

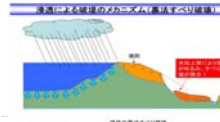
堤防の浸透破壊を防止する パイプドレーンの設計マニュアル案

太田ジョリサーチ 太田英将
岐阜大学 名誉教授 宇野尚雄

▶ 1

課題

1. 直轄河川堤防10,000kmの約4割が浸透照査でアウト！経済的な対策工の必要性
2. パイプドレーン工は河川堤防の浸透破壊防止工に利用可能かどうか。不適当な条件は何か。
3. パイプドレーン工に致命的問題点はないか。問題点は克服できるか。批判を十分受けたか(地盤工学・土木・応用地質・・・)。
4. 実用的な設計手法を確立できるか。マニュアルの整備



▶ 2

訂正をお願いします

(1)p.3の訂正

従って、

$$(L-l)/3 - (h_2 - h'_2) \geq \Delta h \geq (h_2 - h_1) - i \cdot l \quad (17)$$

ここに、 i は法勾配が~~2~~割合で0.501, 2割5分で0.401, ~~2~~割合で0.256である³。 **P.3 右の9行目**

3.3 設計指針

▶ 3

現在の方法（ドレーン工法）

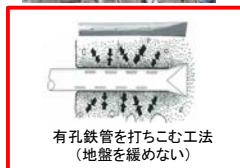
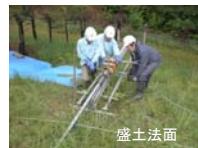


- 1) 対策規模が大きい 工事費が大 現実的に全ての箇所これで対策できるか？
(4000×1000)×300千円/㎡=1.2×10¹⁰円(1兆2千億円)
- 2) その他・・・堤防に土工(緩み防止技術)、ドレーン背面のフィルタ(メンテ)

▶ 4

パイプドレーン工とは

堤防以外の盛土構造物では昭和40年頃から実績多数



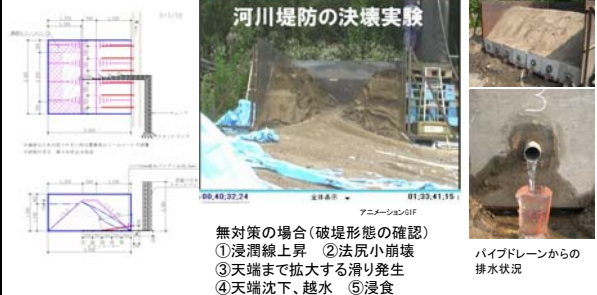
齋藤進孝先生らが考案し、東海道新幹線盛土に昭和40年頃から用いている工法

▶

第一次実験（2007.5～8）

テーマ：効果の有無・致命的な問題点の有無・解析手法確立の見込み

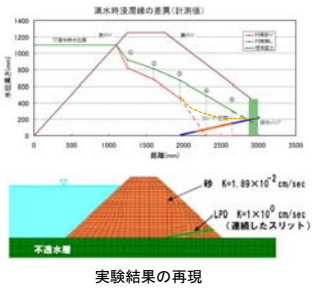
実験装置



▶ 6

第一実験の評価

- ▶ **効果の有無**
浸潤線低下。低下量に相当する水はパイプ孔口から排水された。
- ▶ **致命的問題点の有無**
フィルターなしでも吸出し確認されず(第二次実験で吸出しあり→フィルター設置)
- ▶ **解析手法確立の見込み**
パイプに堤体地盤より2桁程度大きい等価透水係数を設定することで可能となる見込みあり



実験結果の再現

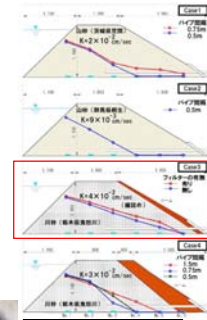
▶ 7

第二次実験 (2009.12)

テーマ：堤体材料のバリエーション・最適なパイプピッチの把握

実験結果と評価

- ▶ **堤体材料(透水係数)の違いによる効果の違い**
すべての実験で効果あり ($K=10^{-2} \sim 10^{-3} \text{ cm/sec}$)
- ▶ **最適なパイプピッチの把握**
1.0m間隔程度が適切 (第一次実験で0.5mと1.0mに効果の違いがなく、第二次実験で0.75mと1.5mに違いが生じたことから)



問題発覚

▶ 8

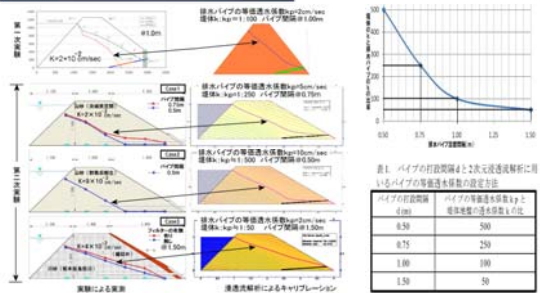
設計にあたっての課題 (設計根拠)

- ▶ **打設ピッチをどう設定するか?**
従来のドレーン工は連続的な施設だが、パイプドレーンは間隔をあげた施設(3次元構造)
- ▶ **実験と解析のフィッティングによる方法(数値計算)**
浸透照査+従来のドレーン工は2次元浸透流解析で行われる(地盤が複雑、かつ2次元構造で代表できる) ドレーンパイプもその地盤モデルをそのまま使うのが最も簡便 3次元構造の施設を2次元解析用に変換する必要
- ▶ **実験と理論の検証(数式計算法)**
実験は均質なモデルで行っているので水理公式から導く方法で検証可能のはず 大きな間違いの防止に役立つ

▶ 9

2次元浸透流解析に用いるパイプの等価透水係数

10月の応用地質学会で発表した方法



▶ 10

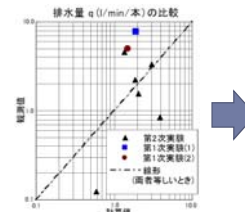
とりあえず 地すべり防止用水抜きボーリングの方法を適用

(小柳-前川式)

$$q = \pi k L a_0 / 2.30 \ln \left(\frac{\sinh \left(\frac{\pi R}{2b} \right) / \sinh \left(\frac{\pi L_0}{2b} \right)}{\sinh \left(\frac{\pi R}{2b} \right) / \sinh \left(\frac{\pi L_0}{2b} \right)} \right) \quad (1)$$

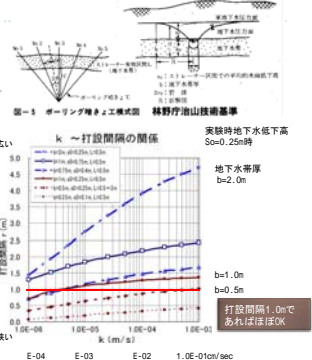
$$r = \frac{2.30}{\pi} \sinh^{-1} \left[\exp \left\{ \ln \left(\frac{\sinh \left(\frac{\pi R}{2b} \right) / \sinh \left(\frac{\pi L_0}{2b} \right)}{\sinh \left(\frac{\pi R}{2b} \right) / \sinh \left(\frac{\pi L_0}{2b} \right)} \right) + \frac{2.30}{\pi} \left(s_0 - s_0' / 2 \right) \right\} \right] \quad (2)$$

L:ボーラー有線区間長(m), a_0 :平均的水圧低下量(m), k:透水係数(cm/s), b:地下水厚(m), r_0 :管半径(m), R:影響圏(m), c:打設間隔(m)



排水量:計算値と観測値の比較 (透水係数は室内試験値を使用)

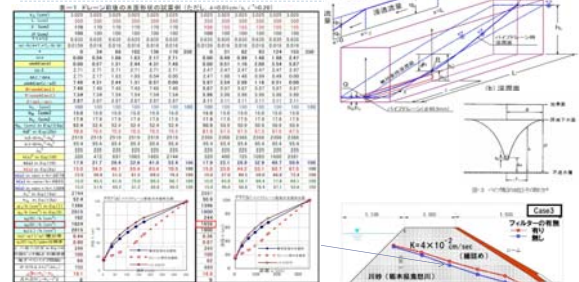
9月の土木学会で発表した方法



対象対象土質 $K=1.0E-3 \sim 1.0E-1 \text{ cm/sec}$

近似的な数式解法による設計手法

(宇野の数式解法)



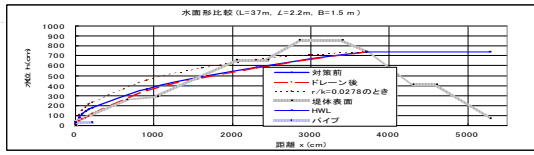
Forchheimerの式などから宇野が考案



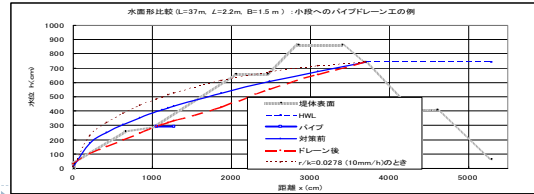
▶ 12

具体的な堤防計画例（宇野の数式解析の方法）

1) 裏法尻部へパイプ打設のとき ($q_1=0.415 \text{ m}^3/\text{h}$, $q_2=0.354 \text{ m}^3/\text{h}$, 分担率:0.85)



2) 裏小段へパイプ打設のとき ($q_1=0.491 \text{ m}^3/\text{h}$, $q_2=0.268 \text{ m}^3/\text{h}$, 分担率:0.45)



設計マニュアル (案)

- ▶ 1. 概要
 - 1.1 適用範囲
 - 1.2 適用材料
- ▶ 2. LPD 工法の基本
 - 2.1 基本方針
 - 2.2 設置区間の設定
 - 2.3 基本仕様
 - 2.4 施工
- ▶ 3. LPD 工法の設計
 - 3.1 設計の基本方針
 - 3.2 設計諸元の決定
 - 3.2.1 安全性の照査
 - 3.2.2 排水パイプの設計
 - 3.2.3 排水パイプの設置間隔
 - 3.2.4 排水パイプの設置位置
 - 3.2.5 排水パイプのフィルター材
 - 3.3 付属施設の設計
- ▶ 4. LPD 工法施工上の留意点
- ▶ 5. LPD 工法の効果の観測
 - 5.1 堤体内水位の観測
 - 5.2 出水時の巡視および事後点検
- ▶ 6. LPD 工法のライフサイクルケア

・平常時水位の施工
 ・ 60.8mm, t=2.3鋼管使用
 ・ 透水係数 $k=10^{-2} \sim 10^{-3} \text{cm/sec}$ 程度

設計は非定常2次元浸透流解析を標準 (浸透照査のモデルを利用できるように)
 ・パイプの効果は等価透水係数を用いる
 ・照査項目は
 ①すべり面安全率の改善
 ②パイピング破壊の防止
 ・交換可能型内巻フィルターを必須とする

・不適地盤 (含礫率の高い硬層、粘土層)
 ・ブレイカー打撃施工の限界設定

・モニタリングや点検必須

・孔内観察、孔内洗浄、フィルター交換

まとめと課題

- ▶ パイプドレーン工は浸潤線低下効果があり、浸透破壊防止工として利用可能と考えられる・・・効果はあることを確認
- ▶ 2次元浸透流解析に用いるパイプの等価透水係数を設定すれば、浸透照査で用いられたモデルを使って設計可能となる・・・実用的な設計方法
- ▶ 近似的な数値解法では均質土質の地下水位低下を理論的に計算できる。この方法で第二次実験結果が再現できる・・・理論的な整合性確認
- ▶ 設計施工仕様 (マニュアル) 案を作成した・・・一応使えるレベルに
- ▶ 多分野の方から意見を聞き、問題点の存在や、それらの解決を地道に行っていく
- ▶ 実施工での検証を行い、模型実験や解析では得られない情報を得て、さらに設計マニュアルの質的向上を図る