

3-2 協力対象事業の概略設計

3-2-1 設計方針

本プロジェクトは、既存橋梁が狭幅員及び老朽化により交通上のボトルネックとなっている現状を改善し、「マ」国及び隣国間の交通と交流の促進、国際幹線道路の機能発現、地域経済の発展に資するため、既存ルクル橋の架け替え及び取付道路の建設を実施するものであり、「マ」国政府の要請と現地調査及び協議の結果を踏まえて、以下の方針に基づき計画する。

3-2-1-1 基本方針

概略設計を行う上での設計方針は、以下のとおりである。

(1) 協力対象範囲

本案件に関わる正式な無償資金協力要請は、「マ」国から 2007 年に日本大使館へ提出された。当該要請書では、南ルクル川に架かっている全長 65.1m のルクル橋の架け替え工事であった。しかし、その後 2008 年 8 月に実施された予備調査の段階において、護岸工事も要請として取り上げられ、M/D に記載された。

今回の準備調査は、主に要請内容を再確認すると共に、主に架橋位置及び取付道路、橋梁及び取付道路縦断計画、駐車帯の設置、幅員構成、橋梁形式、ルラ川河道変更、環境関連手続き、自然条件等を確認することを目的として実施されたが、「マ」国との協議の結果、最終的に確認された日本の無償資金協力に対する要請の主な内容は、下記のとおりである。

- ・ 鉄筋コンクリート橋（2 車線）の建設
- ・ 護岸工事
- ・ 取付道路の建設
- ・ 歩道の設置
- ・ 橋梁建設に際しての転石及び流木の撤去

(2) 架橋位置及び取付道路

架橋位置に関しては、5 案について第 1 次比較検討を実施した結果、下記の理由により No.3 案（下流側 25m 案）が最も望ましいと言う結論を得た。

- ① 橋長が最も短いため、橋梁の建設費が全案中で最も経済的になること。
- ② 現橋及び現道を利用できるため、工事用仮橋及び迂回路が不要であること。
- ③ 転石及び流木による影響が他案より少ないこと。
- ④ 住民移転及び住居撤去の数が極めて少ないこと。

No.3 案について第 2 次比較検討を実施した結果、下記の理由により、A1 側は 16m 下流側、A2 側は 19m 下流側の位置が最適であると判断し、修正 No.3 案が選定された。

- ① 当初の平面線形では橋梁部に曲線が入り、PC ポステン桁を曲線橋とすることは、技術的且つ施工的に困難であり、橋梁部の平面線形は直線とすることが望ましいこと。
- ② 下流側 25m の位置で直線橋とする場合、右岸側の山裾斜面の切削が多くなること及びカロンガ側の擦り付け長が長くなること。
- ③ 下流側 15～20m に近づけても、現橋と平行である場合、山裾斜面の切削が多くなること。

- ④ 現橋に対し斜めに架橋することが、山裾斜面の切削が少なくなり、擦り付け長も短くなること。

この修正 No.3 案の線形上にて測量及びボーリングを実施すると共に、水理・水文調査、地形・河川測量を実施した。

(3) 規模等

1) 橋梁及び道路縦断計画

橋梁及び道路の縦断高に関しては、3 案について比較検討を実施した結果、下記の理由により修正 No.3 案（2.5m 嵩上げ案）が最も望ましいと言う結論が得られた。

- ① 水利・水文解析により、転石を除去し、流下断面積を確保した場合の洪水水位は、現橋路面高以下約 0.8m の位置であること。
- ② 周辺住民にヒヤリングを実施した結果、過去（2003 年、2006 年）において現橋の欄干上部（橋面より約 80cm）まで冠水したとの情報は、転石等により閉塞した流下断面積での洪水水位であること（流下断面積を確保した場合は、上記①の洪水水位となる）。
- ③ 新橋の必要高（路面高）は、洪水位より 3.5m(新橋構造高 2m+余裕高 1.5m)であること。
- ④ 上記①～③より、洪水位が現橋路面高以下約 0.8m の場合、新橋の必要高は洪水位より 3.5m であるため、橋梁及び取付道路の嵩上げ高は 2.5m が適切であること。
- ⑤ 架橋位置を下流側にすることにより、右岸側にある山裾斜面の切削が必要となるが、縦断を上げることにより、切削範囲は少なくなること。
- ⑥ 左岸側（カロンガ側）は畑地で住居は無いことから縦断を上げてても特に問題は無いこと。
- ⑦ 嵩上げ高が 2.5m になっても、新橋及び取付道路の平面線形を 16～19m 下流側にシフトすることにより、環境社会配慮の面から、駐車帯を確保できること。

2) 径間長

径間長は次式により求まり、26m 以上である。

$$\text{径間長 } L = 20 + 0.005Q = 20 + 0.005 \times 1200 \text{m}^3/\text{sec} = 26.0 \text{m}$$

ここに、Q は計画高水流量（1200m³/sec : 3-2-1-2(1)5計画高水流量）である。

3) 取付道路の協力範囲

架橋位置を現橋より 16～19m 下流側にシフトするため、新橋から現道にすりつく区間で新たに取付道路が発生する。この取付道路は日本の無償資金協力により実施されるが、その協力範囲はムズズ側 321m、カロンガ側 306m である。

4) 駐車帯の設置

橋梁が架け替えられた場合、幅員が 2 車線となり、現在橋梁の前後に設けられているランプも撤去されるため、車両は橋梁前後で減速又は停止する必要がなくなり、現橋の袂にある小規模店舗の商業機会が失われることになる。MOTPI 及び RA は環境社会配慮の面から、この商業機会を提供するために、取付道路周辺に駐車帯を確保することを希望している。

駐車帯は上・下線に各1箇所設けるのが望ましく、ムズズ側は現在、商業を営んでいる場所の近傍に設置し、カロンガ側は畑地を利用して、駐車帯を設置する。

(4) 要請内容と協議・確認事項

両国および調査団で相互確認した条件の下に概略設計を進めるが、要請内容と予備調査時及び準備調査時の協議・確認事項を表 3-2-1 に示す。

表 3-2-1 要請内容と協議・確認事項

項目	要請内容	協議・確認事項	
		予備調査時	準備調査時
対象橋梁	ルクル橋の架け替え	ルクル橋の架け替え	ルクル橋の架け替え
架橋位置	特に明示なし	下記の4案を提示 <ul style="list-style-type: none"> ▪ No.1 案：上流側 15m ▪ No.2 案：現橋位置 ▪ No.3 案：下流側 25m ▪ No.4 案：上流側 25m 	No.3 案の修正案を選定 <ul style="list-style-type: none"> ▪ 修正 No.3 案： A1 橋台側は 16m 下流側 A2 橋台側は 19m 下流側
橋長	65.1m	約 65～75m	74.0m
幅員	総幅員	9.7m	10.5m
	車道	3.65m×2	3.35m×2
	自転車		0.3m×2
	歩道	1.2m×2	1.2m×2
車線数		2 車線	2 車線
設計速度			80km/h
設計活荷重		B 活荷重	B 活荷重
取付道路		160m～370m	626m
護岸工			

3-2-1-2 自然環境条件に対する方針

(1) 気象

1) 気温・湿度・風速

架橋位置に最も近いボレロの月平均気温は、7月が最も低く 17℃程度、10月が最も高く 26℃である。また、各月の最高気温は年間を通して 25～32℃で推移しており、11月の気温が最も高く 10年間平均で 31.9℃である。最低気温は6月、7月は 10℃を下回るが 10年間平均で 16℃程度であり、年間の気温較差は 13℃程度である。

また、湿度は、年平均が約 60%であり、40%～80%の間にある。雨期の1月には最も高く 80%近くに達し、乾期の10月に最低の 40%になる。湿度については、特に高いとは言えない地域で

あるが、雨期には架橋地点はかなり高温・多湿となるため、設計では部材の温度変化、施工ではコンクリートの打設及び養生に細心の注意が必要である。また、鋼橋の場合は高温・多湿な地域では特に腐食の問題があり、将来の維持管理に最も影響することを念頭に置いておかなければならない。

風速に関しては、年間、0.5m/s～2.4m/sの間にあり、乾期中頃の8月から10月にかけて強くなり、雨期にはいってからは弱くなっていく傾向にある。年間の平均は1.2m/sであり、特に風が強い地域ではない。なお、風向のデータはなかった。

2) 雨量・降雨パターン

当該地点の年間降雨量は5年間の平均で約670mmであり、少ない年で400mm、多い年で900mm程度と年較差が大きい。マラウイでは一般に、乾期は4月から11月、雨期は12月から3月までの間となるが、ボレロでは、4月から徐々に降雨量が減少し、5月～9月の間はほとんど降雨量がなくなり、10月から12月にかけて降雨量が多くなる。

架橋地域では雨期・乾期の区分が明確であり、その降雨の殆どが雨期（12月から4月）に集中している。これらの気象記録は、施工計画・工程計画に大きく影響する要素であり、これらの計画の立案に当たっては十分、この気象条件に配慮することとする。特に、橋脚の下部工、基礎工等の河川内工事を乾期の間に完了させることを目指すものとする。

3) 河道特性

i) 南ルクル川

南ルクル川の流域面積は12,083km²であり、マラウイ国で最も流域面積の大きな河川である。流域はマラウイ湖の西側に位置し、南北方向に約200km、東西方向の幅は約60～90kmと広大な範囲で主要な都市はムズズ、ムジンバが含まれる。

新橋架橋位置は、マラウイ湖に注ぐ河口から約15Km上流にあるが、架橋位置の河幅は約60mで流域面積の割には狭く、急流である。架橋位置から約20km上流のプウェジ付近のジャラウエ（Jalawe）橋地点から下流は河床に露岩が数多く見られ、急勾配になるとともに山脈に挟まれた狭い河道であり、河口直前の約5kmまで急流や滝が連続しており、その後マラウイ湖に流入している。一方、プウェジの上流は氾濫源が約2～3kmと広く河川勾配も緩やかで蛇行しており、上流は多くの湿地帯が広がっており、南側の流域の流量を集めている。ルンピからは北側、西側及び南側の流域の流量を流下させている。

なお、架橋地点の選定に当たっては、これらの河道特性を十分考慮して検討するものとする。

ii) ルラ川

南ルクル川に合流している支川ルラ川の流域面積は153km²である。流域の西側の一部はNyika国立公園の範囲にあり、ルラ川の主流は、急峻な山地から一旦、平地を經由して流れ、流域面積の約1/3を占める南ルクル川合流点付近では急峻な山地を流下する河川である。

合流部付近の河川状況は、合流点からすぐに山地に入り、河道は急峻な山地の谷部を流下しており、河幅や勾配はほぼ一定で安定した流れとなっている。主流の幅は20m程度であり、大流量は流下していない。

ルラ川流域は、平地や丘陵地が約 1/3 を占めるが大きな貯留域は無く、流出係数は山地～農地、丘陵を土地利用別に当てはめることが出来るものと考えられる。

4) 洪水

現架橋位置では、2000 年以降、4 回（2001 年、2002 年、2003 年、2006 年）の洪水が発生しており、洪水により流された土石や流木が幅 20m（河川幅の 1/3）、長さ 70m にわたって堆積したため、河道断面は狭くなり洪水流下能力が不足している。今後、洪水が発生した場合は、河道断面が狭いために橋梁上流で水位上昇を招き、小規模な洪水であっても橋梁を越える流れとなることが想定される。本調査では架橋位置における計画高水量を想定し、現在閉塞している土石を除去して架橋位置の上下流において河道整備を行い、流下能力の確保をし、洪水時においても洪水の影響を受けないような橋梁計画を行うものとする。

5) 計画高水流量

南ルクル川の予備調査で入手済みのデータから日平均流量の年最大流量を確率処理した結果からは、1/50 確率で最大 400m³/s が求まる。ルラ川の河川幅は約 40m あり、河川勾配は 1/50 である。水深は 1.5m、粗度係数は 0.035 と推定すれば、流下能力からの洪水量は、 $Q=303\text{m}^3/\text{s}$ が求まる。また、1/50 確率の日雨量は 90.6mm/h であり、流域面積 $A_{\text{Lura}}=153\text{km}^2$ 、 $f=0.7$ 、 $r=16.4\text{mm/h}$ より、合理式で 487m³/s が求まる。同様に南ルクル川の残留域では、流域面積 $A_{\text{Rukuru}}=130\text{km}^2$ 、 $f=0.7$ 、 $r=14.4\text{mm/h}$ より、合理式で 363m³/s である。南ルクル川とルラ川との合流時にピークが重なったと想定すれば、

計画高水流量 = $400 + (303)487 + 363 = 1,066 \sim 1,250\text{m}^3/\text{s}$ となる。

支川ルラ川及び南ルクル川の残留域の洪水量は、貯留がないものとして求めた洪水量であること、流域面積の適用範囲が 100km² 以下のケースに良く用いられていることから、ピーク流量がやや高く求められている。これらを考慮すれば、架橋地点における計画高水流量は 1,200m³/s と推定することが出来る。

6) 洗掘と基礎構造設置深さ

橋脚基礎の高さは、橋脚による洗掘を考慮して決定する。洗掘深としては、日本の基準では計画河床または最深河床のうち低いものから 2.0m 以上の洗掘深を確保することと規定している。したがって、本プロジェクトでは、橋脚フーチングの根入れを最深河床から 2.0m 以上または岩盤内に根入れすることとする。橋台については、直接基礎の場合、フーチング底面を岩盤、土丹、砂礫等の良質な支持層に十分根入れすることとする。また、必要に応じて根固め工を設ける。

(2) 耐震設計

マラウイは汎アフリカ変動帯に属しており、紅海からアフリカ東部を 6,000km 余りに亘って南北に縦断する断層陥没帯（東アフリカ大地溝帯）の内の最南端「ニアサリフトバレー」内に位置する。約 4,000 万年前に始まったこの東アフリカ大地溝帯の活動は現在も続いており、年に 5mm ぐらいずつ開いている。南北に細長いマラウイ湖はこの時生じた断層湖で、西湖岸のリビングストニア山

にマラウイ・リフト（3km 以上の厚さ）の一端が露出しているのが見られる。本調査では、「マ」国で発生した過去の地震の強度を調査し、1989年3月10日マラウイ中部を中心に発生し、死亡者3名、負傷者60名にのぼった地震と同程度の地震に耐えうる設計とすると共に、南部アフリカ運輸交通委員会の仕様書「道路橋梁・カルバート設計基準」（Code of Practice for the Design of Road Bridges and Culverts 2001）にある設計震度との整合性を図り、耐震設計に反映させる。

3-2-1-3 交通量に係る方針

(1) 交通需要予測の基本方針

現在のルクル橋を使用している交通量については、過去、近傍において行われた調査、予備調査結果などから約290台/日となっており、そのうち約半数はトラック類であり、本路線が国際幹線の物流路線として重要な役割を担っていることが伺える。

本調査においては、対象橋梁である「ルクル橋」の施設計画、設計および施工に必要な交通量の情報を把握し、さらに曜日による変動、昼夜交通特性、時間帯別による方向特性および非機動系交通量（歩行者、自転車）の把握を目的として、交通量調査を実施した。

(2) 自動車類交通量の概要

- ・ ルクル橋の自動車類交通量は、断面（両方向）で、約200～280台/12hとなっている。
- ・ 乗用車の台数は比較的少なく、交通量の大半が商用車（バス、トラック等）となっている。
- ・ 大型車（3車軸以上のトラック）混入率は、平日で15～20%程度、休日で20～25%と比較的高い混入率を示している。
- ・ 外国籍（タンザニア、ザンビア、南アフリカ）の車両が全体の65%を占めており、本橋梁は付近住民の生活に大きな役割を果たしているのと同時に、「マ」国の国際物流に対して非常に大きな役割を果たしている事が分かる。
- ・ 昼夜率（24時間交通量/12時間交通量）は、平日は1.46、休日は1.28であり、比較的高い率を示している。

(3) 推定交通量

交通量調査結果を基に推定した24時間交通量を下表に示す。

表 3-2-2 交通量調査結果

方向	日時	曜日	Pedestrian	Bicycle	Motor cycle	Passenger car	Bus and Microbus	Light truck (2 axes)	Heavy truck (3 axes and mor)	Others	Total	
Mzuzu→Karonga	16/03/2009	月	305	8	1	51	32	39	42	0	478	
	17/03/2009	火	291	10	5	39	44	58	42	0	489	
	18/03/2009	水	267	10	2	58	36	50	55	0	478	
	19/03/2009	木	328	3	0	37	33	53	29	0	483	
	20/03/2009	金	370	10	3	60	36	36	61	0	575	
	21/03/2009	土	201	20	2	51	29	49	59	0	411	
	22/03/2009	日	287	15	2	43	29	37	31	0	444	
		合計		2,049	76	15	338	238	323	319	0	3,358
		日平均(全体)		293	11	2	48	34	46	46	0	480
		日平均(車両のみ)		-	-	-	-	-	-	-	-	176
	混入率(全体)		61%	2%	0%	10%	7%	10%	10%	0%	100%	
	混入率(車両のみ)		-	-	1%	27%	19%	26%	26%	0%	100%	
Karonga→Mzuzu	16/03/2009	月	327	8	2	26	30	46	44	0	483	
	17/03/2009	火	331	6	3	23	37	44	73	0	517	
	18/03/2009	水	350	11	2	49	33	61	70	0	576	
	19/03/2009	木	345	5	3	60	28	60	19	0	520	
	20/03/2009	金	374	18	3	45	37	46	70	0	593	
	21/03/2009	土	281	21	4	68	33	32	35	0	474	
	22/03/2009	日	310	14	5	49	31	32	36	0	477	
		合計		2,318	83	21	320	230	322	346	0	3,640
		日平均(全体)		331	12	3	46	33	46	49	0	520
		日平均(車両のみ)		-	-	-	-	-	-	-	-	177
	混入率		64%	2%	1%	9%	6%	9%	9%	0%	100%	
	混入率(車両のみ)		-	-	2%	26%	19%	26%	28%	0%	100%	
2方向合計	16/03/2009	月	631	16	3	77	62	85	87	0	960	
	17/03/2009	火	622	16	8	62	81	102	115	0	1,006	
	18/03/2009	水	617	21	4	107	68	112	125	0	1,054	
	19/03/2009	木	673	8	3	97	61	113	48	0	1,003	
	20/03/2009	金	744	28	6	105	73	83	130	0	1,168	
	21/03/2009	土	482	41	6	119	62	81	94	0	885	
	22/03/2009	日	597	29	7	92	60	69	67	0	921	
		合計		4,367	159	36	659	467	645	665	0	6,998
		日平均(全体)		624	23	5	94	67	92	95	0	1,000
		日平均(車両のみ)		-	-	-	-	-	-	-	-	353
	混入率		62%	2%	1%	9%	7%	9%	10%	0%	100%	
	混入率(車両のみ)		-	-	1%	27%	19%	26%	27%	0%	100%	

*車両のみとは、歩行者、自転車を除く交通量を意味する。

3-2-1-4 橋梁幅員に係る方針

幅員構成については、「マ」国における道路標準幅員構成（表 3-2-3）に準拠し、図 3-2-1 の幅員構成を採用した。

	車道幅員	歩道幅員	自転車	路肩	合計
幹線道路	6.7m	1.2m(両側)	0.3m(両側)	—	9.7m
第二次道路	<6.7m>	<1.5m(両側)>	<1.5m(両側)>	—	<12.7m>
第三次道路	5.5m	—	—	2.1m(両側)	9.7m
地方道路	3.65m	0.6m(両側)	—	—	4.85m
市内道路					

表 3-2-3 「マ」国における道路標準幅員構成

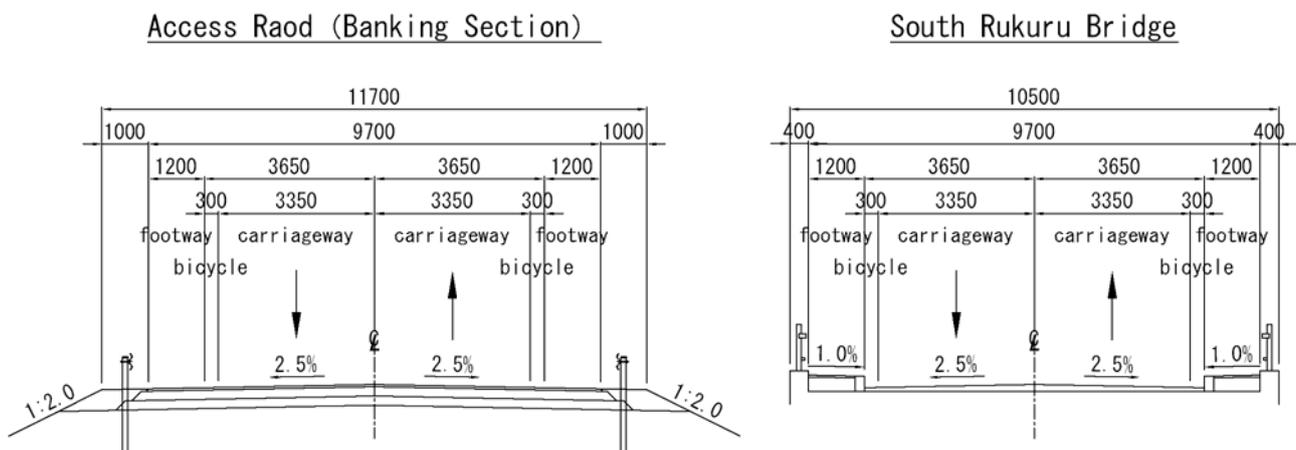


図 3-2-1 道路及び橋梁の幅員構成

3-2-1-5 設計活荷重に係る方針

設計活荷重に関しては、「マ」国の BRIDGE DESIGN MANUAL に規定されている英国規格 (BS5400)における HA 荷重及び HB 荷重と日本の道路橋示方書に規定されている B 活荷重とを比較検討した結果、両者には殆ど差は無く、日本の B 活荷重が若干安全側であった。したがって、設計活荷重としては日本の B 活荷重を採用する。

3-2-1-6 社会経済条件に対する方針

協力対象橋梁の計画、設計及び施工に当たり、配慮すべき事項及び対策は下記の通りである。

- ① 建設時における粉塵の発生：散水等粉塵防止対策を実施する。
- ② 建設時の騒音、振動の発生：騒音、振動の出来るだけ小さい工法を採用する。
- ③ 汚染物質の流出（オイルの流出等）：汚染物質の流出防止措置を実施する。
- ④ 土壌流出と河川への汚染：土壌汚染、河川への汚濁防止措置を実施する。
- ⑤ 一般交通の障害：工事用車両への安全教育を実施する。
- ⑥ 土採場、砕石場対策：土採場の選定に当たり、環境負荷の少ない場所を選定する。また、砕石場は出来る限り既存の砕石場を活用し、新たな場所からの砕石採取を回避する。
- ⑦ 事故の発生：工事関係者への安全・衛生教育を徹底し、事故の発生を防止する。

なお、本プロジェクトの範囲内では、住民移転は発生しないことを確認している

3-2-1-7 建設事情に対する方針

(1) 労務状況

「マ」国には、これまでの無償資金協力による橋梁工事に関して経験のある建設会社・技術者・労務者がいるがその数も実績も少ない。特にPC橋建設に関する施工技術や施工経験は非常に少ない。従って、これら高度な技術を必要とする工種や施工実績の少ない工種に対しては日本から技術者を派遣するものとし、それら以外は出来るだけ現地の技術力・労働力を活用することを基本方針とする。

なお、過去に実施された無償案件同様、「マ」国内で作業員の調達が可能である。但し、彼らは建設会社に所属しており、各建設会社により施工分野に得意分野が有るので、その見極めが重要である。なお、労働者の雇用に際して雇用者は、「マ」国の労働基準法（Labor Law：2000年）を遵守する。

(2) 資材調達状況

1) 鉄筋、鋼製品、PC鋼材

鉄筋は「マ」国では生産していないため、南アフリカ等第三国からの調達とする。なお、鉄筋の径やふし形状に於いては日本と異なる部分も有るため、設計および調達時にはこの点を十分に注意する必要がある。鋼板、形鋼等の鉄鋼製品も「マ」国では製造していないので、日本や第三国（南アフリカ等）からの調達とする。また、PC鋼材は一般市場ではほとんど調達不可能であると同時に、それらの製品を加工する信頼のおける技術を持った施設も「マ」国にはない。したがって、本プロジェクトに使用するPC鋼材は、輸入先・メーカーを指定する等、品質確認の出来る措置を講じた上で発注して、日本又は第三国からの輸入を考えることとする。

2) 橋梁付属物

橋梁付属物は、過去に実施された無償案件と同様で近隣諸国から調達できるものもあるが、品質等に問題があるものが多く、日本からの調達が望ましい。

3) セメント

「マ」国内でセメントの生産は行われておらず、近隣国より輸入しているが、普通ポルトラン

ドセメントに限られている。また、サイトに近いタンザニアからの輸入セメントには品質に問題があるとの情報を RA カウンターパートより得ている。従って、強度を必要とする PC 桁への適用は難しいと考え、早強セメントを含めセメント類は品質、供給量に問題の無い南アフリカからの輸入を考える。

4) アスファルトコンクリート

現場近傍にアスファルトプラントを有する専門業者は見受けられない。「マ」国内では舗装工事専門業者が建設業者との契約の下、簡易アスファルトプラントを工事に合わせて現場近傍に移動して施工を行っている。従って、アスファルトに関しては外注工事としての取扱いを考える。

5) 骨材

コンクリート用骨材及び取付け道路の路盤材としては、サイト付近に砕石プラントを設置し、現河床左岸側の堆積物を利用する事が望ましい。なお、骨材原石に不足が生じた場合には、ルンピ（サイトより約 50km）からの採取・運搬を考える。

6) 盛土材

盛土材は、予備調査に於いても報告されているプウェジ(既存)土取場（サイトより 21km）が適切であることを確認した。

(3) 建設機械調達状況

橋梁工事に必要な建設機械について、リロングウェにおける建設業者に保有機械の調査をした結果、キャタピラタイプの重機の調達が難しいことを確認している。また、土木用汎用機械類に関しては、リロングウェ及びムズズに於いて調達は可能であるが、いづれにしても中古機種が多いため、バックアップ体制に注意しての調達計画が重要である。

(4) 道路・橋梁の設計・施工基準

1) 道路設計・施工基準

道路設計に関しては、「マ」国内で制定されている基準に準拠し、不足している部分に関しては、日本の基準に準拠する。従って、道路設計に用いる設計基準は下記の通りとする。

- ・ HIGHWAY DESIGN MANUAL 1978 (MINISTRY OF WORKS AND SUPPLIES)
- ・ Code of Practice for the Geometric Design of Trunk Roads 1998 (SATCC)
- ・ Road Structure Standard (JAPAN)

2) 橋梁設計・施工基準

橋梁設計に関しては、現地材料を使用した場合の材料基準強度については、「マ」国の設計基準を適用する。活荷重、設計手法に関しては日本の基準（道路橋示方書）を適用する。従って、橋梁設計に用いる設計基準は以下とする。

- ・ BRIDGE DESIGN MANUAL 1988 (MINISTRY OF WORKS AND SUPPLIES)
- ・ Code of Practice for the Design of Road Bridges and Culverts 1998 (SATCC)
- ・ Road Bridge Standard 2002 (JAPAN)

3-2-1-8 現地業者の活用に係る方針

現地業者及び周辺国建設業者に聞き取り調査をした結果、「マ」国の業者は、径間の長い橋梁の施工に関しては、JV を組んで下請け業者として工事に参加している。また、現地コンサルタントに聞き取り調査をした結果、現地コンサルタントの技術力は低く、業務としては測量、地質調査、交通量調査、環境調査等に限られている模様である。

3-2-1-9 実施機関の運営・維持管理能力に対する対応方針

本プロジェクトの「マ」国側の運営及び完成後の維持管理は同国の道路公社（Roads Authority : RA）によって実施される。

道路公社は過去には National Road Authority と称されていたが、2007 年の世銀勧告に従い、業務の効率を向上させるべく、実務実施部分（RA）と基金取り扱い部分（Road Fund Administration : RFA）に分離された。RA は政府から予算を付与され、その資金によって業務を民間に委託するように直営方式（Force Account System）から契約方式に変更された。RA の機能は新規道路建設・復旧作業・維持管理作業の監理であり、海外資金による有償・無償工事の監理も運輸・公共インフラ省（MOTPI）の管轄下で行われている。

運営方針は理事会(Board of Directors)により決定される。総裁の下に計画・設計部、建設部、維持管理部、財務・管理部、ICT 部、調達部が置かれ、維持管理部の下に南部、中央、北部の3つの地域事務所が置かれている。

2009 年現在の RA の職員総数は 104 名であり、部長は 4 人、道路・橋梁の技術者は 55 名、総務部他 45 人である。維持管理についてはすべて建設会社との契約により実施しており、現場管理についてはコンサルタントを雇用している。

協力対象橋梁建設後の維持管理は、RA の北部地域事務所が担うことになると思われる。RA には維持管理の実績があり、予算もガソリンから徴収できるように法整備が確立されており、対象橋梁の維持管理に特段の問題はない。ただし、できるだけ維持管理が容易な構造を採用することとする。

3-2-1-10 施設のグレードの設定に係る方針

協力対象橋梁である南ルクル橋は、「マ」国を縦断する基幹道路である国道 1 号線上にあり、またタンザニア、モザンビーク、ザンビア、南アフリカとの物流を支える国際幹線道路にもある非常に重要な橋梁であることから、以下のグレードを採用する。

① 設計基準：

- ・道路設計：「マ」国の設計基準に準拠し、不足している部分に関しては日本の設計基準に準拠する。
- ・橋梁設計：現地材料を使用した場合の材料基準強度については、「マ」国の設計基準に準拠する。活荷重、設計手法に関しては日本の設計基準に準拠する。

② 設計活荷重：日本の道路橋示方書に規定されている B 荷重を採用する。

③ 幅員：

- ・ 橋梁部幅員 : 車道幅員 $3.35\text{m} \times 2 = 6.7\text{m}$ 、自転車 $0.3\text{m} \times 2 = 0.6\text{m}$ 、歩道 $1.2\text{m} \times 2 = 2.4\text{m}$
計 9.7m
- ・ 取付道路部幅員 : 車道幅員 $3.35\text{m} \times 2 = 6.7\text{m}$ 、自転車 $0.3\text{m} \times 2 = 0.6\text{m}$ 、歩道 $1.2\text{m} \times 2 = 2.4\text{m}$
保護路肩 $1.0\text{m} \times 2 = 2.0\text{m}$ 計 11.7m

④ 道路種別：幹線道路（国道）

⑤ 設計速度：80km/h

3-2-1-11 工法、工期に係る方針**(1) 工法に係る方針**

ボレロ気象観測所における降雨量から判断すると、南ルクル橋建設地域の乾期は4月から11月までの8ヶ月間であり、雨期は12月から3月までの4ヶ月間である。ただし、南ルクル川の流域面積は12,083km²と広大であり、「マ」国で最も流域面積の大きな河川であるため、雨期に南ルクル橋に与える影響が大きい。また、架橋位置から約20km上流のプウェジ付近には約2~3kmと広い氾濫源があり、さらに多くの湿地帯が広がっているため、乾期においても南ルクル橋地点での水位及び流速が低下しない原因となっている。また、架橋地点は支川ルラ川との合流部にもなっており、ルラ川の流量の影響も大きく受けている。

従って、4月からは乾期ではあるが、南ルクル川の水水位及び流速はさほど下がらず、雨期と同様に水量は豊富で流速もかなり激しい。そのため、通常は水量が殆ど無い乾期に河川内の下部工（橋脚、橋台）の工事を実施するが、南ルクル橋の場合は、水位が高く且つ流速も早い乾期の始まりに河川内工事をせざるを得ない。従って、橋脚の基礎工及び下部工の工事に当たっては、特に締め切り工、掘削工等に細心の注意が必要である。

(2) 工期に係る方針

上述したように、南ルクル橋建設地域は乾期の始まりと雖も水位が高く且つ流速も早い状況にある。従って、このような乾期の状況と「マ」国内の他の地域と比べて実質的な雨期が長いことを考慮した効率の良い作業計画を立てる必要がある。また、架橋位置を既存ルクル橋の下流16~19mの位置としたことにより、現国道と摺り付けるために、A1橋台側（ムズズ側）に321m及びA2橋台側（カロンガ側）に306mの取付道路が施工されることになっており、この取付道路の工事工程を考慮した南ルクル橋の工事工程を立案することとする。

3-2-2 基本計画

3-2-2-1 基本計画の作業フロー

基本計画では、現況調査、橋梁架橋位置の選定、橋梁縦断計画の検討、駐車帯の検討、ルラ川河道変更の検討、橋梁規模の設定、橋梁形式の検討等、本事業を実施するために必要な検討を行い、橋梁形式を決定する。下図に基本計画の作業フローを示す。

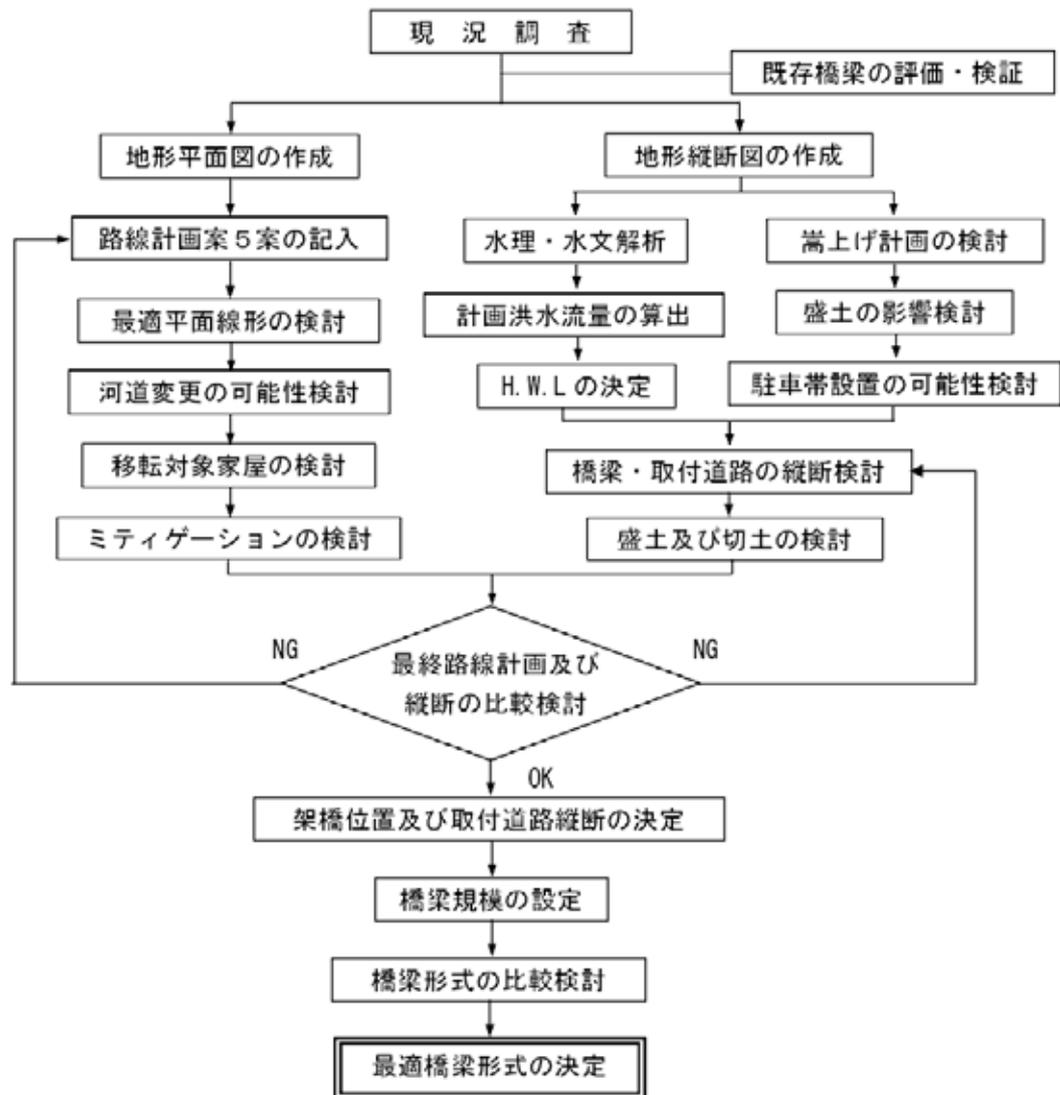


図 3-2-2 基本計画作業フロー

3-2-2-2 架橋位置の現況

国道1号線は、「マ」国を南北に縦断する全長1,108kmの基幹道路であると共に、タンザニア、モザンビーク、ザンビア、南アフリカとの物流を支える国際幹線道路である。既存ルクル橋は、国道1号線上に位置しながらも一車線であり、また、設置から約30年が経過した仮設構造物（ベイリー橋）であるため、老朽化が進行しており、交通及び物流のボトルネックとなっている。さらに、ルクル橋下を流れている南ルクル川は、現架橋位置から上流側30mの所でルラ川と合流しており、このルラ川からの多くの転石と流木がルクル橋の周囲に堆積している状況にある。既存ルクル橋周辺の状況調査をした結果を図3-2-3に示す。

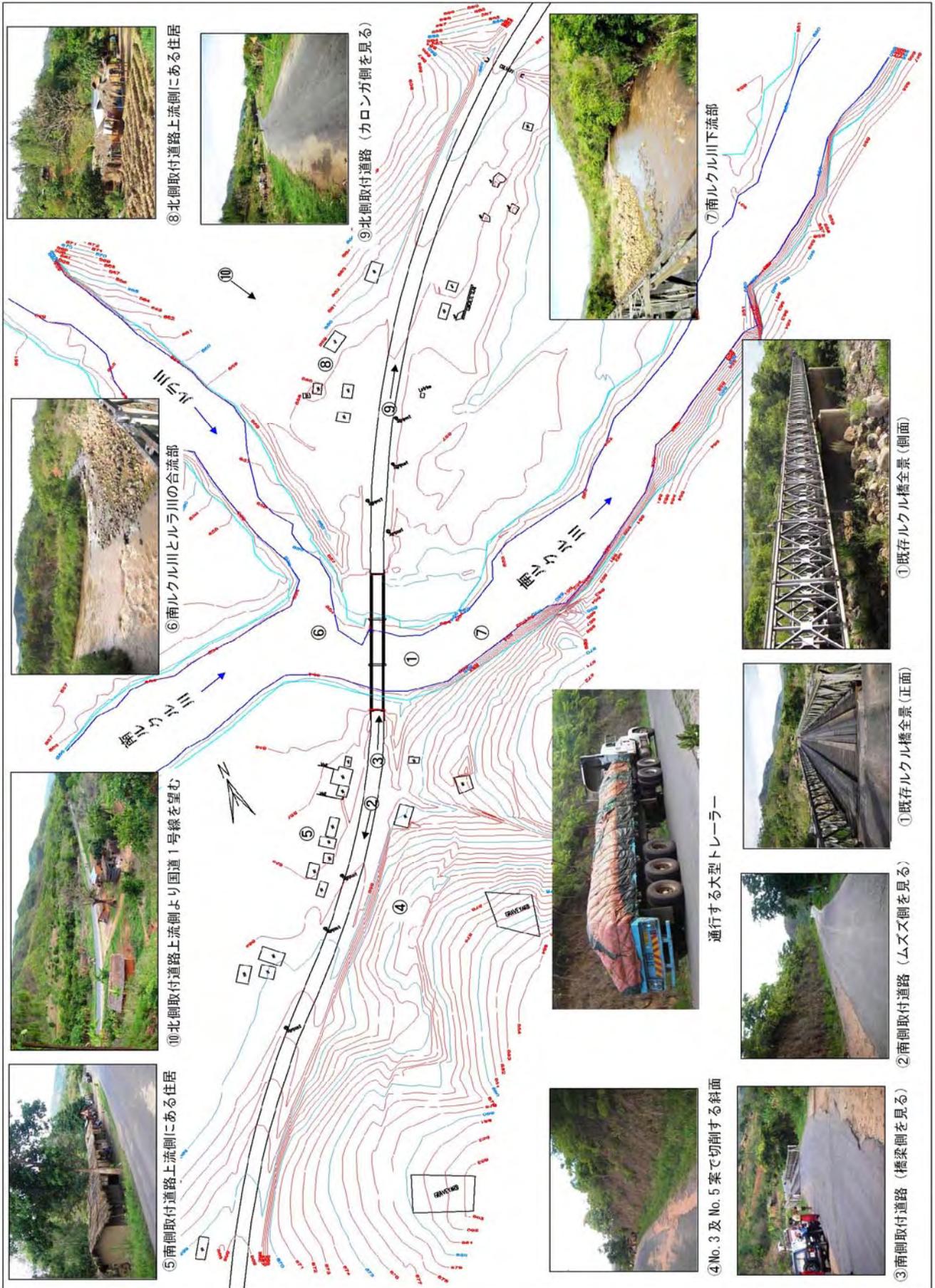


図 3-2-3 既存ルクル橋周辺状況図

3-2-2-3 既存ルクル橋の評価・検証

既存ルクル橋は、1980年にドイツ公共事業経済機構（KfW）の援助により建設されたベイリー橋である。供用開始から約30年が経っており、腐食及び損傷が激しく、また仮設橋でもあるため耐荷力が不十分である。さらに、有効幅員が4.13mで1車線分の幅員しかなく、橋梁上での交互交通ができないため、交通上のボトルネックとなっている。既存ルクル橋の健全度を調査した結果を表3-2-4及び図3-2-4に示す。

表 3-2-4 既存ルクル橋健全度調査結果表

橋 梁 名		南ルクル橋			
諸 元	建設年	1980	位置	東経 34° 7'26", 北緯 10° 45'44"	
	日平均交通量(台/日)	353	距離	リロングウェより約 500km	
	有効幅員(総幅員)(m)	4.13(5.6)	大型車混入率	約 17%(昼間)～約 30%(夜間)	
	設計活荷重	16.3 トン (DIN)			
	上部工	橋梁形式	3 径間 2 面ベイリー橋 (木床版)		
		橋長(m)	21.745+21.950+21.745=65.440m		
下部工	橋台：鉄筋コンクリート構造		橋脚：鉄筋コンクリート構造		
調 査 結 果	機能性 (交通上)	<ul style="list-style-type: none"> 日平均交通量は 353 台/日であり、さほど多くは無いが、国道 1 号線は「マ」国を南北に結ぶ幹線道路であり、またダルエスサラーム国際回廊でもあり、交通上の機能性（役割）は非常に高い。 橋梁部の車道有効幅員は 4.13m しかなく、車両の交互通行が不可能である。 歩道が無く、歩行者は車道を通行しており、危険な状態にある。 			
	健全性 (損傷度)	<ul style="list-style-type: none"> 橋台、橋脚のひび割れが著しく、老朽化が進んでいる。 桁及び対傾構の腐食が著しい。また、上横構が消失している。 車両の衝突によりトラス部材が損傷している。 転石及び流木により橋脚及び橋台が埋もれている。 木床版の損傷が著しい。 			
	構造的 (安定性)	<ul style="list-style-type: none"> 仮設橋（ベイリー橋）であるが、大型トレーラーが走行しており、また床版は木製であり、構造上および耐荷力上、問題がある。 流速が早く、橋脚は洗掘されている可能性がある。 			
考 察	<ul style="list-style-type: none"> 幅員が 1 車線で狭く、交通上のボトルネックとなっている。 大型トレーラー等の活荷重に対し耐荷力上、問題がある。 橋台、橋脚及び木床版の損傷が著しく、耐荷力上、問題がある。 総合的考察として、幅員が狭くかつ歩道が無いこと、床版の損傷が著しくかつ下部工のひび割れも激しいこと、重車両対応でなくかつ下部工に構造上問題があること等を考慮すると、新橋を建設することが望ましいと考えられる。 なお、既存橋に関しては、新橋建設後、早急な撤去が必要である。また、流下断面積確保のため、洪水後の転石除去を実施する必要がある。 				

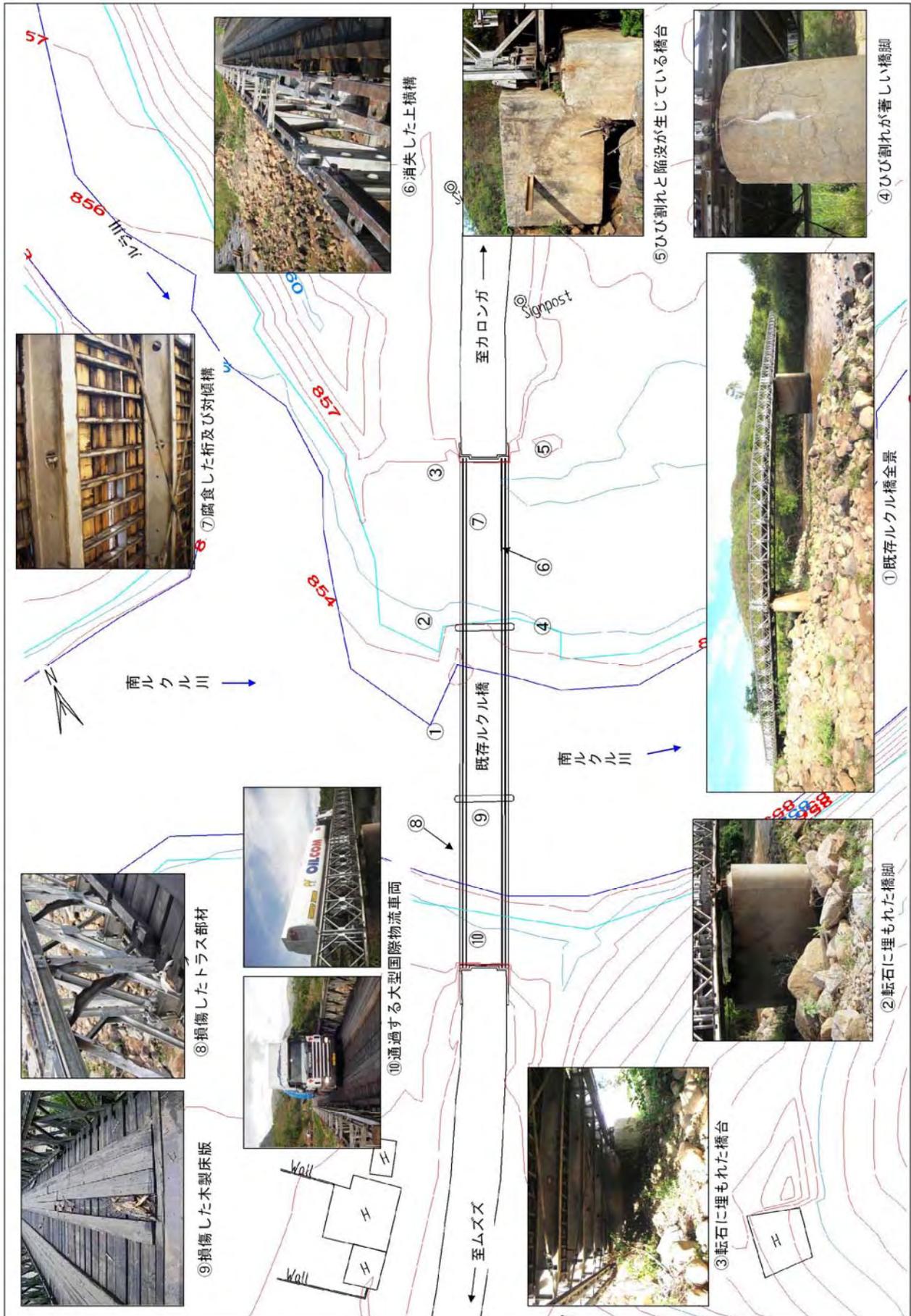


図 3-2-4 既存ルクル橋健全度調査結果図

3-2-2-4 架橋位置の検討

(1) 第1次架橋位置比較検討

1) 架橋位置案の選定

本調査対象橋梁であるルクル橋は、国道1号線上に位置しながらも一車線の狭幅員であること、永久橋ではなく仮設橋（ベイリー橋）であること、設置から30年以上が経過し老朽化が進行していること等から、架け替えが提案されている。国道1号線の線形、南ルクル川及びルラ川の状況、周辺住民の住居及び店舗等周辺状況を調査した結果、架橋位置案として、下記5案を選定した。

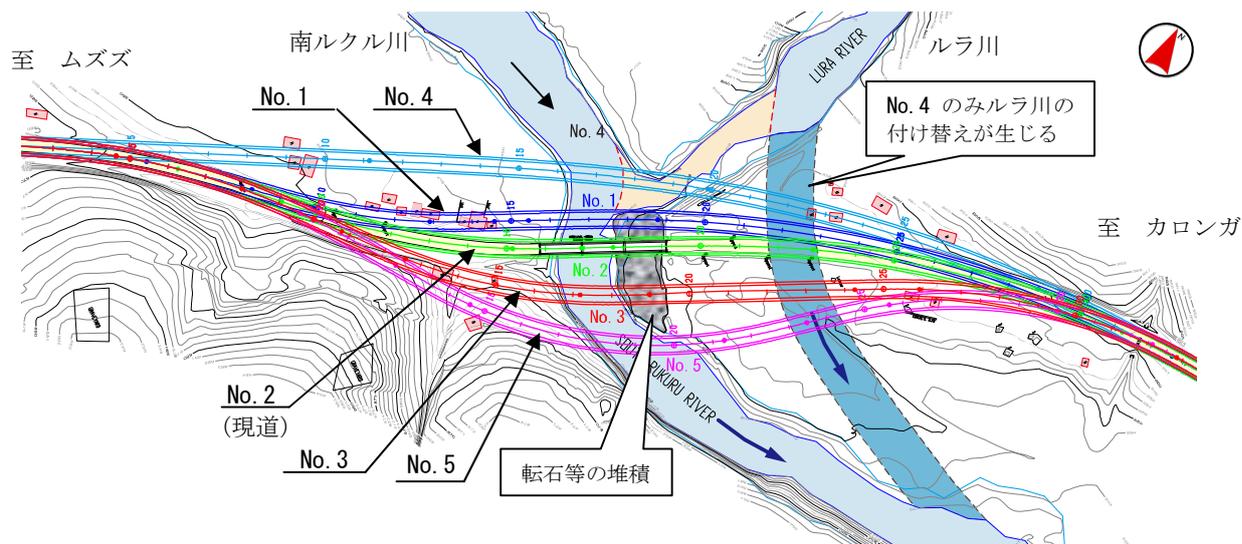


図 3-2-5 架橋位置案 (5案)

- ・ No.1 (上流側 15m 案) ;
予備調査報告書において提案されている案であり、既存ルクル橋の上流側 15m の位置に新橋を架橋する案である。
- ・ No.2 (現橋位置案) ;
予備調査報告書において提案されている案であり、既存ルクル橋が現在架橋されている同じ位置に新橋を架橋する案である。
- ・ No.3 (下流側 25m 案) ;
予備調査報告書において提案されている案であり、既存ルクル橋の下流側 25m の位置に新橋を架橋する案である。
- ・ No.4 (上流側 25m+ルラ川の河道変更案) ;
予備調査報告書において提案されている案であり、ルラ川の河道を変更し、既存ルクル橋の上流側 25m の位置に新橋を架橋する案である。
- ・ No.5 (下流側 50m 案) ;
予備調査報告書において提案されている上記4案の他に、本準備調査において提案された案であり、既存ルクル橋の下流側 50m の位置に新橋を架橋する案である。

2) 架橋位置案の比較検討

第1次架橋位置案として選定された5案に関して、比較検討した結果を表 3-2-5 に示す。

表 3-2-5 架橋位置案比較検討表 (その1)

		No. 1、No. 2、No. 3、No. 5 検討図		
		No. 1 (上流側 15m 案)	No. 2 (現構位置案)	No. 3 (下流側 25m 案)
代替案概要	代替案概要	<ul style="list-style-type: none"> 架橋位置を現構より約 15m 上流側にシフトする案である。 支川ルラ川の河道変更はしない案である。 	<ul style="list-style-type: none"> 現構位置で架け替える案である。 支川ルラ川の河道変更はしない案である。 	<ul style="list-style-type: none"> 架橋位置を現構より約 25m 下流側にシフトする案である。 支川ルラ川の河道変更はしない案である。
	橋長及び橋梁の経済性	<ul style="list-style-type: none"> 橋長は 65m であり、全案 (5 案) 中で最も短い。 橋長が最も短いため、橋の経済性は全案中で最も優位となる。 	<ul style="list-style-type: none"> 橋長は 65m であり、全案中で最も短い。 本設橋の経済性は全案中で最も優位となるが、仮設橋が必要となるため、経済性はかなり劣る。 	<ul style="list-style-type: none"> 橋長は 65m であり、全案中で最も短い。 橋長が最も短いため、橋の経済性は全案中で最も優位となる。
代替案の評価	道路線形性及び山裾斜面の切土	<ul style="list-style-type: none"> 現在の S 字曲線を解消できるため、線形性は良い。 右岸下流側の山裾斜面の切土は発生しない。 	<ul style="list-style-type: none"> 現在の S 字曲線を解消できないため、線形性は悪い。 右岸下流側の山裾斜面の切土は発生しない。 	<ul style="list-style-type: none"> 現在の S 字曲線を解消できるため、線形性は良い。 右岸下流側の山裾斜面に切土が発生するが、No. 5 案に比べ影響は小さい。(上記断面図参照)
	河川による影響及び河道整備	<ul style="list-style-type: none"> 現構より約 15m 上流側は、南ルクル川とルラ川との合流部に近く、ルラ川から流れてくる転石や流木の影響を大きく受ける。 合流部付近は転石や流木が堆積しやすいため、頻繁に河道整備をする必要がある。 	<ul style="list-style-type: none"> 現構位置にはルラ川から流れてくる転石や流木が多く堆積しており、その位置に架橋することは、転石や流木の影響を大きく受ける。 合流部付近は転石や流木が堆積しやすいため、頻繁に河道整備をする必要がある。 	<ul style="list-style-type: none"> 南ルクル川とルラ川との合流部から離れるため、ルラ川からの転石や流木の影響を受けにくく、架橋位置としては好ましい。 架橋位置は転石等の堆積場所よりも下流であるため、河道整備の影響は少ないが、流下断面確保のために定期的な河道整備は必要である。
代替案の評価	環境社会配慮	<ul style="list-style-type: none"> 住居及び店舗が最も多い場所を取付道路が通るため、多くの住民移転が発生する。 駐車場がなくなるため、商業機会は大きく失われる。 	<ul style="list-style-type: none"> 現状の道路線形が維持できるため、住民移転は発生しない。 取付道路の縦断が上がる場合は、現地盛面と段差が出来、車両の駐車車が困難となるため、商業機会は大きく失われる。 	<ul style="list-style-type: none"> 下流側には住居も店舗も少ないため、住民移転は生ずるがその数は僅かである。 山裾切削部と現道を利用して駐車場の設置が可能である。
	施工性及び維持管理	<ul style="list-style-type: none"> 工事期間中、現橋を利用できるため、仮設橋及び迂回路は不要である。 合流部の直近であるため、転石・流木の除去及び橋脚の防護等の維持管理が必要となる。 	<ul style="list-style-type: none"> 工事期間中、現橋を利用できないため、仮設橋及び迂回路が必要となる。 合流部に近いため、転石の除去及び橋脚の防護等の維持管理が必要となる。 	<ul style="list-style-type: none"> 工事期間中、現橋を利用できるため、仮設橋及び迂回路は不要である。 転石の除去及び橋脚の防護等の維持管理は必要となるが、合流部から離れているため、他案よりその必要性は少ない。
代替案の評価	総合評価	<ul style="list-style-type: none"> 橋長が最も短いため、橋の経済性は全案中で最も優位となる。 合流部に極めて近いため、転石や流木の影響を大きく受ける。 多くの住民移転が発生する。また、駐車車がなくなるため、商業機会が大きく失われる。 	<ul style="list-style-type: none"> 本設橋の経済性は全案中で最も優位となるが、仮設橋が必要となるため、経済性はかなり劣る。 合流部に近いこと、転石や流木の影響を受ける。 住民移転は発生しないが商業機会は大きく失われる。 	<ul style="list-style-type: none"> 橋長が最も短いため、橋の経済性は全案中で最も優位となる。 合流部から離れるため、転石や流木の影響はうけにくい。 住民移転は発生するが僅かである。又、駐車場の設置により、商業機会は確保できる。

表 3-2-6 架橋位置案比較検討表 (その2)

一筆 ムズズ		No. 4 検討図	
		<p>ルラ川の村置 (No. 4のみ) ... 「変更河道は比較検討表」参照</p> <p>至 カロンガン</p>	
		<p>No. 4 上流部 25mルラ川河道変更案</p> <p>No. 5 下流部 50m</p>	
代替案	代替案概要	<ul style="list-style-type: none"> 架橋位置を現橋より約25m上流側にシフトする案である。 支川ルラ川の河道変更をする案である。 本川橋の橋長は65m、支川側の橋長は25mである。 本川と支川の両河川に架橋が必要となるため、橋梁の経済性は全案中で最も劣位となる。 現在のS字曲線を解消できるため、線形性は良い。 右岸下流側の山裾斜面の切土は発生しない。 	<ul style="list-style-type: none"> 架橋位置を現橋より約50m下流側にシフトする案である。 支川ルラ川の河道変更はしない案である。 橋長は70mであり、全案中で最も長くなる。 橋長が長くなるため、不経済となる。 S字曲線の連続となり線形性は悪い。 右岸下流側の山裾斜面の切土が大きく発生するため、斜面の安定及び補生が必要となる。
代 替 案 の 評 価	橋長及び橋梁の経済性	<ul style="list-style-type: none"> ルラ川の河道を変更するため、現在の合流部での転石、流木等の堆積はなくなるが、新たな合流部での転石、流木等の堆積が生じる。 新たな合流部で生じる転石、流木等の除去が必要である。 	<ul style="list-style-type: none"> No. 3案より南ルクル川とルラ川との合流部から更に離れるため、ルラ川からの転石や流木の影響をほとんど受けない。 架橋位置は転石等の堆積場所よりかなり下流であるため、河道狭域の影響は少ないが、流下断面確保のために定期的な河道整備は必要である。
	河川による影響及び河道整備	<ul style="list-style-type: none"> 住居及び店舗が多い場所を取付道路が通るため、多くの住民移転が発生する。 現在の住居地域を撤去し、大規模駐車場を設けることにより、商業機会は確保できる。 	<ul style="list-style-type: none"> 下流側には住居も店舗も少ないため、住民移転は生ずるがその数は僅かである。 山裾切削部と現道を利用して駐車場の設置が可能である。
	環境社会配慮	<ul style="list-style-type: none"> 工事期間中、現橋を利用できるため、仮設橋及び迂回路は不要である。 新たな合流部となる所の転石の除去が必要となる。 南ルクル川、ルラ川に新設する橋梁の維持管理が必要となる 	<ul style="list-style-type: none"> 工事期間中、現橋を利用できるため、仮設橋及び迂回路は不要である。 転石の除去及び橋脚の防護等の維持管理は必要となるが、合流部からかなり離れているため、その必要性は最も少ない。
	総工性及び維持管理	<ul style="list-style-type: none"> 2橋の工事費の他に河道変更の工事費が加わるため、経済性は全案中で最も劣位となる。 転石や流木の影響は受けにくい、バックウォーターの影響を受け、洪水時に水位が上がる。 多くの住民移転が発生するが、大規模駐車場整備により、商業機会は確保できる。 	<ul style="list-style-type: none"> 橋長が長くなるため、橋梁の経済性は劣位となる。 合流部から最も離れるため、転石や流木の影響は殆ど受けにくい。 住民移転は発生するが、僅かである。 駐車場の整備により、商業機会は確保できる。
総合評価	△	○	

(2) 第2次架橋位置比較検討

1) 第1次架橋位置選定結果

架橋位置案として5案について第1次比較検討を行った結果、下記の理由により No.3 案（下流側 25m 案）が最も望ましいと言うことで選定された。

- ① 橋長が最も短いため、橋梁の建設費が全案中で最も経済的になること。
- ② 現橋及び現道を利用できるため、工事用仮橋及び迂回路が不要であること。
- ③ 転石及び流木による影響が他案より少ないこと。
- ④ 住民移転及び住居撤去の数が極めて少ないこと。

ただし、本準備調査において更に詳しく現地調査を実施した結果、No.3 案には次項に示す問題点が明らかとなった。

2) No.3 案の問題点

No.3 案の問題点は下記の通りである。

- ① 当初の平面線形では橋梁部に曲線が入り、PC ポステン桁を曲線橋とすることは、技術的且つ施工的に困難であること(図 3-2-6)。
- ② 従って、橋梁部の平面線形は直線とすることが望ましいが、下流側 25m の位置で直線橋とする場合、ムズズ側の山裾斜面の切削が多くなること及びカロンガ側の擦り付け長が長くなること(図 3-2-7)。
- ③ 下流側 20m に近づけても、現橋と平行である場合、山裾斜面の切削が多くなること(図 3-2-8)。
- ④ 下流側 15m に近づけても、現橋と平行である場合、依然として山裾斜面の切削が多くなること(図 3-2-9)。

3) 最終架橋位置の選定

No.3 案に関しては、前項 2) に示すような問題点があるが、これらの問題点を解消する架橋位置案として、下記の“修正 No.3 案”を最終的に選定した(図 3-2-10)。

- ① ムズズ側の山裾斜面の切削を少なくし、且つカロンガ側の擦り付け長を短くするためには、新橋を現橋に対して斜めに架橋する。
- ② そのために、A1 橋台側は既存ルクル橋より 16m 下流側、A2 橋台側は 19m 下流側の位置に架橋する。

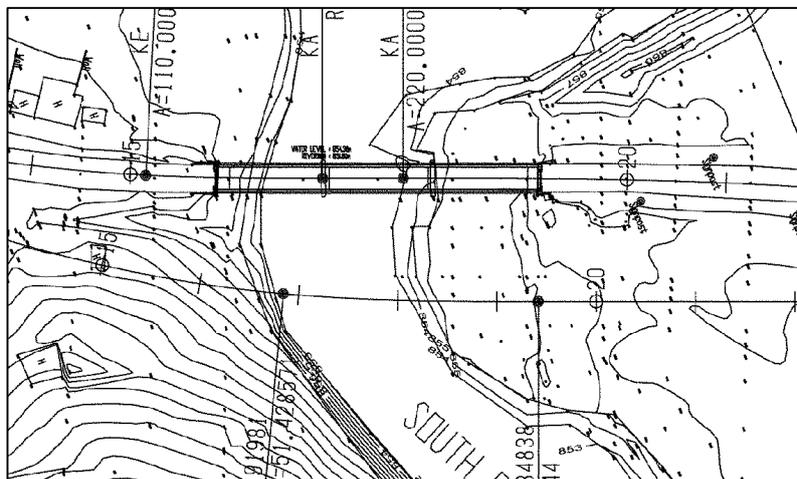


図 3-2-6 No.3 案 (当初案)

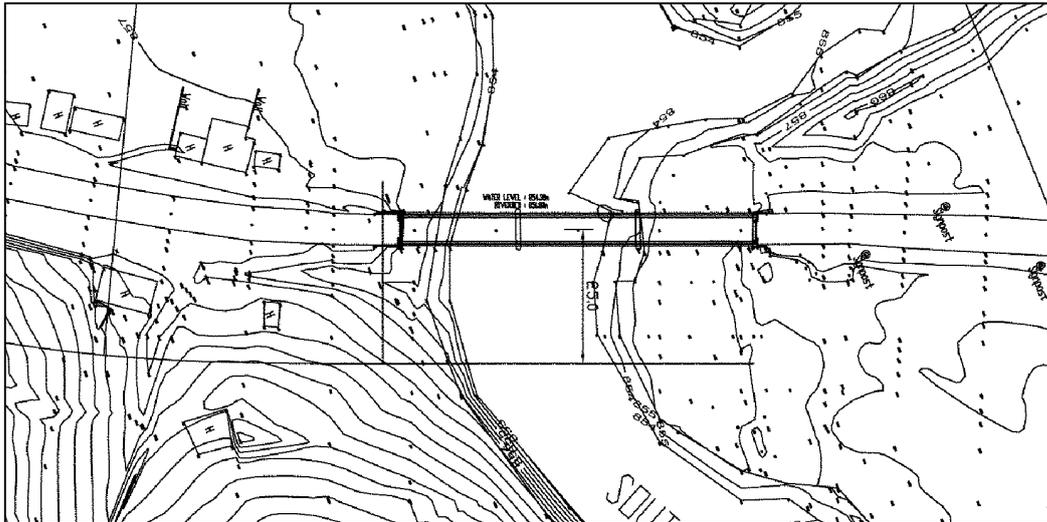


図 3-2-7 直橋案 1 (25m 並行離れ)

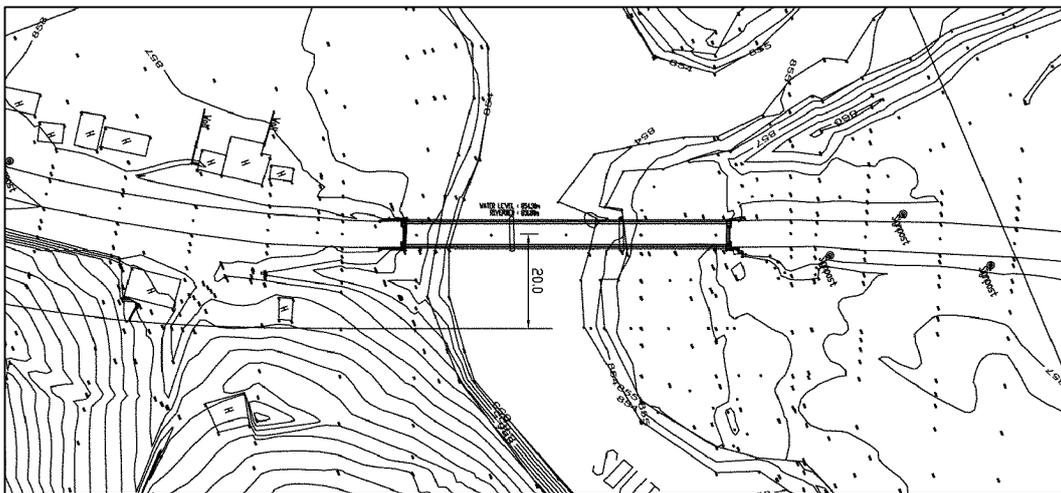


図 3-2-8 直橋案 2 (20m 並行離れ)

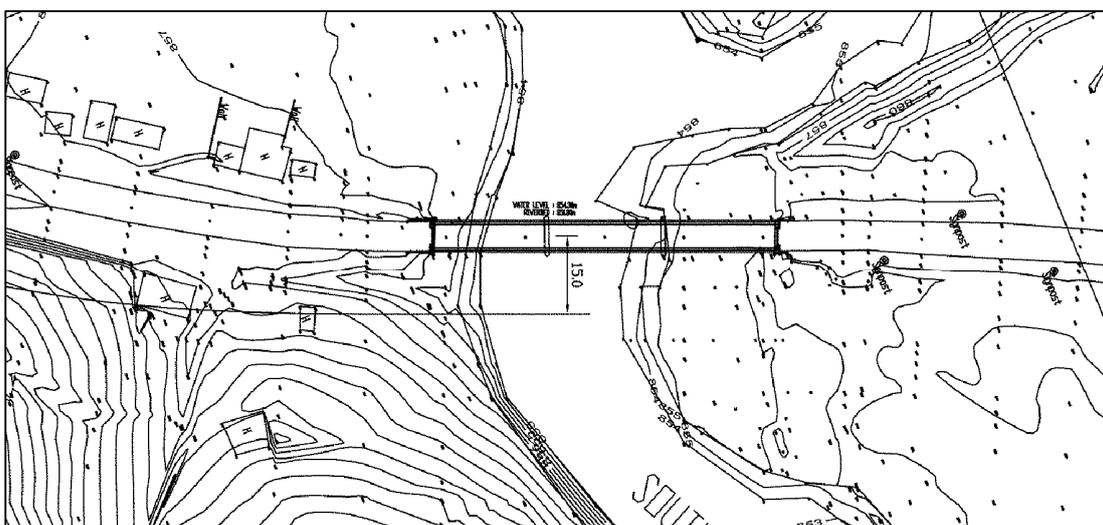


図 3-2-9 直橋案 3 (15m 並行離れ)

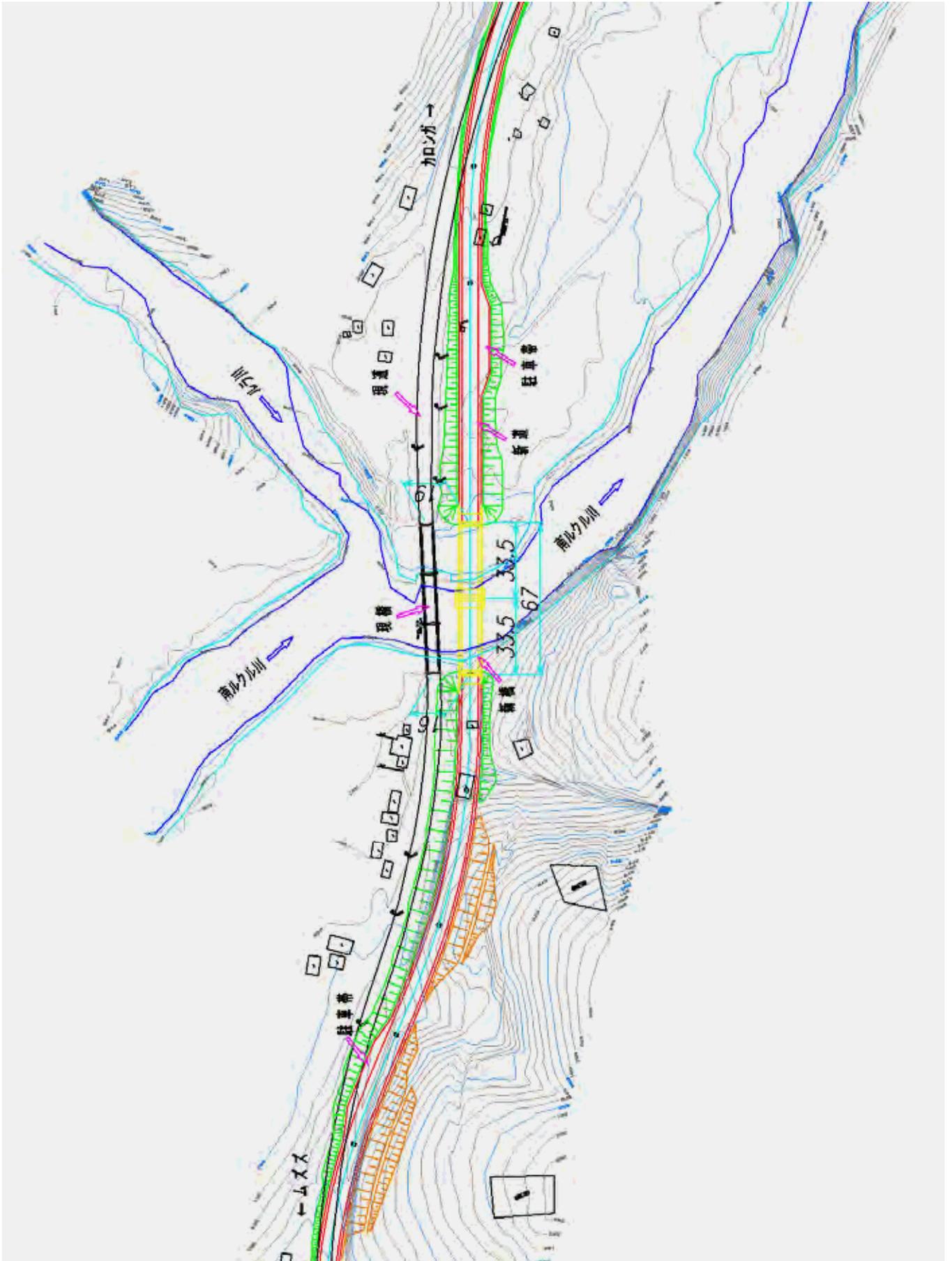


図 3-2-10 最終選定架橋位置平面図

3-2-2-5 橋梁及び道路縦断計画

橋梁建設の事業費は、取付道路も含めて橋梁の縦断高により大きく影響される。河川を渡河する橋梁の場合、一般的には縦断計画は計画高水位（HWL）から決定されるが、可能な限り縦断高が低い方が事業費は経済的となる。しかし、南ルクル橋の場合は、雨期の豪雨によって道路や橋梁が冠水すると言われている。したがって、橋梁及び取付道路の縦断計画は、計画高水位（HWL）の他に、過去の洪水時の冠水位も考慮して検討することが重要である。

(1) 縦断計画案の選定

水理・水文解析を実施し、計画高水位（HWL）の検討を行い、算出する。また、過去の洪水時の冠水位に関しては、既往のデータ調査及び現地でのヒアリング等を実施した結果、「毎年発生する洪水は短時間であるがルクル橋の床版が冠水することもある」との情報を得た。さらに、過去の最大の洪水として、2003年及び2006年においては現橋の欄干上部（橋面より約80cm）まで冠水したとの情報を得た。また、2008年に実施された予備調査では、調査結果として、「新しい橋梁への取付道路は少なくとも2.5m程度の盛土が必要となる」としており、同予備調査報告書には、「要請書では橋及び取付道路を1～2m嵩上げし、洪水時に水没することを避けることが求められている」と記されている。



写真 3-2-1 既存ルクル橋の過去の冠水位



写真 3-2-2 既存ルクル橋の洪水被害

このような状況を考慮し、南ルクル橋及び取付道路の縦断計画案として、下記3案を選定した。

- ・ 第1案（現橋路面高案）；新橋の縦断高を既存ルクル橋の路面高と同じにする案。
- ・ 第2案（1.0m嵩上げ案）；新橋の縦断高を既存ルクル橋の路面高より1.0m嵩上げする案。
- ・ 第3案（2.0m嵩上げ案）；新橋の縦断高を既存ルクル橋の路面高より2.0m嵩上げする案。

(2) 計画高水位の検討

1) 計画断面の設定

架橋位置における計画断面は、上流や支川の合流状況を考慮し、洪水時において計画高水流量が安全に流下させることの出来る断面となるように決定する。

架橋位置の計画断面は、下流の河道の流下能力に左右され、必要な流下能力が得られない場合は、水位は高くなる。このため、橋梁位置において計画断面を設定し、下流の計画断面及び架橋

位置の河道断面について検討を行う必要がある。

計画断面の両岸は、橋台盛土の保護や河道背後地盤の安全のため、法勾配 1:1.0 の護岸を計画する。洪水時の護岸前面の流速は、約 5m/s 以上と予想されることから、護岸形式は玉石を使用した練り石積みタイプを計画する。

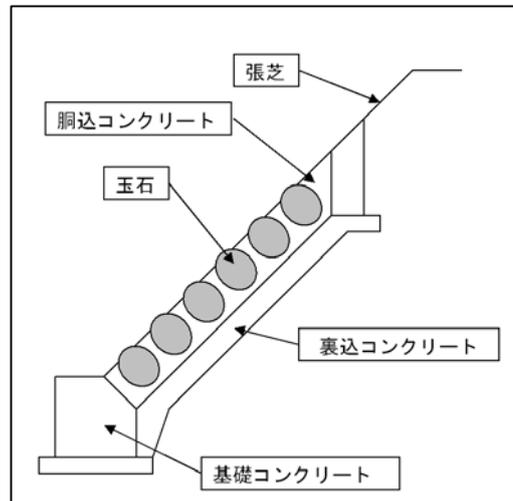


図 3-2-11 護岸タイプ

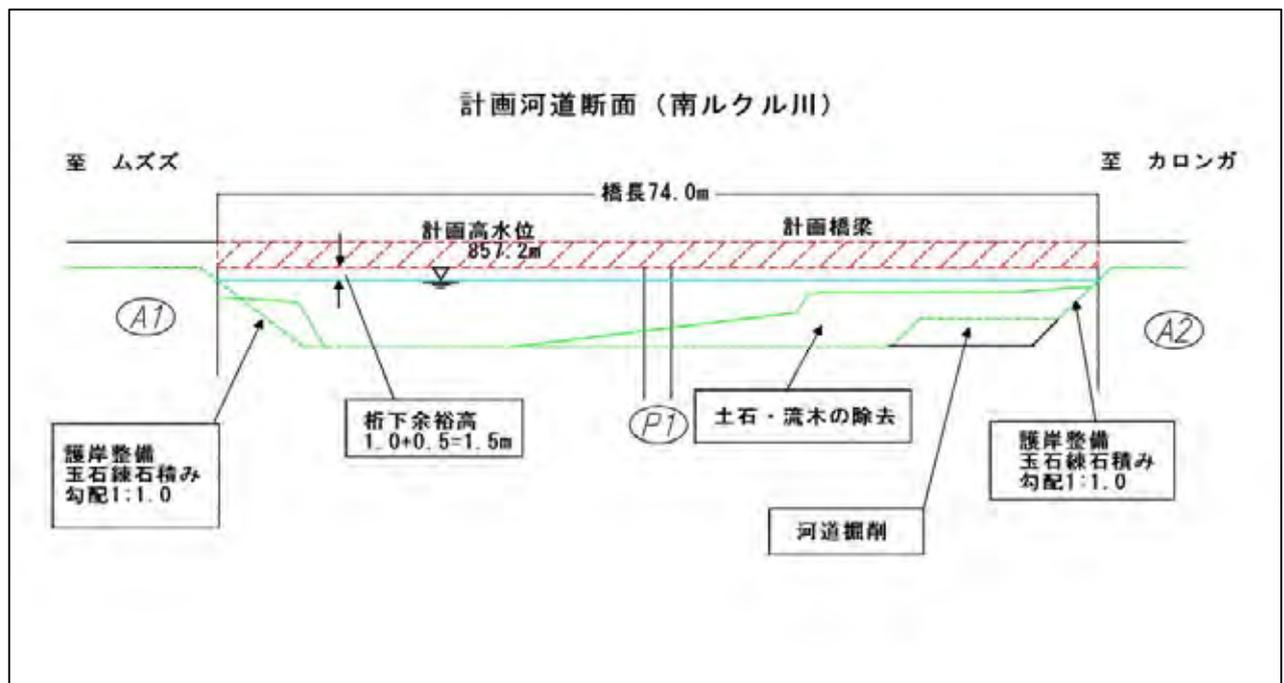


図 3-2-12 計画河道断面（架橋位置）

2) 検討ケース

計画高水位は、橋梁位置において計画断面を設定し、下流の河道断面について検討を行い、決定する。決定に当たっては、下記に示すケースについて検討を行った。なお、水位計算は不等流計算を用いて行った。

- ① ケース1：現況断面において左岸堤防を設けた場合
- ② ケース2：現況断面の左岸の河道断面を掘削し、河床幅を50m程度に拡幅した場合
- ③ ケース3：現況断面の左岸の河道断面を掘削し、河床幅を45～50mに拡幅した場合

3) 検討結果

① ケース1

下流の現況断面は、流下能力が不足しているため、架橋位置の計画高水位は、859m程度となり、既存ルクル橋の橋面高を1m越える水位となる。したがって、下流の河道断面を掘削し、流下能力を確保する必要がある。

② ケース2

左岸の河道断面を掘削して河床幅50m程度に拡幅した結果、架橋位置の計画高水位は、856.9mとなり、既存ルクル橋の橋面高さより、1.0m低下することがわかった。ただし、原案の橋長(67.5m)では、架橋位置直下流の河床幅が十分にとれないため、橋長を74mとし、河床幅を計画可能な45m程度にする必要がある。

③ ケース3

橋長を74mとした場合について、下流の河道断面(底幅45～50m)を計画した結果、架橋位置での計画高水位は857.2mとなり、既存ルクル橋の橋面高さから約0.8m下がりとなる。なお、橋脚による水位上昇を0.3m程度見込んでいる。

4) 計画に当たっての留意点及び状況

河川計画を実施するに当たり、下記の点に留意が必要である。

- ・下流の現況断面は、右岸が切り立った崖となり、基盤は露岩しているため、この現況を保持することが必要である。
- ・岩の深さは、地質調査結果から現橋梁位置の河床高851.8mより低く、849m程度である。
- ・左岸側はその上に砂礫が堆積しており、左岸の河道断面を掘削することが可能である。

(3) 縦断計画案比較検討

縦断計画案として選定された3案に関して、比較検討をした結果を表3-2-7に示す。

表 3-2-7 縦断計画案比較検討表

代替案		第1案 (現構路面高案)	第2案 (1m嵩上げ案)	第3案 (2m嵩上げ案)	
代替案概要		<ul style="list-style-type: none"> 新橋の縦断高を現構の路面高と同じにする案である。 北側の取付道路部では、現地盤より最大0.5mの盛土となる。 平面線形は、修正No.3案を想定。 	<ul style="list-style-type: none"> 新橋の縦断高を現構の路面高より1m嵩上げる案である。 北側の取付道路部では、現地盤より最大1.5mの盛土となる。 平面線形は、修正No.3案を想定。 	<ul style="list-style-type: none"> 新橋の縦断高を現構の路面高より2m嵩上げる案である。 北側の取付道路部では、現地盤より最大2.5mの盛土となる。 平面線形は、修正No.3案を想定。 	
新橋の必要高さ		新橋の必要高 (路面高) は、洪水位より3m (新橋構造高2m+余裕高1m) である。			
洪水時の影響		<ul style="list-style-type: none"> 洪水位が現構の路面高以下3mを超えれば、新橋に流木が衝突する危険性がある (年に数回)。 	<ul style="list-style-type: none"> 洪水位が現構の路面高以下2mを超えれば、新橋に流木が衝突する危険性がある (十数年で1回と推定)。 	<ul style="list-style-type: none"> 流下断面橋の階層により、洪水位が現構の路面高以下1mを維持できれば、新橋に流木が衝突する危険性は少ない。 	
道路縦断線形性		<ul style="list-style-type: none"> 北側取付道路の低地部に盛土をすることにより、縦断線形性はスムーズになり、縦断線形性は改善される。 	<ul style="list-style-type: none"> 第1案より更に1m嵩上げすることにより、全体的に低い縦断線形性がスムーズになり、縦断線形性は第1案より改善される。 	<ul style="list-style-type: none"> 第1案より更に2m嵩上げすることにより、全体的に低い縦断線形性がスムーズになり、縦断線形性はかなり改善される。 	
盛土による影響		<ul style="list-style-type: none"> 北側取付道路の低地部では、現地盤より最大でも0.5m程度の盛土であり、周辺地域への影響は少ない。 	<ul style="list-style-type: none"> 北側取付道路の低地部では、現地盤より最大で1.5m程度の盛土となり、周辺地域への影響は限定的ではあるが、発生する。 	<ul style="list-style-type: none"> 北側取付道路の低地部では、現地盤より最大で2.5m程度の盛土となるが、畑地であるため影響は小さい。 	
環境社会配慮		<ul style="list-style-type: none"> 北側取付道路では現地盤と僅かな段差ができるが、駐車帯の設置は可能である。 南側取付道路は現況と同じであり、駐車帯の設置は可能である。 	<ul style="list-style-type: none"> 北側取付道路では現地盤と1.0~1.5mの段差ができるが、畑地であるため、駐車帯の設置は可能である。 南側取付道路は現況より最大で1mの段差が生ずるが、その影響範囲は限定的であり、駐車帯の設置は可能である。 	<ul style="list-style-type: none"> 北側取付道路では現地盤と2.0~2.5mの段差ができるが、畑地であるため、駐車帯の設置は可能である。 南側取付道路は現況より最大で2mの段差が生ずるが、盛土高の低い位置に駐車帯を設置することが可能である。 	
経済性		<ul style="list-style-type: none"> 3案の中では一番縦断が低いため、最も経済的である。 	<ul style="list-style-type: none"> 第1案より1回程度、流木が新橋に衝突する危険性がある。 	<ul style="list-style-type: none"> 3案の中では一番縦断が高いため、最も不経済となる。 	
総合評価		<ul style="list-style-type: none"> 年に数回は流木が新橋に衝突する危険性がある。 盛土による周辺地域への影響は少ない。 取付道路に駐車帯の設置は可能である。 3案中で最も経済的である。 	<ul style="list-style-type: none"> 盛土による周辺地域への影響はあるが、限定的である。 取付道路に駐車帯の設置は可能である。 3案中で経済性は中位である。 	<ul style="list-style-type: none"> 取付道路に駐車帯の設置は可能である。 3案中で最も不経済となるが、洪水対策は最良案である。 	

(4) 余裕高 (0.5m) の考慮

堤防の高さは、洪水時の風浪、うねり、跳水、流木等による一時的な水位上昇に対し、堤防の高さにしかるべき余裕をとる必要がある。南ルクル川の計画洪水流量 (Q) は、500 以上 2000 未満であるため、下表より 1.0m の余裕高が必要となる。

表 3-2-8 計画高水流量と余裕高の関係 (河川管理施設等構造令)

項	1	2	3	4	5	6
計画高水流量 m ³ /s	200 未満	200 以上 500 未満	500 以上 2,000 未満	2,000 以上 5,000 未満	5,000 以上 10,000 未満	10,000 以上
余裕高 m	0.6	0.8	1.0	1.2	1.5	2.0

一方、桁下高に関しては、通常の河川では上記の余裕高を桁下高として準用している。しかし、流木などの多い河川で、上記の余裕高では治水上支障があると判断される場合は、適宜桁下高を增高させる必要があり、「砂防指定地内の河川における橋梁等設置基準 (案)」では、余裕高は 0.5m を原則とするところである。

南ルクル川においては、洪水時に流下してくる流木が大きいと想定されること、下流の流域は急勾配の山地であり山腹の斜面崩壊による自然林の倒木などの流出が予想される砂防河川であることなどを考慮して、標準の余裕高に加え、砂防流域で用いられている余裕高 0.5m を追加することとする。

従って、南ルクル橋では、桁下高 (余裕高) を $1.0\text{m} + 0.5\text{m} = 1.5\text{m}$ とし、表 3-2-7 縦断計画案比較検討表で選定された嵩上げ高 2.0m に 0.5m を加え、最終嵩上げ高は 2.5m する。

3-2-2-6 駐車帯の位置

橋梁が架け替えられた場合、幅員が2車線となり、現在橋梁の前後に設けられているハンプも撤去されるため、車両は橋梁前後で減速又は停止する必要がなくなり、現橋の袂にある小規模店舗の商業機会が失われることになる。MOTPI 及び RA は環境社会配慮の面から、この商業機会を提供するために、取付道路周辺に駐車帯を確保することを希望している。

駐車帯は上・下線に各1箇所設けるのが望ましく、ムズズ側は現在小規模店舗が営業している位置に設置し、カロング側は畑地を利用して、駐車帯を設置する。

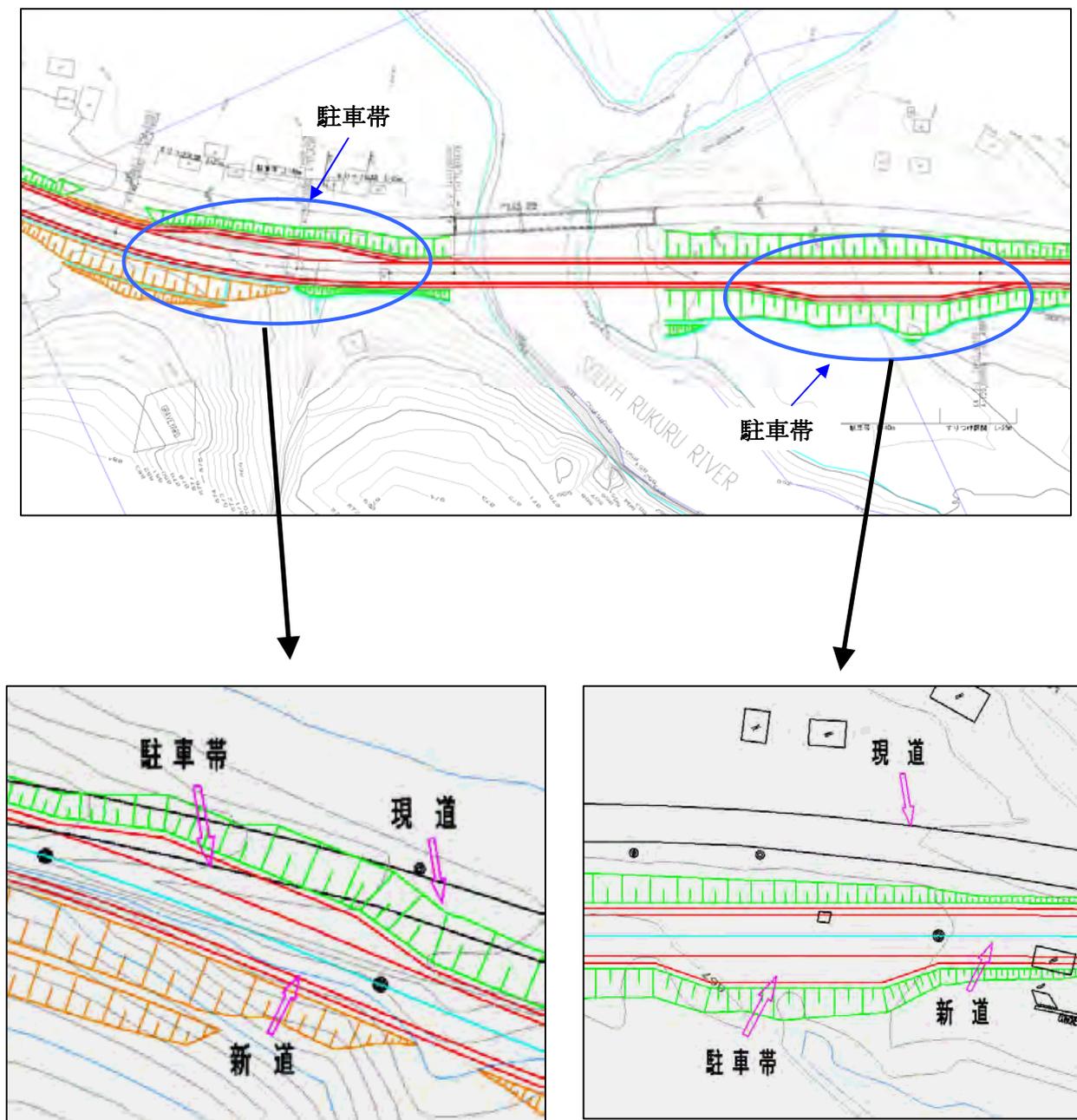


図 3-2-13 駐車帯位置図

3-2-2-7 ルラ川河道変更の検討

(1) 河道変更の目的

予備調査において、下記の目的により支川ルラ川の河道を変更することが提案されている。

- ① 南ルクル川とルラ川の合流点を新橋架橋位置より下流に変更することにより、転石や流木などの堆積問題を解決する
- ② 合流点を下流に変更することにより、架橋位置計画の自由度を高める。

(2) 比較検討案

1) 河道変更案

本案は、合流点より約 100m 上流側の位置からルラ川の河道を変更し、既存ルクル橋の下流側約 260m の位置で南ルクル川に合流するように人工の河道を新たに計画するものである。

本案の計画に当たっては、下記の事項に留意が必要である。

- ① 人工の河道を新たに計画することになるため、洪水の安全な流下を将来にわたって確保しなければならない。
- ② ルラ川の全洪水が河道内で氾濫せずに流下することが出来るような河道計画と施設規模を検討する。

2) 現状維持案

本案は、ルラ川は現状のままとし、現架橋地点左岸に堆積した転石の除去を橋梁建設工事と併せて行い、新橋建設後は南ルクル川及びルラ川の維持管理を行う案である。維持管理は、本川及び支川河道内の堆積土砂を浚渫除去すると共に、河道対策として河道内の護岸や河道改修を行って、河道の流下能力を確保していくものである。

(3) 現在の堆積状況

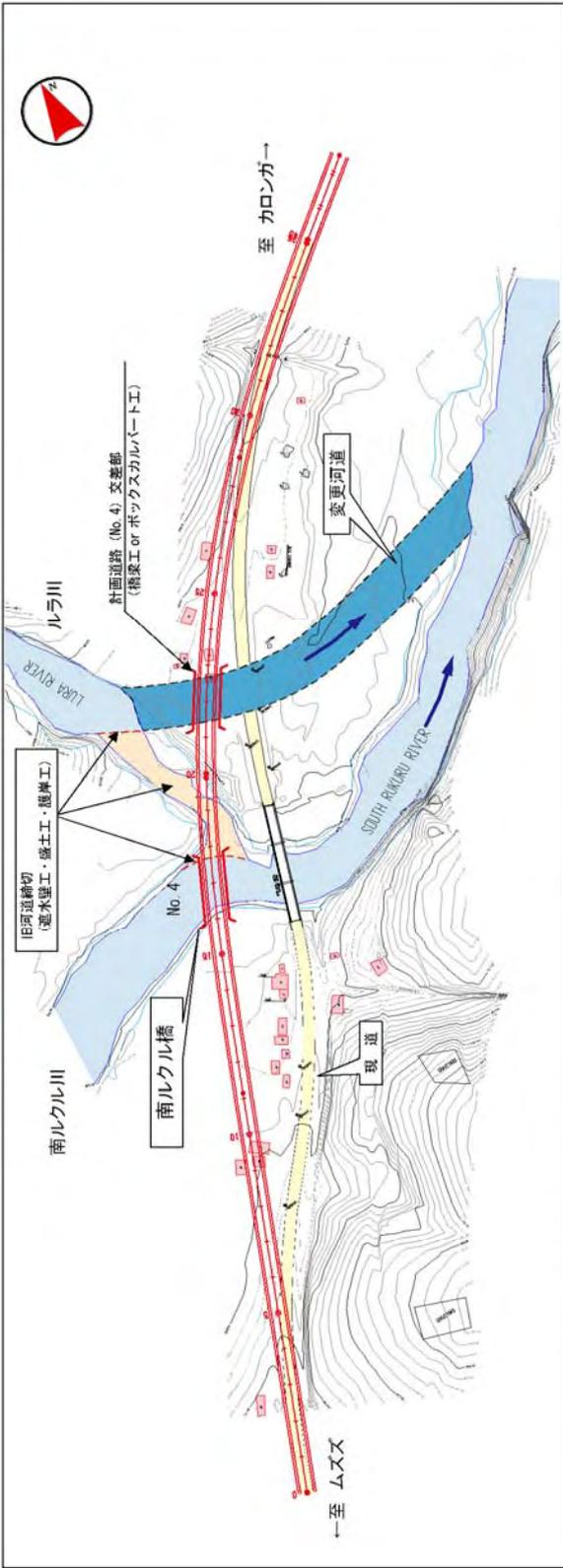
南ルクル川とルラ川の合流点は、過去に発生した洪水や土石流によって搬送された転石や流木などが左岸の河岸に堆積している。堆積状況は支川合流地点の 20m 上流から始まり、現橋梁の下流 50m までの約 70m の区間で生じており、堆積幅は河川の 1/2～1/3 の幅で厚く堆積しており、A2～P2 間の桁下空間は 1.5m 程度とほとんど閉塞状態となっている。

(4) 比較検討結果

ルラ川について現状維持案と河道変更案の 2 案を比較検討した結果、下記の理由により現状維持案が望ましいと言うことが明らかとなった（表 3-2-9）。

- ① ルラ川の河道を変更する場合は、南ルクル橋の他にルラ川を渡河するための新たな橋梁が必要となること。
- ② 河道変更するための工事が必要となり、橋梁工事の他に河川工事の費用が別途必要となり、総工事費がかなり高くなること。
- ③ 現在、自然に流れている河道を人為的に変更するにはかなり大規模な工事が必要となり、当該橋梁架け替え工事のスコープに含めるにはきわめて困難であること。
- ④ 洪水時にルラ川から越流してくる水をせき止めるのは困難であり、越流してくる水により新橋梁及び取付道路が冠水しないように縦断高を設定することと、越流してくる水を速やかに排水処理できるようにすることが当該プロジェクトのスコープであること。

表 3-2-9 ルラ川河道変更比較検討表

概要図		
代替案	<p>第1案：ルラ川現状維持案</p> <ul style="list-style-type: none"> ・支川のルラ川は現状のままとし、河道変更しない案である。 ・合流点付近より上流は洪水時に流下した転石や流木などが川幅一杯（30～50m）に堆積しており、合流点までの勾配は1/40～1/50程度である。 ・合流点付近やルラ川の河道内に転石や流木などが堆積する。 ・特に問題なし ・架橋位置が合流点に近い案では、下部工はルラ川からの転石の堆積や衝突の影響を受ける。 ・転石や流木の影響が少ない架橋位置を選定する必要がある。 ・計画上、制約条件となる要素は無い。 ・現状のままであり、住民移転はない。 ・洪水の規模によっては、ルラ川左岸堤防の上下流から氾濫し、国道を横断する可能性がある。 ・工事中の迂回路や仮橋は必要ない。 ・合流点の転石や流木などの除去が必要となる。 ・ルラ川上流の土砂供給による堆積問題は別途解決する必要がある。 ・上流の砂防対策が十分でないため、今後土砂供給が予想される。 ・堤防高さが不十分のため、小洪水でも氾濫しやすい。 ・南ルクル橋1橋の工事費で済むため、第2案に比べてかなり経済的である。 ・合流点の問題やルラ川からの氾濫問題の解決が必要となる案である。 ・ルラ川上流の土砂供給による堆積問題は別途解決する必要がある。 	<p>第2案：ルラ川河道変更案</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ルラ川の河道を変更し、現橋の下流側約260mの位置で南ルクル川に合流する案である。 ・南ルクル川の左岸氾濫原を掘削して、幅30m程度の新設河道を設ける。 ・河道変更地点から合流点までの旧河道は遮水壁や盛土により締め切られる。 ・新たな合流点付近や変更河道内に転石や流木などが堆積する。 ・ルラ川の流域が変更となるので、魚や底生動物、植生などの周辺環境に影響がある。 ・現在の合流点が多くなるため、現在生じている転石の堆積、衝突などの制約条件が解消される。 ・国道横断用の橋梁が必要となる。 ・変更河道の縦断計画によっては、国道との交差点部が高くなり、制約条件となる可能性がある。 ・変更河道ルート周辺は住居や店舗があり、住民移転が発生する。 ・変更河道内に土石流などが一気に堆積した場合、氾濫する可能性がある。 ・国道と交差するため、変更河道の工事中は、迂回路及び仮橋が必要となる。 ・変更河道内に転石や流木などが堆積した場合、除去作業が必要となる。 ・ルラ川上流の土砂供給による堆積問題は別途解決する必要がある。 ・上流の砂防対策が十分でないため、今後も土砂供給が予想される。 ・堤防高さが不十分のため、小洪水でも氾濫しやすい。 ・変更河道内で氾濫しないように、河道掘削を行って流下能力を高める。 ・南ルクル橋の他に国道横断用の橋梁がもう1橋必要となり、さらに変更河道工事が必要となるため、第1案に比べてかなり不経済となる。 ・現在の合流点の問題は解消するが、新たな合流点で転石による堆積等の問題が生ずる。 ・変更河道のみでは、上流からの土砂供給による堆積問題は解決しないので、別途解決する必要がある。
代替案の評価	<p>○</p>	<p>×</p>

3-2-2-8 全体計画

(1) 適用設計基準条件

1) 道路設計条件

道路設計に関しては、「マ」国内で制定されている基準（「マ」国基準）及び南部アフリカ運輸交通委員会が制定している規準（SATCC 基準）に準拠し、不足している部分に関しては、日本の基準（道路構造令）に準拠する。表 3-2-10 に道路設計条件を示す。

表 3-2-10 道路設計条件表

項 目		「マ」国基準	SATCC	道路構造令	採用基準値
道路種別		幹線道路 (国道)	幹線道路 (国道)	一般国道	幹線道路 (国道)
地形種別 (平地/丘陵地/ 山地)		山地	山地	山地	山地
設計速度(km/h)		80	80	80	80
設計車両		WB-15	WB-15	セミトレーラ	WB-15
車線幅員(m)		3.35 x 2	(3.1-3.7) x 2	3.5 x 2	(3.35+0.3) x 2
路肩幅員(外側)(m)		-	1.0	1.75	1.2
最大縦断勾配		5.0	5.0	4.0	3.0
最大片勾配(%)		10.0	10.0	10.0	9.0
標準横断勾配(%)		2.5	2.0	2.0	2.5
制動停止視距(m)		115	115	110	115
最小平面曲線半径 (絶対値)(m)		210	210	230-280	280
最小縦断 曲線半径	凸	K 値	32	33	-
		(m)	-	-	3,000
	凹	K 値	25	25	-
		(m)	-	-	2,000
緩和曲線最小パラ メータ(A 値)(m)		-	-	140	120
緩和曲線最小長(m)		42.8	42.8	70	51.4

2) 橋梁設計条件

i) 水理条件

a) 確率規模

確率規模は、過去の無償資金協力による橋梁設計の規模や橋梁耐用年数などを考慮して、50年確率とした。

b) 計画高水流量

3-2-1-2(1)5計画高水流量より、50年確率の計画高水流量は1,200m³/sである。

c) 計画高水位

3-2-2-5(2)3検討結果より、計画高水位は857.2mである。

d) 洗掘深

橋脚基礎の高さは、橋脚による洗掘を考慮して設定する。洗掘深としては、検討の結果、橋脚部において3.0mである。したがって、本プロジェクトでは、橋脚フーチングの根入れを洗掘深以上確保するとともに、岩盤内に根入れすることとした。

橋台については、A1及びA2橋台（直接基礎）の場合、フーチング底面を岩盤等の良質な支持層に十分根入れすることとした。

e) 護岸

護岸については、橋台及び橋脚の洗掘を計算し、設置の検討を行う。検討の結果、洗掘が生じる場合の対策としては、基礎を深くすること、護岸及び根固め工で河岸及び橋台を保護することが考えられる。護岸の工法としては、洪水時には玉石などを含んだ高速流となることから、衝突に対して適応性が高く、流速に対応する能力が高い練石積み護岸による対策工を採用する。

左岸橋台の護岸の範囲としては、取付道路の盛土の基礎地盤として堤防を築堤し、地盤の確保のため、練り石積み護岸を必要な範囲に配置するものとし、ルラ川との合流区間である左岸側に連続して練り石積み護岸を配置した。

右岸橋台の護岸は、下流側については切り立った崖地形であるため、橋台工事の掘削範囲に練り石積み護岸を配置した。橋台前面及び上流側は、橋台背後の取付道路盛土の基礎地盤を確保するため、及び洪水時のスムーズな流下をさせるために上流側の必要な範囲に練り石積み護岸を配置した。

護岸前面には、護岸基礎工の洗掘に対応するため、護床工を配置した。護床工は、現場において入手可能な玉石をコンクリートブロックとして植石し、現場作成し配置するものとした。なお、護岸の高さはHWL+1.0mとし、橋台周辺の地盤高は868.2mとする。洪水時の流下をスムーズにし、護岸端部からの流水による損傷を対策するため、護岸端部は、現況地盤とふとん籠を用いてすりつけるものとした。

ii) 設計活荷重

活荷重に関しては、以下の理由により、日本の基準(道路橋示方書)に規定されている B 活荷重を採用する。

- ① BS に規定されている HB 荷重と日本の基準に規定されている B 活荷重による曲げモーメント比較図によれば、両者間で大きな違いは無く、日本の B 活荷重による曲げモーメントの方が若干大きいこと (図 3-2-14 参照)。
- ② 従って、日本の B 活荷重で設計する方が安全側であること。
- ③ バキリムルジ橋、ルワジ橋、ナンコクエ橋等、過去の日本の無償資金協力事業で建設した橋は、日本の B 活荷重で設計されていること。
- ④ 日本の B 活荷重で設計されている橋は十分な強度があり、信頼性が維持されていること。

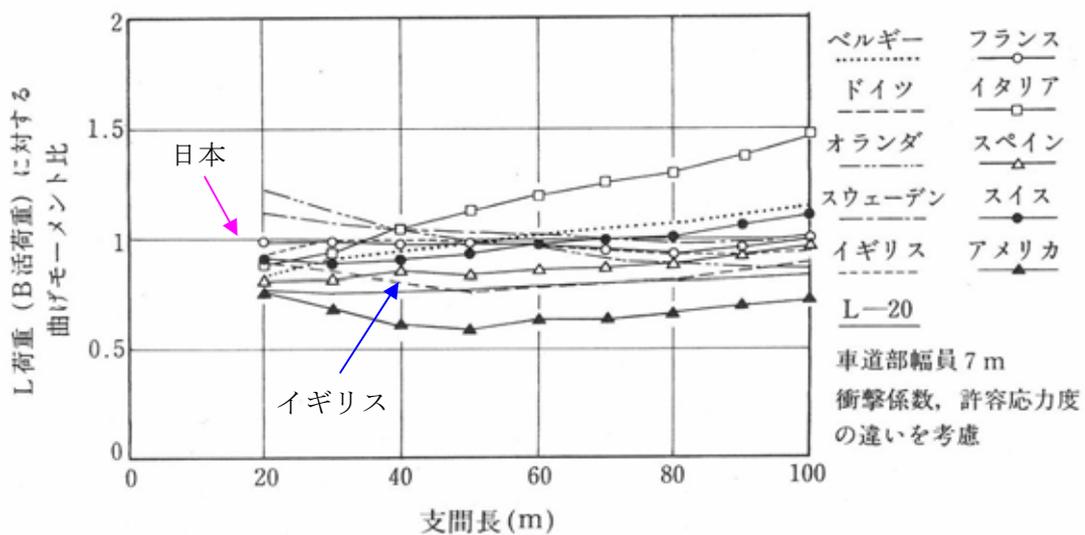


図 3-2-14 各国の活荷重による設計曲げモーメントの比較

iii) 地震荷重

a) 地震調査

「マ」国において 1901 年～2007 年にかけて発生した地震分布図を図 3-2-15 に示す。また、「マ」国で発生した地震の南ルクル橋における加速度分布図を図 3-2-16 に示す。

なお、「マ」国において我が国の無償資金協力で建設した「バキリ ムルジ橋 (マンゴチ橋)」及び「ルワジ橋」、「ナンコクエ橋」に関する加速度分布図を図 3-2-17～図 3-2-19 に示す。

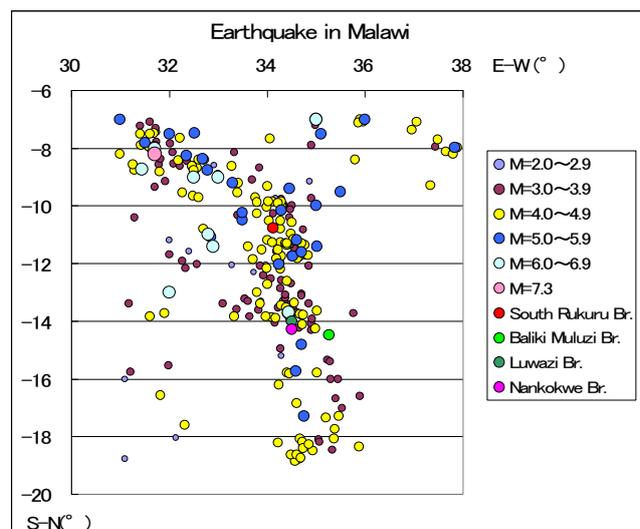


図 3-2-15 「マ」国における地震分布図

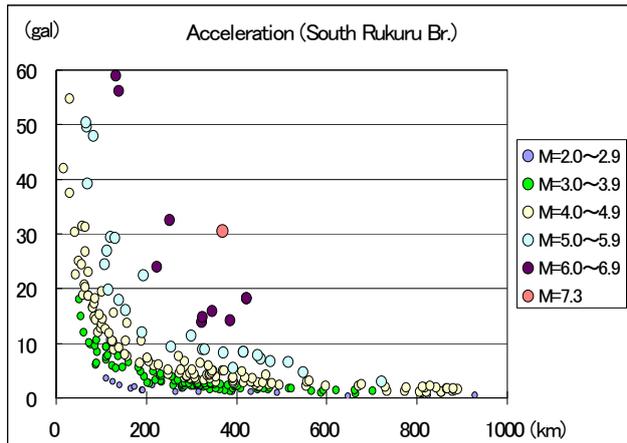


図 3-2-16 南ルクル橋加速度分布図

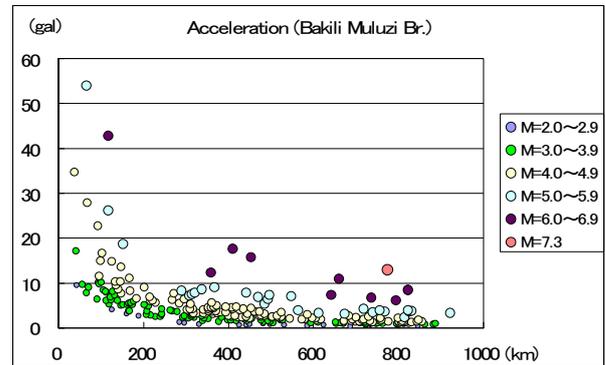


図 3-2-17 バキリ ムルジ橋加速度分布図

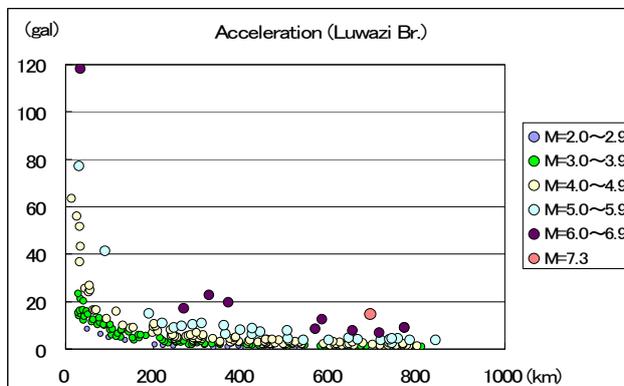


図 3-2-18 ルワジ橋加速度分布図

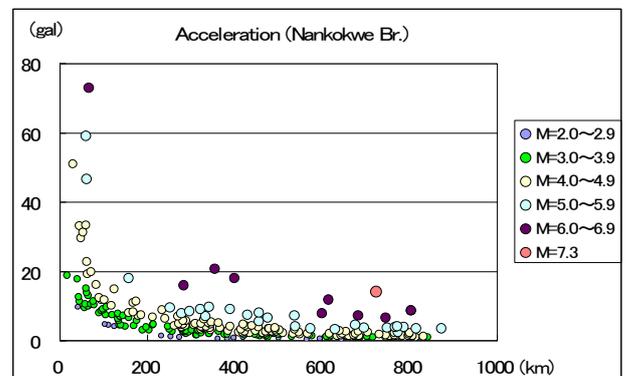


図 3-2-19 ナンコクエ橋加速度分布図

b) 地震荷重

下記の理由により、本概略設計では設計水平震度 (Kh) は、0.10 を適用する (3-2-2-8(1)2)a地震調査参照)。

- ① 対象橋梁周辺では大きな地震が発生していないこと (図 3-2-15 及び図 3-2-16 参照)。
- ② 対象橋梁周辺で観測された地震の加速度は 60gal 以下であること (図 3-2-16 参照)。
- ③ バキリムルジ橋、ルワジ橋、ナンコクエ橋等、過去の日本の無償資金協力事業で建設した橋には、Kh=0.10 が適用されていること (図 3-2-17～図 3-2-19 参照)。

iv) 材料強度

本プロジェクトにおいて使用する各種材料の強度は下記の通りとする。

- ① PC 上部工用コンクリートの設計基準強度

PC 上部工に用いるコンクリートの設計基準強度は $\sigma_{ck}=40\text{N/mm}^2$ とする。

- ② 鉄筋コンクリートの設計基準強度

下部工、基礎工および地覆、壁高欄等鉄筋コンクリート部材に用いる鉄筋コンクリートの

設計基準強度は $\sigma_{ck}=24 \text{ N/mm}^2$ とする。

③ 無筋コンクリートの設計基準強度

均しコンクリート及び歩道部間詰コンクリート等無筋コンクリート部材に用いるコンクリートの設計基準強度は $\sigma_{ck}=18 \text{ N/mm}^2$ とする。

④ 鉄筋

本プロジェクトに使用する鉄筋の仕様はSD345/295相当とする。

⑤ PC鋼材

本プロジェクトに使用するPC鋼材の仕様は、PC鋼より線12S12.7B(SWPR7BL)(縦締め)、1S21.8(SWPR19L)(横締め)とする。

v) 径間長の設定手順

径間長の設定手順を図 3-2-20 に示す。

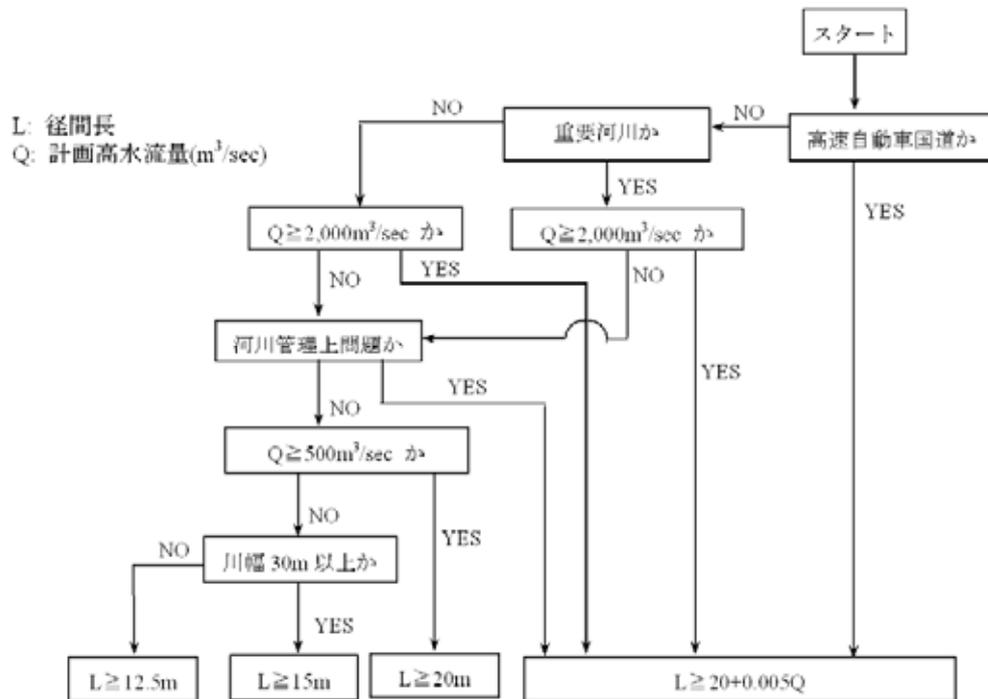


図 3-2-20 径間長の設定手順

径間長の設定手順に基づいて算定した結果、プロジェクト対象橋梁の径間長は、計画高水流量が $Q=1200 \text{ m}^3/\text{sec}$ の場合、 $L \geq 20 + 0.005Q = 20 + 0.005 \times 1200 = 26 \text{ m}$ である。

(2) 幅員計画

前述 3-2-1-4 橋梁幅員に係る方針の通り、橋梁部の標準道路横断面構成は、車道幅員 $3.35 \text{ m} \times 2 = 6.7 \text{ m}$ 、自転車幅員 $0.3 \text{ m} \times 2 = 0.6 \text{ m}$ 、歩道幅員 $1.2 \text{ m} \times 2 = 2.4 \text{ m}$ 、計 9.7 m (有効幅員) とする。

土工部の標準道路横断面構成は車道幅員 $3.35 \text{ m} \times 2 = 6.7 \text{ m}$ 、自転車 $0.3 \text{ m} \times 2 = 0.6 \text{ m}$ 、路肩幅 $1.2 \text{ m} \times 2 = 2.4 \text{ m}$ 、保護路肩幅 $1.0 \text{ m} \times 2 = 2.0 \text{ m}$ 、計 11.7 m (有効幅員) とする。

(3) 橋長の検討

新橋は既存ルクル橋の下流側に架橋されることから、新設の橋台は、既設橋台の堅壁前面より川側に出ない位置に計画する必要がある。したがって、既存橋台堅壁前面位置を延長したラインより後方に、新橋堅壁前面位置を計画する。



図 3-2-21 新橋梁計画時のコントロールポイント

この結果、A1 橋台位置は No.16+1.000 (パラペット前面位置)、A2 橋台位置は No.19+8.500 (パラペット前面位置) となり、新橋梁の橋長は 67.5m 以上必要となる。



図 3-2-22 新橋橋台位置 (最低限必要な橋長)

なお、A2 橋台をコントロールラインと平行にした場合（橋台を護岸と平行）、斜角を有する橋梁となる。斜橋とすることで、橋長は若干短くすることができる。しかし、斜橋の場合、施工性が直橋に比べ劣ること、斜橋としても橋長が 30cm 程度しか短くならないこと等より、本橋は直線橋梁として計画を行う。

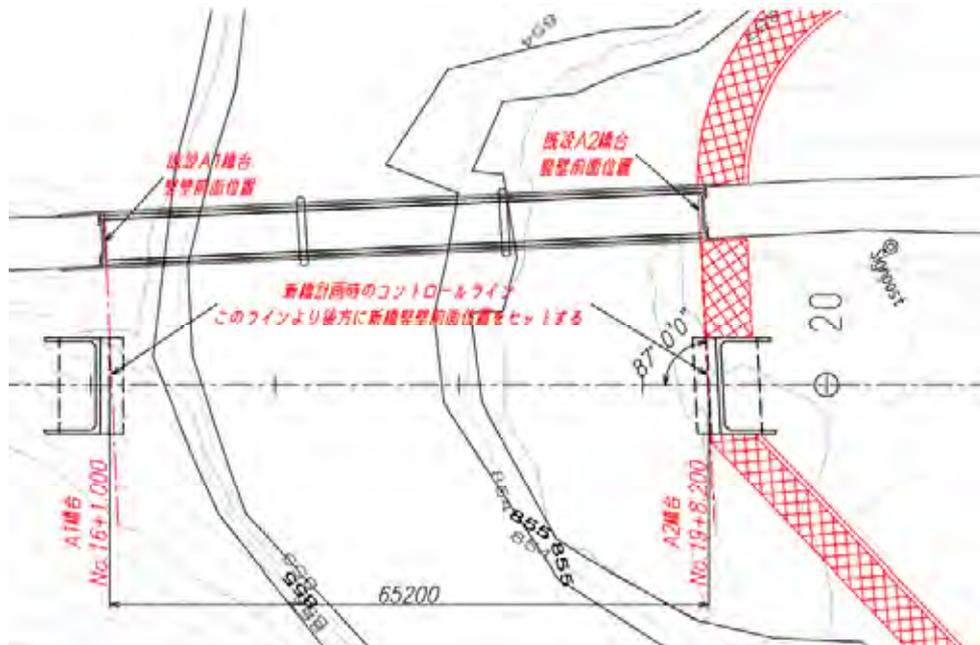


図 3-2-23 斜橋とした場合の橋台位置と橋長

しかし、水門解析の結果、67.5mの橋長では河川上問題があることから、A2 橋台位置を終点側に移動させ、架橋位置での河川断面確保を行った。この結果、A2 橋台位置はNo.19+15.000（パラペット前面位置）となり、橋長を 74.000mとした。



図 3-2-24 新橋橋台位置（水門解析の結果より決定した橋長）

(4) 橋梁形式比較検討

橋梁の比較案は、計画高水流量から決まる基準径間長を参考に径間数を求め、標準的な橋梁形式と適用径間長、および「マ」国での使用実績を考慮して、構造的・施工的・経済性及び維持管理に優れた形式を抽出する。

本橋の必要橋長は 74.0m、基準径間長は 26.0m であることから下記の支間割を対象とし、表 3-2-11 に示す「標準適用径間」を参考に上部工形式の抽出を行う。

- ① 3 径間形式：3@26.0m=78.0m
- ② 2 径間形式：2@37.0m=74.0m
- ③ 単純形式：74.0m

表 3-2-11 標準適用径間

上部工形式	推奨適用径間						曲線適否		桁高・径間比	
	26m	37m	50m	74m	100m	150m	主構造	橋面		
鋼橋	単純合成鉄桁							○	○	1/18
	単純鉄桁							○	○	1/17
	連続鉄桁							○	○	1/18
	単純箱桁							○	○	1/22
	連続箱桁							○	○	1/23
	単純トラス							×	○	1/9
	連続トラス							×	○	1/10
	逆ランガー桁							×	○	1/6.5
	逆ローゼ桁							×	○	1/6.5
	アーチ							×	○	1/6.5
P C 橋	プレテン桁	—						×	○	1/15
	中空床版		—					○	○	1/22
	単純T桁			—				×	○	1/17.5
	単純合成桁				—			×	○	1/15
	連結T桁、合成桁					—		×	○	1/15
	連続合成桁						—	×	○	1/16
	単純箱桁							○	○	1/20
	連続箱桁 (片持工法)							○	○	1/18
	連続箱桁 (押し出しまたは支持工法)							○	○	1/18
	π形ラーメン							×	○	1/32
RC 橋	中空床版							○	○	1/20
	連続充腹式アーチ							○	○	1/2

上記の表より、以下の3案を比較検討案として選定した。

表 3-2-12 橋梁形式比較検討案

案	橋種	橋梁形式	径間数	径間割
第1案	PC橋	PC3 径間連結 T 桁橋	3	3@26.0=78.0m
第2案	PC橋	PC3 径間連結 T 桁橋	2	2@37.0=74.0m
第3案	鋼橋	鋼単純トラス橋	1	74.0m

上記3案に関して、比較検討した結果を表 3-2-13 に示す。

表 3-2-13 橋梁形式比較表

橋梁形式		特性
<p>第1案：PC3径間連続ポステンT桁橋</p>	構造性	<ul style="list-style-type: none"> PC桁形式の一般的な構造である。 中間支点上で主桁を連続する連続構造であるため、耐震性に優れる。 桁高が低いいため、縦断高を低く抑えられる。(第3案と同等)
	施工性	<ul style="list-style-type: none"> 上部工は架設桁架設となるため、河川の水位変動の影響を受けずに施工できる。 桁製作ヤードを確保することにより、桁製作は下部工事と並行して進められる。 概算工期【約18ヶ月】
	維持管理性	<ul style="list-style-type: none"> コンクリート橋であるため、橋梁本体のメンテナンスは不要である。 鋼橋に比べて剛性が高いため、万一、洪水時に流木等が衝突しても損傷を受けにくい。 河川内の橋脚が最も多いため、洗掘等、河川の維持管理上は不利となる。
	河川特性	<ul style="list-style-type: none"> 橋脚が2基あるため、洪水時に転石、流木等の影響を大きく受ける。 橋脚設置による河積阻害率は3案中で最も大きい。 河川内の橋脚施工による水環境への影響が他家に比べて1番大きい。
	経済性	<ul style="list-style-type: none"> 上部工は支間長が短い全橋長は長くなるため、全体工事費は第2案と同等となる。 概算工事費の比率【1.00】
<p>第2案：PC2径間連続ポステンT桁橋</p>		<p>△</p>
構造性	<ul style="list-style-type: none"> PC桁形式の一般的な構造である。 中間支点上で主桁を連続する連続構造であるため、耐震性に優れる。 他家に比べて桁高が高く、路面の嵩上げによる影響が大きいが、桁高制限は特に無い。 	
施工性	<ul style="list-style-type: none"> 上部工は架設桁架設となるため、河川の水位変動の影響を受けずに施工できる。 桁製作ヤードを確保することにより、桁製作は下部工事と並行して進められる。 概算工期【約17ヶ月】 	
維持管理性	<ul style="list-style-type: none"> コンクリート橋であるため、橋梁本体のメンテナンスは不要である。 鋼橋に比べて剛性が高いため、万一、洪水時に流木等が衝突しても損傷を受けにくい。 河川内に橋脚を設置するが、1基であるため第1案に比べて維持管理上の問題は小さい。 	
河川特性	<ul style="list-style-type: none"> 洪水時に転石、流木等の影響を大きく受けるが、橋脚は1基であり、影響は小さい。 橋脚設置による河積阻害率は第1案に比べて小さい。 河川内の橋脚施工による水環境への影響は第1案に比べて小さい。 	
経済性	<ul style="list-style-type: none"> 第1案に比べて支間長は長い全橋長は短くなるため、全体工事費は第1案と同等となる。 概算工事費の比率【1.00】 	
総合評価	<ul style="list-style-type: none"> 橋脚は1基であり、転石、流木等による影響は第1案より小さい。 他家に比べて桁高が高くなるが、桁高制限は特に無い問題はない。 	◎
<p>第3案：鋼単純トラス橋</p>	構造性	<ul style="list-style-type: none"> 長支間の橋梁に採用されることが多い鋼トラス形式である。 コンクリート橋に比べて上部工の重量は軽減されるため、耐震性に優れる。 桁下余裕高の確保に有利な下路形式であるが、路面の嵩上げ高は第1案と同等である。
	施工性	<ul style="list-style-type: none"> 上部工事は河川内に仮設ベントが必要となるため、雨季の増水による影響を受ける。 構造部材（鋼材）は全て本邦または第3国での調達・製作となる。 概算工期【約15ヶ月】
	維持管理性	<ul style="list-style-type: none"> 鋼橋であるため、定期的な塗装の塗り替えが必要となる。 自然災害や車両の衝突等によって主部材が損傷した場合に復旧が容易ではない。 橋脚を設置しないため、河川の維持管理性は3案中最も優れる。
	河川特性	<ul style="list-style-type: none"> 橋脚が無いため、洪水時に転石や流木の影響を全く受けない。 橋脚設置による河積阻害が無いため、洪水に対する安全度は3案中最も高い。 橋脚は設置しないが、仮設ベントの施工による水環境への影響が他家と同等である。
	経済性	<ul style="list-style-type: none"> 下部工は最も経済的となるが、上部工を含めた全体工事費は3案中で最も不経済となる。 概算工事費の比率【1.38】
総合評価	<ul style="list-style-type: none"> 橋脚が無いため、洪水時に転石や流木の影響を全く受けない。 イニシャルコストの他に維持管理費がかかるため、経済性で不利となる。 	○

(5) 下部工及び基礎工形式の検討

1) 支持層の選定

地質調査結果によると、地表から4~5mの深さに非常に硬い岩盤があり、この岩盤を支持層とする。地質調査による推定支持層位置図を図 3-2-25 に示す。

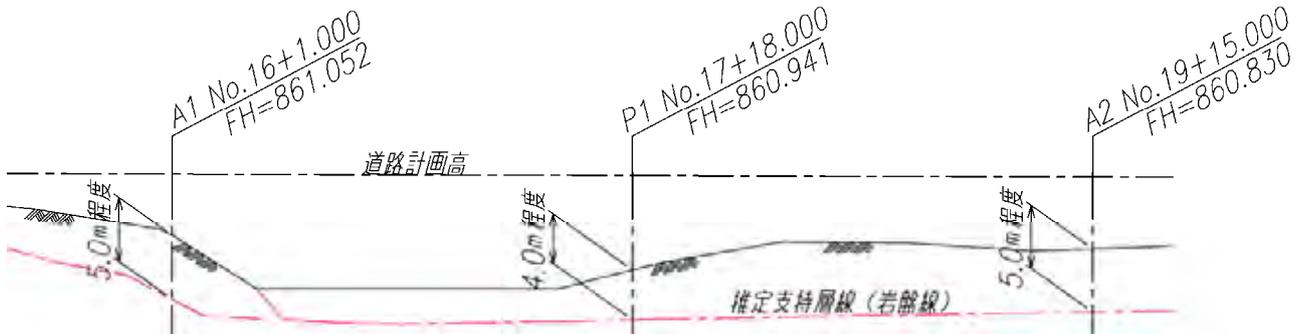


図 3-2-25 推定支持層線位置図

2) 下部工及び基礎工形式

下部工の形式選定表を表 3-2-14 に、基礎工の形式選定表を表 3-2-15 に示す。橋台形式は、本橋位置での計画高、支持地盤への根入れ（50cm 程度支持層に根入れ）等から高さを 12m として計画する。したがって、下表より、本橋の橋台形式は逆 T 式橋台を採用する。橋脚については、河川内橋脚となることから、小判型形式を採用する。

表 3-2-14 下部工形式選定表

種類	形式	適用高さ (m)			適用条件
		10	20	30	
橋台	1. 重力式	■			支持地盤が浅く、直接基礎の場合に適する。
	2. 逆T式	■	■		適用例の多い形式であり、直接基礎杭基礎に適する。
	3. 控壁式		■		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		■		高橋台用に開発された形式である。工期が若干長い。
橋脚	1. 柱式	■	■		低い橋脚、交差条件の厳しい場合、河川中等に適する。
	2. ラーメン式		■	■	比較的高い橋脚で広幅員の橋梁に適する。河川中では洪水時流下を阻害することがある。
	3. パイルベント式	■	■		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。また、河川中では洪水時流下を阻害する。
	4. 小判形		■	■	高橋脚、外力の大きい橋梁に適する形式である。

本橋の基礎形式は、支持層が比較的浅い部分に位置すること、支持地盤が岩盤であること及び支持地盤より浅い部分にある河床堆積物が玉石（巨石）であることを考慮して、下表より、直接基礎形式を採用する。

表 3-2-15 基礎工形式選定表

基礎形式		直接基礎	打込杭基礎			中掘り杭基礎				場所打ち杭基礎			ケーソン基礎		鋼管矢板基礎	地中連続壁基礎			
			RC杭	PHC杭	鋼管杭	PHC杭		鋼管杭		オールケーシング	リバース	アースドリル	深礎	ニューマチック			オープン		
						最終打撃方法	噴出攪拌方式	最終打撃方法	噴出攪拌方式										
選定条件																			
支持層までの状態	中間層に軟弱地盤がある	△	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○		
	中間層に極強い層がある	○	×	△	△	○	○	○	○	○	○	△	○	△	△	○	○		
	中間層に礫がある	礫径 5 cm 以下	○	△	△	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
		礫径 5 cm～10 cm	○	×	△	△	△	△	△	△	△	△	○	△	○	○	△	○	
		礫径 10 cm～50 cm	○	×	×	×	×	×	×	×	×	×	△	×	×	○	△	×	
	液状化する地盤がある	△	△	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
	支持層の深度	5 m 未満	○	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	
		5～15 m	△	○	○	○	○	○	○	○	○	○	△	○	○	○	△	△	
		15～25 m	×	△	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
		25～40 m	×	×	○	○	○	○	○	○	○	○	△	△	○	○	○	○	
		40～60 m	×	×	△	○	△	△	△	○	○	△	○	×	×	△	○	○	
		60 m 以上	×	×	×	△	×	×	×	×	×	×	△	×	×	×	△	△	
		支持層の土質	粘性土 (20≦N)	○	○	○	○	○	×	△	○	×	△	○	○	○	○	○	○
			砂・砂礫 (30≦N)	○	○	○	○	○	○	×	○	×	○	○	○	○	○	○	○
	傾斜が大きい (30° 以上)	○	×	△	○	△	△	△	○	○	○	△	△	○	○	△	△	△	
支持層面の凹凸が激しい	○	△	△	○	△	△	△	○	△	△	○	○	○	○	△	△	○		
地下水の状態	地下水位が地表面近い	△	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	△	△	○	○	○		
	湧水量が極めて多い	△	○	○	○	○	○	○	○	○	○	△	×	○	○	○	△		
	地表より 2 m 以上の被圧地下水	×	○	○	○	×	×	×	×	×	×	×	×	×	△	△	○		
	地下水流速 3 m/分以上	×	○	○	○	○	×	×	○	×	×	×	×	×	○	△	○		
荷重規模	鉛直荷重が小さい(支間 20 m 以下)	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	×	△	×		
	鉛直荷重が普通(支間 20 m～50 m)	○	△	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○		
	鉛直荷重が大きい(支間 50 m)	○	×	△	○	△	△	△	○	○	○	○	△	○	○	○	○		
	鉛直荷重に比べ水平荷重が小さい	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	△	△	△		
	鉛直荷重に比べ水平荷重が大きい	○	×	△	○	△	△	△	○	○	○	○	○	○	○	○	○		
支持形式	支持杭	△	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	△	△	△		
	摩擦杭	△	○	○	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△		
施工条件	水上施工	水深 5 m 未満	○	○	○	○	△	△	△	△	△	△	×	○	△	×	△	△	
		水深 5 m 以上	×	△	△	○	△	△	△	△	△	△	×	△	×	×	△	△	
	作業空間が狭い	○	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	○	△	△		
	斜杭の施工	△	△	○	○	×	×	×	△	△	△	△	×	×	×	△	△		
	有毒ガスの影響	△	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	×	×	○	○		
周辺環境	振動騒音対策	○	×	×	×	△	○	○	△	○	○	△	○	○	○	○	△		
	隣接構造物に対する影響	○	×	×	△	△	○	○	△	○	○	○	○	△	△	△	○		

下部工形状及び構造高を図 3-2-26 に示す。また、下部工の構造高算出表を表 3-2-16 に示す。

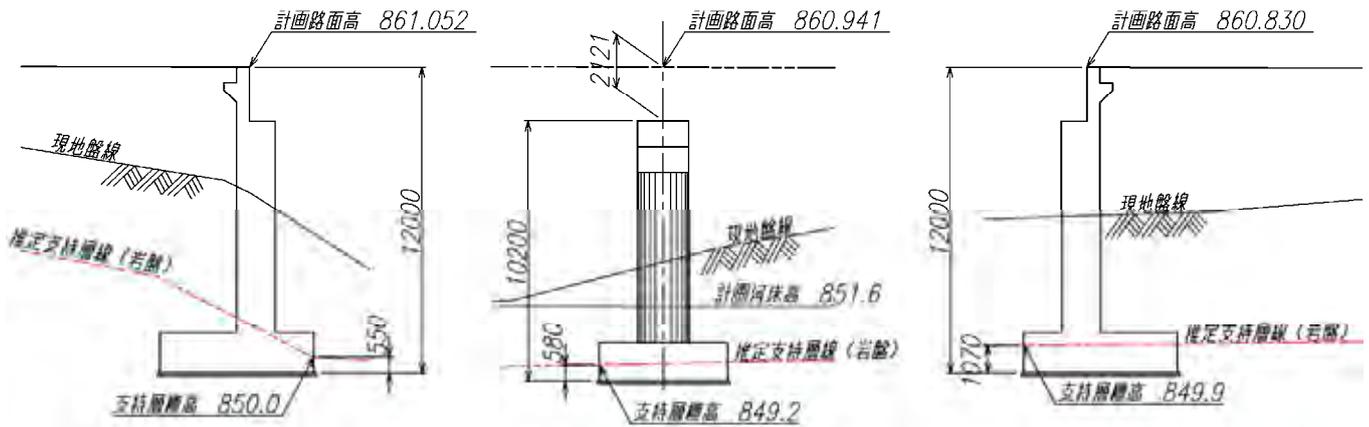


図 3-2-26 下部工形状及び構造高

表 3-2-16 下部工構造高の算出

	A1橋台	P1橋脚	A2橋台
計画路面高	861.052	860.941	860.830
支持層地盤高	849.600	849.200	849.900
支持地盤への根入れ(目安)	0.500	0.500	0.500
下部工下端標高(目安)	849.100	848.700	849.400
上部工構造高	---	2.121	---
最低限 下部構造高さ	11.952	10.120	11.430
決定下部構造高さ	12.000	10.200	12.000
下部工下端高さ	849.052	848.620	848.830
支持地盤への根入れ	0.548	0.580	1.070

(6) 横断勾配の検討

「マ」国の設計基準では車道部の標準横断勾配は2.5%である。また、国道5号線橋梁（ルワジ橋及びナンコクエ橋）及びバキリムルジ橋でも横断勾配は2.5%となっている。従って、南ルクル橋では、車道部の横断勾配は2.5%とする。

一方、歩道部の横断勾配は、ルワジ橋、ナンコクエ橋及びバキリムルジ橋では3%となっているが、この値はかなりきつい勾配である。本来歩道部の横断勾配は歩行性を考慮すると0%が望ましいが、排水勾配を考慮する必要がある。排水勾配は最低0.3%であるため、歩道部の横断勾配は1%であれば十分である。

南ルクル橋の横断勾配を図 3-2-27 に示す。

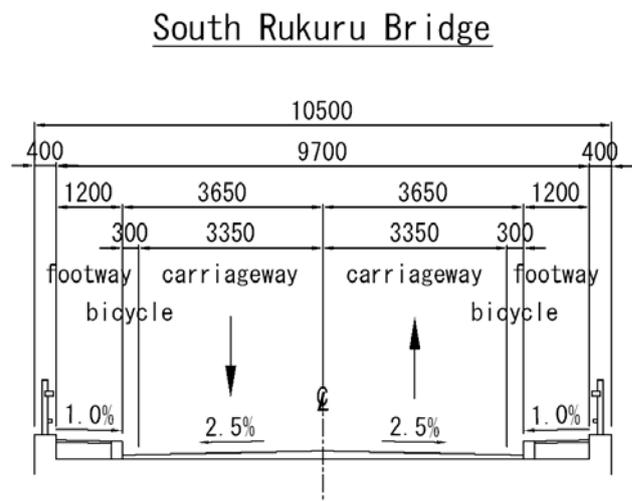


図 3-2-27 南ルクル橋の横断勾配

(7) 護岸工・護床工の検討

現況の南ルクル川及びルラ川の河道状況は自然河川であり、河道は自然のままで堤防はなく、現橋の橋台、橋脚の周辺や河岸の上下流には護岸工や護床工などは設けられていない。自然河川であるため、現橋の上下流には上流や支川から搬送された土石などの堆積物が左岸に大量に堆積しており、洪水の流下能力不足やスムーズな流下が妨げられている。架橋後において安全でスムーズな洪水の流下を安定して得られるようにするため、架橋される南ルクル川と支川ルラ川の合流を考慮し、架橋地点上下流の護岸・護床工の検討を行う。

1) 現橋河川の状況

i) 南ルクル川

架橋地点の南ルクル川の右岸側の河岸は急峻な崖の状態であり、河床近くでは露岩が見られ、流心が右岸に寄っているために水深が幾分深い。一方、左岸側は水裏となっていることやルラ川が合流していることから、洪水時に搬送された土石・砂礫が堆積し水深は浅くなっている。河床は粒径の大きい礫と砂とで構成されているが、砂礫層はそれほど厚くなく基盤は岩であることが地質調査で確認されている。

したがって、A1 橋台、P1 橋脚、A2 橋台については、基礎地盤（岩盤）の深さが洗掘深 3.0m より浅いことから特に洗掘に対しては問題とならない。

しかしながら、A1、A2 橋台の背後周辺は現況地盤上に盛土された取付道路が計画されることから、基礎地盤となる範囲の河岸地盤を確保するための対策が必要である。

対策としては、橋台上下流の河岸地盤を築堤することによって、洪水時のスムーズな流下を得るための河道断面を確保することであり、完成後の河道内の土砂排出が大前提となる。

南ルクル川の対象期間は、山地河川であり河川勾配が急であること、洪水時には、上流やルラ川から合流する土砂や玉石を含んだ高速の水流が堤防に作用することから、堤防前面は洗掘対策や堅固な構造であることが要求される。

対策としては、堤防前面に護岸工や護床工を設けて洪水から保護することが考えられる。

ii) ルラ川

ルラ川の流域や河道は自然河川であり、河道内には堤防や護岸などの河川構造物はない。河道状況は、合流前の 200m は山地に囲まれた河道が平地となる区間で、河床には巨石や玉石、砂が堆積しているため、流下断面が減少している。

本区間の河道断面の現況流下能力はルラ川流域の洪水量を流下できないため、河道内の土砂を掘削排除し、流下能力を確保する必要がある。対策としては、河道内の掘削をすることであるが、掘削後の河岸の保護をするために護岸工を設置して対応する。

本区間の左岸側には洪水による巨石や玉石を河道内から掘削し、積み上げたダイクがあり高くなっているが、上流側の端部は現地盤のままで低くなっているため、この区間の堤防として機能していない。南ルクル川が洪水でない場合でも、ルラ川の単独の洪水が発生した場合は、ダイク端部で越水が発生する可能性があり、越水した場合は A2 側の取付道路の盛土で遮られて湛水が発生し盛土に影響を及ぼすことが予想されることから対策が必要である。

対策は、取付道路盛土のサグ部に設置した排水路による方法や堤防構築による河道整備が考えられるので、併用を検討し規模を決定する。

(8) 取付道路の検討

1) 舗装構成の検討

i) 設計期間

当該道路の舗装の設計期間は表 3-2-17 から 15年と設定する。

表 3-2-17 舗装設計期間

Design data reliability	Importance/level of service	
	Low	High
Low	10 - 15 years	15 years
High	10 - 20 years	15 - 20 years

* Code of Practice for the Design of Road Pavements(SATCC) Table2.1

設計データ信頼度 : Low ⇒将来交通量の不確定から
 重要度、サービス水準 : High⇒国際幹線道路であることから

ii) 設計交通量

a) AADT (年平均日交通量) の算出

本調査における、交通量調査日 (7日間) の平均交通量と設定すると下記の通りとなる。

$$(195+222+254+218+236+277+225) \div 7 = 232 \text{ (台/12h・両方向)}$$

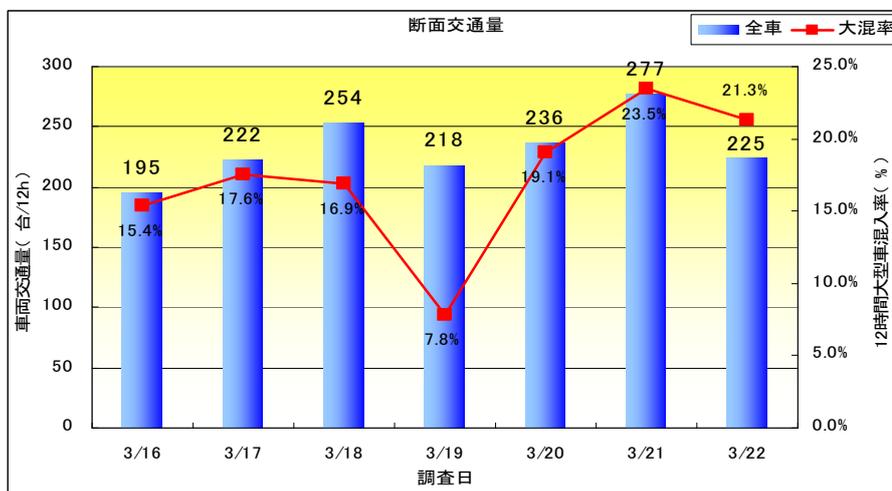


図 3-2-29 調査期間における交通量 (自動車類 12h 交通量)

日交通量に換算するため、表 3-2-18 に示す平日の昼夜率 1.46を採用する。

表 3-2-18 昼間・夜間自動車類 12h 交通量の調査結果

3月19日(木)	自動車類交通量(台/12h)
昼間12h交通量(6:00~18:00)	218
夜間12h交通量(18:00~6:00)	101

$$\text{昼夜率} = 24 \text{ 時間交通量} / \text{昼間 12h 交通量} = (218 + 101) / 218 = 1.46$$

$$\text{AADT} = 232 \times 1.46 = 338.7 \text{ (台/日・両方向)}$$

b) 車種別の AADT の算出

調査期間全体（7 日間 12 時間交通量の合計）における、車種別の混入率から表 3-2-19 の通り設定する。

表 3-2-19 車種別混入率

車種分類	全車交通量 (台/12h・7日間)	車種別交通量 (台/12h・7日間)	混入率 (%)
乗用車	1,627	471	28.9
バス・マイクロバス		382	23.5
軽トラック		487	29.9
重トラック		287	17.6

以上から、車種別交通量（AADT）を算出すると、

$$\text{乗用車} : 338.7 \times 28.9\% = 97.9 \text{ (台/日・両方向)}$$

$$\text{バス類} : 338.7 \times 23.5\% = 79.6 \text{ (台/日・両方向)}$$

$$\text{軽トラック} : 338.7 \times 29.9\% = 101.3 \text{ (台/日・両方向)}$$

$$\text{重トラック} : 338.7 \times 17.6\% = 59.6 \text{ (台/日・両方向)}$$

c) 一方向交通量の算出

舗装設計交通は一方向交通量を用いる。

一方向交通量に換算するため、調査期間全体の重方向率の平均値として表 3-2-20 の通り 52.3% を採用する。

表 3-2-20 調査期間における重方向率

調査日	断面交通量 (台/12h)	一方向交通量 (台/12h)	重方向率 (%)
3/16 月	195	102	52.3
3/17 火	222	118	53.2
3/18 水	254	131	51.6
3/19 木	218	118	54.1
3/20 金	236	121	51.3
3/21 土	277	145	52.4
3/22 日	225	115	51.1
平均値			52.3

以上から、車種別一方向交通量を算出すると

- 乗 用 車： 97.9 × 52.3% = 51.2 (台/日・一方向)
- バ ス 類： 79.6 × 52.3% = 41.6 (台/日・一方向)
- 軽トラック： 101.3 × 52.3% = 53.0 (台/日・一方向)
- 重トラック： 59.6 × 52.3% = 31.2 (台/日・一方向)

iii) 設計期間中における車種別総交通量

SATCCによれば、交通量の年伸び率は一般的に2~15%が採用されている。

* Code of Practice for the Design of Road Pavements(SATCC) p2-2

本路線については、南ルクル橋が改築されることによる国際物流幹線道路としての信頼性向上およびウラン鉱山への物資運搬などによる需要の増加および地方郊外部であることを考慮し、年8% (一般値の中間値)の伸び率を採用することとする。

$$DT = T \times 365 \times \{(1+r/100)^p - 1\} / (r/100)$$

T：設計交通量（1：乗用車、2：バス類、3：軽トラック、4：重トラック）

r：伸び率（8.0%）

p：設計期間（15年） * Code of Practice for the Design of Road Pavements(SATCC) p2-2

以上から、設計期間中における車種別の総交通量を算出すると

- $DT_1 = 51.2 \times 365 \times \{(1+8/100)^{15} - 1\} / (8/100) = 507,418.6$ (台/15年)
- $DT_2 = 41.6 \times 365 \times \{(1+8/100)^{15} - 1\} / (8/100) = 412,277.6$ (台/15年)
- $DT_3 = 53.0 \times 365 \times \{(1+8/100)^{15} - 1\} / (8/100) = 525,257.6$ (台/15年)
- $DT_4 = 31.2 \times 365 \times \{(1+8/100)^{15} - 1\} / (8/100) = 309,208.2$ (台/15年)

<参考> 上記伸び率において、15年後に南ルクル橋を通過する交通量は約990 (台/日) となる。

iv) 舗装破壊係数

舗装破壊係数は、表 3-2-21 より上層路盤/下層路盤の材料をいずれも砕石として n=4 と設定する。

表 3-2-21 舗装破壊係数

Pavement base/subbase	Recommended n
Granular/granular	4
Granular/cemented	3
Cemented/cemented	4.5
Bituminous/granular	4
Bituminous/cemented	4

* Code of Practice for the Design of Road Pavements(SATCC) p2-2

v) 等価軸重係数

等価軸重係数を車種（軸重）毎に表 3-2-22 より算出する。

表 3-2-22 等価軸重係数表

Axle loads measured in kg				Axle loads measured in kN			
Axle load range (kg)	n = 3	n = 4	n = 4.5	Axle load range (kN)	n = 3	n = 4	n = 4.5
Less than 1500	-	-	-	Less than 15	-	-	-
1500 - 2499	.02	-	-	15 - 24	.02	-	-
2500 - 3499	.05	.02	.01	25 - 34	.05	.02	.01
3500 - 4499	.12	.06	.05	35 - 44	.13	.06	.05
4500 - 5499	.24	.15	.12	45 - 54	.24	.15	.12
5500 - 6499	.41	.30	.26	55 - 64	.42	.32	.28
6500 - 7499	.64	.56	.52	65 - 74	.66	.58	.55
7500 - 8499	.95	.95	.94	75 - 84	.99	.99	1.00
8500 - 9499	1.35	1.51	1.59	85 - 94	1.41	1.59	1.69
9500 - 10499	1.85	2.29	2.55	95 - 104	1.94	2.42	2.71
10500 - 11499	2.46	3.34	3.90	105 - 114	2.58	3.55	4.16
11500 - 12499	3.20	4.72	5.75	115 - 124	3.35	5.02	6.15
12500 - 13499	4.06	6.50	8.22	125 - 134	4.26	6.92	8.82
13500 - 14499	5.07	8.73	11.46	135 - 144	5.32	9.3	12.31
14500 - 15499	6.23	11.49	15.61	145 - 154	6.54	12.26	16.79
15500 - 16499	7.56	14.87	20.85	155 - 164	7.94	15.88	22.45
16500 - 17499	9.06	18.93	27.37	165 - 174	9.53	20.24	29.50
17500 - 18499	10.76	23.78	35.37	175 - 184	11.32	25.44	38.15
18500 - 19499	12.65	29.51	45.09	185 - 194	13.31	31.59	48.67
19500 - 20499	14.75	36.22	56.77	195 - 204	15.53	38.79	61.32

* Code of Practice for the Design of Road Pavements(SATCC) Table2.3

表 3-2-23 車種別等価軸重係数

車種分類	軸重	等価軸重係数
乗用車	8 kN	—
バス・マイクロバス	50 kN	0.15
軽トラック	50 kN	0.15
重トラック	100 kN	2.42

重トラックについては、車両制限例の最大軸重から、バス、軽トラックについては重トラックの50%軸重を想定する。

vi) サービス水準

道路種別によるサービス水準は表 3-2-24 より 90%とする。

表 3-2-24 道路形態毎のサービス水準

Road type	Design traffic loading	Comment
Single carriageway		
Paved road width 4.5 m or less	Up to twice the sum of the ESAs in each direction*	At least the <u>total</u> traffic must be designed for as there will be significant overlap in each direction. For widths of 3.5m or less, <u>double</u> the total should be used due to channelisation
Paved road width 4.5 m to 6.0 m	80% of the sum of the ESAs in each direction	To allow for considerable overlap in the central section of the road
Paved road width more than 6.0 m	Total ESAs in the most heavily trafficked direction	No overlap effectively, vehicles remaining in lanes
Dual carriageway		
Less than 2,000 commercial vehicles per day in one direction	90% of the total ESAs in the direction	The majority of heavy vehicles will travel in one lane effectively
More than 2,000 commercial vehicles per day in one direction	80% of the total ESAs in the direction	The majority of heavy vehicles will still travel in one lane effectively, but greater congestion leads to more lane switching
* Judicious to use double the total ESAs expected, as normally these are low trafficked roads and this may give little difference in pavement structure.		

* Code of Practice for the Design of Road Pavements(SATCC) Table2.4

vii) 設計 ESAs の算定

以上の検討から、舗装構成を決定するための設計軸荷重を算定すると表 3-2-25 の通りとなる。

表 3-2-25 車種別等価軸重係数

車種分類	DT	等価軸重係数	サービス水準	ESAs
乗用車	507,418.6	—	0.9	0.0
バス・マイクロバス	412,277.6	0.15	0.9	55,657.5
軽トラック	525,257.6	0.15	0.9	70,909.8
重トラック	309,208.2	2.42	0.9	673,455.5
合計				800,022.8

viii) 交通区分の決定

上記の ESAs (0.8million) および表 3-2-26 より交通区分は、T3となる。

表 3-2-26 交通区分

Traffic class designation								
Traffic ranges (million ESAs)	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
	< 0.3	0.3 - 0.7	0.7 - 1.5	1.5 - 3	3 - 6	6 - 10	10 - 17	17 - 30

* Code of Practice for the Design of Road Pavements(SATCC) Table2.5

ix) 路床の設計

路床の設計 CBR については、切土部においては路床部には岩が露出することが想定されること、盛土部についても掘削土のうち良質な軟岩材料を使用できることから、CBR12%を想定する。このとき、路床区分は表 3-2-27 から、S4となる。

表 3-2-27 路床区分

Subgrade class designation						
Subgrade CBR ranges (%)	S1	S2	S3	S4	S5	S6
	2	3 - 4	5 - 7	8 - 14	15 - 29	30+

Code of Practice for the Design of Road Pavements(SATCC) Table3.1

x) 舗装構成の決定

南ルクル橋付近は、雨期には比較的降雨も多いことから、地域区分としては降雨地域 (Wet Regions) を適用し、路盤材料、下層路盤材料については前述の通りいずれも砕石を想定し、地域。路盤区分は W1とする。

標準の舗装構成については、次頁に示すチャートより、

図 3-2-30 の通りとする。

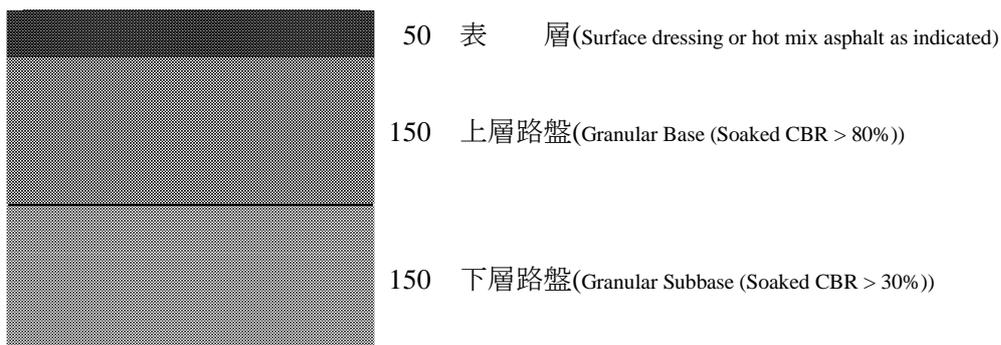


図 3-2-30 南ルクル橋 標準舗装構成

表 3-2-28 標準舗装構成

CHART W1 : Granular base / granular subbase Wet Regions

Subgrade Class	Traffic Class and Traffic Limits (million ESAs)							
	T1 0.3	T2 0.7	T3 1.5	T4 3	T5 6	T6 10	T7 17	T8 30
S1 2%								
S2 3-4%								
S3 5-7%								
S4 8-14%								
S5 15-29%								
S6 >30%								

gran1w.drw

KEY :- Surface dressing or hot mix asphalt as indicated
 Granular Base (Soaked CBR > 80%)
 Granular Subbase (Soaked CBR > 30%)
 Selected layer (Soaked CBR > 15%)

} See Appendix A and the Specifications for details

* Code of Practice for the Design of Road Pavements(SATCC) p.C-7

2) 舗装工種の考え方

現地調査期間中に実施した「マ」国との協議および以下の点から舗装の工種はアスファルトコンクリート舗装とする。

- ・ プロジェクト範囲前後の現道はアスファルトコンクリート舗装となっている（連続性）。
- ・ アスファルトコンクリート舗装はセメントコンクリート舗装と比較して初期建設費用が少ない（経済性）。
- ・ アスファルトコンクリート舗装はセメントコンクリート舗装と比較して工事および補修、改修が容易である（維持管理）。

3) 路床の状況と設計への反映

盛土部の路床は 100cm とする。路床部の CBR は 12%以上とする。切土部の路床は現道舗装部および地山部において置き換えは行わないものとする。（現地の状況から地山掘削部においても軟岩相当の路床面が出現すると考えられる） CBR は盛土部と同じく 12%以上とする。

なお、道路延長における各区間（概略）の現況および設計・施工方針は以下の通り。

表 3-2-29 路床の現況および設計・施工方針

測点	切土/盛土（路床厚）	備考
0+0～3+0	現道改良部（0cm）	既設舗装版の破碎・撤去を行うが、置き換えは行わない。
3+0～5+0	1m 以上の盛土（100cm）	現道からの縦断かさ上げ区間
5+0～9+0	片切片盛（0cm/100cm）	盛土部については 100cm の路床構築、切土部については、置き換えを行わない。
9+0～11+0	切土（0cm）	
11+0～13+0	片切片盛（0cm/100cm）	盛土部については 100cm の路床構築、切土部については、置き換えを行わない。
13+0～16+1 (A1)	1m 以上の盛土（100cm）	
南ルクル橋		
19+15～29+0 (A2)	1m 以上の盛土（100cm）	
29+0～35+0	現道改良部（0cm）	既設舗装版の破碎・撤去を行うが、置き換えは行わない。

4) 路肩および駐車帯の舗装構成

将来的には国際幹線道路としての需要が期待され、沿道における商業活動も見られることから、大型車を含んだ車両が路肩および駐車帯に停車する可能性を考慮し、路肩、駐車帯の舗装構成は本線と同様とすることとした。

5) 法面工の検討

i) 法面勾配

盛土の法面勾配は 1:2.0、切土の法面勾配はレキ質土 1:1.0、軟岩 1:0.8 を設定するが、一様の切土法面に異なる地質が出現する場合には、緩い方の勾配により切土を行う。

⇒法面途中での勾配変更は行わない。

ii) 法面排水工

路面排水が流下する側の盛土法尻および切土の法尻には、側溝（コンクリート 3 面張り：「マ」国標準形状）を設ける。

iii) 法面保護工

盛土法面については、雨水による浸食、法面の安定を積極的に図るため植生による保護工を施すものとして、種散布工を実施する。

切土法面については、軟岩相当が出現することが想定されるが、現地の切土法面の状況を調査した結果、自然状態の植生が広がっていることから、特別な保護工は設定しない。



写真 3-2-1 現況切土法面の状況

しかし、実際の切土法面の状況により風化の進行が早く、風化対策が必要と想定される場合には、ラス網+植生基材吹付等の法面工を検討する事とする。

iv) 盛土法尻浸水対策

ルラ川の氾濫に対して盛土法尻を保護する目的で、南ルクル橋 A 2 から No.26+10 のルラ川側（本線左側）の法尻をブロック張り工により保護する事とする。

ブロック張り工の天端高さについては、河川水理計算から求められた HWL に余裕高を考慮した 858.70m として設定する。