



Evaluation of Blocks Produced from Construction Waste in Accordance with the National Standard

Document Type
Research Paper

Sayyed Mehdi Hosseinikhah^{1*}

Received:
2025/11/08

1. Corresponding Author, Department of Civil Engineering, Ki.C. Islamic Azad University, Kish, Iran. Email: Sayyedmehdi.hosseinikhah@gmail.com

Accepted:
2026/06/08

Abstract

The construction industry, although it makes a significant contribution to the development and progress of a society, is on the other hand also considered a destroyer of the environment. The lack of a proper program regarding the generation, collection, and recycling of construction waste is today considered one of the major environmental problems. The recycling and reuse of demolition waste is of importance both economically and environmentally. If these materials have the necessary properties, they can be used in the structure of cement blocks. Given that concrete, brick, ceramic, tile, and mosaic constitute a significant volume of building demolition debris, in this research, in order to investigate the feasibility of using these materials in the structure of hollow cement blocks, experiments were conducted based on the Iranian National Standard No. 70, which confirm the possibility of manufacturing non-load-bearing cement blocks with these materials. The compressive strength (32 to 36 kg/cm²), water absorption (201 to 275 kg/m³), and density (2000 to 22000 kg/m³) tests performed on the manufactured blocks confirm that, without using natural materials and additives and only with the construction waste present in the dumps, a block conforming to Iranian standards can be made.

Keywords: Construction waste, Recycling, Compressive strength, Hollow cement blocks

Cite this article: Hosseinikhah, S. M. (2026). Evaluation of Blocks Produced from Construction Waste in Accordance with the National Standard. *Journal of Environmental Research*, 17 (33), 23-40. <https://doi.org/10.22034/eiap.2026.247918>

© The Author(s).

Publisher: Iranian Association for Environmental Assessment



DOI: <https://doi.org/10.22034/eiap.2026.247918>

Introduction

Waste management has historically been a significant concern; however, rapid population growth, accelerating urbanization, and the concurrent expansion of construction activities have transformed it into a critical environmental challenge. The substantial volume of waste generated by construction, demolition, renovation, and maintenance activities has created numerous complications, including environmental pollution, land scarcity, and the depletion of natural resources. Given the finite nature of these resources and the imperative to conserve them for future generations, effective management of construction and demolition (C&D) waste has become a fundamental necessity. In this context, the recycling and reuse of construction waste serve as a primary strategy to mitigate adverse impacts, reduce waste volume, minimize the reliance on virgin materials, and lower production costs. Construction waste is largely composed of concrete, bricks, ceramics, and tiles, which possess considerable potential for reuse as building materials. Integrating these materials into new production cycles not only alleviates landfill pressure but also aligns with the broader principles of sustainable development. Given the vital role of the construction industry in the global economy, enhancing waste management practices can significantly improve resource efficiency and environmental performance. Many nations are increasingly adopting circular economy models, shifting toward recycling construction waste for the production of new materials. Consequently, investigating the viability of incorporating construction waste into cement blocks and validating their performance against established national and international standards represents a crucial step toward optimizing resource utilization and fostering environmental sustainability.

Methodology

This study investigated the feasibility of recycling construction and demolition (C&D) waste for the production of hollow concrete blocks. To determine the actual composition of construction debris, two older buildings one with a steel-beam roof deck and one with precast composite planks were first quantified through quantity surveying (boQ), and debris from several buildings under demolition, along with unauthorized stockpile sites across the city, was inspected. A comparison between the survey results and the actual demolition debris revealed a considerable discrepancy between the two. In older buildings, bricks were collected and reused after demolition, and a significant portion of the debris was incorporated into the plinth of newly constructed buildings; in contrast, newly built structures generated substantial volumes of tile and façade-stone waste that entered the C&D waste stream. An inspection of the Kianabad disposal site in Baharestan district (Mianroud), Shiraz, showed that quantity surveying was not a reliable method for determining the debris composition; consequently, the sample composition was established by collecting the major materials present in the waste. The bulk of the waste consisted of fine aggregates (soil and gypsum) and coarse aggregates (concrete fragments, bricks, crushed blocks, tiles, ceramics and façade stones); only the coarse fraction was used in this study to produce the specimens. Samples were collected using a controlled random sampling method, and after sorting, the materials were manually crushed and sieved. The recycled materials were classified into five groups — brick, concrete-based materials, mosaic, stone and tile from which 56 block specimens were fabricated in accordance with Iranian National Standard No. 70. A total of 840 kg of C&D waste was consumed across the five groups. Two specimens were produced for each test, and the average of the results was taken as the final value; in cases where the results were unacceptable, the specimens were remade. The basic and non-basic materials were divided into two fractions: fine aggregates (passing the No. 30 sieve) and coarse aggregates (passing the 3/8-inch sieve). The first group (coarser grading) exhibited better compressive strength, whereas the second group (finer grading) showed higher water absorption; ultimately, 16 final specimens from the second group were selected for analysis. Blocks were produced using Type II Portland cement and potable water with no additives, and the aggregates were passed through a 12.5 mm sieve. The blocks, measuring 200 × 200 × 400 mm, were evaluated for

compressive strength, water absorption and density in accordance with Iranian National Standard No. 70. The minimum compressive strength was set at 12 MPa (120 kg/cm²) for load-bearing blocks and 3.5 MPa (35 kg/cm²) for non-load-bearing blocks; the maximum water absorption of load-bearing blocks was 208 kg/m³, and the produced blocks were classified into two density classes, 2.2 and 2.4.

Results and Discussion

This section presents the analysis and evaluation of the compressive strength, density, and water absorption test results of the manufactured concrete block specimens. The data, recorded in Tables 5, 6, and 7, were plotted for enhanced clarity and analyzed systematically. Compressive strength is the primary quality control metric for concrete blocks (particularly non-load-bearing units) and directly dictates their structural application. Higher compressive strength permits usage in load-bearing masonry walls, whereas lower values restrict deployment to non-load-bearing partitions. A comparison between specimens containing base materials and those with tile aggregates under both coarse and fine gradings revealed that fine recycled tile aggregates yield superior compressive strength. Specifically, in specimens containing 25% recycled tile, the strength discrepancy between the coarse and fine gradings was approximately 0.3 MPa (3 kg/cm²), whereas this variation was only 0.1 MPa (1 kg/cm²) for the 25% recycled brick specimens. These findings suggest that incorporating finer fractions of non-hazardous recycled aggregates enhances compressive strength. Comparing the 16 final specimens containing fine recycled tile and brick aggregates indicated that brick-blended blocks exhibit lower strength, which decreases further as the brick content increases. Conversely, tile-blended blocks displayed superior mechanical performance. The strength variation among the five specimens fabricated with tile and brick was approximately 0.7 MPa (7 kg/cm²), highlighting the detrimental effect of brick aggregate on strength. Furthermore, specimens containing a blend of tile and brick showed lower strength than those with tile alone, indicating that the adverse effect of brick dominates the blend's performance. Based on the compressive strength values, most fabricated blocks are classified as non-load-bearing. In specimens incorporating recycled tile aggregates, the surface glaze and the resulting poor interfacial adhesion led to localized cracking and shear failure under compressive loading. Comparative plotting against standard specifications (Figure 7) demonstrated that specimens made of base materials, base-tile blends, and base-tile-brick blends with up to 10% brick content met the minimum compressive strength requirements for non-load-bearing blocks. However, none of the specimens satisfied the standard threshold for load-bearing applications.

In terms of density, the base-material blocks did not exceed 1900 kg/m³, with density values ranging between 1700 and 1900 kg/m³, classifying them as medium-weight (semi-lightweight) blocks. Specimens containing recycled brick aggregates exhibited lower densities compared to those with tile or tile-brick mixtures. Combining coarse base aggregates with fine recycled aggregates increased the specimen density, a trend more pronounced in tile-blended blocks. A density discrepancy of approximately 110 kg/m³ was observed among the five tile-brick specimens, confirming the density-reducing effect of recycled bricks. Reference to standard density limits (Figure 8) confirmed that blocks containing base materials, tile, and tile-brick blends have higher densities than those incorporating brick aggregates, validating their classification as semi-lightweight, non-load-bearing blocks.

Water absorption analysis indicated no significant difference between fine and coarse tile aggregate specimens, showing that recycled tile does not appreciably affect water absorption. Conversely, water absorption in brick-blended specimens increased in both coarse and fine configurations, showing a maximum variation of 100 kg/m³ across three specimens. For the 25% brick specimen, the fine-aggregate configuration increased water absorption by 6 kg/m³, confirming that fine brick particles accelerate moisture uptake. Overall, the introduction of fine tile and brick aggregates increased water absorption, with all brick-only specimens failing to meet the standard criteria. Specimens containing base materials and base-5% tile blends

conformed to the standard, whereas the base-5% brick blend exceeded the maximum limit by 7 kg/m³. Although the standard specifies a maximum water absorption of 208 kg/m³ for load-bearing blocks, this parameter is not structural for non-load-bearing units. Consequently, all specimens are suitable for non-load-bearing applications, with the majority meeting the water absorption criteria for lightweight and semi-lightweight blocks.

Conclusion

The results indicate that blocks fabricated from base materials and recycled tiles meet the requisite standards for non-load-bearing, lightweight, and semi-lightweight applications. Utilizing fine recycled aggregates in combination with coarse base materials enhances compressive strength and density, although increasing the brick content beyond 10% diminishes strength and elevates water absorption. Furthermore, using recycled tile as a fine fraction improves cement adhesion, mitigating the negative effects of surface glaze. This approach not only conserves natural resources and reduces environmental hazards but also offers significant economic and logistical viability for municipalities to reintegrate C&D waste into urban infrastructure projects



پژوهش‌های محیط‌زیست

سال ۱۷، شماره ۳۳، بهار و تابستان ۱۴۰۵

Journal Homepage: www.iraneiap.ir
Print ISSN: 2008-9597 Online ISSN 2008-9590

نوع مقاله:

مقاله پژوهشی

ارزیابی بلوک‌های تولیدی از پسماندهای عمرانی مطابق با استاندارد ملی

تاریخ دریافت:

۱۴۰۴/۰۹/۱۷

سید مهدی حسینی خواه^{۱*}

تاریخ پذیرش:

۱۴۰۵/۰۳/۱۸

۱. نویسنده مسئول، گروه مهندسی عمران، واحد بین‌المللی کیش، دانشگاه آزاد اسلامی، هرمزگان، ایران. رایانامه:

Sayyedmehdi.hosseiniikhah@gmail.com

چکیده

صنعت ساختمان‌سازی اگرچه در توسعه و پیشرفت یک جامعه سهم به‌سزایی دارد اما از طرف دیگر به‌عنوان مخرب محیط‌زیست نیز تلقی می‌شود. عدم وجود برنامه مناسب در ارتباط با تولید، جمع‌آوری و بازیافت پسماندهای عمرانی، امروزه یکی از مشکلات محیط‌زیستی مهم به‌شمار می‌رود. بازیافت و استفاده مجدد از پسماندهای حاصل از تخریب از نظر اقتصادی و محیط‌زیستی، دارای اهمیت می‌باشد. در صورتی که این مواد خصوصیات لازم را داشته باشند، می‌توان از آنها در ساختار بلوک‌های سیمانی استفاده کرد. با توجه به این که بتن، آجر، سرامیک، کاشی و موزاییک حجم قابل‌توجهی از نخاله‌های تخریبی ساختمان‌ها را تشکیل می‌دهند. در این تحقیق، به منظور بررسی قابلیت استفاده از این مواد در ساختار بلوک‌های سیمانی توخالی، براساس استاندارد ملی ایران به شماره ۷۰ آزمایش‌هایی انجام شد، که قابلیت ساخت بلوک‌های سیمانی غیر باربر را با این مصالح تایید می‌کند. آزمایش‌های تاب‌فشاری (۳۲ تا ۳۶ کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع)، جذب آب (۲۰۱ تا ۲۷۵ کیلوگرم بر مترمکعب) و چگالی (۲۰۰۰ تا ۲۲۰۰۰ کیلوگرم بر مترمکعب) صورت گرفته بر روی بلوک‌های ساخته شده موید این موضوع است که بدون استفاده از مصالح طبیعی و مواد افزودنی و فقط با پسماندهای عمرانی موجود در دپوها می‌توان بلوکی مطابق با استانداردهای ایران ساخت.

کلید واژه‌ها: پسماندهای عمرانی، بازیافت، تاب‌فشاری، بلوک‌های سیمانی توخالی

استناد: حسینی‌خواه، سید مهدی (۱۴۰۵). ارزیابی بلوک‌های تولیدی از پسماندهای عمرانی مطابق با استاندارد ملی. نشریه پژوهش‌های محیط‌زیست، ۱۷ (۳۳)، ۴۰-۲۳. <https://doi.org/10.22034/eiap.2026.247918>



© نویسندگان.

ناشر: انجمن ارزیابی محیط‌زیست ایران.

سرآغاز

انسان از هزاران سال پیش مدیریت مواد زاید را مورد توجه قرار داده است. در دوران اولیه، ورود ضایعات به محیط هیچ مشکل خاصی ایجاد نمی‌کرد. زیرا، جمعیت محدود و زمین قابل دسترس فراوان بود. اما امروزه افزایش روزافزون جمعیت جهان و نیاز مبرم به تأمین احتیاجات اولیه انسان، از جمله نیاز به مسکن، موجب گسترش فعالیت‌های عمرانی شده است. حجم زیاد دورریزهای ناشی از فعالیت‌های عمرانی شامل ساخت‌وساز، تعمیر، تخریب و نوسازی، مشکلات متعددی به‌ویژه مشکلات محیط‌زیستی ایجاد کرده است. تولید مواد زاید جامد که محصول فعالیت‌های مختلف انسانی است، با تغییر سبک زندگی و توسعه شهری نسبت به گذشته دچار تحولات گسترده‌ای شده و نخاله‌های ساختمانی به یکی از مهمترین انواع پسماندهای جامد تبدیل شده‌اند (Chobanoglous & Kreith, 2010; Zhang et al., 2022). اگر بشر بخواهد با چنین آلودگی‌هایی مقابله کند، باید شیوه صحیح مدیریت را همراه با اصول مهندسی و اقتصادی در جهت دفع و بازیافت مواد زاید مدنظر قرار دهد. مدیریت مواد زاید مسئله‌ای بسیار مهم در جهان محسوب می‌شود که نقش حیاتی در حفاظت از محیط‌زیست دارد. به همین دلیل، مدیریت پسماندهای عمرانی در کشورهای صنعتی به‌عنوان یک فعالیت فرابخشی مطرح شده است. با توجه به محدودیت منابع طبیعی، حفظ سرمایه‌های ملی برای نسل‌های آینده و صیانت از محیط‌زیست، مدیریت صحیح پسماندهای عمرانی ضرورت یافته است؛ زیرا با اجرای برنامه‌های کارآمد، علاوه بر کاهش هدررفت منابع طبیعی، هزینه‌های جانبی نیز کاهش یافته و منافع اقتصادی قابل‌توجهی حاصل می‌شود (Tam et al., 2018; Yuan & Shen, 2011).

در اتحادیه اروپا، بخش ساخت‌وساز در سال ۲۰۲۲ حدود ۸۵۸ میلیون تن پسماند تولید کرده است؛ این مقدار از سهم ۳۸/۴ درصدی ساخت‌وساز از کل ۲/۲۳۳ میلیارد تن پسماند اتحادیه محاسبه شده است (Eurostat, 2024). میزان پسماندهای عمرانی و ساختمانی کشور در برآوردهای منتشرشده حدود ۶۰ تا ۱۲۰ میلیون تن در سال گزارش شده است (Irna, 1403).

بنابراین با توجه به محدودیت منابع طبیعی و ضرورت حفظ محیط‌زیست، استفاده مجدد از دورریزها به‌عنوان یکی از بهترین راهکارها شناخته می‌شود. بازیافت پسماندهای عمرانی از مهمترین راهکارهای اقتصادی در کشورهای مختلف است. زیرا، ضمن کاهش میزان ضایعات، بر استفاده مجدد از مصالح و بازگرداندن آنها به چرخه مصرف تأکید دارد. هدف از بازیافت مواد زاید جامد شهری و پسماندهای عمرانی، حمایت از سلامت عمومی، جلوگیری از انباشت زباله‌ها، پیشگیری از ایجاد مناظر نامناسب در اطراف شهرها، استفاده بهینه از منابع طبیعی و دستیابی به توسعه اقتصادی پایدار است. با پیشرفت علوم و فناوری، موضوع تولید و مدیریت پسماندهای عمرانی نیز مورد مطالعات گسترده علمی قرار گرفته و بازیافت این مواد به دلیل صرفه‌جویی اقتصادی و مزایای محیط‌زیستی، اهمیت فراوانی یافته است (Bao et al., 2019; Kabir et al., 2020). در حال حاضر، در کشورهای صنعتی و پیشرفته، پسماندهای عمرانی پس از جمع‌آوری وارد چرخه بازیافت شده و مجدداً در پروژه‌های ساختمانی مورد استفاده قرار می‌گیرند. جلوگیری از آلودگی محیط‌زیست، بازیافت مصالح قابل استفاده و هدایت اصولی پسماندها به محل‌های دفن بهداشتی از مهمترین اهداف مدیریت پسماندهای عمرانی محسوب می‌شود (Robinson et al., 2000; Wu et al., 2019).

فعالیت‌های ساختمانی شامل مجموعه‌ای از عملیات ساخت ساختمان‌ها، ابنیه صنعتی، راه‌ها، سازه‌های آبی، اسکله‌ها و پروژه‌های عمرانی مختلف است. علاوه بر این، عملیات تخریب، نوسازی و پاک‌سازی آوارهای ناشی از بلایای طبیعی نیز بخش مهمی از تولید پسماندهای عمرانی را تشکیل می‌دهد. این پسماندها از منابع مختلفی مانند ساختمان‌های مسکونی، کارخانه‌ها، نیروگاه‌ها، پل‌ها، روسازی راه‌ها و قطعات پیش‌ساخته حاصل می‌شوند (Huang et al., 2018; Xiao et al., 2018). حجم پسماندهای عمرانی به عواملی مانند رشد جمعیت، افزایش نیاز به مسکن، مهاجرت روستاییان به شهرها، توسعه مراکز جمعیتی، فرسودگی ساختمان‌ها و وقوع بلایای طبیعی بستگی دارد. اگر چه نخاله‌های ساختمانی معمولاً در گروه پسماندهای کم‌خطر طبقه‌بندی می‌شوند، اما مطالعات نشان داده‌اند که برخی مواد خطرناک مانند چسب‌ها، رنگ‌ها و رزین‌ها می‌توانند همراه این نخاله‌ها وارد محیط‌زیست شده و سلامت انسان و محیط را تهدید کنند (Li et al., 2020; Menegaki & Damigos, 2018). هر چند بازیافت پسماندهای عمرانی مستلزم صرف هزینه و سرمایه‌گذاری اولیه است و ممکن است در کوتاه‌مدت توجیه اقتصادی محدودی داشته باشد، اما افزایش قیمت مصالح اولیه و خسارت‌های بلندمدت محیط‌زیستی، اهمیت بازیافت این پسماندها را دو چندان کرده است (Gálvez-Martos et al., 2018; Robinson et al., 2000).

کاربرد پسماندهای عمرانی بازیافت‌شده به عواملی همچون حجم و ترکیب نخاله‌ها، نوع ماشین‌آلات بازیافت، کیفیت مصالح تولیدی، میزان تقاضا و هزینه مواد خام بستگی دارد. در کشورهای اروپایی که بخش عمده نخاله‌ها را بتن تشکیل می‌دهد، تحقیقات متعددی درباره استفاده از بتن بازیافتی در ساخت بتن جدید انجام شده و معیارهایی برای استفاده از سنگدانه‌های بازیافتی ارائه شده است (Chi & Silva et al., 2019; Dixon, 2006; Dhir et al., 2000). همچنین استفاده از خرده‌آجرهای بازیافتی در تولید آجرها و بلوک‌های بتنی توجه بسیاری از پژوهشگران را جلب کرده است. نتایج مطالعات نشان داده‌اند که این مواد می‌توانند در تولید مصالح ساختمانی جدید با ویژگی‌های مناسب مکانیکی و محیط‌زیستی مورد استفاده قرار گیرند (Akash et al., 2007; Zhao et al., 2020). یکی از مهمترین کاربردهای پسماندهای عمرانی بازیافتی، استفاده در لایه‌های روسازی راه است. در بسیاری از کشورهای پیشرفته، استفاده از مصالح بازیافتی در زیرسازی و روسازی جاده‌ها مورد بررسی و اجرا قرار گرفته است (Poon et al., 2002; Huang et al., 2003; Vegas et al., 2015).

علاوه بر این، مراکز پژوهشی معتبر نظیر مؤسسه بتن آمریکا (ACI) دستورالعمل‌هایی برای تخریب بتن، بازیافت و استفاده مجدد از آن در بتن جدید ارائه کرده‌اند که نقش مهمی در استانداردسازی فرایند بازیافت مصالح ساختمانی داشته است (ACI Committee 555, 2002). از آنجا که آجر یکی از مصالح پرکاربرد در صنعت ساختمان است، حجم قابل‌توجهی از پسماندهای عمرانی را تشکیل می‌دهد. با توجه به وجود خاک رس در ساختار آجر، امکان بازیافت آن و ترکیب با موادی مانند پلی‌استایرن، خمیر کرافت و خاک اره وجود دارد تا محصولاتی جدید با ویژگی‌هایی نظیر بهبود تخلخل، کاهش هدایت حرارتی، کاهش وزن مخصوص و صرفه‌جویی در انرژی تولید شود. بنابراین استفاده مجدد از نخاله‌های آجری می‌تواند راهکاری مقرون‌به‌صرفه و پایدار در تولید مصالح ساختمانی باشد (Abdul Kadir & Mohajerani, 2011).

در سال‌های اخیر، فناوری‌های نوین در حوزه بازیافت پسماندهای عمرانی توسعه چشمگیری یافته‌اند. استفاده از هوش مصنوعی، فناوری‌های جداسازی هوشمند و مدل‌های اقتصاد چرخشی موجب افزایش بهره‌وری در فرایند بازیافت شده است. مطالعات جدید نشان می‌دهند که استفاده از فناوری‌های نوین می‌تواند کیفیت مصالح بازیافتی را افزایش داده و مصرف منابع طبیعی را کاهش دهد (Li et al., 2024; Zhang et al., 2024). پژوهش‌های جدید همچنین بر نقش بازیافت پسماندهای عمرانی در کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای و توسعه ساخت‌وساز پایدار تأکید دارند. استفاده مجدد از مصالح ساختمانی علاوه بر کاهش حجم دفن زباله، موجب کاهش استخراج مواد اولیه و صرفه‌جویی در مصرف انرژی می‌شود (Kumar & Singh, 2025; Wang et al., 2025). علاوه بر این، رویکردهای مبتنی بر اقتصاد چرخشی در صنعت ساخت‌وساز به عنوان یکی از مهمترین راهکارهای توسعه پایدار معرفی شده‌اند. در این رویکرد، پسماندهای ساختمانی به‌عنوان منبع ارزشمند مواد اولیه در نظر گرفته می‌شوند و تلاش می‌شود چرخه استفاده از مصالح تا حد امکان بسته باقی بماند (Garcia et al., 2026; Mahpour, 2018).

بنابراین با توجه به محدودیت منابع طبیعی، افزایش هزینه مصالح ساختمانی و ضرورت حفاظت از محیط‌زیست، بازیافت پسماندهای عمرانی به عنوان یکی از راهکارهای اساسی مدیریت پسماند مطرح است. با وجود چالش‌هایی مانند هزینه‌های اولیه بازیافت و دشواری جداسازی مصالح، توسعه فناوری‌های جدید و تدوین استانداردهای مناسب می‌تواند نقش مهمی در افزایش بهره‌وری و صرفه اقتصادی بازیافت ایفا کند. هدف این تحقیق، بررسی امکان بازیافت پسماندهای عمرانی بدون استفاده از مواد افزودنی و ارزیابی قابلیت استفاده مجدد آنها مطابق استانداردهای ملی و بین‌المللی است.

مواد و روش‌ها

• بررسی دیو پسماندهای عمرانی

برای تهیه ترکیبات و مصالح مورد نیاز برای انجام آزمایش‌های موردنظر بر روی پسماندهای عمرانی، در ابتدا به متره کردن دو ساختمان قدیمی (با سقف تیرآهن و سقف تیرچه بلوک) و بازدید از نخاله‌های چندین ساختمان در حال تخریب پرداخته شد. با انجام این کار مغایرت زیادی بین متره دو ساختمان و نخاله‌های حاصل از تخریب ساختمان‌ها مشاهده شد. به‌طوری که در ساختمان‌های قدیمی،

شخص سازنده پس از تخریب ساختمان با جمع‌آوری آجرهای موجود، مجدداً از آنها استفاده می‌کند یا از مقدار زیادی از نخاله‌ها در کرسی ساختمان جدید استفاده می‌کند. همچنین قابل ذکر است که در ساخت، ساختمان‌های نوساز حجم زیادی از سرامیک و سنگ‌نما به‌صورت ضایعات وارد چرخه پسماندهای عمرانی می‌شود. همچنین بعد از بازدید از نخاله‌های موجود در سایت دپوی کیان‌آباد شهرک بهارستان (میانرود) شیراز و چندین نقطه از شهر که به‌صورت غیرمجاز پسماندهای عمرانی انباشته شده بود به این مهم دست‌یافته که متره ساختمان‌ها روش مناسبی جهت ترکیب نخاله‌های ساختمانی مورد آزمایش نیست بنابراین لازم شد تا با جمع‌آوری مصالح عمده موجود در پسماندهای عمرانی ترکیب ایده‌آل پیدا گردد. با توجه به بررسی به‌عمل آمده از چند ساختمان در حال تخریب و سایت دپوی کیان‌آباد شهرک بهارستان (میانرود) شیراز مشخص شد که قسمت عمده پسماندهای دپو شده شامل مصالح ریزدانه (خاک و گچ) و مصالح درشت‌دانه (قطعات بتن، آجر، خرده بلوک، کاشی، سرامیک و سنگ‌نما) می‌باشد که در این تحقیق از مصالح درشت‌دانه مورد استفاده قرار گرفته است.

• نمونه‌گیری و تعیین ترکیب پسماندها

در این تحقیق به منظور بررسی امکان بازیافت پسماندهای عمرانی و تولید بلوک، پس از جمع‌آوری پسماندها (روش نمونه‌گیری تصادفی کنترل شده) و تفکیک (از لحاظ ریزدانه و درشت‌دانه بودن و جنس مصالح)، آنها را به‌صورت دستی خرد و دانه‌بندی کرده و سپس ۵۶ نمونه آجر جهت آزمایش براساس استاندارد ملی ایران شماره (۷۰) طبق جدول‌های (۱ و ۲) ساخته شد.

لازم به ذکر است که در شروع آزمایش‌ها ابتدا آزمایش‌های مقدماتی زیادی صورت گرفت که در نهایت ۵۶ نمونه ترکیبی جهت آزمایش بلوک انتخاب شده که شامل ۸۴۰ کیلوگرم پسماندهای عمرانی ذکر شده قبلی در گروه‌های پنج‌گانه به‌کار رفته است. در بلوک‌های ساخته شده برای هر آزمایش ۲ نمونه ساخته شده و میانگین نتایج به‌دست آمده به‌عنوان نتیجه مورد استفاده قرار گرفت. در بعضی موارد به علت وجود نتایج غیرقابل قبول نمونه مجدداً ساخته شد. در این تحقیق ابتدا مصالح پایه و غیر پایه را به‌صورت ریزدانه (عبوری از الک شماره ۳۰) و درشت‌دانه (عبوری از الک شماره سه هشتم اینچ) تقسیم و در دو دسته طبق جدول ۲ نمونه‌های ساخته شد و نتایج در جدول‌های (۶ و ۷) مشاهده می‌شود درصد ترکیبات مصالح پایه و غیر پایه در دو دسته یکسان است و فقط از نظر دانه‌بندی (ریزدانه و درشت‌دانه) متفاوت می‌باشد. در دسته اول که به عنوان مصالح غیرپایه درشت‌دانه شناخته می‌شود نمونه‌های ساخته شده ترکیبی از مصالح پایه و غیرپایه با دانه‌بندی مساوی ریزدانه و درشت‌دانه می‌باشد. در دسته دوم که به عنوان مصالح غیرپایه ریزدانه شناخته می‌شود نمونه‌های ساخته شده ترکیبی از مصالح پایه با دانه‌بندی درشت‌دانه و مصالح غیرپایه با دانه‌بندی ریزدانه می‌باشد. از نتایج جدول‌های (۶ و ۷) و شکل‌های (۱ و ۲ و ۳ و ۴ و ۵ و ۶) این نتیجه حاصل می‌گردد که در دسته اول نمونه‌ها مقاومت بهتری را نشان می‌دهد و در دسته دوم جذب آب بیشتری نشان داده می‌شود پس ۱۶ نمونه ساخته شده در جدول (۲) از دسته دوم استفاده و نتایج آن در جدول (۵) و شکل‌های (۷ و ۸ و ۹) آورده شده است.

مصالح بازیافتی در این تحقیق به ۵ گروه تقسیم می‌شود که ۳ گروه آن شامل مصالح پایه و ۲ گروه آن مصالح غیرپایه می‌باشد. همچنین درصد ترکیب مصالح مورد استفاده در نمونه‌ها در جدول‌های (۳ و ۴) آورده شده است. نتایج آزمایش‌های در جدول‌های (۵ و ۶ و ۷) و در قسمت نتیجه‌گیری آورده شده است.

- گروه ۱ شامل آجر (آجرگری، فشاری و سه گل) .
- گروه ۲ شامل مصالح بتنی (بلوک دیواری، سقفی، بتن و ملات).
- گروه ۳ شامل موزاییک (داخلی، خارجی و موزاییک فرش).
- گروه ۴ شامل سنگ (سنگ‌نما، قرنیز، سنگ پله و سنگ دانه).
- گروه ۵ شامل کاشی (کاشی و سرامیک).

جدول ۱. ترکیبات نمونه‌های مصالح غیرپایه ریزدانه و درشت دانه (آزمایش اولیه)

شماره آزمایش	مصالح پایه			درصد وزنی کاشی به مصالح پایه	کاشی (گرم)	درصد وزنی آجر به مصالح پایه	آجر (گرم)
	سنگ‌نما (گرم)	موزاییک (گرم)	مصالح بتنی (گرم)				
۱	۵۰۰۰	۵۰۰۰	۵۰۰۰	—	—	—	—
۲	۵۰۰۰	۵۰۰۰	۵۰۰۰	۷۵۰	۵	—	—
۳	۵۰۰۰	۵۰۰۰	۵۰۰۰	۱۵۰۰	۱۰	—	—
۴	۵۰۰۰	۵۰۰۰	۵۰۰۰	۲۲۵۰	۱۵	—	—
۵	۵۰۰۰	۵۰۰۰	۵۰۰۰	۳۰۰۰	۲۰	—	—
۶	۵۰۰۰	۵۰۰۰	۵۰۰۰	۳۷۵۰	۲۵	—	—
۷	۵۰۰۰	۵۰۰۰	۵۰۰۰	—	—	۷۵۰	۵
۸	۵۰۰۰	۵۰۰۰	۵۰۰۰	—	—	۱۵۰۰	۱۰
۹	۵۰۰۰	۵۰۰۰	۵۰۰۰	—	—	۲۲۵۰	۱۵
۱۰	۵۰۰۰	۵۰۰۰	۵۰۰۰	—	—	۳۰۰۰	۲۰
۱۱	۵۰۰۰	۵۰۰۰	۵۰۰۰	—	—	۳۷۵۰	۲۵
۱۲	۵۰۰۰	۵۰۰۰	۵۰۰۰	۳۷۵	۲۵	۳۷۵	۲۵
۱۳	۵۰۰۰	۵۰۰۰	۵۰۰۰	۷۵۰	۵	۷۵۰	۵
۱۴	۵۰۰۰	۵۰۰۰	۵۰۰۰	۱۱۲۵	۷۵	۱۱۲۵	۷۵
۱۵	۵۰۰۰	۵۰۰۰	۵۰۰۰	۱۵۰۰	۱۰	۱۵۰۰	۱۰
۱۶	۵۰۰۰	۵۰۰۰	۵۰۰۰	۱۸۷۵	۱۲.۵	۱۸۷۵	۱۲.۵

جدول ۲. ترکیبات نمونه‌های بلوک (آزمایش‌های نهایی)

درصد وزنی کاشی به مصالح پایه	کاشی (گرم)			درصد وزنی آجر به مصالح پایه	آجر (گرم)	مصالح پایه	شماره آزمایش
	سنگ‌نما (گرم)	موزاییک (گرم)	مصالح بتنی (گرم)				
۱	۵۰۰۰	۵۰۰۰	۵۰۰۰	۵	۷۵۰	—	—
۲	۵۰۰۰	۵۰۰۰	۵۰۰۰	۱۵	۲۲۵۰	—	—
۳	۵۰۰۰	۵۰۰۰	۵۰۰۰	۲۵	۳۷۵۰	—	—
۴	۵۰۰۰	۵۰۰۰	۵۰۰۰	—	—	۵	۷۵۰
۵	۵۰۰۰	۵۰۰۰	۵۰۰۰	—	—	۱۵	۲۲۵۰
۶	۵۰۰۰	۵۰۰۰	۵۰۰۰	—	—	۲۵	۳۷۵۰

استاندارد و روش آزمون

برای تولید بلوک‌های سیمانی توخالی باید از سیمان، سنگ‌دانه‌ها، آب و در صورت لزوم افزودنی‌های مجاز استفاده کرد. آب مورد استفاده باید آشامیدنی و سنگ‌دانه‌ها باید از الک ۱۲/۵ میلی‌متر عبور کند. سیمان مورد استفاده از پرتلند نوع دوم می‌باشد. بلوک به عنوان یکی از مصالح است که در اکثر پروژه‌های عمرانی (راه‌سازی، ابنیه و ...) به کار می‌رود.

از نظر استاندارد شماره ۷۰ ملی ایران بلوک‌ها از نظر جذب آب، تاب‌فشاری و چگالی باید کنترل گردد. آنچه مسلم است بلوک‌های مورد آزمایش کلیه آیت‌های بلوک‌های سبک و نیمه‌سبک را دارد (استاندارد شماره ۷۷۸۲) و فقط آیت‌های بلوک‌های باربر و غیر باربر باید کنترل گردد (استاندارد شماره ۷۰) مطابق جدول‌های (۳ و ۴) رواداری بلوک در درازا، پهنا و بلندی ۳ میلی‌متر رعایت شود ابعاد بلوک

پهنای ۲۰ میلی‌متر، درازا ۲۰ میلی‌متر، بلندی ۲۰ میلی‌متر ساخته شده است. وزن بلوک با اندازه $40 \times 20 \times 20$ در حالت خشک ۱۳/۲۵ کیلوگرم می‌باشد. بلوک براساس چگالی به دو رده ۲/۲ ($2000-2200$) کیلوگرم بر مترمکعب و ۲/۴ ($2200-2400$) کیلوگرم بر مترمکعب تقسیم می‌شود. حداقل تاب‌فشاری نمونه منفرد بلوک‌های باربر ۱۲۰ کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع و نمونه منفرد بلوک‌های غیر باربر ۳۵ کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع می‌باشد. حداکثر جذب آب بلوک‌های باربر ۲۰۸ کیلوگرم بر مترمکعب و بلوک‌های غیر باربر فاقد آیتم کنترلی و آزمایش جذب آب لازم ندارد.

جدول ۳. تاب فشاری و جذب آب بلوک مطابق با استاندارد ملی ایران (شماره ۷۰)

نوع بلوک	حداقل تاب‌فشاری (کیلوگرم بر سانتی مترمربع)		حداکثر جذب آب (کیلوگرم بر مترمکعب)
	حداکثر	حداقل	
باربر		۱۲۰	۲۰۸
غیرباربر	۴۵	۳۵	-

جدول ۴. چگالی بلوک‌ها مطابق با استاندارد ملی ایران (شماره ۷۰)

رده چگالی	چگالی (کیلوگرم بر مترمکعب)
۲/۲	۲۲۰۰ تا ۲۴۰۰
۲/۴	۲۴۰۰ تا ۲۶۰۰

تحلیل و نتیجه‌گیری نمونه‌های ساخته شده بلوک

نتایج حاصل از آزمایش‌های مختلف بر روی نمونه‌ها در جداول ۵، ۶ و ۷ ذکر شده که جهت فهم بهتر مطالب به‌صورت نمودار تهیه و در هر بخش به تحلیل آن پرداخته شده است.

جدول ۵. نتایج آزمایش‌های بلوک

نوع آزمایش			
شماره نمونه	جذب آب (کیلوگرم بر مترمکعب)	تاب فشاری (کیلوگرم بر سانتی متر مربع)	چگالی (کیلوگرم بر مترمکعب)
۱	۲۰۱	۳۶	۱۸۳۰
۲	۲۱۵	۳۳	۱۷۷۰
۳	۲۳۴	۳۱	۱۷۵۰
۴	۲۵۵	۲۹	۱۷۲۰
۵	۲۷۸	۲۹	۱۶۸۰
۶	۳۱۵	۲۸	۱۶۵۰
۷	۲۰۳	۳۷	۱۸۱۰
۸	۲۱۰	۳۶	۱۸۰۰
۹	۲۱۸	۳۶	۱۷۸۰
۱۰	۲۲۵	۳۵	۱۷۷۰
۱۱	۲۳۳	۳۵	۱۷۶۰
۱۲	۲۱۰	۳۷	۱۸۰۰
۱۳	۲۲۴	۳۶	۱۷۸۰
۱۴	۲۴۰	۳۵	۱۷۵۰
۱۵	۲۶۰	۳۴	۱۷۳۰
۱۶	۲۷۵	۳۲	۱۷۰۰

جدول ۶. نتایج آزمایشات مصالح غیرپایه ریزدانه

نوع آزمایش			
شماره نمونه	جذب آب (کیلوگرم بر مترمکعب)	تاب فشاری (کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع)	چگالی (کیلوگرم بر مترمکعب)
۱	۲۱۵	۳۳	۱۷۷۰
۲	۲۵۵	۲۹	۱۷۲۰
۳	۳۱۵	۲۸	۱۶۵۰
۴	۲۰۳	۳۷	۱۸۱۰
۵	۲۱۸	۳۶	۱۷۸۰
۶	۲۳۳	۳۵	۱۷۶۰

جدول ۷. نتایج آزمایشات مصالح غیرپایه درشت دانه

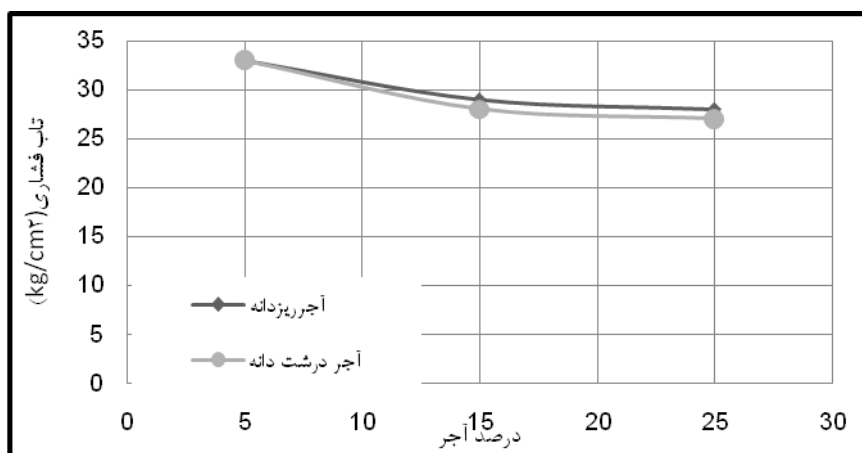
نوع آزمایش			
شماره نمونه	جذب آب (کیلوگرم بر مترمکعب)	تاب فشاری (کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع)	چگالی (کیلوگرم بر مترمکعب)
۱	۲۱۵	۳۳	۱۷۷۰
۲	۲۵۰	۲۸	۱۷۱۰
۳	۳۰۶	۲۷	۱۶۲۰
۴	۲۰۳	۳۷	۱۸۱۰
۵	۲۱۶	۳۵	۱۷۶۰
۶	۲۳۱	۳۴	۱۷۴۰

• تاب فشاری

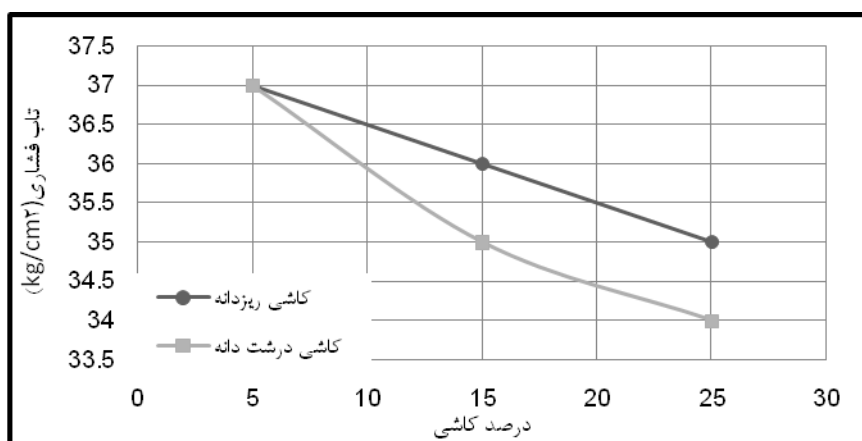
مهمترین آیتم کنترلی در بلوک مخصوصاً بلوک‌های غیر باربر تاب فشاری این مصالح می‌باشد که ارتباط تنگاتنگی با نحوه کاربرد در ساختمان دارد. هر چه تاب فشاری بیشتر باشد، از بلوک در دیوارهای باربر می‌توان استفاده کرد و در صورتی که بلوک از تاب فشاری کمتری برخوردار باشد، در دیوارهای غیر باربر مورد استفاده قرار می‌گیرد.

در شکل (۲) مقایسه‌ای بین نمونه‌های ساخته شده با مصالح پایه و کاشی در دو حالت درشت‌دانه و ریزدانه این مطلب را می‌رساند که نمونه‌های ساخته شده با کاشی به‌صورت ریزدانه تاب فشاری بهتری را نشان می‌دهد. البته اختلاف در نمونه‌ای که ۲۵ درصد کاشی با مصالح پایه ترکیب شده در دو حالت ریزدانه و درشت‌دانه حدود ۳ کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع می‌باشد و موضوع جالب این است در شکل (۱) اختلاف در نمونه‌ای که ۲۵ درصد آجر با مصالح پایه ترکیب شده در دو حالت ریزدانه و درشت‌دانه حدود ۱ کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع می‌باشد که این موضوع نشان می‌دهد هرچه ما در نمونه‌ها از مصالح غیرپایه ریزدانه استفاده کنیم تاب بهتری از خود نشان می‌دهد. در شکل (۳) مقایسه ۱۶ نمونه ساخته شده با کاشی و آجر ریزدانه با مصالح پایه نشان‌دهنده این موضوع است که در نمونه‌های ساخته شده با آجر تاب کمتری را شاهد هستیم و با افزایش درصد آجر به مصالح پایه از تاب نمونه‌ها کم می‌شود در صورتی که نمونه‌های ساخته شده با کاشی تاب بهتری را نشان می‌دهند. در ۵ نمونه ساخته شده با کاشی و آجر تغییراتی در حدود ۷ کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع وجود دارد که این موضوع نشان‌دهنده تاثیر آجر بر تاب نمونه‌ها می‌باشد و از طرفی تاب نمونه‌های ساخته شده با مخلوط کاشی و آجر نسبت به نمونه‌های ساخته شده با کاشی تاب کمتری را نشان می‌دهد و تاثیر آجر بر مخلوط کاشی و آجر بیشتر از کاشی می‌باشد. با توجه به تاب به‌دست آمده اکثر نمونه بلوک‌های ساخته شده جز بلوک غیر باربر مصرف می‌شود. آن چه در زیر جک جهت به‌دست آمدن تاب فشاری مشاهده می‌شود در قسمتهایی که از مصالح غیر پایه (کاشی) استفاده شده با توجه به لعاب موجود و عدم چسبندگی باعث ترک خوردن نمونه‌ها شده است. با رسم نمودار تاب فشاری استاندارد در کنار نمودار نمونه‌های ساخته شده (شکل ۷) به وضوح مشخص است که در

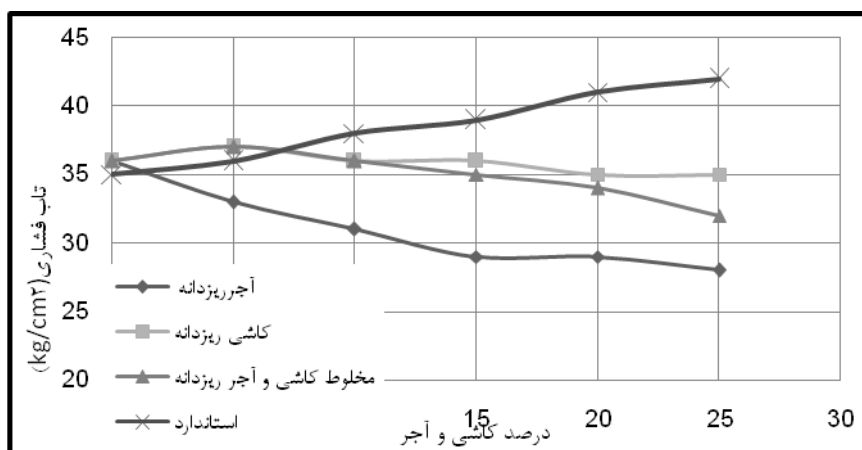
نمونه‌های ساخته شده با مصالح پایه، مصالح پایه با کاشی و مصالح پایه با مخلوط کاشی و آجر تا ۱۰ درصد آجر تاب حداقل استاندارد بلوک‌های غیر باربر در نمونه‌ها تامین شده است. از طرفی نمونه‌های ساخته شده هیچ کدام تاب مورد اشاره استاندارد بلوک‌های باربر را ندارد.



شکل ۱. تاب فشاری نمونه‌های بلوک با مصالح پایه همراه با مصالح غیر پایه آجر (آزمایش‌های اولیه)



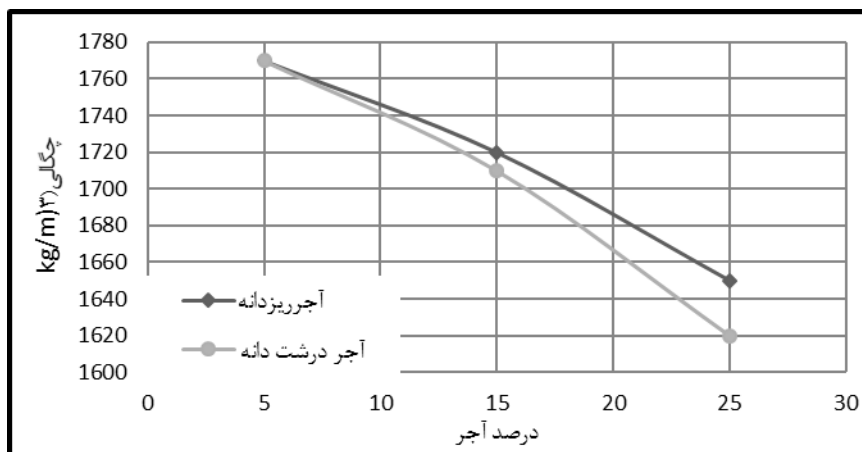
شکل ۲. تاب فشاری نمونه‌های بلوک با مصالح پایه همراه با مصالح غیر پایه کاشی (آزمایش‌های اولیه)



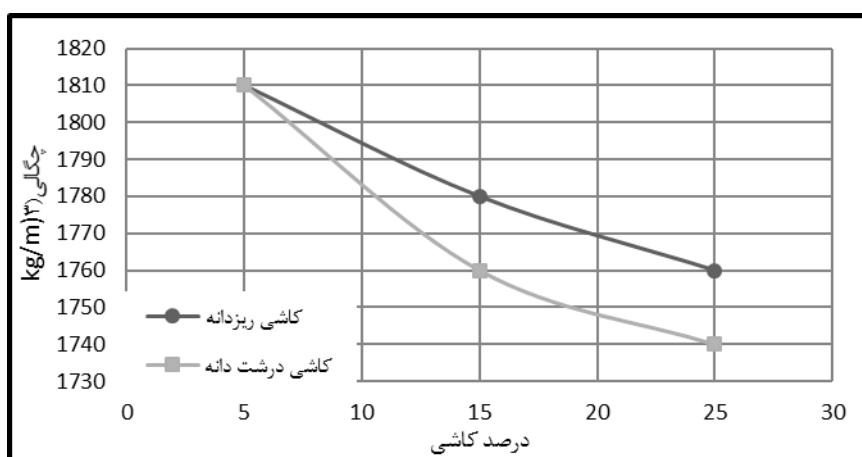
شکل ۳. تاب فشاری نمونه‌های بلوک با مصالح پایه همراه با مصالح غیر پایه آجر و کاشی (آزمایش‌های نهایی)

• چگالی

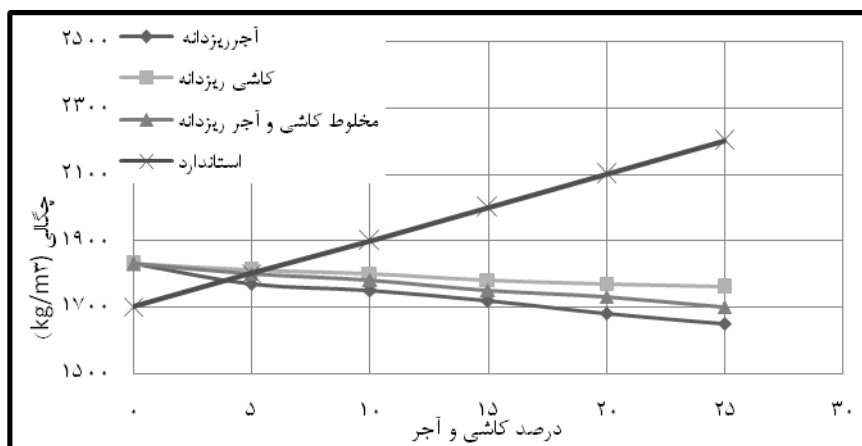
با توجه به شکل (۸) چگالی مصالح پایه از عدد ۱۹۰۰ کیلوگرم بر مترمکعب بالاتر نمی‌رود. اعداد چگالی بین ۱۷۰۰ تا ۱۹۰۰ کیلوگرم بر مترمکعب متغیر می‌باشد که چنین بلوک‌هایی جز بلوک‌های نیمه سبک به حساب می‌آیند. نمونه‌هایی که با آجر ساخته شده در مقایسه با کاشی و مخلوط کاشی و آجر چگالی کمتری را نشان می‌دهد. در شکل‌های (۴ و ۵) نشان می‌دهد هر چه از مصالح پایه درشت‌دانه و از مصالح غیر پایه ریزدانه استفاده گردد چگالی بیشتری را می‌توان به دست آورد و با افزایش درصدهای مصالح غیر پایه دهنه نمودار باز می‌شود و این موضوع در نمونه‌های ساخته شده با کاشی تاثیر بیشتری داشته است. استفاده از مصالح پایه درشت‌دانه و مصالح غیر پایه ریزدانه باعث افزایش چگالی نمونه‌ها می‌شود. در شکل (۶) نشان می‌دهد در ۵ نمونه ساخته شده با کاشی و آجر حدود ۱۱۰ کیلوگرم بر مترمکعب اختلاف وجود دارد که این نشان‌دهنده تاثیر آجر بر کاهش چگالی می‌باشد. با رسم نمودار چگالی استاندارد در کنار نمودار نمونه‌های ساخته شده (شکل ۶) به وضوح مشخص است که در نمونه‌های ساخته شده با مصالح پایه، مصالح پایه با کاشی و مصالح پایه با مخلوط کاشی و آجر چگالی بیشتری نسبت به نمونه‌های ساخته شده با آجر دارد. چگالی نمونه‌ها نشان‌دهنده بلوک‌های نیمه سبک و غیر باربر می‌باشد.



شکل ۴. چگالی نمونه‌های بلوک با مصالح پایه همراه با مصالح غیر پایه آجر (آزمایش‌های اولیه)



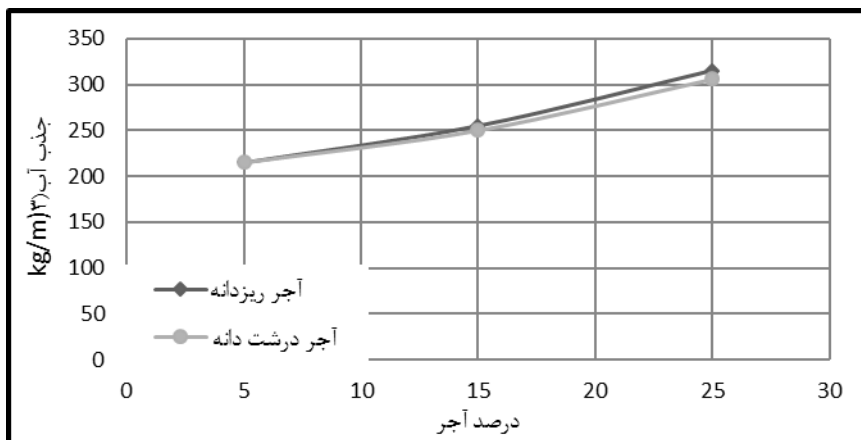
شکل ۵. چگالی نمونه‌های بلوک با مصالح پایه همراه با مصالح غیر پایه کاشی (آزمایش‌های اولیه)



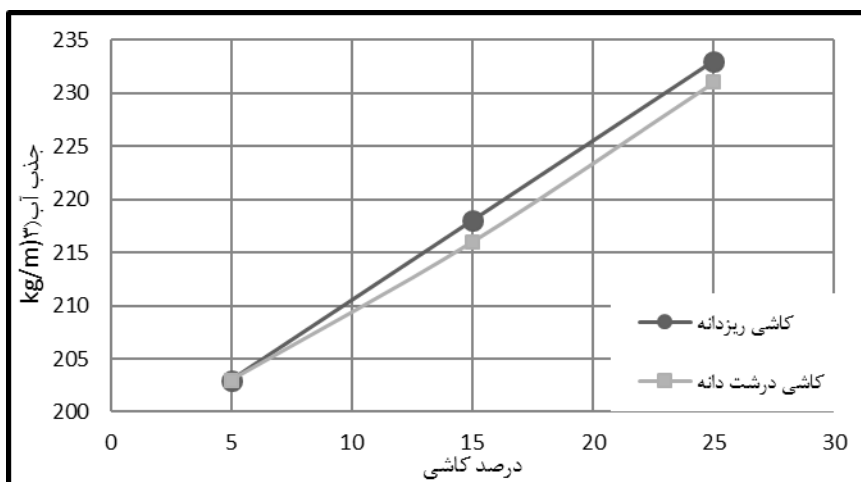
شکل ۶. چگالی نمونه‌های بلوک با مصالح پایه همراه با مصالح غیر پایه آجر و کاشی (آزمایش‌های نهایی)

• جذب آب

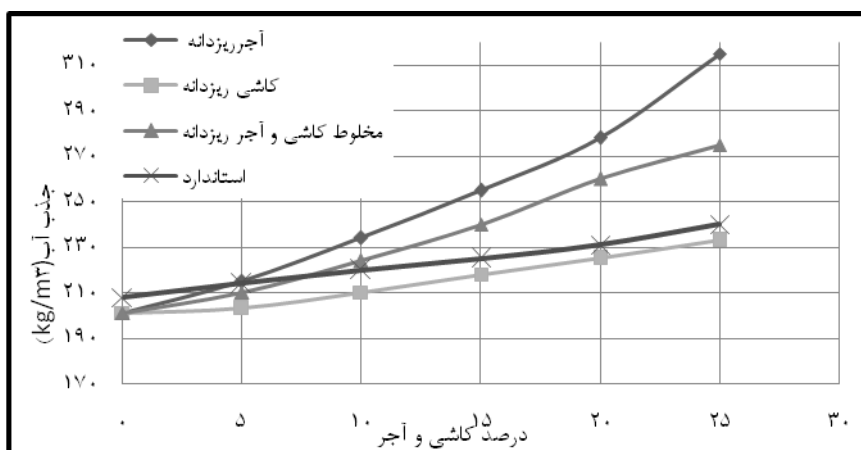
با توجه به شکل (۸) در مقایسه جذب آب نمونه‌های ساخته شده با کاشی درشت‌دانه و ریزدانه فقط در نمونه‌های ساخته شده با مصالح پایه و ۲۵ درصد کاشی اختلاف ۳ کیلوگرم بر مترمکعب جذب آب در نمونه‌های ساخته شده با کاشی ریزدانه نمود پیدا می‌کند که می‌شود گفت جذب آب کاشی در حالت ریزدانه و درشت‌دانه تفاوتی با هم ندارد و این نشان از عدم تاثیر کاشی بر تغییرات جذب آب می‌باشد. در شکل (۷) مقایسه‌ای بین نمونه‌های ساخته شده با آجر درشت‌دانه و ریزدانه نشان می‌دهد جذب آب این نمونه‌ها در دو حالت درشت‌دانه و ریزدانه رو به افزایش است و در سه نمونه ساخته شده با آجر درشت‌دانه و ریزدانه نشان می‌دهد مصرف آجر ریزدانه باعث بالارفتن جذب آب بیشتری می‌شود. در مجموع استفاده از کاشی و آجر ریزدانه باعث بالارفتن جذب آب در نمونه‌ها می‌شود ولی از حداکثرهای آیین‌نامه تجاوز می‌کند و در بعضی نمونه‌ها جذب آب قابل قبول است و در تمام نمونه‌های ساخته شده با آجر، جذب آب قابل قبول نمی‌باشد. در شکل (۹) نتایج ۱۶ نمونه آجر ساخته شده با مصالح غیر پایه ریزدانه جذب آب در بیشترین نمونه مربوط به نمونه‌های ساخته شده با آجر می‌باشد که در ۵ درصد ترکیب آجر با مصالح پایه ۷ کیلوگرم بر مترمکعب بالاتر از حداکثر آیین‌نامه می‌باشد. در نمونه‌های ساخته شده با مصالح پایه و مصالح پایه با ۵ درصد کاشی جذب آب مطابق استاندارد می‌باشد. در صورتی که حداکثر جذب آب قابل قبول در آیین‌نامه ۲۰۸ کیلوگرم بر مترمکعب برای بلوک باربر منظور شده است ولی در بلوک غیر باربر جذب آب مطرح نیست و این امر نشان می‌دهد کلیه نمونه‌ها قابلیت استفاده در ساخت بلوک‌های غیر باربر را دارد. اکثر نمونه‌ها معیارهای جذب آب بلوک‌های سبک و نیمه سبک را دارند.



شکل ۷. جذب آب نمونه‌های بلوک با مصالح پایه همراه با مصالح غیر پایه آجر (آزمایش‌های اولیه)



شکل ۸. جذب آب نمونه‌های بلوک با مصالح پایه همراه با مصالح غیر پایه کاشی (آزمایش‌های اولیه)



شکل ۹. جذب آب نمونه‌های بلوک با مصالح پایه همراه با مصالح غیر پایه آجر و کاشی (آزمایش‌های نهایی)

نتیجه‌گیری

– نمونه‌های ساخته شده با مصالح پایه و مصالح پایه با کاشی حداقل استانداردهای لازم را تامین می‌کند.

- استفاده از مصالح پایه به‌صورت درشت‌دانه و مصالح غیرپایه به‌صورت ریزدانه در ترکیبات باعث افزایش تاب‌فشاری نمونه‌ها می‌گردد.
- استفاده از مصالح غیرپایه ریزدانه در نمونه‌ها باعث بالارفتن تاب‌فشاری، چگالی بیشتر و جذب آب بالاتری می‌شود.
- در بلوک‌های که بیش از ۱۰ درصد آجر به‌صورت ریزدانه استفاده می‌گردد باعث کم شدن تاب فشاری می‌شود.
- چنانچه از آجرهایی با مقاومت بالاتر استفاده گردد (سه گل و نما) مقاومت نمونه بیشتر می‌شود.
- کاشی به علت داشتن لعاب باعث عدم چسبندگی با سیمان می‌شود و بهتر است از این مصالح به‌عنوان ریزدانه استفاده گردد تا چسبندگی بین مصالح با سیمان بالاتر رود.
- هر چه مقدار درصد آجر در ترکیب بالاتر می‌رود جذب آب بلوک بیشتر می‌گردد که خطر یخ‌زدگی را بالا می‌برد.
- در درصد‌های مساوی در استفاده از مصالح غیر پایه اختلاف ۸۲ کیلوگرم بر مترمکعب در نمونه‌های ساخته شده با کاشی و آجر نشان‌دهنده تاثیر آجر بر جذب آب می‌باشد.
- جذب آب در بلوک‌های غیر باربر مطابق با استاندارد محدودیتی ندارد و در ترکیبات مصالح پایه و مصالح پایه با ۵ درصد کاشی الزامات بلوک‌های باربر را تامین می‌کند.
- چنانچه درصد آجر در ترکیب کمتر شود چگالی بلوک بیشتر می‌شود و بالعکس.
- در ترکیبات اگر از مصالح غیر پایه ریزدانه و مصالح پایه درشت دانه استفاده شود چگالی نمونه بیشتر می‌گردد.
- نتایج آزمایش‌ها بر روی این نمونه‌ها نشان می‌دهد بلوک‌های ساخته شده را می‌توان به‌عنوان بلوک غیر باربر، سبک و نیمه سبک استفاده کرد.
- با بازیافت پسماندهای عمرانی و تولید بلوک از منابع طبیعی محافظت و حجم دورریزهای عمرانی به حداقل ممکن می‌رسد.
- با بازیافت پسماندها مخاطرات محیط‌زیستی، زیبایی شهر، رانش دیو نخاله‌ها، پر شدن حریم رودخانه‌ها و امراض و بیماری‌ها به حداقل می‌رسد.
- با توجه به این که مدیریت پسماندهای عمرانی بر عهده شهرداری‌ها می‌باشد و این ارگان در اکثر پروژه‌های شهری از بلوک در قسمت‌های مختلف استفاده می‌کند ساخت بلوک از پسماندها توجیه مناسبی است تا مدیران شهری راغب به ساماندهی و بازیافت پسماندهای عمرانی شوند.

منابع

- Abdul Kadir, A., & Mohajerani, A. (2011). Bricks: An excellent building material for recycling wastes. Proceedings of the International Conference on Solid Waste Management, Calgary, Canada.
- ACI Committee 555. (2002). Removal and reuse of hardened concrete. *ACI Materials Journal*, 99(3), 300–325.
- Akash, R., Kumar, N. J., & Sudhir, M. (2007). Use of aggregates from recycled construction and demolition waste in concrete. *Resources, Conservation and Recycling*, 50(1), 71–81.
- Bao, Z., Lu, W., Chi, B., & Yuan, H. (2019). Procurement innovation for a circular economy of construction and demolition waste: Lessons learnt from Suzhou, China. *Waste Management*, 99, 12–21.
- Chi Sun, P., & Dixon, C. (2006). Paving blocks made with recycled concrete aggregate and crushed clay brick. *Construction and Building Materials*, 20(8), 569–577.
- Chobanoglous, G., & Kreith, F. (2010). Handbook of Solid Waste Management (2nd ed.). McGraw-Hill.
- Dhir, R. K., Henderson, N. A., & Limbachiya, M. C. (2000). Use of recycled concrete aggregate in road construction. Proceedings of the 5th International Symposium on Unbound Aggregates in Roads (UNBAR 5), Nottingham, UK, 115–124.

- Eurostat. (2024). Waste statistics. https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Waste_statistics
- Gálvez-Martos, J. F., Styles, D., Schoenberger, H., & Zeschmar-Lahl, B. (2018). Construction and demolition waste best management practice in Europe. *Resources, Conservation and Recycling*, 136, 166–178.
- Garcia, M., Lopez, R., & Chen, Y. (2026). Circular economy approaches in construction waste recycling: A path forward. *Journal of Cleaner Production*, 412, 145221.
- Huang, B., Wang, X., Kua, H., Geng, Y., Bleischwitz, R., & Ren, J. (2018). Construction and demolition waste management in China through the 3R principle. *Waste Management*, 74, 39–53.
- Huang, W. L., Lin, D. H., Chang, N. B., & Lin, K. S. (2003). Recycling of construction and demolition waste via a mechanical sorting process. *Resources, Conservation and Recycling*, 37(1), 23–37.
- Kabir, S., Al-Shayeb, A., & Khan, M. A. (2020). Recycled construction and demolition waste management: A review on the current state of the art. *Environmental Science and Pollution Research*, 27(18), 22204–22220.
- Kumar, S., & Singh, R. (2025). Sustainable management of construction and demolition waste using smart recycling technologies. *Waste Management*, 198, 55–68.
- Li, X., Zhao, H., & Wang, T. (2024). Smart recycling technologies for construction and demolition waste management. *Resources, Conservation and Recycling*, 205, 107521.
- Li, Y., Zhang, X., Ding, G., & Feng, Z. (2020). Hazardous substances in construction and demolition waste: Risks and management strategies. *Journal of Hazardous Materials*, 384, 121345.
- Mahpour, A. (2018). Prioritizing barriers to adopting circular economy in construction and demolition waste management. *Resources, Conservation and Recycling*, 136, 439–444.
- Menegaki, M., & Damigos, D. (2018). A review on current situation and challenges of construction and demolition waste management. *Current Opinion in Green and Sustainable Chemistry*, 13, 8–15.
- Poon, C. S., Kou, S. C., & Lam, L. (2002). Use of recycled aggregates in molded concrete bricks and blocks. *Construction and Building Materials*, 16(5), 281–289.
- Robinson, G. R., Menzie, W. D., & Hyun, H. (2000). Recycling of construction debris as aggregate in the Mid-Atlantic Region, USA. *Resources, Conservation and Recycling*, 42(3), 275–294.
- Silva, R. V., de Brito, J., & Dhir, R. K. (2019). Use of recycled aggregates in the production of high-performance concrete: An overview. *Journal of Cleaner Production*, 222, 532–544.
- Tam, V. W., Soomro, M., & Evangelista, A. C. (2018). A review of recycled aggregate in concrete applications. *Materials & Design*, 143, 34–50.
- Vegas, I., Ibañez, J. A., San-José, J. T., & Urreta, J. I. (2015). Construction and demolition waste recycling in road base applications. *Road Materials and Pavement Design*, 16(2), 241–259.
- Wang, Y., Chen, L., & Xu, J. (2025). Low-carbon strategies in construction waste recycling and reuse. *Journal of Environmental Management*, 372, 122145.
- Wu, Z., Yu, A. T., Shen, L., & Liu, G. (2019). Investigating the drivers for circular economy in construction and demolition waste management. *Journal of Cleaner Production*, 227, 1058–1069.
- www.irna.ir/news/85368972.(1403).
- Xiao, J., Ding, T., & Zhang, H. (2018). Overview on the recycling of construction and demolition waste in China. *Frontiers of Structural and Civil Engineering*, 12(2), 209–221.
- Yuan, H., & Shen, L. (2011). Trend of the research on construction and demolition waste management. *Waste Management*, 31(4), 670–679.

- Zhang, H., Liu, P., & Zhao, Y. (2024). Artificial intelligence applications in construction waste recycling systems. *Automation in Construction*, 168, 105621.
- Zhang, Y., Wu, H., & Cheng, J. C. (2022). Spatio-temporal estimation of construction and demolition waste generation. *Waste Management*, 141, 192–201.
- Zhao, Y., Damgaard, A., & Astrup, T. F. (2020). Recycling of crushed clay brick in building materials: Environmental and mechanical properties. *Waste Management*, 113, 89–98