Ministry of Science, Research and Technology
Institute for Color Science & Technology

available online @ www.jcst.icrc.ac.ir
Journal of Color Science and Technology, 17, 1(2023), 51-63
Article type: Research article
Open access

Journal of Color Science and Technology
www.jcst.icrc.ac.ir

Laboratory Investigation of Compressive, Tensile and Wear Resistance of Concrete with Limonite Mineral Pigment with Emphasis on Urban Beautification

Mahmoud Reza Golshan[1], Farhad Avaz nejad[*2], Hamidreza Sheibani[2]

1- Department of Civil Engineering, Technical and Vocational University (TVU), Tehran, Iran, P. O. Box: 1435761137
2- Department of Architecture and Urban Planning, Technical and Vocational University (TVU), Tehran, Iran, P. O. Box: 1435761137

ARTICLE INFO

Article history:
Received: 01-08-2022
Accepted: 12-12-2022
Available online: 14-05-2023
Print ISSN: 1735-8779
Online ISSN: 2383-2169

DOR: 20.1001.1.17358779.1402.17.1.4.3

Keywords:
Colored concrete
Limonite pigment
Abrasion resistance
Compressive
Tensile

ABSTRACT

Concrete is one of the most significant and widely utilized materials in road and building construction. The usage of colored concrete in urban development projects can play a valuable role in improving urban aesthetics metrics. This research aims to investigate the effect of Limonite pigment (a yellow mineral pigment native to Iran) on concrete's compressive, tensile, and abrasion resistance, with emphasis on the decoration of contemporary cities. In this regard, samples of colored concrete replaced cement in concrete using limonite pigment in different weight ratios of 5, 10, 15, and 20 %. The newly colored concrete was subjected to compressive, tensile, and abrasion resistance tests. The compressive strength test results showed that iron oxide in Limonite pigment could increase the compressive strength of concrete. However, the results of concrete tensile and abrasion resistance tests show that adding 5, 10, 15, and 20 percent of pigment can reduce tensile strength by 4, 8, 19, and 29 % and abrasion resistance by 9, 19, 28, and 38 %. Therefore, colored concrete with a 15 % Limonite pigment rate or more; should be used to optimize urban decoration or ornamentation like flooring, urban elements, and urban passages. In this case, other pozzolanic additives such as micro silica, fly ash, steel fibers, and polypropylene should be utilized to increase concrete's abrasion resistance.

***Corresponding author: favaznezhad@tvu.ac.ir**

This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License

نشریه علمی علوم و فناوری رنگ
Journal of Color Science and Technology
www.jcst.icrc.ac.ir

وزارت علوم، تحقیقات و فناوری
پژوهشگاه رنگ

دسترسی آنلاین: www.jcst.icrc.ac.ir
نشریه علمی علوم و فناوری رنگ/ ۱۷، (۱۴۰۲)۱، ۶۳ـ۵۱
نوع مقاله: پژوهشی
دسترسی آزاد

بررسی آزمایشگاهی مقاومت فشاری، کششی و سایش بتن با رنگدانه معدنی گل ماش (لیمونیت) با تاکید بر زیباسازی شهری

محمودرضا گلشن[۱]، فرهاد عوض نژاد[۲*]، حمیدرضا شیبانی[۲]
۱ـ مربی،گروه مهندسی عمران، دانشگاه فنی و حرفه‌ای، تهران، ایران، کدپستی: ۱۴۳۵۷۶۱۱۳۷
۲ـ مربی،گروه معماری و شهرسازی، دانشگاه فنی و حرفه‌ای، تهران، ایران، کدپستی: ۱۴۳۵۷۶۱۱۳۷

اطلاعات مقاله

تاریخچه مقاله:
تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۵/۱۰
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۹/۲۱
در دسترس به صورت الکترونیکی: ۱۴۰۲/۲/۲۴
شاپا چاپی: ۸۷۷۹-۱۷۳۵
شاپا الکترونیکی: ۲۱۶۹-۲۳۸۳

DOR: 20.1001.1.17358779.1402.17.1.4.3

واژه‌های کلیدی:
بتن رنگی
رنگدانه گل ماش
مقاومت فشاری
مقاومت کششی
مقاومت سایشی

چکیده

همواره بتن یکی از مصالح شاخص و پر کاربرد در حوزه راه و ساختمان است، بهره‌مندی از بتن رنگی در پروژه‌های شهرسازی می‌تواند در بهبود زیباسازی شهری نقش بسزایی داشته باشد. هدف از پژوهش حاضر، بررسی تاثیر رنگدانه گل ماش (رنگدانه معدنی زرد رنگ و بومی ایران) بر مقاومت فشاری، کششی و سایشی بتن با تاکید بر زیباسازی شهرهای معاصر است. بدین منظور نمونه‌هایی از بتن رنگی با استفاده از رنگدانه گل ماش در نسبت‌های مختلف وزنی ۵، ۱۰، ۱۵ و ۲۰ درصد جایگزین سیمان در بتن گردید و مورد آزمایش‌های مقاومت فشاری، کششی و سایشی قرار گرفت. نتایج آزمایش مقاومت فشاری نشان می‌دهد که اکسید آهن موجود در رنگدانه گل ماش می‌تواند مقاومت فشاری بتن را افزایش دهد اما نتایج آزمایش مقاومت کششی و سایشی بتن نشان می‌دهد افزودن ۵، ۱۰، ۱۵و ۲۰ درصد رنگدانه می‌تواند مقاومت کششی را به میزان ۱۹، ۸، ۴ و ۲۹ درصد و مقاومت سایشی را به میزان ۹، ۱۹، ۲۸ و ۳۸ درصد کاهش دهد. بنابراین جهت استفاده از بتن رنگی با مقادیر بالای ۱۵درصد رنگدانه گل ماش در بهبود زیباسازی فضاهای شهری همچون کف‌سازی، المان‌های شهری و معابر شهری باید از سایر افزودنی‌های پوزولانی مانند میکروسیلیس، خاکستر بادی و همچنین الیاف فولادی و پلی پروپیلن استفاده نمود تا موجب افزایش مقاومت سایشی بتن شود.

***Corresponding author: favaznezhad@tvu.ac.ir**

This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License

۱ـ مقدمه

بتن رنگی، در چند دهه اخیر از جمله طرح‌های نوین تحقیقاتی در حوزه راه و ساختمان محسوب می‌شود. ساخت و پرداخت آسان بتن رنگی و طیف وسیع کاربردی آن موجب شده است موردتوجه قرار بگیرد [۵-۱]. در عمده سازه‌های شاخص شهری همچون پل‌ها، المان‌ها، بناهای عمومی، فضاهای شهری و همچنین در صنعت ساختمان از بتن استفاده می‌شود که علاوه بر کارکرد سازه‌ای نقش نمای اصلی را نیز ایفا می‌کند، حال آنکه بتن رنگی به‌واسطه رنگین بودن و پالت رنگی نامحدود خود موجب غنای بصری و زیباسازی شهری نیز می‌شود. ذکر این نکته ضروری است که رنگ یکی از جنبه‌های مهم زندگی شهری است که فضاهای شهری را سامان می‌بخشد و باعث افزایش کیفیت و کارایی زندگی شهری می‌شود [۱۰-۶]. پالت رنگی بتن تا قبل از استفاده رنگدانه‌های بتن به دو رنگ سیاه و سفید محدود می‌شد. با تولید رنگدانه‌های بتن، پالت رنگی متنوع و گسترده‌ای در اختیار مصالح از جنس بتن قرار گرفت [۱۱]. روش تولید بتن رنگی اساساً تفاوتی با تولید بتن معمولی ندارد و رنگدانه به‌آسانی به مخلوط اضافه می‌شود. البته باید همه الزامات در آیین‌نامه‌های ASTM C494، AASHTO M 194، ACI 303 و ASTM C979 رعایت شوند [۱۵-۱۲]. لازمهٔ یک بتن سخت‌شده، داشتن مقاومت فشاری کافی و رضایت‌بخش است. مقاومت فشاری فقط به این منظور نیست که بتن بتواند یک تنش فشاری معین را تحمل کند بلکه به دلایل بسیاری، خواص مطلوب بتن، متناسب با مقاومت فشاری آن است و در کل مقاومت فشاری را به‌عنوان یک شاخص از کیفیت کلی به کار می‌برند [۴]. مروری بر مطالعات صورت گرفته پیرامون کاربرد رنگدانه لیمونیت در بتن نشان می‌دهد که عمده مطالعات صورت گرفته درباره این رنگدانه معطوف به تولیدات بتن سنگین و بتن‌های حفاظ تابش هسته‌ای صورت گرفته است [۱۶]. اما مرتبط ترین پژوهش صورت گرفته در این حوزه با مقاله حاضر، مقاله‌ای تحت عنوان «بررسی تأثیر رنگ دانه‌های معدنی بر مقاومت فشاری بتن رنگی با تأکید بر نقش بهبود پالت رنگی شهرهای معاصر ایران» است که به بررسی کاربرد بتن رنگی در فضاهای شهری و همچنین مطالعه و بررسی آزمایشگاهی رنگدانه‌های معدنی بر مقاومت فشاری بتن رنگی پرداخته است [۵]. پژوهش حاضر به مطالعه و بررسی تأثیر رنگدانه گل ماش (لیمونیت) به عنوان رنگدانه‌ای معدنی و بومی ایران با بهره‌مندی از آزمایش‌های مقاومت فشاری، کششی و مقاومت سایشی با تأکید بر زیباسازی شهرهای معاصر پرداخته است.

۲ـ بخش تجربی

۲ـ۱ـ برنامه آزمایشگاهی

برنامه آزمایشگاهی پژوهش حاضر شامل ساخت تعداد ۵۵ نمونه (بتن رنگی و نمونه شاهد) مطابق با جدول ۱ است (شکل ۱). بدین ترتیب تعداد ۳۰ نمونه مکعبی به ابعاد ۱۵سانتی‌متر برای تعیین مقاومت فشاری ۷ و ۲۸ روزه، تعداد ۱۵ نمونه استوانه‌ای ۱۵×۳۰ سانتی‌متر برای تعیین مقاومت کششی ۲۸ روزه به روش برزیلی و تعداد ۱۰ نمونه مکعبی به ابعاد ۱۰ سانتی‌متر برای تعیین مقاومت سایشی ساخته شده است. با توجه به آزمایش‌های انجام‌شده، میزان اختلاط اجزای بتن (طرح اختلاط) به روش آئین‌نامهٔ ACI-211 محاسبه شده است [۱۸].

شکل ۱: نمونه‌هایی از کاربرد بتن رنگی در فضاهای شهری [۱۷].

Figure 1: Examples of the use of colored concrete in urban spaces [17].

جدول ۱: طرح مخلوط مورد استفاده جهت انجام آزمایش.

Table 1: The density of mixing materials.

		Cement	Sand	Ballast	Pigment	Water	Lubricating Material
		kg/m³	kg/m³	kg/m³	kg/m³	kg/m³	kg/m³
1	SH	450	1280	720	0	225	4/5
2	LI-5 %	427/5	1280	720	22/5	225	4/5
3	LI-10 %	405	1280	720	45	225	4/5
4	LI-15 %	382/5	1280	720	67/5	225	4/5
5	LI-20 %	360	1280	720	90	225	4/5

جدول ۲: مبنای استاندارد و تعداد و ابعاد نمونه‌های مورد آزمایش.

Table 2: The basis of the standard, number and dimensions of the tested samples.

Row	Test description	standard number	7-day sample	28-day sample	Sample dimensions (cm)
1	Determining the compressive strength of concrete	ASTM-C109	15	15	15×15×15
2	Determination of tensile strength	ASTM-C496	-	15	15×30
3	Concrete wear test	ASTM-C779	-	10	5×10×10

جدول ۳: مشخصات دانه‌بندی سنگدانه.

Table 3: The characteristics of aggregate granulation.

Sieve No. (inch)	Sieve Size (mm)	The weight of the remaining material on the sieve (gr)	Materials remaining on the sieve (%)	Materials passed through the sieve (%)
3.4"	19	0	0	100
1.2"	12.5	90/5	9/05	95/95
4	4.75	210	21	69/95
8	2.36	174.5	17.45	52/5
16	1.18	156.5	15.65	36.85
30	0.6	124	12.4	24.45
50	0.3	118.5	11.85	12.6
100	0.15	81	8/1	4/5
Pan	-	4/5	4/5	**0**

۲ـ۲ـ مصالح مصرفی

۲ـ۲ـ۱ـ سنگ‌دانه

همه سنگ‌دانه‌های مصرفی از جنس گرانیت و بدون هرگونه سنگ‌دانه سوزنی یا پولکی‌شکل هستند. برای جلوگیری از نفوذ خاک در بتن، همهٔ سنگ‌دانه‌های مصرفی شستشو شده‌اند و عاری از هرگونه گل‌ولای بوده است. همهٔ الزامات استفاده از سنگ‌دانه طبق استاندارد ملی ایران شمارهٔ ۳۰۲ (برگرفته از استاندارد ASTM C 33M/C 33) [۱۹] رعایت شده است [۲۰].

الف ـ SSD کردن سنگ‌دانه

همه سنگ‌دانه‌های مصرفی پس از شستشو به مدت ۲۴ ساعت درون آب غوطه‌ور شده و بعد از گذشت ۲۴ ساعت از آب خارج شده‌اند و درون ظروفی که در برابر حرارت مقاوم باشند به ضخامت ۲ سانتی‌متر قرار گرفته‌اند. سپس در خشک‌کن[1] در دمای ۱۱۰ درجه سانتی‌گراد به حالت SSD[2] درآمده‌اند [۲۱].

1- Oven

۲- سنگ‌دانه با منافذ اشباع با سطحی خشک

۳- زیر الک

ب ـ دانه‌بندی سنگ‌دانه

دانه‌بندی سنگ‌دانه یکی از مهم‌ترین مراحل ساخت بتن است. برای دانه‌بندی سنگ‌دانه طبق استاندارد ASTM C136 عمل شده است [۲۲].

نمودار منحنی دانه‌بندی

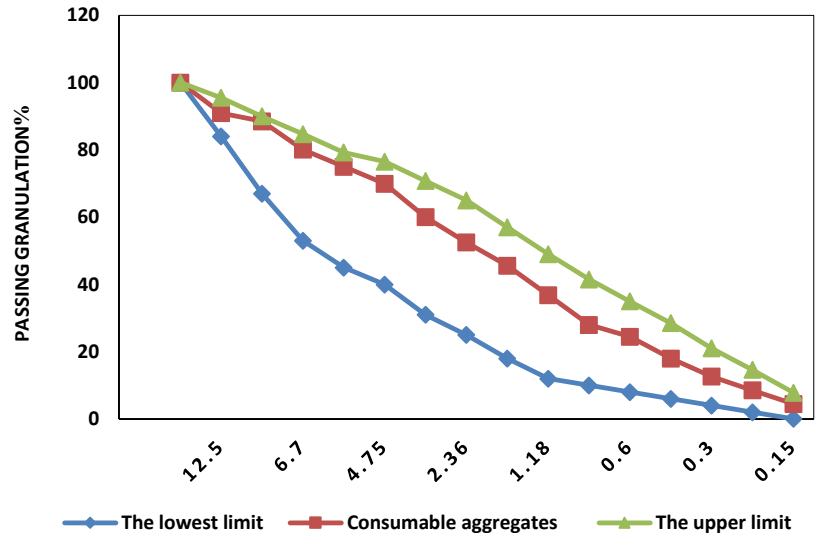
برای رسم نمودار منحنی دانه‌بندی ابتدا باید جدول دانه‌بندی را تکمیل کرد. نمودار منحنی دانه‌بندی سنگ‌دانه استفاده‌شده در شکل ۲ مشخص شده است.

ج ـ مدول نرمی ماسه

مدول نرمی مصالح مورداستفاده در پژوهش طبق جدول ۴ انجام گرفته است.

د ـ وزن مخصوص سنگ‌دانه

وزن مخصوص سنگ‌دانه‌ها طبق استاندارد ASTM C128 /C127 و میزان جذب آب در جدول ۵ ارائه شده است [۲۳، ۲۴].



شکل ۲: منحنی دانه‌بندی.

Figure 2: The linear curve of granulation.

جدول۴: مدول نرمی ماسه.

Table 4: The Softness Modulus of Sand .

Sieve Sample	The weight left on the sieve		Remaining Sands (%)
	Single Sieve	Total Sieve	
4	210	210	24.3
8	174.5	384.5	44.5
16	156.5	541	62.6
30	124	665	76.9
50	118.5	783.5	90.6
100	81	-	-
Pan	-	-	-
Sieve weight	864.5	-	198.9
Soft modulus	2.98=100÷298.9		

جدول ۵: مشخصات وزن مخصوص سنگ‌دانه‌ها.

Table 5: Details of special weight of aggregates

Bulk Specific Gravity kg/m^3	Apparent Specific Gravity kg/m^3	Materials
1945	1840	Sand
1980	1825	Ballast

۲ـ۱ـ۲ـ سیمان سفید

سیمان مورداستفاده در طرح اختلاط، سیمان سفید پرتلند نی‌ریز با نرمی ۲۹۵۰ g/cm^2 است. مشخصات شیمیایی سیمان در جدول ۶ موجود است.

۲ـ۱ـ۳ـ آب

آب نقش بسیار مهم در بتن دارد به همین جهت استفاده از آب مناسب در بتن همواره مورد توجه قرار گرفته است. آب به‌کاررفته در ساخت بتن باید پاک و عاری از هرگونه ناخالصی باشد. همچنین میزان اسیدی یا باز بودن (pH) آب باید بین ۶ تا ۸ باشد [۲۵]. آب مورداستفاده در پژوهش حاضر آب آشامیدنی شهرستان شیراز بوده که با آزمایش‌های انجام‌شده طبق استاندارد ASTM D1067 میزان غلظت یون هیدروژن یا pH آب ۷،۰۸ است [۲۶].

۲ـ۱ـ۴ـ افزودنی

الف ـ فوق روان‌کننده

در این پژوهش از افزودنی فوق روان‌کننده بر پایه پلی‌کربوکسیلیک اتر[1] (طبق استاندارد ASTM C494 و ASTM C107) که رنگی شفاف مایل به قهوه‌ای دارد، استفاده شده است [۱۳، ۲۷].

ب ـ رنگ‌دانه لیمونیت

رنگ بتن استفاده‌شده در این پژوهش رنگدانه معدنی گل ماش (لیمونیت[2]) به عنوان رنگدانه ای بومی از معادن جزیره ابوموسی استخراج شده است (شکل ۳). مشخصات شیمیایی رنگ‌دانه مصرفی در جدول ۷ ارائه شده است.

1- PCE
2- Limonite (Fe_2O_3, H_2O)

جدول ۶: ساختار شیمیایی سیمان سفید نی‌ریز.

Table 6: Chemical characteristics of cement, (Source: www.neyrizcement.ir).

LOI %	IR %	Na_2O %	K_2O %	CaO %	SO_3 %	MgO %	FE_2O_3 %	AL_2O_3 %	SiO_2 %
3	0.7	0.5	0.5	66.7	2.7	0.9	6.3	4.1	22.7

جدول ۷: خصوصیات شیمیایی رنگدانه گل ماش (لیمونیت).

Table 7: Chemical characteristics of Limonite Pigment

SiO_2 %	Fe_2O_3 %	Al_2O_3 %	CaO %	MgO %	L.O.I %	Total %
26.91	49.54	6.01	10.93	0.25	4.82	98.46

شکل ۳: رنگدانه گل ماش (لیمونیت).

Figure 3: Limonite Pigments.

۳ـ نتایج و بحث

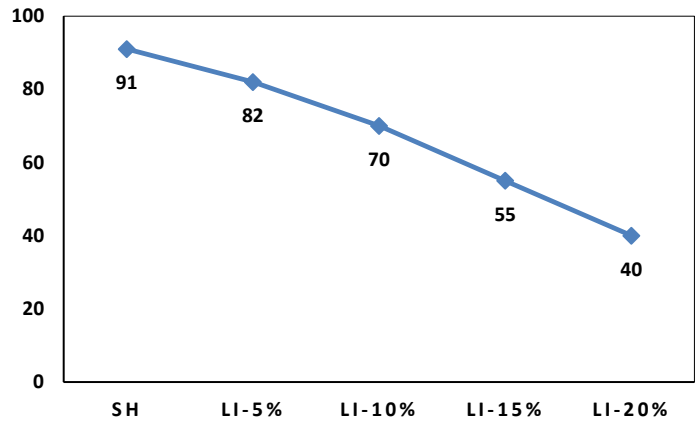
۳ـ۱ـ روانی (اسلامپ)

اسلامپ بتن، معیاری برای بررسی میزان جریان‌پذیری یا روانی بتن تازه پیش از استفاده در محل مورد نیاز است. میزان اسلامپ در نمونه‌های دارای نسبت‌های مختلف وزنی رنگدانه گل ماش بدلیل جذب آب بالای این ماده، کاهش می‌یابد. مطابق جدول ۸ که میزان روانی هر طرح مخلوط را نمایش می‌دهد مشخص است که هر چه میزان استفاده از رنگدانه گل ماش بیشتر باشد به همان اندازه میزان روانی کاهش می‌یابد. به طوری که طرح مخلوط دارای ۱۵، ۱۰، ۵ و ۲۰ درصد وزنی رنگدانه گل ماش باعث کاهش ۴۰، ۲۳، ۱۰ و ۵۶ درصد روانی بتن در مقایسه با طرح مخلوط شاهد گردید (شکل ۴ و ۵).

جدول ۸: مقایسه روانی طرح مخلوط‌های مورد مقایسه.

Table 8: Fluidity comparison of sampled mixed pastes.

The name of the concrete plan	Sh	LI-5 %	LI-10 %	LI-15 %	LI-20 %
Concrete slump/mm	91	82	70	55	40



شکل ۴: مقایسه روانی طرح مخلوط‌های مورد مقایسه.

Figure 4: Fluidity comparison of sampled mixed pastes.

شکل ۵: اسلامپ طرح مخلوط LI-20 %.

Figure 5: Slump mixed designLI-20 %.

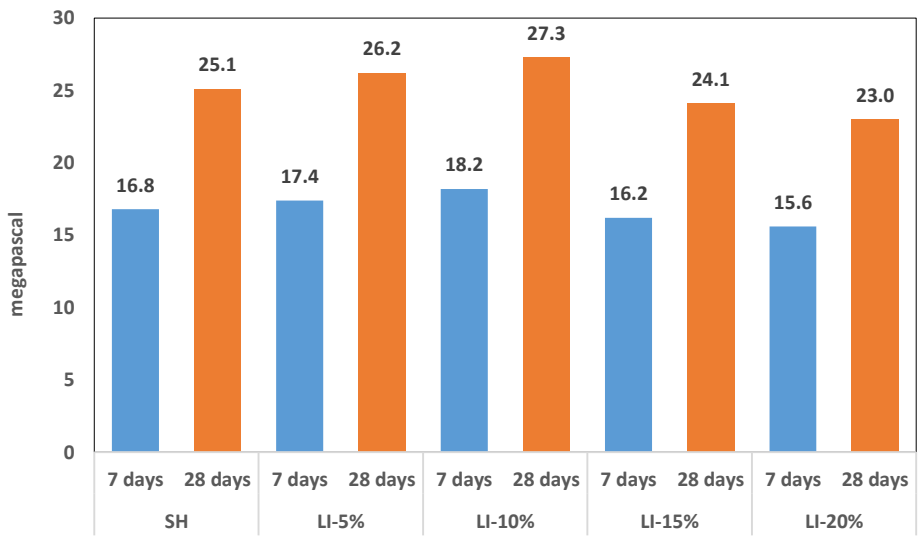
۳ـ۲ـ مقاومت فشاری بتن

برای انجام آزمایش مقاومت فشاری از جک هیدرولیکی دیجیتال با سرعت بارگذاری ۰٫۸ مگاپاسکال بر ثانیه استفاده گردید. نمونه‌های مکعبی به ابعاد ۱۵ سانتی‌متر، بعد از ۷ و ۲۸ روز عمل‌آوری در حوضچه آب مورد آزمایش فشاری قرار گرفتند. میزان مقاومت فشاری به دست آمده از هر طرح مخلوط در جدول ۸ و ۹ و در شکل ۶ و ۷ ارایه شده است. نتایج به دست آمده نشان داد که افزودن مقادیر ۵ و ۱۰ درصد رنگدانه گل ماش در بتن باعث افزایش مقاومت فشاری ۷ و ۲۸ روزه خواهد شد. از مهم‌ترین علل بروز این افزایش مقاومت می‌توان به وجود اکسید آهن در ساختار رنگدانه گل ماش اشاره نمود که دارای مقاومت مناسبی می‌باشد. همچنین اندازه ریز ذرات رنگدانه گل ماش باعث افزایش تراکم بتن و کاهش تخلخل آن گردیده که باعث افزایش مقاومت فشاری بتن می شود. در طرح مخلوط‌های دارای ۱۵ و ۲۰ درصد رنگدانه گل ماش در بتن شاهد کاهش مقاومت ۷ و ۲۸ روزه در رفتار فشاری بتن می‌باشیم که این کاهش مقاومت را می‌توان به کاهش وزن سیمان و کاهش میزان چسبندگی بین عناصر تشکیل‌دهنده بتن نسبت داد.

جدول ۹: مقایسه نتایج مقاومت فشاری نمونه‌های بتنی.

Table 9: Results Comparisons of compressive results of concrete samples.

Row	Design name	Age of the sample	pushing resistance	Resistance growth
		days	Mpa	%
1	Sh	7 days	16.8	-
		28 days	25.1	-
2	LI-5%	7 days	17.4	3.6
		28 days	26.2	4.4
3	LI-10%	7 days	18.2	8.3
		28 days	27.3	8.8
4	LI-15%	7 days	16.2	-3.6
		28 days	24.1	-4.0
5	LI-20%	7 days	15.6	-7.1
		28 days	23.0	-8.4



شکل ۶: مقایسه نتایج مقاومت فشاری نمونه‌های بتنی.

Figure 6: Comparison of compressive strength results of concrete samples.

جدول ۱۰: مقایسه نتایج انحراف استاندارد و ضریب تغییر در مقاومت فشاری نمونه‌ها

Table 10: Comparison of standard deviation results and coefficient of change in compressive strength of samples

CV %	standard deviation	Variance	Average of pushing resistance	Pushing resistance (MPa)			Sample specifications
				C	B	A	
1.822	0.306	0.093	16.8	16.5	16.7	17.1	SH (7 days)
1.054	0.265	0.070	25.1	25.0	25.4	24.9	SH (28 days)
0.880	0.153	0.023	17.4	17.5	17.2	17.4	L5 % (7 days)
0.440	0.115	0.013	26.2	26.1	26.3	26.3	L5 % (28 days)
1.146	0.208	0.043	18.2	18.0	18.1	18.4	L10 % (7 days)
0.366	0.100	0.010	27.3	27.2	27.3	27.4	L10 % (28 days)
1.980	0.321	0.103	16.2	16.0	16.6	16.1	L15 % (7 days)
0.635	0.153	0.023	24.1	24.1	23.9	24.2	L15 % (28 days)
1.337	0.208	0.043	15.6	15.4	15.8	15.5	L20 % (7 days)
0.663	0.153	0.023	23.0	23.0	22.9	23.2	L20 % (28 days)

شکل ۷: سنجش مقاومت فشاری نمونه‌های بتن مکعبی دارای رنگدانه گل ماش.

Figure 7: Measurement of compressive strength of samples of cubic concrete with Limonite pigments

۳ـ۳ـ مقاومت کششی بتن

آزمون کشش بتن به روش تقسیم یا دو نیم کردن نمونه استوانه‌ای، روشی برای تعیین مقاومت کششی بتن می‌باشد. رویه آزمون مبتنی بر استاندارد ASTM-C496 می‌باشد. میزان مقاومت کششی به دست آمده هر نمونه در طرح اختلاط مورد بررسی مطابق با جدول ۱۱ و ۱۲ می‌باشد (شکل ۸ و ۹). نتایج به دست آمده نشان می‌دهد که میزان مقاومت کششی ۲۸ روزه طرح شاهد ۴٫۸ مگاپاسکال می‌باشد. در ادامه نیز میزان مقاومت کششی نمونه‌های دارای ۵، ۱۰، ۱۵و۲۰ درصد به ترتیب کاهش ۴٫۲، ۸٫۳، ۱۸٫۸ و ۲۹٫۲ درصد را نشان می‌دهند. بنابراین مشخص است که افزودن ذرات رنگدانه گل ماش سبب کاهش مقاومت کششی بتن خواهد شد و این مهم متاثر از کاهش چسبندگی بین ذرات سیمان می‌باشد.

جدول ۱۱: مقایسه نتایج مقاومت کششی نمونه‌های بتنی.

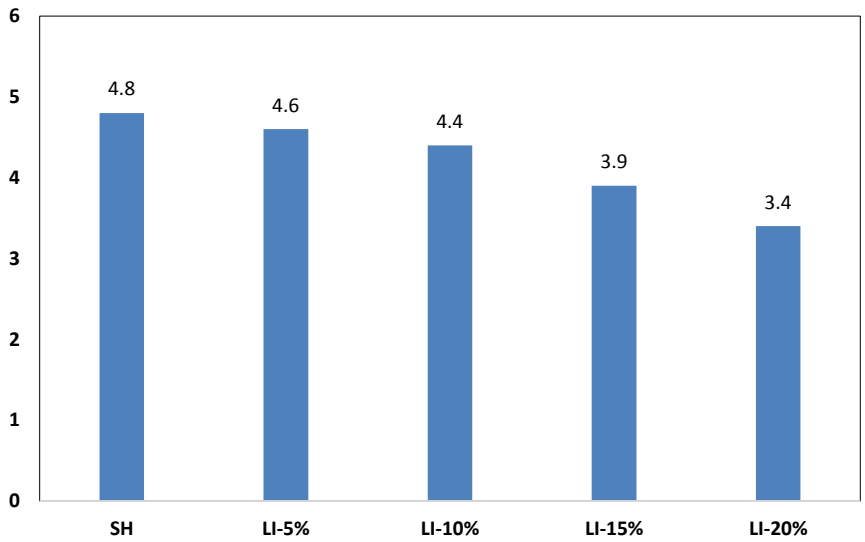
Table 11: Result comparisons of tensile strength of concrete samples.

Row	Design name	Age of the sample	Tensile strength	Resistance growth
		days	Mpa	%
1	Sh	28 days	4.8	-
2	LI-5 %	28 days	4.6	-4.2
3	LI-10 %	28 days	4.4	-8.3
4	LI-15 %	28 days	3.9	-18.8
5	LI-20 %	28 days	3.4	-29.2

جدول ۱۲: مقایسه نتایج انحراف استاندارد و ضریب تغییر در مقاومت کششی نمونه‌ها.

Table 12: Comparison of standard deviation results and coefficient of change in tensile strength of samples.

CV%	standard deviation	Variance	Average tensile strength	tensile strength (MPa)			Sample specifications
				C	B	A	
1.195	0.058	0.003	4.8	4.8	4.8	4.9	SH (28 days)
3.297	0.153	0.023	4.6	4.6	4.8	4.5	L5 (28 days)
3.936	0.173	0.030	4.4	4.3	4.3	4.6	L10 (28 days)
2.986	0.115	0.013	3.9	3.8	3.8	4.0	L15 (28 days)
1.715	0.058	0.003	3.4	3.3	3.4	3.4	L20 (28 days)



شکل ۸: مقایسه نتایج مقاومت کششی نمونه‌های بتنی.

Figure 8: Comparison of tensile strength results of concrete samples.

شکل ۹: سنجش مقاومت کششی نمونه‌های بتن استوانه‌ای دارای رنگدانه گل ماش.

Figure 9: Measurement of tensile strength of cylindrical concrete samples with Limonite pigments.

۳ـ۴ـ مقاومت سایشی بتن

مبنای آزمون سایش دراین تحقیق، استاندارد ASTM-C779 می‌باشد [۲۶]. سایش سطح رویه نمونه بتنی با ابعاد مذکور توسط استوانه دوار فلزی زبر تحت شرایط استاندارد انجام شده است. مدت چرخش، چرخ دوار دستگاه با سرعت ثابت بر روی ۵۰۰ دور تنظیم و سپس نمونه، مورد سایش قرار گرفت. در انتها با اندازه‌گیری وزن نمونه بتنی قبل و بعد از سایش و تفریق این دو از یکدیگر درصد ساییدگی را محاسبه نموده و نتایج مورد بحث و مقایسه قرار گرفت. شکل ۱۰ نحوه آزمایش سایش بر روی نمونه‌های بتنی ساخته شده دراین تحقیق را نشان می‌دهد.

با توجه به نتایج کسب شده از نمونه‌های مورد آزمایش مشخص شد که افزودن رنگدانه گل ماش به عنوان جایگزین سیمان در بتن، دوام سایشی بتن را کاهش می‌دهد به طوری که میزان مقاومت سایشی نمونه‌های دارای ۵، ۱۰، ۱۵و۲۰ درصد رنگدانه گل ماش به ترتیب کاهش ۹,۵، ۱۹,۰، ۲۸,۵ و ۳۸ درصد را نشان می‌دهد (جدول ۱۳ و شکل ۱۱).

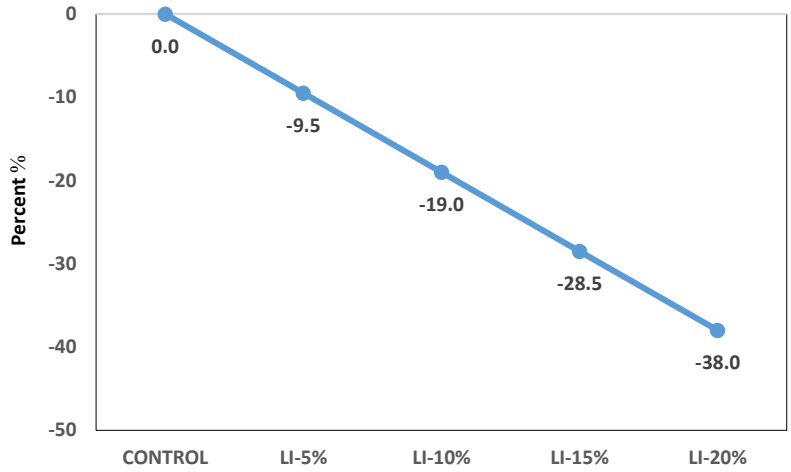
شکل ۱۰: آماده‌سازی و برش نمونه مکعبی به ابعاد ۵×۱۰×۱۰ سانتی‌متر جهت آزمون سایش.

Figure 10: Preparation and cutting cube samples to 5×10×10 cm for abrasion test.

جدول ۱۳: مقایسه نتایج نمونه‌های دارای رنگدانه گل ماش پس از تست سایش بتن.

Table 13: Result comparison or samples containing Limonite pigments after abrasion test.

Row	Design name	Age of the sample	Abraded weight of the first sample	The worn weight of the second sample	Average	Improved wear resistance
		day	Gr	Gr	Gr	%
1	Sh	28 days	2	2.2	2.1	-
2	LI-5 %	28 days	2.2	2.4	2.3	-9.5
3	LI-10 %	28 days	2.5	2.5	2.5	-19.0
4	LI-15 %	28 days	2.6	2.7	2.7	-28.5
5	LI-20 %	28 days	2.9	2.9	2.9	-38.0



شکل ۱۱: مقایسه کاهش وزن نمونه‌های دارای رنگدانه ماش پس از تست سایش

Figure 11: Comparison of weight reduction or samples containing Limonite pigments after abrasion test.

۴ـ نتیجه‌گیری

نتایج پژوهش نشان می‌دهد که رنگدانه گل ماش در مقادیر ۱۵ و ۲۰ درصد وزنی جایگزین سیمان دارای کیفیت و شفافیت رنگی مطلوبی است. به دلیل آنکه عمده ساختار رنگدانه گل ماش از اکسید سوم آهن تشکیل شده است، این ماده باعث افزایش مقاومت فشاری بتن می‌گردد. بطوریکه افزودن ۵ و ۱۰درصد رنگدانه گل ماش سبب افزایش مقاومت فشاری و مقادیر ۱۵ و ۲۰ درصد رنگدانه گل ماش علی‌رغم کاهش وزن سیمان به میزان قابل توجه، تنها کمتر از ۸ درصد مقاومت فشاری بتن را کاهش خواهد داد. همچنین اندازه ذرات ریز رنگدانه در مخلوط بتن باعث افزایش تراکم و کاهش تخلخل بین ساختار بتن گردیده و باعث بهبود رفتار فشاری بتن می‌شود. بنابراین این موضوع می‌تواند یک مزیت برای استفاده از رنگدانه های معدنی در مقایسه با رنگدانه‌های شیمیایی باشد.

نتایج آزمایش مقاومت کششی و دوام سایشی بتن نشان داد که افزودن هر چه بیشتر مقادیر رنگدانه گل ماش به جای سیمان باعث کاهش پیوند بین ذرات و کاهش چسبندگی ناشی از حذف سیمان در بتن خواهد شد بطوریکه افزودن ۵، ۱۰، ۱۵و ۲۰ درصد رنگدانه گل ماش می‌تواند مقاومت کششی را حدوداً به میزان ۱۹ ، ۸ ، ۴ و ۲۹ درصد کاهش دهد و افزودن ۱۵ ، ۱۰ ، ۵ و ۲۰ درصد رنگدانه می‌تواند دوام سایشی را به میزان ۹،۵ ، ۱۹ ، ۲۸،۵ و ۳۸ درصد کاهش دهد. بنابراین تقویت سایشی سطوح نمونه‌های دارای مقادیر بالای ۱۵درصد رنگدانه گل ماش ضروری بنظر می‌رسد در این شرایط توصیه می‌شود از سایر افزودنی‌های پوزولانی مانند میکرو سیلیس، خاکستر بادی و همچنین اضافه کردن الیاف فولادی و پلی پروپیلن استفاده نمود تا موجب حفظ دوام سایشی بتن شود. همچنین به دلیل جذب آب زیاد رنگدانه گل ماش، استفاده از فوق روان کننده جهت حفظ روانی بتن، جلوگیری از ته نشین شدن رنگدانه و پخش کاملاً یک دست ضرورت دارد. با توجه به نتایج حاصل از پژوهش

حاضر با سایر پژوهش های مرتبط با موضوع تحقیق می توان اذعان داشت که استفاده از رنگدانه معدنی برای ساخت بتن زرد، نخودی یا خردلی مشروط به در نظر گرفتن مولفه‌های دوام یا ارائه طرح‌های تقویتی توجیه‌پذیر است. بدین ترتیب استفاده از این ماده علی رغم اینکه افزایش مقاومت فشاری و کاهش هزینه‌های ساخت را بدنبال دارد، مخاطرات زیست‌محیطی کمتری دارد و نیاز مصرف کننده در خصوص ساخت و مصرف بتن رنگی با طیف رنگی زرد را مرتفع می‌سازد. بنابراین می‌توان از بتن با رنگدانه زرد در بهبود پالت رنگی شهر و زیباسازی فضاهای شهری همچون کف‌سازی، المان‌های شهری و معابر شهری استفاده نمود.

هیچ گونه تعارض منافع توسط نویسندگان بیان نشده است.

تقدیر و تشکر

نویسندگان بر خود لازم می‌دانند که از دانشگاه فنی و حرفه‌ای جهت در اختیار قرار دادن محیط آزمایشگاهی بتن و مصالح ساختمانی دانشگاه شهید باهنر شیراز برای انجام آزمایش‌ها و آماده‌سازی نمونه‌ها، تقدیر و تشکر به عمل آورند.

۵ـ مراجع

1. G. Lemaire,G. Escadeillas, E. Ringot, Evaluating concrete surfaces using an image analysis process. *Constr. Build. Mater*. 19(2005), 604-611
2. D. F. Lin, H. L. Luo, Fading and color changes in colored asphalt quantified by the image analysis method. *Constr.Build. Mater*. 18(2004),255-261.
3. C. W. Planje, Colored ceramic aggregate for decorative concrete. *J. Am. Ceram. Soc*. 20, (1937) 90-96.
4. M. Naderi, O. Qodousian, H. Mollayi Dehshali. Effects of type and dosage of pigment on the concrete compressive strength and its prediction by the fuzzy logic. *J. Color Sci. Tech.* 5(2011), 315-324. [In Persian]
5. M. Sharifi, H. Sheibani. The effect of mineral pigments on the compressive strength of colored concrete by focusing on the role of improved color palette in current cities of Iran. *J. Color Sci. Tech.* 16(2022), 81-92.
6. F. Avaznejad, H. Sheibani. Studying and reviewing the color in urban placemaking. *J. Stud. Color World*. 12(2022), 71-86. [In Persian]
7. F. Avaznejad, H. Sheibani, Color in Arsen Zandieh Shiraz. *J. Stud. Color World*. 9(2019), 43-52. [In Persian]
8. J. P. Lenclos, D. Lenclos, Colors of the world. Norton and & Company: New York. 2004.
9. F. Avaznejad, H. Sheibani, "Study of Color in the Architecture of Nasir Al-Molk Mosque in Shiraz", J. Stud. Color World, 11, 23-34, 2021.
https://doi.org/ 20.1001.1.22517278.1400.11.1.3.1 [In Persian]
10. H. Sheibani, A. Nasrabadi, M. Sotoudehniya, The Types of 'Natural Landscape' Represented in Saadi's Poetry (Reviewing the Quality Presence of 'Desert' (Sahra/Sahara) in these Poems), JACO, 8(29), 31-36.2020.
https://doi.org/10.22034/JACO.2020.221745.1149
11. H. Janpoor, A. Alah Verdi. A review on performance of different organic coatings in protecting concrete structures against aggresive agents. *J. Stud. Color World*. 1(2012), 9-14. [In Persian]
12. American Standards for Testing and Materials, ASTM C979 / C979M-10 Standard specification for pigments for integrally colored concrete.
13. American Standards for Testing and Materials, ASTM C494-10a/C494M-10a Standard specification for chemical admixtures for concrete.
14. American Concrete Institute, ACI303.1-97, Standard specification for cast-in-place architectural concrete.
15. American Association of State Highway and Transportation Officials AASHTO M194-chemical admixtures for concrete.
16. Y. Esen, Z. M. Doğan. Investigation of usability of limonite aggregate in heavy-weight concrete production. *Prog. Nuclear Energy*. 105(2018), 185-193.
17. H. Sheibani, F. Avaznejad, The color palette of the city. Norouzi publications, 2017.
18. American Standards for Testing and Materials, ACI 211.9R-18, Standard Concrete Technologh And Mix Design
19. American Standards for Testing and Materials, ASTM C33, Standard Specification for Concrete Aggregates.
20. Iran national standards, INSO. 302, 3rd. Revision, 2015.
21. American Standards for Testing and Materials, ASTM C566 Standard Test Method for Total Evaporable Moisture Content of Aggregate by Drying.
22. American Standards for Testing and Materials, ASTM C136 Standard Test Method for Sieve Analysis of Fine and Coarse Aggregatcs.
23. American Standards for Testing and Materials, ASTM C127-15 Standard Test Method for Relative Density (Specific Gravity) and Absorption of Coarse Aggregate.
24. American Standards for Testing and Materials, ASTM C128-15 Standard Test Method for Relative Density (Specific Gravity) and Absorption of Fine Aggregate.
25. D.Mostoufinejad.Concrete mixed design and technology. Isfahan Industrial University.Vol.38.2014 .
26. American Standards for Testing and Materials, ASTM D1067, Standard Test Methods for Acidity or Alkalinity of Water.
27. American Standards for Testing and Materials, ASTM C107, Method of Panel Spalling Testing High-Duty Fireclay Brick (Withdrawn 1994).

How to cite this article:

M. R. Golshan, F. Avaz nejad, H. Sheibani, Investigate the Effect of Limonite Pigment on Concrete's Compressive, Tensile, and Abrasion Resistance, with Emphasis on the Decoration of Contemporary Cities. *J. Color Sci. Tech.* 17, 1(2023), 51-63

DOR: 20.1001.1.17358779.1402.17.1.4.3