

首都高速道路工事規制時における捌け交通量の変化に関する分析*

Analysis of the Change of Capacity under the Roadwork on Tokyo Metropolitan Expressway*

田畑大**・割田博***・深井靖史****・山下賢一郎*****

By Dai TABATA**・Hiroshi WARITA***・Yasushi FUKAI****・Kenichiro YAMASHITA*****

1. はじめに

近年、首都高速道路（以下、首都高）においては、老朽化した構造物を効率的に補修する目的で、長時間・長区間の工事規制（車線規制）が増加している。この場合、規制箇所が物理的なボトルネックとなり渋滞を発生させることが多いが、一方で、ドライバーが工事の様子に目を奪われ、無意識に、または意識的に速度を低下させている状況も窺え、このような見物車両の混在が更なる容量の低下を招いているとも考えられる。

そこで、首都高では、このような規制帯内の速度低下を抑制するため、ソフト的渋滞対策の一つとして、規制帯内にLED標識車を配置し、速度回復を促すような情報提供や脇見運転などへの注意喚起を適時行っている。これは、速度回復により交通容量の増加を期待するもので、これまでサグ部等で発生する自然渋滞への対応策として導入されており、比較的容易な対策であるとともに、一定の効果も報告されている。¹⁾²⁾しかし、工事規制時においては、導入の実績が少ないことから、定量的な効果の検証は殆ど行われていない。

山田ら¹⁾、中谷ら²⁾は、高速道路のサグ部上流側と下流側の路肩にそれぞれLED標識車設置し、上流側の表示ではまもなく渋滞先頭位置であることを示し、下流側の表示では速度回復を促すことで、渋滞発生後の捌け交通量をわずかながら増大できることを確認している。また、中谷らは、捌け交通量とドライバーが渋滞流の中を通過してきた時間（以下、渋滞巻き込まれ時間）との間に負

の相関が見られること³⁾に着目し、LED標識車の導入効果について、渋滞巻き込まれ時間を考慮した検証を行っており、渋滞巻き込まれ時間が長いほど、捌け交通量の増加効果が大きくなる傾向があることも報告している。

しかしながら、こうした既往研究は、自然渋滞を対象としており、工事規制時に関しては同様の知見はなく、また、LED標識車で情報提供した場合としなかった場合の比較・検証は行われているものの、その表示内容による捌け交通量の違いについてまでは言及されていない。

そこで、本研究では、速度回復を目的としたLED標識車を用いた情報提供について、工事規制への導入時における捌け交通量の増加効果を検証するとともに、渋滞巻き込まれ時間、及び表示内容等による効果の違いについて比較を行う。

2. 対象とする工事規制の概要

本研究では、捌け交通量増加対策として、規制帯内にLED標識車を配置した、過去計7回の中央環状線内回りにおける工事規制を分析の対象とした。なお、これらの工事はいずれも24時間（日曜日午前5時～翌午前5時）連続規制であり、走行車線、又は追越車線のいずれか一車線を規制している。

工事規制区間については図-1に示すとおりであり、うち1回は「葛西JCT～清新町入口間」（以下、清新町規制区間）、うち3回は「平井大橋入口～四つ木入口間」（以下、四つ木規制区間）、うち3回は両区間で同時に規制を行った。

*キーワード：交通容量、工事規制、LED標識車

**首都高速道路（株）

（東京都中央区日本橋箱崎町43-5、TEL:03-5640-4856、
E-mail:d.tabata208@shutoko.jp）

***正員、博（工）、首都高速道路（株）

（東京都千代田区霞が関1-4-1、TEL:03-3539-9389、
E-mail:h.warita1116@shutoko.jp）

****正員、工修、（株）福山コンサルタント

（東京都江東区亀戸2-25-14、TEL:03-3683-0722、
E-mail:y.fukai@fukuyamaconsul.co.jp）

*****工修、（株）福山コンサルタント

（東京都江東区亀戸2-25-14、TEL:03-3683-0722、
E-mail:k.yamashita@fukuyamaconsul.co.jp）

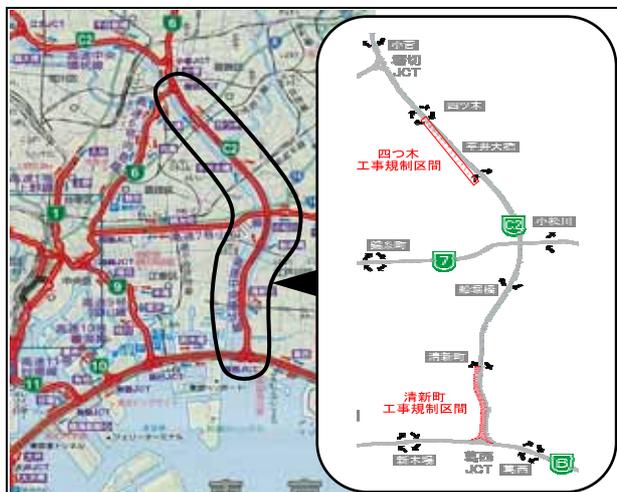


図-1 対象工事規制箇所位置図

また、各工事規制の概要については表-1、規制形態の概略図については、図-2に示すとおりである。なお、清新町と四つ木で同時に規制を行っている3回の工事規制のうち、平成21年4月26日及び5月10日については、四つ木規制区間にLED標識車の配置は行っておらず、また、平成21年9月27日及び10月4日については、清新町規制区間をボトルネックとした渋滞が比較的小さかったことから、本研究においては、前者は清新町規制区間を後者は四つ木規制区間をそれぞれ対象としている。

表-1 各工事規制の概要

規制方法	規制日時		
	規制車線	規制長 (km)	
1	走行	1.8	平成21年4月26日 (日) 5:40から4:40
			平成21年5月10日 (日) 5:45から3:20
2	走行	2.7	平成21年6月7日 (日) 5:35から2:55
3	追越	2.5	平成21年9月27日 (日) 5:10から5:00
			平成21年10月4日 (日) 5:05から5:00
4	走行	2.9	平成21年10月18日 (日) 5:05から5:00
			平成21年11月15日 (日) 5:05から4:55

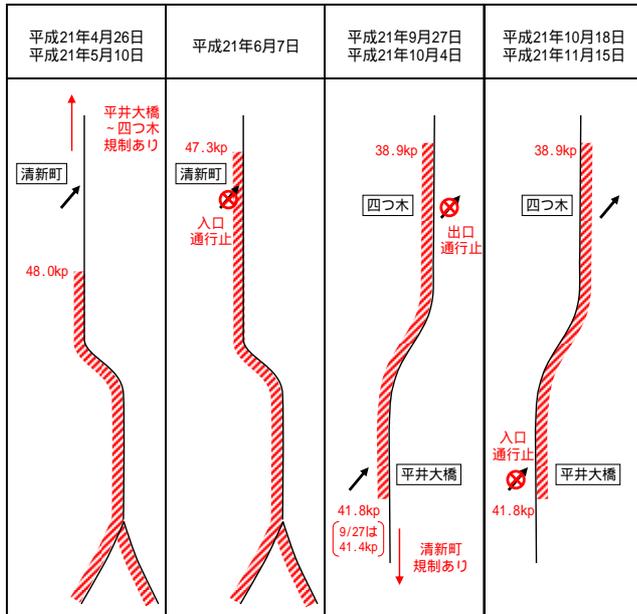


図-2 規制形態概略図

3. 工事規制区間の交通状況

(1) 工事規制区間の捌け交通量

まず、各工事規制時の交通状況について把握するため、車両感知器データ（交通量データと速度データ）を基に、渋滞発生中捌け交通量について算出を行った。算出手順・方法については以下の通りである。

<STEP1> ボトルネック箇所の特定

捌け交通量を算出する箇所を選定するため、ボトルネック箇所の特定を行った。なお、ボトルネックについては、QV図上にキャパシティボール⁴⁾を有する箇所と定義している。

<STEP2> 渋滞域の設定

渋滞域については、臨界速度 V_c を下回る速度域の領域として把握される。本分析における渋滞域についても上記定義に従うこととし、臨界速度 V_c については、ボトルネック直上流のQV図から回帰的に算出することとした。具体には、まず仮の V_{c0} を与え、 V_{c0} 以上と V_{c0} 以下のデータを分類し、それぞれの回帰式を求め、その交点を V_{c1} とし、同様の回帰計算を $V_{c(x+1)}$ と $V_{c(x)}$ が概ね一致するまで計算を繰り返した（図-3）。

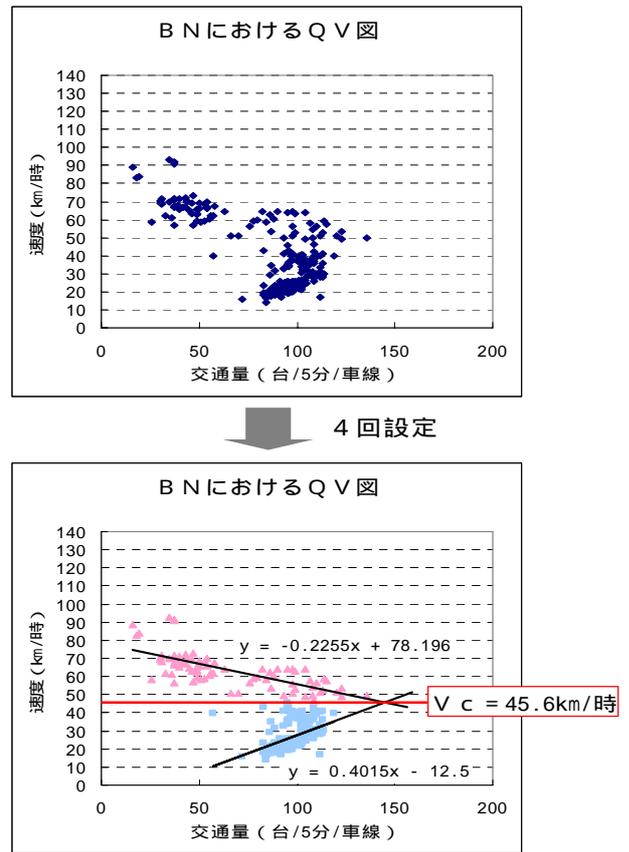


図-3 臨界速度 V_c の算出例

<STEP3> 渋滞発生中捌け交通量の算出

渋滞発生中捌け交通量については、渋滞域にある（臨界速度 V_c を下回る）時間帯の5分間平均フローレート値（台/時）として算出を行った（図-4）。

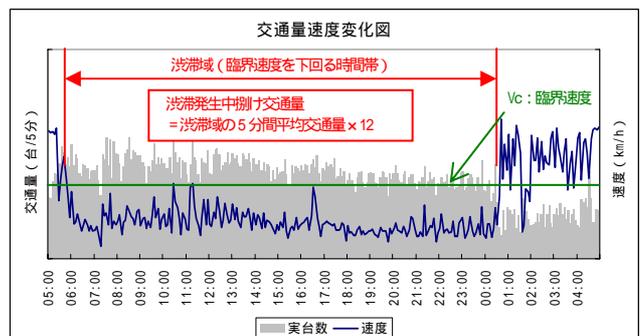


図-4 渋滞発生中捌け交通量の算出例

また、自然渋滞の場合、米川ら⁵⁾の報告にもあるように、昼夜（明暗）が捌け交通量に影響を及ぼすことが想定されることから、本分析においても昼夜別に算出を行っている。なお、昼夜の境界については、日没時刻を基本とするが、明暗の状況はドライバーの感覚的、身体的要素もあり、一意に線引きを引くことは適当ではないと考えられるため、日没前後1時間の薄暮時については分析の対象外とした。

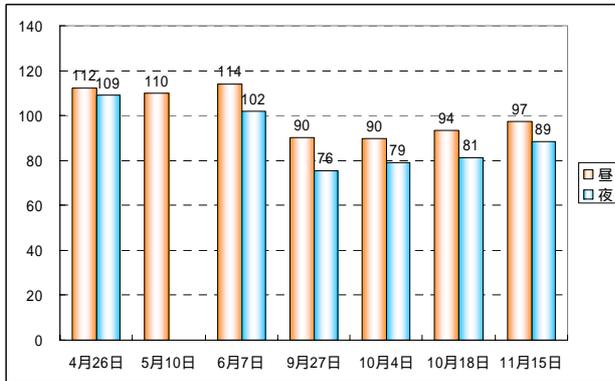


図-5 各工事規制日における渋滞発生中捌け交通量

上述の方法で算出された各工事規制日における昼夜別渋滞発生中捌け交通量については、図-5に示すとおりであり、以下のことが確認された。

- ・各工事規制日とも、昼間に比べ夜間の方が捌け交通量が少ない状況にあり、工事規制時においても自然渋滞と同様の傾向が窺える。
- ・清新町規制区間（4月26日、5月10日、6月7日）に比べ、四つ木規制区間（9月27日、10月4日、10月18日、11月15日）の方が、捌け交通量が少なく、同一の規制区間においても、工事規制日によって差異が見られる。

2点目については、自然渋滞発生中の捌け交通量に影響を与えるとされている、道路構造などの物理的要因や渋滞巻き込まれ時間などの人的要因に加え、工事規制幅員や工事規制区間長、工事用車両の出入り箇所など工事規制特有の要因による影響も大きいと考えられる。

（2）渋滞巻き込まれ時間と捌け交通量

続いて、各工事規制日における交通量と速度の時間的な変化状況について分析を行った。時間的な捌け交通量の変化については、前述した昼夜（明暗）による影響が考えられる他、越ら³⁾により、渋滞巻き込まれ時間との関連性が高く、渋滞巻き込まれ時間が長くなればなるほど、捌け交通量は低下する傾向にあることが報告されている。

そこで、ここでは、渋滞巻き込まれ時間と捌け交通量との関連性を昼夜別に整理することとした。なお、渋滞巻き込まれ時間については、車両感知器の速度データ

を基に、区間毎の所要時間を算出したのち、逆タイムスライス法より計測を行うこととした。ここで、逆タイムスライス方とは、車両の時間的、位置的移動を考慮した計測方法であり、図-6には、その概念図を示す。例えばある時刻にある区間を通過する車両について、渋滞巻き込まれ時間を計測しようとする場合には、上流区間の所要時間については、同時刻の所要時間を累加するのではなく、下流区間の所要時間分さかのぼった時刻の所要時間を累加している。



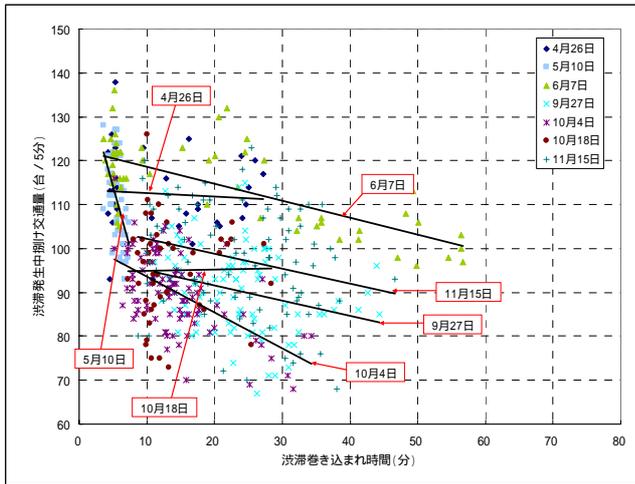
図-6 逆タイムスライス法概念図

図-7は、各工事規制日別に渋滞発生中捌け交通量と渋滞巻き込まれ時間について整理したものであり、表-2には、それぞれの回帰式を示す。

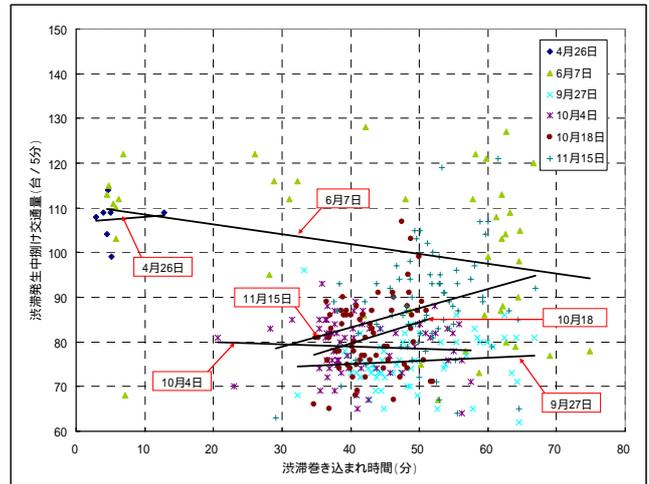
昼間（渋滞発生時～日没1時間前）についてみると、10月18日を除き、渋滞巻き込まれ時間が長いほど、渋滞発生中捌け交通量が低下しており、自然渋滞同様、負の相関が確認された。一方、夜間（日没1時間後～渋滞解消時）についてみると、渋滞発生中捌け交通量と渋滞巻き込まれ時間との関係性は見られなかった。

ただし、各工事規制時の渋滞発生状況等を踏まえると、上記結果については、以下に留意しておく必要がある。

- ・5月10日については、渋滞長が比較的短時間で解消したため、渋滞巻き込まれ時間のばらつきが少なく、昼夜ともに渋滞巻き込まれ時間が10分未満となっている。
- ・9月27日、10月4日、10月18日、および11月15日の4日間については、渋滞のピークが日没後にあり、渋滞発生時からの渋滞延伸速度が、収縮速度に比べ緩やかであったことから、昼間には渋滞巻き込まれ時間が20分以下のデータが、夜間は30分以上のデータがそれぞれ集中しており、昼夜それぞれの渋滞巻き込まれ時間のばらつきが小さい。



昼間（渋滞発生時～日没1時間前）



夜間（日没1時間後～渋滞解消時）

図-7 渋滞発生中捌け交通量と渋滞巻き込まれ時間の関係

表-2 渋滞発生中捌け交通量と渋滞巻き込まれ時間の回帰式

昼間（渋滞発生時～日没1時間前）

日付	回帰式
4月26日	$y = -0.0873x + 113.57$
5月10日	$y = -5.4452x + 141.28$
6月7日	$y = -0.3869x + 122.61$
9月27日	$y = -0.3486x + 98.591$
10月4日	$y = -0.818x + 101.75$
10月18日	$y = 0.0301x + 94.591$
11月15日	$y = -0.3367x + 105.47$

夜間（日没1時間後～渋滞解消時）

日付	回帰式
4月26日	$y = 0.1179x + 106.77$
5月10日	
6月7日	$y = -0.2199x + 110.67$
9月27日	$y = 0.075x + 71.993$
10月4日	$y = -0.0498x + 80.981$
10月18日	$y = 0.4814x + 60.353$
11月15日	$y = 0.4321x + 65.942$

4. LED標識車の効果検証

冒頭で述べたとおり、本分析で対象としている工事規制を実施する場合においては、渋滞発生中の捌け交通量増加を図るべく、LED標識車を規制帯内に配置し、速度回復を促すような情報提供や脇見運転などへの注意喚起を適時行っている。

ここでは、工事規制時におけるLED標識車導入の効果について、渋滞発生中の捌け交通量を指標とした定量的な検証を行った。なお、LED標識車の効果を検証する上では、その他の条件は同一である方が有意であることから、本分析は工事規制日毎で行うこととした。

(1) LED標識車による渋滞対策の概要

LED標識車の配置状況について図-8に示す。配置位置については、各工事規制日において、走行車両から比較的可見やすい場所を選定している。また、表示内容については、表-3に示す6パターンを使用しており、「わき見注意」「速度低下注意」といった工事見物等による速度低下を抑制するための文言や、「m先渋滞終了」、「まもなく渋滞終了」といった速度回復に対する運転意欲を向上させるための渋滞終了予告の他、LED標識車による対策を実施しない場合を想定し、非表示のパターンについても設定を行っている。



図-8 LED標識車配置状況

表-3 LED標識車表示パターン表

表示No.	概要	表示イメージ
1	非表示	
2	工事情報、または追突注意喚起のみ	
3	わき見への注意喚起	
4	渋滞残区間情報の提供(km先渋滞終了)	
5	渋滞残区間情報の提供(まもなく渋滞終了)	
6	渋滞残区間情報の提供(この先渋滞終了)	

(2) 表示の有無による渋滞発生中捌け交通量の変化
 まず、LED標識車に何らかの情報を表示した「表示時」(表示No.2~6)と何も表示しない「非表示時」(表示No.1)の渋滞発生中捌け交通量について単純平均による比較を行った。

表-4はその結果であり、非表示の捌け交通量に対する表示時の捌け交通量の比率を示す。10月4日を除く工事規制日において、表示時の方が非表示時に比べ渋滞発生中捌け交通量が大きくなっており、非表示時に対する表示時の比率は1.02~1.13倍であった。

表-4 表示時と非表示時における捌け交通量の比較

		単位:台/時						
		4月26日	5月10日	6月7日	9月27日	10月4日	10月18日	11月15日
昼	非表示時	101	107	111				96
	表示時	114	112	115	90	90	94	98
	増加率	1.13	1.04	1.03				1.02
夜	非表示時	98			73	83		
	表示時	110		102	76	78	81	89
	増加率	1.12			1.04	0.94		

(3) 渋滞巻き込まれ時間とLED標識車の効果

3節で示したとおり、工事規制時に発生する渋滞については、自然渋滞時同様、渋滞巻き込まれ時間が長いほど、渋滞中捌け交通量は低下する傾向にある。これは、ドライバーの疲労度によるところが大きいと考えられるが、速度回復に対する運転意欲、すなわち、LED標識車の効果の現れ方についても同様の傾向があると想定される。このため、LED標識車による捌け交通量の増加効果と渋滞巻き込まれ時間との関連性についても分析を行った。

分析にあたっては、単独の工事規制日毎では、サンプル数が少なすぎることから、全工事規制日を同一比較することとした。ただし、渋滞巻き込まれ時間以外の主要な影響要因(規制箇所や規制方法など)を排除する必要があるため、ここでは、各工事規制時における非表示時の昼夜別捌け交通量を「1」とし、これに対する表示時の捌け交通量の比率を検証することとした。

また、渋滞巻き込まれ時間が最小10分、最大70分程度であることから、渋滞巻き込まれ時間を20分刻みで合計4ランク(20分未満、20分以上40分未満、40分以上60分未満、60分以上)に分類し、分析を行うこととした。

図-9には、渋滞巻き込まれ時間別の表示時と非表示時の渋滞発生中捌け交通量の比較結果を示す。この分析結果より以下のことが確認された。

- ・渋滞巻き込まれ時間40~60分の場合を除き、非表示時に対して、表示時の方が渋滞発生中捌け交通量が大きくなっている。
- ・渋滞巻き込まれ時間が長くなるほど、非表示時に対する捌け交通量の比率が、小さくなる傾向にある。

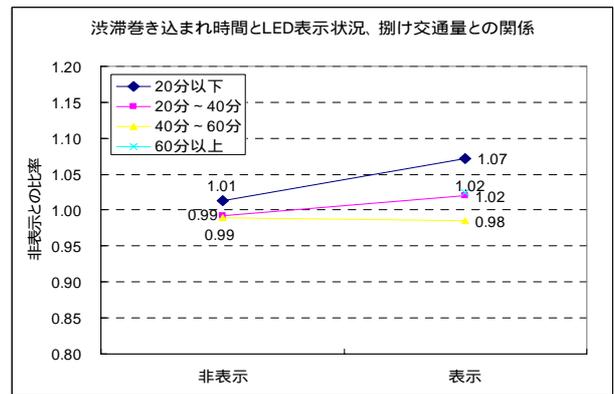


図-9 渋滞巻き込まれ時間とLED表示状況、捌け交通量との関係

以上のことから、渋滞巻き込まれ時間が長い場合においては、LED標識車の効果はあまり期待できないため、このようなLED標識車を用いた情報提供を行う際には、渋滞巻き込まれ時間が比較的短い時間帯から表示しておくことが効果的であるといえる。

(4) 表示内容と捌け交通量

最後に、LED標識車に表示する内容によって、渋滞発生中捌け交通量に違いが生じているのかを把握し、効果的な表示内容について検証を行った。

図-10には、LED表示パターン別、渋滞巻き込まれ時間別の非表示時捌け交通量からの比率を示す。この結果から以下のことが読み取れる。

- ・巻き込まれ時間が20分未満の場合は、どの表示パターンでも非表示時を上回る捌け交通量となっている。
- ・20分以上になると、一部の表示パターンについては、非表示時の捌け交通量を下回っている。
- ・各表示パターンについては、渋滞巻き込まれ時間によって傾向が異なっており、効果的な表示内容については明確ではない。
- ・表示パターン間のみに着目し、捌け交通量の違いをみると、概ね、20分未満>20分以上40分未満>40分以上60分未満の関係が成り立っており、表示パターン別に見ても、渋滞巻き込まれ時間と捌け交通量には負の相関がある事が窺える。

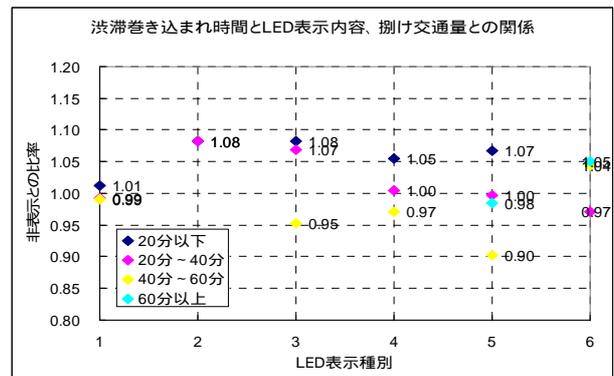


図-10 渋滞発生中捌け交通量と渋滞巻き込まれ時間別 LED 表示内容との関係

4. まとめと今後の課題

本研究において、捌け交通量と渋滞巻き込まれ時間との関連性を明らかにすることにより、工事規制時においても自然渋滞同様、渋滞巻き込まれ時間に応じた捌け交通量の違いについて確認することができた。また、LED標識車を用いた情報提供による捌け交通量の増加効果の違いについても確認することができた。本研究で得られた知見を以下に列挙する。

工事規制時における渋滞巻き込まれ時間と渋滞発生中捌け交通量には、特に昼間において、自然渋滞と同様、負の相関が確認され、渋滞巻き込まれ時間の長さが、渋滞中捌け交通量の大きさに影響を与える要因となっていると言える。

工事規制時において、規制帯内にLED標識車を配置し、何らかの情報を提供した場合、何も表示しない場合に比べて、1.02~1.13倍の捌け交通量が認められ、捌け交通量の増加効果について定量的に確認することができた。

また、上記の捌け交通量の増加効果について、渋滞巻き込まれ時間との関連性について分析を行ったところ、渋滞巻き込まれ時間が長くなるほど、その効果は小さくなる傾向にある事が確認できた。この結果から、渋滞が延伸し、渋滞巻き込まれ時間が長くなった状況下においては、LED標識車の効果はあまり期待できず、渋滞発生前、もしくは渋滞が比較的短い時間帯から表示しておくことが効果的であるとの知見を得た。

表示内容との関連性についても分析を行ったが、明確な結果は得られなかった。ただし、巻き込まれ時間が比較的短い状況下では、表示内容に関わらず捌け交通量が増加すること、また、表示内容別にみても、渋滞巻き込まれ時間と捌け交通量には、負の相関があることが確認できた。

以上の通り、LED標識車による速度回復情報の提供が、工事規制時においても、ソフトの渋滞対策として、ある程度有効な対策となりうる事が再確認でき、また、その効果については、渋滞巻き込まれ時間との関連性が認められるとの知見も得た。

今後は、引き続きLED標識車を用いた渋滞対策を実施して行く上で、表示内容が規制時の速度に与える影響や表示内容による捌け交通量の相違等を、データの蓄積により明確にするとともに、戦略的なLED標識車の配置等の検討も必要であると考えており、以降の工事規制時においても効果的かつ効率的な対策立案に取り組む所存である。

参考文献

- 1) 山田芳嗣, 阿部重雄, 長瀬博紀: LED 表示板を活用した渋滞対策, EXTEC, No.67, pp.54 -57, 2003
- 2) 中谷了, 皆方忠雄, 佐藤久長, 市川昌: 渋滞巻き込まれ時間を考慮した LED 標識による速度回復情報提供の効果検証, 第 25 回交通工学研究発表会論文報告集, pp.173-176. 2005.
- 3) 越正毅, 桑原雅夫, 赤羽弘和: 高速道路のトンネル、サグにおける渋滞現象に関する研究, 土木学会論文集, No.458/ -18, pp.65-71, 1993.
- 4) 割田博, 赤羽弘和, 船岡直樹, 岡村寛明, 森田純之: 首都高速道路におけるキャパシティポールの抽出とその特性分析, 第 29 回土木学会土木計画学研究・講演集(CD-ROM), 2004
- 5) 米川英雄, 森康男, 飯田克弘: 高速道路単路部における交通容量影響要因の基礎的研究, 土木計画学研究・論文集, No17, pp.915-926, 2000.
- 6) 飯田克弘, Dao Quynh Anh, 小川清香: 高速道路工事規制区間における運転者の脇見状況と車両挙動との関連性分析, 第 28 回交通工学研究発表会論文報告集, Vol.28, pp.29 -32, 2008.