

雨水浸透計画策定に関する 調査研究

1. 研究目的

都市部における雨水対策は、雨水を速やかに排除する浸水対策が中心であり、このため流下型管きょやポンプ場の整備を主体に実施されてきた。近年では、急激な都市化による不浸透域の拡大に起因する「都市型洪水」が増加し、浸透による雨水の流出抑制が注目されている。このような状況から、雨水の河川流出量の制御、地下水涵養をはじめとする環境面での改善、コスト縮減などの効果を期待して雨水浸透事業が各地で実施されてきている。

しかしながら、これらの効果が高いことは明らかであるものの、雨水浸透量の算定方法や定量的な効果の評価手法が確立されていないため、雨水浸透施設は雨水排除計画に明確な位置付けがなされていない状況である。本研究では、「計画浸透量の算定方法」および「浸透効果の評価手法」を確立するとともに、雨水浸透施設の効果を雨水排除計画に明確に位置付け、これまで以上に普及させることを目的とした。

2. 研究体制

本研究は本機構の固有研究であり、国土交通省、東京都をはじめとする雨水浸透事業の先進8自治体および㈱都市整備技術研究所の代表者からなる「雨水浸透評価手法検討委員会」を設置し、審議を行いながら研究を進めた。

3. 主な研究の内容

3.1 雨水排除計画における雨水浸透の導入

雨水排除計画において雨水浸透を計画する場合、「導入検討」、「実施検討」、「設計」の3段階で検討を行うことを提案する（図-1）。

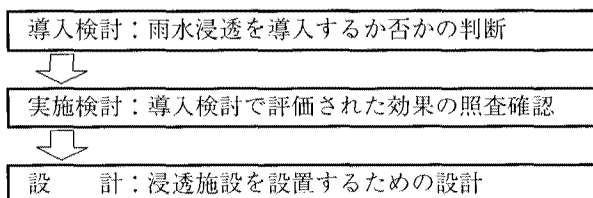


図-1 雨水浸透の計画手順

① 導入検討

浸透効果を概略把握し、目標達成において、雨水浸透施設の整備のみで有効か否か、あるいは他の施設対策と雨水浸透を併用する方が有効であるかなど、雨水浸透の位置付けについての判断を行う。

② 実施検討

導入検討において概略評価された、雨水浸透の有効性に対して更に詳細な照査確認を行う。

なお、「導入検討」で見込んだ効果が満たされない場合は、必要に応じて見直しを行う。

③ 設計

雨水浸透施設の設置に向けた設計を行う。

3.2 雨水浸透の効果

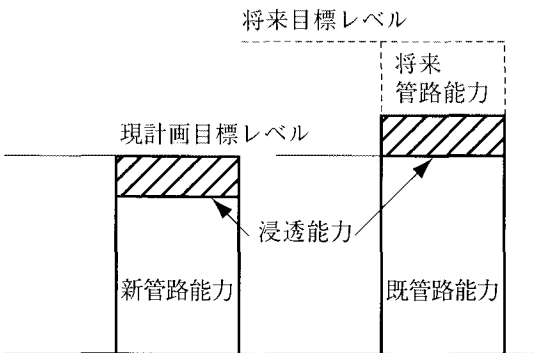
雨水浸透には様々な効果があり、表-1のように雨水流出抑制効果と地下水の涵養効果に分類できる。計画策定にあたっては、整備目的を区域全体あるいは地区ごとに設定し、明確にする必要がある。

表-1 浸透効果の分類

効果の分類	効果	
流出抑制	流出係数等への影響	流出係数へ及ぼす効果
		降雨強度へ及ぼす効果
	流出量削減効果	ピーク流出量の削減
		浸水量、浸水箇所の低減
		総流出量の削減
	合流改善効果	放流量、回数削減
放流汚濁負荷量の削減		
処理水量の削減		
地下水涵養	湧水の復活、河川流量の確保	
	都市内気候の緩和	
	緑地への水分補給	

3.3 雨水浸透の計画上の位置付け

雨水浸透の効果をどのように下水道雨水排除計画に反映させるかは非常に重要な判断であり、「計画当初から雨水浸透効果を見込む場合」と「雨水浸透効果を将来の先取りとする場合」では、その位置付けが異なる（管路整備の例を図-2に示す）。また、計画を見直すまでには至らないが、「既存の問題を解消する場合」に雨水浸透を導入する場合があることも考えられる。



- ① 計画当初から浸透効果を見込む場合
 ② 雨水浸透効果を将来の先取りとする場合

図-2 雨水浸透の位置付け

- ① 計画当初から雨水浸透効果を見込む場合
 計画当初から雨水排除計画に雨水浸透を導入し、雨水浸透効果を整備水準の内数として捉え、

これから整備する他の施設の規模を縮小する場合。

- ② 雨水浸透効果を将来の先取りとする場合

現況の整備水準には雨水浸透効果を見込まずに下水道施設を計画し、雨水浸透を将来の整備水準向上の先取りとする場合。

3.4 計画浸透量の算出法

従来、計画浸透量の算出には現地実験による終期浸透量の算出、設置数量把握のための配置計画等が必要であり、時間と費用を要していた。

「導入検討」では、計画区域設定のための簡易マップの作成や各都市の実績から終期浸透量、設置密度、低下係数の標準値を採用し、計画浸透量を算出することを確立した。

3.4.1 計画浸透量の算定

計画浸透量は、以下の式によって算出する。

「導入検討」における浸透施設の設置は、作成した簡易適地マップの適地に浸透施設を配置するものとし、その地域に設置できる浸透ます等の数量を浸透適地1ha当たりの施設数量（設置密度）を推定して設定する。

$$\text{計画浸透量} = \text{単位浸透量} \times \text{施設設置密度} \times \text{設置面積}$$

3.4.2 単位浸透量の算定

単位浸透量は、以下の式によって算出する。

$$\text{単位浸透量} = \text{低下係数}(k) \times \text{安全係数}(a) \times \text{寸法効果}(s) \times \text{終期浸透量}$$

- (1) 低下係数の標準値

単位浸透量は、長期的な浸透能力の低下等を考慮して算定する必要がある。特に浸透能力の効果を計画に見込む場合、現実的な維持管理体制を想定した目詰りの影響等の設定が重要となる（表-2、表-3）。

- (2) 終期浸透量の設定

終期浸透量は、下記の①に示す定水位法による実施設で測定した終期浸透量を用いることを原則とするが、「導入検討」においては②～⑥に示すいずれかの方法で終期浸透量を算定することも可能とする。

＜終期浸透量算出法＞

- ① 実施設による定水位法
- ② 簡易な施設による定水位法
- ③ 現地試験の透水係数からの算定
- ④ 土質から推定した透水係数からの算定
- ⑤ 類似地域での実績値を採用

⑥ 標準的な土質別終期浸透量を採用 (表-4)

表-2 低下, 安全係数, 寸法効果の標準値

低下係数 (k)	目詰りの影響 : k1 *1	表-3
	地下水位の影響 : k2 *2	0.9
k=k1 · k2 · k3 · k4	降雨の影響 : k3 *3	1.0
	温度補正 : k4 *4	1.0
安全係数 (a) *5		1.0
寸法効果 (s) *6		1.0

- *1: 維持管理頻度に応じた値を採用する (表-3)。
- *2: 現地浸透実験による浸透量は既に地下水位の影響を受けていると考えられるが, 安全をみて0.9とする。
- *3: 既往の試験結果から, 先行降雨と浸透量の間には明確な関係が見られないことから, 補正は行わない。
- *4: 既往の試験結果から, 水温と浸透量の間には明確な関係が見られないことから, 補正は行わない。
- *5: その他必要に応じて設定する。
- *6: 通常は実施による実験を基本としているため1.0とする。但し「簡易な施設による定水位法」を用いる場合には, 以下の式より求めた値を採用する。

$$\text{寸法効果 (s)} = \frac{\text{実施の水深} \times \text{浸透面積}}{\text{試験施設の水深} \times \text{浸透面積}}$$

表-3 目詰まりの影響 (k1)

維持管理頻度	1回/1年	1回/5年	1回/10年
浸透ます	0.9	0.4	0.2
浸透トレンチ	0.9	0.7	0.5

表-4 標準的な土質別終期浸透量

	単位	砂 礫	砂質土	シルト
浸透ます	ℓ/(min · 個)	32	16	8
浸透トレンチ	ℓ/(min · m)	35	17	8

3.4.3 設置密度の推定

浸透施設の設置密度の推定は, 以下の二つである。

① 実績値からの推定

雨水浸透の導入を行っている事例から設置密度を推定する手法である。

また, 対象流域において雨水浸透の実績が無い場合については, 表-5に示す代表的な実施都市の平均から求めた値を採用するものとする。

② 代表地区における施設設置からの推定

雨水浸透を導入する地域より代表地区を取り出し, 実際に浸透施設の配置を可能な限り行い, そこで得られる設置密度を導入地区全体の設置密度と考える手法である。

表-5 設置密度の実績平均

	浸透ます	浸透トレンチ
新市街地の場合	40個/ha	240m/ha
既成市街地の場合	20個/ha	80m/ha

3.4.4 雨水浸透計画区域の設定

雨水浸透計画区域は, 事業の効果, 経済性等を勘案し, 地形, 地質, 土質, 地下水位, 周辺地下水利用等の地域条件を考慮し, 7つの要素図 (表-6) から浸透適地マップを作成することが必須である。しかし, 「導入検討」の段階では浸透のしやすさを基本にして考え, 3つの要素図から簡易適地マップを作成し, 適地および順適地, 不適地のランク分けを行い, 雨水浸透計画区域を設定することを提案する。

表-6 簡易適地マップの要因選定

	要素図	簡易マップ
1	地形分類図	
2	表層地質図	○
3	透水系数分布図	(どちらか一方)
4	地下水位面コンター図	○
5	地下水位面深度図	
6	地下水利用状況図	
7	浸透施設設置除外区域図	○

3.5 浸透効果の評価

雨水浸透効果の評価は, 整備目的それぞれに対して行う必要がある。浸透効果の評価としては, シミュレーション等による詳細な検討が一般的である。

「導入検討」では, 浸透効果を概略評価し, 計画目標に対する雨水浸透の位置付けについての判断を行うため, 以下に示す簡易な評価手法を確立した。

3.5.1 流出係数・降雨強度への影響評価

雨水計画の整備水準を表す指標は, 一般に流出係数と降雨強度であり, 下水道施設は所定の流出係数および降雨強度により算定される雨水流出量の最大値に対応できるように設計される。したがって, 雨水浸透により, 管路施設への流出量が削減されることから, 管路施設が本来受け持つはずの流出係数あるいは降雨強度の一部を雨水浸透が負担するため, 浸透効果を流出係数あるいは降雨強度で表現することができる。具体的には, 以下のように表現する。

(1) 流出係数が低下すると捉える場合

雨水浸透の導入により雨水の一部が地中に浸透す

ることから、下水道施設への流出量は導入前に比較して減少する。このため雨水排除計画当初から雨水浸透を考慮する場合には、流出係数の低下に相当する効果が得られる (図-3)。

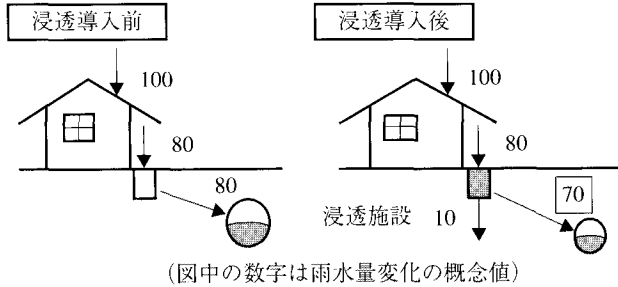


図-3 流出係数低下の概念図

(2) 流出係数が増加すると捉える場合

既存の下水道施設に雨水浸透を導入する場合には流下能力に余裕が生じることになり、見掛け上、下水道施設が対応できる流出係数を増加させる効果が得られる (図-4)。

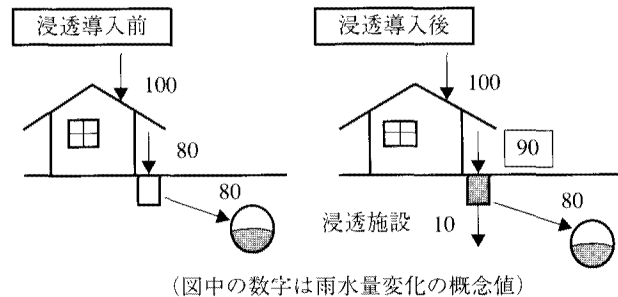


図-4 流出係数増加の概念図

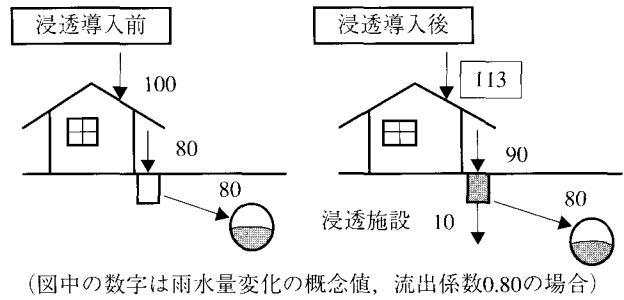
(3) 降雨強度へ及ぼす効果

降雨強度へ及ぼす効果も、流出係数の場合と同様に考えることができる。既存の下水道施設に雨水浸透を導入する場合、流下能力に余裕が生じることになり、見掛け上、下水道施設が対応できる降雨強度を増加させる効果が得られる (図-5)。

なお、流出係数の場合と同様に降雨強度に対しても降雨強度の低下に相当する効果が得られるが、自然現象を考えた場合には適当ではない。

3.5.2 流出量削減効果の評価

流出量削減効果には「ピーク流出量の削減」、「浸水箇所および浸水量の削減」、「総流出量の削減」の3つの効果があり、計画降雨のハイドログラフを利用して評価する (図-6)。



(図中の数字は雨水量変化の概念値、流出係数0.80の場合)

図-5 降雨強度増加の概念図

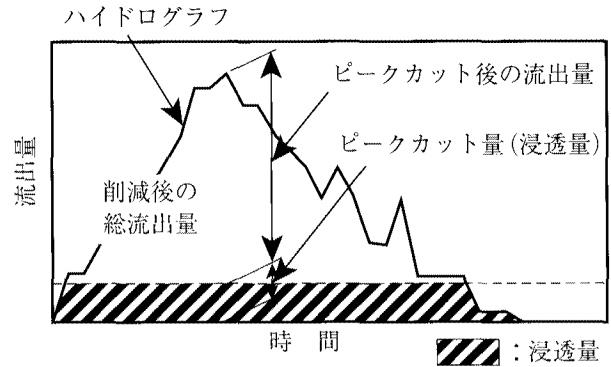


図-6 流出量削減効果

(1) ピーク流出量、浸水箇所および浸水量の削減

雨水浸透の導入により、一定量の雨水が地面に浸透することから、ピーク流出量は削減される。

例えば、浸水被害が発生している流域において、浸透適地に浸透施設を整備すると、管路への流出量が削減される。したがって、浸水被害が軽減され、浸水箇所および浸水量の削減等の効果が得られる (図-7)。

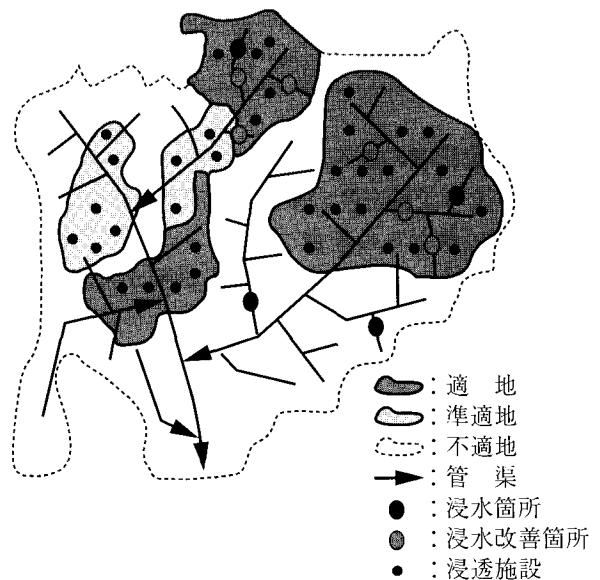


図-7 流出量削減効果の概念図

(2) 総流出量の削減

河川、湖沼等の放流先において放流規制がある場合、雨水浸透の導入により総流出量が削減されると雨水調整池等の規模を縮小する効果が得られる(図-8)。

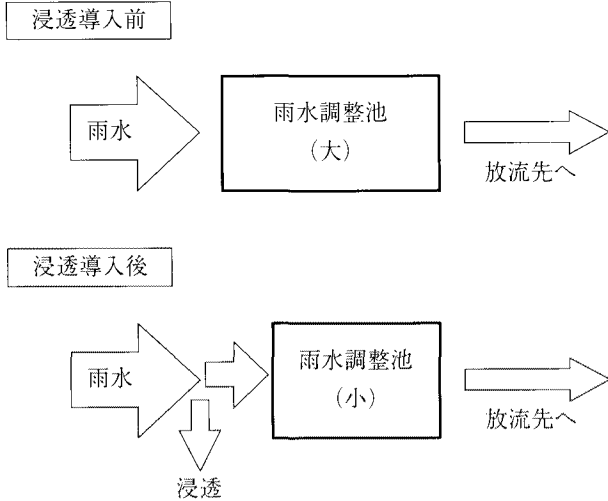


図-8 雨水調整池縮小の概念図

3.5.3 合流式下水道の改善効果の評価

合流式下水道区域で、雨水浸透を導入した場合、流出量が削減されることから、雨水吐き等からの河川への放流量が削減される。放流量が削減されることによって、放流汚濁負荷量も削減される。

また、河川への放流に至らない小降雨の場合、雨水浸透導入により、処理場への雨天時下水量も削減される(図-9)。

合流式下水道の改善効果については、年間での評価を基本とし、年間に発生する降雨パターンに対して評価する必要がある。したがって、導入検討段階では、これら全降雨パターンを代表するような複数のモデル降雨を対象に検討し、各モデル降雨の重み分けを乗ずることで年間評価を行うこととした。

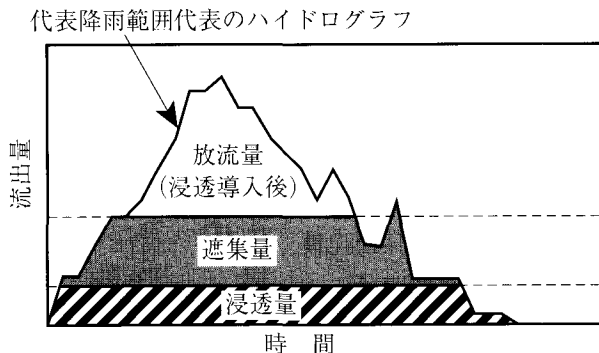


図-9 合流式下水道改善の概念図

3.6 地下水涵養効果

雨水浸透施設の効果として、以下に示す地下水涵養効果がある。

(1) 湧水の復活と維持、河川平常時流量の確保

地中へ浸透した雨水は地下水となり、その一部は河川などの水源となる。このことから、雨水浸透の効果として、河川平常時流量の確保や湧水の増加等の効果を得ることができる。

(2) 都市内気候の緩和

雨水浸透により地中へ水分が補給され、その水分の蒸発散により熱が奪われ、都市内気候の緩和(ヒートアイランド対策)につながると考えられる。

(3) 緑地への水分補給

雨水浸透により地中へ供給された雨水は、植樹等の生育の水源になる。

地下水の涵養効果は、水循環の観点からも期待されている雨水浸透効果の一つである。したがって、湧水の復活や平常時河川流量の確保など、定量的な評価については未だ研究段階であるが、定性的な評価や事例紹介による評価を加えることで、雨水浸透が管渠規模の増大や貯留施設など他の施策に比べて、その効果が広範囲に及ぶ優位性を示すことが望ましい。

3.7 雨水浸透計画の評価

雨水浸透計画の導入の段階では、これまで述べてきた流出抑制効果を評価するばかりでなく、経済性、緊急性、施工性を考慮するとともに、雨水浸透整備以外の対策との比較など、総合的な評価を行って導入する必要がある。

なお、雨水浸透計画の評価は、目的とする浸透効果のみではなく、考えられるその他の効果についても評価し、雨水浸透が総合的に優れることを示していくことが望ましい。

3.8 維持管理

これまで述べてきた雨水浸透の効果を確保するためには、長期においても浸透ます等の単位浸透量が維持されていなければならない。単位浸透量の算定に際しては、浸透能力の低下を目詰まりの影響係数で考慮しているが、浸透能力の経年変化は施設の設置場所や維持管理状況に応じて大きな影響を受ける。

したがって、浸透施設の機能を長期的に維持するためには、点検および清掃等の維持管理を確実に行う必要がある。浸透施設の維持管理は、定期的かつ

永続的に行う必要があり、施設数量も多いため、住民参加による管理体制の導入についても、計画段階から検討しておく必要がある。

4. まとめ

今回の研究成果として、「下水道雨水浸透技術マニュアル」、概要版として「下水道雨水浸透施設導入のすすめ」、雨水浸透のよくある質問をまとめた「下水道雨水浸透施設Q&A集」を発刊する予定である。今後、雨水浸透事業の導入に際して積極的に活用されることを期待する。

●この研究を行ったのは

研究第二部長	中里 卓治
研究第二部主任研究員	市川 裕一
研究第二部研究員	中西 康博
研究第二部研究員	星 隆伸
研究第二部研究員	岸田 裕

●この研究に関するお問い合わせは

研究第二部長	高相 恒人
研究第二部主任研究員	市川 裕一
研究第二部研究員	星 隆伸
研究第二部研究員	岸田 裕