

ウクライナ国 ミコライウ橋建設事業追加調査

ファイナル・レポート

(先行公開版)

令和元年12月
(2019年)

独立行政法人
国際協力機構 (JICA)

セントラルコンサルタント株式会社
日本工営株式会社

中 欧
JR(P)
19-017

ウクライナ国 ミコライウ橋建設事業追加調査

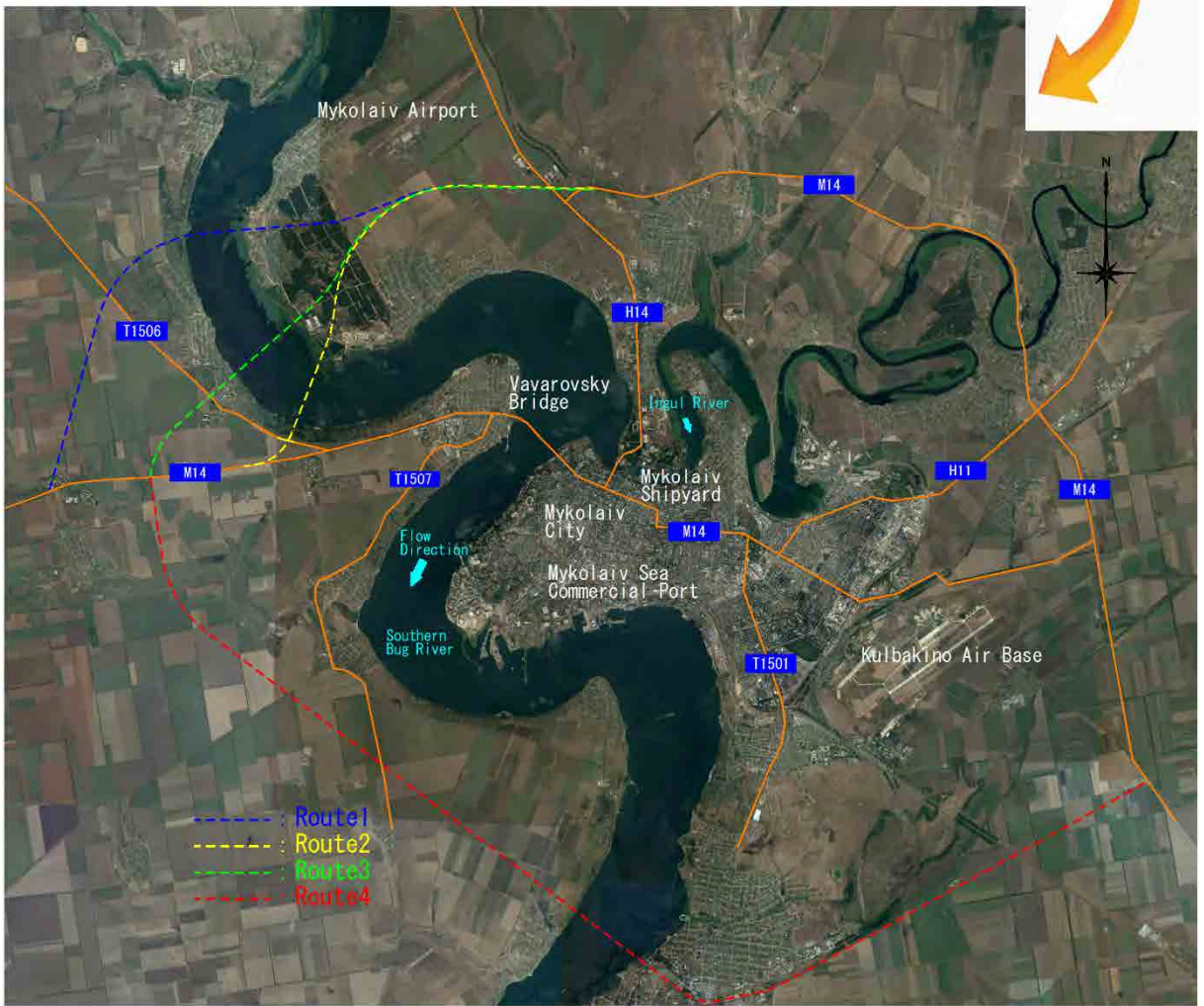
ファイナル・レポート

(先行公開版)

令和元年12月
(2019年)

独立行政法人
国際協力機構 (JICA)

セントラルコンサルタント株式会社
日本工営株式会社



プロジェクト位置図

プロジェクトの概要

1. 国名：ウクライナ国
2. 調査名称：ウクライナ国 ミコライウ橋建設事業追加調査
3. 実施機関：ウクライナ道路公社(Ukravtodor)
4. 調査目的：円借款事業実施のために前回実施した協力準備調査（2011年）からの時間の経過を踏まえ、事業費（用地補償費・O&M費を含む）・便益等の再計算、実施（調達・施工）方法の再検討、最新技術適用可能性の再検討、環境社会配慮の確認を行うことを目的とする。
5. 調査内容： <ul style="list-style-type: none"> (1) 事業の背景・経緯の整理 (2) 実施フローおよび作業工程の整理 (3) 事業承認手続き確認 (4) 自然条件調査の補足(水理・水文、地形、地質) (5) 路線・橋梁位置のレビュー (6) 道路計画のレビュー (7) 橋梁計画のレビュー (8) 需要予測 (9) 架橋地点の斜面安定性に関する考察 (10) 環境社会配慮追加調査方針の立案 (11) 施工計画、調達計画のレビュー (12) 施工期間中の安全対策の更新 (13) 実施・運営計画の更新 (14) 概略事業費の再計算 (15) プロジェクトのリスク分析のレビュー (16) コスト削減効果の検討 (17) 経済・財務分析及び運用・効果指標の更新 (18) 支障物件調査および相手国負担事項の整理
6. 結論及び提言： <ul style="list-style-type: none"> (1) 結論 <p>調査結果に基づく結論は、以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> 1) 本プロジェクトの実施は、技術的・経済的に妥当である。 2) 以下の理由によりバイパスルート及びミコライウ橋の架橋位置を変更した。 <ul style="list-style-type: none"> ・新しく選定したルートは経済的便益(B/C)が最も優れ、終点側インターチェンジの位置が将来的な環状道路の形成に最適な位置である。 ・渡河部の河道が直線部に近く、治水安全性、航行安全性に優れる。 ・地すべり発生の可能性はあるものの、規模が小さく、地すべり範囲外に橋台を設置できる。 3) 主橋梁の橋梁形式は、建設費、航行安全性、ウ国側のメリット（環境負荷が小さい、技術移転が期待できる）、美観、施工難易度、維持管理費用の観点から総合的に評価し、鋼斜張橋とした。また、基礎工は美観を除き同様の観点から鋼管矢板基礎とした。中央支間長は、航行中の船舶サイズからウ国基準に基づき決定した最小航路幅 280m に、日本国内実績から決定した余裕幅（航路端から橋脚までの離隔）140m（最小航路幅の0.5倍）を加え420mとした。 4) アプローチ橋梁の橋梁形式は、建設費、ウ国側のメリット（環境負荷が小さい、技術移転が期待できる）、施工難易度、維持管理費用の観点から総合的に評価し、プレキャスト PC 床版＋鋼少数鉸桁橋（最大支間長 60m）とした。また、同様の観点から基礎工は PC ウェル工法とした。 5) 車線、路肩、中央帯、歩道等を含む道路幅員はウ国基準の改定に伴い、道路部 25.5m、橋梁部 26.3m とした。橋梁部の最急縦断勾配は横風、冬季における凍結によるスリップ防止に配慮し、2.5%とした。 6) 起点側インターチェンジの形式は走行性、安全性、農地への影響、住民移転、施工性、経済性の観点から検討した結果、クローバー型とした。終点側インターチェンジの形式は将来的な環状道路構想を踏まえ、半クローバー型とした。 7) 新しいルートの選定に伴い新たにウ国側で再度フィージビリティスタディが必要となる。ウ国閣議からの再承認の必要性については現在確認中である。 8) 「ウ」国側のプロジェクト実施機関は、ウクライナ道路公社である。円借款で本プロジェクトを実施する場合、L/A 締結後、詳細設計、入札図書作成、施工監理を行うコンサルタントの調達、施工業者の調達を含む詳細設計に約3年半が必要となる。この予定は一般的なプロセスであり、ウクライナ道路公社および関係機関の協力が必要である。 (2) 提言 <p>調査結果に基づき、調査団として以下を提言する。</p> <ul style="list-style-type: none"> 1) プロジェクト実施による自然・社会・生活環境影響、とくに工事中的水質汚濁の防止と漁業資源保護、並びにアクセス道路沿道における影響緩和対策に取り組む必要がある。工事工程の立案においては、冬季の河川凍結のほかに、このような自然・社会・生活環境対策の観点も反映させておく必要がある。なお、前回実施した協力準備調査（2011年）から JICA の環境社会配慮ガイドラインは更新されており、最新版は 2010 年である。 2) 新しく選定されたルートは、南ブグ川の右岸の住宅地内を通り、数十軒分の土地収用と住民の移転が必要となるため、2012 年のウ国側フィージビリティ・スタディで議論されていない自然・社会・生活環境への影響が生じる可能性がある。したがって、再度プロジェクトの承認手続きが必要となる。 3) ウ国最長の中央支間長となる斜張橋や本邦技術を多く取り入れた上部工・下部工・基礎工の採用によるコスト削減を想定しているため、本調査結果十分に活用して事業再承認を取得するためのウ国側フィージビリティ・スタディを作成することが望ましい。また、基本（予備）設計や実施（詳細）設計、並びに施工監理・管理に際しては高度な技術力、実績を持つコンサルタント、コントラクターを選定することが重要である。 4) 本調査で実施した地すべりのモニタリングは調査終了後もウ国側で継続することが望ましい。

調査の要約

1 事業の背景・経緯

1-1 背景・経緯

ウクライナ（以下「ウ国」という。）南部に位置するミコライウ市（Mykolaiv）は、造船業を中心に発展したミコライウ州（Mykolaiv Oblast）の州都である。また、同市はヨーロッパとアジアを結ぶ黒海沿岸地域の交通の要衝であり、ウ国内陸部の穀倉地帯からオデッサ港、ユージニ港、イリチョフスク港等に至る道路網の中で南北方向に走る幹線道路 P-06、H-14、H-11 と東西方向に走る幹線道路 M-14 の合流地点に当たるため交通量が多く、大型車を含む車両の市街地への流入（3.5万台/日程度）が渋滞を引き起こし、市民の生活環境を悪化させる原因となっている。

また、同市内を流れる南ブグ川（Southern Bug River）およびイングル川（Ingul River）には、それぞれ 1964 年に建設されたババロフスキー橋とイングル橋が存在するが、老朽化に伴い車両総重量の制限（24 トン/台）を行っていることから、ミコライウ市を經由して貨物を道路輸送する際の輸送コストが増加しており、渋滞と共に円滑な物流を妨げている。したがって、穀物等の物流の円滑化及び拡大のため、同市街地を迂回する新たな橋梁及びアプローチ道路の建設が急務となっている。なお、その重要性は古くから認識されており、ミコライウ橋建設事業（以下「本事業」という。）に係る最初のフィージビリティスタディは、1989 年にソビエト連邦からの委託に基づき、キエフソユーズドルプロジェクト社によって実施された。

ウ国政府は、2014 年 6 月に調印されたウ国・EU 連合協定に基づき、2015 年 12 月に「The Strategic Plan for Development of Road Transport and Road Infrastructure of Ukraine up to 2020」を策定し、ウ国経済の活性化のために安全と環境に配慮した道路網の整備・近代化の重要性を強調している。本事業は、同計画に則り円滑な車両交通を確保し、南部道路交通網の改善を図るものであり、2018 年に策定された「The State Target Economic Program for Development of Automobile Roads of the Public (General) Use of State Importance for the Period of 2018-2022」（以下「New Program」という。）においても 5 つの主要な路線の 1 つとして位置付けられている。

ウ国政府から我が国政府に対しては 2005 年 7 月に本事業に対する円借款の支援の要請があり、JICA は 2010 年 10 月から 2011 年 10 月にかけて協力準備調査（以下「2011F/S」という。）を実施した。2011F/S に基づきウ国政府は 2012 年にフィージビリティスタディ（TEO）（以下「2012F/S(TEO)」という。）を作成し、2013 年に本事業の事業計画の閣議承認を了したものの、2014 年に政変が起き、事業実施には至らなかった。政変後もウ国政府からは我が国政府に対し引き続き同案件にかかる円借款の支援要請があったが、ロシアとの貿易が急減していたことから、ウ国南部における物流状況を確認する必要がある。このため、JICA は 2016 年 10 月から 2017 年 6 月にかけて「ウクライナ南部物流情報収集・確認調査」（以下「2017 年調査」という。）を実施し、結果としてウ国南部地域の物流円滑化の観点から本事業の必要性を改めて確認した。

1-2 調査の目的

ウ国政府から円借款の要請のあった本事業について、2011F/S から約 6 年が経過していることから、本調査では以下を目的とする。

- (1)事業費（用地補償費・O&M 費を含む）・便益等の再計算および実施（調達・施工）方法の再検討
- (2)最新技術適用可能性の再検討
- (3)プロジェクト実施に関係する環境社会配慮や他の問題の最新状況の確認

1-3 経済状況

2014年、東部情勢の悪化の影響を受け、貿易額や鉱工業生産高が大きく落ち込むなど経済状況の悪化が深刻になり、経済成長率はマイナスに転じ、また、失業率についても前年の7%前半から9%前半まで上昇が見られた。かかる中、対外債務の増加や外貨準備高の減少等、マクロ経済の不均衡が進行したため、同年4月以降は、IMF、世銀、EUを始めとする国際金融機関及び欧米諸国等から多くの支援を受けている。2015年3月、IMFは4年間で約175億ドルをウ国政府に供与することを盛り込んだ新経済プログラムを承認し、ウ国政府は4度の資金受領で外貨準備高が増加した一方で、同プログラムの条件を満たすため、財政、税制、年金、エネルギー、公共サービス等多くの分野の改革でさらなる成果が求められている。

2015年もマイナスだった経済成長率は、2016年に入りプラスに転じたが、同年の成長率は前年の反動に拠るところも大きく、引き続きドナー国・機関の支援が必要とされている。2018年12月にIMFは理事会で14ヶ月、39億USDのスタンバイ取極を承認したことを発表している。

1-4 交通分野の政策および計画

ウ国における交通分野の政策としては、2013年に「The State Target Economic Program for the development of public roads for 2013-2018」が策定されたが、同プログラムは最終的に予算不足に陥り、当初の目標未達となった。これを踏まえ、ウ国政府においては2018年から2022年までの交通分野政策としてNew Programが策定され、2018年3月に閣僚により決議（Cabinet of Ministers of Ukraine Resolution（以下「Cabinet Resolution」という。）, March 21, 2018, No.382）されている。このNew Programでは、以前のプログラムにおける反省を活かし、2018年から2022年までの5年間で必要な計298,349Million UAHの予算が確保されており、既存の国家重要道路を改修・整備して欧州の交通網と統合させ、交通の安全、速度、走行性および運輸のコスト効率を高めることをその主目的として掲げている。

1-5 道路網の現状

ウ国の道路は国家重要道路(国レベル)、地方重要道路(地方レベル)、街路の3種類に大別され、特に国家重要道路(国家レベル)は閣僚決議（Cabinet Resolution, August 9, 2017, No.654）で定められている。2017年まで、Ukravtodorは国家重要道路及び地方重要道路を管轄していたが、2018年からウクライナ法（The Law of Ukraine, November 17, 2016, No.1762-VIII, 1763-VIII, 1764-VIII）に基づき、Ukravtodorは国家重要道路のみを管轄することとなり、地方重要道路についてはウ国内の各州政府（Regional State Administration）の管轄に変更されている。

国家重要道路と地方重要道路の分類を表1-1に示す。プロジェクト対象地であるミコライウ州内の道路延長はウ国全体の3%程度である。

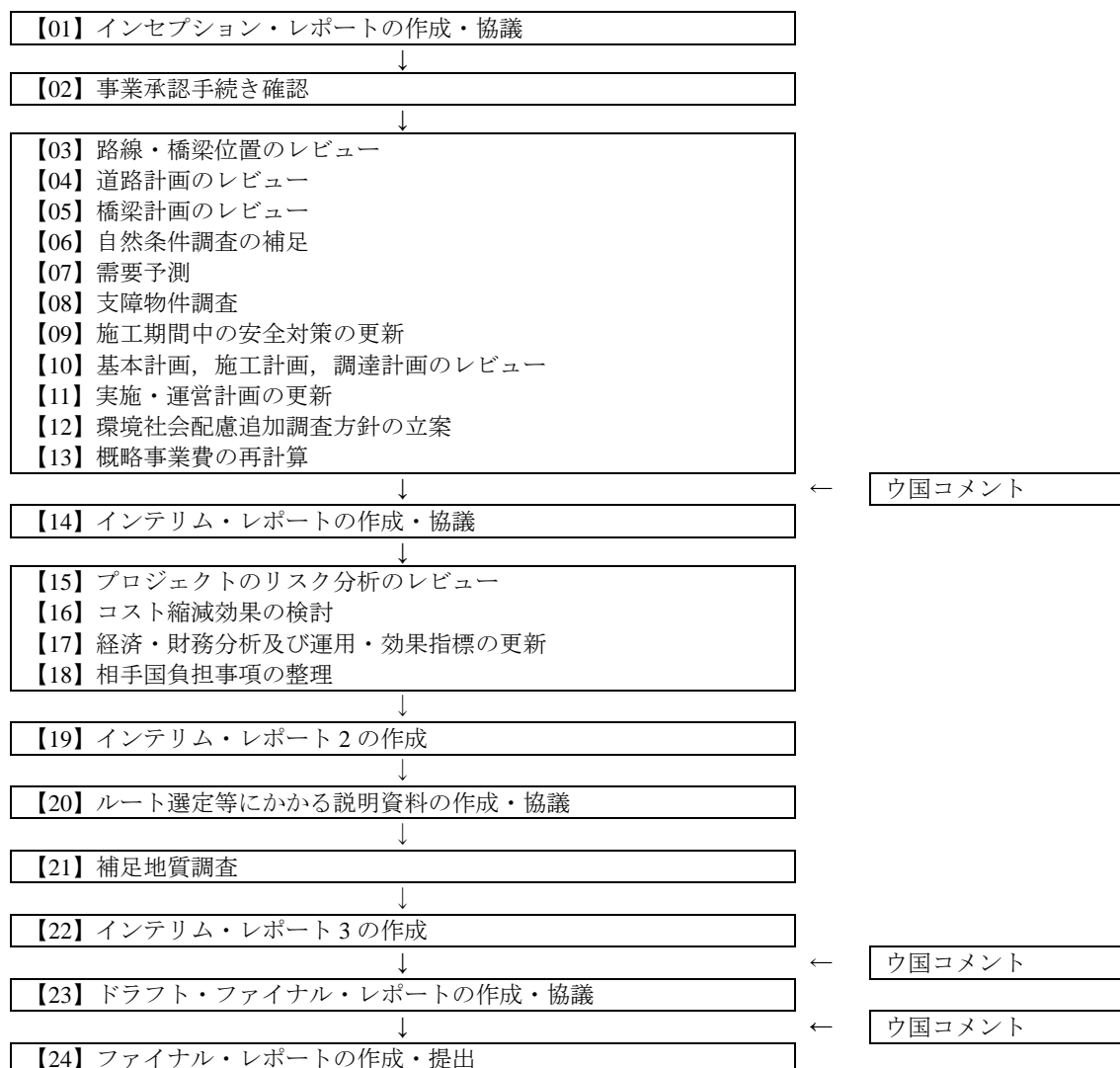
表 1-1. 道路分類

分類	ウ国全体		ミコライウ州	
	距離 (km)	比率 (%)	距離 (km)	比率 (%)
国家重要道路(国レベル)	51,700	31	1,487	31
国際道路 (M-network)	8,600	5	200	4
国道 (H-network)	4,800	3	407	8
主要地方道 (P-network)	10,000	6	368	8
地方道 (T-network)	28,300	17	512	11
地方重要道路(地方レベル)	117,900	69	3,314	69
州道 (O-network)	50,000	29	2,669	56
地区道路 (C-network)	67,900	40	645	13
合計	169,600	100	4,801	100

出典：Ukravtodor

2 実施フローおよび作業工程

本調査の実施フローを以下に示す。



3 ウ国内での事業承認手続き

3-1 事業の区分および概要書類

ウ国における事業実施（工事实施）までに必要となる手続きの方法は、事業の複雑度により I～V に区分されていた（2011F/S では本事業は V に該当していた）。

しかしながら、EU の基準に近づけることを目的としたウクライナ法(The Law of Ukraine, Bulletin of the Verkhovna Rada (BP), 2017, No. 9, p.68)を踏まえ、2017 年から下表に示すように災害時に発生しうる被害の規模によって事業の重要性を CC1(重要度小)、CC2(重要度中)、CC3(重要度大)の3つのクラスに区分するようになった。本事業のバイパス道路は国家レベルの国際重要道路の一部であり、「交通施設の機能損失」は「国家レベル」となるため、重要性は「CC3」に区分される。

CC3 の場合、事業実施（工事实施）に必要な書類は Feasibility Study(TEO: Техніко-економічне обґрунтування)、Project (P)、Working Documentation(WD)の3つであり、いずれも事業実施者が作成する必要がある。各書類の内容はウ国地域発展・建設・住宅省（Ministry of Regional Development, Building and Housing、以下「MRDBH」という。）、ウ国経済発展・貿易省（Ministry of Economic Development and Trade、以下「MEDT」という。）、ウ国財務省（Ministry of Finance、以下「MoF」という。）によって保証され、かつ、閣議で承認される必要がある。各書類における必要な内容（構成）は「SCN A.2.2-3-2014 Structure and Content of Project Documentation on Construction」に記載がある。

3-2 閣議承認に係る手続き

ウ国における橋梁・道路建設事業に係る閣議の承認手順は閣僚で決議(Cabinet Resolution, May 11, 2011, No.560)されており、まず閣議に諮る前に MRDBH 公認の専門機関による当該事業内容の照査を受ける必要がある。また、実態上は照査の前に関係機関（Ukravtodor Technical Committee 及びウ国環境・天然資源省（Ministry of Ecology and Natural Resources、以下「MENR」という）からの承認が必要であり、設計内容は関係機関の所管する各種基準・ルールに準拠したものでなければならない。

本事業に関しては日本側の 2011F/S を元としてウ国側が Feasibility Study(2012F/S(TEO))を 2012 年に実施、2013 年に閣議承認されている。ウ国の関係者へのヒアリングによると、2012F/S(TEO)に係る閣議承認に有効期限は設定されていない。ただし、仮に Feasibility Study(TEO)を再作成する場合、変更した項目のみを更新するのではなく全体を再作成する必要がある。再度の閣議承認の必要性については現在確認中である。

3-3 事業実施手順および書類の提出時期

通常の事業実施（工事实施）手順および必要な各書類の提出時期を図 3-1 に示す。

Project (P)においては、事業の概略設計を含む関連書類が作成され、その後、当該概略設計を踏まえた入札が行われ、当該事業の施工業者が決定される。（Feasibility Study (TEO) 及び Project (P) のプロセスを合わせて「Stage P」と称される。）その後、基本的に施工業者は、設計図書や仕様書等から成る Working Documentation（以下、「WD」という。）を作成する。WD 作成から工事完了までの期間は「Stage R」と呼ばれる。

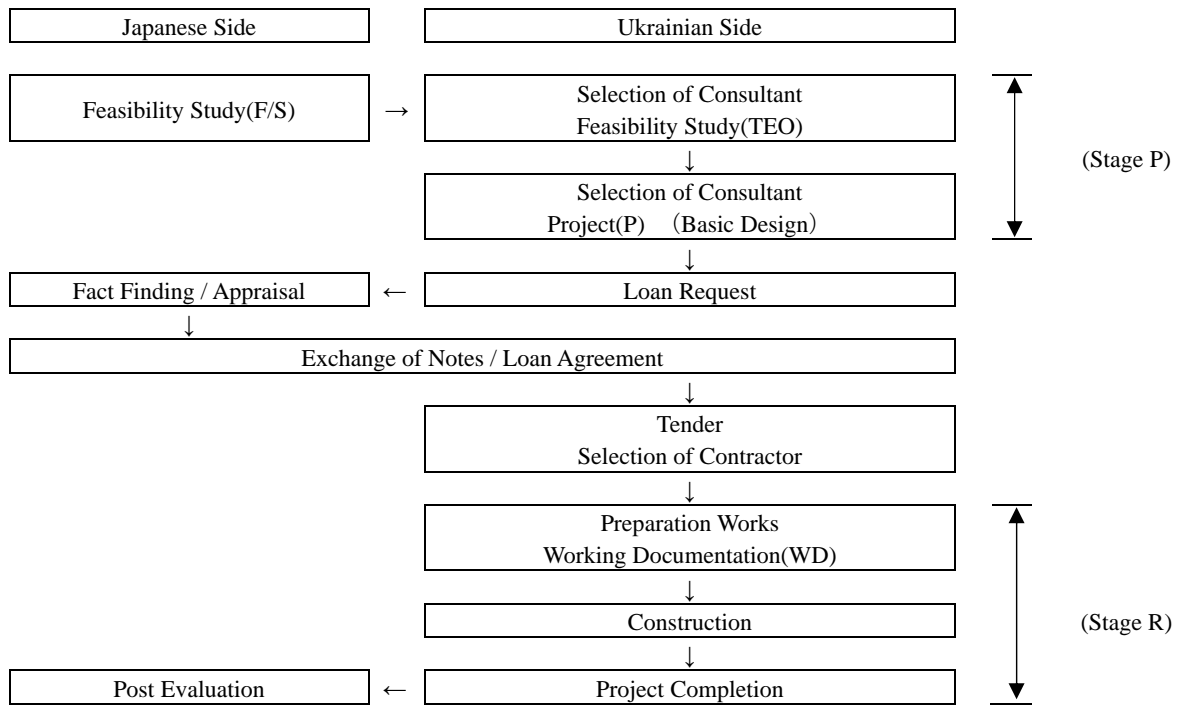


図 3-1. 事業実施（工事实施）手順および必要な各書類の提出時期

4 自然条件調査の補足

気象・水文調査結果の抜粋を表 4-1 に示す。

表 4-1. 気象・水文調査結果の抜粋

観測項目	観測値	観測期間	観測所
気温	月別平均最高の最高値: 37.3°C (8 月) 月別平均最低の最低値: -18.5°C (January) 最高値: 39.7°C (2017 年 8 月) 最低値: -24.5°C (2010 年 1 月)	2008-2017	(1)
相対湿度	月別平均の最高値: 86.5% (1 月) 月別平均の最低値: 51.3% (8 月)	2008-2017	(1)
雨量	年平均値: 413mm 年最大値: 651.9mm (2010 年) 月別平均の最大値: 50.8mm (5 月) 月別平均の最小値: 15.7mm (8 月) 日最大値: 42.7mm (2008 年 9 月)	2008-2017	(1)
積雪深	年最大の平均値: 12cm 年最大値: 34cm (1985 年)	1966-2017	(1)
氷厚	年最大の平均値: 22cm 年最大値: 54cm (1984)	1956-2017	(2)
風	90%が風速 7m/s 以下, 風向は北が主方向 最大瞬間風速: 40m/s (西北西, 1969 年)	2011-2017	(1)
水位	年最高の平均値: BS +0.417 m 年最低の平均値: BS -0.924 m 最高値: BS +0.900 m (1981 年) 最低値: BS -1.470 m (1984 年, 1991 年)	1917-2017	(2)
流量	年最大の平均値: 720 m ³ /s 年最小の平均値: 19 m ³ /s 最大値: 5,320 m ³ /s (1932 年) 最小値: 2.6 m ³ /s (1954 年)	1914-2017	(3)

* 観測所 : (1) Aviation Meteorological Center Mykolaiv (Hydrometeorological Station)

(2) Mykolaiv (Sea Hydrometeorological Station)

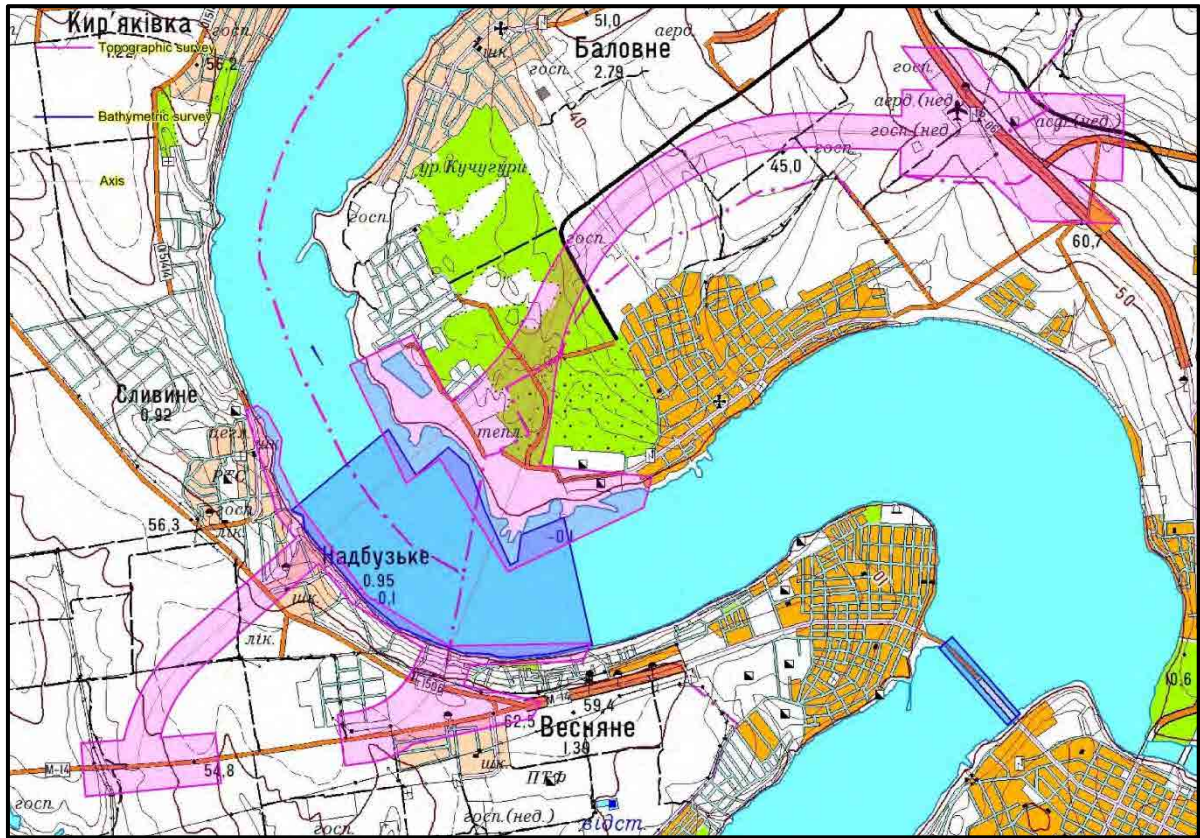
(3) Oleksandrivka (Hydrological Station)

ミコライウ水文・気象観測所は感潮区間に位置するため, 年最高水位は上流からの洪水の他に, 黒海の潮位の影響を受けている。

4-1 測量調査

4-1-1 地形調査の概要

本調査における地形調査は、2018年7月から同年10月末に亘って実施された。同調査内容は地形測量と深淺測量で構成されており、調査範囲を図4-1に示す。地形調査結果は地形図の三次元データで表示する。これらの調査結果は道路及び橋梁設計に活用する。



出典: JICA 調査団

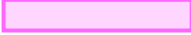

-  : 地形測量範囲 15km²
-  : 深淺測量範囲 5.5km²

図 4-1. 測量対象地域

4-2 地質調査

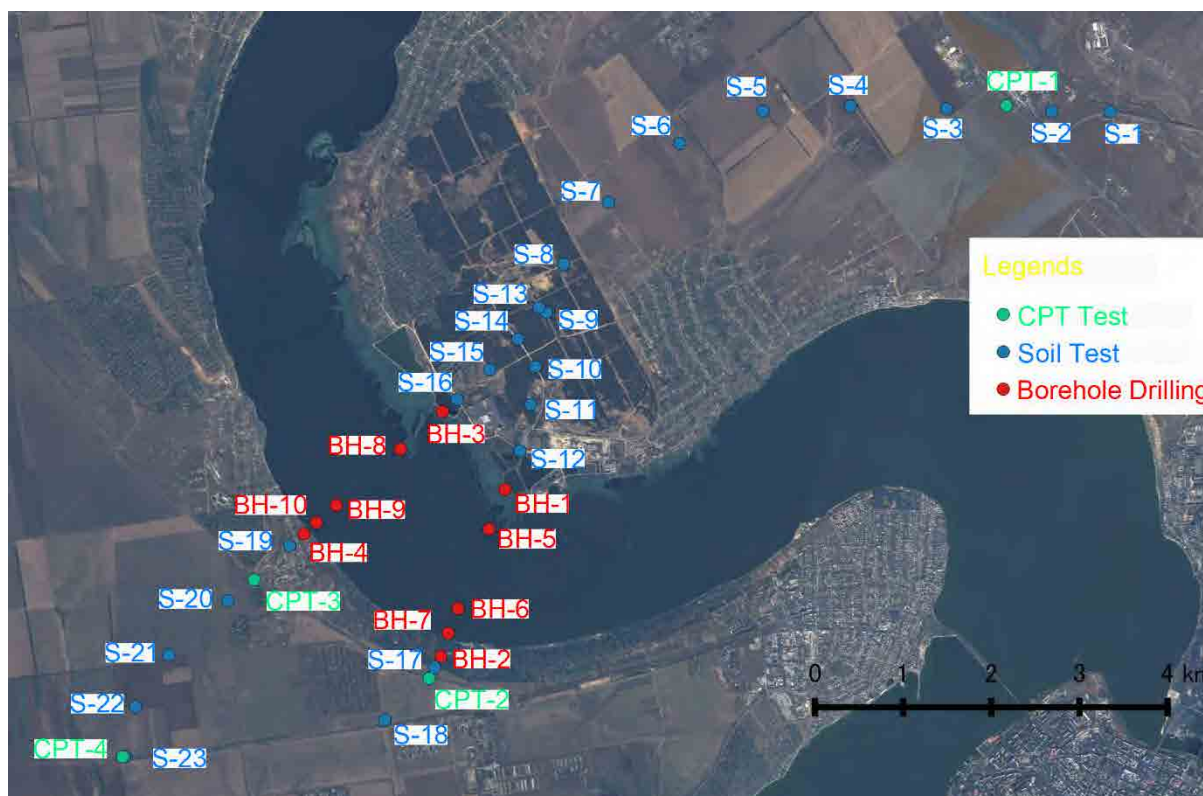
主要地点の道路及び橋梁の設計を目的とした地質調査を実施した。主な調査内容は、1) 橋梁区域の標準貫入試験を含むボーリング調査（陸上）、2) 橋梁区域の標準貫入試験を含むボーリング調査（河底）、3) インターチェンジにおける簡易貫入試験（CPT）、4) 道路における材質試験、及び5) 土取場における材質試験である。

調査項目の詳細及び数量を表 4-2 に示す。

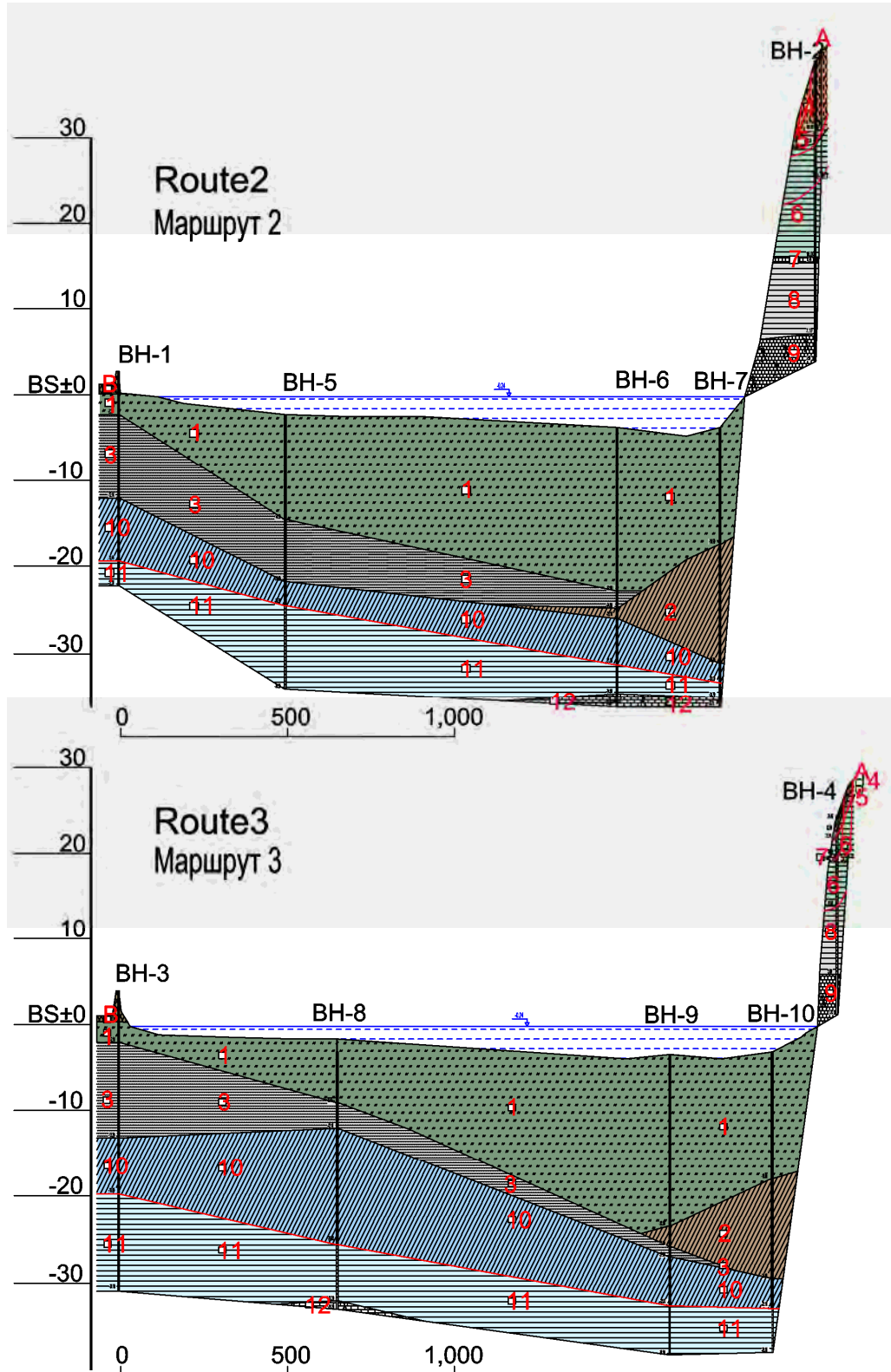
表 4-2. 地質調査数量

調査項目	単位	数量
1)橋梁区域におけるボーリング掘削（陸上）		
・掘削地点	箇所	4
・掘削長	メートル	118.2
・標準貫入試験（SPT）	回	156
2)橋梁区域におけるボーリング掘削（河底）		
・掘削地点	箇所	6
・掘削長	メートル	203.5
・標準貫入試験（SPT）	回	131
3)インターチェンジにおける簡易貫入試験（CPT）		
・簡易貫入試験（CPT）	箇所	4
4)道路における材質試験		
・サンプル採取	箇所	23
・室内土質試験	試料	23
5)土取場における材質試験		
・サンプル採取	箇所	5
・CBR試験	試料	9

出典: JICA 調査団



本調査で確認された地層は、現世の耕土・盛土・河床堆積物、第四紀（沖積層、洪積層）、新第三紀の地層であり、14の地層に区分される。橋梁の支持層として、左岸より河川内にかけては地層番号「11」の新第三紀の粘土層以深または「12」の石灰岩が想定される。右岸部の橋台部については、第四紀から新第三紀にかけて形成された地層番号「8」の粘土層以深が想定される。



5 路線・橋梁位置のレビュー

5-1 路線概要

バイパスの路線（ルート）および架橋位置は表 5-1 に示す過去 6 回のフィージビリティスタディで図 5-1 に示す 4 ルートが比較検討されており、いずれもルート 2 が選定されている。

表5-1. 過去の F/S リスト

実施年	実施国	カウンターパート	調査会社
1989	Soviet-Union	No Information	Kievsoyuizdorproject
2000	Japan	Mykolaiv City	Japan Consulting Institute
2003	Japan	Mykolaiv City	Pacific Consultants International
2004	Ukraine	Mykolaiv Region	Kievsoyuizdorproject
2011	Japan	Ukravtodor	The Consortium of Oriental Consultants Co., Ltd. and Chodai Co., Ltd.
2012	Ukraine	Ukravtodor	Kievsoyuizdorproject

今回比較する各ルートの線形は、過去の Feasibility Study における線形を基に現在の土地利用状況を考慮して若干の修正を行ったものであり、表 5-4 および表 5-5 に示す評価項目について可能な限り定量的な評価、比較検討を実施している。

各案の特徴を表 5-2 に示す。

なお、大別してルート 1,2,3 をミコライウ市北側の M14 と西側の M14 を結ぶルートとして「北側ルート」、ルート 4 をミコライウ市南側の M14 と西側の M14 を結ぶルートとして「南側ルート」と呼ぶ。

表5-2. 各ルートの特徴

ルート	特徴
ルート 1	北側ルートの中で南ブグ川を横断する位置が最も北側であり、路線延長が最も長いルートである。川幅が最も狭い位置で川を横断することにより、路線延長は長くなるが橋梁延長を短くし、工事費を削減することがこのルートの狙いである。一方、船舶の航行、治水安全性、ミコライウ空港の制限表面、住民移転に配慮する必要がある。特に住民移転は北側ルートの中で最も件数が多いという特徴を持つ。
ルート 2	北側ルートの中で南ブグ川を横断する位置が最も南であり、路線延長が最も短いルートである。このルートには 2 つの利点があり、1 つは住民移転が発生しないこと、もう 1 つは 2009 年に作成されたミコライウ市の都市計画に整合していることである。一方、河道の湾曲区間を横断するため、船舶の航行や治水安全性に配慮する必要がある。右岸側の河岸は水衝部にあたり、付近の斜面は地すべり地帯とされている。過去に複数回発生した小規模の地すべりを踏まえると比較的中規模の地すべりが起こりやすい。また、小規模の地すべりが生じた周辺にはガリーが発達しており、地下水が集中している可能性があるため斜面安定への留意が必要である。
ルート 3	ルート 2 が南ブグ川の湾曲区間を横断するため、対案として直線に近い位置で横断させたルートであり船舶の航行や治水安全性に配慮することが目的である。北東に位置する既存の環状道路を北西に延伸することも意図しており、便益の面で有利である、一方、若干の住民移転が発生する。また、右岸側の河岸付近の斜面は地すべり地帯とされており、過去に周辺で発生した小規模の地すべりを踏まえると、比較的小規模の地すべりが起こる可能性があるため、斜面安定に留意する必要がある。
ルート 4	唯一の南側ルートであり、全ルートの中で最も延長が長い。南ブグ川添いの住宅密集地を避け、北東に位置する既存の環状道路を南東および南西に延伸することも意図している。河道を直線に近い区間で横断しており船舶の航行や治水安全性に配慮することが可能であるが、川幅が広いため橋梁の延長が長くなる。また、ミコライウ港より下流に位置するため、対象船舶が北側ルート案に比べて大きく、航路限界が大きくなる可能性がある。

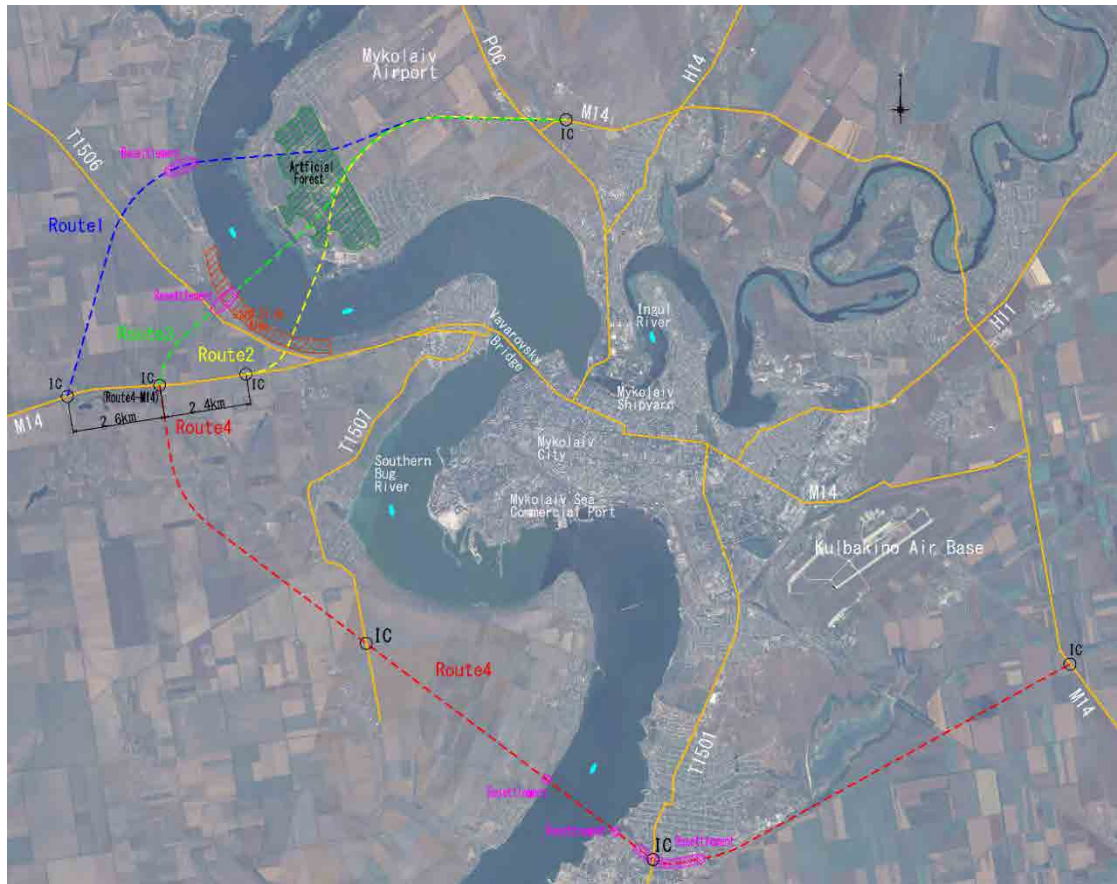


図 5-1.ルート概要図

表5-3. ルート別概略数量

種 別	ルート 1	ルート 2	ルート 3	ルート 4
ルート長	18,400m	13,200m	14,600m	32,500m
橋梁長	1,500m	2,120m	2,180m	3,200m
(主橋梁長)	(840m)	(930m)	(840m)	(840m)
(アプローチ橋梁長)	(660m)	(1,190m)	(1,340m)	(2,360m)
道路長	16,900m	11,080m	12,420m	29,300m

※航路条件や船舶諸元はミコライウ港の上下流で異なり、下流側に位置するルート 4 は上流側に位置するルート 1~3 に比べて対象船舶が大きく、橋長が長くなる可能性があるが、本調査では便宜的に対象船舶はルートに依らず同じであるものとした。

表 5-4.評価項目一覧表(1/2)

大項目	中項目	小項目	設定理由	評価指標
事業効果	市内 VCR の改善効果	-	市内の渋滞解消は本事業の重要な目的である。	VCR(Volume/Capacity Ratio)
	建設費	-	バイパス道路建設に必要な初期投資額を把握することは重要である。	イニシャルコスト
	便益	-	プロジェクトの効果を定量的に評価するために重要である。	TTC(Travel Time Cost) VOC(Vehicle Operation Cost)

表 5-5.評価項目一覧表(2/2)

大項目	中項目	小項目	設定理由	評価指標	
影響要因	社会環境	住民移転低減	住民移転は社会環境、生活環境が大きく変わるようになるため、該当者全員からの同意が得られない場合が多い。したがって住民移転数が多いことは事業自体が成立しないリスクが大きいと言える。また、2011FSにおけるルート選定では住民移転数が重要な評価項目となっている。	住民移転数	
		農地損失面積の低減	プロジェクトサイト周辺の主要産業は農業であり、バイパス道路はほとんどが農地を通過する。損失面積の大小は現状からの土地利用の改変度合いを示し、主要産業が保全できているかどうかの判断材料となる。	農地損失面積	
		ミコライウ市都市計画との整合	ミコライウ市の都市計画は、市内にバイパス道路が建設されることを前提に決定されている。市外のルートを採用した場合、都市計画の変更が生じる。	都市計画との整合性の有無	
		環状道路構想との整合性	人口が30万人を超えるウクライナの都市では、市街地を避けるように半円または完全な環状道路が整備されている傾向にある。ミコライウ市は人口50万人の都市であり、環状道路があることは望ましいと考えられる。	ルート1~3とルート4の接続性(終点側インターチェンジの位置関係)	
	自然環境	人工林伐採の低減	南ブグ川の左岸とミコライウ空港の間に約570haのまとまった人工林が存在する。プロジェクトサイト周辺は低地であり、他に森林がなく貴重であることから、自然環境の保全上重要である。	人工林損失面積	
		生態系保全	生態系の保全はプロジェクトの種類にかかわらず重要である。また、バイパス道路が、水産庁ミコライウ州事務所の定める禁漁区域に隣接する可能性がある。	生態系保全上特に重要な地域との位置関係 禁漁区域との位置関係	
	生活環境	周辺住宅に対する振動・騒音の影響	プロジェクトサイト周辺はほとんどが農地であり、現状の振動・騒音レベルは小さいと推定される。バイパス道路建設に伴う振動・騒音レベルの変化は大きく、生活環境への影響が大きいと考えられる。	騒音の影響を受ける家屋数	
		周辺公共施設に対する振動・騒音の影響	同上	騒音の影響を受ける公共施設数	
	実施環境	地盤条件	斜面崩壊	ルート2およびルート3の右岸側の河岸付近の斜面は、古くより地すべり地帯とされている。特にルート2は斜面に橋脚、橋台が建設される可能性が高いため、その安定性は重要である。	地すべりの規模および安全性
		航路条件	船舶の衝突確率	南ブグ川は航路として利用されているため、船舶が橋脚へ衝突する可能性があり、船舶および橋梁の両方の安全性に影響を与える。	船舶の相対的な衝突確率
河川条件		治水安全性への影響	橋梁設置および橋梁の位置と河道状況(狭窄部、湾曲部、水衝部、合流部、流況変化部等)の関係が治水安全性に影響を与える。	橋梁設置による河積阻害の程度 治水安全性に悪影響のある河道状況(湾曲部、水衝部、狭窄部、合流部等)への該当数	
空域条件		橋梁建設に関わる制限	ミコライウ市の北側、南側の両方に空港が存在し、離発着の方向と主橋梁の位置が一致するルートは橋梁(特に主塔・斜材)および施工中の重機、資機材が各空港の制限表面に入らないよう配慮する必要がある。	空域制限の有無	

5-2 ルート選定

階層化意思決定分析法（Analytic Hierarchy Process（以下「AHP」という。))によりルートを選定する。

AHPによるルート選定の手順を図5-2に示す。

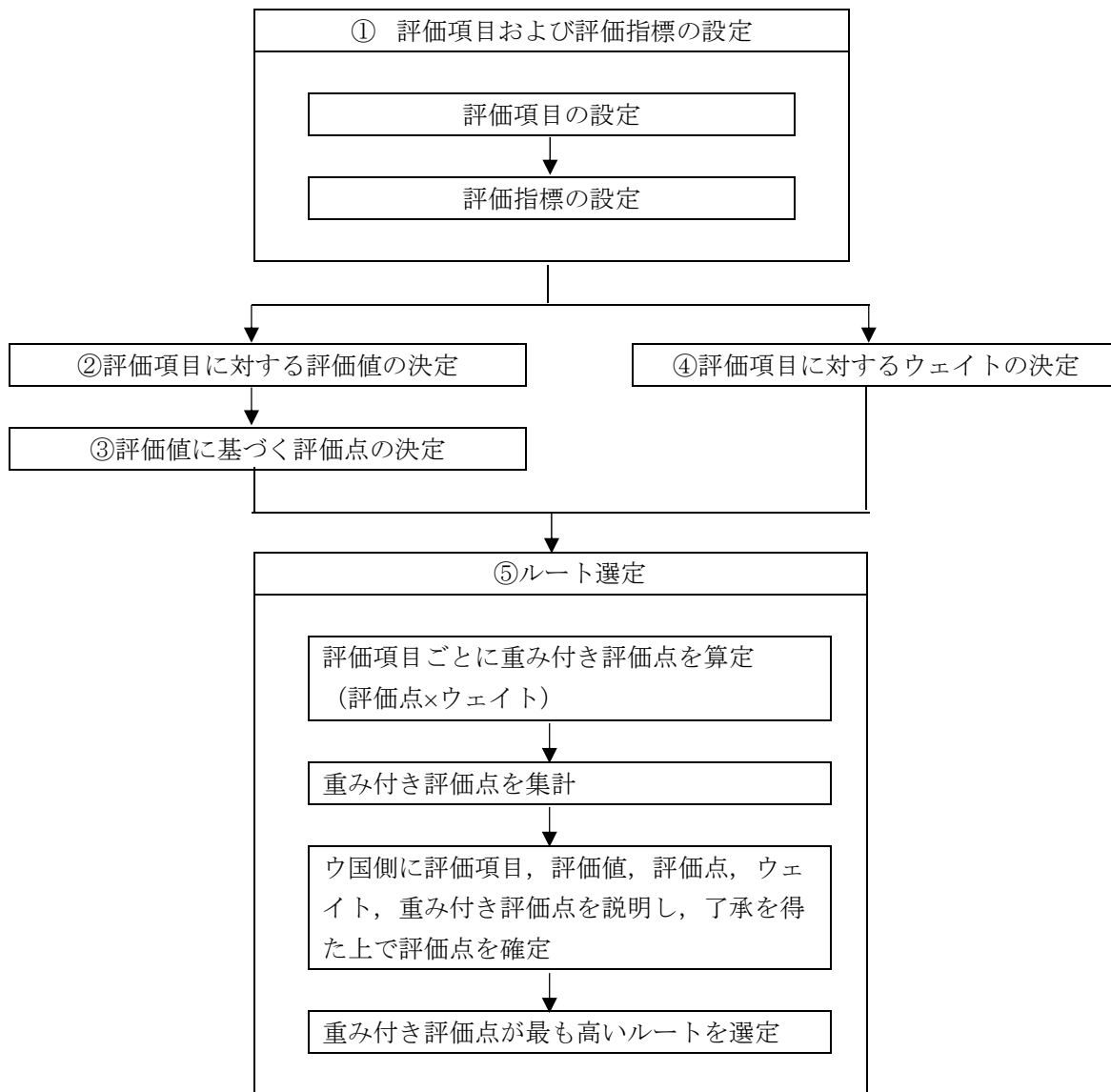


図 5-2. ルート選定手順

上記を考慮したルート選定表を表5-6に示す。

表より、ルート3の重み付き評価点が最も高いことが分かる。評価項目、評価値、評価点、ウェイト、重み付き評価点の説明を含むルート選定結果を2019年7月31日にミコライウ市およびミコライウ州、9月17日にUkravtodor、9/18日にインフラ省に説明した結果、全てから了承を得られたため、ルート3を選定する。

なお、後の章では、詳細な比較を行うため、ルート2と3の両方について検討をしている。

表 5-6. ルート比較表

Categories	Weight W1	Subcategories	Sub-subcategories	Weight W2	A Total Weight (W1×W2/100)	Evaluation Index	Route 1			Route 2			Route 3			Route 4		
							Evaluation Results	B Evaluation Points	A×B Weighted Evaluation Points	Evaluation Results	B Evaluation Points	A×B Weighted Evaluation Points	Evaluation Results	B Evaluation Points	A×B Weighted Evaluation Points	Evaluation Results	B Evaluation Points	A×B Weighted Evaluation Points
Project Effects							非公開											
Impact Factors	28.1	Social Environment	Reduction of resettlement	35.3	9.919	Amount of resettlement	Roughly 50	3.000	29.757	None	5.000	49.595	3	4.500	44.636	Roughly 40	3.000	29.757
			Coherence with Mykolaiv City planning	13.5	3.794	Coherence with City Planning	No coherence	3.000	11.382	Coherent	5.000	18.970	No coherence	3.000	11.382	No coherence	3.000	11.382
			Coherence with the Ring Road Concept	13.5	3.794	Connectivity between Routes 1-3 and Route 4 (positional relationship of terminus interchange)	2.6km	3.000	11.382	2.4km	4.000	15.176	Same Location	5.000	18.970	-	5.000	18.970
			Reduction of area of agricultural land lost	2.9	0.815	Area of Agricultural Land Lost	119ha	2.000	1.630	77ha	4.000	3.260	93ha	3.000	2.445	198ha	1.000	0.815
		Natural Environment	Ecosystem conservation	4.9	1.377	Positional relationship with especially important areas for ecosystem conservation	Possibly close to a no-fishing area	3.000	4.131	Possibly close to a no-fishing area	3.000	4.131	Possibly close to a no-fishing area	3.000	4.131	No restrictions	5.000	6.885
			Reduction of lumbering of artificial forests	2.9	0.815	Area of artificial forest lost	11ha	4.000	3.260	15ha	3.000	2.445	10ha	4.000	3.260	None	5.000	4.075
		Living Environment	Reduction of vibrations/noise in residential areas	13.5	3.794	Number of households impacted by noise (Lr : Noise Level)	Lr≥65dB : Roughly110 Lr≥55dB : Roughly640 Lr≥45dB :	1.000	3.794	Lr≥65dB : Roughly10 Lr≥55dB : Roughly140 Lr≥45dB :	3.000	11.382	Lr≥65dB : Roughly30 Lr≥55dB : Roughly400 Lr≥45dB :	2.000	7.588	Lr≥65dB : Roughly90 Lr≥55dB : Roughly680 Lr≥45dB :	1.000	3.794
			Reduction of vibrations/noise in public facilities	13.5	3.794	Number of public facilities impacted by noise (Lr : Noise Level)	Lr≥65dB : 0 Lr≥55dB : 0 Lr≥45dB : 1	4.000	15.176	Lr≥65dB : 0 Lr≥55dB : 0 Lr≥45dB : 1	4.000	15.176	Lr≥65dB : 0 Lr≥55dB : 2 Lr≥45dB : 3	3.500	13.279	Lr≥65dB : 2 Lr≥55dB : 4 Lr≥45dB : Roughly20	2.500	9.485
		Subtotal			100	28.10	-	-	80.51	-	-	120.14	-	-	105.69	-	-	85.16
		Project Implementation Environment	13.5	Ground conditions	25.0	3.375	Scale and safety of landslides	No possibility of landslide	5.000	16.875	Possibility of landslide and the area is wide	3.000	10.125	Possibility of landslide and the area is narrow	4.000	13.500	No possibility of landslide	5.000
River traffic conditions	25.0			3.375	Relative probability of vessel collisions	Collision probability 2.1 times greater than Straight Region	2.400	8.100	Collision probability 2.5 times greater than Straight Region	2.000	6.750	Collision probability 1.8 times greater than Straight Region	2.800	9.450	Collision probability 1.2 times greater than Straight Region	4.200	14.175	
River conditions	25.0			3.375	Presence/absence of river channel conditions that have a negative impact on flood control safety Degree of blockage of flow area	Bend, Water colliding front Degree of blockage of flow area is big	2.000	6.750	Bend, Water colliding front Degree of blockage of flow area is big	2.000	6.750	Straight section Degree of blockage of flow area is small	4.500	15.188	Straight section Degree of blockage of flow area is small	4.500	15.188	
Airspace conditions	25.0			3.375	Presence/absence of airspace restrictions	Close to Mykolaiv Airport	3.000	10.125	No restrictions	5.000	16.875	No restrictions	5.000	16.875	No restrictions	5.000	16.875	
Subtotal				100	13.50	-	-	41.85	-	-	40.50	-	-	55.01	-	-	63.11	
Total Evaluation Score								394.04			429.44			433.82			379.88	

6 道路計画

6-1 既存 Feasibility Study の概要

本事業に関しては、これまで1989年から2012年にかけて6度の Feasibility Study (以下「F/S」という。) が実施され、2012年にウクライナで実施された2012F/S(TEO)は2013年7月11日に閣議承認を受けている。表6-1、表6-2に過去のF/Sの概要を示す。

表6-1. これまでのF/Sの概要 (1)

	1989年F/S	2000年F/S	2003年F/S	2004年F/S
実施国	ソビエト連邦	日本	日本	「ウ」国
実施主体		Mykolaiv City	Mykolaiv City	Mykolaiv Region
実施会社	キエフソユーズ ドルプロジェクト社	(社)日本プラ ント協会	PCI社	キエフソユーズ ドルプロジェクト社
実施背景		当該プロジェ クトが、「ウ」国 の重要プロ ジェクトとし て位置付けさ れたため	設計条件(航空 制限と航路限 界)が変更と なったため。	日本が実施したF/S で円借款の締結可能 性が高いと判断され たため、また、「ウ」 国の経済状況が好転 してきたため。
主な 実施概要	【路線選定】 南ブグ川の架橋位置 について4ルートを 比較検討し、現在の 架橋位置を選定。	【長大橋選定】 南ブグ川を渡 る橋梁形式に ついて3案の比 較検討を行い、 斜長橋案を推 奨。	【長大橋選定】 南ブグ川を渡 る橋梁形式に ついて3案の比 較検討を行い、 吊橋案を推奨。	【路線選定】 左岸側の道路線形を 3案提示し、やや空 寄りの新線形案を選 定。 【長大橋選定】 南ブグ川を渡る橋梁 形式について3案を 比較検討し、鋼箱桁 橋を推奨。
適用基準	SNiP1	SNiP	SNiP	DBN ² (一部 SNiP)

出典：2011F/S

表6-2. これまでのF/Sの概要 (2)

	2011F/S	2012F/S (TEO)
実施国	日本	「ウ」国
実施主体	ウクライナ道路公社(Ukravtodor)	ウクライナ道路公社(Ukravtodor)
実施会社	(株)オリエンタルコンサルタンツ (株) 長大	キエフソユーズドルプロジェクト社 Kyivsoiuzshliakhproekt
実施背景	2003年に実施された Feasibility Study (以下、「2003F/S」という) のレビューと更新	2011F/Sを踏まえて閣議承認を得る ために実施
主な 実施概要	【路線選定】 2004F/Sにウ国で提案された路線を 踏襲 【長大橋選定】	【路線選定】 2004F/S, 2011F/Sで採用された路線 を踏襲 【長大橋選定】

	南ブグ川を渡る橋梁形式について3案を比較検討し、吊橋を推奨。	南ブグ川を渡る橋梁形式は2011F/Sを踏襲し吊橋を推奨。
適用基準	DBN V.2.3-4 2007	DBN V.2.3-4 2007

出典： JICA Survey Team

6-2 道路構造のレビュー

6-2-1 適用基準及び道路区分

1) 適用基準

ウクライナにはロシアの設計基準 SNiP¹をもとに制定された DBN²という基準があり、2011F/S及び2012F/S(TEO)時点では2007年改訂版(DBN V.2.3-4 2007)を利用して計画が行われていた。その後、2015年に改訂版が出されているため、本調査ではDBN V.2.3-4 2015を用いてレビューを実施する。

2) 道路区分

DBN V.2.3-4 2015では道路は6つに分類されている。2011F/Sが実施されるまでは道路区分「I-a」とされていたが、2011F/Sにより「I-b」に変更され、2012F/S(TEO)でもこの道路区分が踏襲されている。本調査においても、この道路区分は妥当であると判断し、「I-b」として取り扱う。

3) 設計速度

2011F/S時は当時の道路区分から設計速度140km/hが採用されていた。DBN V.2.3-4の更新により道路区分に対する設計速度が見直されたことから、最新の基準に従い本調査では110km/hを採用する。

6-2-2 横断構造

1) 幅員構成

(1) 道路部

道路幅員のレビュー結果を表6-3に示す。

表 6-3. 道路幅員のレビュー結果

	2011F/S	本調査
標準幅員		

出典： JICA Survey Team

(2) ミコライウ橋梁部

ミコライウ橋幅員のレビュー結果を表6-4に示す。

¹ НиП: Строительные Нормы и Правила

² ДБН: ДЕРЖ АВНІ БУДІВЕЛЬНІ НОРМИ УКРАЇНИ

表 6-4. 橋梁幅員のレビュー結果

	2011F/S	本調査
標準幅員		

2) 建築限界

建築限界は DBN V.2.3-4 2015 に従い、5.5m 以上を確保する。

6-3 本線計画のレビュー

6-3-1 平面計画

M14 バイパスは全長約 13.2 km の 4 車線道路で計画されており、その計画ルートは図 6-1 に示す通りミコライウ市北部の市境付近を通過し、起点側（東側）と終点側（西側）のそれぞれで既存の幹線道路と接続する。2011F/S で最適案として選定された計画ルート（ルート 2）は、影響家屋が無いため住民移転が発生しないとともに、ウクライナ国道路設計基準の 2015 年改定版（DBN V.2.3-4 2015）との整合性にも問題ないことから本調査では 2011F/S の平面計画を基本的に踏襲した。



出典：ミコライウ都市計画図より一部抜粋

図 6-1. M14 バイパスの計画位置

6-3-2 縦断計画

1) 縦断計画のコントロール（横断交通施設）

計画道路と交差する交通施設（道路、鉄道、航路）を表 6-5 に整理する。なお、これら施設については縦断計画のコントロールとして考慮した。

表 6-5. 縦断計画のコントロール（横断交通施設）

測点		交差施設	備考
ルート 2	ルート 3		
No.12+0	同左	幹線道路 P06	交差施設が本線の上空を跨ぐ
No.32+0	同左	市道	本線が交差施設の上空を跨ぐ
No.49+93	同左	市道	本線が交差施設の上空を跨ぐ
No.60+88	同左	市道	本線が交差施設の上空を跨ぐ
No.90+83	No.88+87	市道	本線が交差施設の上空を跨ぐ
No.111+60	No.108+67	航路（南ブグ川）	本線が交差施設の上空を跨ぐ
No.118+60	No.119+65	幹線道路 T1506	交差施設が本線の上空を跨ぐ
—	No.132+18	市道	本線が交差施設の上空を跨ぐ
No.122+18	—	道路（IC ランプ）	交差施設が本線の上空を跨ぐ
—	No.144+0	幹線道路 M14	本線が交差施設の上空を跨ぐ

出典：JICA Survey Team

6-3-3 基本計画の対象ルート

前述「第 5 章 路線・架橋位置のレビュー」において 4 つの代替ルートが比較検討の対象となった。そのうち「ルート 2」と「ルート 3」を基本計画の対象ルートとする。表 6-6 に 2 ルートの概要を示す。

表 6-6. 対象ルートの概要

項目	ルート 2	ルート 3
計画位置	2011F/S の計画位置を踏襲 （ミコライウ市北部の市境付近）	起点から 7.1km 付近まではルート 2 と同線形。終点はルート 2 の約 3km 西側で M14 道路と接続
本線の整備延長	約 13.2km	約 14.6km
南ブグ渡河橋の整備延長	2,115m	2,180m
住民移転	0 戸	3 戸
支障物件（車庫，倉庫）	26 戸	60 戸
P06 道路（起点側接続道路）との交差形式	クローバー型インターチェンジ	同左
M14 道路（終点側接続道路）との交差方式	トランペット型 インターチェンジ	ハーフクローバー型 インターチェンジ

出典：JICA Survey Team

2 ルートの計画位置を以下に示す。居住区，病院，墓地，高圧線などを極力回避し，社会経済的な影響の最小化を図った。また，南ブグ川の流向方向に対しては極力直行する線形を考慮し橋長の短縮化を図った。

6-4 接続形式のレビュー

6-4-1 起点側インターチェンジ【ルート 2，3 共通】

2011F/S および 2012F/S で提案されたクローバー型を本調査でも推奨案とする。

6-4-2 終点側インターチェンジ【ルート2】

2011F/S および 2012F/S で提案されたトランペット型を本調査でも推奨案とする。

6-4-3 終点側インターチェンジ【ルート3】

当該インターチェンジの立地付近はクリティカルとなる用地的制約がほとんど無いことから、3 枝交差から 4 枝交差に最も容易に追加施工ができるクローバー型を推奨する。

6-4-4 中間位置での交差道路との接続【ルート2, 3 共通】

M14 バイパスの No.61 付近において、M14 バイパスを挟んで南側と北側の居住エリアを連結する市道が通っている。No.61 付近は M14 バイパスのほぼ中間位置にあたることから、この市道との接続を計画する。(図 6-2 参照) 接続形式はダイヤモンド型を推奨する。



出典：JICA Survey Team

図 6-2. 中間位置での交差道路との接続ポイント (No. 61 付近)

6-5 インターチェンジの基本構造

6-5-1 ランプの設計速度

- 立体交差形式インターチェンジにおけるランプの設計速度は DBN V.2.3-4 2015 に準拠して設定する。ランプの設計速度を求めるための交通量は、将来（2036 年）におけるピーク時間交通量（台/時）とし、ピーク時間における本線道路からインターチェンジに流入した右折あるいは左折の車両の交通量シェア（%）を求め、ランプの設計速度を設定する。

6-5-2 ランプの車線数

- 立体交差形式インターチェンジにおけるランプの車線数は、ピーク時間の交通量（pcu/h）がランプの交通容量（pcu/h）に占める割合（交通容量比）が 0.8 以下の場合は 1 車線、0.8 を超過する場合は 2 車線とする。

6-5-3 ランプの幅員

ランプの幅員は DBN V.2.3-4 2015 に準拠して下記の通りとする。

- 1車線ランプ：車線幅員 6.0m，路肩幅員 2.0m
- 2車線ランプ：車線幅員 7.5m (3.75m@2)，路肩幅員 2.0m

6-6 舗装構造の検討

6-6-1 検討条件

1) 設計条件

基本的な設計条件を表 6-7 に示す。

表 6-7. 基本的な設計条件

項目	適用値	備考	出典
道路区分	I-b	前項「6-2-1 適用基準及び道路区分」参照	DBN V.2.3-4 2015
舗装設計期間	10 年	道路区分 I-b (舗装材料：砕石マスチックアスファルト) に基づく	DBN V.2.3-4 2015
設計目標年	2039 年	供用開始 (2030 年) から 10 年	—
信頼係数 _H	0.95	道路区分 I-b に基づく	DBN V.2.3-4 2015
気候区分	III	道路の存する気候区分	DBN V.2.3-4 2015
排水条件区分	I	道路の存する排水条件区分	DBN V.2.3-4 2015
標準凍結深度	60 cm	道路の存するエリアの標準凍結深度	VBN V.2.3-218-186-2004

出典：JICA Survey Team

2) 荷重条件

道路区分 I-b の荷重条件を表 6-8 に示す。

表 6-8. 荷重条件

標準軸荷重	標準輪荷重	タイヤの空気圧	タイヤ接地面の直径 (静的)	タイヤ接地面の直径 (動的)
kN	kN	MPa	m	m
115	57.5	0.8	0.303	0.345

出典：DBN V.2.3-4 2015

6-6-2 舗装構成

M14 バイパスの舗装構成を表 6-9 のとおり提案する。

表 6-9. 舗装構成

層	舗装構成	仕様	層厚
1	表層 (砕石マスチックアスファルト混合物)	60/90 ³	5 cm

³ 針入度

2	中間層 (加熱アスファルト混合物)	60/90	8 cm
3	基層 (加熱アスファルト混合物)	60/90	10 cm
4	セメント安定処理路盤	M40 ⁴	15 cm
5	路盤 (クラッシュラン)	C7 ⁵	20 cm
6	路盤 (砂)	—	25 cm

出典：JICA Survey Team

6-7 その他付帯施設の検討

1) 付け替え道路

- 本線及びインターチェンジの建設によって既存施設や農地等へのアクセス機能が失われる場合、その機能を復旧するため付け替え道路 (Class IV 相当) を考慮する。

2) 道路照明

- インターチェンジにおける車両の分合流区間の視認性を良好にするため、減速車線の始まりから加速車線の終わりまでの区間に道路照明を設置することが望ましい。
- インターチェンジのランプ道路に道路照明を設置することが望ましい。
- ミコライウ橋は常に吹きさらしになっているため、一般的なポール式照明では暴風により照明器具が落下するリスクがある。また、高所での点検が必要といったメンテナンスにおいて配慮すべき課題がある。このような対策として、維持管理が容易で視線誘導としての効果のある低位置式照明を推奨する。また、日本では航空法において、航空灯と誤認される恐れがある照明は設置が禁止されており、進入表面内の道路照明では低位置式照明が採用されている。対象位置はミコライウ空港 が近いので、この点にも留意する必要がある。

3) 防護柵

- DBN V.2.3-4 2015 に従って、盛土高 2m 以上の区間については路肩端部に防護柵を設置する。

4) 遮音壁

- ウクライナの環境基準を満足するため、民家が近接している区間には遮音壁の設置を行う。本調査では図 5-5-2 及び図 5-5-3 を参考に設置範囲を定める。詳細設計時には切土、盛土の影響を考慮して騒音の影響を評価して遮音壁設置範囲を設定する。

5) 料金所施設

- 南ブグ川の渡河交通から料金を徴収する場合の料金所施設の設置位置は、左岸側の橋梁付近が候補地となる。
- 左岸側の平面線形は直線、縦断勾配は 0.5%～2.1%、5m 程度の盛土構造のため特に支障となる要因は無い。
右岸側は終点側インターチェンジの付加車線が渡河橋まで影響するため設置は不適。

⁴ 粒度調整碎石 (最大粒径 40mm)

⁵ 碎石のクラス (最大粒径 40mm)

7 橋梁計画のレビュー

7-1 施設のグレードの設定に係る方針

本橋梁のグレードは、以下の方針を基に設定することとする。

- ①橋梁の縦断設計や幅員については、ウクライナ国の基準を遵守するとともに、寒冷な気候に配慮した縦断勾配の緩和や、コスト削減に向けた橋梁幅員の最小化等に配慮する。なお、橋梁を中心とした将来的なコミュニティーの形成が考えられるため、適切な幅員の歩道を設置することとする。
- ②橋の耐久性は、日本のスタンダードに準じ、100年以上の耐久性を持つ材料、工法を選定、設計する。
- ③橋の維持管理は、維持管理コストの経済負担の拡大や損傷の放置を回避するため、維持管理の容易な材料、工法を選定、設計する。
- ④橋の設計活荷重は、日本の基準とウクライナの基準を比較し、大きい方を採用する。
- ⑤橋の耐震性としては、極めて地震の少ない地域であるため日本国の基準に準じる必要は無く、ウクライナ国の基準に準じて設定する。
- ⑥橋の洪水対策としては、航路区間以外の桁下高を100年確率の洪水に風浪高を加えた水位以上とする。
- ⑦橋の航路対策としては、航路区間の桁下高は航行水位に航路高を加えた高さ以上とし、支間長は航路幅に余裕幅を加えた幅以上とする。

7-2 水理条件の検討

橋梁計画に必要な水理条件を表7-1に示す。表中の河積阻害率とは水位が計画高水位の時に橋脚の総幅が計画高水位時の水面幅に対して占める割合である。日本の河川構造令では原則として5%以内、特殊な場合（新幹線鉄道橋および高速自動車国道の場合）は7%以内が目安とされている。一方、表より、ルート2の河積阻害率は特殊な場合の目安値である7%を超えていることが分かる。したがって、河積阻害率を目安値以内に収めるため、橋脚の方向を可能な限り流れの方向に合わせるものとし、アプローチ橋の橋脚の斜角を橋軸直角方向から15°とする。

表 7-1. 橋梁計画用水理条件

水理条件	ルート2	ルート3
計画流量	4,600m ³ /s	同左
計画高水位	BS+1.4m	BS+1.5m
桁下高	航路内: BS+15.8m, 航路外: BS+2.9m	航路内: BS+15.8m, 航路外: BS+3.0m
流速	左岸側: 0.8m/s, 右岸側: 1.2m/s	左岸側: 0.7m/s, 右岸側: 1.1m/s
洗掘深	左岸側: 4.3m (変更後* 3.3m) 右岸側: 5.6m	左岸側: 2.3m 右岸側: 4.4m
河積阻害率	9.9% (変更後* 6.8%)	4.1%
航行船舶諸元	幅:36m, 長さ:220m	同左
必要最低支間長	420m (必要航路幅:280m)	同左
航路中心位置	右岸から約 230m	右岸から約 290m

*: アプローチ橋の橋脚の斜角を橋軸直角方向から15°とした時の値

7-3 制限表面

空港付近にバイパス道路を建設する場合、橋梁の高さは閣僚決議 (Cabinet of Ministers of Ukraine Resolution, December 6, 2017, No.954) 及びインフラ省通達 (Ministry of Infrastructure of Ukraine Order, November 30, 2012, No.721) を踏まえて決定する必要がある。

ミコライウ空港に問い合わせた結果、橋梁の高さ、施工中の作業高は制限表面よりも低いことを確認した。

したがって、空域条件に関する制限はない。

7-4 荷重条件

7-4-1 地震荷重

「DBN V.1.2-15 : 2009, DBN V.1.1-12 : 2006, DBN V.2.3-22 : 2009」より、対象地域は MSK 震度階級 6 に該当し、橋梁設計上地震荷重を省略できる範囲である。しかし、AASHOTO 規定では、最低限の地震荷重として設計水平震度 ($K_h=0.1$) が規定されているため、小規模構造物については、これに準じてレベル I 地震動照査を行う。一方、斜張橋等の長周期の構造物は、 $K_h=0.1$ においても過大設計となるため、「DBN V.1.1-12 : 2006」より MSK 震度階級 7 の応答スペクトルを用いて、レベル I 地震動照査を行う。

7-4-2 活荷重

橋の設計活荷重は、日本の援助による橋梁としての長期安全性を確保するため基本的には道路橋示方書・同解説 I 共通編 (2017 年 11 月) に従い、B 活荷重を適用するものとする。本荷重はウクライナ基準の基本となる Russian AK11 より十分大きい。

7-5 ルート 2 橋梁基本計画

7-5-1 主橋梁

主橋梁 (斜張橋) は航路幅が確保できる最小中央径間長 (420m) を必要最低限の支間長として配置計画を行う。左岸側主塔位置については航路中心より、420/2m の位置とする。左岸側端部橋脚の位置については、斜張橋の側径間長が張り出し架設のバランスを保つ必要性から、中央径間側の張り出し架設長と同様な長さとするのが一般的であり、ここでは中央径間の必要最小限の支間長 (420m) の 1/2 である 210m の位置とした。右岸側端部支点 (橋台) は、地滑り地帯への下部構造の配置を避けるため航路中心より 510m の位置とし、右岸側主塔位置はこの 510m の 1/2 の位置に配置することとした。これにより斜張橋中央径間長は、 $210m+255m=465m$ 、右岸側側径間長は 255m となった。

1) 橋梁形式

本橋梁の中央支間長は 465m であり、実績より判断してこの支間長に適用可能な型式は以下の 3 案となる。

第 1 案 : 鋼斜張橋

第 2 案 : 鋼吊り橋

第 3 案 : PC 斜張橋

図 7-1 に各案の構造を示す。比較検討の結果，表 7-2 に示すように構造的，技術移転，施工性，維持管理性，経済性すべての面で優れる，第 1 案 鋼斜張橋（PC 床版合成エッジガーダー型式）を採用する。

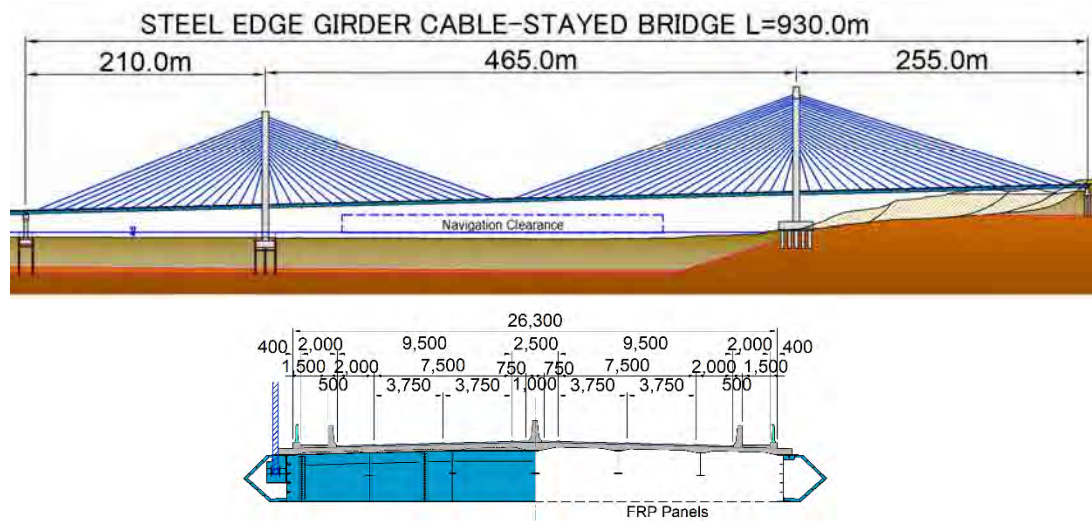
表 7-2.鋼斜張橋の特徴および評価

構 造 性	<ul style="list-style-type: none"> ・高耐久性コンクリート床版の採用により冬期の路面凍結が第 2 案より緩和され，スリップ事故対策として有効となる。 ・上部工の耐風安定性については，桁下面への FRP パネルの設置により，過去の風洞実験結果より十分解決できると考えられる。 ・右岸側は地すべり地帯ではあるが側径間長が長いことから，河岸近くの斜面勾配が急な箇所への橋脚設置は回避できており，第 2 案と比べて地すべりの影響は小さい。
技術移転	<ul style="list-style-type: none"> ・近年，第 2 案に代わり適用範囲を増加させている型式であり，また鉄鋼業の盛んな国であることより，技術移転の可能性は高い。
施 工 性	<ul style="list-style-type: none"> ・上部工の鋼桁架設は，トラベラークレーンによる単材張出し架設であり，架設中の航路確保は問題とならない。また，単純繰り返し作業となることから施工管理は容易である。
維持管理性	<ul style="list-style-type: none"> ・桁下面に塗装の不要な FRP パネルを配置しており，鋼材の露出部分が少なく再塗装費用は第 2 案より低廉である。
経 済 性	最も経済性に優れる。

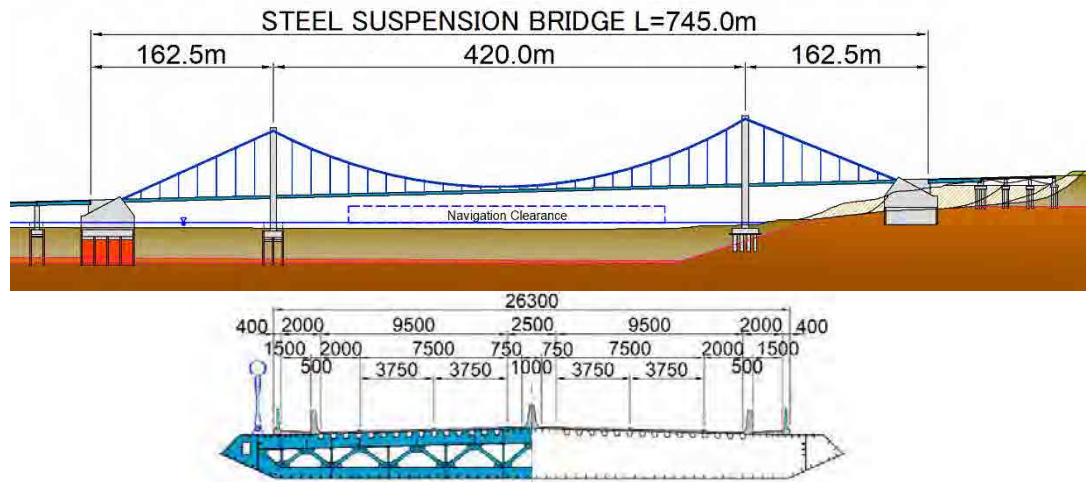
2) 主塔躯体型式

主塔躯体型式については，大きく分けて鋼製主塔と RC 主塔があるが，経済性に優れ，近年建設される多くの斜張橋が採用している RC 主塔を採用する。

第1案: 鋼斜張橋 (PC 床版合成エッジガーダー型式)



第2案 鋼吊り橋 (鋼床版箱桁型式) <2011F/S 推奨案>



第3案 PC 斜張橋 (ストラット付き波形ウェブ箱桁型式)

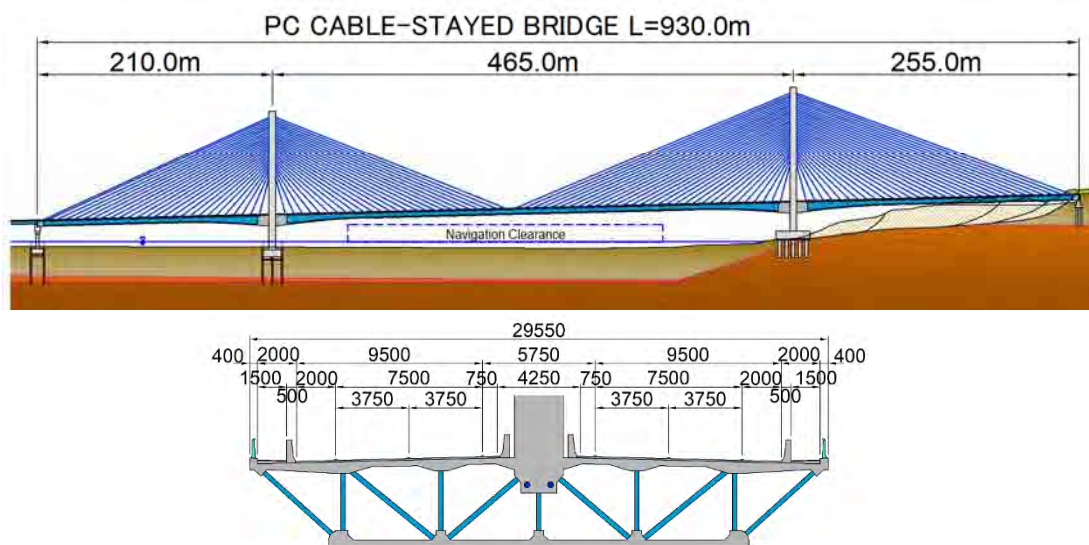


図 7-1. 主橋梁の構造

3) 基礎形式

(1) 左岸側主塔基礎工

左岸側主塔基礎工は、水深約 4m の河川内での施工であるとともに表層から中間層にかけて軟弱な地盤が続き、水面下約 35m 付近に軟岩層からなる支持層となる地盤条件である。

これらを踏まえ、以下の 3 案について比較検討を行う。

第 1 案 鋼管矢板基礎工（立ち上がり方式）

第 2 案 場所打ち杭基礎工（多列パイルベント方式）

第 3 案 鋼管矢板基礎工（仮締め切り兼用方式）

図 7-2 に各案の構造を示す。比較検討の結果、表 7-3 に示すように構造的性、河川への影響、景観性において優れる第 3 案 鋼管矢板基礎工（仮締め切り兼用方式）を採用する。

表 7-3. 鋼管矢板基礎工（仮締め切り兼用方式）の特徴と評価

構造的性	・鋼管はすべて地中部となるため、防錆上の問題は無い。
河川への影響	・河積の阻害が少なく河川への影響は少ない。
施工性	・河川内掘削が必要となるが実績も多く、施工要領等も確立された施工であり、総合的に他案との優劣は無い。
景観性	・水上に露出する部分は橋脚躯体部分のみであるため、景観性は良好である。
経済性	・第 2 案よりわずかに劣るがほぼ同等である。

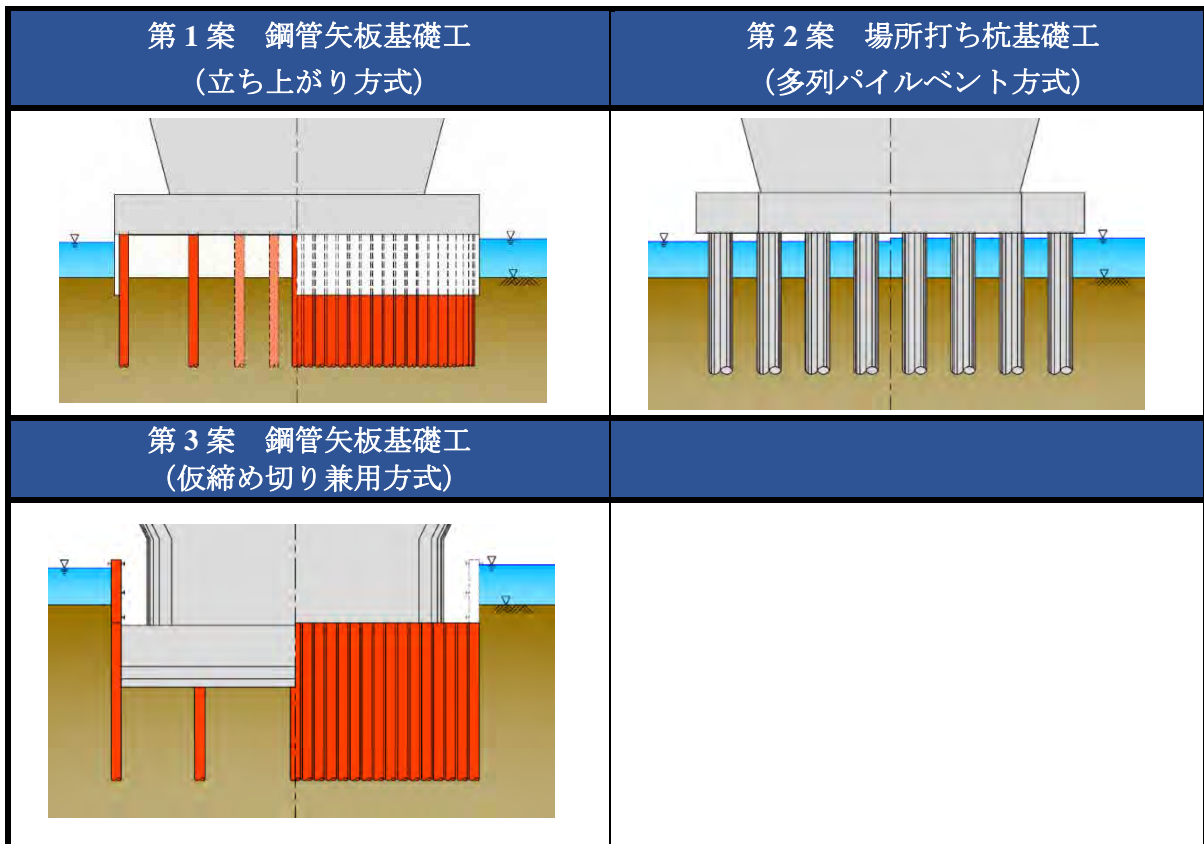


図 7-2.左岸側主塔基礎工の構造

(2) 右岸側主塔基礎工

右岸側主塔基礎工は陸上部に設置される。地層状態としては、表層から 10m 程度軟弱層が続き、この後軟岩層からなる支持層が出現する。

これらを踏まえ、以下の 2 案について比較検討を行う。

第 1 案 直接基礎工

第 2 案 場所打ち杭基礎工（フーチング突出タイプ）

図 7-3 に各案の構造を示す。表 7-4 に示す特徴および評価を踏まえ、第 2 案 場所打ち杭基礎工（フーチング突出タイプ）を採用する。

表 7-4. 鋼管矢板基礎工（仮締め切り兼用方式）の特徴と評価

構造的性	・地震時等の水平力に対して弱い構造ではあるが、地震の少ない地域であり大きな問題は無い。
地滑りへの影響	・地滑り土塊の下端部の掘削を極力減少させた構造であり、第 1 案より優れている。
施工性	・掘削施工は深度が浅く、部分的にオープン掘削が可能である等、第 1 案より施工性に優れる。 ・場所打ち杭の施工が必要であるが実績の多い工法であり、施工性を大きく損なうものではない。
景観性	・地上に巨大なフーチングが突き出るため、景観性に劣る。
経済性	・最も経済性に優れる。

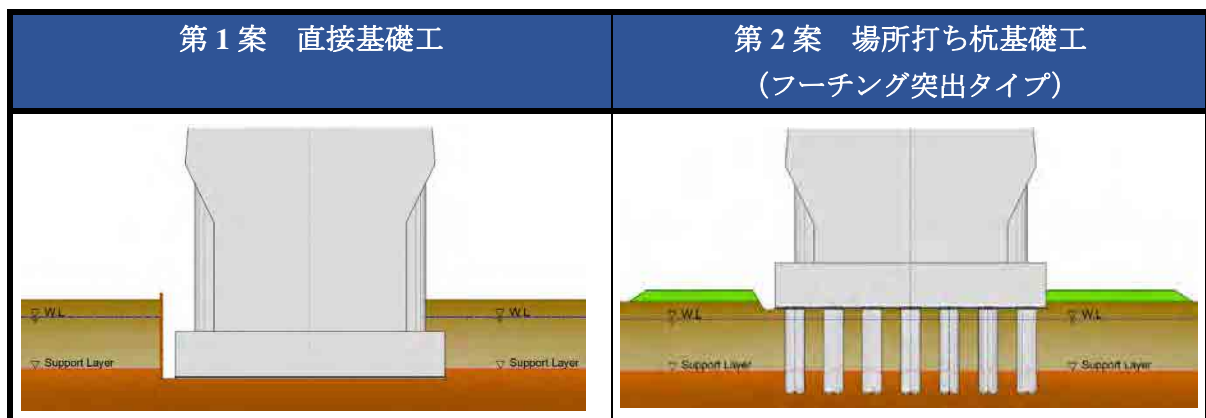


図 7-3. 右岸側主塔基礎工の構造

7-5-2 アプローチ橋梁

左岸側橋台と主橋梁（斜張橋）の左岸側端部までの間（左岸側アプローチ橋）は、経済性、走行性への配慮からできる限り連続桁構造とする。経済性に優れた高面圧固定支承を用いた場合の連続する桁長の限界である 400m 程度を基本に、この間を 3 連の連続桁構造にする。橋脚高さが高くなるとともに連続できる桁長が長くなるため、低い方から、335m、395m、455m の連続桁長となるように配置する。各連続桁の支間配置については最適支間長の 60m を基本とする。連続桁の端部の支間長については、断面力の集中による経済性の悪化を回避するために、中間部支間長と端部支間長の最も合理的な比率とされる 1.25:1.00 より、端部支間長を 47.5m とし経済性向上を図る。

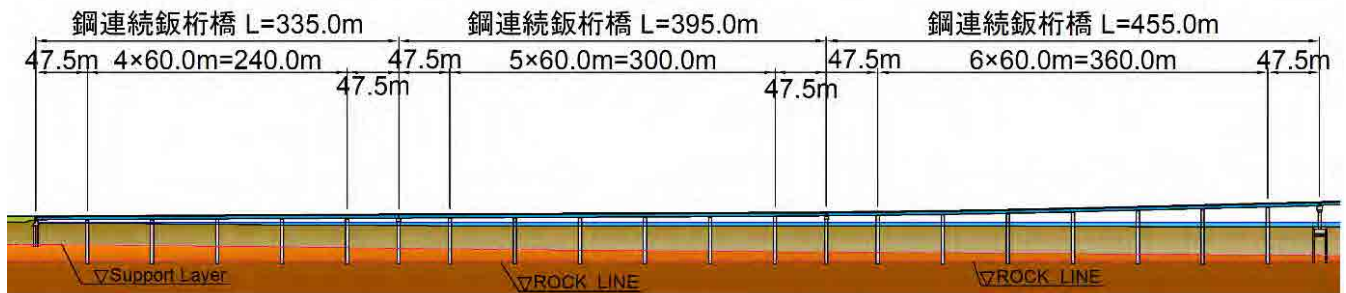


図7-4. 左岸側アプローチ橋の配置

1) 床版構造の比較検討

鋼 2 主桁型式には、床版構造に場所打ち PC 床版、プレキャスト PC 床版、鋼・コンクリート合成床版の 3 種類があるため、比較検討を行う。

比較検討の結果、構造的性、施工性、経済性ともに優れる第 2 案 プレキャスト PC 床版を選定する。

2) 橋脚躯体・基礎工型式

荷重規模（経済支間長：30～60m の桁橋）、施工条件（施工箇所の水深：約 1～3m、寒中施工他）、地盤条件（支持層深度：河床から約 35m）を踏まえ、以下の 3 案について比較検討を行う。

第 1 案 鋼管杭基礎工（多列パイルベント方式）

第 2 案 場所打ち杭基礎工（多列パイルベント方式）

第 3 案 PC ウェル基礎工（単列パイルベント方式）

図 7-5 に各案の構造を示す。比較検討の結果、表 7-5 に示すように構造的性、河川への影響、景観性、経済性等ほとんどの面で他案より優れる第 3 案 PC ウェル基礎工（単列パイルベント方式）を採用する。

表 7-5. PC ウェル基礎工（単列パイルベント方式）の特徴と評価

構造的性	・近隣の製作ヤードで製作された品質の高いコンクリート製の杭であり、防錆対策上の問題は無い
河川への影響	・河積の阻害が少なく、河川への影響は少ない。
施工性	・PC ウェルの沈設作業は、比較的種類の工種が組み合わされており、段取り替えが多く機械掘削を基本とする他案よりも施工性は劣る。 ・フーチングや橋脚躯体が省略された構造であり、PC ウェルを積み上げることにより橋脚躯体に匹敵する構造を完成させることができるため、この部分における施工性は良好である。
景観性	・水上に露出する部分がスリムであり、景観性は良好である。
経済性	・経済性に優れる。

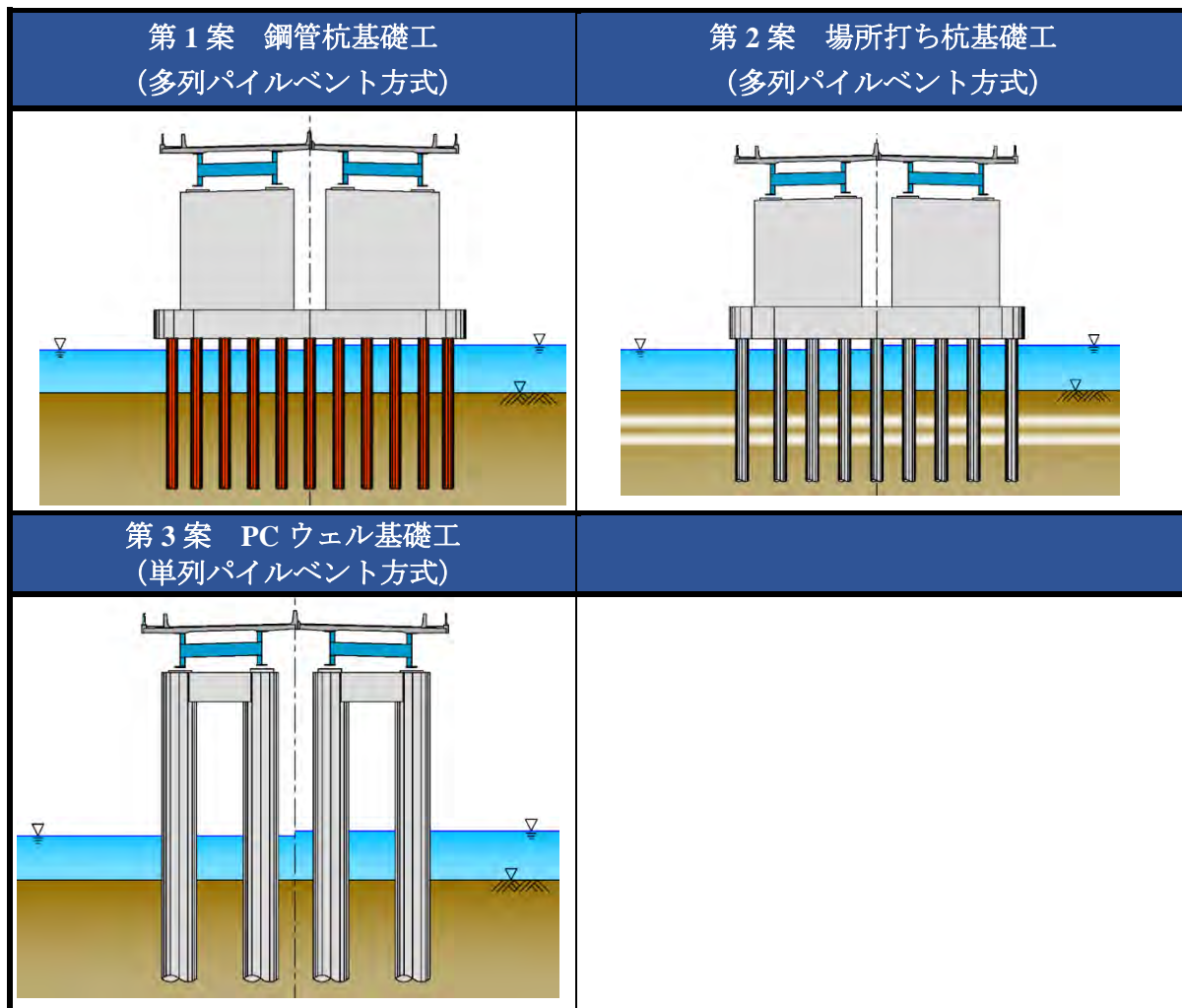


図 7-5. アプローチ橋基礎工の構造

7-6 ルート 3 橋梁基本計画

7-6-1 主橋梁

主橋梁（斜張橋）は航路中心と中央径間中央の位置を合わせるとともに、航路幅が確保できる中央径間長（420m）の斜張橋として設定する。斜張橋の側径間長については、張り出し架設を行うことから一般に中央径間長の 1/2 程度に設定されており 210m とする。

1) 橋梁形式

本橋梁の中央支間長は 420m であり、実績より判断してこの支間長に適用可能な型式は以下の 3 案となる。

第 1 案：鋼斜張橋

第 2 案：鋼吊り橋

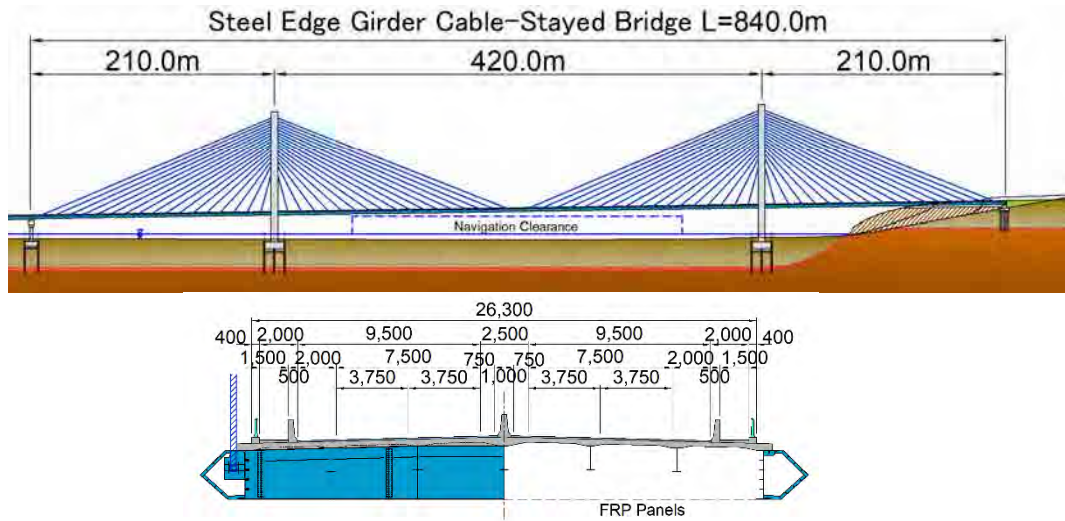
第 3 案：PC 斜張橋

図 7-6 に各案の構造を示す。比較検討の結果、表 7-6 に示すように構造的、技術移転、施工性、維持管理性、経済性すべての面で優れる、第 1 案 鋼斜張橋（PC 床版合成エッジガーダー型式）を採用する。

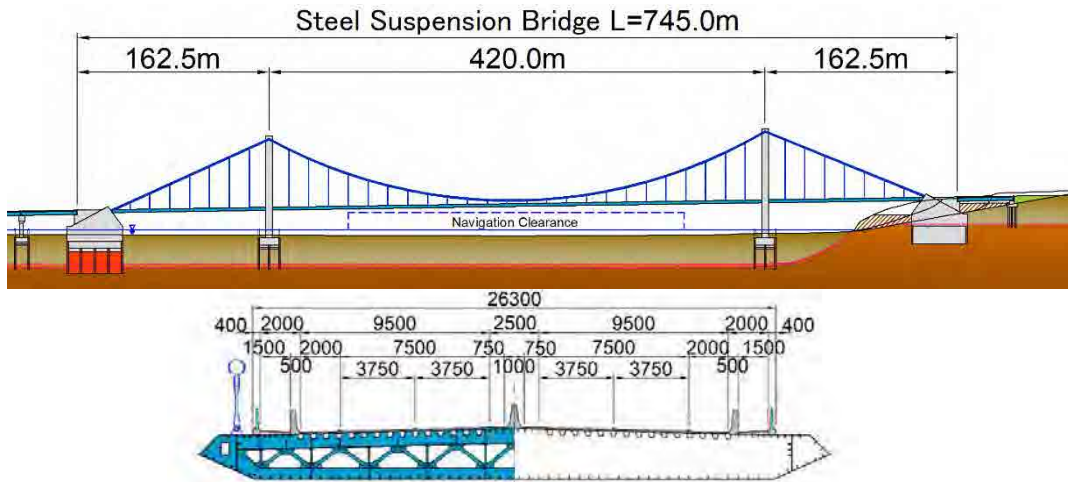
表 7-6.鋼斜張橋の特徴および評価

構 造 性	<ul style="list-style-type: none">・高耐久性コンクリート床版の採用により冬期の路面凍結が第 2 案より緩和され、スリップ事故対策として有効となる。・上部工の耐風安定性については、桁下面への FRP パネルの設置により、過去の風洞実験結果より十分解決できると考えられる。・右岸側は地すべり地帯ではあるが側径間長が長いことから、地すべり範囲内への橋脚、橋台設置は回避できており、基本的に地すべりの影響はない。
技術移転	<ul style="list-style-type: none">・近年、第 2 案に代わり適用範囲を増加させている型式であり、また鉄鋼業の盛んな国であることより、技術移転の可能性は高い。
施 工 性	<ul style="list-style-type: none">・上部工の鋼桁架設は、トラベラークレーンによる単材張出し架設であり、架設中の航路確保は問題とならない。また、単純繰り返し作業となることから施工管理は容易である。
維持管理性	<ul style="list-style-type: none">・桁下面に塗装の不要な FRP パネルを配置しており、鋼材の露出部分が少なく再塗装費用は第 2 案より低廉である。
経 済 性	<ul style="list-style-type: none">・最も経済性に優れる。

第1案 鋼斜張橋 (PC 床版合成エッジガーダー型式)



第2案 鋼吊り橋 (鋼床版箱桁型式) <2011F/S 推奨案>



第3案 PC 斜張橋 (ストラット付き波形ウェブ箱桁型式)

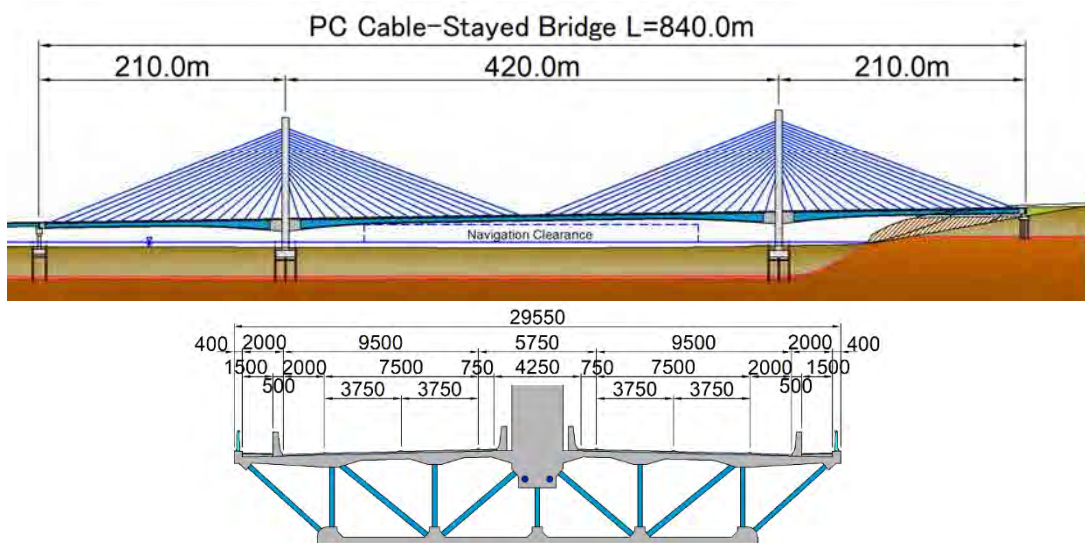


図 7-6. 主橋梁の構造

2) 主塔躯体型式

主塔躯体型式については、大きく分けて鋼製主塔と RC 主塔があるが、経済性に優れ、近年建設される多くの斜張橋が採用している RC 主塔を採用する。

3) 基礎形式

主塔基礎工は、左岸側、右岸側ともに、ルート 2 の左岸側とほぼ同条件であるため、ルート 2 と同じく鋼管矢板基礎工（仮締め切り兼用方式）を採用する。

7-6-2 アプローチ橋梁

左岸側橋台と主橋梁（斜張橋）の左岸側端部までの間（左岸側アプローチ橋）は、経済性、走行性への配慮からできる限り連続桁構造とする。経済性に優れた高面圧固定支承を用いた場合の連続する桁長の限界である 400m 程度を基本に、この間を 3 連の連続桁構造にする。橋脚高さが高くなるとともに連続できる桁長が長くなるため、低い方から 275m, 335m, 335m, 395m の連続桁長となるように配置する。各連続桁の支間配置については、最適支間長の 60m を基本とする。連続桁の端部の支間長については、断面力の集中による経済性の悪化を回避するために、中間部支間長と端部支間長の最も合理的な比率とされる 1.25:1.00 より、端部支間長を 47.5m として経済性向上を図る。

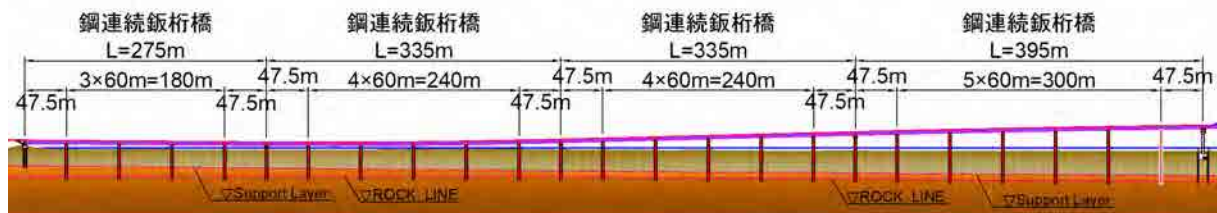


図 7-7. 左岸側アプローチ橋の配置

1) 床版構造の比較検討

ルート 2 とほぼ同条件であるため、ルート 2 と同じくプレキャスト PC 床版を選定する。

2) 橋脚躯体・基礎工型式

ルート 2 とほぼ同条件であるため、ルート 2 と同じく PC ウェル基礎工（単列パイルベント方式）を採用する。

7-7 本邦技術活用の検討

本調査では、本邦技術を有効活用することにより経済性と品質を兼ね備えた橋梁・道路設計を行う。下表は提案した本邦技術の一覧とこれらの調達比率を示したものであり、STEP 条件の 30% を上回る比率が確保されている。なお、調達比率の算出では、本邦技術の調達・使用に係わる経費を対象から除外しており、これらを考慮すればさらに調達比率を上げることが可能である。

表7-7. 本邦技術の調達比率

(単位:百万円)

非公開

8 需要予測

8-1 2011F/S 及び 2017 年調査における需要予測のレビュー

1) 2011F/S 時の需要予測

(1) 推計手法 (2011F/S)

2011F/S における交通需要予測は渡河交通に着目して推計されている。推計方法は交通調査結果と社会経済指標から推計した将来渡河交通量 (Basic Traffic) にオチャコフ港開発計画による誘発需要 (Induced Traffic) を加算し将来の渡河交通量を推計する。推計した渡河交通量に対して、転換率モデルによってミコライフ橋への転換交通量を推計している。

2011F/S 時の将来需要予測のフローを以下に示す。

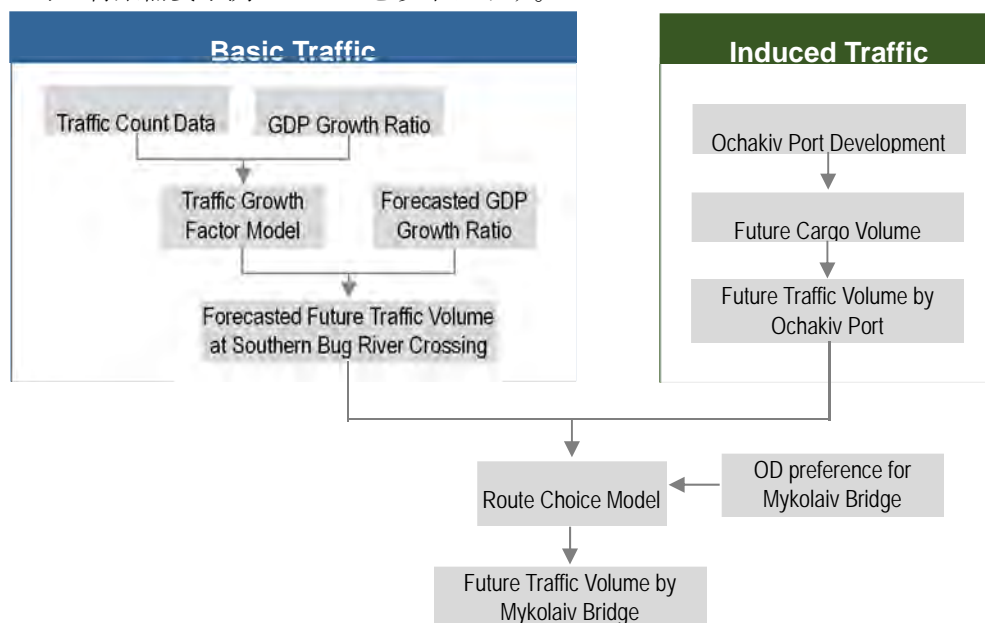


図 8-1. 2011F/S 時の将来需要予測フロー

(2) 推計結果 (2011F/S)

ミコライフ橋の需要は、主要区間の所要時間とルート選択モデルから、以下の料金ケースについて OD ペア毎にミコライフ橋への転換率を基に推計されている。

なお、都市間長距離バスも含めたバスは、起終点または経由地がミコライウ中心部から変わらないと想定し、迂回ルート上にあるミコライウ新橋を利用するバス需要は将来需要には含まれていない。

表 8-1. PCU と料金体系 (2011F/S)

Vehicle types	PCU	Toll setting cases (UAH/vehicle)			
		Free	Toll-1	Toll-2	Toll-3
Passenger cars	1.0	0	10	20	30
2-axle trucks	2.0	0	15	30	45
3+ axle trucks	2.5	0	20	40	60
Trailers	3.0	0	30	60	90

出典: 2011F/S

表 8-2. ミコライフ新橋への転換率 (2011F/S)

Base Toll (UAH)	Passenger cars	2-axle trucks	3+ axle trucks	Trailers
Free	47.4%	50.2%	53.1%	54.5%
Toll-1	31.5%	38.8%	49.3%	43.2%
Toll-2	18.9%	28.4%	45.6%	32.5%
Toll-3	10.6%	19.8%	41.6%	23.3%

出典: 2011F/S

ミコライウ新橋の将来交通量 (PCU/日) をオチャコフ港関連の需要ケース別に予測された結果は以下のとおりである。

表 8-3. ミコライウ新橋の将来交通量 (PCU/日)

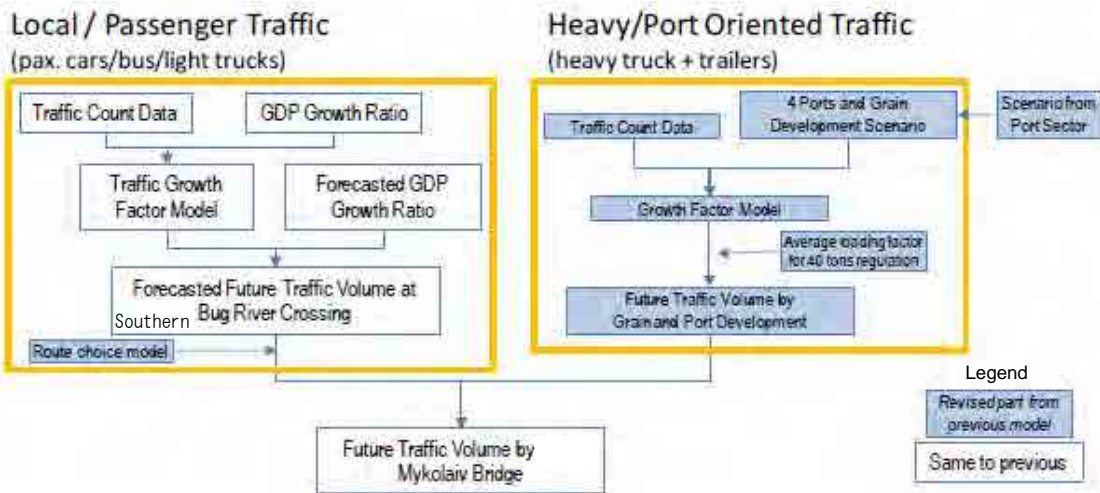
Year	Demand case	Free	Toll-1	Toll-2	Toll-3
2015	100%	18,300	13,300	9,200	6,000
	75%	18,300	13,300	8,900	5,700
	50%	18,000	13,000	8,600	5,700
	0	17,400	12,700	8,600	5,500
2025	100%	26,900	19,600	13,600	9,200
	75%	26,400	19,000	13,000	8,700
	50%	25,200	18,200	12,500	8,100
	0	23,300	16,800	11,100	7,000
2035	100%	37,600	27,300	18,800	12,400
	75%	36,800	26,400	18,300	12,100
	50%	35,100	25,300	17,200	11,000
	0	31,700	22,500	14,700	9,400
2045	100%	49,400	35,200	23,800	15,500
	75%	49,400	35,200	23,800	15,500
	50%	48,000	34,100	23,000	14,700
	0	43,500	30,500	19,900	12,500

出典: 2011F/S

2) 2017 年調査時の需要予測

(1) 推計手法 (2017 年調査)

2011F/S 時の需要予測同様に渡河交通量に着目して、将来需要を推計している。ただし、2011F/S の需要予測の手法においては渡河交通量交通に誘発交通量を加算していたが、これはオデッサ港の取扱量の上に依拠して他の港の取扱量が考慮されていなかったという観点から 2017 年調査では、乗用車類、バス、2 軸トラックを Local/Passenger Traffic、大型トラックおよびトレーラ類を Heavy/Port Oriented Traffic として、それぞれの需要を推計する手法を採用している。主要港からの貨物輸送を考慮した 2017 年調査の推計手法は 2011 年調査の貨物の推計方法より確度が高いと考えられる。



出典: 2017年調査

図 8-2. 2017 年調査時の需要予測フロー

(2) 旅客交通量

ミコライウ橋の将来渡河交通量は、将来渡河交通量および転換率により計算されている。

(3) 大型トラックおよびトレーラ類の交通量

大型トラックおよびトレーラ類の渡河交通量は、オデッサ港、ミコライウ港、ヘルソン港といった南部の主要港の輸出入の取扱量が比例して増加すると想定して、その取扱量から渡河交通量を推計している。なお、推計ケースはケース 1 とケース 2 の 2 パターン設定している。ケース 1 は、石炭、鉱物、金属、穀物およびコンテナの取扱量で、ケース 2 はケース 1 にその他の貨物を追加した取扱量となっており、ケース 2 はケース 1 より 15%多い取扱量となっている。

(4) 将来渡河交通量の推計結果 (2017 年調査)

以下にケース 1 およびケース 2 における将来渡河交通量の推計結果を示す。

表 8-4. 将来渡河交通量の推計結果 (ケース 1)

	Passenger Cars	Buses	2 Axle Trucks	Heavy Vehicles	Total	Total in PCU
2017 Present Situation	24,564	3,688	3,941	3,270	35,463	49,632
2030 Case 1 with Bridge						
Crossing traffic at new bridge	14,890	963	1,792	2,878	20,523	29,035
Crossing traffic at existing bridge	21,189	3,965	2,550	0	27,704	34,219
2030 Case 1 without Bridge						
Crossing traffic at existing bridge	36,079	4,928	4,342	4,797	51,891	69,012

PCU: 1,0 for passenger cars, 2,0 for buses, 2,0 for 2 axle trucks and 3,0 for heavy vehicles

Source: 2017 Survey

表 8-5. 将来渡河交通量の推計結果（ケース 2）

	Passenger Cars	Buses	2 Axle Trucks	Heavy Vehicles	Total	Total in PCU
2017 Present Situation	24,564	3,688	3,941	3,270	35,463	49,632
2030 Case 2 with Bridge						
Crossing traffic at new bridge	14,890	963	1,792	3,520	21,165	30,960
Crossing traffic at existing bridge	21,189	3,965	2,550	0	27,704	34,219
2030 Case 2 without Bridge						
Crossing traffic at existing bridge	36,079	4,928	4,342	5,500	50,850	71,120

Source: 2017 Survey

8-2 本調査における交通需要予測

8-2-1 概要

8-2 では推計対象区間、道路状況、ゾーニング及び OD 量及び現況交通量について記載する。その後、渡河交通の OD の補正、転換交通量の推計を示す。

1) 推計対象区間

以下の現橋・新橋（4 ルート）断面および市内の幹線道路区間を交通需要推計の対象とする。



図 8-3. 推計対象区間とネットワーク

2) 道路状況

幹線道路ネットワークの車種、車線数を既存資料及び現況調査から設定する。

3) ゾーニング及びOD量

ゾーニングは、2011F/Sと同様とする。また、推計に活用する発生集中交通量は、前節で推計した以下の値を用いる。

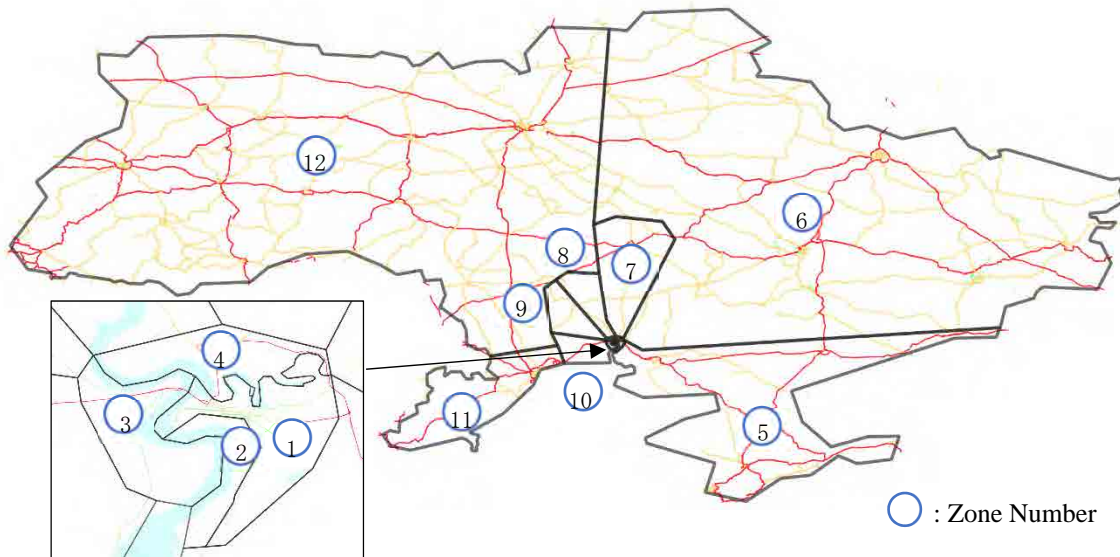


図 8-4. ゾーニング (左 狭域, 右 広域)

4) 現況交通量

現況交通量は以下の3種の交通量調査に基づき推定されている。

- 2016年9月調査 24h 4車種
- 2017年1月調査 24h 5車種, 現橋断面の月変動調査 (24h 5車種)
- 2018年10月調査 1h 1車種

8-2-2 OD量の渡河ODへの補正

前節の分布交通は南ブグ川の渡河OD (現橋断面でのインタビュー調査から作成) であるにもかかわらず、渡河を必要としないODペアが含まれている。南ブグ川渡河ODとするために、次の手順で南ブグ川渡河ODを算定した。また、オリジナルのOD表の発生・集中は、以下のとおり、そのバランスが適切でないと考えられたことから、今般の調査においてはODの発生・集中について平均化を図っている。

8-2-3 現橋・新橋間転換交通量の推測

1) OD間所要時間の推測

幹線道路ネットワークの各リンクの自由速度は旅行速度調査 (2011F/S) や幹線道路としての位置づけから設定した。また、各ゾーンの発生点を設定した。

2) 転換交通量の推測

前節で得たミコライウ橋ーババロフスキー橋利用時間差に対して表 8-6 の転換率を適用し、ミコライウ橋各ルートの交通量を以下のように算出した。

表 8-6. 転換後のミコライウ橋・ババロフスキー橋の交通量

Unit: veh./day

Bridges	Route	Pax	Bus	2-axle trucks	3+ axle trucks	Trailer	All
Mykolaiv Bridge	Route1	9,785	1,566	1,351	104	707	13,512
	Route2	10,714	1,742	1,563	106	804	14,929
	Route3	10,358	1,671	1,480	106	808	14,423
	Route4	9,032	1,383	1,201	100	842	12,558
Vavarovsky Bridge	Route1	15,303	2,636	2,671	88	1,255	21,954
	Route2	14,374	2,460	2,459	86	1,158	20,537
	Route3	14,730	2,531	2,542	86	1,154	21,043
	Route4	16,056	2,819	2,821	92	1,120	22,908

Unit: pcu/day

Bridges	Route	Pax	Bus	2-axle trucks	3+ axle trucks	Trailer	All
Mykolaiv Bridge	Route1	9,785	4,698	2,701	352	3,536	21,072
	Route2	10,714	5,227	3,125	359	4,020	23,445
	Route3	10,358	5,013	2,960	360	4,038	22,729
	Route4	9,032	4,150	2,402	338	4,208	20,130
Vavarovsky Bridge	Route1	15,303	7,908	5,343	298	6,274	35,126
	Route2	14,374	7,379	4,919	291	5,790	32,753
	Route3	14,730	7,593	5,084	290	5,772	33,469
	Route4	16,056	8,456	5,642	312	5,602	36,068

Bridge	Route	Conversion / Unconversion Rate
Mykolaiv Bridge	Route1	39.1%
	Route2	42.9%
	Route3	41.5%
	Route4	36.1%
Vavarovsky Bridge	Route1	60.9%
	Route2	57.1%
	Route3	58.5%
	Route4	63.9%

8-2-4 ネットワーク交通量の推測

1) ネットワーク容量及び QV 条件の設定

(1) 容量設定

ネットワークの各区間の道路状況（種級相当，車線数）から容量を設定した。

(2) QV 設定

転換交通量に基づき速度を設定するため，各区間のQV条件を設定した。

(3) 現況交通量の推測

観測交通量を合成し，2017年時点のへ現況交通量を推測した。この交通量に基づく混雑度，速度（平均，最終）を推測した。

(4) 転換後交通量の推測

ネットワークの現況交通量に各ルートの転換後交通量を加減し転換後交通量の推測を行った。

8-2-5 将来交通量

1) 将来交通量の伸び率

2017年調査が実施されてから本調査までの期間が短いことや、ウクライナ国の情勢も大きく変化していないことから、本調査における将来交通量の伸び率は、2017年調査時で採用された伸び率を採用する。2017年調査時の将来交通量の伸び率は、2011F/Sと同様に、交通量観測量と社会経済指標を用いた回帰モデルによって推計されている。社会経済指標であるGDP成長率は、2.5%～3.5%と想定されている。算出された伸び率は以下のとおりである。

表 8-7. 将来交通量の伸び率

	Passenger cars	Buses	2-axle trucks	3+ axle trucks	Trailers
Annual average growth ratio	3.2%	2.0%	0.9%	3.0%	3.0%

2) 将来交通量

年平均日交通量および将来交通量の伸び率から算出した各ルートでの将来交通量を以下に示す。

表 8-8. 将来交通量（台ベース）

Route	Year	Bridge	Traffic volume (veh./day)					Total
			Pax	Bus	2-axle truck	3+ axle truck	Trailer	
Route1	2025	Vavarovsky	19,200	2,464	2,722	212	2,431	27,029
		Mykolaiv	12,555	1,840	1,446	124	1,367	17,332
	2040	Vavarovsky	30,647	3,333	3,100	330	3,782	41,192
		Mykolaiv	20,041	2,488	1,646	192	2,127	26,495
	2055	Vavarovsky	48,916	4,500	3,528	513	5,885	63,342
		Mykolaiv	31,987	3,359	1,873	299	3,310	40,830
Route2	2025	Vavarovsky	18,002	2,255	2,493	210	2,395	25,354
		Mykolaiv	13,754	2,049	1,675	126	1,403	19,006
	2040	Vavarovsky	28,734	3,049	2,839	326	3,727	38,676
		Mykolaiv	21,954	2,771	1,907	196	2,183	29,011
	2055	Vavarovsky	45,862	4,117	3,231	508	5,799	59,518
		Mykolaiv	35,041	3,741	2,170	305	3,396	44,654
Route3	2025	Vavarovsky	18,466	2,339	2,581	210	2,400	25,997
		Mykolaiv	13,289	1,964	1,587	126	1,398	18,364
	2040	Vavarovsky	29,475	3,164	2,939	326	3,735	39,640
		Mykolaiv	21,212	2,657	1,807	196	2,175	28,047
	2055	Vavarovsky	47,046	4,272	3,344	508	5,812	60,982
		Mykolaiv	33,857	3,587	2,057	305	3,384	43,190
Route4	2025	Vavarovsky	20,098	2,678	2,868	216	2,496	28,357
		Mykolaiv	11,657	1,625	1,300	120	1,301	16,004
	2040	Vavarovsky	32,081	3,622	3,266	336	3,885	43,189
		Mykolaiv	18,607	2,198	1,481	186	2,025	24,497
	2055	Vavarovsky	51,205	4,891	3,716	522	6,045	66,378
		Mykolaiv	29,699	2,968	1,685	290	3,151	37,793

表 8-9. 将来交通量 (PCU ベース)

Route	Year	Bridge	PCU					Capacity	VCR	
			Pax	Bus	2-axle truck	3+ axle truck	Trailer			Total
Route1	2025	Vavarovsky	19,200	7,392	5,445	717	12,153	44,907	27,500	1.63
		Mykolaiv	12,555	5,519	2,892	418	6,836	28,220	70,000	0.40
	2040	Vavarovsky	30,647	9,998	6,200	1,115	18,911	66,871	27,500	2.43
		Mykolaiv	20,041	7,464	3,293	650	10,637	42,085	70,000	0.60
	2055	Vavarovsky	48,916	13,499	7,055	1,735	29,426	100,631	70,000	3.66
		Mykolaiv	31,987	10,077	3,747	1,012	16,552	63,376	70,000	0.91
Route2	2025	Vavarovsky	18,002	6,764	4,987	709	11,976	42,437	27,500	1.54
		Mykolaiv	13,754	6,147	3,350	425	7,013	30,689	70,000	0.44
	2040	Vavarovsky	28,734	9,148	5,678	1,103	18,635	63,298	27,500	2.30
		Mykolaiv	21,954	8,313	3,815	662	10,913	45,657	70,000	0.65
	2055	Vavarovsky	45,862	12,352	6,461	1,717	28,997	95,389	27,500	3.47
		Mykolaiv	35,041	11,224	4,341	1,030	16,981	68,617	70,000	0.98
Route3	2025	Vavarovsky	18,466	7,018	5,162	709	12,001	43,357	27,500	1.58
		Mykolaiv	13,289	5,893	3,174	425	6,988	29,770	70,000	0.43
	2040	Vavarovsky	29,475	9,492	5,878	1,103	18,674	64,623	27,500	2.35
		Mykolaiv	21,212	7,970	3,615	662	10,874	44,332	70,000	0.63
	2055	Vavarovsky	47,046	12,816	6,689	1,717	29,058	97,326	27,500	3.54
		Mykolaiv	33,857	10,760	4,113	1,030	16,920	66,681	70,000	0.95
Route4	2025	Vavarovsky	20,098	8,034	5,736	729	12,482	47,080	27,500	1.71
		Mykolaiv	11,657	4,876	2,600	405	6,507	26,046	70,000	0.37
	2040	Vavarovsky	32,081	10,866	6,532	1,135	19,423	70,037	27,500	2.55
		Mykolaiv	18,607	6,595	2,961	630	10,125	38,919	70,000	0.56
	2055	Vavarovsky	51,205	14,672	7,433	1,766	30,223	105,298	27,500	3.83
		Mykolaiv	29,699	8,905	3,369	981	15,755	58,709	70,000	0.84

9 斜面安定

9-1 概要

2011F/S で実施された地質調査結果のレビューの他に、本調査で実施された地質調査結果および土木研究所との2019年2月の合同現地調査（以下「2019調査」という。）による新たな知見を踏まえ、架橋候補地点のルート2および3に対して、斜面安定性に関する考察を行った。

また、2019調査では、両ルートとも地すべりの可能性のある潜在地または活動地であることが確認されたため、斜面安定性および対策工を検討するために表9-1に示す補足調査を実施した。なお、2019調査結果を踏まえ、原則として地すべりの可能性が高い活動地を除外した箇所に橋脚・橋台を設置する方針とすることを決定した。

表9-1. 数量一覧表

調査項目	ルート2	ルート3	備考
調査ボーリング	3孔（25m×3孔） No.1孔 ℓ=25m No.2孔 ℓ=25m No.3孔 ℓ=25m	3孔（25m×3孔） No.4孔 ℓ=25m No.5孔 ℓ=25m No.6孔 ℓ=25m	・オールコア及び標準貫入試験 ・想定支持地盤層に達する深度とする ・削孔後に地下水位観測孔およびパイプ歪ゲージを挿入
地下水位観測	3孔×12ヵ月	3孔×12ヵ月	・融雪期後の6ヵ月を含む
パイプ歪計観測	3孔×12ヵ月	3孔×12ヵ月	・融雪期後の6ヵ月を含む
2点間移動量観測	2点×12ヵ月	2点×12ヵ月	・融雪期後の6ヵ月を含む ・地盤伸縮計または2点間計測杭 ・変状の不明瞭な区間は連続杭による観測
移動杭観測	2測線×12ヵ月	1測線×12ヵ月	・融雪期後の6ヵ月を含む

9-2 対策工

補足調査（地質調査およびモニタリング）結果を踏まえ、道路構造物を保護するために必要な対策について検討した。現段階での地すべり解析、斜面安定解析を踏まえた基本的な対策工の考え方を以下に示す。

9-2-1 ルート2

1) 地すべり解析

- ・地質調査の結果、Br-11、BR-8、Br-2、Br-12のGL24~27m付近で観察された砂層は、層厚約3mで水平に連続した堆積層である。この層は、上部斜面の平坦面まで連続的に観察される。
- ・この砂層の上にある地質層はロームと粘土の層であり、二次的な変動による地層の乱れは見つかっていない。

- ・したがって、地すべり変動の履歴はないため、上記の砂層より上位層は地質的に安定した地盤である可能性が高い。
- ・低位の斜面においては、地形的な位置関係から前述の砂層は確認されない。
- ・地すべり活動は、幅約 60m の地すべりブロック A の範囲で将来的に顕在化する可能性がある。この地すべりブロックは、頭部に段差地形があり、側部はガリー侵食の影響を受け、湧水が認められる。
- ・モニタリング結果を総括すると、地すべり変動の兆候を示す顕著な変化は認められなかった。

表 9-2. 地すべり観測結果(ルート 2)

観測機器	No	位置	変動量	変動傾向	評価
伸縮計	S-1	上部	累積値 +5.3 mm 平均 1.5 mm/月	一時的変動～引張変動	c
	S-2	上部	累積値 - 0.4 mm	圧縮→引張傾向、2019 年 7 月に盗難	c
パイプ歪計	Br-11	下部	363μ-s (-14m)	観測開始初期にひずみを累積した が以後沈静化する	c～d
	Br-12	上部	440μ-s(-23.0m)		
	Br-13	平地部	139 μ-s(-22m)		
地下水位	Br-11	下部	Around GL-19m	一定深度	d
	Br-12	上部	Around GL-24m	一定深度	
	Br-13	平地部	水位無し	-	
移動杭	P-1	中央	顕著な変動なし	-	d
	P-2	下部	顕著な変動なし	-	

- ・総合的な考察の結果、2019 年 10 月現在において明確な地滑り変動は発生していない。総合評価の上では c クラスの潜在変動の地すべりに相当するものであり継続観測が必要」の評価になる。
- ・想定される地すべり地の外側に橋梁構造物は計画されている。ただし、将来的に橋梁の構造に影響を与える可能性のある地すべり地域について予防策を講じることが望ましい。

2) 対策工設計方針

地すべりブロック A が変動すると、土塊が橋梁のピア（メインタワー）に押し出されることが予想される。また、本調査線の地すべり地では地下水位は確認されていないが、この地すべりブロック側部の砂層から湧水が確認されている。そのため、地下水排除工法を組み合わせ安定化させることが望ましい。地質調査の結果から、地すべりは中部斜面から上斜面には存在しないと想定されるが、橋台建設中および建設後の地盤の長期安定性を考慮すると、橋台の谷側を保護すべきである。他の小規模の地すべりブロックは、このルートにほとんど影響を与えないと予想されるため、対策の必要はないと考えられる。さらに、斜面の安定性考慮のうえでガリーと川岸の侵食防止を考慮する必要がある。

3) 対策工

対策工を図 9-1 に示す。

鋼管杭工および地下水排水工事によって、地すべりブロック A に対して計画安全率 $F_s > 1.2$ を確保する。また、蛇籠工事には、ガリー侵食を防止する機能がある。そして、橋台前部の地盤にセットする矢板壁は、橋台構造の周りの地盤の安定性を確保する機能がある。

9-2-2 ルート 3

1) 地すべり解析

- ・地質調査の結果、石灰岩基盤層の上位地盤において頭部の位置が異なるいくつかの地すべりブロックが移動する可能性があることが確認された。
- ・パイプ歪計のモニタリング結果、特定の深さでいくつかの変動が確認された。特に、Br-14 の GL-15m は想定されるすべり面の深さと一致し、Br-15 の GL-6m は $1600\mu\text{-strain}$ を超える地盤変形を累積している。この 2 点の動きはすべり面存在の有無を断定できず継続観測を必要とする区分「c」の評価に相当するが、これらの 2 点を通過するすべり面の存在の可能性が想定される。このすべり面は 3 次すべりに相当するものであり、以後「地すべりブロック B」と称する。
- ・パイプ歪計以外の計測器類では、地すべりの兆候を示す明確なデータは計測されなかったが、Br-16 の深度 12m において 7-9 月に想定外の位置、深度での歪みが発生しており、事業の進捗によっては背後の平坦面において Br-17 を掘削し、同時期に関連する変動の有無を確認することが提案される。
- ・総合評価の上では c クラスの潜在変動の地すべりに相当するものであり「継続観測が必要」の評価になる。

表 9-3. 地すべり観測結果(ルート 3)

観測機器	No	位置	変動量	変動傾向	評価
伸縮計	S-3	上部	累積-4.6 mm 平均-1.3 mm/月	7 月以降圧縮変動を累積	c
	S-4	下部	累積-10.7 mm 平均-2.7 mm/月	7 月以降圧縮変動を累積し、8 月中旬に累積を加速した	b
パイプ歪計	Br-14	中央部	824 $\mu\text{-s}$ (-15m)	累積性は 6 月上旬まで顕著であったが以後沈静化した。 7 ~9 月の累積性が顕著。	c
	Br-15	上部	1593 $\mu\text{-s}$ (-6m)		
	Br-16	平地部	1545 $\mu\text{-s}$ (-12m)		
地下水位	Br-14	中央部	GL - 20m	一定深度	d
	Br-15	上部	水位無し	-	
	Br-16	平地部	GL - 15 m	一定深度	
移動杭	P-3	中央部	顕著な変動なし	-	d

- ・パイプ歪計のデータは、小規模の地すべりが移動する可能性を示している。しかし、橋梁は地すべりによって直接影響を受ける位置に計画されていない。
- ・地すべり（変形が発生している領域を含む）の長期安定化対策を検討する必要がある。

- ・また、河岸侵食はルート 2 とルート 3 の両方で進行しており、地すべりの原因と考えられる。これを考慮して、リプラップと浸食防止工は想定される最大規模の地すべりに対応して川岸に設置されるべきである。浸食防止工は地すべりの安定化に大きく寄与することが見込まれる。

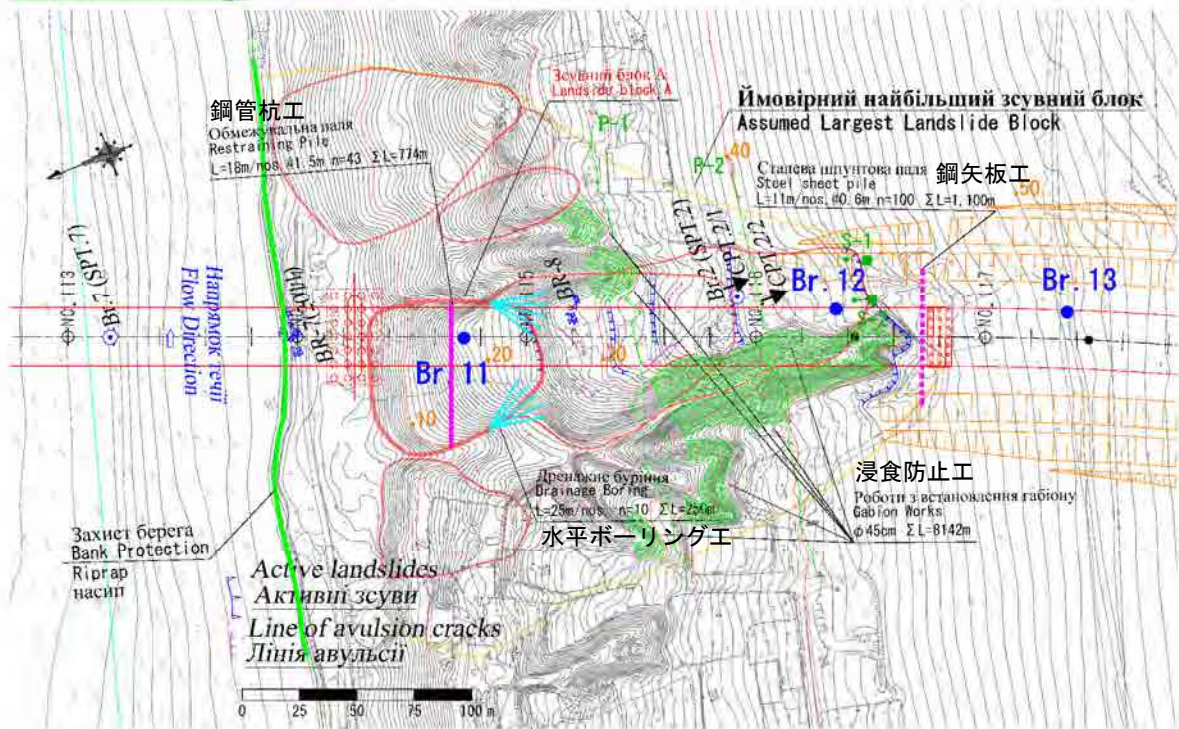
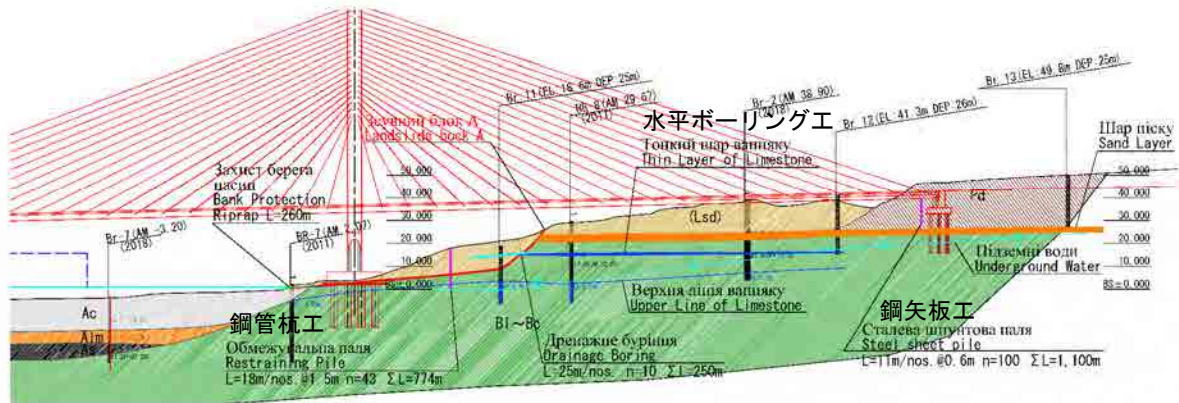
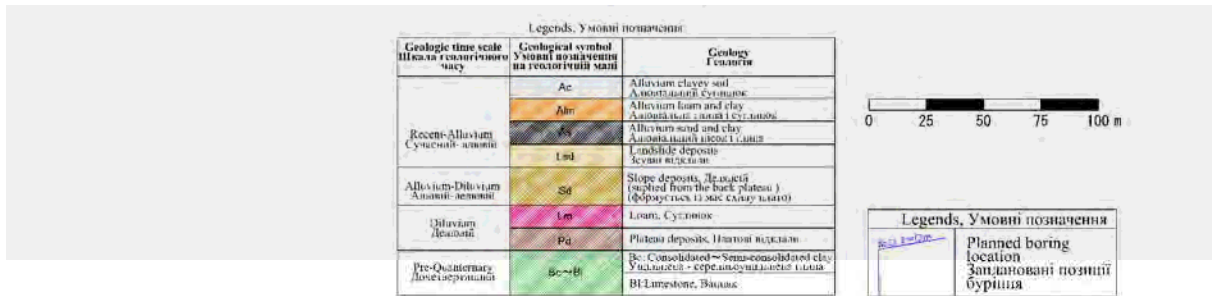
2) 対策工設計方針

- ・幅 150m の想定最大規模の地すべりブロック C とその他の地すべりブロックはブロック C に含まれる。
- ・断面図では、川側から 1 次、2 次、3 次 (ブロック B)、4 次すべり (ブロック C) が連続する。
- ・対策工事は、地すべりの想定最大規模で最も影響の生じる 4 次スリップを考慮すべきである。
- ・工法検討時には対策効果の確認作業が必要であり、現在変動している 3 次地すべりへの影響を確認する必要がある。
- ・メインの対策工事は鋼管杭工とする。地下水位は観測されていないが、降雨時の過剰水時の排水効果を考慮し、地下水排水工事を検討する必要がある。

3) 対策工

対策工を図 9-2 に示す。

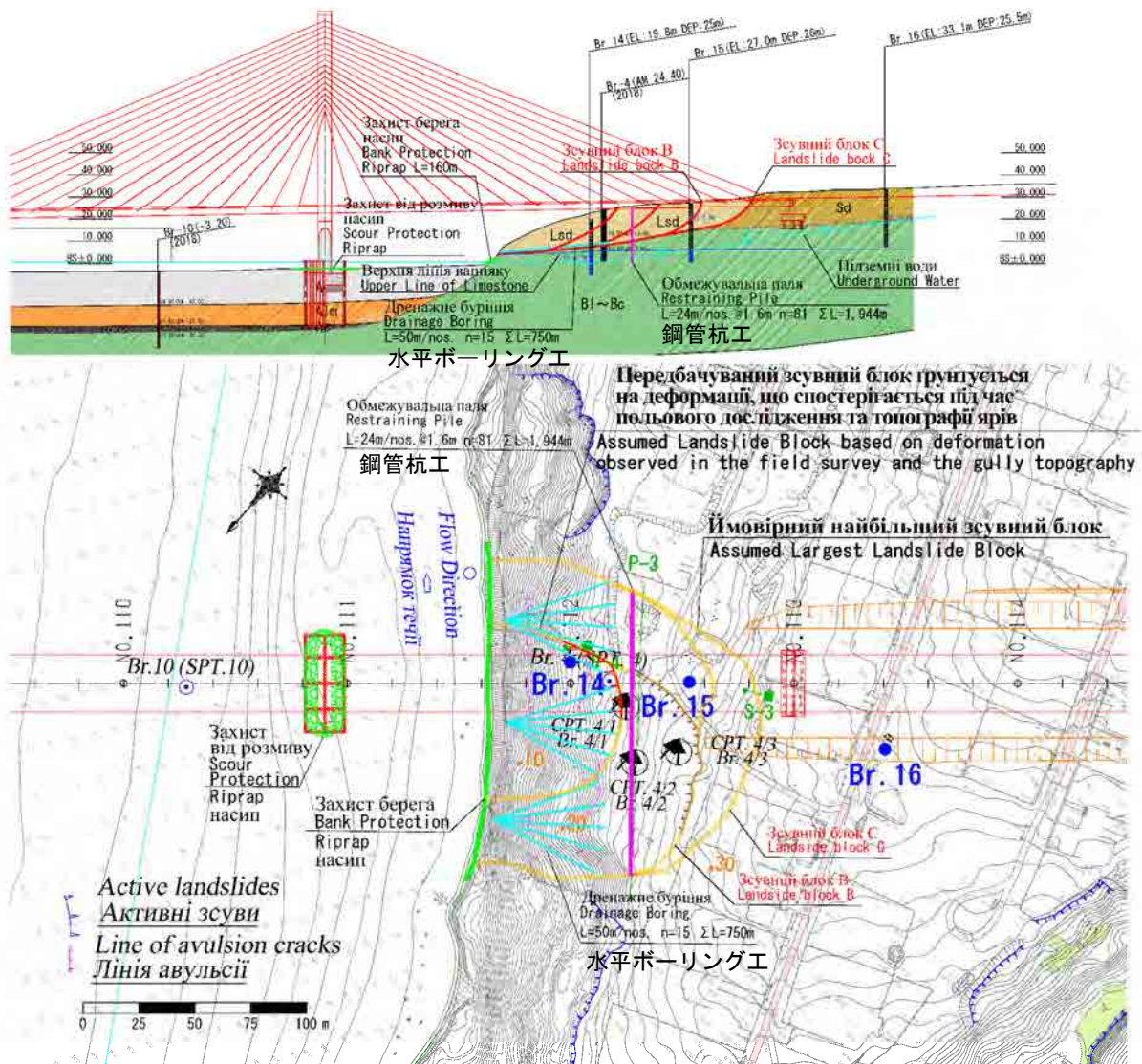
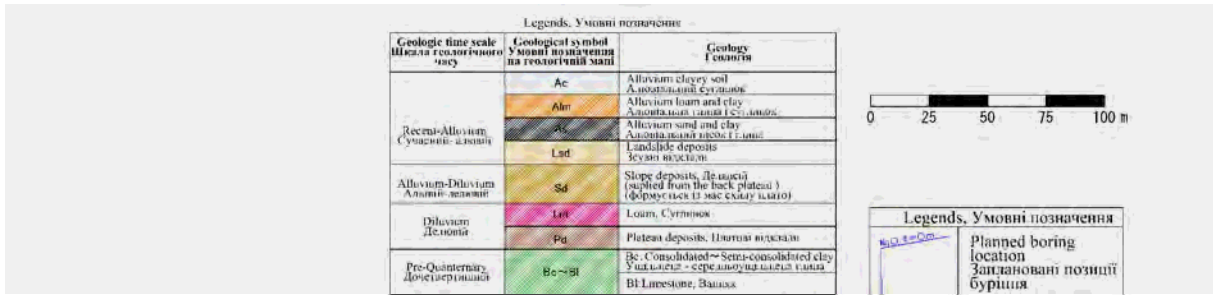
鋼管杭工と地下水排除工により、地すべりブロック C については計画安全率 $F_s > 1.2$ が確保される。また、この対策工事により地すべりブロック B についても安全率 $F_s > 1.2$ が確保できることが確認された。



Legends, Умовні позначення

- : Boring locations (Nos. 11 - 13)
позиції буріння (№11 - 13)
- : Observation of Displacement Stake (P-1,2)
Спостереження зміщення палі (P-1,2)
- : Observation of Extensometer (S-1~4)
Спостереження екстензометра (S-1~4)
- : Restraining Pile Обмежувальна паля
- - - : Steel Sheet Pile Сталева шпунтова паля
- : Drainage Boring Дренажне буріння
- ▨ : Gabion Works Роботи з встановлення габіону
- : Bank Protection (Riprap) Захист берега (насип)

図 9-1. ルート 2 対策工配置図



Legends, Умовні позначення

- :Boring locations (Nos. 14 - 16)
позиції буріння (№14 - 16)
- :Observation of Displacement Stake (P-3)
Спостереження зміщення паля (P-3)
- :Observation of Extensometer (S-5~8)
Спостереження екстензометра (S-5~8)
- :Restraining Pile Обмежувальна паля
- :Drainage Boring Дренажне буріння
- :Bank Protection(Riprap) Захист берега (насип)

図 9-2. ルート 3 対策工配置図

10 環境社会配慮

追加調査方針を以下に示す。

10-1 ルート 2 の追加調査方針

ルート 2 の場合、2012F/S (TEO) は 2013 年にウクライナ閣議承認済みであり、再実施の要否は 3-2 に示すように変更の種類によって異なる。再実施が必要な場合の手続きは後述するルート 3 と同じであるため、ここでは再実施が不要な場合の方針を示す。再実施が不要な場合、2017 年施行のウ国改正 EIA 法適用対象外であり、ウ国側に求められる手続きは Ukraftodor が Project (P) 段階の事業計画・設計等に基づき、環境社会配慮関連文書を作成することである。Project (P) に記述されるべき項目は基本的に 2012F/S (TEO) と同様であるが、Project (P) 段階では、F/S (TEO) 段階のそれよりも高い精度の記述が要求されるため、最新の環境関連法令に即した影響評価の実施、緩和策策定、環境管理計画及び環境モニタリング計画の立案が必要である。また、EIA2011 及び EIA2012 では関係機関の役割が明確化されていないとともに、最後に実施されたステークホルダー協議から約 7 年が経過していることから、ステークホルダー協議の実施を通じて再度、関係機関の責任範囲を明確化することが重要である。

これらは、JICA 環境社会配慮ガイドライン (2010) の要求水準を満たすためにも必要である。

10-2 ルート 3 の追加調査方針

ルート 3 は、2013 年に閣議決定されたルート 2 と起点は同じであるが、それ以降のバイパス道路及びミコライウ橋のルートが異なる。加えて、南ブグ川右岸側の宅地地域を通過するため、数十世帯規模の宅地取り壊し及び住民移転を生じる点が、2012F/S (TEO) には無い特徴である。したがって、ルート 3 が選定された場合、2012F/S (TEO) には無い環境社会影響が生じることから、F/S (TEO) 手続きを改めて実施する可能性が示唆されており、その場合の新たな F/S (TEO) 手続きは、2017 年に施行されたウ国改正 EIA 法の適用対象となる。

ウ国改正 EIA 法の要求水準は、JICA 環境社会配慮ガイドライン (2010) が求めるそれと概ね等しいか、JICA の方が網羅的である。したがって、JICA の環境社会配慮ガイドラインを遵守すべく作成されたルート 2 における追加調査方針の多くがルート 3 にも適用可能である。ただし、以下の点において追加調査方針が異なるため注意する必要がある。

- ・ F/S (TEO) の実施に加え、改正 EIA 法に基づく EIA の実施が必要となる。意向書 (Letter of Intent) 及び影響評価報告書 (EIA Study Report) の提出先は NENR である。
- ・ 住民移転計画 (RAP) に居住施設の損失に係る補償が加わるとともに、被影響者が多様化・大規模化することが想定される。また、被影響者になることを想定していない地権者や住民も一定数いると考えられ、意向書を突如一般公開すると地域の混乱を招く恐れが懸念されるため、現地ステークホルダーとの協議を慎重に進めるとともに、ルート 3 建設の必要性について理解醸成を図る必要がある。
- ・ ルート 2 から 3 の変更は、ミコライウ市の開発計画に影響を及ぼすため、必要な手続きとそのスケジュールについても確認を行う必要がある。

11 施工計画，調達計画のレビュー

11-1 建設事情に対する方針

ウクライナ国は，自国で鋼橋やコンクリート橋を建設しており，橋梁建設に関する一定の技術を有している。そのため，現地技術を積極的に活用する方針とする。

11-2 工事手法および工期に対する方針

1) 工事手法に対する方針

本邦技術を基にした工法を積極的に採用し，ウクライナ国にとって良質なインフラを整備する方針とする。また，適用する本邦技術の中では，できる限り現地資機材を用いた工法を採用し，技術の再利用が容易で効率的に技術移転される工法を設定することとする。

南ブグ川は内陸航路として利用されており，河川が凍結する冬季を除いてバージや高速艇の航行が日常的に行われることから，常に航路幅を確保できる施工方法を採用する。

2) 工期に対する方針

工期算出に関しては，各工種量，施工手順，クリティカルパス等を検討し，かつ現地の気象条件を考慮する。気象条件に関しては，特に冬季の凍結期間は外部作業が困難と判断し，この期間は作業期間に含めないこととする。2013～2018年のミコライウ港での凍結通達は，ほぼ1～3月の約3ヶ月間出されている。また，2011F/Sの安全対策の記述では，ウ国の労働法規では，積雪が基準を超えると，屋外労働者の作業・河川内の作業が禁止されている。ただし，今回は施工開始時期が不明確のため，通年施工として工期を算出し，それに1年当り3ヶ月を加えることとする。一方，本邦技術であるPCa工法の部材製作は，屋内で作業を行うため，通年行えるものとする。

11-3 ルート2の施工計画

11-3-1 全体仮設工

左岸側プローチ部は，下部工の施工および鋼桁の架設の為に仮栈橋を設置する。主塔位置の栈橋の構造は，最大重量として杭打ち機重量と鋼管矢板重量について考慮するとともに，鋼管矢板施工時の振動に栈橋の安定性が堅持できるよう，筋交いや火打ち等によって補強する。左岸側アプローチ部仮栈橋を左岸主塔(P22)位置まで延長する。鋼管矢板の施工時および資機材の搬入には台船も使用する。

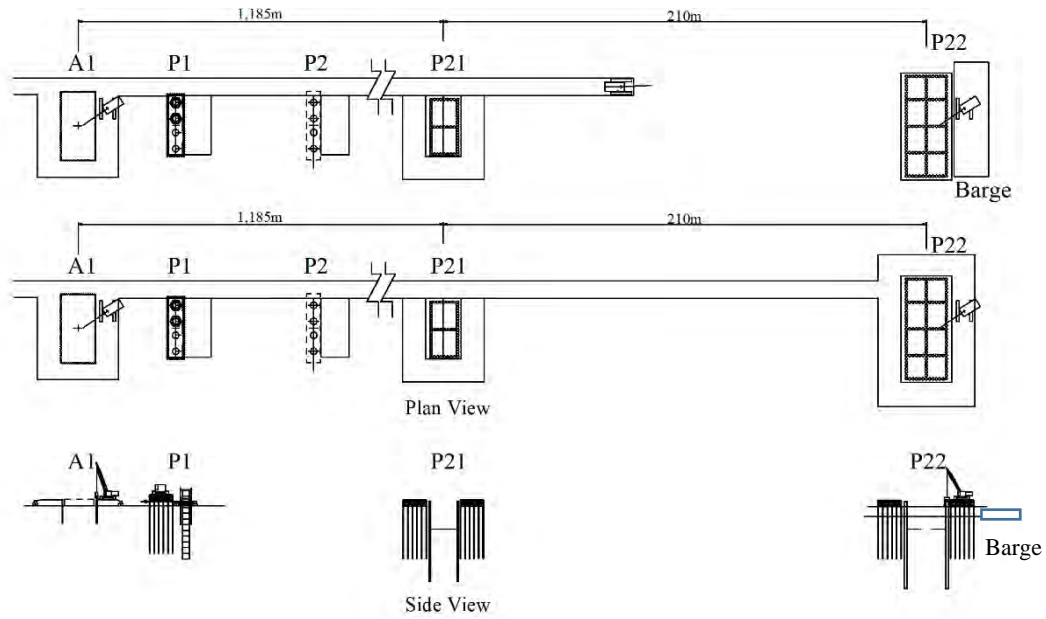


図 11-1.左岸側仮設参考図

資機材および生コンを運搬するためのアクセス道路を施工する。A2 橋台は地すべりの上端に位置するので、調査に基づき対策工（杭、排水パイプ）を施工前に設置し、施工時の安全性を確保する。仮設道路の勾配は約 12%であるので、安定した輸送を確保する為に、簡易舗装を施す必要がある。

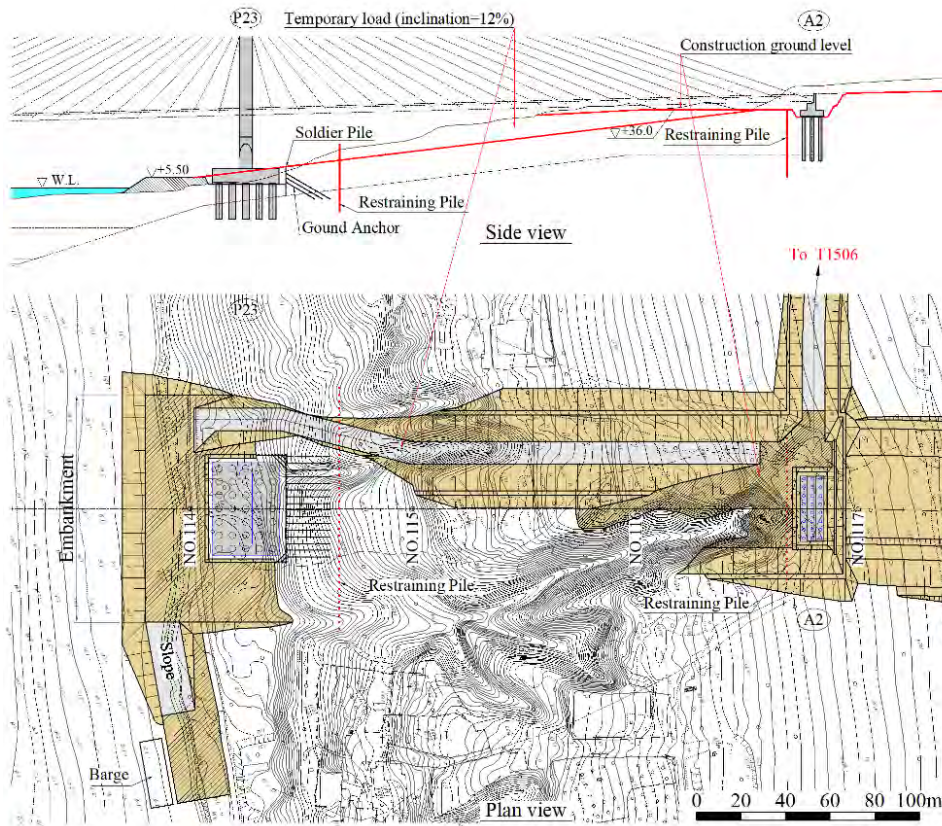


図 11-2.右岸側仮設参考図

11-3-2 鋼桁と PC 床版の架設要領

PC 床版の架設については、鋼桁と PC 床版を同時施工する案と、鋼桁と PC 床版を別施工する案が考えられるため比較検討を行った。検討の結果、施工性や安全性に優れる鋼桁、PC 床版別施工を採用する。

11-3-3 鋼桁架設工法の選定

斜張橋の架設工法は、大きく分けて、単材架設、中ブロック架設、大ブロック架設の 3 種類に分類される。このうち大ブロック架設は、大型のフローティングクレーンを用いる必要があり、フローティングの回航費に莫大なコストが必要となること等より対象サイトでの適用は現実的でない。単材架設と中ブロック架設との比較検討の結果、施工性、安全性、経済性に優れる、単材架設（トラベラークレーン）を採用することとする。

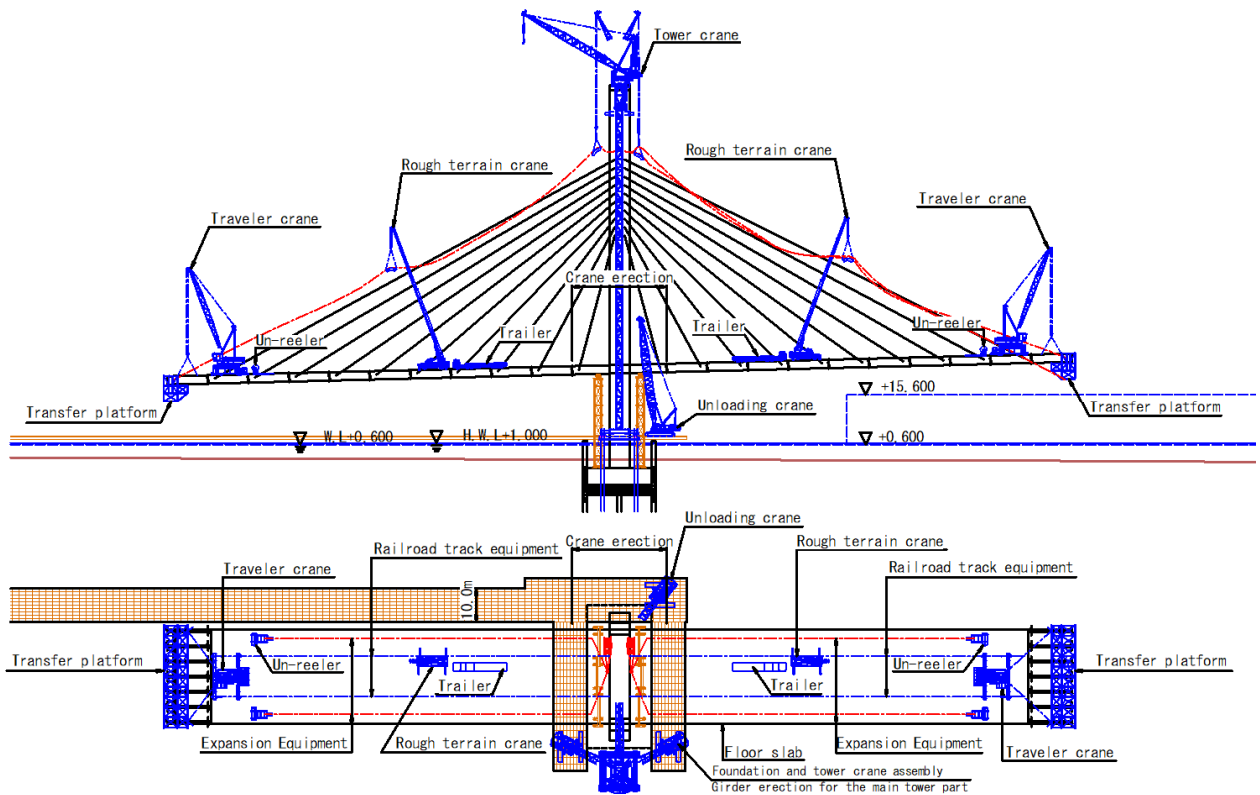


図 11-3.鋼桁架設工法（単材架設）

11-3-4 PC ウェル部材の製造

PC ウェル部材の設計強度・正確な諸寸法を満足できるように、その製造方法、機器の使用施工監理手法を検討する。PC ウェル部材を緊張結合した時に、接合の不陸によるひび割れの発生を防ぐために、マッチキャスト工法にて製造する。架橋位置の気温は 11 月から翌年 3 月まで最低気温が -20°C 前後であり、実質の施工期間は、4 月から 10 月の 7 ヶ月程度である。一方、架橋位置周辺に簡易工場を建設すれば自然条件に左右されず事前に品質・耐久性（対塩害・凍害）の高い PC ウェル部材の製造・ストックが可能で、冬期を有効活用できる。

11-4 ルート3の施工計画

ルート3の施工計画は、ルート2と異なる内容のみ記載する。

11-4-1 全体仮設工

左岸側プローチ部は、下部工の施工および鋼桁の架設の為に仮栈橋を設置する。左岸側アプローチ部仮栈橋を左岸側主塔(P25)位置まで延長する。

右岸側は、河岸が急勾配の崖となっており、また、背面には大規模なガリーが迫っている。河岸に対して直角で直線的な工事用道路とした方が場合、その勾配が30%程度となる。そのため、工事用道路を、勾配が約9%になる上流の場所まで迂回させ、そこから、P26まで仮栈橋を設置する。鋼管矢板の施工時および資機材の搬入には台船も使用する。

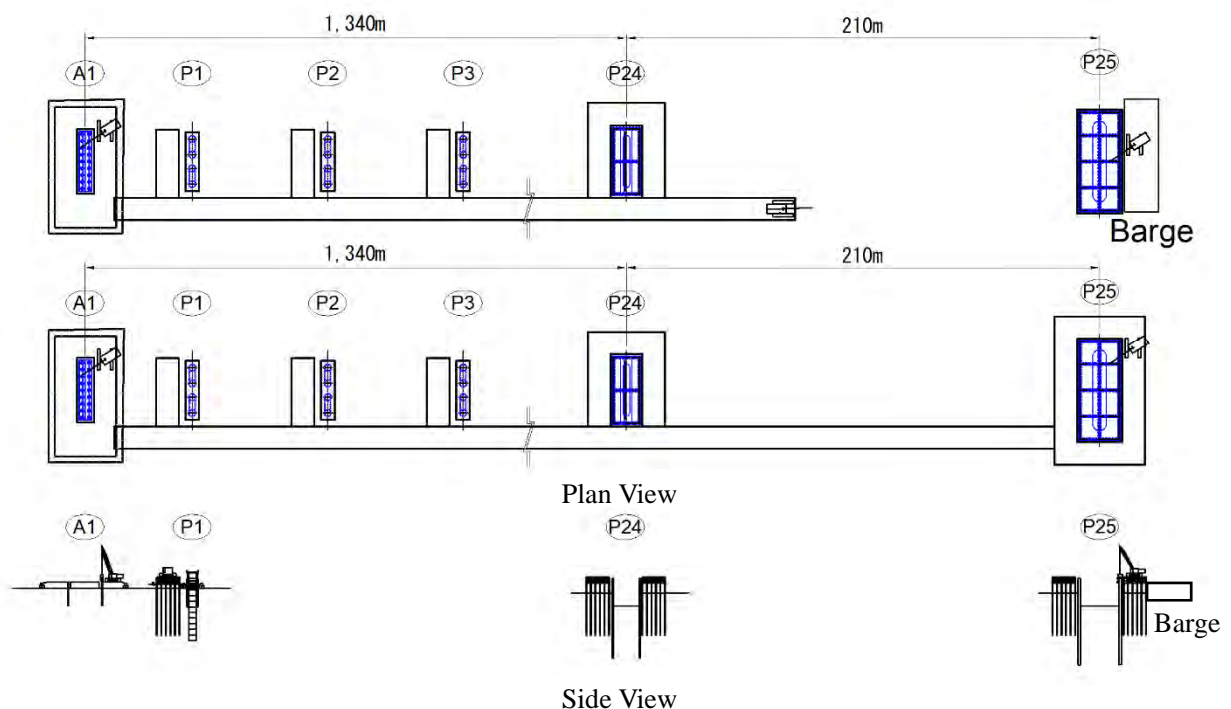


図 11-3. 左岸側仮栈橋

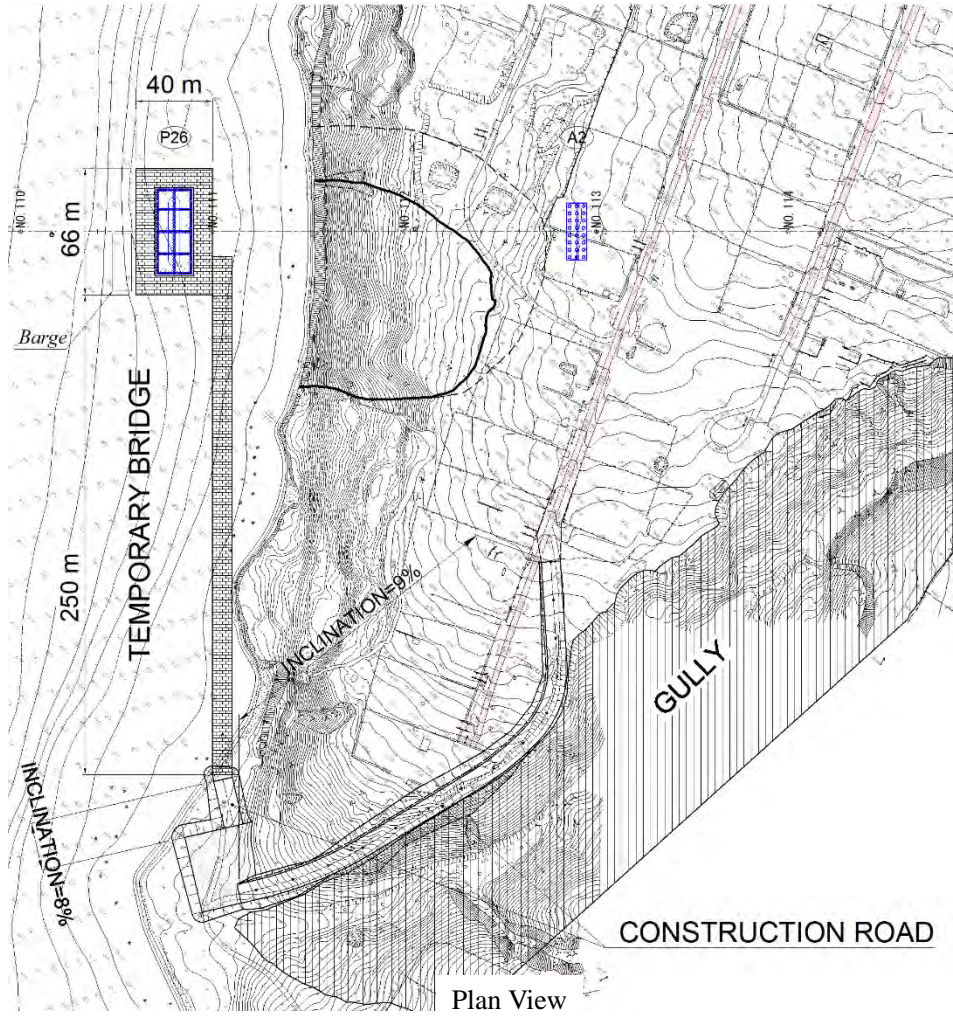


図 11-4.右岸側仮栈橋および仮設道路

12 施工期間中の安全対策の更新

12-1 冬季の凍結期間中（12月～2月）の施工

ウ国での特記すべき冬季施工に関して述べる。冬季施工は、低温および強風等の非常に厳しい条件が伴う。また、ウ国労働法規では、積雪が基準を超えると屋外労働者の作業は禁止されている。また、凍結する河川内の作業も認められない。本計画ではこのような厳しい気象条件下での労働者の安全を優先し、冬季3ヶ月間の屋外作業休止を見込んだ、余裕をもった工程を立案する必要がある。

12-2 主橋梁工事（上部工および下部工）の安全対策

現設計の主橋梁である鋼斜張橋の架設は、常時約40mの高所作業となることから、墜落や部材自体の落下等による重篤な災害に十分注意する必要がある。特に、河川を航行する船舶等に対する第三者被害を防止するために、船会社と工事関係者で航行予定および作業内容を協議し、相互の理解を深める。その上で、仮設栈橋周辺に監視船を配置し、衝突事故防止に努める必要がある。各架設工法に特有な機材を使用するため、全ての建設機材の特性を十分に把握し、定期的なメンテナンスを実施し、巻込まれ災害等が無いよう留意する必要がある。

12-3 アプローチ橋梁工事（下部工および床版）の安全対策

アプローチ橋梁の下部工に、プレキャスト工法のPCウェル工法の採用を提案している。採用理由は2つあり、1つ目は、冬季の屋外作業が制限される期間において、簡易工場での部材製作が可能である。2つ目は、品質の確保・工期短縮に有効である。本工法は、予め製作された円筒状のプレキャスト部材を現場に搬入し、大型クレーンおよびハンマーグラブにより掘削しながら、躯体を沈下装置により圧入するものである。特殊な工法であり、ウ国では初めての施工であるので、工種毎に安全に留意する必要がある。

12-4 地すべり工事の安全対策

追加調査に基づき、地すべり発生の可能性を否定する事はできないので、施工時の作業員の安全に配慮して、工事に先行して地すべり対策工を行う事を提案する。

13 事業の運営・維持管理計画

13-1 組織

Ukravtodor は道路輸送の分野で国家政策を実施する中央執行機関であり、活動はインフラ省大臣を通しウクライナ内閣によって管理、調整されている。

Ukravtodor については、キエフにある本部（Head Office）の他、支部（Branch）が全国 24 箇所（1 州に 1 箇所）存在し、本部は International corridors を、支部は各州内の State Road を計画・管理している。

13-2 技術水準

Ukravtodor は、同社そのものの必ずしも規模は大きくないものの、数多くの下部組織を擁しており、これらの機関や他の State Enterprise に対して、設計、建設、施工監理および維持管理の業務が委託できる環境が整備されている。

技術基準に関しては、ソビエト連邦時代には SNiP と GOST を使用していたものを、独立後は DBN 設計・施工基準に変更するなど積極的に自国の基準の整備に取り組んでおり、内容も必要に応じて更新されている。

したがって、通常の道路整備事業を実施するだけの技術水準は有していると考えられる。しかしながら本プロジェクトは支間長 420m の斜張橋が含まれ、一方でウ国には支間長 312m を超える斜張橋の実績がないため、適切な技術援助が必要である。

13-3 運営・維持管理体制

前述したように 2018 年より Ukravtodor が維持管理する道路は State Road のみでありバイパス道路は State Road に属する。

維持管理は日常整備(daily maintenances)とその他の整備(other maintenances)に分けられている。

どちらも入札によって実際に維持管理業務を担う委託業者を決定しているが、日常整備については実質的に Ukravtodor の下部組織である PJSC(PUBLIC JOINT STOCK COMPANY) "DAK" Automobile roads of Ukraine が全て受注している。

同社は、昨今では毎年 4 十億 UAH (3,000km 相当)の業務を実施しており、ウ国全体で 170,000km の State Road および Local Road の維持管理を実施している。ウ国全体に 24 の支社(Oblastvodor)を配置し、5,000 人以上の経験と能力を兼ね備えたエンジニアを含む 19,000 人の高度技術者を擁している。

しかしながら、現在のところ同社の中で安定的な経営がなされている支社は僅か 8 支社のみとなっており、Mykolaiv 州を管轄する Subsidiary Enterprise "Mykolayiv Oblastvodor"について、州内に 24 の管理事務所と 800 人の従業員を持つ一方で、維持管理に必要な資材や機材は保有しておらず、実際の維持管理工事は外部に委託している状況で、他の多くの支社と同様に経営難に陥っている。

したがって、現時点ではバイパス道路建設後に必要な日常の維持管理体制が整備されているとは言えず、今後、再構築により特に以下の改善が必要である。

- ・労働力、資金、資源の統合
- ・生産施設ネットワークの適正化
- ・財務状況、財政再建の安定化

- ・工事およびサービスの品質，競争力の改善
- ・内部統制，内部管理の有効性の強化
- ・有効な企業管理手法の導入

一方，コスト削減，業務効率化を目的として，IFI(International Financial Institution)による資金支援に基づいて，Ukravtodor 自身による日常整備の民間委託の直接実施が試行されており，これをバイパス道路の維持管理に利用することも可能であると考えられる。

14 概算事業費の再計算：非公開

15 プロジェクトのリスク分析レビュー

2011F/S で実施されたリスク分析のレビューを行い，本調査における検討結果を踏まえて，リスク分析を更新した。

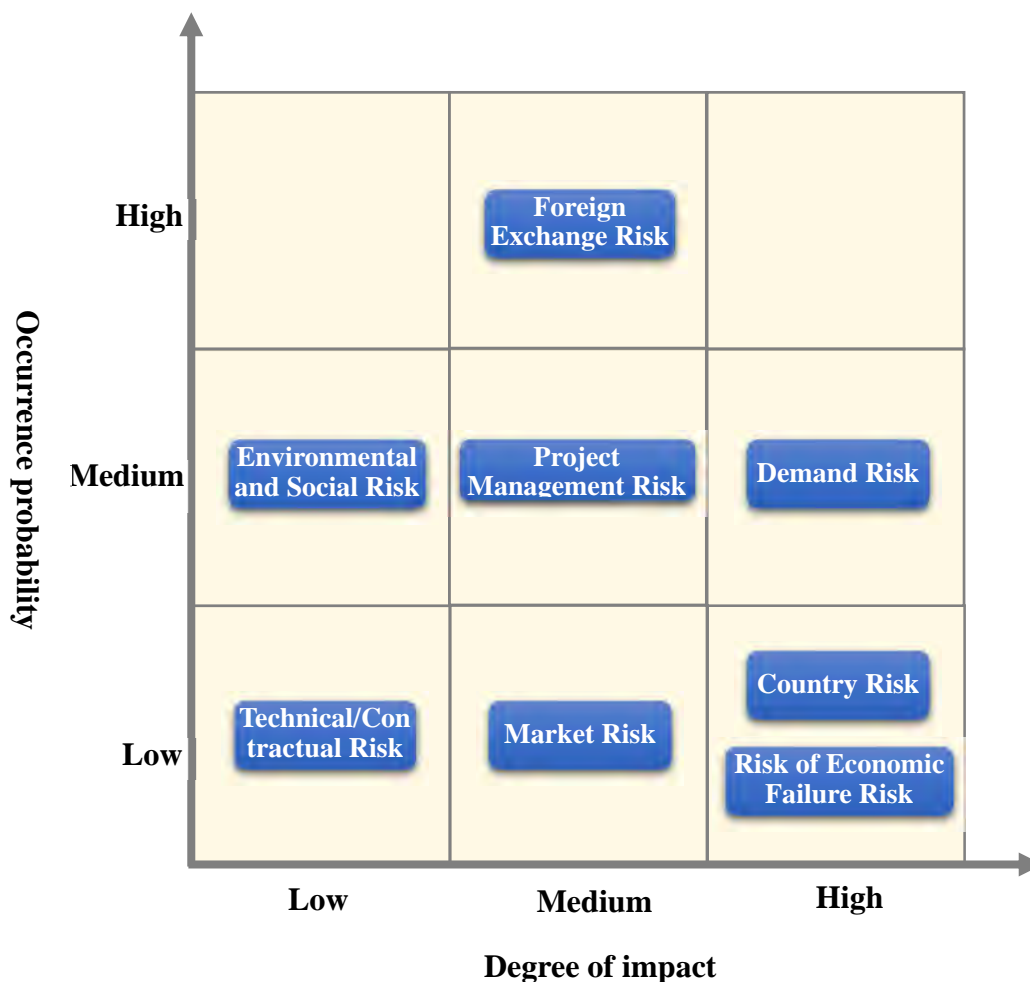


図 15-1. リスク発生確率・影響度マトリックス

16 コスト縮減効果の検討：非公開

17 経済財務分析：非公開

18 支障物件調査および相手国負担事項の整理

18-1 地下埋設物および上空架線

以下に示す支障地下埋設物，上空架線を工事前に移設する必要があり，これは相手国負担事項の一つである。

表18-1. 支障となる地下埋設物および上空架線

地下埋設物	水道管，ガス管，通信管，排水管，高压電線管，低压電線管
上空架線	高压電線，低压電線

18-2 相手国負担事項

ミコライウ橋およびバイパス道路の事業実施のために，Ukravtodor および関係機関の責任により調整が必要となる事項（相手国負担事項）を下表に示す。

表18-2. Ukravtodor および関係機関の負担事項一覧表

負担事項	内容	実施期限
1.施工ヤードの提供 および整地	施工ヤードを確保する。	P/Q 公示迄
2.土取場および採石場の候補地の選定	土取場および採石場として適切な候補地を選定する。	P/Q 公示迄または工事着手時
3.廃材処分場の候補地の選定	廃材処分場として適切な候補地を選定する。	P/Q 公示迄
4.用地取得	住民移転計画（RAP）に基づきバイパス道路建設の被影響者に対して補償または支援費の支払い等を行い、必要となる用地の取得を確実に実施する。	P/Q 公示迄
5.支障物件の移設	支障物件を移設する。	P/Q 公示迄
6.環境に係る許可の取得	ウ国環境・天然資源省（MENR）から EIA の承認を得る。	L/A 調印 120 日以上前迄
	施工業者による環境管理計画の作成と実施を監理する。	計画：着工前 実施：工事期間中
	施工業者から環境モニタリングの報告を受け、環境管理計画が適切に実施されていることを監理する。	工事期間中
7.免税手続き	関税，商品サービス税（VAT：Value Added Tax），所得税，法人税の免税措置が確実に実施されるようサポートする。免税の対象は E/N に基づく。	詳細設計期間中 工事期間中
8.建設許可等の取得	MENR および Ukrainian Tax Authority に対して登録が必要となる PE(Permanent Establishment)の登録手続きをサポートする。	工事着手時
	着工前に必要な建設許可等を取得する。	P/Q 公示迄
	工事期間中に必要な建設許可等の取得をサポートする。	工事期間中
9.維持管理作業	バイパス道路の維持管理作業を実施する。	完工後（引き渡し後）

ウクライナ国 ミコライウ橋建設事業追加調査

ファイナル・レポート (先行公開版) 目 次

プロジェクト位置図
プロジェクトの概要
調査の要約
目次
添付資料リスト
表一覧
図一覧
略語表

第1章 事業の背景・経緯	1-1
1-1 背景・経緯	1-1
1-2 要請内容	1-2
1-3 調査の目的	1-2
1-4 社会・経済状況	1-2
1-4-1 社会状況	1-2
1-4-2 経済状況	1-4
1-5 交通分野の政策および計画	1-7
1-5-1 プログラムの主な内容（抜粋）	1-8
1-5-2 期待される主な効果および目標（抜粋）	1-8
1-6 道路網の現状	1-10
第2章 実施フローおよび作業工程	2-1
2-1 調査実施フロー	2-1
2-2 作業工程	2-2
2-3 項目別確認事項	2-3
第3章 ウ国内での事業承認手続き	3-1
3-1 事業の区分および概要書類	3-1
3-2 閣議承認に係る手続き	3-6
3-3 事業実施手順および書類の提出時期	3-8
第4章 自然条件調査の補足	4-1
4-1 気象・水文調査	4-1

4-1-1	2011F/S 結果及び本調査の目的	4-1
4-1-2	気象調査	4-4
4-1-3	水文調査	4-10
4-1-4	気候変動	4-13
4-2	測量調査	4-18
4-2-1	地形調査の概要	4-18
4-2-2	地形測量	4-19
4-2-3	深淺測量	4-22
4-3	地質調査	4-27
4-3-1	概要	4-27
4-3-2	地質調査	4-28
4-3-3	地質調査結果概要と提言	4-41
第5章 路線・橋梁位置のレビュー		5-1
5-1	路線概要	5-1
5-2	ルート選定の方法	5-3
5-3	ルート選定の手順	5-4
5-4	評価項目および評価指標	5-6
5-5	評価値の検討および評価点の決定	5-12
5-5-1	事業効果	5-12
5-5-2	影響要因	5-14
5-5-3	実施環境	5-22
5-6	評価項目のウェイト付け	5-28
5-6-1	AHPによるウェイトの設定手順	5-28
5-6-2	ウェイト設定例	5-28
5-6-3	ウェイトの設定	5-31
5-7	ルート選定	5-40
第6章 道路計画のレビュー		6-1
6-1	既存 Feasibility Study の概要	6-1
6-2	道路構造のレビュー	6-2
6-2-1	適用基準及び道路区分	6-2
6-2-2	横断構造	6-3
6-2-3	線形要素	6-6
6-3	本線計画のレビュー	6-8
6-3-1	平面計画	6-8
6-3-2	縦断計画	6-9
6-3-3	標準横断構成	6-12
6-3-4	基本計画の対象ルート	6-13
6-4	接続形式のレビュー	6-14

6-4-1	起点側インターチェンジ【ルート2, 3 共通】	6-14
6-4-2	終点側インターチェンジ【ルート2】	6-16
6-4-3	終点側インターチェンジ【ルート3】	6-19
6-4-4	中間位置での交差道路との接続【ルート2, 3 共通】	6-21
6-5	インターチェンジの基本構造	6-21
6-5-1	ランプの設計速度	6-21
6-5-2	ランプの車線数	6-23
6-5-3	ランプの幅員	6-26
6-5-4	織り込み区間の交通容量	6-26
6-6	舗装構造の検討	6-28
6-6-1	検討条件	6-28
6-6-2	舗装構成	6-29
6-6-3	舗装構造の検討	6-29
6-7	その他付帯施設の検討	6-32

第7章 橋梁計画のレビュー

7-1	施設のグレードの設定に係る方針	7-1
7-2	水理条件の検討	7-1
7-2-1	計画流量	7-2
7-2-2	計画高水位および桁下高(航路以外)	7-3
7-2-3	流速	7-6
7-2-4	洗掘深および洗掘対策工	7-7
7-2-5	河積阻害率	7-8
7-2-6	橋脚設置位置	7-9
7-2-7	護岸工	7-9
7-3	航路限界	7-10
7-3-1	航行船舶	7-10
7-3-2	航路幅および航路高	7-11
7-3-3	計画航行水位および桁下高(航路)	7-12
7-3-4	必要最小支間長および余裕幅	7-15
7-3-5	航路中心	7-17
7-4	制限表面	7-18
7-5	荷重条件	7-20
7-5-1	船舶衝突荷重	7-20
7-5-2	氷荷重	7-20
7-5-3	地震荷重	7-22
7-5-4	活荷重	7-22
7-5-5	風荷重	7-23
7-5-6	温度荷重	7-23
7-6	ルート2 橋梁基本計画	7-24

7-7	ルート 2 橋梁形式の検討	7-25
7-7-1	対象橋梁一覧	7-25
7-7-2	上部工形式選定のレビュー	7-26
7-7-3	下部工躯体型式選定のレビュー	7-36
7-7-4	基礎工形式選定のレビュー	7-38
7-8	ルート 3 橋梁基本計画	7-46
7-9	ルート 3 橋梁形式の検討	7-47
7-9-1	対象橋梁一覧	7-47
7-9-2	上部工形式選定のレビュー	7-48
7-9-3	下部工躯体型式選定のレビュー	7-54
7-9-4	基礎工形式選定のレビュー	7-56
7-10	本邦技術活用の検討	7-57
7-10-1	基本方針	7-57
7-10-2	道路面の凍結防止対策と耐久性を兼ね備えたプレキャスト PC 床版構造の採用	7-57
7-10-3	エッジガーダー型式斜張橋の採用	7-58
7-10-4	PC プレテンスラブ桁	7-61
7-10-5	高面圧支承構造	7-62
7-10-6	全回転式オールケーシング場所打ち杭工法	7-63
7-10-7	PC ウェルを用いた橋脚躯体・基礎工，地すべり対策	7-63
7-10-8	鋼管矢板井筒基礎工	7-65
7-10-9	景観配慮型アルミ製高欄	7-65
第 8 章 需要予測		8-1
8-1	2011F/S 及び 2017 年調査における需要予測のレビュー	8-1
8-1-1	2011F/S 及び 2017 年調査における交通量調査結果	8-1
8-1-2	過年度調査における交通需要予測	8-8
8-2	本調査における交通需要予測	8-16
8-2-1	概要	8-16
8-2-2	OD 量の渡河 OD への補正	8-23
8-2-3	現橋・新橋間転換交通量の推測	8-25
8-2-4	ネットワーク交通量の推測	8-28
8-2-5	将来交通量	8-37
第 9 章 架橋地点の斜面安定性に関する考察		9-1
9-1	概要	9-1
9-2	調査地域の地形・地質のレビュー	9-1
9-3	本地域における地滑りの発生過程と発達メカニズムの推定	9-3
9-3-1	ステージ I：地滑り発生前	9-3
9-3-2	ステージ II：初期地滑りの発生	9-4
9-3-3	ステージ III：地滑り発達のメカニズム	9-4

9-4	地形の解析	9-5
9-4-1	ルート 2	9-5
9-4-2	ルート 3	9-8
9-5	地質の解析	9-11
9-5-1	ルート 2	9-11
9-5-2	ルート 3	9-17
9-6	道路計画との関係性に関する検討	9-21
9-6-1	ルート 2	9-21
9-6-2	ルート 3	9-21
9-6-3	ルート 2, 3 共通	9-21
9-7	今後の方針（提案される追加調査項目）	9-22
9-7-1	ルート 2, ルート 3 共通調査種目	9-22
9-7-2	数量一覧表	9-22
9-8	追加地質調査結果（2019 年 4～10 月）	9-25
9-8-1	ルート 2	9-25
9-8-2	ルート 3	9-43
9-9	対策工	9-58
9-9-1	ルート 2	9-58
9-9-2	ルート 3	9-60
第 10 章	環境社会配慮	10-1
10-1	EIA/RAP 報告書の更新要否確認に係る基本方針	10-1
10-1-1	レビュー実施フロー	10-1
10-1-2	レビュー対象文書	10-1
10-1-3	参照する法令・ガイドライン等	10-2
10-2	レビュー結果	10-3
10-2-1	EIA	10-3
10-2-2	RAP	10-5
10-3	追加調査方針	10-8
10-3-1	ルート 2 を選定する場合	10-8
10-3-2	ルート 3 を選定する場合	10-14
第 11 章	施工計画，調達計画のレビュー	11-1
11-1	施工計画，調達計画の基本方針	11-1
11-1-1	自然条件に対する方針	11-1
11-1-2	社会経済条件に対する方針	11-1
11-1-3	建設事情に対する方針	11-1
11-1-4	工事手法および工期に対する方針	11-2
11-2	ルート 2 の施工計画	11-2
11-2-1	施工条件	11-2

11-2-2	概要	11-4
11-2-3	全体仮設工	11-4
11-2-4	鋼斜張橋（エッジガーダー橋）の施工	11-6
11-2-5	左岸側アプローチ橋梁の施工	11-24
11-2-6	工事工程	11-30
11-3	ルート3の施工計画	11-31
11-3-1	施工条件	11-31
11-3-2	全体仮設工	11-31
11-3-3	工事工程	11-33
11-4	調達計画	11-34
11-4-1	主要資材の調達計画	11-34
11-4-2	主要機械の調達計画	11-35
第12章	施工期間中の安全対策の更新	12-1
12-1	冬季の凍結期間中（12月～2月）の施工	12-1
12-2	主橋梁工事（上部工および下部工）の安全対策	12-1
12-2-1	周辺環境特性への配慮	12-1
12-2-2	高所作業時の安全対策	12-1
12-2-3	架設機材の適切な使用	12-1
12-3	アプローチ橋梁工事（下部工および床版）の安全対策	12-4
12-3-1	PC ウェル工法（本邦技術）	12-4
12-3-2	PC 床版工法（本邦技術）	12-6
12-4	地すべり工事の安全対策	12-7
12-4-1	護岸浸食防止工	12-7
12-4-2	鋼管杭工	12-7
12-4-3	排水ポーリング工	12-7
12-5	工事仮設計画のチェック体制	12-8
12-6	安全対策の計画プランの作成	12-8
12-6-1	施工前	12-8
12-6-2	施工中	12-8
第13章	事業の運営・維持管理計画	13-1
13-1	プロジェクト実施体制	13-1
13-1-1	組織	13-1
13-1-2	財政・予算	13-4
13-1-3	技術水準	13-8
13-2	運営・維持管理体制	13-11
第14章	概算事業費の再計算	14-1
本章は非公開		

第 15 章 プロジェクトのリスク分析レビュー	15-1
第 16 章 コスト縮減効果の検討	16-1
本章は非公開	
第 17 章 経済財務分析	17-1
本章は非公開	
第 18 章 支障物件調査および相手国負担事項の整理	18-1
18-1 地下埋設物および上空架線	18-1
18-2 河川施設	18-13
18-3 建物	18-24
18-4 相手国負担事項	18-27

添付資料リスト

- 添付資料 1: 関係機関通信履歴
- 添付資料 2: 協議者リスト
- 添付資料 3: 参考資料リスト
- 添付資料 4: 議事録
The Minutes of Meeting on the Additional Study on the Project for Construction of Mykolaiv Bridge in Ukraine Agreed upon between JICA Survey Team, Representatives of Mykolaiv City Council and Mykolaiv Regional State Administration
- 添付資料 5: 議事録
Minutes of Meeting, The State Road Agency of Ukraine “Ukravtodor”
- 添付資料 6: 観測データの特徴の検討
- 添付資料 7: 改正 EIA 法に関する情報
- 添付資料 8: 用地取得範囲算出に向けた課題
- 添付資料 9: 他ドナー類似案件における受給者要件
- 添付資料 10: 最適輸送経路
- 添付資料 11: 積雪寒冷地における幾何構造基準
- 添付資料 12: 深浅測量のデータ処理と標高計算
- 添付資料 13: 鋼管矢板基礎の実績
- 添付資料 14: 図面

表 一 覧

表 1-4-1.	ウ国および隣国の純国民所得	1-4
表 1-5-1.	プログラムにより期待される効果	1-8
表 1-6-1.	道路分類	1-10
表 1-6-2.	国際ラフネス指数 (IRI) による舗装路面の評価	1-11
表 1-6-3.	日当交通量による道路区分	1-11
表 3-1-1.	被害の規模による家屋, ビル, 構造物, 線状施設, 交通施設の重要性の分類...	3-1
表 3-1-2.	Feasibility Study (TEO) の構成	3-2
表 3-1-3.	Project (P) の構成	3-3
表 3-1-4.	Working Documentation (WD) の構成	3-5
表 3-2-1.	橋梁・道路建設事業に係る閣議承認までの手順	3-6
表 3-2-2.	変更内容の種類	3-7
表 4-1.	調査補足の目的	4-1
表 4-1-1.	2011F/S 気象調査結果 (1876-2009)	4-1
表 4-1-2.	観測値の入手目的	4-2
表 4-1-3.	観測所位置座標	4-3
表 4-1-4.	気象観測データ一覧表	4-4
表 4-1-5.	月別平均最高, 平均, 平均最低気温	4-5
表 4-1-6.	月別平均相対湿度	4-6
表 4-1-7.	月別平均降雨量	4-7
表 4-1-8.	月別の降雨日数 (10mm 以上)	4-8
表 4-1-9.	月別最大瞬間風速	4-9
表 4-1-10.	水文観測データ一覧表	4-10
表 4-1-11.	気候変動による降雨量の変化量	4-13
表 4-1-12.	月別年最大流量発生回数 (1914~2017)	4-17
表 4-2-1.	測地網地点の座標及び標高の位置 (地形測量)	4-20
表 4-2-2.	航空写真撮影仕様	4-22
表 4-2-3.	測地網地点の座標及び標高一覧 (深淺測量)	4-23
表 4-2-4.	不等流計算結果	4-26
表 4-3-1.	地質調査数量	4-28
表 4-3-2.	ボーリング調査地点	4-29
表 4-3-3.	各層の土質状況	4-30
表 4-3-4.	インターチェンジにおける CPT 調査地点	4-37
表 4-3-5.	試料採取地点	4-39
表 4-3-6.	膨張性試験結果	4-40
表 4-3-7.	土質試験調査結果	4-40
表 5-1-1.	過去の F/S リスト	5-1
表 5-1-2.	各ルートの特徴	5-1

表 5-1-3.	ルート別概略数量	5-3
表 5-3-1.	評価値から評価点への換算例	5-4
表 5-4-1.	日本国内の一般的な評価項目 (1/4)	5-7
表 5-4-2.	日本国内の一般的な評価項目 (2/4)	5-8
表 5-4-3.	日本国内の一般的な評価項目 (3/4)	5-9
表 5-4-4.	日本国内の一般的な評価項目 (4/4)	5-10
表 5-4-5.	評価項目一覧表	5-11
表 5-5-1.	バイパス道路の有無での VCR 算出結果および評価点	5-12
表 5-5-2.	イニシャルコスト算出時の主工種	5-13
表 5-5-3.	イニシャルコストおよび評価点	5-13
表 5-5-4.	便益および評価点	5-13
表 5-5-5.	住民移転件数および評価点	5-14
表 5-5-6.	農地損失面積および評価点	5-14
表 5-5-7.	都市計画との整合性および評価点	5-14
表 5-5-8.	インターチェンジ間の距離および評価点	5-15
表 5-5-9.	人工林伐採面積および評価点	5-15
表 5-5-10.	生態系保全への影響および評価点	5-16
表 5-5-11.	ウ国における騒音規制値 (MAL: Maximum Allowable Level)	5-16
表 5-5-12.	騒音レベル別の影響家屋件数および評価点	5-17
表 5-5-13.	地すべりに対する安全性および評価点	5-22
表 5-5-14.	衝突確率および評価点	5-24
表 5-5-15.	主な係数の計算結果	5-25
表 5-5-16.	衝突確率計算条件 1	5-25
表 5-5-17.	衝突確率計算条件 2	5-25
表 5-5-18.	衝突確率計算条件 3	5-25
表 5-5-19.	河道状況	5-27
表 5-5-20.	空域制限の有無および評価点	5-27
表 5-6-1.	一対比較値	5-29
表 5-6-2.	一対比較表の例	5-29
表 5-6-3.	幾何平均およびウェイトの計算例	5-30
表 5-6-4.	JICA および調査団によるアンケート回答結果 (1/3)	5-33
表 5-6-5.	JICA および調査団によるアンケート回答結果 (2/3)	5-34
表 5-6-6.	JICA および調査団によるアンケート回答結果 (3/3)	5-35
表 5-6-7.	JICA および調査団によるウェイト設定結果 (1/4)	5-36
表 5-6-8.	JICA および調査団によるウェイト設定結果 (2/4)	5-37
表 5-6-9.	JICA および調査団によるウェイト設定結果 (3/4)	5-38
表 5-6-10.	JICA および調査団によるウェイト設定結果 (4/4)	5-39
表 5-7-1.	JICA および調査団によるルート比較表	5-41
表 6-1-1.	これまでの F/S の概要 (1)	6-1
表 6-1-2.	これまでの F/S の概要 (2)	6-2

表 6-2-1.	道路区分と断面交通量	6-2
表 6-2-2.	設計速度	6-3
表 6-2-3.	道路幅員のレビュー結果	6-3
表 6-2-4.	橋梁幅員のレビュー結果	6-4
表 6-2-5.	道路幅員の基準	6-4
表 6-2-6.	盛土のり面勾配	6-5
表 6-2-7.	盛土のり面勾配の規定値	6-5
表 6-2-8.	切土のり面勾配	6-6
表 6-2-9.	切土のり面勾配の規定値	6-6
表 6-2-10.	本線の線形要素の基準値と採用値	6-7
表 6-2-11.	日本におけるインターチェンジ付近の本線線形要素	6-7
表 6-2-12.	ランプの線形要素の基準値	6-7
表 6-2-13.	起点側インターチェンジでのランプの線形要素の採用値	6-8
表 6-2-14.	終点側インターチェンジでのランプの線形要素の採用値	6-8
表 6-3-1.	縦断計画のコントロール（横断交通施設）	6-9
表 6-3-2.	対象ルートの概要	6-13
表 6-4-1.	インターチェンジ形式の特徴	6-14
表 6-4-2.	起点側のインターチェンジ形式比較表	6-15
表 6-4-3.	終点側のインターチェンジ形式比較表	6-18
表 6-5-1.	立体交差形式インターチェンジのランプ設計速度の基準	6-22
表 6-5-2.	起点側及び終点側におけるインターチェンジの形式	6-22
表 6-5-3.	起点側インターチェンジのランプ設計速度【ルート2, 3 共通】	6-22
表 6-5-4.	終点側インターチェンジのランプ設計速度【ルート2】	6-22
表 6-5-5.	終点側インターチェンジのランプ設計速度【ルート3】	6-23
表 6-5-6.	ランプの基本交通容量	6-24
表 6-5-7.	計画水準と交通容量比	6-24
表 6-5-8.	起点側インターチェンジのランプの車線数【ルート2, 3 共通】	6-24
表 6-5-9.	終点側インターチェンジのランプの車線数【ルート2】	6-25
表 6-5-10.	終点側インターチェンジのランプの車線数【ルート3】	6-25
表 6-6-1.	基本的な設計条件	6-28
表 6-6-2.	荷重条件	6-28
表 6-6-3.	将来交通量	6-28
表 6-6-4.	最小舗装厚	6-29
表 6-6-5.	舗装構成	6-29
表 6-6-6.	設計目標年の交通荷重	6-30
表 6-6-7.	舗装材料の設計緒元	6-31
表 6-6-8.	舗装構造の評価基準値（道路区分 I-B, 信頼係数 0.95 の場合）	6-31
表 7-2-1.	橋梁計画に必要な水理条件, 水理検討内容, 目的, 検討の有無	7-1
表 7-2-2.	確率年別流量	7-2
表 7-2-3.	架橋位置の計画流量	7-3

表 7-2-4.	確率年別水位	7-3
表 7-2-5.	ルート別計画高水位計算結果	7-4
表 7-2-6.	ルート 2 の橋脚形状	7-4
表 7-2-7.	ルート 3 の橋脚形状	7-4
表 7-2-8.	ルート別流速計算結果	7-6
表 7-2-9.	ルート別洗掘深計算結果	7-7
表 7-2-10.	河積阻害率	7-8
表 7-2-11.	流下断面積比較表	7-9
表 7-2-12.	捨石径および護岸工の範囲	7-10
表 7-3-1.	2011F/S の航路条件	7-10
表 7-3-2.	高速艇の航行実績	7-10
表 7-3-3.	船舶の諸元, 必要航路限界	7-11
表 7-3-4.	航路および船舶の主要諸元	7-12
表 7-3-5.	航路限界	7-12
表 7-3-6.	年別航行水位	7-13
表 7-3-7.	確率別航行水位	7-14
表 7-3-8.	確率別最高水位	7-14
表 7-3-9.	最高水位と航行水位の差	7-14
表 7-3-10.	国内斜張橋の支間長および余裕幅実績	7-16
表 7-4-1.	橋梁の高さ, 施工中の作業高と制限表面高の関係	7-18
表 7-5-1.	氷荷重算出結果	7-21
表 7-5-2.	確率年別氷厚	7-21
表 7-7-1.	南ブグ川を渡河する橋梁の構造諸元	7-25
表 7-7-2.	インターチェンジ部等短支間橋梁の構造諸元	7-25
表 7-7-3.	橋梁の支間分類 (ルート 2)	7-26
表 7-7-4.	標準適用支間 (鋼橋)	7-27
表 7-7-5.	標準適用支間 (コンクリート橋)	7-28
表 7-7-6.	主橋梁形式第 1 次選定表	7-29
表 7-7-7.	第 2 次比較検討時の前提条件 (ルート 2)	7-29
表 7-7-8.	主橋梁部 橋梁形式比較表 (1/2)	7-30
表 7-7-9.	主橋梁部 橋梁形式比較表 (2/2)	7-31
表 7-7-10.	最適支間長の検討	7-32
表 7-7-11.	鋼 2 主桁構造における床版構造の比較検討	7-33
表 7-7-12.	支間長 25m 前後橋梁の橋梁形式の比較検討	7-35
表 7-7-13.	橋梁の橋脚分類 (ルート 2)	7-36
表 7-7-14.	一般的な RC 橋脚型式と高さの関係	7-36
表 7-7-15.	一般的な橋台形式と高さの関係	7-38
表 7-7-16.	橋梁の基礎工分類 (ルート 2)	7-38
表 7-7-17.	左岸側主塔基礎工の比較検討	7-41
表 7-7-18.	右岸側主塔基礎工の比較検討	7-42

表 7-7-19.	アプローチ橋梁基礎工の比較検討	7-45
表 7-9-1.	南ブグ川を渡河する橋梁の構造諸元	7-47
表 7-9-2.	インターチェンジ部等短支間橋梁の構造諸元	7-47
表 7-9-3.	橋梁の支間分類 (ルート 3)	7-48
表 7-9-4.	標準適用支間 (鋼橋)	7-49
表 7-9-5.	標準適用支間 (コンクリート橋)	7-50
表 7-9-6.	主橋梁形式第 1 次選定表 (ルート 3)	7-51
表 7-9-7.	第 2 次比較検討時の前提条件 (ルート 3)	7-51
表 7-9-8.	主橋梁部 橋梁形式比較表 (1/2) (ルート 3)	7-52
表 7-9-9.	主橋梁部 橋梁形式比較表 (2/2) (ルート 3)	7-53
表 7-9-10.	橋梁の橋脚分類 (ルート 3)	7-54
表 7-9-11.	一般的な RC 橋脚型式と高さの関係 (ルート 3)	7-55
表 7-9-12.	橋梁の基礎工分類 (ルート 3)	7-56
表 7-10-1.	本邦技術の調達比率	7-57
表 8-1-1.	交通量調結果 (2011F/S)	8-1
表 8-1-2.	車種別の平均乗車人員 (2011F/S)	8-2
表 8-1-3.	交通量調結果 (2017 年調査)	8-4
表 8-1-4.	月変動係数の補正 (2017 年調査)	8-7
表 8-1-5.	2011F/S および 2017 年調査時の AADT (ババロフスキー橋断面)	8-7
表 8-1-6.	交通需要の伸び率 (2011F/S)	8-8
表 8-1-7.	渡河交通需要結果 (2011F/S)	8-9
表 8-1-8.	オチャコフ港関連の将来交通需要 (2011F/S)	8-9
表 8-1-9.	PCU と料金体系 (2011F/S)	8-10
表 8-1-10.	ミコライフ新橋への転換率 (2011F/S)	8-10
表 8-1-11.	ミコライウ新橋の将来交通量 (PCU/日)	8-11
表 8-1-12.	将来交通量の伸び率 (2017 年調査時)	8-12
表 8-1-13.	将来渡河交通量 (台/日)	8-12
表 8-1-14.	転換率 (2017 年調査)	8-13
表 8-1-15.	ミコライウ橋の将来渡河交通量 (台/日)	8-14
表 8-1-16.	大型トラックおよびトレーラ類の渡河交通量推計モデル	8-14
表 8-1-17.	将来渡河交通量の推計結果 (ケース 1)	8-15
表 8-1-18.	将来渡河交通量の推計結果 (ケース 2)	8-15
表 8-2-1.	オリジナル OD 量 (2017 年調査)	8-19
表 8-2-2.	ババロフスキー橋の断面交通量の月変動 (2017 年調査報告書)	8-22
表 8-2-3.	渡河 OD 補正後の OD 量 (2017 年時点)	8-24
表 8-2-4.	ゾーン間所要時間の推計結果	8-26
表 8-2-5.	転換後のミコライウ橋・ババロフスキー橋の交通量	8-27
表 8-2-6.	ネットワーク交通量推計結果まとめ	8-32
表 8-2-7.	将来交通量の伸び率	8-37
表 8-2-8.	将来交通量 (台ベース)	8-37

表 8-2-9.	将来交通量 (PCU ベース)	8-38
表 9-7-1.	数量一覧表	9-22
表 9-8-1.	ボーリング調査数量 (ルート 2)	9-25
表 9-8-2.	地すべり変動可能性の評価 (ルート 2)	9-34
表 9-8-3.	変動区分による地すべり変動の評価	9-35
表 9-8-4.	地盤伸縮計による地すべり判定基準	9-35
表 9-8-5.	パイプ歪計による地すべり判定基準	9-36
表 9-8-6.	ボーリング調査数量 (ルート 3)	9-43
表 9-8-7.	地すべり変動可能性の評価 (ルート 3)	9-52
表 9-9-1.	地すべり観測結果 (ルート 2)	9-58
表 9-9-2.	安定解析結果 (ルート 2)	9-59
表 9-9-3.	対策工法および概算工事費 (ルート 2)	9-59
表 9-9-4.	地すべり観測結果 (ルート 3)	9-60
表 9-9-5.	安定解析結果 (ルート 3)	9-61
表 9-9-6.	対策工法および概算工事費 (ルート 3)	9-62
表 10-1-1.	レビュー対象文書とその承認状況	10-1
表 10-1-2.	2011F/S 以降にウ国において施行された EIA 関連法規・ガイドライン等	10-2
表 10-1-3.	2011F/S 以降に施行された環境社会配慮に係る JICA のガイドライン等	10-3
表 10-2-1.	EIA2011 及び EIA2012 のレビュー結果	10-3
表 10-2-2.	RAP2011 及び RAP2012 のレビュー結果	10-5
表 10-3-1.	センサス調査結果 (参考様式)	10-11
表 10-3-2.	影響を受ける土地・財産の調査結果 (参考様式)	10-11
表 11-2-1.	橋梁の構造形式一覧表	11-2
表 11-2-2.	ルート 2 支持地盤	11-3
表 11-2-3.	鋼桁と PC 床版の架設手順の比較	11-16
表 11-2-4.	鋼桁架設工法の比較検討	11-18
表 11-2-5.	PC 床版の製造工程	11-19
表 11-2-6.	PC ウェル部材の製造工程	11-25
表 11-2-7.	施工段階毎の主工程	11-27
表 11-2-8.	ルート 2 の施工工程	11-30
表 11-3-1.	橋梁の構造形式一覧表	11-31
表 11-3-2.	ルート 3 支持地盤	11-31
表 11-3-3.	ルート 3 の施工工程	11-33
表 11-4-1.	主要資材の調達先	11-34
表 11-4-2.	主要機械の調達先 (1/2)	11-35
表 11-4-3.	主要機械の調達先 (2/2)	11-36
表 12-2-1.	架設設備編成	12-2
表 12-2-2.	ケーブル架設設備編成	12-3
表 12-2-3.	架設設備編成	12-4
表 13-1-1.	Ukravtodor の予算計画執行にかかる国家予算の歳出実績 (2014 年 - 2017 年)	

	および計画（2018年）	13-5
表 13-1-2.	ミラコイウ州内の道路維持管理にかかる工事別費用および労働者数・平均給与	13-5
表 13-1-3.	2016年 - 2018年のミコライウ州内の自動車道の経常小規模修繕および開発維持管理の実施状況	13-6
表 13-1-4.	New Programの財源別支出計画	13-6
表 13-1-5.	New Programの工種別支出計画(1/2)	13-6
表 13-1-6.	New Programの工種別支出計画(2/2)	13-7
表 13-1-7.	ウ国の長大橋実績	13-8
表 13-1-8.	関連基準	13-10
表 13-2-1.	橋梁およびCrossoverの維持管理実績(2017年)(1/3)	13-12
表 13-2-2.	橋梁およびCrossoverの維持管理実績(2017年)(2/3)	13-13
表 13-2-3.	橋梁およびCrossoverの維持管理実績(2017年)(3/3)	13-14
表 15-1.	ミコライウ橋建設計画に関わるリスク	15-1
表 18-1-1.	支障となる地下埋設物および上空架線	18-1
表 18-1-2.	地下埋設物, 上空架線および管理者リスト(1/3)	18-10
表 18-1-3.	地下埋設物, 上空架線および管理者リスト(2/3)	18-11
表 18-1-4.	地下埋設物, 上空架線および管理者リスト(3/3)	18-12
表 18-2-1.	周辺住民へのヒアリング結果	18-17
表 18-3-1.	支障建物件数および住民移転件数	18-24
表 18-4-1.	Ukravtodorの負担事項一覧表	18-27
表 18-4-2.	土地所有形態別概略用地取得面積	18-28

図 一 覧

図 1-4-1.	人口推移	1-3
図 1-4-2.	平均月収推移	1-4
図 1-4-3.	国家予算およびウクライナ道路公社予算	1-5
図 1-4-4.	GDP 伸び率の推移	1-6
図 1-4-5.	貿易額の推移	1-6
図 1-4-6.	主たる貿易品	1-7
図 1-5-1.	今後整備予定の国際道路	1-9
図 1-5-2.	資金確保が必要とされている国際道路	1-9
図 1-6-1.	ウ国の国家重要道路のネットワーク	1-10
図 1-6-2.	国際ラフネス指数 (IRI) による舗装路面の評価	1-11
図 1-6-3.	ミコライウ州の国家重要道路のネットワーク	1-12
図 3-2-1.	Project (P) 作成までの流れ	3-7
図 3-3-1.	事業実施 (工事実施) 手順および必要な各書類の提出時期	3-8
図 4-1-1.	観測所位置図	4-3
図 4-1-2.	月別平均最高, 平均, 平均最低気温	4-5
図 4-1-3.	月別平均相対湿度	4-6
図 4-1-4.	月別および年別降雨量	4-7
図 4-1-5.	年別最高積雪深	4-8
図 4-1-6.	年別最大凍結厚	4-8
図 4-1-7.	風向・風速頻度分布 (2011 年~2017 年平均)	4-9
図 4-1-8.	年別最高および最低水位	4-10
図 4-1-9.	年最大流量および年最小流量	4-12
図 4-1-10.	Defenition of the Region	4-13
図 4-1-11.	気候変動による最高・最低気温の変化量	4-14
図 4-1-12.	気候変動による年平均流量の変化率	4-15
図 4-1-13.	気候変動による海面上昇量	4-16
図 4-2-1.	測量対象地域	4-18
図 4-2-2.	空撮画像の位置	4-19
図 4-2-3.	測地網地点の座標及び標高の位置 (地形測量)	4-21
図 4-2-4.	測地網地点の座標及び標高の位置 (深淺測量)	4-23
図 4-2-5.	測線配置図 (深淺測量)	4-24
図 4-2-6.	ババロフスキー橋位置の南ブグ川横断面図	4-25
図 4-2-7.	ルート 2 および 3 位置の南ブグ川横断面図	4-26
図 4-3-1.	調査対象地域の表層地質図	4-28
図 4-3-2.	ボーリング調査位置図	4-29
図 4-3-3.	ボーリング柱状図 (ルート 2 上の BH-2 地点)	4-31
図 4-3-4.	ボーリング柱状図 (ルート 2 上の BH-6 地点)	4-32

図 4-3-5.	ボーリング柱状図（ルート 3 上の BH-4 地点）	4-33
図 4-3-6.	ボーリング柱状図（ルート 3 上の BH-9 地点）	4-34
図 4-3-7.	想定地層断面図（ルート 2）	4-35
図 4-3-8.	想定地層断面図（ルート 3）	4-36
図 4-3-9.	インターチェンジにける CPT 調査位置図	4-37
図 4-3-10.	CPT 試験結果	4-38
図 4-3-11.	試料採取位置図	4-39
図 4-3-12.	土取場の位置図	4-41
図 5-1-1.	ルート概要図	5-2
図 5-3-1.	ルート選定手順	5-5
図 5-5-1.	ルート 1 の影響家屋件数	5-18
図 5-5-2.	ルート 2 の影響家屋件数	5-19
図 5-5-3.	ルート 3 の影響家屋件数	5-20
図 5-5-4.	ルート 4 の影響家屋件数	5-21
図 5-5-5.	支間長外のイメージ図	5-24
図 5-5-6.	区間種別のイメージ図	5-26
図 5-5-7.	衝突確率計算条件根拠図	5-26
図 5-6-1.	問題の階層構造	5-28
図 5-6-2.	階層図	5-32
図 6-3-1.	M14 バイパスの計画位置	6-9
図 6-3-2.	インターチェンジ建設予定地の鉄道支線（廃線）	6-10
図 6-3-3.	N0. 66+60 付近の鉄道支線（廃線）	6-11
図 6-3-4.	本線の幅員構成	6-12
図 6-3-5.	対象ルートの計画位置	6-13
図 6-4-1.	起点側インターチェンジ【ルート 2, 3 共通】の計画概要図	6-16
図 6-4-2.	トランペット型と準直結 Y 型の形式概要	6-17
図 6-4-3.	インターチェンジ建設予定地の土地利用状況	6-17
図 6-4-4.	終点側インターチェンジ【ルート 2】の計画概要図	6-19
図 6-4-5.	ルート 3 のインターチェンジの形式概要	6-20
図 6-4-6.	終点側インターチェンジ【ルート 3】の計画概要図	6-20
図 6-4-7.	中間位置での交差道路との接続ポイント（N0. 61 付近）	6-21
図 6-5-1.	ピーク時間交通量の記号	6-23
図 6-5-2.	ランプの幅員構成	6-26
図 6-5-3.	織り込みセグメント（図中の網掛けエリア）	6-26
図 7-2-1.	架橋位置の河川断面	7-4
図 7-2-2.	吹送距離根拠図	7-6
図 7-2-3.	河積阻害率算出根拠図	7-8
図 7-2-4.	橋脚と護岸の位置関係	7-9
図 7-3-1.	プッシャーバージの諸元, 必要航路限界	7-11
図 7-3-2.	航行方向と橋軸方向の関係	7-15

図 7-3-3.	航路中心線形	7-17
図 7-3-4.	ルート 2 における航路中心とみお筋の関係および河床形状比較	7-17
図 7-4-1.	橋梁の高さ、施工中の作業高と制限表面高の関係	7-18
図 7-4-2.	制限表面図	7-19
図 7-5-1.	MSK7 の加速度応答スペクトル	7-22
図 7-5-2.	発生曲げモーメントの比較	7-22
図 7-5-3.	風速の地域図	7-23
図 7-6-1.	左岸側橋台の配置	7-24
図 7-6-2.	主橋梁の配置	7-24
図 7-6-3.	左岸側アプローチ橋の配置	7-25
図 7-7-1.	本線の測点	7-26
図 7-7-2.	パイルベント方式橋脚のバリエーション	7-43
図 7-8-1.	左岸側橋台の配置	7-46
図 7-8-2.	主橋梁の配置	7-46
図 7-8-3.	左岸側アプローチ橋の配置	7-47
図 7-9-1.	本線の測点（ルート 3）	7-48
図 7-10-1.	鋼床版を用いた橋梁舗装の凍結状況	7-57
図 7-10-2.	プレキャスト PC 床版のイメージ	7-58
図 7-10-3.	エッジガーダー形式のイメージ	7-58
図 7-10-4.	SBHS 鋼材の特徴（BHS 鋼材は旧名称）	7-59
図 7-10-5.	高品質斜材ケーブル	7-60
図 7-10-6.	FRP 中空パネル部材	7-60
図 7-10-7.	コンクリート橋の概算コストと支間長の関係	7-61
図 7-10-8.	大型ジャッキによるプレテンション桁の製作手順	7-62
図 7-10-9.	シングルストランドジャッキを用いた簡易製作台	7-62
図 7-10-10.	高面圧支承構造	7-62
図 7-10-11.	全回転式オールケーシング場所打ち杭工法	7-63
図 7-10-12.	ウェル工法の各段階	7-64
図 7-10-13.	鋼管矢板井筒基礎イメージ図	7-65
図 7-10-14.	景観配慮型アルミ高欄	7-65
図 8-1-1.	方向別車種別の交通量時間変動	8-2
図 8-1-2.	希望線図	8-3
図 8-1-3.	交通量調査地点（2017 年調査）	8-4
図 8-1-4.	希望線図の比較	8-6
図 8-1-5.	2011F/S 時の将来需要予測フロー	8-8
図 8-1-6.	2011F/S 時の転換率モデル式	8-10
図 8-1-7.	2017 年調査時の需要予測フロー	8-11
図 8-1-8.	ゾーン図および OD ペア毎の選択可能性	8-13
図 8-2-1.	推計対象区間とネットワーク	8-16
図 8-2-2.	幹線道路ネットワーク各リンクの種級車線数	8-17

図 8-2-3.	幹線道路ネットワーク各リンクの距離 (km)	8-17
図 8-2-4.	ゾーニング (左 狭域, 右 広域)	8-18
図 8-2-5.	交通量観測結果及び観測地点 (2018 年 10 月)	8-22
図 8-2-6.	幹線道路ネットワーク各リンクの自由走行速度 (km/h) と発生点	8-25
図 8-2-7.	ネットワーク容量	8-28
図 8-2-8.	QV 設定	8-29
図 8-2-9.	交通量推計結果 (現況 交通量)	8-30
図 8-2-10.	交通量推計結果 (現況 混雑度)	8-30
図 8-2-11.	交通量推計結果 (現況 速度)	8-31
図 8-2-12.	交通量推計結果 (Route1)	8-33
図 8-2-13.	交通量推計結果 (Route2)	8-34
図 8-2-14.	交通量推計結果 (Route3)	8-35
図 8-2-15.	交通量推計結果 (Route4)	8-36
図 9-2-1.	調査地周辺の地質概況 (現地地質図幅からの抜粋ならびに加筆)	9-2
図 9-3-1.	地滑り発生前の斜面 (ステージ I 模式断面)	9-3
図 9-3-2.	初期地滑り発生後の斜面 (ステージ II 模式断面)	9-4
図 9-3-3.	複合すべりが発達した斜面 (ステージ III 模式断面)	9-4
図 9-4-1.	地滑り地形	9-5
図 9-4-2.	ルート 2 右岸ブロック写真 (Google earth による画像に調査団加筆)	9-7
図 9-4-3.	ルート 2 右岸ブロック平面図	9-7
図 9-4-4.	ルート 3 河川右岸域の地滑り地 (Google earth による画像に調査団加筆)	9-9
図 9-4-5.	ルート 3 右岸ブロック平面図	9-10
図 9-5-1.	右岸斜面ボーリング実施位置 (ルート 2)	9-11
図 9-5-2.	2018 ボーリング柱状図 (Br-2)	9-12
図 9-5-3.	2011F/S ボーリング柱状図 (Br. 7)	9-13
図 9-5-4.	2011F/S ボーリング柱状図 (Br. 8)	9-14
図 9-5-5.	ルート 2 地質断面図 (右岸)	9-15
図 9-5-6.	ルート 2 湧水点位置	9-16
図 9-5-7.	右岸斜面ボーリング実施位置 (ルート 3)	9-17
図 9-5-8.	2018 ボーリング柱状図 (Br-4)	9-18
図 9-5-9.	ルート 3 地質断面図 (右岸)	9-19
図 9-5-10.	ブロック斜面末端部に露出した石灰岩	9-20
図 9-7-1.	追加調査計画図 (ルート 2)	9-23
図 9-7-2.	追加調査計画図 (ルート 3)	9-24
図 9-8-1.	追加調査位置図 (ルート 2)	9-26
図 9-8-2.	コア写真 (Br-11)	9-27
図 9-8-3.	ボーリング柱状図 (Br-11)	9-28
図 9-8-4.	コア写真 (Br-12)	9-29
図 9-8-5.	ボーリング柱状図 (Br-12)	9-30
図 9-8-6.	コア写真 (Br-13)	9-31

図 9-8-7.	ボーリング柱状図 (Br-13)	9-32
図 9-8-8.	観測グラフ (ルート 2 : 伸縮計, 地下水位)	9-37
図 9-8-9.	観測グラフ (ルート 2 : パイプ歪計 Br-11)	9-38
図 9-8-10.	観測グラフ (ルート 2 : パイプ歪計 Br-12)	9-39
図 9-8-11.	観測グラフ (ルート 2 : パイプ歪計 Br-13)	9-40
図 9-8-12.	観測グラフ (ルート 2 : 移動杭 P-1)	9-41
図 9-8-13.	観測グラフ (ルート 2 : 移動杭 P-2)	9-42
図 9-8-14.	追加調査位置図 (ルート 3)	9-44
図 9-8-15.	コア写真 (Br-14)	9-45
図 9-8-16.	ボーリング柱状図 (Br-14)	9-46
図 9-8-17.	コア写真 (Br-15)	9-47
図 9-8-18.	ボーリング柱状図 (Br-15)	9-48
図 9-8-19.	コア写真 (Br-16)	9-49
図 9-8-20.	ボーリング柱状図 (Br-16)	9-50
図 9-8-21.	観測グラフ (ルート 3 : 伸縮計, 地下水位)	9-53
図 9-8-22.	観測グラフ (ルート 3 : パイプ歪計 Br-14)	9-54
図 9-8-23.	観測グラフ (ルート 3 : パイプ歪計 Br-15)	9-55
図 9-8-24.	観測グラフ (ルート 3 : パイプ歪計 Br-16)	9-56
図 9-8-25.	観測グラフ (ルート 3 : 移動杭 P-3)	9-57
図 9-9-1.	ルート 2 対策工配置図	9-63
図 9-9-2.	ルート 3 対策工配置図	9-64
図 10-1-1.	レビュー実施フロー	10-1
図 10-3-1.	ウ国道路セクター類似業務における苦情処理メカニズム	10-13
図 11-2-1.	現地生コン会社のプラント例	11-3
図 11-2-2.	使用骨材	11-4
図 11-2-3.	左岸側仮設参考図	11-5
図 11-2-4.	右岸側仮設参考図	11-5
図 11-2-5.	P23 仮設工詳細参考図	11-6
図 11-2-6.	パイプロハンマー工法	11-6
図 11-2-7.	フライングハンマー工法	11-7
図 11-2-8.	P22 鋼管矢板基礎施工参考図	11-7
図 11-2-9.	鋼管矢板基礎施工フロー	11-8
図 11-2-10.	SPSP 内および頂版コンクリート打設参考図	11-9
図 11-2-11.	P22 脚部コンクリート打設参考図	11-10
図 11-2-12.	場所打ち杭施工フロー	11-11
図 11-2-13.	全周回転機による施工一般図	11-11
図 11-2-14.	全周回転機による掘削状況参考図	11-12
図 11-2-15.	場所打ち杭のコンクリート打設状況参考図	11-13
図 11-2-16.	フーチングの施工 (コンクリート打設) 参考図	11-13
図 11-2-17.	橋脚の施工 (コンクリート打設) 参考図	11-14

図 11-2-18.	主塔施工参考図 (P22, P23)	11-15
図 11-2-19.	トラベラークレーン参考図	11-17
図 11-2-20.	PC 床版施工フロー	11-20
図 11-2-21.	ソールスポンジの設置	11-20
図 11-2-22.	吊上げ参考図	11-21
図 11-2-23.	走行クレーンによる架設参考図	11-21
図 11-2-24.	トラベラークレーンによる架設参考図	11-21
図 11-2-25.	PC 床版の位置・高さ調整参考図	11-22
図 11-2-26.	モルタル充填作業状況参考図	11-22
図 11-2-27.	接合部鉄筋組立参考図	11-23
図 11-2-28.	冬季の給熱養生参考図	11-23
図 11-2-29.	P1-P20 仮設参考図	11-24
図 11-2-30.	マッチキャスト工法	11-26
図 11-2-31.	支持層までの圧入方法参考図	11-28
図 11-2-32.	支持地盤よりしたの圧入方法参考図	11-28
図 11-2-33.	受梁の施工参考図	11-29
図 11-2-34.	左岸側アプローチ部の架設参考図	11-29
図 11-3-1.	左岸側仮棧橋	11-32
図 11-3-2.	右岸側仮棧橋および仮設道路	11-32
図 12-2-1.	トラベラークレーン及び運搬台車設備のイメージ	12-2
図 12-2-2.	ケーブル展開作業のイメージ	12-3
図 12-3-1.	Installation of PCa member	12-5
図 12-3-2.	緊張作業	12-5
図 12-3-3.	クレーン（左側）および桁上走行クレーン（右側）による架設	12-6
図 12-3-4.	運搬荷姿	12-6
図 12-3-5.	鋼桁上の足場	12-7
図 12-3-6.	架設時の親綱	12-7
図 12-3-7.	鋼桁下の安全ネット	12-7
図 13-1-1.	ウクライナ道路公社（Ukravtodor）本部の組織図	13-2
図 13-1-2.	ウクライナ道路公社（Ukravtodor）ミコライウ州支部の体制	13-3
図 13-2-1.	維持管理体制	13-11
図 15-1.	リスク発生確率・影響度マトリックス	15-5
図 18-1-1.	地下埋設物および上空架線 施設図 (1/8)	18-2
図 18-1-2.	地下埋設物および上空架線 施設図 (2/8)	18-3
図 18-1-3.	地下埋設物および上空架線 施設図 (3/8)	18-4
図 18-1-4.	地下埋設物および上空架線 施設図 (4/8)	18-5
図 18-1-5.	地下埋設物および上空架線 施設図 (5/8)	18-6
図 18-1-6.	地下埋設物および上空架線 施設図 (6/8)	18-7
図 18-1-7.	地下埋設物および上空架線 施設図 (7/8)	18-8
図 18-1-8.	地下埋設物および上空架線 施設図 (8/8)	18-9

図 18-2-1.	河川構造物調査位置図(1/3)	18-14
図 18-2-2.	河川構造物位置図(2/3)	18-15
図 18-2-3.	河川構造物位置図(3/3)	18-16
図 18-2-4.	河川構造物状況写真(1/4)	18-18
図 18-2-5.	河川構造物状況写真(2/4)	18-19
図 18-2-6.	河川構造物状況写真(3/4)	18-20
図 18-2-7.	河川構造物状況写真(4/4)	18-21
図 18-2-8.	ルート 2 周辺河岸状況写真	18-22
図 18-2-9.	ルート 3 周辺河岸状況写真	18-23
図 18-3-1.	支障家屋位置図(左岸側)	18-25
図 18-3-2.	支障家屋位置図(右岸側)	18-26
図 18-4-1.	概略用地取得面積(左岸側)	18-29
図 18-4-2.	概略用地取得面積(右岸側)	18-30

略 語 表

略語	英語	日本語
組織		
AASHTO	American Association of State Highway and Transportation Officials	米国政府道路交通運輸担当協会
C/P	Counterparts	カウンターパート
EU	European Union	ヨーロッパ連合
GOJ	Government of Japan	日本政府
GOU	Government of Ukraine	ウクライナ政府
IFI	International Financial Institution	国際開発金融機関
IMF	International Monetary Fund	国際通貨基金
JICA	Japan International Cooperation Agency	独立行政法人 国際協力機構
MEDT	Ministry of Economic Development and Trade of Ukraine	経済発展・貿易省
MENR	Ministry of Ecology and Natural Resources of Ukraine	環境・天然資源省
MoF	Ministry of Finance of Ukraine	財務省
MoI	Ministry of Infrastructure of Ukraine	インフラ省
MRA	Mykolaiv Region Administration	ミコライウ州
MRDBH	Ministry of Regional Development, Building and Housing of Ukraine	地域発展・住宅省
NGO	Non-Governmental Organization	非政府組織
Nibulon	Nibulon Ltd.	ニブロン
OSCE	Organization for Security and Co-operation in Europe	欧州安全保障協力機構
RCM	Regional Climate Models	地域気象モデル
SLC	State Land Committee	国家土地委員会
Ukravtodor	The State Agency of Automobile Roads of Ukraine	道路公社
Ukrdiprodor	State Enterprise- Ukrainian State Institute for Design of Road Facilities	国営道路施設設計研究所
USSR	Union of Soviet Socialist Republics	ソビエト連邦
WB	World Bank	世界銀行
技術用語		
1989 F/S	The first feasibility study for the project conducted by Soviet Union in 1989	1989年にソビエト連邦により実施された最初のフィージビリティスタディ
2000 F/S	The feasibility study for the project conducted by Japan in 2000	2000年に日本により実施されたフィージビリティスタディ
2003 F/S	The feasibility study for the project conducted by Japan in 2003	2003年に日本により実施されたフィージビリティスタディ
2004 F/S	The feasibility study for the project conducted by Ukraine in 2004	2004年にウクライナにより実施されたフィージビリティスタディ

略語	英語	日本語
AADT	Annual Average Daily Traffic	年平均日交通量
AESUM	Analytical Expertise Bridge Management System	橋梁維持管理システム
AHP	Analytic Hierarchy Process	階層分析法
B/C	Benefit/Cost	利益/コスト
BS	Baltic System	バルト海の平均海面高
Cabinet Resolution	Cabinet of Ministers of Ukraine Resolution	閣僚決議
CBEs	Commercial and Business Enterprises	商業的企業
CBR	California Bearing Ratio	シービーアール
COD	Cut-Off Date	基準日
CPT	Cone Penetration Test	コーン貫入試験
DBN, DSTU	Ukrainian Standard	ウクライナ基準
DCFTA	Deep and Comprehensive Free Trade Agreement	包括的自由貿易協定
EHS	Environmental, Health, and Safety	環境・衛生・安全
EIA	Environmental Impact Assessment	環境アセスメント
EIRR	Economic Internal Rate of Return	経済的內部収益率
F/F	Fact Finding	実現可能性確認
F/S	Feasibility Study	フィージビリティスタディ
FIDIC	International Federation of Consulting Engineers	国際コンサルティングエンジニア連盟
FIRR	Financial Internal Rate of Return	財務的內部収益率
FRP	Fiber Reinforced Plastics	繊維強化プラスチック
G.L	Ground Level	地盤面
GDP	Gross Domestic Product	国内総生産
GIS	Geographic Information System	地理情報システム
GOST, SNiP	Russian Design Standard	ロシア基準
GPS	Global Positioning System	全地球測位システム
GRM	Grievance Redress Mechanism	苦情処理メカニズム
H.W.L	High Water Level	計画高水位
HCM	Highway Capacity Manual	高速道路容量マニュアル
HH	House Hold	世帯
IBA	Important Bird Area	重要野鳥生息地
IRI	International Roughness Index	国際ラフネス指数
IRP	Income Restoration Program	生計回復プログラム
JBIC	Japan Bank for International Cooperation	国際協力銀行
JIS	Japanese Industrial Standards	日本工業規格
L/A	Loan Agreement	借款協定

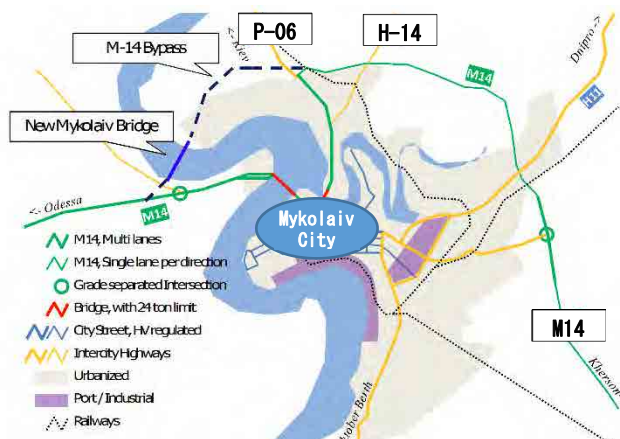
略語	英語	日本語
M/D	Minutes of Discussion	議事録
MAC	Maximum Allowable Concentrations	排出規制値
MAL	Maximum Allowable Level	騒音規制値
MSK	Medvedev-Sponheuer-Karnik	メドヴェーデフ・シュボンホイ アー・カルニク
N/A	Not Applicable	適用外, 該当なし
NETIS	New Technology Information System	新技術情報提供システム
New Program	The State Target Economic Program for Development of Automobile Roads of the Public (General) Use of State Importance for the Period of 2018-2022	2018年から2022年における国道 開発のための国家目標経済プロ グラム
NPV	Net Present Value	正味現在価値
O&M	Operation and Maintenance	運営維持管理
OD	Origin-Destination	起終点, 発着地
ODA	Official Development Assistance	政府開発援助
OP	Operational Policies	業務政策
P/Q	Prequalification	入札参加資格事前審査
PAC	Public Cadastre Card	公共土地台帳カード
PAPs	Project Affected Persons	被影響者
PAUs(PAHs)	Project Affected Units (Project Affected Households)	被影響世帯
PC	Prestressed Concrete	プレストレストコンクリート
PCa	Precast Concrete	プレキャストコンクリート
PCU	Passenger Car Unit	乗用車換算台数
PDCA	Plan-Do-Check-Action	PDCA サイクル
PHC	Prestressed High Strength Concrete	プレストレスト高強度コンクリ ート
Q&A	Question and Answer	質問および回答
QV	Quantity-Velocity	交通量-速度
RAP	Resettlement Action Plan	用地取得・住民移転計画
RC	Reinforced Concrete	鉄筋コンクリート
SBHS	Steels for Bridge High Performance Structure	橋梁用高降伏点鋼板
SCF	Standard Conversion Factor	標準換算係数
SEA	Strategic Environmental Assessment	戦略的環境アセスメント
SLSC	Standard Least Squares Criterion	標準最小二乗基準
SPSP	Steel Pipe Sheet Pile	鋼管矢板
SPT	Standard Penetration Test	標準貫入試験
STEP	Special Terms for Economic Partnership	本邦技術活用条件
TEM	Trans-European Motorway	南北縦断高速道路

略語	英語	日本語
The 2011F/S	Preparatory Survey on the Project for Construction of Mykolaiv Bridge in Ukraine, November 2011, JICA	ウクライナ国ミコライフ橋建設事業準備調査 2011年11月, JICA
The 2012F/S(TEO)	Feasibility study (TEO) created by Ukraine and approved by the cabinet of ministers of Ukraine in 2012	ウクライナ国で作成し, 2012年に閣僚決議が得られたフィージビリティスタディ
The 2017 Survey	Data Collection Survey on Logistics and Transport System in Southern Ukraine, June 2017, JICA	ウクライナ南部物流情報収集・確認調査 2017年6月, JICA
The 2019 Survey	A joint field survey conducted with the Public Works Research Institute of Japan in February 2019	土木研究所との合同現地調査 2019年2月
The Project	The Project for Construction of Mykolaiv Bridge in Ukraine	ウクライナ国ミコライウ橋建設プロジェクト
This Study	Additional Study on the Project for the Construction of Mykolaiv Bridge in Ukraine	ウクライナ国ミコライウ橋建設事業追加調査
TMCP	Thermo-Mechanical Control Process	熱加工制御
TOR	Terms of Reference	委託事項
TTC	Travel Time Cost	旅行時間費用
UTM	Universal Transverse Mercator	ユニバーサル横メルカトル図法
VAT	Value Added Tax	付加価値税
VCR	Volume/Capacity Ratio	混雑度
VOC	Vehicle Operation Cost	車両走行費用
W/C	Water/Cement Ratio	水セメント比
WACC	Weighted Average Capital Cost	加重平均資本コスト
WD	Working Documentation	詳細設計施工関連図書
WGS	World Geodetic System	世界測地系
WL	Water Level	水位
通貨		
JPY	Japanese Yen	円
UAH	Ukrainian Hryvnia	フリヴニャ
USD,US\$	United States Dollar	米ドル

第1章 事業の背景・経緯

1-1 背景・経緯

ウクライナ（以下「ウ国」という。）南部に位置するミコライウ市（Mykolaiv）は、造船業を中心に発展したミコライウ州（Mykolaiv Oblast）の州都である。また、同市はヨーロッパとアジアを結ぶ黒海沿岸地域の交通の要衝であり、ウ国内陸部の穀倉地帯からオデッサ港、ユージニ港、イリチョフスク港等に至る道路網の中で南北方向に走る幹線道路 P-06、H-14、H-11 と東西方向に走る幹線道路 M-14 の合流地点に当たるため交通量が多く、大型車を含む車両の市街地への流入（3.5 万台/日程度）が渋滞を引き起こし、市民の生活環境を悪化させる原因となっている。



出典: JICA 調査団 of 2011F/S

また、同市内を流れる南ブグ川（Southern Bug River）およびイングル川（Ingul River）には、それぞれ 1964 年に建設されたババロフスキー橋とイングル橋が存在するが、老朽化に伴い車両総重量の制限（24 トン/台）を行っていることから、ミコライウ市を經由して貨物を道路輸送する際の輸送コストが増加しており、渋滞と共に円滑な物流を妨げている。したがって、穀物等の物流の円滑化及び拡大のため、同市街地を迂回する新たな橋梁及びアプローチ道路の建設が急務となっている。なお、その重要性は古くから認識されており、ミコライウ橋建設事業（以下「本事業」という。）に係る最初のフィージビリティスタディは、1989 年にソビエト連邦からの委託に基づき、キエフソユーズドルプロジェクト社によって実施された。

ウ国政府は、2014 年 6 月に調印されたウ国・EU 連合協定に基づき、2015 年 12 月に「The Strategic Plan for Development of Road Transport and Road Infrastructure of Ukraine up to 2020」を策定し、ウ国経済の活性化のために安全と環境に配慮した道路網の整備・近代化の重要性を強調している。本事業は、同計画に則り円滑な車両交通を確保し、南部道路交通網の改善を図るものであり、2018 年に策定された「The State Target Economic Program for Development of Automobile Roads of the Public (General) Use of State Importance for the Period of 2018-2022」（以下「New Program」という。）においても 5 つの主要な路線の 1 つとして位置付けられている。

ウ国政府から我が国政府に対しては 2005 年 7 月に本事業に対する円借款の支援の要請があり、JICA は 2010 年 10 月から 2011 年 10 月にかけて協力準備調査（以下「2011F/S」という。）を実施した。2011F/S に基づきウ国政府は 2012 年にフィージビリティスタディ（TEO）（以下「2012F/S(TEO)」という。）を作成し、2013 年に本事業の事業計画の閣議承認を了したものの、2014 年に政変が起き、事業実施には至らなかった。政変後もウ国政府からは我が国政府に対し引き続き同案件にかかる円借款の支援要請があったが、ロシアとの貿易が急減していたことから、ウ国南部における物流状況を確認する必要がある。このため、JICA は 2016 年 10 月から 2017 年 6 月にかけて「ウクライナ南部物流情報収集・確認調査」（以下「2017 年調査」という。）を実施し、結果としてウ国南部地域の物流円滑化の観点から本事業の必要性を改めて確認した。

1-2 要請内容

円借款事業としてのウ国ミコライウ市の市街地を迂回する橋梁及びアプローチ道路の建設。

1-3 調査の目的

ウ国政府から円借款の要請のあった本事業について、2011F/S から約 6 年が経過していることから、本調査では以下を目的とする。

- (1)事業費（用地補償費・O&M 費を含む）・便益等の再計算および実施（調達・施工）方法の再検討
- (2)最新技術適用可能性の再検討
- (3)プロジェクト実施に関する環境社会配慮や他の問題の最新状況の確認

1-4 社会・経済状況

1-4-1 社会状況

1) 内政

2013 年 11 月の EU との連合協定の交渉プロセス停止は、欧州統合支持者や政権の汚職に反対する市民を大いに刺激した。2014 年 2 月 18 日から 20 日にかけての衝突では 100 名以上の死者を出し、結果としてヤヌコーヴィチ大統領がロシアへ亡命、ヤツェニューク首相による新政権が発足した。同 3 月、クリミア自治共和国において、「共和国政府」による「住民投票」の違法な実施を受け、ロシアはクリミアを「併合」したが、ウ国政府はこれをロシアの武力による違法占拠とし承認しない立場を発表。その後、東部でも情勢が不安定化し、武装勢力等が地方行政府各施設を占拠したことを受け、ウ国政府軍と武装勢力の戦闘が開始された（2014 年クリミア危機）。他方、同 5 月 25 日、大統領選挙が繰り上げ実施され、6 月 7 日にポロシェンコ元経済発展・貿易相が大統領に就任。同 10 月 27 日、繰り上げ最高会議選挙が実施され、「ブロック・ペトロ・ポロシェンコ」党、人民戦線党、自助党、急進党、祖国党の 5 党による親欧の与党連合が発足した。同 12 月に第 2 次ヤツェニューク内閣組閣したが、2016 年 4 月、継続的な組閣交渉の末、ヤツェニューク首相が辞意を表明し最高会議において解任され、フロイスマン最高会議議長を新たに首相とする新内閣が発足した。その後、2019 年 3 月 31 日に大統領選挙が実施され、5 月 20 日にウオロディミル・ゼレンスキー氏が大統領に就任した。また、7 月 21 日に最高会議選挙が行われ、ゼレンスキー大統領の新党「国民の奉仕者」が 254 議席を獲得し、ウクライナの議会選史上初めて単独過半数を大きく上回る見通しとなった（as of July 26）。

2) 外交

2014 年 2 月の新政府発足及び同年 6 月のポロシェンコ大統領就任以降、ウ国政府はより一層欧州統合路線を推進し、EU との連合協定署名を実現した。同協定は 2014 年 11 月に発効し、2016 年 1 月からは EU・ウ国間で DCFTA（深化した包括的自由貿易協定）も暫定的に適用が開始された。現政権は、2020 年までの EU 加盟申請を目指している。

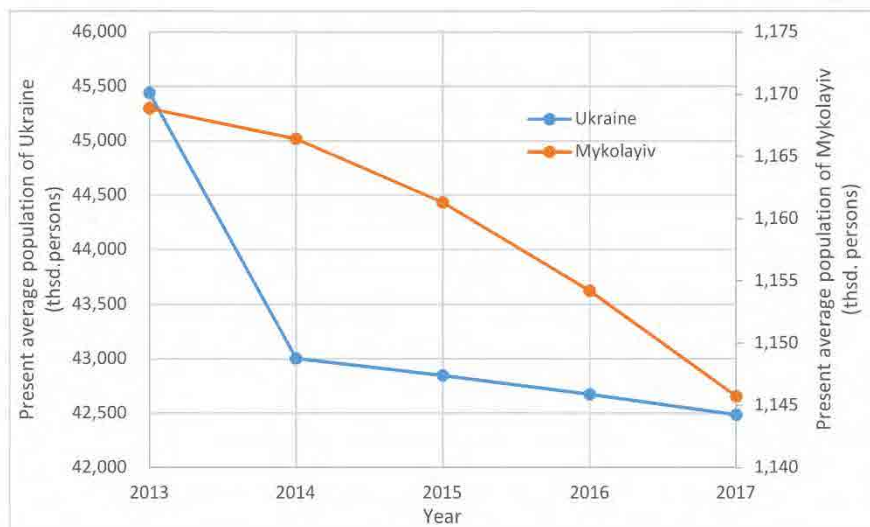
他方で、クリミア「併合」及び東部の不安定化によりロシアとの関係は急速に悪化。ウ国東部の情勢をめぐっては、2014 年 9 月 5 日、同月 19 日及び 2015 年 2 月 12 日、ウ国・露・OSCE からなる三者コンタクト・グループが、停戦・政治解決を目指すミンスク諸合意に署名したが、同合

意は完全には履行されておらず、ウクライナ情勢は不安定な状態が続いている。ゼレンスキー政権は、ポロシェンコ前政権の親欧州路線を継続しつつ、ロシアとの対話の用意がある等表明し、直面する諸課題の解決を目指している。

3) 人口

ウ国全体およびミコライウ州の人口はともにゆるやかに減少している（下図参照）。United States Census によると他国への移住者数が増加しており今後も減少すると予想されている。なお、ウ国全体の生産年齢人口(15歳～64歳)についても、2013年から2017年にかけて70%程度から68%程度と緩やかな減少傾向にある。（下図における2013年から2014年の急減は2014年からウ国の人口統計としてクリミアおよびセバストポリ市の人口を含まなくなったために生じたものである。）

しかしながら、将来的な人口の減少が見込まれるものの、後述のとおりGDPの伸び率は毎年3%程度と予想されていることや、ウ国経済を支える農産品輸出を同国政府は重要視しており、特に堅調な人口増・経済成長を続ける中東・北アフリカ地域向けの輸出港を擁するウ国南部の物流量については引き続き増加することが見込まれている。



出典: State Statistics Service of Ukraine (2018年)

図 1-4-1. 人口推移

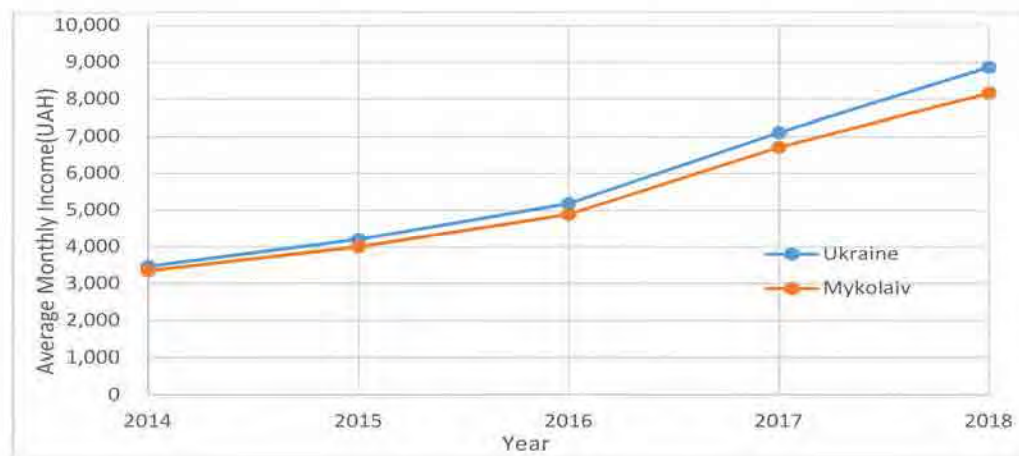
4) 教育

制度は4・5・2・5制（小・中・高・大）であり、義務教育は6,7歳～16,17歳（1学年～11学年）である。一つの学校に小・中・高があり、編入学が無い限り高校まで在籍できる。

大学への進学率は83%(2014年)程度である。

5) 所得

平均月収実績の推移を下図に示す。所得水準は上昇している。



※クリミア、セバストポリ市、ドネツク州およびルハンシク州の一部を除く

出典：Ministry of Finance of Ukraine（2018年）

図 1-4-2. 平均月収推移

しかしながら、下表に示すようにウ国の国民一人当たりの純所得はまだ欧州連合や隣国に比べて低い状況である。

表 1-4-1. ウ国および隣国の純国民所得

国	国民一人当たり純所得
ウクライナ	2,333USD
欧州連合	28,096USD
ベラルーシ	4,979USD
ポーランド	11,650USD
ルーマニア	8,433USD
モルドバ	2,302USD
ロシア	8,519USD

出典：世銀

1-4-2 経済状況

2010年に就任したヤヌコーヴィチ大統領は、IMFから支援を受け、税制改革、年金改革、土地制度改革等、各種経済改革を実施。2012年6月、ポーランドとの共催で欧州サッカー選手権を開催したが、これを契機として道路・空港等のインフラ整備が進められ、これが景気下支えに寄与。しかしながら、同年は主力産業の鉄鋼生産が落ち込み、輸出の減少等からGDP成長率は0.2%の低成長に留まり、2013年には鉄鋼、鉄道等のロシア向け輸出の落ち込みを受け、成長率が0%となった。

2014年に入ると、東部情勢の悪化の影響を受け、貿易額や鉱工業生産高が大きく落ち込むなど経済状況の悪化が深刻になり、経済成長率はマイナスに転じ、また、失業率についても前年の7%前半から9%前半まで上昇が見られた。かかる中、対外債務の増加や外貨準備高の減少等、マクロ

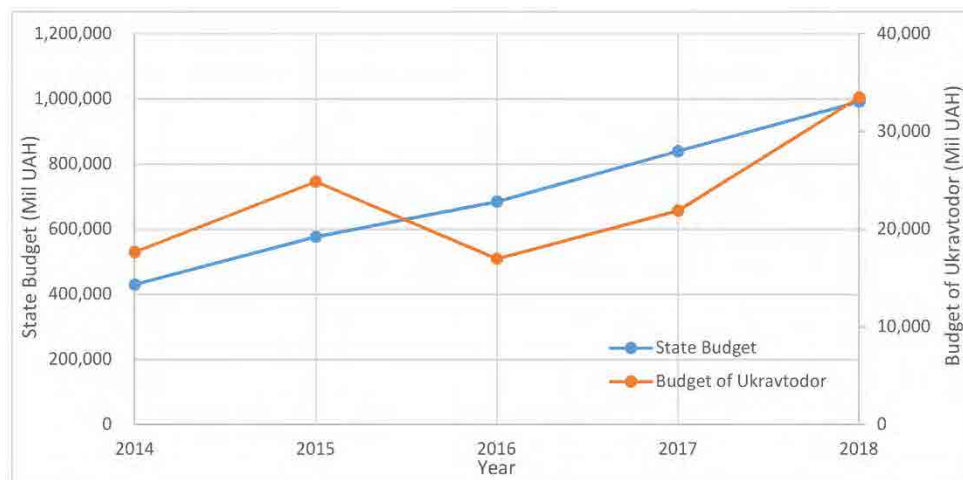
経済の不均衡が進行したため、同年4月以降は、IMF、世銀、EUを始めとする国際金融機関及び欧米諸国等から多くの支援を受けている。2015年3月、IMFは4年間で約175億ドルをウ国政府に供与することを盛り込んだ新経済プログラムを承認し、ウ国政府は4度の資金受領で外貨準備高が増加した一方で、同プログラムの条件を満たすため、財政、税制、年金、エネルギー、公共サービス等多くの分野の改革でさらなる成果が求められている。

2015年もマイナスだった経済成長率は、2016年に入りプラスに転じたが、同年の成長率は前年の反動に拠るところも大きく、引き続きドナー国・機関の支援が必要とされている。2018年12月にIMFは理事会で14ヶ月、39億USDのスタンバイ取極を承認したことを発表している。

1) 国家予算（支出）

国家予算（支出）およびウ国インフラ省（Ministry of Infrastructure, 以下「MoI」という。）に属し、本事業の実施機関となる可能性のあるウクライナ道路公社（以下「Ukravtodor」という。）の予算（支出）を下表に示す。

近年のウ国政府の予算（支出）の増加は、国際金融機関及び欧米諸国等から支援を受けて金融・為替対策、銀行システム健全化、財政健全化、エネルギー対策、構造対策等に取り組んでいることが要因であると推察される。Ukravtodorの予算（支出）については、ウ国政府の予算（支出）が社会保障と国防に多く割り当てられたこと等に伴い一時的に減少した2016年を除き、全体の2.5%~4.3%程度である。2016年以降はウ国政府予算（支出）を上回るペースで増加傾向にあり2015年、2018年にそれぞれ策定された計画に基づき、道路整備に係る投資に注力する姿勢が伺える。



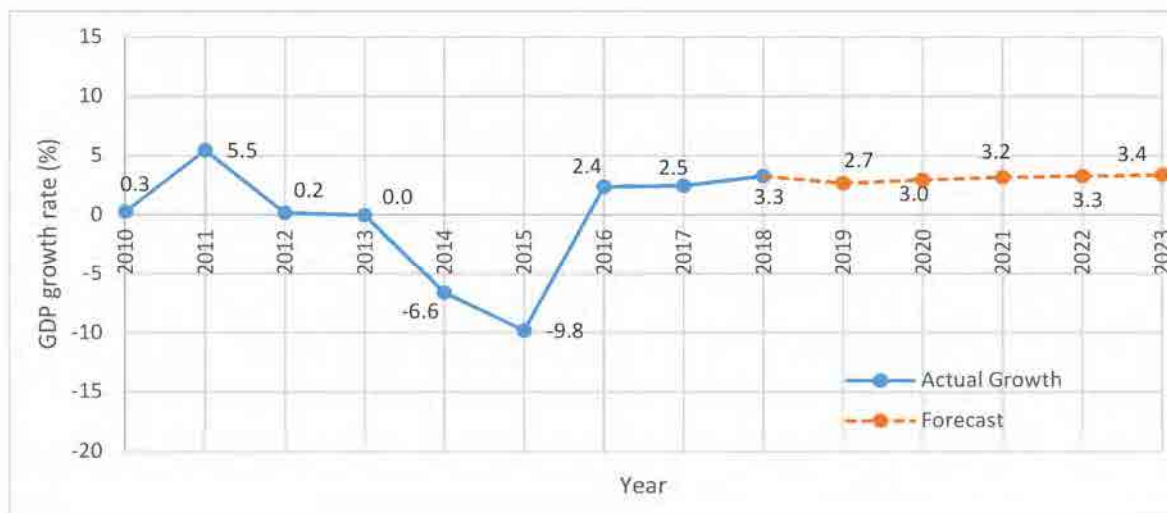
※2014-2017年は支出実績、2018年は計画

出典：Ministry of Finance of Ukraine（2018年）

図 1-4-3. 国家予算およびウクライナ道路公社予算

2) GDP (国民総生産)

2018年の実質 GDP は 113,000 百万 USD であり下図に示すように伸び率は 3.3% 程度である。農業、小売業、旅客輸送が主たる成長ドライバーである。



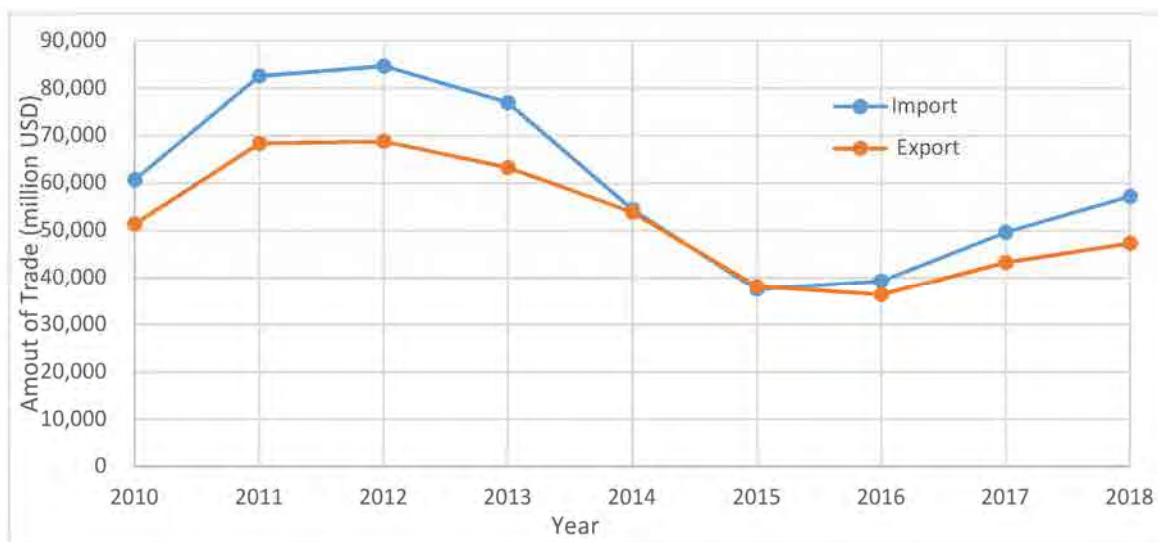
※2014年からはクリミア、セバストポリ市、ドネツク州およびルハンシク州の一部を除く

出典：IMF(International Monetary Fund) (2018年)、State Statistics Service of Ukraine (2019年)

図 1-4-4. GDP 伸び率の推移

3) 貿易

貿易額実績の推移を下図に示す。

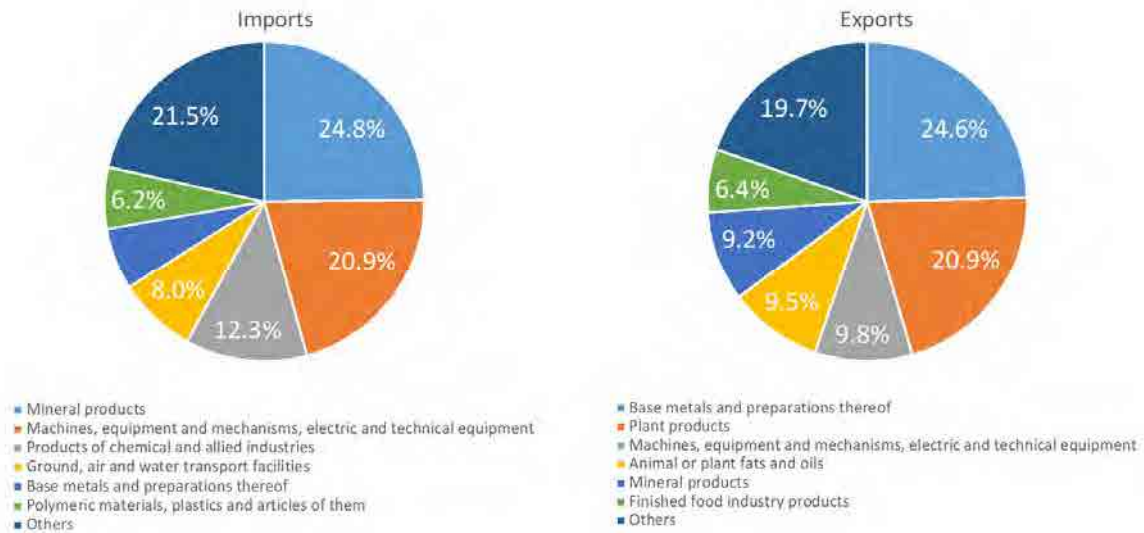


※2014年からはクリミア、セバストポリ市、ドネツク州およびルハンシク州の一部を除く

出典：State Statistics Service of Ukraine (2019年)

図 1-4-5. 貿易額の推移

また、主たる貿易品の貿易金額に占める割合を以下に示す。なお、輸出品目毎の輸送経路の特定は困難であるが、輸送量ベースのウ国内の交通手段については、車両と鉄道がそれぞれ約6割と3割を占めており（2018年実績値，出典：Volume of freight transportation by type of carrier, State Statistics Service of Ukraine），ウ国の貿易にとって道路網の重要性は引き続き高いものと推察される。



※クリミア，セバストポリ市，ドネツク州およびルハンシク州の一部を除く

出典：State Statistics Service of Ukraine（2019年）

図 1-4-6. 主たる貿易品

1-5 交通分野の政策および計画

ウ国における交通分野の政策としては、2013年に「The State Target Economic Program for the development of public roads for 2013-2018」が策定されたが、同プログラムは最終的に予算不足に陥り、当初の目標未達となった。これを踏まえ、ウ国政府においては2018年から2022年までの交通分野政策としてNew Programが策定され、2018年3月に閣僚により決議（Cabinet of Ministers of Ukraine Resolution（以下「Cabinet Resolution」という。），March 21, 2018, No.382）されている。このNew Programでは、以前のプログラムにおける反省を活かし、2018年から2022年までの5年間で必要な計298,349Million UAHの予算が確保されており、既存の国家重要道路を改修・整備して欧州の交通網と統合させ、交通の安全，速度，走行性および運輸のコスト効率を高めることをその主目的として掲げている。

同プログラムにおける主たる内容及び期待される成果を次頁に示す。

1-5-1 プログラムの主な内容（抜粋）

主要なプログラム内容を以下に示す。

- 長期保守契約（5～7年間）の導入。
- 独立した品質管理システムの導入。
- FIDIC 約款等の国際標準工事請負契約に基づいてコンサルティング・エンジニアが監理する道路建設工事の実施体制への段階的移行。
- ハイウェイ管理のための地理情報システムの導入。
- 系統的で詳細な独立した技術的プロセスとしての道路安全監査の導入
- 寸法・重量の自動管理の導入。

1-5-2 期待される主な効果および目標（抜粋）

期待される主な成果および年別の達成目標を以下に示す。

- 主要幹線上の国道の交通・稼働状況の改善，近代欧州道路規格に基づく適切な道路インフラを備えたハイウェイの新規整備・改修。
- ウクライナの輸出・物流能力の利用拡大。
- 自動車輸送の運営状況が改善されることによる，物品運送・旅客輸送コストの削減と道路交通収入の増加。
- 道路状態の劣悪さに起因する交通事故損害の低減。
- 鉱業，加工業，冶金業等の生産物の国内市場への安定供給。
- 品質管理およびユーザーによる道路財源の強化。
- 欧州規格・国際規格に基づく国道の整備条件の設定。
- 最低 10 年の国道の整備，再建，全面改修工事のための運用保証期間の確保。

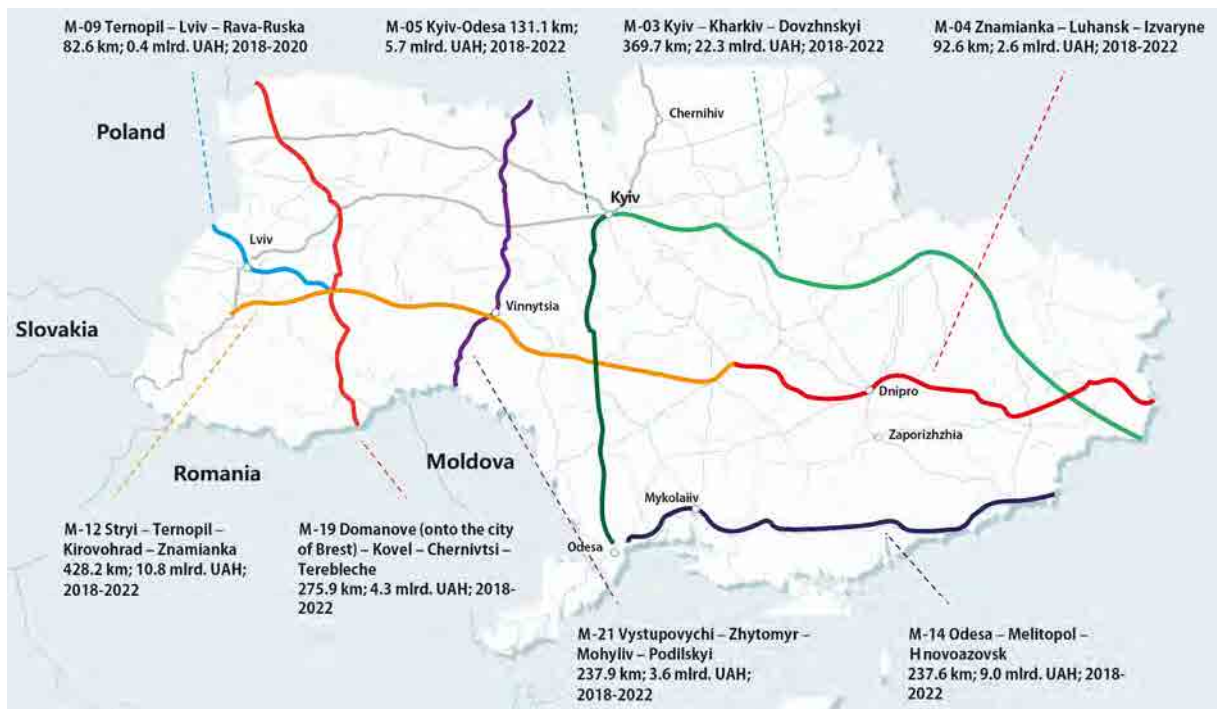
表 1-5-1. プログラムにより期待される効果

(km)

目標	目標の達成指標	合計	年度				
			2018	2019	2020	2021	2022
国レベルの公共道路の新設	新設延長	325.46	24.29	42.88	44.40	12.32	201.57
国レベルの公共道路の再建	再建延長	431.15	20.56	81.26	106.16	105.24	117.93
国レベルの公共道路の重要な修繕	修繕延長	4,347.70	77.94	306.43	1,400.55	1,198.62	1,364.16
国レベルの公共道路の通常の修繕	修繕延長	1,588.41	950.23	638.19	-	-	-
合計		6,692.73	1,073.02	1,068.75	1,551.11	1,316.19	1,683.66

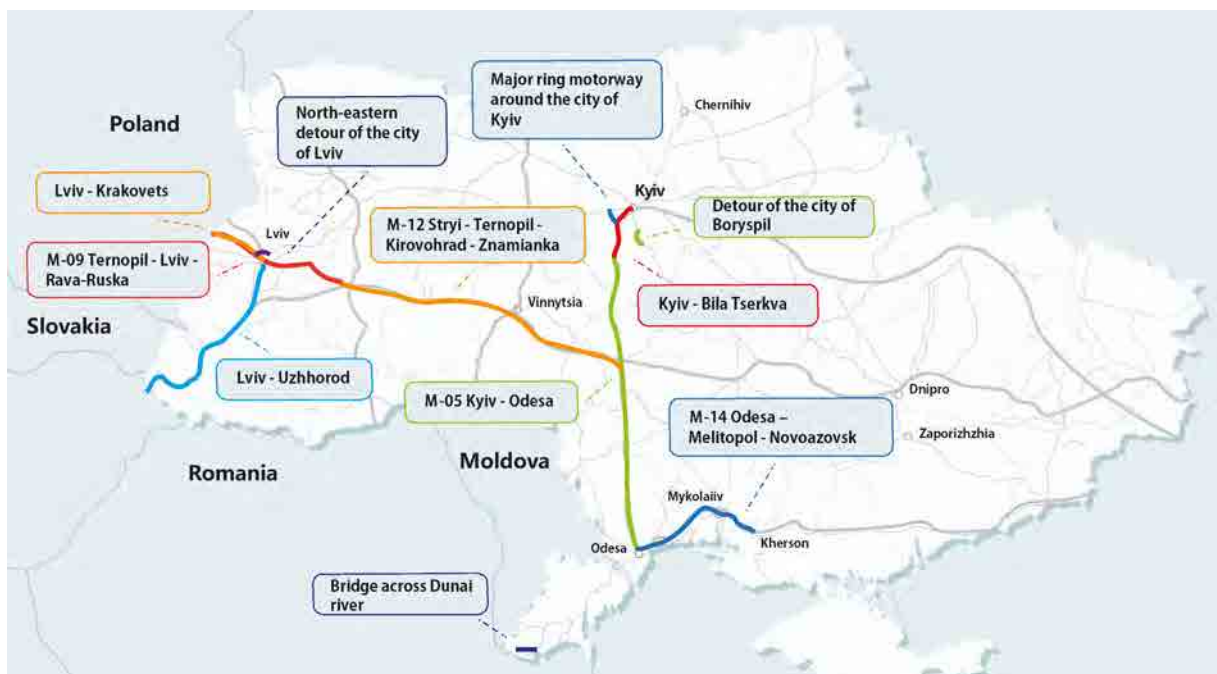
出典：Cabinet of Ministers of Ukraine

ウ国政府が New Program により整備する予定の国際道路を図 1-5-1 に示す。ただし、図 1-5-2 に示す道路はオデッサからヘルソンまでの M14 道路を含み、資金の確保が必要とされている。



出典：New Program

図 1-5-1. 今後整備予定の国際道路



出典：New Program

図 1-5-2. 資金確保が必要とされている国際道路

1-6 道路網の現状

ウ国の道路は国家重要道路(国レベル), 地方重要道路(地方レベル), 街路の 3 種類に大別され, 特に国家重要道路(国家レベル)は閣僚決議 (Cabinet Resolution, August 9, 2017, No.654) で定められている。2017 年まで, Ukravtodor は国家重要道路及び地方重要道路を管轄していたが, 2018 年からウクライナ法 (The Law of Ukraine, November 17, 2016, No.1762-VIII, 1763-VIII, 1764-VIII) に基づき, Ukravtodor は国家重要道路のみを管轄することとなり, 地方重要道路についてはウ国内の各州政府 (Regional State Administration) の管轄に変更されている。

国家重要道路と地方重要道路の分類を以下に示す。プロジェクト対象地であるミコライウ州内の道路延長はウ国全体の 3%程度である。

表 1-6-1. 道路分類

分類	ウ国全体		ミコライウ州	
	距離 (km)	比率 (%)	距離 (km)	比率 (%)
国家重要道路(国レベル)	51,700	31	1,487	31
国際道路 (M-network)	8,600	5	200	4
国道 (H-network)	4,800	3	407	8
主要地方道 (P-network)	10,000	6	368	8
地方道 (T-network)	28,300	17	512	11
地方重要道路(地方レベル)	117,900	69	3,314	69
州道 (O-network)	50,000	29	2,669	56
地区道路 (C-network)	67,900	40	645	13
合計	169,600	100	4,801	100

出典 : Ukravtodor

ウ国全体の国家重要道路のネットワークを図 1-6-1 に示す。

ミコライウ州の国家重要道路のネットワークは図 1-6-3 に示す。



出典 : Strategy for Prioritization of Investments, Funding and Modernization of Ukraine's Road Sector (WB)

図 1-6-1. ウ国の国家重要道路のネットワーク

2017 年末時点の道路の IRI（国際ラフネス指数）を表 1-6-2 および図 1-6-2 に示す。ここで言う IRI（国際ラフネス指数）とは、舗装路面と運転者の乗り心地を関連付けた指数であり、舗装路面の構造的劣化を評価するために 1986 年に世界銀行が提唱したものである。なお、表中の計算は平地部の基本値の設計速度を示している。

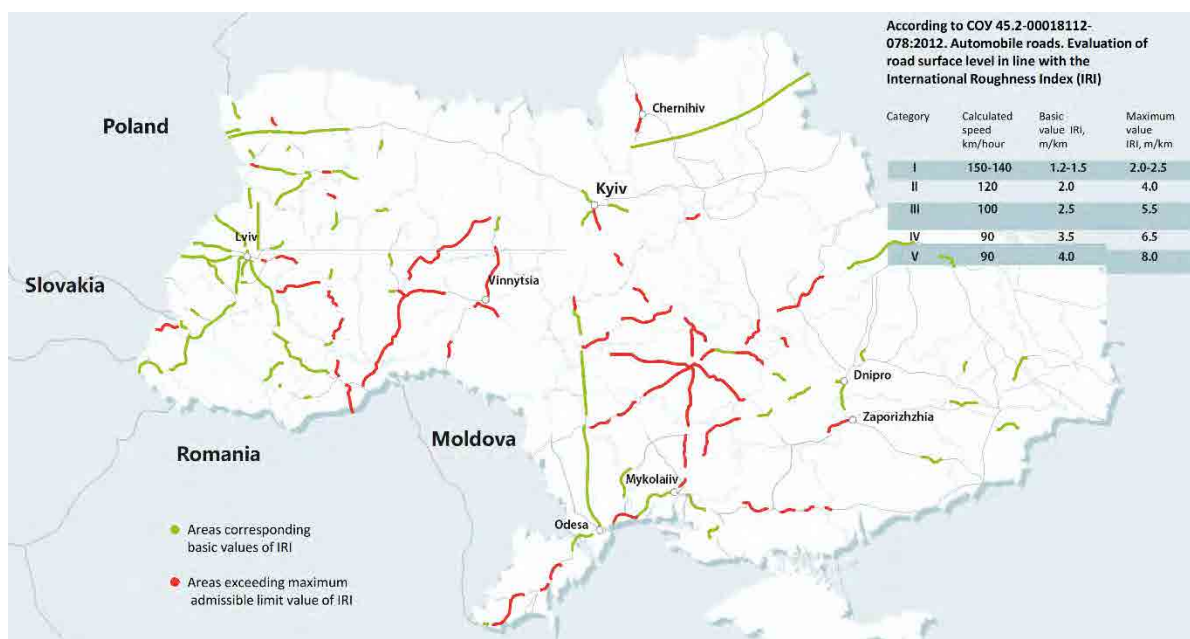
表および図より、IRI が基準値を超え、既存道路の改修が、ウ国全体の喫緊の課題であることが分かる。

表 1-6-2. 国際ラフネス指数（IRI）による舗装路面の評価

分類	計算速度 km/hour	基本値 IRI, m/km	最大値 IRI, m/km
I	150-140	1.2-1.5	2.0-2.5
II	120	2.0	4.0
III	100	2.5	5.5
IV	90	3.5	6.5
V	90	4.0	8.0

※COY 45.2-00018112-078:2012. Automobile roads による

出典：Ukravtodor



出典：Ukravtodor

図 1-6-2. 国際ラフネス指数（IRI）による舗装路面の評価

なお、道路区分は下表に示すように、日当交通量から決定されている。

表 1-6-3. 日当交通量による道路区分

分類	日当交通量（台）	
	I	10,000 以上
II	3,000～10,000	(5,000～14,000)
III	1,000～3,000	(2,500～5,000)
IV	150～1,000	(300～2,500)
V	150 以下	(300 以下)

※（）内は乗用車に換算した場合

ミコライウ州の国家重要道路のネットワークを下図に示す。

ミコライウ州内の国家重要道路(国家レベル)の橋梁およびクロスオーバーは 98 箇所で総延長は 3,696m, 地方重要道路(地方レベル)の橋梁およびクロスオーバーは 159 箇所あり総延長は 2,770m である。



国家重要道路(国家レベル)	凡例
国際道路 (M-network)	
国道 (H-network)	
主要地方道 (P-network)	
地方道 (T-network)	

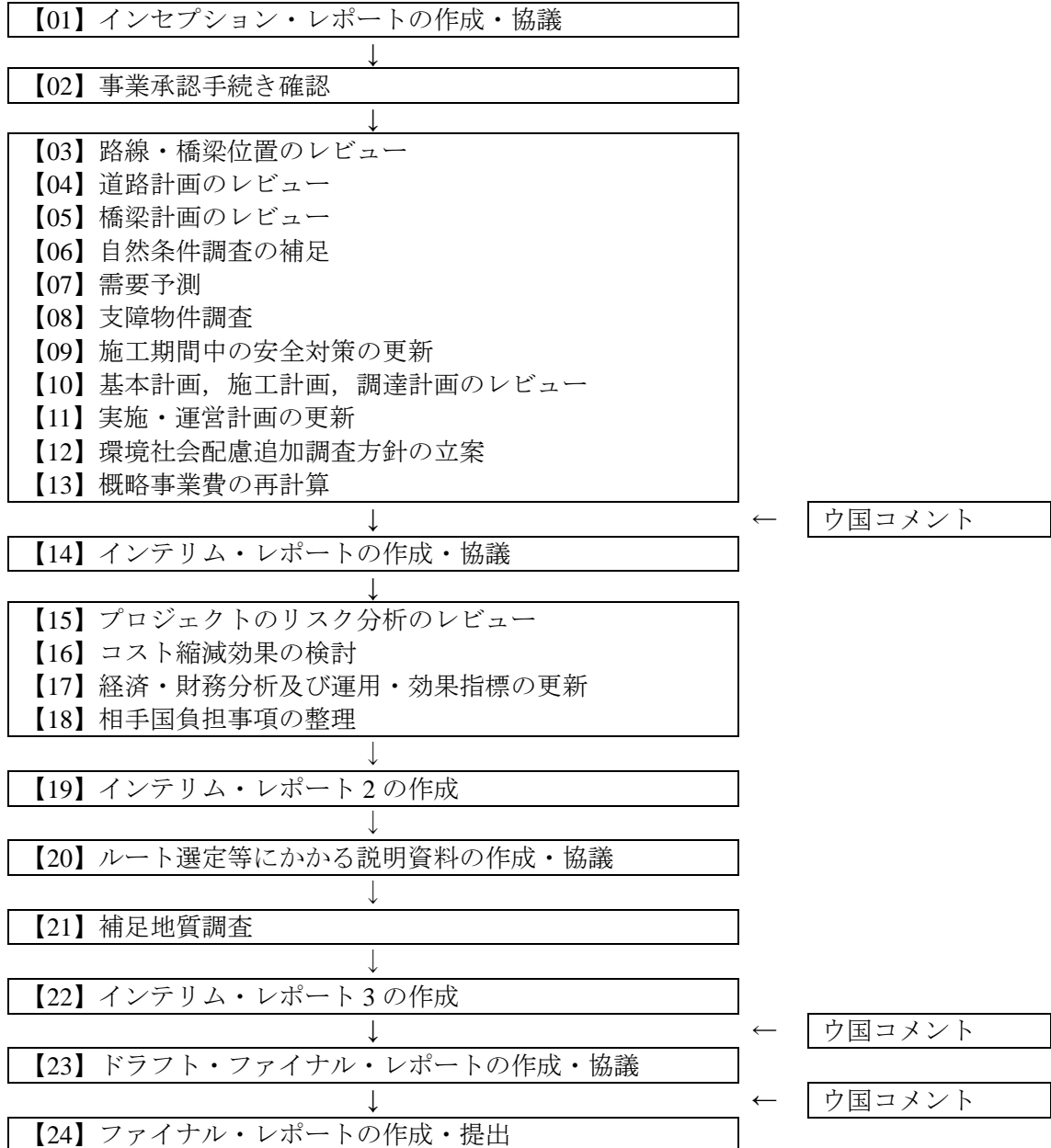
出典：HP of Mykolaiv Branch of Ukravtodor

図 1-6-3. ミコライウ州の国家重要道路のネットワーク

第2章 実施フローおよび作業工程

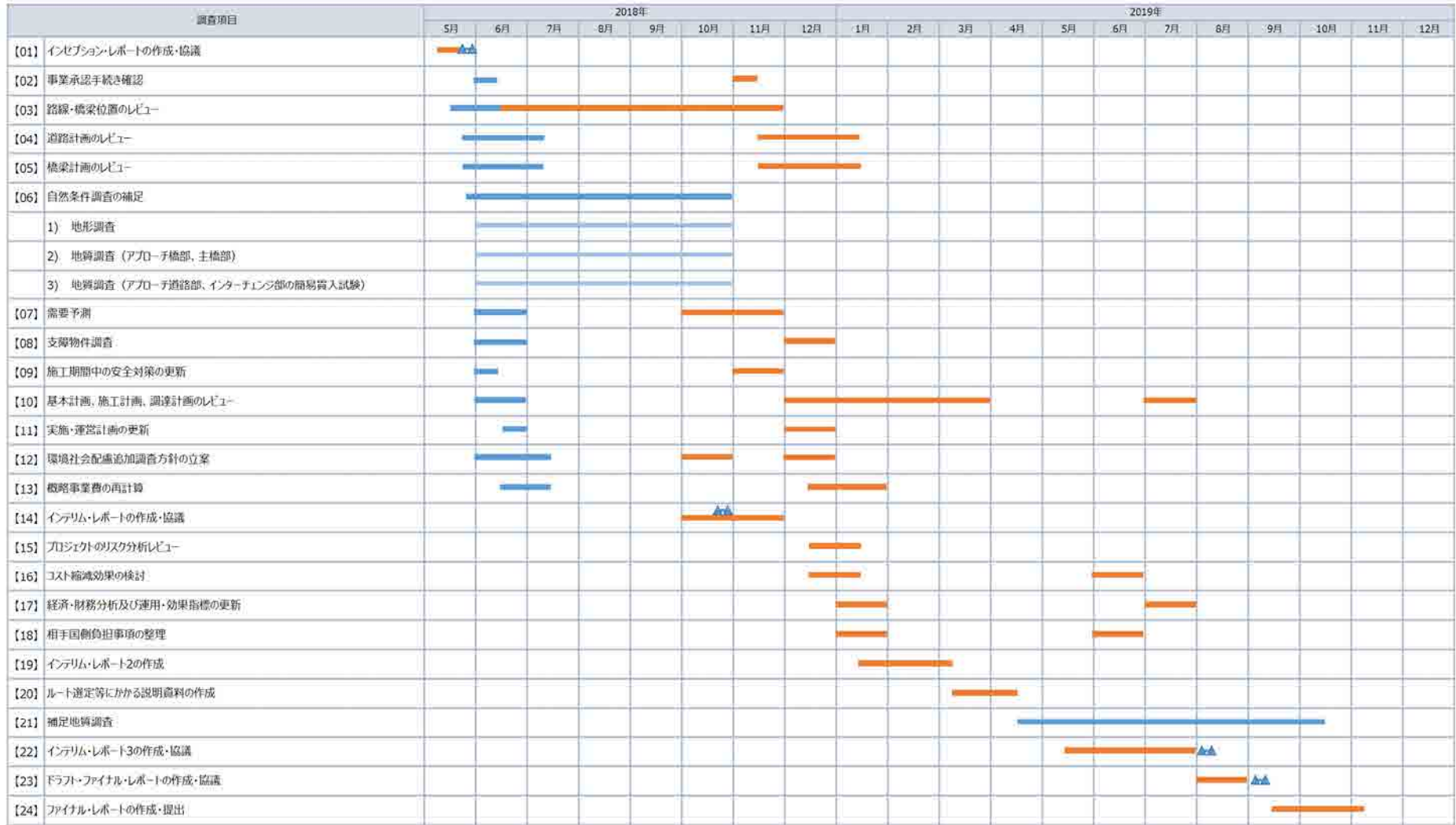
2-1 調査実施フロー

本調査の実施フローを以下に示す。



2-2 作業工程

本調査の作業工程を以下に示す。



凡例： ■ 現地調査 ■ 国内作業 ▲▲ 報告書の説明・協議

2-3 項目別確認事項

本調査の項目別確認事項を以下に示す。

項目	調査の概要	現地での協議・確認事項
【01】 インセプション・レポートの作成，協議	インセプション・レポートをとりまとめ，調査方針，計画，実施スケジュール等について協議・確認する。	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 業務の手順や方法に関する過不足や要望を確認・協議する。 ➤ 調査を行う上での便宜供与や依頼事項実施の可否を確認する。 ➤ 調査窓口の紹介と事前連絡の依頼を行う。
【02】 事業承認手続き確認	2013年に本事業のF/S承認手続きは完了しているが，本調査によって橋梁形式やルートなどに変更が生じる場合には，F/S変更・再承認続きが必要となる。本調査においては，既に承認済みのF/Sの有効期限，F/S変更・再承認プロセス，Stage P，Stage R等，事業開始までに必要なその他の承認事項及び手続きを実施機関と十分に協議・確認する。	<ul style="list-style-type: none"> ➤ F/S変更，再承認手続きの必要性を確認する。 ➤ 手続きが必要な場合には，この手続きの方法を確認する。
【03】 路線・橋梁位置のレビュー	路線・架橋位置については，最新のミコライウ市の土地利用動向・都市計画，将来の都市形成上の可能性，航路限界，航空制限等を考慮し，経済性，事業効果，住民移転等の環境社会配慮，工期，安全性，施工性，維持管理性，都市計画との整合などを踏まえ，プロジェクトを実施しない案も含めて比較検討を行い，十分な協議を行った上で，本調査結果としての最適案を選定する。	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 路線・架橋位置を計画する上で必要な，ミコライウ市の都市計画との整合，環境社会配慮に関する法律等の条件，土地利用の条件，特殊な地形や自然条件の有無，他道路や沿道施設との接続条件，河川の航路限界等の条件や船舶の航行状況，ミコライウ空港の航空制限等に関する条件を確認し協議する。 ➤ 有意な代替の路線・橋梁位置が存在する場合には，最適案を協議する。
【04】 道路計画のレビュー	既存の調査で設定された道路構造，既設道路と本バイパス道路との接続方式について，経済性や施工性，利便性，工期，安全性等の観点からこれらをレビューし，既存の調査結果の妥当性確認する。代替案が存在する場合には，既存調査結果との比較検討を行った上で，新たな案を提案し，十分な協議を行った上で，本調査結果としての最適案を選定する。	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 道路構造，接続方式等を検討する上で必要となる車線数（需要予測結果），設計条件(準拠基準，荷重条件)，地形条件(土地利用状況)，土質条件(特殊土の存在等)等の妥当性確認し協議する。 ➤ 有意な代替の道路構造，接続方式が存在する場合には，最適案を協議する。
【05】 橋梁計画のレビュー	既存の調査で設定された橋梁形式について，経済性や施工性，利便性，工期，安全性等の観点からこれらをレビューし，既存の調査結果の妥当性確認する。代替案が存在する場合には，既存調査結果との比較検討を行った上で，新たな案を提案し，十分な協議を行った上で，本調査結果としての最適案を選定する。また，コスト縮減や品質向上に資する最新技術の活用を検討し，提案する。	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 橋梁型式等を検討する上で必要となる車線数（需要予測結果），外力条件(気象条件等)，設計条件(準拠基準，荷重条件)，地形条件(土地利用状況)，土質条件(特殊土の存在等)等の妥当性確認し協議する。 ➤ 有意な代替の橋梁型式が存在する場合には，最適案を協議する。 ➤ 最新技術活用の有効性について説明し，採用を確認する。
【06】 自然条件調査の補足	道路や橋梁構造の計画・設計に際して必要な自然条件に関して，既存の調査結果をレビューし，調査の不足や精度の妥当性確認する。また，調査が不足する場合には必要な事項について追加調査を実施する。	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 気象データ，水文・水質データ，地形データ，土質データ取得に当たっての適切な取得方法，情報の入手先，調査上の留意事項等について確認する。
【07】 需要予測	将来の需要予測は，2011FS及び「ウクライナ南部物流情報収集・確認調査」（2017年）の交通量調査・需要予測をレビューした上でデータを活用して実施する。橋梁部の道路車線数は，レビューした需要予測結果を基に交通容量の過不足，実現性，利便性，コスト縮減効果等のファクターを加味して再度検討し提案する。	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 2011FS及び「ウクライナ南部物流情報収集・確認調査」（2017年）以外の交通量調査結果の有無について確認する。 ➤ 有料化の意向について確認する。
【08】 支障物件調査	道路や橋梁構造を計画・設計する際に支障となる物件について，既存の調査結果のレビューや現地踏査，ヒアリングにより調査しその有無を確認するとともに，支障となる物件が存在する場合には，移設方法等について調査・確認する。	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 架空線，地下埋設物等支障物件となりうる物件の存在，管理者，移設の方法等について確認する。
【09】 施工期間中の安全対策の更新	施工期間中の安全対策について既存の調査結果をレビューし対策の過不足を確認する。対策が不十分と考えられる場合には，「ODA建設工事等安全管理ガイダンス」を踏まえて対策を追加するとともに，これによるコストの増加を事業費に反映させる。	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 工事安全，労働安全衛生に関する法律・基準の有無とその概要及び遵守に向けた留意点を確認する。 ➤ 自然条件からくる安全対策上の留意事項について確認する。
【10】 基本計画，施工計画，調達計画のレビュー	工事の基本計画，施工計画，調達計画について既存の調査結果をレビューし妥当性確認するとともに，工事計画上の留意事項を抽出する。また，前項において橋梁や道路構造等に変更が生じた場合には，計画を適宜変更し最適化することとする。	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 地元材料や資機材の調達状況，これらの調査要領，調査先等について確認する。
【11】 実施・運営計画の更新	事業の実施・運営計画について既存の調査結果をレビューし，その妥当性確認する。また，実施機関の人的リソース，保有機材を含む技術力，財政状況等について最新状況を確認・整理し，状況が変化し，組織・人員・予算・技術水準等に制約がある場合には，事業を実施する適切な体制について考察・提言する。	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 現在の組織，権限，人員構成，予算状況，技術水準等の運営・維持管理体制について確認する。
【12】 環境社会配慮追加調査方針の立案	2011FSで策定された環境影響評価(EIA)及び住民移転計画(RAP)のレビューを主軸に本追加調査方針の立案を行う。EIAレビューについて，前調査で設定された広域な環境調査測点に対し，計画架橋位置周辺を重点にした前調査を補強する各種環境測定調査（大気，騒音，振動，水質，生態系調査）の実施の必要性を重点的に確認する。特に，計画架橋位置周辺の影響の可能性のある湿地帯や隣接するリゾート施設については測定調査の妥当性について慎重な検討を進める。一方，RAP	<ul style="list-style-type: none"> ➤ EIA/RAP共通：ウ国における最新の関連法，2011年策定済みEIA及びRAP報告書の改訂要否，必要となる手続きの手順及び期間，2011年以降の用地取得あるいは住民協議の実施有無，及び追加調査方針とその具体的な実施方法や費用等について確認する。また，現地再委託を活用した追加調査を見据え，類似案

項目	調査の概要	現地での協議・確認事項
	レビューについては、過去現在の市場価格の調査を確認するなど補償方針の適正性を十分に分析するほか、C/Pとの協議を通じて実行機関と役割を明確化するなど今後の実行能力の確保を念頭に調査を進めることを基本とする。	<p>件におけるEIA/RAP事例やEIA/RAP再委託コンサルタントのショートリストを確認する。</p> <ul style="list-style-type: none"> ▶ EIA:特に、最寄り住宅及びリゾート施設との距離、水質汚濁対策工、レッドリスト掲載種を含めた分布状況、その他事業対象地域における概況など、追加調査方針策定に必要な事項について確認する。 ▶ RAP:特に、最新の地籍図に基づく用地取得及び住民移転の有無と規模、補償に係る基本方針（残地の取り扱い等含む）について確認する。
【13】概略事業費の再計算	前項までの検討結果を踏まえ、最新の為替、資機材費、労務費等を基に「協力準備調査の設計・積算マニュアル（試行版）」を参照し、概略事業費を算出する。	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 資機材費、労務費等に関する建設物価等資料の有無と調達先を確認する。 ▶ 資機材費、労務費等に関する見積もりの調達先を確認する。
【14】インテリム・レポートの作成・協議	代替ルート案及び橋梁形式代替案の比較分析、概略事業費、需要予測、本邦技術の活用可能性、既存環境社会配慮文書（EIA及びRAP）のレビュー結果及び環境社会配慮追加調査方針等をインテリム・レポートにとりまとめ、内容について協議・確認する	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 内容について協議・確認する。
【15】プロジェクトのリスク分析のレビュー	プロジェクトのリスクとその対応に関して既存の調査結果をレビューし、その妥当性を確認する。また、ウ国の最新状況を調査し、リスク状況の変化や新たなリスクの有無について確認し、対応策を最適化する。	<ul style="list-style-type: none"> ▶ カントリーリスク、経済的リスク、為替リスク、市場リスク、プロジェクト管理リスク、需要予測リスク等の現状を確認する。
【16】コスト削減効果の検討	2011FSで検討した本事業によるコスト削減効果のレビューを行い、本調査での検討結果を踏まえ、必要な更新を行う。	-
【17】経済・財務分析及び運用・効果指標の更新	既往調査で検討した需要予測、定量効果・定量的指標（運用・効果指標）、定性効果のレビューを行うと共に、本事業完成後約2年を目処とした目標年の目標値の見直しを行う。	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 「ウクライナ南部物流情報収集・確認調査」（2017年）で設定した各便益（人件費、燃料費等）の原単位を確認、再設定する。 ▶ 有料化の意向について確認する。
【18】相手国負担事項の整理	相手国側負担事項を整理する。また、相手国負担による工事については、組織体制・予算などの実施能力を十分に確認の上、事業工程を検討する。	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 用地確保、便宜供与、各種建設許可の取得、道路ユーティリティ（支障物件）の移設、交通規制、環境社会配慮に係る手続き等を整理する。 ▶ 現在の組織、権限、人員構成、予算状況、技術水準等の運営・維持管理体制について確認する。
【19】インテリム・レポート2の作成	2月上旬に実施した地すべり影響にかかる現地調査結果をインテリム・レポートの内容に加えて取りまとめる。	-
【20】ルート選定等にかかる説明資料の作成・協議	有カルート案に関し、概略設計、概略事業費、地すべり対策工、ルート選定の修正版、その他の比較項目を資料としてとりまとめ、内容について協議・確認する。	-
【21】補足地質調査	有カルート案に関し、補足の地質調査およびモニタリングを実施し、地すべりに対する安全性を確認する。	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 河岸、ガリー、地すべりの変状状況を確認する。
【22】インテリムレポート3の作成・協議	有カルート案に関し、概略設計、概略事業費、地すべり対策工、ルート選定の修正版、その他の比較項目をインテリム・レポート3にとりまとめ、内容について協議・確認する。	<ul style="list-style-type: none"> ▶ ウ国からコメントを確認する。
【23】ドラフト・ファイナル・レポートの作成・協議	ドラフト・ファイナル・レポートをとりにまとめ、内容について協議・確認する。	<ul style="list-style-type: none"> ▶ ウ国からコメントを確認する。
【24】ファイナル・レポートの作成・提出	ドラフト・ファイナル・レポートに対するウ国側のコメントを踏まえ、本調査の最終的内容・成果を確定し、ファイナル・レポートにとりまとめ提出する。	-

第3章 ウ国内での事業承認手続き

3-1 事業の区分および概要書類

ウ国における事業実施（工事実施）までに必要となる手続きの方法は、事業の複雑度により I～V に区分されていた（2011F/S では本事業は V に該当していた）。

しかしながら、EU の基準に近づけることを目的としたウクライナ法(The Law of Ukraine, Bulletin of the Verkhovna Rada (BP), 2017, No. 9, p.68)を踏まえ、2017 年から下表に示すように災害時に発生しうる被害の規模によって事業の重要性を CC1(重要度小), CC2(重要度中), CC3(重要度大)の3つのクラスに区分するようになった。本事業のバイパス道路は国家レベルの国際重要道路の一部であり、「交通施設の機能損失」は「国家レベル」となるため、重要性は「CC3」に区分される。

表 3-1-1. 被害の規模による家屋、ビル、構造物、線状施設、交通施設の重要性の分類

複雑度の分類 ※1	重要性の分類 ※2	家屋、ビル、構造物、線状施設、交通施設で発生する可能性のある被害の規模					
		命や健康に対して危険が発生する可能性のある人数			経済的損失 (mr.z.p)	歴史的構造物の損失	交通施設の機能損失
		常時施設内 (人)	定期的に施設内 (人)	施設外 (人)			
V	CC3 (重要性大)	400 超	1,000 超	Over 50,000	150,000 超	国家レベル	国家レベル
III, IV	CC2 (重要性中)	50 から 400 まで	100 から 1,000 まで	100 から 50,000 まで	2,000 から 150,000 まで	地方レベル	地方レベル
I, II	CC1 (重要性小)	50 まで	100 まで	100 まで	2,000 まで	-	-

※1: 2012F/S(TEO)時点での基準（以前の基準）, ※2: 2017 年からの基準

CC3 の場合、事業実施（工事実施）に必要な書類は Feasibility Study(TEO: Техніко-економічне обґрунтування), Project (P), Working Documentation(WD)の3つであり、いずれも事業実施者が作成する必要がある。各書類の内容はウ国地域発展・建設・住宅省 (Ministry of Regional Development, Building and Housing , (以下「MRDBH」という。)), ウ国経済発展・貿易省 (Ministry of Economic Development and Trade, (以下「MEDT」という。)), ウ国財務省 (Ministry of Finance, 以下「MoF」という。)によって保証され、かつ、閣議で承認される必要がある。各書類における必要な内容(構成)は「SCN A.2.2-3-2014 Structure and Content of Project Documentation on Construction」に記載がある。

各書類における必要な内容(構成)を表 3-1-2～表 3-1-4 に示す。

表 3-1-2. Feasibility Study(TEO)の構成

Structure of Feasibility Study (TEO)	
1.	当該施設全体を建設した場合の技術的、経済的実現可能性を示す基本事項
2.	建築物の設計規模の妥当性、リリース予定の製品群とその販売についての考察
3.	製造要員の新規または追加職場数の妥当性
4.	原材料の供給源の有無、基本材料・エネルギー源・仕掛品・人材の確保ならびにそれらの使用・受入れの妥当性に関するデータ
5.	技術調査のデータ
6.	環境影響評価 (EIA)
7.	概略配置及び交通計画
8.	ユーティリティ（上下水道・電気等）概要計画
9.	土地開発及び天災・人災から対象物を守るための基本的ソリューション
10.	技術・建設・建築・計画上の基本的ソリューション
11.	エネルギー効率、選択肢の比較、二次エネルギー・再生可能資源の算定と利用、安全・労働保護の基本的ソリューションと指標
12.	工事の組織体制に関する基本事項
13.	情報の技術的保護措置
14.	作業員のための衛生・生活設備に関する基本的ソリューション
15.	製造における火災・爆発防止の基本的安全対策
16.	民間防衛の工学・技術的手段の実行に関する基本的ソリューション
17.	危険物の特定と安全宣言
18.	障害者の現場へのアクセシビリティ（製造物を除く）
19.	投資効率の妥当性
20.	提案・推奨事項から選んだ最終案についての結論
21.	工期
22.	技術・経済指標
23.	DSTU B D.1.1-1 ^{※1} に基づいて構成・量・内容を決定する積算書
24.	DSTU-N B V.1.2-16 ^{※2} に基づく被害程度（損害賠償）・複雑度の算定

※1 : Rules for Construction Cost Calculation

※2 : Determination of the class of consequences (responsibilities) and complexity categories of construction objects

出典: SCN A.2.2-3-2014 Structure and Content of Project Documentation on Construction Appendix C

表 3-1-3. Project(P)の構成

Structure of the Project(P)	
F.1. 説明書	
1.	設計のための初期データ
2.	建築物及びその構造についての概略
	1) プロジェクトの能力規模, 正式名称, 製造の品質・技術レベル, 原材料ベースに関するデータ
	2) 要員の人数, 職業適性・資格体制の検討結果
	3) 作業場の数と設備
	4) 主要産業・補助産業の組織, 専門分野, 協力に関する情報
3.	技術調査のデータ
4.	燃料・水・熱・電気の需要量, 省エネ技術等に関する情報 (自己の需要及び技術とは別)
5.	工事段階・スタートアップ施設に関する情報
6.	設備投資効率に関するデータ (必要な場合)
7.	概略配置, エンジニアリング・ネットワーク, 通信に関する基本的ソリューションと指標
8.	土地開発及び対象物の保護に関するソリューション
9.	労働安全衛生
	本項には以下の情報が含まれる:
	1) 基本規制法令のリスト
	2) 工程及び製品の安全確保のための措置
	3) 材料・製品・仕掛品・廃棄物の毒性・火災害的特性; 安全要件の管理
	4) 工場敷地構内の特徴, 爆発性消防危険物の分類の算定または妥当性, PBE のクラス (区分)
	5) 爆発性ブロックのエネルギーポテンシャル, 破壊可能性のある範囲の特定; 作業員の負傷予防策, 事故や火災の際の安全な避難
	6) 作業現場の照明・騒音・振動に関するデータ, 危険廃棄物の抽出・中和方法
	7) 火災・爆発の防止策, 危険性・有害性のある材料・仕掛品・製品の保管と輸送, 搬出・搬入作業
	8) 外的・内的要因から作業員を保護する方策, 衛生施設・医療サービスの有無
	9) 給付金 (福利厚生) に関するデータ, 女性・青年労働者の受入れ度
10.	工学的・技術的民間防衛手段に関する項
11.	信頼性・安全性に関する項
12.	危険物の把握と安全宣言
13.	環境影響評価 (EIA)
14.	決定事項の効果に関する評価, 技術・経済指標と協力準備調査(TEC)で認められた指標との比較
15.	省エネ対策実施による経済効果の評価
16.	科学・技術サポートに関する項 (必要な場合)
17.	業務の範囲に関する情報
18.	DSTU-N B V.1.2-16 ^{*1} に基づく被害程度 (損害賠償)・複雑度の算定
F.2 概略配置と輸送	
	・ 工事現場と周辺地域の概要
	・ 概略配置, 構内および外部輸送に関するソリューションと指標
	・ 基本的設計ソリューション, テリトリーの維持・改善策
	・ エンジニアリング・ユーティリティの位置に関するソリューション; 企業 (建物, 構造物) の保護体制
F.3 基本設計図	

<ul style="list-style-type: none"> 企業の敷地計画，外部ユーティリティ（上下水道・電気等）配管を表示した建物または構造物，ネットワーク（既存と計画），建設予定地の図面（縮尺は，1/2000, 1/5000または1/10000のいずれか）。線型構造の計画ルート（必要であれば，ルートの縦断面図）
<ul style="list-style-type: none"> 住居と建物（既存と計画，再建・解体予定のもの）の概略配置，環境保護・土地改良の対象物，造園と構内のエンジニアリング・ユーティリティ及び搬送通信設置のための特別なソリューション，テリトリーとスタートアップ施設の一部であるネットワークの勾配図（縮尺1/500または1/1000）
<ul style="list-style-type: none"> 土工事の地図作成
F.4. 技術面
製造および演算プログラムに関するデータ：
1) 受容された製造技術の概要と妥当性
2) 製造ユニットの割り当て
3) ローウェイスト（廃棄物低減），ゼロウェイスト（廃棄物ゼロ）の工程及び産業の利用に関するソリューション
4) 製造の複雑度（機械加工）及び技術工程の機械化・自動化に関するデータ
5) 使用設備（輸入を含む），立ち上げ・調整作業の構成と妥当性；要員及び機器類の数量
6) 従業員総数（職種別，資格別を含む）
7) 保全施設の組織体制に関するソリューション
8) 有害物質の大気及び水源への排出量・組成に関するデータ（個々の製造現場，施設）
9) 作業場の特徴と部門間コミュニケーション
10) 熱・電気の供給，電気器具に関するソリューション
11) 電気設備操作に関する提案
12) 技術的工程における燃料・エネルギー・材料バランス
13) 技術的防火対策
14) 省エネ対策，省エネ技術の適用
F.5(1)基本設計図
<ul style="list-style-type: none"> 技術的工程の主な計画 大型・特殊機械・車両の設置場所を含む建物（作業場）の技術的配置または計画 動線図（大企業のみ） 企業への主電源供給計画 基幹回線と熱供給ネットワーク計画
F.5(2)建築・工事に関するソリューション
<ul style="list-style-type: none"> 工事現場周辺の概要 工事現場の建築工法の概要と妥当性，架設図，構造の種類と構造材料，主要支持部材の計算 対象物の構造計画から採用された主なソリューション（支持構造部材の材料と特徴） 作業場の照明，騒音・振動の低減，作業員の衛生・生活設備に関する主なソリューションの妥当性 電気，爆発火災防止，建物・配管・構造の防錆に関する対策 水供給，下水，暖房，空調換気の基本的ソリューション 省エネ対策 個々及び典型的なプロジェクトのリスト（設計ソリューション） 障害者の施設へのアクセシビリティに関するソリューション
F.6 基本設計図
<ul style="list-style-type: none"> 基礎配置，間取り図，主支持構造と囲い構造を図示した建物及び構造物の前面・断面図（縮尺は1/50，1/100または1/200のいずれか），構造部材の主な結節点，現場打ち鉄筋コンクリート構造，フェンス構造物の詳細図（縮尺1/25）

<ul style="list-style-type: none"> 典型的プロジェクトで利用または再利用されるデザインソリューション（主な設計図）を示す設計の建物と構造物のリスト
<ul style="list-style-type: none"> 外部・輸送ユーティリティシステム、敷地内ネットワーク（全企業・構造物対象）のルート計画とデータ・プロフィール（大企業・大規模施設のみ）
<ul style="list-style-type: none"> 高度な HVAC 設備を備えた製造施設について、記述されたシステムを適用して整備できる建物の部分とその計画、上下水道の主構造計画、製造施設及び管理・居住・研究開発関連施設のエンジニアリング設備設置計画
<ul style="list-style-type: none"> 大規模で複雑な製造施設については、基幹回線とエンジニアリング・ネットワーク配置図、企業（作業場）の電力供給構造計画を記載
F.7. 工事体制
<ul style="list-style-type: none"> 本セクションの設計図書の構成、量、内容は、SCN A.3.1-5^{※2}の要件及び推奨事項に基づいて設定される。
F.8 積算書
積算書の構成、量、内容は、DSTU B D.1.1-1 ^{※3} に基づいて定める。

※1: Determination of the class of consequences (responsibilities) and complexity categories of construction objects

※2: Organization of Construction Manufacturing

※3: Rules for Construction Cost Calculation

出典: SCN A.2.2-3-2014 Structure and Content of Project Documentation on Construction Appendix F

表 3-1-4. Working Documentation(WD)の構成

Structure of Working Documentation
WD は以下で構成される：
1. 実施設計図
2. 仕上げ工事の証明書
3. 積算書
4. 設備・製品・材料仕様書
5. 関連機器・製品のデータシート及び寸法図
6. 工事中製品の WD
7. 一般的ではない製品の設計図
注：WD の構成は事業実施者により指定、補完することができる。

出典: SCN A.2.2-3-2014 Structure and Content of Project Documentation on Construction Appendix G

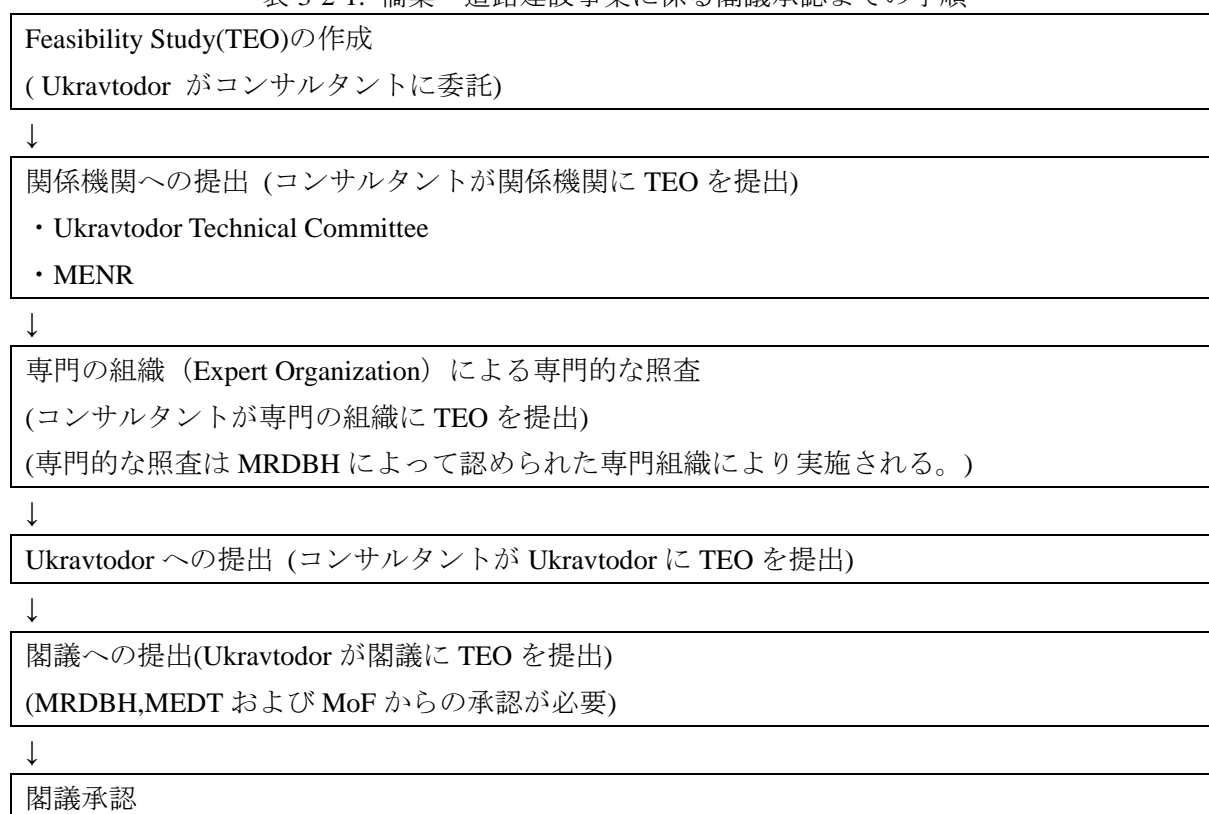
3-2 閣議承認に係る手続き

ウ国における橋梁・道路建設事業に係る閣議の承認手順は閣僚で決議(Cabinet Resolution, May 11, 2011, No.560)されており、まず閣議に諮る前に MRDBH 公認の専門機関による当該事業内容の照査を受ける必要がある。また、実態上は照査の前に関係機関 (Ukravtodor Technical Committee 及びウ国環境・天然資源省 (Ministry of Ecology and Natural Resources, 以下「MENR」という) からの承認が必要であり、設計内容は関係機関の所管する各種基準・ルールに準拠したものでなければならない。

なお、本事業に係るウ国内手続き上必要な書類については、道路及び橋梁の設計分野の Feasibility Study(TEO)および Project (P)の書類の作成実績を有する Ukrdiprodor (Ukravtodor の下部組織) に委託される可能性がある。

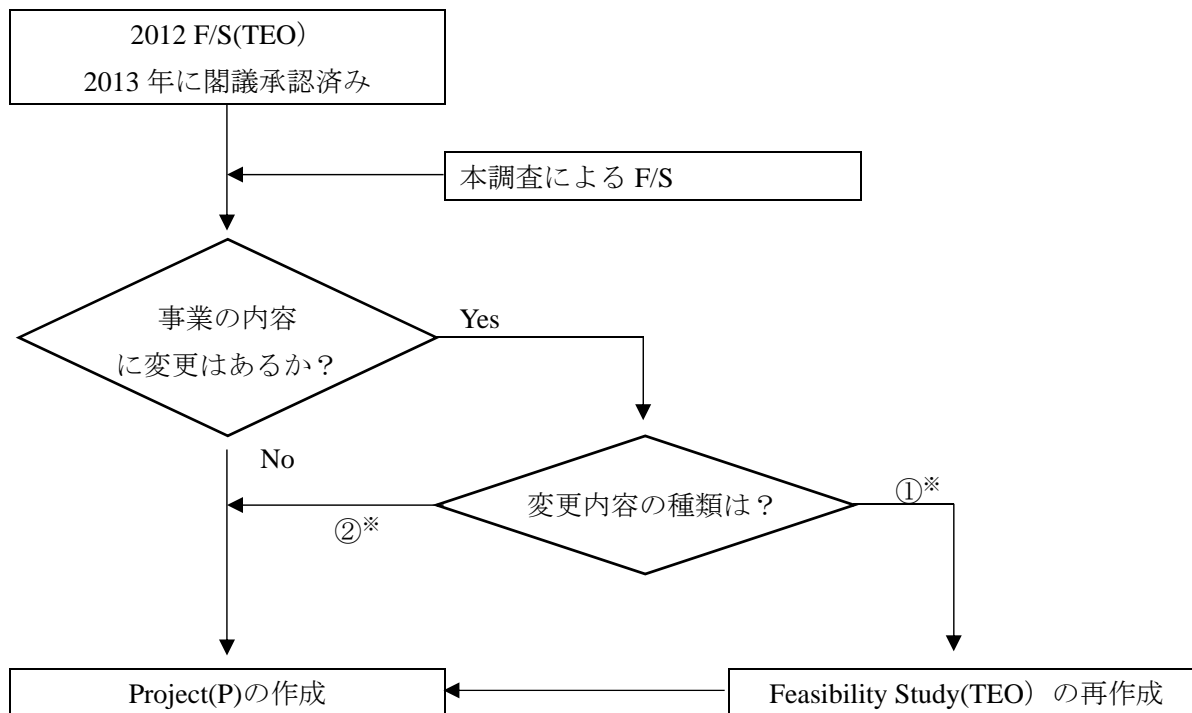
Feasibility Study(TEO)を例とした、橋梁・道路建設事業に係る閣議承認までの手順を表 3-2-1 に示す。

表 3-2-1. 橋梁・道路建設事業に係る閣議承認までの手順



本事業に関しては日本側の 2011F/S を元としてウ国側が Feasibility Study(2012F/S(TEO))を 2012 年に実施、2013 年に閣議承認されている。ウ国の関係者へのヒアリングによると、2012F/S(TEO)に係る閣議承認に有効期限は設定されていない。ただし、仮に Feasibility Study(TEO)を再作成する場合、変更した項目のみを更新するのではなく全体を再作成する必要がある。再度の閣議承認の必要性については現在確認中である。

本事業における Project(P)の書類作成・承認までの手順と 2012F/S(TEO)の変更内容との関係を以下のフローに示す。



※：「表 3-2-2. 変更内容の種類」参照

図 3-2-1. Project (P)作成までの流れ

表 3-2-2. 変更内容の種類

種類	変更内容
①	Feasibility Study(TEO) に明記されている内容で、以下の変更が生じた場合 <ul style="list-style-type: none"> ・ルートが変更になった時 ・全延長が±10%以上変更になった時 ・全橋長が±2%以上変更になった時（アプローチ橋梁と主橋梁の内訳は変更可） ・レーン数が増えたり減ったりした時 ・舗装種別を変更した時 ・インターチェンジ数が増えた時（減らすことは可） ・用地の取得範囲が増えた時（インターチェンジのタイプ変更等） ※上記は、Ukrdiprodor の Chief Engineer にヒアリングした結果であり、実際には変更の可否を判断する閾値を明文化した書面は確認されていない。
②	Feasibility Study(TEO) に明記されていない内容に変更が生じた場合 例：橋種、事業費、EIA、基準の更新

3-3 事業実施手順および書類の提出時期

通常の事業実施（工事实施）手順および必要な各書類の提出時期を下図に示す。

Project (P)においては、事業の概略設計を含む関連書類が作成され、その後、当該概略設計を踏まえた入札が行われ、当該事業の施工業者が決定される。（Feasibility Study (TEO) 及び Project (P) のプロセスを合わせて「Stage P」と称される。）その後、基本的に施工業者は、設計図書や仕様書等から成る Working Documentation（以下、「WD」という。）を作成する。WD作成から工事完了までの期間は「Stage R」と呼ばれる。WDは詳細設計に該当するが、必要とされる図面や数量は日本国内の通常の詳細設計で作成される図面や数量と大きく異なるようにも見受けられる。

一方、StageP の後、工事入札前にコンサルタントを雇用し詳細設計（WDではなく、日本国内の通常の詳細設計）を行うこともあり、この場合は、更に(1)WDをコンサルタントが作成するケースと、(2)施工業者が作成するケースに分かれる。工事入札前にコンサルタントを雇用するかどうか、またWDをコンサルタントと施工業者のどちらが作成するかは、資金援助者や事業実施機関の意向により決定することができるとされている。

なお、詳細設計がない場合でも、通常は施工監理のためのコンサルタントを雇用している。

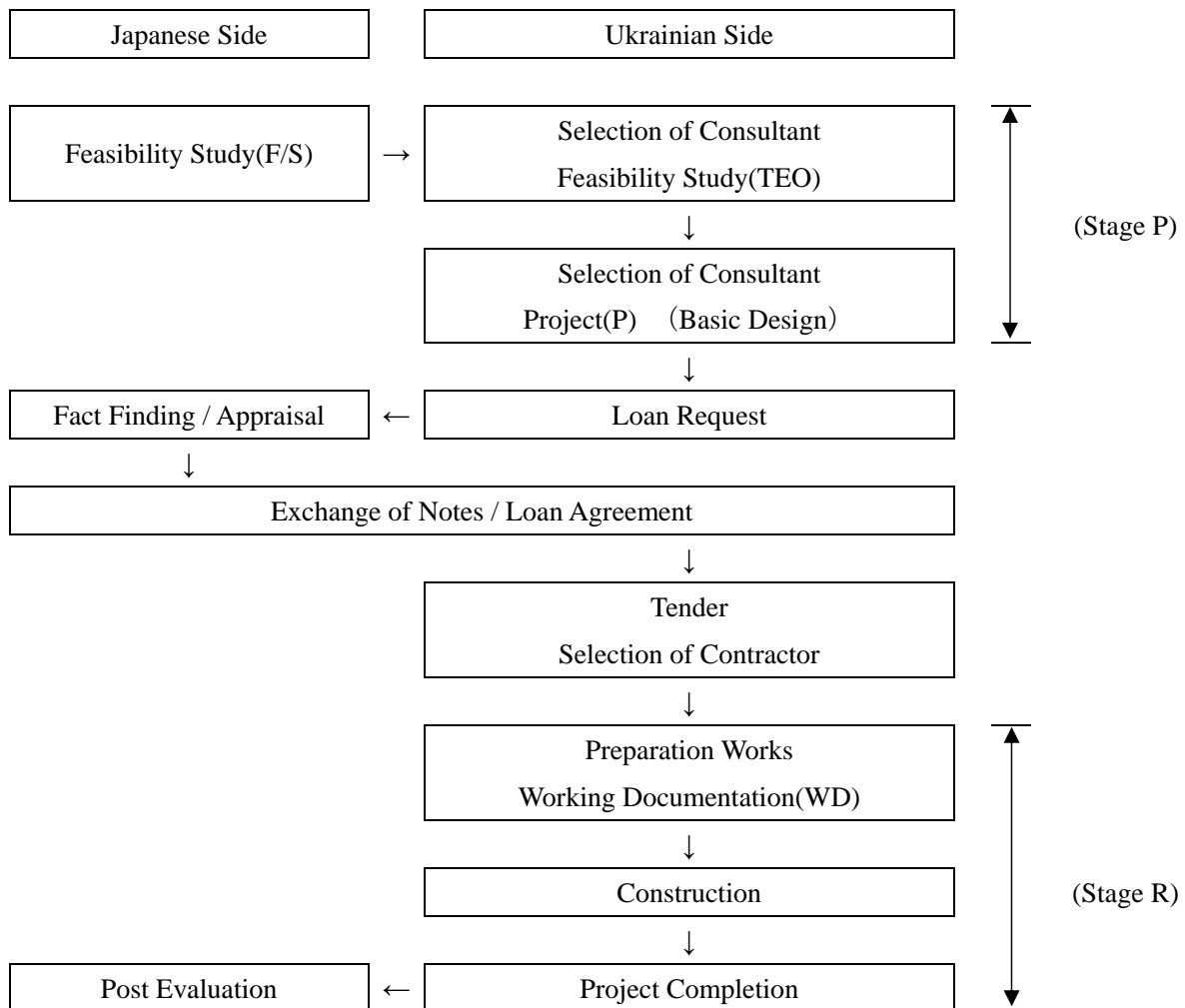


図 3-3-1. 事業実施（工事实施）手順および必要な各書類の提出時期

第4章 自然条件調査の補足

自然条件調査（気象・水文調査，測量調査，地質調査）は2011F/Sで実施済みであるが，以下を目的として補足するものとする。

図 4-1. 調査補足の目的

自然条件調査	調査補足の目的
気象・水文調査	2011F/S で入手された観測値の更新。 2011F/S で決定されている気象・水文条件の照査。
測量調査	土地利用状況の変化の確認。ルート比較用の広範囲のデータ取得。
地質調査	SPT 試験による土質定数の再確認（2011F/S は CPT のみ）。 ルート比較用の広範囲のデータ取得。

4-1 気象・水文調査

4-1-1 2011F/S 結果及び本調査の目的

2011F/S での気象調査結果を下表に示す。

表 4-1-1. 2011F/S 気象調査結果（1876-2009）

月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	年
気温(°C)													
平均最高	0.3	1.6	6.6	15.5	22.2	26.1	28.1	27.9	22.7	15.3	7.8	2.8	14.7
平均最低	-5.8	-4.6	-0.5	5.8	11.5	15.2	17.0	16.3	12.0	6.2	1.7	-2.6	6.0
平均	-3.3	-2.5	2.3	9.5	16.7	20.8	23.6	22.6	17.3	10.7	4.1	0.9	10.1
最高	14.0	18.1	24.1	29.5	35.1	36.6	40.0	40.1	34.1	32.9	23.4	15.6	40.1
最低	-29.7	-28.7	-20.8	-7.9	-1.2	4.2	9	7.5	-1.4	-13.7	-18.2	-24.6	-29.7
相対湿度 (%)													
平均	85	82	77	69	64	64	61	60	68	75	84	86	73
風速(m/s)													
最大	30	24	28	40	20	20	28	20	21	40	27	34	40
平均	4.1	4.2	4.1	3.9	3.6	3.3	3.1	3.0	3.2	3.4	3.8	4.0	3.6
風速 15m/s 以上の日数													
平均	1.9	2.2	2.1	1.7	1.2	1.4	1.1	0.6	0.6	1.2	1.5	1.8	17.3
降雨(mm)													
平均	26	27	25	27	44	51	39	36	46	32	32	31	416
日最大	28	35	41	34	71	144	75	138	90	63	40	33	144
雨量 10mm/day 以上の日数													
平均	0.5	0.7	0.7	0.6	1.2	1.3	1.5	1.1	1.2	1.0	1.1	0.7	11.6

また，2011F/S では水文調査結果として1917年～2009年のミコライウ水文・気象観測所の水位データおよび1914年～2009年のオレクサンドリフカ水文観測所の流量データが入手されている。

これらを踏まえ、本調査では橋梁等施設の計画、設計、施工および維持管理に必要な気象・水文条件を把握するために、ミコライウ地方水文・気象観測センター（Mykolaiv Regional Center of Hydrometeorology）より、新橋計画地点周辺の最新の観測値を入手、整理した。各々の観測値の入手目的、入手の有無、観測所を下表に示す。

表 4-1-2. 観測値の入手目的

種別	観測値	入手目的	入手の有無		観測所
			2011F/S	本調査	
気象	気温	コンクリートの適正な品質の検討，施工計画	○	○	①
	湿度	コンクリートの適正な品質の検討，塗装の検討	○	○	①
	降雨量	施工計画	○	○	①
	積雪深	外力の検討，施工計画	×	○	①
	凍結厚	外力の検討，施工計画	○	○	②
	風	計画水位の検討，外力の検討	○	○	①
水文	水位	計画水位の検討，外力の検討	○	○	②
	流量	外力の検討	○	○	③

※観測所：①ミコライウ航空気象観測所

Aviation Meteorological Center Mykolaiv (Hydrometeorological Station)

②ミコライウ水文・気象観測所

Mykolaiv (Sea Hydrometeorological Station)

③オレクサンドリフカ水文観測所

Oleksandrivka (Hydrological Station)

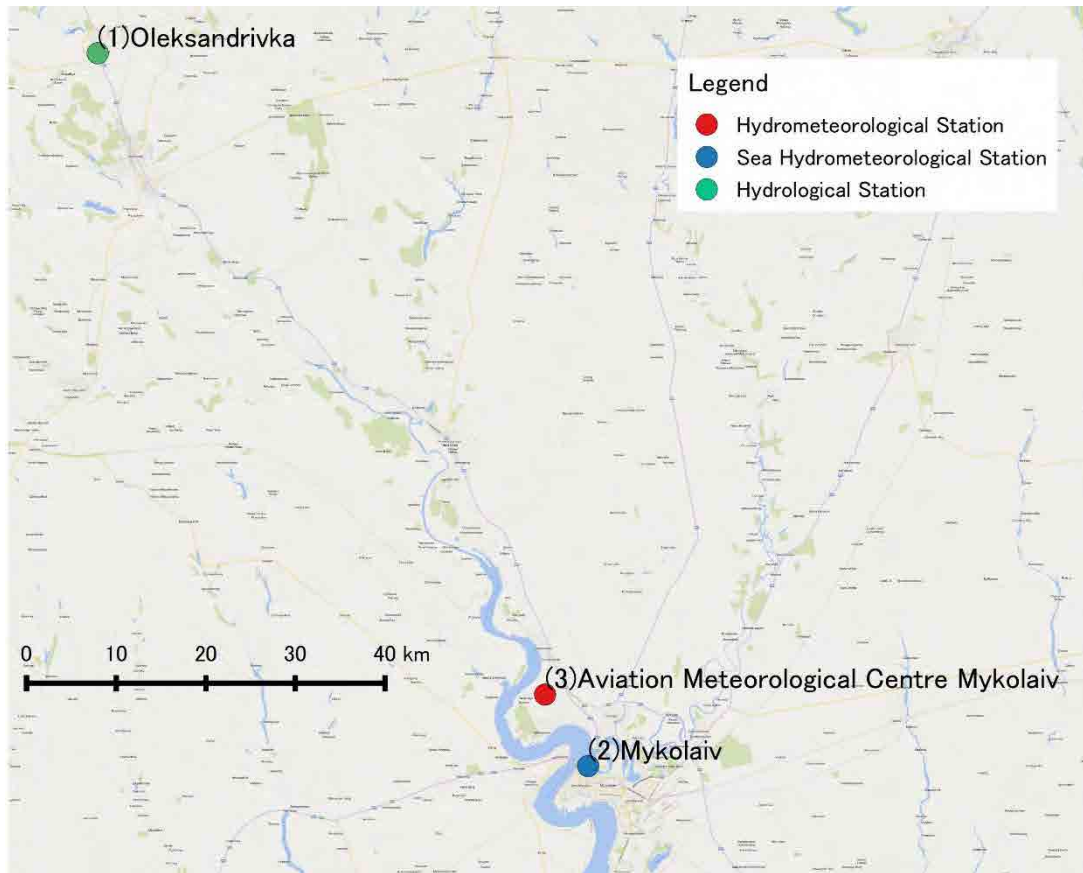


图 4-1-1. 観測所位置図

表 4-1-3. 観測所位置座標

Mykolaiv Oblast Hydrological Station Гідрологічні пости Миколаївської області				
Guage name Назва поста	Earth coordinates Географічні координати			
	latitude North	широта північ	longitude East	довгота схід
(1)Oleksandrivka (1)Олександрівка		47.686		31.270

Sea Hydrometeorological Station in Mykolaiv Oblast Морські гідрометеорологічні пости Миколаївської області				
Guage name Назва поста	Earth coordinates Географічні координати			
	latitude North	широта північ	longitude East	довгота схід
(2)Mykolaiv (2)Миколаїв		46.983		31.983

Hydrometeorological station in Mykolaiv Oblast Гідрометеорологічні станції Миколаївської області				
Guage name Назва станції	Earth coordinates Географічні координати			
	latitude North	широта північ	longitude East	довгота схід
(3)Aviation Meteorological Centre Mykolaiv (Aviation Meteorological Civil Station, category II) (3)АМСЦ Миколаїв (авіаційна метеорологічна станція цивільна II розряду)		47.054		31.921

4-1-2 気象調査

気象観測データの観測期間および観測所を下表に示す。

表 4-1-4. 気象観測データ一覧表

観測値	データ種別	観測期間	観測所※
気温	日平均気温	2008～2017	①
	日最高気温		
	日最低気温		
湿度	日平均相対湿度	2008～2017	①
降雨量	日雨量	2008～2017	①
積雪深	年最大積雪深	1966～2017	①
凍結厚	年最大凍結厚	1956～2017	②
風	月平均風速・風向	2011～2017	①
	月別既往最大瞬間風速	1927年観測開始	①

※観測所：①ミコライウ航空気象観測所

Aviation Meteorological Centre Mykolaiv (Hydrometeorological station)

②ミコライウ水文・気象観測所

Mykolaiv (Sea Hydrometeorological Station)

1) 気温

ミコライウ航空気象観測所で観測された過去10年間(2008~2017)の平均最高、平均気温、平均最低気温を月別に整理し、下表および下図に示す。最高、最低気温ともに年間の変動が大きく差は30℃程度である。

表 4-1-5. 月別平均最高、平均、平均最低気温

単位 :℃

月	平均気温		平均最高気温		平均最低気温	
	値	標準偏差	値	標準偏差	値	標準偏差
1	-2.7	1.4	9.0	2.0	-18.5	3.1
2	-0.6	3.2	12.4	2.8	-12.5	5.6
3	4.8	1.8	18.1	2.1	-6.4	3.5
4	11.0	1.1	25.9	2.9	-0.5	2.2
5	17.4	1.8	29.9	1.9	5.7	2.5
6	21.8	0.8	34.1	1.9	10.7	1.5
7	24.1	1.1	36.1	1.5	13.4	1.4
8	24.0	1.1	37.3	2.1	11.3	1.2
9	18.1	1.6	31.8	2.6	5.6	1.7
10	10.3	1.9	23.9	2.6	-1.4	2.4
11	5.8	2.3	17.3	2.3	-5.2	2.6
12	0.9	2.0	13.6	1.7	-13.1	5.1

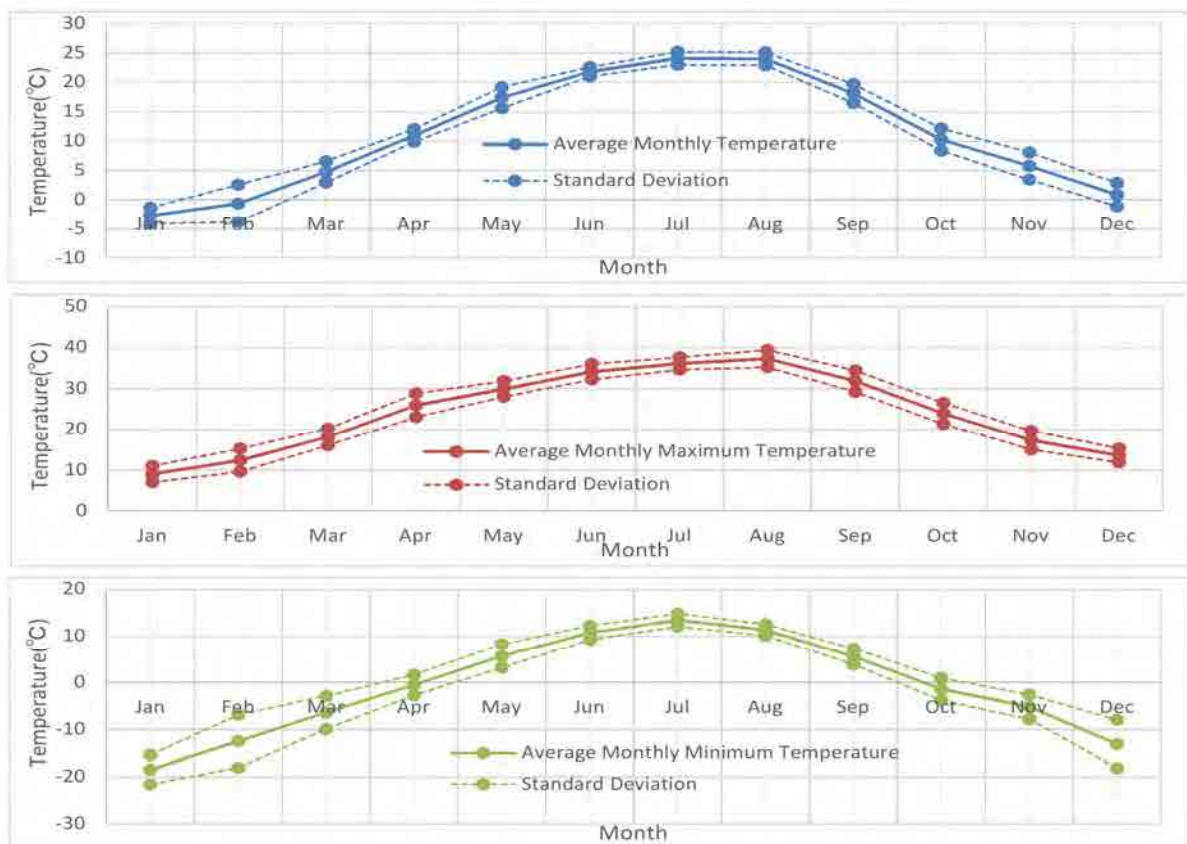


図 4-1-2. 月別平均最高、平均、平均最低気温

整理した期間中の最高、最低気温は以下のとおりである。

最高気温： 39.7℃ (2017年8月)

最低気温： -24.5℃ (2010年1月)

2) 湿度

ミコライウ航空気象観測所で観測された過去10年間(2008～2017)の平均相対湿度を月別に整理し、下表および下図に示す。年間の変動が大きく差は35%程度である。

表 4-1-6. 月別平均相対湿度

単位：%

月	平均相対湿度	
	値	標準偏差
1	86.5	3.6
2	82.2	3.1
3	72.8	3.3
4	65.2	6.6
5	66.0	5.2
6	62.6	4.3
7	59.3	5.6
8	51.3	2.9
9	61.1	6.1
10	74.7	5.9
11	82.8	4.1
12	86.0	2.9

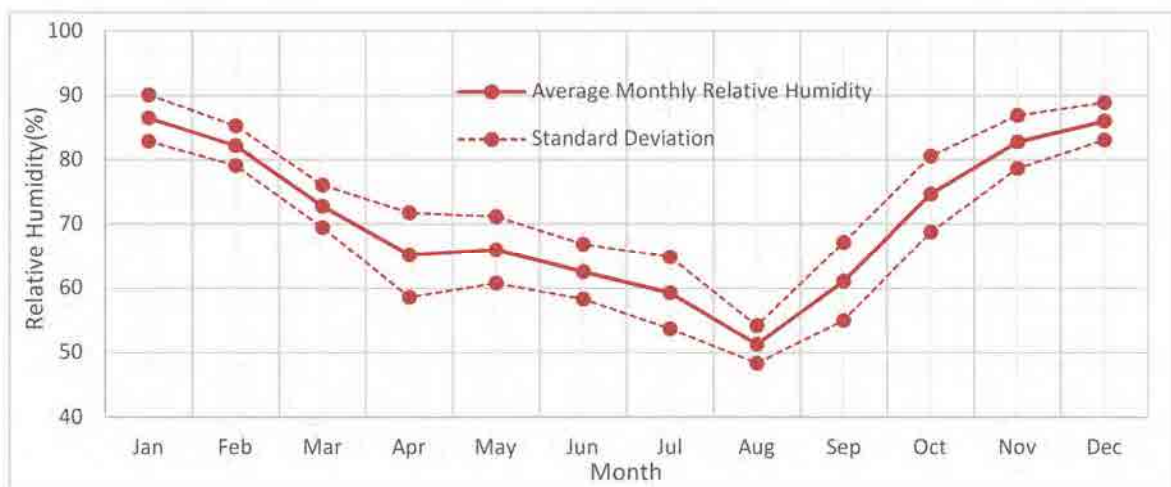


図 4-1-3. 月別平均相対湿度

3) 降雨量

ミコライウ航空気象観測所で観測された過去10年間(2008～2017)の雨量を月別および年別に整理し、下表および下図に示す。ミコライウ市が位置する南東部は乾燥したステップ気候であり、平均年雨量は413mm程度(標準偏差:111mm)と、世界平均に比べ少ない。ウ国においては、クリミア半島南岸を除くほぼ各地で夏が雨期となるとされるが、過去の記録を参照する限りにおいては、月ごとの雨量に大きな差があるとは言えないものの、5～7月に雨が多いことが分かる。ただし、黒海・アゾフ海沿岸地方では、夏期にヴォルガ下流地方のステップ地帯から熱風が吹き寄せ、早魃の原因となることがある。整理した期間中の最大日雨量は42.7mmで2008年9月に発生している。

表 4-1-7. 月別平均降雨量

単位 : mm

月	平均降雨量	
	値	標準偏差
1	38.5	21.1
2	26.8	17.5
3	23.6	16.5
4	28.8	19.9
5	50.8	26.7
6	49.2	26.0
7	47.9	36.2
8	15.7	12.2
9	34.6	33.0
10	39.8	23.4
11	23.7	15.0
12	34.0	20.9

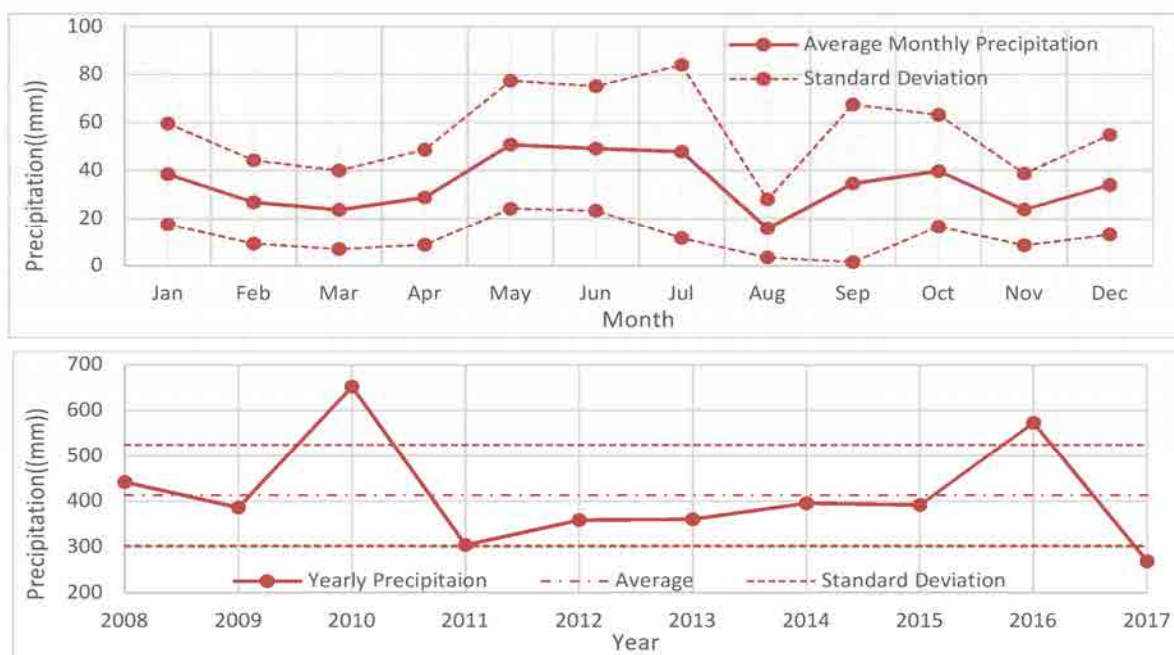


図 4-1-4. 月別および年別降雨量

また、過去 10 年間に於ける月別の降雨日数（10mm 以上）の平均値を下表に示す。

表 4-1-8. 月別の降雨日数(10mm 以上)

月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	年間
日雨量 10mm 以上の日数	0.5	0.7	0.7	0.6	1.2	1.3	1.5	1.1	1.2	1.0	1.1	0.7	11.6

4) 積雪深

ミコライウ航空気象観測所で観測された過去 52 年間(1966～2017)の最大積雪深を年別に整理し、下図に示す。平均年最大積雪深は 12cm（標準偏差：8cm）である。

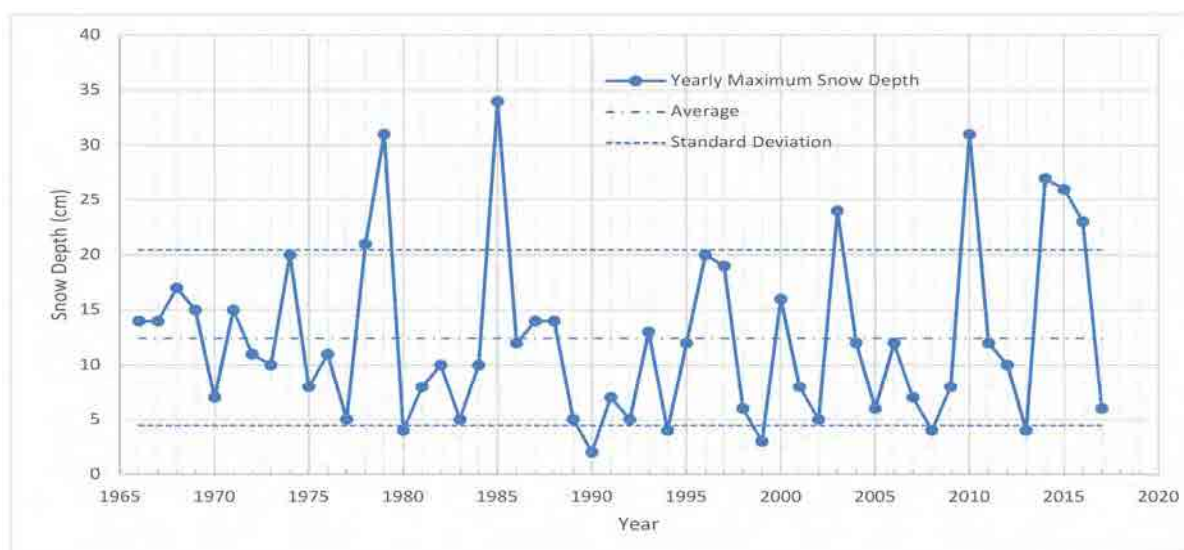


図 4-1-5. 年別最高積雪深

5) 凍結厚

ミコライウ水文・気象観測所で観測された過去 62 年間(1956～2017)の南ブグ川の最大凍結厚を年別に整理し、下図に示す。平均年最大凍結厚は 12cm（標準偏差：10cm）、最大凍結厚は 54cm である。

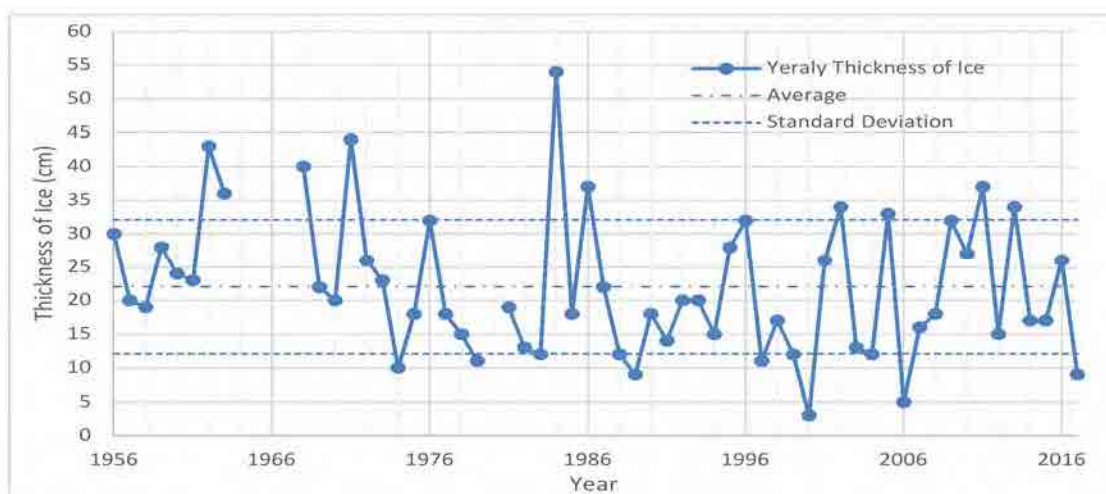


図 4-1-6. 年別最大凍結厚

6) 風向・風速

ミコライウ航空気象観測所で観測された過去7年間(2011～2017)平均の風向・風速分布を整理し、下図に示す。観測地点の高さは地上10mである。風向は北からの風が卓越している。風速は7m/s以下が全体の90%以上を占める。

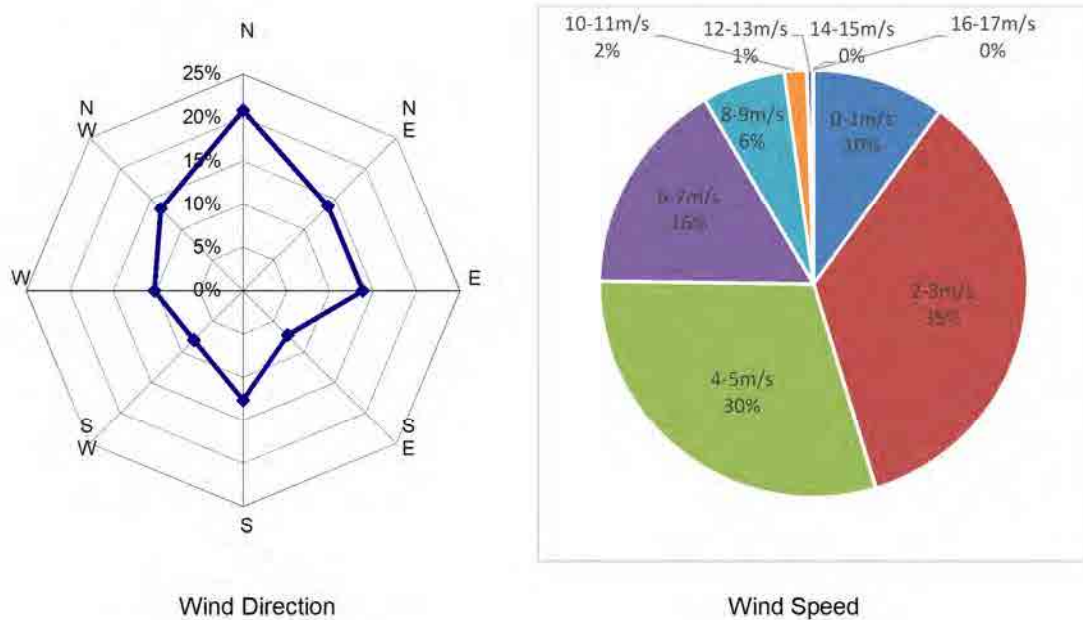


図 4-1-7. 風向・風速頻度分布 (2011 年～2017 年平均)

また、月別の既往最大瞬間風速を下表に示す。ミコライウ地方水文・気象観測センター (Mykolaiv Regional Center of Hydrometeorology) へのヒアリングによると、強風の風向は北西であり、既往最大瞬間風速は風速 40m/s で風向 290° (右回り) である。

表 4-1-9. 月別最大瞬間風速

maximum Instantaneous Wind Speed										Location: Mykolaiv			Unit: m/s	
Month	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
Wind Speed	30	26	30	>40	27	22	32	25	21	21	40	27	34	
Year	1969	2010	2007	1960	2007	2007	2010	2017	1985	2014	1969	1981	1940	
Date	6	11	23	7	24	16	1	6	7	24	28	3	13	

4-1-3 水文調査

水文観測データの観測期間および観測所を下表に示す。

表 4-1-10. 水文観測データ一覧表

調査項目	データ種別	観測期間	観測所※
水位	年最高水位,年最低水位	1917~2017 (欠測あり)	②
	時刻水位	2000~2017	②
流量	年最大流量,年最小流量	1914~2017 (欠測あり)	①

※観測所：①Oleksandrivka (Hydrological Station)

②Mykolaiv (Sea Hydrometeorological Station)

1) 水位

ミコライウ水文・気象観測所で観測された過去 101 年間(1917~2017)の年最高水位, 年最低水位を整理し, 下図に示す。

主要な値を以下に示す。

平均年最高水位：BS[※]+0.417m (標準偏差：0.16m)

平均年最低水位：BS[※]-0.924m (標準偏差：0.19m)

既往最高水位：BS[※]+0.900m

既往最低水位：BS[※]-1.470m

※：Baltic System の略でバルト海の平均海面高を意味する。

観測データの特性の検討結果は添付資料 6 に示す。

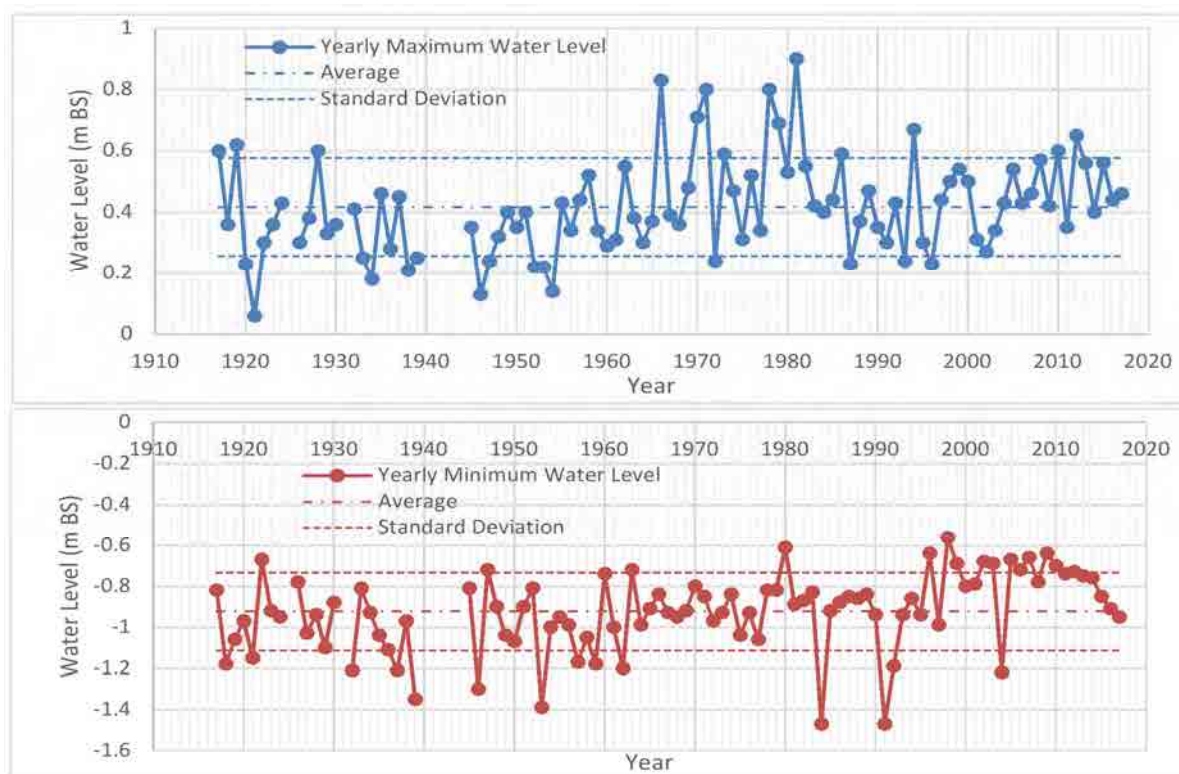


図 4-1-8. 年別最高および最低水位

ミコライウ水文・気象観測所は感潮区間内に位置するため年最高水位は、上流からの流量と下流（黒海）の水位の影響を受ける。

図 4-1-8 より、1965 年以降の平均年最高水位は、それ以前に比べて平均 13cm 程度高い傾向にあることがわかる。

水位変化には多くの要因があり、それらは相互に作用しているため、各要因の影響度を定量的に示すことは困難であるが、主な要因としては以下が挙げられる。

(1) 人工的要因

主な人工的要因としてババロフスキー橋（1957 年に建設開始、1964 年に完成）による影響が考えられる。同橋は、川幅約 1,300m の内の約半分が盛土とされているため、その直上流に位置するミコライウ水文・気象観測所 Mykolaiv（Sea Hydrometeorological Station）の水位にも影響を及ぼしている可能性がある。

他の人工的要因としては、現在の南ブグ川の流量が、ミコライウ水文・気象観測所から直線距離で約 90km 上流のオレクサンドリフカに位置する水力発電所（Oleksandrivskaya HES）によって調節されていることが挙げられる。

(2) 自然要因

“Tide in the Black Sea: Observation and Numerical Modeling(May 2018, Pure and Applied Geophysics)”によると、水位変動の最大範囲はクリミア半島近くの 1.1cm からミコライウを含むドニプロ-ブグ河口の 19cm まで変化しており、主たる要因は浅水効果、河口位置、強風の複合的な影響による気象日周潮の増幅および潮汐である。

また、低気圧の通過に伴い黒海に発生する高潮の影響も大きく、既往年最高水位の主たる発生要因であったと考えられる。

2) 流量

Oleksandrivka (Hydrological Station)で観測された過去 104 年間(1914~2017)の年最大流量, 年最小流量を整理し, 下図に示す。

主要な値を以下に示す。

平均年最大流量 : 720m³/s (標準偏差 : 816m³/s)

平均年最小流量 : 19m³/s (標準偏差 : 12m³/s)

既往最大流量 : 5,320m³/s

既往最低流量 : 2.6m³/s

観測データの特性の検討結果は添付資料 6 に示す。

年平均流量は Oleksandrivka (Hydrological Station)で 91m³/s 程度, 架橋位置周辺で 102m³/s 程度である (出典 : River Basin Management Plan for Pivdenny Bug, river basin analysis and measures, Kyiv 2014)。観測所の直上流にダムタイプの水力発電所 (Oleksandrivskaya HES) が位置しており, South Ukrainian Energy Complex の HP によると洪水調整機能を有していることが確認出来るが, 調整量を含めた詳細は明らかにされていない。

なお, 当該水力発電所については, 1927 年に最初に建設され, その後 1944 年にドイツによって破壊されたが 1956 年に修復されている。その後 1984 年になって, その直上流に新たな水力発電所の建設が開始され, 1999 年に完成している。

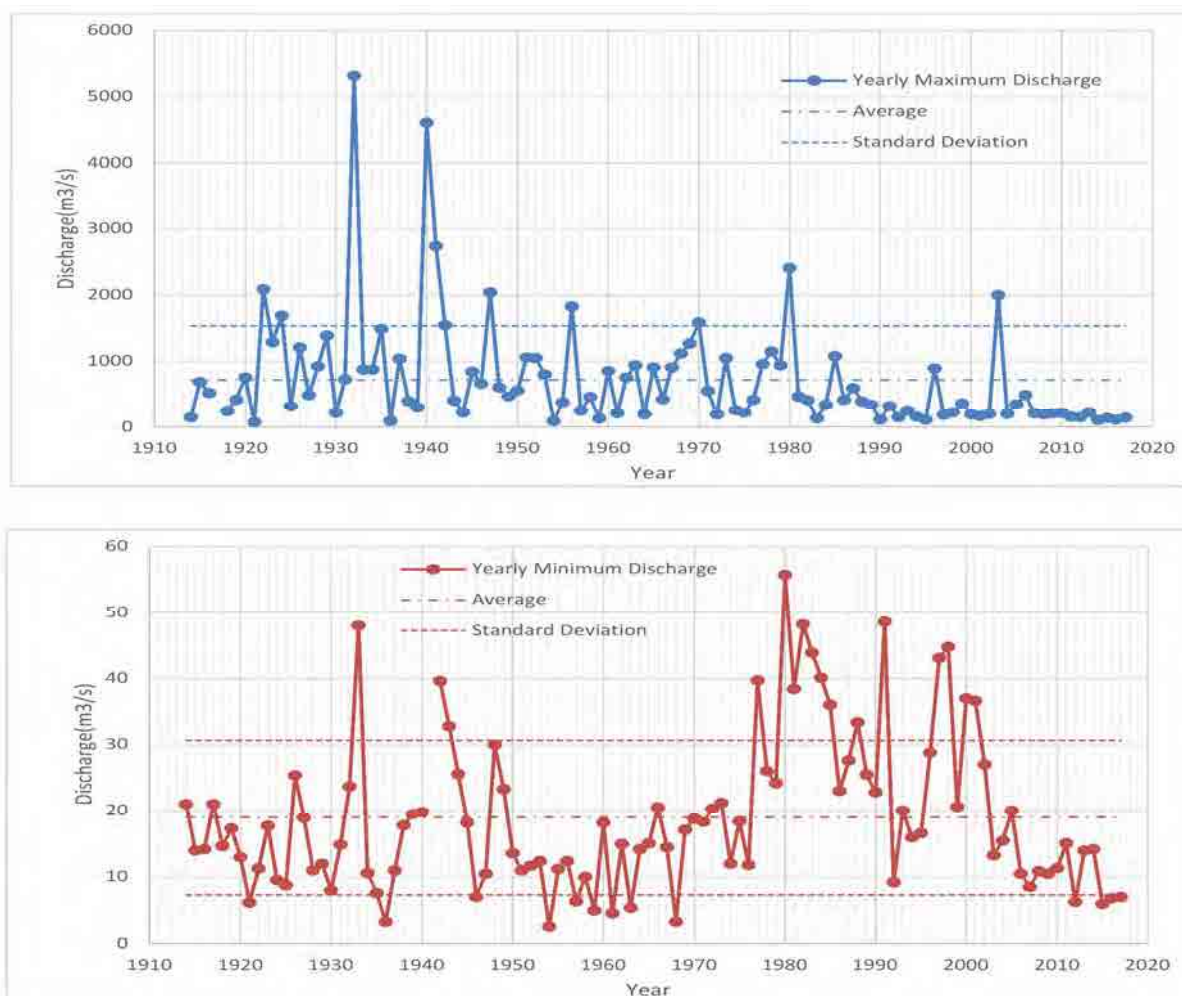


図 4-1-9. 年最大流量および年最小流量

4-1-4 気候変動

1) 降雨量の変化

本事業対象地であるミコライウ州 (South region)の降雨量は下表に示すように年合計 3mm 増加, 月最高 8mm 増加(1 月)すると予測されている。

表 4-1-11. 気候変動による降雨量の変化量

Projection of monthly and annual values of rainfall, their changes and confidence intervals (mm) in the 2081-2100 for ensemble of RCM 4 by region.

Period /Region	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Year	
North	value	52	42	55	50	58	63	71	43	65	52	55	50	655
	change	16	6	18	8	3	-4	-1	-11	8	6	8	13	69
	conf.int.	13	5	16	9	15	17	24	18	12	16	17	10	162
West	value	47	42	55	52	71	77	105	66	71	53	51	55	745
	change	15	7	18	10	5	3	11	-2	6	8	10	16	106
	conf.int.	13	7	15	14	12	18	29	13	22	15	13	12	164
Center	value	43	33	46	43	43	62	51	31	59	43	45	44	544
	change	11	2	9	8	-2	-1	-10	-16	6	5	4	9	23
	conf.int.	13	4	14	10	10	17	17	15	14	10	14	13	139
East	value	50	42	43	40	44	59	33	21	59	47	52	58	549
	change	12	3	3	7	-2	7	-15	-11	10	7	11	12	45
	conf.int.	11	8	22	12	11	16	16	9	15	11	8	17	137
South	value	37	30	33	34	34	42	29	21	44	33	42	43	421
	change	8	0	0	5	-1	-2	-8	-14	4	2	1	7	3
	conf.int.	14	6	8	10	8	14	10	7	9	8	15	18	111
Ukraine	value	46	38	47	44	50	61	60	38	60	46	49	50	586
	change	12	4	10	8	1	0	-4	-11	6	5	7	11	49
	conf.int.	13	6	15	11	11	16	20	12	15	12	14	14	143

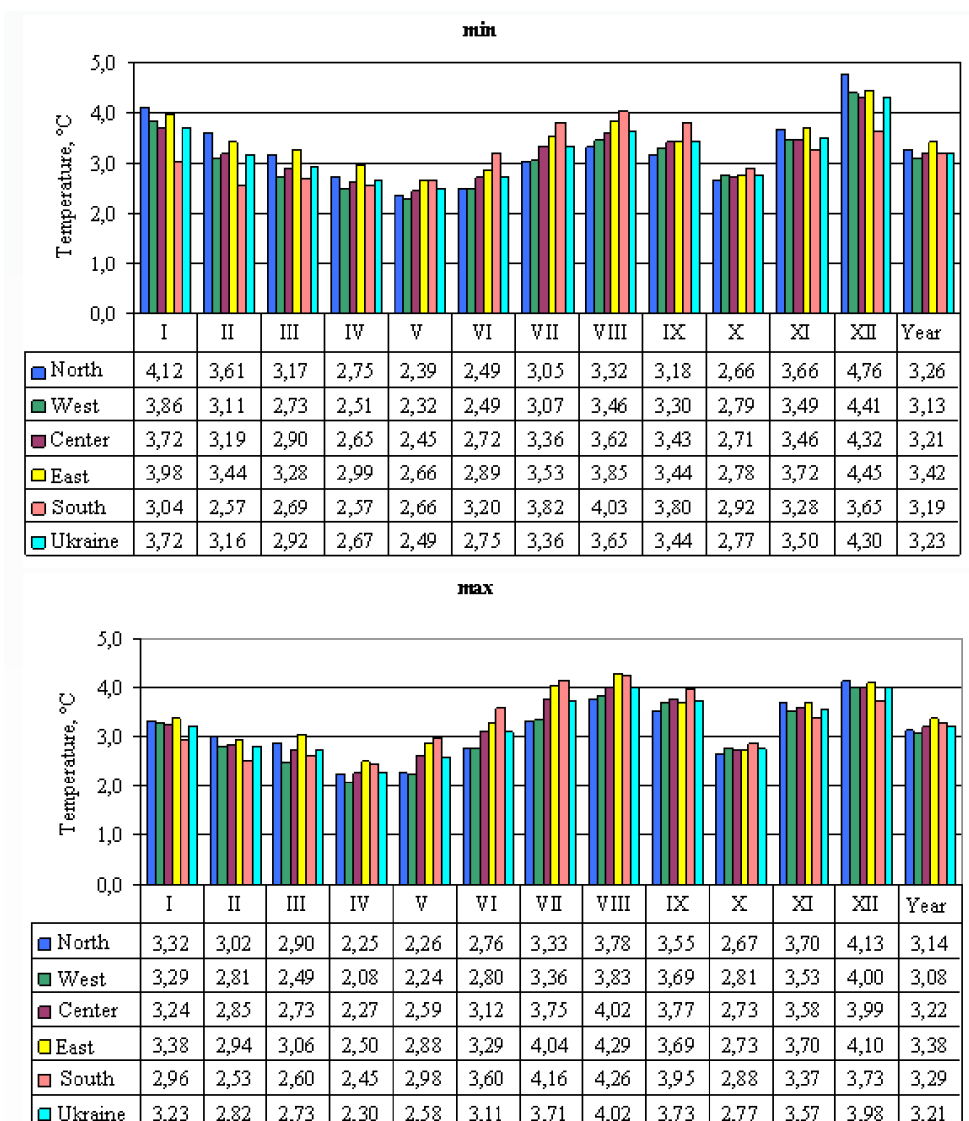
出典 : National Communication of Ukraine on Climate Change (2013)



図 4-1-10. Defenition of the Region

2) 気温の変化

本事業対象地であるミコライウ州 (South region)の最高・最低気温は、下図に示すように最高気温は3.2°C上昇、最低気温は3.3°C上昇すると予測されている。



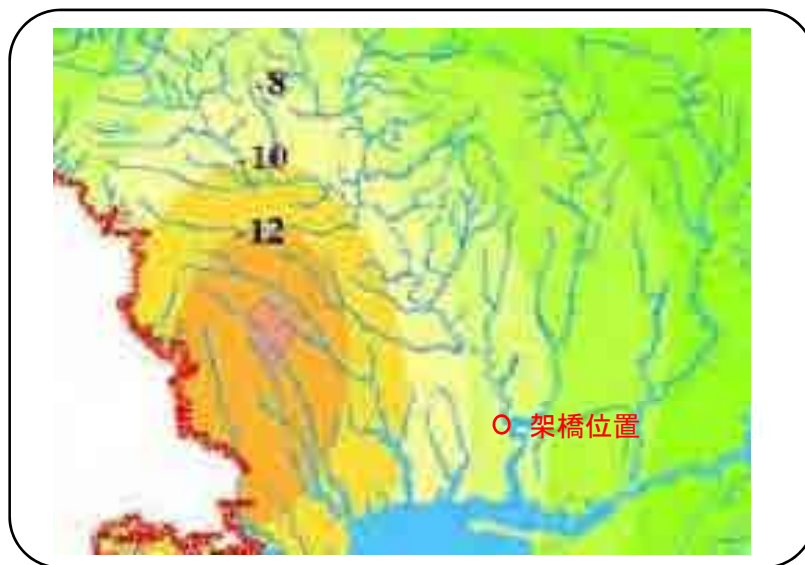
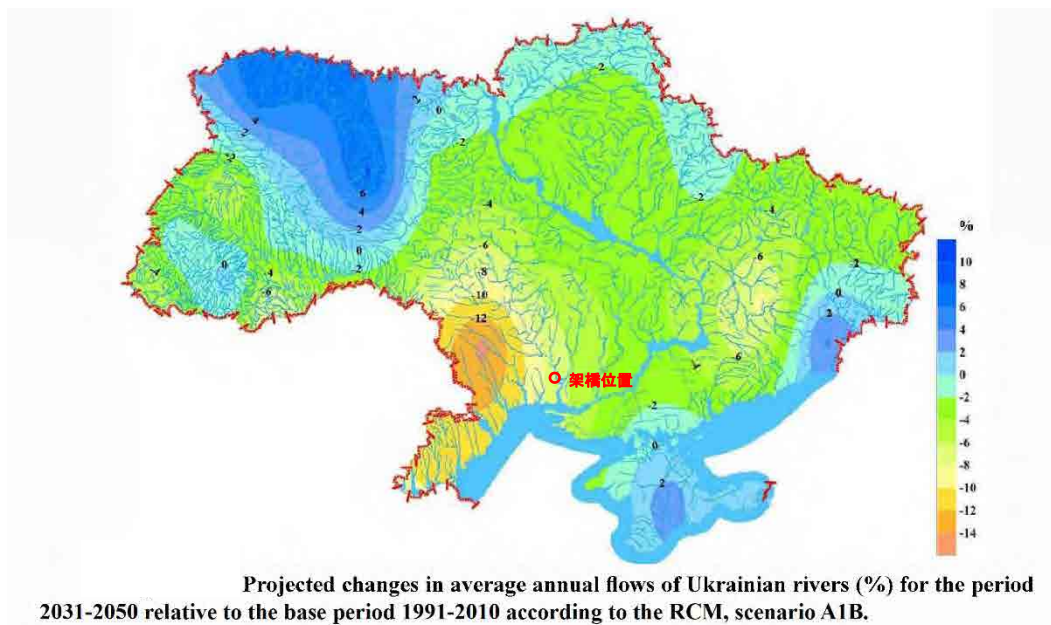
Changes in the average minimum and maximum air temperatures in 2081-2100 relative to 1991-2010.

出典：National Communication of Ukraine on Climate Change (2013)

図 4-1-11. 気候変動による最高・最低気温の変化量

3) 流量の変化

2081-2100年の架橋位置周辺における南ブグ川の年平均流量は、1991-2010年に比べて約6~8%減少すると予測されている。



※RCM : Regional Climate Models

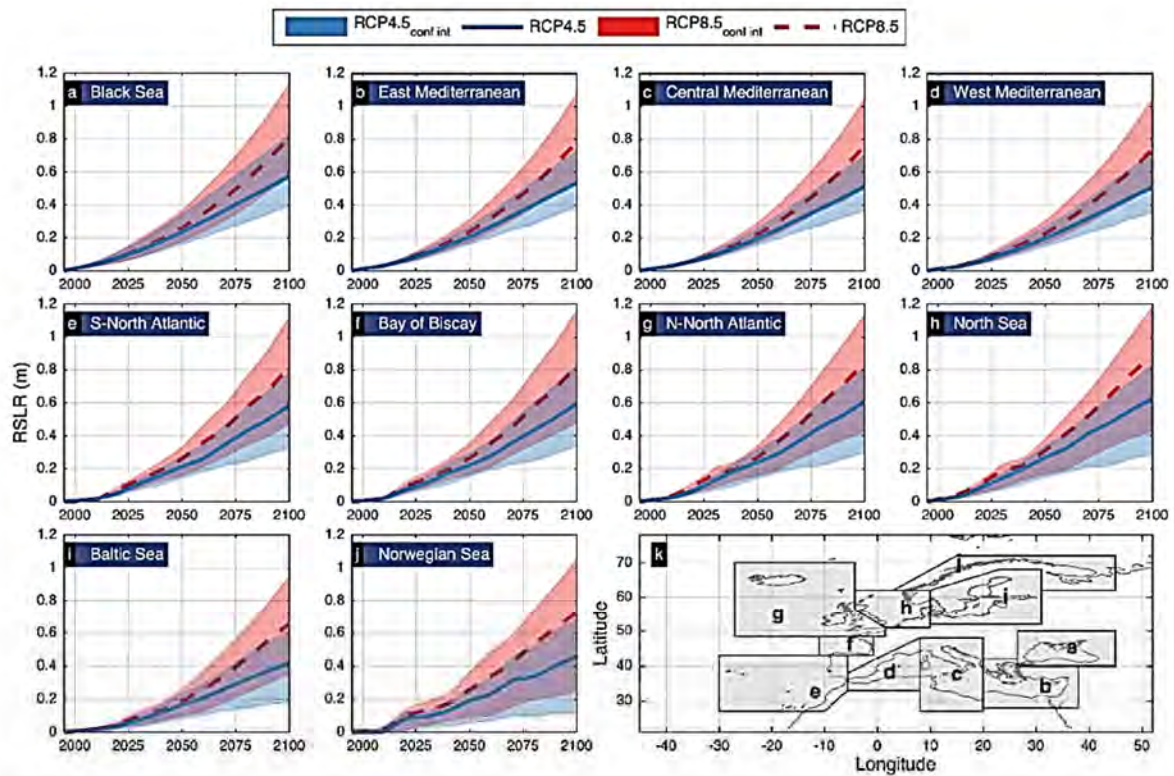
Scenario A1B : Moderate Scenario of Society Development

出典 : National Communication of Ukraine on Climate Change (2013)

図 4-1-12. 気候変動による年平均流量の変化率

4) 海面の変化

地球温暖化による海面上昇への影響を分析した Extreme sea levels on the rise along Europe's coasts (Michalis I. Voudoukas, Lorenzo Mentaschi, Evangelos Voukouvalas, Martin Verlaan and Luc Feyen, AGU Publications, 2017) によると、黒海の海面は2100年までに0.8m（海面上昇における Worst Case の中間値、最大では1.1m程度）の上昇が予測されている。



Time evolution of relative sea level rise (RSLR) under Representative Concentration Pathway (RCP4.5 and RCP8.5). Lines express the ensemble mean and colored patches the inter-model range (defined by the best and worst case scenario). Europe is divided in 10 geographical regions (see k) in order to better reflect the spatial variations of RSLR where the values shown in (a-j) are averages for each region.

出典：Extreme sea levels on the rise along Europe's coasts AGU Publication (2017年)

図 4-1-13. 気候変動による海面上昇量

5) 結論

以下に示す理由により、気候変動の影響として計画流量の増加はないと考えられるが、海面変化予測を踏まえると、水位は2100年までに0.8m上昇する可能性がある。

<気候変動に対する考察>

- ・図 4-1-11 より最高気温、最低気温はともに上昇することが予測されている。一方、表 4-1-12 に示すように南ブグ川の年最大流量は2~4月に多く観測されており、その理由は雪解けであると推察されるため、将来的には降雪量が減少することに伴い流量も減少することが予想される。

表 4-1-12. 月別年最大流量発生回数(1914~2017)

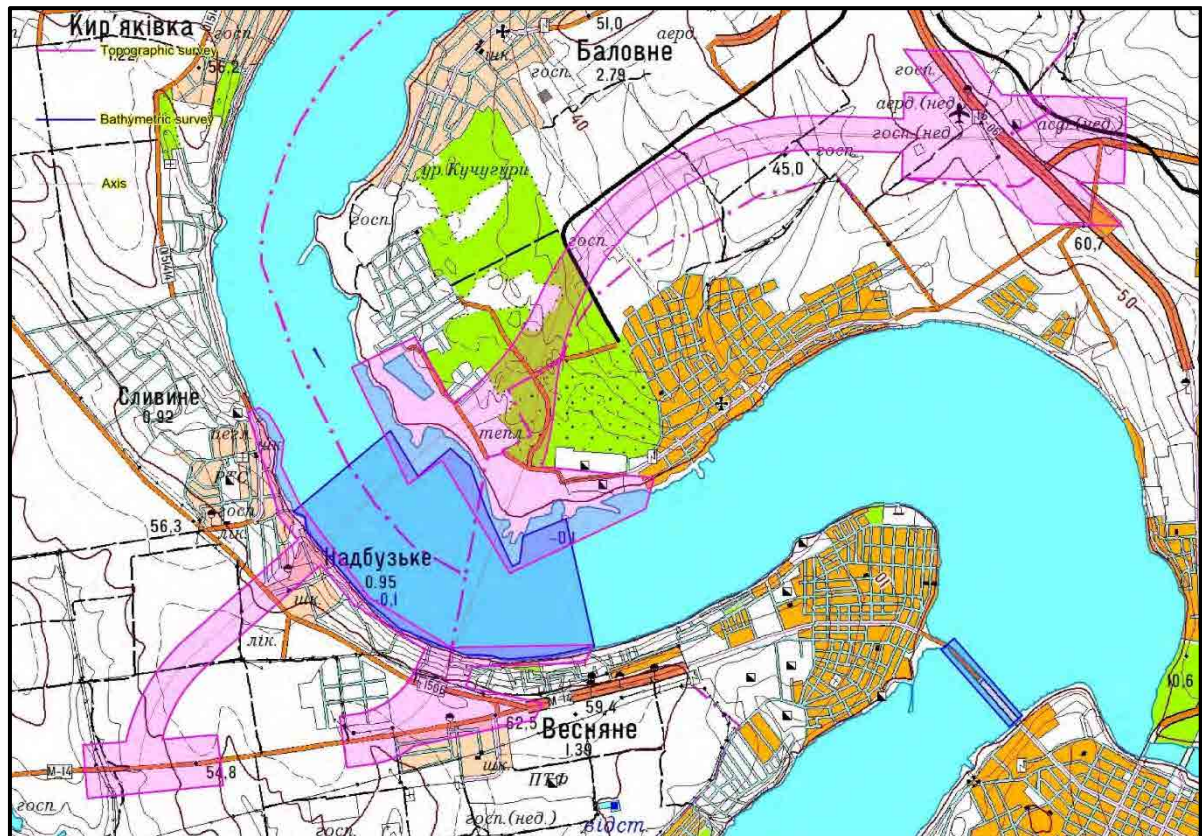
月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
回数	4	14	46	20	3	3	6	2	1	2	1	1

- ・表 4-1-11 より降雨量の変化量は年合計で3mmと小さく、月別にみても8mmしか増加しないこと、また図 4-1-12 より年平均流量が6~8%減少することから、最大流量は大きく変化しないと予想される。
- ・架橋位置は感潮区間であるため、海面上昇の影響を受けている。

4-2 測量調査

4-2-1 地形調査の概要

本調査における地形調査は、2018年7月から同年10月末に亘って実施された。同調査内容は地形測量と深浅測量で構成されており、調査範囲を図4-2-1に示す。地形調査結果は地形図の三次元データで表示する。これらの調査結果は道路及び橋梁設計に活用する。



出典: JICA 調査団



-  : 地形測量範囲 15km²
-  : 深浅測量範囲 5.5km²

図 4-2-1. 測量対象地域

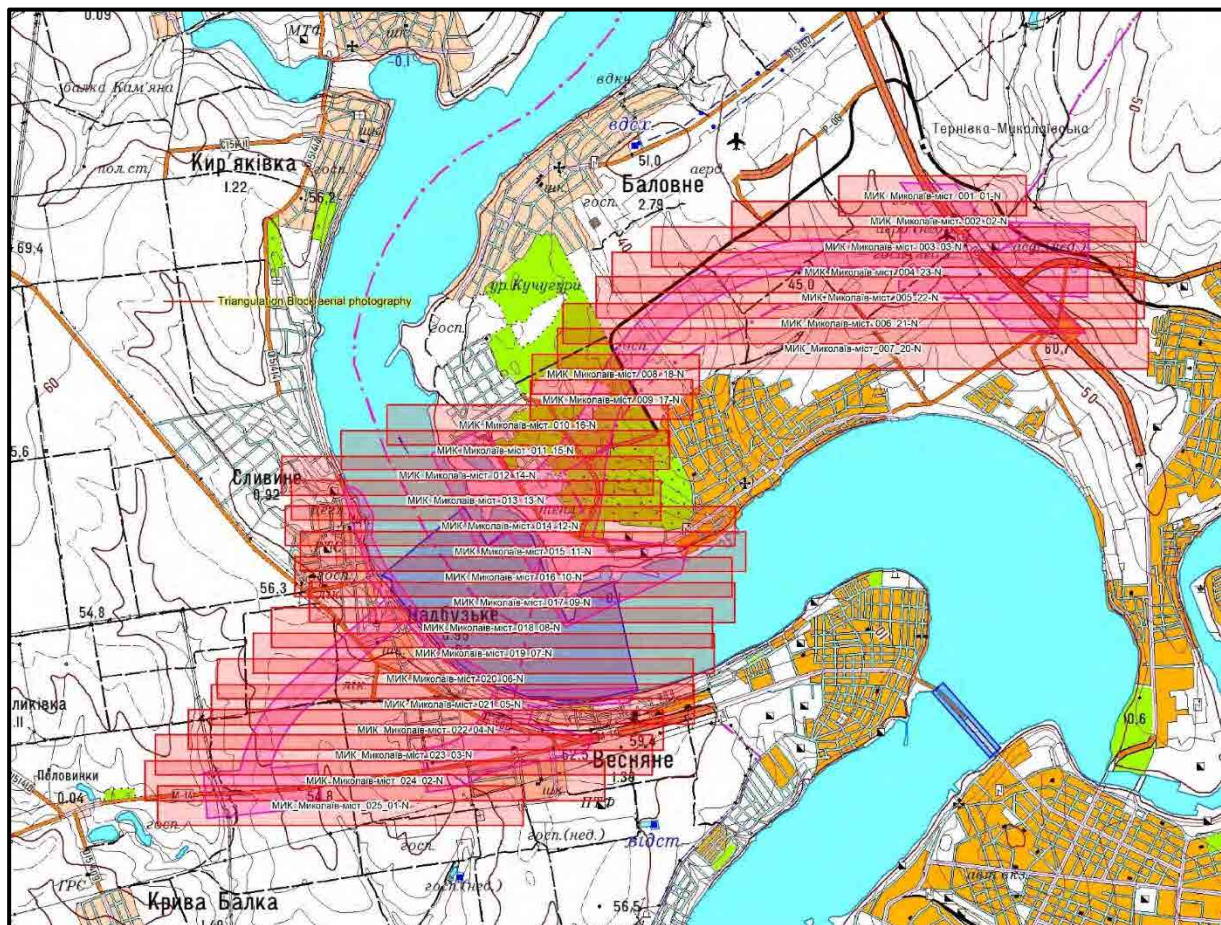
4-2-2 地形測量

地形図を作成するために、認定写真測量飛行機 AN-2 (V-Avia 社 航空機番号 40437) を使用してデジタル空撮を行った。また、本調査で実施したデジタル空中画像の範囲を図 4-2-2 に示す(空撮を行った範囲は赤枠によって囲まれる部分)。

なお、地形図の最終成果仕様は以下のとおりである。

- (1) 航空測量面積：27.77km²
- (2) 図化面積： 15 km²
- (3) 縮尺： 1/1,000
- (4) 等高線： 0.5m
- (5) 座標系： 緯度・経度, WGS 84/UTM zone 36N
- (6) 基準面： the Baltic Sea Level Datum of 1977 (Baltic elevation system)

地形測量における基準点は、調査範囲に設置されるミコライウ州及びミコライウ市の測地網を用いた。地形測量に用いた測地網を表 4-2-1 及び図 4-2-3 に示す。



出典: JICA 調査団

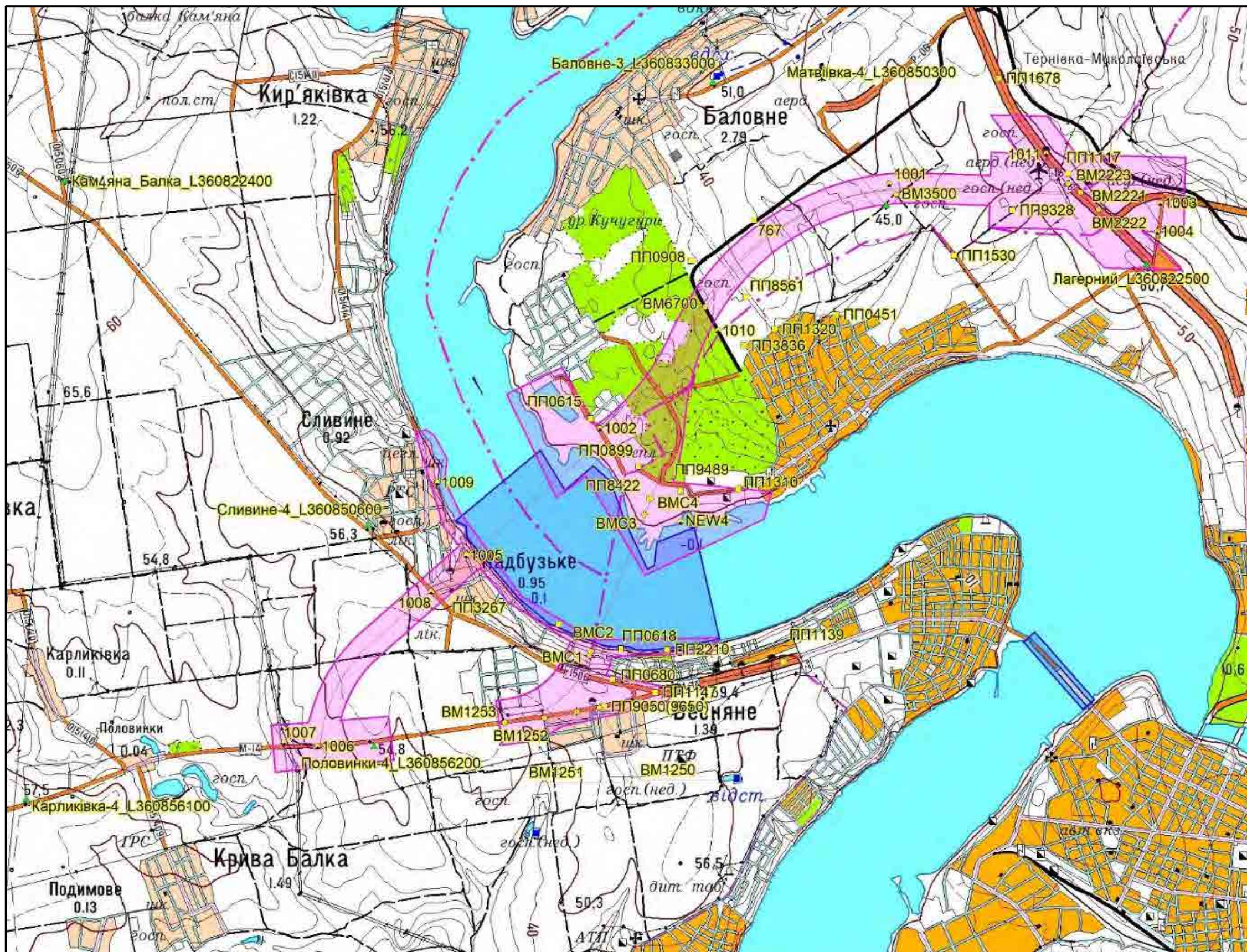
図 4-2-2. 空撮画像の位置

表 4-2-1. 測地網地点の座標及び標高の位置 (地形測量)

No.	地点 No.	緯度	経度	E*	N*	H(m)
1	ПП0451	47°01'44"	31°55'27"	418253.581	5208936.023	19.000
2	ПП0615	47°00'57"	31°52'53"	414982.444	5207530.771	6.175
3	ПП0680	46°59'05"	31°53'09"	415271.057	5204068.735	54.977
4	ПП0899	47°00'37"	31°53'24"	415628.157	5206904.097	3.932
5	ПП0908	47°02'06"	31°53'55"	416321.330	5209642.122	35.532
6	ПП1117	47°02'46"	31°57'53"	421360.450	5210808.313	56.450
7	ПП1139	46°59'14"	31°54'57"	417556.290	5204314.542	52.318
8	ПП1147	46°59'00"	31°53'36"	415839.224	5203906.312	58.167
9	ПП1310	47°00'28"	31°54'27"	416954.457	5206607.580	5.918
10	ПП1320	47°01'37"	31°54'48"	417427.425	5208731.313	33.128
11	ПП1530	47°02'10"	31°56'41"	419826.285	5209717.341	46.238
12	ПП1678	47°03'27"	31°57'08"	420427.902	5212086.550	53.169
13	ПП2210	46°59'18"	31°53'43"	415994.930	5204459.849	0.509
14	ПП3267	46°59'28"	31°52'34"	414541.903	5204789.258	1.347
15	ПП3836	47°01'30"	31°54'29"	417023.373	5208520.816	36.431
16	ПП8422	47°00'23"	31°53'30"	415748.725	5206470.149	2.441
17	ПП8561	47°01'51"	31°54'30"	417053.518	5209168.753	38.211
18	ПП9050 (9650)	46°58'53"	31°53'04"	415160.163	5203699.823	58.267
19	ПП9328	47°02'30"	31°57'18"	420615.364	5210324.234	50.914
20	ПП9489	47°00'26"	31°53'50"	416172.337	5206556.792	4.717
21	ПП0618	46°59'18"	31°53'14"	415382.376	5204468.517	1.118
22	767	47°02'24"	31°54'34"	417152.132	5210186.229	40.347
23	BM2221	47°02'38"	31°58'01"	421525.989	5210559.136	56.236
24	BM2222	47°02'31"	31°58'12"	421755.254	5210339.999	52.919
25	BM2223	47°02'42"	31°57'53"	421358.817	5210684.840	57.90
26	BM3500	47°02'36"	31°56'04"	419056.371	5210530.493	(45.398)
27	BM6700	47°01'46"	31°54'04"	416502.602	5209022.089	35.727
28	BMS4	47°00'23"	31°53'32"	415790.956	5206469.552	2.312
29	BMS3	47°00'16"	31°53'28"	415703.435	5206254.670	2.664
30	BMS2	46°59'17"	31°52'55"	414980.607	5204443.364	29.407
31	BMS1	46°59'15"	31°52'54"	414958.604	5204381.929	36.559
32	BM1250	46°58'53"	31°53'01"	415096.788	5203700.725	58.116
33	BM1251	46°58'51"	31°52'47"	414800.151	5203643.210	56.916
34	BM1252	46°58'48"	31°52'27"	414376.311	5203556.662	52.70
35	BM1253	46°58'45"	31°52'01"	413825.700	5203471.976	53.067

*: WGS 84/UTM zone 36N

出典: JICA 調査団



出典: JICA 調査団

図 4-2-3. 測地網地点の座標及び標高の位置 (地形測量)

航空写真撮影は、デジタルスキャナーAerial camera 3 DAS-1-80を使用した。撮影中はApplanix社のナビゲーションシステム POS AV 510により、200Hzの記録周波数で飛行経路の座標と仰角を測定し、測地網（測量基準点）に配置したGPS受信機(GPS Trimble 5700)により基準座標系へ飛行経路の変換を行った。

また、GNSS RTK South S660Pを使用したGPS測量により、撮影位置の補足（航空写真の平面高さ調整）を行った。

以下、航空写真測量の仕様についてまとめる。

- 測量機器

- ・デジタルスキャナー：Aerial camera 3 DAS-1-80（POS AV 510 内蔵）

焦点距離 : 80mm

ピクセルサイズ: 9.0micron

画素数 :8,000 pixel

- ・GPS受信機：GPS Trimble 5700

測定誤差 水平 RMS : 10mm+1ppm 以内

垂直 RMS : 20mm+1ppm 以内

GNSS RTK South S660P

測定誤差 水平 RMS : 15mm 以内 垂直 RMS : 20mm 以内

表 4-2-2. 航空写真撮影仕様

撮影縮尺	撮影高度 m	出力解像度 cm	撮影幅 m	最大飛行速度 km/h	Overlap		誤差 (RMS)	
					縦方向 %	横方向 %	水平 cm	鉛直 cm
1/7,500	600	6.75	540	152	100	25	10.1	13.5

- 測量誤差

画像処理後に航空写真の精度確認を行った結果を以下に示す。

測定誤差 水平(XY)RMS : 5cm 以内 垂直(Z)RMS : 14cm 以内

4-2-3 深淺測量

音響測深機に Echosounder Bathy 500 df, GPS受信機に GNSS R4 Trimble（GPRS モデムとアンテナを内蔵）を使用して深淺測量を行った。深淺測量の最終成果仕様を以下に示す。

深淺測量における基準点は、ミコライウ州及びミコライウ市の測地網を用いた。深淺測量に使用した測量基準点を表 4-2-3 及び図 4-2-4 に示す。

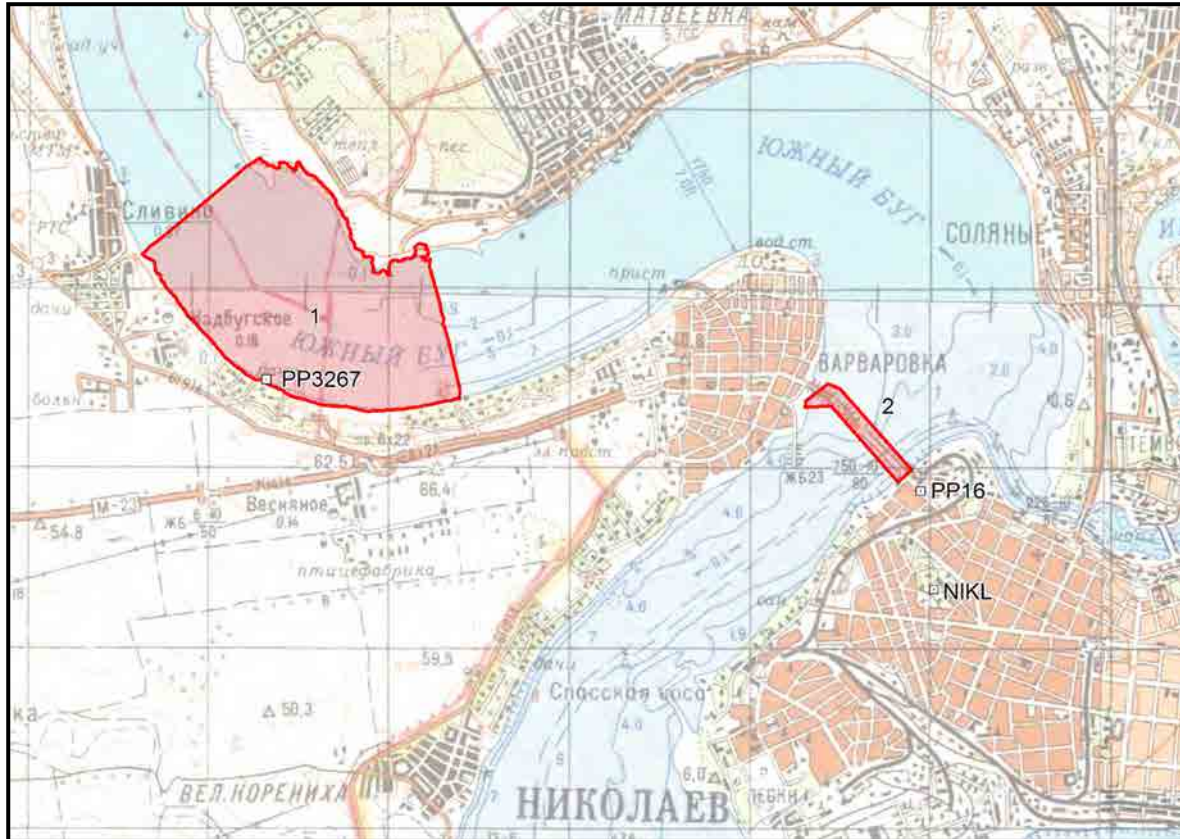
- (1) 対象面積 : 5.5 km²
- (2) 縮尺 : 1/1,000
- (3) 等高線 : 0.5m
- (4) 座標系 : 緯度・経度, WGS 84/UTM zone 36N
- (5) 基準面 : the Baltic Sea Level Datum of 1977 (Baltic elevation system)

表 4-2-3. 測地網地点の座標及び標高一覧 (深淺測量)
(Sounding Surveying)

No.	緯度	経度	E*	N*	H
PP3267	46° 59' 28.31"	31° 52' 34.44"	414551.333	5204798.693	1.347
NIKL	46° 58' 16.08"	31° 58' 26.25"	421952.869	5202467.146	58.419
PP16	46° 58' 46.01"	31° 58' 26.52"	421970.669	5203390.949	40.790

*: WGS 84/UTM zone 36N

出典: JICA 調査団



出典: JICA 調査団

図 4-2-4. 測地網地点の座標及び標高の位置 (深淺測量)

以下、深淺測量の仕様についてまとめる。

－ 測量機器

- ・ 音響測深機 Echosounder Bathy 500 df (Ocean Data Equipment Corporation 製)
周波数: 33/210Khz
測定誤差 (Z): ±0.5% (3~4cm)
音波速度: 1400-1600m/sec
- ・ GPS 受信機 GNSS R4 Trimble
測定誤差 水平(XY)RMS: 15mm 以内 垂直 (Z) RMS: 20mm 以内

－ 測定条件

測量側線は、海岸線に対して垂直に計画し、測線間隔 20m、測点間隔 1~6m (約 100m² に 1 測点)で計測を行った。測量側線の配置図を図 4-2-5 に示す。

- 測量地点 1: 側線数 203 測点数 53,052
- 測量地点 2: 側線数 30 測点数 4,138

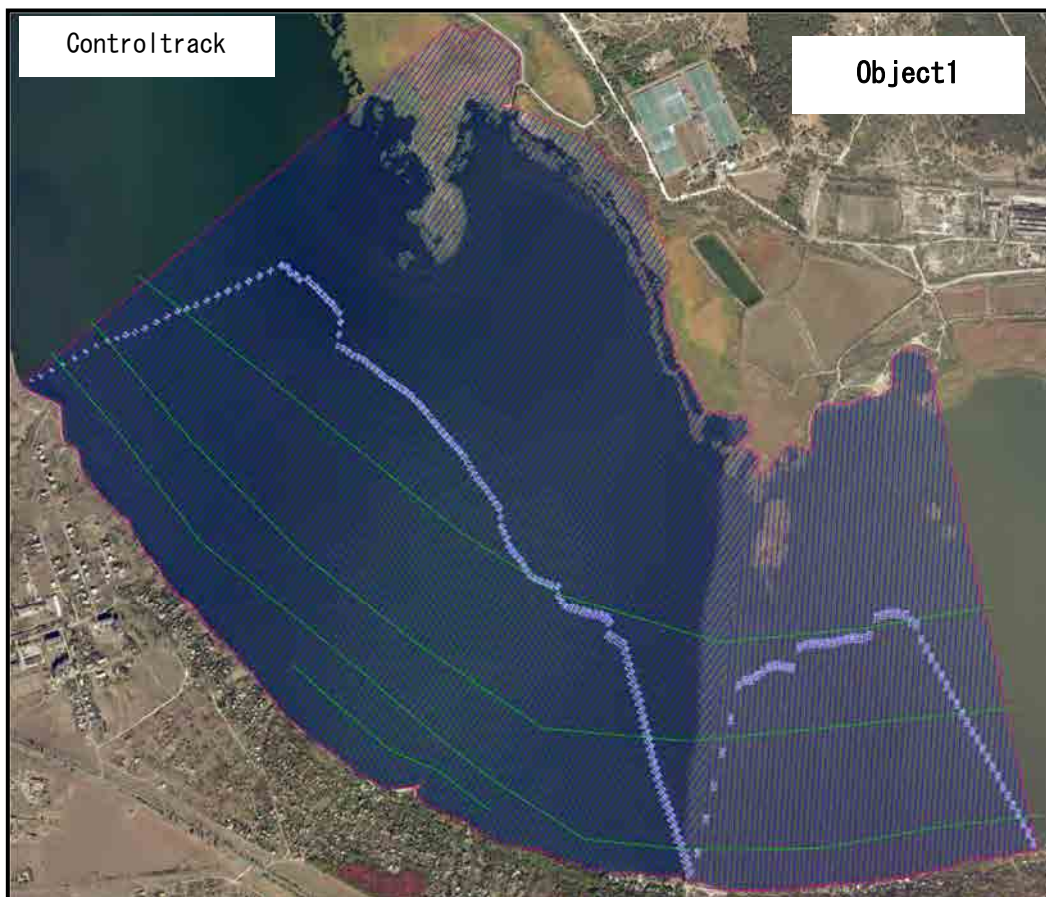
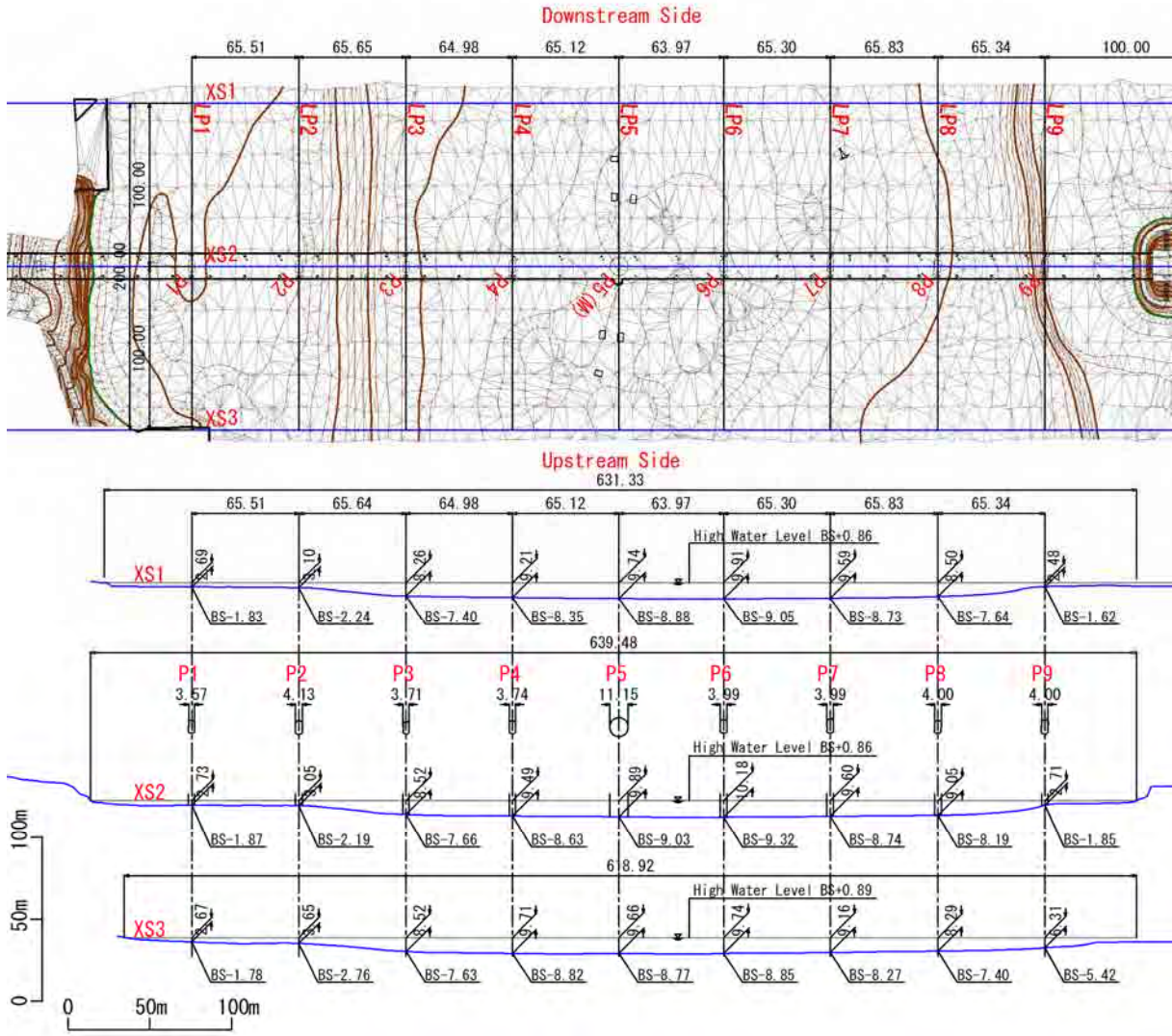


図 4-2-5. 測線配置図 (深浅測量)

深浅測量結果の一部を以下に示す。

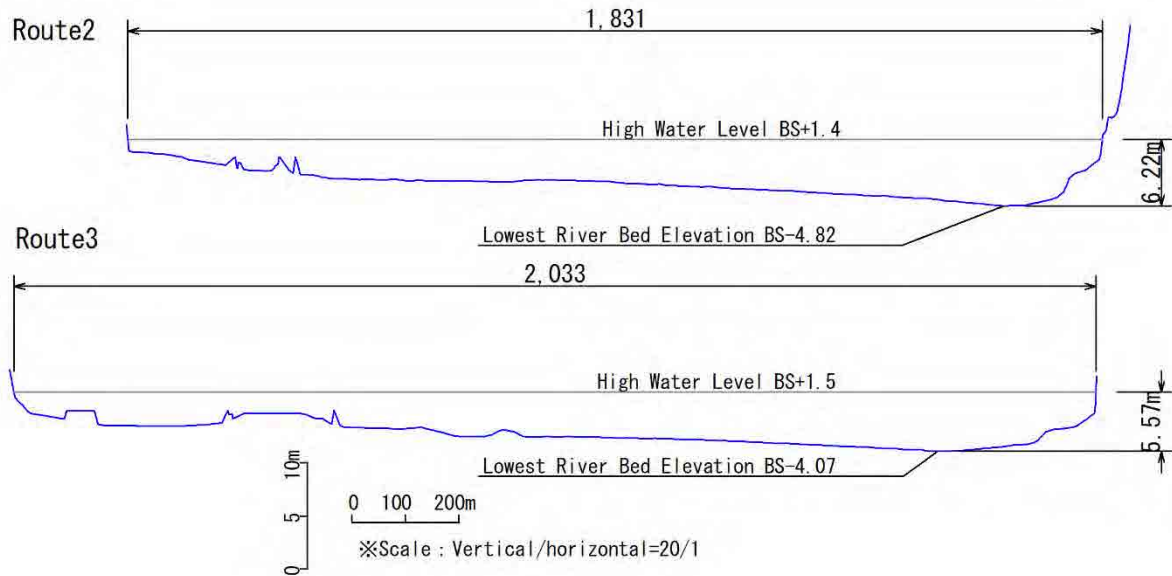
図 4-2-6 および図 4-2-7 の横断面中に示す計画高水位は 7-2-2 1) で計算した水位であり、計画流量(1/100 年確率流量)およびミコライウ水文・気象観測所の 1/100 年確率水位 (BS+1.0m) により生じる。



横断位置	計画高水位からの平均水深
XS1	6.8m
XS2	6.9m
XS3	7.2m

※XS1~XS3 間の河床勾配は約 0.00026 (1/3,846)

図 4-2-6. ババロフスキー橋位置の南ブグ川横断面図



横断位置	計画高水位からの平均水深
Route2	4.0m
Route3	3.8m

※測量範囲の河床勾配は約 0.00022 (1/4,545)

図 4-2-7. ルート 2 および 3 位置の南ブグ川横断図

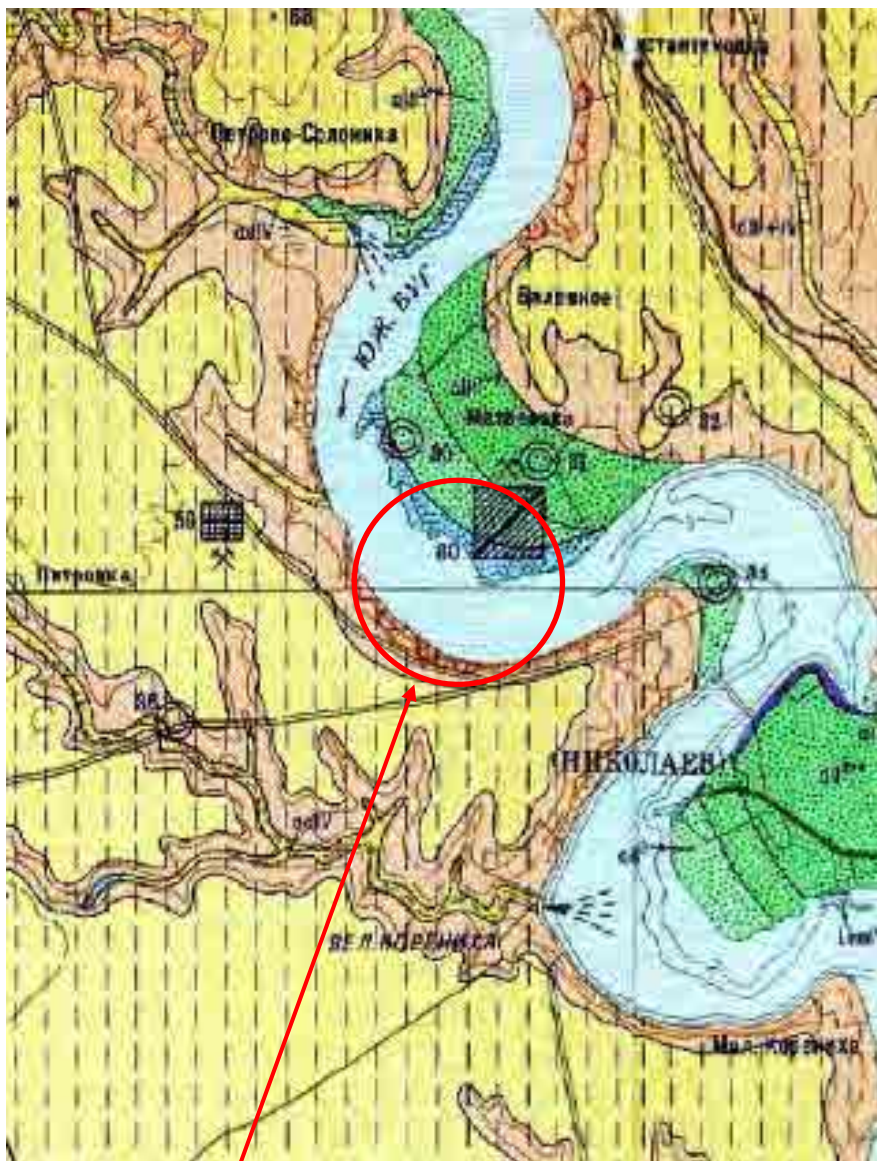
表 4-2-4. 不等流計算結果

橋梁名	計画 高水位 (m)	計画 流量 (m ³ /s)	流速 (m/s)	平均 水深 (m)	水面幅 (m)	流下 断面積 (m ²)	河床勾配	距離 (km)
ババロフスキー橋 XS1	BS+0.86	5,430	1.3	6.8	631	4,265	0.00026 (1/3,846)	-0.1
ババロフスキー橋 XS2	BS+0.86	5,430	1.3	6.9	597	4,112	0.00026 (1/3,846)	0.0
ババロフスキー橋 XS3	BS+0.89	5,430	1.2	7.2	619	4,483	0.00026 (1/3,846)	0.1
ミコライウ橋 (ルート 2)	BS+1.4	4,600	0.7	4.0	1,762	7,063	0.00022 (1/4,545)	10.9
ミコライウ橋 (ルート 3)	BS+1.5	4,600	0.6	3.8	1,949	7,301	0.00022 (1/4,545)	12.9

4-3 地質調査

4-3-1 概要

ウ国には、ユーラシアプレート及び東ヨーロッパ・クラトン南西部に位置するウクライナ楕状地が広がっている。ウクライナ楕状地は、先カンブリア代（約45億年前から約5億年前）に形成された、ウ国の北西部から南東部（アゾフ海）に広がる古い岩盤であり、花崗岩、片麻岩、珪岩、砂岩により形成され、ドニプロ台地とアゾフ台地に分類される。調査対象地域は、ウクライナ楕状地を上流域とする南ブグ川沿いに位置し、主に新第三紀（約2,300万年前から約260万年前）から第四紀（約260万年前から現世）に形成された砂、砂質ローム、ローム質粘土、石灰、泥灰土等の多岐にわたる堆積層で構成されている。第四紀の堆積層は砂・粘土、新第三系の堆積層は Meotis 層の粘土・石灰岩、上位 Sarmatian 層の粘土であり、粘土と石灰岩の分布が、調査対象地域のあらゆる場所で確認される。



架橋位置

近年の堆積物 (～約 1 万年前)	q IV	沖積氾濫原堆積物。砂，砂質粘土，シルト
	l mn IV	入り江部の現世及び古黒海層の堆積物。砂，砂壤土，シルト
	ad IV	河床部の沖積及び洪積堆積物。砂，砂質粘土，シルト，ローム
第四紀後期及び近代の堆積物 (～約 12 万年前)	d III+IV	河川，峡谷，谷部斜面の洪積堆積物。ローム，少量の岩石が混在した砂質粘土。
第四紀後期の堆積物 (約 1 万年前～約 12 万年前)	vd, l, III	風成及び湖成堆積物。黄土状ローム。
	vd III	風成及び洪積堆積物及び洪積堆積物。化石土壌が混在した黄土状ローム。
	q III ²⁺⁴	高地周辺台地の風成堆積物 I。シルトを含む砂。
	q III ¹⁺²	高地周辺台地の風成堆積物 II。シルトを含む砂。
第四紀中期の堆積物 (約 12 万年前～約 78 万年前)	vd II	風成及び洪積堆積物。化石土壌が混在する褐色黄土状ローム（切断面のみ）。
	q III ³⁺⁴	高地周辺台地の風成堆積物 III。ローム及びシルト層を含む砂。
第四紀前期の堆積物 (約 78 万年前～約 260 万年前)	vd I	風成及び洪積堆積物。化石土壌が混在する赤褐色の黄土状ローム（切断面のみ）。

出典: Ministry of Geology of The USSR (Quaternary Deposit Map) L-36-VIII (1967 年)

図 4-3-1. 調査対象地域の表層地質図

4-3-2 地質調査

主要地点の道路及び橋梁の設計を目的とした地質調査を実施した。主な調査内容は，1) 橋梁区域の標準貫入試験を含むボーリング調査（陸上），2) 橋梁区域の標準貫入試験を含むボーリング調査（河底），3) インターチェンジにおける簡易貫入試験（CPT），4) 道路における材質試験，及び5) 土取場における材質試験である。

調査項目の詳細及び数量を表 4-3-1 に示す。

表 4-3-1. 地質調査数量

調査項目	単位	数量
1)橋梁区域におけるボーリング掘削（陸上）		
・掘削地点	箇所	4
・掘削長	メートル	118.2
・標準貫入試験（SPT）	回	156
2)橋梁区域におけるボーリング掘削（河底）		
・掘削地点	箇所	6
・掘削長	メートル	203.5
・標準貫入試験（SPT）	回	131
3)インターチェンジにおける簡易貫入試験（CPT）		
・簡易貫入試験（CPT）	箇所	4
4)道路における材質試験		
・サンプル採取	箇所	23
・室内土質試験	試料	23
5)土取場における材質試験		
・サンプル採取	箇所	5
・CBR試験	試料	9

出典: JICA 調査団

1) 橋梁区域におけるボーリング掘削

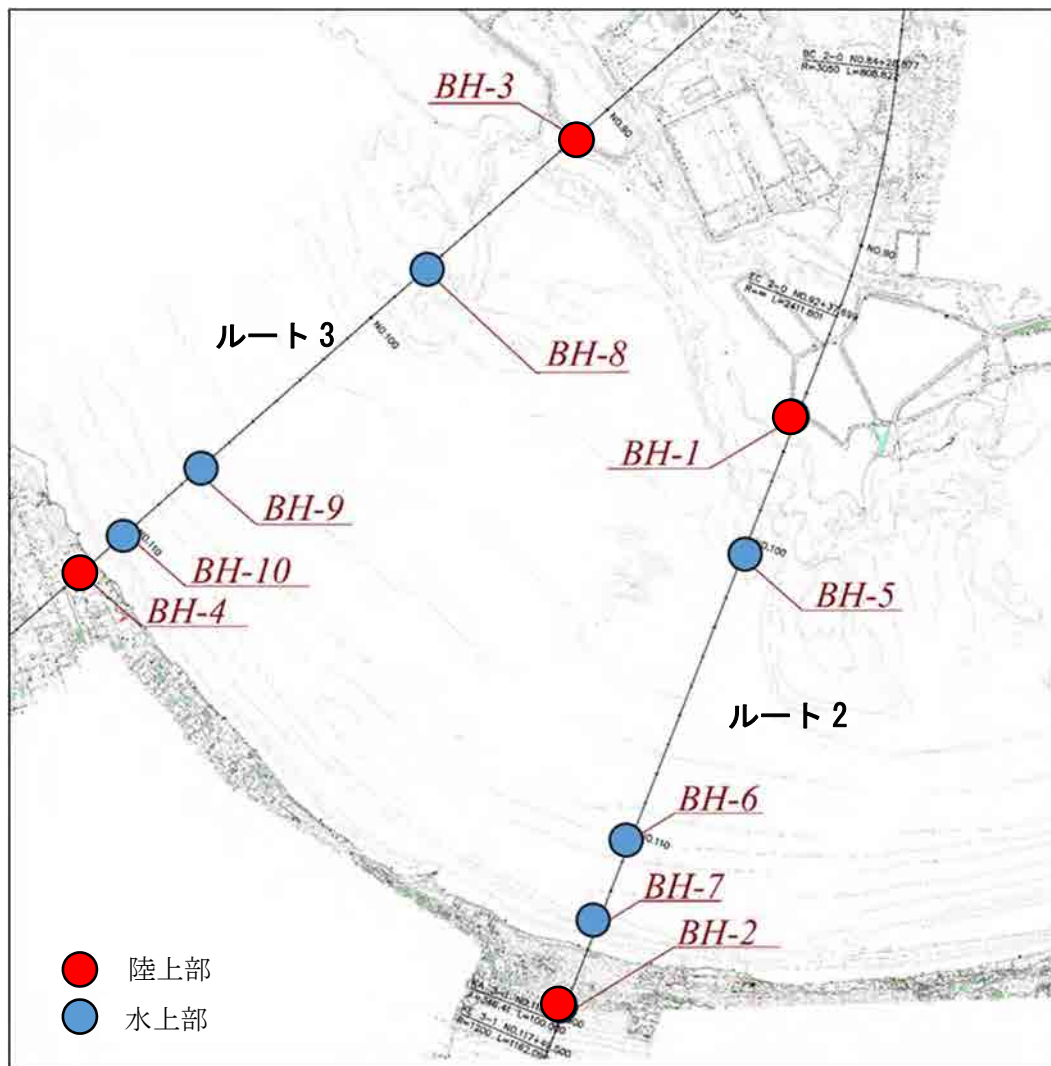
表 4-3-2 及び図 4-3-2 にボーリング調査地点を示す。

表 4-3-2. ボーリング調査地点

ルート	No.	座標				H (m)	深さ (m)	備考
		緯度	経度	E*	N*			
ルート 2	BH-1	47° 0' 16.01"	31° 53' 28.13"	415706.184	5206254.940	2.7	25.0	陸上
	BH-2	46° 59' 14.28"	31° 52' 54.98"	414978.987	5204359.409	38.9	35.0	
	BH-5	47° 0' 1.32"	31° 53' 19.85"	415524.910	5205803.967	-2.3	32.0	河底
	BH-6	46° 59' 31.98"	31° 53' 3.75"	415172.015	5204903.132	-3.8	35.0	
	BH-7	46° 59' 22.89"	31° 52' 58.73"	415061.988	5204624.052	-3.2	35.0	
ルート 3	BH-3	47° 0' 44.28"	31° 52' 54.02"	414998.371	5207137.821	3.9	35.0	陸上
	BH-4	46° 59' 58.68"	31° 51' 40.55"	413426.728	5205752.590	24.4	23.2	
	BH-8	47° 0' 30.43"	31° 52' 31.65"	414519.933	5206717.061	-1.7	31.5	河底
	BH-9	47° 0' 9.33"	31° 51' 57.62"	413791.973	5206076.106	-3.5	35.0	
	BH-10	47° 0' 2.87"	31° 51' 47.11"	413567.140	5205879.915	-3.2	35.0	

*: WGS 84/UTM zone 36N

出典: JICA 調査団



出典: JICA 調査団

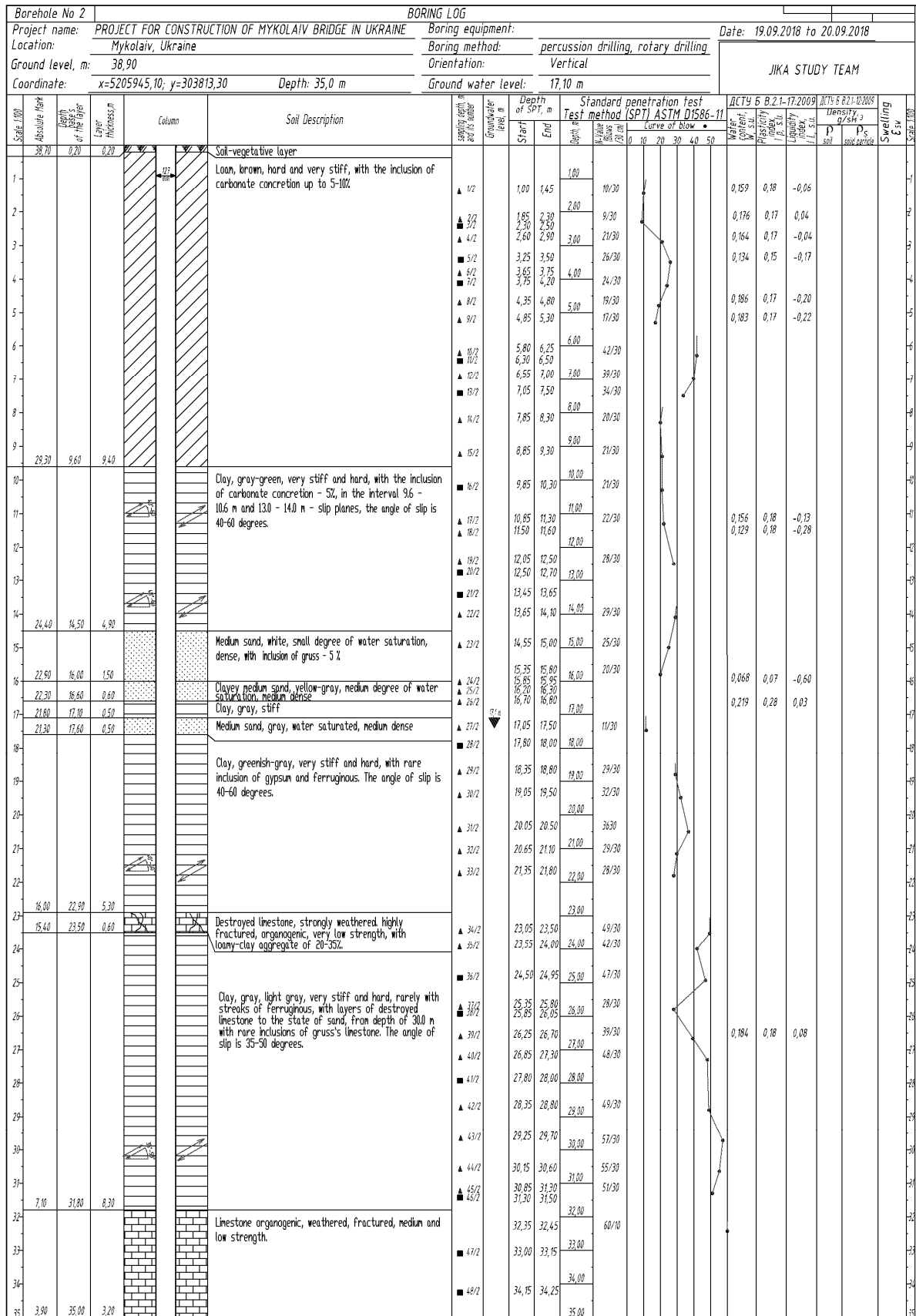
図 4-3-2. ボーリング調査位置図

各ルートの代表的な柱状図を図 4-3-3 から図 4-3-6 に示すとともに、BH-1 から BH-10 のボーリング調査結果に基づき作成した想定地層断面図を図 4-3-7 及び図 4-3-8 に示す。また、調査対象地域では上層から下層までに 14 種類の層が調査結果より確認されており、各層の土質状況を表 4-3-3 にまとめた。

表 4-3-3. 各層の土質状況

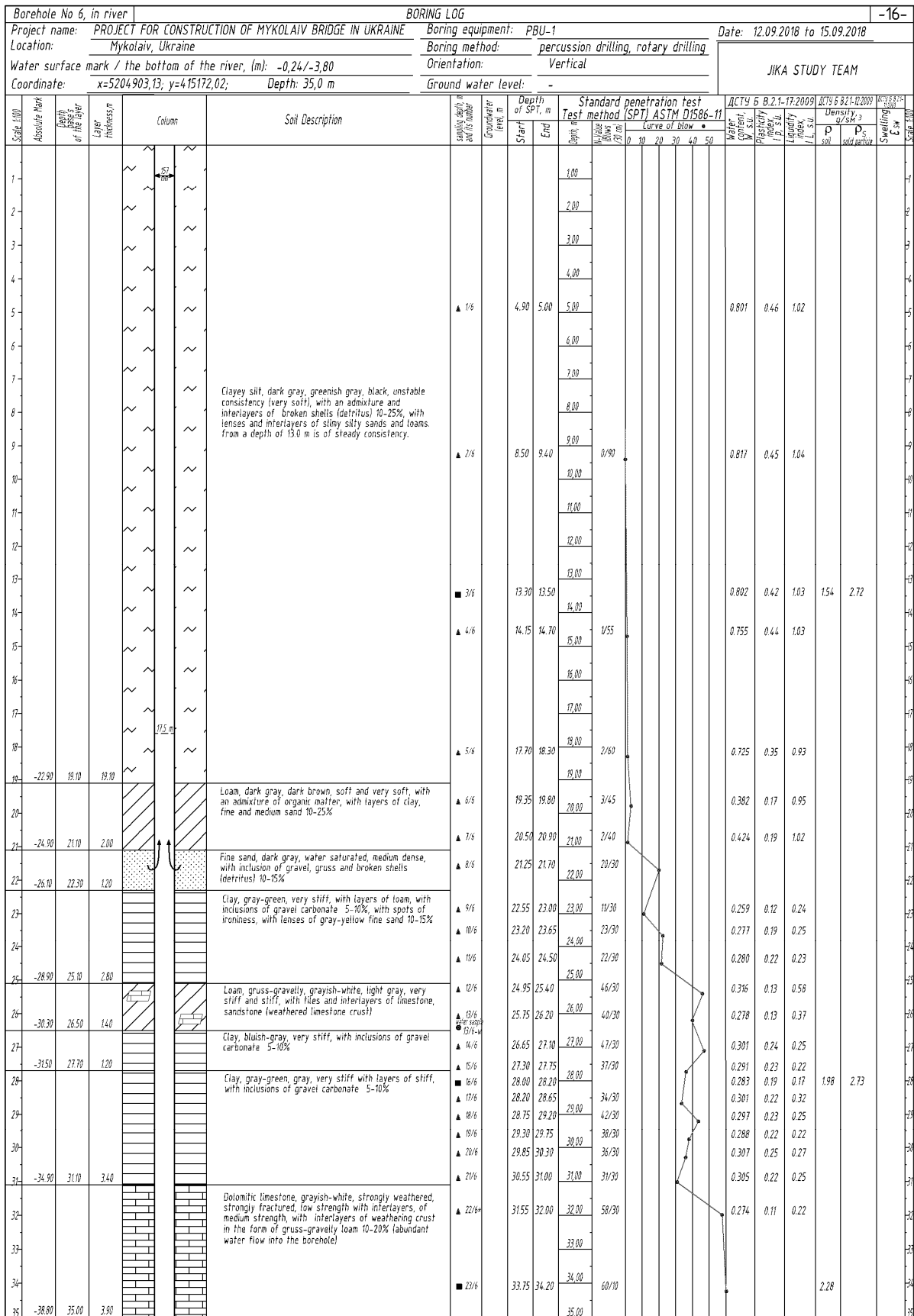
層		性質
名前	番号	
eH	A	耕土。植物根が含まれる。
tH	B	盛土層。様々な粒状組成の土層。黄色がかった灰色、灰色、灰色がかった褐色を呈する。中密度、飽和度は低い。上層ほど均一性がない。碎石状、石状、及び粉砕状の石灰岩が混じり、稀にロームを混入する。
lm,ln P _{IV}	1	粘質シルト。暗灰色、緑色がかった灰色、黒色を示す。軟らかいから非常に軟らかいコンシステンシーを呈する。河床堆積物。
p,ad P _{IV}	2	ローム及び粘土。暗灰色及び暗褐色を示す。コンシステンシーは軟らかいから硬いを呈し、砂の中間層を含む。沖積・洪積堆積物。崩土、溪谷地の土壌、河床堆積物で形成される。
a P _{III}	3	細砂及び中砂。薄い灰色及び暗灰色、青色がかった灰色、黄色がかった灰色を示す。飽和しており、中位から非常に密な相対密度を呈する。沖積堆積物。
d,vd P _{III-IV}	4	ローム。褐色及び赤色がかかり、硬質及び非常に硬い。非沈下、非膨張性を呈する。氷河期及び風成の洪積堆積物。盛土建設に使用可。
	5	粘土。淡褐色、硬質及び非常に硬く、膨張性は低い。氷河期及び風成の洪積堆積物。
N _{1m} +P _{III}	6	粘土。灰色がかった緑色、薄い灰色を示す。硬質及び非常に硬く、膨張性は低いものと高いものがある。すべり面が層全体にみられる。新第三紀及び第四紀堆積物。盛土建設用の材料としては推奨されない。
	7	石灰。粉砕状で風化進行している。破碎がひどく、有機物から成り、強度が極めて低い。ローム・粘土の含有量が 20~35%である。新第三紀及び第四紀堆積物。
	8	ローム。灰色、薄い灰色を示す。硬質及び非常に硬い。膨張性は中程度から高い。新第三紀及び第四紀堆積物。
	9	石灰。風化、破碎、有機物から成り、強度は中程度以下である。実際の層厚は今回のボーリング調査結果からは確認できない。新第三紀及び第四紀堆積物。
N _{1s}	10	粘土、ローム。青色がかった灰色、緑色がかった灰色、灰色を示す。硬質から非常に硬い。砂岩、石灰岩、粉砕状に風化した砂岩・石灰岩の板状及び層状の互層。新第三紀堆積物。この地層は互層状に構成されるため、支持層としては推奨できない。
	11	泥灰質粘土。水色がかった灰色、緑色がかった灰色を示す。非常に硬質で高いコンシステンシーを呈する。灰色の砂石や強風化石灰岩が板状及び中間層として混入し、粉砕状の粘板岩・砂岩が混じる。膨張はなく、稀に低い膨張性を示す。新第三紀堆積物。この地層は橋梁支持層として評価される。
	12	ドロマイト質石灰岩。灰色がかった白色を示す。風化が進行し、破碎がひどく、低強度を呈する。中強度の中間層が混じる。風化、粉砕状の粘板岩、及び砂岩が混じる。新第三期堆積物。この層は橋梁支持層として評価することができるが、最終的な層厚は現時点で確認できていない。

出典: JICA 調査団



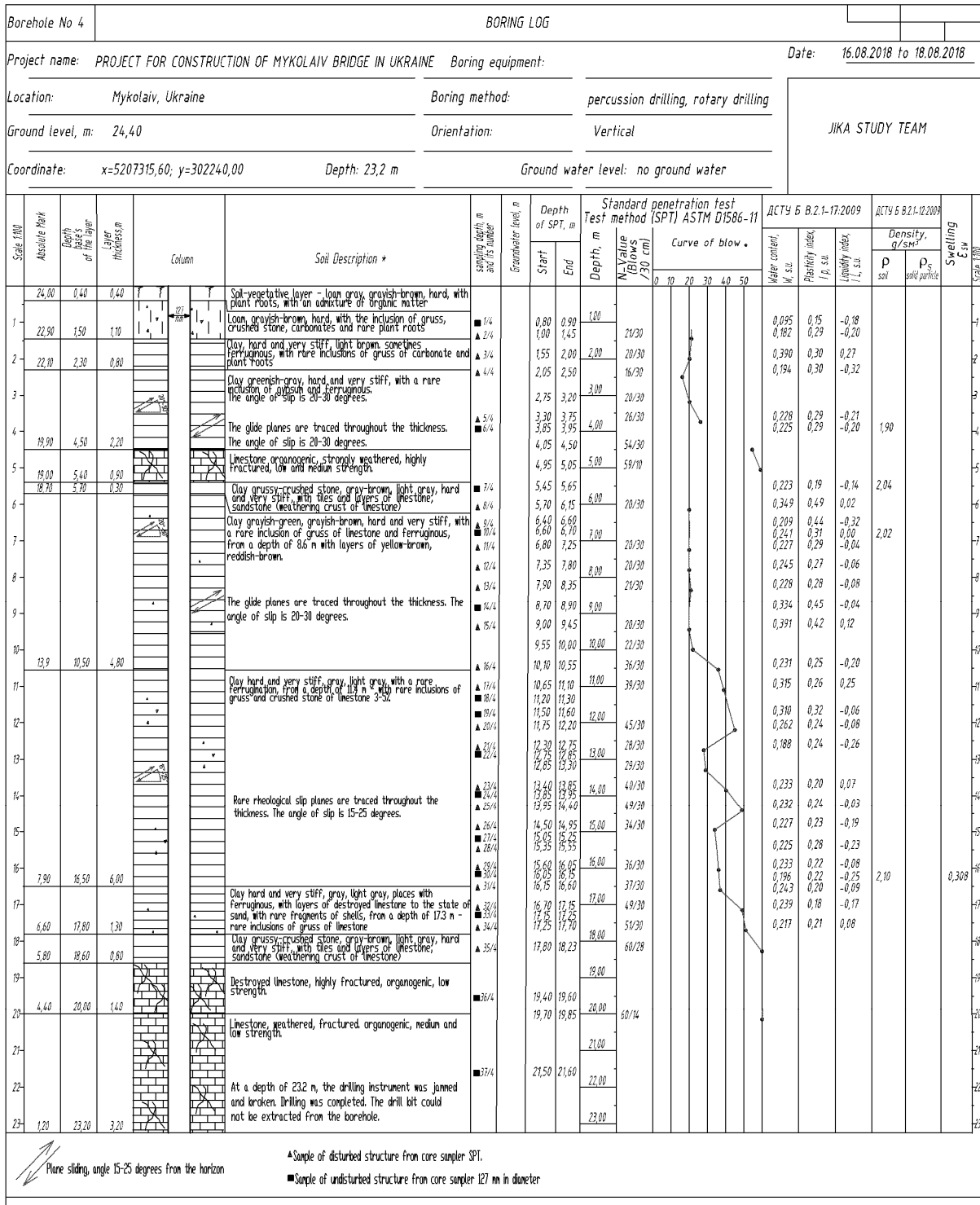
出典: JICA 調査団

図 4-3-3. ボーリング柱状図 (ルート 2 上の BH-2 地点)



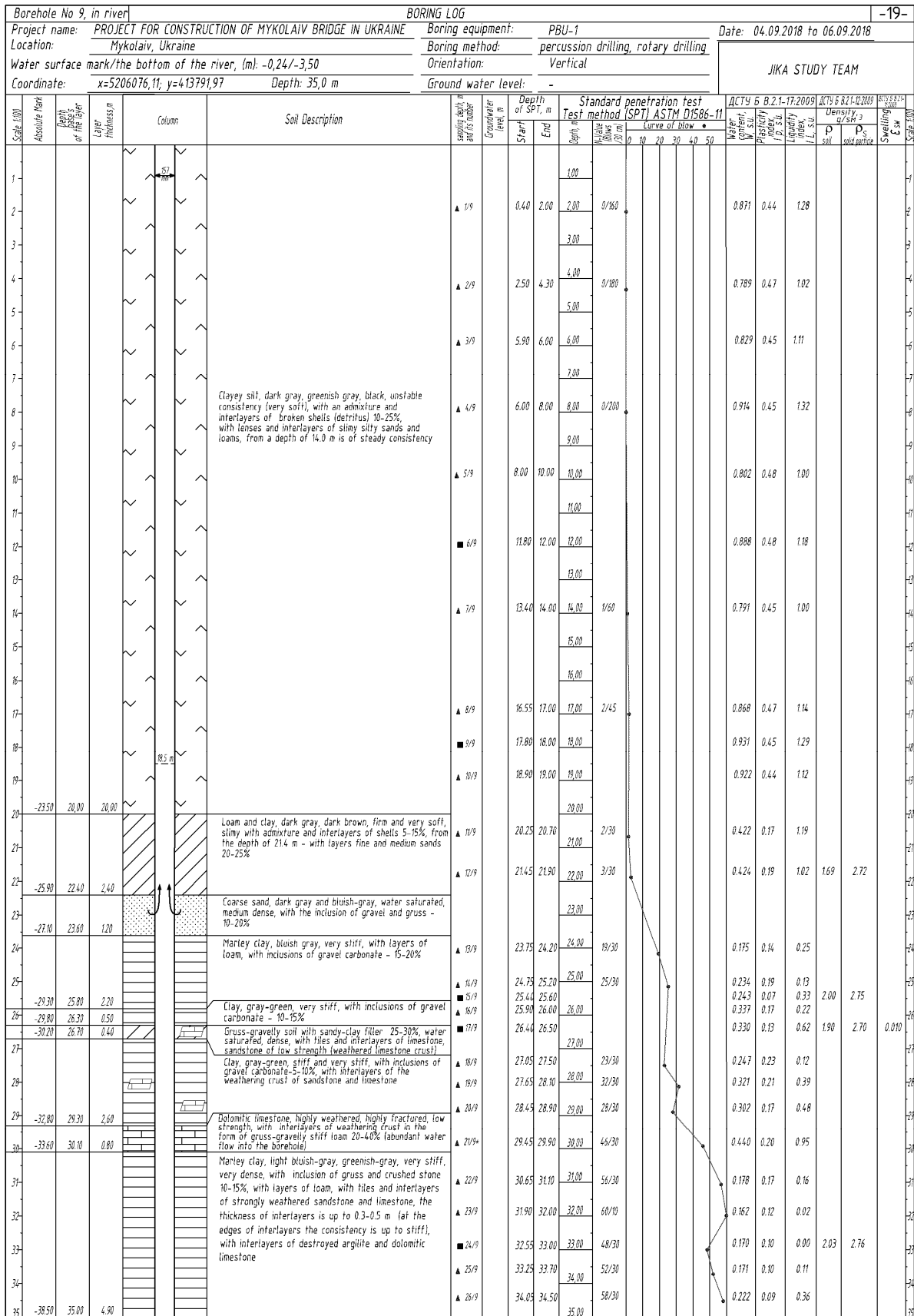
出典: JICA 調査団

図 4-3-4. ボーリング柱状図 (ルート 2 上の BH-6 地点)



出典: JICA 調査団

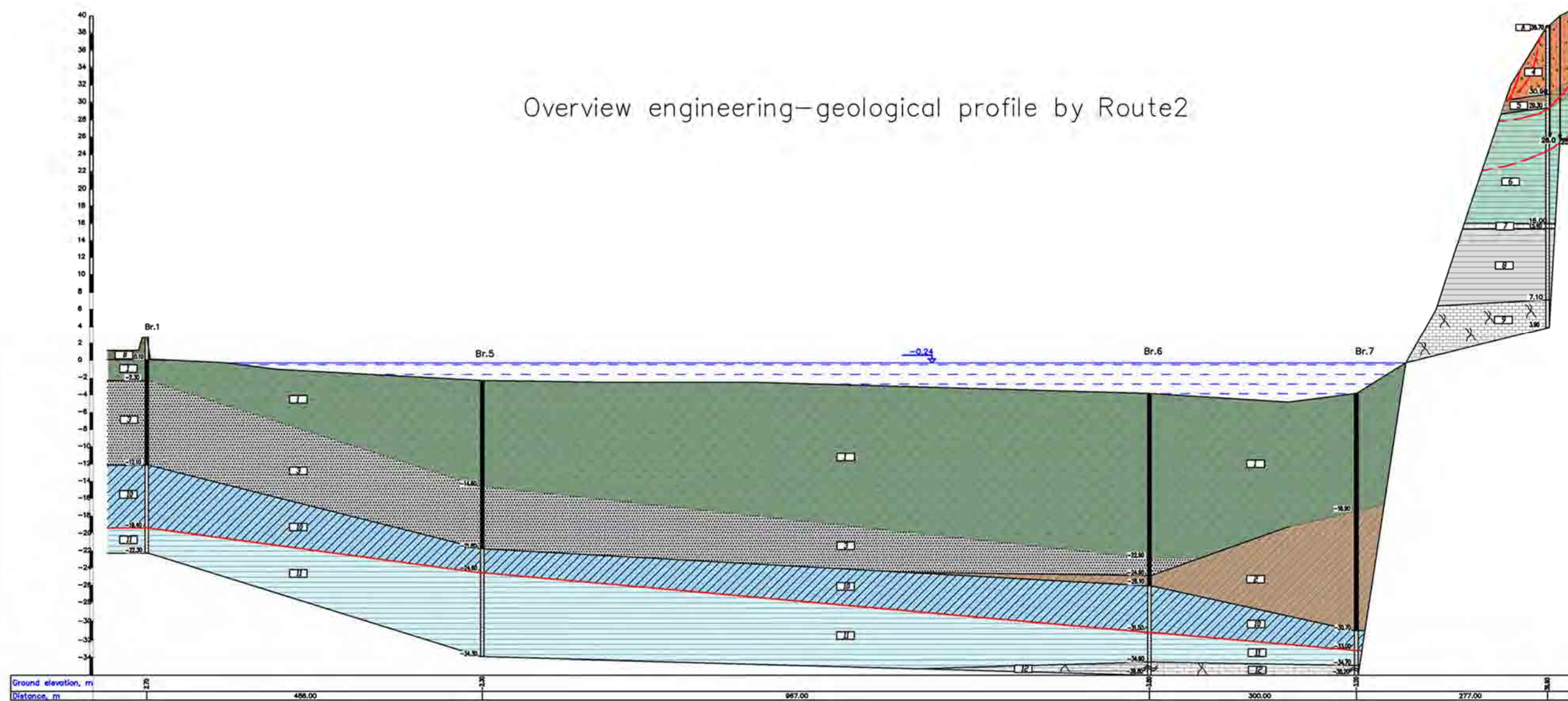
図 4-3-5. ボーリング柱状図 (ルート 3 上の BH-4 地点)



出典: JICA 調査団

図 4-3-6. ボーリング柱状図 (ルート 3 上の BH-9 地点)

Overview engineering-geological profile by Route2



Legend

- | | | | | | | | | | | |
|---------------------|--|---|---------------------------------|--|---|-----------------|--|---|---|--|
| eH | | Soil-vegetative layer with roots of plants; 96 | d,vd | | Clay, light brown, hard and very stiff, weakly swelling. Postglacial deluvial and eolian-deluvial deposits; 8g | N _{1s} | | Clay loam, bluish-gray, greenish-gray, gray, from very stiff to stiff. Alternate with tiles and layers of sandstone, limestone, and the weathering crust of sandstone and limestone. Clays from non-swelling to weakly swelling. Neogene deposits; 8g | Degree of saturation and liquidity index of soils | |
| th | | Made layer - different granular composition sands, yellow-gray, gray, grayish-brown, medium dense, small degree of water saturation, rumpled, loose in the roof, with the inclusion of crushed stone and stones, with inclusion of limestone fragments, with rare smears of loam; 29b | P _{III-IV} | | Clay, gray-green, light gray, hard and very stiff, weakly and strongly swelling. Sliding planes are traced throughout the entire thickness. The angle of sliding is 20-60 degrees. Neogene and Quaternary deposit; 8g | N _{2s} | | Marley clay, light bluish-gray, greenish-gray, very stiff, very dense, with tiles and interlayers of gray sandstone, strongly weathered limestone, with layers of shattered argillite, sandstone and dolomitized limestone. Non-swelling and rarely weakly swelling. Neogene deposits; 8g | sand clay | |
| lm,ln | | Clayey silt, dark gray, greenish gray, black, unstable and stable consistency, soft and very soft. Limans and lagoons deposits; 8a | N _{1m+P_{III}} | | Limestone, destroyed, highly weathered, strongly fractured, organogenic, of very low strength, with loamy-clayey filler 20-35%. Neogene and Quaternary deposits; 16a | N _{2s} | | Dolomitic limestone, grayish-white, strongly weathered, strongly fractured, low-strength with interlayers of medium strength, with layers of weathering crust and ruined argillite, sandstone (abundant inflow of water). Neogene deposits; 16a | small degree of water saturation | |
| p,ad | | Loams and clays, dark gray, dark brown, from soft to stiff, with sand interlayers. Proluvial and alluvial-deluvial deposits; 35a | N _{2m+P_{III}} | | Clay, gray, light gray, hard and very stiff. Medium swelling to heavily swelling. (Rare rheological sliding planes are traced, the angle of sliding is 15-50 degrees). Neogene and Quaternary deposits; 8g | | | water saturated | | |
| a | | Fine and medium sands, light and dark gray, blue-gray, yellow-gray, water saturated, medium dense and dense. Alluvial deposits; 29a | N _{1m+P_{III}} | | Limestone, weathered, fractured, organogenic, medium and low strength. The actual thickness of the layer according to the results of drilling is uncertain. Neogene and Quaternary deposits; 16a | | | very stiff | | |
| d,vd | | Loam, brown, reddish, hard and very stiff, non-sinking, non-swelling. Postglacial deluvial and eolian-deluvial deposits; 35b | | | | | | | stiff | |
| P _{III-IV} | | | | | | | | | very soft | |
- Number of engineering geological element
 Assumed bearing foundation layer
 Identified sliding planes of active landslides

出典: JICA 調査団

図 4-3-7. 想定地層断面図 (ルート 2)

Overview engineering-geological profile by Route3

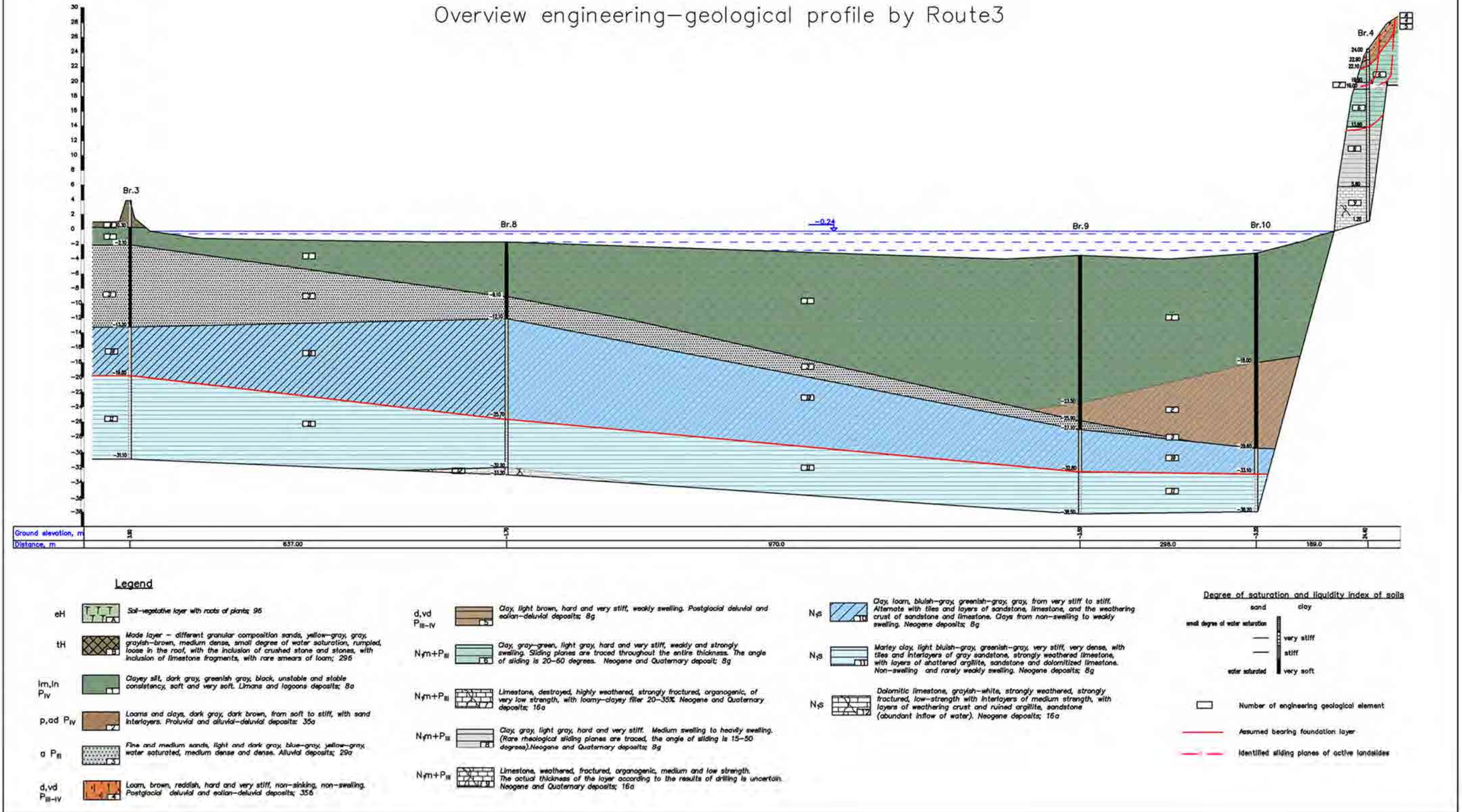


図 4-3-8. 想定地層断面図 (ルート 3)

出典: JICA 調査団

2) インターチェンジ部の CPT 試験

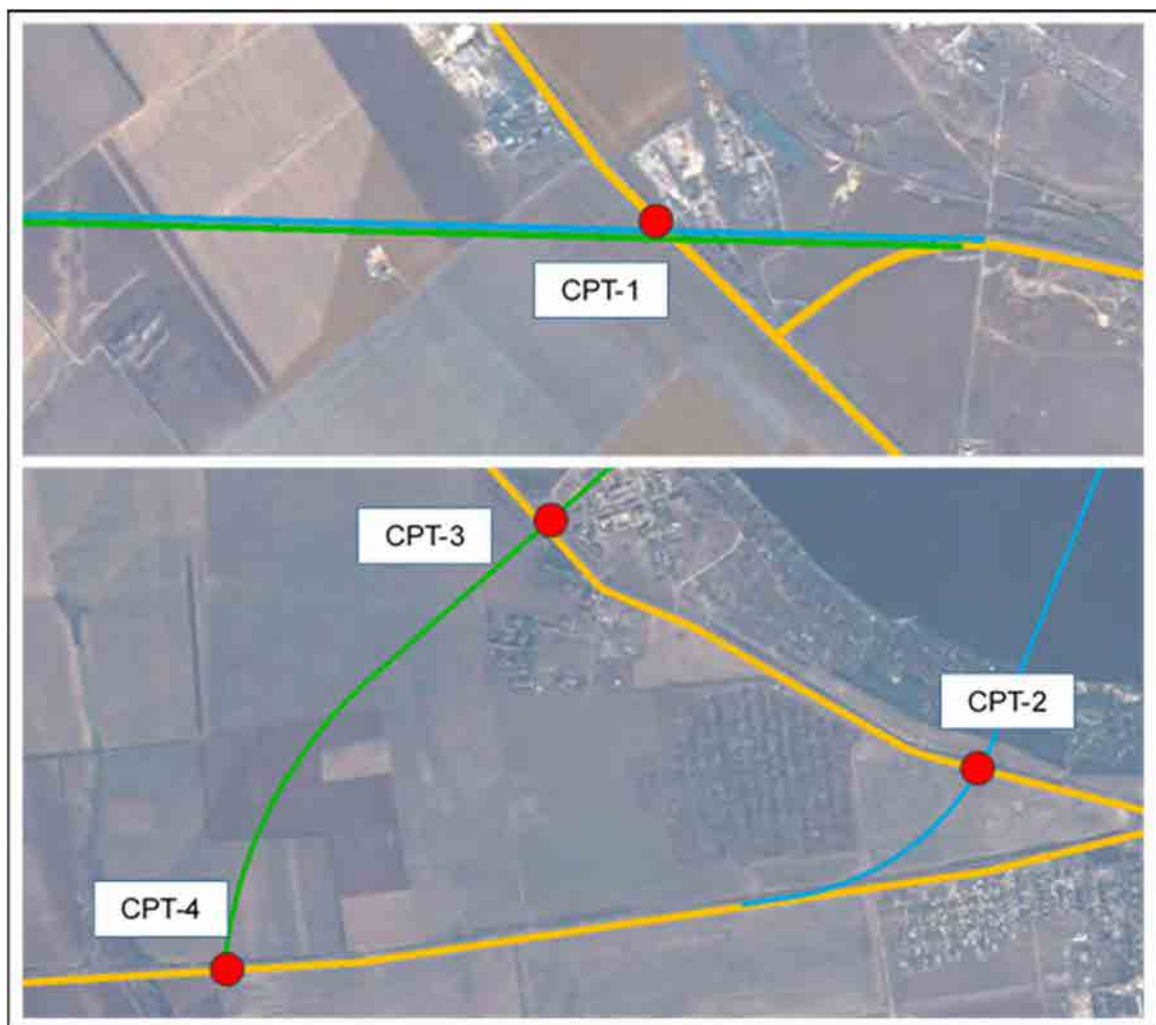
インターチェンジを計画する地点の地質構造を調査するために CPT を実施した。CPT の実施地点を表 4-3-4 及び図 4-3-9 に示す。

表 4-3-4. インターチェンジにおける CPT 調査地点

No.	座標				H (m)	深さ (m)	対象路線
	緯度	経度	E*	N*			
CPT-1	47° 2' 39.56"	31° 57' 54.71"	421393.903	5210609.044	56.4	7.4	ルート 2 ルート 3
CPT-2	46° 59' 6.27"	31° 52' 48.80"	414844.913	5204114.020	56.8	14.0	ルート 2
CPT-3	46° 59' 41.49"	31° 51' 14.13"	412861.026	5205230.106	46.1	5.0	ルート 3
CPT-4	46° 58' 35.54"	31° 50' 4.92"	411369.036	5203215.931	46.5	12.8	ルート 3

*: WGS 84/UTM zone 36N

出典: JICA 調査団



出典: JICA 調査団

図 4-3-9. インターチェンジにおける CPT 調査位置図

CPT等の結果から、深度及び接地抵抗を示したグラフを作成した（作成例として図 4-3-10に示す）。

Cone penetration test

Project: Bridge over r. Southern Bug in Mykolaiv city (at Interchange)
Number of 1 **Binding:** CPT-1
Abs.mark of mouth, m: 56,40 **Date:** 17.08.2018

- | | |
|--------------------------------------|----|
| 1. Calibration test for cone (kN): | 30 |
| 2. Calibration test for sleeve (kN): | 16 |
| 3. Sort of sands: <i>Deluvial</i> | |

Penetration record [Sf = 350 sm.kv] [Sq = 10 sm.kv]

Table 1

Depth, m	RqD, MPa	f ₀ , MPa	RqD, MPa	f ₀ , MPa	Penetration graph		R _w	R, %	Soils	Condit. nom.	i, %	C, kPa	E, MPa
					q ₀ , MPa	f ₀ , kPa							
0,4	5	0,35	22	181				50,3	Clay	0,12	14	25,0	3,5
0,6	22	2,54	97	200				7,6	Loam	0,11	22	25,5	16,5
0,8	70	5,40	156	321				5,8	Loam	0,15	27	47,0	42,0
1	90	7,20	250	514				7,1	Loam	0,14	27	47,0	42,0
1,2	50	5,00	120	267				4,5	Loam	0,1	27	47,0	42,0
1,4	20	5,60	130	267				2,2	Sa. loam	0,15	27	47,0	42,0
1,6	55	6,60	122	251				3,8	Loam	0,1	27	47,0	42,0
1,8	90	7,20	124	255				3,5	Loam	0,11	27	47,0	42,0
2	50	6,20	125	257				3,2	Loam	0,1	27	47,0	42,0
2,2	90	5,60	132	273				3,2	Sa. loam	0,15	27	47,0	42,0
2,4	70	5,40	130	267				3,2	Loam	0,15	27	47,0	42,0
2,6	65	5,28	126	255				3,1	Loam	0,12	27	47,0	42,0
2,8	92	7,44	116	245				3,2	Loam	0,11	27	47,0	42,0
3	55	6,60	115	237				3,6	Loam	0,1	27	47,0	42,0
3,2	34	10,08	122	251				2,5	Sa. loam	0,14	27	47,0	42,0
3,4	100	12,72	121	235				2,1	Sa. loam	0,15	27	47,0	42,0
3,6	74	8,12	118	245				2,7	Sa. loam	0,15	27	47,0	42,0
3,8	71	8,52	120	247				2,5	Sa. loam	0,12	27	47,0	42,0
4	68	5,16	120	247				3,0	Loam	0,12	27	47,0	42,0
4,2	33	3,56	105	216				3,5	Loam	0,05	25	54,5	27,7
4,4	43	5,16	102	222				4,3	Loam	0,05	26	42,0	26,1
4,6	12	1,44	77	153				11,0	Loam	0,15	20	19,6	10,1
4,8	26	3,36	91	167				3,6	Loam	0	24	31,2	23,3
5	15	1,50	87	171				3,5	Loam	0,07	21	21,5	12,5
5,2	22	3,24	106	218				4,7	Loam	0,05	26	54,0	26,8
5,4	2	0,24	74	154				64,3	Clay	0,2	14	25,0	3,5
5,6	5	0,60	94	197				32,9	Clay	0,18	15	26,0	4,2
5,8	35	4,20	116	235				3,7	Loam	0,05	25	36,2	25,4
6	20	3,60	116	237				5,6	Loam	0,05	24	32,8	25,2
6,2	55	6,36	73	150				2,4	Sa. loam	0,07	27	47,0	42,0
6,4	40	4,80	83	159				2,7	Sa. loam	-	26	53,0	33,8
6,6	62	5,16	82	159				2,1	Sa. loam	0,1	27	47,0	42,0
6,8	70	5,40	146	300				3,6	Loam	0,15	27	47,0	42,0
7	80	5,60	147	302				3,2	Loam	0,14	27	47,0	42,0
7,2	2	0,24	118	243				101,1	Clay	0,15	14	25,0	3,5
7,4	10	1,20	145	298				24,5	Clay	0,06	17	31,0	3,4

Depth of borehole: 10.5 m Earth mark: 56.40 m				Borehole 1/1		Coordinate: x=5210608,12; y=421394,44 Date of drilling: 17.08.18				
Layer number	Bottom of the layer, m		Layer thickness, m	Cross-section Scale 1:100	Sampling depth	LCW	Lithological description of soils	ДСТУ Б В.2.1-17:2009		
	Depth	Absolute mark						Water content, W, %	Plasticity index I _p , %	Liquidity index I _L , %
1	1.7	54.70	1.7		▲1/1		Made layer - sandy loam, brown, hard, with the inclusion of crushed stone - 15-25%, with layers of clay - 10%	0,052	0,07	-0,97
2	4.5	51.90	2.8		▲1/2		Loam brown, light brown, hard, with the inclusion of grass, crushed stone, carbonates, with layers of clay - 25-35%	0,122	0,19	-0,31
					▲1/3			0,089	0,16	-0,48
					▲1/4			0,065	0,13	-0,73
4	10.5	45.90	3.5		▲1/5		Clay, reddish-brown, hard, sometimes ferruginous, with inclusions of carbonate - 10%, with layers of loam 15-25%	0,140	0,22	-0,18

周査団

3) 道路における材料試験

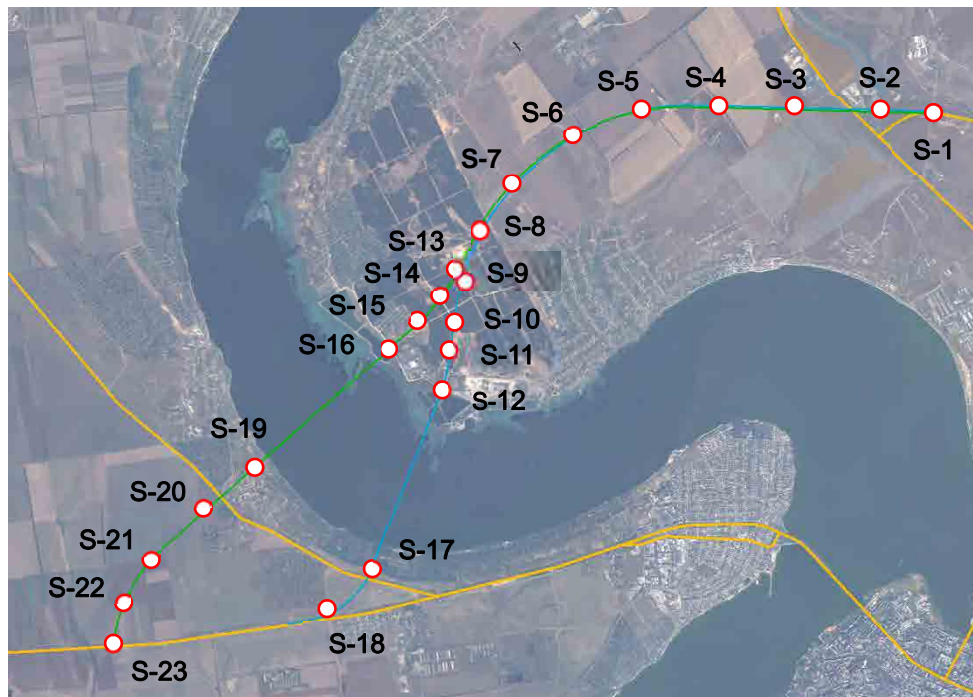
物理的性質、粒子膨張率等を調査するために、フローチ道路が計画される区間において 23 箇所の試料採取を実施した。調査地点を以下に示す。

表 4-3-5. 試料採取地点

No.	座標				対象路線
	緯度	経度	E*	N*	
S-1	47°02'37.90"	31°58'50.59"	422572.332	5210542.332	ルート 2, ルート 3
S-2	47°02'37.72"	31°58'19.19"	421909.697	5210545.440	ルート 2, ルート 3
S-3	47°02'38.22"	31°57'22.48"	420713.282	5210576.710	ルート 2, ルート 3
S-4	47°02'38.67"	31°56'30.98"	419626.787	5210605.190	ルート 2, ルート 3
S-5	47°02'36.48"	31°55'44.05"	418635.612	5210551.056	ルート 2, ルート 3
S-6	47°02'24.10"	31°54'59.47"	417689.647	5210181.852	ルート 2, ルート 3
S-7	47°02'01.99"	31°54'21.53"	416879.493	5209510.490	ルート 2, ルート 3
S-8	47°01'38.99"	31°53'58.05"	416373.977	5208807.467	ルート 2, ルート 3
S-9	47°01'21.30"	31°53'49.17"	416178.854	5208264.046	ルート 2
S-10	47°01'01.20"	31°53'43.60"	416052.525	5207645.254	ルート 2
S-11	47°00'47.30"	31°53'41.36"	415999.181	5207216.854	ルート 2
S-12	47°00'30.41"	31°53'35.89"	415876.327	5206697.123	ルート 2
S-13	47°01'23.14"	31°53'44.89"	416089.309	5208322.117	ルート 3
S-14	47°01'11.37"	31°53'33.98"	415853.873	5207962.051	ルート 3
S-15	47°00'59.87"	31°53'18.99"	415532.394	5207611.551	ルート 3
S-16	47°00'48.86"	31°53'01.67"	415161.901	5207276.892	ルート 2
S-17	46°59'10.23"	31°52'51.72"	414908.340	5204235.376	ルート 2
S-18	46°58'50.75"	31°52'25.38"	414343.307	5203642.041	ルート 2
S-19	46°59'54.15"	31°51'32.96"	413264.406	5205615.090	ルート 3
S-20	46°59'33.56"	31°51'00.17"	412562.598	5204989.644	ルート 3
S-21	46°59'13.29"	31°50'28.71"	411888.883	5204373.741	ルート 3
S-22	46°58'54.27"	31°50'11.41"	411514.736	5203792.049	ルート 3
S-23	46°58'35.65"	31°50'06.14"	411394.862	5203218.942	ルート 3

*: WGS 84/UTM zone 36N

出典: JICA 調査団



出典: JICA 調査団

図 4-3-11. 試料採取位置図

膨張性試験の結果を下表に示す。

表 4-3-6. 膨張性試験結果

No.	地層名	膨張率	対象路線
S-1	壤土	高い	ルート 2, ルート 3
S-2	壤土	高い	ルート 2, ルート 3
S-3	壤土	膨張性粘土に該当しない	ルート 2, ルート 3
S-4	壤土	膨張性粘土に該当しない	ルート 2, ルート 3
S-5	壤土	中程度	ルート 2, ルート 3
S-6	壤土	中程度	ルート 2, ルート 3
S-7	壤土	中程度	ルート 2, ルート 3
S-8	砂壤土	膨張なし	ルート 2, ルート 3
S-17	壤土	低い	ルート 2
S-18	壤土	膨張性粘土に該当しない	ルート 2
S-19	壤土	膨張性粘土に該当しない	ルート 3
S-20	壤土	中程度	ルート 3
S-21	壤土	膨張性粘土に該当しない	ルート 3
S-22	壤土	低い	ルート 3
S-23	壤土	膨張性粘土に該当しない	ルート 3

出典: JICA 調査団

4) 土取場における材料試験

図 4-3-12 に示すとおり、土取場は南ブグ川に流入する Ingul River の右岸に位置する。現時点の土取場面積は 4 ヘクタールである。

土取り場の土質状況は、上位より 3 層に区分される。

第 1 層：耕土，ローム：販売しない層。農業で使用するために敷地内に保管。

第 2 層：ローム：販売しない層。敷地内に保管。

第 3 層：砂質土：販売するための層。盛土材の対象層。

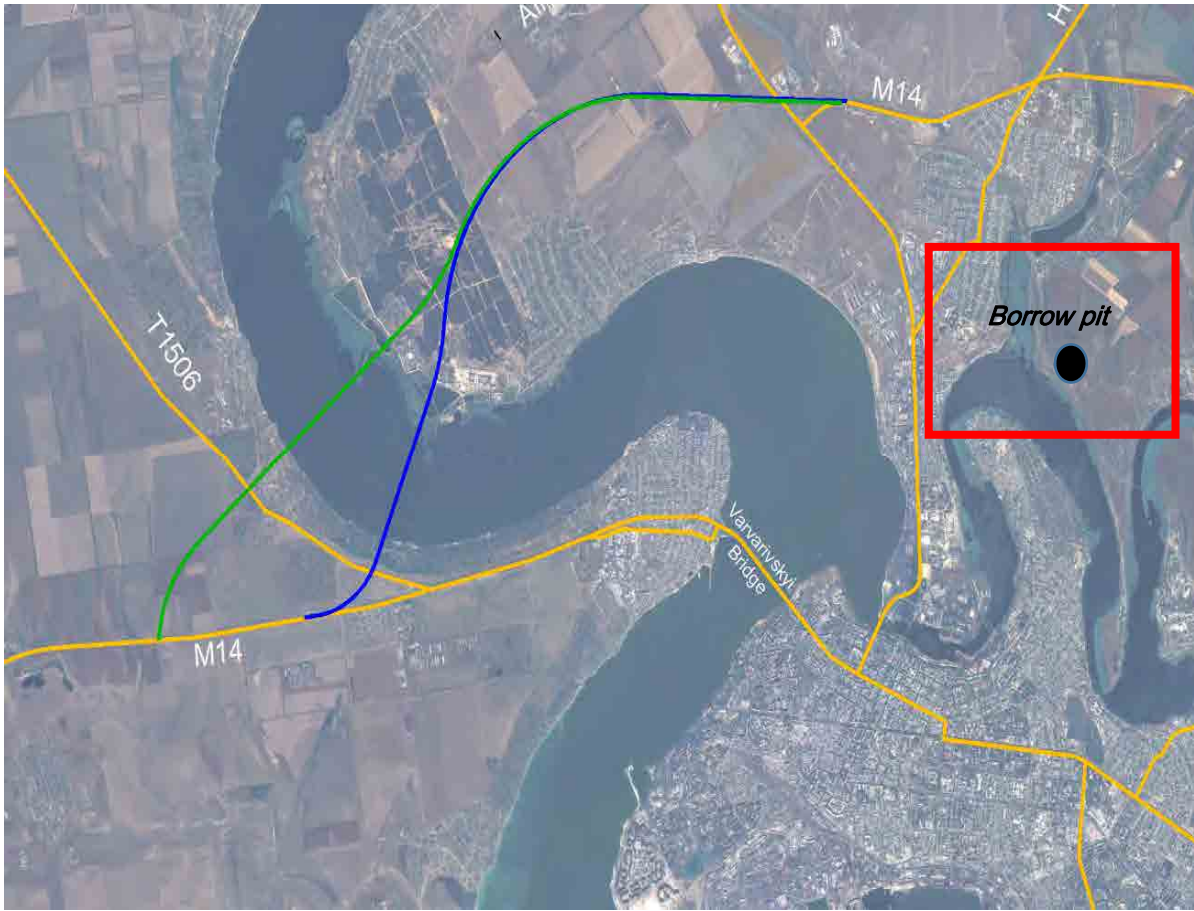
CBR 試験を第 3 層で実施した。試験結果を以下に示す。

CBR 値の使用に際しては、平均値±標準偏差外の値は棄却する。

表 4-3-7. 土質試験調査結果

地点	CBR 値 (%)	備考
1	5.33	棄却
2	7.71	
3	7.14	
4	9.43	
5	9.81	
6	7.33	
7	6.48	
8	13.05	棄却
9	8.00	
平均値	8.25	
標準偏差	2.26	

出典: JICA 調査団



なお、材料調査を実施した土取り場は、将来的に約 12 ヘクタールに拡大される予定であり、現在は登録申請段階である。そのため、工事実施段階では自然・社会環境面での許認可の取得状況について確認する必要がある。また、詳細設計段階では施工盛土量を検討し、土取り場の埋蔵土量の調査を実施することが望ましい。

4-3-3 地質調査結果概要と提言

本調査で確認された地層は、現世の耕土・盛土・河床堆積物、第四紀（沖積層、洪積層）、新第三紀の地層であり、14の地層に区分される。以下、地質調査結果についてまとめるが、地すべりに関しては第9章で詳述するため、ここでは記載を省略する。

- 1) 橋梁の支持層として、左岸より河川内にかけては地層番号「11」の新第三紀の粘土層以深または「12」の石灰岩が想定される。右岸部の橋台部については、第四紀から新第三紀にかけて形成された地層番号「8」の粘土層以深が想定される。
- 2) 今回の橋梁部でのボーリング調査は、調査間隔が離れており地層の連続性の確認が不十分であり、地層番号「12」の石灰岩は、地層番号「11」との地層境界付近では風化により強度低下していることが懸念される。そのため、詳細設計では橋脚、橋台の位置を考慮し適切な調査を実施していくことが望ましい。
- 3) 左岸の氾濫域には軟弱な土（地層番号「1」）が、BS-2.1～-2.3m 以浅での分布が確認され、盛土を施工する場合は圧密沈下が懸念される。氾濫域では分布深度が浅いため、置き換え等

で対応可能であるが、河床部では層厚 25-30m で堆積しており非常に軟弱であるため橋梁施工時には注意が必要である。

- 4) 地層番号「3」の沖積砂層で被圧水が確認され、建設時には注意が必要である。
- 5) 右岸側の橋梁計画部上部（切土区間）に分布する洪積層のローム（地層番号「4」）に膨張性は確認されていない。しかし、新第三紀の粘土（地層番号「6」「8」）は膨張性を有しており、ウ国基準では特別な処理をしない限り盛土に使用することができないため、留意が必要である。
- 6) アプローチ道路部の材料調査では、表層部に膨張性を有するローム層の分布が確認されている。これらの膨張性の土壌が確認される区域で施工を伴う場合においては、地表水の地盤への浸透を防ぐ対策を実施する必要がある。そのため、詳細設計時には選定されたルート沿いにさらに調査を追加することが望ましい。

第5章 路線・橋梁位置のレビュー

5-1 路線概要

バイパスの路線（ルート）および架橋位置は表 5-1-1 に示すように過去 6 回のフィージビリティスタディで図 5-1-1 に示す 4 ルートが比較検討されており、いずれもルート 2 が選定されている。

表 5-1-1. 過去の F/S リスト

実施年	実施国	カウンターパート	調査会社
1989	Soviet-Union	No Information	Kievsoyuizdorproject
2000	Japan	Mykolaiv City	Japan Consulting Institute
2003	Japan	Mykolaiv City	Pacific Consultants International
2004	Ukraine	Mykolaiv Region	Kievsoyuizdorproject
2011	Japan	Ukravtodor	The Consortium of Oriental Consultants Co., Ltd. and Chodai Co., Ltd.
2012	Ukraine	Ukravtodor	Kievsoyuizdorproject

今回比較する各ルートの線形は、過去の Feasibility Study における線形を基に現在の土地利用状況を考慮して若干の修正を行ったものであり、表 5-4-5 に示す評価項目について可能な限り定量的な評価、比較検討を実施している。各案の特徴を表 5-1-2 に示す。

なお、大別してルート 1,2,3 をミコライウ市北側の M14 と西側の M14 を結ぶルートとして「北側ルート」、ルート 4 をミコライウ市南側の M14 と西側の M14 を結ぶルートとして「南側ルート」と呼ぶ。

表 5-1-2. 各ルートの特徴

ルート	特徴
ルート 1	北側ルートの中で南ブグ川を横断する位置が最も北側であり、路線延長が最も長いルートである。川幅が最も狭い位置で川を横断することにより、路線延長は長くなるが橋梁延長を短くし、工事費を削減することがこのルートの狙いである。一方、船舶の航行、治水安全性、ミコライウ空港の制限表面、住民移転に配慮する必要がある。特に住民移転は北側ルートの中で最も件数が多いという特徴を持つ。
ルート 2	北側ルートの中で南ブグ川を横断する位置が最も南であり、路線延長が最も短いルートである。このルートには 2 つの利点があり、1 つは住民移転が発生しないこと、もう 1 つは 2009 年に作成されたミコライウ市の都市計画に整合していることである。一方、河道の湾曲区間を横断するため、船舶の航行や治水安全性に配慮する必要がある。右岸側の河岸は水衝部にあたり、付近の斜面は地すべり地帯とされている。過去に複数回発生した小規模の地すべりを踏まえると比較的中規模の地すべりが起こりやすい。また、小規模の地すべりが生じた周辺にはガリーが発達しており、地下水が集中している可能性があるため斜面安定への留意が必要である。
ルート 3	ルート 2 が南ブグ川の湾曲区間を横断するため、対案として直線に近い位置で横断させたルートであり船舶の航行や治水安全性に配慮することが目的である。北東に位置する既存の環状道路を北西に延伸することも意図しており、便益の面で有利である。一方、若干の住民移転が発生する。また、右岸側の河岸付近の斜面は地すべり地帯とされており、過去に周辺で発生した小規模の地すべりを踏まえると、比較的小規模の地すべりが起こる可能性があるため、斜面安定に留意する必要がある。
ルート 4	唯一の南側ルートであり、全ルートの中で最も延長が長い。南ブグ川添いの住宅密集地を避け、北東に位置する既存の環状道路を南東および南西に延伸することも意図している。河道を直線に近い区間で横断しており船舶の航行や治水安全性に配慮することが可能であるが、川幅が広い橋梁の延長が長くなる。また、ミコライウ港より下流に位置するため、対象船舶が北側ルート案に比べて大きく、航路限界が大きくなる可能性がある。

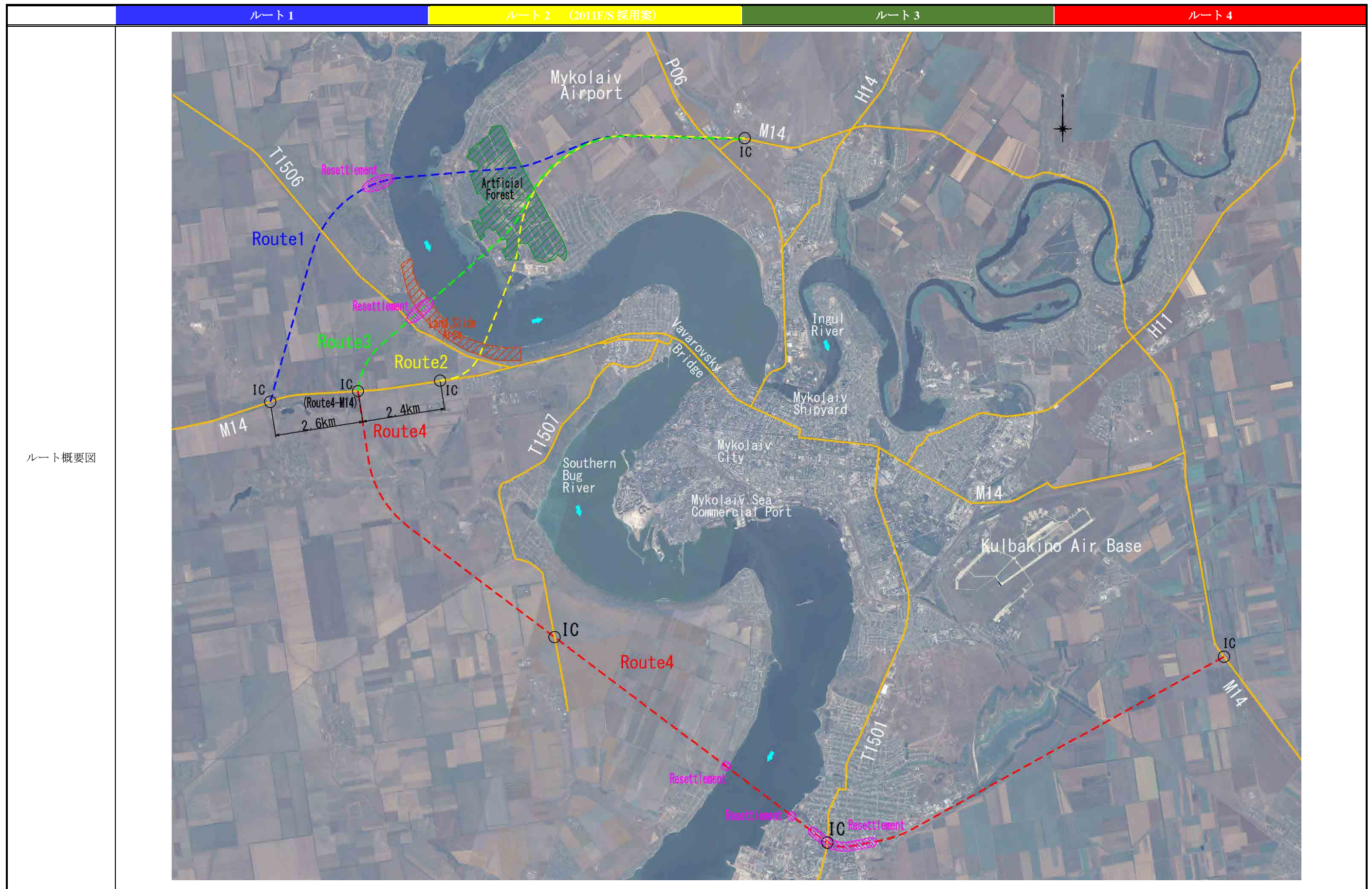


図 5-1-1. ルート概要図

各案の概略数量を表 5-1-3 に示す。

表 5-1-3. ルート別概略数量

種 別	ルート 1	ルート 2	ルート 3	ルート 4
ルート長	18,400m	13,200m	14,600m	32,500m
橋梁長	1,500m	2,120m	2,180m	3,200m
(主橋梁長)	(840m)	(930m)	(840m)	(840m)
(アプローチ橋梁長)	(660m)	(1,190m)	(1,340m)	(2,360m)
道路長	16,900m	11,080m	12,420m	29,300m

※航路条件や船舶諸元はミコライウ港の上下流で異なり、下流側に位置するルート 4 は上流側に位置するルート 1~3 に比べて対象船舶が大きく、橋長が長くなる可能性があるが、本調査では便宜的に対象船舶はルートに依らず同じであるものとした。

5-2 ルート選定の方法

階層化意思決定分析法（Analytic Hierarchy Process（以下「AHP」という。)) は実績の多い多基準分析の手法の一つであり、本調査のルート選定方法として他の方法よりも適している。

この方法では、複数の評価項目を評価するために総合的かつ客観的なフレームワークを利用できる。また、外的基準を設けずにウェイト付けが可能で、評価サンプルデータが少数で方法である。これらの点から、本調査のルート選定方法として AHP を採用する。

一般的にルート選定は、多数の評価項目を総合的に判断する必要があり、多基準分析問題と呼ぶことができる。多基準分析の手法は数多く開発されており、主な手法としてはチェック・リスト法、評価法、ファクター・プロフィール法、ゴールド・アチーブメント・マトリックス法、AHP などが挙げられる。何れの手法においても、評価項目を網羅的に整理し、個々の評価項目ごとに評価が行われる。多基準分析では、評価者の主観的要素を取り扱うことが多く、評価に際しては合理性や第三者への説得性・納得性が要求されることから、可能な限り定量的に評価し客観性を担保することが必要である。

評価項目については、日本で作成された「道路投資の評価に関するガイドライン」等のガイドラインを参考にして一般的な評価項目を設定し、さらに環境およびプロジェクト実施の観点から大きな影響を与えると考えられる評価項目を設定した。

5-3 ルート選定の手順

AHP において通常行われる手順に鑑み、本調査におけるルート選定の手順は以下のとおりとする。

手順①：評価項目および評価指標の設定

プロジェクト実施による正負の効果を踏まえて評価項目を設定し、ルートを比較するためにそれぞれ具体的に何を評価指標とするかを設定する（詳細は 5-4 を参照）。

手順②：評価項目に対する評価値の決定

評価指標に関して評価項目に対する各ルートの評価値を決定する（詳細は 5-5 を参照）。

手順③：評価値に基づく評価点の決定

評価項目ごとに、評価値に基づき、各ルートの評価点を設定する（詳細は 5-5 を参照）。

評価値とは評価指標の種類によって評価項目ごとに異なる値であり、評価点は評価項目ごとの最高点が全て同じになるように評価値を換算したものである。

評価点の最高点を 5 点とした場合の例を以下に示す。

表 5-3-1. 評価値から評価点への換算例

例 項目	評価値				⇒	単位：点 評価点			
	R1	R2	R3	R4		R1	R2	R3	R4
イニシャルコスト (百万 USD)	409	415	444	577		5.0	4.9	4.6	3.5
住民移転件数(件)	50	なし	3	40		3.0	5.0	4.5	3.0
航路条件*	2.1 倍	2.5 倍	1.8 倍	1.2 倍		2.4	2.0	2.8	4.2

※：直線区間の橋脚への衝突確率に対する衝突確率の増加率

手順④：評価項目に対するウェイトの決定

評価項目同士を比較し、ウェイト付け（重要度に差を付けること）を行う。（詳細は 5-6）

手順⑤：ルート選定

評価項目ごとに、手順③で設定した評価点と手順④で設定したウェイトを掛け合わせ、重み付き評価点を算定した上、重み付き評価点の合計が最も高いルートを選定する（詳細は 5-7）。

上記の手順①～⑤を以下のフローに示す。

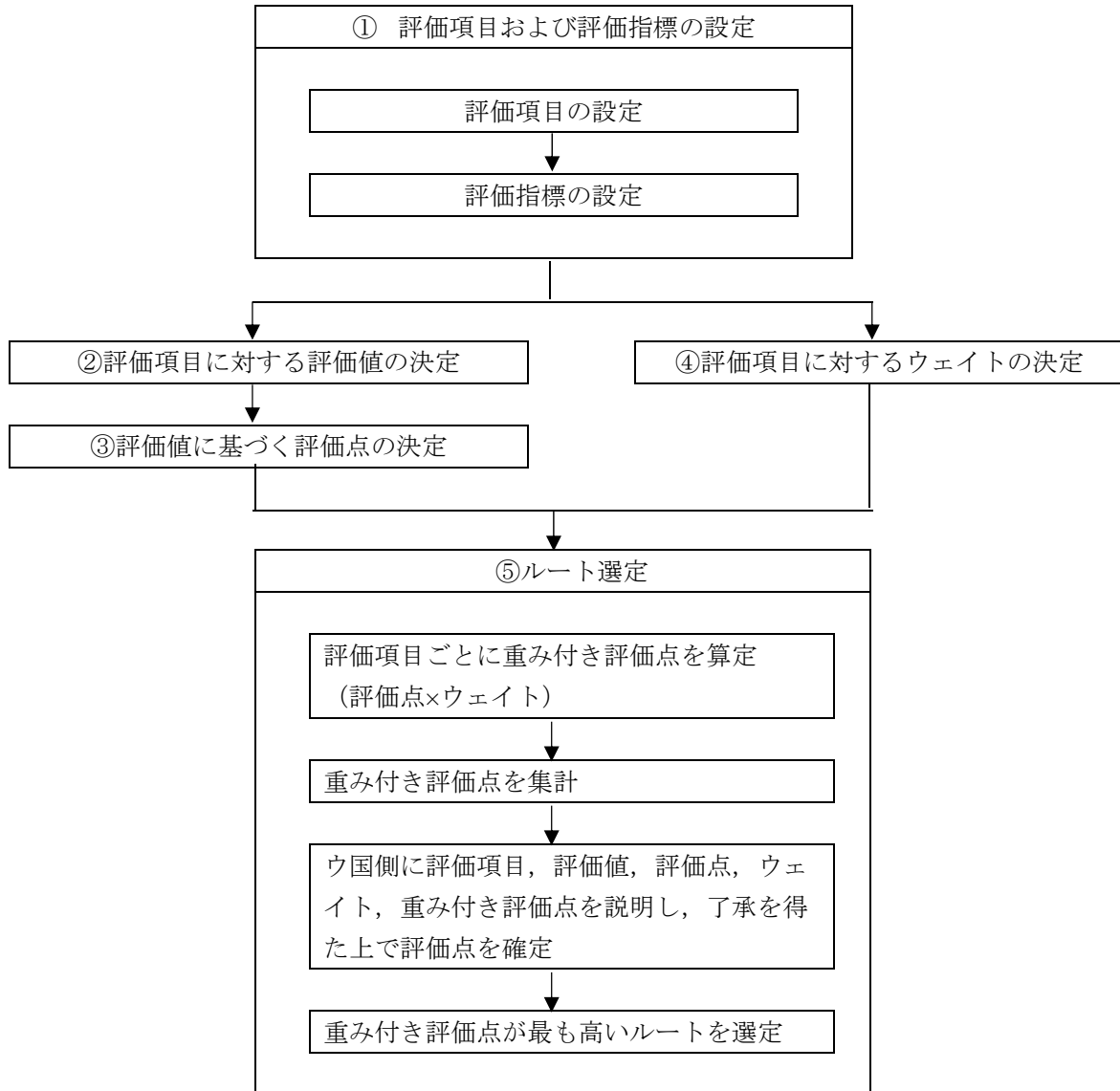


図 5-3-1. ルート選定手順

5-4 評価項目および評価指標

評価項目は以下の点に配慮して設定する。

- ・コスト，便益，環境への影響など一般的な評価項目を網羅する。
- ・プロジェクトの重要な目的を評価できる項目を網羅する。
- ・プロジェクトを実施する上で特に配慮すべき条件を評価項目として網羅する。
- ・可能な限り定量的に評価できる項目を採用する。
- ・2011F/S で重要視されていた評価項目を取り入れる。

参考として、日本において道路建設時に一般的に用いられている評価項目（出典：道路投資の評価に関する指針（案） 第2編総合評価、pp6～8、表 1-2）の一覧を表 5-4-1~表 5-4-4 に示す。

また、本調査で設定する評価項目，設定理由および評価指標を表 5-4-5 に示す。

表 5-4-1. 日本国内の一般的な評価項目(1/4)

受益者	上位	中位	下位	評価の視点	評価指標例(参考)	本事業による効果		評価項目(案)			
						○:有 ×:無	有無の理由	調査団& JICA 選定 ○:選定	ウ国 選定	最終 決定	
コスト・・・ <input checked="" type="checkbox"/> 建設費(イニシャルコスト)、 <input checked="" type="checkbox"/> 橋梁建設費						-	-	○			
道路利用者	道路利用効果	<input checked="" type="checkbox"/> プロジェクト便益 (走行時間短縮)	時間短縮による生産時間増	・輸送業生産増 ・製造業生産増 ・商業・サービス業生産増	・TTCによる評価	○	穀物等の物流の円滑化が図れ、輸送業生産等増	○			
			時間短縮による余暇時間増	・レクリエーションの充実 ・自己学習の充実 ・休息の充実		○	ミコライウ市街地の渋滞緩和により、通勤時間が減少し、自由時間増				
		<input checked="" type="checkbox"/> プロジェクト便益 (走行費用減少)	燃料費の節減	・ガソリン、軽油の節約	・VOCによる評価	○	ミコライウ市街地の渋滞緩和により、アイドリングが減少・適正速度での走行ができ、燃料費の節減	○			
			車両消費費節減	・オイルの消耗節約 ・タイヤ・チューブの消耗節約							
			車両維持費節減	・車両整備費節約 ・車両修繕費節約							
			車両償却費節減	・減価償却費節約							
		交通事故減少	個人的損失額の低減	・人身損失額の低減 ・物理的損失額の低減 ・事故処理費用の低減	・どの程度各ルートをトラック等が利用するかであるが、現時点では不確定、既F/Sでは10:0で仮定 ・ウクライナの事故件数のデータが必要	○	ミコライウ市街地を通行するトラックが減少するため事故は減少。	○	VCRで判断		
			社会的損失額の低減	・物理的損失額の低減 ・事故処理費用の低減							
		走行快適性の向上	疲労の軽減	・運転者の疲労軽減 ・同乗者の疲労軽減	・ <input checked="" type="checkbox"/> 市内VCRの改善効果 ・最小半径の地点が解消 ・設計速度が増加 ・非舗装が舗装化	○	ミコラエフ市街地の交通渋滞が低減する為、トラック運転手、乗用車運転手双方の疲労軽減	○	VCRで判断		
			道路からの景観創出	・走行車内から見る景観創出 ・道路上から見る景観創出	・眺望が良い地点にSA,PA,公園整備,						
		歩行の安全性・快適性の向上	歩行の安全性向上	・歩行者の安全性の向上 ・自転車利用者の安全性の向上	・歩道の設置 ・交通安全施設の整備	○	ミコライウ市街地を通行するトラックが減少するため安全性向上	○	各ルート同評価		
			歩行の快適性向上	・歩行者が自転車を意識せず歩行可能になることによる快適性向上 ・自転車利用者が自動車を意識せず走行可能になることによる快適性向上	・歩道の緑化 ・休憩施設の整備 ・3m以上の歩道幅 ・歩行者と自転車の分離 ・バリアフリー対応						

表 5-4-2. 日本国内の一般的な評価項目(2/4)

受益者	上位	中位	下位	評価の視点	評価指標例(参考)	本事業による効果		評価項目(案)			
						○:有 ×:無	有無の理由	調査団& JICA 選定 ○:選定	ウ国 選定	最終 決定	
沿道および地域社会	環境効果	大気汚染	人的影響	<ul style="list-style-type: none"> ・NO_xによる人的影響 ・SO_xによる人的影響 ・SPMによる人的影響 	<ul style="list-style-type: none"> ・時間ごとの風向風速別出現頻度が必要であり、現時点では正確な数値は算出不可。各ルート間での差異はないものと思われる 	○	ミコライウ市街地を通行するトラックが減少するため、市街地の汚染物質は減少。 バイパスルートは増加	各ルート同評価			
			物理的影響								
		✓騒音・振動	コミュニケーションへの影響	<ul style="list-style-type: none"> ・沿道住民への影響 ・沿道施設における影響 	<ul style="list-style-type: none"> ・騒音レベルとその影響を受ける家屋数の関係 	○	沿道住民・施設への影響あり	○			
			快適性への影響								
			心身への影響								
		地球環境温暖化	自動車走行によるCO ₂ 排出による環境への影響	<ul style="list-style-type: none"> ・排出量の多寡での評価で、各ルート間で差異は生じない。 ・時間毎の風向・風速出現頻度が必要であり、現時点では正確な数値は算出不可。 	○	バイパスルート完成により物流が増加することによりCO ₂ は増加。適正速度による減少。 ミコライウ市街地の渋滞緩和によるCO ₂ は減少	各ルート同評価				
		景観	周辺との調和	<ul style="list-style-type: none"> ・自然環境景観との調和 ・都市景観との調和 ・文化資源との保護と調査 	<ul style="list-style-type: none"> ・周辺環境との調和 ・文化財に対して影響しない 	○	長大橋であり、ランドマークとなり、新たな景観創出。 ライトアップ等により観光地となる	各ルート同評価			
			新たな地域景観の創出	<ul style="list-style-type: none"> ・道路構造物による新たな景観創出 	<ul style="list-style-type: none"> ・構造美を有する橋梁 	○					
		生態系	沿道地域生態系への影響	<ul style="list-style-type: none"> ・自動車交通による影響 ・道路構造物による影響 	<ul style="list-style-type: none"> ・法律・条例等により希少種の保全を旨として指定された地域を通過する・しない。 ・✓生態系保全として保護区、世界遺産、禁漁区域との位置関係を評価。 	○	効果の有無にかかわらず、評価することは必須である。	○			
			希少種への影響								
			土壌・水環境・地形への影響	<ul style="list-style-type: none"> ・道路構造物による影響 	<ul style="list-style-type: none"> ・土壌・水環境への影響が無い(環境アセスを実施済・未) ・✓人工林伐採、農地損失面積を評価。 	○	効果の有無にかかわらず、評価することは必須である。	○			

表 5-4-3. 日本国内の一般的な評価項目(3/4)

受益者	上位	中位	下位	評価の視点	評価指標例 (参考)	本事業による効果		評価項目 (案)		
						○: 有 ×: 無	有無の理由	調査団& JICA 選定 ○: 選定	ウ国 選定	最終 決定
沿道および地域社会	住民生活効果	道路空間の利用	ライフライン等の収容	<ul style="list-style-type: none"> 電線の収容による利便性増 上下水道の収容による利便性増 ガス管の収容による利便性増 	<ul style="list-style-type: none"> 添架する、しない 	○	ライフラインを添架する場合、利便性増	評価困難		
			防災空間の提供	<ul style="list-style-type: none"> 延焼防止空間機能による被害減 災害時避難空間機能による被害減 	<ul style="list-style-type: none"> 延焼防止空間の向上 (密集市街地での幅員が 25m 以上) 	○	ルート 4 は市街地を通るため、効果を見込める可能性がある。	評価困難		
		災害時の代替路確保	災害時交通機能の確保	<ul style="list-style-type: none"> 迂回による不便の解消 心理的不安感の低減 		○	渋滞緩和される事より、災害時に対する心理的不安感が低減する	各ルート同評価		
			人的物流被害の低減	<ul style="list-style-type: none"> 異常気象時通行止め規制の解消 危険個所の解消 		○	バイパス完成によりババロフスキー橋のメンテナンスを実施でき、危険個所が解消	各ルート同評価		
		生活機会・交流機会拡大	レクリエーション施設へのアクセス向上	<ul style="list-style-type: none"> レクリエーション施設へのアクセス向上 観光地へのアクセス向上 	<ul style="list-style-type: none"> 主要観光地相互の到達時間が 30 分以上短縮 総合保養地域へ 90 分以内でアクセス可能な地町村数が増加 	○	ルート 4 は T1501 沿いの市街地へのアクセス性が向上	効果小		
			交流人口の増大	<ul style="list-style-type: none"> 日帰り圏人口の拡大 都市地域へのアクセス向上 	<ul style="list-style-type: none"> 相互に 90 分以内で到達可能な市町村数が増加 	○	ルート 4 は T1501 沿いの市街地へのアクセス性が向上	効果小		
			幹線交通アクセス向上	<ul style="list-style-type: none"> 新幹線駅・特急停車駅へのアクセス向上 空港・港湾へのアクセス向上 	<ul style="list-style-type: none"> 空港へ 60 分以内でアクセス可能な地町村が増加 	○	ルート 1~3 は空港へのアクセス性が向上。	効果小		
		公共サービスの向上	公共施設・生活利便施設へのアクセス向上	<ul style="list-style-type: none"> 役所・役場へのアクセス向上 高校へのアクセス向上 大規模小売店へのアクセス向上 スポーツ文化施設へのアクセス向上 	<ul style="list-style-type: none"> 指定施設 (図書館、公民館、市民会館、高等学校、大規模小売店) へ 1 時間アクセス可能な市町村が増加 市町村の全域が当該市町村役場への 30 分アクセス可能 	○	市街地の渋滞が緩和し、ミコライウ郊外からアクセス向上	効果小		
			緊急施設へのアクセス向上	<ul style="list-style-type: none"> 救急病院へのアクセス向上 消防署からのアクセス向上 警察署からのアクセス向上 	<ul style="list-style-type: none"> 緊急施設 (救急病院、消防署、警察署) への 30 分アクセス可能な市町村数増加 	○	渋滞緩和により、郊外住居者がミコライウ市街地の諸施設にアクセスする場合向上	効果小		
			公共交通の充実	<ul style="list-style-type: none"> 大型バスの通行可能化による利便性向上 	<ul style="list-style-type: none"> バスの便数が 20 便以上ある、予定されている。 大型バスの通行が可能。 	×	通行可能な車両に変化はない。			

表 5-4-4. 日本国内の一般的な評価項目(4/4)

受益者	上位	中位	下位	評価の視点	評価指標例(参考)	本事業による効果		評価項目(案)							
						○:有 ×:無	有無の理由	調査団& JICA 選定 ○:選定	ウ国 選定	最終 決定					
沿道および地域社会	地域経済・財政効果	建設事業による需要創出	関連産業の売上げ増	・建設業の売上増 ・建設資材業の売上増 ・地域サービス業の売上増	産業の振興としてまとめた。計測にはモデル分析が必要であり、簡略化のため1つにまとめた。 ・卸売市場へのアクセス道路である。 ・沿道に工業団地がある、また計画がある ・沿道に大規模リゾート施設がある。 ・沿道に大規模ショッピングセンターがある、または計画がある	/	都市計画に含まれる。	/							
			関連産業の雇用増	・建設業の売上増 ・建設資材業の売上増 ・地域サービス業の売上増											
			道路建設に伴うCO ₂ 排出による環境への影響												
		新規立地に伴う生産増加	交通費用(コスト)低減による新規立地	・製造業の立地による生産増 ・商業・サービス業の立地による生産増 ・運輸業の立地による生産増	・特定重要港湾、重要港湾へのアクセス道路である。 ・ <input checked="" type="checkbox"/> オチャコフ港との連携を評価。	×	T1507との交差点部にインターチェンジがない。	/							
			市場拡大による新規立地	・商業・サービス業の立地による生産増 ・レジャー産業の立地による生産増	・流通地区へのアクセス道路である。 ・ <input checked="" type="checkbox"/> 環状道路構想との整合性を評価。	○	環状道路構想の観点から望ましいルートがある。	○							
		雇用・所得増大	既存産業の生産拡大による雇用増	・農林水産業の雇用増 ・製造業の雇用増	・沿道に住宅団地の整備計画がある。 ・条件不利地域(地域振興法等)の指定地域の道路、または、指定地域である。 ・土地区画整理事業、再開発事業の計画の中に位置づけられている。 ・ <input checked="" type="checkbox"/> ミコライウ市の都市計画との整合性を評価。 ・ <input checked="" type="checkbox"/> ミコライウ市の都市計画との整合性を評価。	/	都市計画に含まれる	/							
			既存産業の生産拡大による所得増	・商業・サービス業の雇用増 ・運輸業の雇用増											
			新規立地産業の生産に伴う雇用増	・製造業の雇用増 ・商業・サービス業の雇用増											
			新規立地産業の生産に伴う所得増	・運輸業の雇用増											
		人口の安定化	人口の定着												
		財・サービス価格の低下	生産コスト減による財・サービス価格の低下	・製造業の価格低下 ・商業・サービス業の価格低下	/	/	/	/	効果不明	/					
			流通機構合理化による財・サービス価格の低下	・運輸業の価格低下											
		資産価値の向上	利便性の向上による地価の上昇	・住宅地地価の上昇 ・業務地地価の上昇											
			市場拡大による地価の上昇	・商業地地価の上昇 ・業務地地価の上昇											
財政の安定	財政支出の節減	・公共施設整備費用の節減													
	租税収入の増加	・地方税収の増加 ・国税収の増加													
その他	<input checked="" type="checkbox"/> 住民移転 <input checked="" type="checkbox"/> 住民移転		住民移転数で評価。	○											
	<input checked="" type="checkbox"/> 地盤条件 <input checked="" type="checkbox"/> 地盤条件	<input checked="" type="checkbox"/> 斜面崩壊	地すべりの規模、安全性等で評価	○											
	<input checked="" type="checkbox"/> 航路条件	<input checked="" type="checkbox"/> 船舶の衝突確率	相対的な衝突確率で評価	○											
	<input checked="" type="checkbox"/> 河川条件	<input checked="" type="checkbox"/> 治水安全性への影響	治水安全性に悪影響のある河道状況(湾曲部、水衝部、狭窄部、合流部等)への該当数で評価	○											
	<input checked="" type="checkbox"/> 空域条件	<input checked="" type="checkbox"/> 橋梁建設に係る制限	空域制限の有無で評価	○											
	<input checked="" type="checkbox"/> 東西回廊の一区間としての道路位置													他項目で評価	

注1) 2011F/Sで採用された評価項目をで示す。

2) 本事業の評価項目(案)をで示す。

3) 下位の項目は、客観的に評価が得られるか、実務者が評価しやすい項目か、データ等が存在するか等を考慮して設定。一般的に設定に際しては、有識者や道路行政に携わる者によるブレインストーミングを行う。

4) 「その他」は、日本国内の一般的な評価項目には含まれないが、本事業を実施する上で特に配慮すべき評価項目である。

表 5-4-5. 評価項目一覧表

大項目	中項目	小項目	設定理由	評価指標
事業効果	市内 VCR の改善効果	-	市内の渋滞解消は本事業の重要な目的である。	VCR(Volume/Capacity Ratio)
	建設費	-	バイパス道路建設に必要な初期投資額を把握することは重要である。	イニシャルコスト
	便益	-	プロジェクトの効果を定量的に評価するために重要である。	TTC(Travel Time Cost) VOC(Vehicle Operation Cost)
影響要因	社会環境	住民移転低減	住民移転は社会環境、生活環境が大きく変わることになるため、該当者全員からの同意が得られない場合が多い。したがって住民移転数が多いことは事業自体が成立しないリスクが大きいと言える。また、2011FS におけるルート選定では住民移転数が重要な評価項目となっている。	住民移転数
		農地損失面積の低減	プロジェクトサイト周辺の主要産業は農業であり、バイパス道路はほとんどが農地を通過する。損失面積の大小は現状からの土地利用の改変度合いを示し、主要産業が保全できているかどうかの判断材料となる。	農地損失面積
		ミコライウ市都市計画との整合	ミコライウ市の都市計画は、市内にバイパス道路が建設されることを前提に決定されている。市外のルートを採用した場合、都市計画の変更が生じる。	都市計画との整合性の有無
		環状道路構想との整合性	人口が 30 万人を超えるウクライナの都市では、市街地を避けるように半円または完全な環状道路が整備されている傾向にある。ミコライウ市は人口 50 万人の都市であり、環状道路があることは望ましいと考えられる。	ルート 1~3 とルート 4 の接続性(終点側インターチェンジの位置関係)
	自然環境	人工林伐採の低減	南ブグ川の左岸とミコライウ空港の間に約 570ha のまとまった人工林が存在する。プロジェクトサイト周辺は低地であり、他に森林がなく貴重であることから、自然環境の保全上重要である。	人工林損失面積
		生態系保全	生態系の保全はプロジェクトの種類にかかわらず重要である。また、バイパス道路が、水産庁ミコライウ州事務所の定める禁漁区域に隣接する可能性がある。	生態系保全上特に重要な地域との位置関係 禁漁区域との位置関係
	生活環境	周辺住宅に対する振動・騒音の影響	プロジェクトサイト周辺はほとんどが農地であり、現状の振動・騒音レベルは小さいと推定される。バイパス道路建設に伴う振動・騒音レベルの変化は大きく、生活環境への影響が大きいと考えられる。	騒音の影響を受ける家屋数
		周辺公共施設に対する振動・騒音の影響	同上	騒音の影響を受ける公共施設数
実施環境	地盤条件	斜面崩壊	ルート 2 およびルート 3 の右岸側の河岸付近の斜面は、古くより地すべり地帯とされている。特にルート 2 は斜面に橋脚、橋台が建設される可能性が高いため、その安定性は重要である。	地すべりの規模および安全性
	航路条件	船舶の衝突確率	南ブグ川は航路として利用されているため、船舶が橋脚へ衝突する可能性があり、船舶および橋梁の両方の安全性に影響を与える。	船舶の相対的な衝突確率
	河川条件	治水安全性への影響	橋梁設置および橋梁の位置と河道状況（狭窄部、湾曲部、水衝部、合流部、流況変化部等）の関係が治水安全性に影響を与える。	橋梁設置による河積阻害の程度 治水安全性に悪影響のある河道状況（湾曲部、水衝部、狭窄部、合流部等）への該当数
	空域条件	橋梁建設に関わる制限	ミコライウ市の北側、南側の両方に空港が存在し、離発着の方向と主橋梁の位置が一致するルートは橋梁（特に主塔・斜材）および施工中の重機、資機材が各空港の制限表面に入らないよう配慮する必要がある。	空域制限の有無

5-5 評価値の検討および評価点の決定

評価項目ごとに、評価指標に対する各ルートの評価値を検討し、その評価値に基づき最高点を5点として評価点を決定した。

以下に評価指標に対する評価点の決定結果を示す。

5-5-1 事業効果

1) 市内 VCR の改善効果

VCR は道路の交通容量(Capacity)に対する交通量(Volume)の比率(Volume/Capacity)で定義される値であり、値が小さいほど渋滞の改善効果があると言える。

市内 VCR としてババロフスキー橋の VCR を本事業が実施された場合の“With Project”と、プロジェクトが実施されなかった場合の“Without Project”でそれぞれ算出した結果および評価点を下表に示す。評価点は2055年のVCRが最も低いルートを5点とし、他のルートは下式で配点した。

$$\text{評価点} = 5 \times \frac{\text{2055年の最も低いVCR}}{\text{2055年の各ルートのVCR}}$$

表 5-5-1. バイパス道路の有無での VCR 算出結果および評価点

	VCR				
	バイパス 道路なし	バイパス道路あり			
		ルート 1	ルート 2	ルート 3	ルート 4
現況(2017年)	2.54	-	-	-	-
2025年	2.66	1.63	1.54	1.58	1.71
2040年	3.96	2.43	2.30	2.35	2.55
2055年	5.96	3.66	3.47	3.54	3.83
評価点	-	4.74	5.00	4.90	4.53

2) 建設費用

道路・橋梁の建設事業では、一般に、建設費用（イニシャルコスト）と維持管理費用（ランニングコスト）が必要となるが、ここではプロジェクト費用の主要部分であり円借款（JICA ODA Loan）の対象となる建設費（イニシャルコスト）を各ルートについて算出、比較した。当該コストの算出時に考慮した主工種を下表に示す。なお、現時点では対策工の要否が不明である一方で、全体工事費に大きな影響を与えないと考えられる環境対策工は含んでない。

また、現時点までの調査によりルート2および3では、地すべりの発生が懸念されるため、地すべり対策工（護岸対策工を含む）を算出した。ただし、今後追加の地質調査を実施するため、その結果により対策工の種類、規模が変更になる可能性がある。

物理的予備費は設計変更、事故、自然災害などの不測の事態に対処するための予備費で建設費の10%を想定した。コンサルタントフィーはコンサルタントが詳細設計・調達支援・施工監理を行うための費用で6%を想定した。物価スライドは複数年にわたる建設工事中に上昇する物価をあらかじめ見込んだもので20%（年率5%で期間10年相当）を想定した。ただし、これらの率は今後の調査で変更になる可能性がある。

表 5-5-2. イニシャルコスト算出時の主工種

費用種別	主工種
イニシャルコスト※	土工，舗装工，排水工，付帯工，地すべり対策工，護岸工，洗掘防止工，橋梁（上部・下部・基礎）工，物理的予備費，コンサルタントフィー，物価スライド

※環境対策工，有料化対策工等は含まず。

イニシャルコストの算出結果および評価点を下表に示す。評価点はイニシャルコストが最も安価なルートに 5 点とし、他のルートは下式で配点した。

$$\text{評価点} = 5 \times \text{最も安価なイニシャルコスト} / \text{各ルートのイニシャルコスト}$$

表 5-5-3. イニシャルコストおよび評価点

単位：百万 USD

非公開

3) 便益

本事業の実施によって期待される定量的な便益には車両運行費用 (Vehicle Operation Cost, VOC) の節約便益と旅行時間費用(Travel Time Cost, TTC)の節約便益がある。

本調査では，本事業が実施された場合の“With Project”と，実施されなかった場合の“Without Project”で前述の費用を算出し，“With Project”と“Without Project”との差を便益として定義する。

便益の算出結果および評価点を下表に示す。評価点は便益が最も高いルートを 5 点とし、他のルートは下式で配点した。

$$\text{評価点} = 5 \times \text{各ルートの便益} / \text{最も高い便益}$$

表 5-5-4. 便益および評価点

単位：百万 USD

非公開

5-5-2 影響要因

1) 社会環境

(1) 住民移転低減

住民移転への影響を評価するために住民移転件数を調査した。

調査結果および評価点を下表に示す。評価点は移転件数 0 を 5 点として、定性的な判断により配点した。

表 5-5-5. 住民移転件数および評価点

ルート	住民移転件数	評価点
ルート 1	約 50 件	3.0
ルート 2	住民移転なし	5.0
ルート 3	3 件	4.5
ルート 4	約 40 件	3.0

(2) 農地損失面積の低減

農地への影響を評価するために農地損失面積を調査した。

調査結果および評価点を下表に示す。評価点は農地損失面積 0 を 5 点として、定性的な判断により配点した。

表 5-5-6. 農地損失面積および評価点

ルート	農地損失面積	評価点
ルート 1	119ha	2.0
ルート 2	77ha	4.0
ルート 3	93ha	3.0
ルート 4	198ha	1.0

(3) ミコライウ市都市計画との整合

ミコライウ市都市計画との整合性を評価した。2009 年に策定された現在のミコライウ市の都市計画では、ルート 2 の架橋位置が想定されているため、ルート 2 のみが整合性があると評価される。

検討結果および評価点を下表に示す。評価点は都市計画との整合があるルートを 5 点として、他のルートは一律中間点の 3 点とした。

表 5-5-7. 都市計画との整合性および評価点

ルート	都市計画との整合性	評価点
ルート 1	都市計画との整合性はない。	3.0
ルート 2	都市計画との整合性が確保されている。	5.0
ルート 3	都市計画との整合性はない。	3.0
ルート 4	都市計画との整合性はない。	3.0

(4) 環状道路構想との整合性

将来的に環状道路を建設する場合、既存の東側 M14 が東から北まで、ルート 1,2,3 のいずれかが北から西まで、ルート 4 が西から東までを構成することになる。

この時、南側ルートはルート 4 しか選択肢がないため、ルート 4 と西側 M14 の接続点にはインターチェンジが必要となり、同様にルート 1,2,3 のいずれかと西側 M14 の接続点にもインターチェンジが必要となる。環状道路としては、前者と後者の位置に近い方が機能的であり、同位置であることが最も望ましい。各ルートの終点側インターチェンジからルート 4 終点側インターチェンジまでの距離を評価した。

検討結果および評価点を下表に示す。評価点はルート 4 および、ルート 4 とインターチェンジの位置が一致するルート 3 を 5 点とした。他のルートは定性的な判断により配点した。

表 5-5-8. インターチェンジ間の距離および評価点

ルート	インターチェンジ間の距離	評価点
ルート 1	ルート 4 インターチェンジまで 2.6km	3.0
ルート 2	ルート 4 インターチェンジまで 2.4km	4.0
ルート 3	ルート 4 インターチェンジと同位置	5.0
ルート 4	-	5.0

2) 自然環境

(1) 人工林伐採の低減

自然環境への影響を評価するために人工林伐採面積を調査した。

検討結果および評価点を下表に示す。評価点は人工林伐採面積 0 を 5 点として、定性的な判断により配点した。

表 5-5-9. 人工林伐採面積および評価点

ルート	人工林伐採面積	評価点
ルート 1	11ha	4.0
ルート 2	15ha	3.0
ルート 3	10ha	4.0
ルート 4	伐採なし	5.0

(2) 生態系保全

生態系への影響として、各ルートと生態系保全上特に重要な地域（具体的には、保護区、世界遺産（文化遺産、自然遺産）、ラムサール登録湿地、IBA）の位置関係、また、水産庁ミコライウ州事務所が特定の期間定める禁漁区域との位置関係を調査した。

検討結果および評価点を表 5-5-10 に示す。評価点は生態系保全に影響のないルート 4 を 5 点とし、その他のルートは禁漁区域に隣接する可能性があるものの、保護区や世界遺産等は隣接しないことを踏まえ中間点の 3 点とした。

表 5-5-10. 生態系保全への影響および評価点

ルート	生態系保全への影響	評価点
ルート 1	保護区や世界遺産等は隣接しないが、水産庁ミコライウ州事務所が特定の期間定める禁漁区域に隣接する可能性があるため、浚渫時期や濁水の巻上げなどに配慮を要する。	3.0
ルート 2	同上	3.0
ルート 3	同上	3.0
ルート 4	保護区や世界遺産等は隣接しない。また、水産庁ミコライウ州事務所が特定の期間定める禁漁区域に隣接しない。	5.0

3) 生活環境

生活環境への影響を評価するため、騒音・振動レベルを調査した。

一般的に、振動よりも騒音の方が、その影響範囲が広いことから、評価値として騒音レベル別に影響を受ける家屋数を算出した。

ウ国における分類別、昼夜間別の騒音規制値（平均値，最大値）を表 5-5-11 に示す。騒音レベルは同表を参考に 65dB, 55dB, 45dB とし、その値を超える範囲内に入る家屋数を住宅と公共施設に分けて算出した。

なお、実際の道路計画においては、盛土、切土などの状況に拠って、道路と家屋の間の高低差が生まれ、騒音の影響が区間によって若干異なるものの、①各ルートで家屋近接区間における切り盛り形状に大差がないこと、②算出される影響範囲は、保守的に周囲に音を遮蔽するものが何もないことを前提とした。算出される影響範囲は一定の仮定に基づく簡易的な値であることから、値そのものについては評価せず、ルート別に算出した値の相対的な関係のみ評価した。

表 5-5-11. ウ国における騒音規制値（MAL: Maximum Allowable Level）

単位: dB(A)

分類	平均値		最大値		法令名
	昼間	夜間	昼間	夜間	
住宅	55	45	70	60	SN 3077-84, SBN 360-92, SBN 2.4-1-94, SBN V. 1.1-31:2013
公共建築物	55	55	70	70	SBN V. 1.1-31:2013
一般建築物	60	50	75	65	SN 3077-84
	60	50	75	60	DBN 360-92
交通騒音の影響を受ける建物の1階	65	55	80	70	SN 3077-84, annex No.16 DSP 173-96
交通騒音の影響を受ける建物の11階	70	60	85	75	SN 3077-84, annex No. 16 DSP 173-96

備考：昼間と夜間の時間帯は其々、午前8時～午後10時と午後10時～午前8時である。

騒音レベルごとの影響範囲は下式により算定した。

$$L_r = L_w - 8 - 20 \times \log_{10}(r)$$

ここに、 L_r : 距離 r における騒音レベル(dB)

L_w : 音源パワーレベル(dB)

r : 音源からの距離(m)

騒音の発生源はトレーラまたはダンプトラックが対象となると考えられるが、ウ国を走行する車両の詳細は不明であるため、日本の基準（道路環境影響評価の技術手法）において大型車（大型貨物自動車（車両総重量 8 トン以上又は最大積載量 5 トン以上）、大型バス（乗車定員 30 人以上））に適用されている下式を用いて音源パワーレベルを算定した。

$$L_w = 53.2 + 30 \times \log_{10}(V)$$

ここに、 L_w : 音源パワーレベル(dB)

V : 定常走行区間の平均走行速度 ($40 \leq V \leq 140$ km/h)

検討結果および評価点を下表に示す。評価点は影響家屋件数 0 を 5 点として、定性的な判断により配点した。

表 5-5-12. 騒音レベル別の影響家屋件数および評価点

ルート	影響家屋件数 (件)						評価点	
	65dB		55dB		45dB			
	左岸側	右岸側	左岸側	右岸側	左岸側	右岸側		
1	住宅	3	約 110	約 150	約 490	約 1,470	約 1,880	1.0
	公共施設	0	0	0	0	1	0	4.0
2	住宅	2	約 10	約 20	約 120	約 510	約 710	3.0
	公共施設	0	0	0	0	1	0	4.0
3	住宅	4	約 30	約 200	約 200	約 730	約 800	2.0
	公共施設	0	0	0	2	1	2	3.5
4	住宅	約 80	約 10	約 600	約 80	約 2,940	約 400	1.0
	公共施設	2	0	4	0	約 20	1	2.5

影響家屋件数の根拠図を図 5-5-1 から図 5-5-4 に示す。

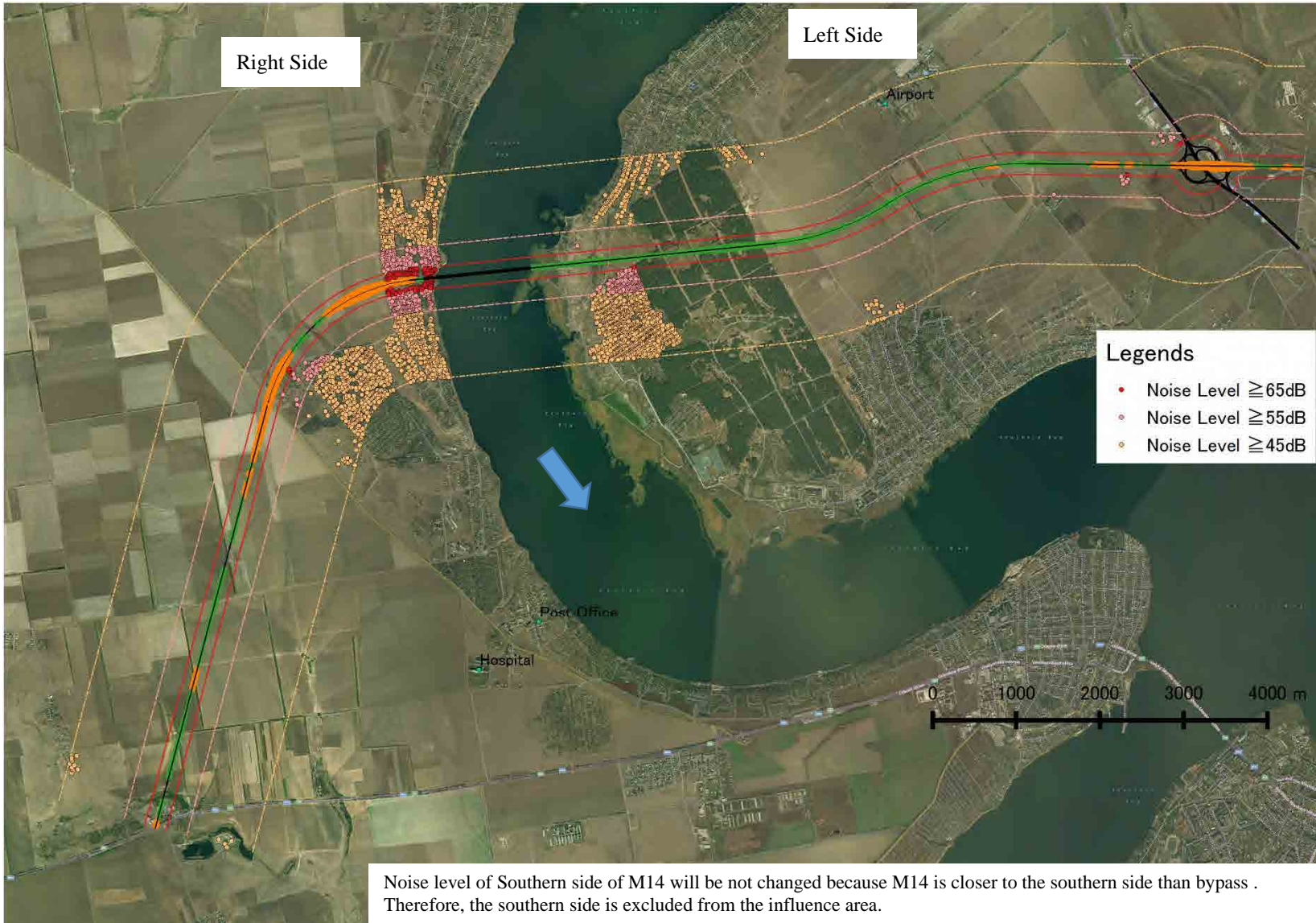


図 5-5-1. ルート 1 の影響家屋件数

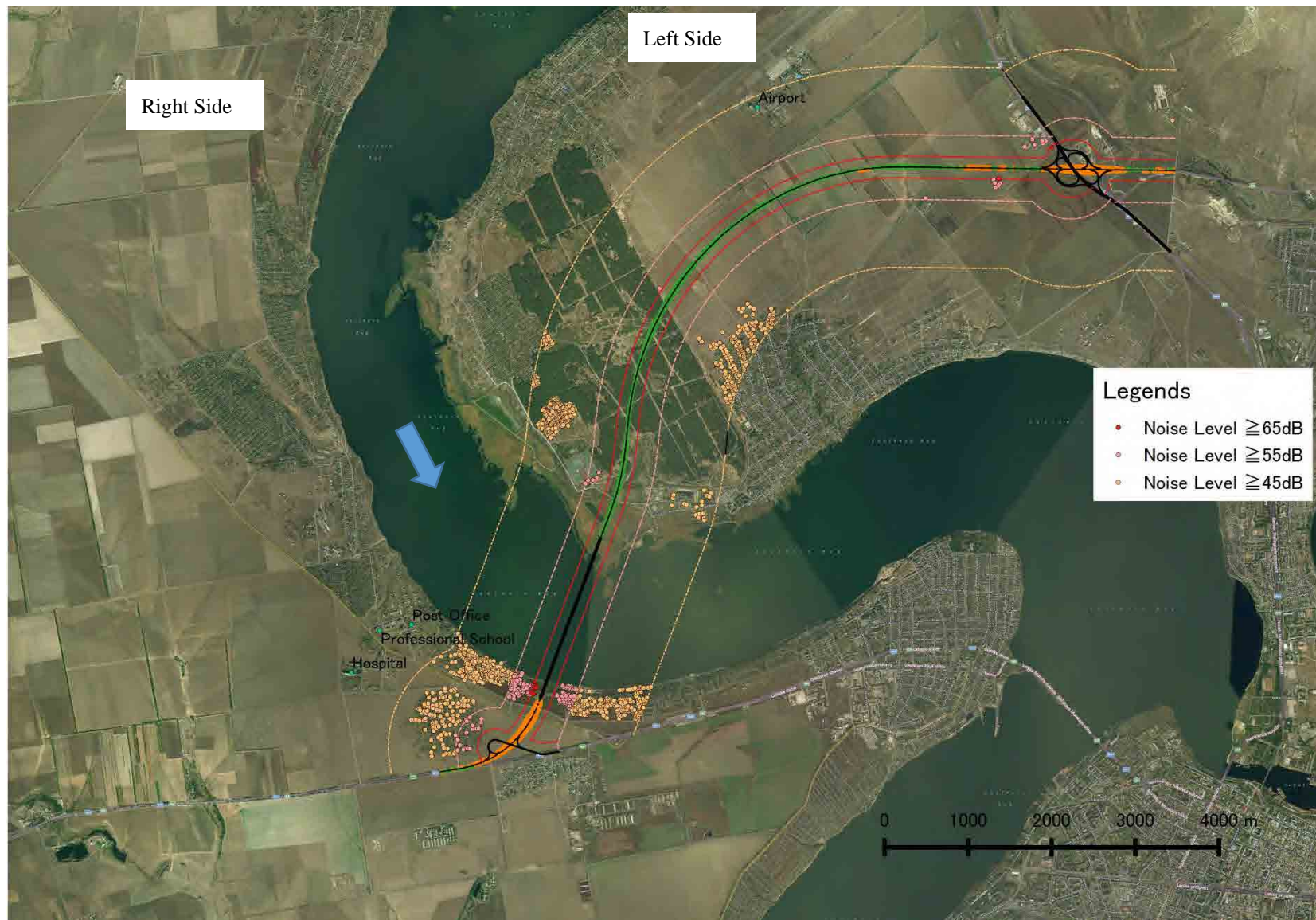


図 5-5-2. ルート 2 の影響家屋件数

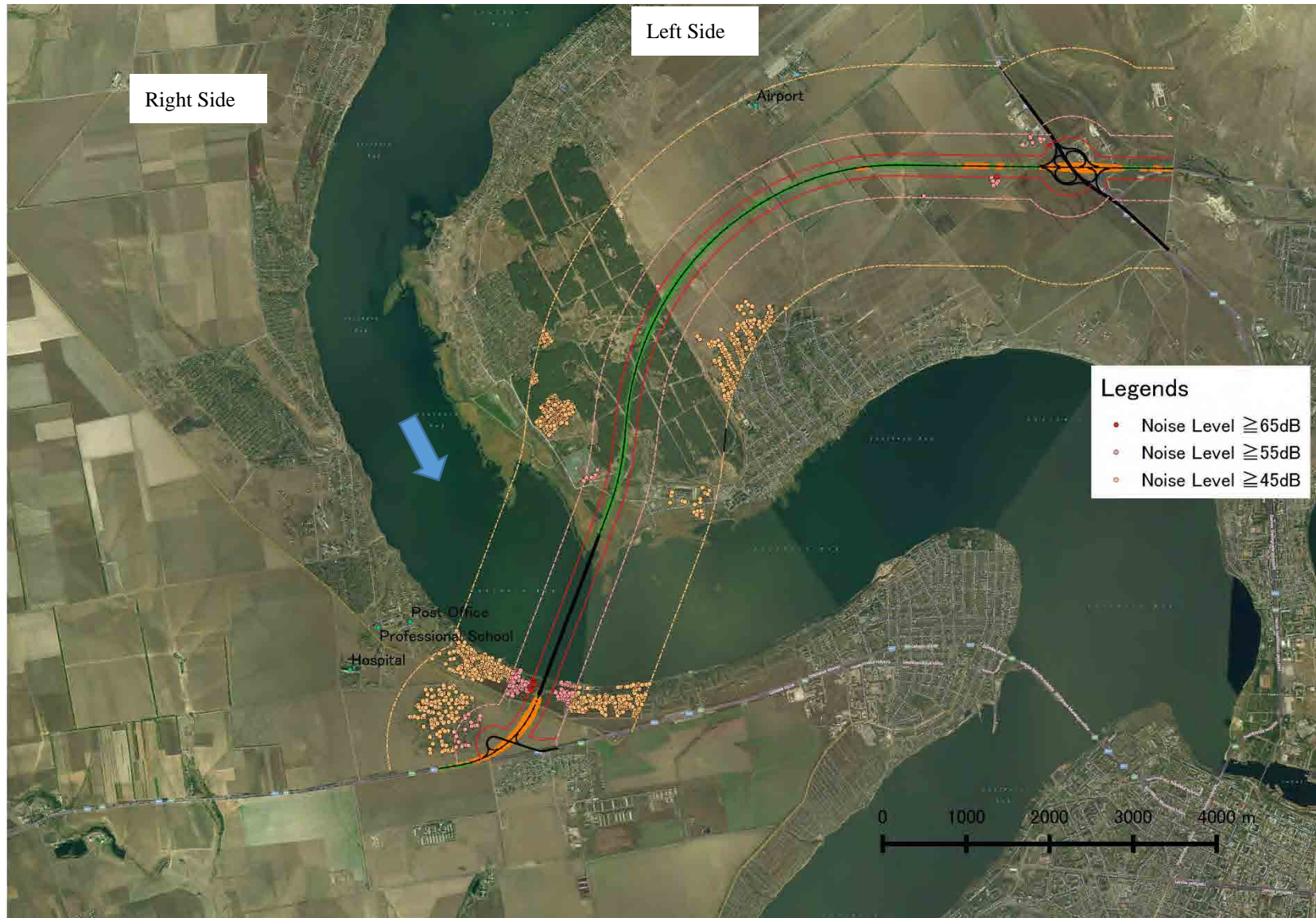


図 5-5-3. ルート 3 の影響家屋件数

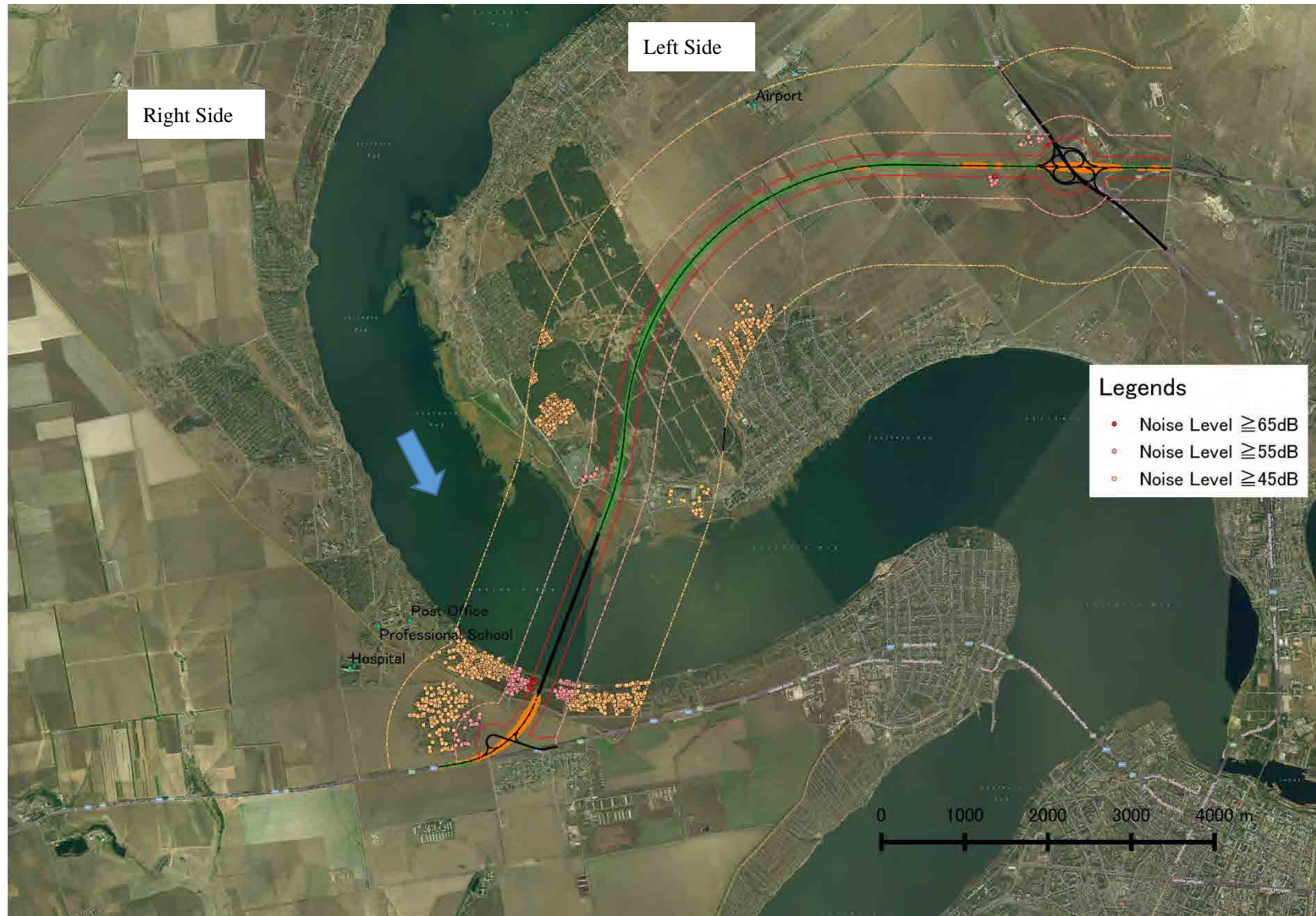


図 5-5-4. ルート 4 の影響家屋件数

5-5-3 実施環境

1) 地盤条件

すでに述べているとおり、南ブグ川は上流から下流に向かって広い範囲に亘って蛇行を繰り返しており、特にルート2の右岸は、河川の湾曲部における水衝部に位置している。かかる中で、これまでの地質調査においても、過去の地すべりの形跡や今後地すべりが発生し得る旨が指摘されていることから、地盤条件にかかる評価値として、地すべりに対する安全性について検討する。

検討結果および評価点を下表に示す。評価点は、まず地すべりが発生しないルート1および4を5点とした。次にルート2および3は、地すべり対策工費用自体は前述の建設費用で評価していることを踏まえ、地すべりに対する安全性として地形と地すべりの規模に着目し定性的な判断により配点した。

なお、ルート2および3の地すべりの詳細は第9章を参照。

表 5-5-13. 地すべりに対する安全性および評価点

ルート	地すべりに対する安全性	評価点
ルート1	地すべり地帯を通過しないため、地すべりは発生しない。	5.0
ルート2	すべり面が緩やかで今後大きく変動する恐れは少ないものの、橋台周辺に水の集まりやすい地形で地すべりの可能性がある範囲が広い。	3.0
ルート3	ルート2に比べて今後の地すべりの発生確率は高いものの、その範囲は狭く、陸地側に発達したガリーにより橋台周辺に水が集まりづらい地形である。	4.0
ルート4	地すべり地帯を通過しないため、地すべりは発生しない。	5.0

2) 航路条件

南ブグ川は内陸航路として利用されており、河川が凍結する冬季を除いてバージや高速艇の航行が日常的に行われることから、航路条件に係る評価値として橋脚への衝突確率を評価した。

なお、本調査における衝突確率の具体的な計算には、AASHOTOの「LRFD Bridge Design Specifications 2017」で使用されている以下の崩壊確率の式の一部を利用した。

$$AF=(N)(PA)(PG)(PC)(PF)$$

- ここに、
- AF : Annual frequency of bridge component collapse due to vessel collision
 - N : The annual number of vessels, classified by type, size, and loading condition, that utilize the channel
 - PA : The probability of vessel aberrancy
 - PG : The geometric probability of a collision between an aberrant vessel and a bridge pier or span
 - PC : The probability of bridge collapse due to a collision with an aberrant vessel
 - PF : Adjustment factor to account for potential protection of the piers from vessel collision due to upstream or downstream land masses or other structures that look the vessel

$$PA=(BR)(RB)(Rc)(Rxc)(RD)$$

- ここに、
- B_R : Aberrancy base rate
 - R_B : Correction factor for bridge location
 - R_C : Correction factor for current acting parallel to vessel transit path
 - R_{XC} : Correction factor for cross-currents acting perpendicular to vessel transit path
 - R_D : Correction factor vessel traffic density
- $PG=1 - A1 - A2$
- ここに、
- $A1$: The area from average to the deviation $x1$ in the normal distribution with standard deviation of Vessel Length. $x1=Navigation\ Channel\ width/4 + additional\ width - pier\ width - vessel\ width.$
 - $A2$: The area from average to the deviation $x2$ in the normal distribution with standard deviation of Vessel Length. $x2=Navigation\ Channel\ width \times 3/4 + additional\ width - pier\ width - vessel\ width$

主要な値の計算結果を表 5-5-15 に示す。

ミコライウ橋については、航行が想定される船舶の衝突に耐え得る（仮に船舶が衝突した場合においても落橋しない）設計とすることを前提とし、「便宜的に崩壊確率の式中の PC および PF を 1 と仮定した場合の確率、かつ船舶が支間長外に出る確率」を本調査において評価する衝突確率の定義とする。従い、便宜的に計算される衝突確率には仮定値が含まれていることから、計算結果の数値そのものは評価せず、ルート別に算出した数値の相対的な関係のみ評価するものとした。

なお、支間長外とは下図（赤字）に示す範囲である。

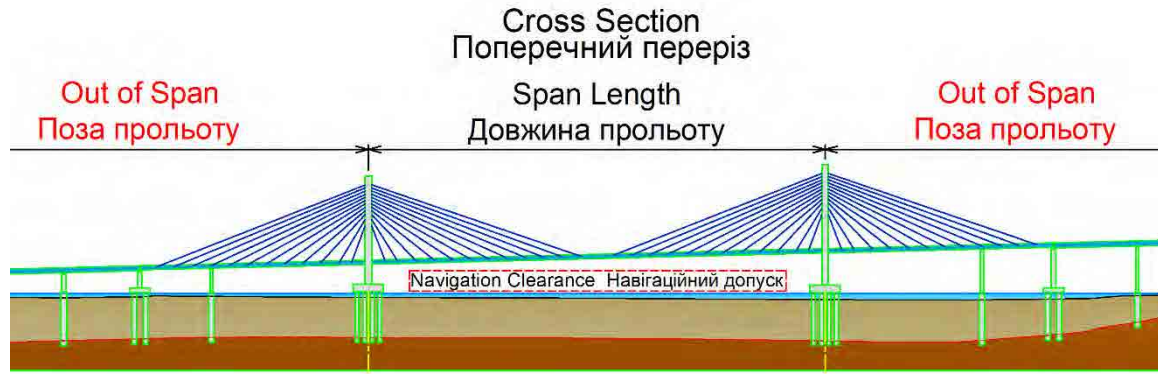


図 5-5-5. 支間長外のイメージ図

衝突確率の計算結果および評価点を下表に示す。評価点は直線区間における衝突確率を 5 点とし、各ルートは下式により配点した。

$$\text{評価点} = 5 \times \text{直線区間の衝突確率} / \text{各ルートの衝突確率}$$

表 5-5-14. 衝突確率および評価点

ルート	衝突確率	評価点
ルート 1	湾曲区間,湾曲角度 47° 衝突確率は直線区間の 2.1 倍	2.4
ルート 2	湾曲区間,湾曲角度 69° 衝突確率は直線区間の 2.5 倍	2.0
ルート 3	湾曲区間から直線区間への移行区間,湾曲角度 69° 衝突確率は直線区間の 1.8 倍	2.8
ルート 4	屈曲区間からの直線区間への移行区間,屈曲角度 19° 衝突確率は直線区間の 1.2 倍	4.2

なお、航路条件や船舶諸元はミコライウ港の上下流で異なるため、実際にはルート 1~3 とルート 4 では計算条件が異なるが、本調査では便宜的にルート 1~3 とルート 4 は同条件であるものとした。

表 5-5-15. 主な係数の計算結果

ルート	AF	N (times)	PA	PG	PC	PF
直線	2.981×10^{-2}	250	5.620×10^{-4}	4.244×10^{-1}	1	1
ルート 1	6.153×10^{-2}	250	1.126×10^{-3}	4.372×10^{-1}	1	1
ルート 2	7.536×10^{-2}	250	1.408×10^{-3}	4.282×10^{-1}	1	1
ルート 3	5.379×10^{-2}	250	1.014×10^{-3}	4.244×10^{-1}	1	1
ルート 4	3.586×10^{-2}	250	6.760×10^{-4}	4.244×10^{-1}	1	1

表 5-5-16. 衝突確率計算条件 1

ルート	航路幅 (m)	余裕幅 (m)	支間長 (m)
直線およびルート 1~4	280	140	420

表 5-5-17. 衝突確率計算条件 2

ルート	橋脚幅 (橋軸方向) (m)	橋脚長 (橋軸直角方向) (m)	船舶諸元		
			種別	長さ (m)	幅 (m)
直線およびルート 1~4	21	35	バージ	217	34

表 5-5-18. 衝突確率計算条件 3

ルート	河道条件			
	区間種別	湾曲角または折れ 角 θ ($^{\circ}$)	流速 (m/s)	航行方向と橋軸直角方 向のずれ角 ϕ ($^{\circ}$)
直線	直線	0	1.0	0
ルート 1	湾曲	47	1.0	18
ルート 2	湾曲	69	1.0	5
ルート 3	移行	69	1.0	0
ルート 4	移行	19	1.0	0

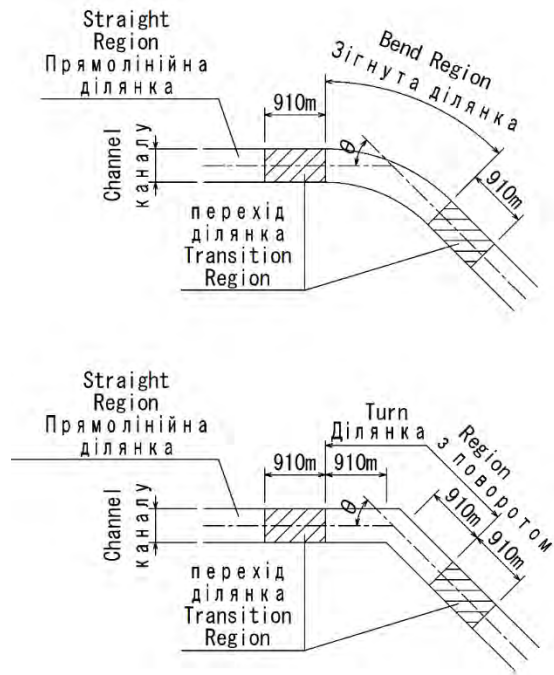


図 5-5-6. 区間種別のイメージ図

計算条件の根拠図を以下に示す。

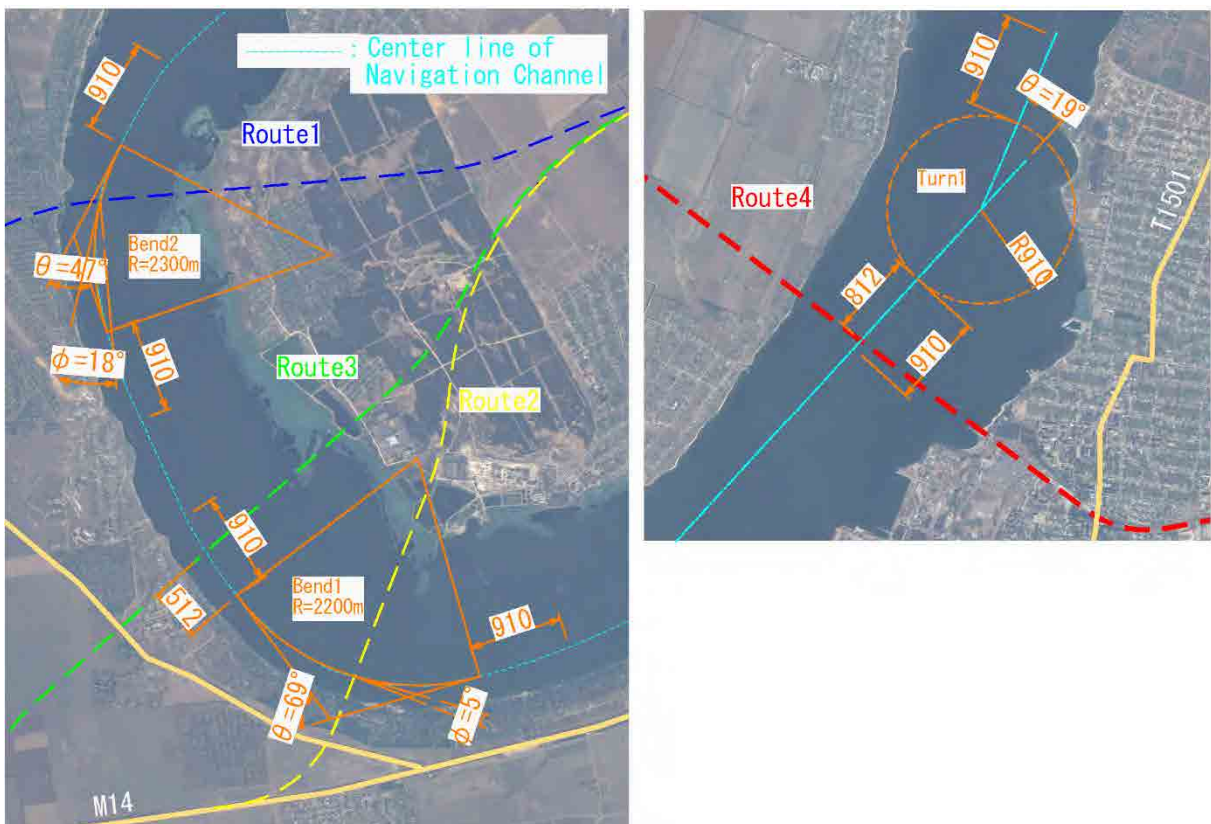


図 5-5-7. 衝突確率計算条件根拠図

3) 河川条件

日本国内では、架橋位置は「河川を横過する橋梁に関する計画の手引き(案)」を参考に決定される。同手引きでは、治水安全性に悪影響のある河道状況（狭窄部，水衝部，合流部，湾曲部，流況変化部等）への架橋は望ましくないとされている。

また，河川構造令では河積阻害率の目安値を定めており，橋脚が洪水流下を阻害しないよう配慮している。

したがって，河川条件に係る評価値として，治水安全性に悪影響のある河道状況への該当数および橋脚による河積阻害の程度を検討する。

検討結果および評価点を下表に示す。評価点は直線区間を5点とし，治水安全性に悪影響のある河道状況への該当数分を減点し，さらに河積阻害の程度による減点分を減点した。

表 5-5-19. 河道状況

ルート	河道状況 ()内の数字は減点数	河積阻害の程度 ()内の数字は減点数	評価点
ルート1	湾曲区間(1)，水衝部(1)	橋脚の方向が流向に対して直角ではないため，河積阻害の程度は大きい(1)	2.0
ルート2	湾曲区間(1)，水衝部(1)	橋脚の方向が流向に対して直角ではないため，河積阻害の程度は大きい(1)	2.0
ルート3	直線区間（悪影響なし）	橋脚の方向が流向に対して直角ではないため，河積阻害の程度は小さい(0.5)	4.5
ルート4	直線区間（悪影響なし）	橋脚の方向が流向に対して直角ではないため，河積阻害の程度は小さい(0.5)	4.5

4) 空域条件

ミコライウ市においてはその中心街の南北に空港が存在しているため，制限表面との位置関係の評価した。南側に存在する Kulbakino Air Base は軍用空港であり制限表面の確認が困難であったため，ここでは便宜的に北側に位置する Mykolaiv International Airport と同様の制限表面があるものとした。

検討結果および評価点を下表に示す。評価点は，制限表面外のルート 2,3 および 4 を 5 点とし，ルート 1 は施工中にわずかに制限表面内になる可能性があるものの，距離的に十分に離れており，施工方法の工夫により実質的には問題ないことを踏まえ中間点の 3 点とした。

表 5-5-20. 空域制限の有無および評価点

ルート	空港名	滑走路長	滑走路番号	標点標高	制限表面との位置関係	評価点
ルート1	Mykolaiv International Airport	約 2,500m	04/22	海面上 56m	制限表面内	3.0
制限表面外					5.0	
制限表面外					5.0	
ルート4	Kulbakino Air Base	約 3,200m	05/23	海面上 52m	制限表面外	5.0

5-6 評価項目のウェイト付け

以下に AHP によるウェイト付けの設定手順および設定例について詳述し、その後ウェイトを設定する。

5-6-1 AHP によるウェイトの設定手順

AHP で比較項目のウェイトを設定する場合、最終目標と比較項目を階層的な関係と捉える。次にその階層構造に基づいて、最終目標からみた比較項目のウェイト（重要度）を、一対比較（一対：2つの項目を比較すること）に基づいて求める。プリミティブな一対比較を積み重ね、それらを計算によって総合化することにより複雑な判断に役立てることが AHP の基本的な考え方である。

AHP では以下の作業を行う。

- ①最終目標と比較項目の階層構造を記述する。
- ②階層構造に基づいた比較項目間の一対比較を行う。
- ③一対比較の結果からウェイトを計算する。
- ④一対比較の整合性をチェックする。

5-6-2 ウェイト設定例

以下に例として、3つの比較項目のウェイトを決定する。

1) 最終目標と比較項目の階層構造

最終目標と比較項目の階層図の例を以下に示す。この図は、最終目標と比較項目がどのように関連付けられているかを示す。比較項目はさらに具体的な比較項目により詳細化してもよい。

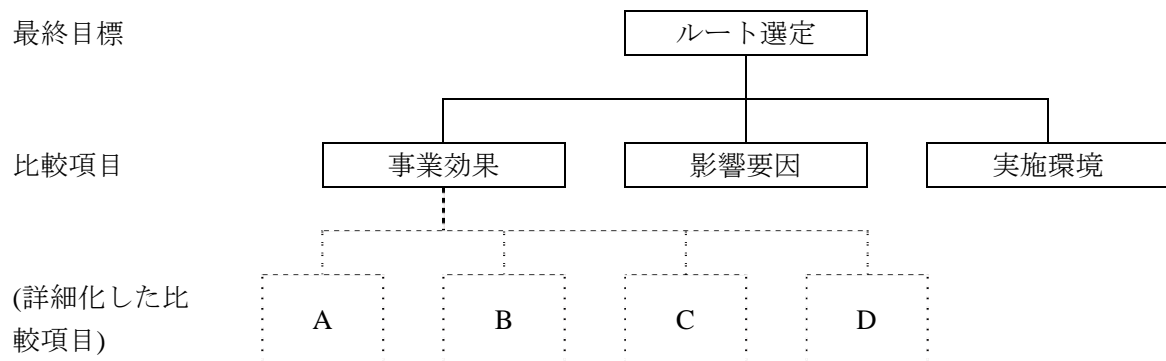


図 5-6-1. 問題の階層構造

2) 一対比較

階層構造に基づいて上の項目からみた下の項目について評価する。評価する各項目について最終目標に即して比較項目の一対比較を行う。

例題の場合、「ルート選定」という最終目標において、「事業効果」、「影響要因」、「実施環境」の比較項目の中から一対（2つ）を取り上げて比較し評価する。例えば「事業効果」、「影響要因」の2つについて最終目標に照らし合わせて、どちらをどのくらい重視するか、表 5-6-1 の基準に従って数値で表現する。例題の場合は比較項目が3項目のため、3通りの一対比較が行われる。

表 5-6-1. 一対比較値

一対比較値	意味
1	両方の項目が同じぐらい重要
3	前の項目の方が後の項目より若干重要
5	前の項目の方が後の項目より重要
7	前の項目の方が後の項目よりかなり重要
9	前の項目の方が後の項目より絶対的に重要
2,4,6,8	補間的に用いる。
上記数値の逆数	後の項目から前の項目をみた場合に用いる。

一対比較による評価は、評価する人の主観に基づいて他の項目は考えずに対象の一対のみを考えて評価する。一対比較の結果は下表に示す一対比較表に整理される。

表 5-6-2. 一対比較表の例

	事業効果	影響要因	実施環境
事業効果	1	3	4
影響要因	1/3	1	3
実施環境	1/4	1/3	1

一対比較表では、それぞれの行の比較項目が、列の比較項目に対してどのくらい重要であるかを数値で入力する。例では「事業効果」は「影響要因」に比べて「若干重要(3)」と評価している。同じ項目同士の一対比較値は同じと考えられるので1を記入する。また、反対の項目からみた一対比較値は逆数にするルールであるため、表の対称位置（行、列が反対の位置）は必ず逆数が記入される。したがって、表の対角のいずれか一方の側のみを評価すれば、あとは自動的に決定されることになる。

3) ウェイトの計算

例では「事業効果」を最も重視していることがわかる。「事業効果」を他の比較項目と比べてどの程度重視しているか、また「事業効果」以外のそれぞれの比較項目はどの程度重視しているかを数値化するために各比較項目のウェイトを計算する。

ウェイトは、下式に示す幾何平均（相乗平均）法で行う。

$$G = (X_1 \times X_2 \cdots X_n)^{1/n}$$

ここに、
G : 幾何平均値
X_n : 一対比較値
n : 比較項目の数

幾何平均法では、各比較項目の一対比較値の幾何平均を求め、全比較項目の幾何平均の合計が1となるように正規化したものをウェイトとする。具体的な手順としては、それぞれの行の幾何平均を計算し、それらの幾何平均の合計で各幾何平均を除いたものをウェイトとする。

表 5-6-3. 幾何平均およびウェイトの計算例

	事業効果	影響要因	実施環境	幾何平均	ウェイト
事業効果	1	3	4	2.2894	0.614
影響要因	1/3	1	3	1.0000	0.268
実施環境	1/4	1/3	1	0.4367	0.118
計				3.7261	1.000

※事業効果の幾何平均値 $G=(1 \times 3 \times 4)^{(1/3)}=2.2894$

事業効果のウェイト $=2.2894/3.7261 = 0.614$

4) 整合度の計算

一対比較は 2 つの項目のみに限定して行なわれるため、一対比較表全体としては整合的でない可能性がある。たとえば「事業効果」>「影響要因」かつ「影響要因」>「実施環境」の時、「実施環境」>「事業効果」と評価することは整合的ではない。また、このような論理的な矛盾はなくても一対比較値が大きく偏っているなど、一対比較表全体でみると整合的でない場合もある。よって、一対比較表の整合性の度合い＝整合度を計算し、整合性を確認する。

一対比較表の比較項目の数を n 、一対比較表を行列と見た時の最大固有値を λ とすると、この場合 $\lambda \geq n$ であり、完全に整合的な一対評価がなされた場合、理論的には λ は n と一致する。

整合度は下式により計算される指標で λ の理想値との乖離を示す指標であり、その値は 0.1 が上限とされており、場合によっては 0.15 程度まで許容できるとされている（出典：Excel による経済・経営分野の情報処理Ⅲ-AHP による意思決定-, 2013）。

$$CI = (\lambda - n) / (n - 1)$$

ここに、
 CI : 整合度
 λ : 一対比較表を行列と見た時の最大固有値
 n : 比較項目の数

例を用いて計算手順を以下に示す。

Step1：一対比較表の各比較項目のウェイトをそれぞれの列の値に乘じる。

	事業効果	影響要因	実施環境
ウェイト	0.614	0.268	0.118
事業効果	0.614×1	0.268×3	0.118×4
影響要因	$0.614 \times 1/3$	0.268×1	0.118×3
実施環境	$0.614 \times 1/4$	$0.268 \times 1/3$	0.118×1

Step2：各項目について行の合計をそれぞれのウェイトで除する。

	事業効果	影響要因	実施環境	計	計/ウェイト
ウェイト	0.614	0.268	0.118		
事業効果	0.6140	0.8040	0.4720	1.8900	3.078
影響要因	0.2047	0.2680	0.3540	0.8267	3.085
実施環境	0.1535	0.0893	0.1180	0.3608	3.058

※事業効果の計/ウェイト $=1.8900/0.614 = 3.078$

Step3 : 計/ウェイトの平均値を計算して λ とし、整合度を計算する。

$$\lambda = (3.078 + 3.085 + 3.058) / 3 = 3.074$$

$$CI = (\lambda - n) / (n - 1) = (3.074 - 3) / (3 - 1) = 0.037$$

例では $CI \leq 0.1$ となり、十分な整合性が確保されている。

5-6-3 ウェイトの設定

一対比較をより簡単に実施するために、一般的にはアンケートが用いられるため、本調査においてもアンケートを作成した。

アンケートを大項目、中項目、小項目のどの段階で作成するかは自由であるため、本調査では前述の評価項目から図 5-6-2 に示す階層図および 4 つのアンケートを作成した。

JICA および調査団によるアンケートの回答結果およびアンケートの回答に基づき設定したウェイトを表 5-6-4~表 5-6-10 に示す。

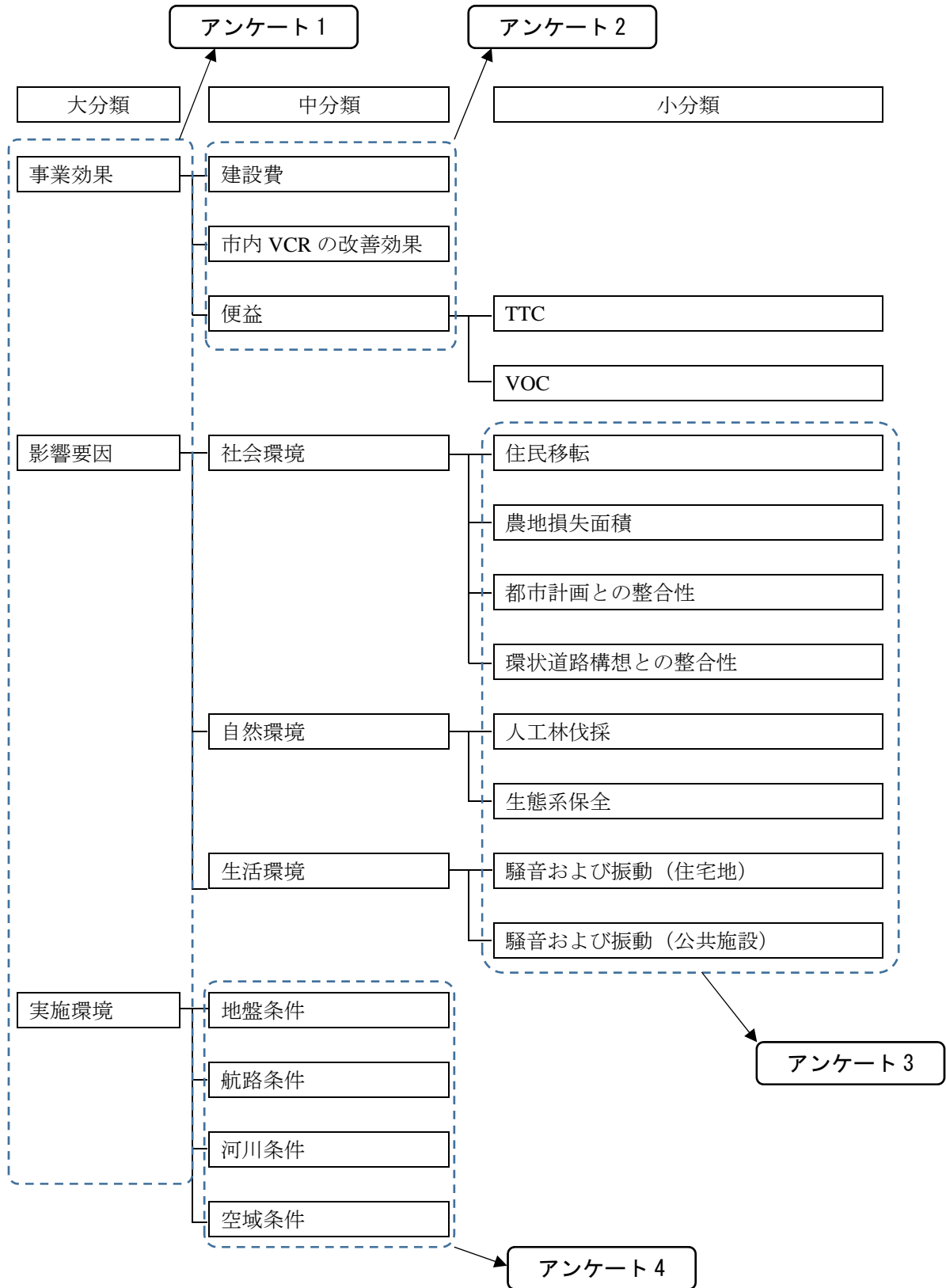


図 5-6-2. 階層図

表 5-6-4. JICA および調査団によるアンケート回答結果(1/3)

Weighting Evaluation Items in Terms of the Ultimate Objective (Route Selection)

Question 1: Overall comparison (comparison of categories)

Which of the items shown in the table below do you consider important for route selection?

In the table below, please put a "+" in the cells that most closely describe your thoughts on each item.

Left	The one on the left is									Same	The one on the right is									Right
	extremely important	very important	important	important	somewhat important	2	1	somewhat important	important		very important	extremely important								
	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9			
A: Project effects							+											B: Impact factors		
A: Project effects							+											C: Project implementation environment		
B: Impact factors							+											C: Project implementation environment		

※2,4,6,8 are Used for interpolation.

Question 2: Evaluation items regarding project effects (comparison of subcategories/sub-subcategories)

Which of the items in each left-right pair shown in the table below is more important for route selection?

In the table below, please put a "+" in the cells that most closely describe your thoughts on each item.

Left	The one on the left is									Same	The one on the right is									Right
	extremely important	very important	important	important	somewhat important	2	1	somewhat important	important		very important	extremely important								
	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9			
A1: Cost									+									A2: Benefits		
A1: Cost							+											A3: Improved VCR in the city		
A2: Benefits							+											A3: Improved VCR in the city		

※2,4,6,8 are Used for interpolation.

表 5-6-5. JICA および調査団によるアンケート回答結果(2/3)

Question 3: Evaluation items regarding impact factors (comparison of subcategories/sub-subcategories)
 The "environment item" in impact factors is a consolidation of social, natural and living environments.
 Which of the items in each left-right pair shown in the table below is more important for route selection?
 In the table below, please put a "+" in the cells that most closely describe your thoughts on each item.

Left	The one on the left is									The one on the right is									Right			
	extremely important	8	The one on the left is very important	6	5	4	The one on the left is somewhat important	3	2	1	2	3	4	The one on the right is somewhat important	5	6	The one on the right is very important	7		8	9	
B11: Reduction of resettlement			+																		B12: Reduction of area of agricultural land lost	
B11: Reduction of resettlement							+															B13: Coherence with Mykolaiv City planning
B11: Reduction of resettlement							+															B14: Coherence with the Ring Road Concept
B11: Reduction of resettlement			+																			B21: Reduction of lumbering of artificial forests
B11: Reduction of resettlement					+																	B22: Ecosystem conservation
B11: Reduction of resettlement					+																	B31: Reduction of vibrations/noise in residential areas
B11: Reduction of resettlement					+																	B32: Reduction of vibrations/noise in public facilities
B12: Reduction of area of agricultural land lost														+								B13: Coherence with Mykolaiv City planning
B12: Reduction of area of agricultural land lost														+								B14: Coherence with the Ring Road Concept
B12: Reduction of area of agricultural land lost										+												B21: Reduction of lumbering of artificial forests
B12: Reduction of area of agricultural land lost											+											B22: Ecosystem conservation
B12: Reduction of area of agricultural land lost														+								B31: Reduction of vibrations/noise in residential areas
B12: Reduction of area of agricultural land lost														+								B32: Reduction of vibrations/noise in public facilities
B13: Coherence with Mykolaiv City planning										+												B14: Coherence with the Ring Road Concept
B13: Coherence with Mykolaiv City planning					+																	B21: Reduction of lumbering of artificial forests
B13: Coherence with Mykolaiv City planning							+															B22: Ecosystem conservation
B13: Coherence with Mykolaiv City planning										+												B31: Reduction of vibrations/noise in residential areas
B13: Coherence with Mykolaiv City planning										+												B32: Reduction of vibrations/noise in public facilities
B14: Coherence with the Ring Road Concept					+																	B21: Reduction of lumbering of artificial forests
B14: Coherence with the Ring Road Concept							+															B22: Ecosystem conservation
B14: Coherence with the Ring Road Concept										+												B31: Reduction of vibrations/noise in residential areas

表 5-6-6. JICA および調査団によるアンケート回答結果(3/3)

Left	Importance Scale									Right								
	The one on the left is extremely important		The one on the left is very important		The one on the left is important		The one on the left is somewhat important		Same			The one on the right is somewhat important		The one on the right is important		The one on the right is very important		The one on the right is extremely important
	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
B14: Coherence with the Ring Road Concept									+									B32: Reduction of vibrations/noise in public facilities
B21: Reduction of lumbering of artificial forests											+							B22: Ecosystem conservation
B21: Reduction of lumbering of artificial forests													+					B31: Reduction of vibrations/noise in residential areas
B21: Reduction of lumbering of artificial forests													+					B32: Reduction of vibrations/noise in public facilities
B22: Ecosystem conservation													+					B31: Reduction of vibrations/noise in residential areas
B22: Ecosystem conservation													+					B32: Reduction of vibrations/noise in public facilities
B31: Reduction of vibrations/noise in residential areas									+									B32: Reduction of vibrations/noise in public facilities

※2,4,6,8 are Used for interpolation.

Question 4: Evaluation items regarding the project implementation environment (comparison of subcategories/sub-subcategories)

Which of the items in each left-right pair shown in the table below is more important for route selection?

In the table below, please put a "+" in the cells that most closely describe your thoughts on each item.

Left	Importance Scale									Right								
	The one on the left is extremely important		The one on the left is very important		The one on the left is important		The one on the left is somewhat important		Same			The one on the right is somewhat important		The one on the right is important		The one on the right is very important		The one on the right is extremely important
	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
C1: Ground conditions									+									C2: River traffic conditions
C1: Ground conditions									+									C3: River conditions
C1: Ground conditions									+									C4: Airspace conditions
C2: River traffic conditions									+									C3: River conditions
C2: River traffic conditions									+									C4: Airspace conditions
C3: River conditions									+									C4: Airspace conditions

※2,4,6,8 are Used for interpolation.

表 5-6-7. JICA および調査団によるウェイト設定結果(1/4)

Overall comparison (comparison of categories)

	A: Project effects	B: Impact factors	C: Project implementation environment	Cumulative	Geometric Mean	Weight
A: Project effects	1	3	3	9.0000	2.0801	0.584
B: Impact factors	1/3	1	3	1.0000	1.0000	0.281
C: Project implementation environment	1/3	1/3	1	0.1111	0.4807	0.135
				Total	3.5608	1.00

Coherence

	A: Project effects	B: Impact factors	C: Project implementation environment	Total	Total/Weight
A: Project effects	0.5840	0.8430	0.4050	1.8320	3.137
B: Impact factors	0.1947	0.2810	0.4050	0.8807	3.134
C: Project implementation environment	0.1947	0.0937	0.1350	0.4234	3.136

$\lambda =$

3.136

CI=

0.068

\leq

0.1

-O.K-

表 5-6-8. JICA および調査団によるウェイト設定結果(2/4)

Evaluation items regarding project effects (comparison of subcategories/sub-subcategories)

	A1: Cost	A2: Benefits	A3: Improved VCR in the city	Cumulative	Geometric Mean	Weight
A1: Cost	1	1	3	3.0000	1.4422	0.429
A2: Benefits	1	1	3	3.0000	1.4422	0.429
A3: Improved VCR in the city	1/3	1/3	1	0.1111	0.4807	0.142
				Total	3.3651	1.00

Coherence

	A1: Cost	A2: Benefits	A3: Improved VCR in the city	Total	Total/Weight
A1: Cost	0.4290	0.4290	0.4260	1.2840	2.993
A2: Benefits	0.4290	0.4290	0.4260	1.2840	2.993
A3: Improved VCR in the city	0.1430	0.1430	0.1420	0.4280	3.014

$\lambda =$

3.000

CI=

0.000

≦

0.1

-O.K.-

表 5-6-9. JICA および調査団によるウェイト設定結果(3/4)

Evaluation items regarding impact factors (comparison of subcategories/sub-subcategories)

	B11: Reduction of resettlement	B12: Reduction of area of agricultural land lost	B13: Coherence with Mykolaiv City planning	B14: Coherence with the Ring Road Concept	B21: Reduction of lumbering of artificial forests	B22: Ecosystem conservation	B31: Reduction of vibrations/noise in residential areas	B32: Reduction of vibrations/noise in public facilities	Cumulative	Geometric Mean	Weight
B11: Reduction of resettlement	1	7	3	3	7	5	5	5	55125.0000	3.9144	0.353
B12: Reduction of area of agricultural land lost	1/7	1	1/5	1/5	1	1/3	1/5	1/5	0.0001	0.3162	0.029
B13: Coherence with Mykolaiv City planning	1/3	5	1	1	5	3	1	1	25.0000	1.4953	0.135
B14: Coherence with the Ring Road Concept	1/3	5	1	1	5	3	1	1	25.0000	1.4953	0.135
B21: Reduction of lumbering of artificial forests	1/7	1	1/5	1/5	1	1/3	1/5	1/5	0.0001	0.3162	0.029
B22: Ecosystem conservation	1/5	3	1/3	1/3	3	1	1/5	1/5	0.0080	0.5469	0.049
B31: Reduction of vibrations/noise in residential areas	1/5	5	1	1	5	5	1	1	25.0000	1.4953	0.135
B32: Reduction of vibrations/noise in public facilities	1/5	5	1	1	5	5	1	1	25.0000	1.4953	0.135
									Total	11.0749	1.00

Coherence

	B11: Reduction of resettlement	B12: Reduction of area of agricultural land lost	B13: Coherence with Mykolaiv City planning	B14: Coherence with the Ring Road Concept	B21: Reduction of lumbering of artificial forests	B22: Ecosystem conservation	B31: Reduction of vibrations/noise in residential areas	B32: Reduction of vibrations/noise in public facilities	Total	Total/Weight
B11: Reduction of resettlement	0.3530	0.2030	0.4050	0.4050	0.2030	0.2450	0.6750	0.6750	3.1640	8.963
B12: Reduction of area of agricultural land lost	0.0504	0.0290	0.0270	0.0270	0.0290	0.0163	0.0270	0.0270	0.2327	8.024
B13: Coherence with Mykolaiv City planning	0.1177	0.1450	0.1350	0.1350	0.1450	0.1470	0.1350	0.1350	1.0947	8.109
B14: Coherence with the Ring Road Concept	0.1177	0.1450	0.1350	0.1350	0.1450	0.1470	0.1350	0.1350	1.0947	8.109
B21: Reduction of lumbering of artificial forests	0.0504	0.0290	0.0270	0.0270	0.0290	0.0163	0.0270	0.0270	0.2327	8.024
B22: Ecosystem conservation	0.0706	0.0871	0.0450	0.0450	0.0871	0.0490	0.0270	0.0270	0.4378	8.935
B31: Reduction of vibrations/noise in residential areas	0.0706	0.1450	0.1350	0.1350	0.1450	0.2450	0.1350	0.1350	1.1456	8.486
B32: Reduction of vibrations/noise in public facilities	0.0706	0.1450	0.1350	0.1350	0.1450	0.2450	0.1350	0.1350	1.1456	8.486

$\lambda =$ 8.392

CI= 0.056 \leq 0.1 -O.K-

表 5-6-10. JICA および調査団によるウェイト設定結果(4/4)

Evaluation items regarding the project implementation environment (comparison of subcategories/sub-subcategories)

	C1: Ground conditions	C2: River traffic conditions	C3: River conditions	C4: Airspace conditions	Cumulative	Geometric Mean	Weight
C1: Ground conditions	1	1	1	1	1.0000	1.0000	0.250
C2: River traffic conditions	1	1	1	1	1.0000	1.0000	0.250
C3: River conditions	1	1	1	1	1.0000	1.0000	0.250
C4: Airspace conditions	1	1	1	1	1.0000	1.0000	0.250
					Total	4.0000	1.00

Coherence

	C1: Ground conditions	C2: River traffic conditions	C3: River conditions	C4: Airspace conditions	Total	Total/Weight
C1: Ground conditions	0.2500	0.2500	0.2500	0.2500	1.0000	4.000
C2: River traffic conditions	0.2500	0.2500	0.2500	0.2500	1.0000	4.000
C3: River conditions	0.2500	0.2500	0.2500	0.2500	1.0000	4.000
C4: Airspace conditions	0.2500	0.2500	0.2500	0.2500	1.0000	4.000

$\lambda =$ 4.000

CI= 0.000 \leq 0.1 -O.K-

5-7 ルート選定

評価点とウェイトを考慮したルート選定表を表 5-7-1 に示す。

表より、ルート 3 の重み付き評価点が最も高いことが分かる。5-3 (図 5-3-1) で述べたように、重み付き評価点は評価項目ごとに評価点とウェイトを掛け合わせて算出した値である。

評価項目、評価値、評価点、ウェイト、重み付き評価点の説明を含むルート選定結果を 2019 年 7 月 31 日にミコライウ市およびミコライウ州、9 月 17 日に Ukravtodor、9 月 18 日にインフラ省に説明した結果、全てから了承を得えられたため、ルート 3 を選定する。

なお、以後の章では、詳細な比較を行うため、ルート 2 と 3 の両方について検討をしている。

表 5-7-1. JICA および調査団によるルート比較表

Categories	Weight W1	Subcategories	Sub-subcategories	Weight W2	A Total Weight (W1×W2/100)	Evaluation Index	Route 1			Route 2			Route 3			Route 4					
							Evaluation Results	B Evaluation Points	A×B Weighted Evaluation Points	Evaluation Results	B Evaluation Points	A×B Weighted Evaluation Points	Evaluation Results	B Evaluation Points	A×B Weighted Evaluation Points	Evaluation Results	B Evaluation Points	A×B Weighted Evaluation Points			
Project Effects							非公開														
Impact Factors	28.1	Social Environment	Reduction of resettlement	35.3	9.919	Amount of resettlement	Roughly 50	3.000	29.757	None	5.000	49.595	3	4.500	44.636	Roughly 40	3.000	29.757			
			Coherence with Mykolaiv City planning	13.5	3.794	Coherence with City Planning	No coherence	3.000	11.382	Coherent	5.000	18.970	No coherence	3.000	11.382	No coherence	3.000	11.382			
			Coherence with the Ring Road Concept	13.5	3.794	Connectivity between Routes 1-3 and Route 4 (positional relationship of terminus interchange)	2.6km	3.000	11.382	2.4km	4.000	15.176	Same Location	5.000	18.970	-	5.000	18.970			
			Reduction of area of agricultural land lost	2.9	0.815	Area of Agricultural Land Lost	119ha	2.000	1.630	77ha	4.000	3.260	93ha	3.000	2.445	198ha	1.000	0.815			
		Natural Environment	Ecosystem conservation	4.9	1.377	Positional relationship with especially important areas for ecosystem conservation	Possibly close to a no-fishing area	3.000	4.131	Possibly close to a no-fishing area	3.000	4.131	Possibly close to a no-fishing area	3.000	4.131	No restrictions	5.000	6.885			
			Reduction of lumbering of artificial forests	2.9	0.815	Area of artificial forest lost	11ha	4.000	3.260	15ha	3.000	2.445	10ha	4.000	3.260	None	5.000	4.075			
		Living Environment	Reduction of vibrations/noise in residential areas	13.5	3.794	Number of households impacted by noise (Lr : Noise Level)	Lr≥65dB : Roughly110 Lr≥55dB : Roughly640 Lr≥45dB :	1.000	3.794	Lr≥65dB : Roughly10 Lr≥55dB : Roughly140 Lr≥45dB :	3.000	11.382	Lr≥65dB : Roughly30 Lr≥55dB : Roughly400 Lr≥45dB :	2.000	7.588	Lr≥65dB : Roughly90 Lr≥55dB : Roughly680 Lr≥45dB :	1.000	3.794			
			Reduction of vibrations/noise in public facilities	13.5	3.794	Number of public facilities impacted by noise (Lr : Noise Level)	Lr≥65dB : 0 Lr≥55dB : 0 Lr≥45dB : 1	4.000	15.176	Lr≥65dB : 0 Lr≥55dB : 0 Lr≥45dB : 1	4.000	15.176	Lr≥65dB : 0 Lr≥55dB : 2 Lr≥45dB : 3	3.500	13.279	Lr≥65dB : 2 Lr≥55dB : 4 Lr≥45dB : Roughly20	2.500	9.485			
		Subtotal			100	28.10	-	-	80.51	-	-	120.14	-	-	105.69	-	-	85.16			
		Project Implementation Environment	13.5	Ground conditions	25.0	3.375	Scale and safety of landslides	No possibility of landslide	5.000	16.875	Possibility of landslide and the area is wide	3.000	10.125	Possibility of landslide and the area is narrow	4.000	13.500	No possibility of landslide	5.000	16.875		
River traffic conditions	25.0			3.375	Relative probability of vessel collisions	Collision probability 2.1 times greater than Straight Region	2.400	8.100	Collision probability 2.5 times greater than Straight Region	2.000	6.750	Collision probability 1.8 times greater than Straight Region	2.800	9.450	Collision probability 1.2 times greater than Straight Region	4.200	14.175				
River conditions	25.0			3.375	Presence/absence of river channel conditions that have a negative impact on flood control safety Degree of blockage of flow area	Bend, Water colliding front Degree of blockage of flow area is big	2.000	6.750	Bend, Water colliding front Degree of blockage of flow area is big	2.000	6.750	Straight section Degree of blockage of flow area is small	4.500	15.188	Straight section Degree of blockage of flow area is small	4.500	15.188				
Airspace conditions	25.0			3.375	Presence/absence of airspace restrictions	Close to Mykolaiv Airport	3.000	10.125	No restrictions	5.000	16.875	No restrictions	5.000	16.875	No restrictions	5.000	16.875				
Subtotal				100	13.50	-	-	41.85	-	-	40.50	-	-	55.01	-	-	63.11				
Total Evaluation Score								394.04			429.44			433.82			379.88				

第6章 道路計画のレビュー

6-1 既存 Feasibility Study の概要

本事業に関しては、これまで1989年から2012年にかけて6度の Feasibility Study (以下「F/S」という。) が実施され、2012年にウクライナで実施された2012F/S(TEO)は2013年7月11日に閣議承認を受けている。表 6-1-1、表 6-1-2 に過去の F/S の概要を示す。

1) 路線選定

路線の通過帯は最初に実施された1989年の Feasibility Study (以下、「1989F/S」という。) より大きな変更がなされていない。渡河位置及び右岸側は、建設費や社会環境に与える影響面(住民移転が発生しない)から、既存ババロフスキー橋の北西約6kmの位置を通過する案が採用されている。渡河位置より左岸側については、2004年に実施された Feasibility Study (以下、「2004F/S」という。) でミコライウ市の将来土地利用計画に合わせて若干の見直しが行われて以降、変更されていない。

2) 南ブグ川の橋梁計画

南ブグ川の橋梁については各 F/S で斜張橋や吊橋、鋼箱桁橋などが推奨されており、2011F/S 及び 2012F/S では吊橋が推奨されている。

表 6-1-1. これまでの F/S の概要 (1)

	1989年 F/S	2000年 F/S	2003年 F/S	2004年 F/S
実施国	ソビエト連邦	日本	日本	「ウ」国
実施主体		Mykolaiv City	Mykolaiv City	Mykolaiv Region
実施会社	キエフソユーズ ドルプロジェクト社	(社)日本プラ ント協会	PCI 社	キエフソユーズ ドルプロジェクト社
実施背景		当該プロジェクトが、「ウ」国の重要プロジェクトとして位置付けされたため	設計条件(航空制限と航路限界)が変更となったため。	日本が実施した F/S で円借款の締結可能性が高いと判断されたため、また、「ウ」国の経済状況が好転してきたため。
主な実施概要	【路線選定】 南ブグ川の架橋位置について4ルートと比較検討し、現在の架橋位置を選定。	【長大橋選定】 南ブグ川を渡る橋梁形式について3案の比較検討を行い、斜長橋案を推奨。	【長大橋選定】 南ブグ川を渡る橋梁形式について3案の比較検討を行い、吊橋案を推奨。	【路線選定】 左岸側の道路線形を3案提示し、やや空港寄りの新線形案を選定。 【長大橋選定】 南ブグ川を渡る橋梁形式について3案を比較検討し、鋼箱桁橋を推奨。
適用基準	SNiP1	SNiP	SNiP	DBN ² (一部 SNiP)

出典：2011F/S

表 6-1-2. これまでの F/S の概要 (2)

	2011F/S	2012F/S (TEO)
実施国	日本	「ウ」国
実施主体	ウクライナ道路公社(Ukravtodor)	ウクライナ道路公社(Ukravtodor)
実施会社	(株)オリエンタルコンサルタンツ (株)長大	キエフソユーズドルプロジェクト社 Kyivsoiuzshliakhproekt
実施背景	2003年に実施された Feasibility Study (以下、「2003F/S」という)のレビューと更新	2011F/S を踏まえて閣議承認を得るために実施
主な実施概要	【路線選定】 2004F/S にウ国で提案された路線を踏襲 【長大橋選定】 南ブグ川を渡る橋梁形式について3案を比較検討し、吊橋を推奨。	【路線選定】 2004F/S, 2011F/S で採用された路線を踏襲 【長大橋選定】 南ブグ川を渡る橋梁形式は 2011F/S を踏襲し吊橋を推奨。
適用基準	DBN V.2.3-4 2007	DBN V.2.3-4 2007

出典： JICA Survey Team

6-2 道路構造のレビュー

6-2-1 適用基準及び道路区分

1) 適用基準

ウクライナにはロシアの設計基準 SNIp¹をもとに制定された DBN²という基準があり、2011F/S 及び 2012F/S(TEO)時点では 2007 年改訂版 (DBN V.2.3-4 2007) を利用して計画が行われていた。その後、2015 年に改訂版が出されているため、本調査では DBN V.2.3-4 2015 を用いてレビューを実施する。

2) 道路区分

DBN V.2.3-4 2015 では道路は 6 つに分類されている。2011F/S が実施されるまでは道路区分「I-a」とされていたが、2011F/S により「I-b」に変更され、2012F/S(TEO)でもこの道路区分が踏襲されている。本調査においても、この道路区分は妥当であると判断し、「I-b」として取り扱う。

表 6-2-1. 道路区分と断面交通量

道路区分	1日当たりの交通量	
	断面交通量 (台)	断面交通量 (PCU)
I-a - I-b	10,000 以上	14,000 以上
II	3,000~10,000	5,000~14,000
III	1,000~3,000	2,500~5,000
IV	150~1,000	300~2,500

¹ НиП: Строительные Нормы и Правила

² ДБН: ДЕРЖ АВНІ БУДІВЕЛЬНІ НОРМИ УКРАЇНИ

V	150 以下	300 以下
注： I-a 及び I-b の道路は要求事項が同じであり、これらは I の道路として区分される。		

出典：DBN V.2.3-4 2015

3) 設計速度

2011F/S 時は当時の道路区分から設計速度 140km/h が採用されていた。DBN V.2.3-4 の更新により道路区分に対する設計速度が表 6-2-2 のように見直されたことから、最新の基準に従い本調査では 110km/h を採用する。

表 6-2-2. 設計速度

No.	道路区分	設計交通速度 (km/h)		
		平地部の基本値	地形上の制限	
			丘陵地	山岳地
1	I-a	130	100	80
2	I-b	110	90	70
3	II	90	70	60
4	III	90	60	50
5	IV	90	50	30
6	V	90	40	30

注 1： 丘陵地とは高低差が 0.5 km の間で 50 m ある深い溪谷や不安定な斜面で山麓に支流が走る溪谷を開削してできた地形である。

注 2： 山岳地とは、複雑で激しく切り込まれた又は不安定な斜面を有する尾根や山峡に伸びる道路区画（両方向に対して 1 km の区間）であり、塑性土壌が分散し、支流に分岐する谷川が走る区域である。

出典：DBN V.2.3-4 2015

6-2-2 横断構造

1) 幅員構成

(1) 道路部

DBN の更新にともない中央帯及び中央帯路肩幅の見直しが行われた。そのため、2011F/S からは表 6-2-3 のように見直しを行った。

表 6-2-3. 道路幅員のレビュー結果

	2011F/S	本調査
標準幅員		

幅員構成	幅	備考
車線数	4 車線	
車線 両側	3.75m	I-b の標準幅員
路肩を含む駐車帯	2.5m	I-b の標準幅員

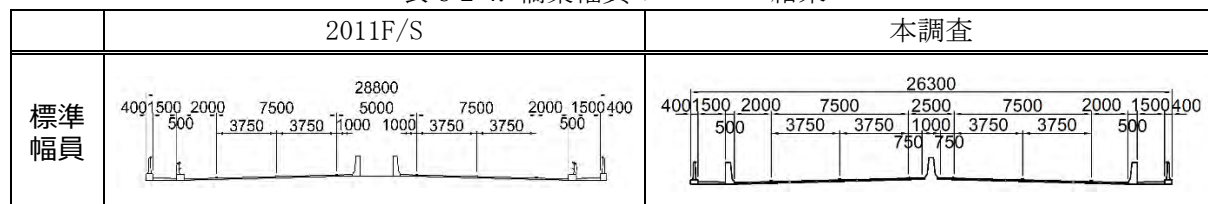
保護路肩	1.25m	I-b の標準幅員
中央帯	3.0m	I-b の標準幅員 中央帯路肩を含む
中央帯路肩	0.5m	I-b の標準幅員
総幅員	25.5m	I-b の標準幅員

出典：JICA Survey Team

(2) ミコライウ橋梁部

2011F/S で採用された橋梁は、2km を超える長大橋であり、橋梁部中央帯の幅員も 5.0m と非常に広いことから、橋梁部の事業費に大きな影響を与える。DBN では中央帯幅員は「防護柵幅」と「その両側の路肩幅員」とすることが可能である。そのため、剛性防護柵の設置可能幅 1.0m 及び中央帯路肩幅 0.75m×2 として 2.5m の中央帯幅員を採用しコスト削減を図る。中央帯路肩幅員は道路規格が I-b の場合、0.5m であるが、EU やアメリカの基準では 0.5m より広い幅員が採用されている(表 6-2-5)。橋梁部はすぐ横に防護柵が設置されるため圧迫感を感じやすいことにも配慮し、道路区分 I-a の幅員を採用し、0.75m を採用する。その他の幅員は 2011F/S の幅員を採用する。

表 6-2-4. 橋梁幅員のレビュー結果



幅員構成	幅	備考
車線数	4 車線	
車線幅員	3.75m	2011F/S 踏襲 I-b の標準幅員
路肩	2.0m	2011F/S 踏襲 車両が停車可能な幅
中央帯	2.5m	
中央分離帯	1.0m	剛性防護柵を設置可能な幅
中央帯路肩	0.75m	I-a の中央帯路肩幅員
歩道	1.5m	2011F/S 踏襲 人がすれ違える幅
歩車道境界防護柵幅	0.5m	2011F/S 踏襲
総幅員	26.3m	

表 6-2-5. 道路幅員の基準

幅員構成	DBN-2. 3-4:2015		TEM※1	AASHTO	日本の道路構造令
道路区分	I-a	I-b	4 車線	Freeway 4 車線	第 1 種第 1 級
設計速度	130km/h	110km/h	100,120km/h	110km/h	120km/h
車線	3.75m	3.75m	3.75m	3.6m	3.50m
路肩	2.5m	2.5m	2.5m	3.0m	2.5m
保護路肩	1.25m	1.25m	0.5m	-	-

中央帯 (中央帯路肩含む)	6.0m※2	3.0m※2	3.0m	3.0m	4.5m
中央帯路肩	0.75m	0.5m	1.0m	1.2m	0.75m

※1 Trans-European Motorway (TEM) ヨーロッパにおいて国を超えて横断する高速道路に適用する基準として整備された。

※2 防護柵を設置する場合は、防護柵の幅とその両側の路肩幅の合計とすることができる。

出典：JICA Survey Team

2) 建築限界

建築限界は DBN V.2.3-4 2015 に従い、5.5m 以上を確保する。

3) のり面勾配

(1) 盛土のり面

DBN V.2.3-4 2015 では盛土材の材質や気候区分、盛土高に従ってのり面勾配が規定されている。(表 6-2-7) ミコライウ市は気候区分Ⅲ(南部地域)に該当し、盛土材はローム(切土部からの流用)もしくは砂質土(土取り場)となることから、表 6-2-6 として設定する。

表 6-2-6. 盛土のり面勾配

盛土高さ	のり面勾配	備考
2m 以下	1:3	緊急車両が乗り入れできるように緩い勾配が規定されている。
2m~6m	1:1.75	気候区分Ⅲ 砂質土の勾配
6m 以上	1:1.75 (上部 0~6m)	気候区分Ⅲ 砂質土の勾配
	1:2.0 (下部 6m 以上)	気候区分Ⅲ 砂質土の勾配

出典：JICA Survey Team

表 6-2-7. 盛土のり面勾配の規定値

盛土材質	盛土高さ (m) (注 2)		
	2~6m	6~12m	
		下部 (6m~12m)	上部(0~6m)
軟岩土	1:1~1:1.3	1:1.3~1:1.5	1:1.3~1:1.5
礫質土	1:1.5	1:1.5	1:1.5
砂質土, 粘土質 (注 1)	$\frac{1:1.5}{1:1.75}$	$\frac{1:1.75}{1:2}$	$\frac{1:1.5}{1:1.75}$

注 1：線の下に示す数値は、気候区分 I~III の場合を示す。
注 2：盛土高さは盛土上端部から下端部の差により設定される。

出典：DBN V.2.3-4 2015

(2) 切土のり面

DBN V.2.3-4 2015 では切土部の土質により切土勾配が表 6-2-9 のように規定されている。地質調査の結果、当該地の地質はロームもしくは粘土質に分類されることから、表 6-2-8 として切土のり面勾配を設定する。

表 6-2-8. 切土のり面勾配

切土高さ	のり面勾配	備考
1m 以下	1:5	雪の吹き溜まりを防ぐために緩い勾配(1:5)を採用すること規定されている。
1m 以上	1:2.0	粘土質の中でも緩い勾配である 1:2.0 を採用する。

出典：JICA Survey Team

表 6-2-9. 切土のり面勾配の規定値

番号	土壌の種類	切土高さ (m)	最大のり面勾配
1	軟岩	最大 16	1:0.5
	やや風化しているが軟岩ではない	最大 16	1:1 - 1:1.5
	風化した軟岩	最大 6	1:1 - 1:2
2	礫質土	最大 12	1:1~1:1.5
3	砂質土 (粗砂, 中砂)	最大 12	1:1.5
4	粘土質, 均質 (硬質, 半固体)	最大 12	1:1.5
5	砂 (細砂, 微砂)	最大 12	1:2
6	粘土質, 均質, 高い塑性	最大 12	1:2
7	森林土壌	最大 12	1:1~1:1.5

注 1：軟岩質及び風化土壌では垂直勾配を設置することができる。
注 2：切土高さは勾配の上端部と下端部間の傾斜高さの差で設定される。

出典：DBN V.2.3-4 2015

6-2-3 線形要素

1) 本線

DBN V.2.3-4 2015 によれば、平面線形及び縦断線形を計画する際、設計速度によらず一般的に満足することが望ましい値と、設計速度に応じて守るべき許容値の 2 つが規定されている。DBN の更新に伴い設計速度が小さくなったため許容値は低減されている。表 6-2-10 に DBN V.2.3-4 2015 に規定されている線形要素、ならびに本調査での採用値 (ルート 2, ルート 3) を示す。視距については 250m を採用し、必要に応じて視距拡幅を行い安全確保を図ることが望ましい。

インターチェンジ付近では、本線を走行する運転者にとってできるだけ遠方からインターチェンジを視認できることが望ましい。日本の道路設計基準にはインターチェンジ付近の本線の線形要素についての規定されていることから、当該基準を表 6-2-11 に参考として示す。

表 6-2-10. 本線の線形要素の基準値と採用値

線形要素	DBN V.2.3-4 2015		採用値	
	望ましい値	許容値 V=110km/h	ルート 2	ルート 3
最小曲線半径	3,000m	700m	1,200m	1,300m
最急縦断勾配	3.0%	5.0%	2.5%	2.5%
縦断曲線半径 (凸)	70,000m	11,000m	25,100	25,600m
縦断曲線長 (凸)	300m	-	330m	300m
縦断曲線半径 (凹)	8,000m	3,200m	8,000m	8,000m
縦断曲線長 (凹)	100m	-	100m	100m
制動停止視距	450m	250m	250m	250m

出典：JICA Survey Team

表 6-2-11. 日本におけるインターチェンジ付近の本線線形要素

設計速度	120km/h		100km/h	
	標準値	特別の場合※	標準値	特別の場合※
最小曲線半径	2,000m	1,500m	1,500m	1,000m
最急縦断勾配	2.0%	2.0%	2.0%	3.0%
縦断曲線半径 (凸)	45,000m	23,000m	25,000m	15,000m
縦断曲線半径 (凹)	16,000m	12,000m	12,000m	8,000m

※地形、地物、経済性などの条件もしくは特別な技術的理由により、標準値を満足しがたい場合

出典：JICA Survey Team

2) インターチェンジでの流入路、流出路（ランプ）

DBN V.2.3-4 2015 によれば、ランプにおいては、交差道路に対して右折する場合と、左折する場合で設計速度が設定されている。交差道路に対して左折する場合は、ループランプとなるケースが多いため、設計速度は右折に比べ低い値が設定されている。それぞれの場合の線形要素の基準値を表 6-2-12 に示す。また、起点側インターチェンジ及び終点側インターチェンジでの線形要素の採用値を表 6-2-13 及び表 6-2-14 に示す。

表 6-2-12. ランプの線形要素の基準値

線形要素	DBN V.2.3-4 2015			
	右折		左折	
設計速度	70km/h	60km/h	50km/h	40km/h
最小曲線半径	225m	150m	100m	65m
最急縦断勾配	7.0%	7.5%	8.0%	9.0%
縦断曲線半径 (凸)	5,500m	3,500m	2,000m	1,000m
縦断曲線半径 (凹)	1,300m	1,000	700m	500m
制動停止視距	115m	90m	70m	50m

出典：JICA Survey Team

表 6-2-13. 起点側インターチェンジでのランプの線形要素の採用値

線形要素	採用値			
	ルート 2, 3 共通			
設計速度	70km/h	60km/h	50km/h	40km/h
最小曲線半径	225m	180m	100m	65m
最急縦断勾配	2.6%	6.0%	2.2%	5.6%
縦断曲線半径 (凸)	5,800m	3,600m	2,200m	2,100m
縦断曲線半径 (凹)	4,800m	1,100m	1,100m	700m
制動停止視距	115m	90m	70m	50m

出典：JICA Survey Team

表 6-2-14. 終点側インターチェンジでのランプの線形要素の採用値

線形要素	採用値			
	ルート 2		ルート 3	
設計速度	70km/h	50km/h	70km/h	50km/h
最小曲線半径	225m	100m	225m	100m
最急縦断勾配	5.2%	4.8%	4.5%	4.0%
縦断曲線半径 (凸)	5,500m	4,000m	5,700m	2,000m
縦断曲線半径 (凹)	2,100m	1,200m	1,300m	1,100m
制動停止視距	115m	70m	115m	70m

出典：JICA Survey Team

6-3 本線計画のレビュー

6-3-1 平面計画

M14 バイパスは全長約 13.2 km の 4 車線道路で計画されており、その計画ルートは図 6-3-1 に示す通りミコライウ市北部の市境付近を通過し、起点側（東側）と終点側（西側）のそれぞれで既存の幹線道路と接続する。2011F/S で最適案として選定された計画ルート（ルート 2）は、影響家屋が無い住民移転が発生しないとともに、ウクライナ国道路設計基準の 2015 年改定版（DBN V.2.3-4 2015）との整合性にも問題ないことから本調査では 2011F/S の平面計画を基本的に踏襲した。ただし、2011F/S の線形要素を精査したところ、測点 NO.47+40 付近にブローケンバックカーブ³が認められたため、短い直線を排除し連続した曲線に改良した。

³ ブローケンバックカーブ：同方向に屈曲する曲線の間に短い曲線を入れること。直線部が両端の曲線と反対方向に曲がっているように見え視覚的な滑らかさに欠く。



出典：ミコライウ都市計画図より一部抜粋

図 6-3-1. M14 バイパスの計画位置

6-3-2 縦断計画

1) 縦断計画のコントロール（横断交通施設）

計画道路と交差する交通施設（道路，鉄道，航路）を表 6-3-1 に整理する。なお，これら施設については縦断計画のコントロールとして考慮した。

表 6-3-1. 縦断計画のコントロール（横断交通施設）

測点		交差施設	備考
ルート 2	ルート 3		
No.12+0	同左	幹線道路 P06	交差施設が本線の上空を跨ぐ
No.32+0	同左	市道	本線が交差施設の上空を跨ぐ
No.49+93	同左	市道	本線が交差施設の上空を跨ぐ
No.60+88	同左	市道	本線が交差施設の上空を跨ぐ
No.90+83	No.88+87	市道	本線が交差施設の上空を跨ぐ
No.111+60	No.108+67	航路（南ブグ川）	本線が交差施設の上空を跨ぐ
No.118+60	No.119+65	幹線道路 T1506	交差施設が本線の上空を跨ぐ
—	No.132+18	市道	本線が交差施設の上空を跨ぐ
No.122+18	—	道路（IC ランプ）	交差施設が本線の上空を跨ぐ
—	No.144+0	幹線道路 M14	本線が交差施設の上空を跨ぐ

出典：JICA Survey Team

2) No. 8+80 付近の鉄道支線（廃線）

本線の起点側には供用中の鉄道本線と廃線した鉄道支線があり、No.8+80 付近で本線が廃線した鉄道支線と交差する（図 6-3-2）。ミコライウ市長へのヒアリングで鉄道支線は廃線との回答を得たこと、ミコライウ市の都市計画に鉄道支線の計画が明記されていないことを踏まえ本調査では鉄道支線を縦断計画のコントロールとして考慮しないこととした。



出典：JICA Survey Team

図 6-3-2. インターチェンジ建設予定地の鉄道支線（廃線）

No.8+80 付近の平均標高は $H=55m$ であり、起点側 (No.0~No.5) の平均標高 ($H=38m$) に比べて約 $17m$ 高くなっている。このような地形の高低差があるため計画道路の縦断勾配は比較的急になる傾向にある。また、2011F/S では計画道路と鉄道支線を立体交差（鉄道が本線の上空を跨ぐ）させる計画となっており、本線の上空に $5.5m$ のクリアランス高を確保していた。

鉄道支線を縦断計画のコントロールとして考慮しないことによる計画上の改善点を以下に示す。

- 当該箇所はインターチェンジ区間であるので、自動車の安全性や円滑性を確保する観点から極力緩勾配を採用することが望ましい。DBN V.2.3-4 2015 ではインターチェンジ付近の本線縦断勾配は規定されていないが、日本の基準（道路構造令）を参考にすると、 2.0% 以下が標準値として規定されている。本調査の縦断勾配は 1.5% であるので、2011F/S の縦断勾配の 2.5% に対し大幅に改善される。
- インターチェンジ区間の本線の計画高が 2011F/S よりも高い位置にあるので、交差道路の P06 との接続ランプの延長が 2011F/S よりも短くなり、インターチェンジ全体の土工規模も縮小されるので工事費が縮減される。
- 地質調査結果より当該エリアの地表面から深度 $7m\sim 10.5m$ の粘土層は高い膨張性⁴を有することが確認された。切土により膨張性土が露出すると吸水膨張、乾燥収縮により変状や強度低下が発生し、法面の安定性が低下する可能性がある。本調査のインターチェンジ区間の切土高は約 $7m$ なので、2011F/S の約 $10m$ に比べ法面に膨張性土が露出する可能性は低くなる。

⁴ サンプリング試験から得られた膨張性指数 $E_{sw}=0.131 (>0.12)$ 。基準値 (GOST 25100-95) Non-swelling: $E_{sw} < 0.04$, Low swelling: $0.04 < E_{sw} < 0.08$, Middle swelling $0.08 < E_{sw} < 0.12$, High swelling $E_{sw} > 0.12$

3) NO.66+60 付近の鉄道支線（廃線）

NO.66+60 付近には図 6-3-3 に示すように周辺地盤より 1.5m 程度高くなった道路敷のような箇所がある。地元住民へのヒアリングでは昔は南ブグ川近くにあったシリカ工場のための鉄道跡であるということだったが、周辺を調査しても軌道を確認することはできなかった。鉄道は廃線になっており、シリカ工場も現在は跡地となっている。また、ミコライウ市の都市計画に鉄道支線の計画が明記されていないことを踏まえ本調査ではこの箇所を縦断計画のコントロールとして考慮しないこととした。



出典：JICA Survey Team

図 6-3-3. NO.66+60 付近の鉄道支線（廃線）

NO.66+60 付近の標高は H=34m であり、道路終点側(南ブグ川側)に向けて地盤が標高 H=20m 程度まで低くなっている。2011F/S では、この位置で鉄道支線を立体交差（本線が鉄道の上空を跨ぐ）させる計画となっており、鉄道跡の上空に 5.5m のクリアランスを確保していた。

鉄道支線を縦断計画のコントロールとして考慮しないことによる計画上の改善点を以下に示す。

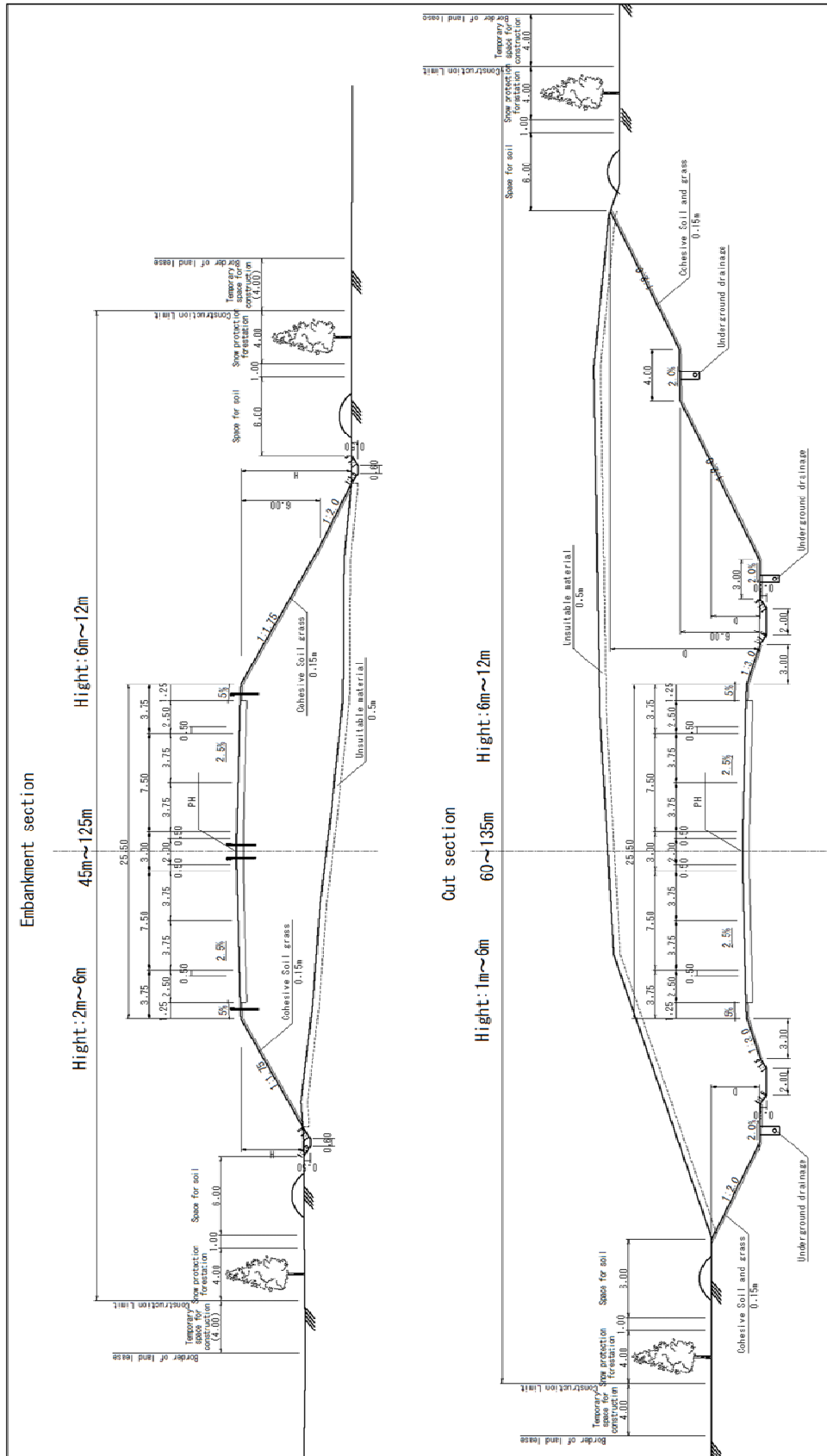
- 2011F/S では NO.66+60 付近から道路終点側に向けて、盛土高を抑えるために縦断勾配を 3% として計画されていた。本調査の縦断勾配は 2.1% であるため 2011F/S の縦断勾配に比べ改善される。
- 2011F/S では道路終点側に向けて高さ 10m 程度の盛土が約 400m 連続する計画となっていたが、本調査では盛土高が平均 2.9m となり土工規模が大幅に縮小されるため工事費が削減される。

4) 南ブグ川右岸側の切土

南ブグ川と右岸との高低差は 55m~60m あるため、No.117 付近から終点側インターチェンジにかけて比較的大きな切土が発生する。切土を縮小する観点から 2011F/S を精査したところ、平面線形を変更すると家屋に影響する可能性があるため好ましくなく、縦断線形を上げると渡河橋の工費増大につながるので得策でない。このため、切土高は 2011F/S と同様に 12m 程度で抑えることとした。地質調査結果によれば地表面から深度 12m まではロームが堆積し、膨張性も低いことから、切土のり面についての特別な対策は不要と判断できる。

6-3-3 標準横断構成

本線の標準横断構成を以下に示す。



出典：JICA Survey

図 6-3-4. 本線の幅員構成

6-3-4 基本計画の対象ルート

前述「第5章 路線・架橋位置のレビュー」において4つの代替ルートが比較検討の対象となった。そのうち「ルート2」と「ルート3」を基本計画の対象ルートとする。表6-3-2に2ルートの概要を示す。

表 6-3-2. 対象ルートの概要

項目	ルート2	ルート3
計画位置	2011F/Sの計画位置を踏襲 (ミコライウ市北部の市境付近)	起点から7.1km付近まではルート2と同線形。終点はルート2の約3km西側でM14道路と接続
本線の整備延長	約13.2km	約14.6km
南ブグ渡河橋の整備延長	2,115m	2,180m
住民移転	0戸	3戸
支障物件(車庫, 倉庫)	26戸	60戸
P06道路(起点側接続道路)との交差形式	クローバー型インターチェンジ	同左
M14道路(終点側接続道路)との交差方式	トランペット型 インターチェンジ	ハーフクローバー型 インターチェンジ

出典：JICA Survey Team

2ルートの計画位置を以下に示す。居住区、病院、墓地、高圧線などを極力回避し、社会経済的な影響の最小化を図った。また、南ブグ川の流向方向に対しては極力直行する線形を考慮し橋長の短縮化を図った。



出典：JICA Survey Team

図 6-3-5. 対象ルートの計画位置

6-4 接続形式のレビュー

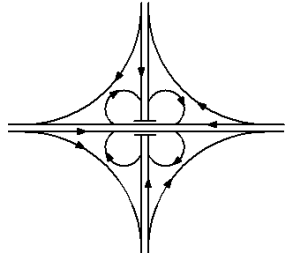
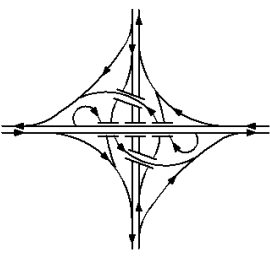
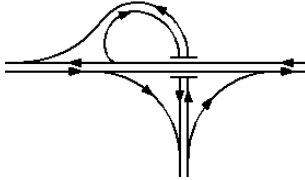
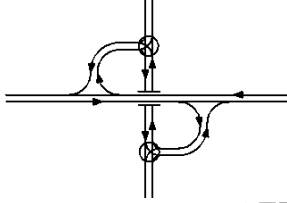
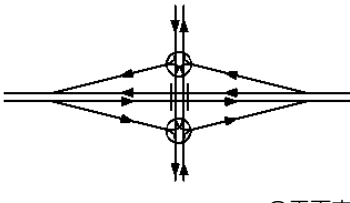
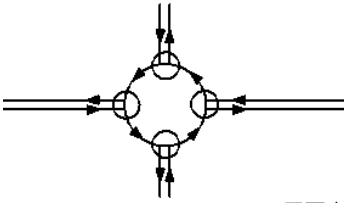
6-4-1 起点側インターチェンジ【ルート2, 3 共通】

1) 既往調査で提案されたインターチェンジ

M14 バイパスはその起点側で南北方向に走る P06 道路と 4 枝交差する。P06 道路は交通量が多く、道路クラスは M14 バイパスと同じ I-b の幹線道路である。2011F/S では、当該箇所の接続形式は完全立体交差のクローバー型インターチェンジが提案されている。ウクライナ側によって作成された 2012F/S ではクローバー型と対向ループ型のインターチェンジの比較の結果、2011F/S と同様のクローバー型インターチェンジが選定されている。

上述のクローバー型及び対向ループ型の他に考えられる接続形式としては、ウクライナで施工実績が多いランペット型が挙げられる。表 6-4-1 にクローバー型、対向ループ型、ランペット型等のインターチェンジ形式の一般的特徴を整理する。

表 6-4-1. インターチェンジ形式の特徴

クローバー型	対向ループ型	ランペット型
2011F/S 及び 2012F/S の提案形式	クローバー型の対向する一対のランプランプを残し、もう一対を準直結型に変えた形式	代表的な 3 枝交差の形式
		
<ul style="list-style-type: none"> ウクライナで一般的である 経済性に優れる形式であるが、全ての交通が織り込みの影響を受ける（影響の度合いは交通量やランプ間ノーズ距離により異なる） 	<ul style="list-style-type: none"> ウクライナではあまり一般的でない 上図のようなランプ配置にすれば織り込み交通が無くなるが、クローバー型に比べて構造物が多くなり経済性が劣る 	<ul style="list-style-type: none"> ウクライナで一般的である 経済性や用地が少なくなる点で利点がある。4 枝交差の場合は、交差道路側にもうひとつランペット型を追加設置する（ダブルランペット型）
不完全クローバー型	ダイヤモンド型	ラウンドアバウト型
交差道路側に平面交差が生じる。	交差道路側に平面交差が生じる	交差道路側に平面交差が生じる
 ○平面交差	 ○平面交差	 ○平面交差
<ul style="list-style-type: none"> 平面交差点ができるため、交差道路相互が 4 車線の幹線道路の場合には適さない 幹線道路が交通量の少ない地方道と接続する場合には適し、経済性でも有利 	<ul style="list-style-type: none"> 平面交差点ができるため、交差道路相互が 4 車線の幹線道路の場合には適さない 幹線道路が交通量の少ない地方道と接続する場合には適し、経済性でも有利 用地取得範囲が小さい。 	<ul style="list-style-type: none"> 平面交差点ができるため、交差道路相互が 4 車線の幹線道路の場合には適さない 主交通側を立体交差とすることで、平面交差を減らすことができる。

出典：JICA Survey Team

2) インターチェンジ建設予定地の立地条件

インターチェンジ北側に民間会社が保有する稼働中のアスファルトプラントが存在する。このプラントは計画上のコントロールとし、インターチェンジ建設によってプラントへのアクセス道路が分断される場合には付替道路を計画し機能復旧を図ることとした。一方、ミコライウ州が保有するアスファルトプラントが隣接して存在するが、このプラントについてはミコライウ市長から移設可能との回答を得ていることから支障物件とならない。

3) インターチェンジ形式の比較検討

起点側インターチェンジの接続形式に関し、ウクライナで一般的かつ経済的見地から表 6-4-1 で示した接続形式の内、クローバー型とダブルトランペット型の比較を行う。

表 6-4-2 に比較表を示す。

走行性、安全性、農地への影響、住民移転、施工性、経済性の観点から検討した結果、ダブルトランペット型は2方向の左折交通の交通がループランプを通過するのに対して、クローバー型は4方向全ての左折交通がループランプを通過しなければならない点で若干劣るものの農地への影響面積が少なく、経済的にも優れる。また、ウクライナの4枝交差ではクローバー型が一般的であることを勘案すればクローバー型が総合的に優位と判断される。このため、2011F/S および 2012F/S で提案されたクローバー型を本調査でも推奨案とする。

表 6-4-2. 起点側のインターチェンジ形式比較表

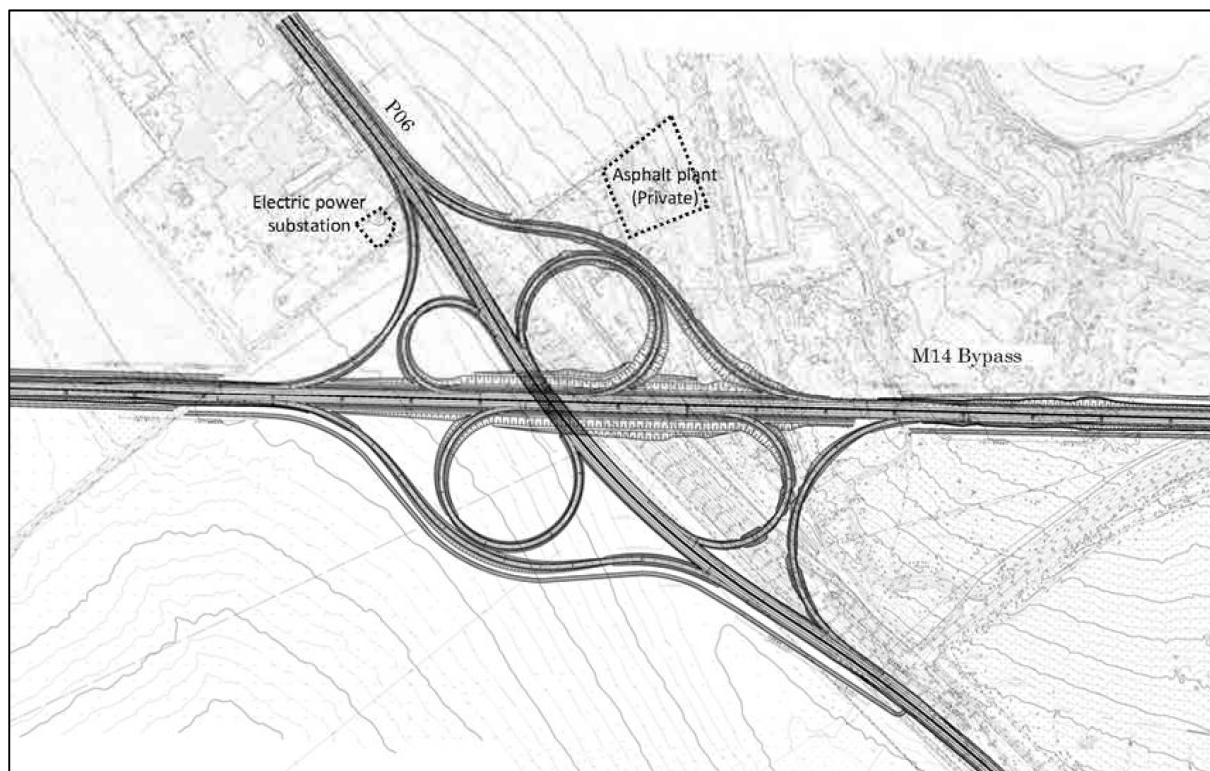
交差形式	代替案1：クローバー型 (2011F/S)	代替案2：トランペット型
概要図		
走行性	<ul style="list-style-type: none"> 4方向全ての左折交通 (S-W, E-S, N-E, W-N) がループランプを通過する 近接するランプの入口と出口の間で交通の織り込みが生じ、左折交通の全ては織り込みの影響を受ける (影響の度合いは小さい) 	<ul style="list-style-type: none"> 2方向の左折交通 (S-W, W-N) がループランプを通過する 2つのトランペット IC 間で交通の織り込みが生じ、右左折交通の全てが織り込みの影響を受ける (影響の度合いは小さい)
安全性	ウクライナでは一般的な接続形式であるので通常的安全対策でリスク低減可能	ウクライナではあまり一般的でない。織り込み区間がクローバー型より長くリスクを低減可能。
農地への影響	影響面積 A=15ha	影響面積 A=33ha (代替案1の2.2倍)
住民移転	無し	同左
施工性	最大で10m程度の切土なので施工性に問題はない	概ね2m程度の盛土なので施工性に問題はない

経済性	<ul style="list-style-type: none"> ランプ延長が短く、橋梁が 1 箇所のみであるため経済性に優れる IC が切土構造となるので掘削土が発生し、盛土区間の材料に流用することができる 	++ ++	<ul style="list-style-type: none"> ランプ延長が長く（代替案 1 の約 1.7 倍）、橋梁が 3 箇所となるため経済性に劣る。 IC が盛土構造となるので工事全体で不足土が増える 	- -
評価	推奨案			

++ : 比較優位, + : 概ね同等, - : 比較劣位

出典 : JICA Survey Team

4) 計画概要図



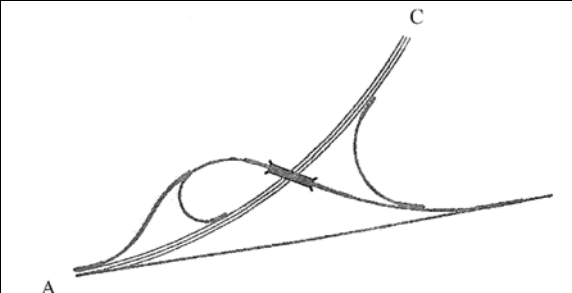
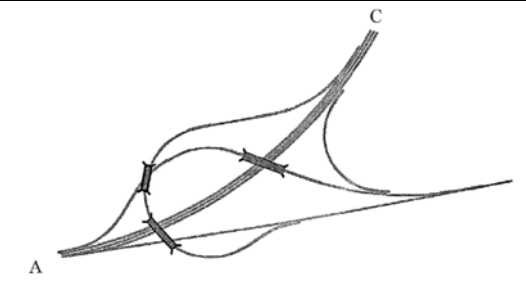
出典 : JICA Survey Team

図 6-4-1. 起点側インターチェンジ【ルート 2, 3 共通】の計画概要図

6-4-2 終点側インターチェンジ【ルート 2】

1) 既往調査で提案されたインターチェンジ

M14 バイパスはその終点側で東西方向に走る M14 道路と 3 枝交差する。M14 道路は交通量が多く、道路クラスは M14 バイパスと同じ I-b の幹線道路である。2011F/S によれば、当該箇所の接続形式はトランペット型が提案されている。ウクライナ側によって作成された 2012F/S ではトランペット型と準直結 Y 型のインターチェンジの比較の結果、トランペット型が選定されている。参考のため図 6-4-2 に準直結 Y 型の形式概要を示す。

トランペット型	準直結 Y 型
2011F/S 及び 2012F/S の提案形式	ループランプを用いずに合流、分流ともに準直結とした形式。立体交差がトランペット型より増えるため経済性に劣る
	

出典：JICA Survey Team

図 6-4-2. トランペット型と準直結 Y 型の形式概要

2) インターチェンジ建設予定地の立地条件

インターチェンジ建設予定地は、M14 道路と T1506 道路と宅地に囲まれた農地であり、支障物件は存在しない（図 6-4-3 参照）。



出典：JICA Survey Team

図 6-4-3. インターチェンジ建設予定地の土地利用状況

3) インターチェンジ形式の比較検討

終点側インターチェンジの接続形式に関し、2011F/S 及び 2012F/S の提案形式であるトランペット型を基本とした 2 タイプ（タイプ 1 とタイプ 2）の比較を行う。

表 6-4-3 に比較表を示す。

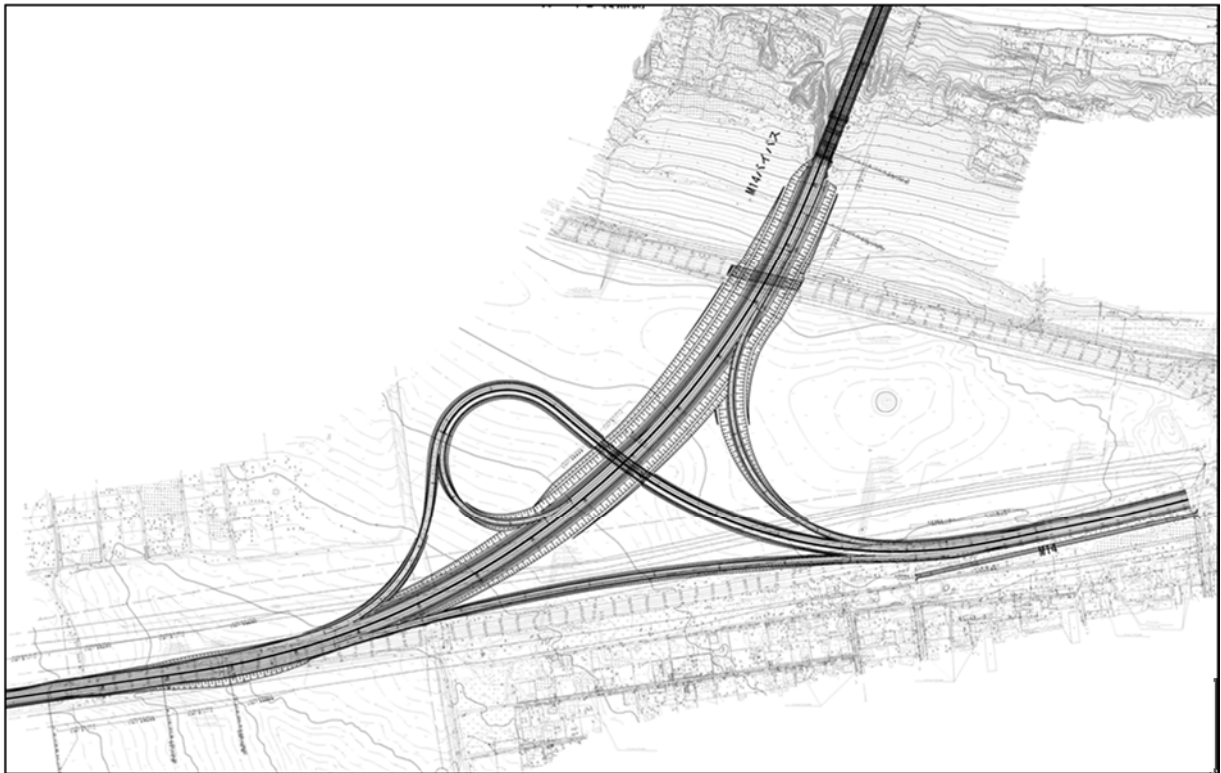
走行性、安全性、農地への影響、住民移転、施工性、経済性の観点から検討した結果、タイプ 1 の M14 の東西方向（市街地⇄郊外）の走行性が比較優位で、M14 の現在の交通機能を維持できるためタイプ 1（代替案 1）を推奨案とする。

表 6-4-3. 終点側のインターチェンジ形式比較表

交差形式	代替案 1：トランペット型（タイプ 1）	代替案 2：トランペット型（タイプ 2）
概要図		
走行性	<ul style="list-style-type: none"> • M14 バイパスの北側（南ブグ川方面）から M14 の市街地へ向かう交通がループランプを通過する（ループランプ交通量 690 台/時） • M14 の東西方向（市街地⇄郊外）の交通の走行性が代替案 2 に比べて良く，M14 の現在の機能を維持する 	<ul style="list-style-type: none"> • M14 の市街地側から M14 バイパスの西側（郊外方面）へ向かう交通がループランプを通過する（ループランプ交通量 680 台/時） • M14 の東西方向（市街地⇄郊外）の交通はループランプを通過するため M14 の現在の機能が低下する
安全性	<ul style="list-style-type: none"> • ウクライナでは一般的な接続形式であるので通常の安全対策でリスク低減可能 	<ul style="list-style-type: none"> • 同左
農地への影響	<ul style="list-style-type: none"> • 両案とも同等 	<ul style="list-style-type: none"> • 同左
住民移転	<ul style="list-style-type: none"> • 無し 	<ul style="list-style-type: none"> • 同左
施工性	<ul style="list-style-type: none"> • IC が切土構造となるので掘削土が発生し，盛土区間の材料に流用することができる 	<ul style="list-style-type: none"> • 同左
経済性	<ul style="list-style-type: none"> • ランプ延長はほぼ同等。橋梁はランプ橋の 1 か所 	<ul style="list-style-type: none"> • T1506 道路が M14 バイパスを跨ぐ箇所で流出ランプによる拡幅が発生するため経済性が代替案 1 に比べて劣る
評価	推奨案	

Note: ++：比較優位，+：概ね同等，-：比較劣位

4) 計画概要図



出典：JICA Survey Team

図 6-4-4. 終点側インターチェンジ【ルート 2】の計画概要図

6-4-3 終点側インターチェンジ【ルート 3】

1) インターチェンジ建設予定地の立地条件

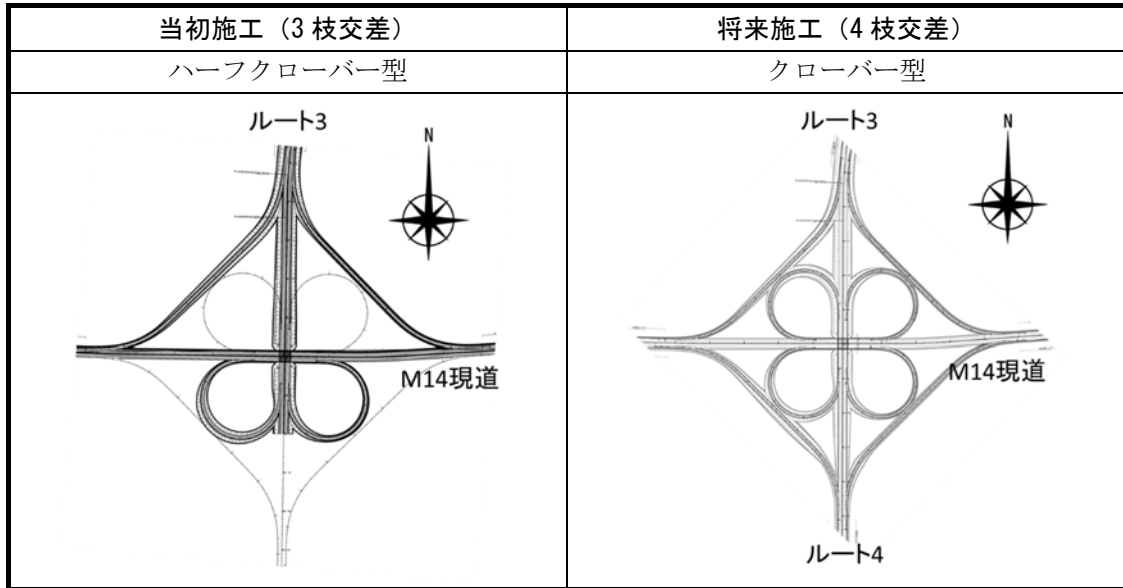
当該インターチェンジ建設予定地は、平坦地形で農地利用されており住居等の支障物件は存在しない。

2) インターチェンジ形式の比較検討

M14 バイパスはその終点側で東西方向に走る M14 道路と交差するため、3 枝交差の場合の接続形式はルート 2 の推奨案と同様のトランペット型が基本形式となる。しかし、長期的な視点から環状道路の一部を形成するルート 4 が整備される可能性を想定すれば、ルート 3 とルート 4 の接続が容易にできることがインフラ投資の観点からも利用者にとっても望ましい。従って、ここでは将来的にルート 3 の南側への延伸（すなわち 4 枝交差）を考慮した 3 枝交差の接続形式について検討を行う。

当該インターチェンジの立地付近はクリティカルとなる用地的制約がほとんど無いことから、3 枝交差から 4 枝交差に最も容易に追加施工ができるクローバー型を提案する。

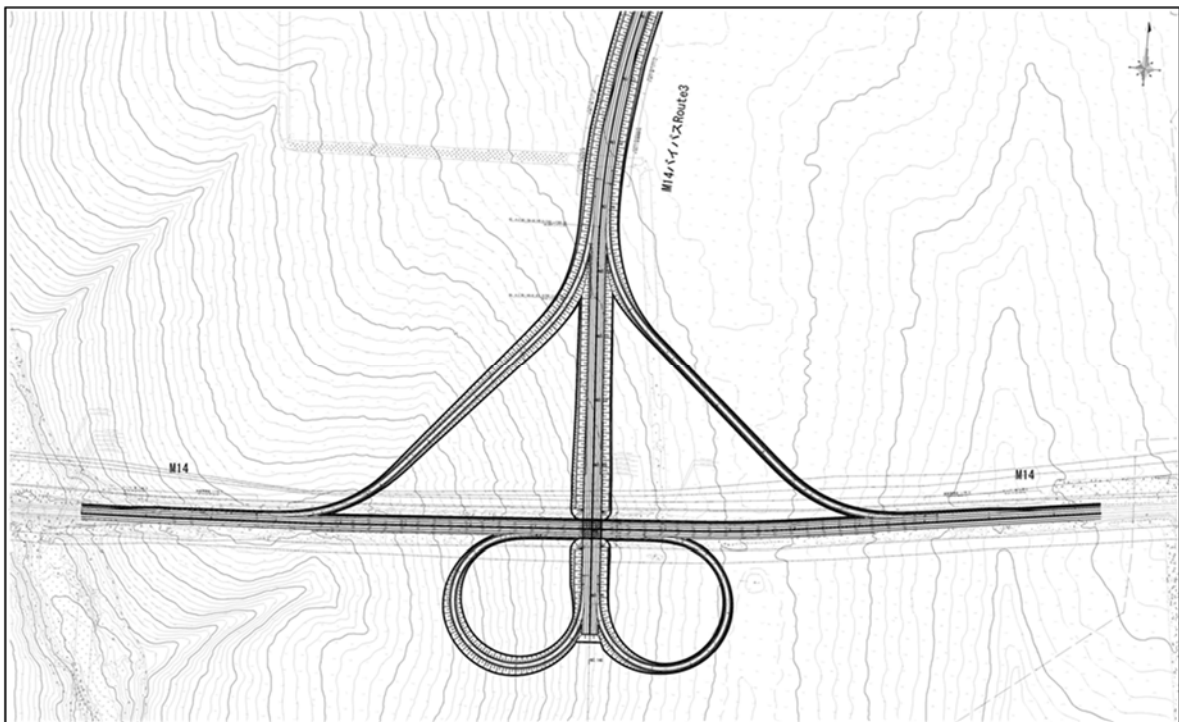
図 6-4-5 に当初施工（3 枝交差点）と将来施工（4 枝交差）の概要図を示す。



出典：JICA Survey Team

図 6-4-5. ルート 3 のインターチェンジの形式概要

3) 計画概要図



出典：JICA Survey Team

図 6-4-6. 終点側インターチェンジ【ルート 3】の計画概要図

6-4-4 中間位置での交差道路との接続【ルート 2, 3 共通】

M14 バイパスの No.61 付近において、M14 バイパスを挟んで南側と北側の居住エリアを連結する市道が通っている。No.61 付近は M14 バイパスのほぼ中間位置にあたることから、この市道との接続を計画する。(図 6-4-7 参照)

2011F/S でも No.61 付近の市道との接続が計画されており、その接続形式は本線側で平面交差させて交通を処理するタイプである。このタイプは中央帯開口部を利用して本線交通の車群の合間を縫って反対車線に横断して左折しなければならない構造となっている。接続道路の交通量が少ない時は本線交通流への影響は小さいと想定されるものの、安全性の観点から設計速度 110km/h の道路に平面交差を設置することは極力避けることが望ましい。

2011F/S では No.32 付近(市道)でも上記と同様の平面交差点が計画されている。本調査では No.61 と No.32 の接続ポイントを No.61 に集約し、かつ接続道路側に平面交差を設置するタイプの接続形式(ダイヤモンド型)を提案する。



出典：JICA Survey Team

図 6-4-7. 中間位置での交差道路との接続ポイント (No.61 付近)

6-5 インターチェンジの基本構造

6-5-1 ランプの設計速度

1) 設計速度の設定方法

- 立体交差形式インターチェンジにおけるランプの設計速度は DBN V.2.3-4 2015 に準拠して設定する。(表 6-5-1 参照)

表 6-5-1. 立体交差形式インターチェンジのランプ設計速度の基準

	右折			左折		
	15 以下	15 - 30	30 以上	15 以下	15 - 30	30 以上
交通量シェア (%)						
設計速度 (km/h)	60	65	70	40	45	50

出典：DBN V.2.3-4 2015

- ランプの設計速度を求めるための交通量は、将来（2036年）におけるピーク時間交通量（台/時）とし、ピーク時間における本線道路からインターチェンジに流入した右折あるいは左折の車両の交通量シェア（%）を求め、ランプの設計速度を設定する。
- 起点側及び終点側におけるインターチェンジの形式は、前述「6-4. 接続形式のレビュー」の提案の通りとする。（表 6-5-2 参照）

表 6-5-2. 起点側及び終点側におけるインターチェンジの形式

	ルート 2	ルート 3
起点側インターチェンジ	クローバー型	トランペット型
終点側インターチェンジ	クローバー型	ハーフクローバー型

出典：JICA Survey Team

2) 起点側インターチェンジ【ルート 2, 3 共通】

ルート 2 及びルート 3 の起点側のクローバー型インターチェンジのランプの設計速度を以下に示す。

表 6-5-3. 起点側インターチェンジのランプ設計速度【ルート 2, 3 共通】

IC 流入方向	日交通量 2036 年 台/日	ピーク時間交通量*		車両の 進行方向	交通量 シェア %	ランプの 設計速度 km/h	
		台/時					
M14 バイパス (西⇒東)	12,947	971	A	144	直進	15%	本線
			B	808	右折	83%	70
			C	19	左折	2%	40
M14 バイパス (東⇒西)	6,278	471	D	144	直進	31%	本線
			E	296	右折	63%	70
			F	32	左折	7%	40
P06 (北⇒南)	11,712	878	G	564	直進	64%	本線
			H	19	右折	2%	60
			I	296	左折	34%	50
P06 (南⇒北)	18,707	1,403	J	564	直進	40%	本線
			K	32	右折	2%	60
			L	808	左折	58%	50

*図 6-5-1 参照

出典：JICA Survey Team

3) 終点側インターチェンジ【ルート 2】

ルート 2 の終点側のトランペット型インターチェンジのランプの設計速度を以下に示す。

表 6-5-4. 終点側インターチェンジのランプ設計速度【ルート 2】

IC 流入方向	日交通量 2036 年	ピーク時間交通量*	車両の 進行方向	交通量 シェア	ランプの 設計速度
---------	----------------	-----------	-------------	------------	--------------

	台/日	台/時			%	km/h	
M14 バイパス (北⇒東)	12,947	971	M	291	直進	30%	本線
			N	680	左折	70%	50
M14 バイパス (東⇒北)	13,088	982	O	291	直進	30%	本線
			P	690	右折	70%	70
M14 現道 (東⇒M14BP)	18,266	1,370	Q	690	左折	50%	50
			R	680	右折	50%	70

*図 6-5-1 参照

出典：JICA Survey Team

4) 終点側インターチェンジ【ルート3】

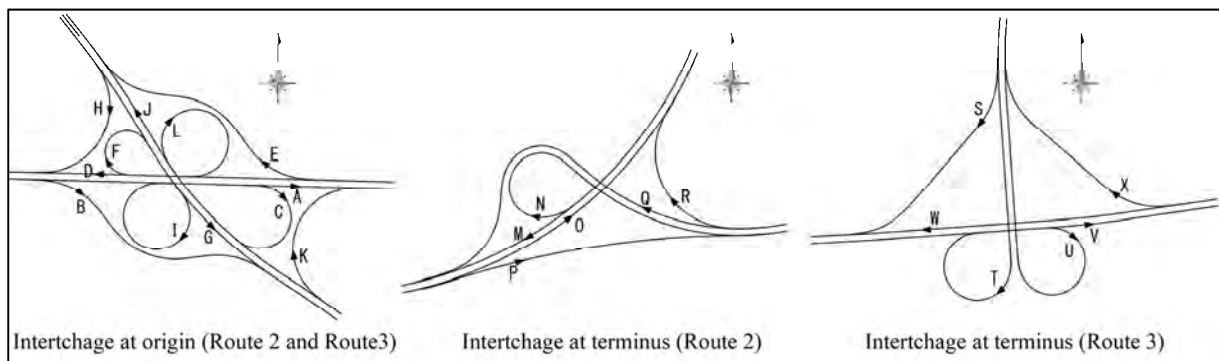
ルート3の終点側のハーフクロバー型インターチェンジのランプの設計速度を以下に示す。

表 6-5-5. 終点側インターチェンジのランプ設計速度【ルート3】

IC 流入方向	日交通量 2036年 台/日	ピーク時間交通量*		車両の 進行方向	交通量 シェア %	ランプの 設計速度 km/h	
		台/時					
M14 バイパス (北⇒南)	12,505	938	S	296	右折	32%	70
			T	642	左折	68%	50
M14 現道 (西⇒東)	13,088	982	U	296	左折	30%	50
			V	685	直進	70%	本線
M14 現道 (東⇒西)	17,695	1,327	W	685	直進	52%	本線
			X	642	右折	48%	70

*図 6-5-1 参照

出典：JICA Survey Team



Source: JICA Survey Team

図 6-5-1. ピーク時間交通量の記号

6-5-2 ランプの車線数

1) 車線数の設定方法

- 立体交差形式インターチェンジにおけるランプの車線数は、ピーク時間の交通量 (pcu/h) がランプの交通容量 (pcu/h) に占める割合 (交通容量比) が 0.8⁵以下の場合は 1 車線, 0.8 を超過する場合は 2 車線とする。

⁵ 後述のインターチェンジの計画水準参照

- ランプの交通容量は表 6-5-6 に示す基本交通容量から大型車の影響による補正值⁶を考慮する。

表 6-5-6. ランプの基本交通容量

設計速度 km/h	1 車線ランプ pcu/h	2 車線ランプ pcu/h
>80	2,200	4,400
64-80	2,100	4,200
48-64	2,000	4,000
32-48	1,900	3,800
<32	1,800	3,600

出典：Highway Capacity Manual 2010

- インターチェンジの計画水準は、都市部において年間通じて渋滞が発生しない水準（計画水準 1）を考慮して 0.8 とした。

表 6-5-7. 計画水準と交通容量比

計画水準	交通容量比	
	地方部	都市部
1	0.75	0.80
2	0.85	0.90
3	1.00	1.00

出典：道路の交通容量（日本道路協会）

2) 起点側インターチェンジ【ルート 2, 3 共通】

ルート 2 及びルート 3 の起点側のクローバー型インターチェンジのランプの車線数を以下に示す。

表 6-5-8. 起点側インターチェンジのランプの車線数【ルート 2, 3 共通】

IC 流入方向	車両の進行方向	ランプの設計速度 km/h	基本交通容量 pcu/h	交通容量 C pcu/h	ピーク時間交通量 ⁷ V pcu/h	交通容量比 V/C	判定 0.8 ≥ V/C 1 車線	車線数
M14 バイパス (西⇒東)	直進	本線	-	-	351	-	-	-
	右折	70	2,100	1680	1,184	0.70	OK	1 車線
	左折	40	1,900	1520	55	0.04	OK	1 車線
M14 バイパス (東⇒西)	直進	本線	-	-	351	-	-	-
	右折	70	2,100	1680	985	0.59	OK	1 車線
	左折	40	1,900	1520	89	0.06	OK	1 車線
P06	直進	本線	-	-	982	-	-	-

⁶ M14 バイパスの大型車混入率が 22%であることから、大型車の影響による補正值は「道路の交通容量（日本道路協会）」を参考に 0.8 とした。

⁷ pcu/h は表 6-5-3 のピーク時間交通量から変換した。PCU は表 17-1-2 参照

(北⇒南)	右折	60	2,000	1600	55	0.03	OK	1車線
	左折	50	1,900	1520	985	0.65	OK	1車線
P06 (南⇒北)	直進	本線	-	-	982	-	-	-
	右折	60	2,000	1600	89	0.06	OK	1車線
	左折	50	2,000	1600	1,184	0.74	OK	1車線

出典：JICA Survey Team

3) 終点側インターチェンジ【ルート2】

ルート2の終点側のトランペット型インターチェンジのランプの車線数を以下に示す。

表 6-5-9. 終点側インターチェンジのランプの車線数【ルート2】

IC 流入方向	車両の進行方向	ランプの設計速度 km/h	基本交通容量 pcu/h	交通容量 C pcu/h	ピーク時間交通量 ⁸ V pcu/h	交通容量比 V/C	判定 0.8≥ V/C 1車線	車線数
M14 バイパス (北⇒東)	直進	本線	-	-	606	-	-	-
	左折	50	2,000	1,600	935	0.58	OK	1車線
M14 バイパス (東⇒北)	直進	本線	-	-	606	-	-	-
	右折	70	2,100	1,680	1,370	0.82	NG	2車線
M14 現道 (東⇒ M14BP)	左折	50	2,000	1,600	1,370	0.86	NG	2車線
	右折	70	2,100	1,680	935	0.56	OK	1車線

出典：JICA Survey Team

4) 終点側インターチェンジ【ルート3】

ルート3の終点側のハーフクロバー型インターチェンジのランプの車線数を以下に示す。

表 6-5-10. 終点側インターチェンジのランプの車線数【ルート3】

IC 流入方向	車両の進行方向	ランプの設計速度 km/h	基本交通容量 pcu/h	交通容量 C pcu/h	ピーク時間交通量 ⁹ V pcu/h	交通容量比 V/C	判定 0.8≥ V/C 1車線	車線数
M14 バイパス (北⇒南)	右折	70	2,100	1,680	606	0.36	OK	1車線
	左折	50	2,000	1,600	935	0.58	OK	1車線
M14 現道 (西⇒東)	左折	50	2,000	1,600	606	0.38	OK	1車線
	直進	本線	-	-	1,370	-	-	-
M14 現道 (東⇒西)	直進	本線	-	-	1,370	-	-	-
	右折	70	2,100	1,680	935	0.56	OK	1車線

出典：JICA Survey Team

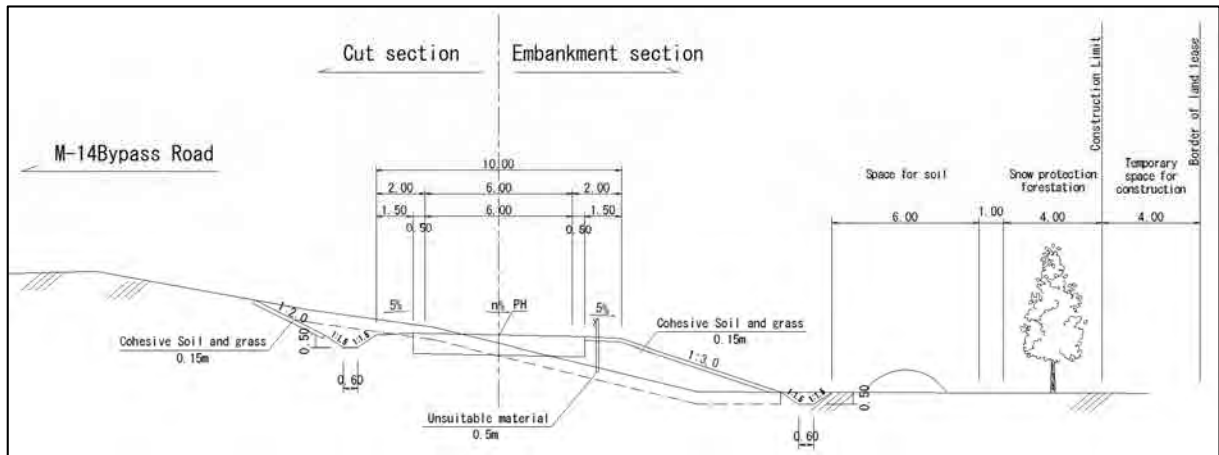
⁸ pcu/h は表 6-5-4 のピーク時間交通量から変換した。PCU は表 17-1-2 参照

⁹ pcu/h は表 6-5-5 のピーク時間交通量から変換した。PCU は表 17-1-2 参照

6-5-3 ランプの幅員

ランプの幅員は DBN V.2.3-4 2015 に準拠して下記の通りとする。

- 1車線ランプ：車線幅員 6.0m，路肩幅員 2.0m
- 2車線ランプ：車線幅員 7.5m (3.75m@2)，路肩幅員 2.0m



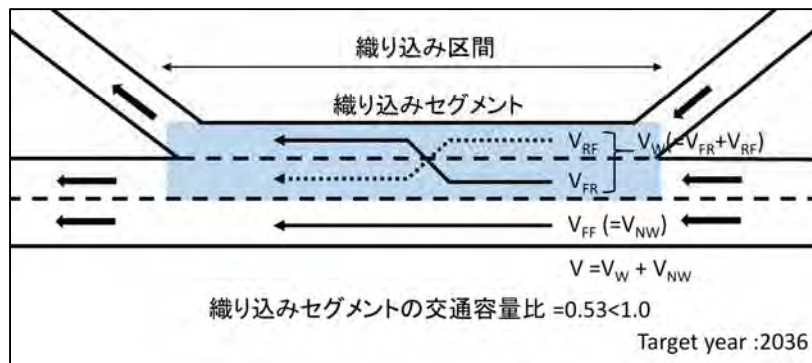
出典：JICA Survey Team

図 6-5-2. ランプの幅員構成

6-5-4 織り込み区間の交通容量

1) 検討区間

起点側のクローバー型インターチェンジでは，本線への流入ランプと本線からの流出ランプとの間で交通の織り込みが生じる。中でも P06 (南⇒北) からの左折交通 (1,184 pcu/h) が M14 バイパスに流入する箇所と，M14 バイパス (東⇒西) からの左折交通 (89 pcu/h) が M14 バイパスから流出する箇所の間の織り込みセグメント (図 6-5-3 参照) に最も交通が集中する。ここでは，当該織り込みセグメントにおける交通容量について検討する。



出典：JICA Survey Team

図 6-5-3. 織り込みセグメント (図中の網掛けエリア)

2) 交通条件

織り込みセグメントの交通条件を下記に示す。

V_{FF}	：セグメント交通 (本線⇒本線)	176 pcu/h
V_{FR}	：セグメント交通 (本線⇒ランプ)	89 pcu/h

V_{RF}	: セグメント交通 (ランプ⇒本線)	1,184	pcu/h
V_W	: 織り込み交通合計 ($V_{FR} + V_{RF}$)	1,273	pcu/h
V_{NW}	: 非織り込み交通合計 (V_{FF})	176	pcu/h
V	: セグメント交通の総計 ($V_W + V_{NW}$)	1,449	pcu/h
VR	: 織り込み交通のセグメント交通に占める割合 (V_W/V)	0.88	

3) 交通容量

織り込みセグメントの交通容量の算出方法は Highway Capacity Manual 2010 (HCM2010) を参考にする。HCM2010 に従い、織り込みセグメントの交通容量 (veh/h) は、①最大交通密度 (27 pcu/km/車線) を基準とする交通容量と、②織り込み交通需要を基準とする交通容量を比較して小さい方の値を採用する。

後述のとおり、上記①の交通容量は 3,156 veh/h、上記②の交通容量は 1,909 veh/h と算出された。よって、織り込みセグメントの交通容量は 1,909 veh/h とする。

織り込みセグメント交通の総計は 1,449 pcu/h ($1,449 \times 0.7 = 1,014$ veh/h) であるので、交通容量比は 0.53 ($1,014/1,909$) < 1.0 となり、織り込み区間の道路構造 (車線数及びノーズ間距離) は妥当性であると判断できる。

(1) 交通密度を基準とする交通容量

織り込みセグメントの交通容量 (C_W) は、下記の公式より 3,156 veh/h

$$C_W = C_{IWL} N f_{HV}$$

ここに、

C_{IWL}	: 織り込みセグメントの 1 車線あたり交通容量	1,503	pcu/h/ln
	$C_{IFL} - [438.2(1 + VR)^{1.6}] + [0.0765L_S] + [119.8N_{WL}]$		
VR	: 織り込み交通のセグメント交通に占める割合	0.88	
L_S	: 設計のノーズ間距離 (260m/0.3=866ft)	866	ft
N_{WL}	: 織り込みセグメントの車線数	2	lane
N	: 織り込み区間の車線数	3	lane
f_{HV}	: 大型車の台数換算係数	0.7	
	(大型車混入率 25.2%, 乗用車換算係数 3)		

(2) 織り込み交通需要を基準とする交通容量

織り込みセグメントの交通容量 (C_W) は、下記の公式より 1,909 veh/h

$$C_W = C_{IW} f_{HV}$$

$$C_{IW} = \frac{2,400}{VR} \quad (\text{織り込みセグメントが 2 車線の場合})$$

ここに、

VR	: 織り込み交通のセグメント交通に占める割合	0.88
------	------------------------	------

6-6 舗装構造の検討

6-6-1 検討条件

1) 設計条件

基本的な設計条件を以下に示す。

表 6-6-1. 基本的な設計条件

項目	適用値	備考	出典
道路区分	I-b	前項「6-2-1 適用基準及び道路区分」参照	DBN V.2.3-4 2015
舗装設計期間	10 年	道路区分 I-b (舗装材料：砕石マスタックアスファルト) に基づく	DBN V.2.3-4 2015
設計目標年	2039 年	供用開始 (2030 年) から 10 年	—
信頼係数 _η	0.95	道路区分 I-b に基づく	DBN V.2.3-4 2015
気候区分	III	道路の存する気候区分	DBN V.2.3-4 2015
排水条件区分	I	道路の存する排水条件区分	DBN V.2.3-4 2015
標準凍結深度	60 cm	道路の存するエリアの標準凍結深度	VBN V.2.3-218-186-2004

出典：JICA Survey Team

2) 荷重条件

道路区分 I-b の荷重条件を以下に示す。

表 6-6-2. 荷重条件

標準軸荷重	標準輪荷重	タイヤの空気圧	タイヤ接地面の直径 (静的)	タイヤ接地面の直径 (動的)
kN	kN	MPa	m	m
115	57.5	0.8	0.303	0.345

出典：DBN V.2.3-4 2015

3) 将来交通量

供用開始年以降の将来交通量を以下に示す。

表 6-6-3. 将来交通量

	Year	Passener Car	Buses	2 axles trucks	more than 3 axles truck	Trailers	Total
1	2030	16,074	2,265	1,749	146	1,625	21,860
2	2031	16,583	2,311	1,764	150	1,674	22,483
3	2032	17,108	2,358	1,780	155	1,724	23,125
4	2033	17,650	2,406	1,795	159	1,776	23,786
5	2034	18,209	2,455	1,811	164	1,829	24,468
6	2035	18,786	2,505	1,826	169	1,884	25,170
7	2036	19,380	2,556	1,842	174	1,940	25,893
8	2037	19,994	2,608	1,858	179	1,998	26,637

9	2038	20,627	2,662	1,875	185	2,058	27,407
10	2039	21,280	2,716	1,891	190	2,119	28,196

出典：JICA Survey Team

4) 最小舗装厚

舗装種別による最小舗装厚を以下に示す。

表 6-6-4. 最小舗装厚

舗装種別	最大寸法	最小舗装厚
砕石マスチックアスファルト混合物	20mm	5 cm
加熱アスファルト混合物（密粒度）	20mm	5 cm
加熱アスファルト混合物（粗粒度）	—	10 cm
セメント安定処理路盤	40mm	10 cm
クラッシュラン（砂層の上層）	—	15 cm
砂路盤	—	15 cm

出典：DBN V.2.3-4 2015

6-6-2 舗装構成

M14 バイパスの舗装構成を 表 6-6-5 のとおり提案する。

表 6-6-5. 舗装構成

層	舗装構成	仕様	層厚
1	表層（砕石マスチックアスファルト混合物）	60/90 ¹⁰	5 cm
2	中間層（加熱アスファルト混合物）	60/90	8 cm
3	基層（加熱アスファルト混合物）	60/90	10 cm
4	セメント安定処理路盤	M40 ¹¹	15 cm
5	路盤（クラッシュラン）	C7 ¹²	20 cm
6	路盤（砂）	—	25 cm

出典：JICA Survey Team

6-6-3 舗装構造の検討

1) 検討の手順

前項「6-6-2 舗装構成」に記した M14 バイパスの舗装構成に関し、ウクライナ国の舗装設計基準 VBN V.2.3-218-186-2004 に準拠して舗装構造の検討を行う。構造検討の手順は下記の通り。

1. 舗装構造の評価指標は、①舗装構造体の弾性変形、②路床上面のせん断応力、③アスファルト混合物層の下面の曲げ引張応力の3つとする。
2. 車種別日平均交通量から設計目標年次の交通荷重を設定し、舗装設計期間（10年）の累積設計交通荷重を算出する。

¹⁰ 針入度

¹¹ 粒度調整砕石（最大粒径 40mm）

¹² 砕石のクラス（最大粒径 40mm）

3. 上記の累積設計交通荷重を用いて舗装構造体の弾性変形を評価するための必要弾性指数を算出する。
4. 舗装材料の設計緒元及びモノグラムを用いて、弾性指数比（設計弾性指数と必要弾性指数の比）、せん断応力比（設計せん断応力と限界動的せん断応力の比）、引張応力比（設計曲げ引張応力と許容曲げ引張応力の比）を算出する。
5. 弾性指数比、せん断応力比、曲げ引張応力比の全てが評価基準値を満足するまで繰り返し計算を行う。

2) 累積設計交通荷重

設計目標年の交通荷重（ N_p ）を以下に示す。

表 6-6-6. 設計目標年の交通荷重

車種	将来日平均交通量 N	荷重等価係数 ¹³ Sn	交通荷重 N*Sn
Passenger Car	21,280	—	—
Buses	2,716	1.11255	3,022
2 axles trucks	1,891	0.03407	64
more than 3 axles truck	190	2.26521	430
Trailers	2,119	1.93893	4,109
Total（両方向）			7,625
設計目標年の交通荷重（ N_p ）	7,625*0.5		3,813

出典：JICA Survey Team

累積設計交通荷重（ $\sum N_p$ ）は、下記の公式より 4,580,226

$$\sum N_p = 0.7 * N_p * \frac{K_C}{q^{(T_d-1)}} * T_P * K_n$$

ここに、

N_p	：設計目標年の交通荷重	3,813	（前掲）
K_C	$\frac{q^{T_d-1}}{q-1}$ から求まる係数	11.359	
q	：交通量の年間伸び比	1.028	
T_d	：設計期間	10	年
T_P	：残留変形蓄積年間日数	130	日
K_n	：道路区分 I に基づく係数	1.49	

3) 必要弾性係数

舗装の必要弾性指数（ E_n ）は、下記の公式より 341 MPa

$$E_n = 42.843 * \ln\left(\sum N_p\right) - 315.68$$

¹³ 車種別の換算係数

4) 舗装材料の設計緒元

舗装材料の設計緒元を以下に示す。

表 6-6-7. 舗装材料の設計緒元

	舗装材料の設計緒元					
	弾性変形	せん断抵抗	曲げ引張抵抗			
	弾性係数 E (MPa)	弾性係数 E (MPa)	弾性係数 E(MPa)	曲げ引張強度 R(MPa)	疲労指数 m	繰り返し荷重影響係数 K_{np}
砕石マスチックアスファルト混合物	2,700	1100	3,700	3.4	6.5	2.9
加熱アスファルト混合物	3,200	1080	4,500	9.8	5.5	4.0
セメント安定処理路盤	700	700	-	-	-	-
路盤 (クラッシュラン)	240	240	-	-	-	-
路盤 (砂)	100	100	-	-	-	-
路床 (ローム) CBR=6%	60	60	-	-	-	-

出典：1) VBN V.2.3-218-186-2004

2) Handbook of design characteristics of soils and materials for road pavement 2017

5) 舗装構造の評価基準値

舗装構造の指標及び基準値を以下に示す。

表 6-6-8. 舗装構造の評価基準値 (道路区分 I-b, 信頼係数 0.95 の場合)

指標	舗装構造体の弾性変形	路床上面のせん断応力	アスファルト混合物層の下面の曲げ引張応力
	弾性指数比	せん断応力比	曲げ引張応力比
基準値	1.43	1.48	1.35

出典：VBN V.2.3-218-186-2004

6) 舗装構成の評価

- 提案した舗装構成は3つの評価指標を全て上回る結果となった。
- 舗装の合計厚は 83 cm で標準凍結深度 (60 cm) を上回る結果となり特別な凍結対策は現時点では不要と考えられる。
- 日本の舗装設計法を用いて今回の舗装構成を評価した結果、設計等値換算係数 (40.25) が必要等値換算係数 (設計荷重増分考慮して 37.07) を上回る結果となった。

(1) 舗装構造体の弾性変形

- 設計弾性指数 648 MPa
- 必要弾性指数 341 MPa
- 弾性指数比 1.90
- 基準値 1.43 < 1.90 (OK)

(2) 路床上面のせん断応力

- 設計せん断応力 0.01184 MPa
- 限界動的せん断応力 0.01834 MPa
- せん断応力比 1.55
- 基準値 1.48 < 1.55 (OK)

(3) アスファルト混合物層の下面の引張応力

- 設計曲げ引張応力 0.8020 MPa
- 許容曲げ引張応力 1.7360 MPa
- 曲げ引張応力比 2.16
- 基準値 1.35 < 2.16 (OK)

6-7 その他付帯施設の検討

1) 付け替え道路

- 本線及びインターチェンジの建設によって既存施設や農地等へのアクセス機能が失われる場合、その機能を復旧するため付け替え道路（Class IV 相当）を考慮する。

2) 道路照明

- インターチェンジにおける車両の分合流区間の視認性を良好にするため、減速車線の始まりから加速車線の終わりまでの区間に道路照明を設置することが望ましい。
- インターチェンジのランプ道路に道路照明を設置することが望ましい。
- ミコライウ橋は常に吹きさらしになっているため、一般的なポール式照明では暴風により照明器具が落下するリスクがある。また、高所での点検が必要といったメンテナンスにおいて配慮すべき課題がある。このような対策として、維持管理が容易で視線誘導としての効果のある低位置式照明を推奨する。また、日本では航空法において、航空灯と誤認される恐れがある照明は設置が禁止されており、進入表面内の道路照明では低位置式照明が採用されている。対象位置はミコライウ空港 が近いので、この点にも留意する必要がある。

3) 防護柵

- DBN V.2.3-4 2015 に従って、盛土高 2m 以上の区間については路肩端部に防護柵を設置する。

4) 遮音壁

- ウクライナの環境基準を満足するため、民家が近接している区間には遮音壁の設置を行う。本調査では図 5-5-2 及び図 5-5-3 を参考に設置範囲を定める。詳細設計時には切土、盛土の影響を考慮して騒音の影響を評価して遮音壁設置範囲を設定する。

5) 料金所施設

- 南ブグ川の渡河交通から料金を徴収する場合の料金所施設の設置位置は、左岸側の橋梁付近が候補地となる。
- 左岸側の平面線形は直線、縦断勾配は 0.5%～2.1%、5m 程度の盛土構造のため特に支障となる要因は無い。
右岸側は終点側インターチェンジの付加車線が渡河橋まで影響するため設置は不適。

第7章 橋梁計画のレビュー

7-1 施設のグレードの設定に係る方針

本橋梁のグレードは、以下の方針を基に設定することとする。

- ①橋梁の縦断設計や幅員については、ウクライナ国の基準を遵守するとともに、寒冷な気候に配慮した縦断勾配の緩和や、コスト縮減に向けた橋梁幅員の最小化等に配慮する。なお、橋梁を中心とした将来的なコミュニティーの形成が考えられるため、適切な幅員の歩道を設置することとする。
- ②橋の耐久性は、日本のスタンダードに準じ、100年以上の耐久性を持つ材料、工法を選定、設計する。
- ③橋の維持管理は、維持管理コストの経済負担の拡大や損傷の放置を回避するため、維持管理の容易な材料、工法を選定、設計する。
- ④橋の設計活荷重は、日本の基準とウクライナの基準を比較し、大きい方を採用する。
- ⑤橋の耐震性としては、極めて地震の少ない地域であるため日本国の基準に準じる必要は無く、ウクライナ国の基準に準じて設定する。
- ⑥橋の洪水対策としては、航路区間以外の桁下高を100年確率の洪水に風浪高を加えた水位以上とする。
- ⑦橋の航路対策としては、航路区間の桁下高は航行水位に航路高を加えた高さ以上とし、支間長は航路幅に余裕幅を加えた幅以上とする。

7-2 水理条件の検討

第4章で整理した最新の水文データにより橋梁計画に必要な水理検討を行うとともに、2011F/Sで決定されている水理条件の照査を行う。

橋梁計画に必要な水理条件、水理検討内容、目的、検討の有無を下表に示す。

5-5-3 3) で述べたようにルート2は湾曲部かつ水衝部に橋梁が設置され、橋梁の方向は流向に対して直角ではないため、水理検討内容として水理的特性の妥当性が必要となる。

表 7-2-1. 橋梁計画に必要な水理条件、水理検討内容、目的、検討の有無

水理条件および 水理検討内容	目的	検討の有無	
		2011F/S	本調査
計画高水位	桁下高の決定、外力の作用位置決定	○	○
桁下高	上部工位置の決定	○	○
計画流量	流速の決定	○	○
流速	洗掘深の決定 外力*の決定	○	○
洗掘深	設計地盤面の決定 洗掘対策工の決定	×	○
河積阻害率	水位への影響評価	×	○
橋脚設置位置	河岸への影響評価	×	○
水理的特性の妥当性	治水安全性に悪影響のある河道状況（狭窄部、水衝部、合流部、湾曲部、流況変化部等）に架橋した場合の影響評価	×	○

※：船舶衝突荷重、氷荷重

出典：河川を横過する橋梁に関する計画の手引き（案）平成21年7月

（財）国土技術研究センターを基に JICA 調査団で作成

水理的特性の妥当性には以下の検討が含まれ、二次元（準三次元）洪水解析や水理模型実験により橋脚の影響を評価した上で、経済性、維持管理性、施工工期、環境への影響、景観への影響について検討を行う必要がある。

- ・河川主流部の高速域に橋脚が配置されていないか。
- ・橋脚による水位上昇は河岸部に及んでいないか。
- ・橋脚を設置することで流速の加速域が生じていないか。
- ・橋脚の加速域が堤防部、低水河岸部に及んでいないか。
- ・流量規模により橋脚の影響が異なることはないか。

一方、本調査で実施した簡易な水理検討結果によると、流速は右岸側の速い区間でも最大 1.2m/s 程度であり、右岸側河岸付近は流速の速い区間よりも水深が浅いため上記に関して大きな問題が生じる可能性は小さいと考えられる。したがって、基本設計段階である本調査では詳細な検討を省略するが、詳細設計段階では実施することが望ましい。

7-2-1 計画流量

計画流量は 1/100 年確率流量とし、オレクサンドリフカ水文観測所の観測データ（年最大値）を統計解析することにより算出する。同観測所は架橋位置より直線距離で約 90km 上流であるため、架橋位置の流量は同観測所での比流量を用いて算出する。

比流量とは流量を流域面積で割った値であり、架橋位置の計画流量は下式による算出される。

$$\begin{aligned} \text{比流量} &= \text{オレクサンドリフカ水文観測所での計画流量} \\ &\quad / \text{オレクサンドリフカ水文観測所での流域面積} \\ \text{架橋位置の計画流量} &= \text{比流量} \times \text{架橋位置での流域面積} \end{aligned}$$

1) オレクサンドリフカ水文観測所での計画流量

統計解析の方法は、「河川砂防技術基準 調査編（国土交通省水管理・国土保全局，平成 26 年 4 月）」および「中小河川計画の手引き（案）（中小河川計画検討会，平成 11 年 9 月）」に準じる。

統計解析によりオレクサンドリフカ水文観測所の確率年別流量を算出した結果を以下に示す。

オレクサンドリフカ水文観測所での計画流量（1/100 年確率流量）は、3,940m³/s とする。

表 7-2-2. 確率年別流量

確率年	2	3	5	10	20	30	50	80	100	150	200	400
流量 (m ³ /s)	460	685	1,001	1,503	2,101	2,501	3,063	3,640	3,936	4,511	4,950	6,122

SLSC (99%): 0.03, 確率分布モデル:対数正規分布 2 母数 (Slade I, 積率法)

出典：JICA 調査団

2) 架橋位置での計画流量

比流量により、架橋位置の流量を算出した結果を表 7-2-3 に示す。

表より、架橋位置の計画流量（1/100 年確率流量）は、4,590m³/s ≒ 4,600m³/s とする。

なお、2011F/S における計画流量の算出方法は不明であるが、本調査と同じく 1/100 年確率流量を採用しており、値も 4,500m³/s と近いいため、同様の方法により算出したものと推察される。

表 7-2-3. 架橋位置の計画流量

位置	流域面積	長さ	計画流量, m ³ /s		
	km ²	km	1/10	1/50	1/100
アレクサンドリフカ水文観測所	46,200	671	1,510	3,070	3,940
ミコライウ橋位置	53,810	796	1,760	3,570	4,590
ババロフスキー橋位置	63,700	806	2,080	4,230	5,430

出典：JICA 調査団

7-2-2 計画高水位および桁下高(航路以外)

計画流量は表 7-2-3 に示すとおりである。各地点の水位の算出に際しては、計画流量を基に一次元不等流計算により算出する（ただし、アレクサンドリフカ水文観測所の位置を除く）。

調査団は、計画流量から水位を決定することの妥当性を確認すべく、算出した各位置の 1/100 年確率水位をミコライウ水文・気象観測所の観測データと比較を行った。計画流量による一次元不等流解析を行った結果は、ミコライウ水文・気象観測所の水位に比べ低いことが明らかになった。この要因については様々なものが考えられるが、一次元不等流計算では洪水のみを水位変化の要因として設定していることに対し、実際のデータには、洪水だけでなく、バルバロフスキー橋による堰上げの影響や黒海の潮位、高潮、強風などの様々な要因が含まれていることが挙げられる（4-1-3 参照）。従って、ミコライウ水文・気象観測所の 1/100 年確率水位については観測データ（年最大値）を統計解析することにより算出している。

統計解析の方法は計画流量算出時（7-2-1 参照）と同様の方法とする。桁下高は計画高水位に余裕高あるいは風浪高を加えた値とする。なお、ここで決定する桁下高は航路以外で適用する値である。航路の桁下高は計画航行水位に航路高を加えた値であり別途検討する。

1) 計画高水位

統計解析により確率年別水位を算出した結果、以下に示すようにミコライウ水文・気象観測所における 1/100 年確率水位は、BS+0.988m≒BS+1.0m となる。

表 7-2-4. 確率年別水位

確率年	2	3	5	10	20	30	50	80	100	150	200	400
水位 (BS+m)	0.446	0.515	0.591	0.687	0.779	0.832	0.898	0.959	0.988	1.040	1.076	1.165

SLSC(Standard Least Squares Criterion, 99%): 0.022 / 確率分布モデル: Gumbel

出典：JICA 調査団

計画流量流下時に架橋位置で発生する水位をルート別、橋梁の有無別に算出した結果を表 7-2-5 に示す。

ババロフスキー橋位置での河川幅縮小による堰上げの影響を考慮するため、計算地点はババロフスキー橋より 800m 下流側とした。

架橋位置周辺の南ググ川のみお筋は右岸側に寄っており、左右岸で流況が異なるため、河川断面を 2 区間に分けるものとする。

表に示すようにルート 2 および 3 での水位は、ババロフスキー橋位置での河川幅縮小による堰上げの影響によりそれぞれ BS+1.4m, BS+1.5m となる。

表 7-2-5. ルート別計画高水位計算結果

ルート 2

橋梁の有無	無		有	
	左岸側 (浅い)	右岸側 (深い)	左岸側 (浅い)	右岸側 (深い)
横断方向区間				
水面幅 (m)	1,045	786	991	771
平均水深 (m)	3.2	5.0	3.3	5.0
計画高水位 (m)	BS+1.4		BS+1.4	
流量 (m ³ /s)	1,756	2,844	1,667	2,933
流速 (m/s)	0.5	0.7	0.5	0.8

※粗度係数=0.03

ルート 3

橋梁の有無	無		有	
	左岸側 (浅い)	右岸側 (深い)	左岸側 (浅い)	右岸側 (深い)
横断方向区間				
水面幅 (m)	1,259	774	1,193	756
平均水深 (m)	3.2	4.7	3.2	4.7
計画高水位 (m)	BS+1.5		BS+1.5	
流量 (m ³ /s)	1,916	2,684	1,830	2,770
流速 (m/s)	0.5	0.7	0.5	0.8

※粗度係数=0.03

出典：JICA 調査団

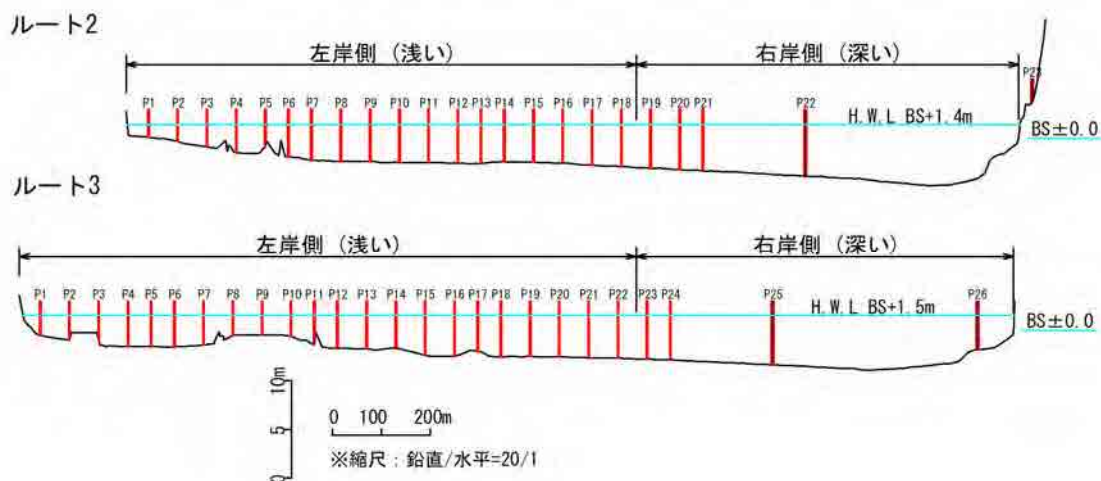


図 7-2-1. 架橋位置の河川断面

表 7-2-6. ルート 2 の橋脚形状

横断方向区間	左岸側(浅い)	右岸側(深い)	
橋脚 No.	P1~P18	P19~P21	P22,P23
長さ(m)	3m×4 本=12m	3m×4 本=12m	36
幅(m)	3	3	6

※長さ：橋軸直角方向の長さ (m), 幅：橋軸方向の幅 (m)

表 7-2-7. ルート 3 の橋脚形状

横断方向区間	左岸側(浅い)	右岸側(深い)	
橋脚 No.	P1~P22	P23,P24	P25,P26
長さ(m)	3m×4 本=12m	3m×4 本=12m	36
幅(m)	3	3	6

※長さ：橋軸直角方向の長さ (m), 幅：橋軸方向の幅 (m)

2) 桁下高（航路以外）

桁下高は、通常の河川では計画高水位に余裕高を加えた値以上とするが、今回の架橋地点は川幅が広く風浪が発達する環境であるため、桁下高は計画高水位に風浪高を加えた値についても検討し、どちらか高い値を採用する必要がある。南ブグ川は流水の集積が生じる可能性があり、ウ国基準 (DBN V.2.3-22:2009 Bridges and pipes. General Requirement for Design) に準じた余裕高は 1.0m であるため、桁下高はルート 2 で $BS+1.4m + 1.0m = BS+2.4m$ 、ルート 3 で $BS+1.5m + 1.0m = 2.5m$ となる。

一方、風浪高は以下に示す計算より 1.5m であるため、最終的に桁下高はルート 2 で $BS+1.4m + 1.5m = BS+2.9m$ 、ルート 3 で $BS+1.5m + 1.5m = BS+3.0m$ になる。

参考として、2011F/S の計画高水位は風の影響を含み $BS+1.58m$ であり、余裕高 1.4m を加え桁下高は $BS+3.0m$ が提案されている。

ここで決定した桁下高は必要最低限の値であり、橋梁および道路計画上実際使用する値とは異なる可能性がある。

1/100 年確率流量、1/100 年確率水位、既往最大風速の同時発生は、理論上はあり得るものの相対的に可能性は非常に低い。したがって、桁下高を低くすることができる可能性があるため、詳細設計段階では流量、水位、風速の関係をより詳しく調査することが望ましい。また、計算水位の精度向上のためにババロフスキー橋からミコライウ水文・気象観測所位置を含み本調査での深淺測量下流端まで、追加の深淺測量を実施することが望ましい。

なお、堰上げや橋脚の影響を評価するためには二次元（準三次元）洪水流解析を行うことが望ましい。

[風浪高計算結果]

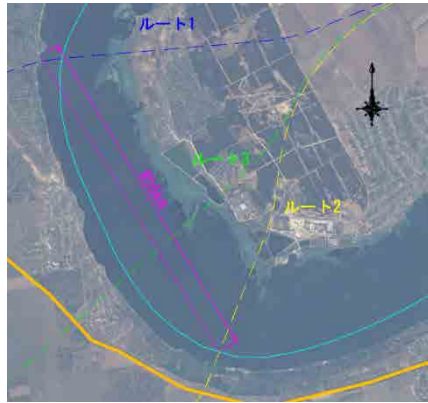
以下の計算により風浪高は 1.5m となる。

項目	値	備考
最大瞬間風速	U_g : 40 m/s	(観測史上最高値,観測期間:1927~2017)
最大風速	U : 27 m/s	($U_g/1.5$)
吹送距離	x : 6 km	(図 7-2-2 より)
水深	D : 3 m	
	gx/U^2 : 81	
	gD/U^2 : 0.04	
	gH/U^2 : 0.0129	(下式より)
有義波高	H : 0.96 m	
1/100 年確率最高波高	$H_{1\%}$: 1.63 m	($H \times 1.7$)
$H_{1\%}$ の最高波峰高	H : 1.22 m	($H_{1\%} \times 0.75$)
余裕高	FB : 0.25 m	(DBN V.2.3-22:2009 より)
風浪高	WL : 1.5 m	($h+FB$)

$$\frac{gH}{U^2} = \alpha \tanh \left[k_3 \left(\frac{gD}{U^2} \right)^{3/4} \right] \cdot \tanh \left[\frac{k_1 \left(\frac{gx}{U^2} \right)^{1/2}}{\tanh k_3 \left(\frac{gD}{U^2} \right)^{3/4}} \right]$$

$$\alpha=0.26, k_1=10^{-2}, k_3=0.578$$

出典: 浅海風波の数値計算 第 12 回海岸工学講演会講演集(1965)



強風は北西から吹くことから、北から西までの範囲で河道中央付近を通り最も長くなる距離を計測。

図 7-2-2. 吹送距離根拠図

7-2-3 流速

架橋位置での流速をルート別、橋梁の有無別に次元不等流計算により算出する。

4-1-31)で述べたように、架橋位置の水位は洪水以外の要因でも変化しており、流速は水位が高いほど遅くなるため、水位が計画高水位の時に最も遅くなる。

一方、ここでの流速算出の目的は洗掘深の算出であるため、安全側に配慮し流速が速い状況を想定するものとし、計算範囲下流端の水位を計算範囲内の平均河床勾配(≒0.00022 または 1/4,545)による等流水位として流速を算出した。この水位は流量以外の影響がない場合の最高水位である。

架橋位置周辺の南ブグ川のみお筋は右岸側に寄っており、左右岸で流況が異なるため、河川断面を2区間に分けるものとする。

計画流量 (1/100 年確率流量, 4,600m³/s) が流下した場合の結果を以下に示す。

表 7-2-8. ルート別流速計算結果

ルート 2

橋梁の有無	無		有	
	左岸側 (浅い)	右岸側 (深い)	左岸側 (浅い)	右岸側 (深い)
水面幅 (m)	981	783	928	768
平均水深 (m)	2.1	3.8	2.1	3.8
水位 (m)	BS+0.1		BS+0.1	
流量 (m ³ /s)	1,511	3,089	1,447	3,153
流速 (m/s)	0.8	1.1	0.8	1.2

※粗度係数=0.03

ルート 3

橋梁の有無	無		有	
	左岸側 (浅い)	右岸側 (深い)	左岸側 (浅い)	右岸側 (深い)
水面幅 (m)	1,243	773	1,180	755
平均水深 (m)	2.1	3.6	2.1	3.6
水位 (m)	BS+0.3		BS+0.3	
流量 (m ³ /s)	1,721	2,879	1,661	2,939
流速 (m/s)	0.7	1.1	0.7	1.1

※粗度係数=0.03

出典：JICA 調査団

7-2-4 洗掘深および洗掘対策工

橋脚設置による洗掘深および捨石により洗掘対策工を行う場合に必要となる捨石の仕様（径および範囲）をルート別に算出する。

河床材料は Clayey Silt であるため「NCHRP REPORT516 Pier and Contraction Scour in Cohesive Soils (Transportation Research Board, 2004)」を参考に算出する。捨石の仕様は「Bridge Scour (Water Resources Publications LLC, 2000)」を参考に決定する。

流速と同様に河川断面を2区間に分けて算出する。

計画流量 (1/100年確率流量, 4,600m³/s) が流下した場合の結果を以下に示す。

斜張橋の橋脚部の洗掘深はフーチングの土被りを超えており、フーチングが露出することで更なる洗掘を生じさせるため、洗掘対策工を行うものとする。

一方、アプローチ橋の橋脚部は以下の理由により設計上の地盤面を洗掘が生じる範囲（深さ）よりも下にするものとし、洗掘対策工は行わないものとする。

- ・単列パイルベントでフーチングがない。
- ・河床の地層はN値が0の軟弱層であるため、洗掘の有無にかかわらず設計上の地盤面とみなすことができない。

斜張橋の橋脚への洗掘対策工は捨石とし、範囲はルート2,3ともに、平面的には橋脚の周囲に橋脚幅の2倍分、厚さは捨石径の3倍とする。

なお、深浅測量結果によると、ババロフスキー橋での収縮による洗掘量は0.5m程度で大規模な局所洗掘は生じていないため、計算結果は実際よりも安全側の値となっていると推察される。

表 7-2-9. ルート別洗掘深計算結果

ルート	ルート 2		ルート 3	
	左岸側 (浅い)	右岸側 (深い)	左岸側 (浅い)	右岸側 (深い)
橋脚幅 (m)	3	6	3	6
橋脚長 (m)	12	36	12	36
偏向角 (°)	最大:35 平均:27 変更後*:12	5	0	0
橋脚投影幅 (m)	最大:9.4 平均:8.2 変更後*:5.5	9.2	3	6
平均粒径 (mm)	0.005	0.005	0.005	0.005
平均水深 (m)	2.1	3.8	2.1	3.6
流速 (m/s)	0.8	1.2	0.7	1.1
収縮による洗掘深 (m)	0.9	1.8	0.8	1.6
橋脚による洗掘深 (m)	最大:3.4 平均:3.1 変更後*:2.4	3.8	1.5	2.8
洗掘深計 (m)	最大:4.3 平均:4.0 変更後*:3.3	5.6	2.3	4.41
必要捨石径 (m)	0.10	0.20	0.10	0.20

※：アプローチ橋の橋脚の斜角を橋軸直角方向から15°とした時の値

出典：JICA 調査団

7-2-5 河積阻害率

河積阻害率とは水位が計画高水位の時に橋脚の総幅が計画高水位時の水面幅に対して占める割合である。日本の河川構造令では原則として 5%以内，特殊な場合（新幹線鉄道橋および高速自動車国道の場合）は 7%以内が目安とされている。

ルート別の河積阻害率を下表に示す。

表より，ルート 2 の「当初」の河積阻害率は特殊な場合の目安値である 7%を超えていることが分かる。したがって，河積阻害率を目安値以内に収めるため，橋脚の方向を可能な限り流れの方向に合わせるものとし，アプローチ橋の橋脚の斜角を橋軸直角方向から 15° とする。

この時，ルート 2 の河積阻害率は「変更後」に示した値となる。

表 7-2-10. 河積阻害率

ルート		河積阻害率
ルート 2	当初	$(21 \times 8.2 + 9.2) / 1,831 \times 100 = 9.9\%$
	変更後	$(21 \times 5.5 + 9.2) / 1,831 \times 100 = 6.8\%$
ルート 3		$(24 \times 3.0 + 2 \times 6.0) / 2,030 \times 100 = 4.1\%$

出典：JICA 調査団

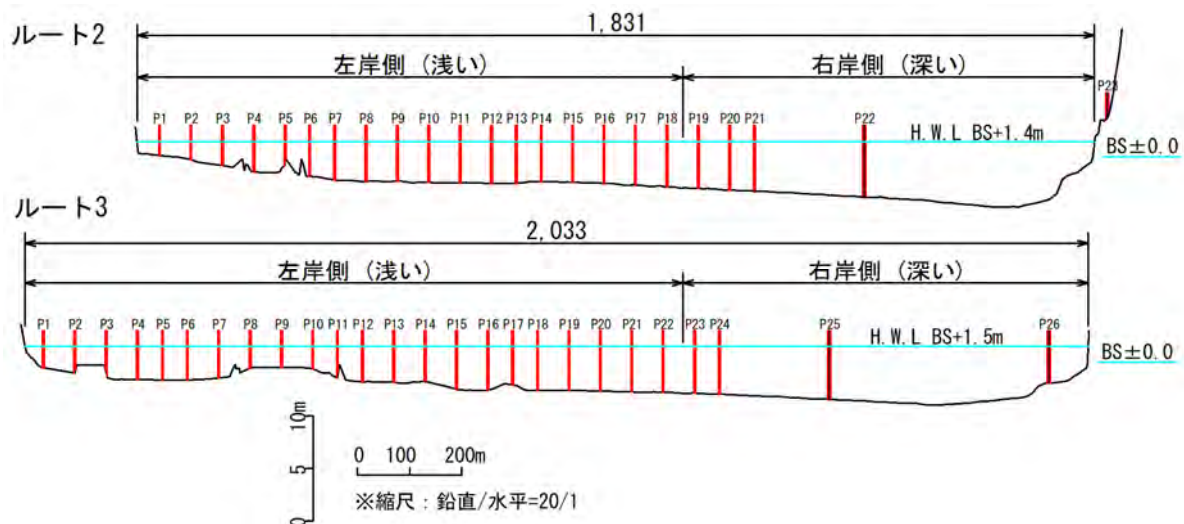


図 7-2-3. 河積阻害率算出根拠図

参考として，ババロフスキー橋位置と架橋位置の河道の流下面積を表 7-2-11 に示す。河道の流下面積（架橋後）は下流側のババロフスキー橋位置の流下面積の約 1.7 倍である。

なお，表中の値は流量を計画流量，水位を計画高水位とした場合の値である。

表 7-2-11. 流下断面面積比較表

流下断面位置	計画高水位 (m)	計画流量 (m ³ /s)	流速 (m/s)	平均水深 (m)	水面幅 ^{※1} (m)	流下断面面積 ^{※2} (m ²)	面積比率	河床勾配	距離 (km)
ババロフスキー橋	BS+0.9	5,400	1.3	6.9	597	4,112	1.00	0.00026 (1/3,846)	0.0
ルート2	BS+1.4	4,600	0.7	4.0	1,762	7,063	1.72	0.00022 (1/4,545)	10.9
ルート3	BS+1.5	4,600	0.6	3.8	1,949	7,301	1.78	0.00022 (1/4,545)	12.9

※粗度係数=0.03

出典：JICA 調査団

※1：ピア幅を除く

※2：ピア面積を除く

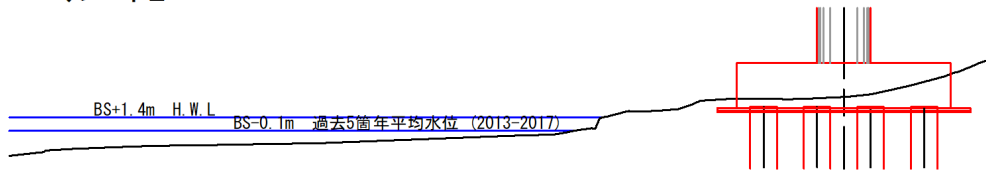
7-2-6 橋脚設置位置

ウ国基準では橋脚と護岸の必要離隔は定められていないが、橋脚が護岸に近接すると河岸洗掘が生じやすくなるため、洗掘に対して安全となる離隔を確保しておく必要がある。

日本の河川管理施設等構造令では橋脚の設置位置は河岸のり肩から 10m 以上離すことが必要とされている。

一方、以下に示すとおりルート 2 の右岸橋脚は河川外であり、またルート 3 の右岸橋脚は河岸のり肩から 10m 以上離れているため問題ない。

ルート2



ルート3

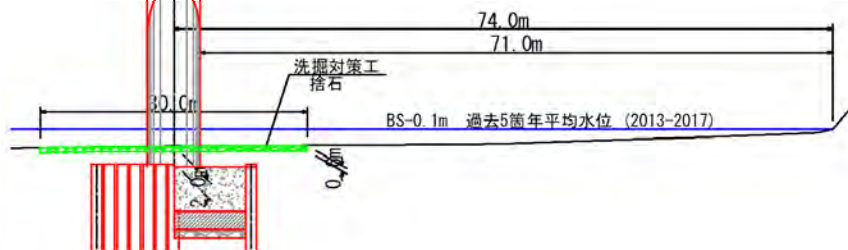


図 7-2-4. 橋脚と護岸の位置関係

7-2-7 護岸工

前述したように、流速は右岸側の速い区間でも最大 1.2m/s 程度である。

一方、河川堤防の構造の検討の手引き((財)国土技術研究センター, 2012年2月)によると、植生でも流速 2m/s までは侵食に対する抵抗力があるため、洪水に対する護岸工は不要であると考えられる。

しかしながら、風浪等の影響によりルート 2,3 とともに実際に河岸侵食が進行している状況にあり、これが地すべりの要因になっていることが懸念されるため、捨石による護岸工を行うものとする。

捨石径および護岸工の範囲は表 7-2-12 のとおりとする。

表 7-2-12. 捨石径および護岸工の範囲

護岸位置	捨石径	護岸高	範囲
右岸側	0.5m	現況河岸高または BS+3.0m の低い方	第 9 章で想定されている最大すべり 範囲+20m (片側 10m 延長)
左岸側	0.5m	盛土天端高	上部工幅+20m (片側 10m 延長)

7-3 航路限界

2011F/S では、航路限界は「Clearances of Navigable Bridge Spans in The Inland Water Ways Norms and technical requirements DSTU Б B.2.3-1-95」に準じて以下のように決定されている。

表 7-3-1. 2011F/S の航路条件

種別	値	備考
航行船舶	幅 21m/長 180m	Waterway Class* : 「State(1)」
航路幅	240m	Waterway Class* : 「State(1)」 Ukrainian Water Ways よりレターにて了承を得ている
航路高	13.5m	Waterway Class* : 「State(1)」
計画航行水位	BS+0.78m	算出根拠不明
支間長	510m	施工上必要な幅、右岸側のアンカレッジ位置、側径間の 支間比を総合的に判断して決定
余裕幅	120m	施工上必要は幅より決定

※ : Waterway Class の等級は表 7-3-4 および表 7-3-5 を参照。

本調査でも航路限界を同基準に準じて再度算出する。

ただし、2011F/S とは橋梁の計画が異なるため、必要支間長や余裕幅は国内の斜張橋の実績よりそれぞれ算出する。

7-3-1 航行船舶

現在、南ブグ川のコライウ港より上流で定期的に大型船を航行している企業は Nibulon のみであることを Nibulon、ミコライウ市、Ukrainian Sea Ports Authority の支部である Delta-Lotsman 等から聴取している。同社はノバオデッサおよびボズネセンスクに River Terminal を保有しており、プッシャーバージにより主に穀物を運搬している。

また、同社は 2017 年から高速艇による旅客輸送を開始しており、2018 年の実績は以下のとおりである。

表 7-3-2. 高速艇の航行実績

曜日	出発地および目的地		
金曜日	Mykolaiv	--->	Voznesensk
土曜日※, 日曜日※	Mykolaiv	<--->	Voznesensk
月曜日	Mykolaiv	<---	Voznesensk

期間 : 5 月 18 日 ~ 9 月 15 日

※ : 土,日は 1 日 2 往復

同社へのヒアリングにより得たプッシャーバージの諸元，必要航路限界を図 7-3-1 および表 7-3-3 に示す。

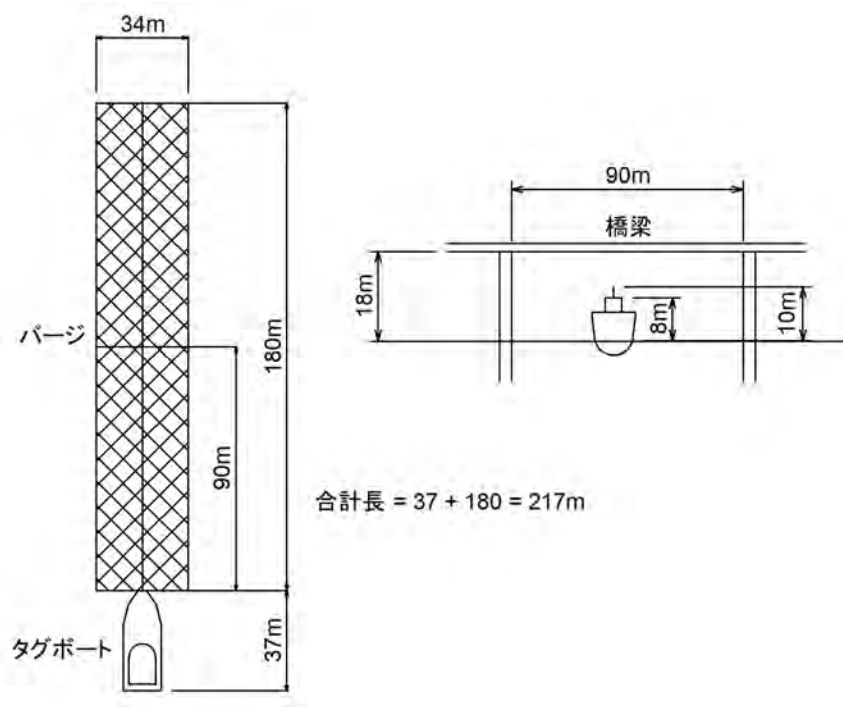


表 7-3-3. 船舶の諸元，必要航路限界

種別		バージ (Barge)	高速艇 (Hydrofoil)
長さ (LOA)	(m)	217	28
幅	(m)	34	6
載貨重量 (DWT)	(t)	12,000	-
最大喫水	(m)	3.56	2.0
速度	(km/hour)	7.4	65
	(knot)	4.0	35
頻度	往復	125 ^{※1}	105 ^{※2}
航路限界			
高さ	(m)	18 ^{※3}	-
幅	(m)	90	-

※1：9ヶ月（3月～11月）の合計，※2：2018年実績(5/18～9/15)

※3：将来的な Cargo の利用を踏まえて Nibulon が要望している値

7-3-2 航路幅および航路高

2011F/Sによると，航路の Category は「3.State(1)」であり，航路幅および航路高は表 7-3-5 よりそれぞれ 120×2=240m（往復航路），13.5m となる。

しかしながら、前述した Nibulon の船舶の最大寸法（幅/長さ）は 34/217m であり、表 7-3-4 の Designed Width/Length of Fleet から判断すると「2.Cross-State(2)」に該当する。

したがって、安全側に配慮して大きい方の値を採用するものとし、航路幅および航路高は表 7-3-5 の「2.Cross-State(2)」に示された 140×2=280m（往復航路）、15.0m とする。

表 7-3-4. 航路および船舶の主要諸元

単位：m

航路等級	航路の深さ		船舶の計画幅/長さ		計画船舶高
	保証値	平均値	船舶	いかだ	
1. Cross-State(1)	3.2 超	3.4 超	36/220 or 29/280	110/830 or 75/950	15.2
2. Cross-State(2)	2.5 超から 3.2 まで	2.9 超から 3.4 まで	36/220	75/950	13.7
3. State(1)	1.9 超から 2.5 まで	2.3 超から 2.9 まで	21/180	75/680	12.8
4. State(2)	1.5 超から 1.9 まで	1.7 超から 2.3 まで	16/160	50/590	10.4
5. Local(1)	1.1 超から 1.5 まで	1.3 超から 1.7 まで	16/160	50/590	9.6
6. Local(2)	0.7 超から 1.1 まで	0.9 超から 1.3 まで	14/140	30/470	9.0
7. Local(3)	0.7 以下	0.6 から 0.9 まで	10/100	20/300	6.6

出典: DSTU B V.2.3-1-9

表 7-3-5. 航路限界

単位：m

航路等級	必要最小航路高	1 スパン当たり必要最小幅	
		固定橋	可動橋
1. Cross-State(1)	17.0	140	60
2. Cross-State(2)	15.0	140	60
3. State(1)	13.5	120	50
4. State(2)	12.0	120	40
5. Local(1)	10.5	100/60	30
6. Local(2)	9.5	60/40	-
7. Local(3)	7.0	40/30	-

※この仕様書 4.9 には以下の事項が記述されている。

「固定堰は上流から下流、下流から上流への船舶の航行を可能とするため、少なくとも二つの航路を有しな
ければならない。」

出典: DSTU B V.2.3-1-95

7-3-3 計画航行水位および桁下高（航路）

計画航行水位は発生確率が 3%の水位であり年別の航行水位データに基づき統計解析により算出される。2011F/S では BS+0.78m が提案されているが計算方法が不明であるため、以下に再度検討を行うものとする。

1) 水位継続日数

水位継続日数は下式により算出する。

$$t = K \times T / 100$$

ここに、 t : 水位継続日数（日）
K : 許容低減係数 (2.Cross-State(2)の時 6)
T : 年間航行日数（日）

12月～2月は河川が凍結するため、年間航行回数は3月～11月の9ヶ月とする。これは Nibulon の航行期間とも一致しており適切であると考えられる。

参考として通年とした場合についても検討する。

2) 年別航行水位

年別航行水位は各年の t 日間維持可能な水位の中で最高の水位であり、算出手順は以下のとおりとなる。

- ①連続した t 日間の最低水位を算出する。この水位は年間で T-t+1 個ある。
- ②T-t+1 個の中から最も高い水位を、その年の航行水位とする。
- ③観測年の数だけ航行水位を算出する。

なお、年別航行水位の算出には日水位データが必要であるが、本調査によって収集可能であったデータは 2000 年以降しか整理されていないことから、本調査においては 2000 年～2017 年の 18 年分のデータを使用している。

年間航行回数を 3 月～11 月の 9 ヶ月とした場合と通年とした場合の算出結果を下表に示す。

表より、年間航行回数を 3 月～11 月の 9 ヶ月とした方が、航行水位が通年よりも高く安全側であることが分かる。

表 7-3-6. 年別航行水位

年航行日数 (日)	T	365	270
許容低減係数	K	6	6
水位維持日数 (日)	t	22	16
年別 航行水位(m)	Year	Bs+m	Bs+m
	2000	-0.04	-0.04
	2001	0.01	0.02
	2002	-0.09	-0.09
	2003	-0.11	-0.11
	2004	0.03	0.03
	2005	0.13	0.13
	2006	0.08	0.11
	2007	-0.04	-0.01
	2008	0.00	0.02
	2009	0.00	0.00
	2010	0.15	0.15
	2011	-0.02	0.00
	2012	0.03	0.08
	2013	0.21	0.21
	2014	0.05	0.05
	2015	-0.02	0.02
	2016	0.09	0.11
2017	-0.02	-0.02	

3) 計画航行水位

計画航行水位は発生確率が Pd%になる水位であり、「2.Cross-State(2)」の時の Pd は 3%と定められている。

発生確率は統計解析により算出した結果、表 7-3-7 に示すように発生確率 3%に対応した航行水位 (計画航行水位) は $BS+0.237m \approx BS+0.24m$ となる。

表 7-3-7. 確率別航行水位

確率(%)	50	33.333	20	10	5	3.333	3	2	1.25	1
水位 (BS+m)	0.022	0.059	0.1	0.152	0.201	0.23	0.237	0.266	0.298	0.314

SLSC(99%) : 0.035, 確率分布モデル : Gumbel

しかしながら、この水位は 1945 年~2017 年の平均年最高水位 (BS+0.45m) よりも低いこと、使用したデータが 2000 年~2017 年の 18 年分と短いこと、また 1965 年~1985 年の水位の高い期間が考慮されていないことから、危険側であることが懸念される。

したがって、1965 年~2017 年の年最高水位を用いて以下のように航行水位を算出する。

- ①1965 年~2017 年の最高水位を統計解析し、発生確率を算出する。
- ②発生確率 3%に対応した最高水位 (Hmax3%) を算出する。
- ③2000 年~2017 年の年別の最高水位と航行水位の差 (Δh) を算出する。
- ④Hmax3%からΔhを引いたものを計画航行水位とする。

発生確率と最高水位の関係を下表に示す。

表より発生確率 3%に対応した最高水位 (Hmax3%) は BS+0.846m ≒ BS+0.85m である。

表 7-3-8. 確率別最高水位

確率(%)	50	33.333	20	10	5	3.333	3	2	1.25	1
水位 (BS+m)	0.446	0.515	0.591	0.687	0.779	0.832	0.846	0.898	0.959	0.988

SLSC(99%) : 0.022, 確率分布モデル : Gumbel

一方、2000 年~2017 年の年別の最高水位と航行水位の差 (Δh) は下表より最低 0.29m であることが分かる。

表 7-3-9. 最高水位と航行水位の差

年航行日数 (日)	T	270	Annual Maximum Water Level	差
係数	K	6		
水位維持日数 (日)	t	16		
各年 航行水位(m)	Year	BS+m		
	2000	-0.04	0.50	0.54
	2001	0.02	0.31	0.29
	2002	-0.09	0.27	0.36
	2003	-0.11	0.34	0.45
	2004	0.03	0.43	0.40
	2005	0.13	0.54	0.41
	2006	0.11	0.43	0.32
	2007	-0.01	0.46	0.47
	2008	0.02	0.57	0.55
	2009	0.00	0.42	0.42
	2010	0.15	0.60	0.45
	2011	0.00	0.35	0.35
	2012	0.08	0.65	0.57
	2013	0.21	0.56	0.35
	2014	0.05	0.40	0.35
	2015	0.02	0.56	0.54
	2016	0.11	0.44	0.33
2017	-0.02	0.46	0.48	

最小差 : 0.29

以上より、計画航行水位は $BS+0.85 - 0.29m = 0.56 \doteq BS+0.6m$ となる。

しかしながら、2011F/S では計画航行水位として $BS+0.78m$ が採用されており、本調査での計算結果よりも高い値であるため、安全側に配慮して本調査でも $BS+0.78m \doteq 0.80m$ を採用する。

これにより、航路での必要桁下高は $BS+0.80m + 15.0m = BS+15.8m$ となる。

なお、ここで決定した桁下高は必要最低限の値であり、橋梁および道路計画上実際使用する値とは異なる可能性がある。

7-3-4 必要最小支間長および余裕幅

ここでは、航路幅とその余裕幅から決まる必要最小限の支間長について検討する。

最小支間長および余裕幅については、ウ国の現地法制上の規定や国際標準が存在していないため、本調査においては日本国内の斜張橋の実績に基づいて算出する。なお、実績については、日本橋梁建設協会のデータベースに基づき、「日本国内の支間長 300m 以上の斜張橋」という条件の下に抽出している。

航路幅と支間長の関係を表 7-3-10 に示す。同表により国内斜張橋の舞鶴クレインブリッジおよび生名橋を除く 15 橋の平均的な支間長と航路幅の比率を算出した。

表より、最小支間長は航路幅の 1.5 倍とし、 $280m \times 1.5 = 420m$ する。

また、これにより、余裕幅（片側）は航路幅 $\times 0.5 / 2$ となり、 $280m \times 0.5 / 2 = 70m$ となる。

なお、この余裕幅を直線区間で必要な値とした場合、ルート 2 は架橋位置が湾曲区間であり、航行方向と橋軸方向の交角が 90° ではないため、実質的な余裕幅が不足する。具体的には、下図に示すように余裕幅が 70m から 64.2m となり、片側約 6m の不足となる。

一方、平均値-標準偏差を考慮すると支間長/航路幅は 1.2 程度となり、余裕幅（片側）は 30m まで許容できると考えられる。

したがって、余裕幅（川側）70m は直線区間のルート 3 と、湾曲区間のルート 2 で同値とする。

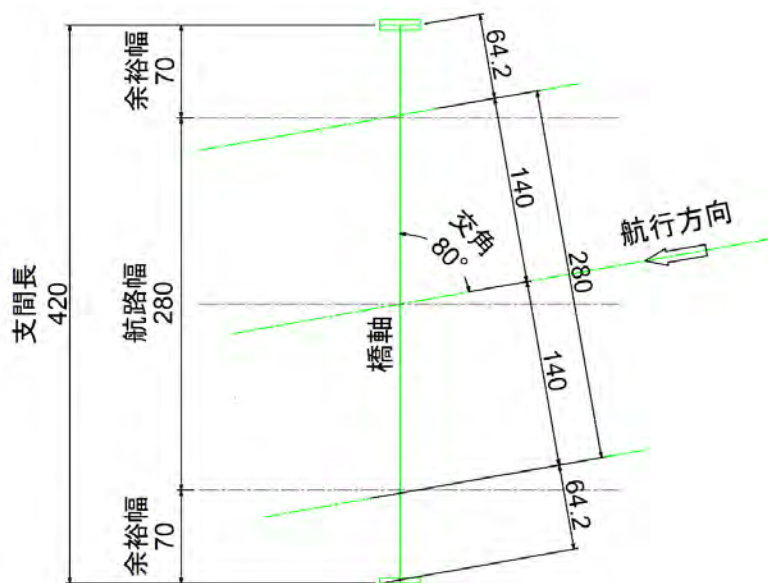


図 7-3-2. 航行方向と橋軸方向の関係

表 7-3-10. 国内斜張橋の支間長および余裕幅実績

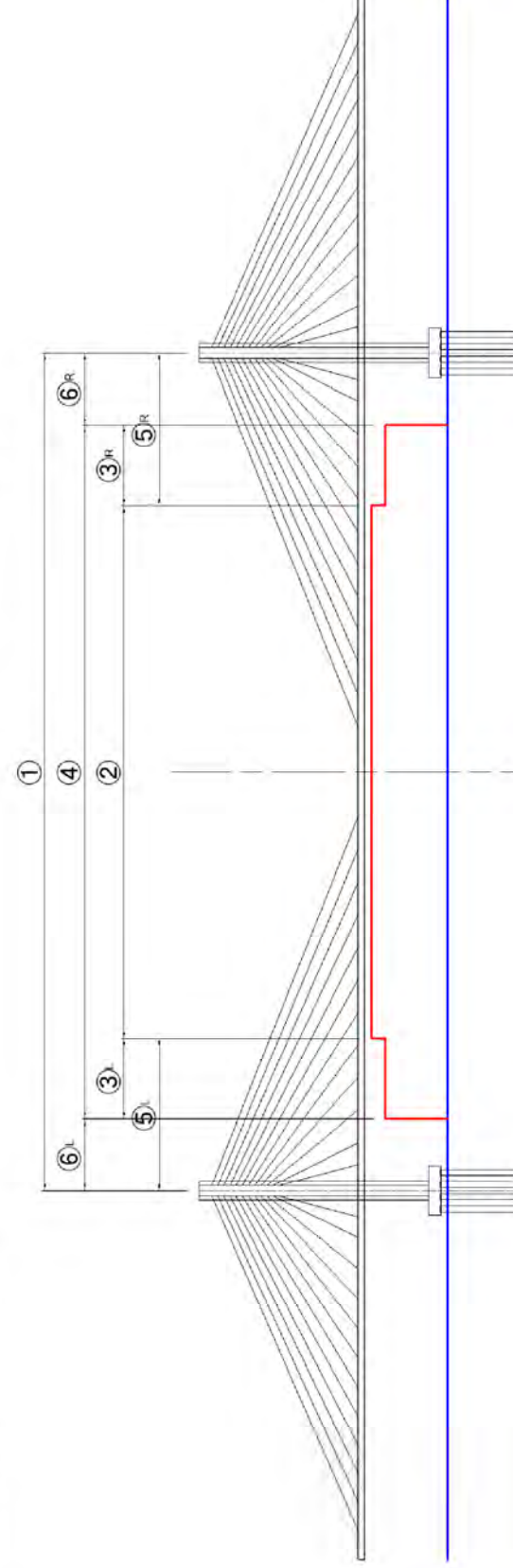
日本国内の斜張橋実績

橋梁は「国内の支間長300m以上の斜張橋」とし、日本橋梁建設協会のデータベースを用いて抽出。

No	Data No.	橋梁名	① 支間長		② 主航路幅	③ 副航路幅 (③ _L +③ _R)	④ 航路幅 (②+③)	⑤ 余裕幅1 (①-②)	⑥ 余裕幅2 (①-④)	⑦ 比率1 (①/②)	⑧ 比率2 (①/④)	防衛工 [※]
1	1	多々羅大橋	890		680	-	-	210	-	1.309	-	-
2	2	名港中央大橋	590		300	190	490	290	100	1.967	1.204	あり
3	3	鶴見つばさ橋	510		300	150	450	210	60	1.700	1.133	なし
4	4	生口橋	490		280	-	-	210	-	1.750	-	-
5	5	東神戸大橋	485		455	0	455	30	30	1.066	1.066	なし
6	6	女神大橋	480		375	0	375	105	105	1.280	1.280	なし 片側は河川外
7	7	横浜ベイブリッジ	460		270	130	400	190	60	1.704	1.150	なし
8	8	岩黒島橋	420		260	-	-	160	-	1.615	-	-
9	9	櫃石島橋	420		185	-	-	235	-	2.270	-	-
10	10	名港東大橋	410		340	0	340	70	70	1.206	1.206	あり
11	11	名港西大橋	405		270	70	340	135	65	1.500	1.191	あり
12	12	鷹島肥前大橋	400		240	0	240	160	160	1.667	1.667	なし
13	13	新湊大橋	360		270	0	270	90	90	1.333	1.333	なし
14		大和川	355		不明	-	-	-	-	-	-	-
15	14	大島大橋	350		320	0	320	30	30	1.094	1.094	なし
16	15	舞鶴クレーンブリッジ	350		100	0	100	250	250	3.500	3.500	なし
17	16	安治川橋梁	350		190	50	240	160	110	1.842	1.458	なし 片側は河川外
18		美原大橋	340		不明	-	-	-	-	-	-	-
19	17	生名橋	315		100	0	100	215	215	3.15	3.15	なし
平均								162	103	1.762	1.572	
標準偏差								152	80	1.554	1.253	
								74	65	0.652	0.767	
								73	36	0.329	0.169	

※：橋脚とは独立した構造で、航路側に設置されているものの有無。写真で判断

- 舞鶴クレーンブリッジと生名橋を除く場合の比率1の平均値： 1.554 ≒ 1.5
- 航路幅280mとした場合の支間長： 420m
- 航路幅280mとした場合の余裕幅（片側）： 70m
- 舞鶴クレーンブリッジと生名橋を除く場合の比率1の平均値±標準偏差： 1.225 ~ 1.883
- 航路幅280mとした場合の支間長： 343m ~ 527m
- 航路幅280mとした場合の余裕幅（片側）： 32m ~ 124m



7-3-5 航路中心

航路中心の検討に際しては図 7-3-3 および図 7-3-4 に示す 4 種類の情報を本調査において入手している。図 7-3-4 に示すように河床は 2011 年からほとんど変化しておらず、航路中心が異なる理由は不明である。これらの内、ウ国政府 (State Hydrographic Service of Ukraine) からの最新の情報で、かつ、図 7-3-4 に示すように河道のみお筋とも一致することを踏まえ、④を採用する。④の線形については、ルート 2 の位置において 2011F/S と比べて右岸側に寄っていることから、主橋梁の橋脚を河岸近くに配置せざるを得ない可能性がある。9 章で述べているように右岸側は地すべり地帯であるため、橋脚位置は慎重に決定する必要がある。

参考として、Nibulon はみお筋よりも左岸側を航行 (②の線形) しているが、同社へのヒアリングによるとこれは燃料費削減のためとの旨を聴取している。

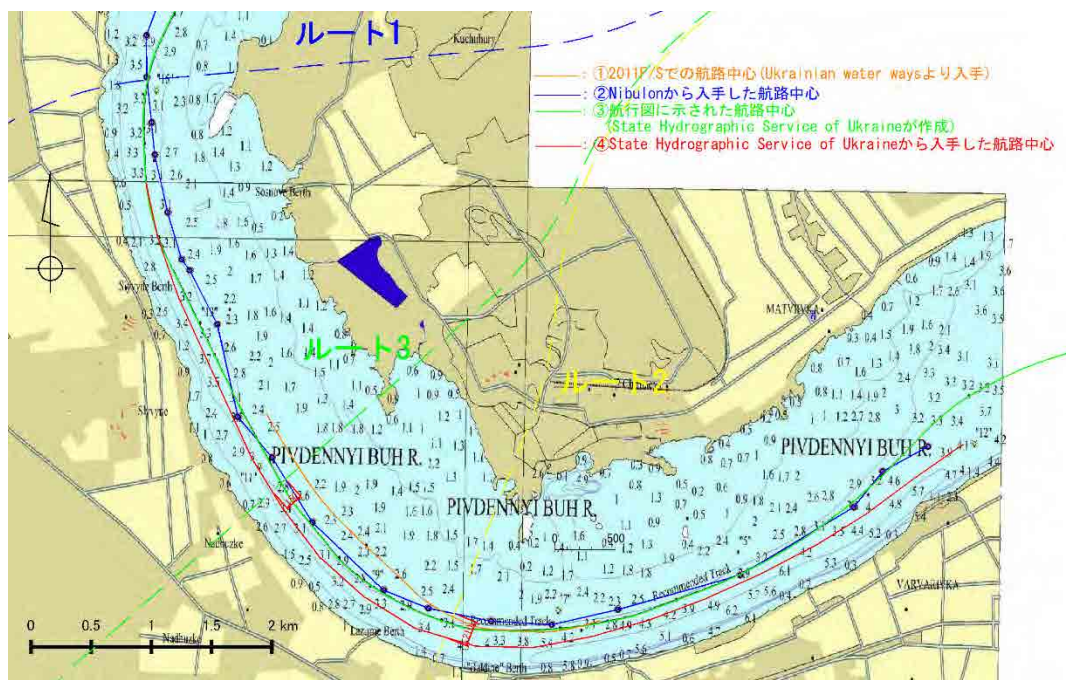


図 7-3-3. 航路中心線形

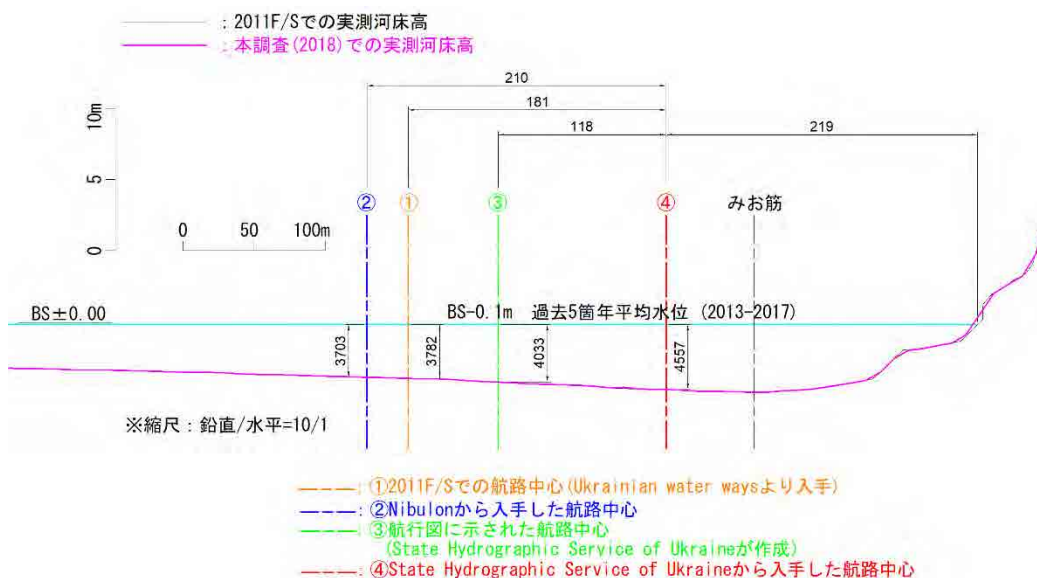


図 7-3-4. ルート 2 における航路中心とみお筋の関係および河床形状比較

7-4 制限表面

空港付近にバイパス道路を建設する場合、橋梁の高さは閣僚決議 (Cabinet of Ministers of Ukraine Resolution, December 6, 2017, No.954) 及びインフラ省通達 (Ministry of Infrastructure of Ukraine Order, November 30, 2012, No721) を踏まえて決定する必要がある。

ミコライウ空港に問い合わせた結果、下表に示すように橋梁の高さ、施工中の作業高は制限表面よりも低いことを確認した。

したがって、空域条件に関する制限はない。

表 7-4-1. 橋梁の高さ、施工中の作業高と制限表面高の関係

ルート	施工中の作業高 Z1	主塔高 Z2	制限表面高
ルート 2	BS+140m	BS+120m	BS+206.3m
ルート 3	BS+135m	BS+115m	BS+206.3m

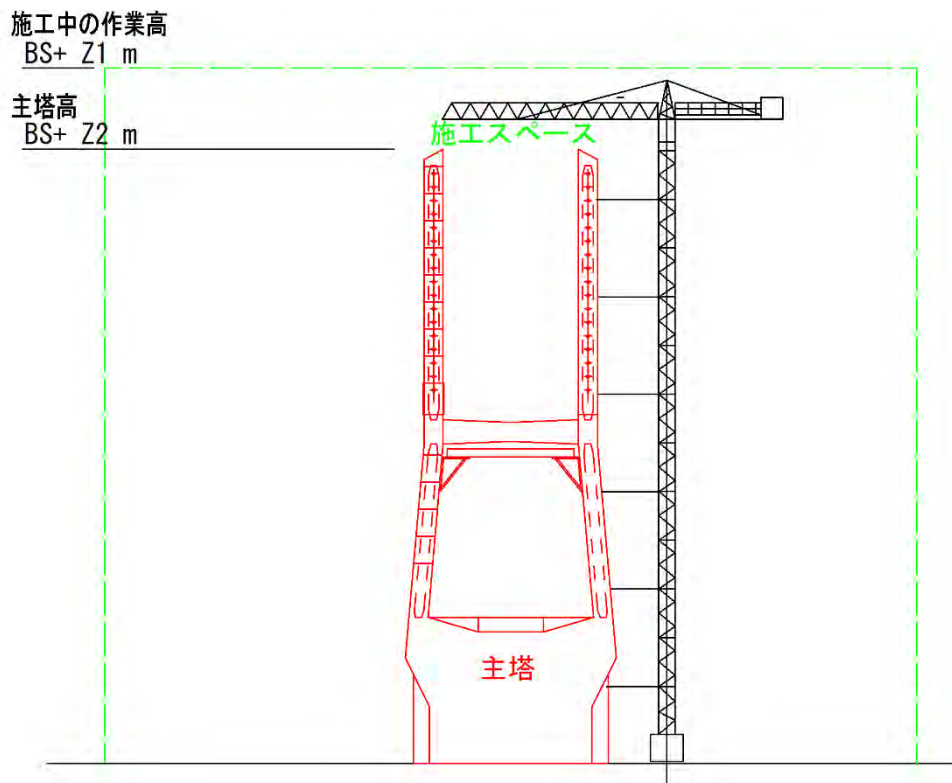


図 7-4-1. 橋梁の高さ、施工中の作業高と制限表面高の関係

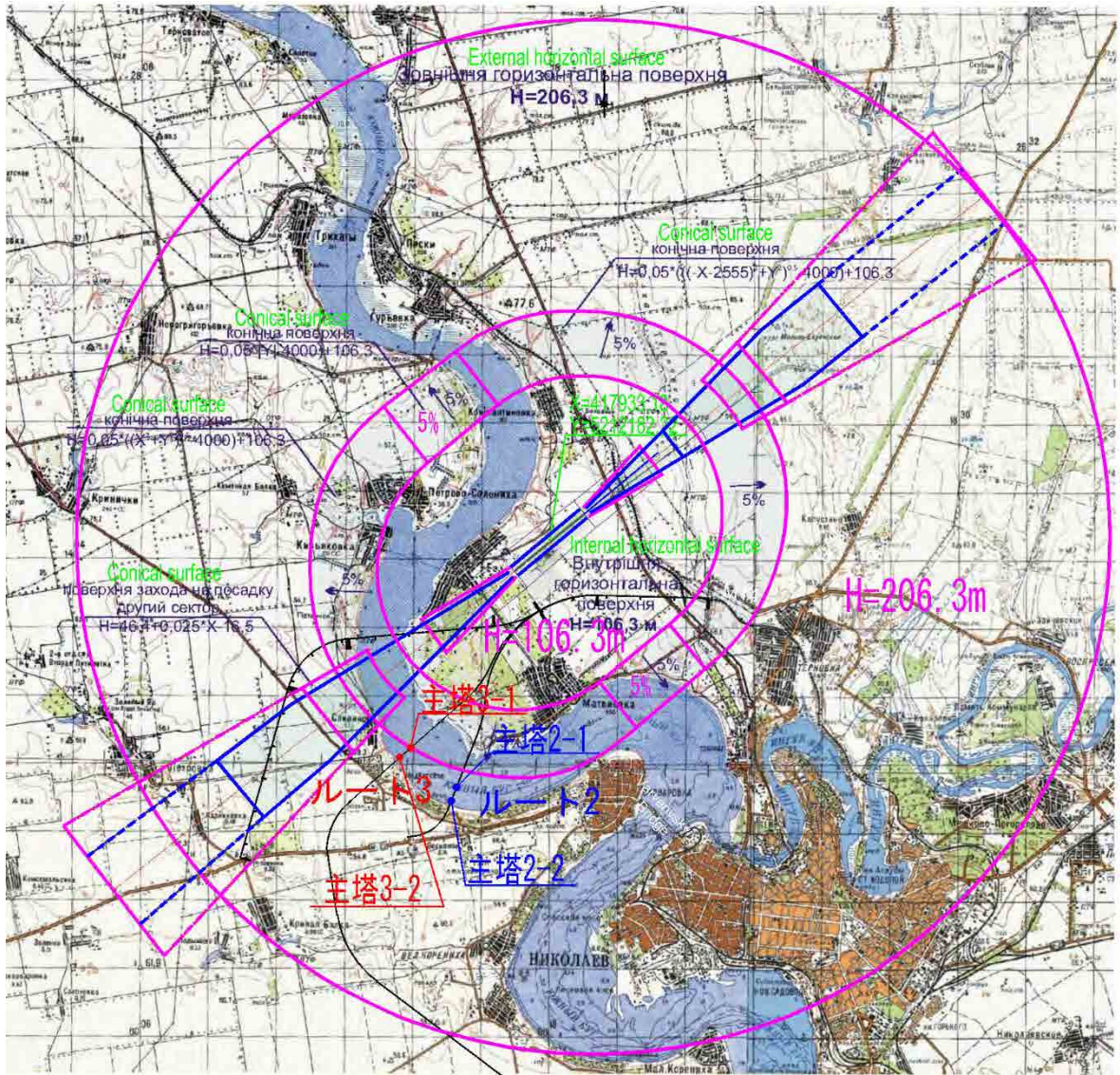


图 7-4-2. 制限表面图

7-5 荷重条件

7-5-1 船舶衝突荷重

航路の Category が「2. Cross-State (2)」であるため、船舶衝突荷重は「DBN V.1.2-15:2009 Bridges and pipes. Load and Impact」より、橋軸方向 1,130kN、橋軸直角方向 1,420kN となる。

しかしながら、この値は船舶の大きさによらず一定値であり、本調査での対象船舶の載貨重量が 120,000kN(12,000t)であることを踏まえると過小であると考えられるため、「AASHOTO's LRFD Bridge Design Specification 2017」に準じて下式により算出する。

結果、橋軸直角方向の衝突荷重は 2,768kip = 12,312kN、橋軸方向は半分の 6,156 k N となる。

$$P_B = 1,349 + 110a_B$$

ここに、
 P_B : バージによる衝撃力(kip)
 a_B : 船首の損傷長さ(ft)

$$a_B = 10.2[(1+KE/5,672)^{0.5}-1]$$

ここに、
 KE : 船舶の衝突エネルギー(kip-ft)

$$KE = C_H \cdot W \cdot V^2 / 29.2$$

ここに、
 C_H : 流体力学上の質量係数
 W : 船舶の排水量(tonne)
 V : 船舶の衝突速度(ft/s)

主な係数の計算結果および計算条件を以下に示す。

P_B (kip)	a_B (ft)	KE (kip-ft)	C_H	W (tonne)	V (ft/s)
2,768	12.9	23,405.4	1.25	12,000	6.75

7-5-2 氷荷重

氷荷重は「DBN V.1.2-15:2009 Bridges and pipes. Load and Impact」より、以下に示す 2 種類の荷重の内、小さい方が採用される。しかしながら、氷原の速度、面積が不明であるため、本調査では F_1 のみ算出する。

$$F_1 = \phi_1 \cdot R_{zn} \cdot b \cdot t$$

ここに、
 F_1 : 氷が橋脚で壊れる時の荷重(kN)
 ϕ_1 : 橋脚の形状係数 =1.0
 R_{zn} : 氷の強度(kN/m²) =735kN/m²
 b : 橋脚幅(m)
 t : 氷が動き出す直前の氷厚(m)
 最大氷厚の 80% で 0.46m

$$F_2 = 1.253 \cdot v \cdot t \cdot (\phi_2 \cdot A \cdot R_{zn})^{0.5}$$

ここに、
 F_2 : 氷が橋脚にとどまる時の荷重(kN)
 v : 氷原の速度(m/s)
 ϕ_2 : 橋脚の形状係数
 A : 氷原の面積(m²)

また、「AASHOTO's LRFD Bridge Design Specification 2017」に準じて下式でも氷荷重を算出し、大きい方を採用する。

$$F = Ca \cdot P \cdot t \cdot w$$

ここに、

- F : 氷荷重(kN)
 Ca : ピア幅と氷厚による決まる係数
 $Ca = (5 \cdot t/w + 1)^{0.5}$
 P : 氷の強度(kN/m²)
 $P = 766 \text{ kN/m}^2$
 t : 氷厚(m)
 $t = 0.57 \text{ m}$
 w : ピア幅(m)

以下に示す計算の結果、AASHOTOに準じて算出した氷荷重を採用する。

表 7-5-1. 氷荷重算出結果

DBN V.1.2-15					AASHOTO				
b (m)	ψ1	Rzn (kN/m ²)	t (m)	F1 (kN)	w (m)	Ca	P (kN/m ²)	t (m)	F (kN)
1	1	735	0.46	338	1	1.96	766	0.57	856
2	1	735	0.46	676	2	1.56	766	0.57	1,362
3	1	735	0.46	1,014	3	1.40	766	0.57	1,834
4	1	735	0.46	1,352	4	1.31	766	0.57	2,288
5	1	735	0.46	1,691	5	1.25	766	0.57	2,729
6	1	735	0.46	2,029	6	1.21	766	0.57	3,170
7	1	735	0.46	2,367	7	1.19	766	0.57	3,637
8	1	735	0.46	2,705	8	1.16	766	0.57	4,052
9	1	735	0.46	3,043	9	1.15	766	0.57	4,519
10	1	735	0.46	3,381	10	1.13	766	0.57	4,934

なお、氷厚は1/100年確率の氷厚とし、以下に示すようにミコライウ水文・気象観測所の観測データ（年最大値）を統計解析して算出した結果、57cmである。

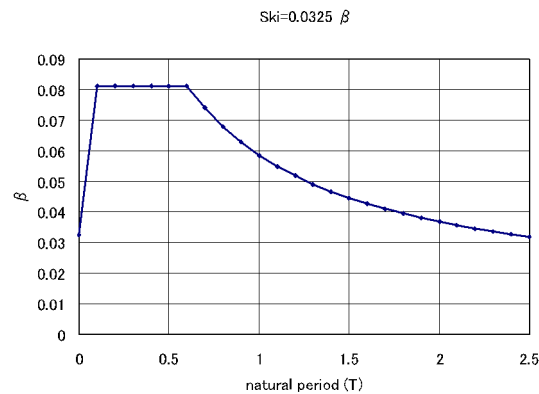
表 7-5-2. 確率年別氷厚

確率年	2	3	5	10	20	30	50	80	100	150	200	400
氷厚(cm)	21	25	30	37	43	46	51	55	57	60	63	69

SLSC (99%) : 0.020, 確率分布モデル : Gumbel

7-5-3 地震荷重

「DBN V.1.2-15 : 2009, DBN V.1.1-12 : 2006, DBN V.2.3-22 : 2009」より、対象地域は MSK 震度階級 6 に該当し、橋梁設計上地震荷重を省略できる範囲である。しかし、AASHOTO 規定では、最低限の地震荷重として設計水平震度 ($K_h=0.1$) が規定されているため、小規模構造物については、これに準じてレベル I 地震動照査を行う。一方、斜張橋等の長周期の構造物は、 $K_h=0.1$ においても過大設計となるため、「DBN V.1.1-12 : 2006」より MSK 震度階級 7 の応答スペクトル（下図）を用いて、レベル I 地震動照査を行う。

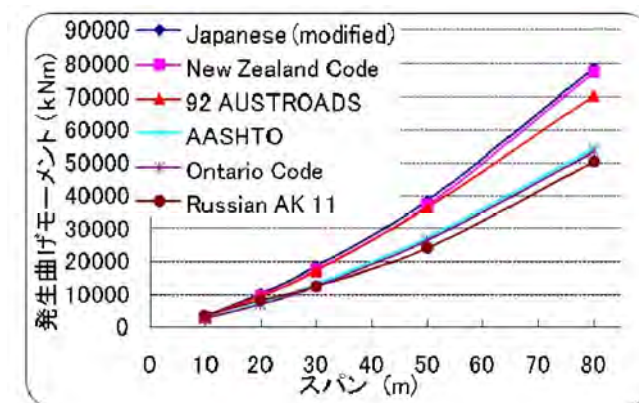


出典：2011F/S

図 7-5-1. MSK7 の加速度応答スペクトル

7-5-4 活荷重

橋の設計活荷重は、日本の援助による橋梁としての長期安全性を確保するため基本的には道路橋示方書・同解説 I 共通編（2017 年 11 月）に従い、B 活荷重を適用するものとする。下図に示すように、本荷重はウクライナ基準の基本となる Russian AK11 より十分大きい。



出典：カンボジアにおける橋梁の設計荷重と実荷重の実態把握に関する研究カンボジアにおける橋梁，土木学会年次学術講演会

図 7-5-2. 発生曲げモーメントの比較

7-5-5 風荷重

1) アプローチ橋梁

「DBN.V.1.2-2 : 2006 System Reliability and Safety of Construction Projects」に基づき，以下の限界状態を考慮する。

荷重強度： $W_m = \gamma_f \times W_0 \times C$

- 限界許容値 $= 1.15 \times 51.0 \times (1.65 \times 2.25 \times 1.2) = 261 \text{ kgf/m}^2$
- 使用値 $= 0.50 \times 51.0 \times (1.65 \times 2.25 \times 1.2) = 114 \text{ kgf/m}^2$

ここに，

γ_f ：それぞれ限界許容値と使用値の係数 1.15，0.5 を考慮する。

W_0 ：風速（再現期間 50 年），ミコライフは地域 3 で， $V=29\text{m/s}$ ， $P=500\text{Pa}$

C ：摩擦係数と高さの補正係数

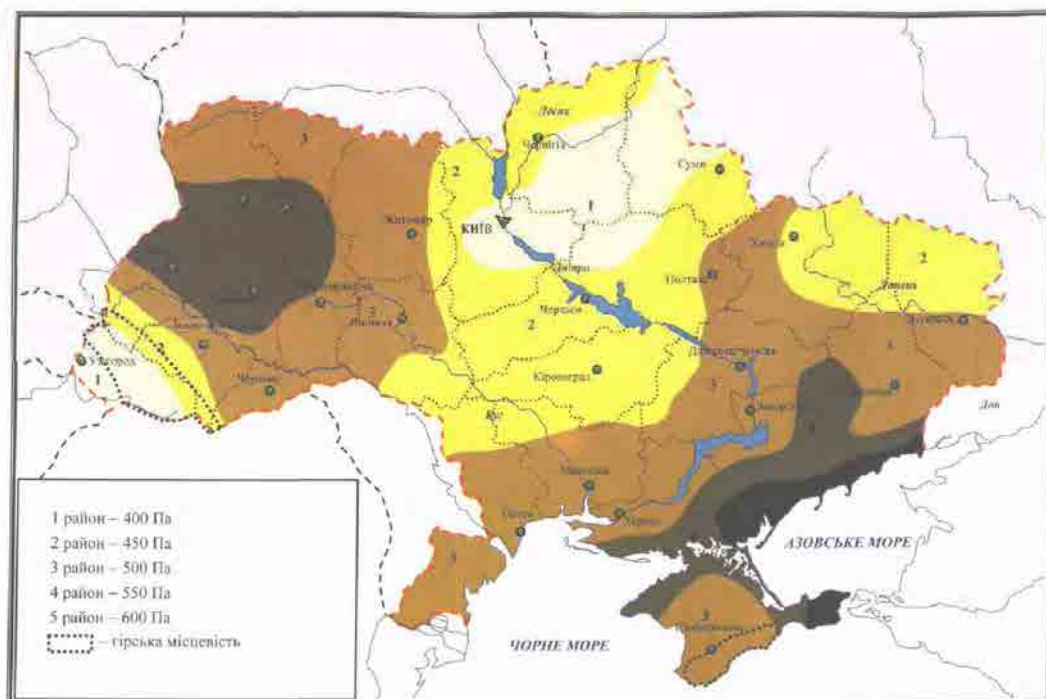


図 7-5-3. 風速の地域図

2) 主橋梁

動的安定性について検討するものとし，日本国内の大型橋梁の設計実績をもとに編集された「道路橋耐風設計便覧（社）日本道路協会，平成 19 年 12 月）」に準拠して設計基準風速を 40m/s とする。

7-5-6 温度荷重

1876 年から 2017 年までの周辺の最高及び最低気温は，それぞれ+40.1℃と-29.7℃である。

したがって，北海道における最高及び最低気温の+37.8℃，-41.0℃と概ね同じと考え，道路橋示方書における寒冷地の温度変化の範囲である-30℃から+50℃（鋼構造物）を採用する。なお，プラス側は幾分高めの設定となっているが，これは直射日光の影響を考慮したものである。

7-6 ルート 2 橋梁基本計画

これまでに設定した各種条件をもとに、南ブグ川渡河部橋梁の配置計画を行う。配置要領は以下の通りである。

- (1)左岸側橋台は、現在の川幅を縮小させないよう右岸側河川流下断面の端部に配置する。

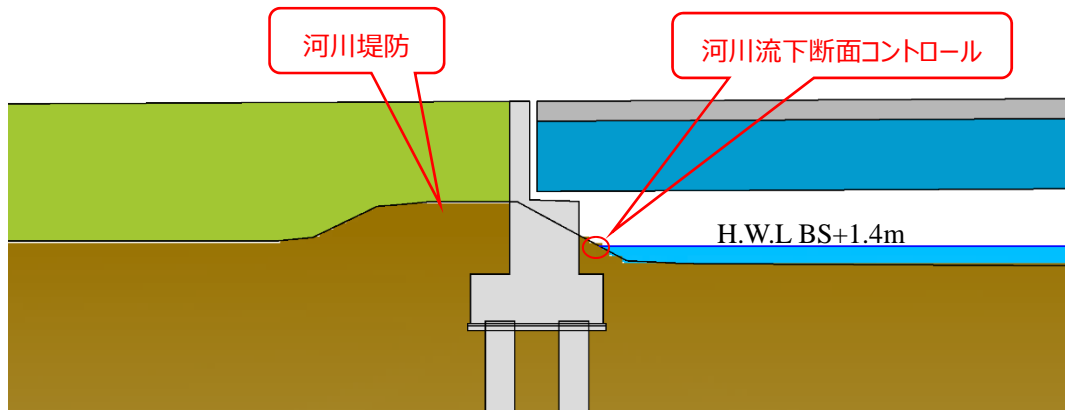


図 7-6-1. 左岸側橋台の配置

- (2)主橋梁（斜張橋）は 7-3-5 で設定した航路中心と、7-3-4 で設定した航路幅が確保できる最小中央径間長（420m）を必要最低限の支間長として配置計画を行う。左岸側主塔位置については航路中心より、 $420/2m$ の位置とする。左岸側端部橋脚の位置については、斜張橋の側径間長が張り出し架設のバランスを保つ必要性から、中央径間側の張り出し架設長と同様な長さとするのが一般的であり、ここでは中央径間の必要最小限の支間長（420m）の $1/2$ である 210m の位置とした。右岸側端部支点（橋台）は、地滑り地帯への下部構造の配置を避けるため航路中心より 510m の位置とし、右岸側主塔位置はこの 510m の $1/2$ の位置に配置することとした。これにより斜張橋中央径間長は、 $210m+255m=465m$ 、右岸側側径間長は 255m となった。

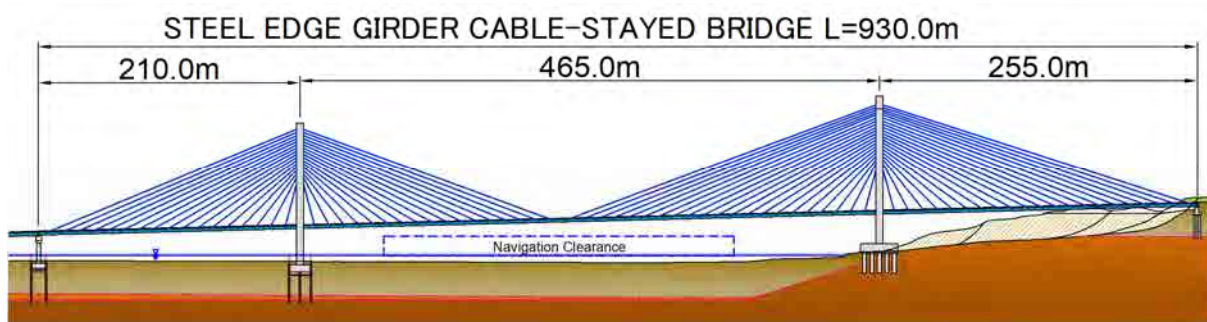


図 7-6-2. 主橋梁の配置

- (3)左岸側橋台と主橋梁（斜張橋）の左岸側端部までの間（左岸側アプローチ橋）は、経済性、走行性への配慮からできる限り連続桁構造とする。経済性に優れる高面圧固定支承を用いた場合の連続する桁長の限界である 400m 程度を基本に、この間を 3 連の連続桁構造にする。橋脚高さが高くなるとともに連続できる桁長が長くなるため、低い方から、335m、395m、455m の連続桁長となるように配置する。各連続桁の支間配置については、7-7-2 3) (3) で設定した最適支間長の 60m を基本とする。連続桁の端部の支間長については、断面力の集中による経

済性の悪化を回避するために、中間部支間長と端部支間長の最も合理的な比率とされる1.25:1.00より、端部支間長を47.5mとして経済性向上を図る。

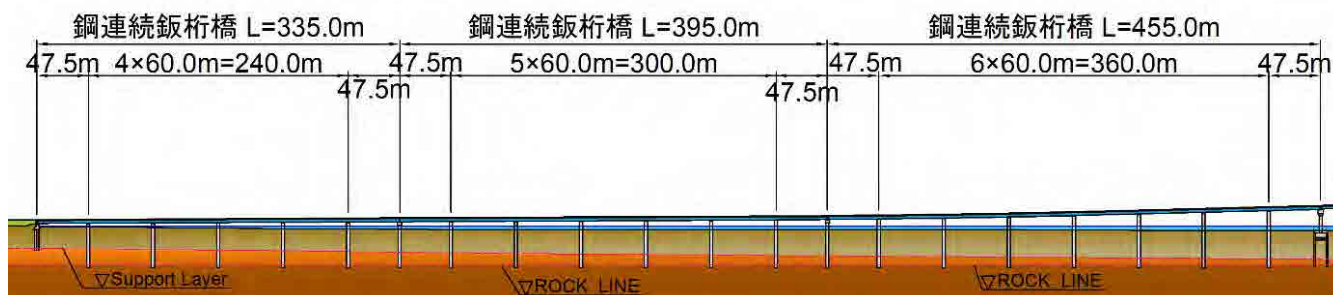


図 7-6-3. 左岸側アプローチ橋の配置

7-7 ルート 2 橋梁形式の検討

7-7-1 対象橋梁一覧

本検討の対象橋梁は大きく分けて、南ブグ川を渡河する橋梁と、インターチェンジ部等道路付属物としての短支間橋梁に分類することができる。各橋梁の構造諸元は以下に示すとおりである。

表 7-7-1. 南ブグ川を渡河する橋梁の構造諸元

	上部工		下部工		
	橋 長	支間長		橋脚, 主塔高さ	橋台高さ
左岸側 アプローチ	1,185m= 335m+395m+455m	(47.5+4@60+47.5) +(47.5+5@60+47.5) +(47.5+6@60+47.5)	橋台	—	9m
			橋脚	3~18m	—
主橋梁	930m	210m+465m+255m	左岸側端橋脚	20m	—
			左岸側主塔	113.5m	—
			右岸側主塔	121.5m	—
			右岸側端部橋台	—	10m

表 7-7-2. インターチェンジ部等短支間橋梁の構造諸元

	本線の測点	幅 員	橋 長	支間長	橋脚高さ	橋台高さ
本線橋	32+0	W=26.3m	25m	24m	—	12m
本線橋	50+0	W=26.3m	25m	24m	—	12m
本線橋	61+0	W=26.3m	25m	24m	—	12m
本線橋	90+80	W=26.3m	25m	24m	—	12m
本線橋	129+15	W=37.8m	10m	10m	—	5m
T1506 橋	118+60	W=15.8m	130m	56m	15m	5m
P06 橋	12+0	W=30.3m	56m	27m	6m	12m
ランプ橋	122+80	W=21.3m	112m	27m	6m	5m

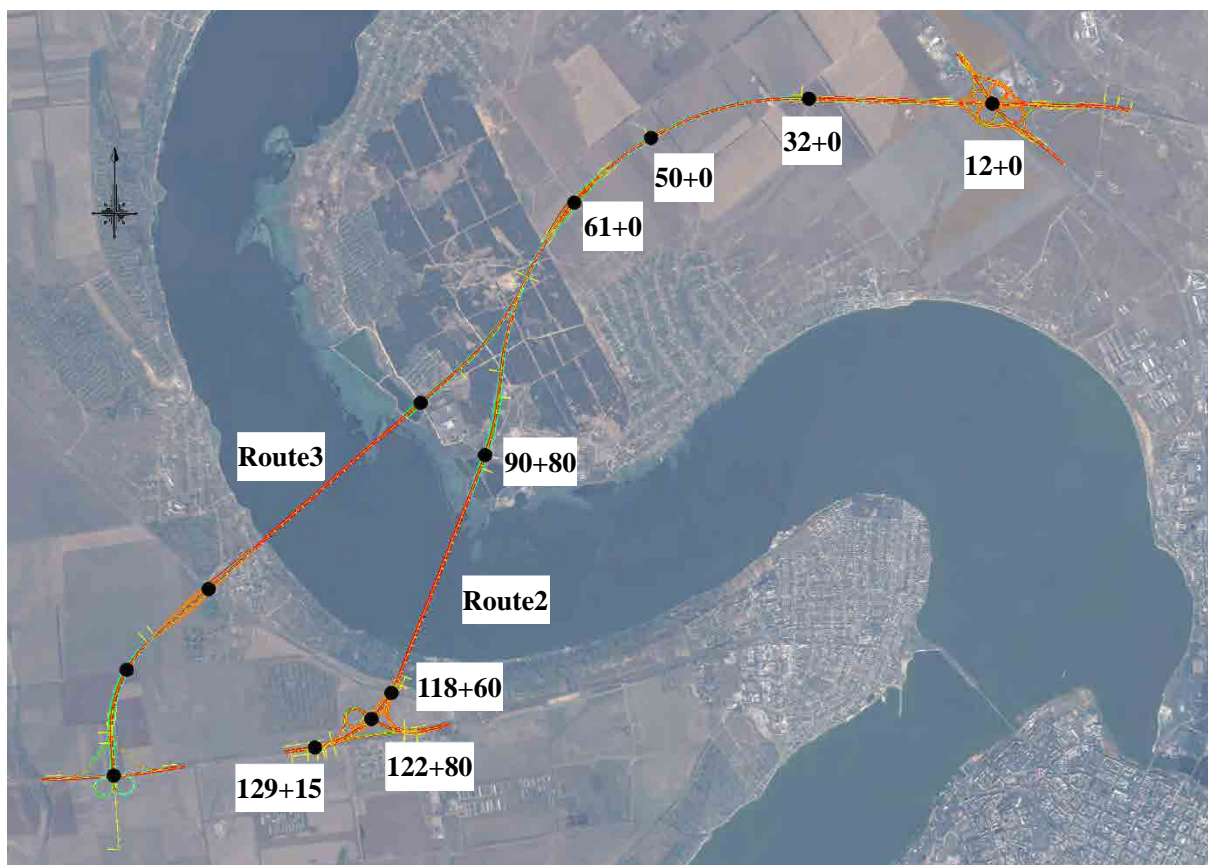


図 7-7-1. 本線の測点

7-7-2 上部工形式選定のレビュー

1) 上部工形式の選定方針

上部工形式は表 7-7-4 及び表 7-7-5 に示すように、必要となる支間長により適応できる型式が概ね定められており、これらの表を参考に構造形式の検討を行う。また、各橋梁で必要となる支間長については、地形的条件や経済性より、概ね表 7-7-1 及び表 7-7-2 となっており、大きく分けて以下の 3 種類に分類し、それぞれ検討を行う。

表 7-7-3. 橋梁の支間分類 (ルート2)

支間分類	対象橋梁
支間分類 1 (210m+465m+255m)	主橋梁
支間分類 2 (平均支間 60m 程度)	左岸側アプローチ橋梁, T1506 橋
支間分類 3 (平均支間 25m 程度)	本線橋, P06 橋, ランプ橋等の短支間橋梁

表 7-7-4. 標準適用支間（鋼橋）

橋梁形式		支間長 (m)																		実績最大支間				
		10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200	250	500	1000
鋼	プレートガーダー系	H形鋼橋	[適用範囲]																					
		非合成钣桁橋	[適用範囲]																					
		単純形式 非合成钣桁橋	[適用範囲]																					
		合成钣桁橋	[適用範囲]																		刀水橋 65m			
		非合成箱桁橋	[適用範囲]																					
		合成箱桁橋	[適用範囲]																					
	連続形式	非合成钣桁橋	[適用範囲]																		筏川橋 91m			
		非合成箱桁橋	[適用範囲]																		多摩大橋 150m			
		鋼床版桁橋	[適用範囲]																		海田、なみはや大橋 250m	Coste e Silva Br. 300m		
		ラーメン橋	[適用範囲]																		1241工区 230m	Grand Canal Maritime Br. 275m(フランス)		
トラス系	単純トラス橋	[適用範囲]																		澗川橋 164m	Cester Br. 227m(アメリカ)			
	連続(ケルル-)トラス橋	[適用範囲]																		港大橋 510m	Quebec Br 549m(カナダ)			
補剛アーチ系	上路	ランガー桁橋	[適用範囲]																					
		ローゼ桁橋	[適用範囲]																					
	中路	ローゼ桁橋	[適用範囲]																					
		ランガー桁橋	[適用範囲]																					
	下路	トラストランガー桁橋	[適用範囲]																					
		ローゼ桁橋	[適用範囲]																					
		ニールセン系ローゼ橋	[適用範囲]																		新木津川大橋 305m	Lupu Br.(中国) 550m		
アーチ系	上・中・下路	ソリットリフアーチ橋	[適用範囲]																					
		フレーストリフアーチ橋	[適用範囲]																		広島空港大橋 380m	New River Gorge Br. 518m(アメリカ)		
		タイトアーチ橋	[適用範囲]																					
	斜張橋	[適用範囲]																		多々良大橋 890m	ルースキー島連絡橋 1104m			
	吊橋	[適用範囲]																		明石海峡大橋 1991m	明石海峡大橋 1991m			

注) [塗りつぶし] : 一般によく適用される範囲 [白] : 比較的適用される範囲

出典：中部地方整備局設計便覧 H12.4

表 7-7-5. 標準適用支間 (コンクリート橋)

橋梁形式		支間長 (m)																	実績最大支間													
		10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200	250	500	1000	日本	世界						
P	プレテンション 単純橋	T 桁																														
		スラブ桁																														
	プレキャスト 連結桁橋	T 桁																														
		スラブ桁																														
	ポストテンション 単純橋	T 桁																														
		合成 I 桁																														
		鋼製 I 桁 (合成床)																														
	C	支保工架設 単純橋 連結橋	T 桁																													
			中空床版																													
			T(版)桁																													
架張出	連結(有ヒンジ) ラーメン橋	箱桁																														
		箱桁																												新旅足橋 220m 江島大橋 250m (有ヒンジ)		
橋	アーチ橋	トラス橋	箱桁																													
			箱桁																											富士川橋 265m		
	その他	ラーメン橋	中空床版																													
		吊床版橋	T(版)桁																													
		吊床版橋	箱桁																													
	斜張橋																											矢部川大橋 261m	バイチャイ橋 435m			
エクストラ ドーズド橋																											徳之山八徳橋 220m マカガ橋 275m (複合)					
R C	中空床版橋																															

注)  : 一般によく適用される範囲  : 比較的適用される範囲

出典：中部地方整備局設計便覧 H12.4

2) 支間分類 1：主橋梁部上部工

主橋梁上部工については、2011F/Sにおいて鋼吊り橋が選定されている。本調査では、航路限界の見直し等に伴い、再度比較検討を行う。

(1) 第 1 次比較検討

本橋梁の中央支間長は 7-6 より 465m であり、実績より判断してこの支間長に適用可能な型式は表 7-7-6 に示す 6 案となる。

表に示す評価および判定により第 4,5,6 案を第 2 次比較検討案に選定した。

表 7-7-6. 主橋梁形式第 1 次選定表

		評 価	判定
＜鋼桁＞			
第 1 案： 連続（ゲルバー）トラス橋	実績範囲内ではあるが最大級となる。 本橋規模では経済的に不利であり，近年では特殊な条件が無い限り採用されていない。		×
第 2 案： ニールセン橋ローゼ桁橋	支間長 400m 以上の実績はすべて中路型式であり，アーチリブが航路の一部を阻害することになる。		△
第 3 案： ブレースドリブアーチ橋	支間長 400m 以上の実績はすべて中路型式であり，アーチリブが航路の一部を阻害することになる。		△
第 4 案：鋼斜張橋	実績範囲内であり適用可		○
第 5 案：鋼吊り橋	実績範囲内であり適用可		○
＜PC 桁＞			
第 6 案：PC 斜張橋	実績範囲内ではあるが世界最大級となる。		○

(2) 第 2 次比較検討

第 1 次比較検討で選定された各案については，近年の実績等からそれぞれの構造としての最適化を行い，以下を第 2 次比較検討時の前提条件とする。

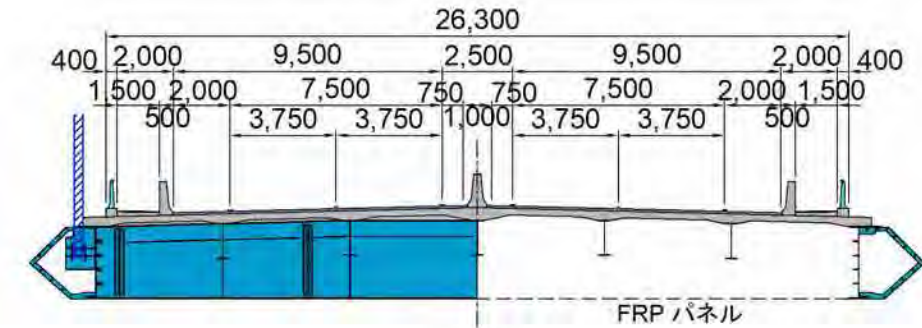
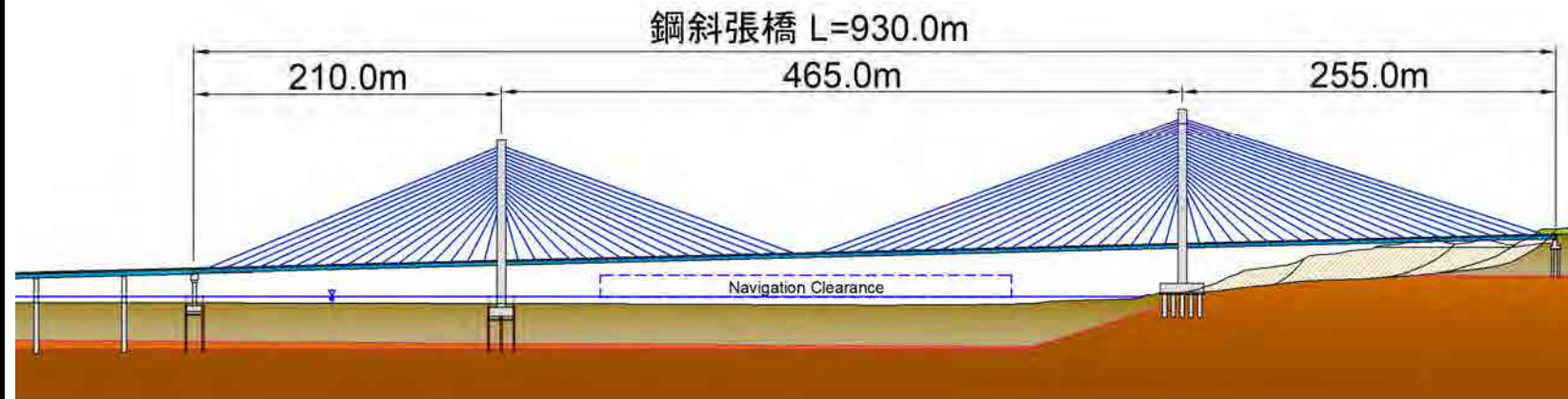
表 7-7-7. 第 2 次比較検討時の前提条件（ルート 2）

項目		第 4 案 鋼斜張橋	第 5 案 鋼吊り橋	第 6 案 PC 斜張橋
主桁（補剛桁）構造	型式	エッジガーダー型式	フルボックス構造	内外ストラット付き波形ウェブ箱桁構造
	備考	経済性に優れる	来島大橋等で採用実績が多い	死荷重軽減によりコスト縮減が可能
床版構造	型式	プレキャスト PC 床版構造	鋼床版構造	PC 床版構造
	備考	寒冷地であることから耐久性の高いコンクリート構造とする	来島大橋等で採用実績が多い。（本橋規模でコンクリート床版の実績は無い）	N/A
耐風安定性	型式	フェアリングと FRP パネルによる桁下面の遮蔽板	フルボックス構造とフェアリング	剛性の高い箱桁構造とコンクリート
	備考	N/A	N/A	減衰常数の上昇を図る

以上 3 案の比較検討の結果は表 7-7-8，表 7-7-9 に示すとおりであり，構造的，技術移転，施工性，維持管理性，経済性すべての面で優れる，第 4 案 鋼斜張橋（PC 床版合成エッジガーダー型式）を採用する。

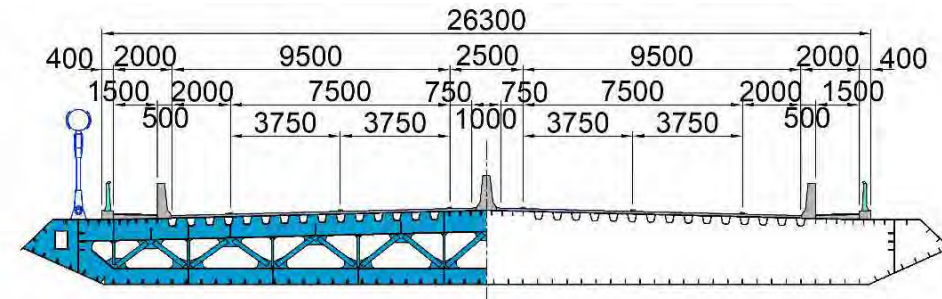
表 7-7-8. 主橋梁部 橋梁形式比較表 (1/2)

第 4 案 鋼斜張橋 (PC 床版合成エッジガーダー型式)



構 造 性	<ul style="list-style-type: none"> 高耐久性コンクリート床版の採用により冬期の路面凍結が第 5 案より緩和され、スリップ事故対策として有効となる。 上部工の耐風安定性については、桁下面への FRP パネルの設置により、過去の風洞実験結果より十分解決できると考えられる。 右岸側は地すべり地帯ではあるが側径間長が長いことから、河岸近くの斜面勾配が急な箇所への橋脚設置は回避できており、第 5 案と比べて地すべりの影響は小さい。 	◎
技術移転	<ul style="list-style-type: none"> 近年、第 5 案に代わり適用範囲を増加させている型式であり、また鉄鋼業の盛んな国であることより、技術移転の可能性は高い。 	◎
施 工 性	<ul style="list-style-type: none"> 上部工の鋼桁架設は、トラベラークレーンによる単材張出し架設であり、架設中の航路確保は問題とならない。また、単純繰り返し作業となることから施工管理は容易である。 	◎
維持管理性	<ul style="list-style-type: none"> 桁下面に塗装の不要な FRP パネルを配置しており、鋼材の露出部分が少なく再塗装費用は第 5 案より低廉である。 	◎
経 済 性	メイン橋梁のみ 比率 1.00	◎
評価	採用	

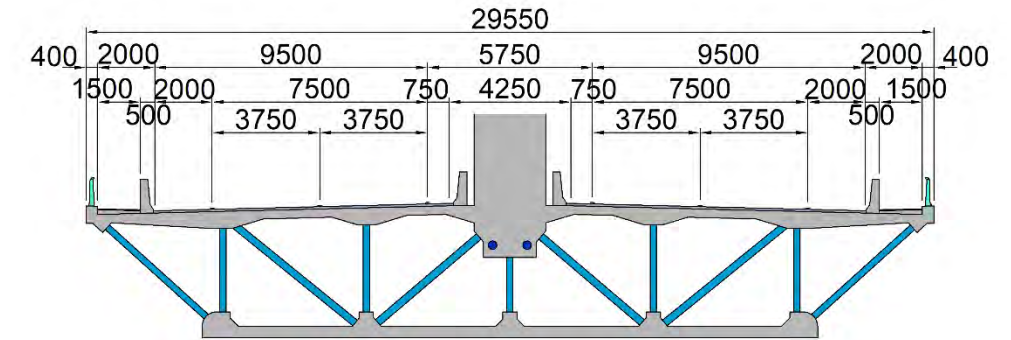
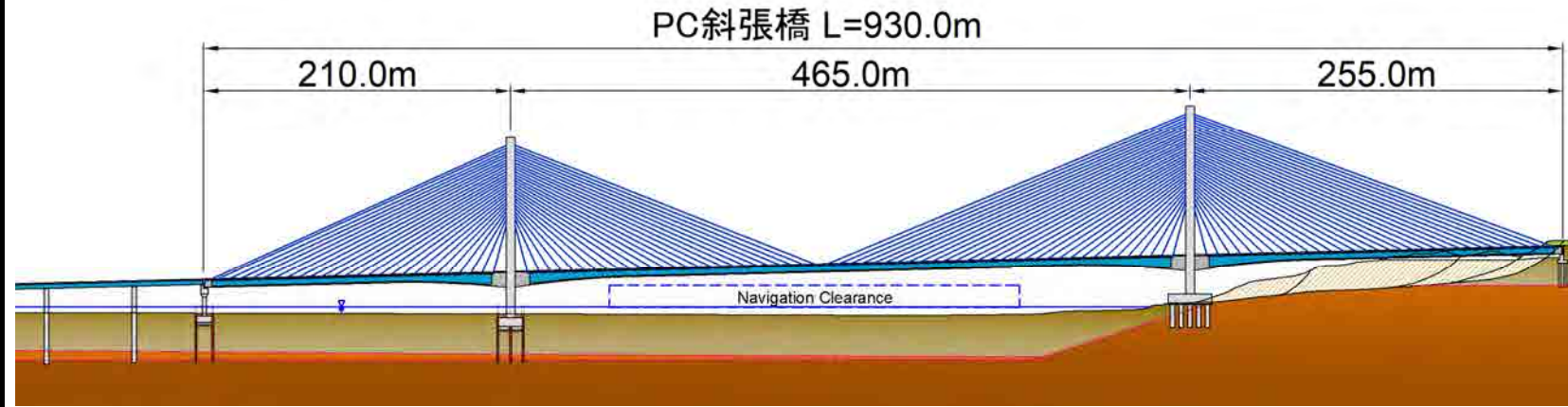
第 5 案 鋼吊り橋 (鋼床版箱桁型式) <2011F/S 推奨案>



構 造 性	<ul style="list-style-type: none"> 実績から考えて鋼床版構造が基本となるため、冬期の路面凍結によるスリップ事故の発生が懸念される。 上部工の耐風安定性については、来島大橋で実績のある箱桁構造であり問題無い。 右岸側の地すべり地帯にアンカレッジおよび橋脚を設置する必要があるため、第 4,6 案に比べて地すべりの影響が大きい。 	△
技術移転	<ul style="list-style-type: none"> 非常に大型の橋梁に適用される型式であり、再利用の可能性が少なく、技術移転の可能性は少ない。 	△
施 工 性	<ul style="list-style-type: none"> 上部工の鋼桁架設は、中ブロックの直下吊り架設となり、桁下航路の規制が必要となる。また、ブロック積み出し設備等施工箇所が分散するため施工管理が煩雑となる。 右岸側地すべり地帯におけるアンカレッジの建設は極めて危険である。 	△
維持管理性	<ul style="list-style-type: none"> 鋼桁は、箱桁下面等の外面塗装が多く再塗装費用は他案よりも高価となる。 	△
経 済 性	メイン橋梁のみ 比率 1.45	△
評価		

表 7-7-9. 主橋梁部 橋梁形式比較表 (2/2)

第 6 案 PC 斜張橋 (ストラット付き波形ウェブ箱桁型式)



構 造 性	<ul style="list-style-type: none"> ・コンクリート床版の採用により冬期の路面凍結が第 5 案より緩和され、スリップ事故対策として有効となる。 ・上部工の耐風安定性は、コンクリート橋であり問題無い。 ・右岸側は地すべり地帯ではあるが側径間長が長いことから、河岸近くの斜面勾配が急な箇所への橋脚設置は回避できており、第 5 案と比べて地すべりの影響は小さい。 	◎
技術移転	<ul style="list-style-type: none"> ・近年適用範囲を増加させている型式であるが、PC 橋梁の技術の成熟度の低い国であり、第 4 案と比べ技術移転の可能性は低い。 	○
施 工 性	<ul style="list-style-type: none"> ・上部工工事の技術的難易度が高い。 ・年間 7 ヶ月までが、最低気温 0 度を下回る寒冷な気候であり、全面カバーによる寒中コンクリート対策が必要となる期間が長く、施工は現実的でない。 	△
維持管理性	<ul style="list-style-type: none"> ・鋼材の露出部分が少なく、再塗装費用は、第 5 案より低廉である。 	◎
経 済 性	メイン橋梁のみ 比率 1.07	○
評価		

3) 支間分類 2 : 左岸側アプローチ橋梁及び T1506-OV 橋上部工

(1) 上部工基本構造の検討

左岸側アプローチ橋梁については、2011F/S 同様の施工条件であり、2011F/S を基本として検討を行うこととする。2011F/S での最適支間長は 50m であり、上部工形式としては鋼少数鈹桁形式、鋼細幅箱桁形式、PC 合成桁形式（コンボ形式）、PC 箱桁形式が比較検討され、鋼少数鈹桁形式が選定されている。鋼少数鈹桁形式は、首都圏連絡自動車道や新東名高速道路等で数多く使用された形式で、その経済性が証明されており、本調査でも鋼少数鈹桁形式を基本構造とする。

なお、支間長 56m の T1506 橋の上部工形式については、支間配置が左岸側アプローチ橋とほぼ同一であるため、構造の統一による技術者や施工機材の統一、経済性や品質向上のメリットを考慮し、左岸側アプローチ橋と同じ型式を採用する。

(2) 床版構造の比較検討

鋼 2 主桁形式には、床版構造に場所打ち PC 床版、プレキャスト PC 床版、鋼・コンクリート合成床版の 3 種類があるため、比較検討を行う。

比較検討の結果は表 7-7-11 に示すとおりであり、構造的、施工性、経済性ともに優れる第 2 案プレキャスト PC 床版を選定する。

(3) 最適支間長の検討

橋梁計画では、下部工コストが地形や地盤状態に応じて大きく変化するのに対して、上部工コストは比較的变化が少ないため、最も経済的となる支間長を検討しておく必要がある。前述したように 2011F/S では最適支間長として 50m が選定されているが、近年では高強度の SBHS500 鋼材や厚板の添接を可能とする S14T 高力ボルト等を使用することで、長支間化による経済性向上が可能となっているため、再検討を行う。

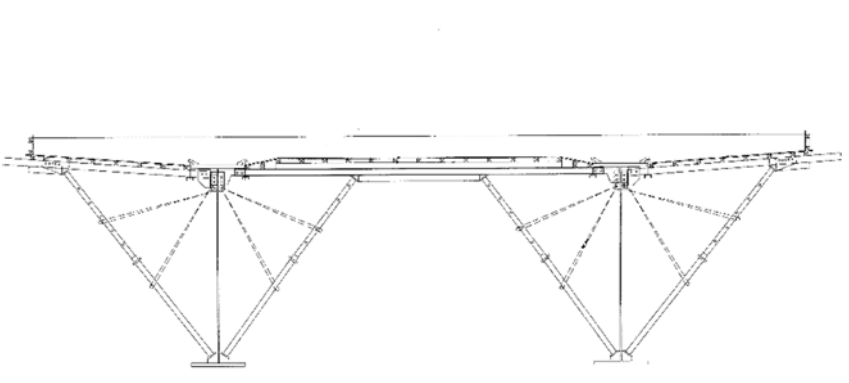
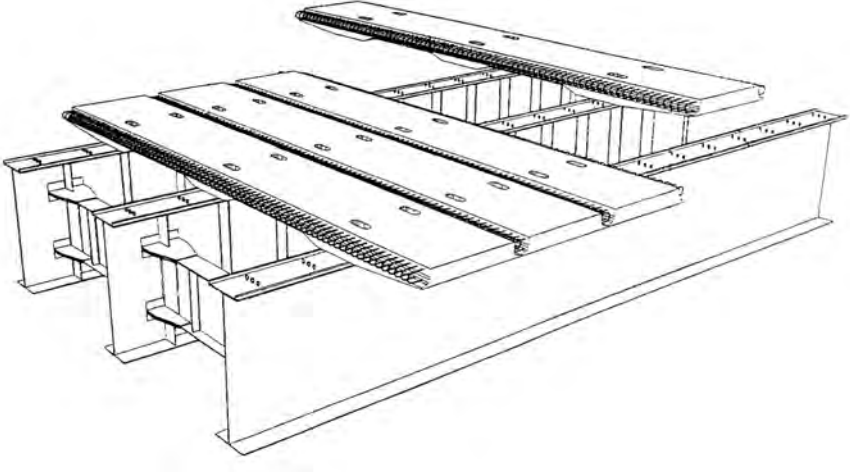
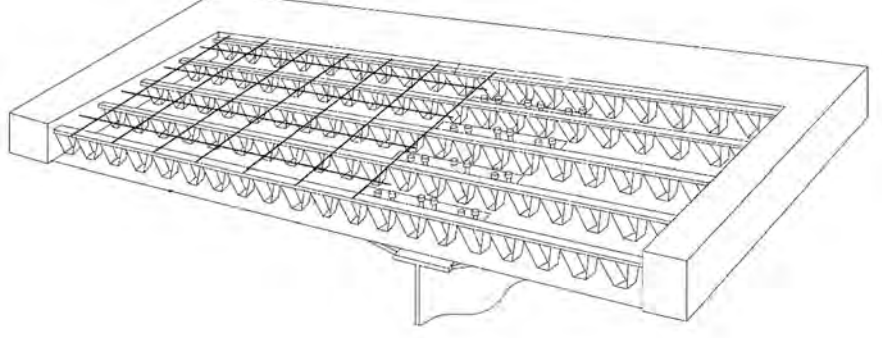
検討を行う桁長は、支承構造に経済的な固定支承が適用出来る範囲として 300m とし、この間を等分割する。

検討の結果は表 7-7-10 に示すとおりであり、最適支間長は 60m とする。

表 7-7-10. 最適支間長の検討

	第 1 案 平均支間 50m (6@50=300m)	第 2 案 平均支間 60m (5@60=300m)	第 3 案 平均支間 75m (4@75=300)
上部工コスト	鋼桁 0.30 床版 0.14	鋼桁 0.36 床版 0.14	鋼桁 0.46 床版 0.14
下部工コスト	下部工 0.40 栈台 0.18	下部工 0.34 栈台 0.16	下部工 0.30 栈台 0.13
合計	1.02	1.00	1.03
評価		採用	

表 7-7-11. 鋼 2 主板桁構造における床版構造の比較検討

	第 1 案 場所打ち PC 床版	第 2 案 プレキャスト PC 床版	第 3 案 鋼・コンクリート合成床版
概要 図			
構造 特性	<ul style="list-style-type: none"> ● 全てが現場作業となり、品質確保が難しいことから、日本国内でも採用が限定されており、海外での使用はリスクが高い。 <p style="text-align: right;">(△)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● ほとんどが現場付近に設ける簡易工場で作成されることや、単純繰り返し作業による技術習得が早いことより、品質確保が容易でかつ構造的信頼性が高い。 ● 継ぎ手構造は日本で開発されたあご付きのループ継ぎ手が採用されており、疲労載荷試験も実施された構造であり、構造的弱点とはならない。 <p style="text-align: right;">(◎)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● コンクリート以外の部材が工場製作であり品質確保は容易である。 ● 実績も多く構造的に問題は無いとされるが、床版下面の鋼板上に水が溜まることによる劣化損傷の可能性が指摘されている。 <p style="text-align: right;">(○)</p>
施工 性	<ul style="list-style-type: none"> ● すべてが現場での高所作業となるため、安全管理が難しい。 ● 寒冷な気候条件に対して、施工期間が長いことや、寒中コンクリート対策が難しいことから、施工性に劣る。 <p style="text-align: right;">(△)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● 室内製作が可能で、冬期中の製作も可能である。また、単純繰り返し作業であることから安全管理、品質管理は容易である。 ● あご付きループ継ぎ手の採用により、床版下面からの作業が省略できるため現場での施工性に優れる。 <p style="text-align: right;">(◎)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● 鋼材部分の製作は設備の整った工場内となるため、品質管理は容易である。 ● 底鋼板の存在により床版下からの作業が省略できるため、現場での施工性に優れる。 ● 製作工場から現場までの輸送が必要となる。 <p style="text-align: right;">(○)</p>
経済 性	1.07 <p style="text-align: right;">(○)</p>	1.00 <p style="text-align: right;">(◎)</p>	1.80 <p style="text-align: right;">(△)</p>
評 価		採用	

4) 支間分類3: 本線橋, P06 橋, ランプ橋等の短支間橋梁

本線橋, P06 橋, ランプ橋等の短支間橋梁は, 25m 前後の支間長が数多く存在するため, PC プレキャスト桁の採用等により経済性, 施工性の向上を図ることとする。

支間長以外の選定条件として, 測点 12+0 の P06 橋や測点 122+80 のランプ橋が多径間連続橋であり, 伸縮継ぎ手の減少による維持管理コスト縮減を考え, 連続構造または連結構造とすることが可能な型式を採用する。

また, 支保工架設桁については, 品質確保が難しいことやプレキャスト桁と比べ施工性, 経済性に劣ることから, 近年施工実績が減少しているため対象外とする。

したがって, 比較型式は以下の3型式となる。

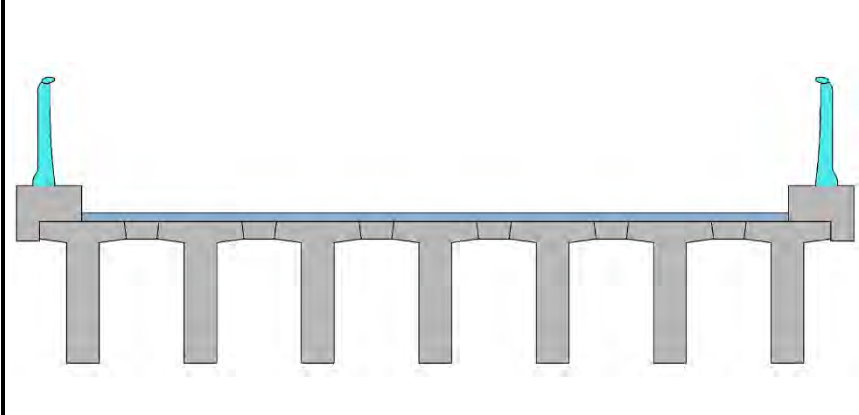
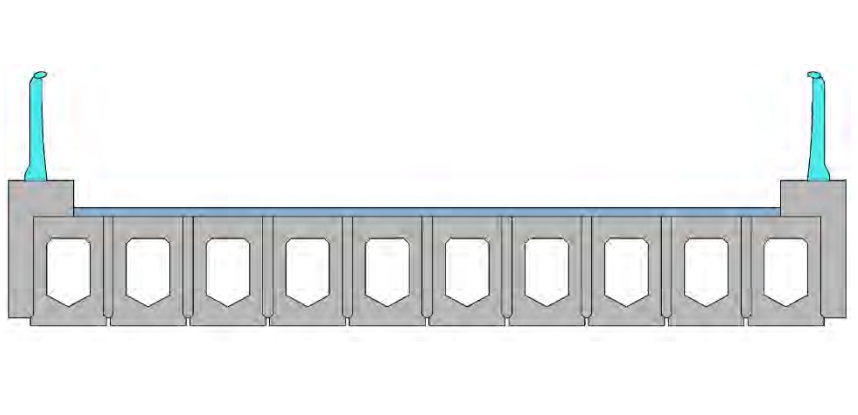
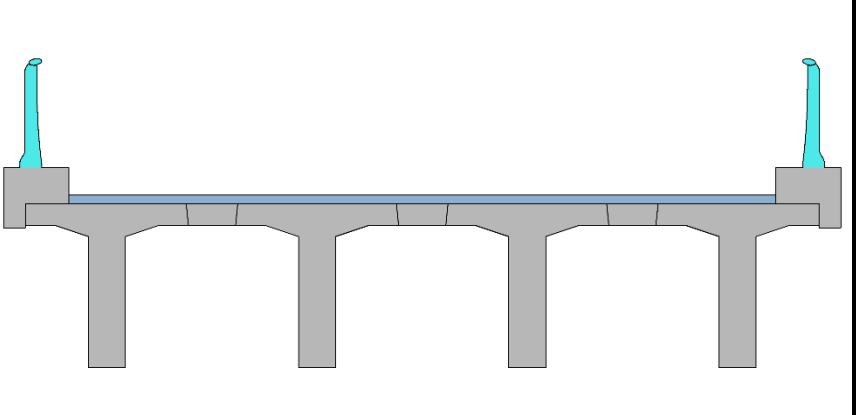
第1案 PC プレキャスト プレテンション連結 (単純) T 桁

第2案 PC プレキャスト プレテンション連結 (単純) スラブ桁

第3案 PC プレキャスト ポストテンション連結 (単純) T 桁

検討の結果は表 7-7-12 に示すとおりであり経済性, 技術移転, 施工性, 維持管理, 経済性全ての面で優れる第2案 PC プレキャスト プレテンション連結 (単純) スラブ桁を採用する。

表 7-7-12. 支間長 25m 前後橋梁の橋梁形式の比較検討

	第1案 PCプレキャスト プレテンション連結（単純）T桁	第2案 PCプレキャスト プレテンション連結（単純）スラブ桁	第3案 PCプレキャスト ポストテンション連結（単純）T桁
概要図			
構造的性	<ul style="list-style-type: none"> ●多くの部分が簡易工場での単純繰り返し作業で製造されるため、高品質な桁の製作が可能。 ●架橋位置での施工部分、特に床版間詰コンクリート部は構造的欠陥となり易い。 <p style="text-align: right;">(○)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ●多くの部分が簡易工場での単純繰り返し作業で製造されるため、高品質な桁の製作が可能。 ●架橋位置での施工部分がほとんど無く、構造的欠陥が発生し難い。 <p style="text-align: right;">(◎)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ●現場付近での桁製作となるため、桁の品質確保は第1案および第2案と比較して難しい。 ●架橋位置での施工部分、特に床版間詰コンクリート部やPC鋼材緊張後のシース管内へのグラウト充填は構造的欠陥となり易い。 <p style="text-align: right;">(△)</p>
技術移転	<ul style="list-style-type: none"> ●JIS相当品として設計・施工する計画ではあるが、古くからある技術・構造であり、技術移転の可能性は低い。 <p style="text-align: right;">(○)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ●JIS相当品として設計・施工するのと同時に、架橋位置での作業を極限まで省略した独特の構造は、小規模橋梁の有力な構造形式として技術移転の可能性が高い。 <p style="text-align: right;">(◎)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ●古くからある技術・構造であり、技術移転の可能性は低い。 <p style="text-align: right;">(△)</p>
施工性	<ul style="list-style-type: none"> ●プレキャスト桁を1箇所の簡易工場で作製し、各所に搬送・架設することができるため、効率的な施工が可能となる。 ●架橋位置において横桁や床版間詰コンクリート等、桁下からの作業が必要であり、全面足場等を用いた高所作業が多く施工性や安全性の面で第2案と比較して劣る。 <p style="text-align: right;">(○)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ●プレキャスト桁を1箇所の簡易工場で作製し、各所に搬送、架設することができるため、効率的な施工が可能。 ●架橋位置において桁下からの作業が無く、桁架設時にセットする橋側足場のみですべての作業が実施でき、高所作業が少なく施工性や安全性の面で最も優れる。 <p style="text-align: right;">(◎)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ●プレキャスト桁を現場付近で作製・架設するため、各架橋位置付近に製作ヤードが必要となり、他案と比較して仮設設備が大掛かりとなる。 ●架橋位置において横桁や床版間詰コンクリート等、桁下からの作業が必要であり、全面足場等を用いた高所作業が多く施工性や安全性の面で第2案と比較して劣る。 <p style="text-align: right;">(△)</p>
維持管理性	<ul style="list-style-type: none"> ●各案ともコンクリート桁であり、他案との差は少ない。 <p style="text-align: right;">(○)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ●各案ともコンクリート桁であり、他案との差は少ない。 <p style="text-align: right;">(○)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ●各案ともコンクリート桁であり、他案との差は少ない。 <p style="text-align: right;">(○)</p>
経済性	1.0 <p style="text-align: right;">(○)</p>	1.0 <p style="text-align: right;">(○)</p>	1.3 <p style="text-align: right;">(△)</p>
評価		採用	

7-7-3 下部工躯体型式選定のレビュー

1) 下部工躯体型式の選定方針

(1) 主塔躯体型式

主塔躯体型式については、大きく分けて鋼製主塔と RC 主塔があるが、経済性に優れ、近年建設される多くの斜張橋が採用している RC 主塔を採用する。

(2) 橋脚躯体型式

一般的な RC 構造の橋脚躯体型式は、表 7-7-14 に示すように必要となる構造高さにより適応できる型式が概ね定められているため、同表を参考に構造形式の検討を行う。また、橋脚高さについては、地形や道路線形、建築限界等の影響により各橋梁で必要となる高さが異なるが、大きく分けて表 7-7-13 に示す 3 種類に分類し、それぞれ検討を行う。

橋脚分類 3 の左岸側アプローチ橋梁および T1506 橋については、前者は水上施工によるコスト増加の回避、後者は施工手順の関係で PC ウェル（単列パイルベント方式）の橋脚躯体構造を比較対象に挙げているため、表 7-7-14 とは別に検討を行う。

表 7-7-13. 橋梁の橋脚分類（ルート2）

橋脚分類	対象橋梁
橋脚分類 1（RC 橋脚高さ 6m 程度）	ランプ橋橋脚，P06 橋橋脚
橋脚分類 2（RC 橋脚高さ 20m 程度）	左岸側主橋梁端部橋脚
橋脚分類 3（PC ウェルを用いた橋脚躯体）	左岸側アプローチ橋橋脚，T1506 橋橋脚

表 7-7-14. 一般的な RC 橋脚型式と高さの関係

種類	構造形式	適用高さ (m)		適用条件
		10	20	
橋脚	1. 柱式橋脚	[適用高さ範囲: 約 6m - 10m]		低い橋脚、交差条件の厳しい場合に適する。
	2. ラーメン橋脚	[適用高さ範囲: 約 10m - 20m]		比較的高い橋脚で広幅員の橋梁に適する。
	3. パイルベント橋脚	[適用高さ範囲: 約 10m - 20m]		最も経済的な形式であるが、水平力の大きい橋梁には適さない。
	4. 小判型橋脚 (矩形橋脚)	[適用高さ範囲: 約 20m - 30m]		高橋脚、外力の大きい橋梁に適する形式である。

ランプ橋, P06 橋

左岸側主橋梁端部

出典：中部地方整備局設計便覧 H12.4

a) 橋脚分類 1：ランプ橋橋脚，P06 橋橋脚

ランプ橋橋脚，P06 橋橋脚については，橋脚高さが 6m 程度と低く，表 7-7-14 を参考にすると，1. 柱式橋脚と 4. 矩形橋脚が選定される。しかしながら，橋梁幅員が 25.5m と広く 1. 柱式橋脚は梁の建設が不可能であるため，4. 小判型橋脚（矩形橋脚）を選定する。なお，対象橋脚の位置は河川外であり小判形橋脚を採用する必要がないため，施工の容易な矩形橋脚とする。

b) 橋脚分類 2：左岸側主橋梁端部橋脚躯体型式の検討

左岸側主橋梁端部，T1506 橋橋脚については，橋脚高さが 20m にも達するため，水上部での施工ではあるものの，左岸側アプローチ橋梁の橋脚で採用された PC ウェルによる単列パイルベント橋脚構造が採用できない。したがって，一般的な RC 構造の橋脚躯体より適切な構造を選定する。

橋脚高さが 20m となるため，表 7-7-14 より 4.小判形橋脚を選定する。

c) 橋脚分類 3：左岸側アプローチ橋，T1506 橋橋脚躯体型式の検討





左岸側アプローチ橋橋脚については，水上施工であるとともに極めて軟弱な地盤上での施工となるため，締め切り工を省略することがコスト縮減上重要となる。締め切り工を省略するためのパイルベント構造には，大きく分けて多列と単列の 2 種類があり，橋脚躯体構造もこの型式の違いにより異なってくる。このため，左岸側アプローチ橋の橋脚躯体構造の選定は，基礎構造と合わせ次項において検討する。

T1506 橋橋脚については，T1506 道路を供用した状態で，本線道路建設のための切土を約 15m の深さまで行う必要がある。このため，通常の橋脚躯体構造では，大規模な掘削施工を行った上で，躯体を建設する必要があり，経済性，施工性，切り回し道路の配置等に大きな課題を残すことになる。一方，PC ウェルを用いた多列パイルベント橋脚構造は，PC ウェル自体が橋脚躯体を兼ねるため，大規模な掘削施工を伴わずに橋脚を建設でき，前記課題の多くを解決できる。したがって，本橋脚躯体構造には，PC ウェル基礎工（単列パイルベント方式）を採用する。

(3) 橋台躯体型式

一般的な RC 構造の橋台躯体型式は，表 7-7-15 に示すように必要となる構造高さにより適応できる型式が概ね定められているため，同表を参考に構造形式の検討を行う。橋台高さについては，5.5m から 12m 程度にばらついているが，この間の最適形式はすべて逆 T 式橋台となっているため，橋台形式は全て逆 T 式橋台とする。

表 7-7-15. 一般的な橋台形式と高さの関係

種類	構造形式	適用高さ (m)		適用条件
		10	20	
橋台	1. 重力式橋台			支持地盤が浅く直接基礎の場合に適する。
	2. 逆T式橋台			適用例の多い形式であり直接基礎及び杭基礎に適する。
	3. 控壁式橋台			橋台が高い場合に適する。 使用材料は少ないが工期が長い。
	4. 箱式橋台			高橋台用に開発された形式である。 工期が若干長い。

出典：中部地方整備局設計便覧 H12.4

7-7-4 基礎工形式選定のレビュー

1) 基礎工形式の選定方針

基礎工形式は施工条件や地盤条件，上部構造の構造規模をもとに選定される。また，構造の統一による技術者や施工機材の統一，経済性や品質向上のメリットを考えると，むやみに型式を増やすことは得策ではないため，本調査では以下の3種類に分類し，それぞれ検討を行う。

表 7-7-16. 橋梁の基礎工分類（ルート2）

基礎工分類	対象基礎工
基礎工分類 1（主橋梁からの大規模な上部工反力を受ける基礎工）	主橋梁主塔，主橋梁端部橋脚
基礎工分類 2（軟弱地盤上での水上施工や，特殊な施工条件を持つ基礎工）	左岸側アプローチ橋梁橋脚，T1506 橋橋脚
基礎工分類 3（特殊な施工条件を持たない陸上施工の基礎工）	本線橋の橋台，P06 橋橋台・橋脚，ランプ橋の橋台・橋脚，左岸側アプローチ橋の橋台

2) 基礎工分類 1：主橋梁基礎工の形式の検討

主橋梁基礎工については，上部工反力の規模が大きいことや，地盤条件が各基礎工で大きく異なることから，各基礎工それぞれ追加実施されたボーリング調査結果や上部工の反力規模の変化等をもとに再検討を行う。

(1) 左岸側主塔基礎工

左岸側主塔基礎工は，水深約 4m の河川内での施工であるとともに表層から中間層にかけて軟弱な地盤が続く，水面下約 35m 付近に軟岩層からなる支持層となる地盤条件である。

2011F/S では、ほぼ同様の施工条件において、場所打ち杭基礎工（多列パイルベント方式）、オープンケーソン基礎工（立ち上がり方式）、鋼管矢板基礎工（立ち上がり方式）の比較検討が行われており、鋼管矢板基礎工（立ち上がり方式）が選定されている。

2011F/S で不採用となっているように、オープンケーソン基礎工（立ち上がり方式）は経済性に劣るため、本調査では比較案として検討しない。鋼管矢板基礎工（立ち上がり方式）は締め切り工が不要な構造であり、有力な案であるため、本調査でも比較案として検討する。ただし、同方式は井筒外周部の鋼管矢板が直接水に接してしまうため、この防錆対策が課題となる。場所打ち杭基礎工（多列パイルベント方式）は 2011F/S で不採用となっているものの、締め切り工が不要な構造であることに加え基本的にコンクリート構造であることから防錆面での課題が少ないため、本調査では比較案として再検討する。また、これら 2 案にはフーチング重量による基礎工への反力負担が大きいという課題があるため、フーチングを水中に設置することにより反力負担の減少が可能となる鋼管矢板基礎工（仮締め切り兼用方式）を新たな案として検討に加える。同方式は、鋼管矢板を締め切り工として利用することができるため、本基礎工のような軟弱地盤においても掘削施工が可能である。

上記より、以下の 3 案について比較検討を行う。

第 1 案 鋼管矢板基礎工（立ち上がり方式）

第 2 案 場所打ち杭基礎工（多列パイルベント方式）

第 3 案 鋼管矢板基礎工（仮締め切り兼用方式）

比較検討の結果は、表 7-7-17 に示すとおりであり、経済性においては各案の大きな差はないため、構造的、河川への影響、景観性において優れる第 3 案 鋼管矢板基礎工（仮締め切り兼用方式）を採用する。

(2) 右岸側主塔基礎工

右岸側主塔基礎工は陸上部に設置される。地層状態としては、表層から 10m 程度軟弱層が続き、この後軟岩層からなる支持層が出現する。

基礎工としては支持層が比較的浅い位置に得られることより、第 1 案 直接基礎工が有力であるが、地滑り地帯に位置することから基礎工施工時の大規模な掘削施工が地滑りを誘発してしまう可能性がある。このため、大規模掘削を伴わないようにフーチングを地上に突出させ、フーチング下に場所打ち杭を施工して支持力を確保する案である第 2 案 場所打ち杭（フーチング突出タイプ）との比較検討を行うこととした。なお、2011F/S で選定された鋼管矢板基礎工（立ち上がり方式）は、陸上施工の場合、直接基礎工や場所打ち杭より経済性や施工性の面で不利であり、適切な型式ではないため不採用とする。

上記より、以下の 2 案について比較検討を行う。

第 1 案 直接基礎工

第 2 案 場所打ち杭基礎工（フーチング突出タイプ）

比較検討の結果は表 7-7-18 に示すとおりであり、第 2 案 場所打ち杭基礎工（フーチング突出タイプ）を採用する。

(3) 左岸側端部橋脚基礎工

左岸側端部橋脚基礎工については、橋脚高さが 20m にも達することや主橋梁側径間からの大きな水平反力を受けることより、近接する左岸側アプローチ橋梁で用いた PC ウェル（単列パイルベント方式）による基礎構造が採用できない。

適用可能な構造形式としては、左岸側主塔部基礎工と同様な地盤、地形条件であるため、鋼管矢板基礎工（立ち上がり方式）、場所打ち杭基礎工（多列パイルベント方式）、鋼管矢板基礎工（仮締め切り兼用方式）が有力となるが、機材の転用によるメリットも考慮して、左岸側主塔部基礎工と同じ、鋼管矢板基礎工（仮締め切り兼用方式）を採用する。

表 7-7-17. 左岸側主塔基礎工の比較検討

	第1案 鋼管矢板基礎工（立ち上がり方式）	第2案 場所打ち杭基礎工（多列パイルベント方式）	第3案 鋼管矢板基礎工（仮締め切り兼用方式）
概要図			
構造的性	<ul style="list-style-type: none"> ● 地上部に突き出た外周部の鋼管は直接水に触れるため、この部分の防錆対策が重要となるが、この対策は極めて難しく耐久性に不安を残すこととなる。 <p style="text-align: right;">(△)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● 地上部に突き出した杭はコンクリート製であり、防錆対策の問題は無い。 ● 地震時等の水平力に対して弱い構造ではあるが、地震の少ない地域であり大きな問題は無い。 <p style="text-align: right;">(◎)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● 鋼管はすべて地中部となるため、防錆上の問題は無い。 <p style="text-align: right;">(◎)</p>
河川への影響	<ul style="list-style-type: none"> ● 河積の阻害が大きく洗掘等河川への影響が懸念される。 <p style="text-align: right;">(△)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● 河積の阻害が大きく洗掘等河川への影響が懸念される。 <p style="text-align: right;">(△)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● 河積の阻害が少なく河川への影響は少ない。 <p style="text-align: right;">(◎)</p>
施工性	<ul style="list-style-type: none"> ● 河川内掘削が無いことから施工性は良好であるが、外周部の鋼管の防錆対策のために締め切り工や、水上部でのフーチングコンクリート打設のための支保工設備設置作業が煩雑であり、総合的に他案との優劣は無い。 <p style="text-align: right;">(○)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● 河川内掘削が無い事から施工性は良好であるが、水上での大口径場所打ち杭の打設作業や、水上部でのフーチングコンクリート打設のための支保工設備設置作業が煩雑であり、総合的に他案との優劣は無い。 <p style="text-align: right;">(○)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● 河川内掘削が必要となるが実績も多く、施工要領等も確立された施工であり、総合的に他案との優劣は無い。 <p style="text-align: right;">(○)</p>
景観性	<ul style="list-style-type: none"> ● 水上に巨大なフーチングが突き出るため、景観性に劣る。 <p style="text-align: right;">(△)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● 水上に巨大なフーチングが突き出るため、景観性に劣る。 <p style="text-align: right;">(△)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● 水上に露出する部分は橋脚躯体部分のみであるため、景観性は良好である。 <p style="text-align: right;">(◎)</p>
経済性	1.05	1.00	1.01
評価	(○)	(◎)	(◎)
評価	採用		

表 7-7-18. 右岸側主塔基礎工の比較検討

	第1案 直接基礎工	第2案 場所打ち杭基礎工（フーチング突出タイプ）
概要図		
構造的性	<ul style="list-style-type: none"> ● 古くから用いられている型式であり，構造上の問題は無い。 <p style="text-align: right;">(◎)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● 地震時等の水平力に対して弱い構造ではあるが，地震の少ない地域であり大きな問題は無い。 <p style="text-align: right;">(◎)</p>
地滑りへの影響	<ul style="list-style-type: none"> ● 地滑り土塊の下端部を大規模掘削するため，土塊の移動を誘発させてしまう可能性が高い。 <p style="text-align: right;">(△)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● 地滑り土塊の下端部の掘削を極力減少させた構造であり，第1案より優れている。 <p style="text-align: right;">(◎)</p>
施工性	<ul style="list-style-type: none"> ● 掘削施工は10m以上の大深度掘削が必要であり，オープン掘削が不可能となることから，第2案より施工性に劣る。 ● 基礎工本体はフーチングのみであり第2案より施工性に優れている。 <p style="text-align: right;">(○)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● 掘削施工は深度が浅く，部分的にオープン掘削が可能である等，第1案より施工性に優れる。 ● 場所打ち杭の施工が必要であるが実績の多い工法であり，施工性を大きく損なうものではない。 <p style="text-align: right;">(○)</p>
景観性	<ul style="list-style-type: none"> ● 地上に露出する部分は橋脚躯体部分のみであるため景観性は良好である。 <p style="text-align: right;">(◎)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● 地上に巨大なフーチングが突き出るため，景観性に劣る。 <p style="text-align: right;">(○)</p>
経済性	<p style="text-align: center;">1.12</p> <p style="text-align: right;">(◎)</p>	<p style="text-align: center;">1.00</p> <p style="text-align: right;">(○)</p>
評価		採用

3) 基礎工分類2：左岸側アプローチ橋梁橋脚，T1506-OV 橋橋脚

(1) 左岸側アプローチ橋梁橋脚躯体・基礎工型式

左岸側アプローチ橋梁橋脚については，水上施工となることから，以下に示すような多列パイルベント方式と単列パイルベント方式の2種類が有力な形式と考えられる。この中で，単列パイルベント方式は，橋脚躯体と基礎工の明確な区分がないため，ここでは橋脚躯体と基礎工の一体で検討を行う。

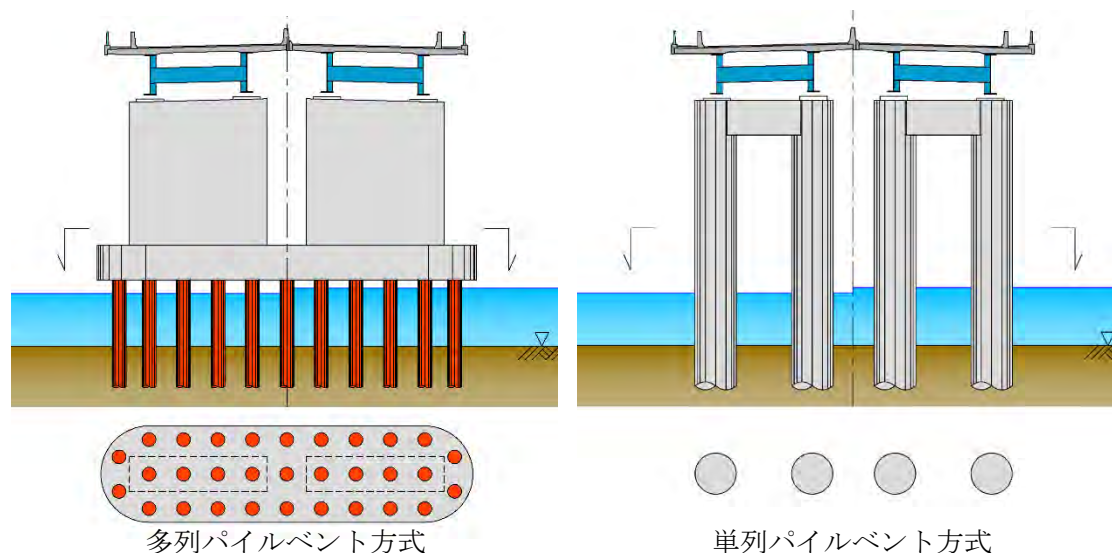


図 7-7-2. パイルベント方式橋脚のバリエーション

2011F/S では，アプローチ橋梁下部工形式として，場所打ち杭基礎工（多列パイルベント方式），鋼管杭基礎工（多列パイルベント方式），鋼管矢板基礎工（立ち上がり方式）が比較検討されており，荷重規模（経済支間長：30～60m の桁橋），施工条件（施工箇所の水深：約 1～3m，寒中施工他），地盤条件（支持層深度：河床から約 35m）から鋼管杭基礎工（多列パイルベント方式）が選定されている。

選定された鋼管杭基礎工（多列パイルベント方式）は，ほとんどの工事が水上施工となり，施工性が良く経済的にも優れているが，鋼管の防錆対策が難しく耐久性に不安があり，日本国内では橋梁下部工として近年採用事例がない。このため，本構造形式を比較検討案とするものの，他の構造形式の採用についても再検討する。

他の方式としては，2011F/S では経済性に劣るため不採用となったものの，防錆上の課題のない場所打ち杭基礎工（多列パイルベント方式）を比較案として再検討する。また，防錆上の課題が無く剛性の高い杭構造である単列パイルベント方式が採用可能であり，河川への影響軽減や景観性に優れる PC ウェル基礎工（単列パイルベント方式）を新たな検討案として加える。

上記より，以下の3案について比較検討を行う。

第1案 鋼管杭基礎工（多列パイルベント方式）

第2案 場所打ち杭基礎工（多列パイルベント方式）

第3案 PC ウェル基礎工（単列パイルベント方式）

比較検討の結果は表 7-7-19 に示すとおりであり構造的，河川への影響，景観性，経済性等ほとんどの面で他案より優れる第3案 PC ウェル基礎工（単列パイルベント方式）を採用する。

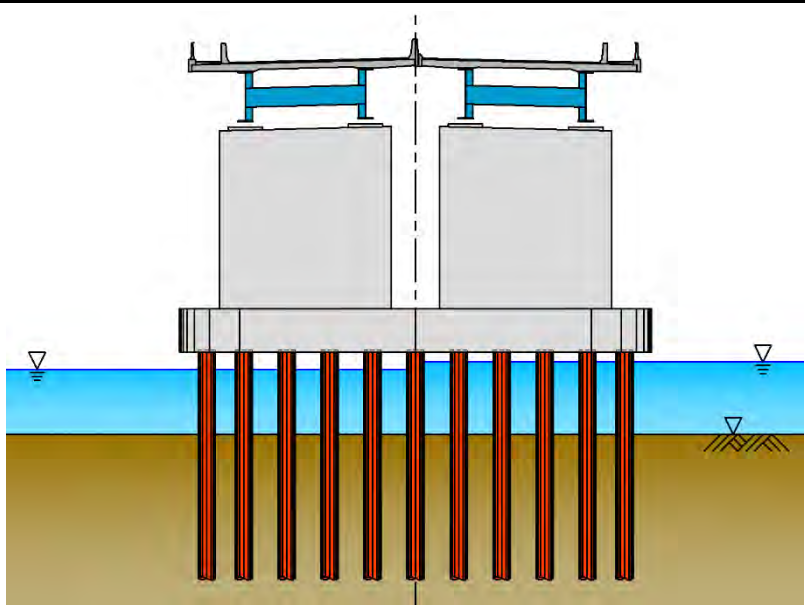
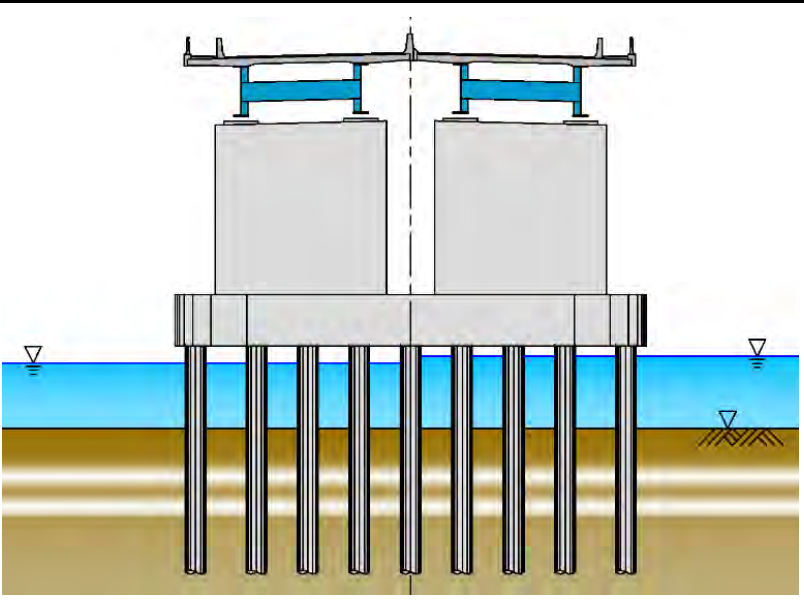
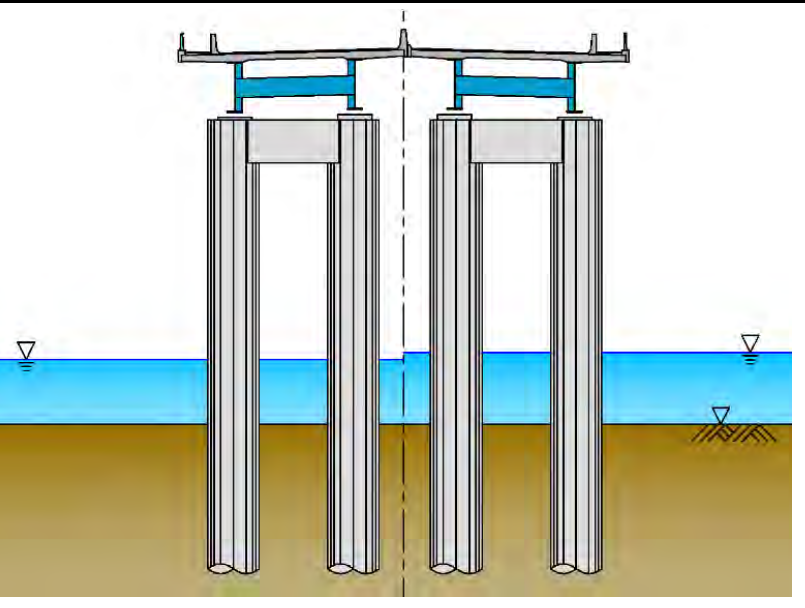
(2) T1506 橋橋脚基礎工

T1506 橋橋脚の躯体構造検討でも述べたように、橋脚は特殊な施工条件下にあり、PC ウェル基礎工（単列パイルベント方式）を採用する。

4) 基礎工分類 3 : 本線橋の橋台, P06 橋橋台・橋脚, ランプ橋の橋台・橋脚, 左岸側アプローチ橋の橋台, 右岸側主橋梁端部橋台基礎工形式の検討

対象となる基礎工は、陸上からの施工が可能であるため一般的な杭基礎工が経済的となる。杭基礎工の型式は大きく分けて、場所打ち杭、鋼管杭、PHC 杭があるが、鋼管杭と PHC 杭は製作工場からの輸送が必要であり、海外工事では特殊な条件でない限り経済的に不利となり、採用事例もほとんど無い。このため、本基礎工として場所打ち杭を採用する。

表 7-7-19. アプローチ橋梁基礎工の比較検討

	第1案 鋼管杭基礎工 (多列パイルベント方式)	第2案 場所打ち杭基礎工 (多列パイルベント方式)	第3案 PC ウェル基礎工 (単列パイルベント方式)
概要図			
構造的性	<ul style="list-style-type: none"> ●水面上まで突出した鋼管の水面付近は水分供給と酸素供給が高く、激しい腐食を受ける可能性がある。ライニング鋼管等も開発されているが、外傷からの腐食の進行が懸念されており万全ではなく、基礎工の耐久性に不安を残すこととなる。 <p style="text-align: right;">(△)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ●水面上まで突出した場所打ち杭は、コンクリート製であるとともにコンクリート打設用に使われる仮設鋼管が外周部に残存するため防錆対策上の問題は無い。 <p style="text-align: right;">(◎)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ●近隣の製作ヤードで製作された品質の高いコンクリート製の杭であり、防錆対策上の問題は無い <p style="text-align: right;">(◎)</p>
河川への影響	<ul style="list-style-type: none"> ●河積の阻害が大きく洗掘等河川への影響が懸念される。 <p style="text-align: right;">(△)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ●河積の阻害が大きく洗掘等河川への影響が懸念される。 <p style="text-align: right;">(△)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ●河積の阻害が少なく、河川への影響は少ない。 <p style="text-align: right;">(◎)</p>
施工性	<ul style="list-style-type: none"> ●鋼管杭の打設作業は、フライングハンマー等を用いて効率的に実施可能であり、施工性は良好である。 ●水上部でのフーチングコンクリート打設は、コンクリート重量が大きいことから、支保工設備設置作業が煩雑となり、施工性は劣る。 <p style="text-align: right;">(○)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ●場所打ち杭打設作業は、杭上部の全面覆工が必要であり、仮設備が大掛かりとなり施工性に劣る。 ●水上部でのフーチングコンクリート打設は、コンクリート重量が大きいことから、支保工設備設置作業が煩雑となり施工性は劣る。 <p style="text-align: right;">(△)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ●PC ウェルの沈設作業は、比較的多種類の工種が組み合わさっており、段取り替えが多く機械掘削を基本とする他案よりも施工性は劣る。 ●フーチングや橋脚躯体が省略された構造であり、PC ウェルを積み上げることにより橋脚躯体に匹敵する構造を完成させることができるため、この部分における施工性は良好である。 <p style="text-align: right;">(○)</p>
景観性	<ul style="list-style-type: none"> ●水上に巨大なフーチングが突き出るため、景観性に劣る。 <p style="text-align: right;">(△)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ●水上に巨大なフーチングが突き出るため、景観性に劣る。 <p style="text-align: right;">(△)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ●水上に露出する部分がスリムであり、景観性は良好である。 <p style="text-align: right;">(◎)</p>
経済性	1.12	1.12	1.00
評価	(○)	(△)	(◎)
			採用

7-8 ルート 3 橋梁基本計画

これまでに設定した各種条件をもとに、南ブグ川渡河部橋梁の配置計画を行う。配置要領は以下の通りである。

(1)左岸側橋台は、現在の川幅を縮小させないよう右岸側河川流下断面の端部に配置する。

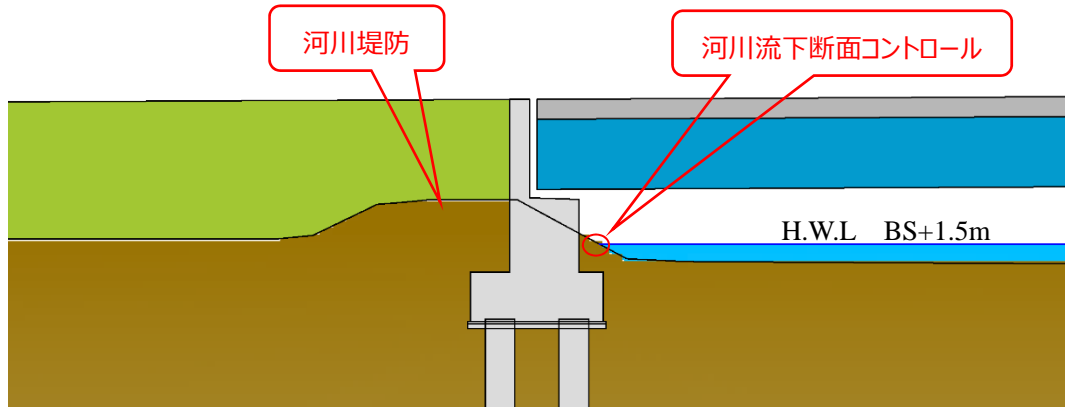


図 7-8-1. 左岸側橋台の配置

(2)主橋梁（斜張橋）は 7-3-5 で設定した航路中心と中央径間中央の位置を合わせるとともに、7-3-4 で設定した航路幅が確保できる中央径間長（420m）の斜張橋として設定する。斜張橋の側径間長については、張り出し架設を行うことから一般に中央径間長の 1/2 程度に設定されており 210m とする。

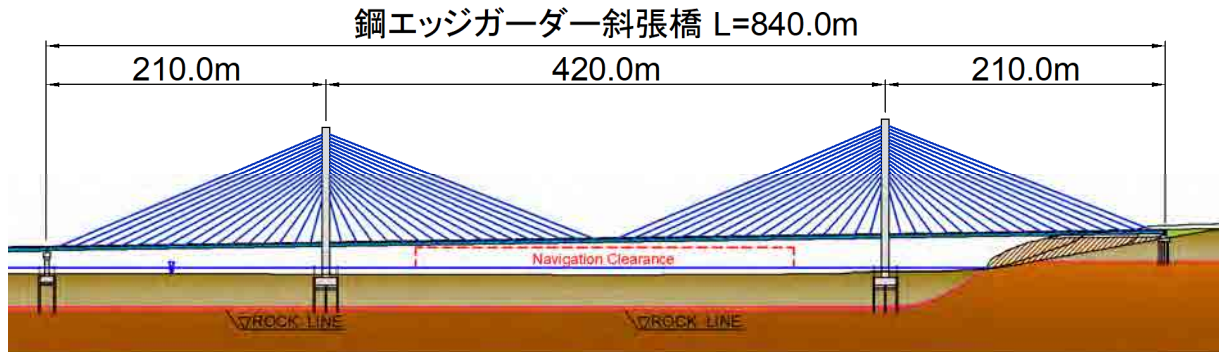


図 7-8-2. 主橋梁の配置

(3)左岸側橋台と主橋梁（斜張橋）の左岸側端部までの間（左岸側アプローチ橋）は、経済性、走行性への配慮からできる限り連続桁構造とする。経済性に優れる高面圧固定支承を用いた場合の連続する桁長の限界である 400m 程度を基本に、この間を 3 連の連続桁構造にする。橋脚高さが高くなるとともに連続できる桁長が長くなるため、低い方から 275m, 335m, 335m, 395m の連続桁長となるように配置する。各連続桁の支間配置については、7-9-23) (3)で設定した最適支間長の 60m を基本とする。連続桁の端部の支間長については、断面力の集中による経済性の悪化を回避するために、中間部支間長と端部支間長の最も合理的な比率とされる 1.25:1.00 より、端部支間長を 47.5m とし経済性向上を図る。

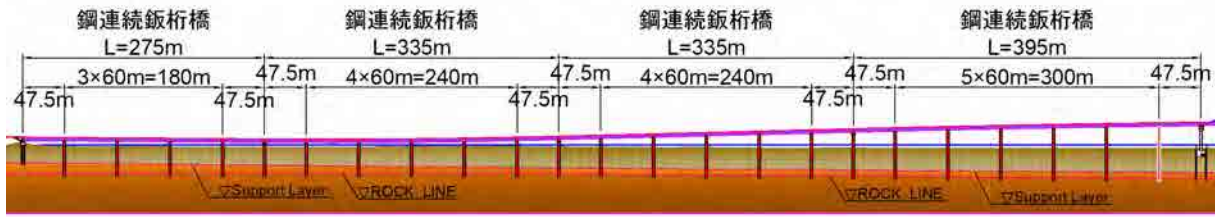


図 7-8-3. 左岸側アプローチ橋の配置

(4)右岸側橋台は、斜張橋の右岸側端部が想定される地すべりラインの外側となるため、この位置に橋台を配置する。

7-9 ルート 3 橋梁形式の検討

7-9-1 対象橋梁一覧

本検討の対象橋梁は大きく分けて南ブグ川を渡河する橋梁と、インターチェンジ部等道路付属物としての短支間橋梁に分類することができる。各橋梁の構造諸元は以下に示すとおりである。

表 7-9-1. 南ブグ川を渡河する橋梁の構造諸元

	上部工		下部工		
	橋 長	支間長		橋脚, 主塔高さ	橋台高さ
左岸側 アプローチ	1340m=275m +335m+335m+395m	(47.5+3@60+47.5) +(47.5+4@60+47.5) +(47.5+4@60+47.5) +(47.5+5@60+47.5)	橋台	—	9m
			橋脚	3~18m	—
主橋梁	840m	210m+420m+210m	端橋脚	20m	—
			主塔	116.0m	—
			主塔	117.5m	—
			橋台	—	10m

表 7-9-2. インターチェンジ部等短支間橋梁の構造諸元

	本線の測点	幅 員	橋 長	支間長	橋脚高さ	橋台高さ
本線橋	32+0	W=26.3m	25m	24m	—	12m
本線橋	50+0	W=26.3m	25m	24m	—	12m
本線橋	61+0	W=26.3m	25m	24m	—	12m
本線橋	88+80	W=26.3m	25m	24m	—	12m
本線橋	132+10	W=26.3m	25m	24m	—	12m
本線橋	143+90	W=26.3m	50m	24m	6m	12m
T1506 橋	118+60	W=15.8m	130m	56m	15m	5m
P06 橋	12+0	W=30.3m	56m	27m	6m	12m

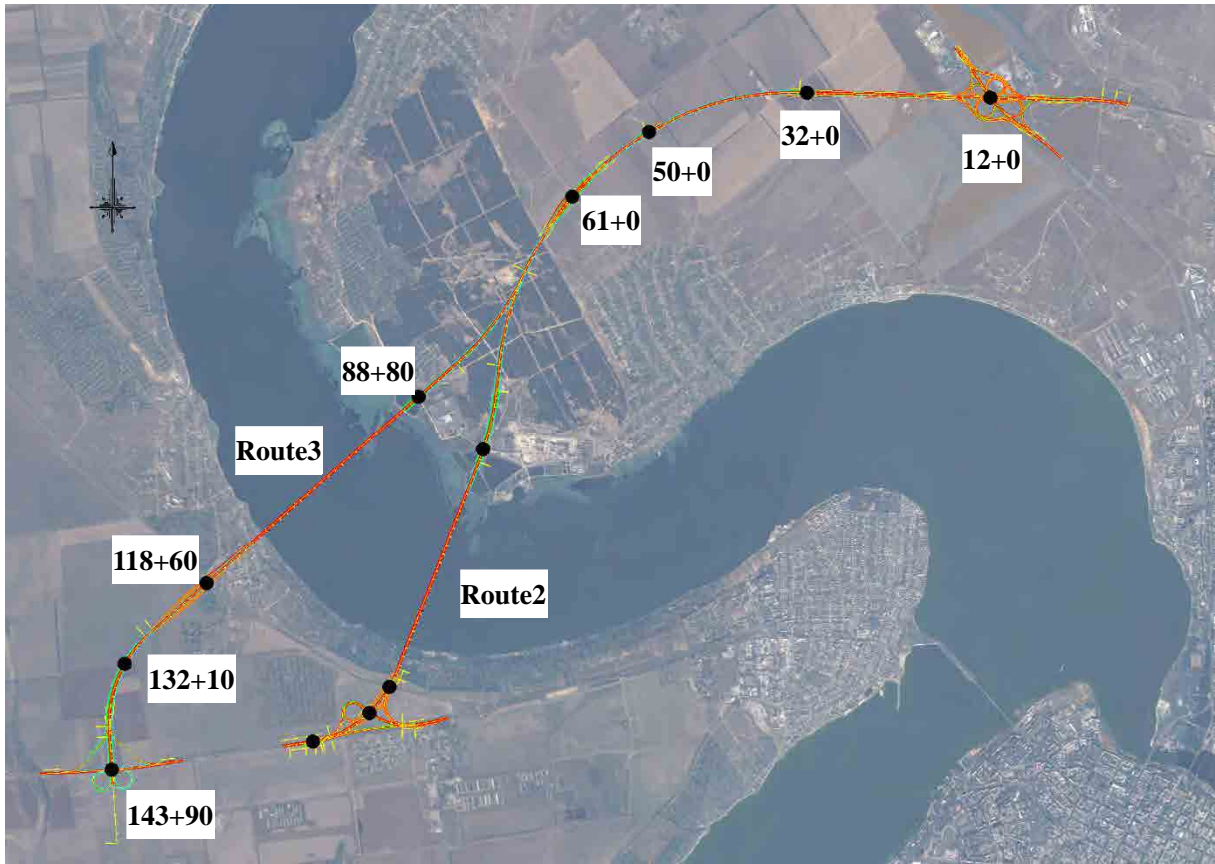


図 7-9-1. 本線の測点 (ルート 3)

7-9-2 上部工形式選定のレビュー

1) 上部工形式の選定方針

上部工形式は表 7-9-4 及び表 7-9-5 に示すように、必要となる支間長により適応できる型式が概ね定められており、これらの表を参考に構造形式の検討を行う。また、各橋梁で必要となる支間長については、地形的条件や経済性より概ね表 7-9-1 及び表 7-9-2 となっており、大きく分けて以下の 3 種類に分類し、それぞれ検討を行う。

表 7-9-3. 橋梁の支間分類 (ルート3)

支間分類	対象橋梁
支間分類 1 (210m+420m+210m)	主橋梁
支間分類 2 (平均支間 60m 程度)	左岸側アプローチ橋梁, T1506 橋
支間分類 3 (平均支間 25m 程度)	本線橋, P06 橋

表 7-9-4. 標準適用支間（鋼橋）



橋梁形式		支間長 (m)																	実績最大支間												
		10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200	250	500	1000	日本	世界					
鋼	プレートガーダー系	H 形 鋼 橋	■																												
		非 合 成 鈹 桁 橋		■																											
		単純形式 非 合 成 鈹 桁 橋		■																											
		合 成 鈹 桁 橋			■																									刀水橋 65m	
		非 合 成 箱 桁 橋			■																										
		合 成 箱 桁 橋				■																									
	連続形式	非 合 成 鈹 桁 橋				■																							筏川橋 91m		
		非 合 成 箱 桁 橋					■																							多摩大橋 150m	
			鋼 床 版 桁 橋					■																					海田、なみはや大橋 250m	Coste e Silva Br. 300m	
			ラ ー メ ン 橋						■																				1241工区 230m	Grand Canal Maritime Br. 275m(フランス)	
トラス系		単 純 ト ラ ス 橋							■																			澗川橋 164m	Cester Br. 227m(アメリカ)		
		連続(ケルバー)トラス橋								■																		港大橋 510m	Quebec Br 549m(カナダ)		
補剛アーチ系	上路	ラン ガ ー 桁 橋								■																					
		ロ ー ゼ 桁 橋										■																			
	中路	ロ ー ゼ 桁 橋											■																		
		ラン ガ ー 桁 橋												■																	
	下路	トラスランガ-桁橋													■																
		ロ ー ゼ 桁 橋														■															
		ニールセン系ローゼ橋																											新木津川大橋 305m	Lupu Br.(中国) 550m	
アーチ系	上・中・下路	ソリット・リフアーチ橋																													
		フレースト・リフアーチ橋																											広島空港大橋 380m	New River Gorge Br. 518m(アメリカ)	
	タイトアーチ橋																														
		斜 張 橋																										多々良大橋 890m	ルースキー島連絡橋 1104m		
		吊 橋																										明石海峡大橋 1991m	明石海峡大橋 1991m		

注) ■ : 一般によく適用される範囲 □ : 比較的適用される範囲

出典：中部地方整備局設計便覧 H12.4

表 7-9-5. 標準適用支間 (コンクリート橋)

橋梁形式		支間長 (m)																		実績最大支間												
		10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200	250	500	1000	日本	世界						
P	プレテンション 単純橋	T 桁																														
		スラブ桁																														
	プレキャスト 連結桁橋	T 桁																														
		スラブ桁																														
	ポストテンション 単純橋	T 桁																														
		合成 I 桁																														
		鋼製 I 桁 (合成床)																														
	C	支保工架設 単純橋 連結橋	T 桁																													
			中空床版																													
			T(版)桁																													
橋	架張出	連結(有ヒンジ)ラメン橋	箱桁																										新旅足橋 220m 江島大橋 250m (有ヒンジ)			
		アーチ橋																											富士川橋 265m			
	その他	トラス橋																														
		ラーメン橋	中空床版																													
		吊床版橋	T(版)桁 箱桁																													
		斜張橋																												矢部川大橋 261m	バイチャイ橋 435m	
	エクストラ ドーズド橋																												徳之山八徳橋 220m マカガ橋 275m (複合)			
R C	中空床版橋																															

注)  : 一般によく適用される範囲  : 比較的適用される範囲

出典：中部地方整備局設計便覧 H12.4

2) 支間分類 1：主橋梁部上部工

主橋梁上部工については、2011F/Sにおいて鋼吊り橋が選定されている。本調査では、航路限界の見直し等に伴い、再度比較検討を行う。

(1) 第 1 次比較検討

本橋梁の中央支間長は、航路限界の見直し (7-3-4 参照) により、航路幅 280m、余裕幅 70m を確保した結果、420m となる。

一方、実績より判断し、この支間長に適用可能な型式は表 7-9-6 に示す 6 案となる。

表に示す評価および判定により第 4,5,6 案を第 2 次比較検討案に選定した。

表 7-9-6. 主橋梁形式第 1 次選定表（ルート 3）

		評 価	判定
＜鋼桁＞			
第 1 案： 連続（ゲルバー）トラス橋	実績範囲内ではあるが最大級となる。 本橋規模では経済的に不利であり，近年では特殊な条件が無い限り採用されていない。		×
第 2 案： ニールセン橋ローゼ桁橋	支間長 400m 以上の実績はすべて中路型式であり，アーチリブが航路の一部を阻害することになる。		△
第 3 案： ブレースドリブアーチ橋	支間長 400m 以上の実績はすべて中路型式であり，アーチリブが航路の一部を阻害することになる。		△
第 4 案：斜張橋	実績範囲内であり適用可		○
第 5 案：吊り橋	実績範囲内であり適用可		○
＜PC 桁＞			
第 6 案：斜張橋	実績範囲内ではあるが世界最大級となる。		○

(2) 第 2 次比較検討

第 1 次比較検討で選定された各案については，近年の実績等からそれぞれの構造としての最適化を行い，以下を第 2 次比較検討時の前提条件とする。

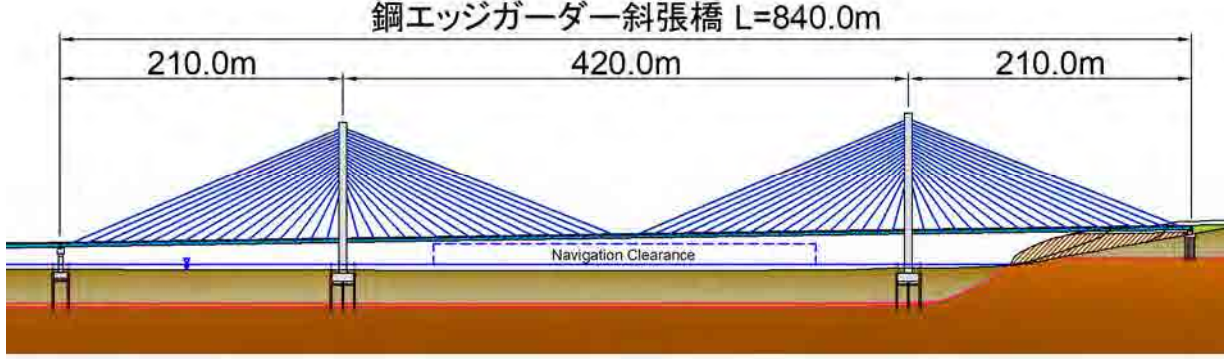
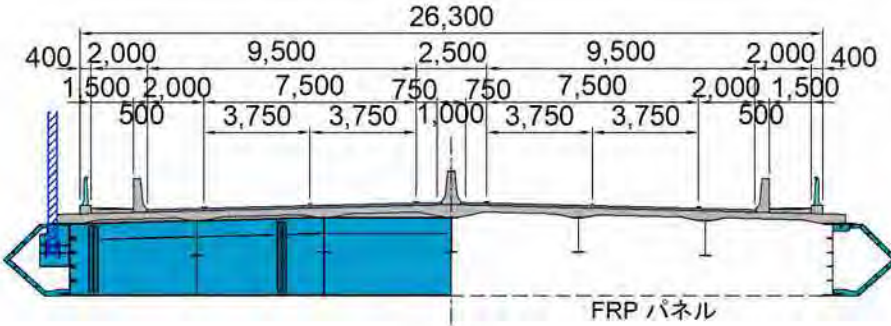
表 7-9-7. 第 2 次比較検討時の前提条件（ルート 3）

項目		第 4 案 鋼斜張橋	第 5 案 鋼吊り橋	第 6 案 PC 斜張橋
主桁（補剛桁）構造	型式	エッジガーダー型式	フルボックス構造	内外ストラット付き波形ウェブ箱桁構造
	備考	経済性に優れる	来島大橋等で採用実績が多い	死荷重軽減によりコスト削減が可能
床版構造	型式	プレキャスト PC 床版構造	鋼床版構造	PC 床版構造
	備考	寒冷地であることから耐久性の高いコンクリート構造とする	来島大橋等で採用実績が多い。（本橋規模でコンクリート床版の実績は無い）	N/A
耐風安定性	型式	フェアリングと FRP パネルによる桁下面の遮蔽板	フルボックス構造とフェアリング	剛性の高い箱桁構造とコンクリート
	備考	N/A	N/A	減衰常数の上昇を図る

以上 3 案の比較検討の結果は表 7-9-8，表 7-9-9 に示すとおりであり，構造的，技術移転，施工性，維持管理性，経済性すべての面で優れる，第 4 案 鋼斜張橋（PC 床版合成エッジガーダー型式）を採用する。

表 7-9-8. 主橋梁部 橋梁形式比較表 (1/2) (ルート 3)

第 4 案 鋼斜張橋 (PC 床版合成エッジガーダー型式)

 		
構 造 性	<ul style="list-style-type: none"> 高耐久性コンクリート床版の採用により冬期の路面凍結が第 5 案より緩和され、スリップ事故対策として有効となる。 上部工の耐風安定性については、桁下面への FRP パネルの設置により、過去の風洞実験結果より十分解決できると考えられる。 右岸側は地すべり地帯ではあるが側径間長が長いことから、地すべり範囲内への橋脚、橋台設置は回避できており、基本的に地すべりの影響はない。 	◎
技術移転	<ul style="list-style-type: none"> 近年、第 5 案に代わり適用範囲を増加させている型式であり、また鉄鋼業の盛んな国であることより、技術移転の可能性は高い。 	◎
施 工 性	<ul style="list-style-type: none"> 上部工の鋼桁架設は、トラベラークレーンによる単材張出し架設であり、架設中の航路確保は問題とならない。また、単純繰り返し作業となることから施工管理は容易である。 	◎
維持管理性	<ul style="list-style-type: none"> 桁下面に塗装の不要な FRP パネルを配置しており、鋼材の露出部分が少なく再塗装費用は第 5 案より低廉である。 	◎
経 済 性	メイン橋梁のみ 比率 1.00	◎
評価	採用	

第 5 案 鋼吊り橋 (鋼床版箱桁型式) <2011F/S 推奨案>

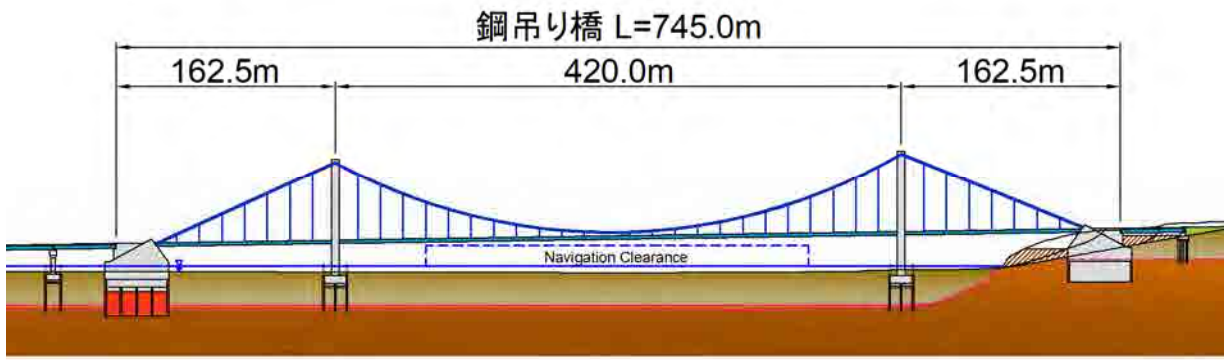
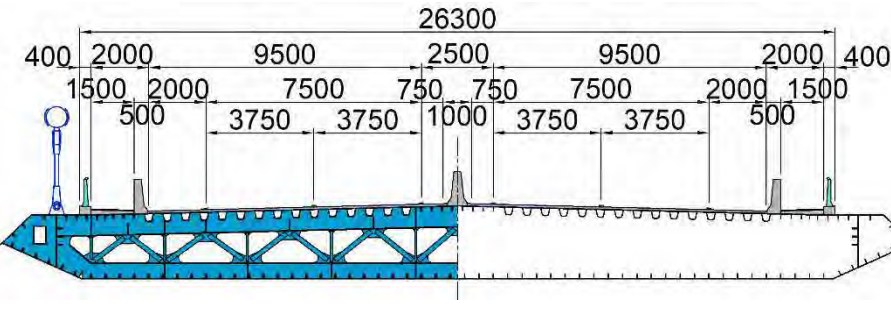
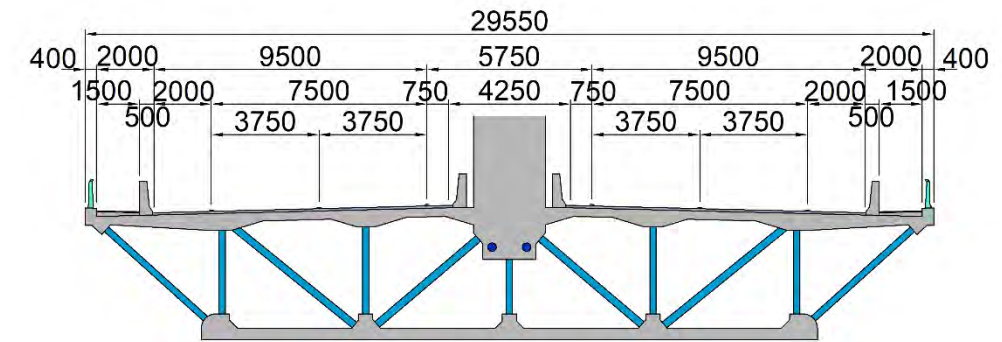
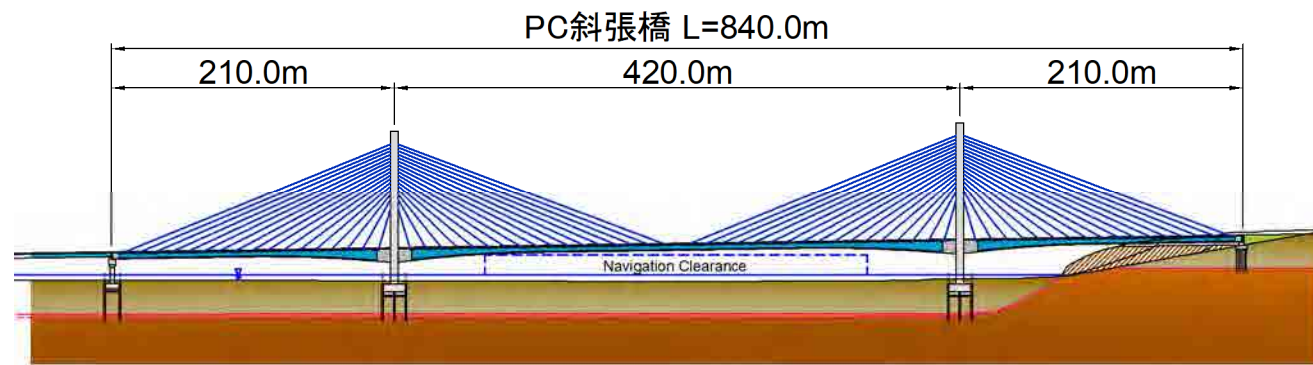
 		
構 造 性	<ul style="list-style-type: none"> 実績から考えて鋼床版構造が基本となるため、冬期の路面凍結によるスリップ事故の発生が懸念される。 上部工の耐風安定性については、来島大橋で実績のある箱桁構造であり問題無い。 右岸側の地すべり地帯の中央付近にアンカレッジを設置する必要があるため、第 4.6 案に比べて地すべりの影響が大きい。 	△
技術移転	<ul style="list-style-type: none"> 非常に大型の橋梁に適用される型式であり、再利用の可能性が少なく、技術移転の可能性は少ない。 	△
施 工 性	<ul style="list-style-type: none"> 上部工の鋼桁架設は、中ブロックの直下吊り架設となり、桁下航路の規制が必要となる。また、ブロック積み出し設備等施工箇所が分散するため施工管理が煩雑となる。 右岸側地すべり地帯におけるアンカレッジの建設は極めて危険である。 	△
維持管理性	<ul style="list-style-type: none"> 鋼桁は、箱桁下面等の外面塗装が多く再塗装費用は他案よりも高価となる。 	△
経 済 性	メイン橋梁のみ 比率 1.45	△
評価		

表 7-9-9. 主橋梁部 橋梁形式比較表 (2/2) (ルート 3)

第 6 案 PC 斜張橋 (ストラット付き波形ウェブ箱桁型式)



構 造 性	<ul style="list-style-type: none"> ・コンクリート床版の採用により冬期の路面凍結が第 5 案より緩和され、スリップ事故対策として有効となる。 ・上部工の耐風安定性は、コンクリート橋であり問題無い。 ・右岸側は地すべり地帯ではあるが側径間長が長いことから、地すべり範囲内への橋脚、橋台設置は回避できており、基本的に地すべりの影響はない。 	◎
技術移転	<ul style="list-style-type: none"> ・近年適用範囲を増加させている型式であるが、PC 橋梁の技術の成熟度の低い国であり、第 4 案と比べ技術移転の可能性は低い。 	○
施 工 性	<ul style="list-style-type: none"> ・上部工工事の技術的難易度が高い。 ・年間 7 ヶ月までが、最低気温 0 度を下回る寒冷な気候であり、全面カバーによる寒中コンクリート対策が必要となる期間が長く、施工は現実的でない。 	△
維持管理性	<ul style="list-style-type: none"> ・鋼材の露出部分が少なく、再塗装費用は、第 5 案より低廉である。 	◎
経 済 性	メイン橋梁のみ 比率 1.07	○
評価		

3) 支間分類 2：左岸側アプローチ橋梁及び T1506 橋上部工

(1) 上部工基本構造の検討

ルート 2 とほぼ同条件であるため、ルート 2 と同じく鋼少数鈹桁形式を基本構造とする。

(2) 床版構造の比較検討

ルート 2 とほぼ同条件であるため、ルート 2 と同じくプレキャスト PC 床版を選定する。

(3) 最適支間長の検討

ルート 2 とほぼ同条件であるため、ルート 2 と同じく最適支間長は 60m とする。

4) 支間分類 3：本線橋，P06 橋

ルート 2 とほぼ同条件であるため、ルート 2 と同じく PC プレキャスト プレテンション連結（単純）スラブ桁を採用する。

7-9-3 下部工躯体型式選定のレビュー

1) 下部工躯体型式の選定方針

(1) 主塔躯体型式

ルート 2 と同様の理由により RC 主塔を採用する。

(2) 橋脚躯体型式




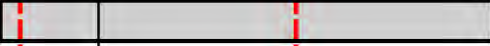
一般的な RC 構造の橋脚躯体型式は、表 7-9-11 に示すように必要となる構造高さにより適応できる型式が概ね定められているため、同表を参考に構造形式の検討を行う。また、橋脚高さについては、地形や道路線形、建築限界等の影響により各橋梁で必要となる高さが異なるが、大きく分けて表 7-9-10 の 3 種類に分類し、それぞれ検討を行う。

橋脚分類 3 の左岸側アプローチ橋梁および T1506 橋については、前者は水上施工によるコスト増加の回避、後者は施工手順の関係で PC ウェル（単列パイルベント方式）の橋脚躯体構造を比較対象に挙げているため、表 7-9-11 とは別に検討を行う。

表 7-9-10. 橋梁の橋脚分類（ルート3）

橋脚分類	対象橋梁
橋脚分類 1（RC 橋脚高さ 6m 程度）	P06 橋，143+90m 地点本線橋
橋脚分類 2（RC 橋脚高さ 20m 程度）	左岸側主橋梁端部橋脚
橋脚分類 3（PC ウェルを用いた橋脚躯体）	左岸側アプローチ橋脚，T1506 橋脚

表 7-9-11. 一般的な RC 橋脚型式と高さの関係 (ルート 3)

種類	構造形式	適用高さ (m)		適用条件
		10	20	
橋脚	1. 柱式橋脚			低い橋脚、交差条件の厳しい場合に適する。
	2. ラーメン橋脚			比較的高い橋脚で広幅員の橋梁に適する。
	3. パイルベント橋脚			最も経済的な形式であるが、水平力の大きい橋梁には適さない。
	4. 小判型橋脚 (矩形橋脚)			高橋脚、外力の大きい橋梁に適する形式である。

ランプ橋, P06 橋,

左岸側主橋梁端部

出典：中部地方整備局設計便覧 H12.4

a) 橋脚分類 1：P06 橋，143+90m 地点本線橋

JCT-OV 橋橋脚，143+90m 付近本線橋橋脚については，ルート 2 の P06 橋橋脚，ランプ橋橋脚とほぼ同条件であるため，ルート 2 と同じく矩形橋脚とする。

b) 橋脚分類 2：左岸側主橋梁端部橋脚駆体型式の検討

ルート 2 とほぼ同条件であるため，ルート 2 と同じく小判形橋脚を選定する。

c) 橋脚分類 3：左岸側アプローチ橋，T1506 橋橋脚駆体型式の検討

ルート 2 と同様の理由により左岸側アプローチ橋の橋脚駆体構造の選定は，基礎構造と合わせ次項において検討する。

T1506 橋橋脚についてはルート 2 とほぼ同条件であるため，ルート 2 と同じく PC ウェル基礎工（単列パイルベント方式）を採用する。

(3) 橋台駆体型式

ルート 2 とほぼ同条件であるため，ルート 2 と同じく逆 T 式橋台とする。

7-9-4 基礎工形式選定のレビュー

1) 基礎工形式の選定方針

基礎工形式は施工条件や地盤条件，上部構造の構造規模をもとに選定される。また，構造の統一による技術者や施工機材の統一，経済性や品質向上のメリットを考えると，むやみに型式を増やすことは得策ではないため，本調査では以下の3種類に分類し，それぞれ検討を行う。

表 7-9-12. 橋梁の基礎工分類（ルート3）

基礎工分類	対象基礎工
基礎工分類1（主橋梁からの大規模な上部工反力を受ける基礎工）	主橋梁主塔橋脚，主橋梁左岸側端部橋脚
基礎工分類2（軟弱地盤上での水上施工や，特殊な施工条件を持つ基礎工）	左岸側アプローチ橋梁橋脚，T1506 橋橋脚
基礎工分類3（特殊な施工条件を持たない陸上施工の基礎工）	本線橋の橋台，P06 橋橋台・橋脚，T1506 橋橋台，左岸側アプローチ橋の橋台

2) 基礎工分類1：主橋梁基礎工の形式の検討

主橋梁基礎工については，上部工反力の規模が大きいことや，地盤条件が各基礎工で大きく異なることから，各基礎工それぞれ追加実施されたボーリング調査結果や上部工の反力規模の変化等をもとに再検討を行う。

(1) 主塔基礎工

主塔基礎工は，左岸側，右岸側ともに，ルート2の左岸側とほぼ同条件であるため，ルート2と同じく鋼管矢板基礎工（仮締め切り兼用方式）を採用する。

(2) 左岸側端部橋脚基礎工

ルート2とほぼ同条件であるため，ルート2と同じく鋼管矢板基礎工（仮締め切り兼用方式）を採用する。

3) 基礎工分類2：左岸側アプローチ橋梁橋脚，T1506 橋橋脚

(1) 左岸側アプローチ橋梁橋脚躯体・基礎工型式

ルート2とほぼ同条件であるため，ルート2と同じくPCウェル基礎工（単列パイルベント方式）を採用する。

(2) T1506 橋橋脚基礎工

T1506 橋橋脚の躯体構造検討でも述べたように，橋脚は特殊な施工条件下にあり，PCウェル基礎工（単列パイルベント方式）を採用する。

4) 基礎工分類3：本線橋の橋台・橋脚，P06 橋橋台・橋脚，T1506 橋橋台，左岸側アプローチ橋の橋台基礎工，右岸側主橋梁端部橋台基礎工形式の検討

ルート2とほぼ同条件であるため，ルート2と同じく場所打ち杭を採用する。

7-10 本邦技術活用の検討

7-10-1 基本方針

本調査では、本邦技術を有効活用することにより経済性と品質を兼ね備えた橋梁・道路設計を行う。下表は提案した本邦技術の一覧とこれらの調達比率を示したものであり、STEP 条件の 30% を上回る比率が確保されている。なお、調達比率の算出では、本邦技術の調達・使用に係わる経費を対象から除外しており、これらを考慮すればさらに調達比率を上げることが可能である。

以下に各本邦技術の概要を示す。

表 7-10-1. 本邦技術の調達比率

(単位:百万円)

非公開

7-10-2 道路面の凍結防止対策と耐久性を兼ね備えたプレキャスト PC 床版構造の採用

吊り橋、斜張橋等の大型橋梁は、自重減少によるコスト縮減に向け鋼床版を用いた構造が多用されている。しかしながら、鋼床版は熱容量が小さいことから舗装表面の温度変化が激しく、下図に示すように舗装面の融雪が遅くなることで夜間の凍結が発生しやすくなり、スリップ事故を多発させる可能性があるため、日本国内では採用を避けることが原則となっている。本橋梁は、橋梁部の縦断勾配が 2.5% (2011F/S) と比較的きつく、設計速度が 110km/h と速いこと等により、さらに危険な状態となる可能性があるため、鋼床版構造に替わるコンクリート床版構造を採用する。

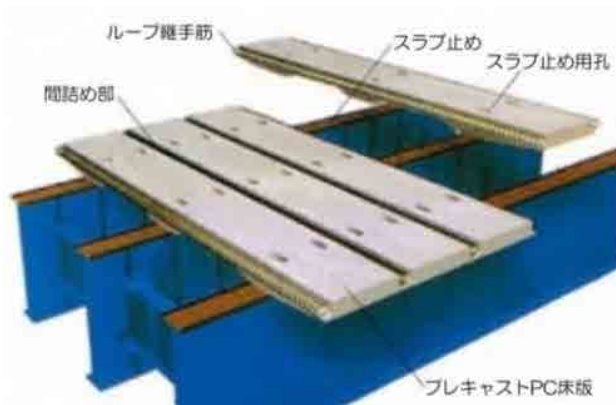


出典：鋼床版の路面凍結と蓄熱材封入による抑制

図 7-10-1. 鋼床版を用いた橋梁舗装の凍結状況

一方、鋼橋の床版構造として多用されてきた RC 床版構造については、日本国内において昭和 40 年頃よりひび割れや抜け落ち等の劣化損傷が多発したため、床版の劣化状態を適切に再現する移動載荷試験装置が開発され、RC 床版の劣化原因を究明するとともに、RC 床版に替わる高耐久性床版の開発が盛んに行われた。この結果床版にプレストレスを導入する PC 床版構造と、コンクリートと鋼板等を合成した合成床版構造が、床版の耐久性を大幅に向上させることが判明した。各構造ともに、製作、設計基準類が整備されており、JIS や NETIS に登録され、過去の STEP 案件にも適用されている優れた本邦技術である。本調査では 7-7-2 に示す比較検討の結果、経済性、施工性等からプレキャスト PC 床版が選定されており、同構造を高耐久性と寒冷地における路面凍結の減少が可能な本邦技術として採用する。

プレキャスト PC 床版構造を採用する箇所は、主橋梁と左岸側アプローチ橋梁、T1506-橋であり、鋼桁を主桁とする構造には全て採用する。



出典：プレストレスト・コンクリート協会 HP

図 7-10-2. プレキャスト PC 床版のイメージ

7-10-3 エッジガーダー型式斜張橋の採用

アレックスフレーザー橋（カナダ）で採用され、その後世界各国で多くの実績を持つ RC 床版合成エッジガーダー型式斜張橋は、主桁両サイドにシンプルな I 断面の主桁を配置した構造で、大幅なコスト削減を可能にすることができる。日本の ODA で建設されたニャットン橋（ベトナム）は、日本国内で多くの実績を持つ鋼床版箱桁型式斜張橋と比べ、鋼橋のコストの目安とされる m^2 当たり鋼重を 1/3 程度まで縮小している。しかしながら、本形式は、経済性に有利な一方で構造的課題を持っており、各種本邦技術を適用することによりこれらの課題を解決し、経済性と品質を兼ねた上部工形式として適用を検討する。以下に本構造の課題とその対策に向けた本邦技術を示す。

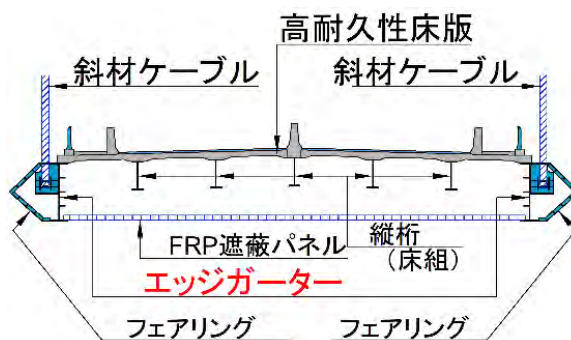


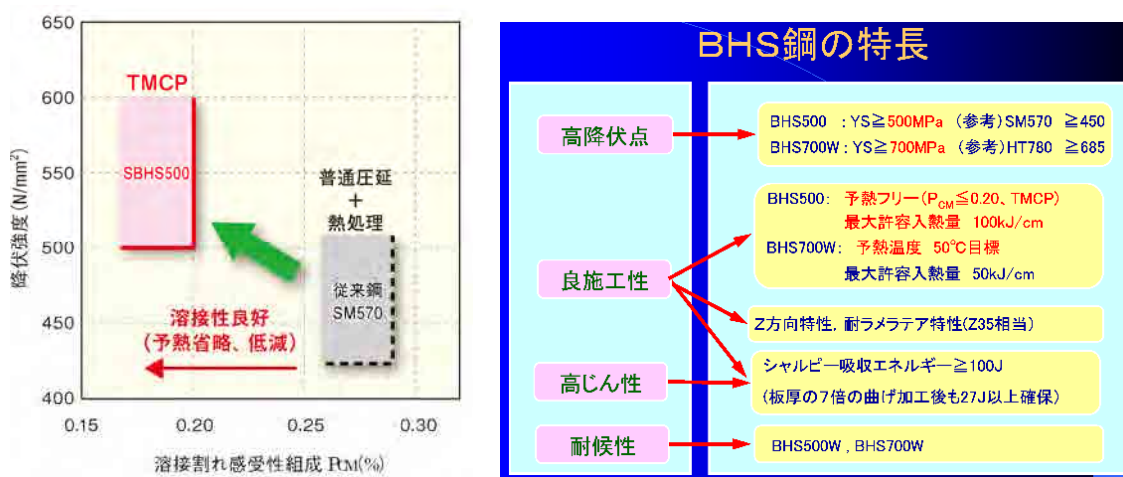
図 7-10-3. エッジガーダー形式のイメージ

1) 高耐久性床版の採用

エッジガーダー型式斜張橋の耐久性向上と寒冷地における路面の凍結の減少のため、前項で示したプレキャスト PC 床版を採用する。

2) SBHS400, 500 鋼材の採用

エッジガーダー形式の斜張橋は、主桁を最小限の規模、数にした型式であり、各主桁に作用する断面力が大きいため、より厚く、強度の高い鋼板の使用が必要となる。しかし、鋼材は板厚や強度の増加とともに溶接施工性等の品質が悪化するため、より品質の良い鋼材の使用が必要になる。また、寒冷地域においては、気温が低下した際に溶接部が脆性的に破壊する低温脆性破壊について十分注意する必要がある。SBHS 鋼材は、日本独自の熱加工制御(TMCP)技術を用いた鋼材であり、鋼材組成の綿密化と不純物の減少により、下図に示すように高強度化、溶接施工性、低温脆性破壊に対する強度の指標であるシャルピー吸収エネルギー値等を改善した材料である。優れた本邦技術であり、本調査では斜張橋だけでなく左岸側アプローチ橋上部工や T1506 橋にも採用し、コスト縮減と低温脆性破壊の防止等を図る。



出典：橋梁用高性能鋼材パンフレット

図 7-10-4. SBHS 鋼材の特徴 (BHS 鋼材は旧名称)

3) 防錆性能や疲労耐久性、低温脆性等に優れた高品質斜材ケーブルの採用

斜張橋のケーブルは下図に示すように大きく分けて、すべての素線を工場にて束ね 1 本のケーブルとして製作、現場に搬入、架設するプレハブ型平行線ケーブルと、7本の素線を束ねたストランドを工場にて製作、現場に搬入、数本のストランドを 1 本ずつ架設一体化するマルチストランドケーブルに分類される。



図 7-10-5. 高品質斜材ケーブル

プレハブ型平行線ケーブルは、工場ですべてを製作することから優れた防錆性能と疲労耐久性を持つ構造で、日本独自に開発された本邦技術である。

一方、マルチストランドケーブルは、現場での施工が中心となるため、防錆性能の面でやや課題を残すと考えられてきたが、近年日本国内でエポキシ樹脂によりストランドを全面的にコーティングしたエポキシストランドケーブルが開発され、防錆性能が飛躍的に改善されており、優れた本邦技術となっている。いずれのケーブルも経済的には同等であり、実績の多いプレハブ型平行線を基本に検討を進めるものの、発注に際してはいずれのケーブルも使用可能とする材料仕様を付記する方針とする。

4) FRP 遮蔽パネルの採用

エッジガーダー形式の斜張橋は、風による崩壊事故を発生させたタコマナローズ橋同様の開断面構造であり、耐風安定性の確保には十分な配慮が必要である。また、本橋梁は設計速度が 110km/h と速いにも係わらず歩車一体の幅員構成となっており、歩車道境界の防護柵には車両の逸脱を確実に防止するためにコンクリート製の車両防護柵の設置が必要と考えられるため、受風面積の増加により耐風安定性の確保がさらに難しくなる。このため、桁下面には下図に示すような FRP パネルを配置し、風の流れをスムーズにして耐風安定性を確保する。



出典：株式会社栗本鐵工所 HP

図 7-10-6. FRP 中空パネル部材

FRP パネルの耐風安定性の向上効果については、過去の斜張橋の風洞実験により確認されている。なお、この FRP パネルは強度や耐久性、軽量化等を確保するために JIS 材料を組み合わせ、製作されており、本邦技術を駆使した部材である。

7-10-4 PC プレテン斯拉ブ桁

図 7-10-7 に示す日本国内のコスト実績データでは、支間長（20～25m）においては、PC プレテン方式スラブ橋が圧倒的な経済性を示している。

PC プレテン方式スラブ橋は、本来設備の整った工場において、図 7-10-8 に示すような大型ジャッキを用いて複数の桁を一度に製作し、量産化による経済性の向上を図ったものである。しかし、本橋梁に日本国内のこの設備をそのまま使用することはコスト的に現実的でない。このため、図 7-10-9 に示す簡易プレテンションシステム設備を用い、設備コストを縮小し、プレテンション方式床版橋をウクライナ国において実用化する。

上記設備は、U 字型の RC 部材と両端部にある金属製の反力台で構成される。RC 部材は反力台からの反力を支持する部材として利用され、内側に設けた製作台上で桁製作が行われる。プレストレスは、シングルストランドジャッキを用いてケーブルを 1 本ずつ反力台に緊張・定着し、この状態でコンクリート桁を製作、ケーブル端部を切断することで導入される。大型ジャッキ等の特別な設備が不要なため、桁製作設備の建設コストを大幅に縮小できる。

また、同桁構造は、独特の構造詳細から架橋位置での作業が極力省略された合理的な構造であるとともに、JIS（Japanese Industrial Standards）規格化された構造であり、本邦技術である。

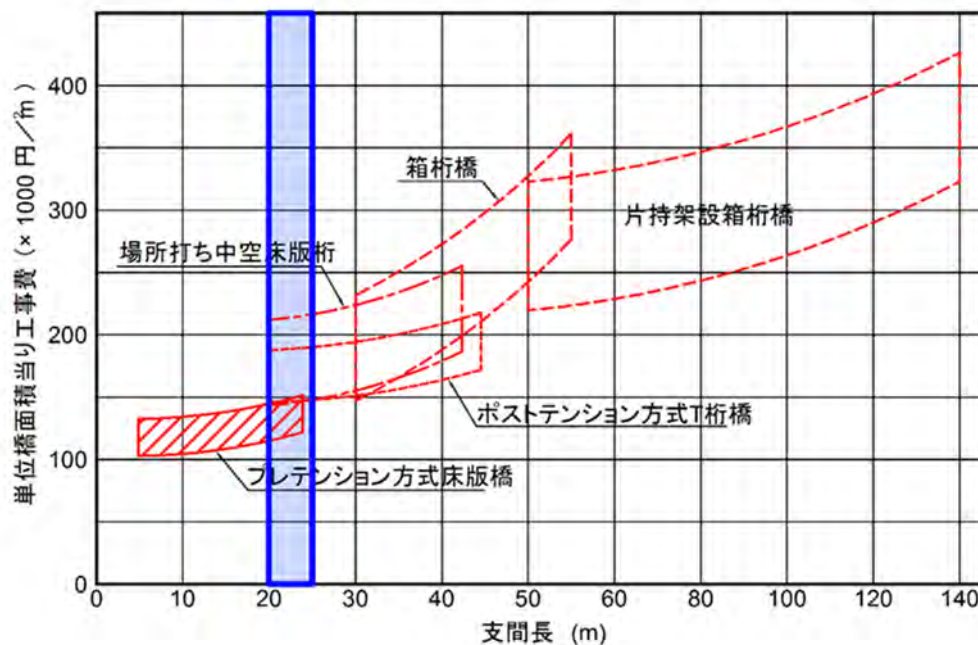


図 7-10-7. コンクリート橋の概算コストと支間長の関係

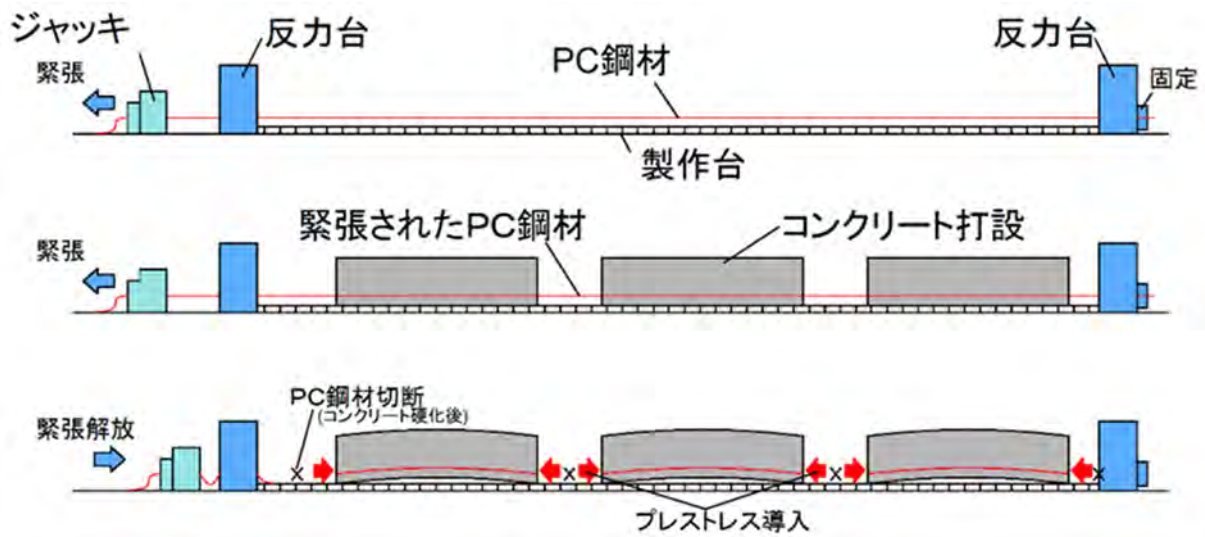


図 7-10-8. 大型ジャッキによるプレテンション桁の製作手順

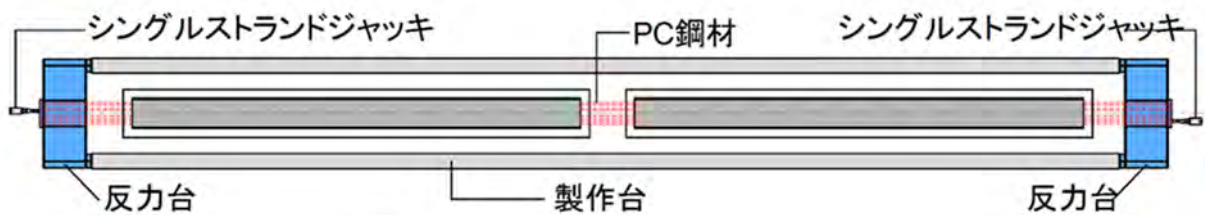


図 7-10-9. シングルストランドジャッキを用いた簡易製作台

7-10-5 高面圧支承構造

通常の積層ゴム支承の許容支圧応力度 8N/mm^2 に対して下図に示すような独特のゴム形状と補強部材の採用により、許容支圧応力度を 25N/mm^2 まで向上させ、コンパクト化によるコスト縮減を可能にしたゴム支承が開発されており、経済性に優れた本邦技術として採用する。

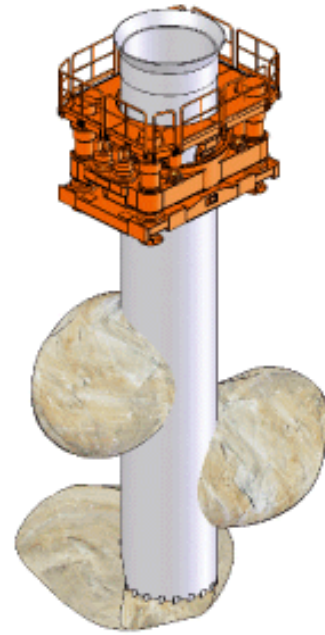


出典：株式会社 BBM HP

図 7-10-10. 高面圧支承構造

7-10-6 全回転式オールケーシング場所打ち杭工法

全回転式オールケーシング場所打ち杭工法は日本で開発された優れた本邦技術である。場所打ち杭工法にはオールケーシング工法以外にリバース工法とアースドリル工法があるが、いずれも素堀を原則とするため、中間層における孔壁の崩壊が発生し易く、先端部に沈降したスライムの処理が難しいことから先端支持力の低下を引き起こす場合もある。また、素堀工法における孔壁崩壊を防止するために使用するベントナイトは、河川の水質汚濁の原因になる可能性がある。本工法は、ケーシングにより孔壁を安定させるためにベントナイトを使用する必要がないとともに、ケーシング先端に設けられた強固な刃口と、ケーシングをつかみ回転、圧入する機械システムにより本橋梁基礎工の支持層である岩盤層に確実に貫入することができる。なお、この機械システムは日本国内で特許も取得している。



出典：日本車輛株式会社 HP

図 7-10-11. 全回転式オールケーシング場所打ち杭工法

7-10-7 PC ウェルを用いた橋脚躯体・基礎工，地すべり対策

PC ウェル工法は、現地に設置する簡易工場等で事前に橋脚・基礎工躯体に使用される部材（以下「PCa 部材」という。）を製造・ストックし、その後サイトに運搬し、PC 鋼棒で連結しつつ、圧入ジャッキで鉛直精度良くかつ急速に沈設できる非常に合理的な本邦技術である。1984 年に当時建設省土木研究所で開発され、現在、国内では 2,400 基以上の実績を有している。

架橋位置の気温は 11 月から翌年 3 月まで最低気温が -20°C 前後であり、実質の施工期間は、4 月から 10 月の 7 ヶ月程度である。一方、架橋位置周辺に簡易工場を建設すれば自然条件に左右されず事前に品質・耐久性（対塩害・凍害）の高い PCa 部材の製造・ストックが可能で、冬期を有効活用できる。

更に、現地で調達できるセメントは日本の早強ポルトランドセメントに近く、製造サイクルを早くできるので工程短縮が可能である。架橋位置の河川内の地質は 20m 程度のルーズな堆積層の下に硬質粘性土（支持層）であるが、このような地質においても数多くの実績があり、軟弱層では PCa 部材を支持しながら圧入できる装置及び中硬岩を掘削できる機械があり、確実な施工を行うことが可能である。

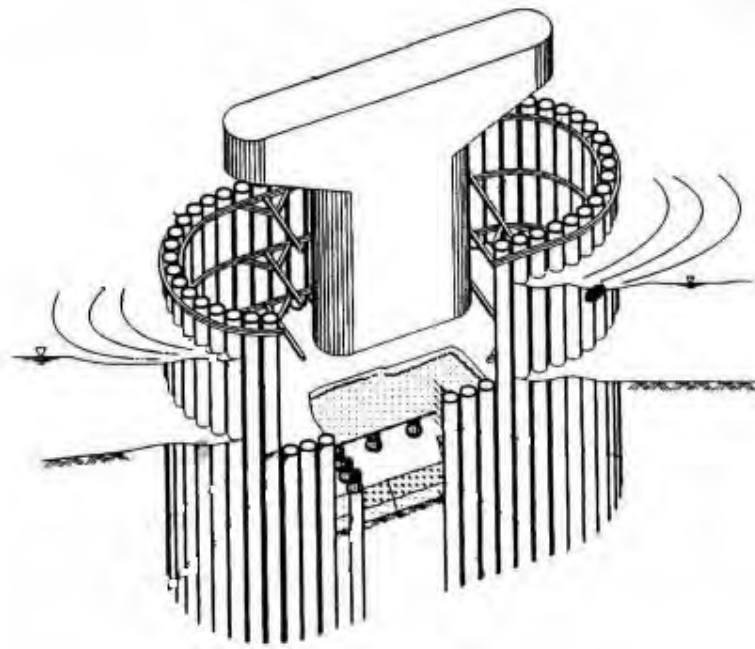
また、PC ウェルの地中への沈設は水上から実施可能であるとともに、PC ウェルを地上部まで延伸すれば基礎と橋脚躯体が一体となった橋脚構造が建設可能となり、水中施工の省略による経済的な橋脚躯体、基礎工の構築が可能となる。製造、運搬、施工、完成状況を図 7-10-12 に示す。

製造	運搬
	
施工	完成
	

図 7-10-12. ウェル工法の各段階

7-10-8 鋼管矢板井筒基礎工

日本で開発された基礎構造で本邦技術である。鋼管同士を矢板独自の継ぎ手により結合することにより、高い剛性を確保することができるとともに、施工時の締め切り工として利用できることから、軟弱地盤上の基礎工や、水中施工が必要となる大型の基礎工として多くの実績を持っている。



出典：鋼管・鋼管矢板技術協会 HP

図 7-10-13. 鋼管矢板井筒基礎イメージ図

7-10-9 景観配慮型アルミ製高欄

景観配慮型アルミ製高欄は、横桟部材に楕円形の部材を使用し、断面性能を高めることにより単価の高いアルミ材料の使用量を極力減らすとともに、量産化体制の構築によりコスト縮減を図った構造である。スリムな形態は重圧感の軽減による景観性の向上にも効果がある。また、アルミ材料自体が錆等の劣化の無い材料であり、耐久性や維持管理コストの縮小も可能となっている。日本のアルミ材料製造技術を用いた比較的低廉なコストによる耐久性、景観性の向上を可能にした本邦技術である。



出典：住軽日軽エンジニアリング HP

図 7-10-14. 景観配慮型アルミ高欄

第8章 需要予測

8-1 2011F/S 及び 2017 年調査における需要予測のレビュー

8-1-1 2011F/S 及び 2017 年調査における交通量調査結果

2011F/S, 2017 年調査において実施された交通量調査結果は以下のとおりである。

1) 2011F/S 時の交通量調査

(1) 調査内容

2011F/S では、ババロフスキー橋の現況交通を把握するために、2010 年 12 月にババロフスキー西岸を調査地点として 24 時間交通量観測調査（2 日間）および路側インタビュー調査（1 日）が実施された。

交通量調査は、車種別（モーターバイク、乗用車類、バス、2 軸トラック、3 軸以上のトラック、トレーラ類）に実施された。

インタビュー調査は、新橋への転換選好を、平均乗車人員、トリップ目的、起終点を調査項目として実施された。

(2) 調査結果（2011F/S）

a) 交通量観測結果

2011F/S 時、2010 年 12 月 16 日（木）および 12 月 20 日（月）に実施された交通量調査結果を以下に示す。

表 8-1-1. 交通量調査結果（2011F/S）

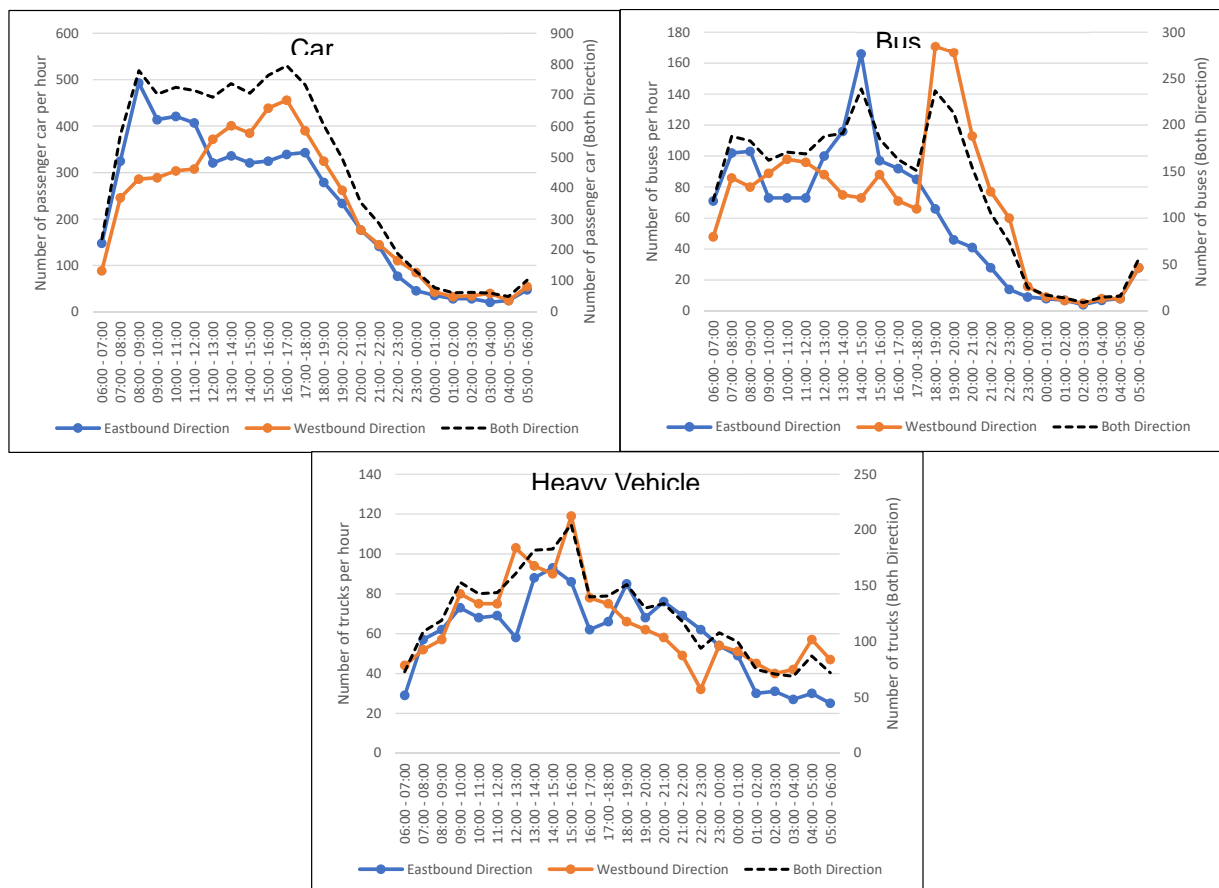
Unit: veh./day

	Motorcycles	Passenger cars	Buses	2-axle trucks	3+ axle trucks	Trailers	Total
Dec. 16 (Thu)	0	10,610	3,608	1,129	486	1,397	17,230
Dec. 20 (Mon)	0	10,680	2,423	1,175	510	1,207	15,995
Average	0	10,645	3,016	1,152	498	1,302	16,613

Source: 2011F/S

交通量は、両方向で約 1.7 千台/日、車種別構成比は、乗用車類 64%、バス 18%、大型車 18% である。

乗用車類の朝ピークはミコライウ市内に向かう東向き交通で 8~9 時で約 500 台/時、夕ピークは西向きの交通で 16~17 時で約 450 台/時であった。バスは、東向きが 14~15 時で約 170 台/時、西向きは 18~19 時にピークを迎え、昼ピーク同様に約 170 台/時であった。トラック類は方向別に特徴は出なかったが、14 時前後にピークを迎える結果であった。



* The Heavy Vehicles category includes 2- and 3+ axle trucks and trailers.

図 8-1-1. 方向別車種別の交通量時間変動

b) 路側インタビュー調査結果 (2011年)

インタビュー調査をもとに算出された車種別平均乗車人員および車種別平均積載量は以下のとおりである。

表 8-1-2. 車種別の平均乗車人員 (2011F/S)

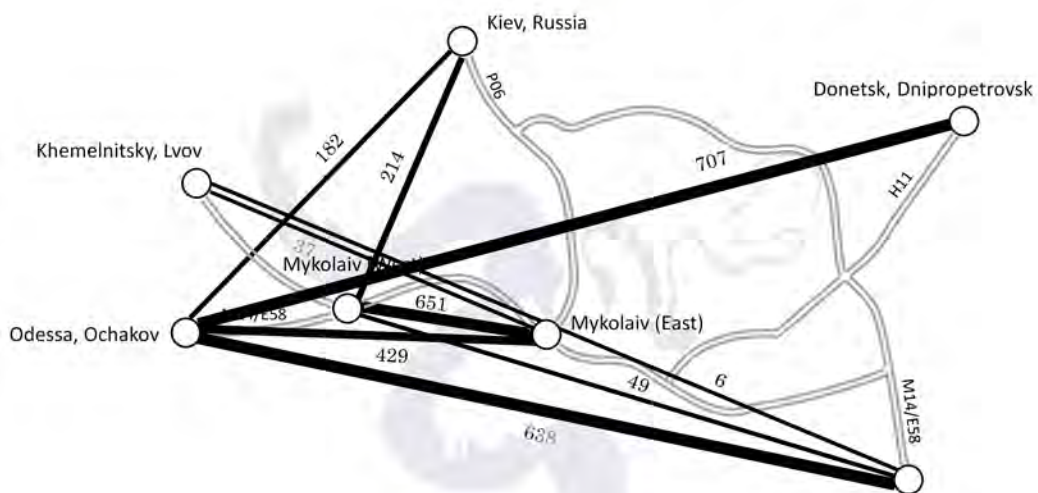
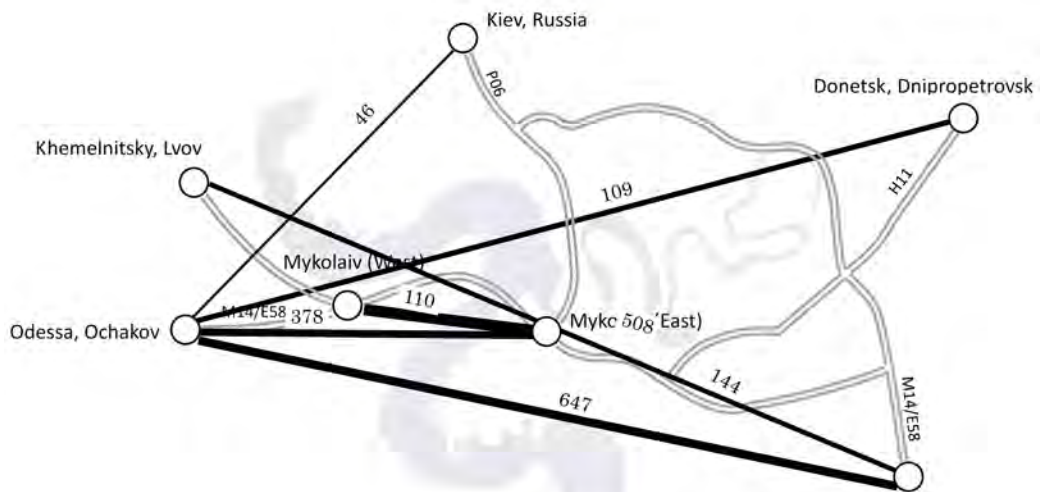
	Motorcycles	Passenger cars	Buses	2-axle trucks	3+ axle trucks	Trailers
Ave. No. of passengers	-	2.12	6.14	1.38	1.23	1.50

出典: 2011F/S

渡河交通の起終点 (Origin-Destination: OD) に関するインタビュー調査は、以下の結論となっている。

- 乗用車類およびバスの約半数はミコライウ市内々の交通で占められている。
- 乗用車類およびバスはオデッサおよびその周辺とミコライウ市内中心部および東部間の交通量も顕著である。
- 貨物車は工業地帯を要するドネツク周辺とウクライナの主要港があるオデッサ間の交通が顕著である。

インタビュー調査を基に推計された希望図を以下に示す。



Unit: Vehicle/day
出典: 2011F/S

図 8-1-2. 希望線図

2) 2017 年調査時の交通量調査

(1) 調査内容

2017 年調査では、2017 年 1 月 24 日(火)、25 日(水)の 2 日間にわたり 6 地点において交通量観測調査が実施された。また、ババロフスキー橋および数か所の港において OD 調査(Origin-Destination 調査) が実施された。

(2) 調査結果

a) 交通量観測結果

2017 年調査時に実施された交通量調査結果および調査地点を以下に示す。

表 8-1-3. 交通量調査結果 (2017 年調査)

Unit: veh./day

	Passenger cars	Buses	2-axle trucks	3+ axle trucks	Trailers	Total
1. Vavarovsky Bridge West	13,363	1,976	1,401	143	1,620	18,502
2. M-14 125 km post	4,703	550	1,049	123	1,365	7,780
3. P06	4,466	665	503	115	1,416	7,164
4. H11	3,202	473	686	77	468	4,905
5. M-14 167 km post	3,688	510	1,192	104	1,769	7,262
6. Ingul Bridge North	18,638	3,204	1,833	123	1,515	25,312

出典: 2017 年調査

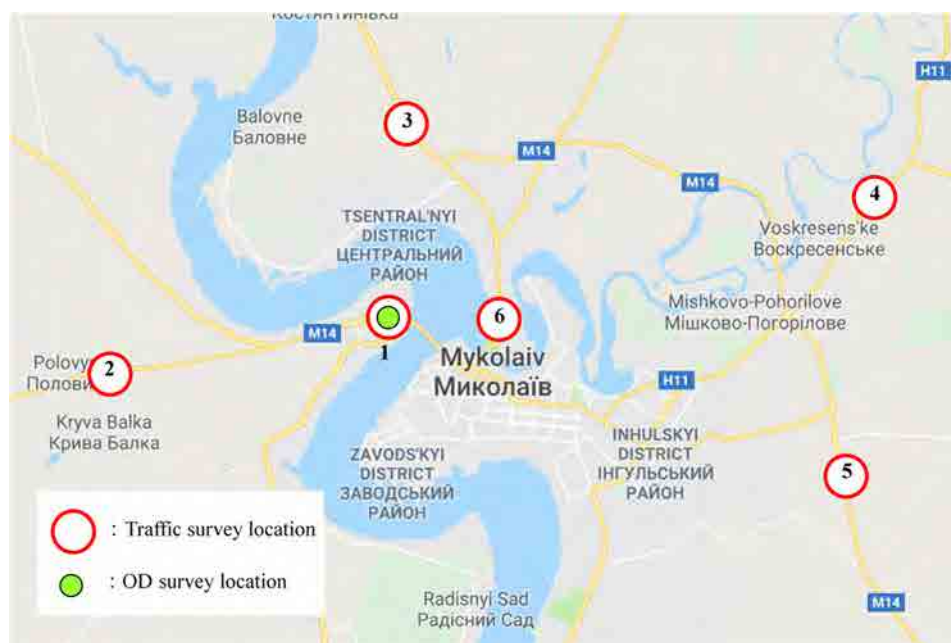


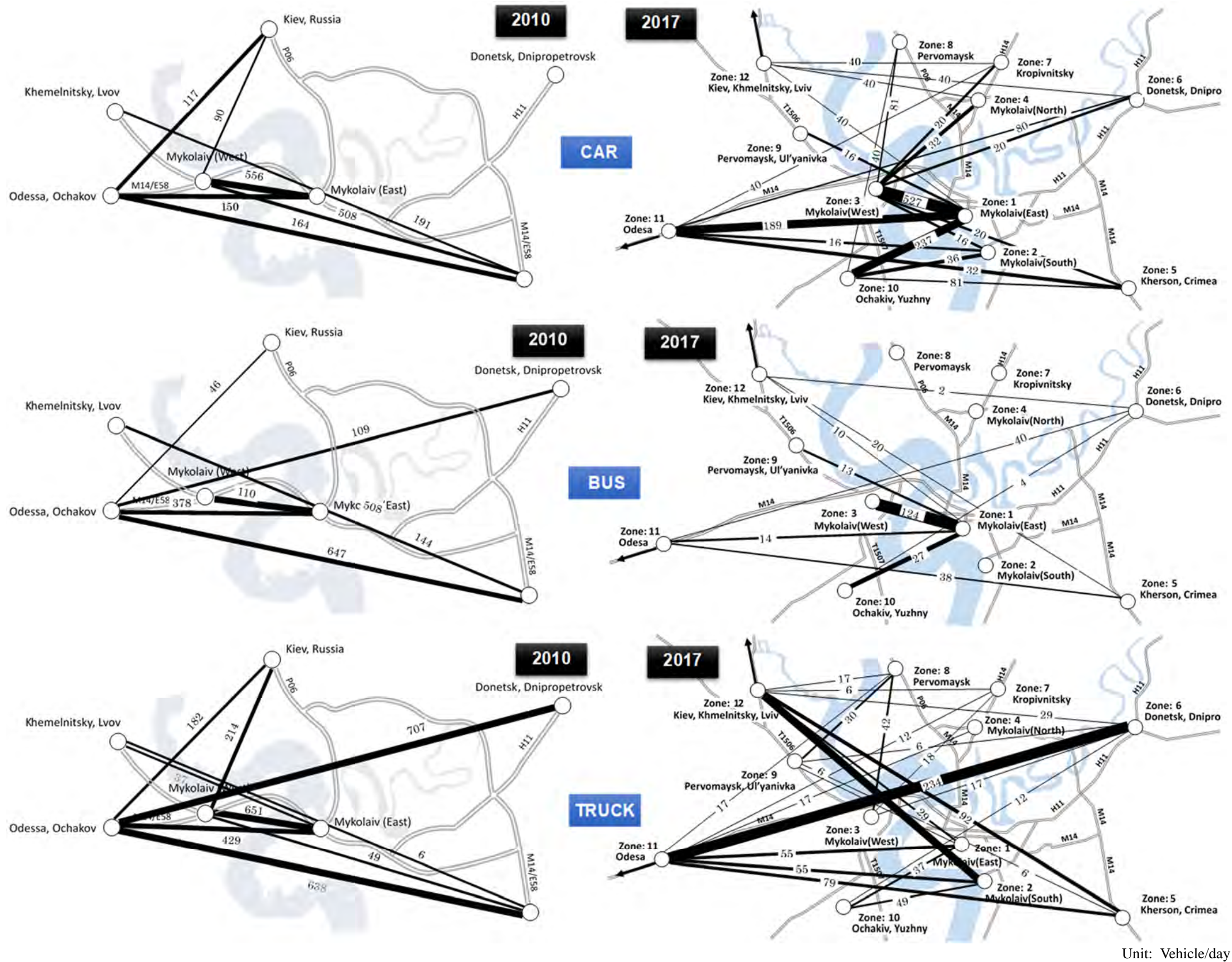
図8-1-3. 交通量調査地点 (2017 年調査)

b) OD 調査結果

2017 年調査時の OD 調査の概要を以下に示す。

- 乗用車類: 朝 8 時から夕方 16 時まで路側にてインタビュー調査を実施。サンプル率 5~6% で 333 サンプルを収集。
- バス: 路線バス利用者からバス交通の 50% をカバーする 1,008 トリップ (両方向合わせて) のデータを収集。
- トラック, トレーラ: 本調査においては当初路側インタビューの実施を想定していたが、安全上の問題から、関係機関による実施許可を取得することが出来なかった。代替手段として、Transport Safety Agency (Ukrtransbezpeky) および港湾管理会社に聞き取り調査を実施してデータを収集している。

2011F/S 時と 2017 年調査時の希望線図を図 8-1-4 に示す。2011F/S 時と 2017 年調査時の乗用車類の希望線図を比較すると、ミコライウの西岸と中心地の移動が多い傾向に変わりはないものの、2017 年調査時の結果は 2011F/S 時に比べて各都市間の移動が増加している。バス、トラック類にも同様の傾向がみられ、新橋の建設 (ネットワークの増強) は利用者の利便性が向上する。特にトラック、トレーラ類では Odesa-Donetsk, Dnipro 間の交通量が他の地域間の交通量より多く、将来的に混雑した市内の走行を避け、新橋へ転換することが想定される。



Unit: Vehicle/day

図 8-1-4. 希望線図の比較

3) 年平均日交通量 (AADT)

2011F/S では、既存の交通量観測データ (2007 年) を基に交通量の月変動を算出し、2011F/S で実施した交通量観測結果を用いて、2010 年の年平均日交通量 (以下、「AADT」: Annual Average Daily Traffic) を推計している。

2017 年調査では、2016 年の 9 月、2017 年の 1 月といった異なる月の交通量を基に、2011F/S において算出された月変動係数を補正して、新たに AADT を推計している。

2017 年の月変動係数は、すべての車種において 2011 年時の値より低い値に補正されている。月変動の傾向が変化したことがこの理由の 1 つとして挙げられている。更に、2011F/S の月変動係数は現地のローカルエンジニアに確認した所、現在の交通状況と違っているとの事であった。

表 8-1-4. 月変動係数の補正 (2017 年調査)

Monthly Variation 2010						Monthly Variation 2016-17					
	Pax	Bus	2xT	3xT	Trail		Pax	Bus	2xT	3xT	Trail
Jan	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	Jan	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Feb	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	Feb	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Mar	1.30	1.97	1.85	1.79	1.76	Mar	1.21	1.51	1.63	1.42	1.41
Apr	1.43	2.16	3.29	2.14	2.11	Apr	1.29	1.61	2.70	1.61	1.59
May	2.51	3.33	4.65	3.36	3.32	May	2.02	2.22	3.70	2.25	2.24
Jun	4.25	4.49	6.02	4.61	4.54	Jun	3.20	2.83	4.72	2.91	2.90
Jul	4.67	4.95	5.90	4.79	4.74	Jul	3.49	3.07	4.63	3.01	3.00
Aug	4.25	4.49	6.02	4.61	4.54	Aug	3.20	2.83	4.72	2.91	2.90
Sep	2.84	3.33	4.65	3.36	3.32	Sep	1.93	1.74	3.44	1.78	1.78
Oct	1.43	2.16	3.29	2.14	2.11	Oct	1.29	1.61	2.70	1.61	1.59
Nov	1.33	1.93	2.23	1.82	1.81	Nov	1.22	1.49	1.91	1.44	1.43
Dec	1.30	1.97	1.86	1.78	1.76	Dec	1.20	1.51	1.64	1.41	1.41

出典: 2017 年調査

2011 年および 2017 年調査時に推計されたババロフスキー橋を利用する場合の AADT は以下のとおりである。

表 8-1-5. 2011F/S および 2017 年調査時の AADT (ババロフスキー橋断面)

	Passenger cars	Buses	2-axle trucks	3+ axle trucks	Trailers	Total
2017 Estimation in 2011F/S	24,675	4,279	2,278	839	2,039	34,110
2017 Survey (2017 Actual)	24,564	3,688	3,941	266	3,004	35,463

Unit: veh./day

2011F/S (2017 年推計値) と 2017 年調査 (2017 年値) を比較すると乗用車類はほぼ同値である。但し、バス・3 軸以上のトラック類は、2017 年調査 (2017 年値) は 2011F/S (2017 年推計値) を相当以上に下回り、2 軸トラック・トレーラー類は相当以上に上回る結果となっている。本調査では、2017 年調査 (2017 年値) に補正された月変動係数を基に算出された推計値を採用する。

8-1-2 過年度調査における交通需要予測

1) 2011F/S 時の需要予測

(1) 推計手法 (2011F/S)

2011F/S における交通需要予測は渡河交通に着目して推計されている。推計方法は交通調査結果と社会経済指標から推計した将来渡河交通量 (Basic Traffic) にオチャコフ港開発計画による誘発需要 (Induced Traffic) を加算し将来の渡河交通量を推計する。推計した渡河交通量に対して、転換率モデルによってミコライフ橋への転換交通量を推計している。

2011F/S 時の将来需要予測のフローを以下に示す。

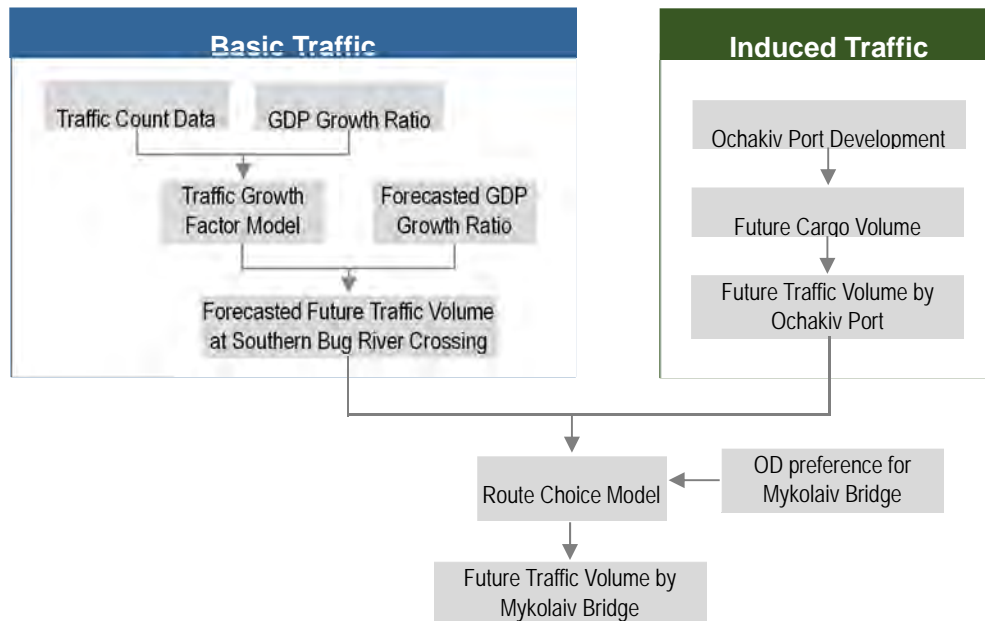


図 8-1-5. 2011F/S 時の将来需要予測フロー

(2) 推計結果 (2011F/S)

a) 将来渡河交通量

将来交通量の伸び率は、交通量観測量と社会経済指標を用いて直線回帰モデルによって算出されている。2011 年 F/S, 2017 年調査共に、データソースが限られているため、将来交通量の伸び率は、ウ国の GDP の成長に比例するという前提としている。なお、社会経済指標である GDP 成長率は、2010 年から 2014 年まで IMF の予測値である 4.5%, 2105 年以降は 4.0%と設定されている。

表 8-1-6. 交通需要の伸び率 (2011F/S)

	Passenger cars	Buses	Trucks	Trailers
Annual average growth ratio (2010 to 2045)	3.88%	0.82%	1.41%	1.20%

年平均日交通量および交通需要の伸び率から推計された将来渡河交通需要を表 8-1-7 に示す。

表 8-1-7. 渡河交通需要結果 (2011F/S)

Unit: AADT (veh./day)

Year	Passenger cars	Buses	2-axle trucks	3+ axle trucks	Trailers	Total
2010	18,600	4,180	2,160	760	1,970	27,670
2015f	22,900	4,200	2,200	800	2,000	32,100
2025f	33,300	4,700	2,600	1,000	2,200	43,800
2035f	48,500	5,300	3,000	1,200	2,600	60,600
2045f	70,600	5,900	3,400	1,400	3,000	84,300

出典: 2011F/S

b) 誘発交通量

誘発交通量は、オチャコフ港の開発シナリオを想定し発生する交通量を推計している。シナリオは、港湾需要が100%増加、75%増加、50%増加、0%のケースについて設定されている。誘発需要の割合は全体需要に対して3%~5%となっている。

表 8-1-8. オチャコフ港関連の将来交通需要 (2011F/S)

Unit: veh./day

	100% demand		75% demand		50% demand	
	3+ axles	Trailers	3+ axles	Trailers	3+ axles	Trailers
2010	0	0	0	0	0	0
2011f	0	0	0	0	0	0
2012f	0	0	0	0	0	0
2013f	70	119	53	89	35	59
2014f	141	237	106	178	70	119
2015f	211	356	159	267	106	178
2020f	564	948	423	711	282	474
2025f	916	1,541	687	1,156	458	770
2030f	1,247	2,081	935	1,561	623	1,041
2035f	1,374	2,283	1,172	1,940	782	1,293
2040f	1,374	2,283	1,374	2,283	940	1,546
2045f	1,374	2,283	1,374	2,283	1,098	1,799

出典: 2011F/S

c) ルート選択モデル

ルート選択モデルにおける転換率式は、インタビュー調査をベースとして、将来 OD 予測及び、現橋・新橋利用時の時間差・料金差を変数としている。

$$P_{new} = \frac{\exp(V_{new})}{\exp(V_{new}) + \exp(V_{old})}$$

$$V_{new} = \alpha \cdot (\text{Travel Time By New Bridge}) + \beta \cdot \text{Toll}$$

$$V_{old} = \alpha \cdot (\text{Travel Time By Existing Bridge})$$

P_{new} : Mykolaiv 新橋の選択確率 (新橋への転換率)

	Variables	Coefficient	t-value	p2	Hit Ratio 1 (%)	Hit Ratio 2 (%)
Passenger Cars	α	-0.0308	-5.68	0.4938	81.53	76.82
	β	-0.0686	-14.40			
2 Axle Trucks	α	-0.0480	-10.26	0.4914	81.48	76.7
	β	-0.0708	-18.57			
3+ Axle Trucks	α	-0.0377	-8.26	0.3272	77.53	69.51
	β	-0.0427	-17.74			
Trailers	α	-0.0459	-12.82	0.445	79.85	74.53
	β	-0.0609	-24.36			

出典: 2011F/S

図 8-1-6. 2011F/S 時の転換率モデル式

d) ミコライウ橋将来交通需要

ミコライフ橋の需要は、主要区間の所要時間とルート選択モデルから、以下の料金ケースについて OD ペア毎にミコライフ橋への転換率を基に推計されている。

なお、都市間長距離バスも含めたバスは、起終点または経由地がミコライウ中心部から変わらないと想定し、迂回ルート上にあるミコライウ新橋を利用するバス需要は将来需要には含まれていない。

表 8-1-9. PCU と料金体系 (2011F/S)

Vehicle types	PCU	Toll setting cases (UAH/vehicle)			
		Free	Toll-1	Toll-2	Toll-3
Passenger cars	1.0	0	10	20	30
2-axle trucks	2.0	0	15	30	45
3+ axle trucks	2.5	0	20	40	60
Trailers	3.0	0	30	60	90

出典: 2011F/S

表 8-1-10. ミコライフ新橋への転換率 (2011F/S)

Base Toll (UAH)	Passenger cars	2-axle trucks	3+ axle trucks	Trailers
Free	47.4%	50.2%	53.1%	54.5%
Toll-1	31.5%	38.8%	49.3%	43.2%
Toll-2	18.9%	28.4%	45.6%	32.5%
Toll-3	10.6%	19.8%	41.6%	23.3%

出典: 2011F/S

ミコライウ新橋の将来交通量 (PCU/日) をオチャコフ港関連の需要ケース別に予測された結果は表 8-1-11 のとおりである。

表 8-1-11. ミコライウ新橋の将来交通量 (PCU/日)

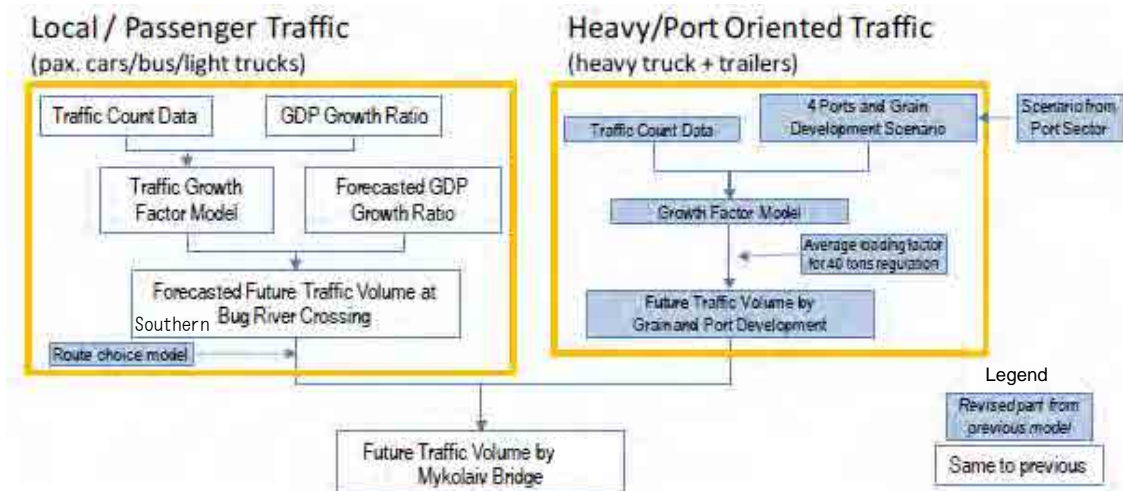
Year	Demand case	Free	Toll-1	Toll-2	Toll-3
2015	100%	18,300	13,300	9,200	6,000
	75%	18,300	13,300	8,900	5,700
	50%	18,000	13,000	8,600	5,700
	0	17,400	12,700	8,600	5,500
2025	100%	26,900	19,600	13,600	9,200
	75%	26,400	19,000	13,000	8,700
	50%	25,200	18,200	12,500	8,100
	0	23,300	16,800	11,100	7,000
2035	100%	37,600	27,300	18,800	12,400
	75%	36,800	26,400	18,300	12,100
	50%	35,100	25,300	17,200	11,000
	0	31,700	22,500	14,700	9,400
2045	100%	49,400	35,200	23,800	15,500
	75%	49,400	35,200	23,800	15,500
	50%	48,000	34,100	23,000	14,700
	0	43,500	30,500	19,900	12,500

出典: 2011F/S

2) 2017 年調査時の需要予測

(1) 推計手法 (2017 年調査)

2011F/S 時の需要予測同様に渡河交通量に着目して、将来需要を推計している。ただし、2011F/S の需要予測の手法においては渡河交通量交通に誘発交通量を加算していたが、これはオデッサ港の取扱量のみを依拠して他の港の取扱量が考慮されていなかったという観点から 2017 年調査では、乗用車類、バス、2 軸トラックを Local/Passenger Traffic, 大型トラックおよびトレーラ類を Heavy/Port Oriented Traffic として、それぞれの需要を推計する手法を採用している。主要港からの貨物輸送を考慮した 2017 年調査の推計手法は 2011 年調査の貨物の推計方法より確度が高いと考えられる。



出典: 2017 年調査

図 8-1-7. 2017 年調査時の需要予測フロー

(2) 旅客交通量

a) 将来交通量の伸び率と将来渡河交通量

将来交通の伸び率は、2011F/S 同様に交通量観測量と社会経済指標を用いた回帰モデルによって推計されている。社会経済指標である GDP 成長率は、2.5%～3.5%と想定されている。算出された伸び率は以下のとおりである。

表 8-1-12. 将来交通量の伸び率（2017 年調査時）

	Passenger cars	Buses	2-axle trucks
Annual average growth ratio	3.2%	2.0%	0.9%

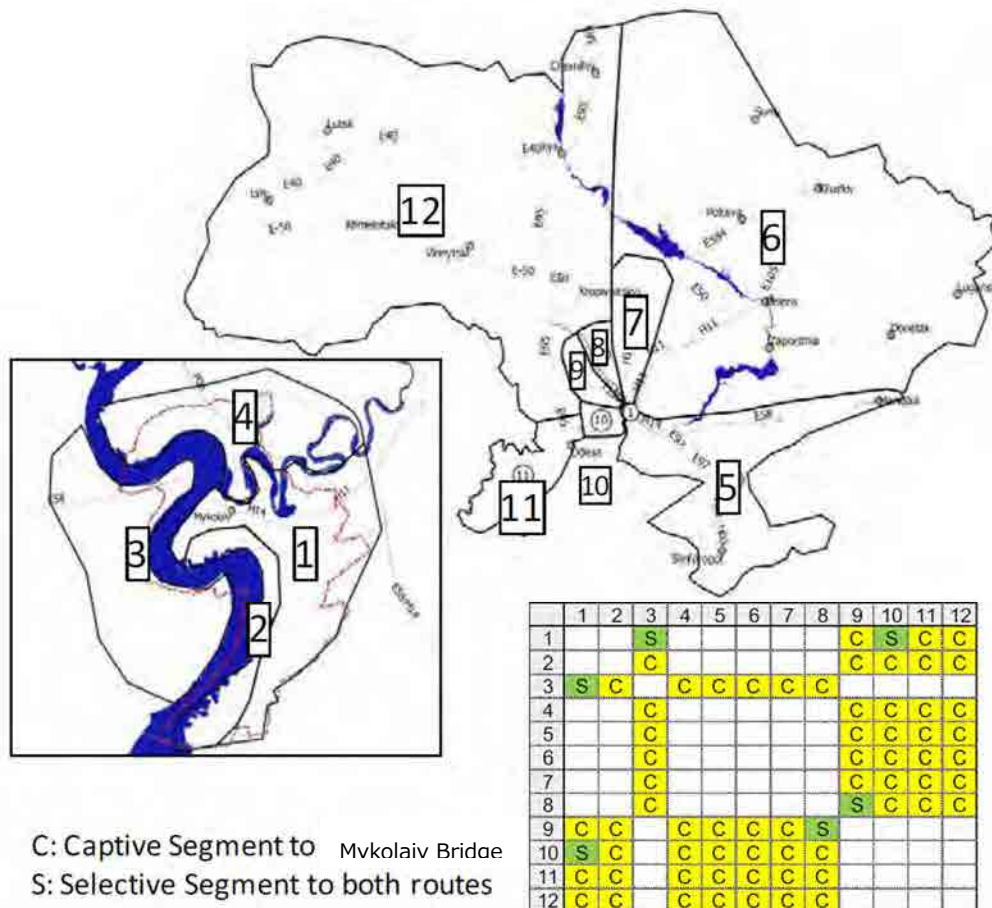
交通量観測データおよび月変動から推計された年平均日交通量と上記の将来交通量の伸び率から算出された将来渡河交通量の結果を以下に示す。

表 8-1-13. 将来渡河交通量（台/日）

Year	Passenger cars	Buses	2-axle trucks
2017	24,564	3,688	3,941
2025	30,872	4,456	4,159
2035	42,165	5,450	4,534
2045	57,589	6,664	4,943

b) OD パターンとルート選択

2017 年調査ではゾーンを 12 ゾーンに分けて、現橋断面で再度インタビュー調査を実施している。転換率モデルは 2011F/S と同様とし、車種とゾーン別にその交通特性に基づき転換率を補正し、現橋・新橋の需要予測を実施している。



出典: 2017 年調査

図 8-1-8. ゾーン図および OD ペア毎の選択可能性

OD ペア毎の選択可能性は、Captive と Selective の 2 つのセグメントに分類されており、Captive は“ミコライウ新橋を利用”，Selective は“ババロフスキー橋およびミコライウ橋の両方を利用”という設定にして、OD パターン毎に選択可能性が推定されている。

表 8-1-14. 転換率 (2017 年調査)

	Passenger cars	Buses	2-axle trucks
Captive	29.82%	19.54%	29.82%
Selective	57.23%	76.59%	57.23%
Final	41.27%	19.54%	41.27%

出典: 2017 年調査

2017年調査の報告書におけるODペア毎のCaptiveとSelectiveのセグメントの分類については、同報告書内に詳細な説明がなく詳細な分析が難しいものの、ODペア毎のセグメントの設定に疑問が残る設定となっている。例えば、ゾーン3から各ゾーンへのペア毎のセグメントの設定は、ゾーン3からゾーン1へのみ“Selective”となっており、その他のゾーンへは“Collective”という設定になっているが、その理由は不明である。また、転換率の設定も乗用車類はミコライウ市付近のM14エリアの20%はミコライウ新橋に転換するとされているものの、最終（Final）の転換率の前提条件・計算根拠は明らかでない。なお、バスの転換率については、“Selective”は新橋供用後もルートが決まっている路線バスはそのルートを変更しないという設定のため、Capativeのみの転換率と設定されている。大型車はデータ不足のため乗用車類と同様の設定としている。

c) ミコライウ新橋の将来渡河交通量（旅客交通量）

将来渡河交通量および転換率から算出されたミコライウ橋の将来渡河交通量を以下に示す。

表 8-1-15. ミコライウ橋の将来渡河交通量（台/日）

Year	Passenger cars	Buses	2-axle trucks
2017	10,138	721	1,626
2025	12,741	871	1,716
2035	17,402	1,065	1,871
2045	23,767	1,302	2,040

(3) 大型トラックおよびトレーラ類の交通量

大型トラックおよびトレーラ類の渡河交通量は、オデッサ港、ミコライウ港、ヘルソン港といった南部の主要港の輸出入の取扱量が比例して増加すると想定して、その取扱量から渡河交通量を推計している。なお、推計ケースはケース1とケース2の2パターン設定している。ケース1は、石炭、鉱物、金属、穀物およびコンテナの取扱量で、ケース2はケース1にその他の貨物を追加した取扱量となっており、ケース2はケース1より15%多い取扱量となっている。以下に大型トラックおよびトレーラ類の渡河交通量を推計したモデルを示す。

表 8-1-16. 大型トラックおよびトレーラ類の渡河交通量推計モデル

	Present	Case 1 without bridge	Case 2 without bridge	Case 1 with bridge	Case 2 with bridge
[Input] Total volume of Export & Import in Southern Region (million tons)	93.77	157	180	157	180
Variables					
1) Business days per year	300	300			
2) Road share	25%	25%	20%	25%	20%
3) Average ton per vehicle	12	12	12	24	24
4) roundtrip	2	2	2	2	2
5) crossing ratio at Mykolaiv	25%	25%	25%	30%	32%
[Output] Expected HV crossing per day (AADT of heavy vehicles)	3,256	4,797	5,500	2,878	3,520

出典: 2017年調査

(4) 将来渡河交通量の推計結果 (2017 年調査)

以下にケース 1 およびケース 2 における将来渡河交通量の推計結果を示す。

表 8-1-17. 将来渡河交通量の推計結果 (ケース 1)

	Passenger Cars	Buses	2 Axle Trucks	Heavy Vehicles	Total	Total in PCU
2017 Present Situation	24,564	3,688	3,941	3,270	35,463	49,632
2030 Case 1 with Bridge						
Crossing traffic at new birdge	14,890	963	1,792	2,878	20,523	29,035
Crossing traffic at existing birdge	21,189	3,965	2,550	0	27,704	34,219
2030 Case 1 without Bridge						
Crossing traffic at existing birdge	36,079	4,928	4,342	4,797	51,891	69,012

PCU: 1,0 for passenger cars, 2,0 for buses, 2,0 for 2 axle trucks and 3,0 for heavy vehicles

Source: 2017 Survey

表 8-1-18. 将来渡河交通量の推計結果 (ケース 2)

	Passenger Cars	Buses	2 Axle Trucks	Heavy Vehicles	Total	Total in PCU
2017 Present Situation	24,564	3,688	3,941	3,270	35,463	49,632
2030 Case 2 with Bridge						
Crossing traffic at new birdge	14,890	963	1,792	3,520	21,165	30,960
Crossing traffic at existing birdge	21,189	3,965	2,550	0	27,704	34,219
2030 Case 2 without Bridge						
Crossing traffic at existing birdge	36,079	4,928	4,342	5,500	50,850	71,120

Source: 2017 Survey

8-2 本調査における交通需要予測

8-2-1 概要

8.2 章では推計対象区間、道路状況、ゾーニング及び OD 量及び現況交通量について記載する。その後、渡河交通の OD の補正、転換交通量の推計を示す。

1) 推計対象区間

以下の現橋・新橋（4ルート）断面および市内の幹線道路区間を交通需要推計の対象とする。

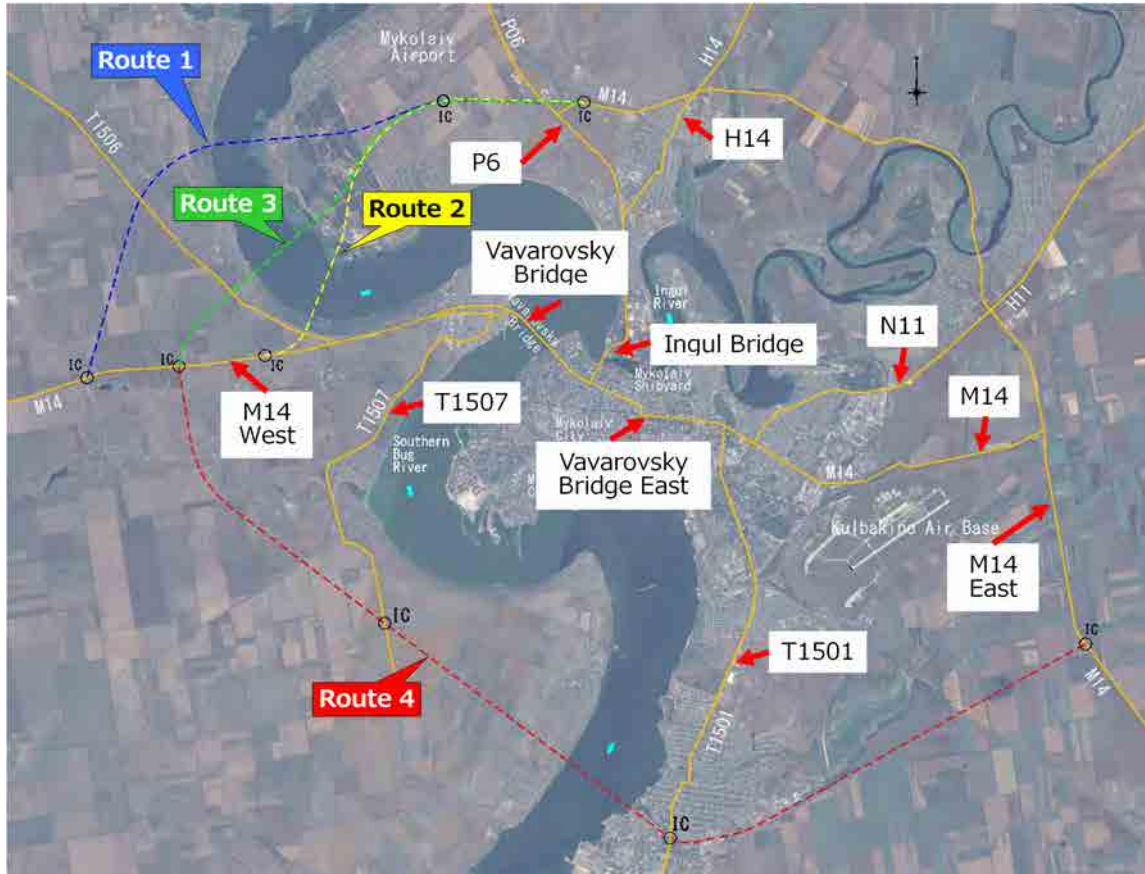


図 8-2-1. 推計対象区間とネットワーク

2) 道路状況

前節で設定した幹線道路ネットワークの種級車線数を，既存資料及び現況調査から次のように設定する。

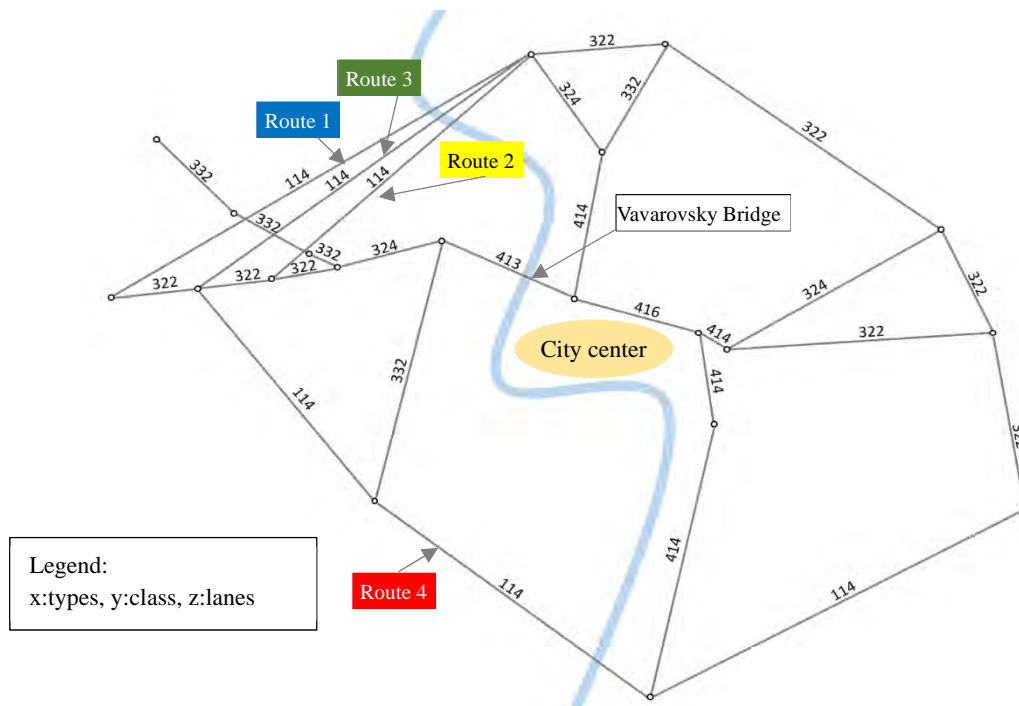


図 8-2-2. 幹線道路ネットワーク各リンクの種級車線数

幹線道路ネットワーク各リンクの距離を既存資料及び地形図から次のように設定する。

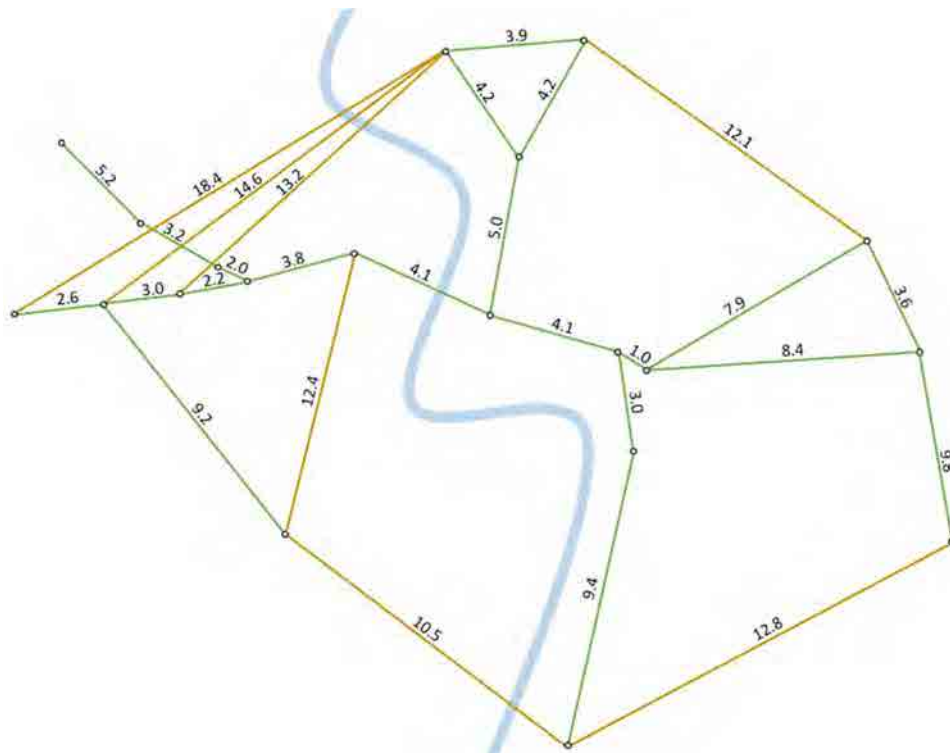


図 8-2-3. 幹線道路ネットワーク各リンクの距離 (km)

3) ゾーニング及びOD量

ゾーニングは、2011F/Sと同様とする。また、推計に活用する発生集中交通量は、前節で推計した以下の値を用いる。

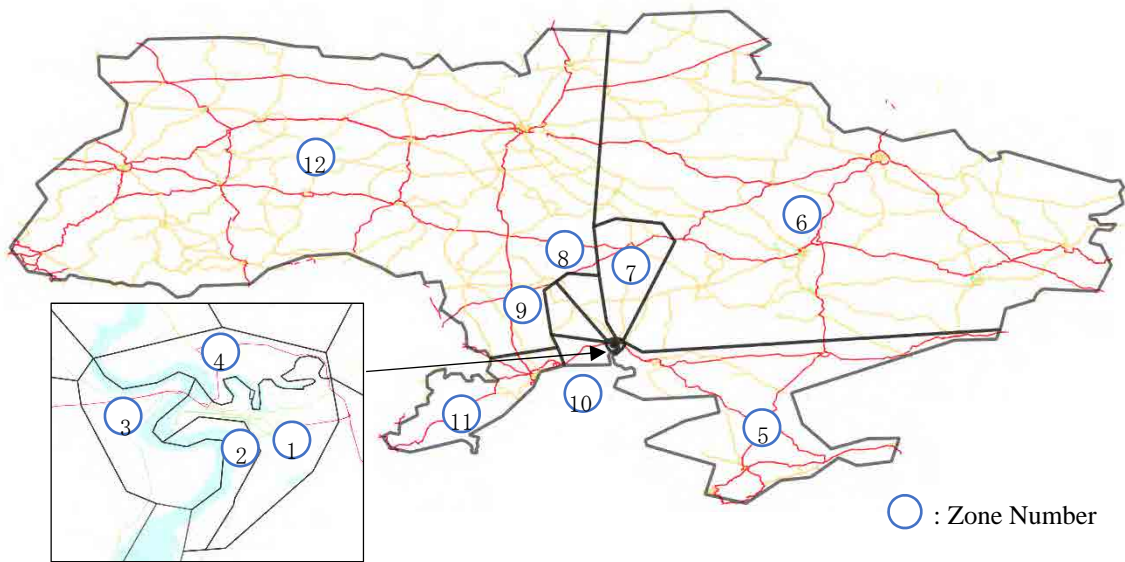


図 8-2-4. ゾーニング (左 狭域, 右 広域)

このゾーン設定における OD 量を表 8-2-1 に示す。

表 8-2-1. オリジナル OD 量 (2017 年調査)

Pax													Veh./day	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Total	
1	0	0	3,847	74	369	74	222	888	222	3,774	3,404	0	12,874	
2	0	0	74	0	222	0	0	0	74	222	0	0	592	
3	5,845	222	0	369	0	222	149	149	74	592	0	149	7,771	
4	0	0	222	0	0	0	0	0	0	0	0	74	296	
5	74	0	149	0	0	0	0	0	149	592	0	0	963	
6	74	0	149	0	74	0	0	0	0	74	0	0	369	
7	222	0	0	0	0	0	0	0	0	74	74	0	369	
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
9	74	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	74	
10	592	0	222	0	0	0	0	74	0	0	0	0	888	
11	74	0	74	0	0	74	0	0	0	0	0	0	221	
12	74	0	0	0	0	74	0	0	0	0	0	0	147	
Total	7,027	222	4,737	443	665	443	371	1,110	296	4,588	4,365	296	24,564	

Bus													Veh./day	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Total	
1	0	0	1,158	0	0	0	0	69	121	252	136	11	1,747	
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
3	1,158	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,158	
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
5	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	34	22	60	
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	37	0	41	
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
8	69	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	69	
9	121	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	121	
10	252	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	255	
11	136	0	0	0	37	37	0	0	0	0	0	0	211	
12	7	0	0	0	15	4	0	0	0	0	0	0	26	
Total	1,743	0	1,158	0	52	48	0	69	121	255	207	34	3,688	

Trucks													Veh./day	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Total	
1	0	0	617	12	59	12	36	142	36	605	546	0	2,065	
2	0	0	12	0	36	0	0	0	12	36	0	0	95	
3	938	36	0	59	0	36	24	24	12	95	0	24	1,247	
4	0	0	36	0	0	0	0	0	0	0	0	12	47	
5	12	0	24	0	0	0	0	0	0	24	95	0	155	
6	12	0	24	0	12	0	0	0	0	0	12	0	59	
7	36	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12	12	59	
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
9	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12	
10	95	0	36	0	0	0	0	12	0	0	0	0	142	
11	12	0	12	0	0	12	0	0	0	0	0	0	35	
12	12	0	0	0	0	12	0	0	0	0	0	0	24	
Total	1,127	36	760	71	107	71	60	178	47	736	700	47	3,941	

3ax													Veh./day	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Total	
1	0	4	0	0	0	0	0	0	0	2	6	0	12	
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	2	
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	
5	0	20	0	0	8	0	0	1	0	0	0	0	29	
6	1	16	3	0	2	0	0	0	0	0	12	1	34	
7	0	4	3	0	1	1	0	5	0	0	0	0	13	
8	11	13	7	0	17	6	1	2	5	0	3	1	65	
9	1	0	2	0	1	1	0	0	0	0	0	0	5	
10	4	8	0	0	0	2	0	0	0	0	4	0	18	
11	3	7	0	3	12	25	2	0	1	4	0	0	57	
12	5	18	0	0	15	4	1	2	0	0	0	0	44	
Total	26	93	17	7	60	45	11	17	15	16	37	14	279	

Trailer													Veh./day	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Total	
1	0	42	0	0	0	0	0	0	0	20	63	0	125	
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	0	20	
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
4	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	
5	0	218	0	0	83	0	0	10	0	0	0	0	311	
6	10	176	29	0	19	0	0	0	0	0	125	10	369	
7	0	42	30	0	10	10	0	51	0	0	0	0	144	
8	117	142	71	0	181	68	10	19	51	0	29	10	697	
9	10	0	20	0	10	10	0	0	0	0	0	0	51	
10	42	83	0	0	0	20	0	0	0	0	42	0	188	
11	30	73	0	29	134	271	20	0	10	42	0	0	609	
12	49	195	0	0	156	39	10	19	0	0	0	0	467	
Total	270	973	154	33	597	424	48	106	70	73	290	32	2,991	

All													Veh./day	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Total	
1	0	46	5,622	85	429	85	258	1,099	379	4,653	4,155	11	16,823	
2	0	0	85	0	258	0	0	0	0	85	280	0	709	
3	7,941	258	0	429	0	258	173	173	85	687	0	173	10,176	
4	11	0	258	0	0	0	0	0	0	0	0	85	355	
5	85	239	173	0	91	4	0	11	0	173	720	22	1,518	
6	96	192	204	0	106	0	0	0	0	4	259	11	873	
7	258	46	33	0	11	11	0	55	0	0	85	85	586	
8	197	155	78	0	198	74	11	20	55	0	31	11	831	
9	218	0	22	0	11	11	0	0	0	0	0	0	262	
10	985	91	258	0	0	26	0	85	0	0	46	0	1,491	
11	255	80	85	31	183	419	22	0	11	46	0	0	1,132	
12	146	213	0	0	185	132	11	20	0	0	0	0	707	
Total	10,192	1,320	6,819	545	1,472	1,019	475	1,465	531	5,648	5,578	399	35,463	

4) 現況交通量

対象地域では、以下の3種の交通量調査が実施されている。

- 2016年9月調査 24h 4車種
- 2017年1月調査 24h 5車種、現橋断面の月変動調査 (24h 5車種)
- 2018年10月調査 1h 1車種

概要は以下のとおりである。

- 2016年9月調査 24h 4車種 (JICA)

Location (coded in the Map)	Passenger Cars	Buses	Trucks	Trailers	Total
1. M-14 км 125+500	9,058	957	4,031	2,430	16,476
2. M-14 км 143+000	1,358	62	2,091	1,975	5,486
3. M-14 км 147+000	1,908	62	2,606	2,098	6,674
4. M-14 км 159+000	2,476	62	2,394	2,312	7,244
5. City Entrance	3,364	399	2,321	1,773	7,857
6. H-11 км 319+000	7,219	538	2,674	1,329	11,760
7. P-06 км 225+000	5,402	404	2,218	2,151	10,175

KM=kilometer

Source: Ukravtodor Office of Mykolaiv Oblast



Source: Ukravtodor Office of Mykolaiv Oblast

- 2017年1月調査 24h 5車種 (JICA)

	Passenger Cars	Buses	2 axle Trucks	3 Axle Trucks	Trailers	Total
1 Varvarovsky Bridge West	13,363	1,976	1,401	143	1,620	18,502
2 M-14 125 km post	4,703	550	1,049	123	1,365	7,780
3 P06	4,466	665	503	115	1,416	7,164
4 H11	3,202	473	686	77	468	4,905
5 M-14 167 km post	3,688	510	1,192	104	1,769	7,262
6 Ingul Bridge North	18,638	3,204	1,833	123	1,515	25,312

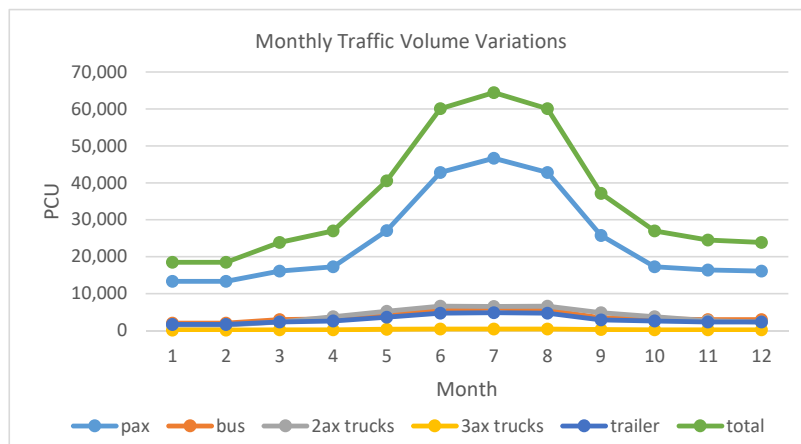
Source: JICA Survey Team.



Source: JICA Survey Team

表 8-2-2. ババロフスキー橋の断面交通量の月変動 (2017 年調査報告書)

	pax	bus	trucks	3ax	trailer	total	pax	bus	trucks	3ax	trailer	total
1	13,363	1,976	1,400	143	1,620	18,502	0.54	0.54	0.36	0.54	0.54	0.52
2	13,363	1,976	1,400	143	1,620	18,502	0.54	0.54	0.36	0.54	0.54	0.52
3	16,103	2,982	2,287	203	2,277	23,852	0.66	0.81	0.58	0.76	0.76	0.67
4	17,234	3,178	3,776	230	2,581	26,999	0.70	0.86	0.96	0.86	0.86	0.76
5	27,029	4,381	5,182	322	3,636	40,550	1.10	1.19	1.31	1.21	1.21	1.14
6	42,815	5,583	6,604	417	4,692	60,111	1.74	1.51	1.68	1.57	1.56	1.70
7	46,620	6,063	6,487	430	4,867	64,467	1.90	1.64	1.65	1.62	1.62	1.82
8	42,815	5,583	6,604	417	4,692	60,111	1.74	1.51	1.68	1.57	1.56	1.70
9	25,736	3,438	4,819	255	2,884	37,132	1.05	0.93	1.22	0.96	0.96	1.05
10	17,234	3,178	3,776	230	2,581	26,999	0.70	0.86	0.96	0.86	0.86	0.76
11	16,358	2,942	2,672	205	2,323	24,500	0.67	0.80	0.68	0.77	0.77	0.69
12	16,097	2,980	2,290	202	2,279	23,848	0.66	0.81	0.58	0.76	0.76	0.67
AADT	24,564	3,688	3,941	266	3,004	35,463	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00



- 2018 年 10 月調査 1h 1 車種 (本調査)

Location No.	Time	Vehicle
1	10:27~11:27	449
2	13:14~14:14	2,100
3	13:00~14:00	1,863
4	13:12~14:12	2,150
5	10:14~11:14	1,424
6	10:14~11:14	279
7	10:13~11:13	841
8	10:23~11:23	279



図 8-2-5. 交通量観測結果及び観測地点 (2018 年 10 月)

8-2-2 OD 量の渡河 OD への補正

前節の分布交通は南ブグ川の渡河 OD（現橋断面でのインタビュー調査から作成）であるにもかかわらず、渡河を必要としない OD ペアが含まれている。南ブグ川渡河 OD とするために、次の手順で南ブグ川渡河 OD を算定した。また、オリジナルの OD 表の発生・集中は、以下のとおり、そのバランスが適切でないと考えられたことから、今般の調査においては OD の発生・集中について平均化を図っている。

1) 2017 年調査 OD の問題点

一般的にゾーン間の発生量と集中量はほぼ同程度の交通量となる。一日の時間帯において、多くのトリップは発生地から発生地に戻るためである。2017 年調査ではインタビュー調査により乗車類であれば抽出率 2.5% 程度のサンプルデータを拡大して現況 OD 表を作成している。サンプルの発生量と集中量の差が拡大処理でさらに大きくなったと考える。このバランスの悪さは、インタビュー調査の時間帯がタピークを外した 8 時~16 時で実施されていること、サンプル率の低さ（この母数に基づく日本国内の標準的な抽出率は 7% 程度）による可能性がある。

2) 2017 年調査 OD の結果

2017 年調査の OD 表では、対角線の上側と下側の合計交通量の比が乗用車類で 66:34 である。中間から 16% の離れとなっている。バス以外の車種でも同様の傾向を示している。

発生集中量差について許容値の標準はない。しかし、例えば信頼度を検討する際、慣例的に用いられる 5% の値から比べ大きな離れと考えられる。

その一方、バスの OD 表は、バス事業者に路線定期バスの便数についてインタビュー調査を実施しており、実質全数調査の結果である。対角線の上側と下側の合計交通量の比が 50:50 とゾーン間の差異がない OD となっている。

3) 本調査における OD の補正方法

このバランスの補正方法として、(1)インタビューで得られた分布交通量の発生側・集中側合計の全体に対する比率を信頼できるものと仮定して発生量と集中量を平均する方法と、(2)例えばバランスの悪い分布交通量の残りを未観測時間帯の観測された断面交通量比等を用いるなど、既存のデータを踏まえて推測を図る方法が考えられる。しかしながら、(2)については、インタビューデータが残されておらず、残されていたとしても、さらにサンプル数が少ない時間帯別データから未観測時間帯の OD を推測する等、過度に仮定に依拠した試算となってしまうことが懸念された。従い、これらを勘案し、前者の、観測されたデータのみに基づく、発生集中量を平均しバランスを改善する方法を採用する。

また、バスについては、他の車種と同様に平均化した。バスは、発生、集中で差のあるゾーン間の交通量は数台でしかなく、平均化しても精度に影響はないと考える。

i) 渡河 OD の抽出

ii) 渡河 OD を抽出前全発生集中量 / 抽出後全発生集中量で拡大

表 8-2-3 に算定した OD を示す。

表 8-2-3. 渡河 OD 補正後の OD 量 (2017 年時点)

												Veh./day	
Pax	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Total
1	0	0	5,745	0	0	0	0	0	175	2,587	2,061	44	10,612
2	0	0	175	0	0	0	0	0	0	44	132	0	351
3	5,745	175	0	351	88	220	88	88	0	0	0	0	6,755
4	0	0	351	0	0	0	0	0	0	0	0	44	395
5	0	0	88	0	0	0	0	0	0	88	351	0	527
6	0	0	220	0	0	0	0	0	0	0	87	44	351
7	0	0	88	0	0	0	0	0	0	0	44	44	176
8	0	0	88	0	0	0	0	0	0	44	0	0	132
9	175	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	175
10	2,587	44	0	0	88	0	0	44	0	0	0	0	2,763
11	2,061	132	0	0	351	87	44	0	0	0	0	0	2,675
12	44	0	0	44	0	44	44	0	0	0	0	0	176
Total	10,612	351	6,755	395	527	351	176	132	175	2,763	2,675	176	25,088

												Veh./day	
Bus	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Total
1	0	0	1,373	0	0	0	0	0	144	298	161	11	1,987
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	1,373	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,373
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	42	22	64
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	44	2	50
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	144	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	144
10	298	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	302
11	161	0	0	0	42	44	0	0	0	0	0	0	247
12	11	0	0	0	22	2	0	0	0	0	0	0	35
Total	1,987	0	1,373	0	64	50	0	0	144	302	247	35	4,202

												Veh./day	
Trucks	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Total
1	0	0	922	0	0	0	0	0	28	415	331	7	1,703
2	0	0	28	0	0	0	0	0	0	7	21	0	56
3	922	28	0	56	14	35	14	14	0	0	0	0	1,083
4	0	0	56	0	0	0	0	0	0	0	0	7	63
5	0	0	14	0	0	0	0	0	0	14	56	0	84
6	0	0	35	0	0	0	0	0	0	0	14	7	56
7	0	0	14	0	0	0	0	0	0	0	7	7	28
8	0	0	14	0	0	0	0	0	0	7	0	0	21
9	28	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	28
10	415	7	0	0	14	0	0	7	0	0	0	0	443
11	331	21	0	0	56	14	7	0	0	0	0	0	429
12	7	0	0	7	0	7	7	0	0	0	0	0	28
Total	1,703	56	1,083	63	84	56	28	21	28	443	429	28	4,022

												Veh./day	
3ax	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Total
1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	3	5	3	12
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	5	11	21
3	0	0	0	0	0	2	2	4	0	0	0	0	8
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	2
5	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	7	9	17
6	0	0	2	0	0	0	0	0	1	1	22	3	29
7	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	1	1	4
8	0	0	4	0	0	0	0	0	3	0	2	2	11
9	1	0	0	0	1	1	0	3	0	0	0	0	6
10	3	5	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	9
11	5	5	0	2	7	22	1	2	0	0	0	0	44
12	3	11	0	0	9	3	1	2	0	0	0	0	29
Total	12	21	8	2	17	29	4	11	6	9	44	29	192

												Veh./day	
Tailer	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Total
1	0	0	0	0	0	0	0	0	6	37	55	29	127
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	49	55	115	219
3	0	0	0	0	0	17	18	42	0	0	0	0	77
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	17	0	17
5	0	0	0	0	0	0	0	0	6	0	79	92	177
6	0	0	17	0	0	0	0	0	6	12	235	29	299
7	0	0	18	0	0	0	0	0	0	0	12	6	36
8	0	0	42	0	0	0	0	0	30	0	17	17	106
9	6	0	0	0	6	6	0	30	0	0	0	0	48
10	37	49	0	0	0	12	0	0	0	0	0	0	98
11	55	55	0	17	79	235	12	17	0	0	0	0	470
12	29	115	0	0	92	29	6	17	0	0	0	0	288
Total	127	219	77	17	177	299	36	106	48	98	470	288	1,962

												Veh./day	
All	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Total
1	0	0	8,040	0	0	0	0	0	354	3,340	2,613	94	14,441
2	0	0	203	0	0	0	0	0	0	105	213	126	647
3	8,040	203	0	407	102	274	122	148	0	0	0	0	9,296
4	0	0	407	0	0	0	0	0	0	0	19	51	477
5	0	0	102	0	0	0	0	0	7	102	535	123	869
6	0	0	274	0	0	0	0	0	7	17	402	85	785
7	0	0	122	0	0	0	0	0	0	0	64	58	244
8	0	0	148	0	0	0	0	0	33	51	19	19	270
9	354	0	0	0	7	7	0	33	0	0	0	0	401
10	3,340	105	0	0	102	17	0	51	0	0	0	0	3,615
11	2,613	213	0	19	535	402	64	19	0	0	0	0	3,865
12	94	126	0	51	123	85	58	19	0	0	0	0	556
Total	14,441	647	9,296	477	869	785	244	270	401	3,615	3,865	556	35,466

8-2-3 現橋・新橋間転換交通量の推測

1) OD 間所要時間の推測

幹線道路ネットワークの各リンクの自由速度を旅行速度調査（2011F/S）や幹線道路としての位置づけから以下のように設定した。

また、各ゾーンの発生点を以下のように設定した。

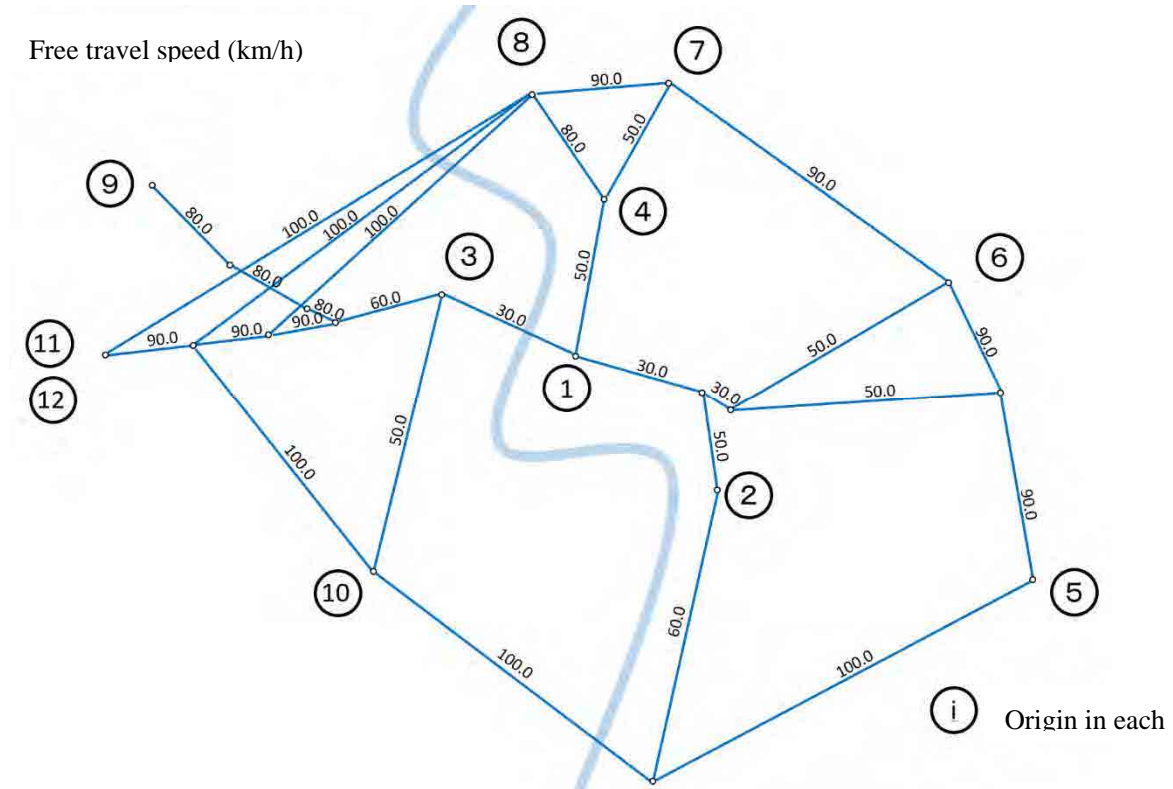


図 8-2-6. 幹線道路ネットワーク各リンクの自由走行速度(km/h)と発生点

この自由走行速度と各リンクの距離から、ゾーン間の所要時間を表 8-2-4 のように得た。

表 8-2-4. ゾーン間所要時間の推計結果

When using Vavarovsky Bridge											Minutes	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	0.00	11.82	8.22	6.00	26.82	19.08	11.04	9.18	19.80	23.10	17.22	347.22
2	11.82	0.00	19.98	17.82	22.20	15.06	22.86	20.94	31.62	34.86	28.98	358.98
3	8.22	19.98	0.00	14.22	35.04	27.30	19.26	17.34	11.58	14.88	9.00	339.00
4	6.00	17.82	14.22	0.00	22.02	13.08	5.04	3.12	25.80	29.10	23.22	353.22
5	26.82	22.20	35.04	22.02	0.00	8.94	16.98	19.62	46.62	49.92	44.04	374.04
6	19.08	15.06	27.30	13.08	8.94	0.00	8.04	10.68	38.88	42.18	36.30	366.30
7	11.04	22.86	19.26	5.04	16.98	8.04	0.00	2.58	30.84	34.14	28.26	358.26
8	9.18	20.94	17.34	3.12	19.62	10.68	2.58	0.00	28.92	32.22	26.34	356.34
9	19.80	31.62	11.58	25.80	46.62	38.88	30.84	28.98	0.00	26.46	13.02	343.02
10	23.10	34.86	14.88	29.10	49.92	42.18	34.14	32.22	26.46	0.00	23.88	353.88
11	17.22	28.98	9.00	23.22	44.04	36.30	28.26	26.34	13.02	23.88	0.00	330.00
12	347.22	358.98	339.00	353.22	374.04	366.30	358.26	356.34	343.02	353.88	330.00	330.00

When using Mykolaiv Bridge (Route 1)											Minutes	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	0.00	11.82	29.16	6.00	26.82	19.08	11.04	9.18	33.18	44.04	20.16	350.16
2	11.82	0.00	40.98	17.82	22.20	15.06	22.86	20.94	45.00	55.86	31.98	361.98
3	29.16	40.98	0.00	23.16	39.66	30.72	22.62	20.04	11.58	14.88	9.00	339.00
4	6.00	17.82	23.22	0.00	22.02	13.08	5.04	3.12	27.18	38.04	14.16	344.16
5	26.82	22.20	39.66	22.02	0.00	8.94	16.98	19.62	43.62	54.54	30.66	360.66
6	19.08	15.06	30.72	13.08	8.94	0.00	8.04	10.68	34.68	45.60	21.72	351.72
7	11.04	22.86	22.62	5.04	16.98	8.04	0.00	2.58	26.64	37.50	13.62	343.62
8	9.18	20.94	20.04	3.12	19.62	10.68	2.58	0.00	24.06	34.92	11.04	341.04
9	33.18	45.00	11.58	27.18	43.62	34.68	26.64	24.06	0.00	26.46	13.02	343.02
10	44.04	55.86	14.88	38.04	54.54	45.60	37.50	34.92	26.46	0.00	23.88	353.88
11	20.16	31.98	9.00	14.16	30.66	21.72	13.62	11.04	13.02	23.88	0.00	330.00
12	350.16	361.98	339.00	344.16	360.66	351.72	343.62	341.04	343.02	353.88	330.00	330.00

When using Mykolaiv Bridge (Route 2)											Minutes	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	0.00	11.82	22.32	6.00	26.82	19.08	11.04	9.18	26.34	37.20	20.82	350.16
2	11.82	0.00	34.14	17.82	22.20	15.06	22.86	20.94	38.16	49.02	32.58	361.98
3	22.32	34.14	0.00	16.32	32.76	23.88	15.78	13.20	11.58	14.88	9.00	339.00
4	6.00	17.82	16.32	0.00	22.02	13.08	5.04	3.12	20.34	31.20	14.82	344.16
5	26.82	22.20	32.76	22.02	0.00	8.94	16.98	19.62	36.78	47.64	31.26	360.66
6	19.08	15.06	23.88	13.08	8.94	0.00	8.04	10.68	27.84	38.76	22.32	351.72
7	11.04	22.86	15.78	5.04	16.98	8.04	0.00	2.58	19.80	30.66	14.28	343.62
8	9.18	20.94	13.20	3.12	19.62	10.68	2.58	0.00	17.16	28.08	11.64	341.04
9	26.34	38.16	11.58	20.34	36.78	27.84	19.80	17.16	0.00	26.46	13.02	343.02
10	37.20	49.02	14.88	31.20	47.64	38.76	30.66	28.08	26.46	0.00	23.88	353.88
11	20.82	32.58	9.00	14.82	31.26	22.32	14.28	11.64	13.02	23.88	0.00	330.00
12	350.16	361.98	339.00	344.16	360.66	351.72	343.62	341.04	343.02	353.88	330.00	330.00

When using Mykolaiv Bridge (Route 3)											Minutes	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	0.00	11.82	25.20	6.00	26.82	19.08	11.04	9.18	29.16	40.08	19.62	350.16
2	11.82	0.00	36.96	17.82	22.20	15.06	22.86	20.94	40.98	51.84	31.44	361.98
3	25.20	36.96	0.00	19.20	35.64	26.70	18.60	16.02	11.58	14.88	9.00	339.00
4	6.00	17.82	19.20	0.00	22.02	13.08	5.04	3.12	23.16	34.08	13.62	344.16
5	26.82	22.20	35.64	22.02	0.00	8.94	16.98	19.62	39.60	50.52	30.12	360.66
6	19.08	15.06	26.70	13.08	8.94	0.00	8.04	10.68	30.72	41.58	21.18	351.72
7	11.04	22.86	18.60	5.04	16.98	8.04	0.00	2.58	22.62	33.48	13.08	343.62
8	9.18	20.94	16.02	3.12	19.62	10.68	2.58	0.00	20.04	30.90	10.50	341.04
9	29.16	40.98	11.58	23.16	39.60	30.72	22.62	20.04	0.00	26.46	13.02	343.02
10	40.08	51.84	14.88	34.08	50.52	41.58	33.48	30.90	26.46	0.00	23.88	353.88
11	19.62	31.44	9.00	13.62	30.12	21.18	13.08	10.50	13.02	23.88	0.00	330.00
12	350.16	361.98	339.00	344.16	360.66	351.72	343.62	341.04	343.02	353.88	330.00	330.00

When using Mykolaiv Bridge (Route 4)											Minutes	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	0.00	11.82	40.26	6.00	26.82	19.08	11.04	9.18	44.28	27.48	34.74	350.16
2	11.82	0.00	28.50	17.82	17.10	15.06	22.86	20.94	32.46	15.72	22.98	361.98
3	40.26	28.50	0.00	46.26	26.76	35.70	43.74	46.38	11.58	12.78	9.00	339.00
4	6.00	17.82	46.26	0.00	22.02	13.08	5.04	3.12	50.28	33.48	40.74	344.16
5	26.82	17.10	26.76	22.02	0.00	8.94	16.98	19.62	30.78	13.98	21.24	360.66
6	19.08	15.06	35.70	13.08	8.94	0.00	8.04	10.68	39.72	22.92	30.18	351.72
7	11.04	22.86	43.74	5.04	16.98	8.04	0.00	2.58	47.76	30.96	38.22	343.62
8	9.18	20.94	46.38	3.12	19.62	10.68	2.58	0.00	50.34	33.60	40.86	341.04
9	44.28	32.46	11.58	50.28	30.78	39.72	47.76	50.34	0.00	16.80	13.02	343.02
10	27.48	15.72	12.78	33.48	13.98	22.92	30.96	33.60	16.80	0.00	7.26	353.88
11	34.74	22.98	9.00	40.74	21.24	30.18	38.22	40.86	13.02	7.26	0.00	330.00
12	350.16	361.98	339.00	344.16	360.66	351.72	343.62	341.04	343.02	353.88	330.00	330.00

2) 転換交通量の推測

前節で得たミコライウ橋ーババロフスキー橋利用時間差に対して以下の転換率を適用し、ミコライウ橋各ルートの交通量を以下のように算出した。

表 8-2-5. 転換後のミコライウ橋・ババロフスキー橋の交通量

Unit: veh./day

Bridges	Route	Pax	Bus	2-axle trucks	3+ axle trucks	Trailer	All
Mykolaiv Bridge	Route1	9,785	1,566	1,351	104	707	13,512
	Route2	10,714	1,742	1,563	106	804	14,929
	Route3	10,358	1,671	1,480	106	808	14,423
	Route4	9,032	1,383	1,201	100	842	12,558
Vavarovsky Bridge	Route1	15,303	2,636	2,671	88	1,255	21,954
	Route2	14,374	2,460	2,459	86	1,158	20,537
	Route3	14,730	2,531	2,542	86	1,154	21,043
	Route4	16,056	2,819	2,821	92	1,120	22,908

Unit: pcu/day

Bridges	Route	Pax	Bus	2-axle trucks	3+ axle trucks	Trailer	All
Mykolaiv Bridge	Route1	9,785	4,698	2,701	352	3,536	21,072
	Route2	10,714	5,227	3,125	359	4,020	23,445
	Route3	10,358	5,013	2,960	360	4,038	22,729
	Route4	9,032	4,150	2,402	338	4,208	20,130
Vavarovsky Bridge	Route1	15,303	7,908	5,343	298	6,274	35,126
	Route2	14,374	7,379	4,919	291	5,790	32,753
	Route3	14,730	7,593	5,084	290	5,772	33,469
	Route4	16,056	8,456	5,642	312	5,602	36,068

Bridge	Route	Conversion / Unconversion Rate
Mykolaiv Bridge	Route1	39.1%
	Route2	42.9%
	Route3	41.5%
	Route4	36.1%
Vavarovsky Bridge	Route1	60.9%
	Route2	57.1%
	Route3	58.5%
	Route4	63.9%

8-2-4 ネットワーク交通量の推測

1) ネットワーク容量及びQV条件の設定

(1) 容量設定

ネットワークの各区間の道路状況（種級相当，車線数）から容量を以下のように設定した。

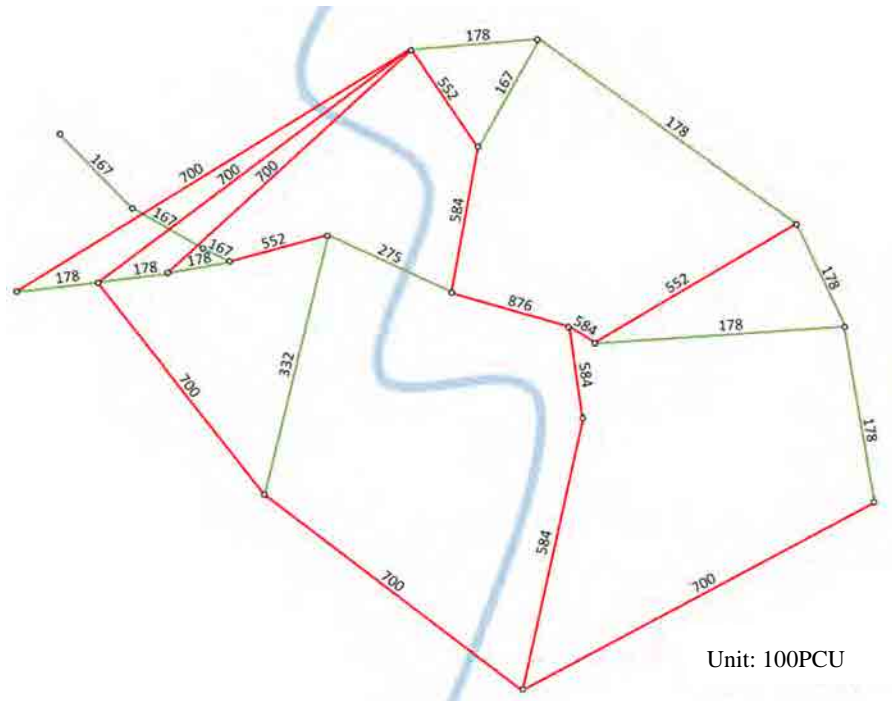
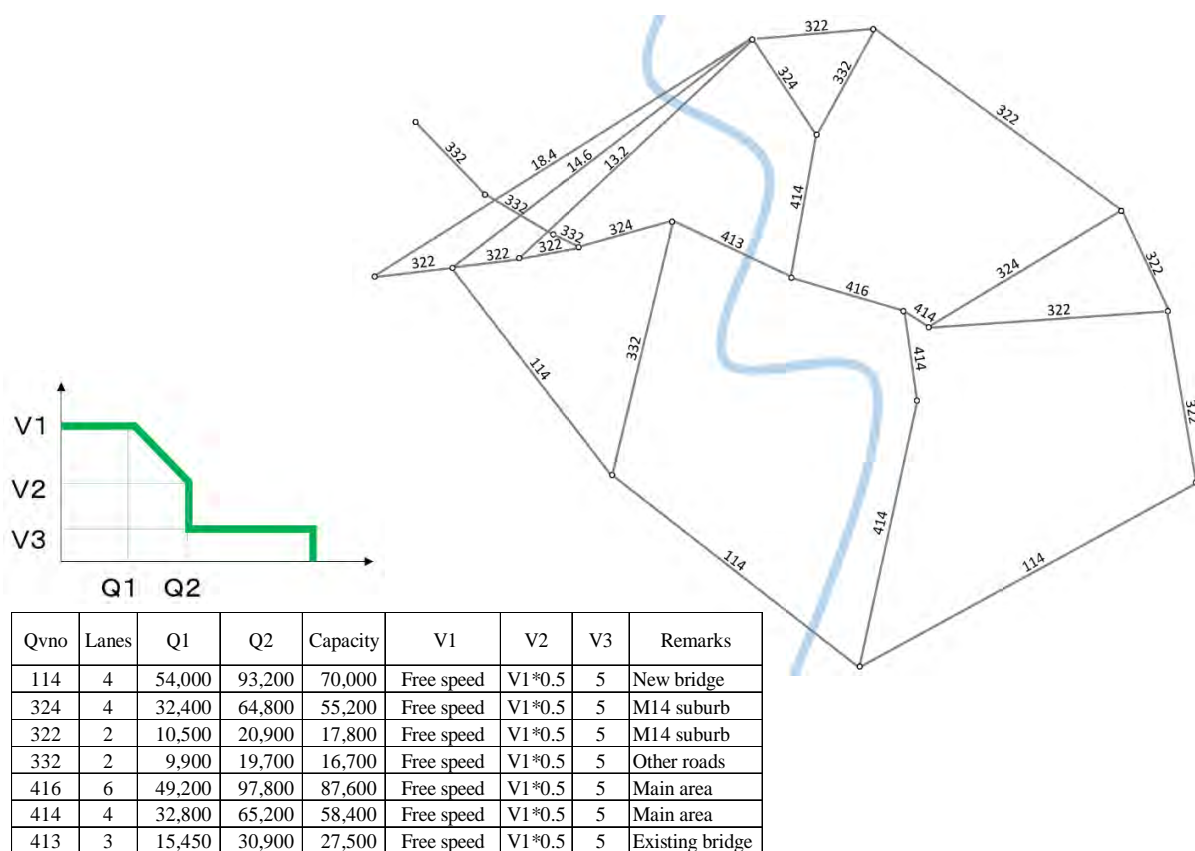


図 8-2-7. ネットワーク容量

(2) QV 設定

転換交通量に基づき速度を設定するため、各区間のQV条件を以下のように設定した。



*New bridge: Mykolaiv Bridge, Existing bridge: Vavarovsky Bridge

図 8-2-8. QV 設定

(3) 現況交通量の推測

観測交通量を合成し、2017年時点のへ現況交通量を推測した。この交通量に基づく混雑度、速度（平均、最終）を以下のように推測した。

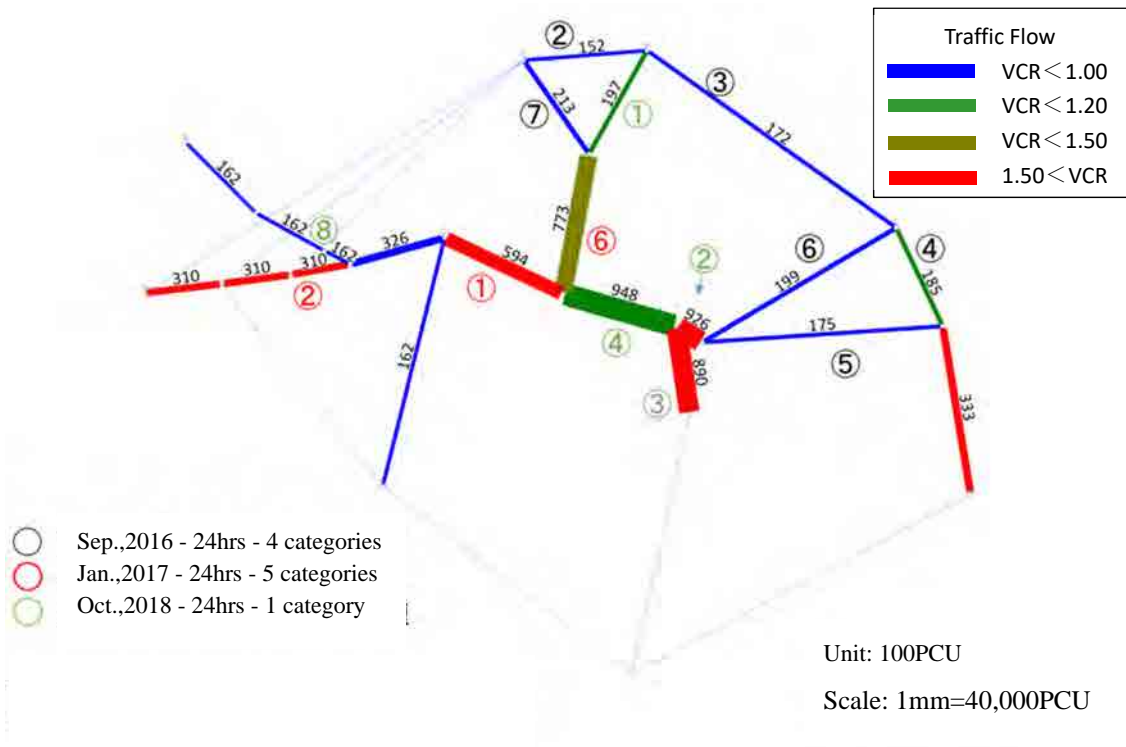


図 8-2-9. 交通量推計結果（現況 交通量）

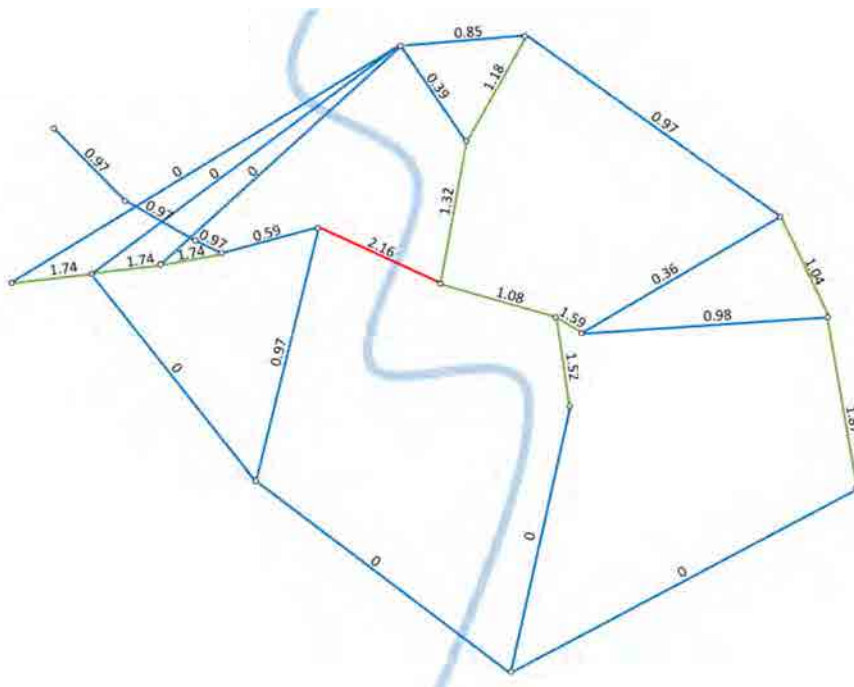
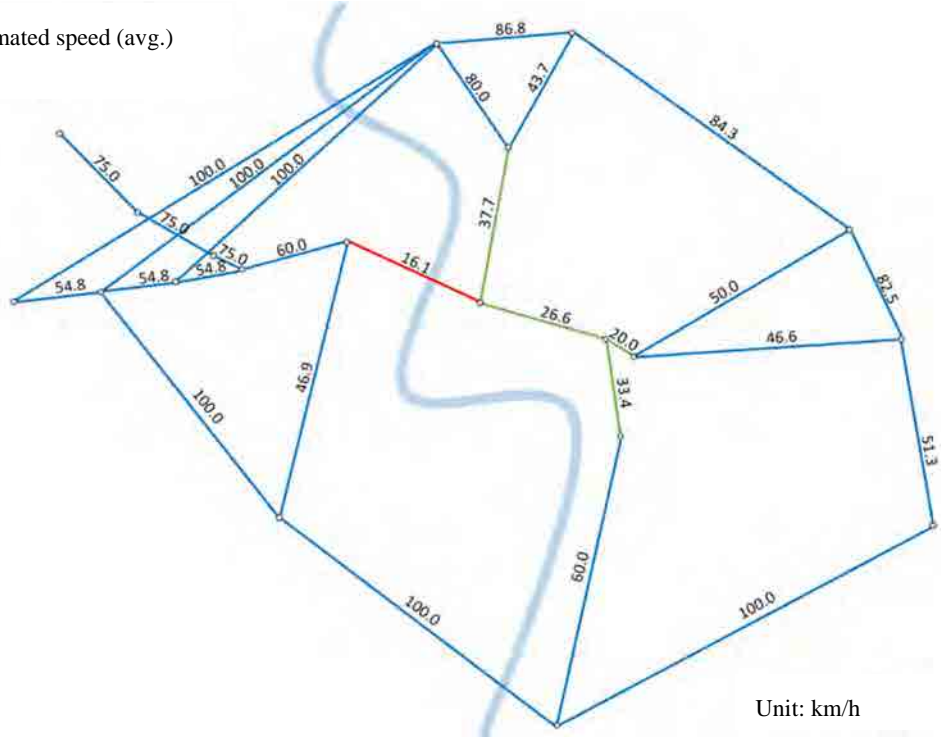


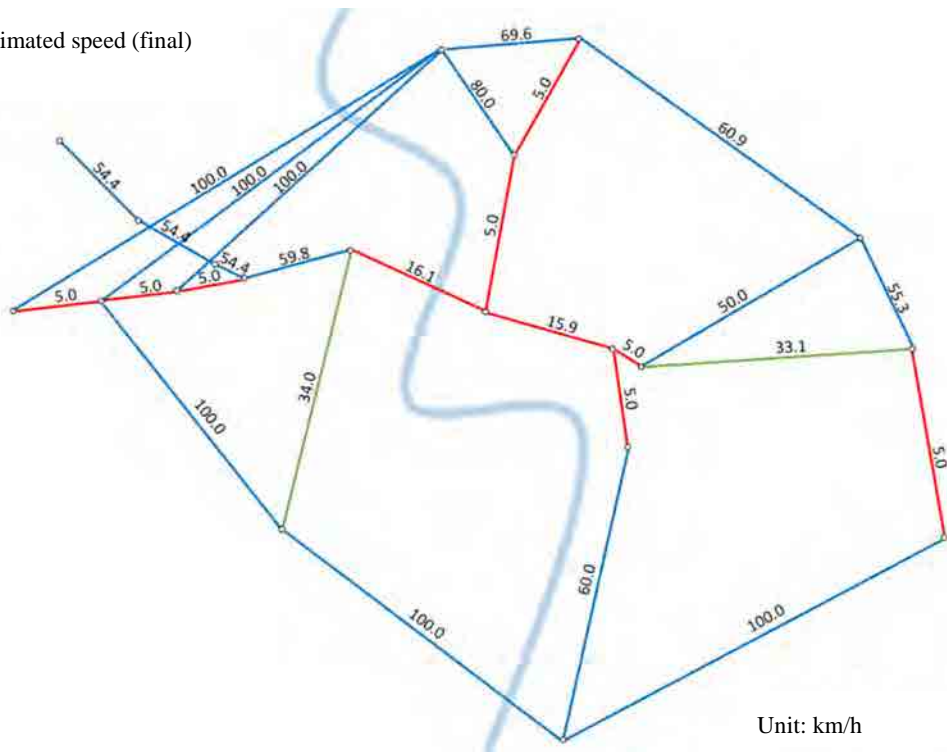
図 8-2-10. 交通量推計結果（現況 混雑度）

Estimated speed (avg.)



Unit: km/h

Estimated speed (final)



Unit: km/h

図 8-2-11. 交通量推計結果 (現況 速度)

(4) 転換後交通量の推測

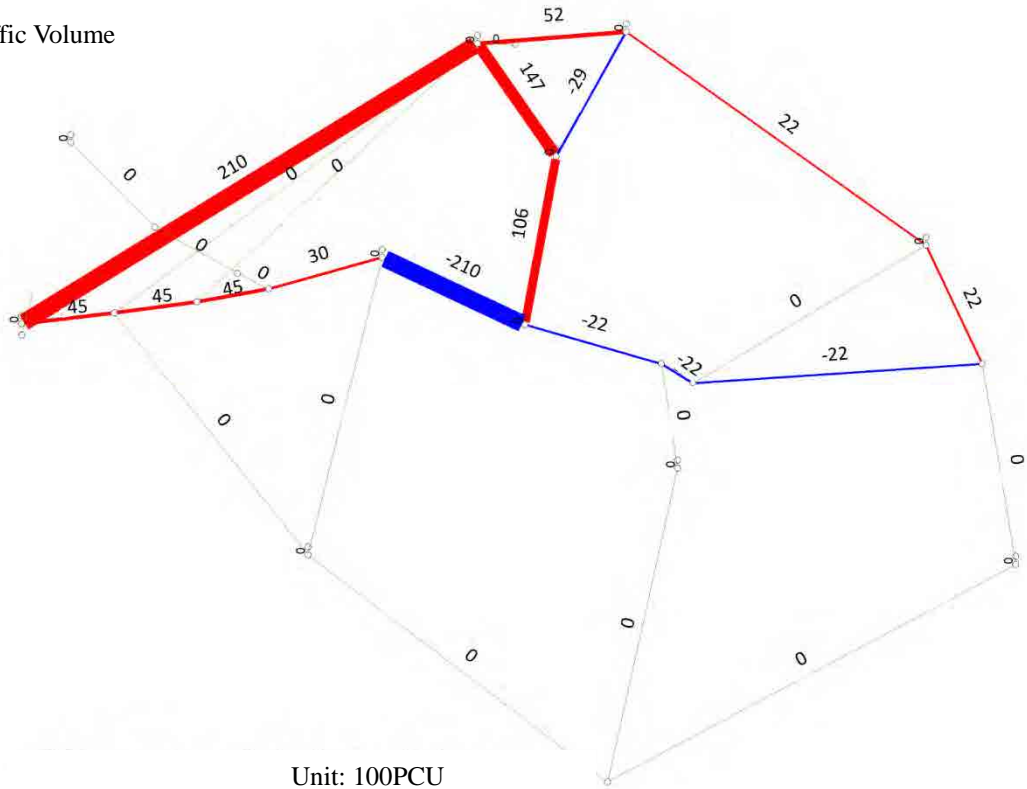
ネットワークの現況交通量に各ルートの転換後交通量を加減し転換後交通量の推測を行った。

以下に、各ルートの転換後の交通量図及び主要区間の交通量、混雑度、速度（平均、最終）を示す。

表 8-2-6. ネットワーク交通量推計結果まとめ

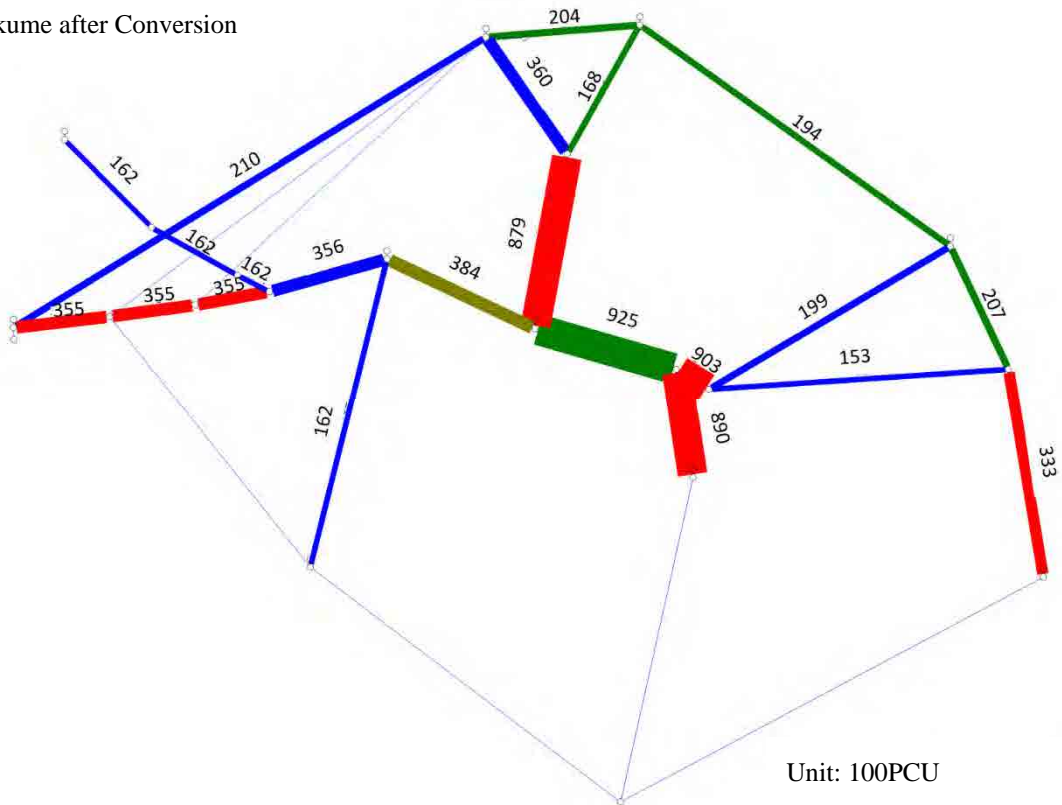
	Location	Capacity 100PCU/day	Total 100PCU/day	Pax 100PCU/day	Bus 100PCU/day	2ax 100PCU/day	3ax 100PCU/day	Trailer 100PCU/day	VCR	Speed(Avg.) km/h	Speed(Final) km/h
Current traffic	Vavarovsky Bridge	275	594	247	110	78	9	150	2.54	16.1	5.0
	Mykolaiv Bridge	700	0	0	0	0	0	0	0.00	100.0	100.0
	M-14 (west)	178	310	87	31	58	8	126	0.81	54.8	5.0
	P-6	552	213	51	13	36	0	112	0.07	80.0	80.0
	N-11	552	199	69	17	44	0	69	0.00	50.0	50.0
	N-14	167	197	92	47	18	2	37	0.33	43.7	5.0
	T-1501	584	890	267	94	119	24	387	0.05	33.4	5.0
	M-14	178	175	32	13	38	0	92	0.25	46.6	33.1
	T-1506	167	162	48	17	22	4	70	0.24	75.0	54.4
	T-1507	167	162	48	17	22	4	70	0.37	46.9	34.0
	M-14 (east)	178	333	68	28	66	7	164	0.25	51.3	5.0
	Ingul bridge	584	773	345	178	102	8	140	0.46	37.7	5.0
	Vavarovsky Bridge(east)	876	948	413	183	87	15	250	0.29	26.6	15.9
	Route1	Vavarovsky Bridge	275	384	150	63	51	6	115	2.16	22.1
Mykolaiv Bridge		700	210	98	47	27	3	35	0.00	100.0	100.0
M-14 (west)		178	355	127	60	67	6	96	1.74	48.4	5.0
P-6		552	360	135	56	59	1	109	0.39	79.8	75.6
N-11		552	199	69	17	44	0	69	0.36	50.0	50.0
N-14		167	168	87	46	16	1	19	1.18	46.4	32.4
T-1501		584	890	267	94	119	24	387	1.52	33.4	5.0
M-14		178	154	26	11	36	0	81	0.98	48.2	38.4
T-1506		167	162	48	17	22	4	70	0.97	75.0	54.4
T-1507		167	162	48	17	22	4	70	0.97	46.9	34.0
M-14 (east)		178	333	68	28	66	7	164	1.87	51.3	5.0
Ingul bridge		584	879	416	219	120	7	116	1.32	33.8	5.0
Vavarovsky Bridge(east)		876	925	407	181	85	14	239	1.08	26.9	16.6
Route2		Vavarovsky Bridge	275	360	140	57	47	6	110	2.16	23.2
	Mykolaiv Bridge	700	234	107	52	31	3	40	0.00	100.0	100.0
	M-14 (west)	178	310	87	31	58	8	126	1.74	54.8	5.0
	P-6	552	375	144	61	63	1	107	0.39	79.6	73.7
	N-11	552	199	69	17	44	0	69	0.36	50.0	50.0
	N-14	167	165	86	46	16	1	16	1.18	46.6	33.2
	T-1501	584	890	267	94	119	24	387	1.52	33.4	5.0
	M-14	178	154	26	11	36	0	81	0.98	48.2	38.5
	T-1506	167	162	48	17	22	4	70	0.97	75.0	54.4
	T-1507	167	162	48	17	22	4	70	0.97	46.9	34.0
	M-14 (east)	178	333	68	28	66	7	164	1.87	51.3	5.0
	Ingul bridge	584	890	424	224	124	7	112	1.32	33.4	5.0
	Vavarovsky Bridge(east)	876	925	407	181	84	14	239	1.08	26.9	16.6
	Route3	Vavarovsky Bridge	275	367	144	60	48	6	110	2.16	22.9
Mykolaiv Bridge		700	227	104	50	30	3	40	0.00	100.0	100.0
M-14 (west)		178	310	87	31	58	8	126	1.74	54.8	5.0
P-6		552	368	141	59	61	1	107	0.39	79.7	74.5
N-11		552	199	69	17	44	0	69	0.36	50.0	50.0
N-14		167	165	86	46	16	1	16	1.18	46.6	33.2
T-1501		584	890	267	94	119	24	387	1.52	33.4	5.0
M-14		178	153	26	11	36	0	81	0.98	48.2	38.5
T-1506		167	162	48	17	22	4	70	0.97	75.0	54.4
T-1507		167	162	48	17	22	4	70	0.97	46.9	34.0
M-14 (east)		178	333	68	28	66	7	164	1.87	51.3	5.0
Ingul bridge		584	884	421	222	122	7	112	1.32	33.6	5.0
Vavarovsky Bridge(east)		876	925	407	181	84	14	239	1.08	26.9	16.6
Route4		Vavarovsky Bridge	275	393	157	68	54	6	108	2.16	21.7
	Mykolaiv Bridge	700	201	90	42	24	3	42	0.00	100.0	100.0
	M-14 (west)	178	310	87	31	58	8	126	1.74	54.8	5.0
	P-6	552	212	51	13	36	0	112	0.39	80.0	80.0
	N-11	552	199	69	17	44	0	69	0.36	50.0	50.0
	N-14	167	173	87	46	17	1	22	1.18	46.0	31.2
	T-1501	584	1,002	337	131	137	23	374	1.52	30.2	5.0
	M-14	178	150	25	10	36	0	79	0.98	48.4	39.3
	T-1506	167	162	48	17	22	4	70	0.97	75.0	54.4
	T-1507	167	114	22	8	13	4	66	0.97	49.8	46.2
	M-14 (east)	178	333	67	27	65	7	167	1.87	51.3	5.0
	Ingul bridge	584	747	340	176	100	6	124	1.32	38.9	5.0
	Vavarovsky Bridge(east)	876	1,034	476	218	102	14	224	1.08	25.1	5.0

Route 1
Converted Traffic Volume



Unit: 100PCU
Red: Plus, Blue: Minus
Scale: 1mm=10,000PCU

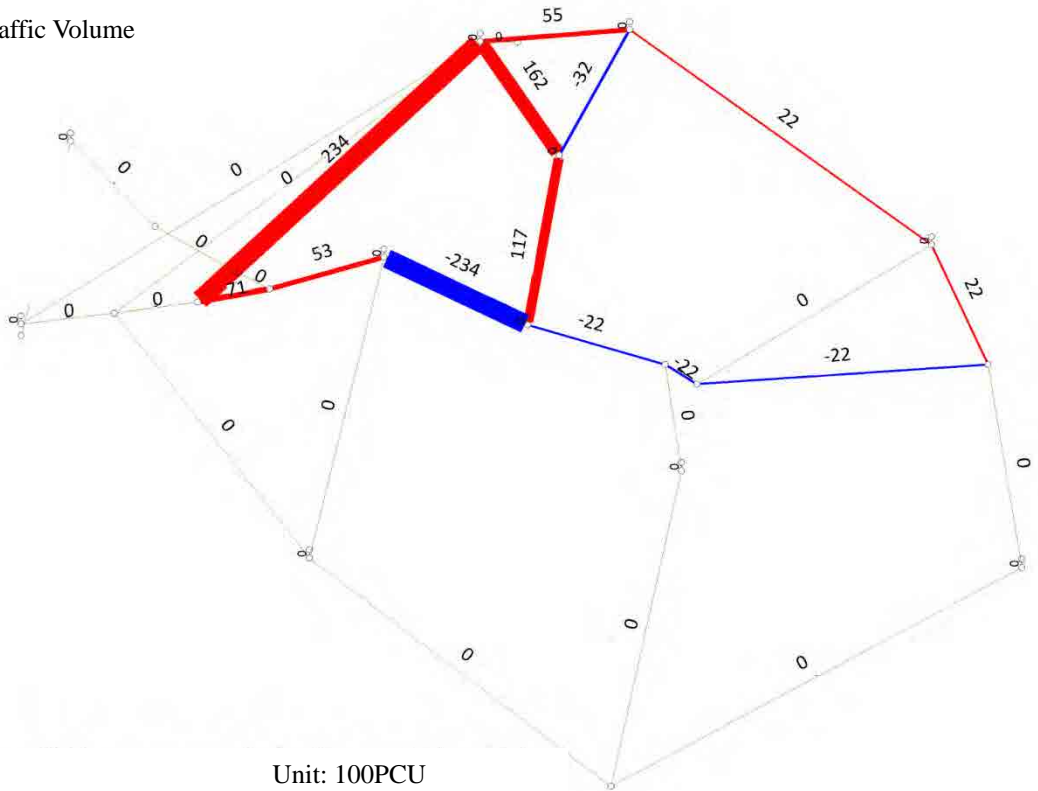
Route 1
Traffic Volume after Conversion



Unit: 100PCU
Scale: 1mm=30,000PCU

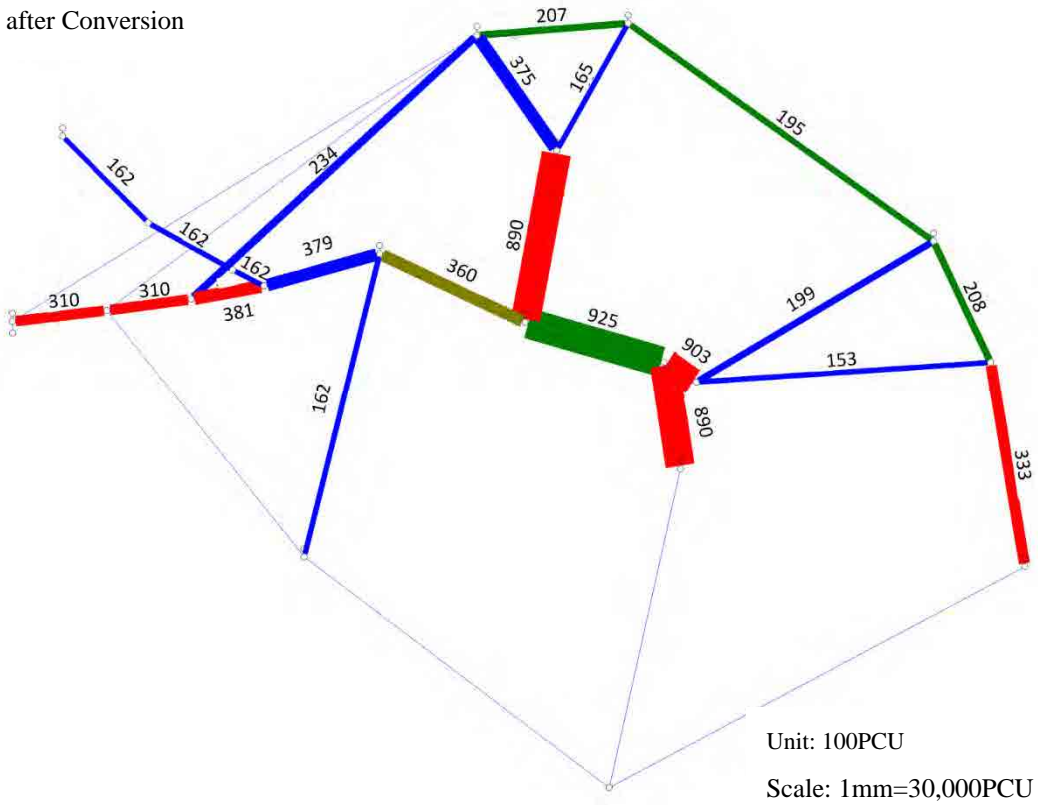
图 8-2-12. 交通量推計結果 (Route1)

Route 2
Converted Traffic Volume



Unit: 100PCU
Red: Plus, Blue: Minus
Scale: 1mm=10,000PCU

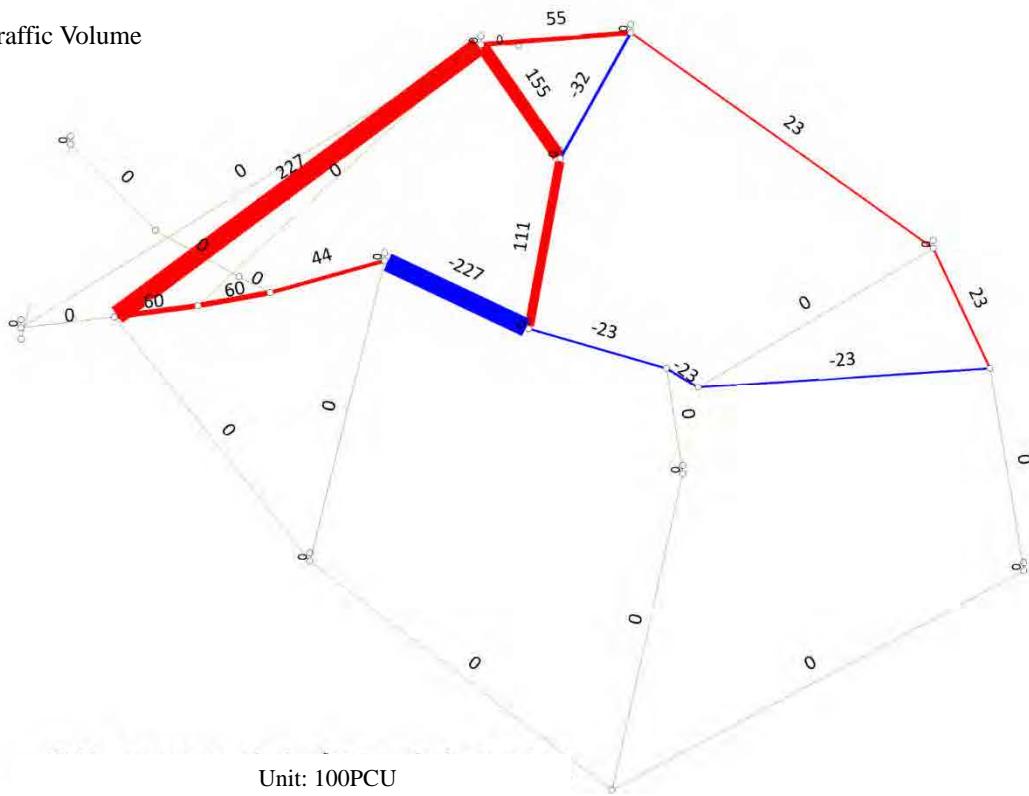
Route 2
Traffic Volume after Conversion



Unit: 100PCU
Scale: 1mm=30,000PCU

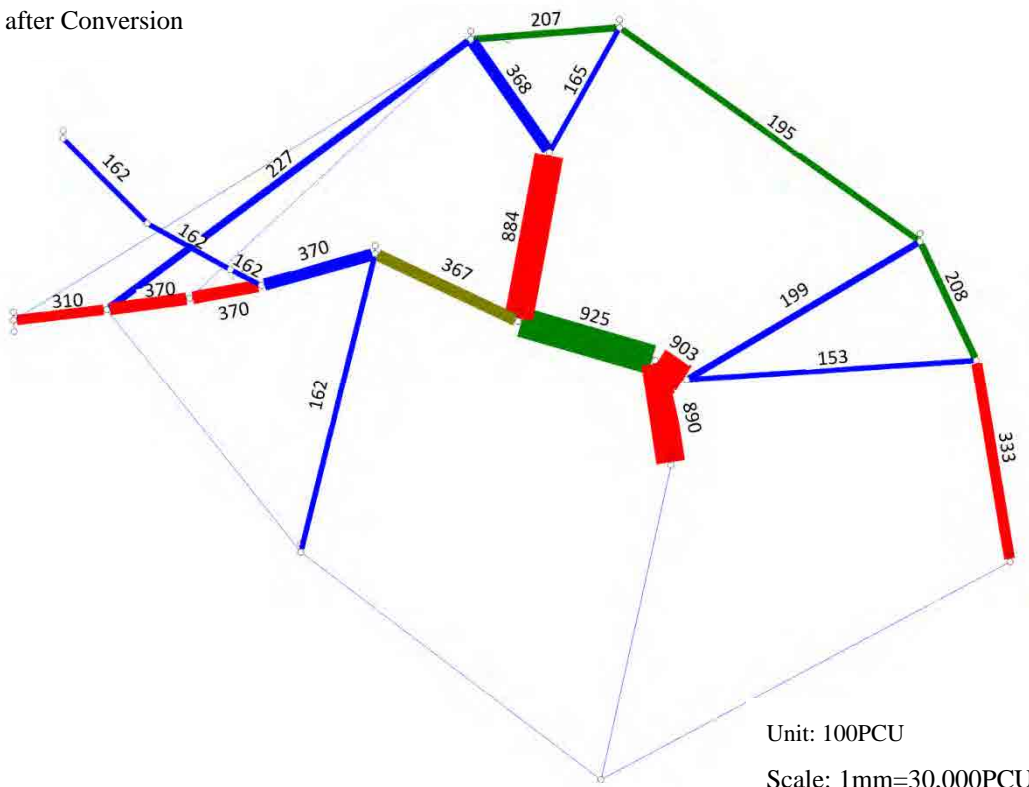
図 8-2-13. 交通量推計結果 (Route2)

Route 3
 Converted Traffic Volume



Unit: 100PCU
 Red: Plus, Blue: Minus
 Scale: 1mm=10,000PCU

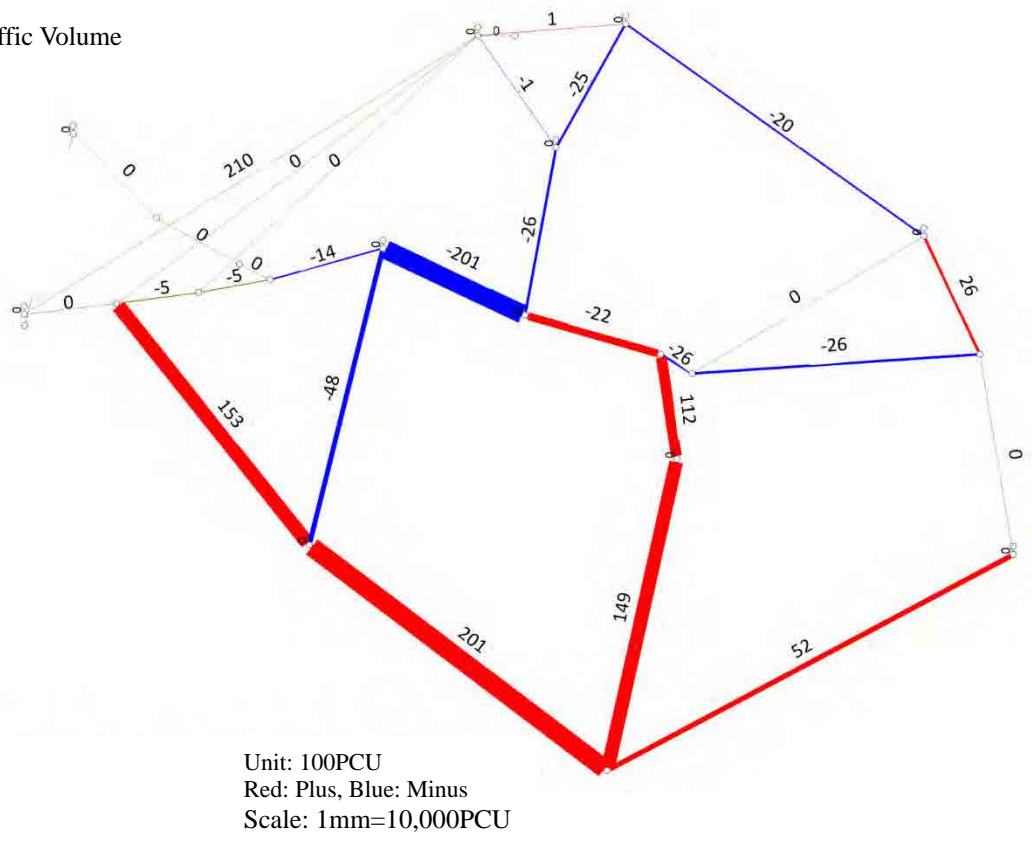
Route 3
 Traffic Volume after Conversion



Unit: 100PCU
 Scale: 1mm=30,000PCU

图 8-2-14. 交通量推計結果 (Route3)

Route 4
Converted Traffic Volume



Route 4
Traffic Volume after Conversion

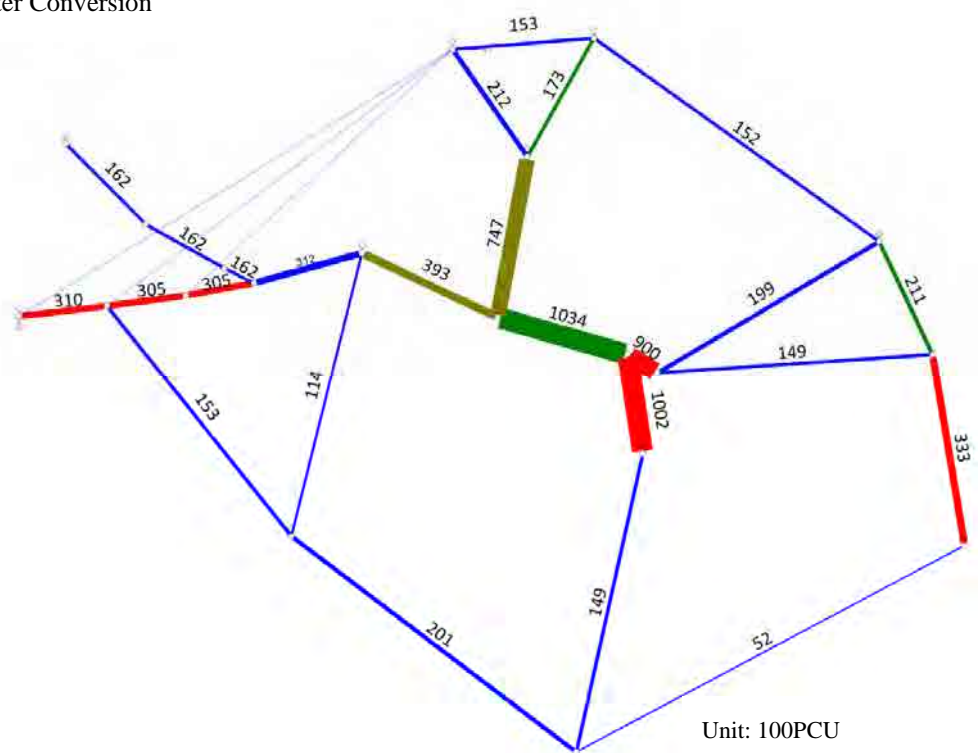


図 8-2-15. 交通量推計結果 (Route4)

8-2-5 将来交通量

1) 将来交通量の伸び率

2017年調査が実施されてから本調査までの期間が短いことや、ウクライナ国の情勢も大きく変化していないことから、本調査における将来交通量の伸び率は、2017年調査時で採用された伸び率を採用する。2017年調査時の将来交通量の伸び率は、2011F/Sと同様に、交通量観測量と社会経済指標を用いた回帰モデルによって推計されている。社会経済指標であるGDP成長率は、2.5%～3.5%と想定されている。算出された伸び率は以下のとおりである。

表 8-2-7. 将来交通量の伸び率

	Passenger cars	Buses	2-axle trucks	3+ axle trucks	Trailers
Annual average growth ratio	3.2%	2.0%	0.9%	3.0%	3.0%

2) 将来交通量

年平均日交通量および将来交通量の伸び率から算出した各ルートでの将来交通量を以下に示す。

表 8-2-8. 将来交通量（台ベース）

Route	Year	Bridge	Traffic volume (veh./day)					Total
			Pax	Bus	2-axle truck	3+ axle truck	Trailer	
Route1	2025	Vavarovsky	19,200	2,464	2,722	212	2,431	27,029
		Mykolaiv	12,555	1,840	1,446	124	1,367	17,332
	2040	Vavarovsky	30,647	3,333	3,100	330	3,782	41,192
		Mykolaiv	20,041	2,488	1,646	192	2,127	26,495
	2055	Vavarovsky	48,916	4,500	3,528	513	5,885	63,342
		Mykolaiv	31,987	3,359	1,873	299	3,310	40,830
Route2	2025	Vavarovsky	18,002	2,255	2,493	210	2,395	25,354
		Mykolaiv	13,754	2,049	1,675	126	1,403	19,006
	2040	Vavarovsky	28,734	3,049	2,839	326	3,727	38,676
		Mykolaiv	21,954	2,771	1,907	196	2,183	29,011
	2055	Vavarovsky	45,862	4,117	3,231	508	5,799	59,518
		Mykolaiv	35,041	3,741	2,170	305	3,396	44,654
Route3	2025	Vavarovsky	18,466	2,339	2,581	210	2,400	25,997
		Mykolaiv	13,289	1,964	1,587	126	1,398	18,364
	2040	Vavarovsky	29,475	3,164	2,939	326	3,735	39,640
		Mykolaiv	21,212	2,657	1,807	196	2,175	28,047
	2055	Vavarovsky	47,046	4,272	3,344	508	5,812	60,982
		Mykolaiv	33,857	3,587	2,057	305	3,384	43,190
Route4	2025	Vavarovsky	20,098	2,678	2,868	216	2,496	28,357
		Mykolaiv	11,657	1,625	1,300	120	1,301	16,004
	2040	Vavarovsky	32,081	3,622	3,266	336	3,885	43,189
		Mykolaiv	18,607	2,198	1,481	186	2,025	24,497
	2055	Vavarovsky	51,205	4,891	3,716	522	6,045	66,378
		Mykolaiv	29,699	2,968	1,685	290	3,151	37,793

表 8-2-9. 将来交通量 (PCU ベース)

Route	Year	Bridge	PCU					Capacity	VCR	
			Pax	Bus	2-axle truck	3+ axle truck	Trailer			Total
Route1	2025	Vavarovsky	19,200	7,392	5,445	717	12,153	44,907	27,500	1.63
		Mykolaiv	12,555	5,519	2,892	418	6,836	28,220	70,000	0.40
	2040	Vavarovsky	30,647	9,998	6,200	1,115	18,911	66,871	27,500	2.43
		Mykolaiv	20,041	7,464	3,293	650	10,637	42,085	70,000	0.60
	2055	Vavarovsky	48,916	13,499	7,055	1,735	29,426	100,631	70,000	3.66
		Mykolaiv	31,987	10,077	3,747	1,012	16,552	63,376	70,000	0.91
Route2	2025	Vavarovsky	18,002	6,764	4,987	709	11,976	42,437	27,500	1.54
		Mykolaiv	13,754	6,147	3,350	425	7,013	30,689	70,000	0.44
	2040	Vavarovsky	28,734	9,148	5,678	1,103	18,635	63,298	27,500	2.30
		Mykolaiv	21,954	8,313	3,815	662	10,913	45,657	70,000	0.65
	2055	Vavarovsky	45,862	12,352	6,461	1,717	28,997	95,389	27,500	3.47
		Mykolaiv	35,041	11,224	4,341	1,030	16,981	68,617	70,000	0.98
Route3	2025	Vavarovsky	18,466	7,018	5,162	709	12,001	43,357	27,500	1.58
		Mykolaiv	13,289	5,893	3,174	425	6,988	29,770	70,000	0.43
	2040	Vavarovsky	29,475	9,492	5,878	1,103	18,674	64,623	27,500	2.35
		Mykolaiv	21,212	7,970	3,615	662	10,874	44,332	70,000	0.63
	2055	Vavarovsky	47,046	12,816	6,689	1,717	29,058	97,326	27,500	3.54
		Mykolaiv	33,857	10,760	4,113	1,030	16,920	66,681	70,000	0.95
Route4	2025	Vavarovsky	20,098	8,034	5,736	729	12,482	47,080	27,500	1.71
		Mykolaiv	11,657	4,876	2,600	405	6,507	26,046	70,000	0.37
	2040	Vavarovsky	32,081	10,866	6,532	1,135	19,423	70,037	27,500	2.55
		Mykolaiv	18,607	6,595	2,961	630	10,125	38,919	70,000	0.56
	2055	Vavarovsky	51,205	14,672	7,433	1,766	30,223	105,298	27,500	3.83
		Mykolaiv	29,699	8,905	3,369	981	15,755	58,709	70,000	0.84

第9章 架橋地点の斜面安定性に関する考察

9-1 概要

2011F/S で実施された地質調査結果のレビューの他に、本調査で実施された地質調査結果および土木研究所との2019年2月の合同現地調査（以下「2019調査」という。）による新たな知見を踏まえ、架橋候補地点のルート2および3に対して、斜面安定性に関する考察を行う。

ここでは、具体的に①調査地域の地形・地質のレビュー、②本地域における地滑りの発生過程ならびに発達のメカニズムの推定、③地質の解析、④地形の解析、⑤道路計画との関係性についての検討を行い、最後にそれらの検討結果を踏まえ、仮の対策工の提案を行う。また、これまでの調査で、時間軸においてピンポイントである現時点での状況を限られた範囲で予測したが、今後の長期的地すべりの特性（将来の変動）の把握・地すべり面の位置および範囲の正確な特定が行われていないので、追加調査を行い、対策工の精度を向上することを目的とし、地すべり調査計画（案）の提案を行う。

なお、2019調査では、両ルートとも地すべりの可能性のある潜在地または活動地であることから、原則として地すべりの可能性が高い活動地を除外した箇所に橋脚・橋台を設置する方針とすることを決定した。

また、ルート3はルート2に比較して地すべりの可能性のある範囲が狭く、陸地側に発達したガリーがあり川側に向かった水の供給もないと考えられることから、対策工の検討が容易であることを確認した。

9-2 調査地域の地形・地質のレビュー

図9-2-1に示すように本調査地域は南ブグ川の河岸部に位置する。本地域の南ブグ川は蛇行を繰り返し、湾曲部の外側は流向に対して「攻撃斜面」となり、逆に内側は「滑走斜面」となっている。一般に攻撃斜面側は流速が速く、流水によって斜面の削剥が進行するのに対して、滑走斜面側は流速が穏やかになり上流からの河川による削剥物が堆積する傾向にある。

本調査地域でも上述の傾向は明らかであり、湾曲部の外側である右岸側は常時削剥され（特に雪解けなどの増水時）、内側である左岸側は河岸部に河川堆積物（凡例②～④に相当：低位～中位段丘堆積物も含む）が広く分布すると考えられる。

南ブグ川周辺では、河川比高差40m～100mに広く平坦台地が広がっており、台地上にはローム層を含む洪積堆積物（凡例⑥：第四紀洪積世（約1～164万年前）ローム、締まった砂、固結粘土他）が10m～20mの規模で堆積する。その下部には広く基盤層（凡例⑦：新第三紀鮮新世以前（約500万年前以前：石灰岩層ならびに硬質粘土層よりなる）が分布するが、調査地周辺では直接観察することはできない（大規模崖部を除く）。

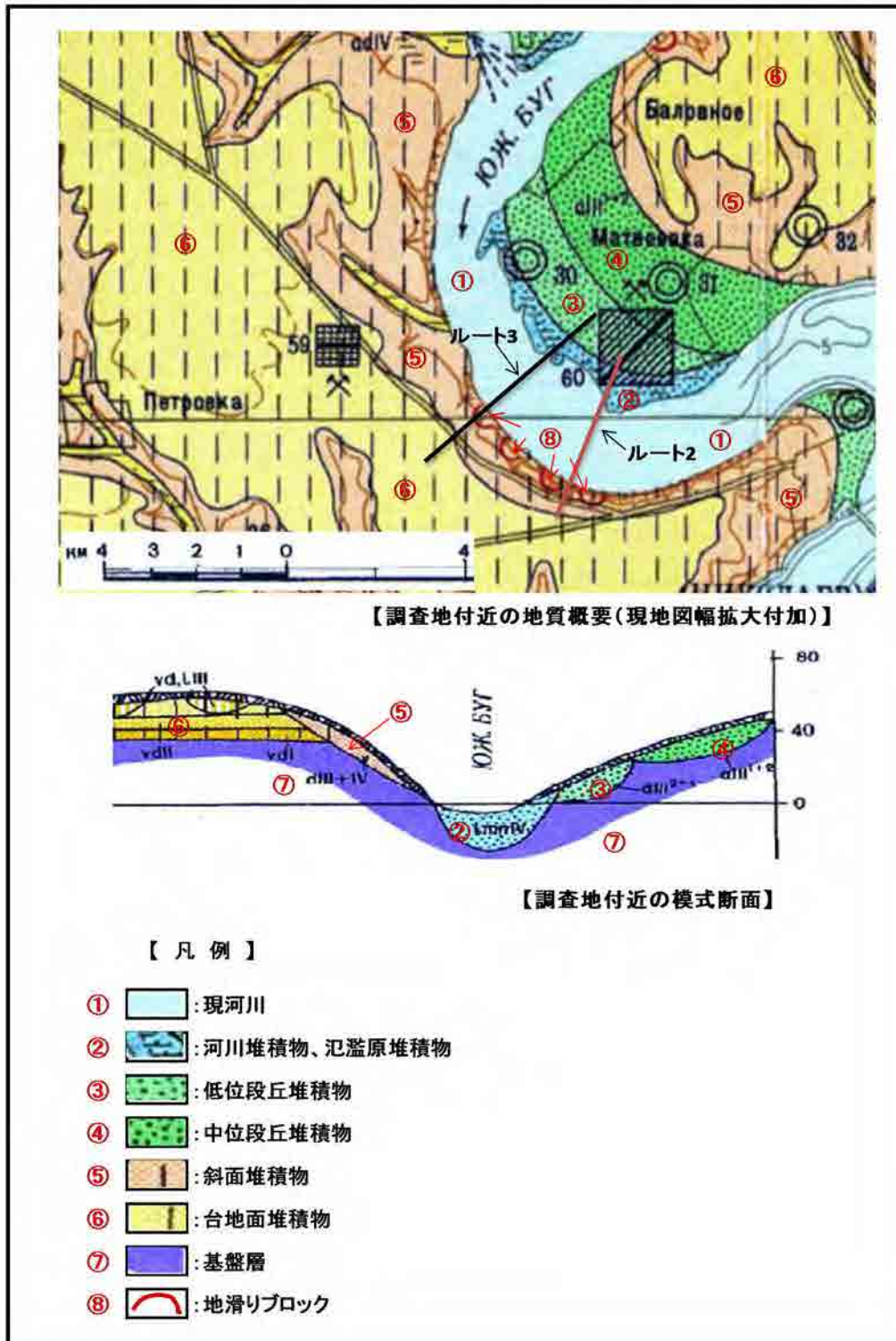
高位の平坦台地より河川に向かう緩斜面部には、後背の台地から供給された斜面堆積物（凡例⑤：ローム質土、砂、粘土、石灰岩礫他）が河川沿いに広く分布し（特に右岸斜面）、河岸部まで認められると考えられる。

斜面堆積物（凡例⑤）は、河岸部の堆積域では河川流水により削剥され易く、特に本地域の右岸斜面部のような攻撃斜面では、削剥が助長される傾向にある。

このため、本斜面堆積物は河岸部の押さえが継続的な削剥により消失し、比較的大きな地滑り

ブロック（地滑りの活動単位。地すべりとして一体となって動いている、あるいは動く恐れがある土砂や岩の塊の範囲を指す。以下「ブロック」という。）として、下方に滑動し、不安定化を起し易い環境にある。

次頁図幅でも地滑りブロック（凡例⑧）として認識されているが、詳細な分布と発達は、本図幅からでは読み取れないと考えられる。



Source: Ministry of Geology of the USSR (Quaternary Deposits Map) L-36-VIII (1967)

図 9-2-1. 調査地周辺の地質概況（現地地質図幅からの抜粋ならびに加筆）

9-3 本地域における地滑りの発生過程と発達メカニズムの推定

地滑りの定義を鑑みるに、山地や丘陵あるいは台地の斜面の一部で、土塊の平衡状態が破られて、側方あるいは下方へ移動していく現象を一般に山崩れ、あるいは崩壊と呼んでいる。このような現象は、豪雨等の自然要因や、末端切土などの人為的要因によって誘発され、実際に崩壊が生じたことによって発生する斜面は一般に急峻なものとなることが多い。他方で、比較的緩やかな斜面でもしばしば発生しており、この時の運動は極めて緩慢であり、かつ継続的なもの、については、特に「地滑り」と呼ばれ、一般の山崩れ（崩壊）とは区別される。しかしながら、地滑りの場合でも、地滑りに伴って発生する2次的な崩壊もあり、またその逆もあり、地滑りと崩壊との明確な区別は難しいと言われており、いずれも長期間に渡って様々な過程を踏む為、地滑り乃至崩壊が疑われる地域の地質状況については、時間軸を取入れた将来的な評価を行うべきと考えられる。そこで、本地域の地形・地質条件を踏まえ、本地域における地滑りの発生過程とその発達メカニズムの概要について、ステージを追って、以下に示す。

本地域での地形・地質条件は、9-2 で述べたように、調査地域に見られる不安定なブロックは、湾曲部の外側である右岸側の河岸部に集中しており、後背の台地から供給された未固結の斜面堆積物の分布域に限られている。南ブグ川右岸側斜面はこの斜面堆積物が緩斜面部に広く分布し、また、攻撃斜面となっているため、流水による斜面の削剥が著しくなっている。

9-3-1 ステージ I : 地滑り発生前

地滑り発生以前は、緩斜面部に斜面堆積物（Sd）がなだらかな傾斜で安定分布する状況であるが、本状況においても、南ブグ河岸部では最前線斜面の削剥が継続的に行われ、下方斜面の安定性が徐々に損なわれ、その結果、不安定化が進むことにより斜面上に微弱で不規則なクラックの発生などが認められるようになる。

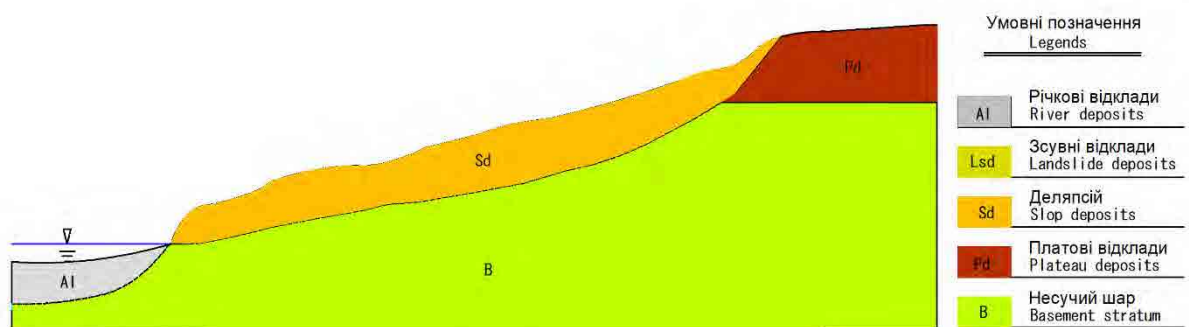


図 9-3-1. 地滑り発生前の斜面（ステージ I 模式断面）

9-3-2 ステージⅡ：初期地滑りの発生

更に流水による末端斜面の削剥が進行すると、当該斜面の不安定化は増し、遂にブロックとして下方に滑動するようになり、初期の地滑りが発生する。ブロックの発生は、地形上、頭部の崖（：頭部滑落崖）や側部の谷状地形が認められるようになる。

ルート 3 右岸斜面は、本ステージに相当するものと考えられる。図 9-4-4 に示すように、地すべり土塊が川の中まで押出されていることが伺える。

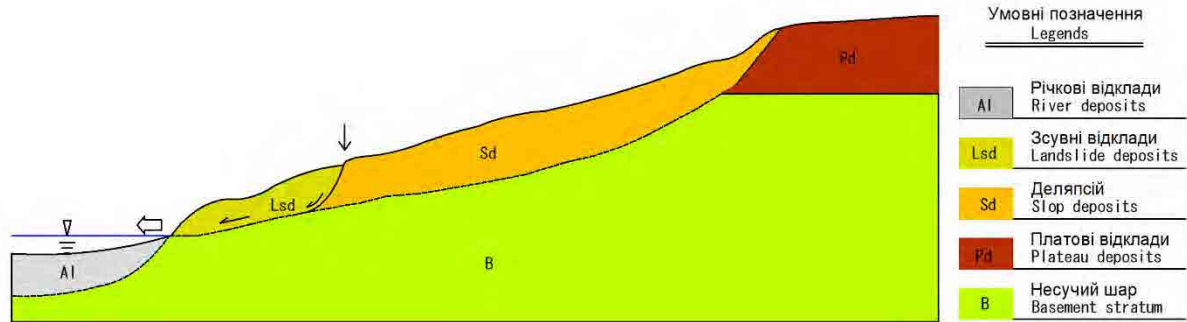


図 9-3-2. 初期地滑り発生後の斜面（ステージⅡ模式断面）

9-3-3 ステージⅢ：地滑り発達のメカニズム

地滑り発生の後、各ブロックの時間軸の進行はまちまちであるが、流水による末端斜面（ブロック末端部）の削剥が継続すると、地滑りの下方への滑動が活発化し、ブロックの不安定化は更に増大する。

ブロックの不安定化の増大は、地形にも反映され、地滑り発生時の頭部滑落崖や側部の谷状地形の規模が増し、更にブロック形状は明瞭な形となる。

上記の現象により、更に初期ブロックの上方斜面の不安定化が起こり、追従すべり（2次すべり）を誘発することとなる。

この不安定化のサイクルは、地形地質状況の差異などで場所により異なるものの、その進行は遅く、通常は、斜面堆積物の分布域の頭部付近（台地肩部付近）までブロックが発達し、最終的にそこで収束するものと考えられ、内陸部奥まで進行するとは考えづらい。

ルート 2 右岸斜面は、ほぼ本ステージに相当するものと考えられるが、追加調査ボーリングにより地質を確認し、内部への進行の可能性を検討する。

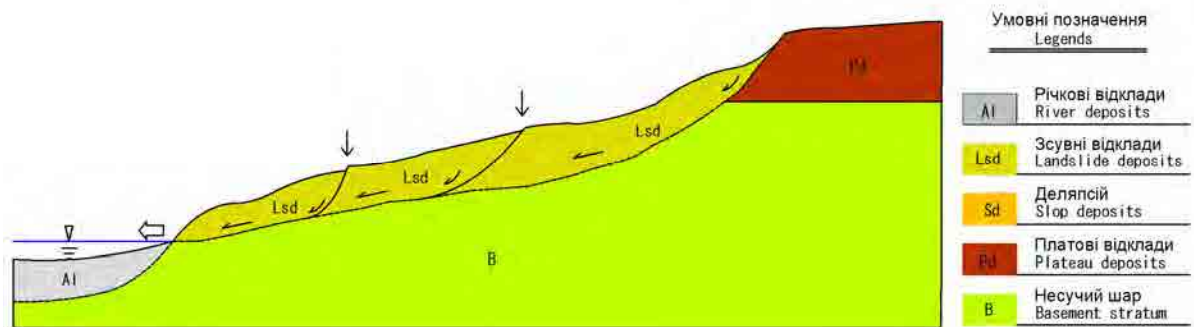


図 9-3-3. 複合すべりが発達した斜面（ステージⅢ模式断面）

9-4 地形の解析

9-4-1 ルート 2

ガリー侵食をともなう規模の大きい地すべりブロックはルート 2 に沿って発達しているように見られる。ブロック作図（図 9-4-2, 図 9-4-3 参照）の根拠は以下の通りである。

1) 地すべりブロックの規模と地形的特徴

- ・想定される地すべりブロックの最大規模は、幅 250 m、長さ 280 m であり、ガリー侵食エリアの外周を囲うものである。
- ・ガリー侵食の最も発達した部分の BS + 44m 地表付近には、ガリー侵食エリアの先端を囲う高さ 2~3 メートルの段差がある。
- ・ガリー侵食は、ブロック上部の勾配が均一となる領域まで進行している。ガリー侵食の周辺の地形は不均一であり、微地形の乱れが観察される。
- ・地すべりブロックの下部ではガリーが隣接している。ガリー発達区間の斜面には段差が形成されており、段差は方向はすべて川に平行となっている。
- ・ブロック内の小規模の段差はガリーに向かって直接滑落した小崩壊の頭部に相当する地形変化を示していると考えられる。

2) 地形図ならびに現地の変状状況³⁾

(1) 対象地域には単独及び樹枝状にガリーが発達している。このガリーの頭部付近を接続すると一連の馬蹄形状の領域が浮かび上がる。地山が不安定で浸食を受けやすいことから潜在的なブロックの存在が想定される。

(2) 想定されるブロックの地形特性として、複数の階段上の地形を含んでやや乱れた状態である。上部はやや斜面勾配が緩やかになり一定の勾配を示しているが、この緩斜面内にも段差が発生している。

これらのことから、ルート 2 の右岸架橋位置を広域的に見ると上部の緩斜面領域と下部の急斜面領域をセットとしたブロックが複数見られる領域と考えられる。その発達の過程を、9-3 の説明に照らして、図 9-4-1 に平面的に示す。また、No.2 のボーリング地点に向かって、6 段の地すべり跡の存在が報告されている（図 9-4-3 参照）。

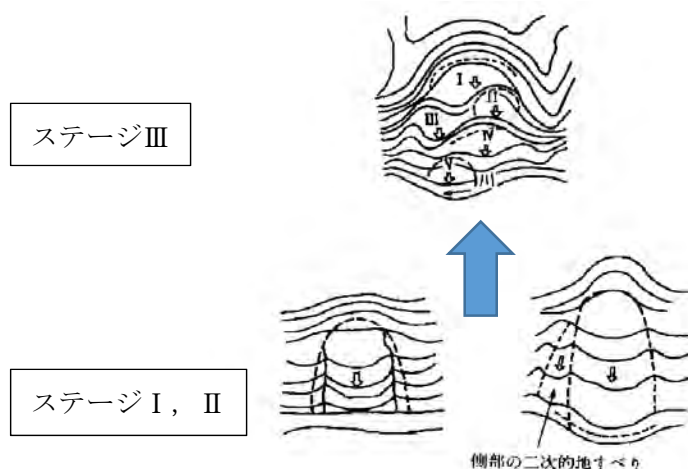


図 9-4-1. 地すべり地形

(3) 初期地すべりが発生し、それに伴い地形の乱れと地下水の集中により、沢方向の浸食が進行しガリー地形が発達した可能性も考えられる。ガリーの発達状況を見ると隣接する周辺域と比べて明瞭かつ広域であり、隣接斜面に見られる緩斜面域まで及んでいることから、ガリーの発達域した要因は、過去に地すべりによって広範囲に地塊が緩み土質的に不安定になった事および地下水を集めやすい状態が形成された事と考えられる。

(4) ルート3付近で現在生じている河岸付近の斜面崩壊（河川の削剥浸食による）は、ルート2では既に過去に生じており、幾度かの削剥侵食により、現在の河岸付近の末端部における急崖状地形は消失していると考えられる。

(5) 現地調査において複数の湧水点が確認されている。このことから斜面内からある程度の地下水排出が生じている可能性が考えられる。



図 9-4-2. ルート 2 右岸ブロック写真 (Google earth による画像に調査団加筆)

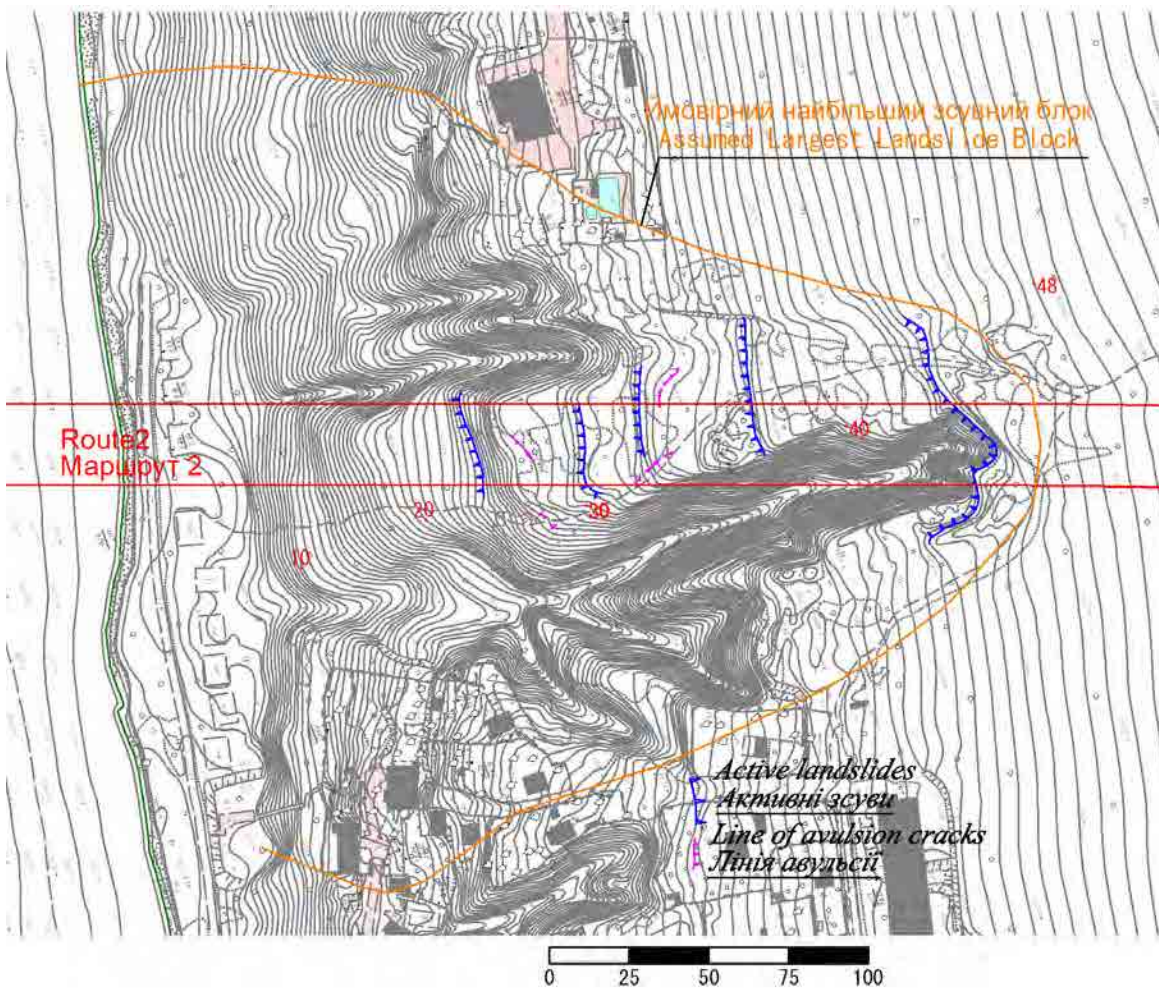


図 9-4-3. ルート 2 右岸ブロック平面図

9-4-2 ルート3

ルート3には明らかな段差地形を見せるブロック②と本地域で最大ブロックと推察されるブロック①の存在が考えられる。ブロック作図(図9-4-5参照)の根拠は以下の通りである。

1) ブロック①(破線)

- ・幅140m,長さ120mのブロックで下部は急斜面,上部は緩斜面勾配となる。
- ・隣接する河川に面した斜面区間が明瞭な地すべり地形を呈していることから,連続してブロックが発生する可能性が高いとの想定に基づく最大規模の地すべりである。

2) ブロック②(実線)

- ・幅105m,長さ95mの地すべりであり,すべり①と同様にブロック下部は急斜面,上部は緩勾配の斜面となる。
- ・地すべり頭部は現地踏査による変状(段差またはクラック),側部は沢状地形またはガリー状の地形を根拠とする。
- ・ブロック①と対比すると地すべり地の外周(頭部,側部)において地形的な特徴がみられることと,ブロックの下方,急斜面領域において複数の地形の乱れが認められることからこの領域で最近の変動が生じている可能性が高い。河道沿いに幅,長さ100m以下のブロックが並列して分布する。ルート2と異なり,河道に向う地形が丘陵状に迫っているため浸食や波浪の影響を受けやすい。

3) 斜面崩壊の時系列の変化

Google 画像から 2003 年以降に隣接する斜面では、図 9-4-4 に示すように、斜面崩壊は 2010/10/24 (空色) で確認できるが、2003/6/13 (赤色) では確認することが出来ず、正確な発生時期は特定できないが、約 10 年の間に発生したものと考えられる。また、2014/10/11 (紺色)、2016/4/5 (紫色) より約 6 年の間に発生しており、短いサイクルで急激に発生している事がわかる。

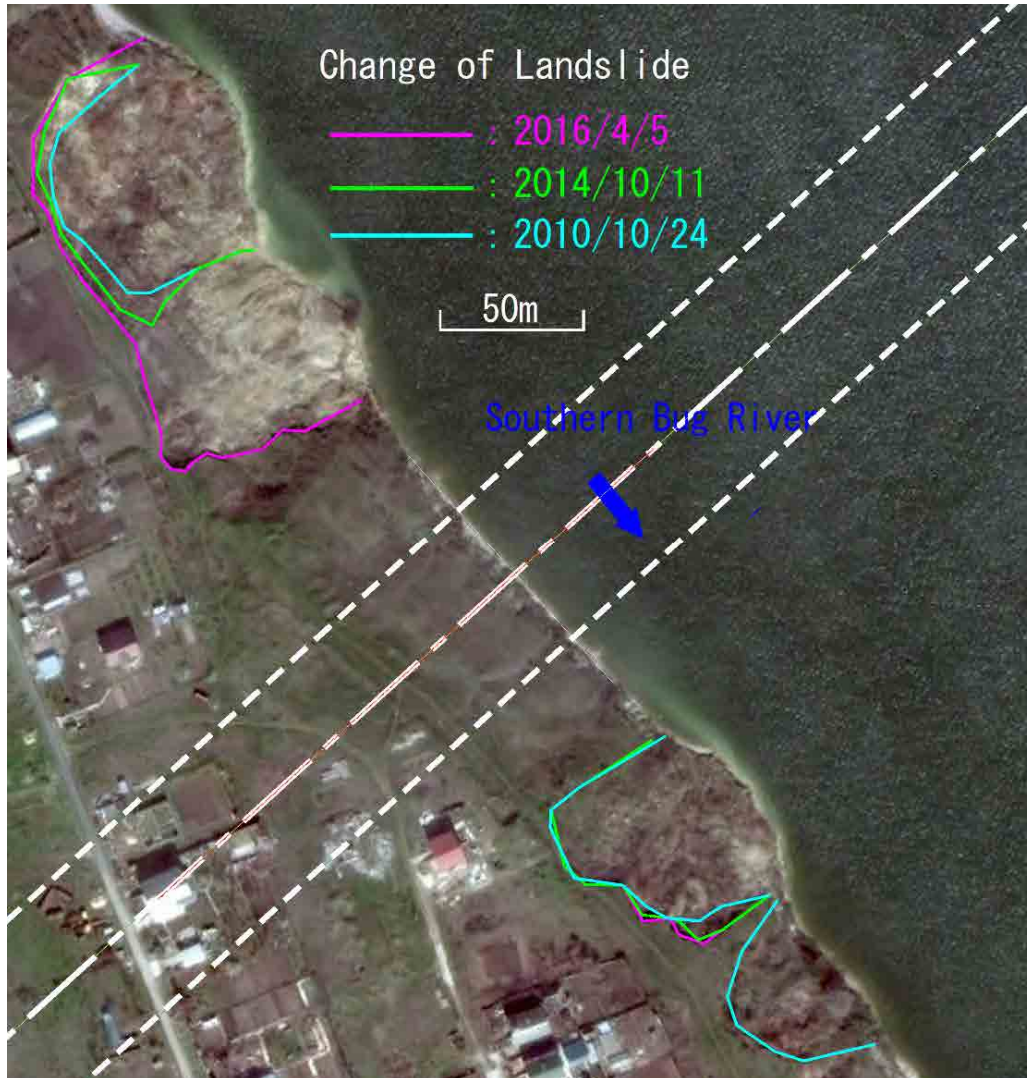


図 9-4-4. ルート 3 河川右岸域の地滑り地 (Google earth による画像に調査団加筆)

これらのブロック斜面末端部の露出した石灰岩は、主に波浪による崩落で急崖になっているものと考えられる。一方、内陸部の微地形は、降雨期・融雪期の地下水位の上昇により周辺に地すべり（斜面崩壊）により発生したのと考えられる。

現時点での地すべり頭部は、河岸より約 120m の位置にあり（図 9-4-5 参照）、この間に橋台・橋脚等の構造物を設置することは避ける。また、周辺の状況から、地すべりが後方斜面に拡大する可能性が高い。

今後活動の予想される地すべりの規模の把握とともに、後方斜面への拡大のリスクを踏まえ、橋台を設置可能な場所について追加調査する必要がある。

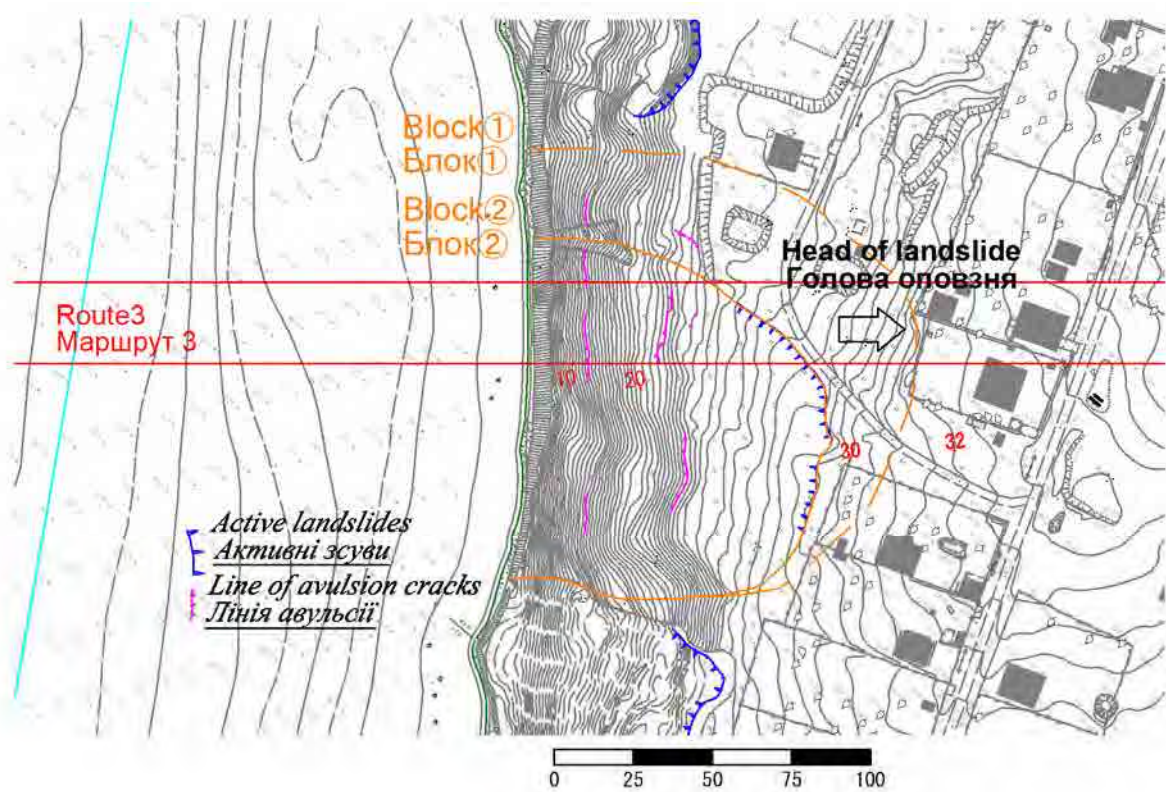


図 9-4-5. ルート 3 右岸ブロック平面図

9-5 地質の解析

9-5-1 ルート2

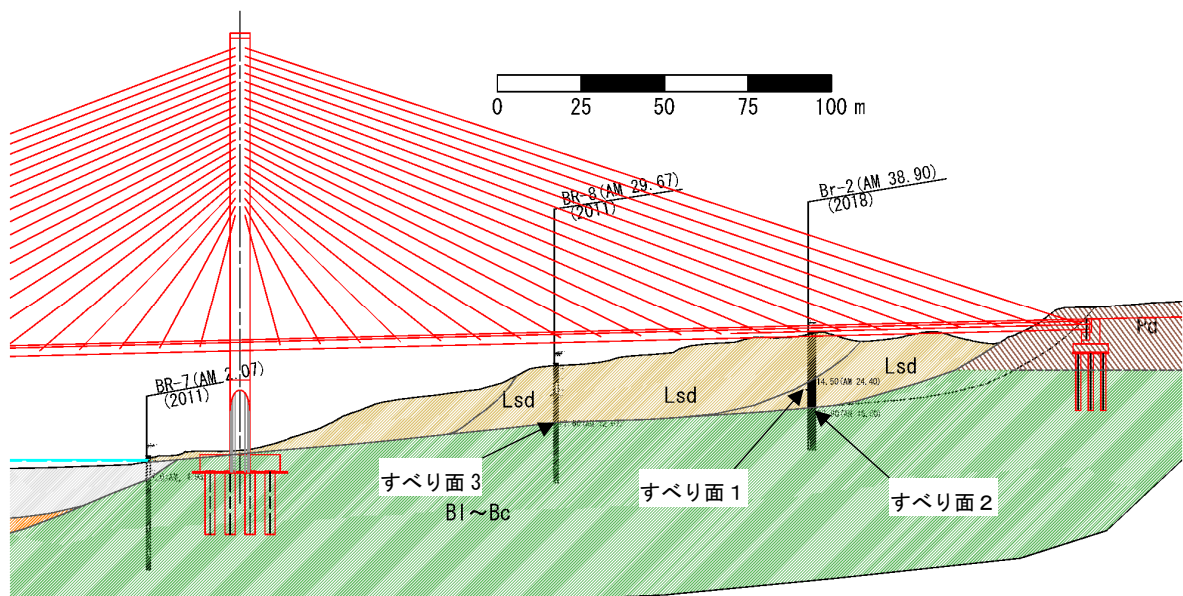


図 9-5-1. 右岸斜面ボーリング実施位置 (ルート2)

今回実施された地質調査結果を基に作成された陸上部の地層断面図を図 9-5-1 に、ボーリング柱状図を図 9-5-2 に示す。断面図と平面図との相関を図 9-7-1 に示す。

本調査は、ブロック内に 1 箇所 (Br.2) および河川内右岸寄りに 2 箇所 (Br.6, Br.7) のボーリングを実施した。加えて、2011F/S で実施した 2 孔のボーリング (BR.7: 図 9-5-3, BR.8: 図 9-5-4) も加味して検討を加えた。

本調査結果は、図 9-5-5 に示す。Br.2 孔では、G.L-14.50m (図 9-5-2, すべり面 1) 付近と G.L-22.90 m (図 9-5-2, すべり面 2) 付近のボーリング試料はスリッケンサイド (地すべり条痕) が確認されており、23.0m 以浅の試料は全体に緩い状態 (N 値 30 未満) にあり、地すべり移動土塊の可能性が高いものと判断される。

また、本孔では 30m 付近にも条痕が観察されるが、かなり地質が締まっており (N 値 40 以上)、安定地盤である可能性が高い。

2019 調査において、ガリー内の数箇所で灰白色の緩い砂層からの湧水が認められた (図 9-5-6 参照)。これらの湧水箇所の位置、標高を見ると、同一平面上に連続するものではないものの、本砂層と地滑りの因果関係は高いものと推測され、今後の当該ブロックの追加調査・地滑り解析においては、ひとつの重要な鍵層となるものと考えられる。また、将来の地滑り対策の抑制工である排水工計画において、この砂層の分布状況を考慮する必要がある。

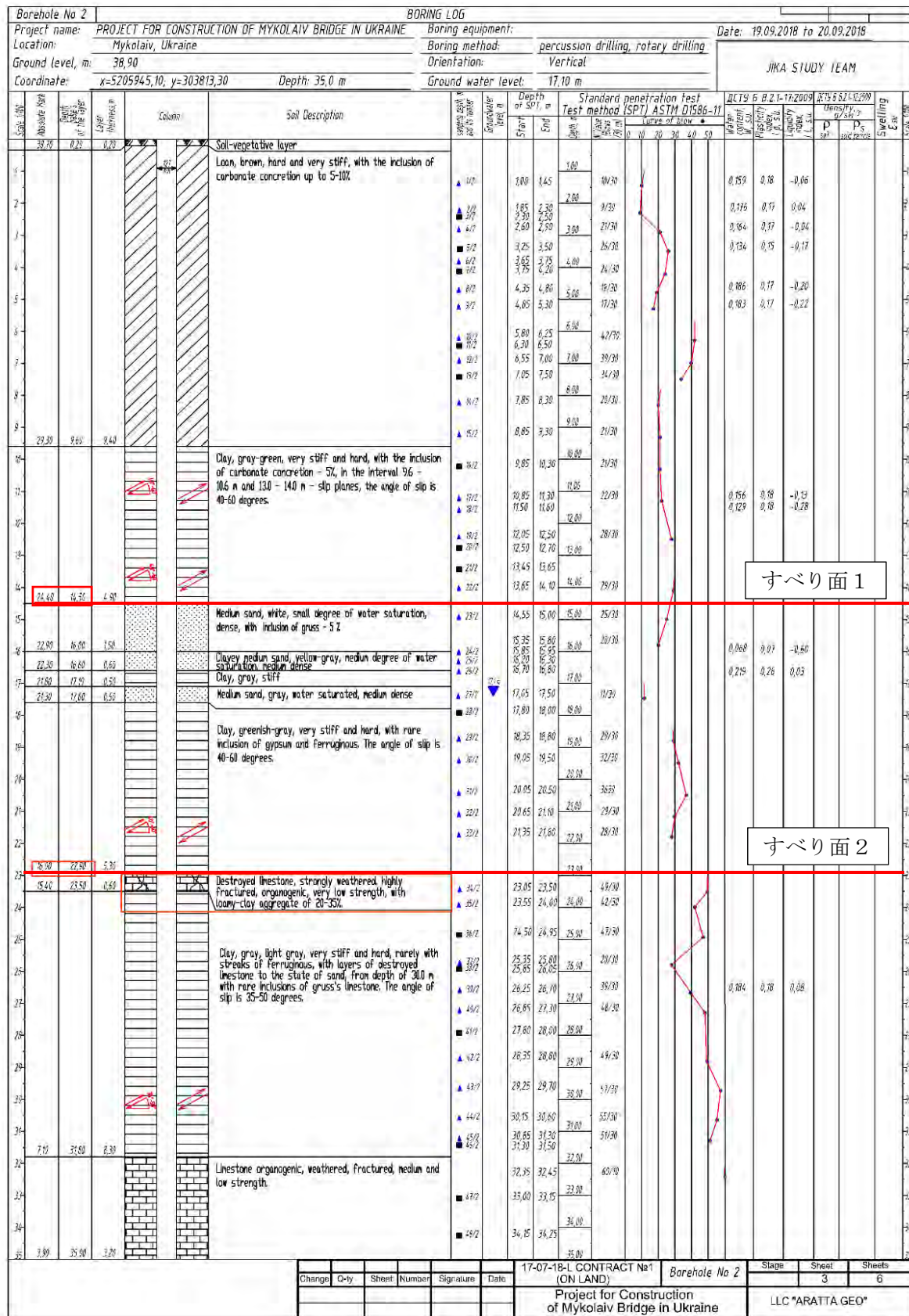


図9-5-2. 2018 ボーリング柱状図 (Br-2)

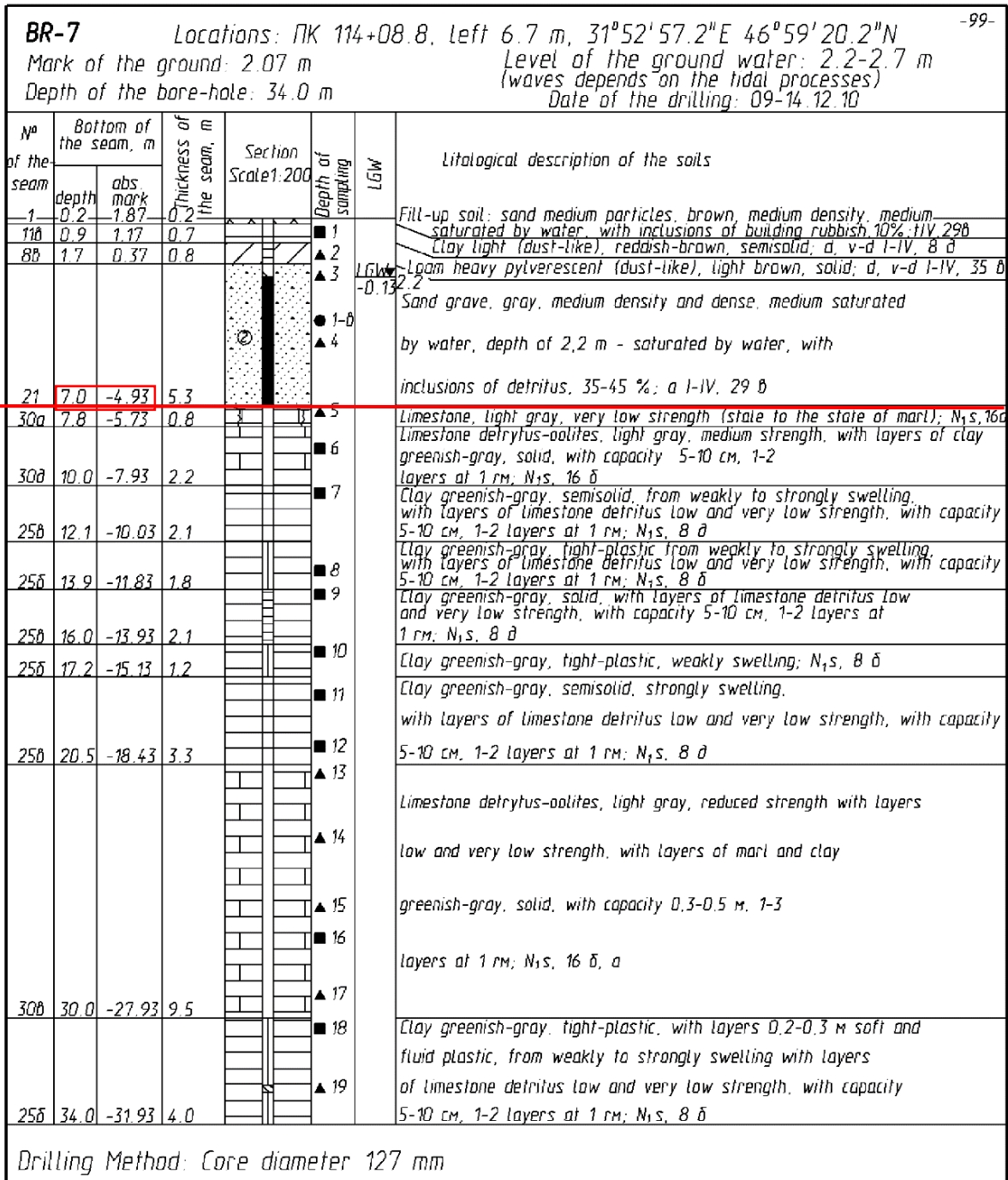


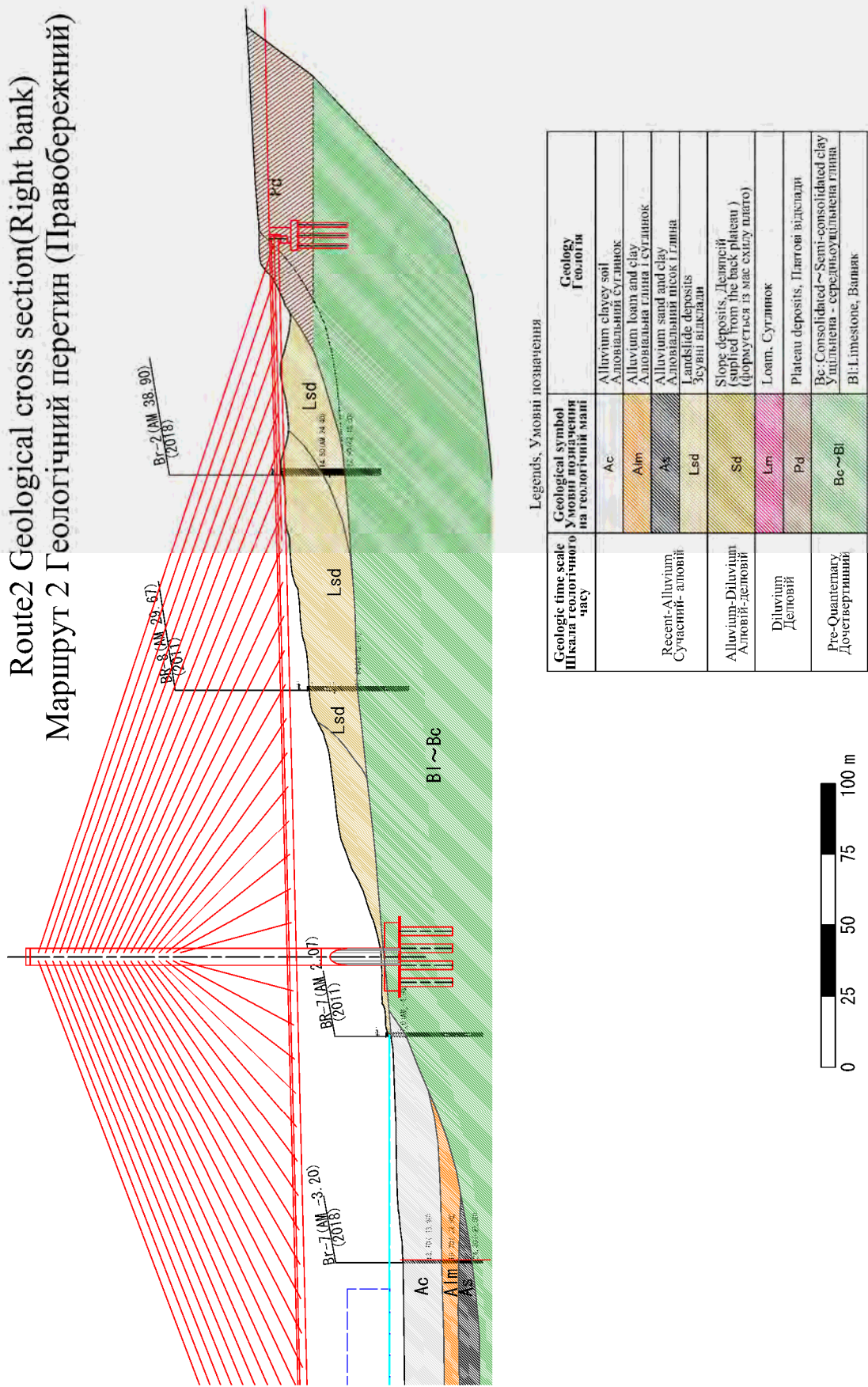
図 9-5-3. 2011F/S ボーリング柱状図 (Br.7)

BR-8		Locations: NK 115+33, left 13.0 m, 31°52'55.4" E 46°59'16.3" N		-102-			
		Mark of the ground: 29.67 m		Level of the ground water: 9.5 m			
		Depth of the bore-hole: 35.6 m		Date of the drilling: 15.12.10-16.01.11			
No of the seam	Bottom of the seam, m		Thickness of the seam, m	Section Scale 1:200	Depth of sampling	LGLW	Lithological description of the soils
	depth	abs mark					
							Soil-vegetative layer with roots of the trees; e IV, 9 δ
8b	2.6	27.07	2.5		▲ 30 ▲ 31 ▲ 32		Loam heavy pylvrescent (dust-like), reddish-brown, light brown, semisolid, with depth of 1.0 m - solid, with inclusions of crushed limestone, 10-20 %; d, v-d I-IV, 35 δ
11b	5.6	24.07	3.0		■ 33 ▲ 34 ■ 35		Clay light pylvrescent (dust-like), gray, semisolid, in interval 4.0-5.0 m - solid, from weakly to strongly-swelling, with inclusions of fine sand, with inclusions of limestone gravel, 10-20 %; d, v-d I-IV, 8 δ
					▲ 36		Medium sand particles, light gray, dense, medium saturated by water, with inclusions of carbonate nodules, 5-10 %; d, v-d I-IV, 29 δ
4 8b	9.0	20.67	3.4		▲ 37		Loam heavy pylvrescent (dust-like), gray, semisolid, d, v-d I-IV, 35 δ
5	9.5	20.17	0.5		■ 38	LGLW 9.5	
	10.0	19.67	0.5		▲ 39	20.17	Sand is coarse, medium density, saturated by water; d, v-d I-IV, 29 δ
25b	11.1	18.57	1.1		■ 40		Clay greenish-gray, semisolid, strongly swelling; N ₁ s, 8 δ
25b	13.0	16.67	1.9		■ 40a		Clay greenish-gray, tight-plastic, with inclusions of limestone, 10-20 %; N ₁ s, 8 δ
25b	13.9	15.77	0.9		■ 41	LGLW 13.0 16.67	Clay greenish-gray, semisolid, strongly swelling; N ₁ s, 8 δ
30a	15.0	14.67	1.1		■ 42		Limestone, light gray, very low strength (state to the state of marl); N ₁ s, 16a
					■ 43		Clay brown and gray, tight-plastic, from weakly to strongly swelling;
25b	17.6	12.07	2.6		● 6-8 ■ 44		N ₁ s, 8 δ
					■ 45		Clay greenish-gray, brown and gray, semisolid, strongly swelling,
					■ 46		with layers of limestone detritus low and very low strength, with capacity
					■ 47		10-20 cm, 2-4 layers at 1 m; N ₁ s, 8 δ
25b	27.3	2.37	9.7		■ 48a ■ 48b		
					■ 49		Limestone detrytus-oolites, light gray, very low strength,
					■ 50a		with layers of low strength and reduced strength, with layers of marl and clay greenish-gray, tight-plastic,
30b	31.8	-2.13	4.5		■ 51a		with capacity 5-10 cm, 2-4 layers at 1 m; N ₁ s, 16 a, δ
					■ 51b		Limestone detrytus-oolites, light gray, strength, with layers of marl and clay greenish-gray, tight-plastic, with capacity
30e	35.6	-5.93	3.8				2-5 cm, 1-2 layers at 1 m; N ₁ s, 16 b

Drilling Method: Core diameter 127 mm

図9-5-4. 2011F/S ボーリング柱状図 (Br.8)

Route2 Geological cross section(Right bank) Маршрут 2 Геологічний перетин (Правобережний)



Legends, Умовні позначення

Geologic time scale Шкала геологічного часу	Geological symbol Умовні позначення на геологічній мапі	Geology Геологія
	Ac	Alluvium clayey soil Алювіальний суглинок
Recent-Alluvium Сучасний- алювій	Alm	Alluvium loam and clay Алювіальна глина і суглинок
	As	Alluvium sand and clay Алювіальний пісок і глина
	Lsd	Landslide deposits Зсувні відклади
Alluvium-Diluvium Алювій-делювій	Sd	Slope deposits, Деляцій (supplied from the back plateau) (формується із мас схилю плато)
Diluvium Делювій	Lm	Loam, Суглинок
	Pd	Plateau deposits, Платові відклади
Pre-Quaternary Дочетвертинний	Bc~Bl	Bc: Consolidated ~ Semi-consolidated clay Уплывлена - середньуплывлена глина Bl: Limestone, Вапняк

図 9-5-5. ルート 2 地質断面図 (右岸)

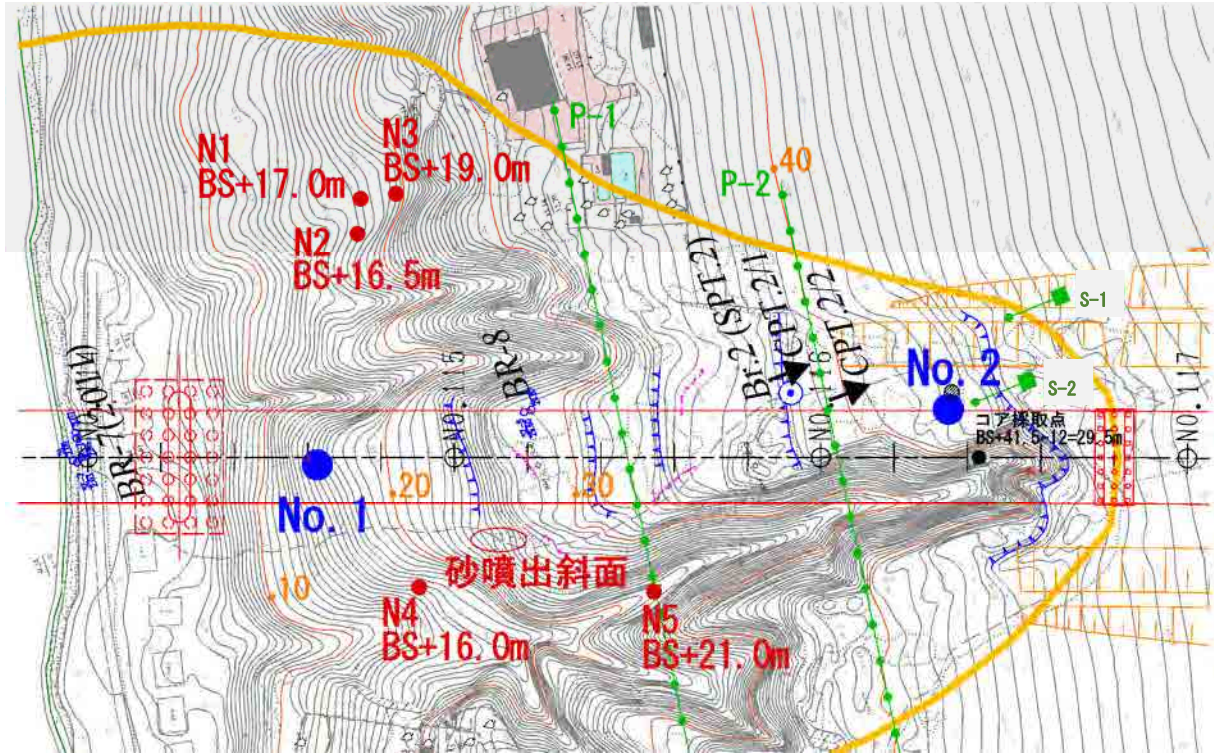


図 9-5-6. ルート 2 湧水点位置

9-5-2 ルート3

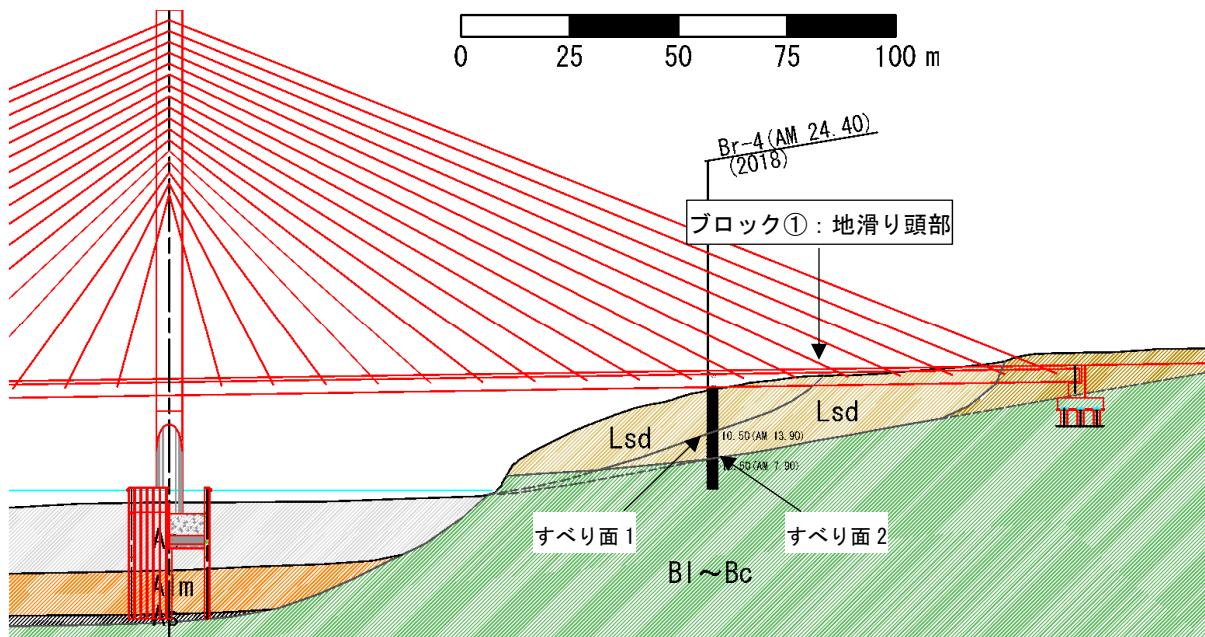


図 9-5-7. 右岸斜面ボーリング実施位置 (ルート3)

今回実施された地質調査結果を基に作成された陸上部の地層断面図を図 9-5-7 に、ボーリング柱状図を図 9-5-8 に示す。断面図と平面図の相関を図 9-7-2 に示す。

本調査結果は、図 9-5-9 に示す。Br.4 孔では、G.L-10.50m (図 9-5-8, すべり面 1) 付近と G.L-16.50 m (図 9-5-8, すべり面 2) 付近のボーリング試料はスリッケンサイド (地すべり条痕) が確認されており、加えて 16.50m 以浅の試料は全体に緩い状態にあり、地すべり移動土塊の可能性が高いものと判断される。

Br.4 孔の 16.5m の推定すべり面は、図 9-4-5 に示すブロック① (すべり面 2) を想定したときの下底面であり、地質的根拠としては、G.L.-10.5~16.5m の範囲で、N 値=20~40 とばらつきが多く、固結度が安定せず、ボーリング試料の本層中にもスリッケンサイド (すべり条痕) が観察されている。

また、地すべり幅 (約 120m) から予測される経験的深さは、概ね 20m 前後が最深すべり面と推察されるが、本孔では、16.5m 以深では、N 値 50 を越す安定地盤 (粘土、石灰岩) が出現しているため、ブロック①が存在する根拠とした。

河川部におけるボーリング結果では、G.L-27m まで現河川堆積物である軟弱な沖積層が堆積しており、上記の地すべり土塊は河川域では確認されない。

なお、2019 調査より、ブロック斜面末端部に露出した石灰岩は、脆い上層と硬い下層の二層構造 (図 9-5-10) となっていることが確認され、その下層は地中に入込んでいることが推測される。また、2019 調査時の現地協議より「地すべり末端部に相当する河岸部では、地層の乱れがあまり見られない露頭が確認できることから、過去に大きな乱を受けるような地すべりは発生しておらず、今後は、近傍の崩壊地と類似の現象 (初生的な地すべり性崩壊の発生) が予想される箇所である (土木研究所コメント)」と考えられる。

これらおよび安全側の判断より、ブロック斜面末端部に露出した石灰岩は、脆い上層だけでな