

ゴム粉混入アスファルトを用いた交通振動低減対策に関する遠心模型実験

(独)産業安全研究所(元 東京工業大学) 正会員○伊藤和也
Case Western Reserve University 非会員 Xiangwu ZENG
(財)鉄道総合技術研究所 正会員 神田政幸 正会員 村田修
東京工業大学 正会員 日下部治

1. はじめに

Crumb Rubber Modified Asphalt (ゴム粉混入アスファルト；以下CRMA)は、廃タイヤを微粉碎して得られるゴム粉を舗装用アスファルトに混入し、汎用舗装の高耐久化を図るもので、米国を中心として研究が進められている¹⁾。CRMAは骨材周りにゴム粉が皮膜されることにより耐久性だけでなく高剛性・高減衰材料という特徴を有し、交通振動低減材料としての適用性についても期待されている。従来、CRMAは主に高速道路の路盤材料を対象としてきたが、CRMAが有する高い剛性は大きな荷重が付与される鉄道軌道への適用も可能であると考えられる²⁾。そこで、本研究は高速鉄道走行に起因する振動の伝播状態およびその振動低減効果について遠心模型実験装置によるモデル実験を行い、振動源対策での振動低減効果について確認した。

2. 実験概要

実験は東京工業大学所有の遠心模型実験装置(Tokyo Tech Mark-III Centrifuge)を用いて行った。図-1に実験装置外観を示す。実験土槽は内径φ450mm、高さ420mmの鋼製円形土槽であり、土槽の側面および底面部には波動の反射を防ぐ目的で厚さ10mmのスポンジを設置している³⁾。実験は遠心加速度50Gの一定加速度場にて行った。地盤は気乾状態の豊浦砂($\rho_s=2.63\text{g/cm}^3$, $e_{\text{max}}=0.961$, $e_{\text{min}}=0.593$)を空中落下法にて堆積させ、相対密度 $D_r=80\%$ 、厚さ300mmとなるように作製した。盛土上を走行する高速鉄道の振動エネルギーはレールを介して路盤および周辺地盤に伝播する。このような現象を本研究では図-2のようにモデル化した。すなわち、Multiple Ball Dropping System³⁾により、基礎部に鉄球を落下させることで振動を発生させた。また、盛土は路盤部分をアルミニウム円盤(φ60mm×10mm)にてモデル化し、路盤直下に振動源対策を施すことを想定し、振動低減材料(φ60mm×15mm)を設置した。計測には圧電型加速度計を用い、入力部および路盤部分に各1点、地盤表面に7点の計9点の上下方向加速度を計測した。実験ケースは振動源対策部をアルミニウム、骨材粒径の異なる2種類のCRMA、黒ゴムの計4種類である。なお、同条件にて最低2回の実験を行い、再現性についても確認している。

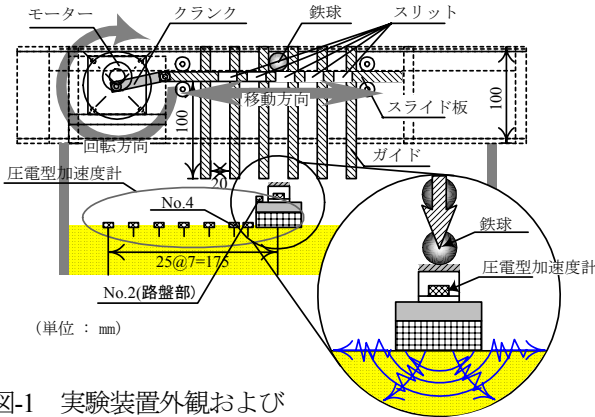


図-1 実験装置外観および計測器配置図

CRMAは骨材粒径が実物スケールのもの(以下、CRMA-R)と、1/5に縮小したもの(以下、CRMA-1/5)の2種類を使用した。遠心加速度50G場にて実験を行っているため、両材料とも寸法の相似則は満たされていない。そのため、高減衰性を有する黒ゴムをモデル化したCRMAとして用いた。なお、アルミニウムは無対策を想定したものである。これら材料の物理力学特性を表-1に示す。

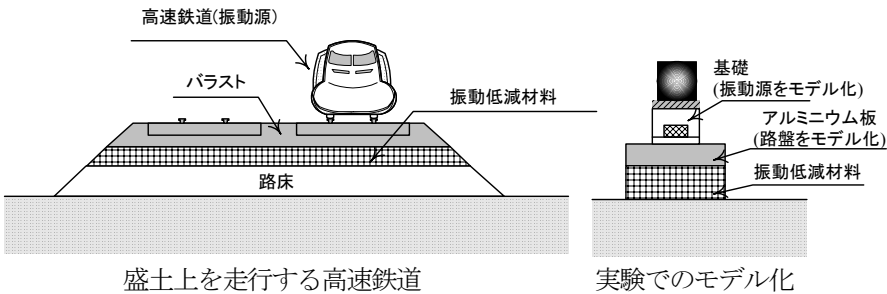


図-2 想定した振動発生状況のモデル化

表-1 振動源対策に使用した材料の物理力学特性

	単位体積重量 $\gamma_d(\text{kN/m}^3)$	せん断弾性係数 $G(\text{MN/m}^2)$	最大粒径 (mm)	平均粒径 $D_{50}(\text{mm})$
アルミニウム	26.5	2.56×10^4	-	-
CRMA-R	23.1	9.50×10^2	15	3.35
CRMA-1/5	23.5	9.60×10^2	4.75	0.25
黒ゴム	9.60	1.08×10^2	-	-

Key Words: 振動低減工法, ゴム粉混入アスファルト, 遠心模型実験

連絡先: (独) 産業安全研究所 〒204-0024 東京都清瀬市梅園 1-4-6 TEL 0424-94-6214 FAX 0424-91-7846

3. 実験結果および考察

以下の実験結果は全て実地盤換算にて表記する³⁾。図-3 に各材料の最大加速度～振源からの距離関係を示す。無対策を想定したアルミニウムの最大加速度と高減衰性を有する黒ゴムの値の間に CRMA の結果が存在する。また、CRMA に関しては粒径の違いによる差があり、CRMA-R ではアルミニウムの結果よりも大きな加速度を有する場所も存在し、全体的にアルミニウムの結果に近かった。振動低減材料として CRMA を用いた場合、路盤部(No.2)および地表面(No.4；振源から 2.5m)における時刻歴およびその FFT 結果について無対策を想定したアルミニウムの結果とともに図-4 に示す。

路盤部では 2 つの CRMA およびアルミニウムの波形形状およびフーリエスペクトルは非常に良く一致している。一方、地表面の結果では差異が生じている。すなわち、CRMA-R を用いた際の波形形状およびフーリエスペクトルともに、無対策であるアルミニウムの結果に酷似しているの

に対して、CRMA-1/5 では 18～30Hz の周波数帯域において他の 2 つの材料と比較して約 30% 振動が低減している。図

-5 に CRMA の断面図を示す。CRMA-1/5 の骨材最大粒径は 4.75mm であり、本実験における振動低減対策部の層厚 15mm より小さいため、若干ではあるが骨材周りのゴム粉の皮膜による減衰効果を受けるこ

とができる。一方、CRMA-R は最大粒径が 15mm であり、本実験の対策部の層厚とほぼ等しく、骨材周りのゴム粉の皮膜による減衰効果を受けることができなかったため、無対策の結果と同じように地表面に振動が伝播したと思われる。実施工では、層厚は骨材粒径の 50 倍以上あるため、多くの減衰効果を受けると考えられ、振動低減挙動は黒ゴムに近くなると推測される。

4. まとめ

本報は地盤振動対策に関して振動源を対策する材料に、ゴム粉混入アスファルトを使用する適用性について、振動低減材料を変化させた遠心模型実験を行った。その結果、骨材の寸法の相似則を満足していないが、骨材を小さくすることにより、確実に振動が低減することが確認された。今後、実物大での施工実験などにより、より定量的な評価が出来るものと思われる。

【参考文献】1)たとえば、Asphalt Institute: “Hot mix asphalt for quality railroad and transit trackbeds”. Information Series IS-137, Lexington, Kentucky, 10 pages, 1998. 2) Zhong, X et al.: “Shear modulus and damping ratio of rubber-modified asphalt mixes and unsaturated subgrade soils,” Journal of Materials in Civil Engineering, ASCE, pp. 496-502, 2002. 3) Itoh, K et al.: “Centrifugal simulations of wave propagation using a multiple ball dropping system,” International Journal of Physical Modelling in Geotechnics, Vol. 2, No. 2, pp. 33-51, 2002. 4)たとえば、伊藤ら：「地表振動源から発生する波動の伝播現象に関する遠心模型実験」，土と基礎，Vol. 50, No. 9, Ser. No. 536, pp. 22-24, 2002.

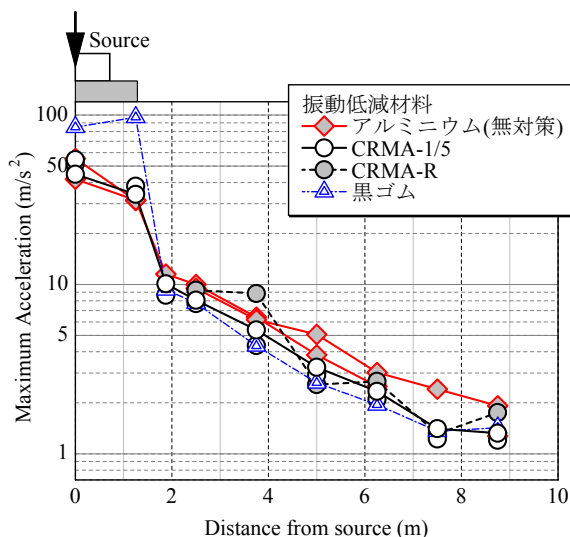
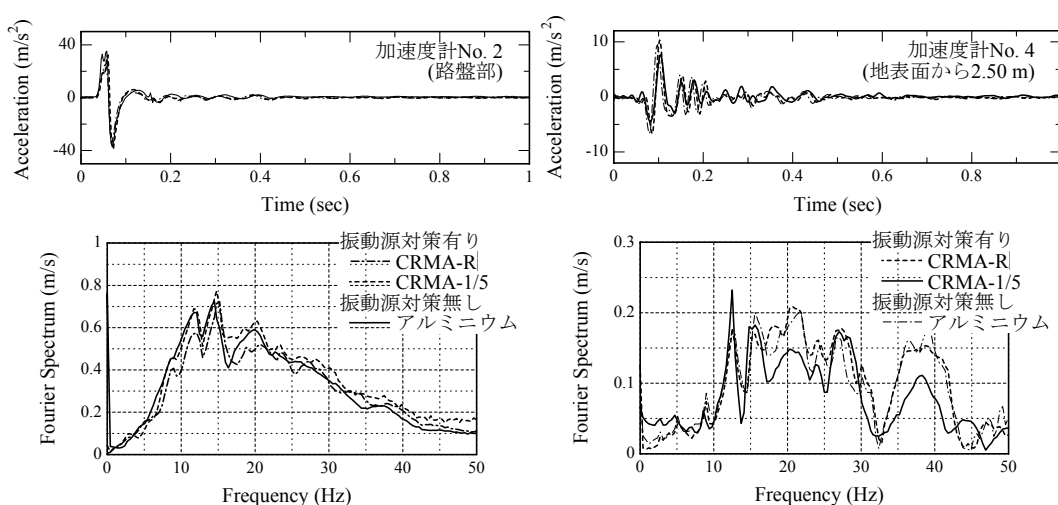


図-3 想定した振動発生状況のモデル化



i) 路盤部(No.2)

ii) 地表面部(No.4；振源から 2.5m)

図-4 想定した振動発生状況のモデル化



i) CRMA-R



ii) CRMA-1/5

図-5 実験に用いた CRMA の断面図