

首都高速道路における工事規制箇所の交通状態に関する基礎的分析

山下 賢一郎¹・割田 博²・小林 健二郎³・深井 靖史⁴

¹株式会社福山コンサルタント 東日本事業部 (〒112-0004 東京都文京区後楽2-3-21)

E-mail: k.yamashita@fukuyamaconsul.co.jp

²正会員 首都高速道路株式会社 保全・交通部 (〒100-8930 東京都千代田区霞が関1-4-1)

E-mail: h.warita1116@shutoko.jp

³首都高速道路株式会社 西東京管理局 (〒102-0093 東京都千代田区平河町2-16-3)

E-mail: k.kobayashi662@shutoko.jp

⁴正会員 株式会社福山コンサルタント 東日本事業部 (〒112-0004 東京都文京区後楽2-3-21)

E-mail: y.fukai@fukuyamaconsul.co.jp

首都高速道路では、構造物の長寿命化や沿道・走行環境改善等に向け、各種工事に伴う車線規制が数多く実施されている。工事に伴う車線規制は、少なからず走行サービス性の低下をもたらすため、影響緩和のための効果的な施策を併せて実施していく必要がある。そのためには、想定される渋滞状況や所要時間について、より精度の高い事前予測が求められ、予測条件となる規制区間の交通流率や速度、密度等の交通状態を適切に設定することが極めて重要となる。交通流率や速度については、工事種別や規制内容等によって違いがあることは報告がなされているものの、交通流率-速度-密度 (Q-K-V) の関連性や時空間的な変動に関する分析は殆どなされていない。そこで本稿では、車両感知器が密に設置されている首都高速道路を対象に、渋滞や旅行時間の予測精度向上に向けた規制区間近傍における交通状態の基礎的知見を得るべく、主としてQK関係に着目した分析を行ったものである。

Key Words : roadwork, construction congestion, traffic state, flow rate, free flow speed, density

1. はじめに

近年、首都高速道路では、構造物の長寿命化や走行環境改善等のための昼夜間連続車線規制工事が増加しており、規制内容によっては大きな渋滞が発生している。

このため、サービス水準を大幅に低下させるような工事規制については、今まで以上に十分な渋滞対策と安全対策が必要不可欠となる。

渋滞対策の一つとして、他路線への迂回分散対策が挙げられるが、そのためには、経路選択時に最も重要な所要時間を、より正確に予測し、的確にドライバーに提供することが肝要である。しかし、現段階では、その予測手法の確立には至っておらず、研究段階にある。

首都高速道路(株)では、オンラインシミュレーターを用いた所要時間予測システムの開発に取り組んでいるが、予測パラメータの一つであるボトルネックの交通状態(QK)については、予測精度への影響が最も大きいと認識されており、今後の研究課題となっている。¹⁾

通常時における交通状態に関しては、全国にて様々なボトルネックが顕在化し、慢性的な交通渋滞を頻発させていることから、これまで数多くの分析・研究およびその対策技術検討に関する活動は極めて活発に行われてきた。²⁾そして、幾何構造をはじめ、天候や明暗等の環境条件や時間帯、ドライバー特性など、ボトルネック付近の交通状態に影響を与える要因が明らかになりつつあり、影響要因を説明変数とする交通状態の定式化も試みられている。³⁾⁴⁾

一方、工事規制時についても、交通容量や自由流速度に関する分析事例が幾つか見られる。菅野ら⁵⁾は、首都高速道路での昼夜間連続長時間工事規制において、追越車線規制よりも走行車線規制の方が渋滞中の捌け交通量が大きい傾向にあることを示し、安井ら⁶⁾は、規制区間長と捌け交通量との関連性に着目し、両者には負の相関があることを示している。また、筆者ら⁷⁾は、工事規制区間の自由流速度に着目し、通常時の自由流速度に比べ20km/h程度低く、規制区間の幾何構造も影響しているこ

とを示唆している。しかし、これらの分析対象は、個々の状態量に留まっており、交通状態（Q-V-K関係）を統合的に取り扱った分析事例は見られない。

以上の背景から、本研究では、工事規制時における正確な所要時間提供に向け、予測上最も重要なパラメータとなる工事規制区間近傍の交通状態（QK）について、これまで首都高速道路で実施されてきた長時間工事規制を対象に分析を試みる。

2. 分析対象工事規制

(1) 首都高速道路における昼夜間連続工事

昼夜連続工事規制は、平成17年11月に実施された首都高速4号新宿線での3日間（72時間）連続1車線規制を皮切りに、春季・秋季の日曜日を中心に、表-1および図-1に示す8路線にて合計100回以上実施されている。

表-1 昼夜間連続工事規制実績

路線	区間	工事内容	規制	実施回数(日数)			
				春季	秋季	冬季	合計
1号羽田線	昭和島JCT~大師JCT	ノーゾイント化	1車線規制	2	4	2	8
3号渋谷線	大橋JCT~東名高速接続	ノーゾイント化	1車線規制	6	4	-	10
4号新宿線	西新宿JCT~中央道接続	ノーゾイント化 ガードレール補修	1車線規制	7	16	-	23
5号池袋線	板橋JCT~美女木JCT	ノーゾイント化	1車線規制	2	2	-	4
11号台場線(上り)	芝浦JCT~有明JCT	SFRC	1車線規制	4	2	-	6
中央環状線	堀切JCT~葛西JCT	SFRC	1車線規制	13	12	3	28
湾岸線(東京線)	辰巳JCT~東関東道接続	SFRC	1車線規制	2	3	2	7
	東海JCT~川崎浮島JCT	SFRC	1車線規制	-	7	-	7
1号横羽線	大師JCT~生麦JCT	ノーゾイント化	1車線規制	6	2	-	8
湾岸線(神奈川線)	本牧JCT~川崎浮島JCT	SFRC	1車線規制	-	17	-	17
合計				42	69	7	118

※平成26年3月末時点

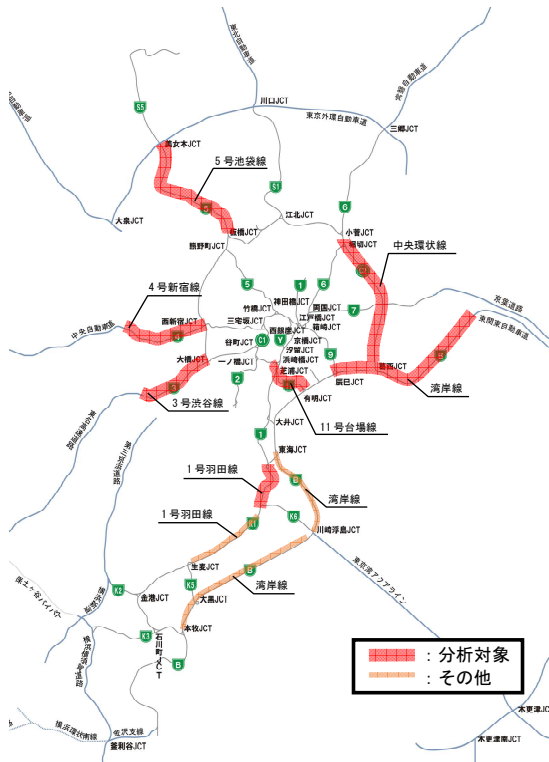


図-1 過去に実施された昼夜間連続工事規制箇所

(2) 分析対象工事規制の概要

上述のとおり、首都高速道路ではこれまで複数の路線において昼夜連続工事規制が実施されてきた。

本稿では、このうち工事渋滞が比較的長時間発生し、工事規制時における交通状態が明確に確認できる5路線（1号羽田線、3号渋谷線、4号新宿線、5号池袋線、中央環状線：図-1における赤線箇所）での工事規制を分析対象とした。

また、分析に用いる各種交通データは、車両感知器により取得された5分間データとした。

3. 工事規制時の交通容量

車両感知器データを基に、渋滞発生後における捌け交通量について整理した結果を表-2に示す。なお、捌け交通量の算出にあたっては、渋滞域を40km/h未満と定義し、渋滞域における5分間平均フローレート値（5分間平均捌け交通量×12）とした。また、大型車混入率の違いを考慮するため、乗用車換算係数を1.7とし、全てpcu値としている。

工事規制時の捌け交通量は、最小で約960pcu/h、最大で約1,510pcu/hと同一路線でも工事によって大きなばらつきがみられる。これらの捌け交通量の違いは、工事規制区間の幾何構造（平面線形や縦断勾配等）や規制形態（規制車線や走行幅員、規制長等）、工事種別など、様々な要因が考えられる。

本稿では、その影響要因との関連性については解析できていないため一概には言えないが、越車線規制に比べ、走行車線規制の方が捌け交通量が多い傾向にあることが窺える。この要因としては、菅野らが考察した走行車線側の擁壁等による圧迫感²⁾に加え、追越車線規制では、規制始端部にてドライバーとは逆側となる左合流を強いられるため、合流時のギャップが大きく、合流後（規制始端部下流側）での車頭間隔が大きく（密度が小さく）なる傾向にあったものと推察される。

表-2 工事規制時の捌け交通量

工事箇所		工事内容	方向	渋滞発生中捌け交通量 (pcu/h)	
路線	区間			走行車線規制	追越車線規制
1号羽田線	昭和島JCT~大師JCT	ノーゾイント化	上り	1,380~1,490	1,330~1,360
			下り	1,480	1,370~1,460
3号渋谷線	大橋JCT~東名高速接続	ノーゾイント化	上り	1,030~1,490	1,110~1,370
			下り	1,070~1,510	960~1,370
4号新宿線	西新宿JCT~中央道接続	ガードレール補修	上り	1,370~1,420	-
			下り	-	1,310~1,370
5号池袋線	板橋JCT~美女木JCT	ノーゾイント化	上り	1,250~1,270	1,210
			下り	1,280~1,360	1,190
中央環状線	堀切JCT~葛西JCT	SFRC	内回り	1,240~1,500	1,220~1,420
			外回り	1,140~1,510	1,090~1,390

4. 工事規制区間の速度分布

続いて、捌け交通量が異なる要因について探るため、規制区間内における速度分布について整理を行った。図2～図4には、その一例として、5号池袋線下り（工事A）、4号新宿線上り（工事B）、3号渋谷線下り（工事C）での工事規制時（いずれも走行車線規制）における時空間速度分布を示す。横軸方向は空間変動を、縦軸方向は時間変動を表す。

速度回復位置に着目すると、工事Aでは規制区間に流入した直後に速度回復が見られ、車線減少箇所の状況によって捌け交通量が決定付けられる。一方、工事Bでは規制区間流入直後ではなく、規制区間内で速度回復しており、規制区間内に何らかの速度低下要因が存在していると想定される。また、工事Cでは、速度低下が特定の箇所に定着しておらず、規制区間内において時間的・空間的に変動しており、複数の速度低下要因が存在するとともに、個々のドライバー特性も大きく影響しているものと推測される。

また、捌け交通量の大小関係を見ると、工事A：1,360pcu/h > 工事B：1,310pcu/h > 工事C：1,160pcu/hとなっており、規制区間内に速度回復箇所が存在し、その箇所が時空間的に複数分散するほど、捌け交通量が低下する傾向にあることが窺える。

以上のことから、工事規制時における規制区間内の速度分布は、必ずしも同じ傾向を示すわけではなく、また、この速度分布の違いは、捌け交通量にも大きな影響を与えている要因と推測される。

5. 工事規制区間の交通状態

続いて、規制区間内の速度分布に差が生じていた工事A～Cの工事規制を対象に、工事規制時および通常時における交通状態について整理し、その特徴について考察を行った。なお、通常時については、平成25年のうち、各工事規制実施日と同時期・同曜日（雨天日除く）とし、各地点が有する交通状態を正確に把握するため、下流側をボトルネックとした渋滞発生時間帯、および特異事象発生時間帯のデータについては除外した。表-3には各工事規制実施日と比較対象日を示す。

表-3 工事規制実施日と比較対象日

	路線	工事規制実施日	比較対象日
工事A	5号池袋線下り	平成25年 5月12日(日)	平成25年 5月26日(日)
		" 6月9日(日)	" 6月2日(日)
工事B	4号新宿線上り	平成23年 5月16日(月)	平成25年 5月13日(月)
		" 5月17日(火)	" 5月14日(火)
		" 5月18日(水)	" 5月15日(水)
工事C	3号渋谷線下り	平成19年 10月28日(日)	平成25年 10月27日(日)
		" 11月4日(日)	" 11月3日(日)

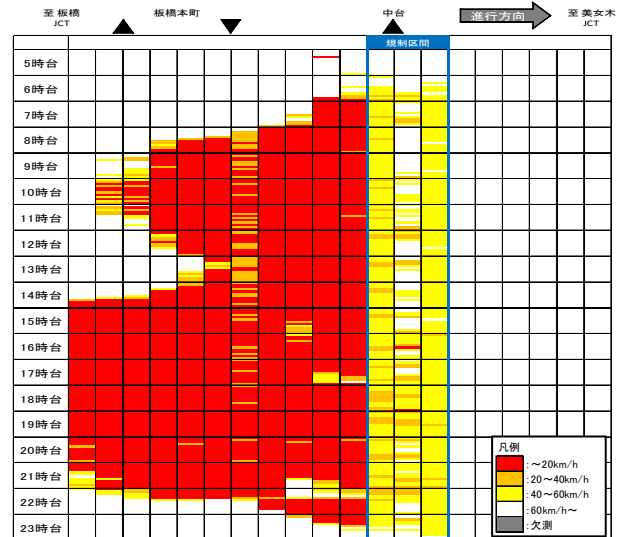


図-2 速度分布図（工事A：5号池袋線下り）

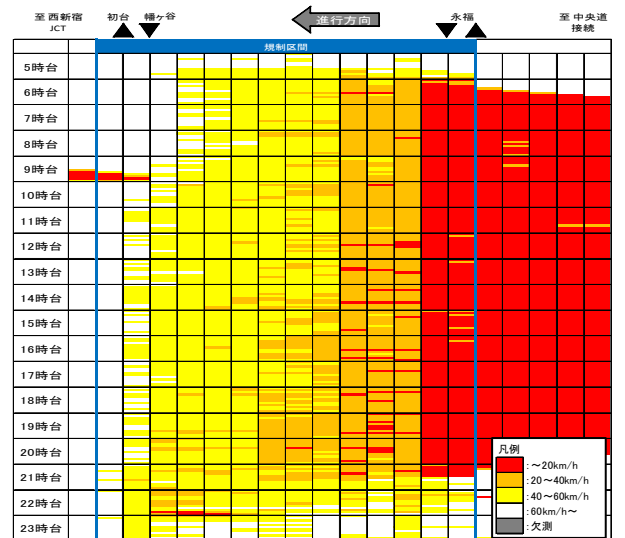


図-3 速度分布図（工事B：4号新宿線上り）

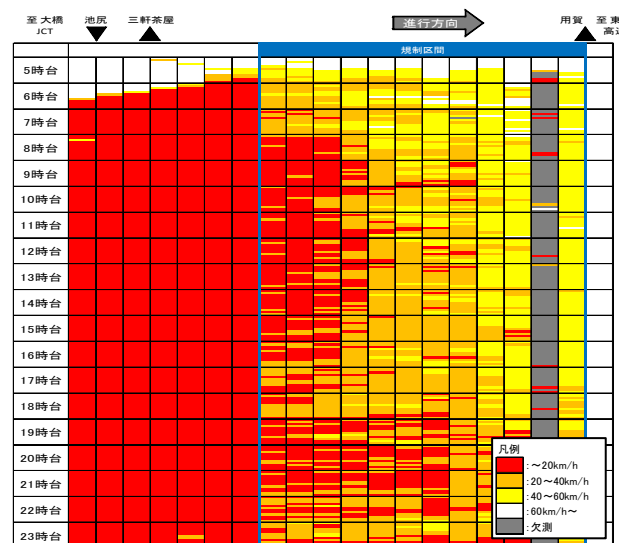


図-4 速度分布図（工事C：3号渋谷線下り）

(1) QK曲線

図-5～図7には、通常時および各工事規制時における規制区間流入直後のQK図を示す。一般に、密度が小さい自由流領域では、密度と交通量は概ね比例関係となり、ほぼ一定の速度で走行していることを示す。また、交通量が増え過ぎると、密度が増えても交通量は増加せず、逆に広がりを見せながら減少する。

各工事規制時と通常時を比較すると、全ての工事規制時において、自由流領域ではプロット群の傾き（Q：交通量/K：密度=V：速度）が通常時に比べ小さく、自由流速度が低下している状況にあることが窺える。また、交通量に着目すると、工事Bでは通常時で最大4,000pcu/h程度であるが、工事規制時の最大交通量はその半分以下の約1,800pcu/hに留まっている。なお、工事A、工事Cでは、通常時の最大交通量が3,500pcu/h程度であり、工事時はその半分程度となっているが、通常時が低密度領域しかデータが存在していないことを考慮すると、工事Bと同様、工事時の最大交通量は通常時の半分以下まで低下すると推測される。

一方、高密度領域に着目すると、工事A、Bに比べ、工事Cにおけるプロット群の広がりが大きく、同一の交通量に対する密度域の幅が広い。これは、低密高速と高密低速の全く異なる交通状態が同一箇所で開催していることを示唆している。

(2) 自由流速度

上述した通常時との自由流速度の違いを定量的に把握するため、Q-Vデータを基に交通流レベル別の自由流速度について整理を行った。なお、ここでは、自由流領域を50km/h以上と定義し、自由流速度は、既往研究でも採用事例が多い85パーセントイル速度を採用した。なお、自由流領域では、下流側車両の影響を殆ど受けないと考えられることから、規制区間内の全てのデータを対象とし、また、信頼性の観点から、20個以上のサンプルを有する交通流レベルのみ対象とした。

図-8～図-10に交通流レベル別の自由流速度を示す。全ての工事規制において、各交通流レベルでの自由流速度は、通常時に比べ大きく低下しており、概ね10 km/h～20km/h程度の低下が認められる。

また、工事規制相互でも自由流速度の傾向に差が見られ、工事Bでは交通流レベルに寄らず概ね75km/h前後を維持しているのに対し、工事A、Cでは、交通流レベルがそれぞれ1,200pcu/h（100pcu/5分）、1,440pcu/h（120pcu/5分）を超えると約10km/h程度の急激な速度低下が生じている。各工事箇所、通常時の自由流速度に大きな差が無いことから、規制区間内には、通常時とは異なる工事規制時特有の速度低下要因が存在すると推察される。

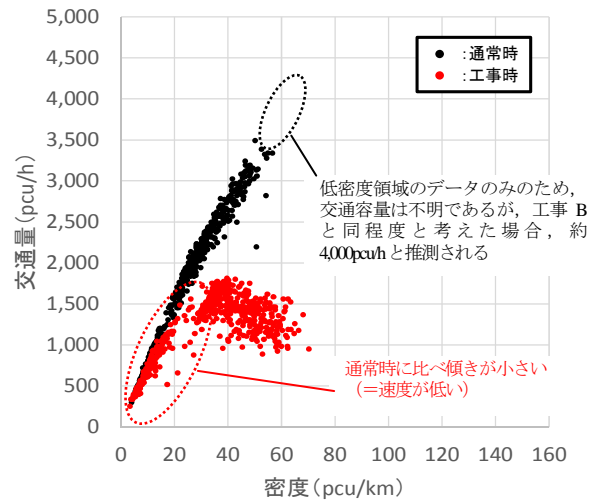


図-5 規制区間流入直後におけるQK図（工事A）

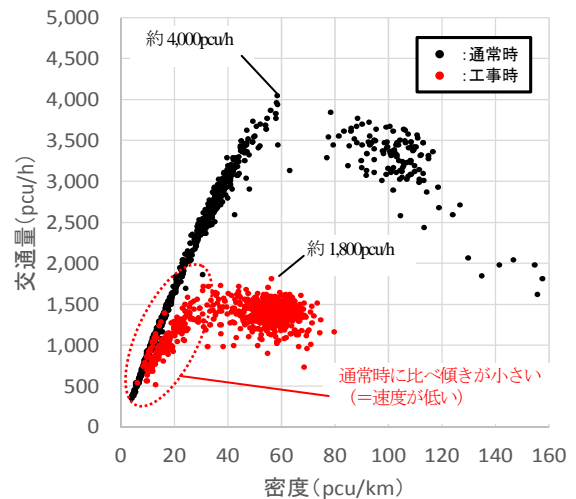


図-6 規制区間流入直後におけるQK図（工事B）

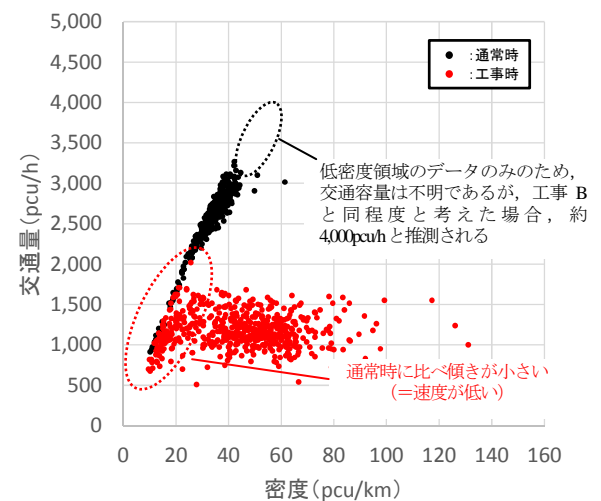


図-7 規制区間流入直後におけるQK図（工事C）

6. まとめ

本稿では、車両感知器データを基に、昼夜連続工事規制時における規制区間近傍の交通状態について整理を行い、工事毎の規制区間内における速度分布の違いや、通常時とは異なる工事規制時のQK関係の大まかな特徴について示した。

今後、工事規制時のQKモデル構築に向けては、本稿で示した規制区間内の交通状態（QKV関係）を決定付ける影響要因について解明していくことが必要不可欠であり、現在、ビデオ映像やプローブデータ等を用いて、解析を試みているところである。

参考文献

- 1) 宗像恵子, 田村勇二, 割田博, 白石智良: 首都高速道路におけるリアルタイム予測シミュレーションの開発, 交通工学研究発表会論文集, pp.293-296, 2007.
- 2) 大口敬, 中村英樹: 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, 土木学会論文集 D3(土木計画学), Vol.67, No.3, pp.217-229, 2011.
- 3) 米川英雄, 飯田克弘, 森康男: 高速道路における渋滞中交通容量の算定式構築に関する実証的研究, 高速道路と自動車, Vol.44, No.8, pp.25-30, 2001.
- 4) 洪性俊, 割田博, 桑原雅夫: 都市高速道路における自由流速度への影響要因に関する研究, 交通工学, Vol. 43, No. 5, 交通工学研究会, pp.37-47, 2008.
- 5) 菅野寛政, 岡田 知朗, 深井 靖史: 首都高速 4号新宿線集中工事時の交通容量分析, 第 26 回交通工学研究発表会論文報告集, pp.53-56, 2006.
- 6) 森田綽之, 安井一彦, 大谷修, 佐藤亨貴: 首都高速道路におけるリアルタイム予測シミュレーションの開発, 日本大学理工学部交通土木工学科 卒業論文概要集, pp.87-88, 2002.
- 7) 割田博, 田畑大, 深井靖史, 山下賢一郎: 首都高速道路における工事規制時の自由流速度に関する分析, 土木計画学研究・講演集, Vol.40, No.219, 2009.

(2014.4.25 受付)

FUNDAMENTAL ANALYSIS OF TRAFFIC STATE IN THE ROADWORK PLACE ON TOKYO METROPOLITAN EXPRESSWAY

Kenichiro YAMASHITA, Hiroshi WARITA, Kenjiro KOBAYASHI
and Yasushi FUKAI

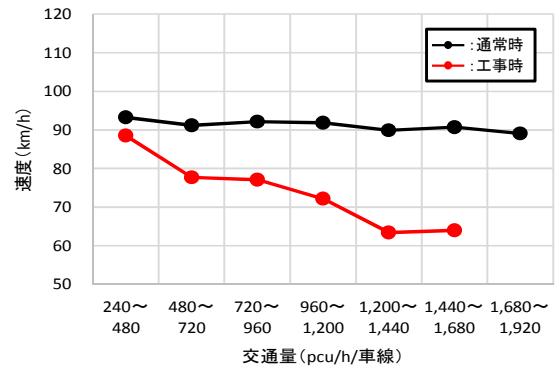


図-8 規制区間の交通流レベル別自由流速度 (工事A)

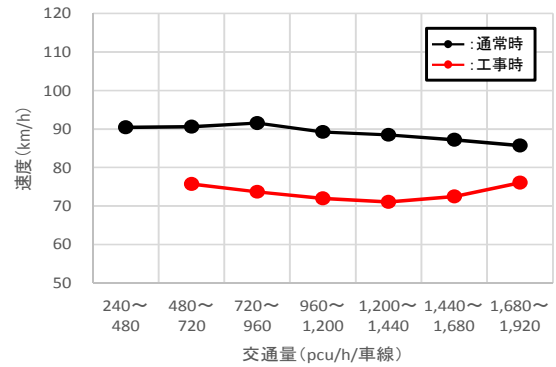


図-9 規制区間の交通流レベル別自由流速度 (工事B)

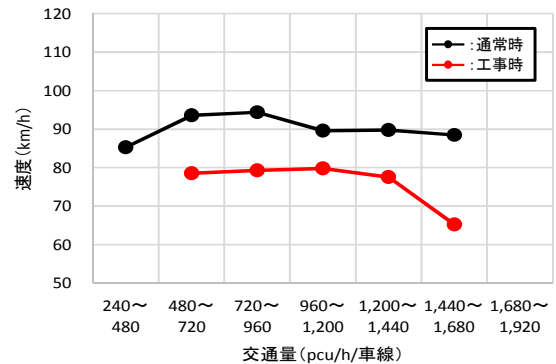


図-10 規制区間の交通流レベル別自由流速度 (工事C)