

# ゴムチップ混入コンクリートの遮音性に関する基礎的研究

## CONCRETE SOUNDPROOF PLATE MADE BY MIXING RUBBER CHIPS OF USED TIRE IN CONCRETE

高山俊一\*

by Shunichi TAKAYAMA

### 1. はじめに

道路や線路から発生する騒音の対策として、遮音壁等が設置されているが、それによる交通車両の騒音の反射が、沿道の高所の騒音レベルを上昇させている場合も見受けられる。最近では反射音を軽減するガラスウール等繊維系吸音材と、スチールスリット板を組み合わせた吸音板が用いられるが、コストが大きくなる傾向がある。本研究は、年々増加する廃タイヤを有効利用するため、廃タイヤから切削したゴムチップをコンクリートに混入し、道路交通騒音低減用としてのゴムチップ混入コンクリートを開発した。試験用遮音板として5種類を作製し、音の低減効果に及ぼすゴムチップ混入コンクリートの効果を検証したものである。

### 2. 試験概要

#### 2.1 実験方法

表-1 に示す実験方法及び順序によって研究を行った。まず、実験はシリーズ1で4個の騒音計(NL-05およびNL-15: リオン(株)製)を使用し、防音板としてベニヤ板や発泡スチロール板などを利用し、各々の騒音計の誤差の程度を調べた。

シリーズ2は表-1 に示す小型コンクリート板(5種類・寸法: 500×400×80mm)を製作し、遮音板の試験を行なった。また、φ10×10cmの鋼管を利用し、垂直入射吸音率測定のため試験体を5種類製作した。この場合、コンクリートを重ねた2層コン

クリート(上部の75mmはポーラス及びゴムチップ混入コンクリート、下部の25mmは普通コンクリート)をも2種類作製した。

シリーズ3では、大型コンクリート板(5種類・寸法: 1400×900×100mm)を製作した。2層コンクリートの板は、上部60mmにゴムチップ及びポーラスの各コンクリートを、下部40mmに普通コンクリートをそれぞれ使用した。製作した各コンクリート試験体の型枠及び鉄筋の配筋を写真-1に示す。

表-1 実験方法

シリーズ	実験項目
1	予備実験 騒音計の補正のための試験
2	・小型コンクリート板による音の低減率の測定 5種類: 普通コンクリート・ポーラスコンクリート・ゴムチップ混入コンクリート・2層P(上部60mm: ポーラス、下部20mm: 普通)・2層G(上部60mm: ゴムチップ、下部20mm: 普通) 小型板の寸法: 500×400×80mm ・垂直入射吸音率の測定 (JIS A 1405)
3	大型板の寸法: 1400×900×100mm 5種類: 普通コンクリート・ポーラスコンクリート・ゴムチップ混入コンクリート・2層P(上部60mm: ポーラス、下部40mm: 普通)・2層G(上部60mm: ゴムチップ、下部40mm: 普通)

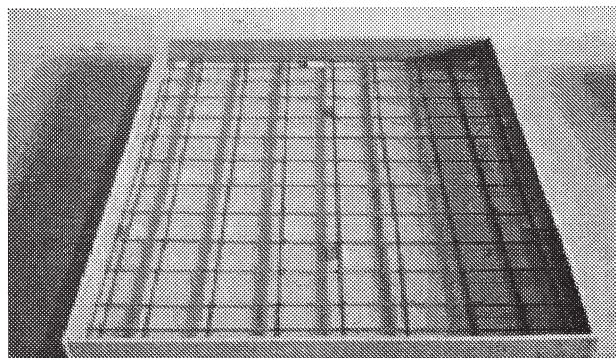


写真-1 大型コンクリート板の配合  
(下から2cmの所に鉄筋を配置した)

\*九州共立大学工学部都市システム工学科教授  
(〒807-8585 北九州市八幡西区自由ヶ丘1-8)

大型コンクリート板は、実験中に破壊することが懸念されたため、下部のコンクリートに鉄筋 D13 及び D16 を格子状に配筋して作製した。大型板の各コンクリートの配合を表-2 に示す。水セメント比は普通コンクリートが 55%、ポーラス・ゴムチップ混入の各コンクリートでは 30%とした。ゴムチップの混入率は容積比で 15%とした。

ゴムチップは写真-2 に示すような細長いひじき状(長さ 16~27mm、幅 2.7~5.5mm、密度 1.1g/cm<sup>3</sup>)のものをを使用した。

2.2 音の測定

音の発生用音源として、カセットレコーダーを用い、特定周波数の音を発生させる。音の測定には普通騒音計を使用し、最大騒音レベル

(Lmax) を求めた。音の測定時間は 1 回 10 秒として、測定回数は 10 回行い、平均値及び変動係数を求めた。大型コンクリート板による音の測定状況を写真-3 に示す。音の回り込みを防ぐため音源~受音点 B を合板で囲んだ。音の測定にあたり、吸音板(普通・ポーラス・ゴムチップ・2 層 P・2 層 G)の有無による音源から受音点までの測定値の比較について調べた。

2.3 斜入射吸音率測定法

垂直入射吸音率の測定には JIS A 1405「管内法による建築材料の垂直入射吸音測定方法」に準じて行なった。音響管の一端の軸方向に垂直に固定された供試体に、スピーカから 100~2000 までの 1/3 オク

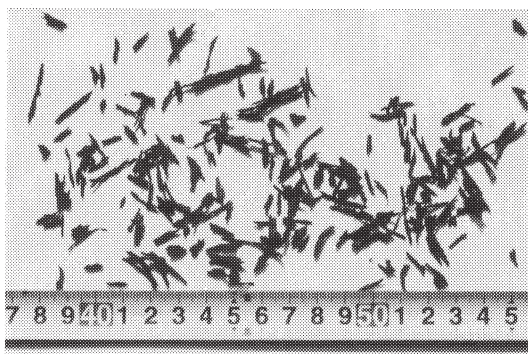


写真-2 ひじき状ゴムチップ

ターブ間隔の周波数の正弦平面波を送ると、入射波と供試体による反射波との間に干渉が生じ、このとき入射波と反射波の音圧振幅の極大値と極小値の比から入射吸音率を求めることができる。

3. 結果および考察

3.1 コンクリートの諸性質

小型板及び大型板に使用したコンクリートの諸性質を表-3 に示す。普通コンクリートの圧縮強度は

表-2 大型板のコンクリート配合

コンクリートの種類	水セメント比 (%)	空気量・空隙率	単位量 (kg/m <sup>3</sup> )						
			W	C	粗骨材 (大)	粗骨材 (小)	ゴムチップ	石灰石 砕砂	AE減水剤 (kg)
普通	55	4	148	269	1064			866	0.807
ポーラス	30	20	90	300		1586			0.900
ゴムチップ			115	383		1196	165		1.150

※粗骨材(大)の最大寸法: 20mm

粗骨材(小)の最大寸法: 13mm

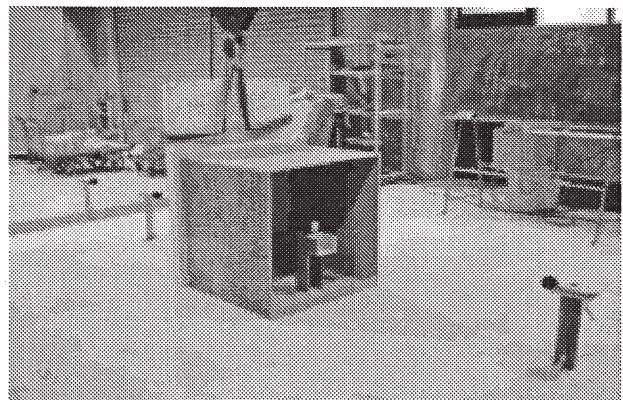


写真-3 音の測定状況

表-3 コンクリートの性質

種類	スランプ (cm)	圧縮強度 N/mm <sup>2</sup>	弾性係数 N/mm <sup>2</sup> (×10 <sup>3</sup> )	単位質量 (g/cm <sup>3</sup> )	空隙率 (%)
小型板 普通	14.3	34.6	31.9	2.33	
小型板 ポーラス	0.6	6.30	14.3	1.86	25.2
小型板 ゴムチップ	8.5	2.51	6.90	1.84	19.0
大型板 普通	3.2	30.4	26.1	2.47	
大型板 ポーラス	0.9	10.8	21.3	1.90	26.2
大型板 ゴムチップ	0.5	6.58	9.66	1.94	13.5

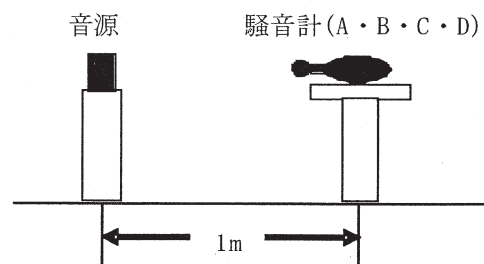


図-1 騒音計の補正のための試験状況

30N/mm<sup>2</sup>以上であったが、ポーラスコンクリート及びゴムチップ混入コンクリートでは約 10N/mm<sup>2</sup>以下の強度の小さいコンクリートであった。弾性係数は、強度と同じ傾向を示している。単位質量は普通コンクリートが 2.3~2.5g/cm<sup>3</sup>で、ポーラスコンクリート及びゴムチップ混入コンクリートで約 1.9g/cm<sup>3</sup>に過ぎず、普通コンクリートの約 80%である。空隙率はポーラスコンクリートで約 25%と大きく、ゴムチップ混入コンクリートで 14~19%であり、板には多くの空隙が到るところに存在するものと考えられる。なお、コンクリート中の空隙率の測定はφ12.5×25cmの供試体にて行った。

3-2 普通騒音計の補正  
4個の普通騒音計を使用した。各騒音計に若干のばらつきが認められたため、補正して使用することにした。図-1のように音源、騒音計を設置し、騒音計をA・B・CおよびDと変え、それぞれの最大音レベル (Lmax) を5日間測定した。

その結果、騒音計Bが最も安定した値を示したので、騒音計Bを基準として補正係数を行った。

### 3.3 垂直入射吸音率とコンクリートの種類

図-3に各コンクリートの試験体の垂直入射吸音率の測定結果を示す。同図によると、黒丸の普通コンクリート板では、全ての周波数で約15%以下の低い吸音率となった。ポーラスコンクリート及びゴムチップ混入コンクリートでは、周波数400~500Hzで80~90%の高い吸音率となっている。さらに吸音率の第2ピークが周波数約1600Hzで現れ、吸音率は50~70%と低い周波数の場合に比べて小さくなっている。2層コンクリートでは吸音率のピークが、ゴムチップ混入コンクリートで630Hz、ポーラスコンクリートで750Hzと高い周波数へと移項している<sup>2)</sup>。特に、ゴムチップコンクリート及び2層ゴムチップ混入コンクリートの場合が最も吸音率が高くなり、ゴムチップは400Hzのときに92.8%、2層ゴムチップ混入コンクリートは630Hzのとき95.7%と吸音

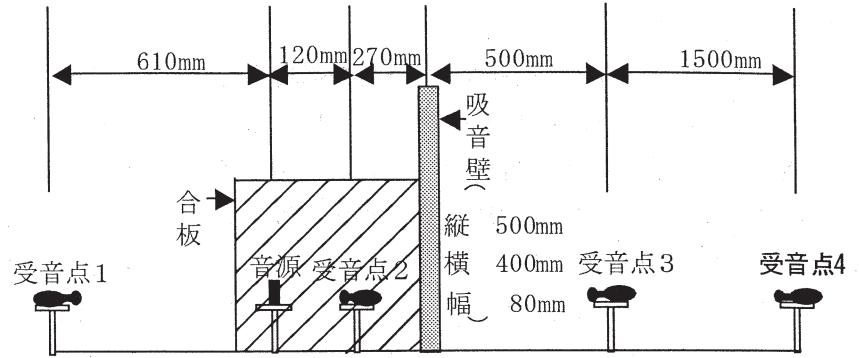


図-2 音源・小型遮音板および普通騒音計の位置

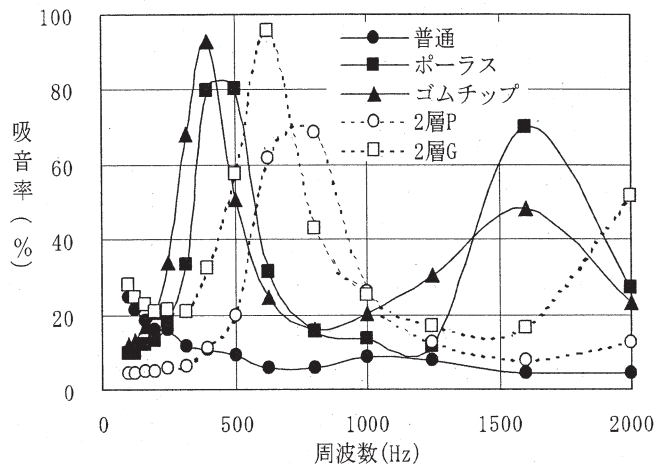


図-3 垂直入射吸音率の測定結果

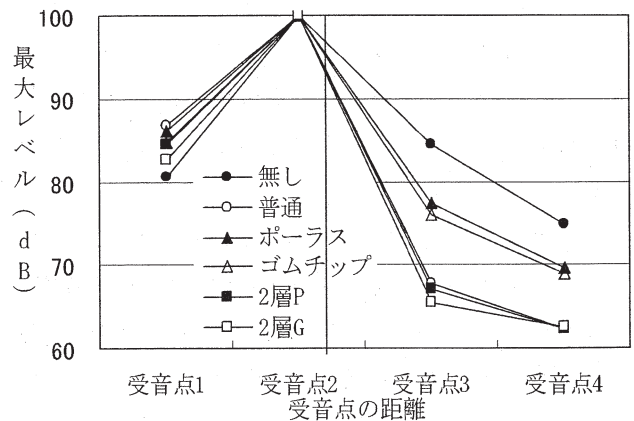


図-4 各小型遮音板による音の低減効果

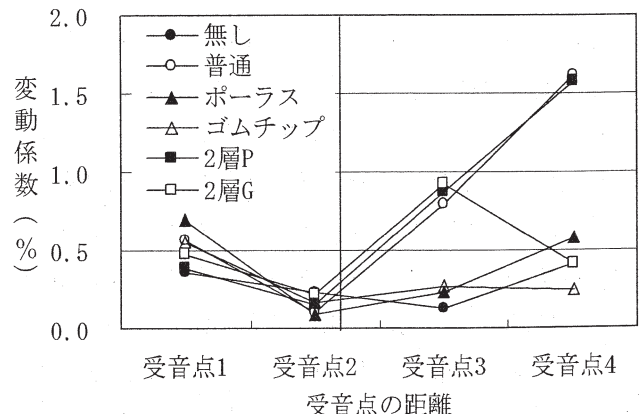


図-5 各小型遮音板による最大レベルの変動係数

率が大きくなった。

### 3.4 小型コンクリート遮音板による音の低減効果

図-2 に小型コンクリート遮音板を用いた測定試験の音源、遮音板及び騒音計の各位置を示す。遮音板は受音点2と3の間に設置した。各遮音板による音の低減効果の結果を図-4 に示す。同図の縦の線は遮音板の位置を示している。受音点1は遮音板を反射した音、受音点3、4は遮音板を通り抜けた音をそれぞれ測定したものと考える。「黒丸の無し」は遮音板を設置していない場合に測定した結果である。

図-4によると、最も音を反射しているのが普通コンクリート板による86.8dBで、他の遮音板に比べ0.8~4.2dB程度高く反射している。次に受音点3での最大の音は、ポーラスコンクリート板での77.3dBであり、1番低い場合が2層ゴムチップ混入コンクリート(略してGとする)の65.5dBに比べて11.8dB高い。

2番目に高い音はゴム混入コンクリートの75.9dBであり、普通コンクリート、2層ポーラスコンクリート(略してPとする)さらに2層Gの順に小さくなり、普通コンクリート板が音を通しにくいことが分かる。

受音点4での音(最大レベル)は、ポーラス及びゴムチップ混入の各コンクリート板の場合が約70dB、普通及び2種の2層P・G板の場合が約62dBであった。2層P及びG板での音の低減率が、普通コンクリート板とほぼ同程度であることに注目すべきであるものと考ええる。

受音点での最大レベルの変動係数を図-5 に示す。全ての変動係数が1.7%以下であったため、ほぼ一定の測定値がばらつきもなく測定できたものと考ええる。

### 3.5 大型コンクリート遮音板による音の低減効果

図-6 に大型コンクリート遮音板を用いた音源、遮音板及び騒音計の各位置を示す。各遮音板を用いた音の低減効果の測定による結果を図-7 に示す。図-7 の測定結果は、小型板による測定結果(図-3)とほぼ同様な傾向を示している。「黒丸の無し」は吸

音板を設置していない場合での測定結果である。最も音を反射しているのが、普通コンクリート板による82.1dBで、他の遮音板の場合に比べ2~2.9dB高くなっている。次に、受音点3で最も音を通過しているのは、ポーラスコンクリートの77.2dBで、最も低い2層Gの67.6dBに比べて9.6dB高い。2番目に高い音を示した板はゴム混入コンクリートの73.3dBであり、2層P板、普通コンクリート板さらに2層G混入板の順になり、普通コンクリートが音を通さないことが分かる。受音点3及び4での音は、

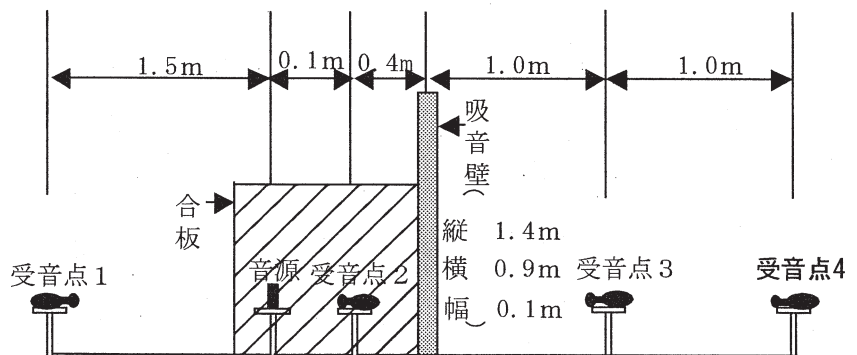


図-6 大型コンクリート遮音板による試験状況

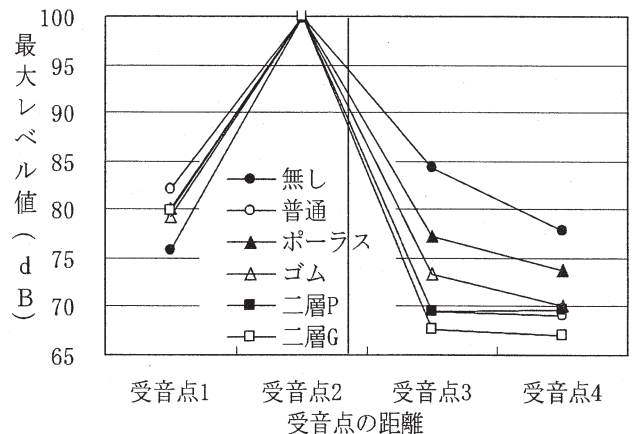


図-7 各大型遮音板による音の低減効果

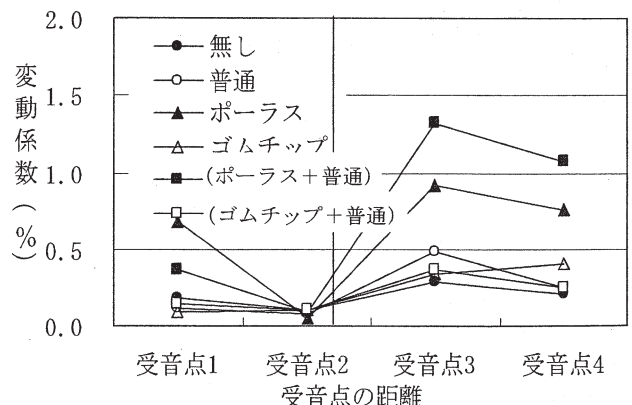


図-8 各大型遮音板による最大レベルの変動係数

2層P及びG板と普通コンクリートで最も小さくなり、2層P及びG板は音を通しにくいものとする。

受音点での変動係数を図-8に示す。全ての変動係数が1.5%以下であったため、ほぼ一定の測定できたものだと考える。受音点3および4で、ポーラスコンクリート板および2層P板での変動係数が0.7~1.3%であり、他の板での変動係数より約0.4~0.5ほど大きくなっている。ポーラスコンクリートの表面では、凹凸が他のコンクリートに比べて著しく大きい。この凹凸面に音が衝突すると、音の反射ならびに通過が一回毎に異なることが考えられる。そのため変動係数が若干大きくなったことが考えられる。

最終的にどの試験体が最も音を遮音しているかを判定するために、図-9を作成した。同図は、受音点1と受音点4の最大レベルを合計した数値を縦軸に示したものである。音が遮音板に当たり、音が吸収されたり拡散したりすれば、前記の合計の最大レベルが減少するものと考えた。同図で最も合計の音が大きいものは、「板無し」と「ポーラスコンクリート板」の場合である。この結果は当然の結果であるものとする。ポーラスコンクリートの場合、音は通過して、最大レベルの変化は小さいものとする。逆に、最も合計レベルが小さいものは、2層PとG板である。2層Gの小型板での最大レベルは145.1dBとなり、ポーラスコンクリートの155.6dBと比べて10.5dBも低くなった。2層板では、表面(上層)のゴムチップ混入コンクリートおよびポーラスコンクリートで音がまず乱反射、内部コンクリート中に空気も多くあるため、吸音されることが考えられる。さらに内部に入った音は、下層の普通コンクリートが密実であるため、音の通過量が小さくなるものとする。したがって、図-9で示された2層GおよびPでの最大レベルが小さくなったものとする。

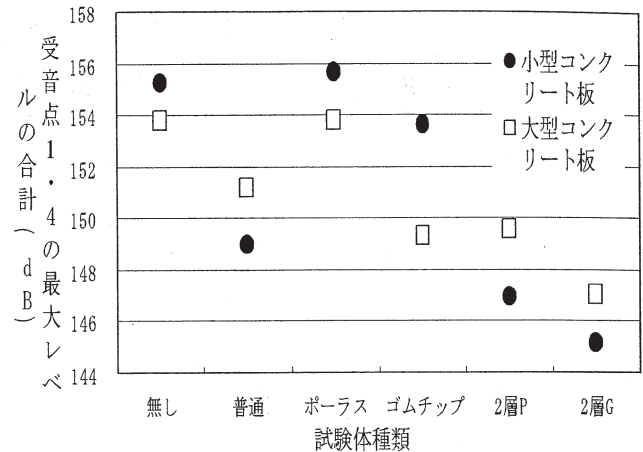


図-9 音の試験結果の平均値(受音点1・4)の合計

#### 4. まとめ

今回の実験から得られた結果を要約すると、以下のようになる。

- (1)垂直入射騒音率の測定では、ゴムチップ混入コンクリート、ポーラスコンクリート、2層G及びPで400~600Hzで高い吸音率を示した。
- (2)遮音板による実験では音の低減効果は、2層ゴムチップ混入コンクリート及び2層ポーラスコンクリートにおいて優れていることが分かった。

垂直入射吸音率の測定に御協力を戴いた宮崎大学工学部教授の中澤先生に対し、謝意を表します。

#### 参考文献

- 1)高山俊一,成富,河野,桑原;ゴムチップと多量の空気を混合したコンクリートの弾力性,資源・素材2003(宇部),企画発表・一般発表(C)(D),資源と環境,C3-5,PP.77~78(2003.9)
- 2)張雪梅,中澤隆雄,今井富士夫:ポーラスコンクリートの吸音特性に関する検討,コンクリート工学年次論文集,Vol.24, No.1, PP.1161-1166(2002)

(2005年7月19日受付 2005年8月25日受理)