

木質チップを用いた不陸整性シートの開発

Development of the unevenness correction sheets using the wood chips

(株)砂子組	正会員	山元 康弘 (Yasuhiro Yamamoto)
一二三北路(株)	非会員	多田 真 (Makoto Tada)
一二三北路(株)	正会員	坂下 淳一 (Junichi Sakashita)
(株)北海道アトリウム	非会員	工藤 克彦 (Katsuhiko Kudou)
(株)砂子組	正会員	近藤 里史 (Satoshi Kondo)

1 概要

土木工事の場合どのような工事でも用いるダンプトラックのトラフティカビリティが工期に著しく影響する。一般的には、1枚1.6トンの敷き鉄板を数多く用いているが、北海道の場合特に

- 1) 敷き鉄板のズレを修正するのに時間を要する
- 2) 凍結すると敷き鉄板そのものとダンプトラックが滑る、
- 3) 需要の時期が重複すると品薄になるなどの問題も多く見受けられる。

このことから、著者らは泥の厚さが20cmにも耐えうる廃材パレット+金網+チップ材で構成される方法を考案してきたほか、麻袋にチップ材を詰め込み凹凸道を平準化しダンプトラックの板バネの損傷を最小限にする方法を考案してきた。

本論文では、麻袋詰めチップ材の効果をダンプトラックに加速度計をつけてその平坦性を実証したと伴に、新たに造成中の歩道もしくは舗装の上に敷ける薄手の麻袋詰めチップ材による開発に取り組んでいることからその効果も論ずるものである。

2 はじめに

土工工事においてはダンプトラックやバックホウ等の重機が安全で効率よく稼働できるとこと、さらには防塵対策等で敷き鉄板を用いることが多い。特に、軟弱地盤や粘土上で適切な動きが出来るようにするためには 荷重分散 すべり摩擦抵抗 施工性さらには 経済性が重要なファクターとなる。

著者らは、経済性と現場で発生する物を用いて重機のトラフティカビリティ向上を目指した工法を考案しダンプトラックの実車試験で平坦性を確保に関するデータを取ってその有効性を確かめた。一方で、チップ材の詰め込み方法を検討し2cm~4cm厚さの丸めて持ち運びができるものも開発している。

本論文では、ダンプトラック実車試験での様々なデータにより開発しているものの有効性を確かめたほか、薄手のものに関しては移動荷重をかけてその耐久性を検討した。

3 これまでの実験経過

3-1 木材パレットを用いた方法

経済性を重視すると伴に施工性、走行性能および環境

を考慮したもので、力学的観点からは、荷重分散、緩衝、および幕効果を期待したものである。具体的には、

- 1) 廃材である輸送用のパレットを荷重分散として利用している
 - 2) パレットの連結を連結材料ではなく幕効果を期待したネットを使っている
 - 3) ネットで仮想連結した上に木材チップを撒いて吸水と緩衝効果を発揮されている
- というものである。

実験においてはヘドロ状になった場所に廃材として廃棄が困難なパレットを荷重分散材とし、その上に連結効果を期待するための網(今回はφ3.2×50×50の金網を用いている)を敷きその上に緩衝材として木質チップ(現場に応じて裁断を決める)を敷いて重機を動作させるものである。パレット規格はJISで決まっているが検討した種類を写真-1に、実験状況を写真-2示した。



写真-1



写真-2

3-2 木材チップを詰めた方法(土嚢型)

3-1の様に最後に木質チップを用いた場合、工事を終えた段階での回収が困難なことから手軽において最後に回収しやすいようパレット、改良ネットと木材チップ入り土嚢で実験を行った。ダンプトラックの振動が大きいということ、さらには土嚢幅が十分でないことから木質チップ入り土嚢だけでは走行幅も限られることから間詰めとして木質チップ用いる結果となった。その結果、地盤状況により補修も必要だが、振動を低減し、なじみも良く良好に走行出来ることを確認した(写真-3)。



写真-3

3-3 凸凹道にチップ詰め麻袋を用いた方法

トラフティカビリティ向上に関して3-1および3-2の様々な実験を行ってきたが需要の多い現場としては砂利道等での凸凹が多い場所であることから3-2のチップ詰め麻袋を窪んだ場所のみ敷いて平坦性を保つ実験も行った。

当該方法の主な目的は、

- 1) トラフティカビリティ向上、
 - 2) ダンプトラックのサスペンションの保護である。
- 一般的に、ダンプトラックが空積みで走行した場合窪んだ箇所等では跳ね上がることからサスペンション周りに負担がかかり折れる等の損傷が多いと言われている。このことから窪んだ箇所にチップ詰め麻袋を置いて平坦性を確保し、結果的にトラフティカビリティを向上させてダンプトラックの損傷を軽減する事とした。

評価方法としてはチップ詰め麻袋を用いた場合と用いない場合、ダンプトラックの各場所に加速度計を取り付け凸凹で増幅する周期がどの程度改善できるか周波数分析を行いチップ入り麻袋を用いた場合の周期特性を通常に走行した場合の周期特性で割ったもの、すなわち伝達関数を求めて評価している。

図1-3で伝達関数が1の場合は、チップ詰め麻袋有と無の振幅が同じということであることから無くてもあっても変わらず1以下であれば、振幅が小さくなったということである。実験状況を写真-3-1~3-3に、図-1-1~1-3にダンプトラックのダッシュボードで取れた加速度波形の波形解析図である。



チップ詰め麻袋
設置前

写真-3-1



チップ詰め麻袋設置
後、走行試験

写真-3-2



ダンプ走行試験後

写真-3-3

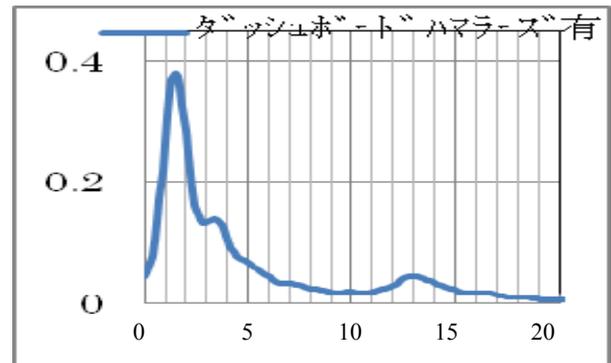


図-1-1

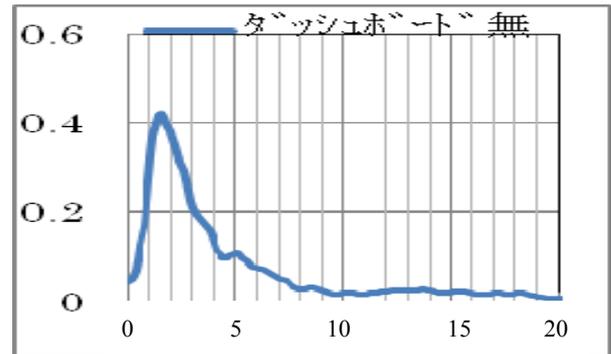


図-1-2

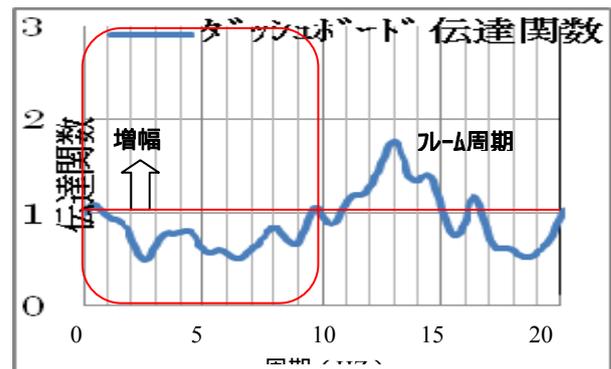


図-1-3

4 薄型チップ詰め麻袋の試作

4-1 試作の要求事項と対処

3で述べたようにトラフティカビリティ向上のための様々な試作および実験を試みてきたが、問題点として以下の項目が挙げられる。

- 1) 木質パレットの需要と供給
- 2) 木質チップの回収
- 3) チップ詰め麻袋の厚さの不均等性
- 4) 多層構造に関するコスト（手間）

このことから、凹みの大小に対応できること、軽量でかつ施工性が良いこと、および耐久性を増すため木質チップ詰め麻袋の厚さを極力抑えるものを試作した（写真-4）。このことによってトラフティカビリティ向上の他、歩道造成時の仮道等にも利用できるものである。改良した点は、

- 1) 麻袋を厚くし耐久性を増したほか木質チップをPSPで巻き過剰な水分を吸収しないようにした。

- 2) 木質チップの破碎の大きさを覚えて麻袋内でのチップが上載荷重形状に追従するようにした。
- 3) 麻で縫う箇所を多くしてロール巻きが可能な様にした。

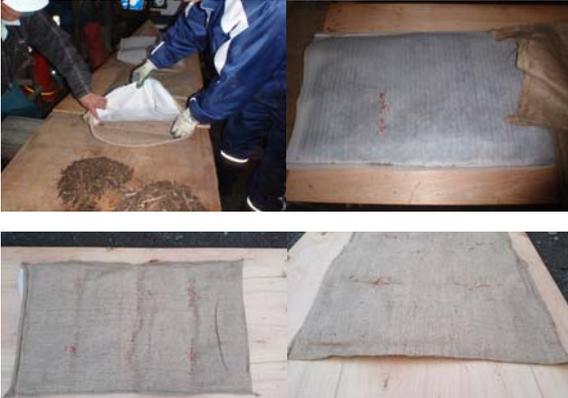


写真-4

4-2 試験方法と評価

1) 緩衝性能

緩衝性能は、写真-5 に示すようロードセルの上に鉄板を敷きその上に歩道で使われているゴムマットと今回試作した薄型チップ詰め麻袋、ゴムマット、EPSについて 4kgf の重錘を所定の高さから落下させてロードセルで計測した伝達荷重で比較した。なお、ゴムマットは緩衝性能が他と比較して低いことから薄型チップ詰め麻袋は 16.5cm、ゴムマットは 6.5cm としている。

実験結果の一例（衝撃荷重）を図-2-1、2-2 に落石対策便覧のラメ数換算値を表-1 に示した。5 回繰り返し落下時でのゴムマットと薄型チップ詰め麻袋の落下吸収エネルギーは 2.5 倍で後者の方が大きくダンブトラックや歩道を歩く上での緩衝能力が高いことを示している。



写真-5

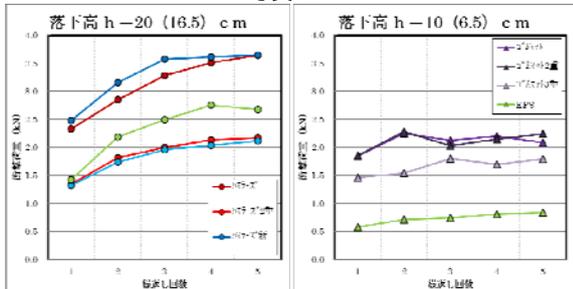


図-2-1

図-2-2

表-1 のラメ数換算で見ればゴムマット以外と比較すると落下高さ 16.5cm で薄型チップ詰め麻袋は一重でも二重でも落下回数に関してみると 3 倍の硬さになる一方で EPS は 5.7 倍でダンブトラックが

走行する凸凹に薄型チップ詰め麻袋を敷いていくことによりダンブトラックが受ける衝撃荷重は相当緩和されると考えられる他、歩道に利用しても衝撃の少ないマットとなると考えられる。

落下高	回数	衝撃荷重(kN)							
		ハマース	ハマース2重	ハマース新	ハマース新2重	ゴムマット	ゴムマット重	ゴムマット軽	EPS
0.215	1	1665			1255				2007
	2	3142			2310			6146	
	3	4123			3080			8966	
	4	4818			3359				
	5	5094			3833				
0.165	1	4232	1065	4922	1020			1227	
	2	6986	2261	9052	2027			3692	
	3	9965	2873	12358	2749			5013	
	4	11815	3379	12668	3026			6412	
	5	12950	3537	12983	3335			5974	
0.115	1							22745	
	2							21405	
	3							19812	
	4							19812	
	5							18623	
0.085	1					9543	9730	5297	518
	2					15885	16225	6054	885
	3					13596	12063	8979	694
	4					14881	13919	7719	1215
	5					12975	15565	8862	1318

表-1 ラメ数換算

2) 断熱性能

断熱性能は、図-3 に示すように薄型チップ詰め麻袋の両面および EPS に熱電対を付けて温度差について 1 時間測り熱環流率を調べた。図-4-1 は薄型チップ詰め麻袋、図-4-2 は EPS である。

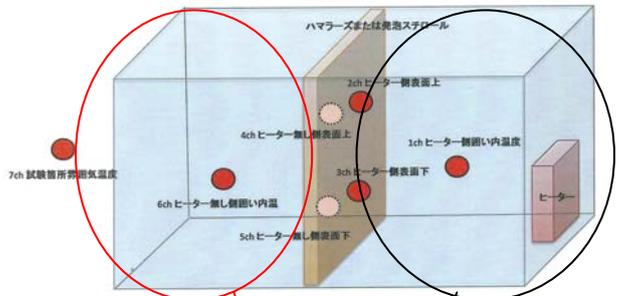


図-3 断熱性能試験

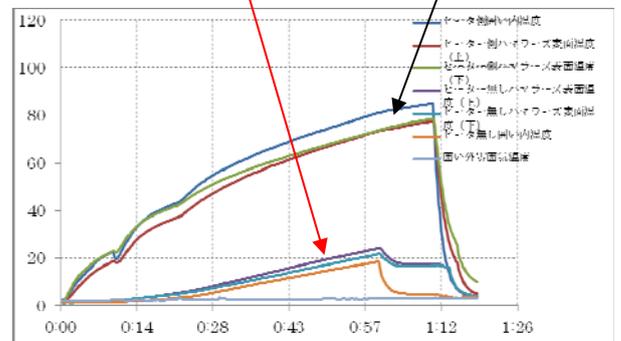


図-5-1 薄型チップ詰め麻袋

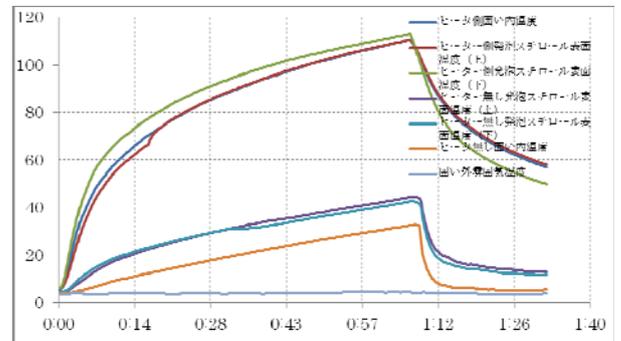


図-5-2 EPS

温度モデルを図-6 に示した。実際の試験においては、室内空気の熱伝達や熱対流により、熱流速がそのまま

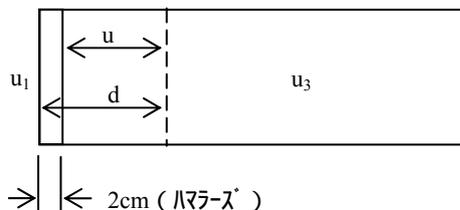


図-6 モデル図

u_3 にはならないと考えられる。また、熱の漏出も考えられる。これらは全体として熱勾配を緩和する方向に働くと考えられるので、見かけ上試験体厚 d を適当に大きくする事により、緩和区間を設けることとした。

見かけ上の熱容量および熱伝導率を c_0, λ_0 としたとき、試験体物性値との関係は、

$$\frac{0.02c + (d_1 - 0.02)c_a}{0.02\lambda + (d_1 - 0.02)\lambda_a} = c_0$$

$$\frac{d_1}{d_2} = \lambda_0$$

を仮定する（距離による平均）。ここに、

- λ_a : 空気の熱伝導率, $\lambda_a = 0.024 \text{ J/s/m/K}$
- c_a : 空気の熱容量, $c_a = 1257 \text{ J/m}^3/\text{K}$
- d_1 : 熱容量に関する緩和距離
- d_2 : 熱伝導率に関する緩和距離

となる。熱容量については、緩和距離を薄型チップ詰め麻袋厚に等しくとり ($d_1 = 0.02\text{m}, 2\text{cm}$)、熱伝導率については、試験体表裏の温度の時間勾配が薄型チップ詰め麻袋は EPS に比較して約 1.4 倍大きいので、 λ/c の比が EPS の 1.4 倍大きくなるように、薄型チップ詰め麻袋で $d_2 = 0.119(\text{m}) (11.9\text{cm})$ に調整すると、

$$\lambda = 0.034 \text{ J/s/m/K}$$

$$c = 13900 \text{ J/m}^3/\text{K}$$

となり、熱伝導率は空気 ($\lambda = 0.024$) と EPS ($\lambda = 0.041$) 中間の値になり極めて断熱性能は良い結果を得ている。

3) 耐久性

耐久性の評価として道路に使用する場合ラベリング試験や移動荷重試験があるが、使用の目的が凸凹の平坦性確保、緩衝効果であることからダンプトラック 4 トンの急発進試験で調査を行った。写真-6 が実験の状況で、以下のグラフは上段が敷き鉄板を液体窒素で冷却させた場合の発進加速度で、下段がそこに薄型チップ詰め麻袋を連結した時の発進加速度を計測した。

加速度波形を図-7-1,7-2 に示した。



写真-6

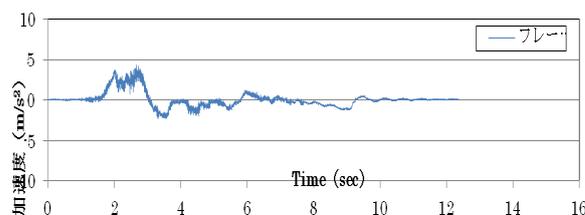


図-7-1 (敷き鉄板)

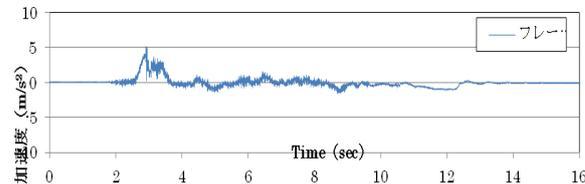


図-7-2 薄型チップ詰め麻袋 (連結)

発進加速度は、4~5gal 程度であるが薄型チップ詰め麻袋の波形を見ると静止摩擦係数が高いほか、連結していることから敷き鉄板と比較すると発進後は等速運動で加速度はほぼゼロである。発進を繰り返して薄型チップ詰め麻袋の連結度を調査したところ、連結部の縫い目が上に向いている場合は数回で切れたが、縫い目を下側にするると繰り返しの強いということが確認されている。

5 まとめ

著者らは過年度より工事における重車両のトラフティカビリティ向上のための敷き鉄板に代わるものを開発してきたが、成果が出ているものの取り扱いに手間がかかるため新たな土木資材を考案してきた。今回、考案・開発した薄型チップ詰め麻袋に関して様々な実験を行った結果以下の点が上げられる。

- 1) 従来考案・開発したものより軽く取り扱いが簡易になったこと。
- 2) 殆ど、廃品でつくることが出来て大量生産すればコストも敷き鉄板と同等になる可能性があること。

物性実験では、

- 1) 緩衝能力が優れていることからダンプトラックに負荷を掛けないこと。(ラーメ定数で 2.5 倍の緩衝能力)
- 2) 熱の伝導実験から得られた結果は、空気と EPS の中間にあたる伝導係数で冬の時期に使用しても凍り付きにくいこと。
- 3) 耐久性実験では、薄型チップ詰め麻袋を連結することにより静止摩擦係数が比較的大きいほか走行性能上安定した走りが期待できること。

以上の結果が確認されたが、土木資材の物性としては、歩道工事用のマットに適しているほか、断熱性があり木質チップの保水性も期待できることから養生マットにも最適であることが考えられる。

なお、図中等に記載されている「ハマラズ」という名称は商標登録予定の一般名称である。