Archive

شانزدهمین کنفرانس ملی شهرسازی ،معماری،عمران ومحیط زیست

مطالعه نقش اندازه حداکثر اسمی سبکدانه روی مقاومت اتصال میلگرد با بتن سبک سازه‌ای با میکروسیلیس

حمید آخوندی محمد آبادی[1]، محمد علی دشتی رحمت آبادی[2]

۱-دانشجوی کارشناسی ارشد عمران مدیریت ساخت،واحد یزد،دانشگاه آزاد اسلامی،یزد، ایران

۲- استادیار گروه عمران،واحد یزد،دانشگاه آزاد اسلامی،یزد، ایران

hamidakhondie@gmail.com

چکیده:

یکی از مهم‌ترین مسائل مطرح در مورد کاربرد بتن‌های سبک سازه‌ای، تأمین طول مهاری مناسب برای میلگرد مدفون در بتن می‌باشد. به دلیل امکان خرد شدگی دانه‌های سبک، مهار میلگرد در این نوع بتن‌ها نسبت به بتن‌های با وزن مخصوص معمولی مشکل تر است. از آنجا که امکان خردشدگی دانه های سبک درشت بیشتر می باشد ، اندازه حداکثر سبکدانه درشت می تواند تاثیر قابل توجهی روی مهار میلگرد در بتن سبک سازه ای داشته باشد. در این تحقیق به بررسی تأثیر دو اندازه حداکثر اسمی متداول سبکدانه، روی مقاومت پیوستگی بین میلگرد و بتن سبک سازه‌ای حاوی درصدهای مختلف میکروسیلیس پرداخته شده است. بر اساس نتایج بدست آمده در بتنهای حاوی سبکدانه لیکا با اندازه حداکثر ۱۲ میلیمتر، با استفاده مناسب از میکروسیلیس می توان مقاومت پیوستگی مناسبی را بین آرماتور وبتن تامین کرد ولی در بتنهای حاوی سبکدانه لیکا با اندازه حداکثر ۱۹ میلیمتر مقاومت پیوستگی مناسب قابل تامین نمی باشد.

کلمات کلیدی: مقاومت پیوستگی، بتن سبک‌دانه، میکروسیلیس،اندازه حداکثر اسمی

۱- مقدمه:

با توجه به امتیازات قابل توجه برای کاربرد بتن سبک سازه‌ای در ساخت سازه‌ها، پژوهش‌های زیادی در زمینه ساخت بتن سبک سازه‌ای با استفاده از دانه‌های سبک موجود صورت گرفته است. یکی از مهم‌ترین مسائل مطرح در زمینه کاربرد بتن-

www.SID.ir

Archive

های سبک‌دانه سازه‌ای، تأمین مقاومت پیوستگی میلگرد در این نوع بتن‌ها است. بر این اساس طی سالیان گذشته مطالعاتی روی ترم‌های مقاومت پیوستگی بین میلگرد و بتن‌های سبک سازه‌ای صورت گرفته است. گجورو و همکاران در سال ۱۹۹۰ با انجام آزمایش بیرون کشیدن میلگرد از داخل بتن سبک‌دانه مطابق استاندارد ASTM C234، نشان دادند که با افزایش مقدار میکروسیلیس، مقاومت پیوستگی بین آرماتور و بتن افزایش می‌یابد.حسین در سال ۲۰۰۸ نشان داد که رابطه بار- تغییر مکان به مقاومت فشاری بتن، طول قرار گرفته در بتن و نوع بتن معمولی یا بتن حاوی سبکدانه بستگی دارد و مقاومت پیوستگی با افزایش طول قرار گرفته در هر دو بتن سبک‌دانه و بتن معمولی کاهش می‌یابد. سنکاک و همکاران در سال ۲۰۱۱ با یک سری آزمایشات بیرون کشیدن میلگرد از بتن، مشاهده کردند که در مخلوط‌های بتن سبک سازه‌ای ساخته شده با دانه‌های پومیس، کاهش مقاومتی بین ۴۸ تا ۶۵ درصد نسبت به مخلوط‌های بتن سازه‌ای ساخته شده با سنگدانه‌های معمولی وجود دارد. آن‌ها همچنین مشاهده کردند که کاربرد همزمان فوق روان کننده و میکروسیلیس، سبب افزایش مقاومت پیوستگی در هر دو نوع مخلوط‌های ذکر شده می‌شود.

در مقاله حاضر، نتایج تحقیقاتی که در زمینه تنش پیوستگی در دو نوع بتن سبک سازه‌ای ساخته شده با دانه‌های سبک با اندازه حداکثر اسمی ۱۹ و ۱۲ میلی‌متر، حاوی ۰، ۵، ۱۰، ۱۵ درصد میکروسیلیس انجام شده است، ارائه می‌گردد. روش انجام آزمایش تعیین مقاومت پیوستگی مطابق استاندارد ASTM C 234 می‌باشد. بر اساس نتایج بدست آمده، بکار بردن میکروسیلیس با اینکه مقاومت پیوستگی بین میلگرد و بتن سبک‌دانه با اندازه حداکثر اسمی ۱۹ میلی‌متر را بهبود بخشیده است ولی نتوانسته آنرا به حد قابل قبول برساند. با استفاده از میکروسیلیس با درصد مناسب مقاومت پیوستگی میلگرد در بتن سبک‌دانه با اندازه حداکثر اسمی ۱۲ میلی‌متر تا حد قابل قبول افزایش یافته است.

۲- خصوصیات مصالح مصرفی:

برای ساخت مخلوط‌های بتن سبک سازه‌ای، لیکای سازه‌ای با وزن مخصوص تقریباً Kg/m^3 ۷۰۰ مورد استفاده قرار گرفت. برای بررسی تأثیر اندازه حداکثر اسمی سنگدانه روی مقاومت پیوستگی، دو نوع لیکای درشت و ریز مورد استفاده قرار گرفت که سری اول نمونه‌ها مربوط به نمونه‌های ساخته شده با لیکای درشت و سری دوم نمونه‌ها، مربوط به نمونه‌های ساخته شده با لیکای ریز می‌باشد. جدول ۱ مشخصات این دو نوع دانه‌بندی را نشان می‌دهد.

جدول ۱. دانه بندی سبک‌دانه لیکا مورد استفاده در مخلوط‌های بتنی

	درصد وزنی عبوری از الک با چشمه‌های مربع								
الک	۱۹ mm	۱۲ mm	۹/۵ mm	۴/۷۵ mm	۲/۳۶ mm	۱/۱۸ mm	۶۰۰ µm	۳۰۰ µm	۱۵۰ µm
دانه‌بندی مربوط به سری اول	۱۰۰	۷۴/۹	۵۳/۶	۱۹/۵	۸/۹	۵/۱	۳/۱	۱/۵	۰/۳
دانه‌بندی مربوط به سری دوم	۱۰۰	۱۰۰	۷۱/۵	۲۶/۱	۱۱/۹	۶/۸	۴/۳	۲/۴	۱

برای افزایش وزن مخصوص و مقاومت نمونه‌ها، از ماسه معمولی مطابق استاندارد ASTM C 33 با مدول نرمی ۲/۸ استفاده گردید. دانه‌بندی ماسه استفاده شده در جدول ۲ نشان داده شده است.

www.SID.ir

Archive

جدول ۲. دانه بندی ماسه مصرفی

الک	۸	۱۶	۳۰	۵۰	۱۰۰
درصد رد شده	۱۰۰	۶۸/۴	۳۸/۲	۱۱/۶	۱

سیمان مورد مصرف در این تحقیق، سیمان پرتلند تیپ ۲ کارخانه سیمان اردستان می‌باشد. زمان گیرش اولیه و نهایی این نوع سیمان به ترتیب ۹۵ و ۱۵۰ دقیقه و عدد بلین آن cm^2/g ۵۰± ۳۰۰۰ می‌باشد.

جهت بررسی تأثیر میکروسیلیس روی مقاومت پیوستگی بتن، از این نوع ماده به میزان ۰، ۵، ۱۰ و ۱۵ درصد وزن سیمان در مخلوط‌ها به صورت جایگزین سیمان مورد استفاده قرار گرفت. لازم به ذکر است که وزن مخصوص میکروسیلیس مصرفی Kg/M^3 ۲۲۰۰ می‌باشد.

در جداول ۳ و ۴ ترکیبات شیمیایی سیمان و میکروسیلیس مصرفی نشان داده شده است.

جدول ۳. ترکیب شیمیایی میکروسیلیس مصرفی (درصد وزنی عناصر)

Sio_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	C	Na_2O	K_2O	MgO	S	CaO	MnO	P_2O_5	LOI	PH
90-95	0.6-1.2	0.3-1.3	0.2-0.4	0.3-0.5	0.2-.05	0.5-2	0.4-0.08	0.5-1.5	0.02-0.07	0.04	0.4-3	6.6-8.8

برای فراهم آوردن کارایی مطلوب در مخلوط‌های بتنی، از نوعی فوق روان کننده بر پایه پلی کربوکسیلات منطبق با استاندارد ASTM C 494 استفاده شد. فوق روان کننده مذکور به صورت محلول تیره رنگ به میزان ۱ درصد وزنی مواد سیمانی، در همه مخلوط‌های بتنی استفاده شد.

جدول ۴. ترکیب شیمیایی سیمان تیپ ۲ اردستان

Chemical Analysis		Standard Value
% SiO_2	22.00±0.4	20 % Min.
% Al_2O_3	5±0.3	6 % Max.
% Fe_2O_3	3.82±0.2	6 % Max.
% CaO	64.00±0.5	
% MgO	1.9±0.2	5 % Max.
% SO_3	1.5±0.2	3 % Max.
% K_2O	0.49±0.2	
% Na_2O	0.25±0.15	
% Cl	0.019±0.001	
Insoluble Residue	0.46±0.2	0.75 % Max
% L.O.I.	1.0±0.2	3 % Max
L.S.F	91.00±1.0	
% C_3A	6.5±1	5 - 8 %
CaOfree	1.2±0.2	

Physical Properties		
Setting Time	(Minutes)	Standard Values
Initial Set.	95±5	45 Min.
Final Set.	150±10	360 Max.

Fineness (Cm^2/gr)		Standard Values
Blaine	3000±50	2800 Min.

AUTOCLAVE%	Standard Values
0.14±0.1	0.8 Max.

Compressive Strength (Kg/Cm^2)		Standard Values
3 Days	≥ 170	100 Min.
7 Days	≥ 275	175 Min.
28 Days	≥ 370	315 Min.

Reference : ISIRI 389

www.SID.ir

Archive

۳- طرح ریزی آزمایشات:

برای انجام آزمایشات از دو نوع بتن سبک سازه‌ای (اندازه حداکثر ۱۹ و اندازه حداکثر ۱۲ میلی‌متر) استفاده گردید. برای هر یک از بتن‌های فوق از ۴ درصد مختلف وزنی میکروسیلیس به وزن سیمان (۰، ۵، ۱۰، ۱۵ درصد) استفاده گردید. در مجموع ۸ سری نمونه هر یک شامل ۳ مکعب فشاری، ۳ مکعب مربوط به آزمایش بیرون کشیدن میلگرد و ۲ استوانه جهت اندازه‌گیری مقاومت کششی بتن مطابق طرح اختلاط جدول ۵ ساخته شد. اختلاط نمونه‌ها در یک مخلوط کن ایستا مطابق استاندارد ASTM C 192 انجام گرفت. مقدار اسلامپ بتن جهت طراحی تمامی مخلوط‌ها برابر ۱۰۰ mm در نظر گرفته شد. متراکم ساختن نمونه مکعب‌های ۱۵۰ میلی‌متر به صورت ضربه زدن با میله (در دو لایه و هر لایه ۲۵ ضربه)، انجام گرفت. لازم به ذکر است که طرح‌ها به صورت P-x-y شماره گذاری شدند که اندیس x نشان دهنده اندازه حداکثر اسمی سبک‌دانه لیکا و اندیس y نشان دهنده درصد جایگزینی میکروسیلیس بجای سیمان می‌باشد.

جدول ۵. مقادیر اجزاء مخلوط‌های بتنی

شماره طرح	سیمان (kg/m3)	میکروسیلیس (kg/m3)	لیکا (kg/m3)	ماسه (kg/m3)	آب (kg/m3)	نسبت آب به مواد سیمانی
P-19-0	۴۷۰	۰	۳۰۰	۹۵۰	۱۴۰/۱۴۵	۰/۲۹۸
P-19-5	۴۴۶/۵	۲۳/۵	۳۰۰	۹۵۰	۱۴۱/۸۵	۰/۳۰۲
P-19-10	۴۲۳	۴۷	۳۰۰	۹۵۰	۱۴۵/۲۷	۰/۳۰۹
P-19-15	۳۹۹/۵	۷۰/۵	۳۰۰	۹۵۰	۱۴۸/۶۹	۰/۳۱۶
P-12-0	۴۷۰	۰	۳۰۰	۹۵۰	۱۴۰/۱۴۵	۰/۲۹۸
P-12-5	۴۴۶/۵	۲۳/۵	۳۰۰	۹۵۰	۱۴۱/۸۵	۰/۳۰۲
P-12-10	۴۲۳	۴۷	۳۰۰	۹۵۰	۱۴۵/۲۷	۰/۳۰۹
P-12-15	۳۹۹/۵	۷۰/۵	۳۰۰	۹۵۰	۱۴۸/۶۹	۰/۳۱۶

عمل آوری مرطوب نمونه‌ها در یک حوضچه آب با دمای ۲ ± ۲۳ درجه سانتی‌گراد تا سن ۲۸ روز ادامه یافت. پس از خروج نمونه‌ها از آب، نمونه‌ها به مدت یک هفته در دمای آزمایشگاه نگهداری شدند و سپس آزمایشات به عمل آمد. وزن مخصوص تمامی نمونه‌ها ۵۰ ± ۱۸۵۰ کیلوگرم بر مترمکعب محاسبه شد.

۴-روش انجام آزمایش:

مطابق استاندارد ASTM C 234، برای ساخت نمونه‌های اندازه‌گیری مقاومت پیوستگی، در هر کدام از طرح‌ها، ۳ نمونه مکعب۱۵۰×۱۵۰ ×۱۵۰ میلی‌متر که میلگرد آجدار ۱۸ میلی‌متر به صورت قائم در وسط نمونه‌ها قرار گرفته بود، ساخته شد شکل شماره ۱. برای انجام آزمایش بیرون کشیدن میلگرد از یک دستگاه جک دستی استفاده گردید. همان‌گونه که در شکل ۲ مشاهده می‌شود این دستگاه روی نمونه قرار گرفته و تغییر مکان در دو طرف میلگرد به وسیله ۲ کرنش سنج با دقت ۰/۰۱ میلی‌متر ثبت می‌گردد. تغییر مکان میلگرد میانگین این دو تغییر مکان در نظر گرفته شد. تغییر مکان الاستیک میلگرد در فاصله سطح بتن تا محل اندازه‌گیری تغییر مکان محاسبه و از تغییر شکل اندازه‌گیری شده کسر گردید.

www.SID.ir

Archive

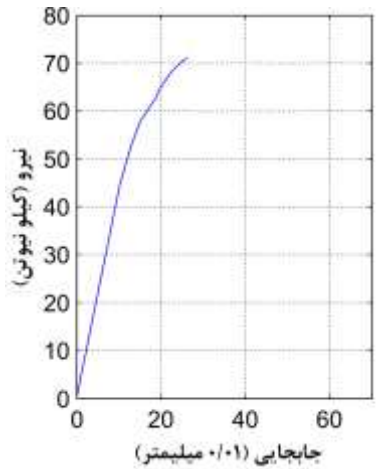
شکل ۱. نمونه‌های آماده شده برای آزمایش بیرون کشیدن میله

شکل ۲. نحوه انجام آزمایش

۵- نتایج آزمایشات:

نتایج آزمایشات مربوط به میانگین ۳ نمونه از مخلوط‌های ساخته شده با دو نوع لیکا با اندازه‌های حداکثر اسمی ۱۹ و ۱۲ میلی‌متر، به ازای درصدهای مختلف میکروسیلیس (۰، ۵، ۱۰، ۱۵) مورد بررسی قرار می‌گیرد.

نمودار ۱ رابطه نیرو- تغییر مکان یکی از نمونه‌ها را نشان می‌دهد. تمام منحنی‌های نیرو-تغییر مکان نمونه‌ها تقریباً مشابه نمودار ۱ بوده که برای اختصار، نمودارهای آن‌ها در این مقاله ارائه نشده است. در جداول ۶ و ۷ میانگین مقاومت‌های پیوستگی ۳ نمونه از ۸ سری طرح آزمایش شده، نشان داده شده است. لازم به ذکر است که در تمامی نمونه‌های آزمایش شده بیرون کشیدن میلگرد با ایجاد ۳ یا ۴ ترک شعاعی در نمونه ها توام بوده است.



نمودار ۱. نمونه رابطه نیرو-لغزش بدست آمده

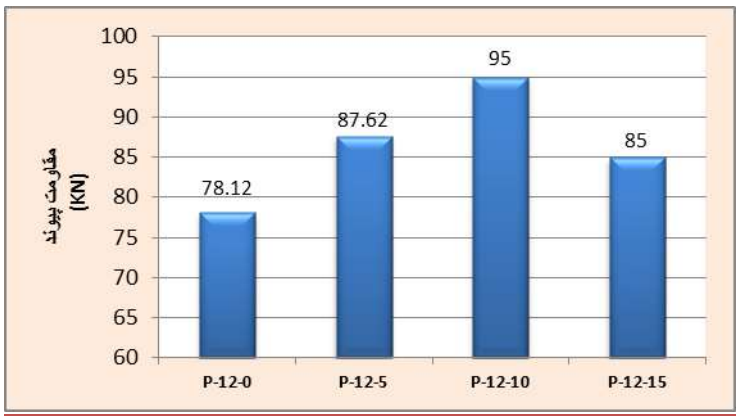
در مورد نمونه‌های حاوی لیکا با اندازه حداکثر اسمی ۱۹ میلی‌متر، جایگزین شدن میکروسیلیس بجای سیمان در درصدهای مذکور، سبب افزایش در مقاومت پیوستگی شده است که در طرح حاوی ۱۰ درصد میکروسیلیس، بیشترین مقاومت پیوستگی حاصل گردید هرچند این افزایش نتوانست تأثیر منفی اندازه حداکثر اسمی سبک‌دانه را از بین ببرد (نمودار ۲).

در مورد نمونه‌های حاوی لیکا با اندازه حداکثر اسمی ۱۲ میلی‌متر، جایگزین شدن میکروسیلیس بجای سیمان در درصدهای مذکور، سبب افزایش قابل توجه در مقاومت پیوستگی شده است و در طرح حاوی ۱۰ درصد میکروسیلیس، بیشترین مقاومت پیوستگی حاصل گردید (نمودار ۳).

www.SID.ir

Archive

نمودار ۲. تغییرات مقاومت پیوستگی بتن حاوی لیکا با اندازه حداکثر اسمی ۱۹ میلی‌متر نسبت به درصد میکروسیلیس



نمودار ۳. تغییرات مقاومت پیوستگی بتن حاوی لیکا با اندازه حداکثر اسمی ۱۲ میلی‌متر نسبت به درصد میکروسیلیس

۶- نتیجه گیری:

در تحقیق حاضر، تأثیر اندازه حداکثر اسمی سبکدانه روی مقاومت پیوستگی آرماتور با بتن سبک سازه‌ای حاوی درصدهای مختلف میکروسیلیس مورد بررسی قرار گرفت. از آزمایشات انجام شده در این تحقیق می‌توان نتایج زیر را خلاصه نمود:

-کاربرد میکروسیلیس مقاومت پیوستگی آرماتور با بتن سبک سازه‌ای را به طور محسوسی افزایش داده است.

-بتن‌های حاوی لیکا با اندازه حداکثر اسمی ۱۹ میلی‌متر نسبت به بتن‌های حاوی لیکا با اندازه حداکثر اسمی ۱۲ میلی‌متر از نظر تأمین مقاومت پیوستگی ضعف داشته و این در حالی است که کاربرد میکروسیلیس نتوانسته است این ضعف را به طور کامل جبران نماید.

-با توجه به نتایج بدست آمده، استفاده از اندازه حداکثر اسمی ۱۹ میلی‌متر برای سبکدانه‌ها جهت ساخت بتن سبک سازه‌ای، توصیه نمی‌شود.

www.SID.ir

Archive

مراجع:

[1] Gjorv O. E, Monteiro P. J. M, Mehta P. K., "Effect of Condensed Silica Fume on the Steel-Concrete Bond," ACI Materials Journal, 87, 573-580, 1990.

[2] Hossain K. M. A., "Bond characteristics of plain and deformed bars in lightweight pumice concrete," Construction and Building Materials, 22, 1491–1499, 2008.

[3] Sancak E, Simsek O, Apay A. C. A," comparative study on the bond performance between rebar and structural lightweight pumice concrete with/without admixture," Physical Sciences, 6, 3437–345, 2011.

[4] ACI Committee 408, "Bond and development of straight reinforcing bars in tension," ACI 408R-03, American Concrete Institute, Farmington Hills, Mich, 2003.

[5] ASTM C 234-9, "Standard test method for comparing concretes on the basis of the bond developed with reinforcing steel," Annual Book of ASTM Standards, West Conshohocken, PA, USA, 2000.

[6] ASTM C 330, "Standard specification for lightweight aggregates for structural concrete," Annual Book of ASTM Standards, West Conshohocken, PA, USA, 2003.

[7] ASTM C 494, "Standard specification for chemical admixtures for concrete", Annual Book of ASTM Standards, ASTM, West Conshohocken, PA, USA, 1994.

www.SID.ir