

ゴムチップを混入したコンクリートの弾力性

01A3733 郷原 恭太
01A3757 西迫 健一
指導教員 高山 俊一

1. まえがき

我国の自動車台数は7500万台といわれ、年間500万台の廃車が出ている。現在廃タイヤは、火力発電所などで固形燃料として利用されている。本研究では、廃タイヤの積極的な利用方法として、建設用材料の一部として使用することを検討した。即ち、廃タイヤから切削したゴムチップをコンクリート（モルタル）に混合することで、コンクリート上で転倒しても衝撃を和らげ、吸収するような、人に優しい弾力性に富むコンクリート部材の開発を目的とした。

2. 実験概要

2-1 弾力性試験（GB 係数）¹⁾

弾力性試験は、ゴルフボール（質量45.9g）を用い、コンクリート床に置いた供試体の上面から、高さ100cmの位置から自由落下させたときの反発高さを測定する。弾力性は、次式の反発係数（%）を持って評価する。反発係数（%）＝（反発高さ[cm]÷100[cm]）×100。ゴルフボールによる反発係数をGB係数（%）として示す。反発高さは、12回測定し、上・下の最大値および最小値を除き、計10回の測定の平均値をそれとした。弾力性試験に使用した供試体寸法は60cm×60cm×8cmである。

2-2 衝撃値測定試験方法¹⁾

コンクリート板で衝撃値を足および檜棒にて測定した。試験に使用した足および檜棒の性質および落下条件を表-1に示す。檜棒には、先端から20cmの位置に加速度計（東京測器研究所

製、AR-200E）を取り付け、高さ5.0cmと7.5cmの位置より自由落下させたときの加速度をデジタル動ひずみ計（東京測器研究所製、DRA-101C）で測定した。檜棒の形状は、円柱形で先端部より10cmは、円錐形になっている。写真-1は、檜棒の落下試験の状況を示す。また、人間の足に作用する衝撃強さを、くるぶし（足首）に加速度計を取り付け、高さ20cmと30cmより片足で落下し、檜棒と同様に測定した。写真-2は、足の落下試験の状況を示す。それぞれ衝撃値は、12回測定し、上・下の最大値および最小値を除き、計10回の測定の平均値である。

2-3 供試体の作製ならびコンクリートの配合

衝撃測定に使用した供試体は、弾力

表-1 足および檜棒の性質

種類		性質・落下高さ	
足		体重：53kg	落下高さ 20cm・30cm
檜棒	A	長さ：90cm	落下高さ 5.0cm・7.5cm
		直径：5.0cm	
		重さ：827g	
	B	長さ：90cm	
		直径：3.0cm	
		重さ：333g	

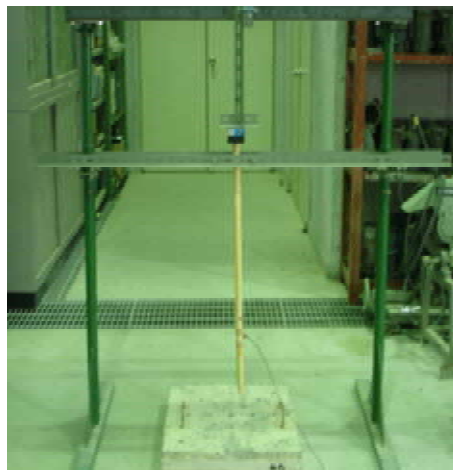


写真-1 檜棒の落下試験



写真-2 足の落下試験



写真-3 ひじき状ゴムチップ



写真-4 大片ゴムチップ

性試験と同一のものを使用した。また、ゴムチップを混入したコンクリート板は、下層5cm にゴムチップを混入しないモルタルを打設し、上層

表-2 ゴムチップの性質

種類	長さ (mm)	幅 (mm)	密度 (g/cm ³)
ひじき状	16~27	2.7~5.5	1.1
大片ゴム	10~100	1~30	1.1
小片ゴム	1~5	1~5	1.1



写真-5 小片ゴムチップ

にゴムチップを混入したモルタルを重ねた2層構造の積層板とした。ゴムチップは、表-2²⁾に示すように、3種類を使用した。供試体材齢は28日とし、弾力性試験、強度試験および弾性係数測定試験を同時に行った。供試体は、26日間水中養生し、以後気中に放置した。弾性係数の測定は、円柱供試体側面に3枚のストレンゲージ(PL-60-11)を貼付し、荷重毎

表-3 コンクリートの配合(大片ゴムとひじき状の混合)

配合 番号	水セ メント 比 (%)	ゴム混入率(%)			空気 量 (%)	単位量(kg/m ³)					起 泡 剤
		記 号	大 片 ゴ ム	ひ じ き 状		水 W	セ メ ン ト C	海 砂 S	大 片 ゴ ム	ひ じ き 状	
1	65	a	0	0	20	180	277	1367	0	0	0.95
2		b	15	0				982	165	0	
3		c	15	15				596	165	165	
4		d	30	0				596	330	0	
5		e	30	15				211	330	165	

3. 試験および考察

3-1 GB 係数、空気量および圧縮強度³⁾

図-1は、材齢28日での配合1~5のGB係数、空気量および圧縮強度を示す。ゴム混入率0%のもので、空気量は20%、圧縮強度は12.5N/mm²であった。同図によると、ゴム混入率が大きくなるに従って空気量は増加し、圧縮強度は減少する傾向を示した。他の配合でも同じような傾向を示した。この結果は、これまでの著者らの実験結果と同様な傾向を示した。

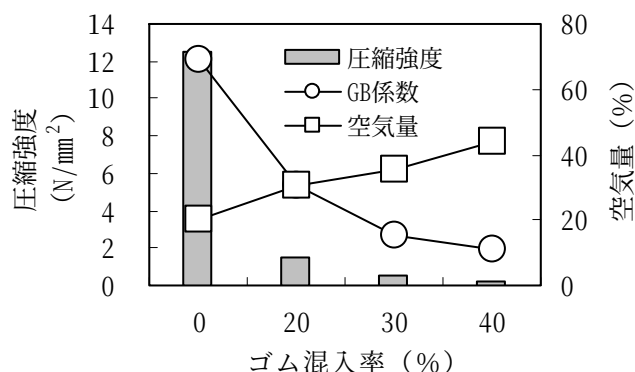


図-1 圧縮強度と空気量とGB係数(ひじき状ゴム使用)

3-2 檜棒と足の波形

図-2に檜棒と足での衝撃の波形を示す。図の波形は、ゴム混入率20%の積層板を使用した場合である。

ひずみの大きさは、コンクリート板に物体が接触した瞬間での第1波が著しく大きく、以降ひずみは、急激に低下している。特に檜棒での衝撃は、供試体に当たった瞬間に著しく大きな値を示し、以降急激に低下している。足でのひずみ波形は、檜棒の場合と異なり、上に凸の穏やかな放物線形を示している。ピークから0ひずみになる時間は、約10msecと檜棒の場合より長い時間を要している。これは、足自体が衝撃を吸収し、衝撃を和らげているからだと考える。衝撃の強さとして、以後、この最大ひずみ(第1波)を用いて考察した。

3-3 檜棒の落下高さの決定

図-3は、檜棒を5.0cmと7.5cmから自由落下させたときの衝撃値を示した。檜棒の衝撃値を比較した場合、檜棒Aだと衝撃値が大きかったため、小型の檜棒Bについて、さらに落下試験を行った。以後、足と比較しやすいように檜棒Bで

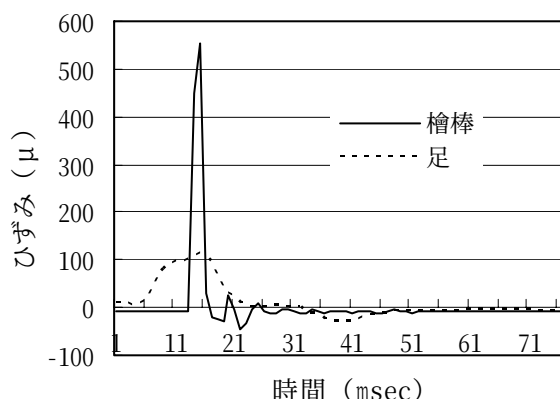


図-2 檜と足の波形データ

落下高さ 5.0cm の衝撃値を用いて考察した。

3-4 足の落下高さの決定

図-4 は、人が落下高さ 20cm および 30cm でコンクリート板に着地したときの衝撃値を示した。同図によると、足での衝撃値は、落下高さ 30cm で $115 \sim 170 \text{ m/s}^2$ であり、檜棒の場合に比べて、 $1/5 \sim 1/7$ と著しく小さい。檜棒での衝撃値になるべく近い値にするために、以後落下高さ 30cm の衝撃値を用いた。位置エネルギーは、 $E = mgh$ で表示され、人の場合が質量および落下高さとも数十倍ほど大きい。しかし、衝撃値は足での測定値が著しく小さい。このことから人間の足は、衝撃を受けても、くるぶしや膝に衝撃が伝わらない構造となっているものとする。

3-5 ゴム混入率と衝撃値および変動係数

図-5 は、小片ゴム混入の衝撃値および変動係数を示す。図-6 は、表-3 の配合番号 1~5 の衝撃値および変動係数を示す。両図とも図 3、4 と同様にゴム混入率が大きくなると、檜棒 B および足の衝撃値は減少している。図-6 によると、c、d および e で、檜棒 B での衝撃値は、約 500 m/s^2 以下となっている。しかしながら、変動係数は、一部で 20% 以上となり、檜棒 B および足の両者とも図-5 の小片ゴム使用のそれより若干大きくなっている。

3-6 GB 係数と檜棒 B および足の衝撃値

図-7 は、ひじき状ゴムを混入した供試体での GB 係数、足および檜棒 B による衝撃値の関係について示す。同図によるとゴム混入率が大きくなるにつれて檜棒 B の衝撃値と GB 係数ともに小さくなっている。この傾向は、小片ゴムおよび大片ゴムを使用した場合にも、同様な傾向を示した。特に檜棒 B の衝撃値は、ゴム混入率 0% で約 1700 m/s^2 であるが、ゴム混入率 40% になると約 160 m/s^2 と約 $1/10$ に減少していることが分かる。足の衝撃値は、ゴム混入率 0% の場合が約 170 m/s^2 、40% の場合が約 110 m/s^2 と減少の程度は小さいが、同様にゴム混入率が大きいほど衝撃値が減少している。GB 係数と檜棒 B での衝撃値は、ゴムチップ混入率の増加により、全く類似した傾向を示している。従って、GB 係数と檜棒 B の衝撃値との関係は強いことが考えられる。

3-7 衝撃値と GB 係数

図-8 は、ひじき状のみと小片ゴムのみの檜棒 B の衝撃値と GB 係数の関係について示す。図-9 は、ひじき状のみと小片ゴムのみの足の衝撃値と GB 係数の関係について示す。図-8 によると、

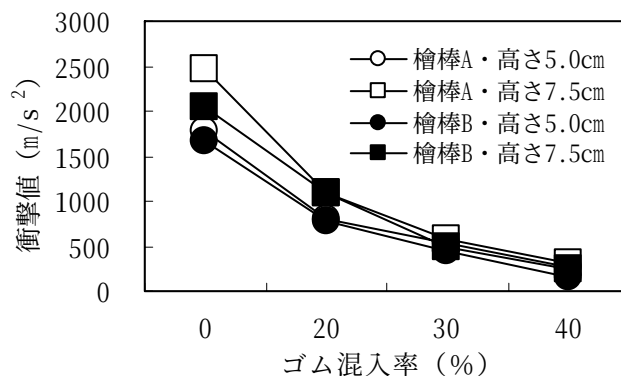


図-3 檜棒の落下高さと衝撃値 (ひじき状ゴムを使用)

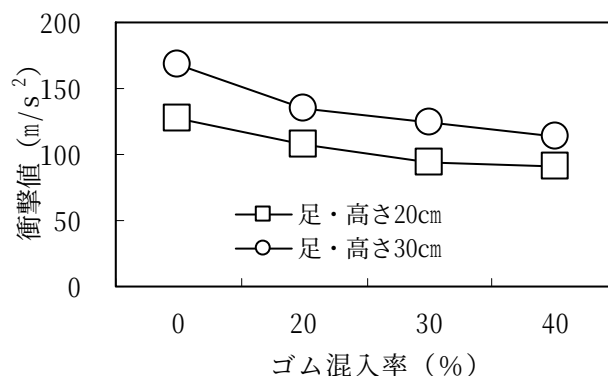


図-4 足の落下高さと衝撃値 (ひじき状ゴム使用)

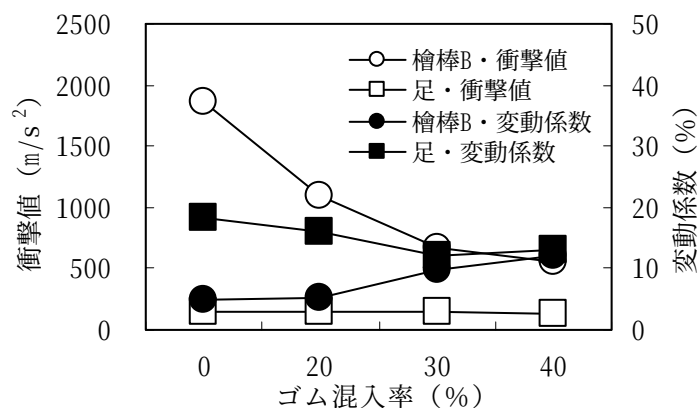


図-5 衝撃値と変動係数 (小片ゴム使用)

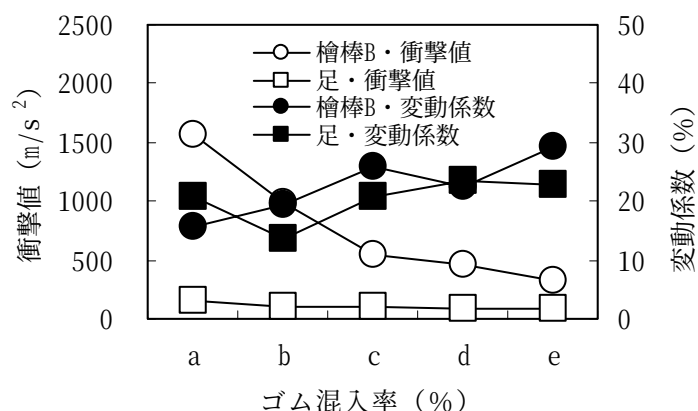


図-6 衝撃値と変動係数 (大片ゴムとひじき状の混合)

檜棒 B に与える衝撃値が小さくなると GB 係数も小さくなる傾向を示した。GB 係数と檜棒 B による衝撃値との相対関数 R が約 0.99 であり、関係が極めて大きいことが分かる。檜棒 B の衝撃値が小さいほど、即ち、GB 係数 20%以下と小さくなると供試体は、弾力性に富んでいるものと考えられる。図-9 によると、GB 係数が小さくなると足への衝撃値が小さくなっている。GB 係数と檜棒 B および足での衝撃値は、比例関係が大きいことが分かる。従って、ゴルフボールによる反発係数 (GB 係数) によって、コンクリート板への衝撃値が分かり、コンクリート板の弾力性を知ることができるものと考えられる。

3-8 GB 係数と弾性係数³⁾

図-10 は、ひじき状のみと小片ゴムのみの GB 係数と弾性係数の関係を示す。同図によると弾性係数が 2 ~ 0.2N/mm² あたりで、GB 係数が 10~30%の間でばらついている。これより、ゴム混入率を小さくするに従い、弾性係数・GB 係数も小さくなると言える。

4.まとめ

本研究から次の事が得られた。

- (1) ゴムチップ混入率を大きくすれば空気量が増加する傾向を示す。GB 係数は、ゴム混入率が 20~40%と多くなると著しく小さくなり、弾力性が向上するものと考えられる。このことからゴムチップが普通コンクリートより、衝撃を吸収し、檜棒や足に与える衝撃を軽減しているものとする。
- (2) GB 係数は、檜棒および足への衝撃値と相関関係が強いことが分かった。従って、GB 係数を測定することにより、足への衝撃値を知ることが可能と考える。

(参考文献)

- 1) 高山俊一、豊島弘記、矢尾裕二：ゴムチップを混入した足に優しいコンクリートの開発、平成 15 年度卒業研究概要集、pp.21
- 2) 土木学会：土木材料実験指導書、平成 13 年改訂版、pp.35~38
- 3) 栗津清蔵：絵とき土木施工、オーム社出版局、pp.2~5

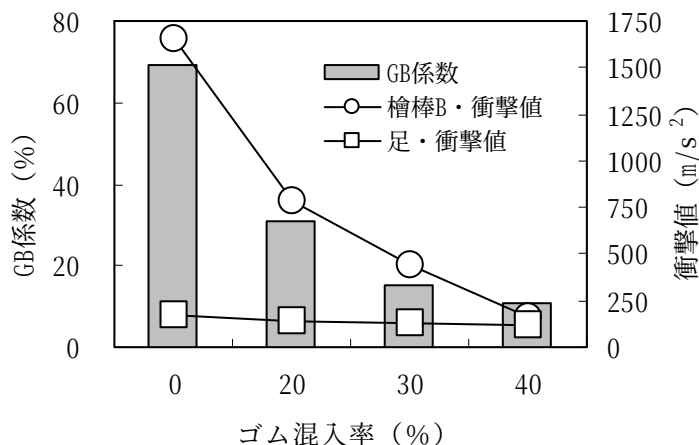


図-7 GB係数と檜棒B,足の衝撃値
(ひじき状ゴム使用)

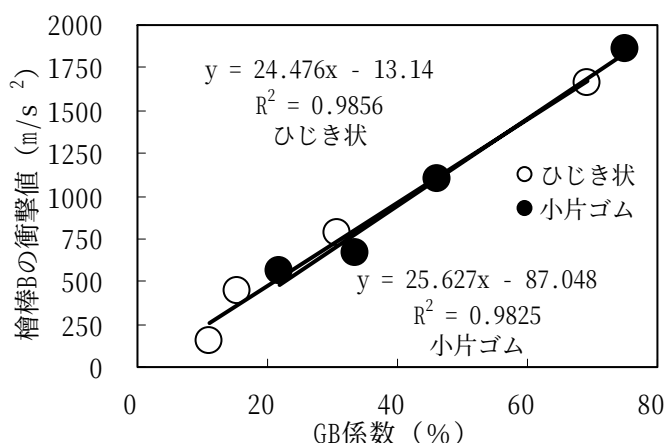


図-8 GB係数と檜棒Bの衝撃値

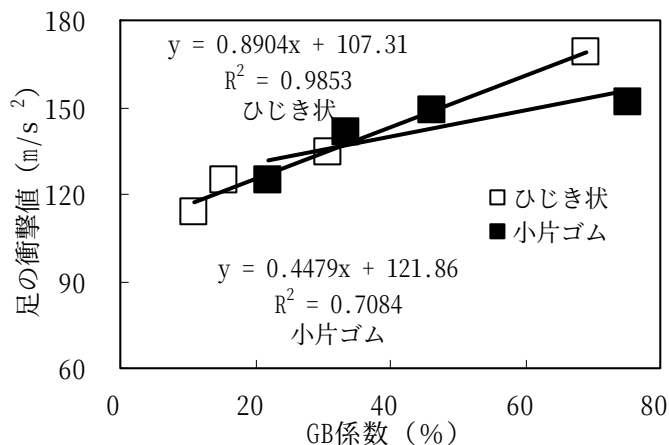


図-9 GB係数と足の衝撃値

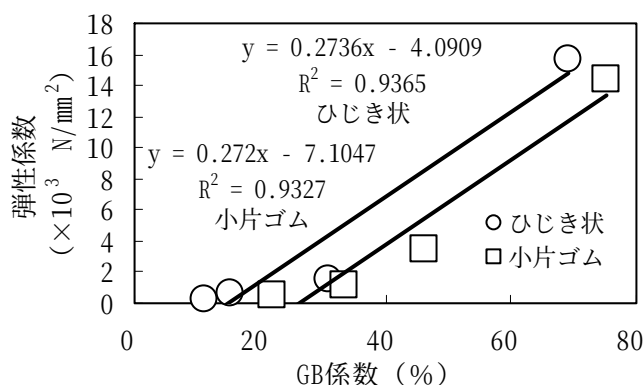


図-10 GB係数と弾性係数