

STACIONÁRIUS/NEM-STACIONÁRIUS ÁRAMLATOK KISMÉRETŰ FÖLDGÁTAKNÁL

STEADY/UNSTEADY FLOW THROUGH SMALL EARTHFILL DAMS

Botoș Marius Lucian¹, Kisfaludi-Bak Zsombor²

¹Kolozsvári Műszaki Egyetem, Építőmérnöki Kar, Tartószerkezetmechanikai Tanszék, 400027, Románia, Kolozsvár, Gh. Baritiu u. 25, I. em., 147, Tel. +40-264-401517, marius.botos@mecon.utcluj.ro

²Kolozsvári Műszaki Egyetem, Építőmérnöki Kar, Tartószerkezetmechanikai Tanszék, 400027, Románia, Kolozsvár, Gh. Baritiu u. 25, I. em., 147, Tel. +40-264-401517, kisfaludi.zsombor@mecon.utcluj.ro

Abstract

The small earth-fill dams without permanent water storages are constructions with simple functioning, without any operating or control system, which creates the water storages in flood periods. From the flows point of view, these simple constructions have a specific complex behaviour. Even if generally the body of the gate can be considered to be homogeneous, the infiltrations are unsteady within the partially saturated environments. The water level rapidly increases from the minimum to the maximum level as the water storages have relatively low volumes.

Keywords: dam, flow, unsteady, unsaturated, soil, water.

Összefoglalás

A kisméretű, nem állandó gyűjtőtóval rendelkező földgátak egyszerű működésű építmények, működtető és vezérlő rendszerek nélkül képeznek gyűjtőtavat árvizek esetén. Ha a szivárgások szemszögéből figyeljük ezen egyszerű építményeket, akkor egy komplex specifikus viselkedést figyelhetünk meg. Habár általánosan nézve a gáttest homogén, az áramlatok nem-stacionáriusak a részlegesen telített közegekben. A vízszint hamar éri el a minimum szinttől a maximumot a gyűjtőtavak térfogatának kis méretéből adódóan.

Kulcsszavak: gyűjtőtógát, áramlás, nem-stacionárius, telítetlen, talaj, víz.

1. Bevezetés

Jelen dolgozat témája a nem állandó gyűjtőtóval rendelkező, homogén földből áteresztő alapzatra épült gátak, az alapzat anyaga pedig megegyezik a töltelék-anyaggal.

A francia ICOLD [1] 2011-ben elfogadott „kis gátakra” vonatkozó meghatározása a következő (1. ábra):

$$2.5 \text{ m} < H < 15 \text{ m} \quad (1)$$

és

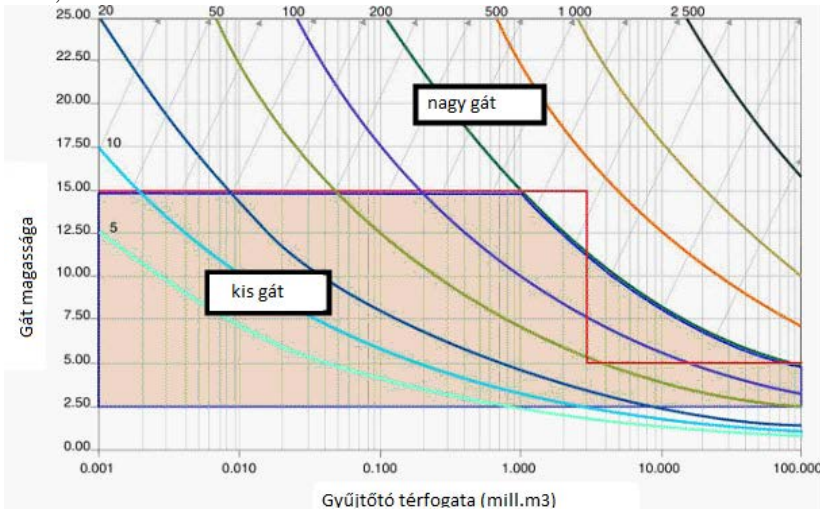
$$H^2 \sqrt{V} < 200 \quad (2)$$

Ezek alapján a kis gát megnevezés nem feltétlenül jelent kis magasságot, mivel a keletkezett gyűjtőtő térfogatát is figyelembe kell venni. Léteznek olyan alacsony gátak, amelyeknél a gyűjtőtő nagy térfogata miatt ezek a nagy gátak közé sorolódnak. Jelen dolgozatban a kis gátakat elemezzük a következő okokból:

- a kis gátaknál az árvíz lezajlása rövid időtartamú;

- a vízszint gyorsan növekedik és csökken.

Ilyen feltételek mellett vizsgáljuk az infiltrációkat, melyeket nem stacionáriusnak feltételezünk (a vízszint hirtelen változása miatt), a gáttest anyaga pedig kezdetben nem telített. A vizsgálat célja megállapítani azt az időintervallumot, amely szükséges ahhoz, hogy ezen infiltrációk stacionáriussá változzanak.



1. ábra. A „kis gát” ICOLD meghatározása.

Elfogadott hipotézisek: Amikor a gyűjtőtőgát teljesen üres, a talajt telítettnek, míg a gáttestet nem telítettnek feltételezzük. A talaj telítettségi fokát a retenciós jelleggörbék (SWCC) alapján határozzuk meg, melyek különböznek a használt talajtípusok esetén [2].

A vízszint hirtelen fog a gátkorona szintje alatt 0,5 méterre emelkedni és mindvégig konstans marad, a víz pedig elkezdi beszivárogni.

A telített környezetben történő nem folytonos mozgás egyenlete (Richards) a következő [3]:

$$\frac{\partial}{\partial x} \left(k_x(\psi) \frac{\partial \psi}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(k_y(\psi) \frac{\partial \psi}{\partial y} \right) +$$

$$\frac{\partial}{\partial z} \left(k_z(\psi) \left(\frac{\partial \psi}{\partial z} + 1 \right) \right) = C(\psi) \frac{\partial \psi}{\partial t} \quad (3)$$

$$C(\psi) = \frac{\partial \theta}{\partial \psi} \quad (4)$$

Az áteresztőképesség (permeabilitás) az a relatív áteresztőképesség és a telítettségi áteresztőképesség szorzata.

A relatív áteresztőképességet a telítettségi fok függvényében határozzuk meg, amely a pórusbeli víznyomástól függ.

2. Számítási folyamat

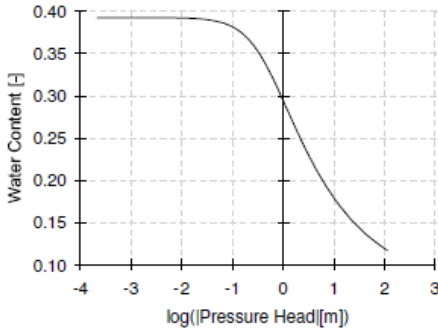
Jelleggörbék és paraméterek nem folytonos folyás esetén kövér agyagra:

CH

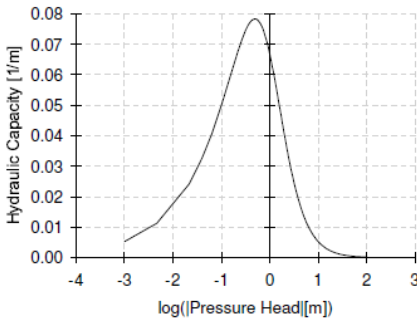
Kövér agyag (Fat clay)

20% agyag; 40% por; 40% homok
 $\theta_R=0.0627$; $\theta_S=0.4063$
 $\alpha=0.97$; $n=1.4966$; $m=0.3318$
 $K_S=1.15 \times 10^{-6}$ m/s

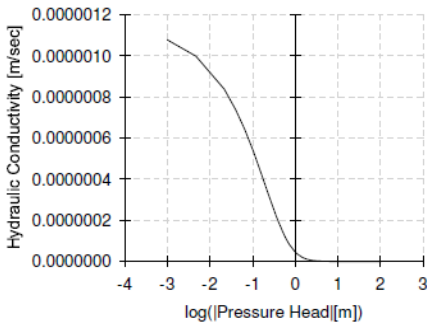
Hydraulic Properties: Theta vs. log h



Hydraulic Properties: C vs. log h



Hydraulic Properties: K vs. log h

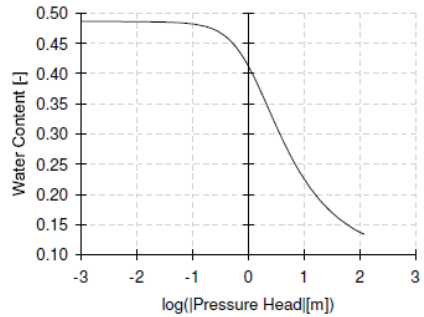


2. ábra. A kövér agyag jelleggörbéi.

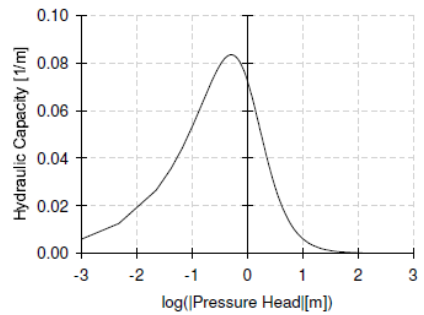
Jelleggörbék és paraméterek nem folytonos folyás esetén kövér agyagos porra:

MH
 Agyagos por
 35% agyag; 60% por; 5% homok
 $\theta_R=0.0937$; $\theta_S=0.4862$
 $\alpha=0.92$; $n=1.485$; $m=0.3266$
 $K_S=1.297 \times 10^{-6}$ m/s

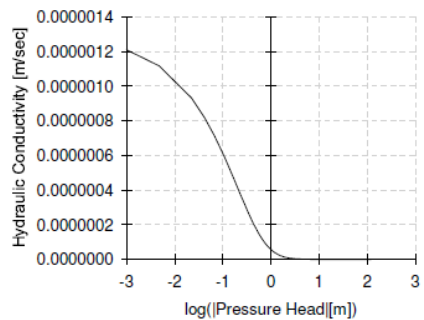
Hydraulic Properties: Theta vs. log h



Hydraulic Properties: C vs. log h



Hydraulic Properties: K vs. log h



3. ábra. Az agyagos por jelleggörbéi.

Jelleggörbék és paraméterek nem folytonos folyás esetén homokos agyagra:

CL

Homokos agyag

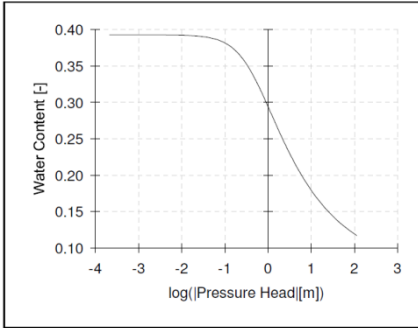
25% agyag; 20% por; 55% homok

$\theta_R=0.0672$; $\theta_S=0.3963$

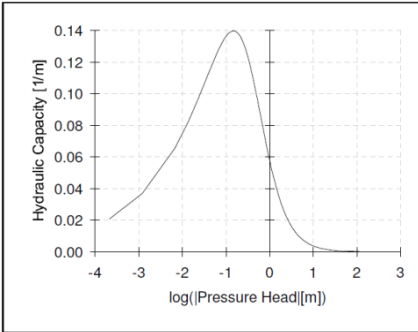
$\alpha=2.4$; $n=1.3348$; $m=0.2508$

$K_S=1.416 \times 10^{-6}$ m/s

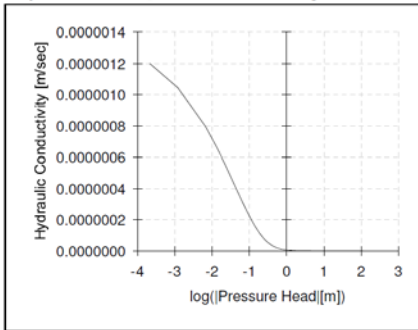
Hydraulic Properties: Theta vs. log h



Hydraulic Properties: C vs. log h



Hydraulic Properties: K vs. log h



4. ábra. A homokos agyag jelleggörbéi.

A jelleggörbék egy olyan adatbázisból lettek kivonva, amely a Van Genuchten-Mualem [4] egyenletre épül:

$$k_r = S_e^l \left[1 - \left(1 - S_e^{1/m} \right)^m \right]^2 \quad (5)$$

A számítási keret és talajparaméterek rögzítése után meghatároztuk a jellegzetes keresztmetszeteket. Mindegyik földtípusra három különböző magasságú gátat vizsgáltunk: 2, 5 illetve 10 métereseket. A koronaszélesség a gátmagasságtól függ, még a dőlésszög a földtípustól.

1. táblázat. A modellezéshez használt lejtésszögek

Földtípus	Dőlésszög	
	CH, MH	3.5:1
CL	3:1	2.5:1
SC, SM	2.5:1	2:1

A vizsgált 2,5 és 10 méteres gátak nem rendelkeztek a beszivárgott víz számára drénrendszerrel, a gáttest anyaga megegyezett az alapzat anyagával. A számítási algoritmus ellenőrizte az infiltrációs görbe időbeli változását különböző pontokban. A tolerancia mértéke 10^{-3} m volt. Az infiltrációk folytonosságának vizsgálatára egy másik megoldás lehet az infiltrációs görbe szintjének összehasonlítása mindenik számítási lépésnél a folytonos folyásnál mértékével.

Ezen folytonossági görbét meghatároztuk a vizsgálat indításától mért 24 órára, 4 napra, 14 napra, az eredmények az 5. ábrán figyelhetők meg.

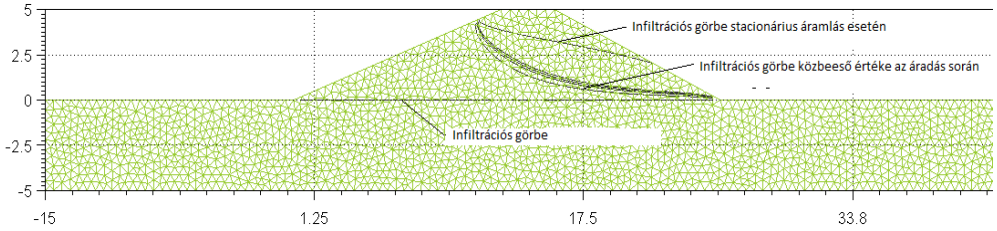
A görbe vizsgálatával észrevehető az a meghatározott időpont, amikor a folyás folytonossá válik (6. ábra).

Észrevehető, hogy a 2 méteres gát esetén a szivárgások csak 175 nap eltelte után lesznek folytonosak, persze az infiltrációs görbe változása már 50 nap után nagyon lassú lesz.

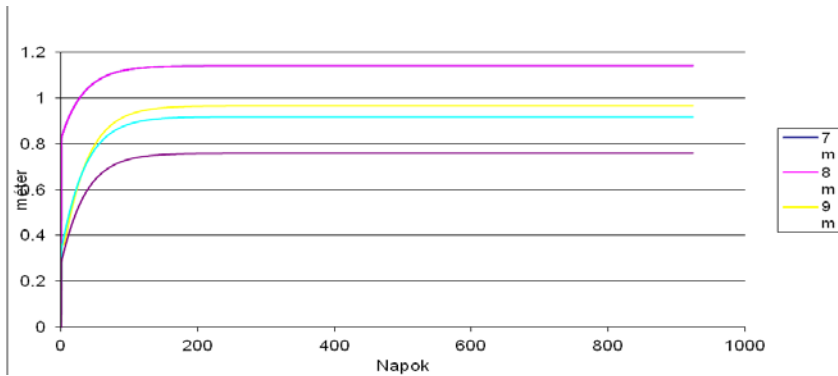
Az 5 méteres gát esetén a görbe változása 600 napig tart (7. ábra).

A 10 méteres gátak esetén a nem folytonos folyás megőrződik 1000 nap eltelte után

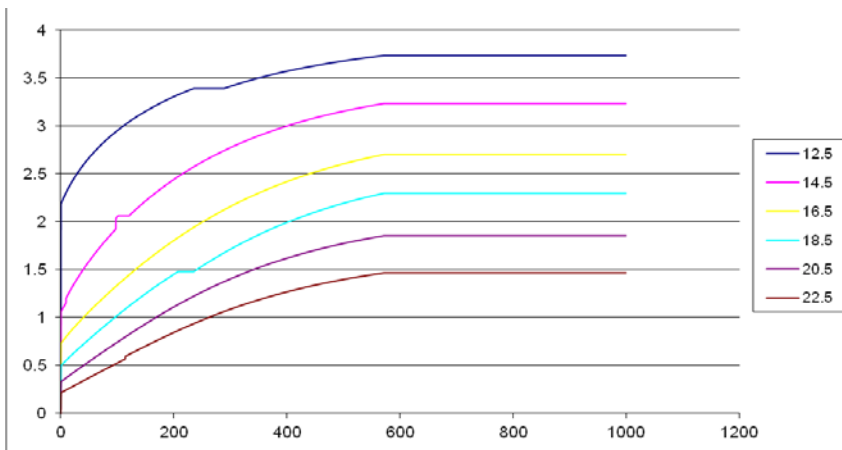
is. A fenti gátlábtól mért 25, 30 és 35 méterre elhelyezkedő piezométerek szintjei a 8. ábra foglalja össze.



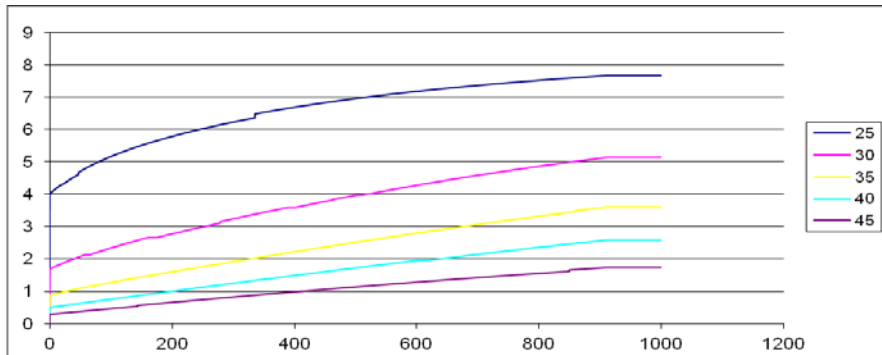
5. ábra. Az infiltrációs görbék grafikus ábrázolása.



6. ábra. A két méteres agyagos porból készült gát piezometrikus vízszintjének időbeli változása a fenti gátlábtól mért különböző távolságokra.



7. ábra. Az 5 méteres finom poros homokból készült gát piezometrikus vízszintjének időbeli változása a fenti gátlábtól mért különböző távolságokra.



8. ábra. A 10 méteres finom poros homokból készült gát piezometrikus vízszintjének időbeli változása a fenti gátlábtól mért különböző távolságokra.

3. Következtetések

Annak ellenére, hogy a földgátak lokális stabilitásának vizsgálatában egyik fő változó a telített zóna pozíciója, megfigyelhetjük, hogy ez nem érvényes a nem állandó gyűjtőóval rendelkező gátaknál, függetlenül a magasságtól, vagy töltés-anyagtól.

Az infiltrációk nem változnak folyamatosan a kritikus periódusban, árvizek esetén. A kis gátak esetén is az infiltrációk változása lassú. Így hát, a nem állandó gyűjtőóval rendelkező gátak esetén az infiltrációs görbét nem kell számításba venni a lejtők csúszásveszélyének számításánál. A kis homogén, állandó tóval rendelkező gátak esetén a hasonló számításnál használt infiltrációs görbe nem függ a maximális vízszinttől, csak a normális víztartási szinttől.

Az anyagok magas telítetlenségi foka miatt a gátestet egyfajta záró elemként szolgál, amely megakadályozza a telített zóna emelkedését.

A mindennapi valóságban a rossz karbantartással rendelkező kis gátak esetében a beszívargási görbe gyorsabb a rácsalók által előidézett repedések és galériák miatt. A vegetatív védelem megfelelő karbantartásával olyan viselkedés biztosítható, amely ebben a tanulmányban végzett kísérleti

számolásokkal megegyezik. A növényi szőnyeg megtartása gátolja a töltőanyagok gyors kiszáradását, és a szőnyeg kis méretének megőrzésével megakadályozható a rácsalók fejlődése is.

Szakirodalmi hivatkozások

- [1] French Committee on Dams and Reservoirs Guidelines for Design, Construction, and Monitoring. Coordinator Gerard Degoutte. ISBN 2-85362-448, 1997.
- [2] Botos, M. L.: *Contribuții la studiul comportării în exploatare a barajelor cu acumulări nepermanente în varianta transformării în acumulări permanente*, – doktori értekezés, Universitatea Politehnică Timișoara, Editura Politehnica, Temesvár, 2015.
- [3] Leij, F. J.; van Genuchten, M. T.: *Characterization and measurement of the hydraulic properties of unsaturated porous media*. (Eds.: van Genuchten, M.Th., Leij, F.J., Wu, L.), Proceedings of International Workshop, Characterization and Measurements of the Hydraulic Properties of Unsaturated Porous Media. University of California, Riverside, CA, 1999, 31–42.
- [4] Mualem, Y.: *A new model for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated porous media*. Water Resources Research 12 (3), 1976, 513–522.