

عوامل تأثیرگذار بر شکل‌گیری معماری پل‌های تاریخی ایران در مناطق ناهموار

احد نژادابراهیمی^I، ائلناز نظرزاده عنصرودی^{II}، فرناز نظرزاده عنصرودی^{III}

شناسه دیجیتال (DOI): 10.22084/nbsh.2020.20330.2030
 تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۸/۰۳، تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۱۰/۲۹
 نوع مقاله: پژوهشی؛ صص: ۹۷-۱۱۸

چکیده

«پل» از گذشته همچون یک گونه معماری، همواره به‌عنوان عامل ارتباطی وجود داشته و کاربردی بودن آن موجب شده است تا پژوهشگران کمتر به جنبه محیطی و بستر طبیعی ساخت آن توجه کنند. این درحالی‌ست که شکل‌گیری پل‌ها در راستای پاسخ‌گویی به شرایط زمینه‌ای بوده و محیط و بستر در شکل‌گیری نوع و ساختار پل تأثیرگذار بوده است. پل در مناطق ناهموار، مصداق بارزی از معماری متأثر از بستر طبیعی است. پل در مناطق ناهموار معیارهای بنیادی متفاوتی دارد که نیازمند مطالعه و پژوهش برای شناسایی این تفاوت‌ها است. هدف این پژوهش مطالعه چگونگی شکل‌گیری معماری پل ناهموار با در نظر گرفتن سه مؤلفه کارکرد، کالبد و سازه می‌باشد. روش پژوهش توصیفی-تحلیلی و تاریخی-تطبیقی مبتنی بر مطالعات اسنادی و کتابخانه‌ای براساس منابع و اطلاعات تاریخی است. بدین صورت که در گام اول این پژوهش، شناسایی و بررسی آماری پل‌ها از منظر بستر طبیعی، عوامل مختلف مؤثر در شکل‌گیری و تحول پل‌ها مطالعه گردیده تا در گام دوم، در سامانه سه‌گانه کارکرد، کالبد و سازه آن‌ها مورد تحلیل قرار گیرد و دسته‌بندی برای متغیرهای معماری پل ارائه شود. در این راستا، مدل سه‌گانه برگرفته از سامانه بنیادی سه‌گانه ویتروویوس اصل اساسی پژوهش قرار گرفت. در گام سوم، بر پایه مطالعات تطبیقی، اطلاعات جمع‌آوری شده در مبانی و ساختار تحقیق و عوامل مؤثر بر شکل‌گیری معماری پل ناهموارها مورد مطالعه قرار گرفت. نتایج تحقیق نشان می‌دهد کارکرد پل در مناطق ناهموار به صورت عامل ارتباطی بر روی دره است و در کالبد و ظاهر آن اثری از تزئینات و عنصر الحاقی نبوده و ساختار و بسترسازی مستحکم از اهمیت ویژه‌ای در آن برخوردار بوده که شامل سنگ و آجر می‌باشد. در نتیجه، پل در مناطق ناهموار سبب پدید آمدن سامانه بنیادی مختص آن منطقه شده است که به صورت پیش‌زمینه ذهنی برای طراحان در نظر گرفته شود.

کلیدواژگان: پل‌سازی، معماری، بستر ناهموار، پل‌های تاریخی.

- I. دانشیار دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه هنر اسلامی تبریز، تبریز، ایران (نویسنده مسئول).
 Ahadebrahimi@tabriziau.ac.ir
- II. کارشناس ارشد معماری، دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه هنر اسلامی تبریز، تبریز، ایران.
- III. کارشناس ارشد فناوری معماری، دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه هنر اسلامی تبریز، تبریز، ایران.

مقدمه

انسان‌ها برای گذر از موانع طبیعی، کوه‌ها را شکافتند و تونل‌ها را ساختند و هم‌چنین از پل‌ها برای عبور از روی دره‌ها، رودها و ناهمواری‌های زمین بهره گرفتند. پل‌ها همواره سیر تکاملی بر خود داشته و از شاهکارهای طراحان در ایجاد ارتباط بین جوامع مختلف بودند (احتشامی، ۱۳۸۶: ۵). به دلیل قرارگیری ایران در مسیر شاهراه‌های ارتباطی به ویژه جاده ابریشم، مردم همواره به ساخت و ایجاد راه و مسیرهایی برای عبور از موانع طبیعی اهتمام داشتند و با گسترش جوامع انسانی و شکل‌گیری ارتباطات تجاری و جنگ‌ها، نیاز به پل‌ها برای تسریع در ارتباطات سبب ساختن پل توسط معماران و مهندسين شد (نوراللهی، ۱۳۹۴: ۹۳). مسیرها، عاملی برای حمل‌ونقل در کنار ساختاری کارآمد در زمان حمله و دفاع به حساب می‌آمدند و ارزش آن‌ها زمانی بیشتر شد که بشر توانست ابزار حمل‌ونقل را تکامل بخشد (Anthony, 2007: 397-405) و بنا به مقتضیات زمانه و بستر، نوآوری‌هایی به آن بیفزاید، به گونه‌ای که مفهوم پل را از یک فضای عبوری و ایجاد ارتباط به سایر فعالیت‌های جانبی تغییر دادند؛ این اهمیت تا آنجاست که در تمامی سفرنامه‌های جهانگردان از اهمیت راه و ساختمان‌ها و تأسیسات برای ایرانیان سخن به میان آمده است (افسر و پیرنیا، ۱۳۷۰: ۱۱۷).

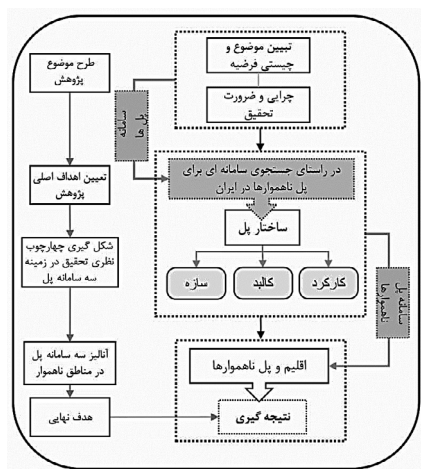
این اهمیت بعد از اسلام جنبه اعتقادی و آیینی بر خود گرفت. از امام کاظم علیه السلام نقل شده است که یکی از راه‌های مصرف خمس، پل‌سازی برای رفع نیاز مسافران در راه مانده است تا به وطن خویش برسند (کلینی، ۱۳۸۷: ۵۳۹). لذا احداث تأسیسات عام‌المنفعه نیز اهمیتی ویژه داشته است؛ به گونه‌ای که ماندگارترین ساختمان‌های دنیای اسلام، بعد از بناهای مذهبی، بناهایی مانند پل‌ها و به خصوص کاروانسراها و رباط‌ها بوده‌اند که پناهگاه راهیان خسته و منزل اهل سفر به شمار می‌آمده‌اند (کلایس، ۱۳۷۳: مقدمه). اگرچه برخی محققین عقیده دارند که پیشرفت معماری پل‌سازی بعد از اسلام با ورود اعراب مسلمان به ایران، سیر نزولی به خود گرفت (مخلصی، ۱۳۷۹: ۵۱)؛ اما مخروبه‌های باقی‌مانده از پل و سد در قرن چهارم تا دوران غزنوی، سلجوقی و تیموری، گویای تحرک معماری در پل و سدسازی و توجه به برنامه‌ریزی عمرانی بوده است. از سده یازدهم و مقارن با دوره صفوی، چندین پل باقی‌مانده است که از نظر ظرافت و زیبایی کم‌نظیر هستند (پیرنیا و معاریان، ۱۳۹۶: ۵۴) و بیشترین پل‌های ایران در این دوره و برای ایجاد، حفظ و گسترش مسیرهای ارتباطی ساخته شدند (مروج‌تربیتی و پورنادری، ۱۳۹۲: ۶۲)؛ در دوره زندیه به دلیل آرامش نسبی تلاش‌هایی برای آبادی و عمران صورت گرفت. در دوره قاجار چندین راه و پل احداث و یا پل‌های قدیمی مرمت شد و در قرن اخیر به علت توسعه راه و رونق اقتصادی و مقاصد نظامی راه‌های کاروان‌رو به جاده‌های پرفت و آمد تبدیل شد و استفاده از مصالح جدید و شیوه‌های نوین ساخت سبب تحولات عظیم در پل‌سازی قرن اخیر شد (احتشامی، ۱۳۸۶: ۸۹)؛ از این رو، پل‌های جدید در جایگاه پل‌های سنتی سر برآوردند که دارای تنوع و تفاوت مصالح با انواع دیگر آن است.

اهداف پژوهش: هدف اصلی پژوهش حاضر، شناخت ویژگی‌ها و جنبه‌های

مجهول پل‌های تاریخی ایران در بستر طبیعی ناهموار است تا با اتکا به ارزش‌های کالبدی و اعتقادی پل، نوآوری و تجارب معماران در شکل‌گیری پل مشخص گردد. آنچه در پژوهش‌های کنونی دیده می‌شود، صرفاً توجه به جنبه‌های عملکردی پل می‌باشد و این امر نمی‌تواند نشان‌دهنده کلیات ارزش‌های پل‌های تاریخی باشد، ولی به نظر می‌رسد معماران ایران به آنچه می‌ساختند صرفاً از منظر عملکرد توجه نداشتند و در بناهایی مانند پل علاوه بر جنبه‌های سازه‌ای و عملکردی به مباحث زیبایی و به فاخر بودن معماری پل‌ها نیز اهمیت می‌دادند.

پرسش و فرضیات پژوهش: پژوهش حاضر در پی پاسخ به پرسش است: محیط و بستر زمینه‌ای چه تأثیری بر معماری پل در مناطق ناهموار دارد که سبب ایجاد سامانه جدیدی از ویژگی‌های محیطی شده است؟ فرض پژوهش بر این است که بستر و محیط طبیعی در شکل‌گیری معماری پل‌های برون‌شهری تأثیرگذار بوده و برخلاف ارزش‌های حاکم بر طراحی پل‌های درون‌شهری، معماری پل‌های برون‌شهری بیشتر تابع عملکرد و توپوگرافی محیط شکل‌گیری است؛ بنابراین دهانه و شکل ظاهری پل تابعی از شرایط اجزا، شرایط آب در حال جریان و قابلیت عبور آب از دهانه‌های آن است.

روش پژوهش: در این پژوهش از روش تحقیق توصیفی-تحلیلی و تاریخی-تطبیقی استفاده شده است و گردآوری اطلاعات لازم از طریق مطالعات کتابخانه‌ای و پیمایش‌های میدانی برخی از پل‌های مناطق مختلف بوده است. در این پژوهش برای ارائه مدل مفهومی موجه جهت بررسی معماری پل، از سامانه سه‌گانه کارکرد، کالبد و سازه بهره گرفته شده است (شکل ۱). بعد از شناسایی و دسته‌بندی آماری پل‌ها از منظر بستر طبیعی، جوانب مختلف شکل‌گیری و تحول پل‌ها صورت گرفته است و تعداد ۲۹۷ پل ثبت شده در فهرست آثار ملی از طرف وزارت میراث فرهنگی، صنایع دستی و گردشگری مورد پایش قرار گرفت و در نهایت نمودارهای آماری برای تحلیل روابط بین متغیرهای توصیفی پل، نمایش تأثیرگذاری بستر طبیعی و مصالح مصرفی در شکل‌گیری پل‌ها و میزان تراکم و پراکندگی پل‌سازی به دست آمد. این روش به دلیل ارائه شفاف داده‌ها و توصیف ارتباط میان متغیرهای آماری، مورد توجه نگارندگان بوده است. بعد از ارائه آمارها، متغیرهای مختلف در سامانه سه‌گانه کارکرد، کالبد و سازه پل‌های موجود در اقلیم چهارگانه ایران در دوره‌های تاریخی مختلف مورد مطالعه قرار گرفت و این مدل سه‌گانه برگرفته از سامانه بنیادی سه‌گانه «ویتروویوس» (Vitruvius, 1914) سودمندی، زیبایی و پایداری می‌باشد. در نهایت، بر پایه مطالعات تطبیقی اطلاعات جمع‌آوری شده در ادبیات و مباحث نظری تحقیق به تبیین گزاره‌های مؤثر بر شکل‌گیری معماری پل ناهموارها در مناطق کوهستانی پرداخته و سامانه‌ای جدید استخراج شد که می‌توان آن را به موارد مشابه تعمیم و یک قضیه و شناخت کلی ارائه داد.



▲ شکل ۱. مدل مفهومی تحقیق (نگارندگان، ۱۳۹۸).

پیشینه پژوهش
 بررسی‌های صورت‌گرفته در منابع موجود در جدول ۱، حاکی از آن است که در

سال‌های اخیر محققان پژوهش‌هایی بنیادی زیادی در زمینه پل و پل‌سازی انجام داده‌اند و تحقیقات ارزنده‌ای در زمینه‌های گوناگون اعم از اهداف طراحی، اصول طراحی، ساخت و نگهداری پل صورت داده‌اند. این درحالی است که اگر پل‌سازی در سه مرحله طراحی، ساخت، تعمیر و نگهداری در نظر گرفته شود، پل‌سازی تاکنون بیشتر در بحث‌های ساخت و تعمیر تمرکز داشته و مهندسی پل بیشتر از جنبه معماری آن مورد توجه بوده است. تحقیقات محدودی بحث‌های زمینه‌ای و بستر طبیعی پل‌سازی را در اهداف طراحی و فرم پل‌ها قرار داده‌اند و دسته‌بندی جامعی از ویژگی‌های کالبدی پل ارائه نمی‌کنند. از این رو، علاوه بر مطالعات مربوط به پل و پل‌سازی، به نظر می‌رسد مطالعات مربوط به معماری پل در مناطق ناهموار ایران کمتر مورد توجه پژوهشگران قرار گرفته است. هدف پژوهش حاضر این است تا با بررسی و مطالعه جامع‌تر جنبه‌های مختلف عملکردی، سازه‌ای و زیبایی معماری پل و پل‌سازی را مورد ارزیابی و تحلیل قرار دهد تا ارزش‌های معماری آن‌ها قابل درک باشد.

جدول ۱. بررسی منابع موجود در قالب پیشینه پژوهش (نگارندگان، ۱۳۹۸).

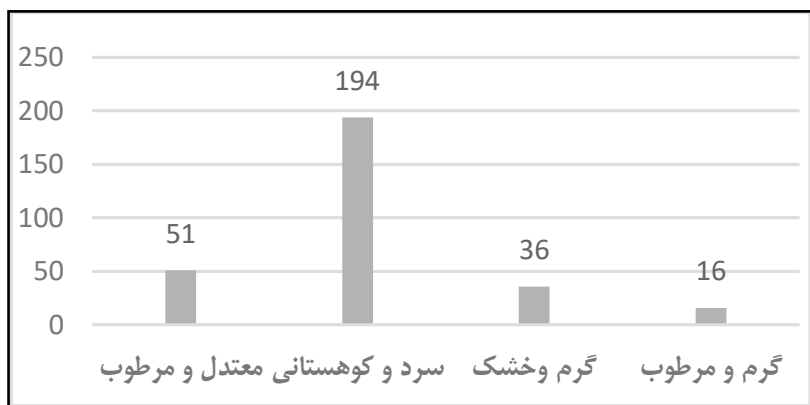
منابع	هدف، ضرورت و یافته تحقیق
افسر و پیرنیا (۱۳۷۰)	• بررسی تاریخی پیدایش و تکامل راه در ایران
مخلصی (۱۳۷۹)	• معرفی پل‌های قدیمی و تاریخی ایران (از عهد هخامنشی تا قرن اخیر)
ملازاده و محمدی (۱۳۷۹)	• بررسی بناهای عام‌المنفعه مانند آب‌انبارها، بازارها، پل‌ها، سدها و حمام‌ها • بررسی تاریخی، پراکندگی، نقشه و معماری، مصالح به کار رفته، اجزا و عناصر و ساختمان بناها
احتشامی (۱۳۸۶)	• روند تاریخی پل‌سازی دو دوره پیش از اسلام و پس از اسلام • معرفی نام و مشخصات پل‌های مهم
فرشیدنیک و افهمی (۱۳۸۹)	• اثبات نوآوری ایرانیان در ادغام دو بنای پل و کاروانسرا • معرفی پل سکونتگاه به عنوان بخشی از تأسیسات ضروری در تاریخ معماری ایران
مروج‌ترتبی و پورنادری (۱۳۹۲)	• حفظ و تداوم سنت‌ها در راستای پاسخ‌گویی به نیازهای جدید • معرفی سه معیار کارکرد، کالبد و سازه در شکل‌گیری پل خواجو
Kim (2014)	• معرفی مقدماتی و ارزیابی ویژگی‌های مصالح جدید • ارائه برنامه‌های کاربردی در ساخت و تعمیر پل‌ها
Khan (2014)	• ساخت پل‌ها با هدف به حداقل رساندن مشکلات ترافیکی و پایین آوردن هزینه ساخت و سازه
Pipinato (2015)	• ارائه چالش‌های طراحی، ساخت و تعمیر و نگهداری • توصیف بارهای مختلف مانند بارهای لرزه‌ای و باد، همراه با خستگی و شکستگی
Heggade (2015)	• بحث در رابطه با زیباسازی پل‌ها از طریق فرم‌های هنری
Hurt & Schrock (2016)	• برنامه‌ریزی برای تعمیر و نگهداری پل‌ها در بزرگراه‌های در سراسر جهان • ارائه ابزار و روش ساخت، حفاظت، برنامه‌ریزی و زمان‌بندی نگهداری
Subramanian (2016)	• پل به عنوان زیرساخت‌های حمل‌ونقل • معرفی سیستم پل برای ساخت و سازه سریع و پایدار
Subramanian (2017)	• روش کارآمد برای جایگزین پل‌های کهن در جهان • ارائه دو سیستم نوآورانه (پل‌سازی سریع، ورق‌های فولادی چندلایه)
Lin & Yoda (2017)	• طبقه‌بندی پل، بارگذاری، طراحی، روش‌های تجزیه و تحلیل و ساخت و سازه • ارائه ویژگی‌های ساختاری پل‌های برشی، پل‌های قوس، پل‌های خرابی، پل‌های معلق و کابلی
Tang (2018)	• توجه به ساختار و زیبایی در طراحی پل‌ها
Roads & Traffic Authority (2019)	• ارائه الزامات، اهداف، اصول و فرآیند طراحی • بررسی فرم کلی و قسمت‌های اصلی و فرعی و جزئیات ظاهری پل • معرفی پل‌هایی با شرایط خاص (پل راه‌آهن، پل عابر پیاده و پل‌های میراث فرهنگی)

مبانی نظری پژوهش

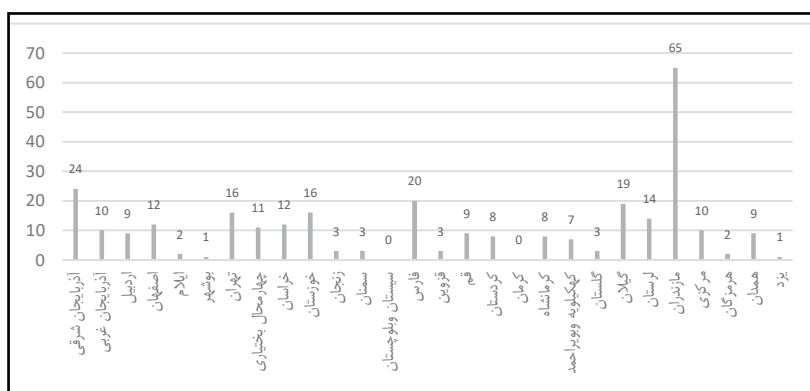
براساس اهداف حاکم بر تحقیق، این پژوهش در پی واکاوی عوامل مؤثر در شکل‌گیری پل ناهموار در مناطق کوهستانی است. معماری سنتی ایران به دلیل عدم وجود زیرساخت‌های لازم در جامعه، دچار نوعی فراموشی از سوی معماران شده که معماری معاصر ایران نیز متأثر از آن بوده است. از طرفی مکان و زمان از عوامل تأثیرگذار در فرآیند شکل‌گیری معماری است که طراحان با شناخت آن در این حوزه می‌توانند اقدام به طراحی کنند. برای تحقق این امر به شناخت دقیق عوامل مؤثر بر ساختار معماری این‌گونه خاص در بستر ناهموار پرداخته و به راهبردهای اساسی در این مسیر می‌توان دست یافت.

پل برای پیمودن راه، عنصری حیاتی محسوب می‌گردد. قبل از به وجود آمدن پل به عنوان یک گونه معماری برای رفع موانع طبیعی، به ویژه گذر از عرض رودخانه‌ها و دره‌ها، زندگی بشر با مشکلاتی مواجه بود که این امر مانع از پیشرفت و گسترش تمدن‌های انسانی در جوامع مختلف می‌شد. رودخانه‌ها و دره‌ها یکی از موانع مهم راه‌سازی در دوره‌های تاریخی مختلف بوده است. با وجود بارندگی‌های نسبتاً فراوان در نواحی شمالی و غربی، ایران دارای شبکه گسترده و وسیعی از آب‌های روان به صورت رودهای فصلی و دائمی است (نوراللهی، ۱۳۹۴: ۹۴) که تردد و حمل‌ونقل را با مشکل همراه می‌سازد. از آن جهت که پل همواره سبب ایجاد، حفظ و گسترش ارتباطات و حمل‌ونقل بشری می‌شود، از همان ابتدای شکل‌گیری با استقبال جوامع بشری روبه‌رو شد. بر این اساس در هر دوره تاریخی متناسب با آن به ساخت پل می‌پرداختند و از فناوری‌های هر دوره در راستای مقاصد و اهداف خود در ارتباطات بهره می‌گرفتند.

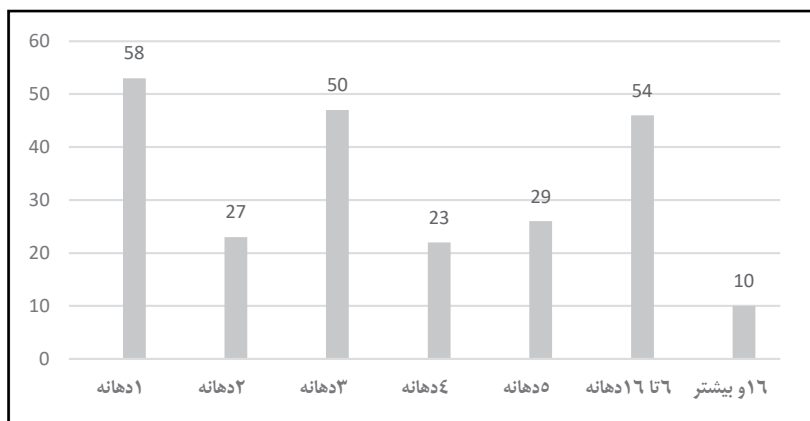
مطالعه و بررسی پیرامون آثار تاریخی و طبیعی ثبت شده در فهرست آثار ملی، به منظور دستیابی به نمونه‌های ثبت شده که دارای ارزش و قابلیت‌های حائز اهمیت می‌باشد، حاکی از آن است که تعداد ۲۹۷ پل در میراث فرهنگی ثبت و دارای شماره ثبتی می‌باشد^۱. با بررسی تعداد پل‌های مذکور و موقعیت قرارگیری آن‌ها مشخص شد که بیشترین تعداد پل‌سازی با تعداد ۱۹۴ پل مربوط به اقلیم سرد و کوهستانی است؛ بنابراین با توجه به شکل ۲ و ۳، تعداد پل در استان مازندران و شهرستان سوادکوه که شامل پل‌های راه‌آهن است و در آذربایجان شرقی به مراتب بیشتر می‌باشد؛ به طوری که پل‌سازی در اقلیم سرد و کوهستانی با طول کمتری نسبت به دیگر شرایط زمینه‌ای صورت می‌گیرد و این امر به علت نوع بستر ناهموار در این مناطق است؛ اما در اقلیم گرم و مرطوب با وجود تعداد پل‌های کمتر، طول پل‌ها به علت توپوگرافی آن منطقه و سطح هموار بیشتر می‌باشد. با بررسی طول و وسعت در کالبد پل، تعداد ۲۵۱ پل به دلیل اطلاعات قابل دسترس، مورد مطالعه قرار گرفت که می‌توان چنین گفت که با توجه به شکل ۴، تعداد پل‌ها با یک دهانه به مراتب بیشتر از سایر پل‌ها است و این در حالی است که پل‌هایی با طول بیشتر و حداقل ۱۶ دهانه از کمترین تعداد برخوردار است. اطلاعاتی در مورد تعداد دهانه‌های ۴۶ پل دیگر وجود ندارد. هر پل به دلیل ساختار عناصر تشکیل‌دهنده،



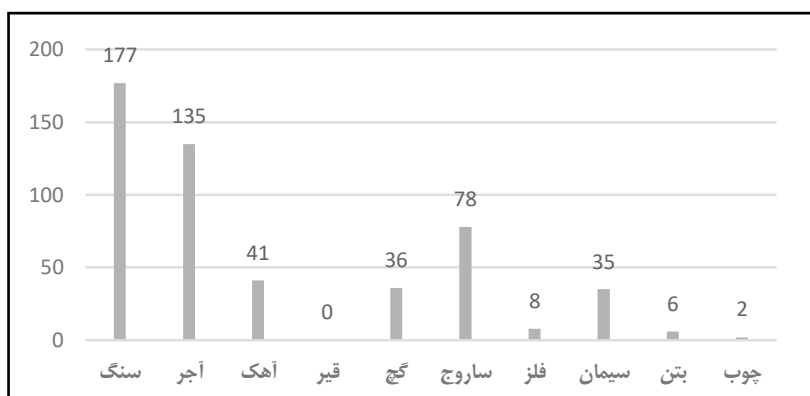
شکل ۲. فراوانی پیل در مناطق مختلف (نگارندگان، ۱۳۹۸).



شکل ۳. تراکم پیل و پل‌سازی در شهرهای مختلف ایران. (نگارندگان، ۱۳۹۸).



شکل ۴. تعداد دهانه‌های پیل (نگارندگان، ۱۳۹۸).

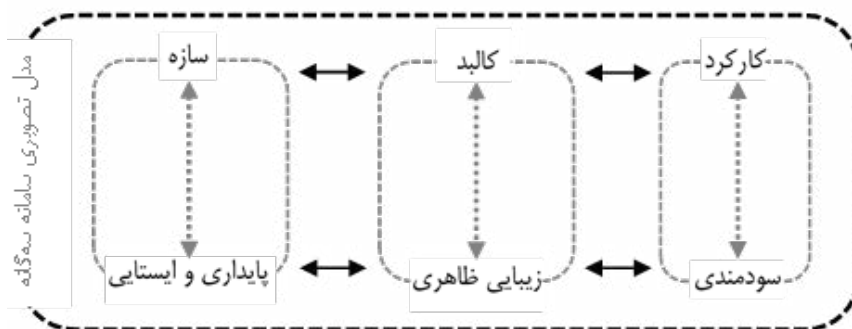


شکل ۵. میزان مصالح مصرفی در پل‌های مناطق مختلف (نگارندگان، ۱۳۹۸).

از چندین مصالح مختلف به وجود آمده است؛ بنابراین با بررسی اطلاعات موجود از تعداد ۲۹۷ پل و آمار به دست آمده با توجه به شکل ۵، می‌توان چنین گفت که سنگ به عنوان مهم‌ترین و پرمصرف‌ترین مصالح پل‌سازی، به شکل‌های مختلف سنگ‌لاشه و سنگ تراش در بخش‌های مختلف پل مانند پایه‌ها و طاق مورد استفاده قرار گرفته است. از دیگر مصالح مهم ساختمانی در پل‌سازی می‌توان به آجر و ملات ساروج اشاره کرد.

ساختار پل‌های تاریخی ایران

سامانه سه‌گانه کارکرد، کالبد و سازه، یکی از سامانه‌های مطالعاتی معماری است که از گذشته همواره مورد توجه پژوهشگران و طراحان بوده است. این سامانه با سه اصل اساسی که ویتروویوس (۱۹۱۴) درباره معماری بیان کرده بود (شکل ۶)؛ یعنی سودمندی، زیبایی و پایداری در یک راستا است (نقره‌کار و همکاران، ۱۳۸۸: ۳۶۷). مؤلفه‌های سه‌گانه این سامانه می‌توانند در مطالعه پل‌ها نیز مورد مطالعه قرار بگیرد. نگرش سه سامانه‌ای دیدگاه ویتروویوس خود حاصل سه سامانه اصلی معماری است و نه سه جزء آن، و هر اثر معماری خود محصول همکاری این سه سامانه است که از سه صفت «مفید»، «قوی» و «جمال» و از نام‌های نیک خداوند (اسماء الحسنی) هستند، می‌توان سه صفت «سودمندی»، «استواری» و «زیبایی» را برگرفت که معماری خوب همواره دارای چنین صفاتی است (نقره‌کار، ۱۳۹۳: ۲۴۸). بر این اساس، کارکرد متناظر با سودمندی پل، کالبد متناظر با زیبایی ظاهری پل و سازه متناظر با پایداری و ایستایی پل است.^۲



شکل ۶. مدل سه‌گانه ویتروویوس متناظر با معماری پل. (نگارندگان، ۱۳۹۸)

در زیرسامانه کارکردی شناسایی هر چه بیشتر نقش پل و هم‌چنین خدمات ویژه ادغام شده در بنا، متناسب با بستر و زمینه شکل‌گیری و سایر عوامل محیطی اهمیت می‌یابد. بررسی کارکرد پل‌ها و توجه به چگونگی ارتباط پل و شهر با نحوه جاگیری در بافت شهری و برون‌شهری و ارتباط با شبکه دسترسی‌های ورودی و خروجی شهر همراه بوده است. زیرسامانه کالبدی، در واقع مفهوم عملکردی پل است که تبدیل به پوسته و جداره و فرم ساختمان می‌شود و فرم فیزیکی به خود می‌گیرد. این بحث شامل تقسیم‌بندی نما، پلان و شناسایی عرصه‌های حاصل از وسعت و پهنای آن می‌باشد و ممکن است شامل عناصر الحاقی باشد. در زیر سامانه سازه‌ای نوع پل، عرض عبورگاه، ارتفاع و بارگذاری آن به نحوی است که احتیاجات کالبدی

و کاربردی پل را از نظر سازه‌ای برآورده می‌سازد و چگونگی استخوان‌بندی بنا و انتقال نیروها را شکل می‌بخشد که در مصارف مختلف از پل لطمه‌ای به ساختار آن وارد نمی‌شود.

کارکرد پل

پل‌هایی که در ایران ساخته می‌شدند، کارکردهای اساسی و گاه متفاوتی داشتند و می‌توانستند کارکردهای جانبی مختلف به خود بگیرند، اما نقش عملکردی و کارکرد اصلی پل هم‌چنان توسعه حرکت بود. عبور و مرور کارکرد اصلی پل‌ها است، اما گاهی علاوه بر این عملکرد، در پل‌های ایرانی ترکیبی از چندین عملکرد نیز به چشم می‌خورد (مروج‌تربیتی و پورنادری، ۱۳۹۲: ۶۲)، (ر. ک. به: جدول ۲). در این صورت در جهت رفع نیازهای خود، پل‌هایی برای عبور پیاده، جاده، راه‌آهن، کانال‌ها و لوله‌های تأسیساتی ایجاد می‌کردند. معماران و طراحان نیز همواره از تأسیس این نوع بناها اهداف مختلفی را دنبال می‌کردند. گاهی ممکن بود این پل‌ها بر روی ناهمواری‌های طبیعی زمین بنا شوند و راه عبور سواره و پیاده مهیا شود و یا برای انجام کارهای تأسیساتی و انتقال لوله‌های آب، نفت، گاز و یا بستن مسیر آب استفاده شود.

مسیر و گذر: هدف اصلی از احداث پل، تأمین راه ارتباطی بین دو ساحل رودخانه جهت عبور مردم و یا روی دره بود که در گذشته عمدتاً در مسیر راه‌های کاروان‌رو ساخته می‌شد تا سبب سهولت در حمل‌ونقل شوند؛ از این رو می‌توان به پل «تمیجان» در دوره صفوی اشاره کرد. از سوی دیگر، از این پل‌ها، در مسیرهای ریلی برای راه‌آهن نیز بهره می‌بردند و در اکثر موارد بر روی مسیر راه‌آهن قرار می‌گرفت، مانند «پل راه‌آهن کیلومتر ۲۳۱» که مربوط به دوره پهلوی است.

تأسیساتی: در برخی موارد از پل‌ها برای رساندن آب از ساحل یک رودخانه به ساحل دیگر استفاده می‌کردند که به آن «پل جویی» گفته می‌شود که این پل‌ها نقش تأسیساتی در انتقال آب، گاز و غیره داشتند. «آب باره شاپور» در دوره صفوی نزدیک خفر از این دست پل‌ها است (مخلصی، ۱۳۷۹: ۸۵).


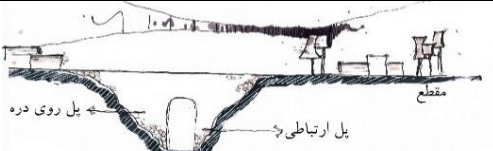

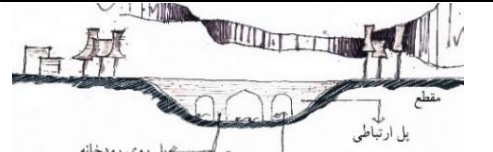
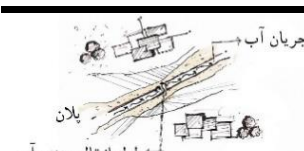
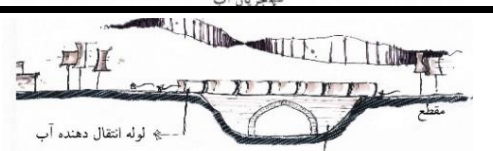
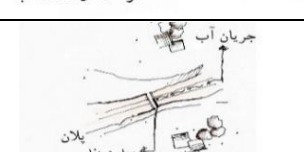

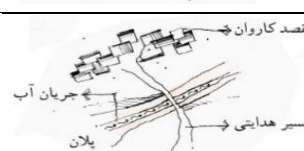
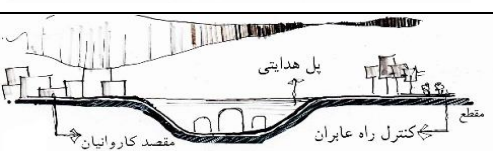
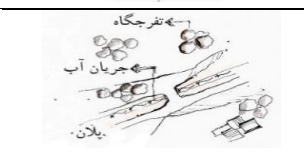

سد و بند: از دیگر ساختمان‌های معماری می‌توان به سدها اشاره کرد که برای مهار و بهره‌گیری درست از آب به خصوص در سرزمین‌های خشک یا کم‌آب استفاده می‌شد؛ هم‌چنین از سدها براساس شرایط جغرافیای منطقه و نیاز به آب، برای آبیاری وسیع اراضی کشاورزی و نیز کنترل و هدایت آب بهره می‌بردند. در بعضی موارد پل را با آب بند یا سد ترکیب می‌کردند و در گذشته از سدها و بندها هم مانند پل‌ها استفاده می‌کردند (پیرنیا و معاریان، ۱۳۹۶: ۵۰). این ویژگی در پل «شادروان» شوشتر مربوط به دوره ساسانیان (حامی، ۱۳۷۲: ۱۹) و پل «بند امیر» فارس مربوط به قرن چهارم (ملازاده و محمدی، ۱۳۷۹: ۱) و بسیاری از پل‌های دیگر دیده می‌شود که در راستای گذر و رفت‌وآمد مردم ساخته شده است؛ در واقع این پل‌بندها علاوه بر کارکرد مسیر و گذر تا اندازه‌ای کار کنترل سیل را نیز انجام می‌دادند.

کنترل راه‌ها و کاروان‌ها: مسیرابزاری برای سهولت حرکت و ساختاری استراتژیک در هنگام راه‌یابی است و ارزش راه‌ها و اهمیت احداث آن‌ها زمانی گسترش می‌یابد

که هدایت‌کننده مسیر کاروان و آب باشد. پل‌ها به‌عنوان عناصری شکل‌گرفته، برای هدایت و مسیریابی کاروان‌ها و مسافران، در فاصله بین مناظر اقامتی تأسیس می‌شدند (رحمدل، ۱۳۹۵: ۵۵). شاخص‌ترین این عناصر پل‌ها بودند که در شکل‌دادن به ساختار مسیرها و شیوه حمل‌ونقل اهمیت بسزایی داشتند و مکان‌یابی این بناها عمدتاً بر روی رودها و ناهمواری‌های آن منطقه بود. یکی از آن‌ها که باتوجه به شرایط کنترل راه و مسیریابی در ایران، در مسیر جاده‌ها و شاهراه‌های مهم بود؛ پل‌های موجود بر مسیر جاده ابریشم است که از عوامل کارآمد برای کنترل کاروان‌های درحال تردد محسوب می‌شدند. پل «خراجی» چهارمحال و بختیاری در دوره قاجار مربوط به این نوع از پل‌ها است.

تفرجگاهی: در مواردی می‌توان از پل‌ها به‌عنوان تفرجگاه نیز بهره‌برد که ممکن است در کنار عملکرد دیگر پل از آن استفاده تفریحی نیز داشت که پل‌هایی همانند «پل خواجو» و «سی‌وسه پل» اصفهان مربوط به دوره صفوی (مخلصی، ۱۳۷۹: ۸۵) و «پل بند امیر» فارس مربوط به قرن چهارم هجری قمری، محلی برای اجتماع و گردآوری، خرید و فروش، تفریح، استراحت افراد و مسافران با چشم‌اندازهای جالب است.

جدول ۲. کارکرد پل (نگارندگان، ۱۳۹۸).

		کارکرد اصلی		کارکرد پل
		روی دره	مسیر و گذر (عامل ارتباطی)	
		روی رود		
		تأسیساتی (پل‌های عبور خطوط لوله، آب، نفت، گاز)		
		سد و بند		
		کنترل راه‌ها و کاروان‌ها		
		تفرجگاهی		

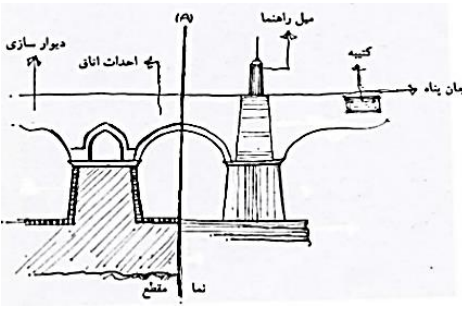
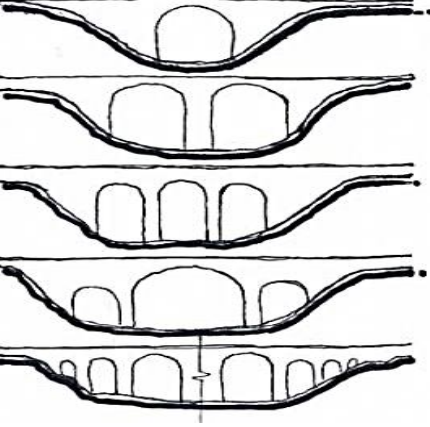
کالبد پل

در سرزمین ایران به دلیل وجود پستی و بلندی زیاد، تنوع آب و هوا، بستر شکل‌گیری و استقرار آن در مسیر شاهراه‌ها و نیاز انسان به سفر، به احداث پل‌هایی با کالبد مختلف می‌پرداختند که عوامل مختلفی در شکل‌گیری کالبد معماری پل مؤثر است این عوامل می‌توانند در دو بخش «غیرساختاری» و «وسعت و طول» دسته‌بندی شوند (ر. ک. به: جدول ۳).

عناصر تشکیل‌دهنده غیرساختاری پل: عناصر الحاقی و تزئینی پل برخلاف عناصر اصلی تشکیل‌دهنده که شاکله کلی پل را تشکیل می‌دهند، برای تزئین پل به کار می‌آیند و نقش ساختاری ندارند. این تزئینات ممکن است در قالب آجرکاری‌هایی بر روی طاق، مانند پل «آبرسان» مربوط به دوره قاجار، سنگ‌نوشته‌هایی شامل تاریخ بنا و نام بانی یا ایجاد جان‌پناه در پل‌هایی مانند «پل اسدآباد» مربوط به دوره پهلوی باشد و کالبد پل را به وجود آورند.

طول و وسعت پل: غالب پل‌ها، دارای تقارن و یا انتظام کلی حاکم بر فرم بنا نیستند و فقط تکرار اجزا، عامل هماهنگی و تقارن آن است. شکل و دهانه‌های پل ممکن است متأثر از عوامل مختلفی باشد و طول پل با توجه به تعداد دهانه‌های آن مورد بررسی قرار گیرد. پل‌هایی مانند «پل بابی لوح» مربوط به دوره پهلوی و پل «شهرچای» مربوط به دوره صفوی که بر روی رودخانه‌های با بستر باز احداث شدند،

جدول ۳. کالبد پل (نگارندگان، ۱۳۹۸).

	کتیبه		عناصر تشکیل‌دهنده غیر ساختاری	کالبد پل	
	دیواره‌سازی	عناصر الحاقی			
	میل راهنما	تزئینی به پل			
	احداث اتاق				
	جان‌پناه				
	۱ دهانه در مرکز	۱ دهانه	طول و وسعت پل		
	۲ دهانه یکسان و متقارن	۲ دهانه			
	۳ دهانه یکسان و متقارن	۳ دهانه			
	۱ دهانه اصلی در مرکز و ۲ دهانه فرعی در دو طرف				
	دهانه‌های متعدد در امتداد هم و ایجاد پل با طول زیاد	۴ دهانه			
		۵ دهانه			
		۶ تا ۱۶ دهانه			
۱۶ دهانه به بیشتر					

دارای دهانه‌هایی با اندازه تقریباً مساوی هستند و یا پل‌هایی مانند پل «ابراهیم‌آباد» مربوط به دوره صفوی و پل «بیلانکوه» مربوط به دوره قاجار که بر روی بسترهای دره‌ای ساخته شدند، یک یا دو دهانه وسیع و مرتفع و چند دهانه کوچک و فرعی دارند. بدون تردید نه تنها شرایط زمینه‌ای، بستر طبیعی، عرض رود، کم‌آبی و پربابی رود، بلکه میزان مهارت معماران در پی‌سازی، اندازه دهانه‌ها و قطر پایه‌ها در شکل و فرم طاق‌ها تأثیرگذار بودند؛ بدین ترتیب که هنگام احداث پل بر روی رودخانه‌های پرباب، سعی بر این بود که برای اجتناب از تعداد پایه‌های بیشتر، از چشمه‌های کمتر، ولی با دهانه‌های وسیع‌تر و خیز بیشتر استفاده شود (مخلصی، ۱۳۷۹: ۹۷).

سازه پل







نیارش یا سازه، عنصری است که معماران همواره در تمامی مراحل ساخت پل به آن توجه می‌کردند و در این بین از مصالح مختلف و متفاوتی بهره می‌گرفتند. استفاده از چفدهای متنوع، با نحوه چیدمان آجرهای متفاوت، سبک‌سازی با استفاده از کانال بندی، سیل بند و موج‌شکن از مواردی بود که معماران برای ایستایی بیشتر پل مورد نظر داشتند (ر. ک. به: جدول ۴).

عناصر تشکیل دهنده: پل‌های ایرانی ترکیبی از عناصر مختلف معماری در کنار یکدیگر است که آن‌را تبدیل به یک مکان گذری و عبوری کرده است. ساخت پل در هر منطقه‌ای به بستری مستحکم و صخره‌ای در آن مکان نیاز دارد. پل‌هایی که روی بستر مناسب مانند مناطق کوهستانی ساخته می‌شوند اغلب طول عمر بیشتر و کیفیت عملکردی بالایی دارند که می‌توان به «پل دختر» میانه در استان آذربایجان شرقی مربوط به دوره تیموریان اشاره کرد؛ اما در مناطقی که بستر رسوبی دارد معمولاً قبل از ساخت پل سطح زمین را سنگ‌فرش می‌کردند تا ماندگاری پل‌ها در طول زمان بیشتر شود. این ویژگی در بسیاری از پل‌ها از جمله پل بند امیر مربوط به قرن چهارم هجری قمری که با قطعات بزرگ سنگ و ملات ساروج سنگ‌فرش شده، قابل مشاهده است (ابن بلخی، ۱۳۷۴: ۱۱۲). در معماری بخش اصلی پل نیز پایه‌های ضخیم و نسبتاً کشیده در بالا به کمک طاق به هم بسته می‌شدند و سپس سطح روی آن محل صاف برای عبور و مرور می‌شد.

مصالح‌شناسی: در هر کشور متناسب با سطح دانش، تجربه و پیشرفت فناوری از مصالح و دست‌سازهای بشر استفاده می‌کنند. مصالح به‌کار رفته در بنای پل، عامل مؤثری در استحکام و استقامت در برابر سوانح طبیعی و ایستایی بنا در طول سال‌های متمادی بوده است.

معمولاً از سنگ‌های تراشیده و ملات ساروج که در مقابل آب و رطوبت و گذشت زمان مقاومت زیادی از خود نشان می‌داد، در پایه‌ها استفاده می‌کنند تا در مقابل آب و تغییرات دما و فشار ناشی از جریان مداوم آب رودخانه مقاومت کافی داشته باشد. برای بنای پل‌ها از مصالح مقاوم و پایدار مانند سنگ و آجر و ملات‌های آهکی و گچی استفاده می‌کنند. اغلب در معماری پل‌هایی همانند «پل خواجه» در دوره صفوی، می‌توان با تعبیه فضاهای خالی درون پایه‌های پل، علاوه بر کم کردن وزن

جدول ۴. سازه پل (نگارندگان، ۱۳۹۸).

عناصر تشکیل دهنده		بستر و شالوده پل	بی‌سازی یا شالوده‌ریزی	
		عناصر ساختاری اصلی پل	بسترسازی پایه‌ها کانه یا کنو موج شکن یا آب بر تاق دهانه‌ها پشتبند	پشتبند
سازه پل ممالع شناسی	سنگی	استفاده از سنگ‌ها در قدیمی‌ترین معماری‌ها استفاده کمتر از سنگ در آب و هوای ایران به علت ظرفیت حرارتی بالا در سنگ استفاده از سنگ در ساخت شالوده بنا و ازاره‌ها	پل آب باره ناخ، فارس / ایلخانی 	
		بیشترین کاربرد آجر، از دوران باستان تاکنون استفاده از آجر اجزای ساختمان و در نواحی مختلف، به علت فراوانی مواد اولیه و سادگی کار در تهیه آن استفاده از آجر در تزئینات ساختمان و آجرکاری	پل سرچشمه، آذربایجان شرقی / صفوی 	
	مالت	مالت آهکی در بی‌سازی و کرسی چینی و دیوار سازی در بناهای قدیمی استفاده از مالت آهک در پل‌های سنگی و سد آجری، مجاری و منابع آب	پل ساروق، آذربایجان غربی / صفوی 	
		نخستین ماده چسباننده ساختمانی استفاده در کارهای ساختمانی به صورت مالت، روکش و گچ کاری	پل باقرآباد، تهران / قاجار 	
		استفاده برای بندکشی و آجرچینی نما منظور سیمانی است که ریشه‌ی آهکی دارد و چسباننده مصالح سنگی به یکدیگر است.	پل اسد آباد، مرکزی / پهلوی 	
		مانند کاه در کاه‌گل و یا میلگرد در بتن قدرت چسبندگی بالا در ساروج، یکپارچه نمودن جسم و سازه به مرور زمان	پل خسروآباد، همدان / صفوی 	
	مصالح کرمی	استفاده از سرب در سازه‌های ساختمانی، رنگ‌دانه‌های مورد استفاده در لعاب سرامیک و لوله‌های انتقال آب	پل ونبار، آذربایجان شرقی / صفوی 	
		مسلح کردن بتن با میلگردهای تقویتی، شبکه توری، صفحات فلزی یا الیاف تقویتی واگذاری نیروهای کششی به وجود آمده در بتن به میلگردها، مانع از ترک خوردگی	پل فلزی ولی آباد، مازندران / پهلوی 	
			بتن آرمه یا فلز (دوره قاجار به بعد)	
				

پل و سبک شدن، در میزان مصالح مصرفی نیز صرفه‌جویی کرد. یکی از ویژگی‌های مهم که سبب ایجاد فضای خالی در درون پل و بهره‌برداری کارکردی از این فضاها منجر شده است، ویژگی‌های مربوط به ساختار و مصالح مورد استفاده در آن‌ها است (فرشیدنیک و افهمی، ۱۳۸۹: ۵۸).

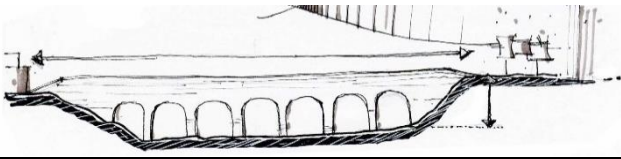
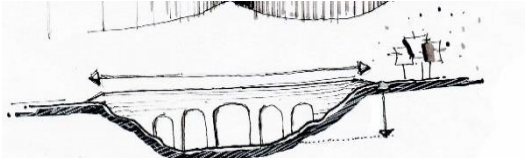
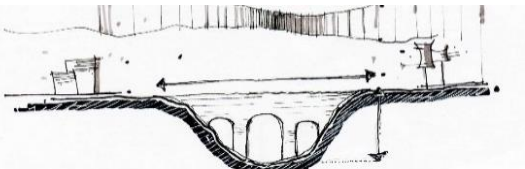
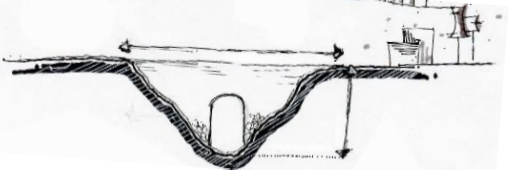
مصالح مصرفی در پل‌سازی در دوره‌های مختلف متفاوت بوده، چنان‌چه می‌توان گفت که در دوران قبل از اسلام (دوره‌های هخامنشی و ساسانی) اغلب جنس پل‌ها از سنگ‌لاشه با بست‌های آهنی یا سرب مذاب و ملات ساروج بود و در دوران اسلامی ساخت پل‌های سنگی ادامه یافت؛ به طوری که بعدها فقط پایه‌های پل‌ها سنگی بود و بقیه قسمت پل را از آجر با ملات قیر و چارو و یا ساروج می‌ساختند؛ اما به طور عمده، مصالح مصرفی در پل شامل سنگ، آجر و ساروج می‌شد و آن‌چه مسلم است، این است که سعی می‌نمودند ملات سخت و صلبی نباشد، بلکه قابلیت ارتجاعی داشته باشد (عنایت‌الله و همکاران، ۱۳۸۲: ۱۱۲).

اقلیم و پل‌سازی

ابعاد تاریخی، اجتماعی، سیاسی، فرهنگی، اقتصادی، جغرافیایی، مذهبی، معنا و مفهوم و برخی از عوامل دیگر در توسعه و ساخت پل‌ها نقش بسزایی داشتند. اقلیم و محیط همواره تأثیر قابل توجهی در معماری مناطق مختلف داشت که هماهنگ با محیط و عوامل اقلیمی بود. ایران سرزمینی باران خیز نیست و روزهای پر آب و عمیق در آن کم یافت می‌شود، ولی با این وجود به دلیل وسعت بسیار زیاد حکومت‌های گذشته در ایران و احتیاج به راه‌های ارتباطی مطمئن از روی رودخانه‌ها و مسیل‌ها، وجود پل امری حیاتی برای کشور بوده است (قبادیان، ۱۳۹۳: ۳۵۶). در پل و پل‌سازی نیز مانند سایر گونه‌های معماری، با وجود عوامل مختلف تأثیرگذار در شکل‌گیری معماری آن، به نظر می‌رسد اقلیم باعث می‌شود که عوامل دیگر نیز مانند شکل، تعداد دهانه، طول پل و مصالح فرصتی برای ظهور پیدا کنند و به معماری هر منطقه کالبدی ویژه بخشد.

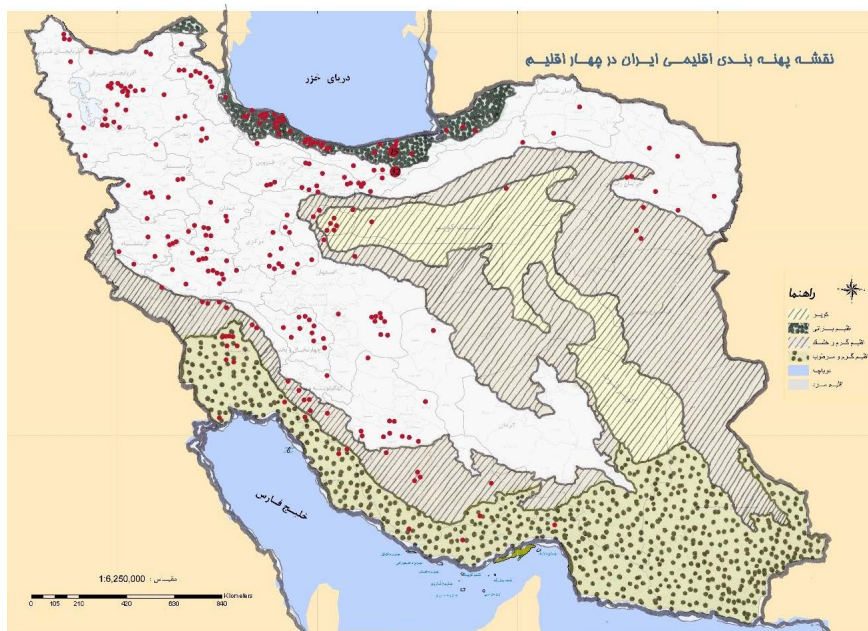
شرایط زمینه‌ای و بستر اقلیمی در شکل‌گیری هر یک از عناصر معماری، رابطه مستقیم با شکل و فرم آن دارد. هر پلی متأثر از محیط قرارگیری خود، ممکن است تعداد دهانه، طول و شکل متفاوتی داشته باشد. براساس جدول ۵، می‌توان گفت پل‌های اقلیم معتدل و مرطوب در منطقه جلگه‌ای و با تعداد دهانه‌های بسیار کم پدید آمده‌اند و پل‌های اقلیم سرد و کوهستانی با تعداد متوسط دهانه و ارتفاع زیاد بر روی ناهمواری‌های دره‌ای ساخته شده‌اند و پل در اقلیم گرم و خشک و گرم و مرطوب به علت سطح هموار، تعداد دهانه‌ها زیاد و ارتفاع پل‌های ساخته شده کم است. در ایران، مهم‌ترین مناطقی که پل‌سازی در آن رواج داشت، مناطقی با بستری ناهموار بود که اغلب مناطق کوهستانی و شمال کشور را شامل می‌شد^۳. در این مناطق، وجود کوه‌ها و ناهمواری‌ها و هم‌چنین رودخانه‌های دائمی و فصلی متعدد از جمله موانع طبیعی عمده بر سر راه‌ها و عناصر وابسته به آن‌ها به شمار می‌آید؛ بنابراین احداث پل در این مناطق به علت اقلیم و بستر ناهموار و ویژه آن الزامی بود (جدول ۵).

جدول ۵. بررسی ساختار کارکرد، کالبد و سازه در پل‌های ایران براساس بستر طبیعی و اقلیم چهارگانه (نگارندگان، ۱۳۹۸).

پل / اقلیم	کارکرد	کالبد	سازه	نمونه موردی
گرم و مرطوب	مسیر و گذر روی دره و رود تأسیساتی	طول پل‌ها بسیار زیاد با تعداد دهانه بیشتر تعداد پل‌ها بسیار کم	سنگ رودخانه‌ای ملات گل، آهک و ساروج پل دارای خیز کم پایه زیاد در بستر رودخانه	پل مشیر. دشتستان، بوشهر پل لاتیدان. بندرعباس، هرمزگان پل بند لشکر. شوشتر خوزستان
				
گرم و خشک	مسیر و گذر (دره و رود) تفرجگاه سد و بند کنترل و هدایت آب	طول پل‌ها زیاد، با تعداد دهانه بیشتر، ارتفاع کم	سنگ در پایه‌ها آجر در قوس و تاج پل ملات گچ و ساروج	پل باقرآباد. ورامین، تهران پل سالار. رشتخوار، خراسان پل علی‌آباد. مهولات، خراسان
				
سرد و کوهستانی	مسیر و گذر (دره و رود)	طول پل‌ها کم، با تعداد دهانه کمتر، ارتفاع زیاد تعداد پل‌ها بسیار زیاد	سنگ رودخانه‌ای یا سنگ کنده شده از کوه، سنگ تراش بدون ملات ملات گچ و آهک و ساروج بستر صخره و مقاوم	پل سرچشمه روستای مردق. مراغه، آذربایجان شرقی پل خسروآباد. اسدآباد، همدان پل حاج محمدباقر. آشتیان، مرکزی
				
معتدل و مرطوب	مسیر و گذر (دره و رود) عامل ارتباطی راه‌آهن تأسیساتی	طول پل‌ها بسیار کم با تعداد دهانه کمتر ۱ یا ۲ دهانه	سنگ و آجر ملات سیمان پل دارای خیز نسبتاً زیاد پایه کم در بستر رودخانه دهانه عریض با قوس	پل چهارسرا. رشت، گیلان پل خشتی. لاهیجان، گیلان پل آجری بالا تجن. قائم‌شهر، مازندران
				

پل‌ناهموارها در اقلیم چهارگانه ایران

بستر و ناهمواری‌های موجود تأثیر قابل‌توجهی در نحوه توسعه راه‌ها و ایجاد پل‌ناهموار دارند. مطالعه پل‌ناهموارهای موجود و یا اطلاعات باقی‌مانده از آن‌ها در اقلیم‌های چهارگانه، نشان از آن دارد که این پل‌ها الزاماً ساختار متفاوت دارند که با پل‌هایی که در بستر هموار پدید آمده‌اند متفاوت است. با توجه به شکل‌های ۲ و ۷، پل‌های چهار اقلیم ایران، مشخص می‌شود که پل‌سازی در اقلیم گرم و مرطوب با تعداد ۱۶ پل، و گرم و خشک با تعداد ۳۶ پل به علت بستر هموار به مراتب کمتر از پل‌سازی در اقلیم سرد و کوهستانی و اقلیم معتدل و مرطوب است؛ اما تعداد پل‌های ساخته شده در اقلیم معتدل و مرطوب صرفاً بر روی رود پدید آمده‌اند و پل‌های اقلیم سرد و کوهستانی اغلب تابع شرایط زمینه‌ای و بستر طبیعی ناهموار هستند (ر. ک. به: جدول ۶).




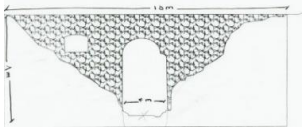





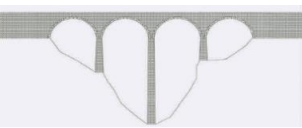

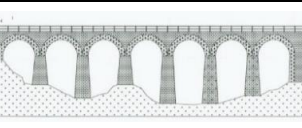

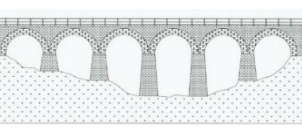

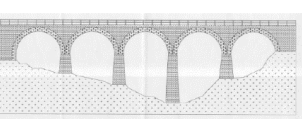

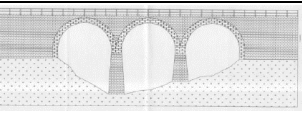

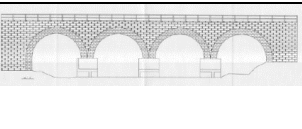

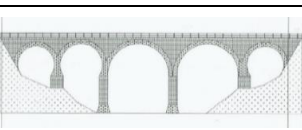
► شکل ۷. تراکم پل‌سازی در اقلیم چهارگانه ایران (نگارندگان، ۱۳۹۸).

بحث و تحلیل

در فرآیند توسعه راه‌ها، به‌عنوان بخشی از تمدن و توسعه تجارت و ارتباطات حمل‌ونقلی، ایجاد پل‌ها به‌عنوان بخشی از تاریخ معماری ایران اهمیت می‌یابد. فرآیند پل‌سازی که به‌دلیل اهداف گوناگون از جمله: دسترسی دائمی به آب، هدایت و کنترل مسیر و کاروان، حمل‌ونقل و پاسخ‌گویی به نیازهای ارتباطی بین‌راهی، آغاز شد و به مرور زمان و با پاسخ‌گویی کامل به نیازهای کاربردی، بهره‌برداری از ویژگی‌های محیط و اهداف زیبایی‌شناختی در هر دوره تاریخی، سیر تکاملی خود را طی کرده است. طبق نمونه‌های بررسی شده از پل‌های ثبت شده در آثار ملی می‌توان چنین بیان کرد که سامانه بنیادی سه‌گانه در پل‌ها بدین‌گونه است:

- ۱- کارکرد، ۲- کالبد، ۳- سازه.

جدول ۶. پل ناهموارها در اقلیم چهارگانه ایران (نگارندگان، ۱۳۹۸).

اقلیم	پل ناهموار	ویژگی‌های پل	مدارک
گرم و مرطوب	پل سفید اهواز، خوزستان پهلوی	با توجه به بررسی‌های صورت گرفته در پل‌های این اقلیم، می‌توان این‌گونه برداشت کرد که هدف از ایجاد این پل‌ها رفع موانع ناشی از ناهمواری بستر نبوده و لذا پل‌ها در این اقلیم کارکرد دیگری از جمله عملکرد تأسیساتی و سد و بند داشتند که بر روی رودها پدید آمده بودند و میزان طول پل‌ها در مقایسه با ارتفاع آن‌ها بسیار زیاد بود.	
گرم و خشک	پل آب باره ناخ جهرم، فارس ایلخانی	روی دره طول ۱۵ متر، ۱ دهانه سنگ، آجر و ملات گچ	 
سرد و کوهستانی	پل ورسک سوادکوه، مازندران پهلوی	روی دره طول ۸۶ متر، ۱۱ دهانه آجر	 
	پل تیروان کلیبر، آذربایجان شرقی قاجار	روی دره ۱ دهانه سنگ و ملات آهک	 
	پل ۲۵۷-تیر ۱۰ سوادکوه، مازندران پهلوی	عامل ارتباطی راه‌آهن، روی دره طول ۴۸۰ دهانه سنگ و ملات سیمان	 
	پل راه‌آهن ۳۳۰- تیر ۸ سوادکوه، مازندران پهلوی	عامل ارتباطی راه‌آهن، روی دره طول ۷۰۳ دهانه سنگ و ملات سیمان	 
	پل راه‌آهن کیلومتر ۲۳۱. سوادکوه مازندران پهلوی	عامل ارتباطی راه‌آهن، روی دره طول ۶ دهانه سنگ و ملات سیمان	 
	پل ۲۳۰-تیر ۲ سوادکوه، مازندران پهلوی	عامل ارتباطی راه‌آهن، روی دره طول ۵۶۷ دهانه سنگ و ملات سیمان	 
	پل ۲۳۴-تیر ۹ سوادکوه، مازندران پهلوی	عامل ارتباطی راه‌آهن، روی دره طول ۳۰۴۶ دهانه سنگ و ملات سیمان	 
	پل ۲۳۸-تیر ۱۰ سوادکوه، مازندران پهلوی	عامل ارتباطی راه‌آهن، روی دره طول ۴۰۴۸ دهانه سنگ و ملات سیمان	 
	پل راه‌آهن دوگل سوادکوه، مازندران پهلوی	عامل ارتباطی راه‌آهن، روی دره طول ۵۰۲۲ دهانه سنگ و ملات سیمان	 

		عامل ارتباطی راه‌آهن، روی دره ۶ دهانه سنگ و ملات سیمان	پل ۲۲۷-۱۷ تیر سوادکوه، مازندران پهلوی	
		عامل ارتباطی راه‌آهن، روی دره طول ۳، ۳۴ دهانه سنگ و ملات سیمان	پل راه‌آهن کیلومتر ۲۳۳ سوادکوه، مازندران پهلوی	
با توجه به بررسی‌های صورت گرفته در پل‌های این اقلیم، می‌توان این‌گونه برداشت کرد که هدف از ایجاد این پل‌ها رفع موانع ناشی از ناهمواری بسستر نبوده و لذا پل‌ها در این اقلیم کارکرد دیگری از جمله عملکرد تأسیساتی داشتند که بر روی رودها پدید آمده بودند و میزان طول پل‌ها در مقایسه با ارتفاع آن‌ها زیاد بود.			پل خشتی تجن گوگه لاهیجان، گیلان صفوی	معتدل و مرطوب
بررسی و مطالعه پل ناهموارها در تقسیم‌بندی اقلیم چهارگانه ایران، حاکی از آن است که پل‌ها در اقلیم‌های گرم و مرطوب و همچنین معتدل و مرطوب به دلیل جلگه‌ای بودن (سرزمین‌های پست و پایین‌تر از سطح دریا) صرفاً بر روی رودها و سطح هموار پدید آمده‌اند. از سوی دیگر بیشترین تعداد پل ناهموارها مربوط به اقلیم سرد و کوهستانی و صرفاً عامل ارتباطی راه‌آهن در دوره پهلوی بر روی دره است که این پل ناهموارها الگوی ساختاری مشابهی دارند و دارای دهانه با تعداد و وسعت کم نسبت به اقلیم گرم و خشک هستند؛ بنابراین در تعداد دهانه و وسعت پل و همچنین خیز و ارتفاع پل و مصالح مورد استفاده تفاوت‌های اساسی با سایر پل‌ها با بستر هموار دارند.			نتیجه‌گیری	

۱- کارکرد

پل‌ها اغلب با هدف ایجاد ارتباط پدید آمده‌اند. بیشترین تعداد پل‌های ارتباطی، بین دو ساحل و بر روی رودخانه ساخته شده‌اند. پل‌های راه‌آهن در منطقه مازندران در دوره پهلوی، صرفاً برای عبور و مرور قطار می‌باشند. در مواردی پل‌های ایجاد شده بر روی رودخانه‌های فصلی می‌باشد که اکنون خشک شده‌اند. اکثراً به جای پل‌های قدیمی، پل‌های جدیدی در نزدیکی همان پل‌ها ایجاد شده است و بیشتر این پل‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد. کارکرد اصلی پل پس از اسلام صرفاً جهت عبور و مرور بوده است، اما در برخی از دوره‌های تاریخی از جمله صفوی برای درباریان و گاه سفرای خارجی کارکرد تفرجگاهی نیز به‌عنوان عملکرد جانبی به پل‌ها اضافه شد.

۲- کالبد

• از بررسی تعداد زیادی از پل‌ها در مناطق مختلف ایران می‌توان دریافت که میانگین طول پل در اقلیم گرم و مرطوب دارای بیشترین طول و اقلیم معتدل و مرطوب دارای کمترین طول است. در اقلیم سرد و کوهستانی با وجود طول کم پل‌ها در این منطقه، تعداد و ارتفاع پل‌ها زیاد است که این امر به علت وجود نوع خاصی از بستر طبیعی در این اقلیم است و بالعکس در اقلیم گرم و مرطوب با وجود طول زیاد پل‌ها، تعداد و ارتفاع پل‌ها کمتر است که این امر نیز به علت بستر طبیعی در آن منطقه است که دارای سطحی هموارتر نسبت به اقلیم سرد و کوهستانی است. از این رو تعداد پل در استان مازندران و آذربایجان شرقی به مراتب بیشتر از سایر استان‌ها است و کمترین تعداد از پل‌ها در استان کرمان و سیستان و بلوچستان است.

کالبد پل از ابتدا به دلیل مصالح مصرفی مشخص و فن معماری آن دارای ظاهری مشخص است که صرفاً به دلیل شرایط زمینه‌ای و بستر طبیعی مختلف و فارغ از دوره‌های تاریخی به ساخت پل‌های مختلف می‌پرداختند؛ البته در قرن اخیر به علت تبدیل پل‌های کاروان‌رو به جاده‌های پررفت‌وآمد، طول پل‌ها به بیش از ۱۰۰ متر نیز رسیده است.

• عمده پل‌های ایران دارای ۱ دهانه یا ۳ دهانه با الگوی دهانه مرکزی بزرگ‌تر و دهانه‌های طرفین کوچک‌تر اجرا شده است. در مواردی استثنایی از پل‌ها، تعداد دهانه‌ها و طول پل‌ها متناسب با بستر طبیعی موجود بسیار زیاد است. بیشترین تعداد دهانه مربوط به پل «لاتیدان» هرمزگان با ۲۰۰ دهانه است. نمونه پل‌هایی با بیشتر از ۱۶ دهانه نیز وجود دارد که می‌توان به تعداد دهانه‌های ۲۰، ۲۱، ۲۳، ۲۴، ۳۳، ۴۰، ۲۰۰ اشاره کرد.

• تزئینات پل‌سازی برخلاف سایر گونه‌های معماری در دوره‌های مختلف تاریخی بعد از اسلام کمتر مورد توجه بوده است و معماران بیش از هر چیزی به استحکام و مقاومت پل توجه داشتند. تزئینات در پل‌ها اغلب به صورت آجرکاری و تزئینات سنگی بر روی نمای پل مورد استفاده قرار گرفته و در مواردی کتیبه‌ای که نمایانگر تاریخ ساخت پل است به عنوان تزئینات محسوب می‌شود.

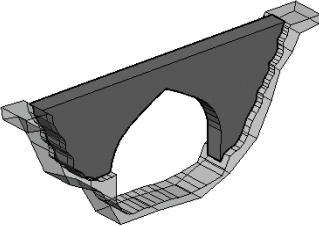
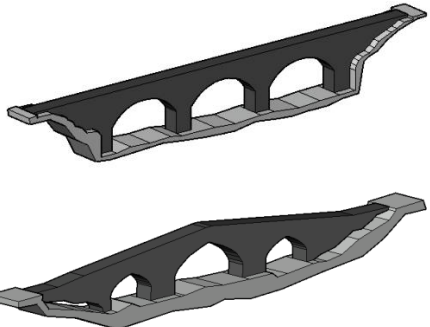
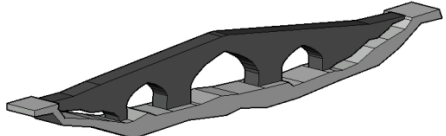
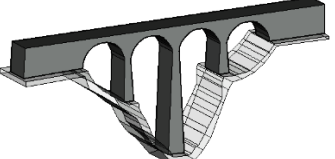
۳- سازه

عمده مصالح به کار رفته در پل‌سازی سنگ و آجر است. از آجر بیشتر برای تزئینات پل‌ها استفاده می‌شد. پایه‌های پل به علت باربر بودن و مقاوم بودن در برابر سایش آب رودخانه‌ها، از مصالح سنگ با ملات ساروج و آهک بوده است و در بیشتر موارد از سنگ‌های رودخانه‌ای همان منطقه استفاده می‌شد. در طاق‌ها معمولاً طاق‌زنی به وسیله آجر با ملات گچ اجرا می‌شد.

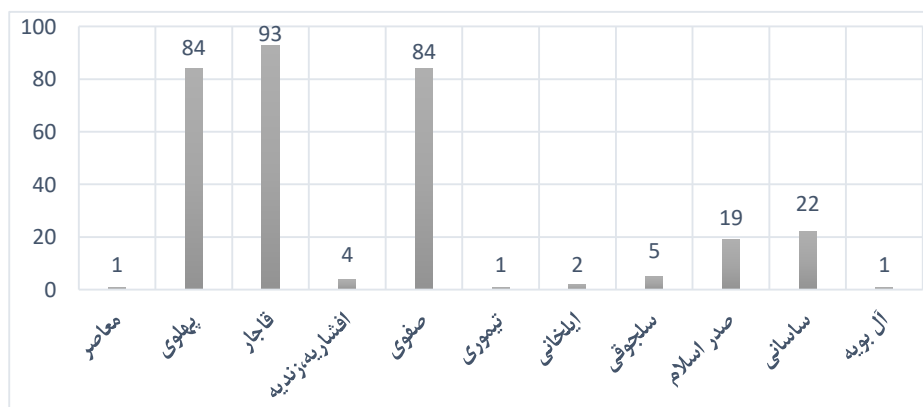
در مواردی که پل بر روی رودخانه ساخته می‌شد، روی پایه‌های آن موج‌شکن‌هایی نیز تعبیه می‌شد. موج‌شکن‌های مثلثی شکل برای جریان آب‌های تند و موج‌شکن‌های نیم‌دایره برای جریان آب‌های آرام به وجود می‌آمد. در بعضی موارد پل دارای اتاقک‌های کوچکی است که برای نگهبانی و استراحت مسافران ساخته می‌شد. روی پایه‌های پل، سرریزهایی نیز ساخته می‌شد که در صورت طغیان رود برای عبور آب استفاده می‌شد و نوع طاق‌های اجرا شده اغلب به صورت جناغی و در بعضی موارد گهواره‌ای است.

در دوره‌های تاریخی قبل از قاجار و صفوی، سازه و مصالح پل دارای یک معماری مشخص بود، ولی در قرن اخیر به علت بهره‌مندی از اصول مهندسی و فنی جدید، پل‌هایی با طول زیاد احداث می‌شد و هم‌چنین ساخت پل‌های فلزی و توجه به مصالحی از جمله بتن مسلح و فلز از پیشرفت و تغییرات در ساختار معماری پل‌های قرن اخیر بوده است.

جدول ۷. بررسی ساختار کارکرد، کالبد و سازه در پل‌های ایران از آغاز دوران اسلامی تا معاصر براساس اسناد مطالعه شده (نگارندگان، ۱۳۹۸).

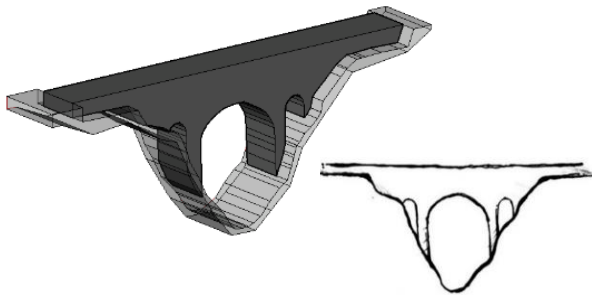
دوره / پل	کارکرد	کالبد	سازه	مدل ساختاری
قرن چهارم / دیمیان	مسیر و گذر سد و بند	تعداد دهانه و طول پل متناسب با شرایط زمینه‌ای و بستر طبیعی	سنگ‌های بزرگ پل‌های قوسی شکل ملات ساروج	
	مسیر و گذر		پل‌های قوسی شکل یک یا چند دهانه ملات ساروج	
غزنویان / سلجوقیان	مسیر و گذر	تزیینات سنگی و آجری، آجرچینی، کاشی‌کاری اتاق	پل‌های قوسی شکل ملات ساروج	
ایلخانیان / تیموریان	مسیر و گذر		سنگ تراش طاق ضربی ملات ساروج	
صفوی / افشاریه / زندیه	مسیر و گذر تفرجگاهی تاسیساتی	تزیینات آجری و سنگی، سنگ‌های منقوش، کاشی‌کاری	استفاده از مصالح سیمان و بتن	
قاجار	مسیر و گذر تاسیساتی			
پهلوی / معاصر	مسیر و گذر عامل ارتباطی راه‌آهن	پل‌هایی با طول و تعداد دهانه زیاد تزیینات آجری و سنگی	استفاده از مصالح فلزی و بتن مسلح سنگ تراش	

بررسی و مطالعه پل‌های ایران در دوره‌های تاریخی مختلف حاکی از آن است که در دوره‌های تاریخی صفوی، قاجار و پهلوی بیشترین تعداد پل ساخته شده است؛ از سوی دیگر، در بررسی ساختار کارکرد، کالبد و سازه در پل‌های موجود تا قرن اخیر می‌توان چنین بیان کرد که معماری پل و پل‌سازی در این سیر تحولی دچار تحولات ساختاری بنیادین نشده است و تنها در قرن اخیر و به دنبال پیشرفت تکنولوژی استفاده از روش ساخت و مصالح نوین در ساخت بناهای عظیم و عوامل متعدد دیگر که با پیشرفت‌های سریع جوامع در صنعت همراه است، باعث شد پل‌سازی در گستره تحولات نو قرار بگیرد.



جدول ۸. الگوی شکل پل ناهموار (نگارندگان، ۱۳۹۸). ▼

معیارها	پل ناهموار در اقلیم کوهستانی	سامانه پل ناهموارها؛ مناطق کوهستانی
کارکردی	مسیر و گذر	عامل ارتباطی روی دره
کالبدی	عناصر غیرساختاری	عدم وجود تزئینات
	طول و وسعت	دهانه‌های کم با تعداد متوسط ۵ دهانه خیز و ارتفاع زیاد در پل به علت بستر طبیعی ناهموار
سازه‌ای	مصالح	سنگ و ملات سیمان
	عناصر ساختاری	توجه به استحکام و مقاومت پل



نتیجه‌گیری

با استناد به بررسی‌های صورت‌گرفته بر مبنای سه سامانه، می‌توان گفت که عوامل مؤثر در شکل‌گیری پل‌ها در مناطق کوهستانی و با بستر ناهموار، الگوی مختص به خود را دارد. پل ناهموارها در مناطق کوهستانی و اغلب بر روی دره‌ها و با هدف سهولت در رفت‌وآمد و برای ایجاد مسیر و گذر وسایل نقلیه، هم‌چون ریل‌های راه‌آهن پدید آمده‌اند. این پل‌ها سامانه‌ای کالبدی، کارکردی و سازه‌ای با معیارهای متفاوت از سایر پل‌های موجود در مناطق و بسترهای مختلف ارائه می‌دهد و با تعداد دهانه‌های کمتری امکان پوشش فاصله بین دو کوه یا دره را فراهم می‌سازد. پل ناهموارها فاقد هرگونه الحاقات تزئینی بوده و بر استحکام بنا توجه می‌شد و معماران و طراحان از مصالح بومی و پرمصرف در پل‌سازی، بهره‌جسته‌اند. بدون شک مصالح به کار رفته در پل ناهموارها که مربوط به مناطق کوهستانی است عامل مؤثر در استحکام و استقامت آن‌ها در برابر سوانح طبیعی بوده و عامل مهم ایستایی و ماندگاری این پل‌هاست (جدول ۸).

نمایش ویژگی‌های معماری پل و به‌ویژه پل ناهموارها با شرایط خاص، بررسی اصول و شاخص‌های محیطی معماری پل‌های گذشته ایران و تطبیق آن با سه سامانه، می‌تواند ارزش پل‌های تاریخی ایران را به‌روشنی به تصویر بکشد و به‌صورت پیش‌زمینه‌های ذهنی از اندیشه پشت این معماری در بستر طبیعی، برای متخصصان در این زمینه باشد که با نوآوری خود در طراحی پل‌های امروزی به‌کار گیرند. بنابراین طراحی مدرن می‌تواند با توجه به سنت‌ها، آثاری از میراث محیطی در هر منطقه با ویژگی‌های خاص خود متجلی سازند. می‌توان بدین‌گونه اذعان داشت که در پل ناهموارها از جمله پل‌های راه‌آهن بر روی دره و ناهمواری‌های زمین و پل «ورسک» در مازندران در دوره پهلوی، کارکرد پل صرفاً و در درجه اول عبور و مرور از بستر طبیعی است که امکان رفت‌وآمد در آن وجود نداشت یا این امکان به‌سختی به‌وجود می‌آمد. در بحث کالبدی آن، نیز متناسب با کارکرد آن و نقش و جایگاهی که در برقراری ارتباط داشت کمتر از عناصر تزئینی بهره‌گرفته شده است و در سازه آن، ساختار، بسترسازی، استحکام و مقاومت جهت انتقال وسایل نقلیه از جمله قطار و سایر افراد پیاده، دارای اهمیت بیشتری است که متناسب با آن از

مصالح مستحکم در مناطق کوهستانی با بستر ناهموار متأثر از شرایط زمینه‌ای بهره گرفته شده است.

پی‌نوشت

۱. این آمار براساس آمار استحصالی از منابع موجود در آرشیو اسناد و مدارک سازمان میراث فرهنگی و پرونده‌های ثبتی آن‌ها می‌باشد.

2. Utilitas, Firmitas, Venustas

۲. در بررسی تعداد پل‌ها در هر استان، با توجه به این‌که برخی استان‌ها دارای اقلیم‌های متعدد هستند؛ بنابراین تعداد پل‌های یک استان نشانگر تعداد پل‌های یک اقلیم نیست.

کتابنامه

- ابن بلخی، ۱۳۷۴، فارسنامه ابن بلخی. به سعی و اهتمام: گای لسترنج و رینولد آلن نیکلسون، تهران: انتشارات دنیای کتاب.
- احتشامی، منوچهر، ۱۳۸۶، پل‌های ایران. تهران: دفتر پژوهش‌های فرهنگی.
- افسر، کرامت‌الله؛ پیرنیا، محمدکریم، ۱۳۷۰، راه و رباط. تهران: سازمان میراث فرهنگی کشور و انتشارات آرمین.
- پیرنیا، محمدکریم؛ معماریان، غلامحسین، ۱۳۹۶، معماری ایرانی. تهران: انتشارات سروش دانش.
- حامی، احمد، ۱۳۷۲، آب‌یابی و آب‌رسانی. مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن، تهران.
- رحمدل، سمانه، ۱۳۹۵، «نگاهی به کتاب "راه و رباط" با رویکرد منظرین؛ منظر راه در جغرافیای تاریخی ایران». ویژه‌نامه منظر راه، شماره ۳۶، صص: ۵۲-۵۷.
- کلینی، محمد، ۱۳۸۷، الکافی. تهران: چاپ اسلامی.
- فرشیدنیک، فرزانه؛ افهمی، رضا، ۱۳۸۹، «پل-سکونتگاه سیر تکامل پیوستگی کاربرد عبور و سکونت در پل‌های ایران». مجله هنرهای زیبا، شماره ۴۱، صص: ۵۵-۶۶.
- قبادیان، وحید، ۱۳۹۳، بررسی اقلیمی ابنیه سنتی ایران. تهران: انتشارات دانشگاه تهران.
- کلایس، ولفرام، ۱۳۷۳، کاروانسراهای ایران. ترجمه محمد یوسف کیانی. تهران: انتشارات سازمان میراث فرهنگی.
- عنایت‌الله، رضا؛ کورس، غلامرضا؛ امام‌شوشتری، محمدعلی؛ انتظامی، علی‌اکبر، ۱۳۸۲، آب و فن آبیاری در ایران باستان. کتاب ماه هنر.
- مخلص، محمدعلی، ۱۳۷۹، پل‌های قدیمی ایران. تهران: سازمان میراث فرهنگی کشور.
- مرکز اسناد و مدارک میراث فرهنگی و گردشگری کشور. ۱۳۹۸.
- مروج‌تربتی، خاطره؛ پورنادری، حسین، ۱۳۹۲، «بررسی تداوم سنت‌های مؤثر در شکل‌گیری پل خواجه؛ براساس مطالعه تطبیقی پل‌های تاریخی شهر اصفهان». مجله باغ نظر، شماره ۲۷، صص: ۶۱-۷۰.

- ملازاده، کاظم؛ محمدی، مریم، ۱۳۷۹، دایره المعارف بناهای تاریخی ایران در دوره اسلام (۴)؛ بناهای عام المنفعه. تهران: انتشارات سوره مهر.

- نقره کار، عبدالحمید؛ حمزه نژاد، مهدی؛ رنجبر کرمانی، علی محمد، ۱۳۸۸، درآمدی بر هویت اسلامی در معماری. شرکت طرح و نشر پیام سیما: وزارت مسکن و شهرسازی. تهران: دفتر معماری و طراحی شهری.

- نقره کار، عبدالحمید، ۱۳۹۳، مبانی نظری معماری. تهران: انتشارات پیام نور.

- نوراللهی، علی، ۱۳۹۴. «پل های وقفی زنجان در دوره قاجار (پل میربها، پل سردار و پل سید)». فقه و اصول، وقف میراث جاویدان، شماره ۸۹، صص: ۹۳-۱۱۶.

- Anthony, D., 2007, *The Horse, The Wheel and Language*. Princeton university press, New Jersey.

- Heggade, V. N., 2015, "Bridge Aesthetics (Case of Science Taken to the Level of Art) The Bridge & Structural Engineer". *Journal of ING-IABSE*, Vol. 45, No. 3, Pp: 42-54.

- Hurt, M. & Schrock, S., 2016, *Highway Bridge Maintenance Planning and Scheduling*. Butterworth-Heinemann Publishing, Oxford, United Kingdom

- Khan, M., 2014, *Accelerated Bridge Construction Best Practices and Techniques*. Butterworth-Heinemann Publishing, Oxford, United Kingdom

- Kim, Y., 2014, *Advanced Composites in Bridge Construction and Repair*. Woodhead Publishing

- Lin, W. & Yoda, T., 2017, *Bridge Engineering*. Butterworth-Heinemann Publishing, Oxford, United Kingdom

- Pipinato, A., 2015, *Innovative Bridge Design Handbook*. Butterworth-Heinemann Publishing, Oxford, United Kingdom.

- Roads & Traffic Authority of New South Wales., 2019, *Bridge Aesthetics: Design Guidelines to Improve the Appearance of Bridges in NSW*. Roads & Traffic Authority of New South Wales. ISBN: 9780731054060

- Subramanian, N., 2016, "Futuristic Composite Bridges". *The Bridge and Structural Engineer*". *Journal of ING/IABSE*, Vol. 46, No. 2, Pp: 1-11.

- Subramanian, N., 2017, "Accelerated Bridge Construction with Folded Steel Plate Girders, *The Bridge and Structural Engineer*". *Journal of ING/IABSE*, Vol. 47, No. 1, Pp: 94-102.

- Tang, M. CH., 2018, "Forms and Aesthetics of Bridges". *Engineering*, Vol. 4, Issue 2, Pp: 267-276. DOI: 10.1016/j.eng.2017.12.013

- Vitruvius, M.. 1914, *Ten Books on Architecture*. Cambridge Harvard University Press, London.