

液体輸送車両の安全性向上と燃費向上のための制振装置の開発

○ (株)十川ゴム 正会員 河田 彰 (株)十川ゴム 正会員 井田 剛史  
中央大学 正会員 平野 廣和 (株)エヌ・ワイ・ケイ 石川 友樹

1. はじめに

液体を輸送する場合、ISO タンクコンテナ（以下、ISO タンク）を搭載した写真-1 に示すトラックが広く利用されている。ISO タンクでは、道路交通法上、最大総重量 25ton の重量制限があり、通常は満タンでは運送することができない。そのため、ブレーキ等の制動操作を行うと内容液が前後方向に大きく揺動することがある。この内容液の揺動によりトラック全体が前後方向に大きく揺さぶられ、所定位置にトラックを停止させることができず、前後の車両と追突する危険性がある。また、カーブでの減速時には内容液が左右方向に揺れることにより、ジャックナイフ現象が生じ、トラックが横転する恐れもある<sup>1)</sup>。そのため、運転手は熟練の技術を用いて、内容液の揺動に合わせて、タイミングよくブレーキやアクセルを踏むことで、危険を回避している。このような背景から我々は、これまでに培ってきたスロッシング現象に関する知見<sup>2)</sup>を応用することで、運転手が安全に走行できる液体輸送車両用の制振製品の開発に取り組んでいる。具体的には、液体輸送車両が走行中に制動操作を行った際に発生する内容液の揺動を低減させることができ、かつ取外し可能な浮遊型の制振装置である。我々はこれまでに、制振装置の効果を検証するために、実使用されているトラックで急ブレーキ試験を行い、タンク内に設置したカメラの映像から制振装置が内容液の揺動を低減させていることを確認している<sup>3)</sup>。本研究では、更なる発展としてトラック輸送会社協力の下、トラックにドライブレコーダー一体型デジタルタコグラフ（以下、デジタコ）を搭載し、通常の輸送区間での走行における定量的なデータの採取を試みることにする。この結果、減速時の変化による安全運転性能の向上、燃費の向上、さらには運転者の率直な感想が得られたのでここで報告する。



写真-1 ISO タンクコンテナ  
搭載トラック

2. 実験概要

(1) 制振装置の施工方法

制振装置は図-1 に示す柔軟性のある特殊ポリエチレン樹脂製パネルを数枚組み合わせることで円を作製し、その円を写真-2 のように複数個繋ぎ合わせたものである。円の作製および接続にはボルトとナットを使用して、簡単に組み立てることが可能である。

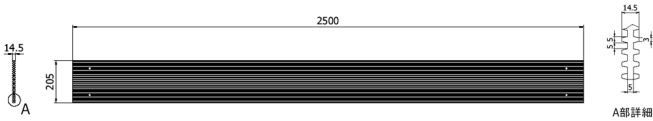


図-1 特殊ポリエチレン樹脂製パネル概略図

制振装置は比重が 1.0 未満であり、写真-3 に示すようにタンク内に水を入ると浮遊し、水深の変化にも追従するため、効果的に内容液の揺動を抑制させることができる。



写真-2 制振装置設置の様子

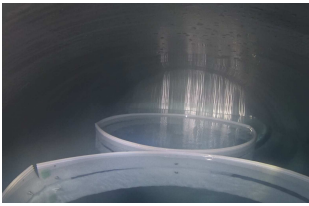


写真-3 制振装置浮遊の様子



図-2 制振装置全体のイメージ

さらにタンクの大きさと水深から最適な形状を設計することが可能である。本実験で使用する制振装置の形状は、使用するタンクの大きさが直径2350mm、長さ5800mmであることから、図-2 に示すように円周4mの4つの円を交互に取付ける配置とし、制振装置の段数は2段とする。

(2) 実験条件

表-1 に走行ルート及びデジタコで得られる測定データを示す。本実験では、トラック輸送会社が尿素水を鳴門～姫路、姫路～三宮まで輸送する区間を対象とする。ただし、トラック輸送会社の業務の都合上、三宮～鳴門までのタンク内が空の区間も測定データに混在する。また、ほとんどの区間が高速道路を使用している。

表-1 実験条件

| 走行ルート                                  | 測定機器                                           | 測定データ                                                               |
|----------------------------------------|------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|
| 三宮 ⇒ 鳴門 ⇒ 姫路 ⇒ 三宮<br>(三宮 ⇒ 鳴門間のタンク内は空) | ドライブレコーダー<br>一体型デジタル<br>タコグラフ<br>(YAZAC-eye3T) | ①燃費<br>②加速度散布図（前後、左右方向）<br>③加速・減速変化値<br>④エンジン回転数<br>⑤エンジン回転数と速度の散布図 |

3. 実験結果

(1) 加速度散布図

図-3 にデジタコから得られた加速度散布図の結果を示す。点の位置は加速度が発生した方向と大きさを表し、中心から遠くなるほど大きな加速度があったことを意味する。また、点の色は発生頻度を表し、図の下側のコントラストで青から赤になるにつれて高頻度になることを意味する。ここで(a)と(b)を比較すると、(a)よりも(b)の方が中心から外れたところに青い点が点在していることがわかる。これは、(a)では制振装置があることで、内容液の揺動が少なく、加速度が発生しにくかったことに対し、(b)では制振装置がないため、内容液の揺動の影響を受けたからと考えられる。

(2) 減速変化値

図-4 に減速（ブレーキ）変化に関して、制振装置の有無で比較する。このグラフでは、各減速変化値に対しての比率をヒストグラムで表しており、上へいくほど大きな減速変化（急ブレーキ）があったことを意味する。ここで(a)と(b)を比較すると、(b)制震装置なしよりも(a)制震装置ありの方が小さい減速変化値で走行している頻度が高いことがわかる。これは、内容液の揺動による突発的な前方方向への加速度が低減され、それに伴い急ブレーキを踏む頻度が少なくなったからと考えられる。また、ほぼ走行距離と走行ルートが同じであるのに対して、(a)よりも(b)の方がブレーキの頻度が多くなっていることがわかる。

(3) 燃費

表-2 に給油距離での燃費について、制振装置の有無で比較する。本結果は表-1 の走行ルートを4回走行した燃費の平均値とする。制振装置の有無で比較して約5%燃費が向上する結果となった。これは制振装置で内容液の揺動を抑えたことで、トラックに掛かる負担が軽減されたためと考えられる。ただし、データ量が少ないため引き続きデータを採取し、再評価する。一方で、高速道路での走行かつ、早朝で渋滞の少ない中での走行のため、加減速が少なく差が出にくいことが考えられる。

4. おわりに

ISO タンクを搭載したトラックが、ブレーキなどの制動操作を行った際に発生する内容液の揺動を抑制できる取外し可能な浮遊型の制振装置を開発し、その効果を定量的に実証するためデジタコを使用して走行実験を行った。本研究では、制振装置を用いることで、以下の知見を得た。

- ①トラックに掛かる加速度が軽減される。
- ②急ブレーキの頻度が減少する。
- ③燃費が約5%向上する可能性がある。（高速道路走行時）
- ④運転のし易さ、安全性が向上することが示唆される。

従来では内容液の揺動が、運転操作に重大な影響を及ぼし、事故に繋がる危険性があった。しかし、制振装置を入れることで、内容液の揺動を抑制でき、安全性が向上した。さらに、トラックへの負担が軽減されることから、燃費が向上し、経済的な側面からも利点があるといえる。また、本実験の運転手からは、「制振装置があると、制動操作時や車線変更時に発生する内容液の揺動が非常に低減され運転し易い。また、制振装置ありでの走行に慣れると内容液の揺動をあまり意識せずにブレーキを踏みこめるようになる」とのコメントを得ている。

謝 辞 本研究の一部は、科学技術振興機構「平成28年度マッチングプランナープログラム」及び中央大学特定課題研究費の給付を受けたことを付記する。また本実験を実施するに際し、横田瀝青興業(株)及び西友ライン(株)の協力を得た。ここに謝意を表する。

参考文献

- 1) 渡邊豊: 謎の大型トラック横転事故を未然に防止する技術誕生!!、第20回先端技術見本市テクノトラスフェア in かわさき, 2007
- 2) 曾根他: 矩形断面受水槽におけるスロッシング制振対策の検討, 土木学会論文集 A2 分冊 (応用力学) 特集号 Vol. 16, 2013.8
- 3) 河田他: 液体輸送車両用制振装置の波動抑制効果に関する研究, 土木学会第71回年次学術講演会講演概要集, 2016

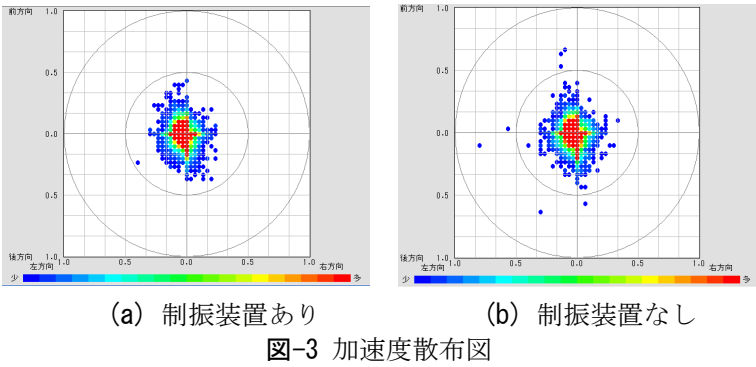


図-3 加速度散布図

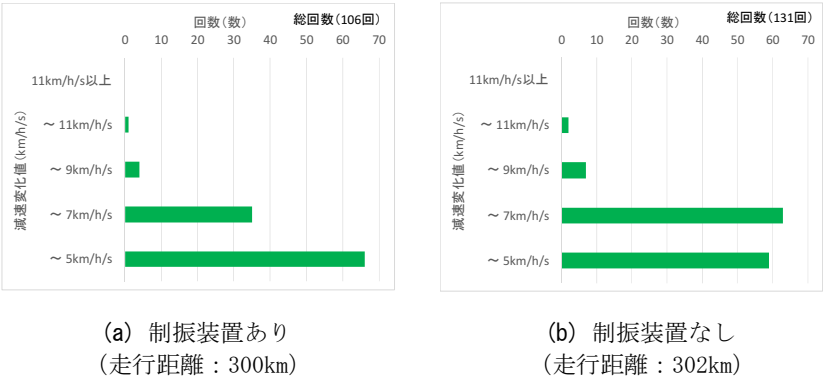


図-4 減速変化値

表-2 燃費

| 制振装置        | (a)あり | (b)なし |
|-------------|-------|-------|
| 燃費(km/L)    | 2.50  | 2.37  |
| 給油間走行距離(km) | 1265  | 1244  |
| 給油量(L)      | 506   | 524   |