

中国自動車道宝塚東トンネル付近の渋滞発生時の交通現象に関する研究*

A Study on the Traffic Phenomena around Takarazuka-Higashi Tunnel of Chugoku Expressway During Congested Hours *

矢嶋 尚彦**・明道 俊治***・森 康男****・辻 光弘*****

By Hisahiko YAJIMA**・Toshiharu MYOUDOU***・Yasuo MORI****・Mitsuhiro TSUJI*****

1. はじめに

中国自動車道下り線宝塚 I C—西宮北 I C間に位置する宝塚東トンネル付近の渋滞は、日本道路公団関西支社管内において深刻な交通集中渋滞の発生日点であり、渋滞による社会的損失や利用者へのサービスの低下が懸案となっている。これまで、渋滞対策事業として、トンネル進入を円滑にするため、トンネル路肩縁石前面に面発光体を設置し、若干の容量増加が認められたが、依然として朝ピーク時に渋滞が多発しており、平成 13 年には年間 91 回にのぼる渋滞が発生している。

効果的な渋滞対策を立案するためには、渋滞の発生箇所およびその原因を的確に把握することが重要であるが、当該トンネル付近は、トンネルの連続、上り勾配やサグの存在、インターチェンジ合流部との近接といった交通容量の低下要因が重なり、複雑な交通現象を呈している。

このような背景から、本研究は、車両感知器データ、走行調査データ、およびトンネル内外のビデオ観測データをもとに、渋滞発生時における交通量、速度、車線利用率、車群形成状況といった交通特性について詳細な分析を行い、渋滞発生メカニズムについて推定を行ったものである。

*キーワード：交通流，交通容量，交通量計測

**日本道路公団中部支社豊田工事事務所舗装第二工事班

(愛知県豊田市司町4-16,

TEL: 0565-35-7708, FAX: 0565-35-7792)

***日本道路公団関西支社保全部交通技術課

(大阪府大阪市北区堂島1-6-20 堂島アバンザ18F,

TEL: 06-6344-8888, FAX: 06-6344-8247)

****正員，工博，福井工業大学工学部建設工学科地球環境

工学専攻

(福井県福井市学園3-6-1,

TEL: 0776-22-8111, FAX: 0776-29-7891)

*****正員，株式会社オリエンタルコンサルタンツ

(神奈川県川崎市高津区久本3-5-7,

TEL: 044-812-8813, FAX: 044-812-8823)

2. 道路交通の特性

(1) 道路構造の特性

図-1は、宝塚東トンネル付近の道路構造を模式図で示したものである。

当該区間の車線数は3車線であり、平面線形は宝塚東トンネル手前から出口まで緩やかな左カーブ(R 1,200 m)になっている。

縦断線形は、宝塚 I C合流部の先で勾配が+0.4%から+3.0%に転じる上り坂の区間であり、合流直後にサグの底部が位置する。さらに、合流テーパー端の下流約1,000 mのところに宝塚東トンネルの坑口が位置している。

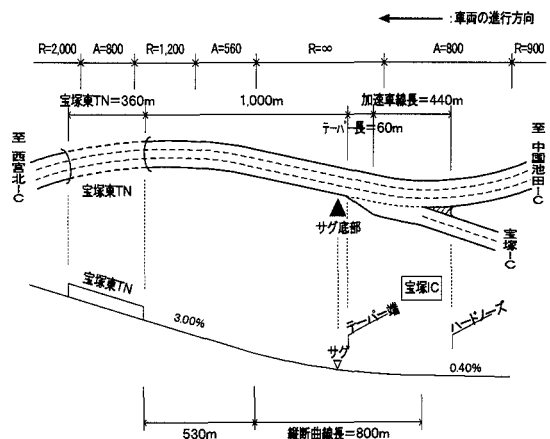


図-1 宝塚東トンネル付近の道路構造

(2) 交通量および渋滞の発生状況

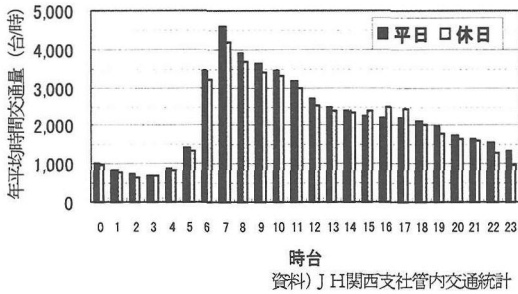
表-1は、宝塚東トンネルが位置する宝塚 I Cから西宮北 I C間における過去3箇年の年平均日交通量と年間の交通集中渋滞の発生状況を示したものであり、図-2は平均時間交通量の変動を示したものである。

当該区間は、年平均日交通量が 50,000 台/日を越える重交通区間であり、平成 13 年には年間 91 回の渋滞が発生している。また、交通量のピークは平日、休日ともに 7 時台にある。

表－1 交通量および渋滞発生状況

年(平成)	11年	12年	13年
IC区間年平均日交通量(台/日)	52,679	53,033	51,615
宝塚IC 出入交通量	流入交通量(台/日)	17,751	17,876
	流出交通量(台/日)	16,949	16,052
交通集中渋滞発生回数(回/年)	144	153	91

(注) IC区間交通量は下り線のみ, IC出入交通量は上下線の合計値
資料) J H関西支社管内交通統計

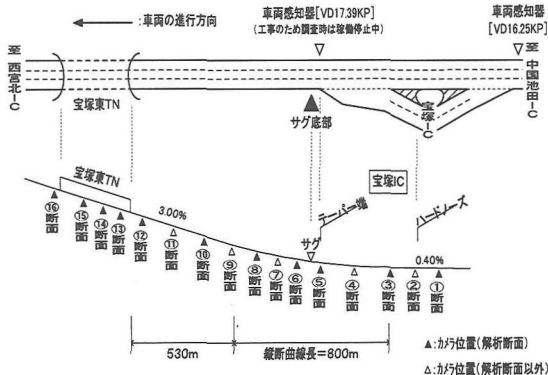


図－2 時間交通量の変動

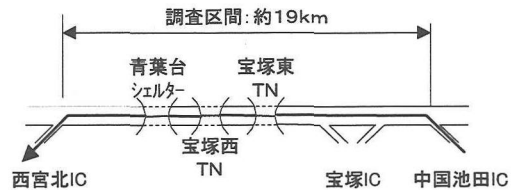
3. 交通実態調査

本研究では、宝塚東トンネル付近の渋滞発生時の交通現象を詳細に把握するとともに、渋滞の発生箇所を特定することを目的として、図－3に示すように宝塚IC～宝塚東トンネル間の16箇所に約150m間隔でデジタルビデオカメラを設置し、走行挙動を撮影した。また、車両感知器のデータを用いて調査日の交通量と速度の変化を5分間毎に調べた。さらに、図－4に示す経路に、調査車両を走行させ、100mごとに通過時刻を計測した。

調査は、平成13年11月17日(土)5:30～10:00に実施した。調査日において、渋滞は6:40頃に宝塚東トンネル入口部付近から発生したことが目視により確認できた。また、7:25頃に最大渋滞長が8.5kmに達し、9:15頃に渋滞が解消した。



図－3 ビデオカメラと車両感知器の位置



図－4 走行調査区間

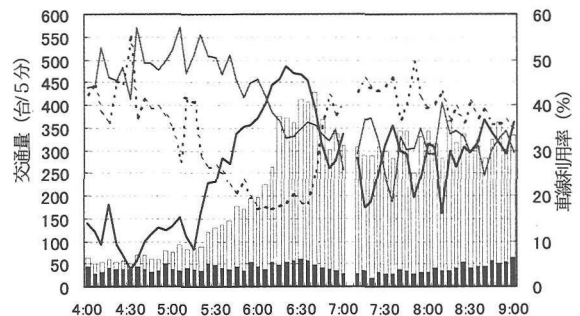
4. 渋滞発生時の交通現象

(1) 交通量・速度・車線利用率の変化

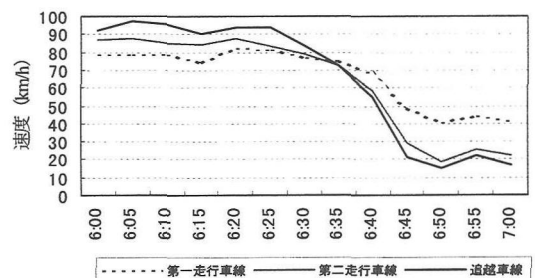
図－5は、宝塚IC分岐手前の車両感知器データをもとに交通量と車線利用率の時間変動を示したものであり、図－6は渋滞発生直前直後における車線別速度の時間変動を示したものである。

図－5より、下り線断面の交通量の増加に従い追越車線の利用率が高くなり、渋滞発生直前には追越車線の利用率が50%程度に達した。また、渋滞発生前の最大交通量は430台/5分(5,160台/時)であり、渋滞安定時(6:50～9:05)は315台/5分(3,780台/時)であった。一方、渋滞発生前後の速度変化を車線別にみると、追越車線の速度が最初に大きく低下している。

このことから、交通量の増加に従い追越車線への交通集中が顕著になり、渋滞の発生に至っていることが分かる。



図－5 交通量と車線利用率の時間変動



図－6 車線別速度の時間変動

(2) 地点別の速度の変化

図-7は、解析対象とした11の断面についてビデオカメラの撮影結果から渋滞発生時における追越車線上の車両通過時刻を読み取り、各地点の車両をマッチングさせることにより、個々の車両の走行軌跡を表したものである。同図より速度勾配の変化をみると、6:21~6:22頃に宝塚東トンネルの入口から内部にかけての区間で最初の減速波が生じ、上流側へ伝播していく様子が読み取れる。さらに第2番目の減速波が6:36~6:37頃に同じように宝塚東トンネルから発生している様子が読み取れる。

図-8の左は、この時の車両1台毎の地点速度を解析し、速度コンター図で表したものである。また、同図の右は宝塚IC合流ノーズ部(①断面)のビデオカメラで観測した本線側の車線別交通量と合流側交通量を、速度コンター図の時刻と合わせて表したものである。速度コンター図より20~40km/hの低速度域が、宝塚東トンネルから上流に伝播していく様子がわかる。

また、宝塚東トンネルで2番目の低速度域が発生した直前(6:34頃)において、宝塚IC合流部からサグ部にかけての区間でも40~60km/hの低速度域が発生している様子が読み取れる。この時間は宝塚ICからの合流交通量が增加(1,200台/時程度)する時間とほぼ一致しており、合流交通と本線交通との錯綜による速度低下が生じていると考えられる。

速度コンター図からは、さらに渋滞の先頭が6:42~6:43頃から宝塚IC合流部~サグ部のあたりで安定している様子が読み取れる。宝塚IC合流部での本線側交通量がその時間から低下しているのは、渋滞がノーズ部に延伸したことによるものと考えられる。

(3) 地点別の車頭時間の変化

図-9は、宝塚東トンネル内で速度低下が生じた時間(6:21~6:23および6:35~6:38)を対象にして、各地点の車頭時間の分布を表したものである。同図より宝塚東トンネル内の中程(⑭、⑮断面)と宝塚IC合流部から合流後のサグ部の車頭時間が相対的に大きくなっていることから、これらの地点で交通流率が低下していることが推測できる。

また、図-10は宝塚東トンネル内の中程において、車頭時間が2.5秒以下で連続して走行する車列を車群と呼び、車群の構成台数と地点速度の変化を表したものである。同図から大きな車群が連続して通過しているときに、速度低下が一気に進んでいる。このことから、連続した大きな車群の中で速度低下が拡大していることが推測できる。

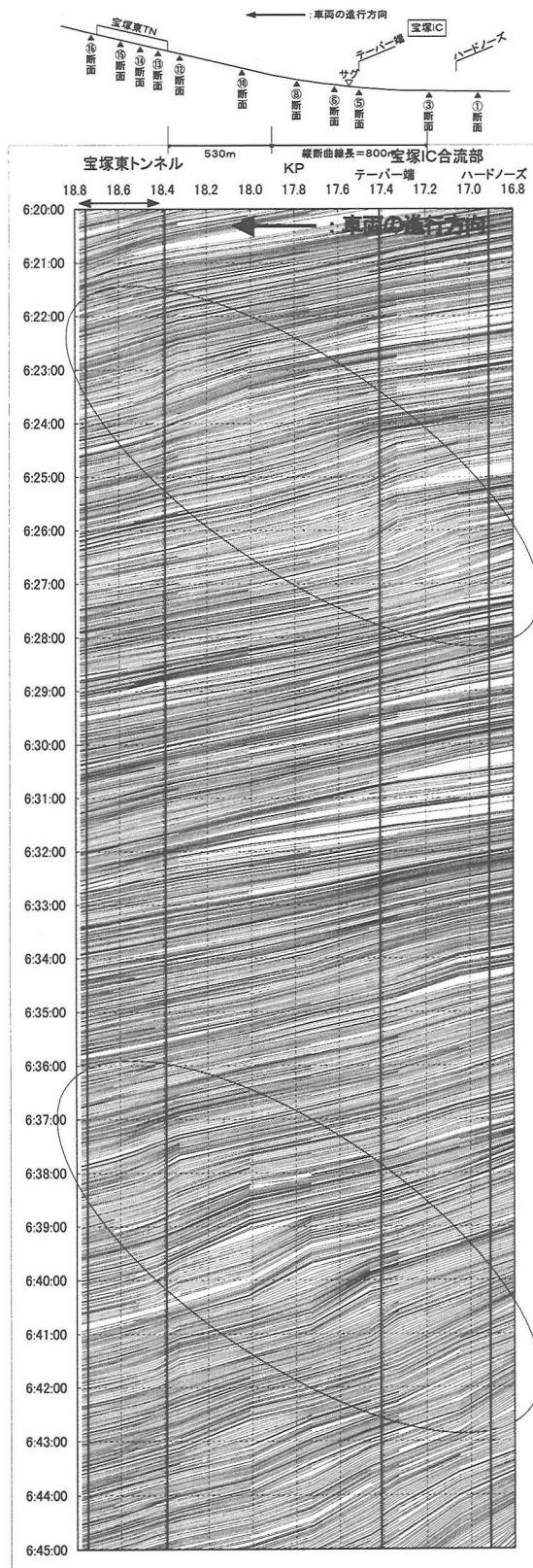


図-7 追越車線のタイムスペース図

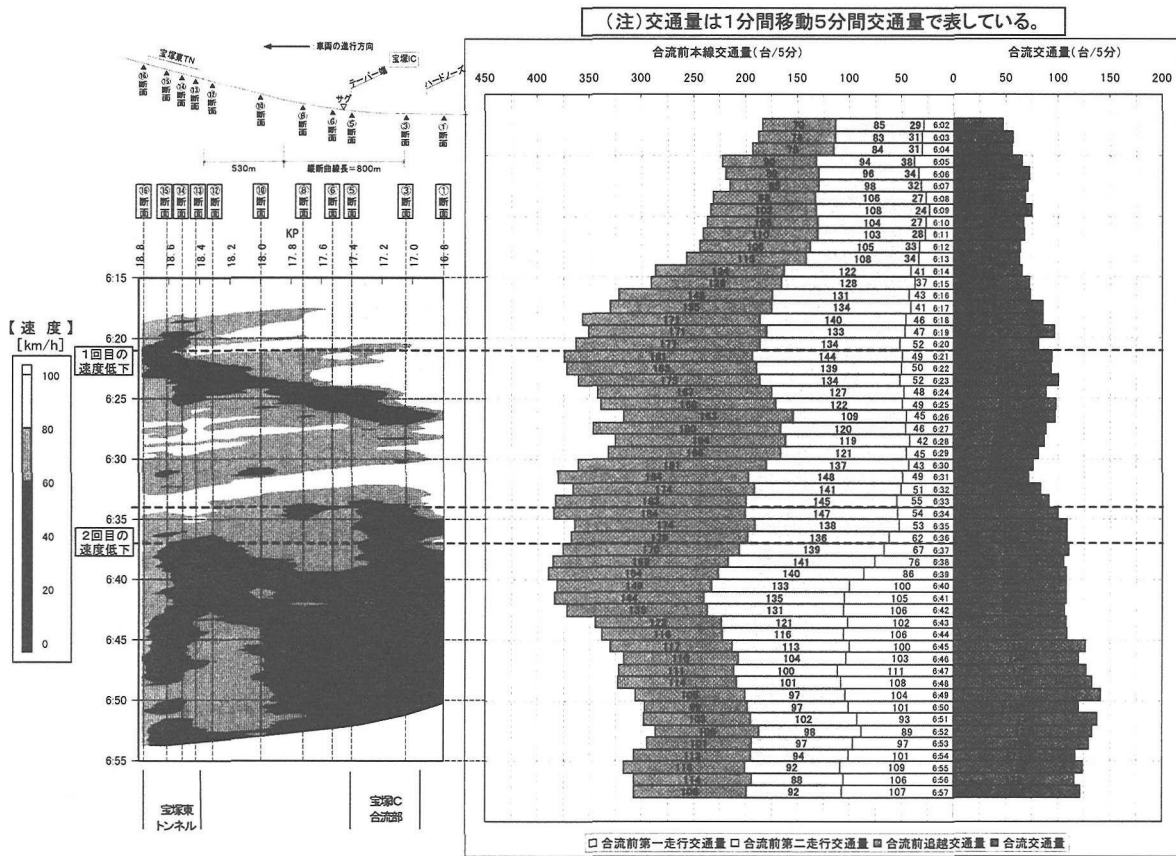


図-8 追越車線の速度コンター図と宝塚IC合流部の交通量

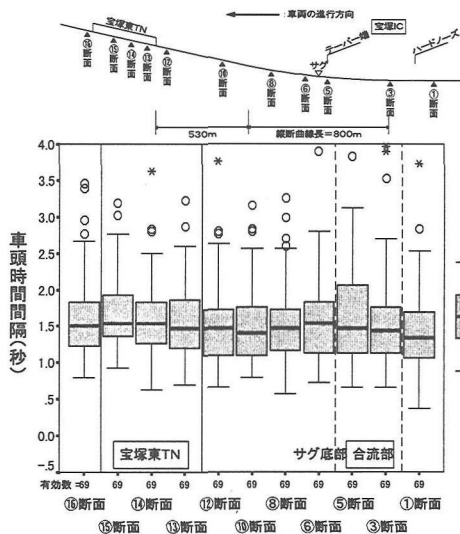


図-9 追越車線の車頭時間間隔の分布

解析断面：⑭断面（宝塚東トンネル内の中程）

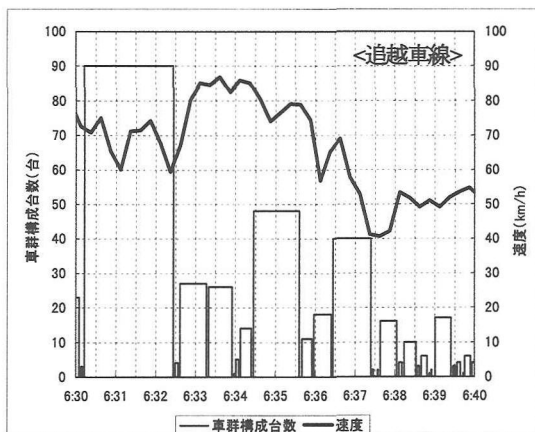


図-10 宝塚東トンネル内の車群状況と速度の関係

5. 渋滞発生メカニズムの推定

これまでの渋滞発生時の交通現象から宝塚東トンネル付近の追越車線での渋滞発生メカニズムは、着目した追越車線について次のように推定できる（図-11 参照）。

- ①本線交通量の増加に従い、追越車線へ交通が集中する。また、宝塚ICからの合流交通量が多くなると、本線交通が合流交通を避けたり、低速の合流車を追越すため追越車線の交通量がさらに増加していく。
- ②追越車線への交通集中に伴い、連続した大きな車群が形成されるようになる。
- ③このように車間距離が詰まった高密度の状態では、サグ下流の上り勾配区間、さらには宝塚東トンネル内

へ進入するため、サグの勾配変化やトンネルの視環境変化によりアクセル操作が緩慢になり、渋滞のきっかけとなる減速が発生する。

- ④この減速波が、車群の中で増幅伝播することにより、車群後方の車両は低速走行または停止状態となり、さらに後続車群がそこへ到着し完全な渋滞となる。

他車線の渋滞のはじまりは、目視でみ限り追越車線とはほぼ同時であった。これは、追越車線を走行してくる車が、速度低下を避けようとして走行車線側へ車線変更するため、渋滞が伝わったものと推定される。

また、渋滞の先頭が安定する場所は、宝塚東トンネル入口付近ではなく宝塚ICの合流からサグあたりであった。これは、渋滞発生とはほぼ同じ頃から宝塚ICの流入交通が増加することによるものと推定される。

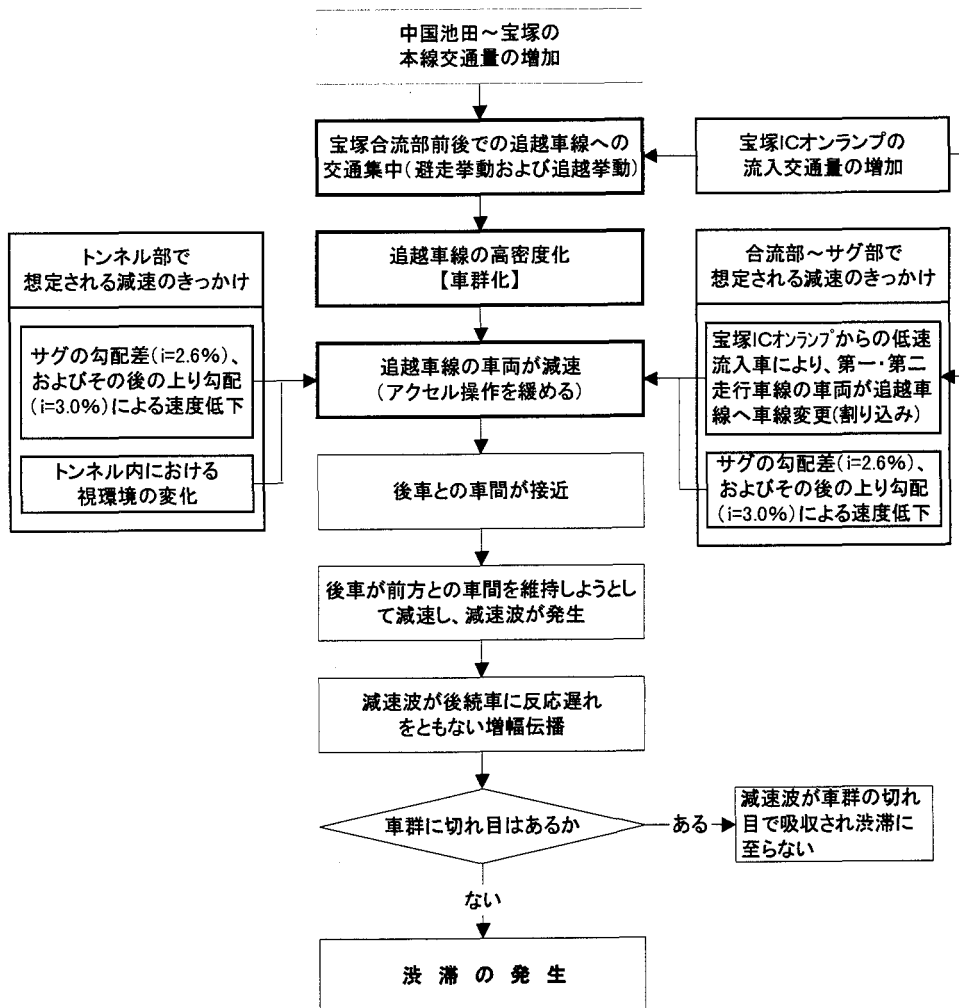


図-11 渋滞発生メカニズム

6. 今後の研究課題

本研究を通じて、交通需要の増加に伴う追越車線への交通集中と車群化が渋滞発生直前の交通特性として顕著に見られることが分かった。また、宝塚東トンネル付近の渋滞の発生位置は、宝塚東トンネルの中と宝塚IC合流後のサグ付近であり、合流交通量の大小が渋滞の発生位置および渋滞が安定する位置を左右する大きな要因であることが分かった。

しかしながら、トンネル、サグ、合流部といった道路構造と、渋滞のきっかけとなった減速との関係は、既往の研究^{1)~5)}による知見をもとに推定するにとどまった。

したがって、今後、渋滞原因をさらに詳細に解明するためには、減速波の発生のもととなった車群に着目し、地点毎の車群形成の変化や、個々の車両の速度変化と道路構造との関係についてさらに分析を進めることが望まれる。さらに、他車線への減速の伝播を実証するため、他車線で減速波が生じたタイミングと車線変更の関係について分析することが望まれる。

最後に、本研究を実施するにあたり、「関西支社管内

交通渋滞及び対策に関する検討会」で熱心に議論をして頂いた委員各位に感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 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/IV-18, pp.65-71, 1993.
- 2) 越正毅, 安井一彦, 小松弘一: 高速道路サグにおける車両の走行挙動に関する研究, 第17回交通工学研究会発表論文報告集, 1997.
- 3) 越正毅, 大口敬: 高速道路サグにおける渋滞とその対策, 高速道路と自動車, 第35巻, 第11回, 1992.
- 4) 大口敬: 高速道路サグにおける渋滞の発生と道路線形との関係, 土木学会論文集, No.524/IV-29, pp.69-78, 1995.
- 5) 越正毅: 高速道路トンネルの交通現象, 国際交通安全学会誌, Vol.10, No.1, 1984.3.
- 6) 日本道路公団: 大阪管理局管内渋滞対策に関する技術検討 報告書, 1994.3.
- 7) 日本道路公団: 大阪管理局管内渋滞対策調査検討報告書, 1999.3.
- 8) 日本道路公団: 関西支社管内交通渋滞及び対策に関する検討 報告書, 2001.3.

中国自動車道宝塚東トンネル付近の渋滞発生時の交通現象に関する研究*

矢嶋 尚彦**・明道 俊治***・森 康男****・辻 光弘*****

本論文は、交通集中渋滞が深刻な地点である中国自動車道下り線宝塚東トンネル付近の渋滞発生時の交通現象に関する研究結果を報告するものである。当該トンネル付近は、トンネルの連続、上り勾配やサグの存在、インターチェンジ合流部との近接といった交通容量の低下要因が重なり、複雑な交通現象を呈している。このような背景から、本研究は、車両感知器データ、走行調査データ、およびトンネル内外のビデオ観測データをもとに、渋滞発生時における地点別の交通量、速度、車頭時間の変化、車群形成といった交通特性について詳細な分析を行い、渋滞発生メカニズムについて推定を行ったものである。

A Study on the Traffic Phenomena around Takarazuka-Higashi Tunnel of Chugoku Expressway During Congested Hours *

By Hisahiko YAJIMA**・Toshiharu MYOUDOU***・Yasuo MORI****・Mitsuhiro TSUJI*****

This study aims to identify the causes of traffic congestion around Takarazuka-Higashi Tunnel, Chugoku Expressway by analyzing the phenomena of traffic flow. This section includes several structural features such as sag alignment, contiguous tunnels, and merging and diverging lanes of an interchange that may contribute to multiple causes of capacity reduction and involve complicated traffic phenomena. This study made a detailed analysis of traffic phenomena such as traffic flow rate, travel speed, vehicle headway and platoon that had been observed by vehicle detectors and video cameras installed on several points inside and outside of the tunnel. The mechanism of congestion occurrence was discussed and modeled.
