

地区交通抑制のための道路構造の研究

— ハンプの機能的諸特性に関する実証的分析 —

New Traffic Control Devices for Traffic Restriction in Residential Neighborhood
Experimental Research on Functional Properties of Humps

天野光三^{*}・榊原和彦^{**}・辻達夫^{***}・土橋正彦^{****}

By Kozo AMANO, Kazuhiko SAKAKIBARA, Tatsuo TSUJI and Masahiko TSUCHIHASHI

We have conducted experimental research to examine functional and physical properties of speed control humps and to estimate effects of them. As a result of analyzing the data obtained through the experiment, the effect of humps and a choker on speed repression was confirmed.

Then we made the computer simulation on noise and vibration levels of the roadside generated by vehicles in order to assess the influence of humps and a choker on residential environment. The result of the simulation shows that there is no notable influence on the environment.

1. はじめに

地区交通抑制のために用いられるハンプ・狭さくに関する走行実験が、大阪市によって実施された。¹⁾ その実験結果の内、本報では、ハンプの機能的・物理的諸特性を示すものに着目し、走行特性、速度抑制効果、走行する自動車の垂直加速度、騒音・振動等について分析した結果を示す。また、実験結果に基づいて行なった、ハンプによる沿道の騒音・振動に関するシミュレーションの結果について報告する。

2. 実験の内容と方法

^{*}正会員 工博 京都大学教授 工学部交通土木工学科
(〒606 京都市左京区吉田本町)

^{**}正会員 工博 大阪産業大学助教授 工学部土木工学科
(〒574 大阪府大東市中垣内 3-1-1)

^{***} 大阪市 土木局土木部交通安全施設課
(〒530 大阪市北区梅田1丁目2番 2-600)

^{****}正会員 阪都市総合研究所
(〒532 大阪市淀川区東三国3丁目10番地3-1420)

実験に用いた単体および複合ハンプを表-1に、実験の内容をまとめたものを表-2に示す。より詳しくは、参考文献1)を参照されたい。

3. ハンプ・狭さくの実験結果

(1) 自動車の走行状況

自動車の自由走行実験から得られた各ハンプの平均走行速度(フォトセンサー設置区間の通過時間の被験者平均を区間距離で除したもの)の走行区間に渉る変化を図-1に示す。

a) 円弧ハンプ 円弧ハンプでは4種類のいずれも、走行パターンA(手前10mから発進)の場合を除き、ハンプ手前で減速し、ハンプ通過後に加速しており、ハンプ通過時に30km/h以下の速度になっている。

円弧<3m/10cm>のハンプに4tのダンプトラックを走らせた場合、乗用車と軽四輪車(以下、乗用車類と略す)と比較しても、走行速度に大きな差異は

見られない。

b) 台形ハンプ 台形ハンプのハンプ通過時の速度は、急勾配ではほぼ 20 km/h以下に、緩勾配でも 25 km/h程度以下に抑制されている。

c) 複合ハンプ 複合ハンプの速度を、同じ円弧<1m/5cm>の単体ハンプと比較すると、ハンプ通過時速度はあまり変わらない。しかし、複合ハンプの方がより手前から減速し、ハンプ通過後もより遠くから加速を始め、ハンプ前後で比較的長く速度が抑制されると考えられる。

d) 連続ハンプ 連続ハンプは、円弧<1m/5cm>のハンプを40m 間隔で2基設置したものと、20m 間隔で3基設置したものの2種類について実験している。速度変化図から以下のことが言える。

① 40m 間隔のものは、ハンプ上では速度が25km/h以下に抑えられているが、ハンプ中間点では30km

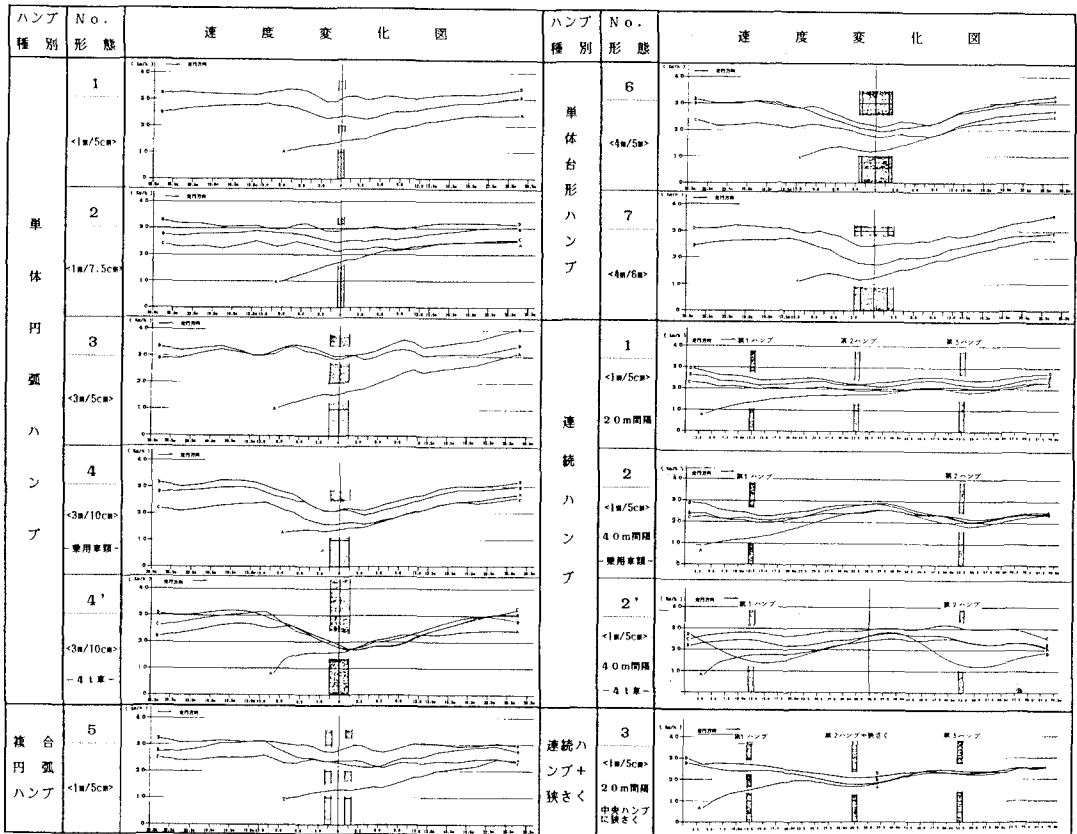
表-1 実験に用いたハンプ

分類	No	断面形状	長さ	高さ	略号
単体円弧ハンプ	1		1	5	<1m/5cm>
	2		1	7.5	<1m/7.5cm>
	3		3	5	<3m/5cm>
	4		3	10	<3m/10cm>
複合ハンプ	5		1	5	<1m/5cm> (複合)
	6		上底4 下底5	10	<4m/5m> (急勾配)
	7		上底4 下底6	10	<4m/6m> (緩勾配)

表-2 実験の内容

★	★	★	★	★	★
★	★	★	★	★	★
自由走行	A. ハンプ手前10mから発進	走行速度、発進騒音、	自由走行	走行速度、発進騒音、	自由走行
自由走行	B. ハンプ手前50mから発進	走行速度、発進騒音、	自由走行	走行速度、発進騒音、	自由走行
自由走行	C. ハンプ手前30mを20km/hで通過	走行速度、発進騒音、	自由走行	走行速度、発進騒音、	自由走行
自由走行	D. ハンプ手前30mを30km/hで通過	走行速度、発進騒音、	自由走行	走行速度、発進騒音、	自由走行
定速走行	E. 全区間を10km/hで走行	走行速度、発進騒音、	定速走行	走行速度、発進騒音、	定速走行
定速走行	F. 全区間を20km/hで走行	走行速度、発進騒音、	定速走行	走行速度、発進騒音、	定速走行
定速走行	G. 全区間を30km/hで走行	走行速度、発進騒音、	定速走行	走行速度、発進騒音、	定速走行
定速走行	H. 全区間を40km/hで走行	走行速度、発進騒音、	定速走行	走行速度、発進騒音、	定速走行
定速走行	I. 全区間を50km/hで走行	走行速度、発進騒音、	定速走行	走行速度、発進騒音、	定速走行
定速走行	J. 全区間を60km/hで走行	走行速度、発進騒音、	定速走行	走行速度、発進騒音、	定速走行

★ 実験内容 ★★ 実験種別



A. ハンプ手前10mから発進 B. ハンプ手前50mから発進 C. ハンプ手前30mを20km/hで通過 D. ハンプ手前30mを30km/hで通過

図-1 ハンプ走行時の速度変化図

h程度にまで速度が上昇している。

② 20m 間隔で設置されているものは、ハンプ中間点でも25km/h以下程度に速度が抑制されており、加減速もきわめてゆるやかなものとなっている。

③ 両方の速度軌跡を、同型の単体ハンプのものと比べてみると、いずれの場合も単体より速度が低く抑えられている。

④ 4t ダンプトラックの走行を乗用車類のものと比較すると、走行パターンによりばらつきがあるものの、走行パターンDのケースを除いて、各パターン別の走行速度はさほど変動しないようである。

e) 狭さく 20m 間隔の連続ハンプの中央部のハンプに 3m 幅の狭さくを組み合わせた時の速度軌跡を見ると、次のことがわかる。

① 狭さくを設けていない状態の時と比較すると、中間ハンプのところで、やや速度が低下している。

② 狭さくを設置した場合には、狭さく通過後、どの走行パターンでもほぼ同じ速度に収束してくる。狭さくには、一種の整速効果があると思われる。

(2) ハンプの速度抑制効果²⁾ 表-3に速度抑制効果を表わす指標をハンプ手前で出した最高速度(ただし、走行パターンAについてはハンプ手前6m地点での速度)とともに示す。いずれも被験者別に抽出した値(したがって、値を求めた地点が被験者間で異なることがある)を平均したものである。

a) 速度抑制効果 ハンプ付近の最低速度(走行パターンAについてはハンプ中心通過時の速度)、速度低下量(最高速度と最低速度の差)をみると、一部の例外を除き、大型(長い)である円弧<3m/10cm>、両台形ハンプの効果が高く、次いで、複合ハンプが効果的であるように思われる。減速度(最高速度と、最低速度またはハンプ前減速終了地点での速度との差を各地点間の所要時間で除したもの)を1条件のみが異なる2つのハンプ間で見てみると、例えば、長さ3mの円弧ハンプでは高い方が、台形ハンプでは急勾配の方が減速度が小さい。すなわち、速度低下量が大きい方が、減速度はむしろ小さいということであり、したがって、速度抑制効果がより高いと思われるハンプでは、より手前の方から減速を始めるという傾向が見出せる。

b) 速度抑制効果とハンプ手前最高速度 ハンプ手前の最高速度を説明変数とし、ハンプ付近の

最低速度、速度低下量、減速度の各々を被説明変数として、各ハンプ・走行パターン別に単回帰分析を行なった。

速度低下量を被説明変数とした場合には、ほとんど

表-3 ハンプの速度抑制効果指標値

★	★	A		B		C		D	
		平均値	標準偏差	平均値	標準偏差	平均値	標準偏差	平均値	標準偏差
1	a	2.0	1.9	28.2	2.2	—	—	34.1	1.5
	b	15.2	2.6	23.9	2.6	—	—	29.7	3.1
	c	-3.2	1.5	4.3	2.2	—	—	4.4	2.3
	d	-0.6	0.3	1.1	0.3	—	—	1.7	0.8
2	a	13.3	1.6	29.9	4.2	24.6	1.9	30.7	2.7
	b	18.1	3.6	27.7	4.1	21.6	1.9	27.9	3.2
	c	-4.8	2.0	2.2	1.3	3.0	1.0	2.8	1.6
	d	-1.0	0.6	1.0	0.4	0.9	0.2	1.1	0.3
3	a	14.2	2.8	35.3	5.9	—	—	33.1	2.1
	b	17.2	4.5	30.5	6.5	—	—	28.6	2.3
	c	-3.0	2.2	4.8	1.4	—	—	4.5	1.0
	d	-0.7	0.6	1.9	0.4	—	—	1.6	0.4
4	a	13.7	1.7	30.6	5.4	24.4	3.9	32.0	3.0
	b	14.3	2.5	22.4	6.7	16.8	4.7	24.2	6.0
	c	-0.6	2.5	8.2	4.7	7.6	4.9	7.8	4.5
	d	-0.1	0.5	1.2	0.4	1.1	0.5	1.1	0.3
5	a	11.1	1.5	31.6	3.9	25.8	2.3	32.6	2.5
	b	13.6	2.7	25.5	6.6	22.1	2.9	27.2	3.3
	c	-2.5	2.1	6.0	5.4	3.7	1.4	5.4	3.6
	d	-0.4	0.4	1.3	0.4	0.9	0.3	1.4	0.5
6	a	14.0	2.2	30.3	4.5	22.8	3.7	30.1	2.1
	b	13.2	3.9	22.3	6.9	18.5	3.9	24.3	2.8
	c	0.8	2.8	8.0	6.7	4.3	1.0	5.8	0.9
	d	0.1	0.5	1.1	0.6	0.7	0.2	1.2	0.6
7	a	14.1	1.9	28.2	3.9	—	—	32.0	2.6
	b	13.3	3.7	20.6	5.8	—	—	27.5	3.0
	c	0.8	2.6	7.6	4.1	—	—	4.5	1.3
	d	0.1	0.5	1.3	0.6	—	—	1.7	0.6

★ 走行パターン：記号は表-2に対応、★ ハンプ種別
※ a：最高速度(km/h)、b：最低速度(km/h)、
c：速度低下量、d：減速度(m/s²)

表-4 回帰分析の結果

★	★	A		B		C		D	
		平均値	標準偏差	平均値	標準偏差	平均値	標準偏差	平均値	標準偏差
1	a	0.832	☆	0.606	—	—	—	0.687	—
	b	0.468	—	-0.747	—	—	—	-0.280	—
2	a	0.984	☆☆	0.951	☆☆	0.865	☆☆	0.864	☆
	b	0.970	☆☆	-0.729	—	-0.398	—	-0.540	—
3	a	0.907	☆☆	0.981	☆☆	—	—	0.907	☆☆
	b	0.698	—	-0.776	☆	—	—	-0.324	—
4	a	0.342	—	0.714	☆	0.350	—	0.675	—
	b	-0.310	—	-0.947	☆☆	-0.754	☆	0.271	—
5	a	0.660	—	0.579	—	0.873	☆☆	0.254	—
	b	0.326	—	-0.177	—	-0.049	—	-0.606	—
6	a	0.737	☆	0.384	—	0.963	☆☆	0.971	—
	b	0.218	—	-0.522	—	-0.124	—	-0.688	—
7	a	0.738	—	0.717	—	—	—	0.908	☆☆
	b	0.233	—	-0.924	☆☆	—	—	-0.751	—

★ 走行パターン：記号は表-2に対応、★ ハンプ種別
※ a：被説明変数が最低速度の場合、b：減速度の場合
※※ 表中の数字は相関係数、☆印はF検定で5%有意、☆☆印は1%有意

どの分析ケースで低い相関を示し、速度低下量は、ハンプ手前で出した最高速度にはあまり影響されないことがわかった。したがって、速度抑制効果を見る指標として、速度低下量は適切なものと考えられよう。速度低下量に関するものを除く分析結果の内、相関係数、F検定の結果を表-4に示す。これを見ると最低速度を被説明変数とした場合、相関係数が0.6以下のものは全分

析ケース25の内4ケースであり、全般に相関は高い。最高速度が高ければ、最低速度も高くなるといえよう。減速度を被説明変数とした場合は、指標のとり方の異なる走行パターンAを除いても低い相関を示すケースが比較的多い(18ケース中9ケース)。最高速度が高くても減速度が増すとは限らず、より手前の地点から減速する場合も多いと考えられる。

(3) 垂直加速度

定速走行実験の結果得られた垂直加速度のピーク値の大きさの車種別平均を図-2に示す。円弧ハンプの場合、走行速度の増加に伴って、ハンプ高の低いもの(5cm)は、垂直加速度が比較的緩やかに増加し、高いもの(7.5~10cm)は、より急激に増加する。また、走行速度が30km/h以下の場合、発生する垂直加速度は3G程度までであり、円弧<1m/7.5cm>を除けば、加速度の増加傾向は、そのあたりで頭打ちとなる。台形ハンプは、速度増につれて急激に垂直加速度が増す傾向にある。円弧<1m/7.5cm>とともに、60km/hで4~7Gの値を示し、なお増加する傾向が見られる。

(4) 騒音・振動

a) 沿道の騒音 騒音波形のピーク値を、ハンプが無い状態のピーク値と比較したものが表-5である。表中には、全車種にわたってハンプなしの時より騒音が増えているものに網目を付してある

が、50km/hまでの全ての速度域で網目が付されているのは、円弧ハンプ<3m/5cm>と<3m/10cm>および台形ハンプ(緩)である。その他は、ハンプなしの場合より騒音が増加する傾向にある。また、円弧ハンプ<1m/5cm>と<1m/7.5cm>には+印が多くついており、長さの短いハンプは、騒音面からみると不利であると思われる。

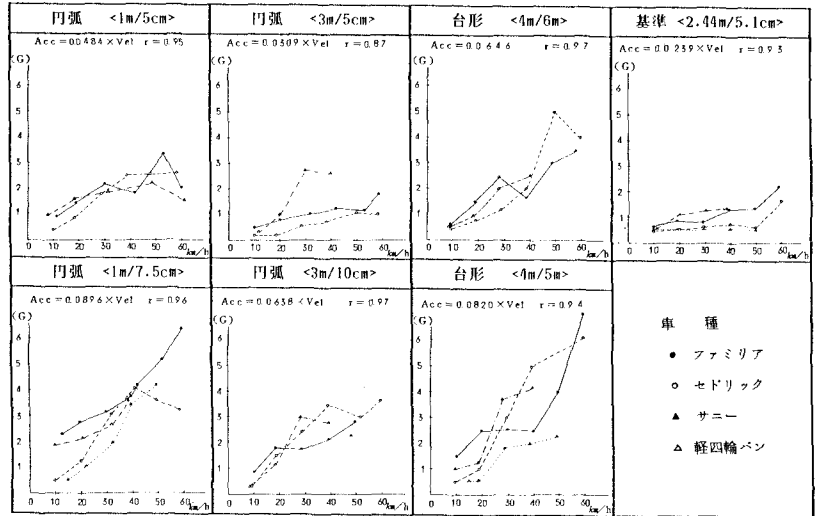
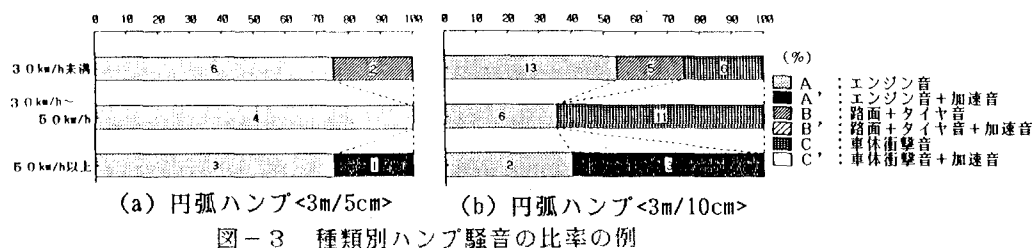


図-2 ハンプ形状別の垂直加速度

表-5 騒音ピークレベルの増減

速度	車種	基準ハンプ	円弧<1/5>	円弧<1/7.5>	円弧<3/5>	円弧<3/10>	台形(緩)	台形(急)
10	ファミリア	△	+	+	△	△	△	△
	サニー	=	=	=	=	△	=	+
	セドリック	=	=	=	=	=	=	=
	軽四輪車	+	+	+	△	△	△	=
20	ファミリア	+	+	+	=	=	△	+
	サニー	=	=	+	=	△	△	+
	セドリック	=	+	+	=	△	△	△
	軽四輪車	=	△	+	=	△	△	=
30	ファミリア	=	=	=	△	△	△	=
	サニー	=	=	=	=	△	△	=
	セドリック	=	+	+	△	△	△	=
	軽四輪車	=	=	+	△	△	△	△
40	ファミリア	=	+	+	=	=	△	=
	サニー	=	=	+	=	=	=	=
	セドリック	△	=	=	△	=	=	+
	軽四輪車	△	△	△	△	△	△	=
50	ファミリア	=	=	=	△	△	△	=
	サニー	=	=	=	=	=	=	+
	セドリック	△	△	△	△	△	△	△
	軽四輪車	=	=	=	=	=	=	=
60	ファミリア	=	=	=	=	=	=	=
	サニー	=	=	=	=	=	=	=
	セドリック	=	+	+	+	=	=	+
	軽四輪車	=	=	=	=	=	=	=

凡例 + : ハンプなしの時より騒音大 △ : ハンプなしの時より騒音小



また、50km/hの速度において顕著に見られることであるが、ハンプなしの状態よりも、ハンプがある方がむしろ騒音が小さくなることもある。ハンプ手前でアクセルを離すことによりエンジン音が減少するためであろう。

ところで、騒音波形を詳しくみると、波形パターンによって騒音のピーク値が、A. エンジン音、B. タイヤと路面の摩擦音、C. 車体が発生する衝撃音、の3種類のいずれによって発生するかが推定できる。図-3は、速度域別の各種騒音ピーク値の発生比率の例である。円弧<3m/5cm>では、車体衝撃音はまったく見られないが、背の高い円弧<3m/10cm>では、車体衝撃音が大きい。50km/h以上では、両者ともエンジン音のみである。他のハンプについても、騒音の内容はハンプ別、速度別に見て、きわめて多様である。

以上述べてきたように、ハンプの形状により、騒音の大きさ、および騒音の内容はかなり異なること、

また、ハンプの設置により騒音は必ずしも増加するとは限らないこと、また、長さ3mの2つの円弧ハンプと台形の緩斜面のハンプについては、同じ走行速度であっても騒音が減少することなどがわかった。

b) 沿道の振動 ハンプ別の振動レベルのピーク値を図-4に示す。すべての車種、ハンプ、速度で、ハンプが無い状態よりも振動が大きくなっている。増加の程度は、およそ5dbまでである。また、走行速度があがるにつれて振動も増加している。

4. 沿道の騒音・振動の予測

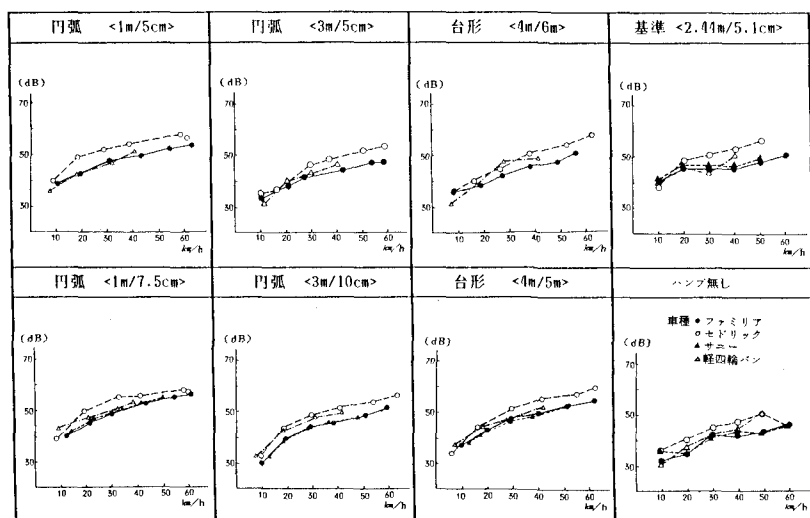
(1) 予測の目的

前章(4)の分析からわかるように、騒音は、ハンプにより、増加する場合も、減少する場合もある。また、振動は、同一の速度であればハンプなしの状態よりも増加する傾向にある。しかし、いずれにせよ、実験結果だけでは、ある量と速度をもって地区道路を流れる交通流によって生じる騒音・振動の

大きさを論じることにはできない。そこで、実験結果にもとづき、シミュレーションを行なって、居住環境への影響を検討するものとした。

(2) 予測方法

交通流の変動に対応した騒音・振動のハンプ近傍での変化を求め、このためには、定常走行状態に対応した予測手法は適当ではなく、次のような方法で予測



を行なった。

① 交通流については、地区道路で実測した交通量と実験で得られた走行速度の変化を用いる。

② 騒音振動のレベルは、同じく実験で得られたレベル変化を用いる。

③ 交通流および騒音振動を時系列にそってコンピューター内で再現する。

④ 得られた騒音振動波形をそれぞれ J I S にもとづき整理を行ない評価する。

予測計算を行なうハンプは、ハンプなしの場合も含め、以下の4種とした。

- ① ハンプ無しの状態
- ② 円弧ハンプ<3m/5cm>
- ③ 円弧ハンプ<3m/10cm>
- ④ 台形ハンプ(緩勾配)

これらは、前章での検討結果から見て、実際の設置可能性の高いものである。

a) 単独車面の騒音レベルの予測 地面を走る車両が音源で、地面が半自由空間を構成する面と仮定し、さらに、実験結果から、回帰式

$$PWL = \alpha v + \beta$$

ここに、PWL : 音源のパワーレベル(ここでは、騒音レベルピーク値をとる)

v : 走行速度

$\alpha \cdot \beta$: 回帰式係数

が推定できるとすれば、受音点での騒音レベル SPL を、車両速度の関数として、次のように、求めることができる。

$$SPL = \alpha v + \beta - 20 \log (l/d) \quad (2)$$

ここに、 l : 音源と受音点の間の距離

d : 実験を行なった際の音源と受音点の距離 (3.5 m)

実験により得られた騒音レベルピーク値の、速度を説明変数とする1次回帰の結果を表-6に、(2)式を用いて求めた騒音レベルのピーク値を表-7に示す。大型車両については、実験データが少ないので、文献4)にもとづき、小型車の 10db 増とする。

b) 単独車面の振動レベルの予測 予測点における振動レベルの変動については、実験で得られた波形記録にもとづいて図-5に示す変動パターンを描き、これを用いるものとした。

実験により得られた振動レベルのピーク値を、速

表-6 騒音ピークレベルの速度による回帰式(大型車を除く)

ハンプ形状	回帰式	相関係数
	$\alpha v + \beta$	
ハンプ無し	$0.4377v + 58.29$	0.883
円弧断面<3m/5cm>	$0.4039v + 58.22$	0.916
円弧断面<3m/10cm>	$0.4055v + 55.05$	0.901
台形断面(緩)	$0.4437v + 55.74$	0.952

表-7 単独車両によるハンプ通過時の騒音レベルピーク値(予測値)
単位 d b (A)

種類 速度	ハンプ 無し	円弧断面 <3m/5cm>	円弧断面 <3m/10cm>	台形断面 (緩)
10 km/h	62.5	61	57.5	58
20 km/h	67	65	60.5	61
30 km/h	71.5	69	64.5	67
40 km/h	76	75	68.5	72
50 km/h	80	77	72.5	77.5

注1: 速度はハンプ手前における定常走行時の速度で示している。
注2: 計算値は 0.5 db 単位にまるめて示している。

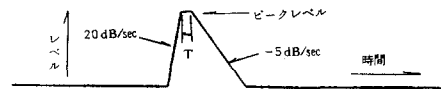


図-5 振動レベルの変動パターン

表-8 振動ピークレベルの速度による回帰式(大型車を除く)

ハンプ形状	回帰式	相関係数
	$\alpha \ln v + \beta$	
ハンプ無し	$7.944 \ln v + 14.24$	0.875
円弧断面<3m/5cm>	$10.09 \ln v + 8.662$	0.932
円弧断面<3m/10cm>	$11.65 \ln v + 4.869$	0.944
台形断面(緩斜面)	$9.421 \ln v + 13.35$	0.935

表-9 ハンプ通過時の振動レベルピーク値(予測値)
単位 d b (VL)

種類 速度	ハンプ 無し	円弧断面 <3m/5cm>	円弧断面 <3m/10cm>	台形断面 (緩)
10 km/h	32.5	25	23.5	28.5
20 km/h	36	35.5	33.5	36
30 km/h	41.5	41	41	43.5
40 km/h	43.5	44.5	45	47
50 km/h	45	47.5	48.5	50

注1: 単独車両が走行した時の値である。
注2: 速度はハンプで減速する前の定常走行時の速度で示している。
注3: 計算値は 0.5 db 単位にまるめて示している。

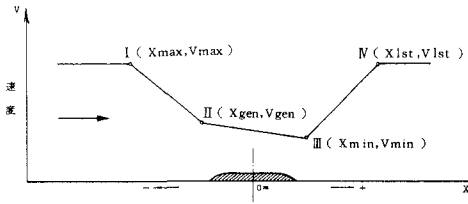


図-6 ハンプ付近での走行速度変化の模式図

度の自然対数を説明変数として1次回帰を行ない、表-8に示す結果を得た。回帰式を用いて求めたピーク値を表-9に示す。大型車両については、文献5)を参考にして、10dbを加える。

c) ハンプ近傍における車両の速度変化 ハンプ付近での走行速度の変化を図-6のように模式化し、実験結果を用いて、I～IVの各点の座標と速度を求めるために15ケースの回帰分析を行なった。その結果、速度については、進入速度を説明変数として、II、III位置での速度を定め、IV地点では元の進入速度に戻るとするのが適当と判断した。I～IV地点のx座標については、実験結果をそのまま用いて、平均値により座標を決定した。なおIV地点の座標は、III地点からの平均加速度によって決定することとした。表-10に、I～IV地点の座標と速度を求めるための式を示す。

d) 想定交通流 まず、ハンプを導入する計画のある地域における交通量の実測値をもとに、予測に用いる交通量を、1,000台/12hr、2,000台/12hrの2種類想定した。次に大型車の混入率を、前者の場合10%，後者では20%とした。そして、出現車両の車頭時間は、交通量によって定まる車頭時間を平均値とする指数分布に従うと仮定し、交通流を定めた。また、車種別の速度分布を、これも実測値に基づいて定めた。そして、大型車、小型車の別に一様ランダム変数を発生させ、速度を決定した。

e) 計算方法 次の条件のもとに計算をした。

- ① 4種のハンプに同一の交通流をあてはめる。
- ② 10ケースの異なる条件で計算する。
- ③ 1ケースにつき、0.1秒間隔で6,000回(600秒間)行ない、内、5,000回の計算結果を利用する。
- ④ 騒音レベルの計算区間はハンプを中心として-100m～+100mの200mとする。

表-10 ハンプ付近における走行速度変化の座標および速度

単位: m, km/h

地点	Ⅰ		Ⅱ		Ⅲ		Ⅳ		
ハンプ形状									
円弧断面 <3m/5cm>	座標	Xmax	-6.35	Xgen	-0.63	Xmin	0.90	Xist	(1.339 m/sec ²)
	速度	Vmax	v	Vgen	-3.976+ 0.990v	Vmin	-6.715+ 1.061v	Vist	v
円弧断面 <3m/10cm>	座標	Xmax	-13.62	Xgen	-0.75	Xmin	3.19	Xist	(1.004 m/sec ²)
	速度	Vmax	v	Vgen	-7.472+ 0.998v	Vmin	-8.222+ 1.006v	Vist	v
台形断面 緩	座標	Xmax	-9.15	Xgen	-0.41	Xmin	0.014	Xist	(0.996 m/sec ²)
	速度	Vmax	v	Vgen	-13.403+ 1.248v	Vmin	-13.959+ 1.262v	Vist	v

注 Xist 欄の値は Vmin から Vmax に復帰するまでの加速度を示した。

表-11 振動レベル計算結果

単位 db (A)

項目	交通量	レベル 指標	ハンプ 無し	円弧断面 <3m/5cm>	円弧断面 <3m/10cm>	台形断面 (緩)
平均値	1000台 /12hr	ピーク	71.8	70.8	66.1	68.5
		L5 L50	51.7 45.0	58.7 45.0	57.3 45.0	58.6 45.0
	2000台 /12hr	ピーク	75.5	74.5	70.3	72.7
		L5 L50	58.6 45.0	64.8 46.4	63.4 46.2	64.2 46.2
ハンプ無しとの差	1000台 /12hr	ピーク	-	-1.0	-5.7	-3.3
		L5 L50	-	+7.0 0	+5.6 0	+6.9 0
	2000台 /12hr	ピーク	-	-1.0	-5.2	-2.8
		L5 L50	-	+6.2 +1.4	+4.8 +1.2	+5.6 +1.2

⑤ 観測点の位置は道路中心より 3.5m の位置にあり、音源と受音点は同一の高さにあると仮定する。

⑥ 騒音については、暗騒音を 45db (A) と与え、振動については、10db (VL) を与えて計算する。

f) 評価方法 0.1 秒毎に行なった計算結果を、5 秒毎に100 個取出して、1db ステップの累積度数分布をつくり、騒音については、90%レンジの上端値 (L5) と中央値 (L50)、振動については80%レンジの上端値 (L10) と中央値 (L50) を求める。さらに、ピーク値の上位10個の平均値を計算する。これを、10ケースについて行ない、その平均値により、検討を行なう。

(3) シミュレーション結果の考察

a) 騒音 騒音レベルの計算結果の平均値とハンプ無しとの間の差を求めたものを表-11に示す。この表を見ると、ピーク値は、ハンプを設置することによって、-1db～-5.7dbの減少を示し、L50は、1,000台/12hrの交通量では変化せず、2,000

表-12 騒音レベル計算結果

単位 d b (VL)

項目	交通量	レベル指標	ハンブ無し	円弧断面 <3m/5cm>	円弧断面 <3m/10cm>	台形断面 (緩)
平均値	1000台 /12hr	ピーク	42.5	42.2	41.8	43.9
		L 10 L 50	21.4 10.0	24.5 10.0	24.4 10.0	28.2 10.0
	2000台 /12hr	ピーク	47.4	47.2	47.1	48.8
		L 10 L 50	35.1 10.1	37.2 10.2	36.7 10.2	40.5 10.5
ハンブ無しの差	1000台 /12hr	ピーク	—	-0.3	-0.7	+1.4
		L 10 L 50	—	+3.1 0	+3.0 0	+6.8 0
	2000台 /12hr	ピーク	—	-0.2	-0.3	+1.4
		L 10 L 50	—	+2.1 +0.1	+1.6 +0.2	+5.4 +0.4

0 台/12hrで+1.2～+1.4dbと増加する傾向にある。

ピークレベルの低下は、走行速度低下による減少分がハンブ設置による増加分を上まわったためであろう。また、L 50 の上昇は、走行速度低下により、車両の観測点前面の通過時間が長くなり、サンプリングされる割合が増加した結果であると思われる。

ハンブの設置により、ピークレベルの平均値が下がり、L 50 の上昇が 0～1.4dbと、かなり小さいことから、このシミュレーションの結果で見るとかぎりでは、騒音は、あまり問題にならないと考えられる。なお、L 50 を自動車騒音の限度基準値⁶⁾と比較すると、2,000台/12hrの交通量の時に、1車線道路の第1種区域の夜間に基準値を越えるケースが見られる。しかし、夜間の交通量は、通常昼間の1/2以下になるので、實際上、ハンブ設置によって基準を上回ることはないと思われる。

b) 振動 振動レベルの計算結果を表-12に示す。これをみると、平均 L 10 値が、ハンブ無しの状態より 1.6～6.8db (VL) 増加しており、ハンブの設置により、L 10 値が全てのケースでかなり上昇していることがわかる。これに反して、平均ピーク値は、台形断面で+1.4db (VL) の上昇がみられるが、その他のハンブでは、ほぼ同じかやや減少している。

ピークの平均値は、最も振動の大きい台形ハンブにおいても、環境庁の「振動による影響と振動レベルの関係」の表⁷⁾における常時微動と感覚閾値との間に入っており、ハンブ設置による影響はほとんど無いと言える。また、道路交通振動限度基準⁸⁾と各ハンブの L 10 の平均値を比較すると、全てのケー

スで基準値を下回っており、ハンブ設置によって法的な基準値を上回ることはないと考えられる。

5. おわりに

本研究の結論として、次のことが言えよう。

① 単体ハンブは、実験を行なったすべてのハンブについて、速度抑制効果が見られたが、その大きさ、ドライバーへの心理的效果などを考慮すると、円弧<3m/10cm>、円弧<3m/5cm>、台形緩斜面の各ハンブが有望であると思われる。

② 複合ハンブは、複合の効果は認められたが、今回実験した円弧<1m/5cm>ハンブについては、単体ハンブとそれ程大きな差異はみられなかった。

③ 連続ハンブは、設置した全区間にわたる走行速度の抑制に効果がある。

④ 連続ハンブに狭さを組み合わせると、さらに5km/h程度、速度が抑制される。

⑤ 垂直加速度の、走行速度増に伴う増加は、ハンブ高の低いものでは比較的緩やかで、高いものは急激である。また、台形ハンブは、円弧ハンブに比べ、垂直加速度は大きくなる傾向が見られる。

⑥ 騒音は、ハンブの設置によりむしろ減少する傾向にあり、振動はやや増加する傾向がある。

⑦ 騒音・振動に関するシミュレーションの結果、ハンブの設置により騒音・振動が居住環境に影響をおよぼすことは、ほとんどないことがわかった。

以上のように、本研究の目的に沿った多くの結果を得た。実験そのものや騒音振動予測シミュレーションの方法などに、幾つかの課題は残しているが、本研究の成果は有用であると思われ、地区道路の改善への一助になれば、幸いである。

<参考文献>

- 1) 青木・久保田・高島・藤壇：地区交通抑制のための道路構造の研究—各種交通抑制手法の類型化及びハンブの基礎的研究—、土木計画学研究・講演集7、1986。
- 2) 天野・榊原・辻：ハンブの設置効果に関する一考察、土木学会年次学術講演会、1984。
- 3) 大阪市土木局：交通抑制のための道路構造、住区交通環境総合整備計画調査報告書、1984。
- 4) 石井：道路交通騒音の推定計算法に関する研究、日本音響学会誌、Vol.31, No.8, 1975。
- 5) 建設省：環境影響評価技術指針案、1978。
- 6) 騒音規制法第17条第1項の規定に基づく指定地域内における自動車騒音の限度を定める命令。
- 7) 環境庁：道路交通振動防止技術マニュアル、1980。
- 8) 振動規制法施行規則第12条別表第2。