

補足資料

●費用便益分析

本研究では、福山市での SMART 技術導入の効果を「防災面」、「交通面」の両面から検討し、数理的に示した。

地下バイパスは地上にある信号機(8 箇所)がなく、スムーズに走行が可能であり、地上と地下とで交通を二分化することで渋滞緩和効果が期待される。この区間の渋滞緩和における費用便益分析を行うにあたっての数値設定や条件を以下に示す。

1. 事業費はマレーシアの総工費を 1km 当たりの工費にトンネル延長 5.1km を乗じたものを利用している。約 263 億円と推定される。これは、用地費がかからない事やシールド工法による費用削減を考慮した結果の数値である。
2. 工期は 5 年と設定し、事業費全体を工期で割ったものを 1 年あたりの事業費とした。
3. 維持管理費は、隣接する松永道路のデータをトンネル延長合わせて換算したものを維持管理費として利用している。これは、国土交通省 平成 30 年度版費用便益分析マニュアルより、「既存の路線での実績を参考に設定する」と明記されていることによる。
4. GDP デフレータは、将来的な変化がないとして考慮していない。
5. 基準年は供用開始年次と一致させて計算している。
6. 将来的な交通量は変化しないものとし、平成 27 年度の交通量調査の値を利用している。
7. 時間価値原単位などの計算に必要な諸量は、平成 30 年版費用便益分析マニュアルの値を利用している。
8. 便益はバイパス延長の 2.3km において計算している。
9. 乗用車とトラックが交通の大半を占めていることから、大型車の便益は普通貨物、小型車の便益は乗用車を基準に算出した。
10. 整備後の旅行速度は制限速度の 50km/h、台数は 50%になるものとして算出した。台数の変化に関しては、設定の難しさから、単純化するために交差点に差し掛かる交通量の按分において算出した。車線数が交通量を間接的に表現していると考え、左折 1 車線、直線 2 車線、右折 1 車線の全 4 車線のうち 2 車線が直進であるので、 $2/4=1/2=50\%$ として考えた。

以上の前提のもと、対象区間において費用便益分析を行った結果を以下に示す。

表-1 算出に利用する諸条件

	トンネル延長(km)	バイパス延長(km)	トンネル内径(m)	車線数	建設費水準	事業費(億円)	維持管理費(億円/年)
マレーシア	9.7	4.0	13.2	4	1	500	
福山市	5.1	2.3	13.2	4	5	263	1.39
松永道路		7.1		4			1.93

費用便益分析マニュアルの時間価値原単位と走行経費原単位を利用し、条件の下で算定式より便益を計算。

表-2 整備前後の交通状況

	昼間 12 時間平均自動車 類交通量 Q_j (台/日)			延長 l (km)	昼間 12 時間平均旅行 速度 V (km/h)			昼間 12 時間 平均旅行時 間 T (分)	交差 点数 Z (個 所)	走行台 キロ X_1 (千 台 km/ 日)	走行台 個所 X_2 (千 台個所 /日)
	小型車 Q_s	大型車 Q_L	合計 Q_t		上 り	下 り	上下平均				
整備 前 o	23356	3771	27127	2.3	18.3	23.6	20.95	6.59	8	62.39	217.02
整備 後 w	11678	1886	13564	2.3	50	50	50	2.76	8	31.20	108.51

走行時間短縮便益 BT

$$BT_o = (3771 \times 6.59 \times 67.95) \times 365 + (23356 \times 6.59 \times 39.6) \times 365 = 28.41 \text{ 億円/年}$$

$$BT_w = (1886 \times 2.76 \times 67.95) \times 365 + (11678 \times 2.76 \times 39.6) \times 365 = 5.95 \text{ 億円/年}$$

$$BT = BT_o - BT_w = 28.41 - 5.95 = 22.46 \text{ 億円/年}$$

走行経費減少便益 BR

$$BR_o = (3771 \times 2.3 \times 42.06) \times 365 + (23356 \times 2.3 \times 22.68) \times 365 = 5.78 \text{ 億円/年}$$

$$BR_w = (1886 \times 2.3 \times 32.86) \times 365 + (11678 \times 2.3 \times 20.12) \times 365 = 2.49 \text{ 億円/年}$$

$$BR = BR_o - BR_w = 5.78 - 2.49 = 3.29 \text{ 億円/年}$$

年間総事故減少便益 BA

$$BA_o = 1100 \times 62.39 + 310 \times 217.02 = 1.36 \text{ 億円/年}$$

$$BA_w = 1100 \times 31.20 + 310 \times 108.51 = 0.68 \text{ 億円/年}$$

$$BA = BA_o - BA_w = 1.36 - 0.68 = 0.68 \text{ 億円/年}$$

防災効果の算定には、年平均被害軽減期待額の考えをもとに算出を行なった。

西日本豪雨災害において手城川流域では、床上浸水 36 棟、床下浸水 35 棟、浸水面積 250ha、福山市全体では床上浸水 1301 棟、床下浸水 893 棟、浸水面積 2000ha、被害額 160 億円であった。浸水面積比 0.125 より、手城川流域での被害額は 20 億円と推定。通常の家屋では、浸水深 50cm 以上で床上浸水、50cm 未満で床下浸水と定義されている。ここで、手城川流域では床上浸水と床下浸水の棟数がほぼ等しいので、平均して西日本豪雨災害時の手城川流域での浸水深は 50cm と考えられる。浸水深 0.5m で浸水面積 250ha(=2500000m³)なので、浸水体積は 125 万 m³であった。これに対して SMART トンネルの貯水量は、70 万 m³なので(70/125)×20 億円より、軽減額は 11.2 億円であり、流量規模 1/100(年最大日降水量 190mm)に対しては被害額を 0.56 倍まで軽減できている。これは半分以上軽減できていることになる。そこで、流量規模に対して、計算の単純化のために年最大日降水量と浸

水面積・浸水深さは比例関係にあるとすると、発生する浸水体積は表-3 のようになった。
表-3 より、1/2～1/10 の発生確率でもたらされる被害においては被害額を全額軽減でき、
1/30 では事業実施前から 0.8750 倍、1/50 では 0.6240 倍軽減できる試算となった。
水害統計から得られた内水被害額は、福山市全体の被害額なので、各発生確率の被害額は
1/100 確率と同様に浸水面積比 0.125 を乗じて算出。
従って、年平均被害軽減期待額は表-4 のようになった。

	年最大日降水量(mm)	非超過確率
平成12年	47.0	4.545%
平成19年	48.0	9.091%
平成27年	51.0	13.636%
平成14年	54.5	18.182%
平成15年	55.5	22.727%
令和元年	56.0	27.273%
平成26年	60.0	31.818%
平成22年	65.5	36.364%
平成24年	69.0	40.909%
令和2年	71.5	45.455%
平成18年	78.0	50.000%
平成28年	78.0	54.545%
平成16年	84.0	59.091%
平成23年	84.0	63.636%
平成13年	84.5	68.182%
平成25年	89.5	72.727%
平成29年	99.5	77.273%
平成21年	104.0	81.818%
平成20年	106.5	86.364%
平成17年	137.5	90.909%
平成30年	187.0	95.455%

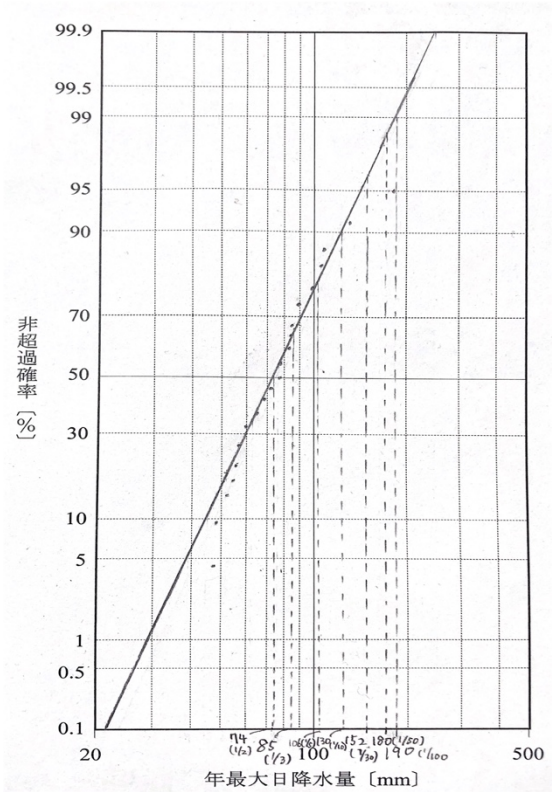


表-3 年最大日降水量と非超過確率の関係 図-1 図的解法による確率水文量の推定

表-4 発生確率に対する諸量

発生確率	年最大日降水量(mm)	浸水面積(m ²)	浸水深(m)	浸水体積(m ³)	SMARTトンネル貯水容量 と浸水体積の比	福山市全体での被害額 (単位：千円)	SMART集水域での事業実 施前被害額(単位：千円)	SMART集水域での事業実 施後被害額(単位：千円)
2年確率	74	973684	0.1947	189612	3.6917	6231579	778947	0
3年確率	85	1118421	0.2237	250173	2.7981	7157895	894737	0
5年確率	106	1394737	0.2789	389058	1.7992	8926316	1115789	0
10年確率	130	1710526	0.3421	585180	1.1962	10947368	1368421	0
30年確率	152	2000000	0.4000	800000	0.8750	12800000	1600000	1400000
50年確率	180	2368421	0.4737	1121884	0.6240	15157895	1894737	1182222
100年確率	190	2500000	0.5000	1250000	0.5600	16000000	2000000	1120000

表-5 年平均被害軽減期待額

流量規模	超過確率	非超過確率	被害額				区間平均被害額⑤	区間確率⑥	年平均被害額④×⑤	年平均被害額の累計＝年平均被害軽減期待額
			事業実施前①	事業実施後②	軽減額③＝(①－②)	換算軽減額④＝③				
1/2	0.5000	0.5000	778947	0	778947	778947				
1/3	0.3333	0.6667	894737	0	894737	894737	836842.105	0.1667	139502	139502
1/5	0.2000	0.8000	1115789	0	1115789	1115789	1005263.16	0.1333	134002	273503
1/10	0.1000	0.9000	1368421	0	1368421	1368421	1242105.26	0.1000	124211	397714
1/30	0.0333	0.9667	1600000	1400000	200000	200000	784210.526	0.0667	52307	450021
1/50	0.0200	0.9800	1894737	1182222	712515	712515	456257.31	0.0133	6068	456089
1/100	0.0100	0.9900	2000000	1120000	880000	880000	796257.31	0.0100	7963	464051
										単位：千円

ここまでの過程で得られた費用と便益を整備期間5年、供用開始後50年として現在価値化した。その結果、費用便益分析は以下のような結果となった。

費用便益分析のまとめ

	事業費	維持管理費	合計
基準年	令和3年度		
単純合計	263億円	70億円	333億円
基準年における現在価値(C)	296億円	31億円	327億円

	走行時間短縮便益	走行経費減少便益	交通事故減少便益	内水被害軽減便益	合計
基準年	令和3年度				
供用年	令和3年度				
単年便益(初年便益)	22億円	3億円	1億円	5億円	27億円
基準年における現在価値(B)	502億円	73億円	15億円	104億円	694億円

費用便益比	2.12
経済的純現在価値	367億円

したがって、本事業におけるB/Cは2.12、B-Cは367億円という結果になり、一定の導入効果があると考えられる。

●世界での応用

－開発途上国の課題点を以下に記す。

経済面	生活・防災面
・国民の収入が少ない ・過酷な労働環境 ・子どもの労働	・改善されたインフラ設備がない ・安全な水を得ることが困難 ・栄養不足の成人・子どもがいる ・飢餓の撲滅 ・質の高い教育を受けられない

途上国ではインフラ面での整備が遅れている状況である。また貧困や労働環境は深刻な状況となり、強制的な労働でつぶされる子供が多くいるのが現状である。国民の収入が少ない上、改善されたインフラ整備が無く安全な水を得ることすら困難になっている。そのような状況下での SMART tunnel の導入における改善策を以下に記す。

SMART tunnel 導入における改善
・ 政府が SMART tunnel（インフラ整備）を公共投資により整備することで建設業を中心に経済活動の活性化をはかる。 ・ 建設工事費用かけることで質の高いインフラ整備行い、建設業界の労働者を増加し、収入・国民所得、消費が増加し経済が循環し活性化する。 ・ SMART tunnel の内部空間に上下水道を敷設し、付近に浄水設備を設けるなどをして、汚染水の再利用や迅速に安全な水を各世帯に届けることができる。また、雨水貯留槽の水を再利用できる。地下バイパスとして機能しインフラ設備を SMART に収めることができる。

途上国の経済発展に不可欠なものは質の高いインフラ整備であると考えられる。SMART tunnel 導入により経済面、生活・防災面での改善が見込める。
－先進国の課題点を以下に記す。

経済面	生活・防災面
・ 経済的に途上国が自立するための支援（貧困国をなくす SDGs の取り組み）	・ 交通渋滞・事故の多発 ・ 交通の利便性 ・ 汚染物質排出による大気汚染 ・ 公共の緊急避難場所の数に限りがある

先進国は途上国よりも経済面では優れているので途上国に対して社会インフラ整備など経済的に途上国が自立するための支援を行い、貧困国をなくしていく取り組みを行う必要。また、交通量の増加に伴う交通渋滞・事故の多発が見られ排気・汚染物質排出による大気汚染から地球温暖化への懸念が挙げられる。そのような状況下での SMART tunnel 導入における改善策を以下に記す。

SMART tunnel 導入における改善
・ SMART tunnel 導入により地下バイパスと地上バイパスの分散による渋滞緩和。 ・ 目的地までの迅速な交通経路として利用でき、緊急車両の早急な到着を図る。 ・ 改善された空調設備とアンモニア接触還元法による温室効果ガス排出削減。（途上国でも行い SDGs に取り組むことができる。）

※SMART tunnel でのバリアフリー

Tunnel 内の緊急時、避難経路の細かな指示、壁両サイドの手すりの設置、緊急案内放送などバリアフリーの面の提案