

<特集：総合治水から流域治水へ-解説>

都市再生機構における雨水貯留浸透施設の研究開発と到達点 — 雨水貯留浸透施設の30年経過における流出抑制効果 —

里見達也*

Development and attainment of underground rainwater infiltration facilities achieved
by Urban Renaissance Agency
- The durability of the facilities evaluated 30 years after their construction -
Tatsuya Satomi

1. 雨水流出抑制施設の開発経緯

1-1 都市再生機構における流出抑制対策

都市再生機構においては、日本住宅公団時代より住宅団地や宅地の開発に伴う雨水流出抑制対策として、時代の要請に応えながら、図 1.1.1 に示すような調整池等の大規模なオフサイト貯留施設や小規模なオンサイト貯留、貯留・浸透施設、または地下浸透施設の設置を進めてきた。

具体的には、昭和 53(1978)年に調整池に代わる新しい雨水流出抑制対策工法の開発研究に、建設省土木研究所(当時)の指導協力のもとに着手し、数団地において実施済みであった砂礫層を対象とした既存浸透井(井戸法)について注入試験や土砂堆積等の調査を実施した。その結果、10年程度経過している施設であっても、維持管理上特に問題もなく良好に機能していた。これに引き続き、地表部の関東ローム層を対象にした実験(拡水法)に着手し、注入試験による浸透能力の基礎調査等を行った結果、拡水法による流出抑制対策が、団地規模で実施可能であることが確認された。

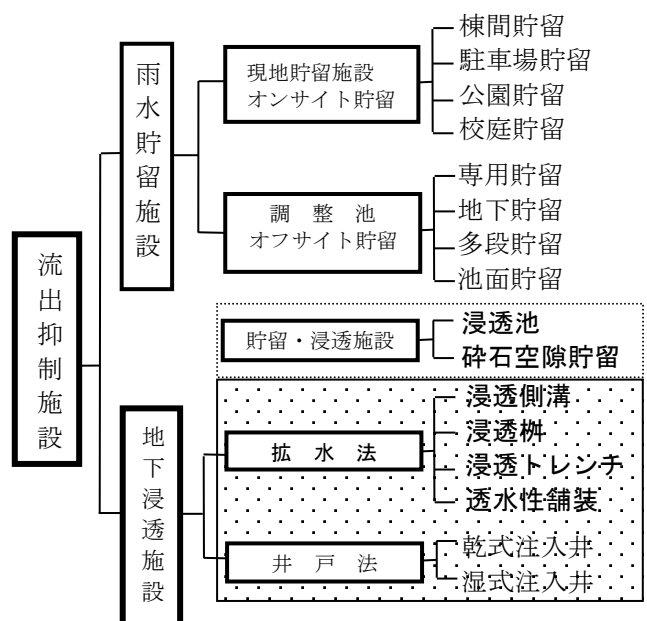


図 1-1-1 都市再生機構における雨水流出抑制施設の種類

拡水法による浸透工法は昭和 56(1981)年に昭島つつじが丘ハイツ(27.8ha 高層住宅 2673 戸、うち試験導入範囲は賃貸住宅の一部 3.17ha、東京都昭島市)において、最初に導入され、その後導入可能な団地において順次、実施されている。平成 23 年度末時点での導入実績は 220.3ha である。

また、浸透施設は砕石部での貯留機能をも有しており、この貯留効果に着目し、「砕石空隙貯留法」を開発し、流出抑制施設のみならず雨水利用のための貯留槽としても活用している。

1-2 雨水貯留浸透施設の開発経緯

昭和 55(1980)年に当時の日本住宅公団が組織した「降雨水の団地内処理システムに関する研究委員会」において、地表付近の不飽和帯に雨水の分散・浸透を図る「拡水法」が注目され、昭和 56(1981)年に公団の昭島つつじが丘ハイツにおいて、浸透トレンチ、浸透柵、浸透U字溝、透水性舗装等の浸透施設が試行導入された。その当時は、「拡水法」は新しい流出抑制方式であり、浸透機構や浸透量の算定等に解決すべき問題が多く、維持管理手法の確立を含めた耐久性に関する問題も本方式を普及させる上での大きな課題となっていた。

このため、昭島つつじが丘ハイツにおいては、浸透施設の経年的な機能変化を検証するために、浸透工法を施工した地区に隣接して在来工法(浸透施設なし)による雨水排除を行う比較対照地区を設定し、

*独立行政法人都市再生機構 技術調査室都市再生設計チームリーダー

雨量や流出量を観測測定できる機器等を設置して追跡調査を実施している。その中で、平成 3・4(1991・1992)年に浸透施設の流出抑制効果とその経年変化および浸透施設の浸透機能および土砂堆積状況の実態とその経年変化について調査し、浸透施設の機能が経年的に良好に保持されている状況を明らかにした。また、平成 7(1995)年度には、雨水浸透処理の 15 年の軌跡として、雨水浸透施設の長期耐久性に関する研究を実施。平成 14 (2002) 年には 20 年経過、平成 24 (2012) 年には 30 年経過における流出抑制効果に関する継続観測結果をまとめた。

1-3 開発当初の浸透工法の課題

実際の団地規模において、浸透工法（拡水法）を新たな流出抑制法として導入するに当たり、図 1-3-1 に示すいくつかの解決すべき課題(□)があり、昭島つつじが丘ハイツを主とした追跡観測調査を行い、各課題を実証・確認していく計画とした。

以下の図 1-3-1 に、これまでの浸透工法に関する研究の経過とその概要を示す。

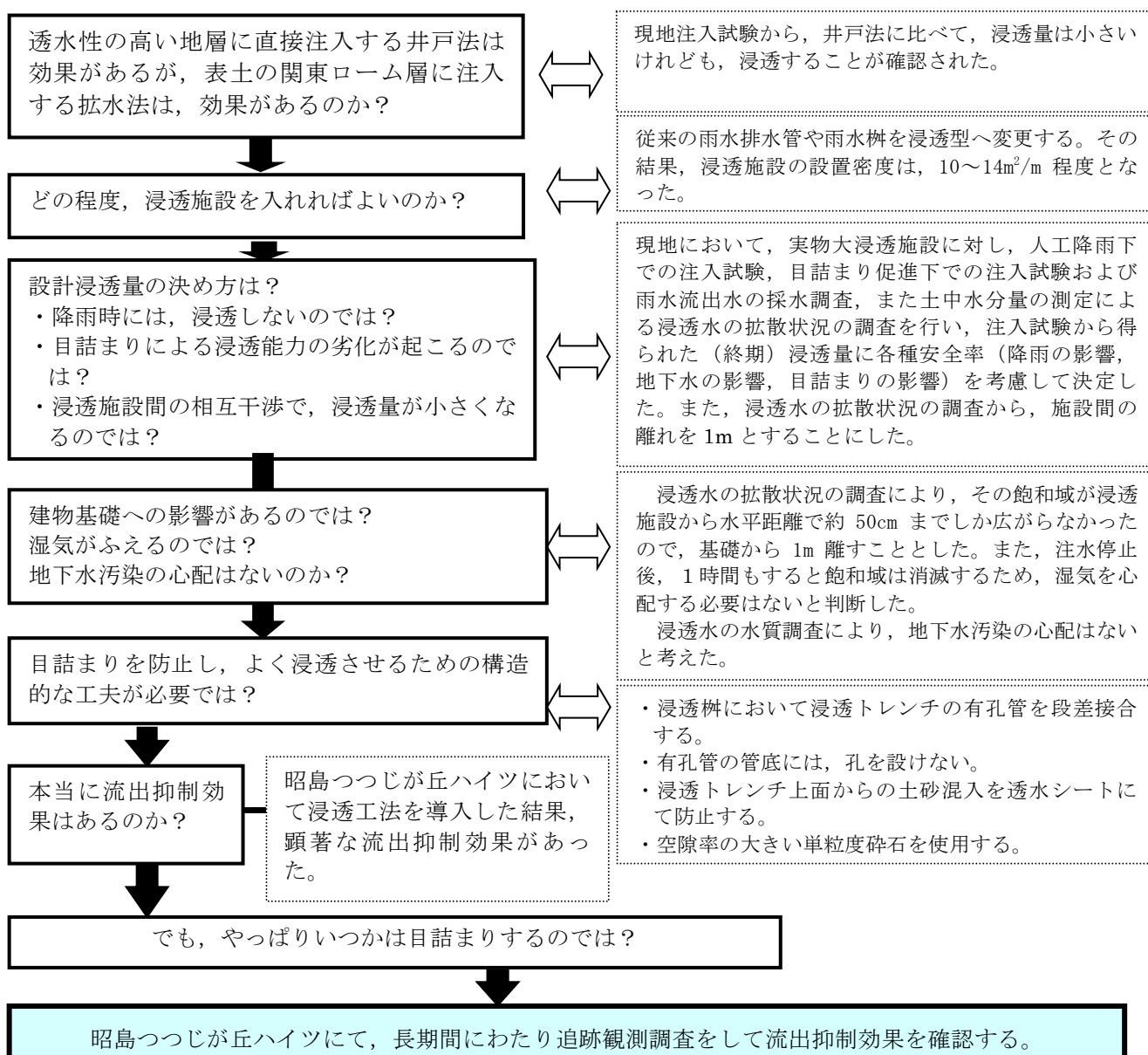


図 1-3-1 開発当初における課題と対応策

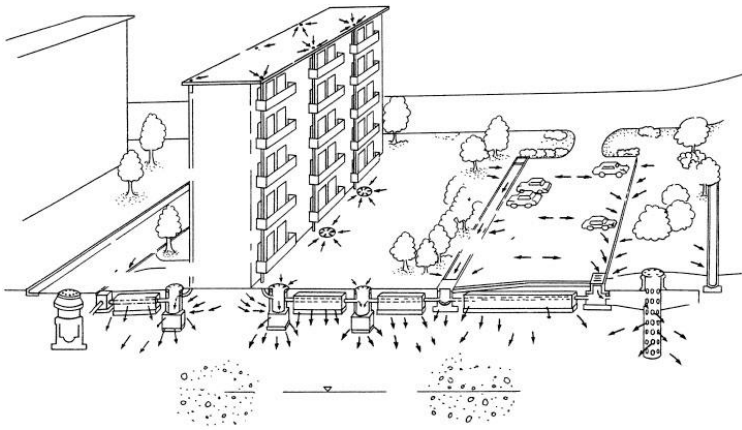
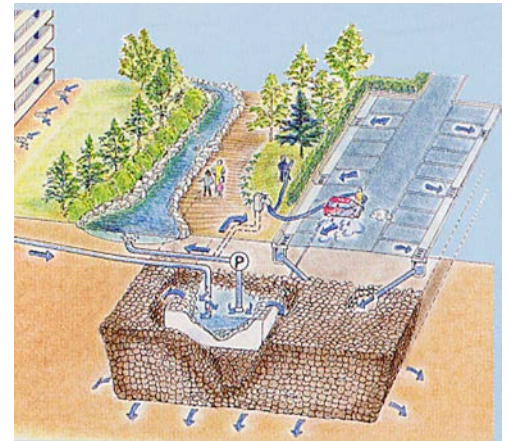


図 1-3-2 流出抑制施設概念図



碎石空隙貯留法

2. 研究の目的と流出抑制効果

2-1 研究の目的

都市化の進展に伴い、都市の健全な水循環が損なわれ、様々な弊害をもたらしている。地表の不透水面の拡大により、地下水への涵養量の減少による湧水や井戸の涸渇、河川への急激な流出など都市型水害の増大が生じている。その中で、健全な水循環を取り戻す一つの手法として、積極的に雨水を浸透・貯留させる雨水浸透工法が注目されている。

本研究は、昭和 56(1981)年に昭島つつじが丘ハイツにおいて試行導入された浸透工法が、平成 22(2010)年度に設置後 30 年を迎えたことを契機に、他団地における施設の実態調査を含め、浸透工法の流出抑制効果と、その経年的な機能の変化を把握し、浸透施設およびそのシステムの長期的な耐久性とその維持に関する資料をまとめると共に、今後の浸透施設の普及に資することを目的として実施した。

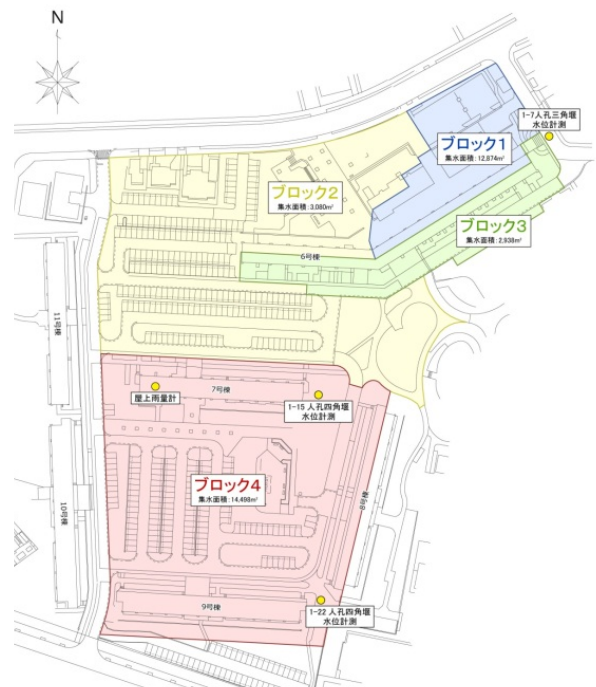
なお、本稿では、頁数の制約上、研究報告の一部のみの紹介とする、詳細については参考文献にある報告書を参照されたい。

2-2 流出抑制効果の検証

2-2-1 計測機器等の設計位置及び雨水排水区画

昭島つつじが丘ハイツにおいては、昭和 56 年の供用開始以来、雨水地下浸透施設の長期的耐久性に関するデータを収集するため、図 2-2-1 に示す 1-7 人孔、1-15 人孔及び 1-22 人孔の 3 ヶ所に流量測定堰が設置され、7 号棟の屋上には雨量計が設置されている。これにより、ほぼ同じ面積、同じ利用状況といった条件のもと、在来工法地区(浸透施設なし)と浸透工法地区それぞれの雨水流出抑制効果の検証を行ってきた。今回、雨水浸透施設導入 30 年目を迎えるにあたり、最新のデータによる昭島つつじが丘ハイツの流出抑制状況について、調査結果のとりまとめを行った。

図 2-2-1 流量測定機器及び雨量計の設計位置と雨水排水区画 (3.17ha)



2-2-2 測定条件

各測定堰の適用範囲及び解析下限値と水位の関係を表 2-2-1 に示した。また、浸透工法地区と在来工法地区の流出量は、図 2-2-2 に示す雨水排水区画の各ブロック毎に、図 2-2-3 に示す算出方法で求めた。

各堰で計測された流量の内、解析下限値を下回るものは 0 とした。ブロック 3 の流出量の算出にあたって、雨量から求めた値が 15 人孔の堰により計測した値を上回った場合は、15 人孔における流量のすべてがブロック 3 からの流出量とみなした。流出抑制効果の解析は、総降雨量 30mm 以上ないし、ピーク時雨量 10mm/30min 以上の降雨を対象として行った。

表 2-2-1 各堰の適用範囲及び解析下限値と水位の関係

堰の形状	種類	1-7 人孔	1-15 人孔	1-22 人孔
	水路幅×切欠幅 (m)		0.6×-	1.0×0.5
適用上限	水位 (mm)	200	226	337
	流量 (m ³ /min)	1.544	5.679	11.680
適用下限	水位 (mm)	70	30	30
	流量 (m ³ /min)	0.110	0.292	0.328
解析下限値	流量 (m ³ /min)	0.011	0.029	0.033

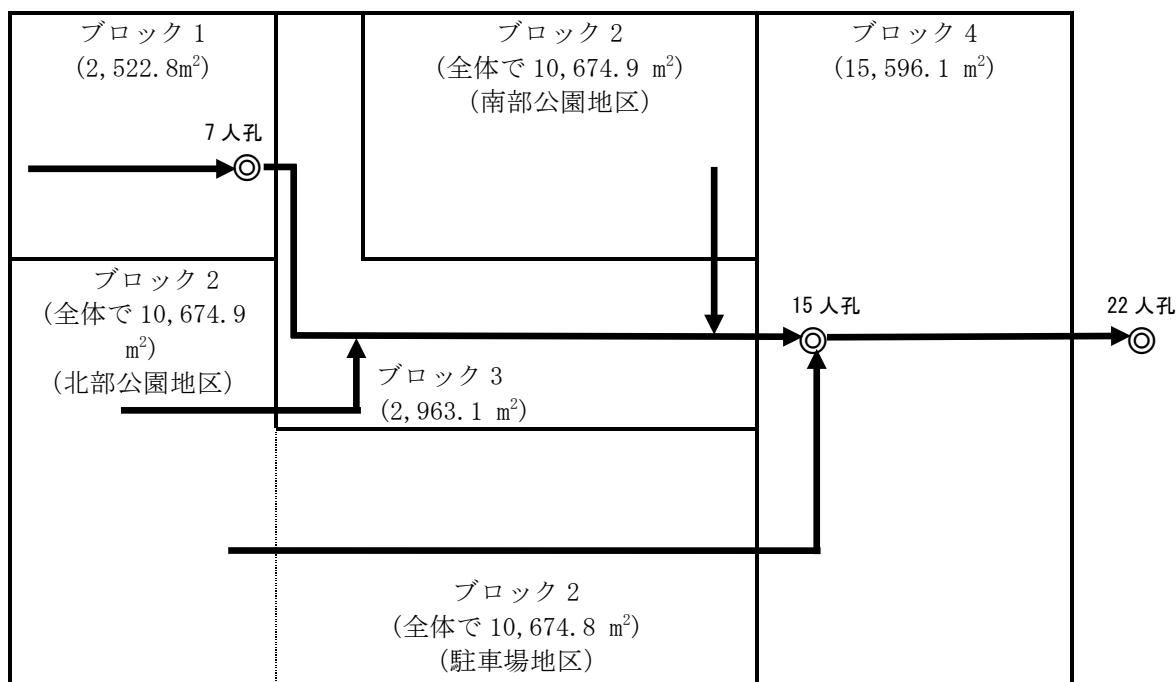


図 2-2-2 雨水排水区と流量測定地点模式図

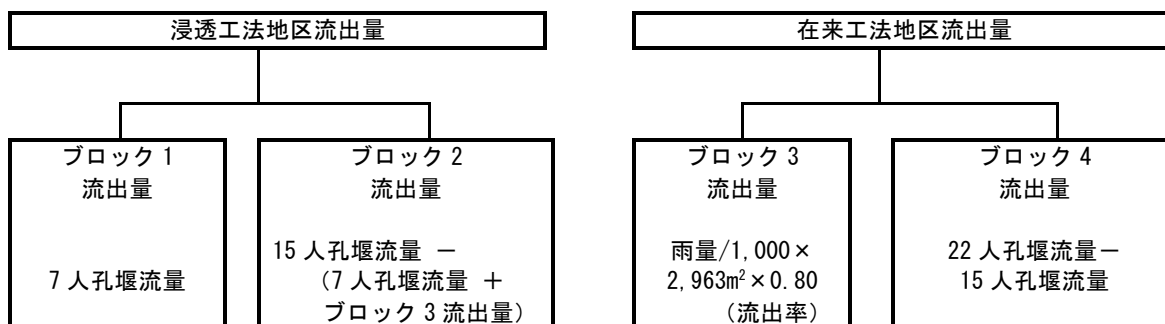
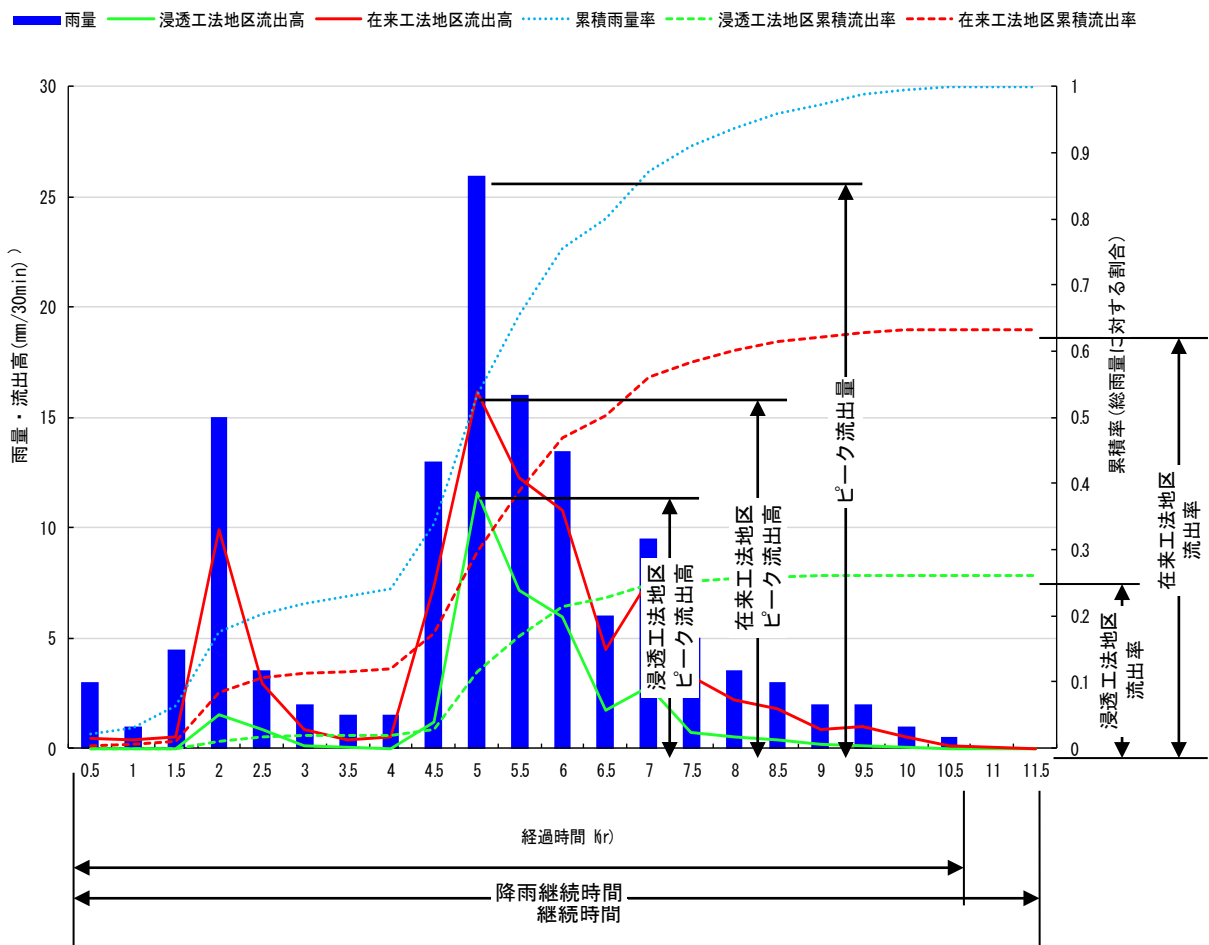


図 2-2-3 浸透工法地区及び在来工法地区の流出量算出方法

2-2 調査結果の整理

2-3-1 収集データについて

観測データ（30年間で207回の降雨データ）より全対象降雨の1分生データ（雨量、人孔別流量）を抽出。このデータを用いて、浸透工法地区・在来工法地区別の降雨・流出諸元を再整理するとともに、全地区での流出高を算定した。過去の報告の算定結果と本検討での整理との整合性について確認したところ、一部の数降雨の再現ができなかったものの、ほぼ全てのデータで同程度の算定結果を得ることができた。このとき解析に用いた項目とその定義について図 2-3-1 に示す。



- ・継続時間 (hr) : 降雨開始から流出停止までの時間
- ・降雨継続時間 (hr) : 降雨開始から流出停止までの間で最後に降雨が記録された時間
- ・雨量 (mm) : 降雨開始から降雨停止までの合計雨量
- ・平均降雨強度 (mm/hr) : 雨量を降雨継続時間で除した値
- ・ピーク時雨量 (mm/30min) : 降雨継続時間内の30分ごとの雨量で最大のもの
- ・流出高 (mm) : 継続時間内の流出量の合計をその流域面積で除した値をmmに換算した値
- ・流出率 : 雨量に対する流出高の割合 (流出高/雨量)
- ・ピーク時流出高 (mm/30min) : 降雨開始から30分ごとの流出高のうち最も大きなもの
- ・浸透高 (mm) : 在来工法地区の流出高から浸透工法地区の流出高を引いた値。在来工法地区と浸透工法地区の平均流出係数がほぼ等しいことから、在来工法地区からの流出高と浸透工法地区の流出高の差が浸透工法地区を導入したことによる浸透量であるとみなした。
- ・ピークカット率 (%) : 在来工法地区のピーク時流出高に対する在来工法地区と浸透工法地区とのピーク時流出高の割合を百分率で表したもの。 $\{1 - (\text{浸透工法地区ピーク時流出高} / \text{在来工法地区ピーク時流出高})\} \times 100$
- ・浸透率 (%) : 雨量に対する浸透高の割合を百分率で表したもの (浸透高/雨量 $\times 100$)

図 2-3-1 流出記録模式図

2-4 流出抑制効果の経年変化

2-4-1 流出率の推移

収集したデータを基に、浸透工法地区及び在来工法地区毎の降雨・流出特性と全地区の流出特性を整理した。図 2-4-1 および図 2-4-2 に、5 年単位での流出率とピークカット率 (=30 分ピーク時流出量/30 分ピーク時雨量) の経年変化を示す。30 年経過時までの間に流出抑制効果の低下はないことが判る。また、在来工法地区の平均流出率は 25 年経過時まででも低下傾向を示していることが示唆される。また、25 年経過以降に在来工法地区へ浸透施設が設置されたことに伴って、当該地区での流出率及びピークカット率が向上していることが確認された。

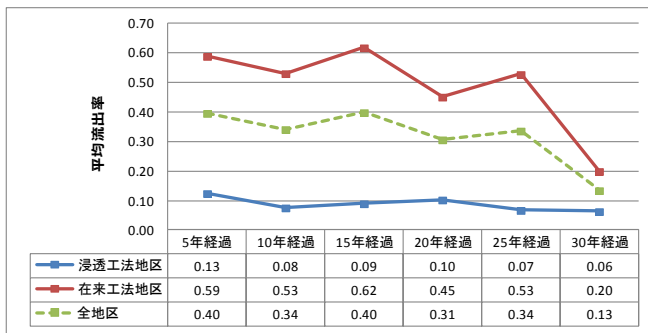


図 2-4-1 平均流出率の経年変化
(経過 5 年単位・25 年経過後は在来地区に浸透施設導入)

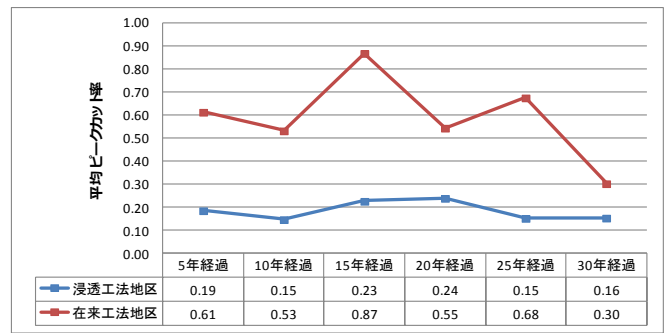


図 2-4-2 ピークカット率の経年変化
(経過 5 年単位・25 年経過後は在来地区に浸透施設導入)

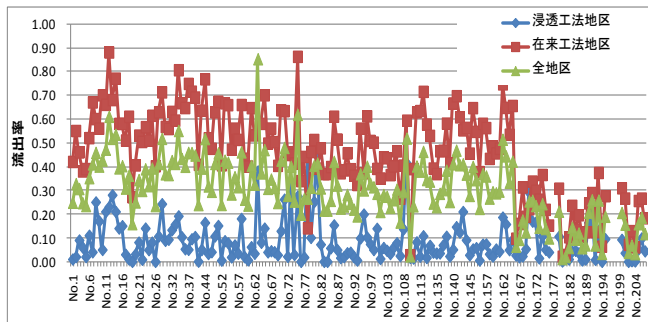


図 2-4-3 流出率の経年変化
(各分析対象降雨・No167 以降は在来地区に浸透施設導入)

表 2-4-1 平均流出率の経年変化
(経過 5 年単位・25 年経過後は在来地区に浸透施設導入)

	平均流出率		
	浸透工法地区	在来工法地区	全地区
5年経過	0.13	0.59	0.40
10年経過	0.08	0.53	0.34
15年経過	0.09	0.62	0.40
20年経過	0.10	0.45	0.31
25年経過	0.07	0.53	0.34
30年経過	0.06	0.20	0.13

表 2-4-2 平均ピーク流出高・ピークカット率の経年変化
(経過 5 年単位・25 年経過後は在来地区に浸透施設導入)

	平均ピーク時 雨量 (mm/30m n)	平均ピーク時流出高 (mm/30m n)		平均ピークカット率	
		浸透工法地区	在来工法地区	浸透工法地区	在来工法地区
5年経過	10.54	1.97	6.47	0.19	0.61
10年経過	11.39	1.69	6.08	0.15	0.53
15年経過	9.39	2.14	8.16	0.23	0.87
20年経過	9.83	2.37	5.36	0.24	0.55
25年経過	8.86	1.36	5.99	0.15	0.68
30年経過	10.46	1.62	3.18	0.16	0.30

3. 研究成果のまとめ

当初はすぐに目詰まりのため機能を果たさなくなるのではないかと考えられていた浸透施設であるが、5年、10年、15年、20年目と継続的に行ってきた追跡調査で良好な機能を維持している事が確認された。30年を迎えたことを契機に、再度追跡調査を実施した。その結果、浸透施設は全体システムとして現在でも良好にその機能を維持している事を確認した。

(1) 30年間の流出量観測による流出抑制効果

浸透工法地区での流出率は30年間0.1近傍を安定して推移しており、設置後30年を経過した現在でも、浸透施設全体のシステムとしての流出抑制効果は充分維持されていることが明らかになった。更に、比較のため設定した在来工法地区(浸透施設なし)の流出率は0.45~0.62、25年間の平均値は0.54であり、浸透工法地区からの流出は在来工法に比べ1/5程度に抑えられている。

(2) 浸透施設の経年変化の実態調査

平成14年に20年経過した浸透樹、浸透トレンチ、透水性舗装などについて実態調査を実施した。その結果、浸透樹の砕石上面に徐々に土砂堆積が進行しているが、浸透施設の組み合わせによりシステム全体として良好にその機能を維持していることを個々の施設からも確認した。

①浸透樹

土砂堆積は徐々に進行し、20年経過した後、土砂堆積厚10cm以上の浸透樹が、約50%に留まっていることを確認した。これは、浸透機能のほか、初期降雨の汚濁水の流入による土砂の泥溜めとしての機能を果たしたことによる。浸透能力は、土砂堆積量に応じて異なり、当初の能力を維持している浸透樹と、低下している浸透樹とがあった。

②浸透トレンチ

設置当初から20年間継続して注入試験を実施している浸透トレンチにおいて、浸透能力の低下は認められず、逆に増加傾向にあることを確認した。浸透トレンチへの土砂流入は、浸透樹の土砂堆積の増加に伴う一部の浸透トレンチにおいてのみ認められ、浸透トレンチの有孔管内ビデオ調査によれば、約80%が良好に維持されていることを確認した。また、土砂流入の認められた浸透トレンチの注入試験の結果、浸透能力は、前述の20年間継続して注入試験を実施している浸透トレンチとほぼ同等の浸透能力を有していることを確認した。

③透水性舗装

車両による目つぶれ、周辺からの土砂による目詰まりを起している。浸透能力は、当初の能力に比べ著しく低下しているが、試験より得られた透水係数から判断すると降雨強度 5mm/hr 程度の機能は有していると考えられる。

(3) モデルによる流出抑制効果の評価

昭島つつじが丘ハイツの流出現象について、実測データによって SHER モデル（水循環系解析モデル）を検証したところ、再現性が高いことが確認され、本モデルの有効性が示された。このモデルを用いて、雷雨形の短期集中降雨に対する流出抑制効果についても検討した結果、昭島つつじが丘ハイツに設置した浸透工法が流出抑制効果を十分に発揮することが確認された。

(4) モデルによる地下水涵養効果の評価

水循環系解析モデルである SHER モデルを用いて、昭島つつじが丘ハイツの地下水涵養効果の定量評価を行った。その結果、浸透施設の設置によって、すべて自然地であった場合の涵養量まで回復していることが示された。雨水の流出抑制を主眼に開発を進めてきた浸透工法は、都市域における洪水流出抑制だけではなく、地下水の涵養促進に寄与していることが定量的に確認できた。

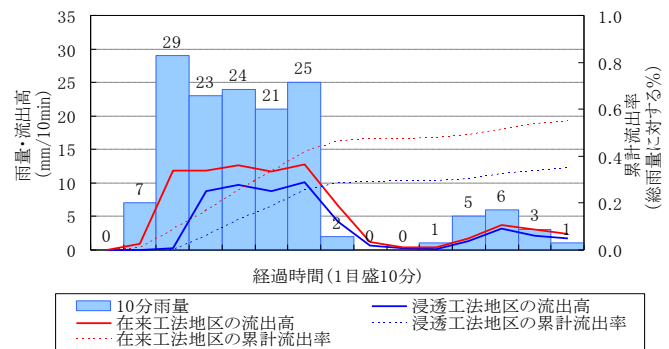


図 3-1 異常降雨時(1999 年, 練馬)の流出率の経時変化

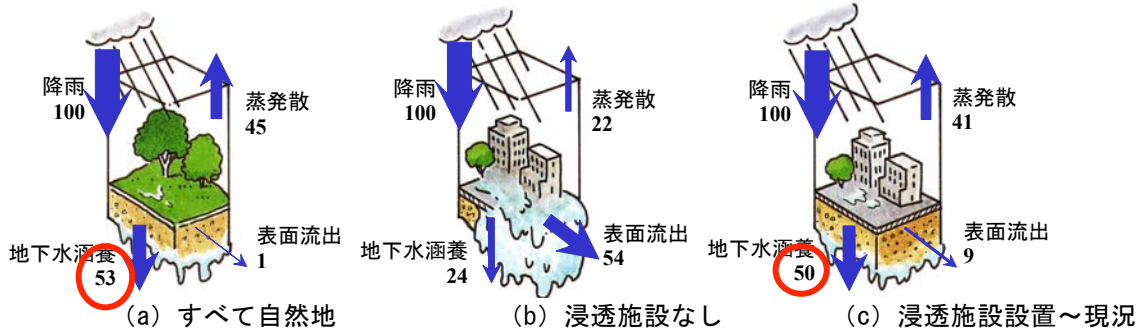


図 3-2 浸透工法地区の年間水収支比較 (2000 年の降雨量を 100 として)

4. おわりに

雨水貯留浸透施設は、雨水流出抑制として都市型洪水の防止のために、都市再生機構が日本住宅公団時代から 30 年以上にわたり取組んできた技術であり、その間多くの公共団体でも採用されるようになり、現在では広く普及した技術となった。当初懸念された目詰まりによる浸透能力の低下については、長期の継続観測の結果、本報告にあるように 30 年経過した現在も当初の能力を維持していることが証明されている。

今後は、日本国内はもとより広く途上国等のまちづくりや都市再生にもこの技術が普及・活用されるように働きかけ、そうした経験と実績の積み重ねのなかで、雨水貯留浸透技術がさらに改善・発展することに貢献したいと考えている。

(原稿受理 2012 年 12 月 25 日)

参考文献

- 住宅・都市整備公団：1989 降雨水の地下浸透工法の評価に関する研究報告書
- 住宅・都市整備公団：1993 雨水浸透工法 10 年経過における流出抑制効果に関する研究報告書
- 住宅・都市整備公団：1996 雨水浸透施設の長期耐久性の評価に関する研究報告書
- 都市基盤整備公団：2002 雨水浸透貯留施設の 20 年経過における流出抑制効果に関する研究報告書
- 都市再生機構：2012 雨水浸透貯留施設の 30 年経過における流出抑制効果に関する研究報告書
- 都市再生機構 技術研究所 「調査研究期報」
 - 1992 97 号 雨水浸透施設 10 年経過における流出抑制効果に関する研究
 - 1995 107 号 雨水浸透貯留における水質評価に関する研究
 - 1997 113 号 雨水浸透施設の長期的機能性の評価に関する研究
 - 2002 131 号 雨水浸透施設の 20 年経過における流出抑制効果に関する研究
 - 2008 146 号 雨水浸透施設の 25 年経過における雨水流出抑制効果に関する研究