

ペットボトル廃材を用いた透水マットの屋外体育施設への適用性に関する研究

道路研究室 石塚 良一

指導教官 高橋 修

1. 研究背景

現在、ペットボトルは私たちの生活に広く使用されており、その生産量は年々飛躍的に増加している。しかし、ペットボトルのリサイクル率は低く、使用済みペットボトルが山積みになっているのが現状である。

また同時に、グラウンド舗装において排水設備である暗渠管の目詰まりのため、排水機能が早期に低下するという問題が起こっている。

これらの問題を解決するため、現在ペットボトル廃材を用いた透水マットの開発が行われている。これは写真-1のようにペットボトルをペレット状に加工し、それを写真-2のように不織布で包んだものである。

この透水マットは優れた透水性を有しており、グラウンドの下層に埋設した場合、高い排水性能が期待される。また透水マットを作製することによって、未処理のペットボトル廃材が大量に消費されるというメリットも有している。



写真-1 ペットボトルのペレット



写真-2 透水マット

2. 研究目的

透水マットを用いたグラウンドは既に試験的に施工されており、その効果については目視であるが確認されている。しかし透水マットを広く普及させるには、透水マットを用いたグラウンドの透水性・強度特性・長期耐久性などの基本的データが不可欠である。

本研究では以下に示す2つの性能に着目し調査を行い、透水マットの有効性について検討した。

降雨時に雨水を速やかに排除できる高い透水性を有していること

屋外体育施設として十分な支持力を有していること

これら2つの基本的性質を支配するパラメータとして、透水マットの厚さとその上に覆土される表層土の厚さが挙げられる。例えば、透水能力のみを追及するのであれば表層土は薄くてかまわないが、支持力は低下してしまうだろう。

本研究の目的は、透水マットと表層土の厚さを変化させたときに、グラウンドが有する透水性および支持力性能を評価することである。

3. 透水性能・支持力性能の評価方法

透水マットを敷設した地盤の透水性能・支持力性能を評価するため、室内および屋外で透水試験と支持力試験を行った。

3.1 透水性能の評価方法

透水係数は地盤の透水能力を表す基本的な物理定数となる。そこで、室内にて透水試験を行い、透水マットの材料であるペットボトルのペレットの透水試験を行った。ペレットは透水性が非常に高く、水の流れが乱流状態であり動水勾配に対して透水係数が一定とならないので動水勾配を変化させながら透水試験を行った。また透水マットは地中に埋設されるため、ペレットの上に土をかぶせた場合の透水試験も行った。

本研究は透水マットの屋外体育施設への適用を検討することが目的であるので、透水マットを実際に屋外に敷設した場合のデータが必要不可欠となる。そこで、屋外に 60m² 弱の試験ヤードを建設した。透水マットや表層土の厚さが透水性能と支持力性能に与える影響を調べるため、試験ヤードは 6 種類の断面構造からなり、それぞれ透水マットと表層土の厚さが異なっている(表-1)。なお、比較のため透水マットの代わりに砕石を用

いた断面もある。

試験ヤードは、地盤に浸透した雨水が各断面に接続したパイプを伝って外に排出されるようになっているので、パイプからの雨水排出量を測定することにより、試験ヤードの透水性を評価することにした。

表-1 各断面の構造

	マット厚さ	表層土厚さ
断面 A	5cm	15cm
断面 B	8cm	15cm
断面 C	12cm	15cm
断面 D	5cm	10cm
断面 E	5cm	20cm
断面 F	砕石(C-40) 10cm	10cm

3.2 支持力性能の評価方法

支持力の評価は、まず室内に構築した土槽において図-1のように透水マットを敷設し、平板載荷試験および小型 FWD による測定を行った。透水マットの厚さは二種類、表層土の厚さは 5cm ~ 20cm とした。

さらに、屋外試験ヤードにおいて小型 FWD による測定を行った。

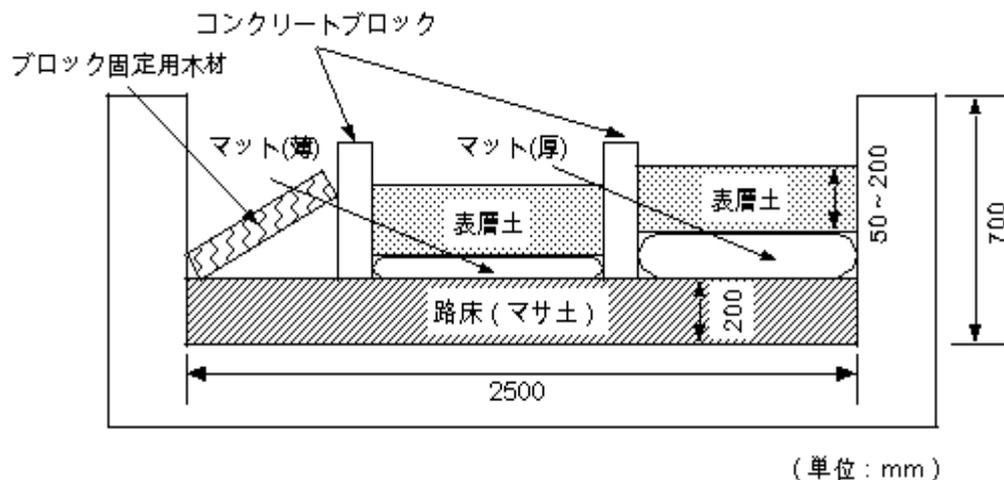


図-1 室内土槽の構造

4. 試験結果

4.1 透水試験結果

図-2 はペットボトルペレットと砕石の透水係数の比較である。両者とも 1.0cm/s 以上の透水係数を有しており、土質材料でいえば礫と同等の高い透水性を有している。

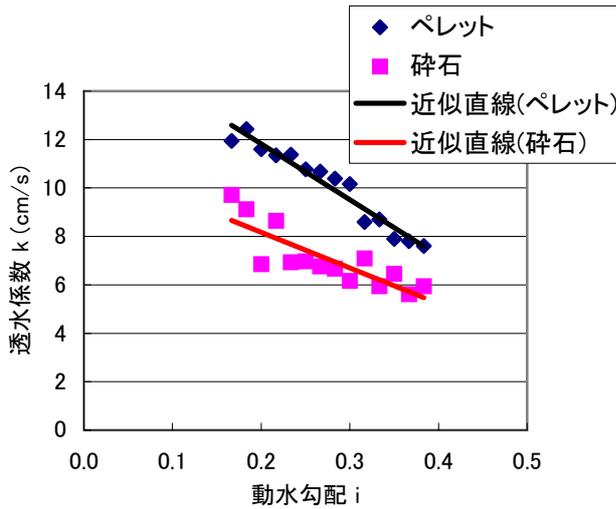


図-2 ペレットと砕石の透水係数

図-3 はペレットの上に土をかぶせた場合の透水係数の変化である。ここで

$$\text{土かぶり比} = \frac{\text{土の厚さ}}{\text{ペレットの厚さ}}$$

と定義している。土かぶり比が大きくなるにつれて透水係数は減少する。しかし、土かぶり比がおよそ 0.4 を超えたあたりで透水係数はほぼ横ばいに推移する。つまり、ある程度土かぶり比が大きくなると透水係数はほとんど低下しなくなる。グラウンドの支持力がある程度確保するためには、土かぶり比もそれなりに大きくしなければならず、その状態で透水マットや表層土の厚さが多少変わっても、透水性能にはあまり影響がないといえる。

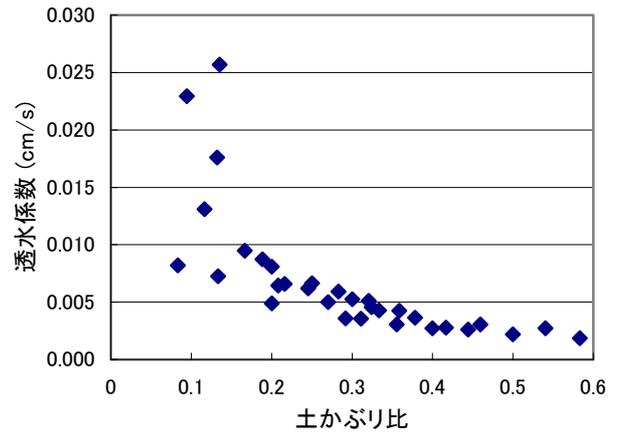


図-3 ペレット + 土の透水係数

4.2 屋外試験ヤードの透水性評価

図-4 から図-6 は平成 14 年 12 月 2 日に屋外試験ヤードにおいて雨水排水量を測定したときのデータである。当日、13:00 から 15:15 の間に 7mm の降雨があった。13:30 から 16:45 まで測定を行い、この間、適時パイプから 1 分間あたりに排出される流量を調べた。図-4 は透水マットの厚さが異なる 3 つの断面を比較したもの、図-5 は表層土の厚さが異なる 3 つの断面を比較したものである。また、図-6 は砕石を敷設した断面 F と、これと表層土の厚さが同じである断面 D との比較である。

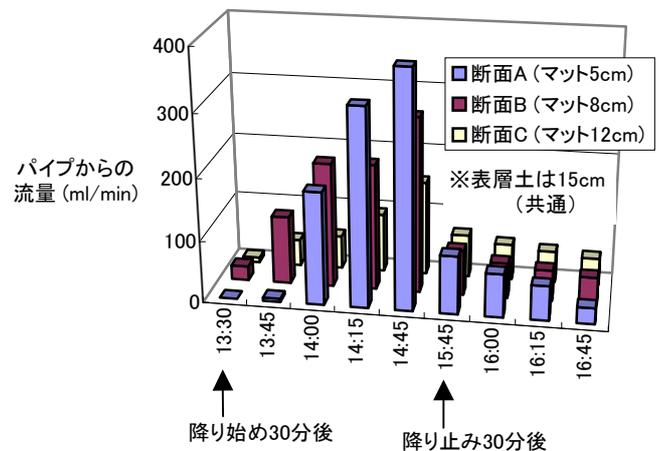


図-4 透水マットの厚さによる雨水排水量の違い

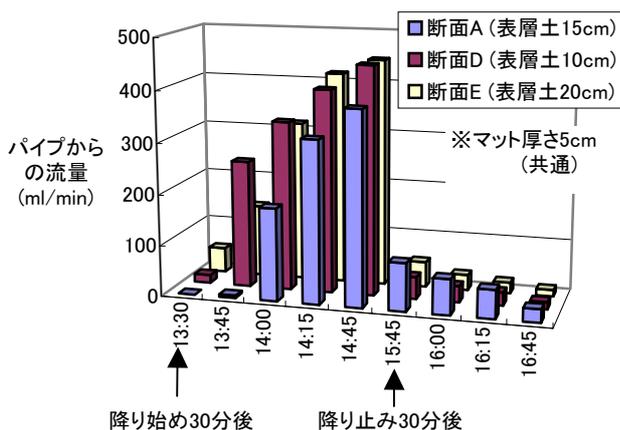


図-5 表層土の厚さによる雨水排水量の違い

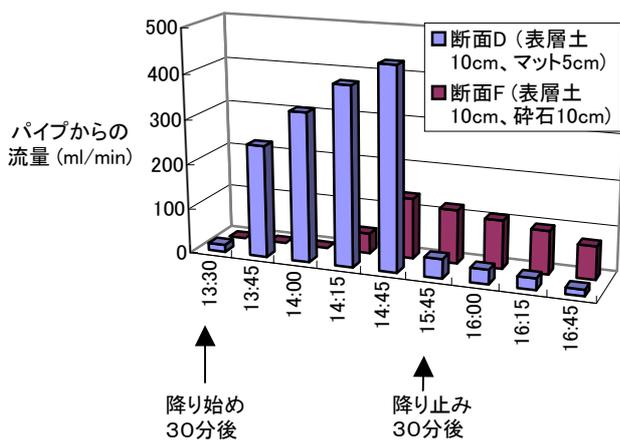


図-6 透水マットと砕石の比較

透水マットの厚さが変わっても、雨水排水量には明確な差が見られなかった。また、表層土の厚さが変わった場合でも明確な違いが見られない。雨天時に水たまりができることはほとんど無く、透水マットを敷設したどの断面でも水はけが良好であることが確認できた。

一方、透水マットの代わりに砕石を用いた断面では他の断面より明らかに透水能力が低下している。室内試験の結果から砕石とペレットの透水能力に大きな差はないということが分かったが、地中に埋設した場合の透水性は明らかに異なっ

ている。これは、砕石の目詰まりが原因と考えられる。今回の測定データは試験ヤードの施工から1ヶ月近く経過した時点のものであり、このときすでに砕石が表層土によって目詰まりを起こしていたと推定される。これに対して透水マットはペレットを不織布で包んであるので、目詰まりを起こしにくい。このことから、透水マットは地盤の透水性を高め、さらにそれを長期間にわたって持続させることができるということが分かった。

4.3 支持力性能

本研究では透水マットを敷設した地盤の支持力の測定に、平板載荷試験と小型FWDによる試験の2つを行っている。平板載荷試験および小型FWD試験は、ともに地盤の支持力係数を求めるための試験であるが、一般に2つの試験で得られる支持力係数の値は一致しない。ここでは、平板載荷試験より得られる支持力係数をK値で表し、小型FWD試験で得られる支持力係数を K_{HFWD} 値と表記している。

図-7は室内土槽における平板載荷試験の結果、図-8は室内土槽における小型FWDの試験結果である。また、図-9は土槽で行われた2つの試験の結果から得られた、平板載荷のK値と小型FWD試験の K_{HFWD} 値の関係である。

透水マットが厚い方は、薄い方に比べ支持力が低いという傾向が見られた。

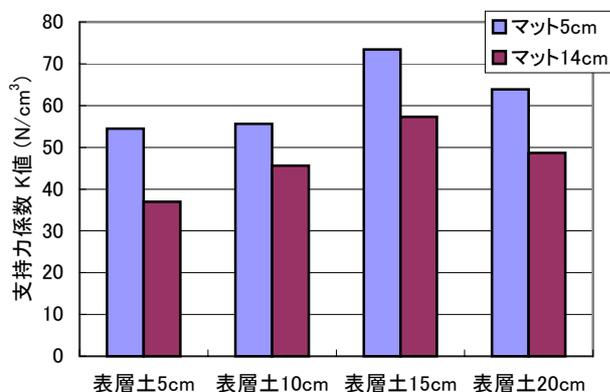


図-7 室内土槽における平板載荷試験結果

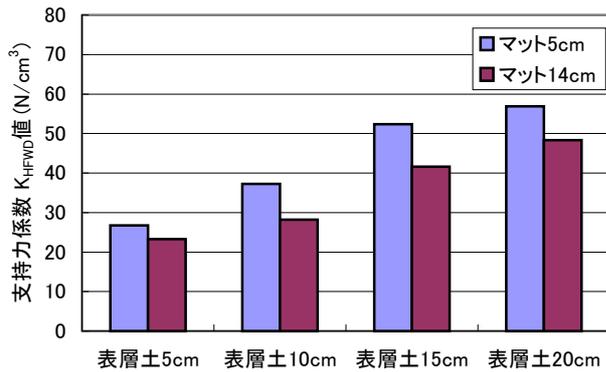


図-8 室内土槽における小型 FWD 試験結果

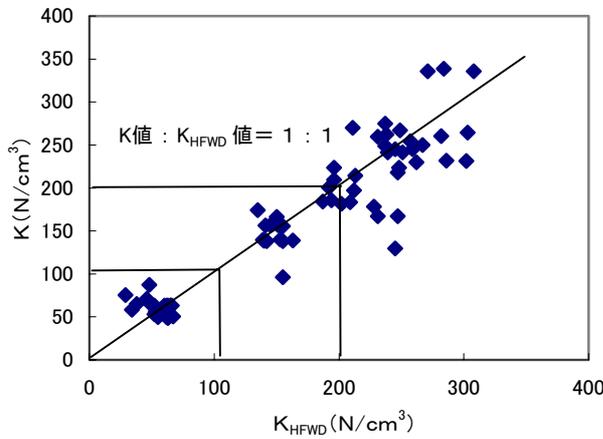


図-9 K 値と K_{HFWD} 値の関係

図-10 は試験ヤードにおける小型 FWD 試験の結果である。なお、比較のため本学の多目的グラウンドで測定したデータも載せている。また、図-11 は図-9 の関係式を用いて、小型 FWD 試験の K_{HFWD} 値のデータから平板載荷試験の K 値を推定したものである。

碎石を敷設した断面や本学のグラウンドと比較すると、透水マットを敷設した地盤の支持力のはるかに低いことがわかった。試験ヤードの中で表層が最も厚いものでも 20cm であったが、グラウンドに必要な支持力を確保するにはもっと表層土を厚くする必要があるだろう。

また、室内試験では表層土の厚さが大きくなるにつれて支持力が増加し、また、透水マットの厚さが薄い方が支持力が大きくなるという結果になった。しかし、屋外試験ヤードにおける試験では、表層土および透水マットの厚さが変わっても支持力はほとんど変化しないという結果になった。これは試験時の地盤状態の違いが原因であると考えられる。屋外の試験は前日に降雨があり地盤が湿潤状態であったが、室内の試験は地盤が乾燥状態であった。また、本学のグラウンドでの測定時も地盤は乾燥状態であった。したがって、試験ヤードの地盤が乾燥しているときに改めて支持力試験を行う必要がある。

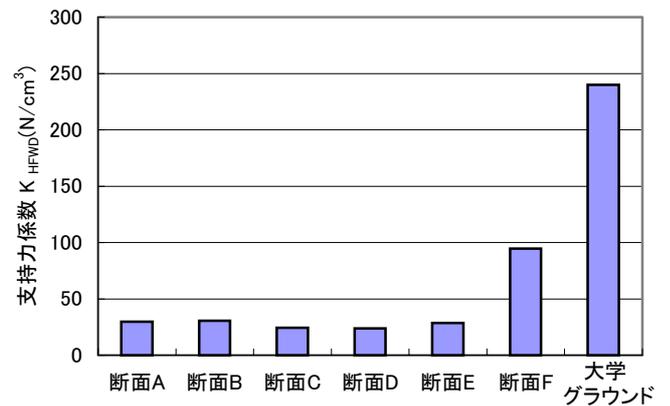


図-10 試験ヤードにおける小型 FWD 試験結果

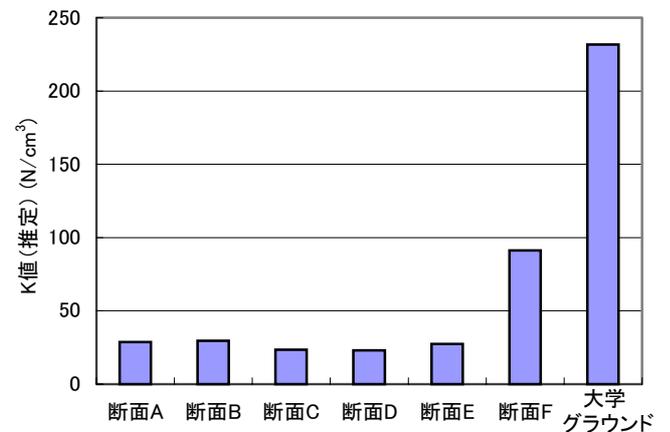


図-11 K と K_{HFWD} の関係式から推定した試験ヤードの K 値

5. 結論

透水性能の評価

透水マットを地盤の下層に埋設した場合、高い透水能力を発揮する。表層土や透水マットの厚さが変わっても透水性能に大きな変化はなく、試験ヤードのどの断面でも水はけは良好であり、雨天時に水たまりができることはほとんど無かった。これに対して砕石は透水マットと同等の透水係数を有しているにもかかわらず、表層土による目詰まりのため時間の経過とともに透水能力が低下し、地盤に浸透した雨水の排水に時間がかかるようになる。このことから、透水マットを敷設したグラウンドは長期にわたって高い透水能力を発揮することが明らかになった。

支持力性能の評価

透水マット自体は細かいペットボトルの粒子の集合体であることから、支持力は非常に乏しい。したがって、グラウンドとして十分な支持力を得るためには表層土をかなり厚くしなければならない。本研究では表層土の厚さを最大 20cm とし試験を行ったが、この程度の厚さでは満足な支持力を得ることができなかった。

以上のことをまとめると、透水マットを用いたグラウンドは透水性能に関しては申し分ないが、支持力性能に関しては問題があるといえる。

6. 今後の課題

本研究のために施工した試験ヤードが完成したのは 11 月上旬であり、今年 12 月の初頭から雪が降り始めたのでデータ採取が十分にできなかった。今回のデータは施工 1 ヶ月後のものであり、その時点では試験ヤードは高い透水能力を有していた。しかし、それが 1 年、2 年後まで持続

されるかどうかは現段階では分からない。したがって、引き続き長期間に渡って追跡調査を行う必要があるだろう。

また、支持力性能については満足な結果が得られなかったが、表層土をより厚くすることでこの点をクリアすることが可能かもしれない。今回は表層土の厚さが最大 20cm であったが、20cm よりも厚くした場合の支持力を調査する必要があるだろう。さらに、その場合透水能力がどの程度低下するのかも調べる必要がある。なぜなら、表層土が 20cm の場合でも試験ヤードの水はけは良好であったが、それ以上厚くしても高い透水能力を維持できるのかは分からないからである。

本研究では、透水マットを用いた地盤の透水性能と支持力性能のみに注目し試験を行ったが、その他の機能については検討をしていない。例えば、透水マットの集水特性や地中に埋設した場合の長期耐久性など、調査すべき項目が多く残っている。

このように、透水マットの実用にはいまだ課題が多く、さらに多くのデータが必要である。また、今回施工した試験ヤードは面積が 60m² 弱の小規模なものであったが、より実際的なデータを得るためにはもっと大規模な試験を行うべきだろう。

参考文献

- 1) 日本体育施設協会屋外体育施設部会：屋外体育施設の建設指針、1999
- 2) 杉本光隆ほか：土の力学、朝倉書店、2000
- 3) 早川典生：水工学の基礎と応用、彰国社、1994
- 4) 日本道路協会：舗装試験法便覧、丸善、1992