

雨水地下貯留タンクの貯水深と降雨強度の関係

杉井俊夫, 山田公夫, 馬 貴臣*, 市村和哉**

Influence of Rainfall Intensity on Water Depth in Underground Tank

Toshio SUGII, Kimio YAMADA, Guichen MA* and Kazuya ICHIMURA**

Abstract : The rise of the temperature by the heat island phenomenon, the permeability of the city, and the decrease in water retentivity are expanding the natural disaster. The surface layer of the rain water infiltration circulation system is composed of the layer of the soil that has the aggregated structure, and the permeability and water retentivity are higher than a usual soil. Therefore, there are a lot of advantages in control of the temperature rise and effective improvement of the infiltration capacity. Rain water infiltration circulation system was set up in campus. Rain water infiltration circulation system was set up in campus. Water level in the tank has been observed with the amount of rainfall in the present study. This report has aimed to clarify how the rainfall intensity is related to storing water, and to examine the effectiveness of the system. Consequently, the ratio that the rain water to the tank infiltrated was clarified. Moreover, the forecast of the amount of storing water by the rainfall intensity became possible by the numerical simulation of circulation system.

Keywords : Rainfall intensity, Rain water infiltration circulation system

1. はじめに

近年の都市部においてヒートアイランド現象による気温の上昇, アスファルト舗装, コンクリート舗装による透水性, 保水性の低下など様々な問題が発生している。このような問題を解決する一つの方法として雨水浸透貯留循環システムの設置が挙げられる。雨水浸透貯留循環システムとは団粒構造を有した土の層と貯水タンクを組み合わせた構造を示しており, 通常の土よりも透水性および保水性が高く, 気温上昇の抑制, 浸透能の向上, 土地の有効活用など設置には多くの利点がある。しかし, これまで実用化が先行して降雨量(降水量)に対してどれだけの貯水が可能か, また気温上昇を抑えられるかといったその機構や定量的な検証については行われていなかった。本研究では, 学内に設置した雨水貯留タンクにセンサーを取り付けて雨量・気温・湿度・日射量などの気象観測を行うとともに, 降雨強度が貯水にどのように関わっているかを観測データとシミュレーションにより明らかにし, 雨水貯留システムの有効性について検討することを目的としている。

* 岐阜大学工学部社会基盤工学科

** 名古屋港管理組合(卒業生)

2. 土の単粒構造と団粒構造

地下貯留と表層の温度上昇の抑制を期待するために、表層には団粒構造化した山砂層を用いていることも本研究の特徴でもある。ここに、団粒構造の特性を示す。一般の自然状態の土は図 1(a)のように単粒構造を有している。この単粒構造の土に高分子ポリマー剤 (GB-2000) を添加することにより、図 1(b)のように細かい粒子をまとめ粒子群を形成する団粒構造となり、細かい粒子をまとめ粒子群を形成し、大きな間隙 (マクロポア) と細かな間隙 (ミクロポア) を形成する^{1),2)}。マクロポアは透水性の向上に寄与し、ミクロポアは保水性の向上に寄与する。図 2(a), (b)は本研究室で保水性試験から得られた水分特性曲線を用いて間隙径分布³⁾を算出した結果である。単粒構造の間隙径の分布は平均間隙径を中心に間隙径が分布しているが、団粒構造になるとマクロポアである $0.1\sim 1\text{mm}$ の間隙径の分布と、ミクロポアとなる $0.1\mu\text{m}\sim 10\mu\text{m}$ の分布に分かれることがわかる⁴⁾。これにより、大きなマクロポアは水の通り易さをよくする透水性を高くし、ミクロポアは水分を吸収し保水性を高めることがわかる。

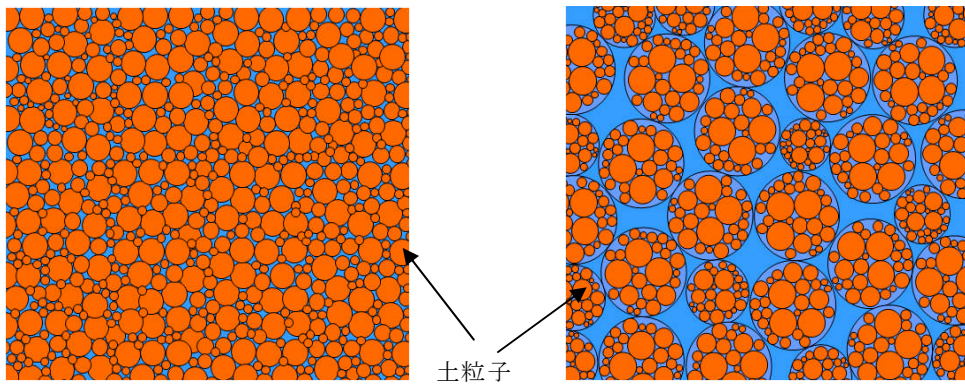


図 1(a) 単粒構造

図 1(b) 団粒構造

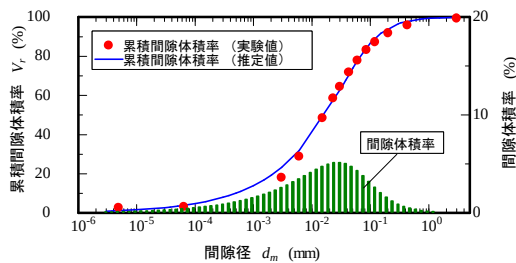


図 2(a) 単粒構造の間隙径分布

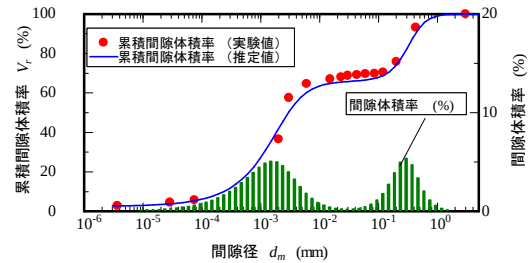


図 2(b) 団粒構造の間隙径分布

3. 設置した貯水タンク

図 3 は大学内立体駐車場北東に設置した貯水タンクの断面図である。上から水位観測用点検孔、透水性ブロック、砂、透水性保水型土舗装、単流碎石、貯水タンク、砂、単流碎石の順に設置してある。透水性保水型土舗装とは団粒構造を有した土の層を示している。団粒構造を有した

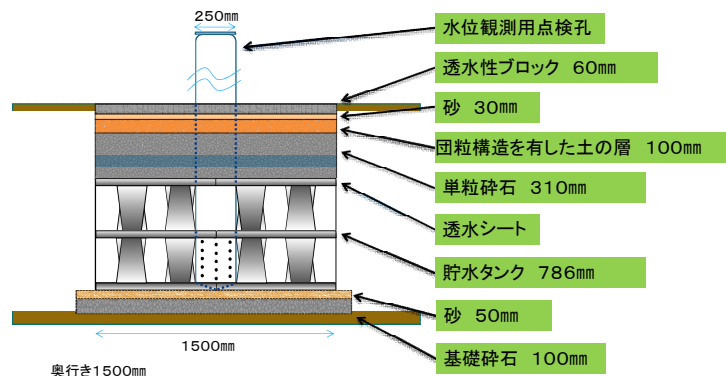


図 3 雨水貯留タンク

土を表面に使用すると目根詰まりを起こして機能が低下するため、透水性ブロックを表面に設置した(写真1)。単流碎石は強度を持たせるために設置してある。貯水タンクはブロックを現場で組み立てて施工しており、上部に透水シート、側面に外側から保護シート、遮水シート、底面に保護シート、遮水シート、保護シートが設置してある。



写真1 施工完了後

4. 観測結果からの考察

図4は9月19日から21日の水位と降雨量の経時変化である。20日午後1時に10分間で16.2mmという激しい雨が降り、一連の降雨の影響で水位が10cmほど上昇している。その後も弱い降雨が続いているが、水位はあまり上昇していない。長時間の弱い降雨よりも短時間の強い降雨のほうが、より水位に影響を与えやすいと考えられる。図5は降雨のロス(水位上昇と累積降雨の差)と累積降雨を比較したグラフであり、ほぼ直線となっているのがこのグラフから分かる。累積降雨0mmから50mm, 200mmから250mmの間で若干のずれが見られる。0mmから50mmの間で若干ロスの割合が高いのは、降雨がタンク上部の層に保水され、水位に還元されていないからだと考えられる。200mmから250mmは短時間で激しい降雨があり、表層への浸透が追いつかずロスが大きくなったと考えられる。

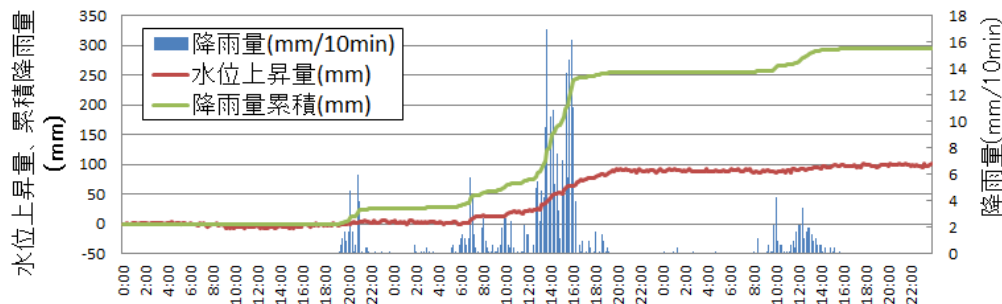


図4 台風15号接近時(9月19日~21日)

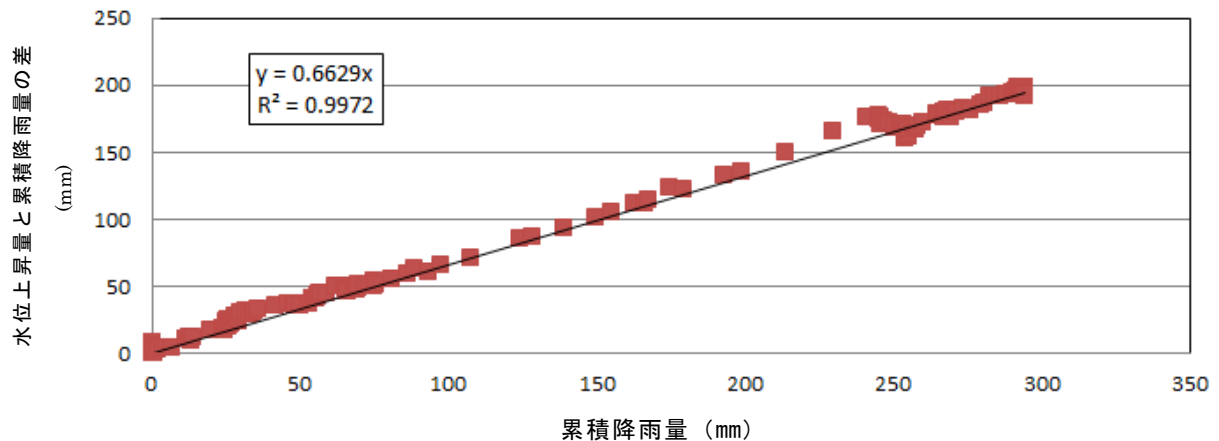


図5 累積雨量と水位上昇量の差との関係

雨水地下貯留タンクの貯水深と降雨強度の関係

貯水深と累積雨量の関係は、式(1)で与えられる。なお、少量の雨量では、団粒構造の層に保水され貯水までに至らないが、図 4 より時間雨量約 10 mm以上の降雨では、概ね 3 割から 4 割の降雨がタンク内へ流入、貯水することを示している。

$$\text{貯水深(mm)} = 0.6629 \times \text{累積降雨量(mm)} \quad (1)$$

5. 不飽和浸透解析によるシミュレーション

貯留水の水位は降雨の降り方（降雨パターン）によっても、またタンク上部には透水性、保水性の違う層が重なっているため観測値だけでは雨水の浸透と貯留の関係を見出すのは難しい。そこで不飽和浸透解析により 9 月 19 日から 9 月 21 日の状況を再現した。図 6 は解析上で再現したタンク上部の断面図で解析上の境界条件を示す。設計図と同じ縮尺を再現している。観測した 10 分ごとの降雨量を cm/sec の値に換算して入力を行った。

図 7 は流出量（解析値）と水位上昇量（実測値）との比較を示し、逆解析的に透水性に対するパラメータを同定した。流出の傾向、総流出量がほぼ一致していることがわかる。豪雨時のタンク内の水位上昇、



図 6 解析上表現したタンク上部

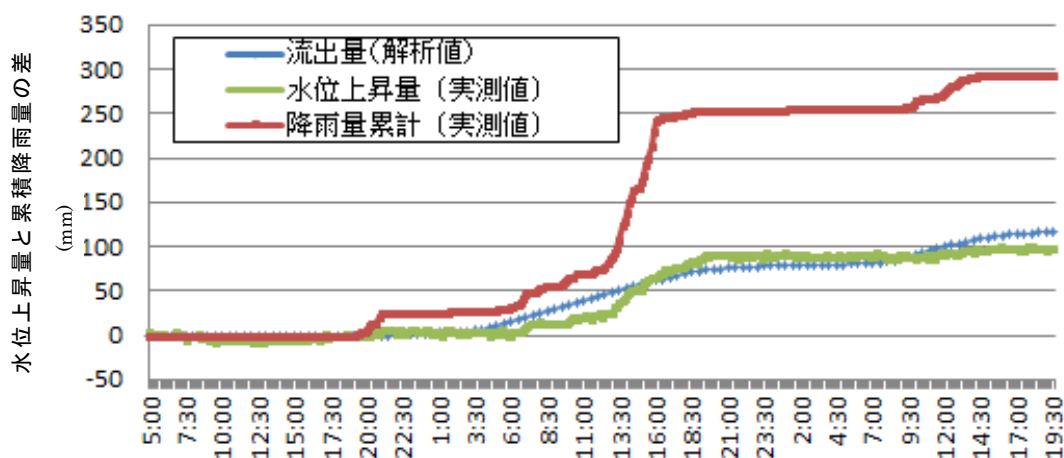


図 7 2011 年 9 月（台風 15 号接近時）の累計降雨量と水位上昇量

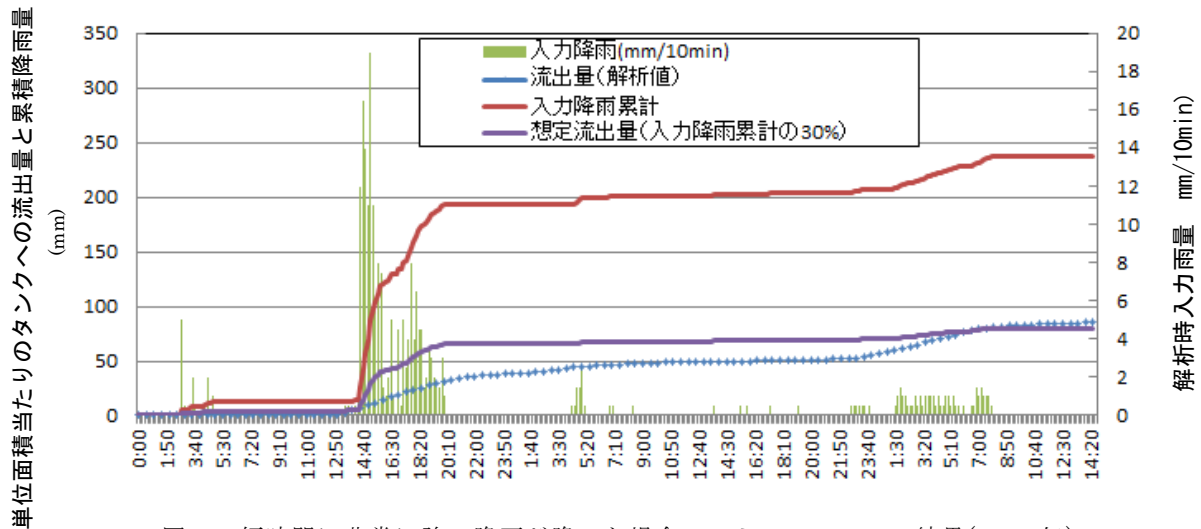


図8 短時間に非常に強い降雨が降った場合のシミュレーション結果(2008年)

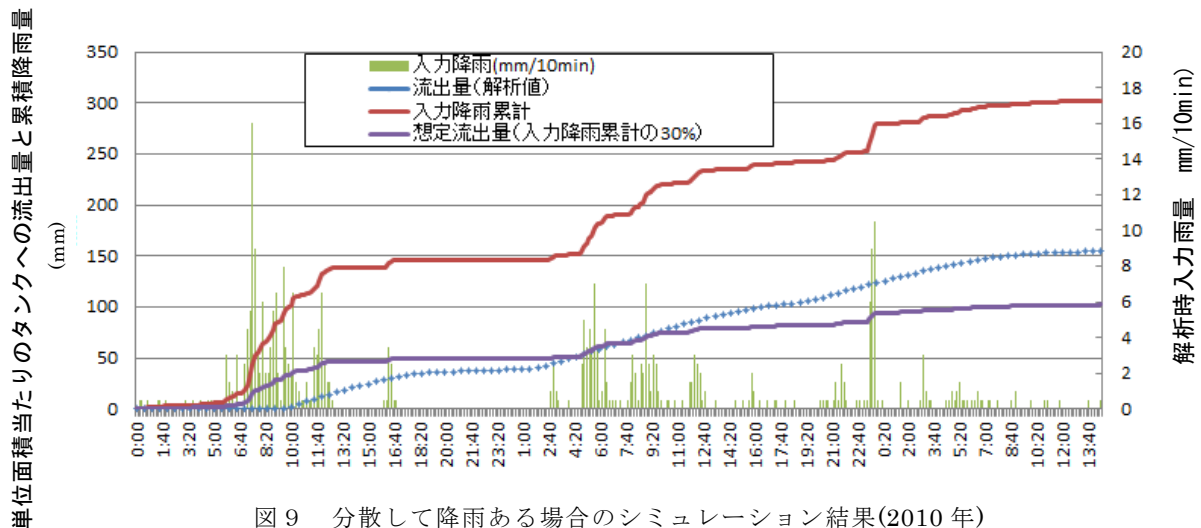


図9 分散して降雨ある場合のシミュレーション結果(2010年)

側方流出の傾向については解析上で再現できたと判断し、次に降雨パターンによっても同様な結果が得られるか検討するために、過去の降雨について気象庁のアメダスデータを用いて貯水深の変化についてシミュレーションを行った⁵⁾。シミュレーションに使用する降雨データは2008年～2011年⁶⁾の4パターンとする。名古屋地域において特に激しい降雨を記録している期間を抽出し、解析を行った。

図8、図9は2008年、2010年でのシミュレーションで入力した降雨量、入力降雨量の累計、想定流出量、解析によって得た流出量を比較したグラフである。想定流出量とは降雨のロスと累計流出量のグラフ(図5)から推定される側方への流出を式(1)で推定した値である。

2008年と2010年の降雨の傾向を比べると、2008年には降雨の山が一つしかなく、短時間に非常に強い降雨が降っているのに比べ、2010年は降雨の山が多く見られ、降雨のピークは2008年と比べて低い。2008年は2010年に比べ、豪雨の影響による側方への流出がより多かったことが降雨のピークの違いからわかる。側方に流出している間は一定量の流出しかしないため、降雨の総量が膨大でも時間間隔によってはタンク内に入る水は少なくなると考えられる。先述の2011年9月の台風15号の降雨の傾向(図4)は2008年とよく似ている。

その他のシミュレーションの結果を含めて表1にまとめる。概ねタンク内への流出は降雨量の累計のおよそ3割から5割という結果になった。図5のグラフから予想した結果よりもタンク内への流出の

雨水地下貯留タンクの貯水深と降雨強度の関係

表 1 シミュレーション結果

	降雨量累計(mm)	タンクへの単位面積当たりの流出量 (水位上昇量に相当) (mm)	タンク内への雨量 の流出割合 (%)
2008 年	237	85.2	38
2009 年	159	70.6	44
2010 年	303	154.8	51
2011 年	294	99.0	34

割合が若干高い。その理由として、分散した降雨または降雨強度が一定以上（表層の浸透能）を越えない場合の降雨の方が表面流出も少なく、貯水タンクへの流入が高いことが今回の解析から考察された。

6. まとめ

今回の観測データおよびシミュレーションから、得られた知見を以下にまとめる。

- 1) 降雨強度で約 10 mm/h 以上で貯水タンクに水が流入することが得られた。
- 2) 短期に集中する降雨は、分散した降雨よりもタンクの貯水深を上げる効果が少ない。
- 3) 最も降雨の貯水率が低い集中豪雨型でも概ね 3 割から 4 割貯水出来ることが確認できた。
- 4) 別途、水質についても検査を行っており、水道の基準を満たした水質が得られていることが分かった。

さらに、温度上昇の抑制や蒸発についても検討を続けていく予定である。

謝辞

本研究は中部大学総合工学研究所 平成 23 年度～24 年度の第 6 部門の援助を受け遂行されたものであり、ここに謝意を表します。また、貯水タンクの本学キャンパスの設置施工におきましては河口建設㈱代表取締役 鶴留修治氏に多大なご協力いただきました。ここに記して関係者各位に謝意を表します。

参考文献

- 1) T.Sugii : Study on Hydraulic Properties of Aggregate Masa Soil, Proc. of the 1st Korea-Japan Joint Workshop on Unsaturated Soils, pp.135-141, Korea (Dankook Univ.), 2009.
- 2) 方方・杉井俊夫・：団粒構造を有する土の透水特性に関する研究，第 46 回地盤工学研究発表会講演集，pp.1025-1026,2011.
- 3) 神谷浩二：砂質土の間隙径分布の評価とその利用，岐阜大学学位申請論文，pp.10-33，1999
- 4) .杉井俊夫・方方・鶴留修治：団粒化構造による透水性保水型土系舗装の評価，平成 21 年度土木学会中部支部研究発表会講演集，pp.241-242，2010.
- 5) D.Rassam, J.simunek, Th.van Genuchten：著「HYDRUS-2D による土中の不飽和流れの計算」pp.1.13-5.3,2011
- 6) 気象庁ホームページ:気象統計情報 <http://www.jma.go.jp/jma/index.html>