

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) 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 صرف نظر شده است ($KZ/KX \ll 1$) 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 ($KZ/KX \ll 1$) 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



یافته و باعث خسارت به محصول می گردد. فرمولهای تحلیلی در زمینه زهکشهای زیرزمینی (۲، ۳، ۴، ۵، ۶) براساس فرضیات دوپویسی و فورشه‌ایمر بنا شده است. بر پایه فرضیات فوق خطوط جریان آب بصورت افقی و به موازات یکدیگر بطرف زهکشها جریان می یابد. این فرضیه در شرایطی که خاک از لایه بندی متعدد (خاک مطبق) تشکیل یافته باشد دارای دقت می باشد (۷). در این قبیل خاکها بخش عمده جریان آب در خاک بصورت افقی و موازی با لایه بندی خاک صورت می گیرد و هدایت هیدرولیکی عمودی خاک ناچیز است و می توان از جریان های عمودی صرفنظر نمود (۱). در خاکهای با لایه بندی اندک سهم جریان های عمودی در تخلیه زه آب قابل توجه است و کارآئی فرمولهای تحلیلی در این خاکها از دقت عملی لازم برخوردار نیست. برای ملحوظ داشتن جریان های عمودی در تخلیه زه آب بوسیله زهکشها باید از معادلات دوبعدی حاکم بر جریان آب در خاک استفاده نمود. این معادلات بصورت معادلات دیفرانسیل جزئی است که حل تحلیلی ندارند و تنسها از روشهای عددی قابل حل می باشند. هدف از تحقیق حاضر ارائه یک مدل ریاضی برای پیش بینی وضعیت سطح ایستابی بین دو زهکش زیرزمینی موازی در شرایط ناپایدار پس از یک تغذیه لحظه ای و همچنین بررسی اثر جریان های عمودی تخلیه زه آب می باشد.

مواد و روشها

بیر (۲) با ادغام معادلات داری و پیوستگی، معادله دیفرانسیل دو بعدی حاکم بر جریان 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 :

$K_x K_z = k_z$ = هدایت هیدرولیکی خاک در حالت اشباع در جهات افقی و عمودی، h = بار پیزومتري که در هر زمان برابر است با مجموع بار فشاری و ثقلی

$$s_s = \left(\frac{P}{\gamma} + z \right) = s_s$$
 ضریب ذخیره، t = عامل زمان و

$$z, x = \text{فاصله افقی و عمودی از مبدا مختصات.}$$

معادله فوق برای تمام مسائل جریان آب در خاک از قبیل جریان سفره آبهای زیرزمینی، تراوش آب در بدنه سدهای خاکی و زهکشهای زیرزمینی به عنوان یک معادله پایه ای مطرح می باشد که با توجه به شرایط اولیه و مرزی که روی سیستم مورد نظر اعمال می شود، حل می گردد. در این بررسی با توجه به قرینه بودن جریان آب از وسط بین دو زهکش زیرزمینی، محدوده بررسی جریان آب بطرف زهکشها از محل نصب زهکش تا وسط حذفاصل دو خط زهکش می باشد. شرایط اولیه و مرزی مطابق شکل ۱ عبارت است:

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

$$t = 0$$

[۲]

$$h = D + d, D \leq Z \leq D + d, 0 \leq x \leq \frac{b}{2},$$

$$t \geq 0$$

[۳]

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

[۴]

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

[۵]

$$\frac{\partial h}{\partial x} = 0, 0 \leq z \leq w\left(\frac{L}{2}, z\right), x = \frac{L}{2}, t > 0$$

[۶]



$(|W(x,t) - W(x,t)| \leq \epsilon)$ ارتفاع سطح ایستابی همگرا شده و محاسبات برای گام زمانی بعدی انجام می گردد، در غیر اینصورت مقادیر برآورد شده در مرحله ۴ برای تکرار بعدی محاسبه می شود و مراحل ۲ الی ۴ مجدداً 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:

$$Ah_{i-1,j}^{n+1} + Bh_{i,j}^{n+1} + Ch_{i+1,j}^{n+1} = D \quad [9]$$

$$A = \frac{K_x}{(\Delta x)^2} \quad [10]$$

$$C = A \quad [11]$$

$$B = -A - C - \frac{S_i}{\Delta t} \quad [12]$$

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

$$\frac{b}{2} \leq x \leq \frac{L}{2}, t > 0 \quad [v]$$

$$h = w(x,t), z = w(x,t),$$

$$\frac{b}{2} \leq x \leq \frac{L}{2}, t \geq 0 \quad [8]$$

در معادلات فوق:

Sy = آبدهی ویژه، b = عرض کف نه‌رز هکش، d = عمق آب در نه‌رز هکش، D = فاصله کف نه‌رز هکش 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 $w(x,0)$ = ارتفاع اولیه سطح ایستابی.

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

۱. در هر گام زمانی برای تمام گره 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.
۴. با استفاده از معادله مرزی (v) 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 ۴ نچیز باشد



$$D = \frac{-K_2}{(\Delta z)^2} (h_{i,j-1}^n + 2h_{i,j}^n + h_{i,j+1}^n) - \frac{S_x}{\Delta t} h_{i,j}^n \quad [13]$$

در معادلات فوق :

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

Δt = نموز مان

n = سطح زمانی Δt 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 "گالور و دام" مورد مقایسه قرار گرفتند.

عمق نصب زهکش ها = $1/8 (m)$ ، عمق استقرار لایه غیرقابل نفوذ $3/4 (m)$ ، فاصله زهکش ها (m) ۴۰، آبدهی ویژه $0/04$ ، ضریب ذخیره (m^1) $0/0001$ ، عمق اولیه سطح ایستابی از سطح زمین (m) $0/6$ ، هدایت هیدرولیکی افقی خاک (m/day) ۲.

حداکثر ارتفاع سطح ایستابی بعد از $0/5$ ، ۱، $1/5$ 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

گالورودام دارد و با افزایش هدایت هیدرولیکی عمودی میزان افت سطح ایستابی افزایش می یابد و این مورد در

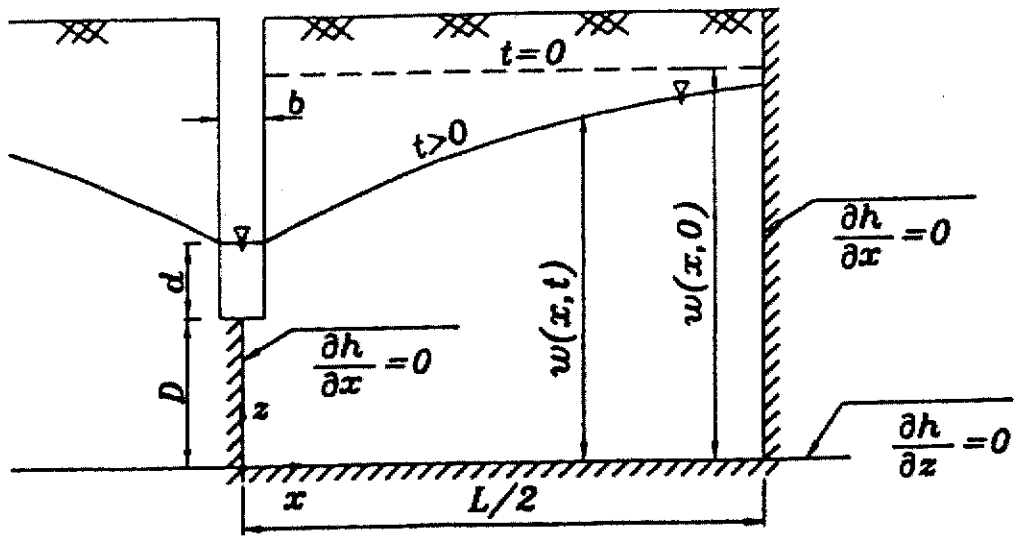
شرایطی که $\frac{k_z}{k_x} = 10$ باشد قابل توجه است.

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 در خاکهای با لایه بندی اندک که در آن 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.

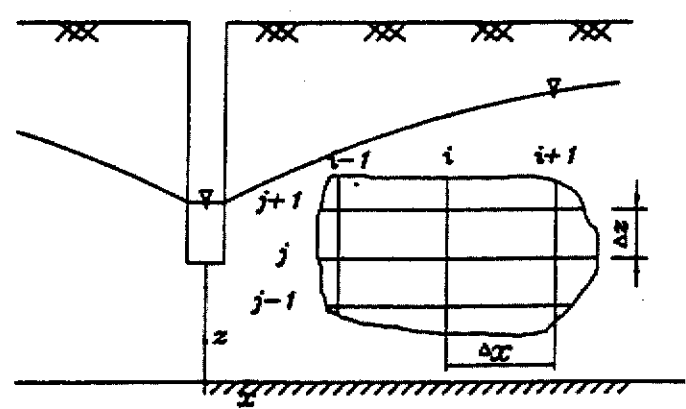
سپاسگزاری

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

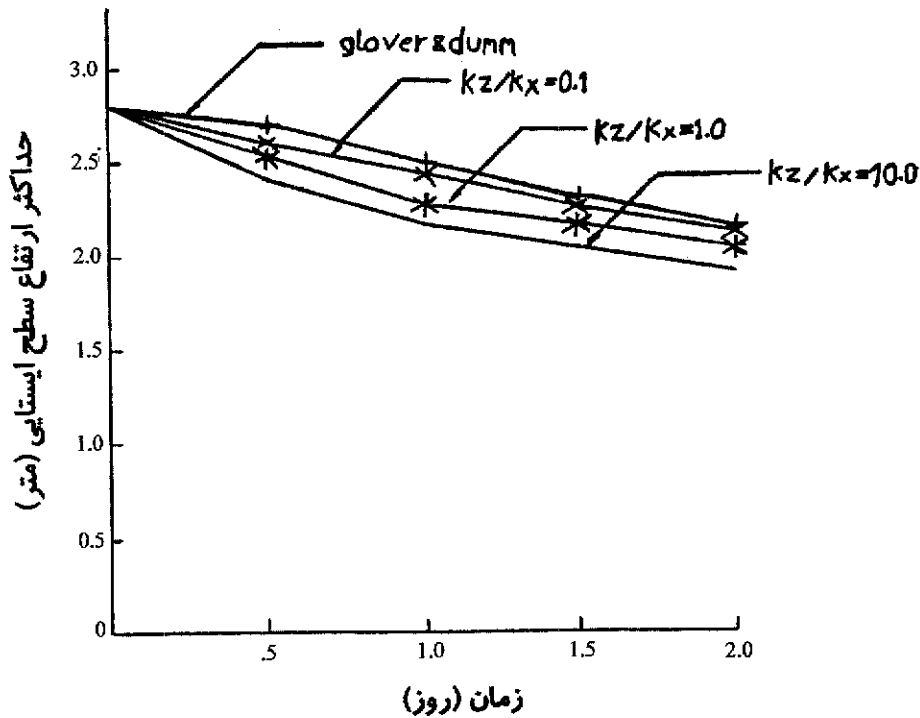




شکل ۱- پارامترهای هندسی و شرایط مرزی در نه‌های زهکش زیرزمینی.



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



شکل ۳- تغییرات حداکثر ارتفاع سطح ایستابی نسبت به زمان در روش گلوودام 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.



Simulation of two-dimensional transient flow to drainage ditches

S.M.R. Behbahani and A. Rahimi Khob
Irrigation Department, Aburiahah 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 ($k_z/k_x \ll 1$) (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 ($k_z/k_x > 1$), 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.

