رویکردهای نوین در مهندسی عمران
دوره ششم، شماره سوم، ۱۴۰۱، صفحه:۴۴- ۵۸

بررسی درز سرد بتن برای تعیین زاویه بهینه با افزودنی اکسید کلسیم در بتن ثانویه

صفا زیبایی[۱]، سیدرحیم بهارآور[*۲]

[۱] کارشناس ارشد مهندسی عمران-سازه، موسسه آموزش عالی شمس، گنبد کاووس، ایران

*[*۲] استادیار، گروه مهندسی عمران، موسسه آموزش عالی شمس، گنبد کاووس، ایران(seyedbah80@gmail.com)*

(تاریخ دریافت مقاله: ۱۴۰۱/۰۶/۲۲، تاریخ پذیرش مقاله: ۱۴۰۱/۰۸/۲۹)

چکیده

یکی از مشکلات رایج در صنعت ساختمان ایجاد درز سرد بین لایه های مختلف بتن در هنگام بتن ریزی می باشد که به دلیل تاخیر در مراحل بتن ریزی اتفاق می افتد. ایجاد درز سرد در سازه های بتنی باعث کاهش مقاومت فشاری و کششی بتن می گردد. در این مقاله سعی شده است تا با بررسی نمونه های بتنی در زوایای مختلف و تاخیر زمانی در مراحل بتن ریزی بر مقاومت بتن که کمتر مورد توجه محققان قرار گرفته است, بررسی شود. در این مقاله برای بدست آوردن زاویه بهینه از نمونه های بتنی در زوایای صفر، ۳۰، ۳۵، ۴۰، ۴۵ درجه استفاده شده است. برای بدست آوردن مقاومت فشاری بتن از نمونه های مکعبی و برای بدست آوردن مقاومت کششی برزیلی بتن از نمونه های استوانه ای استفاده گردید. در نمونه های بتنی در لایه اول از بتن معمولی با طرح اختلاط معین و در لایه دوم از ماده افزودنی کلسیم اکسید به مقدار ۱۵٪ سیمان مصرفی استفاده گردید. با بهره گیری از این روش شاهد افزایش چسبندگی بتن بین لایه اول و دوم و همچنین باعث افزایش مقاومت فشاری و کششی در بتن گردید.

کلمات کلیدی

اکسید کلسیم، درز سرد، زاویه بهینه، بتن ثانویه.

رویکردهای نوین در مهندسی عمران
دوره ششم، شماره سوم، ۱۴۰۱، صفحه:۴۴- ۵۸

Investigation of Cold Concrete Joint to Determine the Optimal Angle with Calcium Oxide Additive in Secondary Concrete

Safa Zibayi [1], Seyed Rahim Baharavar [2*]

[1] M. Sc. Of Structural Engineering, Department of Civil Engineering, Shams Higher Education Institute, Gonbad Kavus, Iran

*[*2] Assistant Professor, Department of Civil Engineering, Shams Higher Education Institute, Gonbad Kavus, Iran (seyedbah80@gmail.com)*

(Date of received: 13/09/2022, Date of accepted: 20/11/2022)

ABSTRACT

One of the common problems in the construction industry is the creation of cold joints between different layers of concrete during concreting, which occurs due to delays in the concreting process. Creating cold joints in concrete structures reduces the compressive and tensile strength of concrete. In this paper, we have tried to study the concrete strength of concrete samples by examining concrete samples from different angles and time delays in the concreting stages, which has received less attention from researchers. In this paper, concrete samples at zero, 30, 35, 40, 45 degree angles are used to obtain the optimal angle. Cubic samples were used to obtain the compressive strength of concrete and cylindrical specimens were used to obtain the Brazilian tensile strength of concrete. In concrete samples, in the first layer, ordinary concrete with a specific mixing design and in the second layer, calcium oxide additive in the amount of 15% cements were used. Using this method, we witnessed an increase in the adhesion of concrete between the first and second layers and also increased the compressive and tensile strength of concrete.

Keywords:

Calcium oxide, Cold seam, Optimal angle, Secondary concrete.

۱- مقدمه

یکی از مشکلات رایج در اجرای سازه های بتنی ایجاد درز سرد می باشد. درزهای سرد با توجه به محل ایجاد و کاربری سازه از نظر مقاومت سازه ای می توانند دارای اهمیت باشند. امروزه در اجرای سازه های بتنی استفاده از شیوه های اجرای صحیح بتن ریزی براساس ضوابط و آیین نامه ها جهت ارتقاء کیفیت بتن و افزایش مقاومت سازه امری ضروری به شمار می رود. به همین دلیل ایجاد درز سرد در مراحل بتن ریزی که ناشی از تاخیر در مراحل یکپارچگی بتن ریزی و زمان ماندگاری بتن در کارگاه می باشد, یکی از مهمترین مسائلی است که همواره در کارگاه های ساختمانی مطرح گردیده زیرا ایجاد درز سرد تاثیر زیادی بر مقاومت بتن دارد که می توان با به کارگیری زمان مناسب در روند اجرای لایه های بعدی بتن , از کاهش مقاومت ناشی از درز سرد بطور چشمگیری جلوگیری کرد و در این راستا با استفاده از زمان و زوایای بهینه به این مهم دست یافت. بنابراین انجام تحقیق در رابطه با روشن ساختن وضعیت درز سرد در کارگاه جهت بهبود مقاومت بتن امری اجتناب ناپذیر است. به همین دلیل با استفاده از نتایج این تحقیق اثرات نامناسب درز سرد که بر مقاومت بتن به وجود می آید را به حداقل رساند و رابطه زمانی مناسبی را برای ایجاد بتن ریزی یکپارچه و زمان ماندگاری بتن در کیفیت ساخت و استانداردسازی با هدف مقاوم بودن ساختمان ها محقق ساخت. در این مقاله با شبیه سازی نمونه های بتنی تاثیر زاویه سطح درز سرد و تاخیر زمانی در مراحل بتن ریزی بر مقاومت بتن که کمتر مورد توجه محققان قرارگرفته است, بررسی میشود و پرداختن به این موضوع هدف اصلی تحقیق حاضر می باشد. با توجه به آنچه بیان شد در این مقاله این سوال اساسی بیان می شود که چگونه می توان وضعیت مناسب درز سرد را جهت جلوگیری از کاهش مقاومت بتن در آن نقطه تعیین نمود؟ این مقاله براساس بررسی و تحقیق های آزمایشگاهی در جستجوی پاسخ سوال مطرح شده می باشد. طبق تحقیقات انجام شده توسط تورس, لوئیس فیلیپه پرادا و همکارانش در اتصالات مورب, ایجاد درز سرد به هر دلیلی باعث افت مقاومتی بیش از ۳۰٪ بتن می شود که برای جلوگیری از کاهش مقاومت در بتن, افزایش چسبندگی در محل ایجاد درز سرد به کمک افزودنی اکسید کلسیم را پیشنهاد دادند. اکسید کلسیم به عنوان افزودنی بتن باعث افزایش مقاومت سیمان در همان گیرش اولیه و جلوگیری از هدررفت آب بتن گردید.[۱] در تحقیقات دیگری که در دانشگاه آرتوین کوروه توسط کارا آرتوین و همکارانش انجام شد به نتایجی مشابهی دست یافتند که استفاده از افزودنی اکسید کلسیم در بتن اولیه باعث افزایش مقاومت فشاری, کششی و خمشی در بتن گردیده و از ایجاد درز سرد جلوگیری می کند.[۲]

۲- روش تحقیق

امروزه بکارگیری از سازه های بتنی در جهان به دلیل عمر بسیار زیاد, مقاومت در برابر آتش سوزی, فراوانی و در دسترس بودن مصالح , شکل پذیری و مقاومت فشاری بالا رو به افزایش می باشد.اجزای تشکیل دهنده بتن شامل سنگدانه ها , سیمان , آب و مواد افزودنی هستند. هر یک از این مواد در تشکیل بتن نقش مهمی را ایفا می کنند. سنگدانه ها به عنوان پر کننده و تحمل کننده بار وارد بر سازه , سیمان به عنوان ماده چسبنده , آب به عنوان روان کننده در بتن و مواد افزودنی برای بدست آوردن حداکثر مقاومت و کارایی بتن در شرایط خاص مورد استفاده قرار می گیرد. در این فصل به معرفی مصالح استفاده شده و استاندارد , مواد افزودنی و دلیل انتخاب آنها و روش های تحقیق و طرح اختلاط نمونه بتنی در آزمایشگاه اشاره می کنیم.

۲-۱- مصالح مورد استفاده در تحقیق حاضر

مصالح استفاده شده در این پژوهش شامل : سیمان , سنگدانه (شن و ماسه) , آب و مواد افزودنی کلسیم اکسید می باشند که در ادامه به معرفی هر یک از آنها میپردازیم.

۲-۱- ۱- سیمان مصرفی

سیمان استفاده شده در این آزمایش از نوع سیمان تیپ ۲-۳۲۵ محصول کارخانه پیوند گلستان می باشد. این سیمان به علت فاز آلومینات دارای مقاومت متوسط در برابر حمله سولفات ها می باشد. از طرفی به علت حرارت هیدراتاسیون متوسط آن, در بتن ریزی های تقریبا حجیم قابل استفاده می باشد.

۲-۱- ۲- آب مصرفی

آب آشامیدنی در بتن مناسب بوده و نیازی به آزمایش ندارد. بنابراین در تمامی آزمایشات از آب آشامیدنی شهرستان گنبدکاووس در طرح اختلاط بتن استفاده می شود. مشخصات فیزیکی و شیمیایی آب آشامیدنی شهرستان گنبدکاووس طبق آزمایشات انجام شده بدین صورت می باشد که میانگین کلر باقیمانده, نیترات, سختی, فلوراید برحسب میلی گرم درلیتر در آب شرب به ترتیب برابر با ۰,۲۱ ±۰,۱۷ , ۱,۵۵±۰,۶۷ , ۲۷۶±۱۴۲ , ۰,۲۰۵±۰,۱۸ بود. میانگین غلظت هدایت الکتریکی و مواد جامد محلول به ترتیب برابر با ۷۶۶±۳۱۵ میکرو زیمنس بر سانتی متر و ۶۶۰±۱۲۳ میلی گرم در لیتر بدست آمد. نتایج نشان می دهد که اختلاف آماری معنی داری بین مقادیر این پارامترها با مقادیر استاندارد ملی وجود ندارد.[۳]

۲-۱-۳- سنگدانه های استفاده شده در اختلاط بتن

سنگدانه ها در بتن معمولا ۷۰ درصد از حجم بتن را تشکیل می دهند.نقش سنگدانه ها در بتن از لحاظ ویژگی ها, طرح اختلاط و مسائل اقتصادی دارای اهمیت زیادی می باشند و دیگر عامل مهم آنها انجام واکنش شیمیایی با سیمان و تشکیل ماده یکنواخت و با مقاومت بالا می باشد. سنگدانه های بزرگتر از ۴/۷۵ میلی متر (الک شماره ۴) را سنگدانه درشت یا شن , و سنگدانه های ریزتر از ۴/۷۵ میلی متر را سنگدانه ریز یا ماسه می گویند.[۴]و[۵]و[۶] سنگدانه های استفاده شده در این آزمایش از نوع طبیعی با وزن معمولی که از سنگ شکن های اطراف شهرستان گنبدکاووس مستقر می باشند تهیه شده است. حداکثر اندازه درشت دانه استفاده شده در این آزمایش ۱۲/۵ میلی متر است.

جدول ۱: اندازه درشت دانه استفاده شده.

بزرگترین اندازه اسمی سنگدانه [میلیمتر]	وزن نمونه (حداقل) [کیلوگرم]
۳۷/۵	۶
۲۵	۴
۱۹	۳
۱۲/۵	۲
۹/۵	۱/۵
۴/۷۵	۰/۵

۲-۱-۴-اکسید کلسیم مورد استفاده در بتن

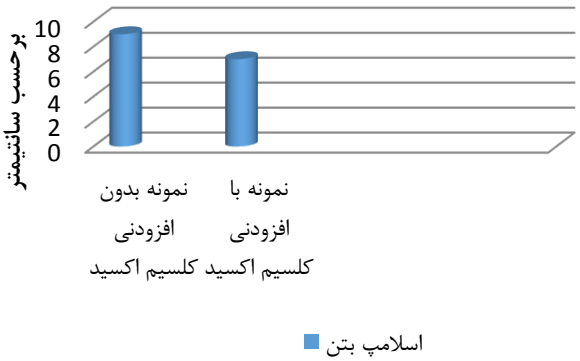
اکسید کلسیم استفاده شده در بتن صرفا به عنوان ماده افزودنی در بتن مورد استفاده قرار می گیرد تا بتواند کارایی و مقاومت بتن را افزایش دهد.

جدول ۲: ویژگیهای اکسید کلسیم.

فرمول مولکولی	کلسیم اکسید
جرم مولی	۵۶,۰۷۷ g/mol
شکل ظاهری	جامد سفید
چگالی	جامد, ۳۳۵۰ kg/m3
دمای ذوب	۲۵۷۲ °c (2845 k)
دمای جوش	2850 °c (3123 k)
انحلال پذیری در آب	واکنش می دهد

۲-۲-اسلامپ بتن مصرفی

نمودار اسلامپ بتن های استفاده شده در آزمایش در شکل (۱) به صورت نمودار نشان داده شده است.



شکل ۱: نمودار اسلامپ بتن مصرفی برحسب سانتی متر.

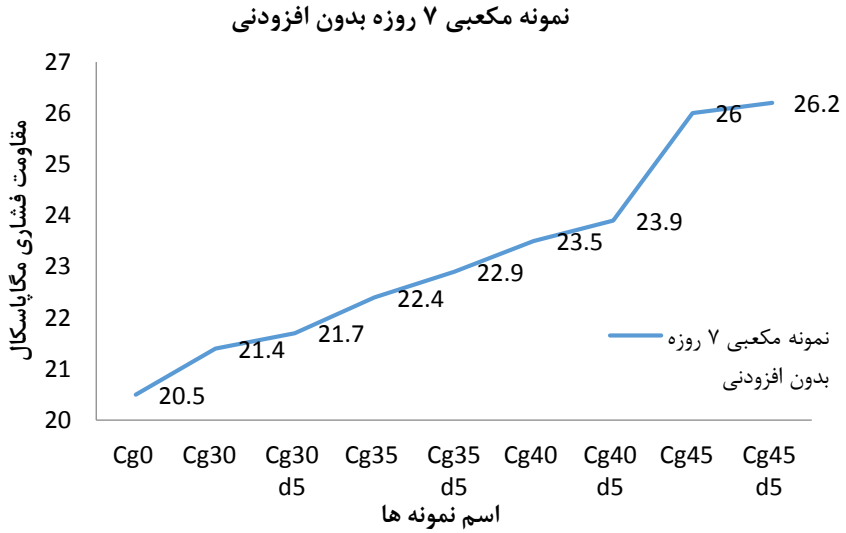
۳- تجزیه و تحلیل نتایج

۳-۱-مقاومت فشاری بتن

برای بدست آوردن مقاومت فشاری بتن در مرحله اول قالب های بتنی مکعبی و استوانه ای را تحت زوایای صفر، ۳۰، ۳۵، ۴۰ و ۴۵ درجه به کمک نقاله قرار دادیم و در ادامه لایه اولیه بتن را با توجه به طرح اختلاط محاسبه شده که قبلا توضیح دادیم درست کرده و درون قالب های مکعبی و استوانه ای ریختیم. پس از گذشت ۲۴ ساعت لایه دوم را با همان طرح اختلاط ولی به جای ۱۵ درصد از سیمان مصرفی از ماده افزودنی کلسیم اکسید استفاده کرده و لایه دوم را داخل قالب ها ریختیم. روز بعد و پس از گذشت ۲۴ ساعت نمونه ها را از قالب ها خارج کرده و درون استخر منتقل کردیم. برای هر زاویه ۶ نمونه را بتن ریزی انجام دادیم تا ۳ نمونه را برای شکستن پس از ۷ روز و ۳ نمونه دیگر را برای شکستن پس از گذشت ۲۸ روز داشته باشیم.[۸]

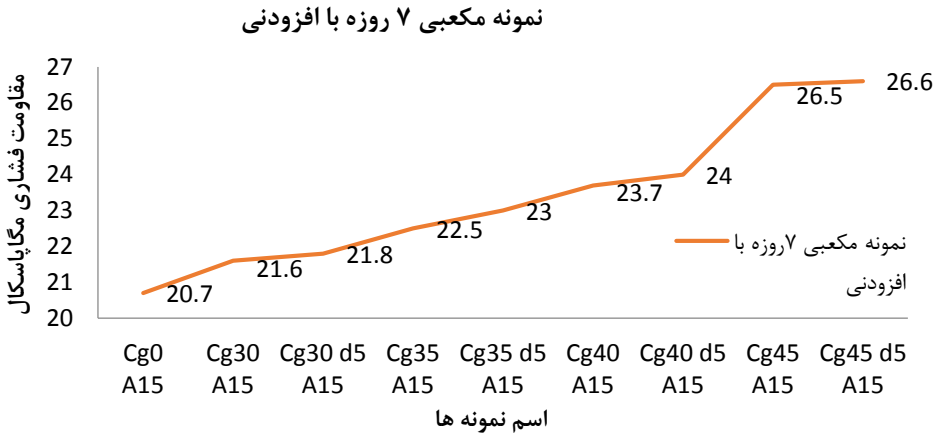
شکل ۲: تصویر قرارگیری نمونه های بتنی مکعبی در دستگاه.

پس از ۶ روز نمونه های مکعبی را از استخر خارج کردیم و یک روز بعد نمونه ها را درون دستگاه تعیین مقاومت فشاری قرار داده و نتایج را یادداشت کردیم.نتایج ۷ روزه نمونه های مکعبی بتن معمولی بدون افزودنی را نیز به همان طریق درون دستگاه تعیین مقاومت فشاری قرار داده و نتایج ثبت شده است. نتایج ۷ روزه نمونه های مکعبی بتن معمولی بدون افزودنی در شکل (۳) و نمونه های مکعبی ۷ روزه با افزودنی اکسید کلسیم در شکل (۴) به صورت نمودار نمایش داده شده است.



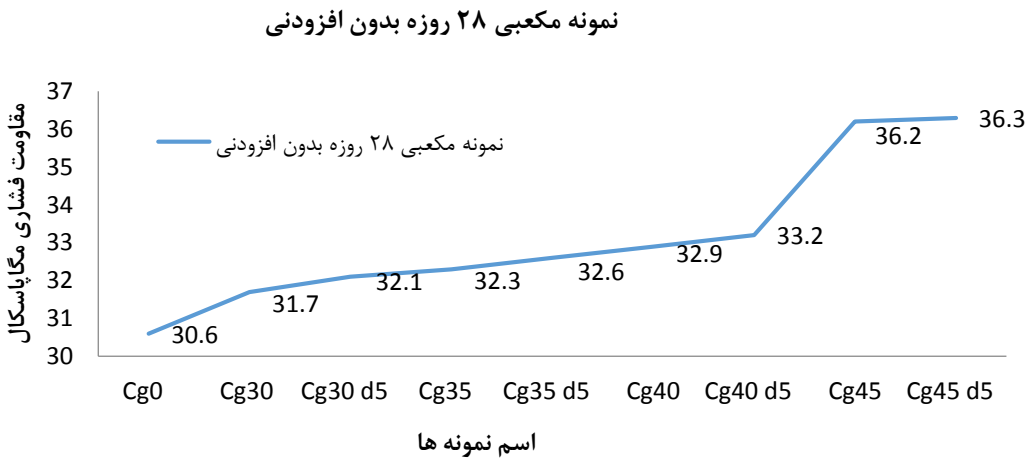
شکل ۳ : نمودار مقاومت فشاری ۷ روزه نمونه های مکعبی برحسب مگا پاسکال.

در شکل (۳) که مربوط به نمونه های مکعبی بدون افزودنی کلسیم اکسید می باشند , زمانی که نمونه ها زیر دستگاه قرار گرفتند در نمونه اول که دارای زاویه صفر درجه بود زیر بار دستگاه بدون رسیدن به حد بار نهایی از محل درز خود جدا شد. در زوایای ۳۰ و ۳۵ و۴۰ درجه نمونه ها, هم از محل فشار وار شده از طرف دستگاه و هم از محل ایجاد درز سرد ترک خورد که با اعمال نیروی خارجی بعد از انجام آزمایش فشاری توسط ضربه چکش ابتدا از ناحیه درز سرد و سپس از محل فشار وارد شده جدا گردید. در نمونه مربوط به زاویه ۴۵ درجه از محل اعمال فشار دستگاه نمونه بتنی از هم جدا گردید. مقاومت فشاری نمونه بتن شاهد ۷ روزه بدون افزودنی کلسیم اکسید ۲۵/۶ مگاپاسکال بدست آمد که نمونه مورد نظر از محل ایجاد فشار دستگاه از هم جدا شد.



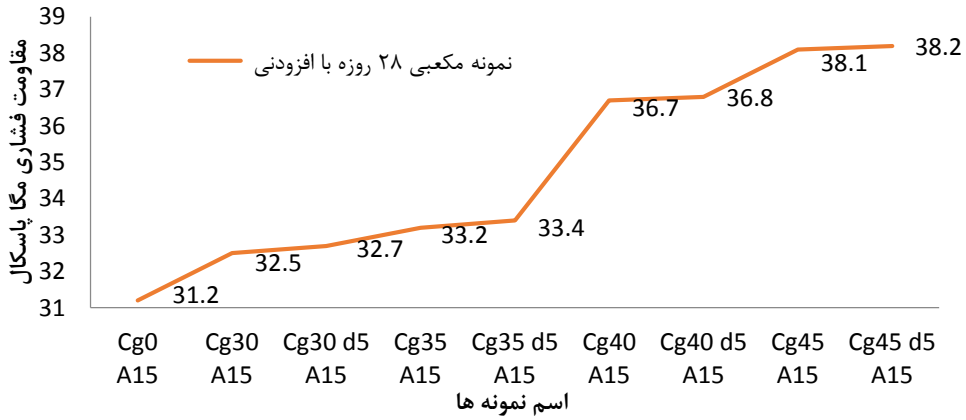
شکل ۴: نمودار مقاومت فشاری ۷ روزه نمونه های مکعبی با افزودنی اکسیدکلسیم بر حسب مگاپاسکال.

در شکل (۴) که مربوط به نمونه های مکعبی ۷ روزه با افزودنی کلسیم اکسید در لایه دوم بتن می باشد در زاویه صفر درجه از محل ایجاد درز سرد از هم جدا شد. در زوایای ۳۰ و ۳۵ و ۴۰ درجه با قرار دادن درون دستگاه جک فشاری نمونه ها هم از محل ایجاد فشار وارده از طرف دستگاه و هم از محل ایجاد درز سرد ترک خوردند با این تفاوت که با اعمال نیروی خارجی بعد از انجام آزمایش فشاری توسط ضربه چکش بر روی نمونه ها در زوایای ۳۰ و ۳۵ درجه ابتدا از محل ایجاد درز سرد و سپس از محل ایجاد فشار وارده از طرف دستگاه نمونه ها از هم جدا گردید ولی در نمونه مربوط به زاویه ۴۰ درجه پس از اعمال نیروی خارجی بعد از انجام آزمایش فشاری توسط ضربه چکش ابتدا از محل فشار وارد شده از طرف دستگاه و سپس از محل ایجاد تشکیل درز سرد نمونه ها از هم جدا گردید. در زاویه ۴۵ درجه نمونه از محل ایجاد فشار از هم جدا گردید. مقاومت فشاری نمونه بتن شاهد ۷ روزه با افزودنی کلسیم اکسید در لایه دوم بتن ریزی مقدار ۲۶/۳ مگاپاسکال بدست آمد. با گذشت ۲۷ روز نمونه های مکعبی باقیمانده را از درون استخر خارج کرده و روز بعد درون دستگاه تعیین مقاومت فشاری قرار داده و نتایج بدست آمده را یادداشت کردیم.نتایج ۲۸ روزه نمونه های مکعبی بدون افزودنی با شکل(۵) و نمونه های مکعبی ۲۸ روزه با افزودنی کلسیم اکسید با شکل(۶) نشان داده شده است.



شکل ۵: نمودار مقاومت فشاری ۲۸ روزه نمونه های مکعبی بر حسب مگاپاسکال.

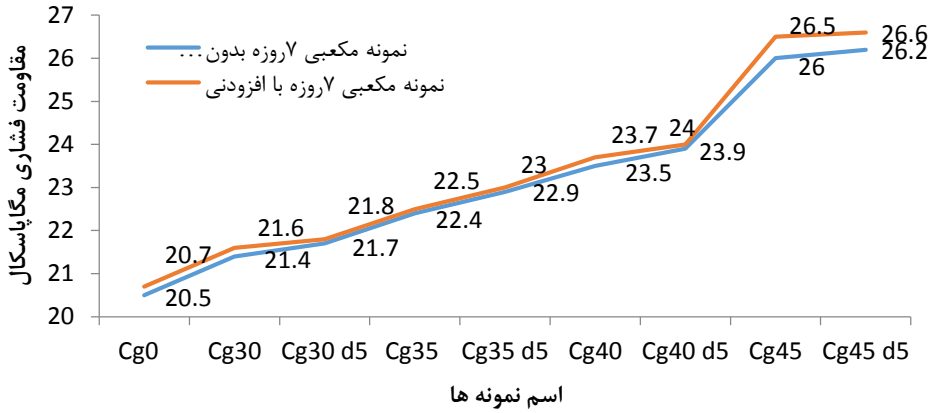
با بررسی شکل (۵) که مربوط به نمونه های مکعبی ۲۸ روزه بدون افزودنی کلسیم اکسید می باشد در زاویه صفر درجه نمونه ها از محل ایجاد درز سرد جدا شد. در زوایای ۳۰ و۳۵ و۴۰ درجه نمونه ها هم از محل ایجاد درز سرد و هم از محل فشار وارده از طرف دستگاه ترک خوردند, که با اعمال نیروی خارجی بعد از انجام آزمایش فشاری توسط ضربه چکش نمونه ها از محل ایجاد درز سرد از هم جدا شدند.در زاویه ۴۵ درجه نمونه ها هم از محل فشار وارده از طرف دستگاه و هم از محل ایجاد درز سرد ترک خورد که با اعمال نیروی خارجی بعد از انجام آزمایش فشاری توسط ضربه چکش از محل ایجاد فشار وار شده توسط دستگاه جک فشاری از هم جدا گردید. مقاومت فشاری نمونه بتن شاهد ۲۸ روزه بدون افزودنی کلسیم اکسید ۳۶/۱مگاپاسکال بدست آمد.



شکل ۶: نمودار مقاومت فشاری ۲۸ روزه نمونه های مکعبی باافزودنی اکسیدکلسیم برحسب مگاپاسکال.

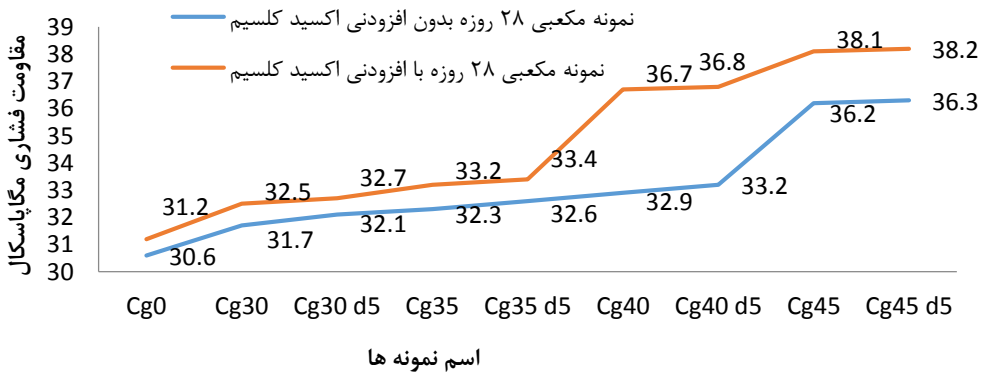
با بررسی شکل (۶) که مربوط به نمونه های مکعبی ۲۸ روزه با افزودنی کلسیم اکسید در لایه دوم بتن ریزی می باشد درنمونه مربوط به زوایه ی صفر درجه از محل ایجاد درز سرد جدا گردید. در زوایای ۳۰ و ۳۵ درجه نمونه ها هم از محل فشار وارد شده از طرف د ستگاه و هم از محل ایجاد درز سرد ترک خوردند ولی با اعمال نیروی خارجی بعد از انجام آزمایش فشاری توسط ضربه چکش روی

نمونه ها از محل ایجاد درز سرد از هم جدا شدند. در زاویه ۴۰ درجه نمونه ها هم از محل ایجاد درز سرد و هم از محل فشار وارد شده از طرف دستگاه ترک خورد ولی با اعمال نیروی خارجی بعد از انجام آزمایش فشاری توسط ضربه چکش از محل ترک ایجاد شده از طرف فشار وارده توسط دستگاه جک فشاری بر نمونه از هم جدا گردید. در زاویه ۴۵ درجه نمونه ها از محل فشار وارد شده از ناحیه دستگاه از هم جدا شدند. مقاومت فشاری نمونه شاهد ۲۸ روزه با افزودنی کلسیم اکسید مقدار ۳۶/۷ مگا پاسکال بدست آمد. با مقایسه نتایج بدست آمده از مقاومت فشاری نمونه ها نسبت به یکدیگر با نمونه شاهد , بیشترین مقاومت فشاری ۷روزه و ۲۸ روزه برای نمونه مکعبی با زاویه ۴۵ درجه با افزودنی کلسیم اکسید بدست آمد. در ادامه نمودار مقایسه ای نمونه های مکعبی ۷روزه با افزودنی و بدون افزودنی کلسیم اکسید را در شکل (۷) و نمودار مقایسه ای نمونه های مکعبی ۲۸ روزه با افزودنی و بدون افزودنی کلسیم اکسید را در شکل (۸) نشان داده شده است.



شکل ۷: نمودار مقایسه ای مقاومت فشاری ۷روزه برحسب مگاپاسکال.

با مقایسه نتایج بدست آمده از شکل(۷) که مربوط به مقاومت فشاری ۷ روزه نمونه های مکعبی با افزودنی کلسیم اکسید و بدون افزودنی کلسیم اکسید است, کمترین مقاومت فشاری مربوط به زاویه صفر درجه و بیشترین مقاومت مربوط به زاویه ۴۵ درجه می باشد. با بررسی نمودار شکل(۸) قابل رویت است که مقاومت فشاری درهر دو نمونه با و بدون افزودنی کلسیم اکسید در نمونه های ۷ روزه از زاویه صفر تا ۴۰ درجه با افزایش اندکی همراه می باشند ولی مقاومت فشاری در زاویه ۴۵ درجه افزایش بیشتری یافته است.

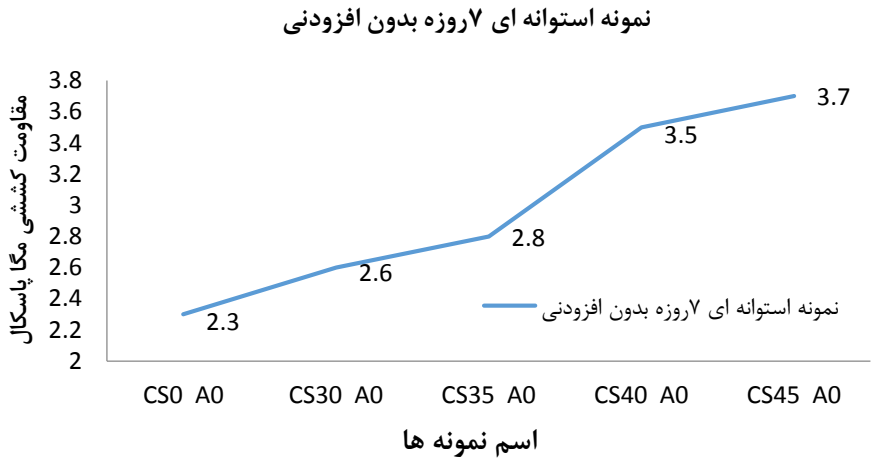


شکل ۸: نمودار مقایسه ای مقاومت فشاری ۲۸ روزه نمونه مکعبی برحسب مگاپاسکال.

با بررسی نمودار شکل (۸) که مربوط به نمودار مقایسه ای نمونه های ۲۸ روزه با و بدون افزودنی کلسیم اکسید می باشد, بیشترین مقاومت فشاری مربوط به زاویه ۴۵ درجه و کمترین مقاومت فشاری مربوط به زاویه صفر درجه برای هر دو نمونه می باشد. در نمونه های مربوط به زوای ۴۰ و ۴۵ درجه که دارای افزودنی کلسیم اکسید می باشند مقاومت فشاری در مقایسه با زوایای دیگر تفاوت زیادی را دارا می باشند که این بد ان معناست که افزودنی کلسیم اکسید در این زوایا باعث افزایش چسبندگی بین دولایه بتن گردیده و در نتیجه باعث افزایش کارایی و مقاومت بتن در هنگام ایجاد درز سرد شده است.

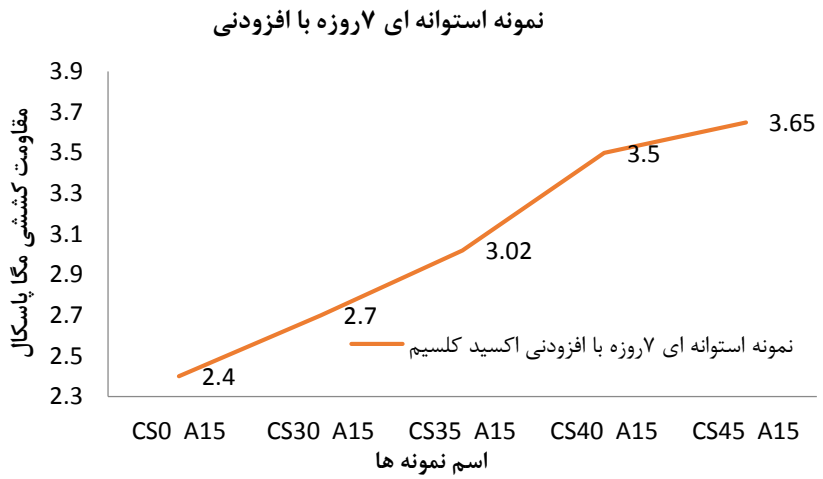
۳-۲-مقاومت کششی بتن

برای بدست آوردن مقاومت کششی از قالب های استوانه ای با ابعاد ۱۰*۲۰ استفاده کردیم. روش کار بدین صورت است که ابتدا لایه اول بتن را برای زوایای صفر, ۳۰, ۳۵, ۴۰ و ۴۵ درجه با طرح اختلاط محاسبه شده داخل قالب های استوانه ای ریخته و روز بعد با گذشت ۲۴ ساعت لایه دوم را با و بدون افزودنی درون قالب ها می ریزیم. پس از گذشت ۲۴ ساعت قالب ها را از درون قالب استوانه ای خارج کرده و درون استخر آب قرار دادیم. پس از ۶ روز نمونه ها را از استخر خارج کرده و در روز هفتم نمونه ها را درون دستگاه تعیین مقاومت کششی برزیلی قرار داده و نتایج بدست آمده را یادداشت کردیم. نتایج نمونه های استوانه ای ۷ روزه بدون افزودنی کلسیم اکسید در شکل (۹) و نتایج نمونه های اسنوانه ای با افزودنی کلسیم اکسید در شکل (۱۰) نشان داده شده است.[۹]



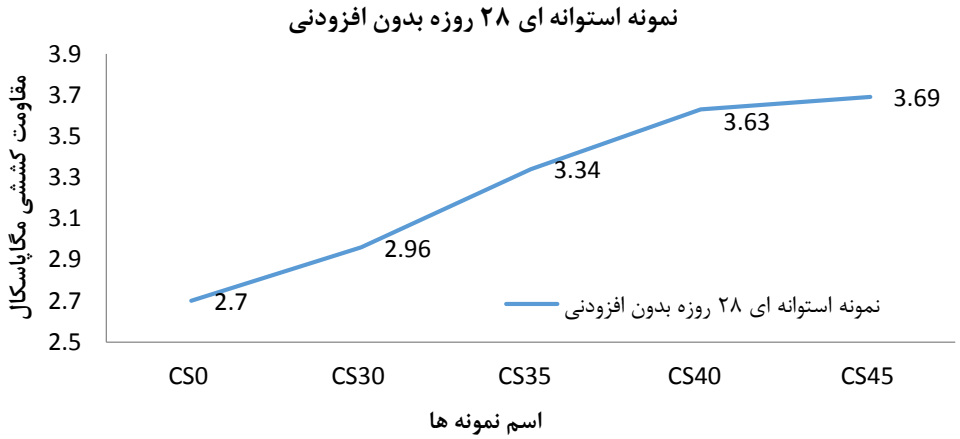
شکل ۸: نمودار مقاومت کششی برزیلی نمونه های استوانه ای بر حسب مگاپاسکال.

در بررسی نمودار شکل (۸) که مربوط به مقاومت کششی ۷ روزه نمونه استوانه ای بدون افزودنی کلسیم اکسید می باشد.در نمونه مربوط به زاویه صفر و ۳۰ و ۳۵ درجه با قرار دادن درون دستگاه از محل ایجاد درز سرد جدا شد. در نمونه های مربوط به زاویه ی ۴۰ و ۴۵ درجه از محل فشار وارده دستگاه بر روی نمونه و محل ایجاد درز سرد ترک ایجاد شد و با اعمال نیروی خارجی بعد از انجام آزمایش کششی، با ضربه چکش بر روی نمونه ها از محل ایجاد درز سرد از هم جدا گردیدند. مقاومت کششی برزیلی نمونه استوانه ای ۷ روزه بتن شاهد بدون افزودنی کلسیم اکسید مقدار ۳/۶ مگاپاسکال بدست آمد.



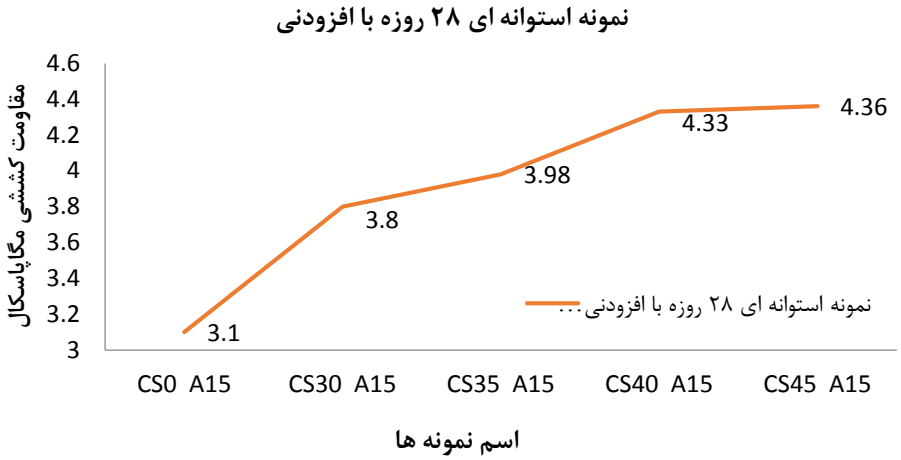
شکل ۹: نمودار مقاومت کششی برزیلی نمونه استوانه ای با افزودنی اکسید کلسیم برحسب مگاپاسکال.

در شکل (۹) که مربوط به نمونه استوانه ای ۷ روزه با افزودنی کلسیم اکسید می باشد. در نمونه با زاویه صفر و ۳۰ و ۳۵ درجه از محل ایجاد درز سرد جدا شد و در نمونه مربوط به زاویه ۴۰ و ۴۵ درجه هم از محل ایجاد درز سرد و هم از محل فشار بار وارده بر روی نمونه ترک حاصل گردید که بعد از اعمال نیروی خارجی بعد از انجام آزمایش کششی، با ضربه چکش در زاویه ی ۴۰ درجه از محل ایجاد درز سرد و در زاویه ۴۵ درجه از محل اعمال فشار جدا شد. مقاومت کششی برزیلی نمونه شاهد ۷ روزه با افزودنی کلسیم اکسید مقدار ۳,۵ مگاپاسکال بدست آمد. با گذشت ۲۷ روز نمونه های استوانه ای باقیمانده را از استخر خارج کرده و روز بعد درون دستگاه تعیین مقاومت کششی برزیلی قرار داده و نتایج بدست آمده را یادداشت کردیم.نتایج حاصل از آزمایش برای نمونه های استوانه ای ۲۸ روزه بدون افزودنی کلسیم اکسید در شکل (۱۰) و برای نمونه های استوانه ای ۲۸ روزه با افزودنی کلسیم اکسید در شکل (۱۱) نشان داده شده است.



شکل ۱۰: نمودار مقاومت کششی برزیلی نمونه استوانه ای برحسب مگاپاسکال.

در شکل (۱۰) که مربوط به نمونه استوانه ای ۲۸ روزه بدون افزودنی کلسیم اکسید می باشد. در نمونه با زاویه صفر و ۳۰ و ۳۵ درجه از محل ایجاد درز سرد جدا شد و در نمونه مربوط به زاویه ۴۰ و ۴۵ درجه هم از محل ایجاد درز سرد و هم از محل فشار بار وارده بر روی نمونه ترک حاصل گردید که بعد از اعمال نیروی خارجی بعد از انجام آزمایش کششی، با ضربه چکش در زاویه ی ۴۰ درجه از محل ایجاد درز سرد و در زاویه ۴۵ درجه از محل اعمال فشار جدا شد. مقاومت کششی برزیلی نمونه شاهد ۲۸ روزه با افزودنی کلسیم اکسید مقدار ۳/۷مگاپاسکال بدست آمد.



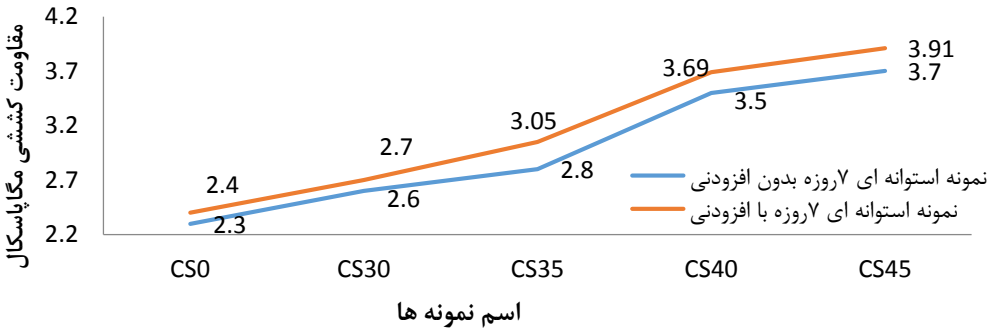
شکل ۱۱: نمودار مقاومت کششی برزیلی نمونه استوانه ای با افزودنی کلسیم اکسید برحسب مگاپاسکال.

در شکل(۱۱) که مربوط به نمونه استوانه ای ۲۸ روزه با افزودنی کلسیم اکسید می باشد در نمونه مربوط به زوایای صفر و ۳۰ درجه نمونه ها از محل ایجاد درز سرد جدا شدند. در نمونه مربوط به زوایای ۳۵ و ۴۰ درجه هم از محل ایجاد درز سرد و هم از محل اعمال فشار وارده توسط دستگاه ترک حاصل گردید که با اعمال نیروی خارجی بعد از آزمایش کششی، به کمک ضربه چکش در نمونه مربوط به زاویه ۳۵ درجه از محل ایجاد درز سرد و درنمونه مربوط به زاویه ۴۰ درجه از محل اعمال فشار دستگاه نمونه شکسته شد. در نمونه مربوط به زاویه ۴۵ در از محل اعمال فشار دستگاه نمونه از هم جدا شد. مقاومت کششی نمونه بتن شاهد استوانه ای ۲۸ روزه با افزودنی کلسیم اکسید ۴/۳ مگاپاسکال بدست آمد. با مقایسه نتایج بدست آمده از مقاومت کششی برزیلی نمونه های استوانه ای نسبت به یکدیگر با بتن شاهد , بیشترین مقاومت کششی برزیلی ۷ روزه و ۲۸ روزه برای نمونه استوانه ای با زاویه ۴۵ درجه با افزودنی کلسیم اکسید حاصل گردید.

شکل۱۲: نمایش نمونه ها پس از قرار دادن درون دستگاه.

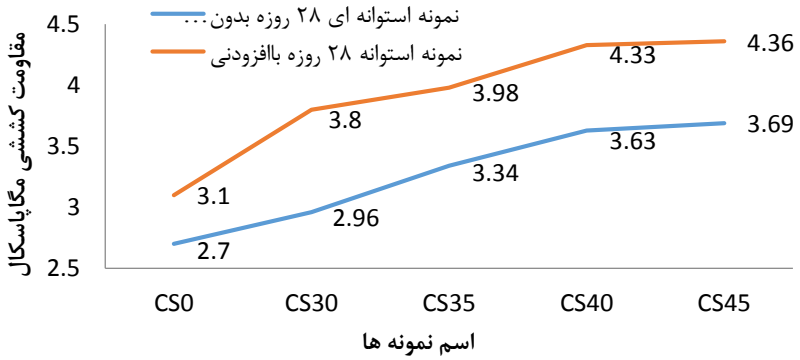
شکل ۱۳: زمان اعمال فشار نمونه های استوانه ای درون دستگاه.

نمودار مقایسه ای برای نمونه های استوانه ای ۷ روزه در شکل (۱۴) و نمونه های استوانه ای ۲۸ روزه در شکل (۱۵) نشان داده شده است.



شکل ۱۴: نمودار مقایسه مقاومت کششی برزیلی نمونه های استوانه ای ۷روزه برحسب مگاپاسکال.

با بررسی شکل (۱۴) که مربوط به مقایسه مقاومت کششی برزیلی نمونه های ۷ روزه می باشد با افزایش زاویه ایجاد درز سرد مقاومت کششی نیز به همان نسبت افزایش می یابد به طوری که بیشترین مقاومت کششی ۷ روزه نمونه ها مربوط به زاویه ۴۵ درجه و کمترین مقاومت کششی مربوط به زاویه صفر درجه می باشد.



شکل ۱۵: نمودار مقایسه ای مقاومت کششی برزیلی نمونه های استوانه ای ۲۸ روزه برحسب مگاپاسکال.

نتایج مقایسه ای نمونه های استوانه ای ۲۸روزه بتن در شکل (۱۵) قابل مشاهده می باشند. همانگونه که قابل رویت است بیشترین مقاومت کششی مربوط به زاویه ۴۵ درجه و کمترین مقاومت کششی مربوط به زاویه صفر درجه می باشد.نتیجه حاصله از نمودار حکایت از این مسئله است که با افزایش زاویه محل ایجاد درز سرد از صفر تا ۴۵ درجه مقاومت کششی برزیلی نمونه ها افزایش می یابد. در زاویه ۴۵ درجه مقاومت کششی بدست آمده از مقاومت نهایی بتن نیز بیشتر بدست آمده است که در نتیجه افزایش چسبندگی بین دو لایه بتن توسط افزودنی کلسیم اکسید می باشد.

۳-۳- مقایسه نتایج نمونه های بتنی با زوایای مختلف و تعیین زاویه بهینه

پس از قرار دادن نمونه های مکعبی درون دستگاه برای تعیین مقاومت فشاری نمونه ها با زوایای مختلف بیشترین مقاومت فشاری در نمونه ۷ روزه و ۲۸ روزه مربوط به زاویه ی ۴۵ درجه با افزودنی کلسیم اکسید و کمترین مقاومت فشاری مربوط به زاویه صفر درجه بدست آمد.در زوایای صفر و ۳۰ و ۳۵ و۴۰ درجه در نمونه های مکعبی ۷روزه نمونه هنا از محل ایجاد درز سرد از هم جدا شدند و در زاویه ۴۵ درجه از محل اعمال فشار دستگاه به نمونه پدیده شکست اتفاق افتاد. در نمونه های ۲۸ روزه در زوایای صفر و ۳۰ ۳۵ درجه نمونه ها از محل ایجاد درز سرد و در زوایای ۴۰ و ۴۵ درجه از محل اعمال فشار دستگاه پدیده شکست به وقوع پیوست. نتیجه بدست آمده نشان دهنده افزایش چسبندگی بین دولایه بتن حاوی کلسیم اکسید می باشد که باعث افزایش مقاومت و کارایی بتن گردیده است. با قرار دادن نمونه های استوانه ای برای تعیین مقاومت کششی برزیلی بتن نوع شکست نمونه ها در زوایای مختلف، متفاوت بود. به طوری که در زاوایای صفر و ۳۰ و ۳۵ و۴۰ درجه نمونه ها از محل ایجاد درز سرد جدا گشتند و در زاویه ۴۵ درجه از محل اعمال فشار بر روی نمونه شکست اتفاق افتاد. بیشترین مقاومت کششی برزیلی در نمونه های ۷ و ۲۸ روزه مربوط به زاویه ۴۵ درجه و کمترین مقاومت کششی مربوط به زاویه صفر درجه بود.

۴- جمع بندی و نتیجه گیری

با جمع بندی نتایج حاصل از آزمایشات انجام شده به طور خلاصه بیان می گردد:

- با بهره گیری از این روش شاهد افزایش چسبندگی بتن بین لایه اول و دوم و همچنین باعث افزایش مقاومت فشاری و کششی در بتن گردید.
- در هیچ یک از نمونه های مکعبی ۷ روزه و ۲۸ روزه ازمحل ایجاد درز سرد پدیده شکست بتن اتفاق نیفتاد .
- بیشترین مقاومت فشاری در نمونه های مکعبی مربوط به زاویه ۴۵ درجه با افزودنی کلسیم اکسید می باشد.
- کمترین مقاومت فشاری در نمونه های مکعبی مربوط به زاویه ۳۵ درجه می باشد.
- در هیچ یک از نمونه های استوانه ای برای تعیین مقاومت کششی برزیلی , از محل ایجاد درز سرد ترک حاصل نشد.
- بیشترین مقاومت کششی در نمونه های ۷ روزه و ۲۸ روزه مربوط به زاویه ۴۵ درجه با افزودنی کلسیم اکسید می باشد.
- کمترین مقاومت کششی در نمونه هی ۷ روزه و ۲۸ روزه مربوط به زاویه ۳۰ درجه می باشد.

۵- سپاسگذاری

بدینوسیله از آزمایشگاه موسسه آموزش عالی شمس گنبد و مسئولین مربوطه که با مساعدت و راهنمایی ها برای به انجام رسیدن آزمایشات و حصول نتیجه نقش موثری داشته اند, کمال تشکر و قدردانی دارم.

۶- مراجع

[1]-Torres, A., Ramos-canon, A., Prada-sarmiento, F., and Botia-Diaz, M., 2016, **Mechanical behavior of concrete cold joints**, Revista Ingenieria de Construccion, 31, 3, 151-162.
[2]- Kara, B., i., 2021, **Experimental Investigation of the Effect of Cold Joint on Strength and Durability of Concrete**, Arabian journal for science and engineering, 46, 10397-10408.
[۳]- داود بلارک, " بررسی پارامترهای فیزیکی و شیمیایی آب شرب گنبد کاووس و مقایسه آن با استانداردها در سال ۱۳۹۲"
[4]-Powrie, w., 2004, **soil mechanics**, spon press, 2nd Ed ISBN0-415-31156-X
[5]- ASTM international- standards worldwide, 2006, ASTM C136-06
[6]- AASHTO the voice of transportaion. To 27., 2006.
[7]- http://civildigital.com / compressive – strength – concrete – cubes /
[۸]- مصباح ایراندوست، ف. و جوادین، سید ادریس، ۱۳۸۹، **تکنولوژی بتن و آزمایشگاه همراه با طرح اختلاط** ، انتشارات شهرآشوب.