

切土及び盛土道路からの騒音の計算機シミュレーション

— 道路構造別の騒音伝搬計算システムについて —

今井章久 高山 孝

1 まえがき

市街地の立体交差としての堀割り道路や郊外の高速度道路などに見られる切土道路は、他の道路構造に比べて、周辺への騒音の影響が少ないといった特徴がある。一般に、堀割り道路はほぼ垂直なコンクリート擁壁によって、切土道路はコンクリートあるいは草などを植込んだ法面などによって掘り下げた道路である。吸音処理によって防ぐことができるものの、堀割り道路は対向する垂直な道路側壁での音の多重反射によって擁壁による遮蔽効果が小さくなる。側壁が傾斜している切土道路では多重反射は生じないが、側壁すなわち法面の傾斜が緩やかになると、法肩での遮蔽効果は小さくなる。そしてこれらの差異は、単に堀割りあるいは切土道路の道路側壁の傾斜角度に依存する。

ここでは、切土あるいは堀割り道路の道路側壁の傾斜角度に対する、周辺部への騒音伝搬性状の違いを明らかにするために、簡単な計算機シミュレーションを行い、周辺部への騒音伝搬を最小とする傾斜角度の存在を示した。これらのシミュレーションには厚みや開き角のある障壁での回折係数が必要となるが、ここでは厚みの無い障壁での回折と障壁での反射とが独立して生じるとみなし、それらを組合せることによった。また同様の手法を用いて盛土道路の法面での反射を考慮した簡単な計算機シミュレーションも試みた。

2 シミュレーション手法

(1) 切土・堀割り道路

図1に示される切土あるいは堀割り道路において、法面での音の反射を考慮する。道路両側の法面を音響的な鏡面とすると、図1のように、実際の道路の両側に、 i 番目の虚の道路と車線 S_i が円弧状に存在し、それらからの音波が受信点に到来すると考えることができる。こ

で、 i 番目の虚車線は、負の i に対してはX座標の負側の法面 $P_- Q_-$ を最後に、正の i に対しては正側の法面 $P_+ Q_+$ を最後に、正・負側の法面に交互に $|i|$ 回折して来る音波に対応する。

実際の車線からの音波の法面での反射は、虚車線からの音波が法肩と路面端とに囲まれた開口 PQ 、すなわち法面 PQ を通過することに対応する。したがって、法面での反射の都度、回折の効果を考慮する必要がある。また、当然のことながら、法肩での回折も考慮する必要がある。

ここでは、簡単化のために、「実法面以外の法面、す

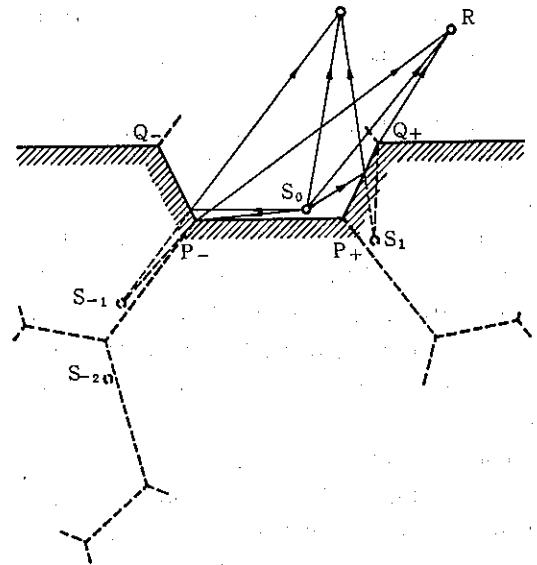


図1 切土・堀割り道路法面からの反射音

なわち虚法面では完全な鏡面反射をする」すなわち「実法面から見える虚車線からの音波だけが実法面で反射して外部へ伝搬する」とし、虚法面を通過する際の回折の効果は無視した。なお、「実法面上のいずれかから」とすると反射音の影響が過大評価されうるので、「実法面上の中央から見える虚車線」とした。

道路に垂直なXの正方向の鉛直断面における騒音レベル分布を求めることに限定して、回折減衰を各々の実・虚車線に応じて以下のように考慮した。

$i > 0$ である虚車線:

Q_+ , Xの正側の法肩 (音線の正側)

P_+ , Xの正側の路面端 (音線の負側)

$i = 0$ である実車線:

Q_+ , Xの正側の法肩 (音線の正側)

Q_- , Xの負側の法肩 (音線の負側)

$i < 0$ である虚車線:

Q_+ , Xの正側の法肩 (音線の正側)

Q_- , Xの負側の法肩 (音線の負側)

P_- , Xの負側の路面端 (音線の正側)

ここでは、正側と負側との双方が見通せなくなることはないので、音線の正・負側に対する減衰量を個々に求め、全減衰量はそれらの(デシベルでの)和とした。 $i < 0$ である虚車線に対しては、音線の正側の減衰も2か所の和として求めたが、図2のように、(a) 2か所とも見通せる場合、(b) 1か所は見通せるが他方は遮蔽される場合、(c) 2か所とも遮蔽される場合とによって、それぞれの箇所での回折減衰量を求めるための行路差の算出式は異なるが、何れも、音源Sから受音点Rまでの音線の長さ SB_jR と、対象とする障壁端 B_j 以外での音線を直線とした場合の音源と受音点間の距離 S_jR_j との差を行路差とした。なお、行路差と回折による減衰量との関係は日本音響学会式に基づいた簡単な近似式⁴⁾によった。また道路構造別、受音高さ別の距離による補正を行わないことを除いて、全て日本音響学会式⁵⁾に準じた。道路面での反射の影響は音源の音響出力において考慮し、その他の地表面における反射は無視した。

(2) 盛土道路

図3に示される盛土道路においても、切土・掘削り道路におけると同様に、法面での反射と回折を考慮する。盛土道路の場合、法面が外側上方を向いているので、反射によって生じる虚車線は空間に生じ、また顕著な多重反射は生じない。すなわち、 $-1 \leq i \leq 1$ である。更に虚車線からの音波、実際には路肩で回折して法面で反射する音波は、法面を開口として内側から外側に通過して伝搬すると考えることができる。回折減衰は主に道路面

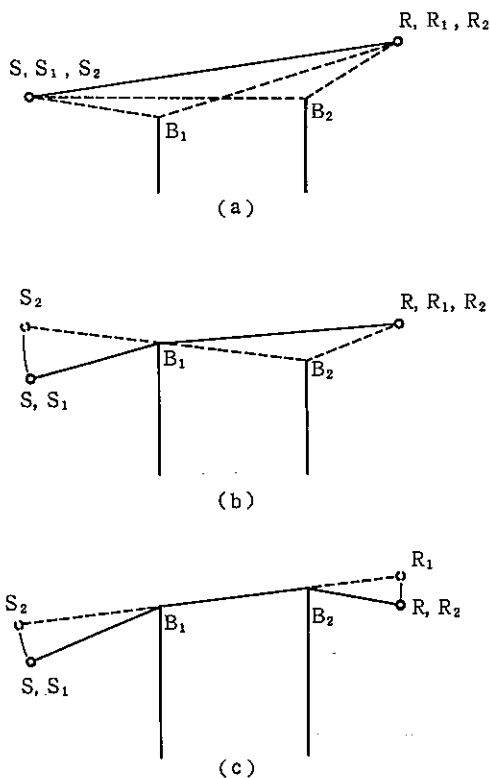


図2 2つの障壁による回折減衰量の算出方法

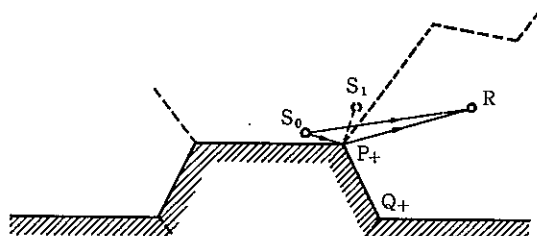


図3 盛土道路法面からの反射音

端 P_+ で生じ、音線はここで360度以上回折することも考えられるが、回折減衰量が未知であること、この領域は直接音が存在するので回折音は十分無視できることなどから、回折音は空間に存在する虚道路面を越えて伝搬することはないとした。道路に垂直なXの正方向の鉛直断面における騒音レベル分布を求めるために、最終的に考慮した虚車線と回折点は以下である。

$i = 1$ である虚車線:

Q_+ , Xの正側の法肩 (音線の正側)

P_+ , Xの正側の路面端 (音線の負側)

$i = 0$ である実車線:

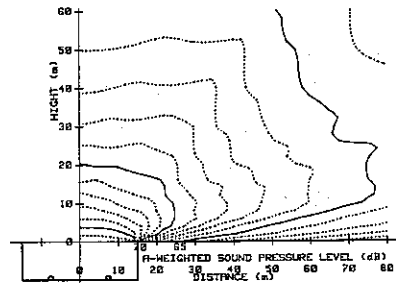
P_+ , Xの正側の路面端 (音線の正側)

なお、法面の反射率が1の場合でも、虚車線からの音波は法面上で実車線からの音波と等しいが、法面から離れると急激に減衰するので、騒音レベルは反射を無視した場合に較べて法面上で3dB大きくなるが、他ではそれ以下であり、ほとんど無視できる。

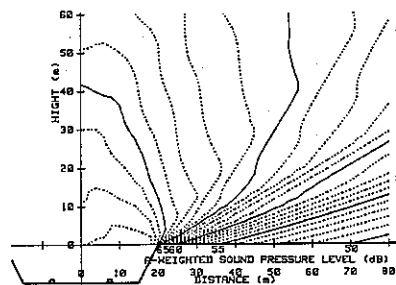
3 シミュレーション例

全幅30m、深さ10mの切土・掘割り、盛土道路の法面の勾配及び反射率を変えた場合の騒音レベルの垂直分布を求めた。音源としては、上下線それぞれの中央に交通量2,000台/時、速度50km/h、大型車混入率0.1の車線を設定し、平均音響パワーレベルの算出にあたっては、65年規制に対して修正した日本音響学会式を用いた。法面の反射率は反射性0.9、吸音性0.0とした。

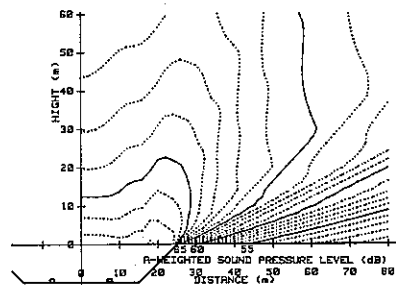
図4に切土・掘割り道路の反射性法面の勾配 (a) 1/0, (b) 2/1, (c) 1/1, (d) 1/2 における騒音レベル分布を示した。法面勾配が急である場合には、その間での多重反射によって、直接音に対しては影となる部分にも対向法面からの音波が地表面に沿って到来するため、法肩の遮蔽効果は隠れてしまう。法面の勾配を緩やかにすることによって、多重反射はなくなり、法面での反射音は道路上方へ向うので、周辺部分の騒音レベルは小さくなり、垂直な側壁で、吸音処理した場合にほぼ等しくなる。しかし、法面勾配を緩やかにし過ぎると、法肩での遮蔽効果そのものが得られなくなってしまう。図5は道路中心から50m、地上1.2mの点での騒音レベルを法面勾配に対して示したものである。この例では、法面が反射性の場合には法面角度70度、勾配10/3.6で騒音レベルが最小となった。法面が吸音性の



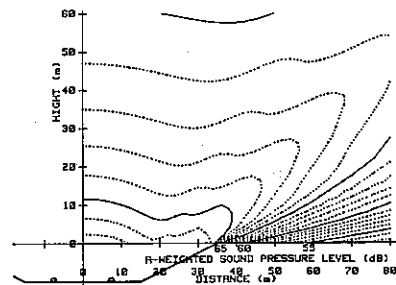
(a) 法面勾配 1/0



(b) 法面勾配 2/1



(c) 法面勾配 1/1



(d) 法面勾配 1/2

図4 切土・掘割り道路からの騒音レベル分布

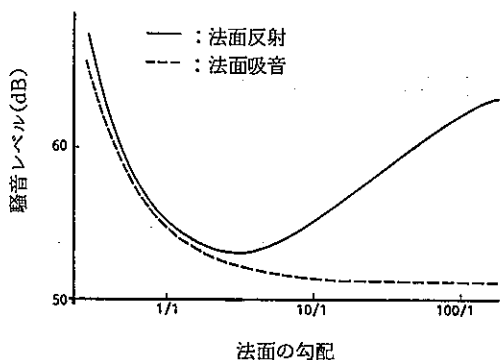
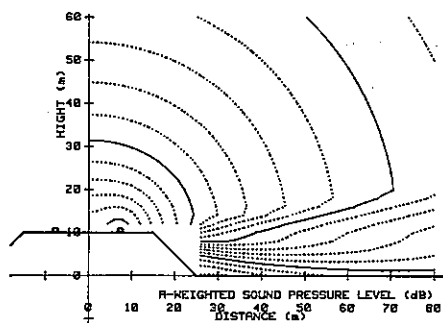
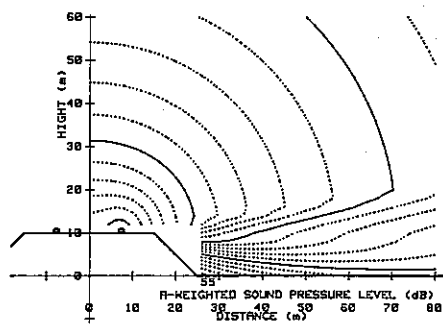


図5 切土・堀割り道路の法面勾配と騒音レベル
(道路幅30m, 道路深さ10m, 道路中心から
50mの地上高1.2mの点)



(a) 反射性法面



(b) 吸音性法面

図6 盛土道路からの騒音レベル分布

場合には、多重反射が無くなり、直接音に対する法肩での遮蔽効果だけとなるので、勾配が急であるほど騒音レベルは小さい。

図6は盛土道路の法面の反射率を変えた場合の一例である。法面が (a) 反射性と (b) 吸音性との差は法面附近に2dBほど存在するが、ほとんど無い。この差は法面勾配が緩やかであるほど遠方にも生じる。

4 あとがき

切土・堀割り道路からの騒音レベル分布を日本音響学会式に準拠し、法面での回折・反射を不完全ながら考慮した計算機シミュレーションによって求めた。法面の勾配によって騒音レベルは変化し、ここでとりあげた道路の例では、勾配10/3.6で最小の騒音レベルとなり、垂直な側壁を吸音処理した場合にはほぼ等しい。しかし、今回のシミュレーションでは複数の回折による減衰量の算出などにおいて近似を行った部分も多く、また地表面の反射は無視したが、法面勾配が0の場合には矛盾が生じる等、これらの扱いについての理論的、実験的な裏付けが必要である。また、このシミュレーションは障害物のない平坦地に対するものであり、建物などの存在する場合にはこれとは異なり、法面勾配による差は小さいことも考えられ、それらに対する検討が必要である。

参考文献

- 1) 今井章久: 堀割り道路側壁での反射音の影響, 東京都環境科学研究所年報1987, p.185.
- 2) 松井利仁 他: 吸音性ウェッジ上での音波の伝搬, 日本音響学会誌, 44, 581 (1988).
- 3) 日本音響学会編: 騒音・振動(上), 146, コロナ社(1978).
- 4) 今井章久, 今泉信夫: 高架道路床板裏側での反射音の影響, 東京都環境科学研究所年報1986, p.146.
- 5) 日本音響学会編: 騒音・振動(下), 47, コロナ社(1982).