

瀬長交差点改良事業における PDCAサイクルの実践に関する一考察

米須 俊彦¹・目取眞 正樹²・菊地 春海³・緒方 剛⁴・神戸 信人⁵

¹非会員 内閣府 沖縄総合事務局 開発建設部 道路建設課 (〒900-0006 沖縄県那覇市おもろまち2丁目1-1)

E-mail: komesu711@ogb.cao.go.jp

²非会員 内閣府 沖縄総合事務局 開発建設部 道路建設課 (同上)

E-mail: medoruma710@ogb.cao.go.jp

³正会員 一般社団法人 道路新産業開発機構 (〒112-0014 東京都文京区関口1丁目23番6号)

E-mail: harumi.kikuchi@hido.or.jp

⁴非会員 (株)オリエンタルコンサルタンツ 九州支社 (〒812-0011 福岡県福岡市博多区博多駅前3-2-8)

E-mail: ogata@oriconsul.com

⁵正会員 (株)オリエンタルコンサルタンツ 交通運輸事業部 (〒151-0071 東京都渋谷区本町3-12-1)

E-mail: kanbe@oriconsul.com

実務での信号交差点の新設計画, 既存交差点の改良計画の決定には, 一般的に交差点の計画交通量が交通容量からみて過飽和かどうかを判断するために, 流入部毎の需要率, 現示の需要率, 交差点の需要率を用いる. しかしながら, 交差点の需要率が一定値以下になる評価に基づき整備した信号交差点においても, 渋滞が発生することがある. そこで本稿では, 朝・夕ピーク時に渋滞が発生していた沖縄県の一般国道331号に位置した瀬長交差点の改良において, 当該交差点で実測した交通容量に基づき実践した改良計画の方法と整備後の整備効果について報告する.

Key Words : *Intersection improvement, Performance evaluation, Traffic capacity, Maintenance effect*

1. はじめに

実務において信号交差点の計画・設計を行う場合は, 各流入部の設計時間交通量(基本的にピーク1時間の交通需要)を飽和交通流率で除して算出した需要率に基づき, 各流入部の需要率, 現示の需要率, 交差点の需要率が, 一定値以下となるかどうかの評価を行う. 中でも交差点の需要率を信号交差点の計画・設計の決定の目安にする機会が多く, 需要率の評価条件としては信号制御の損失時間(発進損失とクリアランス損失)を考慮し, 遅れ時間からみてドライバーが許容できる需要率の一般的な推奨値0.9未満を用いて判断する. また, 実務で需要率の算定に用いる飽和交通流率は, 1984年に発行された「道路の交通容量¹⁾」, 同年に初版が発行された「平面交差の計画と設計²⁾(以下, 「平面交差の計画設計」という.)」に示され, 現在も使用されている信号交差点の飽和交通流率の基本値の直進車線2,000pcu/青1時間, 左折車線1,800pcu/青1時間, 右折車線1,800pcu/青1時間に基づき, 対象交差点の道路交通条件に応じた影響要因による補正計算を行って算定する.

しかしながら, 上述した方法で算定した交差点の需要

率が0.9未満を確認して整備した信号交差点において, 交差点を先頭とした渋滞が発生することがある. 本稿で対象とする瀬長交差点においても, 改良のために算定した各流入部の需要率, 現示の需要率に基づいた交差点の需要率が0.9未満となり改良を実施したが渋滞が発生した.

本稿では, 瀬長交差点の改良後に発生した渋滞を緩和・解消を図るべく, 当該交差点で行った新たな交差点改良の計画・設計, 整備後の効果評価から, 交差点改良の一つのPDCAサイクルの実践方法を報告する.

2. 瀬長交差点改良事業の概要

瀬長交差点は, 図-1に示すように沖縄県那覇市の南側に隣接した豊見城市の一般国道331号に位置し, 那覇空港に近く, 交差点東側の高規格幹線道路の那覇空港自動車道, 交差点南側の地域高規格道路の豊見城・糸満道路, につながるとともに, 交差点西側の観光開発が進む瀬長島への玄関口となる交差点であり, 多くの交通が集中する重要な結節点となっている.

このように多くの交通が集中することから, 瀬長交差点では, 朝・夕ピーク時を中心に渋滞が発生していた.

主な渋滞は、H29年4月に実施した調査結果に基づく、**図-2**に示すように朝ピーク時に南側流入部で最大約1,700m、西側流入部で最大約600mの渋滞が発生していた。なお、信号制御方式と車線運用は、**図-3**に示すようにサ

イクル長C=160[秒]の4現示制御であった。

対策前の渋滞発生を、H29年4月に実施した調査時に確認すると、以下のとおりであった。

- ・南側流入部は、右折車線長からはみ出した右折滞留車による車線閉塞と左折+直進車線での過飽和状態により渋滞が発生。
- ・西側流入部は、左折+直進車線の過飽和状態と右折車線長からはみ出した右折滞留車による車線閉塞により渋滞が発生。

この渋滞要因を踏まえ、瀬長交差点の南側流入部と西側流入部で発生する渋滞を緩和・解消するために、当該交差点において、**図-4**に示す新たな交差点改良計画を立案して整備した。南側流入部では、右折車の車線閉塞を緩和するために右折車線の延伸(約90[m]延伸:制約条件下での最長)と、左折+直進車線の過飽和状態を緩和するために左折導流路の設置と左折+直進車線を直進車線へ変更した。西側流入部では、左折+直進車線と右折車線での過飽和状態を緩和するために左折車線の設置と左折+直進車線を直進車線へ変更するとともに、右折車線も延伸(約30[m]延伸)した。なお、信号制御方式については、サイクル長は現況のサイクル長C=160[秒]を変更せず、各現示の青時間を設計時間交通量(ピーク1時間の交通需要)を基に再設定を行った。



図-1 瀬長交差点の位置

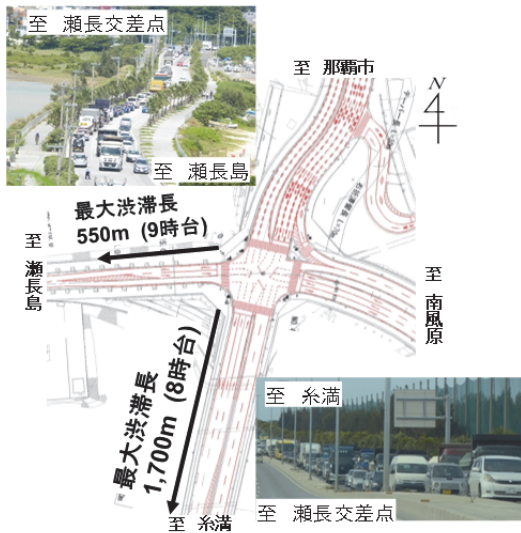


図-2 瀬長交差点の朝ピーク時の主な渋滞発生状況

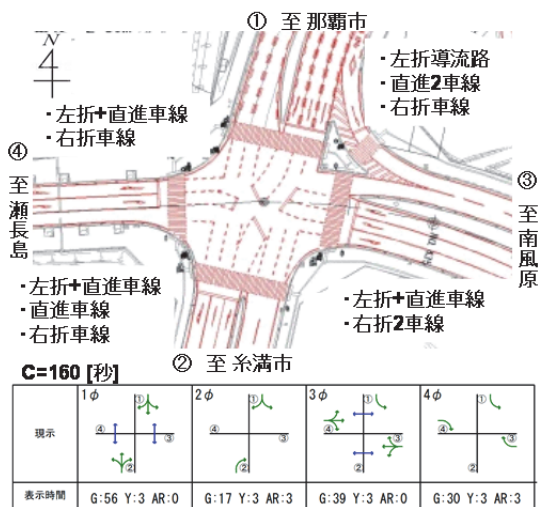


図-3 信号現示と車線運用

3. 瀬長交差点の新たな改良計画

(1) 現況の瀬長交差点の計画決定の検証

図-4に示した瀬長交差点の新たな改良計画の検討にあたって、まず、現状の当該交差点の計画を決定した際の判断条件について確認を行った。確認の結果、計画決定に至ったのは、評価指標として需要率を用い、**表-1**に示す算定した交差点の需要率 $\lambda=0.858$ が0.9未満になることを確認し、当該交差点のピーク1時間の交通需要により設定した設計時間交通量は、計画した交差点の車線運用と信号制御方式での処理能力以上にならないと判断したためであった。しかしながら、この計画決定により整備された瀬長交差点では、整備前後で流入交通量に大きな変化がないにもかかわらず、交差点の南側流入部、西側流入部で渋滞が発生した。これについて、主な要因について考えると、以下のことが示唆される。

一つの要因としては、瀬長交差点で飽和交通流率の算定に用いた飽和交通流率の基本値と補正率にあると考えた。飽和交通流率は、「平面交差の計画設計」に基づき、**式-(1)**により飽和交通流率の基本値が信号交差点毎の流入部幅員、縦断勾配などの幾何構造条件、車種構成、横断歩行者などの交通条件、バス停留所、駐停車などの周辺環境条件による影響要因の程度を補正して算定する。瀬長交差点の飽和交通流率も**式-(1)**に基づき算定した。

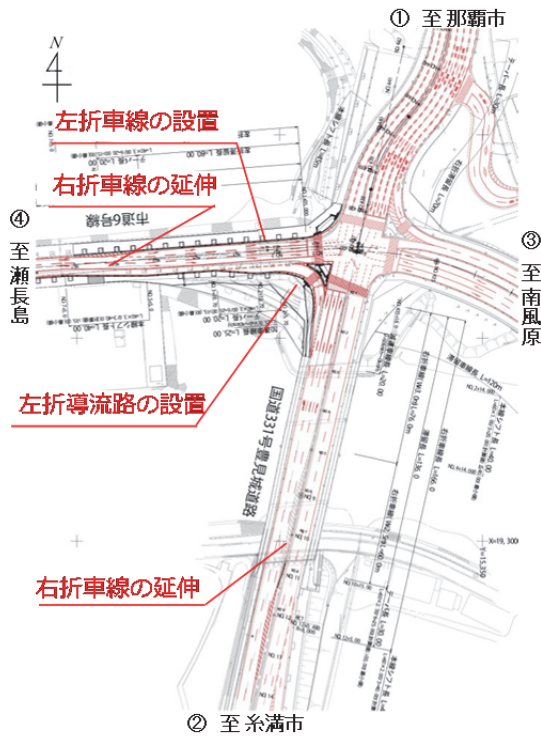


図4 瀬長交差点の新たな改良計画

表-1 交差点の需要率の算定結果

	① 至那覇市		② 至糸満市		③ 至南風原		④ 至瀬長島		
	直進	右折	左折・直進	直進	右折	左折・直進	右折	左折・直進	右折
車線数 N_i [数]	2	1	1	1	1	1	2	1	1
飽和交通流率 S_i [pcu/青1時間]	3,812	1,753	1,848	1,892	1,485	1,737	3,330	1,609	1,800
設計時間交通量 q_i [pcu/青1時間]	761	183		1,191	89	394	825	46	10
流入部の需要率 ρ_i	0.200	0.079		0.318	0.030	0.227	0.234	0.029	0.001
現示の需要率 λ_i	1φ			0.318					
	2φ	0.079							
	3φ					0.277			
	4φ						0.234		
交差点の需要率 λ	0.858								

載されている影響要因であり、幾何構造要因では流入部幅員、縦断勾配の補正率、交通要因では大型車の混入、右折車混入、左折車混入、周辺環境要因ではバス停留所の6つの影響要因である。瀬長交差点においても、「平面交差の計画設計」に基づき、これらの影響要因による補正率を算定した。流入部幅員の補正率は、各流入車線幅員が $W=3.0[m]$ のため補正率は $\alpha_w=1.00$ 、縦断勾配も各流入部の縦断勾配が $G=\pm 1.0\%$ のため補正率は $\alpha_G=1.00$ であった。大型車混入の補正率 α_T については、大型車の乗用車換算係数 E_T を1.7として算定した。右折車混入の補正率については、当該交差点は右折専用現示のある右折専用車線であることから、車線幅員の補正率 $\alpha_w=1.00$ 、縦断勾配の補正率 $\alpha_G=1.00$ 、大型車の乗用車換算係数 $E_T=1.7$ で算定した大型車混入率の補正率 α_T により算定した。左折車混入の補正率については、当該交差点の横断歩行者は少ない状況から横断者交通量が少ない場合の横断歩行者による低減率 $f_p=0.15$ を用いた左折車の直進車換算係数 E_{LT} により算定した。しかしながら、これら補正率は、これまでの我が国の実測結果等により設定されたものであり、必ずしも瀬長交差点の影響要因の程度を補正した補正率になっているとは限らない。例えば、当該交差点では県外観光客のレンタカーが多いこと、北側流入部が急なS字線形であることなどの固有な特性が、補正率に反映されていない。このため、算定した各流入部の飽和交通流率は、瀬長交差点でのこれら影響要因を十分に補正できずに過大評価となり、設計時間交通量を捌くことができる交差点の需要率になった可能性がある。

もう一つの要因としては、交差点の南側流入部と西側流入部の渋滞要因となった右折車線長からはみ出した右折車による車線閉塞である。計画した右折車線長は、「平面交差の計画設計」に記載されている式(2)-(5)により算定し、1サイクル当りの右折滞留長は右折車線長以下になると判断したためである。算定結果に基づき計画した右折車線長は、南側流入部が $L=113[m]$ 、西側流入部が $L=50[m]$ であった。

$$S_A = S_B \times \alpha_1 \times \alpha_2 \times \alpha_3 \times \dots \times \alpha_n \quad \dots(1)$$

ここに、 S_A ：補正後の車線別飽和交通流率[PCU/青 1 時間]、 S_B ：車線別飽和交通流率の基本値[PCU/青 1 時間]、 α_n ：要因 n による飽和交通流率の補正率である。

式(1)の飽和交通流率の基本値に着目すると、瀬長交差点では、「平面交差の計画設計」に記載されている飽和交通流率の基本値を用いた。この基本値は我が国での実観測に基づき、道路・交通条件が合理的な場合の値とされている。これについて、青山ら³⁾は、過去に我が国で飽和交通流率の実観測を行った同じ交差点で2017年、2018年に飽和交通流率の観測値を行った。その結果、青山ら³⁾による飽和交通流率の観測値は、基本値の2,000[pcu/青1時間]を実現した過去の我が国の観測値に比べて、交差点の幾何構造も大きく変わっていないにもかかわらず15~20%減少することから、近年の運転者特性や交通環境の変化により飽和交通流率の基本値そのものが過去と比べて低下している可能性を示唆している。このことから、瀬長交差点において、近年の運転特性や車両特性など考慮しない飽和交通流率の基本値を用いたため、各流入部の飽和交通流率が過大評価となり、設計時間交通量を捌くことができるであろう交差点の需要率になったと考えられる。次に式(1)の飽和交通流率の補正係数に着目すると、現在のところ実測値等の分析に基づいて補正係数が求められるのは、「平面交差の計画設計」に記

$$L = l_d + l_s \quad \dots(2)$$

$$l_d = \max(l_{d1}, l_{d2}) \quad \dots(3)$$

$$l_{d2} = (V \cdot \Delta W) / 6 \quad \dots(4)$$

$$l_s = \lambda_r \cdot N \cdot S \quad \dots(5)$$

ここに、 L : 右折車線長[m], l_d : 減速に必要な長さ[m], l_s : 滞留に必要な長さ[m], l_{d1} : 減速のために必要な長さ[m], l_{d2} : テーパー長(右折へのシフトに必要な長さ)[m], V : 設計速度[km/h], ΔW : 横方向のシフト量[m], λ_r : 右折車線長係数, N : 平均右折台数[台/サイクル], S : 停止時の平均車頭間隔[m/台]である。

式(2)-(5)により算定する右折車線長は、瀬長交差点の平均の1サイクル当りの右折台数と停止時の平均車頭間隔を用い、また右折車線長係数は「平面交差の計画設計」の右折車線長係数を用いて算定した。この右折車線長係数は瀬長交差点とは異なる箇所(千葉県柏市の幹線道路)での観測値により設定されたものである。このことから、式(2)-(5)で算定する右折車線長は、瀬長交差点の右折車の到着分布や信号制御を十分に考慮した右折車線長にならなかったため、右折滞留長から右折車線長からはみ出し車線を閉塞する状況が発生したと考えられる。

以上のことから、「平面交差の計画設計」に基づき算定した瀬長交差点の需要率が0.9未満にも関わらず、整備後に渋滞が発生する計画決定となったのは、飽和交通流率の基本値やその補正率、右折車線長係数などがどのような観測値に基づいて設定されているかの認識が不十分であったため、需要率の算定にあたって当該交差点の交通特性や道路構造特性の特徴を十分に考慮していなかったことが大きな要因と考える。

(2) 瀬長交差点の新たな計画決定の方法

前項の検証に基づき、瀬長交差点の新たな改良計画を決定するためには、当該交差点の交通特性や構造特性を考慮して、計画時間交通量が新たな改良計画で処理可能かどうかを評価する必要があると考えた。評価にあたって、実測結果が、当該交差点の交通量、渋滞長、信号現示しかなく、「平面交差の計画設計」に基づく方法で、当該交差点の道路交通特性等をさらに考慮した交差点の需要率を算定して評価することは難しい状況であった。そこで、一つの評価方法として、交通流マイクロシミュレーションを活用して評価することにした。交通流マイクロシミュレーションは、過去に瀬長交差点の道路構造データで道路モデルを作成していた「Paramics ver.5.22」を活用することとした。

瀬長交差点の新たな改良計画の予測評価については、

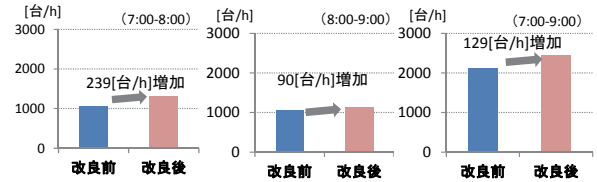


図-5 南側流入部の改良前後の捌け時間交通量の比較

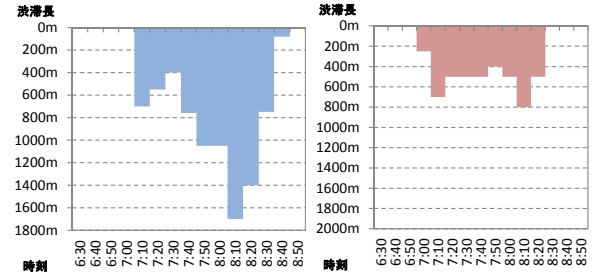


図-6 南側流入部の改良前後の渋滞長の比較

以下に示す現況の瀬長交差点の朝・夕ピーク時の交通状況の再現性に関して、以下の3つの状況が再現できることを確認した上で行った。

- ・朝・夕ピーク時間(各3時間)の捌け交通量[台/10分]
- ・渋滞発生状況(渋滞開始・解消時間、計測時間毎の渋滞長)
- ・右折滞留車の右折車線長のはみ出しによる車線閉塞

図-4に示す瀬長交差点の新たな改良計画に基づき、交通流マイクロシミュレーションにより改良後の交通状況を予測した。予測の結果、西側流入部では、改良後の捌け交通量が改良前に比べ増加し、渋滞要因も解消したため、改良後は渋滞は解消する予測結果となった。改良前に最大で約1,700[m]の渋滞が発生していた南側流入部は、図-5, 6に示すように改良後の捌け交通量が改良前に比べ増加し、改良後の渋滞は改良前に比べて大幅に改善する予測結果となった。改良後の渋滞が解消しなかった要因は、右折車による車線閉塞はほぼ解消したが、直進の需要交通量が多く、直進車線2車線の過飽和状態が解消しなかったためと考えられる。渋滞の解消に向けては、今後、那覇空港自動車道の一部区間として供用予定の小緑道路の供用後の交通流の変化や周辺地域での新たな開発計画の状況を踏まえて、検討を行う予定である。

4. 瀬長交差点改良後の整備効果

(1) 改良前後の渋滞長と捌け交通量の比較

前節の瀬長交差点の新たな改良計画に基づき、瀬長交差点の改良施工を行い、H30年4月3日から改良計画に基づく交差点運用を開始した。ここでは、改良前後に実施した調査結果から実測値による整備効果を把握するとともに、予測結果の検証も行う。なお、改良前後の調査の実施日時は、改良前がH29.4.13(木)6:30～20:00、改良後が

H30.4.26(木)6:30~20:00である。

図-7に改良前後の南側流入部と西側流入部の渋滞長の比較を示す。同図より、渋滞長の観測値においても、改良後の南側と西側の流入部の渋滞は、改良前に比べ大幅に改善する結果を得た。予測評価を行った6:30~9:00の渋滞調査をみると、西側流入部では改良後に200[m]程度の渋滞が発生した。この要因としては、当該流入部を右折する那覇空港の拡張工事の工事車両の増加等により、一時的に右折車による車線閉塞が一時的に発生したためである。西側流入部では改良後に最大渋滞長が約600[m]の渋滞が発生した。予測結果においても、当該流入部には実測値と同程度の最大渋滞長となる渋滞が発生しており、改良後の渋滞の実測値は予測値と概ね同じとなった。渋滞要因についても、改良後の現場確認を行った結果、右折車による車線閉塞はほぼ解消したが、直進の需要交通量が多く、直進車線2車線が過飽和状態であることが確認され、これについても予測時と同様の渋滞要因となった。渋滞発生時の実測値と予測値の改良前後の捌け時間交通量を比較すると、図-8のとおりである。改良前後の実測による捌け時間交通量を比較すると、改良後の捌け時間交通量は、改良前に比べて300[台/h]程度増加することがわかった。予測値と実測値を比較すると、改良前後とも、実測の捌け時間交通量は、予測値に比べて100[台/h]程度多くなる程度であった。このことから、改良後の交通容量の予測値は、実測値と大きく乖離しない結果となった。このことから、改良後の交差点の処理能力を評価する方法として、交通流マイクロシミュレーションの活用は一つの有効な手段になると考える。

(2)ETC2.0データによる改良前後の効果評価

瀬長交差点の改良前後の効果について、改良前後のETC2.0データによる評価を試みた。評価については、速度データから20[km/h]以下の速度データによる日平均渋滞量と改良前の最大渋滞長の付近までを対象区間とした急減速データによる急減速割合を比較した。表-2に、対象としたETC2.0データの概要を示す。

図-9より改良前後の日平均渋滞量を比較すると、西側流入部の日平均渋滞量は改良前後で変化がなかった。一方、南側流入部では改良後の日平均渋滞量が、改良前に比べて約3割減少という渋滞規模が縮小する結果になり、日常的に渋滞が緩和していると考えられる。

図-10より改良前後の急減速割合を比較すると、南側流入部、西側流入部とも改良後の-5.0G未満の急減速割合が、改良前に比べて減少し、南側で約15%、西側で約3%減少する結果となった。このため、渋滞緩和により渋滞による車両の危険挙動が減少し、安全性が向上していると考えられる。

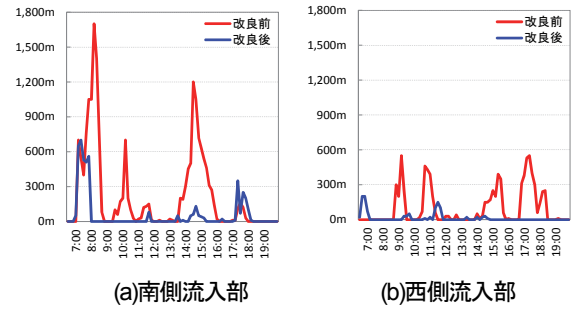


図-7 改良前後の渋滞長の比較

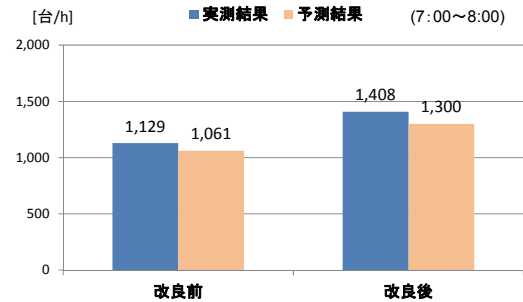


図-8 南側流入部の改良前後の捌け時間交通量の比較

表-2 分析対象としたETC2.0データの概要

流入部	対象期間		サンプル数 [サンプル]	
	改良前	改良後	改良前	改良後
南側流入部	H30.12、H31.1、H31.2の3ヶ月間の全日数	H31.6の1ヶ月間の全日数	2,459	5,077
西側流入部	同上	同上	345	594

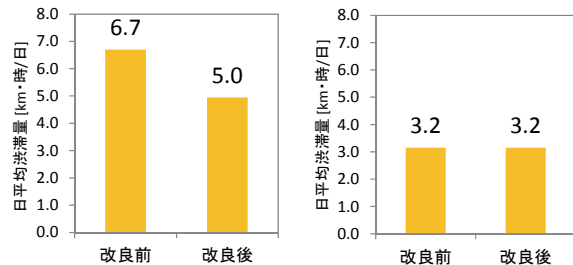


図-9 改良前後の日平均渋滞量の比較

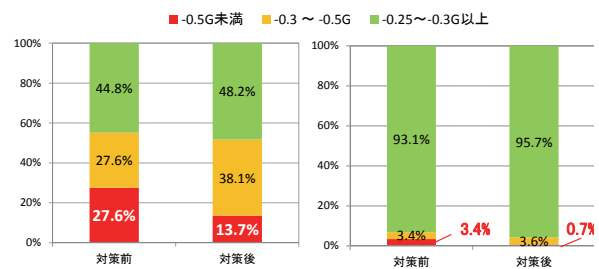


図-10 改良前後の急減速割合の比較

5. おわりに

本稿では、交差点の改良事業のPDCAサイクルの実践の一考察として、H30年4月3日に供用した一般国道331号の瀬長交差点の改良事業を対象として、新たな改良計画を決定するプロセスにおいて、前回の改良計画の計画決定の判断条件とした交差点の需要率の算定方法について検証し、その検証を踏まえて新たな改良計画を決定するための方法とその検証結果についてとりまとめた。

前回の改良計画の計画決定の判断条件とした交差点の需要率の算定方法の検証では、「平面交差の計画設計」に基づく方法で交差点の需要率を算定し、算定結果から、設定した設計時間交通量は、計画した交差点の車線運用と信号制御方式による処理能力以上にならないという判断から、瀬長交差点を改良したが、改良後に渋滞が発生した。この主な理由としては、当該交差点の需要率の値が設計交通量を捌くための限界値(0.9)に近いにも関わらず、当該交差点の交通特性や道路構造特性の特徴を十分に考慮しない飽和交通流率の基本値や補正率により算定した飽和交通流率で求めた交差点の需要率や右折車線長の値に対して、より慎重な考えになり再確認や再検討をせずに計画決定の判断をしたためと考える。このことを踏まえ、新たな改良計画では、少しでも当該交差点の交通特性を考慮して計画決定を行うために、一つの方法として交通流マイクロシミュレーションを活用して新たな改良計画の効果を予測し、その予測結果に基づき改良計画を実施した。改良前後に実施した調査結果と交通流マイクロシミュレーションによる予測結果を検証した結果、予測値と改良後の実測値は大きく乖離しないことから、交通流マイクロシミュレーションは計画決定を判断する一つの有効な手段になると考える。

今後、交差点事業の計画決定において、交差点の需要

率を活用する場合は、需要率の0.9未満は設計交通量を必ず捌くことが可能ということを意味しないことに留意して、より慎重な判断を行うとともに、2018年11月に発行された「平面交差の計画と設計 基礎編⁴⁾」に記載されているように、飽和交通流率を対象交差点の実測値の使用や、新設交差点では類似した交差点の実測値や統計データを使用して算定するなど、対象交差点の道路交通特性を出来る限り考慮することが望まれる。また、計画決定を判断する方法として、交通流マイクロシミュレーションも一つの有効な手段になるため、活用していくことが望まれる。

謝辞：本稿をまとめるための検討にあたっては、沖縄総合事務局長の業務関係の多くの職員から、様々なデータ提供のご協力を頂いた。ここに深く感謝の意を表する。

参考文献

- 1) (公社)日本道路協会:道路の交通容量, 1984.
- 2) (一社)交通工学研究会:平面交差の計画と設計,1984.
- 3) 青山 恵理・下川 澄雄・吉岡 慶祐・森田 緯之・三串 知宏・五十嵐 一馬:信号交差点における飽和交通流率の低下要因の考察 -占有時間・車頭時間の観点から-, 土木計画学研究発表会・講演集,Vol.59,CD-ROM,2019.
- 4) (一社)交通工学研究会:平面交差の計画と設計 基礎編 -計画・設計・交通信号制御の手引-,2018.
- 5) 青山 恵理・下川 澄雄・吉岡 慶祐・森田 緯之:信号交差点における飽和交通流率算出にあたっての課題 -日米独比較を踏まえた考察-, 土木計画学研究発表会・講演集,Vol.58,CD-ROM,2018
- 6) (公社)日本道路協会:道路構造令の運用と解説, 2015
- 7) (一社)交通工学研究会:改訂 平面交差の計画と設計 基礎編 第3版,2009.

(2019. 10.4 受付)

A STUDY ON PRACTICE OF PDCA CYCLE IN SENAGA CROSSING IMPROVEMENT PROJECT

Toshihiko KOMESU, Masaki MEDORUMA, Harumi KIKUCHI,
Tsuyoshi OGATA, and Nobuto KANBE

In order to determine the new design plan for signalized intersections and improvement plans for existing intersections in practice, the demand rate for each inflow section is generally shown to determine whether the planned traffic volume at the intersection is oversaturated in view of traffic capacity. Congestion may also occur at signalized intersections based on evaluations where the demand rate at intersections is below a certain value. In this morning paper, in the improvement of the Senaga intersection located on the National Highway 331 in Okinawa Prefecture where traffic congestion occurred at the morning and evening peaks, the improvement plan method implemented after the improvement and the method after the improvement Report on maintenance effect.