

# 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 at Takarazuka Higashi Tunnel of the Chugoku expressway during congesting 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IC - 西宮北IC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地点であり、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

\*キーワード: 高速道路, 渋滞原因, 渋滞特性, 交通容量

\*\*日本道路公団関西支社保全部交通技術課

\*\*\*日本道路公団関西支社保全部交通技術課

(大阪市北区堂島1-6-20 堂島アバンザ18F,

TEL:06-6344-8888, FAX:066344-8247)

\*\*\*\*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, 社団法人交通工学研究会嘱託

(東京都千代田区霞ヶ関3-3-1,

TEL:03-3501-7761, FAX:03-3501-7762)

を行ったものである。

## 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が緩やかな左カーブ(R1200)になっている。

縦断線形は、宝塚IC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1,000mのところ宝塚東トンネルの坑口が位置している。

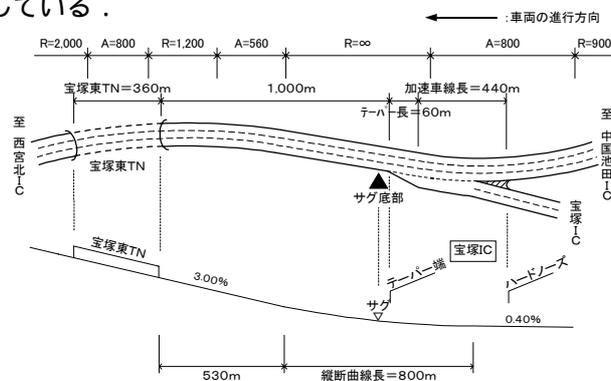


図-1 宝塚東トンネル付近の道路構造

### (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ICから西宮北IC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<br>出入<br>交通量 | 流入交通量(台/日) | 17,751 | 17,876 | 17,021 |
|                   | 流出交通量(台/日) | 16,949 | 16,772 | 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) JH関西支社管内交通統計

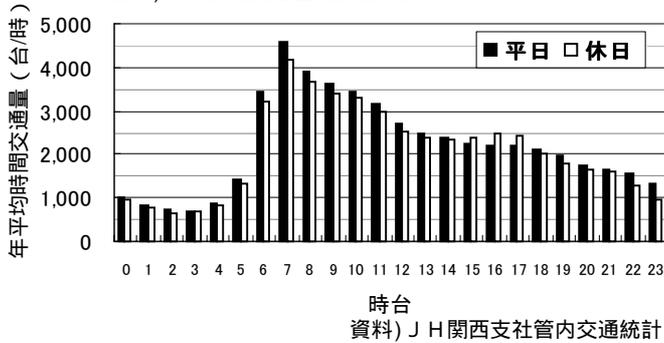


図 - 2 時間交通量の変動

### 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、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。

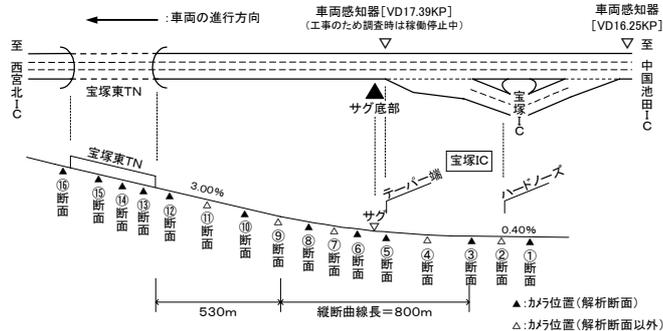


図 - 3 ビデオカメラと車両感知器の位置

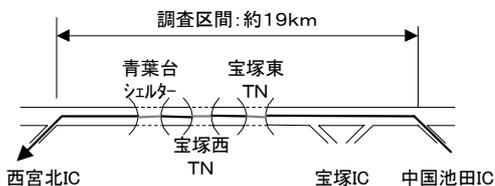


図 - 4 走行調査区間

### 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窺われる。

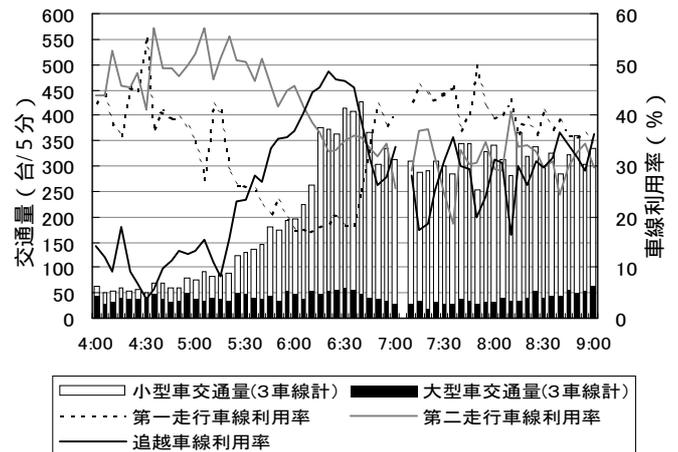


図 - 5 交通量と車線利用率の時間変動

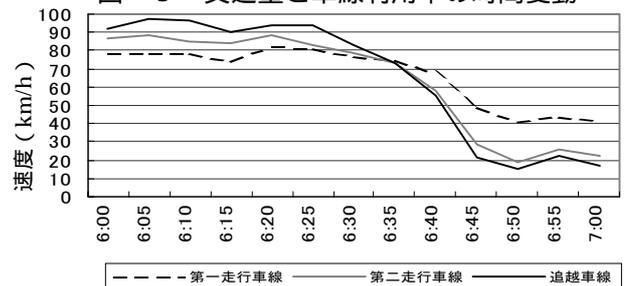


図 - 6 車線別速度の時間変動

#### (2) 地点別の速度の変化

図 - 7 は、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、渋滞のきっかけとなる速度低下は、6:

36～6:37頃に宝塚東トンネルの入口から内部にかけての区間で発生している様子が読み取れる。

図 - 8 は、この時の車両 1 台毎の地点速度を解析し、速度コンタ - 図で表したものである。同図より20～40 km/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わかる。また、この低速度域が発生した直前(6:35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読み取れる。この時間は宝塚ICからの合流交通量が増加(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。

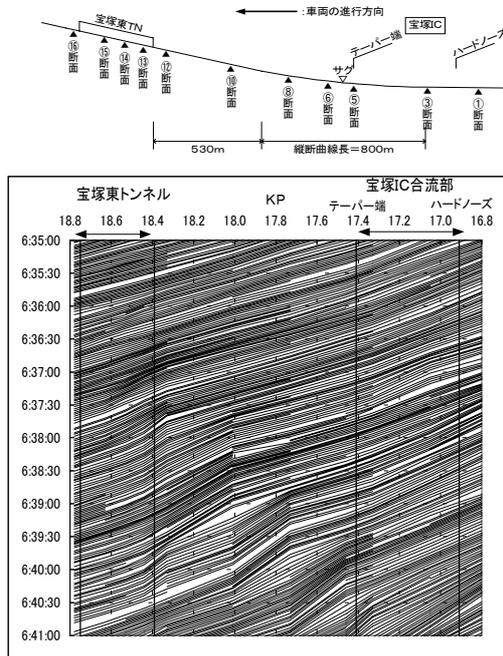


図 - 7 追越車線のタイムスペ - ス図

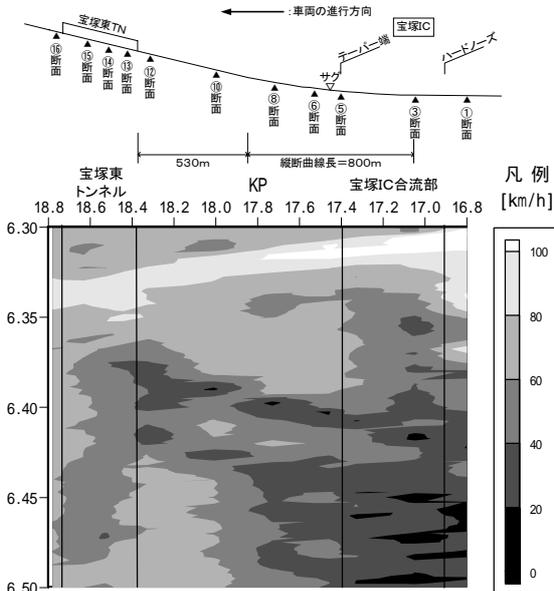


図 - 8 追越車線の速度コンタ - 図

(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( , 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到着が、速度の低下を後続車に伝播させていることが窺われる。

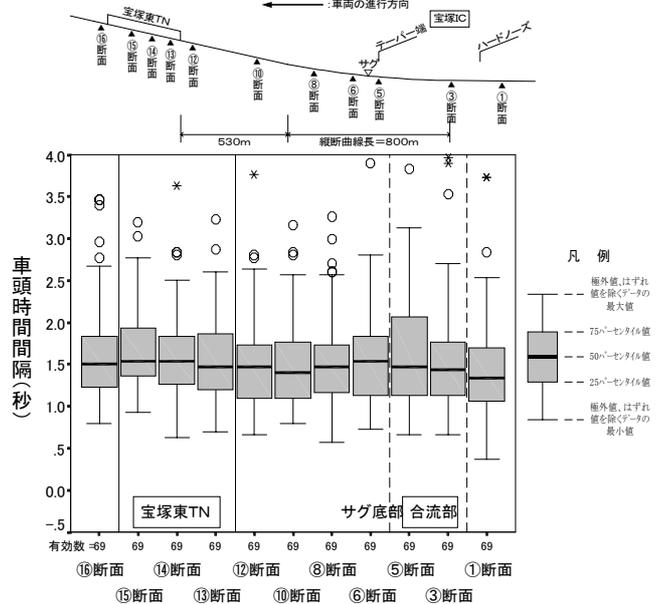


図 - 9 追越車線の車頭時間間隔の分布

解析断面： 断面(宝塚東トンネル内の中程)

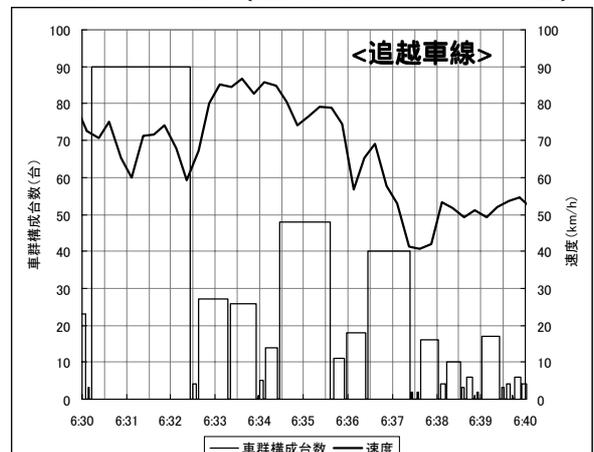


図 - 10 宝塚東トンネル内の車群状況と速度の関係

## 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）。

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。

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。

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。

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、目視でみる限り追越車線とほぼ同時であった。これは、追越車線を走行して行く車が、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。

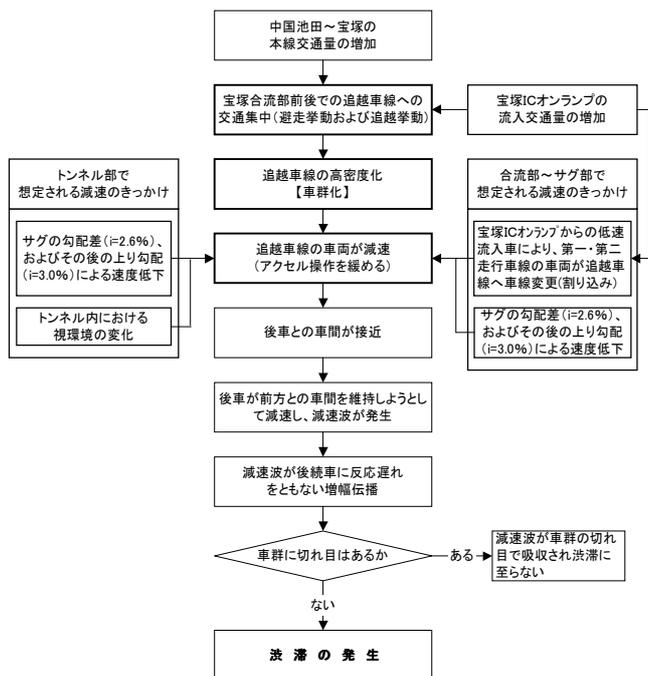


図 - 11 渋滞発生メカニズム

## 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<sup>1)-5)</sup>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、ならびに分析作業において多大な協力を頂いた（株）オリエンタルコンサルタンツの担当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/ -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/ -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
- 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: 関西支管内交通渋滞及び対策に関する検討 報告書, 2001.3.