

トレンチ型浸透施設の現地浸透試験法の改良

Improvement of In-Situ Infiltration Test Method for Trenches

東急建設株式会社	正 員	藤 原 道 正
東京大学生産技術研究所	正 員	虫 明 功 臣
東急建設株式会社	正 員	屋 井 裕 幸
東京大学生産技術研究所	正 員	小 池 雅 洋
東京大学大学院	学生員	ヘラト スカーク

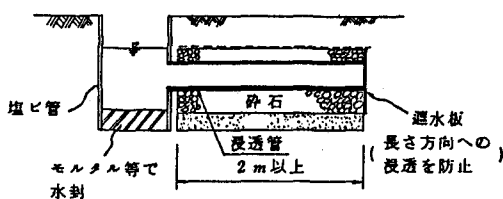
1. はじめに

都市化による雨水の不浸透面積の拡大に伴う都市型水害の有効な対策手法として、雨水浸透工法が注目されている。この工法の特色は、地中の空隙へ水を強制的ではあるが、地盤の持つ浸透能力に応じて注水しようとするもので、浸透施設の設計にあたっては、現地の浸透能力を精度よく測定することが重要となる。その測定方法として試験施設規模を実施施設規模に近似させて現地注水試験を実施し、直接浸透能力を求めることが、一番確かとされている。トレンチ型浸透施設において、その現地浸透能力は通常単位長さ当りの浸透量で評価される。従って、トレンチ延長を長くしたり、短い場合は端部に遮水板を設置して端部の影響をできるだけ少なくする方法が採られている。しかし、端部の影響度についての研究報告等は見当らない。筆者等は、これに対して現地浸透能試験装置を考案して、それを評価するとともにこの試験法の有用性を議論する。

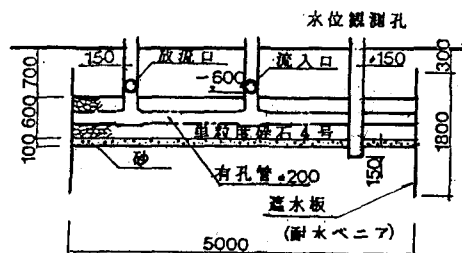
2. 現地浸透能試験装置

従来のトレンチ型浸透試験施設例を図-1、2に示す。図-1の場合、端部からの浸透防止のため遮水板を取りつけてあるが、底部から浸透した水のトレンチ延長方向への拡散を防ぐことは難しい。図-2の場合、前述の問題をある程度改善できるが、遮水板設置に伴う掘削量の増加や掘削による地山の攪乱の問題が生じる。トレンチ型浸透施設の設計に用いられる数値は、単位長さ当りの浸透量である。その元になる注水試験の浸透量に端部からの浸透分が含まれるならば、設計浸透量は過大に評価される。端部の影響を少なくするためには、試験施設長を長くすれば良いのだが、どの程度の長さが適当であるかはわかっていないし、長くなる程試験単価は高くなる。これらを鑑み、図-3に示す現地浸透能試験装置を提案する。本装置は、端部

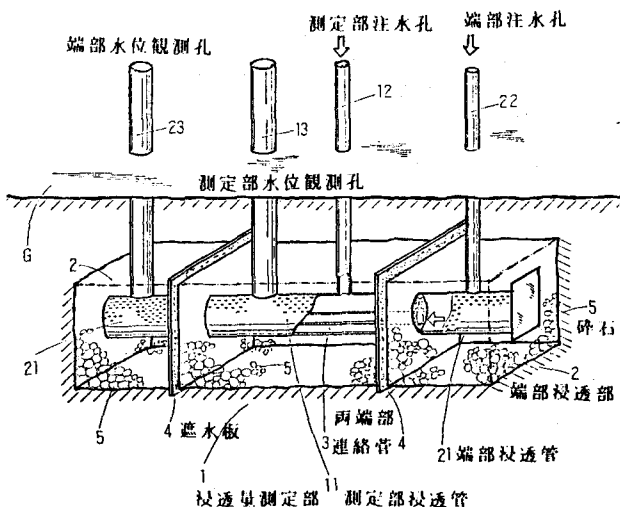
浸透地下トレンチ



圖一-1 浸透試驗施設例



圖一-2 浸透試驗施設例



圖一-3 現地浸透能試驗裝置

浸透部2、浸透量測定部1に分れている。その独立させた試験区間に、それぞれ等水頭を作用させて定水頭注水試験を実施する。この方法に依れば、測定部の浸透水は端部の浸透流によってトレンチ延長方向への流れが制御されてトレンチ延長方向に直角な二次元流となり、トレンチ単位長さ当りの浸透量を精度よく測定できる。このため従来方法より端部の影響を無視することができ、施設長を短くすることが可能である。

3. 試験装置を用いた注水実験

図-4 に示す試験装置を用い、東大生産技術研究所西千葉実験所にて関東ロームを対象に実施した。現地は、表層50cm程度まで黒ボクで覆われ、その下位4.0m付近まで均質なロームが堆積している。関東ロームの透水係数は、室内変水頭透水試験から 10^{-3} cm/sのオーダーにあることが分っている。図-5 に注水実験結果を示す。尚、本実験は水位、15cm、30cm、50cmの段階定水位法に依った。水位制御は電磁弁を用いた。端部の影響度を調べるためにその注水量を測定した。これより以下のことが分った。

① 各定水位において、端部と測定部との単位浸透量には、明らかな差異が認められ、本方式による測定部と端部の浸透量の分離計測が可能である。

② H=50cmにおいて、両端部と測定部を合わせた長さ2.5mのトレンチとして単位浸量 ($l/min/m$) を求めると、

$$q = \frac{4.5 \times 1.5 + 6.8 \times 1.0}{2.5} = 5.42$$

測定部だけで求めらよれた浸透量の約2割増で評価される。従って、トレンチ長さ2.5m程度では端部の影響を無視することはできない。

③ ①及び②をふまえて、測定部1.5mでも本装置を用いれば、浸透量を定量的に評価できるか、及び更に試験装置のコンパクト化が図れるかの検討を要する。

4. 現地浸透能試験装置の原理を用いた実物大浸透施設の注水実験

4-1. トレンチ底面幅と浸透量の関係

実験は、住宅都市整備公団が本試験法を採用して清瀬市の畑地内の関東ロームを対象として実施したものである。図-6 に注水実験施設を示す。トレンチ幅がB=60cm、120cm、180cm、のものについて水位をH=15cm、45cm、60cm、と変化させて注水実験を行った。表-1 に実験結果を、図-7 にその結果からH~q関係を示す。また、データが少ないが測定部のH~q関係式を以下に記す。

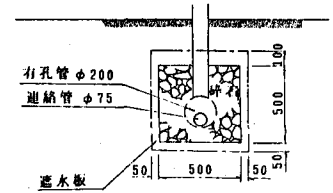
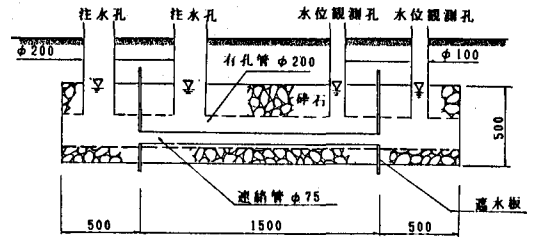


図-4 現地浸透能試験装置 (ユニット型)

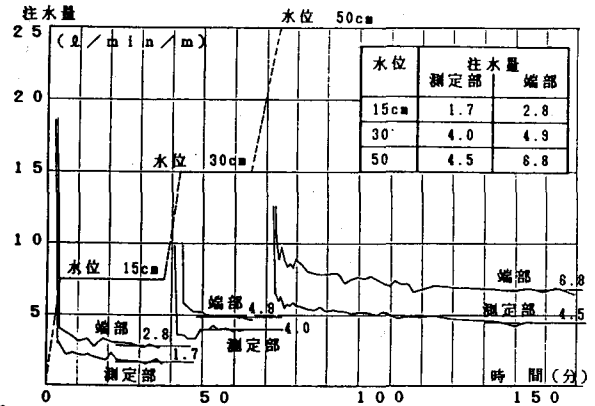
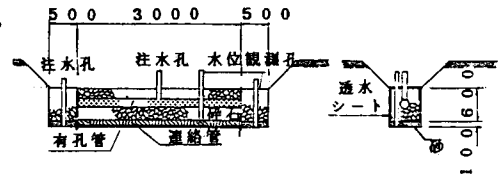


図-5 注水実験結果 (西千葉)



遮水板詳細図

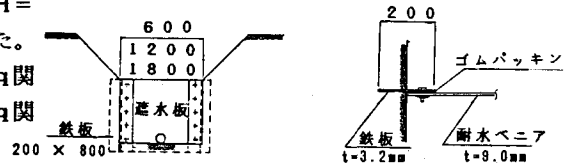


図-6 注水実験施設 (清瀬) (現場組立型)

$$B = 60 \quad q = 2.726 + 0.188 \times H$$

$$B = 120 \quad q = 2.583 + 0.217 \times H$$

$$B = 180 \quad q = 2.296 + 0.287 \times H$$

以上のことより、

- ① 前記した3式のとおり各トレンチにおいて水頭と透量の間には、かなり良い相関が見られる。

- ② 齊藤、山本は、飽和浸透理論の適用を仮定した次元解析と水理実験結果より、トレンチ型浸透施設では浸透底面幅が浸透量に影響しないとの結論を導いている。本実験では水頭が小さい場合、トレンチ底面幅の浸透量へ与える影響は小さいが、水頭が大きくなるに従いその影響は大きくなっている。

4-2. 端部の影響度

両端部と測定部を合わせたトレンチ4.0mとした場合の単位浸透量 q_2 を換算して、表-2に示す。

$$\text{換算式} \quad q_2 = \frac{(L-1) \times q_1 + q_3}{L}$$

q_1 : 測定部浸透量 L : トレンチ延長

q_3 : 端部浸透量

表中の()の数値は、測定部浸透量 q_1 との比 q_2/q_1 である。ここで、測定部浸透量が精度よく測定されていると仮定して、トレンチ延長 L と q_2/q_1 との関係を上式を用いて求めたものを図-8に示す。地盤の透水性によって、 $L \sim q_2/q_1$ の関係は変わってしまうので、定性的なことしか言えなくもないが、現地の土壌が一般的な関東ロームという点に留意して、関東ロームに限って以下のことが言えると判断する。

- ① 標準型トレンチの断面形状である $B=60\text{cm}$ 、 $H=60\text{cm}$ については、トレンチ延長を4.0mもとるならば端部の影響は無視できる。

② トレンチ断面が大きくなるに従って、端部の影響度が大きくなるので、トレンチ延長をかなり長くしなければならず、本方式の注水実験に依った方がよい。

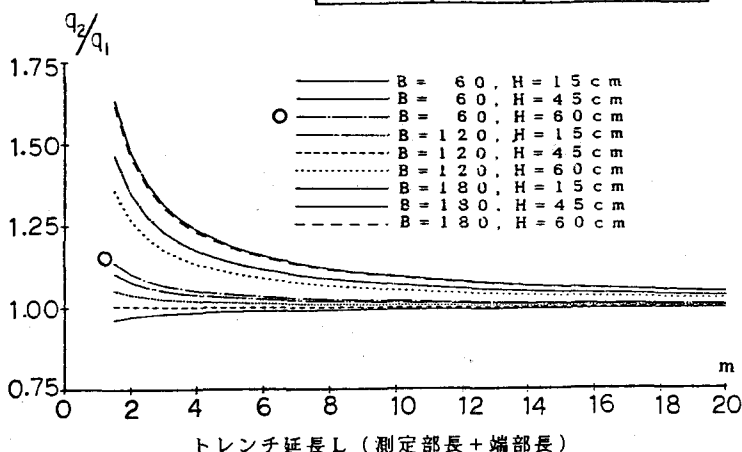


図-8 トレンチ延長 L と q_2/q_1 の関係

表-1 注水実験結果 (清瀬)

		(l/min/m)					
B トレンチ幅	H 定水頭	15 cm		45 cm		60 cm	
		測定部	端部	測定部	端部	測定部	端部
60 cm		5.48	5.19	11.37	12.29	13.87	16.74
120 cm		5.76	6.66	12.59	12.70	15.45	23.73
180 cm		6.67	11.32	14.99	29.23	19.65	37.78

単位浸透量

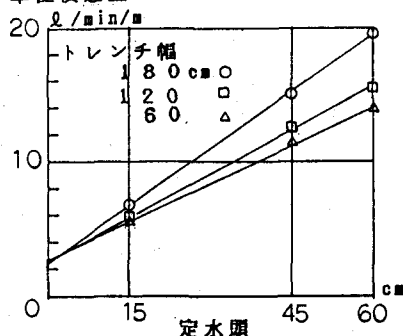


図-7 水頭 H と単位浸透量 q の関係

表-2

トレンチ長4mとした場合の単位浸透量 (l/min/m)

B \ H	15 cm	45 cm	60 cm
60 cm (q_2/q_1)	(5.41) (0.99)	(11.60) (1.02)	(14.59) (1.05)
120 cm	(5.99) (1.04)	(12.62) (1.00)	(17.52) (1.13)
180 cm	(7.83) (1.17)	(18.55) (1.24)	(24.18) (1.23)

4-3. トレンチ幅が異なる場合の浸透量の評価方法

ここで、トレンチ形状と浸透量との関係をもっと明確に求め、浸透施設計画、構造設計に活用できるような手法を求める必要がある。

道路盛土や地表面に近い部分の地下水面より上の地盤の透水性を簡単に知るために、次式が用いられる。

$$K = \frac{Q}{B + 2H}$$

K：透水係数

この式は、河川・水路等の延長のあるものを2次元にとり扱ったもので、鉛直方向の流れの成分が支配的と考えている。式形の分母は浸透面積に相当する。図-9に単位浸透量 q と潤辺 $(B + 2H)$ の関係を示す。

図中の関係式は、トレンチ幅 $B = 120\text{cm}$ 、 180cm の水位 $H = 15\text{cm}$ のデータ()をはずして求めたものである。水位が小さい場合には、浸透面積の増加に対する単位浸透量の増分が小さいことがわかる。前述したように、この式形は、鉛直方向の流れの成分が支配的である場合に限って、成り立つと考えているため、トレンチ水位が小さく、それに対する底面幅が大きい時には、トレンチの断面形状と浸透量との相関性を示すには難しいことがわかった。

$$q = 6.407 \times (B + 2H) \quad \therefore K = 6.407 \left(\frac{\text{L}}{\text{min}/\text{m}^2} \right) = 1.07 \times 10^{-2} \text{ (cm/s)}$$

図-10に断面積を潤辺で割った径深 R と単位浸透量 q との関係を示す。この径深 R は、奥ゆき 1m 当りの水重量が浸透面積に作用する平均的な水圧とみなせる。この径深 R と単位浸透量 q の相関は、次式で示す通り非常に良い。

$$q = 53.90 \times R \quad r = 0.994$$

上式の係数も、地盤の持つ透水性を表しているが、

$$\begin{aligned} \kappa &= 53.90 \left(\frac{\text{L}}{\text{min}/\text{m}^2} \right) \\ &= 8.98 \times 10^{-2} \text{ (cm/s)} \text{ となる。} \end{aligned}$$

以上のことより、

トレンチ型施設の浸透能試験において、径深 R と単位浸透量 q との関係が求まるならば、トレンチの幅と水深の関係が変わっても、設置地盤条件が同じという条件の下では、浸透量を評価することが可能となる。

5. おわりに

トレンチ型浸透施設にあたり、現地浸透能力を評価するための現地浸透能試験装置を提案した。現段階で得られた知見を以下にまとめる。

- ① 実験施設延長の程度により、端部の影響度が大きく単位浸透量が過大に評価される場合がある。

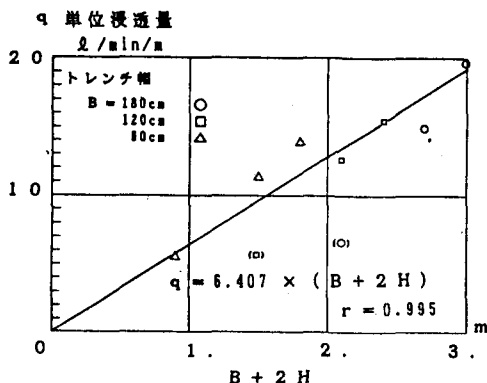


図-9 $(B + 2H)$ と単位浸透量 q の関係

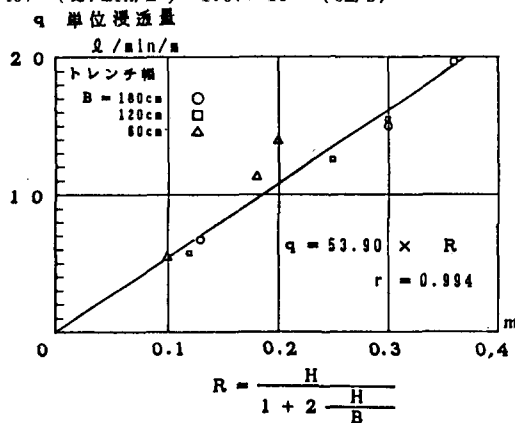


図-10 R と単位浸透量 q の関係

- ② 本方式の試験法を用いるならば、①の問題を回避することができ、比較的小規模の浸透試験施設のため、注水試験時の使用水量減少が期待できる。
- ③ トレンチ形状と浸透量の関係は、トレンチの形状を示す指標として径深 R を用いるならば、非常に良い相関が得られる。従って、小型の試験装置による試験結果から、断面形状の異なる実施設の浸透量を評価することが可能となる。

今後、試験装置について、更にその断面・延長の縮小を図っても、上記した事項が常に満足できるかの調査を続けて実施するつもりである。



現地浸透能試験装置

(ユニット型)



現地浸透能試験装置

(現場組立型)

謝辞

清瀬において共同で実験を行なう機会をもち、論文をまとめるための貴重なデータを得られたことについて、住宅都市整備公団八王子試験所の井端・青木両氏に深く感謝する。また、実験を手伝っていた弘中技官、関谷研究生、矢中・香川両武蔵工業大学卒論生にも、あわせて感謝する。

参考文献

- 1 虫明功臣、岡 泰道、内田 滋：浸透地下トレンチのトレンチ幅が浸透量に及ぼす影響—数値シミュレーションによる検討—、土木学会第40回年次講演会講演概要集第2部、1985.9.
- 2 虫明功臣、田村浩啓、藤原道正：浸透トレンチの水位と浸透流量との関係—現地観測結果に対する考察—、土木学会第13回関東支部技術研究発表会講演概要集、1986.3.
- 3 建設産業調査会：地下水ハンドブック
- 4 辻 利美、香川幸男：雨水浸透施設計画のための現地透水試験について、日本下水道協会第23回下水道研究発表会講演集、1986.
- 5 西垣 誠、河野伊一郎：水平および鉛直方向の透水試験の計測方法—単孔式原位置試験による—、土質工学会誌土と基礎、1984.11.