Archive of SID

مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی
سال نهم - شماره اول - بهار ۱۳۸۱
www.magiran.com/jasnr

شبیه سازی جریان ناپایدار دو بعدی آب بطرف زهکش ها

سید محمود رضا بهبهانی و علی رحیمی خوب
گروه آبیاری مجتمع آموزش عالی ابوریحان، دانشگاه تهران

تاریخ دریافت: ۸۰/۲/۲۶ ؛ تاریخ پذیرش: ۸۰/۷/۲۸

چکیده

تحقیق حاضر یک مدل ریاضی را برای پیش بینی وضعیت سطح ایستابی بین دو زهکش زیر زمینی در شرایط ناپایدار پس از یک تغذیه لحظه ای بر اثر بارندگی یا آبیاری ارائه می نماید. این مدل معادله دو بعدی دیفرانسیل حاکم بر جریان آب در خاکهای همگن در شرایط ناپایدار را حل می نماید. روش ضمنی غیر مستقیم (ADI)[1] نیز در حل عددی معادله جریان مورد استفاده قرار گرفته است . مقایسه نتایج مدل با روشی جریان یک بعدی آب ارائه شده توسط " گلور و دام " که در آن از هدایت هیدرولیکی عمودی خاک صرفنظر شده است (KZ/KX<<1) همخوانی خوبی را نشان می دهد. با استفاده از این مدل ، جریانهای عمودی آب در بالا و پایین خط نصب زهکشها مورد بررسی قرار گرفت و مشخص شد که در خاکهای همگن در شرایطی که هدایت هیدرولیکی جریانهای عمودی قابل توجه باشد (KZ/KX<<1) استفاده از معادلات تحلیلی که در آن فقط مولفه افقی جریان آب به طرف زهکش مخلوط شده، موقعیت سطح ایستابی را نسبت به لایه نفوذ ناپذیر بیش از مقدار واقعی برآورد می نماید. بنابراین در صورت استفاده از مدلهای دو بعدی در جریان ناپایدار موقعیت سطح ایستابی، واقعی تر از روشهای تحلیلی برآورد می شود.

واژه های کلیدی: زهکشی، سطح ایستابی، هدایت هیدرولیکی، مدل ریاضی.

مقدمه

در اراضی زهدار سطح ایستابی در هر آبیاری یا بارندگی بالا آمده و باید در مدت کوتاهی به پایین تر از عمق توسعه ریشه گیاه تنزل یابد. در صورتیکه فاصله زهکشهای زیرزمینی زیاد در نظر گرفته شود، سرعت افت سطح ایستابی کاهش

1- Alternating Direct Implicit

www.SID.ir

Archive of SID

یافتـه و بـاعث خسـارت بـه محصـول مـی گردد. فرمولهای تحلیلی در زمینـه زهکشـهای زیرزمینـی (۲،۳،٤،٥ و ٦) براسـاس فرضیـات دوپویـی و فورشهایمر بنا شده است . بر پایه فرضیـات فـوق خطوط جریان آب بصـورت افقـی و بـه مـوازات یکدیگر بطـرف زهکشـها جریـان مـی یـابد. ایـن فرضیه در شرایطی که خاک از لایـه بنـدی متعـدد (خاک مطبق) تشکیل یـافته با شـد دارای دقـت می باشـد(۷). در ایـن قبیـل خاکـها بخـش عمـده جریان آب در خاک بصورت افقی و موازی با لایه بنـدی خـاک صـورت مـی گیـرد و هدایـت هیدرولیکی عمودی خاک ناچیز است و می تـوان از جریـان هـای عمـودی صرفنظـر نمـود(۱). در خاکهای با لایـه بنـدی انـدک سـهم جریـان هـای عمـودی در تخلیـه زه آب قـابل توجـه اسـت و کارآئی فرمولهای تحلیلی در ایـن خاکـها از دقـت عملی لازم برخوردار نیست. برای ملحوظ داشـتن جریـان هـای عمـودی در تخلیـه زه آب بوسـیله زهکشها باید از معادلات دوبعدی حاکم بر جریـان آب درخاک استفاده نمود. این معـادلات بصـورت معادلات دیفرانسیل جزئی است که حـل تحلیلـی ندارند و تنـها از روشهای عددی قـابل حـل می باشند. هدف از تحقیق حاضر ارائه یـک مـدل ریاضی برای پیش بینی وضعیت سطح ایستابی بین دو زهکش زیرزمینی مـوازی در شـرایط نـاپایدار پس از یک تغذیه لحظه ای و همچنین بررسی اثـر جریان های عمودی تخلیه زه آب می باشد.

مواد و رو شها

بیر (۲) با ادغام معادلات دارسی و پیوسـتگی، معادله دیفرانسیل دو بعدی حاکم بر جریـان آب را در خاک اشباع بصورت زیر ارائه نمود:

$$\frac{\partial}{\partial x}(k_x\frac{\partial h}{\partial x})+\frac{\partial}{\partial z}(k_z\frac{\partial h}{\partial z})=s_s\frac{\partial h}{\partial t}$$

[۱]

که در آن :

$k_z\ K_x$ = هدایت هیدرولیکی خاک درحالت اشـباع در جهات افقی و عمودی، h= بار پیزومتری که در هر زمان برابر است با مجموع بار فشاری و ثقلی $(\frac{p}{\gamma}+z)$، s_s= ضریب ذخیره، t= عامل زمان و z,x= فاصله افقی و عمودی از مبدا مختصات .

معادله فوق برای تمـام مسـائل جریـان آب در خـاک از قبیـل جریـا ن سـفره آبـهای زیرزمینـی، تراوش آب در بدنه سدهای خـاکی و زهکشـهای زیرزمینی به عنوان یک معادله پایـه ای مـــطرح می باشد که با توجه به شرایط اولیـه و مـرزی کـه روی سیستم مـــورد نظر اعمال مـی شـود، حـل می گردد. در این بررسی با توجه بـه قرینـه بـودن جریان آب از وسـط بیـن دو زهکـش زیرزمینـی، محدوده بررسـی جریـان آب بطـرف زهکشـها از محـل نصـب زهکـش تـا وســط حدفـاصل دو خـــط زهکش می باشد. شرایط اولیه و مـرزی مطابق شکل ۱ عبارت است:

$$h=W(x,0),0\le z\le W(x,0),\frac{b}{2}\le x\le\frac{L}{2},\quad t=0$$

[۲]

$$h=D+d,D\le Z\le D+d,0\le x\le\frac{b}{2},\quad t\ge 0$$

[۳]

$$\frac{\partial h}{\partial x}=0,0\le Z\le D,x=0,t>0$$

[٤]

$$\frac{\partial h}{\partial z}=0,Z=0,0<x<\frac{L}{2},t>0$$

[٥]

$$\frac{\partial h}{\partial x}=0.0\le z\le w(\frac{L}{2},z),x=\frac{L}{2},t>0$$

[٦]

www.SID.ir

Archive of SID

$$k_z \frac{\partial h}{\partial z} + k_x \frac{\partial h}{\partial x} = Sy \frac{\partial w}{\partial t}, z = w(x,t), \quad \frac{b}{2} \le x \le \frac{L}{2}, t > 0$$

[۷]

$$h = w(x,t), z = w(x,t), \quad \frac{b}{2} \le x \le \frac{L}{2}, t \ge 0$$

[۸]

در معادلات فوق:

Sy = آبدهی ویژه، b= عرض کف نهرزهکش، d= عمق آب در نهر زهکش، D= فاصله کف نهر زهکش تا لایه غیر قابل نفوذ، L= فاصله بین دو زهکش متوالی ، w (x,t)=ارتفاع سطح ایستابی نسب به لایه غیر قابل نفوذ در زمان t و به فاصله x از مبدا و w(x,o)= ارتفاع اولیه سطح ایستابی.

معادله مرزی در سطح ایستابی (معادله ۷) دارای دو متغیر مستقل بار هیدرولیکی(h) و ارتفاع سطح ایستابی w (x,t) است که مستقیما قابل حل نمی باشند و لذا باید از روش تکراری استفاده گردد. در این تحقیق روش تکراری با استفاده از مدل تفاضل محدود به شرح زیر انجام گرفته است:

۱. درهر گام زمانی برای تمام گروه های فوقانی مرز جریان، ارتفاع سطح ایستابی تا لایه نفوذ ناپذیر w (x,t) تخمین زده می شود،

۲. با توجه به رابطه [۸] بار هیدرولیکی روی مرز فوقانی شبکه حل معلوم می گردد ((h=w (X ,t))

۳. بار هیدرولیکی در کل پهنه جریان محاسبه می گردد.

٤. با استفاده از معادله مرزی (۷) ارتفاع سطح ایستابی تعیین می گردد و

۵. در صورتیکه قدر مطلق اختلاف سطح ایستابی تخمین زده شده در مرحله یک با نتایج برآورد شده در مرحله ٤ ناچیز باشد ($|W(x,t) - W(x,t)| ? \varepsilon$) ارتفاع سطح ایستابی همگرا شده و محاسبات برای گام زمانی بعدی انجام می گردد، در غیر اینصورت مقادیر برآورد شده در مرحله ٤ برای تکرار بعدی محاسبه می شود و مراحل ۲ الی ٤ مجددا تکرار می شود.

حل عددی معادله جریان : روش عددی بکار گرفته شده در این تحقیق ضمنی غیر مستقیم (ADI) می باشد. در این روش میدان مورد مطالعه تبدیل به یک شبکه مربع مستطیل می شود که رئوس آن را گره می نامند و معادله دیفرانسیل غیر خطی حاکم بر جریان آب در خاک تبدیل به یک معادله جبری خطی برای هر گره از شبکه می شود، لذا به ازای هر گره از شبکه با استفاده از مدل تقاضل محدود یک معادله جبری نوشته می شود و مجموعه معادلات ، تشکیل دستگاه معادلاتی را می دهند که با حل آن مجهولات (بار هیدرولیکی در گره های شبکه) برآورد می گردد.

در روش فوق دستگاه معادلات تشکیل یک ماتریس سه قطری را می دهد که با الگوریتم توماس حل می گردد. با توجه به شکل (۲) فرم کلی معادلات جبری برای هر گره از شبکه (i,j) در شرایطی که مجهولات در امتداد محور ox ضمنی باشد، بشرح زیر می باشد:

$$Ah_{i-1,j}^{n+1} + Bh_{i,j}^{n+1} + Ch_{i+1,j}^{n+1} = D$$

[۹]

$$A = \frac{K_x}{(\Delta x)^2}$$

[۱۰]

$$C = A$$

[۱۱]

$$B = -A - C - \frac{S_s}{\Delta t}$$

[۱۲]

www.SID.ir

Archive of SID

$$D = \frac{-K_2}{(\Delta z)^2}(h^n_{i,j-1} + 2h^n_{i,j} + h^n_{i,j+1}) - \frac{S_x}{\Delta t}h^n_{i,j}$$

[۱۳]

در معادلات فوق :

$\Delta z, \Delta x$= نمو شبکه در جهات X.Z

Δt= نموز مان

n = سطح زمانی Δt n که در این زمان متغیرهای معادله (پتانسیل هیدرولیکی در گره های شبکه) معلوم می باشند.

$(n+1)\Delta t$ = معرف سطح زمانی $(n+1)\Delta t$ که در این زمان متغیرهای معادله مجهول بوده و دستگاه معادلات برای تعیین آن حل می گردند.

نتایج و بحث

برای بررسی اثر جریانهای عمودی در تخلیه زه آب ، مدل بنیان شده برای مقادیر مختلف میزان یکنواختی خاک $(\frac{k_z}{k_x} = 0.1,1,10)$ با داده های زیر حل گردیدند و با روش تحلیلی " گلور و دام " مورد مقایسه قرار گرفتند.

عمق نصب زهکش ها= (m) ۱/۸، عمق استقرار لایه غیرقابل نفوذ(m)۳/٤، فاصله زهکش ها (m) ٤۰، آبدهی ویژه۰/۰٤، ضریب ذخیره(m^1) ۰/۰۰۰۱، عمق اولیه سطح ایستایی از سطح زمین (m) ۰/٦، هدایت هیدرولیکی افقی خاک (m/day)۲.

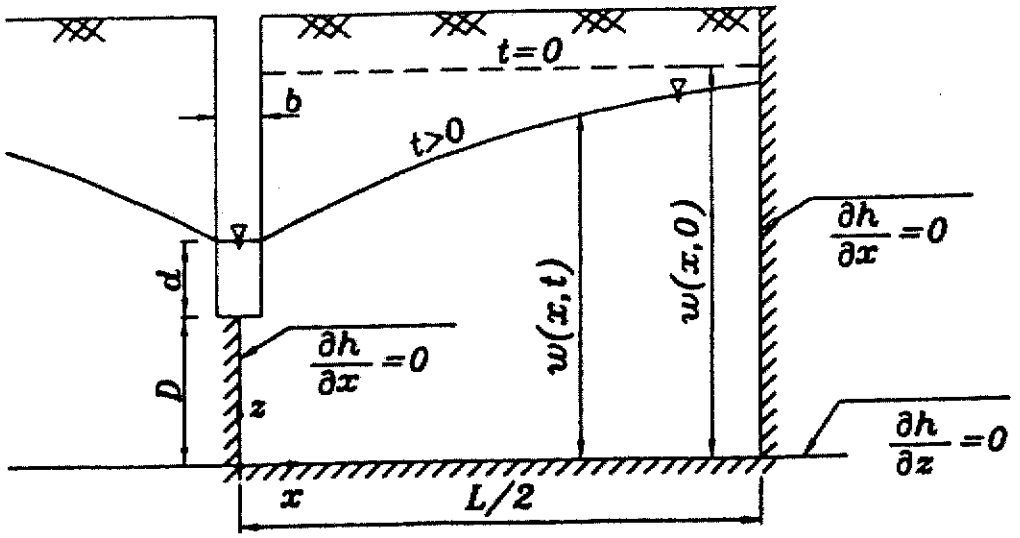
حداکثر ارتفاع سطح ایستابی بعد از ۰/۵، ۱، ۱/۵ و ۲ روز با استفاده از مدل و روش تحلیلی تعیین گردید که نتایج آن در شکل ۳ ارائه شده است. نتایج مدل در شرایطی که هدایت هیدرولیکی عمودی خاک نسبت به هدایت هیدرولیکی افقی ناچیز باشد $(\frac{k_z}{k_x} = 0.1)$ همخوانی نزدیکی با روش تحلیلی گلورودام دارد و با افزایش هدایت هیدرولیکی عمودی میزان افت سطح ایستابی افزایش می یابد و این مورد در شرایطی که $\frac{k_z}{k_x} = 10$ باشد قابل توجه است. نتایج مندرج در شکل ۳ صدق و درستی فرضیه یک بعدی بودن جریان آب را در خاکهای مطبق که توسط فورشها یمر ارائه شده است، تایید می نماید و از فرمولهای تحلیلی در تعیین فاصله زهکش ها می توان استفاده نمود. اما درخاکهای با لایه بندی اندک که درآن هدایت هیدرولیکی عمودی خاک نسبت به حالت افقی قابل توجه باشد، روابط تحلیلی سطح ایستابی بین دو زهکش موازی زهکش ها را بیشتر از واقعیت برآورد می نماید (شکل ۳). مدل های ریاضی بر پایه دو بعدی بودن جریان آب در خاک، تخمین دقیق تری از موقعیت سطح ایستابی را شبیه سازی می نماید.

سپاسگزاری

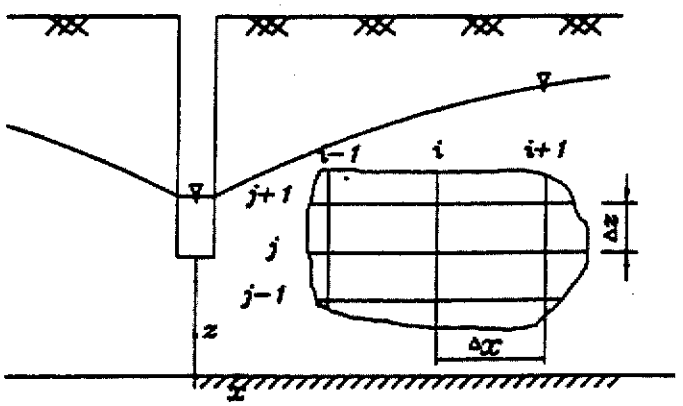
بدین وسیله از معاونت محترم پژوهشی دانشگاه تهران که امکانات مناسب تحقیق را فراهم نموده اند، تشکر و قدردانی می شود.

www.SID.ir

Archive of SID



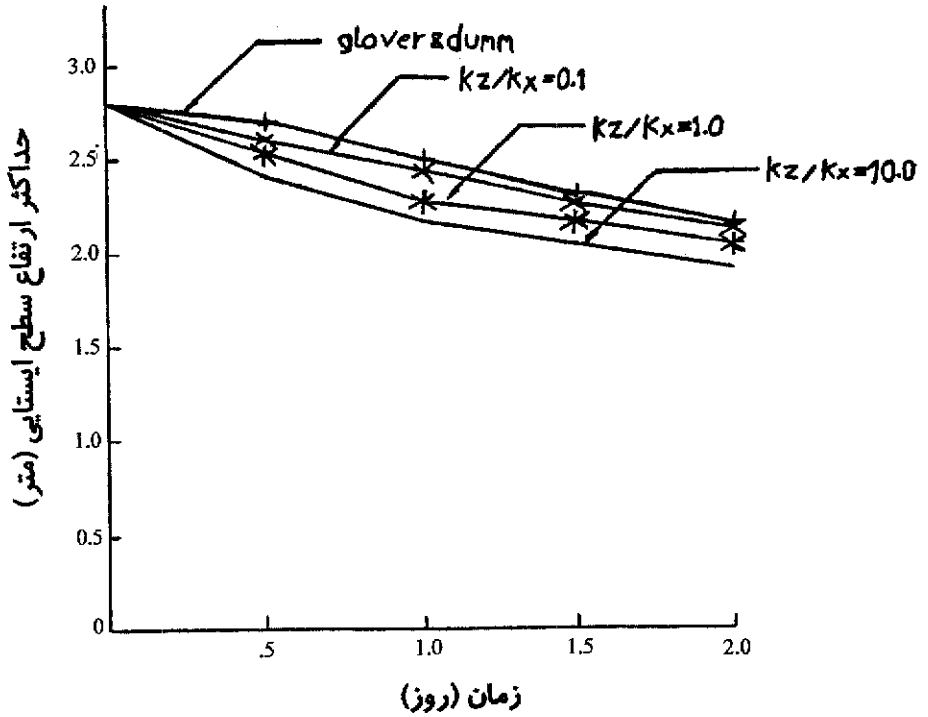
شکل ۱- پارامترهای هندسی و شرایط مرزی در نهرهای زهکش زیرزمینی.



شکل ۲- گره های شبکه حل در روش تفاضل محدود برای سیستم زهکشی زیرزمینی.

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۳-تغییرات حداکثر ارتفاع سطح ایستابی نسبت به زمان در روش گلورودام و روش عددی با مقادیر مختلف $\frac{kz}{kx}$.

منابع

1. Ahmad, S.,D. Kashyap and B.S. Mathur.1990. Numeical modeling of two dimensional transient flow to ditches. J. Irrig. And Drain. Div, ASCE. 117 (6): 839-851.
2. Bear, J. 1979. Hydraulics of ground water, Mc-Graw- Hill, New York, N. Y.
3. Dagan, G. 1964. Spacing of drains by an approximate method, J. Irrig. And Drain. ASCE. 91:51-64
4. Donnan, W.W. 1964. Model tessts of a tile - spacing formula. Soil Sci. Soc. Amer, Proc. 11:131-136.
5. Dumm, L.D. 1964. Transient flow Concept in subsurface drainage. Tran of ASAE. 7:147-151.
6. Dumm, L.D. and R.J. Winger 1964. Subsurface drainage system design for irrigated area using transient flow concept. Tran of ASAE. 7:141- 146.
7. Smedema, L.L. and D.W. Rycroft. 1985. Use of the Hooghoudt formula for drain spacing calculations in homogeneous anisotropic soil. Agr. Water magt. 10: 283-291.

www.SID.ir

Archive of SID

J. Agric. Sci. Natur. Resour., Vol 9(1), Spring 2002
www.magiran.com/jasnr

Simulation of two-dimensional transient flow to drainage ditches

S.M.R. Behbahani and A. Rahimi Khob
Irrigation Department, Aburiahan Campus University of Tehran, Iran

Abstract

The present research suggests a mathematical model for predicting water table position between two underground drainage ditches and simulates a transient flow regime after a single event recharge due to rainfall or irrigation. This model solves the two dimensional transient flow equations within the anisotropic soils for unsteady State. The Alternating Direct Implicit (ADI) method is also used to solve numerically flow equation. The results of comparison indicated that the model is correlated with one-dimensional flow in which vertical hydraulic conductivity of soil was ignored ($kz/kx \ll 1$) (Glover and Dumm). This model was suited to be used for vertical flow condition within the upper and lower line of drainage canal. The results showed that in anisotrope soils in which the vertical hydraulic conductivity is considered ($kz/kx > 1$), the use of analytical equation which only horizontal flow towards ditches dose not provide a real water table prediction. The position of water table related to impermeable layer will be overestimated. The position of water table in transient flow using two dimensional flow models has more realistic application than that of analytic procedures.

Keywords: Drainage; Water table; Hydraulic conductivity; Mathematical model.

مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی

www.SID.ir