

キルギス国
運輸通信省

キルギス国
ビシュケクーオシュ道路改修事業に
関する援助効果促進調査
ファイナル・レポート
Vol.2 路面性状調査

平成 23 年 6 月
(2011年)

独立行政法人
国際協力機構 (JICA)

株式会社 片平エンジニアリング・インターナショナル

東中
JR
11-001

目 次

目 次

位置図

図表リスト／略語集

	頁
第 1 章 路面性状調査の実施	1
1-1 路面目視調査.....	1
1-2 VIMS 調査.....	1
第 2 章 路面目視調査結果	3
2-1 道路損傷概況.....	3
2-2 個別損傷状況.....	11
2-2-1 クラックおよびポットホール.....	11
2-2-2 路面の沈下.....	12
2-2-3 その他の路面状況.....	15
2-2-4 排水施設および法面	18
2-3 DCP および採取試料による土の物性試験.....	19
2-3-1 DCP(dynamic cone penetrometer) 試験測定結果.....	19
2-3-2 土の物性試験	21
第 3 章 VIMS (Vehicle Intelligent Monitoring System) を用いた道路ラフネス調査	24
3-1 概要	24
3-2 調査工程.....	24
3-3 使用機材ならびに計測・解析システム.....	25
3-3-1 ハードウェア	25
3-3-2 ソフトウェア	26
3-4 データ集録	26
3-5 データの解析および解析結果.....	26
3-6 計測結果の分析	27
3-6-1 IRI 分布	27
3-6-2 道路状況調査結果との照合・分析.....	30
3-7 計測・解析システムの改良	33

3-8	キ国における今後のシステムの運用.....	34
3-8-1	運用体制の整備.....	34
3-8-2	計測車両の確保.....	34
第4章	維持管理体制	35
4-1	ビシュケク-オシュ道路維持管理体制	35
4-2	維持管理機材	36
第5章	緊急補修の必要性	38
5-1	緊急的な補修対応.....	38
5-1-1	クラックおよびポットホール	38
5-1-2	路面の沈下.....	38
5-1-3	その他の路面状況.....	39
5-1-4	排水施設および法面	39
5-2	維持管理機材の必要性	39
第6章	補修計画策定調査の概要（案）	41
6-1	詳細調査	41
6-2	調査計画の立案	42
6-3	現地調査	42
6-3-1	ボーリング	42
6-3-2	サウンディング	42
6-3-3	サンプリング	43
6-3-4	室内土質試験	43
6-3-5	沈下計測.....	43

資料

1. 道路状況写真
2. 路面調査図
3. 道路調査結果

(別冊)

- Vol. 1 調査概要
- Vol. 3 橋梁調査
- Vol. 4 トンネル調査



Structure	Kazakh name	M + N	Passage width(m)	Span length
Bridge No. 1	Duikan	224-930	10	9
Bridge No. 2	Duikan	250-950	10	15
Bridge No. 3	Duikan	250-950	10	19
Bridge No. 4	Duikan	254-200	10	15
Bridge No. 5	Bala-Chimkan	276-960	10	15
Bridge No. 6	Jordan	301-713	10	24.5
Bridge No. 7	Dry stream canal	311-720	10	15
Bridge No. 8	Dry stream canal	313-483	10	15
Bridge No. 9	Dry stream canal	315-650	10	13
Bridge No. 10	Barm	316-790	9	2x18+443
Bridge No. 11	Sargata	322	9.5	30
Bridge No. 12	Sargata	322	6.5	50
Bridge No. 13	Karaku	370-700	12.5	25.8
Bridge No. 14	Karaku	376-900	7.8	9.2
Bridge No. 15	Karaku	381-550	10.5	11.1
Bridge No. 16	Karaku	389-900	12	18
Bridge No. 17	Karaku	389-920	12	31
Tunnel No. 1		409-200	5.9-8.5	313
Tunnel No. 2		416-260	5.5-8.5	365



位置図

図表リスト

	頁
図-1 損傷箇所位置図.....	5
図-2 DCP 測定位置図.....	20
図-3 DCP 試験結果例 (303 k m+350 右路肩沈下部)	21
図-4 試料採取箇所.....	22
図-5 土の塑性指数試験.....	23
図-6 調査対象区間全線の IRI 分布.....	28
図-7 調査対象区間全線において IRI が 2 以上 4 未満であった区間.....	28
図-8 調査対象区間全線において IRI が 4 以上 8 未満であった区間.....	29
図-9 調査対象区間全線において IRI が 8 を超える区間.....	29
図-10 303km 地点付近の IRI 分布.....	30
図-11 312km 地点付近の IRI 分布.....	30
図-12 333km 地点付近の IRI 分布.....	31
図-13 340km 地点～345km 地点区間の IRI 分布.....	31
図-14 343km 地点付近の IRI 分布.....	32
図-15 403km 地点付近の IRI 分布.....	32
図-16 改良を加えた 2011 年版計測システムと改訂版システム・マニュアル.....	33
図-17 沈下対策のための補修工法検討フロー (案)	41
表-1 道路点検項目.....	1
表-2 道路損傷の概況一覧(1/5).....	6
表-3 路面状況総合評価 (2011 年 4 月 11 日現在)	11
表-4 DCP 試験結果.....	20
表-5 Test result (use for subgrade) No.1 soil.....	21
表-6 Test result (use for subgrade) No.2 soil.....	22
表-7 主な調査工程.....	24
表-8 IRI 分布の合計距離と対象区間全長に占める割合.....	27
表-9 ビンシュケクーオシュ道路管轄 (2010 年)	35
表-10 必要機材リスト.....	40
写真-1 路面調査状況.....	1
写真-2 VIMS 調査準備.....	2
写真-3 VIMS 調査状況.....	2
写真-4 沈下箇所調査.....	3
写真-5 DCP 試験および試料採取.....	4

写真-6	クラック	12
写真-7	ポットホール	12
写真-8	路面沈下 (1)	13
写真-9	路面沈下 (2)	13
写真-10	路面沈下 (3)	14
写真-11	路面沈下 (4)	15
写真-12	路面沈下 (5)	15
写真-13	ブリージング	16
写真-14	わだち掘れ	16
写真-15	寄り	17
写真-16	コルゲーション	18
写真-17	排水路の洗掘・破損	18
写真-18	法面の崩落	19
写真-19	計測用車両	25
写真-20	本調査に使用した VIMS 機材	26
写真-21	DEP 保有機材	36
写真-22	整備機材	37
写真-23	モーターグレーダ	37
写真-24	段差注意の安全標識および減速標識	39

略語集

AC	Asphalt Concrete	アスファルトコンクリート
ADB	Asian Development Bank	アジア開発銀行
CIS	Commonwealth of Independent States	独立国家共同体
C/P	Counterpart	カウンターパート
DEP	Dorozhno-Ekspluatatsionnoe Predpriyatie	道路管理出張所
IDB	Islamic Development Bank	イスラム開発銀行
JICA	Japan International Cooperation Agency	独立行政法人国際協力機構
MOTC	Ministry of Transport and Communications	運輸通信省
ODA	Official Development Assistance	政府開発援助
PLUAD	Proizvodstvenno-Lineinoe Upravlenie Avtomobilnykh Dorog	道路管理事務所
WB	World Bank	世界銀行

第1章 路面性状調査の実施

1-1 路面目視調査

路面状況調査は低速走行による車上からの目視点検を行い、損傷がある場合は、降車し歩行による近接目視調査を実施した。損傷箇所については、写真撮影、損傷範囲の計測をよびスケッチを行った。写真については損傷箇所（距離程）毎に電子ファイル（Word）にまとめ、スケッチについてはCAD化を行い、ひび割れ率等の算定に用いた。



DEP23 生産技術部 部長（中央女性）



DEP30 チーフエンジニア（右）

写真-1 路面調査状況

本調査は、損傷程度の把握、緊急的な補修の必要性および損傷要因を特定するための詳細調査の必要性を明確にするために、目視調査（舗装破損状況調査）および VIMS 調査（路面性状調査）の両調査結果から路面状況の総合的な判定を行った。

表-1 道路点検項目

調査項目	簡易調査	点検項目	路面の定量調査
ひび割れ	目視観察	局部ひび割れ 全面的なひび割れ	・ひび割れ部面積 ・ひび割れ幅 ・ひび割れ深さ
わだち掘れ	目視観察	縦断方向の凹凸	・わだち掘れ量 ・わだち掘れ深さ
構造物付近の凹凸、段差	橋梁調査で実施		・段差量
磨耗	目視観察	ラベリング	・面積
破損	目視観察	ポットホール 剥離	・径と深さの測定 ・面積
その他	目視観察	落石・排水・法面	-

1-2 VIMS 調査

VIMS による IRI 調査を実施した。カウンターパートはビシュケク-オシユ道路局と設計研究上からエンジニアが一名ずつ参加した。

一日目は MOTC から貸与されたロシア製小型乗用車 NIVA を用いて計測を行った。対象道路

(164km) を1日で往復計測するため、計測時間は約7時間となる。そのため計測用ノートパソコンの電源を車輻からとる必要があるが、NIVA にはシガーソケットが装備されていないため、別途バッテリーを購入して電源を確保する必要があった。計測には電源確保が必須であり、今後 MOTC が独自に計測を継続するためにも NIVA 以外で 12V シガーソケットを装備した車輻を検討する必要がある。

計測は 60km の定速走行で実施したが、対象道路には信号もなく、休憩等以外は停止することなく計測を実施することができた。

二日目は車輻による計測値の変化を確認するため、調査団が使用している NISSAN パトロールにて同様の調査を実施した。この車輻については本年一月に技プロ調査団において VIMS のキャリブレーション試験を実施済みであるため、IRI 解析に必要となる係数については既に求められている。



加速度センサー取り付け方法の説明



加速度センサー取付け状況

写真-2 VIMS 調査準備



NIVA での計測



NISSAN パトロールでの計測

写真-3 VIMS 調査状況

その後、ビシユケクにて解析を行い、測点毎の IRI を求めた。また VIMS の原理および解析手法のワークショップを 4 月 18 日にカウンターパートに対して実施した。

第2章 路面目視調査結果

2-1 道路損傷概況

路面状況調査では、路面以外に道路構造の一部となる切土・盛土法面や付帯設備となる排水設備等の調査についても合わせて実施した。

対象道路の舗装はアスファルトコンクリート舗装（AC 舗装）である。AC 舗装構造は、表層 5 cm、基層 5～7 cm で計 10 cm～12 cm 厚、上層路盤 15～22 cm 厚、下層路盤 25 cm 厚、路床 30 cm 厚で設計されている¹。

道路は、施工から 8 年以上が経過し、舗装の一部にはクラック、わだち掘れ等発生している。路線延長からの比率ではまだ多くはないが、一部にクラックの発生が集中している箇所があり、今後 2～3 年のうちにこのような箇所が急速に増加することが予想される。ポットホールについては路線延長からするとごく僅かであるが、6 ヶ所のポットホールが発見された。これらは補修を実施しない冬期の間には発生したもので、夏期中に補修が予定されているとのことであった。

路面の沈下が多発している区間が数カ所あった。その多くが施工直後から発生しているもので、引渡し前に補修した沈下も報告されており、ほとんどの箇所ですべて再び沈下が発生している。道路局では原因の調査手法を持っていないこと、また舗装路盤・路床の設計を含めた施工方法の経験がないことなどから、沈下箇所の補修としては、表層アスファルトのオーバーレイ施工を行うのみとなっている。しかしながら、根本的な原因を解消するための対策とはなっていないため、オーバーレイ補修箇所も毎年沈下が発生し、再度補修を繰り返すこととなっている。



303K+300 付近 路面沈下箇所調査状況



331K+300 付近 路面沈下箇所調査状況

写真-4 沈下箇所調査

¹ 建設設計研究所、所長からの聞き取り

路面状況ではその他として、アスファルト成分が舗装表面に浮き出てくるブリージング現象が一部区間でみられ、これらの区間ではアスファルト混合物の安定度不足によって発生するわだち掘れ（タイヤの走行幅に沿ったわだち状の窪み）やコルゲーション（道路延長方向に規則的に生じる、周期の比較的短い波状の凹凸）の発生が多くみられた。

排水施設については、雨水の急激な流下によるとみられる排水路の洗掘および破損が多くみられた。特に側溝から盛土法面下へと排水を行うための縦排水路の多くに、このような現象が発生していた。これらは設計流量以上の流水や排水路の詰まりによって排水路を溢れだした水流が排水路周囲を洗掘し、水路が自立を失い破損したためだと考えられる。

法面のうち盛土部では降雨時に排水路以外を流れる水流により、洗掘され崩落した箇所がみられた。また切土部においても、地山が土砂の箇所では同様な洗掘および崩落がみられた。地山が岩石の場合は、落石の可能性がある箇所が多くみられ、調査時にも落石直後の現場があった。

路面沈下箇所の調査は目視だけでは原因の判断が困難であるが、ある程度の原因解明が安全性の面からも緊急に必要であると判断した。このため道路維持管理能力向上プロジェクト（技プロ）と連携し、本技プロにて育成したコチコール道路試験所所属の2人のエンジニアの派遣をMOTCに要請した。派遣された二人のエンジニアと協力し、技プロにて平成22年に供与した動的貫入試験器（DCP：Dynamic Cone Penetrometer）を使用し、沈下箇所の路盤性状調査を実施した。DCPは原位置で簡易的に土のCBR（California Bearing Ratio）を求めるための試験器であり、求められたデータは今後の開削調査の予備資料とする。試験の実施に際しては、DEPのチーフエンジニアおよび技術職員参加し、ここで試験手法の指導を行った。また、盛土材についても試料を採取し、コチコール道路試験所にてふるい分け試験および液性塑性試験を実施し、求められたデータは詳細調査時の予備資料とする。



DCP 試験（302K+302-212 付近）



試料採取（302K+302-212 付近）

写真-5 DCP 試験および試料採取

図-1 に損傷箇所位置図を示した。目視調査による路面性状のおよび道路概況を表-2、表-3 に整理した。また、各損傷状況および位置については別添資料に示した。



図-1 損傷箇所位置図

表-2 道路損傷の概況一覧(1/5)

距離程		IRI	クラック		ポットホール (cm)	わだち 掘れ (mm)	沈下 長さ×幅(m)	法面前落 ・洗掘等	その他	備考
km	+ m		状態	率 (%)						
248	K + 000	1.35								調査対象道路 起点
250	K + 000	2.97								
250	K + 600-700	1.99	線	<10						
253	K + 100-700	1.27	面	<10						
260	K + 000	1.79								
264	K + 900-	1.84	面	39						
265	K + 000-100	1.74	面	<10						
270	K + 000	1.83								
273	K + 400-500	1.56	面	23						
273	K + 600-	1.55	線	<10						
274	K + 000-500	1.55	線	8-17						
274	K + 800-900	1.11	面	43						
274	K + 900-	1.07	線	15						
275	K + 000-100	1.21	面	29						
275	K + 200-500	1.75	面	51						
275	K + 600-	1.49	線	17						
276	K + 000-300	2.26	線	17						
276	K + 300-	2.00	線	<10						
277	K + 000-080	1.63	線	<10						
278	K + 100-200	1.05	線	<10						
278	K + 700-900	2.11	線	<10						
280	K + 000	1.86								
282	K + 400-	1.69	線	<10						
283	K + 000-300	1.84	線	17						
283	K + 300-	2.52	線	<10						
284	K + 000-560	1.62	線	17						
285	K + 200-600	2.06	線	17						
286	K + 000-300	1.30	線	<10						
290	K + 000	1.98								
290	K + 800-	1.82								
291	K + -200	2.28								
292	K + 100-200	2.51								
292	K + 350-	1.72	線	<10						
293	K + 000-350	2.44	線	<10						
299	K + 080-150	1.80	線	<10						

凡例

- : 起点・終点
- : 10km毎定点
- : 補修必要箇所
- : 早急に補修必要箇所

縦横水路部
洗掘 3ヶ所
縦横水路部
洗掘 3ヶ所

引渡検査時に沈下有り。施工業者による路面補
の修跡200m(2004年)

表-2 道路損傷の概況一覧(2/5)

距離程		IRI	クラック		ポットホール (cm)	わだち掘れ (mm)	沈下 長さ×幅(m)	法面陥落・洗掘等	その他	備考
km	+ m		状態	率 (%)						
300	K + 000	2.83								
300	K + 500-950	2.50	線	<10						
300	K + 950-	2.58	面	14						
301	K + 000-120	3.05	線・面	29						
301	K + 500-600	2.69	面	14						
302	K + 000-100	1.89	面	<10						
302	K + 100	1.57				112×9			路面補修跡有り	
302	K + 280-340	1.62	面	<10						
302	K + 800	5.43								
302	K + 900	4.16					27×8	切土部陥落	谷側路肩損傷	
303	K + 200-300	2.95	面	<10						
303	K + 300	1.64	面	<10			150×8	縦排水路部	路面補修跡あり	
303	K + 510	2.41					50×5.5	縦排水路部	路面補修跡あり	
303	K + 800	2.54					14×5	縦排水路部	路面補修跡あり	
303	K + 920	10.37	面	<10			18×6	縦排水路部	路面補修跡あり 沈下部に面状クラック	
303	K + 940	10.37					20×6	縦排水路部	路面補修跡あり 沈下部に面状クラック	
304	K + 000-	9.69	面	29						
305	K + 000-	2.17	面	29						
305	K + 600	2.83	面	51			42×6	法面洗掘	路面補修跡あり	
305	K + 650	2.83	面	51						
305	K + 700	4.53	面	<10			34×4.5	法面洗掘		
305	K + 734-	3.01	面	34-57						
306	K + 000-500	3.94	面	34						
306	K + 500	3.09	面	70						
306	K + 570-	3.00	面	34				法面洗掘	路面補修跡あり 70m×5m 法面に大きな洗掘の空洞あり	
307	K + 000-200	1.20	面	17						
307	K + 200-	1.36	面	34						
308	K + 000-	1.79	面	31						
309	K + 000-	1.46	面	34-57						
310	K + 000-400	1.58	面	17-31						
310	K + 600-800	1.40	面	<10						
311	K + 500-860	3.15	線	<10						
311	K + 860-	4.35	面	17						

表-2 道路損傷の概況一覧(3/5)

距離程		IRI	クラック		ポットホール (cm)	わだち掘れ (mm)	沈下 長さ×幅(m)	法面崩落・洗掘等	その他	備考
km	+ m		状態	率 (%)						
312	K + 000-480	3.07	面	23-29						
312	K + 600-700	2.82	面	14						
312	K + 700-750	1.69	面	50			50 × 8.5	法面洗掘		2009、10年にオーバーレイ補修
312	K + 750-900	1.46	面	14-29						
312	K + 900	1.25	面	27	25 × 40		27 × 8.5	法面洗掘		2009、10年にオーバーレイ補修
312	K + 927-	1.25	面	21						
313	K + 000-100	1.25	面	9-29						
313	K + 100	1.97					20 × 8.5			2009、10年にオーバーレイ補修
313	K + 600	1.34					11 × 11			施工時の補修跡あり
314	K + 300	1.84					92 × 8.5			施工時の補修跡あり
314	K + 600	1.69					47 × 10			
315	K + 000	1.77								
316	K + 700-	1.18	線	<10						
317	K + 300-	2.25	面	14						
318	K + 000-	1.01	面	14						
319	K + 000-	1.14	面	14						
320	K + 000-	1.68	面	14						
321	K + 000-500	2.09	面	14						
322	K + 150-200	2.01	面	<10						
323	K + 500	1.80								328K+400まで断続的に舗装面のフリージング
325	K + 000	2.78								フリージング
325	K + 400	2.21								フリージング
328	K + -400	7.03								フリージング
328	K + 450-484	5.29	面	34						路面補修跡(施工時) 34m × 6m
328	K + 900-	3.54								フリージング
329	K + 300	4.37					53 × 10	縦排水路部		335K+300まで断続的に舗装面のフリージング
330	K + 000	3.02								路面補修跡あり
330	K + 200	3.10								フリージング
331	K + 346	4.78					54 × 10	縦排水路部		路面補修跡 23m × 12m
331	K + 400-700	3.84				0-30				路面補修跡あり
331	K + 700	3.03					80 × 10			路面補修跡あり
332	K + 025	2.75	面	53			55 × 5			路面補修跡あり
333	K + 000	6.46				0-25				フリージング
333	K + 550	2.61				0-25	35 × 10			334K+350まで断続的にわだち掘れ
333	K + 600-	2.88				0-60	30 × 10			路面補修跡あり
334	K + 000-350	3.25				0-30				路面補修跡あり

表-2 道路損傷の概況一覧(4/5)

距離程		IRI	クラック		ポットホール (cm)	わだち 掘れ (mm)	沈下 長さ×幅(m)	法面前落 ・洗掘等	その他	備考
km	+ m		状態	率 (%)						
335	K + 000	2.01								
335	K + 300	2.83							フリージング	
335	K + 700	2.06					40×11		フリージング	路面補修跡あり
335	K + 900	2.33								路面補修跡 37m×12m
335	K + 960	2.34								路面補修跡 11m×3m
335	K + 980	2.33								路面補修跡 20m×12m
336	K + 000-	2.43								
337	K + 320	3.21							フリージング	路面補修跡 23m×10m
338	K + 000	4.87			150×100 70×70				フリージング	周囲は面状クラック
338	K + 600	2.23								
340	K + 000	3.08								
340	K + 550	2.26					25×10			路面補修跡あり
340	K + 705	6.56					41×10			路面補修跡あり
340	K + 930	3.03					20×11			路面補修跡あり
341	K + 030	3.66					70×10			路面補修跡あり
342	K + 300	2.48					36×11			路面補修跡あり
342	K + 370	2.27					35×11			路面補修跡あり
342	K + 550	3.50					53×11			路面補修跡あり、縦横水路に洗掘あり
342	K + 700-	3.57							コルゲーション	
343	K + 000	2.22							コルゲーション	
343	K + 200	2.57					30×10			路面補修跡あり
343	K + 780	1.64					30×12			路面補修跡あり、法面に洗掘あり
343	K + 890	2.54					30×12			
345	K + 000	1.48								
345	K + 750	2.54					42×12			路面補修跡あり
345	K + 855	1.84								路面補修跡 19m×11m
346	K + 050	1.64								路面補修跡 10m×12m
350	K + 000-320	1.93	線	<10						シーリング補修跡あり
351	K + 300-	2.89	面	14-57						
351	K + 500	1.42	面	57	15×25 5×10					
351	K + 500-680	2.38	面	46-57						
351	K + 800-	2.23	面	46-57						
352	K + 100-530	1.69	面	57						
353	K + 000-	1.42								354K+000まで断続的に舗装面のフリージング
353	K + 100	1.81					0-15		フリージング	
353	K + 300	1.66					0-15		フリージング 舗装寄り	

表-2 道路損傷の概況一覧(5/5)

距離程		IRI	クラック		ポットホール (cm)	わだち掘れ (mm)	沈下 長さ×幅(m)	法面前落・洗掘等 2ヶ所	その他	備考
km	m		状態	率 (%)						
353	K + 400	1.81				0-70				
353	K + 530-540	1.87	面	<10		0-30		フリージング		
353	K + 700	2.07	線	<10		0-30		フリージング		
354	K + 000-400	2.74	線	<10				コルゲーション		
354	K + 500-600	1.51								
355	K + 000	2.19	面	<10						
356	K + 600	2.31								舗装面端部から約50cm内側まで崩落が進展している
357	K + 800	2.76								崩落跡。2010年に蛇籠積みにより補修
357	K + 880	2.42				0-25				
358	K + 000-780	2.48				0-25				
358	K + 830	3.33					48×4.5			
359	K + 100	2.95				0-25				
360	K + 000	1.52				0-25				
361	K + 800	1.95				0-25				
363	K + 950	3.09						舗装はがれ 15m×9m		
363	K + 995	3.09								路面補修跡 205m×4m
364	K + 400	2.06					6×3			
364	K + 500	2.31								路面補修跡 14m×5.5m
365	K + 000	1.55								
365	K + 840	2.18	面	50			55×4.5			路面補修跡あり
370	K + 000	2.70								
375	K + 000	1.47								
380	K + 000	1.21								
385	K + 000	2.01								
390	K + 000	1.36								
392	K + 750-950	1.48				0-50		コルゲーション		
393	K + 400	1.98	面	<10				舗装はがれ 3m×3m		路面補修跡あり
395	K + 000	1.48								
397	K + 500	2.46						土砂崩れ		湧水箇所があり毎年土砂崩れが発生する
400	K + 000	1.69								ハッチング補修跡 2m×5m
401	K + 200	1.60			30×100					落石によりポットホールができた
403	K + 550	2.17					6×9	法面前落		沈下による段差
404	K + 540-600	3.13				0-30				
405	K + 000	2.38								
410	K + 000	2.38								
412	K + 000	1.76								調査対象道路 終点

表-3 路面状況総合評価 (2011年4月11日現在)

破損状況	破損程度	道路延長他	比率他	必要な対策
ひび割れ率	10%以下	93 km	57%	舗装劣化計測
	10%-30%	57 km	35%	舗装劣化計測
	30%-40%	21 km	13%	舗装劣化計測
	40%以上	15 km	9%	舗装劣化計測
ポットホール	6 ポットホール	4 か所		応急修理
わだち掘れ	D=25~40mm	5,800m	-	舗装劣化計測
	D=40mm 以上	850m	-	舗装劣化計測
ブリージング等*	-	6,500m	-	舗装劣化計測
沈下・段差	-	37 か所	506,160m ²	緊急補修
道路法面崩壊・洗掘	-	22 か所	-	緊急補修
年間交通事故	死傷者	248 人	-	安全対策

出典：JICA 調査団

注：ブリージング、コルゲーション、舗装寄りを含む

2-2 個別損傷状況

2-2-1 クラックおよびポットホール

(1) クラック

クラックは発生している区間とまったく発生していない区間がみられた。特に 304K+000～313K+000 付近では面状クラックが多くみられた。このことからクラックの発生原因は路線全体がほぼ同条件の経年や交通条件によるものではないことが考察される。

発生しているクラックの種類は線状のものと面状のものが見られた。線状のクラックのうち小規模なヘアクラックについてはアスファルト混合物の品質不良、締固め不足、あるいは温度管理の不適などの施工不良から発生するケースが多い。また、上下線境界のセンターライン状に発生している線状クラックは施工ジョイントクラックである。これは片側車線のアスファルト舗装を施工した後にもう片側を施工する場合、施工ジョイント部が冷えた状態（コールドジョイント）で施工した箇所の接着の不良により生じる線状のクラックである。施工ジョイントクラックは同一条件で施工された連続区間で発生するため、長いもので 1km 以上連続しているものがあつた。

面状のクラックで多くみられたものは線状クラックが大まかに連結したもので、この発生原因はヘアクラックと同様であると考えられる。また、面状クラックのうちクラック同士が細かく連結する網状、亀甲状のものは僅かであったが数箇所かで見られた。このクラックは主に沈下箇所で見られ、発生の原因としては舗装の支持力が不足しているために、幅員および延長方向に路面が沈下し、その部分に網状、亀甲状のクラックが発生したものである。



289K+900 付近 線状クラック



274K+700 付近 面状クラック

写真-6 クラック

(2) ポットホール

ポットホールについては各 DEP が夏期に行う道路維持管理の補修作業に含まれている。そのため今回発見された 6 ヶ所のポットホールは前冬期中に発生したものであると考えられる。

ポットホールの発生原因はアスファルト混合物のアスファルト不足、アスファルトの過加熱、混合不良など混合物の不良、水の浸透あるいは締固め不足などの要因が重なったためである。今回発見されたポットホールのうち、これらの原因と異なる理由で発生した箇所が 2 箇所あった。1 箇所は 338K+000 付近の 2 つのポットホール (150cm×100cm、70cm×70cm) で、これはタイヤ走行部分の沈下により発生した亀甲状クラックに雨水が浸入し、劣化したアスファルト層が剥離したために生じたものである。もう 1 箇所は 401K+200 付近のポットホール (30cm×100cm) で、これはポットホール周囲に同心円および放射線状のクラックが発生していることから、上部からの落石の衝撃により発生したと考えられる。



338K+000 付近 ポットホール



401K+200 付近 ポットホール

写真-7 ポットホール

2-2-2 路面の沈下

(1) 302K+000～306K+000 付近

この区間は主に山間部となっており、道路は切土区間と盛土区間が連続している。路面の沈下は盛土部分で発生しており、特に切土区間から盛土区間へ変わった直後の箇所と盛土法面側の路線部で沈下が多く見られた。沈下がまったく発生していない盛土区間もあることから、外

部要因として考えられる交通荷重が根本的な原因ではなく、沈下箇所自体に何らかの原因があるものと考えられる。

目視で判断できる沈下状況や周辺地形状況から考えられる沈下の原因としては、次の項目が上げられる。

- ① 路体となっている盛土材料の不良および締固め不足
- ② 路床・路盤材の不良および締固め不足
- ③ 路肩部分の法面方向への側方移動
- ④ 排水路からの雨水流入による路体、路床、路盤の支持力低下



303K+300 付近 路面沈下



305K+600 付近 路面沈下

写真-8 路面沈下 (1)

(2) 312K+000～315K+000 付近

この区間は山間部から抜け、ナリン橋までの平坦な直線区間で改修前の既設道路上に盛土を施工した区間となっている。

沈下箇所は横断排水路のカルバート（ボックスおよびパイプ）と橋梁前後の踏掛部のみで、他の盛土部での沈下は見られなかった。このことから、沈下の原因としてこの区間に共通する路床および路盤に起因する可能性は少ないと考えられる。

目視で判断できる沈下状況や周辺地形状況から考えられる沈下の原因としては、次の項目が上げられる。

- ① カルバート部および橋梁踏掛部の埋戻し材料の不良および締固め不足



312K+700 付近 路面沈下



313K+100 付近 路面沈下

写真-9 路面沈下 (2)

(3) 329K+000～346K+000 付近

この区間はトクトグル湖に沿った丘陵部であり(1)区間と同様に切土区間と盛土区間が連続している。路面の沈下箇所も(1)と同様、切土区間から盛土区間に替わった直後の箇所と盛土法面側の路線部で沈下が多く見られた。

目視で判断できる沈下状況や周辺地形状況から考えられる沈下の原因としては、次の項目が上げられる。

- ① 路体となっている盛土材料の不良および締固め不足
- ② 路床・路盤材の不良および締固め不足
- ③ 路肩部分の法面方向への側方移動
- ④ 排水路からの雨水流入による路体、路床、路盤の支持力低下



329K+300 付近 路面沈下



340K+705 付近 路面沈下

写真-10 路面沈下 (3)

(4) 358K+000～370K+000 付近

この区間はトクトグル湖から離れキョクベル峠を越える山間部となっている。道路は片側が山で、もう一方が谷の切土もしくは切盛土区間である。路面沈下のほとんどが谷側路線の路肩側で発生している。このことから沈下原因として、路床・路盤下の谷側の盛土が要因として考えられる。

目視で判断できる沈下状況や周辺地形状況から考えられる沈下の原因としては、次の項目が上げられる。

- ① 路体となっている盛土材料の不良および締固め不足
- ② 路肩部分の法面方向への側方移動



358K+830 付近 路面沈下



365K+840 付近 路面沈下

写真-11 路面沈下 (4)

(5) 403K+550 付近

この箇所はカラクリを抜け終点までの溪谷となっている部分で、片側が山でもう一方が谷の切盛土区間である。この付近での沈下箇所はこの1ヶ所で、道路幅全体が延長6mの間で30cm程急激に沈下し、段差状となっている。谷側路線の沈下量が多いことと、雨水による法面の洗掘がみられることから谷側の盛土が沈下の要因として考えられる。

目視で判断できる沈下状況や周辺地形状況から考えられる沈下の原因としては、次の要因が上げられる。

- ① 路体となっている盛土材料の不良および締固め不足
- ② 路肩部分の法面方向への側方移動
- ③ 切盛境界部での盛土の谷側へのすべり



403K+550 付近 路面沈下



403K+550 付近 法面崩落

写真-12 路面沈下 (5)

2-2-3 その他の路面状況

(1) ブリージング

ブリージングはフラッシュともいいアスファルト舗装表面にアスファルト成分がにじみ出した状態を言う。

調査対象区間では323K+000～329K+000 付近と353K+000～354K+000 付近で断続的に発生していた。ブリージング自体は特に車輛走行性に対して問題がないが、夏期に気温が上がると

にじみ出しているアスファルトが液状に軟化し、タイヤや歩行者の足に付着するなどの問題がある。また、ブリージングの発生している区間はアスファルト舗装が軟質で流動性が高い傾向があり、路面にわだち掘れ、コルゲーション、寄り等を併発する場合が多い。

ブリージングの発生する原因としてはアスファルト混合物のアスファルト量の過剰、粒度の不良、軟質アスファルトの使用などがあり、アスファルト混合物施工前に散布するタックコート（アスファルト乳剤）の過剰な散布も原因となる。



323K+500 付近 ブリージング



328K+900 付近 ブリージング

写真-13 ブリージング

(2) わだち掘れ

わだち掘れとは道路の横断方向の凹凸で、タイヤの通過頻度の最も高い位置に規則的に生じる凹みを言う。

調査対象区間では 330K+000 以降に断続的に発生がみられる。特に(1)で述べたブリージング区間では連続して発生する傾向がみられる。

一般的にわだち掘れの発生原因は以下のように分類できる。

- ① アスファルト混合物の変形、アスファルト混合物の流動によるもの
- ② 路盤以下の部分の圧密沈下
- ③ タイヤチェーンなどによるアスファルト混合物の摩耗によるもの

調査区間では、特にブリージング発生区間で生じているわだち掘れがほとんどで、これらは①による要因であると考えられる。



331K+400 付近 わだち掘れ 30mm



333K+600 付近 わだち掘れ 60mm

写真-14 わだち掘れ

(3) 舗装の寄り

寄りとはアスファルト舗装表面の局部的な盛り上がりを言う。

調査対象区間では深いわだち掘れの発生している 333K+600 と 353K+300 付近に見られた。

一般的に寄りの発生原因は以下のように分類できる。

- ① アスファルト混合物の変形、アスファルト混合物の流動によるもの
- ② プライムコート、タックコートの過多、散布不均一



333K+600 付近 舗装の寄り



353K+300 付近 舗装の寄り

写真-15 寄り

(4) コルゲーション

コルゲーションとは道路鉛直方向に規則的に生じる、周期の比較的短い（50cm 程度）並状の凹凸を言う。

調査対象区間では 334K+000 以降の数箇所に見られ、勾配のある道路で車輛が下っていく車線側に発生している場合が多い。発生距離は 200m 以内程度の短い区間である。また、わだち掘れやコルゲーションと同様にアスファルト混合物の流動性が高い場合に発生しやすいため、これらと併発している箇所が多い。

コルゲーションの原因はアスファルト混合物の安定度不足、アスファルト量の過剰、粒度不良あるいは気温の高いときの輪荷重による圧密で空隙率が低下し、これにより混合物が軟化およびブリージングし、波が発生する。さらに路床路盤の不安定またはプライムコート、タックコートの過多、散布不均一の場合に層間にすべりが起きて波状の凹凸が発生する。特にこれらの要因を有する道路が、下り坂、カーブ、交差点手前など車輛が頻繁にブレーキをかける箇所に該当する場合はコルゲーションの発生が誘発されやすい。



343K+300 付近 コルゲーション



342K+700 付近 コルゲーション

写真-16 コルゲーション

2-2-4 排水施設および法面

(1) 排水施設

排水路のうち道路側溝から盛土法面下へと排水を行うための縦排水路が洗掘され破損している箇所が多く見られた。

洗掘・破損の原因は設計流量以上の流水や排水路の詰まりによって排水路が溢れだした水流が排水路周囲を洗掘し、自立を失い破損したためだと考えられる。

法面の下を横断する配水管（ボックスおよびパイプカルバート）については目立った破損はなかったが、一部パイプカルバートが土砂で埋まっている箇所があった。



292K+100 付近 縦排水路の洗掘・破損



303K+300 付近 縦排水路の洗掘・破損

写真-17 排水路の洗掘・破損

(2) 法面

法面のうち盛土部の法面では降雨時に排水路以外を流れる水流により、洗掘や崩落のみられる箇所があった。

盛土法面の洗掘・崩落の発生する原因は道路側溝から水が溢れ、縦排水路以外の箇所から法面上を流れるためである。

また切土部の法面でも、地山地質が土砂の箇所でも上部からの流水による洗掘および崩落がみられた。地山地質が岩石の場合は落石の可能性のある箇所が多くみられ、調査時にも落石直後の現場が見られた。



356K+600 付近 盛土法面の崩落



397K+500 付近 切土法面の崩落

写真-18 法面の崩落

2-3 DCP および採取試料による土の物性試験

2-3-1 DCP (dynamic cone penetrometer) 試験測定結果

舗装沈下部の舗装強度調査を DCP 試験にて調査した。調査位置を図-2 に、調査結果を表-4 に示す。また、調査の一例を図-3 に示す。

試験は試験実施可能な路肩部で深さ約 1m まで実施した。試験結果より、深い部分は浅い部分に比し貫入量(mm/blow)が小さく又、中間部に貫入量が大きな部分も存在しないことから、少なくとも路床(路盤下 1m)は比較的安定していると考えられる。しかしながら、DEP(23,30)では舗装台帳、沈下の観測記録を作成していないことから以下の対策を提起する。

1. 現在沈下箇所は交通安全上段差が大きく危険であるため、速度落せ、段差あり等の注意看板を設置する。
2. DCP の試験結果では上層部(1m 程度)は比較的安定しているように思われるが、沈下計測を実施し路体部の安定性(沈下および側方流動)をも確認する必要がある。
3. 時期を見て舗装部を開削調査し、舗装体としての健全度の確認をする必要がある。
 - a) 現状の路盤厚さおよび強度の確認。
 - b) 路床土の強度確認。
 - c) 将来の交通量に対応した舗装断面の検討。

表-4 DCP 試驗結果

測点	詳細	上部(mm/blow)	下部(mm/blow) < CBR 換算 >
303km+320	左路肩 沈下部	3.8	2.4<109.5%>
303km+350	左路肩 沈下部	21.0	6.9<33.6%>
303km+350	右路肩 沈下部	7.3	4.7<51.6%>
303km+450	右路肩 沈下部	0.5	測定不能
303km+450	左在来切土部	21.6	4.4<55.6%>
314km+380	右法肩 沈下部	2.0	測定不能
314km+380	右法尻 沈下部	14.6	7.0<33.0%>
331km+750	左路肩 沈下部	8.2	4.6<52.9%>
331km+750	左路肩 良好部	3.3	9.2<24.3%>
333km+610	右路肩 沈下部	10.6	3.3<76.7%>
333km+620	右路肩 良好部	1.3	測定不能



图-2 DCP 測定位置图

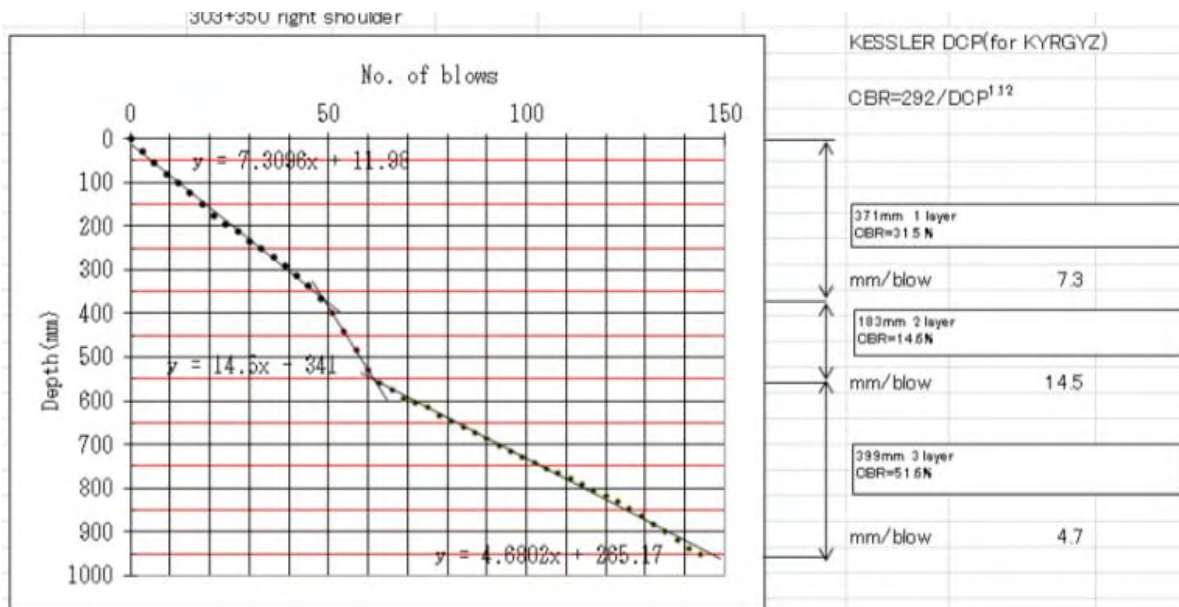


図-3 DCP 試験結果例
(303 k m+350 右路肩沈下部)

2-3-2 土の物性試験

在来切土部より試料を採取 (No.1, No.2) し、路床土としての適用性を判定するための、土の物性試験 (ふるい分け試験、液性および塑性試験) を実施した。

試験結果より在来切土部の土は、道路の路床としての適用性に関する規格 AASHTO M145 にて分類すると、AASHTO Classification use for subgrade の A 7-6 に該当した。

AASHTO M145 は土を A1-a から A7-6 に分類している。その内路床材としては、A1-a から A2-7 を路床材に適した土と規定してあるが、今回試験した土は最低分類の A7-6 であった。

このことより、今回採取した土は路床土として不適合ばかりではなく路体として使用する場合にも他の試験 (三軸試験、圧密試験等) により強度および圧密性の確認が必要な土であった。表-5、表-6 に試験結果一覧を図-4 に試料採取箇所を示す。また、一例として図-5 に No.1 採取土の塑性指数試験を示す。

表-5 Test result (use for subgrade) No.1 soil

Item	Grading(2.0mm pass)	Grading(0.075mm pass)	P.I	classification
Test result	95.4	90.0	19.2	A-7-6
Item	kind of material	general rating as subgrade	O.M.C(%) T 180	MDD(g/cm ³) T180
Test result	Clayey soils	fair to poor	14.0	1.855

表-6 Test result (use for subgrade) No.2 soil

Item	Grading(2.0mm pass)	Grading(0.075mm pass)	P.I	classification
Test result	97.8	93.5	17	A-7-6
Item	kind of material	general rating as subgrade	O.M.C(%) T 180	MDD(g/cm ³) T180
Test result	Clayey soils	fair to poor	13.6	1.87

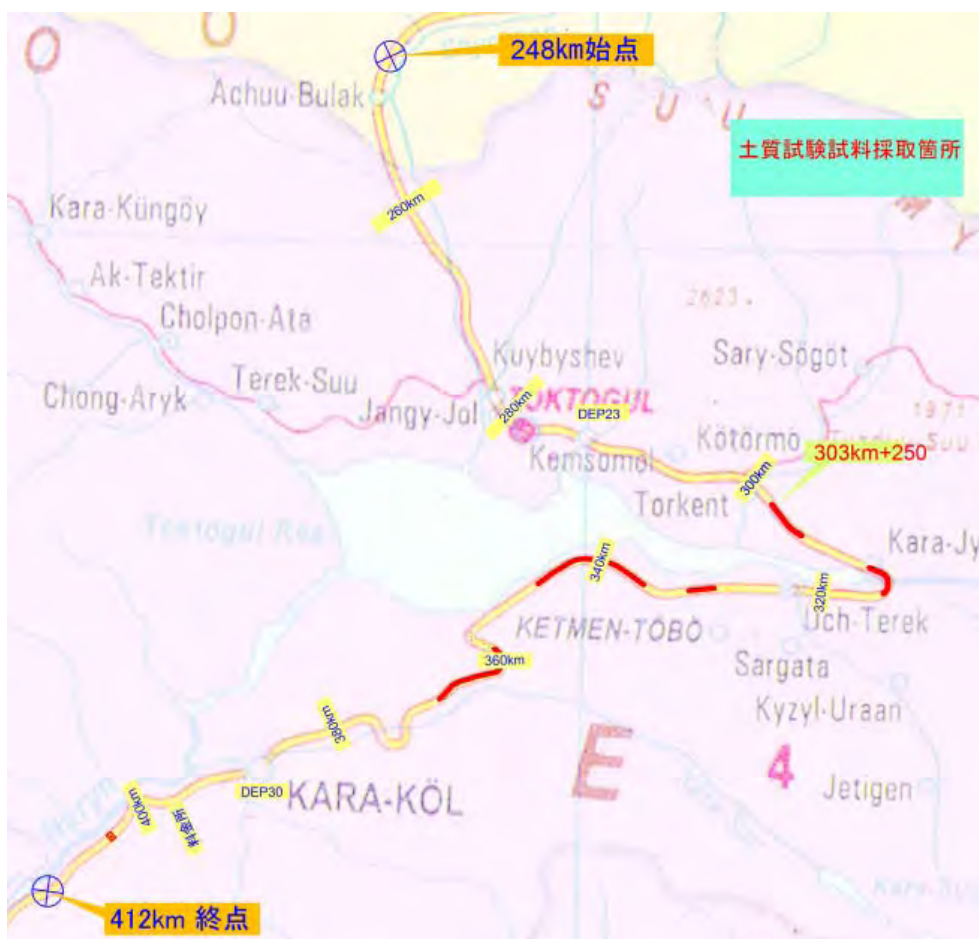


图-4 試料採取箇所

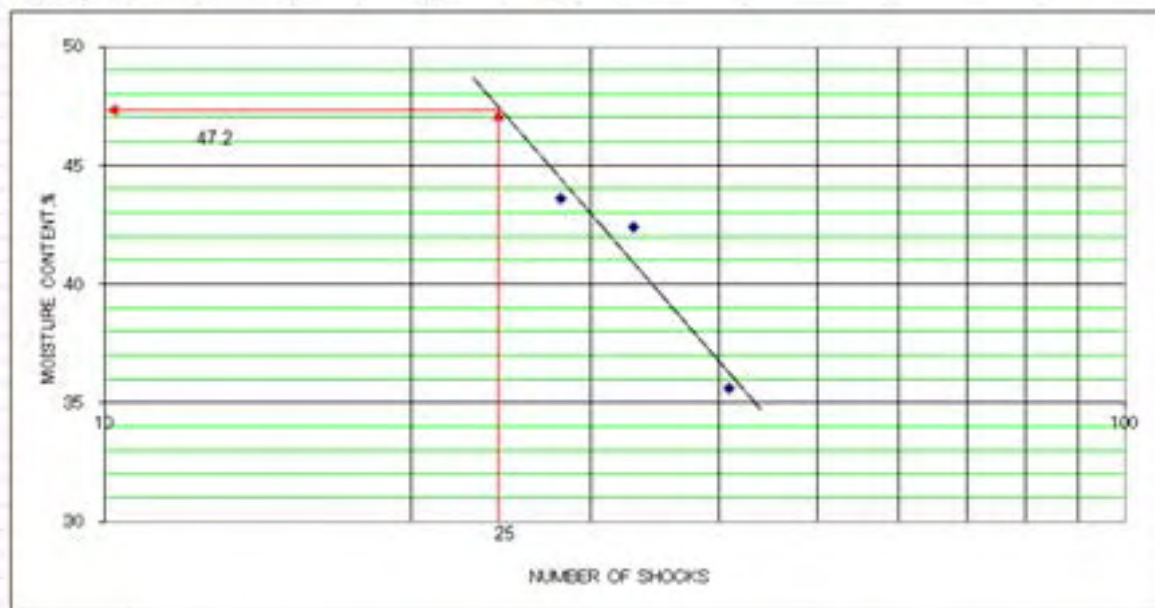
MOTC of KYRGYZ REPUBLIC BISHKEK-NARIN-TORUGART ROAD MANAGEMENT DEPARTMENT
ROAD LABORATORY

SAPS Survey For Bishkek-Osh Road Rehabilitation Project in Kyrgyz Republic

DETERMINING OF THE LIQUID LIMIT OF SOILS
DETERMINING OF THE PLASTIC LIMIT AND PLASTICITY INDEX OF SOILS
(AASHOTO T-89-96.80-00)

Kind of Material	: Clayey Soils	Lab. No.	:
Sampled by	: Mr.Ruslan	Item No.	:
Tested by	: Mr.Ruslan	Description	: existing soil No.1
Date Sampled	: 04-Apr-11	Source	:
Classification	: SILTY-CLAY MATERIALS	Station	: B-O road 303km+250 (L)
		Date Tested	: 11-Apr-11
		general rating as subgrade	: Fair to Poor

trial no	LIQUID LIMIT					PLASTIC LIMIT	
	1	2	3	4	5	1	2
Can Number	T1	T2	T3			T5	T6
Can +WET SOILS.g	143.42	144.46	146.22			137.69	138.50
Can +DRY SOILS.g	141.57	141.74	143.44			137.43	138.23
Moisture Content,g	1.85	2.72	2.78			0.26	0.27
Wt. of Can.g	136.38	135.33	137.07			136.44	137.32
Wt. of Dry Soil.g	5.19	6.41	6.37			0.99	0.91
Moisture Content %	35.6	42.4	43.6			26.3	29.7
Number of Shocks	41	33	28				



SEVE ANALYSIS				
SEIVE SIZE(No.)		PASSING,%		
2.00mm	No.10	95.4	Liquid Limit	47.2
0.425mm	No.40	91.4	Plastic Limit	28.0
0.075mm	No.200	90.0	Plasticity Index	19.2
			Group Index	19.9
			AASHOTO Classification	A-7.6
			M 145	

Remarks/Recommendation

Submitted by:	Checked by:	Noted by:	
Mr. _____	Mr. _____	Mr. _____	Mr. _____

図-5 土の塑性指数試験

第3章 VIMS（Vehicle Intelligent Monitoring System）を用いた道路ラフネス調査

3-1 概要

本調査では、東京大学大学院工学系研究科・橋梁研究室において開発された道路ラフネス診断システム「Vehicle Intelligent Monitoring System: VIMS」を利用し、調査対象区間道路全線の国際ラフネス指数（International Roughness Index: IRI）の計測を実施した。

VIMS は、走行する車両の鉛直方向の加速度応答を捉え、その応答の特徴から走行路面の IRI を推定するシステムであり、本調査では、2008 年に JICA からキ国 MOTC に供与されたセット（後述）を利用した。なお、使用したセットを含め、2011 年 4 月現在、4 セットが JICA より同機関に供与されている。

計測は当初の計画どおり、基準車両として MOTC 所有の NIVA を用い、加えて技術協力プロジェクトで使用している NISSAN パトロールを利用して実施した。データの集録から解析、解析結果の分析にわたってカウンターパート（C/P）と共同で行い、調査と並行して VIMS に関する技術移転も図った。

調査の結果、基準車両によって計測した対象区間道路の IRI は、KP248 起点車線において平均 2.17、最小値 0.86、最大値 10.37、KP412 起点車線において平均 2.18、最小値 0.82、最大値 9.78 となった。この結果は、対象区間道路が概して比較的ラフネスが低い、状態の良い道路であることを示しているものの、IRI が高い地点も散見されるため、これらの地点においては道路状況調査等の詳細な調査が望まれる。以下、調査の内容とその結果について報告する。

3-2 調査工程

2011 年 4 月 4 日より同年 4 月 20 日までを調査期間とし、表-7 に示す工程で実施した。天候や交通事情等による変更はなく、概ね計画どおりの工程となった。

表-7 主な調査工程

月日	曜日	行 程	備考
4 月 4 日	月	調査業務打合せ、計測準備	小林・C/P
4 月 5 日	火	VIMS 計測 1（KP248-KP412 全線）	計測車：NIVA
4 月 6 日	水	VIMS 計測 2（KP248-KP412 全線）	計測車：パトロール
4 月 7 日	木	データ整理	C/P
4 月 9 日	土	解析業務打合せ	戸田・小林・西川
4 月 11 日	月	データ整理、解析	西川・C/P
4 月 12 日	火	データ解析、結果の分析	小林・西川・C/P
4 月 13 日	水	解析結果の分析、システムの改良	戸田・小林 西川・C/P
4 月 16 日	金		
4 月 18 日	月	C/P へのシステム・レクチャー	西川
4 月 20 日	水	MOTC への調査概要報告	西川

3-3 使用機材ならびに計測・解析システム

3-3-1 ハードウェア

本調査で使用した機材ならびにシステムを表 3-3-1 に示す。前述のとおり、本調査では NIVA とパトロールの 2 台の車両を用いて計測を実施した。VIMS セットは、GPS、加速度計、計測・解析用のラップトップ PC で構成され、これらを計測車両に搭載し、対象区間道路走行時の車両の鉛直加速度応答を集録した。各機材を写真-20 に示す。

表 3-3-1 本調査で使用した機材ならびにシステムの構成

	項目	名称 (型番)	メーカ	数量	備考
ハードウェア	計測車両	LADA NIVA	AVTOVAZ	1	
		パトロール	NISSAN	1	
	計測・解析併用 PC	PP18L	DELL	1	
	GPS ユニット	VGP-BGU1	SONY	1	
	加速度計	MODEL:2012	SILICON DESIGNS	1	
	DAQ システム	USB-6009	National Instruments	1	
	接続部品	ML-1500-S	Sato PARTS	1	
ソフトウェア	OS	Windows XP Professional	Microsoft	1	英語版
	データ集録	LabVIEW8.5	National Instruments	1	同上
	データ解析	MATLAB	MathWorks	1	同上
	解析結果表示	Google earth	Google	1	同上



(a) NIVA



(b) パトロール

写真-19 計測用車両



(c) VIMS 機材

写真-20 本調査に使用した VIMS 機材

3-3-2 ソフトウェア

加速度データと GPS データの集録は、使用した VIMS セット供与当時の計測アプリケーションに若干の改良を加えた 2009 年版を利用して行った。集録したそれぞれのデータを入力して IRI を算出する解析プログラムは、本調査時に改良を加えた 2011 年版を用いた。主に改良を加えたのは、実行インターフェースと解析結果出力プロセスであり、これらについては後述する。

3-4 データ集録

対象区間全線にわたり時速 60km を維持して走行し、加速度・GPS データを集録した。なお、交通状況等によって設定走行速度を維持できない区間では、集録を一時停止し、同区間の起点に戻り集録を再開した。したがって、対象区間全線のデータを集録しており、データ欠落区間はなく、後述する解析結果においても全線のデータが集録されていることが示されている。

集録されたデータは、使用した VIMS 用 PC と、解析にあたった西川団員の所有する PC ならびにポータブル・ストレージに保管されている。

3-5 データの解析および解析結果

集録されたデータをもとに、対象区間道路全線合計 328km の IRI を算出した。解析にあたっては、一般的な IRI 算出条件に従い評価区間を 200m とした。また、IRI の算出頻度は 100m とした。ここでは基準車両によって計測したデータの解析結果について述べ、パトロールによる集録データの解析結果については添付の調査結果詳細に譲る。なお、本調査実施時、計測システムのデータ出力が自動更新されるように設定されていたため、加速度ならびに GPS データファイルが 20 分毎に書き換えられていたことが確認されたが、解析に支障はなかった。ただし、データ保管の観点から今後の計測時には設定の確認が望まれるため、改めて C/P 人員にレクチャーを

行った。

対象区間道路の IRI は、図-6 に示す分布となっており、KP248 起点車線において平均 2.17、最小値 0.86、最大値 10.37、KP412 起点車線において平均 2.18、最小値 0.82、最大値 9.78 であった。本調査では、解析プログラムに改良を加え、算出される IRI に任意に閾値を設定して解析結果を表示可能とした。これを用いて、閾値を 2.0、4.0、8.0 に設定し解析を行った結果を図-7 から図-9 に示す。各図中において、赤線はデータが集録されている区間を示し、バルーン・アイコンは IRI が閾値を超えている区間 200m の中間点を示している。各図中の左フィールドには、アイコンが示す地点の緯度・経度座標を表示しており、さらに事前調査時に携帯型 GPS 装置によって記録されたキロポスト標識地点の座標に基づいて各標識地点を併せて表示している。

3-6 計測結果の分析

3-6-1 IRI 分布

対象区間全線について、各閾値超過区間の合計距離と対象区間全長に占める割合を表-8 に示す。同表から、対象区間道路が概して状態が良く比較的ラフネスが低い道路であることが見てとれるが、IRI が 4-8 を示す区間も少なくないことが確認される。これらの区間について、道路状況調査結果と照合し分析する。

表-8 IRI 分布の合計距離と対象区間全長に占める割合

設定閾値 [mm/m]	KP248 起点車線		KP412 起点車線	
	超過区間長 [km]	割合 [%]	超過区間長 [km]	割合 [%]
2 未満	93.7	57.2	94.8	57.8
2 以上 4 未満	62.3	38.0	58.7	35.8
4 以上 8 未満	7.1	4.3	10.2	6.2
8 以上	0.9	0.5	0.3	0.2

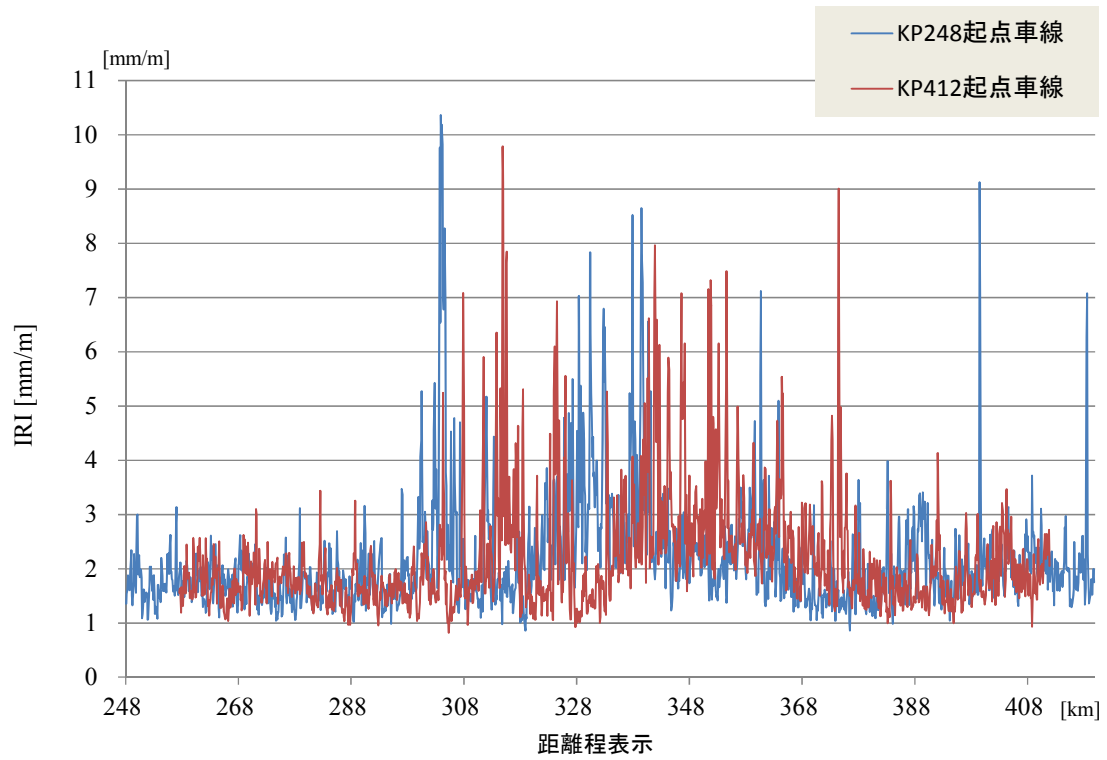


図-6 調査対象区間全線の IRI 分布



図-7 調査対象区間全線において IRI が 2 以上 4 未満であった区間



図-8 調査対象区間全線において IRI が 4 以上 8 未満であった区間

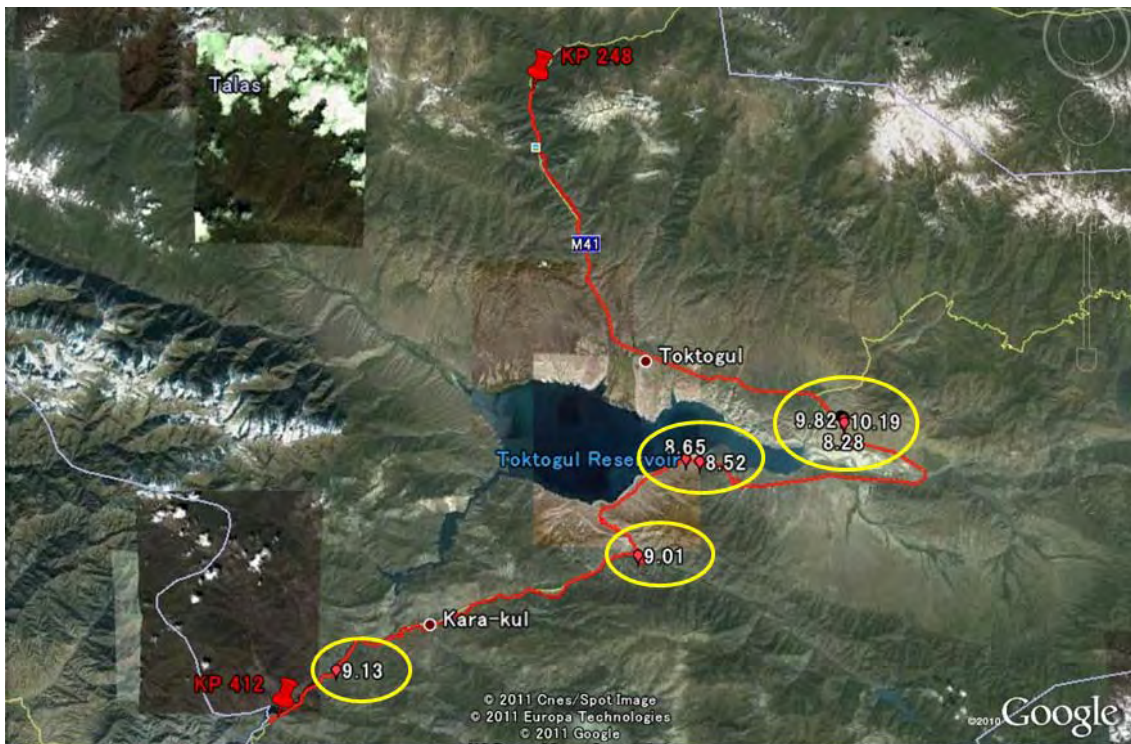


図-9 調査対象区間全線において IRI が 8 を超える区間

3-6-2 道路状況調査結果との照合・分析

(1) 303km 地点付近

図-7、図-8ならびに添付詳細資料において、図-10に示すように、303km地点付近～305km地点付近で IRI が 4.01～10.37 を示している。この付近について、道路状況調査で 303km+300m 地点と 305km+600m 地点において沈下が確認されている（図-1）ことから、これらの地点が高い IRI を示している地点に該当するものと考えられる。



図-10 303km 地点付近の IRI 分布

(2) 312km 地点付近

同様に、IRI が 5.28～6.93 を示している 312km 付近においては、道路状況調査によって 312km+700m 地点と 313km+100m 地点において沈下が確認されている（図-1）。したがって、312km 付近においても、沈下がラフネス増加（IRI 上昇）の主な要因であると考えられる。この地点の IRI 分布図を図-11 に示す。



図-11 312km 地点付近の IRI 分布

(3) 333km 地点付近

図-12 に示すとおり、330km 地点付近から 335km を越える区間においては、IRI が 4 強以上を示す区間が散見され、331km 付近においては、一部で 7 を超える IRI が示された。一方、道路状況調査では、同区間において沈下を確認されている。



図-12 333km 地点付近の IRI 分布

(4) 340km～345km 区間

この区間においては、全域的に IRI が 4 を超える区間が多く、340km 付近と 343km 付近においてはそれぞれ高いところで 8.52、8.65 を示している。この地点の IRI 分布図を図-13 に示す。この区間の道路状況調査では、340km+705m 地点において沈下を確認されている（図-1）。また、パッチングなどの舗装補修跡が多い区間であり、これらが IRI を高くしているものと考えられる。



図-13 340km 地点～345km 地点区間の IRI 分布

(5) 364km 地点付近

KP412 起点車線の 364km 地点付近においては、IRI が高いところで 7.12、9.01 を示す区間が見られた。この区間の付近における道路状況調査でも沈下が確認されている。この地点の IRI 分布図を図-14 に示す。



図-14 343km 地点付近の IRI 分布

(6) 403km 地点付近

図-15 に示すとおり、KP248 起点車線の 403km 地点付近においては一部の区間で IRI が 7.04、9.13 を示し、KP412 起点車線においても一部の区間で 6.28、7.08 を示した。この地域の道路は KP248 起点車線側が谷側、KP412 起点車線側が山側となる溪谷に沿った道路であるが、道路状況調査によって、403km+550m 地点の谷側車線において沈下が確認された。これらの結果から、沈下地点に該当すると考えられ、また、IRI 分布から山側車線においても沈下の影響が生じている可能性が確認された。



図-15 403km 地点付近の IRI 分布

3-7 計測・解析システムの改良

VIMS は、2008 年に JICA から「キ」国 MOTC に供与されてから約 2 年半にわたって調査に運用されてきたが、その間に調査人員からシステムの改良を求められる事項がいくつか挙げられたため、本調査時に改良を図った。主な改善点を以下に列挙し、図-16 に示す。

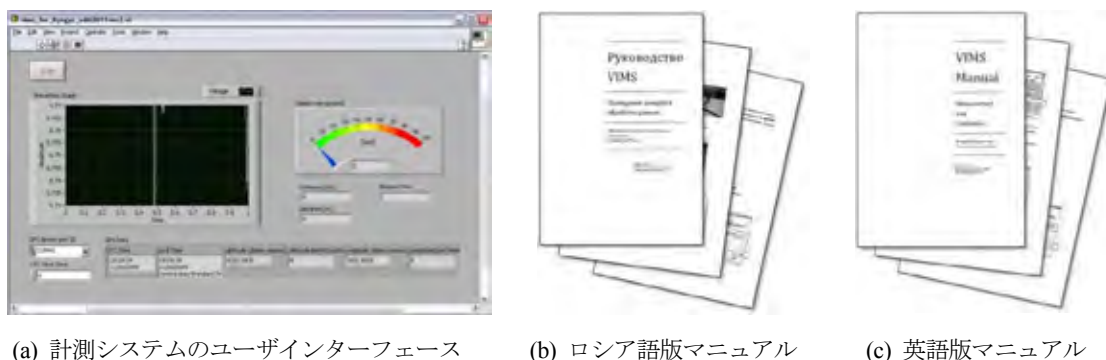


図-16 改良を加えた 2011 年版計測システムと改訂版システム・マニュアル

本調査時までには挙げられた要望に対しては全てに対応し十分な改善が認められたが、これら以外の事項については VIMS 開発陣において検討を継続する。

(1) 計測システム

- (a) ユーザインターフェースの視認性向上
- (b) GPS データによる速度メータの追加
- (c) GPS データによる計測距離・時間表示の追加

(2) 解析システム

- (a) 実行時エラーの回避策の追加
- (b) 解析結果の視認性・操作性向上のための出力方法の変更
- (c) 計測システムの改良に伴うパラメータ変更

(3) 共通

- (a) システム・マニュアルの改訂

3-8 キ国における今後のシステムの運用

3-8-1 運用体制の整備

本調査終了時点で、システムの使用に関するトレーニングを受けた C/P スタッフ 1 名が改良を加えた 2011 年版 VIMS の使用方法を習得している。加えて、キ国設計研究所々員に対して同システムの改良点に関するレクチャーを実施し、同所の VIMS 運用への参加意志が確認された。本調査が、キ国における日常的な VIMS 運用体制の基盤を構築する一助となったものと捉え、今後は、上記 C/P スタッフと同所が共同して VIMS の運用にあたるものと期待している。ただし、システムの改良や実行時エラーへの対処については更なるトレーニングを要する。

3-8-2 計測車両の確保

前述のとおり、本調査実施時点までに合計 4 セットの VIMS が JICA の供与により確保されているが、MOTC においては VIMS を搭載して計測にあたる車両の継続的な確保が容易ではない状況にある。本調査で得られた計測結果の有効な活用と、今後の計測の再現性つまりはデータの信頼性を維持するためには、同一車両を占有もしくは定期的に使用できる環境を整備することが望まれる。

第4章 維持管理体制

4-1 ビシュケクーオシユ道路維持管理体制

ビシュケクーオシユ道路局は8つのDEPを配下に持ち、各DEPが管轄している道路の維持管理を実施している。基本的に民間への発注は行っておらず、全ての維持管理をDEPが直営にて実施している。表-9にビシュケクーオシユ道路局の道路管轄を示す。

表-9 ビシュケクーオシユ道路管轄（2010年）

DEP	ビシュケクーオシユ道路		その他支線	合計
9	200km	※9-209km	214km	414km
23	109km	209-318km	245km	354km
30	109km	318-427km	71km	180km
38	61km	427-488km	140km	201km
22	108km	488-596km	248km	356km
5	17km	596-613km	257km	274km
956	51km	613-664km	103km	154km
26	—	—	260km	260km
合計	655km	9-664km	1,538km	2,193km

※0-9kmはビシュケク市の管轄道路

出典：MOTC

各DEPには所長以下チーフエンジニア、チーフメカニックおよび会計、積算担当などの管理部門と作業長、作業員、メカニック、重機オペレータおよび大型車輛運転手などの作業実施部門がある。

監理部門に属する技術系職員の技術レベルはDEPが日常的に実施している維持管理作業に対しては十分なものを持っている。しかし道路施工を実施した経験がないため路床・路盤の設計や材料に関する知識は少なく、現況の沈下など破損原因を解明する調査手法も持っていない。

DEPの年間を通した維持管理作業としては以下を実施している。

- ① 道路点検パトロール
- ② 標識の清掃やメンテナンス
- ③ 落石および土砂崩れ等の復旧作業
- ④ 突発的な道路損傷に対する復旧作業
- ⑤ 事故処理

夏期（5～10月）の維持管理作業としては以下を実施している。

- ① 路肩および側溝の清掃
- ② クラックシーリングおよびポットホールの補修
- ③ 沈下部等のオーバーレイ補修

冬期（11～4月）の維持管理作業としては以下を実施している。

- ① 滑り止めおよび融雪促進のための砂散布
- ② 重機による除雪作業

これ以外の、大規模な舗装の打ち換えやオーバーレイ作業については現在までは実施する必要はなかったため、設計、計画および施工管理のための技術能力は保有していない。

4-2 維持管理機材

各 DEP は維持管理機材を保有しているが、そのほとんどが 20 年以上前に製造されたロシア製機材であり、老朽化が激しくメンテナンスに多くの時間を要するために稼働率が低下している。また、主に保有している機材はダンプ、ホイールローダ、エクスカベータなどでポットホールのためのパッチング作業やクラックシールのための小型機材を保有していない。そのため、これらの補修は手作業で実施しているが、十分な締固めやアスファルトの充填が行えず仕上がり品質の良好な補修が実施できていない。



DEP23 保有のモーターグレーダ（ロシア製）



DEP30 保有のブルドーザ（ロシア製）

写真-21 DEP 保有機材

また、機材のメンテナンスを行うための整備機材も同様に旧ロシア製の老朽化したものがほとんどで、使用不能になっているものが多く効率的な機材整備を実施できない状況となっている。



屋外での整備作業 (DEP23)



機材整備室 (DEP23)

写真-22 整備機材

道路維持管理に必須のアスファルトプラントが近郊になく 200km 程度離れたプラントからアスファルト合材を調達しなければならない。そのため補修箇所を即時補修することは困難で、ある程度補修必要な箇所ができた状態でまとめてアスファルト合材を調達することになっている。補修箇所が即時に補修されないため、その間に破損の規模が大きくなるなど問題が生じている。また、入手できるアスファルト合材も運搬時間が4時間以上になるため温度低下など品質面で問題がある。

2006年には円借款事業により総額約4億5千万円の機材が調達されたが、重機は大型の機材が主であったため、日常的な維持管理作業にはあまり使えない状況となっている。その中で例外として、日本の三菱製モーターグレーダは主に冬期の除雪作業に活躍し、性能・品質面でも高い評価を受けていた。



DEP30 保有の三菱製モーターグレーダ



除雪作業 (アラベル峠付近)

写真-23 モーターグレーダ

第5章 緊急補修の必要性

5-1 緊急的な補修対応

5-1-1 クラックおよびポットホール

線状クラックについては従来の日常管理で実施している方法でストレートアスファルトをクラックにシーリング（充填）する補修が必要である。その際、クラック内の細かな砂等を除去するためにコンプレッサーの圧縮空気清掃を確実に行うことが重要となる。

面状クラックのうち線状クラックが大まかに連結しているような箇所は線状クラックと同様にアスファルトによるシーリング補修が必要となる。また、細かな亀甲状クラックの場合は、路盤以下の不等沈下が根本原因であるため、まずこれについての対策を実施すべきであるが、対策が決まるまでの間、亀甲状クラックを放置するとポットホールに進展するなど問題がある。よって亀甲状クラックに対しては MOTC で施工能力を有するチップシール施工（SBST：Single Bituminous Surface Treated）の実施が有効であると考えられる。

ポットホールの補修は夏期に集中して行われているが、放置される期間が長いとポットホール周辺が進展し、損傷が大きくなるという問題となる。よって本格的な補修を実施する前に発見されたポットホールについては、砕石でポットホールを埋めたあとにストレートアスファルトを散布するなどの応急的な対応を即時に実施する必要がある。また、加熱したストレートアスファルトの入手が困難である場合は、予め砕石にアスファルト乳剤やカットバックアスファルト（ストレートアスファルトを軽油等で希釈したもの）を混合した常温アスファルト合材を備蓄しておく、ポットホール補修のための緊急資材とする方法が有効である。

5-1-2 路面の沈下

路面の沈下に対しては根本的な原因を解明し、確実な補修計画を策定した上で対策を講じる必要がある。そのため実施が予定されている次回の補修計画策定調査までは、応急的な対策で対処することを提案する。

沈下部に発生した亀甲状クラックに対しては上記(1)で述べたチップシール施工を実施し、クラックの進展を抑制する。また、沈下による段差が激しい箇所については、応急的なオーバーレイ施工による段差を少なくする。

また、各沈下部での事故を防止する目的で、注意を促すための標識を設置するなどして安全対策を講じる必要がある。



「段差注意」を呼びかけている箇所の例

写真-24 段差注意の安全標識および減速標識

5-1-3 その他の路面状況

夏期に舗装表面のアスファルトが浮き出すような激しいブリージングが発生している箇所に対しては、路面に乾燥した碎石（S-13、S-5）を散布し、鉄輪ローラー転圧によって圧入する工法がある。これにより路面のすべり抵抗性や流動抵抗性などを回復させることができる。碎石はアスファルト乳剤またはカットバックアスファルトでプレコートしたものをを用いると、既設の舗装への馴染みがよく効果的である。

わだち掘れ、舗装の寄りおよびコルゲーションなど舗装の表面に連続的あるいは断続的に凹凸が発生して平坦性が極端に悪くなっている箇所については切削機により表面を切削したの後に、オーバーレイ施工を実施する必要がある。

5-1-4 排水施設および法面

縦排水路が洗掘・破損している箇所は、これ以上洗掘が進まないように対策を行う必要がある。当初設計より流量が多かったため洗掘を受けた排水路については、最大流量を算定し直して設計を行う必要がある。また、詰まりなどにより排水路から流水が溢れた場合に洗掘を防ぐために、排水路周囲にぐり石を鉄カゴで包んだ蛇籠を配置するなどの対策が必要となる。排水路以外で盛土法面が洗掘を受けている箇所についても、新たに排水路を設けるか、蛇籠積みなどで洗掘の防止対策が必要となる。

切土法面については突発的な落石を防ぐために、頻繁なパトロールと浮き石除去が必要である。また切土法面の流水や湧水が法面崩落を誘発するため、このような箇所にも排水路の設置および蛇籠積みなどの対策が必要である。

5-2 維持管理機材の必要性

調査対象道路の舗装は今後数年のうちに損傷が増加してくることが予想される。そのためには各 DEP が日常的な道路維持管理を行うための機材が必須である。また、アスファルトプラン

トについても各現場から 100km 以内程度にあることが望ましい。

ナリン州建機無償およびチュイ州・イシククリ州建機無償で調達された機材例から必要機材リストを以下に示す。なお、各機材の必要台数については既存保有機材の状況等を詳細に調査し、計画する必要がある。

表-10 必要機材リスト

機 材 名	仕 様
アスファルトカッター	切削深さ 150mm クラス
振動コンパクタ	重量 70kg クラス
ハンドブレーカ	重量 7kg クラス
エアーコンプレッサー	空気吐出量 5.1m ³ クラス
アスファルトスプレーヤ	タンク容量 400Lit クラス
ハンドガイドローラ	重量 650kg クラス
アスファルトフィニッシャ	均し幅 4.7m クラス
ロードローラ	重量 10t クラス
タイヤローラ	重量 15t クラス
散水車	タンク容量 8,000Lit クラス
モーターグレーダ	ブレード幅 3.7m クラス
エクスカベータ	バケット容量 0.8m ³ クラス
ホイールローダ	バケット容量 2.5m ³ クラス
ダンプトラック	積載荷重 10t
アスファルトプラント	生産能力 35t/h クラス
骨材プラント	生産能力 35t/h クラス
多目的作業車	4WD、アタッチメント取付け用 PTO 付
スノープロウ	幅 3,000mm クラス
ロータリー除雪機	ロータリー径 750mm クラス
融雪剤散布装置	ホッパ容量 2.0m クラス
クレーン付きトラック	積載荷重 4.0t 2.8t クレーン搭載
トラックトレーラ	積載荷重 25t、平低床
移動修理車	4WD、積載 8t クラス、アルミバン 修理工具・器具搭載、クレーン付き

第6章 補修計画策定調査の概要（案）

6-1 詳細調査

今回実施した道路状況の目視調査により、対象道路区間で大きな問題となっている道路損傷は沈下であることが確認された。また、沈下の発生が盛土箇所に集中していることから、原因についても盛土がなんらかの影響を与えているものと想定される。

よって、補修計画策定のための詳細計画では、沈下箇所の盛土部を主な対象とした調査を実施する。必要な場合は盛土部に隣接する切土部についても調査を実施する。

調査結果を基に対策工の詳細設計および施工計画を策定するまでのフローを図-17に示す。

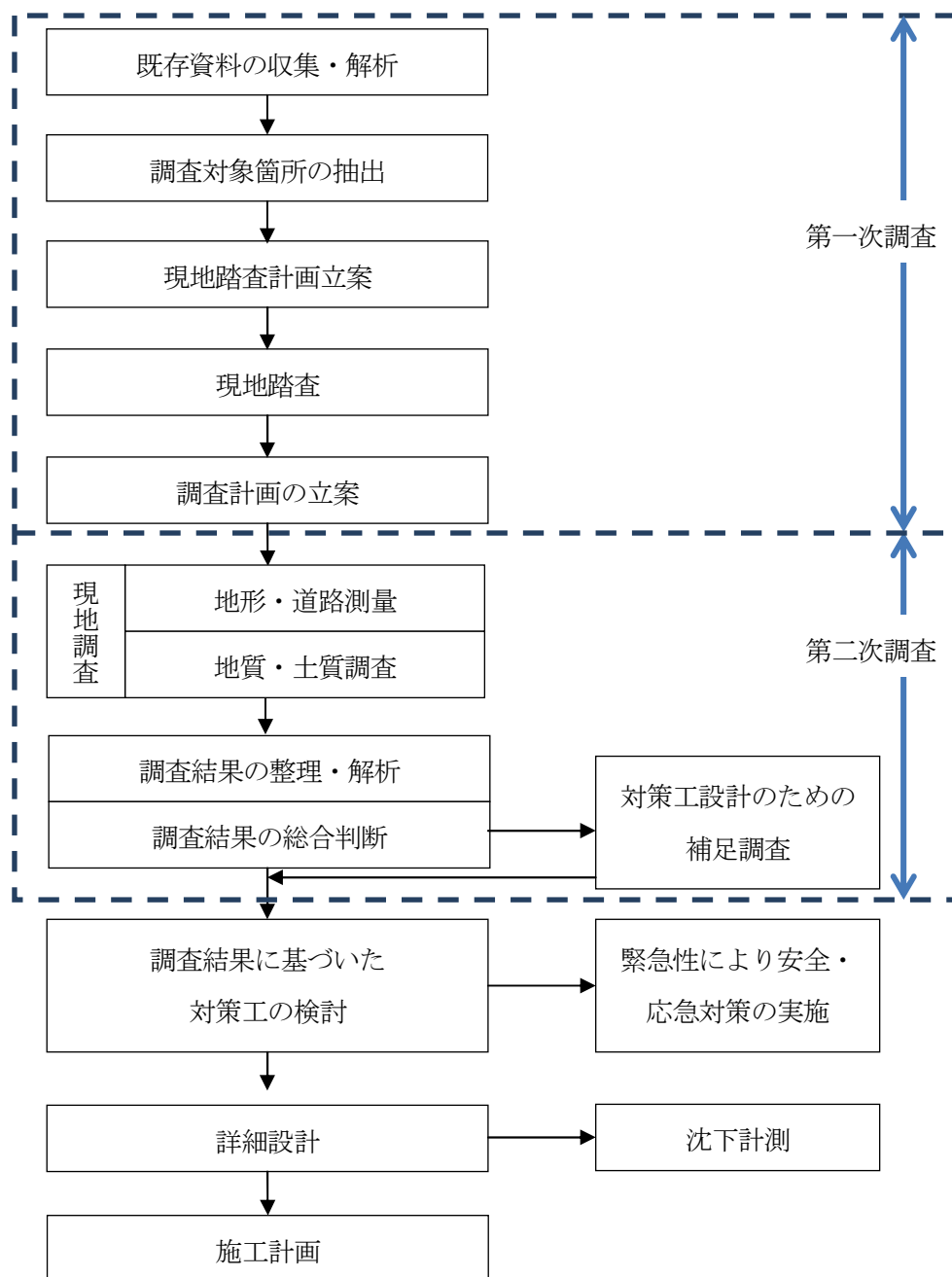


図-17 沈下対策のための補修工法検討フロー（案）

6-2 調査計画の立案

補修計画策定調査では限られた予算と期間で必要な計画を立案しなければならないため、全ての沈下箇所に対して詳細調査を実施することは現実的ではない。よって、本調査結果および既存資料を基に、近接地域および類似している地形・地質箇所をグループ化し、グループ毎に数箇所ずつの調査対象予定現場を抽出する。その後、それらの予定現場を対象に現地踏査を行い、各グループの代表となり、かつ緊急性の高い調査対象現場をグループ毎に1箇所抽出し、これを調査対象として調査計画を策定するものとする。緊急性については沈下量および延長が他より大きく、安全な車輛走行に支障を来す箇所を優先とする。

積雪のある冬期は調査が実施できないため、調査計画の立案にあたっては積雪の無い時期に現地調査を行い、冬期は調査結果の整理・解析、対策工の検討および詳細設計等を実施する工程を計画する。

6-3 現地調査

現地調査は大きく分けると地形・道路測量と地質・土質調査がある。

地形・道路測量は沈下箇所を含めた調査対象周辺の地形（平面）と道路形状（縦横断）を測量し、地形と沈下の因果関係の想定と地質・土質調査の実施箇所を選定するために用いる。

地質・土質調査の主なものは①ボーリング、②サウンディング、③サンプリング、④室内土質試験等がある。

6-3-1 ボーリング

ボーリング調査の目的は盛土に使用されている材料を観察することにより材料の構成を明らかにするとともに、その後に実施する土砂のサウンディングやサンプリングなどを実施するために用いる。

「キ」国においてはボーリング調査を確実に実施できる調査会社が限られることと、また保有機材の種類によっては要求する試験を実施できない可能性もある。その場合は必要となるデータを他の試験により求めるなどの代替え調査を検討する必要がある。

6-3-2 サウンディング

サウンディングとは「抵抗体をロッドなどで地中に挿入し、貫入、回転、引き抜きなどの抵抗から土層の性状を調査する方法」である。

サウンディングには標準貫入試験 (Standard Penetration Test:PST)、各種のコーン貫入試験 (Cone Penetration Tests)、スウェーデン式サウンディング試験 (Swedish Weight Sounding Test) などがある。サウンディングは、地盤の深さ方向における抵抗（貫入抵抗、水圧、せん断抵抗など）の

値から原地盤における土の強度・変形特性、密度などの深さ分布を直接推定できる調査である。

6-3-3 サンプルング

サンプルングは沈下補修の設計や施工に必要な地盤状況を得る目的で土の観察や室内土質試験に供する試料を採取するために行われる。試料には調査目的や地盤条件に応じて「乱さない試料」と「乱した試料」がある。乱さない試料は地盤の安定性や沈下問題あるいは透水性などの検討に必要な力学定数を求める室内試験に用いられる。一方、乱した試料は土の物理的性質である含水比、コンステンシー（液性・塑性限界）あるいは締固め特性、CBRなどを調べる室内試験に供される。

補修計画策定調査においても可能な限り「乱さない試料」の採取が望ましい。そのためにはコアボーリングを実施する必要がある、「キ」国でそれを実施可能な調査会社が存在するかが重要となる。

6-3-4 室内土質試験

「乱した試料」については次の土質定数を求める。

自然含水比、土粒子比重、液性限界、塑性限界、粒度については深さ方向にできるだけ連続的に求めることが望ましいが、地盤の構成土層ごとに少なくとも1点の土質定数が得られるように留意する。

「乱さない試料」が採取可能な場合は一軸圧縮強度、三軸圧縮強度、圧密試験などを行う。

6-3-5 沈下計測

交通安全上、応急対策の必要な沈下発生区間については、交通標識の設置と共に、不陸修正を行う。不陸修正後、沈下計測を実施し、沈下原因を把握する。沈下の発生がが地盤に起因するものである場合は、対策工の代替案を検討し、施工性、経済性を考慮して、最適補修計画を立案する。