

サイン曲線弓形と台形という形状の違いがハンプ上を通過する小型貨物車から発生する衝撃音へ与える影響

渡 辺 義 則* 清 田 勝**
寺 町 賢 一* 出 川 智 久***

要 旨

歩車分離されていない地区内道路では、歩行者の安全を保つために車の速度を抑制するハンプの設置が検討されるが、その時、騒音が問題になることが少なくない。既に著者らはサイン曲線弓形ハンプを使用した敷地内実験（走行速度約20~40km/h）で、1) 乗用車がハンプ上を通過しても衝撃音は生じない、2) 一方、小型貨物車（空載）はハンプで跳躍し、大きな衝撃音を発生させる速度領域が存在するので、その対策が必要であることを報告した¹⁾。そこで本研究では、1) サイン曲線弓形と台形というハンプ形状の違い、2) 更に、台形ハンプで小型貨物車（空載）からの衝撃音の発生が抑制される場合には、車に荷を積むことが、小型貨物車から発生する衝撃音に及ぼす影響を与えるかについて敷地内実験で調査した。

Abstract

When a hump is founded in a road to keep traffic safety in a district, noise problem occurs because of impact noise generation, etc. Authors have already confirmed the following fact by experiments in a site: 1) The impact noise is not generated, even if passenger car passes a sine curve segmental hump, 2) but, if a light truck (empty) jumps in a hump at a speed over 20km/h, large impact noise is generated. Furthermore, the following matters were investigated in this study: 1) Influence to impact noise by shape difference between sine curve segmental hump and trapezoidal one, 2) and, increase of impact noise level when a light truck (load) passes a trapezoidal curve hump.

キーワード：地区交通安全；サイン曲線弓形ハンプ；台形ハンプ；騒音；敷地内実験

Keywords: traffic safety in district; sine curve segmental hump; trapezoidal curve hump; noise; experiment in site

1. はじめに

幅員が狭く、しかも、歩行者や車が混合して通行する地区内生活道路では、歩行者の安全を図るために車の速度を抑制するハンプの設置が検討される。その時、ハンプの設置に伴って発生する騒音が問題になることが少なくない。それでは、どのような種類の騒音が問題になるのかというと、著者らが関わった社会実験²⁾で寄せられた住民の苦情の「貨物車がバウンドする音や荷物が上下する時に発生する音で目が覚める、眠れない」から推察して、ハンプを車が乗り越えるか、または、跳躍することに起因して、車体、荷物、あるいは、その両方から発生する衝撃的な音ではないかと著者らは考えている。

既に著者らはサイン曲線弓形ハンプを使用した敷地内実験（車両走行速度約20~40km/h）で、1) 乗用車がハンプ上を通過しても衝撃音は生じない、2) 一方、小型貨物車（空載）はハンプで跳躍し、大きな衝撃音を発生させる速度領域が存在するので、その対策が必要であることを報告した¹⁾。

つまり、ハンプの普及には小型貨物車から発生する衝撃音を軽減する対策が必要である。その対策として様々なものが考えられるが、本研究では台形ハンプに注目した。小型貨物車がハンプで跳躍し、その前方に着地する場合、台形ハンプの方がサイン曲線弓形ハンプよりも車の落下量が少なく、その結果、騒音が小さくなるのではないかと推測したからである。

これまでに台形ハンプから発生する騒音を検討した研究は少ない。その中で文献3は、ゴム製の据付型ハンプ（サイン曲線弓形と台形、高さ10cm）が複数設置された道路（敷地内）を車が走行する時の速度抑制効果と騒音を測

*九州工業大学 Kyushu Institute of Technology
**佐賀大学 Saga University
***東京モノレール(株) TOKYO MONORAIL Corporation

サイン曲線弓形と台形という形状の違いがハンプ上を通過する小型貨物車から発生する衝撃音へ与える影響

表-1 実験ケース

ハンプ		車種	指示速度 (km/h)	荷物	運転者
形状	高さ (cm)				
ハンプなし	—	小型貨物車 (最大積載量 0.85tf)	20,25,30,(35),40	無	A,B
サイン曲線弓形	10		20,25,30,40	無	A
台形	10		20,25,30,35,40	無 有	B B

注) 運転者 A は () 内の速度では実験していない

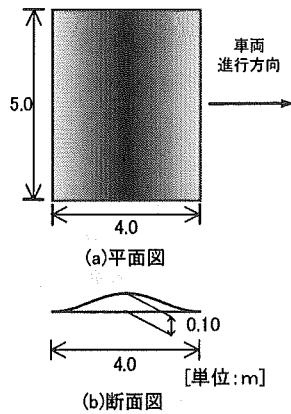


図-1 サイン曲線弓形ハンプの形状と寸法

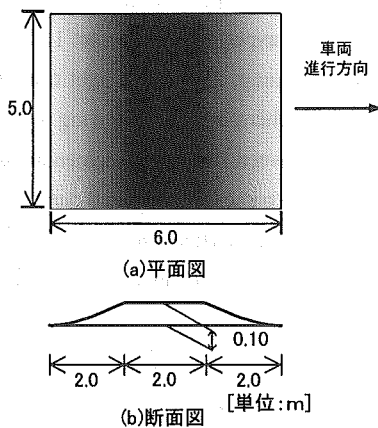


図-2 台形ハンプの形状と寸法

定している。また、文献4はゴム製の据付型ハンプ(サイン曲線弓形と台形)が単独に設置された道路(公道)で同様な測定をしているが、台形ハンプの車両走行方向の長さが1.2m、高さも5cmなので、速度をほとんど低下させずに走行している車も存在したことが報告されている。いずれにしても、文献3,4の主たる研究目的は、ハンプで発生する衝撃音の検討ではないので、それに関する情報はあまり得られない。

そこで本研究では、1) サイン曲線弓形と台形というハンプ形状の違い、2) 更に、台形ハンプで小型貨物車

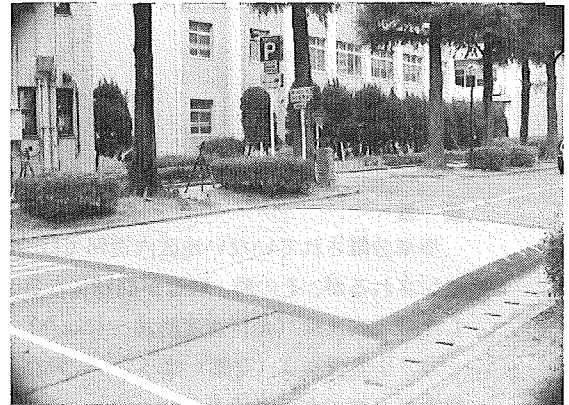


写真-1 実験に使用した台形ハンプ

(空載)からの衝撃音の発生が抑制される場合には、車に荷を積むことが、小型貨物車から発生する衝撃音に与える影響を与えるかについて、予め用意した小型貨物車を使った敷地内実験で検討した。

2. 敷地内実験の概要

台形ハンプはあらかじめ工場で作製した1m画の鉄筋コンクリート製ハンプブロックを組み合わせて作られる。また、埋め込み方式なので路面との間に段差はない。実験に使用した台形ハンプを写真-1に示す。なお、サイン曲線弓形ハンプの写真は、既に文献1で紹介しているのでここでは割愛した。次に、ハンプの形状と寸法を図-1,2に示す。サイン曲線弓形ハンプは道路縦断方向の路面がサイン曲線を描き、長さ4m、幅5mである。一方、台形ハンプは同路面がサイン曲線(長さ4m)に直線(長さ2m)をはさんだ形状で、合計の長さ6m、幅5mである。また、ハンプの高さはともに10cmである。つまり、両ハンプの形状の違いは、台形ハンプでは直線(長さ2m)がはさまれる所だけである。

速度抑制効果、運転者・同乗者の安全性を保ちつつ、騒音・振動の問題を抑えるという視点から、欧米で長い年月をかけて、ハンプの形状は円弧からサイン曲線弓形、サイン曲線のすりつけ部を持つ台形に改良されてきた⁵⁾。また、コミュニティ・ゾーン形成マニュアル⁶⁾においてもサイン曲線を持つこの2つのハンプは推奨されている。

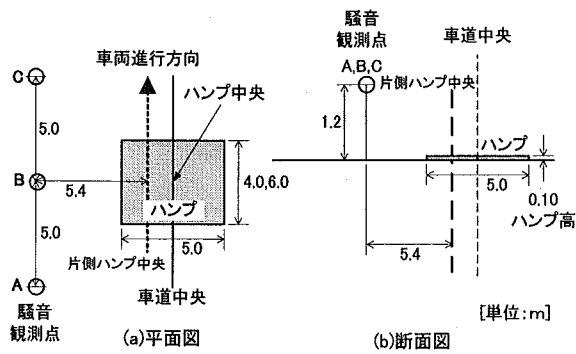


図-3 騒音測定の概要

著者らもこのことを踏まえてこの2つのハンプを検討対象にした。

また、一般的には、ハンプの高さ、道路縦断方向の長さも様々なものが考えられる。しかし、本研究では、最も騒音問題が発生し易いという視点からハンプの高さを、また、速度抑制効果、運転者・同乗者の安全性に関する知見を入手できるという視点から道路縦断方向の長さを決めた。因みに、本研究で検討対象としたサイン曲線弓形ハンプ(図-1)の寸法は文献3,4と、台形ハンプ(図-2)の寸法は文献3と同じである。つまり、本研究で検討対象としたハンプ(図-1,2)は、現時点で代表的な形状・寸法のハンプと考えてよい。

また、ハンプの騒音(衝撃音)の発生には、ハンプの形状、高さ、ハンプすりつけ部の曲線、道路縦断方向の長さが影響する。本研究で検討対象としたサインハンプ、台形ハンプは、ハンプすりつけ部の曲線、ハンプすりつけ部の道路縦断方向の長さ、ハンプの高さも同一であるので、車がハンプへ進入する時のハンプすりつけ部の角度も同じである。すなわち、道路縦断方向の長さは異なるが、車がハンプへ進入し、跳躍するまでの条件が同じであるので、ハンプの形状の違いが騒音(衝撃音)の発生に与える影響が比較できる。

表-1に実験ケースを、図-3に騒音測定の概要を示す。実験ケースは、1)道路にハンプなし、2)形状の異なる2種類のハンプを単独に設置、3)台形ハンプについては、空載と荷積、の4種類である。ただし、試験車両の運転者はサイン曲線弓形ハンプと台形ハンプの実験では異なるので、そのことを踏まえて検討した。なお、サイン曲線弓形ハンプ(空載)については、文献1で紹介した実験の測定データを利用した。さらに、

- 1) 試験車両は道路の片側ハンプ中央を走行させる。
- 2) 騒音観測点はA~C(但し、道路にハンプなしのケースは観測点Bのみ)で、観測点の高さは地表面から1.2mである。

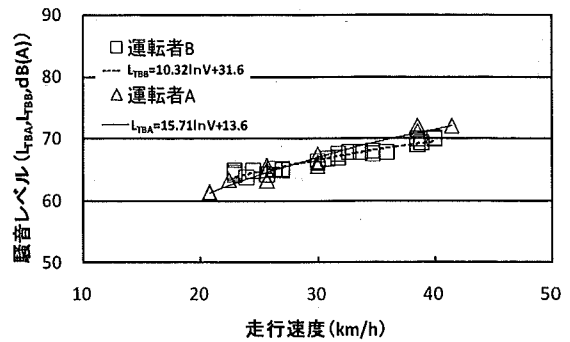


図-4 騒音レベルと走行速度(ハンプなし、空載)

3) 車線中央から観測点A~Cまでの水平距離は5.4m、隣接観測点間は5mである。

4) 試験車両は小型貨物車(最大積載量0.85tf)で、台形ハンプの荷積のケース以外は、荷を積んでいない(空載)。運転者に一定速度で走行する様に指示するが、後の分析には、ビデオで測定した速度(運転者が実際に走行した速度)を使用する。

5) 全観測点で同時に騒音を測定するために、一旦、データレコーダーに騒音を聴感補正特性Aで収録し、後日、レベルレコーダーに動特性FASTで出力する。

6) レベルレコーダーに出力した騒音波形から測定毎のピーク値を読み取る。

3. 実験データの分析と考察

(1) ハンプがない道路で発生する騒音の特性

ハンプがない道路を一定の速さで走行(定常走行)する小型貨物車によって発生する騒音(主としてエンジン音とタイヤ音で構成される)を、図-3の観測点Bで測定した。観測点Bの騒音レベルのピーク値 L_{TBA} (運転者A、単位dB(A))、 L_{TBB} (運転者B)と車の走行速度 V (km/h)の関係を図-4に示す。これより、小型貨物車の騒音レベルは走行速度に比例するので、その回帰式を求めて以下に示す。

$$L_{TBA} = 15.71 \ln V + 13.6 \quad \dots (1)$$

(運転者A 相関係数: 0.98 データ数: 12 変数の係数と定数のt値: 14.0, 3.6)

$$L_{TBB} = 10.32 \ln V + 31.6 \quad \dots (2)$$

(運転者B 相関係数: 0.97 データ数: 25 変数の係数と定数のt値: 20.4, 18.2)

なお、式(1)、(2)の変数の係数と定数は有意水準5%で統計的に有意である(両側検定)。

また、式(1)と式(2)の回帰係数の差に関して検定した

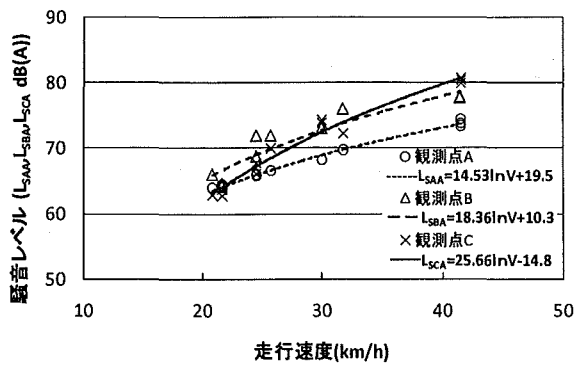


図-5 騒音レベルと走行速度
(サイン曲線弓形ハンブ、空載、運転者A)

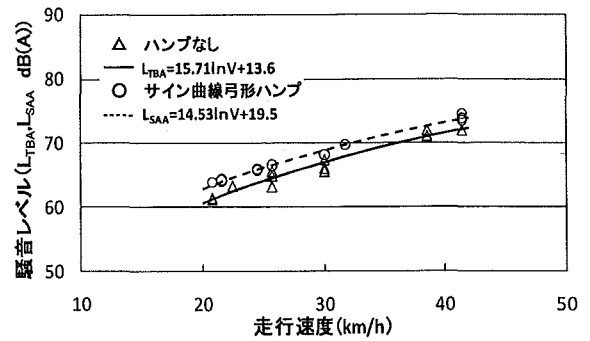


図-6 騒音レベルと走行速度
(観測点A、空載、運転者A)

ところ、変数の係数と定数のt値は5.2、5.1となり、有意水準5%で統計的に有意な差がある(両側検定)。つまり、運転者によって差があるという結果となっている。但し、台形ハンブ実験時には運転者Aが異動したことから、本実験を運転者Bで行った。なお、図-4で見る限り運転者による大きな差は生じないと判断した。

(2) サイン曲線弓形ハンブで発生する騒音の特性

サイン曲線弓形ハンブのある道路を小型貨物車(空載、運転者A)が走行した場合の、観測点A~C(図-3参照)で発生した騒音レベルのピーク値 L_{SAA} 、 L_{SBA} 、 L_{SCA} と車両の走行速度 V を実測し¹⁾、その関係を求めて図-5に示す。これより、小型貨物車の騒音レベルは走行速度に比例するので、その回帰式を求めた。

$$L_{SAA} = 14.53 \ln V + 19.5 \quad \dots (3)$$

(観測点A 相関係数: 0.99 データ数: 12 変数の係数と定数のt値: 28.4、11.3)

$$L_{SBA} = 18.36 \ln V + 10.3 \quad \dots (4)$$

(観測点B 相関係数: 0.94 データ数: 12 変数の係数と定数のt値: 9.0、1.5)

$$L_{SCA} = 25.66 \ln V - 14.8 \quad \dots (5)$$

(観測点C 相関係数: 0.98 データ数: 12 変数の係数と定数のt値: 8.6、3.2)

なお、式(4)の定数を除き、式(3)~(5)の変数の係数と定数は有意水準5%で統計的に有意である(両側検定)。ただ、式(4)の定数を0とすると、実測値と推定値の差がひろがるので、ここではその処置を採らなかった。

次に、観測点Aで発生した騒音レベルのピーク値について検討する。まず、式(1)と式(3)の回帰係数の差に関し

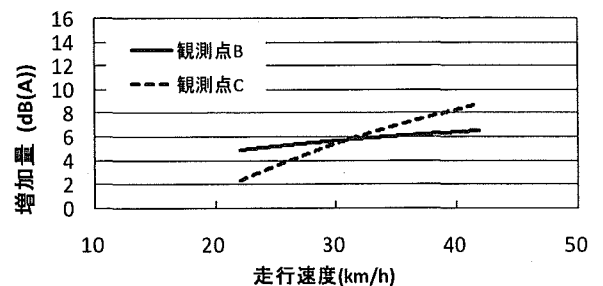


図-7 サイン曲線弓形ハンブ通過時の騒音増加量
(空載、運転者A)

て検定したところ、変数の係数と定数のt値は1.0、1.5となり、定数でも統計的に有意な差が明白には認められるということではなかった。ただ、式(1)と式(3)に対応する実験データを示した図-6から、両実験データの間には系統的なずれがないとは言えないのではないかと著者らは判断し、次の様に考えた。

1) 両者の差は約2dB(A)である。

2) その差は走行速度にかかわらずほぼ一定である。

つまり、サイン曲線弓形ハンブのある道路を小型貨物車(空載)が走行した場合、観測点A(図-3参照)で発生した騒音レベルのピーク値は、ハンブがない道路を一定の速さで走行する小型貨物車によって発生するそれよりやや大きく、その差は走行速度で変わらない。なお、レベルレコーダに出力した騒音波形¹⁾を見ると、車両がハンブで跳躍・着地することで発生した衝撃音は、観測点Aに伝播するまでにかかり減衰していて、観測点Aの騒音のピークとなっていない。つまり、車両が観測点Aに最も近づいた時の騒音(主としてエンジン音とタイヤ音で構成される)がピークとなっている。従って、式(1)と式(3)に約2dB(A)の差が生じた原因は、実験において著者らが運転者に一定速度で走行する様に指示したので(2.と表-1参照)、運転者Aがハンブの進入速度の確保を意識する

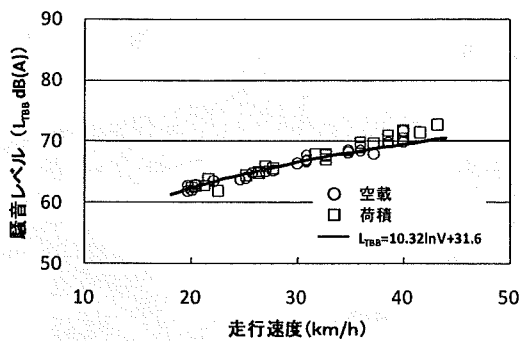


図-8 騒音レベルと走行速度
(台形ハンプ、観測点A、運転者B)

あまり、その直前に多少加速した（アクセルを踏んだ）からではないかと著者らは推測している。なお、ハンプに進入する時や跳躍する時に運転者が車両を加速することは通常でないので、次に述べるハンプ通過時の騒音増加量の検討では、ハンプがない道路で小型貨物車を定常走行させて求めた式(1)を使用した。

観測点B、Cで発生した騒音レベルのピーク値について検討する。観測点Aと違い、観測点B、Cでは、ハンプの有無で騒音のピーク値は大きく異なっており、衝撃音が強い影響を及ぼしている。その程度を見るために、式(4)、(5)と式(1)の差を求めて、図-7に示す。これより、

- 1) その差は走行速度に比例して大きくなる。
- 2) 31km/h以下では観測点Bの方、それ以上では観測点Cの方が差は大きい。この様な傾向が現れるのは、走行速度に比例して車両の着地点がハンプ中央から遠くなり、観測点Bより観測点Cに着地点（つまり、衝撃音発生位置）が近くなるからである。

(3) 台形ハンプで発生する騒音の特性

台形ハンプのある道路を小型貨物車(空載または荷積、運転者B)が走行した場合の、観測点A~C(図-3参照)で発生した騒音レベルのピーク値 L_{DABU} 、 L_{DABL} 、 L_{DBBU} 、 L_{DBBL} 、 L_{DCBU} 、 L_{DCBL} と車両の走行速度 V を実測して、その関係を図-8~10に示す。これより、小型貨物車の騒音レベルは走行速度に比例するので、その回帰式を求めて以下に示す。

$$L_{DABU} = 11.71 \ln V + 27.0 \quad \dots (6)$$

(観測点A 空載 相関係数: 0.97 データ数: 25 変数の係数と定数のt値: 20.0、13.6)

$$L_{DABL} = 13.05 \ln V + 22.7 \quad \dots (7)$$

(観測点A 荷積 相関係数: 0.98 データ数: 25 変数の係数と定数のt値: 23.8、12.1)

$$L_{DBBU} = 9.76 \ln V + 34.2 \quad \dots (8)$$

(観測点B 空載 相関係数: 0.97 データ数: 25 変数の係数と定数のt値: 19.1、19.7)

$$L_{DBBL} = 19.37 \ln V + 4.3 \quad \dots (9)$$

(観測点B 荷積 相関係数: 0.98 データ数: 25 変数の係数と定数のt値: 23.7、1.6)

$$L_{DCBU} = 11.35 \ln V + 28.5 \quad \dots (10)$$

(観測点C 空載 相関係数: 0.96 データ数: 25 変数の係数と定数のt値: 16.4、12.1)

$$L_{DCBL} = 20.70 \ln V - 1.2 \quad \dots (11)$$

(観測点C 荷積 相関係数: 0.98 データ数: 25 変数の係数と定数のt値: 21.9、0.4)

なお、式(9)と式(11)の定数以外の、式(6)~(11)の変数の係数と定数は有意水準5%で統計的に有意である(両側検定)。ただ、式(9)と式(11)の定数を0とすると、実測値と推定値の差がひろがるので、ここではその処置を採らなかった。

次に、道路に台形ハンプを設置した場合の騒音変化を、ハンプがない道路を一定の速さで走行(定常走行)する車によって発生する騒音(具体的には式(2))と比較することで調べる。式(2)は観測点B(図-3参照)の騒音レベルのピーク値と車の走行速度の回帰式であるが、以下の理由で、観測点A、Cにおける比較にも使用する。

ハンプがない道路においては、観測点Bの騒音レベルのピーク値は、車が観測点Bの前を通過した時に生じる。また、音響理論では、その大きさは、車と観測点Bの最短距離、及び、観測点Bの前を通過した時の車の音響パワーレベルで決まる。本研究では、車と観測点の最短距離は、観測点A、B、Cともに同じ値である(図-3参照)。また、車が定常走行する時の音響パワーレベルは車の走行速度の関数である。本研究では、車を一定の速さで走行する様に運転者に指示しているので、観測点の前を通過する時の車の音響パワーレベルは、観測点A、B、Cともに同じ値である。すなわち、音響理論では、観測点A、B、Cの騒音レベルのピーク値は同じとなる。特に、ハンプがない場合には運転者が心理的負担を感じないで車を走行させることができ、更には、同じ運転者だと個性の違いも現れないので、理論だけではなく実測しても、観測点A、Cで式(2)とほぼ同じ結果が得られると考える。

観測点Aで発生した騒音レベルのピーク値について検討する(図-8参照)。まず、式(2)と式(6)の回帰係数の差について検定した所、変数の係数と定数のt値は1.7、1.7

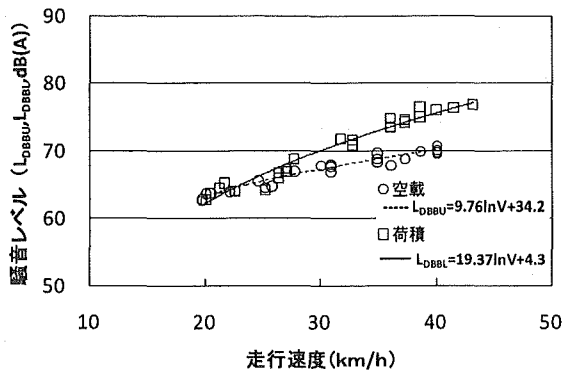


図-9 騒音レベルと走行速度 (台形ハンプ、観測点B)

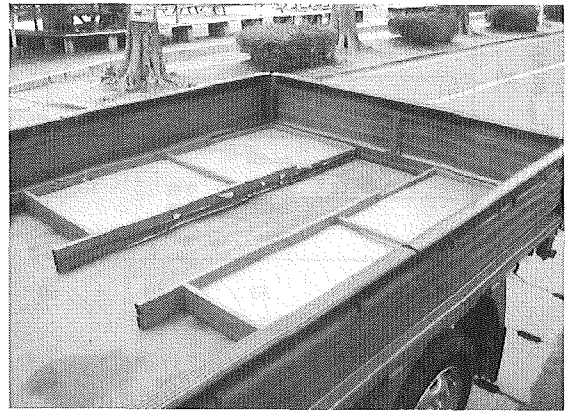


写真-2 小型貨物車に積んだ荷物

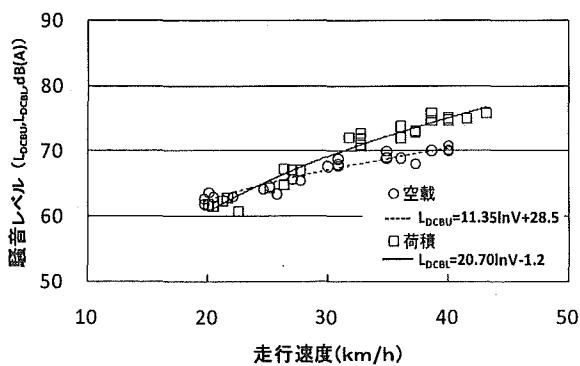


図-10 騒音レベルと走行速度 (台形ハンプ、観測点C)

となり、有意水準5%で統計的に有意な差が認められなかった (両側検定)。一方、式(2)と式(7)について同様な検定を行ったところ、変数の係数と定数のt値は2.6、2.3となり、有意水準5%で統計的に有意な差が認められた。しかし、図-8に示すように式(2)と実測値(□)の差は全体的に小さい。つまり、運転者Bの場合は、小型貨物車の荷積の状況によらず、観測点Aの騒音レベルのピーク値は、ハンプがない道路を一定の速さで走行(定常走行)する小型貨物車のそれと大きな差はないと考えてよい。

更に、観測点B、Cで発生した騒音レベルのピーク値について検討する(図-9、10参照)。まず、式(2)と式(8)及び式(2)と式(10)の回帰係数の差について検定したところ、変数の係数と定数のt値は0.8、1.1及び1.2、1.0となり、統計的に有意な差が認められなかった。つまり、小型貨物車でも荷を積んでいない場合には、そして、ハンプ形状が台形の場合には、観測点B、Cの騒音のピーク値は、ハンプがない道路を一定の速さで走行する小型貨物車のそれと有意な差はない、すなわち、観測点B、Cでは衝撃音は生じていないことが認められた。

そこで次に、小型貨物車に荷を積み、その荷の種類・拘束状況しだいで、台形ハンプでも衝撃音が発生するのではないかと推察し、ブリキ製の3枚重ねの看板を、縛ら

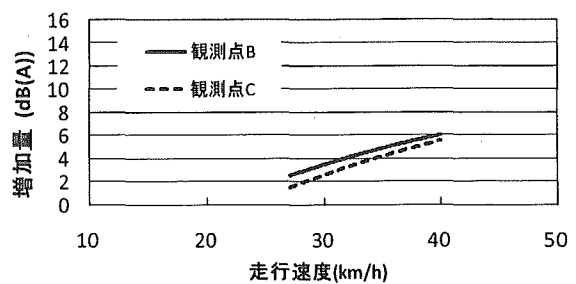


図-11 台形ハンプ通過時の騒音増加量 (荷積)

ない状況で車の荷台に積んだ(写真-2参照)。このようにすれば、荷が音の出易い素材・構造である、積載量が少なくと車の跳躍・荷台の上下の動きが大きい、拘束がなく荷が上下し易いことなどから、比較的、衝撃音が発生し易いと思ったからである。

図-9、10から、20~26km/hの速度領域では、空載と荷積の騒音データ値に差はあまり認められない。そして、小型貨物車(空載)の場合には、ハンプがない道路を一定の速さで走行する小型貨物車のそれと同程度であることは既に述べた。

しかし、27km/h以上の速度領域では、小型貨物車に荷を積んでいる場合には、台形ハンプでも、ハンプがない道路を一定の速さで走行する小型貨物車のそれより騒音のピーク値は大きくなっており、衝撃音が発生している。

次に、この速度領域でどの程度の衝撃音が発生しているかを見るために、式(9)、(11)と式(2)の差を求めて、図-11に示す。これより、

- 1) その差は走行速度に比例して大きくなる。
- 2) サイン曲線弓形ハンプ(空載)で発生する衝撃音(図-7参照)より小さい。
- 3) 図-7と異なり、どの走行速度でも、観測点Bの差の方が観測点Cのそれよりやや大きい。

本研究では、騒音測定と同時に、台形ハンプを通過する小型貨物車の後輪の挙動をデジタルカメラで撮影(1

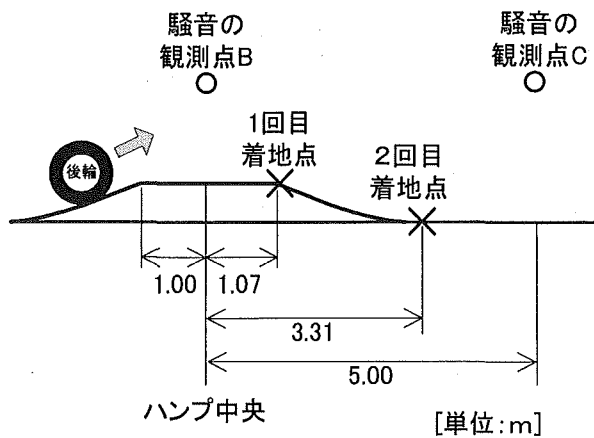


図-12 後輪の挙動 (平均速度40.2km/h)

秒300コマ) している。また、ハンプ中央と車輪の位置関係は、各コマに映っている白いテープ (道路表面に50cm間隔で貼り付けた) から求めた。そこで、小型貨物車でも荷を積んでいない場合には衝撃音は発生しないこと、更には、上記2)、3)の傾向が現れた理由を考察するために、走行速度約40km/hの10個のデータ (空載と荷積で各5個ずつ) を分析した。そして、後輪はハンプ中央から1.07m前方で一度着地し、その後、ハンプ中央から3.31m前方に再度着地するという結果を得た (両方の値とも平均値、図-12)。なお、分析において、小型貨物車が跳躍して、後輪のタイヤが少し浮き上がった場合と、浮き上がらなかった場合があった。後者の場合にはタイヤが最も沈み込んだところを着地点とした。因みに、1、2回目の着地ともタイヤが浮き上がったのが30%、1回目だけ浮き上がったのが20%、残り50%は両方ともタイヤの浮き上がりは見られなかった。また、1回目はタイヤの浮き上がったのが50%、2回目のそれが30%で、2回目の方がタイヤの浮き上がり量は小さく、車の落下量が少ない。

これらのことより、

- 1) 小型貨物車がハンプで跳躍し、その前方に着地する場合、台形ハンプでは1回目の着地が台形の上底の範囲にほぼ収まる (図-12 参照)。それに対して、サイン曲線弓形ハンプでは完全にハンプを飛び越える¹⁾。つまり、台形ハンプの方がサイン曲線弓形ハンプよりも車の落下量が少ないので、小型貨物車 (空載) では有意な衝撃音は発生しないと考えられる。走行速度約40km/hでも、この様な結果が得られたので、それ以下の速度 (車の跳躍距離は小さくなる) でも同様である。
- 2) 小型貨物車が荷を積んでいる (荷は縛られていない) 場合には、27km/h以上の速度領域では、台形ハンプでも衝撃音が発生する。ただ、1回目より2回目の着地の方が車の落下量が少ないので、衝撃音のレベルも2回目の方が

やや小さいと推察される。それと合わせて、観測点Bは1回目、観測点Cは2回目の着地点にそれぞれ近く、その時の衝撃音が両観測点の騒音レベルを決定しているが、着地点までの水平距離も観測点B (1.07m) より観測点C (1.69m) の方が長い。以上のことが原因で、どの走行速度でも、観測点Bの差の方が観測点Cのそれよりやや大きいという図-11の結果が得られたものと考えられる。

4. まとめ

本研究では、1) サイン曲線弓形と台形というハンプ形状の違い、2) 更に、台形ハンプで小型貨物車 (空載) からの衝撃音の発生が抑制される場合には、車に荷を積むことが、小型貨物車から発生する衝撃音にいかなる影響を与えるかについて敷地内実験で検討した。

本研究で得られた結果を、以下にまとめて示す。

- 1) 車両走行速度約20~40km/hでも、荷を積んでいない小型貨物車は、サイン曲線弓形ハンプで跳躍し、大きな衝撃音が発生させる。しかし、同上の速度領域で、同上の小型貨物車が台形ハンプ上を通過しても、衝撃音は発生せず、ハンプがない道路を一定の速さで走行する時の音と同程度の大きさである。
- 2) 小型貨物車がハンプで跳躍し、その前方に着地する場合、台形ハンプでは1回目の着地 (後輪) が台形の上底の範囲にほぼ収まる。つまり、車の落下量が少なく、荷台への衝撃が小さいので、小型貨物車 (空載) で有意な衝撃音は発生しないと考えられる。
- 3) プリキ製の3枚重ねの看板を、縛らない状況で小型貨物車の荷台に積んだ場合には、20~26km/hの速度領域では衝撃音が発生しない。
- 4) 27km/h以上の速度領域では、台形ハンプでも衝撃音が発生した。ただ、その時の衝撃音のレベルは、サイン曲線弓形ハンプ (空載) で発生するそれより小さい。また、どの走行速度でも、台形ハンプ中央に設置された観測点Bの方が観測点Cよりやや大きい。これらのことは、台形ハンプの方が車の落下量が少なく、荷台への衝撃が小さいこと、そして、衝撃音のレベルの大きい1回目の着地 (後輪) が観測点Bに近いからだと考えられる。

最後に、本研究の結果からみれば、小型貨物車から発生する衝撃音への対応という点からは、台形ハンプがサイン曲線弓形ハンプより優れているように思える。ただ、特定な地点ではなく路線全体で速度抑制効果を得ようとするならば、ハンプを連続的に多数設置する必要があり、その総費用が問題になる。台形ハンプの方が費用は高い。状況に応じた両ハンプの使い分けが必要と考えている。

また、本研究で検討対象とした2つのハンプの形状の違い

いは、台形ハンプに上底（長さ2m）が含まれる所だけである（図-1、2参照）。ハンプすりつけ部の曲線をそのままにして、台形ハンプの上底の長さを0mにすると、サイン弓形ハンプと同じ形状・寸法になる。更に、騒音（衝撃音）はサイン弓形ハンプでは発生したが、台形ハンプでは発生しない（空載の場合）。これらのことから、台形ハンプの上底の長さ（ハンプすりつけ部の曲線はそのまま上底のみ）を短くすれば、騒音（衝撃音）は次第に大きくなることが推察される。一方、上底を短くできればハンプの製作費は下がる。つまり、騒音の発生とハンプの製作費の折り合いという視点から、上底の長さをどの程度短くできるかは今後の検討課題である。

そして、本研究では「荷積」については台形ハンプでしか実験していないが、そこでは「空載」で発生しなかった衝撃音が観測された。そうすると、サイン曲線弓形ハンプについても荷を積めば小型貨物車から発生する衝撃音の大きさがどの様に変化するのか、更には、小型貨物車に荷を積んでいる状況、特に、荷の種類・拘束状況をどう分類して、どう規定するかなどについても、今後の検討課題である。

謝辞：本研究を遂行するに当たっては、鹿島学術振興財団の2007年度研究助成を受けた。ここに記して謝意を表します。

参考文献

- 1) 渡辺義則, 寺町賢一, 清田勝, 竹下真二: サイン曲線弓型ハンプで跳躍する車から発生する衝撃音の測定とそれを考慮した沿道騒音の予測, pp. 31~38, 交通科学 Vol. 39 No. 2, 2008.
- 2) 清田勝, 斉藤健治, 渡辺義則, 伊藤昌明: ハンプを主体にした交通安全対策の有効性, pp. 823~830, 土木計画学研究・論文集, 2005.
- 3) 磯田伸吾, 久保田尚, 坂本邦宏, 高宮進: 複数ハンプの配置に関する実験的研究, pp. 193~196, 第21回交通工学研究発表会論文報告集, 2001.
- 4) 橋本成仁, 三村泰広, 増岡義弘, 榎本貴好: 設置型ハンプに関する研究—豊田市での社会実験による検討—, pp. 305~308, 第27回交通工学研究発表会論文報告集, 2007.
- 5) 島田歩, 久保田尚, 高宮進, 石田薫: ハンプの形状に関する実験的研究—効果と安全性及び騒音振動の検討—, pp. 169~172, 第20回交通工学研究発表会論文報告集, 2000.
- 6) 警察庁交通局, 建設省都市局・道路局監修: コミュニティ・ゾーン形成マニュアル—地区総合交通マネジメントの展開—, 交通工学研究会, 1996.

(平成21年9月10日受付)

(平成22年3月3日再受付)

(平成22年3月3日受理)