

# هیدرومتری

## (Hydrometer Analysis)

### مقدمه :

دانه بندی خاکهای ریزدانه را می توان با استفاده از روش ته نشینی تعیین کرد. این روش مبتنی بر قانون استوکس است که مربوط به سرعت سقوط ذرات کروی شکل معلق در مایعات می باشد. ذرات بزرگتر سرعت سقوط بیشتری دارند و ذرات کوچکتر با سرعت کمتری ته نشین می شوند.

در قسمت دانه های ریز خاک مثل رس، لای و ماسه خیلی ریز برای اندازه گیری قطر دانه ها از روش هیدرومتری استفاده می کنیم. این آزمایش بر اساس استانداردهای **AASHTO T88-70** و **ASTM D422-63** انجام میشود.

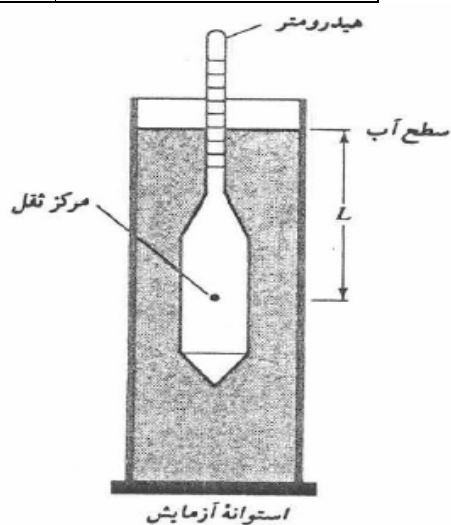
### دانه بندی به روش هیدرومتر :

#### • وسایل مورد نیاز :

- ترازو با دقت **0.01** گرم.
- دستگاه همزن که بوسیله یک موتور الکتریکی کار میکند. موتور میله و پره آنرا با سرعت **10000** دور در دقیقه بدون اینکه در محلول قرار گیرد میچرخاند.
- چگالی سنج یا هیدرومتر : همانطور که در شکل پائین نشان داده شده است، دارای یک قالب شیشه ای است که در انتها دارای حباب بیضوی شکل است. چگالی سنج در دو نوع **151H** و **152H** میباشد که بر حسب دو مقیاس متفاوت درجه بندی شده اند. چگالی سنج **152H** بر حسب گرم در لیتر خاک با گرم در **1000** سانتیمتر مکعب خاک و از **-5** تا **60** درجه بندی شده است. چگالی سنج **151H** بر حسب وزن مخصوص ذرات جامد در آب و از **1** تا **1.038** گرم بر سانتیمتر مکعب درجه بندی شده است. (هر دوی این چگالی سنجها برای دمای **20** درجه سانتیگراد و وزن مخصوص **1** کالیبره و تنظیم شده اند.
- استوانه رسوب گذاری: استوانه ایست شیشه ای روشن با ظرفیت **1000** میلی لیتر .
- حرارت سنج با دقت **0.5** درجه سانتیگراد.

- الک و اون ، و ظرف از دیگر وسایل مورد نیاز در این آزمایش میباشند.
- در این آزمایش 50 گرم از خاک خشک و پودر شده مورد استفاده قرار می گیرد.
- قبل از آزمایش مواد پراکنده ( 125 سی سی محلول 4 درصد هگزامتافسفات سدیم ) اضافه می شود.
- مواد جداکننده : محلول جداکننده با یکی از چهار ماده شیمیایی که در جدول زیر نام برده شده اند ساخته میشوند:

$NaPO_3$	$(NaPO_3)_6$	سدیم هگزامتافسفات
$Na_{12}P_{10}O_{31}$		سدیم پلی فسفات
$Na_5P_3O_{10}$		سدیم تری پلی فسفات
$Na_6P_4O_{13}$		سدیم تترا فسفات



- خاک مدت 16 ساعت در محلول پراکنده خیس خورده ، آب مقطر به محلول اضافه شده کاملاً به هم می خورد. سپس محلول در استوانه آزمایش ریخته می شود و آنقدر آب مقطر به محلول رقیق شده اضافه می شود تا سطح آن به علامت 1000 میلی متر برسد ، سپس هیدرومتر در داخل محلول قرار داده می شود. قرائت هیدرومتر انجام گردیده و با استفاده از قانون استوکس می توان قطر بزرگترین ذره در حال تعلیق را در زمان  $t$  بدست آورد.

- D : قطر ذره خاک
- G<sub>s</sub> : چگالی دانه های ذرات خاک
- η : ویسکوزیته آب
- γ<sub>w</sub> : وزن مخصوص آب
- L : طول موثر (فاصله مرکز ثقل هیدرومتر تا سطح آب)
- t : زمان

$$D = \sqrt{\frac{18\eta}{(G_s - 1)\gamma_w}} \sqrt{\frac{L}{t}}$$

## فرمولهای درصد عبوری :

با توجه به نوع هیدرومتر **151H** یا **152H** محاسبه درصد عبوری متفاوت می باشد :

• چگالی سنج **151H** :  $\frac{100000}{W} * \frac{G}{G - G_1} * R$

• چگالی سنج **151H** :  $\frac{R * a}{W}$

➤ **G** : چگالی ذرات جامد خاک .

➤ **G<sub>1</sub>** : چگالی محلول شناور کننده .

➤ **R** : عدد قرائت شده از چگالی سنج .

➤ **a** : ضریب تصحیح .

➤ **W** : وزن خاک اولیه .

➤  $K = \sqrt{\frac{30N}{980(G - G_1)}}$  که از جداول ، برحسب وزن مخصوص نسبی خاک و درجه حرارت

آزمایش بدست می آید.

• در نهایت با استفاده از فرمول زیر قطر ذرات شناور را بدست می آوریم :

$$D = K \sqrt{\frac{L}{T}}$$

➤ **D** : قطر ذرات معلق بر حسب mm

➤ **K** : ضریب ثابت که با توجه به ویسکوزیته سیال پراکننده و چگالی ذرات خاک و همچنین

حرارت از جداول استخراج می شود.

➤ **L** : عمق مؤثر (بر اساس نوع چگالینج از جداول مربوطه بدست می آید).

➤ **T** : زمان قرائت شده چگالی سنج بر حسب **Min** .

### محاسبات :

با توجه به جدول ارائه شده در آخر گزارش مراحل محاسباتی زیر را طی می کنیم :

۱. زمانهای قرائت شده بر حسب دقیقه که در **0.25 , 0.5 , 1 , 2 , 4 , ..... , 60 , 24 hr** میباشد.

۲. اعداد مربوط به این ستون مربوط به قرائت هیدرومتر در زمانهای معین شده است.

۳. **R<sub>cp</sub>** : اعداد تصحیح شده هیدرومتر برای محاسبه درصد رده شده  $R + F_T - F_Z =$

$$۴. \text{ درصد رده شده } = \frac{a * R_{cp}}{W_s} * 100$$

➤ **W<sub>s</sub>** : وزن خاک خشک مورد استفاده برای دانه بندی به روش هیدرومتری.

➤ **a** : تصحیح برای چگالی ( زیرا هیدرومتر برای چگالی **G<sub>s</sub> = 2.65** کالیبره شده است).

$$a = \frac{G_s (1.65)}{(G_s - 1) * 2.65}$$

➤ **R<sub>CL</sub>** : اعداد تصحیح شده جهت تعیین طول مؤثر :  $R_{CL} = R + F_m$

➤ تعیین طول **L** مربوط به مقادیر **R<sub>CL</sub>** که از نمودار مربوطه ، که بستگی به نوع چگالی سنج دارد.

➤ **A** : با توجه به **G<sub>s</sub>** و دمای اندازه گیری شده از نمودار مربوطه بدست می آید.

➤ **D** : از فرمول زیر بدست می آید :

$$D_{(mm)} = K \sqrt{\frac{L_{(cm)}}{t_{(Min)}}}$$

## اعداد و شرایط آزمایشگاهی :

برای انجام این آزمایش از چگالی سنج **151H** استفاده کرده ایم، همچنین از هگزامتا فسفات سدیم به عنوان ماده جداساز استفاده شده است.

با توجه به اینکه در آزمایشگاه درجه حرارت در حین کار برابر با **24** درجه سانتیگراد اندازه گیری شده و

همچنین طی آزمایش « چگالی ذرات جامد خاک »  $G_s$  برابر با **2.55** بدست آمده است، بنابراین تصحیح

ضریب **a** و تصحیح دما باید انجام شود.

t (Min)	Ra	Rc1	دما	K	L	Rc2	D(mm)	درصد معلق (عبوری) %	درصد عبوری از کل خاک %
0.25	1.031	31.7	24	0.01342	8.1	28.710	0.075	94.46	9.45
0.5	1.029	29.7	24	0.01342	8.6	26.710	0.0557	87.88	8.79
1	1.028	28.7	24	0.01342	8.9	25.710	0.0400	84.59	8.46
2	1.026	26.7	24	0.01342	9.4	23.710	0.0291	78.01	7.80
4	1.025	25.7	24	0.01342	9.7	22.710	0.0209	74.72	7.47
8	1.023	23.7	24	0.01342	10.2	20.710	0.0152	68.14	6.81
10	1.022	22.7	24	0.01342	10.5	19.710	0.0138	64.85	6.48
15	1.020	20.7	24	0.01342	11	17.710	0.0115	58.27	5.83
30	1.017	17.7	24	0.01342	11.8	14.710	0.0084	48.40	4.84
60	1.014	14.7	24	0.01342	12.6	11.710	0.0061	38.53	3.85
1410	1.008	8.7	24	0.01342	14.2	5.710	0.0013	18.79	1.88

<b>K =</b>	0.01342
<b>= تصحیح درجه حرارت</b>	1
<b>= تصحیح منیسک</b>	0.0007
<b>= تصحیح صفر</b>	0.00329
<b>a =</b>	1.02434

فرمولها و روابط استفاده شده در جدول فوق :

$$R_{c1} = R_a + C_m$$

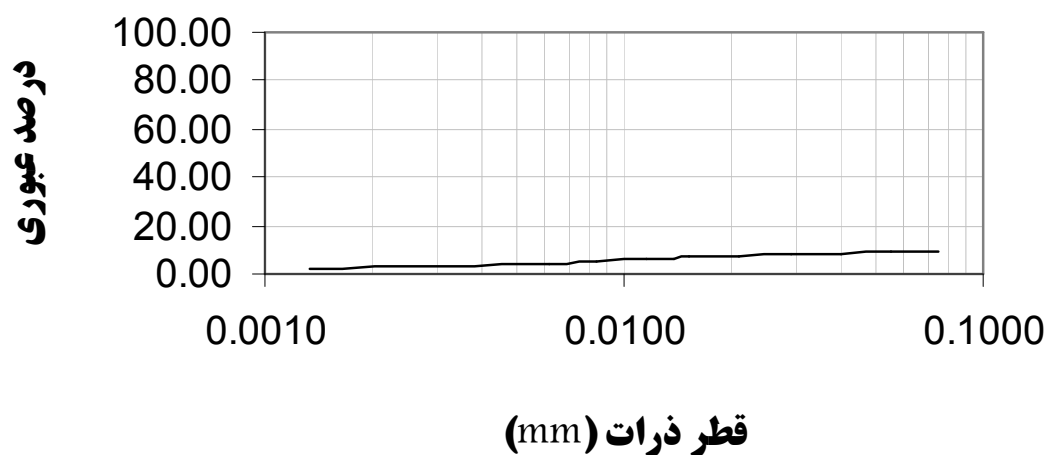
$$R_{c2} = R_a + C_t - C_d$$

$$a = \frac{G_s * 1.65}{(G_s - 1) * 2.65}$$

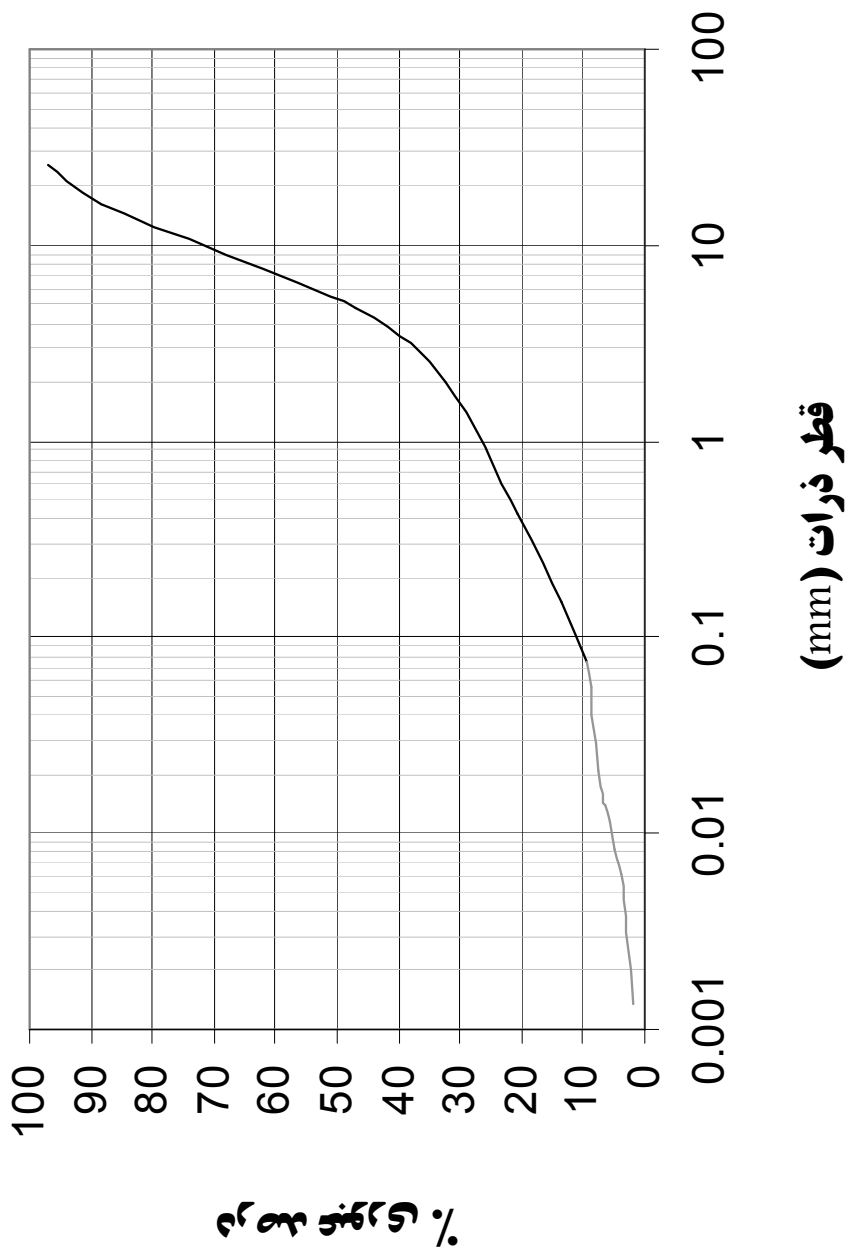
$$P\% = \frac{1606(R_{c2} - 1)a}{W_s} * 100 \quad :151H$$

$$P\% = \frac{R_{c2} * a}{W_s} * 100 \quad :152H$$

### دانه بندی هیدرومتری



## نمودار دانه بندی خاک



نمودار دانه بندی خاک