

62. 屋上貯留による雨水流出抑制効果 及び熱環境緩和効果

吉見 和紘^{1*}・清水雄太¹・山田 正²

¹中央大学理工学研究科都市環境学専攻（〒112-8551 東京都文京区春日1-13-27）

²中央大学理工学部都市環境学科（〒112-8551 東京都文京区春日1-13-27）

* E-mail: yoshimi@civil.chuo-u.ac.jp

近年、都市域における内水氾濫が多く報告されている。都市域では市街地の拡大による不浸透域の増加および道路側溝や下水道の整備、河川改修等の流域の排水能力の不足により氾濫が起りやすくなっている上、雨水の流動は地表面や下水管を流れるだけでなく、貯留施設、ポンプ排水および外水門の整備などにより非常に複雑化しており、雨水排水対策が急務である。本稿では、既存の建物屋上に雨水を一時的に貯留することで流出抑制を行い、氾濫被害を軽減できるかを検討する。また、雨水を屋上に貯留することで、貯留した雨水が蒸発する際の気化熱によるヒートアイランド緩和効果も期待できることから、屋上実験観測、並びに流出解析を行うことにより、屋上貯留が効果的であるかを評価することを目的としている。屋上観測ではヒートアイランド緩和効果を評価するために熱観測を、雨水流出抑制効果を評価するために水収支観測を行った。また、氾濫シミュレーションを行い、費用対効果を算出した。本研究ではこの様な屋上実験観測と流出解析により、屋上貯留には雨水流出抑制効果と熱環境緩和効果があることを示す。

Key Words : *rainfall harvesting on the top of the building, runoff suppressant, heat environmental mitigation, ceramics*

1. はじめに

近年の都市域における水害のほとんどを内水氾濫被害が占めており、雨水排水対策が急務である。既往の研究では管渠布設替え、ポンプ場の新設および地下貯留施設の新設整備とそれらの組み合わせの整備を行った場合の氾濫シミュレーションを行い、費用対効果を算出した。その結果、対象流域においては貯留施設の新設が最も雨水排水対策に効果的であることを明らかにした。しかし、現実では新規の地下貯留施設の新設は都市域において費用的・空間的に非常に困難であるといえる。そこで、既存の建物の屋上に雨水を貯留する屋上貯留について検討を行なう。一般的な手法として屋上緑化が行われているが、植物の生育には土壌やそれに付随する施設の設置・定期的な水やりや芝刈りといったメンテナンスが必要である。また、外来種の芝生が在来種の芝生を駆逐して生態系を破壊する恐れがある。そこで本研究では、既存のビルの屋上にセラミックスを敷設することを提案する。また、屋上貯留には貯めこんだ雨水を蒸発する際の気化熱により熱環境緩和効果も期待できる。したがって、本稿では屋上での現地実験・観測、並びに流出氾濫解析を行うことにより、

屋上貯留が効果的であるかを評価している。

2. 屋上貯留効果の検証

(1) 観測概要

観測場所は東京都港区にある9階建ての建物の屋上で、2010年7月下旬から現在も、熱観測と水収支観測を行っている。熱観測では100mm程度の厚さの軽石状のセラミックスと芝生を5.0m×10mに敷設し、セラミックスと芝生と敷設なしで比較を行った。水収支観測は100mm程度の厚さの軽石状のセラミックス、40mm程度の厚さの平板状のセラミックス、50mm程度の厚さの円柱状のセラミックス、60mm程度の厚さのブロック状のセラミックス、土壌厚50mm程度の芝生を40cm四方に敷設し、深さ60mmの40cm四方のタンクと比較を行った。表面温度と各種気温、各種気象項目、質量計、熱流量は1分間隔で観測を行った。表面温度と各種気温についてはT型熱電対を用いて、表面温度と鉛直上空1cm、5cm、10cm、30cm、50cmの気温を測定した。水収支は質量計を用いて、重量を測定することにより、貯留量、蒸発量を算出した。各種気象項目は気象観測装置を

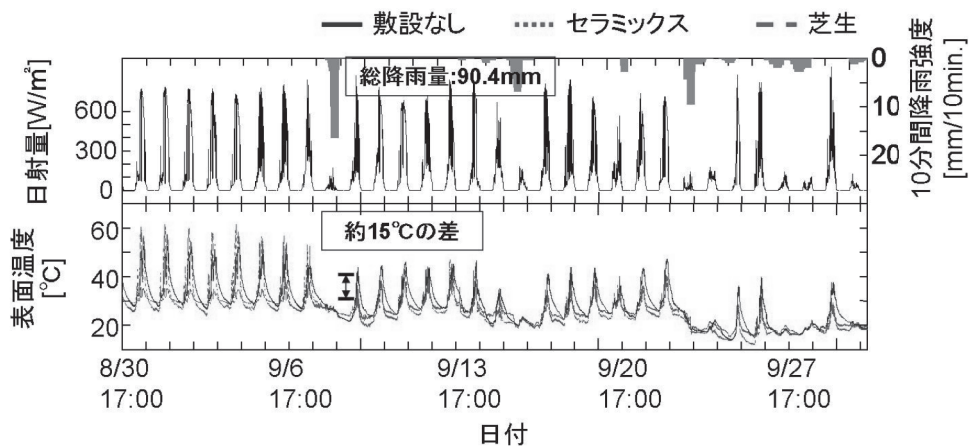


図-1 対象期間中の降雨量、日射量、表面温度の時系列

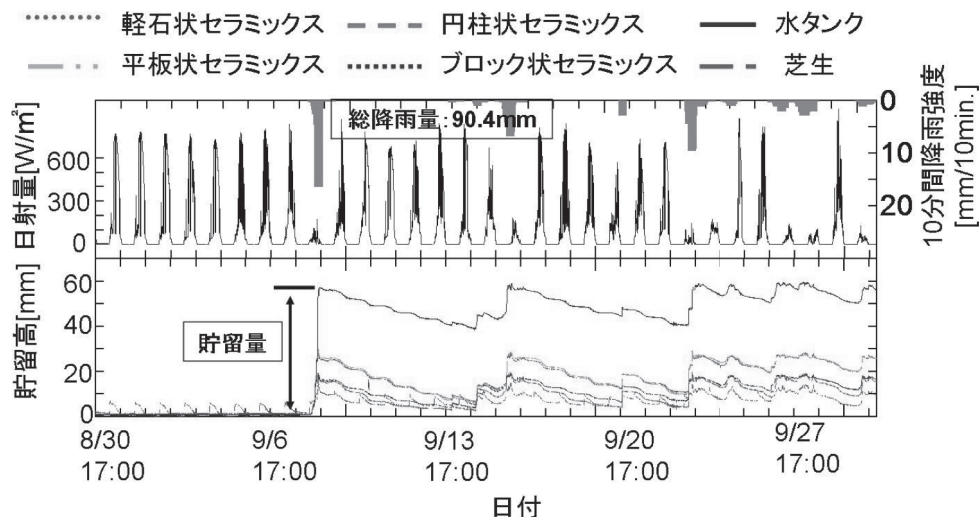


図-2 対象期間中の降雨量、日射量、貯留量の時系列

用いて測定を行った。また芝生は毎日午前 6 時に 5mm 程度自動灌水を行っている。

(2) 観測結果

a) 表面温度

図-1 に対象期間中の降雨量、日射量、セラミックスと芝生と敷設なしの表面温度を示す。芝生は敷設なしの場合と比較して常に表面温度が低くなっている。それに対しセラミックスは、5 日程度は敷設なしの場合と比較して表面温度が低くなっており、芝生と同程度の温度低減効果を示している。しかし、降雨後 5 日以上経過すると敷設なしの場合と比較して同程度の表面温度またはそれ以上に高い表面温度になっている。降雨直後に着目してみると、セラミックスは敷設なしの場合と比較して、表面温度が約 15℃低くなっている。また、日射の強い昼間と日射のない夜間の表面温度を比較すると、昼間は芝生がセラミックスと敷設なしの場合を比較して表面温度が低くなっているのに対し、夜間はセラミックスが芝生と敷設なしの場合と比較して表面温度が低くなっている。

b) 降雨に対する貯留量

図-2 に対象期間中の降雨量、日射量、各種セラミックスと芝生とタンクの雨水の貯留量を示す。貯留量から各種セラミックス、芝生、タンク全てが雨水

を貯留していることがわかる。さらに各種セラミックスで貯留した雨水は約 1 週間で蒸発する。総降雨量 90.4mm の降雨に対する各種素材の貯留量を見てみる。軽石状のセラミックスは約 30mm、平板状のセラミックスは約 30mm、円柱状のセラミックスは約 20mm、ブロック状のセラミックスは約 20mm、芝生は約 18mm、タンクは約 60mm の雨水を貯留している。

3. 流出・氾濫シミュレーション

(1) 計算条件

対象流域は江戸川区に隣接する千葉県浦安市の当代島第 2 排水区とする。この流域は流域面積 10.27ha、人口 867 人の都市流域である。計算に想定した降雨は東京都の降雨強度 60mm/hr 対応の降雨強度式を用いた。さらに降雨外力を 1.1 倍、1.2 倍、1.3 倍、1.4 倍、1.5 倍と増加した場合においても計算を行った。浦安市における降雨の超過確率は、1.0 倍は 8 年、1.1 倍は 12 年、1.2 倍は 20 年、1.3 倍は 35 年、1.4 倍は 50 年、1.5 倍は 75 年に対応する。地表面流出計算、管路流計算および氾濫計算の 3 段階を統合し、流量を算出している。

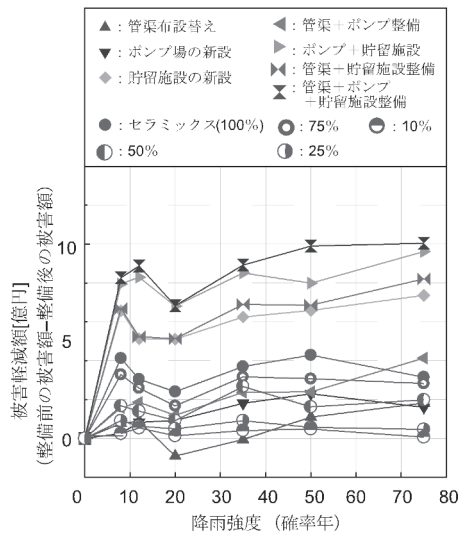


図-3 降雨規模別の被害軽減額(雨水 30mm 貯留)

(2) 各種整備対策案の比較検討

対象流域において管渠布設替え、ポンプ場の新設および地下貯留施設の新設整備とそれらの組み合わせの整備、屋上貯留(セラミックスの敷設)の氾濫シミュレーションを行い、どの対策が最も雨水排水対策に効果的であるか比較検討を行った。屋上貯留は流域内にある屋上に対して100%, 75%, 50%, 25%, 10%に敷設し、屋上の積載荷重を考慮し敷設の厚さは30mm~180mm, 実質10mm~60mmの降雨を貯留できるという条件で、それぞれ各種対策前後の氾濫浸水面積を算出した。

(3) 費用対効果(B/Cから見た屋上貯留の効果)

整備前の被害額から整備後の被害額を差し引いた被害軽減額と降雨の確率年の結果を図-3に示す。ここで、どの対策が最も有効であるかを評価するため、各種整備対策の費用対効果を算出した。B/Cの算出方法は以下の通りである。

各整備対策に対して基準降雨を $i=1$, 1割増加降雨を $i=2$, 2割増加降雨を $i=3$, 3割増加降雨を $i=4$, 4割増加降雨を $i=5$, 5割増加降雨を $i=6$ として、被害軽減額=整備前の被害額-整備後の被害額

$$B = \left\{ \left(\sum_{i=1}^6 \left((\text{降雨 } i \text{ の被害軽減額} + \text{降雨 } i+1 \text{ の被害軽減額}) / 2 \right) \times (\text{降雨 } i \text{ の降雨の超過確率} - \text{降雨 } i+1 \text{ の降雨の超過確率}) \right) \times \text{評価対象期間 (年)} \right\}$$

$C = \text{整備費用} + \text{維持管理費}$

つまり B は、 $\sum_{i=1}^6 \left((\text{降雨 } i \text{ の被害軽減額} + \text{降雨 } i+1 \text{ の被害軽減額}) / 2 \right) \times (\text{降雨 } i \text{ の降雨の超過確率} - \text{降雨 } i+1 \text{ の降雨の超過確率})$ の算出により年平均被害軽減期待額を算出している。これに評価対象期間(整備施設の耐用年数)を乗じることで対象期間の被害軽減

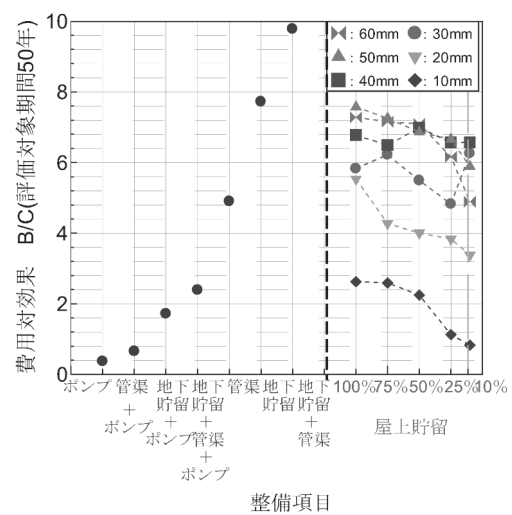


図-4 各種整備対策の費用対効果

期待額が算出される。被害額=単位面積当たりの資産価値×浸水深ランク別被害率×湛水面積により算出した。Cは総費用である。また、毎年の維持管理費は整備費用の0.5%とした。尚、単位面積当たりの資産価値及び浸水深ランク別被害率は国土交通省河川局出典の「治水経済調査マニュアル」を参考にした。これにより算出された各種整備対策の費用対効果を図-4に示す。この結果より、効果的に排水対策をするためには雨水の貯留が有効であり、屋上貯留に關していえば敷設方法によっては地下貯留ほどの効果を上げることが明らかになった。

4. まとめ

本稿では、内水氾濫被害が多い都市流域での内水氾濫被害軽減のため、一時的な雨水の屋上貯留を提案し、現地実験・観測及び流出氾濫解析により評価をした。また、屋上貯留のもう1つの効果であるヒートアイランド緩和効果についても現地実験・観測により評価を行った。以下に得られた知見を述べる。

- 1) 現地実験より屋上貯留に用いたセラミックスと芝生共に雨水流出抑制、熱環境緩和両方に効果があることを示した。
- 2) 屋上貯留を行った際の氾濫シミュレーションにより費用対効果を算出し、他の整備項目と比較することによって、屋上貯留が非常に効果的であることを示した。

参考文献

- 1) 土屋修一, 土肥学, 海野修司, 山田正: 管路網水理解析による都市洪水流出特性に関する研究, 土木学会水工学論文集, Vol.46, pp.259-264, 2002.
- 2) 呉修一, 山田正, 吉川秀夫: 表面流の発生機構を考慮した斜面多層降雨流出計算手法に関する研究, 土木学会水工学論文集, Vol.49, pp.169-174, 2005.