

# اثر میکروسیلیس روی زمان گیرش بتن پر مقاومت

موسی مظلوم<sup>۱</sup>

## چکیده

این مقاله حاصل کارهای آزمایشگاهی انجام شده روی زمان های گیرش اولیه و نهایی بتن های با مقاومت بسیار زیاد و دارای در صد های متفاوت میکروسیلیس است. از روش مقاومت در برابر نفوذ (ASTM C 403) برای تعیین زمان های گیرش بتن استفاده شده است. در این روش ابتدا بتن ساخته می شود و سپس با استفاده از الک نمره چهار سنگدانه های درشت آن جدا می گردند. دانستن زمان های گیرش بتن در برنامه ریزی عملیات اجرایی آن بسیار مهم است. در واقع این ویژگی بتن در تعیین زمان مجاز حمل، ریختن در قالب، و بهره بردن و پرداخت سطحی بتن موثر است. از نتیجه های به دست آمده از آزمایش زمان گیرش اولیه برای یافتن نقطه شروع جمع شدگی خود به خودی بتن، که بیشترین مقدار جمع شدگی در بتن های با مقاومت بسیار زیاد را به خود اختصاص می دهد، نیز استفاده می شود. نتیجه های این پژوهش نشان می دهند که با افزایش در صد میکروسیلیس زمان های گیرش اولیه و نهایی بتن افزایش می یابند.

**کلید واژه ها:** زمان های گیرش، مقاومت در برابر نفوذ، بتن با مقاومت زیاد، میکروسیلیس.

## ۱- مقدمه

اخیرا انجمن بتن ژاپن (JCI) پیشنهاد کرده است که اندازه گیری جمع شدگی خود به خودی بتن، که یکی از مسایل بسیار مهم در بتن های با مقاومت زیاد است، پس از گیرش اولیه بتن آغاز شود [۴].

بتن توانمند باید در سنین اولیه به طور کامل مورد توجه قرار گیرد. برای مثال، بتن تازه ممکن است در هنگام تشکیل اسکلت داخلی خود دچار آب انداختگی و یا جدا شدگی دانه ها گردد. همچنین مسأله تغییر حجم بتن در این زمان بسیار مهم است. البته در این سن که بتن هنوز نگرفته است، به دلیل دارا بودن خاصیت پلاستیک، ظرفیت کرنشی زیادی در کشش دارد و احتمال ایجاد ترک در آن زیاد نیست. اما جمع شدگی در این هنگام می تواند باعث شود که ناحیه انتقال بین خمیر و سنگدانه ضعیف شود و در سنین بالاتر جمع شدگی ناشی از خشک شدن افزایش یابد [۵]. نکته دیگر این است که پس از تشکیل اسکلت داخلی بتن، این ماده شروع به گیرش اولیه می کند. در این سنین ظرفیت کرنشی بتن در کشش، در مقایسه با بتن سخت شده، بسیار کم است و در نتیجه نسبت به ترک های ناشی از جمع شدگی بسیار حساس می باشد. متأسفانه تحقیقات انجام شده در این زمینه نشان می دهند که در

امروزه استفاده از بتن های با مقاومت زیاد در نقاط متفاوت جهان به مقدار قابل توجهی افزایش یافته است. برای بالا بردن خواص مهندسی این بتن ها استفاده از مواد افزودنی معدنی متفاوت رایج گشته است [۱]. میکروسیلیس در حال حاضر به عنوان یکی از بهترین مواد افزودنی معدنی بتن شناخته می شود و اضافه کردن آن به مخلوط باعث کاهش نفوذ پذیری و در نتیجه افزایش دوام بتن می شود [۲].

دانستن زمان های گیرش اولیه و نهایی بتن از نظر اجرایی بسیار حائز اهمیت است. چرا که در برنامه ریزی مرحله های متفاوت عملیات اجرایی بتن از قبیل انتقال، در قالب ریختن، متراکم کردن و پرداخت سطحی به طور کامل موثر است. داشتن این اطلاعات برای تصمیم گیری در خصوص استفاده و یا عدم استفاده از افزودنی های تند گیر کننده و یا کند گیر کننده نیز بسیار ضروری است. در واقع گیرش بتن را می توان لحظه تبدیل بتن تازه به یک جسم جامد معرفی کرد. گیرش اولیه آخرین زمان ممکن برای حمل بتن را تخمین می زند و گیرش نهایی نشانگر نقطه شروع ایجاد مقاومت مکانیکی در آن است [۳].

۱- استادیار، گروه عمران، دانشکده فنی مهندسی، دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی تهران  
moospoon@yahoo.com

## ۲- مصالح مصرفی

مصالح استفاده شده در این تحقیق عبارت اند از: سیمان پرتلند معمولی، میکروسیلیس، ماسه رودخانه ای طبیعی، شن کوارتزی با حد اکثر اندازه ده میلیمتر و بالا روان کننده ای از جنس پلی سولفونات وینیل. نسبت های اختلاط بتن های ساخته شده و مقاومت های بیست و هشت روزه آنها در جدول ۱ آمده اند.

اغلب موارد، حداکثر جمع شدگی خود به خودی اولیه در این زمان اتفاق می افتد [۵]. نکته قابل توجه دیگر بتن در این سن اهمیت فشار موئینه داخلی آن است. این فشار به رطوبت نسبی فضاهای موئینه داخل بتن مربوط می شود و با کاهش آن افزایش می یابد. در نتیجه جمع شدگی خود به خودی بتن در این سن با کم شدن رطوبت نسبی داخلی آن زیاد می شود [۵].

جدول ۱ جزئیات کامل نسبت های اختلاط

مخلوط	بتن بدون میکروسیلیس	بتن دارای ۵٪ میکروسیلیس	بتن دارای ۱۰٪ میکروسیلیس	بتن دارای ۱۵٪ میکروسیلیس
سیمان ( $\text{kg/m}^3$ )	۴۵۰	۴۲۷/۵	۴۰۵	۳۸۲/۵
میکروسیلیس ( $\text{kg/m}^3$ )	---	۲۲/۵	۴۵	۶۷/۵
شن ( $\text{kg/m}^3$ )	۱۱۲۵	۱۱۲۵	۱۱۲۵	۱۱۲۵
ماسه ( $\text{kg/m}^3$ )	۶۷۵	۶۷۵	۶۷۵	۶۷۵
آب ( $\text{kg/m}^3$ )	۱۲۶	۱۲۶	۱۲۶	۱۲۶
نسبت آب به مصالح سیمانی	۰/۲۸	۰/۲۸	۰/۲۸	۰/۲۸
فوق روان کننده ( $\text{kg/m}^3$ )	۱۴	۱۴	۱۴	۱۴
وزن مخصوص پلاستیک ( $\text{kg/m}^3$ )	۲۴۰۷	۲۴۲۴	۲۴۰۲	۲۳۸۳
مقاومت ۲۸ روزه (MPa)	۸۶/۷	۱۰۵/۷	۱۱۳/۹	۱۱۷/۵
اسلامپ (mm)	۱۰۰	۲۰۰	۱۵۰	۷۰

## ۳- روش آزمایش

نیز تعیین کرد. اما روش های فوق برای بتن چندان مناسب نیستند، چرا که نسبت آب به مصالح سیمانی بکار رفته در این روش ها با این نسبت در بتن متفاوت است [۶]. تنها روش استاندارد، که در این تحقیق نیز از آن استفاده شده است، روش مقاومت در برابر نفوذ است.

از روش مقاومت در برابر نفوذ (ASTM C 403) برای تعیین زمان های گیرش اولیه و نهایی بتن استفاده شده است. در این روش ابتدا بتن ساخته می شود و سپس با استفاده از الک نمره چهار سنگدانه های درشت آن جدا می شوند. این آزمایش بر اساس مقدارهای در برابر نفوذ یک میله فولادی به اندازه  $25 \pm 1$  میلیمتر در خمیر استوار می باشد. طبق تعریف وقتی که مقادیر مقاومت خمیر در برابر نفوذ به ترتیب به  $3/5$  و  $27/6$  مگاپاسکال برسند، گیرش های اولیه و نهایی حاصل می شوند. البته زمان های گیرش را می توان با استفاده از روش سوزن و یکتا عنوان شده در آیین نامه انگلستان (BS 4550) و یا آیین نامه آمریکا (ASTM C 191) و یا سوزن گیلومر (ASTM C 266)

## ۴- نتیجه ها و بحث

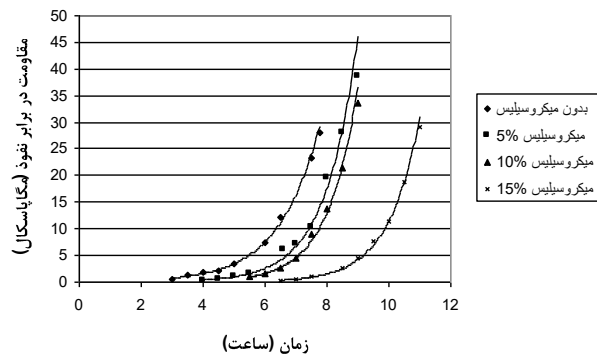
در شکل شماره یک مقدار مقاومت در برابر نفوذ مخلوط های متفاوت بر حسب زمان به تصویر کشیده شده است. طبق روش ارایه شده در ASTM C 403 زمانی که مقدار مقاومت در برابر نفوذ ملات به ترتیب برابر  $3/5$  و  $27/6$  مگاپاسکال باشد، گیرش های اولیه و نهایی حاصل می

میزان گیرش اولیه و نهایی بتن به ترتیب حدود ۸۰٪ و ۴۰٪ افزایش یافتند. این نتیجه با یافته های برخی دیگر از محققین نیز هماهنگ است. آقایان خدر و ابوزید [۸] گزارش کرده اند که جایگزینی میکروسیلیس به جای بخشی از سیمان زمان گیرش اولیه بتن دارای میزان مشابه نسبت آب به سیمان و مقدار مساوی فوق روان کننده را افزایش داده است و این افزایش با بالا رفتن مقدار میکروسیلیس جایگزین، بیشتر شده است. نتیجه های تحقیقات الشمسی و همکارانش [۹ و ۱۰] نیز نشانگر این واقعیت است که میکروسیلیس زمان های گیرش خمیر را افزایش می دهد. آنها این پدیده را به دلیل کاهش مقدار سیمان، که باعث سخت شدن خمیر در ساعات های اولیه می شود، عنوان کرده اند. نتیجه های تحقیق دیگری نشان می دهد که اضافه کردن ۵٪ و ۱۰٪ میکروسیلیس به بتن بدون فوق روان کننده باعث کمی افزایش در زمان گیرش شده است [۱۱]. همچنین میزان افزایش فوق در نسبت آب به سیمان ۴/۰ و میزان ۱۵٪ جایگزینی میکروسیلیس به جای سیمان به شدت بیشتر شده است. علت این موضوع افزایش قابل توجه در مقدار فوق روان کننده مصرف شده عنوان گشته است. البته برخی محققین هم گزارش کرده اند که استفاده از میکروسیلیس در زمان های گیرش بتن های بدون فوق روان کننده بی تاثیر است [۱۲ و ۱۳]. البته گزارشی هم وجود دارد که در بتن های دارای نسبت های آب به سیمان کم و فوق روان کننده، میکروسیلیس زمان گیرش را کاهش می دهد [۱۳]. اثر متقابل بین میکروسیلیس و فوق روان کننده ویژه مصرف شده در این تحقیق می تواند باعث ایجاد کاهش زمان گیرش فوق شده باشد.

### ۵- نتیجه گیری

نتیجه اصلی به دست آمده از این تحقیق حاکی از افزایش زمان های گیرش اولیه و نهایی بتن در صورت وجود میکروسیلیس می باشد. همچنین این مطالعه نشان می دهد که افزایش میزان میکروسیلیس جایگزین سیمان مقدار کند گیری مخلوط را افزوده است. ذکر این نکته ضروری است که در تمام آزمایش های انجام شده در این پژوهش مقدار و نوع فوق روان کننده مصرف شده ثابت بوده است. در صورت عدم رعایت این موضوع نظریه ی غالب محققین آن است که افزایش همزمان میزان

گردند. در جدول شماره دو مقدارهای گیرش های اولیه و نهایی مخلوط های متفاوت آمده اند.



شکل ۱ مقاومت در برابر نفوذ بتن

جدول ۲ مقدارهای گیرش های اولیه و نهایی مخلوط های متفاوت

مخلوط	گیرش اولیه (ساعت)	گیرش نهایی (ساعت)
بتن بدون میکروسیلیس	۴/۹۹۴	۷/۶۷۴
بتن دارای ۵٪ میکروسیلیس	۶/۳۰۹	۸/۴۶۰
بتن دارای ۱۰٪ میکروسیلیس	۶/۷۲۸	۸/۷۳
بتن دارای ۱۵٪ میکروسیلیس	۸/۸۶۱	۱۰/۹۲۷

نتیجه های بالا نشان می دهند که جایگزینی میکروسیلیس به جای بخشی از سیمان مقدارهای گیرش اولیه و نهایی را افزایش می دهد. لازم به ذکر است که این افزایش با بیشتر شدن درصد میکروسیلیس افزوده می شود. این نکته بدان علت است که میکروسیلیس در ابتدا از نظر شیمیایی فعال نیست و در واقع پس از هیدراتاسیون سیمان و تولید کلیسم هیدروکسید است که می تواند فعالیت پوزولانی خود را آغاز کند [۷]. در واقع چون با افزایش میکروسیلیس مقدار سیمان مخلوط کاهش می یابد، زمان بیشتری لازم است که بتن جوان دارای سیمان کمتر مقاومت در برابر نفوذ مشخصی را از خود نشان دهد. البته با افزایش مقدار میکروسیلیس و کاهش مقدار سیمان، نسبت فوق روان کننده به سیمان افزایش می یابد. این موضوع نیز می تواند به عنوان دلیل افزایش زمان گیرش با افزایش مقدار میکروسیلیس عنوان شود. در این تحقیق با رسیدن میزان میکروسیلیس جایگزین سیمان به حد پانزده درصد،

میکروسیلیس و فوق روان کننده در مخلوط نیز بر میزان کند گیری بتن می افزاید.

## ۶- مراجع

- [1] Aitcin, P.C. *High Performance Concrete*, E & FN Spon, **1998**.
- [2] Mazloom, M., Ramezani-pour, A.A. and Brooks, J.J. "Effect of silica fume on mechanical properties of high-strength concrete", *Cement & Concrete Composites*, Vol. 26, **2004**, pp. 347-357.
- [3] Mehta, P.K. and Monteiro, P.J.M. "Concrete – Structures, properties and materials," *Englewood cliffs, NJ: Prentice-Hall*, **1993**, pp. 443-336.
- [4] JCI Committee Report, Technical Committee on Autogenous Shrinkage of Concrete, in *Proceeding of International Workshop on Autogenous Shrinkage of Concrete*, Japan Concrete Institute, Hiroshima, June **1998**, pp. 5-64.
- [5] Holt, E.E. "Autogenous shrinkage at very early ages," *Proceedings, International Workshop on Autogenous Shrinkage of Concrete*, Japan Concrete Institute, Hiroshima, June **1998**, pp. 133-140.
- [6] Eren O., Brooks J.J. and Celik T. "Setting times of fly ash and slag-cement concretes as affected by curing temperature" ,*Cement, Concrete, and Aggregates*, **1995**, pp. 11-17.
- [7] Neville A.M., *Properties of Concrete*, 4<sup>th</sup> Edition, Longman, 1995.
- [8] Khedr, S.A. and Abou-Zeid, M.N. "Characteristics of silica fume concrete," *Civil Engineering Materials Journal*, **1994**, pp. 357-375.
- [9] Alshamsi, A.M., Sabouni, A.R. and Bushlaibi A.H. "Influence of set-retarding superplasticisers and microsilica on setting times of pastes at various temperatures," *Cement and Concrete Research*, **1993**, pp. 592-598.
- [10] Alshamsi, A.M., Sabbouni, A.R. and Bushlaibi, A.H. "Influence of set-retarding superplasticisers and microsilica on setting times of pastes at various temperatures," *Cement and Concrete Research*, **1993**, pp. 592-598.
- [11] Bilodeau, A. "Influence des fumées de silice sur le ressuage et le temps de prise du béton," *CANMET Report, No. MRP/MSL, TR 85-22*, **1985**, pp. 11.
- [12] Pistilli, M.F., Wintersteen, R. and Cechner R. "The uniformity and influence of silica fume from a U.S. source on the properties of Portland cement concrete," *Cement, Concrete and Aggregates*, **1984**, 120-124.
- [13] De Almeida, I.R. and Goncalves, A.F. "Properties of freshly mixed high-strength concrete," in *Wierig, H.J., Editor, Properties of fresh concrete, Proceedings of the RILEM Colloquim*, Hanover, Chapman & Hall, **1990**, pp. 227-234.