

I S S N 0386-5878

土木研究所資料 第2176号

治 水 研 究 〔13〕

土 木 研 究 所 資 料

浸透井の浸透能力把握手法に関する調査報告書

昭和 60 年 2 月

建設省土木研究所
河川部総合治水研究室

[Copyright © (1 9 8 5) by P.W.R. I

All rights reserved. No part of book may be reproduced by any means, nor transmitted, nor translated into a machine language without the written permission of the Director General of P.W.R.I

この報告書は、土木研究所長の承認を得て刊行したものである。したがって、本報告書の全部又は一部の転載、複製は、土木研究所長の承認を得ずしてこれを行ってはならない。 」

浸透井の浸透能力把握手法に関する調査報告書

総合治水研究室 山 本 晃 一
金 木 誠

要旨

本報告書は、総合治水対策が実施されている新河岸川流域の浸透井を主たる対象に、その水理・地質条件、井戸構造に応じた浸透能力評価式を提案したものである。

キーワード：浸透井，浸透能力，流出抑制施設，総合治水対策

は　　じ　　め　　に

流域内における開発の進行により、治水安全度の低下が著しい河川では、総合治水対策が実施されており、開発による流出増を緩和するための手法として、雨水貯留・浸透施設による流出抑制が各地で行なわれている。

総合治水対策が実施されている新河岸川の流域内では、近年浸透井により雨水処理を行う事例が増えており、この浸透井の浸透能力を適正に評価する必要性が生じている。

人工的な地下水涵養を主たる目的として、深井戸型式の浸透井はこれ迄も設置されてきたが、当流域の施設は浅井戸に属するもので自由水面をもつ地下水の不完全貫入井に分類されるものである。

本報告書では、新河岸川流域の水理・地質条件、井戸構造に応じた浸透井の浸透能力をどのように評価したら良いか検討した結果を報告するものである。

昭和60年 2 月

目 次

は じ め に

第 1 章 調査の背景及び概要	1
1. 1 総合治水対策及び流出抑制施設の概要	1
1. 2 新河岸川流域における浸透井の現状	8
1. 3 調査の目的と手法	14
第 2 章 浸透井の浸透能力影響因子の把握手法及び既往調査結果	15
2. 1 既往の浸透能力評価式	15
2. 2 影響因子の把握手法及び既往調査結果	16
2. 2. 1 透水係数	17
2. 2. 2 地下水位	21
2. 2. 3 帯水層下の不透水性基盤の位置	23
2. 2. 4 目づまりによる浸透能力低下	23
2. 2. 5 井戸効率	27
2. 2. 6 流入雨水の水質	29
第 3 章 現地試験による浸透能力調査	33
3. 1 調査目的	33
3. 2 試験地区の概要	33
3. 3 調査の内容及び結果	37
3. 4 結果の考察	58
第 4 章 水理模型実験による浸透特性の把握	63
4. 1 実験目的	63
4. 2 実験施設と実験内容	63
4. 3 水理模型実験の相似性	69
4. 4 実験結果	72
4. 5 理論浸透量式の浸透井への適用性	79
第 5 章 浸透井の設計浸透能力の総合評価及び今後の課題	83
5. 1 浸透井の浸透能力評価式	83
5. 2 浸透能力決定のフロー	87
5. 3 透水係数に関する検討	91
5. 4 今後の技術的課題	95
お わ り に	99
参 考 文 献	101

第1章 調査の背景及び概要

1.1 総合治水対策及び流出抑制施設の概要

1.1.1 総合治水対策について

昭和30年代に入ってから急激な都市化の進展は、大都市周辺部や地方中核都市等における河川流域の人口、資産を飛躍的に増大させ、とりわけ上流域及び以前からの浸水常習地帯であった下流部低平地における市街化の進行は、都市域での水害被害を激化させた。

この都市近郊の台地や丘陵あるいは低湿地における開発は、流域の保水・遊水機能を奪うとともに、流出量の増大、流出の尖鋭化などの流出機構の変化をもたらし、治水事業の効策を減殺させる。このような事態、また昭和49年の静岡の七夕災害、昭和51年9月の長良川の堤防決壊等を契機として、河川審議会に総合治水対策小委員会が設置され、都市水害に対して検討が加えられた。そして昭和52年6月には、河川改修の促進をはじめ、保水・遊水機能の維持・確保、洪水氾濫予想区域及び土石流危険区域の設定及び公示、治水施設の緊急整備計画の策定、それと関係部局と地方公共団体との協議体制の整備の5項目からなる中間答申が出されている。(表-1.1参照)

この中間答申を踏まえて発足された総合治水対策特定河川事業制度に基づき、現在、鶴見川ほか14河川では、流域整備計画を作成し関係自治体の協力を得て事業を推進している。その流域整備計画では、流域を治水機能に応じて保水地域、遊水地域、低地地域に3区分するとともに、図-1.1に示される流量分担計画を基本とした河川及び流域における治水暫定計画を作成し、各地域の特性に応じた治水対策を実施している。

これらの3区分のうち、主として保水地域においては、現在有している保水機能の保全とともにその増進を図るため、各種施策による山林、田畑等の自然地の保全、開発に応じた雨水貯留型流出抑制施設、またはこれに代る浸透型流出抑制施設の設置及び溜池の保存によって可能な限り保水機能を保全するとともに、適正な土地利用の誘導等の施策を実施するものとしている。

1.1.2 流出抑制施設の概要

流出抑制施設は、総合治水対策において、保水・遊水機能を保全し開発に伴う流出増の抑制に有効な手段として位置付けられ、図-1.2に示すように分類されている。流出抑制施設の種類は多くに分けられるが、その機能からは「貯留型」と「浸透型」の2種類に分けられる。前者は、流域からの雨水を一時的に貯留し河川に徐々に流出されるもので、技術マニュアル等も良く整備され、施設個々の機能に関しても水理計算等により比較的簡単に把握することが可能である。後者の浸透による雨水処理は、貯留型流出抑制施設に比べて施設設置のための用地が小さくて済むので、特にミニ開発対策として個人負担を軽減できるという利点がある事等から注目され、これまでも各所で実験が行われている。またこの方法は、開発等に伴って生じた不浸透面積の増加によって、減少した雨水の地下への涵養量を補う手段としても考えられている。

表－1.1 総合治水対策とその方針

対 策	方 針	備 考
1 治水施設の整備の促進	総合治水対策特定河川事業を促進する。	注 1
2 浸水予想区域の設定	① 浸水予想区域については、流域総合治水対策協議会構成員間における相互の行政資料として活用する。	
3 三地域区分	② 洪水による浸水実績については公表する。 ③ 流域を治水上の役割に応じて保水地域、遊水地域及び低地地域に区分することを原則とする。 ④ この地域区分は、総合治水対策を行うに当たつての流域総合治水対策協議会構成員間における確認事項とする。	注 2
4 保水・遊水機能の維持		
(1) 治水緑地、多目的遊水地の設置	遊水機能のある土地については、治水計画に必要な地域を治水緑地事業及び多目的遊水地事業により計画的遊水地として確保するとともに、多目的遊水地については、具体的箇所について河川部局と都市住宅部局との協議により設置する。	
(2) 防災調節池等の設置	① 大規模宅地開発等に関連して治水計画に必要な調整池の建設費に対して補助する防災調節池事業を促進する。 ② 暫定的な調整池の建設費に対し補助する特定調整池事業の創設に努める。 ③ 暫定的な調整池については、流域整備計画において設置期間を明示するものとする。	
(3) 雨水貯留施設の設置	① 保水・遊水機能の維持増大措置の一環として、雨水貯留施設の建設費に対して補助する雨水貯留事業を促進するとともに特定保水池事業の創設に努める。 ② 保水・遊水機能の維持のため、団地の棟間貯留、運動場、広場等での貯留を促進する。	
(4) 透水性舗装の適用等	歩道における透水性舗装の適用等保水機能の向上に努める。	
(5) 下水道事業における配慮	下水道においては、貯留機能等の確保のため、その方策を検討し、必要な措置を講ずるよう努める。	
(6) 市街化調整区域のうち治水上の機能を有する土地に対する配慮	市街化調整区域のうち、保水・遊水機能を有する土地については、都市計画担当部局は市街化区域及び市街化調整区域の決定（変更）の際に十分配慮するものとする。	
(7) 流域住民に対する理解と協力を求める働きかけ	流域の保水・遊水機能の維持の観点から次の事項を内容とする流域総合治水対策協議会名のパンフレットを作成し、流域住民及び建築、宅造関係者に市町村を通じて配布する等理解と協力を求める働きかけを行う。 1) 流域の保水・遊水機能の維持の必要性 2) 各戸貯留、高床式建築等の奨励 3) 地域の事態に応じた盛土の抑制	
5 治水施設の整備状況に対応した水害に安全な土地利用方式、建築方式の設定		
(1) 災害危険区域の設定	具体的箇所について河川部局と建築部局が協議を行う。	注 3
(2) 土地利用における治水安全度の配慮	市街化調整区域のうち、洪水、高水、津波、高潮等による災害の発生のおそれのある土地の区域については、おおむね10年以内に優先的かつ計画的に市街化を図るべき区域としての市街化区域への編入は原則として行わないものとする。	
(3) 流域住民に対する理解と協力を求める働きかけ	治水施設の整備状況に対応した水害に安全な土地利用方式、建築方式の奨励の観点から次の事項を内容とする流域総合治水対策協議会名のパンフレットを作成し、流域住民及び建築、宅造関係者に市町村を通じて配布する等理解と協力を求める働きかけを行う。 1) 耐水性建築（高床式、二階建等）の奨励 2) 地域の事態に応じた盛土高の調整	

注1 浸水予想区域

一定規模の降雨があつた場合に浸水が予想される区域であり、これは、既往洪水実績及び水理計算により求められる。

注2 ① 保水地域

主として雨水を一時的に浸透し、又は滞留する機能を有する地域で、治水上この機能を永続して確保し、又は増大させる必要のある地域

地形上からは山地、丘陵など、いわゆる水源地域が該当する。

② 遊水地域

雨水又は河川の流水が容易に流入して、一時的に貯留する機能を有している地域で、この機能を永続して確保し、又は増大させる必要のある地域

地形上からは、次の低地地域の一部であり、主に河川の上、中流域の河川に沿う低平地で、洪水時にしばしば氾濫して自然遊水地を呈する地域が該当する。

③ 低地地域

主として地域内の雨水が滞留して河川に流出せず、又は河川の流水が氾濫するおそれのある地域

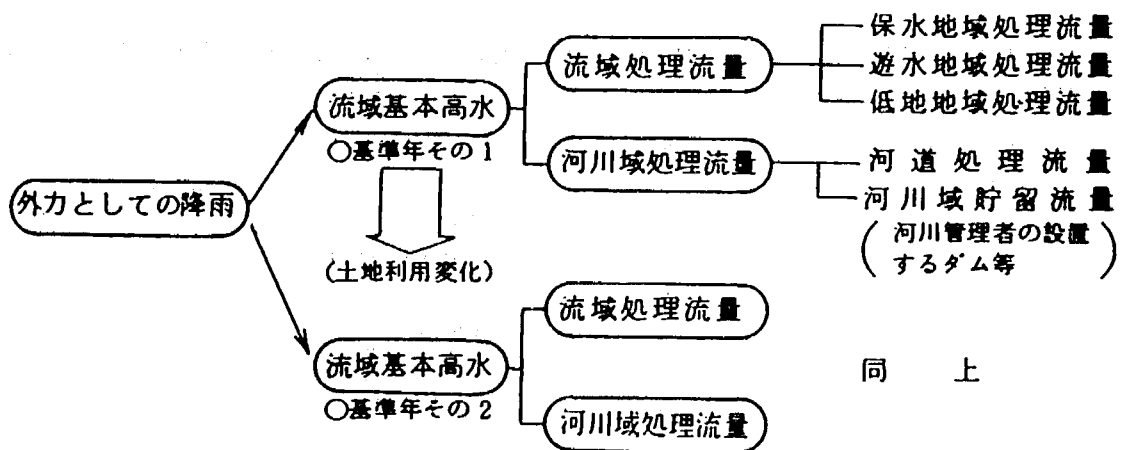
地形上からは、いわゆる洪水の氾濫原が該当する。

注3 災害危険区域

建築基準法第39条に基づき地方公共団体が、条例で津波、高潮、出水等による危険の著しい区域として指定するもの。

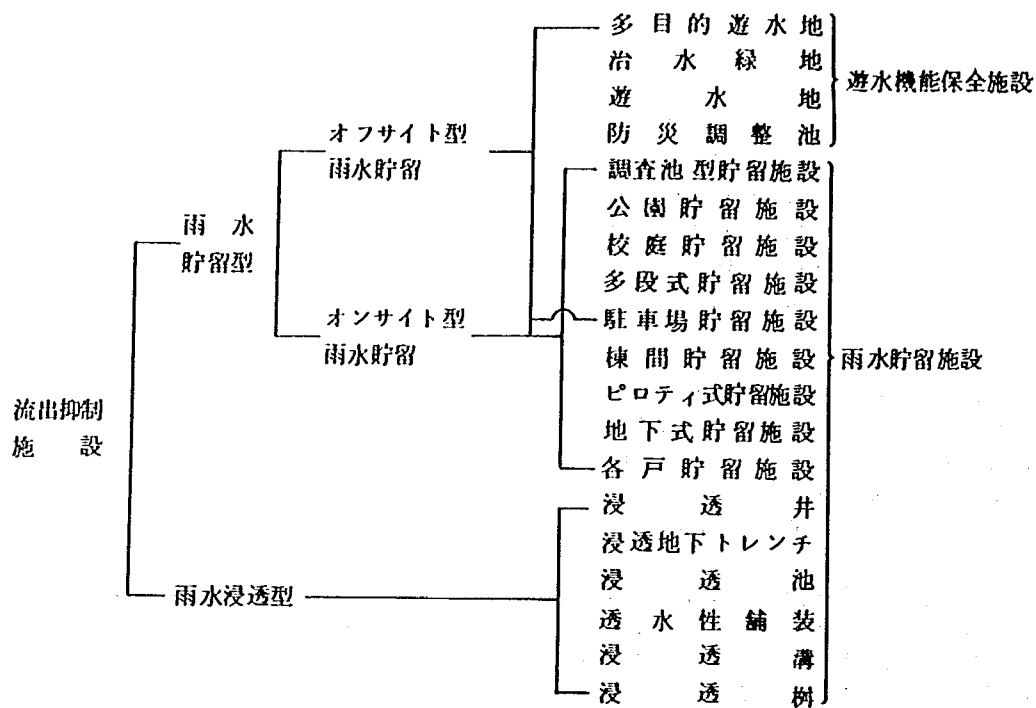
表－1.2 保水・遊水・低地地域の定義等

地域区分	定 義	流域分担計画における位置づけ	考えられる治水対策
保水地域	主として、雨水を一時的に浸透し、または滞留する能力を有する地域（いわゆる流出地域）で、治水上この能力を永続して保持し、または増大させる必要のある地域	保水地域処理流量	各戸貯留、棟間貯留、調節池、流域開発の抑制、透水性舗装等
遊水地域	主として、地域内の雨水が滞留するおそれがある地域（いわゆる滞水地域）または河川の流水が容易に流入するおそれのある地域（いわゆる氾濫区域）で、これらの水を一時的に貯留する能力を有し、治水上この能力を永続して保持し、または増大させる必要のある地域。	遊水地域処理流量	遊水地、市街化調整区域の保持、盛土規制、建築規制等。
低地地域	主として、地域内の雨水が滞留するおそれがある地域（いわゆる滞水地域）または河川の流水が容易に流入するおそれのある地域（いわゆる氾濫区域）で、これらの治水上の難点を解消すべき地域。	低地地域処理流量	盛土規制、建築規制、浸水区域の公示、調整池等。



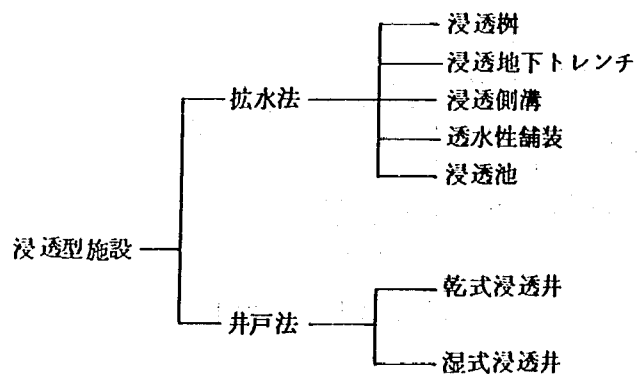
注) 基準年 その1: 例えば 現在
その2: 例えば 現在から10年後

図－1.1 流量分担計画

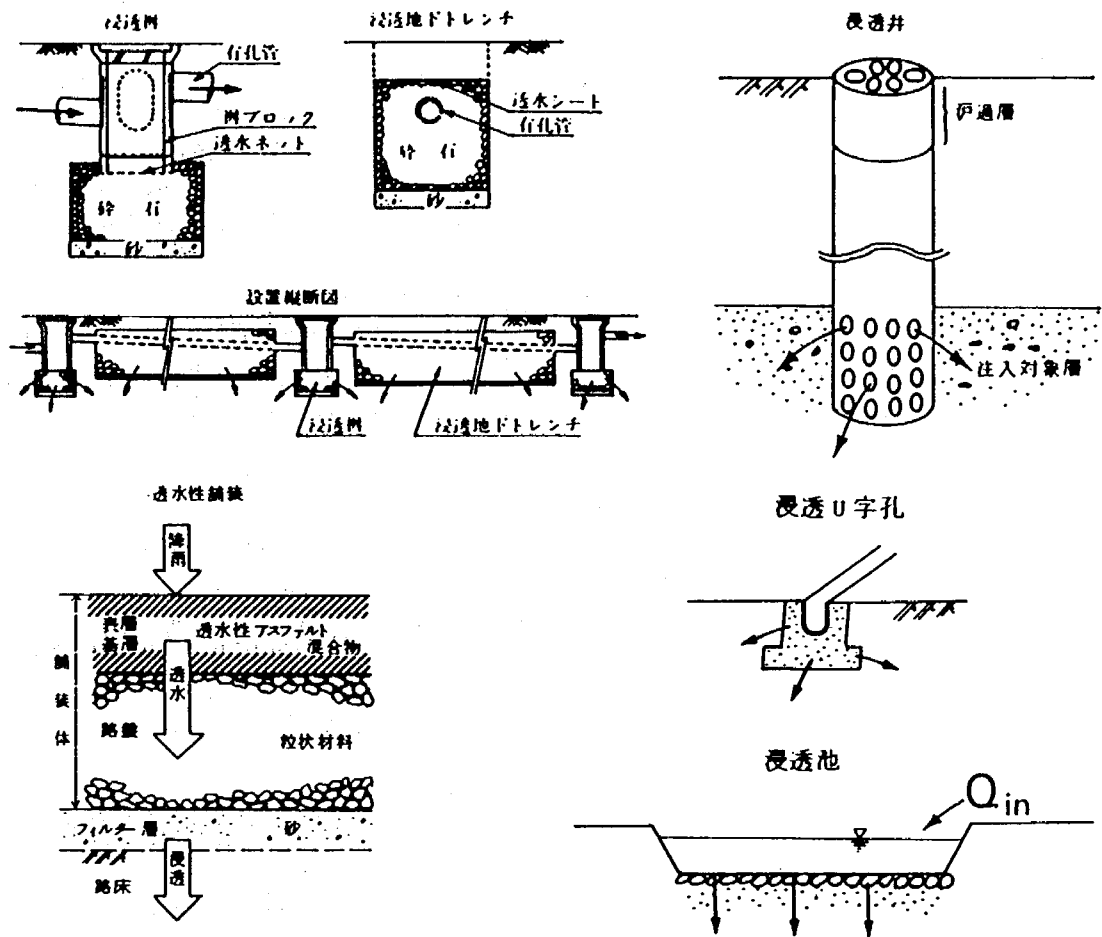


図－ 1. 2 流出抑制施設の分類

浸透型流出抑制施設は、図－ 1. 3 に示すように、地表面から浸透させる拡大法と注入井による井戸法に大別される。



図－ 1. 3 浸透型施設の分類



図－1.4 地下浸透施設の概念図

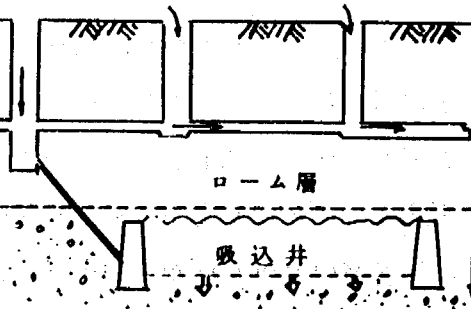
1.1.3 流出抑制対策としての浸透井

図－1.3に示した浸透型施設の中で井戸法に分類される浸透井は、地盤沈下対策、地下水への塩水浸入防止対策・冷却水の地下環流等の目的で、以前から用いられていた方法である。（表－1.3参照）。この方法は、雨水などを井戸壁のわずかな面積を通して地下に注入させるものである。この方法による機能低下が避けられない現象として発生するため、まず注入水の沈殿・濾過等の目づまりの原因となる物質を取り除く前処理を行って注入する方法が採られる場合が多い。

この井戸法による雨水処理は、処理される雨水の水質や、浸透層の地盤、地下水汚染に対して配慮するとともに、目づまりの回復が困難なことから前処理法を工夫する必要がある。実際に本工法が適用しえる地盤条件は、砂礫層でありかつ地下水位が低いところであると考えられる。

また、浸透井には、平常時の地下水面が井戸の孔底下にあり施設の機能時以外は浸透面がほぼ乾燥状態にある「乾式浸透井」と、平常時の地下水面が井戸の孔底上にあり常時浸透面が湿潤状

表-1.3 浸透井採用団地一覧表〔住宅・都市整備公団〕

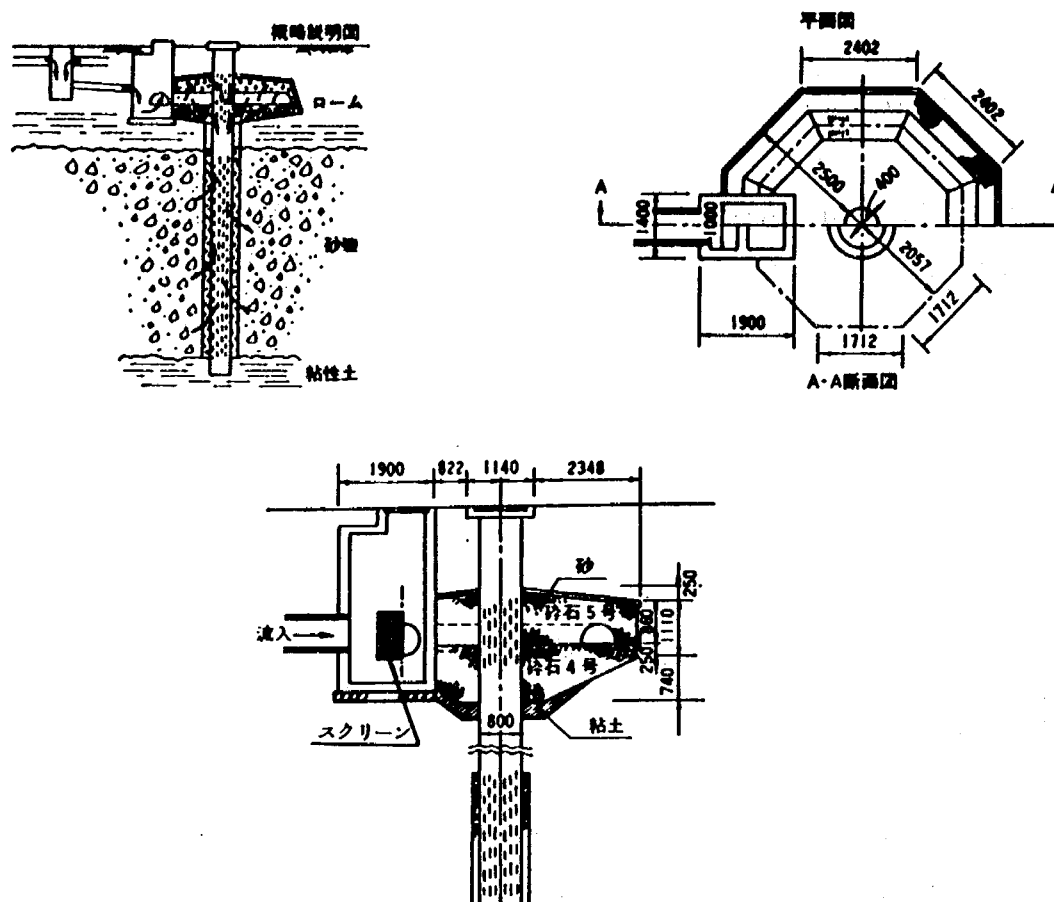
団地名（施設名）		浸透施設の規模					諸 条 件	
①	立川幸町団地 （東京都立川市幸町）	井戸	種類	口 径	深 度	ストレーナ長さ	本 数	・雨水浸透 ・ $k=0.4\sim 1.0\text{cm/sec}$ （武蔵野礫層） ・集水面積 10.7 h ・地下水位 GL-16.8～17.8 m ・昭和46年より供用開始 障害はみられず 表は立川幸町団地分のみを示す。
				φ800	18 ^m	9.35 ^m	9	
				φ800	19	9.35	11	
	（他2団地）		φ800	13	4.00	1		
②	中清戸団地 （東京都清瀬戸中清戸5～32～1）	井戸		φ800	21.1	12.00	1	・雨水浸透 ・ $k=1.2\times 10^{-2}\text{cm/sec}$ （武蔵野礫層） ・集水面積 10.0 ha 粗造成済み、下水管渠未整備団地 ・地下水位 G.L-4.4～8.8m ・昭和52年6月より供用開始
				φ800	23.1	17.00	1	
				φ1000	5.0	底面積のみ	3	
③	西砂川団地 （東京都立川市西町川町4101）	人孔		φ400	25	19.00	1	・雨水浸透 ・ $k=134\times 10^{-1}\sim 8.47\times 10^{-1}\text{cm/sec}$ （立川礫層） ・集水面積 16.2 ha 現況草地、下水管渠未整備団地 ・地下水位 G.L-13 m ・昭和53年11月新設
				φ1000	24	19.06	1	
				φ400	61.24	13.20	1	
				φ900	3.0	底面積のみ	3	
			マス	200×200	3.0	2.50	2	
④	西原四丁目団地 （東京都田無市西原四丁目）	井戸		φ800	26.17	20.00	3	・雨水浸透 ・ $k=2\times 10^{-1}\text{cm/sec}$ （武蔵野礫層） ・集水面積 6.7 ha 現在建設中の団地であり最終設置 本数 23井予定 ・地下水位 G.L-9～12m ・昭和55年3月より供用開始 この他に調整地を設置し、井戸を併用している。
				φ800	26.37	20.00	1	
				φ800	26.57	20.00	3	
				φ800	26.67	20.00	1	
				φ800	27.57	20.00	2	
				φ800	28.87	20.00	1	
				φ800	29.37	20.00	1	
⑤	富士見台団地 （東京都国立市富士見台1丁目）	種類	口 径	深 度	ストレーナ長さ	本 数	・雨水浸透 ・ $k=1.42\times 10^{-2}\sim 9.30\times 10^{-2}\text{cm/sec}$ （立川礫層） ・地下水位 GL-13m ・集水面積 10 ha ・浸透暗渠と併用 ・昭和42年～4.5年の間に供用、 現在供用せず。	
			φ12000	5.8	底面積のみ	1		
		浸透井と暗渠の組合わせ						

態にある「湿式浸透井」がある。表－1.3に示されるような深井戸型式の浸透井は、一般に被圧地下水を注入対象層としており湿式浸透井に分類されるが、一方本報告書で対象としている浸透井は、浅井戸型式のもので地盤浅層の不圧地下水を注入対象層とした乾式浸透井に分類されるものである。

我が国において、流出抑制対策としての浸透井が設置され始めたのは、昭和40年代半ば頃からであると考えられる。現住宅・都市整備公団では、東京都内の住宅団地建設に際して、雨水の排水先河川、水路等が未整備なため、開発地区内の雨水を暫定的・試験的に処理する目的で浸透井を設置している（表－1.3，図－1.5参照）。また、昭和50年代に入っても、東京都をはじめ埼玉県、神奈川県などの自治体の中には、特にミニ開発における暫定的な雨水処理として浸透井を設置する事例も増えてきている。これらの施設は、いずれも地区内雨水の排水先である河川、水路等が未整備であるため設置されたものである。

表1－4 流域の諸元

項 目	諸 元
河 川 名	新 河 岸 川
流 域 面 積	4 1 1.0 Km ² (3 8 9.9 1 Km ²)
流 路 延 長	3 3.7 Km
地 質	ロ ー ム
土 壌	黒ボク土壌群（関東ローム腐食質火山灰土）
植 生	シラカシ，クヌギ，コナラ，アカマツ（台地部）
流 域 人 口	1 8 0 万人
人 口 密 度	4, 8 3 0 人/Km ²
市 街 地	1 4 9 Km ² (3 8 %)
農 村 型 集 落	4 0 Km ² (1 0 %)
水 田 地 域	4 3 Km ² (1 1 %)
畑 地	1 2 9 Km ² (3 3 %)
森 林	2 9 Km ² (8 %)
分 水 嶺 標 高	T.P.+ 1 8 0 m (狭山丘陵)
感 潮 区 間	約 1 6 Km
関 連 区 市 町	3 区 2 0 市 3 町
流 域 勾 配	本川(1/4,000～1/3,000)，支川(1/100～1/400)
市 街 化 区 域	2 2 6.4 7 Km ² (5 8.0 8 %)



図－ 1.5 浸透井の構造

1.2 新河岸川流域における浸透井の現状

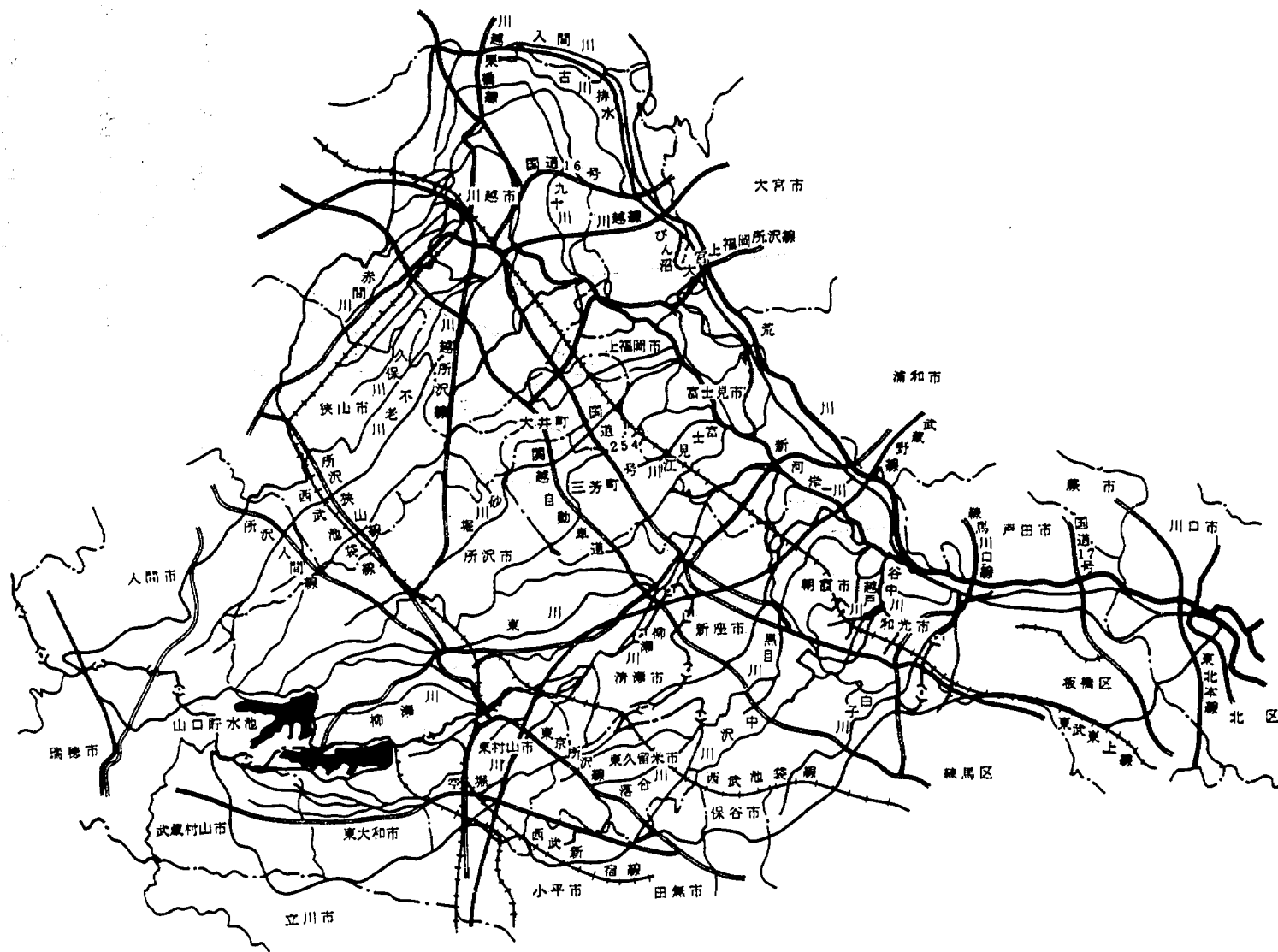
1.2.1 流域の概況

新河岸川は、埼玉県西南部並びに東京都の北多摩地区及び西北部の一部を流域にもつ流域面積411 km²、幹線流路延長33.7 kmの荒川水系の支川である。

この流域は、近年首都圏のスプロール化の影響を受け、西武池袋線と西武新宿線に沿った武蔵野台地の中央部と、東武東上線に沿った台地の東部前縁部を中心に著しく流域開発が進み、保水機能を有していた上流支川の台地上の山林、畑地および自然の遊水機能を有していた中、下流の河川沿いの水田、畑地にも、人口や資産が集積してきている。

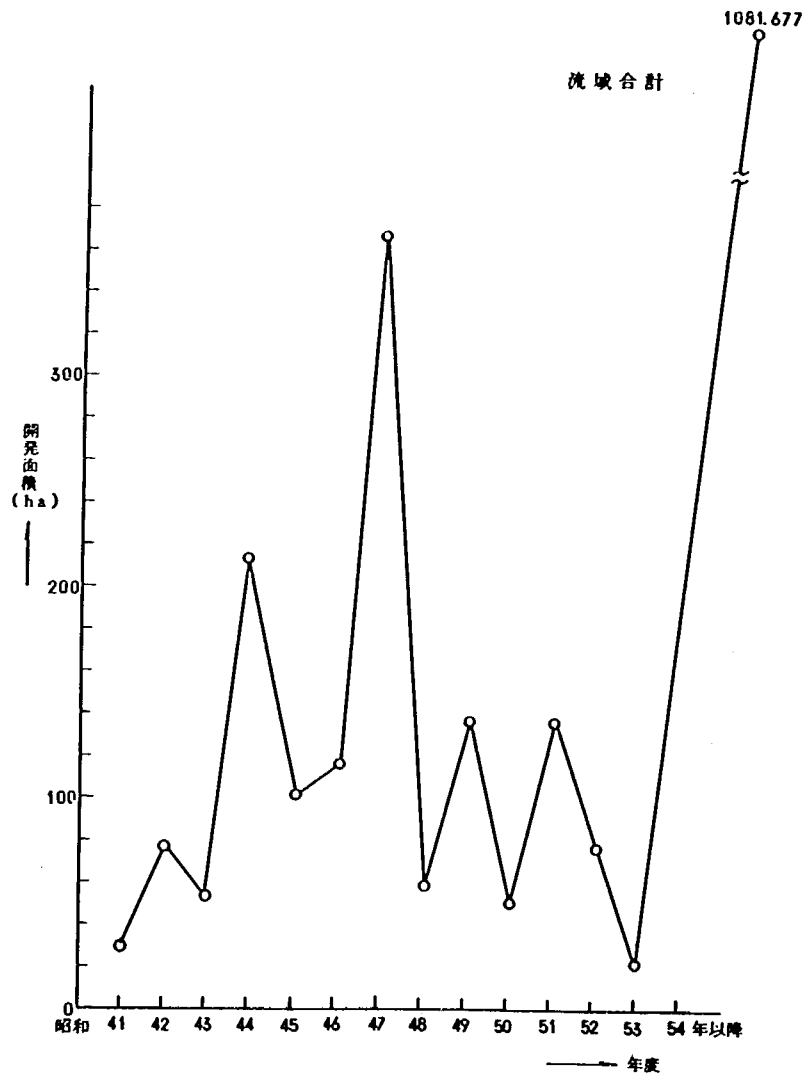
新河岸川流域は、最上流部の狭山丘陵地域を除くと比較的平坦な武蔵野台地が流域の約8割を占め、残りが荒川と新河岸川に挟まれた荒川低地となっており、一般の河川に比べると極めて平坦と云える流域の特性をもっている。

この流域は、首都東京の通勤圏の一角にあり、昭和30年代後半からの高度経済成長と相俟って、東武東上線・西武池袋線・新宿線沿線地区を中心に、宅地開発が急激に進行している。



図一 1.6 新河岸川流域概要図

また図－1.7は、当流域における年度別開発面積を示したもので、開発の進行はさらに将来においても進むものと予想されている。さらに、当流域における開発の特徴として、とくに近年大規模宅地開発の件数が減少してきている反面、開発件数に占めるミニ開発の割合が約80%と非常に高いことを挙げる事ができる。



図－1.7 年度開発面積

新河岸川流域の大半を占める武蔵野台地は、古多摩川が砂礫を流域に流し堆積させて作った古い氾濫原であり、関東ローム層4～6mの下に砂礫層が卓越している地区が多い。

図－1.8に示すように、新河岸川流域及びその近傍には、昭和58年時点で約40ヶ所に浸透井が設置されている。

これらの浸透井を、雨水の浸透対象層により分類すれば、武蔵野礫層が31ヶ所と約8割を占め、立川礫層を対象とするものは9ヶ所である。また、口径により分類すれば、内径900mmのものが27ヶ所（流域内21ヶ所）、内径1200mmのものが13ヶ所（流域内12ヶ所）であるが、図中に示されていないもので内径1,800mm又はそれ以上の施設も最近見られる。

図-1.8 浸透井設置状況図

さらに、浸透井の特徴を乾式と湿式に分けて示すと表－1.5のとおりであり、湿式の場合は、孔底が砂礫層下の不透水性基盤としての粘性土層まで達するものが多く井戸長が長くなるのに対して、乾式の場合には、地下水面より上部に孔底があるため井戸は地下7～8mを限界として施工されており、相対的に井戸長が短くなっている。なお表－1.6は、新河岸川流域にある大井町において設置された、浸透井の規模とその比較をしたものである。

表－1.5 浸透井の特徴

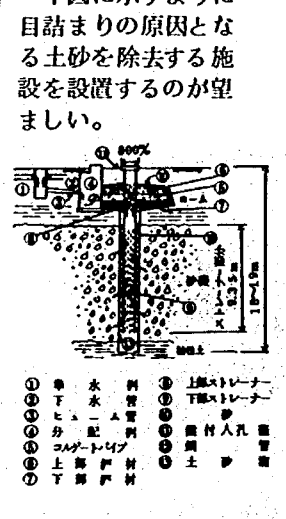
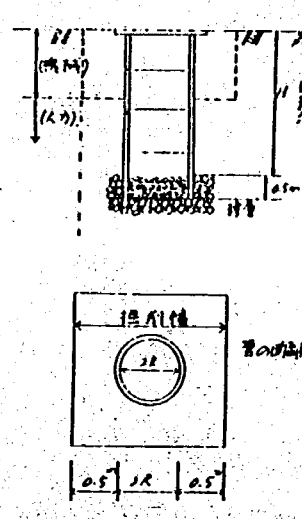
種類 特徴	浸 透 井	
	湿式浸透井（注入井）	乾式浸透井（浅井戸、空井戸）
形態および構造上の特徴	- 不透水性基盤たる粘性土層まで削孔する。 - 井壁はストレーナを開孔する。 - 下図に示すように目詰まりの原因となる土砂を除去する施設を設置するのが望ましい。  (断面図) (側面図) ① 井戸口 ② 井戸蓋 ③ 井戸枠 ④ 井戸管 ⑤ 井戸底 ⑥ 井戸壁 ⑦ 井戸底土 ⑧ 井戸底砂 ⑨ 井戸底石 ⑩ 井戸底鉄 ⑪ 井戸底銅 ⑫ 井戸底鉛 ⑬ 井戸底金 ⑭ 井戸底銀 ⑮ 井戸底鉄 ⑯ 井戸底銅 ⑰ 井戸底鉛 ⑱ 井戸底金 ⑲ 井戸底銀 ⑳ 井戸底鉄 ㉑ 井戸底銅 ㉒ 井戸底鉛 ㉓ 井戸底金 ㉔ 井戸底銀 ㉕ 井戸底鉄 ㉖ 井戸底銅 ㉗ 井戸底鉛 ㉘ 井戸底金 ㉙ 井戸底銀 ㉚ 井戸底鉄 ㉛ 井戸底銅 ㉜ 井戸底鉛 ㉝ 井戸底金 ㉞ 井戸底銀 ㉟ 井戸底鉄 ㊱ 井戸底銅 ㊲ 井戸底鉛 ㊳ 井戸底金 ㊴ 井戸底銀 ㊵ 井戸底鉄 ㊶ 井戸底銅 ㊷ 井戸底鉛 ㊸ 井戸底金 ㊹ 井戸底銀 ㊺ 井戸底鉄 ㊻ 井戸底銅 ㊼ 井戸底鉛 ㊽ 井戸底金 ㊾ 井戸底銀 ㊿ 井戸底鉄	井壁には、井戸枠、人孔、ヒューム管などが用いられる。開孔部を現場施工する場合もある。  (断面図) (側面図)
浸透の場となる地層および地下水位等との関連	最も一般的に見られるタイプで、地下の砂礫層下の不透水性基盤と考えられる粘性土層に達するまで削孔し、井壁に開孔したストレーナを通して浸透を図る。浸透能の低い地層へ注入するものもある。被圧滞水層への注入も圧入により可能。	- 深さ2.3m～10mに見出される礫層へ浸透させるもので、礫層の浸透性が大きいことが施設の条件となる。 - 地下水位は、通常浸透面より深い位置にある。
削孔深度および工法	- ガスの採掘に伴う地盤沈下対策のための注入井には、1,040m（新潟市）、1,410m（千葉市）もの深度まで注入する例がある。 - 場所打ちコンクリート杭の施工法であるベンド工法を用いた場合は、深さ35～45mぐらいまでの削孔が可能である。	既設実績例では、機械掘削（深さ4～5mまで）と人力掘削を併用して地下7～8mを限界として施工されているようである。場所打ちコンクリート杭の施工法の一つである木田式深礎工法などを用いコストを度外視すれば、深さに限界はないとも判断される。
その他の特徴		
敷設例	- 住宅・都市整備公団、立川市、柏町団地、幸町団地等 - 東京都瑞穂町「瑞穂町西部土地区画整理事業等	- ヤマハ倉庫 φ1800（ヒューム管）4本 - 土屋倉庫 φ1800（ヒューム管）8本 - 大井町立東中学校 φ1200（人孔）21本

表- 1.6 浸透井の規模

開 発 名	所 在 地	開 発 規 模(㎡)		浸 透 面 の 深 さ (m)	浸 透 施 設 の 規 模			浸 透 面 の 透 水 係 数 K(m/hr)
		開 発 面 積	建 築 面 積		浸 透 面 積 (㎡)	内 訳	設 置 費 用 (千円)	
ヤマハ倉庫	入間郡大井町	4,479 ¹⁾	2,718.9 ¹⁾	5.10	10.27	Ø 1800×4 (ヒューム管)	2,892 ²⁾ (人 孔)	0.2088
土 屋 倉 庫	〃	6,940	3,447	9.5	20.35	Ø 1800×8 (〃)	9,344 (人 孔)	
日 本 ド ア -	〃	2,988	1,639	4.0	11.55	385×300 (現場打鉄筋コンクリート)		
大井町立東中学校	〃	19,823	2,586	3.30	23.74	Ø 1200×21 (人 孔)	7,077	
埼玉県住宅供給公社	〃	6,518	(不 明)	5.28	(不 明)	浸透池…1ヶ所 用 地		
ハ イ ツ 大 井	〃	13,168	4,059	3.15	201.6	地下室型浸透井		
ラ ホ - レ	〃	945.1	297.6	5.5	3.53	Ø 1500×2	1,322 (人 孔)	
野 本 製 作 所	〃	1,980.09	1,040.3	5.5	10.17	Ø 1800×4	2,892 (人 孔)	

出典)大井町役場資料より

注 1) 図上計測により算出

2) 費用は、「新河岸川流域対策調査報告書」(昭和58年1月)参照

以上に述べた浸透井は、自治体の宅地開発指導要綱等に基づき設置指導されているもので、放流元となる河川又は下水道等の排水施設が未整備な地区において開発地区内の雨水を処理するための一手法として採用されているものである。

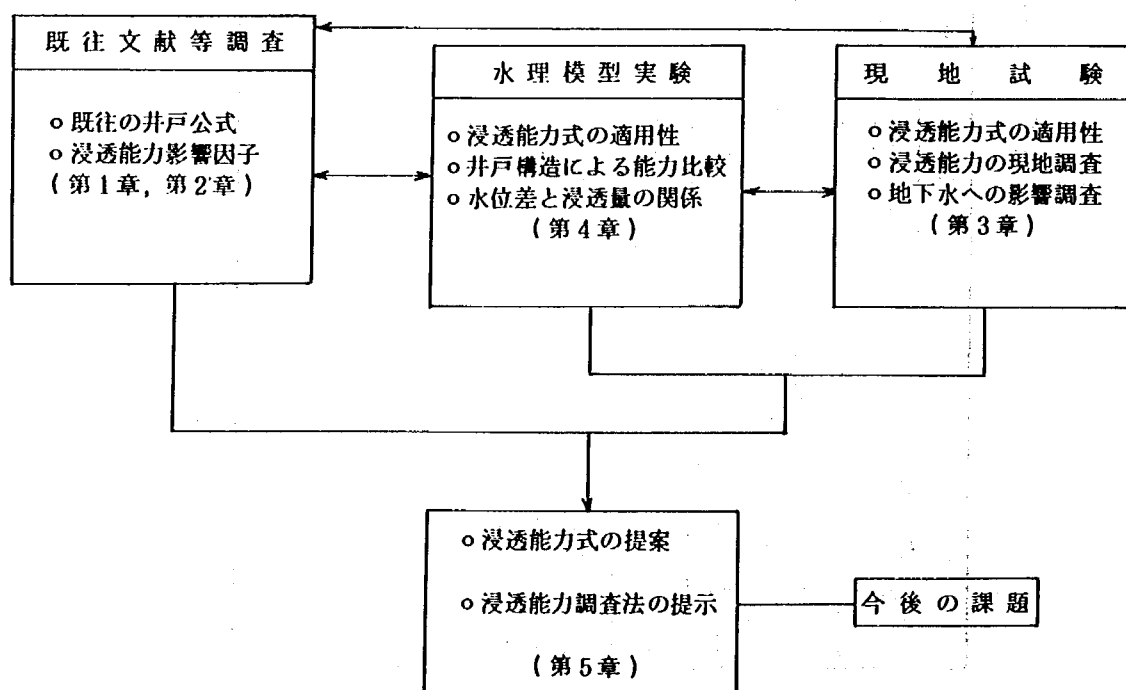
1.3 調査の目的と手法

本調査の目的は、新河岸川流域及びその近傍に設置される浸透井の浸透能力を適正に把握・評価することにある。このため、以下の事項を調査することとした。

- ① 浸透量評価式の検討
- ② 浸透能力調査フローの提示
- ③ 目づまり等を考慮した長期的能力の検討

本調査は、昭和58,59年度の2年度に亘って実施したもので、概略のフローを図－1.9に示す。

上に示した①～③の目的に関して、浸透量評価式の検討は、室内における水理模型実験及び新河岸川流域及びその近傍での現地試験により検討することとした。また、②及び③の目的に関しては、既往文献等により調査する方針とした。なお、新河岸川流域等における現地試験は、関東地建荒川下流工事々務所が、昭和57,58年度に実施したものである。



図－1.9 浸透井浸透能力調査フロー

第2章 浸透井の浸透能力影響因子の把握手法及び既往調査結果

2.1 既往の浸透能力評価式

2.1.1 検討対象施設

本検討で対象となる浸透井は、不圧地下水すなわち自由水面を持つ地下水に雨水を注入する不完全貫入井で、平常時における浸透面の状態から乾式浸透井に分類されるものである。(図-2.1, 2.2 参照)

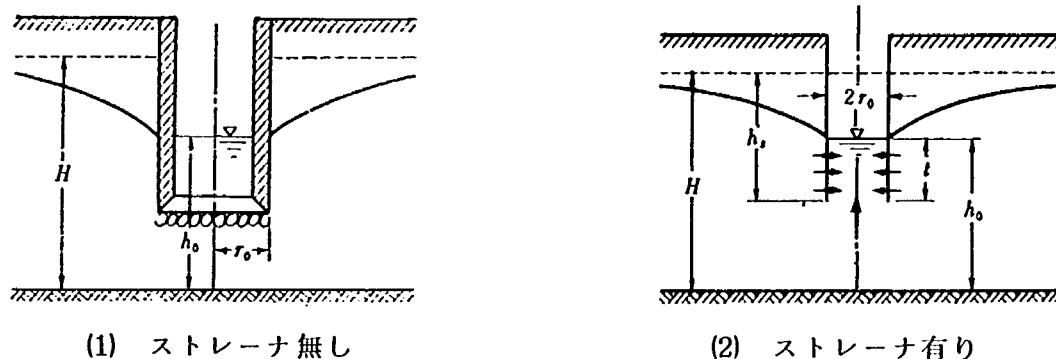


図-2.1 不完全貫入井の概念

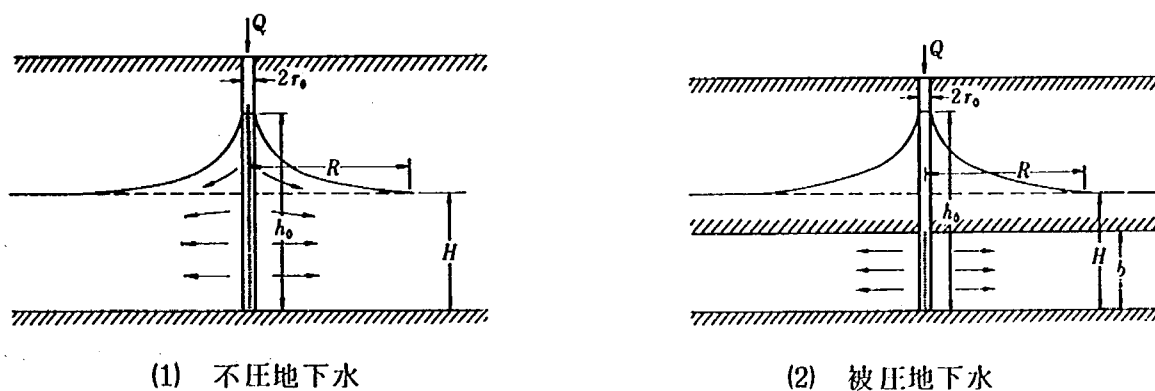


図-2.2 完全貫入井の概念

2.1.2 既往の浸透能力評価式

浸透と揚水は可逆現象であるとの仮定の下に、本検討で対象としている不圧地下水の不完全貫入井に関する浸透量を与える式を、水理公式集より導びき出せば、以下のとおりである。

＜自由水面を持つ地下水の浸透井＞

(井底が平坦で井底だけから浸透する場合)

$$Q = 4Kr_0(h_0 - H) \quad \dots\dots\dots (2.1)$$

(井底と側避から浸透する場合)

$$Q = \frac{4\pi K (h_o - H)}{\frac{4.6}{h_s} \log_{10} \frac{\pi h_s}{2 r_o} + \frac{0.2}{H}} \quad \dots\dots\dots (2.2)$$

$$Q = \frac{\pi K (h_o^2 - H^2)}{2.3 \log \left(\frac{R}{r_o} \right)} \cdot \sqrt{\frac{t + 0.5 r_o}{h_o}} \cdot \sqrt{\frac{2 h_o - t}{r_o}} \quad \dots\dots\dots (2.3)$$

ここに、 Q ；浸透量 (m^3/min)

K ；透水係数 (m/min)

r_o ；井戸の半径 (m)

h_o ；井戸の水位 (m)

H ；滞水層の下端から最初の地下水位までの高さ (m)

h_s ；地下水位から井底までの高さ (m)

t ；ストレート部分の長さ (m)

R ；影響半径 (m)

以上の式は、自由水面を持つ地下水の不完全貫入井（部分貫入井）に適用されるものである。

なお、水理式公式集での解説から、(2.2)式は水位上昇量が滞水層の厚さに比較して小さいときに適用され、(2.3)式は滞水層が非常に厚いときには過小の値を与えると考えることができる。

2.2 影響因子の把握手法及び既往調査結果

本節では、浸透井の浸透能力に影響を及ぼすと考えられる因子の把握手法及びこれらの因子に関する既往調査結果について述べる。

本検討で対象としている浸透井は、不圧地下水の不完全貫入井であり、(2.1)～(2.3)式に含まれる因子は、浸透井の浸透能力に影響を及ぼすものと考えることができる。また、理論式には考慮されていない要因として、浸透井を長期間使用した場合の能力低下及び井戸効率等が挙げられる。

以上の浸透能力影響因子は、以下のように3分類することができる。

(1) 浸透井の構造諸元

(2) 設置対象地盤の地質・地下水条件

(3) 目づまり、井戸効率等の井戸特性

上記の分類した要因に関して、(1)に含まれる因子は、浸透井の構造から一義的に求まるもので

あり、下記の3項目が考えられる。

i) 内径〔D〕又は半径〔 r_0 〕（ただし、 $r_0 = \frac{D}{2}$ ）

ii) 計画湛水深〔h〕

iii) ストレーナを設ける場合のストレーナ長〔l〕

(2)及(3)に含まれる因子は、浸透井を設置する対象地盤の特性及び浸透させる雨水の水質によって変化するものである。

ここでは、施設構造により一義的には求められない(2)及び(3)に含まれる因子について述べることにする。

(2)に含まれる因子は、浸透対象層の透水係数、地下水位及び浸透対象層下の不透水層の位置であり、(3)に含まれるものは、目づまりによる能力低減率及び井戸効率等である。

2.2.1 透水係数〔K〕

井戸の能力に関する理論式は、地下水流動が層流条件下にある場合の連動方程式〔ダルシー則〕を基本方程式としており、透水係数に比例する形となっている。

一方、既往文献によれば、浸透井の浸透対象層である砂礫層〔砂及び礫〕に関する透水係数の概略値は、表-2.1のとおりであり、ほぼ $10^0 \sim 10^{-3}$ cm/secオーダーの範囲内にあると考えられる。なお、新河岸川流域内の既に浸透井が設置されている自治体において、浸透対象層の透水係数を現場透水試験により測定した結果では、 $10^{-2} \sim 10^{-3}$ 程度の値となっている。

表-2.1 粒径による透水係数の概略値

	粘 土	シルト	微 細 砂	細 砂	中 砂	粗 砂	小 砂 利
粒径(mm)	0~0.01	0.01~0.06	0.05~0.10	0.10~0.25	0.25~0.50	0.50~1.0	1.0~5.0
k (cm/sec)	3×10^{-6}	4.5×10^{-4}	3.5×10^{-4}	0.015	0.085	0.35	3.0

透水係数は、浸透井の浸透能力を最も左右する因子であり、浸透能力をより適正に評価するためには、実施の設置条件になるべく近い形で、より正確な透水係数を把握する必要がある。

透水係数の測定法には、室内法、野外法及び図式法がある。（図-2.3）

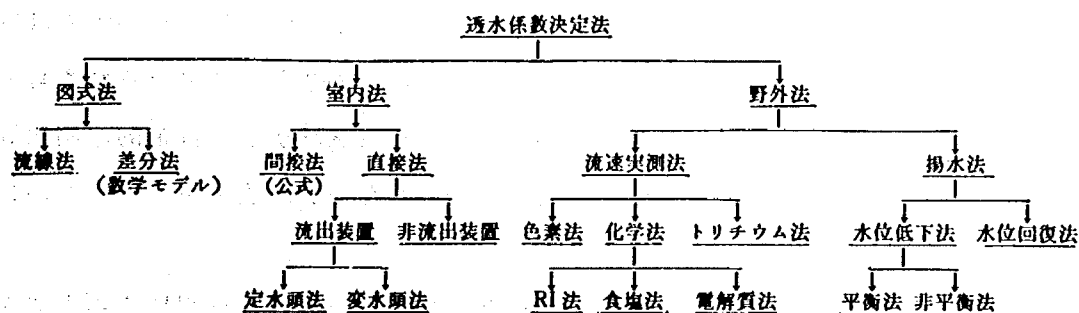


図-2.3 種々の透水係数測定法 (Wenzel, 山本)

浸透井の設置を検討しようとする地区に関して、既往ボーリング等により対象浸透層の透水係数が既に調査されている場合には、それらの資料を収集し、地形・地質条件の相違、測定法等に応じて整理すれば良いが、既往の調査データがほとんどない地区では、新規に透水試験を実施する必要がある。以下、室内法と野外法に関して説明する。

(1) 室内法

室内法には、実験式を用いる間接法と実験装置を用いる直接法がある。

間接法は、表－2.2.に示すような種々の実験公式により透水係数を計算するものであるが、一般にはオーダーを知る程度のものであるとされており、また、適用条件が不明確であり、複数式を用いて計算した各々の値はかなりのバラツキを示す。

直接法は、通常のボーリング調査等でサンプリングした試料を用いて、室内透水試験により透水係数を測定するものであり、定水位法と変水位法等がある。

(2) 野外法

野外法には、トレーサーを用いて流速を実測し透水係数を算出する流速実測法、揚水試験による揚水法などがある。（表－2.3）

我が国におけるこれまでの地下水の利用目的は、各種利水のための用水源とすることが主であり、井戸の使用形態は、揚水形式のものが大部分であった。また、各種地中工事において地下水位低下等の目的で用いられる井戸も揚水井によっている。したがって、井戸使用の形態は、揚水によるものがほとんどであり、この井戸の能力把握のために地盤の透水係数を測定する場合には揚水試験によることが適していたと言える。

一方、本報告書で対象としている浸透井に関しては、これまでも地盤沈下地域等における人工的な地下水強化、あるいは排水先の水路、河川等の未整備な開発地において雨水処理等を行なう場合に用いられてはきたが、既設の全井戸本数に占める割合は小さい。しかし、井戸による浸透と揚水の現象が、可逆現象であるとは明確に判断し得ない現状では、現地における透水係数測定法は、浸透試験によることが望ましいと言える。

また、現場透水試験法には、表－2.4に示すようなものがあり、その適用性は表に示されるところである。

なお、本報告書で対象としている浸透井は、主にこれまでの宅地開発指導要綱等では対策が明示されていない事例が多い、ミニ開発地における雨水処理の一手法として用いられるものであるため、開発指導を行なう自治体等では費用のかかる大がかりな試験法は、資金的な制約等から困難である場合が多い。したがって、比較的簡易で費用の要しない試験法を用いることが必要であろう。

なお、現地試験は、実物大に近い施設を用いて行なうほうが実際の浸透現象を再現でき正確な浸透量を把握できるが、試験に必要な水量を確保し難い場所では、確保可能な水量に応じて試験

表-2.2 透水係数の実験式

式 名	式 形	記 号 の 意 味	適用範囲	備 考
Kozeny の式 (コツェニー)	$K = \frac{Cg}{\nu} \frac{\varepsilon^3}{(1-\varepsilon)^2} d_s$ (cm/sec)	ν ; 流体の動粘性係数 (cm ² /sec) ε ; 空隙率, g ; 重力の加速度 C ; 砂粒の形状に関する定数, 0.003~0.005 d_s ; ふるい目 d_1 (cm) と d_2 (cm) との間にある土砂量の全土砂量に対する比	砂 礫 層	オーダーを知る程度
Zunker の式 (ツンカー)	$K = \frac{1.10}{\nu} \left(\frac{\varepsilon}{1-\varepsilon} \right)^2 d_e^2$ (cm/sec)	ν ; 同 上 ε ; " d_e ; 有効径, 粒度累加曲線の10%に相当する粒径 (cm)	"	"
Rose-Fair-Hatch の式 (ローズ・フェア・ハッチ)			"	"
Slichter の式 (スリヒター)	$K = \frac{C_s}{\mu} \cdot \frac{1}{x} \cdot d_e^2$	C_s ; 形状係数, 球形で 10.2 μ ; 粘性係数 (g/cm-sec) x ; $= x(\varepsilon)$ 空隙率の関数	"	"
Terzaghi の式 (テルツァギ)	$K = (460 \sim 800) \frac{\mu_0}{\mu_t} \left(\frac{\varepsilon - 0.13}{\sqrt[3]{1-\varepsilon}} \right)^2 d_e^2$	μ_0 ; 温度10℃のときの粘性係数 (g/cm-sec) μ_t ; " t ℃ " (") ε ; 同 上 d_e ; "	"	"
Hazen の式 (ヘーゼン)	$K = C (0.7 + 0.03 t) d_e$	t ; 温度 (℃) C ; 50~150, 普通 116 d_e ; 有効径	"	"

表- 2.3 野外法による透水係数測定法

測定式		式	記号の意味	条件	備考
トレーサー法		$K = \frac{\epsilon_e v_o}{i}$	ϵ_e ; 土砂の有効空隙率 v_o ; 実流速 (cm/sec) i ; 動水勾配 ($\Delta h / \Delta L$)	井戸を用いた実験 (トレーサーを用いる)	地下水の見かけの流速 = (実流速) × (有効空隙率)
揚水試験	平衡式	$K = \frac{0.366 Q \log_{10} \left(\frac{r_2}{r_1} \right)}{b (S_1 - S_2)}$	r_1, r_2 ; 井戸より観測井までの距離 S_1, S_2 ; それぞれの観測井の水位降下	長時間揚水して地下水位が平衡状態となった場合	
	非平衡式	$Q = \frac{4 \pi T \cdot S}{W(u)}$ $W(u) = \int_u^\infty \frac{e^{-u}}{u} du = \dots \left(u = \frac{r^2 S}{4 T t} \right)$	Q ; 揚水量 r ; 井戸からの距離 t ; 揚水時間 T ; 浸透量係数 $T = Kb$ S ; 貯留係数 $W(u)$; Wenselの井戸関数 K ; 透水係数 b ; 帯水層の厚さ	揚水時間と地下水位の非定常な関係から算出	
	回復式		揚水を停止して地下水位の回復を観測する		
注水式			注水して水位を観測する		

表-2.4 現場透水試験法とその適用性

試験方法	注水 or 抽水	試験地点の深さ 別適用性			地下水条件			測定される 透水係数の主な 方向	備 考
		深い	中	浅い	地下水位深 部	地下水位浅 い	地下水位より 上		
パッカー法	注水	○	○	△	○	○	△	水 平	
オープン エンド法	注水	○	○	△	○	○	△	鉛 直	
オープン エンド法	抽水	○	○	△	○	○	×	鉛 直	
オーガー 法	抽水				○	○	×	水 平	孔底が不透水層に達して いるか否かで適用式が異 なる。
USBR法	注水	×	×	○	×	×	○	水 平	地下水位までの深さと孔 内水深、孔内水深と孔半 径で適用式が異なる。
トレーサー 法	注水	×	×	○	×	×	○	鉛 直	
トレーサー 法	注水	○	○	○	○	○	×	水 平	広域調査に適する。

記号説明 ○ 応応性高く精度、信頼性比較的高い。
 ○◎より応応性は劣るが精度、信頼性とも問題ない。
 △ 適用可能であるが結果の精度、信頼性に問題あり。
 × 適用不能。

施設の規模も自ら限定されてくる。

2.2.2 地下水位

(1) 地下水位の変動特性

一般的に地下水位は、季節的・経年的変動を示し、また降雨時においても上昇することが知られている。これらの地下水位変動の事例を図-2.4, 2.5に示す。

図-2.4は新河岸川と隣接した残堀川流域内に位置するある団地内で測定された雨量と地下水位の関係図であり、図-2.5(1)~(3)は、新河岸川の一支川目黒川の流域内地点における地下水位経年変化の事例である。これらの図より、地下水位は、季節的・経年的に最大数 m を超える範囲内で変動することが判る。一方、降雨前後における変動には数日程度の日数を要し、地下水位は降雨に対し数時間~1日程度の短時間で鋭敏に反応するものではないが、降雨後明らかに上昇することがわかる。

ところで、浸透井が機能するのは、降雨開始直後から降雨終了後長くとも1日間の範囲内であると考えられるが、上述した地下水位の季節的、経年的変化を見込んで、浸透井の浸透能力設定の際には、高目の地下水位を与えて安全側の能力評価をすべきであろう。図-2.4に示した事例では、年間において10月が最も地下水位の高い時期となっている。

(2) 資料収集及び整理

地下水位の浸透量に及ぼす影響は、透水係数の場合のようにオーダーの違いで表われるということはないので、既往資料によりある程度の精度で把握できるならば、それを活用すべきである。

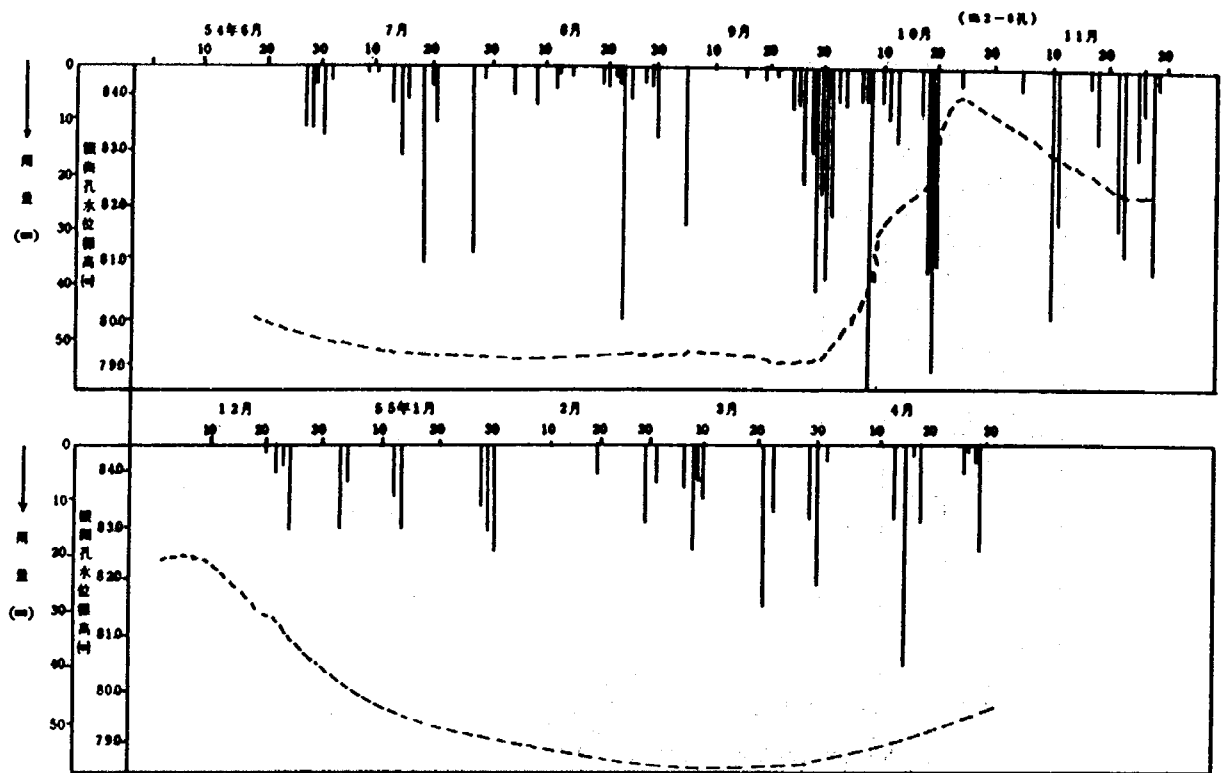


図-2.4 立川幸町団地 雨量，地下水位関係図

出典) 住宅・都市整備公団建築部，「降雨水の団地内処理システムに関する開発研究報告書」

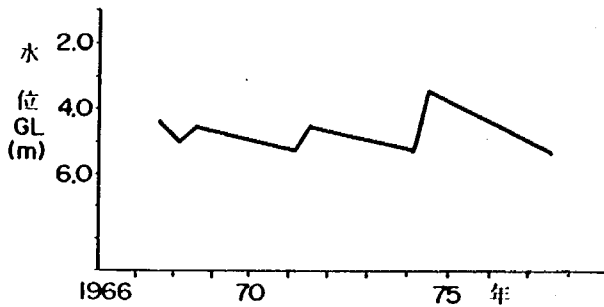


図-2.5 (1) 地下水位変化 (1966～1977)

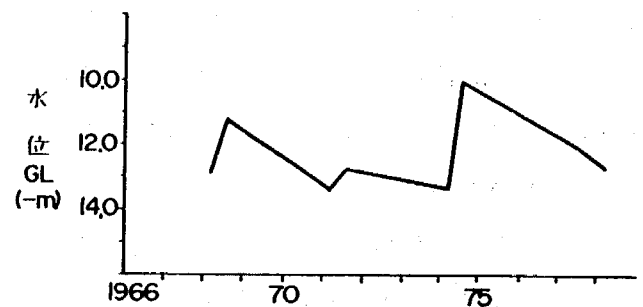


図-2.5 (2) 地下水位変化 (1968～1978)

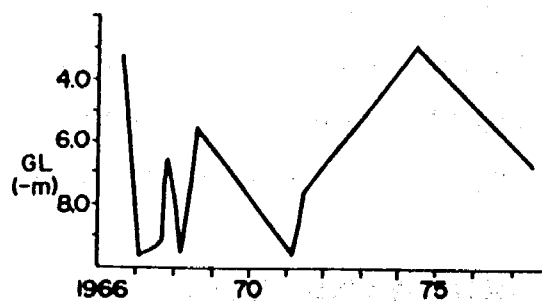


図-2.5 (3) 地下水位変化 (1966～1977)

2.2.3 帯水層下の不透水性基盤の位置

ストレーナ有りの浸透井に関して、(2.2)、(2.3)式を適用する場合、浸透対象層下の不透水性基盤の位置を把握する必要がある。(2.2)、(2.3)式は、ともに不透水性基盤の位置を基準面として、井戸内の湛水位〔 h_0 〕及び地下水位〔 H 〕が与えられているためである。

この不透水性基盤の位置は、既往の地質図や地盤図、ボーリング柱状図などの資料を用いて把握する。

2.2.4 目づまりによる浸透能力低下

土木研究所における既往成果より、浸透井の浸透能力は、目づまりによって低下することが明らかにされている。

石崎・北川によれば、目づまりは、浸透面の空隙が減少して透水性が劣化することによって起こり、その原因として以下の項目等が挙げられている。

- ① 注入水中に含まれる懸濁物
- ② 井戸又は帯水層内での微生物の発生
- ③ 注入水中の空気泡
- ④ 帯水層水と注入水の化学反応による沈澱物の生成
- ⑤ 帯水層に水を注入する時に起る土粒子配列の変化
- ⑥ 注入井の酸化、腐食

また、石崎らは、目づまりによる機能低減の定量的把握を現地実験及び室内模型実験により把握・評価している。現地実験による調査の対象地点は表-2.5に表されるとおりであり、また室内実験では、人工的に注入水中に懸濁物を混入し目づまり実験を行っている。

表-2.5 既往涵養実験における目づまり調査とりまとめ表

地名	透水係数	注 入 水	注入井構造 ②径 ③ストレーナ長	①深度	比注入量半減注入高 (注入量)	考えられる目づまりの原因
栗 野	3.4×10^{-3} cm/sec	水道水	① 85m ② 300mm ③ 18m		4.2×10^3 m (38 m ³ /h)	空気泡, 酸化鉄
大 阪	$1 \sim 5 \times 10^{-3}$	・	51m 7.5m	300mm	2.4×10^3 m (30 m ³ /h)	SS, 酸化鉄
大東市	1×10^{-3} (推定)	・	182m 37.5m	250mm	4.6×10^3 m (63 m ³ /h)	酸化鉄
妻 沼	3.1×10^{-3}	地下水A95m井Fe+Mn1.78 ppm B 5m井 8.0 ppm	200m 39.5m	400mm	A 4.1×10^3 m (60 m ³ /h) B 0.04×10^3 m	酸化鉄, 液化マ ンガン
平 塚	1.1×10^{-3}	浅井戸水	80m 25m	300mm	0.1×10^3 m (60 m ³ /h)	?
佐 賀 石	$2.83 \sim 4 \times 10^{-3}$	深井戸水	165m 67.5m	150~75mm	— (定圧注入)	SS, 微生物, 酸化鉄
上 越	6.2×10^{-3}	表流水浄化(凝集沈殿・急速経 過)濁度 2~3 ppm	285m 47m	300mm	1.0×10^3 m (53 m ³ /h)	SS, 酸化鉄, 微生物
山 形	2.1×10^{-3}	表流水(粗大のみ除去, 清澄) Fe 0.4 ppm	84m 36m	300mm	3.6×10^3 m (42 m ³ /h)	酸化鉄

(1) 既往の現地実験結果

現地実験における浸透能力低減状況は、図-2.6に示されるとおりであり、地区によって異なる結果となっている。なお、これらの結果は、表-2.5からも判るように注入井深度が50mを超える深層地下水に浸透させる深井戸によるものである。これらの井戸の形態は、浸透面が常時湿润状態にある湿式浸透井であり地下水は被圧状態にあると考えられるが、本調査で対象としている浸透井は不圧地下水における乾式浸透井であり形態が異なる。

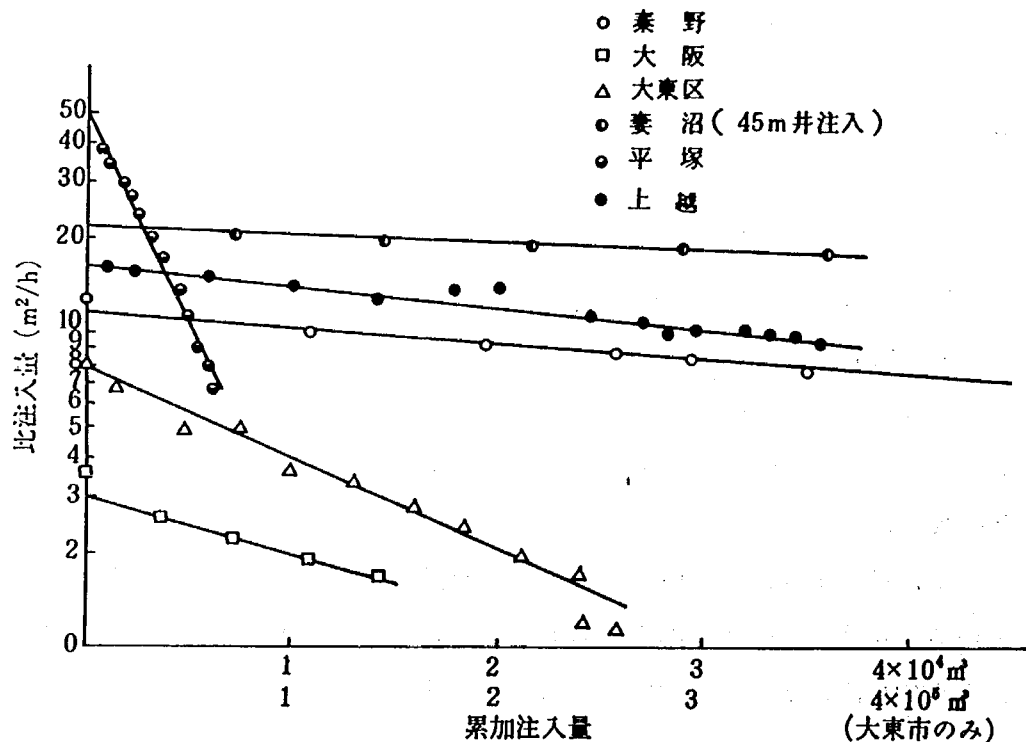


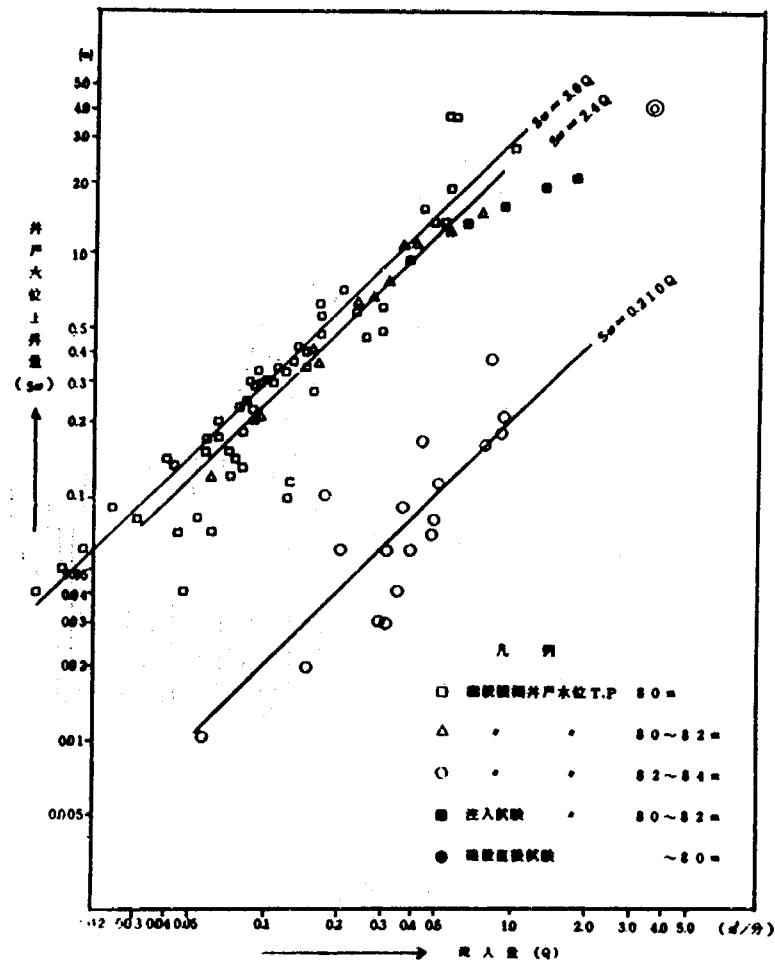
図-2.6 既往現地実験における比注入量変化

この不圧地下水における乾式浸透井については、目づまりによる機能低減に関する既往実験あるいは追跡調査は、ほとんど行なわれていないのが実情である。

住宅・都市整備公団では、昭和45年に設置した浸透井を対象に、設置直後と設置後約10年経過した時点での浸透特性（能力）を調査している（図-2.7）。

図-2.7は、同公団の立川幸町団地に設置したNo2号井を対象に、井戸内の水位上昇量〔 S_w 〕と浸透量〔 Q 〕の関係を調査したものである。同図中の◎が、設置直後の観測値であり、当施設では、建設後10年近く経過しても、浸透井の機能は建設時から低下が認められないという結果となっている。

また、残堀川流域内の土地区画整理事業地区内に設置した浸透試験井では、宅地造成途上にある開発地区からの高濁度の雨水が前処理施設もなく直接流入し、それに対する機能再生も行って



図－2.7 立川幸町団地No.2号井継続観測 S_w － Q 関係図

出典)「降雨水の団地内処理システムに関する開発研究報告書」

いないので、浸透機能は極端に低下している。

以上に述べたことから、現在のところ不圧地下水での乾式浸透井に関する目づまりによる機能低下に関して、定量的な評価を下すには資料不足の状況である。しかし、このような浸透井に関して、かなり良好な機能を維持しているものがある反面、設置条件や管理が悪いため極端に機能低下しているものがあることは、機能評価上目づまりの定量的把握が重要であることを意味しており、今後の調査・実験により明らかにされることが望まれる。

(2) 室内実験結果

石崎らは、注入井（浸透井）に関する目づまりの発生機構を明らかにするとともに、目づまり対策手法の効果を把握するため、注入井の目づまりに関する室内実験を行っている。

実験装置は、図－2.8に示すものであり、孔底からのみ浸透する円筒型井戸と注入水の前処理施設により構成されている。

この実験では、8種類の実験水に対して目づまりの定量的把握を行っている。図－2.9, 2.10に示すのが結果の一例であり、このケースでの実験水は、水道水に濁質として乾燥させたローム

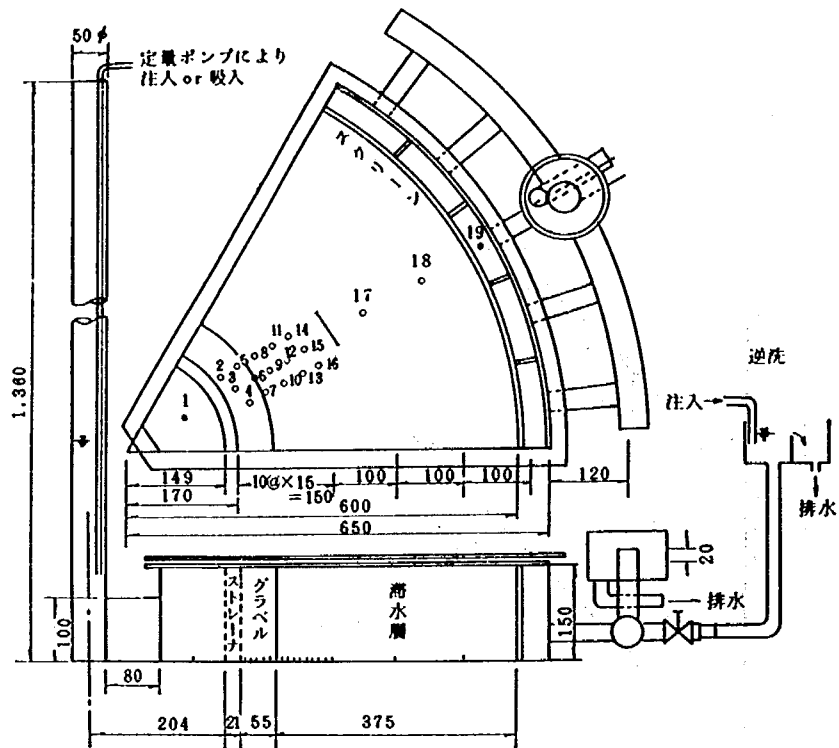


図-2.8 扇形地下水涵養実験装置

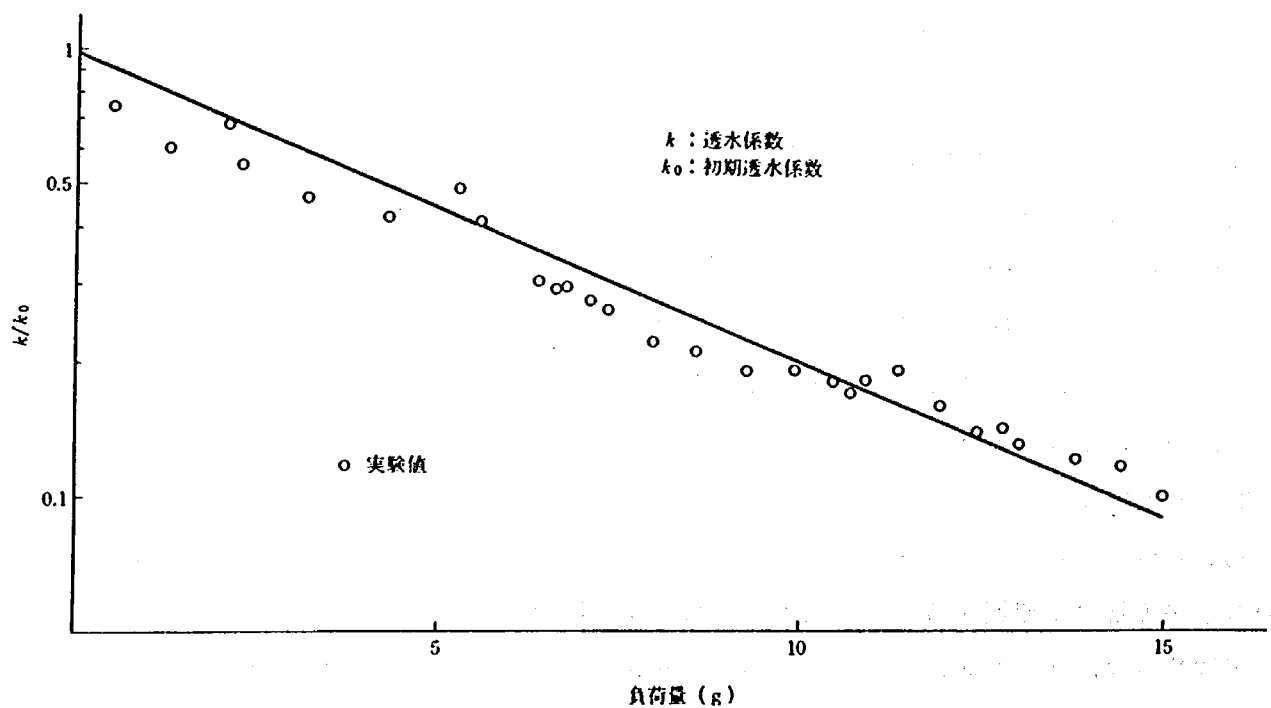


図-2.9 実験帯水層表層の透水係数 (室内実験)

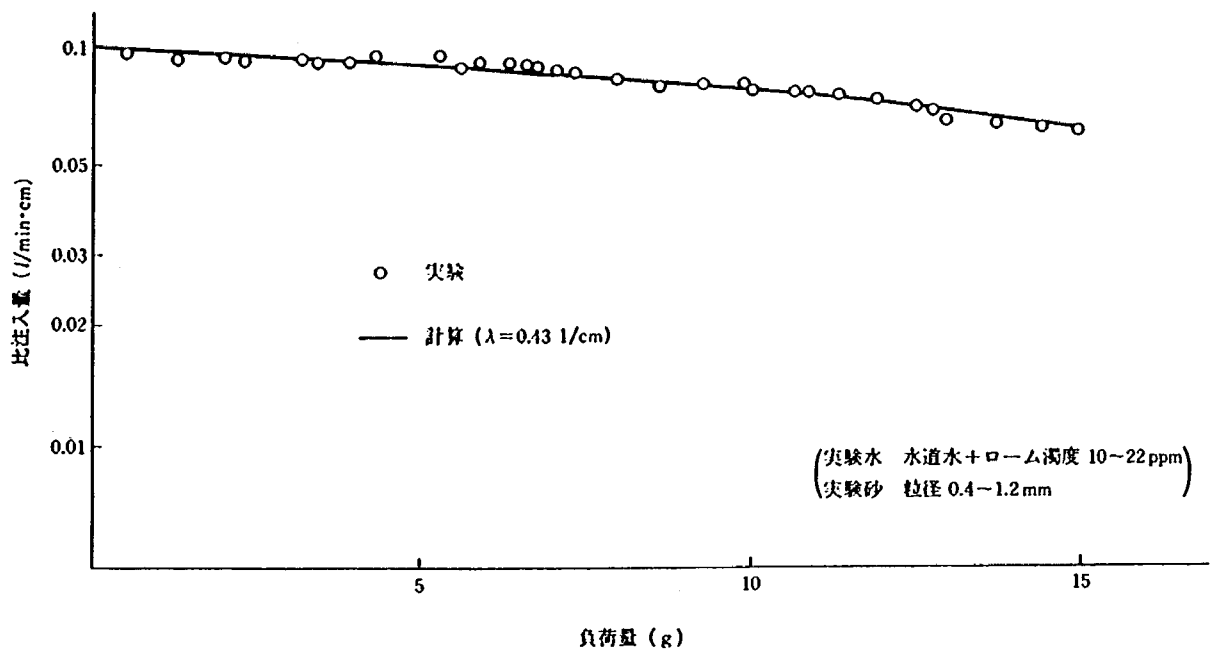


図- 2.10 比注入量の実験値と計算値の比較（室内実験）

土を混入したものである。

これらの室内実験結果は、本報告書が対象としている現地浸透井に関して、ストレーナの無い施設には適用可能であると考えられるが、ストレーナの有る施設に関しても、今後同様な室内実験を行い目づまりによる浸透能力の低減特性を把握することが望まれる。

2.2.5 井戸効率

原地下水位から井戸内湛水位までの水位差は、帯水層において浸透水を流動させるために必要な水頭（損失）と井戸のストレーナを通過する際の水頭損失よりなる。（図- 2.11）

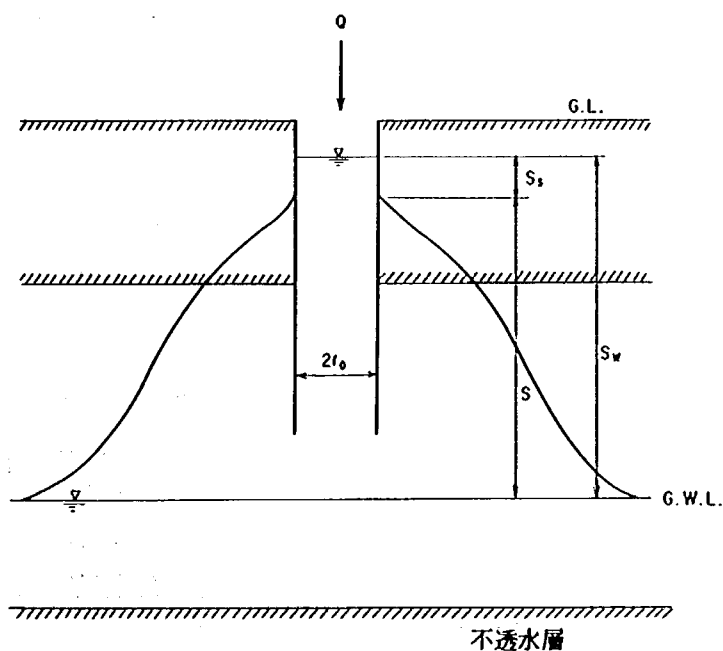


図- 2.11 帯水層損失と井戸損失

井戸効率とは、層流状態における井戸ケーシング外壁での水位上昇量 S とケーシング内の実水位上昇量 S_w との比率 (S/S_w) のことを言う。ここで S は、井戸中心から半径 r_o における理論水位上昇量ともいうべきもので、水理公式集等に示される理論浸透量式中の水位差と対応するものである。

この井戸効率は、井戸の構造（口径、ストレーナ長、ストレーナの開口率等）、及び浸透対象層の透水性及び浸透量等により変化すると考えられているが、定量的な報告は少ない。

被圧帯水層への注入の場合 S_w は（2.4）式で表わされ、不圧地下水に対しても注入（又は揚水）前後において帯水層厚の変化が小さい場合には、同式によって井戸損失を算定することができる。

$$S_w = BQ + CQ^n \quad \dots\dots\dots (2.4)$$

ここで、 Q ；浸透量

B ；帯水層損失に関する係数で、チームの平衡式^{*}を考慮すれば、

$$B = \frac{2.3}{2\pi T} \log \frac{R}{r_o} \quad \text{となる。}$$

C, n ；井戸損失に関する係数で $n \doteq 2$ とされる。

^{*}；チームの平衡式に関しては、水理公式集等を参照のこと。

住宅・都市整備公団が、住宅団地内の既設浸透井を用いて揚水及び注入の段階試験を行った結果（表－2.6）では、注入時と揚水時を比較すると、井戸損失 S_s は揚水時が、また滞水層損失（理論水位上昇） S は注入時が大きい傾向がある。同公団では、「降雨水の地下浸透処理に関する技術資料（案）；昭和54年8月」において、表2－6の結果等を参考にして井戸口径別に表－2.7のような井戸効率を与えている。

表－2.6 段階注入試験にみる帯水層損失と井戸損失

井戸名称	井戸口径 (mm)	段階試験結果 S_w ：水位変化量 (m) Q ：水量 (m ³ /min)		透水量係数 ($\frac{m^3 P \text{分}}{m}$)	
		揚 水	注 入	揚 水	注 入
西原四丁目 試験井	150	$\frac{S_w}{Q} = 0.23 + 0.48Q$ ($n=8, \gamma=1.000$)	$\frac{S_w}{Q} = 1.41 + 4.84Q$ ($n=8, \gamma=0.966$)	1.5	0.091
四砂川 I 型	500	$\frac{S_w}{Q} = 0.55 + 1.97Q$ ($n=5, \gamma=0.953$)	$\frac{S_w}{Q} = 2.18 + 2.88Q$ ($n=5, \gamma=0.925$)	0.99	0.61
中清戸 T-1	800	$\frac{S_w}{Q} = 1.06 + 0.416Q$ ($n=10, \gamma=0.974$)	$\frac{S_w}{Q} = 0.99 + 0.198Q$ ($n=9, \gamma=0.970$)	1.8	1.4
西砂川 II 型	1,000	$\frac{S_w}{Q} = 1.12 + 1.00Q$ ($n=6, \gamma=0.995$)	$\frac{S_w}{Q} = 1.58 + 0.168Q$ ($n=7, \gamma=0.996$)	1.44	1.31
西砂川 III 型	400	$\frac{S_w}{Q} = 0.72 + 1.30Q$ ($n=8, \gamma=0.935$)	$\frac{S_w}{Q} = 1.21 + 0.527Q$ ($n=7, \gamma=0.966$)	0.95	0.84

- 備考 1. n ：用いた資料数で水位変化量 5.0 m 以上の値は除外した。
 γ ：相関係数。
 2. 西砂川III型は2層注水である。
 3. 透水量係数は観測孔での非定常解による。

表-2.7 井戸口径と井戸効率

井戸口径 (mm)	井戸効率 (F _w)
400 ~ 500	0.4
500 ~ 700	0.6
700 ~ 1,000	0.8

(注) ストレ-開口率8%以上とする。

2.2.6 流入雨水の水質

本調査で対象としている浸透井は、降雨水の処理を目的としたもので、現在新河岸川流域に設置されている施設から判断すると、対象水は、開発地区内の屋根、芝地、駐車場等からの降雨水である。

一方、新河岸川流域の総合治水対策協議会による「地下浸透による雨水処理方法に関する説明書(案)」では、浸透施設の目詰り防止等のため対象雨水として屋根に降った雨水のみを浸透させることを基本的考え方としており、ここでは屋根からの雨水を主体に、流入雨水の水質について述べることにする。

開発地区からの雨水水質に関する既往調査事例は非常に少なく、住宅・都市整備公団が「降雨水の団地内処理システムに関する開発研究」の中で開発団地からの雨水水質を測定している程度である。同公団では、東京都内の2つの開発団地において、屋根・芝地・道路からの雨水水質を測定している。この測定法は、晴天時において散水器具により水道水を散水し、流出水を採水分析したものである。

屋根排水の調査結果を表-2.8に示す。またこの研究では、土地利用別の水質測定結果に基づき、屋根及び芝地からの排水予測値を求めるとともに、中層住宅団地における流出水質予測を行っている(表-2.9, 2.10)。

一般に雨水排水の水質負荷は、屋根、芝地、駐車場、道路というような順序で大きくなっていくと考えられる。

一方、図-2.12は、建設本省大臣官房政策課の調査による浸透型施設の集水対象であるが、現在この施設により処理されているのは、屋根・公園等相対的に良質な雨水が多い反面、道路・駐車場等相対的に悪質であると考えられているものもかなりの割合を占めている。

表-2.8 屋根排水調査結果〔住宅・都市整備公団；立川幸町団地〕

測定項目		給 水 場				集 会 所			
		無降雨日数				調査日			
		7 日	2 日	5 日	0 日	7 日	2 日	5 日	0 日
		54.9.13	54.11.21	55.2.5	55.3.31	54.9.13	54.11.21	55.2.5	55.3.31
P	H	7.5	7.3	7.1	7.4	7.0	6.7	7.1	6.2※
色	度 (度)	測定 不能	測定 不能	10	測定 不能	40 ※	12 ※	測定 不能	16 ※
濁	度 (度)	30	測定 不能	35 ※	30	20	3	測定 不能	2
臭	気	微土臭	芳香臭	土 臭	微青草臭	青草臭	芳香臭	微土臭	微青草臭
蒸 発 残 留 物	(mg/L)	300	240	950	280	380	61	450	82
過マンガン酸カリウム消費量	(mg/L)	64.2	47.4	30.4	11.6	56.8	16.0	39.2	32.2
B O D ₅	(mg/L)	6.1 ※	5.4 ※	17.9 ※	4.8 ※	8.8※	1.3	4.3 ※	4.2※
亜硝酸性チッ素	(mg/L)	0.01	<0.01	<0.01	0.01	0.02	<0.01	<0.01	<0.01
硝酸性チッ素	(mg/L)	1.2	0.1	1.2	0.6	1.2	0.4	0.4	<0.1
塩素イオン	(mg/L)	9.5	6.3	11.7	7.4	9.7	1.4	6.2	<5
一般細菌	(1ml中)	5.28×10 ⁴	0	100	8	2.88×10	0	260	100
大腸細菌	(+)	50ml中	(+) 1ml中	0 1ml中	0 1ml中	(+) 50ml中	(+) 1ml中	0 1ml中	0 1ml中
散水強度	(mm/hr)	117	91.6	61.8	85.6	40.4	38.8	38.8	38.8

表-2.9 芝地及び屋根排水予測値

項 目	工 種	芝 地	屋 根
濁 度 (度)		36.1	20.0
Cl ⁻ (mg/L)		7.5	6.8
Na ₃ -N (mg/L)		0.58	0.64
KMnO ₄ 消費量 (mg/L)		82.6	84.5
蒸発残留物 (mg/L)		281	387
鉄 (mg/L)		3.25	
B O D ₅ (mg/L)		13.1	6.6

表-2.10 中層住宅地における流出水質予測

10ha当り

水質項目	工種別年間総流出負荷量				流出水質予測値 (度またはmg/L)	実測値 (度またはmg/L)
	道路	芝地	屋根	計		
濁 度	度×10 ³ m ³ 487.5	度×10 ³ m ³ 812	度×10 ³ m ³ 650×	度×10 ³ m ³ 1,440	20.6	12~200
蒸 発 残 留 物	487.5	2420	10,960	17,700	253	180~1380
KMnO ₄ 消費量	76.3	729	2,750	4,240	60.7	23.8~29.5
B O D ₅	184	113	215	512	7.3	4.3~26.9
NO ₂ -N+NO ₃ -N	20	5.0	208	45.8	0.66	0.11~2.57
Cl ⁻	169	64.7	221	455	0.5	1.0~6.4

年間雨水流出量 69,800 m³

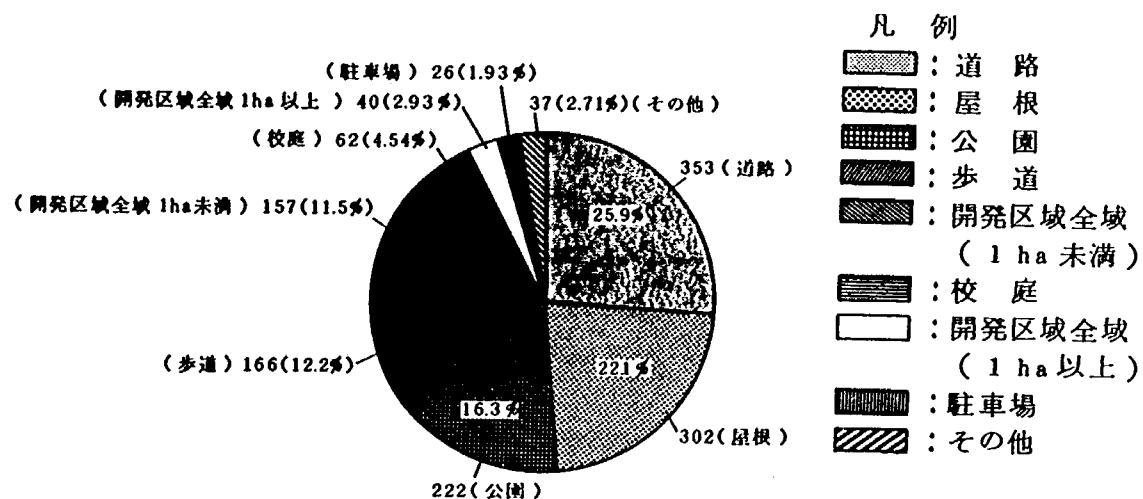


図 - 2.12 浸透型施設の集水対策

出典) 「都市における雨水浸透対策の実態」: 都市における雨水浸透講演会講演概要集, 国土開発技術研究センター, 1984.8

第3章 現地試験による浸透能力調査

3.1 調査目的

浸透井の浸透能力は、地盤条件・地下水条件など設置位置による不均一な要因によって左右されるため、これらの現地条件に応じた浸透特性を把握する必要がある。

このため、関東地方建設局荒川下流工事事務所では、昭和57・58年度に現地試験を行っているので、本章ではその結果について述べる。

調査目的は以下のとおりである。

- ① 現地既施設の浸透特性・浸透能力把握
- ② 雨水浸透が地下水水質へ及ぼす影響調査

3.2 調査地区の概要

3.2.1 調査地区の位置

現地試験を行った浸透井の設置位置は、表-3.1及び図-3.1に示される、所沢中央高校（埼玉県所沢市）、大井町商工会館（埼玉県大井町）及び上砂川小学校（東京都立川市）の3地区である。

表-3.1 浸透井の浸透能力調査施設

項目 敷設位置	浸透層	調査方法	調査目的
所沢中央高校	砂礫層	降雨-浸透能力解析	実施施設の浸透能力
大井町商工会館	砂礫層	降雨-浸透能力解析、 浸透能力試験	実施施設の浸透能力、簡 易浸透能力試験の妥当 性検討
上砂川小学校	砂礫層	浸透能力試験	実施施設の浸透能力

3.2.2 地質構成

新河岸川流域、特に本調査で対象としている右岸流域の大半を占める武蔵野台地は、古多摩川が砂礫を流域に流し、堆積させて作った古い氾濫原であり、いくつかの河岸段丘面からなっている（図-3.2）。

これらの段丘面上には、関東ロームと呼ばれる、関東地方西方の火山群から偏西風によって運ばれた火山灰が堆積しており、このローム層は、堆積年代の相違等により武蔵野ローム、立川ロ

凡 例	
●	荒川下流工事々務所が行った現地試験地区の位置
◎	既往の現地試験地区の位置

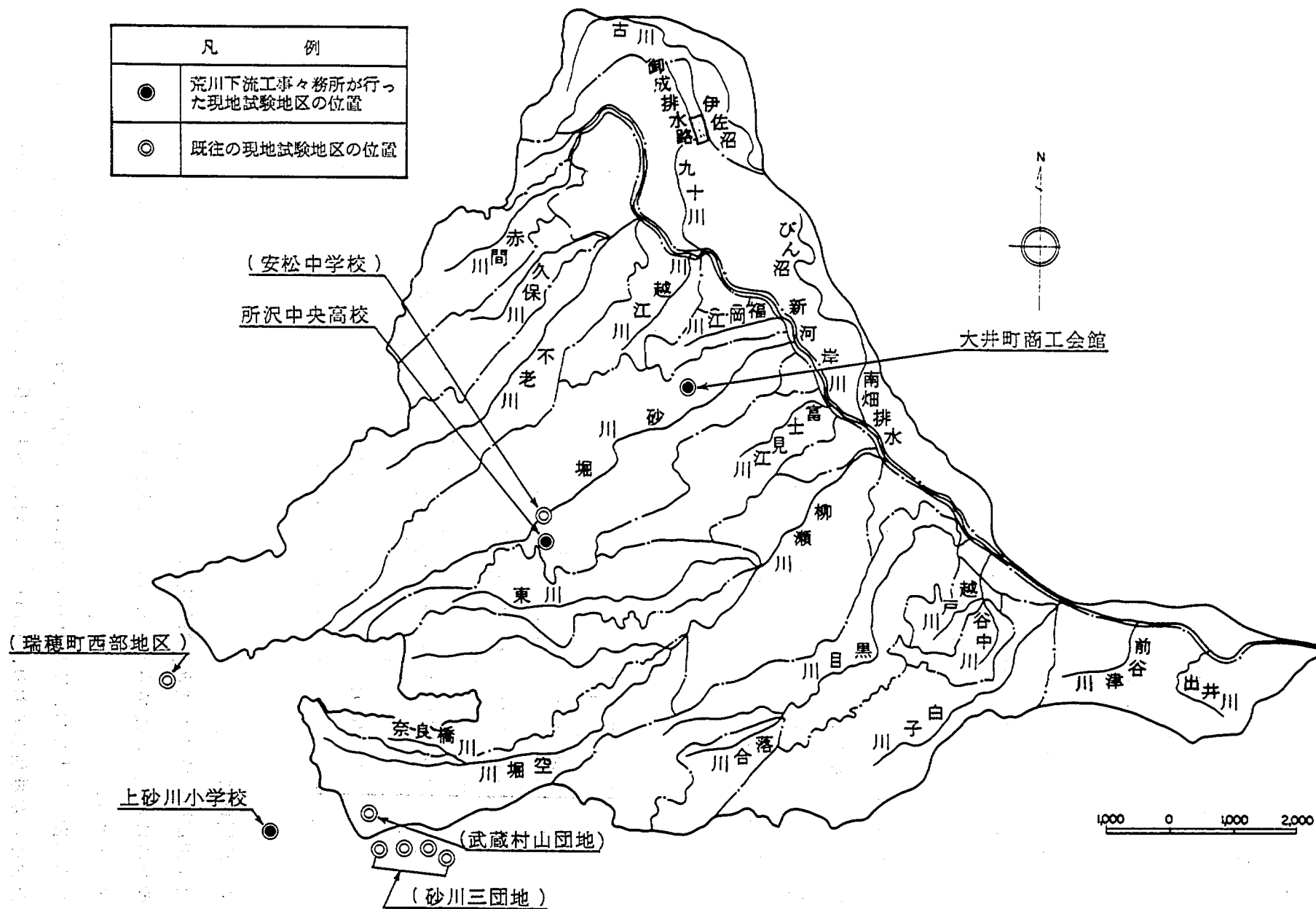


図-3.1 浸透井の現地試験地区の位置

ーム、多摩ロームに区分される。

また、各段丘面下の地質構成は、表層の武蔵野・立川ローム層の下位に、各々武蔵野礫層、立川礫層が存在している形となっている。すなわち、洪積世に古多摩川が堆積した砂礫層の上に、火山灰堆積によるローム層が載っている構成となっている。

現地試験を実施した3地区は、所沢中央高校と大井町商工会館については武蔵野面の、上砂川小学校については立川面の地質構成となっていると推測される。

この内、大井町商工会館については、同町の協力もあり地質調査資料を入手出来たので以下に述べる。

＜大井町〔大井町商工会館〕の地質概要＞

大井町商工会館近傍地点の土質柱状図を、図-3.4に示すが、同図より地表面（G.L.）からG.L.-3～5m迄に埋土及びローム層が、その下位に厚さ約3m以上の砂礫又は玉石混り砂礫又は粘土混り砂礫が分布する構成となっている。

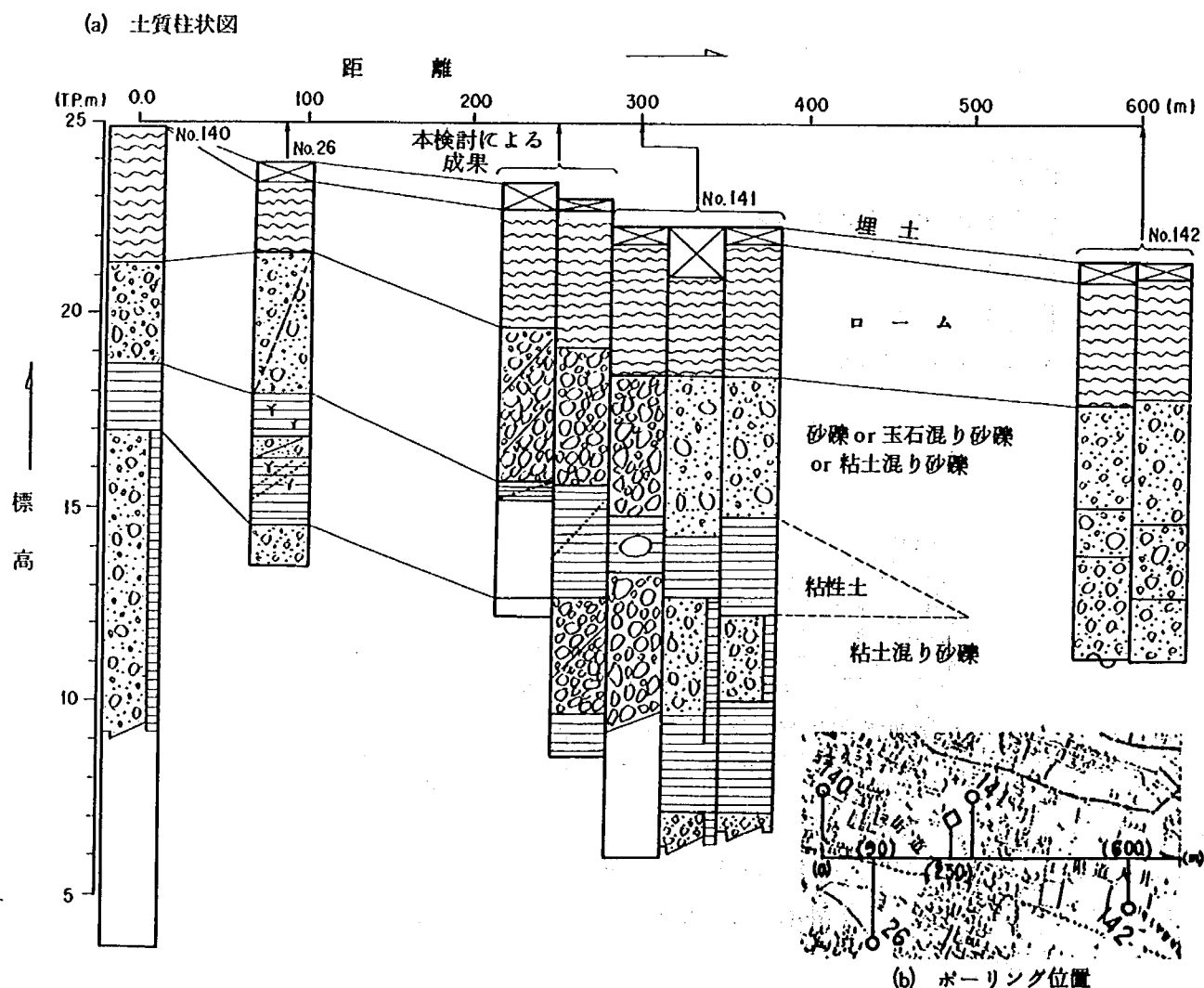


図-3.4 大井町商工会館近傍の地点の土質柱状図

3.2.3 地下水面深度

荒川下流工事々務所では、図－3.5に示す地下水面深度分布図を作成している。同図は、縮尺20万分の1の「震度分布と地層地盤関係図；消防庁消防研究所，1977」に示された地下水面標高（T.P.表示）と、「 $\frac{1}{25,000}$ 地形図；国土地理院」に表現された地盤標高から、地下水面深度をG.L.からの深度で表現したものである。

また、同図には、実験地区を明示してあるが、これより実験地区の地下水面深度は、所沢中央高校の位置で約G.L.－11～14m程度、大井町商工会館の位置で約G.L.－14～17m程度と読み取れる。新河岸川流域外に位置する上砂川小学校に関しては、調査不足により、現在のところ地下水面深度は不明確である。

3.3 調査の内容及び結果

3.3.1 調査対象施設

現地調査で用いた浸透井及び地下水観測井の概要を、表－3.2に示す。

表－3.2 対象浸透井および地下水観測井の概要と諸元

項目 設置位置	設置年月	施設の目的	種 類	集水面積 (m^2)	規 模			材 料
					基 数 (基)	計画水深 (m)又は 深さ(m)	直 径 (mm)	
所沢中央高等学校	昭和58年 4月	所沢中央高校 の格技館の屋 根雨水の排水	浸 透 井	699.6	1 基	8.46	φ1200	マンホール
大井町商工会館	昭和58年 3月	会館の屋根雨 水の排水	浸 透 井 <No.3>	325.4	1 基	6.0	φ 900	マンホール
		会館の敷地雨 水の排水	浸 透 井 <No.4>	348.7	1 基	6.0	φ1800	
		駐車場排水	浸 透 井 <No.5>	—	1 基	6.0	φ1800	
		地下水位観測	ボーリング孔 <No.1>	—	1ヶ所	8.0	φ 100	ストレーナ
		"	ボーリング孔 <No.2>	—	1ヶ所	14.5	φ 100	パイプ
上砂川小学校 <立川市>	昭和57年 3月	道路排水	浸 透 井	—	1 基	7.29	φ1800	有孔マンホール

以下、調査地区毎の施設の配置及び構造等について述べる。

(1) 所沢中央高等学校（図－3.6）

当地区の浸透井は、マンホールの側塊を積み重ねた形式のもので、内径は1,200mm、井戸の上端（G.L.に相当）から孔底までの長さは8.46mである。当施設は、学校の格技館の屋根に降った雨水を浸透させるもので、集水面積は699.6 m^2 である。

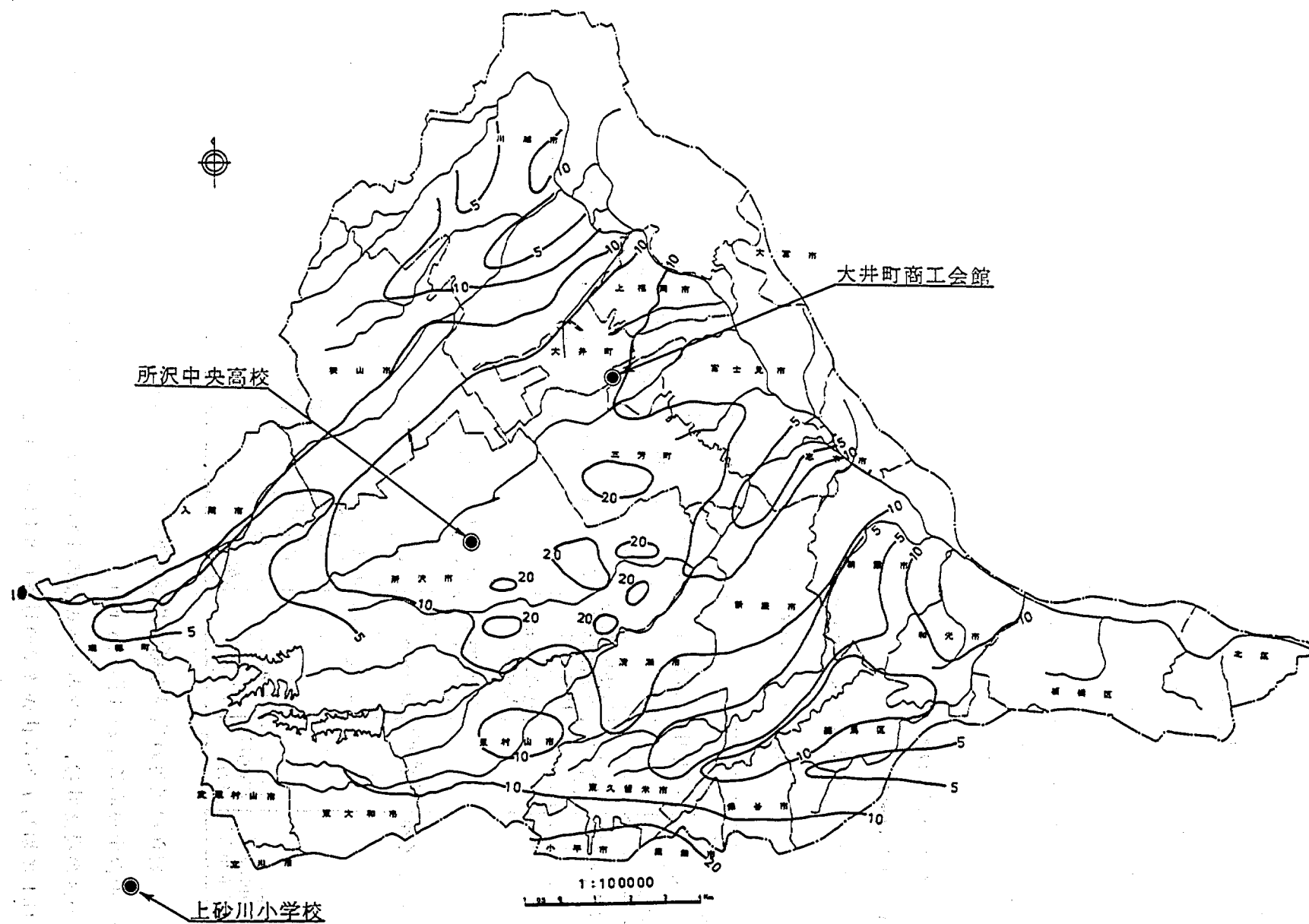
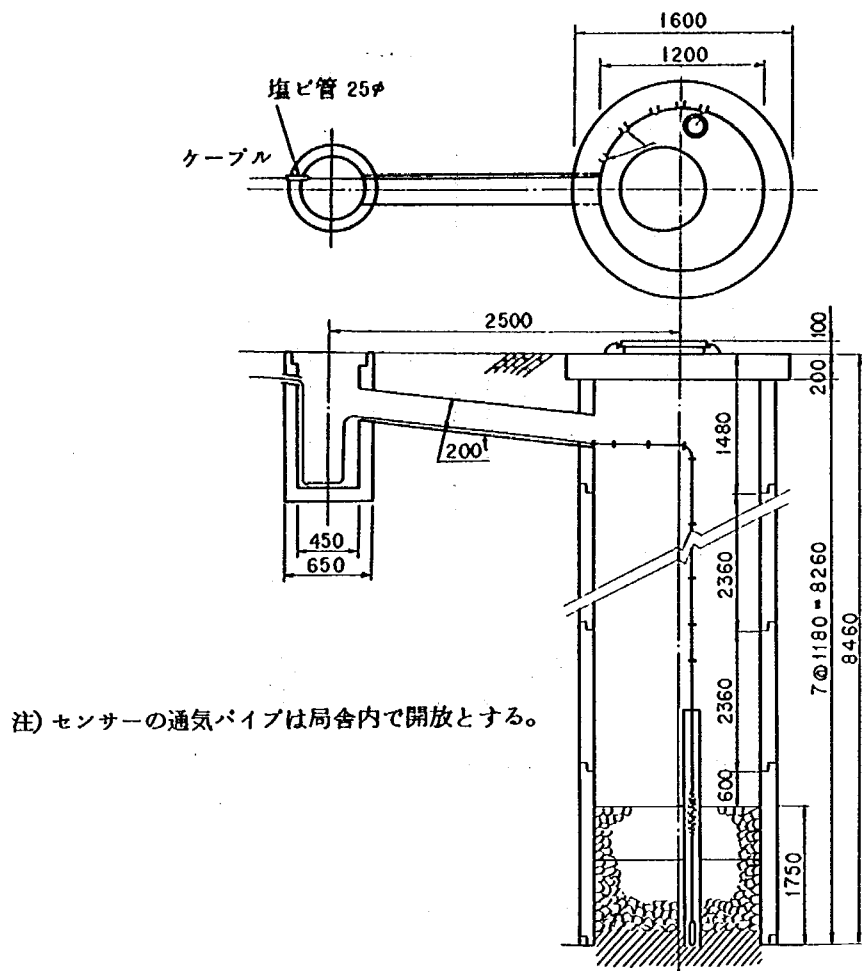


図- 3. 5 地下水面深度分布図



図－3.6 所沢中央高等学校浸透型施設

(2) 大井町商工会館 (図－3.7, 3.8)

当地区では、図－3.7, 3.8に示す3基の浸透井及び2本の地下水観測孔を用いて調査を行った。浸透井については、内径900mm, 長さ6.0mのもの1基と内径1,800mm, 長さ6.0mのもの2基で、一方地下水観測孔は、内径100mm, G.L.からの深度8.0mのもの1本と内径100mm, 深度14.5mのもの1本の計2本である。

さらに、内径1,800mmの浸透井 (No.4, 5) の内部には、塩化ビニール製の内径287mmのパイプを設置して試験孔とし、また地下水観測孔の先端部には、水面 (水位) 観測用のセンサーを設置した。

なお、3基の浸透井 (No.3～5) は、No.3が集水面積325.4㎡の商工会館の屋根雨水, No.4が集水面積348.7㎡の商工会館の敷地雨水, そしてNo.5が駐車場排水を浸透させるものである。

(3) 上砂川小学校 (図－3.9)

当地区の浸透井は、内径1,800mm, G.L.からの孔底深度7.82mの施設で、マンホールの有孔側塊を積み重ねた形式のもの一基である。当施設は、道路排水を浸透させるものである。

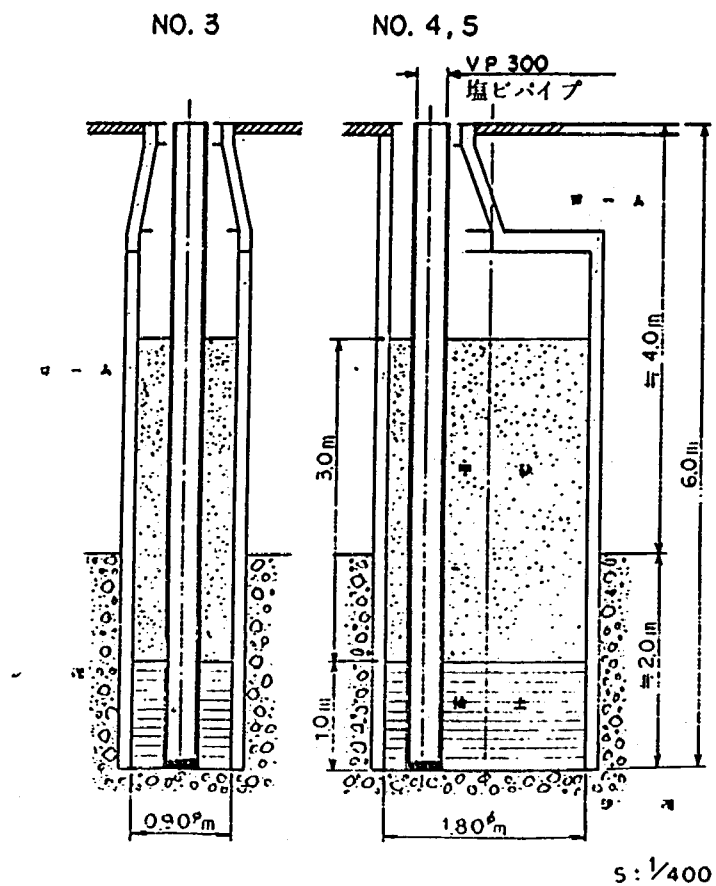


図- 3. 7 浸透井試験孔断面模式図

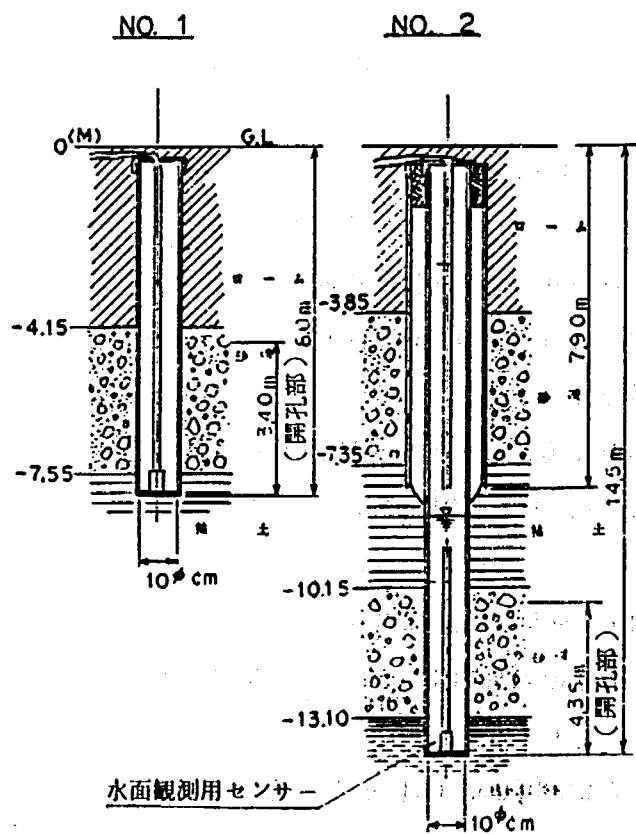
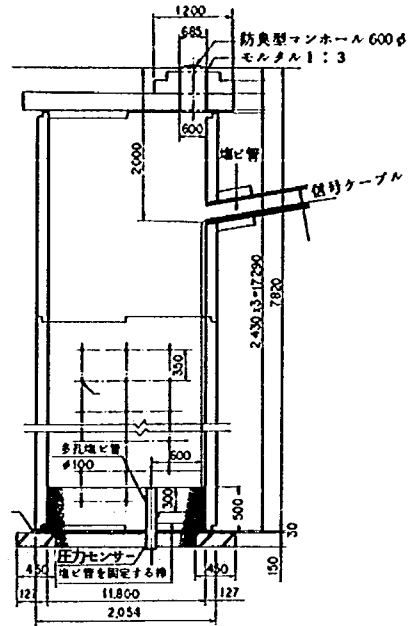


図- 3. 8 長期地下水観測孔ストレーナパイプ設置状況



図－3.9 上砂川小学校浸透型施設

3.3.2 調査内容及び手法

調査内容は、既設浸透井を用いた

(1) 浸透能力調査〔浸透量測定〕

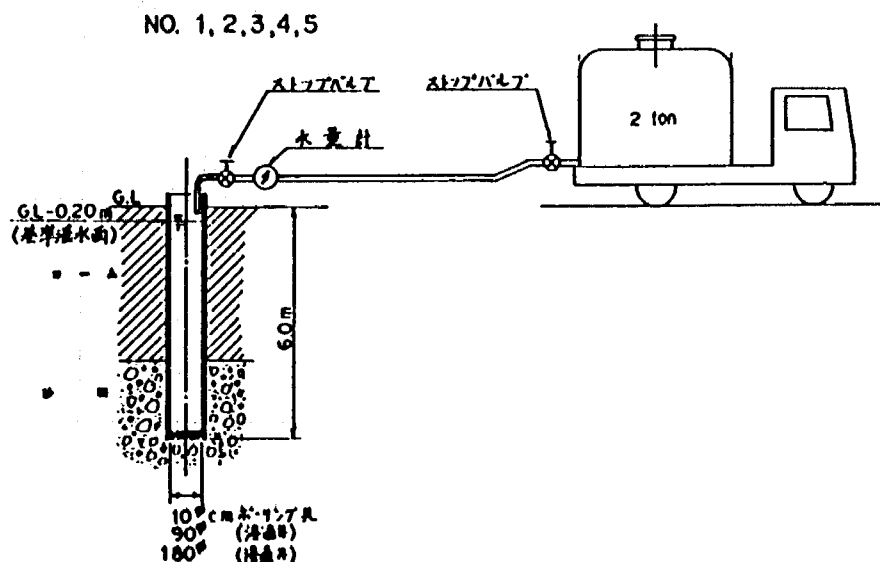
ⅰ) 実績降雨による浸透試験

ⅱ) 人工注水による浸透試験

及び、地下水観測孔を用いた

(2) 地下水水質分析である（表－3.1）。

なお、人工注水による浸透試験では、予備的試算により水道栓からの給水では水量が不足することが判っていたので、容量 2 m³ の給水車を用いた（図－3.10 参照）。



図－3.10 給水装置および測定装置模式図

また、地下水水質分析は、大井町商工会館〔浸透井及び地下水観測孔〕とその近傍〔既設井戸2本〕において実施した。

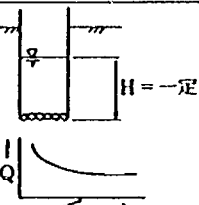
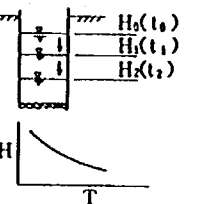
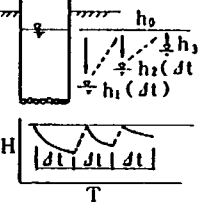
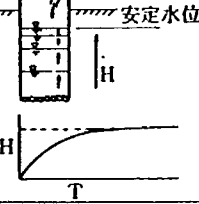
屋根雨水を対象としたNa 3 浸透井と駐車場排水を対象としたNa 4 浸透井は、対象注入水の水質を、Na 1, 2 の2本の観測孔は、観測点での砂礫層を流動した注入水の影響の及ぼされた地下水の水質を測定するためのものである。また、2本の既設井戸は、注入水の影響を受けないと想定されるバック・グラウンドとしての地下水水質を測定するものである。

なお、人工注水による浸透能力調査試験では、表－3.3 に例示されるように変水頭試験〔変水位法〕と定水頭試験〔定水位法〕を適宜組み合わせて実施した（表－3.4 参照）。

表－3.3 浸透試験の実施手順
（試験地区：大井町商工会館）

手順 浸透井	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨
Na 3 ($\phi 900$)	変水頭 試験 1回目	変水頭 試験 2回目	定水頭 試験 1回目	定水頭 試験 2回目	定水頭 試験 2回目 (H=3.2m) → 変水 頭試験 5回目	定水頭 試験 3回目 (H=3.6m) → 変水 頭試験 6回目			
Na 4 ($\phi 1800$)								変水頭 試験	
Na 5 ($\phi 1800$)							変水頭 試験 1回目		変水頭 試験 2回目
備 考	注水口を浸透面の近傍に置いた。浸透井内の水は混合により汚れていた。	注水口を浸透井口の近傍に置いた。浸透井内の水は、1回目より清い。	新設した水位計は破損				浸透能低い		

表-3.4 各種実験方法の比較

実験方法		利 点	問 題 点
定水位法	所定の水位になるまで円筒内に水を注入し、その水位が変化しないように注水量を調節し、経過時間毎の注水量を測定し、注水量が安定するまで継続する。 		- 多量の水を必要とする。 - 注水量を測定する器具が必要。 - 常時監視の必要あり。
変水位法	所定水位になるまで円筒内に水を注入し、注水停止後の減水深を測定する。 		
準定水位法	① 所定の水位になるまで円筒内に水を注入する。 ② 注水を停止し、一定時間経過後の湛水位を測定する。 ③ 水位測定後、①の水位になるまで速やかに注水する。 ④ 以後、②～③を繰返す。 		
一定量注入法	一定水量を円筒内に長時間注入し、安定した時点での水位を測定する。 		

(1) 実績降雨による浸透能力調査

本項目に関しては、所沢中央高校と大井町商工会館の2地区において調査した。

i) 調査時期

実績降雨による浸透能力調査実施年月は、観測施設を設置した時点から昭和58年12月までとしたため、地区別の調査期間は以下のとおりである。

- 所沢中央高校……………昭和58年4月～昭和58年12月
- 大井町商工会館……………昭和58年4月～昭和58年12月

ii) 対象降雨

上記の調査期間内の出水から、観測器の精度を考慮して、施設内の最高水位が小さい(30cm以下)出水を除いた全出水を対象とした。

また、浸透井の実績降雨に対する浸透能力の算定法は以下のとおりである。

(実績浸透能力の算定手法)

(1) 浸透量の算出式

各施設とも余水吐きからの排水が起こらないとした場合、次の連続式が成立する。

$$\frac{dV}{dt} = \frac{dI}{dt} - \frac{dF}{dt} \quad \dots\dots\dots (3.1)$$

ここに、 V ；施設の貯留量 (m^3)

I ；施設への流入量 (m^3)

F ；施設からの浸透量 (m^3)

時間間隔 Δt 内の貯留量の変分 ΔV は、施設の水位 H から算出できるから、貯留量と水位の関係を $V = V(H)$ とすると

$$\Delta V = V(H_{t+\Delta t}) - V(H_t) \quad \dots\dots\dots (3.2)$$

また、流入量 I は、集水域から施設までの流入時間を無視すれば、時間間隔 Δt 内の降雨量 r_t であるから、

$$\Delta I = \frac{f \cdot r_t \cdot A_r}{1.000} \quad \dots\dots\dots (3.3)$$

ここに、 H_t ；時刻 t における施設内の浸透面〔浸透井の孔底〕から測定した水深 (m)

r_t ；時刻 t と $t + \Delta t$ 間の降雨量 (mm)

f ；屋根等からの流出率

A_r ；集水面積 (m^2)

Δt ；時間間隔（本計算では10分とした）

である。

従って、単位時間 Δt 当たりの浸透量 Q_i は、次式により算出される。

$$Q_i = \frac{\Delta F}{\Delta t} = f \cdot \frac{r_t \cdot A_r}{1.000 \cdot \Delta t} - \frac{\Delta V}{\Delta t} \quad \dots\dots\dots (3.4)$$

ところで施設の貯留量 (V) は、施設毎の大きさ、形状等により異なる。

(ii) 浸透強度

浸透強度 I は、単位浸透面積当たりの浸透流量 (m/hour) に等しく

$$I = \frac{Q_i}{A_i}$$

ここで、 A_i ；浸透型施設の浸透面積 (m^2) $\dots\dots\dots (3.5)$

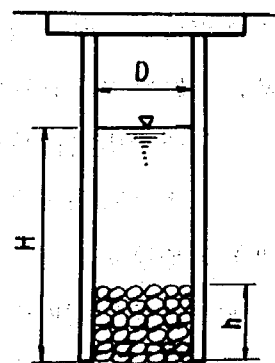


図-3.1.1 貯留量の算定法

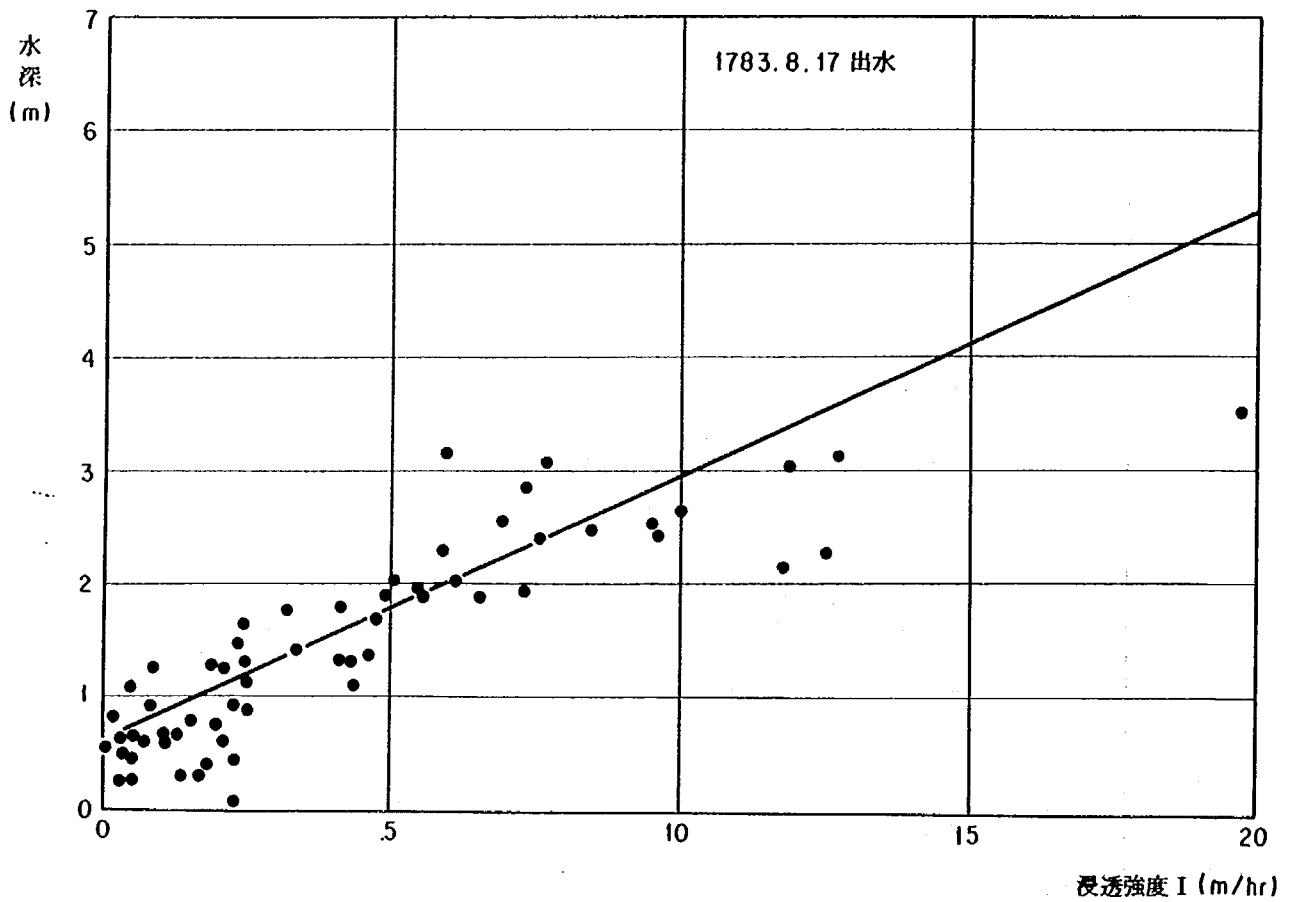
(1) 所沢中央高校

表-3.5に示す延べ60日の実績降雨を対象に、現地施設による浸透能力の調査・解析を行った。施設の実績降雨に対する浸透能力を上記した計算手法で求めた結果、最大 $9.047 m^3/hr$ から最小 $0.466 m^3/hr$ の範囲に分布していた。

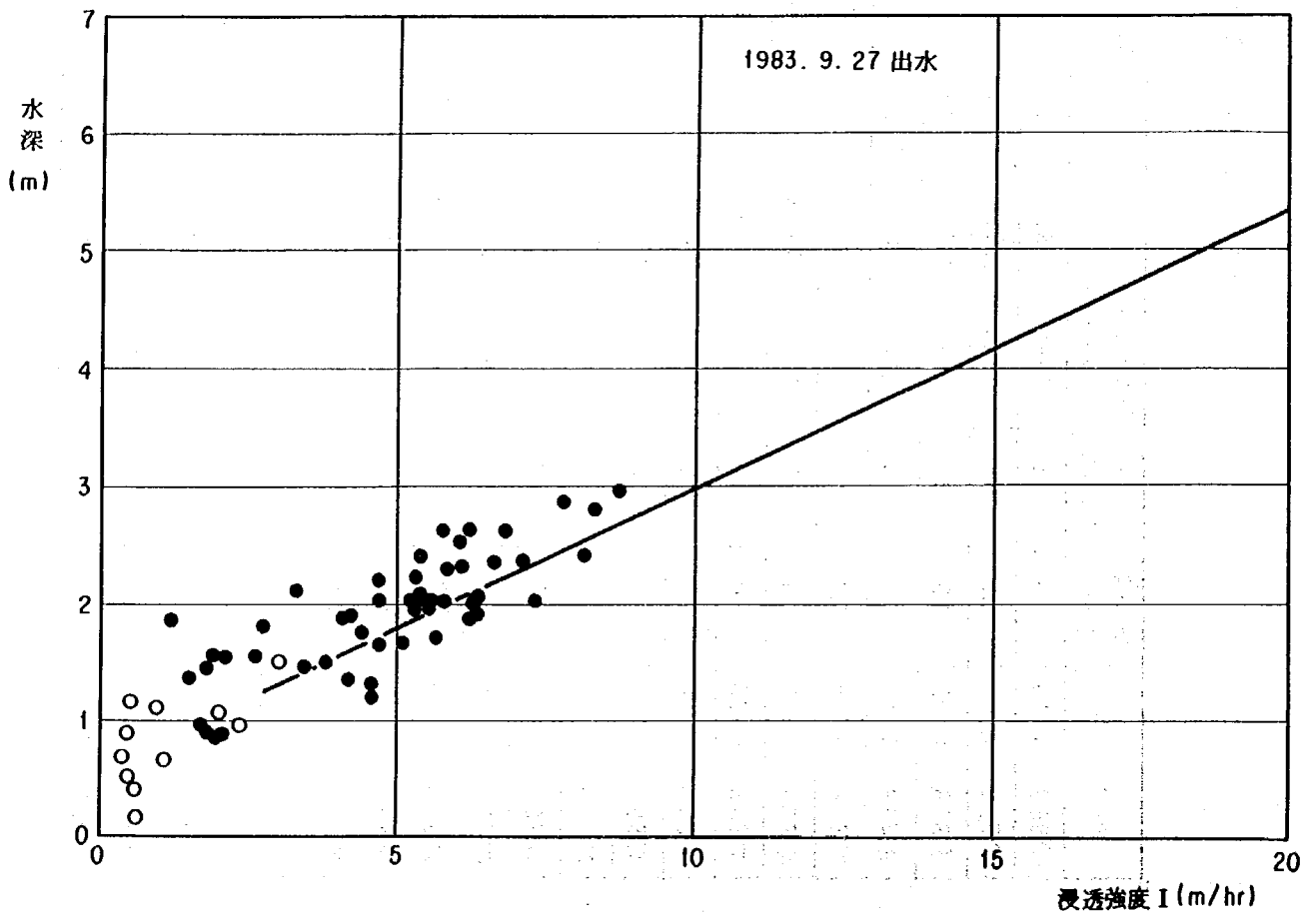
観測期間中の規模の大きい2出水〔昭和58年8月17日及び9月27日〕を対象に、浸透強度（単位浸透面積当たりの浸透量）と水深の関係を図化したのが、図-3.1.2(1),(2)である。

表-3.5 観測結果の概要〔所沢中央高校〕

出水月日	総雨量 (mm)	最大時間 雨量(mm)	平均浸透量 (m^3/hr)	出水月日	総雨量 (mm)	最大時間 雨量(mm)	平均浸透量 (m^3/hr)	出水月日	総雨量 (mm)	最大時間 雨量(mm)	平均浸透量 (m^3/hr)
①S58. 4. 15	5.5	1.5	0.888	②S58. 7. 16	8.5	2.0	0.915	①S58. 9. 22	14.5	4.5	1.522
②S58. 4. 18	25.5	3.5	1.647	③S58. 7. 17	5.0	1.0	0.840	②S58. 9. 24	15.5	3.0	1.205
③S58. 4. 22	11.5	3.5	1.557	④S58. 7. 18	10.5	4.5	1.520	③S58. 9. 25	3.0	2.0	1.049
④S58. 5. 12	15.0	5.0	2.171	⑤S58. 7. 20	6.5	1.5	0.650	④S58. 9. 26	3.0	1.5	1.049
⑤S58. 5. 15	5.0	3.0	1.040	⑥S58. 7. 21	7.0	3.0	0.918	⑤S58. 9. 27	115.5	11.5	2.072
⑥S58. 5. 16	54.5	6.5	2.060	⑦S58. 7. 22	0.5	0.5	0.350	⑥S58. 10. 5	4.5	2.5	0.859
⑦S58. 5. 25	3.0	1.0	0.741	⑧S58. 7. 30	1.0	0.5	0.700	⑦S58. 10. 9	21.0	4.5	1.469
⑧S58. 6. 6	7.5	3.0	1.431	⑨S58. 8. 9	2.5	2.5	1.312	⑧S58. 10. 10	5.5	1.5	0.679
⑨S58. 6. 10	2.5	2.5	0.175	⑩S58. 8. 14	13.0	7.0	1.949	⑨S58. 10. 11	25.0	5.5	1.543
⑩S58. 6. 13	10.5	2.5	1.469	⑪S58. 8. 15	37.0	16.0	2.589	⑩S58. 10. 15	20.0	5.5	1.749
⑪S58. 6. 16	8.5	5.0	2.230	⑫S58. "	49.0	23.0	5.713	⑪S58. 10. 19	10.5	3.5	1.160
⑫S58. 6. 18	2.0	1.0	0.660	⑬S58. 8. 16	20.0	9.0	2.332	⑫S58. 10. 20	2.0	2.0	0.763
⑬S58. 6. 20	43.0	8.0	2.407	⑭S58. 8. 17	79.0	18.0	3.726	⑬S58. 10. 21	3.0	0.5	0.525
⑭S58. 6. 24	5.5	14.5	5.547	⑮S58. 8. 18	2.0	1.5	0.700	⑭S58. 10. 23	1.0	1.0	0.525
⑮S58. 7. 3	19.5	10.5	2.923	⑯S58. 8. 21	4.5	1.5	0.525	⑮S58. "	2.0	0.52	0.382
⑯S58. 7. 5	17.0	4.5	2.302	⑰S58. 9. 1	7.5	5.5	2.249	⑯S58. 10. 27	13.5	5.5	1.717
⑰S58. 7. 6	8.5	3.0	1.427	⑱S58. 9. 7	15.0	7.0	2.738	⑰S58. 11. 6	6.0	1.0	0.466
⑱S58. 7. 9	62.5	45.5	9.047	⑲S58. 9. 8	19.5	18.0	4.308	⑱S58. 11. 7	4.0	1.0	0.525
⑲S58. 7. 11	1.5	1.0	0.899	⑳S58. 9. 15	13.5	1.5	0.727	⑲S58. 11. 10	5.5	2.5	0.796
㉑S58. 7. 15	5.0	0.87	0.399	㉑S58. 9. 20	18.6	2.0	1.111	㉑S58. 11. 24	17.5	4.5	1.597



図－ 3.1 2 (1) 浸透強度と水深の関係



図－ 3.1 2 (2) 浸透強度と水深との関係 (瞬間図)

主要な出水に対し、仮に浸透強度 I を水深 H のべき関数で表現すると、 I は H の 1.5 ～ 2.3 乗に比例する関係となり、浸透量を湛水深の一義的な関数で表現するのは困難であることが判っている。

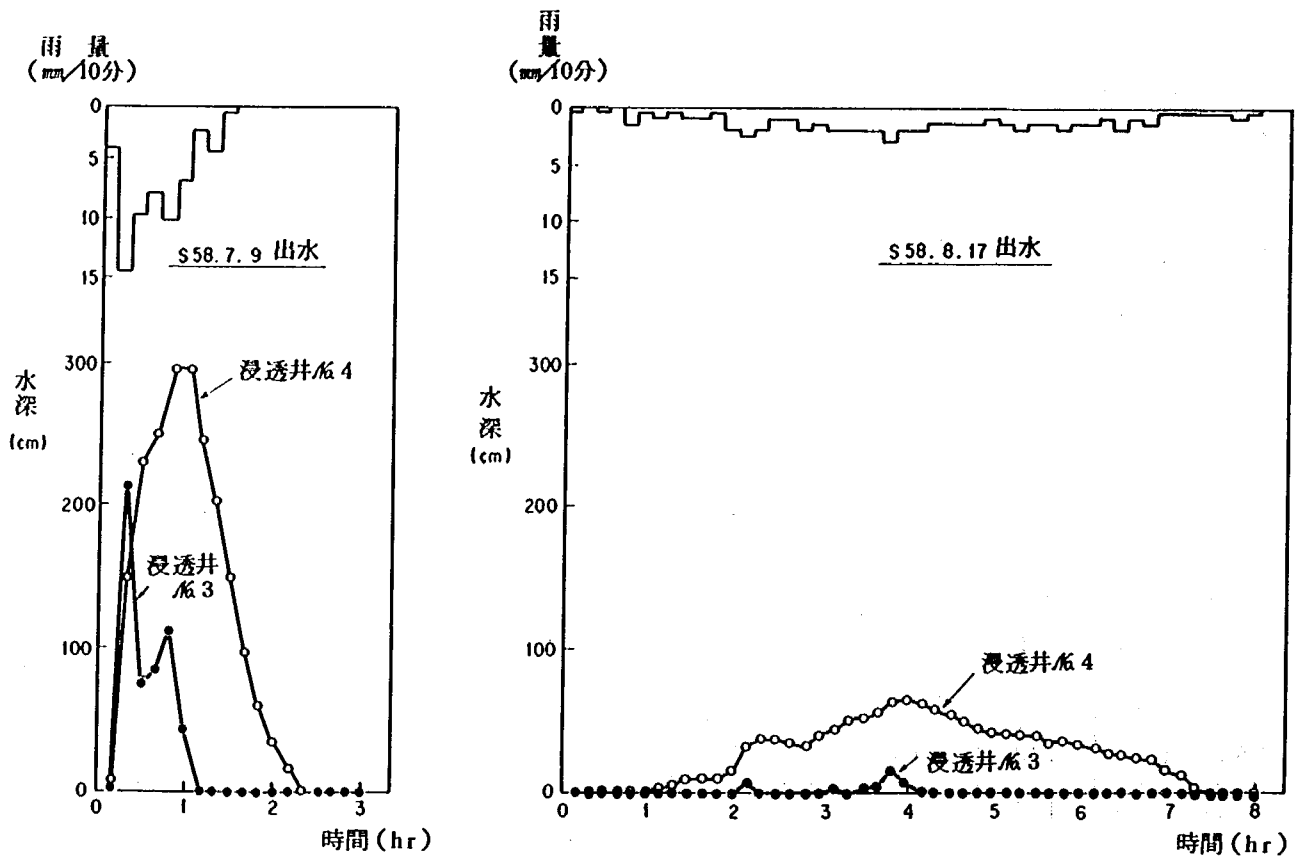
(2) 大井町商工会館

① 実績降雨による浸透能力調査

調査結果は、表－3.6 及び図－3.13 に示すとおりである。

表－3.6 観測結果の概要〔大井町商工会館〕

内 容 洪 水	総雨量 (mm)	最大10 分雨量 (mm)	最大時 間雨量 (mm)	浸 透 井 Ⅲ 3			浸 透 井 Ⅲ 4		
				最大水深 (cm)	浸透時間 (min)	平均浸透 量 (m ³ /hr)	最大水深 (m)	浸透時間 (min)	平均浸透 量 (m ³ /hr)
① S58. 6. 21	8.5	1.0	6.0	0.0	0	0	13.0	80	2.2
② S58. 6. 24	20.5	4.0	16.0	0.0	0	0	78.0	110	3.9
③ S58. 6. 24	43.0	14.0	40.5	210.0	50	16.8	24.0	100	9.0
④ S58. 7. 3	12.5	3.0	10.0	0.0	0	0	23.0	60	4.4
⑤ S58. 7. 9	58.0	14.5	51.5	214.0	70	16.2	294.0	150	8.1
⑥ S58. 8. 14	5.0	4.0	5.0	17.0	20	4.9	18.0	40	2.6
⑦ S58. 8. 15	31.0	7.0	23.0	95.0	100	6.1	81.0	130	5.0
⑧ " (2)	42.5	7.5	21.0	85.0	140	5.9	85.0	230	3.9
⑨ S58. 8. 16	9.5	4.5	9.5	45.0	20	6.2	55.0	60	3.3
⑩ " (2)	4.0	3.0	4.0	30.0	30	3.9	17.0	30	2.8
⑪ " (3)	11.5	3.0	11.5	40.0	80	2.8	42.0	120	2.0
⑫ S58. 8. 17	50.0	5.0	15.0	55.0	160	6.1	66.0	290	3.6
⑬ " (2)	6.5	3.5	6.0	23.0	20	6.4	20.0	50	2.7
⑭ S58. 9. 1	8.5	2.5	7.5	6.0	30	5.5	14.0	60	3.0
⑮ S58. 9. 7	11.5	3.0	7.0	15.0	20	11.2	18.0	40	6.0
⑯ S58. 9. 8	6.5	3.5	6.0	28.0	30	4.2	22.0	50	2.7
⑰ S58. 9. 28	73.5	3.0	13.0	17.0	90	15.9	67.0	470	3.3
⑱ S58. 10. 11	12.0	1.5	5.5	0.0	0	0	17.0	120	2.1
⑲ S58. 10. 19	6.5	1.0	4.5	0.0	0	0	10.0	80	1.7
⑳ S58. 10. 27	10.5	1.5	6.0	0.0	0	0	17.0	110	2.0



図－3.13 観測結果の実例（浸透井の深さ：6 m）

対象出水に対する算定結果より，当地区の施設の平均浸透量は，浸透井No.3で最大 $16.8 \text{ m}^3/\text{hr}$ ，浸透井No.4で最大 $9.0 \text{ m}^3/\text{hr}$ であった。

観測期間中の2つの事例〔昭和58年7月9日と8月17日の出水〕を図化したのが，図－3.13である。

i) 浸透強度と水深の関係

No.3の施設における浸透強度 I と水深 H の関係を図－3.14に示す。また，No.4の施設に関しても同様の関係を求めた結果，どちらの浸透井においても浸透強度 I を水深 H の関数でして表現しようとする， I は H の $0.5 \sim 0.6$ 乗に比例する関係となり，当地区の結果は，所沢中央高校の場合の $1.5 \sim 2.3$ 乗とは，かなり異なる結果となっている。

ii) 浸透能力の低下

図－3.15にNo.4浸透井の昭和58年6月24日と7月9日の出水の $I-H$ 曲線を示すが，2出水時の浸透能力を比較すれば，前者と比較して後者は30%程度低下していることが認められる。これは，注入水中に含まれる懸濁物質による目づまりが主たる原因と考えられる。

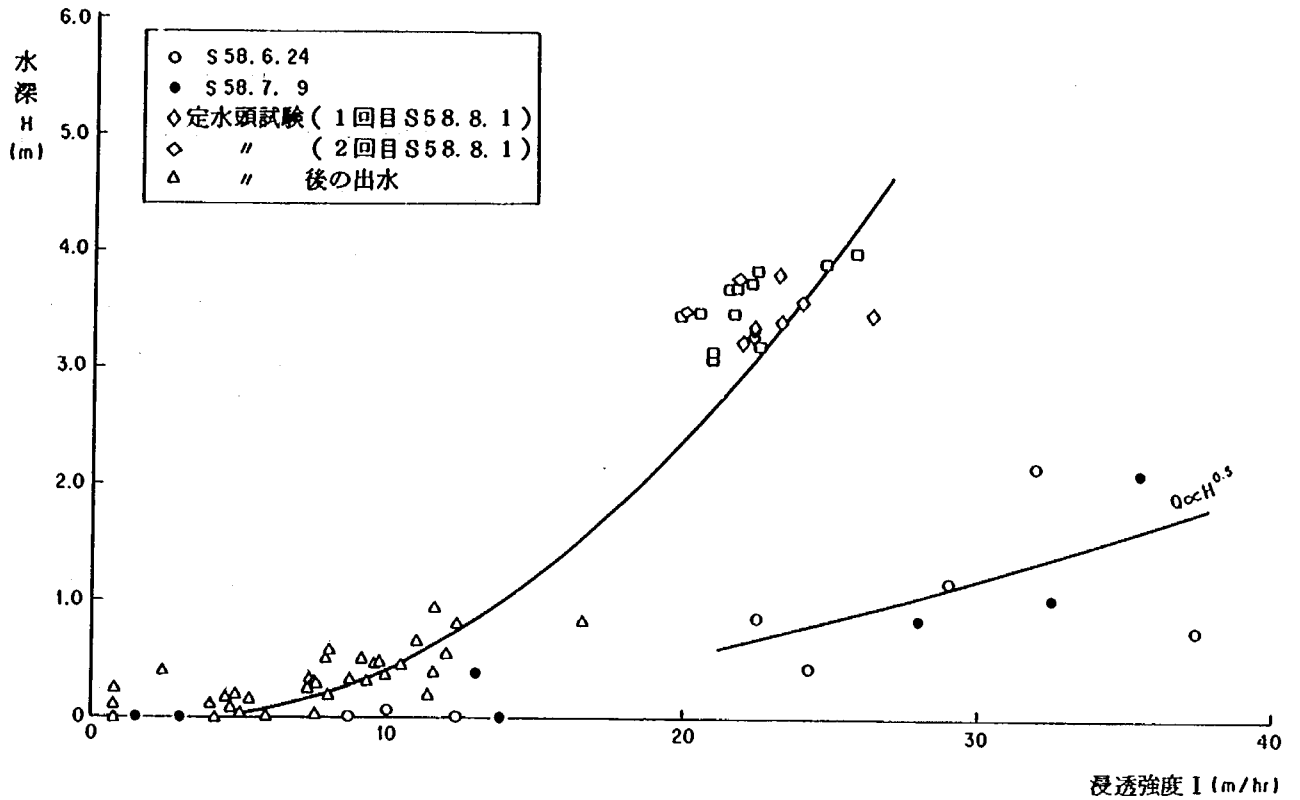


図 - 3.14 浸透強度と水深の関係 (浸透井Na3)

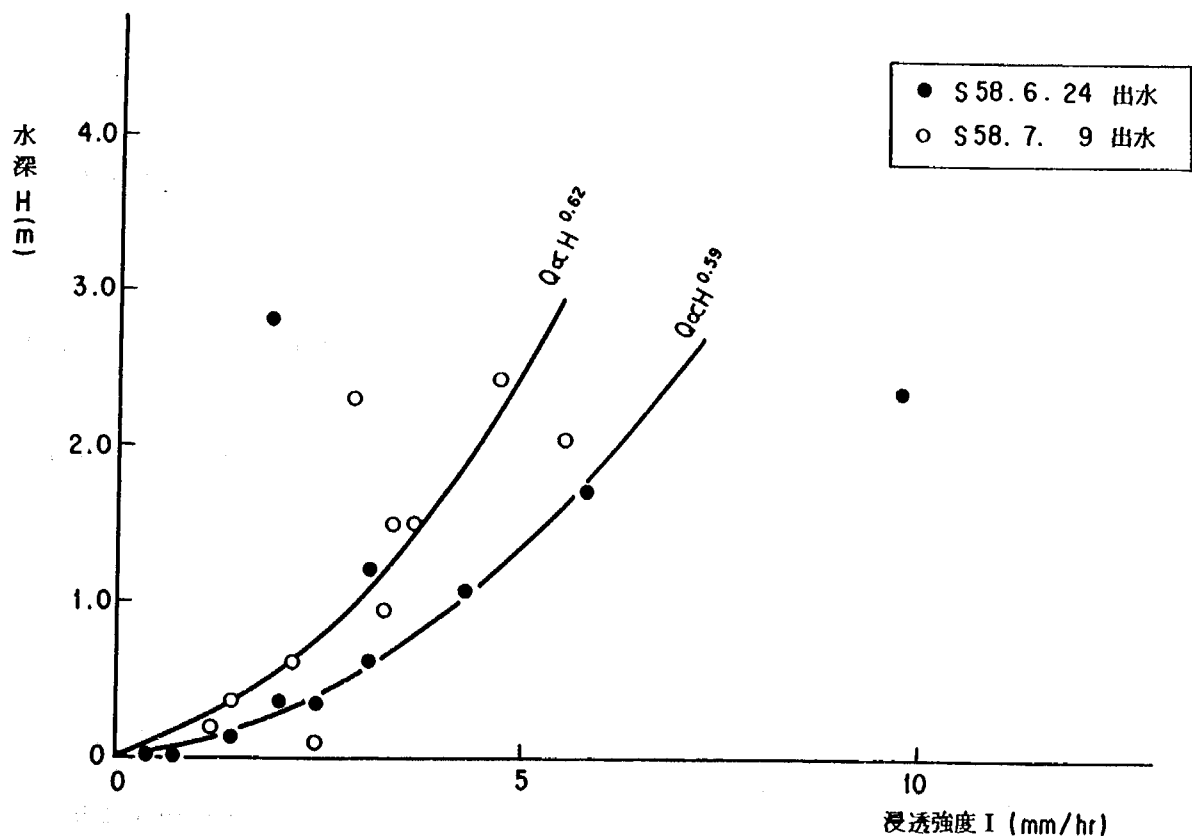


図 - 3.15 浸透能力の低下 (浸透井Na4)

② 人工注水による浸透能力試験

供用期間が短いため、目づまり等による機能低下の程度が小さいと推定された既設浸透井（ $\phi 900$, $\phi 1800$ ）並びに試験孔（ $\phi 287$, $\phi 100$ ）を用いて、定水頭・変水頭試験を実施した。

既設浸透井を用いた試験は、必要水量の確保に困難を伴い、試験自体も大がかりなものとなる。そこで、実物大の実験をボーリング孔による同種の試験で代用させられないかとの発想のもとに、実施設と小孔径の施設〔ボーリング孔及び試験孔〕による結果の比較検討を行ったものである。

注入水は、試験地近傍にあるプールの貯留水、又は消化栓の水を仮設プールに貯留したものをを用いた。また、本試験における浸透強度の推定法は以下のとおりである。

i) 定水頭試験の場合

累加浸透高 D と経過時間 t を次式で表わす。

$$D = \alpha \cdot t^{\beta} \quad \dots\dots\dots (3.6)$$

$$\text{ここに } D = \frac{\Sigma Q}{A} \times 10^6 \text{ (mm)}$$

ΣQ ; 累加浸透量 (L)

A ; 浸透面積 (m²)

t ; 経過時間 (分)

したがって、所定の水頭 H_0 における浸透強度 I (mm/hr) は、次式で表わせる。

$$I = \frac{dD}{dT}$$

上式に、(3.6) 式を代入すれば、

$$I = \alpha \beta (60)^{\beta} T^{\beta-1} \quad \dots\dots\dots (3.7)$$

ここで T ; 経過時間 (hr)

ii) 変水頭試験の場合

試験結果から、試験孔内の水頭の対数は、経過時間の一次式で表現できるという仮定にたち、試験孔内の水深を次式で表わす。

$$H = H_0 e^{-rT} \quad \dots\dots\dots (3.8)$$

ここに H ; 水頭 (m)

H_0 ; 初期水頭 (m)

T ; 経過時間 (hr)

r ; 定数 (hr⁻¹)

また浸透量は、次式で表わせる。

$$Q = -\frac{dH}{dT} A \quad \dots\dots\dots (3.9)$$

上式に (3.8) 式を代入して

$$Q = rH_0 e^{-r^T \Lambda} = rHA \quad \dots\dots\dots (3.10)$$

この式は、ある施設を用いて試験を行ったときの定数 r の値が、浸透量〔浸透能力〕の大小を表現するものとなることを意味している。

i) 既設浸透井による浸透試験

当会館内に設けられた 3 基の浸透井〔Na 3, Na 4, Na 5〕について変水頭試験及び定水頭試験を行ったもので、試験手順は表 - 3.3 のとおりである。

浸透井の浸透能力は、理論上地下水位が高い方が低下するため、地下水位が比較的高い時期を選定し昭和58年8月1日～3日の3日間で試験を実施した。

定水頭試験の時間～累加浸透高曲線を図 - 3.16 に、変水頭試験の時間～水位変化を図 - 3.17 (Na 3 浸透井) に示す。

ii) 試験孔による浸透試験

既設浸透井を対象に設計水頭での浸透試験を行うには、井戸の底面のみを浸透面とする当地区の施設の場合でも、少なくとも毎時 9～35m³の水量が必要になると推定される。一般的には、これだけの水量を確保するのが困難であるので、図 - 3.8 に示すように既設浸透井中に呼び径300の硬質塩化ビニール管を建て込み試験孔とした。この塩ビ管の内径は287mmあり、後述する簡易浸透試験に用いるボーリング孔と試験孔および浸透井の断面積（浸透底面積）の比は、1：8：81 (or 324) となる（表 - 3.7）。

試験孔を用いて、表 - 3.8 に示す定水頭試験、変水頭試験、変則的試験を実施した。これらの諸試験より、3基の試験孔の浸透能を表 - 3.9 のように評価した。

以上の結果から、3本の試験孔の浸透能には約25倍の差があり、原因は注入対象層の地質の相違であると考えられる。

iii) 簡易浸透試験

内径100mmのボーリング孔を、無水堀りで浸透井の底面と同じ深度まで削孔し、ストレーナを切っていないケーシングパイプを建て込み試験孔としたものである（図 - 3.18）。この削孔終了後には、水道水を用いて孔底を洗浄した。

なお、ボーリング孔により現地浸透試験を行い、浸透能あるいは透水係数等を求める場合には、孔底を充分洗浄しなければ過小の値（洗浄後の $\frac{1}{10} \sim \frac{1}{100}$ ）が得られることが、実験により確認されている。

ボーリング孔は2本掘り、各々に対して定水頭試験及び変水頭試験を行ったが、結果は表 - 3.10 に示すとおりである。

これらの試験結果から、浸透強度 I は、時間経過に伴い著しく減衰する傾向が認められたが、ボーリング孔の孔径が100mmでかなり小さいためである可能性が高い。

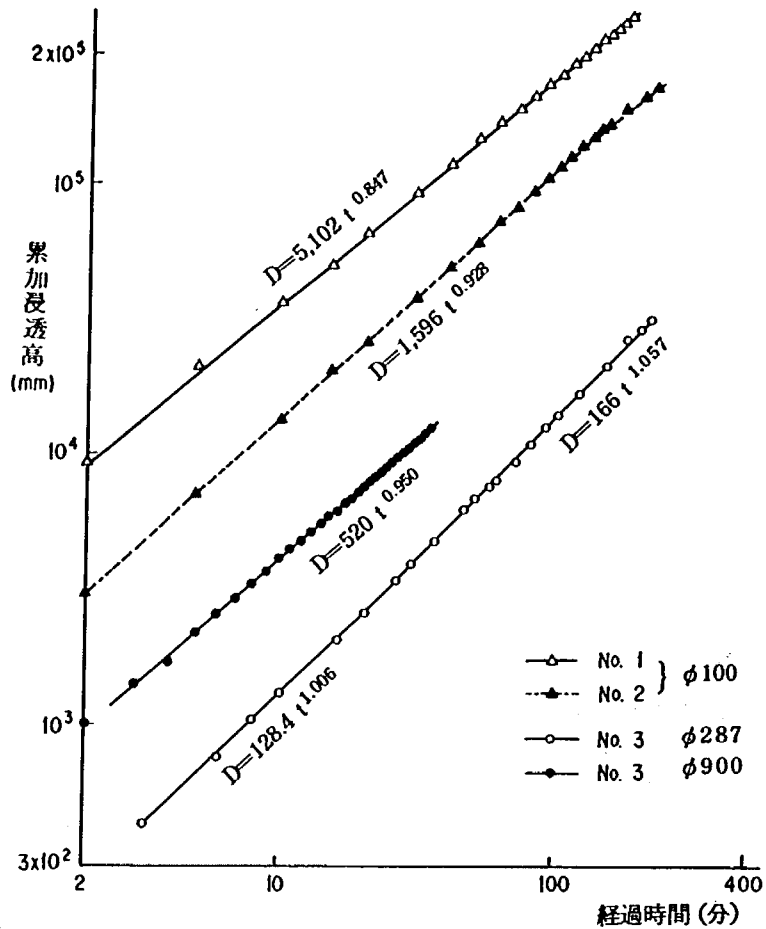


図-3.16 定水頭試験結果
(大井町商工会館：浸透井No.3)

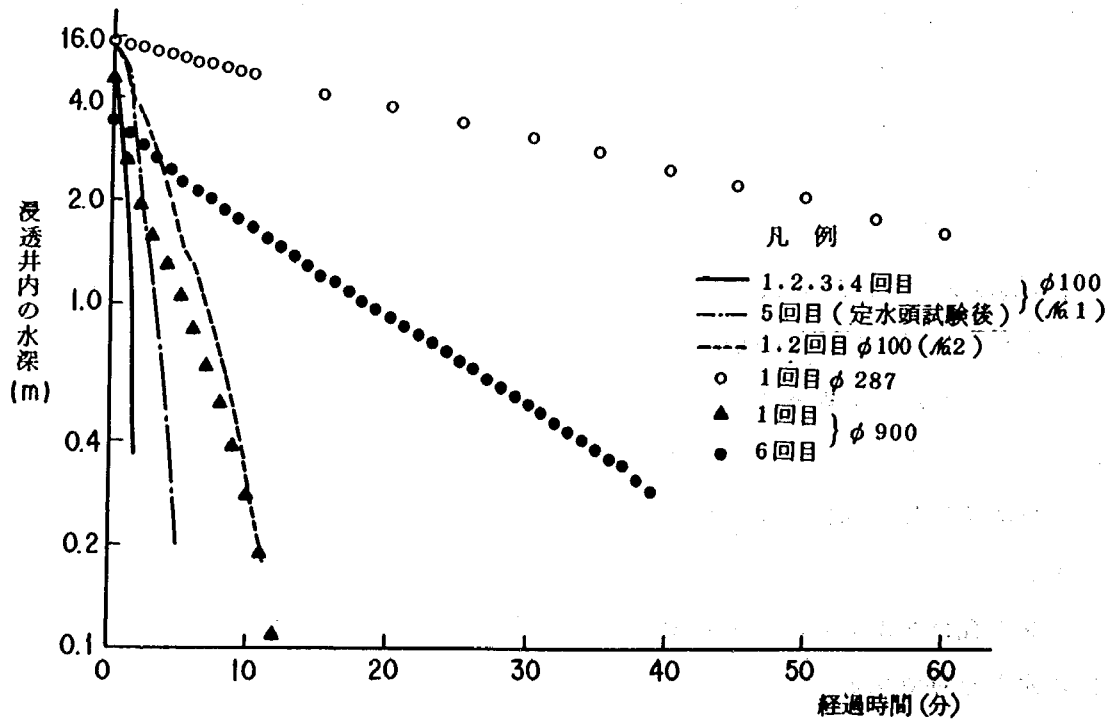


図-3.17 変水頭試験結果
(大井町商工会館：浸透井No.3)

表-3.7 浸透能計測孔の比較

浸透能計測孔	径(%)	断面積(mm ²)	同左比
ボーリング孔	100	0.00785	1
試験孔	287	0.0647	8
浸透井(φ900)	900	0.636	81
浸透井(φ1800)	1800	2.54	324

表-3.8 浸透試験の実施手順

手順 試験井	①	②	③	④
No 3	定水頭試験→ 変水頭試験 (H=5.8m)			
No 4		変則的試験 H=4.2→3.6 m Q=150~170 L/分		
No 5			定水頭試験→ 変水頭試験 (H=5.8m)	定水頭試験 ①H=4.0m ②H=2.5m

表-3.9 浸透試験結果(試験孔)

試験孔	項目 手 順	定 水 頭 試 験					変水頭試験による浸透能	
		累加浸透高(D), 浸透強度(I), 透水係数(K)		水 頭 (H)	浸 透 能			
		初 期	終 期		初 期	終 期	初 期	終 期
No 3	⑤	D = 128.4 t ^{1.006}	D = 106.4 t ^{1.057}	5.8	1.37	1.47	1.26	2.11
		I = 7.94 T ^{0.006}	I = 8.52 T ^{0.057}		0.112	0.120	0.103	0.173
		K = 0.112 T ^{0.006}	K = 0.120 T ^{0.057}					
No 4	④	D = 23.14 t ^{1.0035}	D = 14.19 t ^{1.10}	初期 4.2 m	33.6	39.2	80.9	79.9
		I = 14.10 T ^{0.0035}	I = 14.10 T ^{0.10}	終期 3.6 m	2.75	3.21	6.63	6.55
		K = 2.75 T ^{0.0035}	K = 3.21 T ^{0.10}					
No 5	③	D = 135.3 t ^{0.957}		5.8	11.2		2.00	2.98
		I = 65.1 T ^{-0.043}			0.920		1.64	2.44
		K = 0.920 T ^{-0.043}						
	⑥	D = 37.8 t ^{1.0033}		4.0	5.78		7.0	19.3
		I = 23.1 T ^{0.0033}			0.473		0.573	1.58
		K = 0.473 T ^{0.0033}						
	⑦	D = 253.2 t ^{0.983}		2.0	6.95		4.2	11.1
		I = 13.9 T ^{-0.017}			0.569		0.344	0.909
		K = 0.569 T ^{-0.017}						

- (注) 1. 浸透能 上段: 浸透能 a. hour⁻¹, 下段: 透水係数 K. m/hour
 2. 単 位 D: mm, I: m/hour, t: 分, T: 時間, 水頭(H): m
 3. 浸透能は最初の1時間の値, 但し, ()内は5時間経過後の値
 4. ①透水係数 (定水頭試験) $K = \frac{\pi r I}{5.5 \cdot H}$ (∵ Q = 5.5KrH, 又, Q = πr²I)
 ②透水係数 (変水頭試験) $K = \frac{\pi r a}{5.5}$ (∵ Q = a(πr²)H, 又, Q = 5.5KrH)

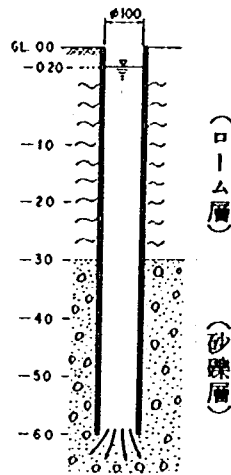


図- 3.18 簡易浸透試験孔模式図

表- 3.10 浸透試験結果〔ボーリング孔〕

項目 ボー リ ン グ 孔	手 順	定 水 頭 試 験				変水頭試験による浸透能		
		累加浸透高(D), 浸透強度(I), 透水係数(K)		水 頭 (H)	浸 透 能			
		初 期	終 期		初 期	終 期	初 期	終 期
No 1	②	D = 5,102 t ^{0.847}		5.8	240 (18.7)		27	81
		I = 139.0 T ^{-0.153}			0.684 (0.535)		0.771	2.31
		K = 0.684 T ^{-0.153}						
No 2	①	D = 1,596 t ^{0.929}	D = 3,017 t ^{0.797}	5.8	11.4	10.8 (7.8)	15	55
		I = 66.2 T ^{-0.072}	I = 62.8 T ^{-0.203}					
		K = 0.326 T ^{-0.072}	K = 0.309 T ^{-0.203}		0.326	0.309 (0.223)	0.428	1.57

- ②) 1. 浸透能 上段：浸透能 $a \cdot \text{hour}^{-1}$, 下段：透水係数 $K \cdot \text{m}/\text{hour}$
 2. 単 位 $D : \text{mm}$, $I : \text{m}/\text{hour}$, $t : \text{分}$, $T : \text{時間}$, 水頭 (H) : m
 3. 浸透能は最初の1時間の値, 但し, () 内は5時間経過後の値
 4. ①透水係数
 (定水頭試験) $K = \frac{\pi r I}{5.5 \cdot H}$ ($\because Q = 5.5 K r H$, 又, $Q = \pi r^2 I$)
 ②透水係数
 (変水頭試験) $K = \frac{\pi r a}{5.5}$ ($\because Q = a (\pi r^2) H$, 又, $Q = 5.5 K r H$)

(3) 上砂川小学校

当地区での現地試験は、実施設による定水頭試験及び変水頭試験を実施した。定水頭試験から得られた時間－累加浸透高曲線を図- 3.19 に、変水頭試験での時間－水位変化を図- 3.20 に示す。

定水頭試験の結果では、孔内水深 4.6 m の条件下で $296 \text{ m}^3/\text{hr}$ ($4.93 \text{ m}^3/\text{min}$) の浸透流量となった。

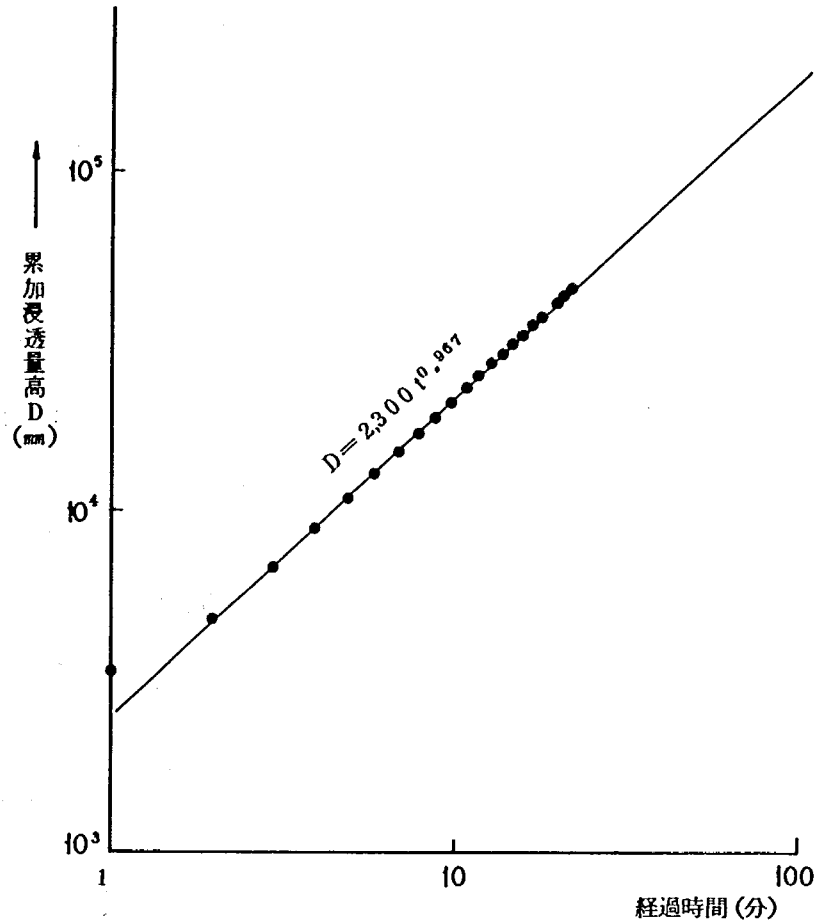


図- 3.19 定水頭試験結果 (上砂川小学校)

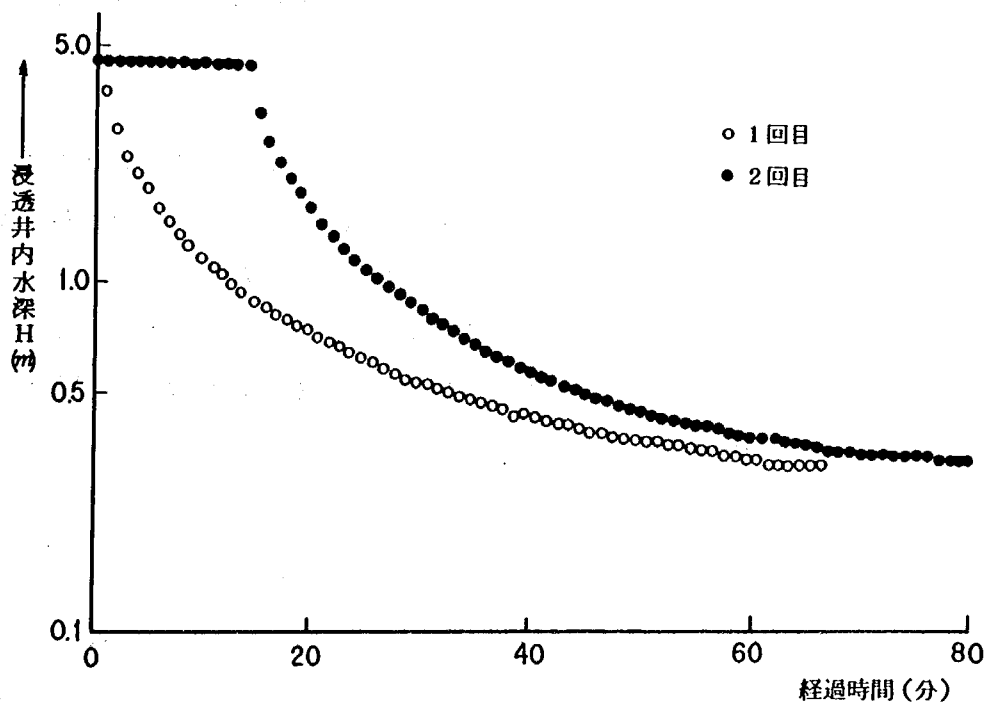


図- 3.20 変水頭試験結果 (上砂川小学校)

当地区の浸透井による変水頭試験での通減曲線は、所沢中央高校及び大井町商工会館の施設と異なり、水深が小さくなるほど通減率が小さくなっている。この結果は、当地区の地下水位が他地区と比較して高いため、湛水位と地下水位の差すなわち浸透井の浸透量に関する水位差に占める孔内湛水深の比率が大きいことが影響しているものと推察される。

(3) 雨水注入による地下水影響調査

本項目の目的は、浸透井による雨水注入が地下水水質に及ぼす影響を調査することにある。

(1) 調査地及び調査時期

表－3.1.1に示される、大井町商工会館敷地内にある浸透井〔Na 3, Na 4〕に流入した雨水（孔内地下水）、浸透井から約数m離れたボーリング孔〔Na 1, Na 2〕内の地下水及び同会館から約100m離れた民間の井戸〔井戸A, 井戸B〕の水を採水し、水質分析を行った。

表－3.1.1 地下水水質調査地点の概要

調査地点 内容	浸透井 Na 3	浸透井 Na 4	ボーリング孔 Na 1	ボーリング孔 Na 2	井戸 A	井戸 B
深さ (m)	6	6	8	14.5	60	15
水の種類	屋根に降った雨水	敷地及び駐車場に降った雨水	浅い層の地下水	深い層の地下水	地下水	地下水
用途	排水 (雨水の浸透処理)	排水 (同左)	地下水位観測	地下水位観測	飲料水	洗浄

また調査時期は、表－3.1.2「水質分析結果」に示されるとおりの、昭和58年4月から11月7日迄の1日時及び4日時である。

(2) 調査結果

上に述べた調査地点での、採水による水質分析結果は表－3.1.2に示すとおりである。この結果を、水道法に定める水道原水基準と比較すると大部分の項目は満足されているが、濁度、BOD、アンモニア窒素、鉄、マンガンは基準値を上回っているものと見られる。

当地区の地下水は、元来アンモニウム態窒素濃度が高いようであり、またボーリング孔での観測値における濁度の値が高いのは、採水方法に問題があったのかも知れない。今後も、観測法も含めて調査を継続していく必要があると考えられる。

表-3.12 水質分析結果

測定項目	記号	単位	浸透井 №3 屋根に降 る雨水	浸透井 №4 駐車場に 降る雨水	ボーリング孔№1(浅)				ボーリング孔№2(深)				井戸A	井戸B
			S58.11.7	S58.11.7	S58.10.4 晴天 (16:00)	S58.10.14	S58.10.27	S58.11.7	S58.10.4	S58.10.19	S58.10.27	S58.11.7	S58.10.27	S58.10.27
			採水	採水	(17:20)	採水	採水	採水	採水	採水	採水	採水	採水	採水
一般項目	水素イオン濃度	PH	6.4	7.7	7.4	7.1	7.6	7.5	7.7	7.9	7.4	8.1	6.6	6.3
	溶解性生物化学酸素消費量	D-BOD	mg/L	1.0	2.4		2.0	1.3	4.9		1.5	0.5	3.9	
	生物化学酸素消費量	BOD	mg/L	1.2	6.6	3.1	5.5	3.5	7.8	2.1	2.7	3.0	5.4	
	溶解性化学的酸素消費量	D-COD	mg/L	1.7	2.6		2.2	1.4	3.7		2.1	1.5	2.4	
	化学的酸素消費量	COD	mg/L	2.2	18.3	7.7	1.21	1.28	1.78	4.0	5.1	3.9	1.78	
	過マンガン酸カリウム消費量	KMnO ₄	mg/L											
	懸濁物質	SS	mg/L	3	8.4	3.29	3.96	6.14	6.14	6.7	1.10	5.20	5.20	0.7
健康項目	シアン	CN	mg/L			0.00				0.00			0.00	0.000
	アルキル水銀	R-Hg	mg/L			0.0000				0.0000			0.0000	0.0000
	総水銀	T-Hg	mg/L			0.0000				0.0000			0.0000	0.0000
	有機リン	OP	mg/L			0.0000				0.0000			0.00	0.00
	オルトリン酸リン	PO ₄ -P	mg/L	0.00	0.06		0.05	0.01	0.01		0.01	0.00	0.01	
	総リン	TP	mg/L	0.01	0.24		0.29	0.40	0.33		0.10	0.08	0.26	
	カドミウム	Cd	mg/L		0.000	0.000				0.000			0.000	0.000
	鉛	Pb	mg/L	0.00	0.02	0.02	0.03	0.02	0.06	0.00	0.02	0.00	0.06	0.00
	クロム(6価)	Cr ⁶⁺	mg/L		0.00	0.00				0.00			0.00	0.00
	ヒ素	As	mg/L		0.000	0.000				0.000			0.000	0.000
特殊項目	フェノール類	Phe	mg/L		0.000	0.000				0.000			0.000	0.000
	ポリ塩化ビフェニール	PCB	mg/L			0.0000				0.0000				
	銅	Cu	mg/L	0.002	0.021	0.017	0.034	0.022	0.062	0.003	0.007	0.003	0.044	0.034
	亜鉛	Zn	mg/L	0.06	0.23	0.12	0.13	0.08	0.15	0.05	0.04	0.03	0.14	0.13
	鉄	Fe	mg/L		3.22	8.27				1.96			0.14	0.12
	マンガン	Mn	mg/L		0.11	0.76				0.41			0.01	0.00
	弗素	F	mg/L		0.08	0.04				0.06			0.0	0.0
その他の項目	塩素イオン	Cl ⁻	mg/L	1	5	26	28	21	28	27	23	27	20	25
	陰イオン界面活性剤	MBAS	mg/L			0.01				0.00				0.00
	アンモニウム態ちっ素	NH ₄ -N	mg/L	0.43	0.29	0.64	0.70	1.53	0.62	2.47	2.03	1.32	1.04	
	亜硝酸態ちっ素	NO ₂ -N	mg/L	0.065	0.030	0.190	0.308	0.426	0.297	0.090	0.023	0.023	0.016	13.46
	硝酸態ちっ素	NO ₃ -N	mg/L	0.35	0.65	1.128	1.200	7.42	14.13	0.41	0.29	0.28	0.13	15.23
	有機態ちっ素	O-N	mg/L	0.08	1.66		0.44	1.49	1.03		0.35	0.16	1.38	
	総ちっ素	TN	mg/L	0.92	2.63		1.345	1.087	1.608		2.69	1.78	2.57	
	濁度	Turb	度	2	34	14	35	45	106	82	74	82	98	0
	硬度		度			15.6				97.0				83
	電気伝導度	EC	μs/cm	21	126	417	357	226	397	281	255	335	237	103
	色度		度		3	0				0				0
	n-ヘキサン抽出物質	n-Hex	mg/L		2	0.0				0.0				0
	一般細菌		個/ml											480
	大腸菌群数	COMPEN	MPN/ml											890
	全糞便残留物	TS	mg/L											0
	臭気													5
	味													264
														無臭
														無臭

表-3.13 水道原水基準

	水 質 項 目	基 準 量		
		1 級	2 級	3 級
A 群	シ ン イ オ ン	検出されないこと。		
	総 有 力	検出されないこと。		
	機 機 水	検出されないこと。		
	カ ド ミ ウ ム (ppm)	0.01		
	鉛 ム (ppm)	0.1		
B 群	ク ヒ 弗 大 硝	0.05 (ppm)		
	腸 菌 群 (MPN/100ml)	0.05 (ppm)		
	酸 性 窒 素 (ppm)	0.8		
	濁 度 (度)	9	50	1,000
	色 度 (度)	2	10	30
	臭 度 (度)	5	5	10
	臭 度 (度)	1.5	1.5	1.5
	臭 度 (度)	3	5	5
	臭 度 (度)	3	3	3
	臭 度 (度)	3	5	5
	臭 度 (度)	3	3	3
	臭 度 (度)	6.5 ~	8.6	
	臭 度 (度)	1	2	3
	臭 度 (度)	1	2	3
	臭 度 (度)	-	-	400
	臭 度 (度)	-	0.1	0.5
	臭 度 (度)	-	-	180
	臭 度 (度)	-	-	300
	臭 度 (度)	(全Fe) 0.3	(Fe ¹⁺) 0.3	(Fe ¹⁺) 0.3
	臭 度 (度)	(全Mn) 0.05	(Mn ²⁺) 0.05	(Mn ²⁺) 0.05
	臭 度 (度)	1.0	0.1	0.1
	臭 度 (度)	(全Cu)	1.0	1.0
	臭 度 (度)	-	-	0.005
	臭 度 (度)	-	-	0.5

3.4 結果の考察

本節では、新河岸川流域及びその近傍で行った現地試験の内容及びその結果について述べてきた。ここでは、地区毎の試験結果を比較検討するとともに、既往の他の浸透井に関する現地試験結果を加えて、現地における浸透井の浸透能力に関して考察する。

3.4.1 浸透量Qと水位差 ΔH の関係

浸透井に関する現地試験は、本節で述べた所沢中央高校、大井町商工会館、上砂川小学校の3地区以外にも、これまで図-3.21及び表-3.14に示される住宅・都市整備公団の団地、東京都内の開発区域等でも実施されている。

これらの地点は、新河岸川の流域及びその近傍のものであるが、大部分の施設が武蔵野礫層及び立川礫層を注入対象層としている。また、施設の中には湿式のものも含まれるが、浸透対象層の透水係数、井戸の内径、井戸長、ストレーナ長等は、表-3.14に示されるとおりである。

試験により得られた浸透量〔Q〕と、湛水位と地下水位との水位差〔 ΔH 〕の関係をみるため、第4章で述べる水理模型実験の解析手法と同様の無次元化を行って、この関係を検討した。無次

元化の手法は、浸透量 Q を透水係数 K 及び浸透底面積 A で除し $Q/K/A$ とし、また水位差 ΔH は井戸の内径 D で除して $\Delta H/D$ とした。

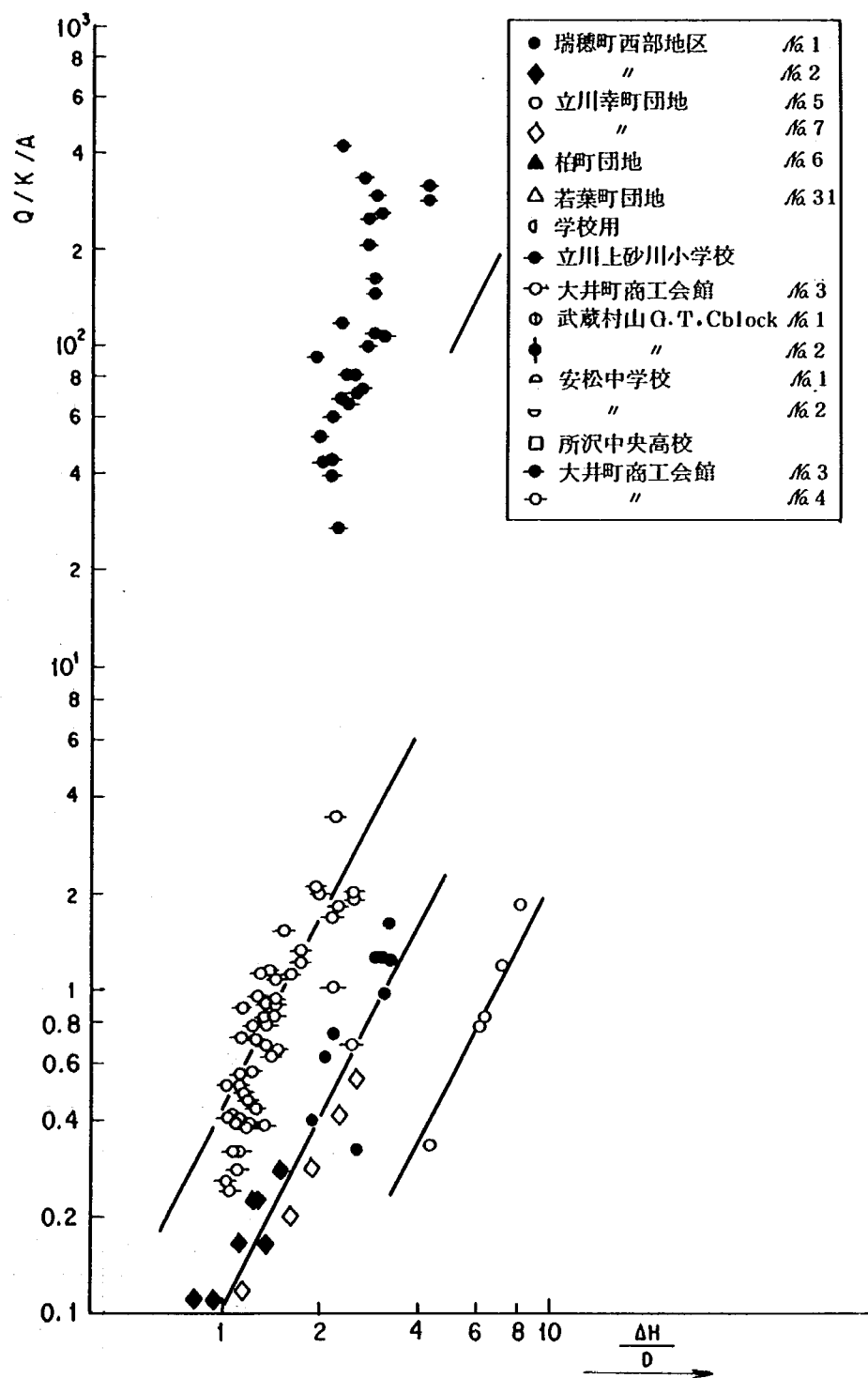


図-3.21 無次元浸透量と無次元水位差の関係

表-3.14 浸透井の諸元および注水層地質特性

項目 地 点	注入層の地質水理特性			井 戸 諸 元						備 考
	地質分類	透水係数 K(cm/s)	透水係数 測定方法	分 類	内 径 (mm)	外 径 (mm)	ストレー ナー長 (m)	開孔率 (%)	深 さ (m)	
瑞穂町西部地区 浸透井№1	㊦ 立川礫層	0.0838	井戸に注水し、観測井における減速曲線にTheis理論を適用しKを算出した。	乾 式	1000	2000	4.73	φ25	7.5	注 水 試 験
" 浸透井№2	㊦	0.480		準乾式	1000	2000	4.73	φ25	7.6	"
立川幸町団地 浸透井№5	㊤ 武蔵野礫層	0.411		乾 式	800		9.35	11.1	18.2	"
" 浸透井№2	㊤	1.09		準乾式	800				18.2	" 実 績 降 雨
柏 町 団 地 浸透井№6	㊦			乾 式			9.35		14	注 水 試 験
若 葉 町 団 地 浸透井№31	㊤			湿 式			9.35		19	"
学 校 用	○			乾 式					14	"
立川上砂川小学校	㊦			準乾式	1800	1800			8	"
大 井 町 浸透井№3	㊤	0.0033	φ300に定水理試験 $K = \frac{Q}{5.5rH}$ によって算出した。	乾 式	900	900	0	0	6	φ100に定水頭試験 $K = \frac{Q}{5.5rH}$ $K=0.014(m/s)$ " 実 績 降 雨
" 浸透井№4	㊤	0.089		"	1800	1800	0	0	6	
" 浸透井№5	㊤	0.018		"	1800	1800	0	0	6	
武蔵村山クリーンタウン Cブロック 浸透井№1	㊤			"	400	1400	下から3.7m砂礫で充填される		5.7	注 水 試 験
" 浸透井№2	㊤			"	400	1400	下から1.0m砂礫で充填される		3.4	"
所沢中央高校	㊤			"	1200	1200	0	0	8.5	実 績 降 雨
安松中学校№1	㊤			"	900		2.0m程度	φ25	12.5	注 水 試 験
" №2	㊤			"	900		2.0m程度	φ25	12.5	"

表-3.14に示される全体の浸透井に関する試験結果ならびに大井町商工会館における実績降雨による測定結果をもとに、上述の無次元化を行い図化したのが、図-3.22及び図-3.23(1),(2)である。

これらの図より、無次元浸透量 $Q/K/A$ と無次元水位差 $\Delta H/D$ で与えられる試験結果は、勾配が2の直線上にはばのる形となっており、浸透量 Q は水位差 ΔH の2乗の関係式で表現されそうであることが判る。

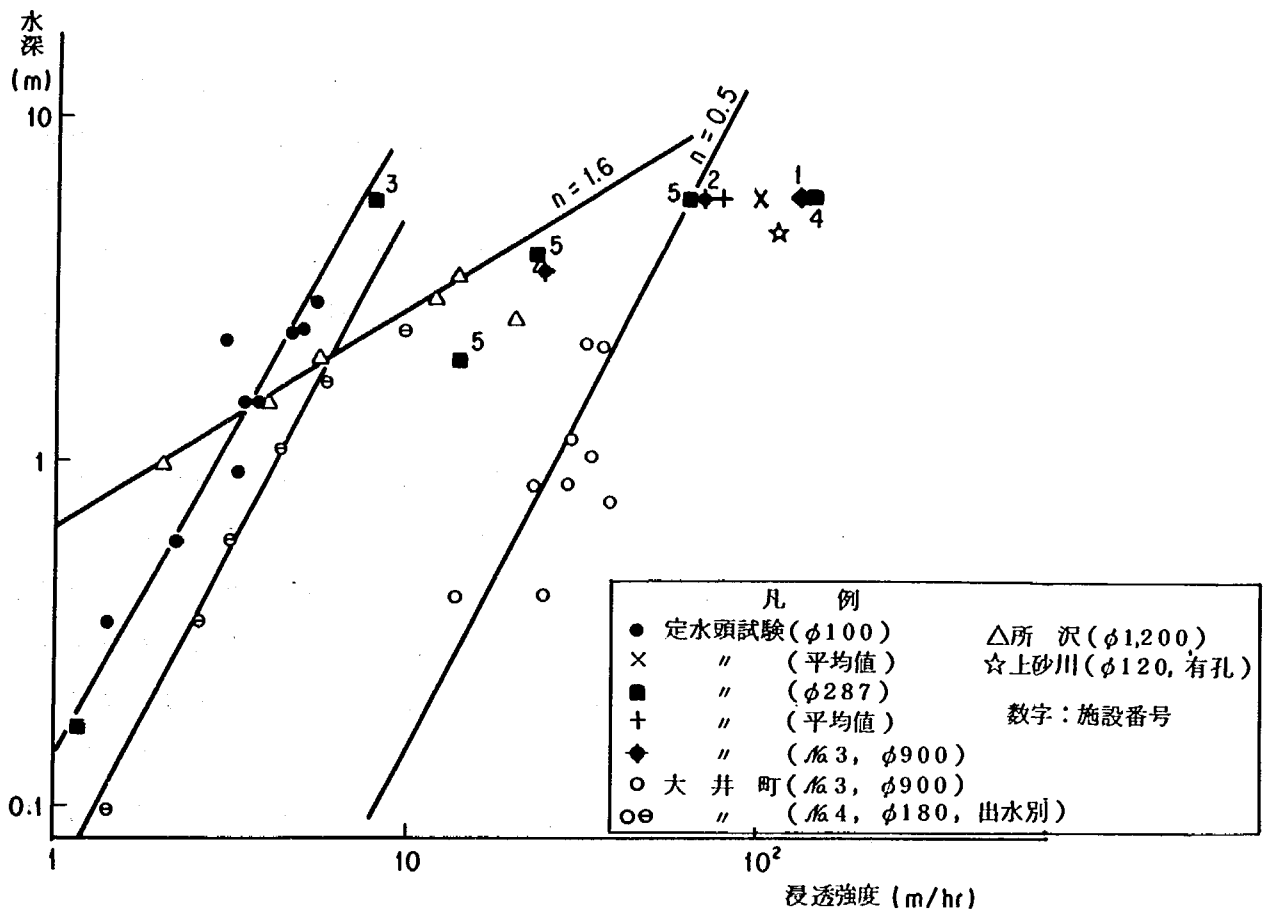


図-3.22 浸透強度と水深の関係

3.4.2 既設浸透井における浸透試験と簡易浸透試験の比較

現地試験では、既設浸透井を用いた試験の他、口径φ100とφ287のボーリング孔、試験孔を用いた簡易試験も実施した。浸透能力に関係する因子を既往資料により把握することが困難で、試験に依らなければ浸透能力を把握する方法がない場合には、現地試験を実施する必要がある。また現地試験は、実物大の施設によることが望ましいが、必要水量の確保が困難な場合には、簡易浸透試験によらざるを得ない。

そこで、本章で述べた現地試験に関して、既設浸透井（実物大施設）及び簡易試験孔の口径の相違による浸透能力の比較検討をした。ここでは、浸透能力として単位時間当りの水位低下量

〔浸透強度〕を選び、孔径による浸透強度の比較を行った。

図－3.2.4より、口径の小さい簡易浸透試験によって測定した浸透強度は、浸透井の実績浸透強度より小さいと推定される。

施設設計における安全度を考えれば、簡易浸透試験により得られた結果を用いて浸透井を設計しても問題はないであろう。なお、実績降雨を対象とした大きい水深（3 m以上）における測定結果を得ることができていないため、今後も測定を継続し、水深大での結果も集積されることが望まれる。

3.4.3 定水頭試験と変水頭試験の相対比較

実績降雨に対する水位逓減曲線から判断すると、水位と浸透強度の関係は一様ではなく、水位低下に伴って浸透能力が低下する地区と上昇する地区がある。また、浸透型施設の浸透能力は、湛水深が最大の状態すなわち計画水深時において最大値を示し、この状態に到る迄に浸透面周辺の土壌はほぼ飽和状態に近づいている。したがって、現地試験手法は基本的に定水頭試験によるべきで、変水頭試験による場合には事前に充分な注水を行って、浸透面周辺の土壌を極力飽和状態に近づける必要がある。

3.4.4 対象浸透井の実績浸透強度の相対比較

3地区毎の実績降雨に対する浸透強度－水深の関係では、湛水深4.6 mでの浸透強度を比較すると、所沢中央高校、大井町商工会館、上砂川小学校の浸透強度は、1：2：4の比率となっている。したがって、浸透対象層の水理、地質特性に応じて浸透能力は相当異なり、今後浸透井の浸透能力を適正に評価するためには、地形・地質特性に応じた浸透能力の影響因子を既往資料により収集・整理するとともに、地形・地質特性別の現地浸透試験をなるべく多く実施することが望ましい。なお、実績降雨より得られた浸透強度－水深の関係式では、湛水深に応じて地区別の浸透強度比率が逆転する結果ともなるので、計画水深前後における大水深での試験をさらに実施して行く必要がある。

3.4.5 目づまりによる浸透能力の低下

今回の現地試験では、目づまりによる浸透能力の低下に関する長期観測あるいは懸濁物質投入による促進実験は実施していない。大井町商工会館地区における現地注水試験では、注水時における浸透面付近の攪乱により、結果的に目づまりが生じたと考えられる事例もあったが、一方住宅、都市整備公団が設置して10年以上供用した浸透井では、設置当初と比較して能力低下が生じていない事例があるなど、現在ある数少ない調査結果のみから一概に結論を出すことは出来ない。今後、現地に設置された浸透井に関して、長期的な能力変化を調査して行く必要がある。

第4章 水理模型実験による浸透特性の把握

4.1 実験目的

浸透井の浸透能力を把握するため、第3章で述べたように、昭和57年及び58年の2年間に亘り現地試験による調査・検討を行った。しかし、現地試験の地点数は3地点と少なく、多様な現地条件に応じた浸透能力を把握するには不十分である。

そこで、「水理公式集」等に表示された不圧帯水層における不完全貫入井に関する揚水量式から導かれた浸透量評価式を適用することを考え、現地施設を縮小した模型を用いてこの式の適用性を検討することとした。

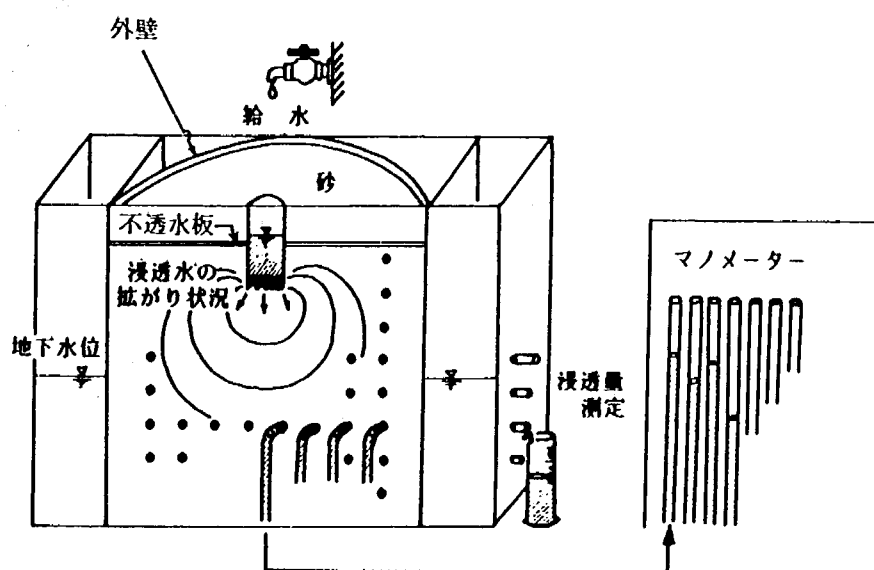
本章では、この模型実験の概要と結果、並びに不圧帯水槽における不完全貫入井に関する浸透量評価式の適用性についての検討結果を述べる。

4.2 実験施設と実験内容

4.2.1 実験施設の概要

実験に用いた施設は、図－4.1、4.2に示すように直方体の形状をした浸透水槽からなり、浸透水槽の中に砂を敷き詰め浸透井の模型を設置した。

新河岸川流域に設置されている浸透井は、平常時に浸透面（孔底及び側壁）が地下水中にない「乾式浸透井」であるが、原地下水面が孔底の上方にある「湿式浸透井」のケースも合わせて検討した。



図－4.1 水理模型実験施設概要

(単位：mm)

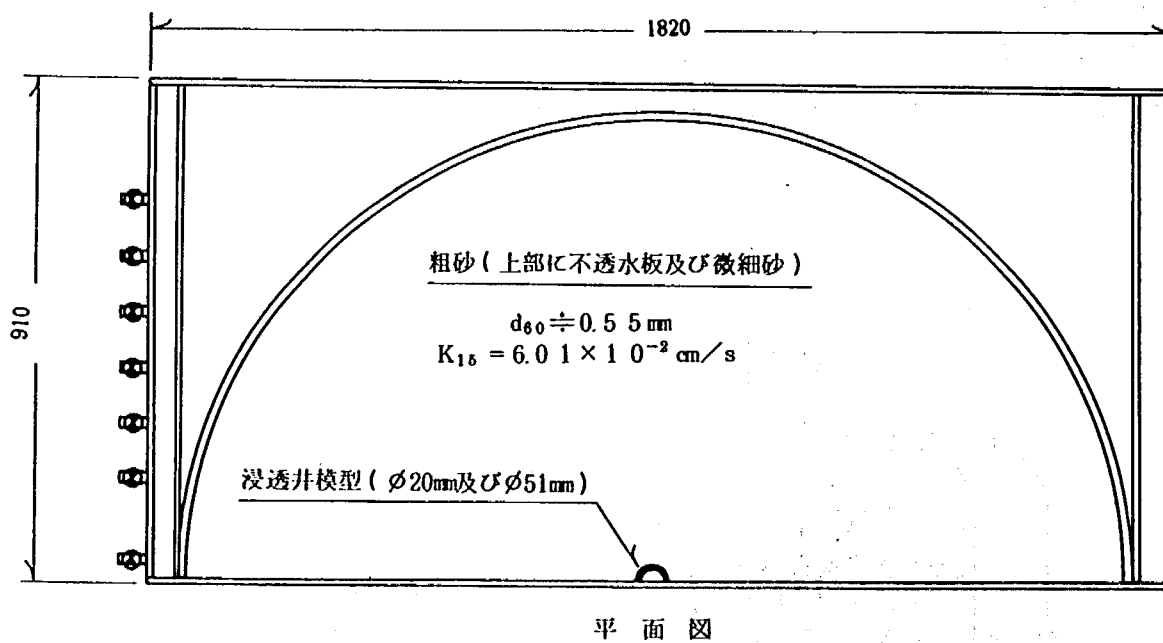
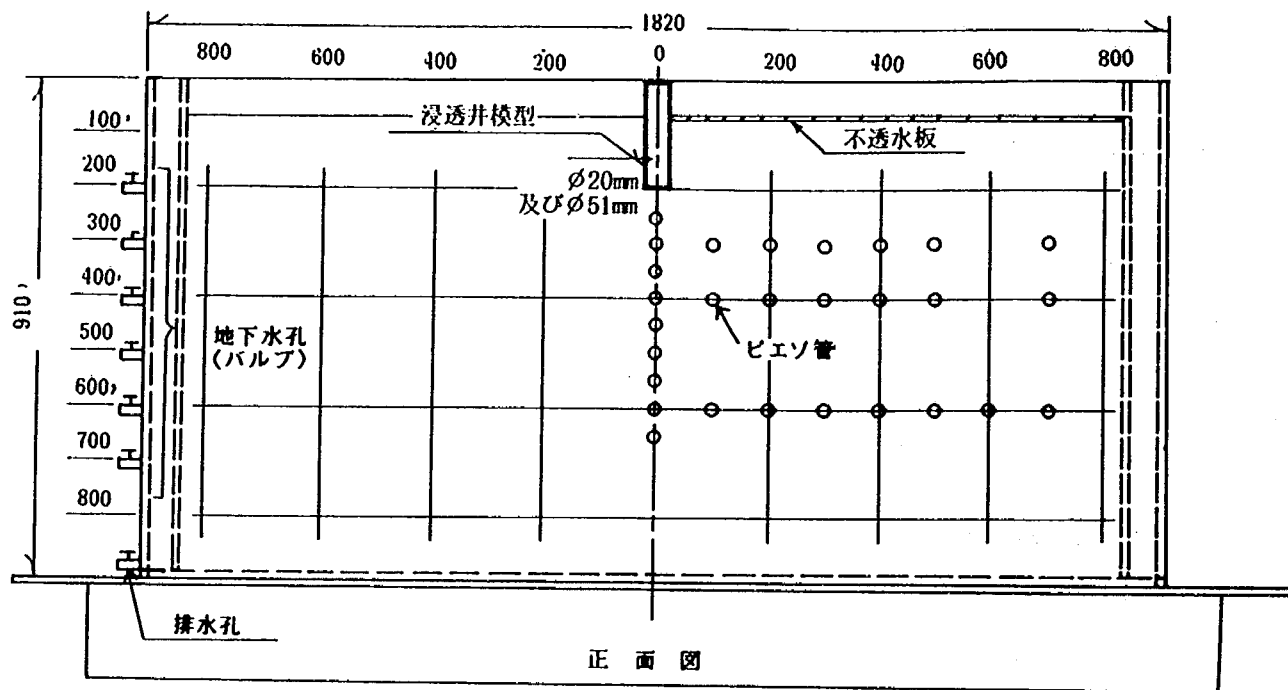


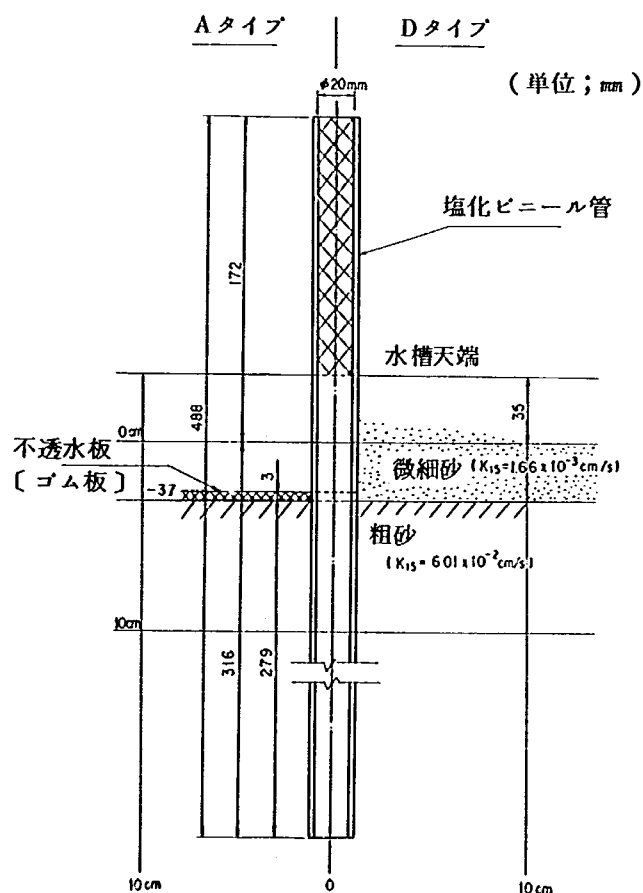
図-4.2 浸透井模型設置図

また、現地の地質条件は、浸透対象層である砂礫層の上部に関東ローム及び埋土等が載った構成となっている。そこで、図－4.3に示すような不透水板〔ゴム板〕を用いた実験も行った。

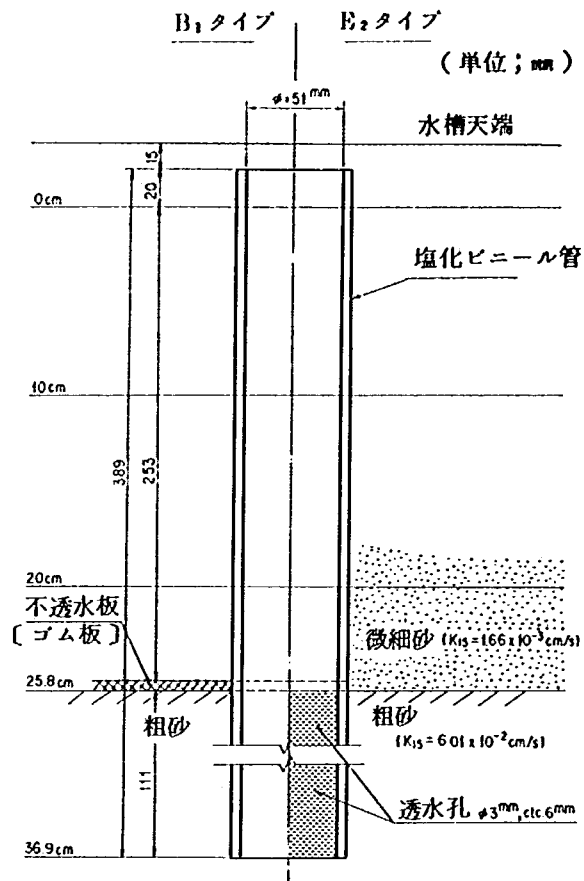
なお、浸透井からの浸透流は、3次的に拡がることから、実際に浸透現象が起っている場面に近づけるために、浸透水槽内に半円形の大きな穴の多数あいた外壁を設置した。

浸透水槽は、浸透井模型が取り付けである正面を透明アクリル板、その他の側面はラワン合板を材料に用いて製作した。この浸透水槽の両側には幅4.5cmの地下水側溝を設けてあり、この側溝は、地下水面高が両側で同一になるように速結管で結ばれている。また、地下水位を調節するために、浸透水槽の片側に地下水孔（排水孔）を設け、6基のストップバルブを取り付けた。

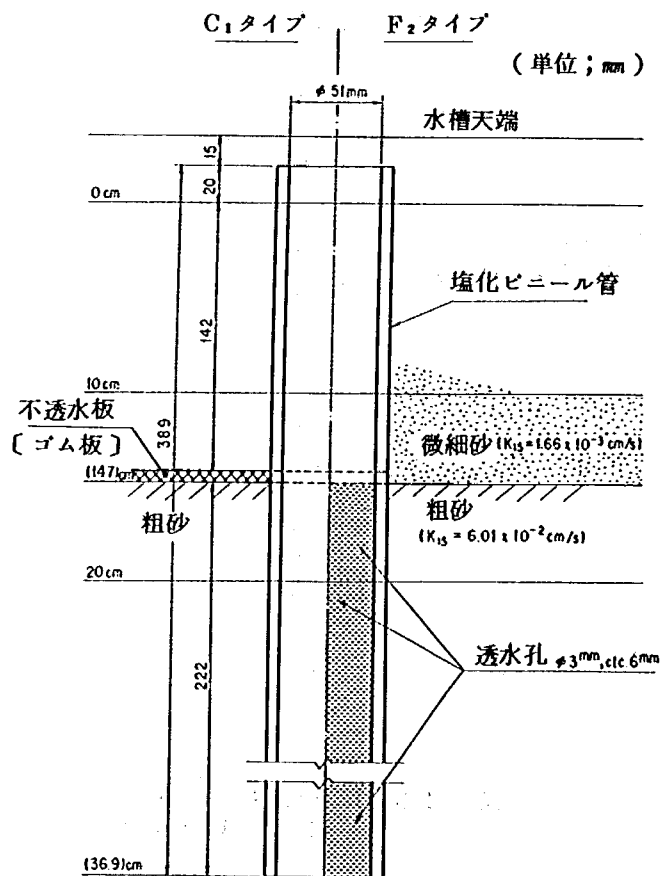
実験に用いた浸透井模型は、図－4.3 (1)～(3)に示す6タイプの施設である。これらの模型を口径 ϕ （内径）で分類すると、 $\phi 20\text{mm}$ 〔A, Dタイプ〕及び $\phi 51\text{mm}$ 〔B, C, E, Fタイプ〕である。また、図に示されるように透水孔（ストレーナ）のあるもの〔B₁, C₁, E₁, F₁タイプ〕とないもの〔B₂, C₂, E₂, F₂タイプ〕を用いた。



図－4.3 (1) 浸透井模型構造図
〔A, Dタイプ〕



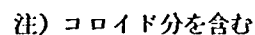
図一 4.3 (2) 浸透井模型構造図
〔 B, Eタイプ 〕



図一 4.3 (3) 浸透井模型構造図
〔 C, Fタイプ 〕

浸透水槽に敷き詰めた砂には、不透水板下の粗砂のみのケース〔A～Cタイプ〕と粗砂及び微細砂のケース〔D～Fタイプ〕があり、この粗砂及び微細砂の諸元は表－4.1、図－4.4に示すとおりである。浸透水槽への砂の敷き詰めには、あらかじめある程度湛水しておき、この中に砂を投入して棒で突きながら空気を抜いていった。

	d ₆₀	K ₁₅	備 考
粗 砂	0.5 5 mm	$6.01 \times 10^{-2} \text{ cm/sec}$	砂礫層に対応
微 細 砂	—	$1.66 \times 10^{-3} \text{ cm/sec}$	ローム層に対応



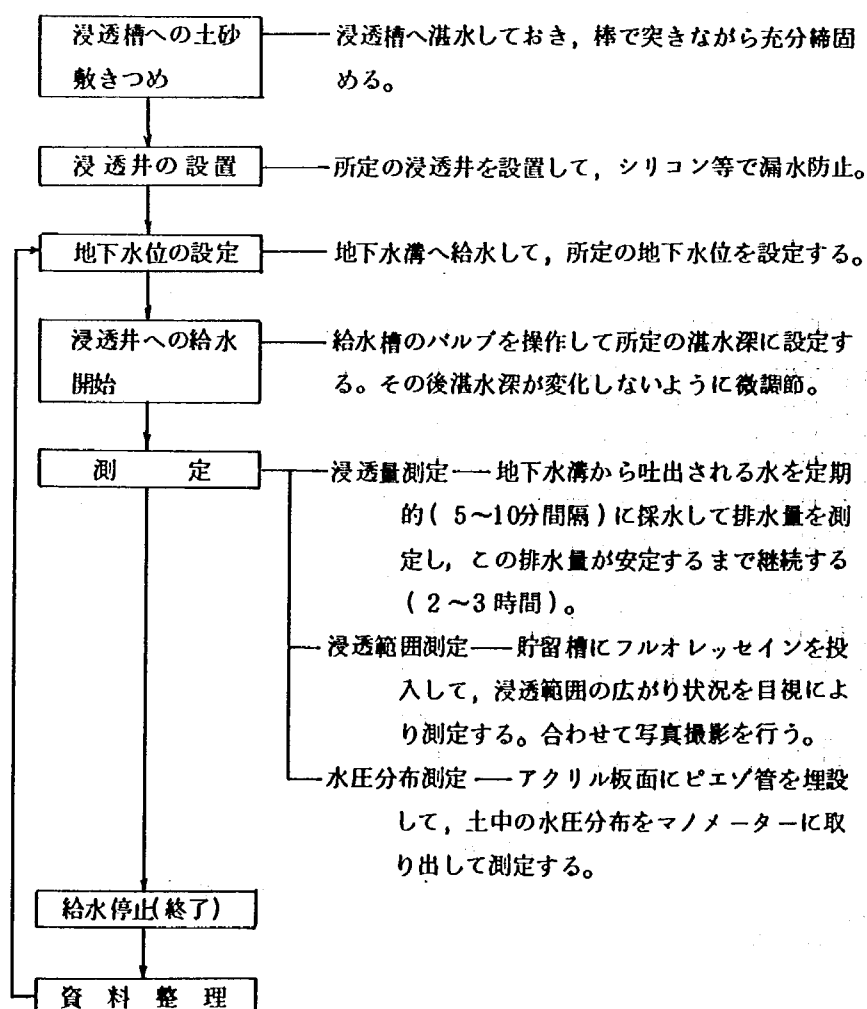
- 67 -

4.2.2 測定内容と実験手法

実験における測定内容は、浸透井模型からの浸透量、浸透水の影響範囲（拡がり状況）等である。

実験は、初めに浸透水槽内の地下水側溝に水を注入して所定の地下水位に設定し、その後浸透井模型内の湛水深が所定の値になるように、浸透量に見合う注水量を水道の蛇口により調節した。模型からの浸透量は、浸透水槽の地下水側溝に付けてあるバルブより排出する水を、メスシリンダーにより5～10分間隔で測定した。実験は、この排水量（浸透量）が安定するまで継続して行った（2～3時間）。浸透水の影響範囲は、水にフルオレッセインを混入して浸透水の拡がり状況をアクリル板を通して観察した。（表－4.2）

表－4.2 水理模型実験のフロー



4.2.3 実験ケースとその内容

実験に用いた模型タイプ、対象砂及び実験ケース数は、表-4.3のとおりであり、全実験ケース数は90ケースである。また実験に用いた粗砂及び微細砂の透水係数 K は、各々 $K_1 = 6.01 \times 10^{-2}$ cm/sec, $K_2 = 1.66 \times 10^{-3}$ cm/secである。

表-4.3 実験ケース一覧表

ケース名	模型施設	対象砂	ケース数
ケースA	内径 20mm (ストレーナ無し)	粗砂(+不透水板) $d_{60} = 0.55$ mm $K_{15} = 6.01 \times 10^{-2}$ cm/sec	湛水深3 ⁹ 地下水位3
ケースB ₁	内径 51mm (ストレーナ無し)	"	湛水深3 ⁹ 地下水位3
ケースB ₂	内径 51mm (ストレーナ有り)	"	湛水深3 ⁹ 地下水位3
ケースC ₁	内径 51mm (ストレーナ無し)	"	湛水深3 ⁹ 地下水位3
ケースC ₂	内径 51mm (ストレーナ有り)	"	湛水深3 ⁹ 地下水位3
ケースD	内径 20mm (ストレーナ無し)	粗砂+微細砂 $K_{15} = 1.66 \times 10^{-3}$ cm/sec	湛水深3 ⁹ 地下水位3
ケースE ₁	内径 51mm (ストレーナ無し)	"	湛水深3 ⁹ 地下水位3
ケースE ₂	内径 51mm (ストレーナ有り)	"	湛水深3 ⁹ 地下水位3
ケースF ₁	内径 51mm (ストレーナ無し)	"	湛水深3 ⁹ 地下水位3
ケースF ₂	内径 51mm (ストレーナ有り)	"	湛水位3 ⁹ 地下水位3

注) K_{15} は、水温15℃に相当する透水係数である。

4.3 水理模型実験の相似性

4.3.1 相似律

模型からの浸透は、飽和浸透理論に従う現象であると仮定する。この場合、ピエゾ水頭を h 、鉛直方向の透水係数を K_{zm} 、水平方向の透水係数を K_{hm} とすれば、図-4に示す X 、 Y 、 Z 方向のみかけの流速 U 、 V 、 W は

$$\left. \begin{aligned} U &= -K_{hm} \frac{\partial h}{\partial x} \\ V &= -K_{hm} \frac{\partial h}{\partial y} \\ W &= -K_{zm} \frac{\partial h}{\partial z} \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (4.1)$$

となる。ここで $h = z + P/\rho/g$ で P は圧力、 ρ は水の密度、 g は重力加速度である。

一方、流れの連続式は、

$$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z} = 0 \quad \dots\dots\dots (4.2)$$

であるので、(4.1)、(4.2)式より

$$K_{hm} \frac{\partial^2 h}{\partial x^2} + K_{hm} \frac{\partial^2 h}{\partial y^2} + K_{zm} \frac{\partial^2 h}{\partial z^2} = 0 \quad \dots\dots\dots (4.3)$$

となる。今、 $\lambda^2 = K_{zm}/K_{hm}$ とすれば、(4.3)式は、

$$\frac{\partial^2 h}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 h}{\partial y^2} + \lambda^2 \frac{\partial^2 h}{\partial z^2} = 0 \quad \dots\dots\dots (4.4)$$

となる。ここで座標のスケールを

$$\left. \begin{aligned} X &= \lambda x \\ Y &= \lambda y \\ Z &= z \end{aligned} \right\} \quad \dots\dots\dots (4.5)$$

で変換すると、(4.4)式は

$$\lambda^2 \left(\frac{\partial^2 h}{\partial X^2} + \frac{\partial^2 h}{\partial Y^2} + \frac{\partial^2 h}{\partial Z^2} \right) = 0 \quad \dots\dots\dots (4.6)$$

とラプラス方程式となり、境界地問題に帰着するため、ピエゾヘッド h は、境界値のみによって決まることになる。

ここで、図-4.5に示す浸透井(模型)〔ストレーナの無いもの及び有るもの〕の浸透能力に影響を与えると考えられる境界値は、ストレーナ無しの施設では、施設の内径 $D_m (=2r_o, r_o$; 半径)、湛水深 h_m 、施設の底面高と地下水位の差 h_{sm} 及び地下水位と不透水層の上面高の差 H_m であり、ストレーナ有りの施設では、上記の境界値にストレーナ長 t_m を加えたものである。従って浸透井からの浸透量 Q_m は、次の無次元量で表わせることになる。

ストレーナ無しの施設では

$$\frac{Q_m}{K_{zm} \cdot \lambda^2 \cdot \Lambda_m} = f \left(\frac{h_m}{\lambda \cdot D_m} \cdot \frac{h_{sm}}{\lambda \cdot D_m} \cdot \frac{H_m}{\lambda \cdot D_m} \right) \quad \dots\dots\dots (4.7)$$

ストレーナ有りの施設では

$$\frac{Q_m}{K_{zm} \cdot \lambda^2 \cdot \Lambda_m} = f \left(\frac{h_m}{\lambda \cdot D_m} \cdot \frac{h_{sm}}{\lambda \cdot D_m} \cdot \frac{H_m}{\lambda \cdot D_m} \cdot \frac{t_m}{\lambda \cdot D_m} \right) \quad \dots\dots\dots (4.8)$$

となる。ここで Λ_m は施設の底面積である。

本実験のようにほぼ均一砂の場合には $K_{zm}/K_{hm} \div 1$ であるので、(4.7)、(4.8)式において、 $\lambda^2 = 1$ として実験結果が整理しえることになる。

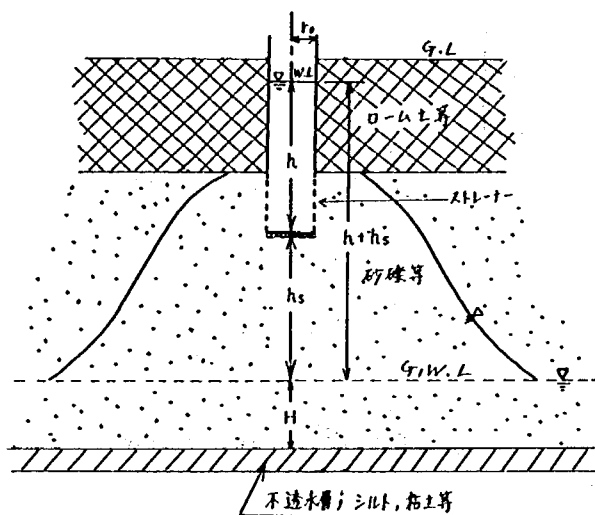


図-4.5(1) 浸透井概念図
〔ストレーナ有りのケース〕

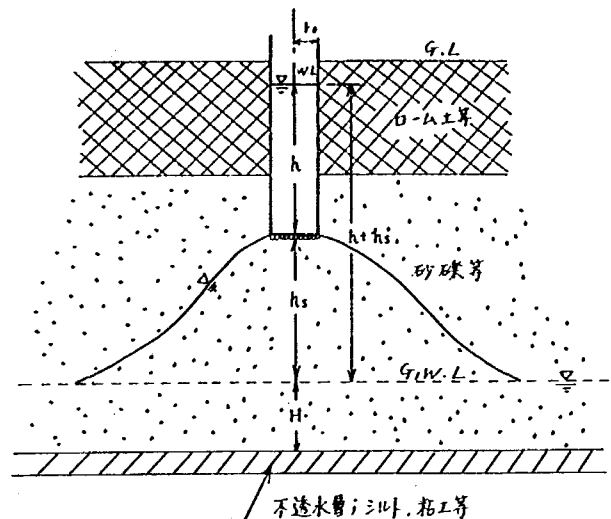


図-4.5(2) 浸透井概念数
〔ストレーナ無しのケース〕

4.3.2 相似性の検証

ここでは、前述した相似律が模型上で成立するかどうかを検討する。

第1章で述べたように、浸透型（流出抑制）施設には、本報告書の対象施設である浸透井の他に、浸透樹、浸透地下トレンチ等の施設がある。当研究室では、昭和53年度より、これらの施設に関する現地実験及び水理模型実験を行ってきており、上記の樹及びトレンチに関しては、既往成果を「浸透型流出抑制施設の浸透能力把握手法に関する調査報告書」, 土木研究所資料No 2126号, S 59.8 としてとりまとめている。

ところで、浸透井は、規模を縮小すると浸透樹に関しての円筒型施設及び円筒透水型施設と、基本的な構造及び設置形態がほぼ同様の施設として考えることができる。これらの施設形態の相異点は、前者の施設が砂礫層を注入対象層とするのに対して、後者の施設は主にシルト・粘土よりなるローム層等を対象とすることにある。

前記報告書（p.96～p.99）では、円筒型施設に関する相似律が模型上で成立することを述べており、一方浸透井と浸透樹は構造・形態がほぼ同様（相似）であることから、この浸透樹（円筒型施設）に関する相似律の検証結果を呈示する（図-4.6）。同図では、浸透面の直径が違っていてもほぼ同一の関係式線上にデータがプロットされ、力学的に相似であることが確認されている。ただしケースHでは、模型の直径を大きくしたため水槽外壁の影響を受け、相似性が損なわれている。

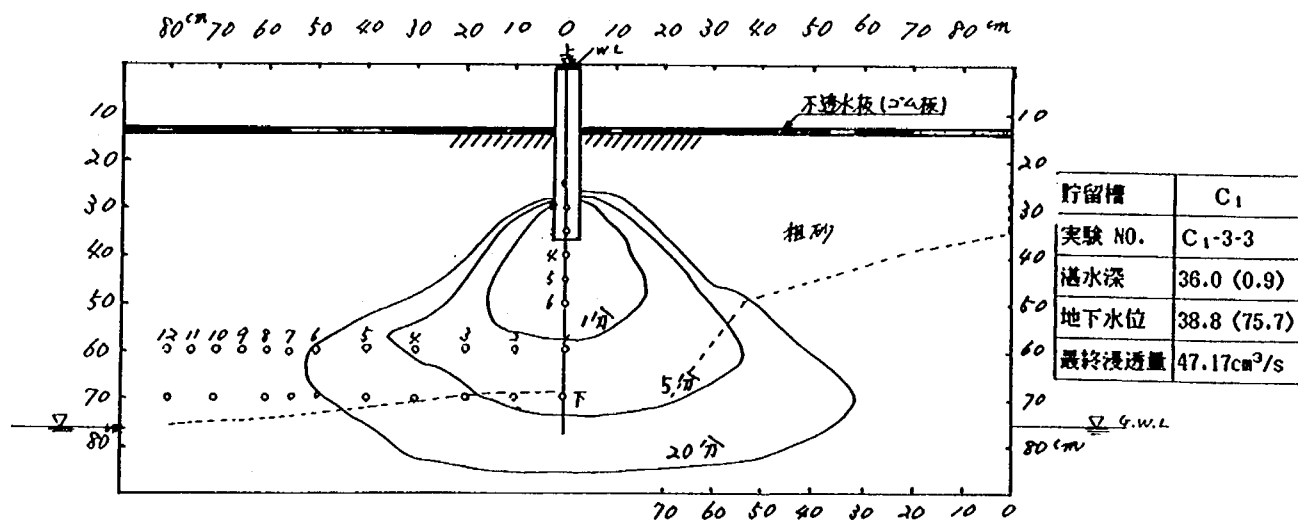


図-4.7(1) 浸透範囲変化図〔ストレーナ無し〕

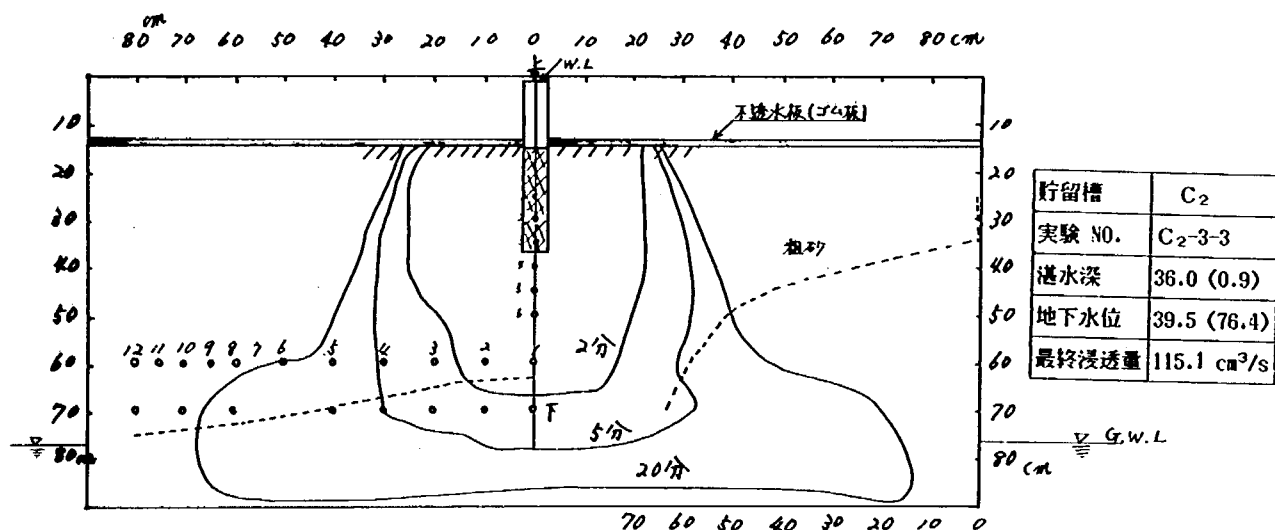


図-4.7(2) 浸透範囲変化図〔ストレーナ有り〕

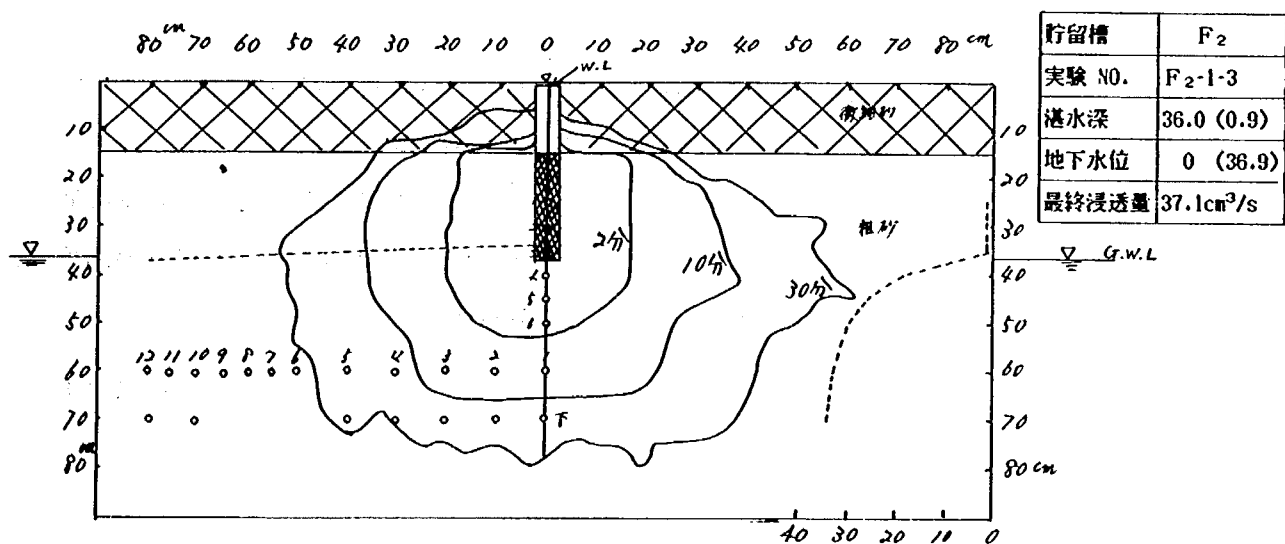


図-4.7(3) 浸透範囲変化図〔ストレーナ有り〕

4.4.2 浸透能力に影響を与えると考えられる因子と浸透量

(1) 水位差 ΔH_m と浸透量 Q_m の関係

水理公式集では、自由水面を持つ地下水に対して水を井戸により揚水する場合の揚水量を求める理論式を与えている。

第2章でも述べたように、水理公式集等に記された理論式の中で、新河岸川流域に設置された浸透井の現地条件に適合しうると考えられるのは、以下の式である。(図-2.1参照)

＜自由水面を持つ地下水の井戸＞

＝井底が平坦で井底だけから湧水する場合＝

$$Q = 4 K r_o (H - h_o) \quad \dots\dots\dots (4.9)$$

＝井底と側壁から流入する場合＝

[de Glee の式]

$$Q = \frac{4\pi K (H - h_o)}{\frac{4.6}{h_s} \log_{10} \frac{\pi h_s}{2 r_o} + \frac{0.2}{H}} \quad \dots\dots\dots (4.10)$$

[Forchheimer の式]

$$Q = \frac{\pi K (H^2 - h_o^2)}{2.3 \log \left(\frac{R}{r_o} \right)} \cdot \sqrt{\frac{t + 0.5 r_o}{h_o}} \cdot \sqrt{\frac{2 h_o - t}{h_o}} \quad \dots\dots\dots (4.11)$$

ここに、 Q ；揚水量 (m^3/min)

K ；透水係数 (m/min)

H ；滞水層の下端から最初の地下水位までの高さ (m)

r_o ；井戸の半径 (m)

h_o ；井戸の水位 (m)

R ；影響半径 (m)

t ；ストレーナ長 (m)

ただし、上記の式は揚水量を与える式であり、浸透（注入）が揚水と逆の現象であると仮定した場合、 H と h_o の位置が逆の式で浸透量を与えられることになる。

また、実験施設及び内容が浸透井のケースと同様である、浸透樹に関する水理模型実験結果では、無次元浸透量 $Q_m/K_{zm}/\lambda^2/A_m$ と無次元総ヘッド $(H_m + L_m)/\lambda/D_m$ に関して、以下の関係式が得られている。(土木研究所資料No 2126号, p.102参照)

$$\frac{Q_m}{K_{zm} \cdot \lambda^2 \cdot A_m} \div C_D = \frac{(H_m + L_m)}{\lambda \cdot D_m} \quad \dots\dots\dots (4.12)$$

ここに、 Q_m ；水理模型での浸透量

H_m ；湛水深

L_m ；施設の底面高と地下水位の差

D_m : 底面の直径

C_D : L_m/H_m によって多少変化する定数

λ : $\sqrt{K_{zm}/K_{hm}}$

K_{zm} ; 鉛直方向透水係数

K_{hm} ; 水平方向透水係数

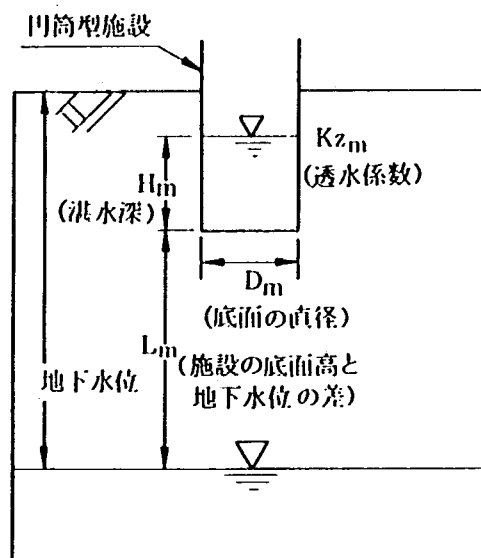


図 - 4. 8 浸透樹の実験模式図

以上に述べた理論式 (4. 9) ~ (4. 11) 及び実験より得られた関係式 (4. 12) は、浸透量 (又は揚水量) が、施設内の湛水位と地下水位の差に比例することを表現している。

そこで、まず水位差 ΔH_m と浸透量 Q_m の関係を検討するため、無次元浸透量 ($Q_m/K_{zm}/\lambda^2/A_m$) と無次元水位差 ($\Delta H_m/\lambda/D_m$) の関係をみたのが図 - 4. 9 (1), (2), 4. 10 である。すなわち、孔底と地下水位の差が一定で施設形状も変わらない場合に、水位差 ΔH_m を変えると浸透量 Q_m がどのように変化するかを示したものである。なお、図 - 4. 9 はストレーナの無い施設の場合で、図 - 4. 10 はストレーナの有る施設の場合である。

これらの図より、ストレーナの有無にかかわらず、無次元浸透量 $Q_{m15}/K_{m15}/A_m$ は無次元水位差 $\Delta H_m/D_m$ に対して、一部のケースを除きほぼ比例する関係となっていることが判る。

(2) 孔底の直径 D_m と浸透量 Q_m の関係

今回の水理模型実験は、内径20mmの一部のケースを除き、内径51mmの施設を用いて行っており、井戸の内径と浸透量の関係を求めることを、実験の主たる目的とはしていない。

一方、土木研究所資料No. 2126号では、浸透型施設としての浸透樹に関して、樹の直径と浸透量の関係を求める実験を行っており、そこでの実験結果は、模型施設の構造・形態上から浸透井に関しても適用することが可能である。

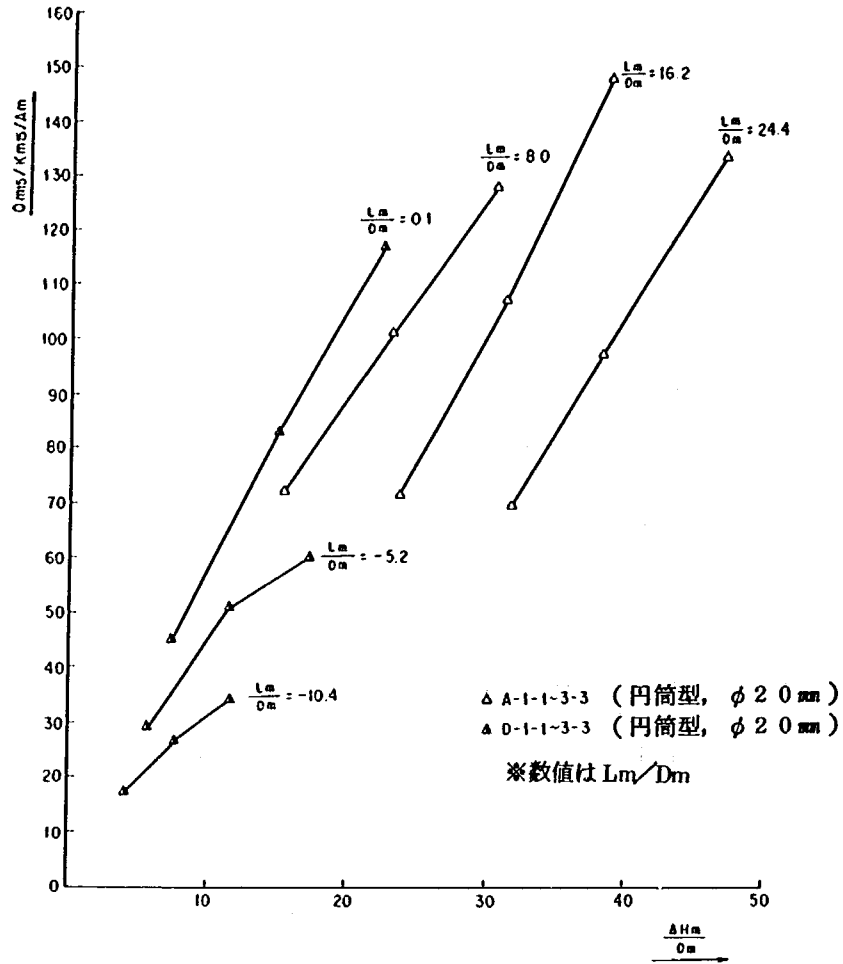


図 - 4.9 (1) $Q_{m15}/K_{m15}/A_m - \Delta H_m/D_m$ ($r_o = 1.0 \text{ mm}$)

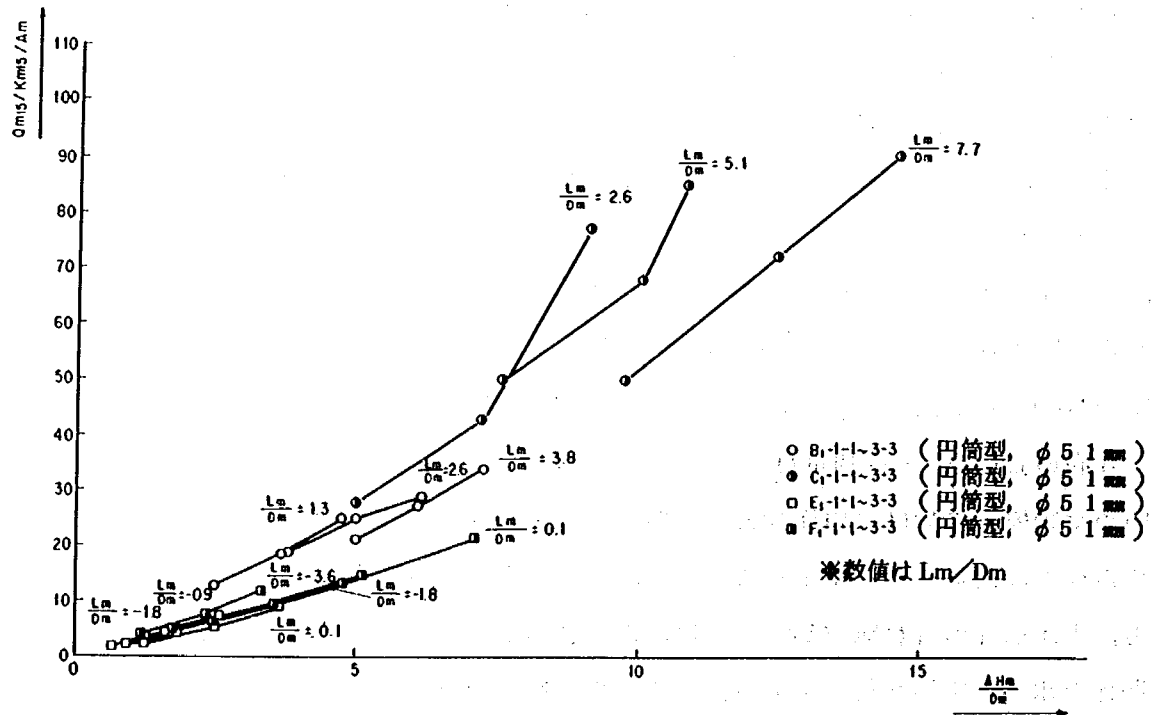


図 - 4.9 (2) $Q_{m15}/K_{m15}/A_m - \Delta H_m/D_m$ ($r_o = 2.5 \text{ mm}$)

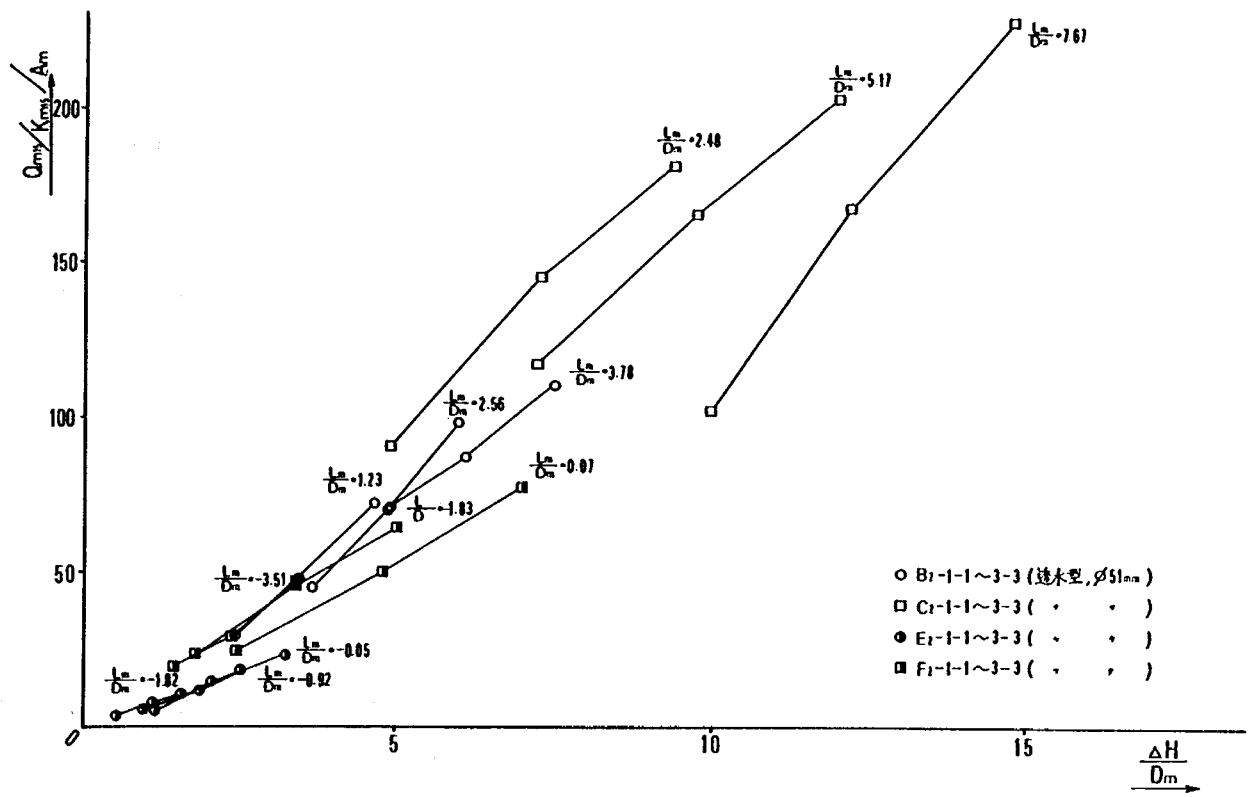


图 - 4.10 $\frac{Q_{m15}}{K_{m15}} \frac{A_m}{A_m} - \frac{\Delta H}{D_m}$

そこでは、浸透井の場合の孔底に相当する浸透底面の直径 D_m と浸透量 Q_m の関係は、図-4.11 のように表わされ、これより以下の関係式が導びかれている。

円筒型施設に関して

$$\frac{Q_m}{K_{zm} \cdot \lambda^2 \cdot A_m} \div C_D \frac{(H_m + L_m)}{\lambda \cdot D_m} \dots\dots\dots (4.13)$$

上式を浸透量 Q_m の形で表わし

$$Q_m \div \frac{\pi}{4} \cdot K_{zm} \cdot \lambda \cdot C_D \cdot (H_m + L_m) \cdot D_m \dots\dots\dots (4.14)$$

ここに、 Q_m ; 浸透量

D_m ; 浸透底面の直径

K_{zm} ; 鉛直方向の透水係数

H_m ; 湛水深

L_m ; 浸透底面から地下水位までの距離

C_D ; 定数

(4.14) 式より、浸透量 Q_m は浸透底面の直径 D_m に比例することになる。したがって、浸透井に関しても、浸透量 Q_m は孔底の直径 D_m に比例すると判断される。

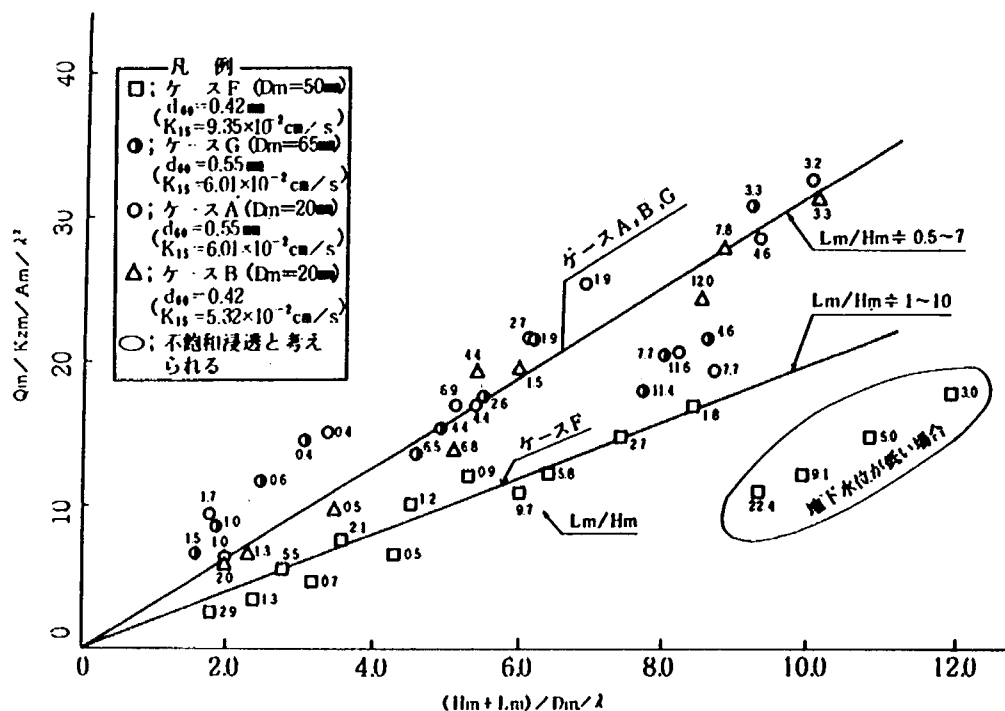


図-4.11 浸透底面の直径 D_m と浸透量 Q_m の関係 (円筒型施設)

(3) ストレーナの有無による浸透量の比

浸透層である砂の透水係数 K_{m15} と溝水深 h_m ，施設の底面高と地下水位の差 h_{sm} を，ストレーナの無い施設と有る施設でそれぞれ同じ値にした場合（ケース C_1 とケース C_2 ），両施設の浸透量 Q_m にどの程度の差が生じるかをみたのが図 - 4.12 である。

この図より，ストレーナの有無にかかわらず，無次元浸透量 $Q_{m15}/K_{m15}/A_m$ は無次元水位差 $\Delta H/D_m$ の増加に伴ない増加しており，ストレーナの有る場合の浸透量は無い場合の浸透量の約 2 ～ 3 倍であった。

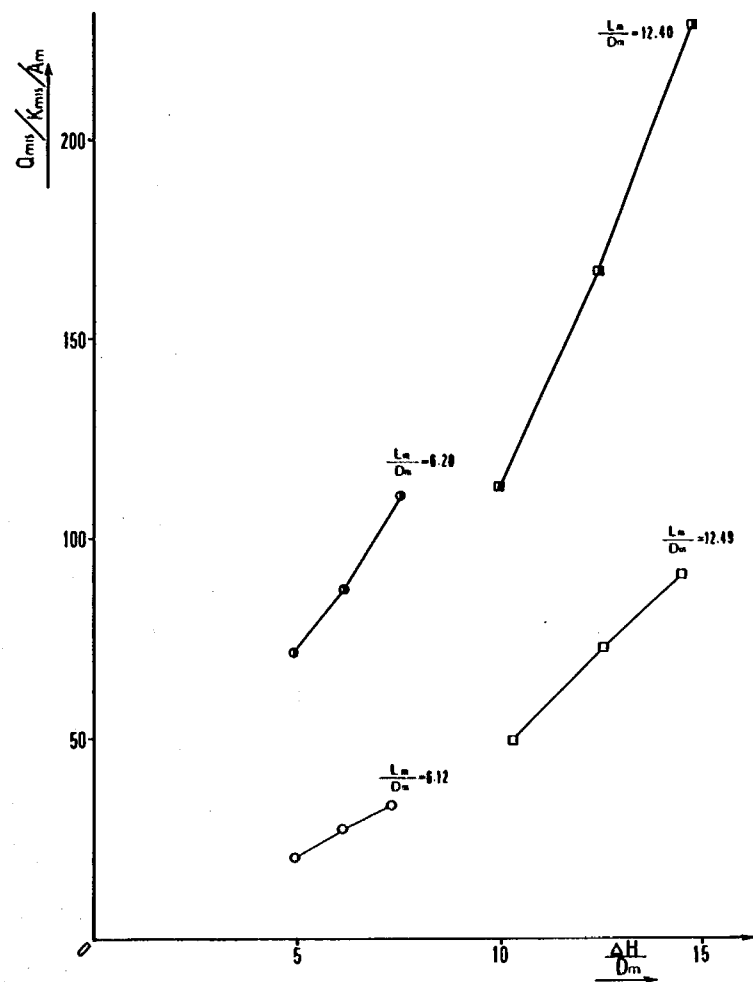


図 - 4.12 ストレーナの有無による浸透量の比較

4.5 理論浸透量式の浸透井への適用性

本節では，水理模型実験（第3章）及び現地試験（第4章）から得られた浸透井の浸透特性並びに机上計算結果を元に，理論浸透量式〔(2.6)～(2.8)式〕の浸透井への適用性について述べる。

これらの理論浸透量式が，新河岸川流域に設置されている浸透井に適用可能であるかどうかを判断するためには，

- (1) 現地施設の設置条件が、理論式の適用条件と対応しているか。
- (2) 現地試験及び水理模型実験から得られた浸透特性と理論式の特性が一致又は類似しているか。
- (3) 理論式を導くに当たって仮定した条件が現地施設の条件と対応しているか。

などの観点から検討を加える必要がある。

(1)に関しては、検討対象となっている浸透井の形態及び地下水条件と同様の条件の揚水井を選択すれば良い。

今回の現地試験及び水理模型実験の主たる検討目的は、(2)で述べた実験と理論の浸透特性が一致又は類似しているかという点にある。

ストレーナが無く井底のみから浸透する浸透井に関しては、理論式として(2.1)式を提示することができ、水理模型実験の結果より、浸透量が水位差にほぼ比例することから、当式を適用できることが判った。

一方、ストレーナの有る浸透井に関しては、理論式として(2.2)、(2.3)の2式を提示することができる。そこで、この2式に関して、模型及び現地での実験結果をもとに適用性を検討する。

水理模型実験によって得られた無次元水位差($\Delta H_m/D_m$)と無次元浸透量($Q_{m15}/K_{m15}/A_m$)の関係図に、(2.2)、(2.3)の2つの理論式を用いて得られる結果を示したのが、図-4.13である。同図から、(2.2)式で計算された値の方が、実験値と適合しているのが判る。

また、現地における代表的な浸透井(ストレーナ有り)の設置条件として、滞水層下の不透水層上面が、地表面から20mの深さに位置し、かつ表土の4mがローム土である場合を想定する。

井戸内の湛水深(=井戸長)が、5m、7m、10mの3ケースを与え、地下水位を変化させる場合の、(2.2)式及び(2.3)式を用いて計算した水位差 ΔH と浸透量 Q の関係は、図-4.14に示すとおりである。なお、井戸の砂礫層部分にストレーナを設けることとした。

これより(2.2)式を用いる場合は、地下水位の影響が大きく湛水深の影響が小さいが、(2.3)式を用いる場合は、地下水位の影響が小さく湛水深の影響が大きいことが判る。また、(2.2)式の場合には、水位差による浸透量の差が大きいのに反して、(2.3)式の場合には、水位差による浸透量の差が相対的に小さい。

一方、既往の現地試験結果から得られた浸透量と水位差の関係は、図-3.3.8に示したとおりで、浸透量は水位差の2乗に近いものの関係式で示されそうだとすることが判る。

図-3.3.8と図-4.14より水位差と浸透量の関係性から比較検討すると、(2.2)式の方が現地試験結果との適合性が高いように判断される。

以上の検討より、(2.2)式の方が現地試験及び水理模型実験との適合性が高いように判断される。しかし、滞水層下の不透水性基盤の位着等、現地の水理、地質条件が大きく異なれば、違った判断となることも予想され、現地試験を継続的に実施し、今後も検討していくことが望まれる。

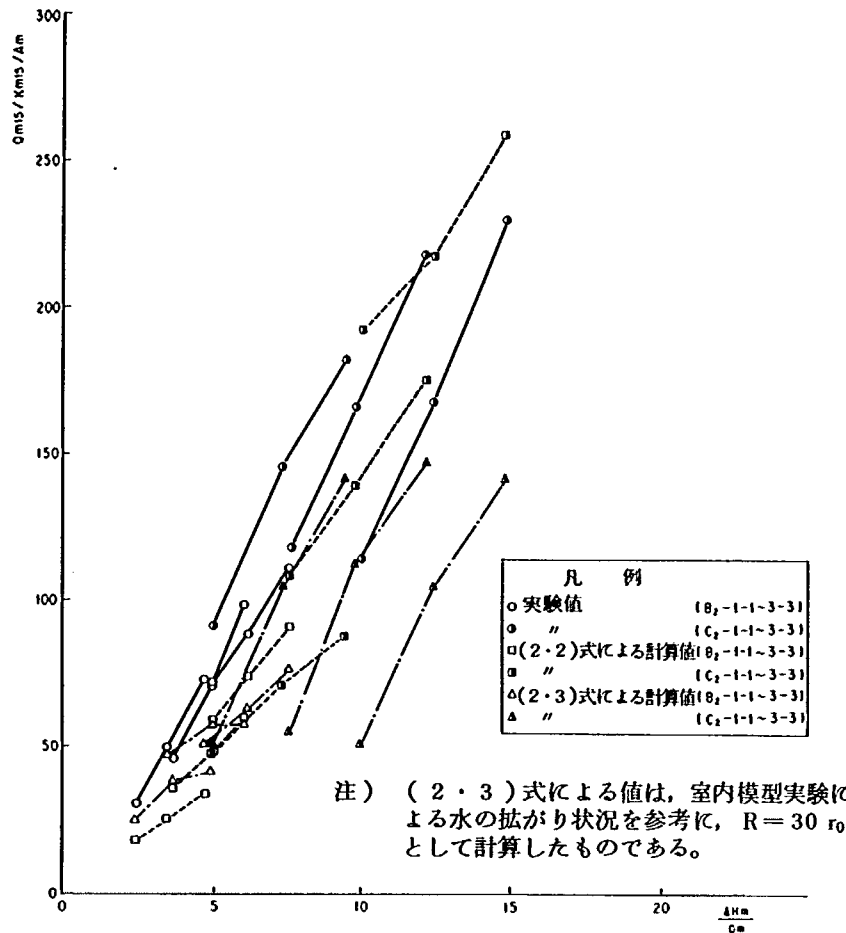


図 - 4.13 $Q_{m15}/K_{m15}/A_m - \Delta H_m/D_m$ (実験値と計算値の比較)

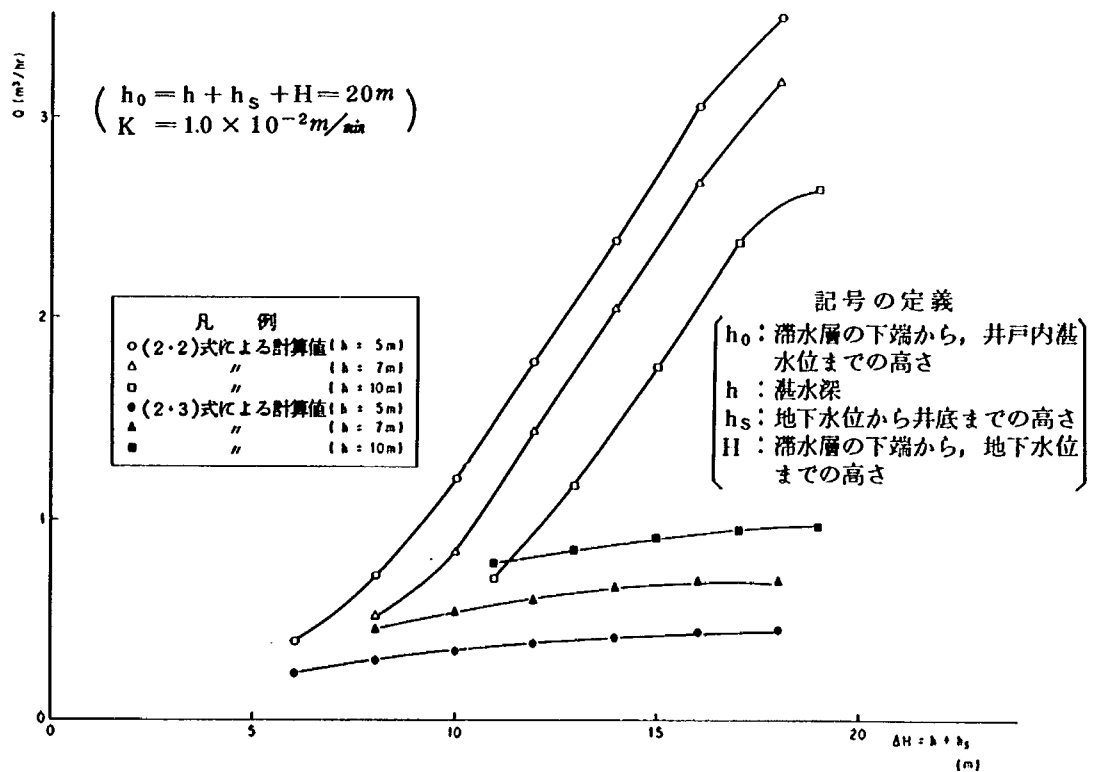


図 - 4.14 $\Delta H \sim Q$ 関係図

第5章 浸透井の設計浸透能力の総合評価及び今後の課題

本章においては、これまでの検討により得られた知見をもとに、浸透井の設計浸透能力の評価式及び浸透能力決定のフローを提案する。また、浸透能力を左右する最大の因子である透水係数は、測定法により値が相違するとされているが、この点についても検討を加える。

5.1 浸透井の浸透能力評価式

浸透井を実際に計画、設計するに当っては、種々の要因による浸透能力への影響を考慮した適切な能力評価が必要である。

このためには、実験により明らかにされた項目の他、目づまりによる浸透能力の低下、井戸効率及び地下水位の影響等を評価しなければならない。さらに、浸透能力に最も大きく影響する因子である地盤の透水係数に関して、同一地盤であっても測定法により値が異なるという性質がある。

以下に、現在得られている調査・試験結果等を基に、浸透井の形式別（ストレーナの有無）に浸透能力評価式を提案する。

〔自由水面をもつ地下水の浸透井（不完全貫入井）〕

(1) 井底が平坦で井底だけから浸透する場合（ストレーナの無い施設）

$$Q_1 = 4 K r_o (h + h_s) \quad \dots\dots\dots (5.1)$$

$$Q_{10} = \alpha_1 \cdot Q_1 \quad \dots\dots\dots (5.2)$$

ここに、 Q_1 ; 浸透量 (m^3/min)

Q_{10} ; 施設の設計浸透量 (m^3/min)

K ; 透水係数 (m/min)

r_o ; 井戸の半径 (m)

h ; 施設の設計湛水深 (m)

h_s ; 原地下水位から井底までの高さ (m)

α_1 ; 目づまりによる影響係数

(2) 井底と側壁から浸透する場合（ストレーナの有る施設）

$$Q_2 = \frac{4 \pi K (h + h_s)}{\frac{4.6}{h_s} \log_{10} \frac{\pi h_s}{2 r_o} + \frac{0.2}{H}} \quad \dots\dots\dots (5.3)$$

$$Q'_2 = \frac{\pi K (h_o^2 - H^2)}{2.3 \log \left(\frac{R}{r_o} \right)} \cdot \sqrt{\frac{t + 0.5 r_o}{h_o}} \cdot \sqrt[4]{\frac{2 h_o - t}{h_o}} \quad \dots\dots\dots (5.4)$$

$$Q_{20} = \beta_1 \cdot \beta_2 \cdot Q_2 \quad \dots\dots\dots (5.5)$$

$$Q'_{20} = \beta_1 \cdot \beta_2 \cdot Q'_2 \quad \dots\dots\dots (5.6)$$

ここに, Q_2 , Q'_2 ; 浸透量 (m^3/min)

Q_{20} , Q'_{20} ; 施設の設計浸透量 (m^3/min)

K ; 透水係数 (m/min)

h_0 ; 滞水層の下端から井戸内湛水位までの高さ (m)

H ; 滞水層の下端から最初の地下水位までの高さ (m)

t ; 施設のストレーナ長 (m)

R ; 影響半径 (m)

h ; 施設の設計湛水深 (m)

h_s ; 地下水位から井底までの高さ (m)

β_1 ; 目づまりによる影響係数

β_2 ; 井戸効率

以上の式に含まれる幾つかの要因による影響の把握は, 実際の施設に関して報告されたものは極めて少なく, 今後の調査研究成果に待つべき点が多いが, 現段階では以下のように評価することとする。

5.1.1 目づまりによる影響係数 [α_1 , β_1]

浸透井の浸透能力を評価する場合に, 目づまりによる浸透能力低下は, 地盤の透水係数を正確に把握することと並び, 最も重要な影響因子である。しかし, 第2章でも述べたように, 実施設を用いた調査・観測の事例は住宅・都市整備公団の一例がある程度で, また不圧地下水における不完全貫入井としての浸透井に適用可能な水理模型実験も行なわれていない。

そこで, 現住宅・都市整備公団による「降雨水の地下浸透処理に関する技術資料(案); 昭和54年8月」を参照して, 以下のように α_1 , β_1 を評価した。

同資料(案)で対象とした浸透井は, 不圧地下水における完全貫入井を主体としているが, 目づまりによる注入能力の低下度合を表-5.1で与えている。

表-5.1 目詰りによる注入能力の低下度合 ($\frac{1}{F_s}$)

帯水層の透水係数 (cm/sec)	注入能力の低下度合 ($\frac{1}{F_s}$)
5×10^{-1} 未満	$\frac{1}{F_s} = \left(e^{\frac{Q}{1000A_s}} \right)^{-0.20}$
5×10^{-1} 以上	$\frac{1}{F_s} = \left(e^{\frac{Q}{1000A_s}} \right)^{-0.35}$

(注) Q ; 井戸への累加注入量 (m^3)

A_s ; ストレーナ面積 (m^2)

本報告書で対象としている新河岸川流域の浸透井では、地盤の透水係数が $5 \times 10^{-1} \text{ cm/sec}$ 未満であるので、次式によって検討する。

$$\beta_1 \left(; \frac{1}{F_s} \right) = \left(e \frac{Q}{1000 \cdot A_s} \right)^{-0.20} \dots\dots\dots (5.7)$$

ここに、 Q ; 井戸への累加浸透量 (m^3)

A_s ; ストレーナ面積 (m^2)

仮に、浸透井の設置条件を以下のとおりとすると、累加浸透量 Q 及び β_1 の値を次のように算定することができる。

〔浸透井計画〕

集水面積 $A = 0.06 \text{ ha}$, 年間雨量 $R = 1,600 \text{ mm}$, 流出率 $f = 0.5$, 耐用年数 $T = 20 \text{ 年}$

透水係数 $K = 1.0 \times 10^{-2} \text{ m/min}$

〔井戸構造〕

口径 $D = 1,200 \text{ mm}$, ストレーナ長 $t = 3 \text{ m}$

このとき

累加浸透量 Q は

$$Q = f R T A = 0.5 \times 1.6 \times 20 \times 600 = 9,600 \text{ m}^3$$

ストレーナ単位面積当り浸透量 Q/A_s は、

$$\frac{Q}{A_s} = \frac{Q}{\pi D t} = \frac{9,600}{\pi \times 1.2 \times 3} = 849 \text{ m}^3/\text{m}^2$$

したがって、(5.7) 式より

$$\beta_1 \doteq 0.84$$

(5.7) 式は、ストレーナの無い浸透井の目づまりによる影響は示していない。一般的に、浸透井の目づまりは、浸透面及びその近傍における砂礫等の粒子間における微細空隙の閉塞現象として把えることができ、浸透底面は浸透側面よりも目づまりが進行し易い条件となっていると判断される。また沈殿土砂の影響もあり、井戸の孔底は、浸透側面としてのストレーナ部分よりも目づまりの影響を受け易いと判断される。

したがって、 α_1 の値は、(5.7) 式を適用して得られる数値よりも小さくなることが予想されるが、ストレーナの無い孔底のみから浸透する施設では目づまりが進行しやすいため、ストレーナの有る場合よりも前処理施設を充実させることを条件に、 α_1 を以下の式で与えることとする。

$$\alpha_1 = \left(e \frac{Q}{1000 \cdot A_s} \right)^{-0.20} \dots\dots\dots (5.8)$$

ここに、 Q ; 井戸への累加浸透量 (m^3)

A_s ; 孔底面積 (m^2)

また、上述した井戸口径 $D = 1,200 \text{ mm}$ の浸透井の場合は、

$$\frac{Q}{A_s} = \frac{Q}{\pi \left(\frac{D}{2}\right)^2} = \frac{9,600}{\pi \times (0.6)^2} = 8,490 \text{ m}^3/\text{m}^2$$

したがって、(5.8)式より

$$\alpha_1 \div 0.18$$

以上の検討より、前記浸透井計画の場合の、例えば20年後の浸透能力は、目づまりによる低下度合の相違により、ストレーナの無い場合の浸透能力はストレーナの有る場合の浸透量の0.21倍となる。浸透能力の観点からは、ストレーナの有る浸透井の方が有利であることになる。

5.1.2 井戸効率〔 β_2 〕

井戸効率は、井戸の構造（口径、ストレーナ長、ストレーナの開口率）、対象地盤の透水性及び注入量等により変化すると考えられているが、測定上の技術的困難性もあり定量的な報告はほとんどされていない。

そこで、住宅・都市整備公団の技術資料（案）に示された表－5.2を参照した。新河岸川流域及びその近傍の浸透井の内径は、 $\phi 900\text{mm}$ から $\phi 1,800\text{mm}$ の範囲にあるので、同表より井戸効率は、 $\beta_2 = 0.8$ を採用する。

表－5.2 井戸口径と井戸効率

井戸口径 (mm)	井戸効率 (Fw)
400～500	0.4
500～700	0.6
700～1,000	0.8

(注) ストレーナ開口率8%以上とする。

5.1.3 地下水位の評価

地下水位は、季節的に変動するとともに降雨の影響を受け、また周辺地域における地下水揚水等により経年的にも変動する可能性がある。一方、既往資料又は現地調査による地下水位のデータは、このような変動状況を十分に把握したものではなく、変動期間中の一時的又は断続的な観測結果に基づくものである。

浸透井の浸透能力を評価する場合には、変動状態にある地下水位の平均値よりは高い値を採用する必要がある。この場合の浸透能力上の安全側の考え方として、継続的な地下水位観測記録がある場合に、その最高値又はこれに近い値を採用することが挙げられる。しかし、ここで検討している浸透井が、宅地開発等に伴って設置される暫定的施設であることを考慮して、観測期間中の平均地下水位を L_{mean} とするとき、採用する地下水位 L は以下の式で与えることとする。

$$L = L_{\text{mean}} + 0.6 \times (L_{\text{max}} - L_{\text{mean}})$$

..... (5.10)

5.1.4 影響半径 R

影響半径とは、井戸による注入を行った場合に有意な地下水位上昇を生じる範囲をいう。この影響半径は、浸透量、浸透時間、帯水層の透水性等に定性的に比例することが知られているが、地層の構成状態、水理境界条件等その地域の水理・地質条件によって変化し、明瞭な関係は認められていない。

ストレーナ有りの浸透井に対して、(5.3)式によって浸透量を評価する場合には、雨水浸透による地下水の影響半径を与える必要がある。揚水井に関するフォルヒ・ハイマーの式((2.5)式)では、影響半径として3,000 r_0 から5,000 r_0 の値を与えるとしているが、第4章で述べた水理模型実験結果から、浸透現象では揚水現象と比較して、地下水への影響半径は小さいと判断される。

上記の水理模型実験結果に基づく判断、及び一般的に用いられている表-5.3, 5.4を参照して、新河岸川流域の砂礫を浸透層とした浸透井に関しては、影響半径を300 m程度とする。

表-5.3 地下水条件と影響半径

堆積物の種類	地下水条件	影響半径 R (m)
細～中砂	被圧	250～500
	不圧	100～200
粗砂～礫層	被圧	750～1500
	不圧	300～500
破碎岩盤	被圧	1000～1500
	不圧	500～1000

表-5.4 粒径と影響半径

土 質		影響半径 R (m)
区分	粒径 (mm)	
粗レキ	>10	>1500
レキ	2～10	500～1500
粗砂	1～2	400～500
粗砂	0.5～1	200～400
粗砂	0.25～0.5	100～200
細砂	0.10～0.25	50～100
細砂	0.05～0.10	10～50
シルト	0.025～0.05	5～10

5.2 浸透能力決定のフロー

浸透井を計画・設計する場合には、浸透井一基当たりの必要浸透量並びに対象地盤の水理・地質条件及び開発地区の土地利用条件により、井戸の口径、井戸長、ストレーナ長等を決定する。

この際の浸透井の浸透能力は、以下に示す手順で調査・決定される。ただし、ここで対象としているのは、自由水面をもつ地下水に関する乾式浸透井で、浅井戸に分類されるものである。

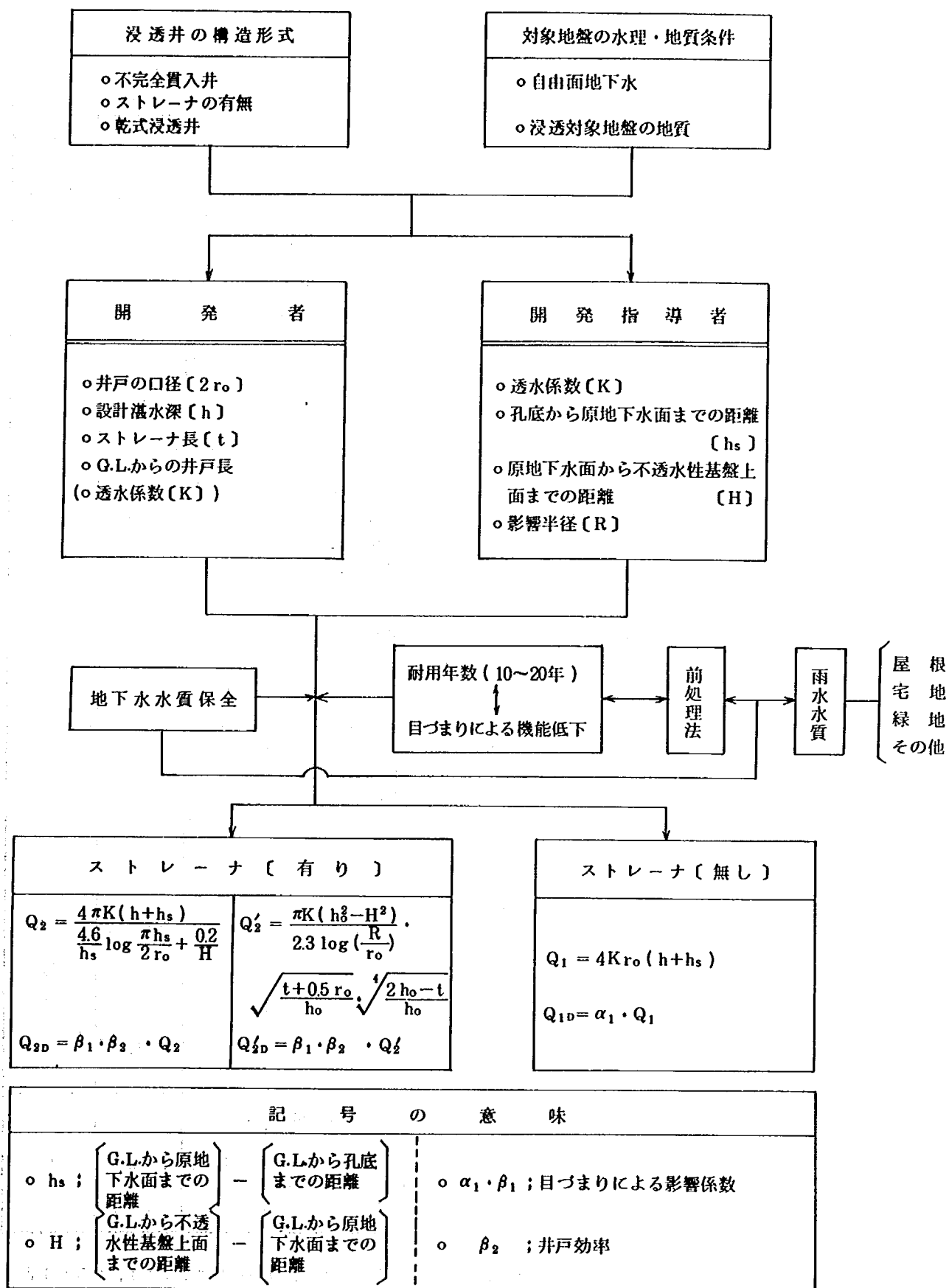
- ① 浸透井の構造種別、対象地盤の水理・地質条件の概略把握
- ② 井戸構造に応じた浸透能力影響因子の把握

•

7

544

273



図－5.2 浸透井の浸透能力決定フロー

表－ 5. 5 浸透井の浸透能力影響因子一覧

影 響 因 子	把 握 法	備 考	対象浸透井		
			ストレー ナ 無 し	ストレーナ有り	
				評価式①	評価式②
〔 透水係数 〕 K ($\frac{m}{min}$ $\frac{cm}{sec}$)	○ 既往ボーリング及び現地試験試料 ○ 新規現地試験資料 ↓ 〔 透水係数図 〕	○ 既往資料の所在 ○ 新規現地試験密度 (ヶ所/ km²) ○ 測定法による値の差異	○	○	○
〔 設計湛水深 〕 h (m)	○ 浸透井構造図		○	○	○
〔 孔 底 高 〕 ↓ 〔 原地下水位 〕 h _s (m)	○ 既往測水試料 ○ 新規測水試料 ↓ 〔 原地下水位コンター図 〕 (G.L-m, T.P. m)	○ 既往資料の所在 ○ 季節・経年変化 (降雨後の変化) ○ 新規測水調査密度	○	○	○
〔 原地下水位 〕 ↓ 〔 不透水性基盤 〕 H (m)	○ 既往地質調査資料 ○ 新規地質調査資料 ↓ 〔 不透水性基盤コンター図 〕 (G.L-m, T.P. m)	○ 既往資料の所在 ○ 新規ボーリング等調査密度		○	○
〔 影響半径 〕 R (m)	○ 既往調査に基づく地下水状態別、土粒子径別の影響半径一覧表 (300m程度)	○ 住宅・都市整備公団の「技術資料(案)」			○
〔 目づまりによる 〕 影響係数 α ₁ , β ₁	$\beta_1(\alpha_1) = \left(e^{\frac{Q}{1000 \cdot A_s}} \right)^{-0.20}$ ここに Q ; 累加浸透量(m ³) A ; ストレーナ (孔底) 面積(m ²)	同 上	○	○	○
〔 井戸効率 〕 β ₂	○ 口径別の井戸効率 (0.8)	同 上		○	○
〔 地下水位の評価 〕	○ 季節的・経年的な地下水位変化 ○ 測水資料の収集・分析 ○ $L = L_{mean} + 0.6 \times (L_{max} - L_{mean})$		○	○	○
前処理法	○ 既往処理技術に関する資料の収集及び比較検討 ○ 模型実験等に基づく前処理技術の改善 ○ スクリーン、濾過装置、砂溜り	○ 流入負荷の除去率 ○ 経済性 ○ 土地利用上の制約	○	○	○

注) 対象浸透井 (ストレーナ有り) 欄中の評価式①は、(5.3)、(5.5) 式、評価式②は (5.4)、(5.6) 式を用いる場合である。

5.3 透水係数に関する検討

第2章で述べたように、浸透井の浸透量を決定する因子の中で最も浸透量の大小に影響を及ぼす因子は、透水係数Kである。

透水係数は、地盤の地質条件によって異なるのは当然のことであるが、一方その測定法によっても値がオーダーのレベルで異なることが知られている。

本節では、主に新河岸川及びその近隣の流域に卓越している砂礫層の種別に応じた透水係数の相違について述べるとともに、測定法による値の差違に関して具体的事例をもとに論じることとする。

5.3.1 礫層種別による透水係数の差異

山本荘毅博士の論文によれば、関東地方における不圧地下水帯の透水係数のオーダーは表-5.6のとおりである。同表によれば、新河岸川流域における台地面下に位置する砂礫層等の透水係数のオーダーは $10^{-1} \sim 10^{-2}$ cm/sec 程度ということになり、1つの目安となる。

東京都土木技術研究所の中山らは、揚水試験及び現場透水試験により礫層種別毎の透水係数を調査しており、その結果を整理すると表-5.7, 5.8のとおりである。これらの表より、礫層の種別に関しては、立川礫層が最も透水係数が大きく、武蔵野礫層、東京礫層の順に透水係数が小さくなっていることが判る。すなわち、扇頂部から扇端部にかけて構成砂礫の粒径が小さくなるに従い、透水係数の値は次第に小さくなっていくことが判る。

表-5.6 関東地方における不圧地下水帯の透水係数〔山本荘毅〕

種 別	K (cm/s)
台 地	$10^{-1} \sim 10^{-2}$
河 谷	$10^0 \sim 10^{-3}$
砂 丘 地	10^{-2}

表-5.7 揚水試験による礫層の透水係数〔東京都土木技術研究所の中山ら〕

種 別	K (cm/s)
立 川 礫 層	10^{-1} ($10^{-1} \sim 10^{-3}$)
武 蔵 野 礫 層	10^{-2} ($10^0 \sim 10^{-2}$)
東 京 礫 層	($10^{-2} \sim 10^{-3}$)
沖 積 砂 礫 層	10^0 ($10^0 \sim 10^{-2}$)

表-5.8 現場透水試験による砂礫層の透水係数〔東京都土木技術研究所の中山ら〕

種 別	K (cm/s)
武 蔵 野 礫 層	$10^{-2} \sim 10^{-3}$
東 京 礫 層	$10^{-3} \sim 10^{-4}$
上 総 層 の 砂	$10^{-3} \sim 10^{-4}$

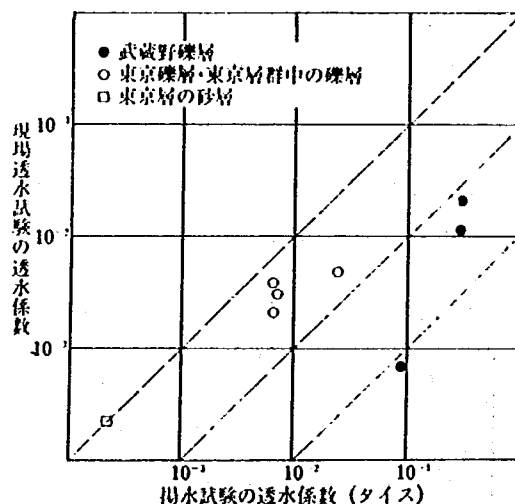
5.3.2 試験法による透水係数の差異

透水係数の測定法には、室内法及び野外法その他図式法がある（図－2.3）。ここでは、野外法〔現地試験〕による透水係数の値の差異について述べる。

新河岸川及びその近傍の流域において、住宅都市整備公団、東京都土木技術研究所等が測定した透水係数値を比較することにより、以下の結果が得られた。比較対象を行った現地試験法は、揚水試験、現場透水試験及び既存井戸による揚水試験である。

(1) 揚水試験による値は、現場透水試験の値と比較して1オーダー程度大きい。

…図－5.3より、新河岸川流域に卓越している武蔵野礫層で、1オーダー以上の値の差異があることが判る。また、表－5.9は、住宅・都市整備公団の西原四丁目団地において、現場の揚水及び注入試験によって透水係数を測定したものである。同表より、立川礫層においても、現場試験により得られた透水係数の値に関して、注入法によるものは揚水法によるものと比較して1オーダー以上の値の差異があるという結果となっている。



図－5.3 揚水試験と現場透水試験の透水係数

出典) 東京都土木技術研究所；「多摩地区の浅層地盤の透水性について」1983

表－5.9 西原四丁目団地試験結果 (φ150)

試験法	透水量係数 ($m/分 \times m$)	透水係数 ($cm/秒$)	貯留係数
揚水	1.5	1.3×10^{-1}	3.4×10^{-3}
注入	9.1×10^{-2}	8.0×10^{-3}	1.1×10^{-2}

(2) 現場透水試験では、注入法による透水係数が回復法によるものに比べ、1オーダー程度小さい。

…図-5.4は、武蔵野礫層を対象に、東京都土木技術研究所が現場透水試験により測定した結果を、注入法と回復法に分けて整理したものである。なお、図中には、住宅・都市整備公団が行った揚水試験による測定結果も加えた。図より、注入法と回復法の最頻値を比較すると、注入法の値は回復法の値よりも1オーダー程度小さいと判断される。

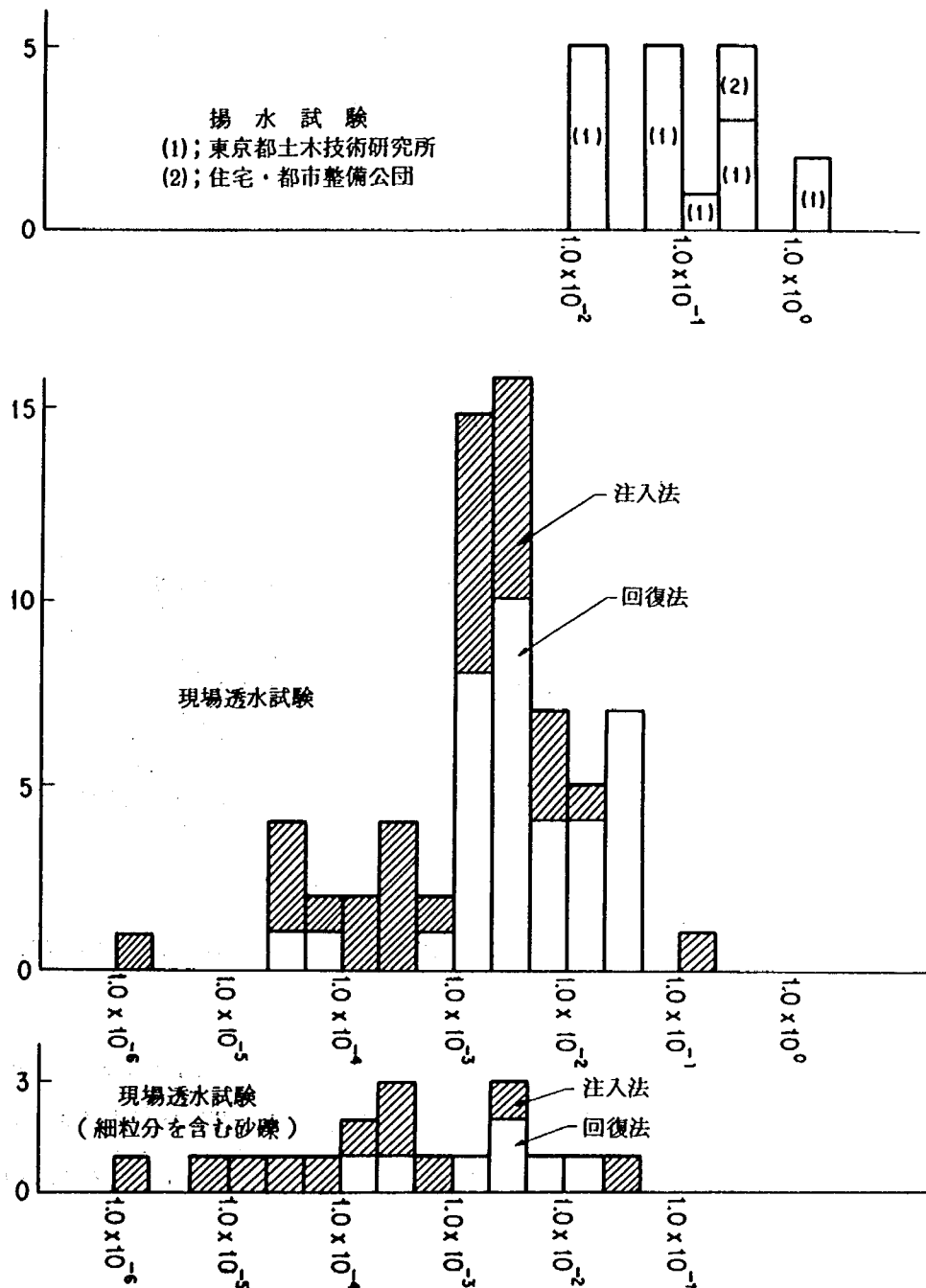
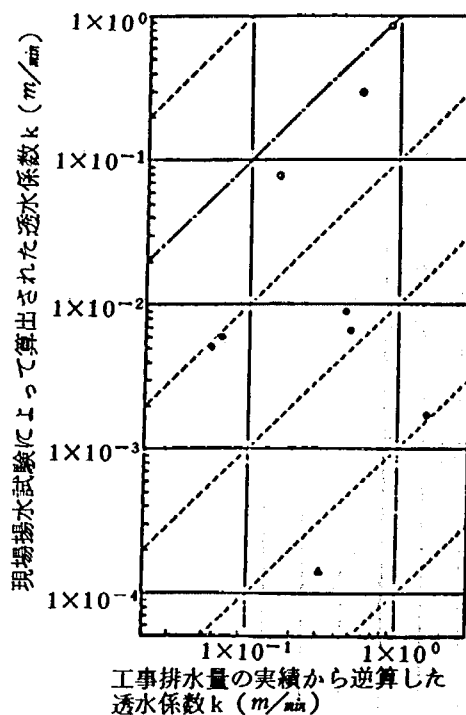


図-5.4 武蔵野礫層の透水係数分布

(3) 揚水試験では、既存井戸によるものが、ボーリング孔やオーガー孔によるものよりも実際の値に近い。

…図-5.5は、より実際の値に近いと考えられる工事排水量から逆算した透水係数と、ベントナイトを使用して施工したボーリング孔及びスクリーオーガー孔を用いて行った揚水試験による結果を比較したものである。同図は、ベントナイトを用いて施工したボーリング孔等による透水係数値は、ベントナイトによる孔底の目づまりにより1～2オーダー以上実際の値と比較して小さくなることが判る。

したがって、浸透井を対象とした場合にも、なるべく既存井戸又は実物大の井戸を用いて試験を実施すべきであり、ボーリング孔等を用いる場合には、孔壁を上水等で充分に洗浄して試験を行なわなければ、実態と比較して過小な値が得られる可能性が高いことになる。



出典) 図-5.3に同じ

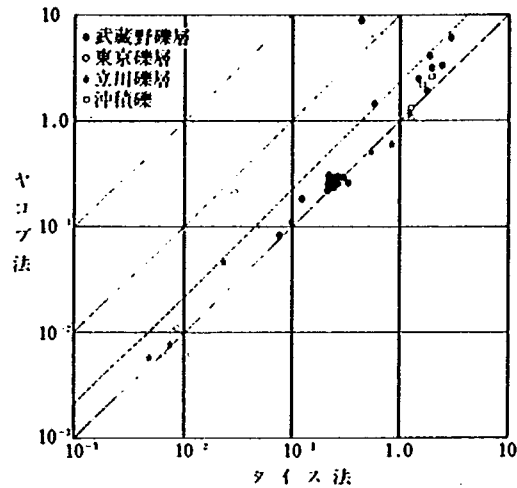
揚水試験によってえられた透水係数 k と工事排水量から逆算した透水係数 k の比較を示す一例(高橋²³⁾による)

- 既存井戸をもちいておこなった揚水試験
- ベントナイトを使用して施工したボーリング孔をもちいておこなった揚水試験
- ▲ ベントナイトを使用して施工したスクリーオーガーによる孔をもちいておこなった揚水試験

図-5.5 揚水試験によってえられた透水係数 K と工事排水量から逆算した透水係数 K の比較を示す一例

(4) 揚水試験では、ヤゴブ式での透水係数が、タイス式のものに比べて大きい(図-5.6)。

…井戸による揚水量の非定常解を求める一般的な手法に、Theis(タイス)の式を用いるものと、Jacob(マコブ)の式を用いるものがある。図-5.6より、ヤコブ式の値がタイス式の値に比べて大きいことが判る。



図－5.6 タイス法とヤコブ法による透水係数の比較
出典) 図－5.3に同じ。

以上、浸透井の浸透量を評価する場合に、最も基本的かつ影響が大きい因子である透水係数に関する考察を行った。

透水係数を把握する手法には、既往調査資料によるものの他、新たに現地試験を行う方法などがあるが、これらの透水係数値は、同一地質、同一地点での結果であっても測定法により値のオーダーの差異が認められる場合が多い。したがって、透水係数の測定法を明確化するとともに、測定法による値の差異を充分認識した上で、透水係数の評価を行うことが肝要である。

5.4 今後の技術的課題

本報告書で述べたいくつかの要因に関して未だ不確実な点も多く、今後施設のより正確な機能を把握するため調査が進められるべきであると考えている。

本節では、この浸透井に関する今後の技術的課題について述べてみたい。

5.4.1 目づまりによる機能低下の定量化

施設の耐用年数を仮に20年程度とすれば、目づまりによる機能低下を定量化することは、浸透井の計画・設計を行うとともに、治水機能を把握する上で重要な事柄である。

今後、浸透井の浸透能力を長期観測するとともに、現地施設や模型施設を用いて、耐用年数以上の目づまり物質を短期間に投入する促進実験を行う必要がある。

5.4.2 目づまり防止対策の検討・改善

浸透井の機能を、長期にわたりなるべく低下させないためには、水質の点から流入水を選別するとともに、流入負荷を注入前に極力除去する必要がある。

水質の面から流入雨水を選別すれば、目づまり物質を多く含む道路排水等は、浸透井による処理を極力避けるべきで、地下水汚染防止の観点からも賢明であろう。

また、流入水の前処理施設に関しては、費用上の制約を設けなければ、相当高度な施設を設置

することも可能であろう。しかし、本報告で対象としているのは、ミニ開発等を対象とした暫定的施設であり、費用及び土地利用上の制約から限度がある。したがって、開発地区内の本来の土地利用に制約とならない範囲内で、経済的かつ効果的な前処理施設を設置する必要がある。

前処理施設の処理法には以下のものが考えられる。

- ① スクリーンを用いた粗大物質の除去
- ② 礫・砂等を用いた濾過装置
- ③ 流入土砂を沈澱除去するための砂だまり

これらの施設ユニットあるいは装置は、既往の技術で十分な対応可能であると考えられ、むしろ浸透井の場合のニーズに合わせ、現在の技術の改善を図っていくべきであろう。

5.4.3 条件に応じた浸透量評価式の適用

本報告における浸透量評価式の提案は、浸透と揚水はほぼ可逆な現象であるという仮定を基本とした。

この考え方及び水理模型実験結果から、ストレーナの無い浸透井に関して(5.1)式を提示した。

一方、同様の判断からストレーナの有る浸透井に関しては、(5.3)及び(5.4)の2式を並記して提案したが、式毎の地下水位及び滞水層厚等、適用条件を再度検討する必要があると考えられる。また、今回の水理模型実験では、結果的に限定的な条件下の検討とならざるを得なかった。

この2式の適用条件を明らかにするためには、現地試験では限界があるので、地下水位、帯水層厚などの現地の広範囲な条件を満足できるような規模の浸透水槽を製作して、多条件の模型実験を追加していく必要があるであろう。

5.4.4 影響半径・井戸効率の把握

ストレーナの有る浸透井に対して、(5.4)式により浸透量を評価する場合、影響半径により浸透量の大小が左右される。今回の報告で、影響半径を300 m程度であると設定した根拠(表-5.3, 5.4)は、主に揚水井を対象としたものであると考えられる。影響半径は、浸透量式中对数で含まれるので、相対的に影響は小さいと考えられるが、浸透井の場合の影響半径を把握する必要がある。

さらに井戸効率に関しては、既往の調査報告が数少ないので、今後明らかにされることが望まれる。

5.4.5 地下水汚染防止対策

地下水は、貴重な水資源であるので、浸透井からの注入水により汚染されることがないように極力配慮する必要がある。

そのためには、悪質な雨水は浸透井により処理しないことを基本とすべきである。また止むを得ず浸透させる場合には、前処理施設により汚染物質を相当低減できることを確認の上実施する

必要がある。

なお、水質の良悪の判断は今後の課題であるが、道路のみの排水を浸透させることは望ましくないと判断される。

お　　わ　　り　　に

本報告書は、近年新河岸川流域に設置される浸透井の事例が増えてきたことから、関東地方建設局荒川下流工事々務の依頼を受け、昭和58・59年度の2年間という短期間でとりまとめたものである。従って、現在ある情報の範囲内での判断が多く含まれており、不十分な点が多く残されていると考えている。

とくに、第5章で述べた浸透能力の評価式の提案に関しては、個人的な見解も多く含まれており、評価式の適用性、諸係数値の与え方等、今後とも調査・研究を行い明らかにしていくことが望まれる。

最後に、現地試験を行った荒川下流工事々務所、及び水理模型実験に当って援助を受けた建設技術研究所の担当の方々に深く感謝申し上げます。

昭和60年 2 月

総合治水研究室 金 木 誠

参 考 文 献

1. 土木研究所総合治水研究室；「浸透型流出抑制施設の浸透能力把握手法に関する調査報告書」，土木研究所資料No 2126，1984.8
2. 建設省土木研究所；「地下浸透を考慮した流出抑制法の開発実験に関する報告書」，土木研究所資料No 1767，1982.3
3. 石崎勝義，北川明；「注入井による地下水の涵養に関する研究」，土木研究所報告No 155，1981.3
4. 建設省；「地下水涵養技術の開発・概要報告書」，1981.10
5. 建設省河川局；「地下水管理計画策定指針（案）」，1984.3
6. （財）国土開発技術研究センター；「都市における雨水浸透講演会，講演概要集」，1984.8
7. 土木学会編；「水理公式集」
8. 山本莊毅；「新版・地下水調査法」，古今青院
9. 吉川秀夫；「水理学」，技報堂出版
10. 住宅・都市整備公団建築部；「降雨水の団地内処理システムに関する開発研究報告書」，1981.12
11. 日本住宅公団建築部土木課；「降雨水の地下浸透処理に関する技術資料（案）」，1979.8
12. 新河岸川流域総合治水対策協議会；「地下浸透による雨水処理方法に関する説明書（案）」，1983
13. 新河岸川流域総合治水対策協議会事務局；「地下浸透による雨水処理方法に関する説明書（案）・参考資料」，1983
14. 新河岸川流域総合治水対策協議会；「新河岸川流域整備計画」，1982.8
15. 関東地方建設局荒川工事々務所；「新河岸川流域対策調査報告書」，1984.3
16. 関東地方建設局荒川下流工事々務所；「雨水浸透調査業務報告書」，1983.3
17. 関東地方建設局荒川下流工事々務所；「新河岸川流域調査報告書」，1980.2
18. 関東地方建設局京浜工事々務所；「浸透井現地実験調査報告書」，1982.3
19. 東京都土木技術研究所；「多摩地区の浅層地盤の透水性について」，東京都土木技術研究所年報，1983
20. 東京都土木技術研究所；「東京都地盤地質図」，1976
21. 埼玉県大井町；「大井町地質調査業務委託報告書」，1981.10
22. 細野義純；「武蔵野台地における地表水および地下水の測水資料」，消防研究所技術資料第1号，1968

23. 消防庁消防研究所；「震害分布と地層地盤関係図」，1977
24. 経済企画庁；「首都圏地下水（深井戸）資料台帳」，1972
25. 経済企画庁；「全国深井戸（地下水）資料台帳」，1963

浸透井の浸透能力把握手法に
関する調査報告書

ISSN 0386-5878
土木研究所資料
第2176号 昭和60年2月

要 旨

本報告書は、総合治水対策が実施されている新河岸川
流域の浸透井を主たる対象に、その水理・地質条件、井
戸構造に応じた浸透能力評価式を提案したものである。

キーワード：浸透井，浸透能力，流出抑制施設，総合治水対策



郵便はがき

305-□□

40円切手
をはって
下さい。

茨城県筑波郡豊里町大字旭一番地
建設省土木研究所
総合治水研究室 御中

No. _____

No. _____ 土木研究所資料第2176号

配布先氏名

配布先住所





土木研究所資料第 2176 号 部

上記のとおり受領しました。

所 属 (住所)

氏 名

