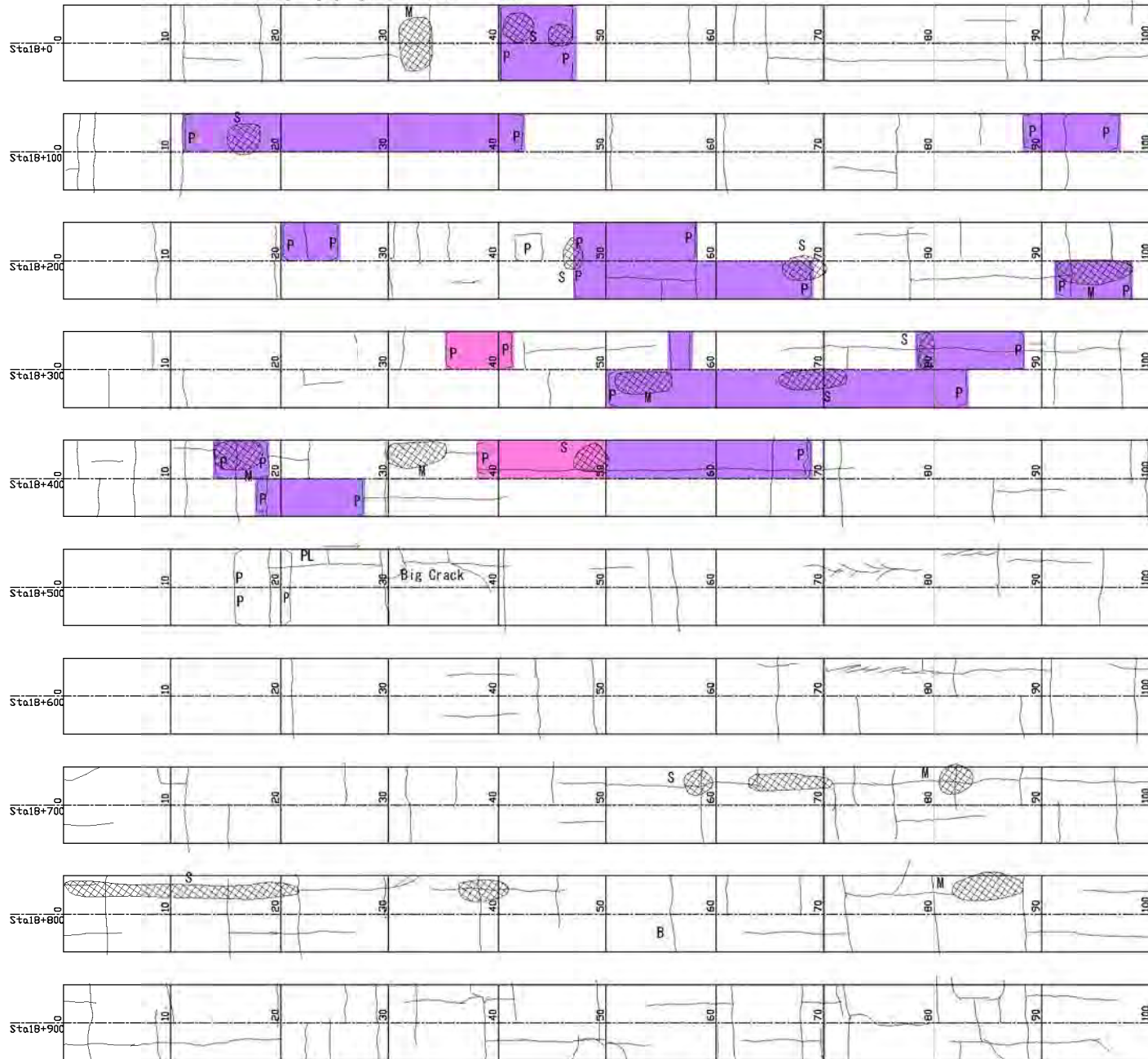
Legend

- Crack (transverse, longitudinal)
- Alligator Crack
- B: Big Crack
- M: Medium Cracks
- S: Small Crack
- DP Depression
- PL Polishing
- MOT Repaired by MOT
- Patch
- Rutting
- Repair section

Legend

- Type 1
- Type 2
- Type 3
- Type 4
- Type 5
- Type 6

Survey Data Sheet for Dusty-Nijiny Pyandzh Road Date



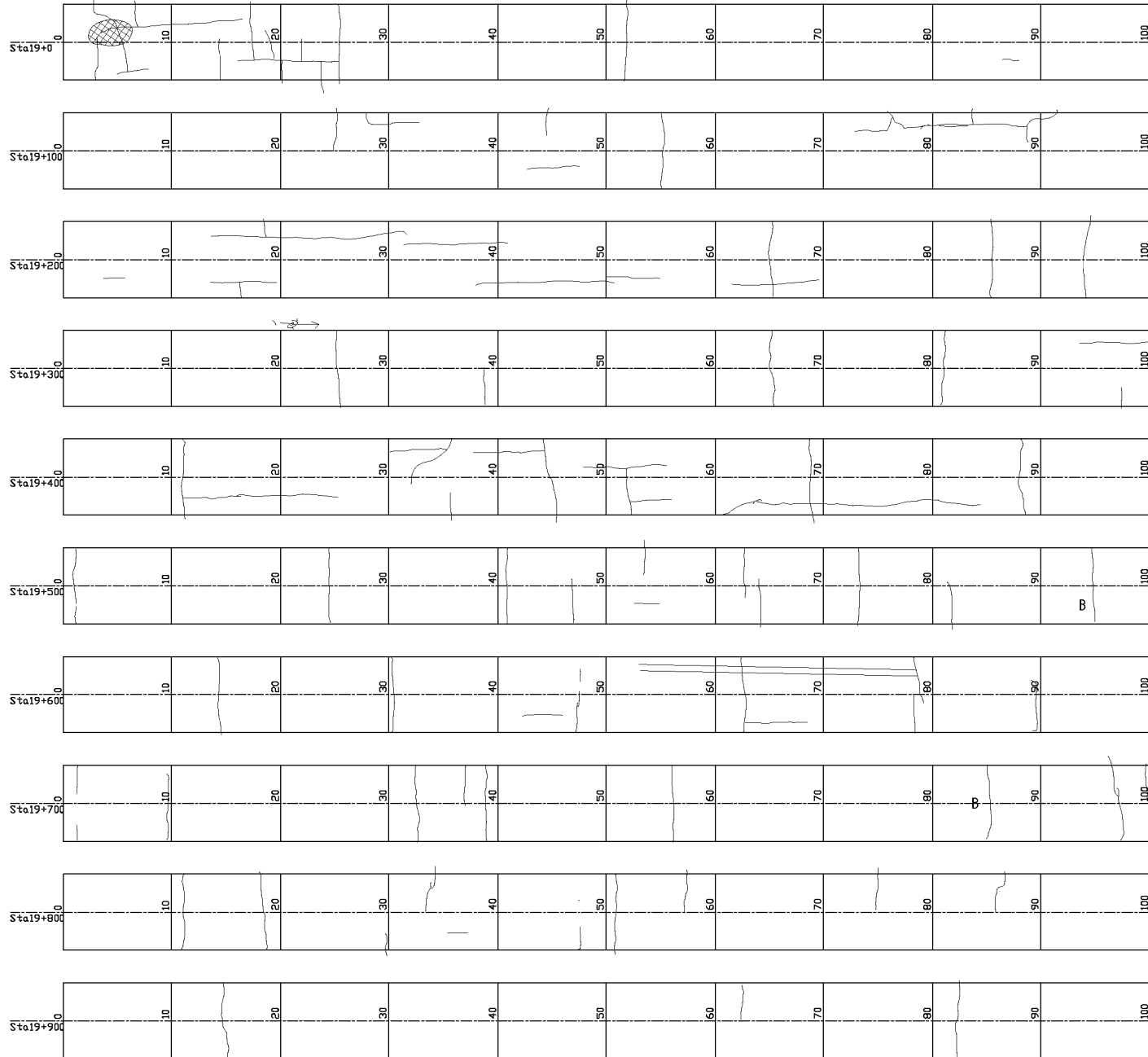
Legend

- Crack (transverse, longitudinal)
- Alligator Crack
- B:** Big Crack
- M:** Medium Cracks
- S:** Small Crack
- DP** Depression
- PL** Polishing
- MOT** Repaired by MOT
- Patch
- Rutting
- Repair section

Legend

- Type 1
- Type 2
- Type 3
- Type 4
- Type 5
- Type 6

Survey Data Sheet for Dusty-Nijiny Pyandzh Road Date



Legend

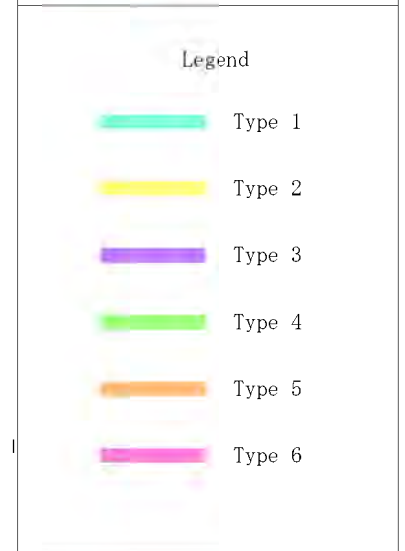
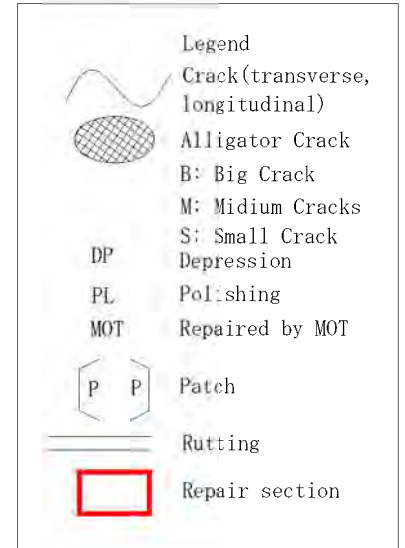
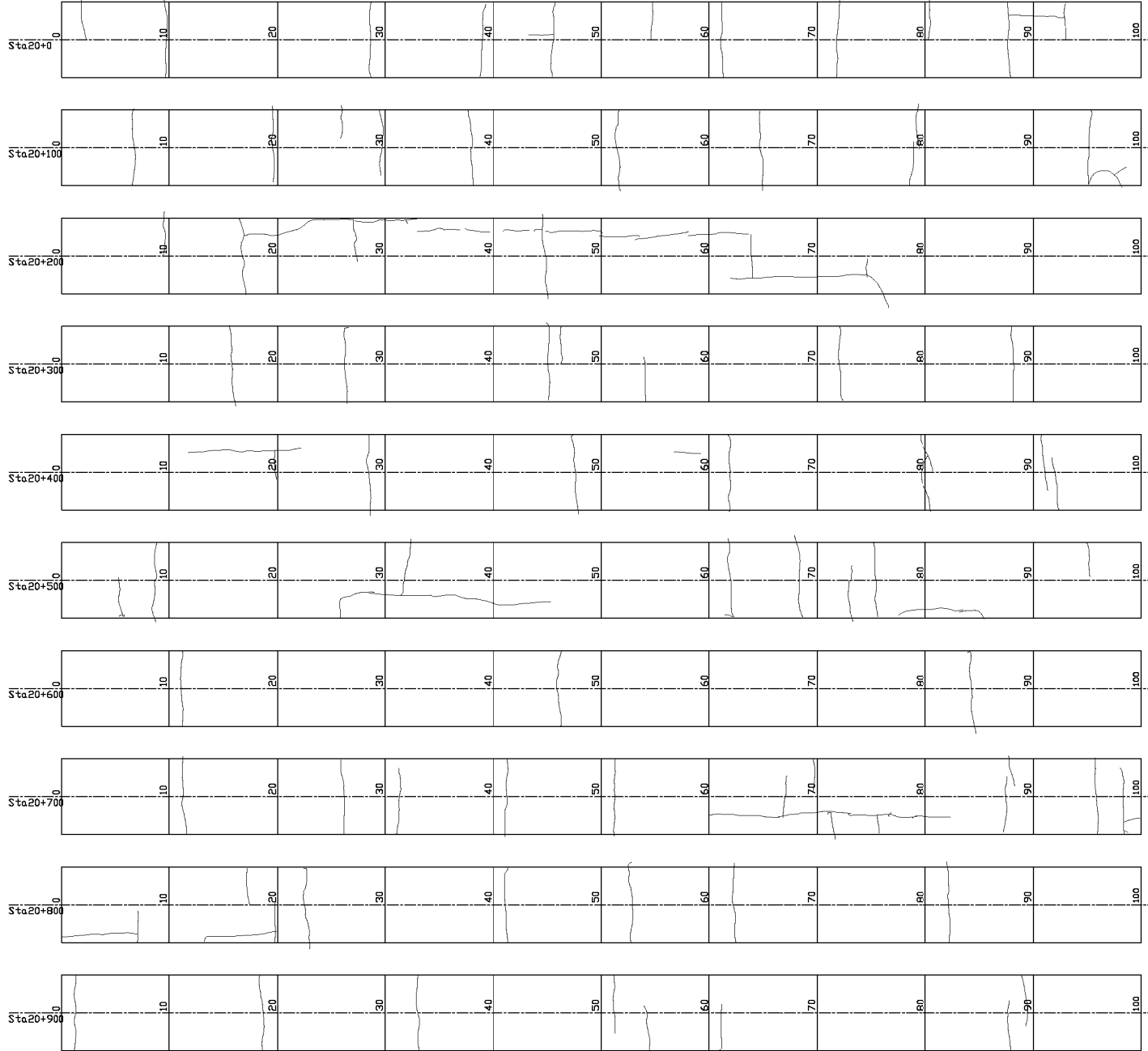
- Crack(transverse, longitudinal)
- Alligator Crack
- B: Big Crack
- M: Midium Cracks
- S: Small Crack
- DP Depression
- PL Polishing
- MOT Repaired by MOT
- Patch
- Rutting
- Repair section

Legend

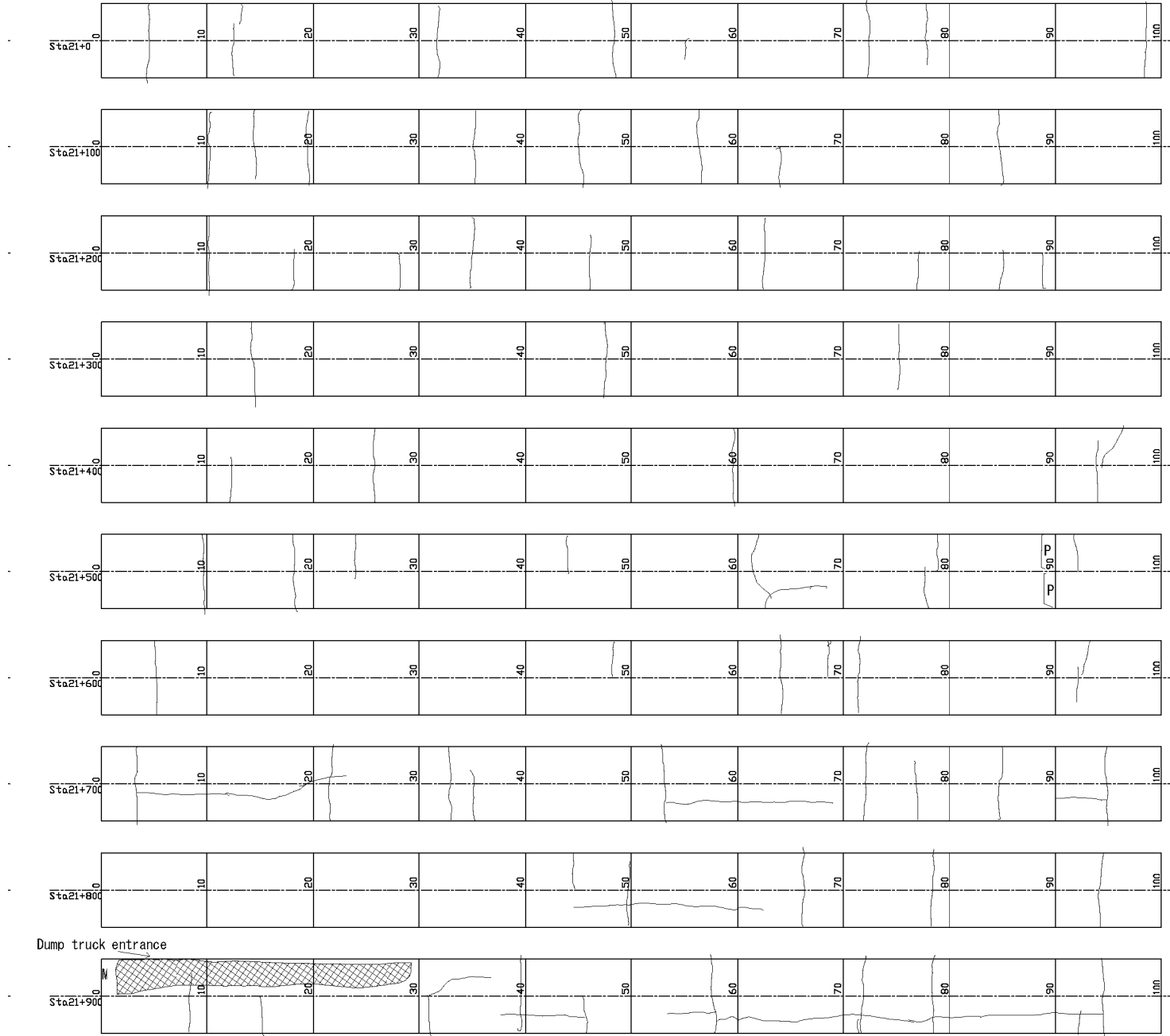
- Type 1
- Type 2
- Type 3
- Type 4
- Type 5
- Type 6



Survey Data Sheet for Dusy-Nijiny Pyandzh Road Late



Survey Data Sheet for Dusty-Nijiny Pyandzh Road Date



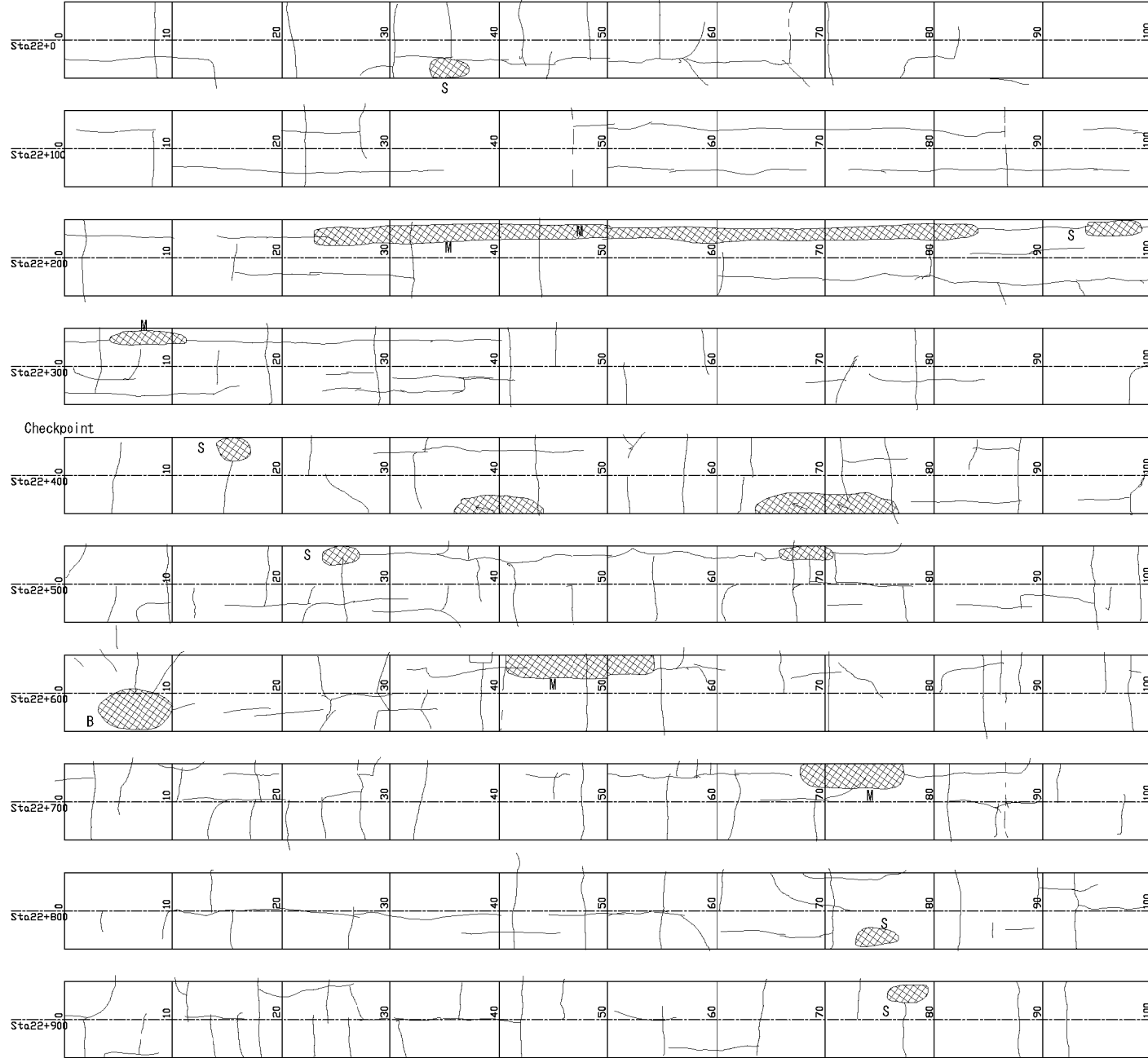
Legend

- Crack (transverse, longitudinal)
- Alligator Crack
- B: Big Crack
- M: Medium Cracks
- S: Small Crack
- DP: Depression
- PL: Polishing
- MOT: Repaired by MOT
- P: Patch
- Rutting
- Repair section

Legend

- Type 1
- Type 2
- Type 3
- Type 4
- Type 5
- Type 6

Survey Data Sheet for Dusty-Nijiny Pyandzh Road Date



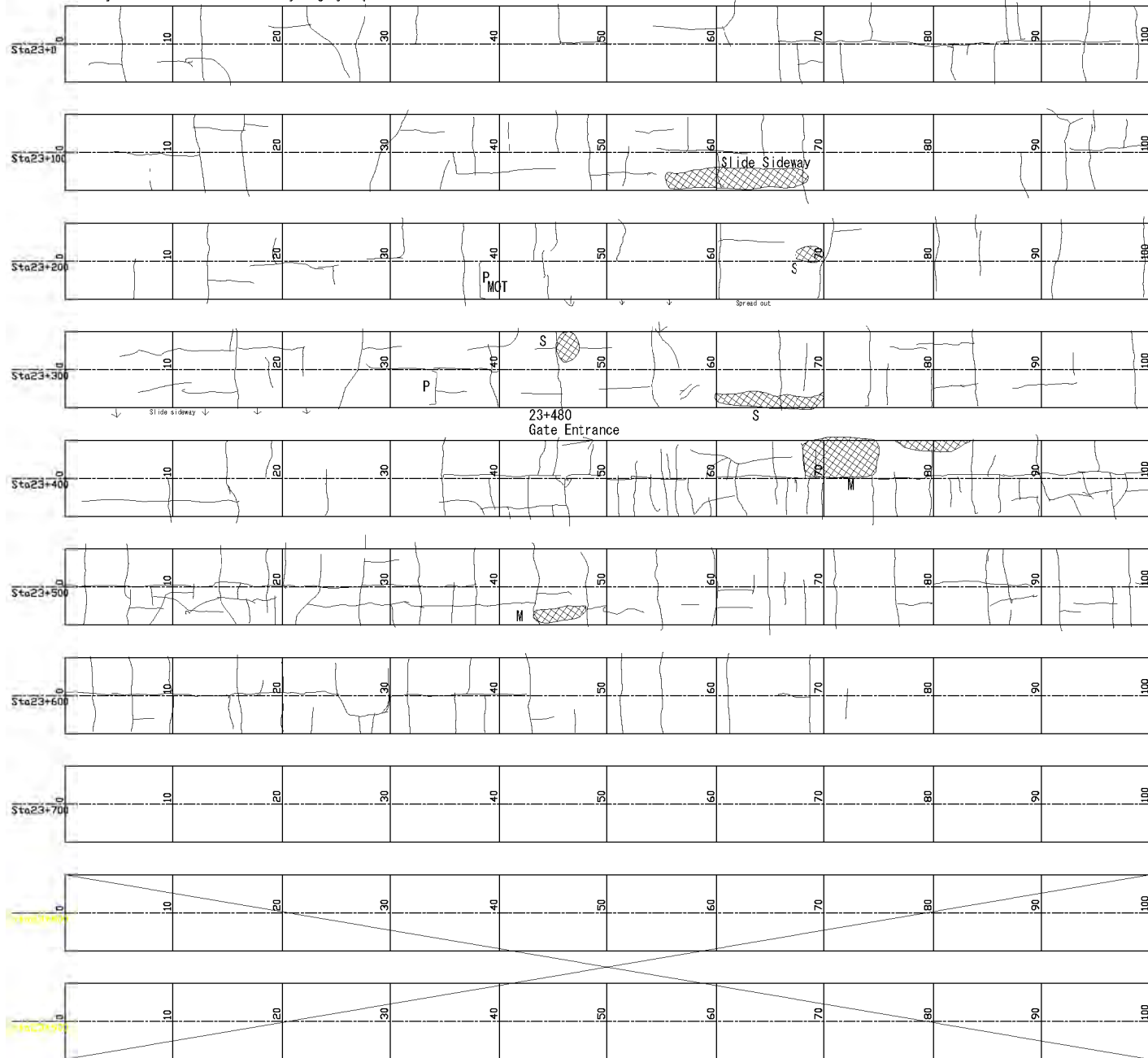
Legend

- Crack (transverse, longitudinal)
- Alligator Crack
- B: Big Crack
- M: Midium Cracks
- S: Small Crack
- DP Depression
- PL Polishing
- MOT Repaired by MOT
- Patch
- Rutting
- Repair section

Legend

- Type 1
- Type 2
- Type 3
- Type 4
- Type 5
- Type 6

Survey Data Sheet for Dusty-Nijiny Pyandzh Road Date



Legend

- Crack(transverse, longitudinal)
- Alligator Crack
- B: Big Crack
- M: Midium Cracks
- S: Small Crack
- DP Depression
- PL Polishing
- MOT Repaired by MOT
- Patch
- Rutting
- Repair section

Legend

- Type 1
- Type 2
- Type 3
- Type 4
- Type 5
- Type 6



Section	Length (m)	Direction	Repair Type												No Repair Section		Total Length of Each Repair Section (m)	Total of Damage Rate of Each Repair-Section(%)	Total of Damage Rate(Repair + Unrepair)(%) (23,650m)
			1		2		3		4		5		6		Length (m)	Damage rate(%)			
			Length (m)	Damage rate(%)	Length (m)	Damage rate(%)	Length (m)	Damage rate(%)	Length (m)	Damage rate(%)	Length (m)	Damage rate(%)	Length (m)	Damage rate(%)					
1 (0+000 to 0+950)	950	Inbound													950.00	21.00			21.00
		Outbound													950.00	7.68			7.68
		Total													1,900.00	14.34			14.34
2 (0+950 to 2+350)	1,400	Inbound													1,400.00	14.36			14.36
		Outbound													1,400.00	17.79			17.79
		Total													2,800.00	16.07			16.07
3 (2+350 to 3+100)	750	Inbound													750.00	17.33			17.33
		Outbound													750.00	8.40			8.40
		Total													1,500.00	12.87			12.87
4 (3+100 to 7+000)	3,900	Inbound	890.00	13.82					920.00	6.36	260.00	4.35			1,830.00	3.44	2,070.00	8.18	6.99
		Outbound	960.00	9.79					500.00	4.40	180.00	4.72			2,260.00	5.80	1,640.00	6.30	6.18
		Total	1,850.00	11.81					1,420.00	5.38	440.00	4.54			4,090.00	4.62	3,710.00	7.24	6.58
5 (7+000 to 14+000)	7,000	Inbound	1,450.00	9.28	860.00	6.10			1,030.00	7.52	180.00	13.33			3,480.00	5.09	3,520.00	9.06	8.26
		Outbound	960.00	6.98	440.00	2.05			520.00	3.75	390.00	3.21			4,650.00	3.84	2,310.00	3.99	3.96
		Total	2,410.00	8.13	1,300.00	4.08			1,550.00	5.64	570.00	8.27			8,170.00	4.46	5,830.00	6.53	6.11
6 (14+000 to 22+000)	8,200	Inbound					870.00	3.91					60.00	10.83	7,270.00	5.80	930.00	7.37	6.35
		Outbound					250.00	6.20							7,950.00	5.01	250.00	6.20	5.60
		Total					1,120.00	5.05					60.00	10.83	15,220.00	5.41	1,180.00	7.94	7.10
7 (22+000 to 23+650)	1,450	Inbound													1,450.00	15.48			15.48
		Outbound													1,450.00	14.52			14.52
		Total													2,900.00	15.00			15.00
Total of Each Repair Type(%)			4,260.00	9.82	1,300.00	4.73	1,120.00	4.42	2,970.00	5.98	1,010.00	8.42	60.00	10.83	36,580.00	7.44	10,720.00	7.45	7.44
(Total)																			



## **添付資料-4 軸重測定結果**



添付一2 Heavy Vehicle Weight Measurement Survey (Total Weight, Axle Load) / conducted on Jun. 10, 11, 2014

Trailer

No	No of wheels	Weight	Weight of front wheel	Weight of rear wheels	ESAL(front)	ESAL(rear)	ESAL Total
1	6	18.16	1.65	3.30	0.00	0.14	0.14
2	5	20.39	2.27	4.53	0.01	0.39	0.40
3	5	20.39	2.27	4.53	0.01	0.39	0.40
4	5	24.78	2.75	5.51	0.01	0.85	0.87
5	5	31.40	3.49	6.98	0.03	2.20	2.24
6	5	16.40	1.82	3.64	0.00	0.16	0.17
7	6	19.06	1.73	3.47	0.00	0.17	0.17
8	6	19.46	1.77	3.54	0.00	0.18	0.18
9	6	27.75	2.52	5.05	0.01	0.75	0.76
10	6	21.00	1.91	3.82	0.00	0.25	0.25
11	5	36.26	4.03	8.06	0.06	3.92	3.98
12	5	28.40	3.16	6.31	0.02	1.47	1.50
13	4	34.24	4.89	9.78	0.13	6.38	6.52
14	4	34.36	4.91	9.82	0.13	6.47	6.61
15	4	33.70	4.81	9.63	0.12	5.99	6.11
16	4	34.01	4.86	9.72	0.13	6.21	6.34
17	6	35.16	3.20	6.39	0.02	1.94	1.96
18	6	35.83	3.26	6.51	0.03	2.09	2.12
19	5	37.97	4.22	8.44	0.07	4.71	4.78
20	4	36.62	5.23	10.46	0.17	8.35	8.53
21	4	34.96	4.99	9.99	0.14	6.94	7.08
22	4	47.96	6.85	13.70	0.51	24.57	25.08
23	5	32.47	3.61	7.22	0.04	2.52	2.56
24	6	37.95	3.45	6.90	0.03	2.63	2.67
25	5	18.96	2.11	4.21	0.00	0.29	0.30
Total		737.64					91.71
per vehicle		29.51					3.67

Truck

No	No of wheels	Weight	Weight of front wheel	Weight of rear wheels	ESAL(front)	ESAL(rear)	ESAL Total
1	4	45.02	6.43	12.86	0.40	19.08	19.48
2	4	33.63	4.80	9.61	0.12	5.94	6.06
3	4	33.24	4.75	9.50	0.12	5.67	5.79
4	4	33.18	4.74	9.48	0.12	5.63	5.75
5	4	32.47	4.64	9.28	0.11	5.16	5.27
6	4	32.00	4.57	9.14	0.10	4.87	4.97
7	4	29.72	4.25	8.49	0.08	3.62	3.70
8	4	29.47	4.21	8.42	0.07	3.50	3.58
9	4	28.00	4.00	8.00	0.06	2.85	2.91
10	4	22.49	3.21	6.43	0.02	1.19	1.21
11	3	15.30	3.06	6.12	0.02	0.65	0.67
12	3	14.80	2.96	5.92	0.02	0.57	0.59
13	4	18.32	2.62	5.23	0.01	0.52	0.53
14	4	18.10	2.59	5.17	0.01	0.50	0.51
15	4	18.05	2.58	5.16	0.01	0.49	0.50
16	4	18.02	2.57	5.15	0.01	0.49	0.50
17	4	18.00	2.57	5.14	0.01	0.49	0.50
18	4	18.00	2.57	5.14	0.01	0.49	0.50
19	4	18.00	2.57	5.14	0.01	0.49	0.50
20	4	18.00	2.57	5.14	0.01	0.49	0.50
21	4	17.46	2.49	4.99	0.01	0.43	0.44
22	4	17.34	2.48	4.95	0.01	0.42	0.43
23	4	17.24	2.46	4.93	0.01	0.41	0.42
24	4	16.93	2.42	4.84	0.01	0.38	0.39
25	4	16.72	2.39	4.78	0.01	0.36	0.37
26	4	16.66	2.38	4.76	0.01	0.36	0.37
27	4	16.60	2.37	4.74	0.01	0.35	0.36
28	4	16.55	2.36	4.73	0.01	0.35	0.36
29	4	16.55	2.36	4.73	0.01	0.35	0.36
30	4	16.54	2.36	4.73	0.01	0.35	0.35
31	4	16.44	2.35	4.70	0.01	0.34	0.35
32	4	16.42	2.35	4.69	0.01	0.34	0.34
33	4	16.42	2.35	4.69	0.01	0.34	0.34
34	4	16.39	2.34	4.68	0.01	0.34	0.34
35	4	16.39	2.34	4.68	0.01	0.34	0.34
36	4	16.24	2.32	4.64	0.01	0.32	0.33
37	4	16.21	2.32	4.63	0.01	0.32	0.33
38	4	15.90	2.27	4.54	0.01	0.30	0.30
39	4	15.39	2.20	4.40	0.01	0.26	0.27
40	4	15.39	2.20	4.40	0.01	0.26	0.27
41	4	15.09	2.16	4.31	0.01	0.24	0.25
42	4	15.09	2.16	4.31	0.01	0.24	0.25
43	4	13.90	1.99	3.97	0.00	0.17	0.18
44	5	14.48	1.61	3.22	0.00	0.10	0.10
45	4	27.60	3.94	7.89	0.06	2.69	2.75
46	4	14.22	2.03	4.06	0.00	0.19	0.19
Total		923.97				合計	74.78
per vehicle		20.09					1.63



**添付資料-5 技術資料-1**





# タジキスタン国

## ドゥステーニジノパンジ間 道路整備計画事後現状調査

### 技術資料-1（案）

平成 26 年 6 月  
(2014 年)

独立行政法人 国際協力機構  
株式会社 建設技研インターナショナル



## 目 次

1.	第一次現地調査結果.....	1
1.1	損傷状況の確認.....	1
1.2	損傷要因把握のための調査.....	1
1.3	交通量調査.....	4
1.4	軸重調査関連.....	4
1.5	資機材調達について.....	6
1.6	クムサンギル道路維持管理事務所（SEHM）の予算.....	8
1.7	MOTにおける地質試験結果.....	8
2.	交通荷重の相違.....	9
2.1	ドゥスティーニジノピャンジ間道路整備計画の交通荷重( $W_{18}$ ).....	9
2.2	クルガンチュベードゥスティ間道路整備計画の交通荷重との比較.....	9
2.3	現交通量から想定される交通荷重.....	10
2.3.1	トレーラー及びトラックの 18kip 等価換算短軸荷重の推定.....	10
2.3.2	18kip 等価換算短軸荷重の推定.....	11
3.	舗装の評価.....	11
3.1	現状の舗装構成.....	11
3.2	SN 値と現交通量から想定される舗装耐用年数.....	14
3.3	設計舗装強度と現状舗装強度の相違.....	14
3.4	過去の過剰な交通荷重.....	15
4.	破損個所の緊急補修.....	17
4.1	補修箇所の選定（急勾配区間、平坦区間で一般交通の安全な交通に支障がある区間）.....	17
4.2	選定箇所の現状（破損状況、舗装構成、調査結果を表にまとめる）.....	17
4.3	恒久的補修断面の検討.....	18
4.4	補修工法（案）の検討.....	19
5.	将来的補修について.....	22
6.	添付資料.....	22



# 1. 第一次現地調査結果

## 1.1 損傷状況の確認

対象道路全線に亘りインベントリー調査にて損傷状況を把握した。結果、損傷は以下のとおりに大別される。

- ・ 横方向クラック（道路横断方向）
- ・ 縦方向クラック（道路縦断方向）
- ・ 亀甲状クラック（大・中・小の3段階で記録）
- ・ アスファルト舗装の流動による損傷
- ・ 流動の初期状況と思われる三日月（波状）クラック

区間毎の損傷状況、特性については添付1のとおりである。

## 1.2 損傷要因把握のための調査

損傷要因把握のため、損傷がないまたは少ない個所及び損傷が著しい個所でセメント安定処理路盤、路床の確認を実施した。また、必要に応じて試料をサンプリングし物性試験を実施することとした。詳細は以下のとおりである。

① 試験日：2014年5月6日

試験個所；Sta. 12+607（下り車線路肩）路面状況良好区間

舗装構成			強度試験等		備考
構成	設計	実測	設計	実測	
As 舗装厚	3cm	3cm	—	—	
路盤	15cm	15cm	30	セメント安定処理天端 CBR 値：300,578,590	主材料：砂+玉石 サンプル採取
路床	—	30cm	5.9	路床天端 CBR 値：15,9,12	粘性土：黄色 サンプル採取
	—	—	5.9	天端-50cm CBR 値：28,9,13	粘性土：茶褐色 サンプル採取

② 試験日：2014年5月9日

試験個所；Sta. 6+352（下り車線路肩）路面状況良好区間

舗装構成			強度試験等		備考
構成	設計	実測	設計	実測値	
As 舗装厚	3cm	3cm	—	—	—
路盤	15cm	15cm	30	セメント安定処理天端 CBR 値：118,128,118	主材料：砂+玉石 サンプル採取
路床	—	40cm	8.7	路床天端 CBR 値：12,19,12	粘性土：黄色 サンプル採取
		62cm		8.7	
				天端-110cm CBR：31	旧道路路盤：玉石混じり砂 旧道路路床：砂 サンプル採取

車道の轍：1.3cmあり、地下水なし

③ 試験日：2014年5月9日

試験箇所；Sta.4+480（上り車道）損傷区間

舗装構成			強度試験等		備考
構成	設計	実測	設計	実測値	
As 舗装厚	5cm	5cm	—	—	—
路盤	25cm	13cm	30	セメント安定処理天端 CBR 値：(118),26,21	主材料：砂+玉石 サンプル採取 (砂利の上?)
		9cm	30	セメント安定処理天端 CBR 値；10,10,10	主材料：粘性土（黄色） サンプル採取
既存 As 舗装		10cm	—	—	—
路床	—	—	8.7	天端-46cm CBR：80,112,112	旧道路路盤：玉石混じり砂 サンプル採取

④ 試験日：2014年5月10日

試験箇所；Sta. 2+416（上り車道）損傷区間

舗装構成			強度試験等		備考
構成	設計	実測	設計	実測値	
As 舗装厚	10cm	8cm	—	—	サンプル採取
路盤	35cm	—	—	—	主材料：砂利
		12cm	30	セメント安定処理路盤 路盤天端 CBR 値：118,112,128	主材料：砂+玉石 サンプル採取
		18cm	30	セメント安定処理路盤 天端-29cm CBR 値：23,63,49	主材料：砂+玉石
路床	—	—	3	天端-46cm CBR：21,21,21	砂

車道の轍：中央線側 0.8cm、路肩側 3.6cm（原因不明）

中央線側 0.6cm、路肩側 3.9cm

⑤ 試験日：2014年5月10日

試験箇所；Sta. 2+425（下り路肩）損傷区間

舗装構成			強度試験等		備考
構成	設計	実測	設計	実測値	
As 舗装厚	3cm	4.5cm	—	—	—
路盤	15cm	12cm	30	セメント安定処理路盤 天端 CBR 値：26,23,43,34	主材料：砂+玉石
路床	—	40cm	3	路床天端 CBR 値：12,13,10	粘性土：黄色（盛土）
		55cm	3	天端-110cm CBR 値：6,6	砂（ごみ混じり）

地下水なし（道路天端から-110cm）

⑥ 試験日：2014年5月10日

試験箇所；Sta. 15+458（上り車道）損傷（舗装流動）区間

舗装構成			強度試験等		備考
構成	設計	実測	設計	実測値	
As 舗装厚	10cm	10cm	—	—	補修記録ではグルーピング 処理とあるが確認できず
路盤	30cm	未測定	30	セメント安定処理路盤 天端 CBR 値：硬すぎて測定不可	主材料：砂+玉石

⑦ 試験日：2014年5月10日

試験箇所；Sta. 5+030 （車線中央部） 損傷区間

舗装構成			強度試験等		備考
構成	設計	実測	設計	実測値	
As 舗装厚	5cm	5cm	—	—	—
路盤	25cm	16.5cm	30	セメント安定処理路盤 路盤天端 CBR 値：21,31,34	主材料：砂+玉石
		3.5cm	30	セメント安定処理路盤 天端 CBR 値：13,17,36	主材料：粘性土（黄色） サンプル採取
既存 As 舗装	—	—	—	—	—

⑧ 試験日：2014年5月12日

試験箇所；Sta. 1+317 （車線中央部） 損傷区間

舗装構成			強度試験等		備考
構成	設計	実測	設計	実測値	
As 舗装厚	8cm	8cm	—	—	—
路盤	30cm	15.0cm	30	セメント安定処理路盤 路盤天端 CBR 値：エラー,エラー,566%	主材料：砂+玉石 サンプル採取
		15.0cm	30	セメント安定処理路盤	主材料：砂+玉石
路床		27cm	5.2	天端 CBR 値：17,19,19	粘性土：薄茶色
		—	5.2	天端 CBR 値：60,67,52	粘性土：赤 サンプル採取

⑨ 試験日：2014年5月12日

試験箇所；Sta. 5+028 （車線中央部） 良好区間（損傷区間に隣接）

舗装構成			強度試験等		備考
構成	設計	実測	設計	実測値	
As 舗装厚	5cm	5cm	—	—	—
路盤	25cm	17.5cm	30	セメント安定処理路盤 路盤天端 CBR 値：195%, 209%, エラー	主材料：砂+玉石
		4.0cm	30	セメント安定処理路盤 CBR:18%	主材料：粘性土（黄色）

なお、上記 CBR 値の測定は簡易地盤強度測定器で実施した。

### 1.3 交通量調査

5月8日、9日の2日間 Sta.2+400、3+300 付近で交通量調査を実施した。結果は以下のとおりである。

#### Sta.2+400

	上り ドシャンベ行	下り アフガン行	合計 (2日当り)	合計 (1日当り)
Car	3,993	3,700	7,693	3,846
Pick-up	2	3	5	2
Bus/Mini Bus	128	219	347	173
Truck	160	186	346	173
Trailer	122	104	226	113
合計	4,405	4,212	8,617	4,307

#### Sta.3+300

	上り ドシャンベ行	下り アフガン行	合計 (2日当り)	合計 (1日当り)
Car	1,842	1,941	3,783	1,891
Pick-up	18	14	32	16
Bus/Mini Bus	30	36	66	33
Truck	166	114	280	140
Trailer	196	95	291	145
合計	2,252	2,200	4,452	2,225

### 1.4 軸重調査関連

「タ」国ではアフガニスタ国との国境ゲート前に2011年から簡易車重計が配備し、通過車両(大型車両)の重量測定を実施している。また、2014年からトラックスケールが配備され、測定は24時間行っているとのことである。なお、車重測定は2006年から実施している。



国境ゲート前に設置されているトラックスケール





夜間通行を待つ待機車両

現在「タ」国では MD9(Dushanbe-Kurgan tube lower Pianj border)道路において下記の重量制限を実施している。重量測定管理所での聞き取り調査では、制限重量を超える車両については、積荷を卸す対処を行っているとのことである。

MD9 における重量制限

時期	通常（夏季以外）	夏季（5月～8月/午前10時～午後8時） ※気温が25℃を超える日
全重量	40 トン以下	
軸重	2軸の場合 7.2 トン～10.8 トン以下 3軸の場合 9.6 トン～13.5 トン以下	軸重：6 トン以下

アフガニスタン側からの車両はゲート近くで夜まで待機しているものの「タ」国側からの重量車両は昼間でも通行しているのが現状である。夜間通行を待つ待機重量車両の主な積荷はセメントであり、アフガニスタン側から輸送されている。タジク側からは燃料、農作物であるが、アフガニスタン側からの輸送が圧倒的に多いとのことである。

なお、本調査で平日 24 時間実施した。結果、現時点では上記で規定されている重量制限は守られていると考えられる。しかしながら、本道路整備の瑕疵検査報告書に示されている以前は過積載車両（総重量約 70t）が通行していたようである。

車両重量測定結果（総重量、軸数等）を添付 2 に示す。

## 1.5 資機材調達について

緊急補修に必要となる資機材について調達調査を実施した。

### 砕石（ルミ採石場）

砕石は対象道路起点から約 30km 北に位置するルミ町で民間企業が川砂利から生産している。

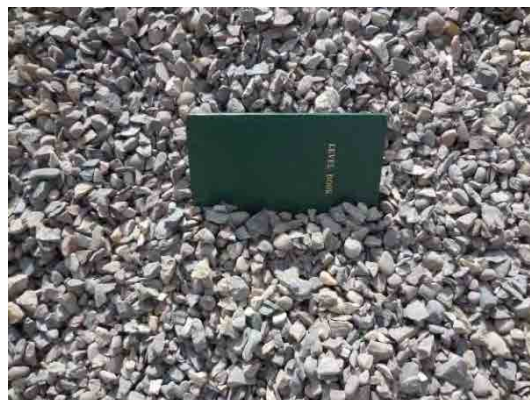
生産している砕石は 5mm×15mm、5mm×20mm の単粒のみである。生産量は 300t~400t/日であり、通年生産可能とのことである。価格は以下のとおりである。

#### 砕石価格

材料	価格 (m3)	備考
5mm×15mm	80 ソモニ	運搬費は 25 ソモニ/km が加算される。ダンプは 16m3 を積めるダンプを 3 台保有している
5mm×20mm	60 ソモニ	



プラント全景



砕石の状況

### 砕石（ジリクル採石場）

砕石は対象道路起点から約 30km 北に位置するルミの町から 14km 南西にある川沿いで民間企業が川砂利から生産している。このクラッシングプラントはクルガンチュペードステイ間の工事を受注した大日本土木の下請けのワールド開発の使っていた機械を民間が買い取ったものである。

生産している砕石は 0mm~5mm、0mm~15mm、0mm~25mm の 3 種類であるが、注文すれば 40mm の単粒まで生産できるとのことである。生産量は 100t~120t/時間であり、通年生産可能とのことである。価格は以下のとおりである。

#### 砕石価格

材料	価格 (m3)	備考
0mm~5mm	45 ソモニ	ピックアップ単価であり、運搬費は含まれていない。
0mm~15mm	45 ソモニ	

0mm～25mm	35 ソモニ	
----------	--------	--



プラント全景-1



プラント全景-2



碎石採取状況

#### ストレートアスファルト

ストレートアスファルトは、対象道路視点のドゥスティ町近くのクムサンギル Salosa 社から調達可能である。

#### 建設機械

建設機械はドシャンベにある Rohid Tajik 社が下記の機械を所有していることを確認した。

建設機械名	仕様
アスファルトプラント	1260 ton / 日
切削機	120 ton / hr
フィニッシャー	
マカダムローラー	16 ton
タイヤローラー	13 ton
小型ローラー	4ton
グレーダー	

## 1.6 クムサンギル道路維持管理事務所（SEHM）の予算

道路維持管理の年間予算及び支出は、2011年から2013年の過去3年間とも260,222ソモニ（約5,200千円）である。

## 1.7 MOTにおける地質試験結果

タジキスタンにおける地質試験（MOT）結果一覧表

Sta	構成	深さ（舗装から）	CBR 値 (%)	PL,LL,PI	含水比 (%)	適用
12+607	路床	-30cm	11.9	NP	11.9	
		-50cm	16.7	NP	10.9	
6+352	路床	-50cm	11.4	32.4, 20.8, 11.6	11.8	
		-110cm	19.59	NP	4.0	
4+480	路床	-46cm	19.59	21.8, 17.2, 4.6	6.5	
2+425	路床	-50cm	10.3	NP	15.7	
5+030	セメント処理路盤	上層		NP	5.7	
		下層		32.7, 20.3, 12.4	12.5	
1+317	路床	-70cm	18.9	NP	4.5	

Note NP : non-plastic

クレグハンマーと CBR の値比較

試験箇所		クレグハンマー	CBR 値(%)
12+607	-30cm	12(15,9,12)	11.9
	-50cm	16.6(28,9,13)	16.7
6+352	-50cm	16.6(28,9,13)	11.4
	-110cm	31(31)	19.59
4+480	-46cm	101(80,112,112)	19.59
2+425	-50cm	11.6(12,13,10)	10.3
1+317	-70cm	62(67,67,52)	18.9

## 2. 交通荷重の相違

### 2.1 ドゥスティーニジノピヤンジ間道路整備計画の交通荷重(W<sub>18</sub>)

本プロジェクト終点に位置するニジノピヤンジ橋プロジェクト（2005年春開通）のアプローチ道路の交通荷重と同様の交通荷重としていた。

本案件の交通荷重条件

日交通量	1,000 台/日
重車両混入率	7%→1,000×7%=70 台/日
重車両の 18kip 等価換算短軸荷重 (ESAL)	0.931
供用期間 (10 年間) ESAL	70/2×0.931×365 日×10 年=118,940

### 2.2 クルガンチュベードゥスティ間道路整備計画の交通荷重との比較

クルガンチュベードゥスティ間道路整備計画との比較

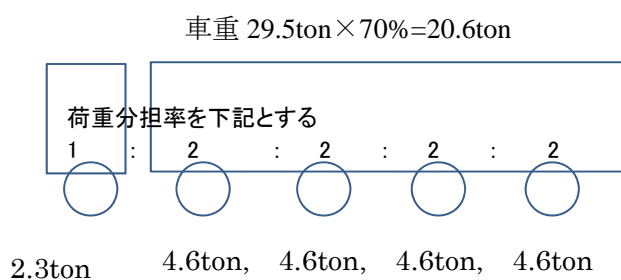
日交通量	クルガンチュペ市内	9,671 台/日
	クルガンピュペ - ルミ	5,740 台/日
	ルミ - ドスティ	6,920 台/日
供用期間(10 年間) ESAL	クルガンチュペ市内	20,400,000 (※176 倍)
	クルガンピュペ - ルミ	16,500,000 (※139 倍)
	ルミ - ドスティ	20,100,000 (※169 倍)

※ 118,940 比

## 2.3 現交通量から想定される交通荷重

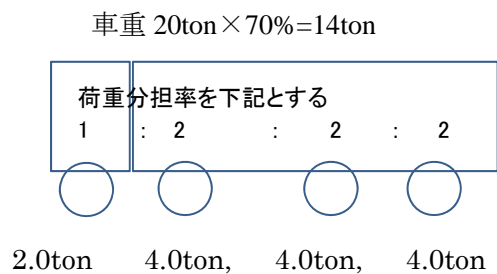
### 2.3.1 トレーラー及びトラックの 18kip 等価換算短軸荷重の推定

トレーラー及びトラックの 18kip 等価換算短軸荷重の換算値は 2014 年 6 月 10 日 11 日の軸重調査の結果を元に算出した。軸重調査を行った対象は荷を積んだ車両であったことから、通過車両は積荷のない車両もあることも考慮し、調査対象外のトレーラー及びトラックの換算値を、軸重調査結果の車重の 7 割を元に下記の通り算出した。



軸重調査対象外のトレーラの換算値

$$: (2.3/8.1)^4 + (4.6/8.1)^4 \times 4 = 0.423$$



軸重調査対象外のトラックの換算値

$$: (2.0/8.1)^4 + (4.0/8.1)^4 \times 3 = 0.182$$

### 2.3.2 18kip 等価換算短軸荷重の推定

交通量 2014 年 5 月 8 日 9 日に実施した交通量調査結果と経済成長率をもとに 2009 年から 2018 年まで交通量を下記の通り推定した。交通荷重は全交通量のうち半分を軸重調査で求めた換算値を、残りの半分を 2.3.1 で算出した換算値を採用し、交通荷重を算出した。

2009 から 2018 年までの ESAL 値の推定

	経済成長率(%)	日交通量 (重車両)	年交通量 (重車両)	トラック 混入率(0.634)	トレーラー 混入率(0.366)
2009	3.9	208	75,815	48,067	27,748
2010	6.5	216	78,722	49,941	28,831
2011	7.4	230	83,892	53,188	30,704
2012	7.5	247	90,100	57,123	32,977
2013	7.4	265	96,858	61,408	35,450
2014	6.2	285	104,025	65,952	38,073
2015	6.2	303	110,475	70,041	40,434
2016	6.2	321	117,324	74,383	42,941
2017	6.2	341	124,598	78,995	45,603
2018	6.2	363	132,323	83,893	48,430
小計			1,014,181	642,991	371,190
		軸重調査結果		×1.63 / 2 / 2	×3.67 / 2 / 2
		軸重調査対象外		×0.182 / 2 / 2	×0.423 / 2 / 2
ESAL 合計	1,342,190(11.3 倍 / 計画比)			582,550	759,640

## 3. 舗装の評価

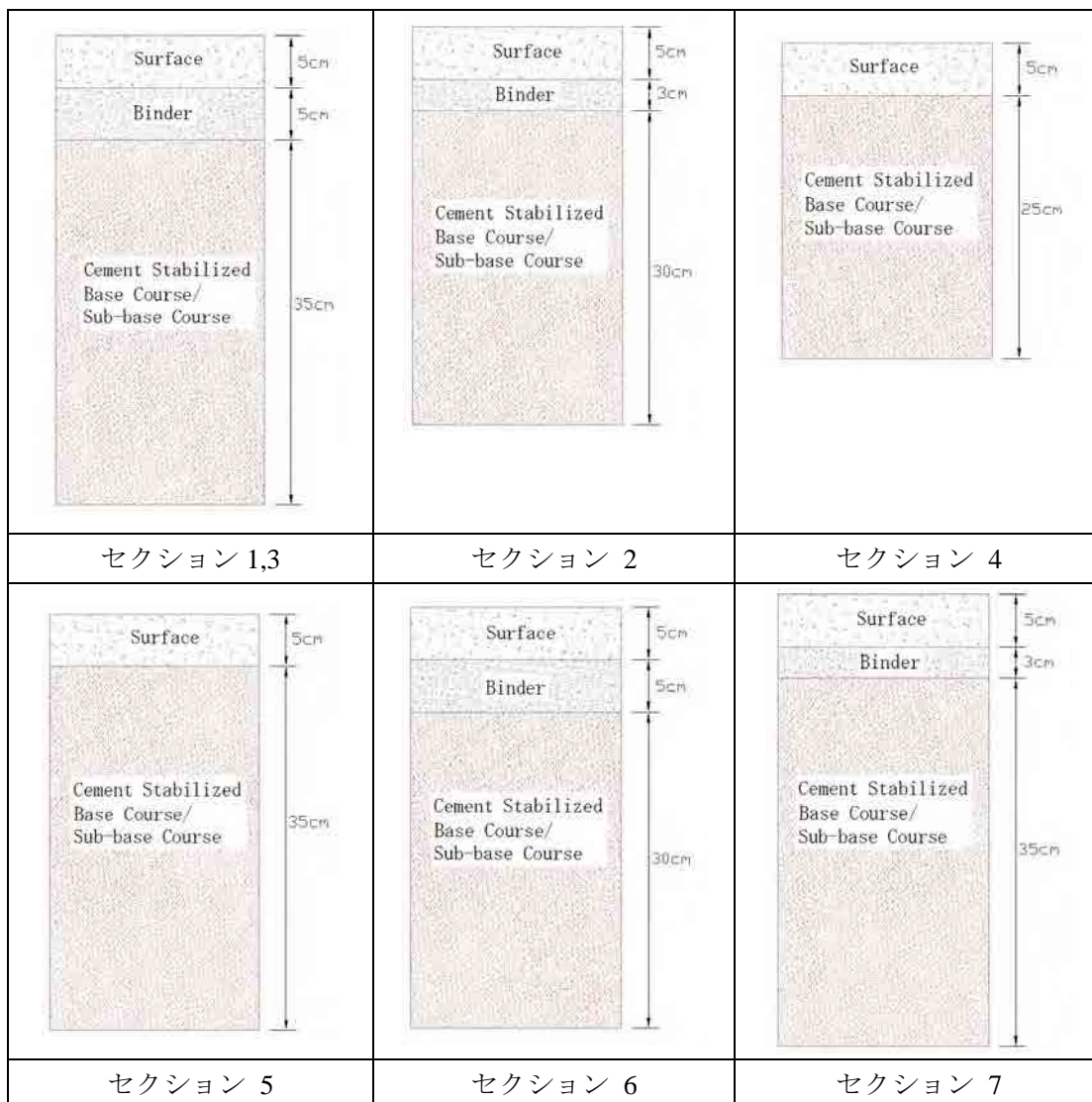
### 3.1 現状の舗装構成

当初必要舗装構造指数 (SN)

	1,3	2	4	5	6	7
累積 18kip 等価短軸荷重載荷数 (W18)	118,940					
標準偏差 (Z0)	-0.841					
標準誤差	0.45					
供用性指数差 ΔPSI	1.7					
Mp	4,500	7,800	13,050	8,850	5,700	6,150
CBR	3.0	5.2	8.7	5.9	3.8	4.1
所要舗装構造指数 (SN)	2.755	2.288	1.819	2.121	2.515	2.442



当初設計舗装構造



舗装の層係数

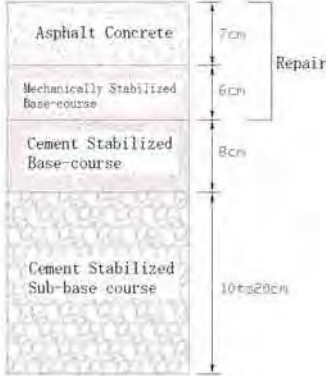
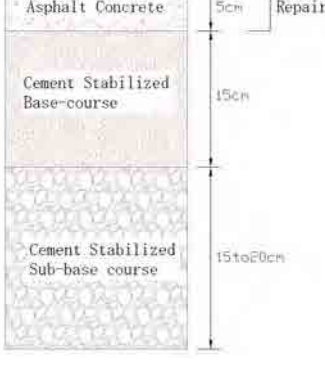
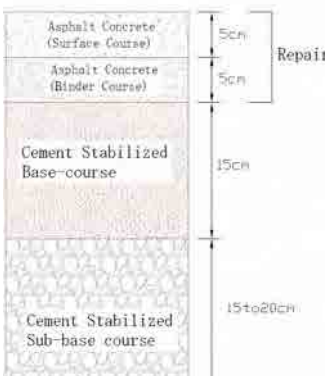
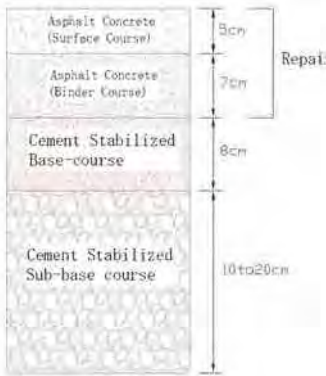
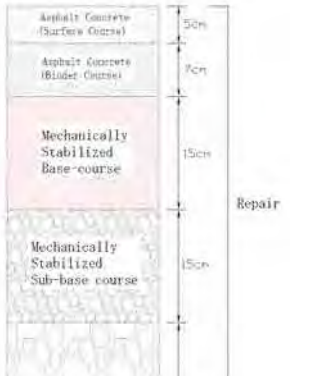
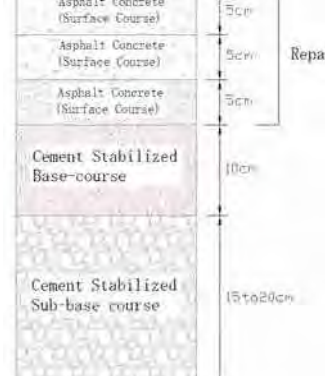
舗装材料	層係数
アスファルト表層	0.390
瀝青安定処理路盤	0.300
セメント安定処理路盤	0.108
粒状上層路盤(CBR=80)	0.135
粒状下層路盤(CBR=30)	0.108

舗装構造指数

	必要舗装構造指数 (SN)	所有舗装構造指数 (SN)	判定
セクション -1,3	2.755	2.846	OK
セクション -2	2.288	2.398	OK
セクション -4	1.819	1.831	OK
セクション -5	2.121	2.256	OK
セクション -6	2.515	2.634	OK
セクション -7	2.442	2.610	OK

当初設計にて施工完了後、瑕疵期間内で損傷が発生したため、以下の6タイプで補修を行った。

瑕疵期間内の補修タイプ一覧

		
<p>タイプ-1</p>	<p>タイプ-2</p>	<p>タイプ-3</p>
		
<p>タイプ-4</p>	<p>タイプ-5</p>	<p>タイプ-6</p>

### 3.2 SN 値と現交通量から想定される舗装耐用年数

路床 CBR 及び各断面の所有 SN 値より、ESAL 値を計算し、現交通量から ESAL 値の達成年（設計年数）を下記の通り算出した。現交通量では、補修された箇所であっても、一部を除き 5 年以内の設計年数になっている。

SN 値と現交通量からの舗装耐用年数

舗装タイプ &SN 値		未補修	タイプ -1	タイプ -2	タイプ -3	タイプ -4	タイプ -5	タイプ -6
路床タイプ セクション 1,3 CBR:3.0	SN 値	2.85	2.69	2.47	2.85	3.00	3.72	3.40
	ESAL 値	146	103	62	146	198	735	423
	到達年	2 年	1 年	1 年	2 年	2 年	7 年	4 年
セクション 2 CBR:5.2	SN 値	2.40	2.39	2.17	2.55	2.70	3.72	3.10
	ESAL 値	186	181	102	267	377	2,634	867
	到達年	2 年	2 年	1 年	3 年	4 年	16 年	7 年
セクション 4 CBR:8.7	SN 値	1.83	2.05	1.83	2.21	2.36	3.72	3.19
	ESAL 値	123	239	123	374	554	8,692	3,400
	到達年	2 年	3 年	2 年	4 年	5 年	31 年	19 年
セクション 5 CBR:5.9	SN 値	2.26	2.48	2.26	2.63	2.79	3.72	3.19
	ESAL 値	174	303	174	431	616	3,531	1,381
	到達年	2 年	3 年	2 年	4 年	6 年	19 年	10 年
セクション 6 CBR:3.8	SN 値	2.63	2.48	2.26	2.63	2.79	3.72	3.19
	ESAL 値	155	109	63	155	222	1,272	498
	到達年	2 年	1 年	1 年	2 年	3 年	10 年	5 年
セクション 7 CBR:4.1	SN 値	2.61	2.61	2.38	2.76	2.91	3.72	3.32
	ESAL 値	177	177	102	248	341	1,518	756
	到達年	2 年	3 年	1 年	3 年	4 年	11 年	7 年

注) ESAL 値 (×1000)

### 3.3 設計舗装強度と現状舗装強度の相違

第一次現地調査結果において、セメント安定処理路盤について Sta.4+480, Sta.5+029 の 2 か所の試掘で以下が確認された。

- 破損区間における砂+玉石のセメント安定処理（下層路盤）については想定（設計）強度が確保されていない、舗装破損によりほぐされた状態が見られた。
- 粘性土のセメント安定処理路盤（下層路盤）は、含水比が高く母材の強度程度となっていた。特に平坦部の損傷区間については、砂+砂利のセメント安定処理と粘性土のセメント安定処理の 2 層となっていた。



砂+砂利のセメント安定処理路盤



粘性土のセメント安定処理路盤

また、MOTにおいて上下層路盤について土質試験を行ったところ下記が確認された。

上層下層路盤の土質試験結果比較

	上層路盤	下層路盤
PL, LL, PI	Non plastic	32.7, 20.3, 12.4
含水比	5.7	12.5
細粒分 (0.075mm 以下)	5%以下	20%以上

上層路盤は完全な砂質土であるが、下層路盤はPLが32.7%と高くシルトに分類される。含水比も高く、粒度の細粒分が20%以上とかなり高い。

路床部は整備前当時のアスファルト舗装で非常に強固であり、クレッグハンマーでは3回の平均で100%を超える結果であった。この2か所の損傷は、当初の想定を超える交通量により損傷し、強度低下が進み、かつ外水等からの影響により含水比が増加に至ったとも考えられる。

しかし、確認した路盤の状況、特に下層路盤が非常に薄く舗装全体への影響が小さいと考えられること、路盤の品質強度にもばらつきがあること等、確認の必要な点が多く、この2か所の調査で結論づけることはできないと考える。

ヒヤリングでは業者は上層路盤、下層路盤ともに同じ土取場 (Sta13) から採取しているとのことであり、細粒分の多い材料が施工中に何らかの理由で一部の下層路盤に混入したか、土取場に品質のばらつきがあったのか、原因はまだ特定できない。

### 3.4 過去の過剰な交通荷重

2013年の瑕疵検査報告書において総荷重69.3トン(軸重13.86トン)のセメントを満載したトレーラーが、第一期完成(2008年6月)、第二期完成(2010年11月)以降、通行していたことが記載されている。2.3.2章で過去の18kip等価換算短軸荷重を推定した際に採用したトレーラーの換算値は3.67であるが、軸重13.86トンのトレーラーの換算値は42.8になり、今回現交通荷重により推定した値を大きく上回るため、路面が早期に損傷した原因のひとつの可能性はある。

### 3.5 まとめ

破損の第一の原因は、アフガン国境の架橋と道路整備に伴って生じた急増した交通量（当初設計荷重の11倍）によるものと思料する。

損傷箇所のセメント安定処理路盤については、設計強度に達していないとも確認されたが、この強度低下は、上記交通荷重により、セメント安定処理路盤に損傷（クラック）が進行し、母材の強度程度に戻ったと想定される。さらに表層アスファルトの損傷から雨水等が親友し、強度低下を促進したとも考えられる。

なお、下層路盤で見つかった軟弱な層については、層が薄く、その影響は小さいと考えられる。さらに、損傷がみられない区間については、CBRが設計（30%）の3倍以上が確保されており、ある程度の耐用年数の長期化も期待できる。ただし、表面のクラックを通して路盤に侵入する水が路盤の弱体化の原因になるので、水の侵入を防ぐ適切な対策が必要である。

#### 4. 破損個所の緊急補修

##### 4.1 補修箇所の選定（急勾配区間、平坦区間で一般交通の安全な交通に支障がある区間）

急勾配区間

	始点(Sta)	終点(Sta)	レーン	延長	面積	適用
1	14+420	14+460	両側	40m	280.0m <sup>2</sup>	
2	15+448	15+463	北側	15m	52.5m <sup>2</sup>	
合計					332.5m <sup>2</sup>	US10,000～US46,000 (US3000～US14,000 /100m <sup>2</sup> )

平坦区間

	始点(Sta)	終点(Sta)	レーン	延長	面積	適用
1	4+475	4+508	北側	33m	115.5m <sup>2</sup>	
2	5+023	5+036	両側	13m	91.0m <sup>2</sup>	
3	6+895	6+912	北側	17m	59.5m <sup>2</sup>	
4	9+204	9+216	北側	12m	42.0m <sup>2</sup>	
5	10+610	10+620	北側	10m	35.0m <sup>2</sup>	
6	11+860	11+870	北側	10m	35.0m <sup>2</sup>	
7	12+050	12+060	南側	10m	35.0m <sup>2</sup>	
合計					413m <sup>2</sup>	US12,390～US41,300 (US3000～US10,000 /100m <sup>2</sup> )

##### 4.2 選定箇所の現状（破損状況、舗装構成、調査結果を表にまとめる）

急勾配区間

	番号	場所 (始点) (終点)	セクション	構成	状態
急勾配箇所	1	14+420 14+460	6	10cm(ASコン) 30cm(路盤)	アスファルト舗装が大きく流動しているが路盤以下はしっかりしている。
	2	15+448 15+463			
平坦箇所	1	4+475 4+508	4	5cm(ASコン) 25cm(路盤)	亀甲クラックを伴って路面が大きく変形しており、セメント処理路盤が噴出し、走行に支障をきたしている。
	2	5+023 5+036			
	3	6+895 6+912			
	4	9+204 9+216	5	5cm(ASコン) 35cm(路盤)	亀甲クラックを伴って路面が大きく変形し、走行に影響している。今後さらに変形が進むと予測される。
	5	10+610 10+620			
	6	11+860 11+870			
	7	12+050 12+060			

#### 4.3 恒久的補修断面の検討

(大規模補修)

今回の緊急補修の対象にある箇所はセクション4,5,6であり、この3セクションにおいて今回の調査結果から想定される、今後必要となる恒久的な舗装断面を検討する。2.3.2で設定したESAL(10年間)から算出された必要SNを満足するためには、13cm~15cmのアスファルト基層の追加が必要となる。

		セクション4 (CBR:8.7%)		セクション5 (CBR:5.9%)		セクション6 (CBR:3.8%)	
		厚さ(インチ)	SN	厚さ(インチ)	SN	厚さ(インチ)	SN
アスコン表層	0.390	1.97(5cm)	0.768	1.97(5cm)	0.768	1.97(5cm)	0.768
アスコン基層	0.300	5.12(13cm) (追加)	1.535	5.12(13cm) (追加)	1.535	7.87(20cm) (15cm追加)	2.362
路盤	0.108	4.72(12cm)	0.510	8.66(22cm)	0.935	5.91(15cm)	0.638
合計			2.813 > 2.734		3.238 > 3.175		3.768 > 3.752

(オーバーレイ)

現在の舗装断面の残存SNを考慮し、オーバーレイ厚さを設計するために、2009年から15年間のESAL値により設計する。2.3.2において推定した交通量を元に下記の通り算出した。ただ、下層路盤等の交通量以外の要因での損傷は別途補修する必要がある。

	経済成長率(%)	日交通量 (重車両)	年交通量 (重車両)	トラック 混入率(0.634)	トレーラー 混入率(0.366)
2009年~2018年まで小計			1,014,181	642,991	371,190
2019	6.2	385	140,527	89,094	51,433
2020	6.2	409	149,240	94,618	54,622
2021	6.2	434	158,493	100,484	58,008
2022	6.2	461	168,319	106,714	61,605
2023	6.2	490	178,755	113,331	65,424
小計				1,147,233	662,283
			軸重調査結果	×1.63 / 2 / 2	×3.67 / 2 / 2
			軸重調査対象外	×0.182 / 2 / 2	×0.423 / 2 / 2
2009年~2023年までESAL合計			2,494,755	1,039,393	1,355,362

	セクション 1,3	セクション 2	セクション 4	セクション 5	セクション 6	セクション 7
CBR値	3.0	5.2	8.7	5.9	3.8	4.1
必要SN	4.501	3.688	3.030	3,516	4.139	4.026
所有SN	2.846	2.398	1.831	2.256	2.634	2.610
不足SN	1.655	1.290	1.199	1.260	1.505	1.416
必要AS厚さ	10.8cm (11cm)	8.4cm (9cm)	7.8cm (8cm)	8.2cm (9cm)	9.8cm (10cm)	9.2cm (10cm)



#### 4.4 補修工法（案）の検討

現状緊急時に補修が必要である区間について、現地で調達可能な材料及び実施可能な工法で補修工法を検討した。なお補修工法（案）については上から順に、耐久性の低い工法（緊急的補修）から耐久性の高い工法（恒久的な補修）とした。

Hot Mix はドシャンベにあることが確認されていることから Hot Mix を使用する案も採用した。切削機もドシャンベから調達できるものと仮定している。アスファルト材は、改質材の使用の可否、針入度の硬いストレートアスファルトの調達の可否、ギャップ粒度の適用等を今後調査検討する必要がある。

対策工法一覧表

破損形態	箇所、場所	番号	耐久性	想定年数	対策案	概算工事費 (/100m2)	工法	施工方法	材料 (100m2 当)	機械	留意点	課題/評価
平坦部	7か所 413m3	1	D	0.3 ～ 0.5		US\$ 3,000  (材)2,000 (機)500 (人)500	路盤修復旧工法	セメント処理路盤すべてを撤去した後、舗装天端まで路盤材で埋め戻す。交通を解放し、沈下箇所路盤材を補てんし平にする。沈下が収束するまで継続し、アスファルト材が確保できた時点で、表面を打ち換える。	路盤材 40cm3	コンクリートカッター、 ハンドガイドローラ	解放後の材料の補給を継続して行うこと。	早期の表層の再施工が必要。 一番安価な方法だが常時維持簡易rが必要である。
		2	C	0.5 ～ 1.0		US\$ 4,500  (材)3,000 (機)1,000 (人)500	路盤置換 + 常温混合物舗装(5cm)	セメント処理路盤を撤去し、路盤の天端まで路盤材でよく締固めながら埋め戻す。表面を常温混合物舗装で施工する。	常温混合物 11.5t タックコート材 50l	コンクリートカッター ミキサ(バグミルまたは連続) アスファルトフィニッシュ タイヤローラ マカダムローラ ハンドガイドローラ	パインダ量 混合物粒度 仕上げ厚の検討	常温合材の耐久性に疑問
		3	C'	0.8 ～ 1.5		US\$ 4,700  (材)3,200 (機)1,000 (人)500	路盤置換 + 常温混合物(30-0)舗装(5cm)	セメント処理路盤を撤去し、路盤の天端まで路盤材でよく締固めながら埋め戻す。表面を常温混合物(30-0)舗装で施工する。	砕石 30-0 13.5 m <sup>3</sup> 常温混合物 11.5t タックコート材 50l	コンクリートカッター ダンブトラック モーターグレーダ ミキサ(バグミルまたは連続) アスファルトフィニッシュ タイヤローラ マカダムローラ ハンドガイドローラ	路盤の締固め パインダ量 混合物粒度 仕上げ厚の検討 砕石粒度は連続粒度とする	骨材が入っているの で通常のものより耐久性が期待できる
		4	B	1.5 ～ 2.0		US\$ 5,000  (材)3,200 (機)1,000 (人)800	路盤置換 + 浸透式マカダム舗装(5cm)	セメント処理路盤を撤去し、路盤の天端まで路盤材でよく締固めながら埋め戻す。表面を浸透式マカダム舗装(5cm)で施工する。	砕石 30-20 5.0 m <sup>3</sup> 砕石 10-5 2.0 m <sup>3</sup> 砕石 5-2.5 1.0 m <sup>3</sup> パインダ 750 kg (ストレートアスファルト)	コンクリートカッター マカダムローラ (タイヤローラ) (ハンドガイドローラ) パインダ散布機 (ディストリビュータ) (エンジンスプレヤ)	砕石散布には一週間程度のトレーニングが必要 単サイズの砕石が必要	耐久性はある程度期待できる。 パインダの加熱方法と散布の機械を準備出来るか
		5	A	5		US\$ 10,000  (材)7,000 (機)2,500 (人)500	路盤置換 + 加熱アスファルト舗装	セメント処理路盤を撤去し、舗装天端から10cm下がりまで路盤材をよく締固めながら埋め戻す。表面に10cmのアスファルトを施工する。	加熱アスファルト混合物(5cm) 12t タックコート材 50l	コンクリートカッター、 アスファルトフィニッシュ マカダムローラ タイヤローラ ハンドガイドローラ レーキ等小道具	機械敷均しか手均しか 混合物の滑り対策	アスファルトの手配方法 一番耐久性が期待できる。
アリゲーターラック	添付の通り				アスファルトオーバーレイ 8cm～11cm (4.3参照)		加熱アスファルト舗装					
クラック	添付の通り				シーリング							

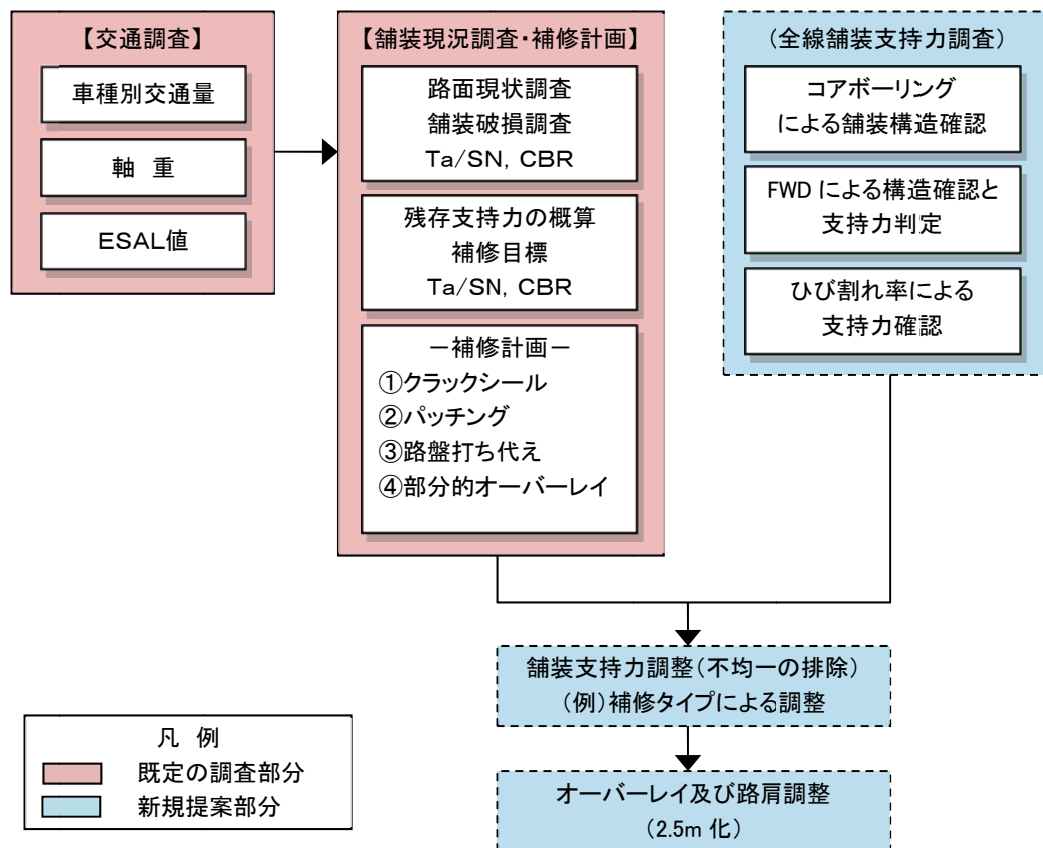
勾配部	補修 大規模	2か所 332.5m <sup>2</sup>	1	C	0.5 ～ 1.0		US\$ 3,000  (材)2,300 (機)500 (人)200	常温混合物 舗装(5 cm) 工法	表面がむき出しになった箇所 に常温混合物舗装を施工 する。	常温混合物 11.5t タックコート材 50l	コンクリートカッター ミキサ(バグミルまたは連続) アスファルトフィニッシャー タイヤローラ マカダムローラ ハンドガイドローラ	バインダ量 混合物粒度	常温合材の耐久性に 疑問 仕上げ厚の検討要 滑動対策なし
			2	C'	0.8 ～ 1.5		US\$ 3,300  (材)2,600 (機)500 (人)200	常温混合物 (30-0) 舗装 (5 cm)	表面がむき出しになった箇所 を常温混合物舗装 (30- 0) で施工する。	砕石 30-0 13.5 m <sup>3</sup> 常温混合物 11.5t タックコート材 50l	コンクリートカッター ダンプトラック モーターグレーダ ミキサ(バグミル または連続) アスファルトフィニッシャー タイヤローラ マカダムローラ ハンドガイドローラ	バインダ量 混合物粒度 仕上げ厚の検討 砕石粒度は連 続粒度とする	骨材が入っているの で通常のものより耐 久性が期待できる 滑動対策なし
			3	B	1.5 ～ 2.0		US\$ 7,000  (材)2,500 (機)4,000 (人)500	表面切削+ 浸透式マカ ダム舗装 (13cm)	表面を 3 cm 切削し、滑動対 策とする。表層に浸透式マ カダム舗装 (13cm)を施工する。	砕石 30-20 15.0 m <sup>3</sup> 砕石 10-5 5.0 m <sup>3</sup> 砕石 5-2.5 2.5 m <sup>3</sup> バインダ 2,000 kg (ストレートアスファ ルト)	コンクリートカッター 切削機 マカダムローラ (タイヤローラ) (ハンドガイドローラ) バインダ散布機 (ディストリビュータ) (エンジンプレッ ヤ)	砕石散布には 一週間程度の トラベリング が必要 単サイズの砕 石が必要	切削により滑り止め 期待 バインダの加熱方法 と散布の機械を準備 出来るか。 耐久性はある程度期 待できる。
			4	A	5		US\$ 14,000  (材)8,500 (機)5,000 (人)500	表面切削+ 加熱アスフ アルト舗装	表面を 5 cm 切削し、滑動対 策とともに舗装厚さを 確保する。加熱アスファ ルト舗装を表面に舗設する。	加熱アスファルト混 合物(5 cm) 12t タックコート材 50l	コンクリートカッター 切削機 アスファルトフィニッ シャー マカダムローラ タイヤローラ ハンドガイドローラ レーキ等小道具	機械敷均しか 手均しか 混合物の滑り 対策	切削により滑り止め 期待 アスファルトの手配 方法 耐久性が期待できる。
			5	A	5		US\$ 9,500  (材)2,000 (機)5,500 (人)2,000	表面切削+ セメントコ ンクリート 舗装(15)	表面を 5 cm 切削し、滑動対 策とともに舗装厚さを 確保する。セメントコンク リート舗装(15)を舗設する。	セメントコンクリー ト混合物 20.8 m <sup>3</sup>	コンクリートカッター 切削機 コンクリートミキサ 混合物運搬車 (一輪車等) スコップ、突き棒等の小 道具	養生時間の確 保 熟練工が必要	切削により滑り止め 期待 コンクリート舗装と することで耐久性を 確保

注) 耐久性: A～E/高い～低い

## 5. 将来的補修について

将来的な補修については、今回の調査で確認された設計当初の交通量と現交通量に大きな相違があること、セメント安定処理路盤に粘土塊が確認され、層厚及び強度が不均一、かつ設計強度に達していないことに留意し、既存道路の残存支持力を考慮し検討することが必要である。

しかしながら、本調査で実施した調査では、対象道路全線に亘る残存支持力を判断することは限界があり、以下の手法によって計画することが必要である。



## 6. 添付資料

添付1：舗装インベントリー

添付2：車両重量測定結果

## **添付資料-6 緊急補修工法選定に係る協議議事録**



Minutes of Discussion for the Second Survey

Project Name : Ex-Post Situation Survey for the Project for the Improvement of  
Dusty-Nizhniy Pyandzh Road

Participants	MOT	Mr. Olim Yatimov	Head of Department on Cooperation with foreign investment, Ministry of Transport, Republic of Tajikistan
	Survey Team	Mr. Furuki Moriyasu :	Road Planning / Design / Construction
		Mr. Miura Minoru:	Chief Engineer / Road Design
		Mr. Noda Yoshihisa :	Road Design / Pavement Survey II
		Mr. Oguro Koichi ;	Pavement Construction
JICA Tajikistan Office	Ms. Murakami Masayo	Project Formulation Adviser	
Date, Time	July 01, 2014 16:00~17:00		
Venue	MOT Conference Room		

The contents of the discussion on the Technical Data-1 are as follows.

Survey Team	Survey Team explained the causes of defects, traffic volume and axle load survey results, several types of urgent repair method and the necessary expenses to MOT which have been prepared in accordance with the MOD concluded on May 7 <sup>th</sup> , 2014 between First Deputy Minister and Mr. Kenshiro TANAKA / JICA,
MOT	MOT expressed appreciation for the Survey Team's effort and accepted the proposal in general. MOT will select the proper urgent repair methods in consultation with First Deputy Minister. Regarding the maintenance budget, they must consult with the Minister. MOT asked the timing of implementation of urgent repair works to the Survey Team.
Survey Team	The Survey Team answered that the repair works are supposed to be implemented in August 2014 in accordance with the MOD.
MOT	The maintenance budget for the urgent repair works is not allocated in the MOT budget for 2014. However, they will consider the issue of budget from MOT budget for 2014. If not, the maintenance budget for the urgent repair works is to be allocated in the MOT budget for 2015. The fiscal year in Tajikistan starts on January 1 <sup>st</sup> .



Survey Team	The Survey Team requested that the MOT inform JICA as soon as possible in case MOT cannot prepare the budget from MOT budget for 2014 because the third mission is scheduled in August.
MOT	MOT promised to have contact with JICA continuously.

Dushanbe, July 3, 2014



---

Mr. Minoru Miura

Chief Engineer / Road Design of  
Survey Team

## **添付資料-7 補修工法選定依頼の手紙**





Date: 22th July 2014

Our Ref. No. :CTII/MOT/001

**Mr. Sherali Gangalzoda,**  
**First Deputy Minister, Ministry of Transport, Republic of Tajikistan**

**Project: Ex-Post Situation Survey for the Project for the Improvement of Dusty-Nizhniy Pyandze Road**

**Subject: Necessary Budget for Respective Repair Type**

Dear Sir,

We are pleased to propose and share following estimations of costs for respective repair type for the sections that require urgent repair works, which has been reported in the Technical Data-1 Report. (The unit costs in the tables are based on our market price survey.)

In this connection, you are kindly requested to estimate and ensure your necessary budget for the urgent repair works referring to our proposal and inform us of the result.

**Table-1 Flat Sections (Sta. 0 - Sta. 14+140) / 413.0m<sup>2</sup>**

No	Type of Measurement	Repair Work Procedure	Propose Section	Unit Price (USD/100m <sup>2</sup> )	Amount (USD)
1	Sub-base Temporary Rehab Method	<ol style="list-style-type: none"> <li>To remove existing asphalt pavement and cement stabilized sub-base</li> <li>To backfill granular material till the top</li> <li>To open to the traffic</li> <li>To replace top 5cm with asphalt concrete pavement in the future</li> </ol>		3,000 (M)2,000, (E)500, (L)500	12,390
2	Replacement of Sub-base & Cold Asphalt pavement Method (5cm)	<ol style="list-style-type: none"> <li>To remove existing asphalt pavement and cement stabilized sub-base</li> <li>To backfill granular material till the top of base-course</li> <li>To construct cold asphalt pavement</li> </ol>		4,500 (M)3,000, (E)1,000, (L)500	18,585
3	Replacement of Sub-base & Cold Asphalt Pavement (30-0) Method (5cm)	<ol style="list-style-type: none"> <li>To remove asphalt pavement and cement stabilized sub-base</li> <li>To backfill granular material till the top of base-course</li> <li>To construct cold asphalt mixed with gravel(30-0)</li> </ol>		4,700 (M)3,200, (E)1,000, (L)500	19,411
4	Replacement of Sub-base & Penetration Macadam Pavement Method (5cm)	<ol style="list-style-type: none"> <li>To remove asphalt pavement and cement stabilized sub-base</li> <li>To backfill granular material till the top of base-course</li> <li>To construct penetration macadam pavement (5cm)</li> </ol>		5,000 (M)3,200, (E)1,000, (L)800	20,650
5	Replacement of Sub-base & Hot Asphalt Pavement Method (10cm)	<ol style="list-style-type: none"> <li>To remove asphalt pavement and cement stabilized sub-base</li> <li>To backfill granular material till the top of base-course</li> <li>To construct hot asphalt concrete pavement (10cm)</li> </ol>		10,000 (M)7,000, (E)2,500, (L)500	41,300

Note) (M):Material, (E):Equipment, (L):Labor

*Handwritten signature*




**Table-2 Steep Sections (Sta. 14+140 - Sta.23+700) / 332.5m<sup>2</sup>**

No	Type of Measurement	Repair Work Procedure	Proposed Section	Unit Price, (USD/100m <sup>2</sup> )	Amount (USD)
1	Cold Asphalt Pavement Method (5cm)	1. To fill widely cracked and/or uneven asphalt pavement with cold asphalt material to make the surface flat		3,000 (M)2,300, (E)500, (L)200	9,975
2	Cold Asphalt (30-0) Pavement Method (5cm)	1. To fill the widely cracked and/or uneven asphalt pavement with cold asphalt material mixed with gravel(30-0) to make the surface flat		3,300 (M)2,600, (E)500, (L)200	10,973
3	Surface Removal & Penetration Macadam Pavement Method (13cm)	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. To remove the slipped asphalt pavement</li> <li>2. To mill the cement stabilized base-course 3cm from the surface</li> <li>3. To construct penetration macadam pavement (13cm)</li> </ol>		7,000 (M)2,500, (E)4,000, (L)500	23,275
4	Surface Removal & Hot Asphalt Concrete Pavement Method (15cm)	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. To remove the slipped asphalt pavement</li> <li>2. To mill the cement stabilized base-course 5cm from the surface</li> <li>3. To construct hot asphalt concrete pavement (15cm)</li> </ol>		14,000 (M)8,500, (E)5,000, (L)500	46,550
5	Surface Removal & Cement Concrete Pavement Method (15cm)	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. To remove the slipped asphalt pavement</li> <li>2. To mill the cement stabilized base-course 5cm from the surface</li> <li>3. To construct concrete pavement (15cm)</li> </ol>		9,500 (M)2,000, (E)5,500, (L)2,000	31,588

Note) (M):Material, (E):Equipment, (L):Labor

Your kind understanding on the above would be highly appreciated.

Very truly yours,


---

**Minoru MIURA**  
 Chief Engineer / Road Design of Survey Team

c.c.: JICA Tajikistan Office  
 Attachment: Technical Data-1 Report

## **添付資料-8 土質試験結果一覧表**





土質試験実施一覧表

No.	測点	測定箇所	路面状態	舗装構成	厚さ		試験所	深さ	MDD	OMC	CBR	(クレックハンマー)	PL	LL	PI	分類	含水比	粒度(シルト分)	セメント量	透水係数	備考		
					設計	実測																	
					cm	cm																	
1	1+317	車道部	大きな亀甲クラック	上下路盤	30	30	MOT	-0.7	1.810	10.8	18.9	測定不能			4.5	70.8							
				路床								59.7	NP	NP								NP	
			大きな亀甲クラック	路盤	35	39						119											
				路床								21											
3	2+425	路肩部	本線亀甲クラック	路盤	15	12	MOT	-0.5	1.815	10.2	10.3	31	NP	NP	NP		15.7	48.9					
				路床								11.6											
4	4+476	車道部	大きな亀甲クラック	上層路盤	15	13	道試所					24	NP	NP	NP	SF		24.1	測定不能				
				下層路盤	10	9	道試所						10	37.4	18.1	19.3	GF		36.0	測定不能			
				路床			MOT	-0.46	1.927	8.7	19.6	101	NP	NP	NP				6.5	81.9			
5	5+028	車道部	亀甲クラック 横良好部	上層路盤	15	17.5					測定不能												
				下層路盤	10	4.0					18												
6	5+029	車道部	大きな亀甲クラック	上層路盤	15	16.5	MOT					28.7	NP	NP	NP		5.7	4.16				道試所は後日追加で発注	
				下層路盤	10	3.5	MOT						22	32.7	20.3	12.4		12.5	22.6				
	5+029	車道部	大きな亀甲クラック	上層路盤	15	16.5	道試所					28.7	NP	NP	NP	GF		16.2	測定不能				
				下層路盤	10	3.5	道試所						22	37.2	17.8	19.4	GF		37.1	測定不能			
				下層路盤			センター									16.6							
7	6+352	路肩部	良好	路盤	15	15	MOT	-0.5	1.817	11.8	11.4	測定不能			11.8	40.6							
				路床								16.6	32.4	20.8								11.6	
								-1.1	1.997	6.4	19.6	31	NP	NP	NP		4.0	17.2					
8	6+904	車道部	Type-4補修/破損部	上下路盤	18	18	MOT	-0.4	1.875	10.6	18.9	28.7	25.8	19.4	6.4		10.6	43.6					
				路床								11											
9	9+960	車道部	良好	上下路盤	25	25					測定不能												
				路床		33					21												
10	12+607	路肩部	良好	路盤	15	15	MOT	-0.3	1.879	7.7	11.9	12	NP	NP	NP		11.9	23.9					
				路床								-0.5	1.926	10.4	16.7	16.6	NP	NP	NP		10.9	60.9	
11	5+029	路肩畑					道試所														1.44E-05		
12	STA22	土取場		試料-2			道試所						48.0	22.9	25.1	Fm		66.2					
14	STA22	土取場		試料-1			道試所						85.3	29.1	56.2		3.6	40.5					
				試料-2			道試所						54	25.7	28.3		4.3	22.3					
15	STA13			試料-4			道試所						NP	NP	-		0.1	4.4					

道試所 : 道路試験所      センター : 建材試験センター      SF: 細粒分混砂      GF: 細粒分混礫      Fm: 細粒土      MDD: 最大乾燥密度      OMC: 最適含水比



## **添付資料-9 FWD 調査実施計画書**



**タジキスタン国**

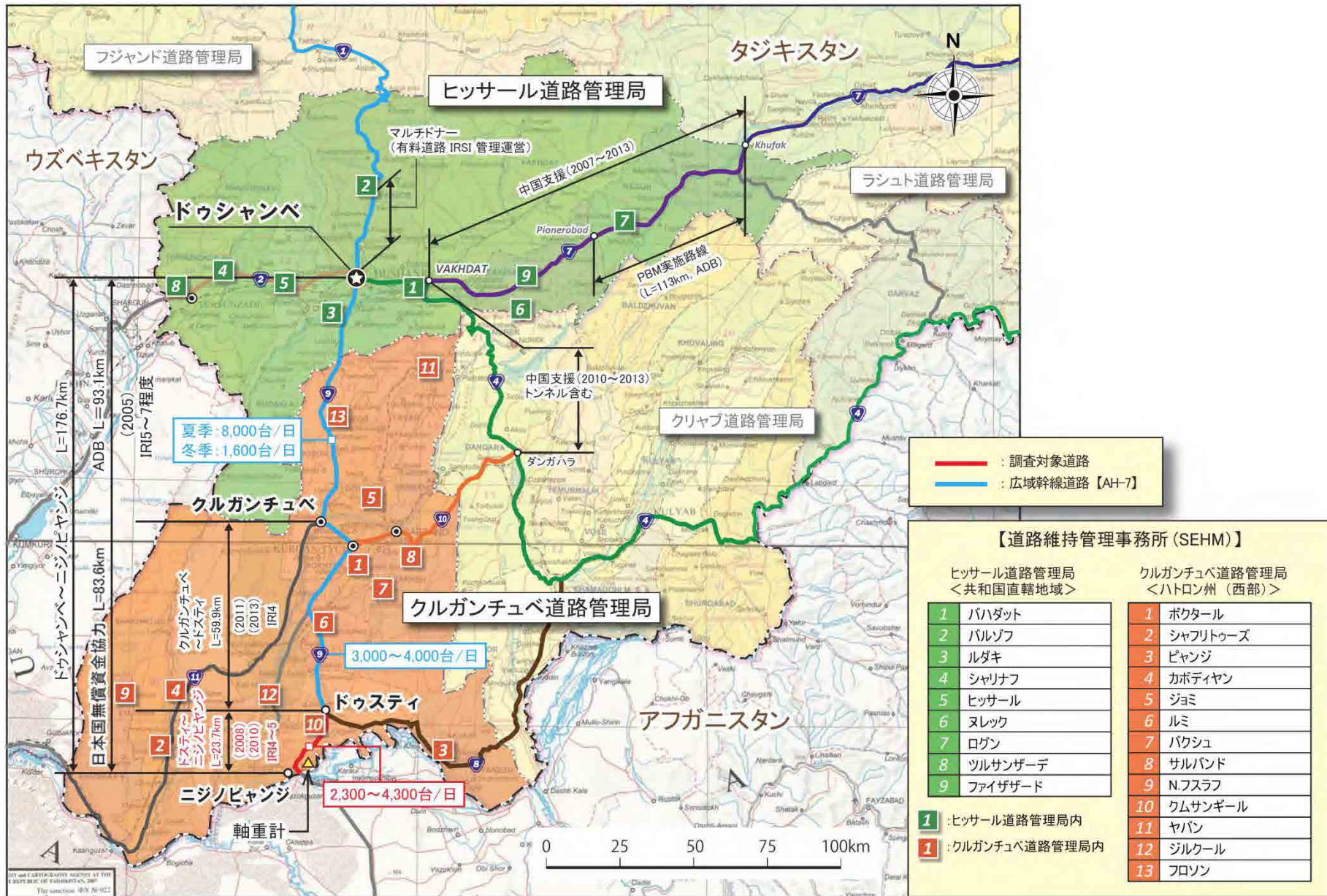
**ドゥステーニジノピャンジ間  
道路整備計画**

**FWD 調査実施計画書**

**平成 27 年 3 月  
(2015 年)**

**独立行政法人 国際協力機構  
株式会社 建設技研インターナショナル**

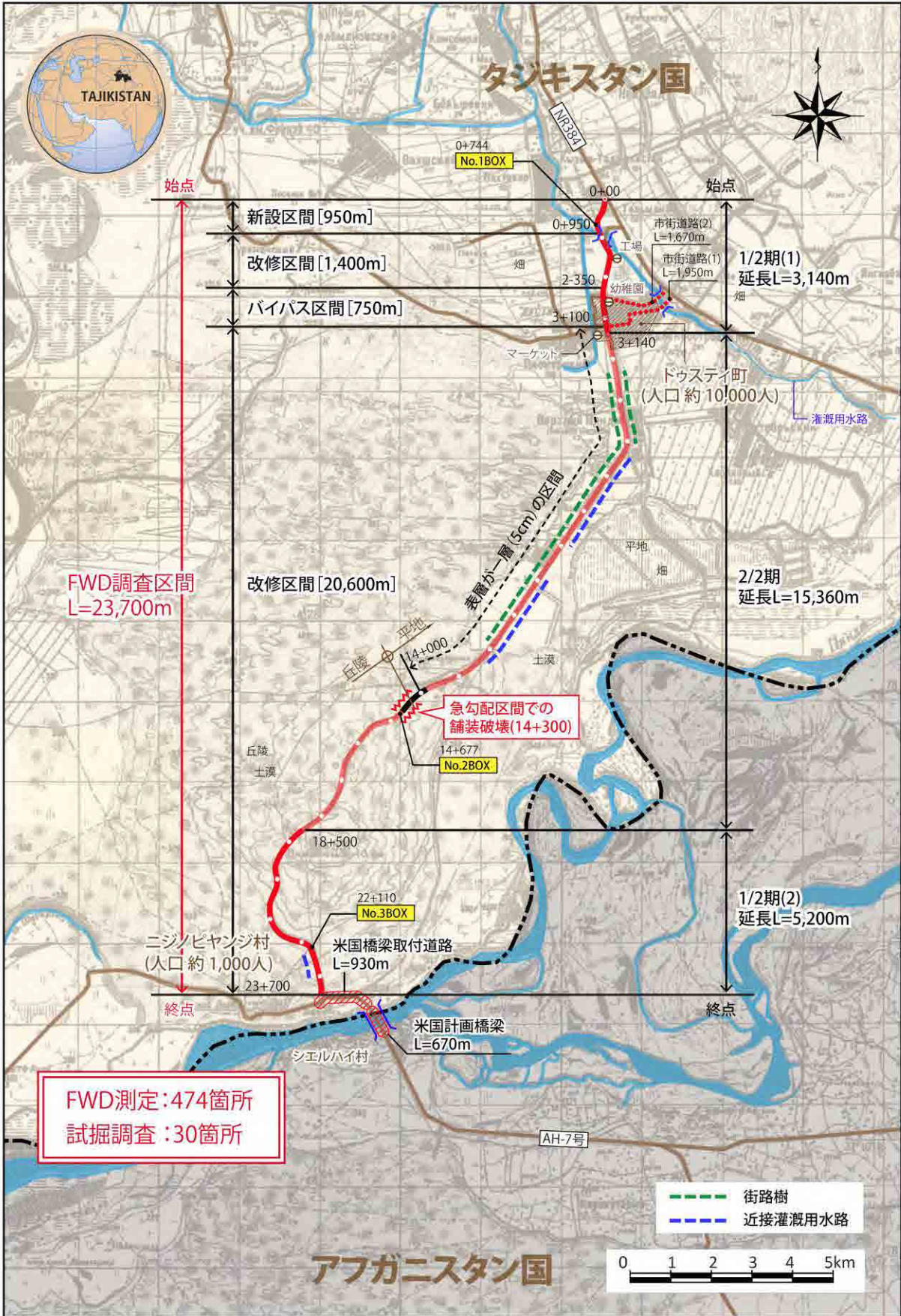




調査対象道路位置図







FWD 調査箇所図





調査対象道路の現況写真 (1/2)  
(舗装破損部)





調査対象道路の現況写真 (2/2)  
(舗装良好部)

タジキスタン国  
ドゥスティ～ニジノピヤンヅ間道路整備計画  
FWD 調査実施計画書

目 次

調査対象道路位置図	
FWD 調査箇所図	
調査対象道路の現況写真	
	頁
<b>第 1 章</b> FWD 調査の概要	1
1-1. FWD 試験機の基本構造	1
(1)   荷装置	2
(2)   たわみ測定装置	2
(3)   データ取り込み・記録装置	4
(4)   測定機器の精度	4
1-2. FWD 測定車の概要	5
(1)   FWD 測定車の機種・仕様の概要	5
(2)   我が国における FWD 測定車導入の経緯及び活用状況	5
1-3. FWD による測定・調査方法の概要	8
(1)   舗装の健全度評価の測定・調査方法	8
(2)   FWD による測定・調査の特徴	8
(3)   従来測定方法との比較	9
1-4. FWD による構造評価並びに補修計画の策定	10
(1)   補修計画の概念	11
(2)   FWD による広域調査	11
(3)   FWD による詳細調査	12
<b>第 2 章</b> FWD 調査の実施方法	16
2-1. 解析方法の選定	16
2-2. 測定箇所	16
2-3. 評価方法	17
2-4. FWD 調査の作業フロー	18
2-5. FWD 調査の技術仕様（Technical Specifications）	19
<b>第 3 章</b> FWD 調査の調達	28
3-1. FWD 調査専門技術コンサルタント・業者	28
(1)   日本調達の場合	28
(2)   第三国調達の場合	28
3-2. 概算見積、及び実施工程	32
(1)   日本調達の場合	32
(2)   第三国調達の場合	33





# 第1章 FWD 調査の概要

FWD (Falling Weight Deflectometer, たわみ測定装置) は、重錘を落下させて路面に衝撃を与え、その時に発生する路面のたわみ量を複数のセンサーによって測定する装置である。複数点のたわみ量を同時に測定すると落下点を中心に舗装がどのような形状でどれだけたわんだかが分かる。このたわみの形状やたわみ量は舗装内部の形態を反映しており、これらの値を解析することにより舗装の健全度を把握し、診断することができる。図 1-1 に FWD の測定によるたわみ曲線図 (例) を示す。

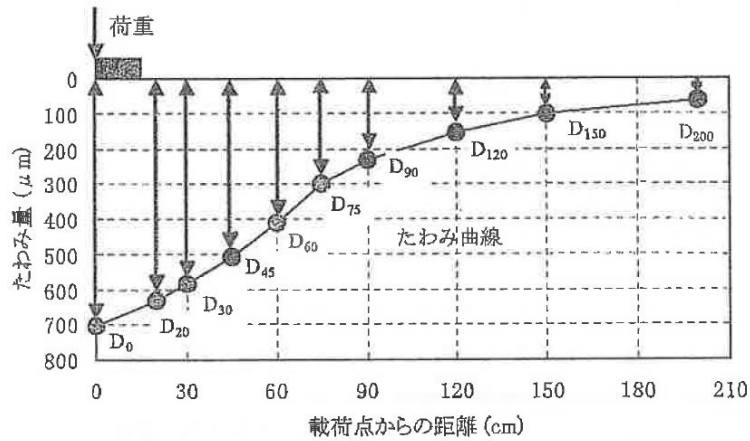


図 1-1 たわみ曲線図 (例)

FWD は、1 回の荷重で複数個の点のたわみ量を同時に測定することができるので、図 1-1 に示すようなたわみ曲線図を簡単に描くことができる。図中の  $D_i$  ( $i = 0, 20, 30, \dots, 200$ ) は、荷重点直下から  $i$  cm 離れた位置のたわみ量を示しており、これらのデータを基に路床を含めた舗装全体の支持力や舗装を構成する各層の強度を評価することが可能である。

## 1-1. FWD 試験機の基本構造

図 1-1-1 に FWD の主要な構成装置を示す。

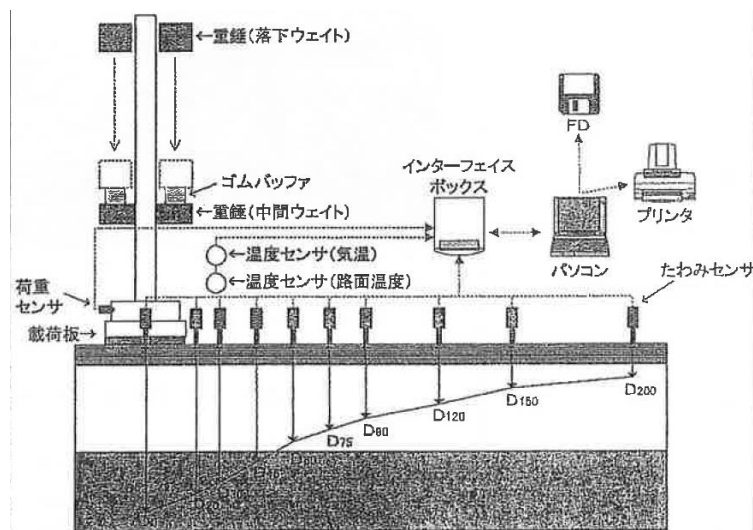


図 1-1-1 FWD の主要な構成装置

装置は、車載あるいは牽引して簡単に移動できるようになっており、以下に示す装置からなっている。

#### (1) 載荷装置

重錘を落下させて衝撃荷重を路面に載荷する。

落下させる高さを変える事によって、25, 49, 78, 98 kN などの衝撃荷重を載荷することができる。写真 1-1 に載荷装置（例）を示す。



写真 1-1 載荷装置（例）（写真中央の円筒状の装置）

測定に必要な衝撃荷重の大きさは、舗装構造を評価できる程度のたわみ量（舗装全体にたわむ）を得るという観点から、アスファルト舗装では設計に用いる標準的な輪荷重の 49 kN を用いるのが一般的である。

衝撃荷重は、搭載した重錘（200～250 kg 程度）を所定の高さから落下させることにより発生させる。重錘は、直接路面上に落下させるのではなく、バッファ（ゴム製の緩衝装置）と載荷板を介して路面に作用させる。

路面に伝えられた荷重パルス（時間的变化）は、実際の車両の走行荷重に近似し、そのピーク値が FWD で測定する衝撃荷重値となる。

路面と直接接する載荷板は、直径 30 cm で路面に多少の凹凸があっても荷重を均一に載荷できるように 4 分割されている。

載荷装置は、所定の荷重を載荷できるものでなければならないが、舗装の剛性によっては、目標とする載荷荷重と実測値が一致しない場合もある。一般に、舗装の剛性が低い場合、目標とする載荷荷重よりも小さい値となり、逆に剛性が高い場合は、大きい値となる傾向がある。その他、坂道での測定でも測定荷重が小さくなることがある。

#### (2) たわみ測定装置

舗装のたわみ量を複数のセンサーによって計測する。

センサーは、たわみの形状を測定するため、センサー配置位置は任意であるが、一般的には、載荷板中心から 0 cm、20 cm、30 cm、45 cm、60 cm、90 cm、150 cm の位置を基本として配

置されている。しかし、装置によっては 75 cm、120 cm、200 cm、250 cm の位置に配置されたものもある（図 1-1 及び図 1-1-1 参照）。

たわみ測定センサーは、種類によって方式が異なり、現在は、①LVDT タイプ、②リニアゲージ、③ジオフォンの 3 種類が用いられている。以下に各々の測定原理を示す。

### ① LVDT (Linear Variable Differential Transformer) タイプ

図 1-1-2 に LVDT タイプのたわみ量測定原理を示す。

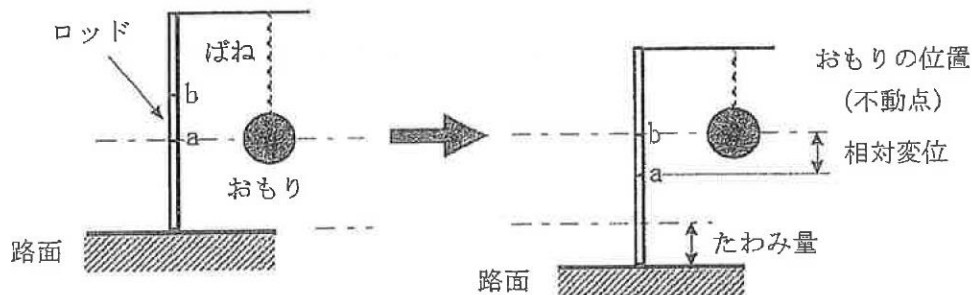


図 1-1-2 LVDT タイプのたわみ量測定原理

図 1-1-2 の左図に示すようにバネでつるされ静止されている重りは、慣性によって、その位置を保とうとする（重りの位置はロッドの a 点の位置にある）。路面に接触したロッドは、路面がたわむとそれに追従して変位を生じるが、重りは、短時間なら静止状態を保つ（この時の重りの位置は右図のロッドの b 点にある）。LVDT タイプは路面がたわんだ時の重り（静止）とロッドの相対変位（a 点と b 点の距離）を電気信号に変換してたわみ量を測定する。

### ② リニアゲージ (Linear Gauge)

図 1-1-3 にリニアゲージによるたわみ測定の原理を示す。

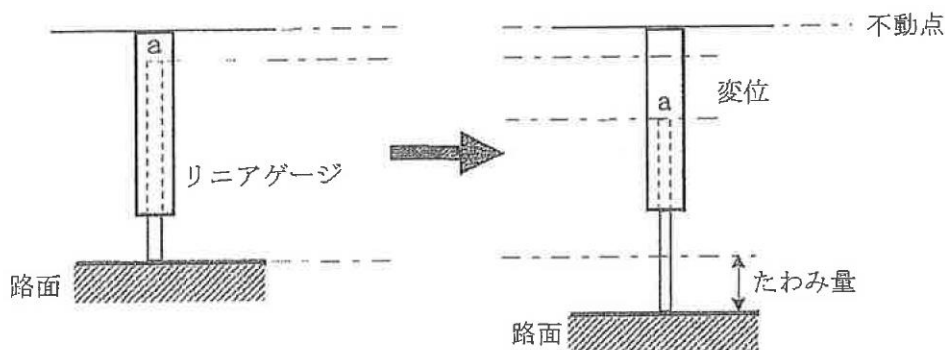


図 1-1-3 リニアゲージによるたわみ測定の原理

不動点に配置されたリニアゲージで、直接、路面のたわみを測定する。舗装がたわむ前は、リニアゲージのロッドの端部 a は、図 1-1-3 左図の位置にある。舗装がたわんだ時は、ロッドが舗装に追従して端部 a は右図のように移動する。この変位を電気信号に変換してたわみ量を測定する。

### ③ ジオフォン (Geophone Sensors, 速度計)

図 1-1-4 にジオフォンによるたわみ測定の実理を示す。

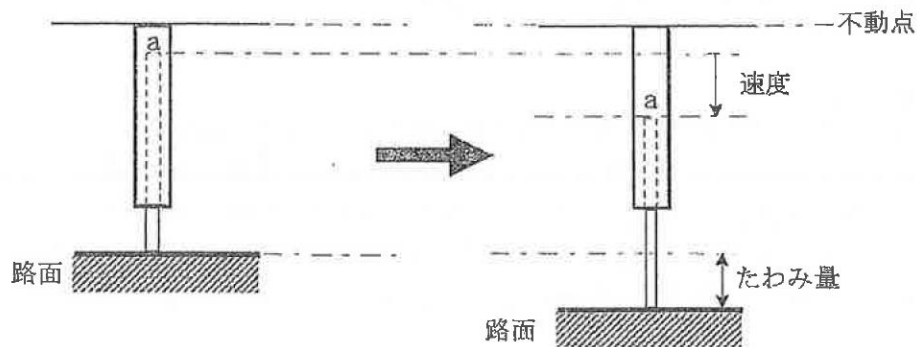


図 1-1-4 ジオフォンによるたわみ測定の実理

ジオフォンは、舗装がたわむときの変異の速度を測定するものである。たわむ前の図 1-1-4 左図端部 a が、たわんだ後の右図 a に移動する速度を電気信号に変換して、積分することによってたわみ量を算出する。

### (3) データ取り込み・記録装置

写真 1-2 に LVDT タイプのたわみセンサー測定装置 (例)、また、写真 1-3 にデータ取り込み・記録装置、制御用パソコン (例) を示す。



写真 1-2 たわみセンサー (例) (LVDT)



写真 1-3 データの取り込み・記録、  
制御用パソコン (例)

FWD で取り込むデータは、荷重とたわみであるが、気温と路面温度も同時に記録できる装置もある。各データは、インターフェイスを通じてコンピュータに自動的に取り込まれる。インターフェイスを通じて FWD の動作の制御もコンピュータで行う。

### (4) 測定機器の精度

測定機器の精度許容基準は以下のとおりである。

- 荷重センサーの精度は、基準値に対する誤差 $\pm 2\%$ 以下。
- たわみセンサーの精度は、基準値が  $100\ \mu\text{m}$  以下の場合 $\pm 2\ \mu\text{m}$  以下、基準値が  $100\ \mu\text{m}$

より大きい場合±2%以下。

通常、検定は1年に1回程度の頻度であるが、定期的に検定を行って精度が保たれていることを確認することが肝要である。また、使用頻度に応じて検定を行う場合もある。

## 1-2. FWD 測定車の概要

道路舗装の健全度測定に活用されている FWD 測定車は、牽引型と車載型の 2 機種に大別される。また、載荷方式（中間ウェイトの有無など）の違いにより、複重錘型と単重錘型の 2 種類に分類されることもある。

以下に、測定車の機種・仕様の概要、及び我が国で活用されている FWD 測定車の概要を示す。

### (1) FWD 測定車の機種・仕様の概要

写真 1-4 は、牽引型の FWD 測定車の例で、載荷装置、たわみ測定装置を搭載した台車を牽引し、牽引する車両にコンピュータ等のデータ記録装置を搭載するタイプの測定車である。



写真 1-4 牽引型 FWD 測定車（例）

写真 1-5 は、車載型の FWD 測定車の例である。車載型の FWD 測定車は、1 台の車両に載荷装置、たわみ測定装置、データ記録装置の全てを搭載するタイプの測定車である。



写真 1-5 車載型 FWD 測定車（例）

### (2) 我が国における FWD 測定車導入の経緯及び活用状況

「舗装の構造に関する技術基準」には舗装の必須の性能指標として、疲労破壊輪数、塑性変形輪数及び平坦性が定められている。このなかで、構造的な耐久性を示すものは疲労破壊

輪数である。輪荷重の繰り返し载荷によって構造的耐久性が減少してひび割れが発生するまでが設計期間とされている。

塑性変形輪数や平坦性は、路面の変状としてその経時的変化を測定することが可能である。しかし、疲労破壊輪数で定められる構造的な耐荷力の経時的変化を測定することは難しい。構造的耐荷力を推定する方法として、標準的荷重を载荷したときの路面のたわみ量やたわみ形状が利用されてきた。計測機器としては、ベンゲルマンビームや曲率計などがあげられる。しかし、供用中の道路でのそれらの計測には長時間を要すると共に危険性を伴っている。これらの課題を解決する測定方法として、我が国には 1983 年に FWD（たわみ測定装置）が導入された。FWD を用いると動的载荷装置と多点の路面たわみを測定することによって、舗装体の耐久性と路床の支持力を推定することが可能である。また、一測点の計測が 3～4 分で全て車内でのコントロールで計測でき、安全性と簡便性を兼ね備えている。

表 1-2-1 に我が国の舗装コンサルタント及び舗装専門業者が道路舗装の健全度測定に活用している FWD 保有台数一覧を示す。



表 1-2-1 FWD 保有台数一覧

2015年1月9日現在

所有機関名	台数	導入年度								
		2002-中国	2010-九州	2010-東北	2011-技研	2012-関東	2013-中部	2014-北海	2014-関西	2014-北陸
東亜道路工業／アートエンジニアリング	9	2002-中国	2010-九州	2010-東北	2011-技研	2012-関東	2013-中部	2014-北海	2014-関西	2014-北陸
ニチレキ（瀝青材メーカー）	8	2007-本社	2010-本社	2012-本社	2012-東京	2012-東北	2014-九州	2014-関東	2014-近畿	
鹿島道路	3	1993	2003	2006	2013					
日本道路／レインボー	3	2002	2006	2012						
NIPPO／グリーンコンサルタント	3	2004	2007	2014						
大林道路	3	2004	2008	2013						
大成ロテック／TR コンサルタント	2	1991	2006	2014						
高速道路総合技術研究所	2	2005	2005	2015						
福田道路／ファイブ	2	2002	2014							
世紀東急工業	1	1993	2012							
中日本高速道路／エンジ名古屋	1	2010								
東京舗装工業	1	2006								
土木研究所	1	2006								
前田道路／アールテックコンサルタント	2	2004	2012							
佐藤渡辺・大有	1	2001	2015							
北川ヒューテック	1	2001								
金亀建設	1	2002								
NEXCO エンジ九州	1	2014								
サンウェイ	1	2013								
ワールド開発工業	1	2013								
20 社	47 台									

※ 赤字は廃棄

※ 赤網掛けは次年度導入の噂（未確認情報）

PRI/PRIMAX	カールブロー方式	カールプロペーメント社（デンマーク）
KUAB	2Mass 方式	フリージアマクロス社（スウェーデン）
TONOX	路面性状測定車	トノックス（日産自動車）（日本）



FWD 測定車を保有している舗装コンサルタント・専門業者は、2015 年 1 月現在で 20 社であり、稼働している FWD 測定車は 47 台となっている。また、FWD 測定車の機種・仕様は、カールブロー方式（デンマーク製）が 27 台、2Mass 式（スウェーデン製）が 19 台となっており、全てが車載型の測定車である。

なお、TONOX は路面性状測定車（自動路面測定装置）のことであり、「わだち掘れ」、「ひび割れ」、「平坦性」をレーザーセンサー等で測定する機器を装備している。

### 1-3. FWD による測定・調査方法の概要

FWD による測定作業で得られた 10～11 種類のたわみ量（ $D_0 \sim D_{200}$ ,  $D_{250}$ ）の結果を基に舗装の健全度を評価することができる。以下に舗装の健全度評価の測定・調査方法、FWD による測定・調査の特徴及び従来測定方法との比較を示す。

#### (1) 舗装の健全度評価の測定・調査方法

図 1-3-1 に舗装の健全度評価の測定・調査方法を示す。

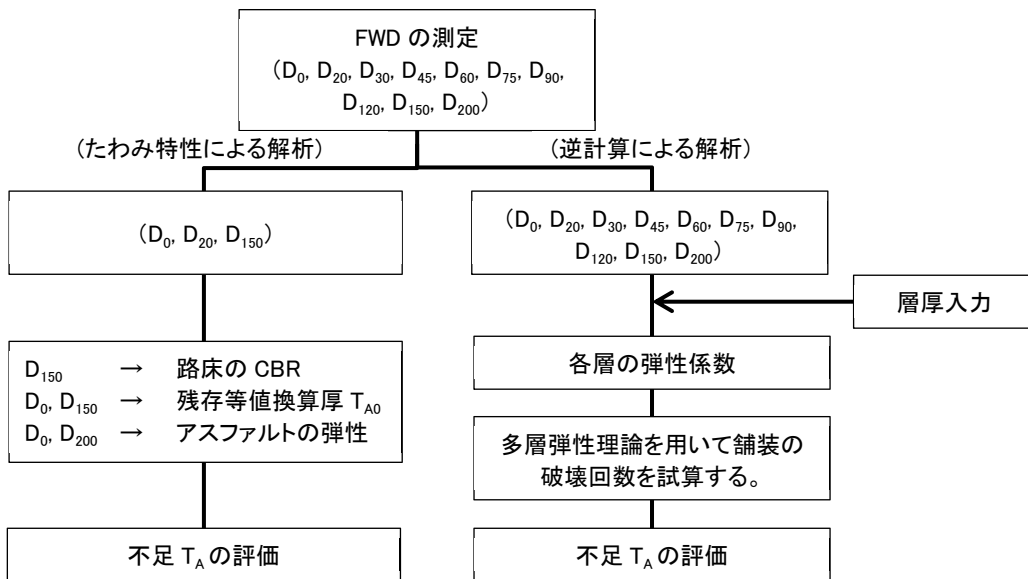


図 1-3-1 FWD による舗装の測定・調査方法

たわみ特性を基に簡易に評価する方法と、多層弾性理論を使い逆解析により求めた各層の弾性係数を基に多層弾性理論を用いて破壊回数を試算し、評価する方法がある。測定する際には、路面が気温により力学的な性状が異なることから、標準条件（20℃, 49 kN）で測定した値に補正する。

#### (2) FWD による測定・調査の特徴

以下に FWD による測定・調査の特徴を示す。

##### ① 非破壊で舗装の健全度を判定：

FWD を使うと、舗装を破壊せずに舗装の健全度を評価することができる。  
非破壊試験なので測定後の復旧工事が不要である。

②  $T_{A0}$  と CBR を推定 :

測定した載荷点直下のたわみ量  $D_0$  の大きさによって、路床を含めた舗装全体の支持力を判定することができる。次に、たわみ量  $D_0$ ,  $D_{20}$ ,  $D_{150}$  等を使ってアスファルト層の強度や路床の支持力を評価し、残存等値換算厚  $T_{A0}$  (残存  $T_A$ ) や路床土の CBR を推定することにより、舗装体としての欠陥 (断面厚の不足等) を診断することができる。

③ 舗装各層の強度を推定 :

多層弾性理論等を適用した構造解析を行うことにより舗装各層の強度特性を推定することができる。

④ 道路占用の安全性確保 :

1 測点の測定所要時間が 3~4 分で、交通規制時間が短時間であるため、道路占用に係る安全性が確保できる。

(3) 従来測定方法との比較

① FWD の測定作業

測定は、図 1-3-2 に示す簡単な作業の繰り返しである。FWD の測定は殆どコンピュータ制御で、車内で操作する。作業時の安全性や環境保全にも役立つ。

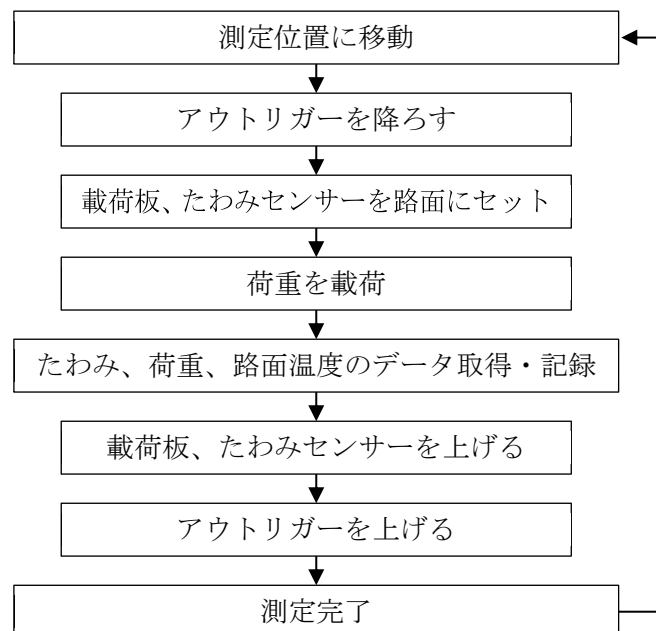


図 1-3-2 測定作業の流れ

## ② ベンゲルマンビームとの比較

FWD 同様に舗装のたわみを調査するベンゲルマンビームによる測定との比較表を表 1-3-1 に示す。

表 1-3-1 FWD とベンゲルマンビームによる測定の比較表

	FWD		ベンゲルマンビーム	
測定速度	○	1 測点当り 3 分～4 分	×	1 測点当り 20 分～30 分
測定範囲	○	一度に最大 11 点のひずみ量が確認できる。	×	一度に 1 点のみのひずみ量が確認できる。
測定精度	○	複数のセンサーにより測定し、コンピュータに記録するので、誤差が非常に少ない。	△	目視で確認するため、人的誤差が発生する可能性がある。
分析範囲	○	舗装全体のみでなく、各層の弾性係数が測定できる。活用範囲は今後も拡大する可能性がある。	×	舗装全体の健全度のみ評価可能。
コスト	×	普及度が低く、コストが高い。	○	非常に簡単な機器であり安価である。

## ③ 開削方法との比較

FWD 同様に地中の舗装部、路床部の性状を確認する方法としては、開削したうえで、試料を採取し、室内試験で確認する方法がある。表 1-3-2 に FWD と開削方法による測定の比較表を示す。

表 1-3-2 FWD と開削方法による測定の比較表

	FWD		開削方法	
調査速度	○	1 測点当り 3 分～4 分で、自動で計測記録する。	×	1 測点当り数時間必要である。労力も大きい。
解析の煩雑さ	○	解析作業はデータの計算処理のみである。	×	資料の室内試験が必要で、解析が煩雑である。
解析速度	○	データの計算処理のみで早い	×	室内試験、解析に時間を要する。
環境	○	非破壊試験で、環境保全面で優れている。	×	舗装を一旦破壊して復旧するため、環境保全の面で問題である。
舗装全体の解析	○	たわみ量から精度の高い舗装全体の健全度が確認できる。	△	舗装全体の解析は困難。
舗装の層毎の解析	△	逆計算により解析可能だが、直接試料を採取する方法には及ばない。	○	直接採取し室内検査することから精度は高い。ただ、途上国での室内試験の精度は高いとは言えない。
調達時間	×	日本または第三国からの調達になり時間がかかる。	○	現地調達器具材で調査可能。
コスト	△	数が多くなれば開削の方法に比べて安い。	×	1 か所当りのコストは非常に高い。

### 1-4. FWD による構造評価並びに補修計画の策定

舗装の補修計画のための FWD 調査は、関連する全ての道路網の供用状況を把握したり、大枠の予算策定のために広域を対象とした調査と、広域調査の結果に基づいて、実施する道路整備計画等に係る対象路線における補修工法や補修断面を計画・設計するための詳細な調査とに大別される。

これらの調査で得られた情報は、舗装マネジメントシステム等のデータベースに記録することにより、以後の舗装の維持修繕管理に係る計画立案に反映させることができる。

FWD 調査は、そういった調査を補う形で、路床や舗装体の支持力を把握するためのデータ収集の簡便で経済的な調査方法である。

(1) 補修計画の概念

舗装の補修計画を立案する場合、道路整備計画の対象路線全体の概略の状況を知る必要があり、FWDにより調査し、舗装の供用性データを取りまとめた舗装マネジメントシステム等のデータベースを構築して運用することは、極めて重要な役割を果たす。それによって、補修が必要な箇所を特定したり、補修の優先順位や概略の予算を把握したりすることができ、長期的な補修計画を策定するときの必要な資料となる。

また、具体的な補修箇所が決まれば、破損の原因や補修範囲を詳細に調査し、補修工法・補修断面の選定、及び概算予算を検討して、最適な補修計画を立案することができる。

(2) FWDによる広域調査

広域調査は、関連対象地域内の全ての道路網に対して実施する調査である。

図 1-4-1 に広域調査による補修時期評価（例）を示す。

また、(式 1-1) に評価区間の区間たわみ代表値の求め方を示す。

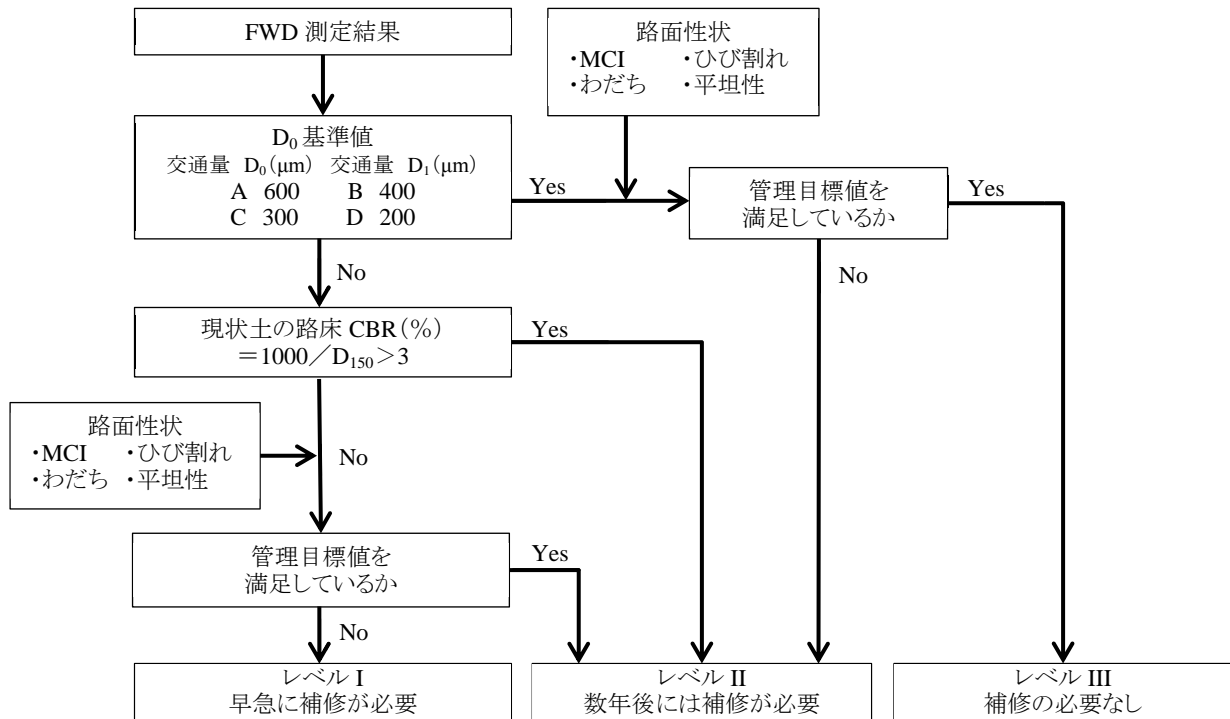


図 1-4-1 広域調査による補修時期評価（例）

- ・ 評価区間の区間たわみ代表値の求め方

(式 1-1) : 区間たわみ代表値 = たわみの平均値 + たわみの標準偏差

広域調査における FWD による調査では、関連する道路網の広範囲の情報をカバーするために、測定間隔を 50～100m 毎や舗装構造、または地盤条件の変化点毎というように長めにとり、評価区間毎にたわみ代表値を求める。原則として、評価区間は 100m 単位であるが、測定間隔がそれ以上の時は、数 100m～数 km、あるいは路線毎といった大き目の延長で評価する。

評価結果は、道路網の舗装補修を必要とする区間や補修時期の判断及び補修工事の概算予算を策定する場合等に活用できる。

(3) FWD による詳細調査

詳細調査は、広域調査などで選定された補修候補区間について、構造的な補修が必要なのかどうかの判断、そして、補修が必要な場合には、既設舗装の支持力と健全度評価を行い、適切な補修工法の選定、及び補修断面の計画・設計を検討するために必要なデータを収集するために行う。FWD を使った詳細調査は、現場の状況に応じた追加調査を容易に実施することができる他、迅速な測定が可能であるので、きめ細かいデータ収集ができる。

FWD による舗装構造の詳細調査は、原則として測定を 20m 毎とし、区間の取り方は距離標を基準とする。また、評価区間については、舗装構成、舗装の支持力、破損状況などが同一な区間毎に設定する他、広域調査同様 100m 単位とする方法がある。

FWD による詳細な調査の結果を用いて補修工法を選定する場合、たわみを用いる方法と弾性係数を用いる方法がある。

① たわみを用いる方法

図 1-4-2 に FWD 測定による補修工法選定区分の解析方法のフローを示す。

また、(式 1-2) に路床 CBR 及び設計交通量から必要  $T_A$  を求める算出方式を示す。

なお、 $T_A$  法は、アスファルト舗装の構造設計方法のひとつで、路床の設計 CBR と舗装計画交通量に応じて目標とする  $T_A$  (等値換算厚) を下回らないように舗装の各層の厚さを決定する方法である。

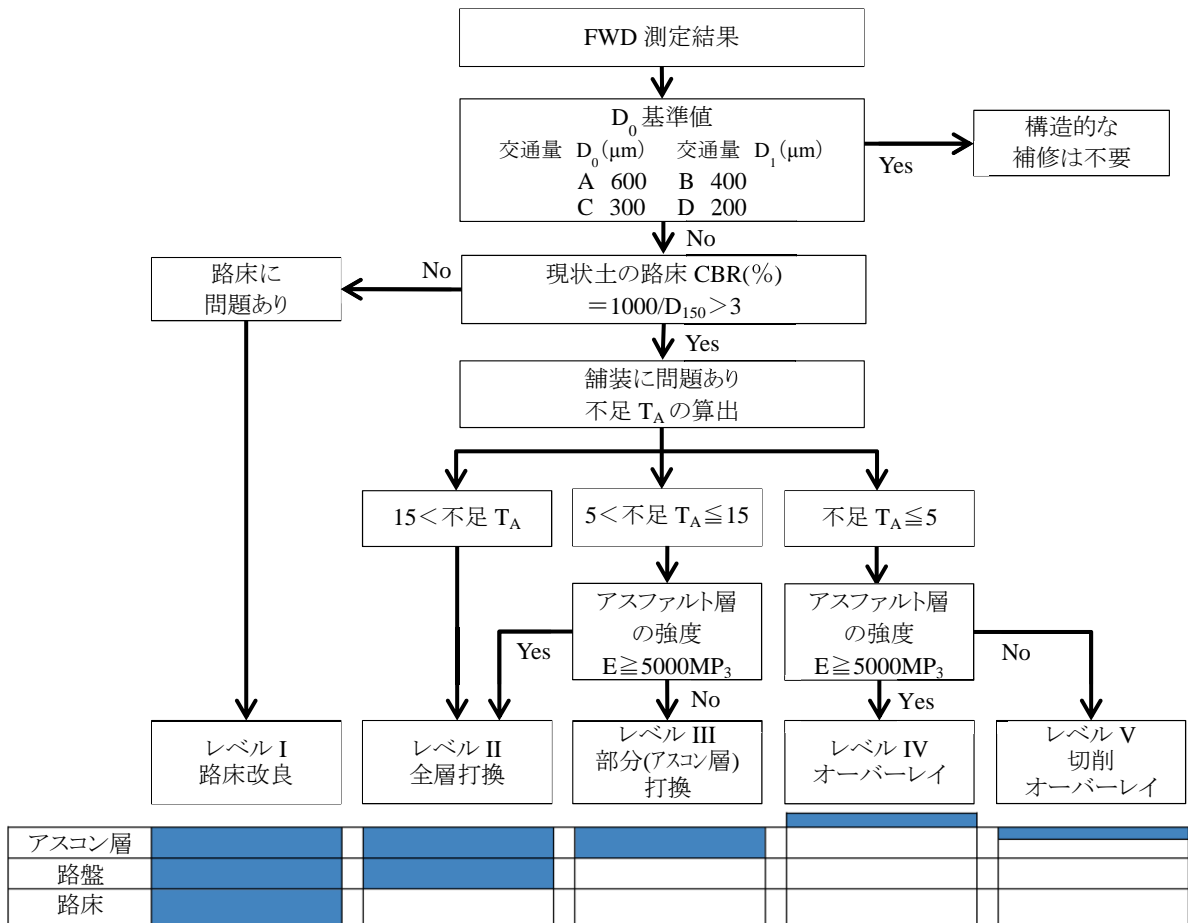


図 1-4-2 FWD による補修工法選定 (例)

- ・ 路床 CBR 及び設計交通量から必要  $T_A$  の算出方式  
(式 1-2) :

$$\text{必要 } T_A = \frac{R \cdot N^{0.16}}{CBR^{0.3}}$$

- 必要  $T_A$  : 舗装各層を表基層で設計した必要厚さ (cm)
- $R$  : 信頼性に応じた係数 (信頼性、係数  $R$  の値、交通量換算)
- $N$  : 10 年間における疲労破壊輪数 (49km 換算輪数/10 年)  
設計期間が 10 年以外の場合は、当該設計期間の 10 年に対する割合を乗じる。
- $CBR$  : FWD 調査により求めた区間の路床 CBR (%)

たわみを用いて補修工法を選定する場合、まず、FWD 測定により得られるたわみ特性値 ( $D_0$ 、 $D_{20}$ 、 $D_{150}$ ) から、たわみ縦断図を作成して、補修区間全体の支持力、健全度を把握する。次に、各測定区間の代表値を算出して、 $D_0$  基準値、路床の CBR、アスファルト混合物の弾性係数、不足  $T_A$  を (式 1-2) の計算式により求める。これらの計算値を用いて、図 1-4-2 の FWD 測定による解析方法のフローから補修工法を選定区分を決定する。

## ② 弾性係数を用いる方法

FWD 測定により、舗装各層と路床の弾性係数を推定し、弾性係数の逆解析結果を用いて補修工法・断面を検討し、補修工法を選定する手法の概要は、以下に示すとおりである。

舗装を構成する各層と路床の弾性係数、ポアソン比、厚さと舗装表面に作用する荷重条件が与えられると、多層弾性理論を適用して、舗装に生じるたわみ、応力、ひずみを計算することができる。これを順解析という。

FWD は、舗装のたわみを測定する装置であり、各層のポアソン比と厚さ、そして、FWD の載荷荷重条件と測定したたわみを与えることにより、各層の弾性係数を推定することができる。これを弾性係数の逆解析という。

逆解析によって、FWD で測定したたわみから舗装を構成する各層 (アスファルト混合物層、路盤層) と路床の弾性係数を推定することができる。

逆解析により推定した舗装各層と路床の弾性係数を用いると、順解析によって舗装の任意の位置に発生する応力、ひずみ、たわみを計算することができ、既設舗装の構造評価ができる。

また、舗装に生じるひずみを計算することで、多層弾性理論を使った舗装の設計などに適用することができる。

図 1-4-3 に弾性係数の逆解析結果を舗装設計に適用する設計計算のフローを示す。

また、(式 1-3) にアスファルト混合物層の疲労に対する破壊規準式、(式 1-4) に路床の疲労に対する破壊規準式を示す。

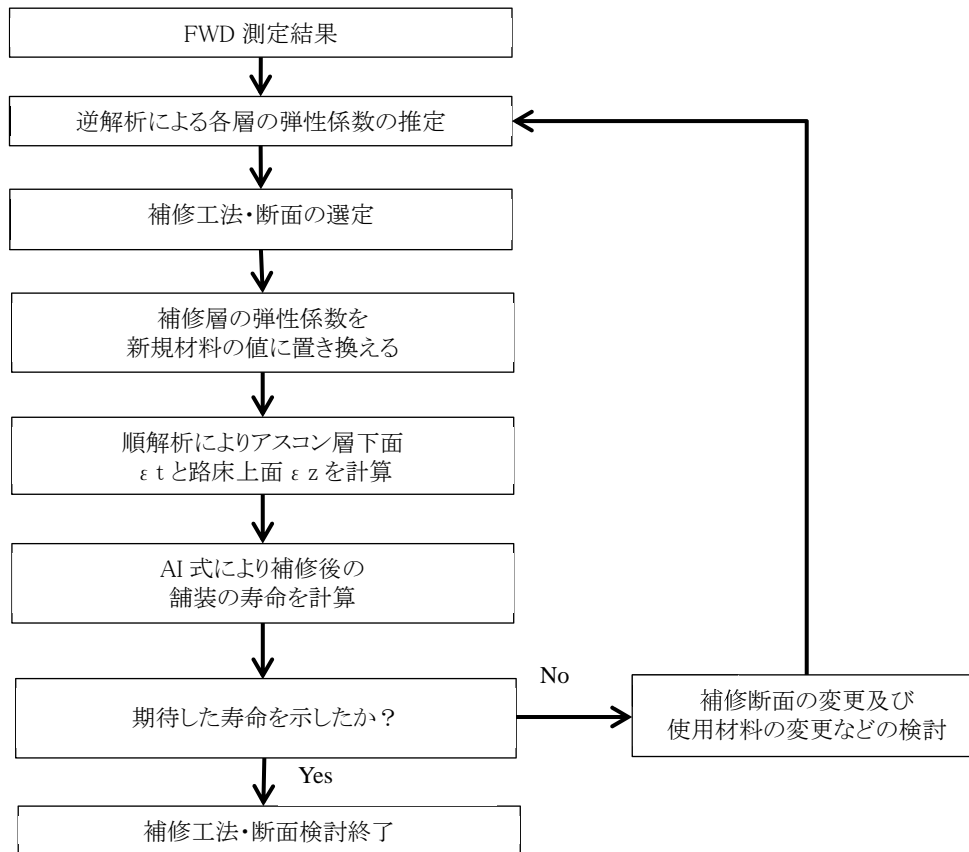


図 1-4-3 舗装の寿命の計算フロー

- ・ アスファルト混合物層の疲労に対する破壊規準式  
(式 1-3) : なお、この式の破壊の定義として、ひび割れ率を 20%とする。

$$N_{fa} = 18.4C(6.167 \times 10^{-5} \times \varepsilon_1^{-3.291} \times E^{-0.854})$$

$N_{fa}$  : アスファルト混合物の疲労破壊輪数

$\varepsilon_1$  : アスファルト混合物層下面に生じる水平方向の引張りひずみ

$C$  :  $C=10^M$

$M$  : アスファルト混合物の空隙率 ( $V_v$ ) とアスファルト量 ( $V_b$ ) の関係

$$M = 4.84 \left( \frac{V_b}{V_b + V_v} - 0.69 \right)$$

- ・ 路床の疲労に対する破壊規準式  
(式 1-4) :

$$N_{fs} = 1.365 \times 10^{-9} \times \varepsilon_z^{-4.477}$$

$N_{fs}$  : 路床の疲労破壊輪数

$\varepsilon_z$  : 路床上面に生じる鉛直方向の圧縮ひずみ

弾性係数を用いて補修工法を選定する場合は、まず、たわみによる方法などで補修工法



案を選定する。次に、FWD たわみから各層の断層係数を逆解析し、補修する層の弾性係数を新規材料の値に置き換えて、多層弾性理論によって、アスファルト混合物層下面に生じる水平方向の引張ひずみと路床上面に生じる鉛直方向の圧縮ひずみを計算する。その値を用いて、(式 1-3) アスファルト混合物の疲労に対する破壊規準式と (式 1-4) 路床の疲労に対する破壊規準式に示した AI 式により、補修後の舗装の破壊回数を試算し、舗装の寿命を計算する。

期待した寿命が得られない場合は、補修材料として想定した材料と別のものを用いることなどを検討する。

## 第2章 FWD 調査の実施方法

### 2-1. 解析方法の選定

前述の通り、解析方法には、たわみ特性による解析と逆計算による解析がある。本調査では、下記の理由でたわみ特性による解析を採用することとする。

- ・ 補修が多く箇所で行われており、周辺のたわみ量が周辺の補修断面の影響を受けることになり、正確な逆計算による各層の弾性係数の推定ができないと思われること。
- ・ 補修記録の残されていない区間があり、その区間では舗装断面が分からないこと。
- ・ 新設舗装の下に既存舗装があり、その高さや断面が不明であり、正確な各層の弾性係数の推定ができないと思われること。

### 2-2. 測定箇所

たわみ量測定方法は下記の手順とする。

- ① 測定点は 100m 間隔とし上下線を交互に測定する。
- ② 測定回数は 1 地点について 3 回とし、2 回目と 3 回目の測定を記録する。
- ③ FWD の載荷重は、49 kN を標準とする。
- ④ 測定項目は、測定日時・測定情報（路線名・測定車線・測定区間距離）・載荷重・外気温・路面温度・たわみ量とする。
- ⑤ たわみ量は最大たわみ量を測定する。センサの数は 7 個以上とし、最大距離は荷重中心から 150cm とする。
- ⑥ 測定結果は即時確認して、異常が認められた場合は再計測する。

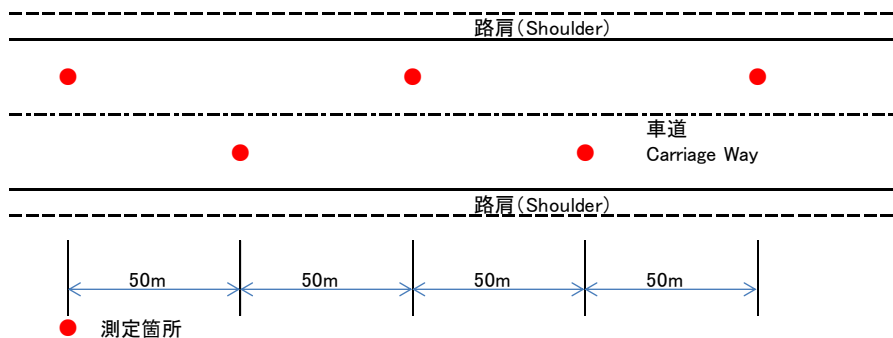


図 2-2-1 FWD 測定箇所（健全箇所）

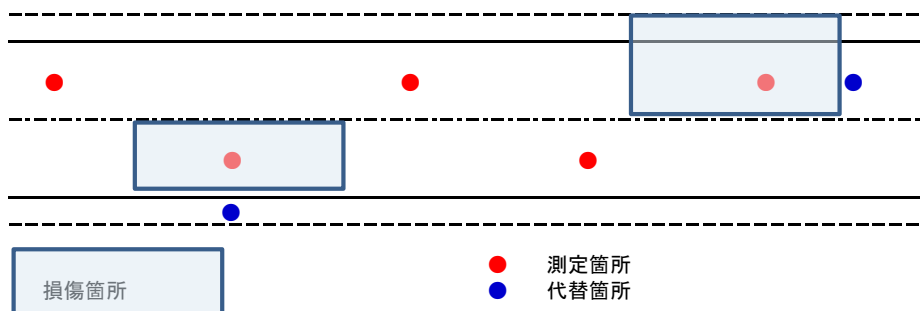


図 2-2-2 FWD 測定箇所（損傷箇所）

また、当初測定箇所から 20m 以内に代替箇所がない場合は、試掘調査を実施することとする。試掘調査深さは既設の簡易舗装天端までとするが、既設舗装がない場合は、1.5m まで実施することとする。30 箇所を想定している。調査数量は以下のとおりとする。

表 2-2-1 調査数量一覧

調査名	数量
FWD 調査	474 箇所
試掘調査	30 箇所

### 2-3. 評価方法

たわみ量による構造評価方法を採用する。下記に構造評価の手順を示す。

なお、本手順は「活用しよう！FWD（財団法人道路保全技術センター、平成 17 年 3 月）」に準拠したものである。

- ① 現地調査により得られたたわみ量について、載荷重補正（49kN）と温度補正（20℃）を行う。
- ② 各測点における D0 および D150 のたわみ縦断図を作成する。必要であれば同一とみなせるいくつかの区間に区分する（累積差分法等）。
- ③ 各交通量区分における D0 の許容値から、構造的破損の有無を判断する。表 2-3-1 に基準値を示す。

表 2-3-1 たわみ量許容値

交通量区分 ※1	N1～N3	N4	N5	N6	N7
D0 たわみ量の許容値 (μm)	800	600	400	300	200

- ④ D150 から下記の式を用いて各測点の路床の CBR を推定する。  

$$\text{現状の CBR} = \frac{1000}{D150}$$
- ⑤ D0 および D150 から下記の式を用い、各測点の舗装の残存等値換算厚（TA0）を推定する。  

$$TA0 = -25.8 \times \text{LOG} \left( \frac{(D0 - D150)}{10^3} \right) + 11.1$$
- ⑥ D0 および D20 から下記の式を用い、各測点のアスファルト混合物層の弾性係数（E1）を推定し、その強度を評価する。  

$$E1 = \frac{2352 \times \left( \frac{(D0 - D20)}{10^3} \right)^{-1.25}}{h1}$$

ここに、

$h1$  : アスファルト安定処理層を含めたアスファルト混合物層の厚さ (cm)

※1 交通量区分

交通量区分	舗装計画交通量 (単位：台／日・方向)	疲労破壊輪数 (単位：回／10年)
N7	3,000以上	35,000,000
N6	1,000以上3,000未満	7,000,000
N5	250以上1,000未満	1,000,000
N4	100以上 250未満	150,000
N3	40以上100未満	30,000
N2	15以上40未満	7,000
N1	15未満	1,500

2-4. FWD 調査の作業フロー

図 2-4-1 に FWD 調査の作業フローを示す。

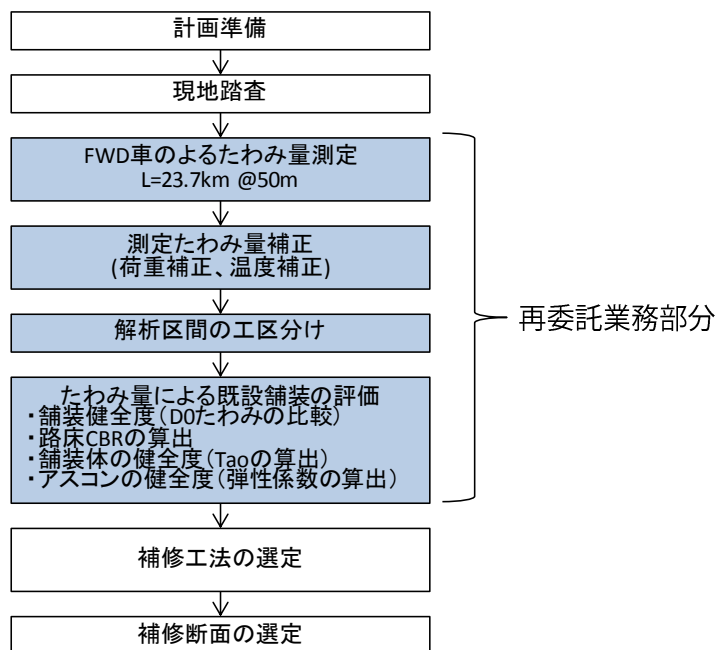


図 2-4-1 FWD 調査の作業フロー

なお、再委託により実施する FWD による測定・解析の技術仕様 (Technical Specifications) を 2-5 節に示す。

## 2-5. FWD 調査の技術仕様 (Technical Specifications)

### **1. GENERAL**

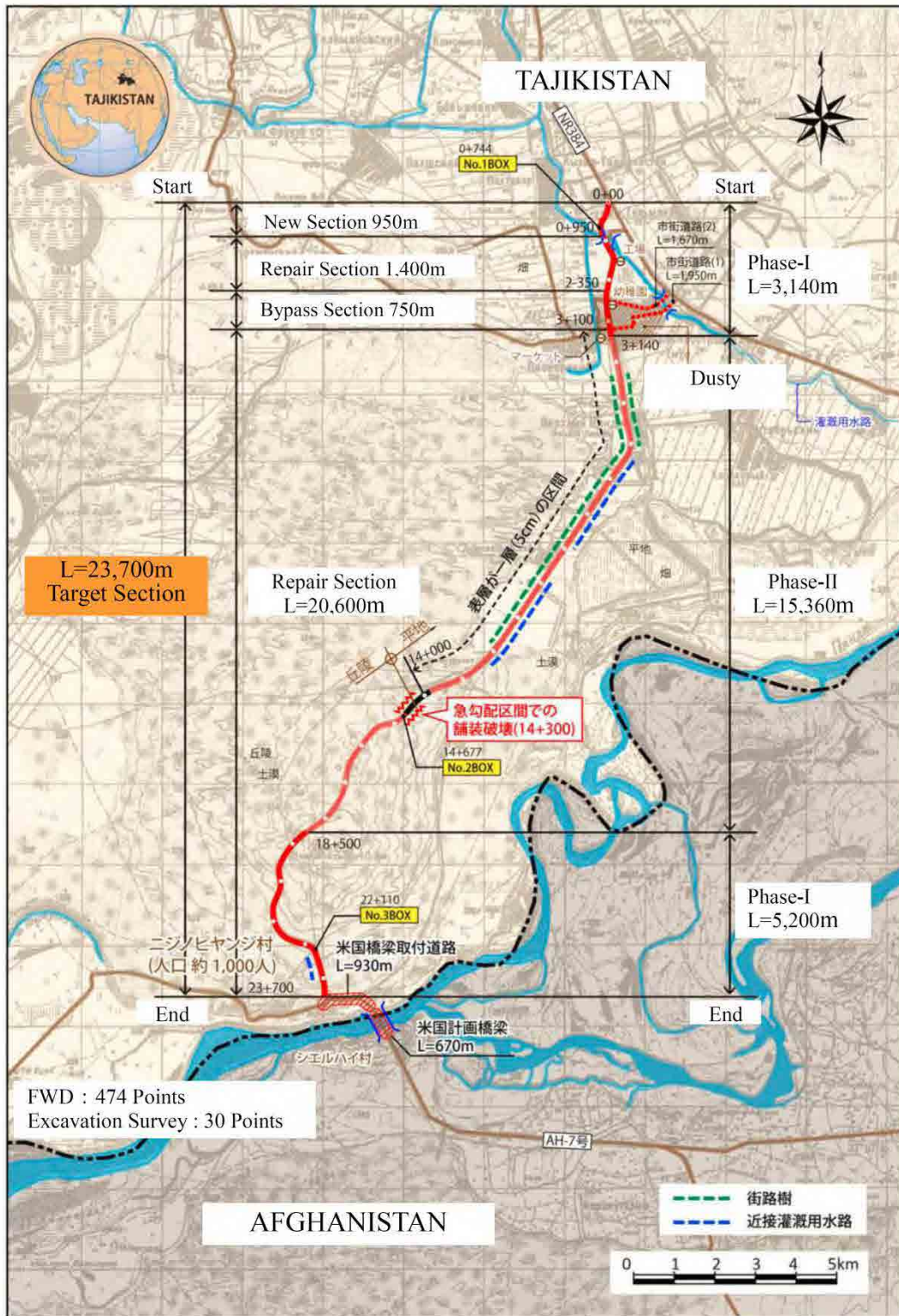
#### **1.1 Introduction**

This Works aims to get the basic data on FWD measurement in order to design the rehabilitation works for Dusty-Nizhniy Pyandzh Road in the republic of Tajikistan

#### **1.2 Location of the Works**

The target road is Dusty-Nizhniy Road in the Republic of Tajikistan as shown in the location map. Every 100m markings on the shoulder of the target road shall be provided by Prime Consultant.

# Location Map



### 1.3 Contents of the Works

The Works shall consist of the follows:

- (1) FWD measurement at Dusty-Nizhniy Road in the republic of Tajikistan
- (2) Standardization of the measured data
- (3) Sorting of Design Section
- (4) Evaluation of Pavement with Deflection (Calculation of CBR, Remaining Equivalent Thickness and Elastic Modulus)
- (5) Preparation of Final Report

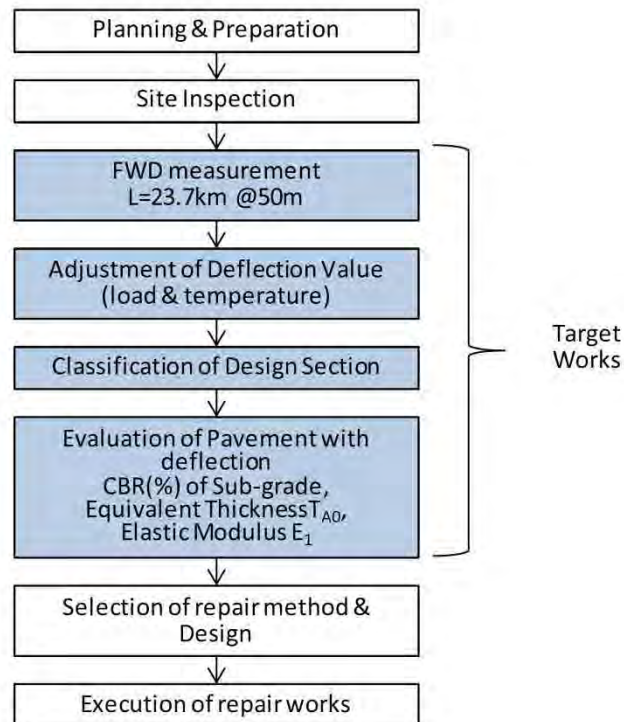


Figure 1-1 Target Works

### 1.4 Duration and Schedule of the Works

The Schedule of the Works shall be proposed by the Consultant / Contractor. The form of the schedule is shown in Appendix-A. This project is planned to be implemented summer to autumn in 2015.

### 1.5 Equipment and Material

All equipment and materials necessary for the Works shall be provided by the Consultant / Contractor. The form of Specifications of Equipment / Material to be used for FDW survey is shown in Appendix-B.



### **1.6 Transportation**

All transportation, including transportation of the personnel and equipment to/from the job site, local transportation between job sites, incurred taxes and all the expenses for import and export shall be provided by the Consultant / Contractor.

### **1.7 Accommodation and Other Expenses**

All accommodation and other expenses (per diem, coordination fees, communication fees, etc.) shall be provided by the Consultant / Contractor.

### **1.8 Insurance**

The Consultant / Contractor shall insure his staff and equipment and shall be solely responsible for any accidents, injuries, damages, etc.

### **1.9 Other Conditions**

Other Conditions not specified herein shall be settled by mutual understanding and agreement between the Client and the Local Consultant.

## **2. WD Measurement**

### **2.1 Specification of Equipment**

- Drop height can be adjusted and standard load can be adjusted to 5tf.
- Diameter of loading plate shall be 30cm and it can be divided into 4 pieces.
- Number of deflection sensors shall be not less than 7 and deflection measurement shall cover 150cm from loading point in all directions.

### **2.2 Recorded Items**

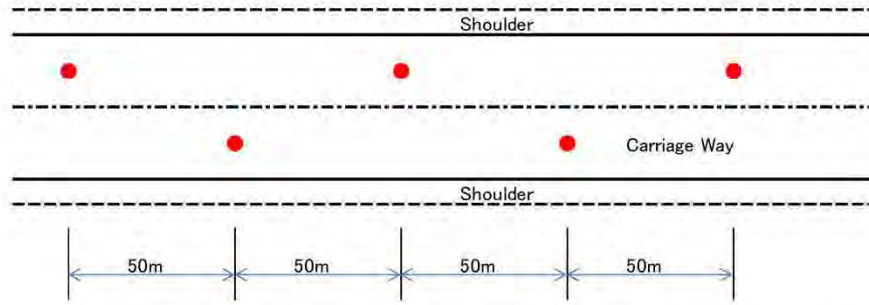
- Number of measuring points shall be not less than 7 locations. And D0, D20, D150 shall be included.
- Recorded items shall be date, maximum load, deflection value, air and surface temperature.

### **2.3 Number of measurements at one location**

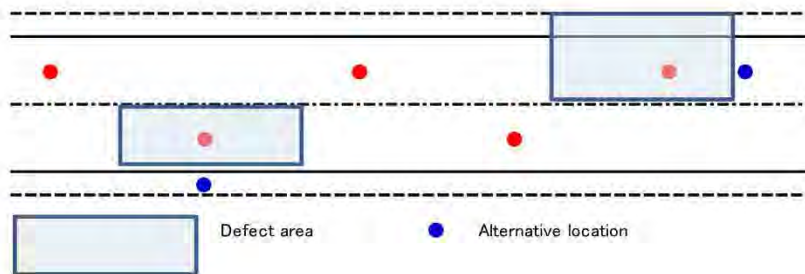
- Number of measurements at one location shall be three times, and second and third deflection results shall be recorded.

### **2.4 Interval and location of measurement**

- Interval of measurement shall be 50m. The location of measurement shall be staggered as shown below.



- In case the FWD measurement cannot be done due to the defects of the pavement, the FWD measurement shall be done at the nearest measurable point from original measuring point on the carriage way or shoulder. The locations of the measured points shall be recorded. In case measurable points are not available in 20m from original measuring points, excavation survey with Prime Consultant at original measuring points shall be conducted.



## 2.5 Standardization

The deflection values shall be adjusted to the values with Load 49kN and 20°C.

## 2.6 Classification of Design Section

The road section shall be classified into several types based on the deflection values. Each type of section shall have one design / one structural formation. The classification of the section shall be done by Cumulative Difference Value Method which is recommended by AASHTO. If the Consultant / Contractor have alternative method, please propose.

## 2.7 Evaluation of Pavement with Deflection

CBR(%),  $T_{A0}$ ,  $E_1$  shall be calculated. The following formulas are recommended for this calculation. If the Consultant / Contractor have alternative method, please

propose.

$$\text{CBR (\%)} = \frac{1,000}{D_{150}}$$

Here

CBR(%) : CBR(%) value 150cm below from top of pavement

$$T_{A0} = -25.8 \log \left( \frac{D_0 - D_{150}}{10^3} \right) + 11.1$$

Here

$T_{A0}$  : Remaining Equivalent Thickness (cm)

$D_0$  : Deflection value at loaded point ( $\mu$  m)

$D_{150}$  : Deflection Value 150cm away from loaded point ( $\mu$  m)

$$E_1 = \frac{2,352 \times \left( \frac{D_0 - D_{20}}{10^3} \right)^{-1.25}}{h_1}$$

Here

$E_1$  : Elastic Modulus of Asphalt Layer (MPa)

$D_0$  : Deflection value at loaded point ( $\mu$  m)

$D_{20}$  : Deflection Value 150cm away from loaded point ( $\mu$  m)

$h_1$  : Asphalt Thickness of Asphalt Layer (cm)

### 3. Excavation Survey

The depth of the excavation is upto the hard existing pavement or the hard existing sub-grade. The bottom of the excavation shall be directed by the Prime consultant. Maximum depth shall be 150cm. At least 100cm × 100cm shall be cut on the pavement by asphalt cutter. Excavation can be done by equipment either manpower. After investigation and sampling of the materials, the excavation shall be backfilled by granular materials and it shall be compacted.

### 4. Final Report

The final report shall cover the following.

1. Outline of survey

2. Utilized equipment

3. Results of Survey

(Date, station, air & surface temperature, maximum load, surveyed deflection values, standardized deflection values, Computation of CBR,  $T_{A0}$ ,  $E_1$ )

4. Photos of measurement

Appendix A

Schedule of the Works

	months												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Preparation Works													
Transportation of Equipment				(to be proposed by the contractor / consultant)									
Custom Clearance and Registration of FWD equipment													
FWD measurement (23,700/50=474 points)													
Demobilization													
Preparation of Report													

## Appendix B

Specifications of Equipment / Material to be used for FDW survey

Name of Equipment / Materials	Specification	Q'ty	Remarks
1. FDW Measurement Equipment			
Name Manufacturer			
Model			
Manufactured Year			
Transportation Method	Towing or Self Propelled type		
Applied Load		kN	
Diameter of loading plate		cm	
Type of load sensor			
Type of deflection sensor			
Location of deflection sensor	0, . . . . .		
Type of surface thermometer			
Type of air thermometer			
2.			
3.			
4.			
5.			

## Appendix C

**COST QUOTATION**

Item	Unit	Qty.	Rate (US\$)	Amount (US\$)
Mobilization and Demobilization				
Transportation of FWD (round trip)	LS	1		
Others	LS	1		
Travel and Accommodation Fee	LS	1		
FWD Measurement				
FWD (usage fee)	month			
Personnel Fee				
A	month			
B	month			
C	month			
D	month			
E	month			
Data Analysis				
Standardization FWD values	LS	1		
Sorting of Design Section	LS	1		
Evaluation of Pavement	LS	1		
Excavation Survey (tentative)	point	30		
Final Report	LS	1		
Other Expenses and Profit	LS	1		
Tax				
Total				

### 第3章 FWD 調査の調達

タジキスタン国においては、FWD 調査が実施可能な専門技術コンサルタント・業者は存在しない。したがって、FWD 調査を再委託業務により実施するにあたっては、日本国、または第三国からの調達となる。

日本国及び第三国の専門技術コンサルタント・業者等による「タ」国での FWD 調査実施の可能性及び技術能力等の調達事情に係る調査結果を以下に示す。

#### 3-1. FWD 調査専門技術コンサルタント・業者

##### (1) 日本調達の場Ⓔ

表 1-2-1 に FWD 保有コンサルタント・業者一覧を示した。

FWD 測定車を保有している専門技術コンサルタント・業者は 2015 年 1 月現在で 20 社あり、稼働している FWD 測定車は 47 台となっており、また、FWD 測定車の機械・仕様はカールブロー方式（デンマーク製）が 28 台、2 マス方式（スウェーデン製）が 19 台となっており、全てが車載型の測定車である。

また、専門技術コンサルタントと専門業者は、そのほとんどが FWD 測定車及び専門技術者を共有しており、関連企業となっているため、再委託に関する業務契約については本体業務からの排除の規定について、十分な検討が必要である。

##### (2) 第三国調達の場Ⓔ


インド国及びトルコ国からの FWD 調査専門技術コンサルタント・業者の調達事情の調査結果を表 3-1-1 及び表 3-1-2 に示す。



表 3-1-1 第三国の調達先会社概要一覧

会社名	所在地	面談者	E-Mail	会社概要	FWD の経験	能力	会社の評価
Aimil Ltd	デリー市内	Shekhar Verma	shekharverma@gmail.com	土木関係の各種試験機器を製造販売しているインド老舗の会社。	ムンバイ空港、デリー空港、ネパールの空港等 FWD 調査の経験豊富。海外での経験も多い。	AASHTO にも精通しており、様々は解析を実施している。累積差法や逆計算も普通を実施している。	A FWD 車を3台所有しており調査経験も豊富である。
SES Specialized Engineering Services Pvt. Ltd.	デリー郊外	Ziauddin Ahmad Khan	zakhan@ses-consultants.com	土木関連の設計、施工監理を実施している2年前に設立したコンサルタント。	SESとして2案件を実施中。社長は会社設立前にサウジの Gulf Engineering House 等に20年間勤め、20の空港と50,000kmの道路のFWD調査における運転及び解析を監督してきた経験あり。	サウジアラビアの経験から	B 社長の20年に及ぶ経験は期待できる。ただ、社としての経験が少ない。
IRSM	チェンナイ市内	Gitesh Humar Shiv	gitesh@irms.in	豪州の道路調査会社 ARRB とインドの商社が共同で設立した、インドの道路調査会社。4年前に設立。ARRB は路面性状調査車を開発販売している。	約20案件を実施、道路延長2000km以上を調査している。近々、数千kmの契約を受注予定。	データ解析のスタッフが50名近く働いている。	A 道路調査の専門家である。FWD車も追加購入も含め3台になる。
Complete Instrumental Solutions Private Limited(CIS)	デリー郊外の Gurgaon 地区にある。	Neeraj Chadra	neeraj@instrumentation=solution.com	海外の機械を扱う代理店から始まり、現在は KUAB と提携し、FWD の機械の生産を開始した。社員は20名ほどの小さい会社	バンジャブ地区で260kmの調査を実施。3月から自社の機械を販売することから FWD の調査業務を実施することには抵抗を示す。	経験は少ないが、自社生産するだけあり能力は高いと想像できる。	C FWD 車を生産するが調査経験は少ない。
TEKAR	アンカラ市内	Osman Ozkan	osmanozkan@tekar.com.tr	従業員を350人を持つ、海外の工事を実施している建設会社。1971年にコンサルタントとして設立し、1990年から建設業を実施している。	FWD の経験はない。ベンゲルマンビームで国内で約50件の調査、設計を実施しているのみ。	FWD の調査、解析の経験はない	D ベンゲルマンビームを使った調査経験は豊富だが、FWD 調査の経験はない。
Grontmij (トルコ)	アンカラ、イスタンブール	Jens Pedersen (デンマーク人) Mert Devrim Erboyaci Zafer BULUTCU	Jens.Pedersen@grontmij.dk devrim.erboyaci@grontmij.com.tr Zafer.Bulutcu@grontmij.com.tr	デンマークにある Pavement Consultant の Grontmij の現地法人。Jens Pedersen は本部から派遣されており、FWD 機械の営業業務を行っている。	本部として経験が豊富	本部の能力がそのまま活用可能	A 現地法人には専門家一人であるが、必要に応じて本社から応援するとのこと。
Grontmij (本部)	本部はデンマーク	Poul-Erik Jakobsen (メールでの通信のみ)	Jens.Pedersen@grontmij.dk	FWD の機械を生産しており日本にも約20台が輸入されている。15台～20台/年生産しているとのこと。全世界のシェアは全体の約35%を占めている。	Grontmij は FWD に関して600以上のプロジェクトの経験あり。Grontmij は FWD の機械を生産しており日本にも20台近くが輸入されている。	FWD の世界的先駆者であり経験は豊富である。舗装構成を計測する GPR も開発している。	A 世界的な FWD のパイオニア

表 3-1-2 第三国の調達先保有機械、入手資料一覧

会社名	保有機械一覧		入手資料一覧
Aimil Ltd	Dynatest 8081 HWD		Report ・ Nadiad and Modasa Highway, Gujrat 72km ・ Test Report on Cromb Rubber Mat By FWD
	PRIMAX PRI 2100		Certificate ・ Mumbai Internationa Airport ・ Delhi International Airport ・ Tribhuvan International Airport, Nepal ・ Test Report on Cromb Rubber Mat By FWD
	KUAB Model 150		Testing Equipment Brochure
SES	なし	未所有	Company Profile
IRSM	PRIMAX PRI 2100-S		Technical Proposal including 23 completed projects profile, method FWD survey
		FDW 車、路面性状調査車を 2 台ずつ購入予定	Company Profile-1 Company Profile-2
CIS Private Limited	KUAB		Company Profile Deflectometer Brochure(自社生産)
TEKAR	なし	未所有	
Grontmij (トルコ)	なし	必要に応じて本部から調達する。	Company Profile
Grontmij (本部)	生産者	PRIMAX の機種各種	FWD Equipment Profile

調達先調査状況の写真



Aimil Ltd との協議状況



Aimil Ltd の技術プレゼン状況



Aimil 保有の FWD 車の保管状況



Aimil 保有の FWD 車 (Dynatest 社)



Aimil の工場内の状況



SES との協議状況



IRSM の技術プレゼンの状況



IRSM の事務所内の状況



IRSM の 60 名の社員と路面性状調査車

Complete Instrumental Solutions との  
協議状況

TEKAR との協議状況

Grontmij (トルコ) と協議状況

### 3-2. 概算見積、及び実施工程

#### (1) 日本調達の場合

日本調達の場合の概算見積と実施工程を以下に示す。

概算見積内訳 (単位千円)

項目	数量	単位	単価	金額
<b>地質・土質調査業務</b>				<b>13,000.0</b>
計画・準備	1	式	1,734.3	1,734.3
FWD 調査	475	点	17.3	8,217.5
開削調査	30	点	36.9	1,107.0
諸経費				1,941.2
<b>設計業務</b>				<b>2,700.0</b>
たわみ法	475	式	2.5	1,187.5
工区分けの検討	1	式	427.8	427.8
報告書の作成	1	式	433.7	433.7
諸経費				651.0
<b>輸送費</b>				<b>9,900.0</b>
<b>輸送時待機機械損料</b>				<b>21,926.0</b>
<b>渡航費</b>				<b>3,000.0</b>
<b>宿泊費</b>				<b>3,861.0</b>
<b>合計</b>				<b>54,387.0</b>



### 実施工程

工種	1	2	3	4	5	6
輸出通関	■					
モビライゼーション	■	■	■			
通関、車両登録			■			
事務所開設、リクルート等			■			
現地踏査				■		
FWD調査				■		
解析					■	
工区分け作業					■	
報告書作成						■
登録抹消				■		
リモビライゼーション					■	■
輸入通関						■

#### (2) 第三国調達の場合

第三国調達の場合の概算見積と実施工程を以下に示す。

表 3-2-1 概算見積一覧

	輸送	調査	解析	間接費	合計	条件	備考
インド							
Aimil	\$27,750	\$92,700	\$18,000	\$3,000	\$141,450 (16,837 千円)	通関費は含まない 地方税は含まない	
SES	/	/	/	/	/	-	未提出/連絡なし
IRSM	-	-	-	-	\$132,000 (15,712 千円)		
CIS	/	/	/	/	/	-	未提出/連絡なし
トルコ/デンマーク							
TEKAR	/	/	/	/	/	-	辞退の連絡あり。
Grontimij	€0,108	€25,309	€10,081	€17,638	€33,136 (11,197 千円)	試掘調査は含まない 通関費は含まない	

交換レート \$1=¥119.03 1 €=¥134.68 (JICA 26 年度 3 月精算レート)

表 3-2-2 実施工程一覧

国名	会社名	調査期間 (機械運搬含む)	備考
インド	Aimil	6.0 ヶ月	
	SES	/	未提出/連絡なし
	IRSM	5.0 か月	
	CIS	/	未提出/連絡なし
トルコ/デンマーク	TEKAR	/	未提出/辞退の連絡あり
	Grontimij	4.0 ヶ月	通関に係る日数は含まない

#### 今回の調査の評価結果

国名	会社名	評価内容
インド	Aimil	国内海外の経験が豊富であり技術水準が高い。海外での調査に積極的な意向である。
	SES	社長は FWD 調査の経験は豊富であるが、FWD の機械を非保有である。
	IRSM	FWD 調査の経験が非常に多く技術水準が高い。豪州の路面調査会社とインドの商社が作った会社であり、海外での進出に積極的な意向である。
	CIS	調査実績は少なく技術力は確認できなかった。
トルコ/デンマーク	TEKAR	FWD を非保有であり見積提出を辞退した。会長は土質工学の権威ある専門家
	Grontimij	FWD 機では世界の 30% 超えるシェアを持つ会社。解析方法の指導も実施している。海外への進出に積極的である。