

## (12) 都市域の雨水流出抑制と雨水管による浸透能の評価

### Evaluation of Seepage Ability of Storm Water Drain for Control Storm Runoff in Urban Area.

和田安彦<sup>\*</sup>、三浦浩之<sup>\*</sup>  
Yasuhiko Wada, Hiroyuki Miura

#### 1. 緒言

都市排水が抱える今日的課題のひとつとして、流域の開発や都市化による河川への雨水流出量の増大がある。これに対処するためには、治水対策として河川改修を行うことが第一であるが、近年のひっ迫した財政事情や高密度化社会による河川下流部の諸問題等により改修が遅れているのが現状である。そのため下水道が都市排水を十分行えない状況も生じている。

このような降雨の表面流出量の増大は、一方で地下水涵養量の減少をもたらし、地下水位の低下や河川維持流量の減少、塩害化、水環境の悪化等を招くことにもなる。

このため、これらの問題への対策の一手法として、都市流出の立場から雨水浸透施設による流出抑制が実施されているところもある。流出抑制効果があることが次第に明らかにされてきているが、まだ具体的な問題については未知なところも多い。

ここでは、従来行なわれてきた浸透型施設等による雨水の浸透能調査結果をもとに、浸透能に及ぼす影響因子の特性を明らかにすることを目標として、資料解析等を行い考察を加えた。さらに、一例として関西地方での浸透能調査結果の一部を比較考察した。

#### 2. わが国の都市域での雨水流出抑制

##### 2. 1 雨水浸透工法

雨水流出抑制施設は、総合治水対策において、保水遊水機能を保全し、開発に伴う流出量増加の抑制に有効な手段とされている<sup>1)</sup>。雨水流出抑制施設は図-1に示すように分類される。機能の面からは、「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あり、後者は浸透による雨水処理で、前者に比べ施設設置のための用地が小さくて済むもので、ミニ開発対策として行なわれている。

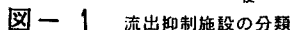
浸透型施設は、大別して図-2に示すように雨水を浸透させる「拡水法」と注入井による「井戸法」になる。前者は、浸透マス・浸透地下トレンチ・浸透側溝・透水性舗装・浸透池に分けられ、後者は、乾式・湿式の浸透井に分けられる。その他に、拡水法の一手法として、わが国独自の「地下埋管法」があり、雨水流出抑制にかなり有効であることが実験的に立証されている<sup>4)</sup>。

表-1にこれら雨水浸透工法の内容を示す。

##### 2. 2 わが国の都市域での雨水流出抑制策

全国の都市域における雨水流出抑制効果に関する従来<sup>12)~18)</sup>の研究結果をもとに多面的に浸透能力を比較検討した。これまで、全国の都市域において実施された主な雨水流出抑制対策をまとめたのが、表-2である。各々の研究において浸透能力の計測方法や設置場所の地域特性等が異なっているが、ここでは、現在までどれ程の雨水浸透型施設が設置されているのかを把握するため、これらを一括して示している。

<sup>\*</sup> 関西大学 工学部 Univ. of Kansai, Faculty of Engineering.



## 表一 雨水浸透工法(論文資料をもとに著者が作成)

ここでは、これまでわが国の都市域で実施された雨水浸透施設の調査結果をもとに、浸透面積、土壌、地下水位の3つの影響因子と浸透量の関係について整理、検討した。

浸透底面積と浸透量の関係を

これより、マス型施設では浸透底面積のみにより浸透量は一次的に決まるものではなく、他の各種影響因子と複雑に影響し合っていることが考えられる。一方、トレンチ型施設でもデータのばらつきはあるものの、底部の浸透面積が大きい施設ほど浸透量が多くなる傾向はみられる。しかし、浸透底面積が $2\text{m}^2$ 以下では、最終浸透量は浸透底面積に関係なく $100 \sim 2,000$  ( $\text{l/hr}$ )の間にあり、トレンチ型施設の底部碎石幅がおおよそ $30 \sim 90\text{cm}$ 、長さが $1\text{m} \sim 10\text{m}$ であることを考えると、トレンチ型施設では、浸透面の幅よりも長さが、最終浸透量により影響するといえる。

| 項 目    | 井 戸 法                                                                                                                                        | 拡 水 法                                                                                    |
|--------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|
| 雨水浸透方法 | 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。                                                                                                                 | 地表面から平面的に地下水を涵養させる。                                                                      |
| 特 徴    | 1) 目づまりが、発生しやすい。<br>2) 目づまりが、地下深部で発生するため処理が困難。<br>3) 処理される雨水の性質や、浸透層の地盤、地下水汚染に対する考慮が必要<br>(地下水に直接雨水を注入するため)<br>4) 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 | 1) 目づまりが生じても対策は容易。<br>2) 雨水浸透工法として確実性を有する。<br>3) 構造が簡単<br>4) 自然浸透に近く、地下水水質に与える影響も比較的小さい。 |
| 設置条件   | 1) 地盤は砂礫層<br>2) 地下水位は低い                                                                                                                      | 広い占用面積が必要                                                                                |
| 種 類    | ① 乾式浸透井<br>② 湿式浸透井                                                                                                                           | ① 浸透マス (円筒型施設)<br>② 浸透地下水トレンチ (トレンチ型施設)<br>③ 浸透側溝<br>④ 透水性舗装<br>⑤ 浸透池<br>⑥ 地下埋管          |

表 2 わが国の都市域での雨水流出抑制対策

| 設置施設                          | 雨水浸透工法                                           | 土質、地層                                                       | 浸透能力                                                                                                                                                                                                         |
|-------------------------------|--------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 土木研究所<br>水文観測所<br>(1)         | 1) 円筒マス型<br>2) トレンチ型施設                           | 下地より次の順序<br>成田層<br>常総粘土層<br>関東ローム層<br>(新堀ローム層)              | 105~430 $\ell/hr$<br>1,190~4,000 $\ell/hr$                                                                                                                                                                   |
| 土木研究所<br>水文観測所<br>(2)         | 1) 円筒型<br>2) 暗きょ型<br>3) 暗きょ型<br>4) 暗きょ型          | 関東ローム層                                                      | 270~440 $\ell/hr$<br>20~365 $\ell/hr$<br>176~271 $\ell/hr$<br>840~1340 $\ell/hr$                                                                                                                             |
| 土木研究所<br>構内                   | 1) 円筒型<br>2) 円筒型<br>3) 暗きょ型<br>4) 暗きょ型           | 関東ローム層                                                      | 300 $\ell/hr$<br>450 $\ell/hr$<br>1000 $\ell/hr$<br>2500 $\ell/hr$                                                                                                                                           |
| 筑波研究学園<br>都市西部<br>工業団地        | 1) 浸透トレンチ<br>2) 円筒マス型                            | 地表面より順次<br>ローム層<br>凝灰質粘土<br>砂質土                             | 719~1,016 $\ell/hr$<br>100~400 $\ell/hr$                                                                                                                                                                     |
| 深谷市荒川<br>左岸扇状地<br>平塚市         | 地下埋管<br>雨水地下浸透パイプ                                | 洪積台地<br>ローム層、砂礫層<br>1) 海岸沖積層平野<br>2) 地表から1.2mまで<br>がシルト質ローム | 36~150 $\ell/m \cdot hr$<br>201~266 $\ell/m^2 \cdot hr$                                                                                                                                                      |
| 神田川流域                         | 1) 浸透井<br>2) 浸透トレンチ                              |                                                             | 20 $\ell/分$<br>300 $\ell/分$                                                                                                                                                                                  |
| 昭島つつじ<br>ヶ丘(1)                | 浸透トレンチ                                           | 地表面より順次<br>ローム層、立川ローム層、立川礫層                                 | 3.8 $\ell/min \cdot m$                                                                                                                                                                                       |
| 昭島つつじ<br>ヶ丘(2)                | 浸透トレンチ                                           | 細粒土のローム層                                                    | 0.26 $\ell/min \cdot m$                                                                                                                                                                                      |
| 昭島つつじ<br>ヶ丘(3)                | 1) 地下埋管<br>2) 浸透マス                               | 立川ローム層<br>砂礫層                                               | 0.3 $\ell/min \cdot m$<br>3 $\ell/min$                                                                                                                                                                       |
| 昭島つつじ<br>ヶ丘(4)                | 1) 浸透地下トレンチ<br>2) 浸透マス                           | 立川ローム層                                                      | 3.27~5.18 $\ell/分 \cdot m$<br>4.0~18.2 $\ell/分$                                                                                                                                                              |
| 昭島つつじ<br>ヶ丘(5)                | 浸透地下トレンチ                                         | 黒ぼく、立川ローム層、立川礫層                                             | 0.26~0.48 $\ell/分 \cdot m$                                                                                                                                                                                   |
| 昭島つつじ<br>ヶ丘(6)                | 浸透マス                                             |                                                             | 2.3~5.6 $\ell/分 \cdot m$                                                                                                                                                                                     |
| 昭島つつじ<br>ヶ丘(7)                | 浸透地下トレンチ                                         | 立川ローム、立川礫層                                                  | 29~34 $\ell/min$                                                                                                                                                                                             |
| 住宅・都市<br>整備公団<br>研究試験所<br>内   | 1) 浸透地下トレンチ<br>2) 浸透マス                           | 関東ローム層<br>(凝土造成したもの)                                        | 0.41~6.18 $\ell/分 \cdot m$                                                                                                                                                                                   |
| 神奈川県<br>横浜市内<br>神田川           | 浸透溝                                              | 関東ローム層                                                      | 5 $\ell/分 \cdot m$                                                                                                                                                                                           |
| 目黒川<br>残堀川<br>野川<br>鶴見川       | 1) 浸透井<br>2) 浸透トレンチ                              | 粘土<br>砂礫<br>ローム<br>砂礫<br>砂礫<br>砂礫<br>砂礫<br>土丹<br>ローム<br>砂礫層 | 6.9 $\ell/min$<br>6.8 $\ell/min$<br>9.9 $\ell/min$<br>11.0 $\ell/min$<br>17.2 $\ell/min$<br>18.2 $\ell/min$<br>3.9 $\ell/min$<br>6.7 $\ell/min$<br>5.1 $\ell/min$<br>49.3~489 $\ell/min$<br>134.6 $\ell/min$ |
| 神田川<br>東久留米市<br>鶴山団地<br>鶴崎試験地 | 1) 円筒型<br>2) 暗きょ型貯留槽<br>3) 暗きょ型貯留槽<br>4) 暗きょ型貯留槽 | 関東ローム層<br>ガレキ、砂等で盛土<br>砂層、シルト層                              | 220~700 $\ell/hr$<br>15,000~30,000 $\ell/hr$<br>18.4 $mm/hr$<br>50.5 $mm/hr$<br>56.3 $mm/hr$<br>34.0 $mm/hr$                                                                                                 |
| 相模ヶ丘<br>福岡県いわ<br>きニュー<br>タウン  | 1) トレンチ工法<br>2) マス型                              | 関東ローム層、黒ぼく<br>粗粒砂岩                                          | 79~433 $\ell/分 \cdot m$<br>19.7 $\ell/hr$                                                                                                                                                                    |
| 広島県広島<br>市東区<br>広島市           | マス型                                              | 地表面より<br>粗砂<br>砂礫ローム                                        | 9.4 $\ell/hr$                                                                                                                                                                                                |

表 3 浸透能力に及ぼす影響因子

|      |                                                                                 |
|------|---------------------------------------------------------------------------------|
| 施設   | 1) 湛水深<br>2) 浸透面積(施設形状)<br>3) 施設配置間隔                                            |
| 配置場所 | 1) 土壌の物理化学特性<br>(土中水分量、透水係数、<br>間隙率等)<br>2) 降雨<br>3) 地下水位<br>4) 目づまり状態<br>5) 水温 |

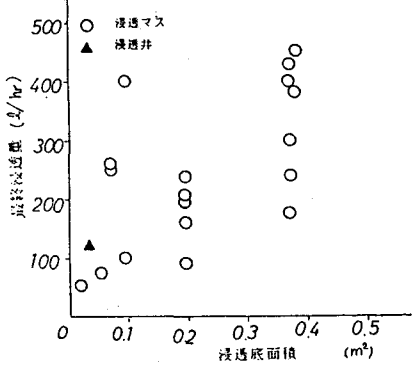


図 3 浸透底面積と最終浸透量の関係

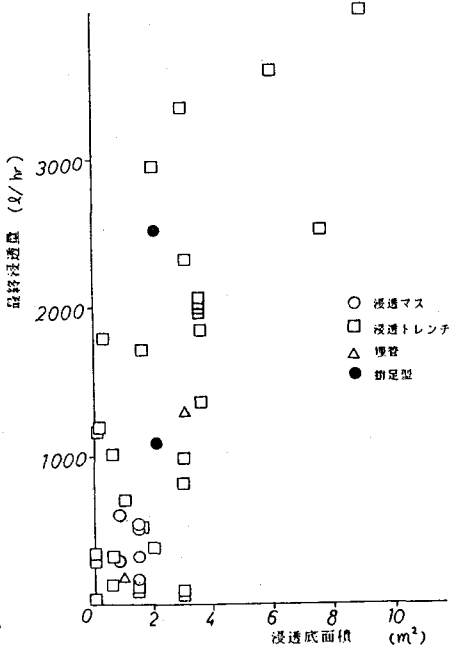


図 4 浸透底面積と最終浸透量の関係

3. 2 地下水位と浸透能力

地下水位が浸透量に及ぼす影響を明らかにするため、各地で行なわれた浸透型施設の最終浸透量を基に、地下水位と浸透量の関係を図-5のようにまとめた。ここで、地下水位としては、施設の大きさや埋設深さによる影響を除くため、施設底面と地下水面までの差を用い、浸透量は、浸透底面積の影響が表れないよう、単位浸透面積当たりの浸透量とした。

これより、マス型施設、トレンチ型施設ともに施設底面と地下水面との差による浸透量の有意な変化は見られなかったものの、ある地下水位における浸透量の最大値は、地下水位の下降とともに大きくなっていることが結果として得られた。土木研究所では、同一地盤において地下水位と浸透量の関係の把握のための実験を実施しており、これにより、トレンチ型施設では浸透底面と地下水面との差

が大きくなるとともに浸透量は増加し、マス型施設では難透水層の形成等によりあまり変わらないことを明らかにしている。

筆者らがまとめた結果より、このような関係が見出せなかったのは、各浸透型施設が設置されている条件(土質、地理的位置等)が個々に異なり、地下水位のみの影響を抽出できなかったためと考えられる。しかし、筆者らの整理した結果より、全国的にみて(主に関東地方)浸透型施設の設置にあたっては、地下水位の高低を特に考慮しなくても、所定の浸透能力の得られることは、予想できる。

### 3. 3 土質別浸透能力

一般に浸透型施設の浸透能は、施設設置地盤の透水係数や開けき率、含水率等の土壌の諸特性に影響されるとされている。そこで、筆者等は全国各地の浸透型施設の浸透能測定結果を土質別に分類し、土質による浸透能の違いについて考察した。各地の浸透能力の測定結果を土質別に分類し、浸透能の範囲及び平均値を表したものが、図-6, 7である。なお、ここで、浸透能は原則として最終浸透量を単位時間(1時間)当たりとしたものを用いた。

#### (A) 円筒マス型

- 最も浸透能力が高いのは、立川ローム層で、800(cm/hr)以上の浸透能が認められることもあるが、100~200(cm/hr)程度の浸透能の場合もある。

- 平均値から浸透能をみると、関東ローム層(新期ローム層)、立川ローム層、砂層シルト層の浸透能が高く、250~400(cm/hr)にあり、次いで関東ローム層及びこれによる盛土での浸透能が高い。

- 多くのマス型浸透施設が設置されている関東ローム層の浸透能は、新期ローム層も加えて、50~600(cm/hr)程度であり、比較的浸透性が高い。

- 円筒マス型浸透施設のローム層系土壌での浸透能は、約100~500(cm/hr)程度にある。

#### (B) 浸透トレンチ型

- 全体として円筒マス型における土質別浸透能と同様な傾向を示しているが、トレンチ型の浸透能は円

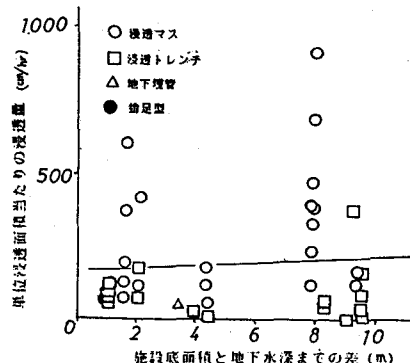


図-5 施設底面積と地下水深までの差と単位浸透面積当たりの浸透量

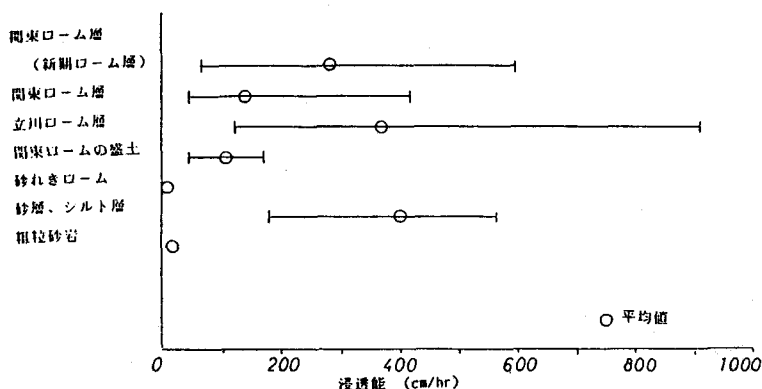


図-6 土質別 浸透能(円筒マス型)

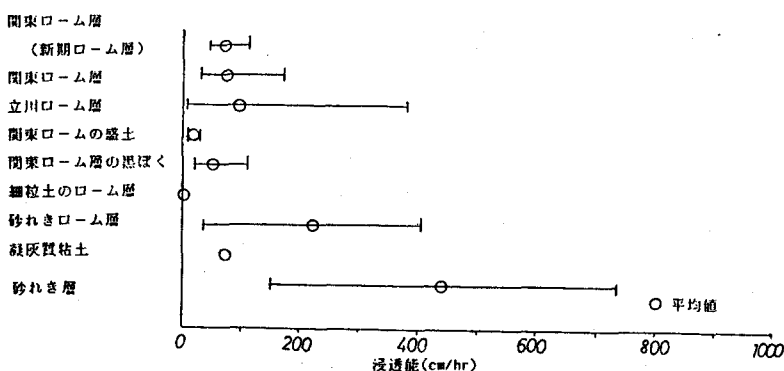


図-7 土質別 浸透能(浸透トレンチ型)

筒マス型に比べ1/2~1/5程度である。

- 2) トレンチ型において最も浸透能が高いのは砂礫層におけるものであり、平均値で450(cm/hr)、最低値でも150(cm/hr)の浸透能となっている。
- 3) 平均値から浸透能をみると、砂礫層、砂礫ローム層の浸透能が高く、それぞれ450(cm/hr)、220(cm/hr)前後の浸透能となっている。次いで立川ローム層、関東ローム層の浸透能が高い。
- 4) 砂礫ローム層の浸透能は、円筒マス型では15(cm/hr)前後に過ぎなかったのが、トレンチ型では40~400(cm/hr)になっている。これは、円筒マス型では砂礫ローム層での調査データが少なく、浸透能の低いものしか結果としてえられなかったためと考えられる。
- 5) トレンチ型浸透施設のローム層系土壌での浸透能は、約20~200(cm/hr)程度である。

#### (C) 土質と浸透能

以上の結果をとりまとめると、浸透量には土質が強く影響し、土質が適当でないと同じ浸透型施設を設置しても10(cm/hr)程度の浸透能しか得られない事もある。土質別にみて浸透能が高いのは、ローム層、砂礫層であり、これはどの浸透型施設においても同様である。浸透型施設を設置するにあたり、適当な土質はローム層、砂礫層となる。しかし、これまでの浸透型施設に関する研究の多くは、関東地方で行なわれたものであり、中でも関東ローム層に施設を設置したものが多くなっている。このため、今後は関西地方は言うに及ばず、全国の都市化進行地域において、各種の浸透型施設を設置し、各地方で浸透能の高い土質を探ることが必要となろう。

### 4. 雨水浸透事例

#### 4. 1 概要

一例として関西のある排水区(10ha)における雨水浸透管渠施設を用いて雨水浸透調査を行った事例を示す。当該地域における不浸透面積は53.4%、雨水流出率は0.56である。

浸透施設の構造は門形ラーメンで、底部は5~10cm角前後の碎石を詰めたもので、その幅は約1m、長さ76.5mである。周辺の土質は全体的にみて、大部分が砂、砂礫等から成っており、玉石、粘土分も多少含まれている。

#### 4. 2 浸透能

浸透区間の上下流のハイドログラフの測定結果の一例は図-8, 10に示すものである。浸透区間の下流では流量が減少しており、この区間において雨水の地下浸透が行なわれている。浸透能の時間変化は図-9,

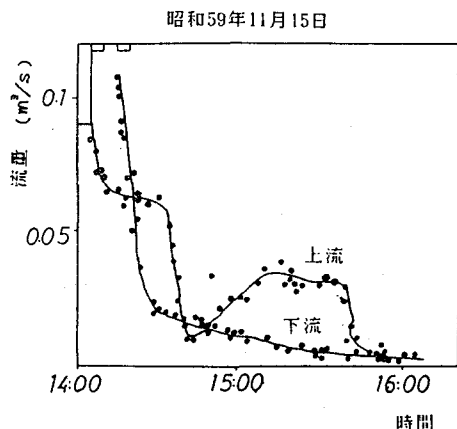


図-8 浸透区間上下の流出ハイドログラフ

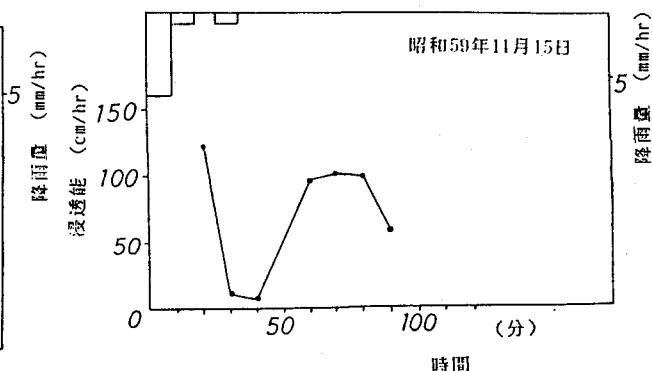


図-9 浸透能の時間変化

昭和60年2月9日

浸透能 (cm/hr)

時間 (分)

降雨 (mm/hr)

11) 11) のようにになっている。調査事例が少ないため、十分な考察はし得ないが、浸透能は比較的存在していると考えられる。雨水流出量の大きいほど浸透能は高くなっており、雨水流出量の小さい降雨での浸透能の小さいのは、浸透水量に限度があるためとみられる。

4) 土質からみて、浸透能の高い物はローム層、砂礫層であり、これは浸透型施設の種類にはあまり影響されない。

- 1) 寺山 隆雄、藤田 誠一：新しい下水道方式の計画と設計〔雨水流出抑制型下水道〕、鹿島出版会
- 2) 山本 健一：浸透施設、流出抑制施設、河川、No. 462、昭和60年1月、土木学会
- 3) 小野 浩川、洪田 誠雄：筑波研究学園都市西部工業団地における雨水処理計画、土木学会、No. 466、昭和60年5月
- 4) 木下 研一、所沢 隆一：地下埋管の原理と効果、一地下排水かん養施設、土木学会、No. 169、昭和60年5月
- 5) 土田 正樹：平塚市型雨水文庫研究、昭和55年4月、平塚市下水道課、土と石、No. 12、昭和57年7月
- 6) 渡辺 明芳、高橋 隆三：関東ローマ台地における土地利用別の浸透能力、土木学会第37回年次学術講演会要録、昭和57年
- 7) 渡辺 龍、杉四郎、小川道：雨水浸透による流出抑制効果について、土木学会第38回年次学術講演会要録、昭和58年
- 8) 宇山 孝功、藤原 孝：現地土壌試験の室内試験に基づく雨水浸透施設の浸透特性の評価、土木学会第38回年次学術講演会要録、昭和58年
- 9) 鶴川 登、坪田 恵介、内田 誠：浸透特性に関する実験的研究、土木学会第39回年次学術講演会要録、昭和59年
- 10) 山本 健一：浸透トンネルからの浸透、昭和59年、土木学会第39回年次学術講演会要録、昭和59年
- 11) 高田 隆、齊藤 良一、鈴木 健夫：現地実験による浸透施設の浸透特性調査、土木学会第39回年次学術講演会要録、昭和59年
- 12) 土井 幸三：山本 健一：水理学的浸透施設による浸透能力評価、土木学会第39回年次学術講演会要録、昭和59年
- 13) 宇山 孝功、藤原 孝：浸透トンネルの浸透特性に関する研究、土木学会第39回年次学術講演会要録、昭和59年
- 14) 寺川 隆、石崎 純、石原 旭：降雨時の地内排水システムの現地実験、土木学会第39回年次学術講演会要録、昭和59年
- 15) 石崎 純、石原 旭、寺川 隆：雨水の地内排水処理による流出の抑制、土木学会、Vol. 67、No. 2、昭和57年2月
- 16) 土木研究所資料第1767号、地内浸透を考慮した流出抑制法の開発実験に関する報告書、建設省土木研究所、昭和57年3月
- 17) 藤原 孝、寺川 隆、加藤 孝：浸透トンネルの浸透特性に関する一考察、土木学会、No. 466、昭和57年
- 18) 土井 幸功、藤原 孝：トンネル型雨水浸透施設の浸透特性に関する研究、第27回水理講演会論文集、昭和58年2月