این صفحه در اصل مجله ناقص بوده است

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

این صفحه در اصل مجله ناقص بوده است

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

از : مهدی فرشاد
(استاد دانشکده مهندسی دانشگاه پهلوی)

باستانشناسی مهندسی
و
نقش آن در شناخت تاریخ تمدن ایران

۱ـ مفاهیم باستانشناسی مهندسی

هدف از بررسیهای تاریخی شناخت دنیای باستان و انسان گذشته و تجلیات زندگی اوست. در چند قرن اخیر باستانشناسان ، مردم‌شناسان و مورخین سعی فراوان کرده‌اند که با دست‌یابی به آثار باستانی و مدارك قدیمی گوشه‌های تاریك گذشته انسان را روشن کنند و تا حدی نیز باین هدف رسیده‌اند. روش‌هائی که محققین تا چند دهه اخیر در بررسیهای خویش بکار میبرده‌اند مبنی بر بررسی شکل آثار باستانی ، مقایسه ظاهری‌آنها ومضمون نوشته‌های کهن بوده و کمتر از روش‌های علوم فیزیك و شیمی در این بررسیها بهره‌گیری میشده است. استفاده از روش کربن ۱٤ برای تعیین سن آثار باستانی را یکی از مـوارد نادر ارتباط باستانشناسی یا علوم تجربی باید بشمار آورد (۱). علاوه بر آن از دیدگاه باستانشناسی و مردم‌شناسی عمومی ، شخصیت انسان باستان بعنوان یك سازنده ، مهندس و یا عالم چندان مورد توجه

نبوده و آثار باقیمانده از وی صرفاً بصورت نشانه‌هائی از تمدن بشری و خود او نیز بیشتر بعنوان یك موجود اجتماعی پدیدآورنده وقایع تاریخی مورد بررسی قرار میگرفته است.

در چند دهه اخیر تعدادی از باستانشناسان، مورخین و مهندسین دریافته‌اند که میتوانند از علوم تجربی در بررسیهای تاریخی بهره‌گیرند. ضمناً در چند سال گذشته تحقیقات زیادی در باستانشناسی بعمل آمده که از دیدگاه فنی و غالباً توسط دانشمندان علوم تجربی و مهندسین انجام گرفته است. همچنین تاریخ تمدن فنی انسان نیز از نقطه‌نظر فنی توسط محققین و مورخین برشته تحریر درآمده است (برای مثال برشته مآخذ ۱، ۲، ۳، ٤، ٥، رجوع شود). مبنای بررسیهای فنی در تاریخ تمدن برآن استوار است که باید سیر تاریخ تمدن را از طریق بررسی مواد، مصالح، ووسائلی که بشر بشناخت آنها نائل آمده و از آنها بهره‌گرفته دنبال و در انجام مطالعات از کلیه دانش تجربی بشر امروزی استفاده کرد. بدین ترتیب کوشش یك پژوهنده در این بررسیها همواره مصروف بر آنست که از طریق شناخت سیر تاریخی مواد، وسائل، آثار فنی و روشهای فنی و ارتباط آنها با زندگی بشر گذشته بتواند دنیای باستان را بازسازی نماید. از آنجائیکه بررسیهای فوق صرفاً از دیدگاه مهندسی و بکمك قواعد علوم تجربی قابل انجام است لذا میتوان براینگونه مطالعات نام «باستانشناسی مهندسی» را اطلاق کرد.

باستانشناسی مهندسی بر دو اصل استوار است. یکی آنکه کلیه آثار باستانی زائیده قدرت خلاقه فکری و بدنی انسان گذشته و در برگیرنده کلیه تجلیات معنوی و مادی سازنده خود هستند و وجود آفریننده‌شان در ترکیب مواد متشکله، شکل و ماهیت آنها

نهفته است و لذا باید بررسی کننده توانائی فنی آنرا داشته باشد که بتواند آن آثار را از این دیدگاه بنگرد . اصل دیگر مستتر در تعریف باستانشناسی مهندسی آنست که چون آثار باستانی محصول تجربیات و تابع قوانین دنیای مادی انسان گذشته و حال هستند و این قوانین در طول تاریخ هیچگونه تغییری نکرده‌اند پس باید بتوان بکمك دانش تجربی بشر امروز و با روش‌های علمی و قواعد مهندسی کنونی آن آثار را بررسی و براساس نتایج حاصله شرایط تمدنی هر زمانی را تفسیر کرد.

در بررسیهای مهندسی باستانشناسی ، آثار باستانی توسط مهندسین و در آزمایشگاهها مورد آزمایش‌های گوناگون قرار میگیرند و در صورت لزوم بر روی آنها محاسبات ریاضی انجام میگیرد . از نتایج این بررسیها خواص فیزیکی و شیمیائی ، مشخصات ریاضی و مهندسی و سایر خصوصیات وجود مادی آثار تعیین میگردد . برداشت های حاصله از این بررسیها با آثار و مدارك‌دیگر مقایسه‌میشود ونتیجتاً نسبت به‌چگونگی‌شرایط‌فرهنگی حاکم بر دورهٔ مربوط به‌اثر ، قضاوت‌هائی صورت میگیرد . بدین ترتیب هرکدام از آثار گذشتگان مانند کتابی توسط مهندسی باستانشناس «خوانده» میشود . درباستانشناسی‌مهندسی نیازحیاتی به‌کشف نوشته‌ها و یا خطوطی که اطلاعاتی از دنیای گذشته بدست دهند وجود ندارد و بنابراین اهمیت تقسیم‌بندی ادوار تاریخ‌تمدن به‌اصطلاح دوران پیش‌از تاریخ و بعداز تاریخ از بین میرود . همچنین ارزشهای مجازی که قبلا به‌اقوام صاحب‌خط و گذشتگان اهل قلم و نوشتن وابسته میگشته نابود و سرگذشت تمدن بشری با صداقت و واقعیت بیشتری‌بازگومیگردد. تاریخ تمدن از زمانی آغاز میشود که انسان گذشته از خویش اثری که محصول اندیشه و قدرت جسمی اوست بجای میگذارد .

۲- روش‌های باستانشناسی مهندسی

در بررسیهای باستانشناسی مهندسی بیشتر از شیوه‌های معمول در مطالعات علوم تجربی و مهندسی بهره میگیرند . از آنجائیکه وجود یك اثر باستانی اهمیت زیادی دارد و تولید مجدد آن امکان‌پذیر نیست لذا تقسیم‌بندی روش‌ها به‌روش‌های مخرب و غیر مخرب ضروری است . بهره‌گیری از روش مخرب مستلزم نابودی نهائی شئی باستانی و یا ماده آنست . سائیدن ، خردکردن و تجزیه شیمیائی یك جسم سفالین و یا فلزی را برای تعیین مواد متشکله و خواص مادی آن و نیز خراب کردن یك ساختمان باستانی را جهت تعیین ابعاد شالودهٔ آن باید در زمره روش‌های مخرب‌بشمار آورد. روش‌های غیر مخرب آنهائی است که پس‌از بکار بردن آنها شکل و ماهیت اثر باستانی پس‌از انجام آزمایش محفوظ میماند . استفاده از امواج صوتی و مغناطیسی که اخیراً برای تشخیص اشیاء زیرزمینی و تعیین ابعاد شالوده ساختمانهای تاریخی بکار گرفته شده است براساس روش‌های غیر مخرب استوار می‌باشد.

ازروش‌های‌تجربی‌دیگری‌که‌اخیراً در بررسیهای باستانشناسی بکار رفته بازسازی و شبیه‌سازی آثار باستانی است . در بررسیهائی که‌با استفاده ازاین روش‌ها صورت میگیردسعی میشودحتی‌المقدور شرایط محیطی که در آن اثر باستانی مورد بررسی بوجود آمده است ایجاد گردد و تحت آن شرایط اثری مشابه با اثر باستانی ساخته شود .روش شبیه‌سازی که ضمناً از نوع شیوه‌های غیرمخرب نیز بشمار میرود اخیراً در برخی از بررسیهای تاریخی‌مفید واقع شده است . بازسازی ابزار سنگی انسانهای اولیه و بنا کردن ساختمانهائی مشابه با بعضی از آثار قدیمی تحت شرایطی‌مشابه مواردی است که در آنها این روش را بکار بسته‌اند .

علاوه بر روشهای آزمایشگاهی در بررسیهای باستانشناسی مهندسی، میتوان ازدانشهای فرضی وریاضی نیز بهره گرفت. دانش مهندسی و ریاضی بشر امروز بوی امکان آنرا میدهد که بتواند آثار گذشتگان را بررسی کند و آنها را «بخواند» . اینکه برای ساختمان آثاری چون اهرام مصر و تخت‌جمشید چه وسائلی بکار گرفته شده ویا سنگهای عظیم در این آثار چگونه حمل گشته و بکار رفته و یا آنکه ابعاد تیرهای چوبی در تخت‌جمشید چه بوده از لحاظ مهندسی و ریاضی قابل تفسیر است. همچنین میتوان براساس حجاریها، نقاشیها و نوشته‌هائی که از قدیم بجای مانده است محاسباتی انجام داد و بسیاری از مسائل تاریك در تاریخ را روشن‌کرد. با انجام محاسبات مهندسی‌میتوان صحت‌وسقم‌نوشته‌های بعضی از مورخین قدیمی را نیز تعیین نمود .

با استفاده از روشهای علوم تجربی و مهندسی در بررسیهای باستانشناسی توانائی محققین دنیای باستان تکمیل میشود . باستانشناسانی که قبلا از کتابخانه‌ها و موزه‌ها برای انجام پژوهشهای خویش استفاده میکرده‌اند اینك بکمك همکاران خود که در آزمایشگاهها و مراکز محاسباتی در همان زمینه‌ها بررسی میکنند میتوانند به واقعیتهائی از دنیای گذشته دست یابند . ضمناً با بررسی کلیه آثار باستانی موجود در موزه‌ها و نیز نوشته‌های قدیمی از دیدگاه مهندسی نکات و پیامی که در آنها مستتر است برای پژوهندگان روشن خواهد شد . ازبکار گرفتن کلیه توانائی‌های‌تجربی و ذهنی بشر امروزی است که میتوان امید داشت‌تاریخ دنیای گذشته و تمدنهای باستانی بصورت واقعی خویش بدست انسان امروز بازسازی گردد .

۳- شمه‌ای ازفعالیتهای باستانشناسی مهندسی درتاریخ تمدن ایران

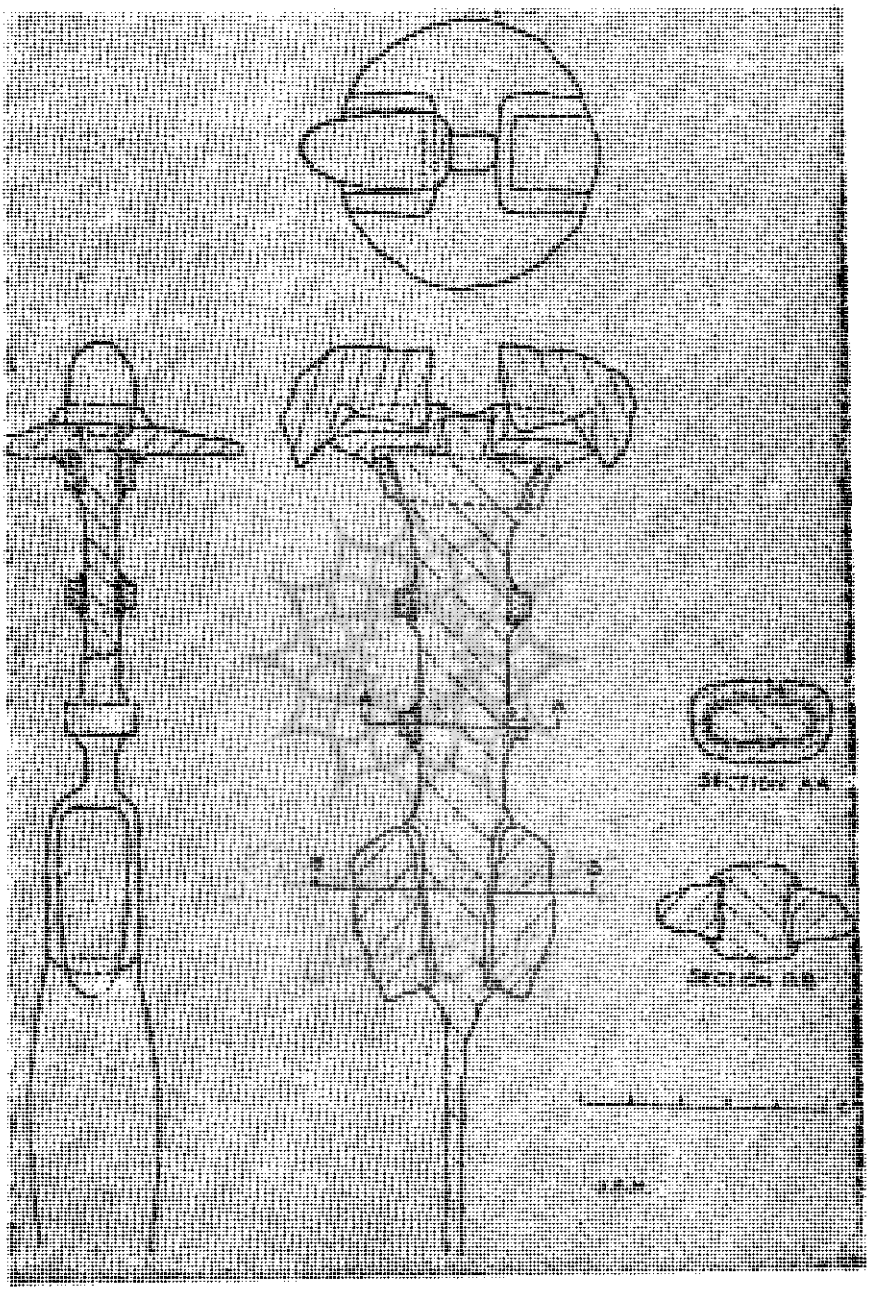
باستانشناسی مهندسی در بررسیهای تاریخ تمدن ایران از چند جهت دارای نقش خاصی است. آثار متعددی که از هرگوشه سرزمین ایران بدست آمده حاکی از آنست که در ایران از ابتدای تاریخ تمدن بشری تمدن فنی برقرار بوده و سنت سازندگی و خلاقیت فنی درطول تاریخ ایران تداوم ورونق داشته است (بکتاب تاریخ مهندسی در ایران ماخذ ۵ رجوع شود). خصوصیت دیگری که بهره‌گیری از روشهای مهندسی را در بررسی تاریخ ایران ایجاب میکند آنست که بعلت حملات و تجاوزات متعدد بسیاری از نوشته‌های تاریخی از بین رفته و چنین بنظر میرسد که در بسیاری از موارد نیز ایرانیان گذشته اصولا مظاهر تمدن زمان خویش را بصورت نوشته بجای نگذاشته‌اند. خوشبختانه با یاری گرفتن از روشهای مهندسی میتوان آثار باقیمانده از تمدنهای گذشته این سرزمین را بررسی کرد و باید گفت که اخیراً کوششهای فنی نیز در این زمینه بعمل آمده است. در قسمتهای زیر نمونه‌هائی از فعالیتهای باستانشناسی مهندسی در شناخت تاریخ تمدن ایران ذکر خواهد شد.

الف ـ بررسی مهندسی اشیاء فلزی لرستان

در سرزمین لرستان اشیاء فلزی فراوانی از نوع تبر، قمه، شمشیر، دشنه، گرز، دهانه اسب و غیره متعلق به‌هزاره‌های دوم و اول پیش‌از میلاد بدست آمده است. این اشیاء که از لحاظ شکل ظاهری زیبا و کامل هستند نمایانگر تمدن‌هائی میباشند که درطی دو هزار سال درآن سرزمین برقرار بوده‌اند (٦). اشیاء قدیمی‌تر، مفرغی و اشیاءبعدی بیشتر از نوع فولاد ساخته شده‌اند. اشیاء فلزی لرستان از نقطه‌نظرهای گوناگون مطالعه شده و اخیراً از

لحاظ مهندسی نیز مورد آزمایش‌هائی قرار گرفته و بر روی ساختمان فلزی آنها تحقیقاتی انجام شده است (بمآخذ ۷ تا ۱۱ رجوع شود) .

در یکی از پژوهشهای تجربی ، آزمایش‌هائی بر روی چند نمونه فولادین از قمه‌ها، شمشیرها وگرزهای لرستان باستان انجام شده که هدف آن تعیین مواد متشکله، حرارت بکار رفته، سختی فولاد و دانه‌بندی مواد متشکله بوده است (مأخذ ۱۰) . در این پژوهش ابتدا سطح اشیاء با روش الکترولیتی پاك شده سپس از قسمتهای مختلف هرکدام مقاطع و نمونه‌هائی تهیه گشته و برروی آنها آزمایشهای فیزیکی و شیمیائی انجام گردیده است. نتیجه حاصل از آزمایشها آن بوده که فولاد بکار رفته دارای کربن ، منگنز ، فسفر ، سیلیکا، مس، نیکل، کوبالت و ارت بوده است از کم‌بودن مقدار سولفورد در نمونه‌ها چنین نتیجه گرفته شده که در ذوب فولاد از کوره‌های ذغالی استفاده شده است. دانه‌بندی میکروسکپی نمونه‌ها نشان داده است که فولاد متخلخل میبایستی ابتدا در درجه حرارتهای بالا چکش کاری و متراکم شده و وقتی که درجه حرارتش خیلی پائین آمده باشد خم شده و بآن شکل داده باشند.قمه‌ها و خنجرهای مورد بررسی عموماً از چند قطعه تشکیل شده بود و این نشان میدهد که سازندگان آنها جوش‌دادن دوقطعه فلزی را از طریق چکش‌کاری بکار نبرده بلکه برای ساختن یك جسم مرکب از اتصال چند قطعه جداگانه استفاده میکرده‌اند بدین ترتیب قسمت برنده قمه و دسته آن یکجا ساخته میشده و قطعهٔ محافظ دسته وقطعات زینتی‌بعداً بآن متصل میگشته است شکل (۱) ترکیب ساختمانی یکی ازاین قمه‌ها راکه از مأخذ (۱۰) گرفته‌شده است نشان میدهد. در بررسی نمونه‌های فوق آزمایش سختی



شکل (۱) ـ ترکیب ساختمانی یك قمه از لرستان که بکمك رادیوگرافی و مقطع‌گیری ترسیم شده است (ماخذ ۱۰)

نیز انجام شده و متوسط سختی در نمونه‌های مختلف از ۱۰۰ تا ۲۰۰ متغیر بوده است . از جزئی بودن تغییر سختی از قسمت برنده با قسمتهای دیگر چنین نتیجه می‌توان گرفت که سازنده این ابزار آنها را بسرعت آب نداده بلکه با حرکت دادنشان در هوا آنها را خنك کرده است . در بعضی از این اشیاء سوراخهائی نیز برای اتصال قطعات بیکدیگر تعبیه شده بود و نظر آزمایش‌کننده آنست که در ایجاد این سوراخها مته از نوع کمانی بکار رفته است . در پژوهش دیگری که در زمینه اشیاء فولادی لرستان انجام شده ، مأخذ (۱۱) ، این نتیجه عایدگشته‌که چون چکش‌کاری فلز ، پرچ‌کاری وشکل‌دادن بجسم ازجمله روشهای معمول صنعت‌گران مفرغ بوده و با توجه باینکه این روشها در ساختن اشیاء فولادین لرستان نیز بکار رفته است لذا میبایستی دو گروه متفاوت دست‌اندرکار تولید این اشیاء بوده باشند یکی کسانی که سنگ‌آهن را ذوب و فولاد را تولید میکرده‌اند و گروه دوم اشخاصی که از فولاد تولید شده بکمك روشهای قدیمی‌تری که از کار با مفرغ می‌دانستند استفاده کرده و به جسم فولادین شکل میداده‌اند .

ب- تعیین مقدار حرارتی که در پختن سفالهای دوره اشکانی بکار رفته‌است

از نقاط مختلف ایران‌باستان آثار فراوان سفالی بدست‌آمده و شکل ظاهری و شیوهٔ طرح این اشیاء موضوع مورد بررسی باستانشناسان و مورخین هنری بوده است. یکی از سئوالاتی که از لحاظ فنی در این زمینه مطرح میشود و جواب آن تا چندی قبل مشخص نبوده آنست که تحت چه شرایطی و با چه درجه حرارتی و باچه وسائلی این آثار تولید شده‌اند.

مطالعه شکل ظاهری ظروف سفالین اطلاعاتی در مورد اینکه چرخ‌کوزه‌گری درچه تاریخی پیدایش یافته و بکار رفته بدست داده

است (بمأخذ ۵ رجوع شود). بررسیهائی نیز در جهت تخمین‌درجه حرارت و شرایط پخت اشیاء سفالین انجام گرفته است.

از جمله بررسیهائی‌که با مسائل وروشهای مهندسی برروی سفالهای ایرانی انجام گرفته تحقیقی است که در مأخذ (۱۲) شرح مفصل آن آمده است . در این پژوهش تعدادی از اشیاء سفالین کشف شده از آثار شهر سلوکیه درکنار دجله‌که در زمان اشکانیان اهمیت زیادی داشته مورد آزمایش و بررسی قرار گرفته است . هدف از پژوهش و روش بکار رفته آن بوده که با در دست داشتن خواصی چون رنگ و سختی و با بهره‌گیری از شیوهٔ شبیه‌سازی اطلاعاتی در مورد مقدار درجه حرارت شیئی در موقع پختن بدست آورده شود . برای حصول باین منظور بررسی کننده ابتدا مقداری از خاك محل را از قسمتهای دست نخورده زیرین تپه و آنرا تحت حرارتهای گوناگون پخته است. بسته بدرجه حرارت پخت ، گل پخته شده رنگهای خاکستری ، قهوه‌ای ، صورتی ، شیری و زرد روشن را بخود گرفته و رنگ حاصله با درجه حرارت پخت ارتباط داده شده است. با در دست داشتن این ارتباط، پژوهنده درجهٔ حرارت پخت هریك از اشیاء سفالین باستانی را بابررسی رنك آنها تخمین زده و نتیجه گرفته است که بسته بنوع شیئی و نمونه تحت آزمایش درجه حرارت از ۶۰۰ تا ۱۰۵۰ درجه سانتیگراد متغیر بوده است. دراین بررسی‌کم شدن وزن‌گل در اثر پختن و سختی آن نیز برآورده شده است . در نتیجه این آزمایشها معلوم گردیده که سختی شیئی سفالین با بالا رفتن درجه حرات‌پخت‌آن افزایش‌مییافته‌ومقدارسختی‌اشیاءآزمایش‌شده برحسب‌مقیاس‌صفر تا ده معمول در سنگ‌شناسی از ۲/۵ تا ۶/۵ تغییراتی داشته است . وزن مخصوص سفالها نیز با خردکردن و توزین آن اندازه‌گیری

شده و مقدار آن بـرای نمونه‌هـای با درجه حـرارت کم پخت بین ۲/۷۵ تا ۲/۸۸ و برای نمونه‌های با درجه حرارت پخت بالا از ۲/۹۶ تا ۳/۰۳ تغییر میکرده است. ضمناً تخمینی نیز ازمقدار جمع شدن گل در اثر پخت در این بررسی بعمل آمده و مقدار جمع شدن درحرارت ۱۰۵۰ درجه به ۳ درصد برآورده شده است .

ج ـ بررسی در جنبه‌های مهندسی تخت‌جمشید

در آثار ساختمانی از ایران باستان نکات و اطلاعات‌فراوانی از امور فنی دنیای گذشته نهفته است که قسمتی از آن توسط مورخین فنی معلوم گشته (بمأخذ ۵ و مأخذ موجود در آن مراجعهٔ شود) و نکات زیاد دیگری بایستی از طریق باستانشناسی مهندسی تحقیق‌وروشن‌گردد. تخت‌جمشیدیکی‌ازنمونه‌آثار باستانی است که نتیجه تجربیات هزاران تن مهندس و معمار و چندین ملیت و چند قرن معماری تا دوره هخامنشی در آن نهفته است. جنبه‌های هنری و معماری این مجموعه توسط نویسندگان و پژوهندگان تا حدی مورد بحث قرار گرفته است ولی مسائل عمده‌ای از ویژگیهای فنی و مهندسی آن هنوز روشن نشده و لازم است که در آینده بیشتر مورد پژوهش قرار گیرد .

برای بررسی جنبه‌های مهندسی تخت‌جمشید نویسنده بکمك دانشجویان مهندسی طرح تحقیقاتی را بعهده گرفت که نتایج مقدماتی حاصل از آن در اینجا ذکر میشود. سنگهای بکار رفته در تخت‌جمشید از نوع آهکی با وزن مخصوص ۲/۸۷٤ تن برمتر مکعب و مقاومت فشاری حدود ۳۰۰ کیلوگرم برسانتیمتر مربع است . در انتخاب سنگها سعی فراوان بعمل میآمده که رگه و یا ضعفي در آنها وجود نداشته باشد . در نقاطی نیز محلهای ضعیف را خالی و پاك کرده و با تکه سنگ‌هائی آنها را وصله کرده‌اند.

ستونهای سنگی ازچند بند تشکیل میشده‌که بابستهای‌آهن چهارگوشه بابعاد حدود ٤×٤سانتیمتر و سرب مذاب انها را بیکدیگر متصل‌نموده‌اند . سوراخهاکاملا مربع نیست وبنظر میرسدکه‌عمداً برای جورکردن قطعات آنهارا بشکل مربع‌مستطیل درآورده‌اند . قطعات دیگرسنگی نیز بابستهای‌آهن‌چهارگوش بابعاد۲×۲سانتیمتر بیکدیگر متصل شده‌اند . ضریب باریکی ستونهای سنگی‌حدود۲۰ واین عدد خیلی بیشتر ازضریب باریکی‌ستونهای معابد یونانی و مصری است. ضمن محاسبه‌ای باربحرانی کمانشی حدود ٥۰۰۰ تن تخمین زده شد.

سقف تالارهای تخت‌جمشید از تیرهای چوبی که در دو جهت قرار داده شده بوده تشکیل میشده است. در سرستونهای سنگی بنحوی جاسازی شده که تیرهای اصلی و فرعی بخوبی در آنها جا می‌گرفته و از حرکت جانبی و لغزش تیرها جلوگیری میکرده است. شکل (۲) نمای سقف را نشان میدهد. چوب سقف از نوع سدر با مقاومت خمشی در کشش حدود ۱۸۲/۸کیلوگرم برسانتیمتر مربع و مقاومت برشی ۱۱/٦کیلوگرم برسانتیمتر مربع بوده است . درازای تیرها در تالار آپادانا برابر ۸/٦٥ متر بوده و ابعاد سطح مقطع تیرها از روی جاسازی‌هـا حدود ٤٥۳۲ سانتیمتر تخمین زده شده است . طبق محاسباتی‌که با استفاده از فرضیهٔ خمشی تیرهای ارتجاعی انجام گرفت میزان سنگینی قابل تحمل برسقف برابر ۱٥۰۰ کیلوگرم برمتر مربع بدست آمد. همچنین با فرض آنکه ضخامت لایه گل ونی روی سقف حدود ۳۰ سانتیمتر بوده باشد و بادر نظر گرفتن وزن مخصوص ۱/٦ تن به‌متر مکعب سقف این نتیجه عاید شد که وزن سقف حدود ٥۰۰ کیلوگرم بر متر مربع بوده و لذا تیرهای نامبرده با ضریب اطمینان ۳ بار سقف راتحمل میکرده‌اند تنش برشی در تکیه‌گاههای تیرها نیزحدوداً برابر ۱۰

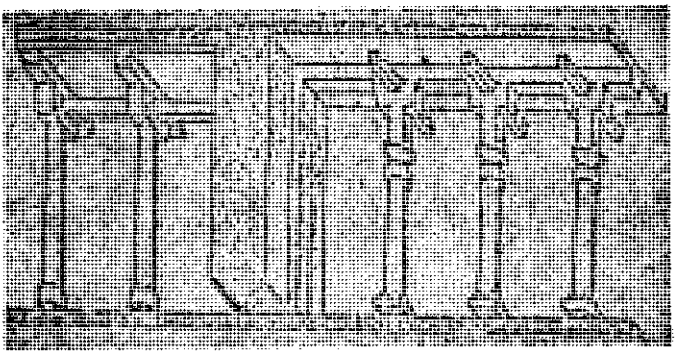
کیلوگرم برسانتیمتر مربع محاسبه شد . ضمناً بررسی معلی نشان دادکه در تالار آپادانا جهت تیرهای اصلی جنوبی شمالی وجهت تیرهای فرعی شرقی غربی بوده است. در سه ایوان کناری تالار جهت تیرهای اصلی روبه بیرون بوده است این نتیجه‌گیری با بررسی حجاریهای نقش رستم تائید گردید .

در مورد بالا بردن و نصب قطعات سنگ در تخت‌جمشید فرضیه‌هائی ابراز گردیده واز جمله گفته شده که این اعمال بکمك شبیهای خاکی صورت‌گرفته است. بررسی فواصل ستونها، ارتفاع آنها، و محاسبه حجم کار و حجم خاك لازم وشیب‌آن نشان میدهد که این نظریه نمیتوانسته است عملی باشد . درموزه تخت جمشید قرقره‌هائی وجود دارد و ضمنا با توجه باینکه ملتهای دست‌اندرکار در ساختمان تخت‌جمشید (چون بابلیان و مصریان) نیز به‌خواص قرقره آشنائی داشته‌اند میتوان چنین نظردادکه بالا بردن ونصب قطعات سنگ درتخت جمشیدبکمك جرثقیل‌های دستی انجام‌گرفته است .

برمطالعات مهندسی تخت‌جمشید باید نتیجه آزمایش‌هائی را که بر روی قیر یافت شده در آن انجام گرفته و در ماخذ (۱۳) نقل گشته است افزود . آزمایش نشان میدهدکه تیر بکار رفته پس‌از گداخته شدن وسوختن حدود ۵۲٪خاکستر معدنی و ٤۷٪ کربنات کلسیم داشته و بنابراین از نوع قیر معدنی بوده است .

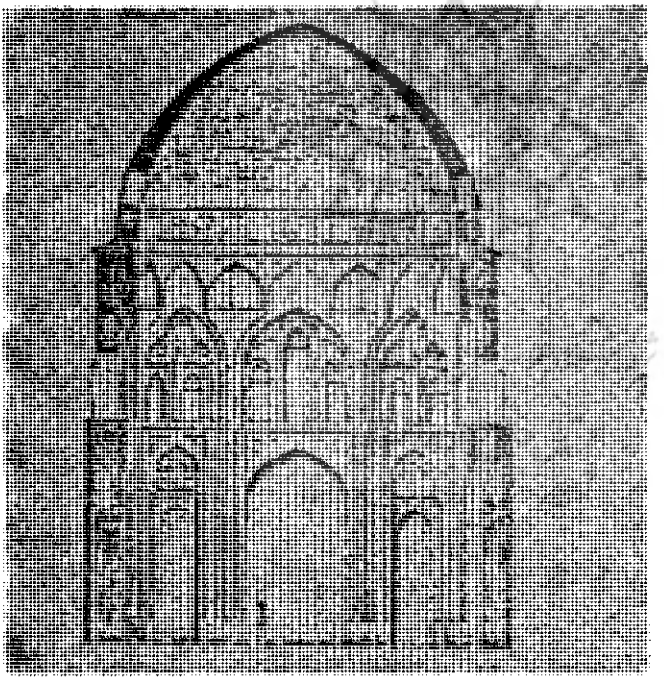
د ـ بررسی مهندسی گنبدهای ایران

ساختمانهای گنبدی در سرزمین ایران باستان پیدایش یافته و در همین جا درطی قرون سیر تغییر و تکامل خود را پیموده‌است. معماران دوره‌های گذشته با درك فنی خود و با استفاده از تجربیات پیشینیان ، اصول مهندسی راکاملا در ساختن گنبدها ، طاقها ،



شکل (۲)
فرم ساختمانی سقف تالارهای تخت‌جمشید
(ماخذ ٥)

قوسها رعایت میکرده‌اند . مجموعهٔ آثاری که از قرنهای پیشین بجای مانده است بخوبی نمایشگر این توانائی و آشنائی فنی معماران باستانی است.



شکل (۳)
مقطع یکی ازگنبدهای مسجد جامع اصفهان
(ماخذ ٥)

یکی از واحدهای زیبای مسجد جامع اصفهان گنبدی است که در قسمت شمالی مسجد واقع شده و ساختمان آن مربوط به‌سال ٤٨١ هجری (٤٦٧ هجری خورشیدی برابر ۱۰۸۰ میلادی) است

ارتفاع این گنبد ۲۰ متر و قطر قاعده آن حدود ۱۱ متر است این گنبد که از مصالح بنائی ساخته شده در امتداد منحنی مداری دارای ضخامت متغیر است شکل (۳) مقطعی از این ساختمان‌گنبدی را نشان میدهد . نویسنده ضمن پژوهشی برای مطالعهٔ جنبه‌های مهندسی که در ساختمان این گنبد مستتر است اقدام به انجام محاسباتی نمود و در این بررسیها فرضیهٔ ریاضی ساختمانهای پوسته‌ای را برای مصالحی که قابلیت تحمل آنها ناچیز است (و مصالح بنائی از این نوع هستند) بکار برد. بررسیها نشان‌داد که طرح منحنی مداری این‌گنبد با منحنی یك پوسته کامل ساختمانی که درآن هیچگونه خمشی وکششی وجود ندارد وتماماً در فشار است منطبق میباشد .

جزئیات این بررسی در مأخذ (۱٤) آمده است .

علاوه برتحقیق بالا گنبدهای ایرانی ازلحاظ طرح وارتباط شکل آنها با عمل کرد ساختمانی و موقعیت کش‌ها با استفاده از فرضیهٔ ریاضی ساختمانهای گنبدی مورد بررسی قرار گرفته و جزئیات این بررسی در مأخذ (۱۵) آمده است. در نتیجه این‌بررسی معلوم گشته که کش‌ها درجائی از منحنی مداری قرار داده میشده که از آن ببعدتنش حلقه‌ای کششی میشده است.

هـ ـ بررسی مهندسی ادبیات، مهرها، نقاشیها، حجاریها وسکه‌ها

در آثاری مانند نوشته سروده‌های باستانی، مهرها، نقاشیها، حجاریها و سکه‌ها و کلیه آثاری که از ایران باستان باقی است میتوان از دیدگاه علمی و مهندسی تعمق نمود و اسراری از دنیای گذشته را با این تعمق کشف و روشن کرد . نمونه‌ای از این قبیل بررسیها که در مورد یك مهر باستانی کشف شده از شوش متعلق به‌هزارهٔ سوم پیش‌از میلاد انجام گرفت این نتیجه را بدست داد

که ساختمانهای خرپائی در آن زمان در ایران احداث میشده و بکار میرفته است (۱۶). همچنین محاسبات مهندسی که بر روی نمونهٔ ریاضی کمانهای باستانی ایران انجام گرفته و مقایسه نتایج عددی با آنچه که در نقوش بجای مانده است، ویژگیهای کمانهای مادی ، اشکانی و ساسانی را از لحاظ فنی روشن کردن است (۱۷).

نوشته های قدیمی و ادبیات غنی ایران منبع پایان‌ناپذیری از تجلیات فرهنگ این سرزمین است. در این آثار اشاره‌های فراوانی به‌مظاهر امور فنی در ایران باستان آمده و لازم است با بازخوانی آنها از نقطه‌نظر مهندسی نکات مجهولی از تاریخ مهندسی در ایران را روشن کرد. چهره فردوسی بعنوان شاعر و حکیمی بزرگ برای بسیاری از مردمان آشناست. چنانچه شاهنامه‌فردوسی و اشعار این اثر بزرگ از دیدگاه مهندسی تفسیر گردد شخصیت وی بعنوان یك مورخ تاریخ امور فنی و نیز بسیاری از ویژگیهای کارهای فنی دنیای گذشته متجلی و روشن خواهد شد. اشاراتی که فردوسی به‌آغاز تمدن مادی در ایران کرده در مأخذ (۵) ذکر شده است . در جاهای دیگر از شاهنامه ، پژوهنده بشرح‌هائی بسیار دقیق از فعالیتهای مهندسی زمانهای پیشین برخورد میکند که تفسیر آن بسیار آموزنده است. از جمله شاید تنها شرح کامل آغاز کار و انجام ساختمان تالار کسرا در تیسفون را در قالب اشعاری از فردوسی در شاهنامه میتوان یافت (۱۸) این شرح و اشارات فراوان دیگری که در این گنجینه تاریخی آمده نیازمند پژوهش دامنه‌دار باستانشناسان مهندسی ، است . اشعار حکیم نظامی گنجوی و نقاشیهائی که براساس آنها قبلا تهیه شده و نیز تمثیلات فنی که در سایر آثار ادبی آمده منابع دیگر تحقیقات مهندسی در تاریخ فرهنگ ایران به‌شمار میرود .

آثار و نوشته‌هائی که بزرگانی چون ابوعلی سینا، رازی ، بیرونی

و کرجی از خویش بجای گذاشته‌اند بیان کننده شخصیت آنها بعنوان مهندسین عالیقدر و روشن کننده قدمت و غنای تاریخ مهندسی در ایران است. لازم است آثار این بزرگان و نوشته‌هائی چون فارسنامه ابن‌بلخی و مرزبان‌نامه و نوشته جغرافی‌دانان و جهانگردان توسط باستانشناسان مهندسی بررسی و تفسیر شوند. پژوهشهائی از این قبیل نه‌تنها تصویر روشن‌تری از دنیای گذشته و تمدن ایران باستان بدست میدهد بلکه در مواردی نیز مستقیماً مورد استفاده ار امور فنی و تمدن امروزی خواهد بود. بعنوان مثالی که از کاربرد اطلاعات تاریخی کسب شده از نوشته‌های قدیمی باین مطلب اشاره میشود که در رشتهٔ مهندسی زلزله ، اطلاع اززلزله‌های تاریخی که در نقاط مختلف اتفاق افتاده و ویژگیهای‌آن زلزله‌ها ضروری است، دراین زمینه پژوهش‌کنندگان با استفاده از نوشته‌های قدیمی به‌پژوهش پرداخته و موفق‌شده‌اند تاریخ و ویژگیهای تعدادی از زلزله‌های تاریخی را با استفاده از شرح گذشتگان از وقایع تعیین نمایند مطالعه مهندسی نوشته‌های قدیمی و آثار مهندسین و دانشمندان ایران قدیم همچنین روشن کننده آن است که تاریخچه بسیاری از فرضیه‌های علمی و روشهای مهندسی که امروزه نوشته شده نادرست است و بایستی بازنویسی شود (برای شرح نمونه‌های از این موارد به مأخذ ۵ رجوع شود).

٤ـ ارتباط با باستانشناسی صنعتی

اخیراً درجوامع اروپائی وامریکائی جنبشی ازجانب مهندسین علاقه‌مند به‌مسائل فرهنگی و تمدنی ایجاد شده که هدف آن شناسائی کامل آثار قدیمی وحفظ و تعمیرآنهاست . روشهائی‌که برای رسیدن به‌هدف اتخاذ شده کاملا مهندسی است‌والبته‌کوشش‌ها بیشتر بطرف آثار ساختمانی متمرکز است . در زمینهٔ این رشته جدیدکه «باستانشناسی صنعتی» نام‌گرفته در سالهای اخیر

پژوهشهائی انجام گرفته و نوشته‌هائی انتشار یافته است (برای مثال بمآخذ ۱۹ تا ۲۲ رجوع‌شود) . ازویژگیهای مربوط به باستانشناسی صنعتی آن است‌که مهندسین‌کلیه آثاری راکه بنحوی باگذشته فرهنگی آن سرزمین‌ها ارتباط میبابند شناسائی، نقشه برداری ، حفظ ونگهداری میکنند . بدین ترتیب تعداد زیادی اثر تاریخی‌که تاریخ ساختمانی بعضی از آنها حتی به۵۰ سال نیز نمیرسد در حوزهٔ این فعالیتها قرار میگیرند .

ارتباط باستانشناسی مهندسی‌که دراین مقاله ازآن صحبت‌شده با رشته باستانشناسی صنعتی‌که اخیراً درچندکشور جهان‌پیدایش یافته در آنستکه هردوازدیدگاه مهندسی‌وکاربرد روشهای‌مهندسی در بررسی آثار تاریخی بهره‌میگیرند . البته مسائلی‌که برای تمدنهای باستانی چون ایران دراین زمینه‌ها مطرح است برای ملتهای جوان وجود ندارد .

باستانشناسی مهندسی درایران دارای وظائف بسیار مشکل‌تر وگسترده‌تری نسبت به باستانشناسی صنعتی نامبرده است . مشکل مهندسی باستانشناسی درایران شناسائی چندین هزاره تمدن امور فنی ازروی آثار محدود باستانی است . درمرحلهٔ دوم‌که عبارت از حفظ و تعمیر این آثار است وکاملا جنبهٔ مهندسی دارد مهندسی باستانشناسی باید بتواند اثری راکه در آستانهٔ نابودی است بدون دخالت در اصالت‌آن حفظ و تعمیر نماید وبتدریج دامنهٔ فعالیتهای خود را بساختمانهای جدیدتر نیز گسترش بدهد .

۵ـ نتیجه

آثار باستانی را میتوان و میبایستی از دیدگاههای مهندسی و باروشهای علوم تجربی ومهندسی مورد بررسی قرارداد. در این نوشته سعی این بوده که مفاهیم بررسیهای تاریخی بانقطه نظرو قواعد مهندسی امروزی‌که تحت عنوان باستانشناسی مهندسی

نامگذاری شده‌است بیان و تشریح‌گردد . بعنوان نمونه‌هائی از فعالیتهائی که در حوزه باستانشناسی مهندسی قرار میگیرد نتایج چند پژوهش دراین زمینه ذکر شده است. ارتباط باستانشناسی مهندسی‌با جنبشی‌که‌اخیراً در بعضی‌ممالك تحت عنوان‌باستانشناسی صنعتی بوجود آمده نیز بیان‌شده است . بررسی تاریخ تمدن از دیدگاه باستانشناسی مهندسی ، اطلاعات فراوانی را از دنیای گذشته‌که کسب آن ازطرق دیگر ممکن نیست دراختیار میگذارد . برای شناسائی‌کامل وواقعی تمدن ایران باستان بایستی مورخین و باستانشناسان هنری، مردم‌شناسان و سایر پژوهندگان تاریخ تمدن ، باستانشنان مهندسی همکاری نزدیك داشته باشند . شاید در آینده این ضرورت پیش‌آیدکه درمواد آموزشی دانشجویان باستانشناسی ، اصول علوم تجربی ومهندسی نیزگنجانیده شود و همچنین به مهندسین علاقه‌مند آموزش‌هائی درجهت باستانشناسی داده شود تا در نتیجه، فعالیتهای باستانشناسی و حفظ آثار باستانی ثمربخش‌تر وگوشه‌های تاریك تاریخ و تمدن باستانی ایران روشن‌تر گردد .

مآخذ

1. M. J. Aitken, «Physics and archaology» 1961
2. C. A. Singer, E. J. Holwyard, and R. A. Hall, (eds.) «A history of technology,» 5 vols. oxford 1945—1965
3. R. J. Forbes, «studies in ancient technology,» 9 vols. leiden, 1955—1972
4. A. Neuburger, «the technical arts and science of the ancients,» New york, 1930

۵ـ مهدی فرشاد ـ تاریخ‌مهندسی درایران ـ انتشارات دانشگاه پهلوی شیراز ۱۳۵۶

6. A. Godard, «the art of Iran,» Frederick A. Proeger publishers, N. Y. 1965
7. V. Bird, and H. W. M. Hodges, «A metallurgical examination of two early swords from luristan,» studies in conservation, 13, pp 213—233, 1968

8. C. S. Smith, «the interpretation of microstructures of metallic artifacts,» in Application of Science in examination of works of art, W. J. Young (ed) Museum of fine Arts, Boston, PP 20—52, 1967

9. J. Ternbach, «Technical aspects of the Herzfeld bent iron dagger of luristan,» in Darks ages and nomads. Studies in Iranian and Anatolian archaology, M. J. Mellink (ed.) Nedertands, pp 46—51, 1964

10. C. S. Smith, «the techniques of the Luristan smith,» in Science and archaology, R. H. Brill (ed.), the MIT press, pp 32—52 1971

11. A. France—Lanord, «Le fer en Iran au Premler millénaire arant Jésuschirst,» Revued «Histoire des mines et de la métallugie, 1» pp 75—127, 1969

12. F. R. Matson, «A study of temperatures used in firing ancient Mesopotemian Pottery,» in Science and archaology, R. H. Brill (ed.) the MIT Press, Mass. pp 65—79, 1971

13. E. F. Sehmidt, «Persepolis,» 2 vols. Chicago oriental Institate publication, 1951—1957

14. M. Farshad, «on the shape of mementless tensionless masonry domes,» Building and environment, vol. 12, pp 81—85, 1977

15. Z. B. Gregorian, «shell membrane theory applied to masonry domes,» Proc. of the ftrst Iranian congress of civil Engineering and Engineering mechanics, M. Farshad (ed.), pp 360—374, 1972

۱۶ــ مهدی فرشاد و داود اصفهانیان «پژوهشی درباره یك مهر عتیقه‌که ازکاوشهای شوش بدست آمده است» بررسیهای تاریخی سال ششم

۱۷ــ مهدی فرشاد «بررسی مهندسی کمانهای باستانی ایران» بررسیهای تاریخی سال یازدهم

۱۸ــ حکیم ابوالقاسم فردوسی «شاهنامه» انتشارات جاویدان ــ ص ۵۰۶ و ۵۰۷

19. E. R. R. Green, «industrial archaology,» Antiquity, vol. 34, No 133, pp 43—48, 1960

20. V. P. Foley, «on the meaning of industrial archaology,» Historical archaology,
Aunual publication of the Society for historical archaology, vol. II, 1968

21. K. Hudson, «industrial archaology, an introduction,» John Baker, Ltd. London, 1966

22. E. Kemp, «industrial archaology—an avocation for engineers,» ASCE Journal of professional activities, vol. 99, pp 481—498, 1973