

(12) CERERE DE BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: a 2016 00127

(22) Data de depozit: 19/02/2016

(41) Data publicării cererii:
30/08/2017 BOPI nr. 8/2017

(71) Solicitant:
• UNIVERSITATEA TEHNICĂ "GHEORGHE
ASACHI" DIN IAȘI,
BD. PROF. DIMITRIE MANGERON NR.67,
IAȘI, IS, RO

(72) Inventatori:
• ZET CRISTIAN, STR. CLOPOTARI NR. 36,
BL. 671, SC. C, ET. 3, AP. 13, IAȘI, IS, RO;
• FOȘALĂU CRISTIAN IOAN,
ȘOS. NICOLINA NR.54, BL.977A, AP.16,
IAȘI, IS, RO;
• PETRIȘOR DANIEL, SAT RĂCHIȚENI,
COMUNA RĂCHIȚENI, IS, RO

(54) SENZOR PENTRU MĂSURAREA PRESIUNII HIDROSTATICE
ÎN PORI

(57) Rezumat:

Invenția se referă la un senzor pentru măsurarea presiunii hidrostatice în porii straturilor de sol sau rocă, destinat monitorizării zonelor cu alunecări de teren. Senzorul conform invenției este alcătuit dintr-un tub de protecție (6) terminat, la capătul inferior, cu o incintă cilindrică (2) prevăzută cu orificii (3) de acces la bază, prin care pătrunde apa (e) existentă în porii particulelor de sol (h), comprimând aerul (d) din interiorul incintei, iar la partea superioară a incintei este montat un senzor de presiune (1) conectat la un modul electronic (4) cuplat, prin cabluri de legătură (5), cu o unitate (7) de alimentare și control și o unitate (8) de comunicație radio, care măsoară diferența dintre presiunea aerului din incintă (2) și presiunea atmosferică de la suprafața solului, existentă în tubul de protecție (6), care este proporțională cu înălțimea masei de apă subterană acumulată în porii solului.

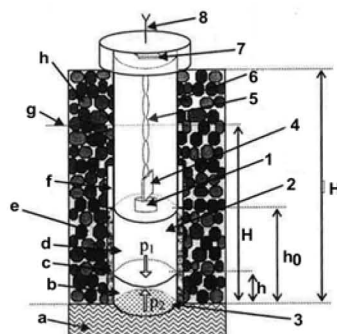
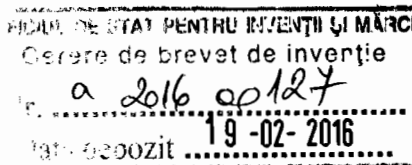


Fig. 2

Revendicări: 1
Figuri: 5





SENZOR PENTRU MĂSURAREA PRESIUNII HIDROSTATICE ÎN PORI

Invenția se referă la un senzor destinat măsurării presiunii apei subterane în porii straturilor de sol sau rocă, în vederea monitorizării saturației cu apă a straturilor impermeabile de adâncime și a supraîncărcării în greutate a straturilor permeabile de deasupra.

Invenția este destinată monitorizării zonelor cu alunecări de teren, prin măsurarea stării de stres mecanic al solului, stres creat de prezența apei între particulele de sol. Presiunea apei și presiunea apei în pori influențează capacitatea straturilor impermeabile de a suporta greutatea de deasupra.

Metoda standard de măsurare a presiunii apei în porii rocilor subterane, sub nivelul masei de apă se bazează pe piezometre care măsoară înălțimea coloanei de lichid de deasupra punctului de măsură cu ajutorul unei diafragme de care este atașat un capăt al unui fir de oțel pretensionat, plasat într-un tub de protecție care constituie carcasa piezometrului și care este îngropat în pământ și de care este fixat solidar capătul celălalt al firului. Creșterea presiunii asupra membranei determină scăderea tensiunii mecanice în fir. Acesta este menținut în oscilație cu ajutorul unor bobine alimentate de la un oscilator. Pătrunderea impurităților la nivelul diafragmei este protejată prin intermediul unui filtru, acesta lasând să pătrundă doar apa în incintă. Atunci când presiunile pe cele două fețe ale diafragmei sunt egale, firul oscilează cu o anumită frecvență (frecvența de zero). Când presiunea care acționează de partea opusă firului crește, frecvența de oscilație a firului se modifică, iar diferența față de frecvența de zero crește odată cu creșterea presiunii, astfel încât prin măsurarea frecvenței de oscilație se obține informația de presiune [US Patent 3935745]. O altă

soluție [US Patent 4148212] revendică un dispozitiv ce utilizează un traductor de presiune detașabil pentru a măsura presiunea apei în pori prin două măsurători și un calcul matematic ce utilizează cele două măsurători. Un alt tip de traductor folosește un traductor bazat pe o membrană ce desparte 2 cavități ce conțin un electrolit [US Patent 4150578]. Membrana este conductoare, iar în cele 2 cavități, la distanțe egale, se află 2 electrozi. Modificarea presiunii apei în pori determină modificarea presiunii într-una din camere și apropierea sau depărtarea membranei de unul din electrozi.

Soluția propusă, conform invenției, aduce câteva beneficii față de variantele prezentate mai sus, prin lipsa unor elemente mobile, prin construcția simplă, prin procesarea locală și compensarea influențelor externe, prin transmiterea informațiilor din subteran la nivelul solului, prin costul redus și prin simplitatea în exploatare. Senzorul permite măsurarea și monitorizarea presiunii hidrostatice în pori, la nivelul stratului impermeabil și transmiterea informației către un punct de colectare aflat la nivelul solului.

Senzorul, conform figurii 1, este alcătuit dintr-un tub protector 3 care face legătura dintre modulul de colectarea datelor și transmisie la distanță (4) de la suprafață și senzorul de presiune (2) care măsoară presiunea în incinta (1). Lungimea tubului de protecție poate fi variabilă funcție de adâncimea stratului impermeabil, deoarece baza incintei (1) trebuie fixată în imediata vecinătate a acestuia. Conform invenției, senzorul de presiune este cuplat cu incinta (1) printr-un orificiu care permite ca presiunea din incintă să acționeze și asupra membranei sale. În plus, senzorul de presiune este de tip diferențial, față a doua a membranei comunicând prin intermediul tubului de protecție cu atmosfera de la suprafață pentru ca indicația sa să depindă doar de înălțimea coloanei de apă. Conform invenției, senzorul de presiune este conectat la un microsistem de calcul care transmite informația ce reprezintă presiunea măsurată, proporțională cu înălțimea masei de apă, către modulul de suprafață (4). La nivelul acestuia se stochează temporar informația pentru a fi transmisă ulterior prin unde radio către o unitate de colectare a datelor.

Se dă în continuare un exemplu de realizare a invenției în legătură cu

- fig. 2, imagine de ansamblu a senzorului de presiune a apei în pori,
- fig. 3, principiul de măsurare a presiunii;
- fig. 4, graficele răspunsului senzorului în aer și în apă.

Senzorul de presiune hidrostatică în pori, în legătură cu figura 2, este alcătuit dintr-o incintă cilindrică (2), aflată în poziție verticală, prevăzută cu orificii de acces

(3) la bază. Prin aceste orificii (sită) apa (e), existentă în porii particulelor de sol (h) la nivelul respectiv, pătrunde în incintă (b), comprimând aerul (d) existent în interiorul său. La partea superioară, dar în afara incintei, se află montat senzorul de presiune integrat (1) conectat la modulul electronic (4). Acesta este de tip diferențial, având 2 orificii de acces, care permit celor 2 fluide ale căror diferență de presiune o măsoară, să ajungă la nivelul membranei sensibile. Unul din orificiile sale este conectat la incinta cilindrică prin intermediul unei găuri aflate în peretele superior al incintei, prin celălalt orificiu acționând aerul atmosferic. Incinta cilindrică se continuă, pe verticală în sus, cu un tub de protecție (6) cu scopul de a proteja senzorul și firele de legătură de mediul înconjurător. Lungimea tubului de protecție se stabilește funcție de adâncimea la care se montează senzorul, adică de adâncimea (H_i) la care se află stratul impermeabil (a), astfel încât tubul să iasă deasupra nivelului solului. Tubul de protecție se termină la capătul superior cu o cutie ermetică în care se află partea electronică de alimentare și control (7) și cea de comunicație radio (8). Modulul (4) este cuplat cu (7) prin cabluri de legătură (5).

Corpul senzorului este instalat într-un puț de adâncime H_i , izolat la bază de un strat de nisip (c), acesta fiind sigilat la partea superioară cu bentonită.

Masa de apă din pori, prin înălțimea sa (H), determină cantitatea de apă care pătrunde în incintă (h) și comprimă aerul aflat înăuntru. La echilibru, din egalitatea presiunilor la interfața apă aer din interiorul incintei, conform figurii 3 se poate scrie:

$$p_1 = p_2 \quad (1)$$

Presiunea p_2 este suma dintre presiunea atmosferică și presiunea coloanei de apă de înălțime H :

$$p_2 = p_{atm} + \rho_{apa} \cdot g \cdot H, \quad (2)$$

Iar presiunea p_1 este suma dintre presiunea atmosferică p_{atm} și suprapresiunea Δp creată de volumul de aer dezlocuit de apa intrată în incintă la care se adaugă presiunea coloanei de apă din incintă (h):

$$p_1 = \rho_{apa} \cdot g \cdot h + p_{atm} + \Delta p \quad (3)$$

Dar conform legii transformării izoterme:

$$p_{atm} \cdot V_1 = (p_{atm} + \Delta p) \cdot V_2 \quad (4)$$

unde V_1 este volumul de aer inițial din incintă, iar V_2 este volumul de aer comprimat de coloana de apă. Din relațiile de mai sus se obține expresia

$$\Delta p = \rho_{apa} \cdot g \cdot (H - h) \quad (5)$$

care arată că presiunea măsurată de senzor depinde liniar de înălțimea masei de apă subterane. Deși înălțimea h a apei din incintă apare în relație, valoarea ei este mică în comparație cu H și poate fi neglijată. Expresia lui h se poate deduce din expresia (1):

$$h = \frac{H + h_0 + \frac{p_{atm}}{\rho_{water} g} - \sqrt{\left(H + h_0 + \frac{p_{atm}}{\rho_{water} g}\right)^2 - 4Hh_0}}{2} \quad (6)$$

Alegând o dimensiune a înălțimii incintei (h_0) de 10 cm se constată că o înălțime a masei de apă de 10 m determină o înălțime de aproximativ 5 cm a apei în incintă, astfel încât aceasta nu ajunge la senzor.

Indicațiile senzorului supus testelor în aer și apă sunt prezentate în graficele din fig. 4 și 5. În primul caz în incintă a fost introdus aer sub presiune, iar indicația senzorului (U [mV]) a fost comparată cu cea a unui manometru etalon.

În cazul din fig. 5 senzorul a fost scufundat într-un vas cu apă la diferite adâncimi, adâncimea fiind citită pe o rigla atașată de corpul senzorului. Indicația senzorului Hm [mm] a fost comparată cu cea de pe riglă.

Senzorul de presiune este unul integrat, piezorezistiv, diferențial, cu limita de măsurare 1000kPa și sensibilitate 4,5mV/kPa. Diferența de presiune maximă pe care o suportă atunci când masa de apă ajunge la 10m este de aproximativ 100kPa, ceea ce este sub domeniul de măsură.

Așa cum rezultă din cele 2 grafice, răspunsul senzorului de presiune a apei în pori este liniar și nu necesită liniarizare. În urma cercetărilor s-a constatat că atunci când senzorul este menținut scufundat în apă pe o durată mare de timp, deși umiditatea în incintă a ajuns la saturație, indicația nu a fost influențată de aceasta, senzorul neavând nevoie de compensare suplimentară cu umiditatea.

REVENDICĂRI

Senzor pentru măsurarea presiunii apei în porii solului (fig. 2) caracterizat prin aceea că utilizează o incintă (2), în care aerul (d) este compresat de către lichidul (b) împins în incintă de masa de apă (e) din porii solului, prevăzută cu o sită (3) cu orificii fine la bază pentru a permite accesul apei (b) din porii solului în incintă și un orificiu la partea superioară prin care senzorul de presiune diferențial integrat (1) este conectat la atmosfera din incintă (d) cu scopul de a măsura diferența de presiune dintre presiunea p_1 a aerului din incintă și presiunea atmosferică de la suprafața solului existentă în tubul de protecție (6), diferență de presiune care este proporțională cu înălțimea masei de apă subterane acumulată în porii solului de deasupra stratului impermeabil, este măsurată continuu și transmisă la suprafața solului sub formă digitală prin interfață serială.

DESENE

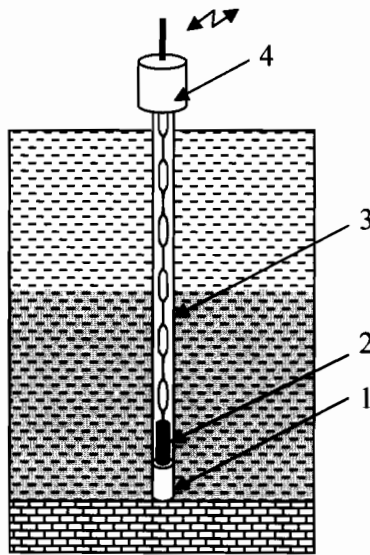


Fig. 1

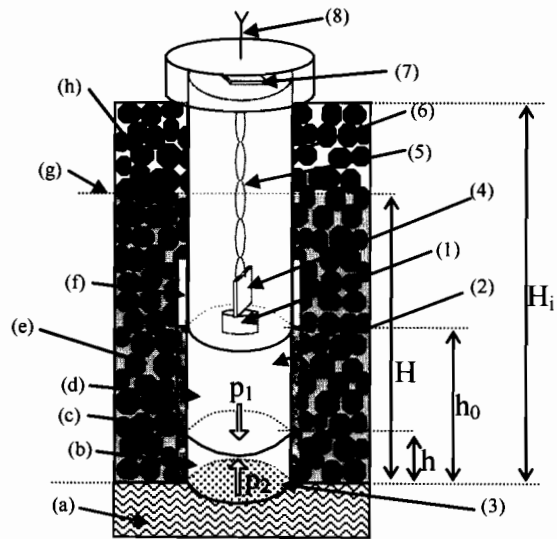


Fig. 2

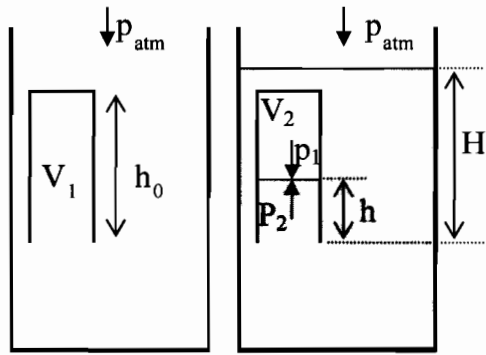


Fig. 3

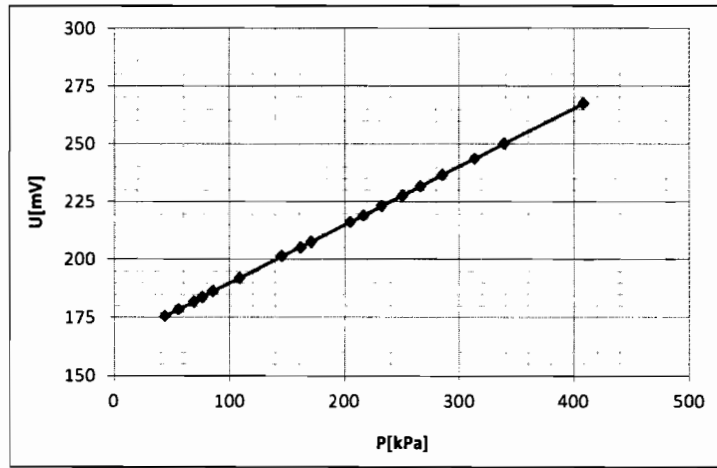


Fig. 4

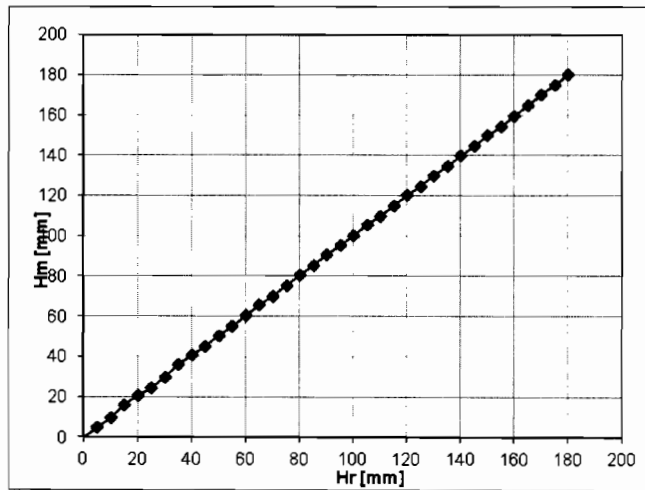


Fig. 5