

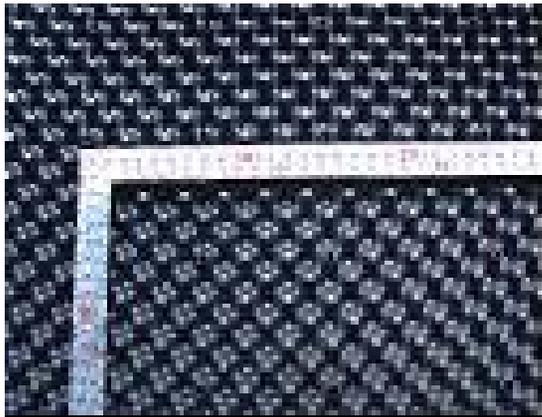
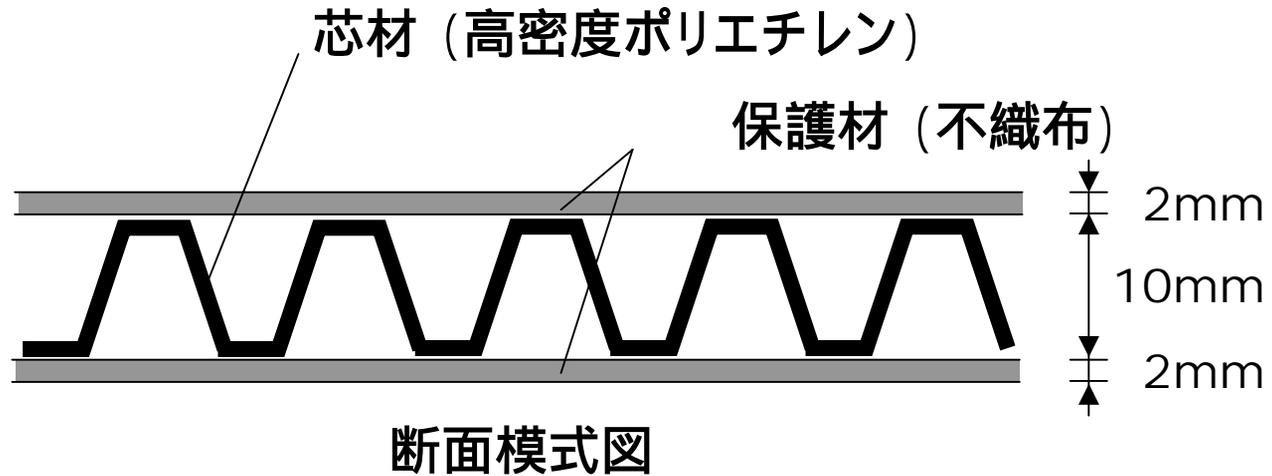
2008.6.24

散水実験結果の理論解析

九州大学 小宮哲平



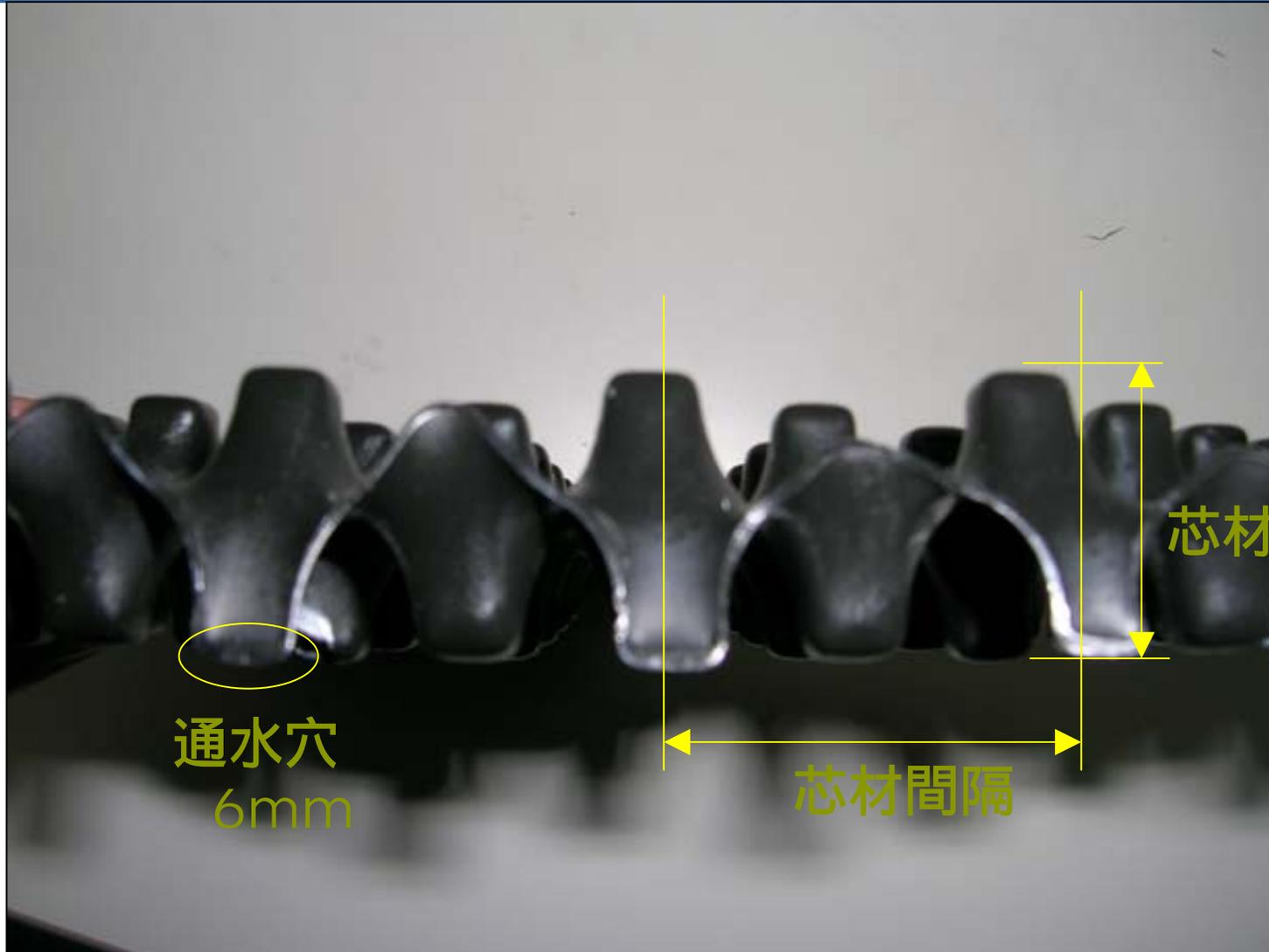
ジオコンポジット型排水層の構造 (ジオフロー)



芯材(上面図)

- ・高密度ポリエチレンをエンボス加工
- ・芯材厚さ 10mm, 5mm
- ・芯材間隔 12.5mm
- ・規則的に、6mmの孔がある。

芯材の断面図



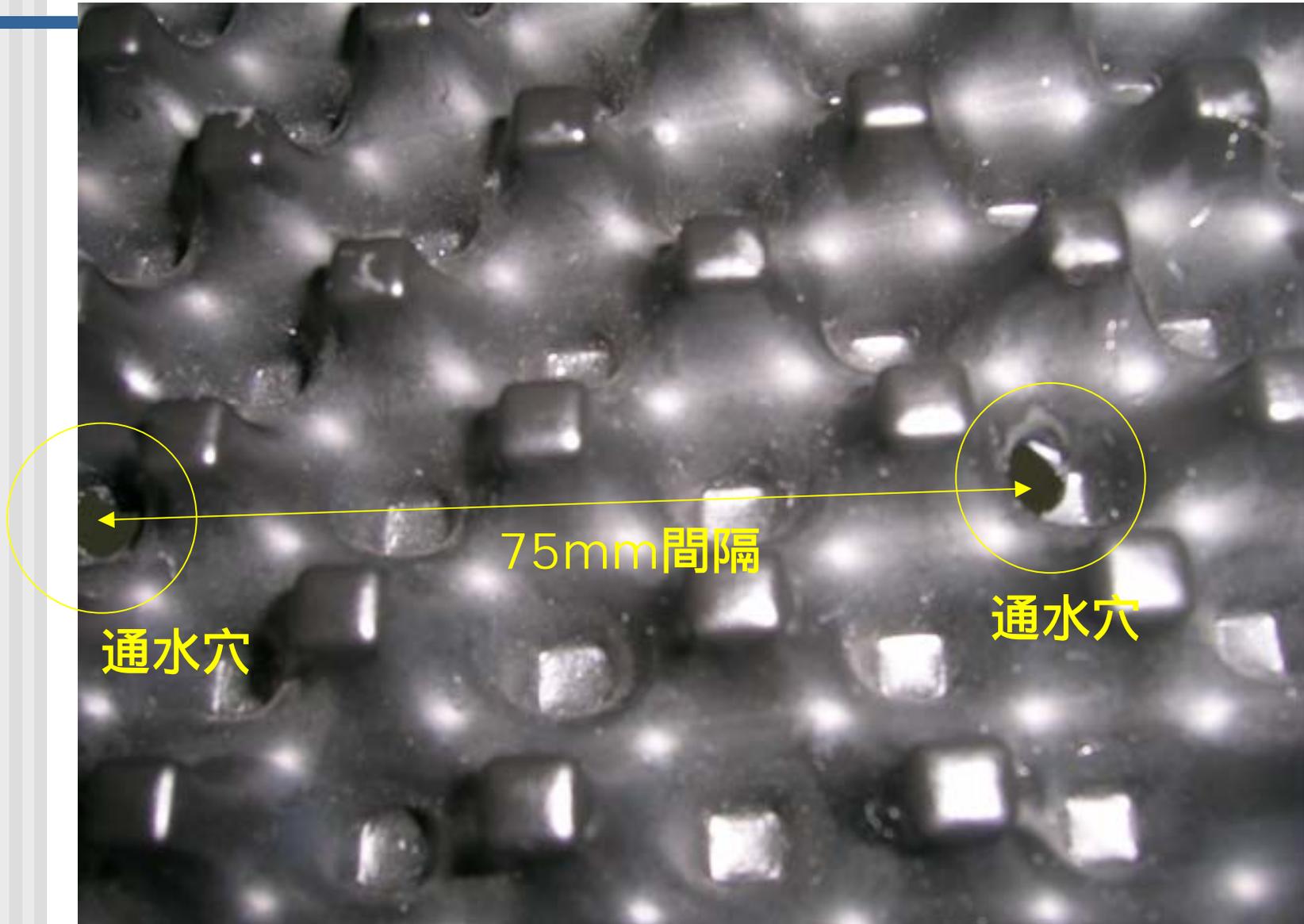
通水穴
6mm

芯材厚さ

芯材間隔

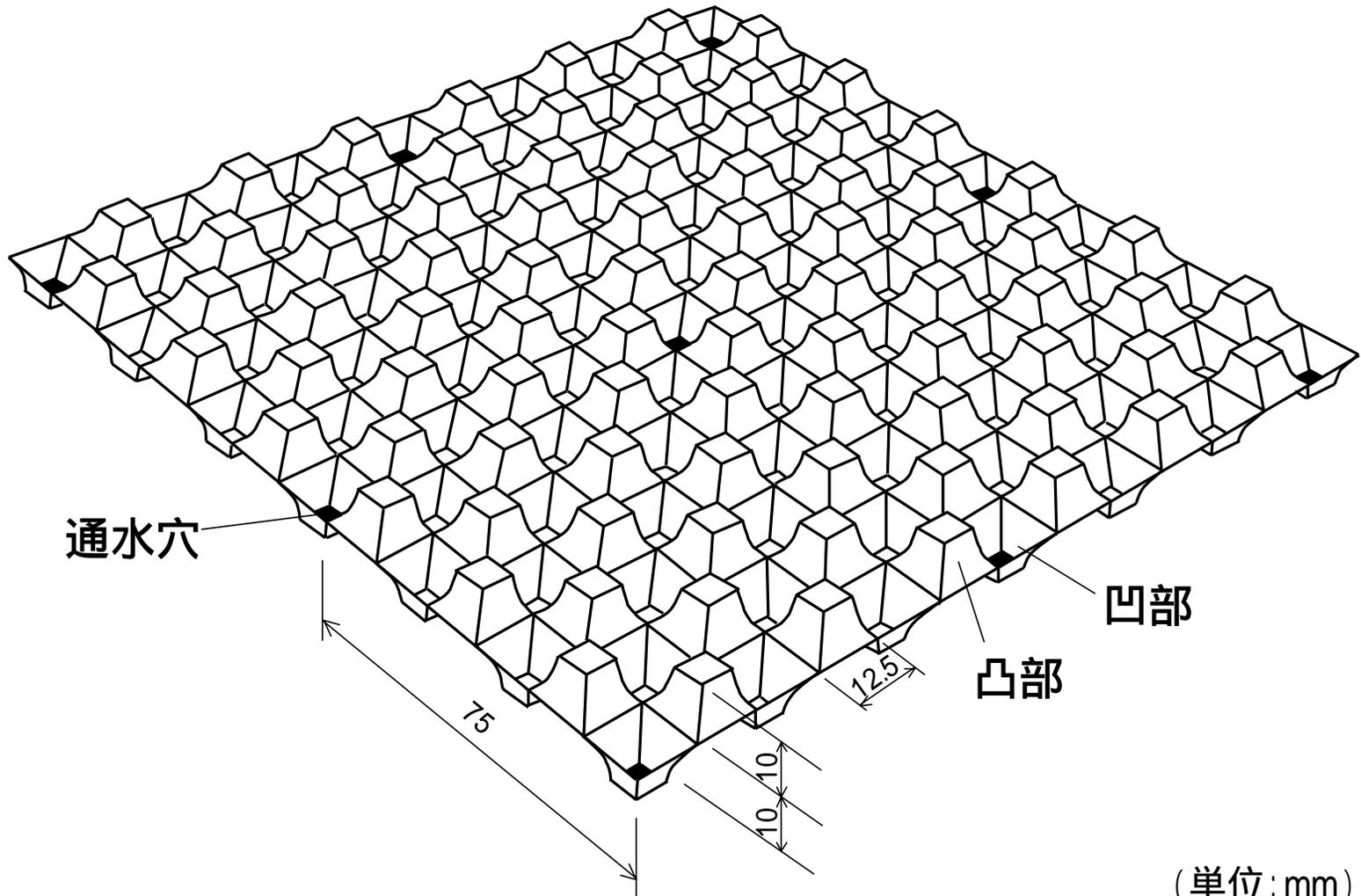


芯材の上面図



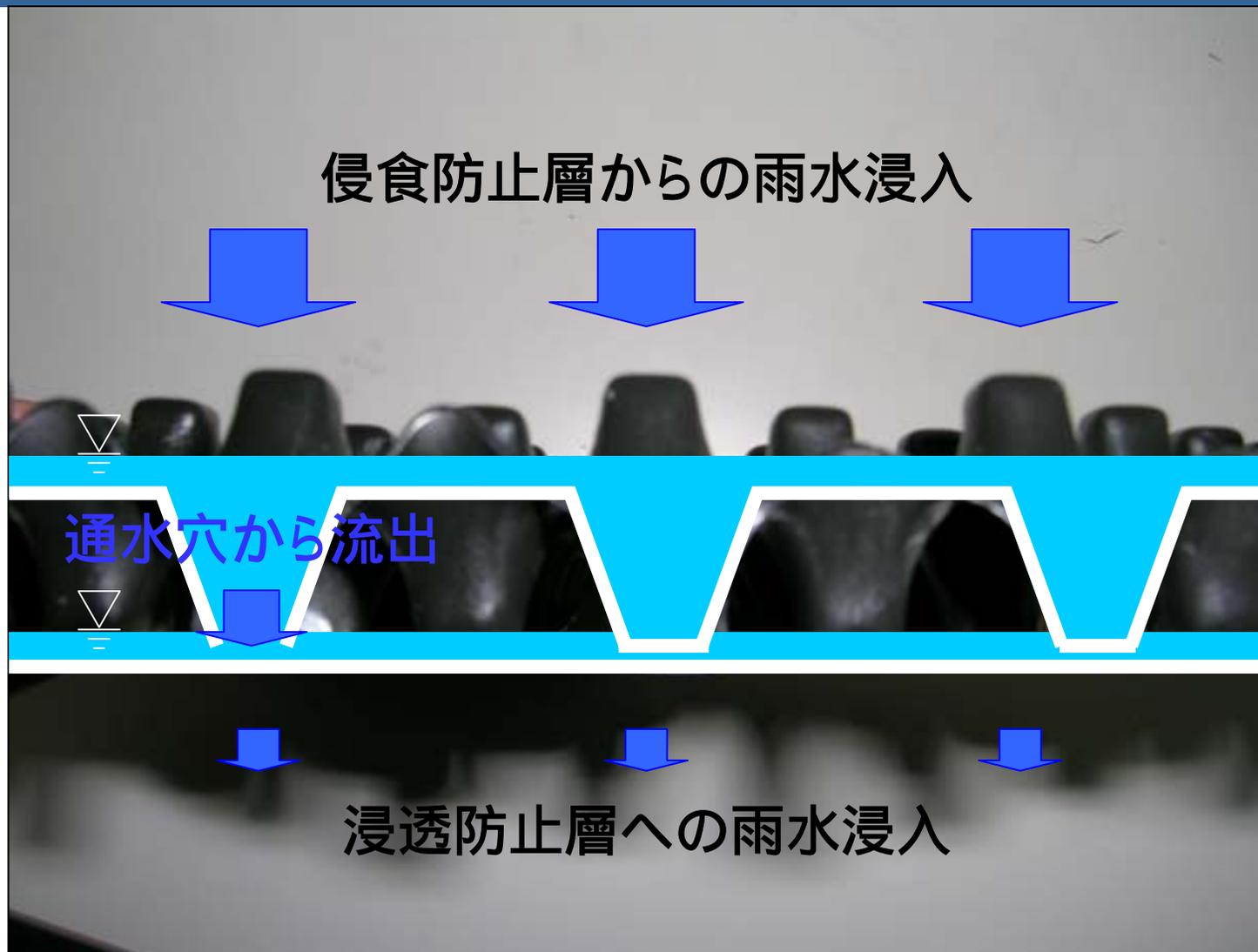


芯材の模式図

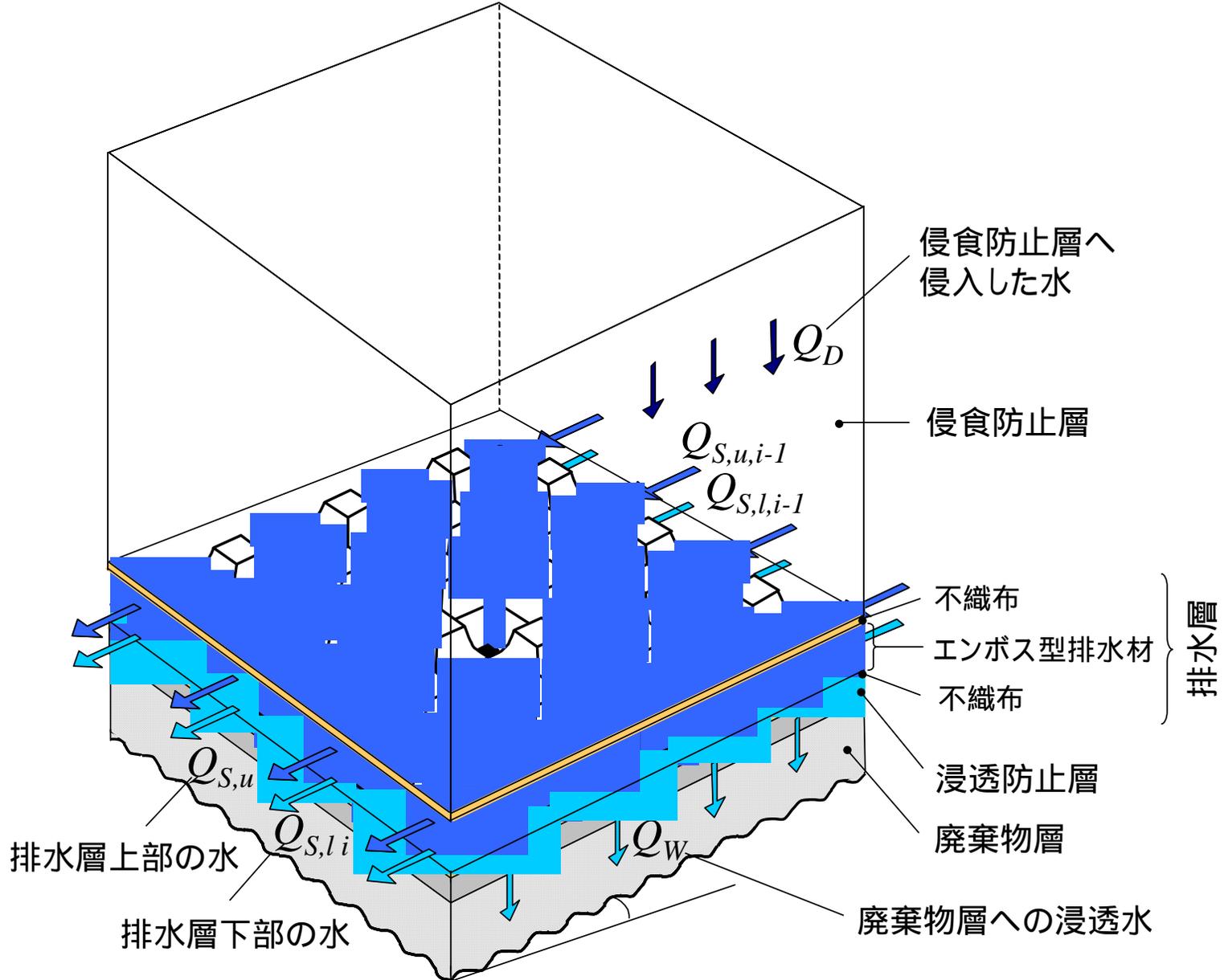


(単位: mm)

ジオコンポジット型排水層における水移動



ジオフローにおける水の流れ

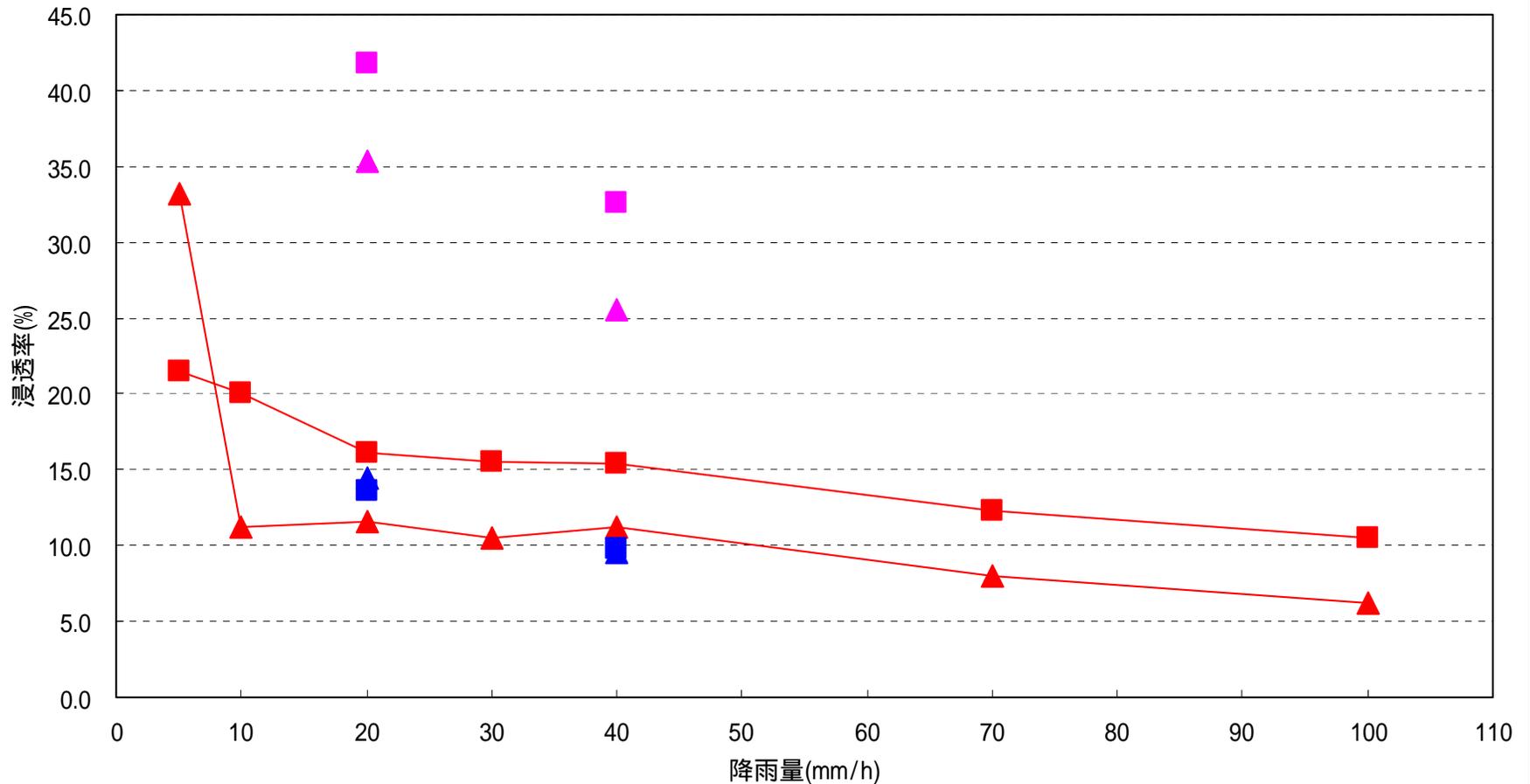


散水実験の結果

(浸透防止層: アペックシート)

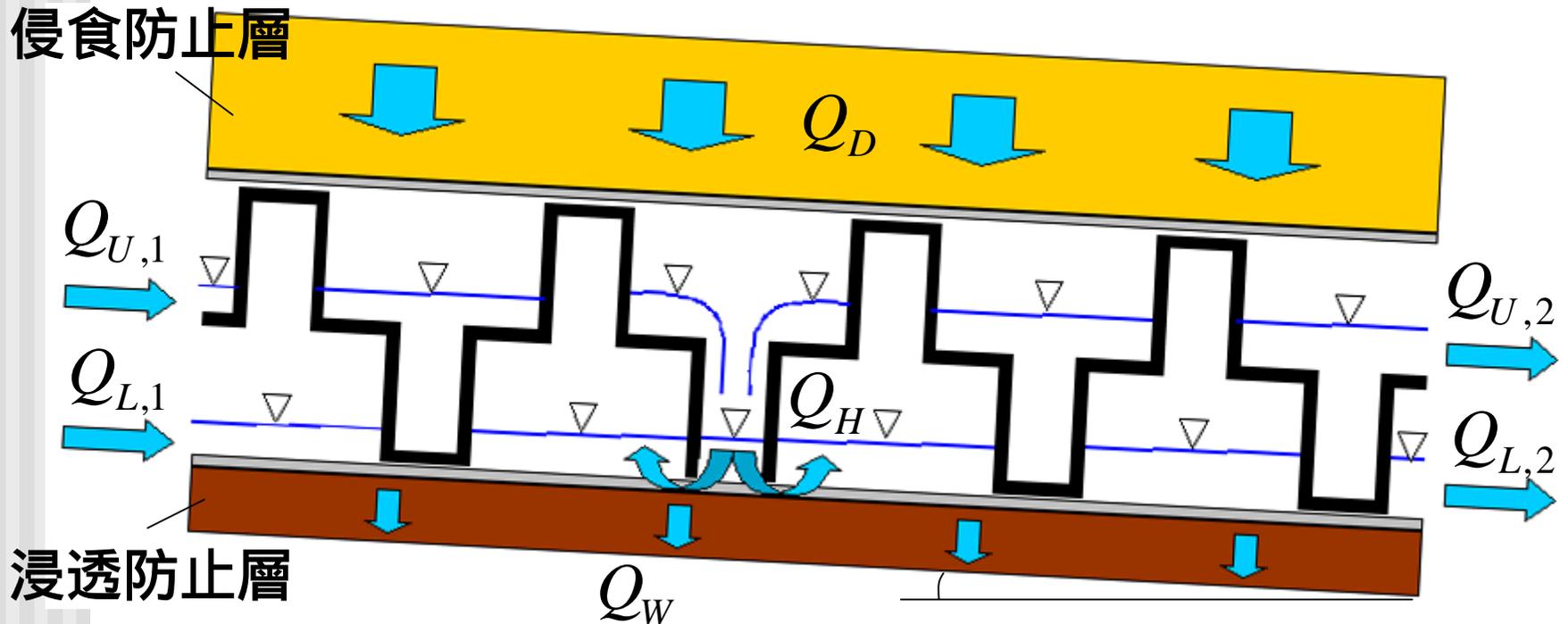


降雨量 - 浸透率



■ ジオフレ-5mm(3%) ▲ ジオフレ-10mm(3%) ■ ジオフレ-5mm(5%) ▲ ジオフレ-10mm(5%) ■ ジオフレ-5mm(1%) ▲ ジオフレ-10mm(1%)

水移動モデルの構築



Q_D : 侵食防止層からの浸入

Q_L : 排水層下部での側方流

Q_U : 排水層上部での側方流

Q_W : 浸透防止層への浸入流

Q_H : 通水穴から排水層下部への流出

設定条件



- ・定常状態
- ・側方流れは不等流（去年は等流）
- ・侵食防止層からの浸透流速 = 降雨強度
- ・浸透防止層は飽和状態

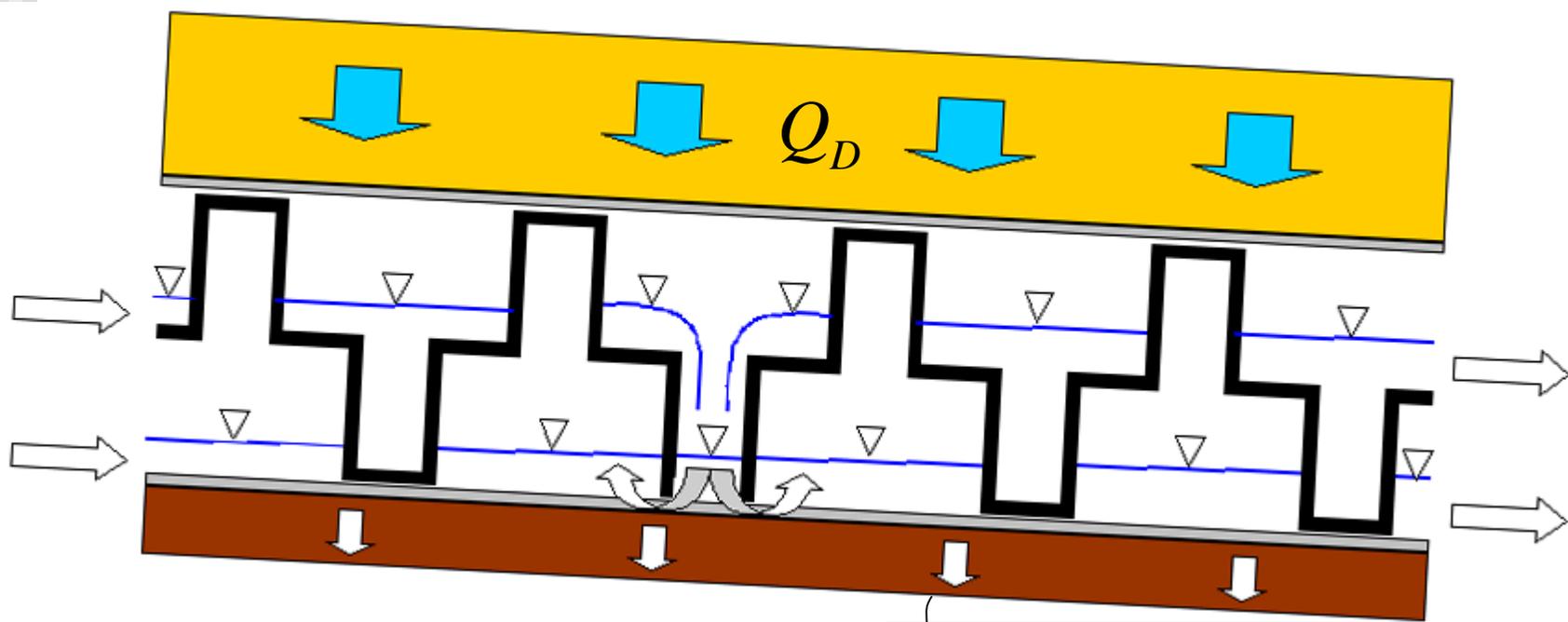
侵食防止層からの雨水浸入流量 Q_D



$$Q_D = I \cdot A$$

I : 降雨強度

A : 単位領域の面積



排水層上部の側方流量 Q_U ~ 開水路流れ ~



$$Q_U = A_U (h_U) \cdot v_U$$

C_U : 上部流量係数 A_U : 上部側方流断面積 h_U : 上部水深

v_U : 上部流速 g : 重力加速度 θ : 傾斜角 z_U : 標高

$$\left(\frac{v_{U,1}^2}{2g} + h_{U,1} \cos \theta + z_{U,1} \right) - \left(\frac{v_{U,2}^2}{2g} + h_{U,2} \cos \theta + z_{U,2} \right) = \zeta_U \frac{v_U^2}{2g} \cdot \Delta x$$

上流側全水頭

下流側全水頭

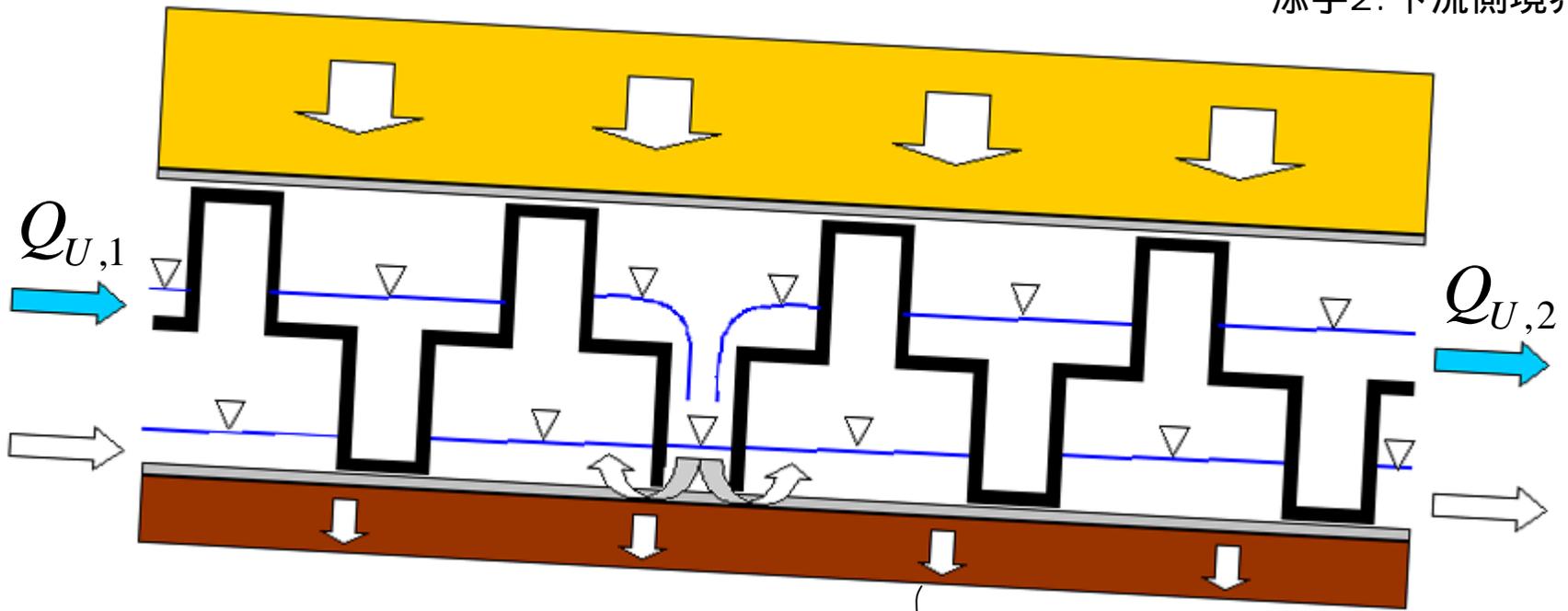
損失水頭

ζ_U : 上部損失係数

Δx : 単位領域の長さ

添字1: 上流側境界

添字2: 下流側境界



排水層下部の側方流量 Q_L ~ 開水路流れ ~



$$Q_L = A_L (h_L) \cdot v_L$$

C_L : 下部流量係数 A_L : 下部側方流断面積 h_L : 下部水深

v_L : 下部流速 g : 重力加速度 θ : 傾斜角 z_L : 標高

$$\left(\frac{v_{L,1}^2}{2g} + h_{L,1} \cos \theta + z_{L,1} \right) - \left(\frac{v_{L,2}^2}{2g} + h_{L,2} \cos \theta + z_{L,2} \right) = \zeta_L \frac{v_L^2}{2g} \cdot \Delta x$$

上流側全水頭

下流側全水頭

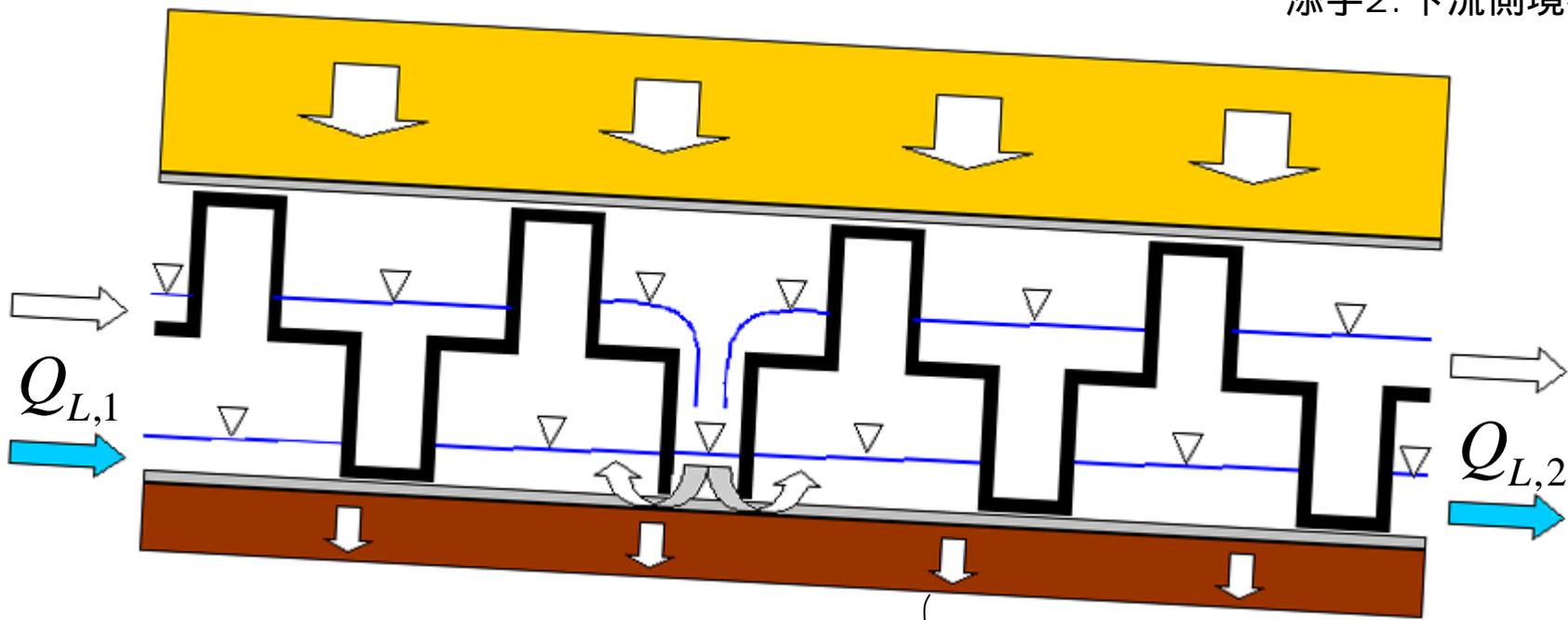
損失水頭

ζ_L : 下部損失係数

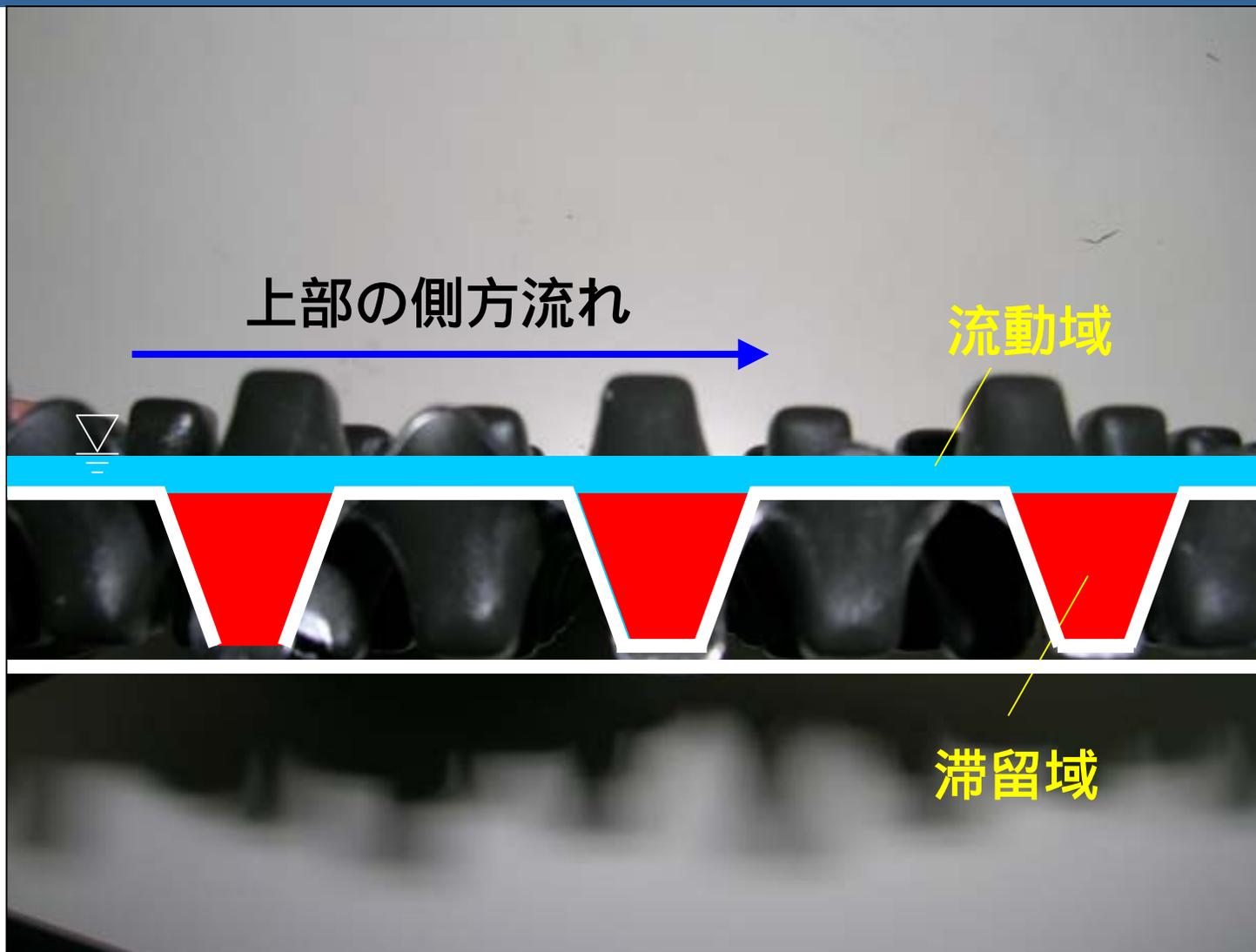
Δx : 単位領域の長さ

添字1: 上流側境界

添字2: 下流側境界



上部の側方流れにおける流動域と滞留域



下部の側方流れにおける流動域と滞留域

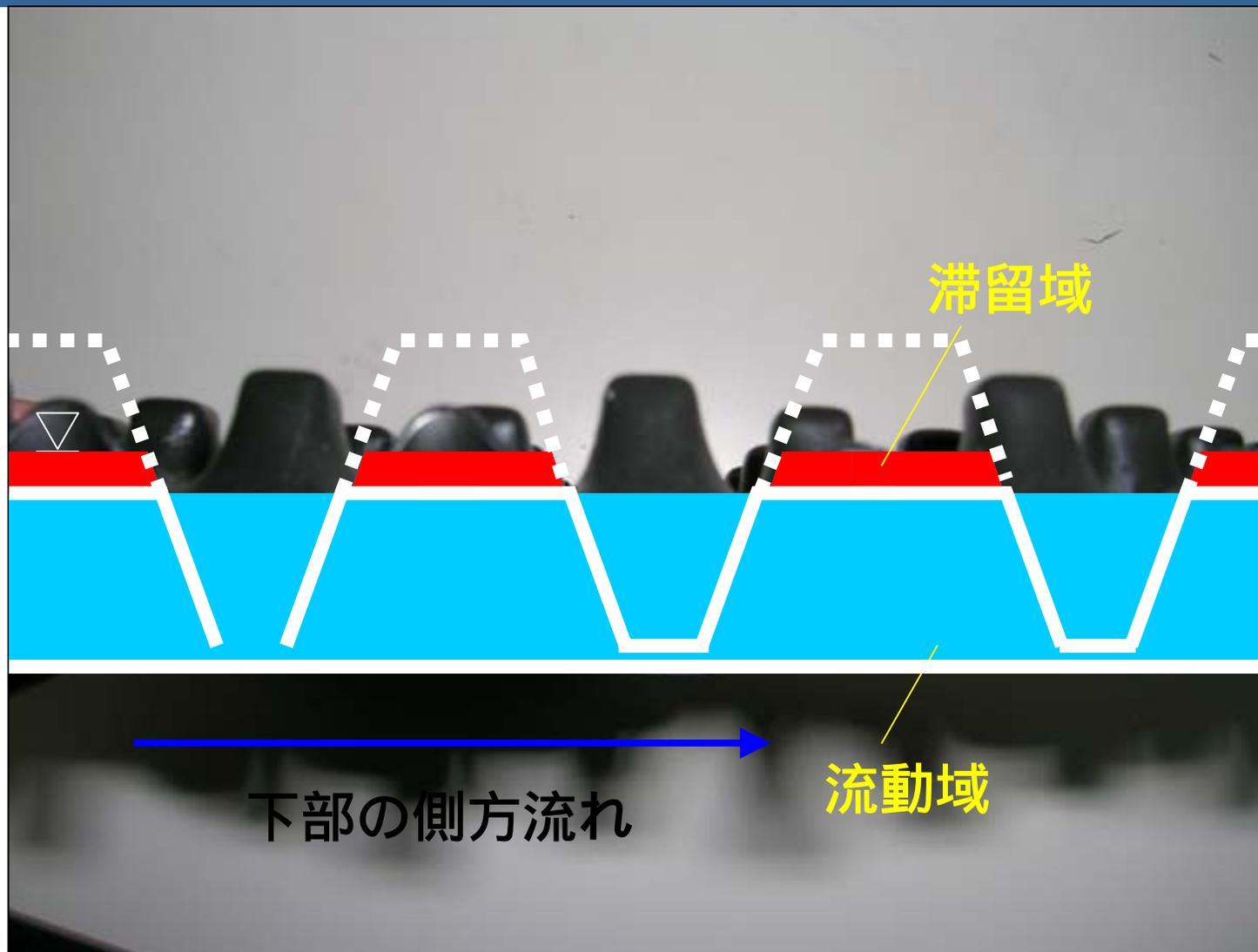


下部排水

流動域

下部の側方流れ

下部の側方流れにおける流動域と滞留域



通水穴からの流出量 Q_H

～ ベルヌイの定理 ～



$$Q_H = C_H \cdot A_H (h_U) \cdot v_H$$

$$v_H = \sqrt{v_U^2 + 2gh_U \cos \theta}$$

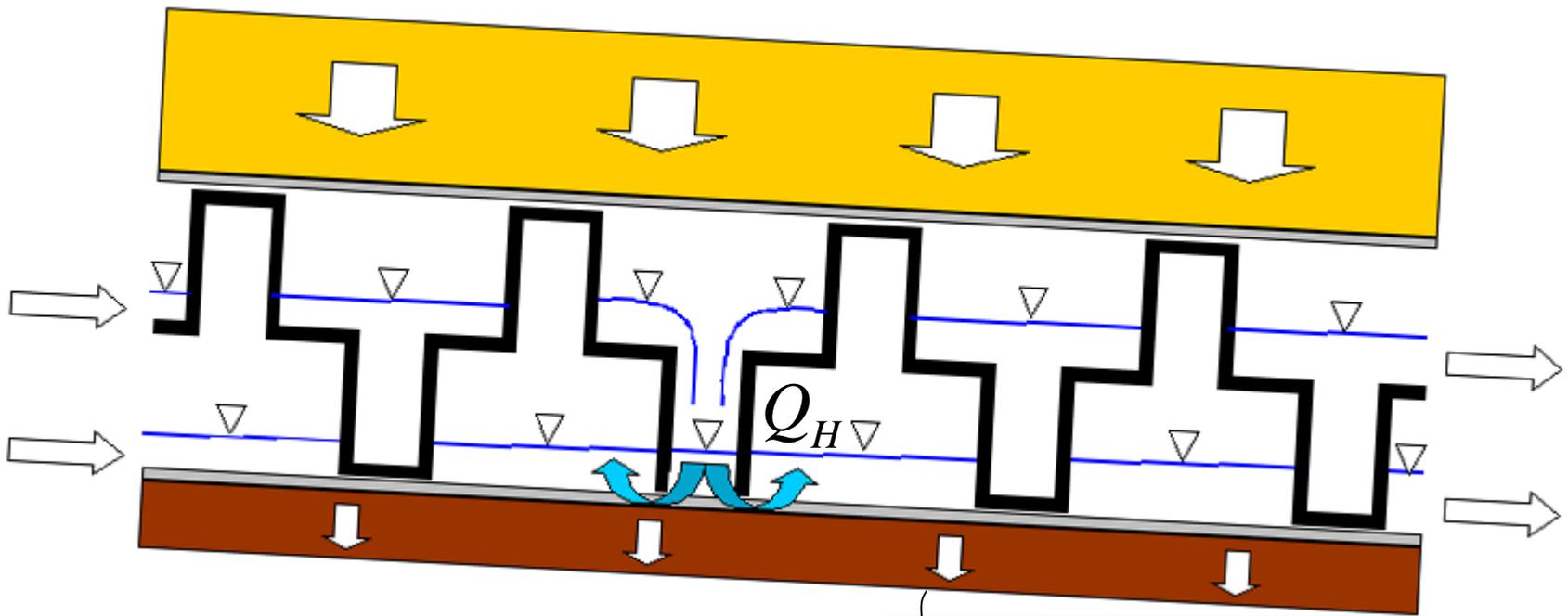
A' : 通水穴セル面積 I : 降雨強度

C_H : 流量係数 g : 重力加速度 θ : 傾斜角

A_H : 排水層上部からの流下断面面積

v_H : 排水層上部からの流下流速

v_U : 排水層上部流速 h_U : 排水層上部水深



浸透防止層への浸入流量 Q_W

～ ダルシー則 ～



$$Q_W = C_W \cdot A \cdot v_W$$

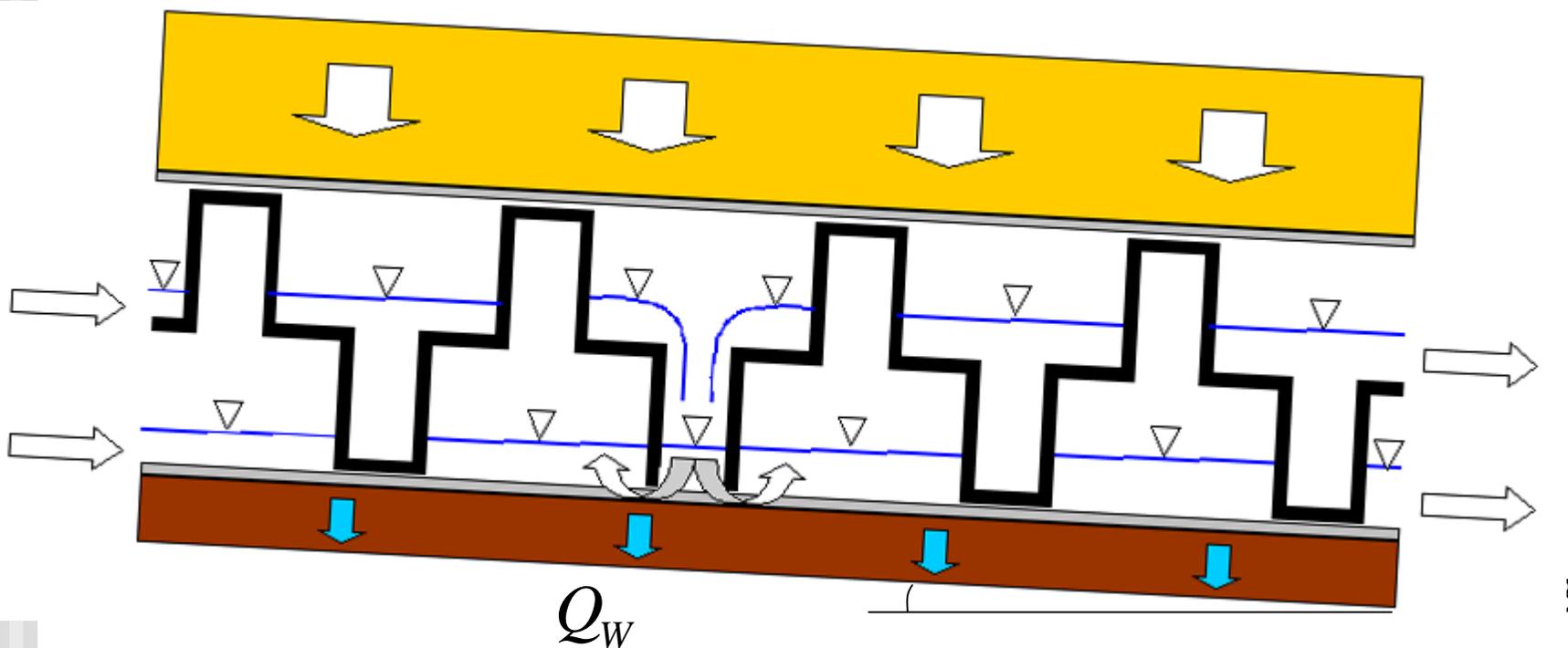
$$v_W = k \cdot \left(1 + \frac{h_L}{L} \right) \cdot \cos \theta$$

C_W : 流量係数 A : 単位領域の面積

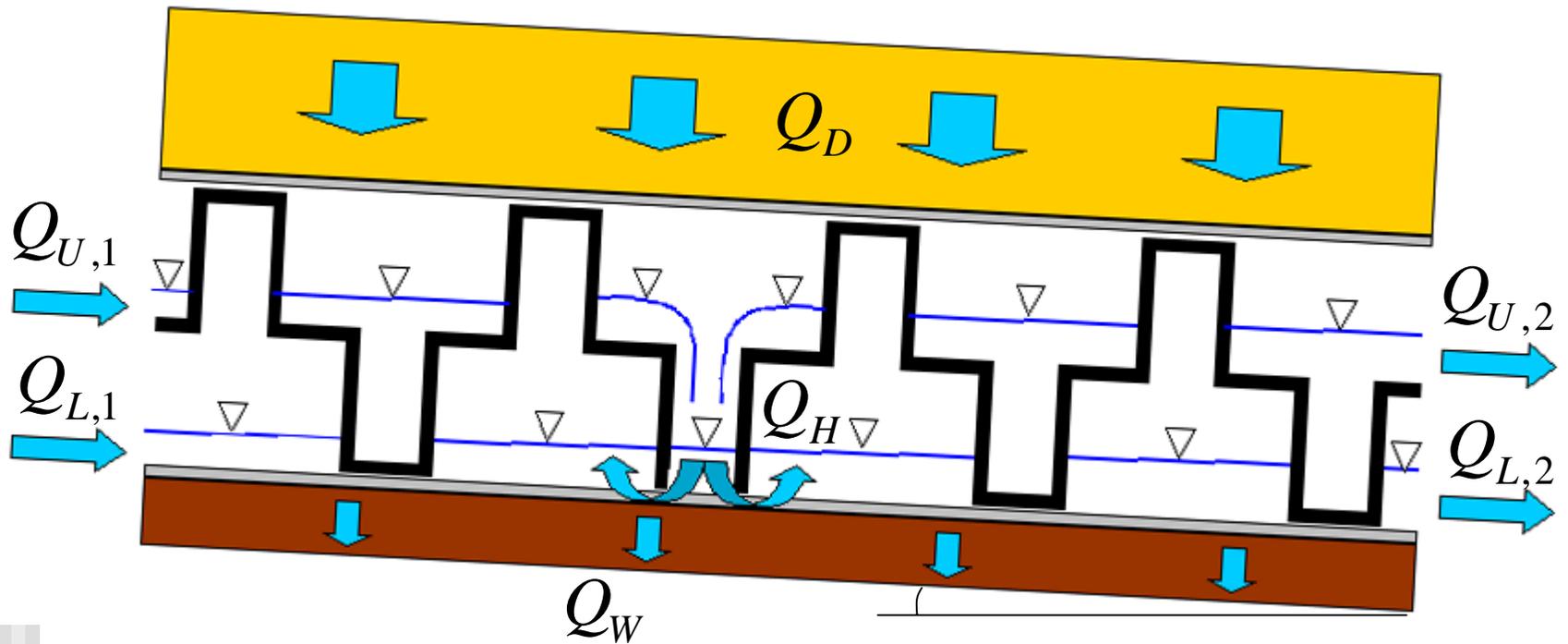
v_W : 浸透流速 k : 浸透防止層の透水係数

θ : 傾斜角 L : 浸透防止層の厚さ

h_L : 排水層下部水深



水収支式



$$\text{上部: } Q_D + Q_{U,1} - Q_{U,2} - Q_H = 0$$

$$\text{下部: } Q_H + Q_{L,1} - Q_{L,2} - Q_W = 0$$

係数の決定



実験値と計算値の誤差が最小となるよう係数を与えた。

$$\text{誤差} = \sum_i \left(\frac{\text{計算値}_i - \text{実験値}_i}{\text{実験値}_i} \right)^2$$



流量係数

通水穴への流下:

$$C_H = 3.0 \quad [-]$$

浸透防止層への浸透流:

$$C_W = 4.5 \quad [-]$$

損失係数

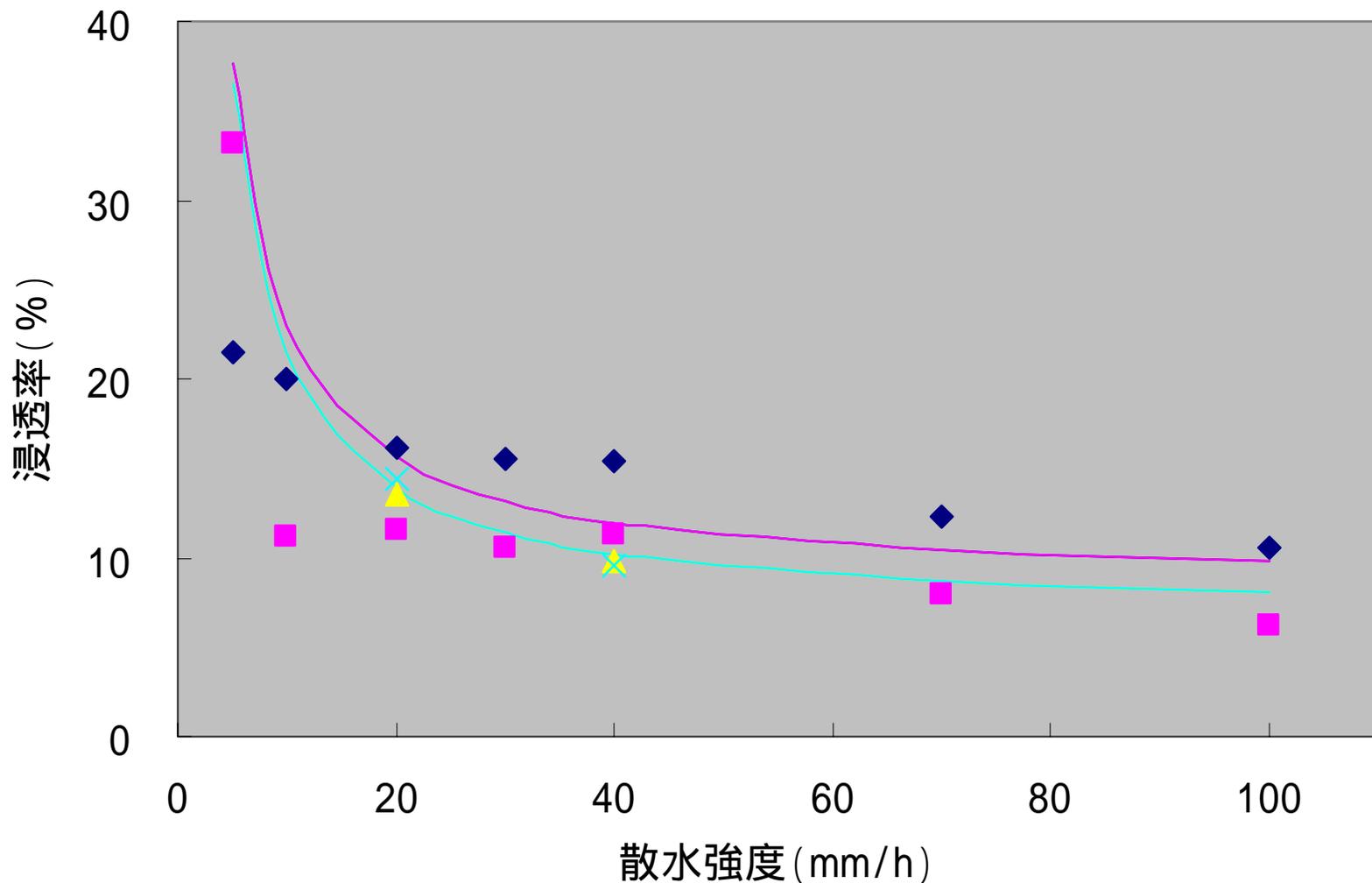
上部側方流:

$$\zeta_U = 14 \quad [\text{mm}^{-1}]$$

下部側方流:

$$\zeta_L = 14 \quad [\text{mm}^{-1}]$$

実験の再現計算



まとめと課題



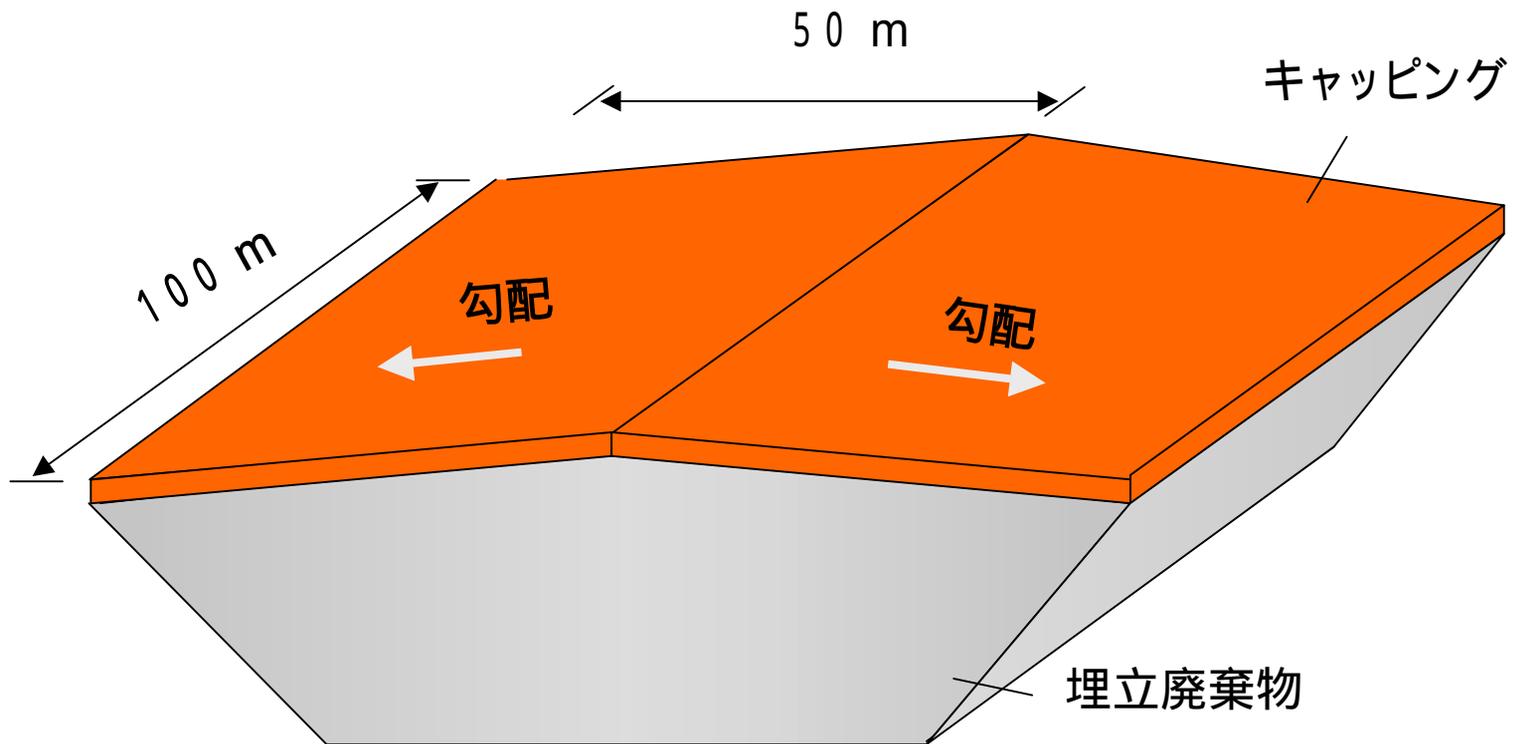
- 数値モデルにより、散水実験の結果をある程度再現できた。
- ジオフローの芯材の厚さによる影響を表現できるように工夫が必要である。
- 数値モデルにより、廃棄物埋立地での実務計算に使える情報の提供



設定条件



- ・埋立面積1haの埋立地
- ・蒸発および表面流出は考慮しない。



想定した埋立地



埋立地を想定したシミュレーション

(勾配3%、法長さ1 ~ 50m)



シミュレーション結果(浸透率)

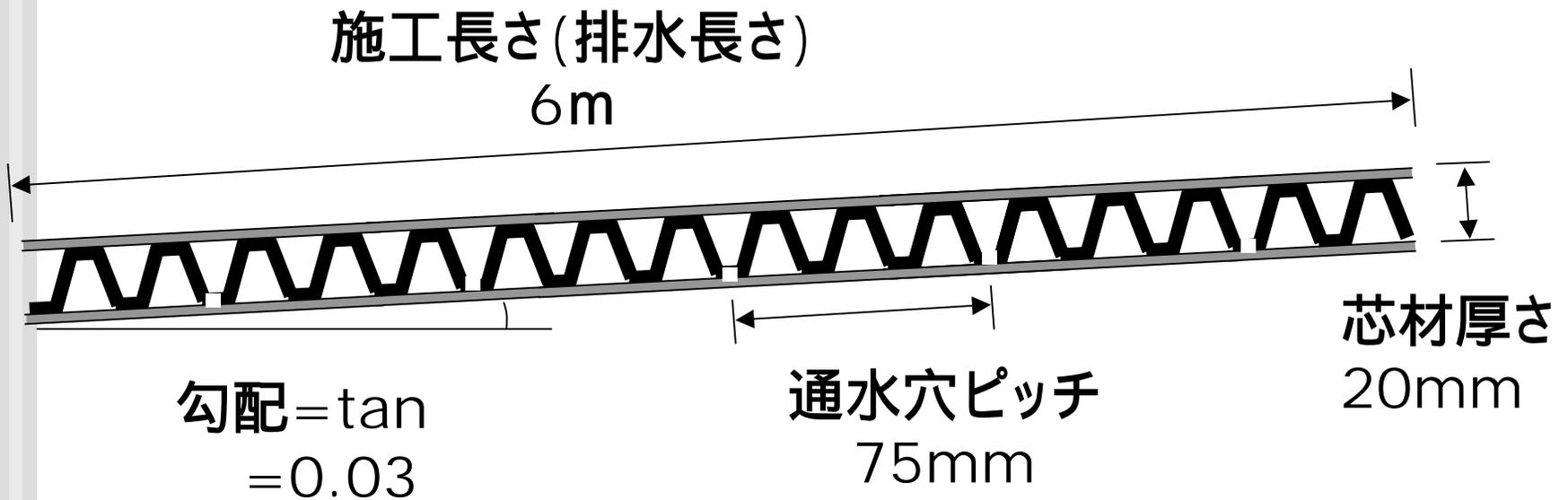
(勾配3%、法長さ1~50m)



シミュレーション結果(年間浸透量)

(勾配3%、法長さ1~50m)

標準ケース





(单位: mm)



内容2のまとめ



- 実験結果を再現可能なジオコンポジット型排水層の水移動モデルを構築した。
- ジオコンポジット型排水層に関連する諸条件を変動させた結果、排水率および浸透率の変動が最も大きかったのは施工長さであった。
- ジオコンポジット型排水層を埋立地規模で施工した場合、実験規模とは異なる排水および浸透特性を示す可能性がある。