

7. 財務分析

本項では、ここまで示してきた道路及び鉄道の整備計画について、その実行可能性を財務的な視点から確認する。具体的には、実質ベースのキャッシュフローに基づき財務的内部収益率 (FIRR) を算出し、本事業の財務的な実現可能性について評価する。

7.1 道路整備に係る財務分析

7.1.1 料金設定

通行料金は乗用車類と貨物車類の 2 分類として、道路改良がされる毎に料金改定されるものとする。またオプション 2 及び 3 については、オプション 1 の BP 通行車両と同様の料金体系を採用する。表 7.1.1 及び 2 に料金体系を示す。

表 7.1.1 オプション 1 料金体系

Option 1	Initial (2018)	Bypass Route (2025)	4 lane (2030)
Tariff each section	S: 5, H: 20	S: 15, H: 60	S: 20, H: 30
Total No Use of Bypass	S: 5, H: 20	S: 5, H: -	S: 20, H: -
Total: Use Bypass	S: -, H: -	S: 20(5+15), H: 80(20+60)	S: 35(20+15), H: 90 (30+60)

- All traffic pass and pay for Non Bypass Routes (initial phase and 4lane)
- Heavy Traffic be obliged to use Bypass, Small Cars can select either (**assuming 20% use it**).
- Only Traffic passing Bypass pay for additional tariff for the section. ← Considering fairness between users of Bypass and Initial Phase Road and Recovery of higher Cost of Bypass

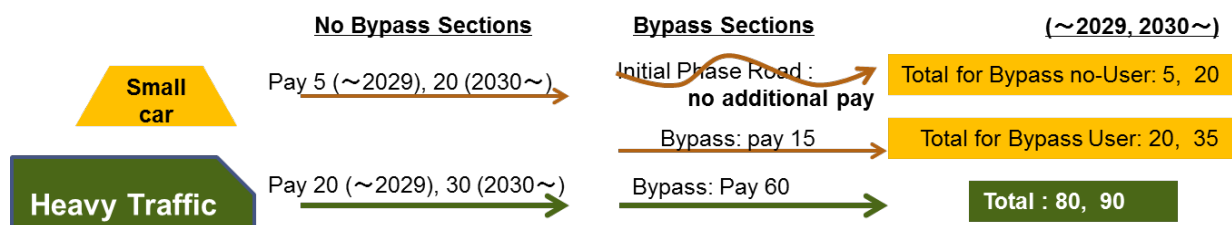


表 7.1.2 オプション 2 及び 3 料金体系

Option 2 & 3	2018	2025	2030
Tariff	S: 5, H: 20	S:20, H:80	S:35, H:90

7.1.2 その他の前提条件

- 借款期間及び条件：利率 1.0%、償還期間 30 年（10 年の据置期間含む）
- 自己資金比率：30%（ただし、初期フェーズ道路は 10%）

7.1.3 財務分析結果

表 7.1.3 に分析結果を示す。オプション 1 の結果が最も良くなり、次いでオプション 2、オプション 3 という順番である。一般的に民間企業が事業を実施する際には、Equity IRR は 20%以上が必要と言われており、望ましい料金体系と有利なソフトローンの導入によりオプション 1 は

BOT方式での事業の可能性がある。一方、オプション2がオプション1と同程度のEquity IRRを得ようとするには、①料金を1.6倍にするか、②総事業費の40%を政府からの支援とするかの条件が必要である。また、オプション2及び3は、現在のコンセッション契約の内容と大きく異なっているために、その調整には時間がかかることが想定される。したがって、今回の財務分析結果からは、オプション1が最も現実的な案であると言える。

表 7.1.3 道路整備に係る財務分析結果

	FIRR	Equity IRR	Remarks (Possibility of less Government Burden)
Option 1	8.21%	19.67%	With ambitious tariff and low borrowing cost, there is possibility for BOT to be realized. (Other risk sharing mechanism may be required.)
Option 2	6.95%	11.45%	Less than level of BOT, additional measures are required (tariff up, Budget Support, etc.)
Option 3	4.49%	7.16%	Huge Cash Short (USD 208 mil.) and Unfeasible as a Private Project

Measurements for Option 2 to be same EIRR level (19%) of Option1



Tariff Up	Tariff needs "× 1.6" of the above level
Subsidy	40% of Total Construction Cost

7.1.4 感度分析

設定した前提条件が変化した場合の財務結果への影響を分析する。変化させる指標は①金利、②事業費、③収入の3つである。

金利を基本ケース1%から5%まで変化させた場合、Equity IRRはOption1で19.33%から11.89%にまで低下、Option2では11.45%から7.99%にまで低下し、事業の採算性確保のために低金利での融資が大きい要因であることがわかる(図7.1.1参照)。

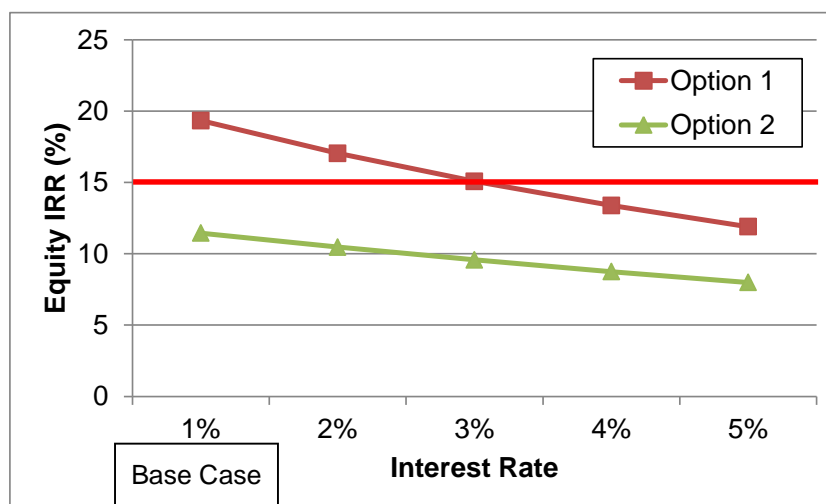


図 7.1.1 感度分析 (金利)

また、事業費と収入を5%ずつ変化させた場合のEquity IRRの変化を図7.1.2に示す。Equity IRR15%をひとつの目安とすると、収入15%減、事業費20%増で採算分岐点を下回ることがわかる。また、収入、事業費とも10%ずつ変化すると、同様に採算分岐点を下回ることになり、これら指標に対するリスク管理が必要である。

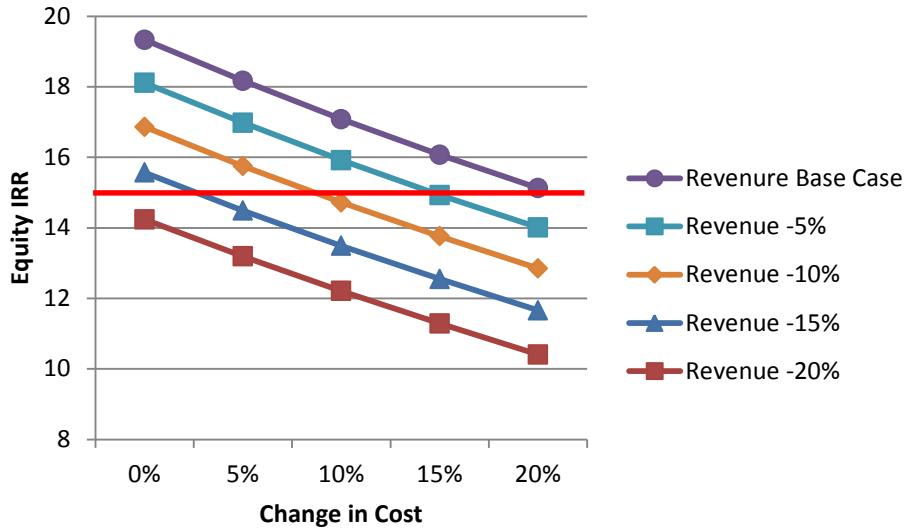


図 7.1.2 感度分析（事業費及び収入）

7.2 鉄道を含めた場合の財務分析

南部経済回廊に対する鉄道の導入は、鉄道事業に要する多大な初期投資額を考えれば、ダウエーSEZがある程度成熟し、需要が見込めるようになった段階で導入されることが望ましい。したがって、最短でも2030年程度の導入が想定される。ここでは、2030年以降にダウエー～カンチャナブリ間に鉄道が導入された場合の収支分析を概略検討する。需要予測の結果によれば、2041年にはアクセス道路の交通量が4車線の容量を超えることになっており、鉄道あるいは新たな道路の整備が必要である。ここでは、鉄道を含めた財務分析を以下の3ケースについて実施する。

Case 1：道路の4車線化を2030年、鉄道を2040年に整備

Case 2：鉄道を2030年に整備、2040年の道路の4車線化

Case 3：鉄道と道路の4車線化を2030年に同時に実施

7.2.1 前提条件の整理

(1) 需要予測

4章で整理した道路の需要予測結果を用いて、道路需要の20%が鉄道に転換した場合の収入を算定する。表7.2.1、表7.2.2に貨物及び旅客の需要予測及び必要運行頻度を示す。1列車当たりの編成数、輸送力は次の通りである。

- 貨物：3TEU/両×20両=60TEU/列車
- 旅客：60人/両×10両×0.6（平均乗車率）=360人/列車

表 7.2.1 鉄道の需要予測（貨物）

	2030年	2040年	2050年	備考
トラック台数（台/日）	3,400	6,800	9,200	
コンテナ個数（TEU）	6,800	13,600	18,400	2 TEU/台
鉄道へのシフト量	1,360	2,720	3,680	20%がシフトすると仮定
必要運行頻度（回/日）	23	46	62	60 TEU/列車

出典：調査団

表 7.2.2 鉄道の需要予測（旅客）

	2030年	2040年	2050年	備考
自家用車台数（台/日）	7,800	8,400	9,200	
旅客数（人/日）	23,400	25,200	27,600	3人/台
鉄道へのシフト量	4,680	5,040	5,520	20%がシフトすると仮定
必要運行頻度（回/日）	13	14	16	360人/列車

出典：調査団

これらの表からわかるように、2030年に開業した場合でも最低限必要となる運行頻度は、貨物で24回（12往復）、旅客で14回（7往復）、合計38回（19往復）となり、開業当初から複線が必要となる。

(2) 料金設定

1) 旅客運賃

旅客運賃については、タイ国鉄南線のバンコク～カンチャナブリ間の2等旅客運賃を参考にキロ当たり運賃を1.31バーツと計算し、それを今回の路線延長に乗じて旅客運賃を6.53US\$と算定した。

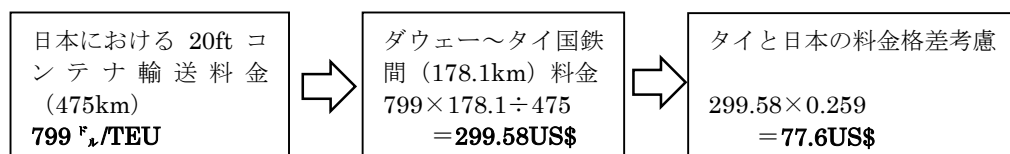
※バンコク～カンチャナブリ間（178.1km）旅客運賃の計算



2) 貨物運賃

貨物運賃に関しては、日本のコンテナ輸送の料金体系を用いて、それをタイの運賃に修正して貨物運賃を77.6US\$/TEUと算定した。

※バンコク～カンチャナブリ間（178.1km）コンテナ貨物運賃の計算



バンコク～カンチャナブリ間178.1kmに対する日本における旅客運賃は25.17US\$(3,020円)となる。したがって、タイと日本の運賃比率は $6.53 \div 25.17 = 0.259$ と計算される。

(3) 支出

1) 事業費

表 5.3.3 で算定した工事費に車両費（5%）、コンサルタントフィー（10%）、予備費（20%）及び補償費等を考慮して表 7.2.3 に示すように設定した。

2) 運転費・維持管理費等

料金収入の85%を運転費・維持管理費等として見込む。また、運営開始後、15年毎に初期工事費の10%を設備更新費として計上する。

表 7.2.3 鉄道建設事業費の概算

Items	Cost	Remarks
(1) Construction Cost	1,185.22	In case of double-track line
(2) Rolling Stock	59.26	(1) * 5%
(3) Consulting Fee	118.52	(1) * 10%
(4) Land Compensation	2.00	Only In Myanmar
(5) Contingency	260.75	((1) + (3)) * 20%
(6) Total	1,625.75	

7.2.2 鉄道の財務分析結果

財務分析の結果を表 7.2.4 に示す。いずれのケースでも FIRR はマイナスとなり、財務的には成立しない。また、需要を 2.5 倍、あるいは政府支援を 50% 入れたとしても民間事業として成立させることが困難な結果である（表 7.2.5 参照）。しかし鉄道は、定時性、低い環境への付加、大きな輸送量、道路整備に比較して用地幅が少なく済む等の道路にはない利点を数多く有している。したがって、財政的な課題及びそれらの利点、さらには南部経済回廊の円滑な交通処理を総合的に判断し、導入することが妥当と判断された場合には、公共事業として実施するか、民間企業の負担を少なくする PPP 事業として実施することを検討する必要がある。

表 7.2.4 財務分析の結果

Case	FIRR
Case 1 (Railway First) Case 3 (Same Time)	-4.61%
Case 2 (4 Lane First)	-3.32%

表 7.2.5 感度分析 (Case 2)

Case	FIRR
(1) Base case	-3.32%
(2) Demand Share of Railway (20% ⇒ 50%)	0.94%
(3) Government aid 50%	-0.98%
(4) (2)+(3)	4.22%
(5) Scheme of separating infrastructure and operation	4.31%

- ※ In case of “scheme of separating infrastructure and operation”, the Government will become the railway operator owning the facilities while some SPV will be the railway operator operating the line. The SPV will prepare the rolling stock, about 15% in the total cost.

7.2.3 鉄道を整備した場合の道路の財務分析結果

表 7.2.6 に道路と鉄道の両方を考慮した場合の財務分析結果を示す。道路の 4 車線化を先にしたケース、鉄道の整備を先にしたケース、両方を同時に整備したケースの 3 つを計算したが、いずれも大差ない結果となった。すなわち、南部経済回廊における鉄道導入時期は、DSEZ における導入施設の状況や、それを前提とした鉄道貨物に適した物流需要動向、鉄道整備を契機とした地域開発の必要性などを総合的に判断して決定されるべきである。また、鉄道は道路混雑に左右されずに輸送できるというメリットを有しており、タイ国内のみ鉄道輸送を行い、ダウエーからカンチャナブリまではトラック輸送といった複合一貫輸送の考え方も代替案として検討されるべきであろう。

表 7.2.6 鉄道を整備した場合の道路の財務分析結果

	Case 1 (4 lane First)**)		Case 2 (Railway First)**)		Case 3 (same timing)**)	
	FIRR(Total)	FIRR (Road)	FIRR (Total)	FIRR (Road)	FIRR (Total)	FIRR (Road)
Option 1 (*)	4.85%	7.32%	4.58%	8.51%	3.09%	6.58%
Option 2 (*)	4.31%	6.23%	4.39%	6.97%	2.88%	5.63%

(*) Option 1: Initial Phase ⇒ Bypass ⇒ 4 lane, Option 2: Bypass from the beginning ⇒ 4 lane

(**) Case 1: 4 lane in 2030 and Rail in 2040, Case 2: Rail in 2030 and 4 lane in 2040, Case 3: both in 2030

7.2.4 南部経済回廊における鉄道導入の可能性

これまでの検討結果を整理すると以下のとおりである。

- 4 車線道路を整備したとしても 2040 年頃には容量を超える交通量が想定され、道路だけの交通処理には限界がある。
- 全体の 20%程度が鉄道を利用するとしても、開業当初から複線化が必要である。
- 全額をソフトローン借款とし、料金収入から償還しようとしても財務分析の結果はフィージブルとはならない。財務的に成立させるためには、何らかの政府支援が必要である。
- 道路の 4 車線化の前に整備する場合と後に整備する場合を比較すると、後に整備する場合の方が収支結果はやや良好となる。これはある程度、需要が増加した段階で鉄道を導入するので、当初から大きな需要が見込めるためである。

ミャンマー国とタイ国を結ぶ南部経済回廊の開発においては、喫緊の課題として人や物の円滑な移動を支える高規格道路の整備が求められている。しかし、貨物や人の輸送を自動車だけに依存した場合、経済発展を続ける多くの近隣諸国が経験しているように、下記に示す新たな問題に直面する可能性が高い。

- 自動車利用の急速な普及に伴って生じる渋滞による定時性・速達性の低下
- 自動車から排出される CO2 の増加
- 交通事故の増加による人的・物的損失の拡大

これらの問題を回避または緩和するためには、トラック輸送に代わる別の輸送モードを将来的に整備する必要がある。代替輸送モードの一つである鉄道は、一般的に輸送距離が長距離になるほどコストメリットが発揮されるため、DSEZ からバンコク・チョンブリに至る約 465km の輸送手段として有望である。また、コスト以外にも下記の優位性が期待できる。

- 自動車と比較して1編成あたりの輸送量が大きい。複線化を前提とすると、その日当たり輸送能力は大型トレーラー7,200台、乗用車48,000台分に相当する（往復）。
- 専用軌道上を走行するため、渋滞が無く定時性に優れる
- 道路に比べて安全性が高く、事故による人的・物的損失のリスクが低い
- 走行に必要なエネルギーが少なく、CO2排出量が少ない
- 線路の敷設に必要な用地幅が狭い
- 道路に比べて事業費が安い。事業費はキロ当たり9百万ドル程度（複線）であり、4車線道路の事業費の8割程度である。

7.3 バイパス整備を別のSPCとした場合の財務分析

現在のコンセッション契約は2車線の初期フェーズ道路を対象としたものであるが、それが改良される場合（4車線化）には同じSPCがそのまま契約を継続して道路改良を行うことが想定される。しかし、Option1の第二ステージはBP整備が想定されており、BP整備を既存のコンセッション契約から切り離して、別のSPCが実施することも考えられる。

	Responsibility
Current Concession	(i) Initial Phase Road (ii) Widening (4 lane) / Improvement of the sections constructed as the initial Phase Road
Future Another Concession	(i) Bypass Route (ii) Widening (4 lane) of Bypass Route

結果は表7.2.7に示すとおりである。既存のSPC、新しいSPCともEquity IRRは18%を越えており、民間事業として成立し得る結果である。したがって、BP整備に新しい投資家が興味を持つ場合には想定される事業スキームである。

表 7.3.1 BP 整備を別の SPC とした場合の財務分析

	FIRR	Equity IRR
Current CA	7.42%	20.08%
Future Another SPC	8.79%	18.73%

7.4 段階施工案の検討

ここでは、Option1 についてさらに以下に示す段階施工案について検討を行う。

案	第一段階	第二段階	第三段階	第四段階	備考
1	初期フェーズ (2018年)	迂回路整備 (2025年)	全線4車線化 (2030年)		基本ケース
2	初期フェーズ (2018年)	迂回路整備 (2025年)	迂回路以外4車 線化(2030年)	迂回路4車線化 (2035年)	
3	初期フェーズ (2018年)	迂回路整備 (2025年)	ミッタ～国境間 4車線化(2030 年)	ダウエー～ミッ タ間4車線化 (2035年)	交通混雑を避けるために、第 三段階でMOC道路の改善を 実施する

上記条件による検討結果を表 7.4.1 に示すが、いずれのケースも基本ケースより収支は若干改善されるという結果になった。すなわち、段階施工により事業費の手当を遅らせることができる分、収入が基本ケースと同じならば収支が改善される結果となった。ただし、道路のサービスレベルは基本ケースと比べて低下することは避けられず、資金手当の手続きも1回分、余計に必要なため、基本ケースの採算性を少しでも良くする必要がある場合に、これらの要因を総合的に判断して実施すべきである。

表 7.4.1 段階施工案の検討結果 (Equity IRR)

段階施工案	1	2	3
FIRR	20.99%	23.53%	21.41%

8. 提言及び今後検討すべき課題

8.1 南部経済回廊の整備シナリオ

現在、想定される南部経済回廊の整備シナリオを図 8.1.1 に示す。すなわち、南部経済回廊の整備は、需要の動向や経済状況を勘案しながら以下の4つの段階を経て整備することが望ましい。

第一段階：Option 1 あるいは Option 2 の選択。この選択は ITD 社が実施する初期フェーズ道路の整備を現在のコンセッション契約通りに継続するかどうかの判断であり、早急に決定される必要がある。Option 1 の ITD 社が実施するコンセッション契約では、アクセス道路の整備は 30 ヶ月が予定されており 2018 年末に完成予定である。一方、当初から大型車への対応を考慮した Option 2 では契約の見直しが必要となるために、その実現にはやや時間を要することが想定される。

第二段階：Option 1 が採用された場合には、次の段階として大型車が円滑に走行できるバイパス整備が必要である。大型車が少ない場合には、交通量が 8,000 台/日になるまでは初期フェーズ道路での対応が可能と考えられるため、交通量 8,000 台/日がひとつの目安となる。あるいは、深海港が整備された段階においては大型車が増加することが想定されるため、深海港の整備に合わせて整備される必要がある。また、この段階で整備されるバイパスの維持管理に関しては、既存の ITD 社を中心とした事業体そのまま実施するのか、新しい事業体を想定するのかの判断が必要である。実際の整備までは 6 年程度の準備期間が必要であり、2025 年整備を目指すのなら 2019 年頃から作業を開始する必要がある。

第三段階：2 車線道路では増大する交通を円滑に処理することができなくなる時期が訪れる。交通量的には 11 千台/日程度（需要予測では 2030 年頃）であるが、この段階で道路を 4 車線に拡幅するか、鉄道を導入するかを決定する必要がある。

第四段階：4 車線道路整備が先行した場合には鉄道整備、鉄道整備が先行した場合には 4 車線拡幅が必要となる時期。4 車線道路が先行した場合には、交通量が 4 車線道路の交通容量を超える 2041 年（15,500 台/日、大型車混入率 50%を想定）となる。一方、鉄道整備が先行した場合には、2 車線道路+鉄道の交通量が容量を超える 2039 年となる（鉄道の輸送量を複線の最大運行頻度である 240 回/日を想定）。

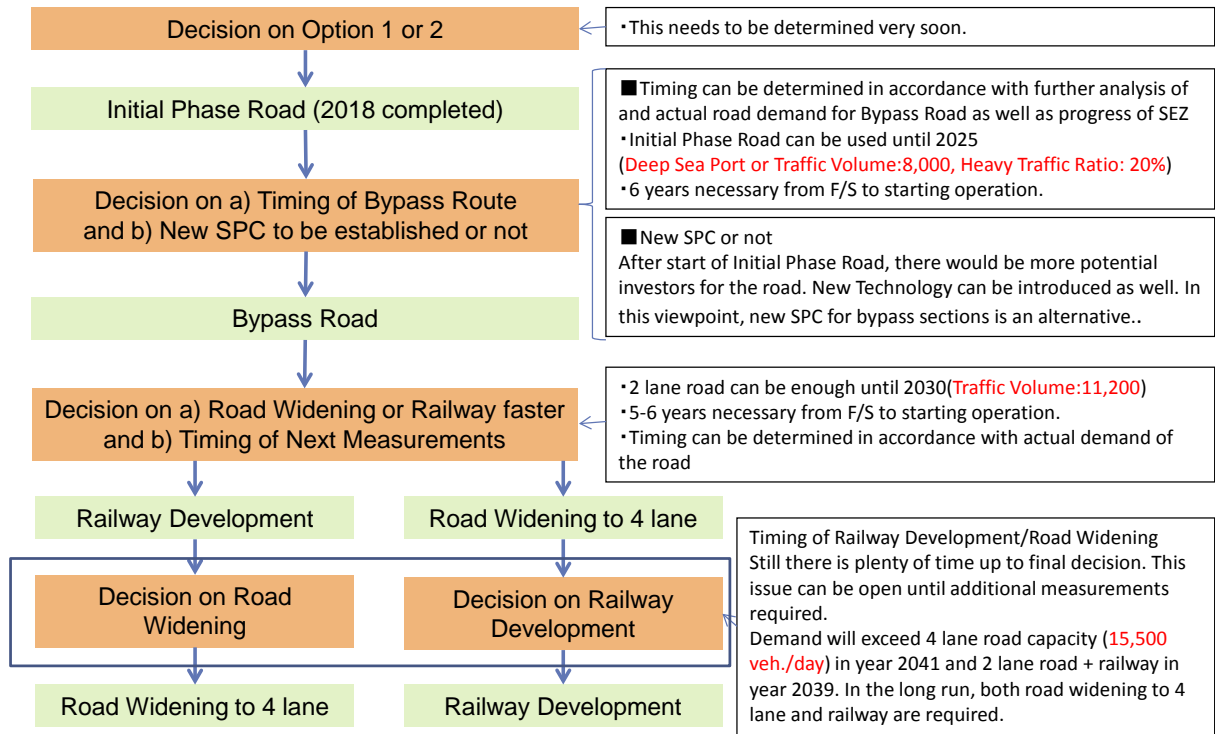


図 8.1.1 南部経済回廊整備シナリオ

8.2 アクションプラン

ダウエーとタイ国境であるティキを結ぶ南部経済回廊は、ミャンマーとタイのみでなく、カンボジア、ベトナムまでを連絡する広域的な戦略道路であり、メコン地域の発展にとって重要な役割を果たす。したがって、早急にミッシングリンクであるミャンマー国内の整備を促進させ、回廊としての機能発揮と DSEZ の早期開業に寄与させるべきである。

Option 1 を前提とした場合のアクションプランを図 8.2.1 に示す。各整備段階においては F/S、EIA 及び E/S が必要であり、それぞれ 4 年程度が必要である。また、ソフトローンの活用、維持管理 SPC 及びコントラクターの入札等を考慮すると事業着工までに 5～6 年程度かかると想定される。

	Feasibility study	Engineering Service	Construction
2016	• Pre F/S for SEC		2-lane Initial Phase Road (Class IV)
2017			
2018	F/S and EIA for SEC (Bypass Road) starts		
2019			
2020		• E/S for 2-lane bypass road	
2021-2024	F/S and EIA for Railway or 4 lane road		2-lane bypass road (Class I)
2025-2029		• E/S for Railway or 4 lane road	Railway or 4 lane road
2030-2034	F/S and EIA for 4-lane road or Railway		
2035-2039		• E/S for 4-lane road or Railway	4-lane road or Railway (2039~)

図 8. 2. 1 南部経済回廊整備のためのアクションプラン

8.3 提言及び今後検討すべき課題

(1) 整備シナリオ

- 南部経済回廊の整備手順としていくつかのオプションを検討したが、ITD 社の実施する初期フェーズ道路を基本とした段階整備案（Option 1）が技術的にも財政的にも最も現実的である。各整備段階の時期は想定される交通量や大型車混入率によって以下のように設定できる。

Development	Trigger
①Bypass	Deep Sea Port Staring Operations or Traffic Volume:8,000, Heavy Traffic Ratio: 20%
②4 lane Road/Railway	Traffic Volume: 11,200 veh./day
③Railway (when 4 lane taken above②) 4 lane road (when railway taken above②)	Traffic Volume: 15,500 veh./day (road) Traffic Volume :11,200 veh./day (road)

- 初期フェーズ道路の次の段階としてのバイパス整備は 2025 年を想定しているが、各種調査や手続き等を考慮すると 2017 年頃から調査（F/S、EIA 等）を開始する必要がある。また、バイパス整備に当たっては既存のコンセッショネアに限定する必要はなく、より効果的・効率的に事業が推進できる体制を検討する必要がある。
- また、南部経済回廊への鉄道導入に関しては、既存の資料を活用しての分析ではその可能性を否定する結果ではなく、その導入時期や導入形態について、タイ側と整合性を図りながら検討する必要がある。

(2) 事業実施スキーム

- 初期フェーズ道路の事業化に関しては、コンセッション契約が前提となっているが、タイ政府がミャンマー政府に対してソフトローンの供与を打診しており、2016年3月時点ではソフトローンを活用した道路整備（ミャンマー政府の公共事業として整備）とするか、民間事業者の資金調達によるBOTによる道路整備を行うか、未だ最終的に決定はされていない。第二段階以降は事業費も嵩み、民間事業として実施するにはかなりのリスクが想定される。したがって、第二段階以降の整備に関しては官民が協力して整備を推進するPPP方式が望ましいと言える。
- 今回の調査結果では、PPP方式を導入することにより民間事業としてある程度の採算性が見込めることが示された。しかし、実際の事業化に当たっては民間企業が参入しやすいPPPスキームの詳細化が必要である。特に、需要リスクに対する公的な支援、適正な運賃設定など政府が実施すべき事項を明確にする必要がある。

(3) 環境社会配慮事項

- 対象道路沿線、特にミッタ～タイ・ミャンマー国境間はカレン族の影響区域も多くあり、その中で事業を実施するには彼らとの協力体制の確立が不可欠である。土地取得や移転に関して十分な説明と納得のいく補償を行うとともに、道路の整備が彼らに裨益するような対策を同時に行っていく必要がある。
- また、当該路線周辺は自然環境保護区に指定されており、象や虎の生息が予想されている地域でもある。ミャンマー国ではEIAに関する法制度整備が進められているものの、経験も少ないことから他ドナーが実質的に支援を行うケースも多い。本事業が国際的なプロジェクトであることを考慮して、国際基準に則ったEIA実施を行うことが必要である。

(4) 交通管理計画

- 道路整備や鉄道整備といったハード的な対策とともに、交通安全や円滑な交通を実現するための交通管理も同時に検討を行う必要がある。具体的には交通安全対策（歩行者用道路、ガードレール、交通信号、カーブミラーなどの整備）、交通規制（大型車通行規制、速度規制、エリア通行規制など）、過積載取り締まりなどが必要である。

(5) 国境通過施設及びシステム整備

- 道路インフラの整備が行われても、国境通過箇所がボトルネックである以上は円滑な人やモノの流れを実現することは出来ず、輸送量の増加は期待できない。適切な国境通過システムを実現するには、まず二国間の国境通過に係る取り決めが大きなカギとなる。現状ではタイとミャンマー間を自由に行き来できる車両は限られた認可を受けた車両に限定される。活発な人やモノの流れを期待するには、物流車両や沿線住民の自由な往来について政府間での法的枠組みが緩和される必要がある。
- 国境での円滑な通過を実現するには、ワンストップボーダーポスト（OSBP）の整備が理想である。そこではイミグレや税関に係る処理を統一する必要があるため、共通のシステムを導入することが求められる。

(6) 地域住民への裨益

- 南部経済回廊はタイ、ミャンマー両国にとってメリットがあるだけでなく、タニンダーリ管区や沿線地域・住民にも大いに効果がある道路でなければならない。そのためには道路整備の効果を最大限に発揮させ、負の効果を極力抑えるよう計画の段階から検討を行っておく必要がある。
- 地域住民への裨益対策としては、アクセス道路に接続する地域道路の改良、アクセス道路維持管理に関連した就業機会の創出（料金所、休憩施設、沿道商業施設などでの雇用が想定される）、公共交通サービスの改善、他の社会福祉施設の整備（学校、病院、市場など）等が考えられる。

(7) 秩序ある沿線開発のための計画策定

- 対象道路の開発が進んだ際には、特に道路沿線の土地開発ポテンシャルが非常に高まり、沿線開発による経済活動の活発化、土地利用の高度化が期待される一方、乱開発による自然環境破壊や秩序の無い開発が進んでしまうことが懸念される。道路沿線の自然環境保護、また秩序ある開発を進めるため、沿線土地利用計画や各種規制についても並行して検討する必要がある。

(8) より詳細な技術検討

今回の検討は既存資料をもとに分析を行っており、今後はより詳細な検討が必要である。

- 本調査では2車線の迂回路整備時期を2025年、4車線への拡幅時期を2030年と設定しているが、これはDSEZの開発状況によって大きく左右される。それらの時期を詳細に検討するために、R&BのM/P見直し調査や地域の現況経済調査等をもとに将来の詳細な需要分析を行い、DSEZの開発と整合性の取れたアクセス道路整備計画を立案する必要がある。その際には道路だけでなく、鉄道を含めたマルチモーダルでの対応方策を物流及び旅客について検討することが必要である。
- 本調査では、大型車の円滑な走行を確保するための迂回路整備を提案しているが、地形的な制約からいくつかの山岳トンネルを提案している。山岳トンネルは安全かつ効率的な構造物であるが、その計画や設計にはどうしても地質調査や地下水調査、地形測量調査といったいくつかの調査が必要であり、その実施には時間と費用が必要である。ミャンマー政府は、早急にそれらの調査を実施すべく準備を開始すべきである。

(9) 道路トンネル工事に関する提案

南部経済回廊は山岳地域を通過することから、適正な縦断勾配を確保するためにトンネル工事は欠かせない。タイ、ミャンマーともに、これまで道路トンネルの施工実績がないことから、今回の調査結果はひとつの資料になると想定されるが、より詳細な検討のためには以下の点に留意する必要がある。

- トンネル掘削の稼働時間は、1日2交代制（昼勤：10時間、夜勤：10時間）、1日20時間と想定している。
- 全体の工期はトンネル工事がクリティカルパスになることが一般的である。長大トンネルの施工時には、切羽の数を増やすことを検討する必要がある。

- 当該区域のトンネル施工に際しては、坑口付近に未固結層および軟岩、その他の個所は、中硬岩主体の地山であると推定される。したがって、NATM に於ける掘削方式としては機械掘削（ツインヘッダー・ジャイアントブレイカ他）および発破工法を併用することが有効的であると想定される。その際、周辺環境への影響を極力少なくするような対策（騒音・振動対策、大気汚染対策、水質汚染対策等）が必要である。
- 掘削時、坑内排水処理は常に（24 時間、365 日）必要である。自然排水が最適であるので、トンネル施工時には、上り勾配での施工ができるような設計を当初から考慮することが重要である。
- 本稿で提示したトンネル km 当たりの単価は、日本における国交省の基準をもとに概算コストを算出している。従って、電源はジェネレーターの使用を考慮していない。踏査の結果、施工に際して送電線からの受電は期待できないため、着手前のコスト積算に当たってはジェネレーターによる電力供給を前提に検討および積算する必要がある。
- 提示したトンネル単価において、トンネル掘削によって生じたずりの処理は、トンネル坑口付近の仮置場までとしている。今後の詳細設計において、周辺環境、ずり運搬経路、土捨場を踏まえた検討が必要となる。
- 供用後の電力は、一般電力で対応することが求められる。更に、非常時のバックアップ用ジェネレーターを配備する必要があると考えている。
- 供用後は、定期的で継続的な維持管理作業が非常に重要である。適切な維持管理によって、走行車両の安全及び構造物の品質を確保することになる。 参照：本稿 4.5. (4) 及び、添付資料『トンネル技術セミナー資料：A5-1 維持管理』の項

今回の調査は路線選定の調査であり、基礎資料の収集、衛星写真判定地表踏査等が主な内容であった。今後、選定したトンネルルートにおける設計施工における問題点を掌握するために、ボーリングによる地質調査、弾性波探査等を行い施工段階へ移行することとなる。

添付資料

1. 要旨(パワーポイント)
2. トンネル技術セミナー資料

1. 要旨(パワーポイント)



Pre F/S FOR SOUTHERN ECONOMIC CORRIDOR IN MYANMAR

3rd Coordination Meeting (Final)



Japan International Cooperation Agency (JICA)



Yachiyo Engineering Co., LTD. (YEC)



Central Consultant Inc. (CCI)



Purpose of the Survey

● To collect and analyze existing information for the road of Dawei – Thailand Border, a part of the Southern Economic Corridor (SEC : Bangkok – Dawei), based on existing studies (mainly ITD and R&B studies) and site survey.

● To show options of full phase access road (4 lane road) development with merits and demerits
(aspects of required standard, technical matters, safety, cost, investment efficiency (possible involvement of private), environmental aspects, contribution to regional development, etc.

and

● To show step towards implementation of full phase access road

in conducting surveys and showing options above (an Additional Aspect),

● To take into account possibility of Railway Development from Dawei to Thailand



WORKING TRACK

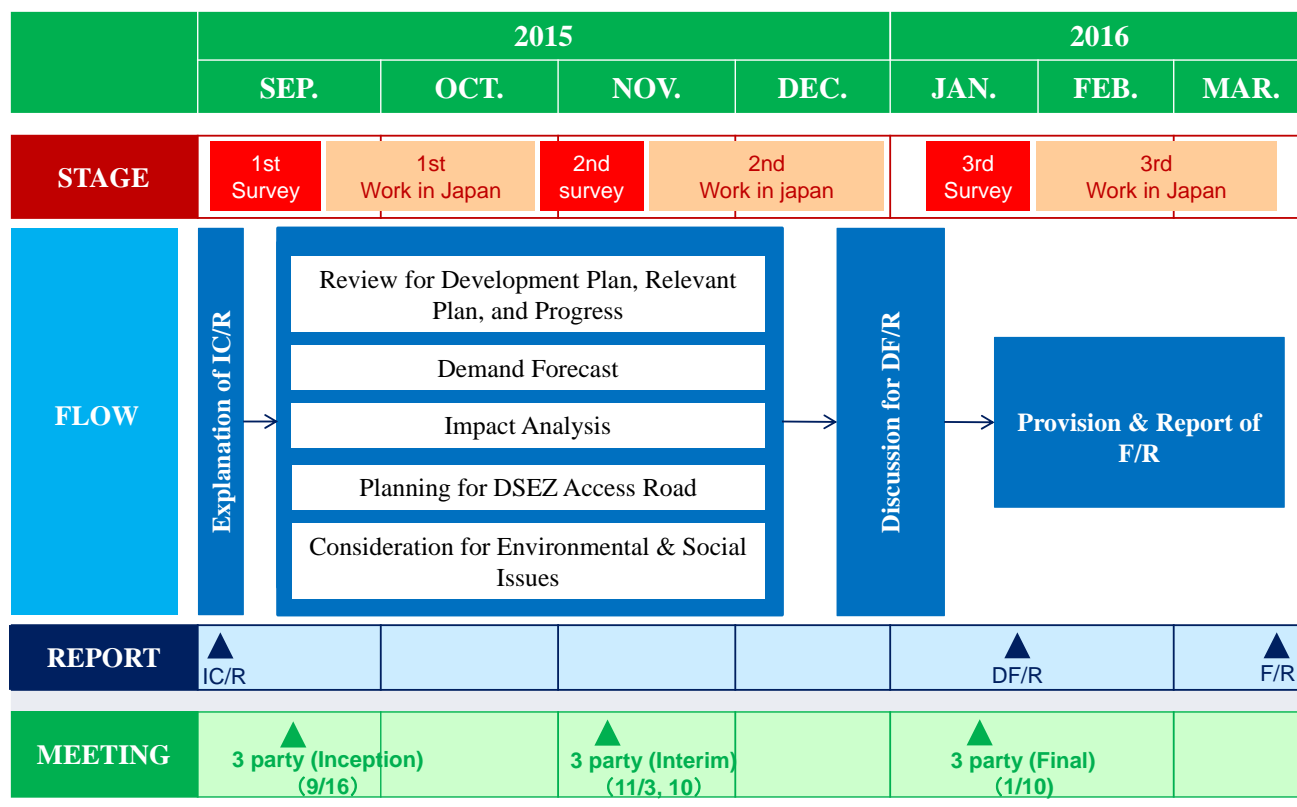


TABLE OF CONTENT

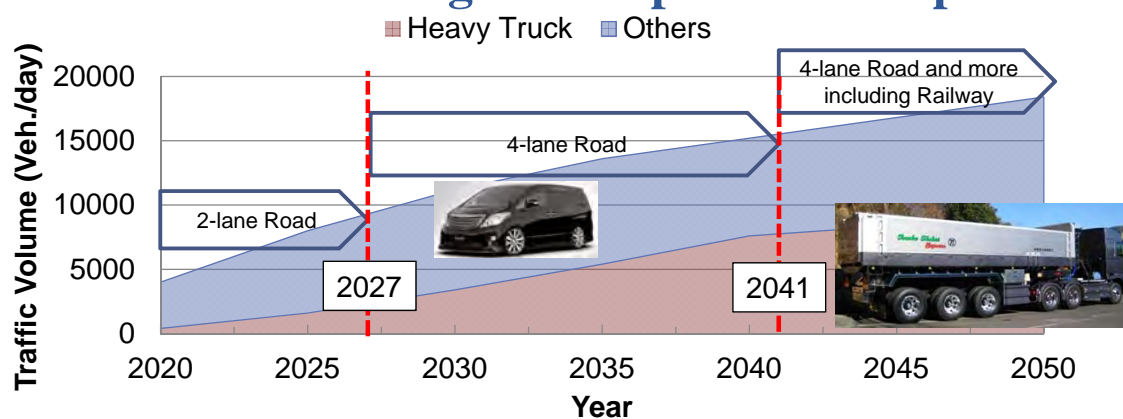
1. **Technical Analysis I: Road Development**
 - Analysis of the initial phase access road and Development towards 4-lane road
2. **Technical Analysis II: Railway Development**
3. **Financial Analysis**
4. **Development scenario for Southern Economic Corridor (Suggestions and Issues to be Considered)**

1. Technical Analysis I : Road Development

- 1-1. Demand Forecast and Timing of Transport Infra. Expansion
- 1-2. Analysis of Initial Phase Road
 - (1) Design Standard for Initial Phase Road and Full Phase Road
 - (2) Difficult Points in the Initial Phase Road
- 1-3. Development Towards 4 Lane Road
 - (1) Bypass Sections and Climbing Lanes
 - (2) Towards 4 Lane Road Development
 - (3) Construction Cost by Option
- 1-4. Traffic Management Plan
- 1-5. Social & Environmental Considerations
- 1-6. Measurements for Benefiting to the Communities along the Road



1-1. Demand Forecast and Timing of Transport Infra. Expansion



Year	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Traffic Volume (*)	4,000	8,000	11,200	13,600	15,200	16,800	18,400
Heavy Truck Ratio (%)	10%	20%	30%	40%	50%	50%	50%
Necessary Infrastructure	2-lane Road		4-lane Road		4-lane Road and more including Railway		

Note: figure (*) is based on the ITD study.



1-2. Analysis of Initial Phase Road

(1) Design Standard for Initial Phase Road and Full Phase Road

- Number of lanes: **4 lanes**
- Possible standard:
 - **Asean Highway Standard (Class 1)**
 - **Myanmar Road Design Criteria (Main Arterial Road)**

Initial Phase Road: 2 lanes and Class 4

Highway Classification	Class 1 (Thailand *)		Class 1 (Asean **)		Class 1 (Asian **)		Main Arterial (Myanmar)		Class 4 (Thailand *)	
	R	M	R	M	R	M	R	M	R	M
Terrain Classification	R	M	R	M	R	M	R	M	R	M
Design speed (km/h)	80-110	70-90	60-80	50-70	80	50	80 (60***)	60 (40***)	55-70	40-55
Max. vertical grade (%)	6	8	6	7	5	6 (7****)	5 (6)	8 (10)	8	12
Travelling speed in max. vertical section of trailers or HT (km/h)	20-25	15-25	20-25	15-25	25-30	20-25	25-30	15-25	15-25	<10
Min. horizontal curve radius (m)	(380)	(230)	120	80	210	80	210	105		
Width (m)	Lane	3.5	3.6	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5
	Shoulder	2.5	3.0 (2.5)	3.0 (2.5)	3.0 (2.5)	3.0 (2.5)	2.5	2.0	1.5	1.5
	Median	-	1.0	3.0 (2.5)	3.0 (2.5)	3.0 (2.5)	3.0	2.5		

*: **Thailand**: Design speed and Max. vertical grade of Class 2 and 3 are the same as Class 1, but shoulder width is different

** : **Asean and Asian**: Class 2 is for 2 lane-road

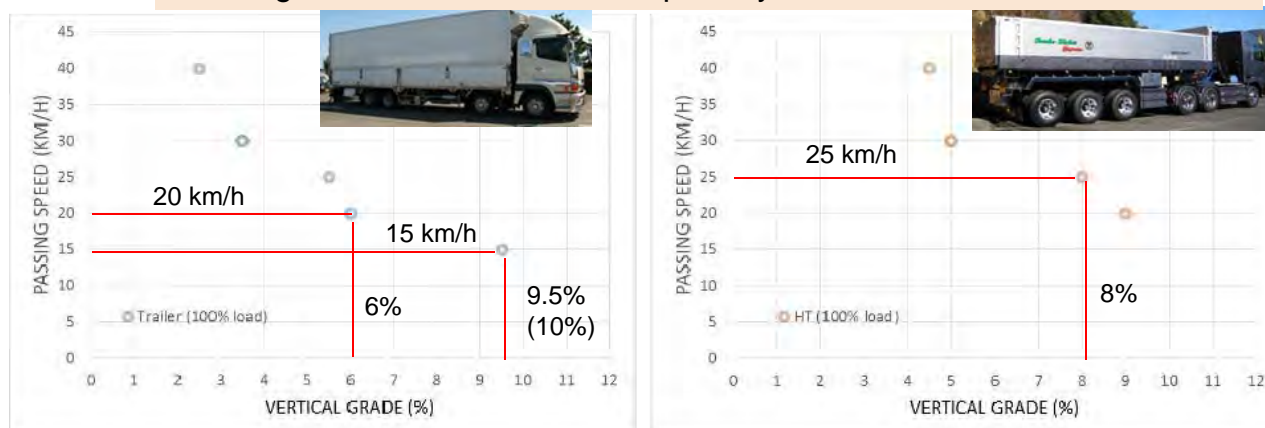
***: If necessary, design speed can be determined 20 km/h lower than the standard speed

****: Applicable for the steep mountain area

Vertical grade and passing speed for heavy commercial vehicles

- 6%: Passing speed of 100% loaded Trailers is 20 km/h
- 8%: Passing speed of 100% loaded Heavy Trucks (HT) is 25 km/h
- 10%: Passing speed of 100% loaded Trailers is 15 km/h only
- 12% : Not applicable for 100% loaded trailers and HT

➔ Difficulties for Heavy Trucks smooth travelling through Initial Phase Road, affecting on efficient traffic flow especially when traffic becomes dense.

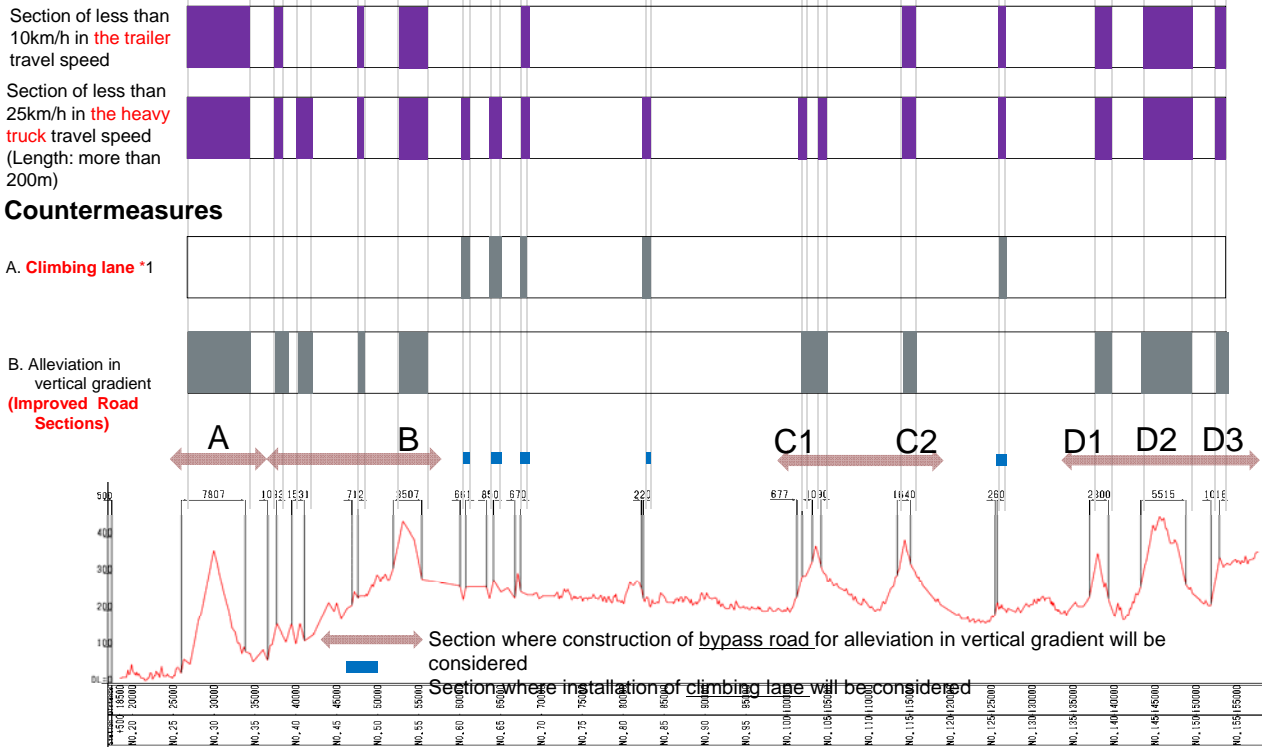


1. Relation between vertical grade and passing speed in the above table is referred to Japan Road Design Manual
2. PASSING SPEED is a value for maintaining a certain service level of the objective road, considering not only allowable speed but safety aspects
3. According to Myanmar Standard, maximum vertical grade of the Main Arterial Road Class is to be 10%



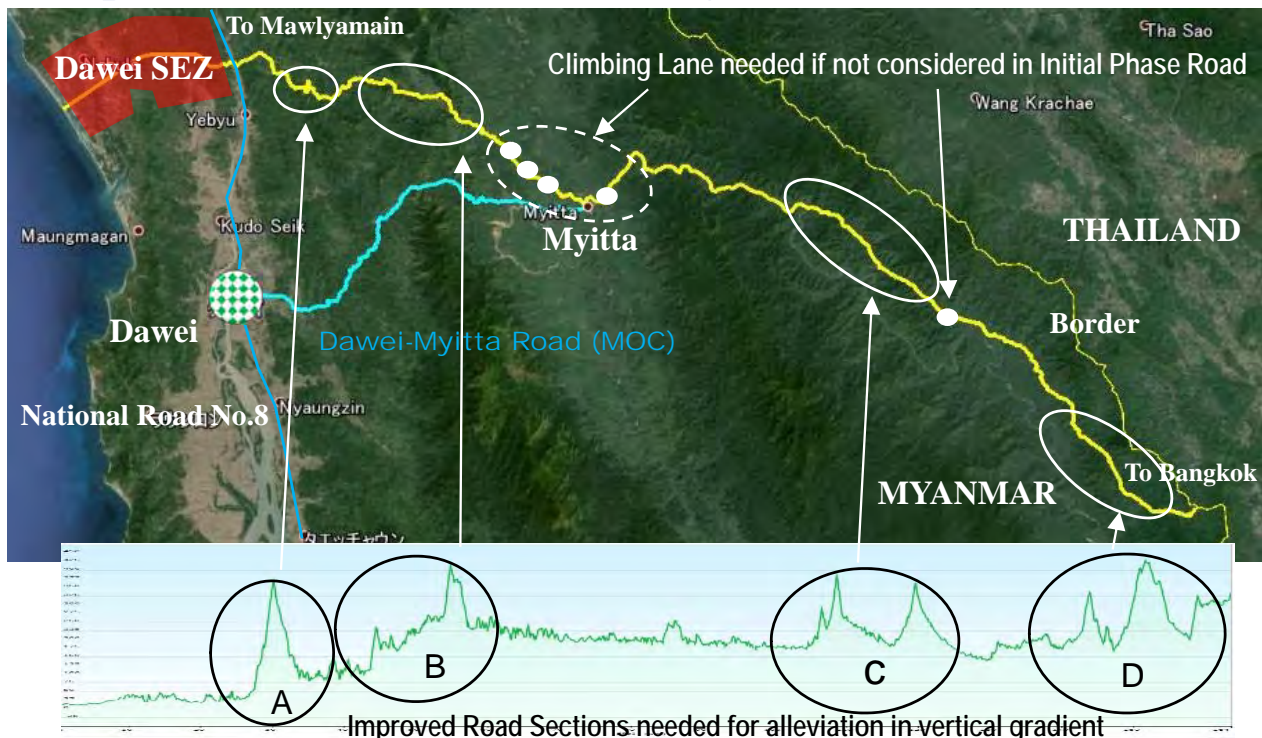
(2) Difficult Points in the Initial Phase Road: Heavy Truck Traveling Simulation

Speed lowering section for the trailers and heavy trucks (Details are shown in Reference)



1-3. Development Towards 4 Lane Road

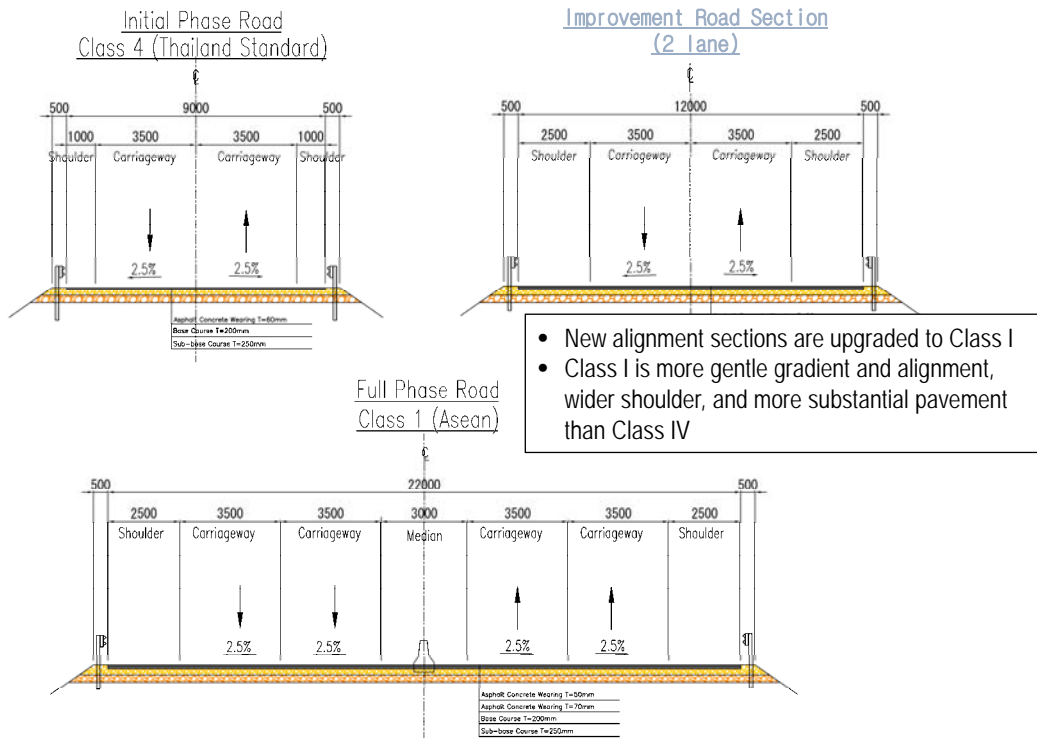
(1) Improved Road Sections and Climbing Lanes



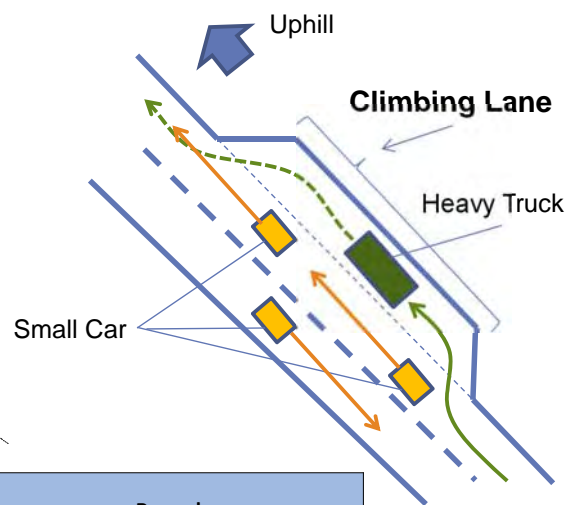
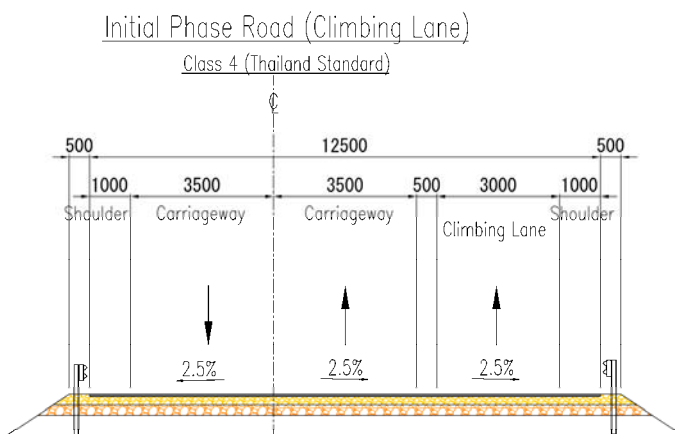
(*) Comparison of Typical Cross Sections of Initial Phase Road, Improved Road Sections, 4 Lane Road and Climbing Lane is shown in reference)



Comparison of Typical Cross Sections of Initial Phase Road, Improved Road Sections and 4 Lane



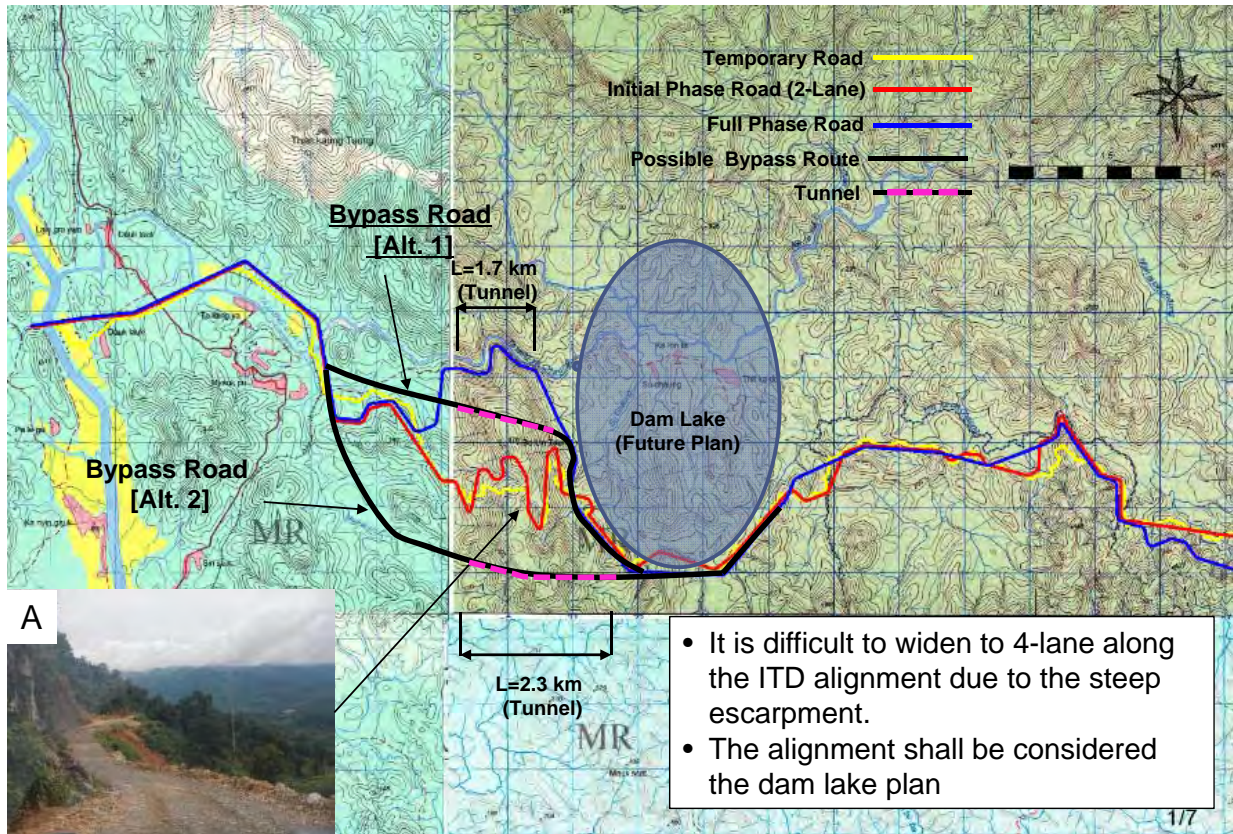
Climbing Lane



	Length (km)	Const. Cost (million USD)	Remarks
1	0.7	0.6	Section Between Bottleneck B and C
2	0.9	0.8	
3	0.7	0.6	
4	0.2	0.2	
5	0.3	0.3	Section Between Bottleneck D and E
Total	2.8	2.5	

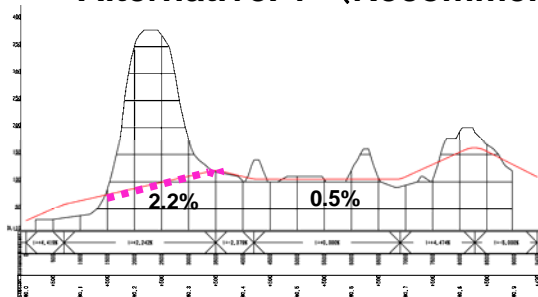


Detail of Bypass Route [A]



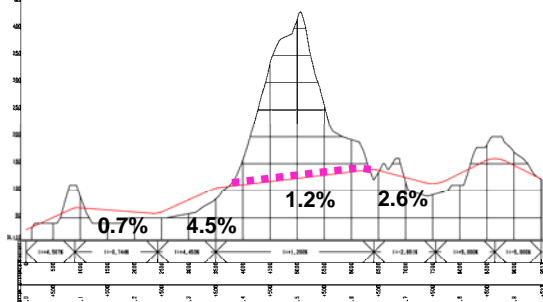
Vertical Views and Figures [A]

Alternative. 1 (Recommendable)



A) Alt.1				
		9.4 km		
	number	Length km	Unit Cost mil USD/km	Estimated million USD
Road	2-lane	7.0	2.5	17
Bridge	1	0.7	22.5	15
Tunnel	1	1.7	25.0	42
TOTAL				75

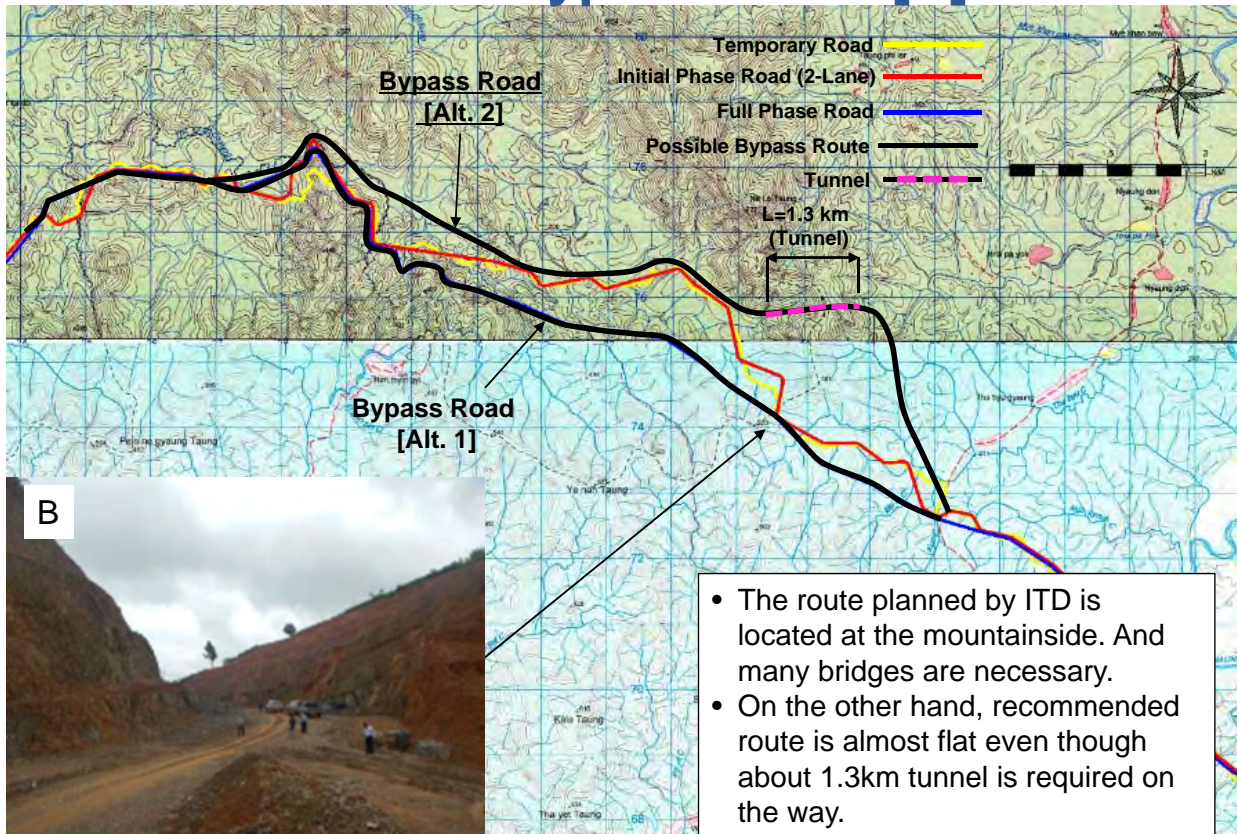
Alternative. 2



A) Alt.2				
		9.5 km		
	number	Length km	Unit Cost mil USD/km	Estimated million USD
Road	2-lane	6.4	2.5	16
Bridge	1	0.7	22.5	16
Tunnel	1	2.4	25.0	59
TOTAL				91



Detail of Bypass Route [B]

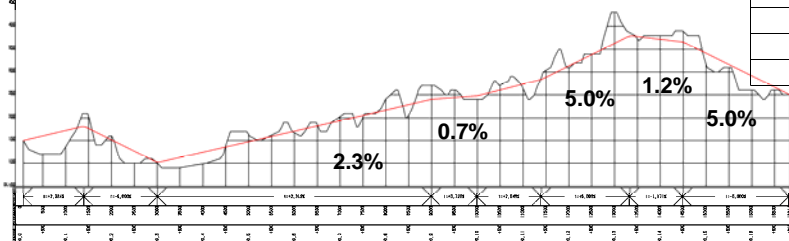


- The route planned by ITD is located at the mountainside. And many bridges are necessary.
- On the other hand, recommended route is almost flat even though about 1.3km tunnel is required on the way.



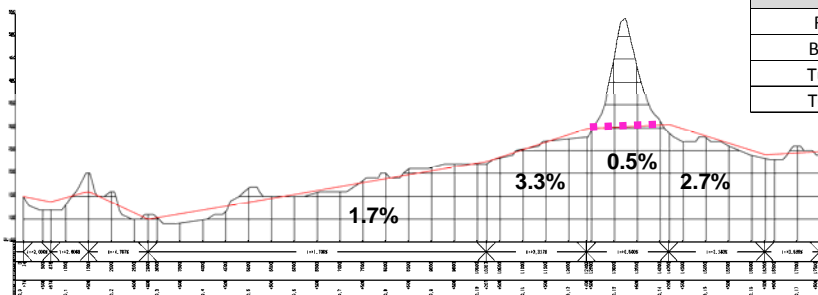
Vertical Views and Figures [B]

Alternative. 1 (ITD Plan)



B) Alt.1				
16.8 km				
	number	Length km	Unit Cost mil USD/km	Estimated million USD
Road	2-lane	15.2	3.1	47
Bridge	5	1.6	32.0	52
Tunnel	0	0.0	0.0	0
TOTAL				99

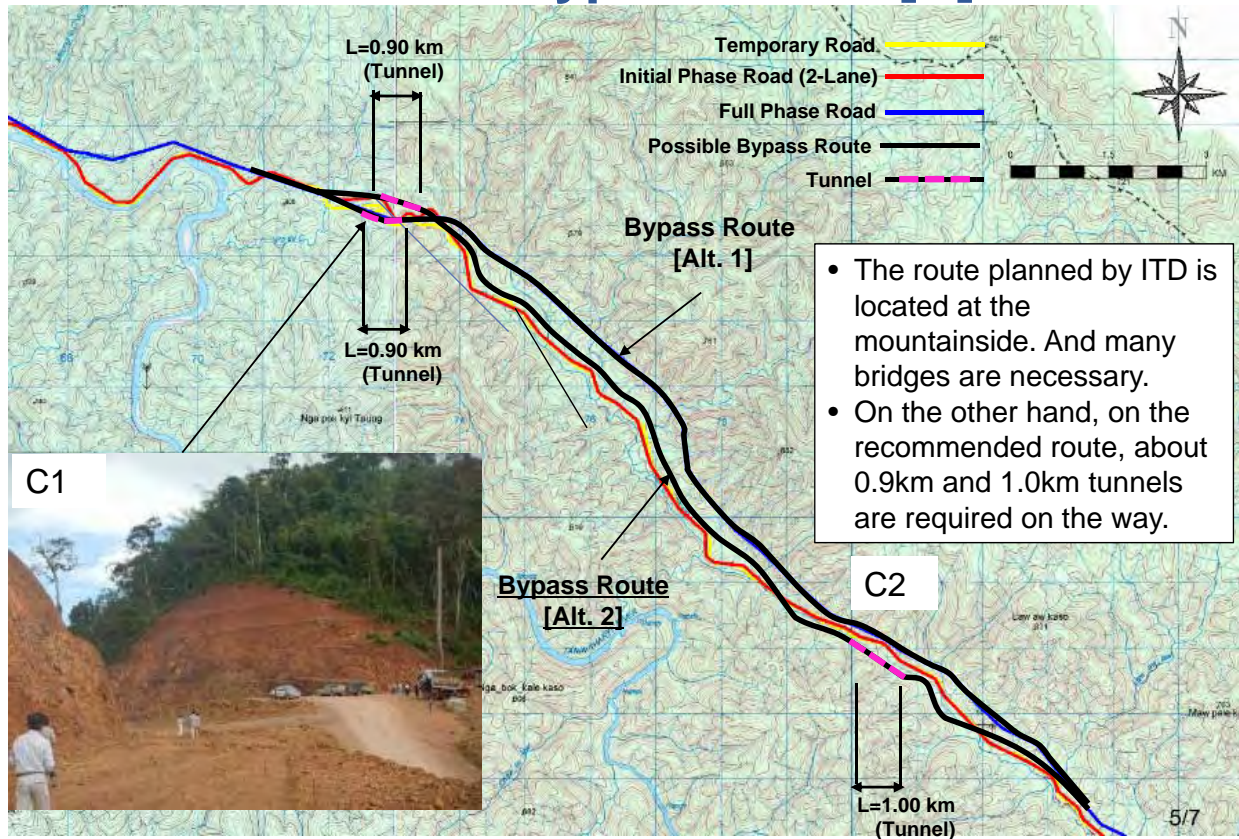
Alternative. 2 (Recommendable)



B) Alt.2				
17.5 km				
	number	Length km	Unit Cost mil USD/km	Estimated million USD
Road	2-lane	15.9	2.4	38
Bridge	1	0.4	37.8	13
Tunnel	1	1.3	25.0	33
TOTAL				83

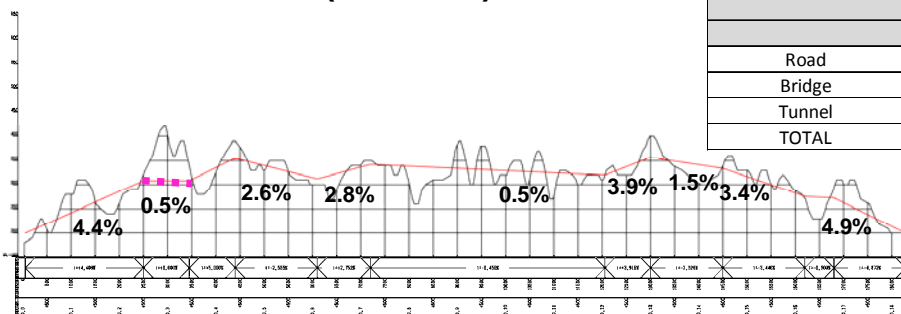


Detail of Bypass Route [C]



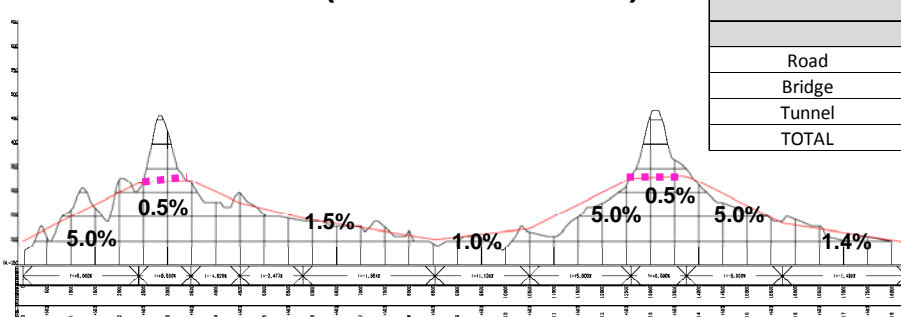
Vertical Views and Figures[C]

Alternative. 1 (ITD Plan)



C, D) Alt.1				
18.3 km				
	number	Length km	Unit Cost mil USD/km	Estimated million USD
Road	2-lane	13.9	3.1	43
Bridge	11	3.5	28.9	100
Tunnel	1	0.9	20.8	19
TOTAL				163

Alternative. 2 (Recommendable)

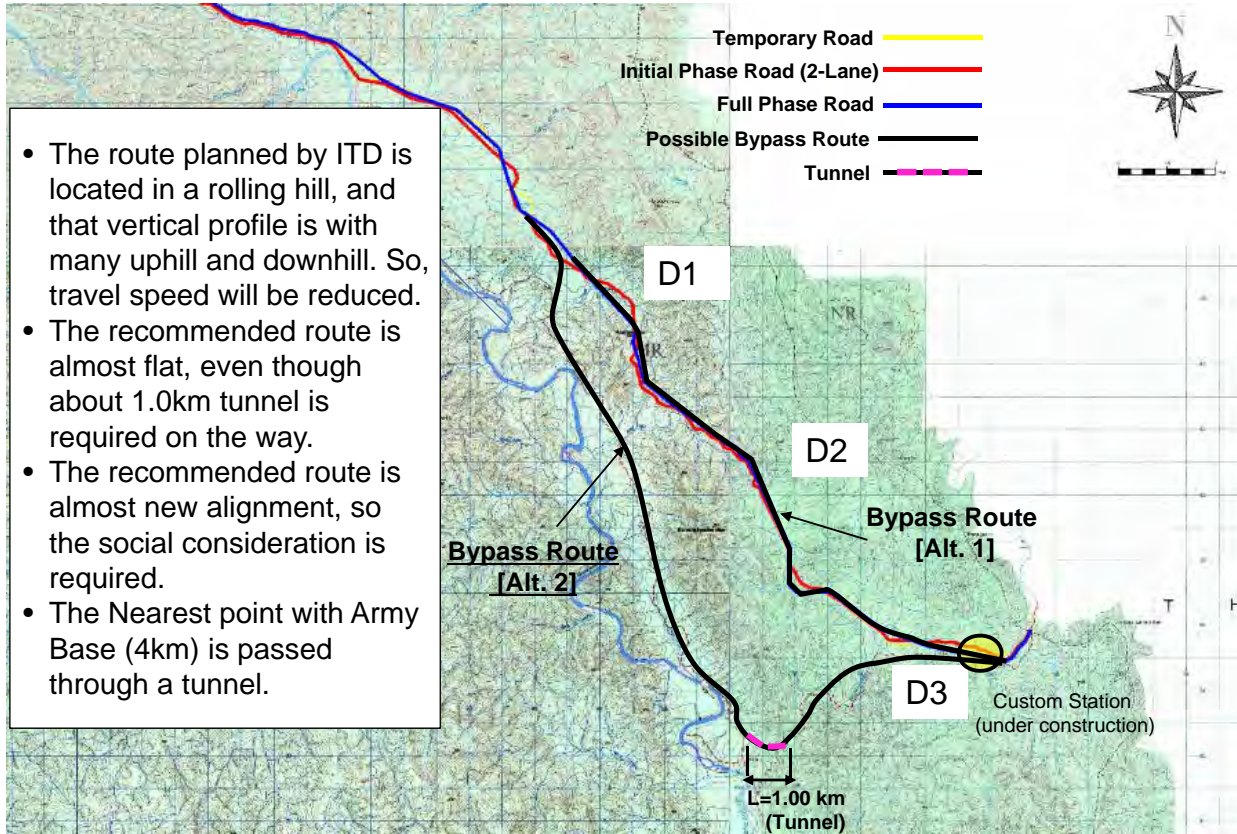


C, D) Alt.2				
18.3 km				
	number	Length km	Unit Cost mil USD/km	Estimated million USD
Road	2-lane	14.7	2.5	36
Bridge	6	1.8	27.1	49
Tunnel	2	1.9	20.8	38
TOTAL				123



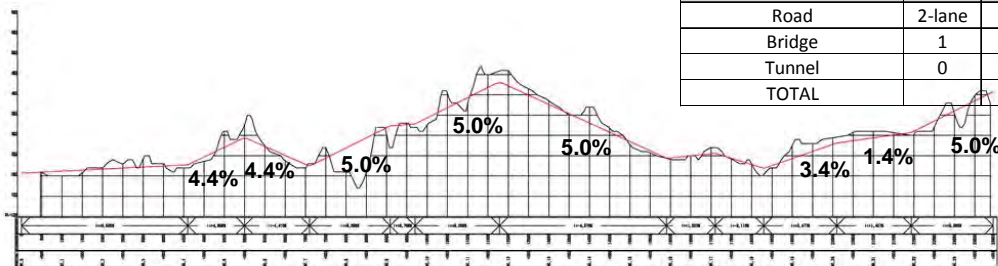
Detail of Bypass Route [D]

- The route planned by ITD is located in a rolling hill, and that vertical profile is with many uphill and downhill. So, travel speed will be reduced.
- The recommended route is almost flat, even though about 1.0km tunnel is required on the way.
- The recommended route is almost new alignment, so the social consideration is required.
- The Nearest point with Army Base (4km) is passed through a tunnel.



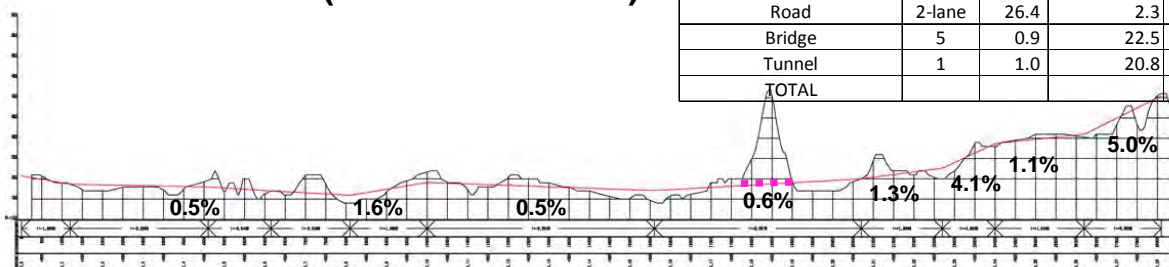
Vertical Views and Figures [D]

Alternative. 1 (ITD Plan)



E, F, G) Alt.1				
		24.0 km		
	number	Length km	Unit Cost mil USD/km	Estimated million USD
Road	2-lane	22.6	3.1	70
Bridge	1	1.4	34.4	50
Tunnel	0	0.0	0.0	0
TOTAL				119

Alternative. 2 (Recommendable)



E, F, G) Alt.2				
		28.3 km		
	number	Length km	Unit Cost mil USD/km	Estimated million USD
Road	2-lane	26.4	2.3	60
Bridge	5	0.9	22.5	19
Tunnel	1	1.0	20.8	21
TOTAL				101



Comparison of Possible Bypass Route

Bottlenecks	A		B		C		D	
	Alt. 1	Alt. 2	Alt. 1	Alt. 2	Alt. 1	Alt. 2	Alt. 1	Alt. 2
Length (Km)	9.4	9.5	16.8	17.5	18.3	18.3	24.0	28.3
Construction Period (year) *2	2.2 (b)	3.1 (b)	1.6 (a)	1.7 (b)	1.7 (a)	2.3 (b)	3.8 (a)	2.0
Maximum Grade (%)	2.2	4.5	5.0	3.3	3.9	5.0	5.0	1.6
Time Reduction (hrs) *1	1.0	0.9	0.4	0.5	0.6	0.5	0.6	0.7
Rough Cost Estimation (million USD)	75	91	99	83	163	123	119	101
Cost Difference (ratio)	1.0	1.2	1.2	1.0	1.3	1.0	1.2	1.0
Remarks	Alt. 1 is economical route and gentle gradient as well		Alt. 2 is economical route and gentle gradient as well		Alt. 2 is economical route, but Alt. 1 is gentle gradient		Alt. 2 is economical route and gentle gradient as well	

*1 : Time reduction is to be compared with Initial Phase Road

*2 : (a) due to Long Bridge, (b) due to Tunnel



Shortening in Travel Time



Major Bottlenecks		-	A	B	-	C	-	D	Total
Detour Road		no needed	Alt. 1	Alt. 2	no needed	Alt. 2	no needed	Alt. 2	
Section Length (km)	ITD 4 lane Road	5.5	11.0	16.8	40.0	18.3	12.0	24.0	127.6
	Initial Phase	5.9	12.3	18.2	42.9	19.8	13.0	26.0	138.0
	Detour (Economical Case)	5.5	9.4	17.5	40.0	18.3	12.0	28.3	131.0
Travel Time (hours) Trailers	ITD 4 lane Road	0.1	0.3	0.5	0.8	0.4	0.2	0.7	3.0
	Initial Phase	0.2	1.2	0.9	1.4	1.0	0.4	1.3	6.5
	Detour (Economical Case)	0.1	0.2	0.4	0.8	0.5	0.2	0.6	2.8
Travel Time (hours) small Vehicles	ITD 4 lane Road	0.1	0.2	0.2	0.6	0.3	0.2	0.3	1.8
	Initial Phase	0.1	0.3	0.4	0.9	0.4	0.3	0.5	2.8
	Detour (Economical Case)	0.1	0.1	0.3	0.6	0.3	0.2	0.4	1.9

■ Length of Bypass (bypass) Section: 73.5 km out of total 131.0 km

■ Change of Passing Speed by Bypass Route: Small Car 2.8h ⇒ 1.9h, Trailer 6.5h ⇒ 2.8h

(2) Towards 4 Lane Road Development

The initial-phase road includes lot of sections with a vertical grade of more than 8%.



Difficulties for Heavy Trucks smooth travelling through Initial Phase Road, affecting on efficient traffic flow especially when traffic becomes dense.

(Traffic Volume:8,000, Heavy Traffic Ratio:20%, 2025 for ITD demand × 80%)

⇒ Needs Bypass Routes shown in the previous pages.



As the SEZ development progress, traffic volume will further increase.

(Traffic Volume:11,200, 2030 for : ITD demand × 80%, Far Future for R&B)

⇒ Needs 4 lane road, railway and/or others.

How to develop towards 4 lane road ?

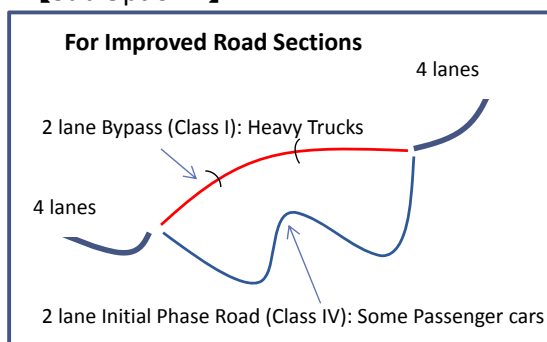
Scenario	
Initial Phase Road ⇒ Bypass Route ⇒ 4 lane Road	Option 1
Taking Bypass Route from the beginning ⇒ 4 lane Road (Difficult Sections will not be constructed)	Option 2
4 lane Road with Bypass Route from the beginning	Option 3



■ Sub Options for Option 1 for cost reduction

For Option 1, when 4 lane is necessary, some sections will be remained as 2 lane, but enabling the road to function as 4 lane as a whole by utilizing roads which will have been already developed.

【Sub Option 1】



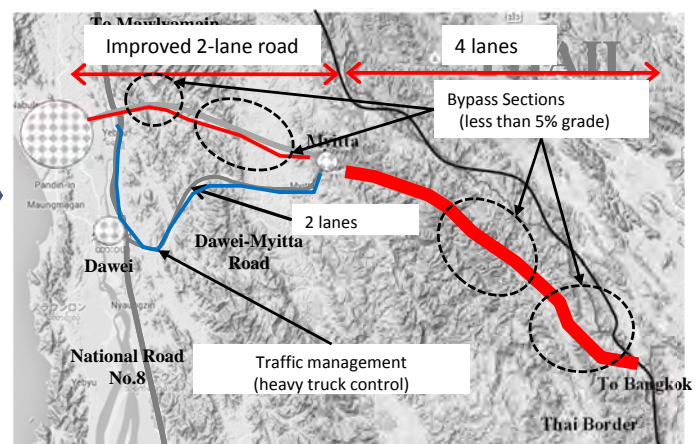
Later or No widening of Bypass Sections (red)

(Passenger Cars can use initial phase road (class IV))

【Sub Option 2】

Later widening of Dawei – Myitta section

(Passenger Cars use MOC road (blue), Trucks use the new road (red).)



It is also fact that functions of the above sub-options as a 4 lane road will be weaker than the Option 1 itself. This is for consideration in case that cost reduction is required while expansion to 4 lane is necessary.



(3) Construction Cost by Option

Phase	Initial Phase	Full Phase		Total Cost
Option 1	US\$ 215 mill.	US\$ 382 mill. (Bypass)	US\$ 851 mill. (4 lane)	US\$ 1,448 mill. (NPV 909 mill.)(*)
Sub Option 1			US\$ 391 mill.	US\$ 990 mill. (**)
Sub Option 2			US\$ 527 mill.	US\$ 1,126 mill. (**)
Option 2	US\$ 623 mill. (Bypass Route from the beginning)		US\$748 mill. (4 lane)	US\$ 1,371 mill. (NPV 967mill.)(*)
Option 3	US\$ 1,131 mill. (4 lane from the beginning)			US\$ 1,131 mill. (NPV 1,031 mill.)(*)

(*) NPVs are calculated based on the 5 % of discount rate.

(**) Not including cost for additional widening (4 lane for full sections) probably to be required for the future.

Missing cost: Sub Option 1 Widening for Bypass Sections (US\$ 460 mill.)

Sub Option 2 Widening for the section from Myitta to DSEZ (US\$ 324 mill.)

Lowest NPV Cost for Option 1, while Highest in Nominal Basis.
For Smooth Traffic Flow, Option 2 and Option 3 are better. However, Investment Efficiency and Realities need to be considered as well (shown later).

- Possibility of Railway Development instead of expansion to 4 lane road (shown later).
- Other Issues to be considered
Road Traffic Management, Social and Environmental Issues, benefit to communities ..., (shown next)



■ Road Construction Cost including Several Expenses

		Initial Phase Road	Full Phase Road		Total
		2-lane (Class IV)	2-lane Bypass (Class I)	4-lane widening and upgrading to Class I	
Option 1	Construction Cost	215	382	851	1,448
	Consulting Fee(*)	11	38	85	145
	Compensation	2	1	2	5
	Contingency(*)	23	84	187	318
	Total	251	505	1,125	1,916
Option 2		2-lane with bypass (Class I)		4-lane widening	
	Construction Cost	623		748	1,371
	Consulting Fee	62		75	137
	Compensation	2		2	4
	Contingency	137		165	302
Total	824		990	1,814	
Option 3		4-lane (Class I)			
	Construction Cost	1131			1,131
	Consulting Fee	113			113
	Compensation	4			4
	Contingency	249			249
Total	1,497			1,497	

Financial/Cash Flow Analysis will be conducted based on the above cost.

(Consulting Fee: 10%, Contingency: 20%, for (*) Consulting Fee 5%, Contingency 10%)

The above cost does not include price escalation.

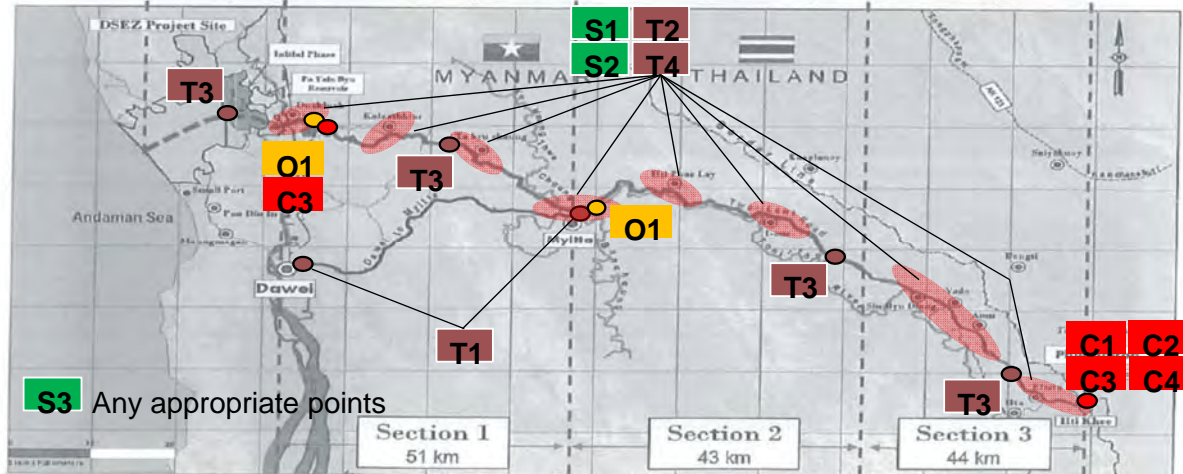


1-4. Traffic Management Plan

Comprehensive Plan to Secure Road Safety and Smooth Traffic Flow

- **Safety Issues**
 - S-1: Pedestrian in Community Area
 - S-2: Guardrail for Mountainous and Community Area
 - S-3: Traffic Signs, any Safety Roadside Facilities (e.g. Curve Mirror) for Critical Points
- **Traffic Control Issues**
 - T-1: Heavy Traffic Control on MOC Road (Impassable or time regulation)
 - T-2: Speed Limit in Community Area
 - T-3: Vehicle Speed Indicator / Monitoring and Penalties
 - T-4: Area Pass License for Community
- **Over-Load Management Issues**
 - O-1: Check Points and Strict Penalties
- **Cross Border Issues (Gov. to Gov. / AEC matter)**
 - C-1: One Stop Border Post
 - C-2: Non "Back-to-Back" System
 - C-3: Security Check System for Cargo
 - C-4: Smart CIQ

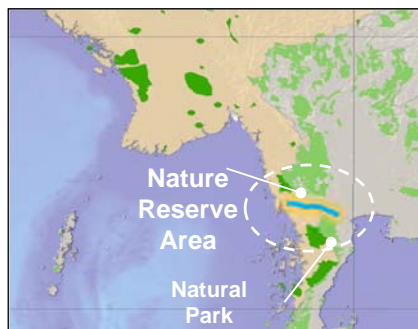
Location Sample (Initial Phase) for each Traffic Management Components



1-5. Social & Environmental Considerations

(1) Nature and Social Conditions along the Road

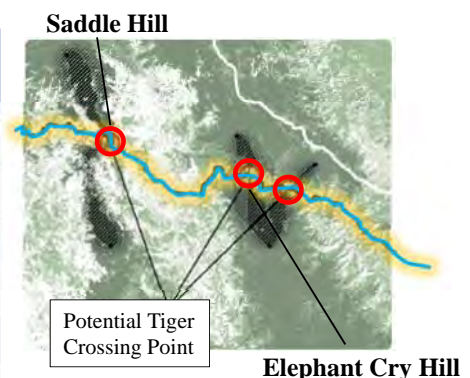
Environmental Conservation Area



Source: Conservation Platform, UNEP & WCMC Myanmar Biodiversity Conservation Investment Vision, Wildlife Conservation Society, 2013

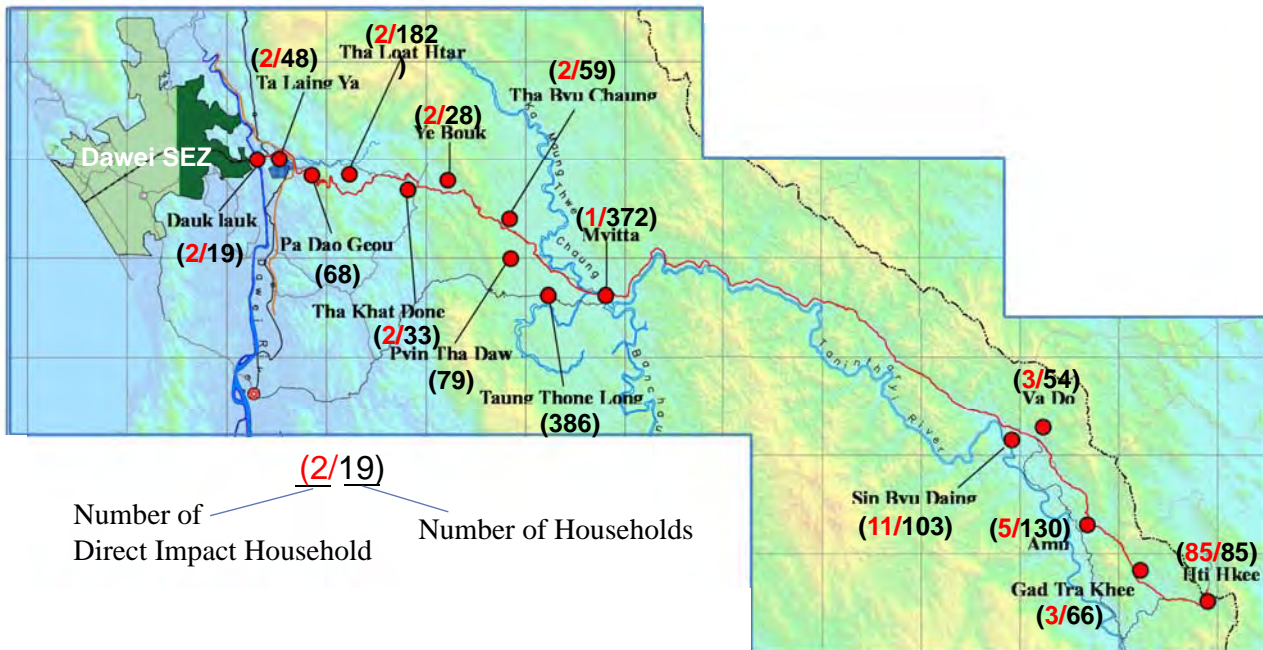
Biodiversity in Myanmar (Number of Species)

Category	Critical Endangerment IA (CR)	Endangered Species IB (EN)	Endangered Species II (VU)	Total
Mammals	4	10	26	40
Birds	5	7	37	49
Reptiles	6	13	6	25
Invertebrates	0	0	1	1
Plants	13	12	13	38
Total	28	42	83	153





- 35 households inside road ROW without Hti Hkee area
- 348 households within 500m belt of initial road C/L



Road will pass through sensitive areas both views of social and natural environment. The Government need to take appropriate counter measurements. Details are shown in reference.



1-6. Measurements for Benefiting to the Communities living along Access Road

- **Local Roads Improvement**
To support local communities livelihood to separate/demarcate the function against access road
- **Job Creation**
To make job opportunities for community people to improve livelihood conditions utilizing “Toll Plaza”, “Vista Point Facilities”, “Market along the Access Road”, etc.
- **Public Transportation Service**
To maintain and support accessibility and mobility through improvement railway and bus service in collaboration with access road
- **Other Social Services**
To support social services enhancement such as medical, school, market, etc., through linkage & synergy effects with access road

2. Technical Analysis II: Railway Development

2-1. Basic Policy and Features of Route Alignment

2-2. Alignment Plan (All Sections/Dawei~Thailand)

2-3. Cost Estimation

2-4. Operations of Freight Train



2-1. Basic Policy and Features of Route Alignment

Horizontal Alignment

- Not to depart greatly from the alignment of an existing road and the new planned road.
- To make a bypass from an area where it might be steep gradient and soft subsoil.
- To cross the river orthogonally as much as possible.

Vertical Alignment

- Preferable flat alignment as much as possible.
- To avoid tunnels or bridges to make the construction cost lower.

Design Specification

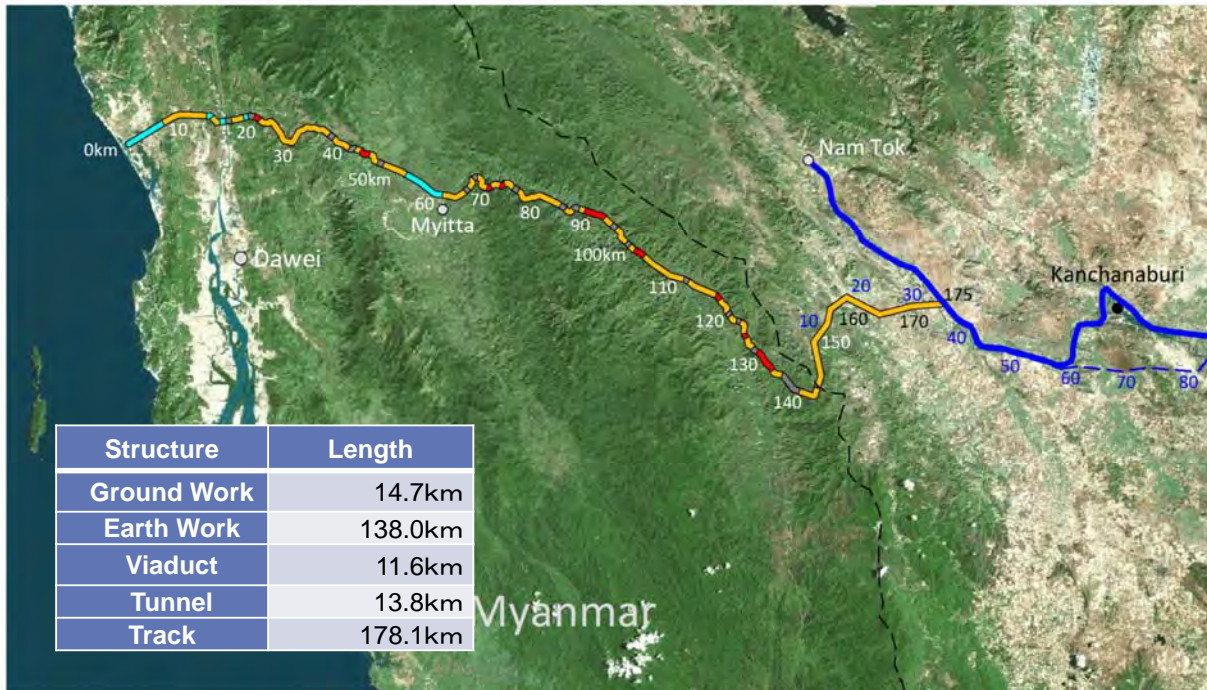
Items		Specification
Power System		Diesel Engine
Gauge		1,000mm (Meter Gauge)
Minimum radius of curvature	Design maximum speed: 110km/h and below	400 m
	Design maximum speed: 90km/h and below	250 m
	Design maximum speed: 70km/h and below	160 m
Transition curve	Main line	Cubical parabola
Maximum slope gradient	Towage section by locomotive	25/1,000
	Termination section of train	5/1,000
Radius of vertical curve	Radius of curvature: over 600m	R=2,000m
	Radius of curvature: 600m and below	R=3,000m

■ Maximum Speed: 110km/h (70km for most difficult points)

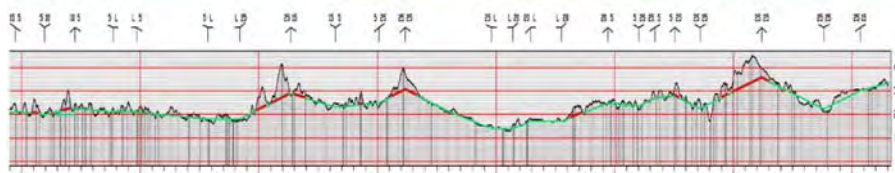
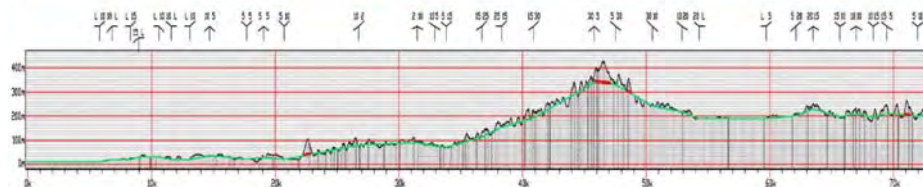
■ Travelling Time from Dawei SEZ to Connection Point: 2.5 hours



2-2. Alignment Plan (All Sections/Dawei~Thailand)



Alignment Plan (Dawei to Myitta)



Myitta to Thai Border



2-3. Cost Estimation

Structure	Length	Cost for Single Track		Cost for Double Track	
		Cost (million US\$)	%	Cost (million US\$)	%
Ground Work	14.7km	12.35	1.7	20.58	1.7
Earth Work	138.0km	347.76	49.2	455.40	38.5
Viaduct	11.6km	68.44	9.7	114.84	9.7
Tunnel	13.8km	126.96	18.0	300.84	25.4
Track	178.1km	142.48	20.2	284.96	24.0
Station	2 Sta	8.60	1.2	8.60	0.7
Total	178.1km	706.59 (M:590.39, T:116.20)	100.0	1,185.22 (M:1,007.72, T:177.50)	100.0

Items	Cost	Remarks
(1) Construction Cost	1,185.22	In case of double track
(2) Rolling Stock	59.26	(1) * 5%
(3) Consulting Fee	118.52	(1) * 10%
(4) Land Compensation	2.00	Only in Myanmar
(5) Contingency	260.75	((1) + (3)) * 20%
(6) Total	1,625.75	

2-4. Operations of Freight Train

■ Volume of Transportation

- Theoretically, 240 trains can be operated for both ways with double track (every 12 minutes for 24h) if assuming enough related facilities and staff including freight cars, freight handling yards, safety facilities (signals...), etc..
cf. 10 trains/day for single track (only one interchange point (Myitta))
- Each train can transport equivalent to 30 trailers with 20 freight cars, suggesting that they can transport equivalent to 7,200 trailers/day, assuming railway is fully used exclusively for freight.
- Actual transport volume will be determined by demand. (it is appropriate that at most 20% of total freight will be transported by freight trains according to the actual transport share of train.)
⇒ 19 round trip/d in 2030 (traffic demand of road: 11,200 = ITD × 80%) (railway first case),
30 round trip/d in 2040 (traffic demand of road: 15,200 4 lane road first case)

■ Propose Double Track Railway

- Traffic volume exceeding capacity of 4 lane road is forecasted in 2040, or that of 2 lane road in 2030 if planning railway prior to expansion to 4 lane road. Although it is not sure the demand will follow the forecast, we can expect that demand will be forecasted to increase higher at the timing when railway is seriously considered, facing with increasing demand. (As shown in the above, transported volume will exceed capacity of single track.)
- Financial Analysis will be conducted based on Double Track.

3. Financial Analysis

- 3-1. Analysis for 3 options for road development
- 3-2. Analysis whether 4 lane road first or railway first
- 3-3. Analysis on possibility for separated SPC
(Initial Phase SPC and Bypass Sections SPC)

Analysis Method

a. Sequence of Analysis

- (i) Select best options among 3 options for road development
⇒ Supposing this decision need to be made very soon.
- (ii) Conduct Analysis of timing of railway based on the above selected options
⇒ Supposing the decision can be made by seeing real demand after development of 2 lane road.
(If Option 3, four lane road from the beginning, is taken, this decision is not necessary.)

b. Method: Return from Project (FIRR) and Evaluation as an investor (Equity IRR)
For analyzing budget burden for the government, conduct preliminary Equity IRR (EIRR) analysis which shows feasibility of BOT or PPP scheme. (detail analysis needs to be conducted by potential investors since preference of burden/risk sharing varied among them.)

Conduct analysis on feasibility for separated SPC (3-3.)



3-1. Analysis for 3 options for road development

(1) Assumption:

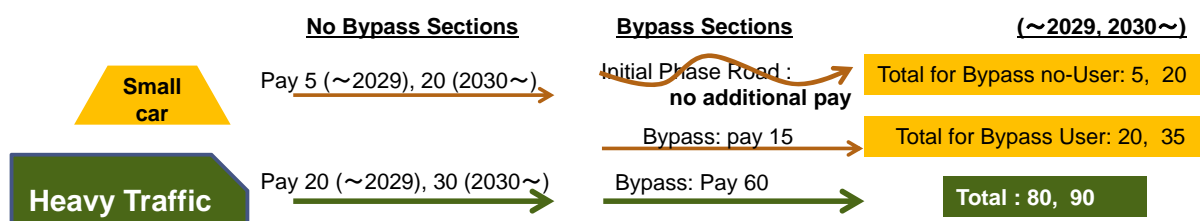
- Timing of Bypass Section, 4 Lane Road: 2025, 2030 each (following "ITD × 80%")
- Tariff: (Unit: USD, P: Small Car (all cars excluding heavy truck and trailer, T: Heavy Truck)

Option 1	Initial (2018)	Bypass Route (2025)	4 lane (2030)
Tariff each section	S: 5, H: 20	S: 15, H: 60	S: 20, H: 30
Total No Use of Bypass	S: 5, H: 20	S: 5, H: -	S: 20, H: -
Total: Use Bypass	S: -, H: -	S: 20(5+15), H: 80(20+60)	S: 35(20+15), H: 90 (30+60)

- All Traffic pass and pay for Non Bypass Routes (initial phase and 4lane)
- Heavy Traffic be obliged to use Bypass, Small Cars can select either (**assuming 20% use it**).
- Only Traffic passing Bypass pay for additional tariff for the section.

← Considering fairness between users of Bypass and Initial Phase Road and Recovery of higher Cost of Bypass

This Tariff Scheme is just an Idea!!



Option 2 & 3	2018	2025	2030
Tariff	S: 5, H: 20	S:20, H:80	S:35, H:90

(1) Assumption (Continued):

- Borrowing Terms and Conditions (1%, 30 years (inc. 10 year grade), only for Equity IRR)
- Equity Ratio: 30% (excluding Initial Phase, small % based on actual practice.)

(2) Result:

	FIRR	Equity IRR	Remarks (Possibility of less Government Burden)
Option 1	8.21%	19.67%	With ambitious tariff and low borrowing cost, there is possibility for BOT to be realized. (Other risk sharing mechanism may be required.)
Option 2	6.95%	11.45%	Less than level of BOT, additional measures are required (tariff up, Budget Support, etc.)
Option 3	4.49%	7.16%	Huge Cash Short (USD 208 mil.) and Unfeasible as a Private Project

Option 1 > Option 2 > Option 3:

-When Private participates, they usually require around 20% Equity IRR or more (depending on companies).

Measurements for Option 2 to be same EIRR level (19%) of Option1



Tariff Up

Tariff needs "× 1.6" of the above level

Subsidy

40% of Total Construction Cost

Other Issues to be Considered:

- If Option 2 or 3 taken, the current concession needs to be largely changed. Especially, even with low borrowing cost, Option 3 is far away from feasible level of BOT scheme.

⇒Reformation of the concession will take a some period.

- Initial Phase Road is efficient until 2025? (See Next Page)

Our evaluations: Option 1 is most realistic and technically Viable.

(despite, Option 2 is remained for the following Analysis.)

Traffic Situation of Initial Phase Road (Y2025)

1. Road and Traffic Conditions

Item	Study Case
Number of Lanes	2
Daily Traffic Volume	8,000 (Y2025)
Heavy Truck Ratio	20%
Design Speed	55 – 70km/h (Rolling)
	40 - 55km/h (Mountainous)

2. Density and Average Spacing (per direction)

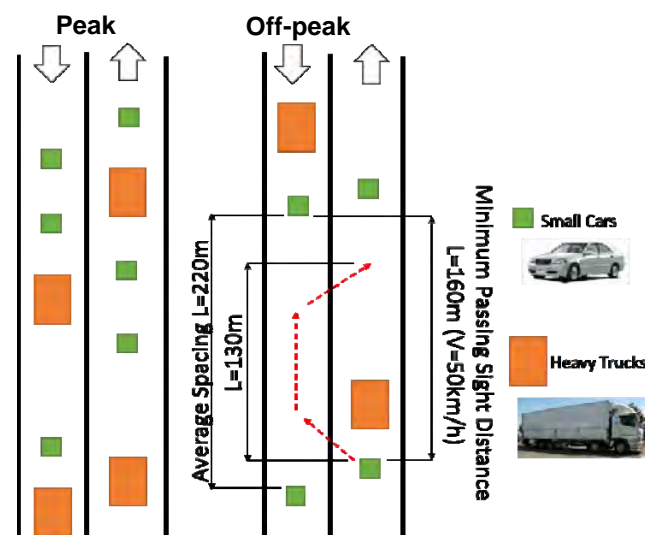
Item	Peak Hours (*)	Off-peak Hours
Density (vehicle/km)	9.1	4.5
Average Spacing (m) (**)	110	220

(*) Peak hour ratio and off-peak hour ration are assumed to be 10% and 5%, respectively

(**) Average spacing is calculated based on V=50km/h for small cars

3. Traffic Situation

- Driving at peak time in 2025 could become difficult situation to pass a vehicle traveling ahead
- Driving at off-peak time in 2025 is possible to pass because average spacing (220m) is longer than minimum passing sight distance (160m, Myanmar Standard or AASHTO)





■ Sensitivity Analysis

IRR	Interest Rate Equity IRR (1%→5%)	Tariff (No change for the future) FIRR (Small: US5, Heavy: USD20)	
Option 1	10.51%	-3.87%	
Option 2	6.90%	-3.72%	

Borrowing from private may require more support from the Government.

A finance scheme similar to the initial phase road is preferable.

(again, other burden sharing mechanism may be required from potential investors.)



3-2. Analysis whether 4 lane road first or railway first

(1) Analysis on Railway

a. Assumption

- Timing: When additional measurements required,

Case 1: Widening Road to 4 lane ⇒ Railway when demand increase further (2040)

Case 2: Railway (2030) ⇒ Widening Road to 4 lane

Case 3: Widening Road to 4 lane and Railway at same time (2030)

		2016	2020	2025	2030	2035	2040
Case 1	2-lane (Class IV)	■					
	2-lane Detour (Class I)		■				
	Railway			■			
	4-lane Widening and upgrading to Class I					■	
Case 2	2-lane (Class IV)	■					
	2-lane Detour (Class I)		■				
	4-lane Widening and upgrading to Class I			■			
	Railway					■	

■ Other Prerequisite

- Operation cost is 85% of annual revenue
- Major refurbishment will take place every 15 years at 10% cost of the initial investment.
- 20% of the total traffic will shift to Railway
- Analysis based on Double Track

(If about 20% of the total traffic shifts to the railway, double-track is necessary from the beginning)



a. Assumption (Continued) ■ Revenue

Items	Year	Volume	Tariff	Revenue (x1,000 US\$/year)	Remarks
Cargo	2030	1,360	77.6 US\$/TEU	38,521	
	2040	2,720		77,041	
	2050	3,680		104,232	
Passenger	2030	4,680	6.53 US\$/pers.	11,155	
	2040	5,040		12,013	
	2050	5,520		13,157	
Total	2030			49,109	
	2040			89,621	6.2% growth rate
	2050			117,389	2.7% growth rate

(Comparison in
Tariff)

	Passenger	Cargo	Fare gap
Japan	0.15 \$/km	0.102 \$/ton·km*1	1.0
Thailand	0.024 - 0.030 \$/km (1st)*2	NA	5.0 - 6.3
	0.012 - 0.015 \$/km (2nd)*2		10.0 - 12.5
Myanmar	0.0076 \$/km (Ordinary)	NA	19.7
	0.0189 \$/km (Upper)		7.9

*1: Calculation based on container type basis, it is subject to additional terminal fee 34 \$

*2: It is subject to Express fee \$2.4 - \$5.4 and Air conditioner service fee \$1.5 - \$5.4 in case of use

Estimation for SEC Rail Corridor (L=178.1km)

	Passenger	Cargo (20ft Container)	Applied gap rate*4
Japan		299.4 \$	1.0
Thailand Basis	8.2 - 9.2 \$ (1st)*3	149.7 \$	2.0
	6.0 - 6.6 \$ (2nd)*3	74.85 \$	4.0
Myanmar Basis	1.4 \$ (Ordinary)	8.9 \$	20.0
	3.4 \$ (Upper)	22.0 \$	8.0

*3: Express and Air conditioner service fee are included

*4: Parameter for calculation of cargo fee based on Japan case



Railway (Continued)

Result of FIRR	Case	FIRR
	Case 1 (Railway First), Case 3 (Same Time)	-4.61%
	Case 2 (4 Lane First)	-3.32%

Sensitivity Analysis (Case2)	Case	FIRR
	(1) Base case	-3.32%
	(2) Demand Share of Railway (20% ⇒ 50%)	0.94%
	(3) Government aid 50%	-0.98%
	(4) (2)+(3)	4.22%
	(5) Scheme of separating infrastructure and operation	4.31%

- *: In case of "scheme of separating infrastructure and operation, the Government will become the railway operator owning the facilities while some SPV will be the railway operator operating the line. The SPV will prepare the rolling stock, about 15% in the total cost.

Our Evaluation:

- FIRR of the Railway is low, probably because Railway has a big capacity, while difficult to increase its use up to the level of creating enough return in short time.
⇒ Needs to be implemented as a government project or PPP with relatively small private burden.
- Railway has a plenty of merit, including punctuality reaching destination and less burden to environment. Technically, it has a big capacity enabling South Corridor to meet future demand for the long future.
- It is admirable to judge the introduction of railway taking those above merits into consideration.



3-2. Analysis whether 4 lane road first or railway first (2) Combine Road and Railway

■ Result

	Case 1 (4 lane First)(**)		Case 2 (Railway First)(**)		Case 3 (same timing)(**)	
	FIRR(Total)	FIRR (Road)	FIRR (Total)	FIRR (Road)	FIRR (Total)	FIRR (Road)
Option 1 (*)	4.85%	7.32%	4.58%	8.51%	3.09%	6.58%
Option 2 (*)	4.31%	6.23%	4.39%	6.97%	2.88%	5.63%

(*) Option 1: Initial Phase ⇒ Bypass ⇒ 4 lane, Option 2: Bypass from the beginning ⇒ 4 lane

(**) Case 1: 4 lane in 2030 and Rail in 2040, Case 2: Rail in 2030 and 4 lane in 2040, Case 3: both in 2030

Our Evaluation:

- No big differences in both cases of 4 lane first and Railway first.
- When expansion of South Corridor becomes necessary, decision can be made based on the actual situations then, including strategic priority of railway, needs from private, etc.

At this moment, we would like the issues to be open for the future.

- Lastly, even when railway development comes later, it is more preferable that transfer service operations will be provided at Kanchanaburi areas, uploading or downloading from railway to road traffic or vice versa for more efficiently connecting from Dawei to Lemchabang or other Mekong Areas.



3-3. Analysis on possibility for separated SPC (Initial Phase SPC and Bypass Sections SPC)

■ Assumption:

Another Concession will be issued for the Bypass Sections. (Possible only for SPC 1)

	Responsibility
Current Concession	(i) Initial Phase Road (ii) Widening (4 lane) / Improvement of the sections constructed as the initial Phase Road
Future Another Concession	(i) Bypass Route (ii) Widening (4 lane) of Bypass Route

■ Result:

	FIRR	Equity IRR
Current CA	7.42%	20.08%
Future Another SPC	8.79%	18.73%

Our Evaluation:

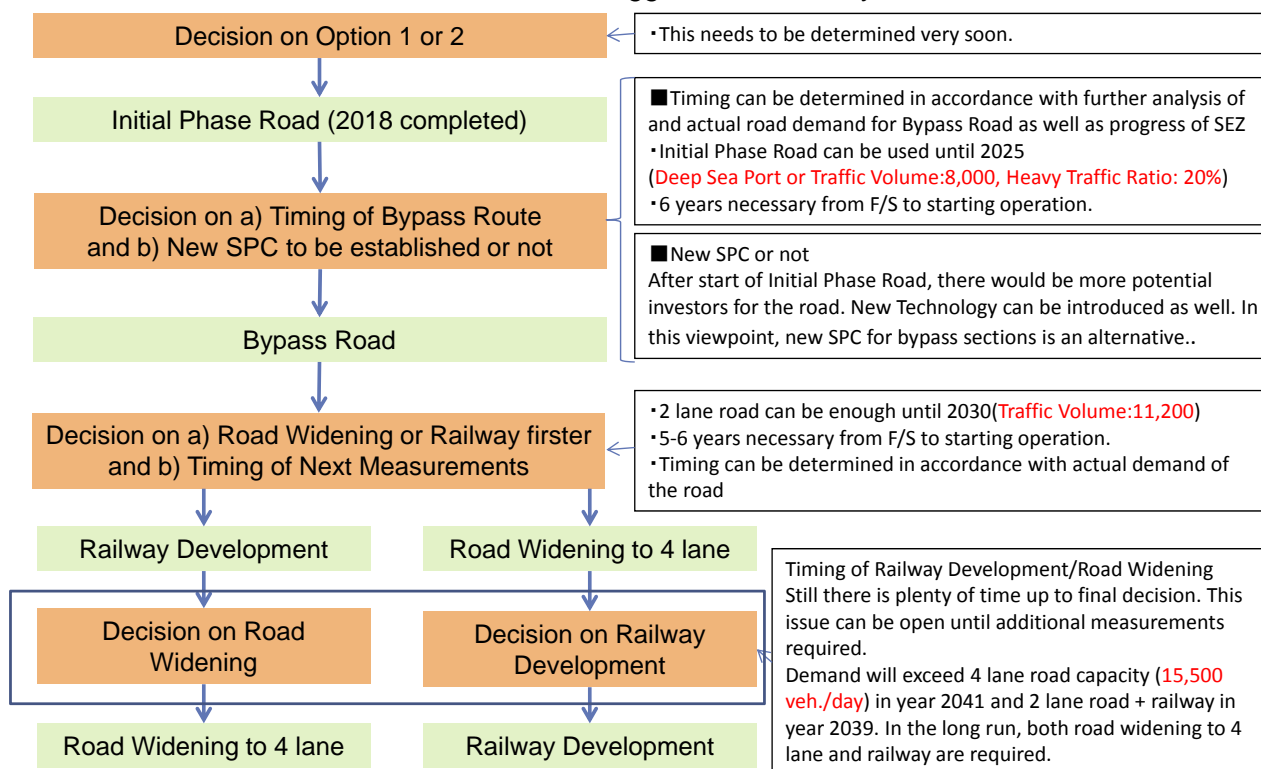
- When new potential investors show their interest for the road project, this option can be considered. There is possibility that more creativity, more appropriate / smart technology and services can be introduced.
- This does not be determined very soon and the decision is for the starting Bypass Road.



4. Development Scenario for Southern Economic Corridor (Suggestions and Issues to be Considered)

■ Development Scenario

Our opinion is development will be determined by triggers rather than year



Action Plan

■ Road Map of Southern Economic Corridor Project (based on ITD × 80%)

	Feasibility study	Engineering Service	Construction
2016	• Pre F/S for SEC		
2017	F/S and EIA for SEC (Bypass Road) starts		2-lane Initial Phase Road (Class IV)
2018			
2019			
2020		• E/S for 2-lane bypass road	
2021-2024	F/S and EIA for Railway or 4 lane road		2-lane bypass road (Class I)
2025-2029		• E/S for Railway or 4 lane road	Railway or 4 lane road
2030-2034	F/S and EIA for 4-lane road or Railway		
2035-2039		• E/S for 4-lane road or Railway	4-lane road or Railway (2039~)

Suggestions and Issues to be Considered

1) Development Scenario

- Option 1 is most realistic and feasible. For Bypass Route Development and beyond it, timing can be determined in accordance with further analysis of transportation demand (or/and actual demand after Initial Phase Road Operations start) and actual progress of SEZ development and Deep Sea Port. The important is triggers rather than timing referred in the survey.

Development	Trigger
①Bypass	Deep Sea Port Starting Operations or Traffic Volume:8,000, Heavy Traffic Ratio: 20%
②4 lane Road/Railway	Traffic Volume: 11,200 veh./day
③Railway (when 4 lane taken above②) 4 lane road (when railway taken above②)	Traffic Volume: 15,500 veh./day (road) Traffic Volume :11,200 veh./day (road)

- For Bypass Road, F/S and EIA will start from 2017~2019 taking into account time required for preparation.
- There is possibility for another entity to participate in Bypass Route Development. It is suggested that such possibility will be explored.

2) Project Implementation Scheme for Bypass and further measurements

- Even though return is seen at the level for the project to be implemented under BOT or PPP scheme, additional burden sharing may be required from potential investors. Risks will be increase by inflation in the future. For BOT or PPP scheme, careful consideration as well as close communication with potential investors will be required.
- Our suggestion is that the government will take more active role for transportation development of South Economic Corridor.

3) Natural and Social Aspects

- Part of the target road, in particular, the Myitta – Dawei section, runs through the area under control of the Karen, and establishment of the cooperative system with them. The area also include habitats for animals in danger. EIA and Resettlement plan with international standard needs to be prepared and appropriate action should be taken.

4) Road Traffic Management

5) Affirmative Measurements for people living along the road

- Local Roads Improvement, Job Creation (offering job opportunities for community people, “Toll Plaza”, “Vista Point Facilities”, “Market along the Access Road”, etc.), Public Transportation Service and other Social Services with linkage of the road

6) More Detail Technical Survey

- The road should contribute to people’s lives as well as industrial development. Proposed Bypass Route contains mountain tunnels. Several more detail surveys need to be conducted, including the geological, ground water and topographic surveys

References

1. Issues and Solution on Initial Phase Road for Heavy Trucks
2. Impact/Benefit for Myanmar
3. Social and Nature Environment Issues
4. Evaluation of Full Phase Access Road Construction
5. Scenario for Implementation of Dawei SEZ and Infrastructure



1-1. Issues and Solution for Initial Phase Road for Heavy Trucks

Difficult Section for Heavy Trailers to Climb

Conditions	<ul style="list-style-type: none"> • Target Vehicle Type: Trailers (full loaded) • Vehicle Performance: 7 PS/t • Design Speed: 50km/h (※1) • Allowable Minimum Speed: 25km/h (50% of design speed)
Criteria	<ul style="list-style-type: none"> • Section with driving speed 0 – 10km/h (quite below allowable minimum speed)
Results	<ul style="list-style-type: none"> • 10 Sections
Solution	<ul style="list-style-type: none"> • Improvement of Vertical Grade <ol style="list-style-type: none"> 1) Improvement with Minor Alignment Change 2) Improvement with Large Scaled Change, e.g. Tunnel
Remarks	<ul style="list-style-type: none"> • Difficulties of passable of heavy truck might affect incentive for DSEZ investment • Improvement section of vertical alignment is maximal use for Full Phase Road so that it could be reused in the future

※1 Design Speed for Initial Phase Road is assumed to be 50km/h



1-2. Issues and Solution for Initial Phase Road for Heavy Trucks

Difficult Section for Heavy Truck to Climb

Conditions	<ul style="list-style-type: none"> • Target Vehicle Type: Heavy Trucks (full loaded) (※1) • Vehicle Performance: 10 PS/t • Design Speed: 50km/h (※2) • Allowable Minimum Speed: 25km/h (50% of design speed)
Criteria	<ul style="list-style-type: none"> • Less than allowable minimum speed and section length is over 200m
Results	<ul style="list-style-type: none"> • 16 sections
Solution	<ul style="list-style-type: none"> • Installation of Climbing Lane
Remarks	<ul style="list-style-type: none"> • Timing of truck lane installation shall be taken into consideration of traffic condition, i.e. Traffic Volume and Heavy Traffic Ratio

Truck lane function

To secure road capacity, safety and smooth traffic flow at climbing section by separating trucks and other vehicles (Passenger cars, Small trucks, etc.)

※1 Trucks: Maximum loading capacity over 5t or Vehicle weight over 8t (Small Trucks: Maximum loading capacity is under 3t)

※2 Design Speed for Initial Phase Road is assumed to be 50km/h



2. Impact/Benefit for Myanmar

Benefit Category	Description	Miscellaneous/Relevant activities for further benefit
Benefits to Myanmar people	<ul style="list-style-type: none"> • Standard of living uplift for the locals • Infrastructure improvement and better public facilities • Tremendous job creation and employment 	<ul style="list-style-type: none"> • Set up rest space / facilities along the road • Market / shops along the road
Benefits to Myanmar businesses	<ul style="list-style-type: none"> • Great business prospects for local ventures from increased regional logistics connectivity • JV potential between local and foreign companies • Improvement of industrial development • Vast business opportunity from huge FDI inflow 	<ul style="list-style-type: none"> • Logistics-hub facilities • Facilities for long-haul drivers, e.g. accommodation, etc. • Logistics-own companies, e.g. custom agent, etc.
Benefits to Myanmar nation	<ul style="list-style-type: none"> • Economic growth • Expansion of economic activities from high-density Yangon • Improvement of income distribution / narrowing of the income gap • Generation of national government income stream through tax collection • Improvement of national credibility 	<ul style="list-style-type: none"> • Any preparation for accept of labor from other region including migrant workers



3. Social and Nature Environment Issues

(2) Potential issues on nature environment & social conditions

Category	Issue factors	Considerations
Environment Impacts	1) Air Quality	Potential negative impact by emission of exhaust gas, Potential positive impact by reduction of earth road dust
	2) Water Quality	Clean water maintain by prevention slope failure and erosion
	3) Ecological System	Impact on endangered species such as Tiger, Elephant, etc.
	4) Topography and Geology	For an location of large scaled cut slope and structure
Social Impacts	1) Involuntary Resettlement	Fair compensation for potential 30 – 40 households
	2) Ethnic Minority Group	Consideration for KNU communities
	3) Regional Economic on Employment and Livelihood	Physical compensation system for farmer and households which lives by own land properties, and technical compensation for livelihood development
	4) Land Use and Natural Resources	Protection and control for poaching to conservation area
	5) Beneficial Conflict in the Region	Beneficial compensation in practical area by KNU
	6) Landscape	Large scaled cut-slope and road structure in conservation forest area
	7) Accident	Traffic safety for communities people along the road
	8) Cross Border Impacts	Economic positive impact through cross border traffic volume

(3) Action to be taken by Myanmar Government

■ Organizing Legal Framework

1) Environmental Impact Analysis (EIA) procedure

Formal regulation on EIA approval system is still under process in Myanmar cabinet.

2) Fair evaluation on international criteria for EIA to be submitted

EIA report should be strictly checked to follow international assessment criteria and include both environmental and social impacts and recommendations for minimizing and mitigating ecological negative impacts.

3) Fair compensation & practical compensation system

Fair compensation including international requirements such as livelihood compensation should be considered and be reformed for practical compensation system.

4) Preparation for Strategic Environmental Assessment (SEA)

SEA should be developed to ensure that environmental and social considerations are taken into account at the outset of the entire Dawei project and Tanintharyi region. It should include not only road but general description of the plan for the Dawei project.



(3) Action to be taken by Myanmar Government (Continued)

■ Planning and Coordination

1) Preparation for General land use plan for the Tanintharyi region

Integrated land use plan covering Tanintharyi region wide should be developed to guide primary and secondary industrial development, to avoid negative impacts communities, wildlife and the natural environment.

2) Sensitive section avoidance

The road crossing should avoid habitat fragmentation in protected areas based on their national and international status. Road alignment even if short bypass should be considered on ecological corridors, migration, and distribution of important species.

3) Planning for Natural resource control

Management plan and regulation should be developed to guide ecosystem and forest protection, including wildlife conservation and systems for poaching of illegal wildlife and/or natural resource trade.

4) Coordination with relevant organizations

International organizations such as WWF and other NGOs are keen to conserve an biodiversity area, and made recommendation upon ecological aspects.

■ Design, Monitoring, and Offsetting

1) Consideration for Wildlife crossings

Such as elevated road sections, tunnels, etc. are needed to maintain connectivity, and to ensure wildlife can safely cross the road, decreasing risks for wildlife-vehicle accidents.

2) Monitoring

Effective monitoring system should be developed in collaboration with organizations concerned involving communities and NGOs. Appropriate collision-mitigation measures should be updated according to the monitoring.

3) Offsetting

When the above mitigation measures are insufficient at a site of concern, offsetting should be implemented as final method. Large scaled cut slope, actually, has been done at site for Initial-phase road project, which is difficult to reform.

Offsetting measures should include habitat protection, creation or restoration that would increase biodiversity and ecosystem to an equal to or greater than what is lost at the original site.



4. Evaluation of Full Phase Access Road Construction

Option	Option 1			Option 2		Option 3	
Outline	Based on the initial phase road by ITD, the bypass road is constructed to make heavy trucks pass smoothly, followed by the 4-lane widening and upgrading to Class I			There remains many difficult sections for heavy trucks to climb. The 2-lane road of Class I is constructed from the beginning.		From the beginning, 4-lane road of Class I is constructed for heavy trucks to pass smoothly as same as the Option 2.	
Stage Const	Initial Phase	2 nd Phase	3 rd Phase	1 st Phase	2 nd Phase	1 st Phase	
	2-lane road of DOH Class IV Standard	2-lane bypass with ASEAN Class I	4-lane widening and upgrading to ASEAN Class I	2-lane road with bypass road for the first phase road	4-lane widening of the first phase road	4-lane road with bypass road for bottlenecks with ASEAN Class I	
Length and Cost	138.0km 215million US\$	73.5km 382million US\$	131.0km 851million US\$	131.0km 623million US\$	131.0km 748million US\$	131.0km 1,131million US\$	
Total Cost (NPV)	○	909 million US\$		×	967 million US\$		×
Main Structures	Bridge: 1.5km Tunnel: None	Bridge: 3.7km Tunnel: 5 qty. (L=5.9km)	Bridge: 7.2km Tunnel: 5 qty. (L=5.9km)	Bridge: 7.2km Tunnel: 5 qty. (L=5.9km)	Bridge: 7.2km Tunnel: 5 qty. (L=5.9km)	Bridge: 7.2km Tunnel: 5 qty. (L=5.9km)	
Eq. IRR	○	19.67%		△	11.45%		×
Fund	○	It is supposed for the initial phase road. Relatively easy for the second phase due to a small amount.		△	It takes time due to a big amount.		×
Const. Commencement	○	The D/D of the initial phase has already finished and the contractor has assigned. Then, it is possible to start soon.		×	It takes time for D/D, fund allocation and procurement before construction.		×
Response to Traffic Demand	△	In the initial phase, the heavy trucks can't pass smoothly, and the operation of SEZ will be constrained.		○	It is possible for heavy trucks to pass smoothly from the beginning		○
Japanese Assistance	○	The detailed assistances are available by section in both grant and loan.		△	It takes time to procedure due to a big amount of construction cost.		×
EIA	×	Large impacts in large area due to three times construction works.		△	Two times construction works.		○
Total Point		55 points (○5, △1, ×1)			30 points (○1, △4, ×2)		
Evaluation	○	The road improvement responding to the SEZ progress and the traffic volume increase is possible though it is difficult for heavy trucks to pass smoothly at first. Various supports from Japan are possible. However, some attentions are required on the design and construction work considering the stage construction.		△	It is possible to cope with heavy trucks from the beginning. However, it is difficult to finance immediately. It takes time to start construction considering the time of D/D, procurement and etc. Those will disturb the early start operation of SEZ. A financial risk is also large.		×

*: Total point is calculated under the condition of ○: 10 points, △: 5 points and ×: 0 points.



5. Scenario for Implementation of Dawei SEZ and Infrastructure

	2019-2024	2025-2029	2030-2034	2035-2039	2040-
Industrial estate	• 7 km ²	• 19 km ²	• 72 km ²		• 84 km ²
Seaport	• Small port	• Deep seaport with 12 berths	• 22 berths		• 36 berths
Residential	• 5 km ²	• 10 km ²	• 21 km ²		• 39 km ²
DSEZ overall employees		• 0.35 m (2025)			• 0.89 m (2045)
DSEZ overall related population		• 1.21 m (2025)			• 3.33 m (2045)
Traffic Volume	• 4,000 veh./day • 10% of HT	• 8,000 veh./day • 20% of HT	• 11,200 veh./day • 30% of HT	• 13,600 veh./day • 40% of HT	• 15,200 veh./day • 45% of HT
Cargo (TEU/day)	• 800 TEU	• 3,200 TEU	• 6,720 TEU	• 10,880 TEU	• 15,200 TEU
Passenger (pers./day)	• 10,800 pers.	• 19,200 pers.	• 23,520 pers.	• 24,480 pers.	• 25,080 pers.
Road	• 2-lane Initial Phase Road (2019) (Class IV)	• 2-lane bypass Road (Class I)			• 4-lane widening and upgrading to Class I
Railway			• Dawei to Kanchanaburi		

2. トンネル技術セミナー資料

Pre F/S FOR SOUTHERN ECONOMIC CORRIDOR IN MYANMAR

Tunnel Technology



Japan International Cooperation Agency (JICA)



Yachiyo Engineering Co., LTD. (YEC)



Central Consultant Inc. (CCI)

TABLE OF PRESENTATION

概 要

トンネルの施工方法は、大きく分けて以下の2工法があります。今回は、当該地域が山岳地帯であるため、山岳トンネルを中心に説明します。

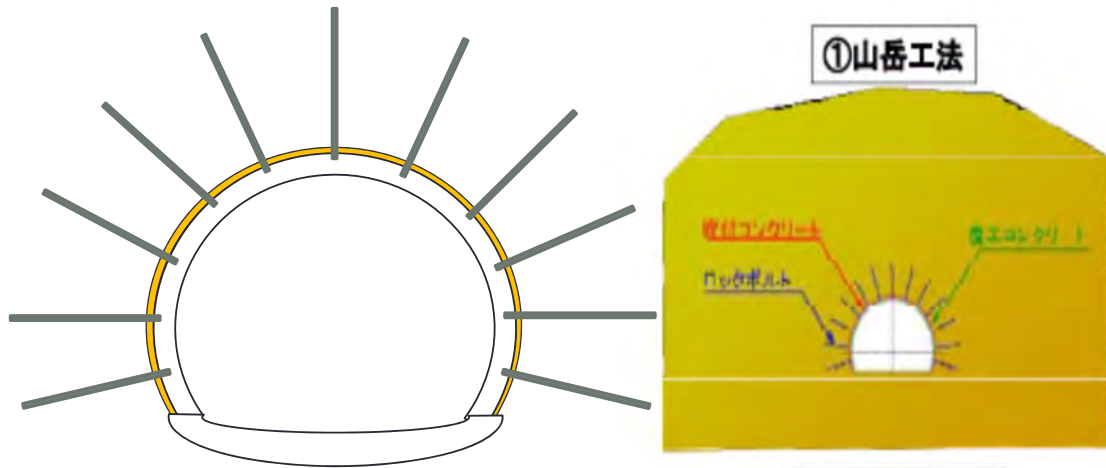




■トンネル工法の種別

①山岳工法 (NATM)

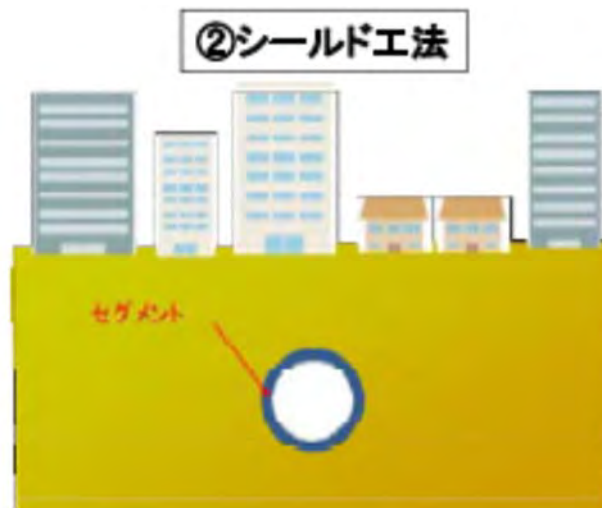
吹付コンクリート、ロックボルト等により地山のせん断力の劣化を防止し、地山の安定を確保する。



■トンネル工法の種別

②シールド工法

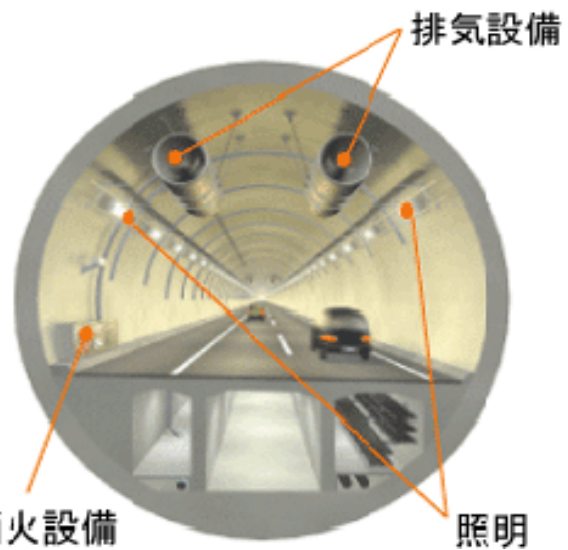
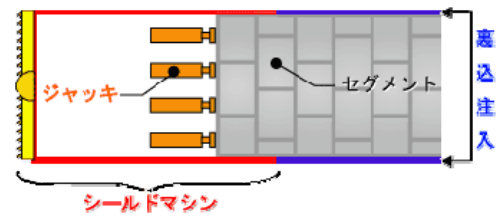
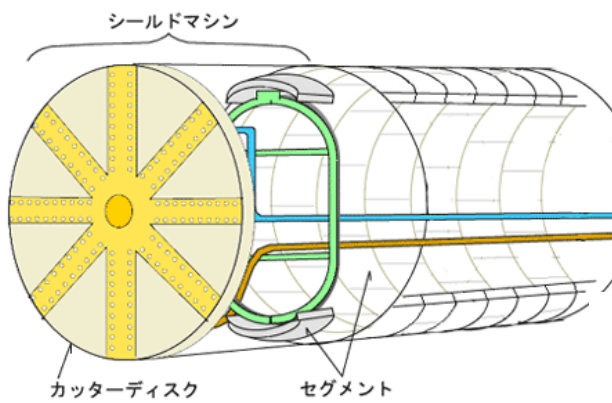
シールドマシンにより掘削及び、セグメント組立て地山の安定を確保する。





シールドマシン

出典:首都高速道路(株)



出典:首都高速道路(株)



■トンネル工法の比較

	①山岳工法 NATM	②シールド工法 シールド	備考
概要	吹付コンクリート、ロックボルト等により地山のせん断力の劣化を防止し、地山の安定を確保する。	シールドマシンにより掘削及び、セグメント組立て地山の安定を確保する。	
特徴	地山が持っている力を最大限に利用して地中の空洞を保持する。	地山の変形を極力発生させないようにシールドやセグメントによって支える。	
用途	山間部に有効	都市部有効	
コスト	\$ 20,800,000- L=1000m 2車線	\$ 133,300,000- L=1000m 2車線	施工費のみ メンテナンス 費含まず。



■施工順序



■NATM工法 施工サイクル（動画）



施工サイクル(掘さく)

1 削孔(発破掘削時)



施工サイクル(掘さく)

2 装薬(発破掘削時)



施工サイクル(掘さく)

3 ロードヘッダー掘削(機械掘削時)





施工サイクル(掘さく)

4 ズリ出し



施工サイクル(掘さく)

5 一次吹付





施工サイクル(掘さく)

6 鋼製支保工建込



施工サイクル(掘さく)

7 二次吹付



施工サイクル(掘さく)

8 ロックボルト



施工サイクル(掘さく)

9 掘削完了



施工サイクル(覆工)

1 覆工施工前(防水シート完了)



施工サイクル(覆工)

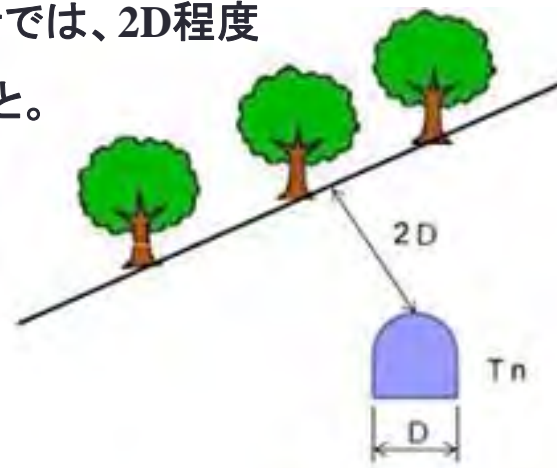
2 覆工コンクリート湿潤養生



■山岳トンネル計画の留意点

1. 地形・地質

- ・不良地山(地すべり、破碎帯、崩壊地、湧水発生場所)を避けること。
- ・谷や沢の下を通る個所では、 $2D$ 程度の土被りを確保すること。

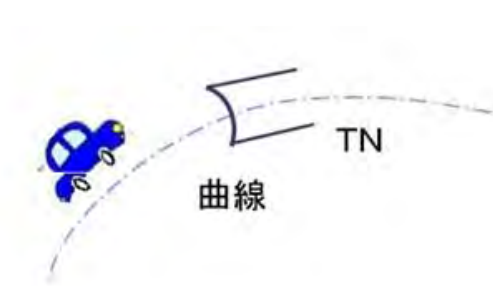


2. 平面線形

- ・建設・利用・安全の観点からできるだけ直線あるいは、大きな曲率半径とする。



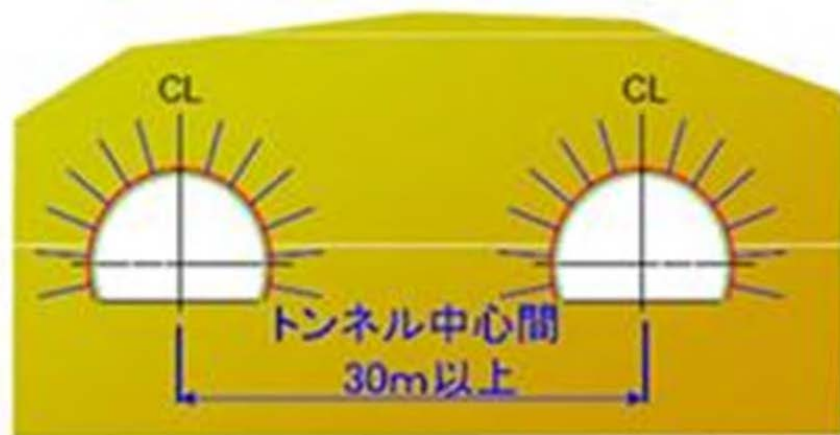
見通し確保CASE-1
トンネル手前に直線の確保



見通し確保CASE-2
トンネルを大きな曲線区間に配置

3. 離隔距離

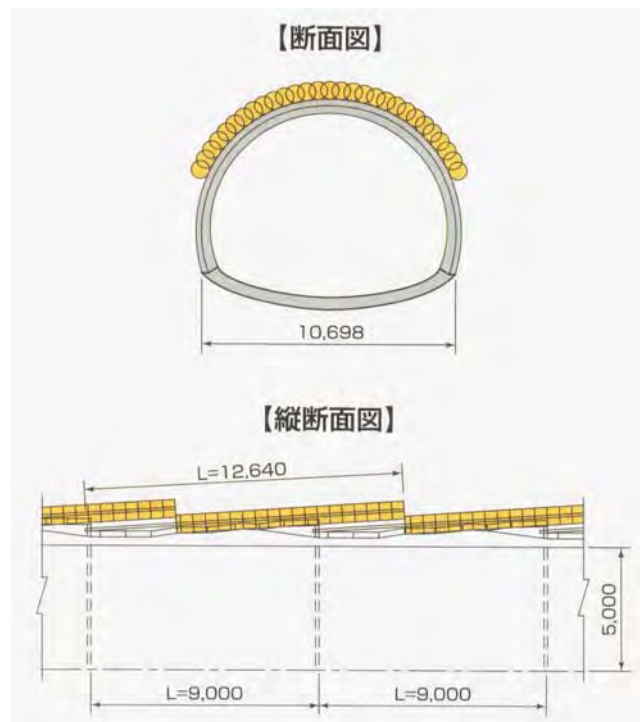
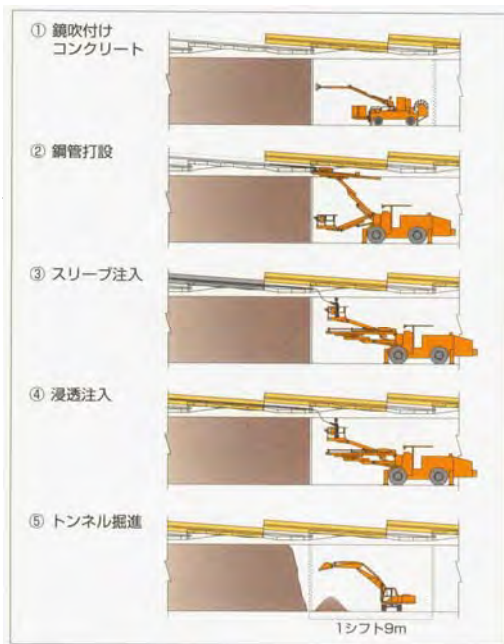
- ・2本併設する場合、相互に影響を与えない間隔とする。
(中心間隔30m以上確保)



■ 坑口付および、崩壊性軟弱地山の対応工法



施工手順



削孔



鋼管打設状況

注 入





■山岳トンネル施工上の留意点

1. 雨季対策

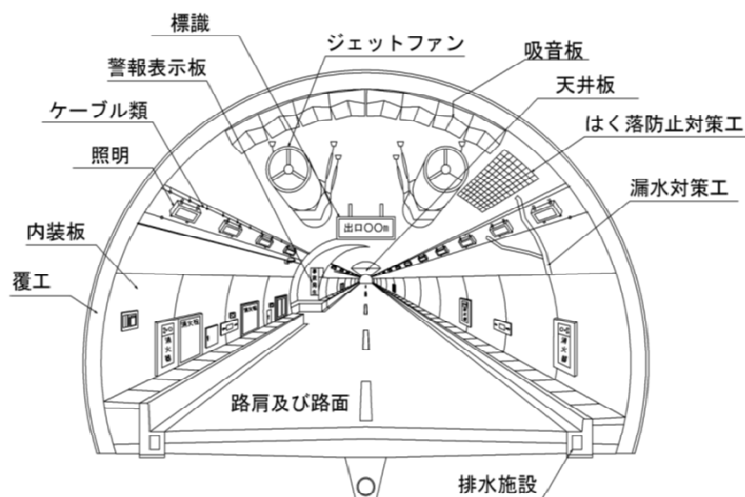
2. 地域住民、自然環境に対する配慮

- ・騒音・振動対策
- ・水質汚濁防止対策
- ・大気汚染対策
- ・希少動植物への配慮



■維持補修

トンネル内付属は、健全な状態を保つために定期的に点検する。



トンネル内付属物は取付状態の確認を行う



近接目視作業状況



打音検査作業状況

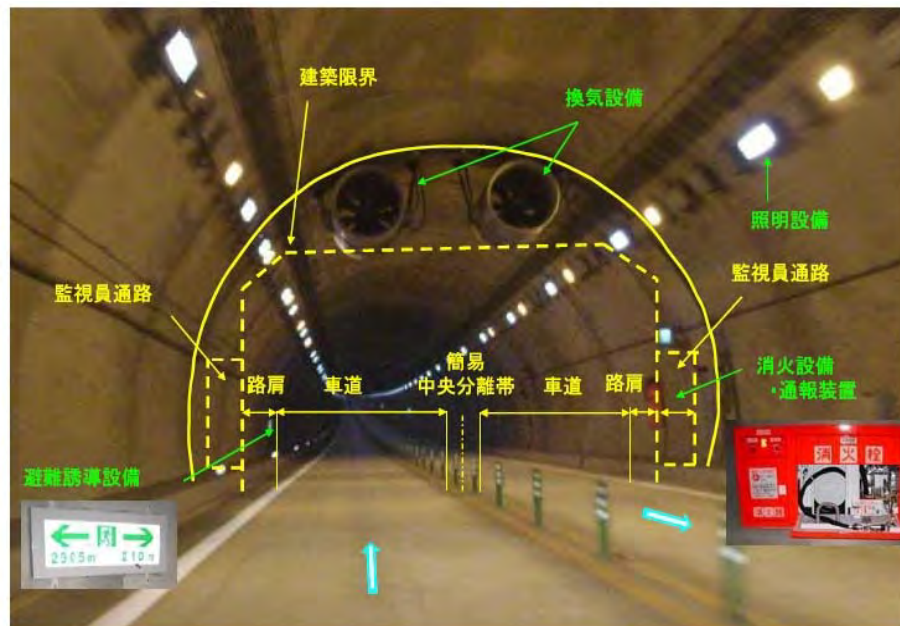


アンカーボルト



■安全対策

平常時に加え、火災発生時にも安全な空間が確保できるよう、換気、照明、避難誘導などの施設を設置します。



■結論

1. 地質・地形資料調査、空中写真判読および地表踏査の結果、当該区間におけるトンネル施工は、未固結層から硬岩まで対応できるNATM工法が有効であると判断した。
2. 山間部において、適切な縦断勾配を確保するために、トンネルは有効的な手段である。
3. トンネルを施工するにあたり、次頁に示す地質調査が必要となる。



地質調査計画

建設の段階と作業概要		対応する必要な調査			
時期	区分	目的	主な内容		
計画段階		路線選定の調査	基礎資料の収集	①資料調査 ②空中写真判定 ③地表踏査 等	今回実施
設計	予備・概略段階	1次調査	選定したルートでの設計・施工の問題点	①ボーリング調査 ②弾性波探査 等	今後実施
	詳細設計段階	2次調査	一次調査を補完する調査	①ボーリング調査 ②室内試験 等	今後実施
施工段階		施工中	安全に施工するための調査	①先進ボーリング調査 ②切羽観察 ③前方探査 等	今後実施



参 考 資 料

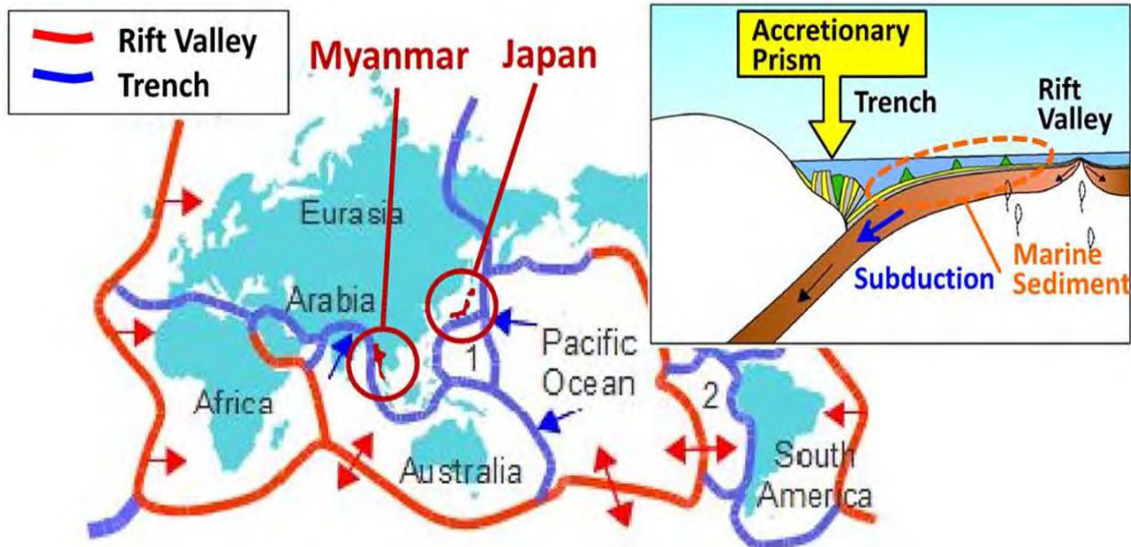


■地質・地形

1)地質構造の特徴

・ミャンマーと日本はプレート境界付近に位置するため断層や破碎等脆弱な地質構造といえます。

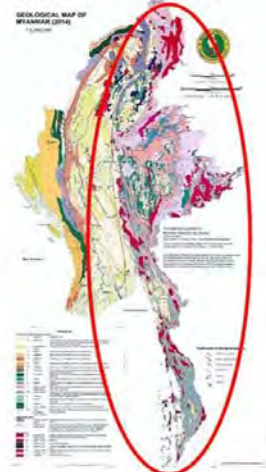
Geography



2). 地質・地形

ミャンマーは、日本と同様、山間部が多く存在、地形・地質も類似していると言えます。日本における山岳トンネルの実績と施工法が参考になると考えられます。従って、当該箇所でトンネルを施工する際は、NATM工法が適切であると判断しています。

Myanmar



Accretionary prisms as well as Faults and Tectonic lines.

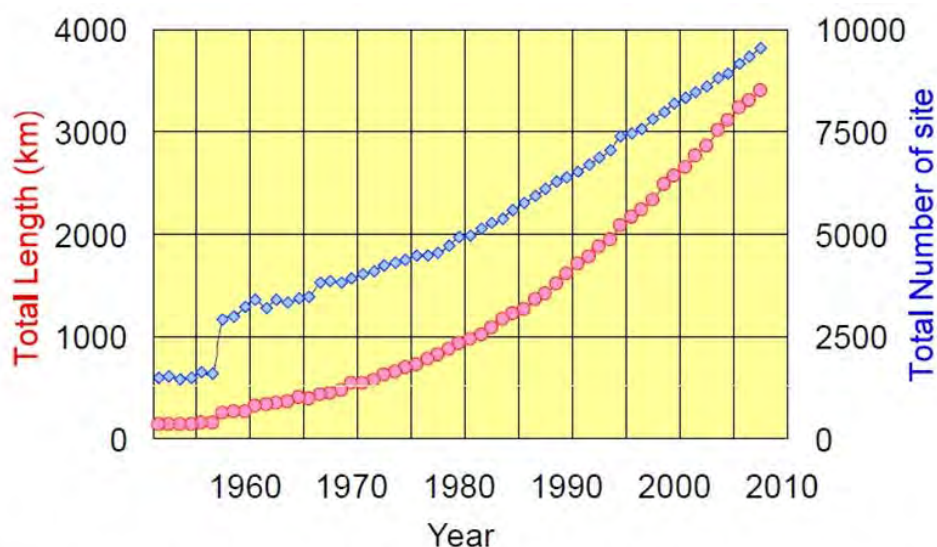
Japan





■日本の山岳道路トンネルの実績

1) 日本は、破碎等脆弱な地質構造でありながら以下のとおり、世界トップレベルの多くの実績があります。



As of April 2007 Total number of road tunnels: 9,538
Total length of road tunnels: 3,405 km



■NATM(山岳工法) の理念

①NATMとは

NATM :

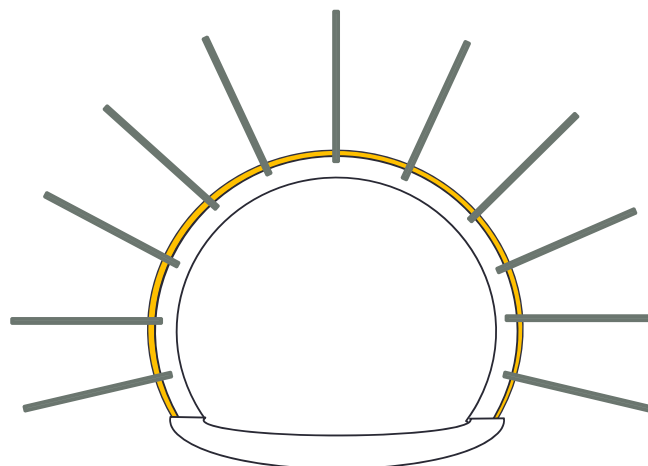
N ⇒ **NEW**

A ⇒ **Austrian**

T ⇒ **Tunneling**

M ⇒ **Method**

標準断面





② NATMの定義)

・吹付コンクリート、ロックボルトあるいは鋼製支保工等を地山の状況に応じて単独もしくは組合せで支保する構造。

③ NATMの工法理念

・『地山が持っている力を最大限に利用して地中の空洞を保持する』ことである。



1) 地中に空洞を作った場合、空洞周辺の地山は、2次応力状態になってせん断破壊し、空洞を充填しようとする。



2) 同時に地山自体が持っているせん断抵抗力はこの挙動を阻止しようとする。



3) この空洞を放置すれば地山強度の劣化が進行し、やがて空洞は消滅する。



4) 地山のせん断力の不足分を補い劣化を防止してやれば、空洞は極めて効果的に保持される。





■吹付コンクリートの効果)

①岩盤との付着力、せん断力による抵抗

吹付Coと岩盤の付着力により、吹付Coに作用する外力を地山に分散させ、またトンネル周辺の割れ目や亀裂にせん断抵抗を与え、落ちやすいキーストンを保持し、グランドアーチを側壁近くに形成させる。割れ目の多い硬岩等に作用効果が大きい。

②曲げ圧縮または軸力による抵抗

比較的厚い吹付コンクリートが1個の部材として地山を支持するため、できるだけ早くリングに閉合することが望ましい。周辺地山に内圧を与えることにより、三軸応力状態に保持し、地山の強度劣化を防止する。軟岩や土砂地山等に作用効果が大きい。



③外力の配分効果

鋼製支保工、あるいはロックボルトに土圧を伝達する版として挙動する。

④弱層の補強

地山の凹みを埋め、弱層を跨いで接着することにより、応力集中を防ぎ弱層を補強する効果。

⑤被服効果

風化防止、止水、微粒子流出防止などの被膜効果。



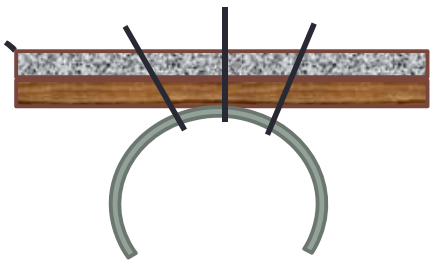
■ロックボルトの作業効果)

①縫付効果(吊下げ効果)

発破などで緩んだ岩塊を緩んでいない地山に固定し、落下を防止しようとするもので、最も単純な効果である。亀裂、節理の発達する地山において、吹付コンクリートと併せて比較的小さな目に対しても効果がある。1次覆工を地山に縫い付けるのもこれにあたる。

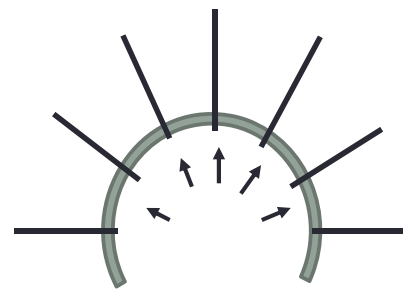
②はり形成効果

トンネル周辺の層を成している地山は、層理面で分離して重ねばりとして挙動するが、ロックボルトによる層間の締付けにより層理面でのせん断応力の伝達を可能として、合成ばりとして挙動させる効果がある。



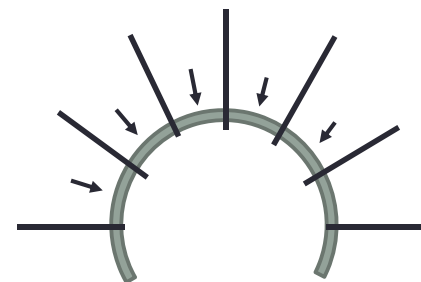
③内圧効果

ロックボルト引張力に相当する力が内圧としてトンネル壁面に作用すると考え、これによって、二軸応力状態のトンネル近傍の地山を三軸応力状態に保つ効果である。これは圧縮試験時の拘束力(側圧)の増大と同じような意味を持ち、地山の強度あるいは耐荷能力の低下を防ぐ作用をする。



④アーチ形成効果

システムロックボルトによる内圧効果のため、一体化して耐荷能力の高まったトンネル周辺の地山は、内空側に一様に変位することによってグランドアーチを形成する。

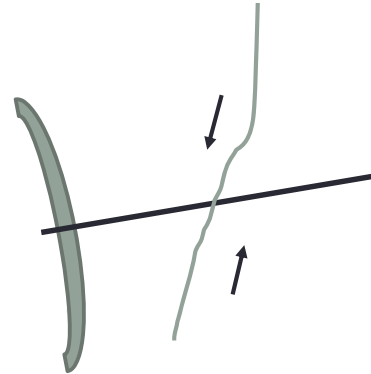




⑤地山改良効果

地中内にロックボルトが挿入されていると、地山のせん断抵抗力が増大し、地山の耐荷力が大きくなるばかりでなく、地山の降伏後も残留強度が増す。こうした現象は、ロックボルトにより地山全体の物性が改善されたということになる。

※以上①～⑤の効果を得るにはロックボルトの定着とナットの十分な締付けが条件となる。



■鋼製支保工の目的

①切羽の早期安定

鋼製支保工は建込と同時に十分な強度を有した支保部材となるので、切羽の自立時間の短い土砂地山や割目の発達した地山においては、吹付コンクリートあるいはロックボルトに所要の強度が発現される前に支保効果が発揮される。しかし、建込時においては、地山との間に間隙が生じているため、この間隙に吹付コンクリートによる充填を速やかに行わないと切羽の早期安定効果がなくなるので注意しなければならない。

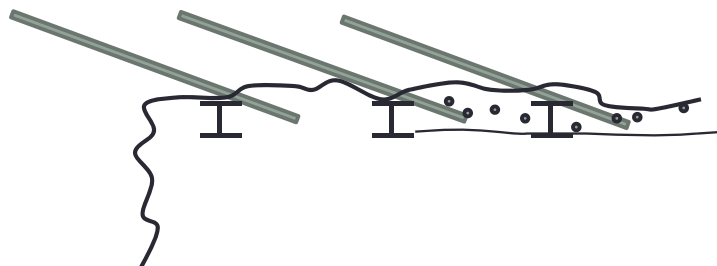
②吹付コンクリートの補強

吹付コンクリートは、初期材齢において変形係数が小さいため変形しやすく、また強度も小さいため、地山条件によっては、鋼製支保工を用い、吹付コンクリートと一体化することによって、支保の剛性、強度等を増加させる必要がある。



③先受工の支点

切羽の自立性が悪い地山では、切羽前方の地山をあらかじめ支持するためにフォアパイリングや鋼矢板を用いた補助工法を行う場合があり、その支点として鋼製支保工が必要となる。



■二次覆工の考え方

①トンネルの変形が収束して、安定が確認された後施工されるので“化粧巻”とする考え方。

⇒ ×

②ロックボルトの腐食の問題や、地質の不均一性等の不確定要素を考慮して安全率の増加として評価する考え方。

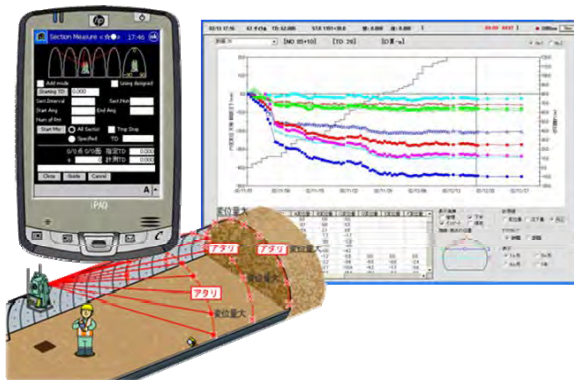
③編土圧が作用する地山、土被りが薄い地山、膨張性地山等において、変形制御や地表沈下の制御のために支保部材として用いる考え方。

■ NATMTータル管理システム

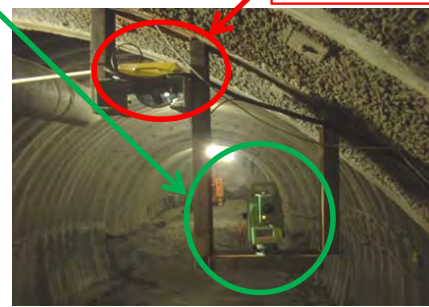
管理センター



A計測(天端沈下、相対変位測定)

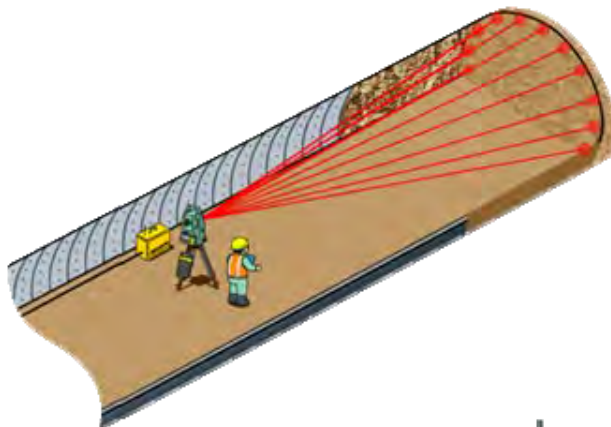


監視カメラ

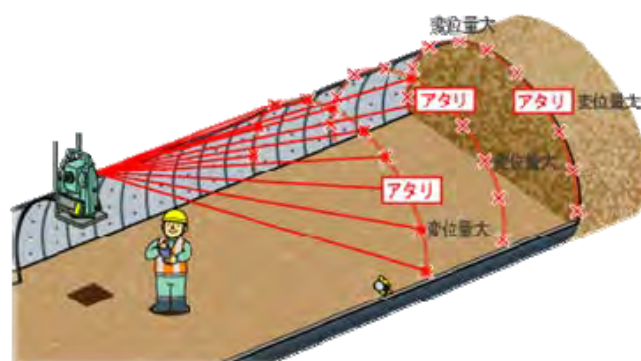


■ NATMTータル管理システム

切羽レーザーマーキング



断面測定



■環境対策

1 工事ヤード防塵ネット



■環境対策

2 タイヤ洗浄設備





■環境対策

3 濁水処理設備



■環境対策

4 ハイブリッドバックホウ





■環境対策

5 防音型バッチャープラント



■環境対策

6 サイレンサー付コントラファン





■環境対策

7 坑口防音カーテン



■環境対策

8 電動ファン付き防塵マスク





■環境対策

9 集塵機



■環境対策

10 長靴洗浄機





■安全対策

2 酸素・有害ガス自動測定器



■安全対策

3 カラー照明(緑:退避場所 青:消火栓)



■安全対策

4 トンネル非常電話



■安全対策

5 トンネル内信号機



■安全対策 6 消火栓



■安全対策 7 レーザーポインターによる合図



■安全対策

8 LED反射チョッキ



■安全対策

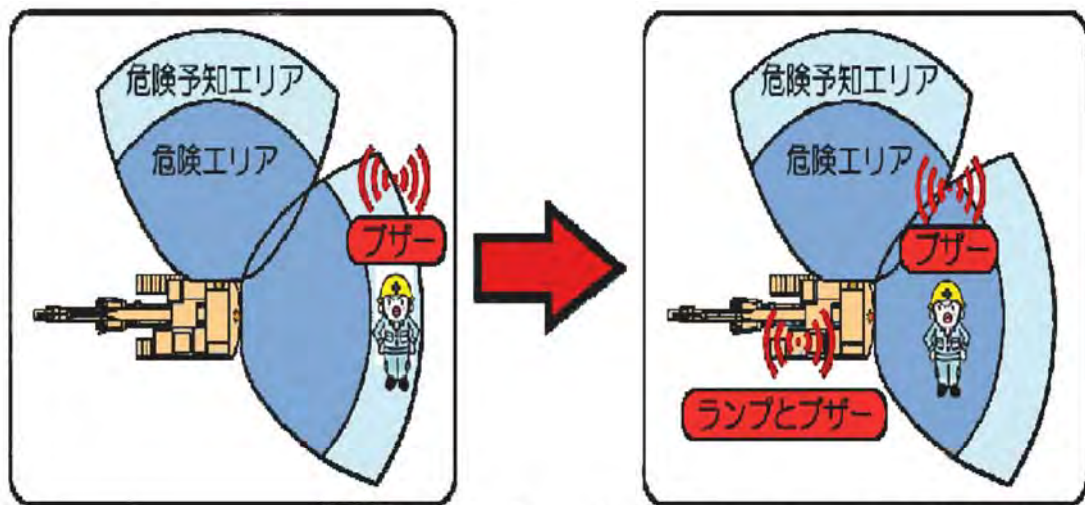
9 鏡吹付コンクリート





■安全対策

10 重機接近警報システム

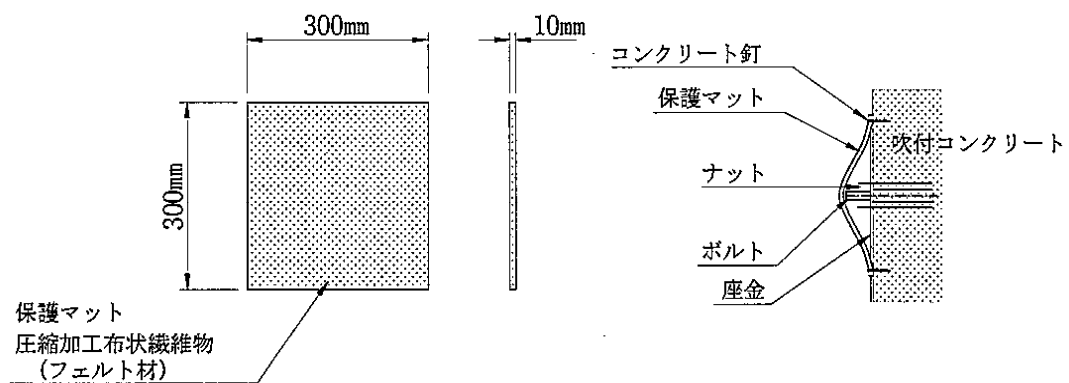


「危険エリア」は3m、4m、5m、6m、8m、10mの6段階で設定可
 「危険予知エリア」は危険エリアの外側1m、2m、3mの3段階で設定可



■ロックボルトの頭部処理

1. 保護マット



ロックボルト頭部処理標準
 保護マット



■ロックボルトの頭部処理

2. 保護キャップ



保護キャップ



■ロックボルトの頭部処理

3. 頭部処理の種類

種類	保護マット	保護キャップ		
		Aタイプ	Bタイプ	Cタイプ
材質	フェルト材	高密度ポリエチレン	高分子化合物	発砲スチロール
概要図	 	 	 	

A:「AK キャップ」吉原加工、B:「UN キャップ」北越メタル、C:「ロックカバー」(株)東宏



■ 資材の保管

1. 坑外基地



■ 資材の保管

2. 坑内(一時部分保管)

