

بررسی و مقایسه تاثیر استفاده از سبکدانه لیکا و سبکدانه اسکوریا بر روی مقاومت بتن سبک

شهرزاد شهرامی^۱، ایمان شکیباپور^۲، عماد توکلی^۳

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد عمران؛ دانشگاه صنعتی سجاد مشهد- دانشکده فنی مهندسی- گروه عمران

۲- استادیار دانشگاه صنعتی سجاد مشهد- دانشکده فنی مهندسی- گروه عمران، i_shakibapour@sadjad.ac.ir

۳- لیسانس عمران، دانشگاه صنعتی سجاد مشهد- دانشکده فنی مهندسی- گروه عمران

Shahrami_1371@yahoo.com

چکیده

امروزه با توجه به موقعیت جغرافیایی ایران که یک منطقه لرزه خیز است، اهمیت سبک سازی ساختمان ها به منظور کاهش خسارات ناشی از زلزله، بیشتر از قبل احساس می شود. همچنین این سبک سازی و کاهش بار مرده در سازه باعث کاهش ابعاد پی ساختمان، تیرها و ستون ها می گردد. هدف از این پژوهش مقایسه مقاومت فشاری بتن سبک حاوی لیکا و بتن سبک حاوی اسکوریا می باشد. در این مقاله نتایج حاصل از ۱۲ نمونه مکعبی $10 \times 10 \times 10$ سانتیمتر مکعب مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته است. میزان نسبت آب به سیمنان و میزان استفاده از سبکدانه در هر دو طرح ثابت در نظر گرفته شده است. قبل از اختلاط، هر دو نوع سبکدانه به مدت ۲۴ ساعت به منظور اشباع شدن داخل آب قرار گرفته اند. نتایج آزمون ها نشان می دهد که استفاده از سبکدانه اسکوریا متوسط مقاومت فشاری ۲۸ روزه بتن را به حدود 800 kg/cm^2 می رساند، اما با توجه به وزن مخصوص نسبتاً زیاد اسکوریا که حدود 1823 kg/m^3 می باشد، وزن مخصوص بتن حاصل، از محدوده مجاز تعیین شده برای بتن های سبک سازه ای بیشتر می شود. در مقابل استفاده از سبکدانه لیکا، بتن با مقاومتی در حدود 373 kg/cm^2 و وزن مخصوصی در محدوده تعریف شده بتن های سبک سازه ای به دست می دهد.

کلمات کلیدی: بتن سبک سازه ای، مقاومت فشاری، سبکدانه لیکا، سبک دانه اسکوریا

Code C

۱. مقدمه

امروزه با توجه به موقعیت جغرافیایی ایران که یک منطقه لرزه خیز است، اهمیت سبک سازی ساختمان ها به منظور کاهش خسارات ناشی از زلزله، بیشتر از قبل احساس می شود. همچنین این سبک سازی و کاهش بار مرده در سازه باعث کاهش ابعاد پی ساختمان، تیرها، ستون ها و میزان مصرف میلگرد نیز خواهد شد [۱]. این عوامل باعث می شوند بتوان دهانه های موثر در سازه های بلند و یا دهانه های بزرگ در پل ها را افزایش داد. کاهش وزن بتن باعث صرفه جویی در هزینه ساخت تیرها، ستون ها، پی و جبران هزینه های ناشی از ساخت بتن سبک خواهد شد. اغلب افزایش هزینه ناشی از اعمال تمهیدات ویژه در ساخت بتن سبک به ازای هر مترمکعب، با کاهش بار مرده و افزایش مقاومت بتن در مقابل آتش سوزی جبران می شود. امروزه بتن و فولاد از مصالح پر کاربرد در صنعت ساخت و ساز به شمار می آیند. هر کدام از این مصالح دارای مزایا و معایبی می باشند، اما باید توجه داشت که یکی از مشکلات قابل توجه بتن، وزن نسبتاً زیاد آن می باشد. در مقابل کاهش وزن بتن مزایای زیادی را نیز در بر خواهد داشت که از آن جمله می توان به موارد زیر اشاره کرد:

الف) کاهش هزینه های مربوط به حمل و نقل و نصب قطعات پیش ساخته

ب) کاهش وزن کلی سازه که باعث کاهش ابعاد پی و عملیات خاک برداری می گردد.

پ) نسبت به بتن معمولی عایق بهتری در برابر صوت و رطوبت می باشد که این امر امکان استفاده از دیوارهایی با ضخامت کم در آپارتمان های مسکونی را فراهم می کند [۲].

ت) عایق حرارتی بهتر نسبت به بتن معمولی [۲].

به دلیل مزایای جایگزینی بتن معمولی با بتن سبک سازه ای پژوهش های زیادی در این راستا صورت گرفته است که از جمله این موارد می توان به پژوهش های متعددی که در رابطه با بتن سبکدانه لیکا در داخل کشور صورت گرفته است اشاره کرد. یکی از دشواری های فعالیت در این زمینه رسیدن به مقاومت مطلوب، لزوم استفاده از مواد افزودنی مانند فوق روان کننده ها و مواد مضاف مانند سیلیس و پودر سنگ می باشد. اندازه سبک دانه لیکا معمولاً کمتر از ۲۵ میلیمتر است. اندازه ذرات سبکدانه و دانه بندی آن بر خواص مخلوط بتن تازه و سخت شده تأثیر می گذارد. بنابراین دانه بندی سبکدانه از اهمیت زیادی برخوردار است [۳]. حداکثر اندازه سبکدانه در کاربردهای نیمه سازه ای و سازه ای ۱۹، ۱۲/۵ و ۹/۵ میلی متر منظور می شود که برای بتن های پر مقاومت تر به ۱۲/۵ و ۹/۵ میلی متر محدود می شود. حداکثر اندازه دانه ها به عواملی نظیر کارایی، نسبت ریزدانه به درشت دانه، عیار سیمن، در صد بهینه هوا، مقاومت نهایی و جمع شدگی ناشی از خشک شدن بتن سبکدانه اثر می گذارد [۴].

در این تحقیق به مقایسه نتایج مقاومت فشاری حاصل از دو نوع بتن سبک که حاوی لیکا و اسکوریا می باشند پرداخته شده است. برای یافتن طرح اختلاط مناسب ۵ طرح اختلاط با تغییر در نسبت مواد تشکیل دهنده بتن شامل سیمن، ماسه، سبکدانه لیکا و نسبت آب به سیمن انجام گردید که از این میان یک طرح اختلاط با توجه به مقاومت فشاری بالاتر و وزن مخصوص سخت شده کمتر، نسبت به سایر طرح ها به عنوان طرح اختلاط بهینه انتخاب شد. پس از تایید و انتخاب طرح، طرح نهایی با جایگزینی سبکدانه اسکوریا به جای سبکدانه لیکا نیز اجرا شد و نمونه های هر دو طرح تحت آزمایش مقاومت فشاری در سنین ۳، ۷ و ۲۸ روزه قرار گرفتند.

۲. رویکرد آیین نامه ها در مورد بتن سبک

طبق آیین نامه ACI 213-87 بتن سبک سازه ای باید دارای مقاومت فشاری استوانه ای ۲۸ روزه برابر $17/2 \text{ Mpa}$ و وزن مخصوص خشک آن کمتر از $1850 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}$ باشد. در کشور ایتالیا نیز طبق آیین نامه UNI 7548 حداکثر وزن مخصوص بتن سبک سازه ای را $1850 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}$ در نظر می گیرند. ولی در کشور آلمان و لهستان طبق آیین نامه های DIN 4219 و PN-91 حداکثر وزن مخصوص بتن سبک به $2000 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}$ محدود شده است. در دیگر آیین نامه های اروپایی مانند PREN 206 و ENV 1992 حداکثر وزن مخصوص بتن سبک سازه ای را به ترتیب برابر $2100 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}$ و $2000 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}$ می دانند [۵].

۳. مصالح مصرفی

در این تحقیق سیمان مصرفی از نوع سیمان پرتلند مشهد تپ ۲ است، میکروسیلیس استفاده شده محصول تولیدی شرکت ژیکاوا در ایران می باشد، ماسه مصرفی از نوع ماسه استان است که مشخصات آن در جدول ۱ آمده است و سبکدانه های مصرفی، دانه لیکا تهران و سبکدانه اسکوریا می باشند. وزن مخصوص فضایی لیکا بر اساس استاندارد ASTM C127 [6] در دو حالت متراکم نشده و میله خورده متراکم شده به ترتیب برابر با 529 kg/m^3 و 595 kg/m^3 می باشد. به منظور افزایش کارایی و همچنین کاهش نسبت آب به سیمان از فوق روان کننده Econex استفاده شده است.

جدول ۱- مشخصات ماسه طبیعی

مدول نرمی	جذب آب (%)	وزن مخصوص دانه ای ($\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$)
۳/۴	۲/۹	۲۶۸۳

۴. طرح های مخلوط

پنج طرح اختلاط مقدماتی از بتن سبک و از هر طرح اختلاط ۶ نمونه مکعبی با بعد ۱۰ سانتیمتر ساخته شد که مشخصات آن در جدول (۲) آمده است و پس از عمل آوری در آب معمولی، تحت آزمایش مقاومت فشاری قرار گرفته است. سپس با توجه به اصلاحات انجام شده در طرح ها، یک طرح که دارای مقاومت فشاری بیشتر و وزن مخصوص کمتری نسبت به سایر طرح ها بود به عنوان طرح نهایی انتخاب و از هر طرح تعداد ۶ نمونه مکعبی با ابعاد ۱۰ سانتیمتر ساخته و مورد آزمایش قرار گرفته اند. جهت اطمینان از حصول کارایی مناسب، دوام، چسبندگی مناسب بتن و آرماتور و حفاظت آرماتور، باید دقت شود که مقدار سیمان از عیار 300 kg/m^3 کمتر نباشد [۷]. در طرح نهایی عیار سیمان 450 kg/m^3 در نظر گرفته شده است. نام هر طرح به ترتیب مخفف عبارات Light weight concrete (LECA) و Light weight concrete (Scoria) می باشد.

جدول ۲- مشخصات طرح های اولیه

شماره طرح	پوکه بادامی (Kg)	پوکه نخودی (Kg)	ماسه (Kg)	پودر سنگ (Kg)	سیمان (Kg)	آب (Kg)	میکروسیلیس (Kg)	فوق روان کننده (Kg)	افزودنی حباب هوازا (Kg)	$\frac{W}{C}$
LWC(L)1	۱۱۵/۹۲	۸۷/۰۸	۷۷۸/۴۳	۱۸۰	۴۵۰	۱۴۲	۴۵	۹	۴/۵	۰/۲۶۶
LWC(L)2	۱۶۳/۸۶	۴۶/۱۵	۷۰۰	۱۲۰	۴۲۰	۱۵۰	۶۰	۹	۴/۸	۰/۳۵۷
LWC(L)3	۱۳۲/۴۸	۹۹/۵۲	۶۱۹/۷۱	۱۵۰	۴۵۰	۱۳۵	۵۰	۹	۴/۵	۰/۲۷
LWC(L)4	۱۵۸/۳۸	۷۶/۴۸	۶۰۰	۱۵۰	۴۳۰	۱۴۲	۴۳	۹	۴/۷۳	۰/۳
LWC(L)5	۱۴۰	۳۵	۸۰۱/۹	۱۲۵/۱۸	۴۲۰	۱۶۰	۶۰	-	۴/۸	۰/۳۵

۵. نحوه عمل آوری نمونه ها

نمونه ها به مدت ۲۴ ساعت درون قالب قرار گرفته و به مدت ۳، ۷ و ۲۸ روز عمل آوری شدند. وزن مورد نیاز برای تهیه یک متر مکعب بتن در جدول (۳) آمده است.

جدول ۳- وزن مورد نیاز برای تهیه یک متر مکعب بتن سبک

شماره طرح	پوکه بادامی (Kg)	پوکه نخودی (Kg)	ماسه (Kg)	پودر سنگ (Kg)	سیمان (Kg)	آب (Kg)	میکروسیلیس (Kg)	فوق روان کننده (Kg)
LWC(L)1	۱۱۲/۳۲	۵۶/۱۶	۱۰۶۲/۶۸	۱۲۵	۴۵۰	۱۲۵	۶۷/۵	۹
LWC(S)1	۲۱۱/۲	۱۰۵/۶	۱۰۶۲/۶۸	۱۲۵	۴۵۰	۱۲۵	۶۷/۵	۹

۶. آزمایش های انجام شده برای بتن سخت شده

برای بتن سخت شده برای هر سن ۲ نمونه آزمایش شد و میانگین نتایج نمونه های مخلوط LWC(L)1 در جداول ۴ و ۵ و برای مخلوط LWC(S)1 در جداول ۶ و ۷ آورده شده است. عدد اول هر نمونه نشان دهنده سن نمونه است که در این پژوهش سن ۳، ۷ و ۲۸ روزه مورد بررسی قرار گرفته است. همچنین مقایسه مقاومت فشاری هر دو طرح در نمودار (۱) آمده است.

جدول ۴- نتایج مقاومت فشاری مخلوط 1LWC(L) با شرایط عمل آوری در آب معمولی

نمونه	نمونه ۱			نمونه ۲		
	وزن نمونه (g)	ظرفیت نهایی (Kg)	مقاومت فشاری ($\frac{kg}{cm^2}$)	وزن نمونه (g)	ظرفیت نهایی (Kg)	مقاومت فشاری ($\frac{Kg}{cm^2}$)
3LWC(L)1	۱۸۰۱	۳۴۷۰۰	۳۴۰	۱۸۳۰	۳۴۳۰۰	۳۳۰
7LWC(L)1	۱۸۵۰	۳۵۹۰۰	۳۶۸	۱۸۵۶	۳۶۷۰۰	۳۷۰
28LWC(L)1	۱۸۵۱	۳۶۳۰۰	۳۷۲	۱۸۵۴	۳۶۳۰۰	۳۷۵

جدول ۵- نتایج میانگین مقاومت فشاری مخلوط 1LWC(L) با شرایط عمل آوری در آب معمولی

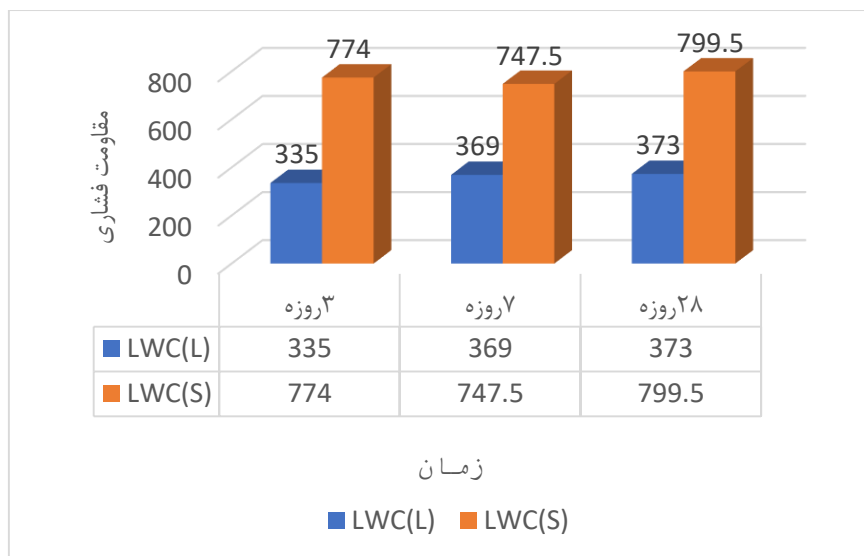
نمونه	میانگین وزن (g)	میانگین نیرو (Kg)	میانگین مقاومت فشاری ($\frac{Kg}{cm^2}$)
3 LWC(L)1	۱۸۱۵	۳۴۵۰۰	۳۳۵
7LWC(L)1	۱۸۵۳	۳۶۳۰۰	۳۶۹
28LWC(L)1	۱۸۵۲	۳۶۴۵۰	۳۷۳

جدول ۶- نتایج مقاومت فشاری مخلوط 1LWC(S) با شرایط عمل آوری در آب معمولی

نمونه	نمونه ۱			نمونه ۲		
	وزن نمونه (g)	ظرفیت نهایی (Kg)	مقاومت فشاری ($\frac{Kg}{cm^2}$)	وزن نمونه (g)	ظرفیت نهایی (Kg)	مقاومت فشاری ($\frac{Kg}{cm^2}$)
3LWC(S)1	۲۱۹۸	۷۶۸۵۸	۷۸۸	۲۱۹۹	۷۴۱۲۷	۷۶۰
7LWC(S)1	۲۲۳۲	۷۵۲۰۰	۷۷۱	۲۲۲۸	۷۰۶۰۰	۷۲۴
28LWC(S)1	۲۲۳۷	۷۸۴۰۰	۸۰۴	۲۲۴۵	۷۷۵۰۰	۷۹۵

جدول ۷- نتایج میانگین مقاومت فشاری مخلوط ۱ LWC(S) با شرایط عمل آوری در آب معمولی

نمونه	میانگین وزن (g)	میانگین نیرو (Kg)	میانگین مقاومت فشاری ($\frac{Kg}{cm^2}$)
3LWC(S)1	۲۱۹۸	۷۵۴۹۲	۷۷۴
7LWC(S)1	۲۲۳۰	۷۲۹۰۰	۷۴۷/۵
28LWC(S)1	۲۲۴۱	۷۷۹۵۰	۷۹۹/۵



نمودار ۱- مقایسه مقاومت فشاری طرح های LWC(S) و LWC(L) در سنین مختلف

۰۷. نتیجه گیری

۱- استفاده از سبکدانه اسکوریا منجر به تولید بتنی با مقاومت فشاری $799/5 \text{ kg/cm}^2$ و وزن مخصوص متوسط 2241 kg/m^3 شده است.

۲- استفاده از سبکدانه لیکا منجر به تولید بتنی با مقاومت فشاری در حدود 373 kg/cm^2 و وزن مخصوص 1852 kg/m^3 شده است که در محدوده مجاز برای بتن سبک سازه ای قرار دارد. به همین دلیل می توان از آن در تهیه بتن سبک سازه ای استفاده کرد.

۸. پیشنهاد برای پژوهش های آینده

۱- اگرچه وزن مخصوص طرح اختلاط پیشنهادی برای بتن حاوی اسکوریا مقداری بیشتر از محدوده قابل قبول برای بتن سبک سازه ای است، اما مقاومت فشاری قابل توجه تامین شده نشان می دهد می توان با تغییر در نسبت وزنی سنگدانه با کاهش مقاومت فشاری در حد قابل قبول به محدوده وزن مخصوص متعارف بتن سبک سازه ای رسید.

۲- می توان تاثیر افزایش سبکدانه در بتن حاوی اسکوریا را برای دستیابی بتن با وزن مخصوص قابل قبول در بتن های سبک سازه ای مورد بررسی قرار داد.

۳- در این پژوهش از درشت دانه و ریز دانه به مقدار مساوی استفاده شده است، می توان با تغییر در نسبت های دانه بندی به نتایج متفاوتی رسید.

۹. مراجع

- [1] I.B.Topcu, "Semi-lightweight concretes produced by volcanic slags", Cem. Concr. Res. 27 (1) (1997) 15– 21.
- [2] H. Al-Khaiat, M.N. Haque, "Effect of initial curing on early strength and physical properties of lightweight concrete", Cem. Concr. Res. 28 (6) (1998) 859– 866.
- [3] Clarke, J.L., "Structural Lightweight Aggregate Concrete", Blackie Academic, Glasgow- (1993)
- [4] European Union-Brite Euram III, "Lightweight Aggregate", Euro light Concrete, Document BE96-3942/R15- (2010)
- [5] Euro Light Concrete, "Definitions and international consensus Report", European Union BE 96-3942/R1.
- [6] ASTM C127, "Standard Test Method for Relative Density (Specific Gravity) and Absorption of Coarse Aggregate", (2015)

[۷]. نوپل، آ.ام، " بتن شناسی (خواص بتن) "، ترجمه هرمز فامیلی، جهاد دانشگاهی، دانشگاه علم و صنعت ایران، ۱۳۶۹.