سومین کارگاه فنی زهکشی
۲۳ مهر ماه ۱۳۸۳

تعیین فاصله زهکش‌های زیرزمینی، بر مبنای ترکیب چند کشتی[۱]

ابراهیم پذیرا[۲]، مهدی همائی[۳]

چکیده

در برنامه‌ریزی‌های پروژه‌های آبیاری و زهکشی در مناطق خشک و نیمه‌خشک، باید توجه کافی به کلیه شرایطی معطوف باشد که منتج به نوعی کشاورزی فاریاب، موفقیت‌آمیز و در عین حال پایدار گردد. از بین عوامل متعدد، ویژگیهای فیزیکی و شیمیایی خاک بایستی بدرستی تحلیل و تفهیم گردند. در غیر این صورت، در شرایط اقلیمی و جغرافیایی متذکره کشاورزی فاریاب در صورت بروز مشکل شوری منابع، دچار اختلال جدی خواهد شد. موارد گفته شده در حالت‌هایی که کیفیت آب آبیاری بینابینی و یا نامناسب باشد و یا در مواردی که شرایط زهکشی داخلی خاک «مسئله‌ساز» باشد، بسیار قابل ملاحظه می‌گردد. پژوهش‌ها نشان می‌دهند که هرگاه «گیاه برنج» بعنوان زراعت پیشاهنگ در برنامه‌های اصلاح خاک و اراضی مورد توجه قرار گرفته و با تواترهای (دوره‌های زمانی) چند ساله‌ای در تناوب زراعی اراضی تازه اصلاح شده لحاظ گردد، می‌تواند متضمن عواید اقتصادی و دست‌آوردهای فنی اصلاحی قابل توجهی گردد. از آنجائیکه عملیات مدیریت آبیاری و زهکشی در زراعت برنج و در مقایسه با سایر گیاهان زراعی مرسوم و متداول در تناوب‌های زراعی جاری، از جمله موارد خاص است، بنابراین در چنین شرایطی ضروری است که معیارهای طراحی ویژه‌ای مورد توجه قرار گیرد. بدین دلیل بر پایه اطلاعات قابل دسترس و موجود، محاسبات فواصل زهکش‌های زیرزمینی برای چنین شرایط خاصی و با مدنظر داشتن

۱- ارائه شده در سومین کارگاه فنی زهکشی، کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران- تهران، ۱۳۸۳

۲- عضو گروه کار زهکشی، کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران، عضو هیأت علمی و مدیر گروه، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی- تهران.

۳- عضو گروه کار زهکشی، کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران، عضو هیأت علمی (دانشیار) دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس- تهران.

حالت ترکیب چند کشتی (تناوب زراعی) و با ارایه اولویت به موارد نظری و کاربردی روابط (معادله‌های) موجود مورد توجه و بحث قرار می‌گیرد و در این ارتباط نوعی ضریب تعدیل (α) برای اعمال در میزان شدت تخلیه یا ضریب زهکشی عمقی متداول معرفی می‌گردد.

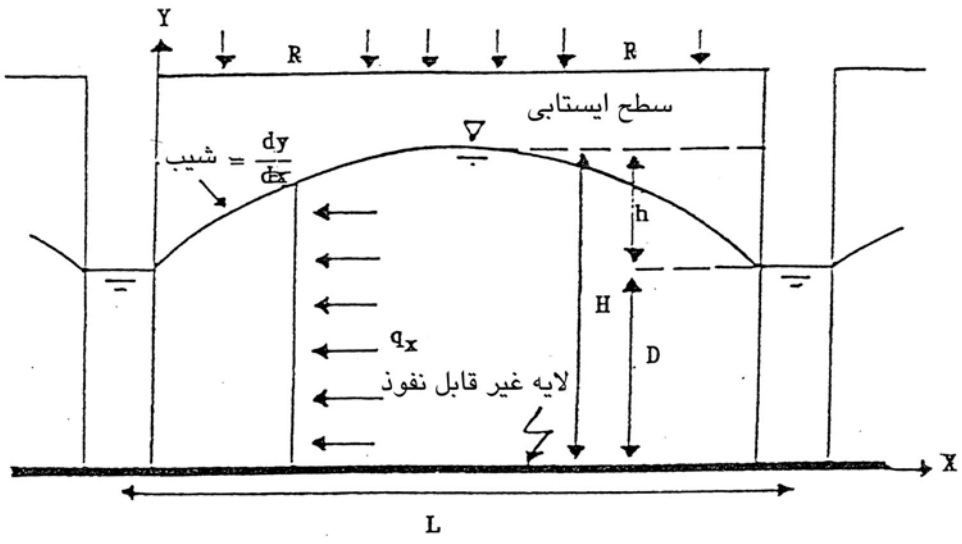
مبانی نظری

معادله زهکشی حالت پایدار (همگام)، با فرض جریان افقی یک بعدی که خطوط جریان را افقی و موازی بسمت نهرچه‌های باز با دیوارهٔ عمودی که تا روی لایه غیرقابل نفوذ امتداد داشته باشند، را می‌توان با استفاده از معادله دونن به شرح زیر ارایه نمود (دونن[1]، ۱۹۴۶):

$$R = q = \frac{4K(H^2 - D^2)}{L^2} \qquad (۱)$$

که در آن، R میزان تغذیه از واحد سطح (متر بر روز)، q میزان تخلیه زهکش (متر بر روز)، K هدایت هیدرولیکی اشباع خاک (متر بر روز)، H ارتفاع سطح ایستابی بین دو خط زهکش از لایه غیرقابل نفوذ (متر)، D ارتفاع سطح آب در زهکش‌ها از لایه غیرقابل نفوذ (ضخامت لایه آبدار یا آبخوان) زیر سطح زهکش (متر) و L فاصله زهکش‌ها (متر) می‌باشد.

لازم به ذکر است که معادله (۱) در سال ۱۹۳۶ بوسیله هوخهات[2] نیز اشتقاق یافته وگزارش گردیده بود.



شکل (۱) جریان به سمت نهرچه‌های زهکشی با دیوارهٔ عمودی که تا روی لایه غیرقابل نفوذ امتداد دارد.

1- Donnan
2- Hooghoudt

معادله (۱) را بصورت زیر نیز می‌توان نوشت:

$$q = \frac{4K(H+D)(H-D)}{L^2} \qquad (۲)$$

با استفاده از شکل (۱) تساوی‌های زیر را می توان ارایه داد:

$$h= H-D, \quad H+D = 2D +h$$

که در آن، h ارتفاع سطح ایستابی بالای سطح استقرار زهکش و در حد میانی دو خط زهکش و یا بار هیدرولیکی موجد جریان بسمت زهکش‌ها (متر) می‌باشد. بنابراین معادله (۲) را می‌توان بصورت زیر نیز نوشت:

$$q = \frac{8K(D+0.5h)h}{L^2} \qquad (۳)$$

عبارت $(D+0.5h)$ را می‌توان نمایانگر ضخامت متوسط افق خاک دانست که جریان در آن صورت می‌گیرد. چنانچه عبارت فوق با حرف $\overline{D}$ نشان داده شود و در معادله (۳) قرار گیرد رابطه زیر حاصل می‌گردد:

$$q = \frac{8K\overline{D}h}{L^2} \qquad (۴)$$

که در آن، $K.\overline{D}$ ضریب انتقال‌پذیری آبخوان یا طبقه آبدار بر حسب مترمربع بر روز است.

معادله (۳) را می‌توان بصورت زیر نیز نوشت:

$$q = \frac{8KDh + 4Kh^2}{L^2} \qquad (۵)$$

هرگاه سطح آب در زهکش ناچیز یا قابل اغماض باشد (D= 0)، معادله (۵) بصورت زیرتغییر می‌یابد:

$$q = \frac{4Kh^2}{L^2} \qquad (۶)$$

در واقع رابطه (۶) مبین جریان افقی در بالای سطح استقرار زهکش می‌باشد.

هرگاه لایه غیرقابل نفوذ در اعماق نسبی زیادی (از سطح خاک) قرار گرفته باشد (D>>h)، عبارت دوم در صورت کسر معادله (۵) قابل اغماض بوده و معادله بصورت زیر خلاصه می‌شود:

$$q = \frac{8KDh}{L^2} \qquad (۷)$$

معادله (۷) بیانگر جریان از زیر سطح استقرار زهکش است.

با ملاحظه آنچه در بالا بیان گردید، می‌توان نتیجه‌گیری نمود که هرگاه نیمرخ خاک مشتمل بردو لایهٔ مجزا که هر یک دارای هدایت هیدرولیکی متفاوتی باشند و در شرایطی که محل نصب زهکش در حد فاصل دو لایه در نیمرخ خاک باشد، معادلهٔ (۵) را می‌توان بصورت زیر نیز ارایه داد:

$$q = \frac{8K_bDh + 4K_th^2}{L^2} \qquad (۸)$$

که در آن، K_t هدایت هیدرولیکی نیمرخ خاک بالای سطح استقرار زهکش (متر بر روز) و K_b هدایت هیدرولیکی نیمرخ خاک زیر سطح استقرار زهکش (متر در روز) می‌باشد.

در شرایطی که نیمرخ خاک مشتمل بر دو لایه با هدایت هیدرولیکی متفاوت باشد و محل نصب زهکش در حد فاصل دو لایه در نیمرخ خاک نباشد، نیز می‌توان معادله (۵) را بشرط محاسبه میانگین وزنی هدایت هیدرولیکی نیمرخ خاک $\overline{K}$ (متر در روز) که بصورت زیر قابل محاسبه است، بکار برد:

$$\overline{K} = \frac{K_tZ_1 + K_bZ_2}{Z_1 + Z_2} \qquad (۹)$$

که در آن، Z_1 ضخامت لایه اول (لایه فوقانی) در نیمرخ خاک (متر)، Z_2 ضخامت دومین لایه (لایه زیرین) در نیمرخ خاک (متر) و Z_1+Z_2 ضخامت نیمرخ خاک محدودهٔ موردنظر (متر) می‌باشد.

با قراردادن $\overline{K}$ (میانگین وزنی هدایت هیدرولیکی نیمرخ خاک) در معادلهٔ (۵) معادله زیر بدست می‌آید:

$$q = \frac{8\overline{K}Dh + 4\overline{K}h^2}{L^2} \qquad (۱۰)$$

با توجه به آنچه بصورت اجمالی تشریح گردید ملاحظه می‌گردد که کلیه روابط ارایه شده در این مبحث مبتنی بر فرضیات دوپوئیت – فورشهایمر[1] (DF) می‌باشند که با کاربرد آن امکان تعدیل جریان دو بعدی به یک بعدی و با فرض افقی و موازی بودن خطوط جریان حاصل گردیده است. چنین الگوهای جریانی زمانی حاصل می‌گردد که استقرار لایه غیر قابل نفوذ در اعماق نزدیک به محل استقرار زهکش‌ها باشد.

راه کارهای ریاضی حل معادله‌های دونن یا هوخهات در شرایط خاص

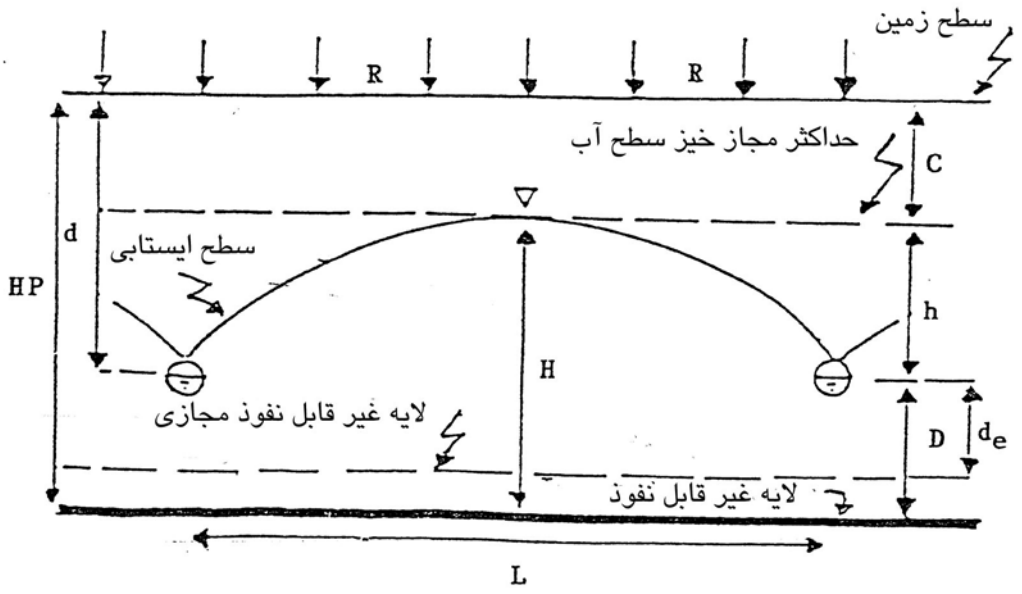
اکثر معادله‌های بیان شده در مباحث قبل (روابط ۵، ۶، ۷، ۸ و۱۰) بطور گسترده‌ای در برنامه‌ریزیهای زهکشی به خصوص محاسبهٔ فواصل زهکش‌های زیرزمینی در شرایط مربوطه می‌تواند کاربرد داشته

1- Dupuit-Forchheimer

باشد. معادله‌های (۵، ۸ و ۱۰) مبتنی بر فرضیات دوپوئیت – فورشهایمر و کاربرد معادله دارسی[1] می‌باشند. فرضیات متذکره (DF) هرگاه لایه غیرقابل نفوذ با کف زهکش‌ها هماهنگ (منطبق) نباشد که بدین دلیل شعاعی شدن خطوط جریان هم‌جوار زهکش‌ها را به همراه خواهد داشت، کاربرد نخواهد داشت، که این مسئله از طریق معرفی نوعی «لایه غیرقابل نفوذ مجازی» که مورد افت‌های بار اضافی در اثر جریان شعاعی را شامل می‌گردد تا حدودی حل شده است. با جایگزینی مقدار D معادله (۵) با de (عمق معادل،متر) معادله زیر حاصل می‌گردد:

$$q = \frac{8Kdeh + 4Kh^2}{L^2} \qquad (۱۱)$$

بعضی راه‌حل‌های تحلیلی و تقریبی، نموگرام‌ها و جداول تعیین مقادیر متناسب عمق معادل (de) مشروط بر در اختیار بودن بعضی پارامترهای لازم وجود دارد. تشریح شرایطی که کاربرد معادله (۱۱) درخصوص آن مصداق داشته باشد، در این مقاله مورد نظر نمی‌باشد بدین دلیل از ادامه بحث در این مورد خودداری شده است. با ملاحظه مجدد آنچه در مباحث قبل بیان گردید و با فرض آنکه نهرچه‌های باز بوسیله لوله‌های زهکشی جایگزین گردیده باشند و بعضی علایم دیگر نیز بکار رفته باشد، شکل (۲) را می‌توان ارایه نمود.



شکل (۲) – شمای مقطع عرضی که بیانگر علایم بکار رفته در معادله‌های هوخهات یا دونن می‌باشند.

با تعمق در شکل (۲) بعضی روابط اضافی و کمکی بشرح زیر قابل استخراج است:

$$H=HP-C= D+h= HP-d+h \qquad (۱۲)$$

$$D= H-h= HP-d = HP-(h+C) \qquad (۱۳)$$

$$h= d-C= HP- (C+D) = H-D \qquad (۱۴)$$

1- Darcy

در شرایط معمول، هرگاه کاربرد روابط مبتنی بر جریانهای همگام (پایدار) از جمله معادله‌های دونن یا هوخهات موردنظر باشد d یا d_{min} را می‌توان بصورت زیر محاسبه نمود.

$$d = d_{min} = C + 0.5\left(\frac{Ri}{S}\right) + 0.1 \qquad (۱۵)$$

که در آن، d_{min} حداقل لازمه و یا قابل قبول عمق نصب زهکش‌های لوله‌ای زیرزمینی (متر)، C حداکثر مجاز سطح ایستابی (متر) که مرتبط با کلاس بافت خاک، عمق توسعه ریشه گیاه، نوع معادله کاربردی (همگام یا غیرهمگام) و غیره ...، Ri تغذیه آب زیرزمینی یا تراوشات عمقی حاصل از آبیاری یا بارندگی (متر)، S تخلخل موثر یا قابل زهکشی خاک (بدون بعد و برحسب اعشاری)، ۰/۱ رقم ثابت اختیاری برای لحاظ نمودن اثرات عامل موئینه‌ای خاک است.

در عمل هرگاه، مقادیر تخلخل موثر یا قابل زهکشی خاک در دسترس نباشد مقدار آن از رابطه زیر تقریب می‌گردد:

$$S = [10.K^{0.5}(m/day)/100] = 0.10\sqrt{K(m/day)}$$

همین طور، Ri را می‌توان به q یا R (شدت تخلیه یا ضریب زهکشی عمقی) از طریق تقسیم آن به T (زمان بین دو دور آبیاری- روز) بدست آورد.

از دیدگاه نظری، برای بعضی شرایط اگرونومیکی، ویژگیهای فیزیکی و هیدرولیکی خاک، کاربرد یک مقدار تقریبی (برآورد شده) و یا میزان محاسبه شده تخلیه زهکش (زیرزمینی) یا ضریب زهکشی (متر در روز) می‌توان یک فاصله مشخص برای زهکش‌های زیرزمینی (متر) را بدست آورد. لیکن در عمل هرگاه میزان تخلیه (زهکشی) واقعی با مقدار بکار رفته در شرایط طراحی (زیادتر یا کمتر) متفاوت باشد، روابط مابین پارامترهای مربوطه یعنی (H, h, C) که در مرحله طراحی تعیین و یا تطبیق داده شده‌اند، دیگر همانند (مشابه) نخواهند بود و این در شرایطی است که L، d، D و K فرض می‌شود که ثابت (بدون تغییر) باشند.

برای فائق آمدن به چنین مسایلی، اقداماتی در جهت اشتقاق بعضی روابط فی مابین پارامترهای مربوطه از نظر ریاضی بانجام رسید و نوعی «پارامتر تعدیل ضریب زهکشی (α)" برای این قبیل شرایط خاص استخراج گردید.

در عمل، اراضی با مقادیر نفوذپذیری و هدایت هیدرولیکی آهسته، عمق استقرار لایه غیرقابل نفوذ یا نیمه نفوذپذیر کم عمق تا متوسط و بافت خاک‌های سنگین تا بسیار سنگین می‌توانند معرف شرایط موردنظر باشد که بشرح زیر توصیف می‌گردند:

I – استقرار زهکش‌ها بالای لایه غیرقابل نفوذ (D>0)

با ارجاع مجدد به معادلهٔ (۵) روابط زیر را می‌توان ارایه نمود:

$$L^2 = \frac{4Kh(2D+h)}{q} = \frac{4Kh}{q}(2D+h) \qquad (۱۶)$$

$$q = \frac{4Kh(2D+h)}{L^2} \quad (۱۷)$$

$$h = (\frac{L^2 q}{4K} + D^2)^{\frac{1}{2}} - D \quad (۱۸)$$

$$D = (\frac{L^2 q}{8Kh}) - \frac{h}{2} \quad (۱۹)$$

و بطوریکه می‌دانیم:

$L_1(c_1$ و q_1 و d_1 و D_1 و $h_1)$ و $L_2(c_2$ و q_2 و d_2 و D_2 و $h_2)$ که در آن L_1 و L_2 فواصل زهکش‌ها می‌باشند. با فرض اینکه $L_1 = L_2 = L$ باشد و با فرض دیگر آنکه K و HP مقادیر ثابتی باشند، بنابراین:

$$q_1 = \alpha\, q_2 \quad (۲۰)$$

با ترکیب معادله‌های (۱۷) و (۲۰) نتیجه زیر حاصل می‌شود:

$$\alpha = \frac{h_1(2D_1+h_1)}{h_2(2D_2+h_2)} \quad (۲۱)$$

که در آن، α پارامتر تعدیل ضریب زهکشی (بی بعد) می‌باشد. بنابراین هرگاه $\alpha<1$ باشد آنگاه $q_1<q_2$ و هرگاه $\alpha>1$ باشد، آنگاه $q_1>q_2$ و بهمین ترتیب رابطه زیر را می‌توان ارایه داد:

$$q_2 = \alpha\, q_1 \quad (۲۲)$$

بنابراین:

$$\alpha = \frac{h_2(2D_2+h_2)}{h_1(2D_1+h_1)} \quad (۲۳)$$

بدین ترتیب هرگاه $\alpha<1$ باشد آنگاه $q_1>q_2$ و هرگاه $\alpha>1$ باشد آنگاه $q_1<q_2$ خواهد بود و در شرایط خاصی که $h_1 = h_2 = h$ باشد، معادله (۲۱) را می‌توان بصورت زیر نوشت:

$$\alpha = \frac{2D_1+h}{2D_2+h} \quad (۲۴)$$

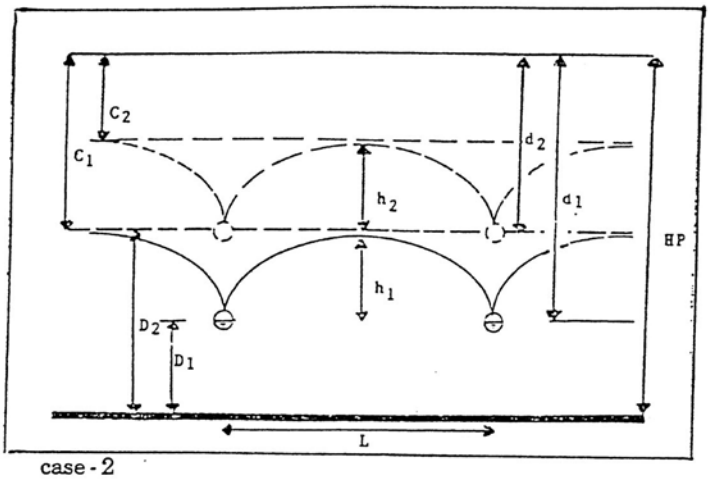
بهمین ترتیب معادله (۲۳) بصورت زیر در می‌آید:

$$\alpha = \frac{2D_2+h}{2D_1+h} \quad (۲۵)$$

نتایج بیان شده طی روابط گفته شده (در این مبحث) و شرایط متذکره، این امکان را فراهم می‌آورد که بتوان سه زیر حالت فرعی را متمایز نمود، که شمای آنها در شکل (۳) حالت‌های ۱ و ۲ و ۳ نشان داده شده است.

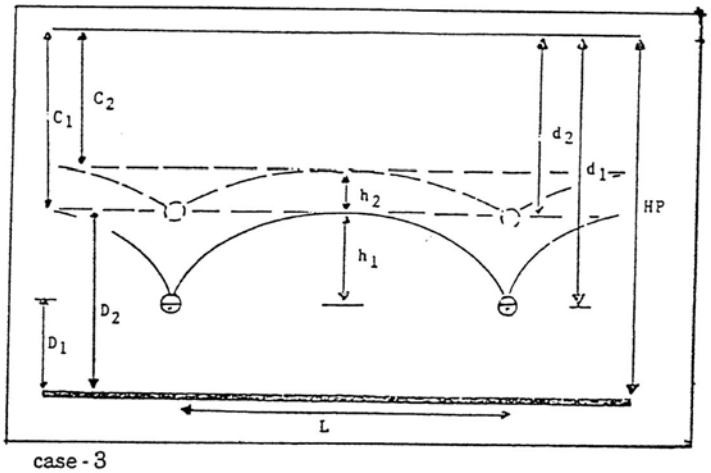
در این شکل منحنی‌های معمولی مبین شرایط واقعی زهکشی زیرزمینی (L_1) و منحنی‌های نقطه‌چین نمایانگر شرایط نظری زهکشی زیرزمینی (L_2) می‌باشند که در نتیجه کاربرد مقادیر متفاوت پارامتر تعدیل ضریب زهکشی (α) حاصل شده اند.

$C_1>C_2$, $D_1<D_2$, $d_1>d_2$, $h_1=h_2$



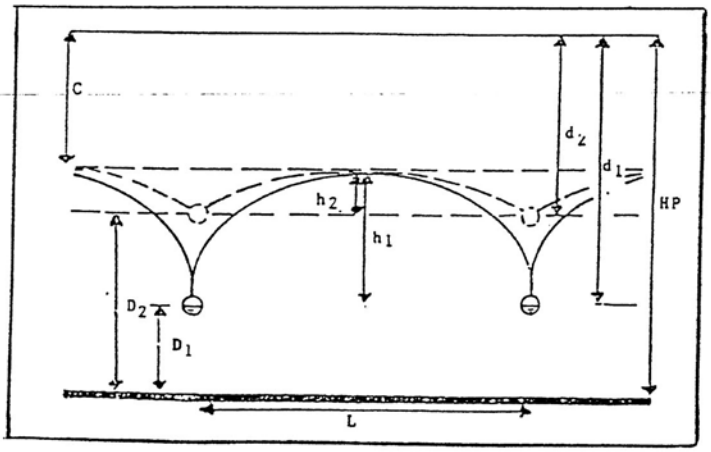
case - 2

$C_1>C_2$, $D_1<D_2$, $d_1>d_2$, $h_1>h_2$



case - 3

$C_1=C_2=C$, $D_1<D_2$, $d_1>d_2$, $h_1>>h_2$



شکل (۳) استقرار زهکش‌ها بالای لایه غیرقابل نفوذ (D>0)

II – استقرار زهکش‌ها بروی لایه غیرقابل نفوذ (D=0).

با اعمال شرط $D= 0$ در معادله (۱۸) نتیجه زیر حاصل می‌گردد:

$$h = (\frac{L^2 q}{4K})^{\frac{1}{2}} \qquad (۲۶)$$

و

$$q = \frac{4Kh^2}{L^2} \qquad (۲۷)$$

و همانگونه که می‌دانیم:

$L_1(c_1$ و q_1 و $h_1)$ و $L_2(c_2$ و q_2 و $h_2)$ که در آن L_1 و L_2 معرف فواصل زهکش‌ها می‌باشند. با فرض اینکه $L_1= L_2 = L$ باشد و فرض دیگر آنکه K و HP و $d = (d_1= d_2)$ ثابت هستند نتیجه می‌گردد که:

$$q_1= \alpha\, q_2 \qquad (۲۸)$$

با ترکیب معادله‌های (۲۷) و (۲۸) نتیجه می‌گردد که:

$$\alpha = \frac{h_1^2}{h_2^2} \qquad (۲۹)$$

بدین ترتیب هرگاه $\alpha<$ ۱ باشد آنگاه $q_1< q_2$ و یا هر گاه $\alpha>$ ۱ باشد آنگاه $q_1>q_2$ خواهد بود و بدین صورت رابطه زیر قابل ارایه است:

$$q_2 = \alpha\, q_1 \qquad (۳۰)$$

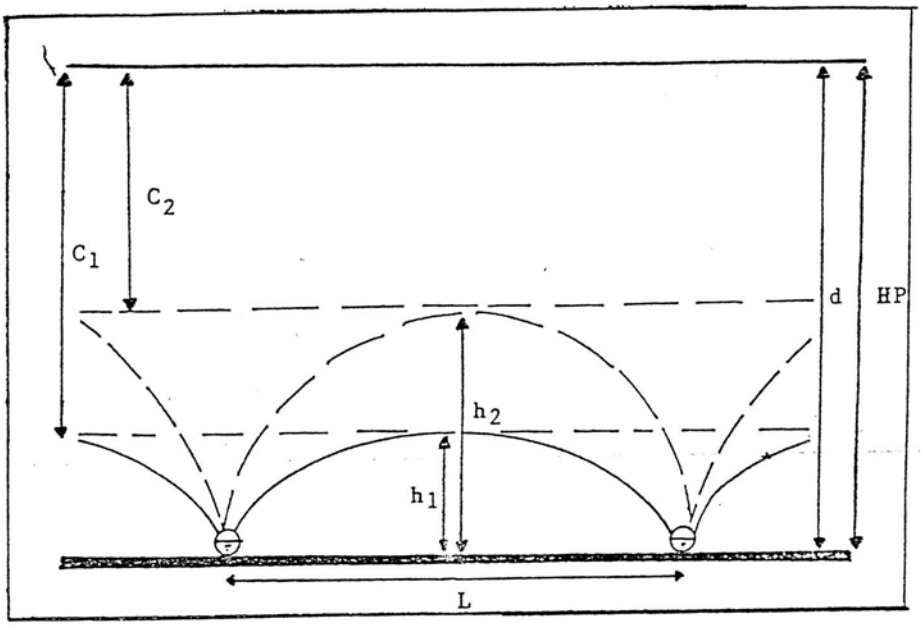
و به همین ترتیب می‌توان نوشت:

$$\alpha = \frac{h_2^2}{h_1^2} \qquad (۳۱)$$

بنابراین هرگاه $\alpha<$ ۱ باشد آنگاه $q_1>q_2$ و یا هر گاه $\alpha>$ ۱ باشد آنگاه $q_1<q_2$ خواهد بود.

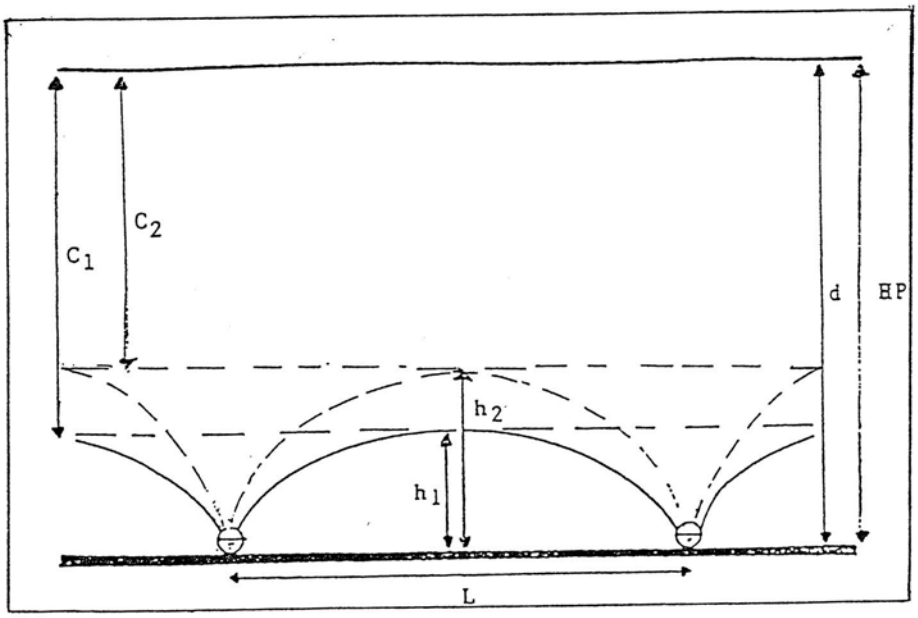
مشابه آنچه در مورد حالت قبل بیان گردید، نتایج بیان شده طی روابط بالا و شرایط متذکره این امکان را فراهم می‌آورد که بتوان دو زیر حالت فرعی را متمایز نمود که شمای آنها در شکل (۴) حالت‌های ۱ و ۲ نشان داده شده است. در این شکل منحنی‌های معمولی مبین شرایط واقعی زهکشی زیر زمینی (L_1) و منحنی‌های نقطه‌چین نمایانگر شرایط نظری زهکشی زیرزمینی (L_2) می‌باشند که در نتیجه کاربرد مقادیر متفاوت پارامتر تعدیل ضریب زهکشی (α) حاصل شده‌اند.

$C_1 > C_2$, $d_1 = d_2 = d$, $h_2 = 2h_1$



case - 2

$C_1 > C_2$, $d_1 = d_2 = d$, $h_1 < h_2$



شکل (۴) استقرار زهکش‌ها بر روی لایه غیرقابل نفوذ (D = 0)

III- استقرار زهکش‌ها بر روی و بالای لایه غیرقابل نفوذ ($D_1 = 0, D_2>0$)

این حالت از جمله معدود مواردی است که هرگاه $D = 0$ باشد معادله‌های (۲۶) و (۲۷) در مورد آن کاربرد خواهد داشت و هرگاه $D > 0$ باشد آنگاه روابط (۱۶)، (۱۷)، (۱۸) و (۱۹) را می‌توان در این خصوص بکار گرفت. با فرض اینکه L_1 $(D_1 = 0)$ و L_2 $(D_2 > 0)$ فواصل زهکش‌های مربوطه باشند و با آگاهی از آنکه h_1 و d_1 و q_1 و c_1) L_1 و (D_2 و h_2 و d_2 و q_2 و c_2)L_2 و فرض اینکه $L_1 = L_2 = L$ باشد و مقادیر K و HP ثابت هستند می‌توان رابطه زیر را ارایه داد:

$$q_1 = \alpha\, q_2 \qquad (۳۲)$$

و

$$\alpha = \frac{h_1^2}{h_2(2D_2 + h_2)} \qquad (۳۳)$$

حال هرگاه $\alpha< ۱$ باشد آنگاه $q_1<q_2$ و زمانی که $\alpha> ۱$ باشد آنگاه $q_1>q_2$ می‌باشد و بهمین ترتیب:

$$q_2 = \alpha\, q_1 \qquad (۳۴)$$

و

$$\alpha = \frac{h_2(2D_2 + h_2)}{h_1^2} \qquad (۳۵)$$

خواهند بود. بنابراین هرگاه $\alpha< ۱$ باشد آنگاه $q_1>q_2$ و یا هر گاه $\alpha> ۱$ باشد آنگاه $q_1<q_2$ خواهد بود و در شرایطی که $h_1 = h_2 = h$ باشد آنگاه معادله (۳۳) بصورت زیر در می‌آید:

$$\alpha = \frac{h}{(2D_2 + h)} \qquad (۳۶)$$

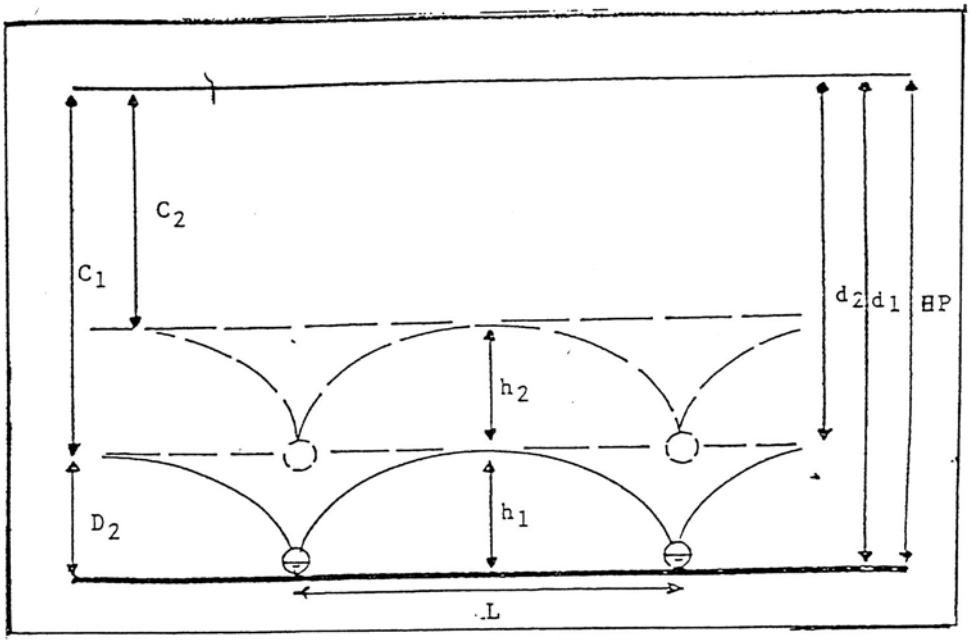
و رابطه (۳۵) بصورت معادله (۳۷) قابل ارایه می‌باشد:

$$\alpha = \frac{(2D_2 + h)}{h} \qquad (۳۷)$$

بطور خلاصه، نتایج بیان شده طی روابط بالا و شرایط متذکره، این امکان را فراهم می‌آورد که بتوان دو زیر حالت فرعی بشرح ارایه شده در شکل (۵) حالت‌های ۱ و ۲ را ارایه نمود.

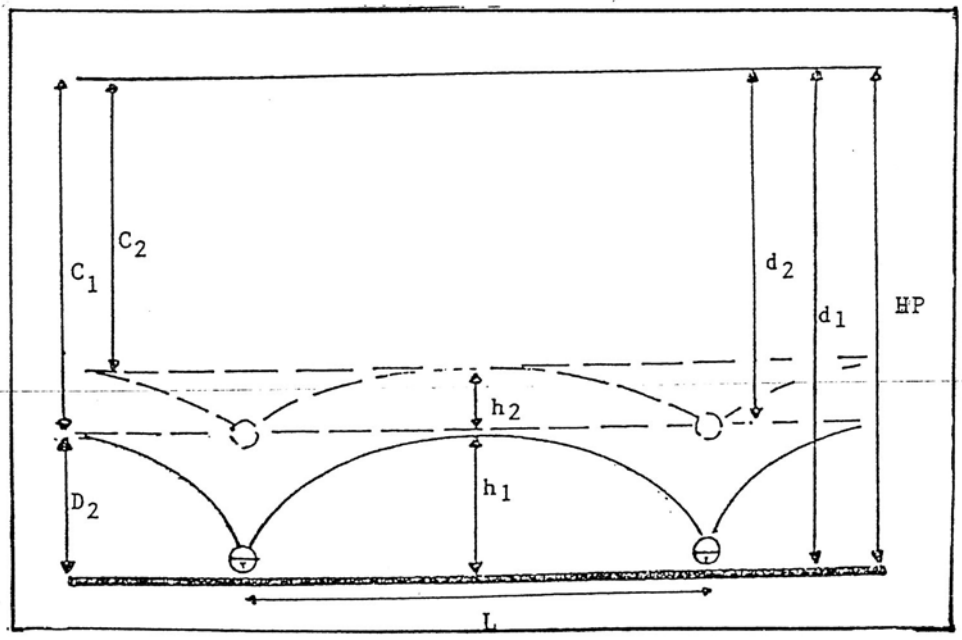
در این شکل نیز منحنی‌های معمولی بیانگر شرایط واقعی زهکشی زیرزمینی (L_1) و منحنی‌های نقطه‌چین نمایانگر شرایط نظری زهکش زیرزمینی (L_2) می‌باشند که در نتیجه کاربرد مقادیر متفاوت پارامتر تعدیل ضریب زهکشی (α) حاصل گردیده‌اند.

$C_1>C_2$, $D_2>(D_1=0)$, $d_1>d_2$, $h_1=h_2$



case-2

$C_1>C_2$, $D_1>(D_1=0)$, $d_1>d_2$, $h_1>h_2$



شکل (۵) استقرار زهکش‌ها بر روی و بالای لایهٔ غیرقابل نفوذ ($D_2>0$ و $D_1=0$)

خلاصه نتایج

در این مقاله مبانی (سوابق) نظری بعضی معادله‌های محاسبه فواصل زهکش‌ها در شرایط جریان همگام (ماندگار) مورد بررسی قرار گرفت و شرایط لازم جهت کاربرد آنها مورد تذکر واقع شد. هرچند کاربرد معادله‌های زهکشی هوخهات و دونن بعنوان راه‌حل‌های عمومی در شرایط بیان شده معمول و مرسوم می‌باشد، لیکن با توجه به شرایط خاص سه حالت کلی مشتمل بر در مجموع هفت زیر حالت با استفاده از پارامتر تعدیل ضریب زهکشی (α)، مورد بحث و بررسی قرار گرفت که نتایج حاصله به ترتیب در شکل‌های (۳)، (۴) و (۵) ارایه گردیده است. با توجه به موارد گفته شده نکات زیر را می‌توان بعنوان خلاصه نتایج حاصله ارایه نمود.

- در این مطالعه زراعت گیاه برنج بعنوان یک زراعت تابستانه که دارای ضریب زهکشی عمقی زیادتری است مورد توجه بوده ضمن آنکه زراعت‌های شبدر و جو بعنوان گیاهان زمستانه که دارای ضریب زهکشی عمقی کمتری هستند نیز موردنظر بوده‌اند. زیرا این قبیل گیاهان زراعی از نظر نوع و ترتیب در «تناوب‌های زراعی اصلاحی خاک و اراضی» جایگاه شناخته شده‌ای دارند.
- ملاحظات فنی و اقتصادی منتج به دستیابی به این واقعیت گردید که نیازهای واقعی زهکشی (زیرزمینی) یعنی عمق استقرار و فاصله بین زهکش‌ها بایستی بر مبنای ویژگیهای گیاه زراعی دیگری غیر از زراعت برنج باشد. لیکن در چنین شرایطی هرگاه نسبت به کشت گیاه برنج اقدام گردد، نوعی سطح ایستابی ثانویه (مجازی) و شرایط زهکشی زیرزمینی حاصل می‌گردد که چنین حالت‌هایی با منحنی‌های نقطه‌چین در اشکال متذکره نشان داده شده است (شکل‌های ۳، ۴ و ۵).
- اندازه (قطر) لوله‌های زهکشی در چنین شرایطی بایستی بر مبنای محاسبات بانجام رسیده برای حالت ضریب زهکشی عمقی بزرگتر (زیادتر) که در این حالت زراعت برنج بوده است بایستی بانجام رسد. در غیر این صورت فرضیات بکار رفته در مرحله طراحی سیستم، فاقد ارزشمندی لازم خواهد بود.
- در این مطالعه زراعت برنج، شبدر و جو بعنوان برنامه تناوب زراعی (ترکیب چند کشتی) انتخاب گردیده بود. در شرایط تناوبهای زراعی دیگری با استفاده از گیاهان زراعی متفاوت با آنچه در این بررسی عنوان گردیده، هرگاه رویه‌ای همانند مورد امعان نظر باشد، دست آورد مشابه‌ای حاصل می‌گردد.

در این ارتباط نکات دیگری وجود دارد که بایستی بدقت مورد بررسی و پژوهش قرار گیرد و انجام این مهم موردنظر تهیه کننده‌گان در آینده یقیناً خواهد بود.

منابع مورد استفاده

1- Pazira, E. Drainage Engineering, Lecture Notes Distributed to the Graduate Students of Irrigation and Drainage Course, Faculty of Agriculture, Tabriz University, Tabriz, Iran (1997).
2- Pazira, E, Torri, K. and A. Keshavarz, Subsurface Drain Spacing Computations, Based on Multi Cropping Patterns, Proceedings of 7th ICID International Drainage Workshop "Drainage for the 21st Century; Vol. 3. pp T18-1, 18-15, Malaysia (1997).
3- Pazira, E. Resources (Soil & Water) Potentiality, Limitations and Utilization in Agricultural Sector of Iran. Regional Workshop on Improved Water Management Technologies for Sustainable Agriculture in Arid Climates, Cairo, Egypt (1995).
4- Ritzema, H. P. (Editor-in- Chief). Drainage Principles and Applications, ILRI No.16. (2nd ed), Wageningen, The Netherlands (1994).
5- Nagabori, K. Subsurface Drainage, Journal of Irrigation Engineering and Rural Planning, JSIDRE, No, 16, Japan (1989).
6- Pazira, E. and Kawachi, T. Studies on Appropriate Depth of Leaching Water, A case study in Iran, Journal of Integrated Agricultural Water Use and Freshening Reservoirs. Vol. 6, Faculty of Agriculture, Kyoto University, Kyoto, Japan (1981).
7- Drainage Design Factors, FAO, Irrigation and Drainage Paper, No. 38, Rome, Italy (1980).
8- Wesseling, J. Proceedings of the International Drainage Workshop, ILRI, Wageningen, The Netherlands (1979).