

I - 63

廃タイヤを用いた歩道用弾性舗装ブロックについて

(株) 日本製鋼所 正員 岩本 隆志

(株) 日本製鋼所 正員 小野 信市

(株) タイテック ○正 員 大久保 吉雄

開発土木研究所 正員 三田村 浩

1. 緒言

これからの高度高齢化社会を迎えるにあたり高齢者の社会参加の容易さが求められ、さらに障害者が自由に社会活動に参加できる社会環境の構築も年々取り組みが進んでいる。これに伴い足元の段差や凹凸といった障害物を取り除いたバリアフリー化により安全性の高い歩道の整備が急がれている。こうした歩道整備を進めるうえで安全性を高めるために弾性舗装材料の検討も必要となる。ゴムチップを使用した弾性舗装はたわみ性を有するため歩行感にすぐれ、転倒時の怪我の防止にも有効である。さらに、その透水性により水はけが良く、冬期間では凍結、および着雪防止の緩和効果があるためスリップ転倒事故の防止にも期待されている。一方、廃タイヤの廃棄処理は、近年の環境保全強化、ダイオキシン問題、並びに地球温暖化防止等の社会情勢の変化に伴い社会問題化していて、本工法での廃タイヤゴムチップからなる弾性ブロックの使用は、この問題の解消にも貢献するものである。

本研究は廃タイヤをリサイクルしたゴムチップを使った弾性舗装ブロック（以下ブロック）を開発し、歩道用舗装材料としての適用性を検討し、実際の歩道に試験施工を実施した。本報告ではブロックの特性について報告し、さらに試験施工についてその施工内容と周辺住民の評価について紹介する。

2. 歩道用弾性ブロック

(1) ブロックの構造

ブロックは廃タイヤを -120°C で $2\sim 4\text{ mm}$ 粒に冷凍粉碎したゴムチップをウレタン樹脂のバインダーと混練した後、アルミ製の型枠内で所定の形状に $120^{\circ}\text{C}\times 30\text{ 分}$ の条件でホットプレスして成形したものである。図1は使用したブロックの基本構造を示している。厚さが 40 mm のI型のブロック体で $2\sim 4\text{ mm}$ の廃タイヤゴムチップを使用し、上層 8 mm は市販のカラーゴムチップにより種々の色彩を付与して景観の向上を図っている。写真1にその外観を示す。

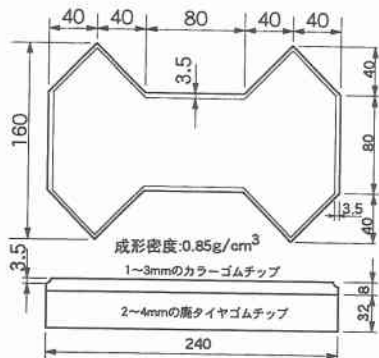


図1 歩道用弾性舗装ブロックの構造

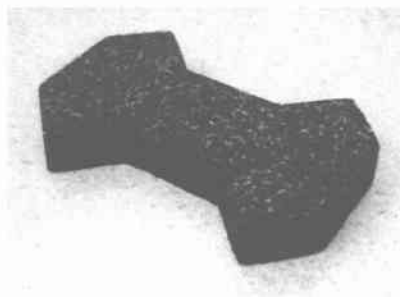


写真1 ブロック外観

Study on Elastic Block for Sidewalk Made of Recycled Rubber Chips from Waste Tires
by Takashi IWAMOTO, Shin-ichi ONO, Yoshio OKUBO, Hiroshi MITAMURA

(2) ブロックのたわみ性

ブロックのたわみ性はゴムチップ粒径、成形密度、厚さ、及びバインダーの量により変化すると考えられる。そこで製造過程で調整が比較的容易な成形密度、厚さ、バインダーの量の各要因についての影響を検討した。

図2は成形密度を変化させた場合の圧縮時の面圧と変位の関係を示している。¹⁾ 試験はゴムチップ粒径が2～4mmでバインダーが10%で成形された40×40×60mmの板状試験片を使用し成形密度を種々変化させて試験したものである。写真2に試験の状況を示す。これによると成形密度はたわみ性に大きく影響する事が伺える。特に成形密度が0.7以下で変化が顕著である。

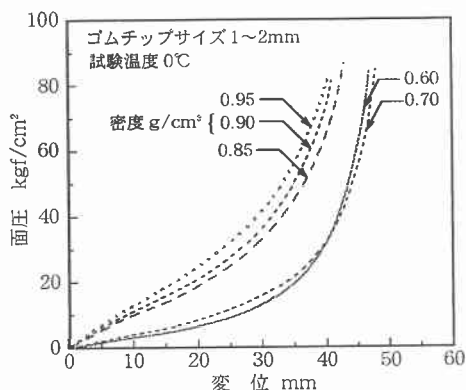


図2 ゴムチップ体の面圧と変位の関係

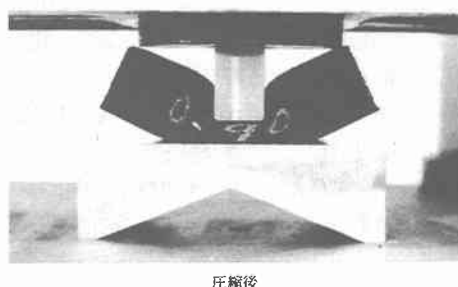


写真2 ゴムチップ材の圧縮試験

次にFEMによる変形解析による歩行時のブロックのたわみ量について予測したので以下に示す。解析に使用した要素はOgden形式のエラストマとしている。図3に解析し使用したモデルと解析条件を示す。成形密度を0.80～0.95 g/cm³で3水準、厚さを20～80mmで4水準変化させて解析を実施した。歩行時にブロックが受ける応力は歩行中の片足爪先支持の状態が最大となる。この時、50 mm²の範囲に50 kgfの負荷が掛かると仮定し、これを荷重条件とした。図5に各条件での解析結果の最大たわみ量の比較を示す。ブロックの厚さが厚く、成形密度が小さいほどたわみ量が大きくなる事が判る。密度が0.85 g/cm³で厚さが40mmの場合の最大たわみ量は0.66 mmである。

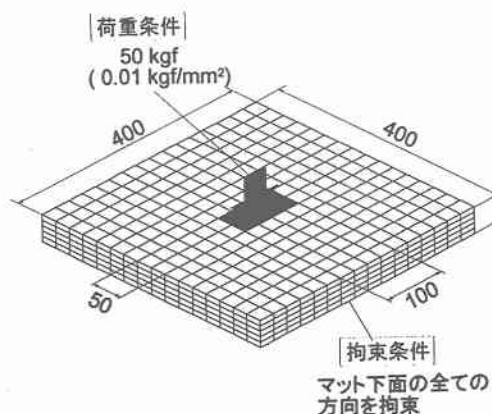


図3 FEM解析モデルと解析条件

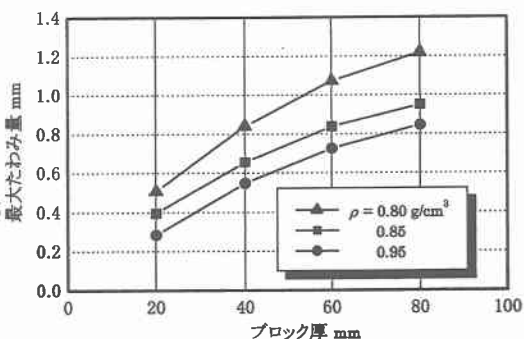


図4 FEM解析結果の最大たわみ量

図5はバインダー量が10%と14.2%の場合の圧縮試験の結果を示している。²⁾ 成形密度は 0.9 g/cm^3 である。変形が大きくなるほどバインダー量の耐圧縮応力に対する影響が大きくなるが、圧縮率10%程度の変形が小さい範囲では両者に差は認められない。即ち、歩行時の荷重ではバインダー量の影響は問題にならないことが判る。

(3) 転倒時の加速度特性

弾性舗装ブロックの歩道への適用の目的のひとつに歩行者の転倒時の怪我の防止があげられる。図6は転倒時の床の硬さを測定する装置で、人間の頭部に近似したヘッドモデルを高さ20cmから自由落下させた時の最大加速度を測定するものである。この装置で測定された密度が 0.85 g/cm^3 で厚さが40mmのブロックの加速度-時間線図を図7に示す。測定は2回実施し最大加速度はそれぞれ63.39G、62.13Gであった。この数値はJISA 6519で規定されている体育館床で100G以下、柔道場床で65G以下の限度値と比較してそれ以下の値であり安全性が確保されていると言える。

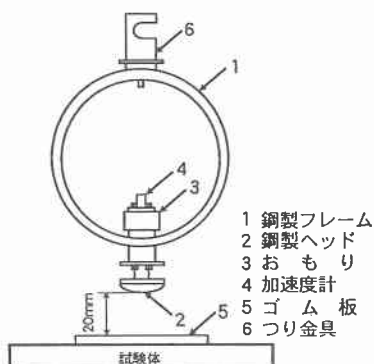


図6 転倒時硬さ試験装置

(4) 不陸性の検討

冬期間の除雪作業を考慮し、除雪車による除雪試験を実施した。写真3はその状況を示している。その結果ブロックの厚さを40mm以上にする事で除雪作業によるブロック間の緩みや抜け出しを防止できる事が確認された。しかし、試験施工により車両乗り入れ部でブロックの抜け出しが認められた。この現象は大型車両が横断する箇所に認められた。その原因はブロック重量が軽く全体に大きな変形能を有しているため重車両の輪荷重による変形でブロック同士のかみ合わせが緩くなり停車時のハンドル据え切り操作で抜け出しを引き起こしたものである。この様な問題を解決する

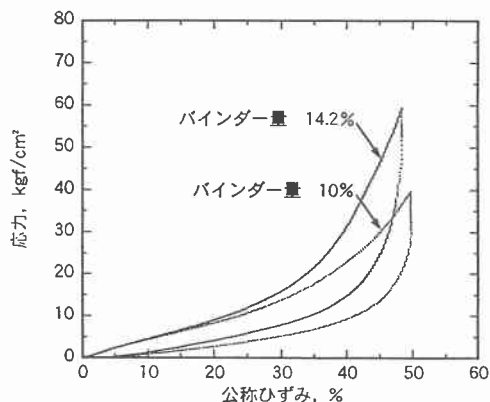


図5 圧縮特性へのバインダー量の影響

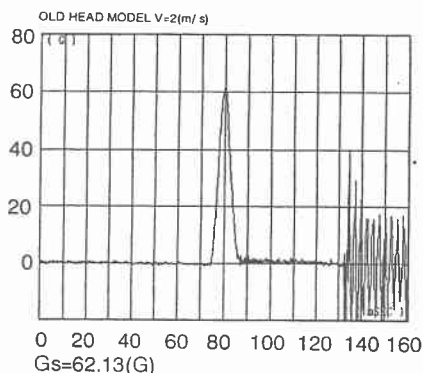


図7 転倒時の最大加速度の測定結果



写真3 除雪試験の状況

ために、本来の特徴であるたわみ性と透水性を維持しつつ剛性と重量を増加させ外部負荷に対する不陸性を向上させるブロックを検討した。図8に本対策の改良型ブロックの基本構造を示す。上層は従来と同じゴムチップ層で透水性とたわみ性を確保している。下層は剛性及び重量を増加させるため10mm以下の石材に重量比で30%のゴムチップを混合しウレタン樹脂で高温で加圧成形している。改良効果を確認するため大型車両によるハンドルの据え切り試験を実施したが写真4に示す通り従来のブロックは据え切りによりばらばらに抜け出すのに対して改良ブロックは抜け出しが起こらない良好な結果であった。

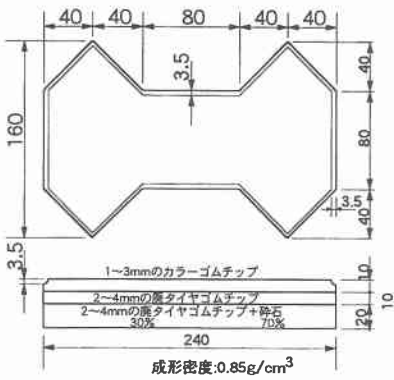


図8 改良ブロックの構造



写真4 据え切り試験後の状況

(5) 透水性

2～4mmのゴムチップを使用した成形密度が 0.85 g/cm^3 で厚さが40mmのブロックの透水性を定水位法（JIS A 1218）により測定した。その結果 $1.8 \times 10^{-2}\text{ cm/s}$ とアスファルトよりも高く砂と同程度の透水性を有している。このような透水性は前述のたわみ性と合わせて凍結氷膜の形成・厚肉化を抑制するとともに氷膜の破壊・剥離機能を確保している。

3. 試験施工

(1) 工事概要

釧路管内標茶町閑運地区の一般国道274号線歩道部に幅員3.0m、施工延長622.5m、施工面積 $2,834\text{ m}^2$ （両歩道）の試験施工を実施した。図9に施工区間を示す。本地区は閑静な住宅街の中に病院及び、社会福祉施設等があり歩行者、特に高齢者と身体に障害を持つ移動制約者の安全確保が求められている地区である。



図9 施工区間

(2) 施工概要

本試験施工区間には、車両乗り入れのない通常歩道部と車両乗り入れ部がある。図10 通常歩道部の舗装構造を示している。通常歩道部は碎石を転圧した路盤上に透水性シートを敷設し、さらに敷砂を敷き均し、従来ブロック（図1）を敷き詰めている。また、歩道の両端部は縁石により固定している。一方、車両乗り入れ部は敷砂の代わりに空モルタル（砂2：セメント1）を使用し、抜け出し防止の改良ブロック（図6）を採用した。

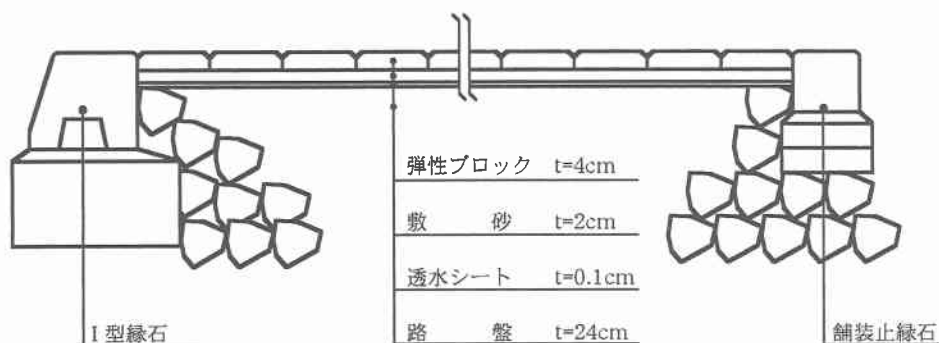


図10 通常歩道部の舗装構造

図11に本試験施工区間内のブロック割付けの一例を、写真5に施工後の外観を示す。歩道中央には白色の誘導ラインブロックを配置しその両サイドに一定間隔で褐色系のブロックを使用して視認性と景観の向上を図っている。また、横断歩道への誘導部には視覚障害者保護のための誘導ラインブロック及び、誘導パネルと警告パネルを配置している。

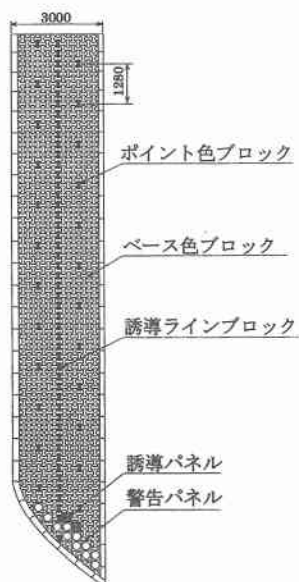


図11 割付け図の一例

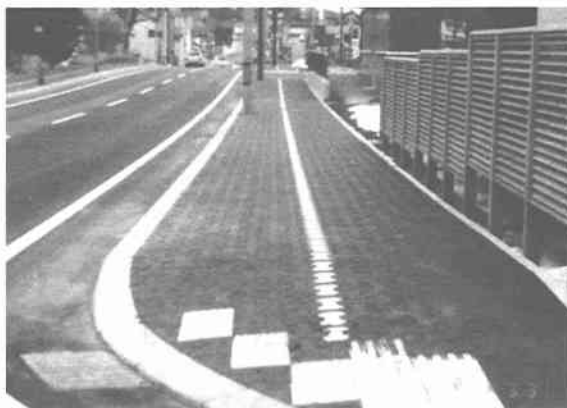


写真5 施工後の外観

(3) モニタリングによる調査結果

試験施工後5か月経過した時期に周辺住民に聞き取り調査を実施した。調査は歩行者を無作為に100人抽出し、硬さ、足触り、安全性、視認性、美観の5項目について評価を5段階にて判定を依頼した。各項目の評価結果を表1に示す。いずれの項目も良い評価が得られており、特に聞き取り内容では歩行感が柔らかく安心できる、膝や腰の負担が少ない、景観が美しい等の好印象が多かった。

表1 モニタリング調査結果

評 価	評価点	硬さ		足触り		安全性		視認性		美観	
		人数	人数×評価点	人数	人数×評価点	人数	人数×評価点	人数	人数×評価点	人数	人数×評価点
大変良い	5	15	75	11	55	29	145	21	105	23	115
良い	4	63	252	56	224	49	196	55	220	53	212
普通	3	18	54	27	81	20	60	19	57	16	48
やや悪い	2	4	6	6	12	2	4	5	10	8	16
悪い	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
合 計		100	389	100	372	100	405	100	392	100	392
平均評価点		3.9		3.7		4.1		3.9		3.9	

4. おわりに

廃タイヤをリサイクルしたゴムチップからなる弾性ブロックは粒径2～4mmのゴムチップを密度8.5g/cm³で厚さ40mmに成形する事により歩道用舗装材料として十分な透水性と適度なたわみ性を確保出来る事が明らかとなった。

一方、このブロックによる試験施工の結果は歩行者の評価としてその安全性、快適性、景観の向上が確認された。また、車両乗り入れ部のブロック抜け出しの問題も明らかとなり、ブロック下層を砕石により高剛性とする事で解決することができた。

今後、冬期間の凍結、着雪の防止効果について調査を進めていき、通年でのフィールドチェックを行って行く。最後に、今回の報告にご協力頂いた関係各位に対して深く感謝致します。

参考文献

- 1) 小野、大久保、熱海、中井、小林：古タイヤを用いた弾性舗装のラベリング試験と実用化に関する研究、土木学会北海道支部 論文報告集 第54号(A)、1998. 2
- 2) 岩本、小野、大久保、三田村、佐藤、逢坂：廃タイヤを用いた弾性舗装の制動、耐久性試験について、土木学会北海道支部 論文報告集 第55号(A)、1999. 2