

## 第6章 自然条件調査と分析

### 6.1 水文

#### (1) 既存データ・計画のレビュー

##### 1) 降雨記録

調査対象地域の降雨パターンを把握し、かつ確率水文解析を更新する目的で、調査対象流域の主要な降雨観測所から日雨量・時間雨量データの収集を行った。対象流域の平均最大日雨量は、ティーセン法または等雨量曲線による加重計算法によって算出した。これより、流域最大日雨量と各観測所の日雨量との相関係数を算出した。

確率降雨強度曲線を作成する目的で、時間・分毎の累加雨量データは、Salorijang雨量観測所（マロス川流域：マロス地区）とTakalar雨量観測所（パツパ川流域：タカラール地区）の両観測所から収集した。

##### 2) 洪水氾濫記録

###### マロス川

マロス川は、下流域のマロス市内において蛇行しながら流下している。4-5 kmの堤防が建設されたにもかかわらず、下流域の蛇行河川の影響で特にマロス市周辺では、いまだに深刻な洪水氾濫に悩まされている。近年の主要な洪水氾濫による被害は下記に示すとおりである。

- i) 1986年、洪水によってマロス市周辺の堤防が決壊し、低湿地帯を中心にマロス川沿いに13,000 haの土地が浸水した。
- ii) 1999年、洪水氾濫による浸水で12,700 haの土地が浸水し最大浸水深 0.8 mを記録、浸水期間は2日間に及んだ。
- iii) 2000年、洪水流が河道に建設された違法構造物によって塞き止められ洪水が氾濫し、約500 haの土地が浸水した。

###### タロ川

タロ川下流域に位置する工業団地は、恒常的な洪水氾濫に見舞われるにも関わらず、建設予定の幹線道路沿いに拡張される計画であり、工業団地の拡張による洪水被害の悪化が懸念されている。近年この地域で発生した洪水氾濫では、2000年2月、2,535 haの土地が浸水し最大浸水深1.5 mを記録した。

###### ジェネベラン川

ビリビリ・ダム completionとその下流の河川改修によって、その後ジェネベラン川では深刻な洪水被害は発生していない。

###### ガマンティー・パツパ川

2000年、パッパ川は洪水氾濫を起こし住宅地 3,000 ha、養魚場 700 haが浸水し被害を受けた。ガマンティエー川では、1999年に洪水氾濫によって1,415 haの土地が浸水する被害が発生した。

### 3) 洪水防御の設計基準

本調査では、洪水防御の設計基準として公共事業省発行の治水マニュアル”Flood Control Manual”(1993年)を参照した。表6.1および表6.2は、対象地域の面積と裨益人口に対して、設計確率年と対象河川の計画洪水流量毎の堤防の余裕高などの洪水防御計画の基準となる数値を示す。

表 6.1 河川毎の設計確率年の基準

River	Protection Area (ha)	Target City to be protected	Population to be protected	Design Scale	Design Discharge (m <sup>3</sup> /sec)
Maros	13,000	Maros	22,000	25-year	1,240
Tallo	4,600	Makassar	430,000	50-year	1,010
Bringkassi	1,500	Takalar	6,300	10-year	130
Pappa					520

Source: Comprehensive Water Management Plan Study for Maros Jeneberang River Basin, Nov. 2001 prepared by P.U.

表 6.2 堤防余裕高の設計基準

Design Discharge (m <sup>3</sup> /sec)	Freeboard (m)
Q < 200	0.5
200 < Q < 500	0.8
500 < Q < 2,000	1.0
2,000 < Q < 5,000	1.2
5,000 < Q < 10,000	1.5
10,000 < Q	2.0

Source: Flood Control Manual” (1993年)

### 4) 治水計画

調査対象域のマカッサル市と周辺地域は、長期間の洪水氾濫に伴う浸水と洪水流によって被害を受けている。洪水被害の主な原因は、下記に分類される。

- 河道容量の不足
- 都市の排出容量の不足
- 上流域の植生不足による流出量の増加

調査対象域では、2001年JICA調査団によって下記の洪水防御計画が立案された。

- マロス川河川改修計画(マロス市)
- タロ川河川改修計画(マカッサル市)
- ガマンティエ/パッパ川河川改修計画(タカラール市)

上記の対象河川毎に、河川改修計画に含まれるべき洪水対策を表6.3にまとめた。

表 6.3 対象河川毎の主な洪水対策（河川改修）

River	Structural Measures			Non-structural Measures		
	Dike	Shortcut	Retarding Basin	Restriction Area	Flood Information	Flood Risk Map
Maros	○	○	○	○	○	○
Tallo	○	○	○	○	○	○
Gamanti	○	-	-	-	○	○
Pappa	○	-	-	○	○	○

Source: Comprehensive Water Management Plan Study for Maros Jeneberang River Basin, Nov. 2001 prepared by P.U.

ただし、2001年のJBICの調査によると、これらのプロジェクトの経済的な妥当性はさほど高くはないと評価されている。

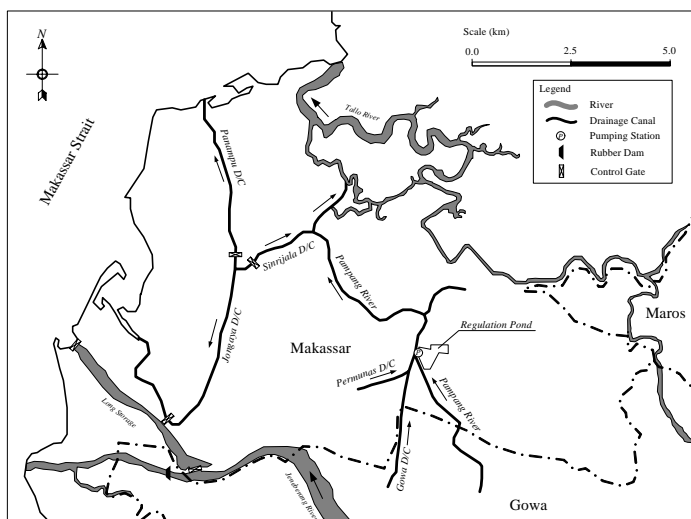
1989年、ジェネベラン川下流に位置するマカッサル市の洪水防御を目的として、4,100万m<sup>3</sup>の治水容量をもつビリビリ多目的ダムが完成した。結果として、マカッサル市は50年確率規模の洪水に対し安全が保たれている。河川改修とビリビリ・ダム完成によるジェネベラン川的设计流量を、表6.4にまとめた。

表 6.4 ジェネベラン川的设计流量（Sungguminasa 橋付近）

Description	Discharge (m <sup>3</sup> /sec)
Basic Flood Discharge (50-year return period)	3,700 m <sup>3</sup> /sec
Discharge regulated by the Bili-Bili Dam	1,200 m <sup>3</sup> /sec
Design Flood Discharge	2,500 m <sup>3</sup> /sec
Design Return Period	50-year return period

Source: Comprehensive Water Management Plan Study for Maros Jeneberang River Basin, Nov. 2001 prepared by P.U.

図6.1は、マカッサル市の既存の都市排水システムを示している。マカッサル市の64.3km<sup>2</sup>の排水地区を対象として、JBICの融資による30.7 kmの幹線排水路の改良工事が実施済である。改良工事は設計規模は設計確率年を20年として実施されたが、局所的な排水問題ははまだ発生している。



Source: Mamminasata Study

図 6.1 マカッサル市の排水システム

## (2) 洪水解析

### 1) 洪水期の降雨

降雨データによると、近年最も激しい降雨を記録した月雨量は1999年1月の雨量であり、マロス市のSalorijang 観測所で1,473 mm/月、マカッサル市のUjung Pandang 観測所で1,469 mm/月を記録した。年間雨量に関しては、1998年10月から翌年1999年9月までの1年

間の累加雨量が、Salorijang 観測所で6,992 mm/年、Ujung Pandang 観測所で4,949 mm/年の最大降雨を記録した。

2) 確率降雨

確率最大日降雨

対象流域の平均日雨量の確率雨量は、今調査の水文資料収集による雨量データ（2000年～2006年）を追加してGumbel-Chow法によって計算された。その計算結果を表 6.5に示す。

表 6.5 確率日雨量（流域平均）

(Unit:mm)

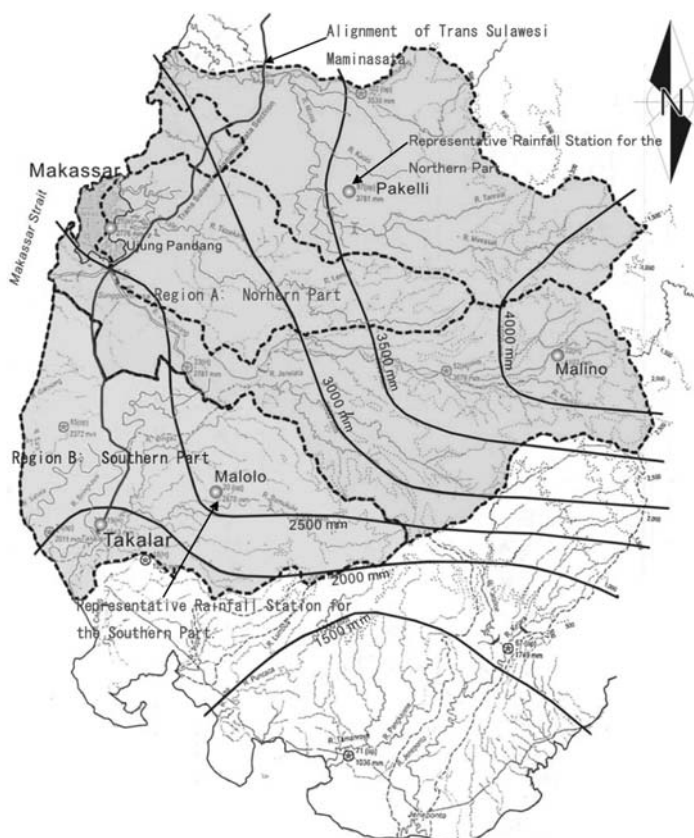
River Basin	Maros			Tallo			Jeneberang			Pappa		
Return Period (Year)	Existing Study *1	Revised Values*2	Change Rate(%)	Existing Study *1	Revised Values*2	Change Rate(%)	Existing Study *1	Revised Values*2	Change Rate(%)	Existing Study *1	Revised Values*2	Change Rate(%)
2	146	173	19%	120	146	22%	107	128	20%	116	124	7%
5	186	197	6%	160	174	9%	145	150	3%	154	144	-7%
10	212	217	2%	185	198	7%	171	169	-1%	179	161	-10%
20	237	239	1%	210	226	8%	196	190	-3%	202	181	-11%
50	269	272	1%	243	269	11%	228	222	-3%	234	210	-10%
100	293	300	2%	266	306	15%	251	250	0%	258	236	-9%
200	317	330	4%	290	349	20%	275	282	2%	280	264	-6%

\*1: Comprehensive Water Management Plan Study for Maros Jeneberang River Basin, Nov. 2001

\*2: Probable Rainfall Analyses were made with including additional rainfall data from 2000 to 2006.

確率降雨強度

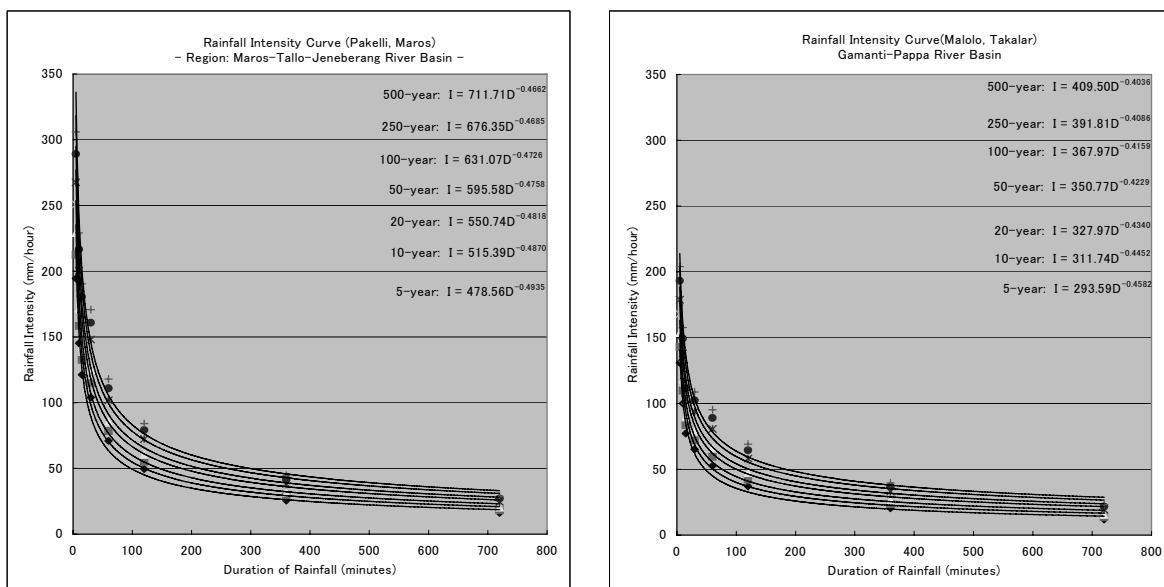
調査対象地域の北部地域と南部地域の降雨強度パターンを示すために、北部地域はPakelli 観測所(マロス川流域、マロス市)、南部地域はMalolo観測所 (パッパ川流域、タカラール市)の降雨記録が採用された。図6.2の等雨量曲線の分布から、調査対象域の降雨強度は、北部地域 (Region A: Northern Part、黄色部分) と南部地域 (Region B: Southern Part、青色部分) の大きく2つのパターンに分けることができる。



Source: Isohyetal Map, Comprehensive Water Management Plan Study for Maros Jeneberang River Basin, Nov. 2001

図 6.2 降雨強度パターンの区分け

Pakelli観測所とMalolo観測所の確率降雨強度の計算結果から、北部地域と南部地域の地域を代表する降雨強度パターンとして、図6.3に示す確率降雨強度式（曲線）を設定した。



Source: JICA Study Team

図 6.3 調査対象域の地域別の確率降雨強度式・曲線（調査対象地域の北部/南部地域）

確率年雨量

近年の洪水規模を評価するために、Salojirang雨量観測所(マロス市)とUjungpandang雨量観測所(マカッサル市)の10月から翌年9月までの年間雨量の確率計算を行った、年間雨量(10月～翌年9月の1年間、一洪水期間を含む)の確率計算の結果を図6.4に示す。

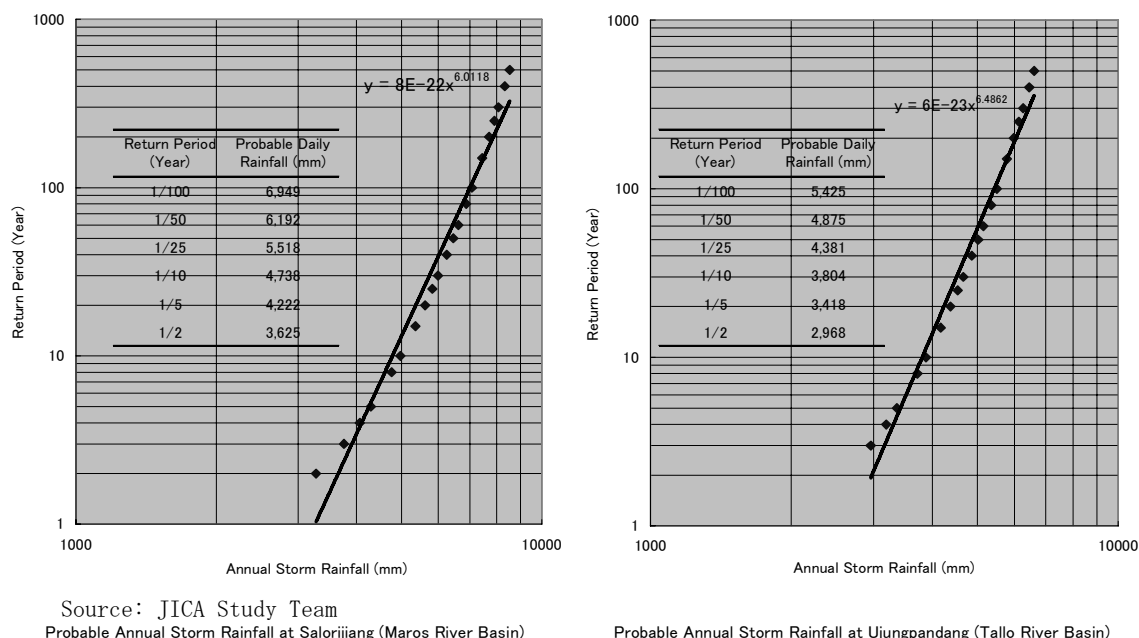


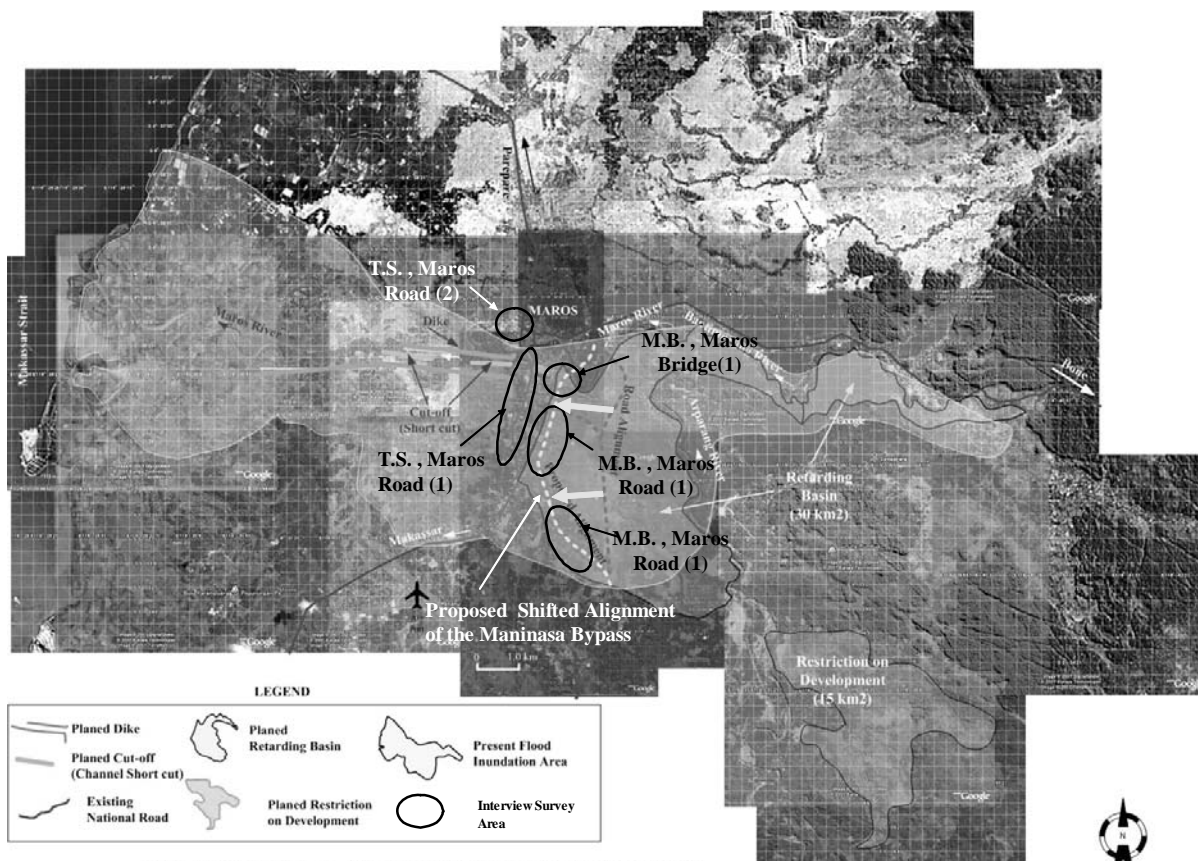
図 6.4 確率年間洪水雨量 (マロス川/タロ川流域)

3) 洪水氾濫水深と計画路線

マロス川流域

トランススラウェシマミナサ道路とマミナサバイパス道路の2つの路線は、マロス市近傍の遊水地計画地区を通過する計画である。計画では、マミナサ・バイパスは既存Alliritengae橋から約1km上流地点でマロス川を横断することから、新規橋梁の基本設計を実施した。尚、既存の治水計画では、橋梁地点には堤防などの河川構造物の建設は予定されていない。

計画路線沿いと計画橋梁の設計洪水位を設定するために、計画地点周辺において洪水氾濫水深の聞き取り調査を実施した。図 6.5にマロス市周辺の氾濫域、治水計画の施設・構造物、聞き取り調査の実施地区を示した。



Source: JICA Study Team

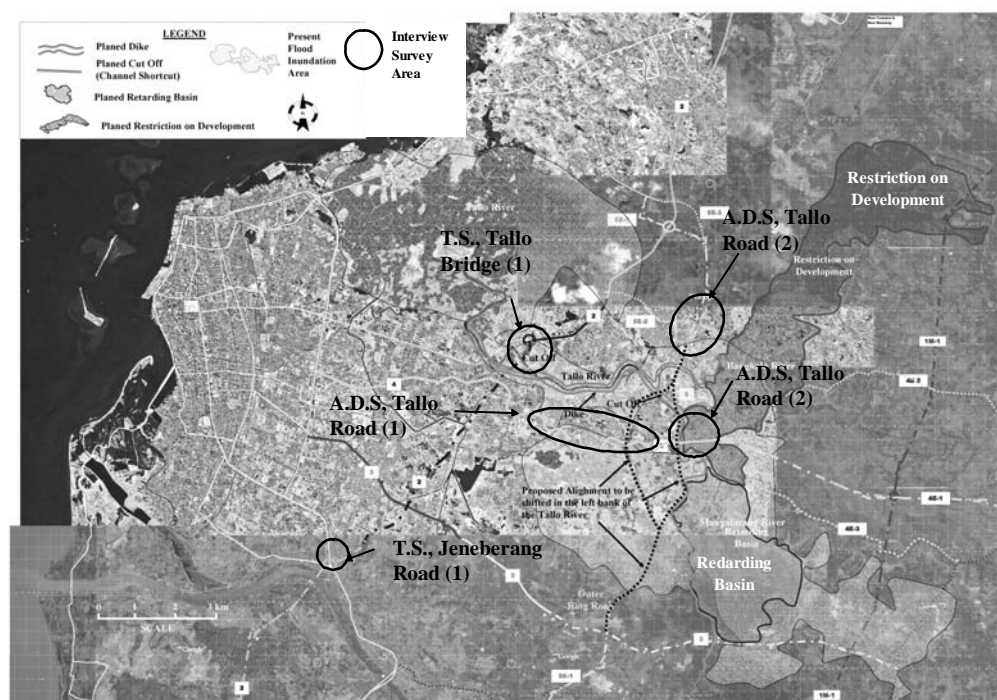
図 6.5 マロス川流域の洪水氾濫域、治水施設、洪水氾濫調査の実施場所（マロス町）

治水計画の遊水地（現在は水田）を通過するマミナサバイパス道路の原計画路線は、遊水地の面積を減少させ洪水防御の遊水機能を低下させる可能性がある。よって、洪水対策の観点から計画路線を既存国道側に出来る限り寄せ、計画遊水地の機能低下を避ける様に路線の変更（西の国道側に寄せる計画）を提案した。

#### タロ川流域

トランススラウェシマミナサタ道路、外環状道路、アブドラダエンシルア道路の3路線は、タロ川の洪水氾濫域を通り抜け既存の河川構造物に影響する路線が設定されている。トランススラウェシマミナサタ、外環状道路、アブドラダエンシルア道路の3路線がタロ川を横断する3地点において新規に橋梁を建設する必要があり、それらの橋梁の基本設計を実施した。既存の治水計画では、いずれの架橋地点において堤防、捷水路などの河川構造物の建設が予定されている。

計画されている外環状道路の計画路線は、水理学上または洪水防御の観点から、計画遊水地区および開発規制区域を通過する路線設定を避け、図 6.6に示す様にタロ川の左岸沿いに路線を変更する様に提案した。



Source: JICA Study Team

図 6.6 タロ川流域の洪水氾濫域、治水施設、洪水氾濫調査の実施場所（マカッサル市）

#### ガマンティ・パッパ川流域

洪水記録によると、ガマンティ・パッパ川流域のタカラール市付近では、トランススラウェシマミナサ道路の計画路線は、深刻な洪水氾濫の影響を受けないと予想される。計画路線は、治水計画の遊水地区および開発規制区域を通過しない様に設計され、またガマンティ川およびパッパ川を横断しないので橋梁の設計は予定されていない。

#### ジェネベラン川流域

ジェネベラン川における堤防の建設、捷水路や河道浚渫など治水対策事業が完成し、マカッサル市およびゴワ県は、現在50年確率規模の洪水から街が守られている。したがって、ジェネベラン川を横断するトランススラウェシマミナサ道路および外環状道路の計画橋梁の設計規模は、既存河川構造物および堤防の設計値（堤防高）を基に決定されるべきである。

#### 4) 水理解析

下記の4箇所の計画架橋地点の設計洪水位の算出には、水理解析ソフトウェア“HEC-RAS”による等流解析が採用された。

- i) マロス川: マミナサバイパス道路の計画路線沿いAlliritengae 橋から1.1km上流地点
- ii) タロ川: トランススラウェシマミナサ道路の計画路線沿いTallo 橋 (JL. Perintis)から1.3 km上流地点



- iii) ジェネベラン川：トランススラウェシマミナサ道路の計画路線沿いSungguminasa 橋から2.8 km下流地点、マミナサバイパス道路の計画路線沿いSungguminasa 橋から9.5 km上流地点

洪水位の等流解析は、現地での地形測量のデータを基に行われた。等流解析の計算結果を表 6.6にまとめた。

表 6.6 架橋地点の水理解析結果

Bridge Site	Riverbed Slope	Design Discharge (m <sup>3</sup> /sec)	Max. Flow Velocity (m/sec)	Design Flood Water Level (EL. m)	Design Crest Level of Dyke *1 (EL. m)	Proposed Bridge Level *2 (EL. m)
a) Maros River	1/4,500	1,260 (25-year)	1.11	5.67	7.66	7.66
b) Tallo River	1/10,000	830 (50-year)	0.72	4.14	2.80	5.14
c) Jeneberang River (upstream)	1/1,120	2,500 (50-year)	3.31	8.86	10.96	10.96
d) Jeneberang River (downstream)	1/1,120	2,500 (50-year)	2.42	3.91	7.55	7.55

注: \*1: Proposed Design Crest Level of Dyke in existing flood control plan, Comprehensive Water Management Plan Study for Maros Jeneberang River Basin, Nov. 2001

\*2: Bottom Level of Bridge Girder

Source: JICA Study Team

### (3) 結論

#### 1) 洪水位

洪水氾濫調査の結果、治水計画のレビューおよび河川構造物の現状等を踏まえ、下記の通り計画洪水位を仮定した。

##### i) マロス川流域

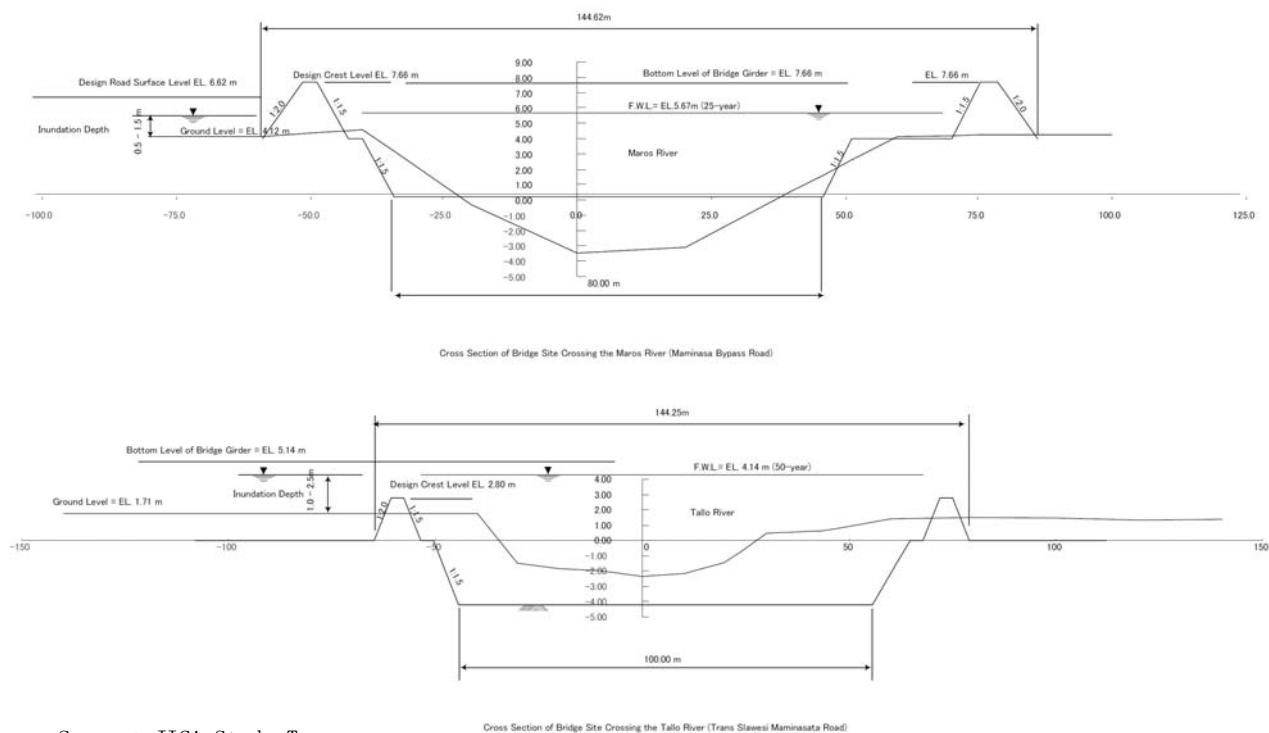
- トランススラウェシ (道路部) : マロス市の道路標高から0.5m – 1.0mの浸水深
- マミナサバイパス道路 (橋梁橋台) : 現左岸標高から1.0 m to 1.5mの浸水深
- マミナサバイパス道路 (修正路線) : 現水田標高から0.5 m to 1.0mの浸水深 (水田地帯)

##### ii) タロ川流域

- トランススラウェシ (橋梁橋台) : 現標高から2.0 m to 3.0 m の浸水深 (左岸)
- 外環状道路(橋梁橋台): 現標高から1.0 m to 1.5 m の浸水深 (左岸)
- アブドラダエンシルア道路(橋梁橋台): 現標高から1.0 m to 1.5 m の浸水深 (左岸)

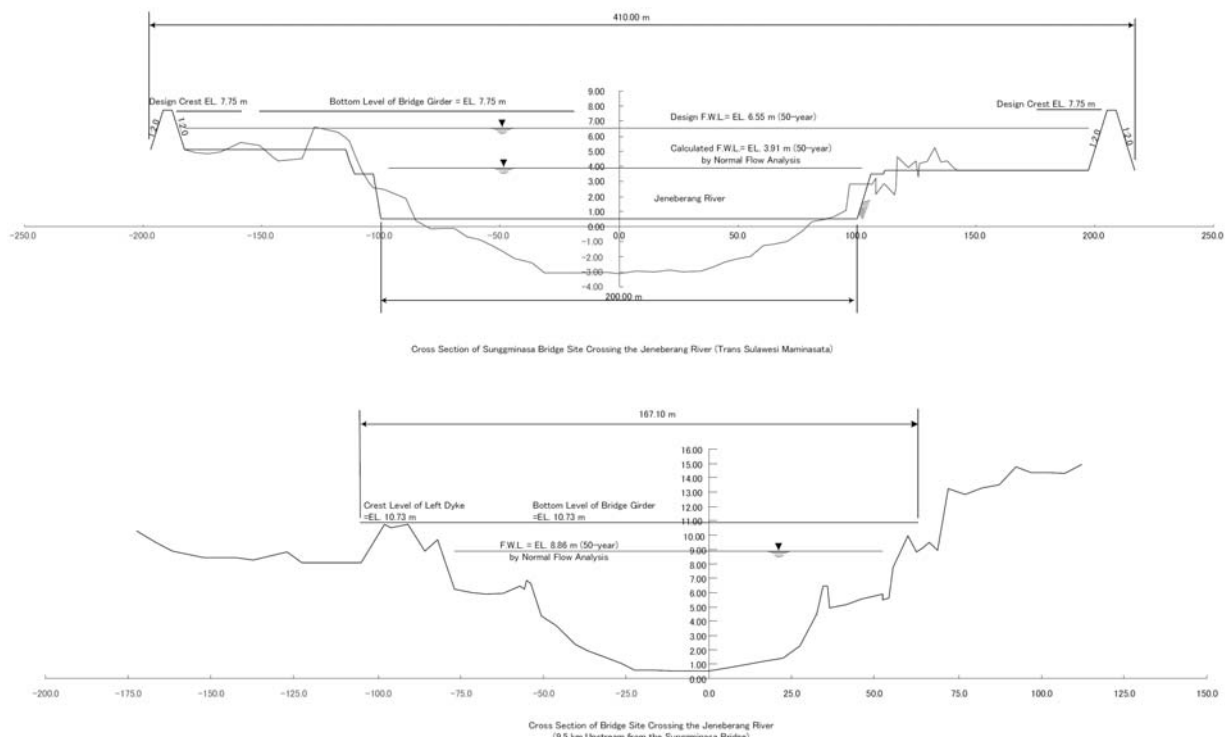
- 外環状道路(道路部): 現標高から0.1 m to 0.7 m の浸水深 (右岸)
  - アブドラダエンシルア道路(道路部): 現標高から0.1 m to 0.5m の浸水深 (左右両岸)
- iii) ジェネベラン川流域
- トランススラウェシ (道路部) : 現道路標高 (Sungguminasa付近) から0.3 m to 0.5 m の浸水深
  - マミナサバイパス道路 (橋梁橋台) : 現標高から2.0 m to 3.0 m の浸水深(右岸)
- iv) ガマンティ・パッパ川流域
- トランススラウェシ (道路部) : 現道路標高 (タカラル市周辺) から0.3 m to 0.5 m の浸水深

主要な橋梁地点の設計洪水位を図6.7と図6.8の河川横断図上に示す。



Source: JICA Study Team

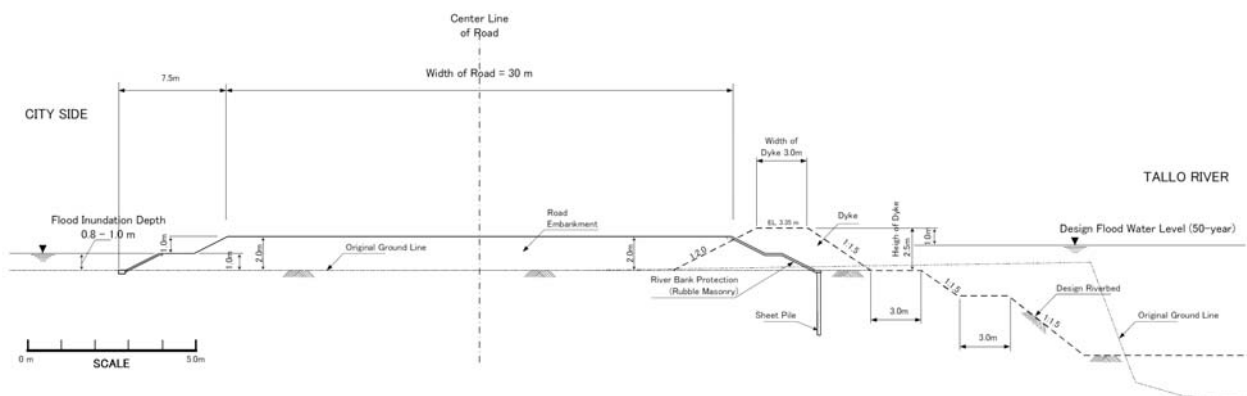
図 6.7 マロス川とタロ川の架橋地点の横断図



Source: JICA Study Team

図 6.8 ジェネベラン川の架橋地点の横断面図

タロ川の河川改修計画で提案されている堤防や護岸は、いまだ工事の実施に至っていない。したがって、外環状道路は、アブドラダエンシルア地区においてタロ川およびその支流のマンガラン川の左岸にすり付ける路線計画で提案されている。また、より効率的な土地利用を念頭に置き、図 6.9に示す様に堤防と道路を一体化した設計案を提案している。



Source: JICA Study Team

図 6.9 外環状道路の堤防・道路の標準断面図

2) 洪水対策

洪水対策の構造物は、下記の対象箇所における最大流速を考慮して設計される必要がある。

- i) 橋台付近と河川河岸
- ii) 橋脚付近
- iii) 道路盛土の斜面（堤防護岸と道路の一体設計）

主要な計画橋梁である 4橋の建設予定地の最大流速を表6.7にまとめた。

表 6.7 主要架橋地点の最大流速

Bridge Site	Max. Flow Velocity (m/sec)	Design Discharge (m <sup>3</sup> /sec)
a) Maros River	1.1	1,260 (25-year)
b) Tallo River	0.7	830 (50-year)
c) Jeneberang River (upstream)	3.3	2,500 (50-year)
d) Jeneberang River (downstream)	2.4	2,500 (50-year)

Source: JICA Study Team

橋梁計画地点では、洗掘や浸食に対する洪水対策として下記の設計を考慮すべきである。

① マロス川(最大流速 = 1.1 m/sec)

- i) 橋台および周辺河岸: - 根入れ工およびコンクリート杭工と一体型のコンクリート/練り石積工護岸
- ii) 橋脚: - 鉄製杭の設置
- iii) 斜面および盛土法面: - 練り石積工の斜面・法面保護  
 - 洪水氾濫域における盛土工事では排水目的のコンクリート管を敷設すること。

② タロ川 (最大流速= 0.7 m/sec)

- i) 橋台および周辺河岸: - 根入れ工およびコンクリート杭工と一体型のコンクリート/練り石積工護岸
- ii) 橋脚: - 鉄製杭の設置
- iii) 斜面および盛土法面: - 練り石積工の斜面・法面保護  
 - 洪水氾濫域における盛土工事では排水目的のコンクリート管を敷設すること。

③ ジェネベラン川 (上流域) (最大流速= 3.3 m/sec)

- i) 橋台および周辺河岸: - 不要 (設置箇所が内陸部に位置)
- ii) 橋脚: - 鉄製杭と蛇籠の設置
- iii) 斜面および盛土法面: - 不必要 (設置箇所が内陸部に位置)

④ ジェネベラン川(下流域) (最大流速= 2.4 m/sec)

- i) 橋台および周辺河岸: - 不要 (設置箇所が内陸部に位置)
- ii) 橋脚: - 鉄製杭と蛇籠の設置
- iii) 斜面および盛土法面: - 不要 (設置箇所が内陸部に位置)

## 6.2 地質調査および建設材料調査

F/S対象路線の道路および橋梁設計のため、地質状況の分析を目的とし、地質調査が実施された。地質調査には以下が含まれる。

- 橋梁計画地点における地質調査
- 道路計画路線上の地質調査
- 道路建設資材調査

地質調査の目的は、橋梁設計に必要となる地質データ、F/S道路の舗装設計に必要となる路床強度データ、軟弱地盤対策工計画に必要となる地質データおよび有望土砂・骨材採取先のそれぞれの材料に関する特性データおよび埋蔵量データの入手である。

### (1) 橋梁設計のための地質調査

橋梁設計のための地質調査は、橋長40m以上の7橋、橋長20m-40mの13橋および橋長20m以下の17橋を含む、全37橋を対象として実施した。

ボーリング調査は、橋長20mから40mの橋梁の橋台位置において実施した。また、橋長40m以上の橋梁については、渡河河川の中央位置においてもボーリング調査を実施した。ボーリング調査は、調査実施地点における土砂および岩の種類、層厚および物理・強度特性値の把握のために実施した。コア試料は、1mおきに採取した。標準貫入試験(SPT)は、ASTM D1586の仕様に準拠し、1.5mおきに基岩層あるいはN値50の層まで実施した。橋長の長い橋梁については、精度の高い地質データが不可欠であるため、3箇所でのボーリング調査を実施した。各橋梁地点で実施したボーリング調査結果および地質横断図はAppendix Bに付した。

コーン貫入試験(CPT)は、橋長20m以下の橋梁位置の地盤について、支持層の土質分類、各層の支持強度および摩擦係数を把握するために実施した。使用した機材は、ダッチコーン貫入器であり最大載荷荷重は2.5tonである。

表6.8に地質調査を実施した橋梁一覧表を示す。

表6.8 ボーリング調査を実施した橋梁一覧表 (L>20m)

No	Bridge ID No	Route	Bridge Length (m)	Number of Bore Hole	Bridge Name / River Name
1	1-16	Mamminasa Bypass	25	2	Ticcekang River
2	1-19	Mamminasa Bypass	60	2	Pahundukang River
3	1-26	Mamminasa Bypass	25	2	Kaccikang River
4	1-28	Mamminasa Bypass	16	2	Jenemanjalling River
5	1-31	Mamminasa Bypass	154	3	Jeneberang No.1
6	4-1	Abdullah Daeng Sirua	35	2	
7	4-5	Abdullah Daeng Sirua	60	2	Tallo River
8	3-2	Hertasning	20	2	Tallo River
9	2-1	Maros – Middle Ring Road	40	2	
10	2-2	Maros – Middle Ring Road	40	2	
11	2-6	Middle Ring Road, Trans-Sulawesi Mamminasata	136	3	Tallo River
12	2-7	Middle Ring Road	50	2	
13	2-8	Middle Ring Road	50	2	
14	2-9	Middle Ring Road	50	2	
15	2-11	Middle Ring Road Access, Trans-Sulawesi Mamminasata	393	3	Jeneberang No.2
16	2-12	Middle Ring Road Access	35	3	Bayoa River
17	2-14	Middle Ring Road Access	20	2	Barombong River
18	2-18	M.R.R. Access - Takalar	40	3	
19	1-5	Mamminasa Bypass	126	3	Maros

Source: JICA Study Team

## (2) 道路計画路線上の地質調査

道路計画路線上の地質調査を各F/S対象路線について実施した。本調査では、舗装状況の確認および試料採取のための試掘、室内試験(CBR、土質分類等)および動的コーン貫入試験(DCP)を実施した。本調査で実施した、調査数量を表6.9に示す。

表6.9 道路計画路線上の地質調査数量

No.	Name of Roads Section		Length (km)		Quantity		
			Total	Survey	Test Pit	CBR Lab	DCP
1	Mamminasa bypass I		26	26	14	14	82
	II		19	19	11	11	66
2	Trans-Sulawesi Roads Mamminasata Section	Maros - MRR	23	23	12	12	70
		Middle Ring Road	7	5	5	5	22
		MRR - Access	9	9	5	5	25
		MRR Access - Takalar	22	22	10	10	68
3	Hertasning Road		15	8	3	3	25
4	Abdullah Daeng Sirua Road		18	18	8	8	23

Source: JICA Study Team

1) トランススラウェシマミナサタ道路

Perintis Kemerdekaan道路の既設舗装におけるアスファルト層および路盤層の平均厚はそれぞれ、17 cmと50 cmである。また、Sungguminasa (Boka) – Takalar区間においてはそれぞれ15 cmと26 cmとなっている。

B区間(ミドルリング道路)およびC区間(ミドルリングアクセス道路)は新設道路であり、これら区間の路床土は概ね有機土に覆われたシルト質粘土である。

トランススラウェシマミナサタ道路の平均路床CBRおよび平均DCPはそれぞれ3.4%と2.2%となっている。

2) マミナサバイパス

マミナサバイパスは、主に水田および耕地上に計画された新設道路であり、平均路床CBRおよび平均DCPはそれぞれ4.6%と2.2%となっている。

3) ヘルタスニン道路およびアブドゥラダエンシルア道路

ヘルタスニン道路(D区間のみ)の計画は既設道路の拡幅である。アブドゥラダエンシルア道路の計画は既設2車線道路への2車線の新設、既設道路の拡幅および4車線の新設(区間F)である。室内試験およびDCP試験の結果によるヘルタスニン道路の平均路床CBRはそれぞれ1.7%と3.4%である。CBR試験の結果によるアブドゥラダエンシルア道路の平均路床CBRは2.3%である。

(3) 道路建設材料調査

道路建設材料調査は、細骨材、粗骨材および土砂等の建設資材の調達先を確認するために実施した。本調査の結果、対象F/S路線の建設資材として適合する材料の調達先を数箇所確認した。また、現地踏査、試料採取、現地採取記録、室内試験および調達可能量の推計をした。粗骨材(砂質礫)、細骨材(砂)および土砂の試料採取は、川底または土取場において実施され、室内試験室に搬入された。

表6.10に、材料調達先、マカッサル市からの距離、調達可能量を示す。

表6.10 建設資材調達先の位置および推定可能調達量

Item	No	Name of Quarry	Distance from Makassar	Estimated Quantity (m <sup>3</sup> )
Coarse Aggregate	1	Lekocaddi Area	55 km	100.000
	2	Lekopancing Area	20 km	250.000
	3	Borong Bulu Area	15 km	250.000
	4	Madinging Village	10 km	200.000
Fine Aggregate	1	Lekopancing Area	20 km	30.000
	2	Mangasa Village	10 km	50.000
	3	Bili-bili Village	15 km	150.000
Borrow Materials (CBR > 6%)	1	Carangki Hill	18 km	50.000
	2	Moncong Loe Hill	10 km	1,500.000
	3	Bollangi Hill	15 km	100.000
	4	Sela Village	20 km	100.000

Source: JICA Study Team

### 6.3 測量調査および地形図作成

測量調査の目的は、5,000分の1のモザイク写真の作成、路線縦断図の作成、路線横断図の作成、平面地形図の作成およびF/SおよびPre F/S路線の概略設計に用いるデジタルデータの作成である。

測量調査の調査数量を表6.11に示す。

表6.11 測量調査位置図

No	Route ( or Section)	Aerial photography and Mosaiking Length (km)		Route Survey Length (km)
		Proposed Road	Improvement (Existing) Road	
1	Mamminasa Bypass	42	0	42
2	Trans Sulawesi Mamminasata Section	15	43	58
3	Hertasing Road	10	0	10
4	Abdullah Daeng Sirua Road	10	8	18
5	Outer Ring Road	9	5	0
	Sub-Total	<b>86</b>	<b>56</b>	
Total		<b>142</b>		<b>128</b>

Source: JICA Study Team

測量調査は、以下の調査項目を含む。

- 1) 5,000分の1デジタルモザイク写真の作成
  - i) 10,000分の1の航空写真(撮影範囲: 計142 line-km)およびスキャンデータおよび現像写真の作成
  - ii) 地上基準点測量(計40点)およびモニュメント設置、GPSによる水平測量
  - iii) モザイク写真の作成
    - Aerial Triangulation (160 models in total)
    - DTMおよび5m等高線の作成(距離: 86km, 幅: 2.3km)



- 1m等高線の作成(距離: 56km, 幅: 100m)および航空写真イメージデータの調整、モザイク写真作成および編纂

iv) 成果品

2) 路線測量

- i) 中心線測量(距離: 128 km, 計7,680測点)
- ii) 道路縦断測量(距離:計128km)
- iii) 道路横断測量(幅: 100m, 計7,680測点)
- iv) 平面図作成(距離: 128km, 幅: 100m, 等高線間隔: 1m)
- v) 成果品

本調査対象道路および周辺を含む合計142line-kmの範囲の、5,000分の1スケールの航空写真撮影およびデジタルモザイク写真の作成を、本測量調査において行った。

地上基準点測量は、5,000分の1スケールのデジタルモザイク写真作成のための空中三角測量を確認するために、調査対象道路の必要な平面および縦断コントロールポイントを提供するために実施した。

## 第7章 エンジニアリングスタディ

### 7.1 概要

フィージビリティ調査(以下、“F/S”または“FS”)は、マミナサタ広域都市圏都市総合計画で優先プロジェクトに位置付けられた16路線より、特に優先度の高い4路線を選定し実施した。

表7.1 F/SおよびPre-F/S対象路線

No.	Name of Road/Road Section	Length (km)	Function	Administrative Status	
1	Mamminasa Bypass	49.1	Arterial	- #	
F/S	Trans-Sulawesi Road Mamminasata Section (Total: 58 km)	Maros-Middle Ring Road (Perintis Kemerdekaan Road)	19.6	Arterial (Primary)	National
		Middle Ring Road	7.3	Arterial (Secondary)*	- **
		Middle Ring Road Access	8.6	Arterial (Secondary)*	- **
		Middle Ring Road Access-Takalar	22.5	Arterial (Primary)	National
3	Hertasning Road (Section D Only)	4.9	Arterial (Secondary)*	Province	
4	Abdullah Daeng Sirua Road (Excluding Section B)	15.3	Arterial (Secondary)*	Makassar/ - #	
Pre-F/S	5	Outer Ring Road	20.4	Arterial	- #
Total:		147.7 km			

Notes: \* Proposed function  
 \*\* Proposed to be national road in future (strategic road)  
 # Proposed to be provincial road (strategic road)

Source: JICA Study Team

調査団は、F/S対象路線に加え、外環状道路（Outer Ring Road）のPre-feasibility調査およびタンジュンブンガ - タカラール道路の予備調査を実施した。

### 7.2 マミナサタ広域都市圏の幹線道路網

JICAは、2009年を目標にした“ウジュンパンダン幹線道路開発計画調査”(以下、1989 JICA調査)を1989年に実施した。マカッサル市は、1989JICA調査での提案幹線道路網に沿って幹線道路の整備を進めてきた。マミナサタ広域都市圏における幹線道路網は、3環状5放射道路を骨格道路として位置づけている。この骨格道路網は、マカッサル市の空間計画とよく整合している。

マミナサタ空間計画は、マミナサバイパスとトランススラウェシマミナサタ道路を1989JICA調査の提案道路網に加えて提案している。調査団は、本調査により抽出された課題およびマミナサタ広域都市圏の開発動向を踏まえ、既存マスタープランの見直しと部分的な追加提案を行った。

図7.1は、1989JICA調査、マミナサタ空間計画および本調査において長期計画として提案した2023年における幹線道路網である。

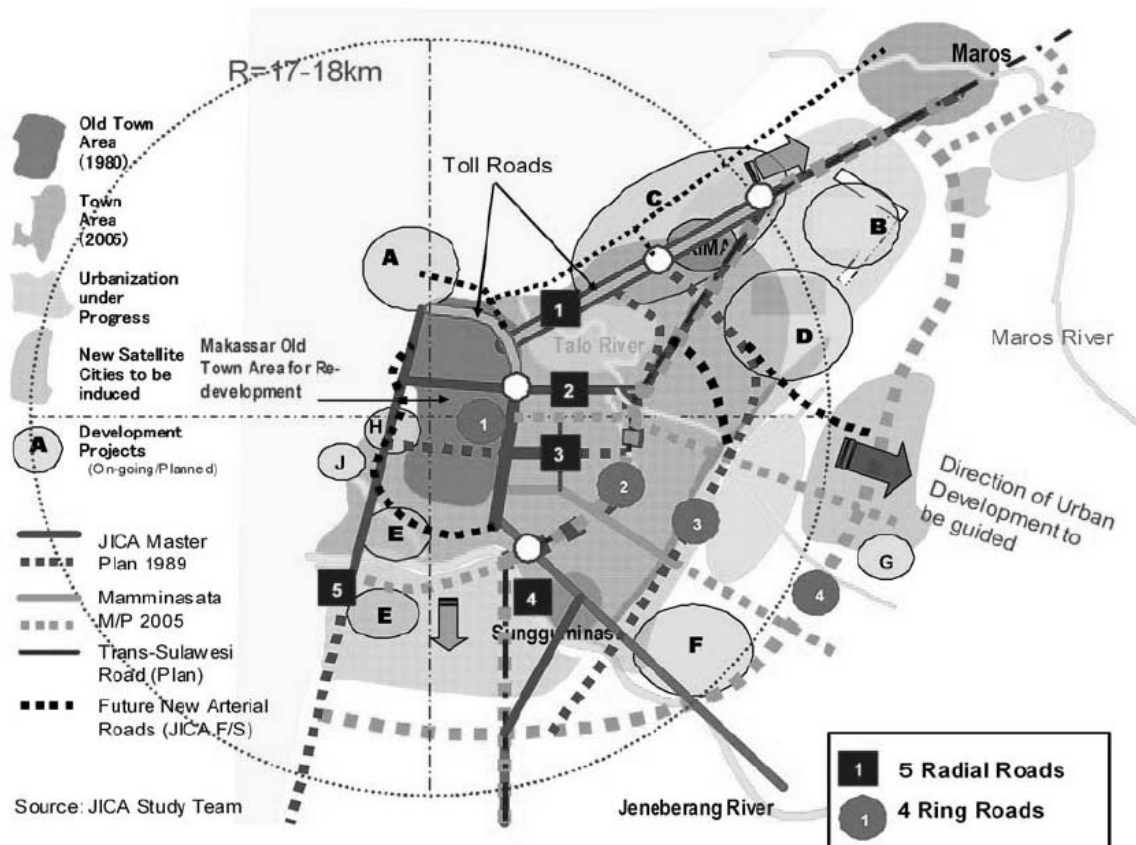


図7.1 マミナサタ広域都市圏幹線道路網システム

### 7.3 マミナサタ空間計画におけるF/S対象道路のレビュー

#### (1) F/S対象路線の見直し

##### 1) トランススラウェシマミナサタ区間

トランススラウェシマミナサタ区間の当初計画は、既存のトランススラウェシ道路(国道)に平行した新設道路計画であった。しかし、用地収用および住民移転、交通流、地形条件(タロ川流域および湿地)および道路機能を勘案し、インセプション段階において既存の国道を利用することとし、北側および南側区間については変更を行った。(図7.2参照)

ミドル区間は、ミドルリングロードと、マミナサタ調査と同様のコンセプトとなるミドルリングロードのジェネベラン川を越える南延伸を計画した。

マミナサタ空間計画においては、SungguminasaとTakalar市街地を既存国道を利用し連絡する計画がマミナサタ空間計画においても示されている。



## (2) バスウェイ(バスレーン)と自動二輪車用左側車線

マミナサタ空間計画では、ミニバス(ペテペテ)から大型バスへの転換を意図した主要幹線道路へのバスウェイ導入を提案している。この計画に沿って、マカッサル市は6路線からなるバスウェイ計画を策定した。

バスウェイ路線には、約500m置きにバス停利用者および道路横断者用の横断歩道橋を中央分離帯に設置する計画となっている。横断歩道橋の設置は2006年から開始され今後も継続される見込みである。DayaからPerintis / Middle Ring Road IC区間の2016年迄の必要車線数は6であることから、新規車線の設置がなされない中でのバスウェイの設置は交通容量の不足を招く。したがって、追加の道路用地に関して国道管理者の公共事業省とバスウェイ計画者のマカッサル市の調整が必要である。

本調査では適切な間隔でバス停を設置し、小型バス(ペテペテ)から中型バスへの転換することを中間的な対策としてして推奨した。

## (2) 自動二輪車専用左側レーン

マカッサル市は、2007年1月より、AP Pettarani道路、Jenderal Sudirman道路、Ahmad YaniおよびPerintis Kemerdekaan道路への自動二輪車専用左側レーンの導入を開始した。以下の写真の通り、自動二輪車は、安全で円滑な交通流を図るために左側車線の走行を義務付けられた。



Source: JICA Study Team

図7.4 AP Pettarani 道路における自動二輪車専用左側車線

2023年においても、F/S対象路線における主要交通は自動二輪車とミニバス(ペテペテ)であり、それぞれ41%と12%の車種構成比と予測されている。自動二輪車、ミニバスおよび自転車は左車線の走行で競合し、交差点右左折で更に交差する。運用経過を注意深く観察し評価をし、本格的な導入についてよく検討する必要がある。

## (3) 高速有料道路計画のレビュー

道路総局は、2006年にスラウェシ島における高速有料道路の調査を実施している。この調査では、2006年から2010年に実施すべきプログラムとして5路線を提案している。このなかには、トランススラウェシMaros-Mandai-Makassar道路、ミドルリングロード(Makassar

- Sungguminasa)およびSungguminasa – Takalar道路が含まれている。表7.2に示すように、政府と民間セクター(PPP)による投資により、限界収益点FIRR16%を確保することがプロジェクト実施に不可欠であるとされている。

表7.2 マミナサタ地域の有料道路計画区間のFIRR および PPP 指標

No.	Route / Section	Length		Cost			FIRR 2011 (%)	Required Share of Government Investment (PPP)		
		Arterial	Toll	Construction (Mil.Rp)	ROW (Mil.Rp)	Total (Mil.Rp)		ROW	Construction	FIRR
1	Maros-Mandai - Makassar	13.30	12.00	410,130	43,470	453,600	11.41%	100.0%	45.9%	16.0%
2	Makassar - Sungguminasa (Middle Ring Road)	13.55	11.50	331,582	118,145	449,727	13.68%	100.0%	9.1%	16.0%
3	Sungguminasa - Takalar	37.26	26.00	888,616	94,185	982,801	7.94%	100.0%	76.1%	16.0%
Total		64.11	49.50	1,630,328 86%	255,800 14%	1,886,128 100%	11.01% (average)	100.0% (average)	43.7% (average)	16.0% (average)

Source: Penyusunan Program Pengembangan Jaringan Jalan Bebas Hambatan dan Jalan Tol Di Pulau Sulawesi, Bina Marga

南区間 (Sungguminasa - Takalar) における、自動二輪車の全車両に占める割合は65.1% - 67.3%、小型バス(ほとんどがペテペテ)については11.2% - 13.7%となっており、これらの車両については高速有料道路に転換しないため、当区間に対する高速有料道路の建設は難しい。

インターチェンジ、ランプおよびアンダーパスの設置によるアクセスコントロールがアブドゥラダエンシルア道路、Central Radial道路、Borong Raya道路、ヘルタスニン道路に加えて、ミドルリング道路を横断する多くの支線道路に必要となる。

またミドルリング道路はマカッサル市の住宅密集地区を通過するため、高速有料道路と並行するサービス道路の建設が地域内交通のために不可欠である。

ミドルリングロードを經由する高速有料道路が遠い将来には必要となると考えられ、その場合の高速有料道路の予備的検討を図7.5に示す。高速有料道路は、空港を起点にSutami 有料道路を経てミドルリングロードを通過後、西側を転じ、Tj.Bunga (GMTDC and CCC)に至る路線となろう。

調査団は下記の技術的な見地から、高速有料道路の現段階での建設は推奨しない。

- \* ボックスカルバートや橋梁等の道路横断施設およびインターチェンジのランプ施設等、アクセス確保のための投資が非常に大きくなる。
- \* 現在の用地幅40mであるが高速道路の場合は49.5m - 66.5mの用地幅が必要になり、追加の用地取得や住民移転が必要となる。

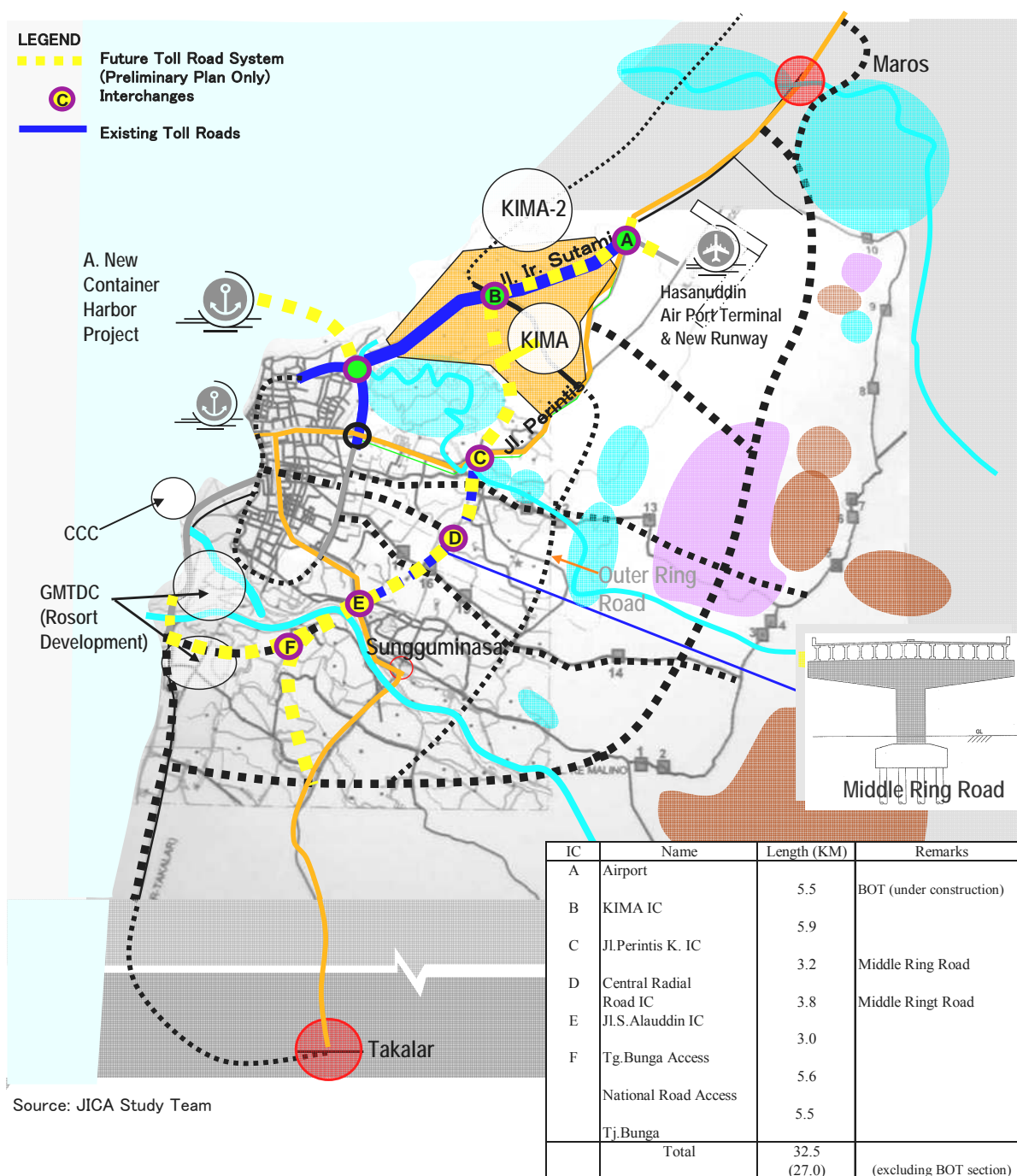


図7.5 高速有料道路計画(予備的検討)

(4) 自転車道

ゴワ県とマカッサル市の境界等で見られる大きな自転車交通量を勘案し、安全性と走行性の確保の観点から自転車と自動車を分離する自転車道を検討した。マミナサタ調査において、自転車交通量の調査を実施している交通調査地点No. 6, 7, 9, 10および14における自転車交通量を表7.3に示す。

表7.3. トランススラウェシ近隣の自転車交通量(12h)

Station	Bicycle	Becak	Motorcycle
6	3,080	177	14,472
7	189	83	9,634
9	142	77	13,362
10	6,960	333	32,336
14	468	165	55,644

Source: JICA Study Team

Sultan Alaudin道路(地点No.10)およびSungguminasa - Bajeng道路(地点No.6)における自転車交通量が目立って多くなっている。上記道路における自転車交通の大部分は、ゴワ県からマカッサル市中心にある公設市場への農産物の運搬によるものである。よって、トランススラウェシ道路のC区間(Bajeng郡 (Boka IC) - Sultan Alaudin道路IC)への自転車専用車線の設置が有効である。

自転車道の設計基準は表7.4に示すように、Standard Specifications for Geometric Design of Urban Roads, March 1992, DGH/MPWに規定されている。しかし、自転車交通の大部分を占める水産および農産物運搬目的の自転車は、自転車両サイドへの運搬籠の設置により1.2mの占有幅員を必要としているため、基準にある1.0mではなく1.2m幅員を提案する。

表7.4 自転車道基準

Type of Dimensions	Handlebar Width	Horizontal Space Occupied by a cyclist	Cycle height	Vertical space occupied by a cyclist	Cycle Length	Pedal Height
Standard	0.6m	1.0m	1.0m	2.25m	1.9m	0.05m
Proposed	0.6m	<b>1.2m</b>	1.0m	2.25m	1.9m	0.05m

Source: JICA Study Team



Source: JICA Study Team

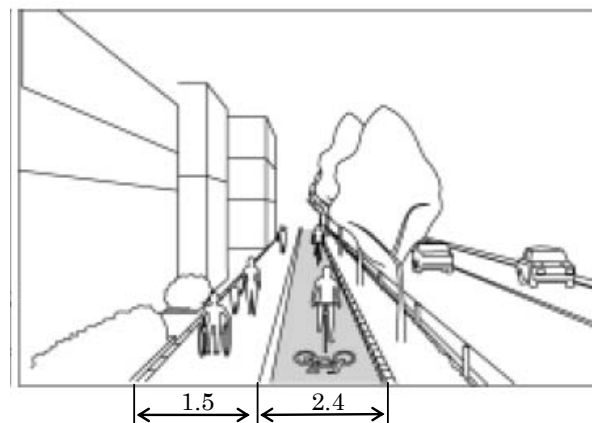


図7.6 標準横断図(自転車歩行者道分離)

また、図7.6に示されるような分離された自転車歩行者道の設置に伴い、自転車は車道を走行するように規定された現行の法令を改定する必要があるとともに、交通規制標識等の変更も課題である。



## 7.4 F/S道路の幾何構造基準案

道路および道路付帯施設の計画にあたっては、インドネシア国で定める基準の他、各国基準についても参照することとしている。F/S道路の設計においては、以下に示すインドネシア国設計基準およびUU No 38 Year 2004とPP No 34 Year 2006を含む道路法および道路関連法令に準拠した。

F/S対象道路は、道路法、設計基準および将来交通量より、プライマリーまたはセカンダリ道路のType II, Class IIに分類される。F/S道路の幾何構造基準は、表7.5に示すように設定した。

表7.5 幾何構造基準

Item		Urban Road		Inter-City Road	
		Standard Value	Applied Value	Standard Value	Applied Value
Road Classification		Type-II, Class-I		Arterial, Class-I	
Design Speed		60km/h		70-120km/h	80km/h
Cross-section	Carriageway	3.5m	3.5m (3.25m)*	3.5m	3.5m (3.25m)*
	Median	2.0m (min)	2.0m (min)		
	Shoulder Width (Right)	0.5m	0.5m	2.5m (2.0m)**	2.5m
	Shoulder Width (inner shoulder)	0.5m	0.5m		
	Sidewalk Width	3.0m	3.0m		
Horizontal Alignment	Min. Radius	150m	150m (except intersections)	210m	210m
	Min. Curve Length	100m	100m		
	Omission of Transition	>600m	>600m	>900m	>600m
Vertical Alignment	Min. Curve Length	25m	25m	80m	25m
	Cross-fall	2.00%	2.00%	2.00%	2.00%

Notes: \* Exceptional case is applied to minimize land acquisition or to follow the existing alignment.

\*\* : Minimum case

Source: JICA Study Team

## 7.5 標準横断図案

F/S対象道路に適用する標準横断図は、交通需要、都市開発において必要となる道路機能および道路網を勘案し計画した。膨大な都市間および都市内交通がF/S道路を利用することから、交通需要が過大にならないよう留意し、車線数を決定した。

図7.7から図7.9に、F/S道路の標準横断図案を示す。

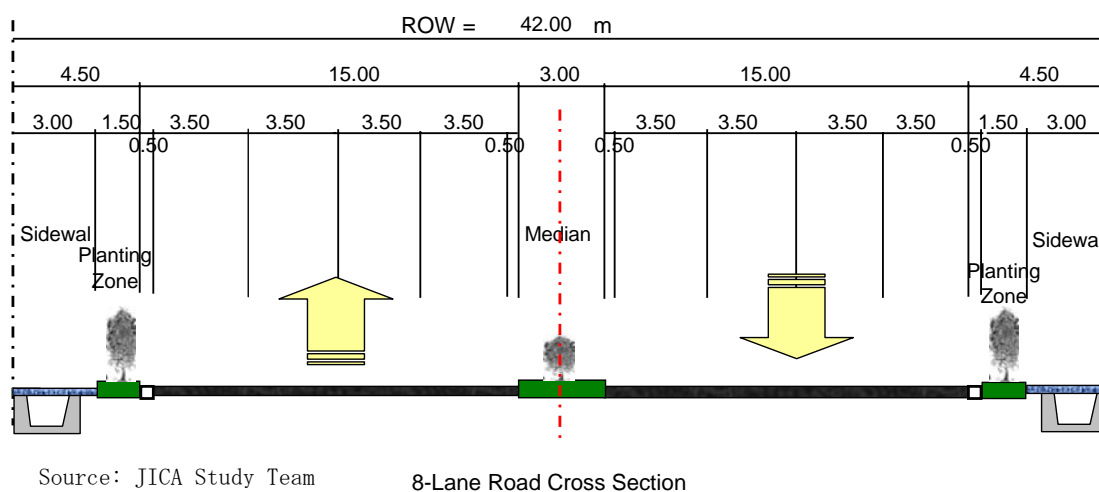
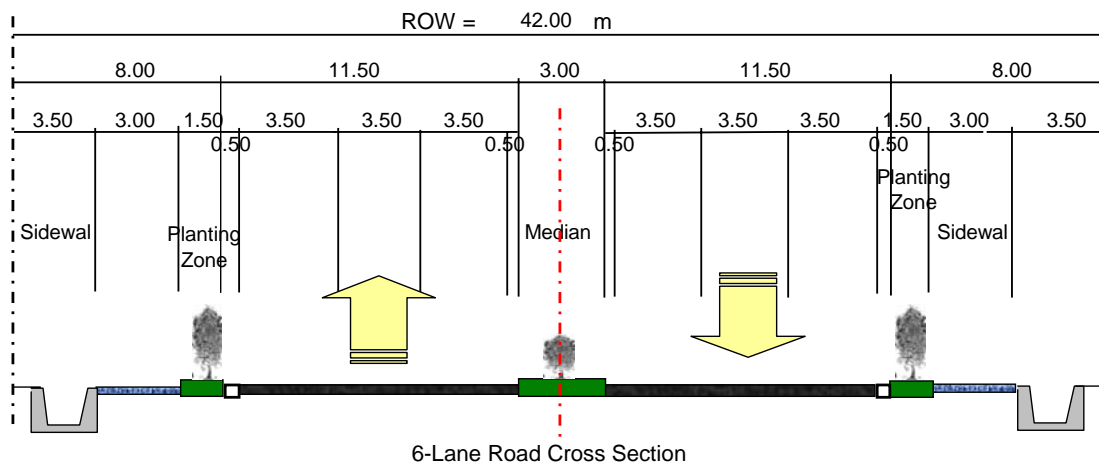


図7.7 トランススラウェシ道路標準横断図(Perintis Kemerdekaan道路)

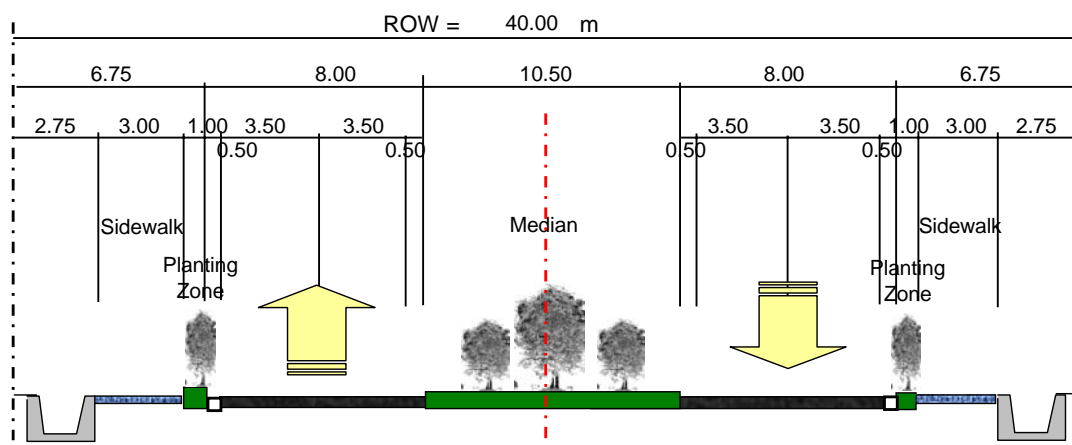
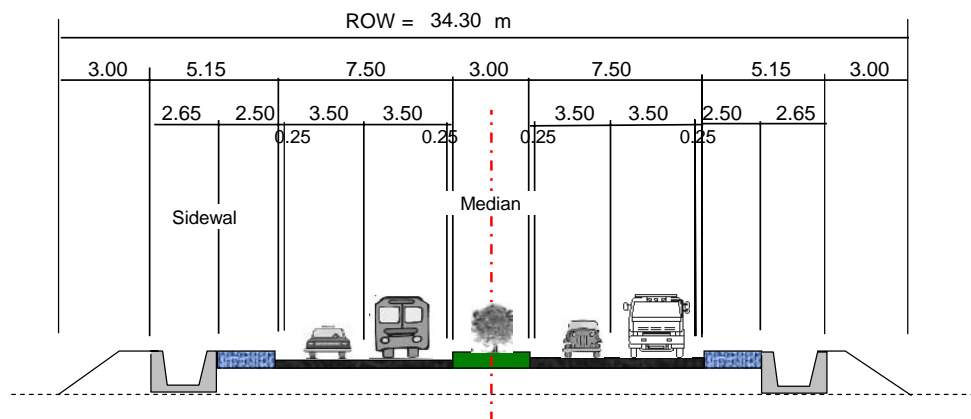


図 7.8 マミナサバイパスおよびトランススラウェシ道路 C 区間標準横断図



Source: JICA Study Team

図 7.9 ヘルタスニン道路およびトランススラウェシ道路 D 区間標準横断面図 (Sungguminasa - Takalar)

## 7.6 道路整備方針

### (1) トランススラウェシマミナサタ区間(マロス - タカラール)

トランススラウェシマミナサタ区間は4区間より構成される。A区間はマロス(Km 29.00)からミドルリングロードまでの既存国道区間。B区間はPerintis Kemerdekaan道路からSultan Alauddin道路(マカッサル市とゴワ県の境界)のミドルリングロード区間、C区間はミドルリングロードからBoka IC (Sungguminasaから国道上に南に約5.3km地点)、D区間はBoka ICからTakalarの国道区間である。

表7.6にトランススラウェシ道路の区間毎の道路整備コンセプトを示す。

表7.6 トランススラウェシマミナサタ道路の区間別道路整備コンセプト

No.	Section	Classification				Traffic Volume		Number of Lanes		Development Plan	ROW Width (m)	Current Status of ROW Acquisition	Planned Interchanges (IC)
		Length (km)	Function	Administrative Status	Type / Class	2006	2023	Exsting	Plan				
A	Maros - Jl.Tol.Ir.Sutami IC	8.7	Arterial (Primary)	National	Types II / Class I	23000-30000	53000-54000	4	6	Widening	42	Not yet	Jl.Ir.Sutami
	Jl.Tol.Ir.Sutami IC-Middle Ring Road (Jl.Perintis)**	10.9	Arterial (Primary)	National	Types II / Class I	29000-62000	60000-100000	4	6-8	Widening	42	On-going	
B	Middle Ring Road	7.3	Arterial (Secondary)*	*	Types II / Class I	-	46000-52000	-	6	New Road	40-42	On-going	Jl.Sultan Alauddin
C	Middle Ring Road Access	8.6	Arterial (Secondary)*	*	Types II / Class I	-	47000	-	4	New Road	40	Not yet	-
D	Middle Ring Road Access-Takalar	22.5	Arterial (Primary)	National	Types II / Class I	13000-36000	30000-47000	2	4	Widening	30	Not yet	-
Total:		58.0 km											

Notes: \* Proposed status after construction

\*\* DGH started 6-lane widening and complete it by 2010

Source: JICA Study Team

マロスからスタミ有料道路間のA区間についての道路整備案は、既設4車線の6車線化である。マロス県の新市街地区間においては、新市街地の開発への影響を避けるために拡幅は行わない。

B区間のミドルリングロードは、6車線の新設道路とした。幅40mの用地内に、道路、中央分離帯、歩道および排水施設を建設する。

C区間のミドルリングロードアクセス道路については4車線が必要であることから、本区間における道路開発は、右の写真に示すように新空港アクセス道路と類似するものとなっており、中央分離帯に幅10mのスペースを将来の拡幅のために確保している。



Source: JICA Study Team

D区間は、中央分離帯を設けた、既設国道の2車線から4車線への拡幅である。ただし、タカラール市街地に関しては、中央分離帯のない4車線を適用する。

## (2) マミナサバイパス

マミナサバイパス整備の主目的は、マカッサル市の15 km東にあるゴワ県とマロス県の境界に新衛星都市を誘致することである。マミナサバイパスの南側区間の一部は外環状道路と共有する区間である。

マミナサバイパスは、南側、北側および南側と北側に挟まれる中間部分の3区間から成る。北側区間は、マロス市街をバイパスし、マロス市街の北側と南側の国道に2箇所の合流点(交差点)をもつ。マミナサバイパスの開発コンセプトは、中央分離帯(将来車線拡幅のため幅10mの幅員を確保)を設けた4車線の新設道路である。

表7.7 マミナサバイパス区間別整備コンセプト

Section	Length (km)	Classification			Traffic Volume 2023(pcu)	Number of Lanes		Development Plan	ROW Width (m)	Bridge
		Function	Administrative Status	Type / Class		Existing	Plan			
South	16.7	Arterial * (Secondary)	Provincial **	Type II / Class I	20000 - 44000	-	4	New Road	40	Jeneberang River (L=154m)
Middle	19.7	Arterial * (Secondary)	Provincial **	Type II / Class I	15000 - 23000	-	4	New Road	40	-
North	12.6	Arterial * (Secondary)	Provincial **	Type II / Class I	11000 - 33000	-	4	New Road	40	Maros River (L=126m)
Total:	49.1 km									

Notes: \* Proposed function  
 \* Proposed administrative status is provincial strategic road

Source: JICA Study Team

## (3) ヘルタスニン道路

ヘルタスニン道路(道路延長15.6 km)は4区間より構成される。A区間(延長5.2 km)はAP Pettarani道路交差点を起点とし、マカッサル市とゴワ県の境界(現在の都市域の端部)にいたる区間であり、既に4車線による整備が完成されている。B区間(延長2.3 km)は建設中およびC区間(延長3.7 km)は詳細設計を実施中である。D区間(延長4.9 km)は本調査の直接対象区間である。表7.8にヘルタスニン道路の区間毎の現況および本調査における整備コンセプトを示す。D区間の開発コンセプトは既設2車線道路(幅員4.5 m)の4車線への拡幅整備である。

表7.8 ヘルタスニン道路の現況および整備コンセプト

Section	Length (km)	Function	Administrative Status	Traffic Volume (2023)	Number of Lanes		Development Plan	ROW Width (m)	Current Status of ROW Acquisition	
					Existing	Plan				
A	5.2	Arterial (Secondary)	Makassar	24000	4	4	Completed	34	-	
B	2.3	Arterial (Secondary)	Provincial**	24000	2	4	Under construction	34	Completed	
C	3.7	Arterial * (Secondary)	Provincial**	30000	2	4	Completed detailed design	34	Not yet	
D	4.9	Arterial * (Secondary)	Provincial**	21000	2	4	Widening	34	Not yet	
Total		16.1 km								

Notes: \* Proposed status

\*\* Proposed administrative status is provincial strategic road

Source: JICA Study Team

#### (4) アブドゥラダエンシルア道路

アブドゥラダエンシルア道路(総延長17.8 km)は6区間より構成される。アブドゥラダエンシルア道路の現況および整備方針を表7.9に示す。本道路の整備コンセプトは、既設2車線を4車線に拡幅するものであるが、区間A(延長1.4km)はマカッサル市中心部の住宅および商業密集地区に位置するため、土地区画整理事業等を導入しない通常の道路用地収容方法では、必要な用地を収容することが困難であるため、近隣道路をも含めた道路網を対象とした交通規制により交通を処理する方法を適用した。

表7.9 アブドゥラダエンシルア道路の現況および本調査における整備コンセプト

Section	Section Name	Length (km)	Function	Administrative Status	Traffic Volume (2023)	Number of Lanes		Development Plan	ROW Width (m)	ROW Acquisition Status
						Existing	Plan			
A	Jl.Pettarani - Canal Penampu	1.4	Arterial * (Secondary)	Makassar	25000	2	2	Use of Existing Road with traffic control	-	-
B	Canal Penampu - Jl.Poros	2.5	Arterial * (Secondary)		25000	2	4	Under Construction	15	On-going
C	Jl.Antang Raya	0.8	Arterial * (Secondary)		25000	2	4	Additional 2 lanes (New)	15	Not Yet
D	Jl.Antang Raya - Bts.Makassar/ Maros	4.8	Arterial * (Secondary)		27000	2	4	Additional 2 lanes (New)	25	Not Yet
E	Bts.Makassar/ Maros (Tallo River) - Mangempang	1.2	Arterial * (Secondary)	Provincial**	21000	2	4	Additional 2 lanes (widening)	40	Not Yet
F	Mangempang - Moncongloe (End)	7.1	Arterial (Secondary)*	Provincial**	21000	-	4	New	34	Not Yet
Total:		17.8 km								

Notes: \* Proposed status

\*\* Proposed administrative status is provincial strategic road

Source: JICA Study Team