

竹の土木構造物への活用に関する研究

熊本県立熊本工業高等学校 土木科 工業クラブ
込山憲乃、上田茉宝、山中徳馬 他3名

1 研究動機

SDGs (持続的成長) の目標に身近で過剰に存在し、有効に利用されていないものを土木構造物に活用したいと考えて今回のテーマとした。そこで目に留まった材料が竹である。竹は生育が早く、管理しないう竹林面積は増加してしまっているので伐採し、有効利用できないで廃棄されることが多い。この竹を環境に良い構造物に活用したいと考えた。アスファルトやコンクリートは真夏の日差しを吸収せず、ヒートアイランドなど地球温暖化の一因となっている。その点土系舗装は柔らかい歩き心地と安らぎを与えることができる景観があり、日差しの照り返しも少なくアスファルト道路とは違い環境に良い構造物である。また、防災上橋梁の橋脚を補強するなど近年コンクリートの引張強度を補うために用いられている繊維補強コンクリートも今後重要になる土木構造物である。竹は強い靱性を持ち、過去にはコンクリートにおける鉄筋の代わり使用されたこともあるほどの引張力を補強する力を持っている材料である。この特性を活かし、竹を土系舗装やコンクリートに活用できないか、その可能性を考えて、様々な土木構造物への適用を提案してみた。

2 竹の特性と竹林の現状

2-1 繁殖性の強さ

竹は、たいへん繁殖力が強いために定期的な伐採がないと竹林面積は増えて行ってしまう。特に九州では、竹林面積が多く、**本県熊本も全国第6位にランクイン**している。

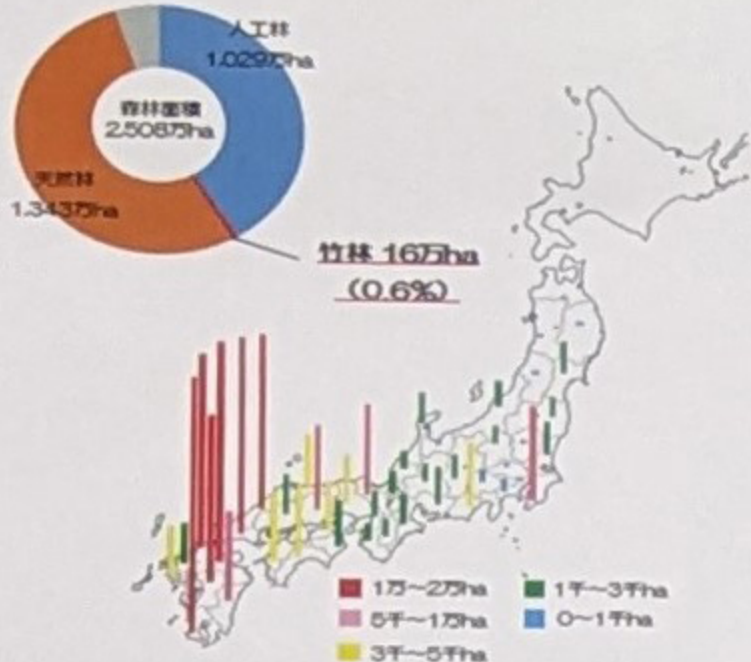


図-1 竹林面積と分布状況

(平成24(2012)年3月31現在)
資料: 林野庁「森林資源の現況」

表-1 竹林面積の多い府県 (単位: 千ha)

	H19年 竹林面積	H24年 竹林面積	増減
1 鹿児島県	16.2	16.0	▲0.2
2 大分県	13.5	13.6	0.1
3 福岡県	11.9	12.9	1.0
4 山口県	12.1	12.1	-
5 鳥取県	10.1	10.9	0.9
6 熊本県	10.6	10.4	▲0.2
7 千葉県	6.1	6.0	▲0.1
8 宮崎県	4.9	5.5	0.6
9 京都府	5.6	5.5	▲0.1
10 岡山県	5.1	5.4	0.3
全国計	159.2	161.4	2.2

注: 数値は各年の3月31日現在
資料: 林野庁「森林資源の現況」

3 竹チップ土系舗装

3-1 土系舗装と竹

(1) 土系舗装の利点

- ①土の風合いがあるので、周辺の景観と調和する
- ②保水効果があるので、夏の路面温度がアスファルト舗装よりも低く(涼しく)なる
- ③柔らかさがあるので足への負担が少なくなる

(2) 土系舗装の欠点

- ①アスファルト舗装やコンクリート舗装に比べて耐久性がない
- ②自然土を使用しているため、摩耗・泥濘化する場合がある
- ③保水効果があるため、凍上や凍結融解を受けやすい



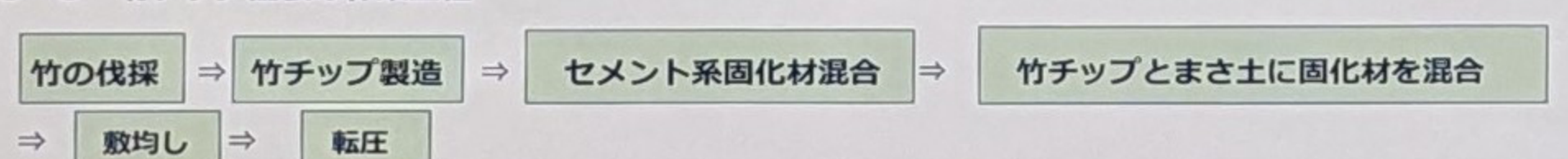
3-2 土系舗装に竹を活用する

土系舗装の欠点を補い、利点をさらに伸長するために、土系舗装に竹チップを混ぜる。

<期待される効果>

- ・土は舗装材料としては引張りに弱く、乾湿の繰り返しによるひび割れが発生するので耐久性がないが、竹チップを入れることで竹の靱性により引張りに強くなり、路面のくぼみやひび割れに強くなる。
- ・竹林を管理する上で竹チップとして土系舗装に混ぜることで、竹の有効活用ができる。
- ・竹の靱性が土系舗装に弾力性を加えることで、高齢者や子供をはじめ利用する人に優しい舗装となる。

3-3 竹チップ舗装の作業工程

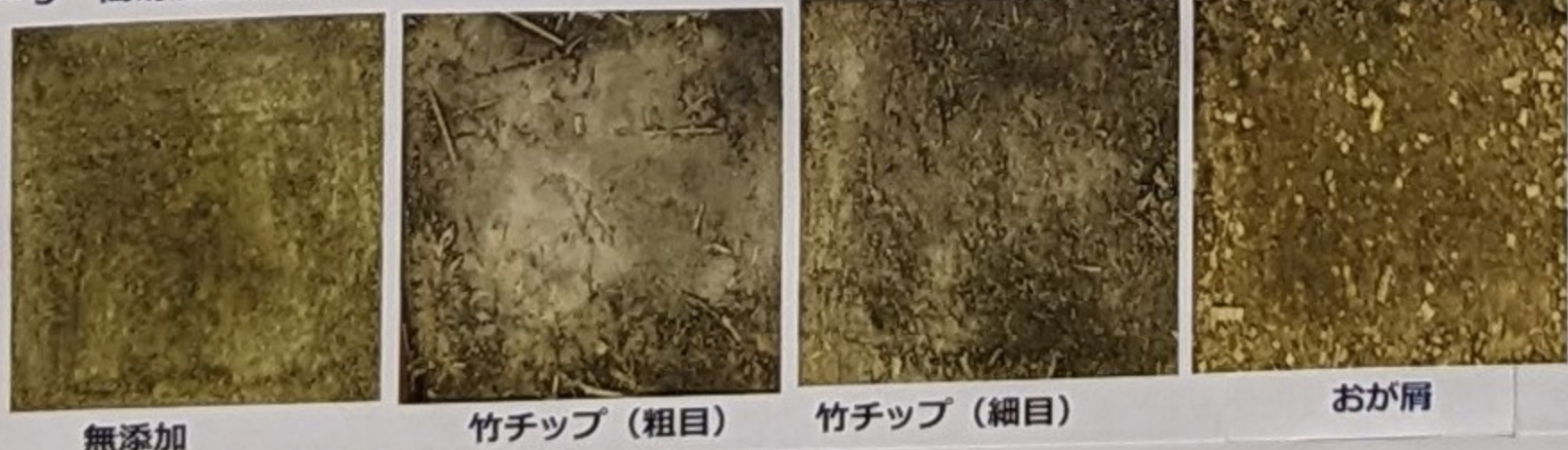


3-4 比較する添加物



※4つの比較条件 ①ブランク(無添加) ②竹チップ(粗目) ③竹チップ(細目) ④おが屑でそれぞれ30cm×40cm×5cmの容器に入れ、7日間養生してその比較を行った。
なお、竹チップ(細目)は、粗目を5mmふるいで振るい透過したものである。

3-5 簡易版土系舗装



3-6 土系舗装における添加物の違いによる比較実験

(1) 比較のポイント

比較のポイントは、下記のように**景観性**、**保水性**、**弾力性**とした。4つの異なる添加物を比較することで、竹の土系舗装における効果を検証した。



(2) 実験方法

①景観性については、公園の写真の舗装部分を空白として、4つの添加物を加えた簡易版土系舗装のうち、どれが写真の景観にマッチするかを簡易土系舗装の添加物を隠して(A、B、C、Dと表示して)アンケートを実施した。実施は、本校で8/22、23日に行われた学校見学会で来校してくれた中学生、保護者、そして本校生徒に1番マッチする舗装を選んでシールを貼ってもらった。2日間で約300名の方の参加があった。



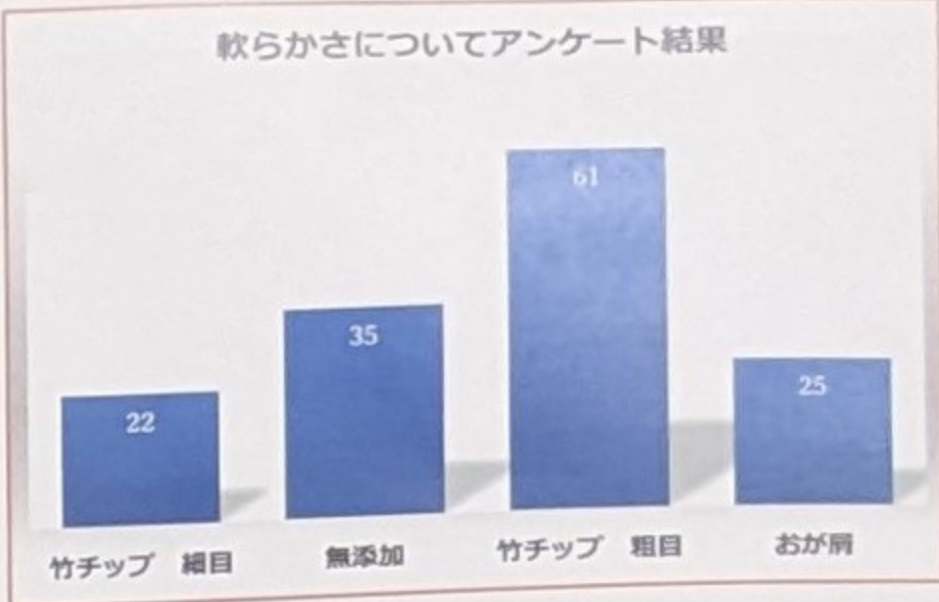
景観についてのアンケート結果

アンケート結果について: アンケート結果から**無添加の舗装**が1番人気があり、他の添加物が入った3つに関してはどれもあまり変わらない結果となりました。これについては、無添加は表面の凹凸がなくきめ細やかな路面の印象が好まれる結果となったと推測された。また、竹チップに関しては表面に竹の繊維が出ていて路面としての滑らかさに欠けているという意見が多かった。しかし、景観としては自然素材でありマッチするという意見も多く2番目の人気を得た。



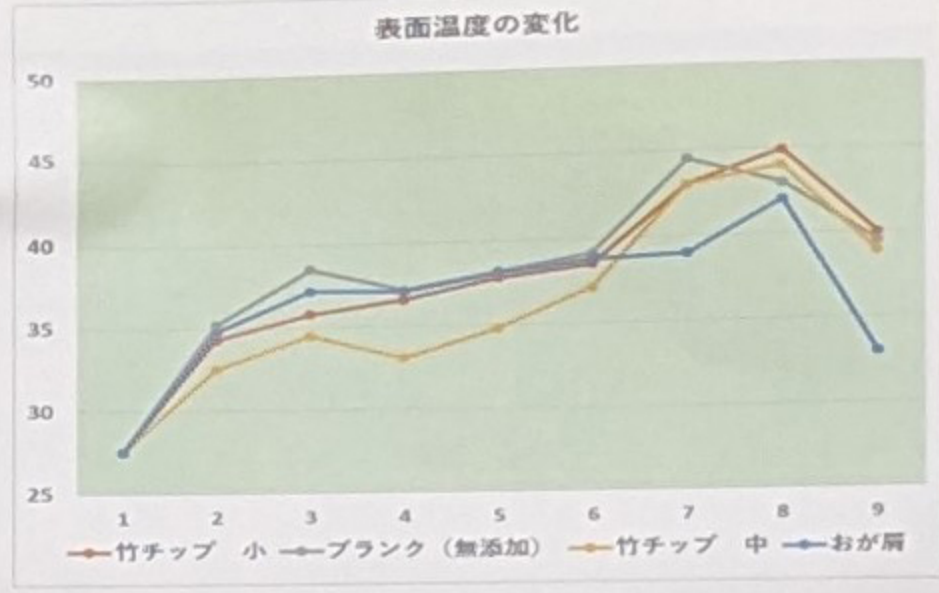
4つの供試体と景観のアンケート調査の様子

② 弾力性についても、土系舗装に関する弾力性を図る計測器がなかったため、景観性同様に実際に舗装面に下の写真のように触れてもらい、アンケートにシールを貼ってもらった。



アンケート結果について: 弾力性については、**竹チップ粗目**が1番得票が多く次に細目の竹チップ細目、おが屑、無添加の順序となった。実際に簡易舗装の表面に触ってもらい投票してもらったが、竹の靱性が表面の柔らかさに影響を及ぼしており、路面の柔軟性には竹は効果があると思われた。もちろん、機械的な計測も重要であるが、歩き心地など人が利用する上で人が触れる肌感覚も大事であると考え、この結果を採用することとした。

③保水性については、土系舗装の型枠に1Lの水を加えて、気温が上がる午前11時から30分おきに表面温度を9回計測した。



表面温度の変化



保水性の実験の様子

保水性については、**竹チップ粗目**が水分を与えた後の表面温度の上昇が最も抑えられており、逆に無添加の舗装は路面温度の上昇が顕著に計測された。1~2時間後に実際に触てみると無添加と竹チップ粗目では断然竹チップ粗目の舗装の温度が低かった。この結果については、竹は細かい繊維で保水性があり、周囲の温度上昇に対して**路面の温度上昇を抑える効果がある**ことが分かった。計測を継続していくとおが屑も温度が上がっていないが、おが屑は他の添加物と比較すると比重が小さいので体積として一番大きいことが影響したと推測される。しかし、おが屑も竹チップ同様保水性があり、路面温度上昇を抑える効果があることが分かった。

4 竹チップ繊維補強コンクリート

繊維補強コンクリートは、一般にコンクリートにステンレスやガラスで作られた繊維を拡散させ、強度を上げて橋梁の橋脚、道路の路面などの補強に利用されている。この繊維補強コンクリートはコンクリートの弱点である割れやすさを金属繊維で補っているが、材料が金属であるため全くリサイクルができないところが欠点となっている。竹には、靱性があり引張に強い特性がある上に、生育が早く、安価であることから廃棄の際にも環境に悪影響を及ぼすことがない。今回、竹チップ繊維補強コンクリートを作るために、竹チップを混ぜたコンクリート供試体を作り、引張強度を測ることでその効果を調べた。



4-1 竹チップ入りコンクリート供試体による引張強度試験

(1) 供試体の製作



(2) 供試体の表面と完成した供試体の様子



※今回の実験は、通常実習で行なっている供試体を4つの条件に分けて作成した。

1 ブランク(無添加) 2 竹チップ粗目 3 竹チップ細目 4 おが屑

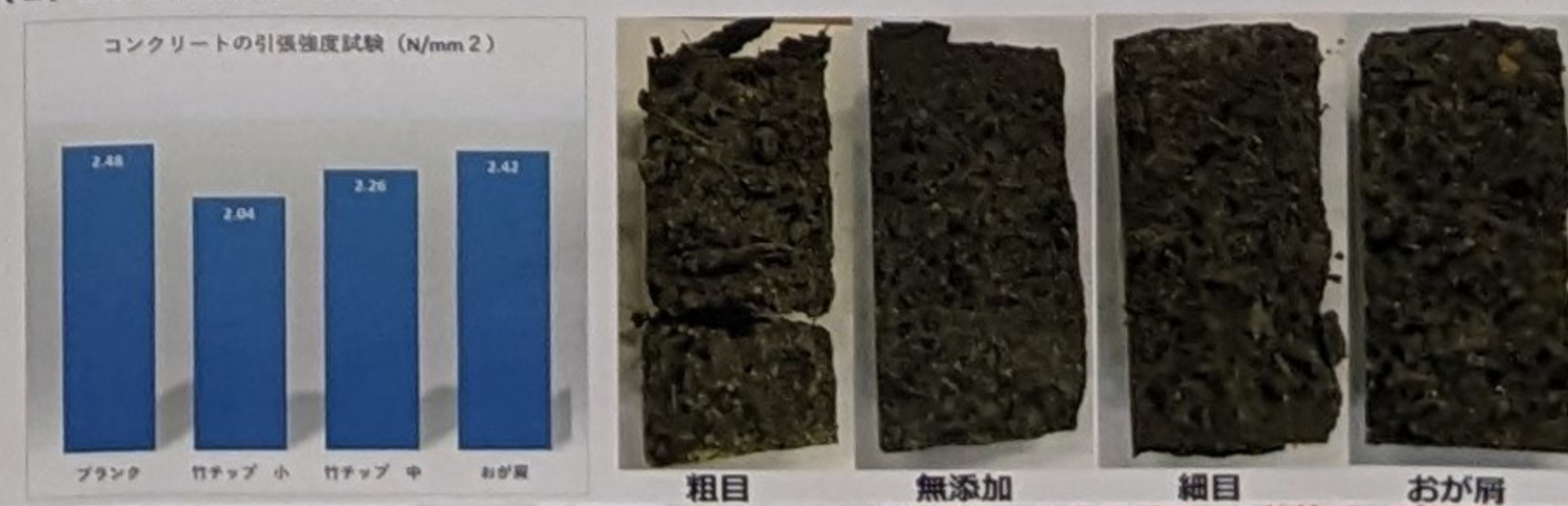
それぞれ、1パッチに対して30gずつ練り混ぜた。練り混ぜる際、竹チップは乾燥させたこともあるがコンクリートに対して混ぜるにいく、供試体に詰めた後も竹の繊維が邪魔して完成した供試体に若干空洞が見られた。また、条件としては、セメントは普通ポルトランドセメントで水セメント比55%とした。供試体は水中養生を28日間行い十分強度が上がった後、実験を行ってコンクリートの引張強度を測った。

5-2 割裂引張試験実験について

(1) 割裂引張強度試験とは、コンクリートの引張強度を計測するために、通常は供試体を縦にしてコンクリートの圧縮強度を測るところを供試体を横にして上から荷重をかけ、コンクリートの引張強度を測る実験である。これにより、添加物の違いがコンクリートの引張強度がどのような影響を及ぼすのかについて比較検討した。



(2) 割裂引張試験実験結果



割裂引張強度試験の結果については、左上グラフのとおり**1位無添加**、2位おが屑、3位竹チップ粗目、4位竹チップ細目の順となった。実験後の右上の破砕断面写真からも分かるように、竹チップを入れた供試体は竹チップが骨材同士の噛み合わせを邪魔する形で上下にも破砕しており、全体的に脆くなった。無添加はきめ細やかで骨材同士の結合がしっかりしている印象を受けた。この結果として、竹チップがコンクリートの引張強度を補うという結果は得られなかった。しかし、強度の差は小さかったため、今後竹チップの形状や添加量などを変えて実験し、さらに研究を深めていきたいと思う。(竹が水分を吸収するので、コンクリートが固まる過程での水の量が影響している可能性もあると考えられる)

6 考察

- (1) 竹チップを製造してみて、粉砕度によって用途がいろいろあると感じた。また、竹は靱性があり繊維がかなり強いので、土とも相性がよく**景観**、**弾力性**において効果があり、また、**保水性**に富み路面温度の上昇も抑える**効果が確認できた**。土系舗装の弱点であるひび割れに対しても竹チップを入れることで耐久性も上がるということが分かった。
- (2) コンクリートは圧縮に強く、引張に弱く、これを補うために竹チップ繊維補強コンクリートの製作に取り組んでみたが、コンクリートの引張強度を補う効果は確認できなかった。しかし、これまでのガラスやステンレスなどの繊維補強コンクリートと比較して、竹の繊維は強く自然素材なので、リユース、リサイクルの面で有効であるので、添加量や水セメント比など条件を変えてさらに研究に取り組んでいきたい。
- (3) 今回、竹という身近な材料で様々な用途に使用できる材料であるとわかった。土木構造物の弱点を自然素材である竹で補うことができれば、地元では自生して用途が少なく廃棄するしかない材料の有効利用にも繋がり、SDGsにも貢献できると感じた。今後、さらに詳細について研究したいと考えている。

7 参考文献

佐藤研一 新技術説明会「竹の土系舗装への活用法」: 福岡大学 H3 0.5.15