

空気ばねを用いたディーゼルエンジンマウントの開発

Diesel engine mount with air suspension development

齋藤 圭太¹⁾ 大久保 治彦²⁾ 岩原 光男³⁾ 長松 昭男³⁾

Keita Saito, Haruhiko Okubo, Mituo Iwahara, Akio Nagamatu

- 1) 法政大学工学部機械工学科長松研究室
- 2) 法政大学大学院工学研究科機械工学専攻長松研究室
- 3) 法政大学工学部機械工学科

The diesel engine is used from the viewpoint of the economy for many of present commercial vehicles. However, the diesel engine is larger than the gasoline engines the vibrations, and becomes a problem the influence on the human body by the subsonic vibration and the noise of the high-frequency vibration. The amenity of the environment in the car in a commercial car is an indispensable element for the market rivalry. As for the air spring, the thing that the constant of spring suppresses to about 1/10 compared with a past rubber vibration isolator becomes possible. Then, the feasibility of the strong reduction of the engine vibration with the diesel engine mount that adopts the air spring is examined in the present study. Only the decrease of the subsonic vibration when it was an idol was paid to attention in the present study to improve the idle vibration. It was verified that there was a similar decrement effect in a real car at current year because the thing that was able to be attenuated, that the air mount was bigger than the rubber mount in the bench test with the experiment unit had been proven last year. The present study is Hokkaido Institute of Technology, Muroran Institute of Technology, and a joint research with Wakamu Hokkaido by the support of the north Tec foundation.

Keywords : diesel engine, air suspension

1. 諸論

現在の商業車両の多くには経済性などの観点より、ディーゼルエンジンが使用されている。しかしディーゼルエンジンは、ガソリンエンジンに比べて振動が大きく、低周波振動による人体への影響や、高周波振動による騒音が問題となっている。商業車における車内環境の快適性は、市場競争に欠かせない要素となっている。

空気ばねは従来の防振ゴムに比べ、ばね定数が約1/10に抑える事が可能となる。そこで本研究では空気ばねを採用したディーゼルエンジンマウントによるエンジン振動の大幅低減の実現性を検討する。なお、本研究ではアイドル振動の改善を目的とし、アイドル時の低周波振動の低減にのみ注目した。

昨年度、実験ユニットによるベンチテストにおいて、エアマウントがゴムマウントよりも大きな減衰が可能である事が証明されたので、今年度は実車にて同様な減衰効果がある事を検証した。本研究はノーステック財団の支援による、北海道工業大学、室蘭工業大学、ワーカム北海道との共同研究である。

2. エンジンマウントの設計

実験に使用する車両において、エンジンマウント最適配置設計を行った。まず運動方程式より条件式を導出する。条件式に合う設計値の組み合わせは無数にあるため、GA（遺伝的アルゴリズム）を用いて最適な値を決定し、その計算結果に基づき実験車両のエンジンマウントを改造した。⁽¹⁾

3. 実験車両



Fig.1 Prototype model of medium duty truck

実験に使用した車両を Fig.1 に示す. 車両は 5.2 リットル, 直列 4 気筒ディーゼルターボエンジンおよび 6 速トランスミッション搭載の中型トラックを使用した. 今回設計したマウント配置を実現した改造車と従来方式の現行車の 2 台を用意し, 比較を行った.

改造車には 4 点のエアマウントをシャーシの中心線に対して対称に配置した. エンジンのトルクロール軸と同じ高さなので, 空気ばねに対して振動は上下方向のみに現れる. しかしエンジンの始動停止時や走行時には非定常な振動が発生する為, 前後方向および左右方向のロード並びに空気ばねと平行方向のショックアブソーバを取り付けた.

4. 実験内容

計測は 600[rpm]の定常運転下(アイドリング状態)で行い, エンジンからキャブフロアに沿ってマウント上, マウント下, フレーム, キャブフロアの 4 点に加速度ピックアップを設置し同時測定を行った. Fig.2 はマウント部の詳細であり, 図中赤丸の部分に加速度ピックアップを設置した. また, Fig.3 にフレームとキャブフロアの測定点を示す. 計測機器として歪ゲージ式加速度ピックアップ, FFT アナライザー, IBM 社ノート PC およびアンプを用いた.

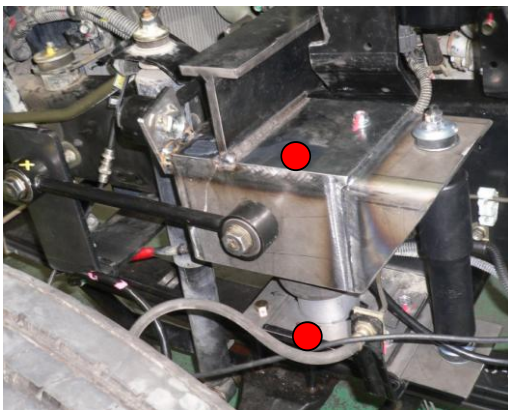


Fig.2 Details Upper and Lower bracket



Fig.3 Details Cabin floor and Frame

5. 実験結果

前述の通り, 改造車のエンジンマウントはトルクロール軸を考慮して設計されており, これにより横方向の振動は発生しないと考え, 上下方向の振動に注目し計測を行った. まず, マウント上下, フレームおよびキャブフロアの Z 軸方向の加速度をパワースペクトルで比較したものを Fig.4, 5 に示す.

Fig.4 のゴムマウントの結果では, マウント上からキャブフロアにかけて減衰されていて, 9Hz 付近にピークがあるが, これは改造車にも見られ, 車両特有のものと考えられるため今回は考慮しなかった.

それに対し, Fig.5 のエアマウントの結果ではゴムマウントと同様にマウント上からキャブフロアにかけて減衰が見られるが, より大きな減衰が見られた. また, 28Hz 付近にピークがあり, これは現行車には見られなかったため, 改造車特有のものと考えられる.

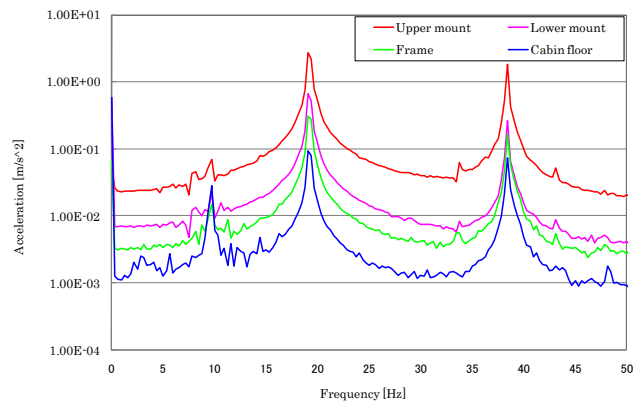


Fig.4 acceleration of current vehicle on four different points (Z axial direction)

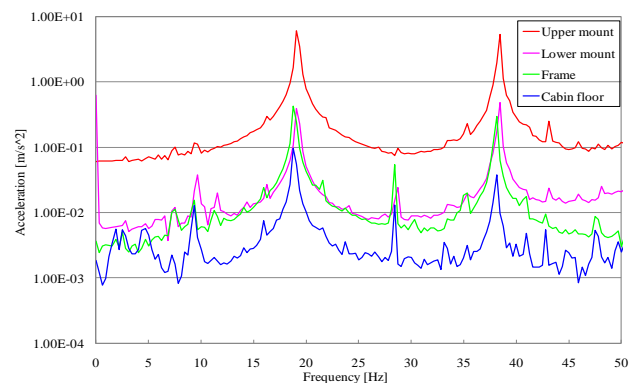


Fig.5 acceleration of proto vehicle on four different points (Z axial direction)

さらに, エアマウントとゴムマウントの減衰量を比較するため, 入力をマウント上, 出力をマウント下とした伝達関数の比較を行った. Fig.6 に改造車

と現行車の上下方向の伝達関数比較を示す。この結果を見ると、空気ばねがゴムマウントよりほぼ全域で下回っている。

また、先ほどと同様にエアマウントには 28Hz 付近に改造車特有のものと考えられるピークが見られる。

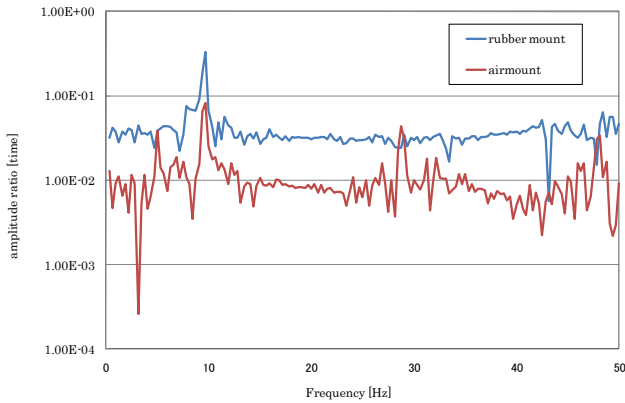


Fig.6 Transfer function of amplitude

次にショックアブソーバとロッドの影響について検証するため、ショックアブソーバとロッドを着脱して、キャブフロアの Z 方向の加速度の大きさを比較した。

比較結果を Fig. 7 に示す。約 19Hz のピークでは何も装着しない場合とショックアブソーバのみ装着した場合の値が同程度で、約 38Hz のピークでは、何も装着しない場合に比べショックアブソーバを装着した場合の値が高くなる。この事より、ショックアブソーバはアイドリング時の振動絶縁の観点からすると悪影響を及ぼしていると考えられる。

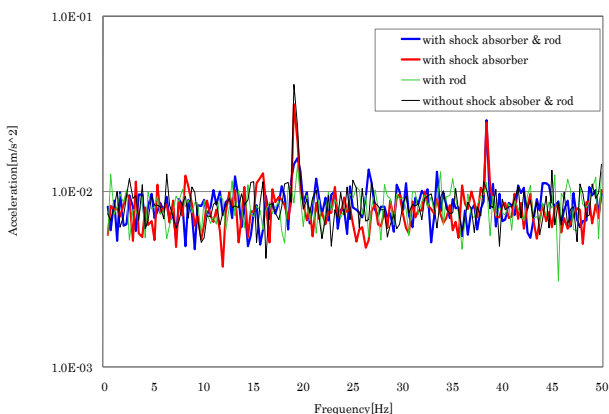


Fig.7 Influence of mounting parts on cabin floor acceleration

6. ブラケットの改良

改造車特有の 28Hz 付近のピークの原因としてエ

アマウントブラケットの剛性不足が考えられたため、ハンマリングおよび FEM を用いモード解析を行った。ハンマリングの結果を Fig.8 に示す。ハンマリングの結果 28Hz 付近にピークが見られた。このことより、ブラケットの固有振動が改造車特有のピークに影響していると考えられる。ブラケットの FEM 解析結果を Fig.9 に示す。1 次モードは 24Hz で前後方向であり、固有振動数の計算値と実験値の誤差も 9.93% となり、信頼できるモデルを作成出来たと考えられる。

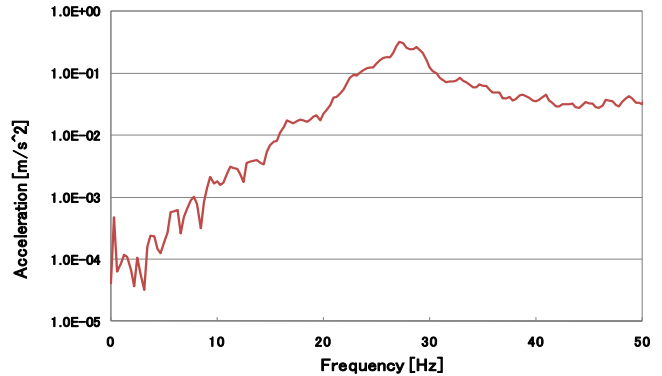


Fig.8 Hammering-X, Response-X direction

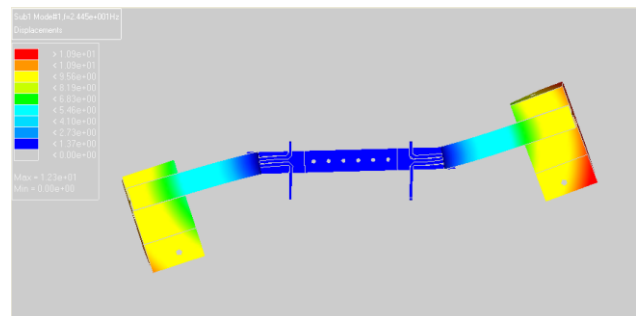


Fig.9 1st Natural frequency at 24.45Hz mode of front engine mount bracket

7. 考察

当初、ロッドとショックアブソーバの影響が懸念されたが、ロッドによる悪影響は見られなかった。しかし、ショックアブソーバはアイドリング時では悪影響を及ぼしていた。また、改造車特有の 28Hz 付近のピークはブラケットの剛性不足が影響していると考えられる。

8. 結論

1. 実験ユニットによるベンチ実験と同様に、ゴムマウントに比べ、エアマウントの方が優れた減衰効果を得られた。
2. 改造車特有のピーク対策の改良が必要である。

謝辞

まず、研究の場を与えて頂いた担当教授である長松昭男教授に、本研究を遂行するにあたり、終始懇切丁寧に御指導を頂きました岩原光男講師に心より感謝致します。お忙しい中での岩原光男講師の御教授なしでは本研究の遂行は不可能でした。

また、共に本研究を行ってくれたワーカム北海道、北海道工業大学、室蘭工業大学の方々と同長松研究室の稲子泰裕先輩、大久保治彦先輩を始め多くの先輩方、及び研究を行うに当たり励ましあった同研究室諸君に感謝の意を捧げます。

参考文献

- (1) T. Sakai, J. Shi, M. Iwahara, A. Nagamatsu, Y. Inago, A. Yamasaki, M. Yajima, T. Kato, H. Oodate, “Diesel Engine Mount by Actual Air Spring”, INTER-NOISE 2008, in08-0657, pp.1-12, October 2008)
- (2) 長松昭男, モード解析入門,(1993)