بررسی تراکم بتن با سقوط آزاد بر روی تاب فشاری بتن های سفت

شهرام شریفی
مربی دانشگاه آزاد اسلامی واحد ماکو
sharifishahram@ymail.com
(تاریخ دریافت مقاله: تاریخ پذیرش مقاله)

چکیده:

دراین مقاله به بررسی یک روش تجربی تراکم بتن واندازه گیری مقاومت فشاری آن پرداخته شده است. سقوط آزاد برای تراکم بتن روشی است که تا بحال به آن پرداخته نشده ویا در صورت انجام، مطالب ونتایج آن خیلی کم ارائه شده است. در این مقاله به مقایسه مقاومت فشاری بتن متراکم شده با سقوط آزاد با بتن متراکم شده بوسیله میز لرزاننده پرداخته شده است که برای انجام کار در مجموع ۱۷٦ عدد آزمونه استوانه ای به ابعاد ۱۵*۳۰ سانتی متر ساخته شد. بتن ریزی در۸۸ مرحله ودر آزمایشگاه تکنولوژی بتن انجام گرفت ساخت آزمونه ها بر اساس عوامل پیش بینی شده مؤثر بر نتایج آزمایشها که بترتیب عبارتنداز مقدار انرژی تراکم، ارتفاع سقوط و دفعات سقوط در هر انرژی ، نسبت آب به سیمان (W/C) ونسبت شن به ماسه (G/S) انجام گرفت .کلیه آزمونه ها پس از باز کردن قالب، تا زمان آزمایش دردرون آب قرار گرفته و در نهایت همه آزمونه ها در سن ۲۸ روزه بطور همزمان زیر دستگاه پرس شکسته شده اند نتایج حاصل از شکست آزمونه های سقوطی وآزمونه های ویبره شده که بوسیله دستگاه پرس انجام شد بصورت کامل در جداول ونمودارهای مختلف ارائه شده است.

کلمات کلیدی : مقاومت فشاری ، سقوط آزاد ، نسبت آب به سیمان ، نسبت شن به ماسه ، انرژی تراکم

۱ – مقدمه

امروزه همگام با تحولها وپیشرفتهای وسیعی که در علوم وصنایع صورت گرفته است تکنولوژی بتن دستخوش تغییرات و پیشرفتهای گسترده ای شده است . آسانی دسترسی به اجزاء تشکیل دهنده ،شکل پذیری، پایایی بالای مصالح، امکان مطابقت وسازگار نمودن خواص مکانیکی وشیمیایی بتن با شرایط محیطی، مشخصات کار ودر نهایت اقتصادی بودن آن باعث افزایش استفاده از این مصالح و جایگزینی آن با مصالح دیگر به طور روز افزون به آن جلب توجه شده است، به طوری که سازه های بتن آرمه، به عنوان یکی از انواع مهم سازه ها از کاربرد وسیعی در جهان برخوردارند.

دو عاملی که موجب از دست رفتن خصوصیات بتن و پایین آمدن مشخصات مکانیکی آن می شود عبارتند از محاسبه نادرست ترکیبات بتن یا طرح اختلاط مصالح بتن وعدم اجرای صحیح اختلاط بتن محاسبه شده، که اگر یکی از موارد ذکر شده صحیح اجرا نگردد بتن خصوصیات و مشخصات مورد نیاز را نخواهد داشت.

بتن باید مقاومت لازم را برای ایجاد استحکام در سازه در طول عمر مفید داشته باشد بنابراین مشخصات مکانیکی بتن در حین اجرا بعد از اجرا باید با دقت زیادی کنترل گردد. از طرف دیگر مشخصات فشاری از مهم ترین خصوصیات مکانیکی بتن می باشد که سایر مشخصات بتن متناسب با این ویژگی می باشد لذا برای بالا بردن کیفیت بتن اگر بتوانیم مقاومت فشاری بتن را بالا ببریم تا حدی توانسته ایم سایر مشخصات مکانیکی بتن را بالا برده وبه نتیجه مطلوب دست یابیم.

تراکم بتن در بالا بردن مقاومت فشاری بتن نقش اساسی دارد یعنی هر چقدر تراکم بتن بهتر باشد مقاومت فشاری بتن بهتر خواهد شد وبا پایین آمدن تراکم بتن مقاومت فشاری آن کمتر خواهد شد.

۲- هدف از این مقاله

هدف از ارائه این مقاله بررسی روشی برای تراکم بتن وبالا بردن مقاومت فشاری آن می باشد.

در بعضی از کارخانجات بتن پیش ساخته در انگلستان وبه صورت متداولتر در هلند و دانمارک برای تراکم بتن از نوع لرزاننده میز ضربه (شوک) استفاده می کنند، اساس کار این نوع لرزاننده ها با روش لرزاندن در فرکانس زیاد متفاوت است. در میز ضربه آنها شوکهای عمودی با فرکانس کمتر در حدود یک تا سه عدد در ثانیه به بتن وارد می آیند ضربه ناشی از سقوط دائم بتن را که در لایه های کم عمق بداخل قالب می ریزند متراکم می کند. نتایج درخشانی از این طریق بدست آمده، اما این روش نسبتا تخصصی بوده وبا اینکه بیش از ۶۵ سال سابقه دارد اطلاعات زیادی از آن پخش نشده وبه میزان وسیعی مورد استفاده قرار نگرفته است.[۱۲]

استفاده از سقوط آزاد برای تراکم بتن و بالا بردن مقاومت فشاری روشی است که در قالبهای پیش ساخته به جای ویبره زدن میتوان بکار برد. در سازه های بتنی برای عمل تراکم از دستگاه لرزاننده با ضربه های تخماق ویا از سایر ابزار استفاده می کنند که در بتن هایی که در آزمایش اسلامپ دارای روانی صفر هستند ابزار ارتعاش دهنده فوق چندان مؤثر نمی باشد و یا در صورت مؤثر واقع نشدن به انرژی زیاد نیاز دارد. بر این اساس در این آزمایش قالب حاوی بتن به آرامی از ارتفاع مشخص یک یا چند بار بطور آزاد سقوط داده می شد تا عمل تراکم انجام گردد. نتیجه این آزمایش با تراکم بوسیله میز لرزان مقایسه شد تا درجه کارایی این روش برملا گردد.

در این آزمایش کار بر روی قالب وبتن انجام می شود پس انرژی زیاد جهت بالا بردن قالب صرف می شود. به خاطر ارتفاع سقوط، قالبها باید صلب و آب بندی شده باشد تا از تغییر شکل ونفوذ دوغاب سیمان به خارج جلوگیری شود. البته درصورت امکان باید ارتفاع سقوط را کمتر ودفعات سقوط را بیشتر کرد تا ازآسیب دیدگی قالبهادر اثر سقوط از ارتفاع زیاد جلوگیری به عمل آید.

در این آزمایش به بررسی روش فوق در مورد بتنهای با قالبهای استوانه ای پرداخته شده است.

۳- آزمایشهای تجربی

۳-۱- انتخاب مصالح سنگی

با توجه به اینکه حداقل $\frac{3}{4}$ حجم بتن را سنگدانه ها تشکیل می دهند کیفیت این مواد از اهمیت زیادی برخوردار است، چراکه نه تنها در مقاومت بتن تاثیر دارد، بلکه دوام وخصوصیات مکانیکی وپایداری بتن نیز تا حد زیادی تحت تاثیر این مواد قرار می گیرد. در حقیقت سنگدانه ها در داخل بتن خنثی نبوده و خواص فیزیکی و حرارتی و در بعضی مواقع خواص شیمیائی آنها هم بر عملکرد بتن تاثیر خواهد گذاشت. از نقطه نظر اقتصادی هم مصرف هر چه بیشتر سنگدانه ها در بتن مقرون به صرفه می باشد.

با عنایت به موارد بالا در این آزمایش برای ساخت آزمونه های بتنی از مصالح سنگی شکسته استفاده شد تا کیفیت بتن ساخته شده خوب باشد. اندازه سنگدانه هایی که در بتن به کار می رود هر چقدر بزرگتر باشد از میزان آب لازم برای مرطوب کردن آن کم می شود و در نتیجه با یک نسبت آب به سیمان مناسب می توان کارآیی ومقاومت بالا به بتن داد، از طرف دیگر حداکثر درشتی دانه ها به میزان مشخصی است زیرا اندازه های بیشتر از آن باعث کم شدن پیوستگی، چسبندگی وایجادگسستگی در بتن می شود.

در این پژوهش بزرگترین دانه سنگی ۲۵ میلیمتر در نظر گرفته شد.

۳-۲- آزمایشهای مصالح

در این پروژه آزمایشهای زیر برروی مصالح سنگی انجام گرفته است.

_ آزمایش دانه بندی مصالح سنگی
_ آزمایش تعیین مواد مضر در مصالح سنگی
_آزمایش تعیین وزن مخصوص ظاهری و مطلق مصالح سنگی
_آزمایش دانه بندی مصالح سنگی

در این آزمایش برای تعیین درجه بندی وتوزیع وزنی ذرات به نسبت قطر آنها وتعیین منحنی دانه بندی مصالح در ابتدا شماره الکهائی که در آیین نامه قید شده است برروی هم سوار کرده وبا

گذراندن مصالح از روی این الکها مقدار وزن مانده روی هر الک بدست می آید. با توجه به وزن می توان منحنی دانه بندی مصالح به نسبت وزن مصالح عبور کرده از هر الک را رسم نموده سپس باید کنترل گردد که آیا منحنی دانه بندی مصالح در محدوده مجاز آیین نامه قرار می گیرد یا خیر، درغیر اینصورت باید دانه بندی مصالح اصلاح شود تا در محدوده مجاز قرار گیرد.

در این پژوهش برای منحنی دانه بندی از آیین نامه های ASTM, B.S استفاده شده است که معیار تقسیم درشت دانه وریزدانه الک نمره ۴ می باشد. با استفاده از الکهای ASTM منحنی دانه بندی برای ماسه خشک به عمل آمدو مشاهده گردید که در محدوده مجاز استاندارد ASTM و B.S قرار می گیرد. ولی برای بدست آوردن دانه بندی مناسب برای شن، ابتدا مصالح سنگی به ترتیب اندازه الکها از هم جدا گردیده وسپس با توجه به جداول دانه بندی اصلاح شده (جدول ۱) به نسبت وزن از هر اندازه ای شن به مقدار لازم برداشت شد تا پس از اختلاط آنهامطابق دانه بندی اصلاح شده واستاندارد شن باشد.

جدول۱- دانه بندی اصلاح شده برای شن

اندازه الک (اینچ)	درصد مانده روی الک	درصد رد شده از روی الک
۱	۰	۱۰۰
۴/۳	۱۰	۹۰
۲/۱	۴۸	۴۲
۸/۳	۲۲	۲۰
۱۶/۳	۲۰	۰

۲-۲-۱- آزمایش تعیین مقدار مواد خاکی

برای تعیین میزان مواد خاکی موجود در ماسه از آزمایش هم ارز ماسه استفاده شد که نسبت ارتفاع مواد خاکی به ارتفاع ماسه - $\frac{1}{70}$ بدست آمد که باتوجه به آیین نامه که حداکثر این نسبت به $\frac{1}{16}$ محدود شده است، جواب بدست آمده رضایتبخش بوده ونیازی به شستن نبود . در مورد شن با استفاده از روش رسوبگذاری میزان مواد خاکی موجود بدست آمده کمتر از یک در صد وزن شن که در آیین نامه ها برای محدوده میزان مواد خاکی در شن تعیین شده است بدست آمد.

۳-۲-۲- آزمایش تعیین مواد مضر در مصالح سنگی:

برای تعیین مواد زیان آور می توان با اضافه نمودن NaOH وآمیختن این محلول با ماسه وشن وملاحظه رنگ محلول پس از ۲۴ ساعت بوجود این مصالح سنگی پی برد.

۲-۳- ۳- آزمایش تعیین مواد مضر در مصالح سنگی

در مورد مصالح به کار برده شده در این پژوهش پس از ۲۴ ساعت از آزمایش، رنگ محلول بی رنگ ماند که حاکی از سالم بودن مصالح می باشد.

۲-۳- ٤- تعیین وزن مخصوص مطلق مصالح سنگی

برای این منظور پس از پرکردن ظرف از مصالح سنگی واندازه گیری وزن ظرف ومصالح وبعد از کسر نمودن وزن ظرف، وزن مصالح بدست آمد. سپس بوسیله یک ظرف دیگر فضای خالی بین دانه ها را با آب پر کرده سپس با کم کردن حجم آب ریخته شده به درون سنگدانه ها حجم واقعی مصالح سنگی بدست آمد. پس با داشتن وزن مصالح وحجم واقعی آنها وزن مخصوص مطلق نسبی مصالح بدست آمد.

در آزمایشاتی که در این پژوهش بر روی ماسه وشن انجام شد نتایج زیر بدست آمد.

ρ_G = ۵۴/۲ gr/cm³ وزن مخصوص مطلق شن

ρ_s = ۴۰/۲ gr/cm³ وزن مخصوص مطلق ماسه

۳-۳- تعیین عیار سیمان ونسبت آب به سیمان

در این پژوهش با توجه به اینکه برای تمام نمونه هایی که جهت سقوط دادن ساخته می شد نمونه هایی مشابه برای ویبره زدن ساخته می شد وفاکتورهای گوناگونی نداشت ، لذا کلیه آزمونه ها با عیار سیمان ثابت ۳۵۰ کیلوگرم در متر مکعب بتن وبا چهار نسبت آب به سیمان (w/c) برابر۰/۴۴، ۰/۴۷، ۰/۵و ۰/۵۳ ساخته شده و مورد آزمایش قرار گرفته اند، که سه نسبت آب به سیمان ۰/۴۷و ۰/۵و ۰/۵۳ برای تمام نسبتهای شن به ماسه (G/S) ساخته شد ولی درحالت W/C = ۰/۴۴ فقط G/S = ۱/۷ مورد آزمایش قرار گرفت.

۳-٤- طرح اختلاط بتن

برای تعیین طرح اختلاط بتن در این پژوهش از آیین نامه روسیه استفاده شده است که معادله تشکیل دهنده بتن بصورت زیر می باشد:

(۱-۱)

$$\frac{C}{\rho_c}+\frac{S}{\rho_s}+\frac{W}{\rho_w}+\frac{G}{\rho_G}=1000lit$$

که در رابطه بالا W، C، S ،G به ترتیب وزن شن، ماسه ، سیمان وآب است و ρ_G، ρ_s، ρ_c و ρ_w به ترتیب وزن واحد حجم مطلق بر حسب kg/m^3 می باشد.

۳-۵- تعیین مقدار آزمونه ها

مقدار آزمونه ها براساس پنج پارامتر زیر تعیین گردیدند:

_ نسبت آب به سیمان (W/C)

_ نسبت شن به ماسه (G/S)

_ ارتفاع سقوط(h) بر حسب cm و تعداد دفعات سقوط (n)

_ انرژی تراکم J

_ نوع آزمایش (آزمونه های سقوطی و ویبره)

ارتفاع ودفعات سقوط به شرح جدول(۲) انتخاب شدند.

جدول۲- ارتفاع ودفعات سقوط

	مقدار انرژی J=۳۱۲	مقدار انرژی J=۴۲۰
حالت سقوط نوع اول	ارتفاع تعداد ۶=۳۱۲ × ۵۲	ارتفاع تعداد ۷=۴۲۰ × ۶۰
حالت سقوط نوع دوم	ارتفاع تعداد ۱۲=۳۱۲ × ۲۶	ارتفاع تعداد ۱۴=۴۲۰ × ۳۰
حالت سقوط نوع سوم	ارتفاع تعداد ۲۴=۳۱۲ × ۱۳	ارتفاع تعداد ۲۸=۴۲۰ × ۱۵

همچنین مقرر گردید که حالت شن و ماسه G/S=۱/۷ در انرژی سومی نیز برابر J=۵۴۴ مورد آزمایش قرار گیرد تا با سه نوع انرژی تغییرات خطی یا غیر خطی بودن مقاومت در برابر انرژی مشخص گردد مطابق جدول زیر (۳).

جدول ۳- تغییرات خطی یا غیر خطی بودن مقاومت در برابر انرژی

	مقدار انرژی J=۵۴۴		
حالت سقوط نوع اول	تعداد ۸=۵۴۴	×	ارتفاع ۶۸
حالت سقوط نوع دوم	تعداد ۱۶=۵۴۴	×	ارتفاع ۳۴
حالت سقوط نوع سوم	تعداد ۳۲=۵۴۴	×	ارتفاع ۱۷

با توجه به پارامتر های بالا مقدار آزمونه ها۱۷۶ عدد تعیین گردیدند وچون مرحله ساخت نمونه ها و سقوط دادن آنها از ارتفاعهای مشخص آنهم به دفعات زیادتر زمان زیادتری را تلف می کرد جهت جلوگیری از شروع گیرش اولیه مجبور بودیم که در هر مرحله بتن ریزی، بتن دو نمونه استوانه ای را ساخته شده ومورد آزمایش سقوط یا ویبره قرار داده شد بنابراین عملیات بتن ریزی در ۸۸ مرحله که در هر مرحله دونمونه استوانه ای ساخته می شد انجام گرفت.

۳-۶- ابزار و وسایل لازم

برای متراکم نمودن بتن داخل نمونه باید قالب پر از بتن از ارتفاعات معین با تعداد دفعات سقوط مشخص رها می شد برای انجام این کار وسایل و ابزار زیر لازم بود:

۱- چهار پایه به ابعاد معین

۲- قرقره ثابت

۳- قلاب همراه با طناب

۴- صفحه زیر قالب

برای اینکه بتوانیم قالب پر از بتن را تا ارتفاع معین بلند کرد لازم بود که قالب را از نقاطی مهار نموده و بوسیله طناب به قرقره ارتباط داده شود از طرف دیگر برای اینکه قالب استوانه ای به ارتفاع ۲۰ سانتی متر در حین سقوط دادن نوسان نکند لازم بود که هم از بالا وهم از پایین قالب مهار شود. صفحه زیر قالب نه تنها خواسته های بالا را برآورد می کرد بلکه از نظر راحتی کار وسرعت بخشیدن به کار هم مؤثر واقع می شد .صفحه زیر قالب صفحه ای بود به ابعاد ۲۸ × ۲۸ سانتی متر به ضخامت ۶ میلیمتر که چهار حلقه در گوشه های صفحه برای قلاب نمودن پیش بینی شده بود وبرای اینکه بتوان قالب را به صفحه زیر قالب ارتباط داده و به آن ثابت کرد از دو شیار ۲۲ سانتیمتری که توسط تسمه Z شکل جوش داده و به صفحه زیر نصب شدند استفاده شد که فاصله این دو شیار از هم به اندازه بعد صفحه قالب به علاوه چهار میلیمتر خلاصی در نظر گرفته شد.

قلابها بصورت کاملا قرینه در صفحه پیش بینی شدند تا مرکز ثقل صفحه زیر قالب تغییر ننماید برای آسان فرو رفتن صفحه قالب در شیار صفحه زیر قالب، هم شیار وهم قسمتهای فرو رونده صفحه قالب روغنکاری می شد.

۵-در پوش قالب: برای اینکه هنگام سقوط دادن آزمونه ها در اثر برخورد قالب با سطح زمین بتن و آب از قالب بیرون نریزد از در پوش قالب استفاده شد.

۳-۷- چگونگی ساخت آزمونه ها

۳-۷-۱- دانه بندی مصالح: برای دانه بندی شن با استفاده از الک برقی آزمایشگاه، مصالح در چهار اندازه برحسب مانده بر روی الکهای $\frac{3}{8}, \frac{1}{2}, \frac{3}{4}$ و الک شماره 4 از هم جدا شده و در ظروف مشخص قرارگرفتند.

در مورد ماسه با توجه به منحنی دانه بندی بدست آمده که فقط بوسیله الک نمره ۴ الک شده ودانه های مانده روی الک ۴ جدا شده و ماسه اصلاح شده و در ظرف جداگانه ای انبار گردید.

۳-۷-۲-توزین مصالح براساس طرح به هم آمیزی

مقدار شن و ماسه با توجه به نسبتهای مربوطه مورد نیـاز بـرای دو آزمونه برداشت می شد و در داخل سینی ریخته شده ودر نهایت آب به آن اضافه شده و بتن ساخته می شد.

۳-۷-۳- بتن ریزی ومتراکم نمـودن آزمونـه هـا بـا سقوط آزاد

بتن لازم جهت آزمایش اسلامپ و ریختن داخـل قالبهـا آمـاده میگردید وبعد از آزمایش اسلامپ بتن در سه لایه در داخل قالبهـا ریخته و هر لایه بوسیله میلگرد فولادی به تعداد ۲۵ ضربه کوبیده می شد.

بعد از پر شدن قالب در پوش را گذاشـته و صـفحه قالـب را بـه شیار صفحه زیر قالب فرو برده وآزمونه جهـت انجـام سـقوط زیـر چهار پایه قرار گرفت وبوسیله قلابها و طنابها به قرقره ثابت جهت بالا بردن متصل می شد. به تعداد دفعات معین و از ارتفـاع معـین آزمونه ها سقوط داده می شد تا متراکم گردد. چون بعد ازچند دفعه سقوط بتن در داخل قالب در اثر متراکم شـدن نشسـت مـی کـرد بنابراین بعداز اینکه آزمونه ها به تعداد $\frac{3}{5}$ دفعـات سـقوط معـین سقوط داده می شد، قالب باز شده وقسمت خالی با بتن پر می شد و بعد بقیه دفعات سقوط انجام می شد.

لازم به ذکر است در حین سقوط دادن نشسـت بـتن در داخـل قالب با کمتر شدن نسبت آب به سیمان بیشتر می شد به خصوص که در آزمونه های با نسبت آب به سیمان ۰/۴۴ نشست بتن بعضی مواقع حتی به ۳/۵ سانتی متر می رسید.

بعد از آنکه سقوط دادن آزمونه ها تمام مـی شـد، قالـب را بـاز نموده و از صفحه زیر قالب در آورده و بوسیله کمچه رویـه بـتن را صاف کرده وشماره آزمونه ها را بـا ماژیـک ضـد آب بـر روی آن نوشته و در محلی که از قبل به صورت تراز آماده شـده بـود قـرار داده می شد.

تمامی آزمونه های مربوط به سقوط آزاد بـه روش بـالا سـاخته می شد، البته کارهای بالا برای هر نمونـه، مخصوصـاً نمونـه اول باید در حداقل زمان (حداکثر در ۳ دقیقه) انجام داده می شـد تـا بتن باقیمانده روی سینی شروع به گیرش اولیه ننماید.

۳-۷-٤- ریختن بتن در قالبها و متراکم نمودن آنها با لرزش

از هر هشت نمونه ای که در چهار مرحله سـاخته مـی شـد دو نمونه مربوط به آزمونه های ویبره بودند.

بعد از آماده شدن بتن و ریختن آن در داخـل قالـب، بـه مـدت لازم که تقریبا بستگی به نسبت آب به سیمان داشت بر روی میز لرزه تحت لرزش قرار می گرفت و بعد شماره آزمونـه بـر روی آن نوشته شده و در محل تراز قرار می گرفت.

۳-۷-۵- باز کردن قالبها

بعد از ۲۴ ساعت، آزمونه ها را به ترتیب از قالب خارج نمـوده و بعـد از درج مشخصـات بـر روی آنهـا وزن شـده و سـپس تمـام آزمونه ها در داخل آب قرار می گرفت.

۳-۸- مدت عمل آوری آزمونه ها

پس از آنکه آزمونه ها از قالب بیرون آورده شدند در داخـل آب قرار گرفتند تا عمل آوری شود مدت عمل آوری آزمونه ها ۲۸ روز بود.

۳-۹- آزمایش نمونه ها

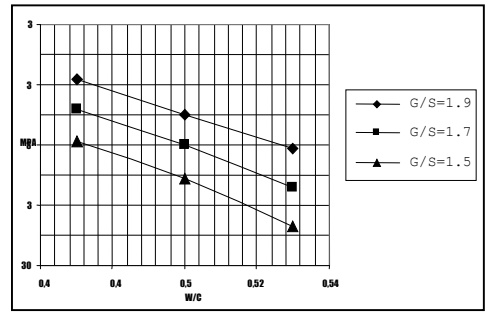
تمامی نمونه ها تحت آزمایش مقاومـت فشـاری قـرار گرفتنـد .برای این منظور پس از در آوردن آزمونه ها از آب بوسیله دستمال رطوبت سطح آنها خشک شده و در زیر دستگاه پرس قرار گرفتنـد و مورد آزمایش قرار گرفتند و نتایج نوشته شدند.

آنچه که از شکلهای گسیختگی نتیجه گرفته شد این بـود کـه سطح اکثر آزمونه ها بصورت ترکهای طولی گسیخته می شـدند و بعضـی از آزمونـه هـا هـم بصـورت شـکافتن و برشـی گسـیخته می شدند.

٤- نمودارها

نتایج حاصل از توزین ، مشخصـات کلـی، نـوع طـرح بـه هـم آمیختن و نتایج مقاومت فشاری آزمونه ها در جدولها نوشته شده و نمودارهای مربوط با توجه به نتایج آزمایشها ترسیم شد.

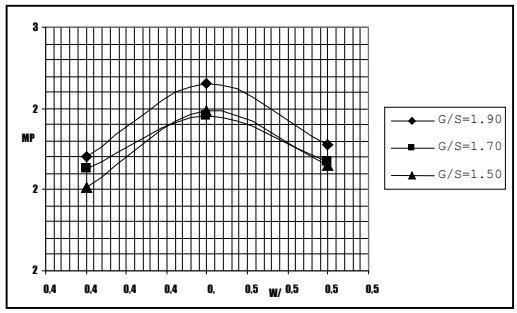
در شکل شماره (۱) دیده می شود که در هر سه حالت G/S برابـر ۱/۱،۷۰/۵۰ و ۱/۹۰، بـا افـزایش W/C مقاومـت فشـاری آزمونه ها کمتر شده است که نتیجـه ای مـورد انتظـار مـی باشـد وهمچنین دیده می شود که بـا افـزایش G/S مقاومـت فشـاری، مقاومت فشاری آزمونه ها افزایش می یابد در هـر حـال بیشـترین مقاومـت فشـاری مربـوط بـه کمتـرین W/C وبیشـترین G/S (W/C=۰/۴۷ و G/S=۱/۹۰) می باشد.



شکل ۱- تغییرات مقاومت فشاری برای G/S مختلف با افزایشW/C

شکل شماره (۲) تغییرات مقاومت فشاری آزمونه های سقوطی نوع اول (۴۲۰=۷*۶۰) را بر حسب W/C برای انواع G/S نشان می دهد همانطور که در نمودار مشاهده می شود در هر سه نوع G/S با افزایش W/C از ۰/۴۷ به ۰/۵۰ مقاومت فشاری افزایش یافته است اما با افزایش W/C از ۰/۵ به ۰/۵۳ مقاومت فشاری در هر سه نوع G/S کاهش یافته است.

تغییرات مقاومت فشاری در آزمونه های سقوطی در انرژی برابر۴۲۰=J ولی با ارتفاع و تعداد متفاوت یعنی (۲۸*۱۵) و (۱۴*۳۰) نیز نتایج مشابه با شکل شماره (۲) را نشان داده اند که با توجه به آنها و شکل شماره (۲) می توان این نتیجه را گرفت که همانطوریکه ویبره زدن بتن باید به اندازه معقول انجام پذیرد عمل ویبره زدن نباید کمتر یا بیشتر از حد لازم صورت گیرد چرا که با زیاد شدن مدت ویبره زدن ممکن است فضای خالی (حباب هوا) در داخل بتن ایجاد شده و مقاومت بتن را کاهش دهد و همچنین کم بودن مدت عمل ویبره زنی باعث می شود که بتن به تراکم نهایی نرسد و در نتیجه باز هم مقاومت فشاری آن کمتر می شود. از طرف دیگر می دانیم که بتن های روان به لرزش و ویبره نمودن کمتری جهت تراکم نهایی نیاز دارند در حالیکه بتن با W/C کم به انرژی زیادتری نیاز دارد. شکل شماره (۲) نشان می دهد که تمام موارد بالا برای آزمونه های سقوطی هم صادق است چون دیده می شود که انرژی ثابت J=۴۲۰ برای نمونه های با W/C=۰/۴۷ کمتر می باشد چرا که مقاومت فشاری این نمونه ها کمتر است (این مورد از خود نمونه ها هم معلوم بود چرا که آزمونه های با W/C=۰/۴۷ وانرژی J=۴۲۰ خیلی متخلخل وکرمو بودند)، برای نمونه های با W/C =۰/۵۰یک انرژی ایده آل می باشد چرا که آزمونه ماکزیمم مقاومت فشاری را نشان داده است. از طرف دیگر همین انرژی برای W/C =۰/۵۳بیشتر از حد معمول بوده که باعث از هم پاشیدن دانه بندی وکمتر شدن مقاومت فشاری گردیده است (البته این مورد هم در حین آزمایش مشاهده می گردید چون در حین آزمایش با W/C=۰/۵۳و J=۰/۴۲ ، همانطور که قبلاً هم اشاره شده آب زیادی از نمونه خارج می شد وسطح آزمونه بصورت کاملاً آبی در می آمد).



شکل ۲- تغییرات مقاومت فشاری آزمونه های سقوطی نوع اول

بنابر این هر W/C متفاوت و G/S متفاوت انرژی خاص خودش را جهت بدست آوردن ماکزیمم تراکم می طلبد که با آزمایشهای متعددی آن انرژی را باید بدست آورد.

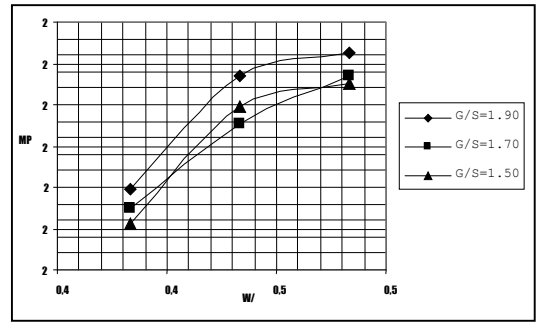
نکته مهم دیگر اینکه در حالیکه با افزایش W/C از ۰/۵۰ به ۰/۵۳ مقاومت فشاری کمتر شده است اما این مقاومت فشاری در شکل شماره (۲) باز هم از حالت W/C=۰/۴۷ بیشتر می باشد و این نشان دهنده آن است که در یک انرژی ثابت آزمونه های با W/C=۰/۵۳ مقاومت بیشتری نسبت به آزمونه هایW/C=۰/۴۷ از خود نشان می دهند و این برای تمام حالات G/S صادق است.

شکل شماره (۳) تغییرات مقاومت فشاری آزمونه های سقوطی نوع اول (۳۱۲=۶*۵۲) را بر حسب W/C برای هر سه حالت G/S نشان می دهد. در این حالت نسبت به سه نمودار قبلی انرژی از ۴۲۰ به ۳۱۲ کاهش داده شده است نتایج مشابه و متفاوتی دیده می شود. مشابه از این جهت که در اینجا هم مثل قبل در حالت G/S=۱/۹۰ مقاومت فشاری آزمونه های سقوطی در هر سه حالت W/C برابر ۰/۴۷ ، ۰/۵ و ۰/۵۳ از حالتهای G/S برابر۱/۵ و ۱/۷ بیشتر هستند. متفاوت از این جهت که در اینجا برخلاف آزمونه های که با انرژی ۴۲۰ متراکم می شوند و با تغییرات W/C از ۰/۵ به ۰/۵۳ مقاومت فشاری کمتر می شود، در اینجا با افزایش W/C از ۰/۵ به ۰/۵۳ باز هم مقاومت فشاری افزایش یافته است. هر چند که از نظر اندازه، مقاومت فشاری آزمونه های سقوطی با انرژی ۳۱۲ نسبت به آزمونه های سقوطی با انرژی J=۴۲۰ ، کمتر یا مساوی هستند. در اینجا هم با افزایش W/C از ۰/۴۷ به ۰/۵ مقاومت فشاری آزمونه ها افزایش یافته است.

تغییرات مقاومت فشاری آزمونه ها با همان انرژی ۳۱۲ ولی با ارتفاع و تعداد متفاوت یعنی (۱۲*۲۶) و (۲۴*۱۳) نیز نتایج مشابه شکل شماره (۳) را نشان داده اند که با توجه به آنها و شکل شماره (۳) می توان به نتایج زیر رسید.

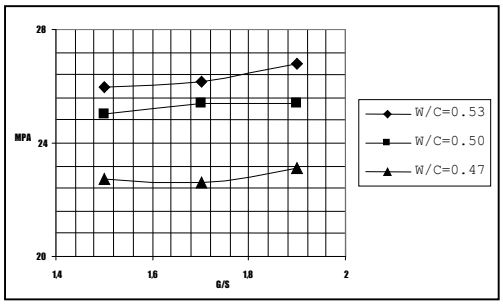
انرژی J=۴۲۰ برای حالت W/C=۰/۵۳ زیادتر از انرژی لازم جهت متراکم نمودن آن بود لذا مقاومت فشاری آزمونه ها را پایین آورد و برای حالت W/C=۰/۴۷ کمتر بود چرا که آزمونه ها بطور کامل متراکم نشده و مقاومت فشاری کمتری را از خود نشان دادند (این مورد از مشاهده نمودن خود آزمونه ها هم مشهود بود چون وقتی آزمونه ها بعد از یک روز از قالب بیرون آورده می شدند فضاهای خالی بزرگ و کوچک و تخلخل زیادی در سطح نمونه ها دیده می شدکه حاکی ازکم بودن انرژی تراکم بود). و همین انرژی J= ۴۲۰ برای حالت W/C=۰/۵۰ یک انرژی تقریبا ایده آل بود. اما وقتی که مقدار انرژی از ۴۲۰ به ۳۱۲ تقلیل یافت مشاهده گردید که انرژی J=۳۱۲ برای حالت W/C =۰/۴۷ کمتر بود – برای W/C =۰/۵۳ یک انرژی تقریباً ایده آل به نظر می رسد چرا که موجب افزایش مقاومت فشاری آزمونه ها در حالت تغییر W/C از ۰/۵۰ به ۰/۵۳ گردیده است و همچنین به این نتیجه می رسیم که انرژی J = ۳۱۲ برای حالت W/C =۰/۵۰ کمتر از انرژی لازم برای تراکم نهایی آن می باشد.

همانطور که در ویبره کردن اگر W/C بیشتر باشد برای متراکم نمودن بتن انرژی کمتری نیاز است در حالت سقوط دادن هم در آزمونه های با نسبت آب به سیمان بالا با انرژی کمتری به مقاومت فشاری بالاتری دست یافتیم.



شکل۳- تغییرات مقاومت فشاری آزمونه ها با ارتفاع متفاوت

تغییرات مقاومت فشاری آزمونه های سقوطی با انرژی های ۴۲۰ و۳۱۲ با ارتفاع سقوط و دفعات سقوط متفاوت که یکی از آنها بعنوان نمونه در شکل شماره(۴) نشان داده شده است حاکی از آن است که در دو حالت انرژی (J=۴۲۰ و J=۳۱۲) با افزایش G/S از ۱/۵ به ۱/۹ مقاومت فشاری آزمونه های سقوطی افزایش می یابد و این روند برای آزمونه های با ارتفاع سقوط و دفعات سقوط متفاوت نیز تقریباً ثابت است.

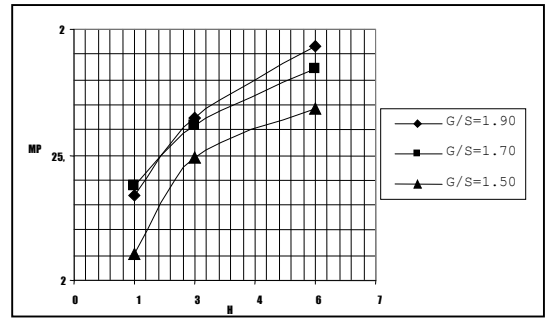


شکل ۴- تغییرات مقاومت فشاری آزمونه ها با انرژی های مختلف

شکل شماره (۵) تغییرات مقاومت فشاری آزمونه های سقوطی را بر حسب ارتفاع وتعداد دفعات سقوط در J=۴۲۰ و W/C =۰/۴۷ نشان می دهد. همانطور که مشاهده می شود وقتی که ارتفاع سقوط افزایش یافته و در مقابل تعداد دفعات سقوط کاهش می یابد مقاومت فشاری افزایش می یابد و این نشان دهنده این است که ارتفاع تاثیر زیادی بر روی مقاومت فشاری نسبت به دفعات سقوط دارد و با دو برابر شدن ارتفاع سقوط و نصف شدن تعداد دفعات سقوط، تاثیر انرژی J=۴۲۰ بر روی آ زمونه ها بیشتر شده ومقاومت فشاری آزمونه ها تا حد تقریباً ۱/۵ مگا پاسکال در حالت ارتفاع سقوط ۶۰ سانتی متر نسبت به ارتفاع سقوط ۱۵ سانتی متر افزایش یافته است.

البته مطلب فوق برای تغییرات مقاومت فشاری برای W/C=۰/۵ و برای W/C=۰/۵۳ نیز صدق می کند فقط با این تفاوت که دو برابر شدن ارتفاع و نصف شدن دفعات سقوط بر روی آزمونه های با W/C کمتر تأثیر زیادتری نسبت به آزمونه های با نسبت آب به سیمان بیشتر می گذارد چرا که اختلاف در مقاومت فشاری مربوط به ارتفاع ۶۰ و ۱۵ سانتی متر برای آزمونه های با W/C =۰/۴۷ برابر ۱/۶۵ مگا پاسکال و برای آزمونه های با W/C =۰/۵۰ برابر ۱/۶۰ مگا پاسکال و برای آزمونه های با W/C =۰/۵۳ برابر ۰/۹۳ مگاپاسکال می باشد.

همچنین نتایج مربوط به تغییرات مقاومت فشاری آزمونه های سقوطی برحسب ارتفاع و تعداد سقوط در انرژی J=۳۱۲ نیز با نتایج انرژی J =۴۲۰ که در بالا ذکر شد مشابه می باشد با این تفاوت که در انرژی پایین (J =۳۱۲) مقاومت فشاری که آزمونه های با W/C=۰/۴۷ جذب کرده اند خیلی کمتر از آزمونه های با W/C برابر ۰/۵۰ و۰/۵۳ می باشد که این نشان دهنده این است که انرژیهای پایین اگر چه برروی آزمونه های با W/C بالا تأثیر زیادی دارند اما بر روی آزمونه های با W/C پایین تأثیر چندانی نمی گذارند.

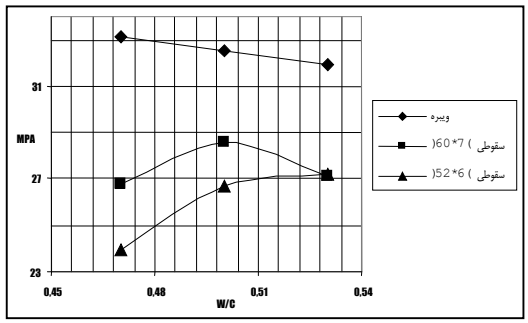


شکل ۵- تغییرات مقاومت فشاری آزمونه های سقوطی در J =۴۲۰ و W/C =۰/۴۷

شکل شماره (۶) مقاومت فشاری آزمونه های سقوطی و ویبره را برحسب W/C در G/S=۱/۹۰ مقایسه می کند که البته در G/S های دیگر نیز نتایج مشابه بدست آمده است.

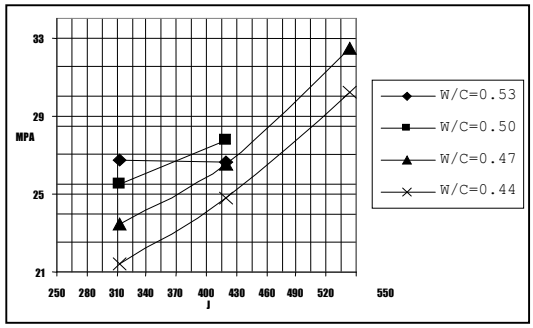
مقاومت فشاری آزمونه های ویبره با افزایش W/C به صورت تقریباً یکنواخت کاهش یافته است. در حالیکه مقاومت فشاری آزمونه های سقوطی نوع اول (۴۲۰=۷*۶۰) با افزایش W/C از۰/۴۷ به۰/۵۰افزایش یافته و بعداً با افزایش آن از۰/۵۰به ۰/۵۳دوباره کاهش یافته است و مقاومت فشاری آزمونه های سقوطی نوع اول (۳۱۲=۶*۵۲)با افزایش W/C از ۰/۴۷ به ۰/۵۳ افزایش یافته است منتها شدت افزایش مقاومت با بیشتر شدن W/C کاهش یافته است و این مورد برای هر سه مورد G/S صادق می باشد. نکته دوم اختلاف مقاومت فشاری آزمونه های سقوطی و ویبره شده از هم می باشد بطو ریکه از نمودارها دیده می شود در نزدیکترین بین مقاومت فشاری آزمونه های سقوطی و ویبره شده حدا قل ۴ الی ۵ مگا پاسگال اختلاف وجود دارد و این نشان دهندۀ نرسیدن آزمونه ها به تراکم نهایی در حالت سقوطی در انرژی ها ی مذکور می باشد.

نکته سوم مقایسه آزمونه های سقوطی در انرژیهای J =۴۲۰ و J =۳۱۲ با همدیگر است همانطوریکه مشاهده می شود در W/C =۰/۴۷ مقاومت فشاری آزمونه های با انرژی J=۴۲۰ حداقل ۳مگا پاسکال از مقاومت فشاری آزمونه های با انرژی J =۳۱۲ بیشتر می باشد که این اختلاف در W/C =۰/۵۰ به ۲مگا پاسکال و در W/C =۰/۵۳ تقریباً به صفر رسیده است و این نشان دهنده این است که آزمونه های با W/C کمتر انرژی وارده را بهتر جذب می کنند در حالیکه در آزمونه های با W/C بیشتر، زیاد بودن انرژی وارده چندان تأثیر نمی کند چنانکه افزایش دادن انرژی از ۳۱۲ به ۴۲۰ در مقاومت فشاری آزمونه های با W/C=۰/۵۳ تاثیر نمی کند و مقاومت فشاری هر دو تقریباً با هم برابر می شوند.



شکل۶- مقاومت فشاری آزمونه های سقوطی و ویبره برحسب W/C در G/S=۱/۹۰

شکل شماره (۷) تغییرات مقاومت فشاری آزمونه های سقوطی اول را برحسب انرژی (J) در G/S=۱/۷۰ نشان می دهد همانطوریکه قبلاً هم اشاره گردیده است آزمونه های با W/C برابر۰/۵۰و۰/۵۳برای دو نوع انرژی J=۳۱۲،J=۴۲۰ مورد آزمایش قرار گرفتند چون آزمونه های با W/C بالا انرژی های بالا را جذب نمی کردند و روان بودن بتن باعث فنریت آن و پریدن بتن به طرف بالا می شد. اما آزمونه های با W/C برابر ۰/۴۷و۰/۴۴ برای سه نوع J=۳۱۲, J =۴۲۰ و J=۵۴۴ قرار گرفتند تا چگونگی تغییر منحنی مقا ومت بر حسب J بصورتی بهتر بیان گردد.

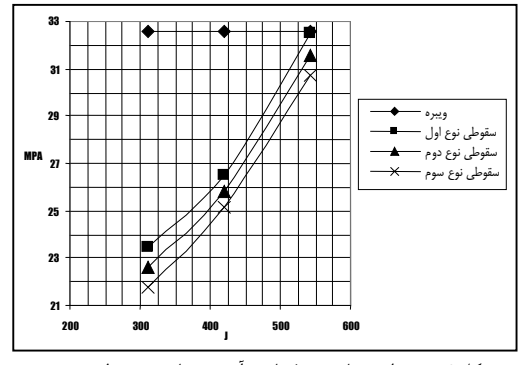


شکل ۷- تغییرات مقاومت فشاری آزمونه های سقوطی برحسب انرژی (J) در G/S=۱/۷۰

همانطورکه مشاهده می گردد در آزمونه های با W/C =۰/۵۳ در هر دو نوع انرژی، مقاومت فشاری تقریباً یکسانی را نشان داده اند اما آزمونه های با W/C=۰/۵۰ با افزایش انرژی، مقاومت فشاری آن هم افزایش یافته است. ازطرف دیگر مقاومت فشاری آزمونه های با W/C برابر ۰/۴۷ و۰/۴۴ هم با افزایش انرژی از ۳۱۲ به ۴۲۰ و از ۴۲۰ به ۵۴۴ افزایش یافته وحتی با افزایش انرژی شدت افزایش مقاومت فشاری بیشتر هم شده است. بطوریکه در انرژی J=544 مقاومت فشاری آزمونه های سقوطی W/C =۰/۴۷ به مقدار ۳۲/۵۰ مگاپاسکال که تقریباً مقاومت

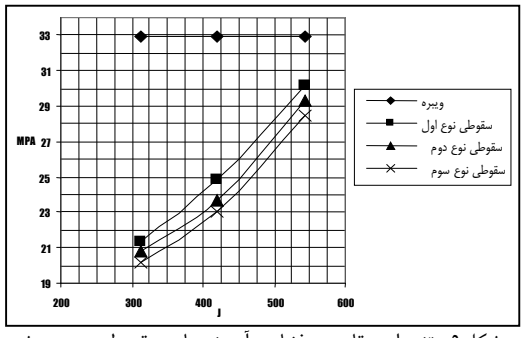
فشاری آزمونه ویبره شده می باشد هم رسیده است و این باز هم نشانگر این است که انرژی وارد شده به آزمونه های با W/C کمتر بهتر جذب شده وآنها مقاومت فشاری زیادتری را حتی در آزمونه های ویبره شده از خود نشان می دهند و می توان گفت که آزمونه های با W/C کمتر روانی و فنریت ندارند لذا نمی توانند انرژی وارده را پس بدهند و ناچاراً انرژی باعث متراکم شدن بتن می گردد.

شکل شماره (۸) تغییرات مقا ومت فشاری آزمونه های سقـوطی و ویبره را در G/S=۱/۷۰ وW/C =۰/۴۷ با هم مقایسه مـی کنـد، قبلا اشاره گردید در آزمونه های با W/C =۰/۵۳ که افزایش انرژی تاثیر چندانی در مقاومت فشاری آنها نمی گذارد اما آزمونه های با W/Cکمتر از ۰/۵۰ تحت تاثیر انرژی وارده قرار مـی گیرنـد و بـا کاهش انرژی، مقاومت آنها بشدت کاهش یافته و با افزایش انرژی مقاومت آنها افزایش می یابد همانطور که مشـاهده مـی گـردد بـا افزایش انرژی به ۵۴۴، مقاومت فشاری آزمونه سقوطی نیز تقریبـاً به مقاومت فشاری آزمونه ویبره شده می رسد. بنابراین مـی تـوان نتیجه گرفت که با افزایش انرژی در آزمونه های سقوطی با W/C کمتر، می توان به تراکم نهایی (مقاومت فشاری آزمونه ویبره شده) هم رسید.



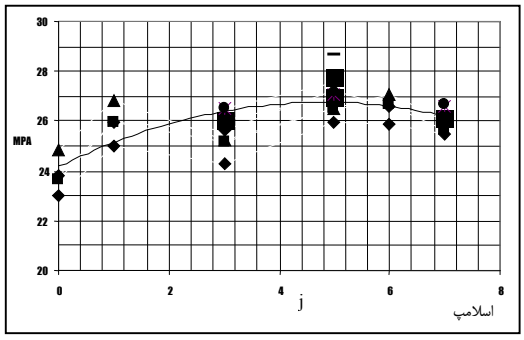
شکل۸- تغییرات مقا ومت فشاری آزمونه های سقـوطی و ویبره در W/C =۰/۴۷وG/S=۱/۷۰

شکل شماره (۹) هم مثل شـکل شـماره (۸) تغییـرات مقاومـت فشاری آزمونه های سـقوطی و متـراکم شـده بـا ویبـره رابررسـی می کند و چون در این حالت نسبت آب بـه سـیمان خیلـی کمتـر می باشد بنابراین برای اینکه مقاومت فشاری آزمونه ها به مقاومت فشاری آزمونه های متراکم شده با ویبـره برسـد انـرژی بیشـتری (حتی بیشتر از ۵۴۴) لازم است. بنابراین هر چقدر نسبت آب به سیمان بتن کمتر باشد بتن بخاطر سفت بودن به انرژی زیادی نیاز دارد تا به حداکثر مقاومت فشاری خود برسد.



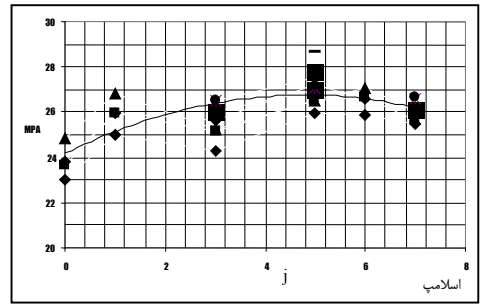
شکل۹- تغییرات مقا ومت فشاری آزمونه های سقـوطی و ویبره شده

شکل شمـاره (۱۰) رابطه مقاومت فشاری آزمـونه های سقوطی با تراکم J=۴۲۰ را بر حسب اسلامپ آزمونه ها نشان می دهـد و دیده می شود که با افزایش اسلامپ بتن از صفر تا پـنج مقاومـت آزمونه ها بیشتر شده و با افزایش اسلامپ از پنج تا هفت مقاومـت آزمونه ها بتدریج کمتر شده است و این نشان دهنده آن است کـه در آزمونه های با روانی بیشتر از پنج سانتیمتر انرژی تراکم J=۴۲۰ بیشتر بوده و موجب جدا شدگی دانه بندی گردیده است.



شکل۱۰- رابطه مقاومت فشاری آزمـونه های سقوطی با تراکم J=۴۲۰

شکل شماره (۱۱) رابطه مقاومت فشاری آزمونه هـای سـقوطی J=۳۱۲ را بر حسب اسلامپ نشان می دهد که با افزایش اسلامپ بتن از صفر تا هفت مقاومت فشاری آزمونه ها افزایش یافته اسـت واین نشـان دهنده این است که اگر بخـواهیم آزمـونـه هـا را بـا J=۳۱۲ متراکم کنیم باید کارایی بتن بیشتر باشـد تـا بـه مقاومـت فشاری بزرگتری دست یابیم.



شکل۱۱- رابطه مقاومت فشاری آزمونه های سقوطی J=۳۱۲ را بر حسب اسلامپ

۵- نتیجه گیری نهایی

با توجه به توضیحاتی که در قسمت قبل درباره نمودار ها بیان شد وبا استفاده از نتایج آزمایشها می توان در حالت کلی نتایج زیر را بدست آورد:

۱- آزمونه های با نسبت آب به سیمان کمتر از ۰/۵۰ با روش سقوط دادن خیلی بهتر متراکم می شوند وروش سقوط آزاد برای بتنهای با W/C کمتر از ۰/۵۰ موثر واقع می شود و حتی در بعضی مواقع آزمونه های با W/C پایین، مقاومت فشاری بیشتری را نسبت به آزمونه های ویبره شده از خود نشان می دهند لذا بطور کلی سقوط دادن نمونه ها برای متراکم نمودن آنها نتیجه ای قابل قبول داشته و در صورت لزوم می توان با بکار بردن این روش بجای ویبره زدن بتن مورد نظر را متراکم نمود منتهی برای رسیدن به تراکم نهایی (کامل) انرژی زیادی نیاز می باشد. البته می توان با ساخت دستگاهی که بتواند بطور خودکار آزمونه ها را بالا برده وبصورت قائم سقوط دهد این مشکل را حل نمود. بخصوص در کارخانه هایی که قالبهای پیش ساخته درست می کنند با استفاده از دستگاهی برقی که بتواند عمل فوق را انجام دهد می توان به نحو موثری در متراکم نمودن بتن از این روش استفاده نمود اما در آزمونه های با W/C بالاتر از ۰/۵۰ با انرژی کمتری می توان بتن را متراکم نمود ولی هیچ وقت به تراکم نهایی (کامل) نزدیک نمی شود و مقاومت فشاری پایین تری را در حالت سقوط آزاد از خود نشان می دهد واین بدان معنی است که روش سقوط آزاد برای بتن با نسبت آب به سیمان بالاتر از۰/۵۰ روش خوبی نبوده و مقاومت فشاری بتن با انرژی وارده بر آن تناسب نداشته بلکه در یک حد معمول باقی می ماند.

۲- همانطوریکه قبلا اشاره گردید Bresson و Brusin به این نتیجه رسیده اند که برای هر مخلوط یک مقدار بهینه انرژی جهت تراکم وجود دارد [۱۳] نتیجه بالا نه تنها در حالت ویبره زدن، بلکه در حالت سقوط آزاد بتنهای با نسبت آب به سیمان کمتر نیز صادق است. همانطور که در حالت ویبره زدن هر نوع بتن انرژی خاص خودش را می طلبد تا به مقاومت نهایی برسد در حالت سقوط دادن هم برای هر مخلوط یک مقدار انرژی خاص لازم است تا به مقاومت نهایی برسد بطوریکه آزمونه های با W/C=0/47 در انرژی تراکم۵۴۴ =J تقریبا به تراکم نهایی رسیده اند.

۳- همانطور که از نمودارها پیداست در حالت سقوط آزاد از ارتفاع بیشتر و تعداد سقوط کم در یک انرژی ثابت به مقاومت فشاری بیشتری دست یافتیم این بیانگر این است که با زیاد نمودن ارتفاع تا یک حد معمول می توان مقاومت فشاری بالاتری دست یافت از طرف دیگر باید هزینه قالبها وحتی بالابردن به ارتفاع زیاد را باید در نظر گرفت چون در حین آزمایش، همانطوریکه قبلاً اشاره گردیده است دیده می شود که قالبهایی که از ارتفاع زیاد سقوط داده می شدند خسارت زیادی می دیدند در حالیکه قالبهایی که از ارتفاع کم سقوط داده می شدند اصلاً آسیبی برآنها وارد نمی شد و از طرف دیگر انرژی زیادی لازم است تا قالب را به ارتفاع زیاد بالا برد در حالیکه در ارتفاع کم با انرژی خیلی کمتری می توان قالب را بالا برد وسقوط داد. با توجه به مراتب بالا و با عنایت به اینکه تفاوت مقاومت فشاری دو حالت سقوط دادن از ارتفاع زیاد و ارتفاع کم ۱ الی ۱/۵ مگا پاسگال می باشد که مقدار چندان قابل توجهی نیست نتیجه می شود که سقوط دادن از ارتفاع کم به دفعات بیشترموثرتر و اقتصادی تر از حالت سقوط دادن از ارتفاع زیاد ودفعات کمتر می باشد لذا اگر روش سقوط آزاد بعنوان روشی برای تراکم بتن مورد استفاده قرارگیرد پیشنهاد می شود که دفعات سقوط زیادتر و از ارتفاع کمتر اختیار شود تا به قالبها و اعضاء متشکله آسیبی نرسد و با یک یا دوبار اضافه سقوط دادن (با کمی انرژی بیشتر از مورد نظر) می توان به مقاومت فشاری آزمونه هایی که از ارتفاع زیاد وبه دفعات کمتر سقوط داده می شود رسید.

از طرف دیگرسقوط دادن آزمونه ها از ارتفاع بیشتر برای بتن های بانسبت آب به سیمان بیشتر از ۰/۵ مقاومت فشاری کمتری را نتیجه می دهد چون در این حالت جدا شدگی دانه بندی بتن صورت می گیرد.

در بین تمام آزمونه های درست شده اعم ازآزمونه های سقوطی و ویبره شده با هر نسبت آب به سیمان، آزمونه های با G/S=۱/۹۰ مقاومت فشاری بیشتری را از خود نشان داده اند که این نشان می دهد ترکیب شن و ماسه در حالت G/S=۱/۹۰ برای تمام حالات ترکیب ایده آلی می باشد.

اگر از نظر انتقال انرژی به بتن (وارد نمودن انرژی به بتن) محدویت وجود داشته باشد و یا در صورت امکان نتوانیم انرژی لازم (انرژی زیادی) را به بتن وارد نماییم. و یا اینکه مقدار انرژی

ثابت باشد پیشنهاد می شود که بتن به نسبت آب به سیمان برابر ۰/۵ و یا کمی بیشتر از آن ساخته شود چرا که در حالت W/C=۰/۵ جذب انرژی وارده از طرف بتن خیلی خوب صورت گرفته و براحتی متراکم شده ومقاومت فشاری بیشتری را نشان می دهد.

اگر از نظر کارآرایی آزمونه های سقوطی را بررسی نمائیم نتیجه گرفته می شود که در حالتی که اسلامپ بتن برابر ۵ باشد مخلوط بتن در اثر سقوط دادن مقاومت فشاری بیشتری را از خود نشان می دهد.

٦- منابع:

1. "ACI Manual of Concrete Practice", Part I,(1998).
2. ASTM Standard on Concrete and Mineral Aggregates, Section4, Contruction, Vol. 04.02, American Society for Testing and Materials, Philadelphia, (1985).
3. American Concrete Institute, "Building Code Requirements for Structural Concrete" (ACI 318-05).
4. ASTM Standards on Cement, Gypsum, Section 4, Construction, Vol. 04.01.
5. British Standards Institution, BS.8110:, Structural Use of Concrete, (1985).
6. ACI Committee 318, "Building Code Requirement for Reinforced Concrete" (ACI 318-83), (1983).
7. Neville, A.M. "Properties of Concrete", 3rd. Ed. , Pitman, (1981).
8. Nilson, A.H. and Winter, G. "Design of Concrete structures" 10td. Ed. , McGraw-Hill, (1986).
9. Fintel, M. " Handbook of Concrete Engineering" 2nd. Ed. , Van Nostrand Reinhold, (1985).
10. Neville, G.B. "Notes on ACI 318-83", 4th. Ed., PCA, (1984).
۱۱- آزمایشهای بتن سفت شده.۱۳۶۶. نشریه شماره ۷۲ مرکز تحقیقات ساختمان
۱۲- فامیلی، هرمز. ۱۳۶۹. بتن شناسی. انتشارات علم و صنعت
۱۳- رمضانیان پور، علی اکبر و شاه نظری. ۱۳۶۹. تکنولوژی بتن. انتشارات علم و صنعت
۱۴- قالیبافیان، مهدی و سلطانی عربشاهی، کامیار. ۱۳۷۱. اجرای ساختمانهای بتن آرمه. انتشارات دهخدا

Studying Concrete Compression with Free Fall on the Pressed Swing of Tight Concrete

Sh. Sharifi
Depatment of Civil Engineering, Maku Branch, Islamic Azad university, Maku, Iran

Abstract
This article deals with a tentative method of concrete compression and the measurement of compressional resistance. The subject of free fall for concrete compression has not received adeqaute attention so far. .In this research, the compresional resistance of compressed concrete with free fall is compared with the compressed concrete by trembling bed. To do so, 176 cylinderical testing case with dimensions of 30×15 cm were made. The concrete casting was accomplished in the laboratory of the technical college in 88 stages. Construction of the testing case was on the basis of suggested factors effective on the result of tests including the amount of compression energy, the height and time of fall in every energy, the ratio of water to cement (W/C) and gravel to sand (G/S).All of the testing cases (after testing) were broken under press machinery at the age of 28 days simultaneously.The result obtained from breaking of the free fall and vibrated testing case accomplished by press machinery have been represented in different tables and charts.

keywords :
compressional resistance, free fall, ratio of water to cement (W/C), ratio of gravel to sand (G/S), compression energy(J)