



شرکت آزمون ساز مبنا

طراحی و ساخت لوازم آزمایشگاهی

مکانیک خاک و مقاومت مصالح

تعیین درصد هوای بتن

مدل: CO 380

تابستان 96

فهرست

- 1- مقدمه 3
- 2- هدف 3
- 3- مشخصات فنی و متعلقات دستگاه 4
- 4- کالیبراسیون و ضرایب 5
- 5- آماده سازی نمونه 10
- 6- روش آزمایش 10
- 7- نتایج آزمایش 14



تعیین درصد هوای بتن

مدل: CO 380

استاندارد:

ASTM C231- Type A , ISIRI 3520

1- مقدمه

همواره مقاومت فشاری بتن ارتباط مستقیم با تراکم بتن دارد و نسبت معکوس با حجم منافذ آن دارد. هرچه بتن متراکم تر باشد تاب فشاری آن بیشتر است با توجه به نوع دانه بندی و تراکم بتن همواره فضای خالی در بتن وجود دارد. در صد زیاد سنگدانه های درشت در مخلوط بتن منجر به افزایش در صد فضای خالی می گردد. حتی درصد زیاد سنگدانه های ریز در مخلوط بتن همین اثر را دارد ولی به مراتب کمتر از سنگدانه های درشت.

در این روش آزمایشی هدف تعیین مقدار هوای موجود در بتن تازه بوده که با مشاهده تغییر حجم بتن در اثر تغییر فشار تعیین می گردد. این روش در بتن ها و ملاتهایی کاربرد دارد که سنگدانه های آن نسبتا متراکم بوده و برای بتن های سبک با سنگدانه های متخلخل کاربرد ندارد.

2- هدف

این دستگاه جهت تعیین مقدار هوای موجود در بتن تازه بر اساس تغییر حجم مشاهده شده در اثر فشار مورد استفاده قرار می گیرد.

3- مشخصات فنی و متعلقات دستگاه

- دستگاه هواسنج بتن نوع A

هوا سنج از لحاظ طرح اساسی از قانون بویل ماریوت استفاده میکند.

این هوا سنج شامل یک کاسه اندازه گیری و در پوش بوده که طرز کار این دستگاه به شرح زیر میباشد:
مقداری آب تا ارتفاع مشخصی بر روی بتن مورد آزمایش ریخته و آنرا تحت فشار معینی قرار دهید . سپس کاهش حجم هوای موجود در بتن را با افت سطح آب در اثر فشار وارده بر آن اندازه بگیرید . درصد هوای موجود در بتن بر حسب عدد بدست آمده محاسبه میگردد.

این هوا سنج شامل یک کاسه اندازه گیری و در پوش بوده که طرز کار این دستگاه به شرح زیر می باشد :

ظرف کالیبره کردن :

حجم داخلی ظرف برابر درصدی از حجم کاسه اندازه گیری می باشد که با درصد تقریبی هوای موجود در بتن مورد آزمایش مطابقت دارد و در صورت کمتر بودن آن باید بتوان کالیبراسیون نشانگر را در حد تقریبی هوای موجود در بتن مورد آزمایش با پر کردن تکراری ظرف کالیبره انجام داد . در صورتیکه احتیاج به قرار دادن ظرف کالیبراسیون در داخل کاسه اندازه گیری برای امتحان کالیبراسیون باشد ، شکل آن باید استوانه ای و عمق داخلی آن تقریباً 10 میلیمتر کمتر از عمق داخلی کاسه باشد.

فنر مارپیچی یا معادل آن برای نگهداری استوانه کالیبراسیون در محل خود

لوله پخش کننده

سایر لوازمی که باید تهیه شود.

- میله ترکم: یک میله مستقیم فولادی به قطر 16 میلیمتر و طول تقریبی 600 میلیمتر که انتهای مخصوص کوبیدن آن به شکل نیمکره به قطر 16 میلیمتر می باشد.
- چکش مخصوص: چکشی که سر آن از لاستیک و یا چوب بوده و دارای وزن تقریبی 500 ± 250 گرم می باشد.
- میله صاف کننده
- تلمه دستی باد
- لرزاننده

4- کالیبراسیون و ضرایب

ضریب تصحیح سنگدانه‌ها

ضریب تصحیح سنگدانه‌ها را برای مخلوطی از دانه‌های ریز و درشت به طور مستقل با اعمال فشار کالیبراسیون بر روی نمونه‌ای از مخلوط شن و ماسه که در زیر آب قرار گرفته و مقدار نسبت و میزان رطوبت آنها با سنگدانه‌های نمونه بتن تحت آزمایش یکسان می‌باشد، تعیین می‌گردد.

- اندازه نمونه سنگدانه‌ها:

با استفاده از فرمول‌های زیر وزن سنگدانه‌های ریز و درشت m_f و m_c در نمونه بتن تازه که هوای موجود در آن باید تعیین گردد بر حسب کیلوگرم محاسبه می‌گردد.

$$(1) \quad m_f = \frac{V_s}{V_b} \cdot m'_f$$

$$(2) \quad m_c = \frac{V_s'}{V_b} \cdot m'_c$$

V_s = حجم نمونه بتنی (هم حجم کاسه اندازه گیری) بر حسب متر مکعب

V_b = حجم بتن بدست آمده در هر پیمانانه بر حسب متر مکعب

m'_c = کل وزن سنگدانه های درشت با وضعیت رطوبتی که در موقع تولید بتن داشته اند ، بر حسب کیلوگرم

m'_f = کل وزن سنگدانه های ریز با وضعیت رطوبتی که در موقع تولید بتن داشته اند ، بر حسب کیلوگرم

ریختن سنگدانه ها در کاسه اندازه گیری

سنگدانه ریز به وزن m_f و سنگدانه درشت به وزن m_c را با هم مخلوط کرده و در کاسه اندازه گیری که تا یک سوم آن از آب پر شده بریزید . سنگدانه های مخلوط شده باید به آرامی و اندک اندک در داخل کاسه اندازه گیری ریخته شود تا کاسه لبریز شود . در غیر اینصورت می توان مقدار کمی آب به آن اضافه نمود بطوریکه تمام مخلوط را آب بپوشاند . در موقع ریختن مخلوط در کاسه اندازه گیری باید دقت شود که کمترین مقدار هوا در میان ذرات ریخته شده محبوس شود و کف ایجاد شده را نیز فوراً پاک نمایید و در هر نوبت که مخلوط در کاسه ریخته می شود آنرا بهم زده تا کاملاً از هوا تخلیه گردد . سپس به آرامی بکناره ظرف ضربه وارده نمود و توسط کوبه به 25 میلیمتر لایه بالای سنگدانه ها ده بار به آرامی میله بزنید تا کلیه هوای موجود در آن آزاد گردد .

- تعیین ضریب تصحیح سنگدانه ها

- روش اولیه برای هواسنج های نوع A

وقتی تمامی مخلوط سنگدانه ها در داخل کاسه ریخته شد ، باید تمام کف های موجود قبل از شروع عملیات ذکر شده کاملاً برداشته شود . سنگدانه ها باید تقریباً معادل زمان بین ریختن آب در مخلوط کن در هنگام تولید بتن و انجام آزمایش هوا سنجی بتن در زیر آب باقی بماند .

ضریب تصحیح سنگدانه های (G) برابر است با h_1-h_2

کالیبره کردن ظرف کالیبراسیون

جرم دقیق آبی (Mc) که جهت پر کردن ظرف کالیبراسیون لازم است را با استفاده از ترازویی که دقت آن برابر 0/1 درصد جرم کاسه پر از آب می باشد ، بدست آورید انجام این مرحله برای هوا سنج های نوع A و B الزامی می باشد.

کالیبره کردن کاسه اندازه گیری

جرم دقیق آبی (m_1) که جهت پر کردن ظرف کالیبراسیون لازم است را با استفاده از ترازویی که دقت آن برابر با 0/1 درصد جرم کاسه می باشد ، بدست آورید یک صفحه شیشه ای را به آرامی طوری روی لبه کاسه حرکت دهید تا مطمئن شوید که کاسه کاملاً پر از آب می باشد . لایه نازکی از گریس را روی کاسه بمالید تا حالت نفوذناپذیری آب بین صفحه شیشه ای و کاسه ایجاد گردد

ضریب معرف حجم موثر ظرف کالیبراسیون

ضریب ثابت R بیان گر درصد نسبت حجم آب لازم برای پر کردن ظرف کالیبراسیون به جرم آب لازم برای پر کردن کاسه اندازه گیری شده است .

الف (مقدار ضریب ثابت R برای هواسنج نوع A از فرمول زیر محاسبه می گردد .

$$R=0.98 M_0/M_1$$

m_0 (جرم آب لازم برای پر کردن ظرف کالیبراسیون

m_1 (جرم آب لازم برای پر کردن کاسه اندازه گیری

آزمایش کالیبره کردن برای تعیین فشار جایگزین P_1 برای هوا سنج نوع A:

حدود هوای موجودی که توسط یک هوا سنج بدست می‌آید می‌تواند با تعیین فشار جایگزین P_1 دو برابر گردد بطوریکه رقم روی فشار سنج نصف رقم K را نشان دهد. فشار جایگزین را می‌توان در زمان تعیین فشار معمولی آزمایش تعیین نمود.

تعیین ضریب کالیبراسیون K :

ضریب K عدد نهایی خوانده شده‌ای است که تحت فشار صحیح کالیبراسیون صحیح هوا سنج، بدست آمده است.

مقدار ضریب K از فرمول زیر محاسبه می‌گردد.

$$K=R+D$$

R = حجم موثر ظرف کالیبراسیون

D = ضریب انبساط

تعیین و یا کنترل مقدار تعدیل ضریب انبساط (D)

ضریب انبساط (D) بطریق زیر تعیین می‌گردد:

دستگاه را پر از آب کنید (کلیه هوای موجود باید تخلیه گردد) سطح آب باید دقیقاً روی علامت صفر قرار گیرد. آنگاه آنرا تحت فشار هوای تقریباً مساوی فشار معمول آزمایش P که در آزمایش کالیبره کردن شرح داده شد، قرار دهید. کاهش ارتفاع آب نشانگر ضریب انبساط (D) برای دستگاه مورد نظر در آن و فشار معین می‌باشد.

آزمایش کالیبره کردن برای تعیین فشار معمول آزمایش P در روی درجه فشار سنج برای هوا سنج

نوع A :

اگر دور استوانه کالیبراسیون بدون فرورفتگی و یا برآمدگی باشد، باید حداقل سه یا چند فاصله گذار را بطور مساوی در نقاط مختلف محیط دور آن قرار دهید، استوانه را وارونه کرده و آنرا با دقت در وسط کف خشک کاسه اندازه‌گیری قرار دهید. فاصله گذارها یک شیار باز برای ورود جریان آب به داخل استوانه وارونه شده کالیبراسیون، موقعی که تحت فشار قرار می‌گیرد ایجاد می‌نمایند. استوانه وارونه شده را در مقابل جابجا شدن محکم کرده و به آرامی در پوش را پایین بیاورید. پس از اینکه در پوش را در محل خود چفت و بست شد، دستگاه را به آرامی به حالت ایستاده قرار داده و آب در دمای محیط را بوسیله لوله و کیف داخل آن بریزید تا به بالای علامت صفر در لوله ایستاده صعود کند. سپس شیر هوا را بسته و هوا را به داخل دستگاه تلمبه کنید تا فشار تقریبی مورد آزمایش بدست آید. دستگاه را 30 درجه از حالت عمودی منحرف کرده و با استفاده از کف کاسه بعنوان محور، آنرا چندین بار بطور دورانی بچرخانید و همزمان با آن ضربه‌هائی آرام به دیواره کاسه و در پوش وارد کرده تا هوای حبس شده، آزاد گردد.

سپس دستگاه را بحالت اولیه برگردانید و به تدریج فشار وارده را آزاد کنید (برای جلوگیری از دست دادن هوا از استوانه کالیبراسیون). آنگاه شیر هوا را باز کنید. با تخلیه آب از طریق شیر در پوش مخروطی شکل ارتفاع آب را دقیقاً به علامت صفر برسانید و پس از بستن شیر هوا، فشار اعمال کرده، تا سطح آب باندازه مقدار 0/1 تا 0/2 در صد بیشتر از هوای ضریب کالیبراسیون K بدست آمده شود. برای از بین بردن گرفتگی موضعی هوا به دیواره کاسه ضربه‌هائی آرام وارد نمائید.

زمانیکه سطح آب دقیقاً به مقدار ضریب کالیبراسیون K رسید، فشار P که بر روی فشارسنج مشخص شده تا نزدیکترین کیلوپاسکال خوانده و یادداشت نمائید. فشار هوا را تدریجاً آزاد کرده و شیر هوا را باز نمایید تا مشخص شود که آیا سطح آب موقعی که به آرامی به دیواره کاسه ضربه وارد می‌گردد، به درجه صفر برمیگردد یا خیر (برنگشتن به درجه صفر دلالت بر نشت هوا از استوانه کالیبراسیون و یا نشت آب از دستگاه اندازه‌گیری

دارد). در صورتیکه سطح آب تا 0/05 درصد هوا از علامت صفر برنگردد و نشت آب نیز از دستگاه از حد چند قطره خارج شده باشد، ممکن است مقداری هوا از استوانه کالیبراسیون خارج شده باشد. در این صورت عملیات کالیبراسیون باید مرحله به مرحله تکرار گردد.

اگر نشت بیشتر از چند قطعه باشد قبل از تکرار عملیات کالیبراسیون، محل نشت را محکم ببندید. برای کنترل صحت فشار خوانده شده باید فوری سطح آب را به علامت صفر رسانیده، شیر هوا را بسته و فشار P خوانده شده را به دستگاه وارد کنید. چند ضربه آرام بوسیله انگشتان دست به نشانگر بزنید و وقتی که در جه بطور دقیق فشار P را نشان دهد ستون آب باید ضریب کالیبراسیون (K) را که در موقع وارد کردن فشار برای اولین بار بکار برده شده با تقریب حدود 0/05 درصد از هوا را نشان بدهند.

5- آماده سازی نمونه

آزمونه باید از بتن تازه مخلوط شده طبق استاندارد ملی ایران آماده گردد. در صورتیکه در بتن تازه از سنگدانه‌های درشت که از الک 37/5 میلیمتری (1/5 اینچ) عبور نکند، وجود داشته باشد، باید به مقدار بیشتری بتن الک نمود تا برای پر کردن کاسه اندازه‌گیری کافی باشد. مراحل الک نمودن باید با حداقل دست خوردگی ملات انجام گرفته و به هیچ وجه نباید ملات چسبیده به سنگدانه‌های درشت باقی مانده بر روی الک را پاک و به بتن اضافه کرد.

6- روش آزمایش

ریختن و متراکم کردن

مقداری نمونه از بتن را در کاسه اندازه‌گیری در لایه‌های مساوی ریخته و هر لایه را مطابق شرح ذیل متراکم نمایید.

میله زنی

بتن را در سه لایه تقریباً هم حجم در کاسه اندازه‌گیری ریخته و با استفاده از میله تراکم هر لایه از بتن را با 25 ضربه متوالی بطور یکنواخت بر سطح کاسه متراکم نمائید.

پس از میله زدن هر لایه با استفاده از چکش مخصوص 10 الی 15 ضربه سریعاً به دیواره کاسه بزنید تا حفره‌های ایجاد شده بوسیله میله زدن کاملاً پر شود و هیچگونه حباب هوای بزرگی در روی سطح میله خورده موجود نباشد. لایه زیرین باید تا انتهایش میله زده شود و دقت گردد که میله محکم به کف کاسه اندازه‌گیری زده نشود و در میله زدن لایه دوم و آخر باید فشار میله به اندازه‌های باشد که حداکثر نفوذ آن در لایه قبلی حدود 25 میلیمتر بوده و آخرین لایه بتن باید طوری باضافه گردد که از پر کردن بیش از حد کاسه جلوگیری شود.

ارتعاش

بتن را در دو لایه تقریباً هم حجم در کاسه اندازه‌گیری بریزید. قبل از ارتعاش هر لایه، باید تمام مقدار بتن مربوط به آن لایه در کاسه ریخته شود. تراکم هر لایه با سه بار داخل کردن ارتعاش دهنده بطور یکنواخت در سطح بتن انجام گیرد و آخرین لایه باید بطریقی ریخته شود که از دهانه کاسه اندازه‌گیری بتن بیرون نریزد. در متراکم نمودن لایه زیرین باید دقت گردد که دستگاه ارتعاش دهنده با کف یا دیواره کاسه تماس پیدا نکرده و در موقع بیرون آوردن آن هوا در آزمونه باقی نماند. برای هر نوع بتن مشخصی، ارتعاش دهنده و کاسه اندازه‌گیری یک زمان استاندارد تراکم باید رعایت شود. مدت ارتعاش به کارائی بتن و میزان تاثیر ارتعاش دهنده بستگی دارد. ارتعاش باید تا مدت زمانی انجام گیرد که بتن کاملاً متراکم گردد. ارتعاش زیاد از حد باعث جدائی

بتن و از بین رفتن هوای از قصد دمیده در آن میشود . معمولاً زمانیکه سطح بتن کاملاً بحالت صاف و صیقلی در می آید ، ارتعاش به میزان کافی انجام گردیده و هرگز نباید ارتعاش بحدی ادامه یابد که منجر به از بین رفتن کف بتن گردد.

صاف نمودن

پس از متراکم نمودن بتن باید سطح رویی بتن بوسیله میله صاف کننده با حرکت اری کاملاً صاف و یکنواخت گردد و در موقع تمام کردن تراکم باید دقت شود که در کاسه اندازه گیری بیش از حد بتن اضافه وجود نداشته باشد . برداشت سه میلیمتر از روی بتن در موقع صاف کردن مقدار بهینه میباشد و در غیر این صورت میتوان با ماله ای مقدار اضافی آنرا برداشته و یا برعکس در صورتیکه مقدار آن کمتر باشد به بتن اضافه نمود.

آماده سازی برای آزمایش

لبه یا دور کاسه و در پوش را کاملاً تمیز نموده تا بعد از چفت و بست کردن آنها کاملاً نفوذناپذیر گردد . پس از بستن دستگاه توسط لوله آنقدر آب به داخل آن بریزید تا ارتفاع ستون آب روی بتن حدوداً تا به نصف ارتفاع لوله ایستاده برسد . سپس دستگاه را حدود 30 درجه از خط عمودی منحرف کرده و با استفاده از کف کاسه بعنوان محور آنرا چندین بار بدور خود بچرخانید و همزمان با آن به در پوش به آرامی چندین بار ضربه وارد کرده تا حبابهای احتمالی هوای باقیمانده در بالای سطح بتن از بین برود . سپس دستگاه را بحالت اولیه خود برگردانیده و درحالیکه ضربه هائی آرام به کناره کاسه وارد میکنید مقداری آب در داخل لوله ایستاده ریخته تا سطح آب از درجه صفر کمی بالاتر رود . کف موجود بر روی سطح ستون آب را به وسیله یک سرنگ ویا پاشیدن الکل بر طرف نمائید تا سطح آب به وضوح دیده شود . قبل از بستن شیر تخلیه هوای بالای ستون آب ، سطح آب را تا درجه صفر پایین بیاورید.

سطوح داخلی در پوش باید کاملا تمیز و بدون روغن و گریس باشد ، سطح آن باید خیس بوده تا از چسبیدن حباب هوا که بعدا از بین بردنش مشکل است جلوگیری شود.

روش آزمایش

بوسیله تلمبه دستی ، فشاری ، کمی بیشتر از فشار مورد لزوم آزمایش (تقریبا 1500 پاسکال بیشتر) بر بتن وارد نمائید . برای رفع هر نوع گرفتگی موضعی ضربه های سریعی به دستگاه اندازه گیری بزنید . وقتی درجه بندی فشار سنج دقیقا فشار آزمایش را نشان می دهد (P)، ارتفاع h آب را روی لوله مدرج و یا درجه شیشه ای لوله ایستاده با حدودی نزدیک به اولین درجه بندی و یا نصف درجه بندی را بخوانید و آنرا یادداشت نمایید. برای مخلوطهای بسیار سخت و خشن ، لازم است که ضربه هائی با شدت بیشتر به دستگاه وارد نمود تا زمانی که ضربه های اضافی تغییری در مقدار هوای اندازه گیری شده در بتن ایجاد نکند . بتدریج فشار هوا را از طریق شیر تخلیه هوای بالای ستون آب کم کنید و به مدت یک دقیقه ضربه هائی آرام به دیواره کاسه بزنید . سپس ارتفاع h2 را تا نزدیکترین درجه بندی و یا نصف درجه بندی یادداشت نمایید.

مقدار هوای ظاهری موجود در بتن برابر است با

$$A1 = h1 - h2$$

فشار آزمایش

اگر حجم هوای موجود در بتن خارج از حد اندازه گیری هواسنج ، وقتی در فشار معمولی (P) عمل میکند ، باشد . فشار آزمایش باید به یک فشار دیگر (P1) کاهش یابد و مراحل آزمایش مجددا تکرار گردند . مقدار فشار (P1) بر حسب کیلو پا سکال را بطوریکه مقدار هوای ظاهری دو برابر رقم خوانده شده در اندازه گیر باشد، می توان با استفاده از فرمول زیر بدست آورد

$$P1 = Pn.P / (2Pn + P)$$

$P_n =$ فشار اتمسفر (تقریباً 100 کیلو پاسکال) که در ارتفاع و اوضاع جوی مختلف متغیر است.

$P =$ فشار معمولی آزمایش که در روی فشار سنج بر حسب کیلو پاسکال نشان داده می‌شود.

7- نتایج آزمایش

هوای موجود در آزمون

مقدار هوای موجود در بتن تازه در کاسه اندازه‌گیری را میتوان بر حسب درصد از فرمول زیر بدست آورد.

$$A_s = A_1 - G$$

A_1 هوای ظاهری در آزمون بر حسب درصد با دقت 0/1 درصد

G ضریب تصحیح سنگدانه ها بر حسب درصد حجم بتن با دقت 0/1 درصد

هوای موجود در کل مخلوط

وقتی آزمون نماینده ای از کل مخلوط ، پس از الک شدن بتن با الک 37/5 میلیمتری 1/5 (اینچ) باشد ،

حجم هوای موجود در مخلوط A_t بر حسب درصد از فرمول زیر بدست می‌آید.

$$A_t = 100 \cdot A_s \cdot V_c / (100 \cdot V_t - A_s \cdot V_a)$$

V_c حجم مطلق اجزاء مخلوط الک شده با الک 37/5 میلیمتری 1/5 (اینچ) و بدون هوا که از طرح

اختلاط اولیه بدست آمد ، بر حسب متر مکعب

V_t حجم مطلق تمام اجزاء مخلوط بدون هوا بر حسب متر مکعب

V_a حجم مطلق سنگدانه‌های در شترتر از 37/5 میلیمتری 1/5 (اینچ) که از طرح اختلاط اولیه بدست

آمده بر حسب متر مکعب . نتایج آزمایش باید با دقت 0/1 درصد یادداشت گردد.

هوای موجود در ملات

هوای موجود در ملات مخلوط A_m ، بر حسب درصد از فرمول زیر بدست می آید.

$$A_m = 100 \cdot A_s \cdot V_c / [100 \cdot V_m + A_s(V_c - V_m)]$$

V_m حجم مطلق اجزاء در ملات بدون هوا بر حسب متر مکعب

نتایج آزمایش باید با دقت 0/1 درصد یادداشت گردد