

建設省土木研究所 正員 野中 宏

〃 〃 荒木 隆雄

〃 〃 清家 基哉

1. はじめに

トンネル坑口からの騒音については、トンネル内を走行する車からの騒音が、開放条件で走行する場合のように拡散減衰される。それが累積されて坑口から放射される。昨年度、このトンネル坑口からの騒音伝播特性を捉えるために、無響室における縮尺模型実験および実大トンネルにおける人工音源を用いた実験を行ない、トンネル内距離減衰、坑口からの距離減衰、坑口からの放射指向性などいくつかの特性について報告を行った。

ここでは、このトンネル坑口から放射される騒音の対策という点に視点を置き、トンネル内壁に吸音処理をした場合にどの程度の減音効果が得られるか、内壁面が反射性の場合とどのようにその騒音伝播特性が異なるかという点について検討することにした。

2. 実験概要

模型トンネルは実物大の約 $1/30$ を想定しており、側壁立上り高50mmの半円形で、厚さが10mmのアクリル製である。トンネル内壁の吸音処理については、その吸音率が8~16dBで約1.0である厚さ4mmのカーペットを貼り付けた。吸音処理の種類は全周、側壁(両側路面上14cmまでの立上り部分)、天井(中20cm)吸音の3種とした。地面は吸音性なし、坑口条件は坑口面壁が反射、吸音およびそれがない場合とを設定した。

3. 実験結果

(1). トンネル坑口からの距離減衰

トンネル内壁面を坑口より100cm(実物換算で約30m)全周吸音処理した場合について、各受音ライン毎の道路延長方向距離減衰を図-1に示す。内壁面が反射性の場合、受音ラインがほぼ断面中心の場合にはほぼ等価直径(この模型トンネルの場合約25cmである)以遠で点音源からの距離減衰性状と同様の減衰傾向を示しているが、内壁面を吸音処理した場合には予想されるようにどの受音ラインでも減衰傾向がそれとは異なるものとなる。内壁面を吸音処理された場合、坑口面でのレベルが大きく低下し、それから外への距離減衰が先の反射性内壁の場合に比べてかなりゆるやかなものとなる。断面中心の場合と中翼中心路面上高さ18cm($H_H = 7.5$ cm)の場合には等価直径の倍距離以遠で点音源の減衰に近づいてはいるが、なお倍距離4~5倍の減衰である。 $H_H = -6.5$ cmの場合と路面上10.5cmで中心より右へ12cmずれている場合($H_H = 0$ cm右12cm)では等価直径以遠でもなお倍距離約3dBの減衰性状である。

(2). トンネル内距離減衰

模型トンネルの内壁面を全長および半長吸音処理した場合の、吸音処理の違いによるトンネル内距離減衰の比較を図-2に示す。内壁面が反射性の場合には、むしろ距離に対してほぼ直線的に近似されたが、内壁面を吸音処理した場合には、現場トンネルでの実測にみられるように距離の $1/2$ 乗で示す方がその減衰パターンがよく一致する。距離減衰をこの $-0.1L^{1/2}$ とした場合、回帰係数 a の値は、ワイドノイズでの結果についてみると(バンドノイズでは予想されるように若干バラツキを呈する)。

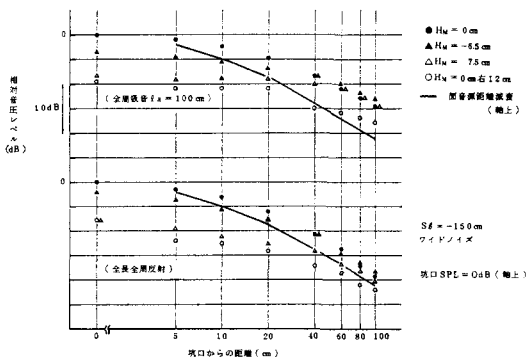


図-1 トンネル坑外の距離減衰(地面吸音、フランジ反射)

内壁面反射はの状態では約0.4（現場トンネルでの実験結果にほぼ一致する）、側壁または天井を高吸音性のもので置換えた場合に約0.8、全周を吸音処理した場合に約1.5である。

(3) トンネル坑口よりの放射指向性

音源がトンネル坑内にある場合の坑口よりの放射指向性に肉する実験結果について、昨年度と同様に、仮想面音源を坑口近くに設定し、それを幾つかに分割してそれからの回折減衰を計算する方式と久野ら²⁾の近似解との対比から検討を行った。実験結果とこれら両者の計算値（地面吸音、坑口部側壁工反射、音源周波数8 kHz）とを対比して図-3および図-4に示す。坑口面のパワーレベルを0 dBとして相対レベルで表示している。

路面よりの高さ10.5 m ($H_M=0$ m) の場合の結果を示すが水平断面での指向性に着目するここでは、予想されるように、全周吸音と側壁吸音の場合にはほぼ類似した放射パターンを示しており、指向性が非常に強いものとなっている。トンネル中心軸上と放射角80度におけるレベル差をみると20~30 dBとなる。天井吸音の場合には全周反射の場合とほとんど差異がなく、軸上と放射角80度におけるレベル差は5~10 dB程度である。

図に示されるように、仮想面音源位置をトンネル坑口から種々の位置に設定し、それをいくつかの微小音源に分割してそれぞれからの音について坑口縁での回折減衰をあてはめて求められる放射パターンが、実験で得られたパターンと最も適合する位置について検討した。角度による減衰の傾向のみ着目して仮想面音源位置を求め、以後の予測法の検討にあたっては絶対レベル差を補正量として与えることにした。それぞれの吸音条件における仮想面音源の最適位置の出現頻度および絶対レベルを合せるための補正量を、坑口条件別、音源周波数別に求めたものを表-1および表-2に示す。天井吸音の場合は、全長全周反射の場合とほぼ同様な分布を示しており、最適位置（最頻位置）は坑内約15 cmとなる。側壁および全周を吸音処理した場合には、その指向性が強くなることから、仮想面音源位置は更に奥へ移り坑内約30 cmとなった。

一参考文献一

- 1). 野中 裕、川名万寿雄、荒不隆雄；トンネル部の騒音に關する実験的研究，第33回年次學術講演会，Ⅳ-114，1978.9.
- 2). 久野和広他；指向性騒音源群が作る騒音分布について，日本音響学会誌，33巻5号，1977.5.

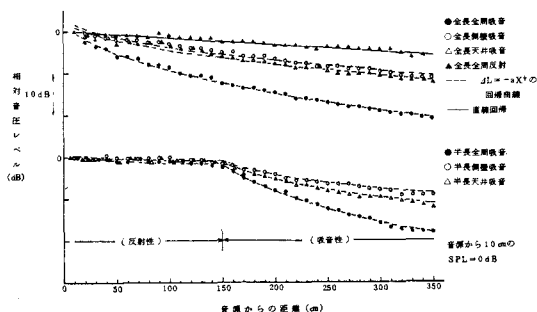


図-2 吸音処理の違いによるトンネル内距離減衰の比較 ($H_M=0$ cm, ワイドノイズ)

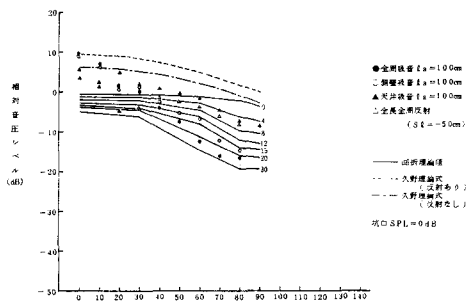


図-3 半円形トンネル坑口の放射特性 ($r=4$ cm, $H_M=0$ cm, $S_L=-150$ cm) (地面吸音, フランジ反射, 8 kHz)

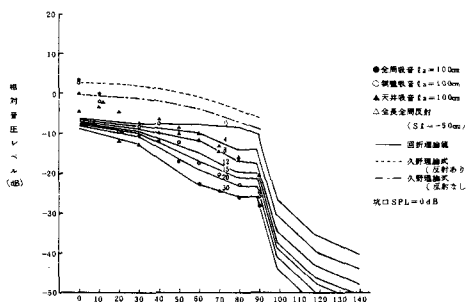


図-4 半円形トンネル坑口の放射特性 ($r=8$ cm, $H_M=0$ cm, $S_L=-150$ cm) (地面吸音, フランジ反射, 8 kHz)

表-1 吸音処理別の仮想面音源位置の出現頻度

吸音処理	仮想面音源位置 (cm)									
	0	4	8	12	15	20	30	30以上		
全周吸音	0	0	0	0	0	1	13	13		
側壁吸音	0	0	0	0	1	2	24	0		
天井吸音	0	1	1	4	18	3	0	0		
全長全周反射	0	4	7	0	18	7	2	0		

注1) 吸音区画 $\alpha=100$ cm

2) $S_L=-150$ cm, ただし11時は $S_L=-50$ cm

3) $H_M=0$ cm

表-2 補正値一覧表

吸音処理	補正値 (dB)			平均dB
	8 kHz	16 kHz	ワイドノイズ	
全周吸音	4.3	1.2	3.8	3.1**
側壁吸音	5.5	4.8	4.0	4.8**
天井吸音	5.8	8.4	3.6	5.9
全長全周反射	4.7	6.6	2.2	4.5

注1) 吸音区画 $\alpha=100$ cm

2) $S_L=-150$ cm, ただし11時は $S_L=-50$ cm

3) $H_M=0$ cm

4) (**) 仮想面音源を30 cmとした場合
他は15 cmとした場合