

Artistic and Aesthetic Approaches in Civil Engineering

1. Masoud Mansouri*: MA, Department of Drama Directing, To.C., Islamic Azad University, Tonekabon, Iran.

2. Valiollah Shali: Instructor, Department of Art and Architecture, WT.C., Islamic Azad University, Tehran, Iran

*Corresponding Author's Email Address: masoudmansouri1979@gmail.com

How to Cite: Mansouri, M. & Shali, V. (2026). Artistic and Aesthetic Approaches in Civil Engineering. *Manifestation of Art in Architecture and Urban Engineering*, 4(2), 1-15.

Abstract:

Civil engineering is one of the oldest branches of engineering, concerned with the construction of structures such as buildings, bridges, roads, dams, railways, docks, water canals, urban water supply and wastewater systems, and other civil infrastructure projects. It is also involved in their repair and maintenance. Alongside this discipline, architectural engineering can be regarded as a complement to civil engineering in the design, construction, and completion of a structure. Architectural engineering, which represents a synthesis of science and art, addresses structural ornamentation, interior design considerations, and the artistic and aesthetic dimensions of the built environment. Beauty is considered one of the defining characteristics of architectural engineering because this discipline fundamentally operates within environments that are intertwined with human life—human beings who are inherently attracted to beauty and continually strive to seek it. Consequently, aesthetics constitutes one of the fundamental pillars of architectural engineering, and this characteristic has transformed it into an artistic discipline. In addition to architectural engineering, other forms of art, such as painting, calligraphy, stained-glass work, mirror work, woodcraft, and similar artistic practices, contribute to the aesthetic enhancement of structures, particularly sacred and historical sites, mosques, shrines, and palaces. However, the question arises: “Can only these arts, together with the science and art of architectural engineering, be regarded as the foundations of aesthetics in a structure?” Furthermore, “Does civil engineering play no role in the beauty of a structure?” To answer these questions, this study first presents an overview of civil engineering and its body of knowledge. It then examines the concept of aesthetics and, finally, explores artistic and aesthetic approaches within structures. It is argued that, prior to the role of architectural engineering in ornamentation and beautification, civil engineering itself has already contributed significantly to both the aesthetic quality and artistic character of a structure.

Keywords: Art, Aesthetics, Structure, Civil Engineering, Architectural Engineering.

Received: 21 January 2026

Revised: 03 June 2026

Accepted: 10 June 2026

Published: 22 June 2026



رویکردهای هنری و زیبایی شناسی در مهندسی عمران

۱. مسعود منصوری*^{ID}: کارشناسی ارشد، گروه کارگردانی نمایش، واحد تنکابن، دانشگاه آزاد اسلامی، تنکابن، ایران. (نویسنده مسئول)

۲. ولی اله شالی^{ID}: مربی، گروه هنر و معماری، واحد تهران غرب، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

*پست الکترونیک نویسنده مسئول: masoudmansouri1979@gmail.com

نحوه استناددهی: منصوری، مسعود، و اله شالی، ولی. (۱۴۰۵). رویکردهای هنری و زیبایی شناسی در مهندسی عمران. تجلی هنر در معماری و شهرسازی، ۴(۲)، ۱-۱۵.

چکیده

مهندسی عمران یکی از قدیمی ترین شاخه های مهندسی است که به ساخت سازه هایی همچون ساختمان ها، پل ها، جاده ها، سدها، راه آهن ها، اسکله ها، کانال های آب، سیستم های آب و فاضلاب شهری و دیگر سازه های عمرانی می پردازد و همچنین در تعمیر و نگهداری آنها فعالیت می کند. در کنار این رشته، مهندسی معماری را می توان مکمل مهندسی عمران در طراحی، ساخت و اتمام یک سازه دانست. مهندسی معماری که تلفیقی از علم و هنر است به تزئینات سازه و مباحث مربوط به داخل سازه و زمینه های هنری و زیبایی آن می پردازد. زیبایی را به این دلیل از ویژگی های مهندسی معماری می دانند که اصولا این رشته در محیط هایی فعالیت می کند که با زندگی انسان ها آمیخته است، همان انسانی که شیفته ی زیبایی است و در جستجوی آن همواره می کوشد. بنابراین زیبایی شناسی یکی از ارکان مهندسی معماری است و این ویژگی، آن را به یکی از رشته های هنری بدل ساخته است. به جز مهندسی معماری، هنرهای دیگری نظیر نقاشی، خوشنویسی، شیشه کاری، آینه کاری، صنایع چوبی و ... در زیبایی سازه ها خصوصا اماکن مقدس و تاریخی، مساجد، زیارتگاه ها و کاخ ها کاربرد دارند. اما سوال اینجاست که «آیا فقط این هنرها به همراه دانش و هنر مهندسی معماری را می توان مبانی زیبایی شناسی در یک سازه دانست؟» و «آیا مهندسی عمران هیچ نقشی در زیبایی یک سازه ندارد؟» برای پاسخ به این سوالات ابتدا به توضیحاتی درباره ی مهندسی عمران و دانش آن می پردازیم، سپس زیبایی شناسی را مورد تفسیر قرار خواهیم داد و در نهایت به رویکردهای هنری و زیبایی شناسی در یک سازه خواهیم پرداخت که قبل از نقش مهندسی معماری در تزئین و زیبایی آن، مهندسی عمران در این زیبایی و هنری بودن نقش داشته است.

کلیدواژگان: هنر، زیبایی شناسی، سازه، مهندسی عمران، مهندسی معماری

تاریخ دریافت: ۱ بهمن ۱۴۰۴

تاریخ بازنگری: ۱۳ خرداد ۱۴۰۵

تاریخ پذیرش: ۲۰ خرداد ۱۴۰۵

تاریخ انتشار: ۱ تیر ۱۴۰۵



مقدمه

مهندسی عمران را می‌توان جنبه‌ی سخت‌افزاری یک سازه و مهندسی معماری را جنبه‌ی نرم‌افزاری آن در نظر گرفت. پایه و اساس تحصیل و فعالیت در این رشته، داشتن دانش کافی از ریاضیات، هندسه و فیزیک است تا بتوان به محاسبه‌ی نیروها، تنش‌ها، گشتاورها و مقاومت سازه‌هایی همچون سازه‌های بتنی و فولادی پرداخت و با شناخت و دانش کافی از جنس مصالح و خواص آنها، اقدام به محاسبه، طراحی و اجرای یک سازه کرد. محاسبه‌ی اشتباه در موارد مذکور می‌تواند خسارات و صدمات جبران‌ناپذیری همچون خسارات مالی و صدمات جانی به همراه داشته باشد. مهندسی عمران با نیروهای وارد بر قسمت‌های مختلف سازه، کماتش‌ها، پیچش‌ها، برش‌ها، خمش‌ها و ... سروکار دارد. از خاک‌برداری و آزمایش مقاومت خاک گرفته و سپس محاسبه، طراحی و اجرای فونداسیون تا طراحی و اجرای ستون‌ها، سقف‌ها، دیوارهای جانبی و محاسبه‌ی مقاومت آنها در برابر باد و طوفان، برف و باران، زلزله و وزن اشیای روی آنها و آزمایش مصالح به‌کاررفته، همگی از وظایف مهندسی عمران است و بعد از آن، مهندسی معماری وارد کار می‌شود و سازه را به پایان می‌رساند. نمی‌خواهیم بگوییم مهندسی معماری در محاسبه، طراحی و اجرای اولیه‌ی سازه هیچ نقشی ندارد، اما باید پذیرفت که مسئولیت مهندسی عمران در خصوص این محاسبات و طراحی‌ها و اجرای بی‌عیب‌ونقص سازه در مقابل فشارها و بارهای روی آن و در نظر گرفتن مقاومت سازه، بسیار بیشتر از مهندسی معماری است.

وقتی واژه‌ی مهندسی عمران را می‌شنویم، ناخودآگاه توجهمان به مصالحی چون سیمان، ماسه، آجر، میلگرد، بتن و ... کشیده می‌شود و اجرای یک سازه با این مصالح به ذهنمان خطور می‌کند. اما مهندسی معماری، ذهن ما را به تزئینات ساختمان و جنبه‌های زیبایی‌شناسی سازه سوق می‌دهد.

در قدیم، از معمار به‌عنوان طراح و سازنده‌ی یک ابنیه از ابتدا تا پایان پروژه نام می‌بردند و در سازه‌هایی همچون خانه‌های اشرافی، کاخ‌ها، اماکن تاریخی، زیارتگاه‌ها، آرامگاه‌ها و ... از معمار و معماری به‌عنوان طراح و مجری آنها یاد می‌شد. حتی پس از ورود اسلام به ایران و آغاز ساخت مساجد، «معماری اسلامی» از اهمیت زیادی برخوردار شد. معماری اسلامی نه‌تنها شامل زینت دادن و زیبایی بخشیدن به مساجد و زیارتگاه‌های اسلامی بود، بلکه محاسبات و طراحی و بعد از آن اجرای آنها را نیز بر عهده داشت و در محاسبات و طراحی‌ها، تمامی مسائلی را که امروزه یک مهندس عمران در سازه با آن مواجه است، در نظر می‌گرفت؛ مانند نیروهای وارد بر سازه، مقاومت آن و غیره. البته تاریخ و باستان‌شناسی گواهی می‌دهد که قبل از ورود اسلام به ایران، هنرنمایی معماران ایرانی زبانزد خاص و عام بوده و بناهای تاریخی که از آن روزگار به یادگار مانده است، این مهم را تأیید می‌کند و جالب اینکه در آن بناها، تمامی اصول مهندسی عمران به شیوه‌ی امروزی و همچنین مهندسی معماری و دیگر هنرها مورد استفاده قرار گرفته است. اما در دنیای مدرن، معماری از عمران جدا شد و چنانچه گذشت، مهندسی عمران و مهندسی معماری هرکدام وظایف خود را در قبال یک سازه انجام دادند و از آن به بعد، زیبایی‌شناسی در سازه به مهندسی معماری و دیگر شاخه‌های هنری محول شد و موضوعات بنیادی ساختمان به مهندسی عمران. اما به‌راستی مهندسی عمران هیچ دخالتی در زیبایی سازه ندارد؟ آیا هیچ‌کدام از محاسبات، طراحی‌ها و ایده‌های مهندس عمران باعث زیبایی در اجرای سازه نمی‌شود؟

البته باید به این نکته نیز اشاره کنیم که شاخه‌ای دیگر از مهندسی به نام مهندسی شهرسازی، در کنار مهندسی عمران و مهندسی معماری قرار دارد که امروزه در زیباسازی شهری نقش مهمی را بر عهده دارد. در این باره نیز توضیح خواهیم داد که مهندسی عمران در کنار مهندسی شهرسازی چگونه به زیباسازی شهری

کمک می‌کند؟

ادبیات و مفاهیم پژوهش

مهندسی عمران یک شاخه از مهندسی است که به محاسبه، طراحی و اجرای انواع سازه‌ها می‌پردازد و در آن، دانش ریاضیات، هندسه و فیزیک نقش مهمی را ایفا می‌کنند. این علوم را به‌یقین زیربنای علمی مانند مکانیک، استاتیک، مقاومت مصالح و تحلیل سازه‌ها می‌دانند که از دروس مهم رشته‌ی مهندسی عمران به شمار می‌روند.

علم مکانیک، علمی است که شرایط سکون یا حرکت اجسام تحت تأثیر نیروها را پیش‌بینی و توصیف می‌کند. این علم به سه قسمت تقسیم می‌شود: مکانیک اجسام صلب (جامد)، مکانیک اجسام تغییرشکل‌پذیر، و مکانیک شاره‌ها (سیالات). مکانیک اجسام صلب به دو قسمت استاتیک و دینامیک تقسیم می‌شود که اولی با اجسام ساکن سروکار دارد و دومی با اجسام متحرک (1).

نخستین متون ثبت‌شده در تاریخ در زمینه‌های استاتیک و مقاومت مصالح به ارشمیدس نسبت داده شده است که اصول اهرم‌ها و قانون شناوری اجسام را مطرح ساخت. در دوره‌های تاریخی بعد، پیشرفت‌های قابل‌توجهی در این زمینه‌ها توسط دانشمندان بزرگی مانند داونینچی، دالامبر، لاگرانژ، اولر، لاپلاس و دیگران تحقق یافت. گالیله با انجام آزمایش‌هایی در زمینه‌ی سقوط آزاد اجسام و نیوتن با بیان دقیق قوانین حرکت و قانون جاذبه، خدمات ارزشمندی به علم مکانیک عرضه کردند. پیشرفت‌های بعدی در زمینه‌ی شناخت نیروهای وارد بر ساختمان، قوانین پایداری سازه‌ها، تئوری طراحی سازه، تحلیل نیروهای دینامیکی، ابداع سیستم‌های ساختمانی جدید و حتی ارائه‌ی تئوری نسبیت، تأثیر این علم را در زندگی انسان بیش از پیش افزایش داد، به‌نحوی که امروزه تمامی پیشرفت‌های علمی و کاربردهای تخصصی در زمینه‌های مهندسی بر پایه‌ی اصول و قوانین این علم استوار شده است (2).

اگرچه در این پژوهش می‌خواهیم از علم استاتیک، یعنی اجسام ایستا، استفاده کنیم، اما واقعیت این است که سازه‌ها و ماشین‌ها هیچ‌گاه به‌طور کامل صلب نیستند و بر اثر بارهایی که به آنها وارد می‌شود، تغییر شکل پیدا می‌کنند. اما این تغییرشکل‌ها معمولاً کوچک‌اند و اثر قابل‌ملاحظه‌ای روی شرایط تعادل یا حرکت سازه‌ی مورد نظر نمی‌گذارند (1).

واژه‌ی سازه‌ی مهندسی را تقریباً می‌توان مجموعه‌ای دانست که ساخته یا بنا می‌شود و عمده‌ی سازه‌های مربوط به مهندسی راه و ساختمان عبارت‌اند از: پل‌ها، ساختمان‌ها، دیوارها، برج‌ها و سازه‌های پوسته‌ای. چنین سازه‌هایی متشکل از یک یا تعدادی عضو صلب است و ترتیب قرار گرفتن اعضا به‌گونه‌ای است که تمام سازه و همچنین اجزای مختلف آن در مقابل بارگذاری و حذف بار، بدون تغییر شکل قابل‌ملاحظه مقاومت می‌کند (3).

مکانیک یک علم فیزیکی است، زیرا با مطالعه‌ی پدیده‌های فیزیکی سروکار دارد. بعضی‌ها مکانیک را مربوط به ریاضیات می‌دانند، درحالی‌که خیلی‌ها از آن به‌عنوان یک موضوع مهندسی یاد می‌کنند. هر دو دیدگاه تا حدودی موجه است. مکانیک پایه‌ی اغلب علوم مهندسی و پیش‌نیاز گریزناپذیر مطالعه‌ی آنهاست. با این وجود، مکانیک فاقد آن تجربه‌گری است که در بعضی از علوم مهندسی وجود دارد؛ یعنی فقط متکی به تجربه یا مشاهده نیست، بلکه به‌خاطر دقت و تأکیدی که بر استدلال استقرایی دارد، به ریاضیات شبیه است. مکانیک یک علم انتزاعی یا محض نیست، بلکه یک علم کاربردی است و هدف آن تبیین و پیش‌بینی پدیده‌های فیزیکی و در نتیجه، پی‌ریزی کاربردهای مهندسی است (1).

واضح است که وقتی از مهندسی عمران صحبت می‌شود، مواردی همچون طراحی بنیان و پی سازه، سقف‌ها و ستون‌ها، مقاومت تمام اجزای سازه و مقاومت و تراکم خاکی که سازه روی آن قرار خواهد گرفت مطرح می‌شود و هیچ موردی از زیبایی‌شناسی و هنر برای مخاطب خلق نمی‌شود، اما وقتی از مهندسی معماری سخن می‌گوییم، ناخودآگاه به زیبایی یک سازه می‌اندیشیم و معیارهای زیبا شدن یک سازه به ذهنمان خطور می‌کند. اصولاً طراحی داخلی یک سازه، اعم از نوع قرار گرفتن پله‌ها، کناف‌ها، طراحی سقف و کف، دکوراسیون داخلی، کف‌سازی و ... و همچنین نمای خارجی سازه، بر عهده‌ی مهندس معماری است و زمانی که یک سازه‌ی مستحکم و بی‌عیب و نقص از مهندس عمران تحویل می‌گیرد، می‌کوشد تا آن را به زیباترین شکل ممکن به اتمام برساند. حال این سؤال مطرح می‌شود که آیا در بنای یک سازه، تنها مهندس معماری نقش زیباسازی آن را بر عهده دارد؟

یکی از مفاهیم فلسفی فیثاغورثی‌ها که اهمیت بنیادینی برای زیبایی‌شناسی داشت، آفرینش ریاضی‌وار جهان بود. ارسطو می‌نویسد: «فیثاغورثیان چنان مجذوب ریاضیات بودند که فکر می‌کردند اصول ریاضی، اصول همه چیز است. حتی در صوت‌شناسی هم، قانون و نظم ریاضی را بنا نهادند، زیرا متوجه شدند وجود هارمونی یا عدم هارمونی صدا در سازهای زهی بر اساس طول زمان می‌باشد» (4). بنابراین، اگر بخواهیم به تفکرات فیثاغورثیان استناد کنیم، ریاضیات هنر است و چنانچه زیربنای مهندسی عمران را ریاضیات تشکیل می‌دهد، پس آیا در این شاخه از مهندسی، شاهد هنر و زیبایی نیستیم؟

بر اساس مفهوم فیثاغورثی که افلاطون آن را برگزید و تکامل بخشید، اساس و جوهر زیبایی در نظم، اندازه، تناسب، هماهنگی و هارمونی قرار دارد. به عبارت دیگر، نخست زیبایی به‌عنوان کیفیتی متکی به نظم (ترتیب، هارمونی) در میان اجزا دانسته می‌شد و سپس به‌عنوان ویژگی عددی قابل بیان با اعداد (اندازه، نسبت) (4). طبق آنچه بیان شد، در ریاضیات، نظم و تناسب و هماهنگی به‌وضوح قابل مشاهده است؛ همان تناسب و هماهنگی که مهندس عمران به کار می‌گیرد تا سازه‌ای را طراحی و سپس اجرا کند. با توجه به این معیارها که مهندس عمران با آن سروکار دارد، همچنان می‌توانیم زیبایی‌شناسی را از مختصات ایده‌های مهندس عمران حذف کنیم؟

ارسطو سه عنصر نظم، تقارن و تعین را صور اصلی زیبایی برمی‌شمارد. او می‌گوید: «پس خطا می‌کنند کسانی که می‌گویند دانش‌های ریاضی درباره‌ی زیبا یا نیک سخن نمی‌گویند، زیرا آن دانش‌ها به بیشترین نحو درباره‌ی آنها سخن می‌گویند و بر آنها برهان هم می‌آورند. صور اصلی زیبایی نظم، تقارن و تعین است که این امور را بیش از همه، علوم ریاضی اثبات می‌کنند» (5). با بررسی آنچه ارسطو درباره‌ی زیبایی به آن معتقد است، درمی‌یابیم که مهندسی عمران می‌تواند در زیبایی نقش مهمی را ایفا کند.

فیلسوفان اسلامی نیز نظرات جالبی در خصوص زیبایی‌شناسی ارائه داده‌اند. برای مثال، فارابی زیبایی را چنین تعریف می‌کند: «زیبایی، شکوه و زینت در هر موجودی، پیدایش وجود برتر آن و رسیدن به کمال نهایی است» (5). از این تعریف چنین نتیجه می‌شود که مخلوقی زیباست که در آن کمالات مطلق وجود داشته باشد و اگر بخواهیم این موضوع را به سازه‌های عمرانی تعمیم دهیم، باید بگوییم سازه‌ای زیبا و با عظمت است که با طراحی و اجرای بسیار دقیق و مقاوم، همراه با جلوه‌های زیبایی، به کمال رسیده باشد. با این تفسیر، آیا می‌توان پذیرفت در سازه‌ها، تنها مهندس معماری نقش زیبا نمودن سازه را بر عهده دارد و می‌تواند آن را به کمال برساند؟

ابن‌سینا در تعریف زیبایی خاص به «حسن نظم، حسن تألیف و حسن اعتدال» اشاره می‌کند و علاوه بر این سه عنصر، اشاراتی به معیارهایی چون وحدت، قوام نظام و اتفاق در مقابل کثرت، تفاوت و اختلاف دارد. او اشاره می‌کند: «موجودات هر قدر به لحاظ مرتبه‌ی وجودی به معشوق اول نزدیک‌تر باشند، دارای

نظام و ساختاری پایدارتر و اعتدالی زیباترند و از طرف دیگر، موجوداتی که در مرتبه‌ی وجودی بعد از معشوق اول واقع شده‌اند، از وحدت و توابع وحدت، مانند اعتدال و اتفاق، بیشتری برخوردارند.» بنابراین، اثری که از انسجام قوی، ساختار نیک، استواری و پایداری برخوردار و از وحدت و اتفاق بیشتری بهره‌مند است، زیباتر است (5). طبق این اشارات، در محاسبه و طراحی یک سازه که می‌بایست انسجام و مقاومت سازه در نظر گرفته شود، از دانش مهندسی عمران استفاده می‌شود و در اجرای آن که باید ساختار نیک و استواری و پایداری رعایت شود، مهندسی عمران می‌تواند نقش مهمی را ایفا کند.

قدما و در درجه‌ی اول، معماران مطالب زیادی درباره‌ی معماری نوشتند. از نظر آنها معماری، مجموعه‌ای از دانش فنی بود که ساختمان‌سازی، ساعت‌سازی، ماشین‌سازی و کشتی‌سازی را دربر می‌گرفت. ساختمان‌سازی به دو نوع شخصی و عمومی تقسیم می‌شد و دومی نیز به ترتیب به ساختمان‌هایی برای دفاع، پرستش و اقتضائات زندگی عمومی مربوط بود. یکی از افرادی که درباره‌ی معماری در زمان‌های قدیم می‌نوشت، ویتروویوس بود. به عقیده‌ی او، معمار بایستی نه تنها از استحکام ساختمان و هدف از آن، یعنی سودمندی، مطمئن باشد، بلکه بایستی به زیبایی نیز بسیار اهمیت دهد. برخی از عناصری را که او در معماری ساختمان‌ها تشخیص داد عبارت‌اند از: نظم، ترتیب مناسب، تناسب، اقتصاد و ساختار (4). در تمامی این عناصر، مهندس عمران نقش دارد تا بتواند سازه‌ای خلق کند که زیبا باشد.

به هنگام ساختمان‌سازی باید استحکام، سودمندی و زیبایی مورد توجه قرار گیرد. وقتی ظاهر ساختمان خوشایند و شیک باشد و مقیاس اجزای سازنده‌ی آن، جهت به دست آوردن تقارن، به‌درستی محاسبه شده باشد، لاجرم زیبایی حاصل خواهد شد (6).

ایمانوئل کانت، یکی از فیلسوفان سده‌های اخیر است که زیبایی را برخلاف فلاسفه‌ی قبل از خود، ذهنی می‌دانست. فیلسوفانی نظیر افلاطون و ارسطو و همچنین فلاسفه‌ی اسلامی مانند ابن‌سینا و ملاصدرا، به زیبایی عینی اعتقاد داشتند. از نظر کانت، احکام مربوط به زیبایی عبارت‌اند از: کیفیت، کمیت، رابطه و نسبت، جهت (7). پرواضح است که در این احکام، مبانی ریاضی دیده می‌شود. برای مثال، رابطه و نسبت، فرمول‌های ریاضی را در خود دارد و از نظر کانت، هماهنگی در صورت، فرم، خطوط و طرح هندسی باعث زیبایی می‌شود. بنابراین، سازه‌ای با فرم و طرح هندسی زیبا می‌شود که قبل از فعالیت و تلاش مهندس معماری در زیباسازی آن، معیارهای مهندسی عمران را در اجرا و ساخت خود به کار برده باشد.

تجزیه و تحلیل

از آنچه گذشت، چنین برمی‌آید که در یک پدیده یا مخلوق، شامل زیبایی‌ای است که می‌تواند از نظم، تقارن، تناسب، هماهنگی و انسجام سرچشمه بگیرد و این معیارها، همگی در مهندسی عمران وجود دارند تا پیش‌درآمدی باشد برای زیبایی یک سازه. به عبارت دیگر، صرفاً طراحی ظاهری یک سازه و وجود عناصر تزئینی در آن، شاید بتواند در کوتاه‌مدت چشم بیننده را به خود جلب کند، اما در نهایت منجر به از میان رفتن جلوه‌های ظاهری می‌شود و عدم هماهنگی و انسجام سازه بر بیننده پدیدار می‌گردد. برای مثال، فرض کنیم یک سازه بدون در نظر گرفتن تمامی معیارهای مهندسی عمران، همچون مقاوم‌سازی، رعایت قوانین و مقررات، انسجام و استحکام و ... بنا شود و بعد از آن، مهندسی معماری در زیباسازی آن نقش خود را به‌خوبی ایفا کند؛ آیا این سازه تا همیشه ظاهر خود را به‌خوبی حفظ خواهد کرد؟ آیا بر اثر طوفان و پیرو آن، ترک‌های به‌وجودآمده، باعث فرو ریختن نمای ظاهری سازه که با طراحی مهندس معماری اجرا شده است،

نخواهد شد؟ در صورت بروز چنین مواردی، زیبایی محو می‌شود و آنچه می‌ماند، عدم استحکام و مقاومت سازه و هماهنگی و انسجام است که مسئولیت آن بر عهده‌ی مهندسی عمران می‌باشد. بنابراین، مهندسی عمران قبل از مهندسی معماری، راه را برای زیباسازی سازه هموار نموده است.

برای تفسیر بیشتر، می‌توان سازه‌هایی را مثال بزنیم که اغلب در کشورمان احداث شده‌اند:

سی‌وسه‌پل اصفهان را در نظر می‌گیریم که از آجر و ساروج و گچ در ساخت قسمت‌های فوقانی و از سنگ برای قسمت‌های زیرین آن استفاده شده است و بر اساس نظر کارشناسان، فونداسیون آن به‌گونه‌ای طراحی شده است که مقاومت آن تنها در رطوبت است و خشکسالی درازمدت موجبات کم شدن استحکام آن را در پی خواهد داشت. هر جا صحبت از چگونگی ساختن این پل زیبا می‌شود، معماری آن مطرح می‌شود، درحالی‌که مباحث عمرانی آن باعث ماندگاری این پل بعد از این سال‌ها شده است. دهانه‌های سی‌وسه‌پل به‌گونه‌ای طراحی شده‌اند که تنش در بالاترین نقطه‌ی دهانه به دیوارهای جانبی وارد می‌شود. فرض کنیم هر دهانه دارای سقف صاف بود. در این صورت، وزن هر جزء از سقف بر دیوارها وارد نمی‌شد و هیچ مقاومتی وجود نداشت. به همین خاطر است که سقف‌های بناهای قدیم را به‌صورت طاق ضربی یا طاق آهنگی می‌ساختند که امروزه این نوع طاق‌ها در تعاریف مهندسی معماری گنجانده شده است، اما در قدیم به دلیل نبودن آهن و تیرچه‌های بتنی، سازنده‌ها مجبور به احداث سقف‌های طاق ضربی یا طاق آهنگی بودند و در عین حال که بنا را از استحکام و مقاومت خاصی برخوردار می‌کرد، باعث زیبایی سازه نیز می‌شد. البته امروزه به دلیل زلزله‌خیزی مناطقی از کشورمان و عدم پایداری ابنیه‌های کهن با این نوع سقف‌ها و مصالح سنتی، دیگر ساخت این سازه‌ها، به‌جز موارد سلیقه‌ای و آن هم در مناطقی که زلزله‌خیزی ناچیزی دارند، انجام نمی‌شود.

مساجد سده‌های اول ورود اسلام به ایران را در نظر می‌گیریم که دارای سقف‌های بلند و شبستان‌های زیادی بودند. احداث مساجد به‌گونه‌ای صورت می‌گرفت که به‌منظور استحکام آن، می‌بایست از راه‌هایی استفاده می‌کردند که زیبایی مساجد را به دنبال داشت. برای مثال، وجود شبستان‌ها با سقف‌های گنبدی و ستون‌هایی که پایه‌های سقف گنبدی می‌باشند، نمونه‌ای از زیبایی است که معیارهای مهندسی عمران، به دلیل ایجاد استحکام بنا، این زیبایی را پدید آورده است. ویژگی شبستان‌ها به‌گونه‌ای بود که می‌شد به وسعت آن افزود و این موضوع مشخص می‌کند که هر دهانه، بارهای مخصوص به خود را تحمل می‌کند و وزن سقف مربوطه به ستون‌های زیرین انتقال می‌یابد. این موضوع نوعی زیبایی است که طراحی و محاسبات عمرانی باعث این رویداد می‌شود.

برج میلاد امروزه نماد شهر تهران بوده و عظمت این برج بر همگان مشخص است. سازه‌ای که ساخت آن ۱۱ سال به طول انجامید و با محاسبات و مطالعات عمرانی، نظیر آزمایش خاک و زلزله‌خیزی منطقه و طراحی بی‌مثال آن، احداث آن صورت گرفت. اگرچه در فضاهای داخلی آن از معیارهای مهندسی معماری و دیگر هنرها استفاده شده است و حتی نمای بیرونی آن، هنر معماری را یدک می‌کشد، اما اجرای آن با معیارهای مهندسی عمران، سبب زیبایی، شکوهمندی و جلوه‌گری بیش از حد این برج شده است.

مثال دیگر، مسجدالنبی در شهر مدینه را در نظر می‌گیریم که در چند مرحله به مسجد افزوده شد و اکنون یکی از زیباترین مساجد اسلامی با مساحت قابل‌توجهی را شاهد هستیم. اگرچه نوع معماری بیرونی و درونی مسجد و استفاده از سنگ‌های زیبا و گران‌قیمت باعث زیبایی آن شده است، اما محاسبات و طراحی‌های عمرانی اجازه‌ی این نوع معماری را داده است و اجرای منحصربه‌فرد و بی‌نظیر ستون‌ها و سقف‌ها و دهانه‌های مسجد که از وظایف مهندسی عمران است، مسبب اجرای ایده‌های معماری آن شده است.

حال می‌خواهیم بحث را به سازه‌هایی بیاوریم که برای ما ملموس‌تر است و چه‌بسا خودمان در زندگی و ساختن آنها نقش داریم:

ساختمانی با اسکلت بتنی یا فلزی را در نظر بگیریم که دارای سالنی با ابعاد ۱۰ متری است و مساحتی ۱۰۰ مربعی دارد. اگر این ساختمان یک طبقه باشد و از دیوارها به گونه‌ای استفاده شود که برای سقف، تیرچه‌های بتنی یا تیر آهن‌ها روی آنها قرار گیرد، حداقل یک ستون در وسط سالن نیاز است تا در مرکز آن یک پلی به گونه‌ای قرار گیرد که محل قرار گرفتن دو سر پلی، دیوارهای اطراف باشند. در این صورت، یک سر تیرچه‌های بتنی و تیرهای آهنی روی پلی قرار می‌گیرد و سر دیگر آنها روی دو دیوار روبه‌روی هم، به جز دیوارهایی که دو سر پلی روی آنها گذاشته شده‌اند. اگر این ستون و پلی روی آن وجود نداشته باشد، تیرچه‌های بتنی یا تیرهای آهنی با طول بسیار در سقف قرار می‌گیرند و کمانش رخ می‌دهد و استحکام بنا پایین می‌آید. در آپارتمان‌ها و مجتمع‌های مسکونی چندطبقه، یک سر تیرچه‌های بتنی یا تیر آهن‌ها، دیگر روی دیوارها قرار ندارند و از ستون و کلاف استفاده می‌کنند و به جای دیوار ضخیم، تیغه‌چینی می‌کنند. عرض تیغه‌ها معمولاً با تعمیرات داخلی و خارجی حدود ۲۰ سانتی‌متر می‌شود، در صورتی که عرض دیوارهای باربر در ساختمان‌های یک طبقه به همراه تعمیرات آنها به بالای ۳۰ سانتی‌متر می‌رسد. هرچه ضخامت دیوارها کمتر باشد، وزن ساختمان پایین‌تر می‌آید و مقاومت آن در مقابل زلزله بیشتر می‌شود. اما باید در دیوارها از ستون‌های مختلف استفاده کرد تا کل ساختمان کلاف‌بندی شود و در مقابل زلزله و نیروهای دیگر مستحکم باشد. حال فرض کنیم ستونی با طول و عرض ۴۰ سانتی‌متر را می‌خواهیم در سازه‌ای بنا کنیم که تیغه‌های اطراف آن حدود ۲۰ سانتی‌متر عرض داشته باشد. در این صورت، ستون‌ها از دیوارها بیرون می‌زنند و جلوه‌ی زیبایی را به همراه ندارند. البته در جاهای مختلف آپارتمان و مجتمع‌های مسکونی، این ستون‌ها در قسمت‌هایی قرار می‌گیرند که بسیاری از آنها با نقشه‌ی داخلی سازه محو می‌شوند و دیگر دیده نمی‌شوند. اما چندین ستون در دیوارهای سالن و همچنین ستون یا ستون‌های وسط سالن، از نظر زیبایی، باعث ناخوشایندی در ساختمان می‌شود و نه تنها در بسیاری موارد زشتی را به همراه دارد، بلکه باعث مزاحمت برای ساکنین و میهمانان می‌باشد. اخیراً، مهندسین عمران این گونه سازه‌ها را به گونه‌ای طراحی می‌کنند که حداقل، ستون‌های وسط سازه حذف شوند. برای این کار، طراحی به گونه‌ای انجام می‌شود که بارهایی که روی ستون وسط و پل طرفین آن قرار می‌گیرند، به ستون‌های اطراف ساختمان وارد شوند و نه تنها استحکام سازه پایین نیاید، بلکه کمانش رخ ندهد. برای مثال، در سازه‌های بتنی از میلگردهای بیشتر و یا میلگردهای ضخیم‌تر در ستون‌ها استفاده می‌کنند و کیفیت و عیار سیمان را بالا می‌برند. محاسبه و طراحی و سپس اجرای چنین تصمیمی که منجر به احداث سالنی بزرگ و بدون ستون مزاحم می‌شود و پدیده‌ای عجیب و خارق‌العاده‌ای می‌باشد، بر عهده‌ی مهندس عمران است که به وجودآورنده‌ی زیبایی است، بدون اینکه مهندسی معماری و دیگر هنرها در آن دخیل باشند. همچنین در ساختمان و آپارتمان‌های بتنی کوچک‌تر با ابعاد کمتر از ۶ متر که نیازی به ستون یا ستون‌های وسط نیست و ستون‌های اطراف برای مقاومت سازه کفایت می‌کند، برای برطرف کردن بیرون‌زدگی ستون‌ها که عرض ۴۰ سانتی‌متری دارد و حدود ۲۰ سانتی‌متر آن از دیوارها بیرون آمده است، طراحی به گونه‌ای صورت می‌گیرد که از تعداد ستون‌های بیشتر با سطح مقطع کمتر استفاده می‌کنند و یا میلگردهای بیشتر یا ضخیم‌تری را به همراه سیمان باکیفیت و عیار بالا در ستون‌های با سطح مقطع کمتر به کار می‌برند. با این روش، ستون‌ها در دیوارها محو می‌شوند. این محاسبات و طراحی‌ها که منجر به از بین رفتن زشتی در ساختمان می‌شود، بر عهده‌ی مهندس عمران است.

اکنون سازه‌هایی را در نظر می‌گیریم که دارای دهانه‌ی بسیار بزرگی باشند. در این صورت، برای جبران ستون یا ستون‌های وسط، نمی‌توان از ستون‌های مقاوم با میلگردهای ضخیم و زیاد در دیوارهای جانبی استفاده کرد، زیرا در هر صورت، به دلیل طول دهانه، کمانش صورت می‌گیرد. در این صورت، موارد دیگری استفاده می‌کنند که به آنها اشاره می‌کنیم:

خرپاها:

یکی از سازه‌های اصلی مهندسی عمران، خرپا است که هم راه‌حل عملی فراهم می‌کند و هم راه‌حل اقتصادی، خصوصاً برای پل‌ها و ساختمان‌های بزرگ. به‌طور کلی، عضوهای خرپا باریک‌اند و بار جانبی اندکی را می‌توانند تحمل کنند. بنابراین، همه‌ی بارها باید بر مفصل‌ها وارد شوند و نه بر خود اعضا. وقتی قرار باشد بار متمرکزی بین دو مفصل وارد شود، یا بار گسترده‌ای توسط خرپا تحمل شود (مانند پل‌ها)، باید یک سیستم کف برای خرپا ایجاد کرد که توسط تیرهای عرضی و تیرهای کف، بار را به مفصل‌ها انتقال بدهد (1). بنابراین، می‌توان خرپاها را سازه‌ای در نظر گرفت که برای سبک‌سازی سازه‌های بزرگ و ایجاد مقاومت در آنها مورد استفاده قرار می‌گیرد. نکته‌ی جالب در خرپاها استفاده از شکل مثلث است، زیرا وقتی نیرو بر مثلث وارد می‌شود، برخلاف مربع و مستطیل، شکلش تغییر نمی‌کند و می‌تواند بار زیادی را تحمل کند. حال در نظر بگیریم می‌خواهیم ساختمانی بزرگ احداث کنیم که هم زیبایی آن مهم است و هم مسائل مقاومتی و مالی آن. خرپا یکی از این سازه‌هاست که سبکی آن یکی از دلایل استحکام آن می‌باشد و با استفاده از آن می‌توان از اجرای ستون‌های زیاد پرهیز کرد که این موضوع باعث زیبایی داخل سازه می‌شود.

امروزه سازه‌های جدیدی با نام‌های متال دک (Metal Deck) و وافل (Waffle) وجود دارند که در طراحی آنها، دهانه‌ها هیچ محدودیت از نظر طول ندارند و این‌گونه سازه‌ها بر زیبایی بناها می‌افزایند.

از سازه‌هایی که در زمره‌ی بناهای ساختمانی قرار دارند عبور می‌کنیم و به سازه‌های دیگر از مهندسی عمران می‌پردازیم:

یکی از این سازه‌ها که مهندسی عمران در احداث آن دست دارد، پل‌ها می‌باشند. از سازه‌هایی که در چند دهه‌ی قبل در ایران احداث شده است و بسیار شگفت‌انگیز است، پل ورسک در جاده‌ی راه‌آهن تهران - شمال است که هیچ‌گونه معماری و هنرهای دیگری در آن استفاده نشده است. اما کافی است یک بار با قطار از روی پل عبور کنیم؛ شکوه و عظمت پل و فضاها‌ی اطراف و پایین پل چنان ما را به شگفت می‌آورد که ناخودآگاه به یاد سازنده‌ی آن و ایده‌پردازی جالب احداث این پل می‌افتیم. همچنین کمی آن‌طرف‌تر، سه خط طلایی که چشم‌اندازی زیبا را برای تماشاگران فراهم می‌کند، ما را به تأمل درباره‌ی ساخت آن وامی‌دارد. در هر دو مورد، مهندسی عمران، علاوه بر ساخت سازه‌های بی‌نظیر و مقاوم بدون استفاده از آهن و بتن، زیبایی خارق‌العاده‌ای را خلق نموده است. بنابراین، شکوه و عظمت چنین سازه‌ای، زیبایی‌آفرین است و آنگاه که با زیبایی‌های طبیعی اطراف آن، همچون کوه‌ها و مناظر اطراف، آمیخته می‌شود، انسان را به وجد می‌آورد. آیا احداث این سازه که عمری ۹۰ ساله دارد و زیبایی منحصر به فردی را خلق نموده است، جز استفاده از معیارهای مهندسی عمران می‌باشد؟

یکی دیگر از پل‌هایی که با آهن در ایران احداث شده است، پل معلق اهواز یا همان پل سفید است که بر روی رودخانه‌ی کارون ساخته شده است. این پل چشم‌اندازی زیبا به شهر اهواز داده و با نورپردازی‌های فراوان، منظره‌ی زیبایی را در شب برای این شهر به‌وجود آورده است. انحنا‌ی تیرهای بالای پل در طرفین آن که بیشترین زیبایی را به پل بخشیده است، به دلیل طراحی‌های مهندسی عمران بوده و نقش مقاوم‌سازی پل را بر عهده دارد. زیرا دهانه‌ی پل بسیار بزرگ است و در صورت عدم وجود تیرهای منحنی‌شکل، کمانش و تخریب پل رخ خواهد داد، اما این تیرهای منحنی‌شکل که توسط کابل‌ها و اتصالات فلزی به پل متصل شده‌اند، از کمانش و تخریب پل پیشگیری می‌کنند.

یکی از این سازه‌های مهندسی عمران، راه‌آهن می‌باشد؛ نوعی از مهندسی عمران که در تحصیلات تکمیلی به شاخه‌ی مهندسی راه‌آهن تبدیل می‌شود. به‌طور کلی، راه و جاده، شاه‌رگ اجتماعی و اقتصادی کشور است؛ چه راه‌آهن باشد، چه جاده‌ی آسفالتی و همچنین راه‌های هوایی و دریایی. بسیاری از ما علاقه‌ی زیادی به مسافرت با قطار داریم و در طول مسیر، با کنجکاوی فراوان به فضای اطراف می‌نگریم و حرکت قطار را در ریل‌های پرپیچ‌وخم زیر نظر می‌گیریم و لذت می‌بریم. همچنین علاقه‌مندیم تا به دیزل قطار برویم و حرکت قطار و چگونگی رانندگی آن را از نزدیک مشاهده کنیم. این نوع لذت همراه با کنجکاوی برای ما بسیار لذت‌بخش است و جز این نیست که شاهد نوعی زیبایی هستیم؛ زیبایی ساختمانی بشر به‌عنوان قطار، در مسیری که توسط مهندسی راه‌آهن (زیرمجموعه‌ی مهندسی عمران) طراحی و اجرا شده است. عبور از بیابان‌ها و جنگل‌ها و تماشای چشم‌اندازهای طبیعت با زیبایی هنری ساختمانی بشر آمیخته می‌شود و لذت و خوشایندی را به همراه دارد. در قسمت‌های قبل در مورد زیبایی پل ورسک توضیح دادیم و در اینجا زیبایی پل‌سازی را با مهندسی راه‌آهن در هم می‌آمیزیم و معیارهای مهندسی عمران را که باعث خلق زیبایی و پدید آمدن زیبایی هنری شده است، مورد ستایش قرار می‌دهیم.

به شبکه‌های جاده‌ای کشور و شاه‌راه‌ها و بزرگراه‌ها می‌رسیم؛ شاخه‌ای از مهندسی عمران که به مهندسی راه و ترابری معروف است. قبلاً اشاره کردیم که جاده‌ها، شاه‌رگ‌های اجتماعی و اقتصادی کشورند. آیا جز این است که احداث جاده، مسافر را در دل دشت و کوه و جنگل و بیابان می‌کشاند و او را از زیبایی‌های طبیعی بهره‌مند می‌سازد؟ آیا جز این است که این شاخه از مهندسی عمران که هیچ‌گونه ابعاد هنری مهندسی معماری و دیگر هنرها، به‌استثنای مکان‌هایی که با معماری زیبایی در اطراف جاده‌ها ساخته شده‌اند، در آن نقش ندارند، باعث درهم‌آمیزی زیبایی‌های طبیعی با لذت و خوشایندی مسافران و عابران می‌شود و برای آنها زیبایی هنری خلق می‌کند؟ اینها همه از مهندسی عمران سرچشمه می‌گیرد و زیبایی را به وجود می‌آورد.

اسکله‌ها که می‌توان آنها را سازه‌هایی نامید که مواد و مصالحی مانند فولاد و آهن و بتن در ساخت آنها مورد استفاده قرار می‌گیرند، به دلیل همجواری با زیبایی‌های طبیعی دیگر همچون دریا و آب، از دیگر سازه‌هایی هستند که معیارهای مهندسی عمران را در خود دارند و باعث زیبایی می‌شوند، به‌طوری که انسان دوست دارد ساعت‌ها در آن بنشیند و از زیبایی دریا لذت ببرد. بنابراین، احداث اسکله‌ها، علاوه بر اینکه خودشان زیبا جلوه می‌کنند، به دلیل همجواری با دریا، باعث زیبایی مضاعف و احساس شگفتی و شادمانی در انسان می‌شوند.

سدها سازه‌هایی هستند که به‌منظور ذخیره‌ی آب توسط مهندسی عمران و شاخه‌ی اختصاصی آن، یعنی مهندسی سدسازی، احداث می‌شوند. سدها هم به‌صورت خاکی و هم به‌صورت بتنی ساخته می‌شوند و برای مقاوم‌سازی آنها از شکل‌های مختلفی نظیر شکل قوسی استفاده می‌کنند. فشار آب پشت سد به‌قدری زیاد است که می‌بایست مقاومت سد به بیشترین شکل ممکن و با محاسبه‌ی بیشترین حالت پرآبی فضای پشت سد صورت گیرد. در سدهایی که دیواره‌ی آن قوسی شکل است، مانند سد زاینده‌رود، نیرویی که آب بر دیواره‌ی سد وارد می‌کند، به کناره‌ها منتقل می‌شود. بنابراین، زیبایی حاصل از قوسی شکل بودن سد، فقط مبحث عمرانی دارد و وقتی این زیبایی با زیبایی ناشی از انبوه آب پشت سد و یا خروج پرفشار آب از محل خروج آمیخته می‌شود، باز هم شاهد ترکیب زیبایی طبیعی و زیبایی هنری حاصل از ایده‌های عمرانی خواهیم بود. در سدهایی همچون سد سفیدرود، قوس وجود ندارد، اما گونه‌ی دیگری از طراحی‌های عمرانی را شاهد هستیم که مقاومت سد را تضمین نموده است. شیارهای زیبای روی دیواره، شبیه محراب مساجد است و با مشاهده‌ی این سد درمی‌یابیم که مورب بودن دیواره که بر زیبایی سد افزوده است، به دلیل محاسبات و طراحی‌ها در مقاوم‌سازی سد می‌باشد.

آنچه گذشت، بخشی از زیبایی‌های هنری است که توسط مهندسی عمران خلق می‌شود و بعد از آن، زمینه را برای دیگر رشته‌های هنری همچون مهندسی معماری و مهندسی شهرسازی فراهم می‌کند تا با اتکا به هنرهای چون نقاشی و خوشنویسی و ... سازه‌ای زیبا را در معرض دید بینندگان قرار دهد. نبوغ مهندس عمران در استفاده از علومی مانند ریاضیات و مکانیک که قبلاً توضیح دادیم، طراحی و اجرای سازه‌های عمرانی را در پی دارد و باعث خلق زیبایی می‌شود. چنانچه کانت معتقد است: «در تمام فرم‌های هنری، زیبایی با الهام از طبیعت و توسط نبوغ هنرمند خلق شده است. گرچه ذوق است که به نبوغ پروبال می‌دهد، اما ذوق، نیروی مولد اثر هنری نیست، بلکه محرک آن است. آنچه ذهن انسان را به جنبش و تکاپو وامی‌دارد و احساس او را برمی‌انگیزد، ایده‌ها هستند» (7).

اگر بخواهیم به باورهای کانت استناد کنیم، به این نتیجه می‌رسیم که نبوغ، نیروی تولیدکننده هنر و ذوق، نیروی محرک آن است. بنابراین، ابتدا نبوغ است که ایده را به وجود می‌آورد و سپس ذوق، آن را به سرمنزل مقصود می‌رساند و همان‌طور که قبلاً به تفصیل بیان شد، ایده‌های احداث سازه‌ها و چگونگی محاسبات و طراحی‌های آنها توسط مهندسی عمران انجام می‌شود و بعداً ابعاد هنری مهندسی معماری و دیگر هنرها به ایده‌ها و طراحی‌های عمرانی اضافه می‌شوند و زیبایی را به نهایت می‌رسانند، گرچه در بسیاری موارد که با مثال، آنها را توضیح دادیم، تنها با معیارهای عمرانی به خلق زیبایی می‌پردازند.

از میان فیلسوفان شرقی، فارابی تعریف جالبی از زیبایی دارد که قبلاً به آن اشاره کردیم. از نظر او، زیبایی در هر چیزی، یعنی وجود افضل آن و کمال نهایی آن؛ به این معنی که اگر یک موجود همه‌ی کمالات بایسته و شایسته‌ی خود را داشته باشد، زیباست یا به اندازه‌ای که دارد، زیباست (5). اگر بخواهیم تعریف فارابی را در مورد زیبایی در نظر بگیریم، یک سازه زمانی زیباست که از هر جهت دارای کمال باشد؛ یعنی از طراحی و اجرای سازه گرفته تا معماری و در نهایت تأسیسات آن. بنابراین، سایر مهندسی‌های مربوطه در احداث یک سازه‌ی با کمالات نقش دارند؛ مانند مهندسی عمران، مهندسی معماری، مهندسی برق، مهندسی مکانیک و تأسیسات و حتی مهندسی شهرسازی.

اینکه بسیاری از فلاسفه‌ی قدیم، نظم و تقارن و تناسب را عامل زیبایی می‌دانستند، تمامی اینها در علم ریاضیات نهفته است و به همین دلیل، آنها ریاضیات را مسیری برای زیبایی‌های هنری قلمداد می‌کردند و اگر کمی بیندیشیم، خواهیم دانست که علوم مهندسی‌ای که با ریاضیات بیشترین هم‌نشینی را دارند، بیشتر به خلق زیبایی‌های هنری می‌پردازند؛ از جمله بیشتر شاخه‌های مهندسی عمران، مهندسی معماری، مهندسی شهرسازی، مهندسی مکانیک و ...

نتیجه‌گیری

چنانچه توضیح دادیم، زیبایی یک سازه را نمی‌توان منحصر به مهندسی معماری دانست و علاوه بر آن، مجموعه‌ای از هنرهای دیگر مانند نقاشی، خوشنویسی، خاتم‌کاری، گچ‌بری، شیشه‌کاری و آینه‌کاری نقش بسزایی در زیبایی یک سازه دارند، اگرچه هنرنمایی با جمیع این موارد در زیرمجموعه‌ی معماری قرار می‌گیرد. اما بنابر آنچه گذشت، به‌وضوح متوجه حضور رویکردهای هنری و زیبایی‌شناسی مهندسی عمران در سازه‌ها در کنار معماری و دیگر هنرها شدیم. در سازه‌های ایرانی نظیر ابنیه‌های تاریخی، استفاده از تمامی هنرها به‌خوبی مشهود است. ابنیه‌هایی که بعد از سالیان زیادی هنوز از استحکام و مقاومت استثنایی برخوردارند و درحالی‌که در قدیم فلزاتی مانند آهن و مصالحی مانند سیمان وجود نداشته‌اند، با استفاده از مصالح سنتی مانند آهک، آجر، ساروج و ... اقدام به ساخت سازه‌های محکمی می‌کردند که نه تنها در برابر باد و طوفان مقاوم بودند، بلکه بر روی زمینی احداث می‌شدند که خاک آن از مقاومت و تراکم خوبی برای پایداری سازه برخوردار بوده است.

در طراحی سازه‌ها دو شرط مهم وجود دارد که باید حتماً به آنها توجه کرد: اول اینکه سازه باید نقش مورد نظر را به‌خوبی ایفا نماید و دوم، سازه باید بارهای وارده را با اطمینان خاطر تحمل کند (3). توجه به هر دو موضوع، زمینه را برای معماری و آفرینش زیبایی طولانی‌مدت فراهم می‌کند. چنانچه قبلاً اشاره شد، استفاده از هنرهایی مانند معماری، نقاشی، خوشنویسی، آینه‌کاری و ... در سازه‌های ناپایدار و غیرمقاوم، تلاشی بیهوده بیش نیست، زیرا با کوچک‌ترین نیروی جانبی وارده و یا باد و طوفان، سازه تخریب می‌شود و دیگر هیچ اثر هنری و به تبع آن، هیچ زیبایی در سازه ماندنی نخواهد شد. بنابراین، طراحی‌های دقیق و بی‌عیب و نقص مهندسی عمران را می‌طلبند.

اگرچه تمامی ابنیه‌های تاریخی و مذهبی کشورمان در گذشته، مانند سی‌وسه‌پل، مسجد جامع اردستان، گنبد سلطانیه و ... و حتی بسیاری از ابنیه‌هایی که در چند دهه‌ی اخیر ساخته شده‌اند، مانند برج میلاد تهران، مقابر فردوسی، خیام، نادرشاه و ... دارای سازنده‌هایی بوده‌اند که به «معمار» شهرت داشته‌اند، اما در تمامی آنها، ابتدا معیارهای مهندسی عمران و طراحی و محاسبات آنها در نظر گرفته می‌شد تا در نهایت، بنا پس از اجرا مستحکم باشد و سپس سرچشمه‌های معماری و زیبایی‌نمایی در آنها پدید آید و به‌طور یقین نمی‌توان گفت در این سازه‌ها، تنها به‌خاطر زیبایی و زیبایی‌شناسی و ابعاد هنری، دهانه‌ها، سقف‌ها و ستون‌های یک سازه به این شکل طراحی و اجرا شده‌اند.

در قدیم، هنگام احداث یک بنای تاریخی یا مذهبی، از همان ابتدا از اصول مهندسی‌های امروزی برای طراحی و اجرای بنا استفاده می‌کردند و با توجه به عدم وجود امکاناتی از قبیل تجهیزات برقی، جرثقیل، تاورکین، ماشین‌آلات خاک‌برداری و ...، به‌ناچار تمام مراحل ساخت یک بنا به‌ترتیب از شروع تا پایان هم‌زمان پیش می‌رفت. برای مثال، برای احداث مناره‌های یک مسجد، از همان ابتدا که سازه را بنا می‌کردند، به اجرای نمای بیرونی آن نیز اقدام می‌نمودند و مانند امروزه نبود که ابتدا اسکلت سازه را احداث کنند و پس از اتمام آن، به نقطه‌ی آغاز برگردند و مراحل معماری آن را اجرا کنند. بنابراین، معماری در قدیم تلفیقی از مهندسی معماری و مهندسی عمران بود و سایر هنرها نیز در زیباسازی بنا دخیل بودند.

به‌طور کلی، عظمت و شکوه‌مندی یک سازه، زیبایی به همراه دارد و این شکوه میسر نمی‌شود مگر با همکاری سایر رشته‌های مرتبط با احداث سازه که با هماهنگی و هم‌نشینی با همدیگر به این صفات زیبا دست می‌یابند. بنابراین، فراموش نکنیم که یک سازه زمانی زیباست که به باور فارابی دارای کمالات باشد و این موضوع جز با همکاری مهندسی عمران، مهندسی معماری، مهندسی شهرسازی، مهندسی برق و مهندسی مکانیک و تأسیسات و سایر رشته‌های هنری همچون نقاشی، خوشنویسی، آینه‌کاری، شیشه‌کاری، گچ‌بری و ... به دست نمی‌آید.

مشارکت نویسندگان

در نگارش این مقاله تمامی نویسندگان نقش یکسانی ایفا کردند.

تشکر و قدردانی

از تمامی کسانی که در طی مراحل این پژوهش به ما یاری رساندند تشکر و قدردانی می‌گردد.

تعارض منافع

در انجام مطالعه حاضر، هیچ گونه تضاد منافی وجود ندارد.

حمایت مالی

این پژوهش حامی مالی نداشته است.

موازن اخلاقی

در انجام این پژوهش تمامی موازن و اصول اخلاقی رعایت گردیده است.

خلاصه مبسوط

Extended Abstract

Civil engineering is usually understood as the technical and structural foundation of the built environment, while architectural engineering is more often associated with form, ornamentation, spatial experience, and visual beauty. However, this distinction can obscure the aesthetic capacities inherent in civil engineering itself. Civil engineering is grounded in mathematics, geometry, physics, mechanics, statics, strength of materials, and structural analysis, and these sciences enable engineers to calculate loads, stresses, bending moments, buckling, torsion, shear, deformation, soil resistance, foundation behavior, and the stability of concrete and steel structures. Although these concepts appear primarily technical, they are deeply connected to order, proportion, harmony, balance, and durability, all of which have long been central categories in aesthetic thought. In the construction of buildings, bridges, dams, railways, roads, docks, canals, and urban infrastructures, civil engineering does not merely provide safety and functionality; it also creates the initial conditions through which architectural and artistic beauty can emerge. A structure that lacks stability, cohesion, proportionality, and material integrity cannot preserve its visual or symbolic beauty over time, even if architectural ornamentation is added later. Therefore, the aesthetic role of civil engineering should not be reduced to a secondary or invisible technical function. Rather, it must be considered a primary and generative dimension of structural beauty, because the engineer's calculations, design decisions, and material choices establish the form, rhythm, scale, resistance, and spatial possibility of the structure itself (1-3).

The theoretical basis of this argument can be traced to classical and philosophical accounts of beauty, especially those that identify beauty with order, proportion, symmetry, harmony, and mathematical intelligibility. In Pythagorean thought, mathematics was not merely a technical instrument but a principle of cosmic order, and beauty was understood through numerical relation, harmony, and proportion. This view influenced Plato and later traditions in which the essence of beauty was associated with measure, arrangement, and balance among parts (4). Aristotle similarly regarded order, symmetry, and definiteness as principal forms of beauty and argued that mathematical sciences speak directly about beauty because they demonstrate these principles with clarity and precision (5). From this perspective, the mathematical basis of civil engineering cannot be separated from aesthetic meaning. When a civil engineer designs a span, calculates the distribution of force, determines the dimensions of columns, or selects the appropriate structural system, the resulting form is not only safe and

functional but also ordered and proportionate. Islamic philosophers also provide a valuable framework for understanding structural beauty. Al-Farabi defined beauty as the emergence of superior existence and the attainment of final perfection, while Avicenna emphasized good order, good composition, moderation, unity, coherence, and stability as qualities of beauty (5). These ideas suggest that a structure becomes beautiful not only through external ornament but through the perfection of its internal order, resistance, unity, and structural coherence.

Historically, architecture and civil engineering were not sharply separated. In traditional building practices, the architect was often responsible for both the design and execution of the structure, including its stability, function, and beauty. Ancient and medieval buildings, especially Iranian historical monuments, mosques, shrines, palaces, bridges, and domed spaces, demonstrate the integration of structural ingenuity and artistic expression. Vitruvian architectural thought also emphasized firmness, utility, and beauty as inseparable principles of construction, and elements such as order, proper arrangement, proportion, economy, and structure were considered essential to architectural excellence (4). Similarly, architectural aesthetics has often been described as dependent on the correct proportion and scale of building components, where visual pleasure results from the proper calculation of symmetry and compositional balance (6). In Iranian historical structures, such as arched roofs, domes, iwans, prayer halls, bridges, and masonry systems, structural necessity and visual beauty were frequently produced through the same design decision. The use of arches and vaults, for example, was not merely decorative; it redirected loads, increased stability, enabled larger spans, and created a rhythmic and visually expressive spatial form. Therefore, the beauty of such structures cannot be attributed only to architectural ornamentation, calligraphy, mirror work, tile work, or decorative arts, because the underlying civil-engineering logic of the structure plays a direct role in creating its aesthetic character.

The same principle is visible in modern and contemporary structures. In large buildings, halls, bridges, towers, dams, railways, and roads, civil engineering often creates beauty through structural clarity, scale, technical innovation, and spatial freedom. For example, when engineers design large halls without intrusive central columns, they use structural calculations, reinforced concrete, steel systems, trusses, beams, slabs, and load-transfer mechanisms to preserve both stability and spatial openness. This technical decision produces an aesthetic effect because it eliminates visual obstruction and creates a more harmonious interior space. Trusses are another example: their triangular configuration provides structural efficiency and economic advantage, particularly in bridges and large buildings, but their geometric order also produces a recognizable visual rhythm (1). Similarly, bridges such as historic masonry bridges or modern suspension bridges demonstrate how civil engineering creates beauty through span, curvature, force distribution, and structural daring. Dams also reveal the aesthetic capacity of engineering; the curvature of an arch dam, the inclined wall of a gravity dam, and the relationship between water pressure and structural form create a visual impression that arises from engineering necessity. Roads, railways, and docks likewise combine technical construction with spatial experience, allowing human movement through landscapes and producing a form of aesthetic encounter between human-made infrastructure and natural scenery. In such cases, beauty emerges from the interaction between technical form, structural function, environmental context, and human perception.

The aesthetic dimension of civil engineering also becomes clearer when viewed through Kantian aesthetics. Kant considered judgments of beauty in relation to quality, quantity, relation, and modality, and although his theory differs from earlier objective accounts of beauty, it still gives importance to form, proportion, relation, and the harmonious activity of the faculties (7). In this sense, civil-engineering design can be understood as an intellectual and creative act in which technical genius produces structural forms that later become available for aesthetic appreciation. The engineer's idea precedes the visible completion of the work: before architectural decoration is applied, the civil engineer has already determined the building's load-bearing system, span capacity, foundation logic, resistance to wind and earthquake, and relationship between form and force. If genius

is the productive power behind art and taste stimulates and refines its expression, then civil engineering possesses a form of productive creativity because it generates the structural possibility of beauty (7). The aesthetic value of a structure is therefore not limited to its surface, façade, ornament, or interior design. It also belongs to its strength, durability, equilibrium, coherence, and capacity to embody mathematical and mechanical intelligence. This does not reduce architecture or the decorative arts to secondary roles; rather, it shows that architectural beauty and civil-engineering beauty are complementary layers of the same built reality.

In conclusion, the beauty of a structure cannot be attributed exclusively to architectural engineering or to decorative arts such as painting, calligraphy, mirror work, glasswork, plasterwork, and woodcraft. Although these arts play a major role in the visual and symbolic enrichment of buildings, the artistic and aesthetic contribution of civil engineering is prior, foundational, and often inseparable from the final beauty of the structure. Civil engineering creates beauty through order, proportion, resistance, stability, span, scale, material intelligence, structural rhythm, and the harmonious relation between force and form. A structure becomes truly beautiful when it achieves a form of perfection in which technical reliability, functional adequacy, spatial coherence, and visual dignity work together. Historical monuments, bridges, mosques, towers, dams, railways, roads, and docks all show that civil engineering can generate aesthetic experience even before architectural ornamentation begins. Therefore, the aesthetic study of structures must move beyond the narrow assumption that beauty belongs only to architecture and must recognize civil engineering as an essential source of artistic and aesthetic value in the built environment.

References

1. Beer-Johnston PB. Statics. Tehran: University Sciences Publishing; 2011.
2. Golabbchi M. Applied Strength of Materials. Tehran: University of Tehran Press; 2007.
3. Kaveh A. Structural Analysis. Tehran: University Publishing Center; 1997.
4. Tatarkiewicz W. History of Aesthetics. Tehran: Elm Publishing; 2013.
5. Hashemnejad H. Aesthetics in the Works of Avicenna, Shaykh al-Ishraq, and Sadr al-Muta'allihin. Tehran: University Books Publishing in Islamic and Human Sciences; 2013.
6. Grütter J. Aesthetics in Architecture. Tehran: Shahid Beheshti University Press; 2004.
7. Kant I. Critique of the Power of Judgment. Tehran: Ney Publishing; 1998.