

開削トンネル分岐合流部の線形計画\*

Highway Alignment Design at Merging and Diverging Sections of Cut and Cover Tunnel\*

徳永法夫\*\*・吉田高之\*\*\*

By Norio TOKUNAGA\*\*・Takayuki YOSHIDA\*\*\*

内山茂利<sup>+</sup>・吉田 剛<sup>++</sup>

Shigetoshi UCHIYAMA<sup>+</sup>・Takeshi YOSHIDA<sup>++</sup>

1. はじめに

都市内開削トンネルの本線・ランプ函体工概略設計を行うにあたって、当初線形計画に対する諸検討を実施した。対象構造は本線と分岐合流するランプを含むインターチェンジとして内空寸法を決定する必要があり、構造計画におけるランプターミナル付近の線形計画に関する問題点について報告する。

2. インターチェンジの適用区分

インターチェンジは交通特性として、変速車線部における分合流交通と連絡路部における単路部交通

を併せもつものであり、それぞれにおいて交通量や通行車両の挙動が異なる。

このため阪神高速道路公団ではインターチェンジを表-1のように区分し適用基準を定めている。

表-1 インターチェンジの適用区分<sup>1)</sup>

区		分		設計基準
インター チェンジ	ジャンク ション	連絡路	本線規格	本線の線形
			ランプ規格	ランプの線形
	ランプ	ランプ ターミナル 付近		ランプターミナル
				付近の本線の線形
		ランプ		ノーズ付近の線形
				ランプの線形
	街路との接続路		街路との接続線形	

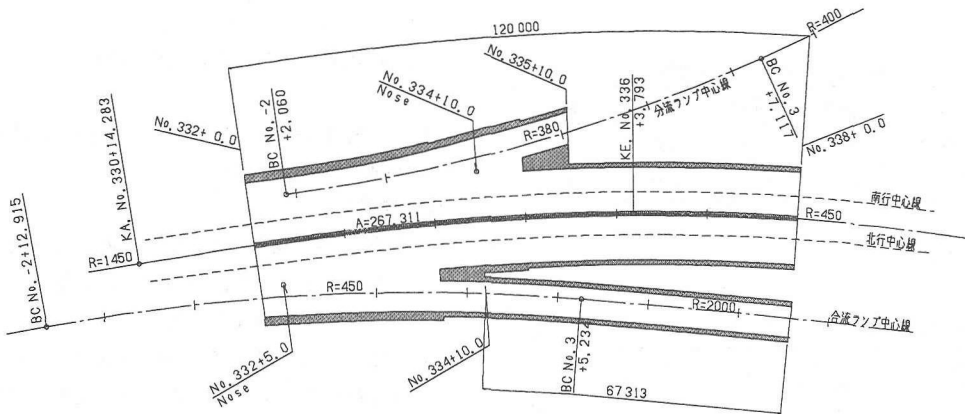


図-1 全体平面図

\*キーワードズ：計画手法論、地下構造物計画、ジャンクション  
 \*\*正会員、阪神高速道路公団神戸第二建設部 設計課長  
 \*\*\*正会員、阪神高速道路公団神戸第二建設部 設計課  
 (兵庫県神戸市中央区東川崎町 1-3-3、TEL078-360-8144、FAX078-360-8158)  
<sup>+</sup>正会員、日本工営株式会社大阪支店技術一部 第二課長補佐  
<sup>++</sup>正会員、日本工営株式会社大阪支店技術一部 第二課  
 (大阪府大阪市福島区福島 7-20-1、TEL06-6343-1202、FAX06-6344-6635)

対象区間には、本線からランプ分岐合流部および単独部までを含むため、ランプターミナル付近の本線やノーズ付近ならびにランプの幾何構造基準に従い線形計画を実施する。

### 3. 幾何構造

#### ○道路の区分

本線：第2種第2級《車道4車線（片側2車線）》

ランプ：C規格《1方向1車線》

#### ○設計速度

本線：V=60(km/hr)

ランプ：V=40(km/hr)

表-2 ランプターミナル付近の本線の幾何構造

線形要素	単位	基準値	本線	分流部	合流部
平面曲線半径	m以上	450	450	-	-
縦断勾配	%以下	4.000	0.400	-	-
減速車線長	m	70	-	70	-
加速車線長	〃	120	-	-	120
テーパ長	〃	45	-	45	45
片勾配代数差	%以下	6.000	-	5.988	0.000
すり付け長	m	40	-	40	-
すり付け率		1/150	-	1/376	-
ノーズオフセット	m	2.5	-	2.0	-
見通し区間距離	〃	35	-	-	35

表-3 ノーズ付近の幾何構造

線形要素	単位	基準値	分流ランプ	合流ランプ
平面曲線半径	m以上	100	380	-
縦断勾配	%以下	8.000	8.000	7.912

表-4 ランプの幾何構造

線形要素	単位	基準値	分流ランプ	合流ランプ
平面曲線半径	m以上	50	380	450
縦断勾配	%以下	8.000	8.000	7.912
縦断曲線長	m以上	35	40	35
片勾配	%	3.000	3.000	-
R=280-400				
片勾配	〃	2.000	-	2.000
R=400-800				
すり付け率		1/100	1/230	1/449

ランプターミナル付近およびランプ部の幾何構造は表-2,3,4のとおりである。ここに示す線形要素の基準値は、阪神高速道路公団において高速道路の幾何構造を設計する際に適用される技術基準である「設計基準第1部 計画基準」<sup>1)</sup>(以下、「計画基準」と略す)および「道路構造令の解説と運用」<sup>2)</sup>(以下、「道路構造令」と略す)に基づくものである。

一般的に、高速道路の交通を安全かつ円滑に処理するためには計画基準などに示される緩和規定や縮小値の使用を極力避けるべきであり、条文において「以上とする」ないし「以下とする」と示される場合は、採用値に可能な限りの余裕を確保することが走行安全性の向上に寄与すると考えられる。

一方、地形条件などによりやむを得ない場合には上記の主旨に留意した上で、それらをコントロールとする線形計画を実施せざるを得ない場合もある。

本検討では本線と合流ランプの当初線形計画や、これに基づく隣接構造物計画さらに地形状況や対象となる函体工の構造計画などを総合的に勘案した設計方針に基づき、線形計画の見直しを実施した。

### 4. 線形計画上の問題点とその対策

構造計画を実施するに際して当初線形計画における主な問題点を以下に示す。

#### ○片勾配代数差

本線曲線部の外側にランプが背向して接続する場合には本線部とランプ部の横断勾配が逆方向（屋根勾配）となり、その差が大きいつきには勾配変化点を乗り越える際に走行者に不快感を与えたとともにたいへん危険である。このため計画基準では片勾配代数差を6%以下とするよう定めているが、これを満足していない。

#### ○ノーズオフセット

分流ランプターミナル付近は車両が進行方向を誤る機会が多く、衝突した場合でも破損を極力少なくするためにノーズを本線車線から離れたオフセットの確保が推奨されている。またノーズ端からテーパによるくさび形の分離帯を設け、誤って分流ランプに近づいた車両が本線へ安全に復帰できるようにな

っていないなければならない。計画基準においてもオフセットの確保を原則としており、その量を2.5mと規定しているが、規定値を満足していない。

### ○ノーズ付近のランプ縦断線形

本線とランプを一体構造とする区間では本線計画高とランプ計画高のそれぞれを基準として排水構造物や建築限界などの必要内空に基づき函体形状を設定するため、計画高の高低差（鉛直方向のずれ）は函体寸法に直接反映されてしまい構造的や経済性に不利な要因となる。とくに合流ランプではノーズ端から手前本線上の35mを見通し区間として規定しているため本線とランプを一体構造とする必要があり、この区間の勾配をランプ単路の勾配とした場合に函体が分離する直前の高低差が非常に大きくなる。当初線形計画によると左右函体が鉛直方向に約1mずれたものになってしまう。

これらの問題点について以下のように対処した。

#### (1) 片勾配代数差

分流ランプのノーズ位置における本線横断勾配は片勾配2%を4%へすり付ける緩和曲線区間にあり、ランプ横断勾配は平面曲線半径380mに応じた3%である。このため本線片勾配のすり付けを緩和曲線全長とせず変化点位置を調整しノーズ位置において3%以下となるよう見直しを行った。

ただし、片勾配は建築限界の倒れ込みによるシフト量（セットバック）にも影響するため、この余裕が確保できることを確認する必要がある。

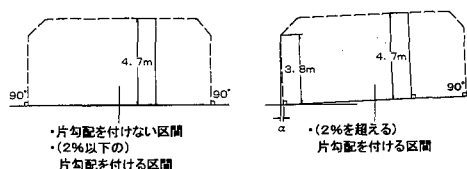


図-2 建築限界のとり方

セットバック（ $\alpha$ ）は片勾配が2%を少しでも超えると同時に以下の量が必要となる。

$$\alpha_{1\%} = 3.800\text{m} \times 2.00\% = 0.076\text{m}$$

セットバックによる拡幅は緩和区間全長にて一定率で増加させKE点において0.2mを確保する。

$$\alpha_{1\%} = 3.800\text{m} \times 4.00\% = 0.152\text{m} \approx 0.200\text{m}$$

すり付け変化点位置を設定するためには、その位置におけるセットバックが0.076m確保されていることが必要であり、そのコントロールポイントは、

$$\begin{aligned} P &= (\text{No.330} + 14.283) + 109.510 \times 0.076 / 0.200 \\ &= (\text{No.330} + 14.283) + 41.614 \\ &= \text{No.332} + 15.897 \end{aligned}$$

P点以降であれば片勾配を2%以上に変化させてもセットバックは確保されていることになるが、ここから勾配変化した場合にはノーズ位置における片勾配が3%を超過してしまう。よって変化点位置をNo.332+17.000とすると、

$$\begin{aligned} i &= 0.02 + 0.02 \times \\ & \quad (\text{No.334} + 10.000 - \text{No.332} + 17.000) / 66.793 \\ &= 2.988\% \end{aligned}$$

以上から、ノーズ位置における片勾配の代数差を5.988%とすることが可能となった。

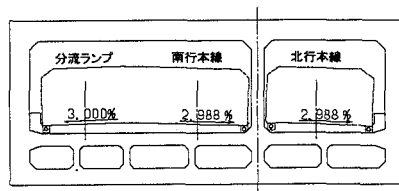


図-3 分流ノーズ位置における片勾配代数差

#### (2) ノーズオフセット

本線左側路肩幅を1.75mとすると、ノーズ端から本線車線縁までの間に確保できる幅員余裕は隣接する監査員通路幅の0.75mと合わせ2.5mとなる。分流ノーズ端部にはクッションドラムやコンクリートバリヤなどの衝撃緩衝部を設置する必要があり、ここから後方10mのノーズ区間に中間壁を設けることができないため、空地となる監査員通路幅分のスペースをノーズ端におけるオフセットとしてすり付けられれば2.5mが確保される。

つまり、線形計画上はノーズオフセットを意識せず、通常の路肩幅や監査員通路幅をもつ本線線形に対して、ノーズ幅とランプ幅員構成を考慮したランプ線形を計画すればオフセットは自ずと確保できる。

一方、対象路線の本線左側路肩幅員は計画基準に

示される望ましい値 1.75mではなく規定値の 1.25 mとしているため、オフセットとなるべき幅員余裕は 2 mとなる。

推奨されるオフセット量を確保するためには函体工が必要とする用地範囲を広げることとなり、構造設計においては頂版スパンの延長により必要部材厚が増加すると考えられ、また工事においても掘削土量ならびにコンクリートや鉄筋など使用材料が増えるため、総じて建設コストの増大につながる事が明らかである。さらに減速車線区間やノーズから分岐した直後を走行する運転者は、本線における高速走行の速度感覚から抜けきらず高すぎる速度を維持する傾向にあるため、この区間には極力大きな曲線を設置することが望ましいと考えられる。さらに、道路構造令に示されるノーズオフセットの必要量が 1.2~3.6mとされているため、これを満足する 2 mと設定した。

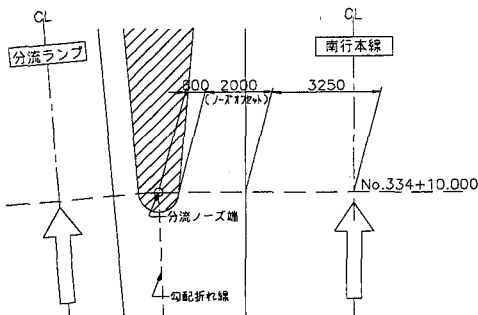


図-4 分派ノーズオフセット平面図

### (3) ノーズ付近のランプ縦断線形

ランプターミナル付近のランプ計画高は、ノーズ位置の計画高と手前 2 mの計画高から決まる引出し勾配で放出し分派ノーズを経て勾配変化しランプ単路の縦断勾配に至る。

合流ランプ単路部における当初縦断勾配は、本線との交差条件などの制約から、ノーズ端と縦断曲線(縦断勾配変化点)を近接させ単路勾配の区間長をできるだけ長く確保することにより 6%程度に抑える計画としていたが、これにより一体構造の終点において各々の計画高にずれが生じることとなる。

このため合流ノーズ端から勾配変化点までの離れを確保し、一体構造区間の縦断線形をランプ単路の勾配ではなく本線縦断勾配に近い引出し勾配に変更した。この結果、計画高のずれが大幅に解消され左

右中床版高が水平な函体形状が可能となった。

なお、合流ランプの縦断勾配は本線との交差条件の影響から当初線形にくらべ急勾配とせざるを得なかった。そのため計画基準が示す望ましい最急勾配 6%を超過してしまうが、基準値 8%を満足するため円滑な走行上の問題にはあたらないと考えられる。

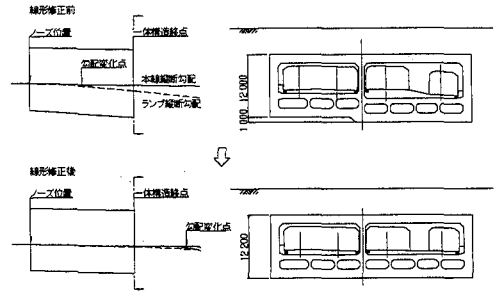


図-5 ランプ縦断線形の修正

## 5. おわりに

一般に開削トンネルの道路基本線形は、構造物を計画・設計する際の準拠すべき設計条件と考えられる。しかし、上述した分岐合流部の問題点など、道路線形自体が函体構造の諸寸法に影響される場合が多いため、とくに以下の点に着目する必要がある。  
 ○鉛直部材厚は計画高を設定する車線中心位置やセットバック量などの車道幅員に影響するため、線形計画時に構造計算を行うなどの配慮が必要である。  
 ○オフセット量の設定には建設コストの縮減と車両走行時の安全性から適切なものとすべきである。  
 ○構造ブロック目地位置は必要内空やノーズ位置から想定することができるため、これを縦断線形上のコントロールポイントとするべきである。

開削トンネル分岐合流部の道路線形を計画する際には構造に関する検討を並行して行う必要があり、また、基準値にある程度の余裕を確保し以降の調整が可能な計画とするべきであると言える。

### 参考文献

- 1) 阪神高速道路公団：設計基準第 1 部 計画基準 pp.63-110, 1992.
- 2) 日本道路協会：道路構造令の解説と運用 pp.409-414, 1983.