



معماری

تغییر فرم پذیر

تالیف:

دکتر کتایون تقی زاده دانشیار دانشگاه تهران
دکتر محمود گلابچی استاد دانشگاه تهران
لادن وجدان زاده

فهرست

مقدمه

فصل اول: پیشینه معماری تغییر فرم پذیر

۱.۱. مقدمه ۳

۱.۲. پیشینه ۶

فصل دوم: انعطاف پذیری در معماری

۱.۲. مقدمه ۱۳

۲.۲. تطبیق پذیر ۱۵

۳.۲. متحرک ۱۸

۴.۲. تعاملی ۲۰

۵.۲. تغییر پذیر ۲۱

فصل سوم: مکانیزم و طبقه بندی معماری و سازه های تغییر فرم پذیر

۱.۳. مقدمه ۳۱

۲.۳. طبقه بندی بر اساس نوع تغییر ۳۳

۳.۳. طبقه بندی بر اساس مورفولوژی (ریخت شناسی) ۳۴

۱.۳.۳. ساختار مشبک ۳۵

۲.۳.۳. سیستم پیوسته ۳۷

۴.۳. ویژگی های حرکتی ۴۳

۵.۳. تیپولوژی قابل گسترش - ساختار درختی ادرور ۴۸

۱.۵.۳. اجزای سازه ای ۴۹

۶.۳. معماری جنبشی ۶۷

۱.۶.۳. ساختمان هایی با موقعیت متغیر و سیار ۶۸

۲.۶.۳. ساختمان هایی با هندسه متغیر یا متحرک ۶۹

فصل چهارم: سازه های قیچی سان

۱.۴. مقدمه ۷۳

۷۵

۷۵	۲.۴. پیشینه سازه‌های قیچی سان
۷۸	۳.۴. مکانیزم‌های سازه‌های قیچی سان
۷۹	۱.۳.۴. سازه‌های قیچی سان - واحد انتقالی
۸۰	۲.۳.۴. سازه‌های قیچی سان - واحد قطبی
۸۰	۳.۳.۴. سازه‌های قیچی سان - واحد زاویه‌دار
۸۲	۴.۳.۴. سایر سازه‌های قیچی سان
۸۶	۵.۳.۴. تقسیم‌بندی دیگر
۸۶	۴.۴. حرکت‌شناسی
۸۷	۵.۴. رفتار سازه‌های قیچی سان در مرحله باز و بسته شدن
۸۷	۶.۴. هندسه زیربنایی
۸۸	۷.۴. الزامات سازه‌ای
۹۰	۸.۴. مورد پژوهی

۱۰۳ فصل پنجم: پل‌های متحرک

۱۰۵	۱.۵. پیشینه تاریخی
۱۰۸	۲.۵. ویژگی پل‌های متحرک
۱۰۹	۱.۲.۵. معایب پل‌های متحرک
۱۱۰	۲.۲.۵. مزایای پل‌های متحرک
۱۱۱	۳.۵. انواع پل‌های متحرک بر اساس نوع حرکت
۱۱۳	۱.۳.۵. پل باسکولی
۱۲۱	۲.۳.۵. پل بالارونده
۱۲۵	۳.۳.۵. پل گردان
۱۲۸	۴.۳.۵. سایر پل‌های متحرک
۱۳۲	۴.۵. نکات مهم در طراحی پل
۱۳۳	۱.۴.۵. عملکرد با سرعت بالا
۱۳۳	۲.۴.۵. پایداری
۱۳۳	۳.۴.۵. دهانه‌های بزرگ
۱۳۴	۴.۴.۵. مناطق با طوفان‌های شدید
۱۳۴	۵.۴.۵. امنیت ترافیک اتوبان
۱۳۴	۶.۴.۵. طراحی و جزییات

۱۳۵	۷.۴.۵. تحلیل سیستم در شرایط باز و بسته شدن پل
۱۳۶	۸.۴.۵. فضای مناسب برای حرکت پل
۱۳۶	۹.۴.۵. نصب و تجهیز ماشین آلات
۱۳۷	۱۰.۴.۵. رابطه بخش‌های مکانیکی و الکتریکی با سازه
۱۳۸	۱۱.۴.۵. ساخت دهانه متحرک
۱۳۸	۵.۵. مورد پژوهی

فصل ششم: معماری قابل حمل

۱۴۳	۱.۶. مقدمه
۱۴۵	۲.۶. پیشینه معماری قابل حمل
۱۴۶	۳.۶. طبقه‌بندی معماری قابل حمل
۱۴۷	۴.۶. طبقه‌بندی دیگری از معماری قابل حمل
۱۵۰	۱.۴.۶. بسته مسطح
۱۵۰	۲.۴.۶. پانتوگراف
۱۵۱	۳.۴.۶. سیستم غشایی
۱۵۱	۴.۴.۶. سیستم پرشده از هوا
۱۵۱	۵.۴.۶. تنسگریتی
۱۵۱	۶.۴.۶. غلاف یا کپسول
۱۵۲	۵.۶. مورد پژوهی

فصل هفتم: پناهگاه‌های سیار

۱۶۷	۱.۷. مقدمه
۱۶۹	۲.۷. طبقه‌بندی بر اساس سازه، ساختار و فرم‌شناسی
۱۷۰	۱.۲.۷. فرم
۱۷۱	۲.۲.۷. ساخت
۱۷۲	۳.۲.۷. روش نصب
۱۷۷	۳.۷. روش‌های اجرای پناهگاه‌های سیار
۱۷۹	۱.۳.۷. تیرهای متصل و کمانی شکل مدولار
۱۷۹	۲.۳.۷. پناهگاه‌های بزرگ

۱۸۲	۴.۷. مورد پژوهی
۱۸۹	فصل هشتم: سازه‌های هوای فشرده
۱۹۱	۱.۸. مقدمه
۱۹۱	۲.۸. پیشینه سازه‌های هوای فشرده
۱۹۲	۳.۸. سازه‌های پس‌تینده مدولار پر شده از هوا
۱۹۲	۴.۸. عناصر مدولار پر شده از هوا به کار رفته در سازه‌های پوسته‌ای
۱۹۲	۱.۴.۸. اجزای اصلی
۱۹۳	۲.۴.۸. اجزای سازه‌ای
۱۹۵	۳.۴.۸. انتقال نیرو
۱۹۵	۵.۸. اعمال پس کشیدگی و خود نصب شونده‌گی
۱۹۵	۱.۵.۸. عملکرد خود نصب شونده‌گی
۱۹۷	۲.۵.۸. اعمال پس کشیدگی به سازه کامل شده
۱۹۷	۶.۸. تنظیم صلبیت و سختی سیستم
۱۹۷	۱.۶.۸. سازه‌هایی با صلبیت متغیر
۱۹۸	۲.۶.۸. سازه‌های سخت انطباق پذیر
۱۹۹	۷.۸. فناوری
۱۹۹	۱.۷.۸. بالشتک‌های پر شده از هوا
۲۰۰	۲.۷.۸. اتصالات بالشتک‌ها
۲۰۰	۳.۷.۸. سیستم تأمین هوا
۲۰۱	۸.۸. مورد پژوهی
۲۰۹	فصل نهم: سقف‌های تغییر فرم پذیر
۲۱۱	۱.۹. مقدمه
۲۱۱	۲.۹. پیشینه سقف‌های تغییر فرم پذیر
۲۱۳	۳.۹. دسته‌بندی سقف‌های تغییر فرم پذیر
۲۱۵	۱.۳.۹. سقف با سازه غشایی
۲۱۷	۲.۳.۹. سقف با صفحات دوبعدی و صلب (سازه صلب)
۲۱۷	۳.۳.۹. سقف با سازه قیچی سان
۲۱۸	۴.۳.۹. سقف با سیستم نصب پانتادوم

۲۱۹	۵.۳.۹. سقف با سازهٔ تنسگریتی
۲۲۰	۶.۳.۹. سقف با المان چتری
۲۲۲	۷.۳.۹. سقف با المان مفصلی تاشونده
۲۲۳	۸.۳.۹. سقف سازه‌های پرشده از هوا
۲۲۳	۴.۹. روش‌های گسترش و جمع شدن
۲۲۴	۱.۴.۹. حرکت کشویی
۲۲۴	۲.۴.۹. حرکت محوری
۲۲۵	۳.۴.۹. سیستم تاشونده یا رولی
۲۲۵	۴.۴.۹. سیستم قابل گسترش
۲۲۵	۵.۴.۹. سیستم ترکیبی
۲۲۵	۵.۹. انواع سیستم‌های متحرک
۲۲۶	۱.۵.۹. چرخ خود حرکت کننده
۲۲۶	۲.۵.۹. کابل کششی
۲۲۶	۳.۵.۹. چرخ و دنده
۲۲۶	۴.۵.۹. چک
۲۲۶	۵.۵.۹. سیستم‌های محرک ایستا
۲۲۷	۶.۹. الزامات طراحی
۲۲۷	۱.۶.۹. هندسهٔ اجزای متحرک
۲۲۷	۲.۶.۹. محافظت از سازه‌های غشایی در حالت کشش
۲۲۸	۳.۶.۹. محافظت از سازه‌های غشایی در هنگام حرکت
۲۲۸	۴.۶.۹. محافظت از سازه‌های غشایی در زمان جمع شدگی
۲۲۸	۵.۶.۹. تا شدن پوشش‌های غشایی
۲۲۸	۶.۶.۹. نیروهای وارده بر سازهٔ غشایی
۲۳۰	۷.۹. مورد پژوهی

۲۴۱	فصل دهم: بیومیمتیک
۲۴۳	۱.۱.۰. مقدمه
۲۴۴	۲.۱.۰. بیومیمتیک
۲۴۶	۳.۱.۰. بیونیک
۲۴۷	۴.۱.۰. الهام از طبیعت

۲۶۰	۵.۱۰. نمونه‌هایی از الگوی طبیعت
۲۷۱	فصل یازدهم: سایر سازه‌های تغییرفرم‌پذیر
۲۷۳	۱.۱۱. مقدمه
۲۷۳	۲.۱۱. سازه‌های تنسگریتی
۲۷۴	۱.۲.۱۱. طراحی سازه‌های تنسگریتی باز و بسته‌شونده
۲۷۵	۲.۲.۱۱. چالش‌های سازه‌های تنسگریتی تاشونده
۲۷۶	۳.۲.۱۱. مدهای تاشدن
۲۷۷	۴.۲.۱۱. مدل‌های تاشونده
۲۷۷	۵.۲.۱۱. چیدمان تاشونده
۲۷۸	۶.۲.۱۱. مورد پژوهی
۲۸۳	۳.۱۱. سازه‌های اریگامی
۲۸۴	۱.۳.۱۱. مورد پژوهی
۲۹۹	منابع
۳۰۹	واژه‌نامه
۳۳۹	نمایه

پیشگفتار

در طول تاریخ انسان‌ها برای بقای خود تغییرات متعددی را تجربه نموده‌اند. در آغاز، زمانی که انسان‌ها بر روی زمین در حال حرکت و کوچ بودند اقتصاد برپایه جمع‌آوری خوراک، صید و شکار قرار داشت، و جایگاه ثابتی برای ذخیره آذوقه نداشتند و همواره از سرزمینی به سرزمین دیگر کوچ می‌کردند. اوضاع و احوال طبیعی در اغلب مناطق چنان بود که تشکیل هرگونه اقامتگاه بزرگ و دائمی را غیرممکن می‌ساخت. آشنایی انسان با امور کشاورزی و ذخیره آذوقه و یافتن سرزمین‌های مستعد، اندک اندک او را از زندگی کوچ‌رو و بیابان‌گردی به یکجانشینی و تشکیل سکونتگاه‌های دائمی و دهکده‌های پایدار هدایت کرد. بنابراین انسان‌ها پس از یکجانشینی و ایجاد روستاها و شهرها در ساختمان‌هایی زندگی کرده‌اند که موضوع و پایه آن ثابت و غیرقابل تغییر بوده است. زیرا بقا و تداوم زندگی خود را در بناهایی ثابت و ایستا می‌دیدند.

از دریچه چنین نگرشی معماری به‌عنوان یک ساختار و سازه دائمی پذیرفته شده و به سندرم تاریخی ایستایی بنا (ساکن بودن) تبدیل شده است. این حرکت در روند فکری و عملی طراحان و معماران رسوخ کرده و نتیجه چنین تفکری جست و جوی مصالح و سیستم‌هایی است که مدت زمان ایستایی بنا را افزایش داده و ساخت بناهایی به‌صورت آثار هنری را مرسوم نموده است. واضح و روشن است که سندرم تاریخی ایستایی بنا در معماری دائمی بوده و به جامعه مدرن در عصر پویایی و دینامیک رسیده است و حتی در عصر حاضر به روند خود به‌صورت پیوسته ادامه می‌دهد. بنابراین ایجاد تغییرات آتی نظیر گسترش، جمع‌شدگی، حرکت یا تغییر مکان و حتی انقباض در چنین بناهایی غیرممکن خواهد بود.

بنابراین چنین می‌توان نتیجه گرفت که توجه زیادی به توسعه روش‌های مبتنی بر حرکت در معماری نشده و این نتیجه توافقی است که بین معمار و جامعه صورت گرفته است؛ توافقی که معماری را ساکن و ایستا معرفی می‌کند. اما از سوی دیگر پاسخگویی به شرایط متغیر و نیازهای جدید همواره ضرورتی اجتناب‌ناپذیر در معماری است. همان طوری که بر اساس نظریه چارلز داروین بقا همیشه به قابلیت جسم برای انطباق در یک محیط در حال تغییر وابسته است. این نظریه در مورد معماری نیز صادق است. بنابراین معماری نیز

نیازمند تغییرات مداوم خواهد بود.

ساخت بناهایی با قابلیت حرکت، چرخش، انتقال و مهم‌تر از همه انعطاف‌پذیری بر مبنای تأمین خواسته‌ها و نیاز کاربر یا عوامل محیطی، جزو رویاهای انسان به حساب می‌آید و همین بلندپروازی‌ها او را به پیشرفت و تفکرات خلاقانه واداشته است. ساخت بناهایی که همچون موجودی زنده دارای حرکت هستند فلسفه جدیدی را در حیطه معماری به وجود آورده است که پویایی و انعطاف‌پذیری را نه در مفهوم که در صورت و فرم به معرض نمایش می‌گذارد. از همین روی تغییر فرم‌پذیری در معماری امروزی امری ضروری و اجتناب‌ناپذیر بوده و ضامن بقای آن و تأمین خواسته‌ها و نیازهای کاربران فضاهای معماری است. همچنین در بسیاری از موارد چنین معماری نیازمند بهره‌گیری از سازه‌ای مناسب، تغییر فرم‌پذیر و پویاست تا از تعامل معماری و سازه، فضای فیزیکی چنین بینشی شکل گرفته و نیازهای متغیر کاربر را فراهم کند. برای تحقق این هدف، علاوه بر طراحی معماری بهره‌گیری از درک رفتار سازه‌ها در کلیه مراحل (طراحی اولیه تا اجرای بنا) از مهم‌ترین ضروریات است. درک حسی مفاهیم اساسی در رفتار سازه‌ای ساختمان‌ها برای هماهنگی میان طراحی معماری و محاسبات سازه‌ای امری ضروری است و موفقیت طرح معماری بدون شناخت دقیق رفتار سازه امری محال است.

تدوین کتاب «معماری تغییر فرم‌پذیر» که به بررسی رفتار سازه‌ای چنین معماری می‌پردازد در راستای تحقق همین هدف صورت گرفته است. موضوع اصلی این کتاب معرفی معماری تغییر فرم‌پذیر و کاربرد آن در طرح‌های معماری است. این کتاب در یازده فصل تدوین شده است که هفت فصل آن به معرفی متداول‌ترین معماری تغییر فرم‌پذیر می‌پردازد. فصل اول با عنوان پیشینه معماری تغییر فرم‌پذیر به بررسی پیشینه استفاده و بهره‌گیری از این معماری در جوامع مختلف می‌پردازد. در فصل دوم به موضوع انعطاف‌پذیری و طبقه‌بندی آن در معماری پرداخته شده است. همچنین اسامی و نام‌های متعددی که برای این گونه از معماری استفاده می‌شود مورد تحلیل و بررسی قرار گرفته است. با شروع فصل سوم معماری تغییر فرم‌پذیر به شیوه‌ها و روش‌های گوناگونی طبقه‌بندی می‌شود که در ادامه کتاب بر اساس همین طبقه‌بندی به شرح هر کدام از زیرمجموعه‌های مشخص شده خواهیم پرداخت.

در ادامه کتاب در هر فصل ابتدا پیشینه تاریخی زیرمجموعه‌های سازه تغییرفرم‌پذیر مطرح می‌شود. پس از شرح عملکرد و رفتار سازه‌ای موجود و الزامات طراحی، به بررسی مدل‌های متعدد و نمونه‌های موجود پرداخته شده است. فصل چهارم به تشریح تفصیلی سازه‌هایی بر اساس مکانیزم قیچی‌سان می‌پردازد و با تقسیم‌بندی مکانیزم این سازه، حرکت‌شناسی و هندسه زیربنایی را مورد تحلیل قرار می‌دهد.

ضرورت بهره‌گیری از پل‌های متحرک و انواع آن به همراه نمونه‌های متعدد در سراسر جهان موضوع فصل پنجم است.

معماری قابل‌حمل و سیار هر کدام به طور جداگانه با کاربری تفریحی، اقامتی، نظامی، درمانی و ... به ترتیب در فصل‌های ششم و هفتم بررسی می‌شوند. فصل هشتم شامل سازه‌های هوای فشرده، زیرمجموعه‌ها، کاربرد، نحوه تأمین هوا به همراه نمونه‌های متعددی از کاربردهای آن است.

سقف‌های تغییرفرم‌پذیر دارای ساختاری پیچیده و در عین حال از تقسیم‌بندی‌های متعددی برخوردار است. سقف‌های تغییرفرم‌پذیر محوریت فصل نهم را تشکیل می‌دهند.

بیومیمتیک یا بهره‌گیری از ساختار طبیعی از جمله موضوعاتی است که در طراحی معماری از جایگاه ویژه و خاصی برخوردار است که در فصل دهم بر مبنای منبع الهام معماری تغییرفرم‌پذیر بررسی خواهد شد.

فصل یازدهم (فصل پایانی) با عنوان سایر سازه‌های تغییرفرم‌پذیر دو مبحث تنسگریتی و اریگامی (سطوح تاشونده) را موضوع بحث قرار داده است. این کتاب می‌تواند موجب آشنایی هرچه بیشتر دانشجویان، دانش‌آموختگان، طراحان و علاقه‌مندان با مبانی معماری تغییرفرم‌پذیر در ابعاد گوناگون باشد.

دکتر کتابون تقی‌زاده دانشیار دانشگاه تهران

دکتر محمود گلابچی استاد دانشگاه تهران

لادن وجدان‌زاده

