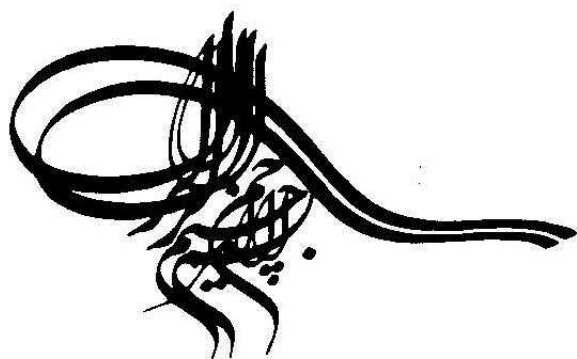




سیستم‌های ساختمانی

تالیف

دکتر محمود گلابچی

دکتر کتایون تقی زاده

دکتر محمدرضا گلابچی



انتشارات دانشگاه پارس

شماره مسلسل ۳

شماره انتشار ۱۳۹۲

سرشناسه	: گلابچی، محمود، ۱۳۳۶.
عنوان و نام پدیدآور	: سیستم‌های ساختمانی / تألیف محمود گلابچی، کتابیون تقی‌زاده، محمدرضا گلابچی.
مشخصات نشر	: تهران : دانشگاه معماری و هنر پارس، انتشارات، ۱۳۹۲.
مشخصات ظاهری	: ۵۲۰ ص. : مصور؛ ۲۲ × ۲۹ س. م.
فروست	: دانشگاه معماری و هنر پارس؛ شماره ۱۳۹۲.
شابک	: 978-600-94825-11
وضعیت فهرست‌نویسی	: فیا.
یادداشت	: واژه‌نامه.
موضوع	: ساختمان‌ها -- طراحی.
موضوع	: نقشه‌ساز.
موضوع	: معماری -- طرح و نقشه.
شناسه افزوده	: تقی‌زاده، کتابیون، ۱۳۴۶ -
شناسه افزوده	: گلابچی، محمدرضا، ۱۳۶۴
شناسه افزوده	: مؤسسه آموزش عالی معماری و هنر پارس.
شناسه افزوده	: دانشگاه معماری و هنر پارس انتشارات
رده‌بندی کنگره	: ۱۳۹۴ گ ۸ س ۲ / NC ۸۲۵
رده‌بندی دیویی	: ۷۴۳/۸۴
شماره کتابشناسی ملی	: ۳۶۸۵۳۱۶

این کتاب مشمول قانون حمایت از حقوق مؤلفان و مصنفان است. تکثیر کتاب به هر روش اعم از فتوکپی، ریسوگرافی، تهیه فایل‌های pdf، لوح فشرده، بازنویسی در وبلاگ‌ها، سایت‌ها، مجله‌ها و کتاب، بدون اجازه کتبی ناشر مجاز نیست و موجب پیگرد قانونی می‌شود.

عنوان: سیستم‌های ساختمانی
تألیف: دکتر محمود گلابچی، دکتر کتابیون تقی‌زاده و دکتر محمدرضا گلابچی
ویراستار: مجید جهانی
ناشر: انتشارات دانشگاه پارس
نوبت چاپ: اول
تاریخ انتشار: ۱۳۹۴
شمارگان: ۲۰۰۰ نسخه
ناشر: انتشارات دانشگاه پارس
چاپ و صحافی: چاپ و صحافی شریف

«مسئولیت صحت مطالب کتاب با مؤلفان است»
«کلیه حقوق برای ناشر محفوظ است»

بها: ۴۰۰۰۰ ریال

نشانی: تهران، کارگرشمالی، خیابان دوم، انتصابیه، پلاک ۱۸

تلفن: ۸۸۳۳۰۹۰۴-۶ فکس: ۸۸۳۳۹۸۰۳

Website: www.parsuniversity.ir Email: Press @ Parsuniversity. Ir

بخش و توزیع: خیابان انقلاب - خیابان فخر رازی، خیابان نظری، کوچه قدیری، پلاک ۲۴، واحد ۵

۰۲۱-۶۶۴۹۷۱۳۷ ۰۲۱-۶۶۹۵۴۱۷۴-۵

فهرست مطالب

مقدمه

پیشگفتار..... ۱

سیر تاریخی سیستم‌های ساختمانی..... ۱

دیوارها..... ۱

ساخترهای چوبی..... ۴

تیر و ستون..... ۶

تیر و ستون سنگی..... ۸

قوس، طاق و گنبد..... ۱۰

سازه‌های معلق..... ۲۴

سازه‌های تنسگریتی..... ۲۶

ساختمان‌های بلند..... ۲۷

بخش اول: کلیات

فصل اول: سازه، اهداف و فرایند طراحی

تعریف سازه..... ۳۱

اهمیت سازه..... ۳۱

مفاهیم پایه‌ای سازه..... ۳۱

انواع نیرو..... ۳۲

اجزای سازه‌ای ساختمان..... ۳۲

تقسیم‌بندی بارها..... ۳۳

سطح بارگیر..... ۳۳

نیروها و بردارها..... ۳۴

گشتاور..... ۳۴

تعادل استاتیکی..... ۳۵

تکیه‌گاه‌ها..... ۳۵

نحوه نمایش تکیه‌گاه‌ها..... ۳۶

توزیع بار..... ۳۶

۳۶	ترکیب بارها
۳۷	بارهای زمان ساخت
۳۷	سازه اصلی
۳۷	طبقه‌بندی سازه‌ها
۳۷	گزینه‌های متداول
۳۷	ابتکار سازه‌ای
۳۷	سیستم تکیه‌گاهی جانبی
۳۸	پی
۳۸	خاک و زمین شناسی
۳۸	تنش و کرنش
۳۸	تنش‌های ساده
۳۸	تنش‌های پیچیده
۳۹	اهداف طراحی سازه‌ای
۳۹	ایمنی
۳۹	اقتصاد
۳۹	تناسبات
۳۹	انطباق با شرایط خاص
۳۹	انعطاف‌پذیری
۳۹	تصمیم‌های بزرگ طراحی مفهومی
۴۰	راهنمای طراحی سازه‌ای
۴۰	قواعد کلی
۴۱	معیارهای انتخاب یک سیستم سازه‌ای
۴۱	وسعت پروژه
۴۲	دهانه
۴۲	زیبایی‌شناسی
۴۲	هزینه
۴۲	قابلیت ساخت
۴۲	ایمنی
۴۲	قابلیت استفاده مجدد
۴۳	طراحی اولیه سیستم سازه‌ای
۴۳	تطبیق مدول‌ها
۴۳	الگوهای عملکردی

۴۳	حالت‌های بهینه سازه
۴۳	محدودیت‌های ساخت و حمل و نقل
۴۳	جزئیات م سازه‌ای
۴۴	تشخیص مشکلات سازه‌ای
۴۴	شرایط سازه‌ای خاص
۴۴	سازه‌های با دهانه بزرگ
۴۴	پایداری لرزه‌ای
۴۴	پایداری در برابر نیروی باد
۴۵	ساختمان‌های بلند
۴۵	سازه‌های موقت
۴۶	طراحی سازه و معماری
۴۶	تصمیم‌های مفهومی اصلی
۴۶	اولویت نسبی
۴۷	تطبیق عملکردهای درونی
۴۷	نوع و مقدار بارهای طراحی
۴۷	اجزای سیستم سازه‌ای
۴۷	مصالح سازه‌ای
۴۷	تعامل با سیستم‌های خارجی
۴۷	تعامل با سیستم‌های داخلی
۴۸	محیط فرهنگی و اقتصادی
۴۸	مزایا و محدودیت‌های سازه‌ای
۴۸	ابتکار و نوآوری سازه‌ای
۴۸	ابعاد، طرح و مصالح اولیه سازه
۴۸	هماهنگی پوسته ساختمان با سازه
۴۸	تاثیر سازه بر زیبایی ساختمان
۴۸	فرایند ساخت و ساز و امکان اجرا
۴۹	هزینه سازه
۴۹	سلسله مراتب طراحی
۴۹	مسئولیت‌های کاری
۵۰	نتایج فرایند طراحی
۵۰	جست‌وجوی آیین‌نامه‌ای
۵۱	تخمین بارهای وارده
۵۱	جست‌وجوی سابقه

نقشه‌های شماتیک.....	۵۱
طرح‌های مفهومی.....	۵۱
جزئیات معمول و مهم.....	۵۱
روش‌های طراحی و ابزار آن.....	۵۲
فهرست یادآور.....	۵۲
قوانین سرانگشتی.....	۵۲
مدل‌های مطالعاتی.....	۵۲
استخراج منابع استاندارد.....	۵۲
نرم‌افزارهای کامپیوتری.....	۵۲

فصل دوم: سازه، عوامل موثر بر طراحی و خلاقیت

مقدمه.....	۵۳
مسائل عملکردی.....	۵۳
جنبه‌های فضایی.....	۵۳
بار متصرفان.....	۵۴
کاربری آتی.....	۵۴
مسیرهای حرکتی.....	۵۵
حداقل اندازه دسترس خروج.....	۵۵
راهروها.....	۵۵
تکیه‌گاه پله و آسانسور.....	۵۵
موقعیت، اندازه و شکل بازشوهای مسیرهای حرکتی.....	۵۵
سایت.....	۵۵
اندازه و شکل سایت.....	۵۵
موقعیت و دسترسی‌های سایت.....	۵۶
زمین‌شناسی و خاک زیر ساختمان.....	۵۶
توپوگرافی.....	۵۶
اقلیم.....	۵۶
سازه‌های مجاور.....	۵۷
حوادث طبیعی.....	۵۷
محیط فرهنگی.....	۵۷
سنت‌های محلی.....	۵۷
محدودیت‌های آیین‌نامه‌ای.....	۵۸

مالکیت زمین	۵۸
مسائل اقتصادی	۵۹
مصالح	۵۹
نیروی انسانی	۵۹
تجهیزات	۵۹
تجربه	۵۹
تحلیل بازار	۵۹
سود کوتاه مدت یا بلند مدت	۵۹
نسبت هزینه به سود	۶۰
جذابیت سرمایه‌گذاری	۶۰
نسبت هزینه به سود در طول عمر ساختمان	۶۰
مسائل زیبایی‌شناختی	۶۰
محیط شهری	۶۱
تعامل با سایر سیستم‌های ساختمان	۶۱
انرژی غیرفعال	۶۱
روشنایی	۶۱
سیستم گرمایش، تهویه و کنترل هوا (HVAC)	۶۲
تاسیسات الکتریکی	۶۲
آب	۶۲
زهکشی و فاضلاب	۶۳
آکوستیک	۶۳
پوسته خارجی ساختمان	۶۴
تکیه‌گاه مدولار	۶۴
انبساط و انقباض حرارتی	۶۴
سهولت در طراحی جزئیات	۶۴
سایر موارد	۶۴
خلاقیت سازه‌ای	۶۵
برخی روش‌های طراحی خلاقانه	۶۵
فرایند طراحی سازه‌ای خلاقانه	۶۶

بخش دوم: الزامات سازه‌ای

فصل سوم: بارهای وارد بر ساختمان

۷۰	.....	بیش‌بینی بارهای وارده
۷۰	.....	تخمین محافظه‌کارانه بار
۷۱	.....	تعیین مقدار بارها
۷۱	.....	بارهای ساختمانی با اهمیت زیاد
۷۲	.....	انواع بارها
۷۲	.....	بارهای داخلی و خارجی
۷۲	.....	بارهای عمودی و افقی (جانبی)
۷۲	.....	بارهای مرده و زنده
۷۳	.....	بارهای گسترده یکنواخت
۷۳	.....	بارهای متمرکز، گسترده و غیریکنواخت
۷۳	.....	بارهای ضربه‌ای، استاتیکی و تشدیدشونده
۷۳	.....	ابعاد اولیه
۷۴	.....	قابلیت سیستم
۷۴	.....	وزن مصالح ساختمانی
۷۴	.....	ارتباط سازه اصلی و پی
۷۴	.....	ترکیب بارها

فصل چهارم: بارهای جانبی

۷۵	.....	بار باد و بار زلزله
۷۵	.....	زلزله
۷۵	.....	منشاء زلزله
۷۶	.....	امواج زلزله
۷۶	.....	اندازه‌گیری زلزله
۷۶	.....	تجهیزات
۷۶	.....	مقیاس
۷۷	.....	تخریب زیرساخت‌ها
۷۷	.....	تخریب سایت ساختمان
۷۸	.....	تخریب ساختمان
۸۱	.....	تعامل سایت و ساختمان

۸۱	تعامل پی‌های سطحی
۸۲	واکنش سازه‌ای به بارهای لرزه‌ای
۸۳	انواع راهکارهای پایداری لرزه‌ای
۸۴	سونامی
۸۵	انفجار
۸۵	منشا انفجار
۸۵	محل انفجار
۸۵	جهت موج انفجار
۸۶	مقاوم‌سازی ساختمان
۸۶	تنش معکوس
۸۶	باد
۸۶	مقایسه باد با زلزله
۸۶	تأثیر بر ساختمان
۸۷	موقعیت ساختمان
۸۷	راهبردهای طراحی براساس نیروی باد
۸۸	واکنش‌های سازه‌ای به بارهای باد و زلزله
۸۸	مهاربندی جانبی در تمام جهات
۸۸	سایر سیستم‌های تکیه‌گاهی جانبی
۹۱	سایر مکانیزم‌های تکیه‌گاه جانبی
۹۱	مهاربندی خارجی با کابل
۹۱	عناصر فشاری
۹۱	جابه‌جایی تکیه‌گاه جانبی

فصل پنجم: گسیختگی سازه‌ای

۹۳	تعریف گسیختگی سازه‌ای
۹۳	اهداف مرتبط با گسیختگی سازه‌ای
۹۳	گسیختگی‌های ناگهانی
۹۴	اثرات گسیختگی سازه‌ای
۹۴	دلایل معمول گسیختگی‌های سازه‌ای
۹۵	حالت‌های کلی گسیختگی سازه‌ای
۹۵	گسیختگی‌های ناشی از طراحی نامناسب
۹۵	گسیختگی‌های ناشی از مقاومت ناکافی

۹۶	گسیختگی ناشی از صلبیت ناکافی
۹۶	مقایسه گسیختگی موضعی با گسیختگی کلی
۹۶	دانش پیش از فاجعه
۹۷	تغییر نقش اجزای سازه‌ای
۹۷	هزینه کار/انرژی

فصل ششم: زمین‌شناسی و پی

۹۹	مقدمه
۹۹	زمین‌شناسی
۹۹	طبقه‌بندی سنگ‌ها
۹۹	انواع سنگ‌ها
۱۰۰	تأثیر عوامل جوی
۱۰۰	لایه‌ها و گسل‌ها
۱۰۰	پیوستگی
۱۰۰	ظرفیت باربری
۱۰۱	خاک‌ها
۱۰۱	کلیات
۱۰۱	لایه‌های خاک
۱۰۱	طبقه‌بندی خاک‌ها
۱۰۱	شناسایی خاک
۱۰۲	آزمایش خاک
۱۰۲	ارائه مدارک
۱۰۳	میزان مقاومت نسبی خاک‌ها
۱۰۴	مشکلات خاک
۱۰۴	آب‌های زیرزمینی
۱۰۴	واژگان مربوط به آب
۱۰۵	توپوگرافی
۱۰۶	پی
۱۰۶	نقش سازه‌ای پی
۱۰۶	ملاحظات طراحی
۱۰۷	انواع پی
۱۰۷	پی‌های سطحی

۱۰۹	پی‌های عمیق
۱۱۱	بارهای جانبی زیر سطح زمین
۱۱۱	تورم ناشی از یخبندان
۱۱۲	فشار خاک
۱۱۲	فشار آب
۱۱۲	برخاست عمودی
۱۱۳	توزیع بار عمودی زیر پی
۱۱۳	پی‌های مجاور
۱۱۴	گودبرداری
۱۱۵	شیب‌ها
۱۱۵	پایداری شیب
۱۱۶	شیب‌های موجود
۱۱۷	دیوارهای حائل
۱۱۹	فروریزی دیوار حائل
۱۲۰	آب‌بند و سدهای صندوقه‌ای

بخش سوم: سازه‌های کششی

فصل هفتم: سازه‌های کابلی

۱۲۵	مقدمه
۱۲۵	پیشینه تاریخی
۱۲۶	تعاریف و اصطلاحات
۱۲۷	رفتار سازه‌ای
۱۳۱	مبانی طراحی
۱۳۳	ساخت و اجرا
۱۳۵	ویژگی‌های زیبایی‌شناسی
۱۳۶	مطالعات موردی

فصل هشتم: سازه‌های پارچه‌ای کششی

مقدمه.....	۱۴۱
پیشینه تاریخی.....	۱۴۱
انواع.....	۱۴۳
تعاریف و اصطلاحات.....	۱۴۵
معماری و عملکردهای مناسب.....	۱۴۵
رفتار سازه‌ای.....	۱۴۵
مبانی طراحی.....	۱۴۸
ساخت و اجرا.....	۱۵۳
ویژگی‌های زیبایی‌شناختی.....	۱۵۳
مطالعات موردی.....	۱۵۴

فصل نهم: سازه‌های هوای فشرده

مقدمه.....	۱۵۹
پیشینه تاریخی.....	۱۵۹
انواع.....	۱۶۰
معماری و عملکردهای مناسب.....	۱۶۲
رفتار سازه‌ای.....	۱۶۲
مبانی طراحی.....	۱۶۴
ساخت و اجرا.....	۱۶۶
ویژگی‌های زیبایی‌شناختی.....	۱۶۷
مطالعات موردی.....	۱۶۸

بخش چهارم: سازه‌های فشاری

فصل دهم: قوس‌ها

مقدمه.....	۱۷۵
پیشینه تاریخی.....	۱۷۵
انواع.....	۱۷۷
معماری و عملکردهای مناسب.....	۱۷۸
رفتار سازه‌ای.....	۱۷۸

۱۸۴	مبانی طراحی
۱۸۶	ساخت و اجرا
۱۸۸	ویژگی‌های زیبایی‌شناختی
۱۸۹	مطالعات موردی

فصل یازدهم: طاق‌ها

۱۹۵	مقدمه
۱۹۵	پیشینه تاریخی
۱۹۸	انواع
۱۹۹	معماری و عملکردهای مناسب
۱۹۹	رفتار سازه‌ای
۲۰۱	مبانی طراحی
۲۰۳	ساخت و اجرا
۲۰۳	ویژگی‌های زیبایی‌شناختی
۲۰۴	مطالعات موردی

فصل دوازدهم: گنبدها

۲۰۹	مقدمه
۲۰۹	پیشینه تاریخی
۲۱۱	تعاریف و اصطلاحات
۲۱۲	انواع
۲۳۱	معماری و عملکردهای مناسب
۲۱۴	رفتار سازه‌ای
۲۱۶	مبانی طراحی
۲۱۸	ساخت و اجرا
۲۱۸	ویژگی‌های زیبایی‌شناختی
۲۱۹	مطالعات موردی

۲۲۷	.....	مقدمه
۲۲۷	.....	پیشینه تاریخی
۲۲۸	.....	انواع
۲۳۰	.....	تعاریف و اصطلاحات
۲۳۱	.....	معماری و عملکردهای مناسب
۲۳۱	.....	رفتار سازه‌ای
۲۳۷	.....	مبانی طراحی
۲۴۰	.....	ویژگی‌های زیبایی‌شناختی
۲۴۲	.....	مطالعات موردی

۲۴۷	.....	مقدمه
۲۴۷	.....	پیشینه تاریخی
۲۴۸	.....	انواع
۲۵۱	.....	تعاریف و اصطلاحات
۲۵۱	.....	معماری و عملکردهای مناسب
۲۵۲	.....	رفتار سازه‌ای
۲۵۶	.....	مبانی طراحی
۲۵۸	.....	ساخت و اجرا
۲۵۹	.....	ویژگی‌های زیبایی‌شناختی
۲۶۱	.....	مطالعات موردی

۲۶۵	.....	مقدمه
۲۶۵	.....	پیشینه تاریخی
۲۶۷	.....	مزایا
۲۶۸	.....	انواع
۲۷۰	.....	تعاریف و اصطلاحات

۲۷۱	معماری و عملکردهای مناسب
۲۷۲	رفتار سازه‌ای
۲۷۴	مبانی طراحی
۲۷۵	ساخت و اجرا
۲۷۵	ویژگی‌های زیبایی‌شناختی
۲۷۶	مطالعات موردی



۲۸۱	مقدمه
۲۸۱	پیشینه تاریخی
۲۸۲	انواع تیر
۲۸۳	تعاریف و اصطلاحات
۲۸۵	معماری و عملکردهای مناسب
۲۷۸	رفتار سازه‌ای تیر
۲۹۳	ستون‌ها
۲۹۳	انواع ستون
۲۹۵	رفتار سازه‌ای ستون
۳۰۰	مبانی طراحی
۳۰۰	ساخت و اجرا
۳۰۱	ویژگی‌های زیبایی‌شناختی
۳۰۳	مطالعات موردی



۳۰۹	مقدمه
۳۰۹	پیشینه تاریخی
۳۱۰	انواع
۳۱۲	تعاریف و اصطلاحات
۳۱۲	معماری و عملکردهای مناسب

رفتار سازه‌ای.....	۳۱۳
مبانی طراحی.....	۳۱۹
ساخت و اجرا.....	۳۱۹
ویژگی‌های زیبایی‌شناختی.....	۳۱۹
مطالعات موردی.....	۳۲۰

مقدمه.....	۳۲۹
پیشینه تاریخی.....	۳۲۹
انواع.....	۳۳۰
تعاریف و اصطلاحات.....	۳۳۲
معماری و عملکردهای مناسب.....	۳۳۲
رفتار سازه‌ای دال.....	۳۳۳
رفتار سازه‌ای دیوار باربر.....	۳۳۶
مبانی طراحی.....	۳۴۰
ساخت و اجرا.....	۳۴۰
ویژگی‌های زیبایی‌شناختی.....	۳۴۳
مطالعات موردی.....	۳۴۵

مقدمه.....	۳۵۱
پیشینه تاریخی.....	۳۵۱
انواع.....	۳۵۲
تعاریف و اصطلاحات.....	۳۵۴
معماری و عملکردهای مناسب.....	۳۵۵
رفتار سازه‌ای.....	۳۵۶
مبانی طراحی.....	۳۵۸
ساخت و اجرا.....	۳۵۸
ویژگی‌های زیبایی‌شناختی.....	۳۵۹
مطالعات موردی.....	۳۶۰

فصل بیستم: ویژگی‌های معماری

۳۶۷	 مقدمه
۳۶۷	 پیشینه تاریخی
۳۶۸	 انواع
۳۷۰	 تعاریف و اصطلاحات
۳۷۰	 معماری و عملکردهای مناسب
۳۷۱	 رفتار سازه‌ای
۳۷۳	 مبانی طراحی
۳۷۵	 ساخت و اجرا
۳۷۵	 ویژگی‌های زیبایی‌شناختی
۳۷۶	 مطالعات موردی

فصل بیست و یکم: مبانی طراحی

۳۸۱	 مقدمه
۳۸۲	 پیشینه تاریخی
۳۸۳	 سنت و نوآوری
۳۸۵	 انواع
۳۸۵	 معماری و عملکردهای مناسب
۳۸۶	 رفتار سازه‌ای
۳۸۶	 مبانی طراحی
۳۸۷	 ساخت و اجرا
۳۸۷	 ویژگی‌های زیبایی‌شناختی
۳۸۸	 مطالعات موردی

فصل بیست و دوم: تحولات ساختمان‌های بلند در جهان

فصل بیست و سوم: گام‌های نخستین، توجه به آسمان

۳۹۵	 مقدمه
۳۹۵	 پیشینه تاریخی
۳۹۷	 تحولات ساختمان‌های بلند در جهان
۳۹۷	 گام‌های نخستین، توجه به آسمان

۳۹۷	قرن نوزدهم، آغاز تحولات.....
۳۹۸	روند شتابان، رقابت آسمان خراش‌ها.....
۳۹۸	دوران مدرن، تجربیات متفاوت.....
۳۹۹	دوران معاصر، نگاه به آینده.....
۳۹۹	تحولات ساختمان‌های بلند در ایران.....
۳۹۹	آغاز ساخت ساختمان‌های بلند با شیوه جدید.....
۴۰۰	ساختمان‌های بلند دهه ۴۰.....
۴۰۰	آغاز ساخت ساختمان‌های بلند مسکونی.....
۴۰۰	روند احداث ساختمان‌های بلند در دهه ۵۰.....
۴۰۱	حرکت جدید در احداث ساختمان‌های بلند.....
۴۰۱	ساخت ساختمان‌های بلند در اواخر دهه ۷۰.....
۴۰۱	ادامه بلندمرتبه‌سازی از دهه ۸۰.....
۴۰۲	سیستم‌های سازه‌ای.....
۴۰۲	سازه‌های متداول.....
۴۰۲	سازه‌های داخلی.....
۴۰۹	سازه‌های خارجی.....
۴۱۲	سازه‌های غیرمتداول.....
۴۱۲	سیستم‌های مرکب.....
۴۱۳	سازه‌های هذلولی وار.....
۴۱۴	بیشترین ارتفاع سیستم‌های سازه‌ای.....
۴۱۵	طراحی معماری.....
۴۱۵	معیارهای طراحی معماری.....
۴۱۶	نسبت ارتفاع به عرض ساختمان.....
۴۱۷	فضای بهینه در سطح زمین.....
۴۱۷	زیبایی‌شناسی.....
۴۱۸	مطالعات موردی.....

۴۲۳	مقدمه.....
۴۲۴	شهرهای عمودی.....
۴۲۴	برج نور.....
۴۲۶	مرکز گرینلند.....

۴۲۷	برج شارد
۴۲۹	برج شانگهای
۴۳۰	برج پادشاهی
۴۳۲	برج لاته
۴۳۳	آسمانخراش هامبورگ
۴۳۳	بیوسیتی
۴۳۴	مزرعه عمودی
۴۳۴	آسمانخراش درخت
۴۳۴	آسمانخراش پریفرا
۴۳۵	آسمانخراش چوبی چندلایه
۴۳۵	آسمانخراش هیدروترمال

۴۳۹	مناظر و آسمانخراش
۴۴۵	بیوسیتیک: برج‌های زیست‌محیطی
۴۵۲	بیوسیت در عمودهای گرا
۴۵۶	واژدهانه: تکنیک‌های نوین
۴۷۷	واژدهانه: گرایش به آسمان
۴۸۸	تجارب

به نام آنکه دانش پرورانید

پیش سخن

کر چه دیگرکای نیست که پوش در نشر را سر لوحه تلاش های خویش قرار داده ایم، اما این زمان کوتاه را پشتوانه ای است سرگ. برگرفته ای بر بها از دانشی پر فراز و برآمدی پربار از آموختاری دیرین. زود است که این خردپویی، چون اختری فروزان در گنکشان دانش و هنر ایرانی نور برآیند.

همچنان که پارس برآمدی است از پویایی، استواری، راستی و سربلندی، دانشگاه معماری و هنرپارس، نامش برگرفته از زادبومی است که آن روایت آمینی، دانش پژوهی مردانش را آن چنان ستوده؛ که اگر دانش در ثیاب باشد، پاریسان بر آن دست خواهند یافت.

اینک که دانشگاه معماری و هنرپارس دومین سال پیدایش راه سکو می گذراند، با انتشار آثار فاخر دانشی، هنری و ادبی، فصلی نوراد کستف نشر ایران زمین می گستراند که پسین دستاوردش، ماندگار تاریخ نشر ایران سرزمین ورجاوند خواهد بود. آنچه را که انتشارات پارس در کستف نشر متشتری سازد؛ کتا، کتاب کویا، لوح فشرده و... است. نیز در رشته انتشارات خود شیوه ای محارشی راه کار می بندد که ویژگی های نوین محارشی آن در دو ما نمانه پیام پارس بازتاب یافته است.

افزون بر آنچه که بر شمرده شد، مقاله ها نیز در نیمه فصل های، سکو فزاران، گهریزان، برگ ریزان و برف ریزان انتشار می یابد.

انتشارات دانشگاه پارس

مقدمه

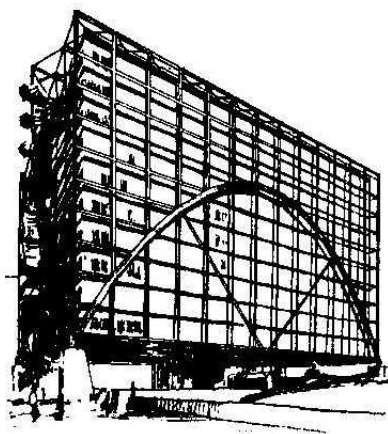
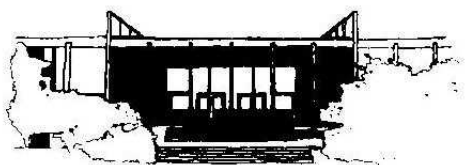
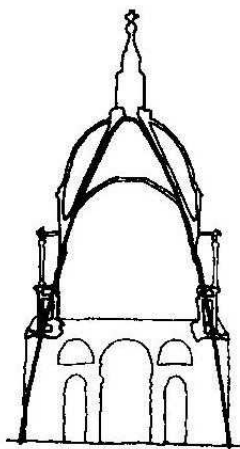
هدف از تألیف این کتاب، درک مفاهیم اساسی ایستایی و شناخت سیستم‌های ساختمانی است. از آنجاکه برای هماهنگی طرح معماری و سازه، درک حسی مفاهیم پایه‌ای ایستایی ضروری است، نحوه دستیابی به هماهنگی سازه و طرح معماری با شناخت عمیق این مفاهیم از دیگر اهداف این کتاب است.

سیر تکاملی دانش سازه‌ای با درک چگونگی رفتار سیستم‌های ساختمانی آغاز شد. با چنین درکی یک معمار می‌تواند طراحی را با تصمیم‌گیری درباره نوع و چگونگی سازه در یک ساختمان خاص آغاز و تصمیم‌های اولیه‌ای در مورد ابعاد دهانه‌ها و تناسبات اعضا با استفاده از روش‌های تقریبی اتخاذ کند. نقش محاسبات در طراحی مناسب سازه یک ساختمان در بسیاری موارد به درستی درک نمی‌شود. در مهندسی سازه محاسبات فقط پس از اخذ تصمیم‌های مهم در مورد شکل و تناسبات سازه قابل انجام است، زمانی که انتخاب‌ها صورت گرفته و مشخصات به‌طور دقیق تعیین شده‌اند. بنابراین نخستین گام در مسیر تحقق یک طراحی سازه‌ای مناسب انتخاب صحیح و علمی ویژگی‌های کلی سازه و سیستم ساختمانی آن است.

از گذشته‌های دور، در ایران باستان و سایر تمدن‌ها، معماری برپایه اصولی مانند ثبات و استحکام (دوام سازه‌ای)، سودمندی (عملکرد)، جذابیت و مطلوبیت (زیبایی) بنا شده است. در میان عوامل ذکر شده، ثبات و استحکام اصلی‌ترین معیار است. ضمن آن که نیاز به پایداری و دوام تنها با شیوه ساخت و ساز صحیح و مناسب تامین می‌شود.

درستی سازه‌ای برای تحقق یک معماری موفق شرط اساسی است. نمونه‌های بسیار زیادی وجود دارد که نشان می‌دهد، هنگامی که طراحان اصول کلی طراحی سازه را برای رسیدن به معیارهای ایستایی و ملاحظات زیبایی‌شناسانه و عملکردی نادیده گرفته‌اند، نتوانسته‌اند به طرح معماری مطلوب دست یابند. در ساختمان‌های بزرگ که تامین نیازهای سازه‌ای اساسی‌تر است، این موضوع بیشتر دیده می‌شود. در این گونه ساختمان‌ها، نادیده گرفتن اصول طراحی سازه و سیستم‌های سازه‌ای که تاثیر اصلی بر عملکرد و زیبایی طرح دارند، غیر ممکن بوده و طراح ناچار باید طرح کاملی از سیستم ساختمانی مورد نظر ارائه کنند.

کتاب حاضر با عنوان **سیستم‌های ساختمانی** در هفت بخش و بیست و دو فصل تدوین شده است. بخش اول به مباحثی در زمینه شناخت کلی سیستم‌های ساختمانی اختصاص دارد و بخش دوم الزامات سازه‌ای را مورد توجه قرار می‌دهد. در بخش سوم سازه‌های کششی مورد بررسی قرار می‌گیرد و بخش چهارم به سازه‌های فشاری اختصاص یافته است. در بخش‌های ششم و هفتم به ترتیب سازه‌های خمشی و فرم‌های آزاد و سازه‌های بلند، مورد بحث و بررسی



تحلیلی واقع شده است و به این ترتیب مجموعه‌ای از مباحث که باید برای شناخت سیستم‌های ساختمانی مورد توجه قرار گیرد، در بخش‌های هفت‌گانه کتاب به تفصیل بیان شده است.

در این کتاب سعی شده با کمترین استفاده از محاسبات، درک عمیقی از چگونگی رفتار سازه‌ها ارائه شود. با اجتناب از بیان نظریه‌های پیچیده، خواننده به درون اجزا کابل‌ها، خرپاها، تیرها، ستون‌ها و دال‌ها برای کشف چگونگی رفتار آنها در برابر بارهای وارد بر ساختمان مانند نیروهای ثقلی و بارهای باد و زلزله برده می‌شود. در این کتاب روش‌های پایه برای انتخاب سیستم‌های ساختمانی برای پروژه‌های معماری به صورت حسی بیان شده است.

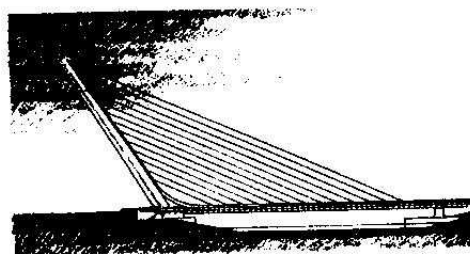
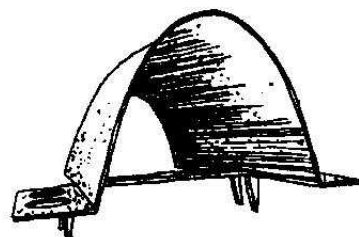
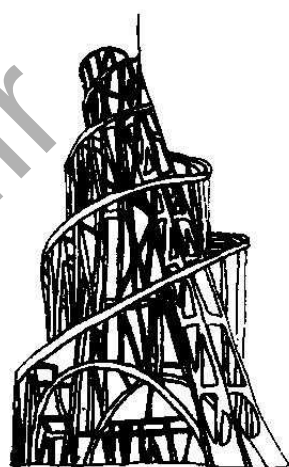
درک مفاهیم اساسی رفتار ساختمان‌ها یک شرط اولیه برای طراحی معماری مطلوب، مطالعات کیفی و محاسبات مهندسی است. ماریو سالوادوری معتقد بود "هیچگاه درک کاملی از سازه بدون استفاده از ابزارهای محاسباتی به دست نخواهد آمد" اما این کتاب که اساساً با عنوان **سیستم‌های ساختمانی** تدوین شده است درصدد آن است که با تامین درک پایه‌ای از مفهوم طراحی و رفتار ساختمان زمینه لازم برای تحقق یک معماری مطلوب همزمان با شکل‌گیری یک طرح سازه‌ای بهینه را فراهم سازد.

انتخاب تعدادی از پروژه‌های برجسته سال‌های اخیر و نیز نمونه‌های قدیمی به عنوان مطالعات موردی در هر بخش با هدف تبیین دقیق اصول کلی رفتار سازه‌ای انجام شده است. به دلیل تاکید بر رعایت این ضوابط، نمونه‌های ارائه شده با معیار بیان رفتار سازه‌ای به صورت قابل درک و شناخت تاثیر زیبایی و کارایی در موفقیت سازه انتخاب شده‌اند.

کتاب "**سیستم‌های ساختمانی**" به منظور تحقق اهداف فوق‌الذکر و فراهم کردن امکان آشنایی بیشتر طراحان، معماران و مهندسان عمران با سیستم‌های ساختمانی امروز تدوین شده و شامل پیش‌گفتار، سیر تاریخی سیستم‌های ساختمانی، هفت بخش، ۲۲ فصل و یک پیوست‌های متعددی است. این کتاب می‌تواند به عنوان یک مرجع در زمینه طراحی سیستم‌های ساختمانی مورد استفاده معماران و مهندسان قرار گیرد.

بخش اول کتاب که به بیان کلیاتی درمورد سیستم‌های ساختمانی اختصاص دارد، شامل دو فصل است. در فصل اول تعریف سازه، اهداف طراحی سازه و فرایند طراحی بیان شده است. در این فصل اجزای سازه‌ای ساختمان، سیستم تکیه‌گاهی جانبی، اهداف طراحی سازه‌ای، انتخاب یک سیستم سازه‌ای مناسب و طراحی اولیه سیستم سازه‌ای بررسی می‌شود و نمونه‌های موردی متعددی در این زمینه معرفی می‌شود. در فصل دوم با عنوان سازه، عوامل موثر بر طراحی و خلاقیت به مسائل عملکردی، تاثیر محیط فرهنگی، مسائل اقتصادی، مسائل زیبایی‌شناختی، نقش محیط شهری، ویژگی‌های خاص سیستم‌های ساختمانی و خلاقیت سازه‌ای اختصاص دارد.

بخش دوم کتاب با عنوان الزامات سازه‌ای شامل چهار فصل است. در فصل سوم بارهای وارد بر ساختمان، پیش‌بینی بارهای وارده، تخمین بار، بارهای



ساختمانی مهم، انواع بارها و ترکیب بارها معرفی شده‌اند. فصل چهارم مربوط به بارهای جانبی در ساختمان‌ها مانند باد و زلزله و اثرات ناشی از آنها بر ساختمان‌ها است. فصل پنجم با عنوان گسیختگی سازه‌ای به تعریف گسیختگی سازه‌ای و انواع آن و نیز دلایل گسیختگی‌های سازه‌ای می‌پردازد. در فصل ششم با عنوان زمین‌شناسی و پی انواع خاک‌ها، انواع پی‌های ساختمانی و کاربرد آنها بیان می‌شود.

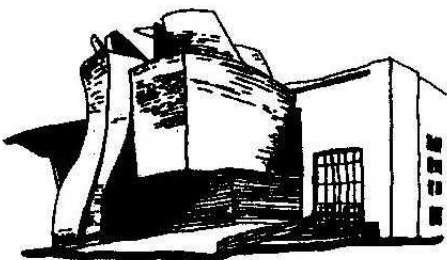
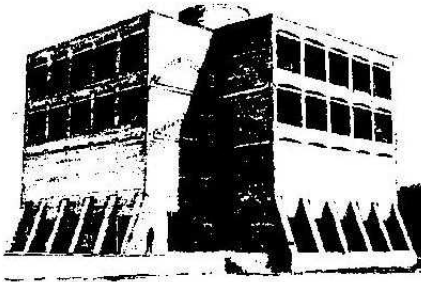
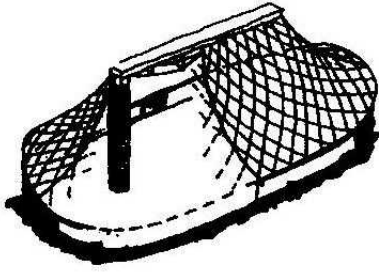
بخش سوم کتاب به سازه‌های کششی اختصاص دارد و شامل سه فصل است. در فصل هفتم تاریخچه، نمونه‌های طبیعی و ساختمانی و مبانی طراحی سازه‌های کابلی بیان شده است و در پایان فصل نمونه‌های برجسته در این زمینه معرفی شده‌اند. فصل هشتم به سازه‌های چادری اختصاص دارد و در آن تاریخچه، نمونه‌های سازه‌های چادری در طبیعت و اصول طراحی سازه‌های چادری بیان شده است و در پایان فصل نمونه‌های برجسته در زمینه سازه‌های چادری معرفی شده‌اند. در فصل نهم سازه‌های هوای فشرده و تاریخچه آنها و نیز انواع سازه‌های هوای فشرده بیان شده است و نمونه‌های قابل بررسی در این زمینه معرفی شده‌اند.

بخش چهارم به سازه‌های فشاری پرداخته است و شامل سه فصل با عناوین قوس‌ها (فصل دهم)، طاق‌ها (فصل یازدهم) و گنبدها (فصل دوازدهم) است. در این سه فصل پیشینه تاریخی، انواع این سازه‌ها، ویژگی‌های معماری و عملکردهای مناسب، رفتار سازه‌ای، مبانی طراحی، ساخت و اجرا، مبانی زیبایی‌شناختی و نمونه‌های موردی بررسی شده‌اند.

عنوان بخش پنجم سازه‌های تنسگریتی است و شامل سه فصل با عناوین خریاها (فصل سیزدهم)، سازه‌های فضاکار (فصل چهاردهم) و گنبدهای ژئودزیک (فصل پانزدهم) است. در این سه فصل پیشینه تاریخی، انواع این سازه‌ها، معماری و عملکردهای مناسب، رفتار سازه‌ای، مبانی طراحی، ساخت و اجرا، ویژگی‌های زیبایی‌شناختی و نمونه‌های موردی بررسی شده‌اند.

بخش ششم به بررسی سازه‌های خمشی و فرم‌های آزاد اختصاص دارد و شامل شش فصل است. در فصل شانزدهم ویژگی‌های سیستم‌های تیر و ستون بررسی شده‌اند و انواع آن با ارائه نمونه‌های مختلف معرفی شده است. فصل هفدهم به معرفی قاب‌های صلب و فصل هجدهم به معرفی دال و دیوار باربر می‌پردازد و خصوصیات سازه‌ای این نوع سازه‌ها را با دیدگاه معماری بیان می‌کند. فصل نوزدهم و بیستم به سازه‌های پوسته نازک و نیز سازه‌های ورق تاشده به عنوان سازه‌هایی با رفتار متفاوت اختصاص دارد. در این دو فصل پیشینه تاریخی، انواع این سازه‌ها، معماری و عملکردهای مناسب، رفتار سازه‌ای، مبانی طراحی و اجرا، مفاهیم زیبایی‌شناختی و نمونه‌های موردی بررسی شده‌اند. در فصل بیست و یکم سازه‌های سه بعدی و ویژگی‌های آن بیان شده است.

بخش هفتم با عنوان سازه‌های بلند شامل فصل‌های بیست و دوم و بیست و سوم است. در فصل بیست و دوم تاریخچه و انواع سازه‌های ساختمان‌های بلند

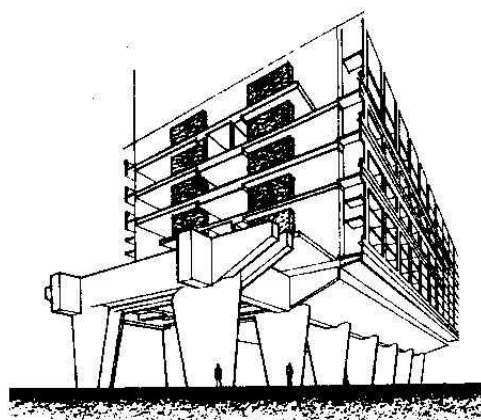


بیان شده است و فصل بیست و سوم به موضوع ابر سازه‌ها و شهرهای عمودی اختصاص یافته است.

در بخش‌های بعدی کتاب منابع و مآخذ و کتاب‌شناسی و سپس پیوست‌های کتاب قرار گرفته‌اند که شامل پرسش‌های مروری مربوط به هر فصل و واژه‌نامه انگلیسی - فارسی، واژه‌نامه فارسی - انگلیسی و نمایه (فهرست موضوعی) است. واژه‌نامه‌های انگلیسی - فارسی و فارسی - انگلیسی خوانندگان کتاب را با کلمات متداول در این زمینه و معادل آنها در زبان‌های فارسی و انگلیسی آشنا می‌کند.

انتشار این کتاب در راستای تحقق اهداف دانشگاه پارس و به‌منظورتدوین کتاب‌های پایه و منابع علمی مورد نیاز جامعه در زمینه‌های معماری، مهندسی عمران و تکنولوژی معماری صورت می‌گیرد. این کتاب می‌تواند موجب آشنایی بیشتر و دقیق‌تر طراحان، معماران، مهندسان عمران با طراحی سیستم‌های ساختمانی در ابعاد گوناگون آن شود.

در پایان از همکاری خانم مهندس آزاده بریمانی برای ترسیم تعدادی از تصویرهای کتاب، همچنین تلاش مسئولان و کارکنان محترم موسسه انتشارات دانشگاه پارس برای انتشار این کتاب تشکر و قدردانی می‌شود.



دکتر محمود گلابچی (استاد دانشکده معماری دانشگاه تهران)

دکتر کتایون تقی‌زاده (دانشیار دانشکده معماری دانشگاه تهران)

دکتر محمدرضا گلابچی (دانش آموخته دانشگاه کمبریج، انگلستان)

پیشگفتار

همانطور که در مقدمه کتاب بیان شد، هدف این کتاب درک مفاهیم اساسی در رفتار ساختمان‌ها و هماهنگی سازه و طرح معماری است. برای هماهنگی طرح معماری و سازه درک حسی مفاهیم پایه‌ای فیزیک ضروری است. در این راستا، به‌طور وسیعی نمودارها و تصاویر نمونه‌های ساختمانی مناسب برای کمک به خواننده جهت ایجاد درک حسی از چگونگی تأثیرات سازه در طراحی ساختمان ارائه شده است. درک مفاهیم اساسی رفتار ساختمان‌ها یک شرط اولیه برای مطالعات کیفی و محاسبات مهندسی است. همچنان‌که ماریو سالوادوری اشاره کرده است: "هیچ درک کاملی از سازه بدون استفاده از ابزارهای محاسباتی به دست نخواهد آمد" (سالوادوری، ۱۳۹۱). به منظور درک بهتر خوانندگان کتاب از رفتار سازه‌ای ساختمان‌ها ابتدا سیر تحول تاریخی سازه‌ها با بررسی نمونه‌های موردی بیان می‌شود.

سیر تاریخی سیستم‌های ساختمانی

دیوارها

دیوارها قدیمی‌ترین سازه‌هایی هستند که با محصور کردن فضا پناهگاهی برای حفاظت در برابر عوامل خارجی به‌وجود می‌آورند. دیوارها همچنین، محدوده فضاهای شهری را مشخص می‌کنند و عناصر مهمی برای تعریف کالبد شهری هستند.

ارگ بم، بزرگ‌ترین مجموعه خشتی جهان، ایران (۵۰۰ قبل از میلاد)

ارگ بم در نزدیکی شهر بم در استان کرمان در جنوب شرقی ایران قرار دارد و در گذشته بزرگ‌ترین سازه خشتی در جهان محسوب می‌شد. کل بنا یک دژ بزرگ است که در قلب آن، ارگ واقع شده است، اما به دلیل ظاهر پرابهت ارگ، که پر ارتفاع‌ترین قسمت مجموعه نیز به‌شمار می‌آید، کل بنای دژ به عنوان ارگ بم نامیده می‌شود. مساحت این ارگ نزدیک به ۱۸۰ هزار مترمربع است که با دیوارهایی به بلندی ۶ تا ۷ متر و طول ۱۸۱۵ متر احاطه شده است. ارگ از دو بخش جدا از هم تشکیل شده است که هریک ویژگی‌های خاص خود را دارد. بخش حکومتی که در درونی‌ترین دیوار قرار گرفته و شامل دژ نظامی، عمارت چهار فصل، سربازخانه، چاه آب ۴۰ متری و اصطبل به گنجایش ۲۰۰ اسب است. بخش رعیت‌نشین اطراف بخش حکومتی است و شامل ورودی اصلی شهر، مسیر

WWW.KETAB



اصلی متصل‌کننده ورودی شهر به دژ و بازار در امتداد آن، نزدیک به ۴۰۰ خانه و ساختمان‌های عمومی مانند مدرسه و مکان ورزش است. حدود ۶۷ برج در سطح شهر باستانی بم پراکنده شده‌است. این ارگ عظیم که در مسیر جاده ابریشم قرار دارد سده ۵ پیش از میلاد ساخته شد و تا سال ۱۸۵۰ پس از میلاد نیز همچنان مورد استفاده بود. بم و فضای فرهنگی آن در فهرست میراث جهانی یونسکو به ثبت رسیده‌است. در تاریخ ۵ دی ۱۳۸۲، در اثر زلزله شدیدی که شهر بم و حومه آن را تحت تاثیر قرار داد، ارگ بم تقریباً به طور کامل از بین رفت.

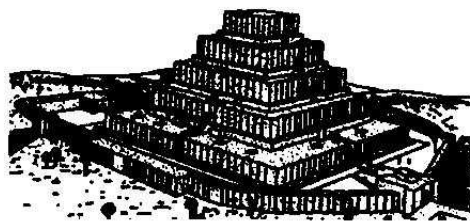
تالار شهر سِنا^۱، ایتالیا (۶۹۴-۶۲۹ هجری شمسی)

تالار شهر سِنا، شاهکار معماری قرون وسطی، در مرکز بازار معروف شهر قرار دارد. این بازار در زمینه‌ای با شیبی آرام قرار گرفته است. مصالح آجری از الگوهای اصلی معماری قرون وسطی است. سِنا، طلایی‌ترین دوران خود را در قرن‌های ۱۳ و ۱۴، پیش از هجوم طاعون سیاه در ۱۳۴۸ میلادی داشت. تالار شهر برای حکومت جمهوری ساخته شد. با ساخت این بنا و بازار در مرکز شهر سِنا توجهات در این شهر معطوف به ساختمان‌های حکومتی شد، درحالی‌که در سایر شهرها توجهات معطوف به کلیساها بوده است. میدان دل کمپو^۲، با سالن شهر و برج بی‌همتای آن در نقطه کانونی، از با ارزش‌ترین میدان‌های قرون وسطی ایتالیا است (Schierle, 2006).



چغازنبیل، ایران (۱۲۵۰ قبل از میلاد)

چغازنبیل نیایشگاهی باستانی است که در زمان عیلامی‌ها حدود ۱۲۵۰ پیش از میلاد ساخته شده‌است. چغازنبیل بخش به‌جامانده از شهر دوراونتش^۳ است و در نزدیکی شهر باستانی در استان خوزستان قرار دارد. این نیایشگاه به‌وسیله اونتاش گال پادشاه بزرگ عیلام و برای ستایش ایزد اینشوشیناک، نگهبان شهر شوش، ساخته شد و در حمله سپاه خونریز آشور بانیپال به همراه تمدن عیلامی ویران شد. ارتفاع اولیه بنا ۵۲ متر و در پنج طبقه بوده است. امروزه ارتفاع آن به ۲۵ متر رسیده و فقط دو طبقه و نیم از آن باقی مانده‌است. زیربنای چغازنبیل یک مربع ۱۰۵ متر در ۱۰۵ متر یعنی دو برابر یک زمین فوتبال است و مربع کاملی است که اضلاع آن در جهات اصلی شرقی، غربی، شمالی و جنوبی واقع شده‌اند. این بنا از سه حصار تودرتوی خشتی تشکیل شده و دروازه اصلی آن روی حصار بزرگ در جبهه شرقی قرار دارد. در حداثی حصار اول و دوم کاخ‌های شاهی و آرامگاه‌های سلاطین عیلام قرار دارند. در بین حصار دوم و سوم بقایای تصفیه‌خانه آب واقع شده است، تصفیه‌خانه آب چغازنبیل در شمار قدیمی‌ترین تأسیسات آبرسانی به‌شمار می‌رود. در مرکز حصار سوم معبد اصلی (زیگورات) قرار دارد. طبقات این معبد برخلاف تمامی زیگورات‌های بین‌النهرین



^۱ Siena City Hall

^۲ Plaza del Campo

^۳ Dur Untash

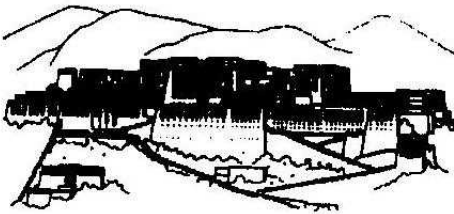
روی همدیگر ساخته نشده‌اند، بلکه هر طبقه به‌طور مستقل از سطح زمین به بالا احداث شده است.

سن جیمینانو^۱، ایتالیا (۲۰۰ پیش از میلاد-۱۳۰۰ پس از میلاد)



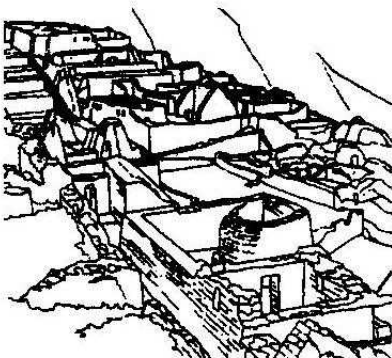
سن جیمینانو با برج‌های سنگی در قرون وسطی روی تپه‌ای ساخته شده است. بلندی برج‌ها حکایت از ثروت و اهمیت خاندان‌های مختلفی دارد که با هم رقابت داشته و بر شهر حکومت می‌کردند. سن جیمینانو از یک روستا با نام "اتروسکان" در دوره هلنی (۲۰۰-۳۰۰ پیش از میلاد) به شهری مهم در قرن ۱۰ میلادی تبدیل شد و به احترام اسقف جیمینانو که شهر را در برابر بربرها حفظ کرد، اینگونه نام‌گذاری شد. سن جیمینانو به دلیل قرارگیری در مسیر مسافرتی و تجارتی در دوران خود، شهری ثروتمند شد. نزاع قدرت‌های داخلی بین خانواده‌های گولف و گیلین، شهر را به دو قسمت تقسیم کرد. در ۱۳۴۸ میلادی طاعون سیاه به‌شدت جمعیت شهر را کاهش داد و این بحران تاحدی ادامه یافت که شهر در ۱۳۵۳ از توابع فلورانس شد.

قصر پوتالا^۲، تبت (۱۰۲۴ هجری شمسی)



قصر پوتالا روی سنگ‌های حجیم و باربر ساخته شده است. پنجره‌ها تقسیماتی روی آن به وجود آورده‌اند و سقف‌ها و معبد‌های چوبی مانند تاجی بر سر شهر هستند. این حرکت هنرمندانه از یک پایه صلب به احجام شکوهمند بالایی، دیوار عظیم آن را عنصری به‌نظر می‌رساند که محیط را غنی‌تر کرده است و نه اینکه یک حجم تحمیل شده سنگین باشد. قصر در کوه بودالا قرار دارد و پیش از آن محل زندگی دالایی لاما، رهبر فرقه گلوگ از بودیسم تبتی و همچنین فرماندار تبت در دوره‌ای که کشور در کنترل "گلوگپا" بود (از میانه قرن ۱۷ تا ۱۹۵۹) بوده است. قصر محل اجلاس حکومت تبت و نیز محلی برای آموزش‌های مذهبی راهب‌ها و مباشرها بوده است. قصر همچنین از مهم‌ترین نقاط زیارتی در گذشته بوده است.

ماچوپیکو^۳، پرو (۸۳۹ هجری شمسی)



ماچوپیکو بر فراز رشته کوه‌های آند در پرو واقع شده است. ماچوپیکو (به معنی قله مردانه)، به‌نظر مکانی سلطنتی می‌آید که بین سال‌های ۱۴۶۰ تا ۱۴۷۰ ساخته شد. با توجه به ارتفاع ۲۴۳۸ متری آن، این مکان استفاده تجارتي، نظامی یا اجرایی نداشته است. حدود ۱۲۰۰ نفر در ماچوپیکو و همسایگی آن زندگی می‌کردند. به نظر می‌رسد تهیه نقشه و ساخت بنا توسط معماران "اینکا" انجام شده است. بیشتر اجزای سازه‌ای بلوک‌های گرانیتی هستند که با ابزار برنجی یا سنگی بریده شده و با شن سطح آنها را صیقل داده‌اند. به این صورت

^۱ San Gimignano

^۲ Potala Palace

^۳ Machu Picchu

که یک بلوک را روی بلوک دیگر می‌ساییده‌اند. با وجود اینکه هیچ سنگی اندازه دیگری نیست، قطعات سنگ بدون ملات به خوبی به هم متصل شده‌اند. ماچوپچیو با منظر و طبیعت اطراف هماهنگ است. درواقع بیشتر بنا با محیط اطراف هماهنگ شده است و نه محیط اطراف با بنا. همچنین از سنگ‌های موجود در منطقه برای شکل دادن مجسمه‌ها استفاده شده است.

ساختارهای چوبی

ساختارهای چوبی یک نوع از روش‌های ساختمان‌سازی در قرون وسطی است، که شامل ساختار چوبی تیر و ستون و بست‌های مایل است. فضای بین چوب‌ها با مصالح بنایی یا مخلوط گل و موی اسب، پر و روی آن گچ اندود شده است. به کاربردن ساختار تیر چوبی در قرون وسطی آغاز شد و هنوز به دلیل تاثیر قوی بصری، بسیار مورد استفاده است. برخی نمونه‌های اولیه به قرن ۱۲ میلادی برمی‌گردد. در قرن ۱۳ میلادی توسعه این ساختار به اوج خود رسید. در قرن‌های ۱۴ تا ۱۶ میلادی جنبه تزئینی سازه‌ها افزایش پیدا کرد و طرح‌های زیبایی روی چوب‌ها حک شد. یک ویژگی رایج که در آلمان بسیار دیده می‌شود، بیرون زدن طبقات بالاتر نسبت به طبقات پایین‌تر است. این پیش‌آمدگی‌ها سه مریت عمده دارند:

- ایجاد فضای بزرگ‌تر در طبقات بالایی،
- هدایت جریان آب به پایین، به گونه‌ای که به تیرها و اتصالات آسیبی نرساند،
- خمش منفی طره‌ها، خمش مثبت دهانه‌ها را کاهش می‌دهد و در نتیجه تیرهایی با ابعاد کوچک‌تر مورد نیاز است.

کاخ چهل ستون، ایران (۱۰۲۴ هجری شمسی)

باغ چهل ستون قسمت کوچکی از باغ وسیع جهان نما است که پیشینه آن به قبل از دوران صفوی می‌رسد. شاه عباس اول در میان آن کوشکی بنا کرد که هسته نخستین کاخ چهل ستون بود و تالار میانی کاخ و غرفه‌های چهارگوشه آن را شامل می‌شد. در دوران حکومت شاه عباس دوم تحولات چشمگیری در این ساختمان پدید آمد و ایوان ستون‌دار، ایوان آیینی، سالن‌های الحاقی در اضلاع شمالی و جنوبی ایوان ستون‌دار، ایوان‌های طرفین تالار مرکزی، دو استخر در قسمت شرقی و غربی و نقاشی‌های دیواری تالار مرکزی به بنا افزوده شد. این کاخ به‌طور رسمی در سال ۱۰۵۷ هجری قمری به تشریفات و پذیرایی از پادشاهان و صاحب‌منصبان دولت‌های معاصر دولت صفوی اختصاص داده شد.

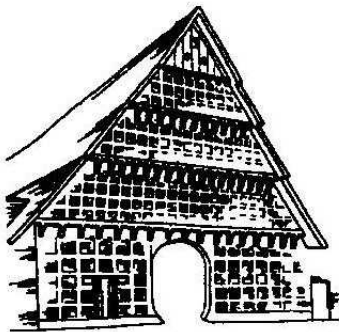
این کاخ در سال ۱۱۱۸ هجری قمری در زمان سلطنت شاه سلطان حسین دستخوش حریق شد و اکنون قسمت‌های سوخته بازسازی و ترمیم شده‌اند. با حضور سلسله افشاری و متعاقب آن در اوایل حکومت قاجار دو نقاشی دیواری دیگر به سالن مرکزی الحاق شد. همزمان با صدارت مسعود میرزا، فرزند ناصرالدین شاه قاجار و مقارن با قرن ۱۲ هجری به دستور او، آسیب‌هایی به بنا وارد شد که بعدها به وسیله کارشناسان و استادان ایتالیایی و ایرانی مرمت گردید.



در نامگذاری این بنا به‌عنوان چهل ستون به دو دلیل می‌توان اشاره کرد: نخست آنکه عدد ۴۰ در عرفان اسلامی نماد تعدد و کثرت است و دوم آنکه انعکاس تصویر ۲۰ ستون ایوان ضلع شرقی کاخ در استخر مقابل، در مجموع تعداد ستون‌ها را به ۴۰ می‌رساند

تالار شهر مارک گرونینگن^۱، آلمان (۸۲۹ هجری شمسی)

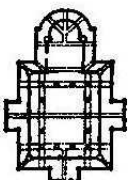
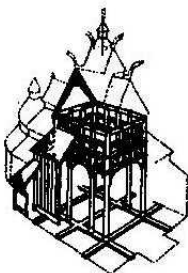
ابعاد ستون‌های این بنای عمومی شهری از بالا به پایین افزایش می‌یابد که این پاسخی منطقی به افزایش بار وارده در طبقات پایین‌تر بوده و فهم درست سازندگان آن را از اصول ایستایی نشان می‌دهد. بست‌های مایل در دو طرف ستون‌ها یک فرهنگ ساختاری خاص را شکل می‌دهد. این ساختمان آخرین توسعه الگوهای ریتم‌دار آلمانی را نشان می‌دهد.



خانه روستایی ولبورگ، آلمان (۱۰۰۰ هجری شمسی)

ولبورگ در شمال آلمان به‌عنوان زیباترین خانه دهقانی شناخته شده است. این فرم سنتوری و بالبهت با فرمی بدون پنجره، مفاهیم بدیعی را بیان می‌کند:

- هیچ مهاربندی قطری در این سازه استفاده نشده است،
- تیرهای افقی بین ستون‌ها در الگوی شطرنجی قرار دارند،
- طبقات پیش‌آمده تیرهای پیش‌آمده را از نظر بصری تأکید می‌کنند،



کلیسای چوبی برگن^۲، نروژ (۵۵۹ هجری شمسی)

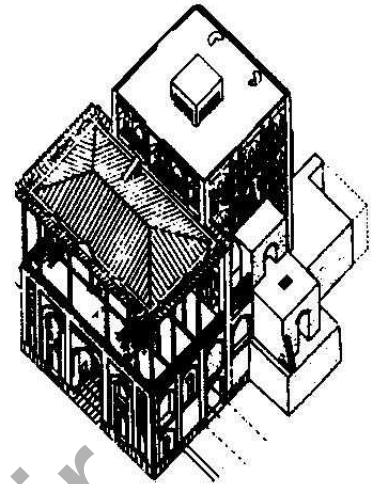
برگن، بهترین کلیسای چوبی به‌جامانده در نروژ است که مانند دیگر کلیساهای چوبی با چوب عمل‌آوری شده کاج ساخته شده است. ساختار کشتی وایکینگ‌ها و خانه‌های سنتی منطقه، سنت ترکیب هنر و کارهای چوبی را گسترش داد و در کلیساهای چوبی به اوج خود رساند. در ساختارهای ابتدایی، ستون‌ها به‌طور مستقیم درون زمین قرار می‌گرفتند و همین امر سبب پوسیدگی آنها می‌شد. پس از آن سازندگان، بستری از تیرهای چوبی را روی پی سنگی قرار دادند. دیرک‌های عمودی روی شیارهای روی پی نصب می‌شدند و تعداد آن تا چهار دیرک برای هر دیوار می‌رسید. دیرک‌ها که ارتفاع آنها ۸ تا ۹ متر بود، با یک پاشنه چوبی برای پایداری جانبی سازه به هم متصل می‌شدند. کلیساهای چوبی انواع گوناگونی دارند. ساده‌ترین آنها یک سالن بزرگ دارد که سقف آن با دیوارها نکه داشته می‌شود. برخی دیگر یک دکل (دیرک) مرکزی دارند که بالای سقف را نکه می‌دارد. اما پیچیده‌ترین آنها، اتاقی بالاتر از سطح زمین در وسط دارد که با ستون‌های مجزا نکه داشته می‌شود و دورتادور آن یک گالری قرار دارد. ورودی‌های چوبی اغلب با کنده‌کاری‌های پیچیده تزئین می‌شوند. قدیمی‌ترین این کلیساها حدود سال ۱۰۰۰ میلادی ساخته شد. از این کلیساها هم اکنون ۲۸ مورد در نروژ باقی مانده است.

^۱ Markgröningen Town Hall

^۲ Bergen Wooden Church

عمارت عالی قاپو، ایران (۹۷۷ هجری شمسی)

عمارت عالی قاپو در غرب میدان امام اصفهان و روبه‌روی مسجد شیخ لطف‌الله واقع شده است و از مهم‌ترین شاهکارهای معماری محسوب می‌شود. با توجه به منابع موجود چنین استنباط می‌شود که این ساختمان، دروازه مرکزی و مدخل کلیه قصرهایی بوده است که در دوران صفویه در محدوده میدان نقش جهان احداث شدند. اصل بنا در دوره شاه عباس اول احداث و در دوره جانشینان او الحاقات و تعمیراتی در آن انجام شد. ساختمان پنج طبقه دارد که هر طبقه تزئینات مخصوصی دارد. عالی قاپو مرکب از دو کلمه "عالی" و "قاپو" است که با هم به معنای "سردر بلند" یا "درگاه بلند" است. افراد از این سر در بلند که به‌طور کامل با سنگ سماق ساخته شده به ساختمان وارد می‌شوند و به‌وسیله پلکانی که در دو طرف تعبیه شده‌اند به طبقات فوقانی می‌رسند. در طبقه همکف دو تالار وجود دارد که در آن روزگار به امور اداری و دیوانی اختصاص داشت و صدرخانه یا کشیک‌خانه نامیده می‌شد. در طبقه سوم، ایوان بزرگی وجود دارد که بر ۱۸ ستون بلند و رفیع و استوار است. این ستون‌ها در آن زمان پوشیده از آئینه بوده و سقفی با صفحات بزرگ که با نقاشی‌ها و ادوات چوبی تزئین شده بود، بر فراز آن قرار گرفته بود.

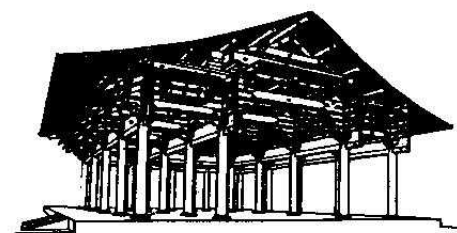


آنچه عالی قاپو را در زمره آثار باشکوه و بسیار نفیس قرار داده است، علاوه بر مینیاتورهای هنرمند معروف عصر صفوی رضا عباسی، گچبری‌های آخرین طبقه است که تالار آن به "اتاق موسیقی" یا "اتاق صوت" نیز معروف است. در این قسمت از ساختمان، شکل انواع جام در دیوار تعبیه شده است. ساختن و پرداختن این اشکال به غیر از نمایش زیبایی و خلاقیت و ابتکار هنرمندان گچکار برای این بوده است که انعکاسات حاصله از نغمه‌های نوازندگان و استادان موسیقی به‌وسیله این اشکال مجوف گرفته شود و صداها طبیعی و بدون انعکاس به گوش برسند.

تیر و ستون

این سازه‌ها دارای تیرهای افقی هستند که تحت بارگذاری، خم می‌شوند. نیمه بالا فشرده و نیمه پایین کشیده شده و سبب ایجاد تنش‌های فشاری و کششی می‌شود. چوب به‌خوبی تنش‌های کششی و فشاری را تحمل می‌کند و در نتیجه ماده ساختمانی مناسبی برای سازه‌های تیر و ستون است. استفاده از سازه‌های چوبی تیر و ستون بیش از هزاران سال در چین و ژاپن ادامه یافت. این سازه‌ها سیستم مدولار داشتند، قوانین فنی را با احساس هنری ترکیب کرده و اندازه تیر و ستون را با توجه به اندازه ساختمان و اهمیت آن، مشخص می‌کردند. سکویی چوبی، شالوده این سازه را تشکیل می‌داد. عناصر اصلی عبارتند از:

تیرهای بازویی (توکونگ): "توکونگ" ترکیبی از تو (Tou) به معنی بلوک و کونگ (Kung) به معنی بازو است. این عضو که در بالای ستون و همچنین بین ستون‌ها و روی تیرها قرار می‌گیرد و بار را از تیر به ستون منتقل می‌کند.



توکونگ می‌تواند بین یک تا پنج لایه بازو داشته باشد، که این به کم کردن دهانه (در نتیجه تقویت تیر) و امکان پیش‌آمدگی بیشتر کمک می‌کند. تیر: اندازه و شکل تیر تابع وضعیت آن است. نسبت معمول عرض به ارتفاع، ۲ به ۳ است. تیر می‌تواند صاف یا خمیده باشد که در این حالت تیر هلالی نامیده می‌شود.

ستون: مقطع ستون‌ها اغلب دایره‌ای شکل است. بدنه ستون ممکن است صاف باشد یا به سمت یک سوم بالا نازک شود. ستون‌ها کمی به داخل متمایل می‌شوند (حدود ۱:۱۰۰) تا استوارتر به چشم آیند. در سازه‌های اولیه، ابعاد ستون‌ها هنگامی که به گوشه‌ها می‌رسند، افزایش می‌یابد.

سقف: از ویژگی‌های منحصر به فرد ساختمان‌های چوبی چینی، سقف‌های منحنی و طره‌های بزرگ است. تقعر سقف، این امکان را می‌دهد که کاشی‌ها با ملات آبی راحت‌تر به هم بچسبند. شاه تیرهایی خریا مانند، که بین تیرهای کوچک خمیده قرار می‌گیرند، امکان داشتن سقفی با این تقعر را به وجود می‌آورند. پیش‌آمدگی بزرگ سقف، سازه چوبی را از باران و در نتیجه پوسیدگی، حفظ می‌کند. شیب سقف از ۱:۲ برای خانه‌های کوچک تا ۲:۳ برای سالن‌های بزرگ، متغیر است (Schierle, 2006).

