

ارائه برنامه ای با نرم افزار Visual Basic جهت طراحی فیلترهای سه لایه‌ای و مقایسه با استانداردهای طراحی

امین کرمی مقدم، دانشجوی کارشناسی ارشد سازه‌های هیدرولیکی، دانشگاه شهید باهنر کرمان*

سمانه حاجی مشهدی، دانشجوی کارشناسی ارشد سازه‌های آبی، دانشگاه شهید باهنر کرمان**

امیر حسین زکریایی، دانشجوی کارشناسی ارشد عمران، واحد علوم و تحقیقات اهواز

تلفن: ۰۹۱۶۶۱۳۵۶۵۲، پست الکترونیکی: amin_km_at@yahoo.com

تلفن: ۰۹۱۳۷۷۳۳۹۰، پست الکترونیکی: s_hajimashhadi@yahoo.com

چکیده:

در سدهای خاکی، برای اینکه یک سیستم فیلتر بتواند وظیفه خود را به خوبی انجام دهد، بایستی هم از نظر کنترل آبستنگی و هم از نظر نفوذ پذیری، معیارهای مورد نیاز را دارا باشد. وقتی که جریان نشت از یک خاک با دانه‌های نسبتاً ریز به مصالح درشت دانه‌تر وارد می‌شود، این خطر وجود دارد که ذرات ریزخاک به داخل مصالح درشت دانه‌تر شسته شوند. اگر این کار در یک مدت زمان طولانی انجام بگیرد، ذرات ریز ممکن است تمام فضای بین مصالح درشت دانه را پر کرده و آن را مسدود نمایند. برای رفع چنین مشکلی بین دولایه ریز و درشت، از یک لایه فیلتر استفاده می‌شود. در این مقاله با ارائه برنامه‌ای به زبان Visual Basic، طراحی فیلتر سه لایه‌ای برای سد گلستان (۱) صورت گرفته است. نهایتاً طرح فیلتر خروجی از برنامه، با استانداردهای مربوطه مطابقت داده شده است. نتیجه حاکی از این بوده است که این برنامه با توجه به سادگی اجرا و در نظر گرفتن موارد اقتصادی، فیلتر را با دقت بالایی طراحی کرده است. و با اکثر استانداردهای جهانی طراحی فیلتر، مطابقت دارد.

کلید واژه ها: فیلتر، نرم افزار Visual Basic، دانه‌بندی، تراوش، نفوذ پذیری

۱- مقدمه:

یکی از اثرهای منفی نشت آب در بدنه و پی‌سدهای خاکی، احتمال جابجایی ذرات خاک و ایجاد پدپده آبستنگی که ممکن است در نهایت منجر به تخریب سد شود، می‌باشد. بر اساس قوانین جریان آب در محیط‌های متخلخل، مولکول‌های آب تحت انرژی پتانسیل شروع به حرکت در لابالی ذرات خاک می‌کنند. و به علت دارا بودن انرژی و نیروی نشت، می‌توانند در مسیر خود، ذراتی از خاک را که آزادند، جابجا یا حمل نمایند. به طور کلی، چنانچه انرژی پتانسیل آب برای به حرکت در آوردن ذرات خاک، کافی باشد. آبستنگی در تمام قسمت‌های بدنه سد و پی که در آن تغییر ناگهانی بافت خاک رخ می‌دهد، و نیز در کلیه سطوح خروج آب از محیط متخلخل وجود خواهد داشت. در بدنه سدهای خاکی نیز متناسب با موقعیت، در محل‌های تغییر بافت یا سطوح خروجی آب، نیاز به تعییه فیلتر می‌باشد. یکی از

محلهای حساس در بدنه سدهای خاکی که عموماً نیاز به تعییه فیلتر دارد، محل اتصال قشر محافظ شیب و پوسته بالا دست است. برای جلوگیری از فرسایش مصالح در سطح شیبدار بالا دست سدهای خاکی بر اثر عمل امواج آب دریاچه، همواره لازم است از یک لایه پوشش محافظ که عموماً از نوع سنگریز موسوم به Rip Rap است، استفاده شود. چنانچه این لایه که معمولاً مشکل از قطعات سنگی درشت و خیلی درشت است، مستقیماً روی مصالح پوسته بالا دست که معمولاً ریزدانه ترند، قرار گیرد، بر اثر عمل فرسایش امواج، ذرات خاک بستر به تدریج شسته شده و ممکن است که منجر به ریزش شیب یا حتی تخریب سد شود. برای جلوگیری از فرسایش شیب در چنین حالتی، لازم است یک لایه فیلتر مناسب بین پوسته بالا دست و لایه سنگریز محافظ آن قرار گیرد. و همین طور اگر در پنجه سد، بین خاک بدنه اصلی سد و سنگریزهای زهکش، لایه فیلتر منظور نگردد، ذرات ریز قسمت اصلی به سمت سنگریزهای شسته شده و آن را مسدود می‌نمایند. و در نتیجه سیستم زهکش سد از کار افتاده، یا آنکه به تدریج مصالح سازنده بدنه به بیرون شسته شده و حفره اولیه ایجاد خرابی تشکیل می‌گردد. بنابراین جهت ایمنی سدهای خاکی، فیلتر نقش ضروری و اساسی ایفا کرده و مهم است که در طراحی آن دقت لازم صورت گیرد.

۲- شرح برنامه طراحی فیلتر:

در این برنامه، قطر دانه‌بندی لایه‌های مختلف فیلتر بر مبنای ۱۵ درصد قطر دانه‌های ریز مواد تشکیل دهنده جسم سد، مخصوصاً در پایین دست آن محاسبه و برآورد می‌شود:

لایه اول: این لایه که اولین لایه فیلتر می‌باشد، باید ۱۵ درصد قطر دانه‌بندی مواد به کار رفته در آن کوچکتر یا مساوی ($d_1 \leq 9d$) انتخاب شود. یعنی:

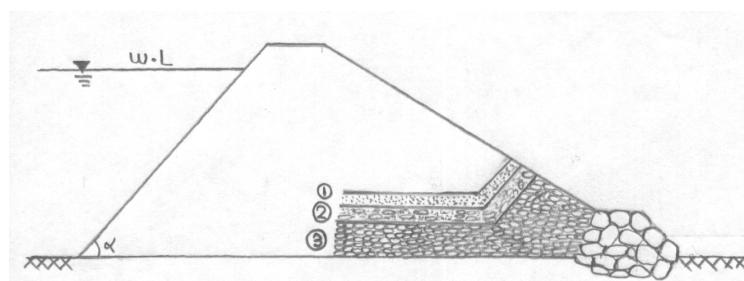
$$d_1 = 9d$$

لایه دوم: این لایه که بعد از لایه اول قرار می‌گیرد، باید ۱۵ درصد قطر دانه‌بندی مواد به کار رفته در آن کوچکتر یا مساوی ($d_2 \leq 9d_1$) انتخاب شود. یعنی:

$$d_2 = 9d_1$$

لایه سوم: این لایه مطابق شکل، در مجاورت بستر سد قرار گرفته و آخرین لایه فیلتر را تشکیل می‌دهد. که ۱۵ درصد قطر دانه‌بندی این لایه نیز باید کوچکتر یا مساوی ($d_3 \leq 9d_2$) انتخاب شود. یعنی:

$$d_3 = 9d_2$$



شکل (۱): مقطع سد خاکی همراه با فیلتر سه لایه‌ای

متن برنامه به زبان Visual Basic، جهت تعیین مصالح فیلتر در سه لایه و ضخامت هر لایه به شرح زیر می‌باشد:

```
Dim t1, t2, t3, t4, t5, As single
Private sub cmdok_click ()
n= 50* Text10. Text
If n<30 Then
Text11. Text = 30
Else
Text11. Text = n
End If

End Sub

Private sub command1_Click ()
If la1. Value = True Then
Call layer1
Else
If la2. Value = True Then
Call layer2
Else
If la3. Value= True Then
    Call layer3
End If
End If
End If
Textl2="D(filter) < 76mm"
Textl3= "D200(filter)<%5    d=.075mm<%5"

End Sub

Private sub form_Load()
la1. Value= True

End Sub

Public Sub layer1()
Text5. Text= Round ((Text1. Text / Text2. Text)+2)* Val (Text2. Text), 2
Text6. Text= Round (0.941* ((Text5. Text ^ 2) / Text2. Text) - (5. 65*
Text5. Text), 3)
Text7. Text= Round (9* Text3. Text, 3)
Text8. Text= Round (4* Text3. Text, 3)
Text9 . Text= Round (4* Text4. Text, 3)
t1 = Text5
t2= Text6
t3= Text7
t4= Text8
t5= Text9

End Sub

Public Sub layer2 ()
Text5. Text= Round ((t1 * 4), 3)
Text6. Text= Round ((t2 * 4), 3)
Text7. Text= Round (9 * t3, 3)
Text8. Text= Round (4 * t4, 3)
Text9. Text= Round (4 * t5, 3)
```

```
t1= Text5
t2= Text6
t3= Text7
t4= Text8
t5= Text9
```

End Sub

```
Public Sub layer3()
Text6. Text= Round ((t2 * 4) , 3)
Text7. Text= Round (9* t3 , 3)
Text8. Text= Round (4 * t4 , 3)
Text9. Text= Round (4 * t5 , 3)
t1= Text5
t2= Text6
t3= Text7
t4= Text8
t5= Text9
```

End Sub

۳- اجرای برنامه:

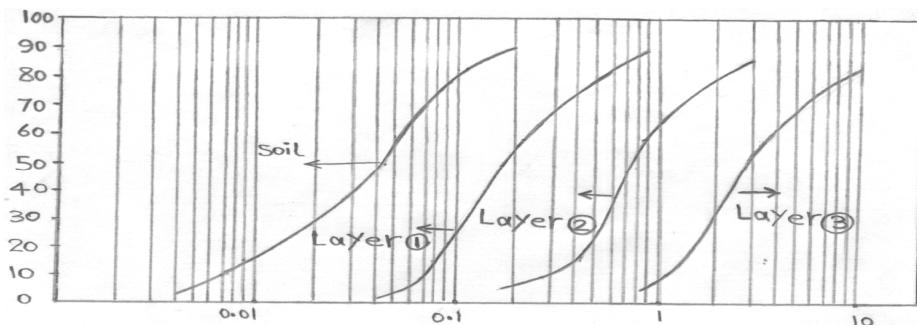
برای اجرای این برنامه از مشخصات خاک سد گلستان (۱) استفاده شده است. با تهیه منحنی دانه‌بندی خاک این سد، منحنی دانه‌بندی فیلتر و ضخامت هر لایه فیلتر و نهایتاً ضخامت کل فیلتر تعیین شده است. در این برنامه با وارد کردن قطرهای $D_{50}, D_{15}, D_{10}, D_{60}$ از روی منحنی دانه‌بندی خاک سد، به ترتیب برای لایه اول، لایه دوم و لایه سوم فیلتر، قطرهای D_{50}, D_{60}, D_{10} و محدوده D_{15} فیلتر طراحی می‌شود. به طوری که بعد از تعیین کردن D_{15} فیلتر در محدوده‌ای که برنامه برای هر لایه تعریف می‌کند، مقدار ضخامت هر لایه نیز تعیین می‌گردد.

جدول (۱): نتایج دانه‌بندی فیلتر برای هر لایه با استفاده از برنامه Visual Basic

پارامتر لایه‌ها	D_F60 (mm)	D_F10 (mm)	محدوده D_F50 (mm)	محدوده $D_F 25$ (mm)	$D_F 15$ (mm)	ضخامت لایه (cm)
طراحی لایه اول	0.219	0.07	≤ 0.18	$0.036 < D_F15 < 0.081$	0.058	30
طراحی لایه دوم	0.876	0.28	≤ 0.72	$0.436 < D_F15 < 0.729$	0.436	30
طراحی لایه سوم	3.504	1.12	≤ 2.88	$0.576 < D_F15 < 6.561$	3.568	178.4

ضخامت کل فیلتر = 185cm

$$\left\{ \begin{array}{l} D_F < 76 \text{ mm} \\ \text{در هر سه لایه} \\ D_F 200 < 0.05 \rightarrow d = 0.075 \text{ mm} < \%5 \end{array} \right.$$



شکل (۲): منحنی دانه‌بنایی خاک و سه لایه فیلتر

۴- ارزیابی نتایج برنامه با استانداردهای طراحی:

جهت اطمینان از خروجی برنامه، جهت ارائه طرح فیلتر، نتایج بدست آمده از این برنامه با تعدادی از استانداردهای طراحی فیلتر، بررسی می‌شوند:

۱- بر پایه تحقیقات تجربی، برترام (۱۹۴۰):

الف- اندازه حفرات مصالح فیلتر باید به قدر کافی ریز باشد تا از شسته شدن خاک مورد محافظت به داخل آن جلوگیری کند.

ب- مصالح فیلتر باید دارای نفوذپذیری بالا باشند تا از به وجود آمدن نیروهای نشت زیاد و فشار هیدرواستاتیک در مصالح فیلتر جلوگیری می‌شود.

$$5 \leq \frac{(D_{15})_F}{(D_{85})_S} : \text{برای اقناع شرط (الف)}$$

$$5 \leq \frac{(D_{15})_F}{(D_{50})_S} : \text{برای اقناع شرط (ب)}$$

۲- بر پایه اداره مهندسی نیروی دریایی آمریکا:

الف- برای اجتناب از فرسایش ذرات خاک مورد حفاظت به داخل فیلتر:

$$\frac{(D_{15})_F}{(D_{85})_S} < 5$$

$$\frac{(D_{50})_F}{(D_{50})_S} < 25$$

$$\frac{(D_{15})_F}{(D_{15})_S} < 20$$

ب- برای جلوگیری از تولید نیروهای نشت بزرگ در فیلتر باید داشته باشیم:

$$\frac{(D_{15})_F}{(D_{15})_S} > 4$$

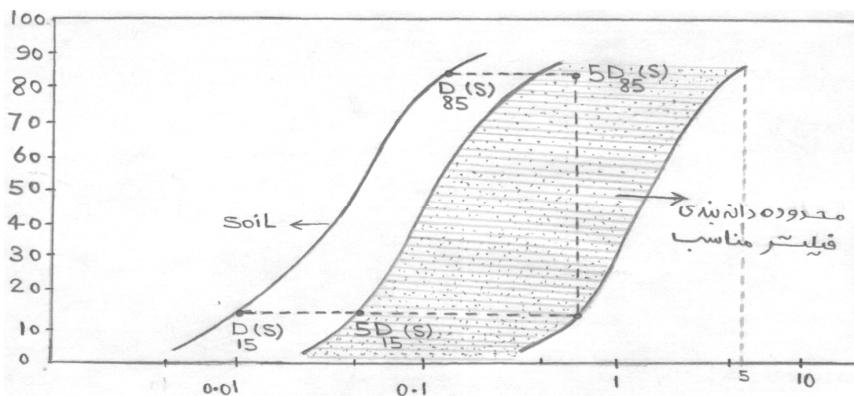
ج- برای جلوگیری از جداسدگی دانه‌ها در فیلتر، مصالح فیلتر باید دانه‌هایی با قطر بزرگتر از ۷۶ میلی متر داشته باشند.

د- به منظور جلوگیری از فرسایش داخلی ذرات ریز فیلتر و تامین نفوذپذیری کافی، باید میزان ریزدانه‌های ریزتر از الک نمره ۲۰۰ در فیلتر، بزرگتر از ۵ درصد باشد:

۳- بر پایه تحقیقات تانیکاچalam و ساکتیوادویل:

$$\frac{(D_{60})_S}{(D_{10})_S} = 0.4 \frac{(D_{10})_F}{(D_{10})_S} - 2$$

$$\frac{(D_{60})_F}{(D_{10})_F} = 0.941 \frac{(D_{10})_F}{(D_{20})_S} - 5.65$$



شکل (۳): تعیین محدوده دانه‌بندی مناسب فیلتر طبق روش برترام، همانگونه که مشخص است سه لایه فیلتر طراحی شده توسط برنامه Visual Basic تقریباً در محدوده مجاز می‌باشد.

۵- نتیجه گیری:

برنامه ارائه شده به زبان Visual Basic از نظر کاربرد و اجرا بسیار ساده بود و نیاز به اطلاعات ورودی چندانی ندارد. با توجه به اینکه این برنامه با دقت خوبی ضخامت کل فیلتر را در سدهای خاکی برآورده می‌کند، علاوه بر این خروجی‌های این برنامه نیز با اکثر استانداردهای جهانی در طراحی فیلتر، نظری تحقیقات آقایان: برترام، تانیکاچalam و ساکتیوادویل، همچنین بر پایه اداره مهندسی نیروی دریایی آمریکا، مطابقت دارد. همچنین با توجه به اینکه هزینه زیادی جهت اجرای فیلتر در سدهای خاکی مورد نیاز است، لذا این برنامه هم از نظر نوع دانه‌بندی و هم از نظر ضخامت فیلتر، طرح بهینه‌ای را ارائه داده تا از نظر اقتصادی مفروض به صرفه باشد.

۶- مراجع:

- [1] Bertram, G. E., (1949), "An experimental investigation of protective filters", soil mech., Graduate school of engg., Harvard university, series No.7.
- [۲] خرقانی، س. و فخاری، ن.، ۱۳۸۳، "مهندسی سدهای خاکی"، انتشارات دانشگاه صنعت آب و برق، چاپ اول.
- [۳] رحیمی، ح.، ۱۳۸۲، "سدهای خاکی"، انتشارات دانشگاه تهران، چاپ اول.
- [۴] دویلسون، ا. و مارسال، ر. "روشهای رایج در طراحی و ساخت سدهای خاکی"، ترجمه دکتر محمد سیروس پاکباز.
- [۵] شرکت سهامی آب منطقه‌ای استان گلستان-بخش امور سدها.