

025

ISSN 0386—5878

土木研究所資料 第2126号



土 木 研 究 所 資 料

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

昭 和 59 年 8 月

建 設 省 土 木 研 究 所
河 川 部 総 合 治 水 研 究 室

Copyright © 1984 by P. W. R. I

All rights reserved. No part of this 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、複写は、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

総合治水研究室 山 本 晃 一
齊 藤 松 美

要旨

本報告書は、流域の持つ保水機能を高めるための浸透型流出抑制施設の浸透能力をいかに評価したらよいかについて、現地実験、水理模型実験により調査した結果をとりまとめたものである。

現地実験では、地盤の持つ浸透能を評価するための浸透能調査手法の提示、浸透型流出抑制施設の浸透能力の把握に関する実験及び調査・研究を行った。また、水理模型実験では、浸透能力に影響を及ぼす因子と浸透能力に関する事項等に対して実験・検討を行った。

これ等の実験、調査等の結果を基にして、浸透型流出抑制施設の浸透能力評価式を提示した。

キーワード：流出抑制施設、円筒型施設、円筒透水型施設、トレンチ型施設、
浸透量、浸透能、浸透能力、浸透能力評価式、浸透特性、目づまり

はじめに

都市及び都市周辺地域の土地利用の転換に伴う人口や資産の集中，洪水時の河川への流出量の増大等により治水安全度の低下の著しい河川において総合治水対策が実施されている。このような地域では，流域の持つ保水・遊水機能の確保及び災害の発生の恐れがある地域での土地利用の誘導・規制等の措置をも含んだ流域整備によって，洪水被害を減少することが望まれている。

本報告書は，流域の持つ保水機能を高めるための浸透型流出抑制施設の浸透能力をいかに評価したら良いかについての調査研究成果を述べたものである。

目 次

はじめに

第1章 浸透型流出抑制施設の概要	1
1-1 総合治水対策の背景とその構成	1
1-2 浸透型流出抑制施設の概要	5
1-3 浸透型流出抑制施設が抱える技術的検討課題	7
1-4 研究過程と本報告書の範囲	8
第2章 現地地盤の浸透能調査手法と浸透能の評価手法	11
2-1 現地地盤の浸透能調査手法	11
2-2 浸透能の時間変化の評価式	13
2-3 地盤の浸透能の表現方式	15
第3章 浸透水の運動機構と土壌特性	17
3-1 浸透水の運動機構	17
3-2 土壌の特性と浸透能	24
第4章 現地地盤での浸透特性の把握とその結果	35
4-1 実験目的と調査地区	35
4-2 実験対象地区の土壌・地質特性	35
4-3 現地実験のための浸透型流出抑制施設と実験方法	49
4-4 実験結果とその考察	62
4-4-1 長時間注水による浸透量の時間変化	62
4-4-2 湛水深と浸透量の関係	65
4-4-3 浸透底面積と浸透量の関係	68
4-4-4 地下水位と浸透量の関係	70
4-4-5 降雨量（土壌の湿潤度）と浸透量の関係及び浸透水の周囲への影響	71
4-4-6 注水実験による地下水位の変化状況	75
4-4-7 目づまりと浸透量の関係	78
4-4-8 土研式円筒型浸透計と目づまり	86
4-4-9 浸透量のバラツキについて	86
第5章 水理模型実験による浸透型流出抑制施設の浸透能力の把握	91
5-1 実験目的	91

5-2	実験施設と実験内容	91
5-2-1	実験施設の概要	91
5-2-2	測定内容と実験手法	94
5-2-3	実験ケースとその内容	94
5-3	水理模型実験の相似性	96
5-3-1	相似律	96
5-3-2	相似性の検証	98
5-4	実験結果	99
5-4-1	浸透型流出抑制施設からの浸透水の拡がり状況	99
5-4-2	浸透能力に影響を与えると考えられる因子と浸透量	100
5-4-3	不飽和浸透における浸透量について	107
5-5	水理模型実験結果と現地実験結果の比較	107
5-6	模型実験結果の浸透量評価式への利用可能性について	108
5-7	まとめ	109
第6章	浸透型流出抑制施設の設計浸透能力の総合評価	111
6-1	浸透型流出抑制施設の浸透能力評価式	111
6-2	今後の技術的課題	114
あとがき		115
参考資料Ⅰ		
	現地浸透能力調査マニュアル試案	117
参考資料Ⅱ		
	浸透型流出抑制施設の位置付けについて	187
参考資料Ⅲ		
	浸透型流出抑制施設の単価について	191
付 表		197

第1章 浸透型流出抑制施設の概要

1-1 総合治水対策の背景とその構成

古来より我が国の治水は、重要な課題であり、その時代時代の社会体制、生産力水準、技術力等と密接な関連を持ちながら、洪水防御の努力が払われて来た。

明治以前の近代日本においては、日本人の大半は農業に従事し、災害にあえぎながらも、農業生産力の向上に努力してきた。洪水に対しては附替えや堤防の築造等の河川工事を行うとともに、水防体制をしき、水害防備林の整備、及び管理に意を払ってきた。また、人々は自然堤防の上などの微高地に住居を建て洪水に対応してきた。このように、この時代の洪水防御の意義と目的は、農業生産力の増大と安定にあったといえる。

このような状況は、基本的には第二次世界大戦の直後まで続いたが、昭和30年代になって大きな変化が現れた。戦後復興を急いだ日本は、経済成長を進め、そして今や経済大国の地位をゆるぎないものとしている。しかし、この過程において都市に人口と資産が高密度に集積し、流域の土地利用、交通形態、物質循環形態を大きく変え、またこれは、流域の人々の地域意識の変化をもたらした。

都市化に伴う土地需要の増加は、都市の地価を上昇させ、より廉価な土地を求める人々は、かつての水害常襲地帯に住むようになり、また都市近郊の台地や丘陵の大規模な住宅開発が進められた。これらは流域の保水・遊水機能を奪った上に、洪水被害を激化させる。この流出機構の変化や、土地利用の変化は、治水事業の効果を減殺する。これらの対策として、昭和45年代前後から住宅・都市整備公団や先進的な自治体は流域貯留をすすめてきた。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建設大臣から出された諮問を受け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ることになった。翌52年6月に中間答申が出された。その骨子は、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。

上記総合治水対策小委員会の答申を踏まえて、建設省河川局は、関係省庁、該省内部での協議を重ね、昭和54年度より「総合治水対策特定河川事業」を発足させた。現在、鶴見川ほか14河川が当該制度の適用を受け、関係自治体の協力を得て事業を推進している。

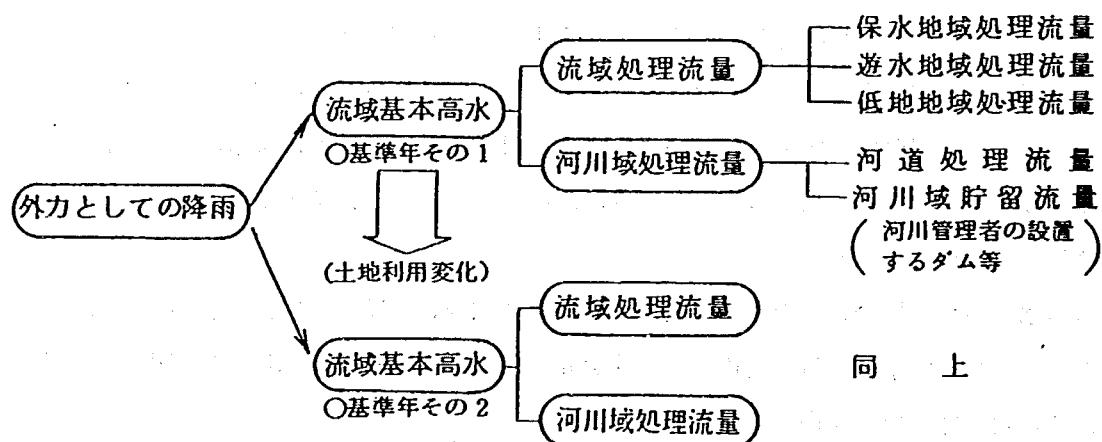
本制度は、従来河川空間のみを統御・規制してきた河川行政が、はじめて河川にツケをまわしてくる流域サイドに真正面から積極的な発言を試みたということで画期的であるが、その目標とするところは、概ね10ヶ年程度で時間雨量50mm相当（年超過確率 $1/5 \sim 1/10$ ）の降雨に対する治水上の安全を確保しようとするところにある。また、本制度は国の予算補助を定めるほか、浸水実績の公表、流域住民の治水についての理解と協力をうたう他、地方建設局、都道府県・流域自治体を構成メンバーとする流域総合治水対策協議会の設置と、そこでの「流域整備計画」の作成を期待している。

ここでは、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区分し、各地域の特性に応じた治水対策を立案する。対象3区分の特性は表1-1のとおりである。

この計画では、前記地域区分に対応した流域処理流量と治水施設で対処する河川域処理流量によって総合的に洪水に対処する。流量分担計画システムは図1-1に示す。

表1-1 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（いわゆる湛水地域）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（いわゆる湛水地域）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

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、開発に応ずる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。

以下に総合治水対策特定河川事業の概略を示すため、昭和55年5月15日に出席した建設省建設事務次官通達を示しておく。

○総合治水対策の推進について

昭和五五・五・一五 建設省河川第三四
関係部局知事
関係地方建設局長 へて 建設事務次官通達
北陸道河川局長

近年、都市化の著しい河川流域においては、土地利用の変化に対応した治水施設の整備が強く求められ、当省においても、都市地域における治水事業を積極的に推進してきたところである。
しかしながら、急激な都市化に伴う洪水流出量の増大等に対して治水上の安全を確保するためには、当面、治水施設の整備を促進するのみならず、流域の開発計画、土地利用計画等と有機的な連携、調整を図る総合的な治水対策を講ずる必要がある。
このため、下記により、総合治水対策特定河川の流域ごとに、「流域総合治水対策協議会」を設け、「流域整備計画」の策定等を進めることにより、総合治水対策を推進されるよう、格段の配慮方をお願いする。
〔なお、貴管下関係市町村にもこの趣旨を周知徹底されたい。〕
（関係部局知事あてのみ）
記

- 1 総合治水対策指針
総合治水対策は、当面、おおむね十カ年程度で時間雨量五〇ミリメートル相当（年超過確率一／五）（一〇）の降雨に対する治水上の安全を確保することを目標とすることとし、以下の諸対策を講ずる。
（1）総合治水対策特定河川に係る河川改修事業を積極的に推進する。
（2）（1）の河川改修事業並びに河川流域における適正な保水・治水施設の維持、確保等についての方針及び対策等と内容とする流域整備計画を策定し、これに基づき諸対策を講ずる。
（3）適正な土地利用の誘導と緊急時の水防、避

- 2 避難等の便に資するため洪水による浸水状況を公表する。
（4）流域住民に治水上の問題について理解と協力を求める働きかけを行う。
流域総合治水対策協議会の設置等
総合治水対策特定河川の流域ごとに、流域内地方公共団体等の合意に基づき、地方建設局、都道府県及び市町村の河川担当部局、都市・住宅・土地担当部局等の関係部局からなる流域総合治水対策協議会を設置し、当該流域に係る総合治水対策について協議し、効果的な対策の確立に資するものとする。
なお、別紙「総合治水対策とその方針」は、総合治水対策の各種施策を検討する際の指針となるよう定めたものである。
3 流域整備計画の策定等
流域総合治水対策協議会は、流域の特性に応じて総合治水対策の具体的な施策等を検討、選択し、「流域整備計画」として策定する。各担当部局は、この流域整備計画にのっとり具体的な施策を推進するものとする。
なお、流域整備計画は、計画策定後の情勢の変化に対応して必要に応じて見直しを行うものとする。

総合治水対策との方針

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	① 洪水による浸水実績については公表する。 ① 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。 ② 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	遊水機能のある土地については、治水計画に必要となる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に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。	
(1) 治水緑地、多目的遊水地の設置	① 大規模宅地開発等に関連して治水計画に必要となる調整池の建設費に対して補助する防災調整池事業を促進する。	注 3
(2) 防災調整池等の設置	① 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。 ② 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、田地の圃間貯留、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	具体的箇所について河川部局と建築部局が協議を行う。	
(1) 災害危険区域の設定	市街化調整区域のうち、溢水、湛水、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。	
(2) 土地利用における治水安全度の配慮	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	
(3) 流域住民に対する理解と協力を求める働きかけ		

- 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、一時的に滞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。

1-2 浸透型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る。

この流出抑制施設は、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せるもので、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、個人負担を軽減出来るという利点がある事等から注目され、現在各所で実験が行われている。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。

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

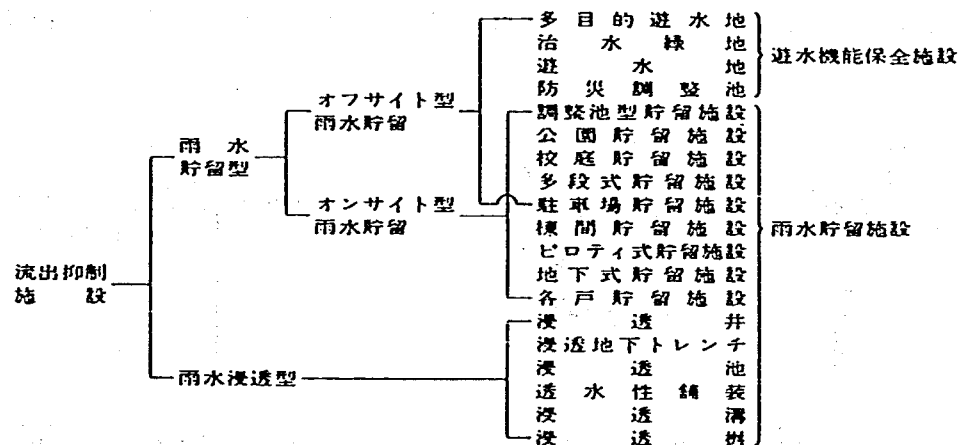


図1-2 流出抑制施設の分類

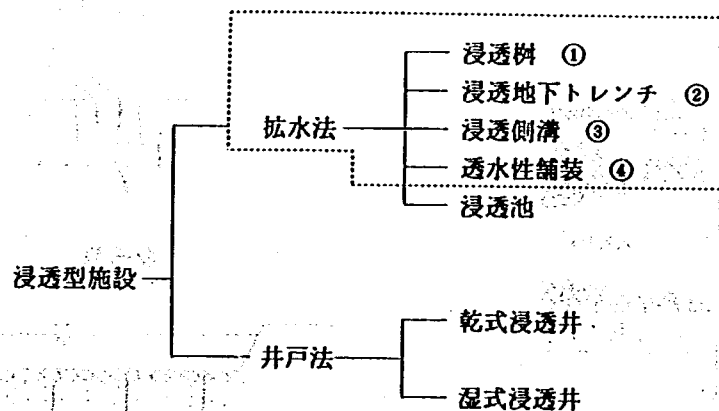


図1-3 浸透型施設の分類

井戸法は、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。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。目づまりは避けられない現象として発生する。帯水層内の目づまりは地下深部で発生するため、その処理が困難である。このため、まず注入水の沈澱・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。従って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、地下水汚染に対する配慮、将来目づまりした場合の新設場所の確保等の十分な考慮が必要である。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所のみと考えて良い。

拡水法として、米国等で一般的なのは浸透池である。これは、その構造が簡単なもので済み、目づまり対策としては、浸透面の掻き取り等によって、機能を回復することができる上に、自然浸透に近い方法であるので地下水水質に与える影響も比較的小さいという利点を有する。しかし、この方法は、広い占用面積を必要とするので、流域整備計画の中に位置付けることは現実的ではない。流域保水対策として、実際に可能性があるものは図1-4に示す四つの施設である。

① 浸透ます

ますの底面を碎石で充填し集水した雨水をその底面より地表浅所の不飽和あるいは飽和帯を通して放射状に分散浸透させる施設をいう。

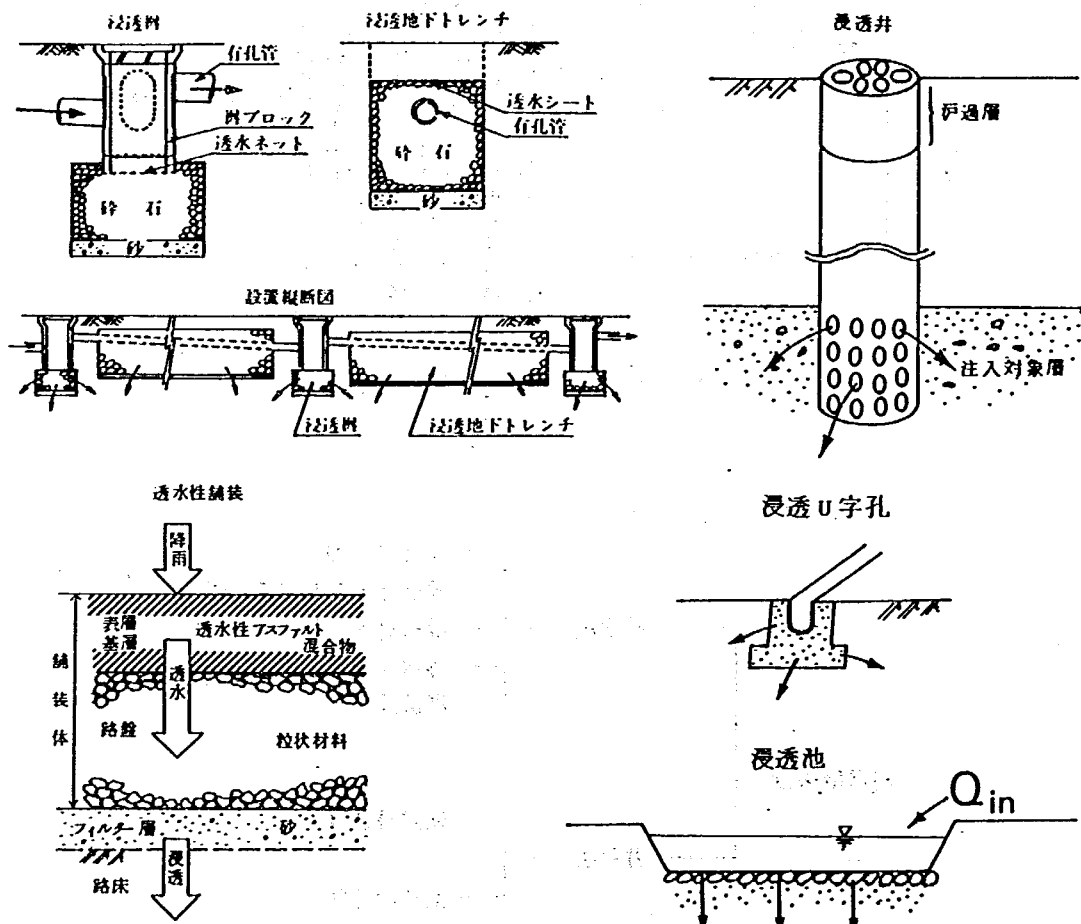


図1-4 地下浸透施設の概念図

② 浸透地下トレンチ

掘削した溝に碎石を充填し、更にこの中に浸透ますと連結された有孔管（透水管）を設置して雨水を導き、碎石の側面及び底面から不飽和あるいは飽和帯を通して地中へ帯状に分散浸透させる施設をいう。

③ 浸透側溝

側溝底面を碎石で充填し、集水した雨水をその底面より不飽和帯あるいは飽和帯を通して帯状に分散浸透させる施設をいう。

④ 透水性舗装

舗装体を通し雨水を直接路床へ浸透させ、地中に環元する機能を持つ舗装をいう。

この内、浸透側溝、透水性舗装は、道路排水等の目づまりの原因となるシルト・粘土・ゴミ等を含む雨水を浸透対象水としており、施設の機能の安定性が悪く、今のところ、この施設を流量分担計画の中に組み込んでゆくには、無理があるように思われる。従って流量分担計画の中に位置づけられる可能性のあるのは、屋根排水等の比較的浮遊物質の少ない雨水を浸透対象水とした浸透ます及び浸透地下トレンチである。そこで、ここでは浸透ます及び浸透地下トレンチを調査研究の対象とする。

なお、本報告で取扱った浸透ますの形状がすべて円筒形であるため、以下浸透ますは円筒型施設と記述する。また、次節以降浸透型流出抑制施設と記述されているのは、本調査の調査対象である拡水法による浸透型流出抑制施設のみを指している。

1-3 浸透型流出抑制施設が抱える技術的検討課題

流出抑制手法の一つである浸透型流出抑制施設は、既に全国各地で試験的に施工され、流出抑制効果はかなり期待できるという結果が得られている。しかし、この浸透型流出抑制施設による流出抑制効果の評価に関しては多くの技術的問題が残されており、本施設の現地への適用に当っては、調査、研究に待たなければならないことが多い。

それらの技術的問題を挙げれば次のような項目となろう。

① 浸透対象地盤の浸透能の簡易な調査手法

浸透型流出抑制施設を現地に設置するには、その施設規模・形状を設計するために、それが設置される地盤の浸透能を知らなければならない。このためには注入対象層の地盤並びに地質・土壌の特性を把握すると同時に、現地において実際に注水試験を実施し、浸透能を測定する必要がある。この場合、どのような方法によって注水試験を行い、また、実験結果をどのように整理し、注入対象地盤の浸透能を表示するかを、浸透型流出抑制施設の浸透能力の評価及びその評価精度という技術的視点から明確にしておかなければならない。

② 浸透型流出抑制施設の浸透能力の評価手法

①で述べた何らかの地盤の浸透能調査によって把握した地盤の浸透能は、浸透型流出抑制施設の浸透能力を直接表わすものではないので、この地盤の浸透能を用いて浸透型流出抑制施設の設計浸透能力に変換する必要がある。このためには浸透型流出抑制施設の浸透量に影響をあたえる次の各因子の影響を把握しなければならない。

ⅰ) 浸透型流出抑制施設の施設形状と浸透能力の関係

浸透型流出抑制施設の施設形状及び構造が異なれば、浸透能力が異なる。たとえば円筒型施設の浸透面の直径を2倍にした場合、浸透量が2倍になるか4倍になるかを明確にしておかなければならない。また、施設の構造の違いが浸透量に及ぼす影響も明確にしなければならない。

ⅱ) 地下水位（宙水位）が浸透量に及ぼす影響

浸透型流出抑制施設が設置される地盤の地下水位（宙水位）の変動は、浸透型流出抑制施設の浸透量に影響を及ぼす。この影響を量的に明らかにして設計浸透能力を評価しなければならない。

ⅲ) 降雨及び土壌の湿潤度が浸透量に及ぼす影響

浸透型流出抑制施設がその機能を発揮するのは降雨時及び降雨終了後である。降雨による土壌の湿潤度の変化は浸透量に影響を与える。この影響を量的に明らかにして設計浸透能力を評価しなければならない。

ⅳ) 目づまりが浸透量に及ぼす影響

目づまりは、浸透層の空隙が減少して浸透量が減少することをさす。この目づまりの原因は、

- ① 注入水中に含まれる懸濁物
- ② 浸透型流出抑制施設及び浸透層中での微生物の発生
- ③ 注入水中の空気泡
- ④ 浸透層水と注入水の化学反応による沈澱物の生成
- ⑤ 浸透層に水が注入される時に起こる土粒子配列の変化

等が挙げられる。

この目づまりによる浸透量の変化を、施設の寿命を考慮して技術的な評価を行わなければならない。

③ 浸透型流出抑制施設が周辺環境に及ぼす影響評価

浸透水が地下水位及び地下水水質に及ぼす影響、浸透水が付近の構造物や植物に及ぼす影響等の検討評価が必要である。

④ 浸透型流出抑制施設の流出抑制効果及び評価手法に関する検討

浸透型流出抑制施設の目的は、ある排水区の流出量を減少させることにある。浸透型流出抑制施設の浸透効果を、流出計算の中でどのように水理水文学的に組み込むかを検討しなければならない。

⑤ その他

浸透型流出抑制施設の法的位置付け、また管理責任、その設置費用負担問題等も大きな検討課題であるが、本報告書では、これらについては問わないことにする。

1-4 研究過程と本報告書の範囲

浸透型流出抑制施設に関する調査が始まったのは、昭和53年と思われる。建設省土木研究所水文研究室で調査研究を行っていた「地下水涵養技術に関する研究」（総合プロジェクト研究 昭和51年～昭和55年）において、地下水の涵養技術の一つとしての地下埋管法を雨水流出抑制技術として応用することを唱えられた石崎勝義氏（元水文研究室長¹⁾の研究を嚆矢としている。

当研究室（昭和54年に発足，都市河川研究室で行っていた流出抑制関係の研究課題を受継ぐ）における浸透型流出抑制施設の研究課題を示すと表1-2のとおりである。調査内容とその研究目的から本研究は3期に分けて整理するのが良いと思われる。

第1期：手さぐり時代（昭和53年～昭和54年）

浸透型流出抑制施設の流出抑制効果がかなりありそうであるという声を受けて，東京都清瀬市の住宅団地の一角及び土木研究所構内（筑波）で浸透型流出抑制施設を実際に設置して，本工法の有効性を実験的に把握しようとしたものである。実験方法，設置方法も手さぐりの段階であったため，十分にその施設の機能把握はなしえず定性的把握の段階にとどまった。

第2期：現地実験時代（昭和55年～昭和56年）

浸透型流出抑制施設の機能評価のため，土木研究所（筑波）において，施設の規模等を変え，それが浸透量に及ぼす影響について，また目づまりについての実験を行った。同一地盤では浸透能が同一と考えて実験計画を立て実験を行ったが，実験施設の設置地点の多少の位置の違いによっても浸透量が大幅に異なり，実験目的に見合った成果を十分にあげることができなかった。

第3期：マニュアル作成時代（昭和57年～昭和58年）

土木研究所での研究が遅れている一方，現場（各工事事務所，住宅・都市整備公団等）での現地調査等が進み，本浸透型流出抑制施設をどう評価し，流出抑制施設としてどう位置づけたら良いかが求められた。また実験的な現地施工が進み，種々の技術的また行政的な問題が起きてきたので，早急に本施設の技術的評価を行う必要が生じてきた。

このような状況を鑑み，本調査を浸透型流出抑制施設の浸透能力評価マニュアルの完成にしばることとし，今までの調査の問題点また欠けている点を洗い出し，現地調査においては，その検討項目を明確にし，また新たに水理模型実験による浸透機能の評価，浸透機構の数値シミュレーション等を行い，浸透能力評価マニュアルの完成をめざした。

この内，浸透機構の数値シミュレーションはうまくいかず，この方法は放棄し，現地実験と模型実験の結果より一応のマニュアル案的なものを提示した。

本報告書は主に本研究において行った現地実験及び水理模型実験の結果について報告したものである。本結果は，巻末参考資料・現地浸透能力調査マニュアル試案の中にも生かされている（この案は，十分に検討されたものではなく行政的にも位置付けられたものではない。本格的なマニュアルのためのたたき台として位置付けるものである）。

参 考 文 献

- 1) 石崎勝義・寺川陽：地下水涵養技術とその応用，土木技術資料Vol. 23-10，1981.
- 2) 日本河川協会：改訂・防災調節池技術基準（案）解説と設計例，1980.
- 3) 北川明：涵養井の目づまりについて，土木研究所資料第1402号，1978.

表 1 - 2 浸透型流出抑制施設に関する調査・検討項目

年度	53	54	55	56	57	58
浸透型流出抑制施設に関する調査・検討項目	・円筒型施設の機能調査（於清瀬市） ・目づまり物質調査（屋根上堆積物の調査（於東京・赤羽））	・円筒型施設の浸透効果の変化（目づまり防止効果の有無（於清瀬市）） ・地盤の浸透能把握のための実験施設・方法の調査・検討（於筑波）	・円筒型施設、トレンチ型施設からの浸透量と土中水分、地下水位との関係調査	・浸透能力の評価手法の検討 ・降雨の有り、無しでの長時間注水による浸透量の時間変化に関する調査 ・施設の目づまりによる浸透能力の低下状況把握	・模型実験による浸透型流出抑制施設の機能及び浸透水の浸透機構検討（円筒型及びトレンチ型） ・現地実験結果と模型実験結果の浸透能力の比較検討	・模型実験による浸透型流出抑制施設の浸透特性調査（円筒型、トレンチ型施設） ・湛水深と浸透量の関係 ・地下水位と浸透量の関係 ・浸透底面積と浸透量の関係 ・浸透水の影響範囲の把握 ・定常状態における水面形の把握 ・数値シミュレーションによる検討 ・浸透底面積と浸透量等
担当者	山 口 山 守 綿 賢	吉 野 小 川	吉 野 小 川 斉 藤	吉 野 山 本 金 木 斉 藤	山 本 斉 藤	山 本 斉 藤 中 島

第2章 現地地盤の浸透能調査手法と浸透能の評価手法

2-1 現地地盤の浸透能調査手法

現地地盤の浸透能は、通常は冠水型の浸透計によって把握される。この方法は、地表にいろいろの型の枠を差込み、その地表部に注水して冠水層または水膜を作り、水が浸入するにつれて起る冠水位の低下、あるいは給水器内の水位低下と経過時間によって浸透能を求めるものである。枠の地中部、即ち枠に囲まれた土柱が水で飽和した後に、なお存在する最小浸透能を考える時に意義を持つものである。

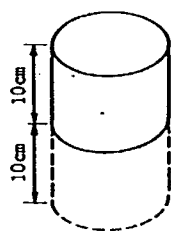
冠水型浸透計の種類は次の3種に分類¹⁾される。

- ① 短い円筒、または角枠を浅く土中に差し込むか地表へ密着させ、水は自由に土中を側方へも流動できる型。
- ② 浸入水の外側への流動を妨げるように緩衝区域を設ける型。
- ③ 浸入水の外側への流動を妨げるための長い円筒の中に調査土壌を包み込む型。

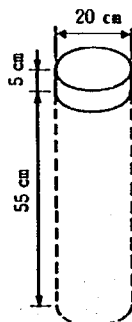
図2-1に代表的な冠水型浸入計を示す。

・単枠の例

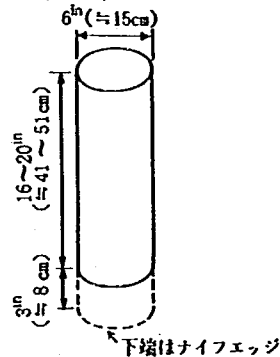
(1) H. Burgler 型



(2) G. W. Musgrave 型

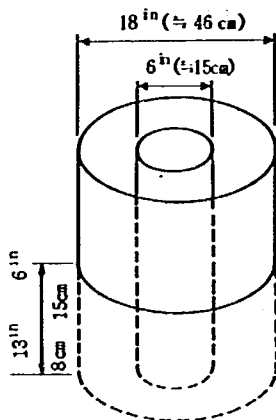


(3) 1957年の頃、米国で普及した型

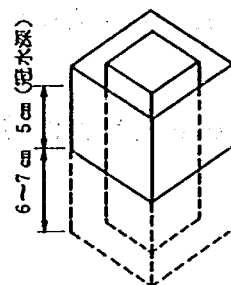


・二重枠の例

(1) M. R. Lewis 型



(2) H. A. Katchisky 型



(3) 米国における二重円筒型

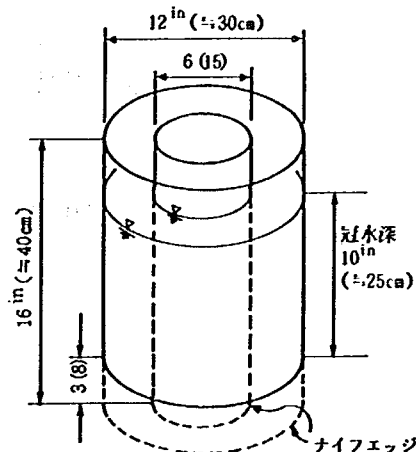


図2-1 冠水型円筒浸入計の例

ところで本論での現地地盤の浸透能調査の目的は、あくまでも浸透型流出抑制施設の浸透能力を把握するためである。この技術的目的に合う現地地盤の浸透能調査には次の条件を満たしているものが望ましい。

- ① 実験施設設置費が安価で、実験が容易である。
- ② 実験施設によって求めた浸透能によって、容易に浸透型流出抑制施設の浸透能力が推定しえる。
- ③ 注入水量が少なくて済む。
- ④ 現地に設置されることが予想される浸透型流出抑制施設の埋設深さに対応する深さの浸透能が推定しえる。また前述の施設の湛水深に相当する水深での浸透能を評価しえる。

① 土研式円筒型浸透計

現地地盤の浸透能調査を行うに当たって、図2-1に示したような数種の浸透計により試験測定を行った結果、実際の施設に近いもの、注入水量が少なくて済むもの等、上記①～④の条件を満たすものとして土研式円筒型浸透計を用いることとした。即ち、現地地盤の浸透能調査のための実験施設は、図2-2に示す形状の円筒型浸透計とし、これを用いて地盤の浸透能を測定することにした。

② 実験方法

地盤の浸透能の測定法は、いくつか提案されており(表2-1),その選択は、実験に要する手間、注入水が多量に得られるか否かにより決められる。

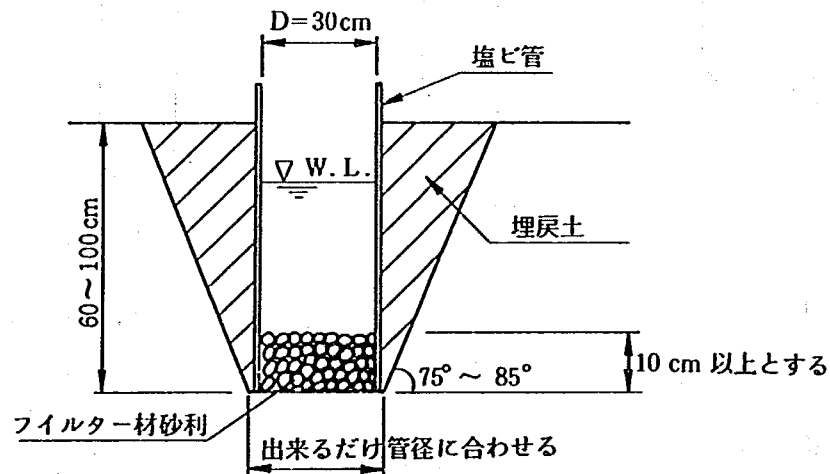
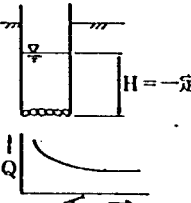
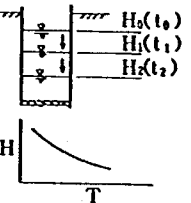
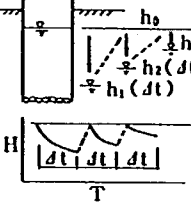
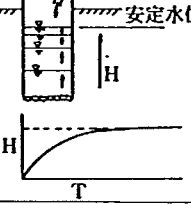


図2-2 土研式円筒型浸透計

表 2 - 1 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入量を調節し、経過時間毎の注入量を測定し、注入量が安定するまで継続する。 		- 多量の水を必要とする。 - 注入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。 		

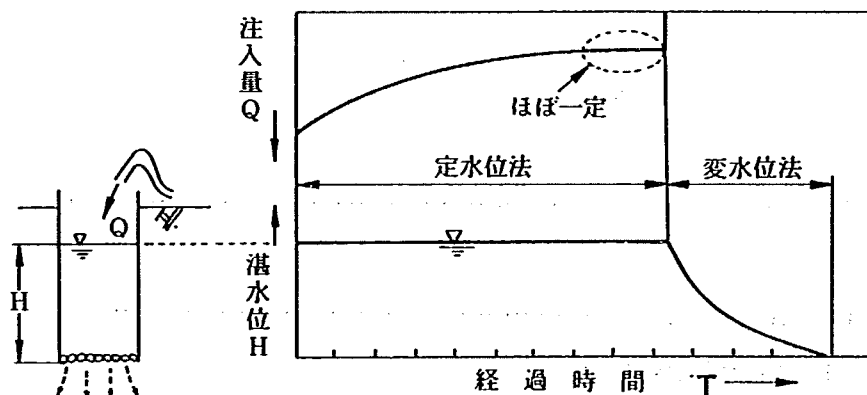


図 2 - 3 実験方法説明図

2 - 2 浸透能の時間変化の評価式

2 - 1 節で述べた冠水型浸透計によって湛水深一定の実験を行うと、地盤の浸透能は、通水初期には大きく、時間が経過するにつれて低下し、一定値に近づいてくる。この浸透能の時間変化を表現する式には、種々のものがある。現在用いられている評価式には次のようなものがある。

① Kostiakov (コスチアコフ) の浸潤式²⁾

積算浸透量

$$I = at^b \quad \dots\dots\dots (2 \cdot 1)$$

浸透強度

$$f = a \cdot b t^{b-1} \quad \dots\dots\dots (2 \cdot 2)$$

ここに, I : 累加浸透量 (ℓ)

t : 経過時間 (min)

f : 浸透強度 (ℓ/min)

a, b : 定数

この式は一般に浸透量の時間変化を表わす式としてよく用いられるが, (2・2) 式は $b < 1$ の時, t が無限大で $f = 0$ になる。しかし, ほとんどの場合, 6 ~ 7 時間と短時間の範囲の実験結果を整理するため, この時間範囲では実験結果との適合度は良い。

② Horton (ホートン) の浸潤式³⁾

浸透強度

$$f = f_c + (f_0 - f_c) \cdot e^{-kt} \quad \dots\dots\dots (2 \cdot 3)$$

ここに, f : 浸透強度 (ℓ/min)

f_c : 最終浸透量 (ℓ/min)

f_0 : 初期浸透量 (ℓ/min)

k : 定数

t : 経過時間 (min)

この式は, コスチアコフの浸潤式のように $f = 0$ となることが無いため良く使われ, 適合性はかなり良い。

③ Philip (フィリップ) の浸潤式⁴⁾

積算浸透量

$$I = ST^{1/2} + AT \quad \dots\dots\dots (2 \cdot 4)$$

浸透強度

$$f = 1/2 ST^{-1/2} + A \quad \dots\dots\dots (2 \cdot 5)$$

ここに, I : 累加浸透量 (cm)

S : 土壌の初期吸収能 ($\text{cm} \cdot \text{min}^{-1/2}$)

t : 経過時間 (min)

A : 透水係数 (cm/min)

f : 浸透強度 (cm/min)

今迄の簡易式は, 実験結果より求めた経験式であるがこの Philip の浸潤式は, 鉛直一次元不飽和流に関する拡散型偏微分方程式により解いたのが特徴である。この解は, 無限級数で表わされる影響力のある最初の 2 項により近似されている。この式の欠点は, 土壌の初期吸収能や透水係数により浸透量を

表現しているため、土壌の深さに伴って含水量や透水係数が変化する場所には適合度が悪くなることである。

このほかにも、浸透水の浸潤機能を考慮したAlexceiev（アレクセエフ）の浸潤運動理論式⁵⁾、Green・Ampt（グリーン・アンプト）の浸潤式⁶⁾などがある。

2-3 地盤の浸透能の表現方式

浸透型流出抑制施設の浸透量を評価するためには、図2-2に示した土研式円筒型浸透計による測定結果から、何らかの地盤の浸透能を示す指標によって浸透型流出抑制施設の設計浸透量を評価することになる。2-2節で示した地盤の浸透能の時間変化を表わす式における各定数は、この指標に対応するものだが、本報告では次のような浸透能力を表わす a を求めて地盤の浸透能を表わすことにした。

定水頭実験で浸透開始後4時間以上経過すると、ほぼ浸透量が一定となるので、この浸透量を Q 、浸透底面積 A （＝707 cm²）、湛水深 H とし、

$$a = Q/H/A \quad \dots\dots\dots (2.6)$$

によって浸透能力を表わす指標とすることにした。これを浸透能力係数（単位；1/hour）と定義する。

この a を使うようになったのは次のような理由による。

関東ローム層を浸透地盤とした現地地盤の浸透能把握実験によると定水頭実験によって、ほぼ一定の浸透量になった後変水頭実験に切り換えると、図2-4のようになることが多い。つまり湛水深 H と経過時間 T の関係は、

$$\ln H = -aT + b \quad \dots\dots\dots (2.7)$$

となる。

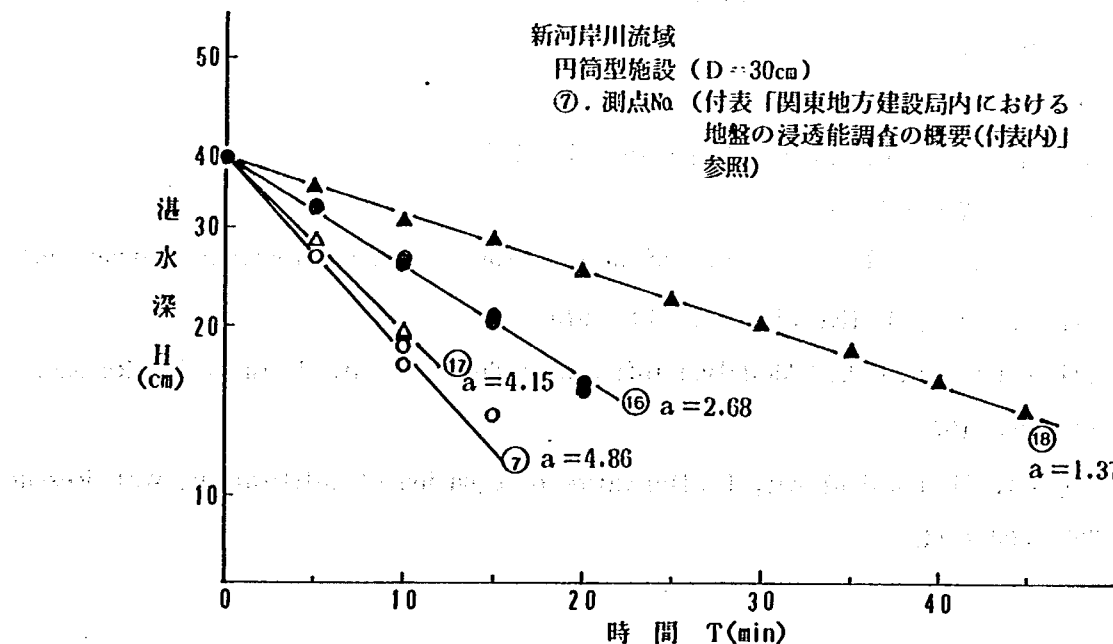


図2-4 湛水深(H)～経過時間(t)

ここに、H：湛水深 (cm)

T：時間 (min)

a, b：定数

一方、浸透量Qは、単位時間当りの水位変化 ΔH と浸透底面積Aとの積で表わされ

$$Q = \frac{\Delta H}{\Delta T} \times A \quad \dots\dots\dots (2 \cdot 8)$$

従って (2・7) と (2・8) 式より浸透量Qは

$$Q = a \cdot H \cdot A \quad \dots\dots\dots (2 \cdot 9)$$

となる。

また、土木研究所で行った定水頭実験（土木研究所構内及び東京都東久留米市内）による湛水深Hと浸透量Qの関係では、 $Q \propto H$ の関係が湛水深 20 ～ 140 cm の範囲ではほぼ成立しており、湛水深が浸透能の指標に直接表れず便利であるので、本式が現場で使われるようになった。ただし、本関係がどのような地盤条件でも成立すると考えるのは早計であろう。しかしながら、(2・7) 式は、現地地盤の浸透能把握実験の整理や流出解析にも既に使われており、本式を否定することは現場に混乱をもたらす恐れがあること、また、浸透型流出抑制施設の標準型に対応した湛水深Hで現地地盤の浸透能評価を行っているので、この式をそのまま浸透能評価式として使っても浸透量の評価にはそれ程の問題点もないと考えて、このままの形で使うことにした。

参 考 文 献

- 1) 中野秀章：冠水型浸入計について、日本林学会誌，Vol. 39-12, p.p.486～490. 1957.
- 2) 榎根勇：水文学，自然地理学講座3，大明堂，p.p.159～160. 1980.
- 3) 同 上，p. 159, 1980.
- 4) 同 上，p.p.158～159, 1980.
- 5) 八幡敏雄：土壌の物理，東京大学出版会，p.p.96～98, 1975.
- 6) 2) に同じ，p.p.157～158, 1980.
- 7) Whisler, F. D. and Bower, H.: Comparison of methods for calculating vertical drainage and infiltration for soils, J. Hydrol 10. 1-19, 1970.
- 8) Mein, R. G. and Lason, C. L.: Modeling infiltration during a steady rain, Wat. Resour. Res. 9, 384-394, 1973.
- 9) Morel-Seytoux, H. J. and Khonji, J.: Derivation of equation of infiltration, Wat. Resour. Res., 10, 795-800, 1974.

第3章 浸透水の運動機構と土壌特性

3-1 浸透水の運動機構

浸透とは、水が土壤水帯内を地下水面に向って移動する過程を言い、これは飽和浸透と不飽和浸透に大きく分けられる。また、乾燥している土壌の地表面に湛水状態を生じさせた時、その土壌中に水が浸透してゆく現象を浸潤という。浸潤現象は、水が浸透する過程において明瞭なぬれ前線を持つことが特徴である。以下に飽和及び不飽和の浸透現象について簡単に説明し、浸透型流出抑制施設の浸透特性把握の序論とする。

(1) 飽和浸透現象

飽和状態における浸透水の流れを表わした経験則にDarcyの法則がある¹⁾。これは、図3-1のような装置によって浸透量を測定すると、単位時間当りの浸透量(通水量) Q が圧力勾配に正比例するという関係から得られ、この Q は次式で表わされる。

$$Q = K \frac{\Delta H}{\Delta L} \cdot A = K \cdot i \cdot A \quad \dots\dots\dots (3 \cdot 1)$$

ここに、 ΔH ：流入点と流出点の水利水頭差

ΔL ：浸透層の長さ

A ：浸透断面積

である。比例定数 K は速度の次元を持ち、飽和透水係数あるいは単に透水係数とも言われている。

このDarcy則の水利学的意味については、各種のモデルによって説明されているが、ここでは浸透層内の空隙中の流れを円管におけるHagen-Poiseuilleの層流流れから類推した方法を示しておく²⁾。

半径 a の円管を、動粘性係数 ν の流体が動水勾配 I で流れる層流の管内平均流速は、

$$\nu = \frac{g I a^2}{8 \nu} \quad \dots\dots\dots (3 \cdot 2)$$

で与えられる。ところで粒径 d の砂からなる空隙率 λ 、断面積 A 、容積 V の浸透層を考えると、その容積の空隙は λV であり、 V の中に存在する粒子個数を n とすると、

$$V = n \cdot \frac{1}{6} \pi d^3 \cdot \frac{1}{1 - \lambda} \quad \dots\dots\dots (3 \cdot 3)$$

また、 V の中の空隙をとりまく砂の全表面積 S_v は、

$$S_v = n \pi d^2 \quad \dots\dots\dots (3 \cdot 4)$$

である。さらに、この透水層の潤辺 R は、

$$R = \lambda V / S_v = \frac{\lambda}{1 - \lambda} \cdot \frac{d}{6} \quad \dots\dots\dots (3 \cdot 5)$$

であり、単位面積当り浸透量(浸透速度) q を、実質の速度に換算するためには $1/\lambda$ 倍すれば良いので、(3・2)式の関係から

$$q \propto \frac{g}{\nu} \cdot \lambda \cdot \left(\frac{1}{1-\lambda} \right)^2 d^2 \quad \dots\dots\dots (3 \cdot 6)$$

$$K = C \cdot \frac{g}{\nu} \cdot \frac{\lambda^3}{(1-\lambda)^2} \cdot d^2 \quad \dots\dots\dots (3 \cdot 7)$$

となる。(3・7)式はKozeny³⁾の式と言われるもので、dは有効径を使用する。有効径 d_e は砂の粒度分布 $f(d)$ として、

$$1/d_e = \Sigma \{ f(d_i) / d_i \} \quad \dots\dots\dots (3 \cdot 8)$$

で定義される。またCは砂粒の形状に関する係数である。

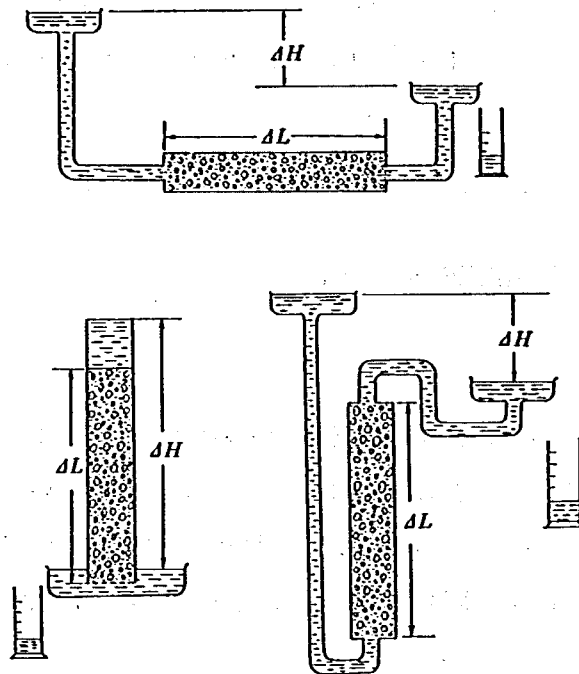


図3-1 ダルシーの実験¹⁾

次に水の運動を数理的に取扱った方法を以下に述べる。⁴⁾

土壌中の間隙に微小な流体部分を考え、これにNavier・Stokesの運動方程式(粘性流体の一般方程式)を立てることはできるが、このミクロの場で立てた式を土粒子部分と流体部分が細かく混り合った全体としてのマクロの場へ誘導することは困難で、特に粘性項の処理が難しい。そこで、浸透水に対する流動抗力は、水頭による圧力差と重力との和につり合うことから、この関係式を変形したものがDarcy則であると考えて、これを運動方程式として使うことにする。つまり、単位時間に単位面積を通過する水の体積を「流量流速」(フラックス q)と呼べば、 q は水頭ポテンシャル H の勾配(重力位置エネルギー z と圧力エネルギー $-P/\rho/g$ との和)に比例するとおくことにより、鉛直方向を z 軸とした直角座標軸の方向のフラックス成分は次式のように表わせる。

$$q_x = -K_x \frac{\partial H}{\partial x}, \quad q_y = -K_y \frac{\partial H}{\partial y}, \quad q_z = -K_z \frac{\partial H}{\partial z} \quad \dots\dots\dots (3 \cdot 9)$$

ここに、 $H = P/\rho/g + z$ (単位: erg/g) である。

一方、浸透流では途中に余分な水が貯留できる余地はないことから、連続式は以下のように表わせる。

$$\frac{\partial q_x}{\partial x} + \frac{\partial q_y}{\partial y} + \frac{\partial q_z}{\partial z} = 0 \quad \dots\dots\dots (3 \cdot 10)$$

(3・9) 式と (3・10) 式より、

$$K_x \frac{\partial^2 H}{\partial x^2} + K_y \frac{\partial^2 H}{\partial y^2} + K_z \frac{\partial^2 H}{\partial z^2} = 0 \quad \dots\dots\dots (3 \cdot 11)$$

となる。上式において

$$x_1 = x\sqrt{K_y/K_x}, \quad z_1 = z\sqrt{K_y/K_z}$$

と座標変換すると、

$$\frac{\partial^2 H}{\partial x_1^2} + \frac{\partial^2 H}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 H}{\partial z_1^2} = 0 \quad \dots\dots\dots (3 \cdot 12)$$

と Laplace の方程式となる。この式に境界条件 (不透水層や自由水面の位置、境界面での圧力及び圧力勾配) を入れて解を求めると、全水頭 H が求められる。

② 不飽和浸透現象

浸透型流出抑制施設からの浸透現象は、不飽和帯の浸透が大部分だと考えられている。ここでは、不飽和浸透現象を支配する要因について記述する。

飽和・不飽和の違いは、浸透層中の空気の有無によって区別されるが、通常は両方の状態が同時に生起する場合が多い。

土壤に働く力を示すと図 3-2 のようになるが、これらのうち土壤中の自由水の流動に及ぼす影響の大きいものは、重力と毛管力である。⁵⁾ この重力と毛管力によって起動される自由水の運動は、飽和浸透に準じた Darcy 則が成立するとして記述できる。Richard は⁶⁾、不飽和透水係数 K を含水量 θ あるいは毛管ポテンシャル ψ の関数とした上で、流動流速 q を次式で表した。

$$q_i = -K(\psi) \nabla H \quad \dots\dots\dots (3 \cdot 13)$$

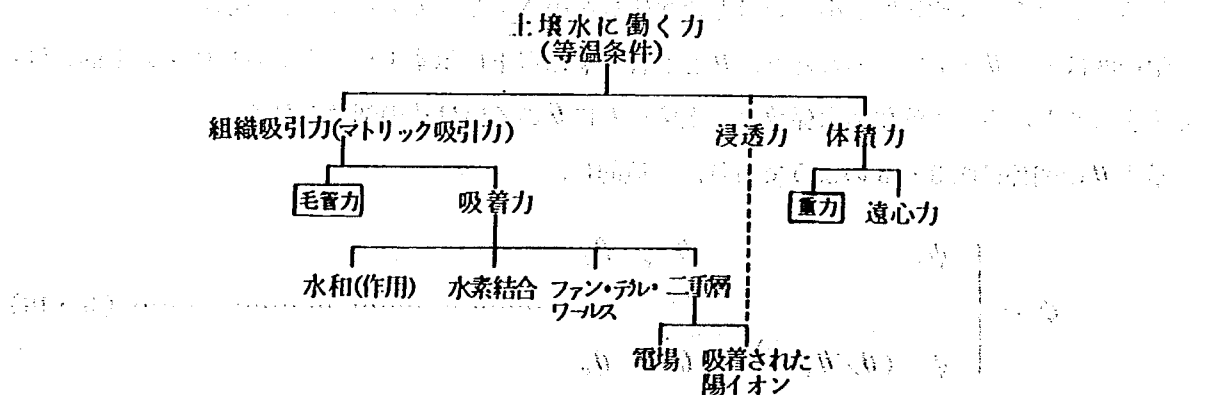


図 3-2 土壤水に働く力 (Elrick・Aalders, 1978)

ここで ∇ はラグランジェントであり、 H は全水頭で、 $H = \psi + z$ である。なお、 ψ は通過自由水面で 0 とし、不飽和帯では負の値を持つ。

これを水平方向及び鉛直方向の成分で表すと、

$$\left. \begin{aligned} q_x &= -K \frac{\partial \psi}{\partial x} \quad (\text{水平方向}) \\ q_y &= -K \frac{\partial \psi}{\partial y} \quad (\text{水平方向}) \\ q_z &= -K \frac{\partial \psi}{\partial z} - K \quad (\text{鉛直方向}) \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (3 \cdot 14)$$

となる。一方 θ を土壌の含水量とすると、浸透水の連続条件より

$$\frac{\partial \theta}{\partial t} = -\nabla q_l \dots\dots\dots (3 \cdot 15)$$

である。

この方程式を用いて、不飽和状態での土壌中の自由水の流れを解くためには、不飽和透水係数と含水量、あるいは毛管ポテンシャルとの関係を前もって知らなければならない。この関係は、土壌の物理特性からは把握できないので、実験によって求めるのが一般である。ところで (3・7) 式において透水係数 K と空隙率 λ の関係を示した。この考えを不飽和透水係数まで拡張すると以下のようになる。

土壌中の空隙は、実際にはすべてが自由水の通り道となるものではなく、土壌水の一部は土粒子への吸着等によって自由に動けない。この残留土壌水分を飽和度で表わし、 S_0 (irreducible saturation) とすると、実際に自由水の動ける空隙容積は $\lambda(1 - S_0)V$ となる。⁷⁾ 不飽和層において、飽和度を S とすれば、自由水が通れる空隙容積は $\lambda(S - S_0)V$ であるので、不飽和透水係数は次式で表わされる。

$$K = C \frac{g}{\nu} \frac{\lambda^3}{(1 - \lambda)} (S - S_0)^3 d_e^2 \dots\dots\dots (3 \cdot 16)$$

よって飽和透水係数を K_0 とすれば、

$$K/K_0 = \left(\frac{S - S_0}{1 - S_0} \right)^3 \dots\dots\dots (3 \cdot 17)$$

となる。このことは飽和度が小さいほど透水係数が小さくなるであろうことを示している。

飽和度は $S = \theta / \lambda$ であることと、 θ と毛管力 ψ は以下に示すように土壌の物理・科学的特性によって決まることから、不飽和透水係数は、土壌ごとに θ あるいは ψ の関数となる。

ψ と θ の関係は図 3-3 のようであり、一般的に、

$$\psi = \begin{cases} \psi_e & \theta > \theta_e \\ \psi_e (\theta / \theta_e)^{-b} & \theta \leq \theta_e \end{cases} \dots\dots\dots (3 \cdot 18)$$

で示される⁸⁾

ここに、 ψ_e : 空気混入ポテンシャル。浸透過程では空気泡が流動し始める時の毛管ポテンシャルに相当するものである。

θ_e : $\psi = \psi_e$ のときの θ の値。脱水過程 (P.23, 3-1(3) 参照) の場合は飽和含水量に等しい。

b : 浸透層の土粒子の粒径。粒度分布に係る定数。

実験によって得られた代表的な不飽和透水係数と毛管ポテンシャルの関係の実験式は次に示すとおりである。

Garadener⁹⁾ は K/K_0 と ψ の関係を、実験値を用いて検討し図3-4のように示し、次のような実験式を提案した。

$$K = \frac{a}{|\psi|^n + b} \dots\dots\dots (3 \cdot 19)$$

ここで、 a , b , n は土壌の特性によって異なる定数で、表3-1のような値を目安として示した。¹⁰⁾

また、Campbell,¹¹⁾ Childs¹²⁾, Jackson,¹³⁾ Peater¹⁴⁾ 等は、2つの前提^{注)}と(3・18)式より理論的に不飽和透水係数と θ の関係を推定し、次式を提案している。

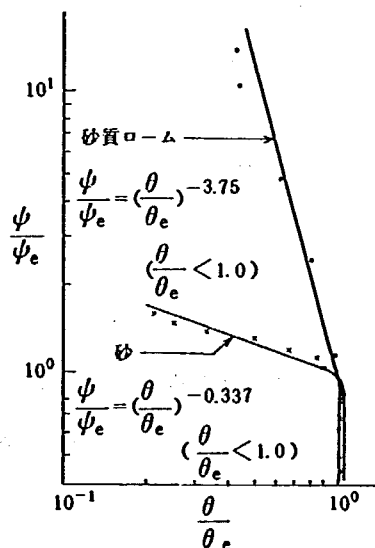


図3-3 毛管圧と含水量の関係⁸⁾

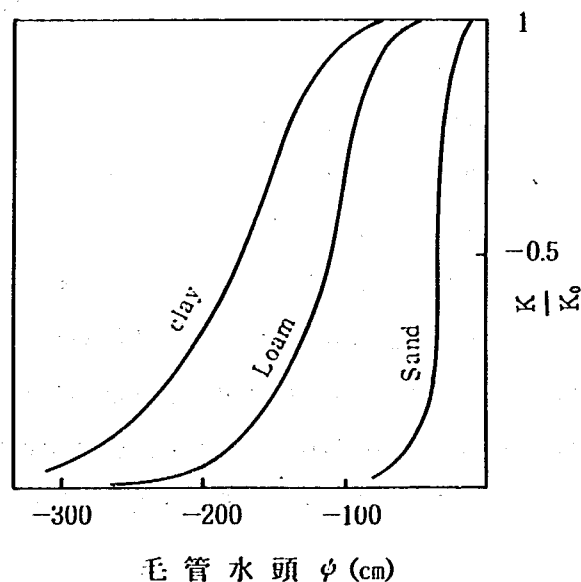


図3-4 不飽和透水係数と毛管水頭との関係⁹⁾

表3-1 透水係数と毛管水頭の関係を表した土壌毎の定数¹⁰⁾

	a	b	n
Medium Sands	5×10^9	10^7	5
Fine Sands, Sandy Loams	5×10^6	10^5	3
Loams and Clays	5×10^3	5×10^3	2

$$\left. \begin{array}{ll} K/K_0 = \left(\frac{\psi_e}{\psi}\right)^{2+3/\lambda} & : \quad \psi > \psi_e \\ K/K_0 = 1 & : \quad \psi < \psi_e \end{array} \right\} \dots\dots\dots (3 \cdot 20)$$

Brooks と Corey による実験結果¹⁵⁾によれば、 ψ_e 、 $2+3/\lambda$ 、 θ_e 、 λ は表3-2に示すような値である。

表 3 - 2 土 壌 毎 の 浸 透 特 性 ¹⁵⁾

Porous Media	ψ_e (cm)	$\eta = 2 + 3/\lambda$	θ_e / λ	$K_0 (\mu^2)$	λ
Volcanic Sand	16.0	8.9	0.157	11.0×10^7	2.3
Glass Beads	29.0	23.9	0.085	10.5	7.3
Fine Sands	41.0	13.1	0.167	2.85	3.7
Touchet Silt Loams	75.0	7.4	0.270	0.500	1.8
Fragmented Mixture	17.0	10.7	0.276	15.0	2.9
Berea Sandstone	43.0	13.1	0.299	0.481	3.7
Hygiene Sandstone	54.0	14.6	0.577	0.178	4.2
Poudra River Sand	14.0	12.2	0.125	22.6	3.4
Amerillo Silty Clay Loams	38.0	8.9	0.250	2.34	2.3

③ 土 壌 の 毛 管 水 頭 ψ の 測 定 法

毛管水頭 ψ の測定は、テンシオメーターにより行われる(図3-5, 3-6)。このテンシオメーターの原理は、器具の先端にあるポーラスカップ周辺の土壌の湿潤状態に応じて変動する毛管圧(毛管ポテンシャル)を水銀の上昇高で測定するものである。

$$\psi = y - 12.6 h \dots\dots\dots (3 \cdot 21)$$

$$PF \text{ 値} = \log_{10} \psi$$

ここに、 y ：水銀面からポーラスカップの先端までの距離 (cm)

h ：水銀面からの水銀の上昇高 (cm)

なお、テンシオメーターには ψ の測定能力に限界があり、ポーラスカップ部分の負圧が0.6気圧以上になると空気を吸いこみ易くなるため、 ψ の信頼度が低下する。因に、テンシオメーターによる ψ の測定範囲はPF値で0～5である¹⁶⁾(表3-3)。

注) ① 全体として透水性に寄与するのは連続している間隙孔のみであり、途中でとぎれているものは全く寄与しない。

② 透水層内の間隙孔の接続の仕方はランダムであり、一つの接続における流れは小さい方の間隙孔の径によって決まる。

$$K = M \int_0^R \int_0^R r^2 F(r) \cdot dr \cdot F(r) dr$$

ここに、 r ：間隙孔の径、 R ：最大保水間隙孔径、 M ：ボワズイユ流れに基づく定数、 $F(r)$ ：間隙孔径の分布関数

因みに間隙率 n は次式で与えられる。

$$n = \int_0^\infty F(r) dr$$

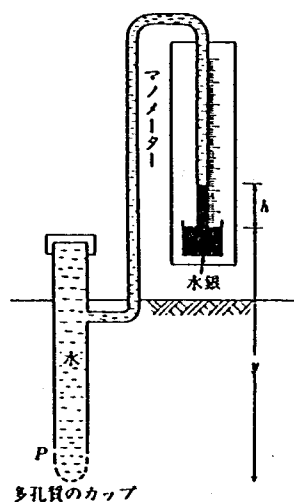


図3-5 テンシオメーターの原理

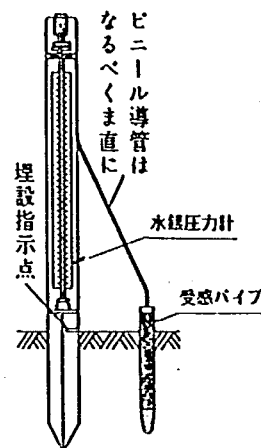


図3-6 テンシオメーター

表3-3 静止土壌水のエネルギーレベル¹⁶⁾

乾 湿	状 況	平衡を保つ水蒸気 (20°C)の 相対湿度 (%)	土壌間隙 の平均 直径 (mm)	土壌水のエネルギー (erg)							
				1gの純水を 考えるとき 単位: erg/g	1 cm ³ の純水を考えるとき			1 グラム重の純水 を考えるとき			
					単位: dyne/cm ²	単位: ミリバール	単位: 気圧	単位: cm H ₂ O	pF		
絶乾 乾 湿 潤	炉乾	0		-980×10 ⁷	-980×10 ⁷	-980×10 ⁴	-10,000	-10,000,000	7	吸 湿 水 (結 合 水)	
		10									
	風乾 (わが国の場合の目) やす	50		-980×10 ³	-980×10 ³	-980×10 ³	-1,000	-1,000,000	6		
		80									
		90		-980×10 ²	-980×10 ²	-980×10 ²	-100	-100,000	5		
		98							4.5		
	植物が永久シオレを 起こす 初起シオレを起こす	99		-980×10 ¹	-980×10 ¹	-980×10 ¹	-10	-10,000	4	自 毛 管 水 山 水 重 水 力 水	
											3.8
	作物の正常生育が阻 害され始める	99.9	0.003	-980×10 ⁰	-980×10 ⁰	-1,013 -980	-1	-1,033 -1,000	3		
	畑地で過剰水の排水 が止む (わが国の場合の目) やす		0.03	-980×10 ²	-980×10 ²	-98	-0.1	-100	2		
			0.3 非毛管孔グキ	-980×10 ¹	-980×10 ¹	-9.8	-0.01	-60	1.8		
	潤		3.0	-980	-980	-0.98	-0.001	-10	1		

テンシオメーターによって求めたP F値は、試料を完全飽和した状態から、少しずつ吸引圧を高めてゆき（脱水過程）ながら、その吸引圧に対して測定した水分量と、この反対に試料を乾燥した状態とし、徐々に吸引圧を弱めてゆき（吸引過程）、その吸引圧に対して測定した水分量に相違が見られ、図3-7のようにある面積を包んだ環線を描くことが特徴である。¹⁷⁾この現象は、ヒステリシスと呼ばれている。このようなヒステリシスカークが形成される原因は、関東ローム層の特徴でもある土壌間隙が小さく、かつ断面の変化に富むことにより生ずるインクピン効果¹⁸⁾（図3-8）、水が間隙を前進するときと後退するときの接触角の相違、吸水過程における空気の封入等であるとされている。

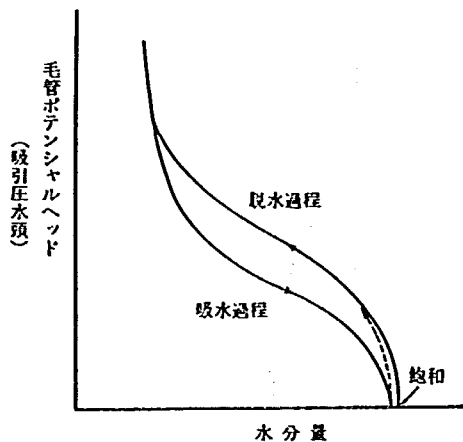


図3-7 毛管水頭と水分量の関係¹⁷⁾

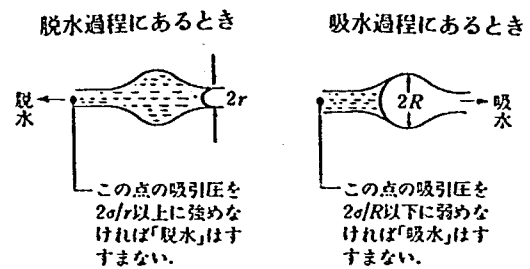


図3-8 インクビン効果の概念図¹⁸⁾

3-2 土壌の特性と浸透能

土壌の浸透のしやすさを端的に示す指標は透水係数である。土の透水係数は、種々の要因が複合的に作用し複雑であるが、前節(3・7)式に示したように、砂の透水係数は空隙率と有効径 d_e に大きく影響される。ここでは、浸透対象土壌の分類を行い、その分類ごとの透水性について記述し、浸透型流出抑制工法の浸透対象地盤としてどのようなものがあげられるか考察してみよう。

(1) 関東ローム層

関東ローム層とは、関東地方に分布して(図3-9)¹⁹⁾、ロームの粒度組成(砂、シルト、粘土がほぼ同量ずつ混り合っている土壌)に近い火山灰起源の地層群の総称²⁰⁾である。

この関東ローム層が堆積しているのは、段丘面上であり、この段丘面は大きく分けて4つの面に区分され²¹⁾(図3-10)、低位のものから立川段丘、武蔵野段丘、下末吉段丘、多摩段丘と呼ばれている。また、この段丘面の名称に基づいて、新しいものから立川、武蔵野、下末吉、多摩ロームの4層に分けられている。更に立川と武蔵野を新期ローム層、下末吉と多摩を古期ローム層と大別する場合もある。各段丘に堆積した各ローム層は、火山が噴火した時代及び火山別にその物理的性質が異なることが知られている。まず、新期ローム層を形成した火山は、主に古富士山及び箱根山に由来しており、堆積後の風化作用による経過時間が短いため、鉱物組成の粘土化があまり進んでいないのが特徴である。新期ローム層下に存在する古期ローム層を形成しているものは、下末吉ローム層は主として箱根火山、多摩ローム層は富士山・箱根山と八ヶ岳方面の火山群からの火山灰の堆積物であり、堆積後の風化作用による経過時間が長いため、古いローム層ほど鉱物組成の無色鉱物に含まれる火山ガラス等の粘土化が進行している。²²⁾ また、火山灰が風化作用により土壌化したものに黒ボク土(土壌学による分類)がある。この黒ボク土は、新生代の第4期時代に属する沖積世代に、火山が噴火して堆積した薄い火山灰が、次の噴火による降灰までに十分の年月があったことと、沖積世に入って気候が温暖になり、地表の植生が繁茂して腐植の集積が進んだ結果、形成されたものである。この黒ボク土は、風化作用がかなり進んでいて活性アルミナを多く含み、その下の土は黒ボク土から溶脱されたものが集積して黄色を呈することが特徴の一つである。²³⁾

次に、関東ローム層の飽和透水係数に大きな影響を及ぼす間隙率をみると、一般に表土^{注1)}及び心土^{注2)}とも80%程度である。腐植土を含まない心土の間隙率が非常に高いのは、主に結晶構造の規則性が乱れた準結晶と呼ぶべき粘土鉱物の一種であるアロフェンが、多量の非自由水（PF4.2以上のエネルギー状態の水分）をもち、膨潤していること、円形及び楕円型の断面をもつ粗間隙が多いことによるものと考えられている。²⁴⁾

関東ローム層の表土（黒ボク土の部分）では、土壤は団粒状構造で間隙は団粒間の大きい間隙と、団粒内の微細間隙とから成っている。飽和時の水の浸透は、ほとんど団粒間の間隙、すなわち間隙の太さの変化が比較的少ない水みち（限界間隙）によって行われる。一方、心土では、土壤はカベ状構造で非自由水により膨潤した粒子で構成されたカベの中に、太さの著しく変化する管状通路の太いもの（限界間隙）が表土の場合のように主になるのではなく、限界間隙以外の水みちによって浸透するものがほとんどである。²⁵⁾さらに、関東ローム層の表土と心土の間には堅果状構造になる土壤もある。これは関東ローム層の心土が、農地開発及び宅地開発等により地表面に表われて、空気にさらされて乾燥すると、クラック状の亀裂が入り、心土の特徴であったカベ状構造が破壊され堅果状構造となり、ついには団粒状構造に変化してゆくことによると考えられる。この土壤構造の変化には、非自由水の乾燥による非可逆的減少が大きな役割をはたしていると言われている。なお、関東ローム層における飽和透水係数は、表土及び心土とも 10^{-2} cm/sec から 10^{-3} cm/sec の値を持ち、透水性が良いのが特徴である。また、関東ローム層における透水係数を室内透水試験により求める場合、不攪乱試料を用いて行うことが望ましい。関東ローム層は、一度攪乱されると関東ローム層の持つ物理的性質が急激に変化することにより、不攪乱状態と攪乱状態によって求めた透水係数の値が大きく異なるからである。

② 砂層及び礫層

砂及び礫の透水係数は、(3・7)式よりその有効径 d_e の2乗に比例する。堆積物の粒度構成が均一な場合には、その構成材料の平均粒径 d_m の2乗に比例すると思われるが、一般に堆積物の粒度構成は均一性が悪く d_m^2 に比例しない。Hazenによれば d_e として粒度加積曲線の10%に相当する径 d_{10} を有効径とすることが良いとして、

$$K = C (0.7 + 0.03 t) d_{10}^2$$

としている。²⁶⁾ここに t は水温(°C)、 C は50～150の値を持つ。これは、土壤の空隙率を支配しているのは、 d_m より d_{10} であるとした方が良いことを示している。一般に言われている粒度と透水係数の関係は、表3-4に示すとおりである²⁷⁾

表3-4 粒径による透水係数の概略値²⁷⁾

	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^{-4}	4.5×10^{-4}	3.5×10^{-4}	0.015	0.085	0.35	3.0

注1) 表土とは、土壤の構造が団粒状である腐植土をいう(A層)。

注2) 心土とは、表土以外の下層をいう(土壤の構造が堅果状及びカベ状である表土をいう。B、C層)。

③ 造成地盤

自然地盤であった場所を宅地開発等によって、盛土や切土を行い新たな地盤を造ると、その地盤における土壌の透水性は、自然状態にあった時の透水性と異って特に盛土の場合は大きく低下することが多い。また、土壌の浸透能を見極める指標である地形、土壌、粒径等の基礎資料があってもその地盤における概略の浸透能の把握も困難になる場合が多い。

④ 沖積シルト層

シルトの粒径の範囲は、JIS規格によると $d = 0.01 \sim 0.05 \text{ mm}$ であり、透水係数は $K = 10^{-4} \sim 10^{-5} \text{ cm/sec}$ のオーダーである。

⑤ マサ土²⁸⁾

マサ土とは、花崗岩が風化してその場所に残留している残積土、あるいはこれと同質の崩積土をいう。マサ土の分布地域は主に中国及び近畿地方であり（図3-11）その地域は地形的には平坦で雨量が少なく、花崗岩の風化層があまり侵食されていない場所である。このマサ土の工学的性質は、花崗岩の岩質、風化の度合や粒径によって大きく変化する。その透水性は、土粒子の鉱物組成に含まれる有色鉱物が多くなるほど、土粒子の膨張によって悪くなり、透水の異方性も顕著になる。さらに、風化度の大きいものは粘土鉱物を多く含むので透水性が小さくなる。これ等のマサ土の特性は、土の締固め特性及び強度特性等にも及ぼす影響が大きい。

乱さないマサ土の物理的性質及び透水試験結果の一例を表3-5、3-6²⁹⁾に示す。この結果をみるとマサ土の間隙率は10~30%程度である。乱さないマサ土の飽和透水係数は 10^{-3} cm/sec のオーダーと、かなり透水性の良いことが分る。ただし、前にも述べたようにマサ土の特性は、風化度等に応じてかなり変ることが既往の試験、研究で分っているので、対象とする地域の透水係数を把握するためには、その場において各種の試験を実施することが望まれる。なお、マサ土は水を含むと崩壊し易くなることを付け加えておく。

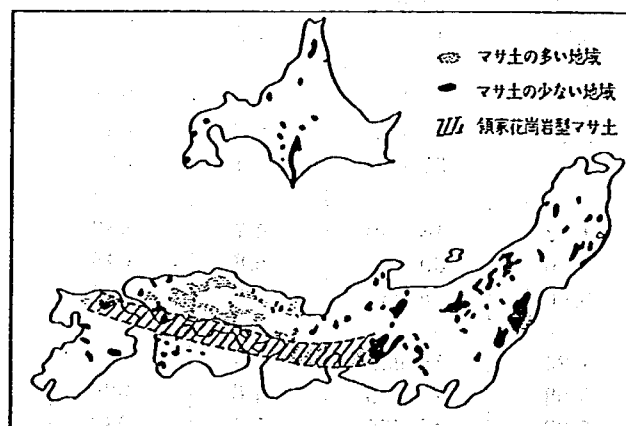


図3-11 日本の花崗岩の分布

(西田一彦：日本の特殊土，p. 89，土質工学会，1974)

表 3-5 乱さない試料の物理的性質試験の一例（比叡山，松尾，西田）

測 点	斜面上部からの距離 (m)	密 度 (g/cm ³)	乾燥密度 (g/cm ³)	土粒子の比重 G _s	自 然 含 水 比 (%)	間 隙 比	間 隙 率 (%)	飽 和 度 (%)
1	2.0	2.013	1.864	2.631	7.98	0.37	27.1	56.4
2	2.6	2.185	2.082	2.654	4.95	0.30	23.0	43.8
大 ↑	3	2.350	2.339	2.665	0.45	0.16	13.5	7.7
風	4	2.224	2.108	2.655	5.51	0.26	20.6	56.2
化	5	2.317	2.303	2.654	0.62	0.14	12.4	11.5
度 ↓	6	2.226	2.143	2.666	3.87	0.24	19.5	42.6
小	7	2.278	2.221	2.654	2.56	0.19	16.2	35.2
	8	2.292	2.225	2.671	3.02	0.20	16.6	40.6
	9	2.319	2.273	2.675	2.04	0.18	15.0	31.0
	10	2.348	2.300	2.657	2.07	0.15	13.3	36.2
	11	2.321	2.253	2.681	3.04	0.19	15.9	43.1

表 3-6 乱さない試料の透水試験の一例（大型三軸試験機を用いた，庄野・佐々木・藤原）

試料名		乾燥密度 γ_d g / cm ³	側 圧 σ_3 kg / cm ²	主応力差 ($\sigma_1 - \sigma_3$) f kg / cm ²	ヒズミ ϵ_f %	変形係数 E kg / cm ²	透 水 係 数 k cm / sec	強度定数 C, ϕ
明 神 マ サ	1	1.605	0.97	4.962	15.0	39	1.45×10^{-3}	C = 0.10 $\phi = 45^\circ 00'$
		1.626	2.93	14.658	15.0	93	6.98×10^{-4}	
		1.667	5.00	24.175	14.7	169	1.37×10^{-4}	
	2	1.764	1.12	9.467	11.8	81	—	C = 0.37 $\phi = 49^\circ 39'$
		1.757	3.00	20.542	13.5	179	—	
		1.767	5.13	34.873	12.0	322	—	
	3	1.839	1.05	7.519	9.0	102	1.80×10^{-3}	C = 0.05 $\phi = 50^\circ 30'$
		1.800	3.10	20.704	12.6	152	2.09×10^{-3}	
		1.804	5.00	31.547	9.8	326	1.83×10^{-3}	
	4	1.887	1.15	13.856	3.5	1,004	1.48×10^{-3}	C = 0.75 $\phi = 53^\circ 30'$
		1.946	3.20	29.991	5.0	882	1.31×10^{-3}	
		1.940	5.00	40.323	4.2	1,551	1.91×10^{-3}	
南 原 マ サ	1	1.849	1.03	7.580	4.1	271	—	C = 0.20 $\phi = 51^\circ 15'$
		1.878	2.85	20.970	5.2	456	—	
		1.905	5.28	37.030	7.1	661	—	
	2	2.002	1.32	18.080	4.7	452	—	C = 1.62 $\phi = 51^\circ 00'$
		2.044	3.20	30.930	5.8	645	—	
		1.969	5.50	45.030	7.6	703	—	
	3	1.999	1.24	15.930	4.4	568	—	C = 1.07 $\phi = 51^\circ 10'$
		2.033	3.08	26.398	4.6	825	—	
		2.032	5.32	43.550	5.4	1,037	—	
	4	2.034	1.10	16.641	3.9	562	1.46×10^{-3}	C = 1.44 $\phi = 50^\circ 59'$
		2.062	3.10	28.291	5.6	655	1.33×10^{-4}	
		2.042	5.30	44.900	5.2	935	1.82×10^{-3}	

広島市可部町 明神ダム，南原ダム地点（太田川水系）

⑥ シラス^{30), 31), 32), 33), 34)}

シラスとは、第四紀における火山噴出物の陸上及び水中における堆積物をいう。シラスの分布地域は図3-12に示すように鹿児島県、宮崎県であるが熊本県の一部にも堆積している。また、シラスと同じ鉱物組成を有する地域は、十和田湖、屈斜路湖、十勝岳支笏湖及び洞爺湖など全国各地の火山周辺に存在することが明らかにされている。シラスは一般に灰白色を呈するが、分布の場所によっては灰黒色、黄褐色または淡紅色を呈している。なお、粒径組成は礫からシルト、粘土までと範囲が広いことが特徴である。

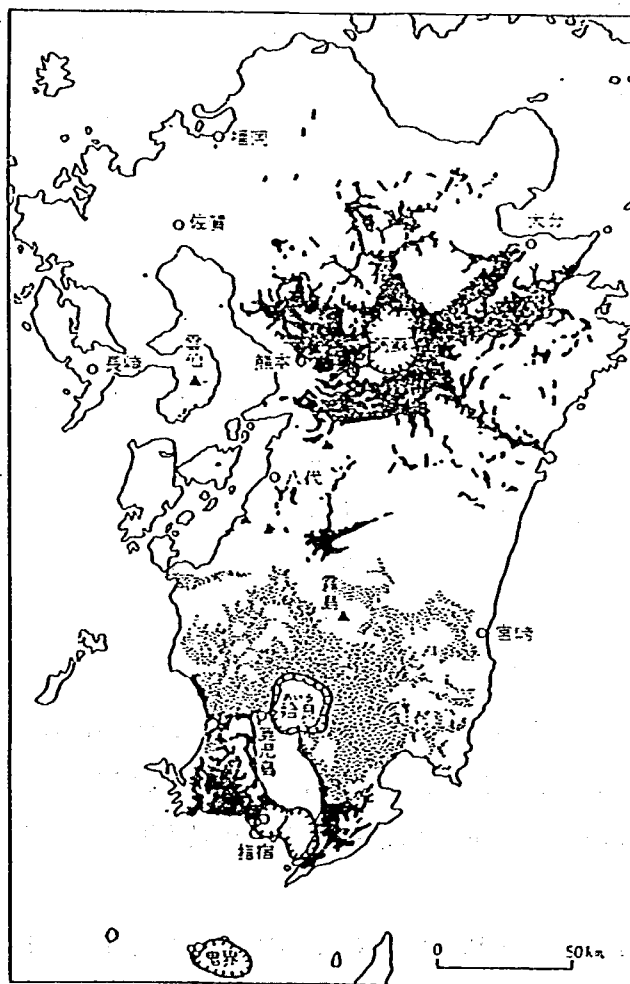
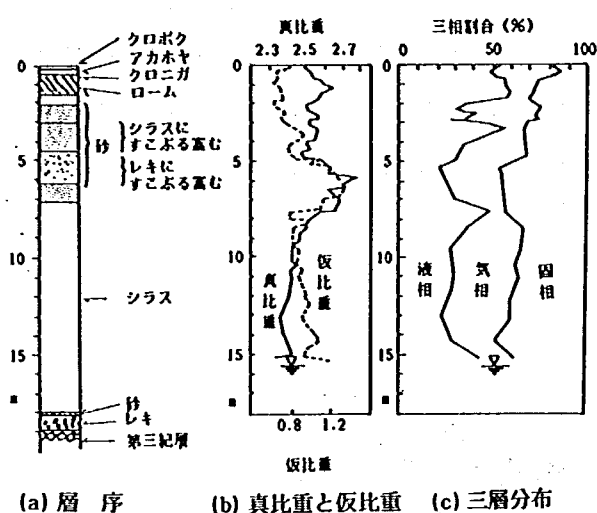


図3-12 九州の火山碎屑流堆積物とカルデラ（松本唯一による）

次にシラスの一般的な物理的特性について記す。シラスを構成する因子は、軽石流堆積物、軽石流、降下軽石の二次堆積物及び軽石礫・火山ガラスを多量に含む凝灰質砂層・砂礫層である。ただし、軽石流堆積物の強く溶結した部分の溶結凝灰岩は除く。その鉱物組成は、火山ガラスが非常に多く、ついで斜長石、紫蘇輝石及び普通輝石であり、粘土鉱物をも含んでいる。

宮崎県東諸県郡塚原シラス台地のシラスの物理特性の一例を文献³⁵⁾によって示す(図3-13)。この図より、シラスの真比重は2.40前後と関東ローム層の2.80前後に比べて小さい。三層分布図によるとシラスの間隙率は60%前後と大きく、保水能力がかなりあることを示している。また、飽和透水係数は図3-

14のように $10^{-3} \sim 10^{-4}$ cm/sec のオーダーと関東ローム層には劣るものの、透水性は意外に良いことが分かる。



(a) 層 序 (b) 真比重と仮比重 (c) 三層分布

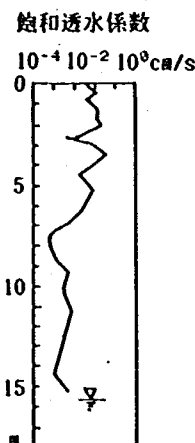


図3-14 深度毎の飽和透水係数³⁵⁾

以上よりシラスの透水性は、不飽和状態ではサクションが 50~200cm の領域では逆に火山灰土壌より良くなり、それ以上の領域では再び悪くなるような相互関係にある。

このように、シラスの保水性及び透水性はかなり期待できる。しかし、シラスは極端な侵食性と地震による土砂の崩壊という避けては通れぬ防災上の問題があることを念頭に置いておかなければならない。

⑦ 自然堤防堆積物

自然堤防堆積物は、河岸近くは中砂から成る堆積層が有る場合もあるが、一般には細砂含みのシルトから成ることが多く、粘土分は5%程度含んでいることが多い。透水性は、高いものとは言えず $10^{-4} \sim 10^{-5} \text{ cm/sec}$ の透水係数を持っていることが多いが、中砂から成る層では 10^{-3} cm/sec 程度の透水性を持つ場合もある。一般には浸透型流出抑制施設(拡水法)の設置場所としては適していないことが多い。

〔8〕 後背湿地堆積物

後背湿地堆積物は、一般にシルトと粘土から成り、透水性は悪く $10^{-5} \sim 10^{-6} \text{ cm/sec}$ の透水性を持つ。従って、浸透型流出抑制施設（拡水法）を設置する場所としては、適しているとは言い難い。

以上、土壌の特性と透水性の関係について記述してきたが、次に地形と透水性の関係について簡単に触れておこう。地形は、浸透能に影響を及ぼす表層土壌の状態及び地下水位の状態を表わしていることが多い。この理由は、

- ① 地形は、地表面の形態・規模・水陸の配置・傾斜などを示しており、地表の形態そのものが水文、水循環に大きな意味を持つ。
- ② 地表は、構成岩石の性質や地質構造に著しく規制されている。このことは、地形から逆に地質構造をある程度読みとれることを示している。
- ③ また、現在の地形は地質構造、構成する岩層など地質学的素地に侵食や堆積といった諸作用が、

表3-7 地形区分と浸透能による評価

地形区分 (土地条件図より)		(地形・地質評価) 浸透能力評価				(地形・地下水評価) 地下水位評価			トレンチ1m当り 概略浸透量 単位 l/hr・m
		大	中	小	難	1	2	U(不通)	
		$K \geq 10^{-2}$ Cm/S				深 い 中 程 度 (K2~ 2m)	浅 い (1~2m)	地表付近 (1m>)	
		未 固 結							
		礫>砂 砂>シルト シルト>泥 泥							
		固 結							
		礫岩, 砂岩, 石灰岩, 玄武岩		その他の 固結岩					
I 丘陵地		現況平坦化地及び今後の平坦化に対して 評価する。				(評価対象外)			
II 台地・段丘	I 1 高位・上位段丘	地質区分図により分類				(評価対象外)			関東ローム 150~700
		地質区分図による							
		厚いローム分布域							
		地質区分図による							
		厚いローム分布域							
II 2 中位・下位段丘	地質区分図による				(評価対象外)			ロームの場合同上 二次堆積物不適	
	厚いローム分布域								
	地質区分図による								
	厚いローム分布域								
	地質区分図による								
II 3 低位段丘	厚いローム分布域				(評価対象外)			可能性大	
	地質区分図による								
	厚いローム分布域								
	地質区分図による								
	厚いローム分布域								
II 4 台地・段丘上の 浅い谷	地質区分図による				(評価対象外)			300~1500 ただし砂利	
	厚いローム分布域								
	地質区分図による								
	厚いローム分布域								
	地質区分図による								
III 微高地	III 1 麓 扇 面	地質区分図による				(評価対象外)			300~500
		厚いローム分布域							
		地質区分図による							
		厚いローム分布域							
		地質区分図による							
		厚いローム分布域							
		地質区分図による							
III 2 扇 状 地	厚いローム分布域				(評価対象外)			20~100 不適	
	地質区分図による								
	厚いローム分布域								
	地質区分図による								
	厚いローム分布域								
	地質区分図による								
	厚いローム分布域								
III 3 緩 扇 状 地	厚いローム分布域				(評価対象外)			不適	
	地質区分図による								
	厚いローム分布域								
	地質区分図による								
	厚いローム分布域								
	地質区分図による								
	厚いローム分布域								
III 4 自 然 堤 防	厚いローム分布域				(評価対象外)			不適	
	地質区分図による								
	厚いローム分布域								
	地質区分図による								
	厚いローム分布域								
	地質区分図による								
	厚いローム分布域								
III 5 砂 丘	厚いローム分布域				(評価対象外)			不適	
	地質区分図による								
	厚いローム分布域								
	地質区分図による								
	厚いローム分布域								
	地質区分図による								
	厚いローム分布域								
III 6 砂 砂 (礫) 州	厚いローム分布域				(評価対象外)			不適	
	地質区分図による								
	厚いローム分布域								
	地質区分図による								
	厚いローム分布域								
	地質区分図による								
	厚いローム分布域								
III 7 微高地上の 浅い谷	厚いローム分布域				(評価対象外)			不適	
	地質区分図による								
	厚いローム分布域								
	地質区分図による								
	厚いローム分布域								
	地質区分図による								
	厚いローム分布域								
IV 低地	IV 1 谷 底 平 野	厚いローム分布域				(評価対象外)			不適
		地質区分図による							
		厚いローム分布域							
		地質区分図による							
		厚いローム分布域							
		地質区分図による							
		厚いローム分布域							
IV 2 海岸平野 三角州	厚いローム分布域				(評価対象外)			不適	
	地質区分図による								
	厚いローム分布域								
	地質区分図による								
	厚いローム分布域								
	地質区分図による								
	厚いローム分布域								
IV 3 後 背 低 地	厚いローム分布域				(評価対象外)			不適	
	地質区分図による								
	厚いローム分布域								
	地質区分図による								
	厚いローム分布域								
	地質区分図による								
	厚いローム分布域								
IV 4~5 旧 河 道	厚いローム分布域				(評価対象外)			不適	
	地質区分図による								
	厚いローム分布域								
	地質区分図による								
	厚いローム分布域								
	地質区分図による								
	厚いローム分布域								
V 人口改変	V 1 平 坦 化 地	厚いローム分布域				(評価対象外)			不適
		地質区分図による							
		厚いローム分布域							
		地質区分図による							
		厚いローム分布域							
		地質区分図による							
		厚いローム分布域							
V 2 盛 土	厚いローム分布域				(評価対象外)			不適	
	地質区分図による								
	厚いローム分布域								
	地質区分図による								
	厚いローム分布域								
	地質区分図による								
	厚いローム分布域								
V 3 干 拓 地	厚いローム分布域				(評価対象外)			不適	
	地質区分図による								
	厚いローム分布域								
	地質区分図による								
	厚いローム分布域								
	地質区分図による								
	厚いローム分布域								

さまざまな形をとって働き、岩石が動かされた結果である。働いた営力の違いによって、形成された地形も違う。従って、地形は地質構造だけでなく、そこに働いた営力も反映している。

④ しかも、地形変化は長時間にわたって間断なく続いているので、地形の高低や開折度合、構成地形のその後の部分的な侵食の具合などに、営力が働いた時間(絶対時間)や新旧(相対時間)が示されている。

このように地形は、①地表面の形態だけでなく、②地質(岩質・地質構造)、③そこに働いた営力や起った現象、④地史なども反映している。表3-7に、地形から読み取れる範囲での概略の浸透能の評価を示す。

参 考 文 献

- 1) 八幡敏雄：土壤の物理，東京大学出版会，1975 p.73.
- 2) 椿東一郎：水理学Ⅱ，森北出版株式会社，1974 p.p.244～245.
- 3) 同上：同上
- 4) 1) に同じ：p.p. 75～77.
- 5) 榎根勇：水文学，大明堂発行，1980. p. 139.
- 6) Richard, L. A. (1931) : Capillary conduction of liquids through porous mediums. Physics, 1 p.p. 318～333.
- 7) 1) に同じ：p. 68.
- 8) Masashi Nakano and Kenichi Ichii "Measurement and Prediction of Hydraulic Conductivity in Unsaturated Porous Medium" Trans. JSIDRE Jun. 1977.
- 9) Gardner, W. R.: Some steady-state solutions of the unsaturated moisture flow equation with application to evaporation from a water table. Soil Sci. 85, p.p. 228～233.
- 10) Bouwer, H. : Groundwater Hydrology, Mc Graw Hill, 1978.
- 11) Campbell, G. S. " A Simple Method for Determining Unsaturated Conductivity from Moisture Retention Data" Soil Sci. 117p.p. 311～314 (1974)
- 12) Childs, E. C. and N. Collis-George " The Permeability of Porous Materials Proc" Roy. Soc. London, A, 201, 392～405, 1950.
- 13) Jackson, R. D. " On the Calculation of Hydraulic Conductivity" Soil. Sci. Soc. Am. Proc. 36, 380～382, 1972.
- 14) Eagleson, P. S. "Climate, Soil, and Vegetation. 3 A Simplified Method of Soil Moisture Movement in the Liquid Phase" Water Resources Research Vol. 14, No. 5 Oct. 1978.
- 15) Brooks, R. H. and Corey, A. T.: Properties of Porous Media Affecting Fluid Flow, Proc. A. S. C. E., Journal of the Irrigation and Drainage Division, Vol. 92, No. 1R2, June 1966, p.p. 61～88.

- 16) 1) に同じ： p.55, 60.
- 17) 同 上 : p.65
- 18) 同 上 : p.p. 65～66.
- 19) 土木学会編：日本の土木地理，森北出版株式会社， p. 96, 1974.
- 20) 羽鳥謙三：関東ロームの起源と構成，土と基礎， 25 - 1.
- 21) 関東ローム研究グループ：関東ローム，— その起源と性状 —，築地書館， p. 39, 1965.
- 22) 同 上 : p.p. 194～196, p.p. 215～216, p.p. 220～234.
- 23) 土質工学会土のはなし編集グループ編：土のはなしⅢ，技報堂出版株式会社, p.p. 23 ～ 27.
- 24) 山崎不二夫，八幡敏雄，須藤清次：関東ロームの物理的性質，— とくにその水分をめぐって—，
農業土木研究別冊第7号
- 25) 24) に同じ。
- 26) 土木学会編：水理公式集， p.366.
- 27) 同 上, p.365.
- 28) 西口一彦：日本の特殊土，土質工学会, p.p.86 ～ 140, 1974.
- 29) 庄野久人，佐々木清，藤原茂範：乱さない風化花こう岩試料の特性について，土と基礎
Vol. 23, No. 2, p.p.19 ～ 24, 1975.
- 30) Taneda, S., Miyachi, S. and Nishihara, M.: Geological and Petrological Studies of
the Shirasu in south Kyushu, Japan, Part III, Mem. Fac. Sci. Kyushu Univ. Ser. D.
Geology, Vol. VI, No. 2, p.p.107 ～ 127, 1957.
- 31) 大庭昇・露木利貞・海老原紘子：シラスの鉱物組成，化学組成及び成因について(1)，岩石鉱物鉱
床学会誌 Vol. 58, No. 3, p.p.81 ～ 97, 1967.
- 32) 山内豊聡・松田滋：シラスに含まれる粘土分について，土木学会第27回年次学術講演会講演集3，
p.p.573 ～ 574, 1972.
- 33) 宮内信文・仰木信一郎・春山元寿：各地のシラス層中に見出される粘土鉱物について，鹿児島大
学農学部学術報告，No. 22, p.p.123 ～ 130, 1972.
- 34) 宮内信文・春山元寿：シラス斜面崩壊地における地盤の化学性，第13回土質工学研究発表会講演
集， p.p.129 ～ 132, 1978.
- 35) 中野政詩他：宮崎県東諸県郡塚原シラス台地の水文地質構造，— シラス地帯における土の特性と
水の動態 (Ⅱ)，農業土木学会論文集第93号， p. 9.

第4章 現地地盤での浸透特性の把握とその結果

本章においては、土木研究所で行った浸透型流出抑制施設の現地実験、また茨城県等の行った現地実験を通して、浸透型流出抑制施設の浸透特性等について記述する。

4-1 実験目的と調査地区

ここでは、本章で主に分析・解析の対象とした調査地区と、現地実験の実験目的について記す。

(1) 土木研究所構内水文観測場

現地に実物大の浸透型流出抑制施設と現地地盤の浸透能調査のための土研式円筒型浸透計を設置して、浸透特性把握のための実験を行った。

この実験の目的は、次のとおりである。

(1) 関東ローム層における浸透型流出抑制施設の浸透量の把握

(2) 浸透型流出抑制施設の浸透量に及ぼす影響因子の把握と、それが浸透量に及ぼす影響量の把握

(2) 東久留米市立第九小学校

東京都東久留米市の市立第九小学校校庭の一角に、ローム層を対象とした浸透型流出抑制施設の浸透能力把握のための、トレンチ型及び円筒型施設を設置し、人工注水によって湛水深の変化に伴う浸透量を測定することにより、両施設の浸透能力を把握したものである。

(3) 筑波工業団地開発予定地

谷田部地区の国際科学技術博覧会会場内に浸透型流出抑制施設を設置するために、トレンチ型及び円筒型施設を設置し、その地盤の浸透能を把握したものである。また筑波・大穂地区においても同様の実験を行い、当地区の浸透能を把握した。

なお、本調査の担当部局は、茨城県企画部である。

4-2 実験対象地区の土壌・地質特性

本節においては、前述した調査対象地区の土壌・地質特性について記述する。

(1) 土木研究所構内水文観測場 (図4-1)

土木研究所構内の水文観測場の表層土壌は、筑波台地上にのっている関東ロームである。この関東ローム層の厚さは約4 mであり、その下に約4 mの乳白色の常総粘土層がある。これ等は成田層（およそ30 m厚）の上に堆積している（図4-2）。この地区における表層地盤の土質の概要を図4-3及び表4-1¹⁾に示す。図4-3から、土質の状況は表土である地表面から20 cm付近までの層が腐植土、20～160 cm付近の層が比較的締った暗褐色の土、それ以深3 mまで軟らかい茶褐色の土から構成されていることが分る。

当実験場の地下水位は、地表面下2 m付近にあり、降雨によって変動する。ここで言う地下水位とは、自由水を意味しており、これは不飽和帯によって下位の地下水帯と分離された不圧地下水である。

深度毎の関東ローム層の含水比の違いを見たのが図4-4である。この図より、関東ローム層の含水

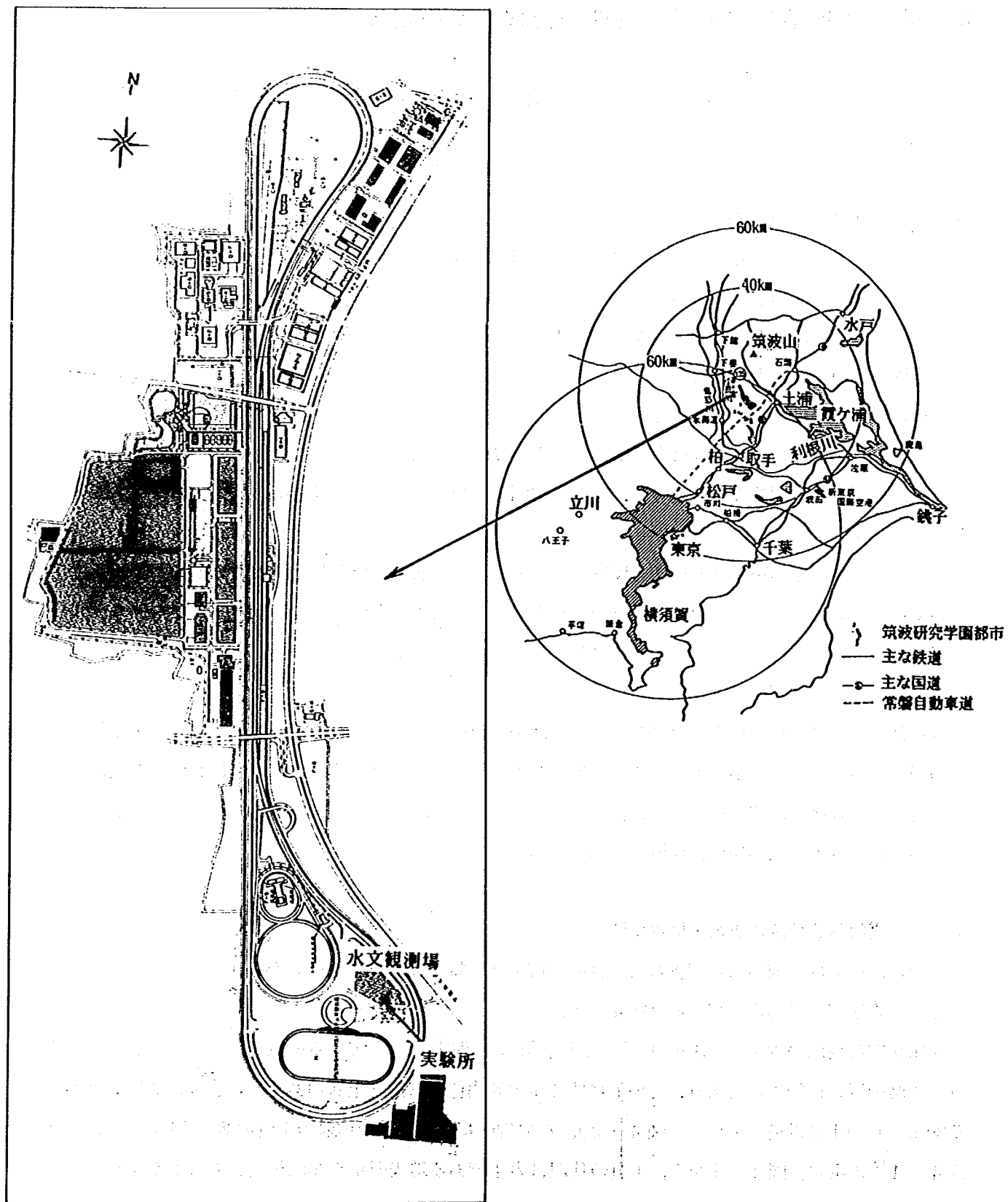


図4-1 土木研究所配置図

調査地点 百葉箱内

調査年月日 昭和53年9月11日～9月24日

標尺 m	標高 m	深度 m	層高 m	柱状 図	色調	地質名	観察	
1	26.42	1.00	1.00		茶褐色	表土	草根を混入する ホーム質の表土	
2					沃茶褐色	関東 ローム層	関東ローム に相当する 粘性土	関東ローム層
3								
4								
5	22.42	5.00	4.00					
6								
7					乳白色	凝灰質粘土	上位は粘性 の強い凝灰 質の粘性土 浮石を若干 混入する	常総粘土
8								
9	18.22	9.20	4.20					
10					青灰色	細砂	浮石の小礫 (0.2m/m) を混入する	
11								
12								
13	14.42	13.00	3.80					成田層
14					青灰色	粗砂	小礫を若干 混入する粗 粒砂を主体 とする	
15	11.62	15.80	2.80		青灰色	粗砂 砂礫		
16								
17	10.22	17.20	1.20		青灰色	粗砂	含水量多く、 均質な粗粒砂	
18	9.42	18.00	0.80		青灰色	砂礫	φ2~0.4mmの小 礫多く混入	
19	8.42	19.00	1.00		青灰色	細砂	含水量大	
20								
21					暗青灰色	粗砂	含水量大 全体に均質 貝殻片多く 混入	
22	4.62	22.80	3.80					
23					青灰色	シルト	細粒砂若干 挟在する	
24	2.97	24.45	1.55					
25								
26								
27								
28								

図4-2 水文観測場の土質柱状図

調査場所	建設省土木研究所水文観測場内
調査方法	ハンドオーガーボーリング

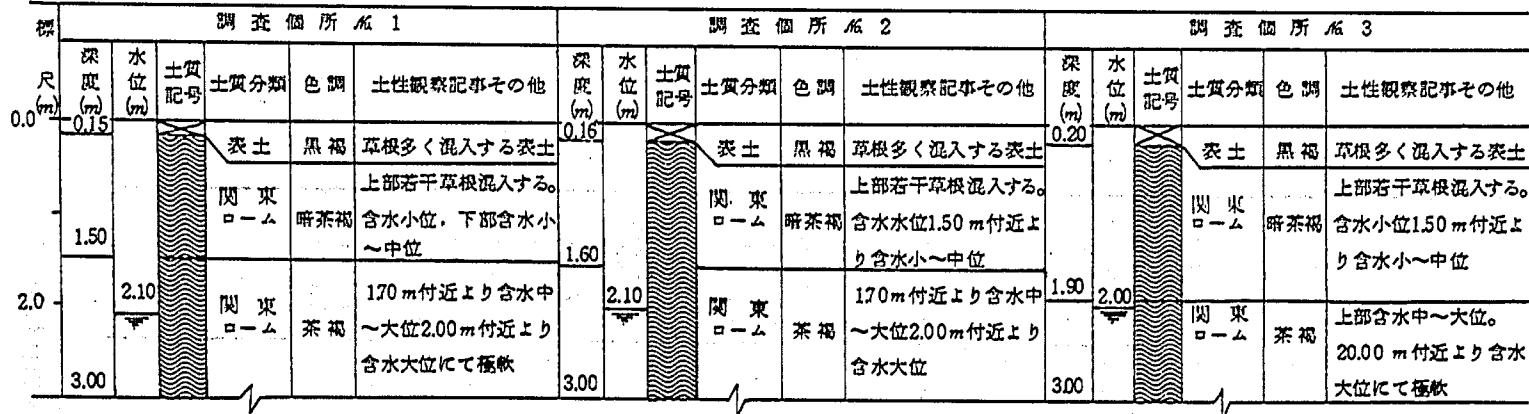


図 4 - 3 土質柱状図

	No. 1	No. 2	No. 3
レキ分 (%)	2	2	0
砂分 (%)	42	37	27
シルト分 (%)	51	49	43
粘土分 (%)	5	12	30
最大粒径 (mm)	4.76	4.76	2.0
三角座標分類	シル質0-1	関東0-1	シル質0-1
比重	2.49	2.491	2.598
含水比 (%)	*122.9	111.7	104.1
間隙比	* 2.456	1.732	1.704
透水係数 k_{15} (変水位, cm/s)	8.31×10^{-5}	2.88×10^{-5}	3.04×10^{-5}

注) * : 自然状態

表 4 - 1 土質調査表 (土研, 深さ 0 ~ 1.0 m)

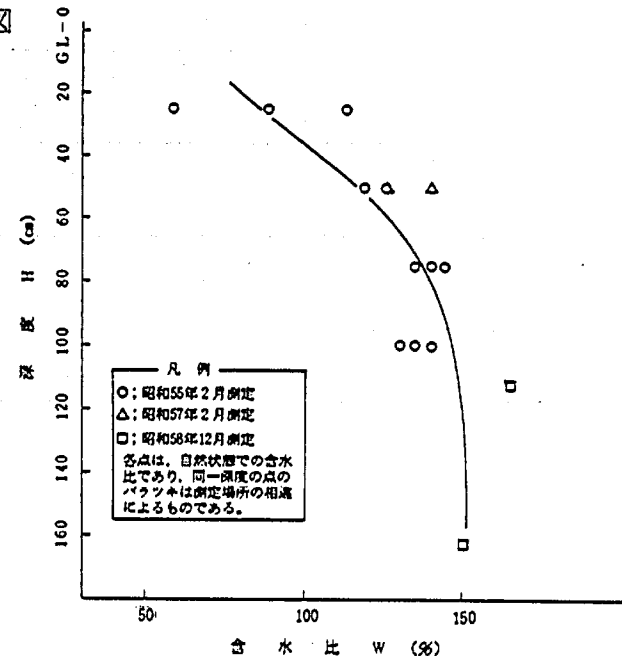


図 4 - 4 関東ローム層の深度毎の含水比の変化

比は地表面からの深さと共に増大していくが、深さ80～100 cmを境に含水比の値はほとんど変化せず一定した値であることが分る。これは、3章2節の関東ローム層の物理的性質で述べたように、関東ローム層の間隙率は、表土及び心土とも80%程度で土壌の水分保存容量にはほとんど差がないことから、深度80cm付近まで蒸発散による影響（ゼロフラックス面の形成、4章の4節の5参照）を受けて含水比が変化しているものと思われる。

土壌の透水係数は、実験場の不攪乱試料を採取し、室内透水試験（変水位、定水位）を行って調べた。現場の不攪乱試料は、後出図4-12（p. 49）の斜線で示す位置でブロックサンプリングにより、深度G. L. - 1.0, - 1.5 mの地点で2～3個ずつ採取した。試験内容は、鉛直及び水平方向の透水試験、含水量、土粒子の比重、粒度、密度試験である。室内透水試験は、図4-5に示す三軸圧縮試験装置を用いて行った。試験のフローチャートを図4-6に、試験結果を表4-2に示す。

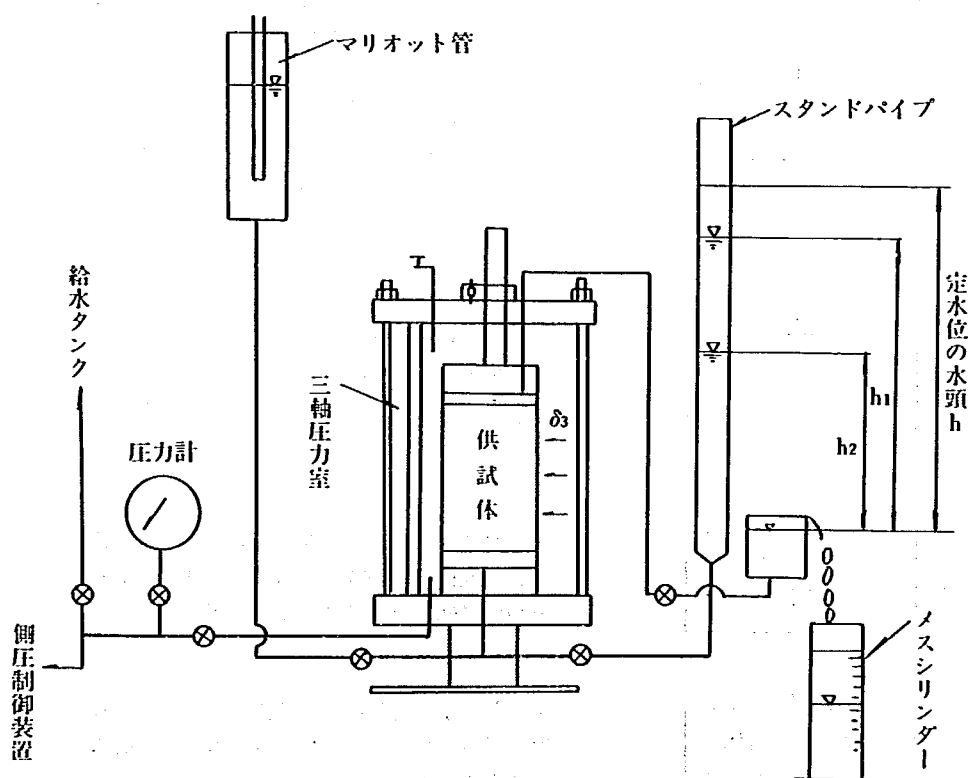


図4-5 三軸圧力室を用いた透水試験装置

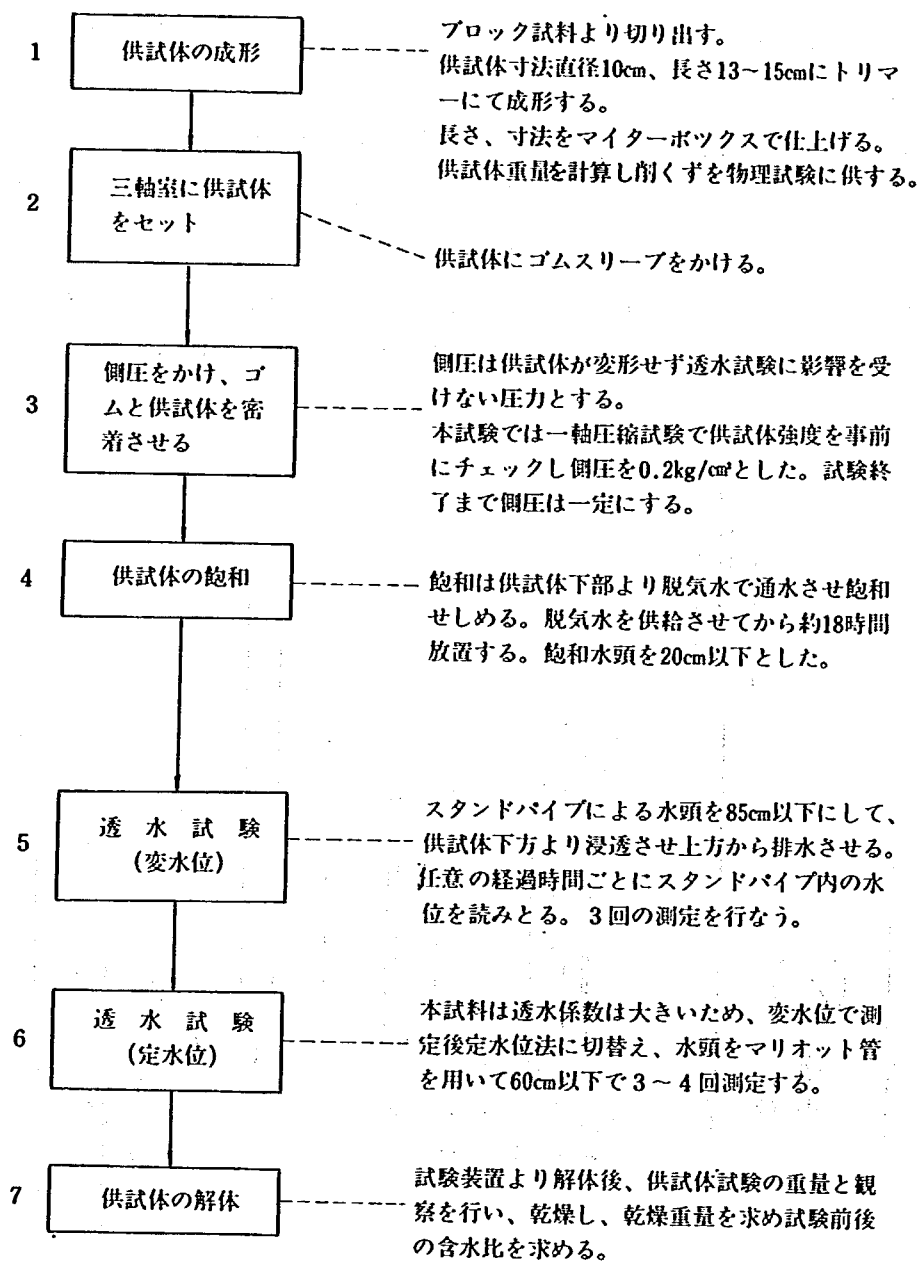


図4-6 透水試験のフローチャート

表 4-2 土質試験結果

項 目		深 度 方 向		1.00 m ~ 1.25 m		1.50 m ~ 1.75 m	
				鉛直方向	水平方向	鉛直方向	水平方向
粒 度 分 布	※ 礫 分 (%)			0	0	0	0
	砂 分 (%)			20	12	20	18
	シルト分 (%)			41	43	52	46
	粘土 分 (%)			39	45	28	36
土粒子の比重 G_s				2.643 2.653	2.683 2.650	2.679 2.678	2.632 2.652
含水比 W (%)				151.1 175.3	149.8 181.2	144.8 158.7	138.4 159.5
湿潤密度 ρ_t (g/cm ³)				1.092 1.197	1.092 1.236	1.224 1.293	1.183 1.288
間ゲキ比 e				5.078 5.103	5.140 5.051	4.358 4.358	4.304 4.343
飽和度 S_r (%)				78.7 91.2	79.2 95.6	89.0 97.5	80.6 97.4
④変水位法で求めた透 水係数 k_{15} (cm/s)				1.03×10^{-2}	4.28×10^{-3}	1.07×10^{-2}	7.56×10^{-3}
⑥定水位法で求めた透 水係数 k_{15} (cm/s)				0.00999 9.67×10^{-3}	0.00435 4.41×10^{-3}	0.0102 9.79×10^{-3}	0.00719 6.81×10^{-3}
鉛直方向に対する水平 方向の比 (⑥/④)				変水位	0.42	変水位	0.71
				定水位	0.42	定水位	0.70

注) * 日本統一土質分類による。

◦ G_s , W , ρ_t , e , S_r について上段は試験前(初期)の値

◦ 下段は試験後(飽和後)の値を提示した。

前記の試験結果を見ると、当所の関東ローム層の比重は平均で 2.66、自然状態の含水比は G.L. - 1.0 m で約 150 % (飽和度 (S_r) = 78 %), G.L. - 1.5 m で約 140 % (S_r = 87 %), 飽和状態の含水比は 160 ~ 180 % の範囲で、 S_r は 92 ~ 97 % であった。また、平均の飽和透水係数は鉛直方向で $K_{15} = 9.8 \times 10^{-3}$ cm/sec, 水平方向で $K_{15} = 6.0 \times 10^{-3}$ cm/sec となった。鉛直方向に対する水平方向の透水係数の比は 1 : 0.6 であった。

試験終了後の試料を破壊してその状態を観察したところ、G.L. - 1.0 m の試料は硬い部分、軟かい部分が多少入り混ってやや不均一な試料であったが、G.L. - 1.5 m の試料は均一試料であった。なお、本関東ローム層を乱して透水試験を行った結果 $K_{15} = 2.88 \sim 8.31 \times 10^{-3}$ cm/sec の値を得た。前述の不攪乱土の飽和透水係数の 10^{-2} オーダーと比較すると、かなり小さな値となっている(表 4-3, 3 章 2 節を参照)。

注) ここでを行った方法は、対象土壌の不攪乱試料で測定された密度と同じ密度となるように乱した試料をモールドにつめて、その透水係数を測定したものである。

表4-3 土質試験結果(土木研究所)

			土質試験結果一覧表（基礎地盤用）					報告用紙			
調査名・調査地点浸透能実験測定リング予備実験（事前調査）			整理担当者 久本 敏之					S. 55. 2			
深 さ m			1 0.00 ~ 1.00	1 1.00 ~ 2.00	1 2.00 ~ 3.00	2 0.00 ~ 1.00	2 1.00 ~ 2.00	2 2.00 ~ 3.00	3 0.00 ~ 1.00	3 1.00 ~ 2.00	3 2.00 ~ 3.00
粒 度 特 性	レキ分 (2000 μ 以上)	%	2	1	1	2	1	2	0	0	2
	砂 分 (74~2000 μ)	%	42	25	32	37	55	35	27	20	34
	シルト分 (5~74 μ)	%	51	36	40	49	40	28	43	27	30
	粘土分 (5 μ 以下)	%	5	38	27	12	4	35	30	53	34
	最大粒径	mm	4.76	4.76	4.76	4.76	4.76	9.52	2.00	2.00	4.76
	均等係数 U_c		1.30	3.3	—	12.3	12.5	—	5.6	—	3.6
	曲率係数 U_c'		0.2	1.1	—	0.5	0.4	—	2.3	—	0.6
	液性限界 W_L	%									
	塑性限界 W_p	%									
	塑性指数 I_p										
分 類	日本統一土質分類		F	F	F	F	(SF)	F	F	F	F
土粒子の比重 G_s			2.490	2.548	2.532	2.491	2.551	2.435	2.598	2.524	2.592
自 然 状 態	含 水 比 W	%	122.9	154.3	168.6	111.7	148.2	117.1	104.1	140.5	128.8
	湿潤単位体積重量 γ_t g/cm ³		(1.444)			(1.360)			(1.330)		
	間 ゲ キ 比 e		2.457	1.954	2.040	1.732	1.729	1.692	1.704	1.571	1.608
力 学 特 性	一試 軸 圧 縮 験	一時圧縮強 q_u kg/cm ²									
		変形係数 E_{50} kg/cm ²									
		鋭 敏 比 S_t									
	一試 面 せん 断 験	※試験の条件									
		粘 着 力 c kg/cm ²									
		せん断抵抗角 ϕ 度									
	三試 軸 圧 縮 験	※試験の条件									
		粘 着 力 c kg/cm ²									
		せん断抵抗角 ϕ 度									
	圧 密 試 験	圧密降伏応力 p_y kg/cm ²									
圧縮指数 C_c											
透水係数 k_{15} (変水位) cm/sec			(8.31 $\times 10^{-5}$)	※ 1.19 $\times 10^{-5}$	※ 3.09 $\times 10^{-5}$	(2.88 $\times 10^{-5}$)	※ 1.05 $\times 10^{-4}$	※ 2.15 $\times 10^{-5}$	(3.04 $\times 10^{-5}$)	※ 2.69 $\times 10^{-5}$	※ 4.09 $\times 10^{-5}$

備考。透水係数 k_{15} 、湿潤単位体積重量 γ_t は、シンウォールチューブ法で採取したサンプルより求めたものであり、()内に示す。

・透水係数 k_{15} の※印は、変状土サンプルを含水調整し作成した供試体条件での値である。

・非圧密非排水試験：UU、圧密非排水試験：CU、圧密排水装置：CD

(間ゲキ水圧を測定した場合は記号の上に-を附す)

〔2〕東久留米市立第九小学校（図4-7）

東久留米市立第九小学校の構内は、図4-8に示すように4～5m厚の関東ローム層の上に1m程度の表土がのり、さらにその上に0.5～1mの盛土層がある。円筒型施設の底面までの地質は、上部から盛土（粘土）約50cm厚、表土（黒ボク；有機質ローム）約90cm厚、関東ローム層約10cm厚である。トレンチ型施設設置場所では、盛土（粘土）約40cm厚、旧耕土（黒ボクと茶褐色ローム混在）70～110cm厚、関東ローム0～40cm厚である。このように今回の実験で主たる対象土層と考えていた関東ローム層は、ほとんど施設底面部にのみ存在することとなり、側面の大半は有機ローム（黒ボク）または旧耕土と思われる黒ボクと関東ロームが混り合った盛土等で構成されている。なお旧耕土は圧密されて、通常の耕土よりやや締った状況にある。

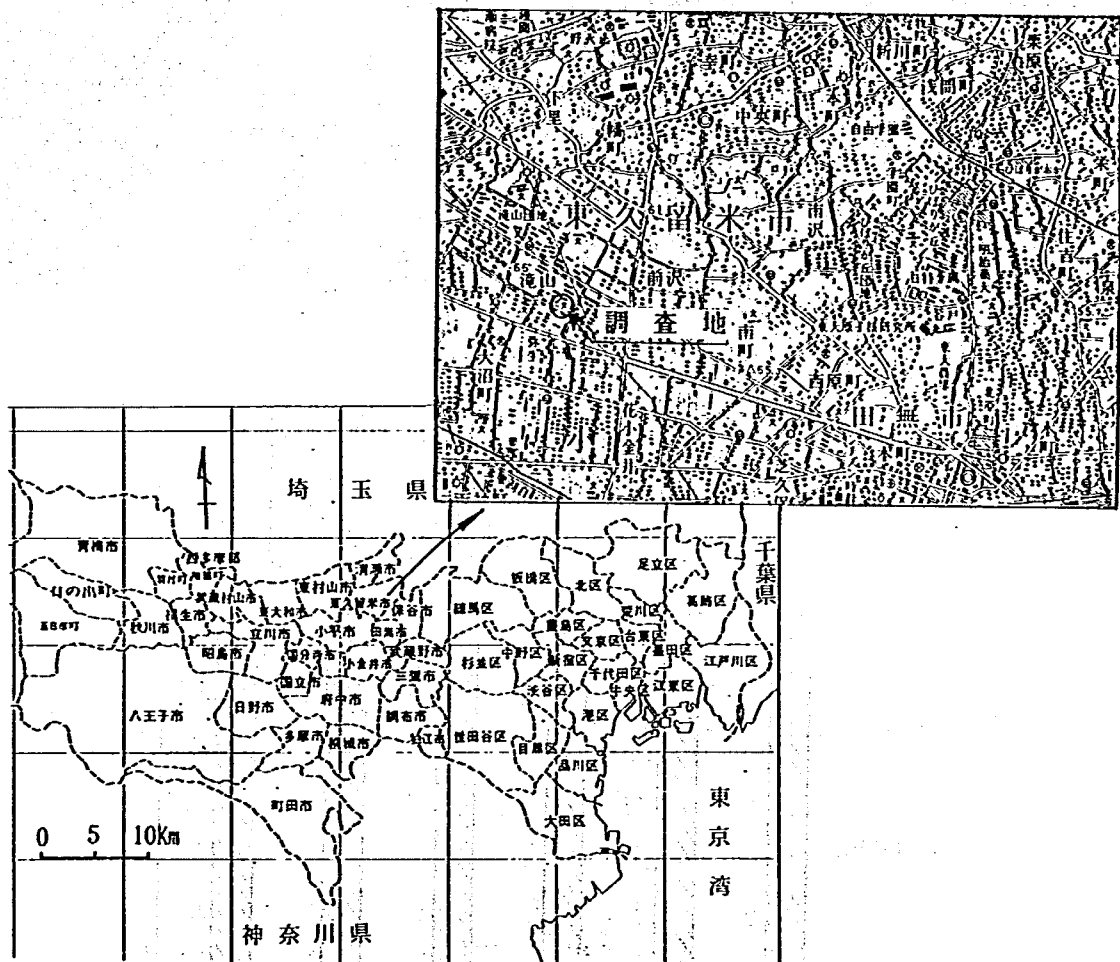


図4-7 東久留米市立第九小学校位置図



既往ボーリング地層断面図

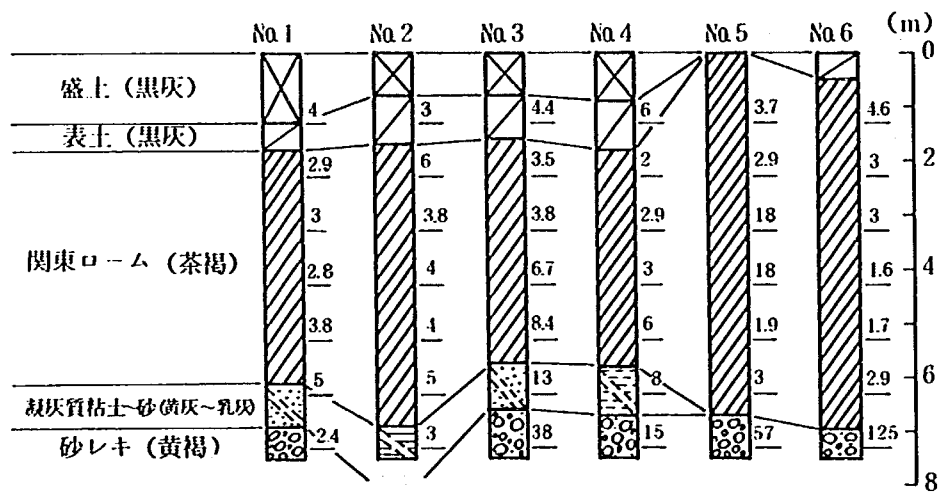
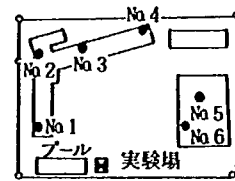


図 4 - 8 施設埋設場所の地層断面写真と周辺土質柱状図

(3) 筑波工業団地開発予定地³⁾

筑波工業団地の開発予定地は、図4-9(1)~(3)に示す筑波研究学園都市内の谷田部地区(西地区)開発面積約102ha及び筑波・大穂地区(北地区)開発面積約130haの2地区である。両地区とも現地実験施設として、表4-4に示す施設を3地点に設けた。

実験地におけるオーガーボーリング調査による各地点の土質柱状図及び土質試験結果を図4-10、表4-5に示す。この図より両開発地区とも土質は、表土、関東ローム層、凝灰質粘土、砂質土の順で構成されており、関東ローム層厚は約3mである。乱した関東ローム層を基に室内透水試験を行った結果、透水係数は表4-5のように両地区とも 10^{-4} ~ 10^{-8} cm/secのオーダーとかなりのバラツキがある。昭和56年7月中旬から9月末までの実験期間中における被圧地下水は5mの観測井で、谷田部地区ではG.L.-2.5~-3.0mの範囲、筑波・大穂地区ではG.L.-1.5~-2.0mの範囲で分布していることが観測された。なお、浸透型流出抑制施設の埋設深度と地層とを対比させて図4-11に示す。この図では、筑波・大穂地区のM地点における浸透型流出抑制施設は、全て関東ローム層中に埋設されているが、谷田部地区M地点では、凝灰質粘土層に入っている施設もある。

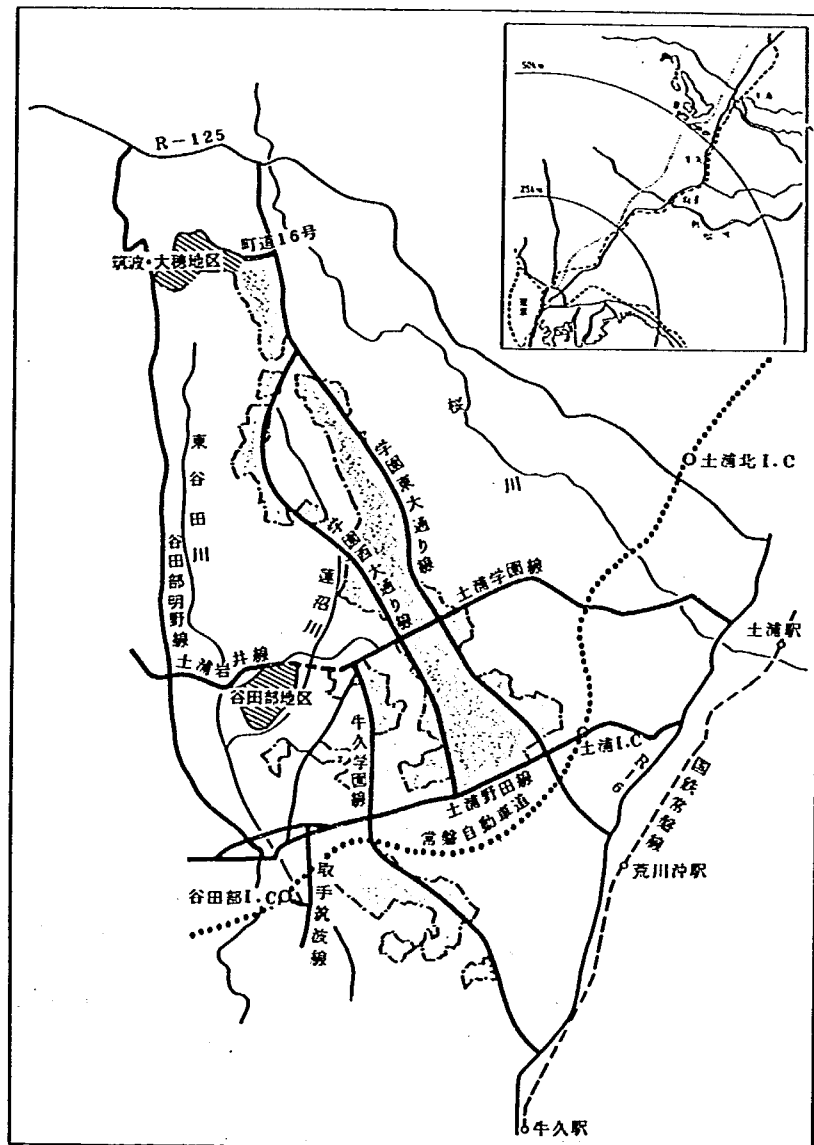


図4-9(1) 開発地区の位置図

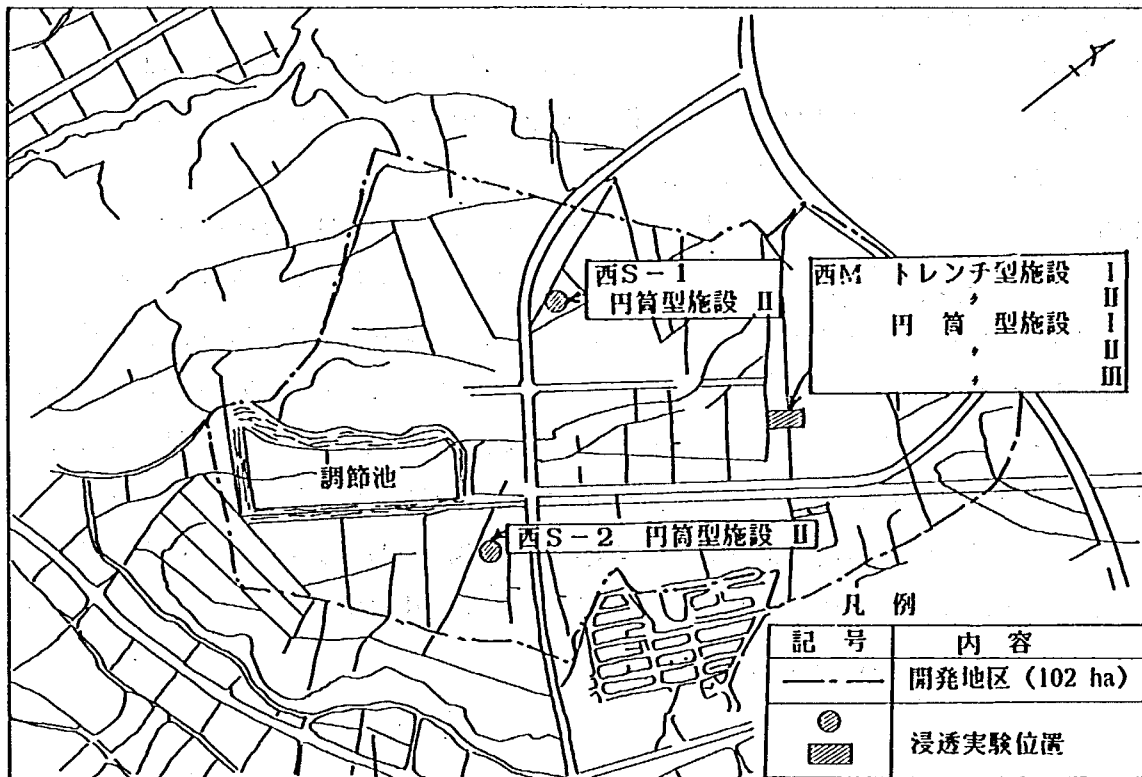


図4-9(2) 実験位置図, 谷田部地区 (西地区)

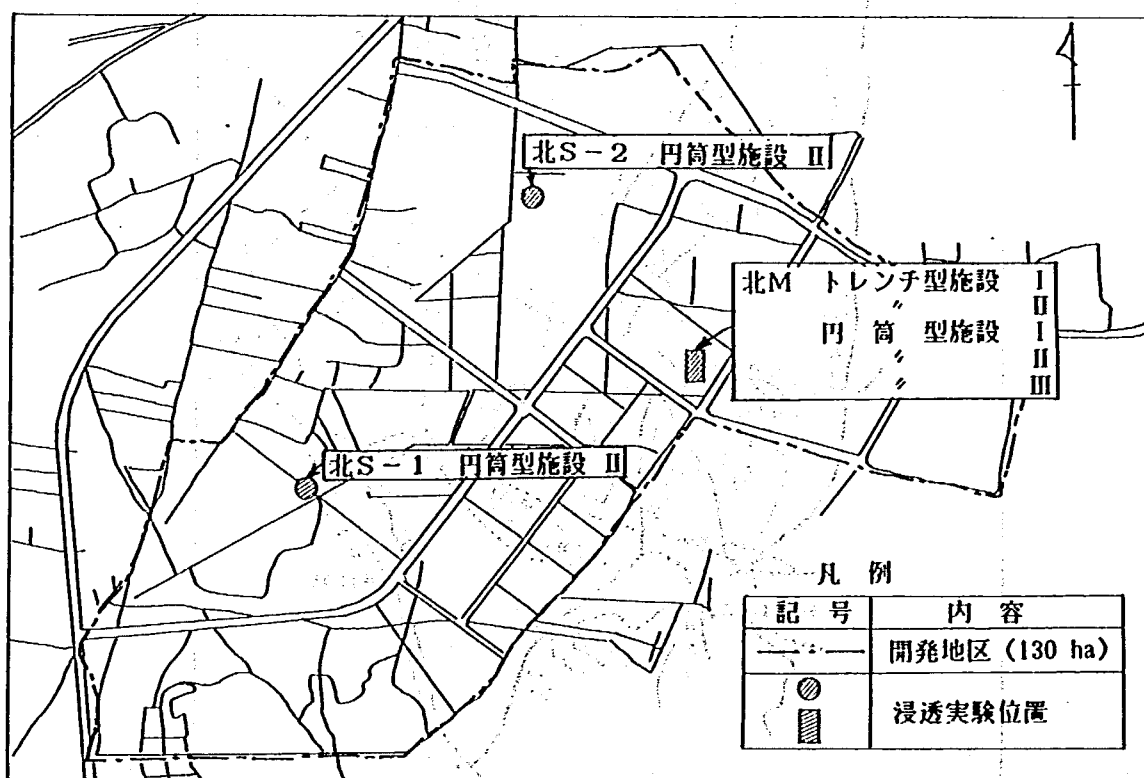
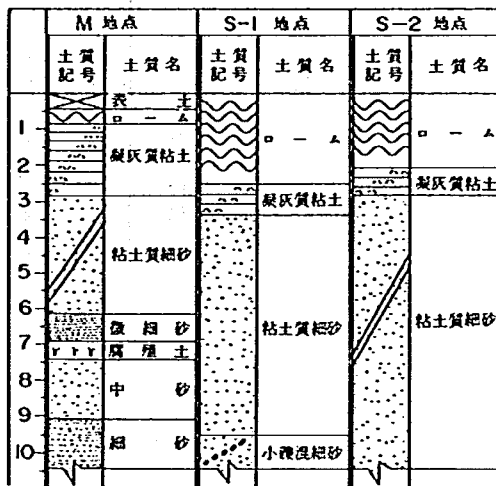


図4-9(3) 実験位置図, 筑波・大穂地区 (北地区)

表4-4 現地実験施設一覧表(2地区共通)

地点名	実験施設
M (Main)	浸透トレンチ I (砕石幅30cm×30cm) ・ II (・ 50cm×50cm) 浸透ます I (深さD=0.5m) ・ II (・ D=1.0m) ・ III (・ D=1.5m)
S1 (Sub)	浸透ますII (深さD=1.0m)
S2 (Sub)	浸透ますII (深さD=1.0m)

<谷田部地区>



<筑波・大穂地区>

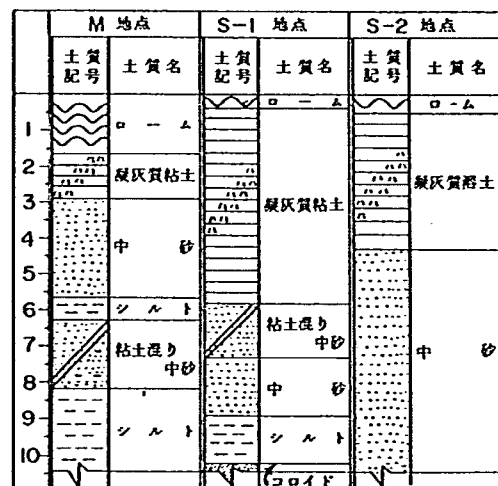


図4-10 土質柱状図

表4-5 土質試験結果

谷田部地区

試料番号	M 地点	S-1地点	S-2地点
深さ m	1.50~2.40	1.00~4.30	1.00~1.80
粒径特性			
粒径(2000μm以上)%	0	2	0
砂分(74~2000μm)%	25	75	5
シルト分(5~74μm)%	29	11	53
粘土分(5μm以下)%	46	12	42
最大粒径 mm	2.00	9.52	0.84
均等係数 U _c	—	100.0	—
曲率係数 U _c	—	20.3	—
分類	日本統一土質分類 VH ₁	SC	VH ₂
三角分類座標	F	SF	F
土粒子の比重 G _s	2.667	2.688	2.728
含水比 W _a %	43.9	34.0	118.4
湿潤密度 P _w g/cm ³	1.695	1.822	1.295
間隙比 e	1.280	1.045	3.430
飽和度 S _r %	93.4	99.3	87.6
透水係数 k cm/s	2.64×10 ⁻⁴	1.08×10 ⁻⁴	9.33×10 ⁻⁴

筑波大穂地区

試料番号	M 地点	S-1地点	S-2地点
深さ m	1.00~1.80	3.50~4.00	1.00~1.80
粒径特性			
粒径(2000μm以上)%	0	0	0
砂分(74~2000μm)%	3	79	1
シルト分(5~74μm)%	30	14	45
粘土分(5μm以下)%	67	7	54
最大粒径 mm	0.84	2.00	0.42
均等係数 U _c	—	32.3	—
曲率係数 U _c	—	7.1	—
分類	日本統一土質分類 VH ₂	SM	VH ₁
三角分類座標	F	SF	F
土粒子の比重 G _s	2.672	2.691	2.677
含水比 W _a %	138.6	28.6	72.9
湿潤密度 P _w g/cm ³	1.266	1.948	1.583
間隙比 e	4.064	0.777	1.860
飽和度 S _r %	92.0	98.6	99.1
透水係数 k cm/s	1.02×10 ⁻⁴	2.26×10 ⁻⁴	2.87×10 ⁻⁴

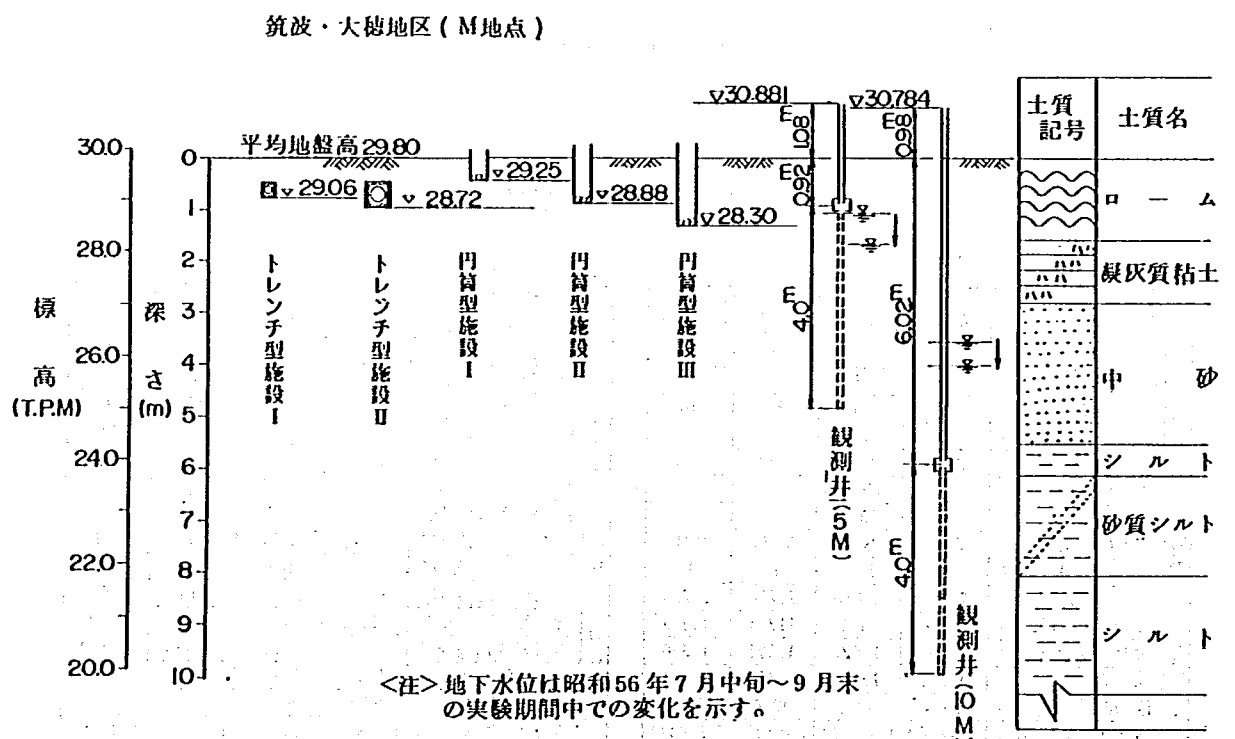
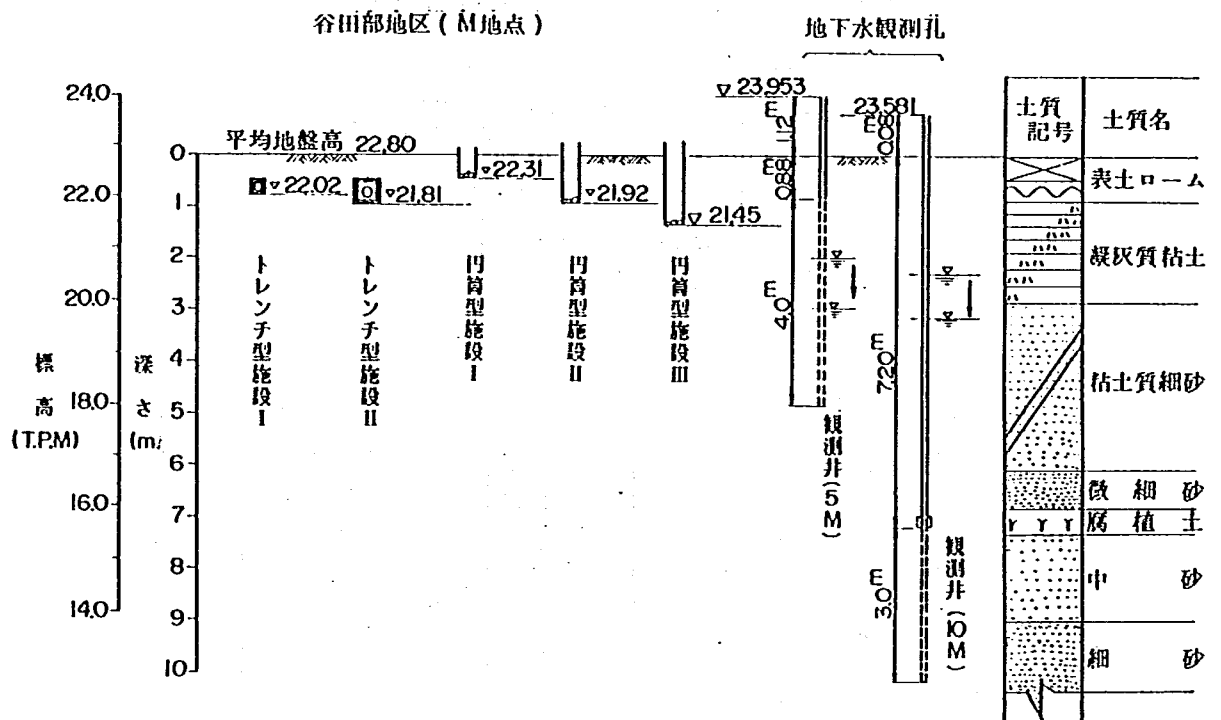


図4-11 浸透型流出抑制施設の埋設状況

4-3 現地実験のための浸透型流出抑制施設と実験方法

本節においては、現地実験のための浸透型流出抑制施設の概要と、それを使用して、どのような方法で実験を行ったかについて述べる。

(1) 土木研究所構内水文観測場

1) 浸透型流出抑制施設の概要

水文観測場の一画に、昭和54～58年の5年間、実物大の浸透型流出抑制施設を設置して種々の現地実験を実施した。浸透型流出抑制施設は、表層地盤（地表面から2 m付近）が自然状態である区域に円筒型施設15基、円筒透水型施設（側壁部分の浸透も含む）1基、トレンチ型施設9基、蛸足型施設1基を図4-12に示した配置でそれぞれ設置した。

円筒型施設は、図4-13(1)～(4)に示すように塩化ビニール管を材料に用い、管の底部から浸透させる構造である。円筒透水型施設は、図4-14に示すような透水管を材料に用い、管の底部と側壁の両方から浸透させる方法である。トレンチ型施設は、図4-15(1)～(4)に示すような塩化ビニール管と透水管又は素焼の陶管を材料に用い、透水管又は陶管の周囲に碎石を正方形に敷設した部分から、全方向に浸透する構造である。蛸足型施設は、図4-16に示すように円筒型の材料に長さ1 mの透水管を用いたトレンチ型の材料5本を組合せた構造のものである。

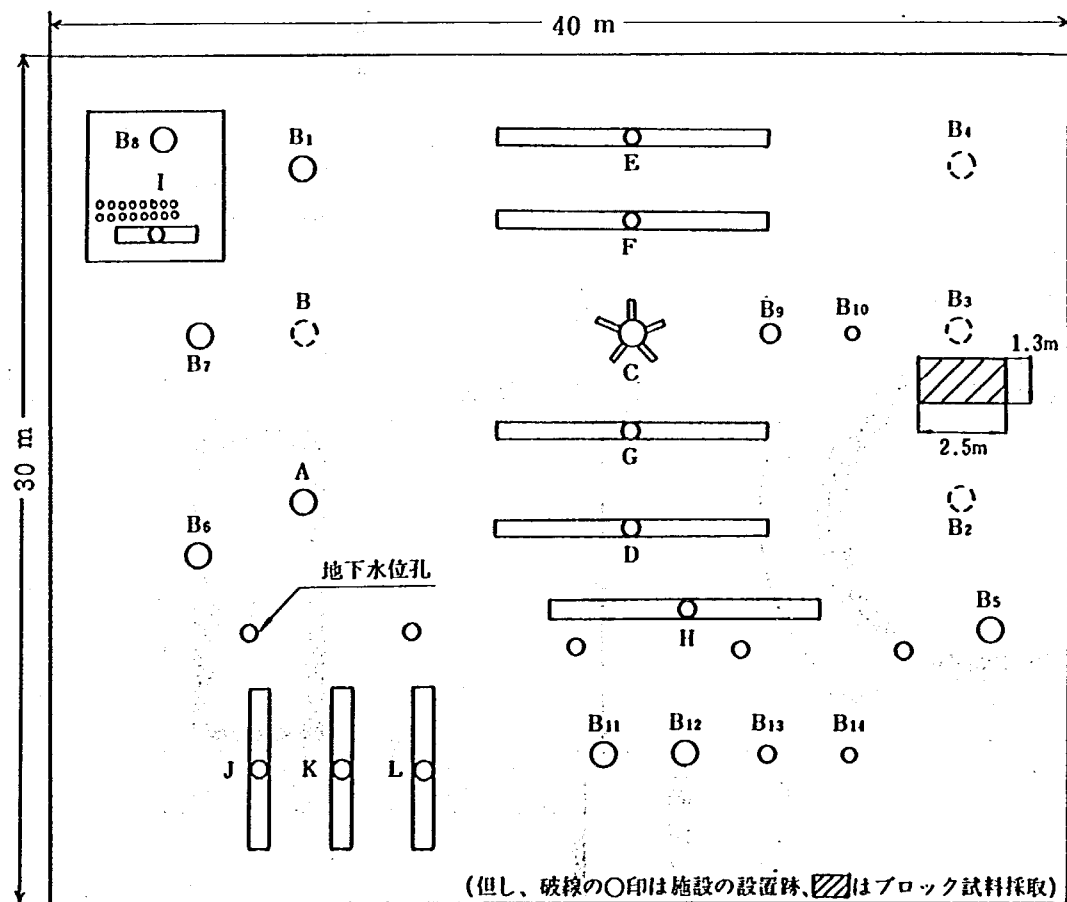
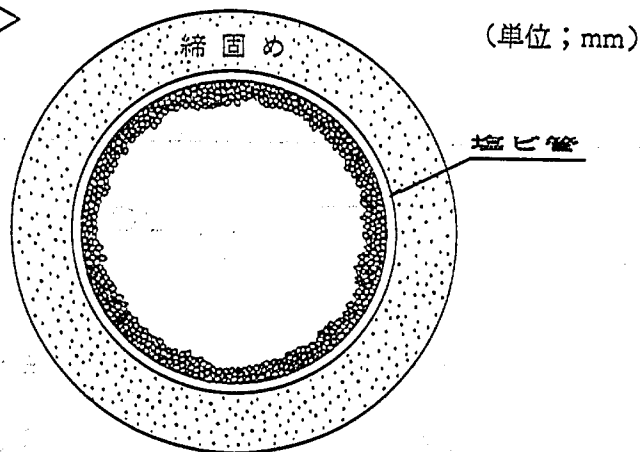


図4-12 浸透型流出抑制施設の配置

<正面図>



<断面図>

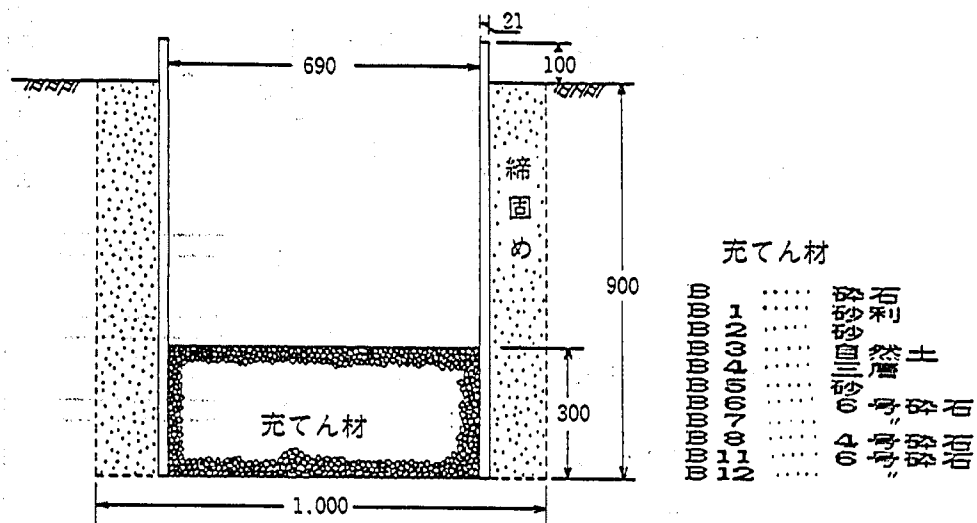
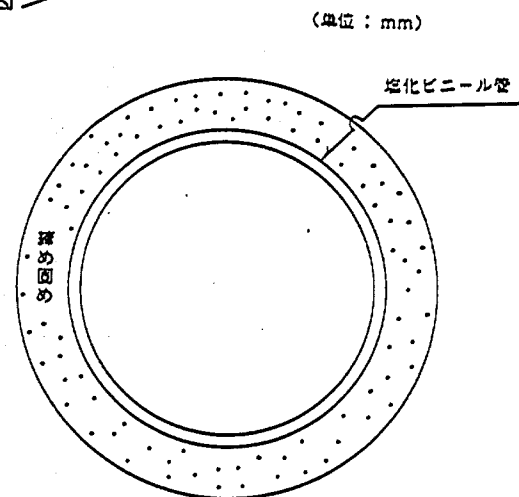


図4-13(1) 円筒型施設 (Bタイプ)

<正面図>



<断面図>

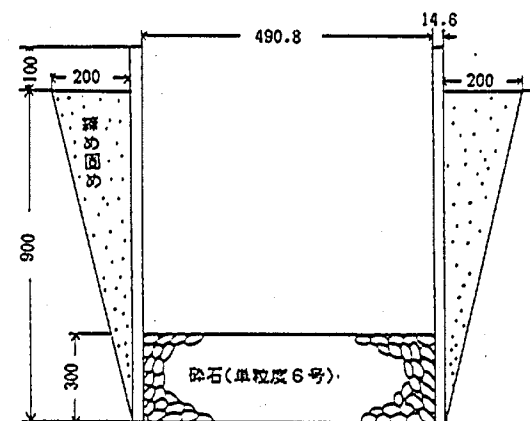


図4-13(2) 円筒型施設 (B₉タイプ)

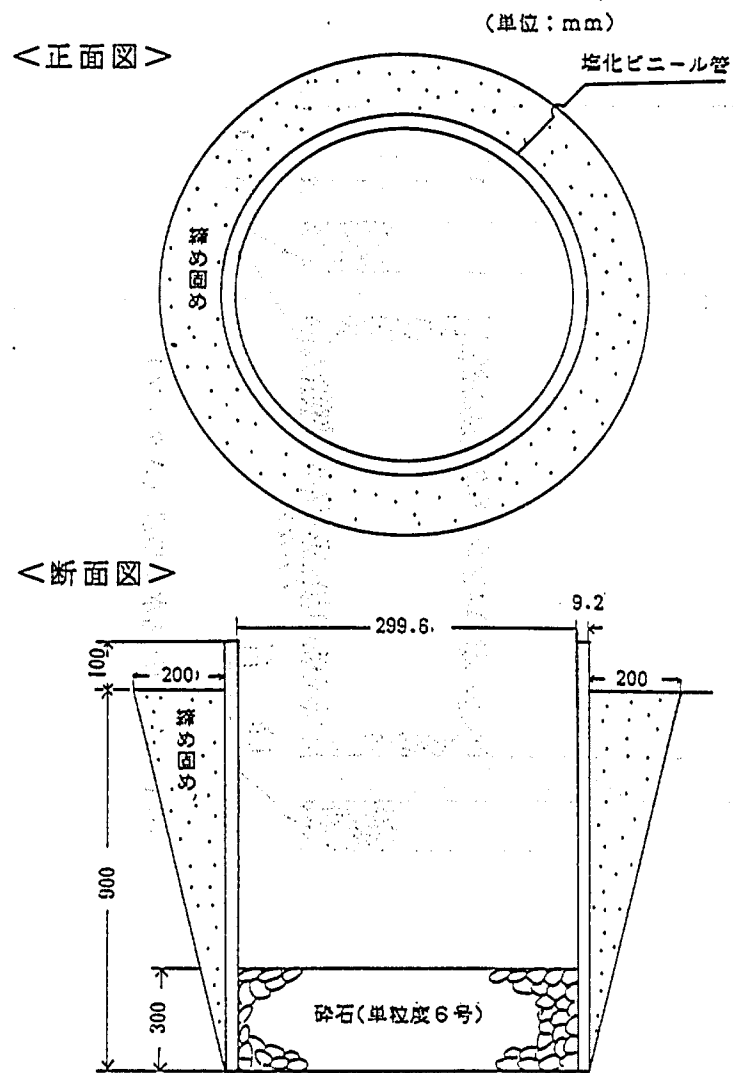


図4-13(3) 円筒型施設（B₁₀, B₁₃タイプ）

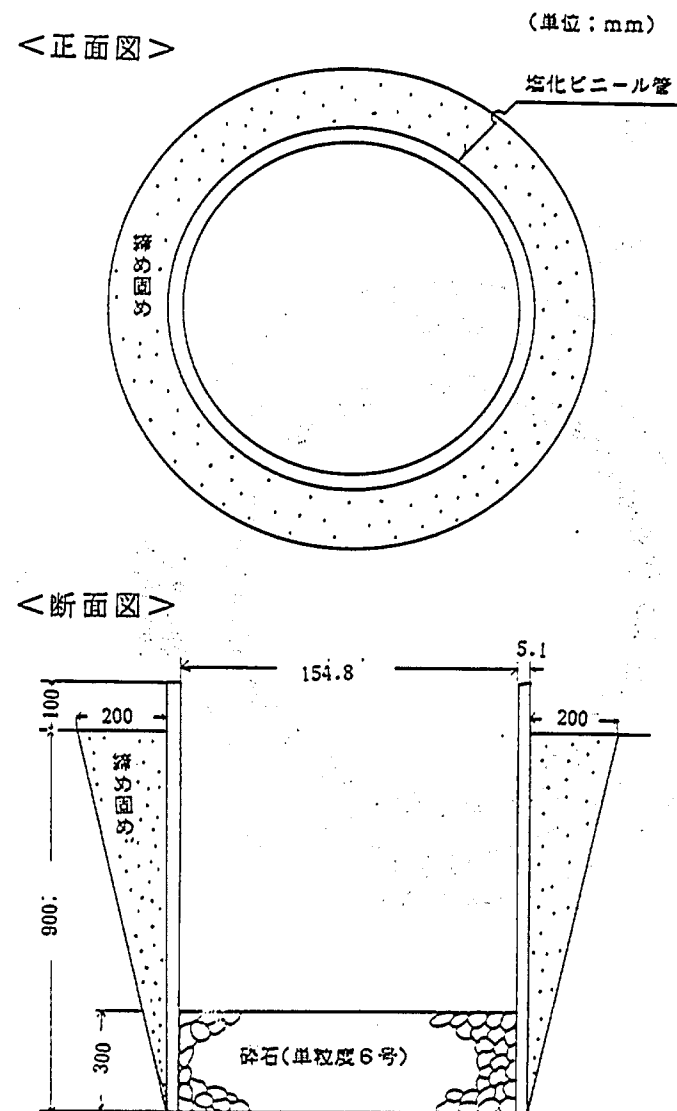
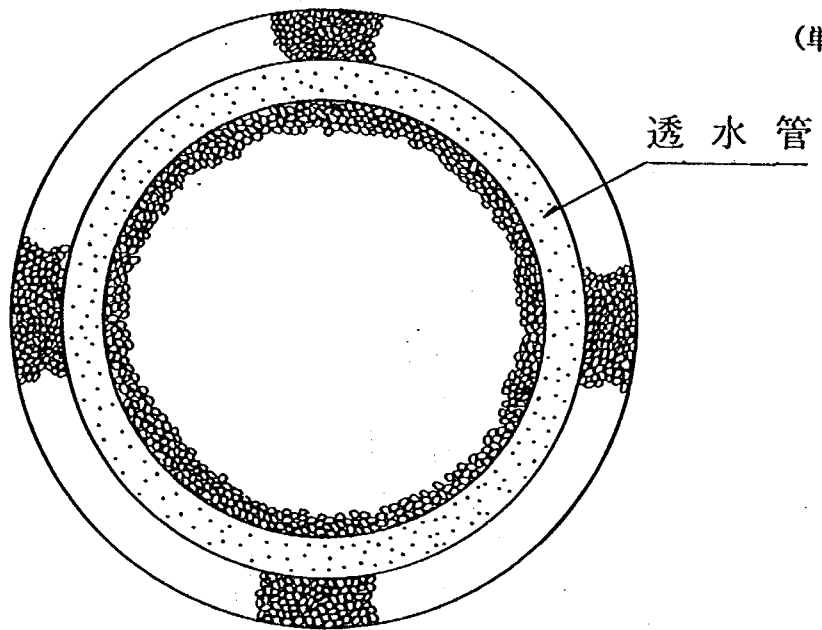


図4-13(4) 円筒型施設（B₁₄タイプ）

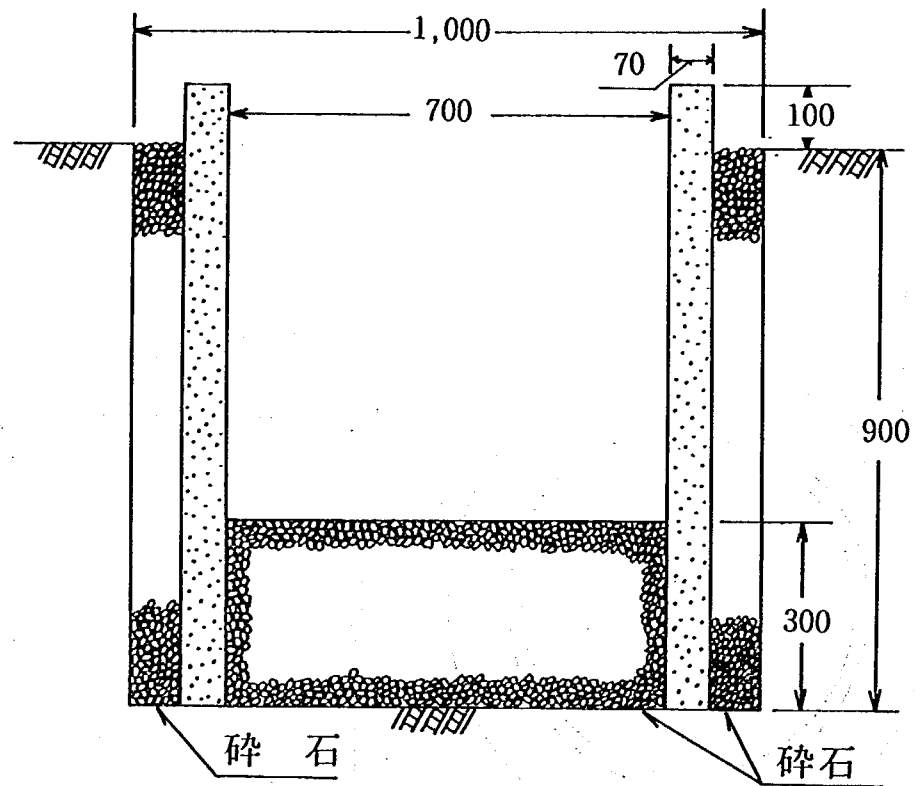
< 正面図 >

(単位 ; mm)



透水管

< 断面図 >



碎石

碎石

図 4-14 円筒透水型施設 (Aタイプ)

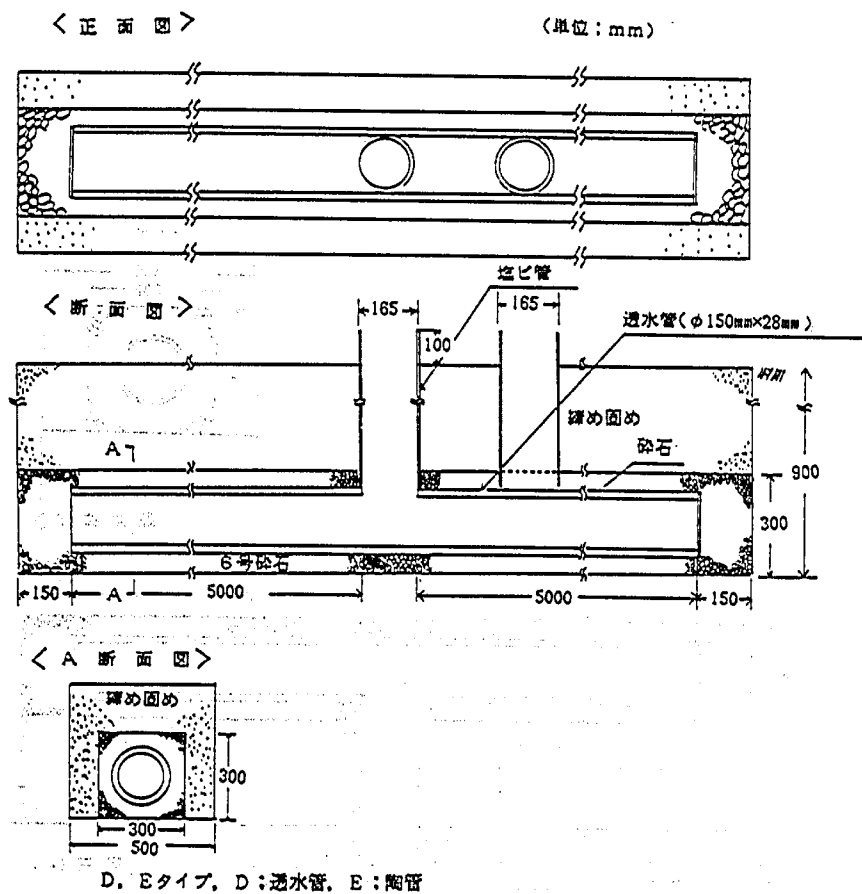


図4-15(1) トレンチ型施設

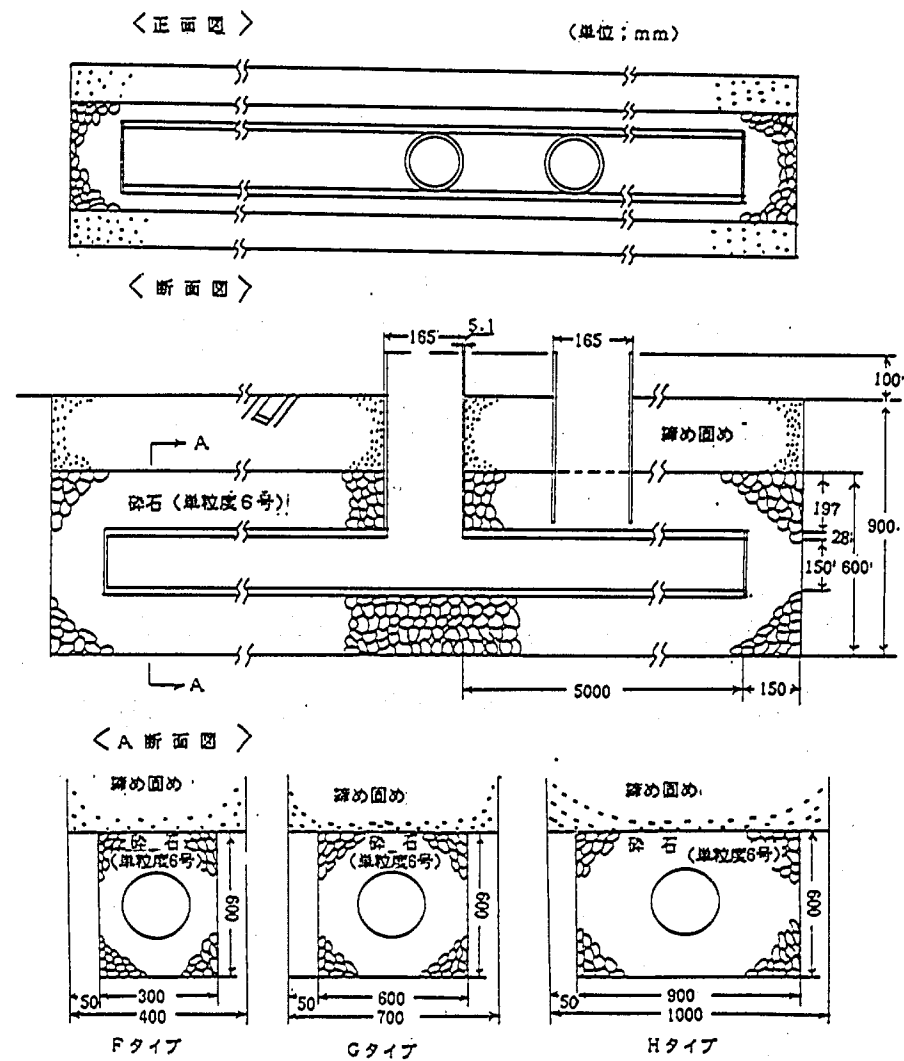


図4-15(2) トレンチ型施設

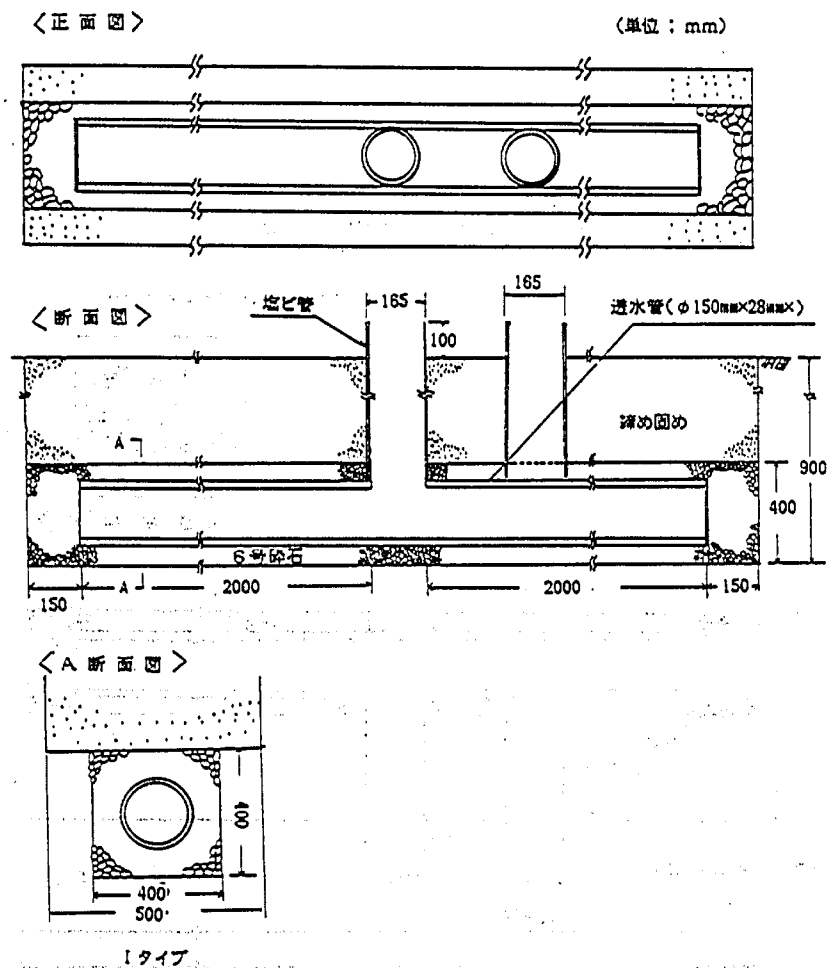


図4-15(3) トレンチ型施設

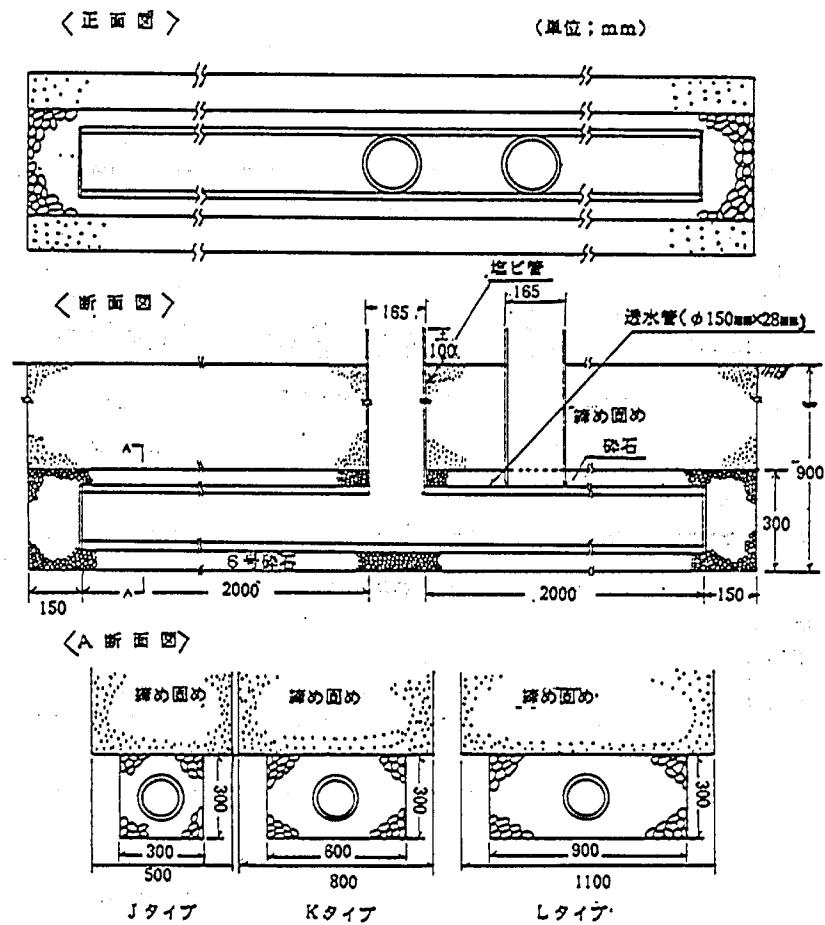


図4-15(4) トレンチ型施設

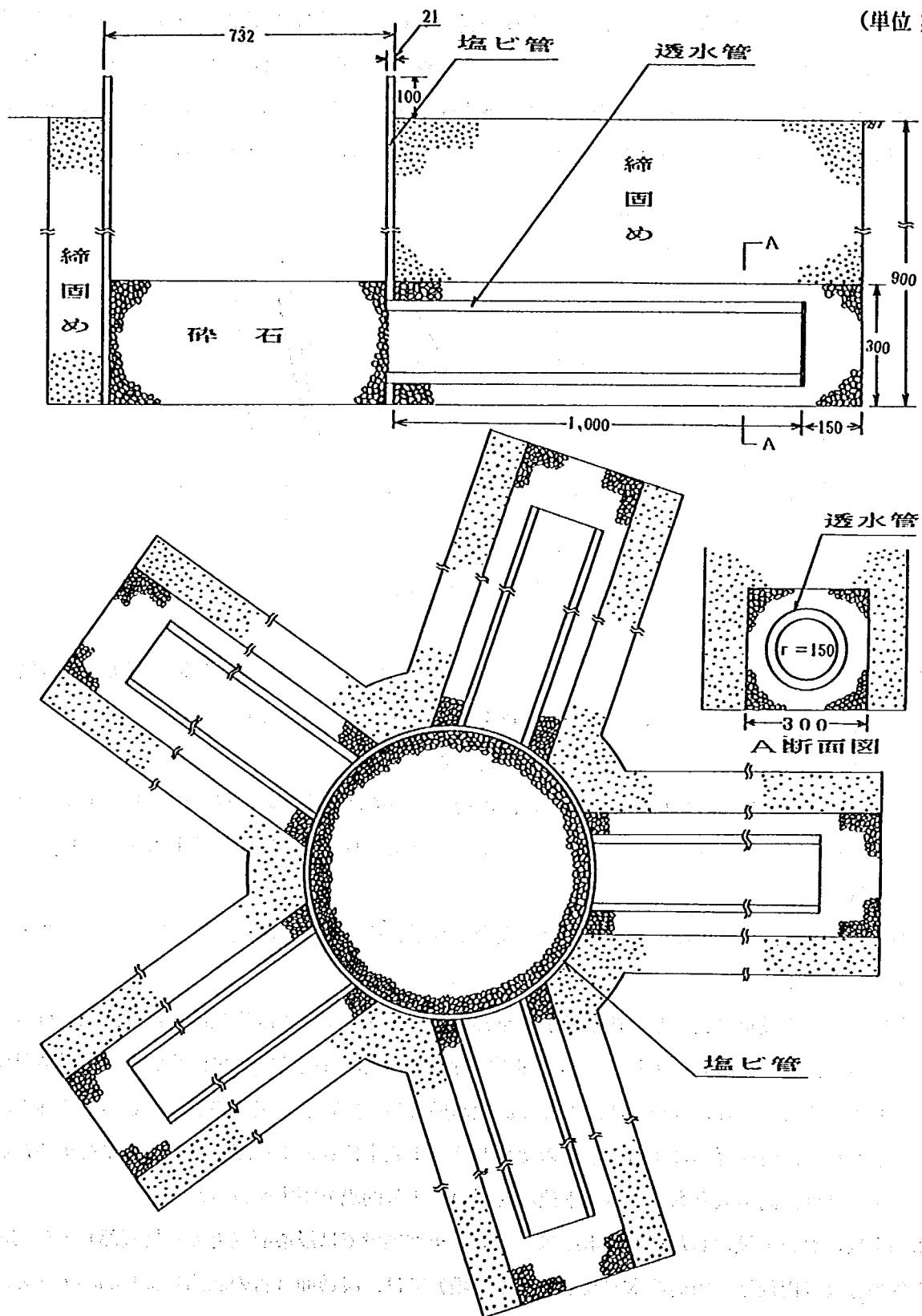
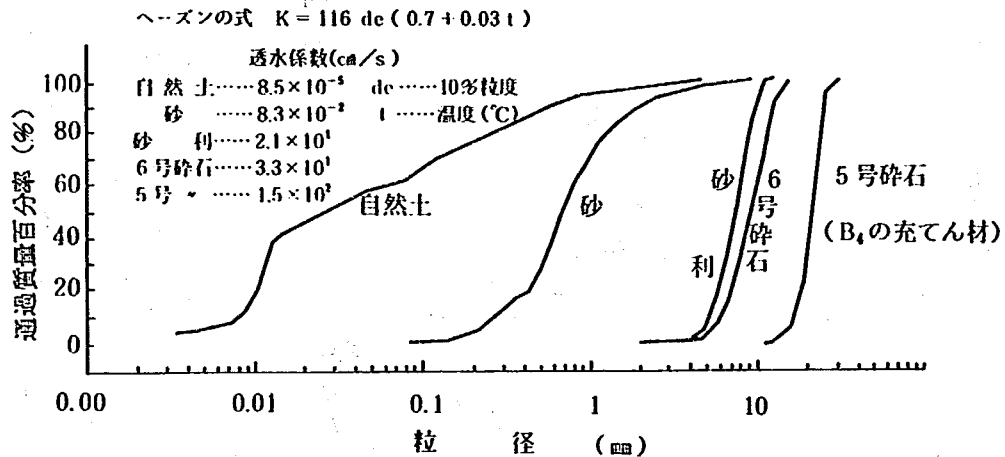


図4-16 蛸足型施設 (Cタイプ)

各施設の浸透面には、注入水による浸透面の攪乱の防止及び注入水に含まれる浮遊物質の濾過の目的をもって、円筒型及び円筒透水型施設は管底より30cm、トレンチ型施設は透水管及び陶管の周囲に図4-15、4-16に示すような幅に碎石を充てん材として敷設した。充てん材に用いた試料の粒度分布を示したものが図4-17である。これ等の充てん材の透水係数をヘーゼン式により概算した結果、充てん材の種類の相違が、各施設の浸透面下の土壌の透水性に及ぼす影響はほとんどないものと判断される。



各浸透型流出抑制施設の設置・掘削は、すべて手掘りにより行い、浸透面の整地は関東ローム層の持つ物理化学的性質を損わないように十二分に注意を払って行った。施設設置後の埋戻し・締固めは、掘削以前の自然状態の地盤に近付けるように慎重に行った。

なお、浸透型流出抑制施設で用いた度数名は、円筒型施設では、底面の直径 D_p 、トレンチ型施設では、トレンチ幅 l_p 、トレンチ高 h_p 、トレンチ長 L_p であり、湛水深 H_p 、施設底面と地下水面の差 L_p とした。

ii) 浸透量の測定手法

浸透型流出抑制施設からの浸透量の測定は、完全定水頭実験（以下定水頭実験と呼ぶ）、変水頭実験の二つの手法を用いて行った。

定水頭実験は、施設毎に設定した初期湛水深を常時一定に保つように浸透量に見合う注水を行った。注水量の測定は、積算流量計により10～20分間隔で行い、実験の継続時間は単位時間当りの浸透量がある程度落ち着くことを条件に5～6時間とした。変水頭実験は、定水頭実験終了後、さらに水深を30cm上げて注水を止め、時間経過による減水深の変化をサーボ式水位計により測定して浸透量を求めた。湛水深のチェックは、両実験ともサーボ式水位計を用いて1分間隔で測定を行った。

定水頭実験において設定した初期湛水深は、トレンチ型施設では浸透面（充てん材底部）より55cm、それ以外の施設（円筒型、円筒透水型及び蛸足型施設）では、浸透面（管の底部）より60cmである。変水頭実験において設定した初期湛水深は、トレンチ型施設では浸透面より85cm、それ以外の施設では90cmである。

iii) 土中水分測定器具とその測定手法

実験前後及び途中で地の盤の湿潤状態、施設からの横方向への水分の拡がり状況や土中水分量の変化

が浸透量に及ぼす影響を把握する目的で、テンシオメーターを用いてPF値を測定し、これを用いて土中水分量を求めた。

テンシオメーターとは、土中の水分量を間接的に測定する装置である。この原理は、テンシオメーターの素焼カップ周辺の土中水分に応じて変動する毛管圧を、水銀の上昇高で測定するものである（図4-18）。土中水分量は、先に作成しておいたPF値～含水量カーブを用いてテンシオメーターにより測定したPF値（毛管圧の常用対数をとったもの）から間接的に知ることができる（図4-19）。測定は、実験開始から1時間は10分間隔、それ以降は20分間隔で実験終了時まで行った。

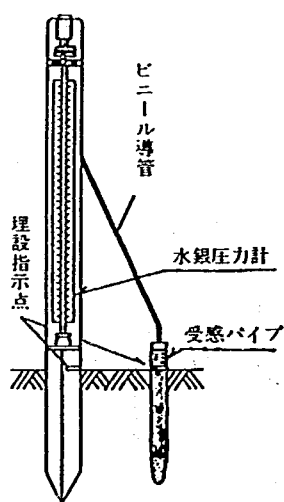
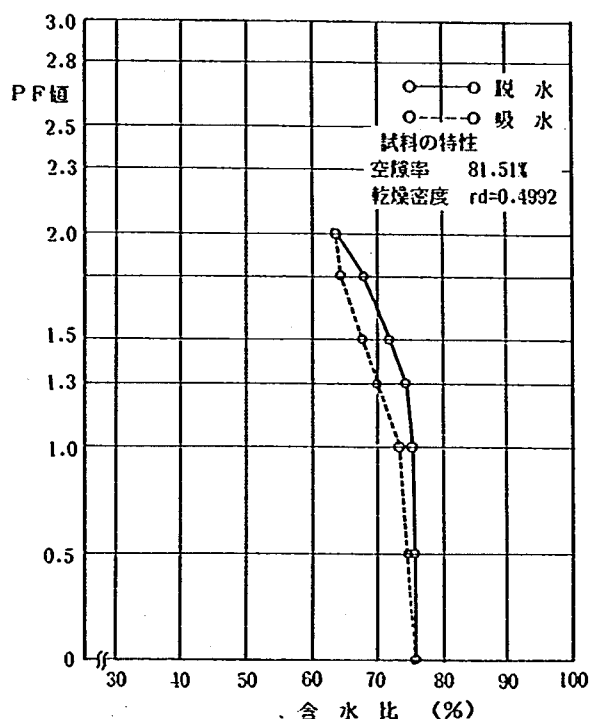


図4-18 テンシオメーター概念図



PF	0	0.5	1.0	1.3	1.5	1.8	2.0	2.5	3.0
DRYING	75.73	75.51	75.24	74.24	71.68	67.83	63.67		
WETTING	75.79	74.49	73.27	70.06	67.57	64.12			

図4-19 深度120 cmの土壌のPF値～含水量曲線

注) 東京大学生産技術研究所；虫明研究室測定，土柱法，加圧板法，吸引法によってPF値～含水量カーブを作成した。

iv) 降雨装置とその測定手法

実験に用いた降雨装置は、図4-20に示すように5m四方の大きさに、1時間刻みの降雨波形で50mm/hrまでの雨を降らすことができる。降雨波形は、中央集中型降雨波形のピーク降雨強度30mm/hr及び50mm/hrの降雨を含む7時間の波形を1時間ピッチで連続して与えるケース、並びに降雨を継続し、表層地盤がほぼ湿潤状態を続けるような状態のケースを設定した。降雨量は、積算流量計により測定した。なお、実験場は踏み固められており、降雨のすべてが浸透したわけではなく、実験場外に流出した降雨水もあった。

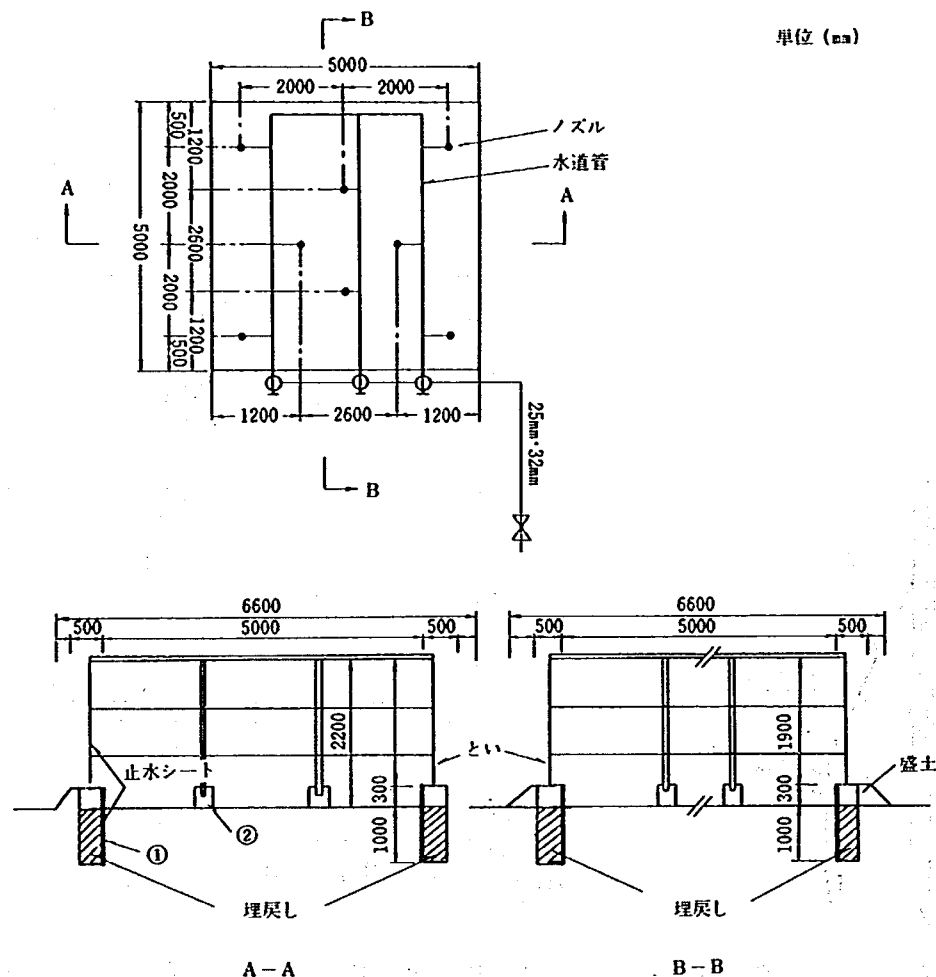


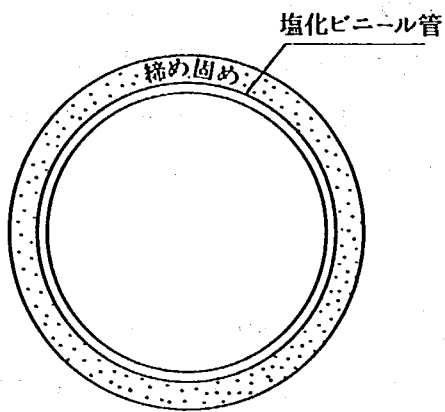
図4-20 降雨装置

(2) 東久留米市立第九小学校

i) 浸透型流出抑制施設の概要

図4-21に示す円筒型施設と、図4-22のトレンチ型施設を1基ずつ設置した。円筒型施設の構造は、塩化ビニール管の内径約69cm、長さ2mで、注水による浸透面の乱れ防止及び流入浮遊物の濾過のために浸透面から厚さ30cmの充てん材（単粒度4号砕石）を敷設した。トレンチ型施設は、内径15cmの塩化ビニール管及び透水管で、長さは塩化ビニール管が1本当たり1.7m、透水管が4mである。更に透水管の周囲には、充てん材として単粒度4号砕石を40×40cmの正方形に敷設した。

< 正面図 >



< 断面図 >

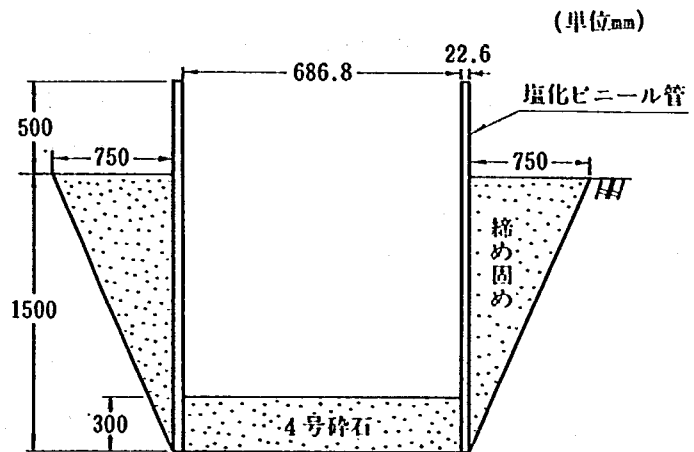


図4-21 円筒型施設

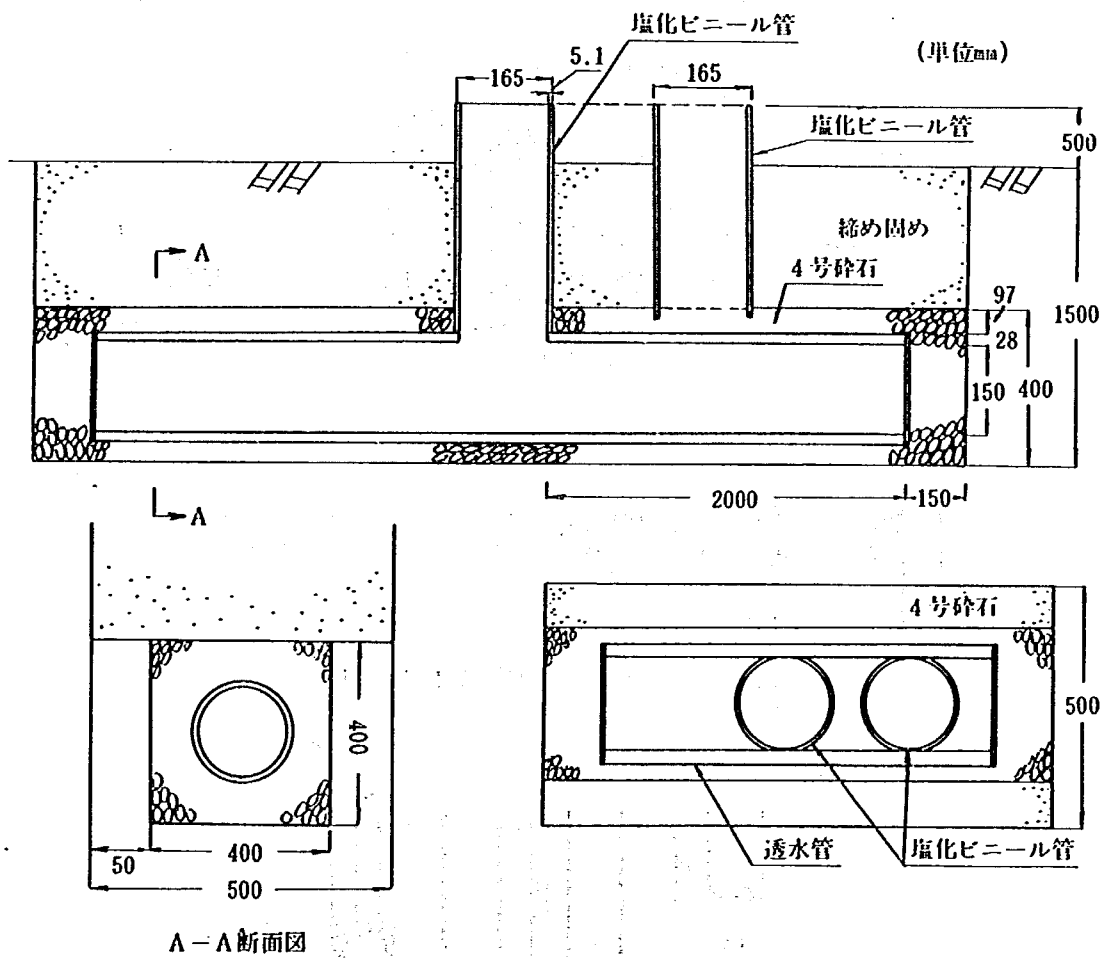
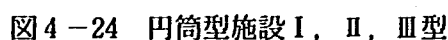
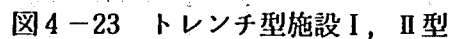


図4-22 トレンチ型施設

ここでは、定水頭実験と変水頭実験により浸透量 Q 及び湛水深 H を測定した。

〔3〕筑波工業団地開発予定地

谷田部及び筑波・大穂地区における浸透型流出抑制施設は、前出の図4-9(2)及び(3)に示したMain地区、Sub1、Sub2地区の3ヶ所に設置した。表4-4(p.47)に示したとおり両地区共、Main地区にはトレンチ型施設を2基、円筒型施設3基、Sub1及びSub2には円筒型施設を1基ずつ設置した。施設の形状は図4-23、24に示すとおりである。トレンチ型施設は、①実験には多量の水の確保が必要である、②トレンチ長を長くすると施設の加工、設置が困難になること等を考え、トレンチ長は2mとし塩化ビニール管と有孔塩化ビニール管を材料に用い、有孔塩化ビニール管の周囲に碎石を正方形に敷設

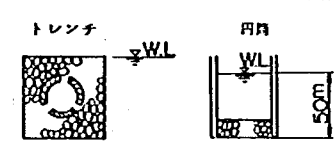
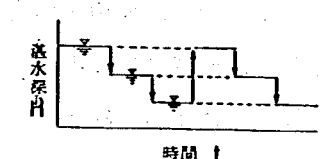
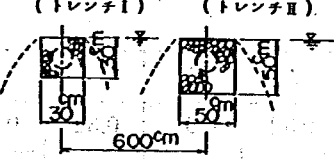


した。浸透は、碎石を敷設した部分から、全方向に行われる構造である。また、浸透底面積（充てん材である碎石底部の面積）の大小による浸透量の違いを調べるために、碎石底部幅が30cmと50cmの2種類の施設を敷設した。円筒型施設は、土質の違いによる浸透量を調べるために施設の埋設深度（地表面から施設底部までの深さ）を0.5m、1.0m、1.5mの3種類とした。なお、各施設の浸透面には、注水による浸透面の攪乱の防止及び注水中に含まれる浮遊物質の濾過の目的をもって、トレンチ型施設には、前記のとおり有孔塩化ビニール管の周囲に1辺30cmと50cmの碎石をそれぞれ敷設し、更に底部には碎石直下に砂を10cm厚に、また円筒型施設には底部から10cm上まで碎石を、それぞれ充てん材として敷設した。

ii) 浸透量の測定手法

浸透型流出抑制施設からの浸透量の測定は、定水頭及び変水頭実験により行った（表4-6）。定水頭実験における継続時間は、トレンチ型施設では約6時間、円筒型施設では3～6時間程度行い、その後変水頭実験のために湛水深を上げて所定の湛水深に達した後注水を停止して、時間経過による湛水深の変化を測定した。実験に用いた水は、実験場所から数km離れた地点の深井戸よりポンプ揚水したものである。

表4-6 主な実験内容

回	実験期間	内 容	条 件
1	昭和56年7月21日 ～8月3日	定 水 頭	
		変 水 頭	定水頭水位+30cm以上の湛水深にした後、注水をやめ水位降下を観測
2	8月18日～8月26日	同 上	同 上
3	9月16日～9月25日	不 完 全 定 水 頭	湛水深を約1時間程度の間隔で変える。 
		定 水 頭 (並行実験)	並設されている浸透トレンチⅠ、Ⅱに同時に注水して定水頭を保ち互いの影響を調べた。 (トレンチⅠ) (トレンチⅡ) 

4-4 実験結果とその考察^{7), 8)}

浸透型流出抑制施設の浸透能力に及ぼす影響因子は、施設に関するもの、浸透対象土壌に関するもの及び注入水に関するものに分けられる。施設に関するものは湛水深と施設の形状・構造で、土壌に関するものは土壌の物理化学特性、湿潤度、地下水位、目づまり状態（施設設置後の土中間隙の閉塞程度）、注入水に関するものは主に水温である。

この内、水温に関するものは、ここで対象としている浸透現象であれば、浸透流は層流状態であると考えられ、水温変化による透水係数の変化を補正し得る。本考察では、測定された浸透量 Q_t を水温15℃の注入水の場合の浸透量 Q_{15} に補正することにした。具体的な補正の仕方は、

$$Q_{15} = Q_t \times \frac{\nu_t}{\nu_{15}} \dots\dots\dots (4 \cdot 1)$$

によった。ここで ν_t は、測定された浸透水の水温の動粘性係数であり、 ν_{15} は15℃の動粘性係数である。表4-7に水温変化による ν と ν_{15} の比を示しておいた。本章では水温の変化が問題となる場合については、(4・1)式によって浸透量を補正して解析を行った。

表4-7 ν と ν_{15} の比

水温(℃)	0	5	10	15	20	25	30	35
ν (cm^2/s)	0.0179	0.0151	0.0131	0.0113	0.0101	0.0087	0.0080	0.0072
ν/ν_{15}	1.58	1.34	1.16	1.00	0.89	0.77	0.71	0.64

以下に現地実験によって得られた結果より、浸透量に及ぼす影響因子の影響量を述べることにする。

4-4-1 長時間注水による浸透量の時間変化

浸透型流出抑制施設に注水し、その湛水深を一定に保つと、注水量（浸透量）は徐々に低下する。表4-8及び図4-25(1)~(3)に関東ローム層（土木研究所構内水文観測場）を浸透地盤とした場合の浸透量の時間変化を示した。この図から、浸透量は実験開始時に大きく、その後時間の経過と共に徐々に低減してほぼ一定の値になり、最終浸透量に漸近することが分る。浸透量が時間の経過と共に徐々に低減する原因は、浸透地盤が注入水によって次第に湿潤してゆき、土壌が飽和状態に漸近すること（水理水頭勾配の減少）による。なお、図中、浸透量の時間変化に変動が見られるが、この原因は湛水深を一定に保つための注入水用バルブ操作による変動や積算流量計の視読誤差が含まれているためである。

表4-8 浸透量の減少率($\frac{\text{実験終了前1時間の平均浸透量}}{\text{初期1時間平均浸透量}}$)

回数 \ 施設	A	B	B1	B2	B3	B4	C	D	E
1	0.32	0.91	0.30	0.80	0.63	0.53	0.57	0.73	0.88
2	0.85	1.03	0.83	0.89	1.09	0.49	0.48	0.71	0.67
3	0.85	—	0.57	—	—	0.38	0.61	—	0.64

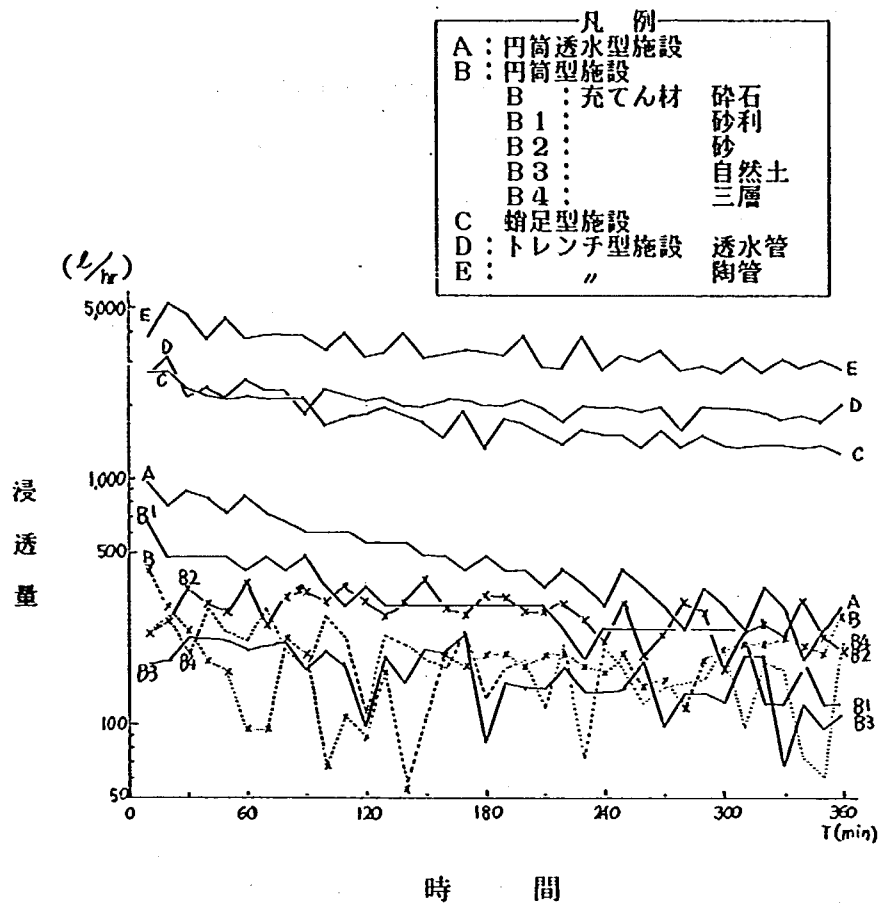


図4 - 25(1) 浸透量の時間変化 (1回目)

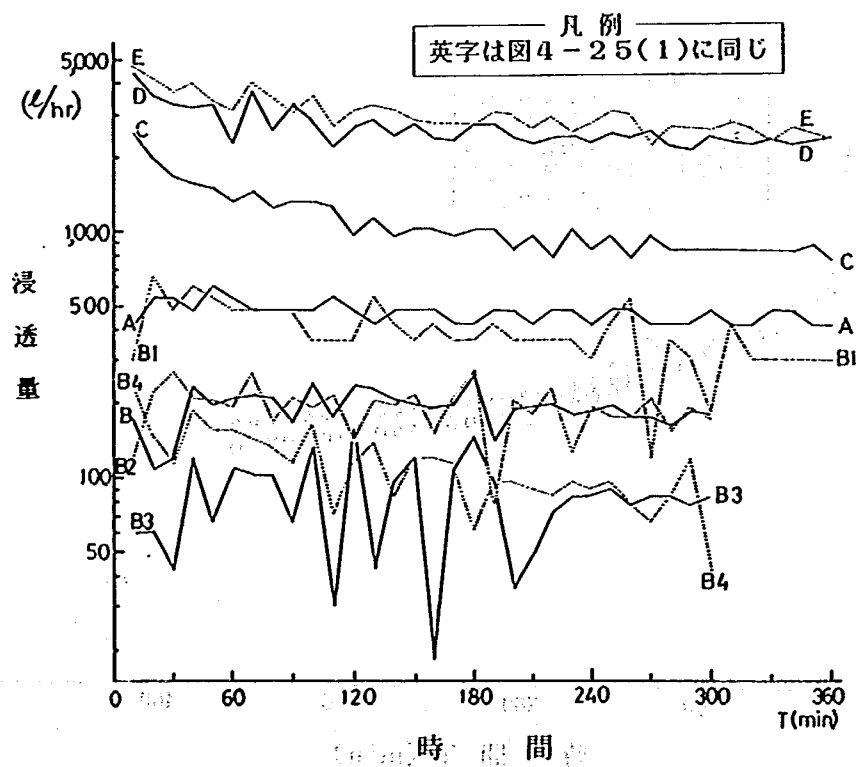


図4 - 25(2) 浸透量の時間変化 (2回目)

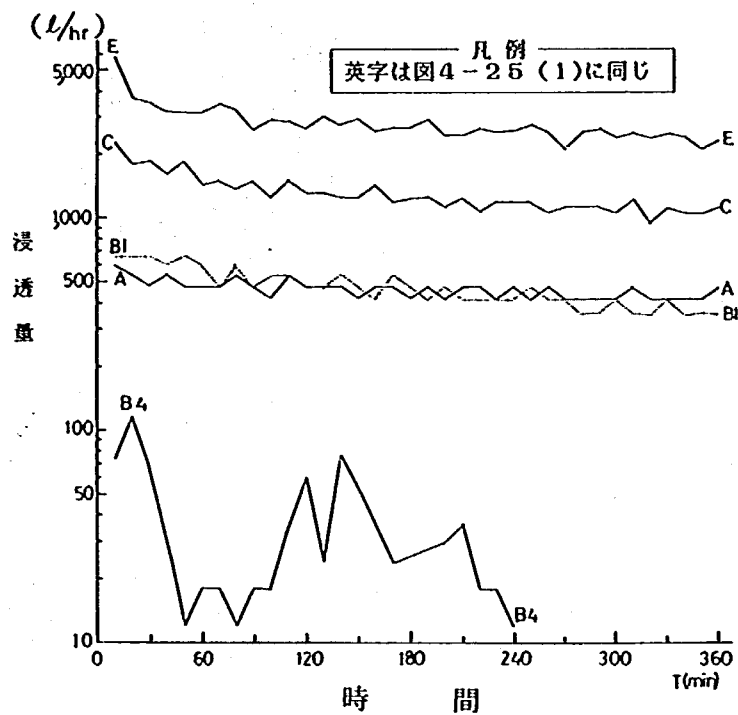


図 4-25(3) 浸透量の時間変化 (3回目)

浸透量の時間変化は、近似的には 2 章 2-2 節で述べたコスタアコフの浸潤式及びホートンの浸潤式で表わせる。二つの浸潤式の定数を最小二乗法によって求め、それぞれの浸透量の時間変化を図 4-26 に示しておいた。

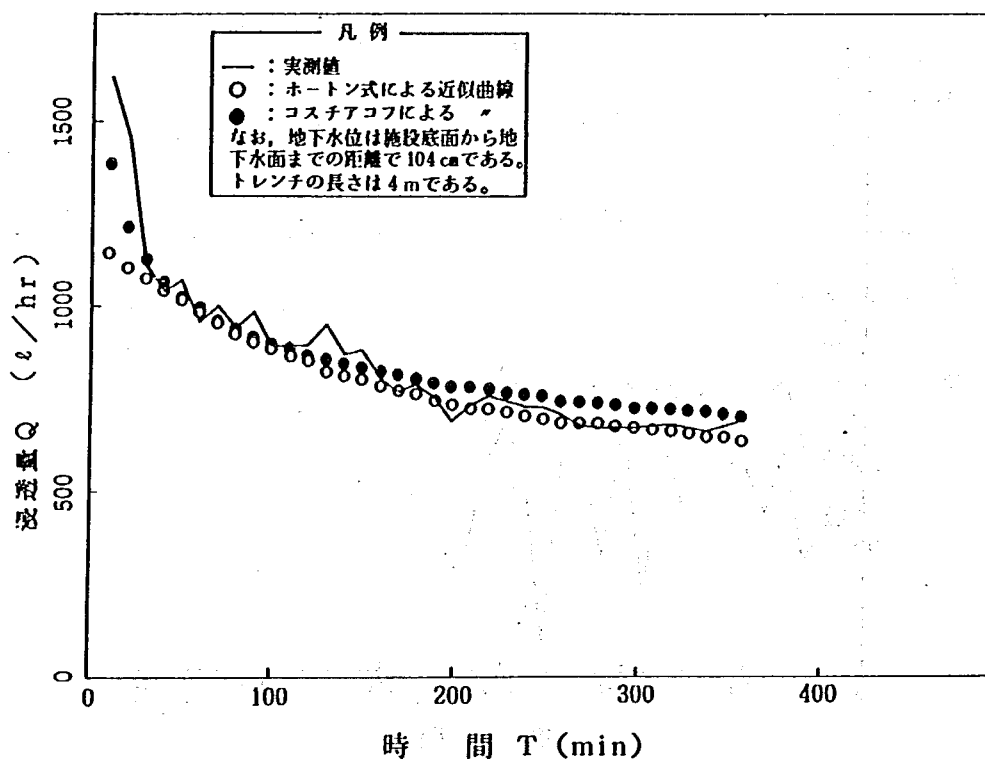


図 4-26 浸透量の時間変化 (Iタイプ)

ところで関東ローム層を対象とした現地実験によると、注水実験を開始してから4～6時間経過すると浸透量は、ほぼ一定した値になることが経験的に分っている。実際、土木研究所水文観測場実験場における浸透トレンチの縁より50cm離れた地点における テンシオメーターによる毛管水頭の観測によると、関東ローム層地盤の深度毎の毛管水頭 ϕ (cm) の時間変化は、実験が経過するに従って徐々に小さくなり、実験開始後4～6時間経つと安定することが分かっている (ϕ の値が小さくなると土中水分量は増加する (図4-27))。

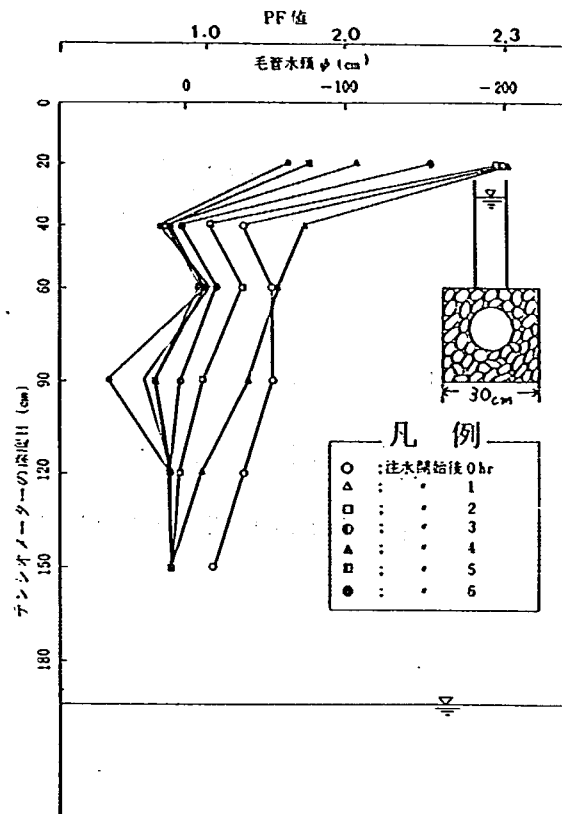


図4-27 Iタイプによる深度毎のPF値の時間変化

(地下水位は施設底面から地下水面までの距離で104cmである。)

4-4-2 湛水深と浸透量の関係

浸透型流出抑制施設において、定水頭実験あるいは十分に土壌を湿潤状態にした後、注水を止め、その後の水位変化を観測した(変水頭実験)結果より、片対数紙上に湛水深 H と経過時間 T との関係を示すと図4-28(1)～(2)のようになる。本図に示されるように多くの実験結果は、湛水深20～90cmの範囲において、 $\ln H$ と T の関係は、片対数紙上ではほぼ直線として表わせる。従って、2章2-3節で説明したように以下の関係式が得られる。

$$Q = a \cdot H \cdot A$$

ここに、 Q ：浸透量 (cm³/hr)， a ：浸透能力係数 (1/hr，単位底面積，単位水深，単位時間当りの浸透量)， H ：湛水深 (cm)， A ：浸透底面積 (cm²)。

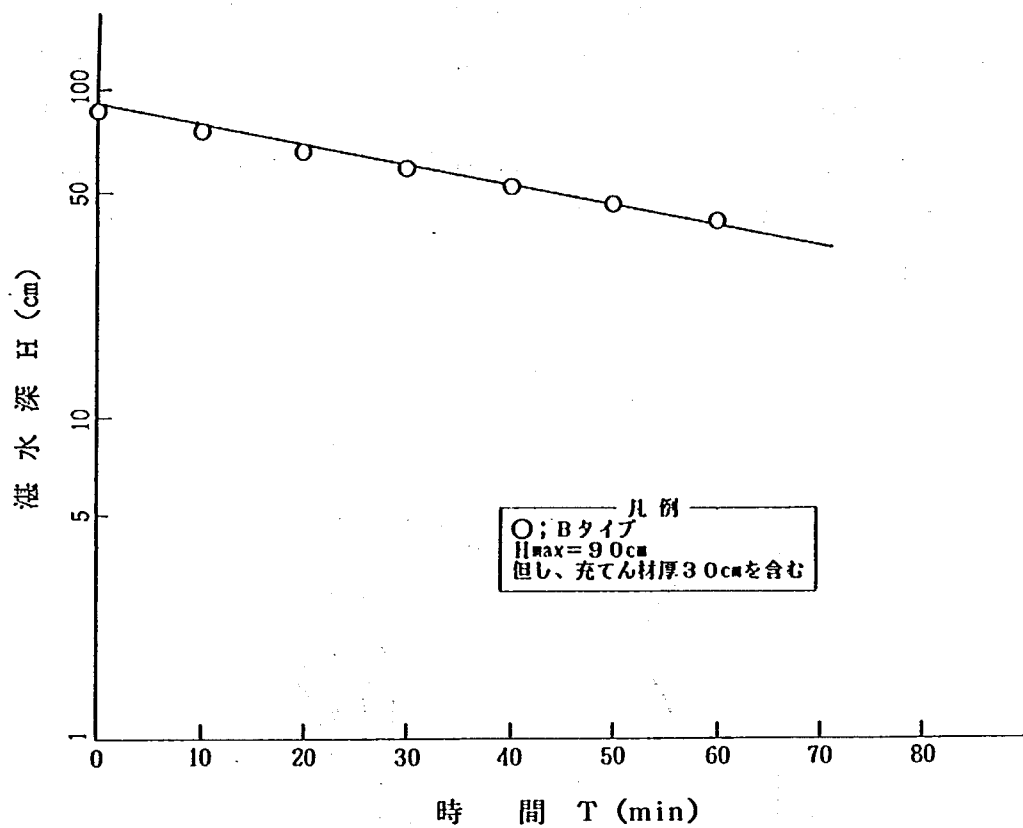


図 4-28(1) 湛水深の時間変化 (円筒型施設)

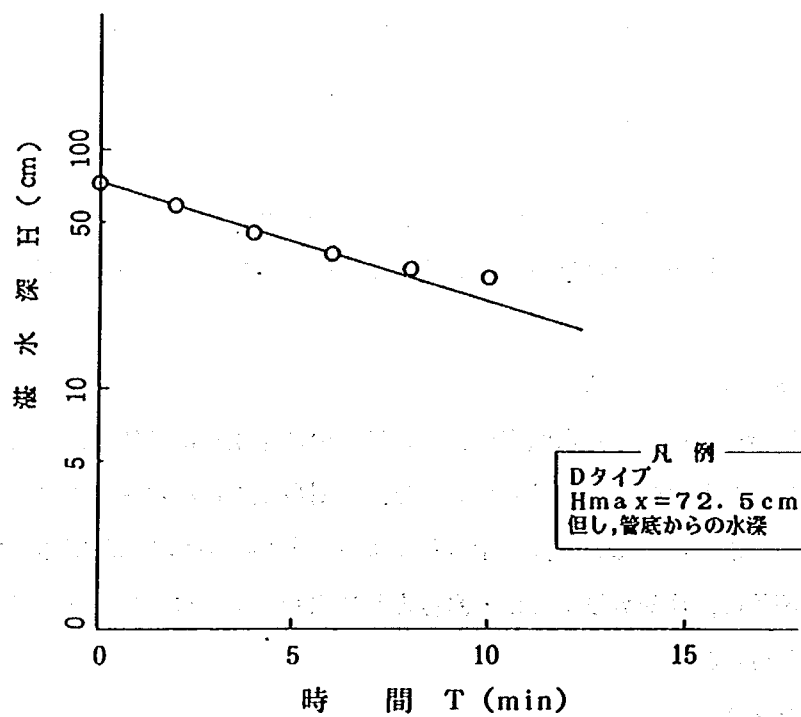


図 4-28(2) 湛水深の時間変化 (トレンチ型施設)

なお、この式は、浸透底面積Aが一定な場合に対する湛水深の変化から求めた式であるため $Q \propto A$ の関係を表わした式ではない。

今まで述べたことは、変水頭実験という非定常現象の場合での湛水深と浸透量の関係であるが、この関係が定水頭実験でも成立するかどうかを調べたものが図4-29である。本図より浸透量は、トレンチ型及び円筒型施設とも湛水深が60～140 cmの範囲ではほぼ水深に比例し、変水頭実験と同様な結果が得られることが分かる。また、変水頭実験及び定水頭実験により求めた浸透量を基に浸透能力係数aを求め、両手法による係数の違いを調べたものが図4-30である。この図を見ると、ほとんどの結果が45°の直線付近に集まっており、湛水深Hと浸透量Qの関係を変水頭実験により求めても、定水頭実験の結果とはほぼ同じになることが分った。ただし、変水頭実験によって最終浸透能力を評価するためには、定水頭実験終了後直後か、浸透型流出抑制施設付近の土壤が飽和に近い状態の時に実験を行うことが必要である。

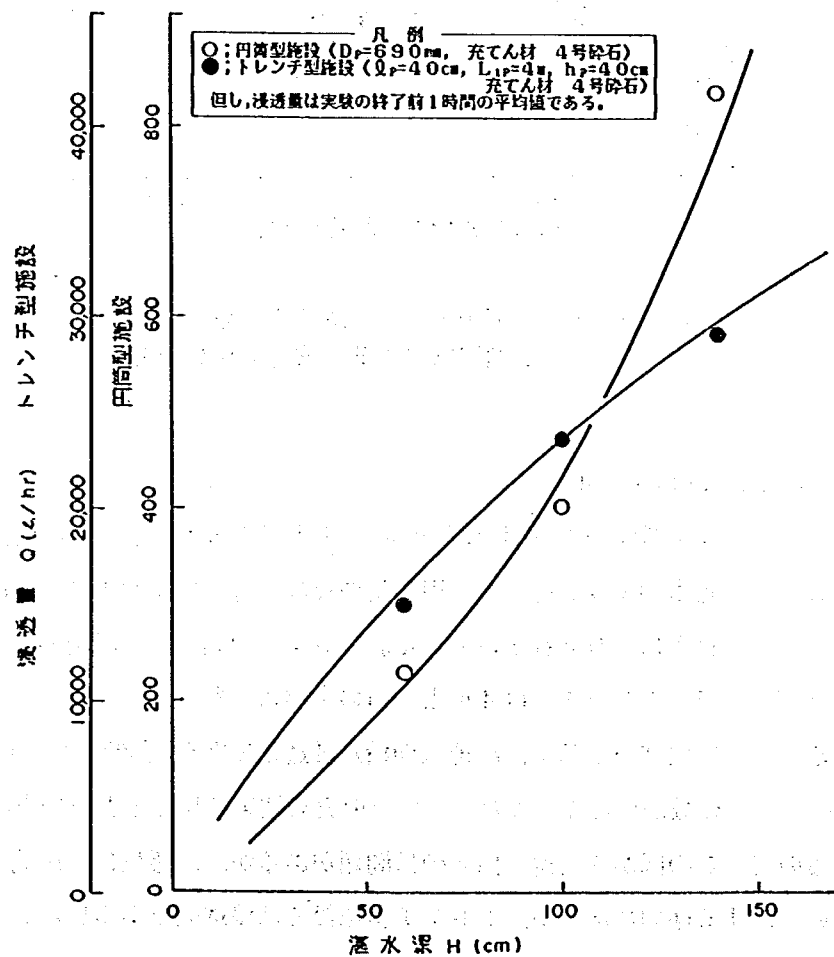


図4-29 湛水深Hと浸透量Qの関係（東京都東久留米市）

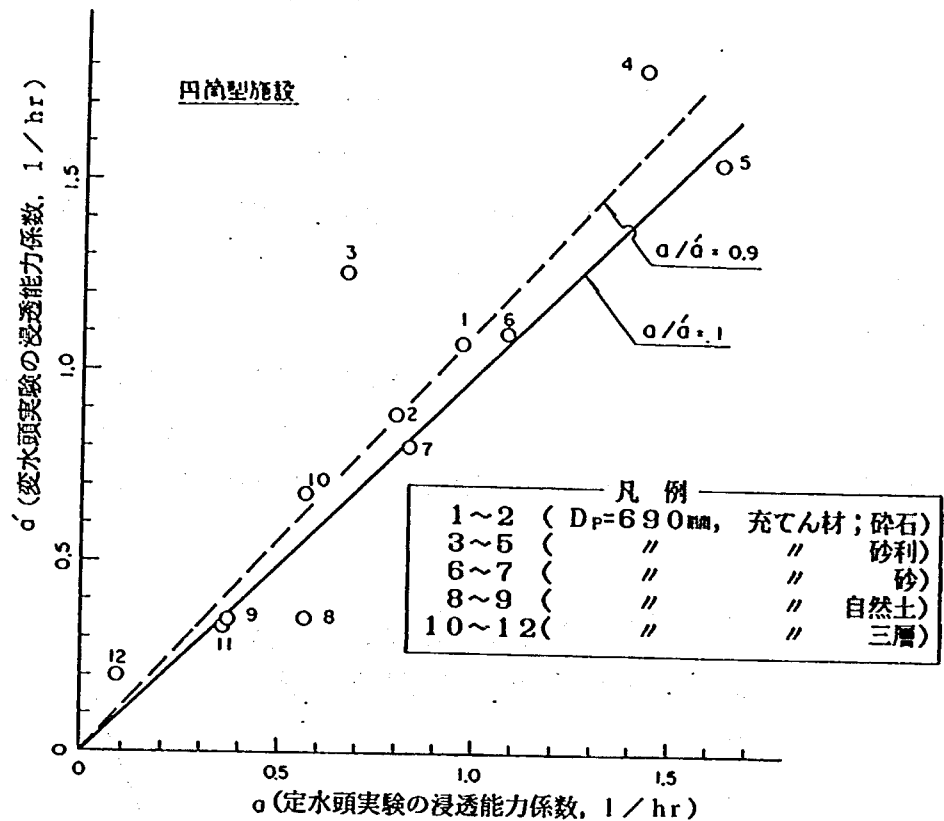


図4-30 定水頭実験による浸透能力係数と
変水頭実験による浸透能力係数の関係

4-4-3 浸透底面積と浸透量の関係

浸透底面積が浸透量に及ぼす影響を把握するために、土木研究所水文観測場に円筒型及びトレンチ型施設を6基ずつ設置し、定水頭実験を行った。円筒型施設は、管径15cmが1基、30cmが2基、50cmが1基、69cmが2基で、管の長さはそれぞれ1mである。トレンチ型施設は、浸透面である碎石底部幅30cm、60cm、90cmが2基ずつで、トレンチ長は4mと10mの2種類である。

定水頭実験から求めた最終浸透量を基に、浸透底面積が浸透量に及ぼす影響を表わしたものが図4-31(1)、(2)である。実験データの数少なく、また、今までの実験結果を見ると調査地点の少しの違いでも浸透量に違いがあるので、この図から結論を出すのは問題があるが、浸透量は、円筒型施設では浸透底面積が増えるに従い増加する傾向にあるが、トレンチ型施設では浸透面である碎石底部幅にはあまり影響を受けないことが分る。

また、筑波工業団地開発予定地で浸透底面積の大小による浸透能力の違いを把握する目的で長さ2mのトレンチ型施設について行った定水頭実験の結果からみると図4-32のように、大穂地区ではトレンチⅠ、Ⅱ型で底面幅が異なるにもかかわらず浸透量がほぼ等しいという結果が得られており、土木研究所での実験と同様の傾向となっている。谷田部地区のトレンチⅡ型が他と異った値を示しているのは、この施設の碎石底面が凝灰質粘土中に入っているためである(図4-11参照)。

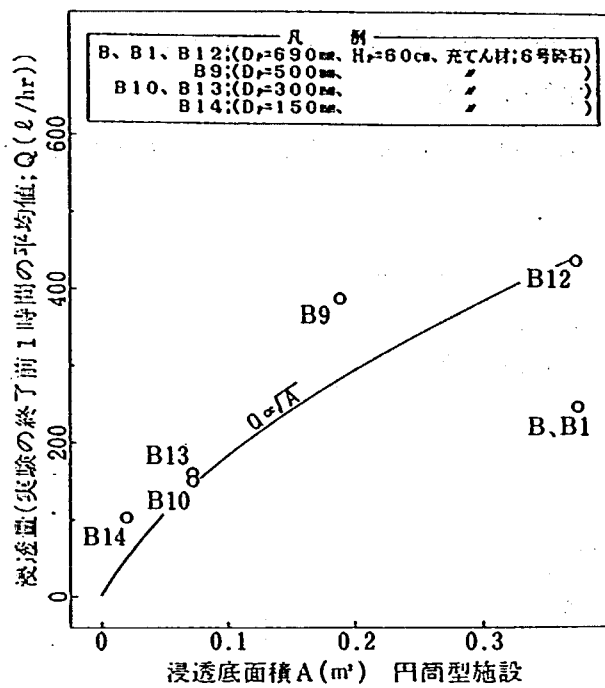


図4-31(1) 浸透底面積Aと浸透量Qの関係
(土木研究所水文観測場, 円筒型施設)

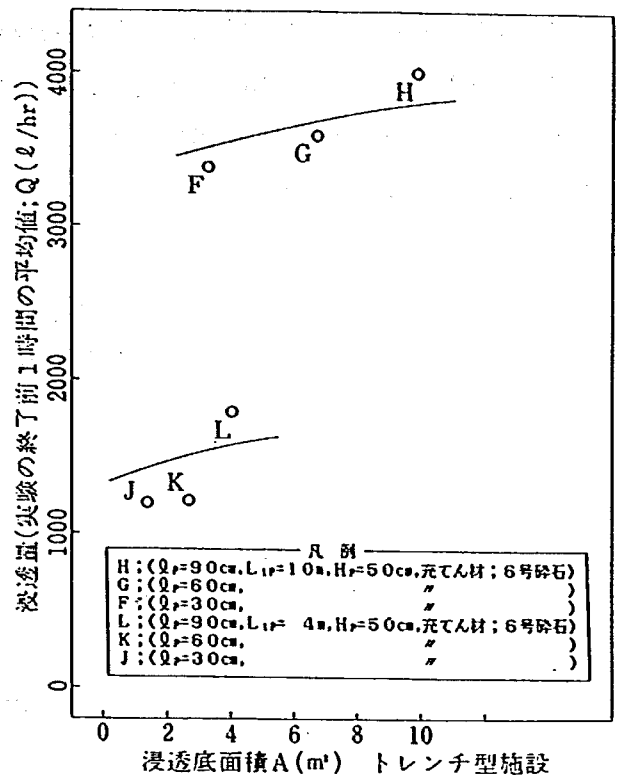


図4-31(2) 浸透底面積Aと浸透量Qの関係
(トレンチ型施設)

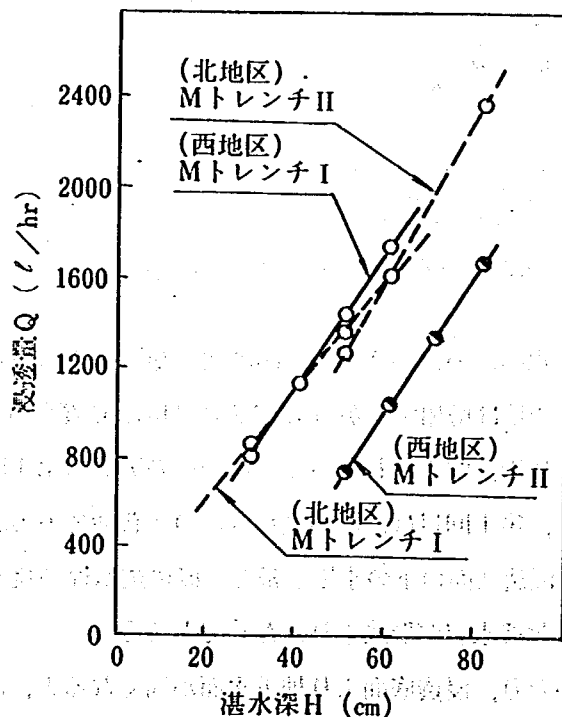


図4-32 湛水深Hと浸透量Qの関係

4-4-4 地下水位と浸透量の関係

地下水位が浸透量に及ぼす影響を把握するために、土木研究所水文観測場に円筒型施設2基、トレンチ型施設1基を設置し、春期から冬期にかけて定水頭実験を行った。

定水頭実験より求めた最終浸透量を基に、施設の浸透底面と地下水面との差 L と浸透量 Q の関係を整理した結果が図4-33である。

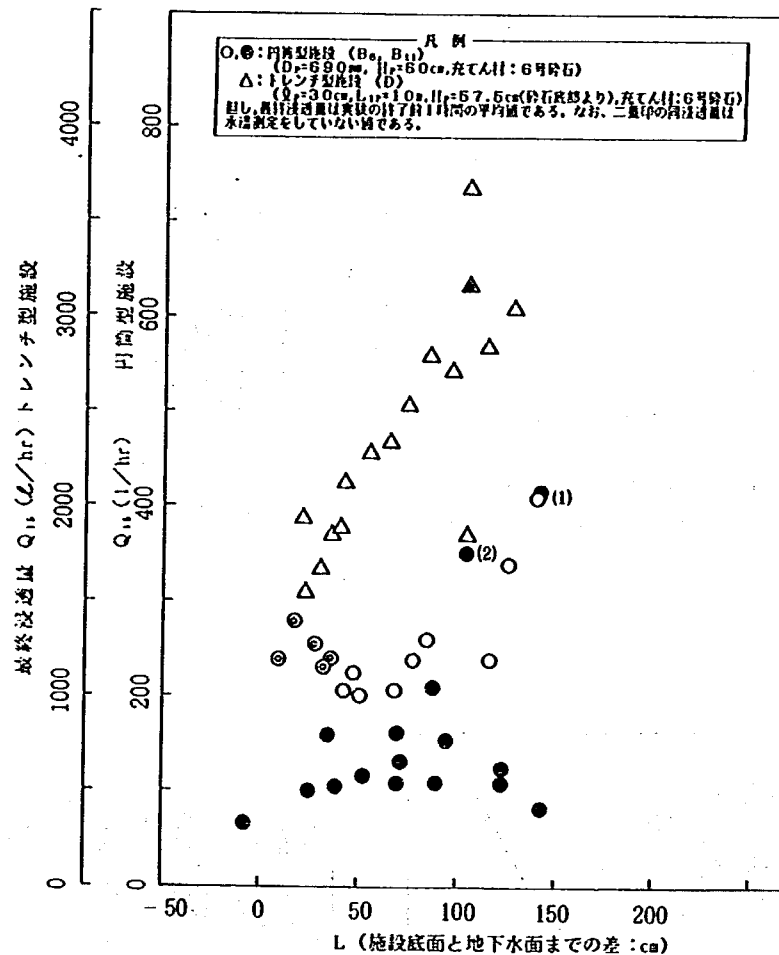


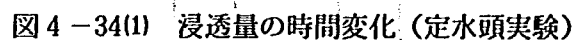
図4-33 最終浸透量 Q_{15} と施設底面と地下水面までの差 L との関係

この図から、トレンチ型施設では、浸透底面と地下水面との差が0～150 cmの狭い範囲内ではあるが、その差が大きくなる（地下水位の下降）とともに浸透量は増加するが、円筒型施設はあまり変わらないことが分かる。（なお、図4-33中、円筒型施設の資料に(1), (2)とされているのは一連の実験の第1回目、第2回目に相当している実験である。後で述べるが、第1回目は、浸透量が多いのが普通である。）この原因の一つとして考えられることは、円筒型施設の浸透底面の下の土壤水帯で、既に透水性の良くない層が形成されていたか、施設設置後の実験等により難透水層が形成されたためであろう。

今までの調査では、地下水面が浸透底面に近づいたり、浸透底面より地下水面が高くなると、浸透量は減少し流出抑制効果はあまり期待できないのではないかと懸念されていたが、今回の実験から、トレンチ型施設の浸透量は、施設の浸透底面と地下水面の差 L が0 cmの時でも1時間当たりおよそ150 l/mあり、かなり期待できることが分った。

浸透型施設が実際に機能するのは、降雨時または降雨直後がほとんどであるので、無降雨時の実験と降雨時の実験の浸透能力の関連付けを行わなければならない。

降雨量が浸透量に及ぼす影響を把握するために、円筒型及びトレンチ型施設を一基ずつ設置し、降雨の有無による定水頭実験を行った。実験に用いた降雨は、5 m四方の人工降雨装置を用いて、ピーク降雨強度30mm/hr及び50mm/hrの降雨を含む中央集中型降雨波形を7時間連続して与えた（p. 58, 4-3〔1〕iv）参照）。なお、実験は1日1施設についてのみ行い、2つの施設を同時に使用することはなかった。降雨時及び無降雨時の長時間注水による浸透量の変化について、定水頭実験を行った結果が図3-34(1)、(2)である。図4-34(1)のトレンチ型施設による無降雨時の実験（ケース1）では、浸透量は時間の経過と共に徐々に低減し、実験開始後4～6時間経つとほぼ一定の値となり、最終浸透量に漸近することが読み取れる。一方、降雨時の実験（ケース2～4では、無降雨時の実験日から10日余り経過して行われたにもかかわらず、浸透量は実験開始時からほぼ一定であり、最終浸透量は無降雨時の実験結果とほぼ同じになった。また、降雨の有無が浸透量にどの程度の影響を及ぼすかを比較すると、実験開始直後では、土壌の湿潤状態による影響を大きく受けているが、浸透型流出抑制施設の近くの土壌がほぼ飽和に達したと思われる実験終了直前の最終浸透量では、降雨の影響は小さいことが分かる。図4-34(2)の円筒型施設での実験でも降雨の有無による浸透量の差はあまり出ていない。



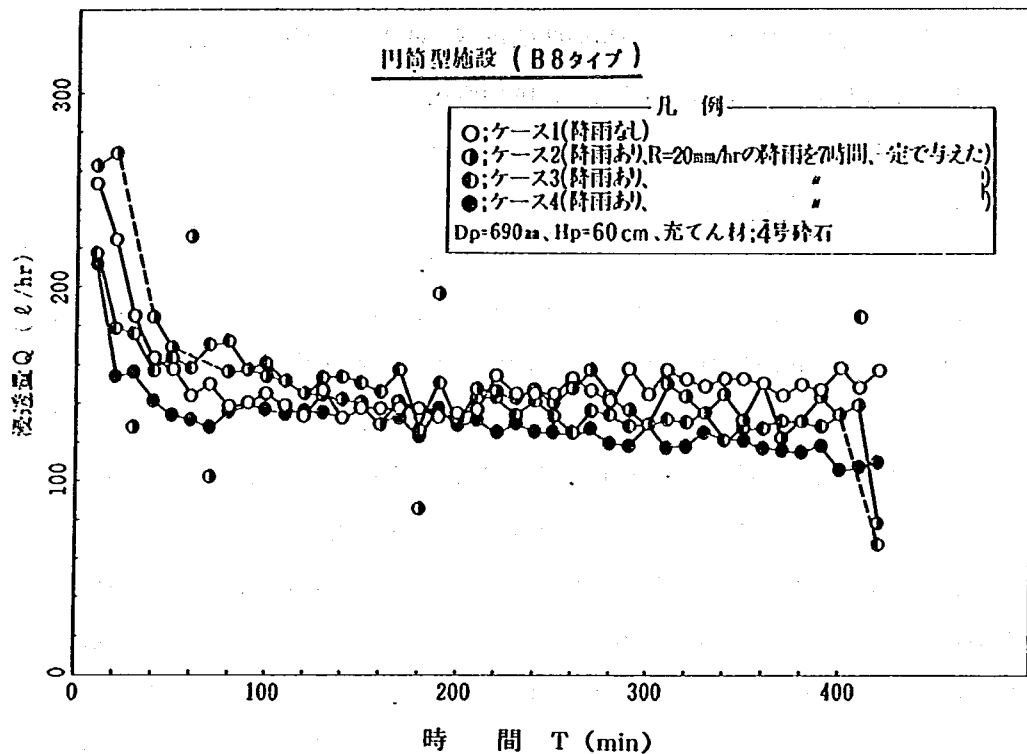


図4-34(2) 浸透量の時間変化 (定水頭実験)

(2) 土中水分量と浸透量に関する実験

浸透型流出抑制施設からの浸透水や降雨が地盤を湿潤することにより土中水分量が増加するが、この土中水分量が浸透量に及ぼす影響と、その範囲がどの程度であるかをテンシオメーターを用いて検討した結果を記す。

実験施設は、Iタイプのトレンチ型施設 (p.53, 図4-15(3)参照) で、湛水深はトレンチ管底より50cmの状態而定水頭実験を行った。その間、土中水分量は実験前から測定を始めて、実験終了後2時間まで10分ないし20分間隔で測定した。なお、テンシメーター受感部は、図4-35に示すようにトレンチ型の施設の縁より50, 80cm離れた地点において、深さ方向20, 40, 60, 90, 120, 150, 180cmにそれぞれ設置した。

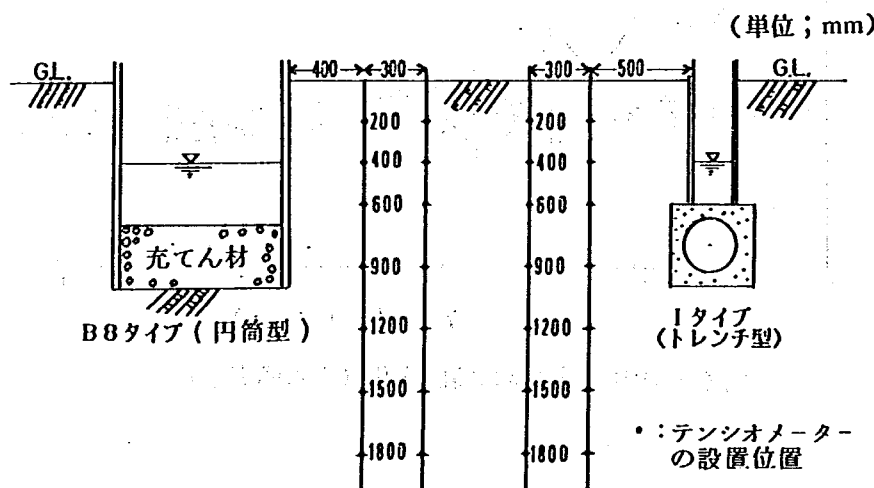


図4-35 テンシオメーターの設置位置

トレンチ型施設に水を長時間に亘り注入した場合、施設周辺の土中水分量がどう変化するか、さらに降雨がある時とない時、あるいは降雨強度を変えた場合に土中水分量がどう変化するかを、トレンチ型施設の縁から80cm離れた地点に設置されたテンシオメーターより測定した深度毎のPF値および水理水頭 h より述べる。なお、水理水頭 h は次式より求まる。

$$h = z + \phi + P / \rho / g$$

ここに、 z は重力水頭であり、今回は地下水面位置を基準面とし零とする。 ϕ は毛管水頭で、 $P / \rho / g$ は圧力水頭である。

測定結果を図4-36(1)~(4)、図4-37(1)~(4)に示す。ここで(1)~(4)は、「[1] 降雨装置を用いた実験とその結果」で行った実験のケース1~ケース4に対応した実験時の測定結果である。なお、図4-37における水理水頭は本実験時の地下水面位置が地表下200cmであったので、ここを基準面とした。図中には毛管水頭 $\phi = 0$ に相当する場合（重力水頭勾配を持つ場合、完全な湿潤の状態）の水理水頭を点線で示してある。図4-37より深度90cm以浅では、降雨開始後ほぼ4時間で水理水頭が重力水頭に一致し、ほぼ飽和状態に達していること、降雨の無い場合（図4-37(1)）は、40cm以浅では6時間後でもまだ不飽和であることが分かる。また、100cm以深は水理水頭が重力水頭より大きくなっていることより、トレンチからの圧力水頭の影響を受けていることが読みとれる。

[1]で述べた降雨の有る無しにかかわらず浸透開始後4時間目には浸透量がほぼ同じであること、また、図4-37に示す水理水頭の分布形より、ほぼ定常状態とみなされる状態では、浸透水は毛管水頭によるよりも、重力および圧力水頭で移動するものが大部分であると考えられる。（巻末補足を参照。）

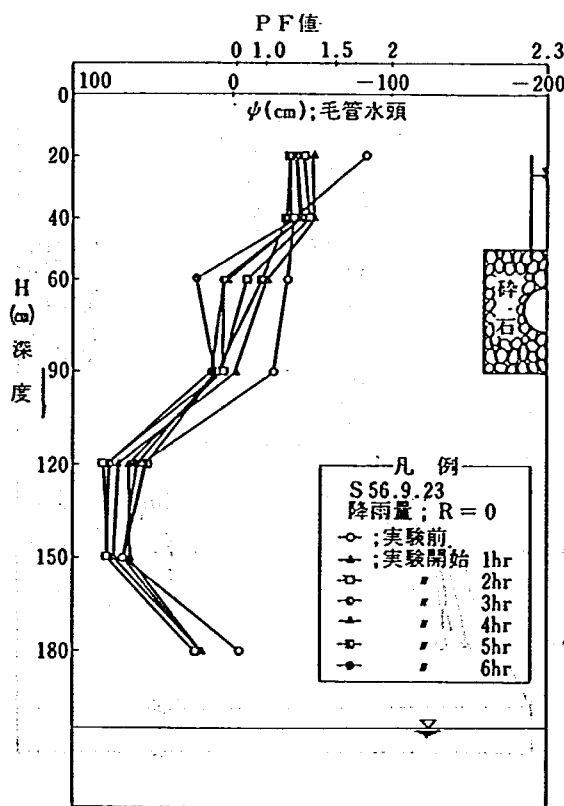


図4-36(1) 深度毎のPF値の時間変化
(トレンチ型施設Iタイプ、H=62.5cm)

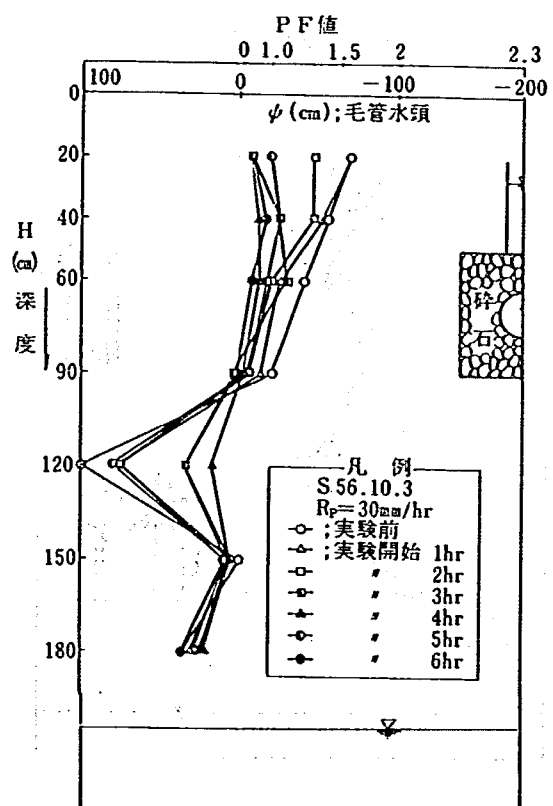


図4-36(2) 深度毎のPF値の時間変化
(トレンチ型施設Iタイプ、H=62.5cm)

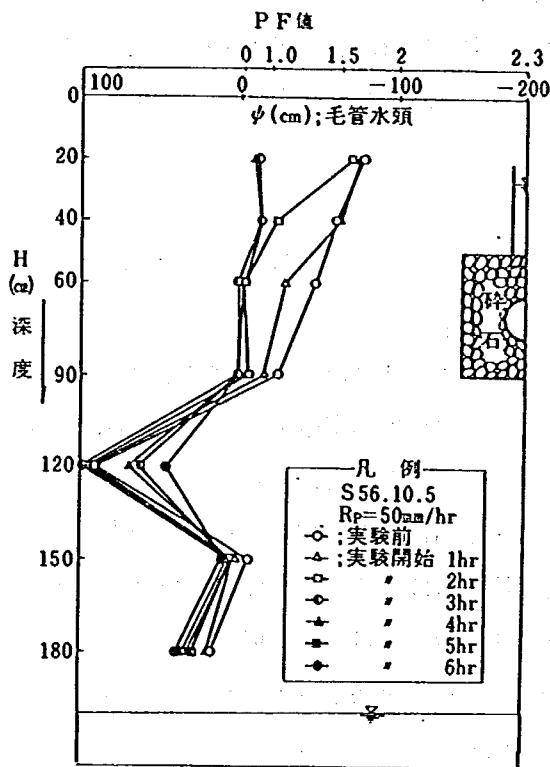


図 4-36(3) 深度毎の P F 値の時間変化
(トレンチ型施設 I タイプ, H=62.5 cm)

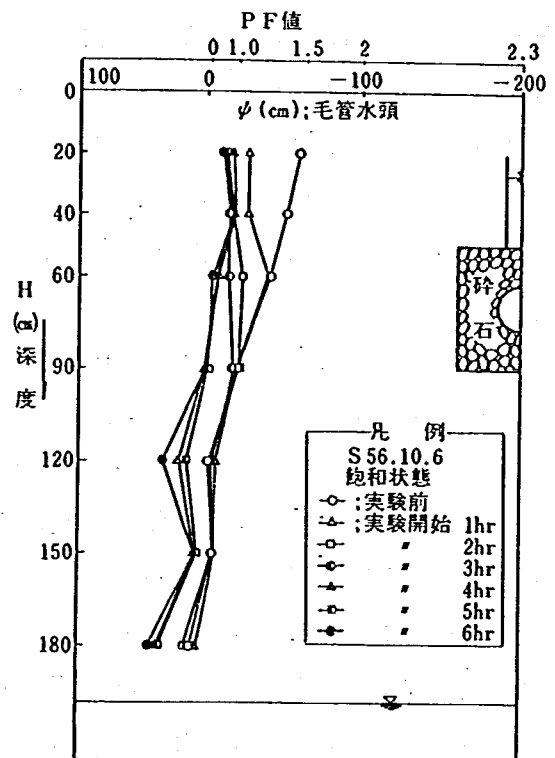


図 4-36(4) 深度毎の P F 値の時間変化
(トレンチ型施設 I タイプ, H=62.5 cm)

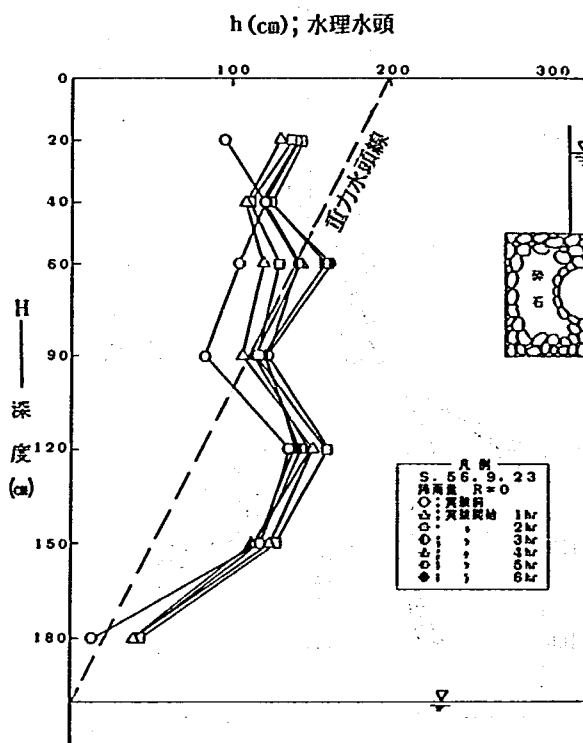


図 4-37(1) 水理水頭のプロファイル

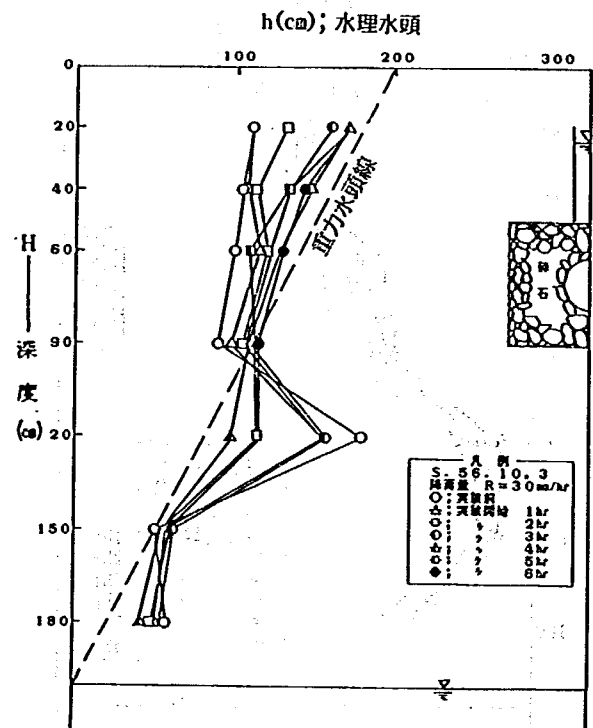


図 4-37(2) 水理水頭のプロファイル

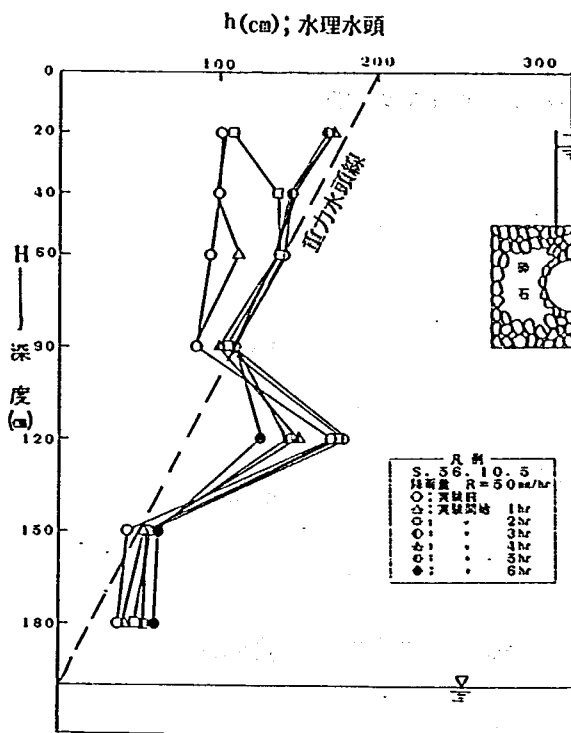


図4-37(3) 水理水頭のプロファイル

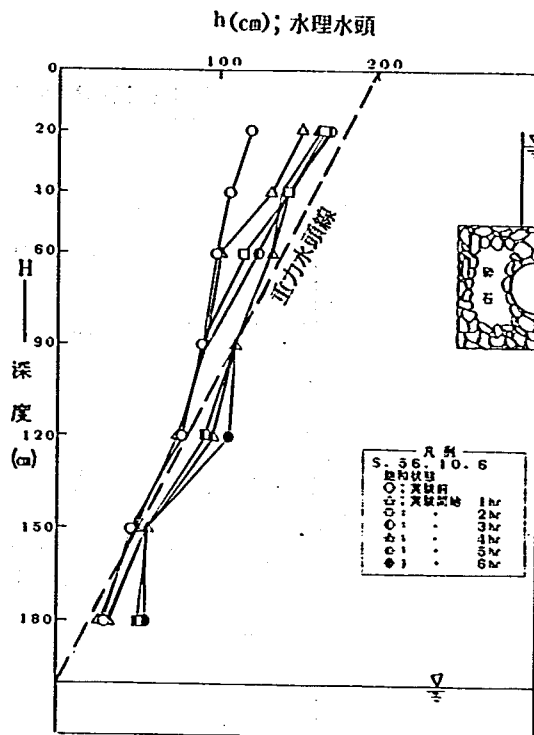


図4-37(4) 水理水頭のプロファイル

4-4-6 注水実験による地下水位の変化状況

浸透型流出抑制施設からの浸透水が施設の底面下及びその周辺の地下水に及ぼす影響と地下水位の上昇を調べるために、土木研究所水文観測場においてB₁タイプの円筒型施設を用いて下記の条件で、地下水位の測定を行った。当所の地下水面は、地表面下約2mと浅いこともあり、オーガーボーリング孔(φ100mm)を用いた。ボーリング孔は、施設の縁から0.3, 0.6, 1.0, 2.0, 3.0, 4.0mの6地点に設けた。この区域の地下水位は、施設からボーリング孔に沿って外方向に約1/200の勾配で低下している。測定の結果は、図4-38に示すとおりで、施設への注水に対し、地下水位の変化はかなり敏感で、施設の近くでは注水後すぐに上昇をはじめ、4m離れた地点でも10分後には上昇をはじめている。注水終了後の水位回復も相当に早く、1時間後には各地点とも上昇高の半分まで低下した。また、地下水位の上昇高は約10cmと小さく、4m離れた地点では、数cmである。

10)
上記と同様の目的の実験を、筑波工業団地においても行っている。実験地の地下水位は、谷田部地区ではG.L.-2.0~3.0m、筑波・大穂地区ではG.L.-3.5~4.0mである。図4-39に示すような配置で、施設はトレンチ型施設を用いて観測を行った。観測した地下水位の変化状況の一例を図4-40(1), (2)に示す。この図から、各観測孔における地下水位の上昇高は4m程度離れた所では約10cm、15m以上離れている所では数cm程度であることが分る。以上の結果から、谷田部及び筑波・大穂地区における地下水位の変化状況は、土研構内において行った結果とほぼ同様であることが分かった。

凡 例
L : 施設の縁から地下水位測定地点までの距離

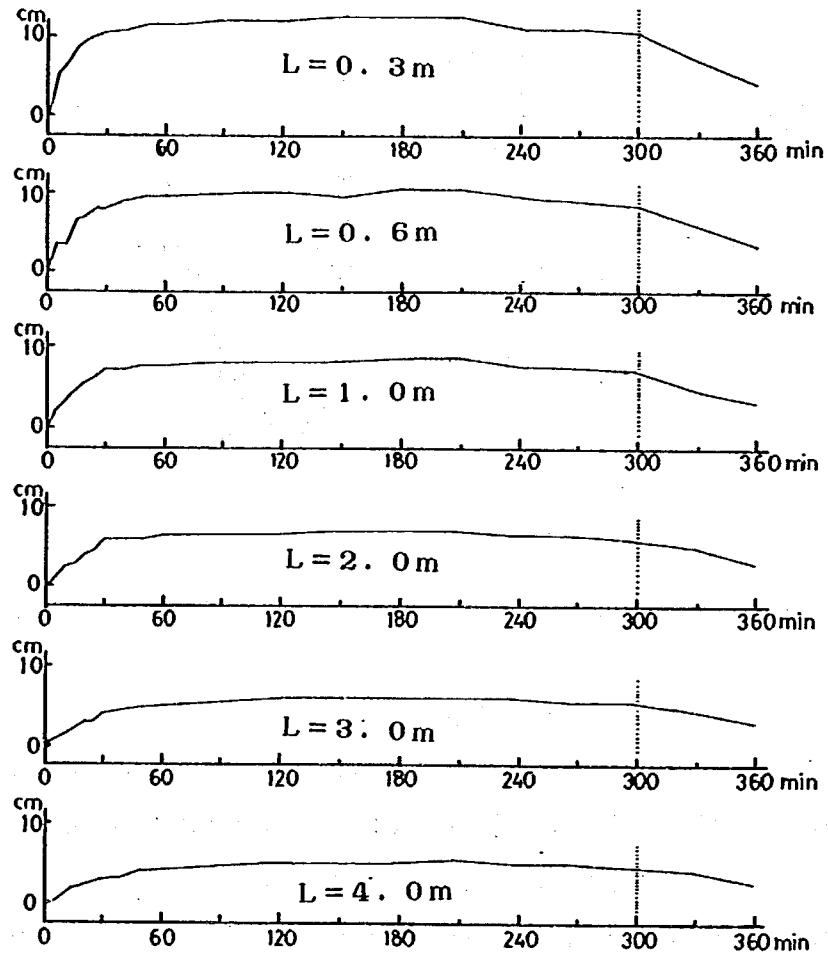


図 4-38 地下水の時間変化図
(B_1 タイプ $\Sigma Q_{in} = 2,620 \ell$)

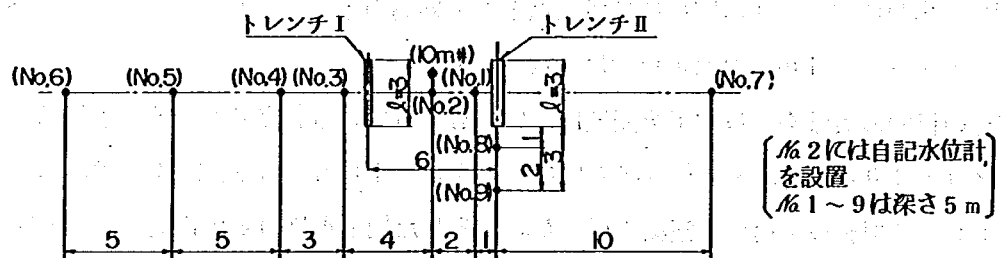


図 4-39 地下水観測孔の配置

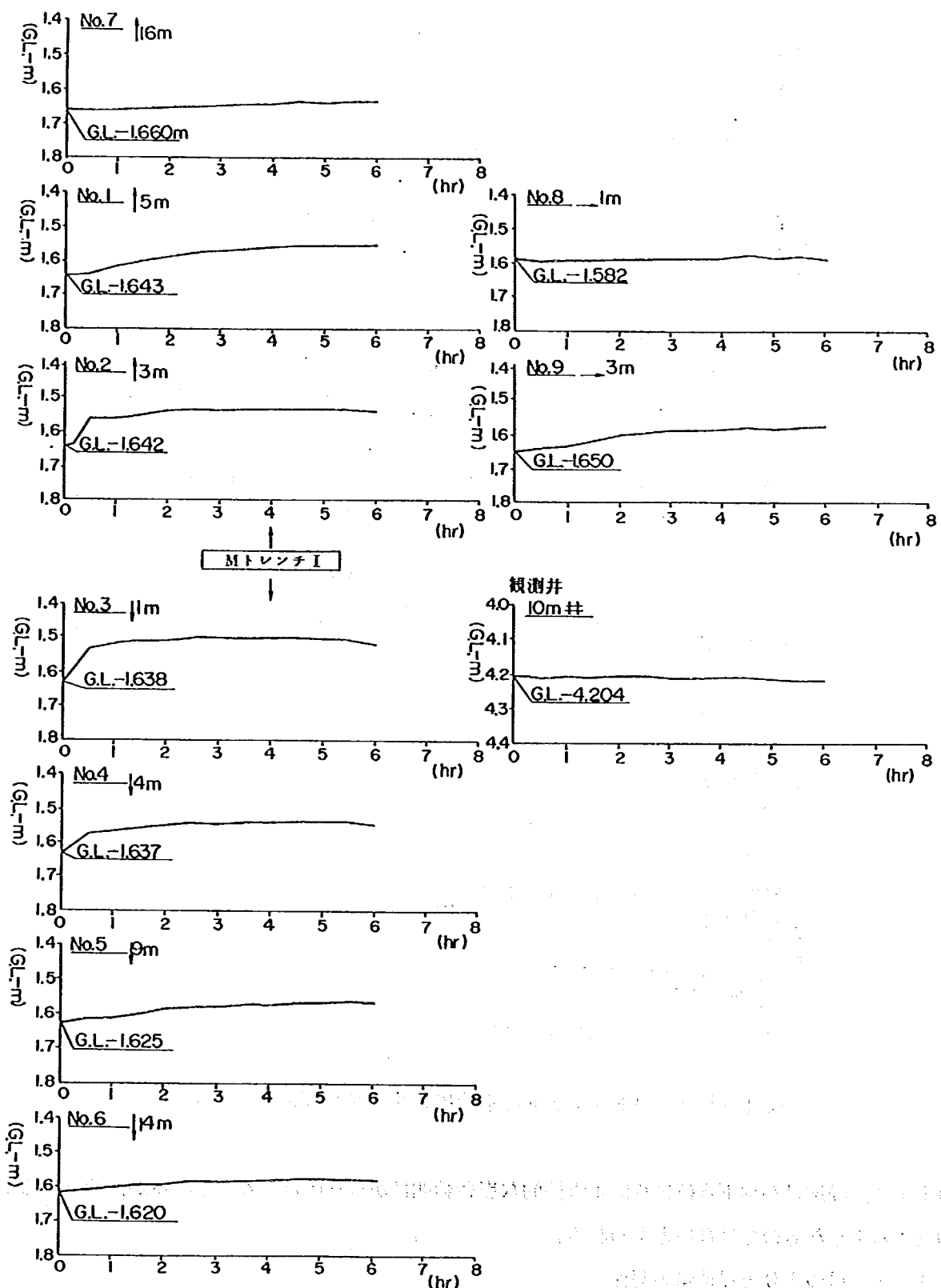


図4-40(1) Mトレンチ I注水時における地下水変動(2回目)

この図は、Mトレンチ Iに水を注入する際の地下水の変動を示しています。観測井 No. 1 から No. 10 までの各井の水位（GL）が、注水開始から8時間までの経過とともにどのように変化するかを示しています。ほとんどの観測井で、注水開始直後に水位が急激に上昇し、その後徐々に安定化していく傾向が見られます。観測井 No. 10 は、他の観測井と比べて、水位の変動が非常に小さいことがわかります。

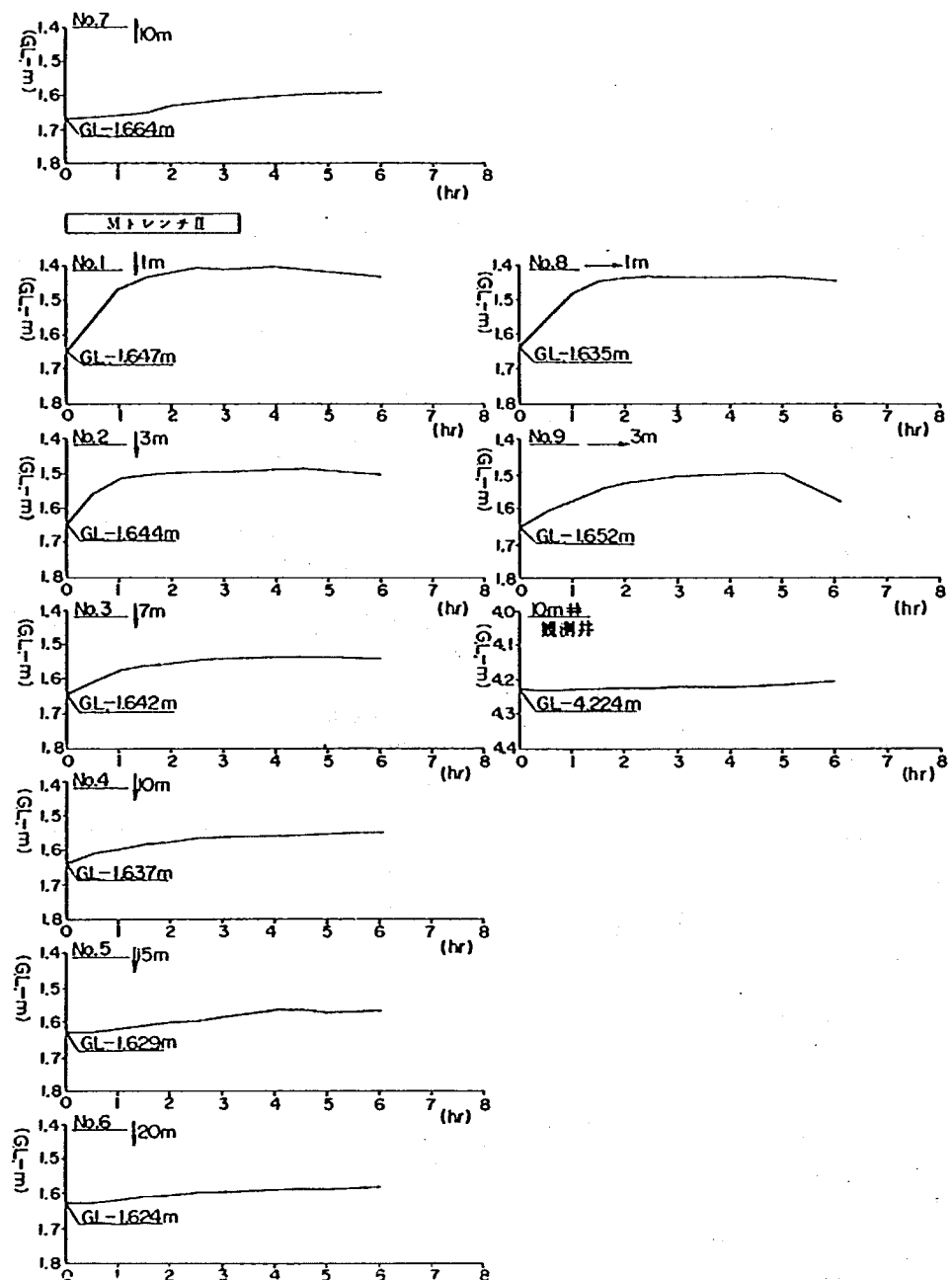


図 4-40(2) Mトレンチ II 注水時における地下水変動 (2 回目)

以上より、浸透量が地下水位に及ぼす直接的な影響範囲はかなり広いと考えられるが、地下水環境上問題とするようなものではないと思われる。

4-4-7 目づまりと浸透量の関係

浸透型流出抑制施設の浸透機能を維持する上で重要になるのが、施設を含むその周辺の土壌の目づまりである。この目づまりが発生する原因の一つに、対象水に含まれる懸濁物等が挙げられる。そこで、施設の目づまりは、風等によって運ばれ屋根に積った物質が、雨水と共に施設に流入し発生するものと想定し、塵状の乾燥土壌を用いて、目づまりと浸透量の変化に関する実験を行った。実験は、円筒型施

設3基に塵状の乾燥土壌を溶解して作った注入水を注入して浸透量の低減率を求めた。この注入水中の浮遊物SSは、実験場付近の関東ローム層を自然乾燥させて840 μ のフルイを通過したものである。施設に注入した1回当りのSS量は378gである。この量は、昭和53年度に土木研究所が東京都清瀬市において、屋根上に堆積する物質の調査を行った際測定した結果から、屋根面積100m²（平均的な一戸建住宅の屋根面積）^{注)} 当り年間2,267gという値を得、この値を基に1年分を6回に分けて注入した。

注) 屋根に堆積する物質の把握

住宅の屋根に堆積する物質がどのような種類のもので、堆積量はどの程度になるかを、プレハブ住宅の屋根面積100m²を対象として、1年間定期的に調査したものである。調査地は東京都清瀬市旭ヶ丘団地内で、プレハブ住宅と、その屋根に堆積する物質を貯めるための施設を設置した。屋根の堆積物は、自然降雨によって集収するものと、自然降雨と人工散水とによって集収するものの2種類で、表4-9の結果を得た。表4-9の浮遊物質をもとに、屋根上の堆積物を自然降雨のみから集収したケー

表4-9 屋根上堆積物

	L S.54.6.14.	M	L S.55.1.7.	M
浮遊物質 (g)	85.69	79.57	140.76	73.66
蒸発残留物 (g)	116.44	88.04	159.12	87.63
強熱減量 (g)			24.48	20.32
鉄 (g)	10.74	5.39	43.30	16.38
鉄/蒸発残留物(%)	9.22	6.12	27.21	18.70
分析・測定方法：JIS K0102				
備考	* 試料は前処理として、0.25mm (60メッシュ) 標準ふるいでろ過 L：自然降雨+人工散水 M：自然降雨のみ			

スを対象として、屋根面積100m²から堆積物を集収したと仮定すると、1年間に約2,267gになる。

環境庁によって、調査された山形市（調査期間S. 53.1～12）内の降下ばいじん量は、2.5～4ton / km²/月である。これは1年間の100m²への降下ばいじん量に直すと3,000～4,800gとなる。清瀬市での測定量をこの値と比べると、概ね60%位であるので、目づまり実験に用いた値は妥当なものであると考える。

*) 下水道研究室、下水管路施設の合理化に関する調査報告書（V）—都市域の汚濁ポテンシャル—

土研資料第1705号, S. 56. 8

円筒型施設における単位面積当りの浮遊物量と浸透量の低減率の関係を図4-41に示す。この図から、浸透量は施設への浮遊物注入量の増加と共に減少してゆく。3回目の実験では3施設とも、浸透量が概ね一定しており、浮遊物の注入による浸透量の減少割合は小さくなった。充てん材に砂を用いた口印(B2タイプ)の施設では、浸透量が1回目の実験において大きく低減し、2回目の実験ではその割合はゆるやかになり、3回目の実験では逆に浸透量が増加する傾向にあることが分かる。そこで、各施設の浸透機能の維持を図る目的で、敷設してある充てん材の浮遊物の堆積状況について調査した。調査結果は、図4-42に示すとおりで、充てん材に4号碎石を用いた施設(Bタイプ)と4号碎石と砂を用いた施設(B4タイプ)では、4号碎石の上部から下部にゆくに従い浮遊物の付着が多くなり、碎石の下部約5 cmの間は、浮遊物により間隙がほとんど塞がれていた。さらにB4タイプの施設では砂の上部0~1 cm程度に浮遊物の浸入が見られたが、それ以深には認められなかった。また、B2タイプの施設では、砂の表面に浮遊物が2~4 cmの厚さで堆積していた。なお、砂の上面より7 cm付近まで2~3層をなして浮

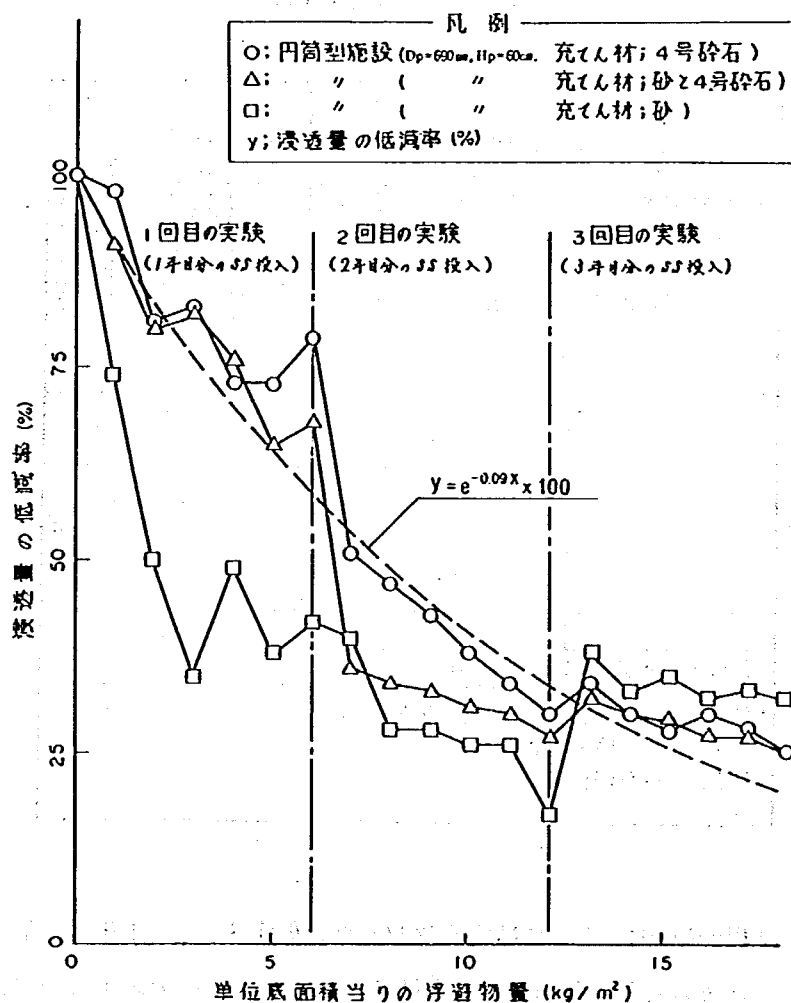
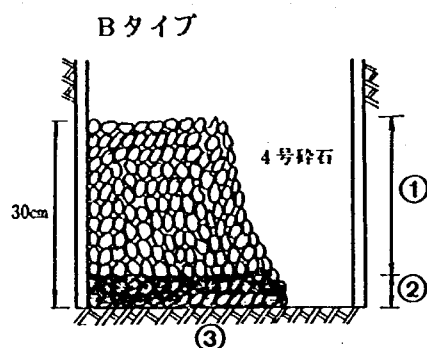
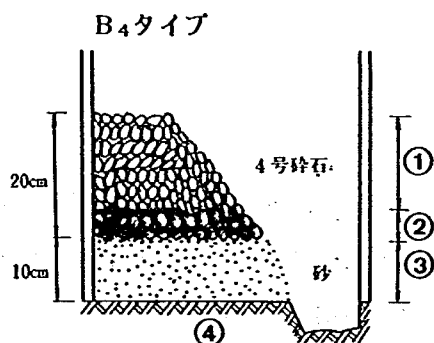


図4-41 浮遊物の量と浸透量の低減率

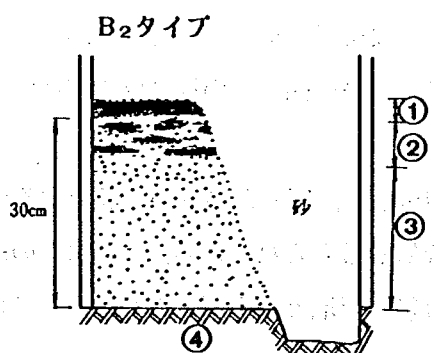
遊物が不規則に浸入しているが、これは施設への注水による砂の表面の攪拌が影響したものと思われる。以上の現象が、先に述べた各施設における浸透量の変化に影響したものと思われる。このことから、現時点においては、円筒型施設の目づまり軽減対策の一つとして、施設の浸透機能をあまり妨げず、土壌の浸透面に直接浮遊物が堆積しない「4号砕石+砂」の充てん材方式（充てん材の種類及び層序）が良いと思われる。



- ① 充てん材表部はわずかに砕石に付着している程度でまばらであるが、下部に従ってゴミの割合多くなる。
- ② 下部より約5cm間はゴミの割合多くなる。
- ③ 在来地盤にはゴミの浸入認めず。



- ① 表部はまばらであるが下部に従ってゴミの割合多くなる。
- ② 砕石下部約5cm間はゴミで間ゲキが満されている。
- ③ 砂上部約0.5cm～1.0cm程度に若干ゴミの浸入。それ以深は認めず。
- ④ 在来地盤にはゴミの浸入認めず。



- ① ゴミが厚さ約2～4cmに堆積している。
- ② 砂上部より6～7cm付近まで2～3層に不規則にゴミの浸入がみられる。（給水時初期の攪乱による影響と思われる）
- ③ ゴミの浸入・付着なし。
- ④ 同上。

図4-42 浮遊物の堆積状況

図4-41を基に、浸透量の低減曲線を求めると、およそ

$$y = e^{-0.09x} \times 100 \dots\dots\dots (4 \cdot 2)$$

ここに y : 浸透量の低減率 (%)

x : 単位底面積当りの浮遊物量 (kg/m^2)

である。

一方、トレンチ型施設における浸透量の低減曲線式は、小沢コンクリート工業株式会社¹¹⁾がレキ混り砂質土を対象に実施した同様な実験結果から

$$y = e^{-0.0075x} \times 100 \dots\dots\dots (4 \cdot 3)$$

ここに、 x : 単位底面積当りの浮遊物量 (kg/m^2)

$$x = S_0 \{A \cdot f / (L \cdot \ell)\} R_0 \cdot T$$

S_0 : 年間平均浮遊物濃度 (kg/m^3)

$A \cdot f / (L \cdot \ell)$: 浸透型流出抑制施設設置密度比

A : 集水区域 (m^2)

f : A の流出係数

$L \cdot \ell$: 浸透型流出抑制施設の浸透面積 (m^2)

R_0 : 年間総降雨量 ($\text{m}/\text{年}$)

T : 耐用年数 (年)

となる(図4-43)。なお、注入水は粒径2mmを全て通過し、 74μ を80%程度が通過する粘土及びシルト分を多く含む濁水である(図4-44、表4-10)。注入水の濃度は、浮遊物分が2,000p.p.m.程度である。浮遊物を混入した濁水量は、注水実験を行った際、最初と最後に清水を1時間注入し、その間に濁水注入を6時間継続して行ったものの10回分の水量である。

図4-43より、トレンチ型施設では、施設への浮遊物を 1m^2 当り100kg注入した場合、浸透量の低減率は浮遊物注入前の浸透量を1とすると約 $1/2$ に、同様に浮遊物を施設に $200\text{kg}/\text{m}^2$ 注入した場合、初期の約 $1/5$ になることが分る。また、同図から、浸透量の低減率を施設の違いでみると、トレンチ型施設に比べ円筒型施設の方が大きいことが分かる。この原因は、円筒型施設では底部しか浸透面が無く、より目づまりしやすいためである。

この実験結果は、実験施設の構造の相違(円筒型施設は、底面部のみから浸透する構造である)や実験を実施した地点の土壌の相違、浮遊物濃度の相違等が考えられるため、一概にこの結果がどの場所でも通用するとは言えないことを注意しておく。今後、現地での事例調査を増やしてゆき、修正してゆくことが望まれる。

次に、円筒型施設を対象にして、目づまり後の施設の機能回復状況を調査した結果を記す。

実験順序としては、新たに設置した円筒型施設(B5タイプ)($D = 690\text{mm}$)に清水を注入して実験を実施した後、10日程度経過してから、施設に浮遊物を混入した濁水を注入しながら目づまりによる浸

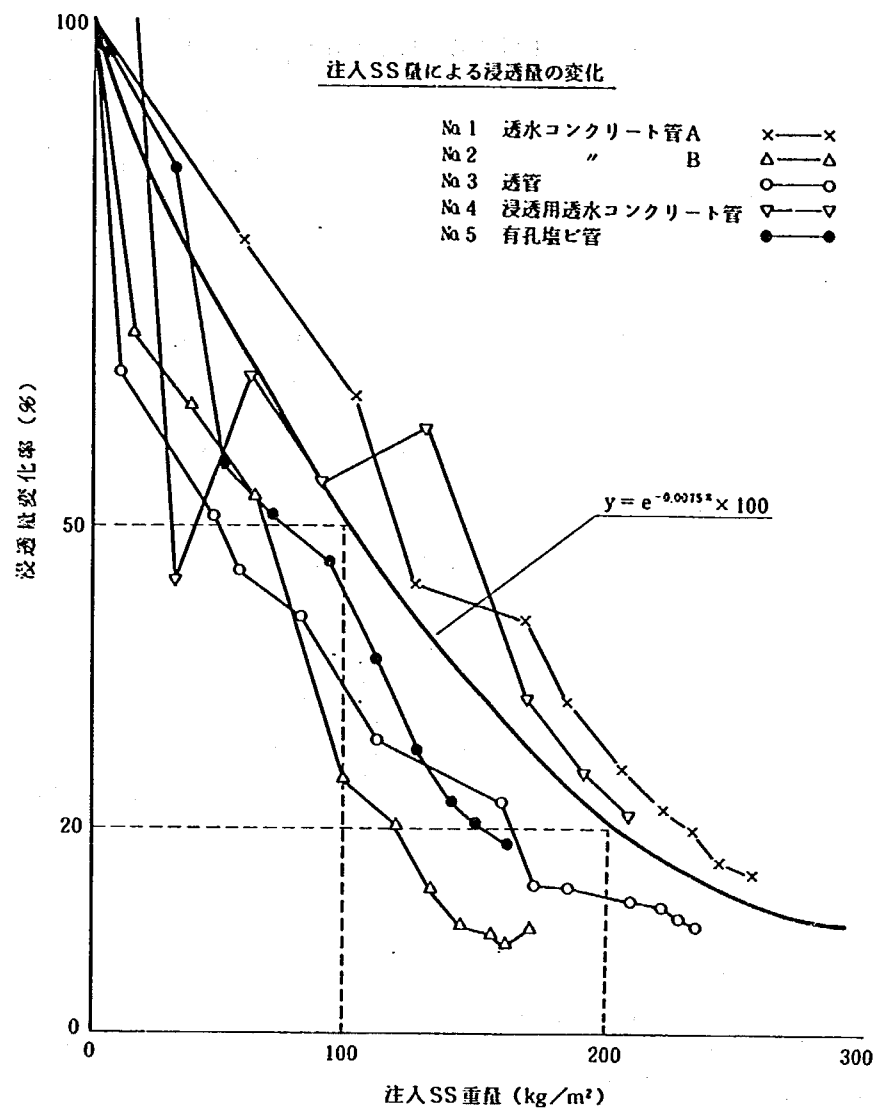


図4-43 SSによる目づまりを考慮した浸透能力の低下

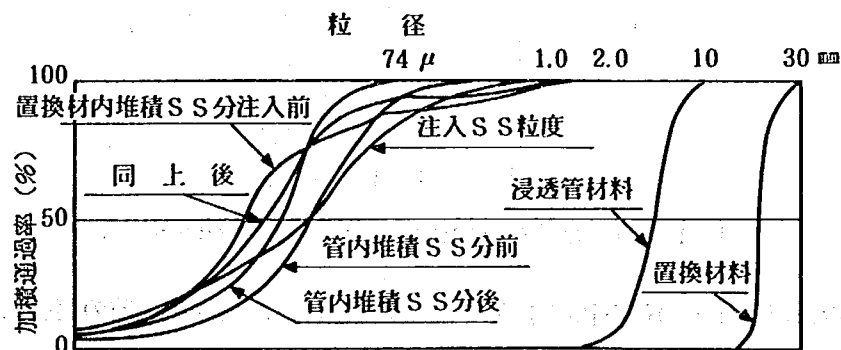


図4-44 堆積SS分の粒度分布図

表4-10 注入SS量の収支

埋管	注入SS量	管内堆積量	置換内材堆積量	円筒・その他	合計	収支率
A	252 kg	4.8 kg	62.3 kg	68.5 kg	135.6 kg	53.8 %
B	256	19.5	40.2	60.3	120.0	46.9
C	170	25.1	27.5	58.7	111.3	65.5

透機能の低下状況把握実験を1日間隔で3回実施した。更に目づまり後の施設の自然回復能力を把握する目的で、施設をそのままの状態に3ヶ間放置してから、清水注入実験を行った。最後に1日おいて、目づまりした施設の充てん材である砂を新たな砂に交換後、再度清水注入実験を行った。なお注水実験はすべて定水頭実験（湛水深60cm）とした。

この一連の実験を整理した結果を図4-45に示す。

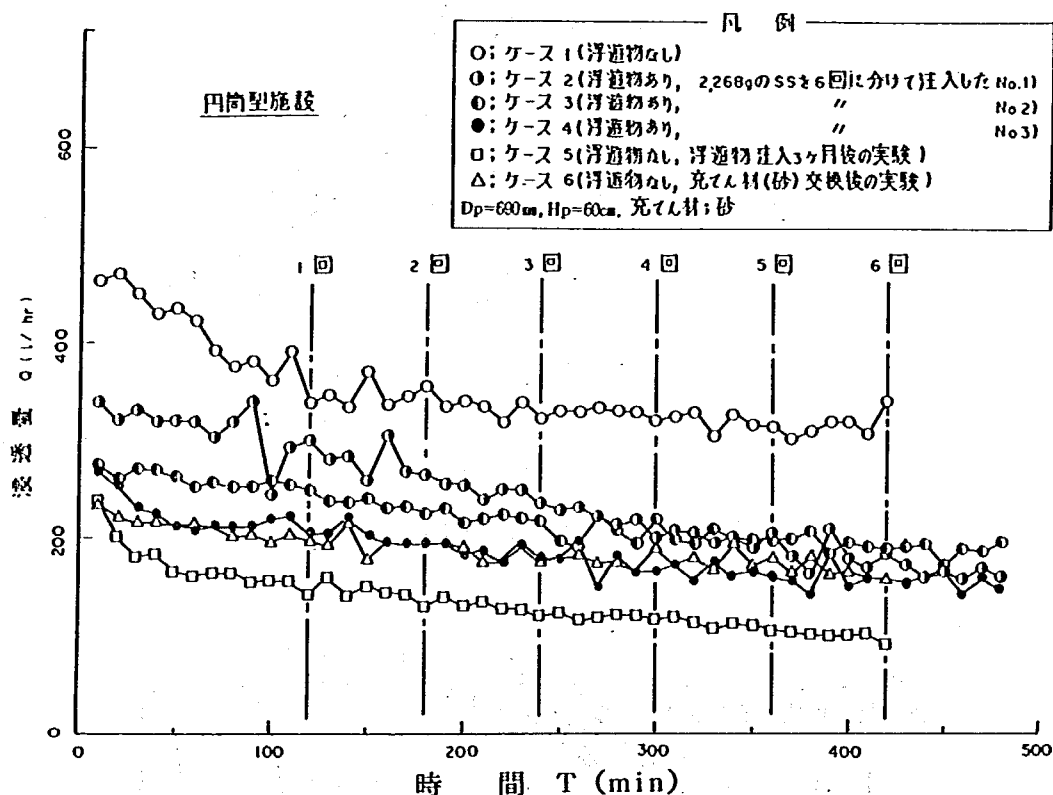


図4-45 充てん材交換による浸透能力の回復状況

この図より、施設の浸透能力の低下状況をみると、浸透量は、浮遊物注入前の実験（ケース1）に比べ、注入後の実験（ケース2～4）において目づまりにより施設の機能が大きく低減していることが分る。その後行った目づまり後の施設の自然回復能力を期待した清水注入実験（ケース5）結果からは、ケース2～4に比べて浸透量が一段と低減して、施設の自然の浸透機能回復は期待し得ないことが分かった。更に、目づまりが進んで充てん材の砂の一部分（表面部分の10～20cm）を、同一粒径の新たな砂に交換した状態（ケース6）で、清水注入実験を行ったところ、浸透能力は浮遊物注入前（ケース1）の値ま

では回復しなかった。この原因は、施設に注入した浮遊物が充てん材である砂の部分被覆すると共に、シルトや粘土等の微細粒子の一部が浸透面である土壌の間隙を閉塞したことにより、目づまり（不透水膜の形成）が発生し、浸透能力が低下したと思われる。充てん材の交換によって施設の機能の回復を図っても効果は薄いと判断される。

なお、この目づまりが浸透面の表面部分で生じているのか、より深い層の所で生じているのかをチェックするために次のような実験を行った。

土木研究所水文観測場において直径50cmの円筒型施設を設置し、その浸透底面を約55kgの人間が平均4回はだして踏み固めた後、湛水深60cmで定水頭実験を行い、次の日に2回目の実験を、3回目に浸透表面を1.5cmほど削り取り、浸透面を乱さないように定水頭実験を行った。その結果が図4-46(1)に示されている。また比較のため踏み固め無しで同様な実験を約3m離れた所でも行った。その結果を図4-46(2)に示した。

これによると1.5cmほど表面を削り取ったにもかかわらず浸透量は変化せず、踏み固めを行なわなかった場合と同様な浸透量の時間変化となった。このことは、目づまりがより深い層で生じていることを示唆するものであり、また浸透表面を多少踏み固めた程度では浸透量にそれほど影響を与えないことが分かった。

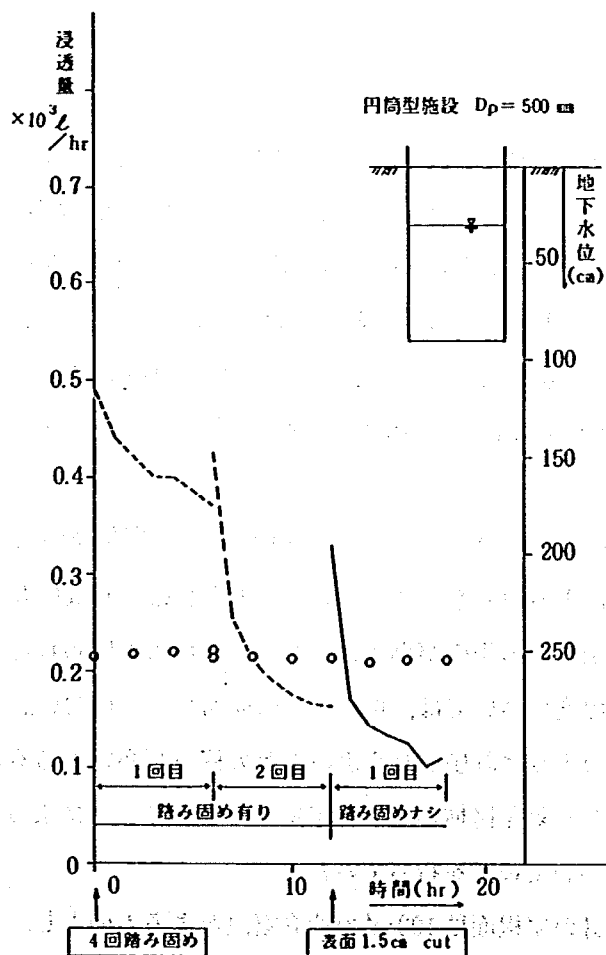


図4-46(1) 浸透量時間変化図

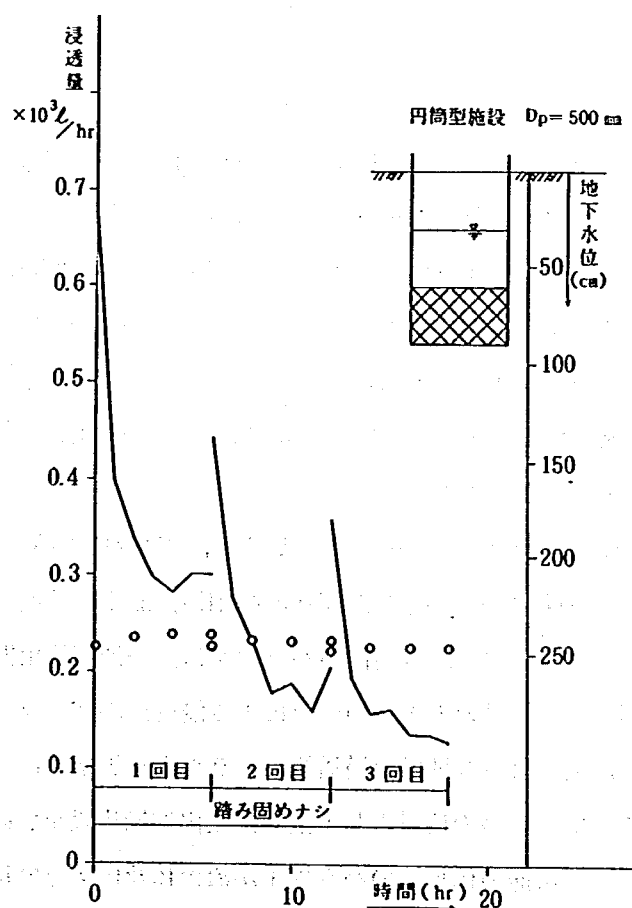


図4-46(2) 浸透量時間変化図

4-4-8 土研式円筒型浸透計と目づまり

土研式円筒型浸透計設置後、はじめて注水し定水頭実験を行って最終浸透量を求めたものと、その後、同一の条件で実験を行って最終浸透能を求めた場合では、浸透量が異なる。表4-11は土木研究所構内

表4-11 土木研究所構内 円筒型定水頭実験結果

地 区	タイプ	回 目	Q (ℓ/hr)	H (cm)	A (cm ²)	a (l/hr)	平 均
土 研 57 構 2 内	B-9	1	194	60	706.5	4.58	3.55
		2	107			2.52	
	B-10	1	433		1884.8	3.83	3.41
		2	339			2.99	

B-9 D=30cm, B-10 D=49cm

で行った円筒型施設の定水頭実験結果から、設置後初めて行った実験（1回目）と、その後排水し2回目に行った実験の浸透量の違いを示したものである。この違いの原因は、円筒内のフィルター材等に混る微細粒子が水が浸透する時に浸透層に定着して目づまりを起したことによるものであると考えられる。浸透型流出抑制施設の浸透能力評価のためには安全を考えて、一度施設に湛水し、その後水ぬきを行ったのちに実験を行う必要がある。

4-4-9 浸透量のバラツキについて

ほぼ同一土壌、同一地下水位条件であっても、施設の設置地点が異なると、土木研究所水文観測場での浸透実験結果で述べたように、浸透量は同一とはならない。流域全体を対象として行った、建設省関東地方建設局江戸川工事事務所、荒川下流工事事務所、京浜工事事務所の土研式円筒型浸透計による実験結果から、^{注)}同一の土壌・土質と考えられる資料ごとに、正規確率紙上に各地点のaの超過確率を示したものが図4-47である。この図から、浸透型流出抑制施設を設置する対象土壌と目している関東ローム層や黒ボク土では、同一土壌であってもその浸透能力係数aは $10^1 \sim 10^{-1}$ オーダーと大きなバラツキがあることが読みとれる。

浸透量のバラツキの原因としては、個々の地盤条件の差のほかに、実験施設施工段階での掘削時の浸透面の攪乱や土壌の湿潤状況の相違、測定精度等による誤差も含まれていることも見のがせない要因である。なお、浸透能のバラツキは、浸透型流出抑制施設の規模が小さいほど大きくなると思われるが、この施設の大きさの違いによる浸透能のバラツキ程度については、現段階では何も分っていない。

以上のような地盤の浸透能のバラツキを工学的にどのように評価したらよいのかの検討が必要である。そこで、一つの検討として浸透型流出抑制施設を設置した対象区域からの流出量を計算することによって、浸透能力係数aのバラツキが流出に及ぼす影響について検討を行ってみた。

土地利用としては、標準的な住宅地を考え1haに35軒の屋根面積100m²の独立家屋があるものとし、

注) 付表 現地浸透実験データベース参照

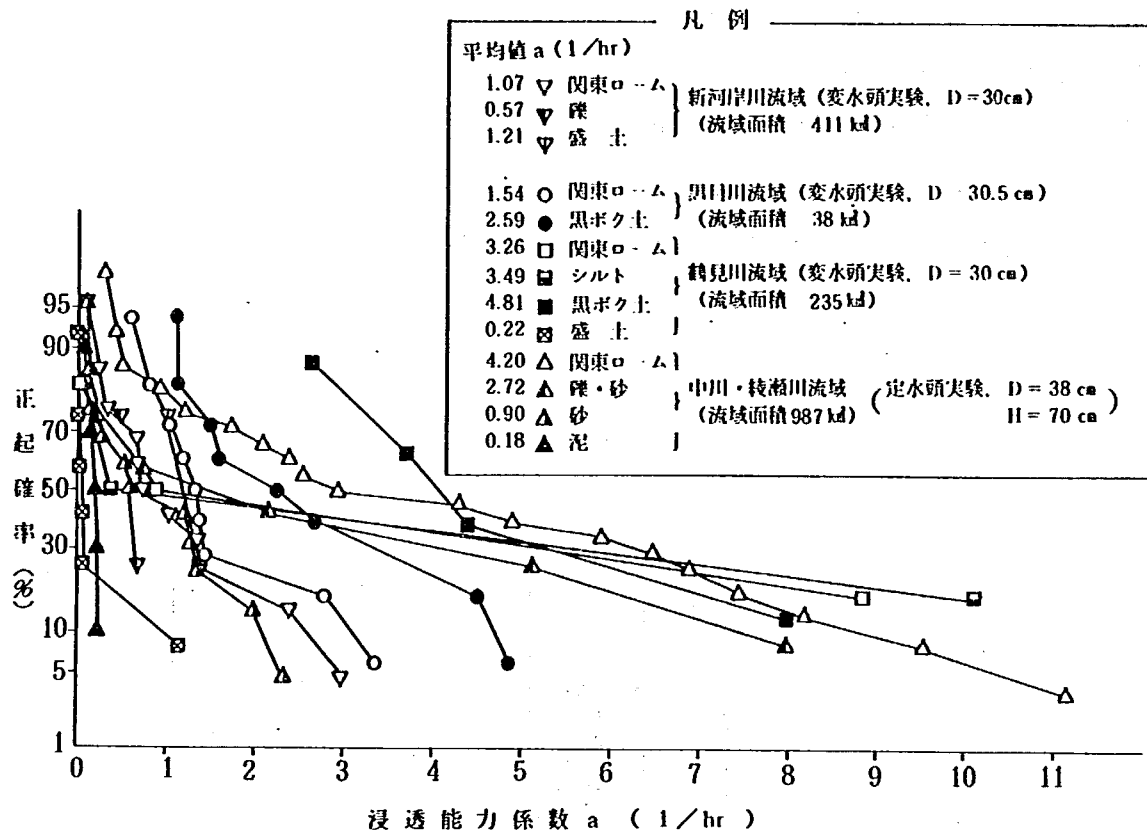


図4-47 土壌毎の浸透能力係数 a の正規確率分布 (円筒型施設)

浸透型流出抑制施設を個々の住宅に設置するものとする。また、一施設の集水域は屋根のみとした。この屋根からの流出量を、平均浸透能力係数 $\bar{a}$ で評価した場合の流出量を Q_m 、図4-48に示す新河岸川流域の浸透能力係数 a のデータのバラツキ程度を持つものとして個々の施設の浸透能力を算出し、それを用いて計算した流出量を Q_e とし Q_m と Q_e の比を調べることによって、 a のバラツキが流出に及ぼす影響を調べた。なお図4-48は新河岸川流域において、不完全定水頭実験により、地盤の浸透能調査を行った結果を図示したもので、図4-47のような土壌ごとの分類は行っていない。

流出計算は合理式を使って行った。具体的な計算法は以下のとおりである。

$$Q_m = \frac{1}{360} \cdot f \cdot (NR - Nr_c) \cdot \bar{a} \cdot \bar{A} \quad (R \leq \bar{r}_c \text{ のとき } Q_m = 0)$$

$$Q_e = \frac{1}{360} \cdot f \cdot \sum_{n=1}^N (R - r_{cn}) \cdot \Delta A \quad (R \leq r_{cn} \text{ のとき } Q_m = 0)$$

ここに、

Q_m : 対象区域内施設設置箇所の浸透能力係数 a の平均値 $\bar{a}$ を用いて求めた対象区域からの総流出量 (m^3/sec)

Q_e : 同上個々の施設設置箇所の浸透能力係数 a を用いて求めた対象区域からの総流出量 (m^3/sec)

f : 屋根の流出係数 (= 1.0)

r_{cn} : a_n に対する浸透強度 (mm/hr)

$\bar{r}_c$: $\bar{a}$ に対する浸透強度 (mm/hr)

R : 降雨強度 (mm/hr)

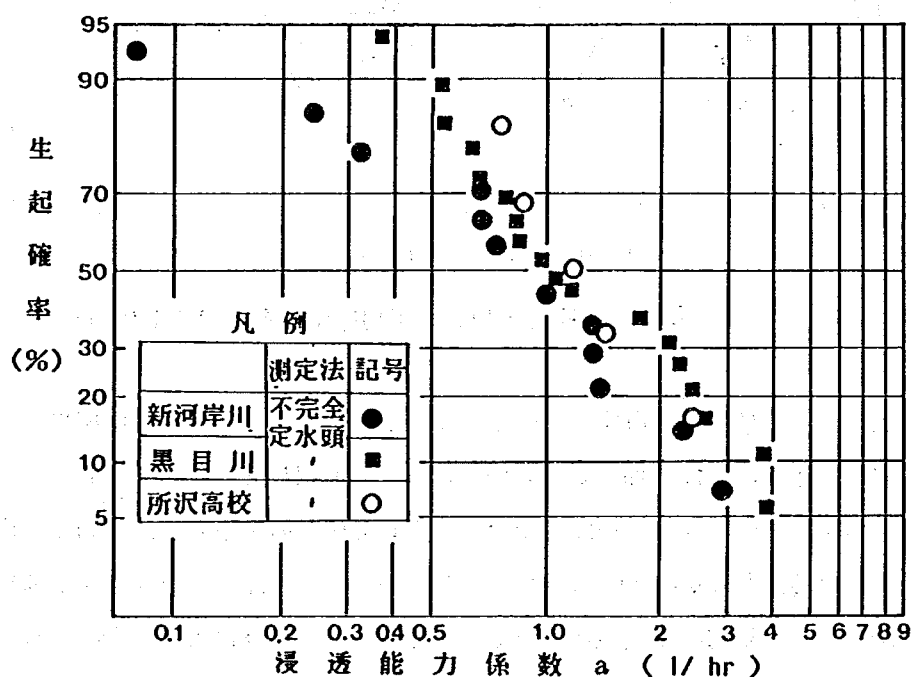
ΔA : 浸透型流出抑制施設の集水面積 (ha)

N : 施設の個数

と表わされ、浸透強度 r_c , 平均浸透強度 $\bar{r}_c$ は次式で評価する。

$$r_c = \frac{3.6 \times Q'}{A_c} = \frac{q_{ct} \cdot L}{A_c} \times 10^{-6} = \frac{q_{ct}}{u} \times 10^{-6} \quad (\text{mm/hr})$$

$$\bar{r}_c = \frac{\sum_{i=1}^N (q_{ct})_i \cdot L_i}{\sum_{i=1}^N (A_c)_i} \times 10^{-6} \quad (\text{mm/hr})$$



浸透能調査位置図

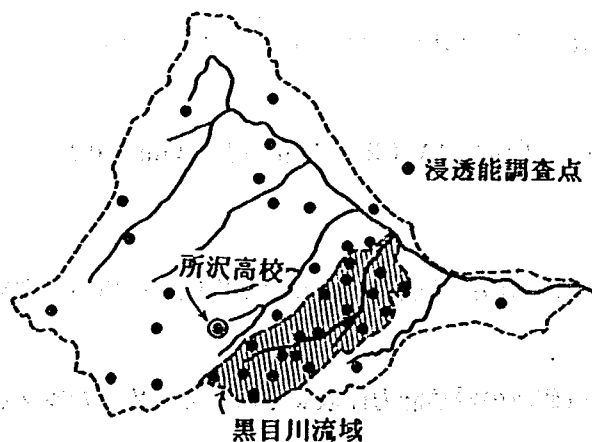


図4-48 浸透能力係数 a の生起分布

ここに、

Q' : 総浸透量 ($= \frac{1}{3.6} \cdot r_c \cdot A_c$ (m³/sec))

q_{ct} : トレンチ型施設延長 1 m 当りの浸透量 (ℓ/hr)

A_c : 浸透処理面積 (km²)

L : トレンチ型施設延長 (m)

u : 単位トレンチ長当りの浸透処理面積 (m²/m)

トレンチの浸透量は、浸透能力係数 a が 1.0 の時、1 m 当り 250 ℓ/hr として、これを 10 m 設置したものを基準とし、その半分の 5 m、2 倍の 20 m、3 倍の 30 m 設置したものの 4 ケースを想定した。新河岸川流域の場合、 $\bar{a} = 1.28$ であるので、トレンチ 1 m 当りの浸透量は、概ね 300 ℓ/hr となる。以上の 4 ケースを計算した結果が図 4-49 である。基準としたトレンチ長 $\ell = 10$ m のケースで見ると、対象降雨強度 50 mm/hr では、個々の施設からの流出量は、平均値によって計算したものより 1/4 程度多くな

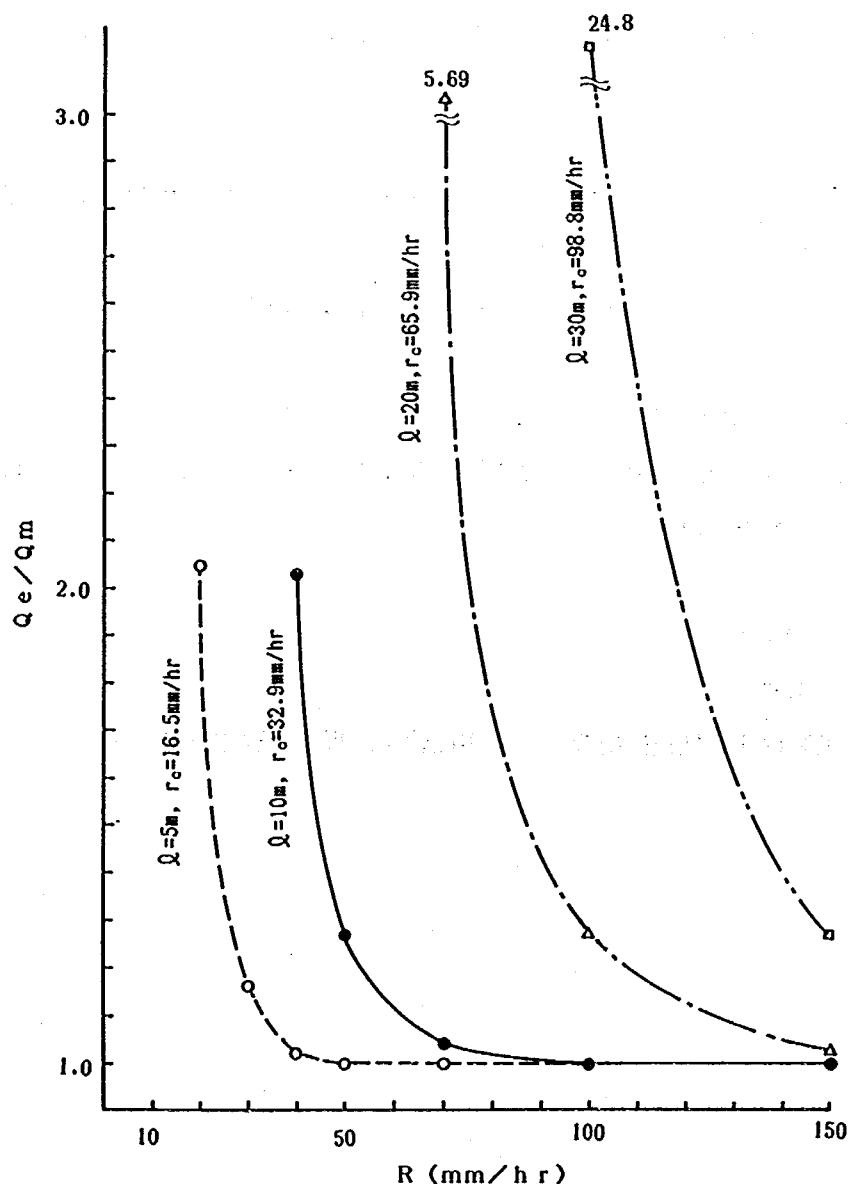


図 4-49 トレンチ能力 250 ℓ/hr・m の時の降雨規模と Q_e/Q_m の変化

っている。個々の施設ごとに計算する場合は、施設の浸透能力が小さい施設では対象降雨強度が大きくなっても流出が起る。しかし、平均値を用いる場合には浸透能力が対象降雨強度以上である時は、対象区域からの流出量はゼロになることから、平均値で計算すると、施設を過大評価することになるので注意が必要である。但し、浸透能力係数 a は、土研式円筒型浸透計によって測定したものであり、実施設のバラツキはもっと小さいものと考えられるので、この結果は誇張したものになっていることに注意が必要である。

以上の一例でも示したように、この浸透能力係数 a のバラツキを工学的にどう評価するかは、重要な問題であるが、これに関する資料はなく、今後の課題となっている。今のところ、流域あるいは施設の設置予定区域の浸透能を評価する場合には、予算の許すかぎりできるだけ多くの地点で浸透能の測定を行うことが望ましい、というしかない。

参 考 文 献

- 1) 山本晃一, 斉藤松美; 現地実験による浸透型流出抑制施設の浸透機能に関する検討, 土木技術資料, Vol. 26, No 1, 1984
- 2) 1) に同じ
- 3) 茨城県, 三井共同建設コンサルタント株式会社; 筑波研究学園都市工業団地雨水処理基本計画等作定業務第2編現地浸透実験結果報告書, 1982
- 4) 土壤物理性測定法委員会編; 土壤物理測定法 (養賢堂), p115, 1972
- 5) 同上, p.p.146~147
- 6) 同上, p.p. 115~116, p.p. 141~144
- 7) 吉野文雄, 金木誠, 斉藤松美, 小川良市; 浸透型雨水貯留施設による流出抑制効果に関する検討, 土木技術資料, Vol. 23, No 9, 1981
- 8) 1) に同じ
- 9) 3) に同じ, p. 51, 1982,
- 10) 3) に同じ, p 64, 1982,
- 11) 小沢コンクリート工業株式会社技術研究所; 浸透埋管工法現場実験報告書, 1982

第5章 水理模型実験による浸透型流出抑制施設の浸透能力把握

5-1 実験目的

浸透型流出抑制施設の浸透能力を把握するために、4章で述べたように、長期間に亘り現地実験を行って調査検討を続けてきた¹⁾。しかし、現地実験によって浸透量に対する施設の形状の違い、あるいは地下水位の影響等を量的に把握するには、同一条件で実験を行っても実験地点の多少の違いによって浸透量が異なること、また実験条件として、狭い範囲での検討しか行うことができないこと等により、満足する結果を得ることができなかった。

そこで、浸透型流出抑制施設の浸透能力等の評価という技術的問題を解明するため、浸透型流出抑制施設の模型を作製し、水理模型実験によって施設形状、地下水位、湛水深が浸透量に及ぼす影響を調べることとした。もちろん浸透型流出抑制施設の浸透能力は不飽和帯の浸透特性によって決まると考えられており、本実験で仮定されている飽和浸透の条件とは異っている。したがって本実験結果をそのまま現地で適用しえないのは明らかであるが、ここでは模型実験で得られた浸透量とそれに及ぼす影響因子の関係を現地実験と比較して、模型で明らかにした種々の関係の利用の可能性を判断し、これ等の関係を浸透量評価式に応用することを意図した。

本章では、この実験の概要と結果を、また実験結果の現地適用性についての検討結果を述べるものである。

5-2 実験施設と実験内容

5-2-1 実験施設の概要

実験に用いた施設は、図5-1、図5-2(1)~(2)に示すように直方体の形状をなす浸透水槽からなり、浸透水

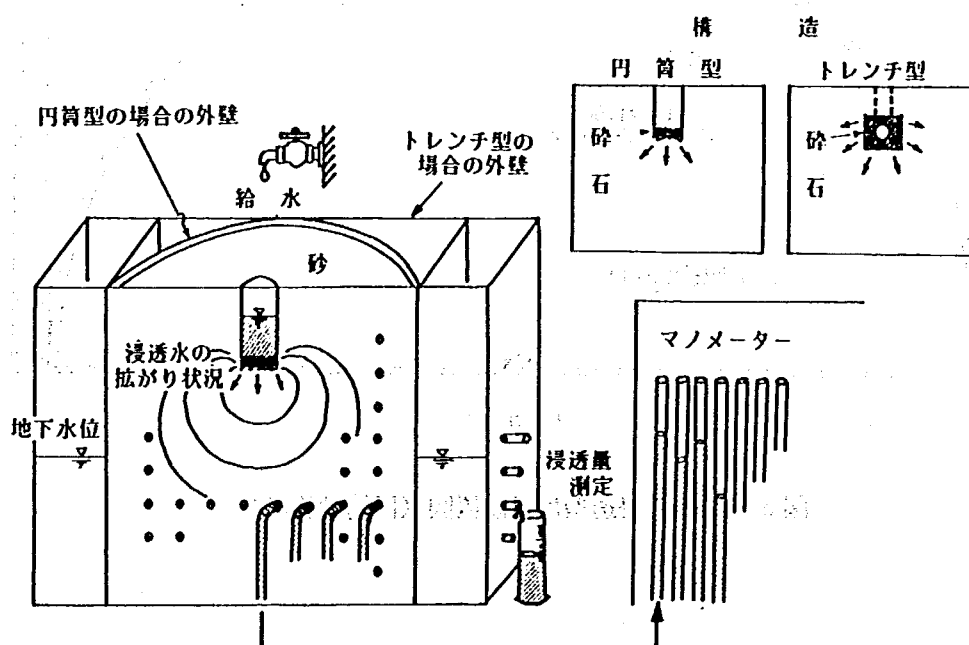


図5-1 水理模型実験施設概要

槽の中に砂を敷き詰め、そこに模型の浸透型流出抑制施設を設置した。なお、円筒型施設の場合は、浸透流が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。

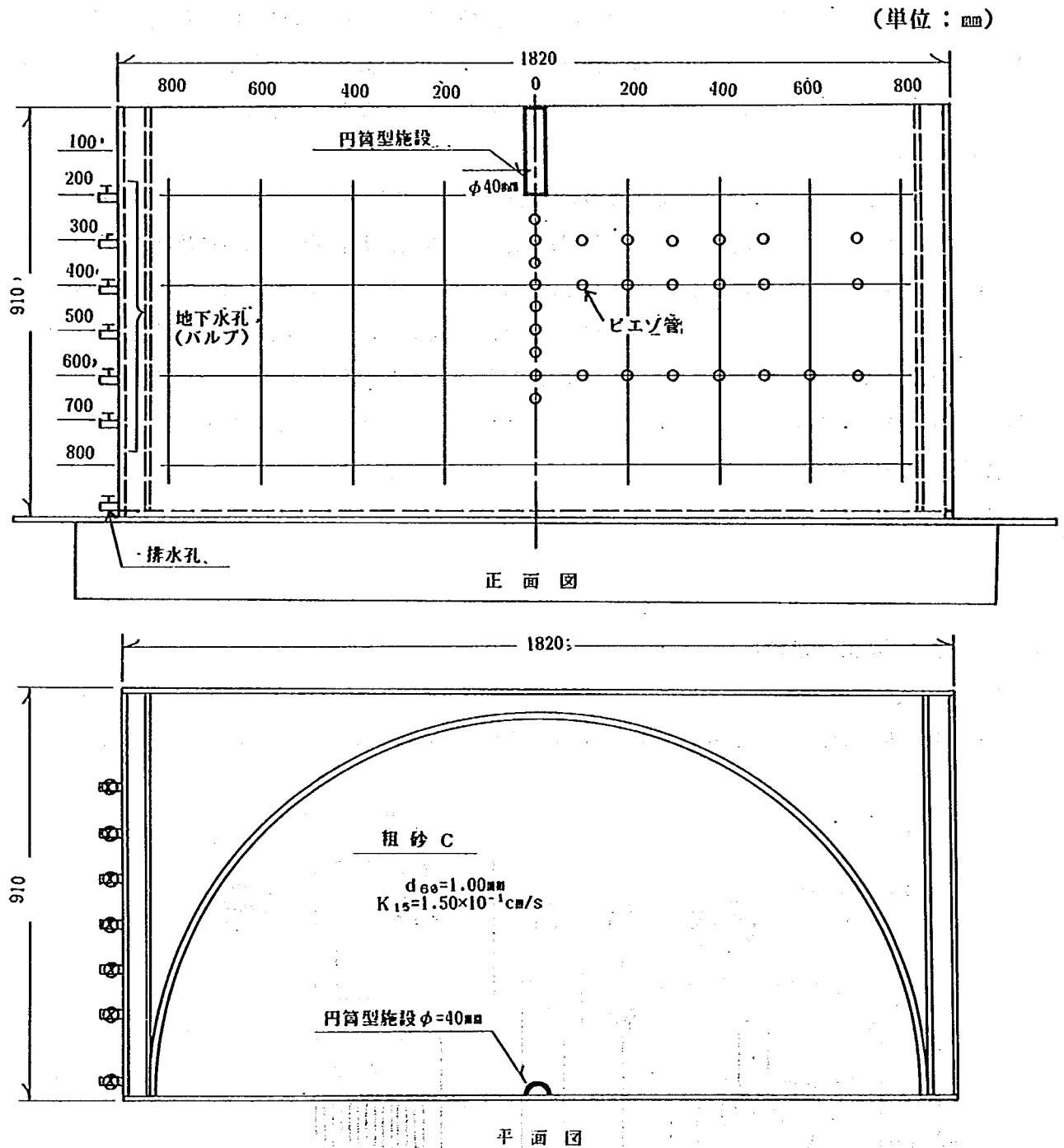


図5-2(1) 浸透型施設設置図 (円筒型施設)

(単位: mm)

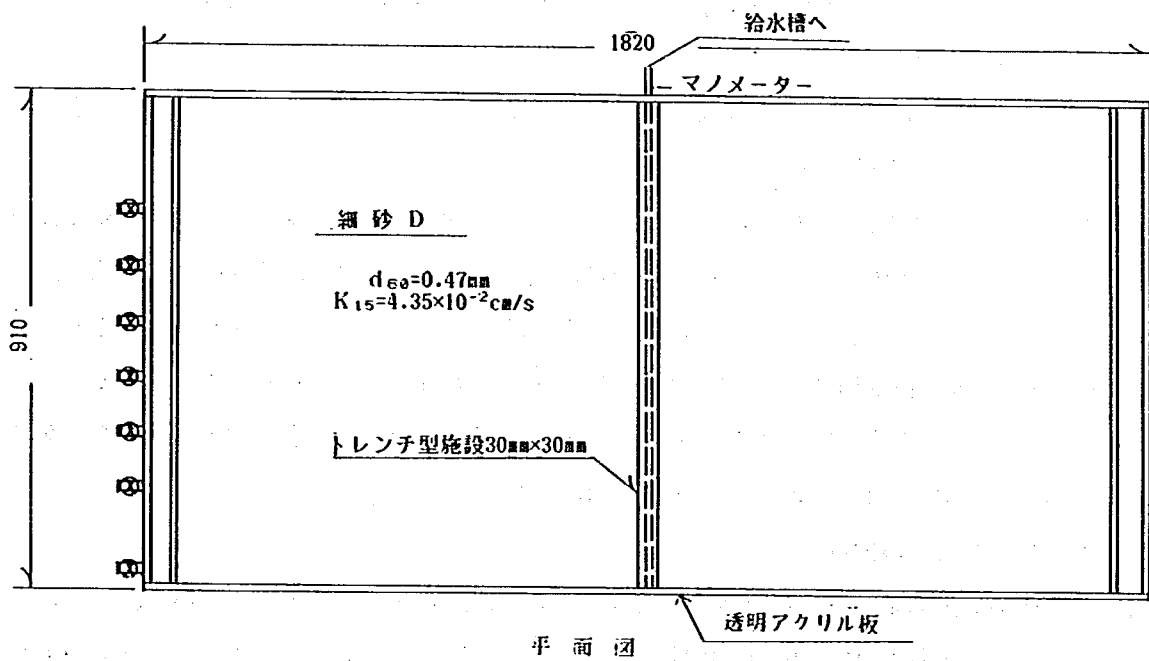
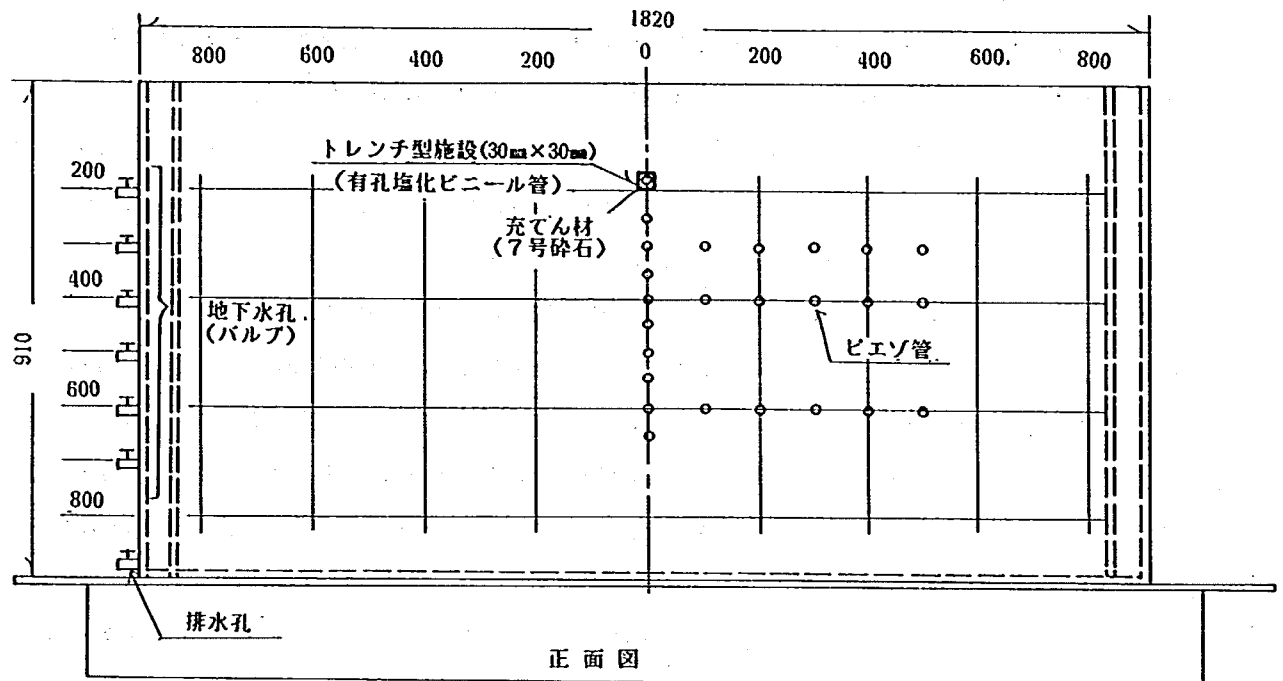


図5-2(2) 浸透型施設設置図 (トレンチ型施設)

浸透水槽は、浸透型流出抑制施設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（図5-2(1)）。この浸透水槽の両側には幅4.5cmの地下水側溝を設けた。この地下水面高が両側で同一になるように連続管で結ばれている。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。

浸透型流出抑制施設は、円筒型、円筒透水型及びトレンチ型の3種類である。円筒型及び円筒透水型施設の形状は、塩化ビニール管や有孔塩化ビニール管の半円筒断面であり、それをアクリル板に接着したものである。円筒型施設は管底、円筒透水型施設は管底と側壁から浸透する構造である。トレンチ型施設の形状は、図5-2(2)に示すように直方体で、有孔塩化ビニール管の周囲（30×30mm）に小砂利を正方形に敷き詰めたトレンチをアクリル板に接着して、碎石部分から全方向に浸透する構造である。

円筒型及び円筒透水型施設の浸透底面には、注水による浸透面の攪乱防止のために、浸透面（管底）より5mmの厚さに充てん材（ $d = 2.5 \sim 5.0$ mmの小砂利）を敷き詰めた。なお、ケースD（表5-1）の円筒型施設は、目づまりと浸透量の関係を知るため浸透面より上部5mmは小砂利、下部5mmは細砂（粒径0.47mm）をそれぞれ敷き詰めた。

浸透水槽に敷き詰めた砂の諸元は、表5-1、図5-3に示したとおりである。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。

5-2-2 測定内容と実験手法

実験における測定内容は、浸透型流出抑制施設の浸透量、浸透水の影響範囲（拡がり状況）、砂層内の水圧分布（地下水位の変化状況）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た。その後浸透型流出抑制施設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。

浸透型流出抑制施設の浸透量は、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、水にフローレッシェンを混入して、浸透水の拡がり状況をアクリル板を通して観察した（P. 99, 100, 図5-7, 図5-8参照）。

5-2-3 実験ケースとその内容

実験に用いた浸透型流出抑制施設、対象砂及び実験ケース数は、表5-1のとおりである。

表に示したように、浸透型流出抑制施設は円筒型5タイプ、円筒透水型1タイプ及びトレンチ型7タイプである。また、対象砂は細砂と粗砂の4種類で、各々の透水係数は $10^{-1} \sim 10^{-2}$ cm/secのオーダーである。その粒度分布を図5-3に示す。実験ケース数は、全部で218ケースである。なお、ケースCでは、実験を行った時期が夏であったため、藻が発生したこと等によって浸透量にバラツキが生じたので、途中で実験を中止したものであり、このケースは解析の対象からはずした。

表5-1 実験ケース一覧表

ケース名	浸透型施設	対象砂	ケース数	備考	記号
ケースA	円筒型 Dm=20mm	粗砂 $d_{60}=0.55\text{mm}$ $K_{15}=6.01 \times 10^{-2}\text{cm/s}$	湛水深3 地下水位4 ¹²	S.57	○
ケースB	円筒型 Dm=20mm	細砂 $d_{60}=0.42\text{mm}$ $K_{15}=5.32 \times 10^{-2}\text{cm/s}$	湛水深3 地下水位3 ⁹	S.57	△
ケースC	円筒型 Dm=40mm	粗砂 $d_{60}=1.00\text{mm}$ $K_{15}=1.50 \times 10^{-1}\text{cm/s}$	/	S.58	-
ケースC'	円筒型 Dm=40mm	粗砂 $d_{60}=0.55\text{mm}$ $K_{15}=6.01 \times 10^{-2}\text{cm/s}$		S.59	⊗
ケースD	円筒型 Dm=40mm	粗砂 $d_{60}=1.00\text{mm}$ $K_{15}=1.50 \times 10^{-1}\text{cm/s}$ 難透水層有り	湛水深1 地下水位4 ⁴	S.58	□
ケースE	円筒型 Dm=40mm	粗砂 $d_{60}=1.00\text{mm}$ $K_{15}=1.50 \times 10^{-1}\text{cm/s}$ 難透水層無し	湛水深1 地下水位4 ⁴	S.58	◎
ケースF	円筒型 Dm=50mm	細砂 $d_{60}=0.47\text{mm}$ $K_{15}=4.35 \times 10^{-2}\text{cm/s}$	湛水深4 地下水位4 ¹⁶	S.58	□
ケースG	円筒型 Dm=65mm	粗砂 $d_{60}=0.55\text{mm}$ $K_{15}=6.01 \times 10^{-2}\text{cm/s}$	湛水深4 地下水位3 ¹²	S.57	●
ケースH	円筒型 Dm=100mm	粗砂 $d_{60}=0.55\text{mm}$ $K_{15}=6.01 \times 10^{-2}\text{cm/s}$	湛水深4 地下水位3 ¹²	S.57	★
ケースI	円筒透水性型 Dm=40mm	粗砂 $d_{60}=1.00\text{mm}$ $K_{15}=1.50 \times 10^{-1}\text{cm/s}$	湛水深7 地下水位4 ²⁸	S.58	☆
ケースI'	円筒透水性型 Dm=40mm	粗砂 $d_{60}=0.55\text{mm}$ $K_{15}=6.01 \times 10^{-2}\text{cm/s}$	湛水深4 地下水位3 ¹²	S.59	✕
ケースJ	トレンチ型 $\ell m=30\text{mm}$ $hm=30\text{mm}$, $L1m=88.8\text{cm}$	細砂 $d_{60}=0.47\text{mm}$ $K_{15}=4.35 \times 10^{-2}\text{cm/s}$	湛水深7 地下水位4 ²⁸	S.58	■
ケースK	トレンチ型 $\ell m=30\text{mm}$ $hm=30\text{mm}$, $L1m=46.6\text{cm}$	粗砂 $d_{60}=0.55\text{mm}$ $K_{15}=6.01 \times 10^{-2}\text{cm/s}$	湛水深4 地下水位3 ¹²	S.57	●
ケースL	トレンチ型 $\ell m=30\text{mm}$ $hm=30\text{mm}$, $L1m=46.6\text{cm}$	細砂 $d_{60}=0.42\text{mm}$ $K_{15}=5.32 \times 10^{-2}\text{cm/s}$	湛水深3 地下水位3 ⁹	S.57	▲
ケースM	トレンチ型 $\ell m=20\text{mm}$ $hm=20\text{mm}$, $L1m=88.8\text{cm}$	粗砂 $d_{60}=0.55\text{mm}$ $K_{15}=6.01 \times 10^{-2}\text{cm/s}$	湛水深3 地下水位2 ⁶	S.59	▲
ケースN	トレンチ型 $\ell m=60\text{mm}$ $hm=20\text{mm}$, $L1m=88.8\text{cm}$	粗砂 $d_{60}=0.55\text{mm}$ $K_{15}=6.01 \times 10^{-2}\text{cm/s}$	湛水深3 地下水位2 ⁶	S.59	◎
ケースO	トレンチ型 $\ell m=30\text{mm}$ $hm=20\text{mm}$, $L1m=88.8\text{cm}$	粗砂 $d_{60}=0.55\text{mm}$ $K_{15}=6.01 \times 10^{-2}\text{cm/s}$	湛水深4 地下水位3 ¹²	S.59	◆
ケースP	トレンチ型 $\ell m=30\text{mm}$ $hm=40\text{mm}$, $L1m=88.8\text{cm}$	粗砂 $d_{60}=0.55\text{mm}$ $K_{15}=6.01 \times 10^{-2}\text{cm/s}$	湛水深4 地下水位3 ¹²	S.59	▲
ケースQ	トレンチ型 $\ell m=30\text{mm}$ $hm=60\text{mm}$, $L1m=88.8\text{cm}$	粗砂 $d_{60}=0.55\text{mm}$ $K_{15}=6.01 \times 10^{-2}\text{cm/s}$	湛水深4 地下水位3 ¹²	S.59	◆

注) K_{15} は、水温15℃に相当する透水係数である。

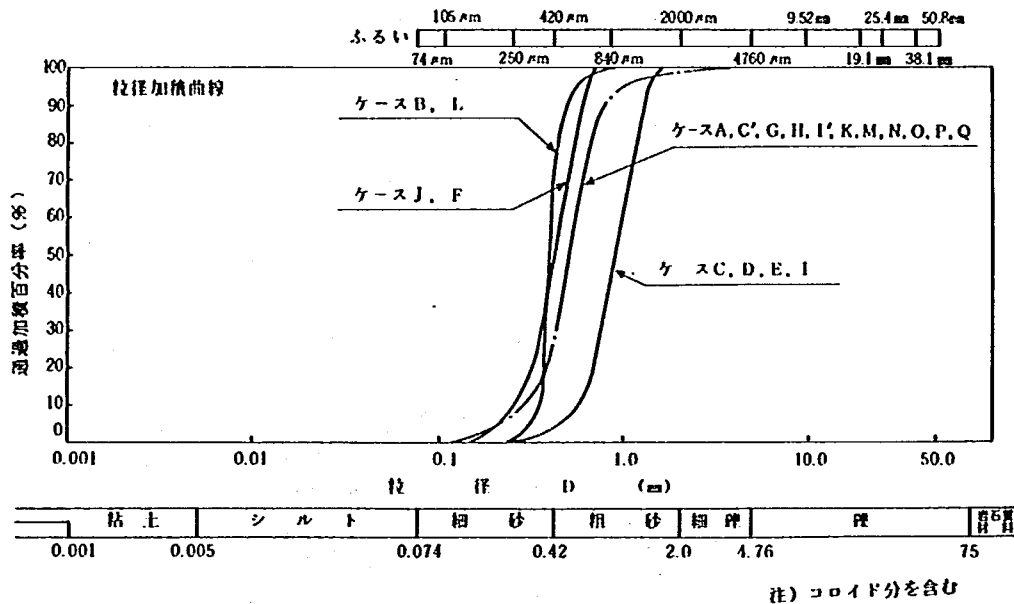


図5-3 実験砂の粒度分布図

5-3 水理模型実験の相似性

5-3-1 相似律

模型の浸透型流出抑制施設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5-4に示す X 、 Y 、 Z 方向のみかけの流速 U 、 V 、 W は

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

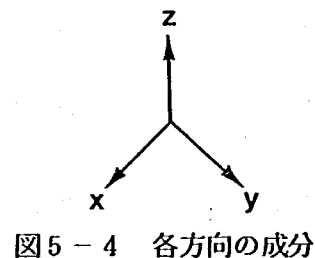


図5-4 各方向の成分

$$\dots\dots\dots (5 \cdot 1)$$

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、

$$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z} = 0 \quad \dots\dots\dots (5 \cdot 2)$$

であるので、(5・1)、(5・2)式より

$$K_{hm} \frac{\partial^2 h}{\partial x^2} + K_{hm} \frac{\partial^2 h}{\partial y^2} + K_{zm} \frac{\partial^2 h}{\partial z^2} = 0 \quad \dots\dots\dots (5 \cdot 3)$$

となる。今、 $\lambda^2 = K_{zm}/K_{hm}$ とすれば(5・3)式は

$$\frac{\partial^2 h}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 h}{\partial y^2} + \lambda^2 \frac{\partial^2 h}{\partial z^2} = 0 \quad \dots\dots\dots (5 \cdot 4)$$

となる。ここで、座標のスケールを

$$\left. \begin{array}{l} X = \lambda x \\ Y = \lambda y \\ Z = z \end{array} \right\} \quad \dots\dots\dots (5 \cdot 5)$$

で変換すると、(5・4)式は

$$\lambda^2 \left(\frac{\partial^2 h}{\partial X^2} + \frac{\partial^2 h}{\partial Y^2} + \frac{\partial^2 h}{\partial Z^2} \right) = 0 \quad \dots\dots\dots (5 \cdot 6)$$

とラプラス方程式となり、境界値問題に帰着し、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。²⁾

今、図5-5に示す円筒型(円筒透水型)及びトレンチ型施設の浸透能力に影響を与えと考えられる境界値は、円筒型では施設の直径 D_m 、湛水深 H_m 、施設の底面高と地下水位の差 L_m 、トレンチ型では施設の底面幅 ℓ_m 、トレンチ高 h_m 、トレンチ長 L_m 、湛水深 H_m 、施設の底面高と地下水位の差 L_m である。従って浸透型流出抑制施設からの浸透量 Q_m は、次の無次元量で表わせることになる。

円筒型では

$$\frac{Q_m}{K_{zm} \cdot \lambda^2 \cdot A_m} = f \left(\frac{H_m}{\lambda \cdot D_m}, \frac{L_m}{\lambda \cdot D_m} \right) \quad \dots\dots\dots (5.7)$$

トレンチ型では

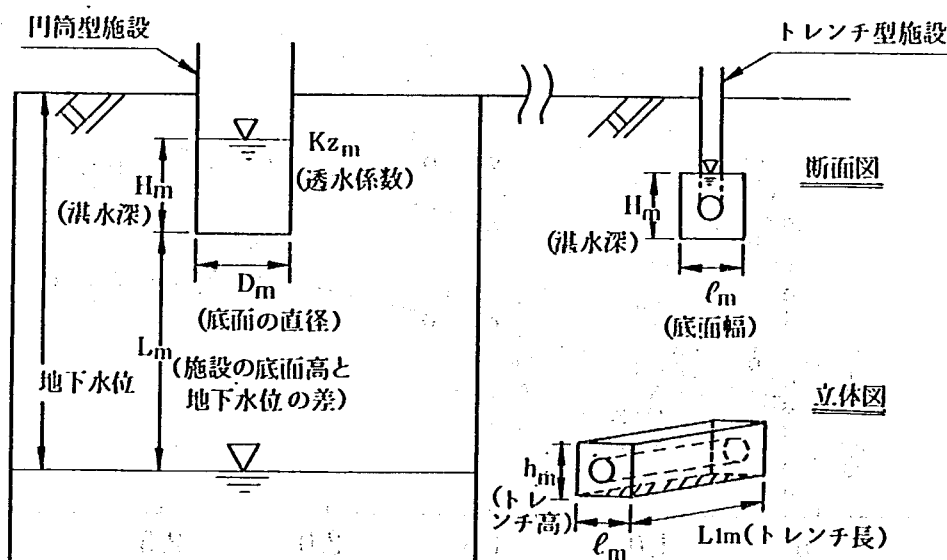


図5-5 浸透型流出抑制施設の浸透能力に影響を与えと考えられる因子

$$\frac{Q_m}{K_{zm} \cdot \lambda^2 \cdot A_m} = f\left(\frac{H_m}{\lambda \ell_m}, \frac{L_m}{\lambda \ell_m}, \frac{h_m}{\lambda \ell_m}, \frac{L_{1m}}{\ell_m}\right) \dots\dots\dots (5 \cdot 8)$$

となる。ここで A_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、(5・7)、(5・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。なお、無次元トレンチ長と無次元浸透量の関係では、施設からの浸透が2次元であるので、トレンチ長が増えればその分だけ浸透量が増えることが分っているので検討を行なわなかった。

5-3-2 相似性の検証

前述した相似律が模型上で成立するのか、また浸透水槽の大きさが図5-1、5-2に示したもので十分であるかを検証するために、円筒型施設の直径 D_m を 2 cm, 6.5 cm, 10cmと変えて実験を行い、(5・7)式が成立するかどうかでチェックした。その結果を図5-6に示す。本図より、直径 D_m が 2 cm, 6.5 cm (ケース A, G) の円筒型施設は、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たが、10cmの場合 (ケース H) の関係式は破線で示されるように 2 cm, 6.5 cm の場合の関係とは異った結果となった。この原因は、円筒型施設の直径に比較して浸透水槽の幅が狭く、水槽外壁の影響を受けたためである。

以上により、模型の浸透型流出抑制施設を大きくすると水槽外壁の影響を受け(5・6)式の関係が求

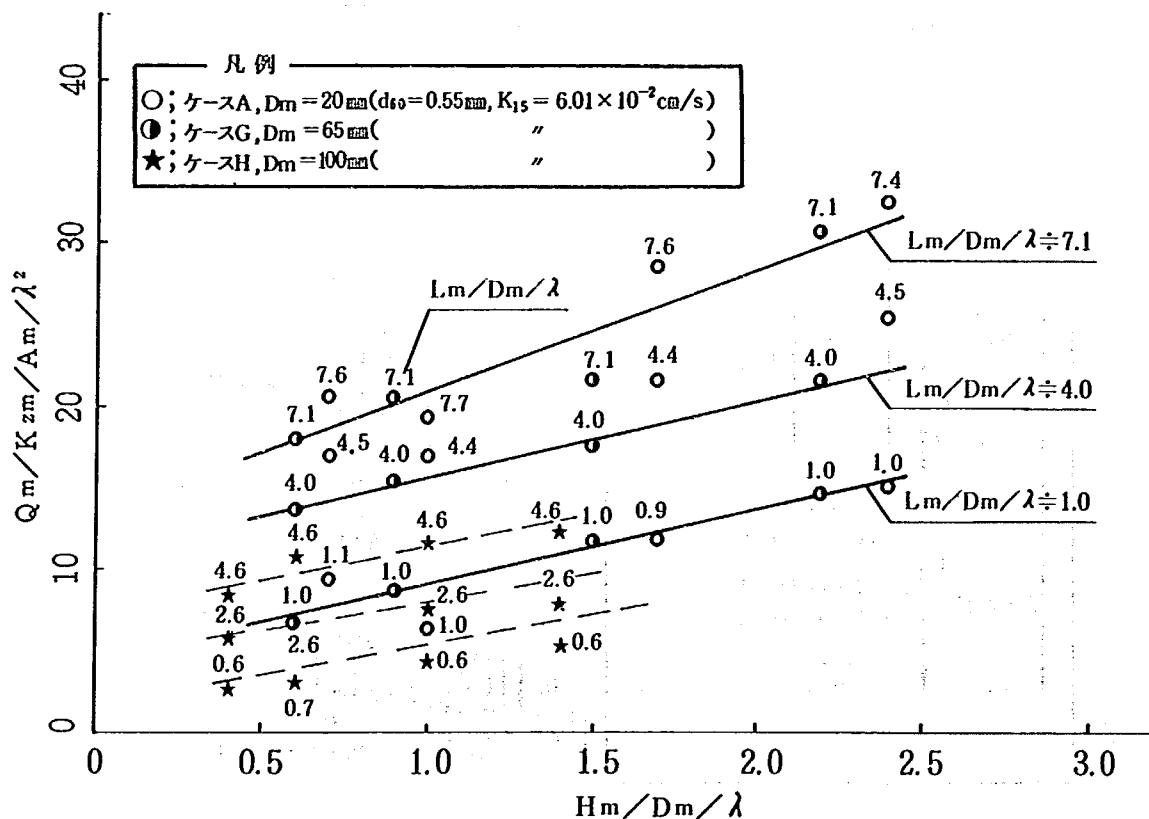


図5-6 相似律の検証 (円筒型施設)

められていないことが分かり、以後の実験は、このことを配慮して実験条件等を決めるとともに、約1 mであった浸透水槽の幅を約2 mに変えた。

なお、浸透型流出抑制施設の底面高と地下水位の差 L_m が大きいケース C, F, J の実験では、浸透層内に空気が入る不飽和浸透となったと考えられる場合があり、同一実験条件であっても浸透量が同一にならないことがあった(図5-9～5-12参照)。これは浸透層内に含まれる空気量の違いによって透水係数が変わるためである。このような場合の実験値は本解析では一応考慮の対象からはずすことにした。

さらに、透水係数 K_{zm} は、模型施設に砂を詰める時の詰め方によって数倍異なることが予想される。事実、砂の透水係数を求めた時に、砂の詰め方によって K_{zm} が大きく変わることが分かった。ここで使用した透水係数は、施設に砂を詰める時と同じような詰め方で、大きさ $40 \times 40 \text{ cm}$ の大きな透水面積を持つ透水係数測定装置によって測った値を使った。ただし、この値が模型の平均的な K_{zm} であったかどうかは検証の方法がなく、無次元浸透量 $Q_m / K_{zm} / l^2 / A_m$ は、ここで整理に使った K_{zm} の精度を考えると真値と2倍程度異なっている可能性があることを記しておく。

5-4 実験結果

5-4-1 浸透型流出抑制施設からの浸透水の拡がり状況

トレンチ型及び円筒型施設からの浸透水の拡がり状況を図5-7, 8に示す。トレンチ型施設の場合は、最初は浸透面より同心円状に拡がり、その後水平方向の水の動きが卓越し、横方向に拡がっていく。円筒型の場合もほぼ同様であるが、底面しか浸透面がないので拡がり形状が異なっている。また円筒外周の浸透水の自由水面位置は、湛水面より低い。

なお、トレンチ型施設では、毛管現象によって自由水面より上部にも浸透水が拡がりそこの水移

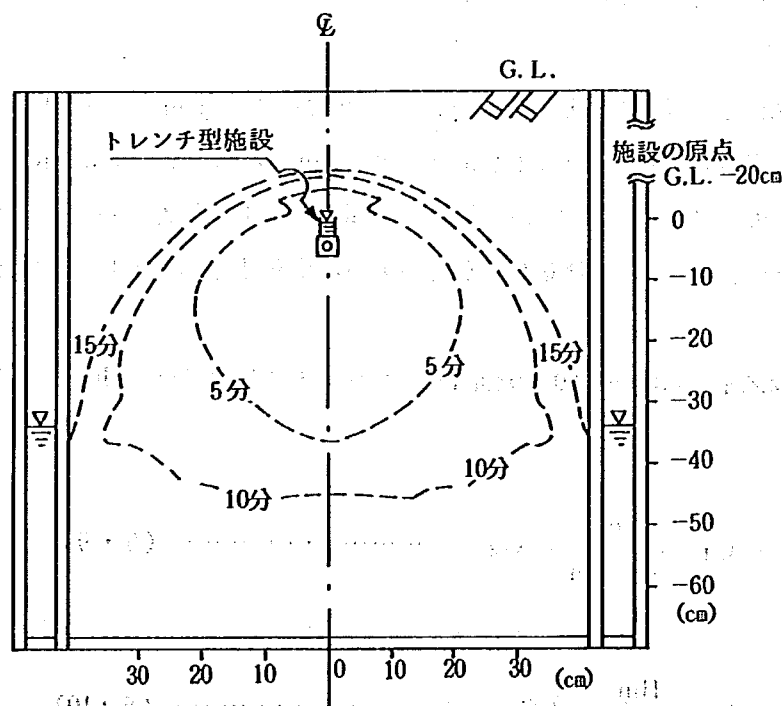
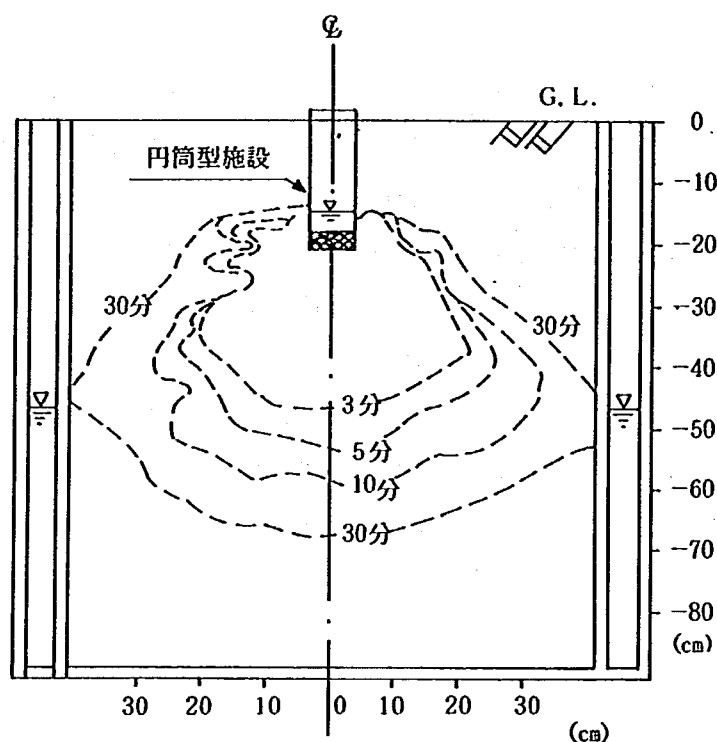


図5-7 浸透水の影響範囲(トレンチ型施設)

凡 例

ケ ー ス K	
湛 水 位	0.0 cm
地 下 水 位	-34.8 cm
最終浸透量	117.1 cm/s
施設底面位置	-7.0 cm

注) ここで分とは色素投入後の時間である。



凡 例

ケース G	
湛 水 位	-15.0 cm
地 下 水 位	-47.0 cm
最 終 浸 透 量	16.2 cm³/s
施設底面位置	-21.0 cm

注) ここで分とは色素投入後の時間である。

図 5 - 8 浸透水の影響範囲 (円筒型施設)

動もあることが読みとれた。このことは(5・7), (5・8)式で示した関係式にも毛管上昇高 $4h$ に関する無次元パラメータ (たとえば $4h/D_m$, あるいは $4h/\ell_m$) が必要なことを示しているが, このパラメータの影響は大きくないものとして本解析では考慮しないことにした。

5 - 4 - 2 浸透能力に影響を与えられとされる因子と浸透量

① 湛水深 H_m と浸透量 Q_m の関係

無次元浸透量 ($Q_m/K_{zm}/\lambda^2/A_m$) と無次元湛水深 ($H_m/\lambda/D_m$ あるいは $H_m/\lambda/\ell_m$) との関係, 無次元化した浸透型流出抑制施設の底面高と地下水位との差 ($L_m/\lambda/D_m$ あるいは $L_m/\lambda/\ell_m$) の比ごとに表わしたのが図5-9, 5-10である。つまり, 施設の底面高と地下水位との差が一定で施設形状も変わらない場合に湛水深 H_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。

これより円筒型施設では, $H_m/\lambda/D_m = 0.2 \sim 3.0$ の範囲で, トレンチ型施設では, $H_m/\lambda/\ell_m = 1 \sim 4$ の範囲で,

$$\frac{Q_m}{K_{zm} \cdot \lambda^2 \cdot A_m} = C_1 \frac{H_m}{\lambda \cdot D_m} + C_2 \quad \dots\dots\dots (5 \cdot 9)$$

$$\frac{Q_m}{K_{zm} \cdot \lambda^2 \cdot A_m} = C_3 \frac{H_m}{\lambda \cdot \ell_m} + C_4 \quad \dots\dots\dots (5 \cdot 10)$$

が成立する。ここに C_1, C_2 は $Lm/\lambda/Dm$, C_3, C_4 は $Lm/\lambda/\ell m$ に関係する定数である。一方、トレンチ型施設の場合 $Hm/\lambda/\ell m$ が 1 以下では (5・10) 式の C_3, C_4 が、それ以上の場合と大きく異なる。この原因は、トレンチ上面及び側面の一部からの浸透が無くなるためである。なお図 5-9, 10 には実線と破線が引かれ、関係式が 2 種類示されている。これは、本来、同一の関係式になるべきであるが、5-3 節で述べたように透水係数の代表性の問題が、この違いを生じさせた理由と思われる。

② 浸透底面の直径 Dm または底面幅 ℓm と浸透量 Qm の関係

円筒型及びトレンチ型施設の浸透量 Qm が、浸透底面の直径 Dm または底面幅 ℓm の影響を受けるかどうかをみたのが図 5-11, 5-12 である。この図より、無次元浸透量 $Qm/Kzm/\lambda^2/Am$ と無次元総ヘッド $(Hm + Lm)/\lambda/Dm$, あるいは $(Hm + Lm)/\lambda/\ell m$ との間にはほぼ比例関係が成立することが分かる。ただし図 5-12 には、 $Hm/\lambda/\ell m$ が 1 以下の資料は①で説明した理由により本図には示さなかった。なお図 5-11 においては、ケース A, B, G とケース F の場合の二つの直線が示されている。これは、5-3-2 で説明した透水係数の代表性の問題から生じたものと考えられる。

円筒型施設では

$$\frac{Qm}{Kzm \cdot \lambda^2 \cdot Am} \cong C_D \frac{(Hm + Lm)}{\lambda \cdot Dm} \quad \dots\dots\dots (5 \cdot 11)$$

トレンチ型施設では、

$$\frac{Qm}{Kzm \cdot \lambda^2 \cdot Am} \cong C_\ell \frac{(Hm + Lm)}{\lambda \cdot \ell m} \quad \dots\dots\dots (5 \cdot 12)$$

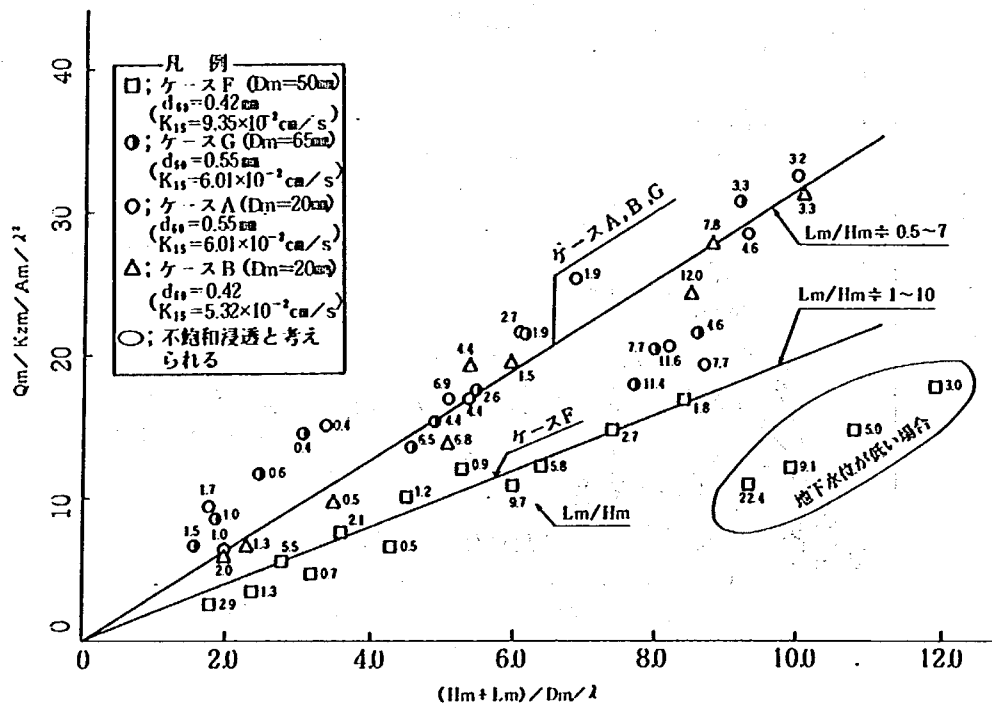


図 5-11 浸透底面の直径 Dm と浸透量 Qm の関係 (円筒型施設)

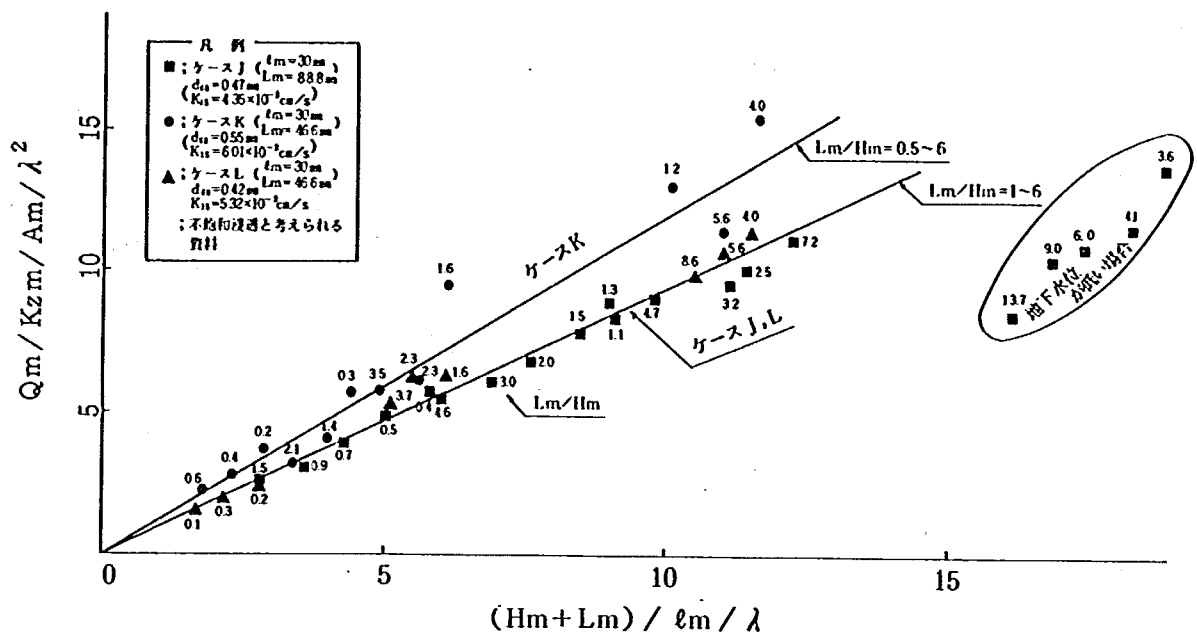


図 5-12 浸透底面幅 ℓ_m と浸透量 Q_m の関係 (トレンチ型施設)

ここに、 C_D , C_ℓ は L_m/H_m によって多少変化する定数である。

と表わされ、この(5・11)、(5・12)式を浸透型量 Q_m の形で表わすと

$$Q_m \doteq \frac{\pi}{4} \cdot K_{zm} \cdot \lambda \cdot C_D \cdot (H_m + L_m) \cdot D_m \quad \dots\dots\dots (5 \cdot 13)$$

$$Q_m \doteq K_{zm} \cdot \lambda \cdot C_\ell \cdot (H_m + L_m) \cdot L_{1m} \quad \dots\dots\dots (5 \cdot 14)$$

ここで L_{1m} はトレンチ長さ

これより、浸透型流出抑制施設からの浸透量 Q_m は、地下水位及び湛水深の和がほぼ同じであるような場合には、円筒型では浸透底面の直径 D_m に比例して増加するが、トレンチ型では、単位トレンチ長当たりの浸透量は浸透底面幅 ℓ_m の大小にかかわらずほぼ同一となることが分かる。ところで、(5・12)式はトレンチ型施設の底面幅 ℓ_m が 3 cm の模型によって、湛水深あるいは地下水位と浸透量との関係を調べることにより得られた式である。そこで、施設の底面幅 ℓ_m を変えても、(5・12)式が成立するかどうかを確認するために底面幅 2 cm と 6 cm の二種類の模型を作り実験を行った。その結果を示したものが図 5-13 である。この図より、無次元浸透量と無次元総ヘッドとの間には ℓ_m の違った実験においてもほぼ同一直線上に乗ることから、(5・12)式の関係式が得られることが確認できた。なお、図 5-11, 12 のうち実線で囲ったデータは、 L_m の大きな資料であり、飽和浸透なら浸透水で空隙が満たされている所に空気等が存在したことにより、不飽和浸透となり、浸透量が小さくなったと思われる資料である。

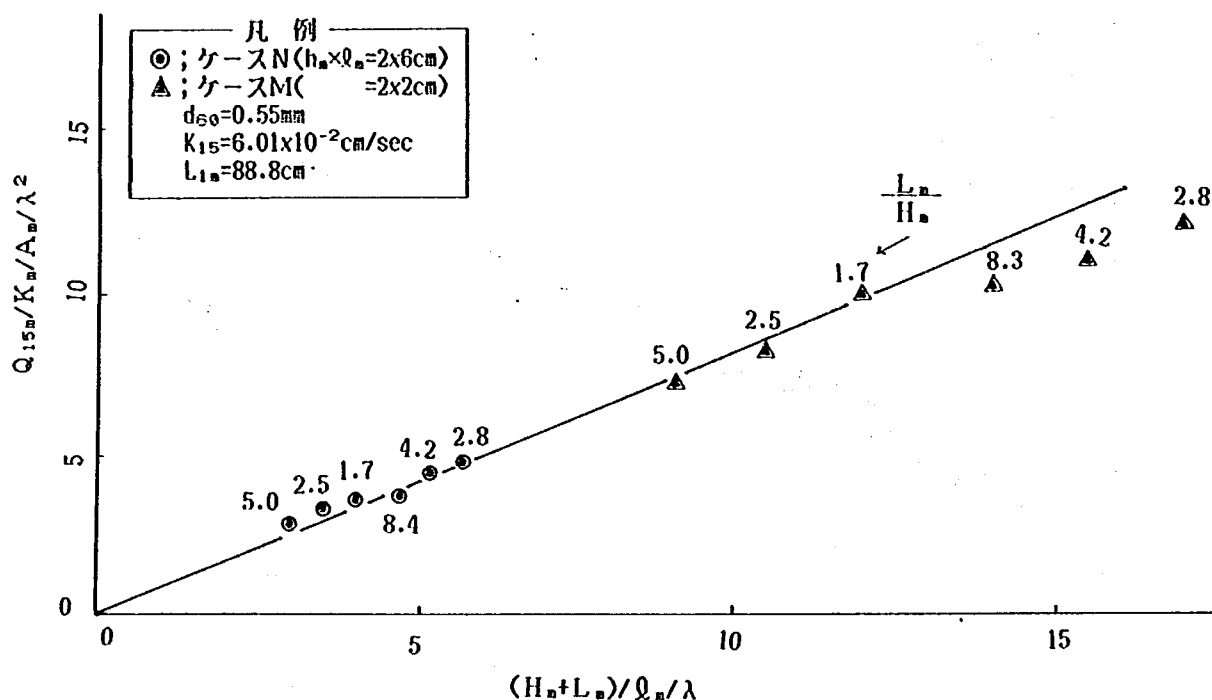


図 5-13 浸透底面幅 ℓ_m と浸透量 Q_{m15} の関係 (トレンチ型施設)

③ トレンチ高 h_m と浸透量 Q_m の関係

トレンチ型施設のトレンチ高を変えることにより、浸透量がどのように変化するか調べるために描いたのが図 5-14 である。すなわち、浸透量のパラメータである K_{zm} , ℓ_m , h_m , L_m , H_m , L_m のうち h_m を除く 5 つのパラメータを一定にした状態で、トレンチ高 h_m を変えた場合の浸透量の変化量を調べたものである。この図より、無次元浸透量 $Q_m/K_{zm}/\lambda^2/A_m$ は無次元トレンチ高 $h_m/\lambda/\ell_m$ に影響されないことが分かった。

④ 円筒透水型施設と円筒型施設の浸透量の比

浸透層である砂の透水係数 K_{zm} と湛水深 H_m 、施設の底面高と地下水位の差 L_m を円筒透水型及び円筒型施設でそれぞれ同じ値にした場合 (ケース C' とケース I')、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 5-15 である。この図より、円筒透水型及び円筒型施設とも無次元浸透量 $Q_m/K_{zm}/\lambda^2/A_m$ は、無次元湛水深 $H_m/\lambda/D_m$ 及び無次元量とした地下水位と浸透底面の差 $L_m/\lambda/D_m$ の増加に伴ない増加していることが分かる。ただ、円筒透水型施設の $L_m/\lambda/D_m = 5.0$ の場合、この値に対応する $Q_m/K_{zm}/\lambda^2/A_m$ の値があまり増加せず、 $L_m/\lambda/D_m = 2.9$ に対応する $Q_m/K_{zm}/\lambda/A_m$ とほぼ同じであった。これは、②で述べたように地下水位が下降したために、飽和浸透なら浸透水で空隙が満たされている所に空気等が存在したことにより、不飽和浸透となり無次元浸透量が増加しなかったと思われる資料である。そこで、これら実験結果に問題が残る資料は除いて、両施設による無次元浸透量の比較を行った。これより、 $L_m/\lambda/D_m = 0.8$ あるいは 2.9 の直線上の $H_m/\lambda/D_m = 0.5 \sim 1.8$ の範囲において円筒透水型施設の $Q_m/K_{zm}/\lambda^2/A_m$ は円筒型施設のそれのほぼ 4 倍であった。なお、両施設において浸透水の影響範囲を比較した場合、地下水面上でかつ浸透量が

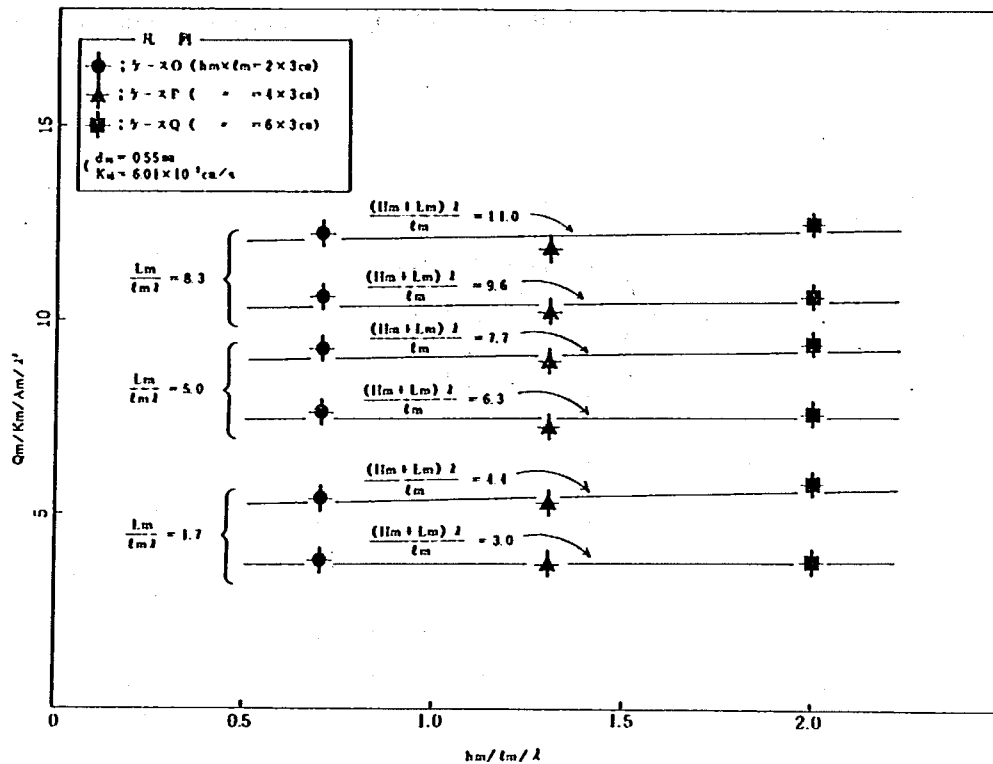


図 5-14 トレンチ高 h_m と浸透量 Q_m の関係

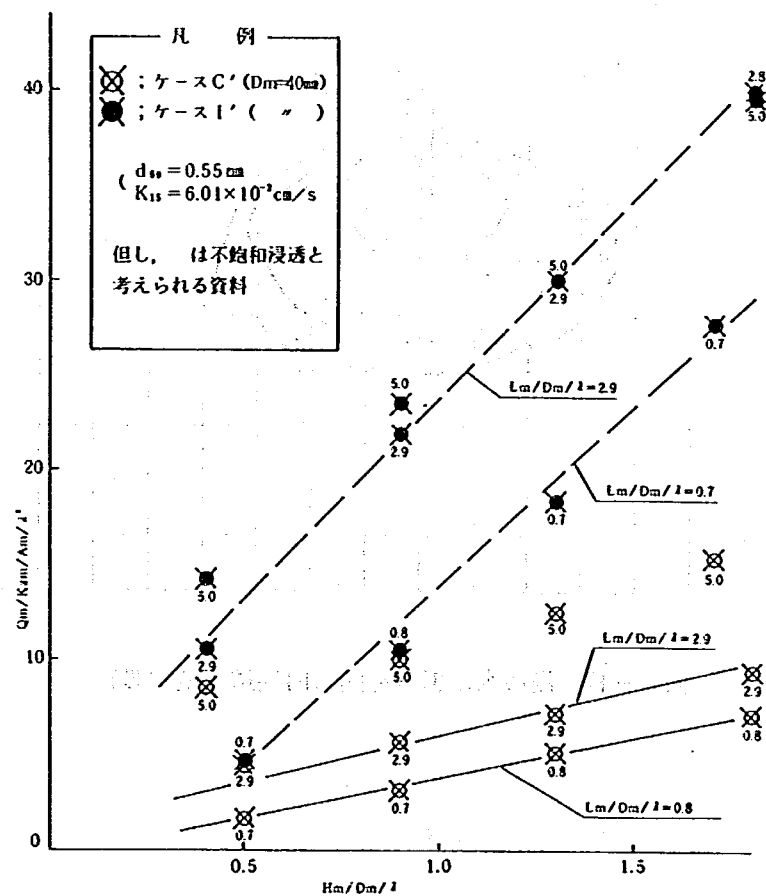


図 5-15 円筒型と円筒透水型施設による浸透量の比較

安定したと思われる場合でみると円筒透水型では円筒型の約2倍であった(図5-16, 5-17)。

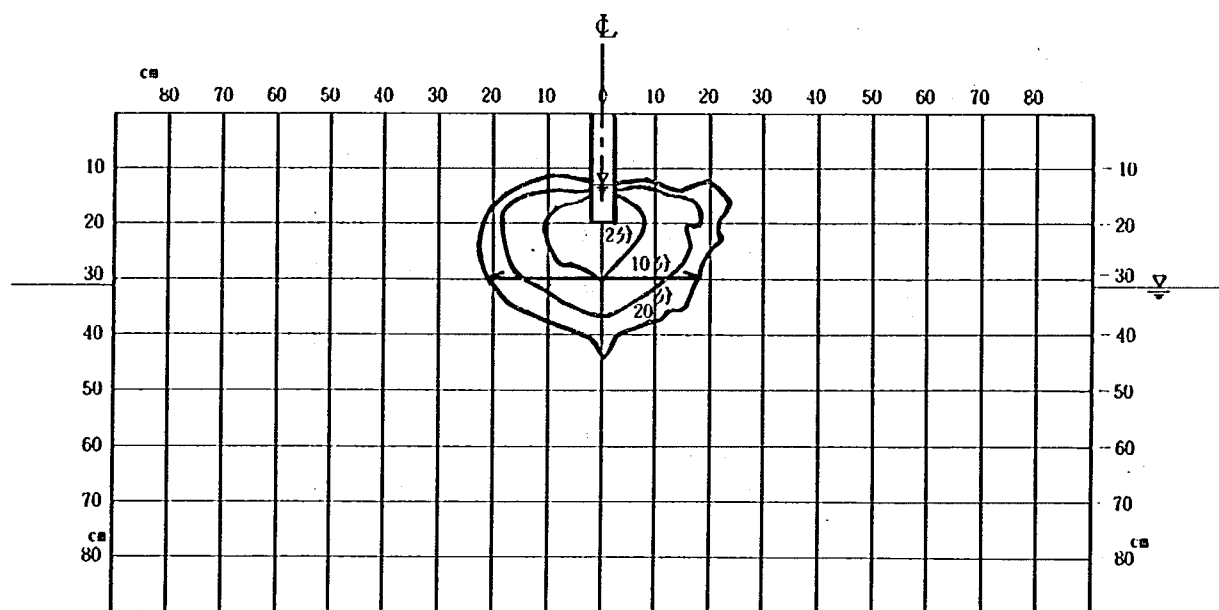


図5-16 浸透水の影響範囲(円筒型施設)

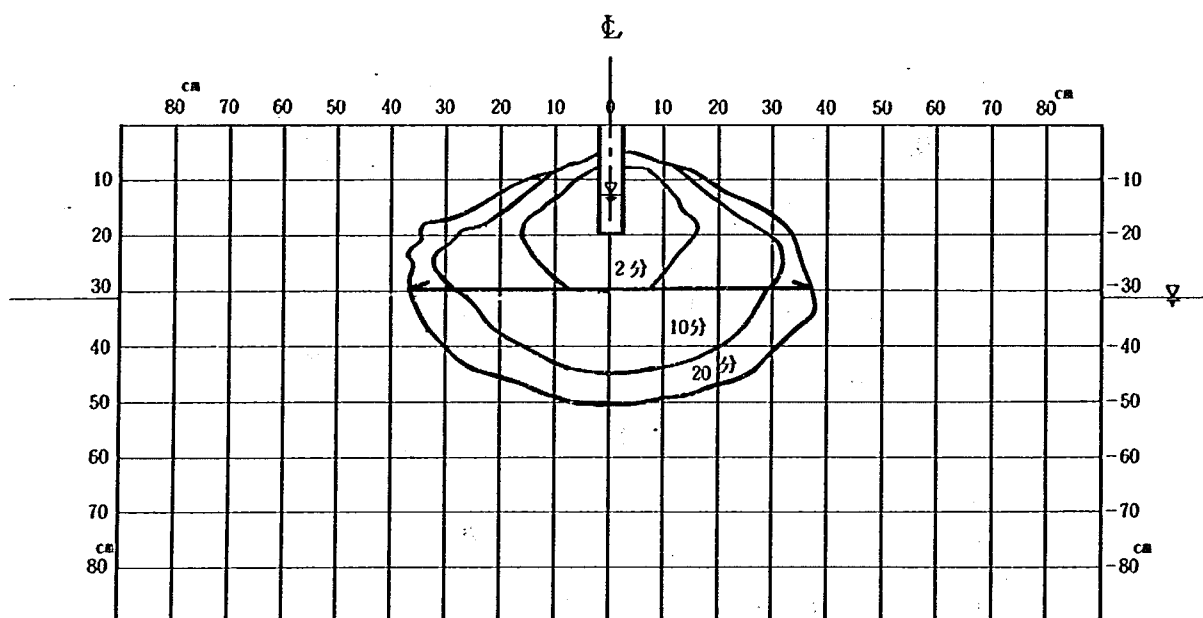


図5-17 浸透水の影響範囲(円筒透水型施設)

5-4-3 不飽和浸透における浸透量について

円筒型及びトレンチ型施設の浸透量に関する水理模型実験において、施設底面と地下水位の差 L_m が大きな場合、浸透量は L_m が増加しても増えない結果となった。たとえば、図5-9に示すように円筒型施設では $L_m/\lambda/D_m$ が9.0の場合の浸透量（ケースF）は $L_m/\lambda/D_m$ が5.4の場合とほとんど変わらず、図5-10に示すトレンチ型では $L_m/\lambda/\ell_m = 15.0$ の場合（ケースJ）は $L_m/\lambda/\ell_m$ が8.5の場合と比較してそれほど浸透量が増加していない。

この原因として、 L_m が大きくなると飽和浸透なら浸透水で空隙が満たされている所に空気が混入して、不飽和浸透になったものと解釈される。図5-11及び図5-12に示すように飽和浸透ならば、本来地下水面と湛水面との差 ($H_m + L_m$) に比例して浸透量が増加するが、不飽和浸透ではあたかも、地下水面がみかけ上上昇した形となっている。

このことは現地における不飽和浸透においても見かけ上、地下水面を上昇させたと仮定して浸透量を評価すれば、模型実験と同様な関係式が生じる可能性があることを示していよう。

5-5 水理模型実験結果と現地実験結果の比較

本節においては、水理模型実験で得た浸透能力とそれに及ぼす影響因子の関係を現地実験の結果（関東ローム層を土壌とする土木研究所構内水文観測場）と比較し、模型実験で得られた関係の現地適用性について検討する。

① 浸透底面の直径 D_p あるいは底面幅 ℓ_p と浸透量 Q_p の関係

水理模型実験より、円筒型施設では浸透底面の直径と浸透量との間に比例関係が成立したが、トレンチ型施設では浸透量は浸透底面幅によって変化しないことが分かった。現地実験においては4章4-4-3で述べたように、データ数が少なく現地実験結果より早急な結論を出すには問題があるが、図4-31(1), (2) (p. 69)に示すように円筒型施設では浸透量 Q_p は $\sqrt{A}$ つまり D_p に比例し、トレンチ型施設ではトレンチの底面幅 ℓ_p にあまり影響を受けておらず、模型実験結果と同様な関係となっている。

② 施設の底面高と地下水位の差 L_p と浸透量 Q_p の関係

水理模型実験では、円筒型及びトレンチ型施設とも施設の底面高と地下水位の差 L_p と浸透量 Q_p との間に(5・9), (5・10)式の関係が成立することが分かった。現地実験においては、4章4-4-4, 図4-32 (p. 69)で示したようにトレンチ型施設では Q_p は L_p の増加、地下水位の下降に伴い増加しているが、円筒型施設では L_p の影響をあまり受けていない。これは、浸透面付近の目づまりの発生（不透水層の形成）、あるいは、施設底面下近くの土壌そのものに水の通りにくい層があり、浸透量が地下水位の影響を受けなかったのではないかと考えられる。このことを検証するために、模型の円筒型施設の底面部に厚さ5mmに、浸透水槽内の砂、 $d_{50} = 1.0\text{mm}$ よりも透水係数 K_{2m} が1オーダー小さな砂を ($d_{50} = 0.47\text{mm}$) を敷設し、地下水位と浸透量の関係を調べてみた結果を図5-18に示す。この図より浸透量は、地下水位の影響をあまり受けないことが分かった。以上のように、浸透底面が目づまりすると、浸透量は地下水位の影響をあまり受けなくなることが予想される。なお、トレンチ型の場合も模型実験結果から予想されるほど、地下水位の影響を受けていない。

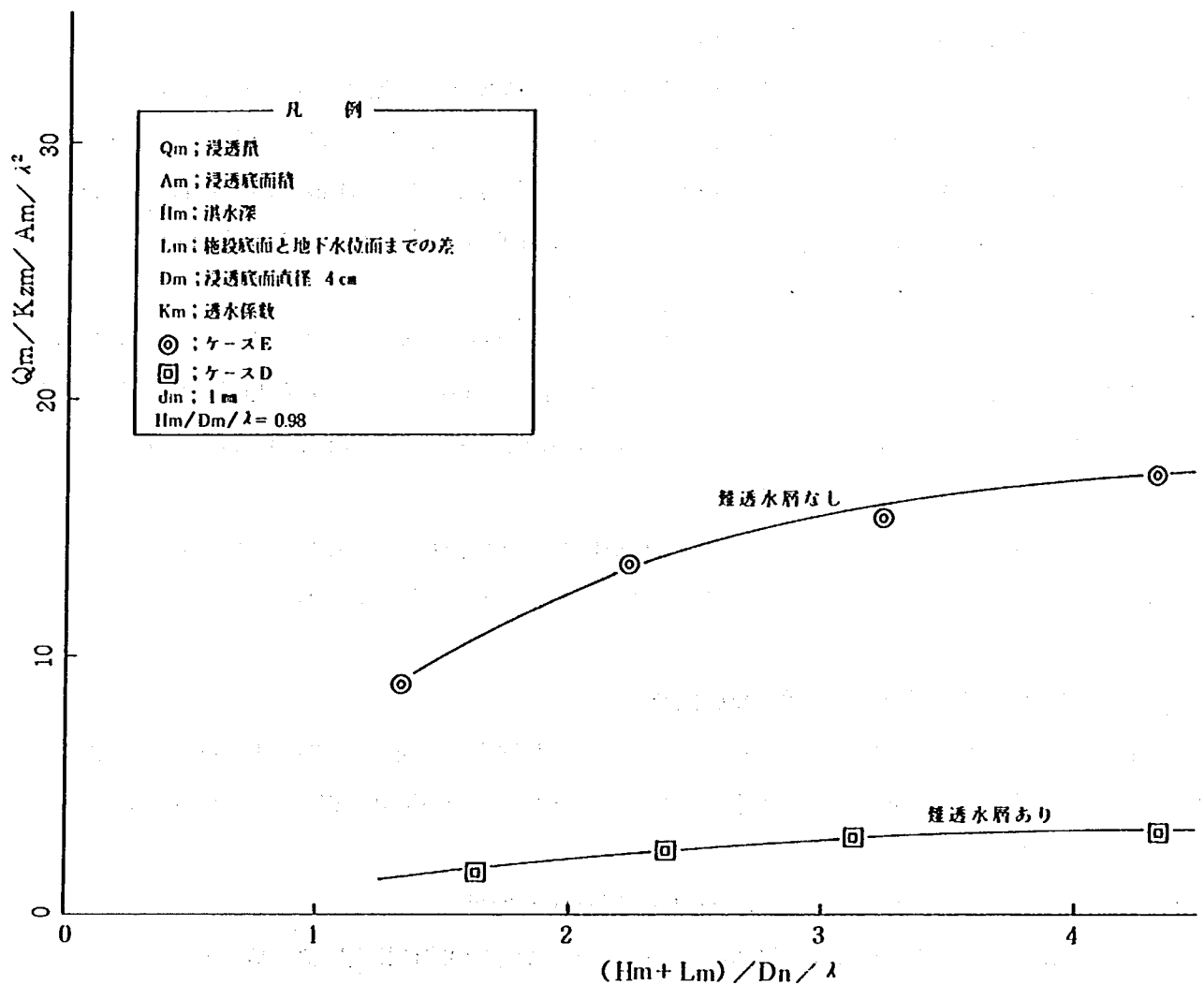


図 5 - 18 難透水層による浸透量の影響 (円筒型施設)

5 - 6 模型実験結果の浸透量評価式への利用可能性について

5 - 4 節で示したように、模型実験によって求めた浸透能力とそれに及ぼす影響因子の関係は、現地実験の結果と合うところもあり、合わないところもあった。

この原因は、現地の浸透土壌は均一な透水性を持つ土壌と言えず、深度方向に透水性が異なることが大きいように思える。関連にローム層は、A層である黒ボク土の下は、スコリアなどが堆積した透水性の良い層もあるが、一般に下層の方が堆積物質が古いため、より粘土化が進み、また土粒子の団粒化も深い層ほど進んでいない。浸透型流出抑制施設のように無理やり雨水を浸透させると、多少でも下層の方が透水性が悪いと、そこを難透水層として宙水が生じ、そこが実質的な地下水面となり、実質的な L_p が案外浅い所 (1 m 以内) にあるのかも知れない。もし浅い所に実質的な地下水面があると仮定すると模型実験の結果は現地の実験結果をよく説明している。

ところで浸透型流出抑制施設の浸透量の評価に当っては、現地において直径 30 cm の円筒型の土研式円筒型浸透計を使い施設の設計湛水深に相当する水深で浸透量 Q_p を測定し、 $Q_p = a_p H_p A_p$ として浸透能力係数 a_p を求め、この a_p を使って浸透量の評価を行うことが考えられている。この場合、直径

30cmの a_{p30} に対する浸透型流出抑制施設の a_p に換算しなければならない。

模型実験の結果によると、現地で生じる実質的な L_p が土研式円筒型浸透計で測定した時と実際の施設でも同じとすれば、円筒型に対するトレンチ型施設の浸透能力係数の換算係数は、トレンチ型の底面幅 $\ell_p = 30\text{cm}$ の場合、 $a_p/a_{p30} = 1/3 \sim 1/4$ 、 $\ell_p = 60\text{cm}$ の場合、 $a_p/a_{p30} = 1/6 \sim 1/4$ 程度となる。

この結果をそのまま実際の流出抑制施設の浸透量評価に適用するのは、5-1節に述べたように問題があるが、一つの目安と思われる。実際、土木研究所構内の現地実験によると平均的にはこの程度の比となっている。

5-7 ま と め

浸透型流出抑制施設の浸透能力に影響を与える因子と浸透能力の関係を、水理模型実験により把握した。また、水理模型実験の結果と現地実験の結果との比較検討を行った結果、今まで、現地実験だけでは把握し得なかった部分が、模型実験によって分かるようになり、不十分ではあるが、現地における浸透量評価に使用しえる関係式を求めることができた。

参 考 文 献

- 1) 山本晃一，斉藤松美；現地実験による浸透型流出抑制施設の浸透機能に関する検討，土木技術資料 Vol. 26, No1. 1984
- 2) 椿 東一郎，水理学Ⅱ，森北出版， 1980

第6章 浸透型流出抑制施設の設計浸透能力の総合評価

本章においては、前章までの検討を通して浸透型流出抑制施設の設計浸透能力の評価式を掲示する。
なお、ここで直径30cmの土研式円筒型浸透計によって浸透能 a が明らかになっているという前提のもとで論旨を進める。

6-1 浸透型流出抑制施設の浸透能力評価式

浸透型流出抑制施設を実際に計画、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。

まず初めに、土研式円筒型浸透計による試験結果より湛水深と浸透量及び注入温 $t^{\circ}\text{C}$ より、水温 15°C に相当する浸透量 Q_{15} を求め、次に浸透能力係数 a を計算する。計算方法は以下のとおりである。

$$\left. \begin{array}{l} Q_{15} = Q \cdot \nu_t / \nu_{15} \\ a = Q_{15} / H / A \end{array} \right\} \dots\dots\dots (6 \cdot 1)$$

ここで Q ; 浸透量 (cm^3/hr)
 ν_t ; 水温 $t^{\circ}\text{C}$ の時の動粘性係数
 ν_{15} ; 水温 15°C の時の動粘性係数
 A ; 浸透底面積 (cm^2)
通常は $\phi = 300 \text{ mm}$, $A = 707 \text{ cm}^2$
 H ; 湛水深 (cm)
 a ; 浸透能力係数 ($\text{cm}^3/\text{hr} / \text{cm}^2/\text{cm} = 1/\text{hr}$)

なお、 ν_t / ν_{15} と水温の関係は表4-7 (P. 62) に示した通りである。

次に試験結果の平均の a を求め、次式によって浸透型流出抑制施設の構造の違い等の補正を行うことによって設計浸透量の評価を行う。

$$Q_D = 10^3 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot \alpha \cdot \bar{a}_{15} \cdot H_D \cdot A_p = 10^3 \cdot a_p \cdot H_D \cdot A_p \dots\dots (6 \cdot 2)$$

ここに Q_D : 施設の設計浸透量 (ℓ/hr)
 H_D : 施設の設計湛水深 (m)
 A_p : 施設の浸透底面積 (m^2)
 K_1 : 形状換算係数
 K_2 : 目づまりによる影響係数
 K_3 : 地下水位 (宙水位) による影響係数
 K_4 : 降雨による影響係数
 K_5 : 温度補正係数

α : 安全(政策)係数

$\bar{a}_{15}$: 施設($D_p=30\text{cm}$)設置対象地盤の水温 15°C に対応する平均浸透能力係数($1/\text{hr}$)

a_p : 係数 $K_1\sim K_5$ 及び α により補正された施設の設計浸透能力係数($1/\text{hr}$)

種々の要因による影響の把握は現地実験規模で検討されて、実際の施設に関して報告されたものは少なく、公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にする。

(1) 形状換算係数 K_1

土研式円筒型浸透計($D_p=30\text{cm}$)と現地浸透型流出抑制施設とでは施設の形状が異なる。土研式円筒型浸透計によって求めた浸透量が、現地浸透型流出抑制施設ではどの程度になるか、評価を行わなければならない。 K_1 の値は、未だはっきりしないことが多いが、第4章、5章の検討結果を踏まえて、下の値とする。

トレンチ型施設に対して

$$K_1 = \frac{1}{3} \cdot \frac{30}{l_p} \quad (\text{ここで } l \text{ はトレンチの幅, 単位 cm})$$

円筒型施設に対して

側面からの浸透なしの場合(この型の施設は不経済であり実際は使われないと思われる。)

$$K_1 = 30/D_p \quad (\text{ここで } D_p \text{ は円筒の直径, 単位 cm})$$

側面からの浸透ありの場合(周囲を砂利で巻く場合も含む)

$$K_1 = 30/D_p \cdot \lambda \quad (\text{ここで } D_p \text{ は, 砂利で巻く場合は, 砂利部分も含む直径とする。})$$

$$\lambda = 4.0 \quad (\text{ただし } H_b/D_p > 0.5)$$

とする。

但し、円筒型施設をトレンチ型施設に2m以上近づける場合は、上述の値 λ を乗じるものとする。

(2) 目づまりによる影響係数 K_2

目づまりによる浸透能力の低下は、施設の供用期間、施設の設置密度及び流入懸濁物(SS)の量及び質によって大きく変化する。浸透型流出抑制施設では浸透能力を保持するため、SS除去を目的とした泥だめやフィルター材等の工夫が必要とされるが、目づまりの原因となるシルト、粘土は、これ等の工夫によって除去することがほとんど不可能であり、目づまりによる浸透量の低下を見込んでおくことが必要である。

SSによる浸透量の変化率はトレンチ型施設の場合の現地実験によると^{注)}

$$y = e^{-0.0075x} \times 100 \quad \dots\dots\dots (6 \cdot 3)$$

程度である。

ここで y : 浸透量変化率(%), SS投入前の最終浸透量に対するSS投入後の最終浸透量の比率

x : SS量(kg/m^2) (単位面積当り懸濁物質の堆積量)

今、一戸当りのトレンチ型浸透施設の設置長さ10m、幅0.5mとし、すべての屋根(100 m^2)から

注) P. 78 4-4-7 目づまりと浸透量の関係参照

の流出水が浸透するとし、懸濁物の発生を安全を考慮して5 kg/年（屋根に対して0.02mm/年の堆積量）、施設の耐用年数20年とすると、(6.3)式より $y=86\%$ である。

以上から K_2 は屋根排水を対象とする場合は、

$$K_2 = 0.85$$

とする。

屋根排水以外の道路排水等を浸透型流出抑制施設に入れる場合、また浸透型流出抑制施設の規模が、上記の標準値と大きく異なる場合は、懸濁物の発生量を測定および予測し、施設の規模、耐用年数を考えて(6.3)式を参考にして K_2 を決めることとする。

円筒型施設については、側面からも浸透する構造となると考えられるので、円筒型施設のみによって雨水を処理する場合は(6.3)式を参考にして K_2 を定めることにし、また浸透トレンチと併用する場合は、浸透トレンチと一体として(6.3)式により K_2 を求めることとする。

③ 地下水位（宙水位）による影響係数 K_3

地下水位（宙水位）の変動によって、浸透量は変化する。土研式円筒型浸透計で測定した時の平均的な地下水位（宙水位）に対して、地下水位（宙水位）が高い場合には、浸透量は減少する。地下水位（宙水位）がどの程度変動するかを明確に把握することは難しいが最高地下水面高が施設の底面より低いと推定し得る場合は、土木研究所水文観測場での観測事例等を考慮して

$$K_3 = 0.9$$

とする。

④ 降雨による影響係数 K_4

現地浸透能調査は、通常無降雨時に行われるが、浸透型流出抑制施設が機能するのは、降雨時または降雨直後である。現地実験及び不飽和浸透の場合の円筒型浸透施設の浸透量に関する数値計算結果によると、降雨水による影響は顕著なものでは無い。降雨による影響係数は

$$K_4 = 0.95$$

とする（巻末補足参照のこと）。

⑤ 温度補正係数 K_5

浸透型流出抑制施設の浸透量は、対象とする処理水の水温により変化する。

流出抑制施設が有効に機能すると期待されている季節は雨期（6～10月）であるので、施設の設置される場所の雨水の水温を調べ、大雨時の最低雨水温度に対する動粘性係数を ν と求め、

$$K_5 = \nu / \nu_{15}$$

とする。

K_5 の値は、水温20℃の場合は0.88、水温25℃の場合0.78である。

(6) 安全（政策）係数 α

本係数は、浸透型流出抑制施設を排水計画施設あるいは、都市水文環境保全施設として、どのように位置付けるかによって変化する係数である。当面 $\alpha = 1$ としておくが、多くの有識者及び行政担当者等の合意によって決められる値であろう。

以上、大胆に円筒型及びトレンチ型の浸透型流出抑制施設の浸透能力評価式について述べたが、これはあくまでも試論であり、確定したものでないことを、再度ことわっておきたい。

6-2 今後の技術的課題

4章、5章及び6-1節の記述を見ても分かるように、 $K_1 \sim K_5$ 、 α の値を決めるには、まだまだ多くの検討課題が残されている。今後、次のような検討が必要であろう。

① 現地で生じている浸透現象は、不飽和浸透理論及び飽和浸透理論（模型実験）だけでは説明しえない。実際の現象は、この中間にあると考えられる。今後、現地実験を行うと同時に、不飽和浸透理論を浸透型流出抑制施設に適用して、浸透現象を把握することが必要となろう。

② 浸透量は、施設の施工条件（浸透面のけずり方や湿潤状況の違いによる施工時のめづまり状況）の差によって大きく異なる。このような施工時の条件を工学的にどう判断しどのように係数を決めてよいのかの検討が必要であろう。

③ 10^1 のオーダーの浸透能のバラツキをどう評価して工学的な判断を下せば良いかを流出抑制効果という点から検討を行う必要があろう。

④ めづまりの現象については、まだ十分な検討が為されていない。今後実際に施工された施設の浸透機能の継続的観測が必要であろう。

⑤ 屋根に降った雨水を浸透させている限り地下水汚染の問題は生じないと思われるが、今後水質の問題についても検討が必要であろう。

参 考 文 献

- 1) 吉野文雄；浸透型貯留槽からの浸透流の解析と流出抑制効果の評価，土木技術資料，Vol. 24, No. 11, 1982

あ と が き

本報告書は昭和59年3月までに完成する予定でありましたが、種々の理由で遅れてしまいました。現場の方が調査研究より先行しており、追い立てられて書いたものが本書であります。完成度の高いものとは言えませんが、現場での役に立つものと考えています。

本調査を実施するにあたっては、多方面の方々の御協力を得ました。特に、この方面の研究の発展には石崎勝義氏（前水文研究室長）、吉野文雄氏（前総合治水研究室長）、小川良市氏（前総合治水研究室）の多大の労があった事を特記して感謝に代えます。

なお、本調査報告の最後のとりまとめに当っては本研究室本間久枝研究員の2ヶ月以上にわたる手助けを受けました。また実験に当っては建設技術研究所大迫蕃郎氏の援助を受けました。

昭和59年8月1日

総合治水研究室

調査担当者 山 本 晃 一
齊 藤 松 美

参 考 資 料 I

浸透型流出抑制施設の現地浸透能力調査

マニュアル試案

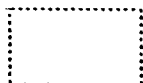
1. 研究背景

随着信息技术的飞速发展，大数据、云计算、人工智能等新兴技术不断涌现，为各行各业带来了前所未有的机遇和挑战。

在大数据时代，数据已成为企业竞争的核心要素。

本資料は、土木研究所が試案として作成したものであり、行政当局との調整を行なっておらず今後変わる所も多い。本資料の利用に当っては、このことを十分に配慮して取り扱うこと。

注)



本報告書の四角の枠で囲んだ所は、未だ技術的裏付けが十分でない。

調査担当者	総合治水研究室長	山	本	晃	一
	総合治水研究室	斉	藤	松	美
	”	中	島	輝	雄

目 次

第 1 章 浸透型流出抑制施設の概要と本調査の目的

- 1.1 総合治水対策における雨水貯留施設の位置づけ
 - 1.1.1 流域整備計画の治水機能による地域区分と対策
 - 1.1.2 浸透型施設について
- 1.2 浸透型施設の概要
- 1.3 現地浸透能力調査の目的、適用範囲とその内容
- 1.4 調査の方針

第 2 章 流域の基礎調査

- 2.1 流域の地形・地質調査
 - 2.1.1 地形区分調査
 - 2.1.2 地質調査
 - 2.1.3 地下水位（宙水位）調査
- 2.2 土地利用調査
 - 2.2.1 土地利用実態調査
 - 2.2.2 土地利用計画調査
 - 2.2.3 土地利用の将来推定
- 2.3 流域の雨水排水系調査
 - 2.3.1 河川系
 - 2.3.2 下水道系
 - 2.3.3 その他

第 3 章 浸透型施設設置可能範囲調査

- 3.1 マス型・トレンチ型浸透施設の設置可能範囲調査

第 4 章 現地浸透能調査

- 4.1 土質調査
 - 4.1.1 既往ボーリングデータの収集およびボーリング
 - 4.1.2 土質試験

4.2 浸透能調査

4.2.1 現地浸透能の調査フロー

4.2.2 実験方法

4.2.3 測定手順

4.2.4 モデル実験

4.3 地下水位（宙水位）の測定

第 5 章 浸透型施設の浸透能力の評価

5.1 地形区分面毎の円筒型実験施設の平均浸透能力の評価

5.2 現地浸透施設の浸透能力評価

第 6 章 浸透型施設の流出抑制効果の評価

6.1 検討対象降雨

6.2 浸透型施設設置ポテンシャルの評価

6.2.1 設置密度・浸透型施設処理面積率

6.2.2 浸透強度

6.3 流出抑制効果に与える効果の評価手法

6.3.1 局所的な評価

6.3.2 流出基準点における評価

参 考 文 献

第1章 浸透型流出抑制施設の概要と本調査の目的

1.1 総合治水対策における雨水貯留施設の位置づけ

1.1.1 流域整備計画の治水機能による地域区分と対策

総合治水対策を行うにあたっては、流域整備計画の策定がなされる。その構成は表 1.1 に示すごとくである。ここでは、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 区分し、各地域の特性に応じた治水対策を立案する。対象 3 区分の特性は表 1.2 のとおりである。

流域整備計画においては、前記地域区分に対応した流域処理流量と治水施設で対処する河川域処理流量によって総合的に洪水に対処する。流量分担計画システムは図 1.1 に示す。

これら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、開発に応ずる雨水貯留型施設、またはこれに代る浸透型施設の設置およ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。

表 1—1 流域整備計画の基本内容

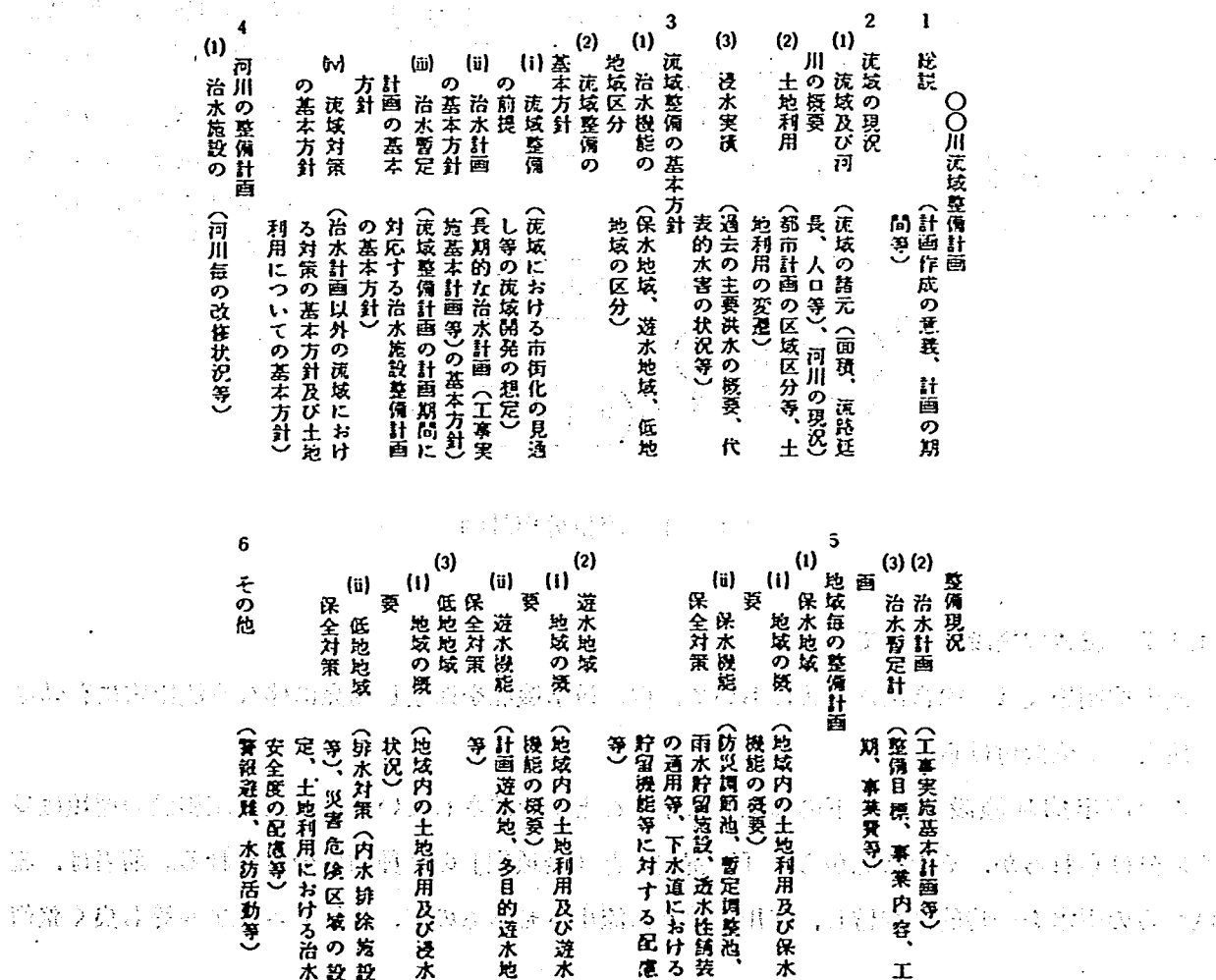


表 1-2 保水・遊水・低地地域の定義

地域区分	定義	流量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、浸透型施設、浸透性舗装等
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（いわゆる湛水地域）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	遊水池、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（いわゆる湛水地域）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

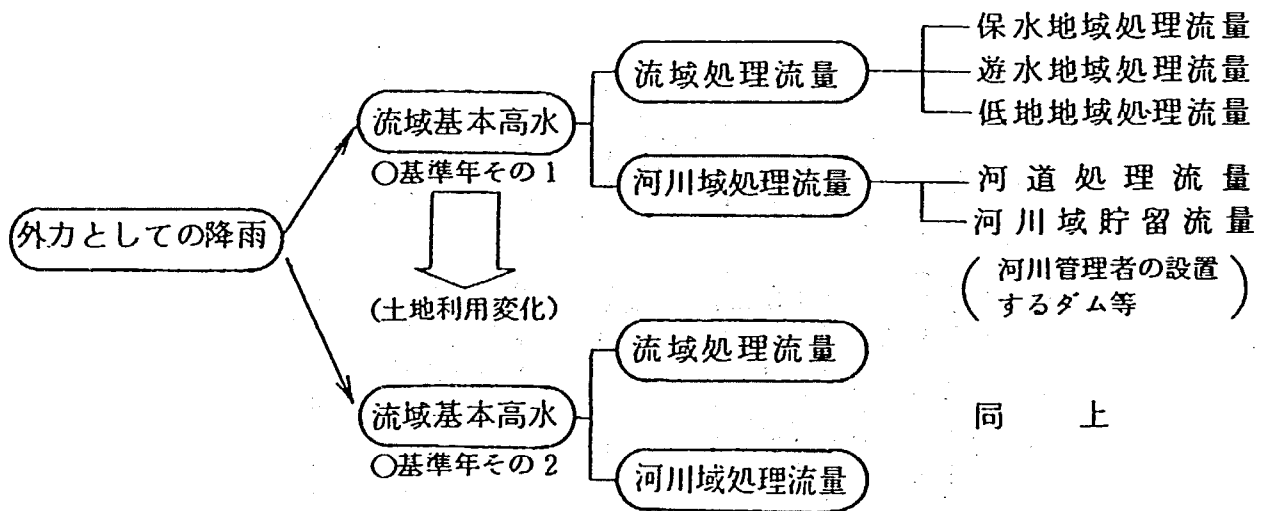


図 1-1 流量分担計画

1.1.2 浸透型施設について

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に有効な手段として位置付けられる。

この流出抑制施設は、以下の図 1.2 に示すごとく分類されている。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せるもので、技術マニュアル等も良く整備

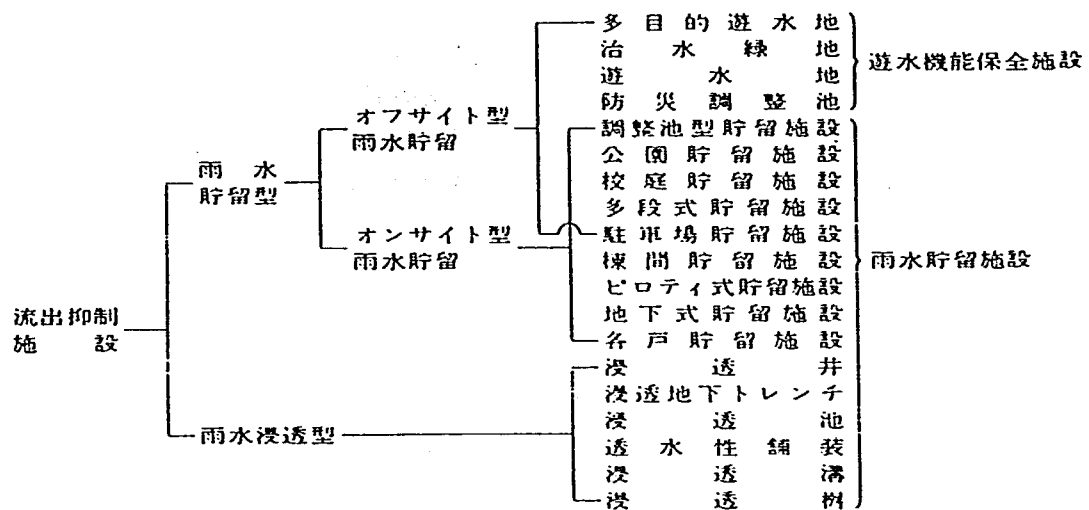


図1-2 流出抑制施設の種類

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、貯留型雨水処理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、個人負担を軽減出来るという利点がある事等から注目され、現在各所で実験が行われている。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。しかし、浸透能力の評価とその持続性、即ち、浸透による流出抑制量をどのように評価したら良いのか、雨水を人工的に地下へ注入することによる目づまりへの対策はどのようなものがあるか等の検討すべき課題も多く、その技術的評価手法もまだ明確となっていないところもある。

1.2 浸透型施設の概要

浸透型施設は、図1.3に示すごとく、注入井による井戸法と地表面から浸透させる拡水法に大別される。

井戸法は、地盤沈下対策、地下水への塩水浸入防止対策、冷却水の地下還流等の目的のもとに、以前より用いられていた方法である。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。目づまりは避けられない現象として発生する。帯水層内の目づまりは地下深部で発生するためその処理が困難である。このため、注入水を沈殿・濾過等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。従って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、地下水汚染に対する考慮、将来目づまりした場合の新設場所の確保等の十分な考慮が必要である。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所のみと考えて良い。

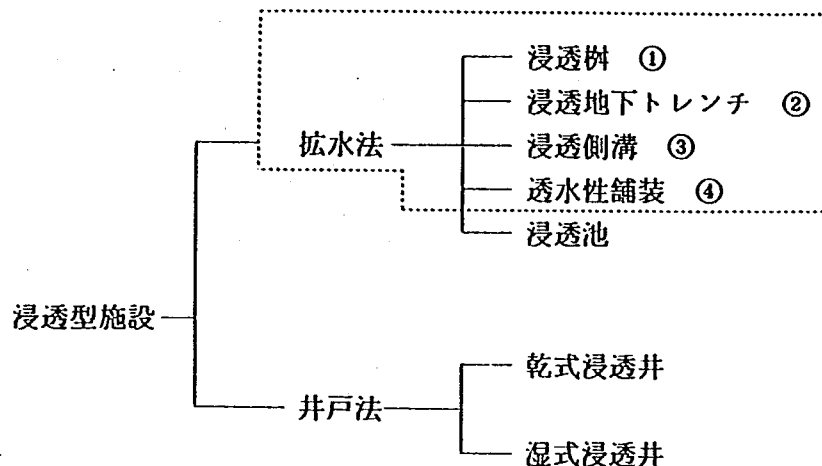


図 1-3 浸透型施設の分類

拡水法として、米国等で一般的なものは浸透池である。これは、その構造が簡単なもので済み、目づまり対策としては、浸透面の掻き取り等によって、機能を回復することができる上に、自然浸透に近い方法であるので地下水質に与える影響も比較的小さいという利点を有する。しかし、この方法は、広い占用面積を必要とするので、流域整備計画の中に位置づけることは現実的でない。流域保水対策として、実際に可能性があるものは以下に示す四つの施設である（図 1.4）。

① 浸透ます

ますの底面を碎石で充填し集水した雨水をその底面より地表浅所の不飽和あるいは飽和帯を通して放射状に分散浸透させる施設をいう。

② 浸透地下トレンチ

掘削した溝に碎石を充填し、更にこの中に浸透ますと連結された有孔管（透水管）を設置することにより雨水を導き、砂石の側面及び底面から、不飽和あるいは飽和帯を通して地中へ帯状に分散浸透させる施設をいう。

③ 浸透側溝

側溝底面を碎石で充填し、集水した雨水をその底面より不飽和帯あるいは飽和帯を通して帯状に分散浸透させる施設をいう。

④ 透水性舗装

透水性舗装とは、舗装体を通じ雨水を直接路床へ浸透させ、地中に還元する機能を持つ舗装をいう。

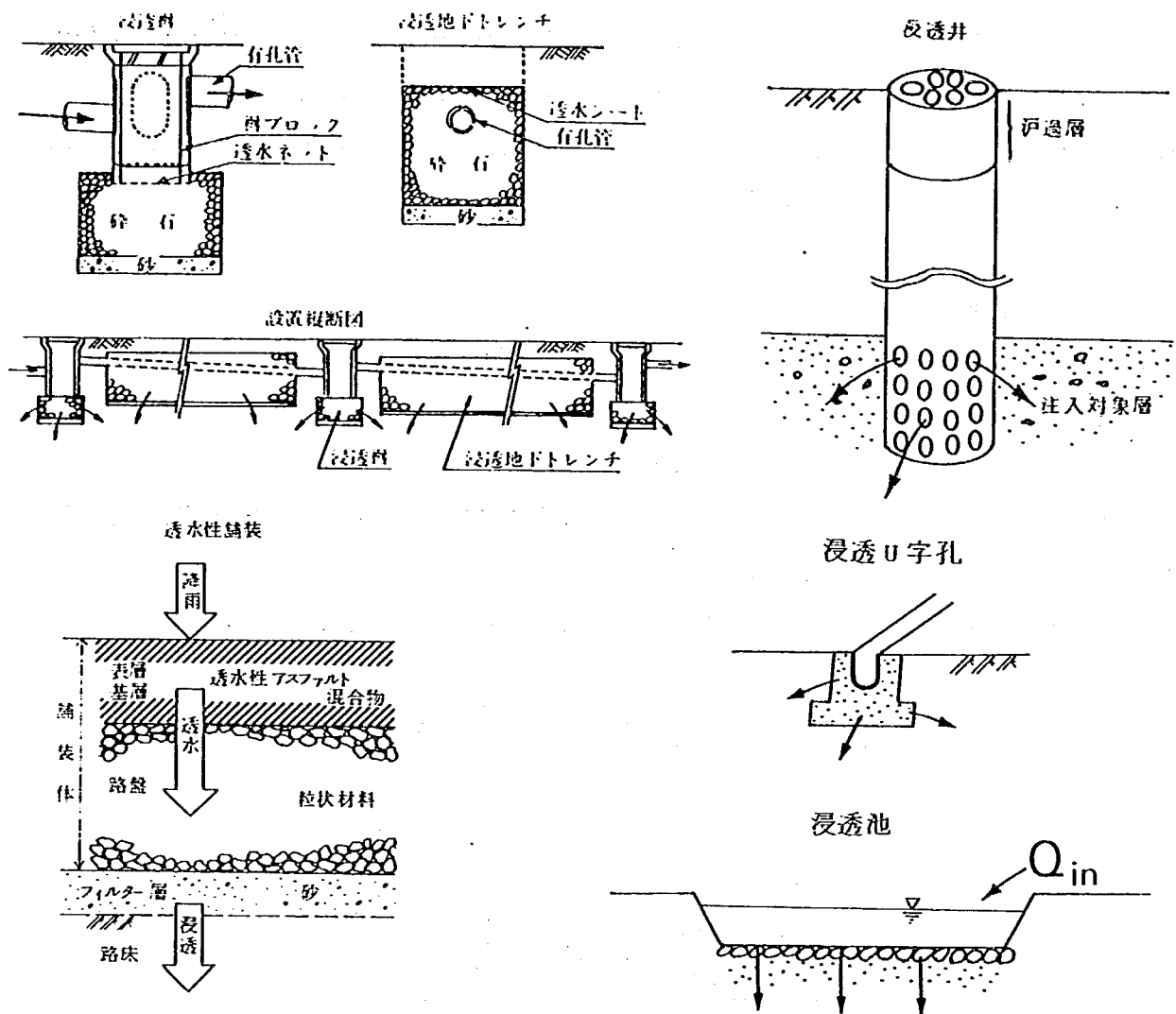


図 1-4 地下浸透施設の概念図

この内、浸透側溝、透水性舗装は、道路排水等の目づまりの原因となるシルト・粘土・ゴミ等を含む雨水を浸透対象水としており、施設の機能の安定性が悪く、今の所、この施設を流量分担計画の中に組み込んでいくには、無理があると思われる。

従って流量分担計画の中に位置づけられる可能性のあるのは、屋根排水等の比較的浮遊物質の少ない雨水を浸透対象水とした浸透ます及び浸透地下トレンチである。

1.3 現地浸透能力調査の目的と適用範囲

現地浸透能力調査は総合治水対策を行うにあたっての流域整備計画において、主として保水地域の流域処理流量を分担する手段として、浸透ますおよび浸透地下トレンチによる雨水の処理能

力を現地透水試験を通して適正に評価し、浸透型施設を流量分担計画にどのように位置づけるのか、および流出抑制効果をどのように評価するのかのすじ道を示すことにある。

従って本調査手法は、総合治水対策を必要とする河川の保水地域の流量分担計画立案において、拡水法による浸透型施設の評価に適用する。

1.4 調査の方針

現地浸透能力調査は、総合治水対策を行うにあたっての流域整備計画において、主として保水地域の流域処理流量を分担する一手段として、浸透型施設を計画する場合、その際の基礎調査として、対象地層の浸透能を現地調査し、浸透型施設的能力を評価するものである。

このため、調査にあたっては、総合治水対策調査の基礎調査、地域区分、流量分担計画との整合性に十分な考慮を払わなくてはならない。

調査の全体手順並びに総合治水対策調査との関連は、図 1.5 に示すとおりである。

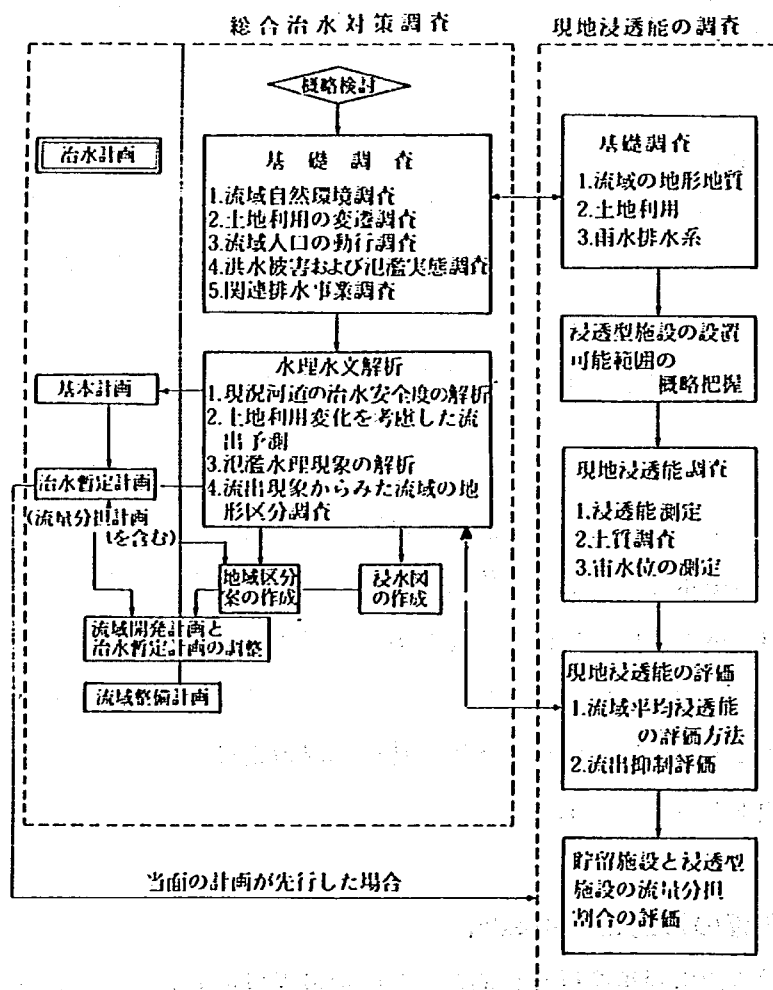


図 1—5 調査の全体フロー

第2章 流域の基礎調査

2.1 流域の地形・地質調査

概略の浸透型施設の設置可能性を把握するため、注入対象層の地形並びに地質の特性を把握する。

既存資料から読みとる事のできる地形・地質・土質の状況は以下の表2.1に示すごとくである。

表2-1 既存資料から読みとることのできる地形・地質・土質情報

得られる情報		資料	地形図	空中写真	地質図	地盤図	ボーリング等 土質調査資料	地形分類図	土地条件図	土地利用図	工事記録	災害記録
地形	形態	中 小 敷	◎ ◎ ○	◎ ◎ ◎	○(基図にコ ンター図 使用)			◎ ◎ ◎ ◎(急地形 分類図)	◎ ◎ ◎ ◎	○ ○ ○ ○		○
	傾斜・起伏量		◎	◎				○	◎	○		
	地すべり地形		◎	◎	◎			◎	◎		◎	◎
	災害地形	崩壊地形 土石流地形 (扇状地・扇地形) 洪水地形 (平野の扇地形) 被災状況	○ ○ ○ ○(大縮尺)	◎ ◎ ◎ ◎	◎ ◎ ◎ ◎ (災害地質図)			◎ ◎ ◎ ◎ ◎ ◎	◎ ◎ ○		◎ ◎ ◎ ○ ◎	◎ ◎ ◎ ○ ◎
地質	岩相(岩種)		○	○	◎	○				○		
	未固結堆積物のタイプ		○	◎	◎	◎				○		○
	地質構造	地層の走向・傾斜 断層・褶曲 その他の断層系 不整合等の不連続性	○	◎ ◎ ◎	◎ ◎ ◎		○			○		
	風化・変質状況			○	◎							
土質	土質のタイプ					◎	◎	○	○		◎	◎
	土の力学的・物理的性					◎	◎	○	○		○	
	地表の含水状況 軟弱地盤の分布やタイプ		○	◎ ◎	○	○ ○	◎ ◎	○ ○ ◎ ◎ (急地形分類図)	○ ○ ◎	○	○ ◎ ◎	○

(注) ◎ : よく把握できる
○ : ある程度は把握できる、あるいは参考になる
無印 : ほとんど把握できない

(出典：土木技術者のための現地踏査 島，原園，今村)

2.1.1 地形区分調査

地形は、浸透能に影響を及ぼす表層土壌の状態及び地下水位を表わしている事が多い。その理由は、

①地形は、地表面の形態・規模・水陸の配置・傾斜などを示しており、地表の形態そのものが水文、水循環に大きな意味をもつ。

②地表は、構成岩石の性質や地質構造に著るしく規制されている。このことは、地形から逆に地質構造をある程度読みとれることを示している。

③また、現在の地形は地質構造、構成する岩層など地質学的素地に侵食（erosion）や堆積（sedimentation）といった諸作用（process）が、さまざまな形をとって働き、岩石が動かされた結果である。働いた営力（agents）の違いによって、形成された地形も違う。従って、地形は地質構造だけでなく、そこに働いた営力も反映している。

④しかも地形変化は長時間にわたって間断なく続いているので、地形の高低や開析度合、構成地形のその後の部分的な侵食の具合などに、営力が働いた時間（絶対時間）や新旧（相対時間）が示されている。

このように地形は、①地表面の形態だけでなく、②地質（岩質・地質構造）、③そこに働いた営力やおこった現象、④地史（geologic history）なども反映している。

地形の把握は、主として地形図、各種条件図等の既存資料及び現地踏査によって行うもので、この結果をもとに地形区分図を作成する。更に地形の改変状況にあわせ調査する。

なお地形調査に使える既往の主要地図は、表 2.2、2.3 に示した。

(1) 地形の区分

地表を表 2.3 土地分類図（ $\frac{1}{20万}$ ）によって、低地・台地・丘陵・山地（含火山）の四大地形区に分類する。これらは地形の形態・標高、地質（年代・成因・固結度）、土壤が異っており、浸透型施設の浸透能力や起りやすい災害などをある程度表わしている。

次に各地形区を更に細分された単位地形に分ける。例えば国土調査法では、地形調査作業規程準則で表 2.4 に示したような地形分類に定めている。現地浸透能調査のための地形の細分法は、検討対象流域の広さや、地形の特徴に応じて適宜区分するべきであるが、あまり細かく細分化しないように注意する。一般には、図 2.1 に示す土地条件図に表わされている区分で十分である。

浸透型施設の設置対象地形としては、台地、山麓堆積地、起伏の小さい丘陵地、低地の微高地などである。これらの地形の細分化に当たって注意しておかなければならないことを記しておく。

i) 台地・段丘の地形

土地条件図は、台地・段丘をその形成時期を高さにより区分している。各面の表層土壌や地質構成が異なるため、浸透型施設の浸透能力も変わるので、この細分化は必ず行うこと。

気候の変動等に原因して形成される段丘は、広域的に同じ高さをもつ。例えば関東地方では図 2.2 に示すような段丘が発達している。ほぼ同一段丘面はほぼ同じような地質構成を持つが、同一段丘面でも、最大傾斜方向の面の勾配が大きく変わる場合には、地質構成が変化し

表2-2 最近における日本の主要地図一覧表
(西村, 1977を一部修正し編集しなおしたもの)

基本図

□購入可能 閲覧可能

地図名	発行機関名	作成年	縮尺	大きさ・色数	特長・備考
□地形図	建設省 国土地 理院	明18~	1/5万	証1~4色	地形のほか、植生、市街、交通等の現況を表わした最も基本的な地図で、大正15年に日本内地が完成。現在3~5年ごとに修正されている。1,251面(全国)
□楽成図	建設省 国土地 理院	昭42~47	1/5万	菊8~12色	1/5万の地図のうち、大都市や有名な観光地等の区域を1枚にまとめた地図。日光等7面が刊行中。
□地形図	建設省 国土地 理院	明13~	1/ 2万5000	証1~4色	1/5万にひきつづき、全国をカバーする最も基本的な地図。 4,241面(昭和52年3月現在刊行面数)
□地勢図	建設省 国土地 理院	明19~	1/20万	6色	1ないし数府県程度の範囲の地勢や交通などを見やすく表わした地図。
□地方図	建設省 国土地 理院	昭11~	1/50万		日本全国を6地方2諸島(北海道1、北海道1、東北、関東甲信越、中部近畿、中国四国、九州、小笠原南西諸島)にわけてあらわした地図。
□1/100万 国際図	建設省 国土地 理院	昭42~	1/100万	四六12色	世界各国が協力してそれぞれの国について統一した図式と縮尺でつくっている地図。地名はローマ字。日本の分担は、北日本、中央日本、南日本の3面
□1/100万 日本	建設省 国土地 理院	昭43~	1/100万	5色	1/100万国際図の地名を日本語にあらためた地図。
□日本とその周辺	建設省 国土地 理院	昭16~	1/300万	四六12色	わが国全域と周辺を収めた地図。
□国土基本 図	建設省 国土地 理院	昭35~	1/5,000	四六1色	国土の開発、保全計画の基礎として、国土の現況を正確に把握することを目的とした大縮尺の地図。 5,541面(約55,700 km ²) (昭和52年3月現在)
□国土基本 図	建設省 国土地 理院	昭35~	1/2,500	四六1色	1,849面(約4,600 km ²) (昭和52年3月現在)
□骨格図	建設省 国土地 理院	昭39~	1/2,500	四六1色	大都市についてとくに細分し設置された細部基準点と道路、鉄道、水路など骨格を表わした地図。 684面、約1,600 km ² (昭和52年3月現在)
□写真図	建設省 国土地 理院	昭39~	1/5,000	四六1色	大縮尺の空中写真をそのまま地図として利用し、地名や等高線を入れたもの。 2,208面、約23,900 km ² (昭和52年3月現在)
□森林基本 図	農林水 産省林 野庁		1/5,000	115×80.5 cm	全国の国土基本図作成区域を除く27万 km ² を森林調査計画用として作成している。1図葉の範囲は3×4.5 km。一般に市販はせず、公共機関でとくに必要があれば作成機関(各営林署)で写しを配布。
■森林基本 図			1/5,000	115×80.5 cm	県、市、町、村が上記国所有林以外を森林調査計画用として作成。1図葉の範囲は、3×4.5 kmで国所有林と同じ。

注1 発行機関名・作成年・縮尺・大きさ・色数については、それぞれ種々様々のものがあり、記入困難な場合は空白にしてある。

注2 地図の大きさとしては昔から特殊なものが用いられている。その主なものはつぎの通りである。

証判(まさばん) たて46cm よこ58cm
四六判(しろくばん) たて79cm よこ109cm
菊判(きくばん) たて64cm よこ94cm

(出典:土木技術者のための現地調査
島, 原園, 今村)

表 2-3 土地分類 (西村, 1977 に加筆修正)

(注) □: 購入可能 ■: 閲覧可能

地図名	発行機関名	作成年	縮尺	大きさ 色数	特 長 ・ 備 考
■地形分類図	国 土 庁	昭27~46	1/5万	証	地形の成因別および、性状別分布状況や土壌の性状別分布状況を表わした地図。 全国主要地域, 57 面
□土地条件図	国土地理院				1 基本測量の「土地条件図」の項参照
■土地分類図 (土壌図)	国 土 庁	昭38~41	1/50万	四六10色	
□土地分類図	国 土 庁	昭45~	1/20万 (1/10万 の地域 もあり)		土地利用可能性分級, 地形分類, 土壌, 土地利用現況, 表層地質, 起伏量, 谷密度, 傾斜区分等を表わした地図。国土調査法による土地分類調査のうち, 各県別単位に全国作成済み
■地形分類図	国 土 庁	昭45	1/5万		地形表層地質および土壌を表わした地図。 国土調査法による土地分類調査のうち43面
■地形分類図	国 土 庁	昭33	1/80万	8 色	地形表層地質および土壌を表わした地図
土地分類図	国 土 庁	昭33	1/200万	5 色	地形表層および土壌を表わした地図
土地分類基本 調査図	国 土 庁	昭47	1/5万		地形の成因別, 性状別, 分布状況を表わした地図。全国市町村 3,242 のうち, 1,243 が着手 38,733m ² (11%)が完成している。
■治水地形 分類図	国土地理院 北海道開発局	昭51~53 昭51	1/2万 5000		建設省の直轄河川流域 開発局の直轄河川流域

(出典: 表 2-2 に同じ)

表 2-4 国土調査法の土地分類図における地形分類の基準

地形の分類		定 義
大分類	小分類	
山地・丘陵地	山頂緩斜面	急斜面によりかこまれた山頂部の小起伏面または緩斜面
	山腹緩斜面	山腹に付着する階段状の緩斜面
	山麓緩斜面	侵食作用によって生じた山麓部の緩斜面および火山地における溶岩または火山岩層の堆積による山麓部の緩斜面
	急斜面	山地丘陵地における前三分類以外の斜面
台地	岩石台地	地表の平坦な台状または段丘状の地域で、基盤岩石が出ているかまたはきわめて薄くかつ軟弱な被覆物質でおおわれているもの
	砂礫台地	地表の平坦な台状または段丘状の地形で厚くかつ軟弱な砂礫層からなるもの
	石灰岩台地	石灰岩からなる台状の地域で石灰岩特有の溶食形をしめすもの
	火山灰台地	火山灰砂礫の一次的堆積によってできた台状または階段状の地域できわめて厚い火山灰砂礫からなるもの
	溶岩台地	溶岩でおおわれ周囲を崖で囲まれた台状の地域
低地	谷底平野	谷底にある平坦面で現在河流の冲積作用が及ぶ地域
	扇状地	山麓地にあって主として砂礫質からなる扇状の堆積地
	三角洲	河川の河口部にあって主として泥土からなる低平な堆積地形の地域
	干潟	潟または湖の干上がったもの（干拓および塩田を含む）
	河原	流水におおわれることのある川沿いの裸地
	磯浜	汀線付近の平坦な裸岩地域 汀線付近の砂礫でおおわれた平坦地
地すべり地形		基盤の傾斜が比較的緩やかであって、地表面の原形を僅端に変えることなく山腹斜面が徐々に滑動して生ずる地形
崩壊地形		山腹斜面または崖の一部が急激に崩落して生じた跡の地形で、灌木が生育している程度になっているものまでとする
麓斜面および崖		傾斜地の下方に生じた岩屑からなる堆積地形
泥流地形		泥流によって生じた不整形の地形
土石流地形		岩塊、泥土等が水を含んで移転し、かつ堆積して生じた地形
砂礫堆		波、河流または潮流もしくは氷河によって生じた砂礫の堆積した地形
被覆砂丘		風によって生じ、かつ砂からなる波状地形で、植物でおおわれているもの
裸出砂丘		風によって生じ、かつ砂からなる波状地形で、植物でおおわれていないもの
湿地		排水不良で、湿地性植物の生育する地域
泥炭地		分解の進んでいない湿地性植物の遺体とその組織が肉眼で認められるものが、黒褐色または黄褐色を呈して堆積している地域
天井川		人工堤防設置の結果として、河床が平野面より高くなった河すじ
潮汐平地界		潮汐平地の海側の境界
岸欠痕		河岸または海岸の一部が崩落し崖を形成しつつある場合
遷移点		河床の傾斜度が急に变化する地点
傾斜変換線		山腹の傾斜がやや急にかわるおおむね等高の点を結ぶ線
火山地界		原地形が火山噴出により生じ、かつ火山噴出岩または火山砕屑物により地形が特徴づけられている地域の境界線
崖		長くのびる一連の急斜面
谷密度界		谷密度80以上の地域とその他の地域の境界線

出典：地形調査作業規程準則（昭和29年7月2日総理府令第50号）



図 2-1 土地条件図の凡例

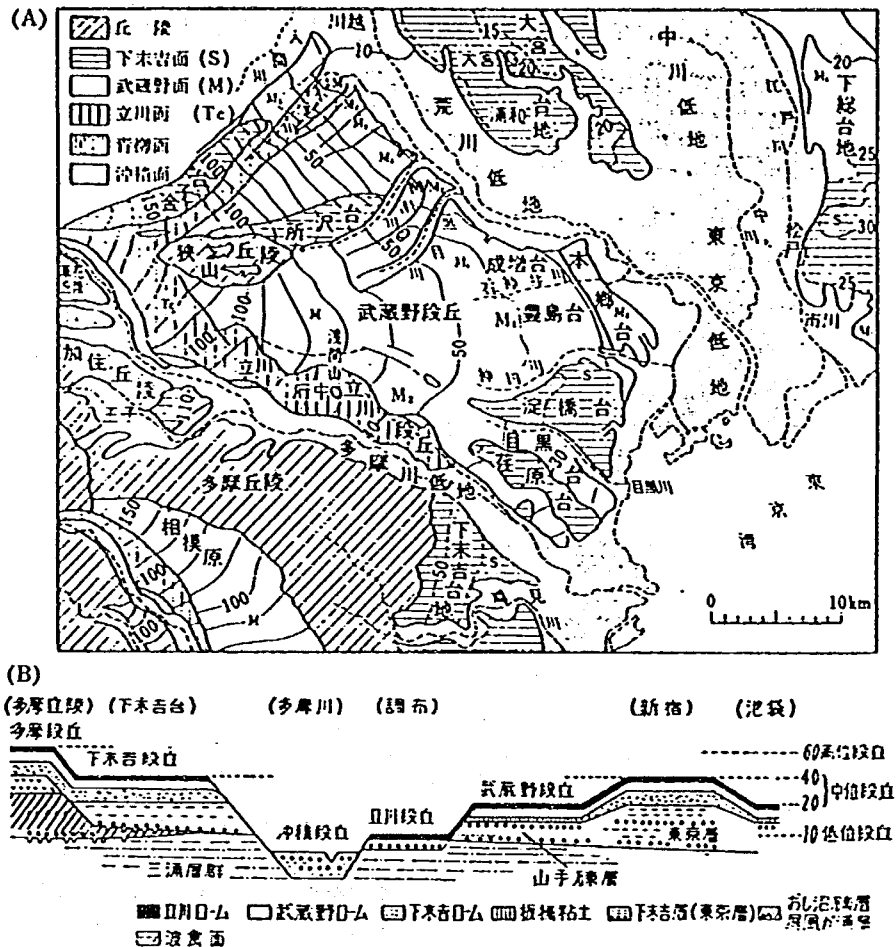


図 2-2 関東平野・武蔵野付近の地形面区分(A)と、
各段丘面を覆うローム層(B)
((A)は貝塚・戸谷 1953, (B)は井尻・新堀 1963 による)

ている可能性があるのですが、面区分を多くした方がよい場合もあるので、注意すること。

ii) 低地の地形

低地の微高地である自然堤防、旧川微高地、洗堤、及び扇状地は一般に表層堆積物の粒径が大きく、透水係数も良い。これらに対して旧河道、落堀、後背湿地、三角州等の低地は、泥質で透水係数も小さく、浸透型施設の設置に適しない。

iii) 人工改変地

土地条件図に記載されている人工改変地の内容は、人工平坦化地と盛土である。

このうち、人工平坦化地は、山地・丘陵の掘削によるものが多い。従って、浸透能は、この地盤の透水性に左右されるが、一般には浸透性が悪いことが多いようである。

一方、盛土地は、一般に低平地部に盛土されるもので、地盤の透水性も良くない場合が多い。更に、締固めた盛土地は透水性が悪いため、浸透型施設の適地とはいえない。

また丘陵地や台地の大規模宅地開発に当っては、大規模な地形改変（切り盛土）が行われるので、このような所では、実態調査を十分に行う必要がある。

2.1.2 地質調査

浸透ます、浸透地下トレンチの施設設置対象地盤は、主として地表面近くとなるため、表層地質、盛土の状態、不透水層の存在等を既存資料及び現地踏査にて把握する。

なお、工場跡地や埋立地で土壤が汚染されている場合は、地下水質への影響が予想され浸透型施設の設置は避ける必要があるため、土壤汚染地域も同時に把握するものとする。

地質の状況は、地形条件により推定すると共に、地質図や地盤図、ボーリング柱状図などの資料で確かめる。地質図は、表 2.5 に示した市販されているものの他、地質調査所や大学地

表 2-5 地質・鉱物等（西村，1977に加筆）

(注) □：購入可能

地 図 名	発行機関名	作成年	縮 尺	大きさ色数	特 長・備 考
□地 質 図	地質調査所		1/50万	54×78cm	地殻を構成する各種の岩類を生成時代に分類し、その分布配列の状態および地体構造をあらわしたもの。6面（東京地学協会が発売）地方は地質調査所に申込み。
□地 質 図	地質調査所		1/20万	54×78cm	〃 31面
□地 質 図	都道府県		1/20万	54×78cm	〃
□表層地質図	国土庁		1/20万～ 1/10万	54×78cm	全都道府県あり
□地 質 図	地質調査所		1/7万 5000	54×78cm	〃 6面
□地 質 図	地質調査所		1/5万	54×78cm	〃 193面
□水理地質図	地質調査所	昭36 ～47	1/2万 5000～ 1/10万	各 種	地形・地質別ならびに帯水層別に地下水の分布等深度線・水温等温線、水比抵抗線をあらわしたもの 13面
□日本炭田図	地質調査所	昭32 ～47	1/5,000 ～1/5万	各 種	夾炭層および炭層を中心にそれらの地質時代、分布状況をあらわしたもの 10面
□日本油田、 ガス田図・	地質調査所	昭36 ～47	1/1万 5000～ 1/5万	各 種	油田やガス田地域の一般地質図と岩相図とを組み合わせて、岩相変化の状態および地質構造をあらわしたもの 10面
第四紀地殻 変動図	総理府科学 技術庁国立 防災科学技 術センター	昭47	1/200万	四六2色 3色	地形学的方法による隆起量図、地質学的隆起沈降量図、集成隆起沈降量図、断層方法による分布図、褶曲分布図、接線面図、6図で1分冊
鉱 区 図	通産省鉱山 局		1/5,000 ～1/1万	A 2	鉱業法第21条による鉱区設定出願手続の付図として提出せしめる。更新はおこなわない。札幌、仙台、東京、名古屋、大阪、広島、四国、福岡、沖縄の各局で閲覧できる。42年以前は1/5,000それ以後は1/1万を作成している。全国で、約4万枚

（出典：表 2-2 に同じ）

質学教室などに、未公表資料（例えば卒業論文など），および表 2.6 に示される学術雑誌等の文献を調査すると良い。

表 2-6 応用地学関係学会・協会誌一覧（1981年現在）

	学会誌名	発行者	発行所
地	「地理」	古今書院	月刊 東京都千代田区神田駿河台 2-10 03-291-2757
	「地理学評論」	日本地理学会	月刊 東京都文京区弥生 2丁目4-16 学会事務センタービル内 03-815-1912
	「地形」	日本地形学連合	季刊 東京都千代田区千代田 千代田大学防災科学研究所 地学土壌災害部内 0774-32-3141
	「地 図」	日本国土地図学会	月刊 東京都目黒区青葉台 4-9-6 日本地図センター内 03-435-5415~6
	「第四紀研究」	日本第四紀学会	季刊 東京都文京区弥生 2-4-15 学会事務センタービル内 03-815-1903
地	「地質調査所月報」	工業技術院地質調査所	月刊 茨城県筑波郡谷田部町東 1丁目 1-3 0298-54-3521
	「応用地質」	日本応用地質学会	隔月 東京都新宿区西早稲田 2-10-11 03-202-3614
	「地質ニュース」	実業公報社出版部	月刊 東京都千代田区九段北 1-7-8 03-265-0951
	「地質学雑誌」	日本地質学会	月刊 東京都千代田区船場町 1-10-4 丸石ビル内 03-252-7242
	「地学雑誌」	(社)東京地学協会	隔月 東京都千代田区二番町 12-2 03-201-0809
	「地球科学」	地学団体研究会	隔月 東京都豊島区南池袋 2-32-12 4玉ビル内 03-583-3378
	「土と基礎」	土質工学会	月刊 東京都千代田区神田浅草町 2-23 (青山ビル 4階) 03-251-7651
	「地質と調査」	土木春秋社	季刊 東京都渋谷区代々木 2-23-1 03-370-5020
砂防・地すべり	「砂防と治水」	(社)全国治水砂防協会	季刊 東京都千代田区平河町 2-7-5 砂防会館内 03-261-8386
	「地すべり技術」	地すべり対策技術協会	季刊 東京都港区新橋 5-7-2 市村ビル内 03-438-0193
	「地すべり」	地すべり学会	季刊 東京都港区新橋 5-7-2 市村ビル内 03-432-1878
	「新砂防」	砂防学会	季刊 東京都千代田区平河町 2-7 03-261-8386
	「土木技術資料」	(財)土木研究センター	月刊 東京都港区赤坂 6丁目4-21 03-585-8981
気	「天 気」	日本気象学会	月刊 東京都千代田区大手町 1-3-4 気象庁内 03-212-8341
	「農業気象」	日本農業気象学会	季刊 千葉県松戸市松戸 648 千葉大学園芸学部内 0473-63-1221
	「習 水」	日本習水学会	季刊 東京都千代田区二番町 1-2 番町ハイム 308 号室 03-261-2339
	「海と空」	海洋気象学会	季刊 清水市折戸1000, 東海大学海洋学部杉森研 究室内 0543-34-0411
	「気 象」	(財)日本気象協会	月刊 東京都千代田区大手町 1-3-4 気象庁内 03-212-8341
水	「日本地下水学会誌」	日本地下水学会	季刊 茨城県筑波郡谷田部町東 1-1-3 地質調査 所水質課内
	「水」	月刊「水」発行所	月刊 東京都港区西新橋 3-6-3 03-431-2088
	「水利科学」	(財)水利科学研究所	季刊 東京都文京区後楽 1-7-12 林友ビル内 03-816-3391
	「下水道協会誌」	(社)日本下水道協会	月刊 東京都千代田区紀尾井町 3-6 秀和紀尾井 パークビル内 03-263-4581
	「陸水学雑誌」	日本陸水学会	季刊 東京都文京区弥生 2-4-16 学会事務セン タービル内 03-815-1903
	「用水と廃水」	産業用水調査会	月刊 東京都渋谷区千駄ヶ谷 5-20-11 第一シル バービル内 03-354-0150
	「水処理技術」	日本水処理技術研究会	月刊 大阪市北区神山町 1-24 風町ビル内 06-361-0316
環	「環境技術」	環境技術研究会	月刊 大阪市西区京町堀 1-14-25 京ニビル内 06-443-6445
	「環境情報科学」	(社)環境情報科学センター	月刊 東京都千代田区五番町 4 03-265-3916
	「産業公害」	(社)産業公害防止協会	月刊 東京都港区虎ノ門 1-21-8 秀和第三ビル 内 03-580-8808
	「環境と測定技術」	(社)日本環境測定分析協会	月刊 東京都中央区八丁堀 2-9-11 03-553-7207
境	「公害と対策」	公害対策技術同友会	月刊 東京都港区赤坂 9丁目 1-214 秀和赤坂ビ ル内 03-401-5714

地盤図は主に大都市周辺しか刊行されていないので必要に応じて、調査地附近のボーリング柱状図を収集する。これによって、地形区分毎の地質特性等を記述図表化し、その地形面の浸透可能性の概略把握を行っておく。

2.1.3 地下水位（宙水位）調査

浸透型施設を設計するにあたっては、図2.3、図2.4に示すような地下にある様々な形態の水の分布を知ると共に、その主な存在様式を知ることが必要である。

地下水位（宙水位）が地表面に近い場合は、浸透量が減少することが予想される。特に低地では、降雨によって、地下水位（宙水位）が地表面近くまで高まることがあるので、地下水位の変動についても十分な把握が必要である。

浅層の地下水位は、地形や文献、既存資料により概略を把握するとともに、周辺の浅井戸や崖等の露頭観察を通して水位の変動状況、季節変化等も調査する（表2.7）。とりわけ表層の浸透能力には、宙水が重要な役割を果すので留意する。

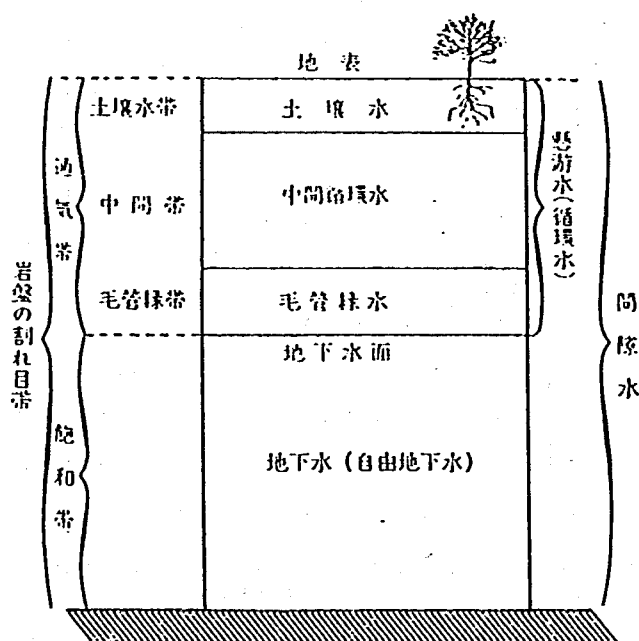


図2-3 地表下にある水の種類（Meinzer, 1923による）

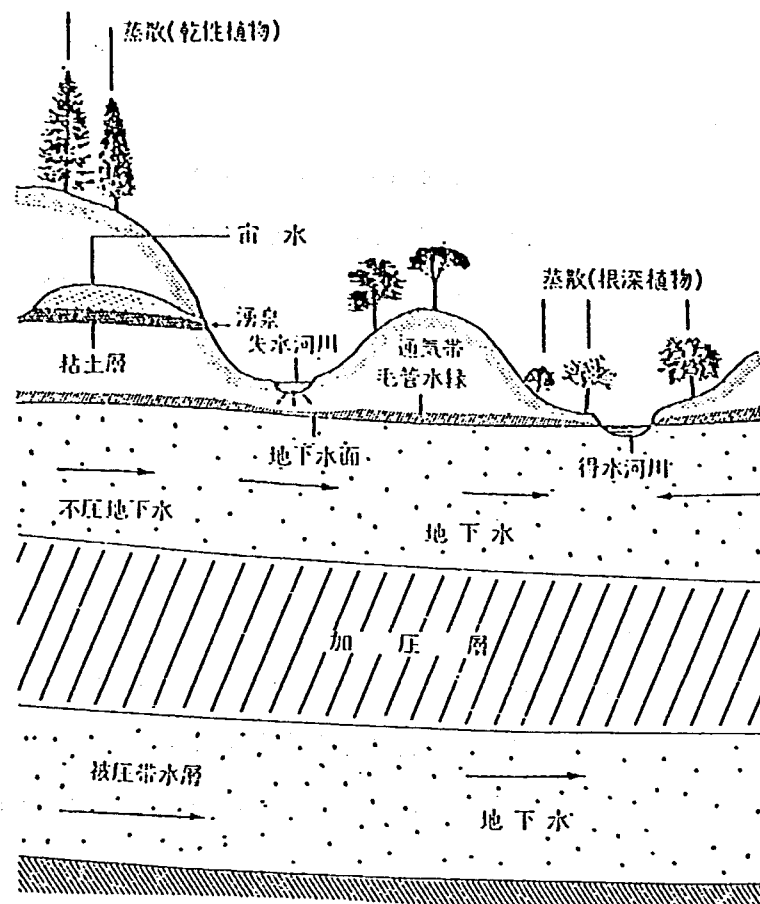


図 2-4 地下水のありかたを示す模式断面図

表 2-7 地形・地質と地下水との関係

大地形	小地形	地質	賦存形式	地下水位
平地	沖積谷, 海岸平野, 三角州, 扇状地, 氾濫原, 砂丘	沖積層 (洪積層)	自由地下水 被圧地下水 一部水脈	浅い
台地	隆起海岸平野 隆起扇状地 段丘	洪積層 (第三紀層)	自由地下水 被圧地下水	比較的深い
丘陵	丘陵(主として単斜・ 向斜の構造を有する)	第三紀層	被圧(一部自由) 地下水, 一部水脈	深淺様々である
火山斜面	火山斜面 溶岩台地	溶岩・軽石 火山岩屑	裂か水脈, 一部水 層あり	湧泉以外に地下水 乏しい
山地	山地, 準平原	基盤台	裂か水脈 洞穴水路	湧泉のみ

2.2 土地利用調査

2.2.1 土地利用実態調査

土地利用は、浸透型施設の設置ポテンシャルを決める重要な要素である。

土地利用の実態は、流域の過去から現在までの土地利用状況を時系列的に調査し、地図上に表現すると共に代表的な土地利用項目毎に変化状況を把握するものとする。流域の土地利用は以下の項目に大別して調査する。

- (1) 山林
- (2) 農地（水田、畑に区分）
- (3) 宅地（密集していない宅地）
- (4) 市街地（密集している宅地）
- (5) その他（現況における公園、学校区域、ゴルフ場等）

この区分毎に、出来るだけ年代の明らかな地形図、航空写真等を利用して綿密に時系列変化を明らかにするものとする。この際可能な限り調査は、明治時代から行うものとし現在に至るまでの土地利用、河川改修の状態の変化が顕著に認められる年代毎に $\frac{1}{5万}$ あるいは $\frac{1}{2.5万}$ の地形図上で表現するものとする。

2.2.2 土地利用計画調査

流域の将来の土地利用計画を以下に示す項について調査し、図示するものとする。

1. 土地利用基本計画図（国土利用計画法）
5 地域区分（都市、農業、森林、自然公園、自然保全）
2. 都市計画図（都市計画法）
市街化区域、市街化調整区域
3. 宅地造成工事規制区域図（宅地造成等規制法）、農業振興地域図（農業振興地域の整備に関する法）及び保安林・保安施設地区図（森林法）
4. その他（流域の特性に応じて適宜項目を追加すること）

流域の将来像は当該流域の土地利用に係る上記の様な地域指定等で大略把握できる。その中でも都市計画図は都市の将来の土地利用の大綱を示しているものであり、これを中心として流域の将来像の推定が可能となる。その他、上記の各地域指定等は市町村等の行政資料により調査が可能である。

必要に応じて、流域内低地での宅造に伴う盛土調査（盛土高、施工年月日等）を行うものとする。

流域内での大規模な宅地開発の動向を調査し、その開発面積、事業施工期間、許可年月日等を記載して図示しておくものとする。

流域内で現に進行しつつある大規模な宅地造成工事等については、その事業の施工者、所在地、許可年月日、開発面積、事業施工期間等について調査し、一覧表を作成しておく。またこれらの事業の許可に伴う付帯条件（特に雨水貯留、調節池（調整池）等）があればその条件を調査し記載しておく必要がある。

2.2.3 土地利用の将来推定

流域の土地利用の将来の状態を、各行政機関の資料やトレンド予測等により明らかにするものとする。この結果は流域の人口動向調査で得られる流域人口の将来像と一致するものでなければならない。

総合治水対策は、近い将来の流域を想定して実施されるので、上記の調査によって収集されたデータをもとにして、流域の将来を推定する必要がある。流域の将来は、自然的な発展と計画的な発展（例えば鉄道、幹線道路、大規模宅地開発、ゴルフ場の造成などの計画によるインパクト）によって形成される（図2.5参照）。

従って、例えば都市再開発計画、宅地開発計画、あるいは工場誘致計画などがある場合には、過去のデータによる推定では正しい値を得ることはできないので、別途の調査を行って、自然発生的な推定値を修正することが要請される。

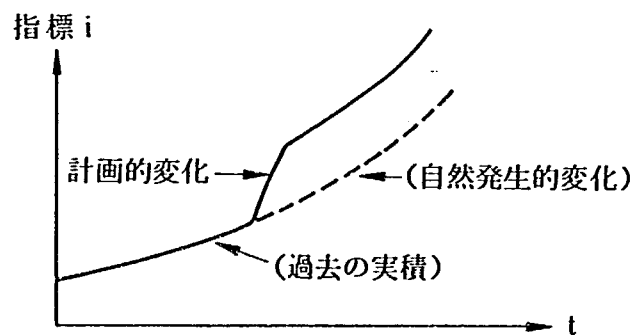


図2-5 土地利用の変化

2.3 流域の雨水排水系調査

2.3.1 河川系

当該河川の流域特性、改修の沿革、現況河道の構造その疎通能力を調査する。これらの諸元に

については、一般には、総合治水計画における流域整備計画書等にまとめられている。

尚、河道の疎通能力は実測値に基づき評価するのが基本とするが、実測資料のない所では、河川砂防技術基準（案）等を参考として当該河道の妥当な粗度係数 n を定め、不等流あるいは等流計算により推定する。

河川の利水現況、治水施設等を調べる際には、利水現況図（国土庁）が参考になる。

2.3.2 下水道系

下水道の整備状況について、計画、実施と予定等を整理する。計画の諸元については、公共下水道事業計画書から雨水の排水区、幹線、計画流量等の諸元を抜萃する。

2.3.3 その他

河川系、下水道系以外の排水の現況について、市町村並びに土地改良区の資料に基づき調査する。

調査項目は、主要な農業用排水路、溜池、遊水状況等とする。

また、下水道が整備される以前の排水処理の実態も調査しておく。

第3章 浸透型施設設置可能範囲調査

3.1 ます型、トレンチ型浸透施設の設置可能範囲調査

前章における基礎調査結果をもとに、現地浸透能力調査に先立って、浸透型施設の設置可能範囲を推定する。

設置可能範囲は、主に、2.1.1に示した地形区分に従って、地形区分図を作成し各地形区分単位で、表層地質と地下水位の概要を推定し適地・不適地を推定する。また設置禁止区域、浸透型施設の設置によって法面の崩壊等を引き起す恐れのある傾斜地、調査不用区域を図示するものとする。

図3.1に浸透型施設の設置可能範囲並びに地盤の浸透能に対応する地形区分の分級を行う場合のフローを示した。また地形から読みとれる範囲の概略の浸透能の評価を表3.1に示しておいた。

設置可能範囲の選定条件の標準は下記のようなものである。

(1) 地形からの判断

〈適地〉

- ① 台地・段丘（構成地質による。）
- ② 扇状地
- ③ 自然堤防（構成堆積物による。）
- ④ 山麓堆積地
- ⑤ 丘陵地（構成地質による、急斜面は適さない。）
- ⑥ 浜堤・砂丘地

〈不適地〉

- ① 沖積低地（デルタ地帯）
- ② 人工改変地（盛土地の場合は盛土材により異なる。）
- ③ 切土面で第三紀砂泥岩
- ④ 旧河道（ただし、扇状地上の河道跡は適地の場合もある。）、後背湿地、旧湖沼

〈設置禁止区域〉

急傾斜地崩壊危険区域（注1）、地すべり防止区域（注2）、また地下への雨水を浸透させることによって法面の安全性が損われる恐れのある地域、地下へ雨水を浸透させることによって、他の場所の居住および自然環境を害する恐れのある地域は浸透型施設設置区域から除外する。

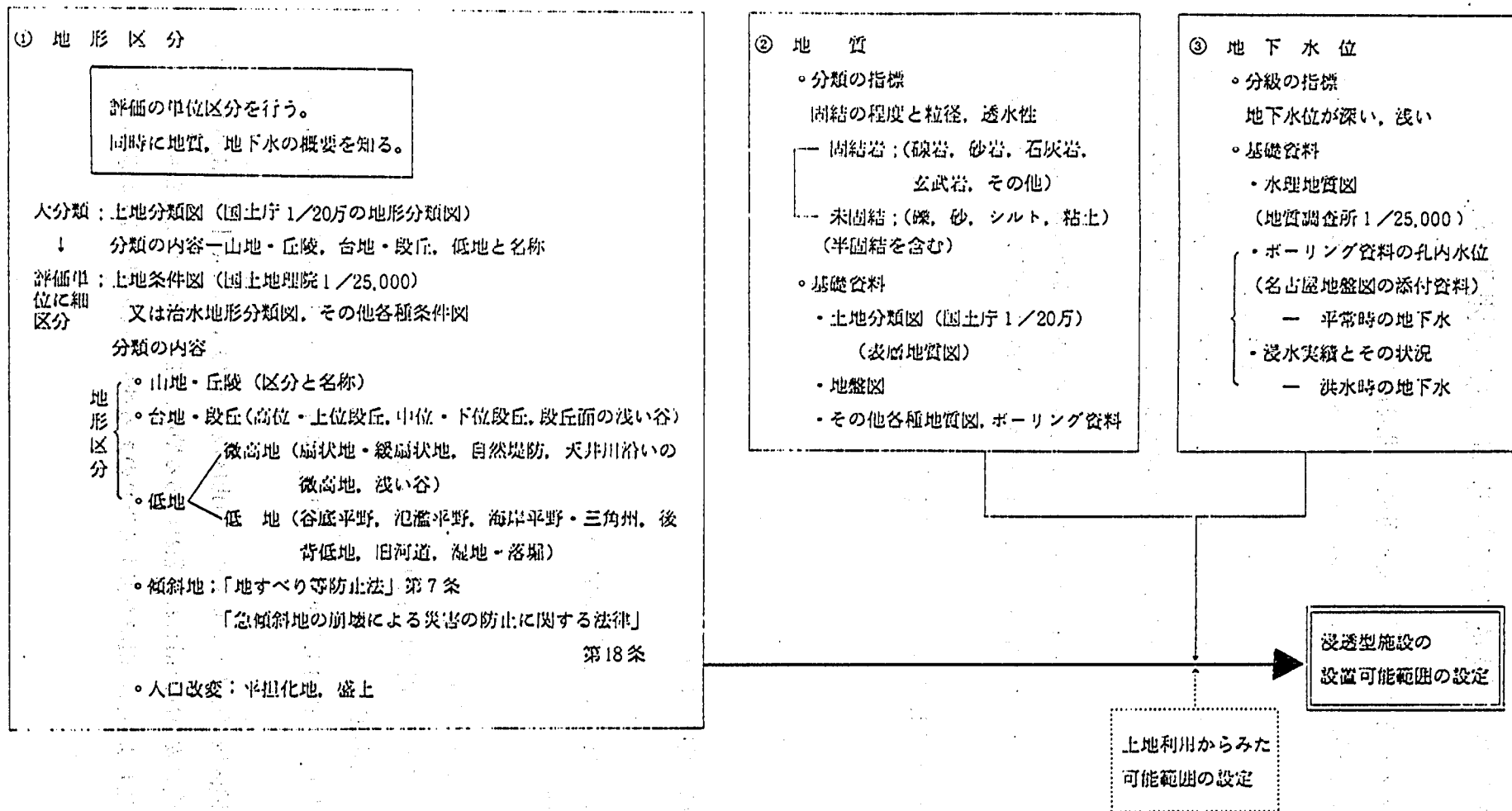


図 3-1 地盤の浸透能による浸透型施設設置可能範囲の設定手順

表 3-1 地形区分と浸透能による評価

地形区分 (土地条件図より)		(地形・地質評価) 透過能評価				(地形・地下水位評価) 地下水位評価		
		大	中	小	難	1	2	U(不透)
		$K \geq 10^{-2}$ C_u/S	$10^{-2} \sim 10^{-3}$	$10^{-3} \sim 10^{-4}$	$10^{-4} >$	深い ↓ 中程度 ($K \approx 2m$)	浅い (1~2m)	地表付近 (1m)
		未 固 結						
		礫 > 砂	砂 > シルト	シルト > 泥	泥			
		固 結						
礫岩、砂岩、石灰岩、玄武岩				その他の固結岩				
I 丘陵地		現状平坦化地及び今後の平坦化に対して評価する				(評価対象外)		
II 台地・段丘	II 1 高位・上位段丘	地質区分図により分類 厚いローム分布域						
	II 2 中位・下位段丘	地質区分図による 厚いローム分布域						
	II 3 低位段丘	地質区分図による 厚いローム分布域						
	II 4 台地・段丘上の浅い谷	地質区分図による 厚いローム分布域						
	III 1 緩斜面							
III 低微高地	III 2 扇状地							
	III 3 緩扇状地							
	III 4 自然堤防							
	III 5 砂丘							
	III 6 砂(礫)州 砂(礫)堆							
	III 7 氾濫地上の浅い谷							
	IV 低地	IV 1 谷底平野 氾濫平野						
IV 2 海岸平野 三角洲		内陸 河口付近						
IV 3 後背低地								
IV 4 S旧 河道		IV 4 扇状地上						
IV 5 低地上								
V 人口変遷	V 1 平坦化地	地質区分による				(評価対象外)		
	V 2 盛上							
	V 3 干拓地							

注1)

「急傾斜地の崩壊による災害の防止に関する法律」

(行為の制限)

第7条 急傾斜地崩壊危険区域内においては、次の各号に掲げる行為は、都道府県知事の許可を受けなければ、してはならない。ただし、非常災害のために必要な応急措置として行なう行為、当該急傾斜地崩壊危険区域の指定の際すでに着手している行為及び政令で定めるその他の行為については、この限りでない。

一、水を放流し、又は停滞させる行為その他水のしん透を助長する行為

二、ため池、川水路その他の急傾斜地崩壊防止施設以外の施設又は工作物の設置又は改造

三、のり切、切土、掘さく又は盛土

四、立木竹の伐採

五、木竹の滑下又は地引による搬出

六、土石の採取又は集積

七、前各号に掲げるもののほか、急傾斜地崩壊を助長し、又は誘発するおそれのある行為で政令で定めるもの

2. 都道府県知事は、前項の許可に、急傾斜地の崩壊を防止するために必要な条件を附することができる。

3. 急傾斜地崩壊危険区域の指定の際当該急傾斜地崩壊危険区域内においてすでに第一項各号に掲げる行為（非常災害のために必要な応急措置として行なう行為及び同項ただし書に規定する政令で定めるその他の行為を除く。）に着手している者は、その指定の日から起算して十四日以内に、建設省令で定めるところにより、その旨を都道府県知事に届け出なければならない。

4. 国又は地方公共団体が第一項の許可を受けなければならない行為（以下「制限行為」という。）をしようとするときは、あらかじめ、都道府県知事に協議することを以て足りる。

注2)

「地すべり等防止法」

(行為の制限)

第18条 地すべり防止区域内において、次の各号の一に該当する行為をしようとする者は、都道府県知事の許可を受けなければならない。

一、地下水を誘致し、又は停滞させる行為で地下水を増加させるもの、地下水の排水施設の機能を阻害する行為その他地下水の排除を阻害する行為、政令で定める軽微な行為を除く。

二、地表水を放流し、又は停滞させる行為その他地表水のしん透を助長する行為、政令で定める軽微な行為を除く。

三、のり切又は切土で政令で定めるもの

四、ため池、用排水路その他の地すべり防止施設以外の施設又は工作物で政令で定めるもの（以下「他の施設等」という。）の新築又は改良

五、前各号に掲げるもののほか、地すべりの防止を阻害し、又は地すべりを助長し、若しくは誘発する行為で政令で定めるもの

2. 都道府県知事は、前項の許可の申請があった場合において、当該許可の申請に係る行為が地すべりの防止を著しく阻害し、又は地すべりを著しく助長するものであると認める時は、これを許可してはならない。

3. 都道府県知事は、第一項の許可に、地すべりを防止するため必要な条件を附することができる。

(2) 土質からの判断 (表 3.2, 表 3.3 参照)

透水性があまり期待できない土質について、共通点を挙げると以下のものであり、設置可能区域から除外する。

- ① 透水係数が 10^{-5} cm/sec以下である場合
- ② 空気間ゲキ率が10%以下で土が良く締固った状態
- ③ 粒度分布において、粘土の占める割合が40%以上 (ただし火山灰風化物いわゆる関東ローム等は除く。)

表 3-2 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^{-4}	4.5×10^{-4}	3.5×10^{-4}	0.015	0.085	0.35	3.0

表 3-3 地層の間げき率

地 層	間げき率(%)
沖 積 礫 層	25
細 礫 層	35
砂 丘 砂 層	30~35
泥粘土質層	45~50
洪 積 砂 礫 層	30
砂 層	35~40
ローム層	50~70
泥質粘土層	50~70
溶 岩 層	40
第三紀 砂 岩	40
泥 岩	40

(3) 地下水位 (宙水位) からの判断

地下水位 (宙水位) が高い地域では、浸透能力が減少することが予想される。特に低地では降雨によって地下水位が敏感に反応する場合があります、浸透能力は影響を受ける。

浸透能力は地下水位と浸透型施設の底面の距離Lによって影響されるが、Lが底面から0.5 m以上離れていれば、浸透能力があるものとして検討の対象とする。

(4) 土地利用からの判断

都道府県および市町村において定められている土地利用計画において開発が禁止されている区域、あるいは開発が予想されない区域は調査区域から除外する。

第4章 現地浸透能調査

4.1 土質調査

4.1.1 既往ボーリングデータの収集及びボーリング

(1) 既往ボーリングデータの収集

測定点では、実験に先立ってオーガーボーリングを行い浅層の地層を調査するが、この他に、測定点近傍における既往ボーリングデータを収集し、浸透能評価に役立てる。

既往ボーリングデータは、測定点周辺で工事をやったことのある機関（建設省、都道府県、市町村、国鉄、公団、電力会社等）や大規模工場などに出向いて集める。地盤図の資料が利用できるのはいくつまでもない。

地盤図は、たいていの大都市や臨海工業地帯についてつくられている。この図は、既存のボーリング資料（柱状図）は、統一した地質層序や工学的性質にもとづいて地盤状況を図示したもので、(1)ボーリング地点の位置 (2)地盤の土質工学的ならびに地質学的区分 (3)基盤状況 (4)地層の重なりぐあいなどが示されている。使った資料の柱状図集や土質試験一覧表も位置図と対応して収録されている。

現在までに発行された地盤図には、表4.1のようなものがある。

これらの既往資料が無い場合には、各地形区分面毎に、1点以上のボーリングを行い土質（0～10m位）を把握しておく。

(2) オーガーボーリングと浸透層土壌のサンプリング

現地浸透実験測定地点毎に、その土質および地下水位（宙水位）の観測のため、オーガーボーリングと浸透層土壌のサンプリングを行う。

① ボーリングおよびサンプリング位置

図4.1 参照

② オーガーボーリング

浸透対象層下の難透水層を確認するまで、または地下水位を確認する深さまで掘進する。但し、オーガーボーリングでは深度に限界もあることから概ね3m～10mとする。

オーガーボーリングでは出来るだけ詳細に地層を確認し、資料を採取する。また、ボーリング時には図4.2に示す項目について記述する。

ボーリング孔は地下水位観測孔として利用するため、穴がくずれないように塩ビ管を50cm程度挿入しておく。

表 4-1 これまでに発行されている主要地質図

編集・製作者	発行年	書 名	発 行 所
東京地盤調査研究所	1959	東京地盤図	技報堂
竹原平一, 森下品, 糸魚川淳二	'62	名古屋港の地盤	名古屋港管理組合
建設省・愛知県・三重県	'62	伊勢湾北部臨海地帯の地盤	大蔵省印刷局
建設省・三重県	'62	伊勢湾南部臨海地帯の地盤	大蔵省印刷局
建設省・愛知県	'63	愛知県東三河地区の地盤	大蔵省印刷局
建設省・富山県	'63	富山県射水地区の地盤	大蔵省印刷局
建設省・茨城県	'64	茨城県鹿島地区の地盤	大蔵省印刷局
千葉県葛南開発工事事務所	'64	京葉港の地盤	千葉県葛南開発工事事務所
建設省・広島県	'64	広島市広島地区の地盤	大蔵省印刷局
建設省・徳島県	'64	徳島臨海地帯の地盤	大蔵省印刷局
建設省・宮城県	'65	仙台湾臨海地帯の地盤	大蔵省印刷局
建設省・愛知県	'65	愛知県一宮地区の地盤	大蔵省印刷局
建設省・愛知県	'65	愛知県衣浦地区の地盤	大蔵省印刷局
建設省・愛媛県	'65	愛媛県東予地区の地盤	大蔵省印刷局
建設省・福島県	'66	福島県常磐地区の地盤	大蔵省印刷局
名古屋地盤研究会	'66	名古屋とその周辺の地盤(1)研究報告	名古屋地盤調査会
日本建築学会近畿支部 土質工学会関西支部	'66	大阪地盤図	コロナ社
建設省・山口県	'66	山口県周南地区の地盤	大蔵省印刷局
建設省・新潟県	'67	新潟地区の地盤	大蔵省印刷局
建設省・鳥取県・島根県	'67	中海臨海地帯の地盤	大蔵省印刷局
建設省・宮崎県	'67	宮崎県日向・延岡地区の地盤	大蔵省印刷局
建設省・北九州市	'68	北九州市地区の地盤	大蔵省印刷局
建設省・茨城県	'69	茨城県水戸・日立地区の地盤	大蔵省印刷局
千葉県・開発局	'69	京葉工業地帯の地盤	大蔵省印刷局
建設省 東京湾総合開発協議会	'69	東京湾周辺地帯の地盤	大蔵省印刷局
名古屋港管理組合	'69	名古屋港臨海工業地帯の地盤	名古屋港管理組合
名古屋地盤調査研究会	'69	名古屋地盤図	コロナ社
建設省・鹿児島県	'69	鹿児島・始良地区の地盤	大蔵省印刷局
建設省・青森県	'70	青森県八戸・三沢地区の地盤	大蔵省印刷局
建設省名古屋技術事務所	'71	濃尾平野の地盤資料	(社)中部建設弘済会
長野県建築士会	'73	長野市の地盤図	カシヨ印刷
東北農政局	'78	山形県水文地質図集	市販されていない。
東北農政局	'78	福島県水文地質図集	
東北農政局	'80	宮城県および岩手県水文地質図集	
神戸市	'80	神戸の地盤	神戸市
建設省北陸技術事務所	'81	新潟平野部の地盤図集	(社)北陸建設弘済会

③ サンプリング

乱さない資料の採取には細心の注意を払い、土の強度が低下しないように行うとともに、サンプルに衝撃や振動を与え、含水量の変化を生ぜしめあるいは温度変化を与えることのないようにする。

サンプリングは原則として次のように行うものとする。

イ) サンプラーの押込みは短時間に等速度で連続的に行う。

- ロ) サンプラーの引上げは回転させずに静かに引き上げる。
- ハ) 土質が表層30cm以下で大幅に異っている場合には、底面近くのみならず土質の異なるごとにサンプリングを行う。

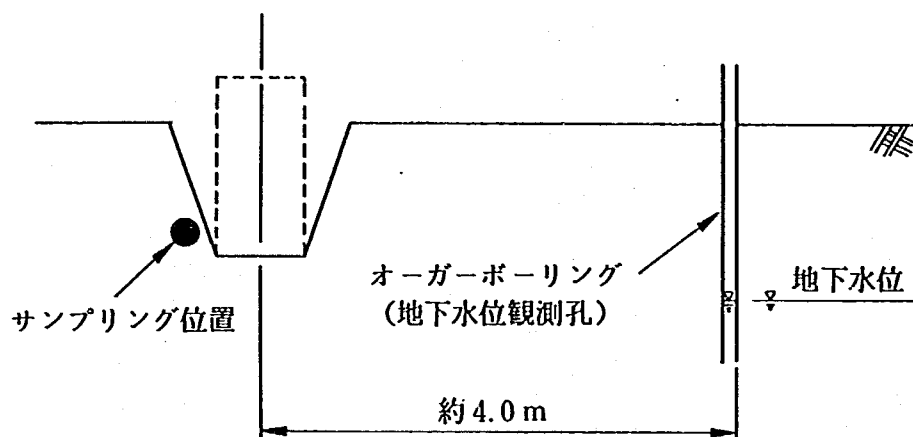


図4-1 ボーリングおよびサンプリングの位置

ボーリング (土質柱状図)										報告用紙											
調査名・調査地点										調査年月日 年 月 日 ~ 年 月 日											
ボーリング孔: No.										孔内水位											
深 尺 m	深 m	深 m	深 m	現地観察記録				深 m	深 m	10cmごとの 打撃回数				N 値						試料採取 深さ m	採取方法
				土質記号	土質名	色	記 事			深 m	深 m	深 m	深 m	0	10	20	30	40	50		
1																					
2																					
3																					
4																					
5																					
6																					
7																					
8																					
25																					
26																					
27																					
28																					
29																					
30																					

備考:

試料採取方法の記号

● シンワールサンプラー

○ 貫入試験用サンプラー

◎ オニソク型サンプラー

⊙ フォイルサンプラー

× その他

図4-2 土質柱状図

4.1.2 土質試験

浸透面の地層から採取した不攪乱資料について次の土質試験を実施する。

- ① 土の粒度試験 (JIS A 1204)
- ② 土粒子の比重試験 (JIS A 1202)
- ③ 土の含水量試験 (JIS A 1203)

なお、必要に応じて室内透水試験も行うものとする。

1) 土の基本的性質の定義 (図-1 参照)

土粒子の単位体積重量 γ_s , $\gamma_s = \frac{W_s}{V_s}$ g/cm³

土粒子の比重 G_s , $G_s = \frac{\gamma_s}{\gamma_w}$

ここに γ_w は水の単位体積重量で 4°C のときに

$$\gamma_w = 1 \text{ g/cm}^3$$

湿潤単位体積重量, または湿潤密度 γ_t

$$\gamma_t = \frac{W}{V} \text{ g/cm}^3$$

乾燥単位体積重量, または乾燥密度 γ_d

$$\gamma_d = \frac{W_s}{V} \text{ g/cm}^3$$

含水比 (普通百分率で表わす) w , $w = \frac{W_w}{W_s} \times 100 \%$

含水率 (普通百分率で表わす) w' , $w' = \frac{W_w}{W} \times 100 \%$

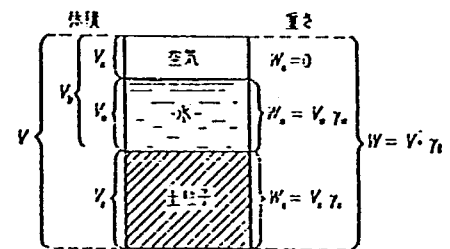
間ゲキ比 e , $e = \frac{V_v}{V_s}$

間ゲキ率 (普通百分率で表わす) n , $n = \frac{V_v}{V} \times 100 \%$

飽和度 (普通百分率で表わす) S_r , $S_r = \frac{V_w}{V_v} \times 100 \%$

空気間ゲキ比 G_a , $G_a = \frac{V_a}{V_v}$

空気間ゲキ率 (普通百分率で表わす) v_a , $v_a = \frac{V_a}{V} \times 100 \%$



V = 土全体の体積
 V_s = 土粒子の体積
 V_w = 水の体積
 V_a = 空気 の体積
 V_v = 土の間ゲキ部分の体積
 W = 土全体の重さ
 W_s = 土粒子の重さ
 W_w = 水の重さ
 W_a = 空気 の重さ

図-1 土の構成

図4-3 土の基本的性質

4.2 浸透能調査

前章で設定した浸透型施設設置可能区域を対象に現地において実際に注水試験を実施し、浸透能を測定する。

4.2.1 現地浸透能の調査フロー

現地浸透実験を実施するにあたっては、まず現地踏査を行い、現地の状況を十分把握した上で、測定点を選定し、実験の内容、方法を検討するとともに、実験に必要な諸器材を準備する。

現地浸透能調査の全体の流れを図4.4に示す。なお現地実験は地下水位が高いと思われる時期に行われることが望ましい。

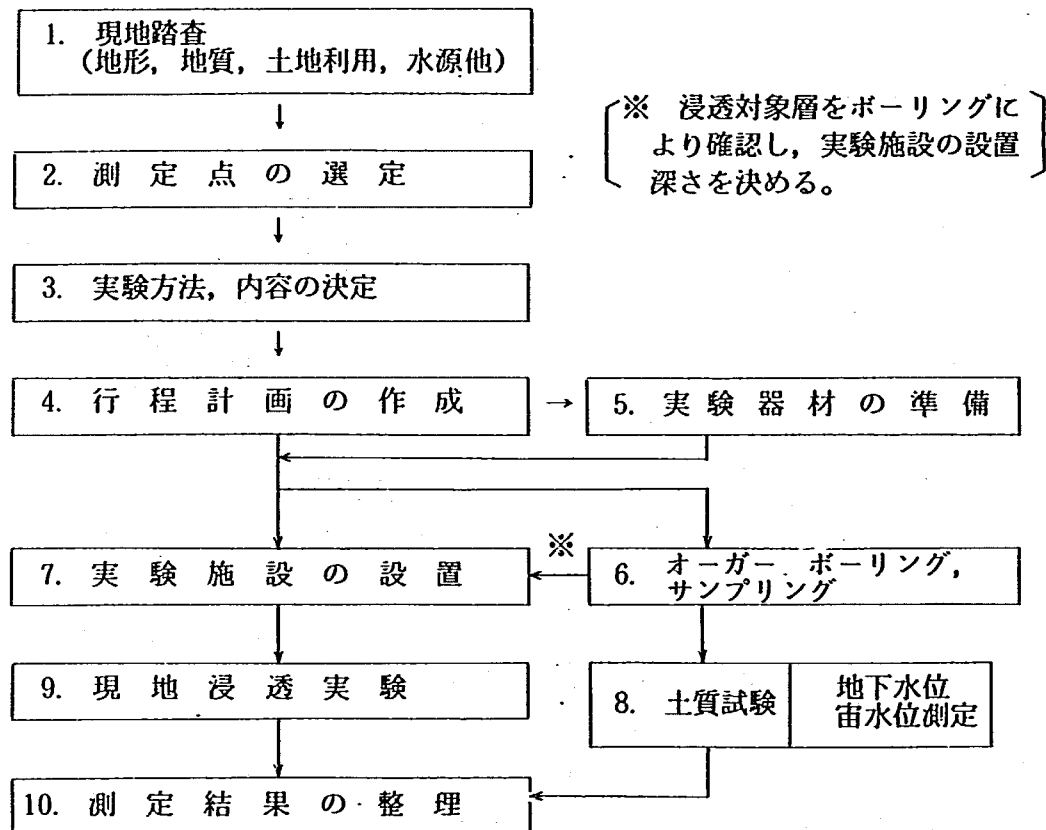


図4-4 現地浸透能の調査フロー

4.2.2 実験方法

(1) 実験施設の形状

現在までに各所で実施されてきた現地浸透実験の施設は、大きさ、形状ともに様々であるが、大きくは、円筒（ます）型とトレンチ型とに分けられる。

この2タイプは、実験の難易、施設設置費、実際の施設の浸透能力との対応性等、それぞれに長所短所が考えられるが、本マニュアルにおいては、次の理由により図4.5に示す円筒型施設を標準タイプとする。

イ) 実験施設設備費が安価である。

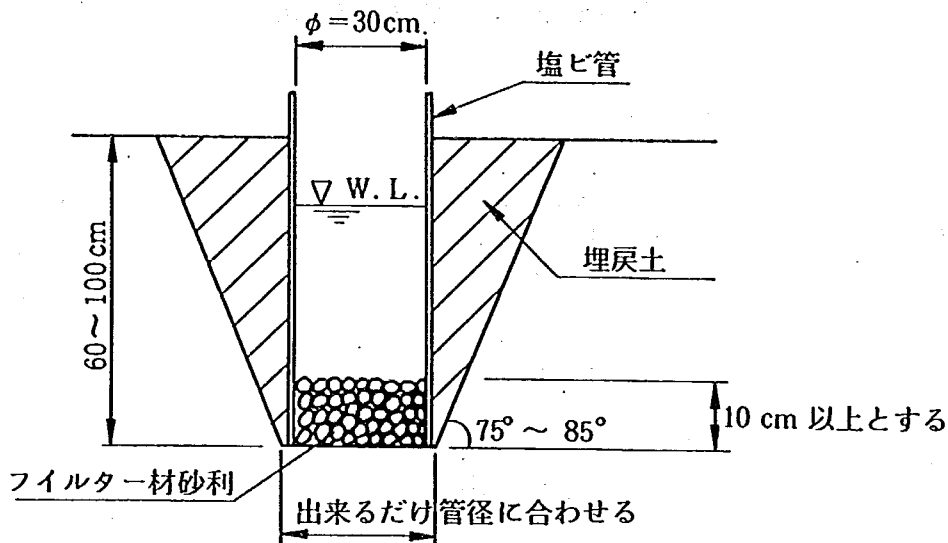


図 4-5 円筒型施設

ロ) 同施設の浸透量から地下トレンチの能力がほぼ推定できる(第5章参照)。

ハ) トレンチ型に較べ注入水量が少なくすむ。

埋設深さは、現地に設置されると予想される施設の形状、土質条件に応じて変えることが適切であろう。

(2) 実験方法

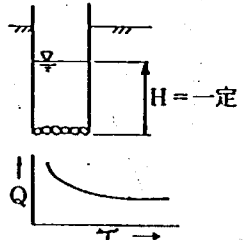
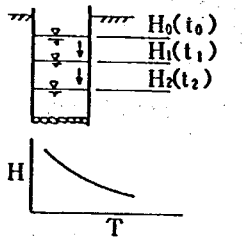
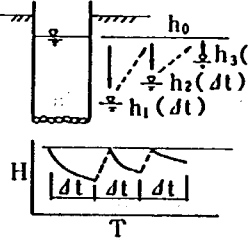
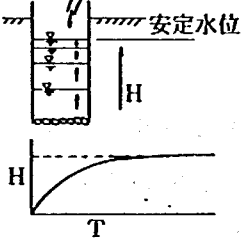
浸透能の測定法は種々提案されており(表4.2)、その選択は、実験に要する手間、注入水が多量に得られるか否かにより決められている。

本マニュアルにおいては測定点の浸透能を出来るだけ正確に測定するべく、定水頭法を標準とする。但し、変水頭法についても、定水頭実験の終了直後短時間のうちに継続して実施出来ることから、定水頭法による測定結果を補足するために併せて実施するものとする。

つまり、図4.6に示すように円筒型施設を用いて定水頭実験を行ない、注水量(浸透量)がほぼ一定になった時点で注水を停止し円筒内の水位低下の時間変化を測定する。

なお、測定湛水深は、現地に設置されると予想されるトレンチ型施設における湛水深 H とする。さらに湛水深と浸透量との関係を調べるため、図4.7のごとく $2/3H$ 、 $1/3H$ の湛水深で同様の実験を行うことが望ましい。

表4-2 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入量を調節し、経過時間毎の注入量を測定し、注入量が安定するまで継続する。 		・多量の水を必要とする。 ・注入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を繰り返す。 		
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。 		

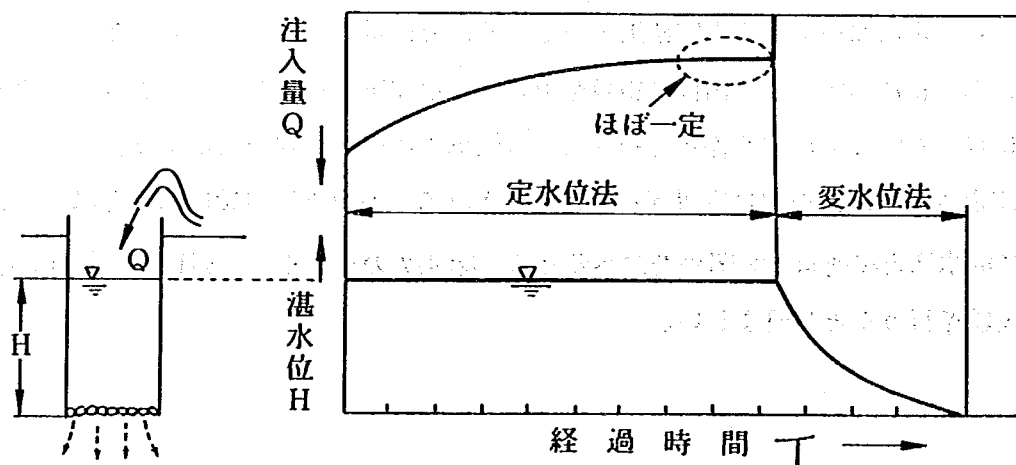


図4-6 実験方法説明図

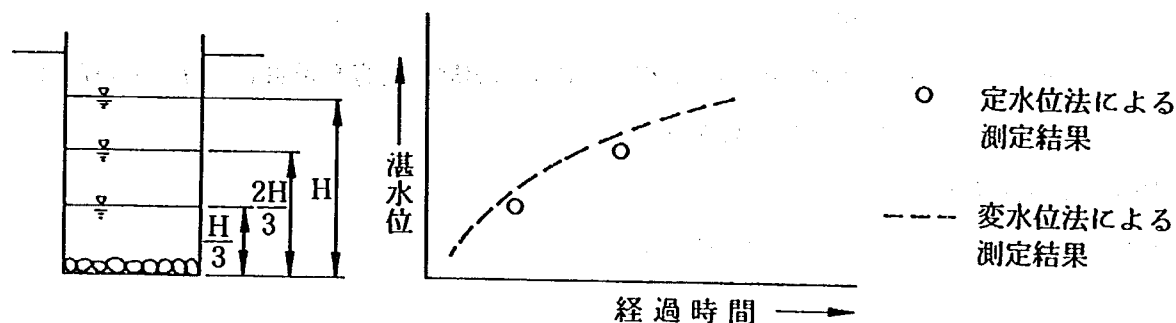


図4-7 湛水深と浸透量の関係

4.2.3 測定手順

(1) 測定点の選定

① 測定点数

浸透型施設の設置可能範囲調査に基づき、各面区分毎に測定点数を決定する。

- i) 設置可能性のある区分面では、区分面毎に3ヶ所以上とし、概ね10ka²当り1～3点を目安とする。
- ii) 設置の可能性の少ない区分面では、各区分面の大きさに応じて1～5ヶ所程度の測定点を設ける。

iii) 測定点の選定

測定点の位置選定は下記の手順に従って行う。

<選定手順>

i) 図上選定

イ) 設置可能範囲が面区分された図上において、流域および各区分面に対して均等に分散、配置する。

ロ) 実験にあたっては、1測点につき約20m²の土地を一時的に借用する必要があるため、測定点は出来るだけ公有地（学校、公園等）あるいは未利用地を選ぶ。

ii) 現地踏査

イ) 実験に必要な面積（約20m²以上）が確保出来るか否か調べる。

ロ) 用地の借用が可能か否かを調べる。

ハ) 近くに実験に使用出来る水源があるかどうか調べる。

ニ) 浸透の障害となりそうな地下埋設物が近くにあるかどうか調べる。

ホ) その他、測定点が区分面を代表し得る地点であるかどうかを地形、地質、土地利用等について可能な範囲で調べる。

iii) 土地および水の借用

土地および水の借用にあたっては、相手方に対し実験の内容を説明し了解していただくとともに、必要に応じて諸手続を行う。

(2) 実験施設の設置方法

円筒型実験施設の設置は次の手順に従って行う。

i) 掘削

測定点の土質条件、浸透対象層の深さ等を考慮し 60～150cm の深さまで掘削する。

但し、掘削時に浸透対象面を乱すことのないよう最低部の 5～10cm は手掘りとし、さらに掘削後は底面を鋭利な手鎌で薄くはぎとり、掘削時に生じた浸透面の目づまりを解消する（図 4.8）。

ii) 円筒管の据付け及び埋戻し

浸透面を乱さないように塩ビ管を設置し、地中に多少押し込み、その後塩ビ管のまわりを埋め戻す（図 4.9）。

また、塩ビ管の内側にはメジャーをはりつけ（図 4.10）、浸透面上の湛水深を確認出来るよう配慮することが望ましい。

iii) フィルター材の充填

フィルター材には、シルト分の少ない碎石を使用し、浸透面を乱さないように浸透面上に 10cm 以上の厚さで敷均す。但し、突き固めはしないものとする。

iv) 注水パイプの設置

注水時に湛水面が波立たないように、また、注水が水位測定に障害を及ぼすことのないよう円筒管内に注水パイプを固定する。

注水パイプの吐口は、注入水が碎石あるいは浸透面を乱すことのないよう、直角に曲げて設置する（図 4.11）。

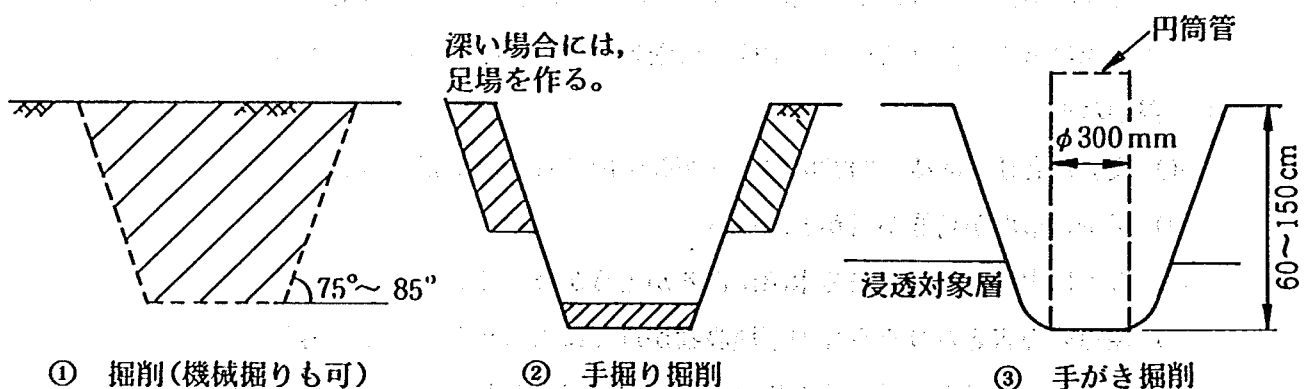


図 4-8 掘削手順

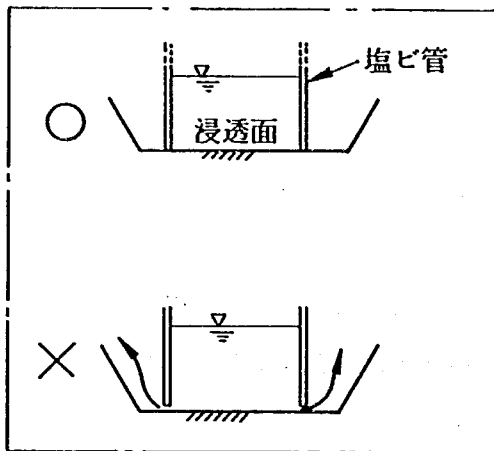


図 4-9

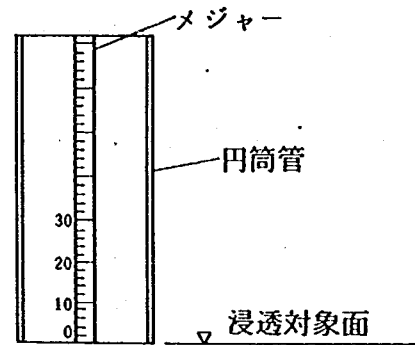


図 4-10

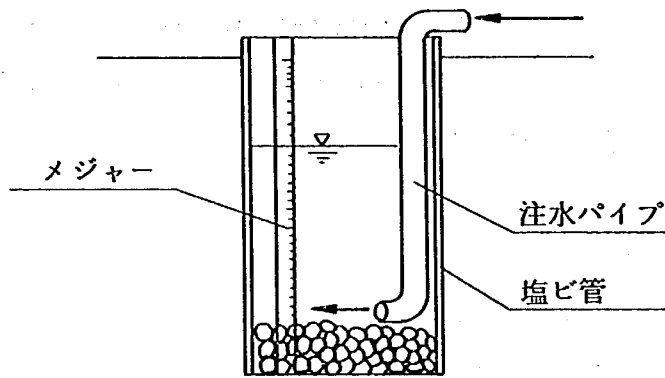


図 4-11 注水管の取付け

(3) 測定内容

浸透実験における測定内容は以下に示すとおりである。

i) 注水量の測定

定水頭実験中は経過時間毎（目安として10分間隔）に注水量を測定する。

ii) 湛水深の測定

定水頭実験中は一定水位を確認するために、また、変水位試験中は時間毎の減水深を追跡するために湛水深を測定する。

なお、測定の精度は±1mm程度（φ300の円筒管では0.07ℓに相当）とする。

① 地下水位（宙水位）の測定（4.3参照）

円筒管に近接して設けられるオーガーボーリング孔（4.1.1参照）を地下水位（宙水位）観測孔として利用し、実験開始前後および実験中の地下水位を測定する。

② 気温、水温、その他

実験時の条件として気温、水温等を測定する。

(4) 測定方法

定水頭および変水頭実験は、次に示す手順に従って実施する。

<定水頭実験>

- イ) 最大湛水深以上に注水し、ほぼ5分間水位を維持したのち注水を停止し、円筒内の水をすべて浸透させる。この目的は、円筒内の微細粒子を浸透面に定着させるためである。
- ロ) 浸透面上所定の湛水深になるまで注水し初期条件とする。
- ハ) 水源からの注水量を調節し、上記所定湛水深を維持する。
- ニ) 経過時間毎に注水量、湛水深を測定する。測定時間間隔は10分間隔を目安とするが、変化の著しい場合には間隔を細かくする。
- ホ) 注水量がほぼ一定になるまでハ) を継続する。継続時間は4時間程度を目安とする。

なお、注水量は測定点の地盤の浸透能力によって大きく異なるが、過去の実験例によると関東ロームの例では、概ね3m以内(継続時間4時間)であった。

<変水頭実験>

- イ) 定水頭実験終了後直ちに注水を停止する。
- ロ) 水位が約2cm低下する毎に湛水深と時間を測定する。
- ハ) ほぼ碎石上面に水位が低下するまでロ) を繰返す。

1回の実験が終了した後は、円筒管にフタをし事故が起きないようにしておく。

また、再度実験を行う場合は同じ日に連続して実験を行うことのないよう、工程表作成の段階で配慮する。

(5) 測定器具

実験にあたって必要な器具は以下に示すとおりである。

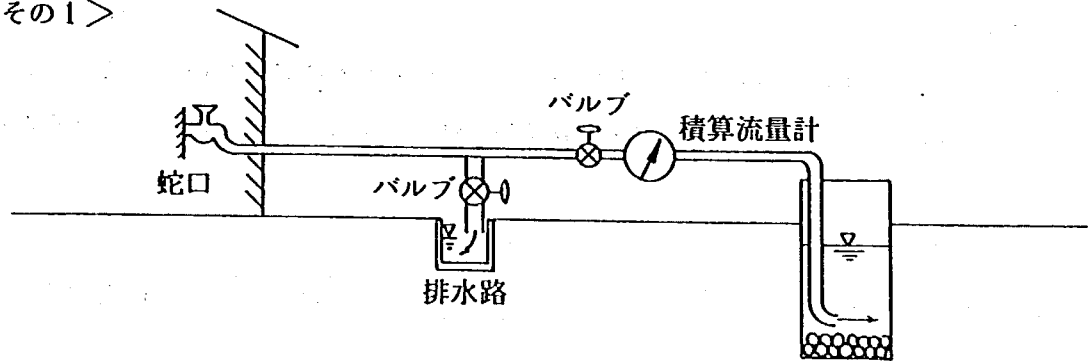
i) 注水量の測定器具(図4.12参照)

- イ) 水道用量水器(使用にあたっては精度を確認する。流速が遅い場合に精度が劣る可能性がある。)
- ロ) 貯水タンク(出来れば定断面のタンクが望ましいが、不定形なタンクを使用する場合には、タンク水位と容量との関係を計測した後に使用する。)

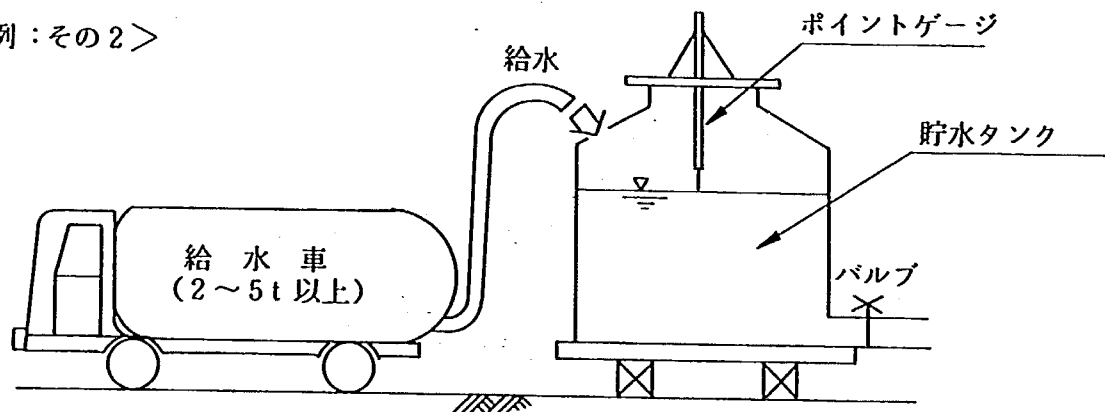
ii) 水位測定器具

- イ) 地下水位測定用 …… 自記水位計又は、地下水面検出器
- ロ) 円筒管水位測定用 …… ファクゲージ、ポイントゲージ

<例：その1>



<例：その2>



<例：その3>

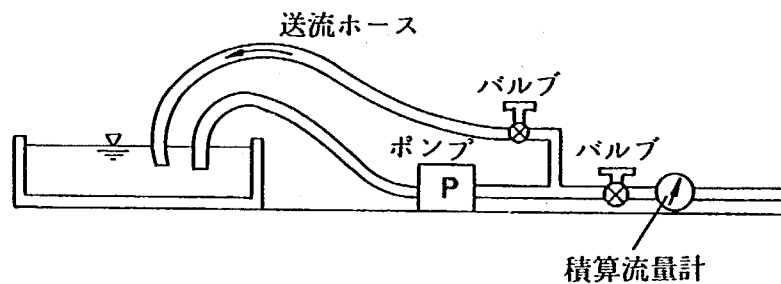


図4-12 注水の方法と測定器具の配置

iii) その他

イ) 時計 (測定時間毎に発信音の出るものがよい。)

ロ) 温度計 (気温・水温測定用)

ハ) カメラ

(6) 測定結果の整理

① 測定野帳

② データ整理

i) 測定点別のとりまとめ

定水頭実験法、変水頭実験法共通

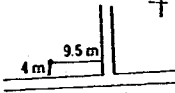
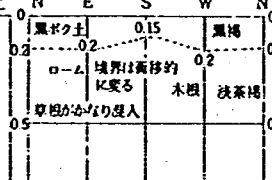
③ 最終浸透量

最終浸透量は定水頭実験による注水試験結果から得られる経過時間毎の浸透量 (ℓ / hr) を基に浸透量曲線を作成し (図 4.13) 浸透量がほぼ一定になった時の値を読みとることによって得る。

なお、注水継続時間は実用上から最大4時間程度とする。

浸透量が一定にならない場合は、この注水打切り時の浸透量を最終浸透量とする。

〈例〉

浸透能力調査測定野帳				2月10日	
地点番号 ①		住所 小平市大沼町1-79		標高 69.2 m	
天候 晴		無降雨日数 9日		気温 11.0°C	
				水温 8.5°C	
				土中温 7.5°C	
地盤条件 ((地盤)・宅造地) (切土・盛土)				測定時刻 12 時 00 (分)	
ナンプリングー不攪乱GL-0.5m, 攪乱GL-0.6m (撮影範囲図)					
記事 (地盤の硬さ・ポーラス性・見取図etc) 雑木林、道路端 					
(減水深・浸透量の測定)					
定 水 位 法				変 水 位 法	
経過時間	単時間	浸透量	記 事	経過時間	単時間
(分)	(分)	(ℓ)		(分)	(分)
				水 深	記 事
				(cm)	

<例>

時間(分)		水深 (cm)	浸透量		1時間当り (ℓ/h)	記事
単	累加		単(ℓ)	累加(ℓ)		

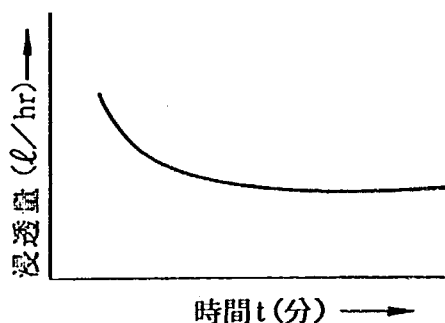


図 4-13 浸透量の時間変化

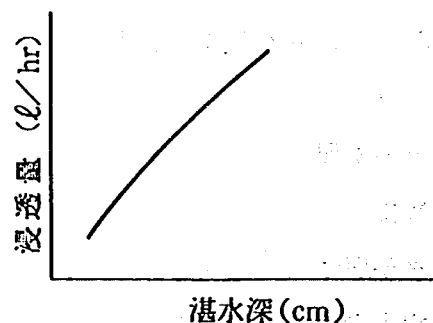


図 4-14 浸透量と湛水深の関係

円筒型施設での実験結果からます型、トレンチ型施設の浸透量は推測出来るが、出来れば、実物モデルによる確認のための浸透実験を行うことが望ましい（図 4.15）。

- ① 実際の施設計画に応じた実験施設とする。
- ② 実験には多量の水が必要であることから水道のある場所がよい。
- ③ 水が確保できる場合には、トレンチ型施設の実験はトレンチ長10m以上あることが望ましい。

図 4-15 モデル実験施設の参考例

4.3 地下水位（宙水位）の測定

宙水とは、不飽和帯によって下位の地下水帯と分離された不圧地下水位をいう。宙水の良く発達している地域としては武蔵野台地が知られているが、この地域の宙水は関東ローム層中の粘土化した層で支えられていることが多い。

もし、下層にいくに従って土壤の透水係数が大きければ、浸透型施設による雨水の進入によって宙水は生じないが、一般に古期のロームの方が粘土化され、透水係数が小さいことを考えると、強制的な雨水の注入によって宙水帯が生じ、そこが一時的地下水面になる可能性は十分に有る。関東地方のローム層の台地（但し神奈川・東京を除く）では、いわゆる常総粘土層の上部が宙水帯となることが多い。この一時的地下水面は、浸透能力に影響を与えるので、どこに宙水が生じるかを把握しておくことは必要である。

この宙水位置は、降雨後、台地の崖等の露頭を観察し水がしみ出している層を観察することによって概略の把握が可能であるが、現地浸透能力調査の際オーガーボーリングを行ったオーガー孔を使って宙水の有無を調べると良い。

オーガー孔の深さはおおむね3 m以上とするが、オーガーボーリングによる土質観察より、下層に砂利層などの透水性の良い層がある場合には、別にオーガー孔を作り、その深さは透水性の悪いと思われる層までとする。その位置は、関東ローム層を対象とする場合は円筒型の浸透量測定施設より4 m以上、10 m以内離すものとする。なお、砂利層・砂層の場合は10 m程度とする。地下水位（宙水位）は実験前・中・後に測定する。

第5章 浸透型施設の浸透能力の評価

5.1 地形区分面毎の円筒型実験施設の平均浸透能の評価

浸透型施設の問題点の一つに、設置地点毎に浸透量のバラツキが大きいことがある。新河岸川流域での現地実験結果によると同一地形区分面内においても 10^1 オーダーの浸透量の差が生じている。また、土木研究所構内の現地実験では高々10m離れた場所でも同程度の浸透量の差が生じている。バラツキの原因としては多くの原因が考えられるが、設定地盤のもつ土質条件が最も大きく影響しているとみてよいようである。なお、バラツキは小規模な施設ほど大きくなる傾向がある。

このような浸透量のバラツキを平均化して、地形区分毎の平均浸透能を求めることが要求される。なぜなら浸透型施設設置地点毎に浸透能を評価し、その浸透能に応じた浸透型施設の規模を決めていくことは現実的ではなく、またそのような行政指導はできそうにもないことによる。

4章で述べた定水頭実験結果の湛水深 H と最終浸透量 Q より次の手順によって地形区分面毎の浸透能を把握することにする。

- (1) 各測定点における試験結果より湛水深 H と浸透量 Q および注入水温 t ℃より、水温15℃に相当する浸透量 Q_{15} を求め、次に浸透能力係数 a_{15} を計算する。計算方法は以下の式による。

$$\left. \begin{array}{l} Q_{15} = Q \nu_t / \nu_{15} \\ a_{15} = Q_{15} / HA \end{array} \right\} \dots\dots\dots (5.1)$$

ここで、 Q ; 浸透量 (cm³/hr)

ν_t ; 水温 t ℃の時の動粘性係数

ν_{15} ; 水温15℃の時の動粘性係数

A ; 浸透底面積 (cm²)

通常は $\phi = 300$ mm, $A = 707$.cm²

H ; 湛水深 (cm)

a_{15} ; 浸透能力係数 (cm³/hour/cm²/cm=1/hr)

(5.1) 式より、各測定点毎に a を求める。なお、表5-1に ν_t / ν_{15} と水温の関係を示しておいた。

表5-1 ν_t / ν_{15} と水温の関係

水 温 (°C)	0	5	10	15	20	25	30	35
ν_t (cm ² /s)	0.0179	0.0151	0.0131	0.0113	0.0101	0.0087	0.0080	0.0072
ν_t / ν_{15}	1.58	1.34	1.16	1.00	0.89	0.77	0.71	0.64

- (2) 各区分面毎の平均浸透力係数 $\bar{a}$ を求める。 $\bar{a}$ は、各区分面内で測定された浸透能力係数 a_n を平均するものとする。

$$\bar{a} = \frac{a_1 + a_2 + a_3 + \cdots + a_n}{n} \quad \text{..... (5.2)}$$

この値より各区分面毎の円筒型実験施設の浸透量は次式により表わされるとする。

$$Q = a \cdot H \cdot A \quad \text{..... (5.3)}$$

5.2 現地浸透施設の浸透能力評価

浸透型流出抑制施設を実際に計画するに当っては、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。

現地浸透実験によって求められた浸透能 a_{15} の平均の $\bar{a}_{15}$ を基に、次式により浸透型流出抑制施設の構造の違いによる補正等を行い、設計浸透量の評価を行う。

$$Q_D = 10^3 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot \alpha \cdot \bar{a}_{15} H_D A_P = 10^3 \cdot a_P \cdot H_D \cdot A_P \quad \text{..... (5.4)}$$

ここに、 Q_D ; 施設の設計浸透量 (ℓ/hr)

H_D ; 施設の設計水深 (m)

A_P ; 施設の浸透底面積 (m^2)

K_1 ; 形状換算係数

K_2 ; 目づまりによる影響係数

K_3 ; 地下水位 (宙水位) による影響係数

K_4 ; 降雨による影響係数

K_5 ; 温度補正係数

α ; 安全 (政策) 係数

$\bar{a}_{15}$; 施設 ($D=30\text{cm}$) の各区分毎の水溫 15°C に対する平均浸透能力係数 ($1/\text{hr}$)

a_P ; 係数 $K_1 \sim K_5$, α により補正された施設の設計浸透係数 ($1/\text{hr}$)

種々の要因による影響の把握は現地実験規模で検討されてはいるが、実際の施設に関して報告されたものは少なく、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にする。

(1) 形状換算係数 K_1

土研式浸透計 ($D=30\text{cm}$) と現地浸透型流出抑制施設とでは施設の形状が異なる。土研式浸透計によって求めた浸透量が、現地浸透型流出抑制施設ではどの程度になるか、評価を行わなければならない。 K_1 の値は、未だはっきりしないことが多いので、第4章、5章の検討結果を踏ま

えて以下の値とする。

トレンチ型施設に対して

$$K_1 = \frac{1}{3} \cdot \frac{30}{L} \quad (\text{ここで } L \text{ はトレンチの幅, 単位 cm})$$

円筒型施設に対して

側面からの浸透なしの場合 (この型の施設は不経済であり, 実際には使われないと思われる。)

$$K_1 = 30 / D \quad (\text{ここで } D \text{ は円筒の直径, 単位 cm})$$

側面からの浸透ありの場合 (周囲を砂利で巻く場合も含む)

$$K_1 = 30 / D \cdot \lambda \quad (\text{ここで } D \text{ は, 砂利で巻く場合は, 砂利部分も含む直径とする。})$$

$$\lambda = 4.0 \quad (\text{ただし, } H_0 / D > 0.5)$$

とする。

但し, 円筒施設をトレンチ型施設に 2 m 以上近づける場合は, 上述の値に 3/4 を乗じるものとする。

(2) 目づまりによる影響係数 K_2

目づまりによる浸透能力の低下は, 施設の供用期間, 施設の設置密度および流入懸濁物 (SS) の量および質によっては大きく変化する。浸透型流出抑制施設では浸透能力を保持するため, SS 除去を目的とした泥だめやフィルター材等の工夫が必要とされるが, 目づまりの原因となるシルト, 粘土は, これ等の工夫によって除去することがほとんど不可能であり, 目づまりによる浸透量の低下を見込んでおくことが必要である。

SS による浸透量の変化率は, トレンチ型施設の場合の現地実験によると^{注)}

$$y = e^{-0.0075 x} \times 100 \quad \dots\dots\dots (6.2)$$

程度である。

ここで, y ; 浸透量変化率 (%), SS 投入前の最終浸透量に対する SS 投入後の最終浸透量の比率

x ; SS 量 (kg/m²) (単位面積当り懸濁物質の堆積量)

今, 一戸当りのトレンチ型浸透施設の設置長さ 10 m, 幅 0.5 m とし, すべての屋根 (100 m²) からの流出水が浸透するとし, 懸濁物の発生を安全を考えて 5 kg/年 (屋根に対して 0.2 mm/年の堆積量), 施設の耐用年数 20 年とすると (6.2) 式より $y = 86$ % である。

以上から K_2 は屋根排水を対象とする場合は,

$$K_2 = 0.85$$

とする。

屋根排水以外の道路排水等を浸透型流出抑制施設に入れる場合、また浸透型流出抑制施設の規模が、上記の標準値と大きく異なる場合は、懸濁物の発生量を測定および予測し、施設の規模、耐用年数を考えて（6.2）式を参考にして K_2 を決めることとする。

浸透マスについては実際には側面からも浸透する構造とすると考えられるので、浸透マスのみによって処理する場合は（6.2）式を参考にして K_2 を定めることにし、また浸透トレンチと併用する場合は、浸透トレンチと同様の K_2 とする。

(3) 地下水位（宙水位）による影響係数 K_3

地下水位（宙水位）の変動によって、浸透量は変化する。土研式浸透計で測定した時の平均的な地下水位（宙水位）に対して、地下水位（宙水位）が高い場合には、浸透量は減少する。地下水位（宙水位）がどの程度変動するかを明確に把握することは難しいが、最高地下水面高が施設の底面高より低いと推定しうる場合は、

ここでは、土木研究所水文観測場での観測事例等を考慮して

$$K_3 = 0.9$$

とする。

(4) 降雨による影響係数 K_4

現地浸透能力調査は、通常無降雨時に行われるが、浸透型流出抑制施設が機能するのは、降雨時または降雨直後である。現地実験および不飽和浸透の場合の円筒型浸透施設の浸透量に関する数値計算結果によると、降雨水による影響は顕著なものではない。降雨による影響係数は、

$$K_4 = 0.95$$

とする（巻末補足参照のこと）。

(5) 温度補正係数 K_5

浸透型流出抑制施設が機能する時の雨水の水温によって浸透量は変化する。

流出抑制施設が有効に機能すると期待されている季節は雨期（6～10月）であるので、施設の設置される場所の雨水と水温を調べ、大雨時の最低雨水温度を基に K_5 を定める。 K_5 は雨水温に対する動粘性係数を ν_0 とすれば、

$$K_5 = \nu_0 / \nu_{15}$$

となる。

K_5 の値は、水温20℃の場合は0.89、水温25℃の場合0.77である。

(6) 安全（政策）係数 α

本係数は、浸透型流出抑制施設を排水計画あるいは、都市水文環境保全施設としてどのように位置付けるかによって変化する係数である。当面 $\alpha = 1$ としておく。

第6章 浸透型施設の流出抑制効果の評価

総合治水対策特定河川の治水暫定計画及び流域整備計画の立案にあたっては、貯留、浸透型施設による流出抑制効果を総合的に評価することが必要である。

本章では、主に浸透型施設による流出抑制効果の評価方法を述べる。

なお、評価方法は、評価地点上流域の流域規模に応じて変えることとし、局所的（土地利用単位あるいは開発地区単位）な評価と流出基準点評価の場合の二つに分けて評価することにした。

流出抑制効果の評価の全体の流れは図6.1のようである。

6.1 検討対象降雨

浸透型施設による流出抑制効果は降雨規模、降雨パターンにより異なる。したがって、流出計算をする目的により検討対象降雨を設定する必要がある。

「総合治水対策調査マニュアル試案」では目的に応じて表6.1に示す降雨を標準的な目安としており、総合治水対策特定河川事業を実施する河川においてはこの標準ケースが検討対象降雨を設定するにあたって参考となる。

6.2 浸透型施設設置ポテンシャルの評価

浸透型施設設置ポテンシャルとは、評価対象流域内における、浸透型施設の設置可能規模を言い、これは設置密度、浸透型施設処理面積比、平均浸透強度で表わされる。

6.2.1 設置密度、浸透型施設処理面積比

浸透型施設の単位長さ当りの浸透量は第5章に示したように区分面毎に異なるため評価対象流域は複数の区分面によって構成される場合が多く、どの区分面に浸透型施設を設置するかにより、その効果は異なる。

流域別、区分面別、あるいは土地利用別にどの程度の規模の施設を配置するかは行政サイドの判断に依るところが大きい。基本的には、浸透性の良い区分面では積極的に浸透型施設を採用し、同時に各土地利用において、浸透処理面積^{注-1)}を無理のない範囲で広くとることが、浸透型施設の有効な活用法である。土地利用別の浸透型施設設置モデル図を図6.2に示す。

浸透型施設の設置規模は、次に示す設置密度と浸透処理面積率で表わすこととし、区分面毎にその値を評価することにする。

$$\text{マス型施設を含んだ総トレンチ長； } L = L_1 + nQ_{cd}/q_{ct} \dots\dots\dots (6.1)$$

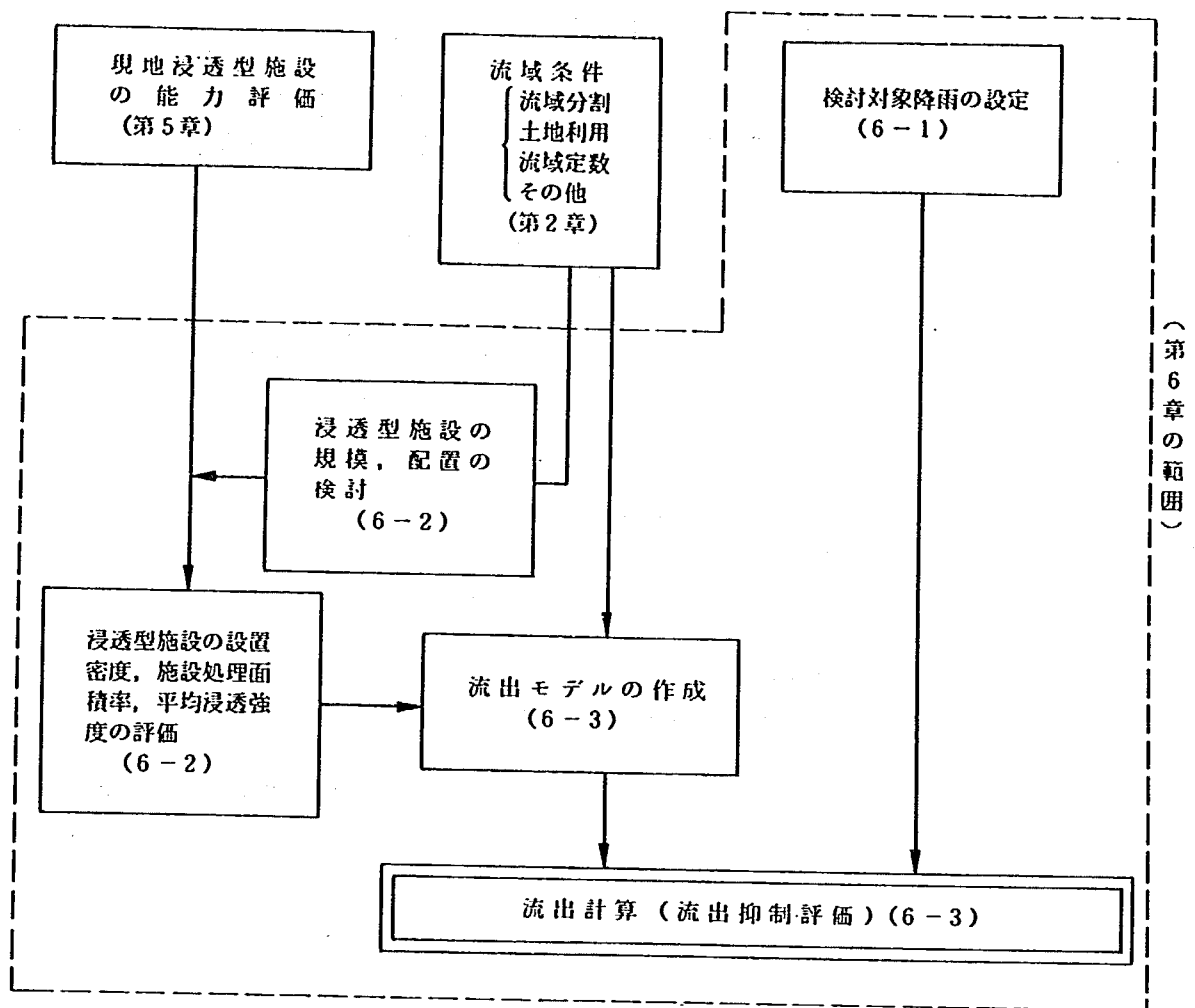


図6-1 流出抑制効果の評価の流れ

$$\text{設置密度} ; u = \frac{A_c}{L} \quad (\text{m}^2/\text{m}) \quad \dots\dots\dots (6.2)$$

$$\text{浸透処理面積比} ; \alpha = \frac{A_c}{A} \quad \dots\dots\dots (6.3)$$

ここに A ; 評価対象流域面積 (m^2)
 A_c ; 浸透処理面積 (m^2)
 L_1 ; トレンチ型施設延長 (m)
 n ; マス型施設の総個数

注一1) 浸透処理面積 とは、浸透型施設への集水面積をいう (図6.3)。

浸透型施設の浸透能力は、目づまりにより著しく低下するため、降雨時において SS 分の流出が多いと予想される区域は浸透処理面積から除外する。

表6-1 流量計算標準ケース一覧表

目 的	ケース番号	降雨パターン	降雨規模*	流域の条件	河道の条件
モデルの同定	1	実 績	確率 $\frac{1}{2}$ 以上程度	実績降雨当時	実績降雨当時
	2	〃	〃 $\frac{1}{3} \sim \frac{1}{2}$ 〃	〃	〃
	3	〃	〃 $\frac{1}{3} \sim \frac{1}{2}$ 〃	〃	〃
	4	〃	〃 $\frac{1}{4} \sim \frac{1}{3}$ 〃	〃	〃
	5	〃	〃 $\frac{1}{4}$ 〃	〃	〃
現在までの治水安全度の変化の分析	6	中央集中型	30mm/hr	約10年前	約10年前
	7	〃	50mm/hr	〃	〃
	8	〃	70mm/hr	〃	〃
	9	基本計画における降雨(あるいは戦後最大)	同 左	〃	〃
	10	中央集中型	30mm/hr	現 状	現 状
	11	〃	50mm/hr	〃	〃
	12	〃	70mm/hr	〃	〃
	13	基本計画における降雨(あるいは戦後最大)	同 左	〃	〃
現在の進捗率のもとで治水対策が実施され、流域が都市化したときの治水安全度の分析	14	中央集中型	30mm/hr	約10年後	現在の進捗率で約10年後
	15	〃	50mm/hr	〃	〃
	16	〃	70mm/hr	〃	〃
	17	基本計画の降雨(あるいは戦後最大)	同 左	〃	〃
治水対策代替案の検討	18	中央集中型	50mm/hr	約10年後	代替案(その1)
	19	〃	〃	〃	〃 (〃 2)
	20	〃	〃	〃	〃 (〃 3)
	21	〃	〃	〃	〃 (〃 4)
	22	〃	〃	〃	〃 (〃 5)
	23	〃	〃	〃	〃 (〃 6)
	24	〃	〃	〃	〃 (〃 7)
選定計画の位置づけの分析	25	中央集中型	70mm/hr	約10年後	選定した代替案
	26	基本計画の降雨(あるいは戦後最大)	同 左	〃	〃

* 降雨については中央集中型確率降雨としたが、実績降雨より定め、計画降雨を用いてもさしつかえない。その場合には30mm/hr, 50mm/hr, 70mm/hr, をそれぞれ小規模、中規模、大規模降雨とすればよい。

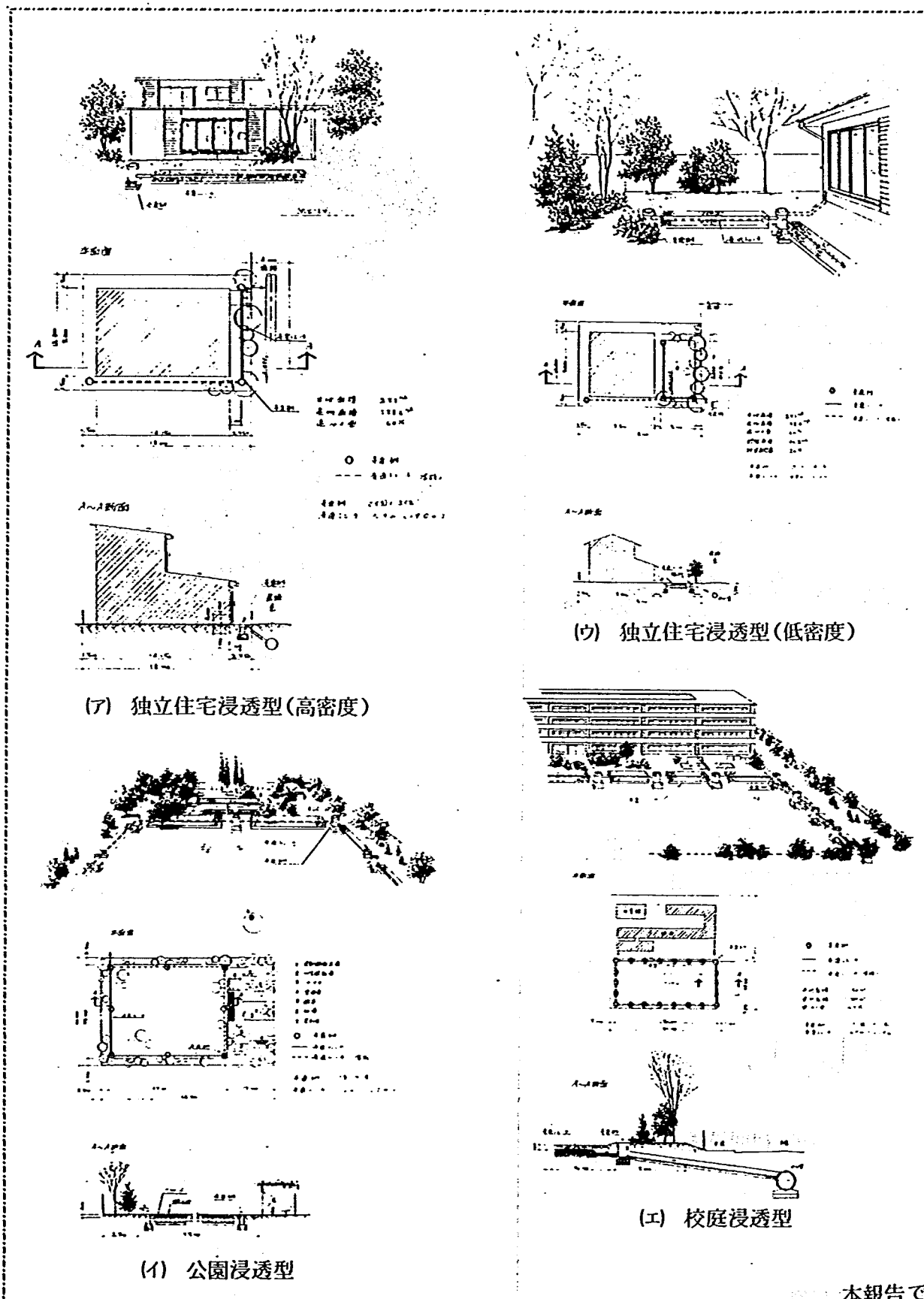
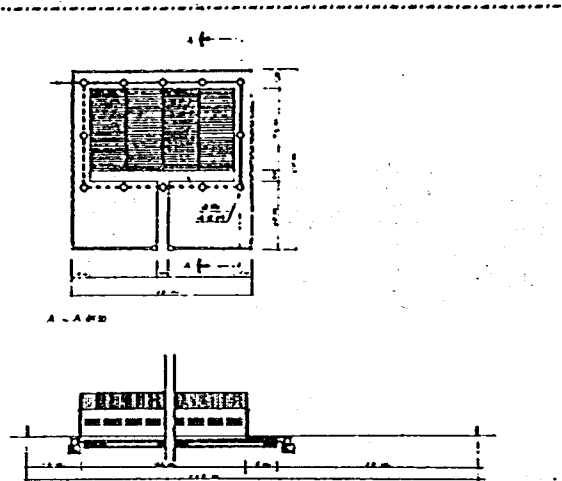
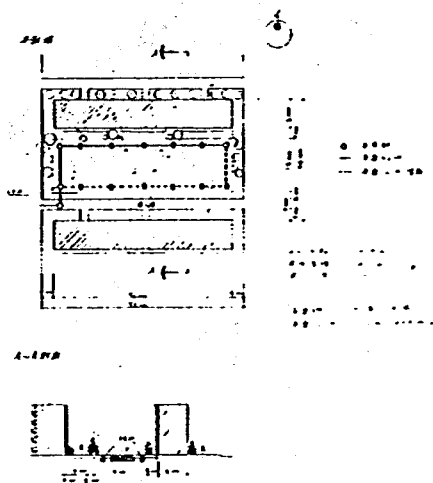


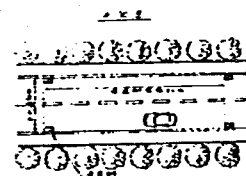
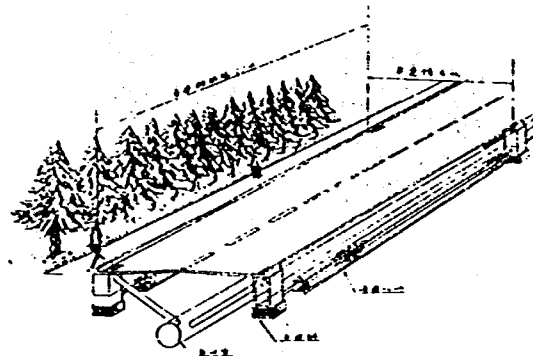
図 6-2 浸透型施設設置モデル図



(イ) 広場浸透型



(ロ) 棟間浸透型



(ハ) 道路浸透型

(その他の例)

対象とする事例

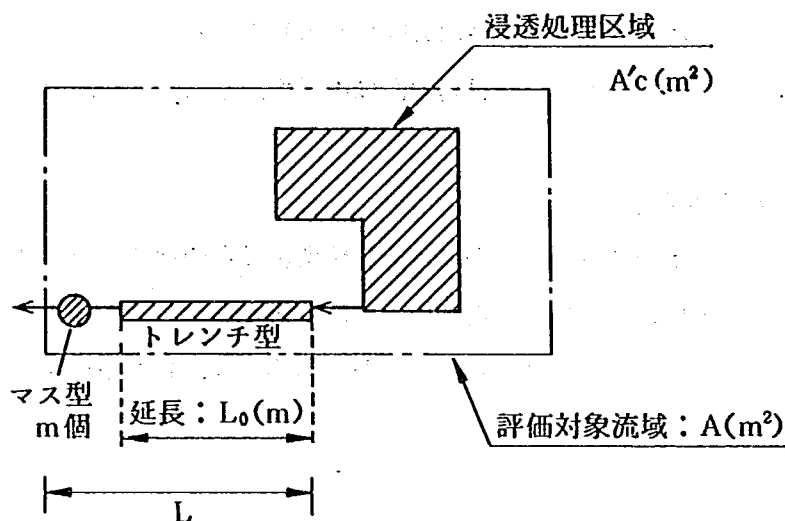


図6-3 浸透処理面積の概念

6.2.2 平均浸透強度

想定（あるいは計画，設計）された浸透型施設について，浸透処理面積に対する浸透強度 r_c を評価する。

r_c の評価は，評価対象流域が一個の区分面から成る場合は下式により評価する。

浸透処理面積に対する浸透強度

$$\begin{aligned} r_c &= \frac{3.6 \times Q'}{A_c} = \frac{q_{ct} \cdot L}{A_c} \times 10^{-6} \\ &= \frac{q_{ct}}{u} \times 10^{-6} \quad (\text{mm/hr}) \quad \dots\dots\dots (6.4) \end{aligned}$$

$$\text{総浸透量} \quad ; \quad Q' = \frac{1}{3.6} r_c \cdot A_c \quad (\text{m}^3/\text{s}) \quad \dots\dots\dots (6.5)$$

ここに q_{ct} ; トレンチ型施設延長 1 m 当りの浸透量 ($\ell/\text{hr} \cdot \text{m}$)

A_c ; 浸透処理面積 (km^2) = $\alpha \cdot A$

L ; トレンチ型に換算した施設延長 (m)

u ; 設置密度 (m^2/m)

また，評価対象流域が複数の区分面により分割されている場合には浸透処理区域内の平均浸透強度として (6.6) 式により評価する。

$$r_c = \frac{\sum_i ((q_{ct})_i \cdot (L)_i)}{\sum_i (A_c)_i \times 10^6} \quad \dots\dots\dots (6.6)$$

ここに i ; 流域内の区分面番号を表わす。

r_c ; 浸透処理区域内平均浸透強度 (mm/hr)

6.3 流出抑制効果の評価手法

浸透型施設は流出抑制の一手段であり、実際には、貯留型施設との適切な組合せにより、保水機能の保全、開発による流出増の抑制を図る場合が一般的である。

これまでは、浸透型施設についてのみ説明してきたが、本節では、貯留型施設も含めて、流出に与える効果の評価手法の例を示す。

6.3.1 局所的な評価

ここでいう局所的とは、主に土地利用単位 (例えば工業団地等) の小流域であり、通常は1開発地区をいうこととする。

このような、小流域内に浸透型あるいは貯留型施設を設けた場合の下流放流先河川への流出抑制効果を評価する。

なお、局所的な効果は、合理式により行うこととする。

(1) 簡便法による方法

① ピーク流量の算定

合理式は、周知のように次式によって表わされる。

$$Q_p = \frac{1}{3.6} \cdot f \cdot r \cdot A \quad \dots\dots\dots (6.7)$$

ここに Q_p ; ピーク流量 (m³/s)

f ; 平均流出係数

r ; 洪水到達時間内平均降雨強度 (mm/hr)

A ; 評価対象流域面積 (km²)

流域内の浸透処理面積を A_c 、浸透強度を r_c とすれば、浸透型施設を設置した場合の評価対象流域よりのピーク流量 (Q_{pc}) は

$$\begin{aligned} Q_{pc} &= \frac{1}{3.6} f \cdot r \cdot A - Q' \\ &= \frac{1}{3.6} (f \cdot r \cdot A - r_c A_c) \quad \dots\dots\dots (6.8) \end{aligned}$$

となる。ただし、 $r > r_c$ の場合である。

② 必要貯留容量の概算

貯留型施設と浸透型施設とを併用した場合、次に示す簡便法によって、概略の必要貯留容量を概算することができる。

$$\begin{aligned}
 V &= \frac{1}{6} (r_i f \cdot A - r_c f_c A_c - \frac{r_o}{2} f \cdot A) t_i \\
 &= \frac{1}{6} (r_i - \frac{f_c A_c}{f A} \cdot r_c - \frac{r_o}{2}) t_i \cdot f \cdot A \\
 &= \frac{1}{6} (r_i - r'_c - \frac{r_o}{2}) t_i \cdot f \cdot A \quad \dots\dots\dots (6.9)
 \end{aligned}$$

ここに V ; 必要貯留容量 (m³)

r_i ; 確率降雨強度曲線 t_i における平均降雨強度 (mm/hr)

r_c ; 浸透強度 (mm/hr)

r'_c ; 流域平均浸透強度 $= \frac{f_c A_c \cdot r_c}{f A}$ (mm/hr)

r_o ; 許容放流量 (Q_o) に相当する降雨強度 (mm/hr)

$$= \frac{360 Q_o}{f A}$$

f ; 流域平均流出係数

f_c ; 浸透処理区域内平均流出係数 ($f_c \div 1.0$)

A ; 流域面積 (ha)

A_c ; 浸透処理区域面積 (ha)

t_i ; $(r_i - r'_c - r_o/2) \cdot t_i$ を最大とする降雨継続時間 (分)

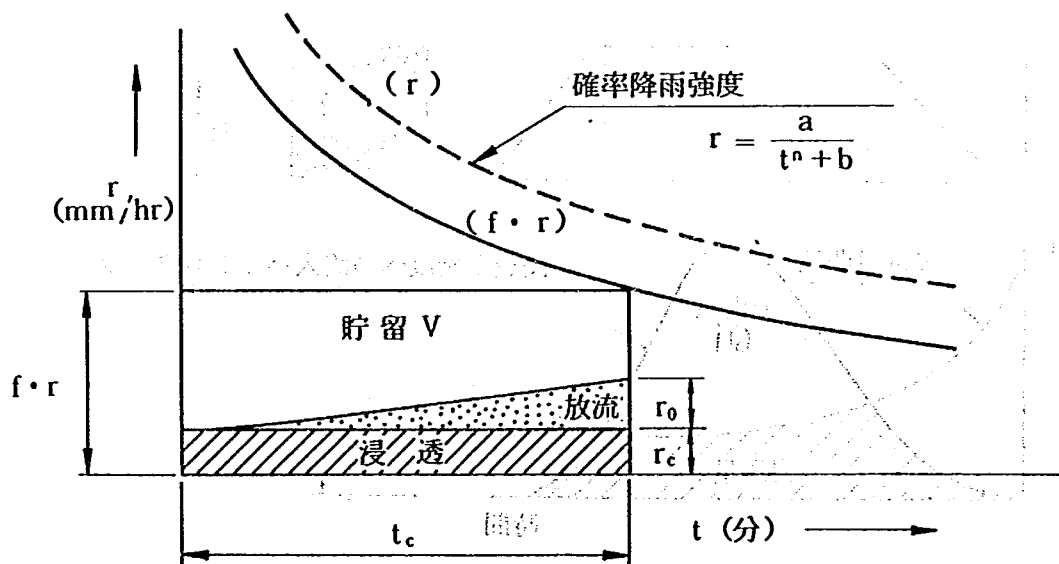


図6-4 簡便法による貯留容量試算の概念

但し、簡便法による貯留容量 (V) は、次に示す厳密計算法と比較して1割以上過大な値となる場合があり、特に放流量が小さい場合程その差が大きくなる。

よって、本式は厳密計算の前段としての貯留容量の概略検討に用いることが適当であろう。

(2) 厳密法による計算

流出抑制効果の厳密な評価は降雨波形（中央集中型あるいは後方集中型）を用いて行うものとする。

① 浸透量の評価方法

浸透量は、実際には、浸透型施設内の湛水深の上下により増減し、また降雨継続時間の経過と共に低減する特性をもっている（図6.5）。

しかし、計算の簡易化を考え、本報告では、浸透による効果は一定量カット方式で評価することとした。ただし、厳密計算による場合は、トレンチ型施設内の貯留量を考慮しても良いものとする。

この一定量を降雨、流出のいずれの段階でカットするかにより流出ボリュームに若干の違いがあるが（図6.6）、いずれの方法によるかは、流出モデルにおける浸透型施設の位置等を考慮し実情に合った方法を採用することとする。（図6.6）

② 流入ハイドログラフの算定

評価対象流域を浸透処理区域とそうでない区域（非浸透処理区域）とに分け、各々図6.7に示す方法により降雨ハイドログラフを流入ハイドログラフに変換し合成する。

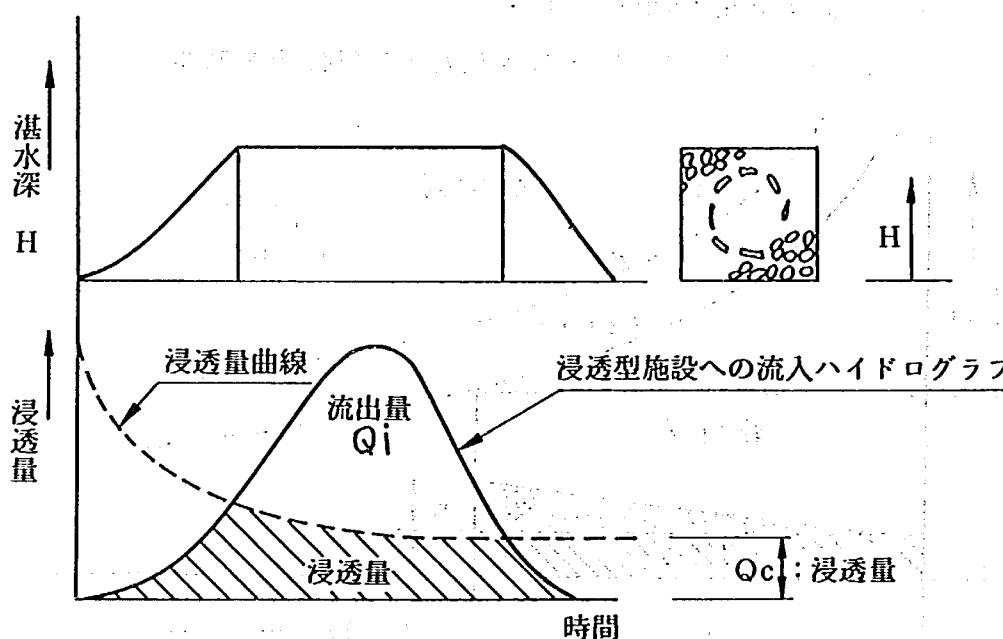


図6-5 浸透量の評価手法の概念

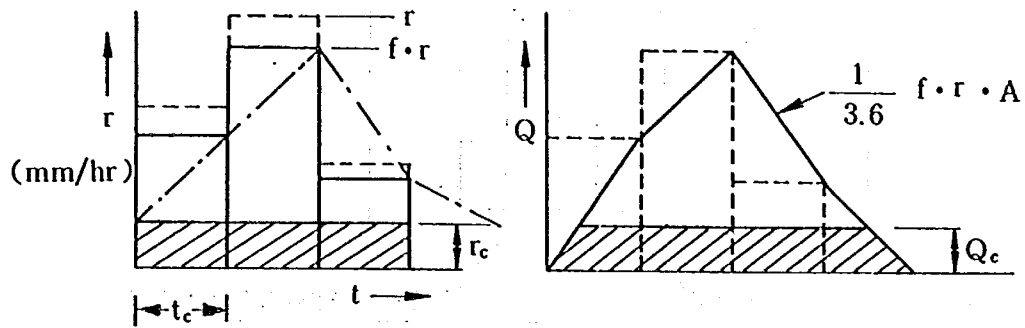


図6-6 一定量カット方式の概念

③ 必要調節容量の算定方法

貯留型施設を併用した場合の貯留型施設の調節効果及び必要調節容量は、②で求めた貯留型施設への流入量（合成後のハイドログラフ） Q_i をもとに、参考文献25)「改訂 防災調節池技術基準（案）解説と設計実例」（日本河川協会）を参考にして求める。

6.3.2 流出基準点における評価

(1) 流出モデル

河川砂防技術基準（案）によれば、総合治水対策が適用されるような中小河川の計画においては流出モデルとして合理式の使用を指導しているが、総合治水対策における基準点評価では、浸透型施設その他雨水貯留や遊水および低地地域での氾濫等の評価も含まれるため、それら进行评估しえる流出計算法を用いる方がよいと考えられる。

従来、使用されてきた流出計算法は表6.2のようである。

表6-2 基準点評価のための流出計算法

有効降雨モデル	斜面モデル	河道モデル
一定率損失モデル	貯留関数法	貯留関数法
f_1-Rsa モデル	等価粗度法	等流モデル
初期損失+一定量損失モデル	準線型貯留型モデル*	不等流モデル
	修正RR-L法**	不定流モデル

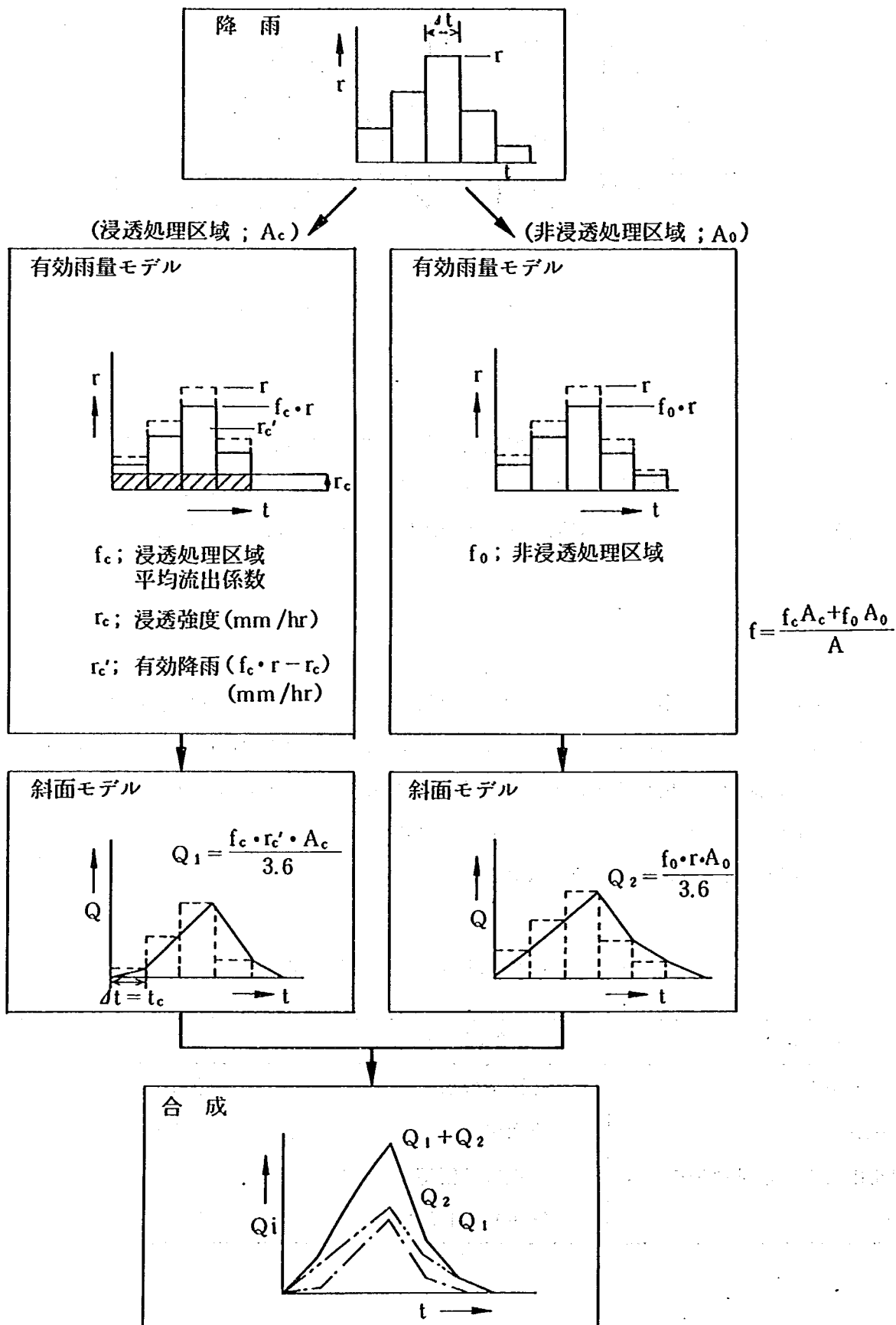


図6-7 流入ハイドログラフの算定方法

注1) 貯留関数法

流域斜面の貯留現象による非線型的な流出を表現するため、運動式の代りに以下の貯留関数を導入する。

$$\begin{cases} s = k q^p & (\text{運動式}) \\ \frac{ds}{dt} = r - q & (\text{連続式}) \end{cases} \dots\dots\dots (6.10)$$

ここに s ; 流域貯留量 (mm)
 q ; 遅滞時間を考慮した流出量 (mm/hr)
 r ; 流入量 (降雨) (mm/hr)
 k, p ; 定数
 p ; 流れの状態によって定まる。
 k ; 土地利用形態に固有の値

一般に、定数 k を決定するため流域ブロックを土地利用別に分ける。

注2) 準線型貯留型モデル

指数単位図 (線型貯水池) による流出計算法であるが、有効降雨強度により、洪水到達時間が変化するという非線型性が考慮されている。

$$u(\tau) = \begin{cases} 0 & (\tau < 0) \\ \frac{1}{k} e^{-\tau/k} & (\tau > 0) \end{cases} \dots\dots\dots (6.11)$$

$$k = \frac{t_c}{2} \dots\dots\dots (6.12)$$

$$t_c = c \cdot A^{0.22} \cdot r_e^{-0.35} \dots\dots\dots (6.13)$$

ここで c ; 土地利用形態に固有の値
 A ; 流域面積 (km²)

r_e ; 洪水到達時間内の最大平均有効降雨強度 (mm/hr)

t_c ; 洪水到達時間 (min)

$k = \frac{t_c}{2}$ により、合理式の洪水到達時間と線型貯水池の k との関係が得られる。(= 洪水の遅れ時間 T_L) が関係付けられる。

したがって (6.11) 式で表わされる指数単位図は貯留関数の $s = k q^p$ の $p = 1$ で表わされる。

$$\begin{cases} s = k q & \text{(運動式)} \\ \frac{ds}{dt} = r - q & \text{(連続式)} \end{cases} \dots\dots\dots (6.14)$$

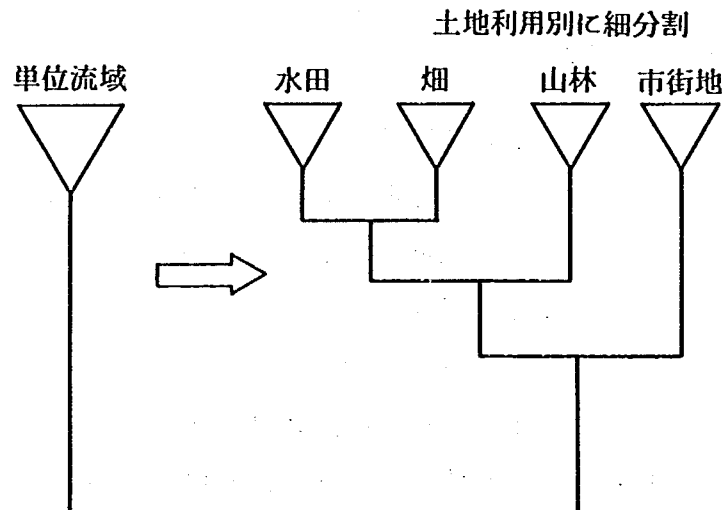


図6-8 流域モデルの概念

(2) 流出モデルへの組み込みと評価の方法

浸透型並びに貯留型（オンサイト、オフサイト）の各施設は、流出抑制機能が異なるうえに設置場所や各施設の組み合わせによっても流出抑制効果が異なる。従って、基準点評価に当たっては、流域内に設けられる種々の流出抑制施設の個別の効果を流域全体の流出機構の中に表現するモデルが必要となる。

各施設の流出モデルにおける位置付けは図6.9に示すとおりで、浸透型施設の評価モデルは同図の方法その1による浸透を考慮した有効降雨モデル又は、方法その2による斜面モデルの次に組み入れる。貯留型施設に対する評価モデルは、斜面モデルと河道モデルの間に組み入れる。

① 浸透型施設の評価モデル

浸透型施設については「6.3.1局所的な評価」に示したと同様、有効雨量または浸透型施設への流入ハイドログラフからの一定量カット方式により評価する。

なお、カット量は「2.2設置ポテンシャル評価」に示した浸透強度（ $\bar{r}_c$ ）により求まる。

浸透型施設による流出抑制は、有効降雨モデルのうち図6.10のイ)に示すごとく、一定量損失に近い概念であるので図6.9方法その1によって浸透型施設の効果を評価するのが適切であると考えられる。しかしながら、総合治水対策特定河川で用いられることのある有効降雨

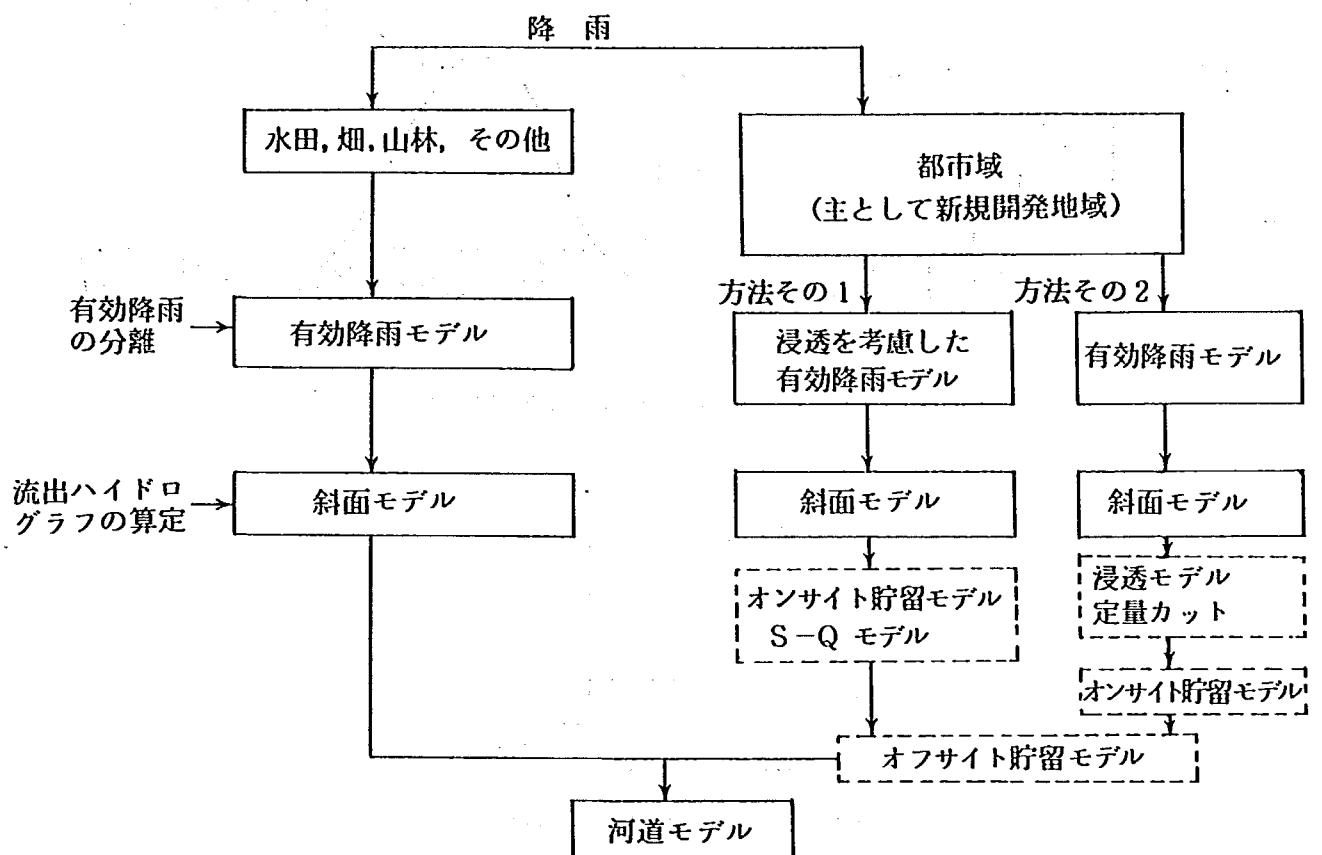


図6-9 流出モデルにおける位置づけ

モデルの $f_1 - R_{sa}$ モデルにおける有効降雨の考え方は、一定量カット方式ではないので、図6.9方法その2により、斜面モデルの後に浸透型施設の効果の評価を図6.10のロ)の様に言うことが良い(図6-11)。

② オンサイト貯留型施設の評価モデル

このタイプは住宅、学校、公園等各土地利用ごとに小規模な貯水槽または池を設けるもので、普段は土地利用のさまたげにならないものが多い。

この方式による効果は次式によって一括表現することができる。

$$\begin{cases} S = kq^2 \\ \frac{dS}{dt} = r_e - q \end{cases} \quad \dots\dots\dots (6.15)$$

ただし、 S ：流域ブロック内のオンサイト型合計貯留量、 q ：同施設からの合計流出量、

r_e ：有効雨量、 k ：定数 ($k = \frac{AA_r}{2gc^2a^2}$) A ：開発区域面積、 A_r ：調整地面積、 a ：

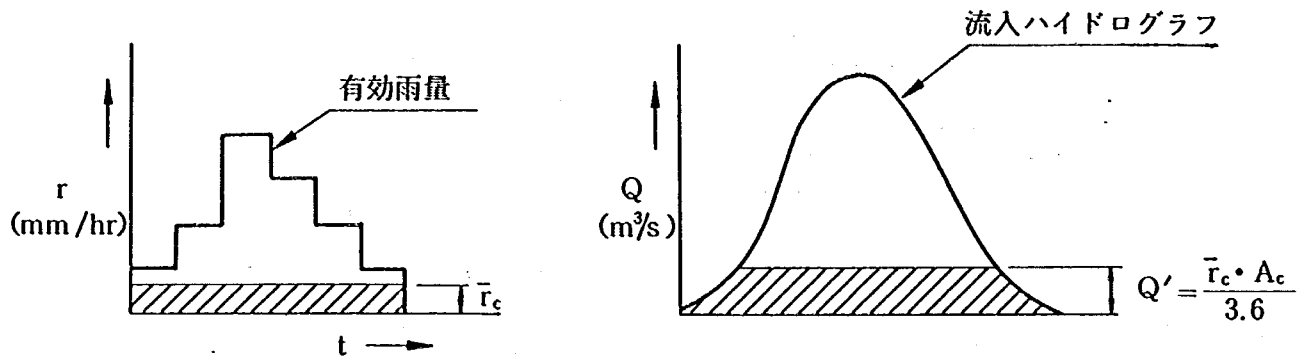


図6-10 モデルにおける浸透量の組込方法

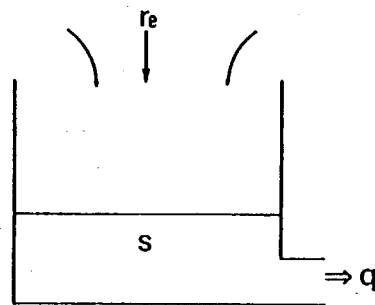


図6-11 雨水貯留施設モデル

貯水槽・池の孔径, c : オリフィス定数

③ オフサイト貯留型施設

このタイプは、主に開発地の流末付近で貯留型施設により一括して雨水を平滑化するもので、オンサイトタイプに比較して大規模なものが多い。このタイプに相当するものとして、防災調節池（防災調整池）があり、土地利用は占用となる場合が多い。

このような、規模の大きい貯留型施設については、適宜、調節計算（6.3.1-(2)③参照）の組み込みが必要となる（図6.12）。

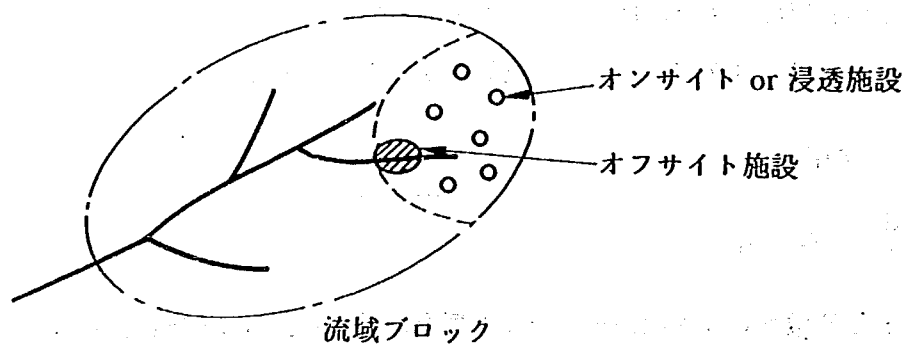


図6-12 オフサイト施設の概念

(3) 流出モデルへの組み込み

さきに説明した，浸透型および貯留型施設を流出モデルに組み込むにあたっては，各流域ブロックを流出抑制手法別に区分する必要がある。

この区分は，従来のように貯留型施設のみの場合は，貯留型施設の集水区域とそれ以外に分ければよいが，浸透型施設を考慮した場合は図 6. 13 に示す 5 つの区分が考えられる。

貯留型・浸透型施設による流出抑制を考える流域ブロックの各々について，このような流域の細分化を行い，流出モデルに組み込めば，基準点での流出抑制効果は評価し得るが，実際の作業において，このような細分割が極めて煩雑であったり，あるいは施設の配置規模等がこまに細分化できる段階でない場合には，図 6. 13 を図 6. 14 のように簡略化して評価する方法も考えられる。

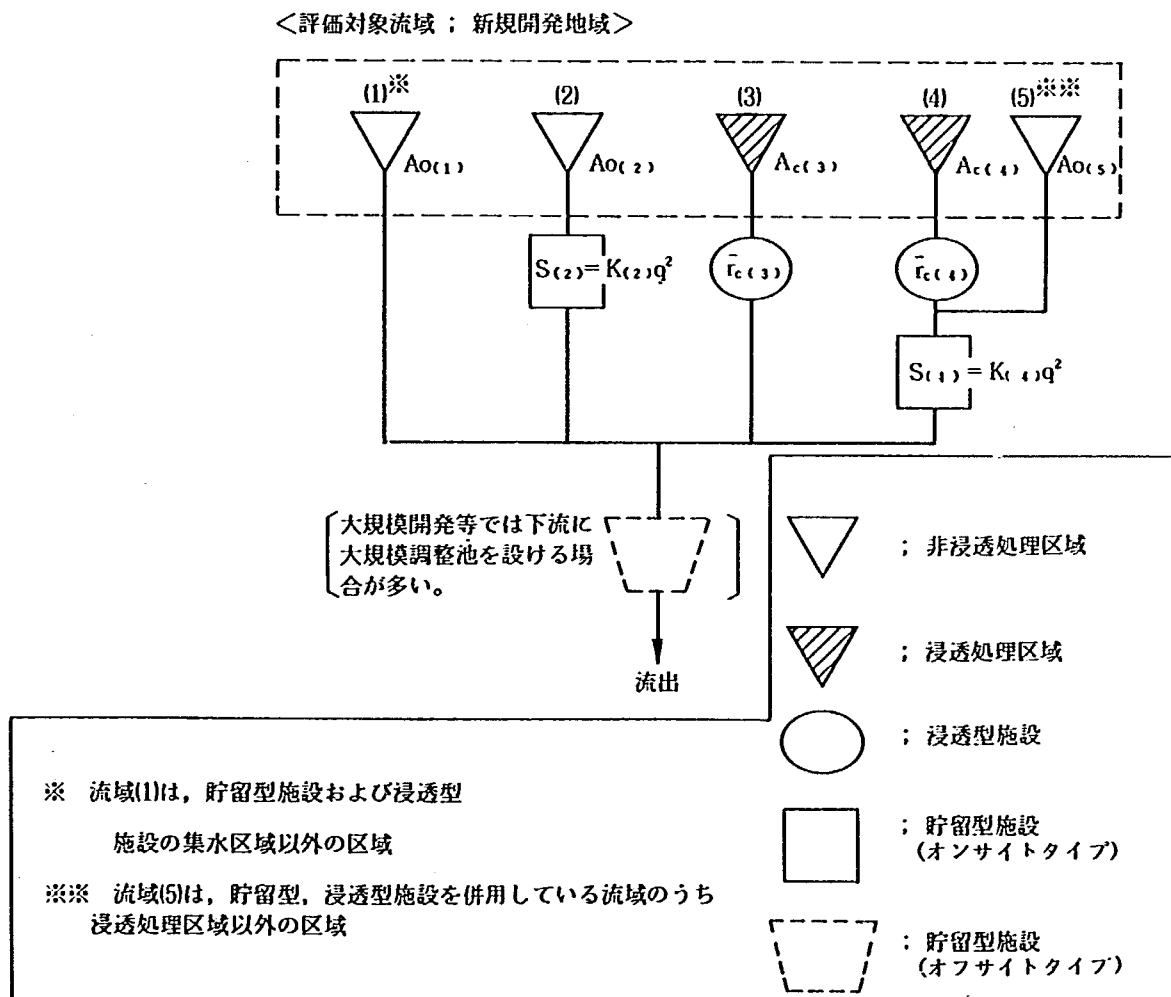


図 6 - 13 評価対象流域の区分

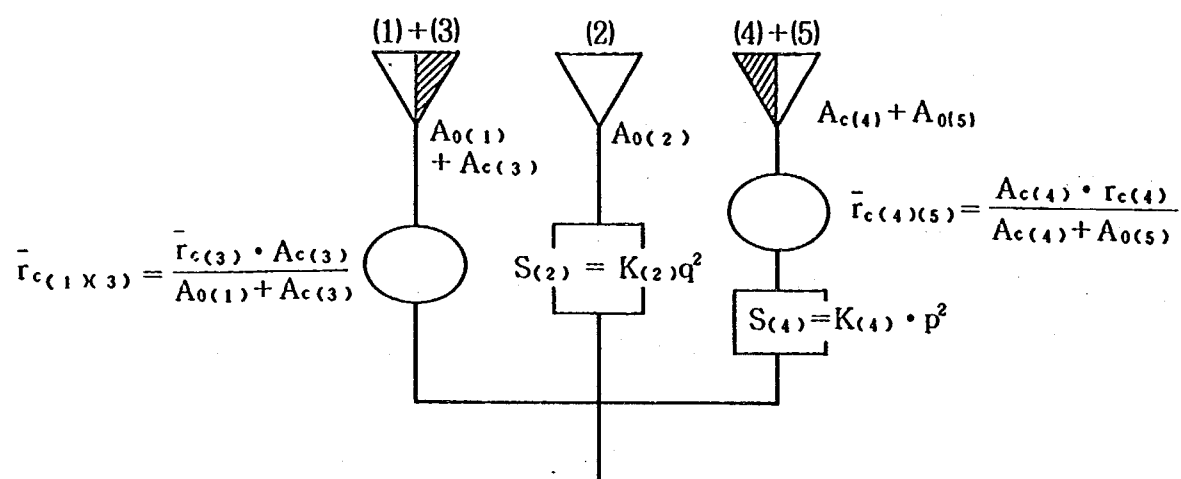


図 6 - 14 流出抑制効果の評価の簡略化

参 考 文 献

1. 開発と水文環境アセスメント技法：高見寛著／鹿島出版会
2. 水理公式集：土木学会編
3. 土質試験法：土木工学会編
4. 関東ローム・その起源と性状：築地書館
5. 土質調査法：土木工学会編
6. 水理実験指導書：土木工学会編
7. 根切りのための地下水調査法：高橋賢之助著／山海堂
8. 土質工学の基礎：R. N. ヤング，B. P. ワーケンチン著／鹿島出版会
9. 土質工学ハンドブック：土木工学会編
10. 地下水涵養技術の開発：建設省土木研究所，財団法人 国土開発技術研究センター
11. 新河岸川流域浸透能調査報告書：建設省荒川下流工事事務所（1981）
12. 降雨水の団地内処理システムに関する開発研究報告書
：受託先・日本住宅協会，住宅都市整備公団建築部（1981）
13. 地下貯水池調査のための技術資料：建築省河川局河川計画課編（1981）
14. 土木研究所報告第155号：建設省土木研究所（1981）
15. 総合治水対策に関する資料：荒川下流工事事務所（1978）
16. 土地需要の予測手法に関する調査資料第94号：科学技術庁資源調査所
17. 総合治水対策調査マニュアル試案：河川局都市河川課，土木研究所総合治水研究室
18. 総合治水対策特定河川事業：建設省河川局都市河川対策室（1979）
19. <研究報告>多摩ニュータウンにおける土地利用別の浸透能の現地実験とその考察
20. 建設省河川砂防技術基準（案）調査編・計画編
：建設省河川局監修，社団法人 日本河川協会編／山海堂
21. 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，土木研究所資料第1767号
：建設省土木研究所（1981）
22. 浸透埋管工法現場実験報告書：小沢コンクリート工業株式会社技術研究所（1982）
23. 浸透型貯留槽からの浸透流の解析と流出抑制効果の評価，土木技術資料24—11：吉野文雄
（1982）
24. 地下水涵養技術とその応用，土木技術資料23—10，1981：石崎，寺川
25. 改訂・防災調節池技術基準（案）解説と設計事例：日本河川協会
26. 土地利用変化を評価する流出モデル，土木研究所資料 No 1499：建設省土木研究所

27. 浸透型雨水貯留施設による流出抑制効果に関する検討, 土木技術資料 Vol. 23 No. 9

: 吉野文雄, 金木誠, 斉藤松美, 小川良市

28. 宅地開発等に伴う雨水貯留施設技術指針(案)現場担当者手引き

: 日本住宅公団, (財)国土開発技術研究センター (1978)

参 考 資 料 Ⅱ

浸透型流出抑制施設の位置付けについて

文 責 山 本 晃 一

THE

AMERICAN

LIBRARY

(1) 浸透型流出抑制施設の機能

浸透型流出抑制施設の機能には次のようなものがある。

- i) 河川や下水道に対する流出を減少させ、浸水被害面積や、河川のはんらん被害を減少させる。
- ii) 雨水を自然に返すことができ、これによって、地下水のかん養や水資源の保全に役立つ。
- iii) ii) の結果として地盤沈下を防ぐこと、植生の枯死を防ぐこと、また海岸地帯では地下水の塩水化防止対策にもなる。

このように、浸透型流出抑制施設は各種の機能を持っている。これを単に治水施設としてのみに位置付けると、本施設の流出抑制機能の技術的評価に多くの問題を残しているために、本技術が生きなくなる可能性もあろう。本技術を水文環境保全施設としても総合的に位置付ける必要があるように思える。

(2) 流出抑制効果

トレンチ型施設の浸透能力は、関東ローンを対象とすると1m当り200ℓ/hr程度である。1haの住宅地を考えると、屋根面積はその35%程度(35軒程度)である。1軒10mの施設を設置したとすると0.019 m³/s/haの流出を減少させることができる。トレンチ型施設は1m当り、約1万円であり、1ha当り350万円の建設費である。

ところで地方公共団体による宅地開発指導要綱等の考え方は、開発による流出増を開発前の流出程度におさえるために1ha当り500~1,500 m³/haの貯留型施設を開発者に義務づけている。この考え方に合うようにトレンチ型施設を設置するとすれば、1km²当り

$$\ell = \frac{(q - q_c)}{q_{ct}} \dots\dots\dots (\text{II} \cdot 1)$$

の長さの施設が必要である。ここでℓは1km²当りのトレンチ長(m)、qは計画比流量(m³/s/km²)、q_cは許容放流比流量(m³/s/km²)、q_{ct}は1m当りの施設の浸透量(m³/s/m)である。

今東京にこの施設を設置するとして50mm/hrの雨に対応する計画規模(超過確率で1/3程度)を考えると、流達時間t_c=10分とすると、100mm/hr程度の雨に相当するので、流出係数f=0.8として、

$$q = 22 \text{ m}^3/\text{s}/\text{km}^2$$

となる。q_c=5 m³/s/km²、q_{ct}=0.2 m³/hr/m=5.6×10⁻⁵ m³/s/mとすると、

$$\ell = 304,000 \text{ m} = 304 \text{ km}$$

これは一軒当り87mに相当する。ところで屋根に降る雨は7.7 m³/s/km²(22 m³/s/km²×0.35)の比流量分にしか相当しないので、屋根に降った雨を全部浸透させても(II・1)式による17 m³/s/km²は処理しえず、道路や庭に降った雨も処理しなければならないことになる。

このように防災調節池(防災調整池)のような地先地点で流出抑制効果を評価する場合には、トレンチ型施設のみによる雨水の処理では無理があり、防災調節池(防災調整池)との組合せが必要となる。ただし総合治水特定河川のように基準地点において流量評価をする場合には、1km²当り2 m³/s(1軒当り20mとすれば4 m³/s)の処理流量は、十分に魅力のある処理流量といえよう。

〔3〕 地下水かん養効果

〔2〕で述べたものと同様のトレンチ型施設を、開発地に設置したとすると、屋根に降った時間雨量20mm以下の雨はすべて地下に浸透することになる。20mm/hr以上の降雨強度を持つ雨は少ないので、開発地に降る年間総降雨量 1600mmの内、屋根面積が35%、また屋根からの流出率（小降雨は流出しない）を 0.8 程度と仮定しても

$$1600\text{ mm} \times 0.35 \times 0.8 = 450\text{ mm}$$

の雨が、開発地に設置されたトレンチから地中にかん養されることになる。この内 3 割が地表面から蒸発としたとしても、315 mm/年の地下水かん養となる。これは河川の低水流量の維持、また地下水の保全に十分に役立つ量である。

〔4〕 浸透量評価の不正確さ

河川および下水道技術者が、その施設設計および施設の経済評価を行う場合、その基準となる流量に対して、評価された流量と実態の流量の差が 2 割以上ないと考えているのが普通であろう。

ところで浸透量評価に当っては、本報告で述べたように、現在の評価手法では10割以上の違いが生じることもありうると考えておいた方がよさそうである。これをどのように行政的にまた技術的に判断していくべきであろうか。流域整備計画は、河川計画にとって暫定計画であるので、きびしい判断はいらないといえればそれまでだが、本技術を担保する法もなく防災調節池（防災調整池）に取って替わっても良いと簡単に判断するのは問題であろう。

〔5〕 行政の問題

〔2〕で述べた問題は、地方公共団体が行政指導する場合大きな問題となる。つまり地先防災的視点で指導していた流出抑制施設を、下流基準点の流出抑制効果の視点で行った場合、その考え方の格差をどういう理論で乗り越えたら良いのであろうか。

行政的には、むしろ〔1〕で述べた環境保全施設として位置づけた方が、住民の理解が得られやすいのではなかろうか。

参 考 資 料 Ⅲ

浸透型流出抑制施設の単価について

文 責 中 島 輝 雄

附 錄 二

一、關於我國經濟發展之現狀

（一）總論

浸透型流出抑制施設の単価について

雨水流出抑制施設を設置しようとする場合施設建設費がどの程度掛かるかを把握する必要がある。貯留型施設については、実施例も数多く、建設費も概略把握されている。¹⁾ 反面浸透型流出抑制施設は、調査・研究され始めて日も浅く、実施例が少ないため施設建設費が十分把握されていない。本文では、浸透型流出抑制施設の建設費がどの程度掛かるかをモデル施設により試算した。

浸透型流出抑制施設の設置区域としては、個人住宅と公共施設（学校及び公園）に設置するものとした。施設は、トレンチと雨水樹の組合せとし、施設の構造は図-1に示すものとした。

両施設の建設費は、図-1をもとに積算を行ない算出した。積算結果を表-1及び表-2に示す。

設置区域毎の浸透型流出抑制施設の建設費算出に当っては、浸透型流出抑制施設の設計浸透能力と設置密度を仮定し、設定した施設計画浸透量に見合うトレンチ長・数を算出し、モデル施設を想定した。結果を図-2(1)~(3)に示す。尚、各設置区域にモデル施設が2例あるのは、仮定した設計浸透能力をそのまま用いた場合（ケース1）と設計浸透能力をケース1の1/2とした場合（ケース2）としたためである。

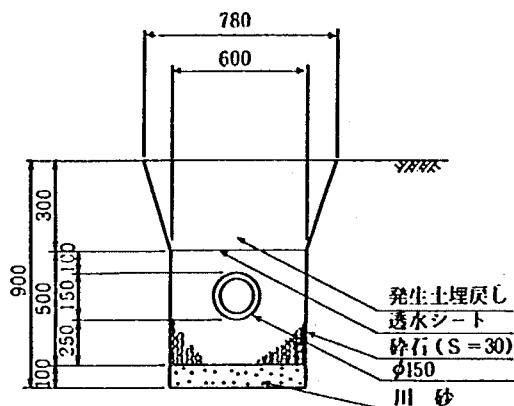
以上設定したモデル施設と表-1及び2において積算した建設費を用いて、各設置区域における浸透型流出抑制施設の事業費を求めると表-3に示すとおりとなる。尚、同表には、参考として同一能力における貯留型流出抑制施設の事業費も示しておく。

同表より、浸透型流出抑制施設を設置する場合、個人住宅においては、1m当りケース1で約1万円、ケース2で約1.1万円である。それに対して、学校・公園では、ケース1及び2とも1m当り約6800円となる。

参 考 文 献

- 1) 建設省土木研究所総合治水研究室；雨水貯留施設の最近の動向，土木研究所資料第1579号，昭和55年3月

1. トレンチ



2. 雨水溝

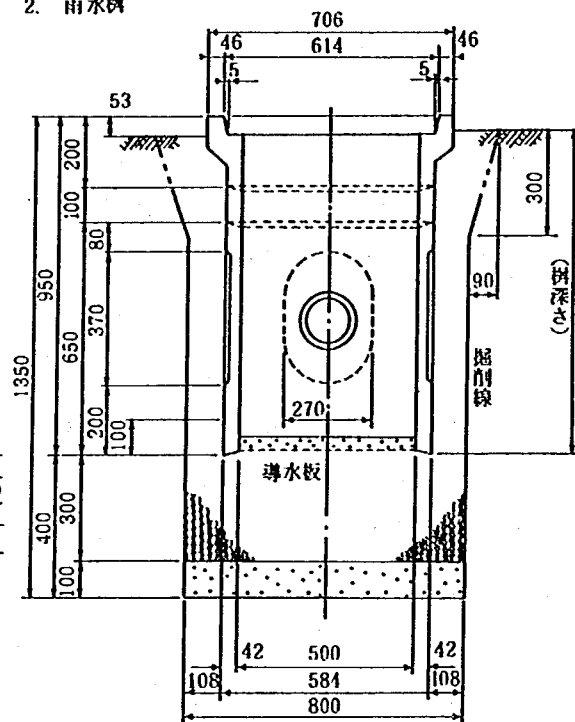


図-1 浸透施設構造図

表-1 浸透型施設（雨水マス）

工 種	種 別	細 別	単 位	員 数	単 価	金 額	摘 要
本工事費	人 力 土 工	掘 削	m ²	0.854	3,380	2,887	
		埋 戻 し	m ²	0.320	2,640	845	
		残 土 処 理	m ²	0.534	895	478	
		砂 敷 な ら し	m ²	0.064	2,720	174	
		砕 石 敷 な ら し	m ²	0.219	3,240	710	
	排 水 工		m	2	10,000	20,000	
材 料 費		砕 石	m ²	0.219	3,050	668	
		川 砂	m ²	0.064	2,500	160	
		透 小 板	ヶ	1	2,210	2,210	
		円 形 ま す ふ た	ヶ	1	5,620	5,620	500用
		円 形 ま す 縁 塊	ヶ	1	5,590	5,590	ヶ
		異 形 乙	ヶ	1	1,930	1,930	ヶ
		側 塊	ヶ	1	1,130	1,130	500×200
計						42,402	
	諸 経 費	(上記の30%)				12,721	
合 計						55,123	

表-2 浸透型施設（浸透トレンチ）

$\phi = 14\text{m}$

工 種	種 別	細 別	単 位	員 数	単 価	金 額	摘 要
本工事費	機 械 土 工	掘 削	m ³	7.938	290 ^円	2,882 ^円	
	〃	埋 戻 土	m ³	2.398	230	552	
		残 土 処 理	m ³	5.040	1,658	7,852	
	人 力 土 工	砂 敷 な ら し	m ²	0.840	2,140	1,798	
	〃	砕 石 敷 な ら し	m ²	3.948	2,560	10,107	
材 料 費		砕 石	m ³	3.948	3,050	12,041	
		川 砂	m ³	0.840	2,500	2,100	
		塩 化 ビ ニ ー ル 管	本	3.5	4,200	14,700	
		透 水 シ ー ト	m ²	0.6	1,000	600	
計						52,632	
	諸 経 費	(上記の30%)				15,632	
合 計						68,422	
						(4,887円/m)	

表-3 雨水貯留施設一施設当りの事業費

(単位：千円)

雨水貯留施設 設置場所	貯留型施設	浸透型施設	
		ケース1	ケース2
個 人 住 宅	221	109	198
学 校	12,719	9,465	19,355
公 園	3,569	5,055	10,110

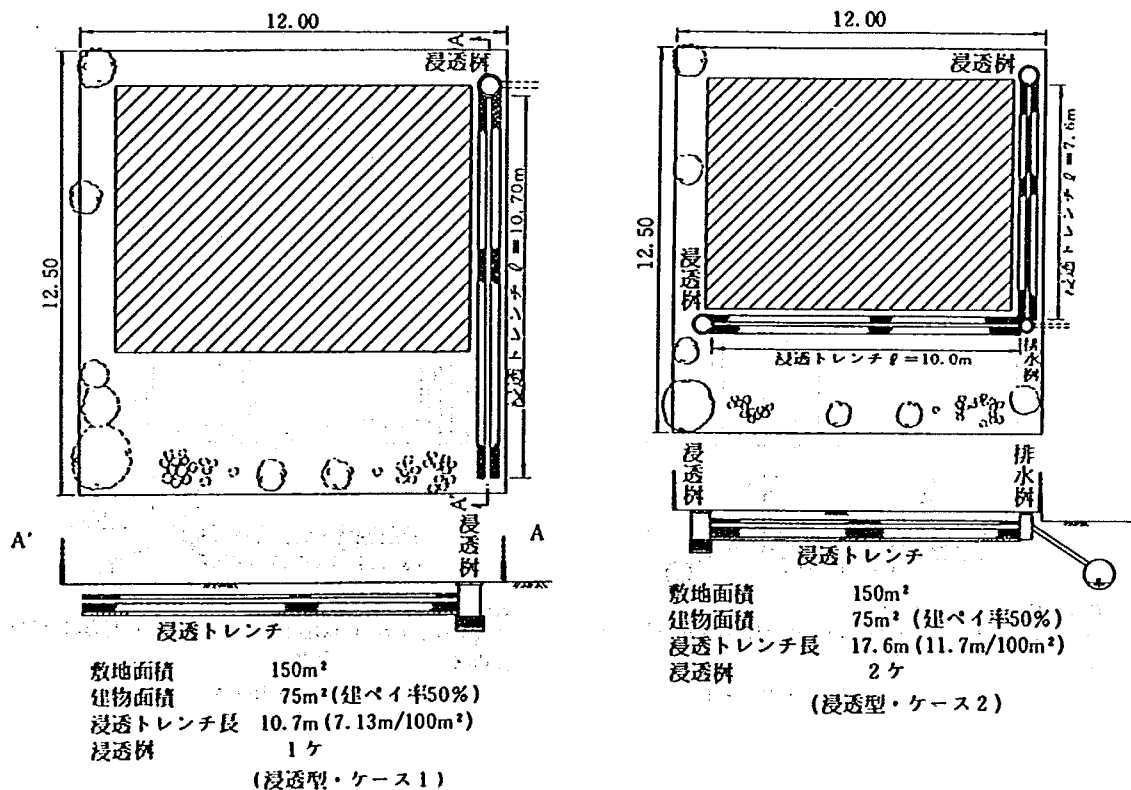


図-2(1) 個人住宅

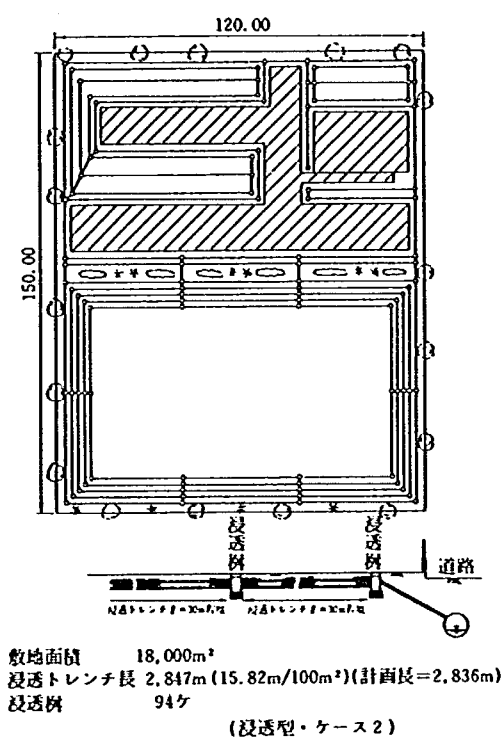
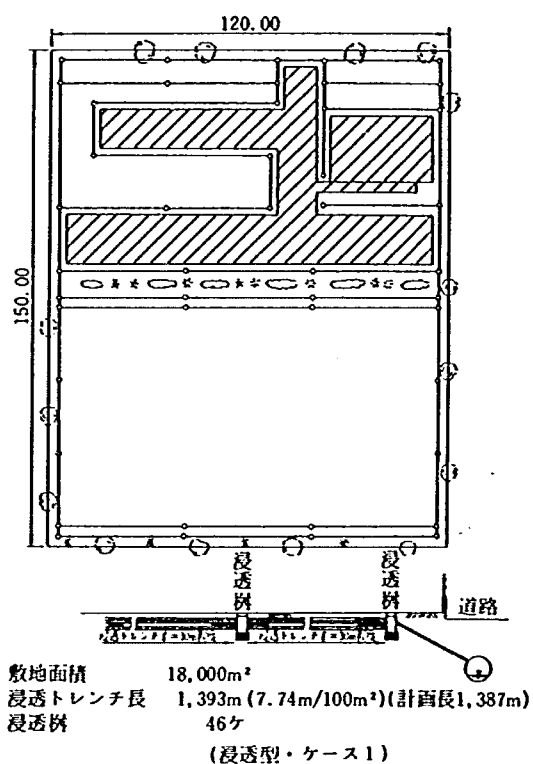


図- 2(2) 学 校

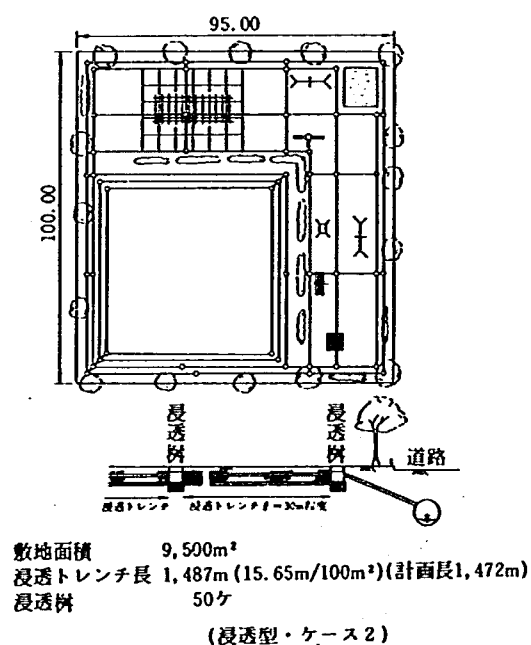
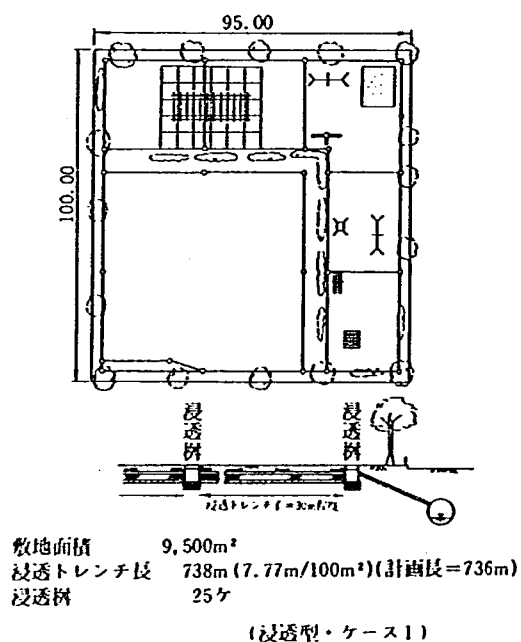


図- 2(3) 公 園

付 表 現 地 浸 透 実 験 デ ー タ ベ ー ス 模 型 実 験 デ ー タ ベ ー ス

現 地 調 査 機 関 名

付表 1	建設省土木研究所総合治水研究室
付表 2	〃
付表 3	〃
付表 4	〃
付表 5	〃
付表 6	茨城県企画部
付表 7	〃
付表 8	北海道開発局石狩川開発建設部
付表 9	苫小牧東部開発株式会社
付表 10	関東地方建設局荒川下流工事事務所
付表 11	関東地方建設局京浜工事事務所
付表 12	関東地方建設局江戸川工事事務所
付表 13	〃
付表 14	中部地方建設局木曽川下流工事事務所
付表 15	地域振興整備公団

水 理 模 型 実 験 調 査 機 関 名

付表 16	建設省土木研究所総合治水研究室
27	

関 東 地 方 建 設 局 内 に お け る 地 盤 の 浸 透 能 調 査 の 概 要 (付 表 10 ～ 13 に つ い て)

新河岸川支川黒目川流域.....	219
鶴見川流域.....	227
中川・綾瀬川流域.....	233

注) 浸透能 a は、 $a=Q/A/H$ として計算している。直径 $D=30\text{cm}$ の円筒型施設に対応する浸透能を評価するには本報告書 6 章参照のこと。また円筒型施設は、側面から浸透しない構造である。さらに模型実験結果は、すべて定水頭実験により行ったものである。

支那の經濟史

支那の經濟史

支那の經濟史

支那の經濟史

支那の經濟史

支那の經濟史

支那の經濟史

支那の經濟史

支那の經濟史

支那の經濟史

支那の經濟史

支那の經濟史

支那の經濟史

支那の經濟史

支那の經濟史

支那の經濟史

支那の經濟史

支那の經濟史

支那の經濟史

支那の經濟史

支那の經濟史

支那の經濟史

支那の經濟史

支那の經濟史

支那の經濟史

支那の經濟史

支那の經濟史

付表 1

土木研究所構内 (円筒型)

S. 57年

A = 3737.4 cm

タイプ**	土質名	実験方法	Dp(底幅) (cm)	Hp(湛水深) (cm)	*Lp(地下水位) (m)	T(注水温) (℃)	Qp(浸透量) (l/hr)	Qp15(浸透量) (l/hr)	ap(浸・能) (l/hr)
円筒型B ₆ , 1	関東ローム層	定水頭	69	60	1.275		620.7		(2.77)
" 2	"	"	"	"	1.234		782.2		(3.49)
" 3	"	"	"	"	0.101		237.7		(1.06)
" 4	"	"	"	"	0.183		277.7		(1.24)
" 5	"	"	"	"	0.291		253.8		(1.13)
" 6	"	"	"	"	0.327		228.8		(1.02)
" 7	"	"	"	"	0.369		241.3		(1.08)
" 8	"	"	"	"	0.433	22	245.0	205.6	0.92
" 9	"	"	"	"	0.477	17	238.2	226.3	1.01
" 10	"	"	"	"	0.689	21	240.5	206.6	0.92
" 11	"	"	"	"	0.512	15	200.8	200.8	0.90
" 12	"	"	"	"	0.781	12	219.3	238.0	1.06
" 13	"	"	"	"	0.852	11	233.2	260.2	1.16
" 14	"	"	"	"	1.167	9	202.0	238.8	1.06
" 15	"	"	"	"	1.265	10	295.5	339.5	1.51
" 16	"	"	"	"	1.413	8	336.2	409.1	1.82

* Lpは、施設底面と地下水面までの差

* * 円筒型 1～16はすべて同一施設、同一調査地点

付表 2

土木研究所構内 (円筒型)

S.58年

A = 3737.4 cm²

タイプ*	土質名	実験方法	Dp(底幅) (cm)	Hp(湛水深) (cm)	Lp(地下水位) (m)	T(注水温) (℃)	Qp(浸透量) (ℓ/hr)	Q _{pis} (浸透量) (ℓ/hr)	ap(浸・能) (ℓ/hr)
円筒型B ₁₁ ,1	関東ローム層	定水頭	69	60	1.420	20	472	415.4	1.85
" 2	"	"	"	"	1.050	18.7	384	349.1	1.56
" 3	"	"	"	"	0.880	18.8	231	209.5	0.93
" 4	"	"	"	"	0.350	24.5	202	159.8	0.71
" 5	"	"	"	"	0.695	25.5	209	161.6	0.72
" 6	"	"	"	"	0.950	27	205	153.3	0.68
" 7	"	"	"	"	0.700	25	138	107.9	0.48
" 8	"	"	"	"	0.080	21	77	66.1	0.29
" 9	"	"	"	"	0.250	22	120	100.7	0.45
" 10	"	"	"	"	0.390	20.5	122	104.6	0.47
" 11	"	"	"	"	0.530	19	128	115.5	0.52
" 12	"	"	"	"	0.720	16	135	131.6	0.59
" 13	"	"	"	"	0.900	13	103	108.6	0.48
" 14	"	"	"	"	1.225	3	76	108.2	0.48
" 15	"	"	"	"	1.430	6	81	83.3	0.37
" 16	"	"	"	"	1.230	9	105	124.1	0.55

* すべて同一施設, 同一調査地点

付表 3

土木研究所構内（トレンチ型） S. 57年

$$A = 30 \times 100 = 3,000 \text{ cm}^2$$

タイプ*	土質名	実験方法	Dp(底幅) (cm)	Hp(湛水深) (cm)	Lp(地下水位) (m)	T(注水温) (℃)	Qp(浸透量) (t/hr/m)	Qp15(浸透量) (t/hr/m)	ap(浸・能) ($1/\text{hr}$)
トレンチ 型 D・	1 関東ローム層	定水頭	$\ell_p = 30 \text{ cm}$ $A_p = 30 \times 100$	57.5	1.054	—	317.2	—	(1.84)
"	2 "	"	"	"	0.309	23.5	206.1	166.8	0.97
"	3 "	"	"	"	0.234	23	188.5	154.4	0.90
"	4 "	"	"	"	0.363	20	209.5	184.4	1.07
"	5 "	"	"	"	0.218	19	188.3	193.4	1.12
"	6 "	"	"	"	0.405	19	209.2	188.7	1.09
"	7 "	"	"	"	0.551	17	239.5	227.5	1.32
"	8 "	"	"	"	0.431	17	223.9	212.7	1.23
"	9 "	"	"	"	0.660	15	233.8	233.8	1.36
"	10 "	"	"	"	0.748	13	240.2	253.4	1.47
"	11 "	"	"	"	0.862	12	258.3	280.3	1.62
"	12 "	"	"	"	0.971	11	244.0	272.3	1.58
"	13 "	"	"	"	1.054	10	160.8	184.8	1.07
"	14 "	"	"	"	1.061	10	321.1	368.9	2.22
"	15 "	"	"	"	1.147	11	254.1	283.6	1.64
"	16 "	"	"	"	1.278	10	265.2	304.7	1.76

* 同一施設，同一調査地点

付表 4

土木研究所構内（円筒型）

タイプ	土質名	実験方法	D _p (底幅) (cm)	H _p (湛水深) (cm)	L _p (地下水位) (m)	T(注水温) (℃)	Q _p (浸透量) (ℓ/hr)	Q _{ps} (浸透量) (ℓ/hr)	ap(浸・能) (l/hr)
円筒型B,1回目	関東ローム層	定水頭	69	60	0.880		217.0		0.97
,2 "	"	"	"	"	"		179.0		0.80
B1,1 "	"	"	"	"	0.710		150.0		0.67
,2 "	"	"	"	"	"		320.0		1.43
,3 "	"	"	"	"	"		365.0		1.63
B9,1 "	"	"	30	"	1.410		194.2		4.58
,2 "	"	"	"	"	1.490		107.0		2.52
B10,1 "	"	"	49	"	"		432.8		3.83
,2 "	"	"	"	"	1.440		338.5		2.99
B12,1 "	"	"	69	"	0.990		502.0		2.24
,2 "	"	"	"	"	1.035		493.0		2.20
,3 "	"	"	"	"	1.125		313.0		1.40
B13,1 "	"	"	30	"	0.985		75.0		1.77
,2 "	"	"	"	"	1.080		215.0		5.07
,3 "	"	"	"	"	1.125		183.0		4.32
B14,1 "	"	"	15	"	1.010		112.0		10.57
,2 "	"	"	"	"	1.115		149.0		14.06
,3 "	"	"	"	"	1.115		46.0		4.34

付表 5

土木研究所構内（円筒型）

タイプ	土質名	実験方法	ℓ_p (底幅) (cm)	H_p (湛水深) (cm)	L_p (地下水位) (m)	T(注水温) (℃)	Q_p (浸透量) (ℓ/hr)	Q_{ps} (浸透量) (ℓ/hr)	a_p (浸透能) (l/hr)
トレンチ 型 F, 1回目	関東ローム層	定水頭	$\ell_p \times L_{ip}$ 30×1,092	72.5	1.560		4,022.0		1.69
, 2 "	"	"	"	"	1.570		3,231.0		1.36
, 3 "	"	"	"	"	1.580		2,887.0		1.22
G, 1 "	"	"	62×1,090	"	1.500		4,150.0		0.85
, 2 "	"	"	"	"	1.460		3,558.0		0.73
, 3 "	"	"	"	"	1.510		3,022.0		0.62
H, 1 "	"	"	91×1,089	"	1.420		4,628.0		0.65
, 2 "	"	"	"	"	1.450		3,925.0		0.55
, 3 "	"	"	"	"	1.470		3,477.0		0.49
J, 1 "	"	"	30× 470	57.5	1.000		1,383.0		1.71
, 2 "	"	"	"	"	1.020		1,272.0		1.57
, 3 "	"	"	"	"	1.120		957.0		1.18
K, 1 "	"	"	60× 470	"	0.980		1,405.0		0.87
, 2 "	"	"	"	"	1.070		1,181.0		0.73
, 3 "	"	"	"	"	1.130		1,064.0		0.66
L, 1 "	"	"	90× 470	"	0.960		1,688.0		0.69
, 2 "	"	"	"	"	1.040		1,746.0		0.72
, 3 "	"	"	"	"	1.080		1,943.0		0.80

付表 6

科学博開催地

谷田部地区

A = 962.0 cm²

タイプ*	土質名	実験方法	Dp(底幅) (cm)	Hp(湛水深) (cm)	Hp(地下水位) (m)	T(注水温) (℃)	Qp(浸透量) (ℓ/hr)	Q ₁₅ (浸透量) (ℓ/hr)	ap(浸・能) (ℓ/hr)
Mマス型Ⅰ 1	関東ローム層	定水頭	35	50	1.70		463.0		9.63
" 2	"	"	"	"	2.08		412.3		8.57
" 3	"	"	"	"	2.33		430.0		8.94
Mマス型Ⅱ 1	凝灰質粘土	"	"	"	1.14		342.0		7.11
" 2	"	"	"	"	1.74		247.0		5.14
" 3	"	"	"	"	1.97		230.5		4.79
Mマス型Ⅲ 1	"	"	"	"	0.94		37.0		0.77
" 2	"	"	"	"	1.31		103.0		2.14
" 3	"	"	"	"	1.50		267.0		5.55
SUB-Ⅰ マス型Ⅱ 1	関東ローム層	"	"	"			95.5		1.99
" 2	"	"	"	"			94.5		1.96
" 3	"	"	"	"			46.0		0.96
SUB-Ⅱ マス型Ⅱ 1	"	"	"	"			159.5		3.32
" 2	"	"	"	"			175.8		3.65
" 3	"	"	"	"			189.6		3.94
Mトレンチ型 Ⅰ 1	"	"	30×200	40	1.11		1,233.4		5.14
" 2	"	"	"	"	1.70		949.0		3.95
" 3	"	"	"	"	1.82		837.0		3.49
Mトレンチ型 Ⅱ 1	関東ローム層 凝灰質粘土	"	50×200	60	0.87		1,086.9		1.81
" 2	"	"	"	"	1.57		758.6		1.26
" 3	"	"	"	"	1.58		687.0		1.15

* 1～3は同一施設，同一調査地点

付表 7

科学博開催地

筑波・大穂地区

 $A = 962.0 \text{ cm}^2$

タイプ*	土質名	実験方法	Dp(底幅) (cm)	Hp(湛水深) (cm)	Lp(地下水位) (m)	T(注水温) (℃)	Qp(浸透量) (ℓ/hr)	Q ₁₅ (浸透量) (ℓ/hr)	ap(浸・能) (ℓ/hr)
Mマス型Ⅰ 1	関東ローム層	定水頭	35	50	0.72		97.0		2.02
" 2	"	"	"	"	1.05		28.0		0.58
" 3	"	"	"	"	0.90		48.3		1.0
Mマス型Ⅱ 1	"	"	"	"	0.22		56.0		1.16
" 2	"	"	"	"	0.69		87.0		—
" 3	"	"	"	"	0.54		50.0		1.04
Mマス型Ⅲ 1	"	"	"	"	-0.19		2.12		0.04
" 2	"	"	"	"	0.11		2.25		0.05
" 3	"	"	"	"	-0.03		0		0.
SUB-Ⅱ マス型 1	凝灰質粘土	"	"	"			100.3		2.09
" 2	"	"	"	"			—		—
" 3	"	"	"	"			39.6		0.82
MTレンチ 型Ⅰ 1	関東ローム層	"	30×200	40	0.24		1,718.3		7.16
" 2	"	"	"	"	0.80		864.9		3.60
" 3	"	"	"	"	0.59		760.0		3.17
MTレンチ 型Ⅱ 1	"	"	50×200	60	-0.11		2,093.3		3.49
" 2	"	"	"	"	0.40		1,316.0		2.19
" 3	"	"	"	"	0.24		1,204.3		2.01

* 1～3は同一施設，同一調査地点

付表 8

豊平川扇状表・月寒台地

A=638 cm

タイプ*	土質名	実験方法	Dp(底幅) (cm)	Hp(湛水深) (cm)	Lp(地下水位) (m)	T(注水温) (℃)	Qp(浸透量) (l/hr)	Q ₁₅ (浸透量) (l/hr)	ap(浸・能) (l/hr)
円筒型 *1	砂 礫	定水頭	28.5	30	6.0		96.6		5.05
" 2	"	"	"	60	"		116.4		3.04
" 3	"	"	"	90	"		226.2		3.94
" 4	シルト砂礫	"	"	30			2.7		0.14
" 5	(造成地盤)	"	"	60			2.8		0.07
" 6	"	"	"	90			3.1		0.05
" 7	火山灰層	"	"	30	30.0		166.2		8.68
" 8	"	"	"	60	"		414.6		10.83
" 9	"	"	"	90	"		864.6		15.05

*) は同一施設, 同一調査地点の資料である。

付表 9

支笏ローム層・支笏火山灰層

タイプ*	土質名	実験方法	Dp(底幅) (cm)	Hp(湛水深) (cm)	Lp(地下水位) (m)	T(注水温) (℃)	Qp(浸透量) (l/hr)	Q ₁₅ (浸透量) (l/hr)	ap(浸・能) (l/hr)
トレンチ型 (矩 形) 1	恵庭ローム層	定水頭	t _p =40×30 30×200	20	6.0		612.0		5.10
" 2	恵庭軽石層	"	"	30	"		1,187.4		6.60
" 3	"	"	"	40	"		1,932.0		8.05
" 4	"	"	t _p =60×50 50×200	20	"		804.0		4.02
" 5	"	"	"	40	"		2,220.0		5.55
" 6	"	"	"	60	"		3,575.4		5.96
トレンチ型 (台 形) 7	"	"	t _p =57×30 30×200	20	"		600.0		5.00
" 8	"	"	"	30	"		1,872.0		10.40
" 9	"	"	"	40	"		3,095.4		12.90
" 10	"	"	t _p =85×50 50×200	20	"		576.0		2.88
" 11	"	"	"	40	"		2,340.0		5.85
" 12	"	"	"	60	"		4,535.4		7.56
円筒型 13	"	"	100	40	"		97.8		0.31
" 14	"	"	"	60	"		175.8		0.37
" 15	支笏湖 火山灰層	"	35	40	"		252.0		6.55
" 16	(ローム層)	"	"	60	"		456.0		7.90
" 17	"	"	"	80	"		924.0		12.01

*) は同一施設, 同一調査地点の資料である。

付表 10

黒 目 川 流 域

タイプ	土質名	実験方法	Dp(底幅) (cm)	Hp(湛水深) (cm)	dp(地下水位) (m)	T(注水温) (℃)	Qp(浸透量) (l/hr)	Qp15(浸透量) (l/hr)	ap(浸・能) (l/hr)
円筒型	1 黒ボク	変水頭	30.5	40	5.0*				1.47~1.53
	2 "	"	"	"	9.0*				1.10
	3 関東ローム (盛土)	"	"	"	5.0*				0.42
	4 関東ローム	"	"	"	10.0*				1.19
	5 レキ混り、シル ト質、細砂	"	"	"	5.0*				0.31
	6 関東ローム	"	"	"	11.0*				2.75~3.92
	7 黒ボク	"	"	"	7.0*				4.47~5.24
	8 "	"	"	"	8.0*				3.19~4.16
	9 関東ローム	"	"	"	10.0*				1.43
	10 "	"	"	"	15.0*				1.02
	11 "	"	"	"	14.0*				0.60
	12 "	"	"	"	3.0*				0.79
	13 黒ボク	"	"	"	5.0*				2.25
	14 関東ローム	"	"	"	1.5				2.79
	15 黒ボク	"	"	"	9.0*				1.13
	16 レキ混り 黒ボク	"	"	"	4.0				2.58~2.77
	17 黒ボク	"	"	"	2.1				4.22~4.79
	18 関東ローム	"	"	"	10.0*				1.37
	19 黒ボク	"	"	"	4.0*				1.61
	20 関東ローム	"	"	"	6.0*				1.32

* は 1974~1978 の井戸のデータである。

** 調査地点はすべて異なる。

付表 11

鶴 見 川 流 域

タイプ*	土 質	切盛	実験方法	Dp(底 幅) (cm)	Hp(湛水深) (cm)	Lp(地下水位) (m)	T(注水温) (℃)	Qp(浸透量) (ℓ/hr)	Qps(浸透量) (ℓ/hr)	ap(浸・能) (l/hr)
円筒型 1	古期ローム	切	変 水 頭	30	70					—
			不完全定水頭							5.07
" 2	二次堆積土	盛	変 水 頭	"	"					0.36
" 3	沖 積 土	"	"	"	"					0.022
" 4	"	"	"	"	"					0.75
" 5	新期ローム	自 然	変 水 頭	"	"					4.40
			不完全定水頭							3.26
" 6	二次堆積土	盛	変 水 頭	"	"					0.020
" 7	砂	切	変 水 頭	"	"					0.88
			不完全定水頭							—
" 8	新期ローム	自 然	変 水 頭	"	"					2.63
			不完全定水頭							1.74
" 9	沖 積 土	盛	変 水 頭	"	"					0.0035
" 10	二次堆積土	"	変 水 頭	"	"					0.059
			不完全定水頭							
" 11	新期ローム	自 然	変 水 頭	"	"					3.72
			不完全定水頭							2.18
" 12	沖 積 土	盛	変 水 頭	"	"					1.17
			不完全定水頭							—
" 13	新期ローム	自 然	変 水 頭	"	"					8.86
" 14	砂	切	変 水 頭	"	"					1.35
			不完全定水頭							1.56
" 15	新期ローム	自 然	変 水 頭	"	"					8.49
			不完全定水頭							2.14
" 16	沖 積 土	盛	変 水 頭	"	"					0.0035
" 17	古期ローム	切	"	"	"					0.0022
" 18	粘 土	自 然	"	"	"					0.017
" 19	砂 礫	盛	変 水 頭	"	"					10.1
			不完全定水頭							10.0
" 20	粘土化軽石	自 然	変 水 頭	"	"					0.031

* 調査地点はすべて異なる。

付表 12

中 川 流 域 (S. 57年度)

タイプ*	地形区分	地質区分 (土質面)	Dp(底 幅) (cm)	Hp(湛水深) (cm)	Qp(浸透量) (ℓ/hr)	Lp(地下水位) (m)	ap(浸・能) l/hr	地形区分毎の浸透能力a(l/hr)				実 験 方 法
								ローム	砂	礫・砂	泥	
円筒型 1	自然堤防	礫・砂	38	70	406	0.83	5.12			5.12		定水頭
" 2	"	"	"	"	633	2.30	7.98			7.98		"
" 3	低 地	"	"	"	6	-0.11	0.08			0.08		"
" 4	台 地	ローム	"	"	758	2.30	9.55	9.55				"
" 5	"	"	"	"	592	2.30	7.46	7.46				"
" 6	自然堤防	砂	"	"	7	0.74	0.09		0.09			"
" 7	"	"	"	"	42	2.30	0.53		0.53			"
" 8	"	"	"	"	94	2.12	1.19		1.19			"
" 9	台 地	ローム	"	"	24	2.30	0.30	0.30				"
" 10	"	"	"	"	41	2.30	0.52	0.52				"
" 11	自然堤防	砂	"	"	157	0.89	1.98		1.98			"
" 12	"	"	"	"	10	1.12	0.13		0.13			"
" 13	台 地	ローム	"	"	201	0.65	2.53	2.53				"
" 14	低 地	泥	"	"	0	0.06	—				—	"
" 15	台 地	ローム	"	"	233	2.30	2.94	2.94				"
" 16	"	"	"	"	137	2.30	1.73	1.73				"
" 17	低 地	泥	"	"	0	0.06	—				—	"
" 18	"	"	"	"	19	0.42	0.24				0.24	"
" 19	"	"	"	"	17	0.89	0.21				0.21	"
" 20	自然堤防	砂	"	"	48	1.39	0.61		0.61			"
" 21	台 地	ローム	"	"	35	1.12	0.44	0.44				"
" 22	自然堤防	砂	"	"	101	2.30	1.27		1.27			"
" 23	低 地	泥	"	"	0	0.30	—				—	"
" 24	"	"	"	"	6	0.62	0.08				0.08	"
" 25	自然堤防	砂	"	"	0	0.83	—					"
" 26	台 地	ローム	"	"	74	2.30	0.93	0.93				"
" 27	低 地	泥	"	"	0	0.42	—				—	"
" 28	"	"	"	"	12	0.89	0.15				0.15	"
" 29	"	"	"	"	0	0.51	—				—	"
" 30	"	"	"	"	19	0.51	0.24				0.24	"
*調査地点はすべて異なる。								平 均	2.93	0.82	4.39	0.18

付表 13

中 川 流 域 (S. 58年度)

タイプ*	地形区分	地質区分	Dp(底幅) (cm)	Hp(湛水深) (cm)	Qp(浸透量) (ℓ/hr)	Lp(地下水位) (m)	ap(浸・能) (ℓ/hr)	地形区分毎の浸透能力 a(ℓ/hr)				実験方法
								ローム	砂	礫・砂	泥	
円筒型 1	自然堤防	礫・砂	38	70	171	2.30	2.16			2.16		定水頭
2	"	"	"	"	59	2.30	0.74			0.74		"
3	"	"	"	"	18	2.30	0.23			0.23		"
4	台 地	ローム	"	"	649	2.30	8.18	8.18				"
5	低 地	泥	"	"	0	0.40	—				—	"
6	自然堤防	砂	"	"	185	2.30	2.33		2.33			"
7	"	"	"	"	11	-0.10	0.14		0.14			"
8	"	"	"	"	0	0.20	—		—			"
9	"	"	"	"	0	0.40	—		—			"
10	台 地	ローム	"	"	189	2.30	2.38	2.38				"
11	"	"	"	"	164	2.30	2.07	2.07				"
12	"	"	"	"	546	0.50	6.88	6.88				"
13	"	"	"	"	469	2.30	5.91	5.91				"
14	"	"	"	"	389	2.30	4.90	4.90				"
15	"	"	"	"	513	2.30	6.47	6.47				"
16	"	"	"	"	885	2.30	11.15	11.15				"
17	自然堤防	砂	"	"	22	2.30	0.28		0.28			"
18	台 地	ローム	"	"	96	2.30	1.21	1.21				"
19	"	"	"	"	341	2.30	4.30	4.30				"
20	自然堤防	砂	"	"	108	1.20	1.36		1.36			"
*調査地点はすべて異なる。								平 均	5.35	1.03	1.04	—

付表 14

木 曾 川 流 域 (S. 58年度)

タイプ	地形区分	地質区分 (土質面)	Dp(底幅) (cm)	Hp(湛水深) (cm)	Qp(浸透量) (ℓ/hr/m)	Lp(地下水位) (m)	ap(浸・能) 1/hr	実験方法
トレンチ型	丘 陵 地	固結シルト	40	40	0.2		0.00125	定水頭
"	"	砂 礫	"	"	4.5~150		0.03~0.94	"
"	洪 積 段 丘 中高位段丘	粘 性 土	"	"	20.5		0.1	"
"	"	砂 礫	"	"	50~420		0.31~2.6	"
"	洪 積 段 丘 低位段丘	砂・砂質土	"	"	675		4.2	"
"	沖 積 低 地 浚 築 土	砂	"	"	1,750		10.9	"
"	沖 積 低 地 盛 土	"	"	"	1,000		6.25	"

付表 15

いわきユニータウン・賀茂学園

タイプ	地形区分	地質区分 (土質面)	Dp(底幅) (cm)	Hp(湛水深) (cm)	Qp(浸透量) ($\ell/\text{hr}\cdot\text{m}$)	Lp(地下水位) (m)	ap(浸・能) ℓ/hr	実験方法	その他
同筒型	いわき 切土部	粗粒砂岩	35	40	18.9		0.39	定水頭	福島県
"	賀茂 切土部	風化マサ	"	"	9.0		0.18	"	広島県

付表 16

タイプ, ケース	湛水深	地下水位	底面の直径	透水係数	浸透量	浸透底面積	総ヘッド差	無次元値					備考
円筒型	Hm (cm)	Lm (cm)	Dm (cm)	Km (cm/s)	Qm15 (cm/s)	Am (cm ²)	ΔH (cm)	$\frac{Qm15}{Km \cdot Am}$	$\frac{Hm}{Dm}$	$\frac{Lm}{Dm}$	$\frac{Lm}{Hm}$	$\frac{Hm+Lm}{Dm}$	
A-1-1	1.3	15.1	2.0	6.01×10^{-2}	1.95	1.57	16.4	20.67	0.65	7.55	11.62	8.20	
2-1	2.0	15.3	"	"	1.83	"	17.3	19.39	1.00	7.65	7.65	8.65	
3-1	3.3	15.2	"	"	2.70	"	18.5	28.61	1.65	7.60	4.61	9.25	
4-1	4.7	15.2	"	"	3.08	"	19.9	32.64	2.35	7.60	3.23	9.95	
A-1-2	1.3	8.9	"	"	1.60	"	10.2	16.96	0.65	4.45	6.85	5.10	
2-2	2.0	8.8	"	"	1.60	"	10.8	16.96	1.00	4.40	4.40	5.40	
3-2	3.3	8.8	"	"	2.05	"	12.1	21.73	1.65	4.40	2.67	6.05	
4-2	4.7	9.0	"	"	2.41	"	13.7	25.54	2.35	4.50	1.91	6.85	
A-1-3	1.3	2.2	"	"	0.89	"	3.5	9.43	0.65	1.10	1.69	1.75	
2-3	2.0	1.9	"	"	0.60	"	3.9	6.36	1.00	0.95	0.95	1.95	
3-3	3.3	1.7	"	"	1.11	"	5.0	11.76	1.65	0.85	0.52	2.50	
4-3	4.7	2.0	"	"	1.43	"	6.7	15.16	2.35	1.00	0.43	3.35	
B-1-1	2.0	15.6	2.0	5.32×10^{-2}	2.33	1.57	17.6	27.90	1.00	7.80	7.8	8.80	
2-1	1.3	15.6	"	"	2.03	"	16.9	24.30	0.65	7.80	12.0	8.45	
3-1	4.7	15.5	"	"	2.62	"	20.2	31.37	2.35	7.75	3.30	10.10	
B-1-2	2.0	8.7	"	"	1.61	"	10.7	19.26	1.00	4.35	4.35	5.35	
2-2	1.3	8.8	"	"	1.16	"	10.1	13.89	0.65	4.40	6.77	5.05	
3-2	4.7	7.2	"	"	1.62	"	11.9	19.40	2.35	3.60	1.53	5.95	
B-1-3	2.0	2.5	"	"	0.55	"	4.5	6.58	1.00	1.25	1.25	2.25	
2-3	1.3	2.6	"	"	0.48	"	3.9	5.75	0.65	1.30	2.0	1.95	
3-3	4.7	2.3	"	"	0.80	"	6.9	9.58	2.35	1.15	0.49	3.50	

付表 17

タイプ, ケース	湛水深	地下水位	底面の直径	透水係数	浸透量	浸透底面積	総ヘッド差	無次元値					備考
円筒型	Hm (cm)	Lm (cm)	Dm (cm)	Km (cm/s)	Qm15 (cm ³ /s)	Am (cm ²)	ΔH (cm)	$\frac{Qm15}{Km \cdot Am}$	$\frac{Hm}{Dm}$	$\frac{Lm}{Dm}$	$\frac{Lm}{Hm}$	$\frac{Hm+Lm}{Dm}$	
C-1-1	7.0	3.1	4.0	6.01×10^{-2}	2.73	6.28	10.1	7.2	1.8	0.8	0.4	2.5	
2-1	5.1	3.0	"	"	1.95	"	8.1	5.2	1.3	0.8	0.6	2.0	
3-1	3.6	2.9	"	"	1.19	"	6.5	3.2	0.9	0.7	0.8	1.6	
4-1	1.8	2.9	"	"	0.65	"	4.7	1.7	0.5	0.7	1.4	1.2	
C-1-2	7.0	11.4	"	"	3.58	"	18.4	9.5	1.8	2.9	1.6	4.6	
2-2	5.0	11.4	"	"	2.71	"	16.4	7.2	1.3	2.9	2.2	4.1	
3-2	3.5	11.4	"	"	2.16	"	14.9	5.7	0.9	2.9	3.2	3.7	
4-2	1.8	11.4	"	"	1.71	"	13.2	4.5	0.5	2.9	5.8	3.3	
C-1-3	6.7	20.0	"	"	5.84	"	26.7	15.5	1.7	5.0	2.9	6.7	
2-3	5.0	20.0	"	"	4.76	"	25.0	12.6	1.3	5.0	3.8	6.3	
3-3	3.5	20.0	"	"	3.79	"	23.5	10.1	0.9	5.0	5.6	5.9	
4-3	1.7	20.0	"	"	3.25	"	21.7	8.6	0.4	5.0	12.5	5.4	
D-1-1	3.9	2.6	4.0	1.50×10^{-1}	1.53	6.28	6.5	1.62	0.98	0.65	0.66	1.63	
2-1	3.9	5.6	"	"	2.36	"	9.5	2.51	0.98	1.40	1.43	2.38	
3-1	3.9	8.6	"	"	2.82	"	12.5	2.99	0.98	2.15	2.19	3.13	
4-1	3.9	13.4	"	"	2.96	"	17.3	3.14	0.98	3.35	3.42	4.33	
E-1-1	3.9	1.4	"	"	8.40	"	5.3	8.92	0.98	0.35	0.36	1.33	
2-1	3.9	5.0	"	"	12.78	"	8.9	13.57	0.98	1.25	1.28	2.23	
3-1	3.9	9.0	"	"	14.42	"	12.9	15.31	0.98	2.25	2.30	3.23	
4-1	3.9	13.3	"	"	15.97	"	17.2	16.95	0.98	3.33	3.40	4.31	

付表 18

タイプ、ケース	湛水深	地下水位	底面の直径	透水係数	浸透量	浸透底面積	総ヘッド差	無次元値					備考
円筒型	Hm (cm)	Lm (cm)	Dm (cm)	Km (cm/s)	Qm is (cm ³ /s)	Am (cm ²)	ΔH (cm)	$\frac{Qm is}{Km \cdot Am}$	$\frac{Hm}{Dm}$	$\frac{Lm}{Dm}$	$\frac{Lm}{Hm}$	$\frac{Hm+Lm}{lm}$	
F-1-1	15.0	6.7	5.0	4.35×10^{-2}	2.8	9.81	21.7	6.56	3.00	1.34	0.45	4.34	
2-1	9.5	6.7	"	"	2.0	"	16.2	4.69	1.90	1.34	0.71	3.24	
3-1	5.2	6.7	"	"	1.5	"	11.9	3.52	1.04	1.34	1.29	2.38	
4-1	2.3	6.7	"	"	1.1	"	9.0	2.58	0.46	1.34	2.91	1.80	
F-1-2	14.2	12.1	"	"	5.1	"	26.3	11.95	2.84	2.42	0.85	5.26	
2-2	10.5	12.1	"	"	4.3	"	22.6	10.08	2.10	2.42	1.15	4.52	
3-2	5.8	12.0	"	"	3.2	"	17.8	7.50	1.16	2.40	2.07	3.56	
4-2	2.2	12.0	"	"	2.4	"	14.2	5.62	0.44	2.40	5.45	2.84	
F-1-3	14.8	27.1	"	"	7.2	"	41.9	16.87	2.96	5.42	1.83	8.38	
2-3	9.9	27.1	"	"	6.3	"	37.0	14.76	1.98	5.42	2.74	7.40	
3-3	4.7	27.1	"	"	5.2	"	31.1	12.19	0.94	5.42	5.77	6.36	
4-3	2.8	27.1	"	"	4.6	"	29.9	10.78	0.56	5.42	9.68	5.98	
F-1-4	14.9	44.8	"	"	7.6	"	59.7	17.81	2.98	8.96	3.01	11.94	
2-4	9.0	44.8	"	"	6.3	"	53.8	14.76	1.80	8.96	4.98	10.76	
3-4	4.9	44.7	"	"	5.2	"	49.6	12.19	0.98	8.94	9.12	9.92	
4-4	2.0	44.7	"	"	4.7	"	46.7	11.01	0.40	8.94	22.35	9.34	

付表 19

タイプ、ケース	湛水深	地下水位	底面の直径	透水係数	浸透量	浸透底面積	浸透ヘッド差	無次元値					備考
円筒型	Hm (cm)	Lm (cm)	Dm (cm)	Km (cm/s)	Qm 15 (cm ³ /s)	Am (cm ²)	ΔA (cm)	$\frac{Qm 15}{Km \cdot Am}$	$\frac{Hm}{Dm}$	$\frac{Lm}{Dm}$	$\frac{Lm}{Hm}$	$\frac{Hm+Lm}{lm}$	
G-1-1	4.0	46.0	6.5	6.01×10^{-2}	17.96	16.58	50.0	18.02	0.62	7.08	11.42	7.70	
2-1	6.0	46.0	"	"	20.41	"	52.0	20.48	0.92	7.08	7.70	8.00	
3-1	10.0	46.0	"	"	21.66	"	56.0	21.74	1.54	7.08	4.60	8.62	
4-1	14.0	46.0	"	"	30.66	"	60.0	30.77	2.15	7.08	3.29	9.23	
G-1-2	4.0	26.0	"	"	13.54	"	30.0	13.59	0.62	4.00	6.45	4.62	
2-2	6.0	26.0	"	"	15.31	"	32.0	15.36	0.92	4.00	4.35	4.92	
3-2	10.0	26.0	"	"	17.53	"	36.0	17.59	1.54	4.00	2.60	5.54	
4-2	14.0	26.0	"	"	21.47	"	40.0	21.55	2.15	4.00	1.86	6.15	
G-1-3	4.0	6.2	"	"	6.66	"	10.2	6.68	0.62	0.95	1.53	1.57	
2-3	6.0	6.2	"	"	8.60	"	12.2	8.63	0.92	0.95	1.03	1.87	
3-3	10.0	6.2	"	"	11.69	"	16.2	11.73	1.54	0.95	0.62	2.49	
4-3	14.0	6.2	"	"	14.55	"	20.2	14.60	2.15	0.95	0.44	3.10	
H-1-1	4.0	45.7	10.0	6.01×10^{-2}	19.69	39.25	49.7	8.35	0.40	4.57	11.43	4.97	
2-1	6.0	46.0	"	"	25.28	"	52.0	10.72	0.60	4.60	7.67	5.20	
3-1	10.0	46.1	"	"	27.10	"	56.1	11.49	1.00	4.61	4.61	5.61	
4-1	14.0	46.2	"	"	28.65	"	60.2	12.15	1.40	4.62	3.30	6.02	
H-1-2	4.0	26.0	"	"	13.61	"	30.0	5.77	0.40	2.60	6.50	3.00	
2-2	6.0	26.0	"	"	15.09	"	32.0	6.40	0.60	2.60	4.33	3.20	
3-2	10.0	26.0	"	"	17.76	"	36.0	7.53	1.00	2.60	2.60	3.60	
4-2	14.0	26.0	"	"	18.43	"	40.0	7.81	1.40	2.60	1.86	4.00	
H-1-3	4.0	6.3	"	"	6.16	"	10.3	2.61	0.40	0.63	1.58	1.03	
2-3	6.0	6.5	"	"	7.39	"	12.5	3.13	0.60	0.65	1.08	1.25	
3-3	10.0	6.2	"	"	10.45	"	16.2	4.43	1.00	0.62	0.62	1.62	
4-3	14.0	6.2	"	"	12.19	"	20.2	5.17	1.40	0.62	0.44	2.02	

付表 20

タイプ、ケース	湛水深	地下水位	底面の直径	透水係数	浸透量	浸透底面積	総ヘッド差	無次元値						備考
円筒透水型	Hm (cm)	Lm (cm)	Dm (cm)	Km (cm/s)	Qm15 (cm ³ /s)	Am (cm ²)	ΔH (cm)	Qm15 Km・Am	Hm Dm	Lm Dm	Lm Hm	HmHm Dm		
1-1-1	1.1	4.7	4.0	1.50×10 ⁻¹	12.49	6.28	5.8	13.26	0.28	1.18	4.21	1.46		
2-1	1.8	5.0	"	"	15.47	"	6.8	16.42	0.45	1.25	2.78	1.70		
3-1	3.1	4.3	"	"	19.29	"	7.4	20.48	0.78	1.08	1.38	1.86		
4-1	5.4	4.9	"	"	26.54	"	10.3	28.17	1.35	1.23	0.91	2.58		
5-1	7.4	4.6	"	"	29.35	"	12.0	31.16	1.85	1.15	0.62	3.00		
6-1	10.0	4.9	"	"	39.28	"	14.9	41.70	2.50	1.23	0.49	3.73		
7-1	12.0	4.8	"	"	45.76	"	16.8	48.58	3.00	1.20	0.4	4.20		
1-1-2	1.0	18.1	"	"	19.56	"	19.1	20.76	0.25	4.53	18.12	4.78		
2-2	1.7	18.0	"	"	20.64	"	19.7	21.91	0.43	4.50	10.47	4.93		
3-2	3.0	18.1	"	"	24.08	"	21.1	25.56	0.75	4.53	6.04	5.28		
4-2	5.4	17.3	"	"	32.24	"	22.7	24.23	1.35	4.33	3.21	5.68		
5-2	7.7	18.0	"	"	43.01	"	25.7	45.66	1.93	4.50	2.33	6.43		
6-2	10.0	18.3	"	"	57.14	"	28.3	60.66	2.50	4.58	1.83	7.08		
7-2	12.0	17.2	"	"	61.53	"	29.2	65.32	3.00	4.30	1.43	7.30		
1-1-3	0.9	30.4	"	"	19.33	"	31.3	20.52	0.23	7.60	33.04	7.83		
2-3	1.8	31.2	"	"	21.39	"	33.0	22.71	0.45	7.80	17.33	8.25		
3-3	3.1	30.2	"	"	23.49	"	33.3	24.94	0.78	7.55	9.68	8.33		
4-3	5.4	31.8	"	"	27.49	"	37.2	29.18	1.35	7.95	5.92	9.30		
5-3	7.7	31.6	"	"	30.78	"	39.3	32.68	1.93	7.90	4.09	9.83		
6-3	10.1	31.8	"	"	58.94	"	41.9	62.57	2.53	7.95	3.14	10.48		
7-3	12.2	31.6	"	"	87.26	"	43.8	92.63	3.05	7.90	2.59	10.95		
1-1-4	0.9	46.8	"	"	24.25	"	47.7	25.74	0.23	11.70	50.87	11.93		
2-4	2.0	46.6	"	"	26.32	"	48.6	27.94	0.50	11.65	23.3	12.15		
3-4	3.3	46.6	"	"	30.07	"	49.9	31.92	0.83	11.65	14.04	12.48		
4-4	5.3	46.6	"	"	35.07	"	51.9	37.23	1.33	11.65	8.76	12.98		
5-4	7.7	46.6	"	"	40.46	"	54.3	42.95	1.93	11.65	6.04	13.58		
6-4	10.0	46.6	"	"	61.23	"	56.6	65.00	2.50	11.65	4.66	14.15		
7-4	12.0	46.6	"	"	89.34	"	58.6	94.84	3.00	11.65	3.88	14.65		

付表 21

タイプ、ケース	湛水深	地下水位	底面の直径	透水係数	浸透量	浸透底面積	総ヘッド差	無次元値					備考
								$\frac{Q_{m15}}{Km \cdot Am}$	$\frac{Hm}{Dm}$	$\frac{Lm}{Dm}$	$\frac{Lm}{Hm}$	$\frac{Hm+Lm}{Dm}$	
円筒透水型	Hm (cm)	Lm (cm)	Dm (cm)	Km (cm/s)	Q _{m15} (cm ³ /s)	Am (cm ²)	ΔH (cm)						
1'-1-1	6.8	2.9	4.0	601×10 ⁻²	10.50	6.28	9.7	27.9	1.7	0.7	0.4	2.4	
2-1	5.1	2.9	"	"	6.96	"	8.0	18.5	1.3	0.7	0.5	2.0	
3-1	3.5	3.1	"	"	4.01	"	6.6	10.6	0.9	0.8	0.9	1.7	
4-1	1.8	2.8	"	"	1.79	"	4.6	4.7	0.5	0.7	1.4	1.2	
1-2	7.1	11.3	"	"	15.15	"	18.4	40.2	1.8	2.8	1.6	4.6	
2-2	5.2	11.4	"	"	11.36	"	16.6	30.1	1.3	2.9	2.2	4.2	
3-2	3.6	11.4	"	"	8.31	"	15.0	22.0	0.9	2.9	3.2	3.8	
4-2	1.6	11.5	"	"	3.99	"	13.1	10.6	0.4	2.9	7.3	3.3	
1-3	7.0	19.8	"	"	15.00	"	26.8	39.8	1.8	5.0	2.8	6.7	
2-3	3.0	19.9	"	"	11.40	"	24.9	30.2	1.3	5.0	3.8	6.2	
3-3	3.5	20.0	"	"	8.90	"	23.5	23.6	0.9	5.0	5.6	5.9	
4-3	1.6	20.1	"	"	5.40	"	21.7	14.3	0.4	5.0	12.5	5.4	

付表 22

タイプケース	湛水深	地下水位	底面幅	透水係数	浸透量	浸透底面積	ヘッド差	無次元値					備考
トレンチ型	Hm (cm)	Lm (cm)	ℓm (cm)	Km (cm/s)	Qm15 (cm/s)	Am (cm)	ΔH (cm)	Qm15 Km・Am	Hm ℓm	Lm ℓm	Lm Hm	Hm+Lm ℓm	
J-1-1	1.3	5.0	3.0	4.35×10^{-2}	6.01	266.4	6.3	0.52	0.43	1.67	3.88	2.10	lm=3cm
2-1	1.7	4.9	"	"	17.18	"	6.6	1.48	0.57	1.63	2.86	2.20	L _{1m} =88.8 cm
3-1	3.3	5.0	"	"	30.55	"	8.3	2.64	1.10	1.67	1.52	2.77	
4-1	5.6	5.1	"	"	35.87	"	10.7	3.10	1.87	1.70	0.91	3.57	
5-1	7.8	5.1	"	"	45.45	"	12.9	3.92	2.60	1.70	0.65	4.30	
6-1	9.8	5.1	"	"	56.43	"	14.9	4.87	3.27	1.70	0.52	4.97	
7-1	12.4	5.0	"	"	66.57	"	17.4	5.74	4.13	1.67	0.40	5.80	
1-2	1.1	14.6	"	"	20.72	"	15.7	1.79	0.37	4.87	13.16	5.24	
2-2	1.8	14.9	"	"	39.52	"	16.7	3.41	0.60	4.97	8.28	5.57	
3-2	3.2	14.8	"	"	63.59	"	18.0	5.49	1.07	4.93	4.61	6.00	
4-2	5.2	15.5	"	"	69.64	"	20.7	6.01	1.73	5.17	2.99	6.90	
5-2	7.7	15.0	"	"	78.34	"	22.7	6.76	2.57	5.00	1.95	7.57	
6-2	10.1	15.3	"	"	90.02	"	25.4	7.77	3.37	5.10	1.51	8.47	
7-2	12.0	15.1	"	"	103.28	"	27.1	8.91	4.00	5.03	1.26	9.03	
1-3	1.3	25.1	"	"	13.83	"	26.4	1.19	0.43	8.37	19.47	8.80	
2-3	1.9	25.7	"	"	56.18	"	27.6	4.85	0.63	8.57	13.60	9.20	
3-3	3.0	24.3	"	"	95.78	"	27.3	8.27	1.00	8.10	8.1	9.10	
4-3	5.2	24.3	"	"	104.80	"	29.5	9.04	1.73	8.10	4.68	9.83	
5-3	7.9	25.5	"	"	110.26	"	33.4	9.51	2.63	8.50	3.23	11.13	
6-3	9.8	24.3	"	"	116.39	"	34.1	10.04	3.27	8.10	2.48	11.37	
7-3	11.8	25.4	"	"	128.53	"	37.2	11.09	3.93	8.47	2.16	12.40	
J-1-4	1.1	45.2	"	"	5.45	"	46.3	0.47	0.37	15.07	40.73	15.44	lm=3cm
2-4	2.0	44.7	"	"	70.14	"	46.7	6.05	0.67	14.90	22.24	15.57	L _{1m} =88.8 cm
3-4	3.3	45.1	"	"	98.55	"	48.4	8.50	1.10	15.03	13.67	16.13	
4-4	5.0	45.3	"	"	120.69	"	50.3	10.41	1.67	15.10	9.04	16.77	
5-4	7.5	44.8	"	"	126.11	"	52.3	10.88	2.50	14.93	5.97	17.43	
6-4	9.9	45.1	"	"	134.78	"	55.0	11.63	3.30	15.03	4.55	18.33	
7-4	12.2	44.5	"	"	159.82	"	56.7	13.73	4.07	14.83	3.64	18.90	

付表 23

タイプ、ケース	湛水深	地下水位	底面幅	透水係数	浸透量	浸透面	水頭差	無次元値					備考
トレンチ型	Hm (cm)	Lm (cm)	ℓm (cm)	Km (cm/s)	Qm15 (cm ³ /s)	Am (cm ²)	ΔH (cm)	$\frac{Qm15}{Km \cdot Am}$	$\frac{Hm}{\ell m}$	$\frac{Lm}{\ell m}$	$\frac{Lm}{Hm}$	$\frac{Hm+Lm}{\ell m}$	
K-1-1	3.3	2.0	3.0	6.01×10^{-2}	18.94	139.8	5.3	2.25	1.10	0.67	0.61	1.77	hm=3cm
2-1	5.0	2.0	"	"	23.69	"	7.0	2.82	1.67	0.67	0.40	2.34	Lm=88.8cm
3-1	7.0	1.7	"	"	30.89	"	8.7	3.68	2.33	0.57	0.24	3.90	
K-1-2	3.3	7.0	"	"	26.83	"	10.3	3.19	1.10	2.33	2.12	3.43	Am=ℓm×Lm
2-2	5.0	7.0	"	"	34.28	"	12.0	4.08	1.67	2.33	1.40	4.00	
3-2	7.0	6.3	"	"	47.97	"	13.3	5.71	2.33	2.10	0.90	4.43	
K-1-3	3.3	11.4	"	"	48.75	"	14.7	5.80	1.10	3.80	3.45	4.90	
2-3	5.0	11.7	"	"	51.18	"	16.7	6.09	1.67	3.90	2.34	5.57	
3-3	7.0	11.4	"	"	79.74	"	18.4	9.49	2.33	3.80	1.63	6.13	
K-1-4	3.3	27.0	"	"	108.82	"	30.3	12.96	1.10	9.00	8.18	10.10	
2-4	5.0	28.0	"	"	95.76	"	33.0	11.40	1.67	9.33	5.59	11.00	
3-4	7.0	27.8	"	"	129.63	"	34.8	15.42	2.33	9.27	3.98	11.60	
L-1-1	3.3	1.8	3.0	5.32×10^{-2}	10.93	139.8	5.1	1.47	1.10	0.60	0.55	1.70	
2-1	5.0	1.6	"	"	15.13	"	6.6	2.03	1.67	0.53	0.32	2.20	
3-1	7.0	1.5	"	"	18.49	"	8.5	2.49	2.33	0.50	0.21	2.83	
L-1-2	3.3	12.1	"	"	39.28	"	15.4	5.28	1.10	4.03	3.66	5.13	
2-2	5.0	11.6	"	"	46.03	"	16.6	6.19	1.67	3.87	2.32	5.54	
3-2	7.0	11.2	"	"	46.85	"	18.2	6.30	2.33	3.73	1.60	6.06	
L-1-3	3.3	28.2	"	"	73.04	"	31.5	9.82	1.10	9.40	8.55	10.50	
2-3	5.0	28.0	"	"	78.66	"	33.0	10.58	1.67	9.33	5.59	11.00	
3-3	7.0	27.5	"	"	83.67	"	34.5	11.25	2.33	9.17	3.95	11.50	

付表 24

タイプ、ケース	湛水深	地下水位	底面幅	透水係数	浸透量	浸透底面積	総ヘッド差	無次元値					備考
トレンチ型	Hm (cm)	Lm (cm)	ℓm (cm)	Km (cm/s)	Qm15 (cm ³ /s)	Am (cm ²)	ΔH (cm)	Qm15 Km・Am	Hm ℓm	Lm ℓm	Lm Hm	Hm+Lm ℓm	
M-1-1	9.0	15.0	2.0	6.01×10^{-2}	106.2	177.6	24.0	9.95	4.5	7.5	1.67	12.0	hm=2.0cm L1m=88.8cm
2-1	6.0	"	"	"	87.4	"	21.0	8.19	3.0	"	2.50	10.5	
3-1	3.0	"	"	"	76.2	"	18.0	7.14	1.5	"	5.00	9.0	
M-1-2	9.0	25.0	"	"	129.1	"	34.0	12.10	4.5	12.5	2.78	17.0	Am=ℓm×L1m
2-2	6.0	"	"	"	118.0	"	31.0	11.06	3.0	"	4.17	15.5	
3-2	3.0	"	"	"	109.2	"	28.0	10.23	1.5	"	8.33	14.0	
N-1-1	9.0	15.0	6.0	6.01×10^{-2}	113.4	532.8	24.0	3.60	1.5	2.5	1.7	4.0	
2-1	6.0	"	"	"	104.4	"	21.0	3.30	1.0	"	2.5	3.5	
3-1	3.0	"	"	"	89.1	"	18.0	2.80	0.5	"	5.0	3.0	
N-1-2	9.0	25.0	"	"	152.6	"	34.0	4.80	1.5	4.2	2.8	5.7	
2-2	6.0	"	"	"	141.1	"	31.0	4.40	1.0	"	4.2	5.2	
3-2	3.0	"	"	"	119.4	"	28.0	3.70	0.5	"	8.4	4.7	

付表 25

タイプ、ケース	湛水深	地下水位	底面幅	透水係数	浸透量	浸透底面積	総ヘッド差	無 次 元 値						備 考
トレンチ型	Hm (cm)	Lm (cm)	ℓm (cm)	Km (cm/s)	Qm15 (cm ³ /s)	Am (cm ²)	ΔH (cm)	$\frac{Qm15}{Km \cdot Am}$	$\frac{Hm}{\ell m}$	$\frac{Lm}{\ell m}$	$\frac{Lm}{Hm}$	$\frac{Hm+Lm}{\ell m}$	$\frac{hm}{\ell m}$	
O-1-1	2.1	5.5	3.0	6.01×10^{-2}	48.6	266.4	7.6	3.04	0.70	1.83	2.61	2.53	0.2	hm=2.0cm L1m=88.8cm
2-1	4.4	5.4	"	"	60.5	"	9.8	3.78	1.47	1.80	1.22	3.27	"	
3-1	6.1	4.9	"	"	70.9	"	11.0	4.43	2.03	1.63	0.80	3.67	"	
4-1	8.4	5.2	"	"	85.8	"	13.6	5.36	2.80	1.73	0.62	4.53	"	
5-1	9.9	4.8	"	"	92.3	"	14.7	5.77	3.30	1.60	0.48	4.90	"	
O-1-2	2.1	15.3	"	"	105.3	"	17.4	6.58	0.70	5.10	7.29	5.80	"	Am= ℓm×L1m
2-2	4.0	15.2	"	"	121.5	"	19.2	7.59	1.33	5.07	3.81	6.40	"	
3-2	6.0	15.2	"	"	131.5	"	21.2	8.21	2.00	5.07	2.54	7.07	"	
4-2	8.1	15.5	"	"	147.8	"	23.6	9.23	2.70	5.17	1.91	7.87	"	
5-2	9.8	15.3	"	"	161.2	"	25.1	10.06	3.27	5.10	1.56	8.37	"	
O-1-3	1.9	25.3	"	"	156.3	"	27.2	9.76	0.63	8.43	13.38	9.07	"	
2-3	3.7	25.2	"	"	169.9	"	28.9	10.61	1.23	8.40	6.83	9.63	"	
3-3	5.8	25.4	"	"	184.4	"	31.2	11.53	1.93	8.47	4.39	10.40	"	
4-3	7.9	25.3	"	"	193.6	"	33.2	12.24	2.63	8.43	3.21	11.07	"	
5-3	9.8	25.3	"	"	207.0	"	35.1	12.93	3.27	8.43	2.58	11.70	"	

付表 26

タイプ、ケース	湛水深	地下水位	底面幅	透水係数	浸透量	浸透底面積	総ヘッド差	無次元値						備考
トレンチ型	Hm (cm)	Lm (cm)	ℓm (cm)	Km (cm/s)	Qm15 (cm ³ /s)	Am (cm ²)	ΔH (cm)	$\frac{Qm15}{Km \cdot Am}$	$\frac{Hm}{\ell m}$	$\frac{Lm}{\ell m}$	$\frac{Lm}{Hm}$	$\frac{Hm+Lm}{\ell m}$	$\frac{hm}{\ell m}$	
P-1-1	4.4	4.9	3.0	6.01×10^{-2}	59.8	266.4	9.3	3.73	1.47	1.63	1.11	3.10	1.3	hm=40cm
2-1	5.8	5.5	"	"	72.9	"	11.3	4.55	1.93	1.83	0.95	3.77	"	L1m=88.8cm
3-1	8.3	5.1	"	"	84.9	"	13.4	5.30	2.77	1.70	0.61	4.47	"	
4-1	9.7	4.7	"	"	89.9	"	14.4	5.62	3.23	1.57	0.49	4.80	"	
P-1-2	3.7	14.6	"	"	115.5	"	18.3	7.21	1.23	4.87	3.96	6.10	"	Am=
2-2	6.1	15.5	"	"	130.1	"	21.6	8.13	2.03	5.17	2.55	7.20	"	
3-2	7.8	15.4	"	"	142.7	"	23.2	8.91	2.60	5.13	1.97	7.73	"	
4-2	9.5	15.5	"	"	151.9	"	25.0	9.49	3.17	5.17	1.63	8.33	"	
P-1-3	4.1	24.9	"	"	163.4	"	29.0	10.21	1.37	8.30	6.06	9.67	"	
2-3	6.1	25.0	"	"	177.5	"	31.1	11.09	2.03	8.33	4.10	10.37	"	
3-3	7.7	25.2	"	"	189.6	"	32.9	11.84	2.57	8.40	3.27	10.97	"	
4-3	9.8	24.9	"	"	195.5	"	34.7	12.21	3.27	8.30	2.54	11.57	"	

付表 27

タイプ、ケース	湛水深	地下水位	底面幅	透水係数	浸透量	浸透底面積	総ヘッド差	無次元値						備考
トレンチ型	Hm (cm)	Lm (cm)	ℓm (cm)	Km (cm/s)	Qm15 (cm ³ /s)	Am (cm ²)	ΔH (cm)	$\frac{Qm15}{Km \cdot Am}$	$\frac{Hm}{\ell m}$	$\frac{Lm}{\ell m}$	$\frac{Lm}{Hm}$	$\frac{Hm+Lm}{\ell m}$	$\frac{hm}{\ell m}$	
Q-1-1	3.9	5.4	3.0	6.01×10^{-2}	61.0	266.4	9.3	3.81	1.30	1.80	1.38	3.10	2.0	hm=6.0cm
2-1	5.6	5.2	"	"	76.3	"	10.8	4.77	1.87	1.73	0.93	3.60	"	L1m=88.8cm
3-1	7.7	5.2	"	"	92.2	"	12.9	5.76	2.57	1.73	0.67	4.30	"	
4-1	10.0	5.4	"	"	112.4	"	15.4	7.02	3.30	1.80	0.55	5.13	"	
Q-1-2	4.0	15.0	"	"	122.1	"	19.0	7.63	1.33	5.00	3.76	6.33	"	Am=ℓm×L1m
2-2	5.8	15.3	"	"	135.4	"	21.1	8.46	1.93	5.10	2.64	7.03	"	
3-2	8.1	14.9	"	"	150.4	"	23.0	9.39	2.70	4.97	1.84	7.67	"	
4-2	10.0	14.9	"	"	167.5	"	24.9	10.46	3.30	4.97	1.51	8.30	"	
Q-1-3	3.8	25.0	"	"	169.8	"	28.8	10.60	1.27	8.33	6.56	9.60	"	
2-3	5.9	24.3	"	"	191.3	"	30.2	11.95	1.97	8.10	4.11	10.07	"	
3-3	8.0	24.7	"	"	200.5	"	32.7	12.52	2.67	8.23	3.08	10.90	"	
4-3	9.8	24.9	"	"	200.4	"	34.7	12.52	3.27	8.30	2.54	11.57	"	

新河岸川支川黒目川流域

付表10の資料は、新河岸川支川黒目川流域における浸透型流出抑制施設の浸透能力把握のために、土研式円筒型浸透計によって土壌分類ごとにその浸透能を把握したものである。

黒目川は、埼玉県の朝霞市、新座市及び東京都東久留米市等流れ、本川である新河岸川（荒川水系）に注ぐ一級河川である。この黒目川流域は、東京の西方武蔵野台地西北部に位置しており、流域面積約38km²である（図10-1）。この流域の土壌特性を知るためにオーガーボーリングを行い、土質調査を行った（図10-2(1), (2)）。

オーガーボーリングは、径100mmのポストホールオーガーを用いて、地表面より2.50mの深さまで掘進することを原則としたが、砂礫等の掘進不能な地層の場合は測点を移動して行った。

土質試験に用いた試料は、土研式円筒型浸透計設置時にコアカッターによって不攪乱試料を、また注水実験終了後に浸透面付近から攪乱試料をそれぞれ採土し、試験供試体を調整して行った。測定は、不攪乱試料から粒度分析（粘性土）、含水量、単位体積重量を、攪乱試料からは含水量をJIS規格にそって行った。

黒目川流域の地盤構成は図10-2(2)に示した通りであり、この流域に分布している表層土壌は黒ボク土及び関東ロームであることが分る。図10-3(1)~(4)に土質調査の一例として、調査地点Na⑬、Na⑭、Na⑦、Na⑩の土質柱状図を示す。本地点の土質は、表土（盛土）、黒ボク土、関東ローム層、粘土質ローム層、ローム層質粘土から構成されている。なお、今回の調査では、土質柱状図を基に各土質の特性を以下のように細かく分類した。

- 表土・盛土：人工地盤である。表土は表層のややしまった土や人の手の入った耕作土等を指す。盛土は明らかに他所より人工的に運ばれた土で、ガレキ等を多く混入している。
- 黒ボク土：関東ロームと同様、火山灰土壌で、風化堆積した火山灰が土壌化したもので、一般には黒褐色のパサパサした土である。関東ロームの黄褐色な団粒を点在する他はあまり混入物もなく、均質な場合が多い。下部でやや粘性が目立つ部分は「粘土質黒ボク土」としたが、一般的には少ない。ほとんどの関東ロームの上位に黒ボク土が分布しているが、層厚は変化が大きく、境界が傾いている場合も少なくない。
- 関東ローム：茶～黄褐色の団粒状の組織を持つ火山灰土壌で堆積混入物が多い。黒ボク土との境界に近い上部では黒ボク質な腐植土壌を点在し、その他腐植物・赤色片（赤色スコリア）をかなり混入し、炭質物・浮石・スコリアを部分的に混入する。下位へゆくにつれて団粒状のつぶが目立たなくなり、粘性が出てくるのが一般的な傾向である。関東ロームの構造を残しているが、かなりの粘性を示すものを「粘土質ローム」さらに粘性が強くなって、色調は関東ロームと同一で粘性状の性状を示すものを「ローム質粘土」とした。また、関東ロームには所々色調が暗褐色になる暗色帯（火山灰の降下堆積の休止期に表層の土壌化した部分、一種の化石土壌）があり、関東ローム層最上部の立川ロームには2～3本の暗色帯が見出せるとのことだが、今調査では不明瞭な地点が多い。調査域での層厚は最大でも10mという資料がある。
- 凝灰質粘土：台地より低位の段丘で、関東ロームの下位に現われ、淡褐～乳褐色粘土で、水中堆積火

山灰質土である。このため、浮石・スコリア等火山起源の細粒物の他、砂や腐植物等も混入する。当地域では一般に層厚は薄く、すぐ下位の同質粘土を含む砂礫へ変る場合が多い。

黒目川流域20地点において行った土質試験及び粒度試験結果を表10-1に示す。表10-2は試験結果を黒ボク土と関東ロームに分けてそれぞれの平均値を示したものである。この表から、黒ボク土と関東ロームの間には物理状態の差があり、互いに重複する部分もあるが、含水比と飽和度は2つの土質の分類パラメーターになると思われる。乱した試料を基に求めた透水係数は、室内透水試験の結果より、黒ボク土が $4.23 \times 10^{-4} \text{ cm/sec}$ 、関東ロームが $3.5 \times 10^{-4} \text{ cm/sec}$ で、土木研究所構内の土質より一桁大きいことが分った。なお、この流域における地下水位は、1974～1978年に消防研究所の細野義純氏が行った井戸の地下水位調査によると、ほとんどの場合関東ローム層下位の砂礫層中に自由水面が見られることから、およそG.L.-3m以深に地下水面があるものと思われる。

実験に用いた施設と測定手法は、以下の通りである。

i) 浸透型流出抑制施設の概要

黒目川流域全体に浸透型流出抑制施設を普及させることを目指し、20地点選び(図10-2(1)参照)それぞれの地点に1基ずつ円筒型施設を設置した。円筒型施設は図10-4に示すような鋼管(JIS G 3452-1968)を材料に用い、管の底部から浸透させる構造である。各施設の浸透面には、注入水による浸透面には、注入水による浸透面の攪乱の防止及び注入水に含まれる浮遊物質の濾過の目的をもって、施設の浸透面(管底)から10cm上部まで碎石(5～13mm)を充てん材として敷設した。

ii) 浸透量の測定手法

浸透型流出抑制施設からの浸透量の測定は、定水頭実験、不完全定水頭実験、変水頭実験の三つの手法(本文表2-1参照)を用いて行った。実験は、まず変水頭実験を行ない、実験開始後5分で減水深が5cm以上ある場合は再度実験を行った。2回目の実験は水の確保が可能な地点では、定水頭または不完全定水頭実験を行い、水の確保が困難な地点では、変水頭実験を繰り返した。1回目の変水頭実験で1時間以内に全て水が浸透した場合は定水頭実験を行い、他は不完全定水頭実験を行った。各実験を行うに当たって設定した初期湛水深は、浸透面より40cm(充てん材厚10cm)とした。なお、各実験手法による浸透量(減水深)の測定手法は表2-1(p.13)のとおりである。

注) JIS A1204による。

表10-1 各調査結果の地点毎のまとめ

地点番号	住所 (土地条件)	深度 (m)	標高 (m)	地形面 区 分	土質名	土 質 試 験					オーガーボーリング (いずれも G.L.-m)		透水係数 (安水位室内試験) (cm/sec)	記 事
						砂レキ分 (%)	含水比 (前/後) w (%)	密度 pt (g/cm ³)	間隙比 e	飽和度 (前/後) Sr (%)	砂レキの 深度	地下 水位		
①	東久留米市新川町2-3 (宅造地・盛土)	0.5	46.0	立 川	黒ボク	7	74.3/ 110.1	1.180	2.672	69.1/ 100	(5)	5※	—	
②	東久留米市小山4-6 (宅地・庭先)	0.5	59.6	武蔵野	・	17	74.4/ 92.8	1.236	2.522	73.7/ 91.9	(5)	9※	2.57×10 ⁻⁴	
③	東村山市恩多1-37 (宅造地・盛土)	0.6	68.2	・	ローム (盛土)	8	101.0/ 137.4	1.340	3.049	89.5/ 100	(6)	5※	—	盛土地盤内で 実施
④	小平市大沼1-79 (地山・雑木林)	0.5	69.2	小 原 台	ローム	16	112.5/ 176.7	1.096	3.932	72.8/ 100	(8)	10※	4.72×10 ⁻⁴	
⑤	東村山市炭山4-2 (宅造地・盛土)	0.7	74.5	武蔵野	レキ混りシ ルト質細砂	75	12.3/ 18.1	・	・	・	(5)	5※	—	盛土地盤で実 施
⑥	東久留米市前沢5-8 (宅地・庭先)	0.5	67.0	小 原 台	ローム	18	114.9/ 157.2	1.236	3.355	85.8/ 100	(10)	11※	9.22×10 ⁻⁴	
⑦	小平市大沼2-857 (宅地・庭先)	0.5	67.8	武蔵野	黒ボク	18	78.8/ 122.8	0.958	3.729	53.6/ 83.5	(7)	7※	—	付近の木の根 の影響
⑧	新座市片山3-8 (宅造地・切盛なし)	0.6	46.3	小 原 台	・	15	83.6/ 134.7	1.093	3.358	64.6/ 100	(10)	8※	7.33×10 ⁻⁴	下位にスコリア 質ローム出現
⑨	新座市畑中1-6 (宅造地・盛土)	0.9	40.0	・	ローム	5	120.4/ 145.2	1.238	3.813	85.4/ 100	(8)	10※	—	
⑩	新座市堀ノ内1-10 (宅造地・盛土)	0.6	45.0	・	・	14	96.8/ 152.8	1.142	3.441	72.5/ 100	(8)	15※	—	
⑪	新座市栄3-3 (地山・畑地)	0.6	44.0	・	・	8	117.7/ 153.3	1.139	4.048	76.8/ 100	(10)	14※	7.18×10 ⁻⁴	
⑫	東久留米市八幡町1-4 (宅地・庭先)	0.6	54.8	立 川	・	9	120.5/ 147.2	1.180	3.976	80.7/ 98.6	(5)	3※	—	上に載る盛土 の影響
⑬	東久留米市幸町4-1 (宅地・庭先)	0.5	55.7	・	黒ボク	9	76.6/ 127.0	1.129	2.977	65.4/ 100	(6)	5※	—	
⑭	東久留米市小山2-10 (宅造地・切盛なし)	0.6	47.0	沖積段丘	ローム	10	138.2/ 189.6	1.106	4.933	77.1/ 100	1.35	1.5	—	崩落ローム (二次ローム)
⑮	新座市西堀2-16 (地山・畑地)	0.5	52.0	小 原 台	黒ボク	12	93.9/ 142.3	1.007	4.052	60.8/ 92.1	(10)	9※	—	
⑯	東久留米市神宝2-13 (宅造地・切盛なし)	0.5	42.5	沖積段丘	レキ混り 黒ボク	43	55.0/ 77.0	1.375	1.909	74.3/ 100	3.5	4	—	崩落ローム (二次ローム)
⑰	新座市栗原3-7 (地山・畑地)	0.5	41.2	立 川	黒ボク	33	69.7/ 93.6	1.091	2.960	60.0/ 80.5	(6)	2.10	2.79×10 ⁻⁴	湧水地点のそば
⑱	東久留米市南沢2-208 (地山・畑地)	0.6	58.8	小 原 台	ローム	13	94.6/ 114.3	1.097	3.653	67.9/ 82.1	(8)	10※	1.93×10 ⁻⁴	
⑲	新座市道場2-13-4 (地山・畑地)	0.6	34.6	立 川	黒ボク	16	82.4/ 123.3	1.060	3.405	61.9/ 92.7	(5)	4※	—	
⑳	新座市馬場1-9-3 (宅地・庭先)	0.6	29.4	立 川	ローム	7	121.8/ 158.4	1.135	4.310	76.8/ 99.9	(3)	6※	6.83×10 ⁻⁴	

砂レキ層の深度()付は周辺ボーリングデータからのデータである。地下水位※印は1974～1978の井戸のデータである。

注) 1) : 攪乱資料

2), 3), 4) : 不攪乱資料

表10-2 調査地点 (20地点) の土質試験結果の平均値

	土粒子の 比 重 G _s	含 水 比 W _i (%)	湿潤密度 pt (g/cm ³)	間 隙 比 e	飽 和 度 Sr _i (%)	試験後の浸水試料		透 水 係 数 k (cm/sec)
						含 水 比 W _s (%)	飽 和 度 Sr _s (%)	
黒ボク	2.551	68.4	1.094	3.147	64.8	113.7	93.4	4.23×10 ⁻⁴
ローム	2.643	113.8	1.171	3.731	78.5	153.2	98.1	3.5×10 ⁻⁴

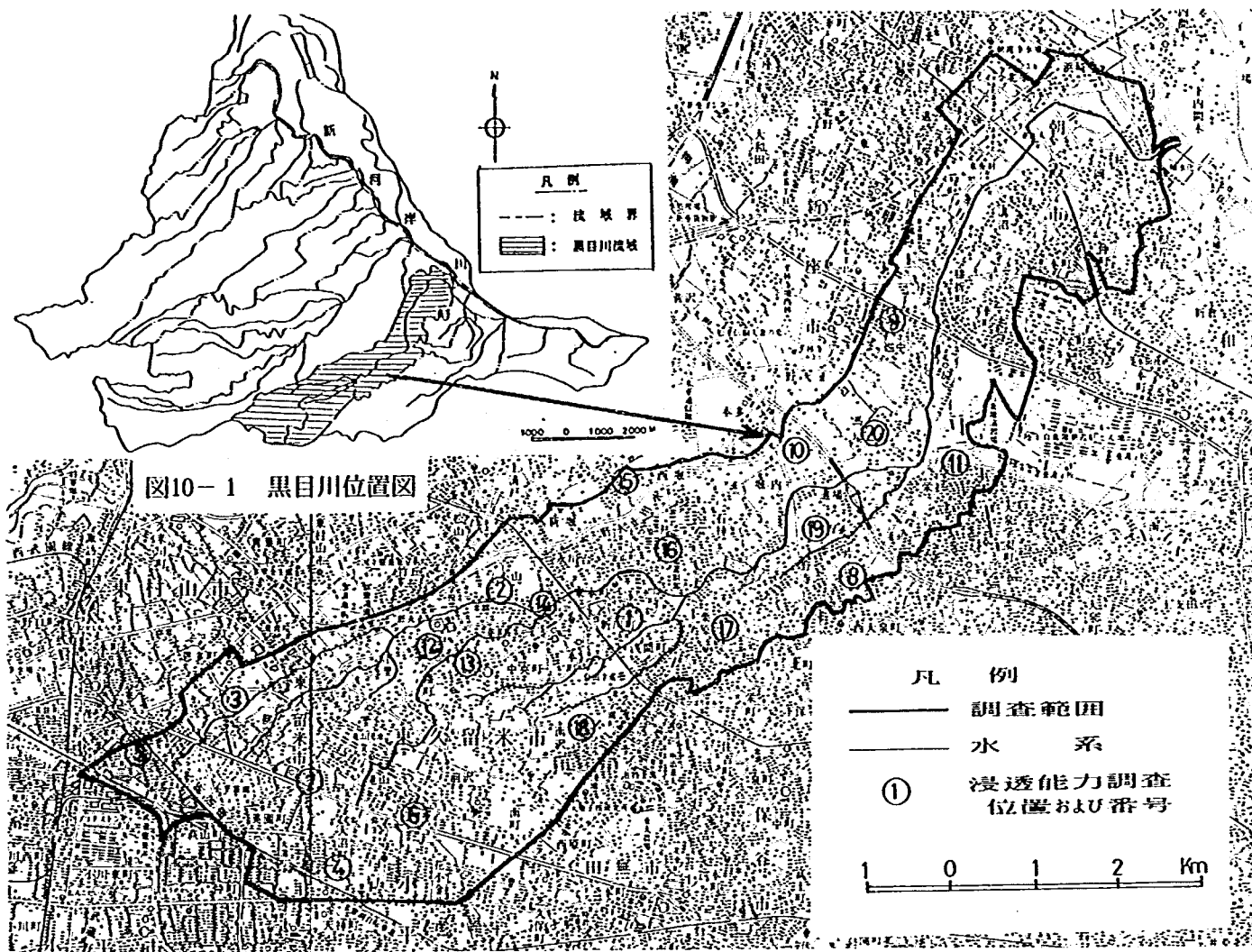


図10-2(1) ボーリング位置

※ ○数字は地点番号

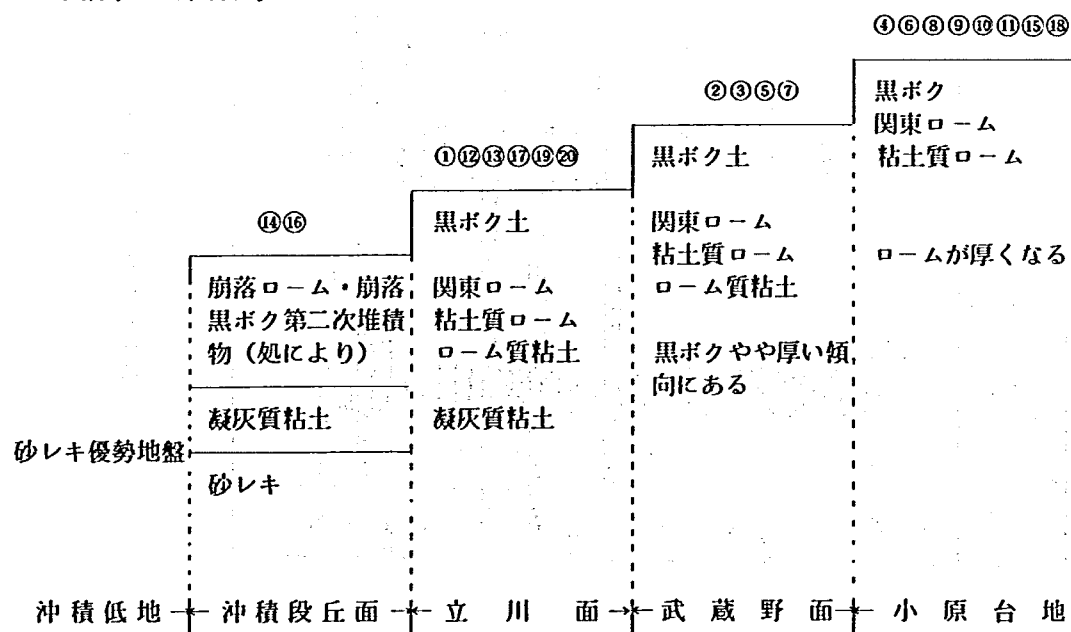


図10-2(2) 各地形面の地層構成

調査地点 新潟県新潟市東区東山

調査地点 ⑥

調査場所 新潟市東区東山 2-13-9

調査高さ 42.5 M

調査年月日 昭和 56 年 2 月 20 日

地下水位 — M

現場担当者 山田 正司

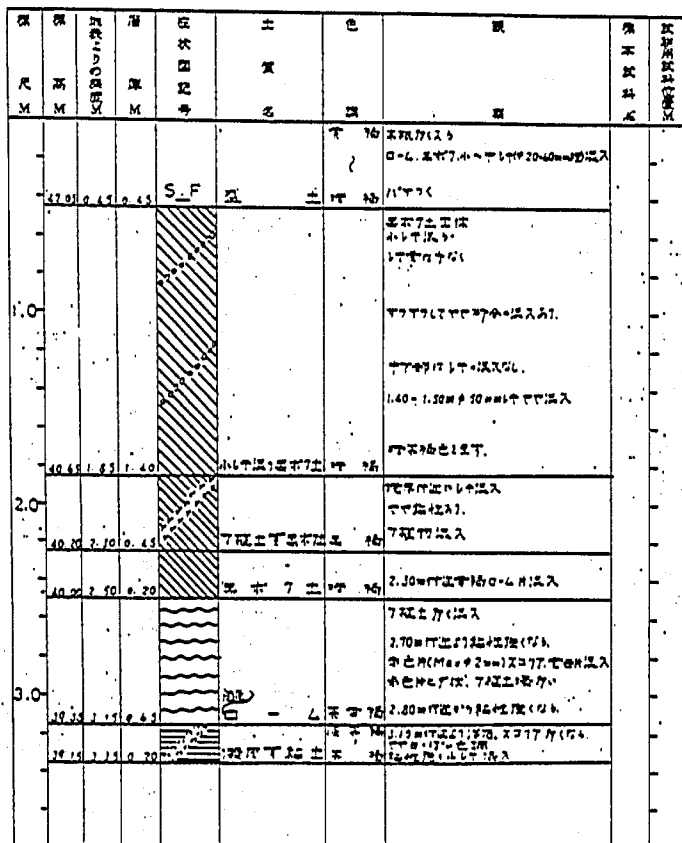


図10-3(1) 土質柱状図

調査地点 新潟県新潟市東区東山

調査地点 ⑦

調査場所 新潟市東区東山 J-2

調査高さ 41.2 M

調査年月日 昭和 56 年 2 月 21 日

地下水位 GL-2.10 M

現場担当者 山田 正司

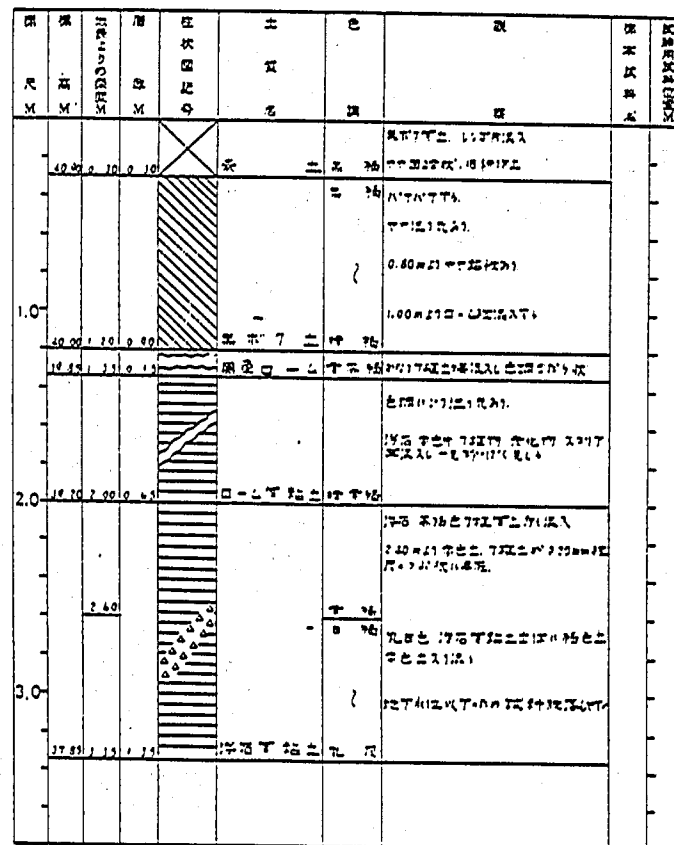


図10-3(2) 土質柱状図

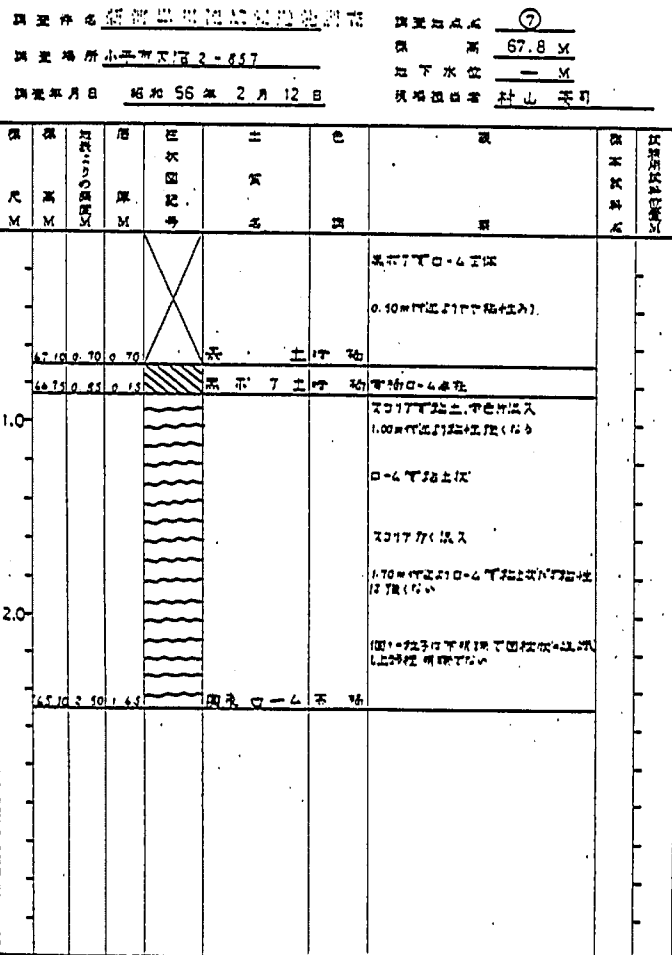


図10-3(3) 土質柱状図

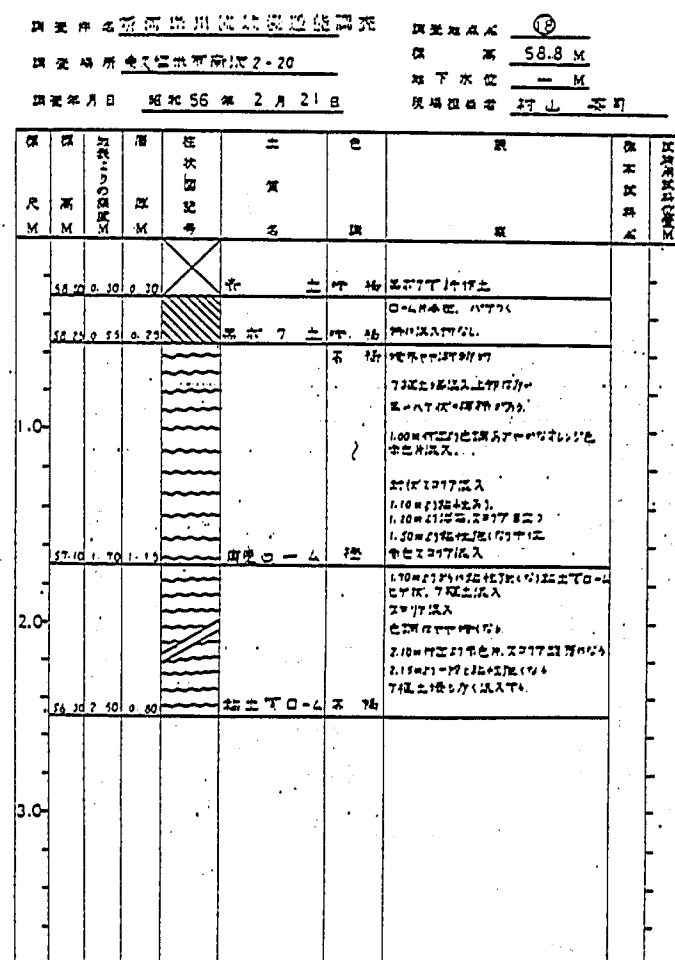


図10-3(4) 土質柱状図

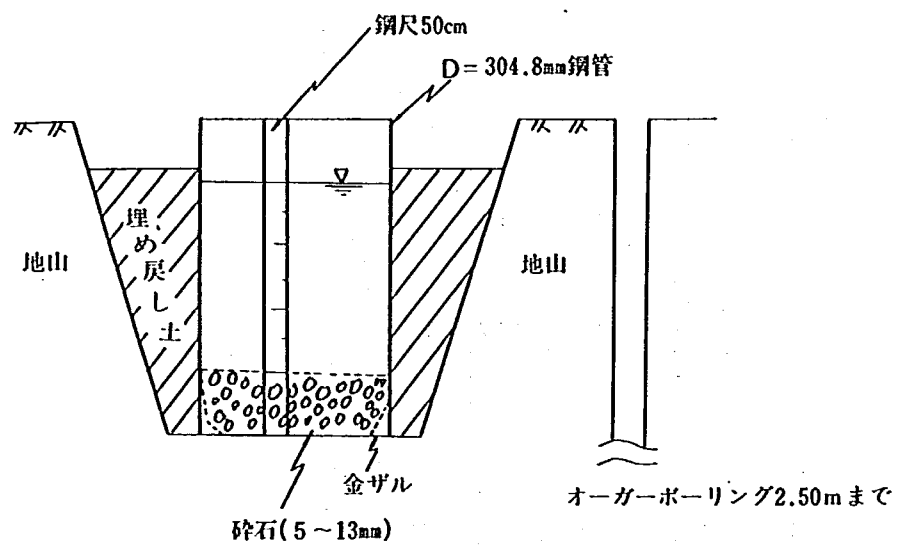


図10-4 浸透能調査用施設

鶴見川流域

付表11の資料は、鶴見川流域内地盤の浸透能を知るために、流域内地盤を大きく5分類し、各地質の流域内に占める面積率を考慮して、計20ヶ所の実験地点を定め(図11-1)、それぞれの地盤の浸透能を把握したものである。

鶴見川流域は地形的に次の7つの地形面に分けることができる。

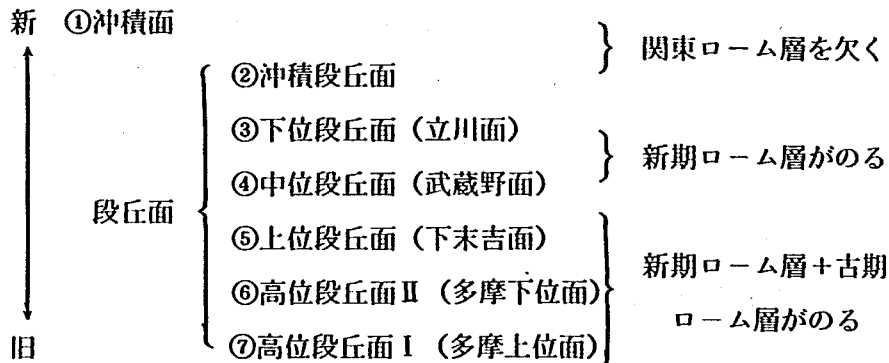


図11-2の模式断面図に示すように、地形面は一般には古い地形面を構成する堆積物を新しい地形面を作る堆積物が切っている。流域内で一番古い地形面である多摩面構成層には、厚さ30mの多摩ローム層、約5mの下末吉ローム層、8m程度の武蔵野・立川ローム層のすべての火山灰層が堆積している。しかし、多摩ローム層と下末吉ローム層で10⁴年のオーダー、下末吉～武蔵野および武蔵野～立川ローム層で10⁴年オーダーと言われる堆積時間間隔^{注)}のために、堆積物の量とは逆に古い地形面ほど地形の開折がすすんでいるので関東ローム層、特に新期ローム層の保存が悪く、多摩面においては新期ローム層はもちろん古期ローム層さえも欠いて、基盤岩が直接地表に露われていることが少なくない。

このように地表面に露われる地(土)質が最古期の基盤岩から最新期の沖積層にわたるため、各地層の流域内に占める面積率を考えて流域内地質を次の5通りで代表させることとし、計20ヶ所を選定した。ただし、オーガーボーリングの結果ややバラツキが出た。

- ①沖積土(5)：沖積低地上の盛土地
- ②二次堆積土(3)：古い地形面を削った谷に堆積した、主に関東ロームの二次堆積物
- ③新期ローム層(5)：立川及び武蔵野ローム層
- ④古期ローム層(2)：下末吉、多摩ローム層とその相当層
- ⑤その他(5)：基盤岩を含む。

但し()内は実験地数

実験の概要を表11-1に示す。実験位置は図11-1に示したとおりである。

実験に用いた施設と、測定方法は以下のとおりである。

ⅰ) 浸透型流出抑制施設の概要

内径30cm、長さ1m、肉厚9.2mmの硬質塩化ビニール管の土研式円筒型施設を、図11-3に示す手順

注) 新期ローム層は武蔵野・立川ローム層、古期ローム層は多摩、下末吉ローム層とその相当量

(主に水成堆積物)を示す。

で各測点に設置した。浸透面は地表から90cmの深さである。施設外周及び埋戻し土の中を伝う浸透水の発生を防ぐため、埋戻し土底部に施設と密着するように、急結性・非収縮性の石こうを張り、固化後、埋戻しを行なった。

ii) 浸透量の測定手法

浸透能測定は、A測定（変水頭実験）、C測定（不完全定水頭実験）を行うこととし、A測定のみを行なうか、A+C測定とするかは図11-4に示すフローチャートに従った。この内で、変水頭実験は、最も基本的な方法で、初期湛水深70cmとし、その後の水位低下量を測定し、低下量～経過時間の関係に基づいて地盤の浸透能を評価した。測定間隔は、初めの5分間の水位低下量 ΔH_5 を基準とし、

$\Delta H_5 > 5 \text{ cm}$ 5分毎

$5 \text{ cm} > \Delta H_5 > 2.5 \text{ cm}$ 1時間までは5分毎、その後10分毎

$2.5 \text{ cm} > \Delta H_5 > 1.0 \text{ cm}$ 1時間までは10分毎、その後20分毎

$1.0 \text{ cm} > \Delta H_5$ 20分毎

不完全定水頭実験は、変水頭実験を行なった結果、浸透量が大きく短時間（1時間半以内）で、測定が終った測点について、水の確保が容易である時にのみ行うこととした。実験法は、湛水深Hが初期の湛水深70cmから5～10cm低下するのに要する時間を測定時間間隔 Δt とし、

①初期湛水深まで注水を行う。

②水位低下量を Δt 経過毎に測定した。浸透量は、施設内の水位低下量から求め、浸透量～経過時間の関係に基づいて、地盤の浸透能を評価した。

表11-1 浸透能試験地の概要

* (浸透面) は浸透面に現れた土質名
浸透性はその試験点の上の浸透性を支配すると考えられる土質

No	柱状図	土質名 (浸透面) 浸透性	記事 (標高m)	No	柱状図	土質名 (浸透面) 浸透性	記事 (標高m)
1 (宅・切)		(古期)ローム ローム	地下水位が浅く、初期浸透性の継続時間が短い (120)	11 (園・地)		黒ボク (新・古期)ローム	ロームはやや粘土化含水少~中 (55)
2 (宅・盛)		(盛土)シルト シルト	シルトは土丹片・砂腐植物を混じるローム質の土で不均質 (75)	12 (畑・地)		(盛土)盛土 (黒ボク~ローム)粘土	粘土は有機質粘土、含水量が多く軟かい (13)
3 (河・盛)		(盛土)盛土(シルト) 盛土(シルト)	粘性土を主とし、全体に礫が多い不均質 (31)	13 (園・地)		(黒ボク)ローム (新期)ローム	ロームは橙褐色、含水量は中位で軟かい (52)
4 (畑・盛)		(盛土)盛土(ローム) 粘性土(シルト質粘土)	粘性土は沖積層、含水量が多く軟かい (19)	14 (宅・切)		砂 砂	砂は微粒砂、粘土分が多く、手で握ってもくずれない (33)
5 (畑・地)		黒ボク (新期)ローム	黒ボクはかなり浸透性が高そうである。 (42)	15 (宅・地)		黒ボク (新期)ローム	ロームは手でほぐすと粗い粉末状となる (23)
6 (公・盛)		(盛土)シルト シルト	細礫を混じる不均質な粘性土 (61)	16 (宅・盛)		(盛土)盛土(古期ローム) 盛土(古期ローム)	ロームは転圧されている (39)
7 (畑・地)		(古期)ローム 砂	砂は微粒砂粘土分が多く、含水少~中 (57)	17 (宅・切)		ローム 凝灰質粘土 凝灰質粘土	軽石質、粘土化著しく半ば固結した部分を挟む (35)
8 (宅・地)		黒ボク (新期)ローム	ロームは含水量が少~中でやや粘土化が進んでいる。 (31)	18 (宅・切)		粘土 粘土	粘土は貝殻片を含み、比較的均質 (19)
9 (畑・盛)		(盛土)盛土(ローム) 粘土	粘土は腐植物を含む有機質粘土 (28)	19 (宅・切?)		シルト 砂 砂	シルトは砂、礫混じり (7)
10 (宅・盛)		(盛土)盛土(ローム) 粘土	粘土は土丹片などを混じる不均質な土、湿地性の2次堆積物と思われる (42)	20 (畑・地)		軽石層 ローム	軽石(東京軽石層、新期ローム中で普遍的)は粘土化 (24)

凡 号 地下水位面 盛埋土・表土 古期ローム 新期ローム 粘土 シルト
例 砂 砂礫 シルト質粘土 有機質シルト 凝灰質シルト
 砂混り 腐植物・貝殻片混り

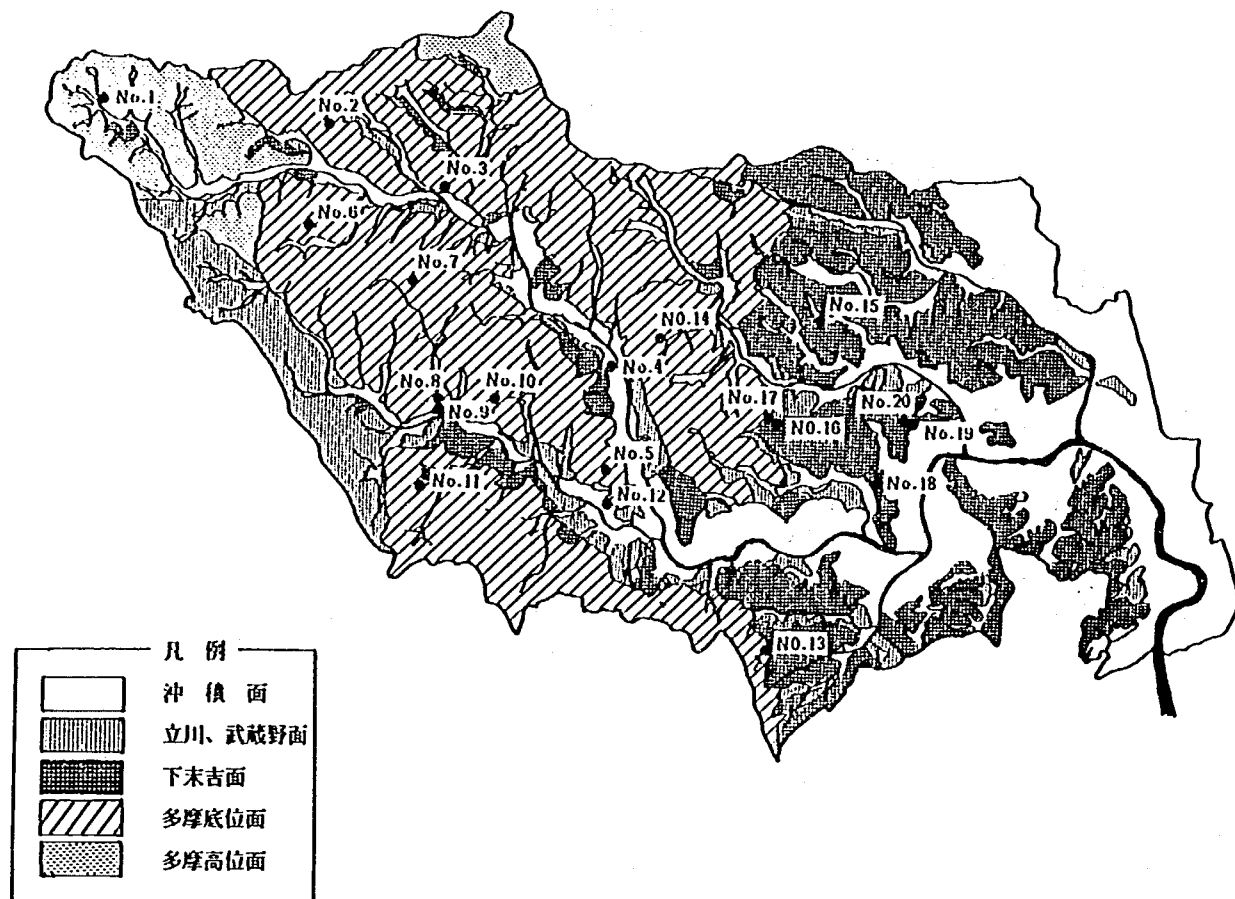


図11-1 鶴見川流域図

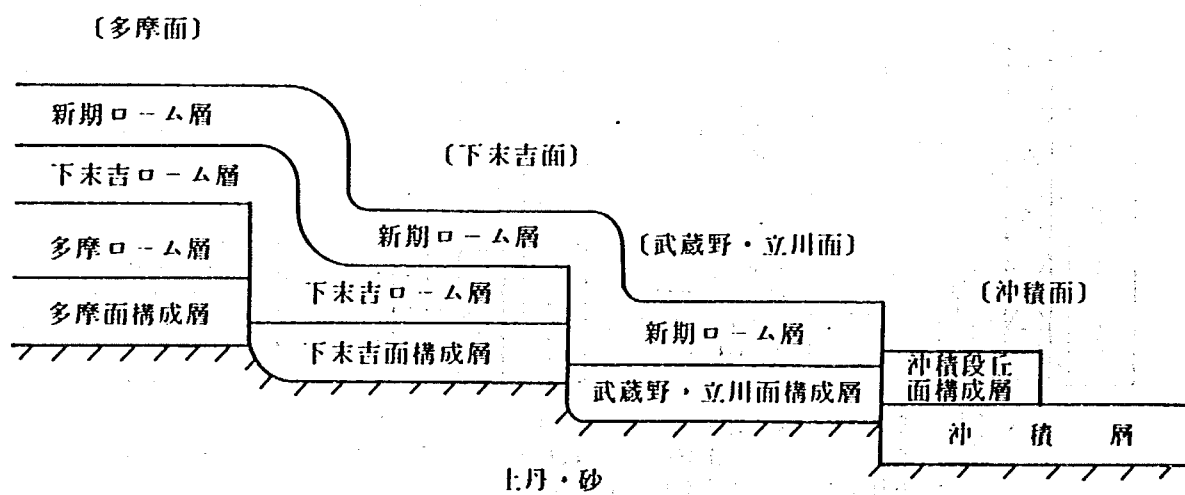
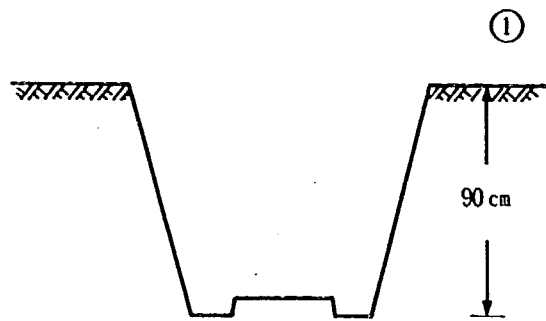
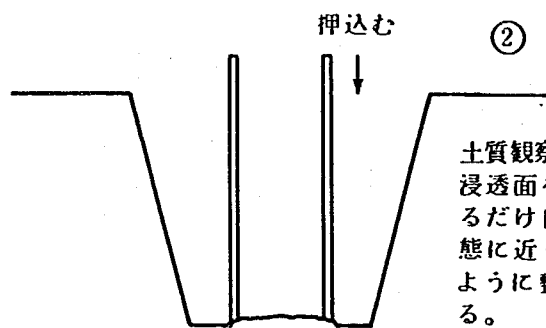


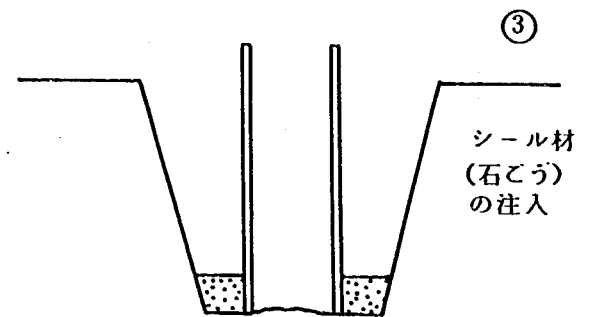
図11-2 模式断面図



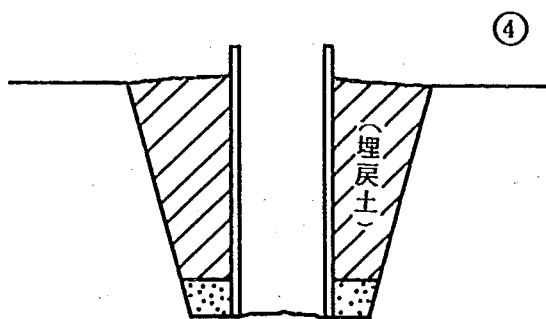
中央部を残しながら深さ約90 cmまでスコップで掘削、この時中央に残す土の径は塩ビ管よりやや大き目とする。



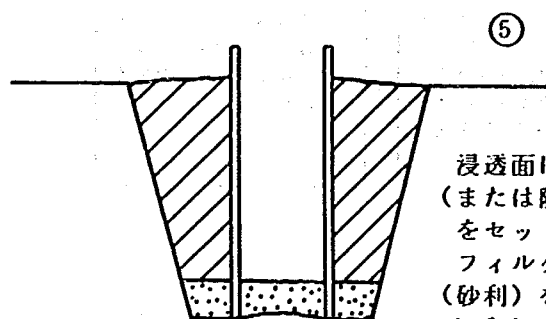
土質観察後、浸透面を出来るだけ自然状態に近くなるように整形する。



シール材 (石こう) の注入

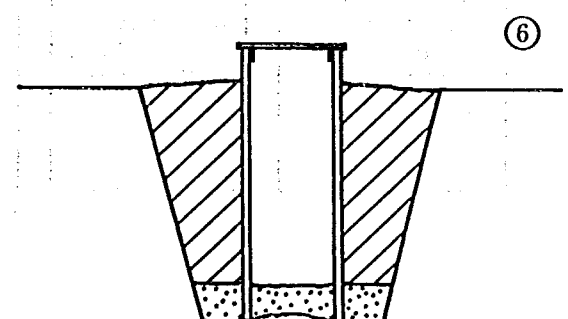


シール材固化後 (約5分)、土を埋戻し、踏み固める。



浸透面に金網 (または防虫網) をセットし、フィルター材 (砂利) を静かに入れる。

この時浸透面を傷めないよう注意、フィルター材の厚さは約15 cm。



D = 320 m/m の保護用鉄板をかぶせて完了。

図11-3 浸透能測定のための施設設置手順

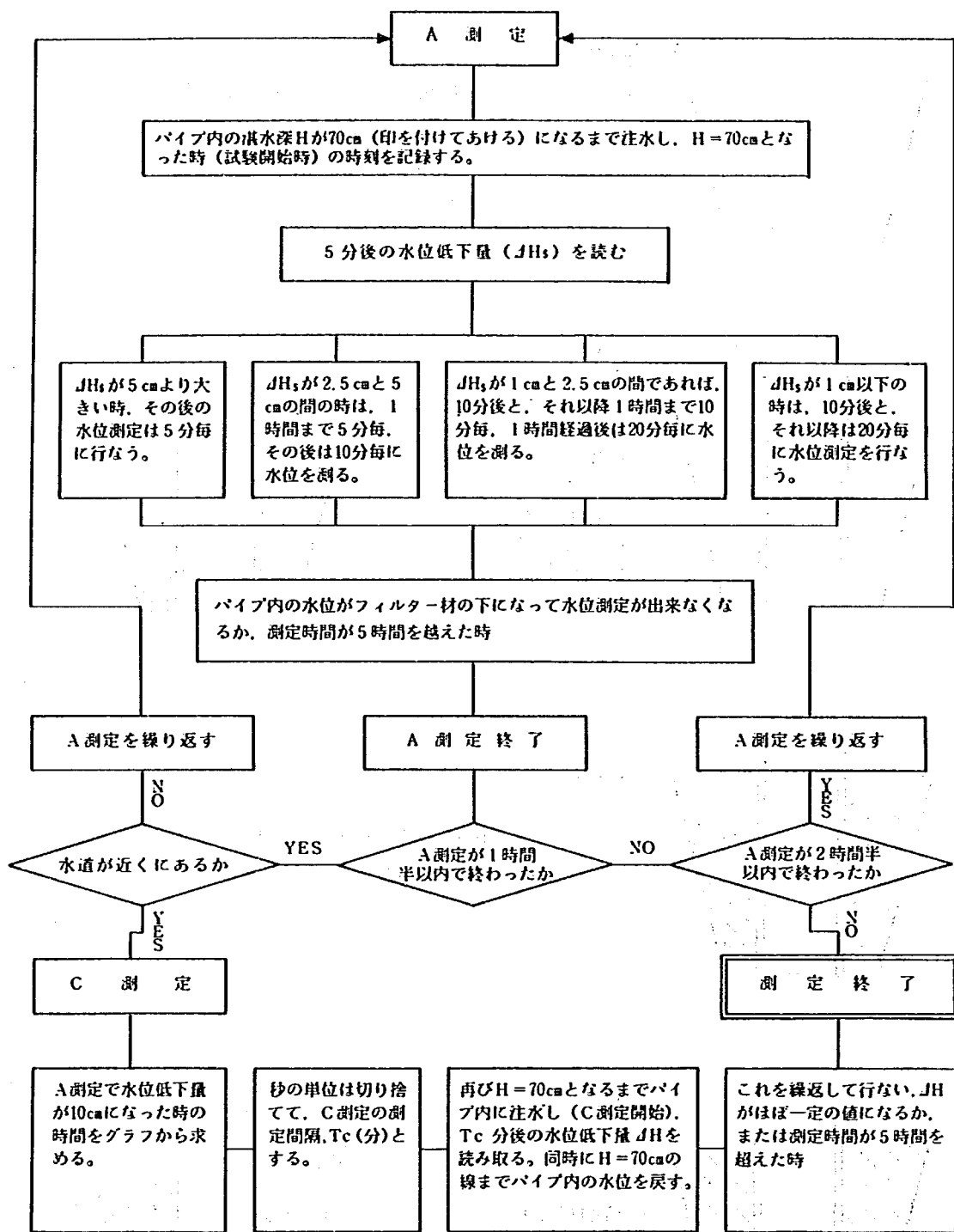


図11-4 浸透能測定のためのフローチャート

中川・綾瀬川流域

付表12の資料は、中川綾瀬川流域の浸透効果を総合的に把握し、今後の浸透型流出抑制施設の設置に対して、施設規模の決定の判断材料、適地選定の基礎資料とすることを目的とした地盤浸透能マップを作成するために、流域内50地点図12-1を選び、その地点の浸透能を把握したものである。

中川・綾瀬川流域は、海拔約20mの関東ロームにおおわれた洪積台地と、多数の河流によって開折されその後堆積作用によりできた沖積地によって構成されている。洪積台地は流域の南縁に比較的広く分布する大宮台地と東縁に一部分布する常総台地から成り立っている。沖積地は洪積台地にはさまれた中央部に位置し、当流域の主体をなしている。沖積地は旧河道及び現河道沿いに洪水時に土砂が堆積して形成された帯状の自然堤防と、自然堤防に囲まれた後背湿地、いわゆる低地から成り立っている。台地には支河谷が多数あり、狭長な谷が発達している。しかし、利根川、荒川の本河谷の方が堆積作用が盛んであるため、支河谷をせき止めて湿地を形成した。そのため、これらの湿地には沼沢植物遺体が堆積した泥炭地が分布している。

流域全体の浸透能マップを作成する上で最適と思われる30測点を下記項目を考慮して選定し（昭和57年度）、測定した結果、不明領域が残ったため、より正確なものとするために更に20地点を選定した（昭和58年度）。

- 1) 表層地質の違い — 地質
- 2) 地形上の違い — 台地、自然堤防、沖積台地
- 3) 地域上の違い — （流域整備計画の三地域区分）保水・遊水・低地地域
- 4) 土地利用の違い — 市街化区域、市街化調整区域
- 5) S. 33湛水実績有無の違い
- 6) 市区町村別

測点の位置は、図12-1に示したとおりである。図12-2に昭和57年度の30地点の土質試験結果を示す。

実験に用いた施設と、測定方法は、以下に示すとおりである。

i) 浸透型流出抑制施設の概要

土研式円筒型施設を用いて、50測点の浸透能を測定する。土研式円筒型施設の形状は、図12-3に示すように、内径38cm、長さ1mの塩化ビニール管である。鶴見川と同様に埋戻土底部をシール材で固め施設内底部にはフィルター材として15cm厚程度の碎石を敷設した。

ii) 浸透量の測定手法

はじめ、定水頭（70cm）によって浸透量を測定し、浸透量が安定した時点から変水頭実験に切り換えた。測定間隔は定水頭、変水頭実験共に一律5分とした。

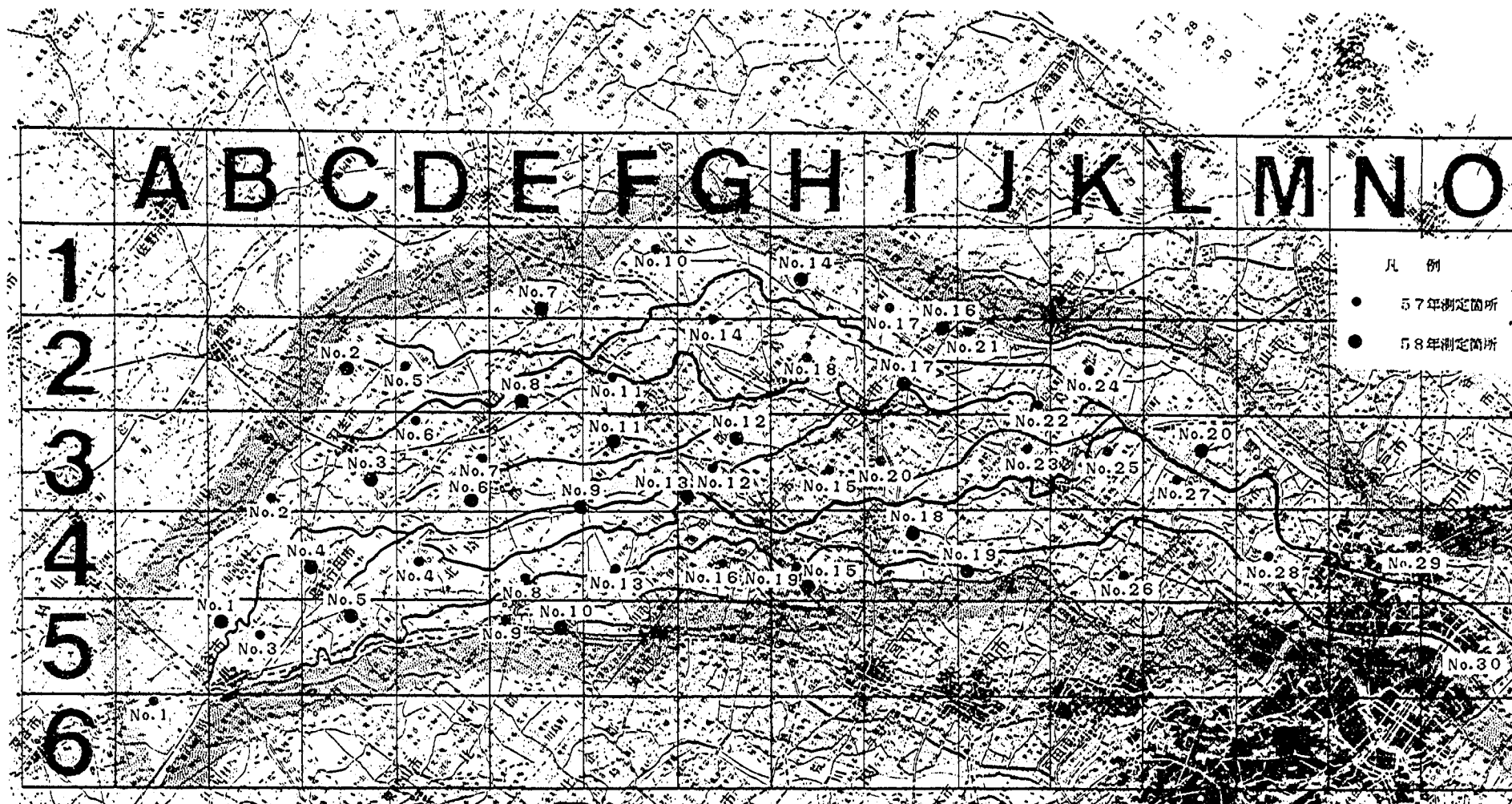


図12-1 中川・綾瀬川流域浸透能測定地点位置図

凡 例	地形区分	土 質	記号	地形区分	土 質	記号	地形区分	土 質	記号
	台 地	関東ローム	○	自然堤防	砂・砂礫	△	低 地	腐土(ローム質土)	◎
	“	腐土(粘性土)	⊗	“	腐土(ローム質土)	⊙	“	“ (粘性土)	□
				“	“ (粘性土)	▲			

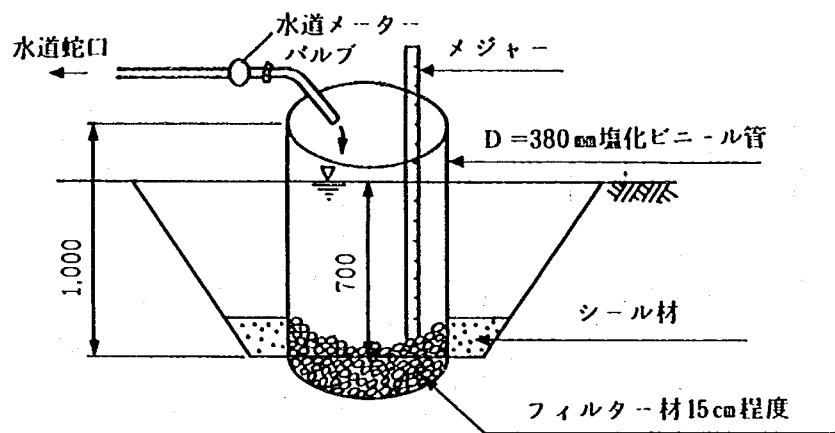


図12-3 円筒型施設の構造

補 足

本論文脱稿後、昭和59年10月に開かれた39回年次学術講演会において浸透型流出抑制施設に関する多くの論文が発表された。その中には本論文と異なった結論となっているものも見られる。ここでは、本論文の結論に与える影響が大きいと考えられる降雨が及ぼす浸透量への影響に関する実験結果について言及し、本論文の結論を変える必要があるか否かを述べる。

〔1〕 浸透量に及ぼす降雨の影響について

本論文においては土木研究所水文観測所で行った散水を伴う現地注入実験、及び数値計算結果を参考にして降雨による浸透量への影響は少ないと結論した。

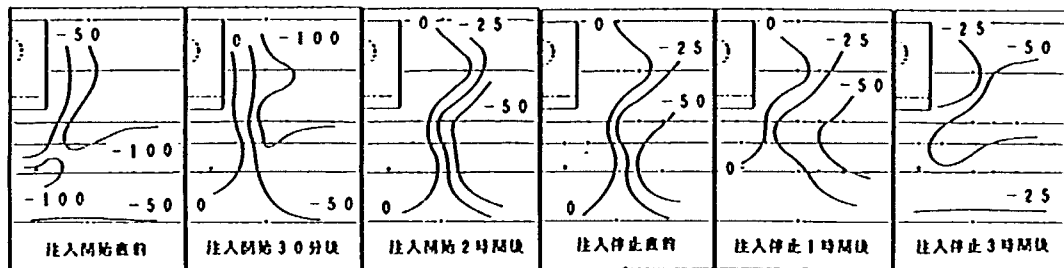
しかしながら、虫明・橋本・田村は、土木研究所で行ったものと同様な実験を東京都昭島つつじヶ丘ハイツ内で行ない、150mm/hr散水時の注入4時間目の浸透量は、散水が無い場合に比較して30%程度小さくなるという実験結果を報告している。

ほぼ実験条件や方法が同じであるのになぜ結果が異なったのかを検討する。

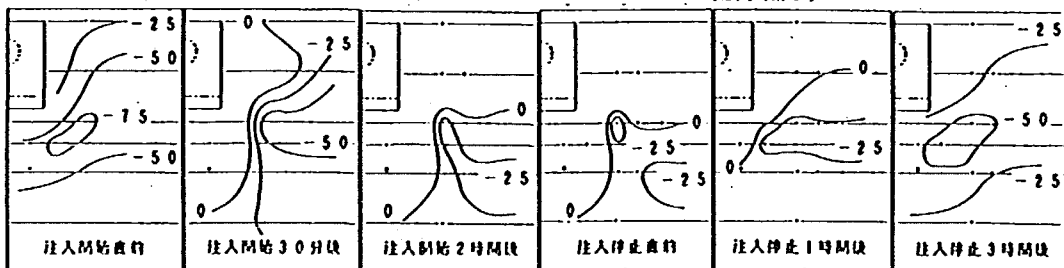
つつじヶ丘ハイツの土質特性を見ると、トレンチ周辺の土層は表層90cmまでが造成工事により攪乱されたローム質土壌、90～300cmが立川ローム層、それ以深は立川礫層で、地下水面は地表下約10mであり、トレンチは、幅60cm、高さ70cm、長さ600cm、底面の位置は地表下80～90cmにあり、丁度乱さないローム層に接するような位置にある。

散水の影響が異なった原因は、この土質特性の違いによるように思える。散水時の土中吸引圧の変化図を見ると、深さ1m以深でトレンチの直下をはずれた所の湿潤度があまり増加していない。このことは、乱したローム層と乱さないローム層の間に難透水性の層が成ることを推察させる。つまり散水によって地表下0～80cmは飽和状態に近くなり、重力水頭以上の圧力が生じ、トレンチ側面からの浸透を抑制したものと考えられる。

以上の推論より、本論文で評価した降雨による影響係数 $K_4=0.95$ は表層近くの土質の層序によってはより小さな値にしなければならないと結論づけられる。ただし、この層序状態の個々の施設設置位置ごとに調べ、それを考慮して K_4 を定めることは現実的ではないように思える。今のところ K_4 の値はこのままの値としておくが、今後このような散水を伴う現地実験が増えた段階で再度検討が必要になろう。



実験Bの土中吸引圧分布の時間変化（散水無し）



実験Cの土中吸引圧分布の時間変化（散水有り、地表面湛水）

参考文献

田村・虫明・橋本： 浸透地下トレンチに対する散水を伴う現場注入実験、土木学会第39回年次学術講演会概要集第2部 p.p.109～110

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

ISSN 0386-5878

土研資料第2126号

昭和59年8月

キーワード 流出抑制施設、円筒型施設、円筒透水型施設、トレンチ型施設、
浸透量、浸透能、浸透能力、浸透能力評価式、浸透特性、目づまり

要 旨

本報告書は、流域の持つ保水機能を高めるための浸透型流出抑制施設の浸透能力をいかに評価したらよいかについて、現地実験、水理模型実験により調査した結果をとりまとめたものである。

現地実験では、地盤の持つ浸透能を評価するための浸透能調査手法の提示、浸透型流出抑制施設の浸透能力の把握に関する実験及び調査・研究を行った。また、水理模型実験では、浸透能力に影響を及ぼす因子と浸透能力に関する事項等に対して実験・検討を行った。

これらの実験、調査等の結果を基  にして、浸透型流出抑制施設の浸透能力評価式を提示した。

郵便はがき

40円切手
をはって
下さい。

3 0 5 -

建設省土木研究所

総合治水研究室 御中

茨城県筑波郡豊里町大字旭一番地

No. _____

No. _____

配布先氏名

配布先住所

○



土木研究資料第 2126 号 部

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

上記のとおり受領しました。

所 属 (住所)

氏 名

④

